

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ KARGO AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARACI

BİTİRME PROJESİ

Gülizar GÜNDEŞLİOĞLU

Akif Çağrı ÇAKIR

Burak KIRCAN

Ömer Faruk SERT

HAZİRAN 2021
TRABZON

T.C.

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ KARGO AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARACI

BİTİRME PROJESİ

Gülizar Gündeşlioğlu

Akif Çağrı ÇAKIR

Burak KIRCAN

Ömer Faruk SERT

Akademik Danışman: Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Mühendislik Tasarımı çalışmamızın hazırlanmasında emeği geçen danışmanımız sayın Doç Dr. Mustafa Sarıoğlu'na saygılarımızı sunuyor ve desteklerinden dolayı kendisine teşekkür ediyoruz. Bu bitirme projesi ile birlikte insansız hava araçları konusunda toplumumuzun dikkatini çekmek istiyor, yaptıklarımızın bizden sonraki çalışmalara ışık tutmasını umut ediyoruz. Ayrıca üniversite hayatımızda bize yol gösteren ve ufkumuzu açan merhum hocalarımız sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Sabri Duman ve Prof. Dr Atilla BİLGİN'e de teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Gülizar GÜNDEŞLİOĞLU

Akif Çağrı ÇAKIR

Burak KIRCAN

Ömer Faruk SERT

ÖZET

Kargo taşımacılığı çok eskilere dayanmaktadır. Yüzyıllar boyunca, atlı vagonlardan uçaklara ve helikoptere kadar çok çeşitli yük taşımacılığının gelip gittiğini gördük. Uzun yıllar mallar varış noktalarına atlı vagonlarla seyahat etti. Daha sonra demiryolu sisteminin devreye girmesiyle yükler daha uzaktaki noktalara daha hızlı ulaştırılabildi. Daha sonra malları depodan depoya veya noktadan noktaya taşıyan arabalar, kamyonetler ve kamyonlarla karayolu taşımacılığı devrimi geldi. Ve şimdi bu eski nakliye araçlarının yerini yavaş yavaş dronlar alıyor. Teslimat uçağı, paketleri, tıbbi malzemeleri, yiyecekleri veya diğer ürünleri taşımak için kullanılan insansız bir hava aracıdır (İHA). Dronların kullanımı, yalnızca askeri ve denizcilik sektörlerinde değil, aynı zamanda sivil alanda da artmaya devam edecek, çünkü daha fazla kuruluş, özellikle kargo tesliminde getirebilecekleri faydaların farkına varacak. Her zamankinden daha uzun süre uçabilme ve erişilmesi zor alanlara ulaşma yeteneğı ile, drone'ların başarabilecekleri açısından gelecek parlak. Bu Projede, kargo drone kullanım durumları ve diğer İHA uygulamalarının gelecekteki gelişimini özellikle bir sektör olan paket teslimatının şekillendireceğini düşünüyoruz. Trabzon şehrini örnek alarak insansız hava aracının şehir şartlarında nasıl çalıştığını göstermeyi hedefliyoruz.

Anahtar kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Nakliye, Kargo Uçağı

SUMMARY

Cargo transportation dates back a long time. Throughout the centuries we have seen a wide range of freight transportation come and go, ranging from horse-drawn wagons to aeroplanes and helicopters. For many years, goods travelled to their destinations using horse drawn wagons. Later, with the introduction of the railway system, freight could be delivered to destinations further away in a faster. Next came the road transport revolution, with cars, vans and trucks transporting goods from depot to depot, or point-to-point. And now these old transport vehicles are gradually being replaced by drones. A delivery drone is an unmanned aerial vehicle (UAV) used to transport packages, medical supplies, food, or other goods. The use of drones will continue to increase, not only in the military and maritime sectors, but also across the civilian space as more organisations realise the benefits they can bring, especially in delivering cargo. With an ability to fly for longer than ever before, and in reaching hard to access areas, the future is bright in terms of what drones can achieve. In this Project, we think that one sector in particular, parcel delivery, will shape the future development of cargo drone use cases and other UAV applications. Taking the city of Trabzon as an example, we aim to show how an unmanned aerial vehicle works in urban conditions.

Key words: Unmanned Aerial Vehicle, Shipping, Delivery Drone

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ÖZET	II
SUMMARY	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
RESİMLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
GRAFİKLER DİZİNİ	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. İnsansız Hava Araçları Tarihçesi.....	1
1.1.2. Avantajları ve Bugünkü Dönüşümü	2
1.1.3. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması	3
1.2. Literatür Taraması	4
1.2.1. Güneş Enerjili İnsansız Hava Araçlarının Öncüleri	4
1.2.2. Kargo Amaçlı İHA'ların Literatüre Girmesi ve Kullanılması.....	6
1.2.3. Türkiye'de İHA Sektörü.....	8
1.3. Türkiye'deki Hukuki Durum.....	12
1.3.1. Özel Hayatın Gizliliği.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Kısıtlar ve Koşullar.....	16
2.1.1. Temel Kavramlar.....	16
2.1.2. Güneş Panelleri.....	19
2.1.3. Batarya.....	20
2.1.4. MPPT.....	21

2.1.5. Elektrik Motoru	21
2.1.6. Pervane	22
2.1.7. Hız Kontrol Ünitesi (ESC)	23
2.1.8. Servo Motor.....	23
2.1.9. Kumanda ve Alıcı:.....	24
3. BULGULAR	25
3.1. Yapılan Hesaplamalar	25
3.1.1.Güneş Işıması Hesabı	25
3.1.2. Güneş Paneli ve MPPT Seçimi.....	27
3.1.2.1 Güneş Paneli Seçimi.....	27
3.1.2.2. MPPT Seçimi.....	28
3.1.2.3. Elektronik Devre Şeması.....	29
3.1.3. Kanat Profil Seçimi	30
3.1.4. Referans Kanat Geometrik Ölçümlendirmesi	33
3.1.5. Kanat Boyutlandırılması.....	33
3.1.6. Açıklık Oranı	35
3.1.7. Sivrilme Oranı (λ).....	35
3.1.8. Ortalama Aerodinamik Veter Uzunluğu ve Konumu.....	36
3.1.9. Kanat Burulma Açısı	37
3.1.10.Kanat Giriş Açısı	37
3.1.11.Kanadın Dikey Konumu.....	37
3.1.12. Kuyruk Seçimi ve Geometrisi	38
3.1.12.1. Kuyruğun Fonksiyonları ve Kuyruk Tipleri.....	38
3.1.13. Kuyruk Boyutlandırılması	39
3.1.14. Kontrol Yüzeyleri.....	41
3.1.15. Kuyruk Profili.....	42
3.2. Elde Edilebilecek Güç	42

3.2.1. Güneş Hücrelerinden Elde Edilebilecek Güç	42
3.3. Analiz ve Enerji Hesabı	44
4. TARTIŞMA	48
5.SONUÇ	49
6.ÖNERİLER	50
7. KAYNAKÇA	51
8. EKLER	53
9.ÖZGEÇMİŞ	55

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. MQ-1 Predator (Reno Hava Gösterisi)

Resim1.1. Alman Ordusuna ait Luna X 2000 model İHA

Resim 1.2. Meksika yapımı S4 Ehécatl kalkış anında.

Resim 1.3. Sunrise I 4 Kasım 1974 Camp Irwin CA

Resim 1.4. PicoSol

Resim 1.5. Solar Solidute

Resim 1.6. Wingcopter

Resim1.7. Türkiye'deki İHA'ların Gelişimini Gösteren Şablon

Resim1.8. Türkiye'deki İHA'ların Gelişimini Gösteren Şablon

Resim1.9. Albatros İHA

Resim 2.10. Kullanılan Güneş Hücreleri

Resim 2.11. Li-Po Batarya

Resim 2.12. Fırçasız Elektrik Motoru

Resim 2.13. Pervane

Resim 2.14. Hız Kontrol Ünitesi

Resim 2.15. Servo Motor

Resim 2.16. Kumanda ve Alıcı

Resim 3.1. Elektronik Devre Şeması

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Albatros İHA Teknik Özellikleri

Tablo 3.1. Güneş Hücresi Parametreleri

Tablo 3.2. Motor Performans Verileri

Tablo 3.3. Analiz Sonuçları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Seyir Uçuşunda Uçağa Etkiyen Kuvvetler

Şekil 2.2. Hücüm Açısı

Şekil 2.3. Solar Bir Hücrenin Elektrik Sistemi

Şekil 2.4. Solar Hücre Sistemi

Şekil 3.1. Kanat Üzerine Gelen Işınlar

Şekil 3.2. MPPT

Şekil 3.3. Kanat Profili

Şekil 3.4. Kanat Profili Üzerinde Basınç Dağılımı

Şekil 3.5. Kanat Profili Kesiti ve Üzerine Gelen Kuvvetler

Şekil 3.6. Kanat Ölçümlendirmesi

Şekil 3.7. Kanadın solidworks programından çizimi

Şekil 3.8. Ortalama Veterin Şekil Üzerindeki Konumu

Şekil 3.9. Kanat Giriş Açısı

Şekil 3.10. Kanat Dikey Konumlandırılmaları

Şekil 3.11. Kuyruk Kombinasyonları

Şekil 3.12. Yatay Kuyruk

Şekil 3.13. Dik kuyruk

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 2.1. MPPT ve PWM'nin Akım-Voltaj Eğrisi

Grafik 3.1. Güneş Işıması İçin Sinizoid Eğrisi Yaklaşımı

Grafik 3.2. Cl/Cd grafiği

Grafik 3.3. Kaldırma Kuvveti, Yunuslama Momenti, Sürüklenme Kuvveti

Grafik 3.4. Aileron Boyutlandırma Grafiği

Grafik 3.5. XLFR5 Uygulamasından Elde Edilen Cl/Cd'nin Açıya Göre Değişimini Gösteren Grafik

Grafik 3.6. 0° den 12°ye Kadar Olan Analiz Sonuçları

Grafik 3.7. XFOİL den Elde Edilen 3,5°deki Kanat Profil Grafiği

SEMBOLLER DİZİNİ

AR : Açıklık oranı

c : Veter uzunluğu

C_D : Sürüklenme katsayısı

C_L : Taşıma katsayısı

C_M : Moment katsayısı

C_r : Kök veter

C_t : Uç veter

D: Sürüklenme

L: Taşıma

m: Kütle

Re: Reynolds sayısı

S: Kanat alanı

V: Havanın hızı

ρ : Uçuş şartlarında havanın yoğunluğu (kg/m^3)

λ : Sivrilme oranı

\bar{Y} : ortalama aerodinamik veterin konumu

\bar{C} : Ortalama aerodinamik veter uzunluğu

α : Hücüm açısı

C: Kanat genişliği

μ : Kinematik viskozite

1. GENEL BİLGİLER

İnsansız hava aracı (İHA) fiziksel olarak içinde insan bulunmayan bir tür uçan araçtır. İHA'ların en önem arz eden bileşeni, yer tabanlı bir kontrolcü ile uçak arasında bir iletişim sistemidir.[1]

İHA'lar: uzaktan kumanda vasıtasıyla uçanlar ve kendiliğinden belli bir rotayı takip ederek otonom olarak hareket edebilenler olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Keşif amaçlı üretilen İHA'lar günümüzde birçok saldırı görevinde de kullanılmaktadır. Terörle mücadelede birçok başarılı sonuçlar elde eden bu hava araçları çoğu zaman sivil hedefleri de vurarak insan ölümlerine neden olmaktadır. Bunun yanında İHA'lar, son zamanlarda yangın söndürme amaçlı da kullanılmıştır.[1]

Günümüzde çok farklı şekil, ebat, konfigürasyon ve karakterde araçlar üretilmektedir. Tarihsel olarak bakıldığında basitçe İHA'lar birer dronedur. İHA'lar tekrar kullanılabilir. Mürettebatsız olarak kontrol edilerek durmadan belli bir irtifada uçabilir.

Seyir füzeleri insansız ve uzaktan kumanda ile yönetilmelerine rağmen İHA olarak sınıflandırılmazlar. İHA bazı durumlar için İHAS (insansız hava araçları sistemleri) olarak da tanımlanmıştır. Amerikan Federal Havacılık Dairesi ise insansız uçuş sistemleri (İUS) adıyla genel bir sınıf belirlemiştir. Aslında bu sınıf ilk olarak Birleşik Devletler Donanması tarafından sadece uçakları değil onunla beraber yer sistemleri ve diğer elementleri de yansıtması amacıyla kullanılmıştır.[1]

1.1. Giriş

1.1.1. İnsansız Hava Araçları Tarihçesi

İlk İHA'lar A. M. Low tarafından 1916 yılında geliştirilmiştir. Sonraki senelerde ise sınırlı sayıda üretilen Hewitt-Sperry adındaki otomatik uçak I. Dünya Savaşı zamanında başarıyla kullanılmıştır. 1935 yılında ise model uçak tasarımcısı Reginald Denny ilk ölçekli RPV (İngilizce Remote Piloted Vehicle Türkçesi Uzaktan Komutalı Araç) modelini geliştirmiştir. II. Dünya Savaşı esnasında çok fazla miktarda uçak üretilmiş olup, bunlar trenleri korumak amacıyla uçaksavar ve saldırı gibi çeşitli görevlerde kullanılmışlardır.[1]

Jet motorlu ilk uçak modeli 1951 yılında Teledyne Ryan firması tarafından geliştirilen Firebee I'dir. 1955 yılında ise başka bir firma olan Beechcraft ABD Deniz Kuvvetlerinde kullanılması için Model 1001 modelini üretmiştir. Fakat bu araçlar Vietnam Savaşı boyunca uzaktan kumandalı birer uçak olmaktan öte bir şey olamadılar.



Resim 1. MQ-1 Predator (Reno Hava Gösterisi)

1980'li ve 1990'lı yıllarda gittikçe gelişen ve küçülmeye başlayan bu araçlar özellikle Amerikan askerî çevrelerin ilgisini çekmeye başlamıştır. İHA'ların uçaklara kıyasla çok daha ucuz olması ve riskli görevler esnasında yetişmiş pilot ve asker gibi insanların hayatını tehlikeye atmaması bunun en önemli sebepleri olarak görülebilir. Çoğunlukla keşif ve gözetleme görevleri için kullanılan İHA'lar günümüzde terör ve suç ile mücadele kapsamında silahlandırılmaktadır. Örneğin MQ-1 Predator modeli araçlar üzerine AGM-114 Hellfire havadan-karaya füze takılmaktadır. Zırhlı ve silahlı bu araçlara Silahlı İnsansız Hava Aracı (SİHA) denilmektedir.[1]

1.1.2. Avantajları ve Bugünkü Dönüşümü

İnsansız teknolojilerin günden güne tercih edilmesinin artışının altında gelişen teknolojinin sağladığı imkânlar dahilinde bazı pahalı ya da sorun teşkil eden durumları aşabilmenin kazancı bulunmaktadır. İnsansız uçakların bir pilota ihtiyaç duymaksızın otonom ya da bir yer istasyonu aracılığıyla kontrol edilebiliyor olması, pilot tarafından yönetilen uçakta pilotun sağlığı için gerekli yaşamsal sistemler, kokpit için yer ihtiyacı ve mürettebatın getirdiği ağırlık yükü gibi maliyetler, insanlı uçaklarda manevra ve operasyon kabiliyetinde insan faktörünün ortaya çıkması (yorgunluk / çalışma saati, G kuvveti vb.) gibi operasyonel kabiliyetle ilgili durumlar, görev esnasında birileri tarafından fark edilme ya da imha edilebilme ihtimalinin düşük olması gibi üstünlük kalemleri İHA'ları daha tercih edilir kılmaktadır.[1]

En önemli nokta ise, insansız hava araçlarının zayıat maliyetidir. Tüm dünyada ordu mürettebatında yetiştirilmesi en maliyetli ve meşakkatli personel gruplarından birisi pilotlardır. Bir pilotun yetişmesi çok fazla miktarlarda paralar harcanması gerekebilir. Bu sebeple hava aracının zarar görmesinin yanında yetişmiş olan mürettebatın da kaybı ordular için hem maddi hem de kabiliyet olarak büyük kayıptır. İnsansız Hava Araçları, zayıat maliyetinin düşük olması nedeniyle de ordulara cazip gelmektedir. İHA'lar birçok kez düşman hava savunma unsurlarının oyalanmasında ve asıl saldırıyı yapacak olan unsurların ateş hattını geçebilmesi için şaşırtıcı olarak kullanılarak orduların zaferlerinde çok büyük rol oynamışlardır.[1]

1.1.3. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması



Resim 1.1 Alman Ordusuna ait Luna X 2000 model İHA.



Resim 1.2. Meksika yapımı S4 Ehécatl kalkış anında.

İHA'ları altı farklı başlık altında sınıflandırabiliriz:

- Hedef ve yem – düşman hava savunma veya savaş uçaklarına karşı yem olarak kullanılarak hedef belirlemede yardımcı olan araçlar
- Keşif ve gözetleme – düşmana ait cephe bilgilerini toplayan araçlar

- Çatışma – yüksek riskli görevlerde kullanılan saldırı kapasitesine sahip araçlar
- Lojistik – kargo ve lojistik destek amaçlı araçlar
- Araştırma ve geliştirme – gelecekte kullanılmak amacıyla farklı İHA teknolojilerinin denendiği araçlar
- Sivil ve ticari – sivil ve ticari amaçlar için kullanılan araçlar[1]

Bunun yanında İHA'lar ParcAberporth İnsansız Sistemler forumunda uçuş menzil ve irtifalarına göre de sınıflandırılırlar:

- Elle taşınabilen (Handheld) 600 metre irtifa ve ortalama 2 km menzil
- Close 1500 metre irtifa ve ortalama 10 km menzil
- NATO tipi 3000 metre irtifa ve ortalama 50 km menzil
- Taktiksel 5500 metre irtifa ve ortalama 160 km menzil
- MALE (medium altitude, long endurance Türkçesi orta irtifa, uzun havada kalış) 9000 metre irtifa ve ortalama 200 km havada kalış
- HALE (high altitude, long endurance Türkçesi yüksek irtifa uzun havada kalış) 9000 metre irtifa ve belli olmayan havada kalış
- HYPERSONIC yüksek hızlı (süpersonik (Mach 1-5) veya hipersonik (Mach 5+) hızında) 15000 metre veya yörünge altı irtifa ve ortalama 200 km menzil
- ORBITAL alçak dünya yörüngesinde (Mach 25+) [1]

1.2. Literatür Taraması

1.2.1. Güneş Enerjili İnsansız Hava Araçlarının Öncüleri

Güneş enerjili bir İHA'nın ilk uçuşu 4 Kasım 1974 yılında Camp Irwin, California'daki kurumuş bir göl yatağında gerçekleşti. Astro Flight Şirketinden R.J. Boucher tarafından tasarlanan Sunrise I yaklaşık 100 m irtifada 20 dakika boyunca uçtu. 12 Eylül 1975 tarihinde ise geliştirilmiş versiyonu olan Sunrise II test edildi ve yeni hücreler %14 verimlilikte 600W güç sağladı.[2]

Avrupa'da ise güneş enerjili model uçakların öncüsü Helmut Bruss ve Fred Militky idi. 16 Ağustos 1976 yılında kendi tasarımları olan Solaris 50 metre irtifada 150 saniyelik üç uçuş tamamladı.[2]



Resim 1.3. Sunrise I 4 Kasım 1974 Camp Irwin CA

O zamanlardan beri birçok model uçak üreticisi güneş enerjisi ile uçmaya çalıştı. Bu uğraş yıllar geçtikçe daha ekonomik hallere geldi. Başlangıçta saniyelerle sınırlı olan dayanıklılık zamanla dakikalara hatta saatlere dönüştü.[2]

FAI'nin F5 open SOL model uçak kategorisinde iki rekora imza atan ABD, Wisconsin'den Dave Beck gibi bazı insanlar öne çıktı. Ağustos 1996'da Solar Solitude, düz bir çizgide 38,84 km'lik bir mesafe uçu ve iki yıl sonra 1283 m yüksekliğe ulaştı. Ancak kategorinin ustası, şu anda bu kategorideki tüm rekorları elinde tutan Wolfgang Schaeper'dir. Almanya'da Solar Excel ile 1990-1999 yılları arasında 11 sa 34 dk 18 sn sürede, 2065 m irtifada, 80.63 km / s hızda, düz bir çizgide 48,31 km mesafe katetmiştir. Kapalı pistte ise 62.15 km / s hızda 190 km mesafe katederek rekor kırmıştır.[2]

Dr. Sieghard Dienlin'in MikroSol PicoSol ve NanoSol minyatür modellerinden de bahsetmek gerekir. En küçük modeli PicoSol 1.1 m kanat açıklığı için 159.5g ağırlığındadır ve güneş pilleri 8.64 W güç sağlamıştır.[2]



Resim 1.4. PicoSol



Resim 1.5. Solar Solidute

Özellikle güneş pillerinde ve bataryalarda yaşanan gelişmeler solar uçaklarda hedefi 24 saat kesintisiz uçuşa yükseltmiştir.

AcPropulsion'ın kurucusu ve genel müdürü olan Alan Cocconi, 22 Nisan 2005 yılında tasarlayıp ürettikleri Solong modeli ile 24 saat 11 dakikalık uçuşu sadece güneş enerjisi ve termal rüzgarlardan yararlanarak gerçekleştirmiştir. 3 Haziran 2005 yılında uçuş kabiliyetlerini geliştirmek için California Colorado Çölü'nde 48 saat 16 dakikalık bir uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu çok uzun süreli uçuşlar için ilk büyük başarıydı.[2]

20-21 Haziran 2008 yılında Niederwil İsviçre'de genel doktora tezi çalışması olarak solar uçak tasarım metodolojisini oluşturan Andre North'un modeli Sky Sailor yaklaşık 27 saatlik uçuşu güneş pillerinden ve termal rüzgarlardan faydalanarak gerçekleştirmiştir.[2]

1.2.2. Kargo Amaçlı İHA'ların Literatüre Girmesi ve Kullanılması

Kargo İHA kavramı Amazon Prime Air ile gündeme geldi. Amazon.com kurucusu Jeff Bezos'un Aralık 2013'te Amazon'un İHA'lar kullanarak hafif ticari ürünleri hızlı bir şekilde teslim etmeyi planladığını duyurdu. Amazon'un basın açıklaması, federal ve eyalet düzenleyici onayı, kamu güvenliği, güvenilirlik, bireysel mahremiyet, operatör eğitimi ve sertifikasyonu, güvenlik (hackleme), yük hırsızlığı ve lojistik gibi sorunlar nedeniyle şüpheyi karşılandı.[3]

Aralık 2013'te, Deutsche Post AG şirketine bağlı DHL bir araştırma projesinde, "Parcelcopter" isimli prototiple bir kilogramın altında ilaç teslim etti ve bu gelişme şirketin

teknolojiyi kullanacağı ilk alanın afet yardımı endüstrisi olabileceği yönündeki spekülasyonları artırdı.[3]

Temmuz 2014'te Amazon'un, her biri 50 mil / saat (80 km / saat) uçabilen ve 5 lb (2,3 kg) paket taşıyabilen 8. ve 9. drone prototipleri üzerinde çalıştığı ve bunları test etmek için FAA'ya başvurduğu ortaya çıktı.[3]

Ağustos 2014'te Google, İHA'ları Avustralya'da iki yıldır test ettiğini açıkladı. "Project Wing" olarak bilinen Google X programı, e-ticaret yoluyla satılan ürünleri teslim edebilen drone'lar üretmeyi amaçladığını duyurdu.[3]

Eylül 2014'te FedEx'in drone teslimatının mevcut lojistik modeliyle entegrasyonunu test ettiği bildirildi.[3]

Şubat 2015'te, Hangzhou merkezli e-ticaret sağlayıcısı Ali Baba, Çin'deki belirli şehirlerde 450 müşteriye çay teslim ettiği Shanghai YTO Express ortaklığıyla drone teslimat hizmetine başladı.[3]

Mart 2016'da Flirtey, ABD'de kentsel bir ortamda FAA onaylı ilk tam otonom drone teslimatını gerçekleştirdi.[3]

Nisan 2016'da, Japonya'da merkezi hükümeti, araştırma kurumları ve Rakuten'in de içinde bulunduğu şirketleri içeren ortak bir proje, kentsel bir alanda evlere drone teslimatlarını denemek için başlatıldı. Benzer bir test projesi, nüfusun az olduğu bir bölgede yaşayan insanlar için alışverişi kolaylaştırmanın bir yolu olarak Şubat 2016'da Tokushima, Naka'da gerçekleştirildi.[3]

2016 yılında, e-ticaret devi Rakuten bir golf sahası içinde içecek ve golf topu dağıttı. Önceki teste göre iyileştirmeler yapan Rakuten, cep telefonu şirketi NTT DoCoMo ile uzun mesafeli teslimat yeteneği testi için hücreli LTE ağının kullanımını entegre etmek için ortaklık kurdu. Drone kullanılarak kargo teslimi, Japonya'nın Chiba Şehrindeki Inage Seaside Parkında ve bitişindeki deniz bölgesinde gerçekleştirildi.[3]

7-Eleven ve Flirtey arasındaki bir ortaklık, Temmuz 2016'da Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir konuta FAA onaylı ilk teslimatla sonuçlandı ve dondurulmuş bir Slurpee teslim edildi. [31] Ertesi ay şirket, ilk ticari drone teslimat hizmetini başlatmak için Yeni Zelanda'daki Domino's ile ortaklık kurdu.[3]

Haziran 2017 itibarıyla JD.com, Çin'deki dört eyalette (Pekin, Sichuan, Shaanxi ve Jiangsu) yapılan testlerde yedi farklı teslimat uçağı türüne sahipti. Dronlar, 100 km / saate (62 mph) kadar uçarken 5 ila 30 kg (11 ila 66 lbs) ağırlığındaki paketleri teslim edebiliyor. Dronlar, depolardan özel iniş alanlarına kadar sabit rotalar boyunca uçuyor ve burada JD.com'un 300.000 yerel yüklenicisinden biri, paketleri kırsal köylerdeki müşterilerin kapılarına teslim edebiliyordu.[3]

Aralık 2018'de Kroger, Nuro tarafından tasarlanan insansız araçları kullanarak Scottsdale, Arizona bölgesindeki müşterilere yiyecek teslim etmeye başladı.[3]

Amazon, 2019 AI konferansında, drone teslimatlarının belirli ABD şehirlerinde "aylar içinde" piyasaya sürülmeye başlayacağını duyurdu. Güvenlik ve düzenleme onayları nedeniyle hizmet daha sonraya ertelendi. Amazon, Ekim 2020 itibarıyla herhangi bir güncelleme açıklamadı.[3]

Nisan 2019'da Saint Agnes Hastanesi'nden Baltimore'daki Maryland Üniversitesi Tıp Merkezi'ne bir drone uçarak 44 yaşındaki bir kadına başarıyla nakledilen bir böbreği teslim etti.[3]

2020'de UPS, Matternet ile birlikte Kuzey Carolina'nın Raleigh şehrinde bir tıbbi teslimat denemesi başlattı.[3]

Wingcopter ile birlikte NHS, İskoçya'nın Mull Adası'na kişisel koruyucu ekipman ve COVID-19 test kitleri teslim etmek için 2 haftalık bir deneme gerçekleştirdi.[3]



Resim 1.6.Wingcopter

1.2.3. Türkiye'de İHA Sektörü

Türkiye 1990'lı yıllarda terör olaylarının ardından terörle mücadelede İHA'ların çok önemli bir güç olacağını, bu teknoloji henüz çok yeniyken anlayabilmiş ender ülkelerden biri. Bu yüzden ülkemizde insansız hava araçlarının geliştirilmesi ve Türk Silahlı Kuvvetleri

envanterine girmesi yönündeki çalışmalar, dünyadaki gelişmelere paralel olarak 1980'li yılların sonunda artmaya başladı.[4]

‘Meggitt firması üretimi olan Banshee sistemi, ilk insansız hedef uçağı olarak 1989 yılında TSK tarafından kullanılmaya başlandı. 1993 yılında Almanya tarafından hibe edilen 5 adet Canadair firması üretimi CL-89 İHA'sıyla 1994 yılında uçuşlara başlandı. Fakat lojistik sıkıntılar ve kaza kırımlar nedeniyle sistem kısa süre içinde envanterden çıkarıldı.’[4]



Resim1.7. Türkiye'deki İHA'ların Gelişimini Gösteren Şablon

1989 yılında ABD'li General Atomics firması ilk İHA'ları üretmeye başladı. Bu teknolojinin terörle mücadelede elini rahatlatacağını öngören Türkiye, firmadan GNAT İHA'ları ithal etmek için görüşmelere başladı ve 1993 senesine gelindiğinde Türkiye ilk GNAT İHA'larını ithal etmiş oldu. GNAT 750 yıllar boyu kullanıldı. Bu araçlar, TSK envanterine giren ilk İHA'lardı.[4]

GNAT'ların ithalat süreci devam ederken, İHA'ların yerli ve milli imkanlarla geliştirilmesi için Türkiye Cumhuriyeti ilk çalışmalarına başladı. Bu gelişmelerle birlikte TUSAŞ (Türk Havacılık ve Uzay Sanayii) tarafından sırasıyla; 1992 yılında İHA-X1, 1996 yılında Turna-Keklik, 2003 yılında Pelikan- Martı, 2007 yılında Gözcü, 2008 yılında Öncü, 2012 yılında

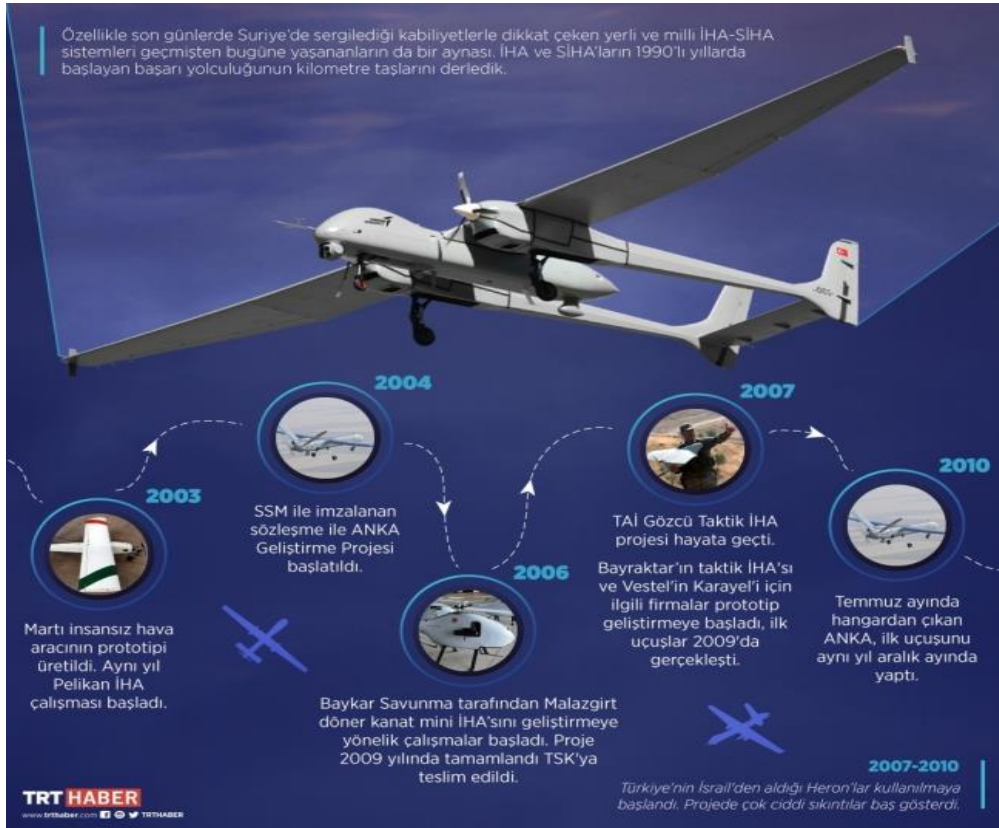
Şimşek ve son olarak da ANKA insansız hava araçları geliştirildi. Ayrıca rotorlu İHA (2012) gibi çalışmalar da yapıldı.[4]

1990 yılında TUSAŞ tarafından çalışması başlanılan İHA-X1 Şahit sistemi, ilk üretilen yerli İHA olarak literatüre girdi. 1992 yılında ise iki adet üretilmiş, ancak seri üretimi gerçekleştirilmemişti.[4]

Devletin ön ayak olması ile bu adımlar atılırken, sivil olarak da bu teknolojiyi Türkiye'ye kazandırmak için çalışan şirketler oldu. Bu şirketlerden en çok öne çıkanı ise bugün dünyadaki havacılık endüstrisinde herkesin yakından tanıdığı Baykar Savunma oldu.

2000 yılının ilk günlerinde bu projeyi yürürlüğe koymak için Özdemir Bayraktar ile oğulları Haluk ve Selçuk Bayraktar, birlikte Şırnak'ta çalışmalara başladı.[4]

Özdemir ve Selçuk Bayraktar himayesinde çalışan mühendisler üç yıl Gabar Dağı ve civar bölgeleri inceledi. Bu çalışmalar neticesinde Bayraktar Gözcü mini İHA geliştirildi. [4]



Resim1.8. Türkiye'deki İHA'ların Gelişimini Gösteren Şablon

Kargo alanında ise ülkemizde Altınay firmasının Albatrosu öne çıkmaktadır.

“Albatros özellikle Kargo görevleri için geliştirilmiş bir İHA (Drone) olmasına karşın, yüksek kaldırma kapasitesiyle, kendine has mühimmat ve faydalı yükleriyle Silahlı İHA olarak da kullanılabilir. Ayrıca bünyesine Altınay Firması tarafından geliştirilen Maragay ve Vaşak gibi insansız kara araçları da taşıyabilmektedir.

Modüllerden oluşan Albatros İha'nın ana modülü 8 adet motor ile 50 kg yük taşıyabilme kapasitesine sahiptir. Her biri kendi bataryasına sahip modüller bir araya getirilerek 12, 16 ve 20 motorlu Albatros İha'lar elde edilebilmektedir. Böylece İha'nın yük taşıma kapasitesi de 150 kg üstüne çıkarılabilmektedir.

Altınay Albatros'un tüm konfigürasyonları 22 km uçuş mesafesine sahip olup, 3.000 mt irtifaya çıkarak, 45 dk havada kalabilmektedir.”[5]



Resim1.9. Albatros İHA

ALBATROS İHA KONFIGÜRASYONLARI	ALBATROS 50 KG	ALBATROS 100 KG	ALBATROS 150 KG
	KARGO İHA	KARGO İHA	KARGO İHA
KALKIŞ AĞIRLIĞI:	195 kg	370 kg	630 kg

FAYDALI YÜK:	50 kg	100 kg	150 kg
UÇUŞ HIZI:	65-85 km/sa	70-95 km/sa	70-95 km/sa
UÇUŞ SÜRESİ:	60 dk	60 dk	60 dk
UÇUŞ MESAFESİ:	22 km	30 km	30 km
UÇUŞ İRTİFASI:	3000 m	3000 m	3000 m
ÇALIŞMA SICAKLIĞI:	-20°C & +50°C	-20°C & +50°C	-20°C & +50°C
MOTOR SAYISI:	12	16	20

Tablo 1.1. Albatros İHA Teknik Özellikleri

1.3. Türkiye’deki Hukuki Durum

Türkiye’de İHA’ları kapsayan kurallar, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından 22 Şubat 2016 tarihinde hazırlanıp, değişiklik yapılmış son hali 22 Nisan 2016 tarihinde yayımlanmış olan “İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı-SHT-İHA” talimatı ile belirlenmiştir. Bahsi geçen talimat; 10/11/2005 tarihli ve 5431 sayılı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunu ile 14/10/1983 tarihli 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu esas alınarak hazırlanmıştır. Söz konusu Talimat'ın kimleri ilgilendirdiği 2’nci maddesinde “Türk Hava Sahası’nda uçacak İHA’ları, ilgili sistemleri, bunları ithal edecek, satışı yapacak, işletecek ya da kullanacak gerçek ve tüzel kişileri, bu kapsamda görev alacak personeli, İHA ekibini ve hava sahası kullanımı ile verilecek hava trafik hizmetlerini kapsar” ifadesi ile belirtilmiştir. Ancak, aşağıdaki İHA sistemleri bu Talimatın kapsamı dışında tutulmaktadır:

- a. Devlet insansız hava araçları,
- b. Yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri,
- c. Yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler,
- d. Azami kalkış ağırlığı 500 gr’dan daha az olan İHA’lar.[6]

SHT-İHA’nın 4’ncü maddesinde ise konuyla ilgili tanımlar ve kısaltmalar verilmiş olup, buna göre İHA Sistemleri ve İHA tanımı aşağıdaki şekilde yer almaktadır:

İnsansız Hava Aracı Sistemi (İHAS): İHA ile kontrol istasyonu, komuta ve kontrol veri bağı, kalkış ve iniş sistemi gibi uçuşun sağlanması için gerekli olan, birbirinden ayrı sistem elemanlarının bütünü,

İnsansız Hava Aracı (İHA) : İHAS'ın bir bileşeni olarak işletilen, aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracını ifade etmektedir.[6]

Söz konusu Talimat incelendiğinde, içinde yer alan kuralların genel olarak uluslararası olarak yürürlükte olan birçok devlet ve kurumun (örn. ABD, Kanada, ICAO, FAA, EASA, vb.) İHA mevzuatının birlikte yorumlanması ile hazırlandığı anlaşılmaktadır. Bu Talimat ile İHA'lar, kalkış ağırlıkları referans alınarak 4 farklı grupta (İHA0, İHA1, İHA2, İHA3) ele alınmaktadır. Buna göre İHA0 (500 gr - 4 kg) ve İHA1 (4 – 25 kg) kategori hava araçlarının AR-GE çalışmaları için üretildiği kabul edilmekte ve Genel Müdürlük tarafından oluşturulan internet tabanlı “Kayıt Sistemi”ne kayıt edilmesi zorunluluğu getirilmektedir. İHA0 ve İHA1 sınıfındaki hava araçları için ithalat uygunluk şartları da Madde 6’da düzenlenmiştir. Talimatın 8’nci maddesine göre İHA0 sınıfındaki hava araçları için sertifika veya uçuş izni belgesi gerekmemektedir. Oysa, İHA1 sınıfındaki hava araçları için sertifika gerekmemekle birlikte “Emniyet ve Uygunluk Beyanı” kabul edilmektedir. İHA2 (25-150 kg) ve İHA3 (150 kg ve üzeri) sınıfı hava araçları için yukarıda ifade edilmiş olan belgelerin alınması zorunludur.[6]

SHT-İHA Talimatı'nın Üçüncü Bölümü'nde 10.-16. maddeler arasında sorumluluk, sigorta, kayıt, tescil, uçuş operasyon el kitabı ve pilot lisansları düzenlenmiş olup, bazı önemli maddeler aşağıda verilmiştir:

- a. Tüm İHA ve sistemlerinin işleticileri/sahipleri üçüncü şahıslara verecekleri zararlardan sorumludur (Md.10).
- b. 25 kg üstü İHA ile ağırlığına bakılmaksızın ticari faaliyet gerçekleştiren İHA için, 15/11/2005 tarihli ve 25994 sayılı Türk Hava Sahasında Uçuş Yapan Türk ve Yabancı Sivil Hava Araçlarının Yaptırması Gereken Üçüncü Şahıs Mali Mesuliyet Sigortası Yönetmeliği'ne göre sigorta yaptırılır ve sigortasız uçuş yapılmaz (Md.10).
- c. İHA0 ve İHA1 kategorisindeki hava araçlarının kayıtları Genel Müdürlük tarafından elektronik ortamda oluşturulan “Kayıt Sistemi” üzerinden yapılacaktır (Md.11).

d. İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar için tescil işlemi yapılmaz. Uzaktan kumanda edilen İHA2 ve İHA3 sınıfındaki İHA'lar, Genel Müdürlük tarafından hava aracı siciline kayıt edilerek tescil işareti atanır (Md.12).

e. İHA0 ve İHA1 uçuracak kişiler için Genel Müdürlükçe herhangi bir lisans düzenlenmez. Ancak söz konusu kişiler oluşturulan internet tabanlı Kayıt Sistemi'ne aşağıdaki bilgi ve belgeleri girerek kayıt olmak zorundadırlar (Md. 14).

(a) TC Kimlik Numarası.

(b) İsim-Soyisim ve ikametgah bilgileri.

(c) Telefon, e-posta, vb İletişim bilgileri.

(ç) Nüfus Cüzdanı sureti.

(d) 18 yaşından büyükler için arşiv kayıtlı adli sicil belgesi.

(e) 18 yaşından küçükler için ileride doğabilecek hukuki ve cezai sorumlulukları kabul ettiklerine dair kanuni mümessillerince noterde tanzim ve tasdik edilmiş taahhütname.

f. İHA0 sınıfı pilotlar en az 12 yaşında ve İHA1 sınıfı pilotlar en az 15 yaşında olmalıdır (Md. 14).

g. 18 yaşın altındaki İHA pilotlarının üçüncü şahıslara verdikleri zararlardan hukuki ve cezai sorumluluk kanuni mümessiline aittir (Md. 14).

h. İHA pilotu, uçuşun güvenli yürütülmesinden ve uçuşla ilgili idari, mali ve teknik kuralların yerine getirilmesinden sorumludur (Md. 15)

i. İHA pilotu, faydalı yüklerin yasal çerçevede kullanılmasından sorumludur (Md. 15)

j. Ticari faaliyetler dışında sportif ve amatör amaçla gerçekleştirilecek uçuşlarda, Talimatta belirtilen kurallara uyulmak kaydı ile, 18inci Maddede yeralan bölgeler hariç Genel Müdürlükten uçuş izni alınması gerekmez. Bu sınıflar için mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanan yer ve zamanlarda uçuş yapmak yasaktır (Md. 17a).

k. Meskun mahal, kalabalık veya çok kalabalık bölgeler dışında kalan bölgelerde, 18inci ve 19 uncu Maddelerde belirtilen gerekliliklere uyulması kaydıyla ticari amaçlı uçuş yapılması halinde uçuş izni alınmasına gerek yoktur Md. 17b).

1. İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar ile NOTAM alınmadan, uçuşa yasak olmayan bölgelerde ve mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanmayan yer ve zamanlarda uçulması durumunda (Md. 19):

(a) Sadece görerek meteorolojik koşulların sağlandığı durumlarda, gündeğümü-günbatımı saatleri arasında ve en az 2 km görüşe açık havalarda uçuş gerçekleştirilebilir,

(b) İHA, yatayda 500 metreyi geçmeyecek şekilde pilotun görüş alanında olmalıdır,

(c) Yerden (AGL) 400 feet (120 metre) yüksekliğin üzerine çıkılmamalıdır,

(ç) İnsan ve yapılardan en az 50 metre uzaklıkta uçuş gerçekleştirilmelidir.[6]

1.3.1. Özel Hayatın Gizliliği

Bütün ülkeler, İHA'ların kendi yönetimlerinde bulunan hava sahaları kurallarına adaptasyonu için birçok yasa çalışmaları yapılmış olup daha da geliştirmek için çalışmalar devam etmektedir. Ancak, bahsedilen bu çalışmaların hiçbirinin hazırlık ve yapım aşamalarında kamu, kişiler veya firmalar tarafından İHA kullanımının özel hayatın gizliliğine olası etkileri konusunda bir çalışma yapılmamıştır. Günümüz teknoloji çağında en çok önem verilmesi gereken konulardan biri özel hayatın gizliliği olması gerekirken bu çoğu zaman ihmal edilmiştir. Diğer taraftan, herhangi bir gizlilik ihlali vuku bulması durumunda, mahkemelerde bu konuda nasıl bir karar verileceği de belirsiz bir durumdur. Dünyadaki ve Türkiye'deki kurallar gereğince İHA'ların yerleşim yerleri ve kalabalıklar üzerinde uçurulmasının özel izin gerektirmesi ise, özel hayatın gizliliğinin ihlalini önlemek değil, olası kazaların önüne geçerek güvenliğin sağlanması amacıyla konulmuş bir kuraldır. Fakat malesef ülkemizde ve dünyada İHA'ların özel hayatın gizliliğini ihlal eden birçok olayla karşılaşmıştır. 2014 yılında Seattle (A.B.D.)'de 26. katta apartman dairesinde yaşayan bir kadın yatak odasını gözlemleyen bir İHA görmüştür, Türkiye'de ise İstanbul Zeytinburnu'ndaki Atatürk Kız Öğrenci Yurdu'nda 2015 yılında İHA vasıtasıyla gözlem ve kayıt yapıldığı belirlenmiştir. Bu olaylarda görüldüğü üzere İHA kullanımında özel hayatın gizliliği hususunda kullanım şartları belirlenmesi gerekliliği doğmuştur.[6]

Bu konuda Avrupa'daki işleyişe bakacak olursak, Avrupa'da özel hayatın gizliliği ve kişisel verilerin korunması en temel insan hakları olarak kabul görmüştür. Bu nedenle İHA'ların eğlence dahil herhangi bir amaçla kullanılması özel hayata müdahale olarak görülmektedir. Bu İHA'lara kamera, dinleme cihazı vb cihazların eklenmesi ve yetkililerden

izin alınmaksızın uçurulması hukuki ve kamu vicdanı açısından konuyu daha hassas bir hale getirmektedir. Avrupa Birliği'nin Temel Haklar Şartı'nın 7. Maddesine göre herkesin özel hayatına, aile hayatına ve iletişimine saygı bekleme hakkı vardır.[6]

“Türkiye'deki işleyişte ise T.C. Anayasası'nın 20. Maddesinin birinci fıkrasına göre herkes özel hayatına ve aile hayatına saygı gösterilmesini isteme hakkına sahiptir. Özel hayatın ve aile hayatının gizliliğine dokunulamaz. Aynı maddenin üçüncü fıkrasına göre ise herkes kendisiyle ilgili kişisel verilerin korunmasını isteme hakkına sahiptir. Bu hak kişinin kendisiyle ilgili kişisel veriler hakkında bilgilendirilme, bu verilere erişme, bunların düzeltilmesini veya silinmesini talep etme ve amaçları doğrultusunda kullanılıp kullanılmadığını öğrenmeyi de kapsar. Türkiye ayrıca herkesin özel ve aile hayatına, konutuna ve haberleşmesine saygı gösterilmesini hükme bağlayan Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'ni Kişisel Verilerin Otomatik İşleme Tabi Tutulması Karşısında Bireylerin Korunması'na İlişkin 108 sayılı Avrupa Konseyi Sözleşmesi'ni de imzalamıştır. Konunun ceza boyutuna bakıldığında ise Türk Ceza Kanunu'nun 134. maddesinde “Kişilerin özel hayatının gizliliğini ihlal eden kimsenin altı aydan iki yıla kadar hapis veya adli para cezası ile cezalandırılacağı” düzenlenmiş olduğu görülür. Aynı madde uyarınca gizliliğin görüntü veya seslerin kayda alınması suretiyle ihlal edilmesi halinde ise cezanın alt sınırı bir yıldan az olmaz. Keza söz konusu görüntü ve sesleri ifşa eden kişilerle ilgili de ceza verileceği işbu maddede düzenlenmiştir.”[6]

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

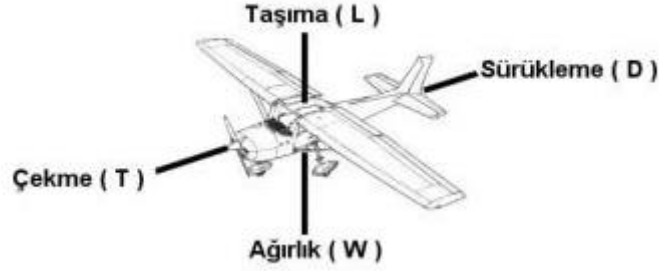
2.1. Kısıtlar ve Koşullar

2.1.1. Temel Kavramlar

Bir hava aracında şu özellikler bulunmalıdır;

- Uçak kanadı taşıyıcı güç üretmelidir
- Uçak gövdesi yüke uygun olarak tasarlanmalıdır
- Kuyruk yüzeyleri denge sağlamalıdır
- Kontrol yüzeyleri uçuş hareketlerine göre kontrol görevi sağlamalıdır
- Kullanılan motor ileri yönlü itki sağlayacak gücü oluşturmalıdır.[7]

Bir hava aracına etki eden kuvvetler basitçe şu şekildedir;



Şekil 2.1. Seyir Uçuşunda Uçağa Etkiyen Kuvvetler

Ağırlık (Weight): Her cisim gibi uçağın da bir kütlesi vardır. Uçak park halindeyken uçağa sadece yerçekiminin oluşturduğu düşey kuvvet etki eder. Buna uçağın ağırlığı (W) denir.

Taşıma Kuvveti (Lift): Uçuş esnasında uçağın ağırlığını dengeleyecek, ağırlık kuvvetine ters yönde ve ona eşit olan kuvvete taşıma kuvveti (L) denir. Ağırlık arttıkça kaldırma kuvveti de artmalıdır.

Çekme (Thrust): Kaldırma kuvvetinin oluşturulması için uçağın hava içerisinde ileri yönde çekilmesi gerekecektir. Motorun oluşturduğu bu kuvvete çekme (T) denir

Sürüklenme (Drag): Uçağın ileri yönlü hareketinden kaynaklanan ve çekme kuvvetine ters yönde oluşan parazit kuvvete sürüklenme kuvveti (D) denir.

Bu kuvvetler birbiriyle yakından ilişkilidir. Şöyle ki;

-Ağırlık arttıkça daha fazla taşıyıcı güç gerekir

-Taşıyıcı güç arttıkça drag (sürüklenme) da artacaktır

-Drag arttıkça daha fazla thrust (itki kuvveti) gerekecektir.

$$F_L = C_L \cdot \frac{\rho}{2} \cdot SV^2 \quad \text{Kaldırma kuvveti} \quad (2.0)$$

$$F_D = C_D \cdot \frac{\rho}{2} \cdot SV^2 \quad \text{Sürüklenme kuvveti} \quad (2.1)$$

F_L : Kaldırma kuvveti

F_D : Sürüklenme kuvveti

C_L : Kaldırma katsayısı

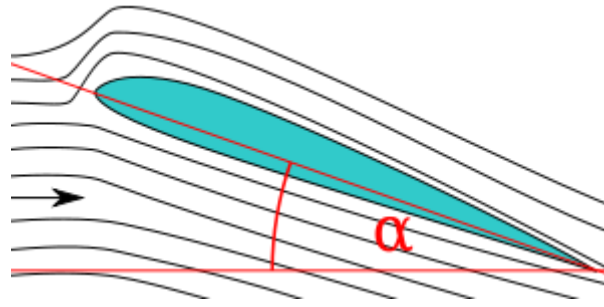
C_D : Sürüklenme katsayısı

ρ : Havanın yoğunluğu

S : Kanat yüzey alanı

V : Uçağın hızı

Hücum Açısı (α): Aerodinamikte akış çizgileri ile kanat profilinin veter çizgisi arasında kalan açı olarak tanımlanır. Hareket doğrultusu ile veter çizgisi arasında kalan açıdır.[7]



Şekil 2.2. Hücum Açısı

Kaldırma ve sürüklenme kuvvetleri büyük oranda kanat profiline, hücum açısına ve Reynolds sayısına bağlıdır. [7]

$$Re = \frac{\rho v c}{\mu} \quad (2.2)$$

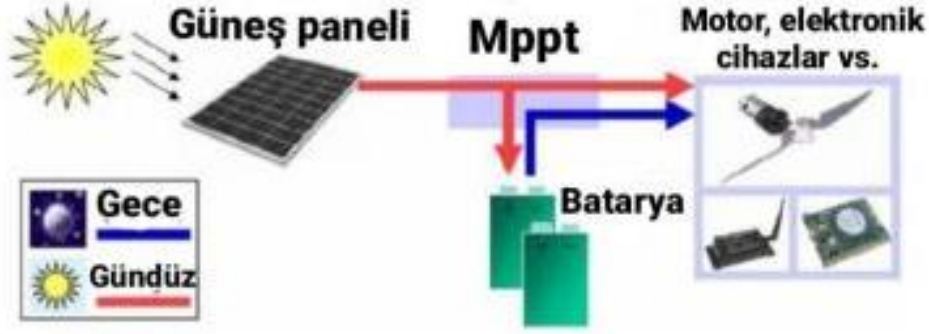
Re : Reynolds sayısı

ρ : Havanın yoğunluğu

c : Kanat genişliği

μ : Kinematik viskozite

Basitçe solar bir uçağın elektrik sistemi şekildeki gibidir;



Şekil2.3. Solar Bir Hücrenin Elektrik Sistemi

Güneş panelleri güneşten aldıkları gücü verimleri ile orantılı olarak düz akıma çevirerek MPPT'ye gönderirler. MPPT panelden aldığı gücün akım ve voltajını bataryayı en verimli şekilde şarj edecek değerlere getirme görevi üstlenir. Verimleri oldukça yüksektir. Bu projede batarya olarak Li-Po piller kullanılacaktır.[8]

2.1.2. Güneş Panelleri

Güneş paneli, üzerinde güneş enerjisini soğurmaya yarayan birçok güneş hücresi bulunduran bir enerji kaynağıdır.

6-30 panellik (1000 Watt) bir sistem, ihtiyaç olan yerlerde bir evin, 3000 watt'lık bir sistem ortalama bir binanın tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Endüstri uygulamaları veya elektrik santralleri için binlerce güneş panelinin kullanıldığı büyük sistemler kurulmaktadır. Bir güneş panelinin performansı sağlanan verim ile ölçülür. Aldığı enerjinin yüzde kaçını kullanılabilir elektriğe dönüştürdüğü panelin verimini belirler.

Sadece belli dalga boylarındaki ışık elektriğe dönüştürülebilir, geri kalan büyük miktar hücreyi oluşturan madde tarafından ya emilmekte ya da yansıtılmaktadır. Paneller, farklı mevsimlerde farklı açılarla güneşe doğru çevrilerek her mevsimde azami verim alınması sağlanabilir.

Güneş Enerji Santralleri basitçe fotovoltaik sistem ve termal sistem olmak üzere iki başlıkta sınıflandırılabilir.

Fotovoltaik sistemde, güneşten gelen ışımaya, paneller yolu ile elektrik enerjisine dönüştürülür ve üretilen DC elektrik dönüştürücü yolu ile şebeke frekansına uygun AC elektriğe dönüştürülerek kullanılabilir duruma getirilebilir.

Termal sistemlerde, özel aynalar sayesinde güneşten gelen radyasyon belli bir noktaya iletilmekte, bu noktada bulunan yağ ya da su bu enerji sayesinde ısıtılmakta, ısıtılan bu sıvı ile buhar basıncı da kullanılarak mekanik enerji kinetik enerjiye çevrilmektedir.[9]



Resim 2.10. Kullanılan Güneş Hücreleri

2.1.3. Batarya

Güneş pillerinden gelen düz akımı herhangi bir ara eleman kullanmadan depolamak amacıyla elektrokimyasal batarya kullanılacaktır. Elektrokimyasal bataryalar içerisinde yüksek verimi, hızlı dolup boşalabilmesi ve yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle Li-Po bataryalar kullanılacaktır.



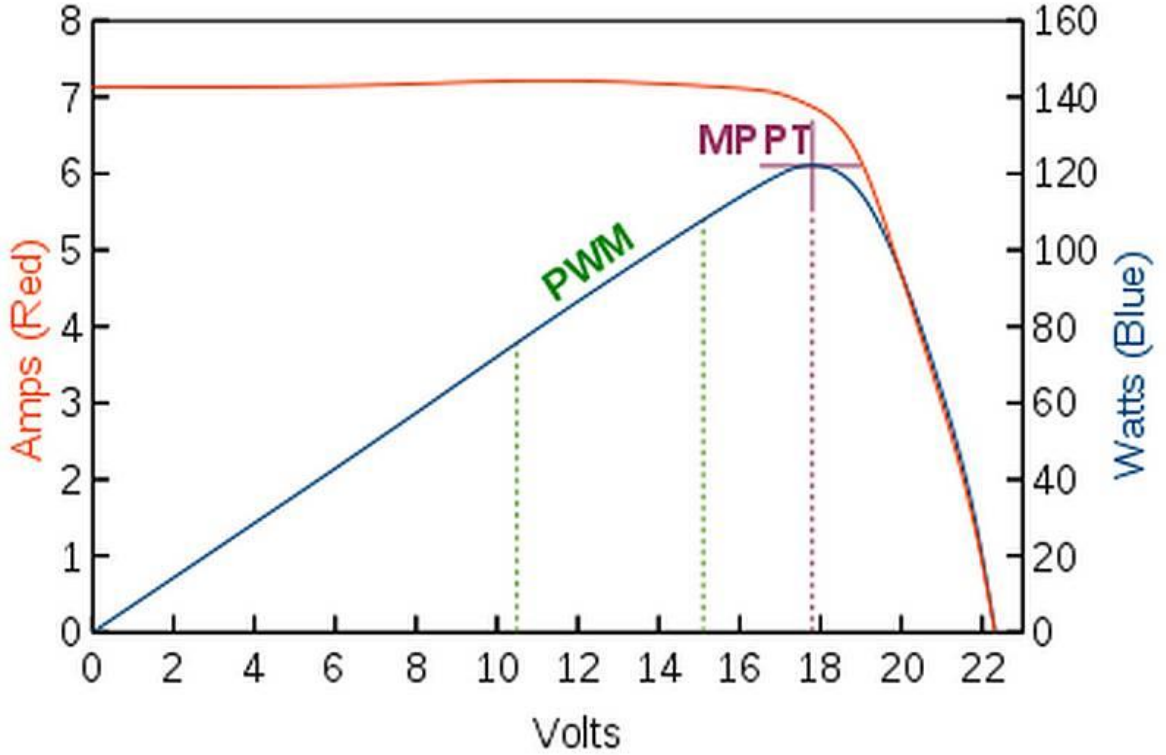
Resim 2.11. Li-Po Batarya

2.1.4. MPPT

MPPT (Maximum power point tracking – Maksimum Güç Noktası Takipçisi) kısaca MPPT'nin amacı güneş enerjisi paneli ve rüzgar jeneratörleri sistemleri ile üretilen elektrik enerjisini, batarya ve türevlerini daha verimli şekilde şarj etmektir.

Bu yöntem güneş paneli hücreleri üzerinde sürekli sabit bir şekilde enerji üretilemez. Güneş panellerindeki bu anlık ve değişken olarak üretilen enerji özel algoritmalar ile anlık takip ederek şarj işleminden her zaman en yüksek verim değerinin alınması amaçlanır.

“Aşağıdaki grafikte bir panelin AKIM-VOLTAJ (IV) eğrisini turuncu renkle, GÜÇ (Watt) eğrisini mavi renkte görüyorsunuz. PWM regülatör sadece 10.5-15V arasındaki gücü akülere aktarabilirken (grafikte yaklaşık 80W) MPPT regülatör her zaman grafikteki en yüksek güç noktasını yakalayarak panelden alınabilen maksimum gücü (grafikte yaklaşık 108W) akülere sunabiliyor.”[10]



Grafik 2.1. MPPT ve PWM'nin Akım-Voltaj Eğrisi

2.1.5. Elektrik Motoru

Bir DC motor, doğru akım elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bir elektrik motorudur. Çalışma prensibi manyetik alanların ürettiği kuvvetlere dayanır.

Neredeyse tüm DC motor türleri, motorun bir bölümünde akımın yönünü periyodik olarak değiştirmek için elektromekanik veya elektronik olmak üzere bazı dahili mekanizmalara sahiptir.

Bu çalışmada hafif olması, yüksek verimli olması ve düz akımla çalışması nedeniyle fırçasız DC motoru tercih edilecektir.



Resim 2.12. Fırçasız Elektrik Motoru

2.1.6. Pervane

Uçaklarda pervane, motordan üretilip gönderilen momenti itme kuvvetine çevirmekle görevli sistemdir. En az iki palden oluşmaktadır. Pervane palleri itme kuvveti nedeniyle yaklaşık olarak ileriye ve dönüşü nedeniyle de dönüş (rotasyon) yönünde hareket ettiği için dışarıdaki bir gözlemciye göre heliks olarak da bilinen burğu hareketini yapar.

Pervane yarıçapı nedeniyle pal ucunun dönüş düzleminde katettiği mesafe göbeğe göre daha fazla olacağından, pal ucunun açısal hızı, abağa yakın kısımlardaki açısal hızla aynı olmasına rağmen birim zamanda kat ettiği mesafe (hızı) daha fazladır.



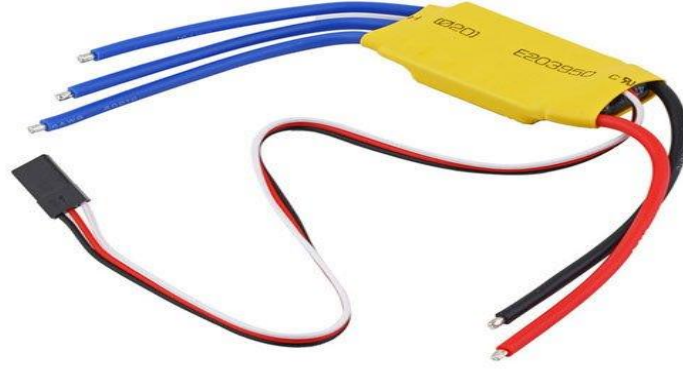
Resim 2.13. Pervane

2.1.7. Hız Kontrol Ünitesi (ESC)

Hız kontrol ünitesi bir elektrik motorunun hızını kontrol eden ve düzenleyen elektronik bir devredir. Ayrıca motorun tersine dönmesini ve dinamik frenlemeyi de sağlayabilir. İnsansız hava araçlarında sıkça kullanıldığı gibi tam boyutlu elektronik araçlar da tahrik motorlarının hızını kontrol eden sistemlere sahiptir.

Esc bir kumanda veya hız kolundan üretilen bir hız referans sistemini takip eder. Uzaktan kumanda vericisinden gönderilen sinyal kontrol edilmek istenen aracın içerisindeki kumanda sisteminin alıcısına iletilir. Alıcı sinyali ESC ye gönderir ve motor ile ilgili komutlarımız doğrultusunda çalışmaya başlar. Farklı projelerde kullanmak için ESC devreleri bağımsız elektronik sürücüler ile de kontrol edilebilir.

Esc'ler kullanım alanlarına göre çeşitlilik gösterebilir. Bu proje kapsamında kullandığımız esc tek yönlü çalışır ve tek yönde hız kontrol etmemizi sağlar. Hava araçlarının geri gitmesi mümkün olmadığından bu projede çift yönlü esc kullanımına gerek yoktur.



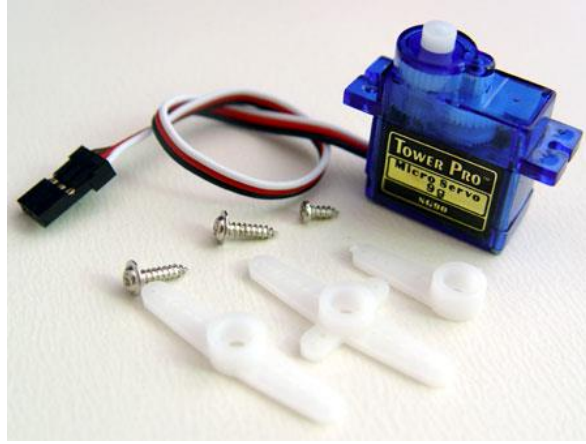
Resim 2.14. Hız Kontrol Ünitesi

2.1.8. Servo Motor

Servo motorlar kapalı devre bir motor sistemidir. Servo motor içerisinde kontrol kartı, dc veya ac motor, şaft, dişli, potansiyometre, enkoder ve amplikatör barındırmaktadır. Servo

motorlar sahip olduğu parçalar vasıtasıyla normal bir motordan farklı olarak belirli bir açığa, konuma ve hıza sahip olabilmektedir. Motor, şaftın son komut pozisyonunu temsil eden hareket miktarını belirleyen, analog veya dijital bir elektrik sinyali ile kontrol edilir. Bir kodlayıcı türü, hız ve konum geri bildirimini sağlayan bir sensör işlevi görür. Bu devre, genellikle dişli sistemiyle donatılmış olan motor yuvasının içine yerleştirilmiştir. Servo motorların 0°-90°, 0°-180°- 0°-270°, 0°-360° veya sonsuz dönen çeşitleri mevcuttur. Kullanım alanları olarak ise robotlar, ev aletleri, endüstriyel alanlar, oyuncaklar ve hobi amaçlı çalışmalar örnek verilebilir

Bu çalışma kapsamında 0°-90° açılar aileron, rudder ve elevatör hareketlerinin sağlanması için yeterli olması sebebiyle bu servo motorlar tercih edilmiştir.



Resim 2.15. Servo Motor

2.1.9. Kumanda ve Alıcı:

Bu proje kapsamında insansız hava aracı uygulamalarında genellikle kolay kullanımı sebebiyle tercih edilen kumanda ve alıcı çifti seçilmiştir. Alıcı üzerinde 6 adet kanal bulunmaktadır. Bu kanallardan 1. 2. ve 4. Kanallara servo motorlar bağlanarak aileron, rudder ve elevatör kontrolü, 3. kanala esc bağlanarak motor kontrolü yapılacaktır. Alıcı ihtiyacı olan enerjiyi esc üzerinden Li-Po pil ile sağlayacaktır.



Resim 2.16 Kumanda ve Alıcı

3. BULGULAR

3.1. Yapılan Hesaplamalar

3.1.1. Güneş Işıması Hesabı

Bölgelerin güneş ışınları; coğrafi koordinatlar, hava koşulları, saat, yeryüzünün güneş ışığını yansıtma miktarı gibi birçok parametre ile ilişkilidir.

Güneş ışınma formülü;

$$E_{day\ density} = \frac{I_{max}T_{day}}{\pi/2} \eta_{wthr}$$

$$E_{elec\ tot} = \frac{I_{max}T_{day}}{\pi/2} A_{sc} \eta_{wthr} \eta_{sc} \eta_{cbr} \eta_{mppt}$$
(3.1)

I_{max} : Maksimum ışınma miktarı

T_{day} : Güneşin doğuşundan batışına kadar geçen süre

η_{wthr} : Hava şartlarına bağlı bir verim değeri, şeffaflık

A_{sc} : Güneş hücrelerinin toplam alanı

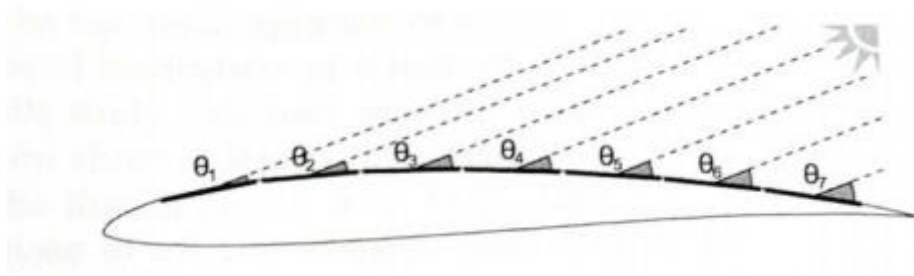
η_{sc} : Güneş hücrelerinin verimi

η_{mppt} : MPPT verimi

$E_{day\ density}$: Günlük ortalama güneş enerjisi

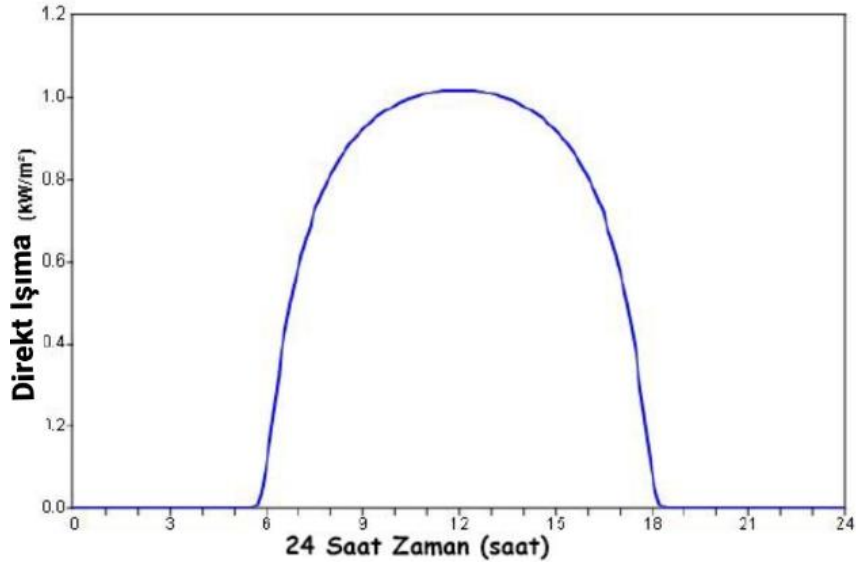
$E_{elec\ tot}$: Sistem elemanları ile günlük olarak elde edilebilecek güneş enerjisi

η_{cbr} : Kanat profilindeki kamburluk sebebiyle güneş ışınları hücrelere normalden daha az düşmesinden dolayı belirlenen bir verim katsayısı. Avrupa'da bunun %10 civarı bir kayıp olduğu gözlemlenmiştir.[2]



Şekil 3.1. Kanat Üzerine Gelen Işımlar

Güneş ışınmasını, <http://www.pveducation.org> sitesinin verdiği sinuzoid eğrisini kullanarak hesapladık.



Grafik 3.1. Güneş Işıması İçin Sinizoid Eğrisi Yaklaşımı

Bu eğriyi hesaplarken;

- Trabzon'un coğrafi konumu olan 41,00145 enlem ve 39,7178 boylamına göre <http://www.pveducation.org> sitesinin 7,5 dakikalık aralıklarla verdiği güneş ışımaya miktarı belirlenecek.
- Yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) ışımanın en düşük olduğu gün tespit edilecek.
- Tespit edilen gün için ortalama ışımaya miktarı hesaplanacak.

Trabzon'un coğrafi konumu göz önüne alınarak ve <http://www.pveducation.org> sitesinden alınan güneş ışımaya değerleri incelendiğinde 31 Ağustos günü yaz aylarında en düşük ışımaya alan gün olarak belirlenmiştir.[11] 31 Ağustos günü için ortalama ışımaya hesaplanır ise;

$$I_{ort} = 0,7620760942143690 \text{ [kW/m}^2 \text{]} \quad (3.2)$$

olarak bulunmuştur.

3.1.2. Güneş Paneli ve MPPT Seçimi

3.1.2.1 Güneş Paneli Seçimi

Verimli bir İHA için ağırlık, kısıtlı yüzey alanı, kanadın üst kısmının sahip olduğu şekil gibi sınırlamalar göz önünde bulundurulduğunda verimli, hafif ve kanat yüzeyine

düzgün konulabilme gibi özellikleri karşılayan güneş pili seçilmelidir. İnternet yapılan araştırma sonucu verimi yüksek, kanat yüzeyine kolay yerleştirebileceğimiz ve hafif olan

Wholesale High Quality Cheap Price Sunpower 125*125 Monocrystalline Silicon Flexible Solar Cell

güneş hücresi seçilmiştir.

Standart Test Koşulları(STC) Altında Maxeon Gen II Hücresinin Elektriksel Karakteristiği STC: 1000W/m ² , Hava Kütlesi 1.5g ve Hücre Sıcaklığı 25°C						
	P _{mpp}	Verim(%)	V _{mpp} (V)	I _{mpp} (A)	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)
Premium Performans	3.46	22.6	0.58	6.0	0.68	6.32
Üstün Performans	3.41	22.3	0.58	5.9	0.68	6.29
Yüksek Performans	3.19	20.8	0.55	5.8	0.66	6.17

Tablo 3.1. Güneş Hücresi Parametreleri

Güneş hücresinin verimi 22,6 ve voltajı 0,586V 'dir. Boyutları ise 125x125 mm'dir.

3.1.2.2. MPPT Seçimi

Güneş enerjili bir İHA' da kullanılmak üzere bir MPPT seçerken hafif küçük boyutlarda ve yüksek verimde çalışması dikkate alınmalıdır. MPPT'ler genellikle araçlar için üretilmediklerinden taşınabilirlik ya da küçük boyutlarda olması ilk planda değildir. Fakat bazı firmalar güneş pillerinden yararlanan araçlar için küçük boyutlarda ve hafif MPPT'ler üretmektedir. İnternette yapılan araştırma sonucu verimliliği ve hafifliği nedeniyle

MPPT 5A Solar Panel Regulator Controller Battery Charging 9V 12V 24V Automatic Switch

adlı MPPT seçmeyi uygun gördük.

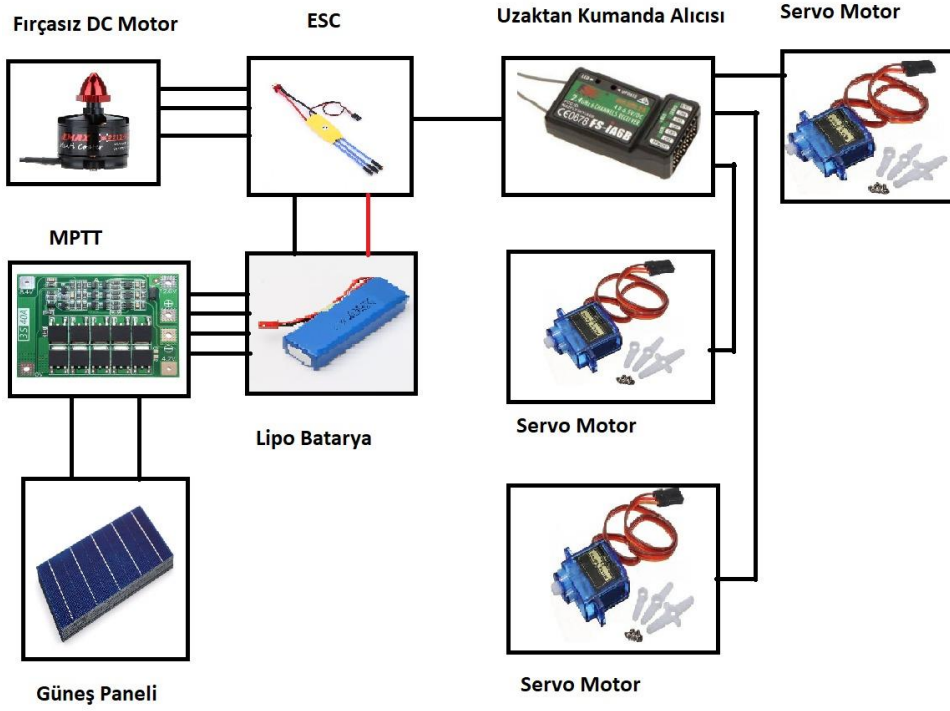
MPPT' nin verimliliği ise 0,95' dir.



Şekil 3.2. MPPT

3.1.2.3. Elektronik Devre Şeması

Motorumuzu çalıştırabilmemiz için ana güç sağlayıcısı olarak Li-Po pil kullanmaktayız. Güneş panelleri sayesinde motorun harcadığı gücün bir kısmı güneş enerjisi tarafından karşılanmaktadır. Bu sayede Li-Po pil daha uzun süre dayanmaktadır ve uçuş süresi artmaktadır. İlk olarak güneş hücresinden Li-Po pil balans şarj devresine bağlantı yapılmaktadır. Daha sonra bu devrenin çıkışından Li-Po pil bağlantı yapılmaktadır. Ardından bu Li-Po pil ESC'ye, ESC ise motora bağlanmaktadır. Motorumuza sinyal iletebilmek için ESC'den çıkan 5V kablosu kumandamızın alıcısına bağlanmaktadır. Diğer hareketli yüzeyleri kontrol edebilmek için ise Servo Motorları alıcıya bağlanmaktadır.



Resim 3.1 Elektronik Devre Şeması

3.1.3. Kanat Profil Seçimi

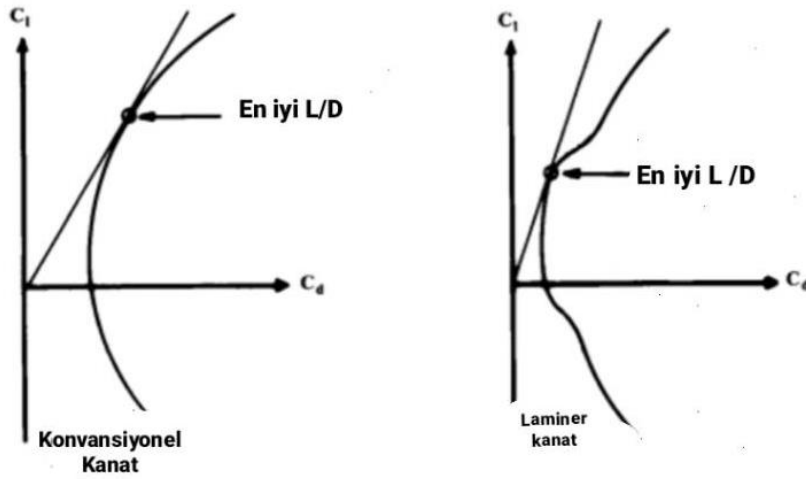
Kanat profili birçok açıdan uçak için çok önemlidir. Kanat profili tüm uçuş evrelerinde; düz uçuş süratini, kalkış ve iniş mesafelerini, stall hızını, yönlendirme karakteristiğini ve tüm aerodinamik verimi etkilemektedir.[12]



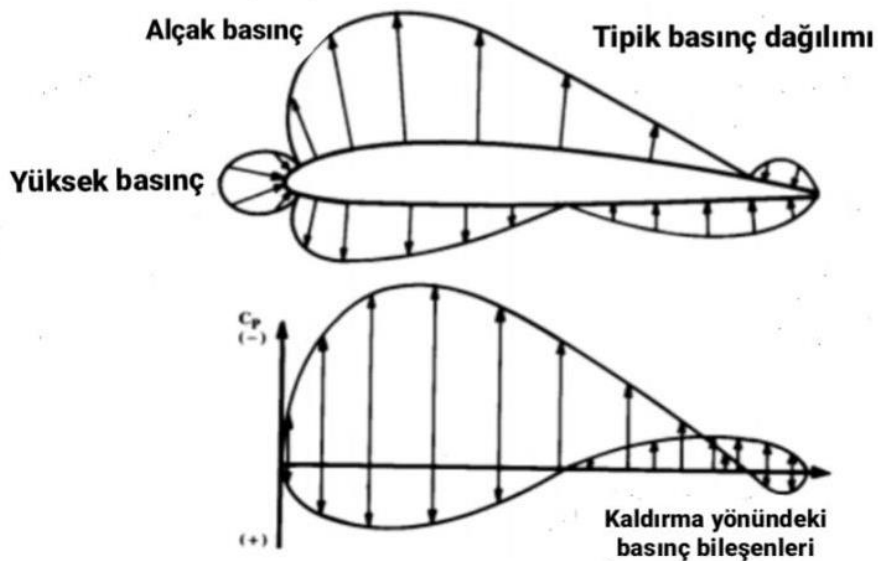
Şekil 3.3. Kanat Profili

Kanat profilinin kalınlık oranı maksimum kalınlığın veter boyuna oranıdır. Uçağın hızına bağlı olarak çeşitli kalınlık oranlarına sahip kanat profillerine rastlamak mümkündür. Tasarlanacak kanat için kalınlığın ince olmaması tercih edilecektir. Sistem elemanları kanat içerisine yerleştirilip gövde hacmi ve yüzey alanı küçültülüp sürüklenme katsayısının azaltılması sağlanacaktır.

Kanat profili seçimindeki parametrelerden biri kaldırma kuvvetidir. Kaldırma kuvveti kanadın alt ve üst yüzeyleri arasındaki basınç farkından oluşur. Bu hususta önemli olan maksimum C_l/C_d oranıdır.

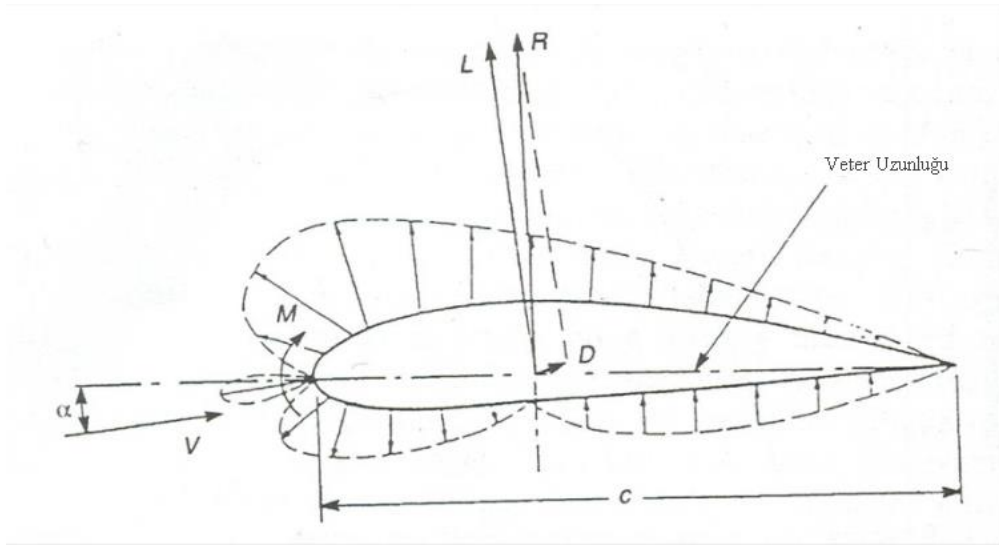


Grafik 3.2. C_l/C_d grafiği

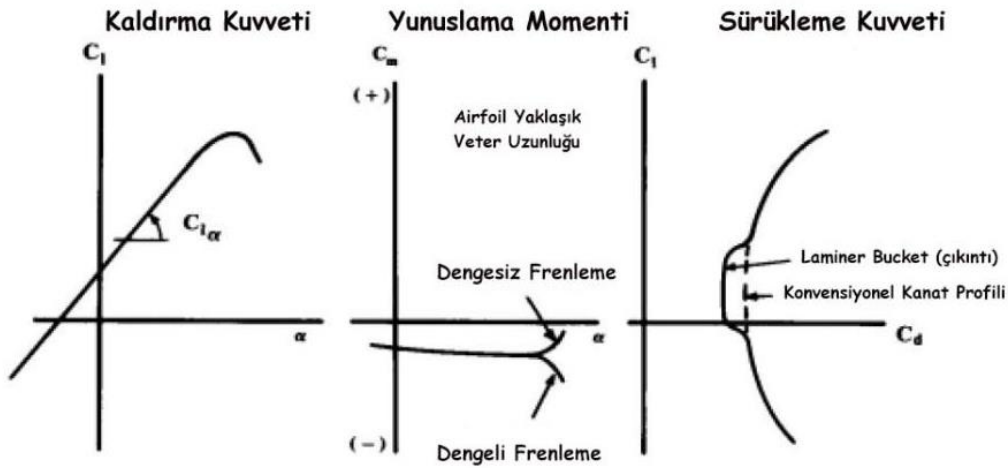


Şekil 3.4. Kanat Profili Üzerinde Basınç Dağılımı

Her kanat profili için yunuslama momentinin hücum açısıyla değişmeyip sabit kaldığı bir nokta mevcuttur. Bu noktaya aerodinamik merkez adı verilir ve genellikle kanat profilinin hücum kenarından $0.25c$ kadar geridedir. Bu nokta kaldırma ve sürüklenme kuvveti ile yunuslama momenti için referans noktası olarak kabul edilir. Yunuslama momentinin $0.25c$ noktasında hücum açısıyla değişmeme kabulü özellikle yavaş sesaltı hızlarda geçerlidir.[12]



Şekil 3.5. Kanat Profili Kesiti ve Üzerine Gelen Kuvvetler



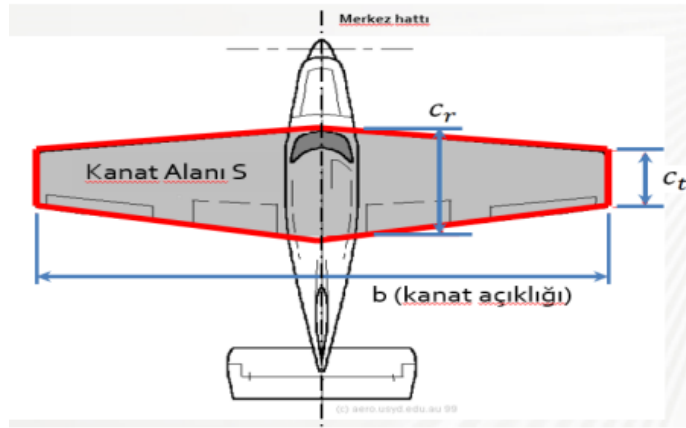
Grafik 3.3. Kaldırma Kuvveti, Yunuslama Momenti, Sürüklenme Kuvveti

İHA'mız en fazla 20 m/s hızla uçaçağı tahmin edilmektedir. Bu da fazlasıyla sesaltı hızı demektir. (Sesin hızı yaklaşık olarak 340 m/s 'dir)

Kanat profili seçiminde önemli diğer parametre ise Reynold sayısıdır. İHA'nın oldukça düşük hızda uçağı göz önünde bulundurulduğunda Reynold sayısının da düşük olacağı tahmin edilebilir.

Tahmini Reynold sayıları verilerek <http://airfoiltools.com> adresinden, düşük Reynold sayılarında yüksek L/D oranına sahip kanat profilleri incelenmiştir ve FX60-100 kanat profilinin uygun olacağı gözlemlenmiştir. Ayrıca kalınlık oranının yüksek olması bu profilin seçimde rol oynamıştır.[13]

3.1.4. Referans Kanat Geometrik Ölçümlendirmesi



Şekil 3.6.Kanat Ölçümlendirmesi

b: Kanat açıklığı

S: Kanat alanı

cr: Kök veter

ct: Uç veter

3.1.5. Kanat Boyutlandırılması

Seçilen MPPT'nin minimum giriş voltajı ile seçilen güneş hücresinin çıkış voltajının oranı ile gerekli olan minimum güneş hücresi sayısı belirlenecek. Ardından güneş hücresinin boyutları bilindiği için kanat boyutlandırılması yapılacaktır.

$$V_{OCmin} = 5 \text{ V} \quad (3.3)$$

V_{OCmin} : MPPT'nin minimum giriş voltajı

Bu değer alt sınır olarak alındığında güneş hücrelerinin oluşturduğu modüller en az 8V giriş sağlayacak değere ulaşmalıdır. Güneş hcrelerimizimizin zellikleri;

$$V_{mpp} = 0,560 \text{ V (17 \% verim için)} \quad (3.4)$$

V_{mpp} : Güneş hücresinin giriş voltajı

Tasarlanacak kanadın kanat genişliğinin minimum olması için güneş hücreleri tek sıra halinde seri şekilde bağlanmak doğru olacaktır. 8 V değerinin sağlayacak en az güneş hücresi sayısını hesaplayacak olursak;

$$\frac{V_{OCmin}}{V_{mpp}} = \frac{8V}{0,580V} = 8,92 \quad (3.5)$$

Hücre sayısı tam olacağından İHA'mız en az 10 adet güneş hücresinin seri olarak bağlanması gerektiği görülmüştür.

Güneş hücreleri kanadı ortalayacak şekilde yerleştirildiğinde;

$$10 \times 78 \text{ mm} = 780 \text{ mm}, \quad (3.6)$$

Sağdan ve soldan kanat uçlarından toplamda bırakılacak mesafe ve aileron boyutları hesaba katıldığında;

$$\text{Toplam kanat açıklığı (b)} = 1700 \text{ mm} \quad (3.7)$$

olarak belirlenmiştir.

Kanat genişliği;

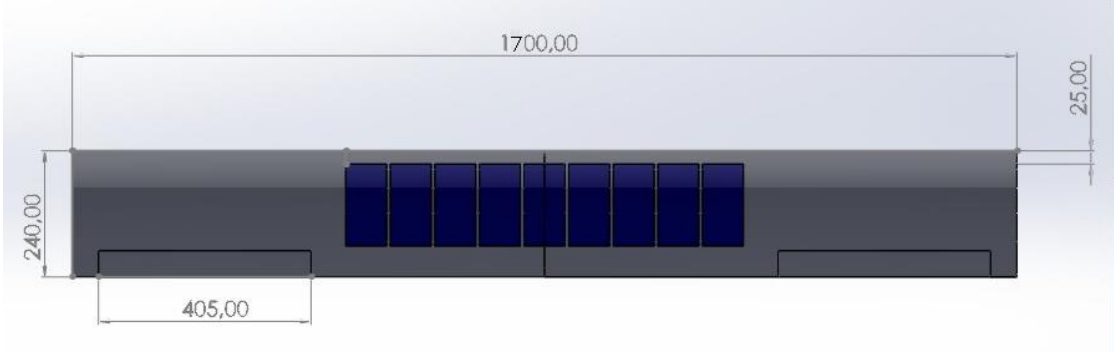
Güneş hücre genişliği; 78mm,

Akışı bozmamak için hücum kenarından mesafe; 34mm

Aileron için boşluk; 50mm

$$\text{Toplamda kanat genişliği (c)} = 78 \times 2 + 34 + 50 = 240 \text{ mm} \quad (3.8)$$

olarak hesaplanır.



Şekil 3.7. Kanadın solidworks programından çizimi

3.1.6. Açıklık Oranı

Bir uçak kanadının açıklığının karesinin kanat üst görünüm alanına oranıdır. Kanatların açıklık oranı daima 1 değerinden büyüktür. İndüklenmiş sürüklemeyi azaltmak için açıklık oranı olabildiği kadar yüksek seçilmelidir.[14]

$$\text{Kanamamızın alanı (S); } 1,700\text{m} \times 0,24\text{m} = 0,408 \text{ m}^2 \quad (3.9)$$

Açıklık oranını hesaplırsak;

$$AR = \frac{1,700^2}{0,408} = 7,08 \quad (3.10)$$

olarak bulunur.

3.1.7. Sivrilme Oranı (λ)

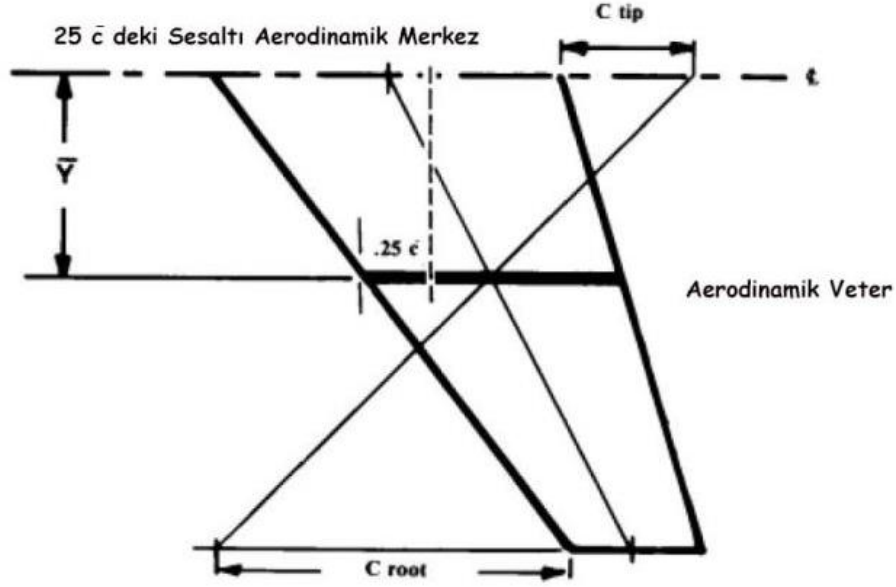
Sivrilme oranı kanadın uç veter uzunluğunun kök veter uzunluğuna olan oranıdır. Tipik olarak 0.45 değerinde bir sivrilme oranı eliptik dağılıma kıyasla %1 civarında daha fazla indüklenmiş sürükleme yaratır. [14]

$$\text{Sivrilme oranı } (\lambda) = \frac{c_t}{c_r} \quad (3.11)$$

İHA'mıza güneş hücreleri yerleştireceğimiz için kanat yüzey alanının mümkün olduğu kadar geniş ve düzgün olması lazım. Bu nedenle kanadımıza sivrilme verilmeyecektir.

Dolayısıyla sivrilme oranı (λ) 1 olarak seçilmiştir.

3.1.8. Ortalama Aerodinamik Veter Uzunluğu ve Konumu



Şekil 3.8. Ortalama Veterin Şekil Üzerindeki Konumu

Ortalama aerodinamik veter (mean aerodynamic chord), özellikle uçak kararlılık hesapları sırasında referans veter olarak kullanılır. Düşük hızlar için kanadın aerodinamik merkezi, ortalama aerodinamik veterin hücum kenarından itibaren çeyrek veter uzunluğundadır. Aerodinamik merkez aerodinamik momentin hücum açısından bağımsız olduğu noktadır. Ortalama aerodinamik veter uzunluğu ve konumu aşağıda verilen formüller yardımıyla bulunabilir.

$$\text{Ortalama Aerodinamik Veterin Boyu: } \bar{C} = \frac{2}{3} \cdot c \cdot \frac{(1+\lambda+\lambda^2)}{(1+\lambda)} \quad (3.12)$$

$$\text{Ortalama Aerodinamik Veterin Konumu: } \bar{Y} = \left(\frac{b}{6}\right) \cdot \left[\frac{(1+2\lambda)}{(1+\lambda)}\right] \quad (3.13)$$

Hesaplarsak;

$$\bar{C} = \frac{2}{3} \cdot 0,24 \cdot \frac{(1+1+1^2)}{(1+1)} = 0,24 \text{ m} \quad (3.14)$$

$$\bar{Y} = \left(\frac{1,700}{6}\right) \cdot \left[\frac{(1+2.1)}{(1+1)}\right] = 0,425 \text{ m} \quad (3.15)$$

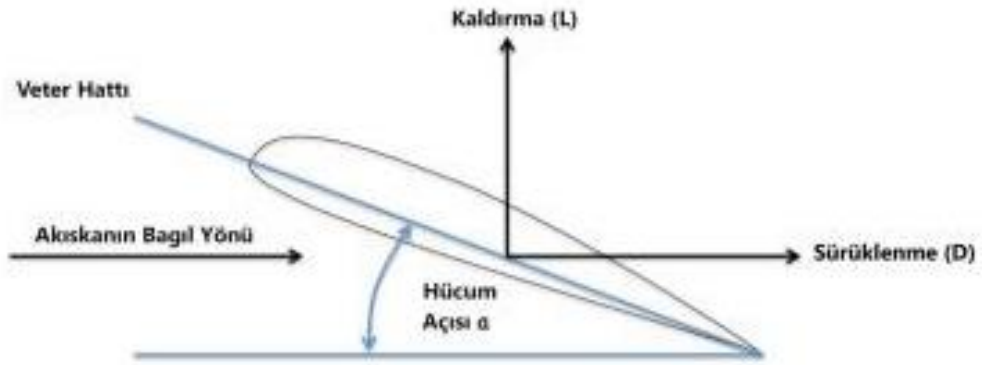
olarak bulunur.

3.1.9. Kanat Burulma Açısı

Kanat burulma açısı kanat uçlarındaki düşüşü engellemek ve kaldırma kuvvetini iyileştirmek amacı ile verilir. Fakat burulma açısını doğru bir şekilde belirlemek zordur ve genellikle istatistiki verilere dayalı olarak bulunur. Bu yüzden projede kanat burulma açısı verilmemiştir.

3.1.10. Kanat Giriş Açısı

Kanat giriş açısı, kanadın gövdeye göre yunuslama açısıdır.



Şekil 3.9. Kanat Giriş Açısı

Giriş açısı uçak gövdesi minimum sürüklenme kuvvetine sahipken kanadın en uygun atak açısına sahip olacak şekilde belirlenir ve sabit hızda uçuş gibi durumlarda sürüklenme kuvvetini en aza indirmek amacıyla verilir. [12] Kanat giriş açısı daha sonra XFOİL uygulaması ile yapılan analizle belirlenecektir.

3.1.11. Kanadın Dikey Konumu

İHA'mız güneş enerjili olacağından dolayı güneş panellerinin yerleştirilebileceği yer olarak kanatların üstü uygun görülmüştür. Güneş hücrelerinin kesintisiz bir şekilde tek parça halinde yerleştirilebilmesi için İHA'mız üstten kanatlı olarak tasarlanmıştır.



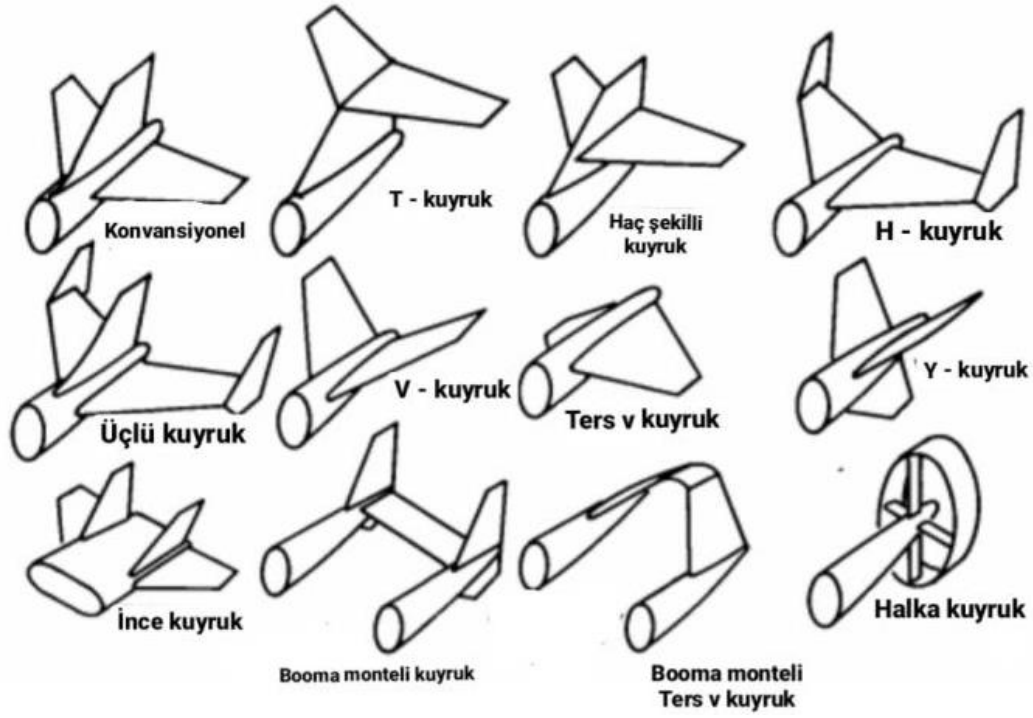
Şekil 3.10. Kanat Dikey Konumlandırmaları

3.1.12. Kuyruk Seçimi ve Geometrisi

3.1.12.1. Kuyruğun Fonksiyonları ve Kuyruk Tipleri

Kuyruklar denge ayarı, kararlılık ve kontrol ihtiyacını karşılamak amacıyla uçağa yerleştirilmektedir. Denge ayarı olarak kuyruğun ağırlığının oluşturduğu moment uçağın geri kalanının ağırlığının ağırlık merkezine göre oluşturduğu momenti karşılayarak uçağın dengede kalmasını sağlar. Ayrıca kuyruklar kararlılık için önemli rol oynamaktadır.

Kuyrukların önemli faydalarından biri kontrolü sağlamaktır. Kuyrukta bulunan kontrol yüzeyleri sayesinde uçak kötü koşullar altında dengesini sağlar ve uçuşuna devam eder.



Şekil 3.11. Kuyruk Kombinasyonları

Yukarıdaki kuyruk kombinasyonlarından “Geleneksel (Conventional)” kuyruk kombinasyonu tercih edilmiştir.

3.1.13. Kuyruk Boyutlandırılması

Tüm kuyruk çeşitleri için gerekli olan yüzey alanları direkt olarak kanat alanı ile orantılıdır.[12]

Yatay kuyrukta koniklik açısı kanadın koniklik açısından genelde 5° fazladır. Dik kuyruk koniklik açısı $35-55^\circ$ arasında değişmektedir. Düşük hızlı uçaklar için bu açının 20° den fazla olmasının estetik dışında sebepleri vardır. [12]

Yapılan araştırmalar sonucu kuyruk alanı, kanat alanının $\%15$ ile $\%35$ arasında bir değer olduğu görülmektedir. Hesaplarda kuyruğun alanı kanat alanının $\%25$ 'i olarak alındı. Yatay kuyrukta koniklik açısı kanatta koniklik açısı bulunmadığından dolayı 5° alındı.

Dik kuyruk alanı ise yatay kuyruk alanının yarısı kadardır. Dik kuyrukta koniklik açısı ise 25° seçilmiştir.[15]

Hesaplamalar yapılırsa;

$$\text{Yatay kuyruğun alanı} = 0,408 \times 0,25 = 0,102 \text{ m}^2 \quad (3.14)$$

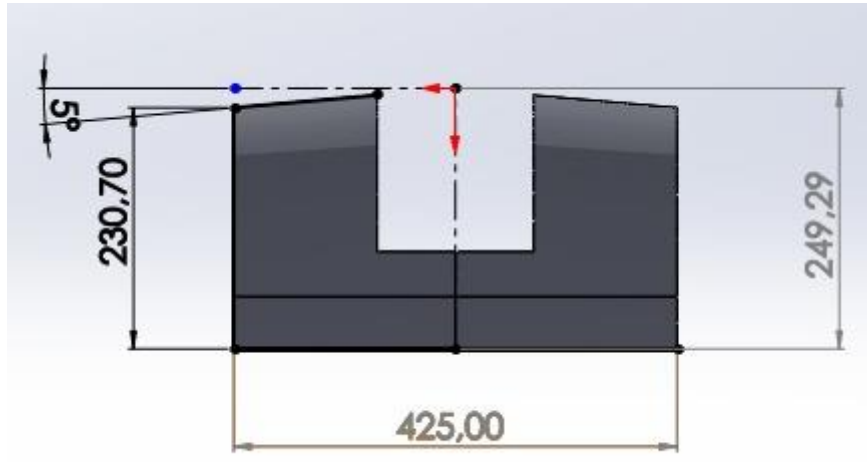
$$\text{Yatay kuyruk açıklığı} = 0,425\text{m} \quad (3.15)$$

$$\text{Dikey kuyruğun alanı} = 0,102 \times 0,5 = 0,051 \quad (3.16)$$

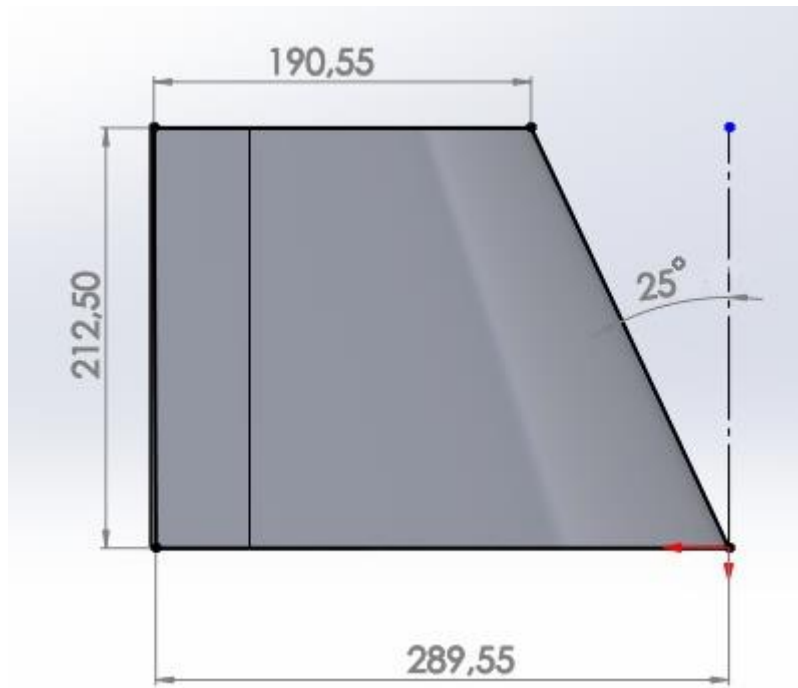
$$\text{Dikey kuyruk yüksekliği} = 0,2125\text{m} \quad (3.17)$$

olarak bulunur.

Gerekli ölçüler Solidworks programında girilirse yatay kuyruk ve dik kuyruk aşağıdaki gibi olur.



Şekil 3.12. Yatay Kuyruk

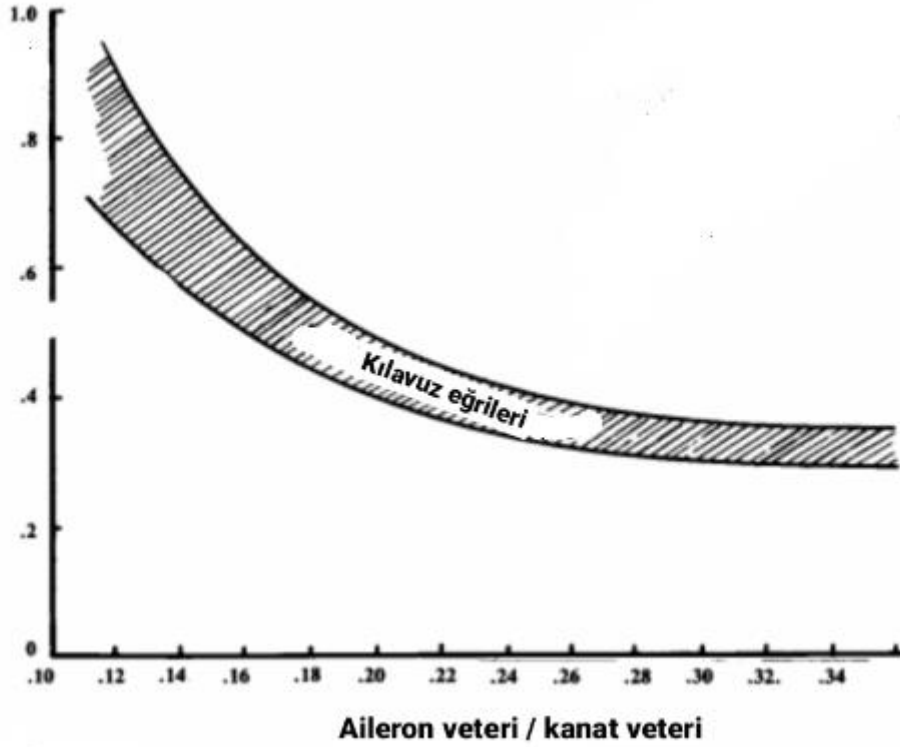


Şekil 3.13. Dik kuyruk

3.1.14. Kontrol Yüzeyleri

Kanat genişliği hesaplanırken aileronlar için 50 mm pay bırakılmıştı. Aşağıdaki grafikte yararlanarak aileron boyutlandırılması yapılabilir.

Toplam aileron açıklığı / Kanat açıklığı



Grafik 3.4. Aileron Boyutlandırma Grafiği

$$\frac{c_{aileron}}{c} = \frac{50}{240} = 0,21 \quad (3.18)$$

$c_{aileron}$: Aileron genişliği

c : Kanat genişliği

Grafikten yatay ekseninde 0,25' değerini taralı alan için okursak 0,4-0,5 değerlerini belirlemekteyiz. Bu değer aileronların boyunun kanat boyuna oranını ifade etmektedir.

$$0,4 = \frac{b_{aileron}}{b} ; \quad (3.18)$$

b : Kanat boyu (1700mm)

$$0,4 = \frac{b_{aileron}}{1700}, b_{aileron} = 680\text{mm} \quad (3.19)$$

olarak bulunur.

İHA'mız yavaş uçacağından dolayı daha emniyetli olması açısından bu oranı 0,476 olarak seçtik. Yeniden hesaplırsak;

$$b_{aileron} = 810 \text{ mm} \quad (3.20)$$

olarak hesaplanır.

Kuyruk kontrol yüzeylerinin boyu, kuyruk boyunun 0,9 katı ile tamamı arasında değişmektedir. Bu projede tamamı olarak kabul edilecektir.

3.1.15. Kuyruk Profili

Kuyruk profili olarak genelde simetrik profiller tercih edilir. Bu projede kontrol kolaylığı açısından NACA0008 kuyruk profili tercih edilmiştir.

3.2. Elde Edilebilecek Güç

3.2.1. Güneş Hücrelerinden Elde Edilebilecek Güç

Güneş hücresi sayımız 10 olarak belirlenmişti. Güneş hücrelerinin verilen verilerine baktığımızda 0.56 V ve 4,28A akım üretmektedir. Güneş hücrelerinin üretebileceği güç;

$$10 \times (0,56\text{V} \times 4,28\text{A}) = 23,968 \text{ W} \quad (3.21)$$

olarak hesaplanır.

Güneş hücrelerinin veriminin %17 olduğu durum hesaba katıldığında elde edeceğimiz güç;

$$23,968\text{W} \times 0,17 = 4,075 \text{ W} \quad (3.22)$$

olarak hesaplanmaktadır.

3.2.2. Li-Po Pilden Elde Edilecek Güç

Li-Po pilimiz 3 hücreli olup her hücre nominal 3.7 V bulundurmaktadır. Bu durumda Li-Po pilimiz,

$$3.7 \times 3 = 11.1 \text{ V 'tur.} \quad (3.23)$$

Li-Po piller farklı amper değerlerinde olmaktadır. Bizim pilimiz 4200 mah' tır. Elde edebileceğimiz güç hesaplanırsa;

$$11.1 \text{ V} \times 4.2 \text{ A} = 46.62 \text{ W} \quad (3.24)$$

olarak hesaplanır.

Li-Po pillerin daha verimli olması ve güvenli çalışması için pillerin şarjının %80'nin altına düşmesi tercih edilmemektedir. Bu yüzden kullanılabilir güç tekrar hesaplanırsa;

$$0,8 \times 46,62 \text{ W} = 37,296 \text{ W} \quad (3.25)$$

güç elde edilmektedir.

3.2.3. Uçuş Süresi Hesabı

İHA'mızın havada ne kadar havada kaldığını hesaplamak için motorumuzun maksimum güçte ne kadar W güç çektiğinin bilmemiz gerekmektedir. Motorun test verilerine baktığımızda bu gücün 106 W olduğu görülmektedir.

The voltage (V)	Paddle size	current (A)	thrust (G)	power (W)	efficiency (G/W)	speed (RPM)	Working temperature (°C)
11	EMAX8045	1	110	11	10.0	3650	
		2	200	22	9.1	4740	
		3	270	33	8.2	5540	
		4	330	44	7.5	6200	
		5	390	55	7.1	6700	
		6	440	66	6.7	7150	
		7.1	490	78.1	6.3	7400	36
	EMAX1045	1	130	11	11.8	2940	
		2	220	22	10.0	3860	
		3	290	33	8.8	4400	
		4	370	44	8.4	4940	
		5	430	55	7.8	5340	
		6	480	66	7.3	5720	
		7	540	77	7.0	5980	
		8	590	88	6.7	6170	
		9	640	99	6.5	6410	
		9.6	670	106	6.3	6530	43

Tablo 3.2. Motor Performans Verileri

Sadece Li-Po pil kullanıldığında elde edeceğimiz uçuş süresi;

$$37,296/106 = 0,3518 \text{ saat} = 21 \text{ dk} \quad (3.26)$$

olmaktadır.

Güneş enerjisi ile birlikte Li-Po pil kullanıldığında;

$$(37,296+4,075)/106= 0,3903 \text{ saat} = 23,4 \text{ dk} \quad (3.27)$$

uçuş süresi elde edilmektedir.

Genel olarak bakıldığında güneş hücreleri sayesinde 21 dk olan uçuş süremiz 23,4 dk olmaktadır.

3.3. Analiz ve Enerji Hesabı

Tasarladığımız İHA için kanat genişliğine göre hesaplanan Reynolds sayısı ve hesaplanan diğer ölçüler ile gerekli uygulamalar kullanılarak analiz yapılacaktır. Analiz için XFOİL ve XFLR5 uygulamaları kullanılmıştır.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot c}{\mu} = \frac{V \cdot c}{\nu} \quad (3.28)$$

Re: Reynolds sayısı

ρ : havanın yoğunluğu

V: havanın hızı (uçığa göre)

c: kanat genişliği

μ : kinematik viskozite

ν : dinamik viskozite

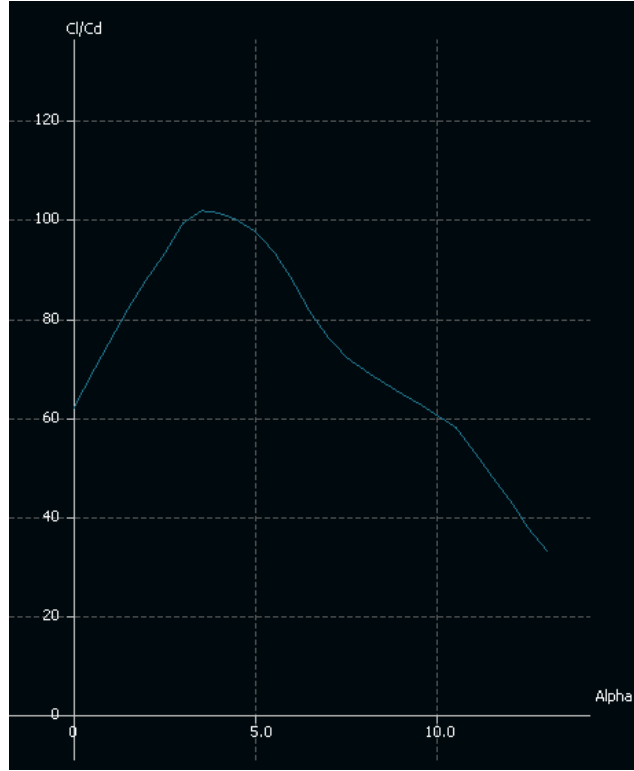
Trabzon'un deniz seviyesinde olduğu göz önünde bulundurulduğunda kinematik viskozite $1,461 \times 10^{-5}$ [m²/s] olarak alınabilir.[17]

İHA'nın hızı için 20 m/s için Reynolds sayısı

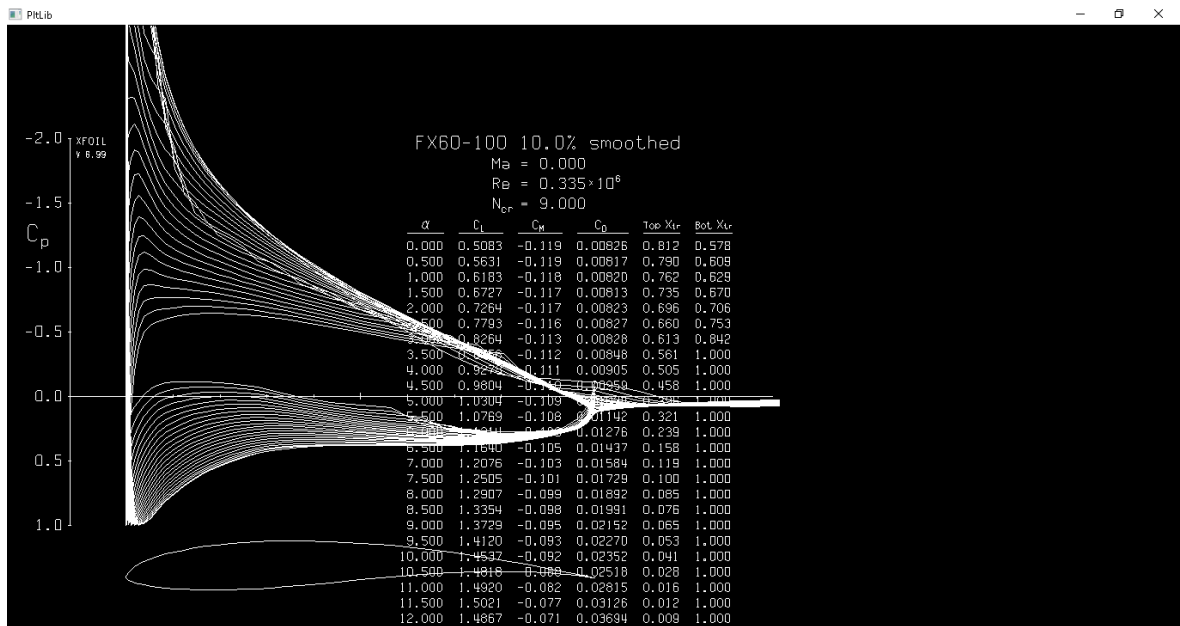
hesaplanırsa;

$$Re = \frac{1,225 \cdot 20 \cdot 0,2}{1,461 \times 10^{-5}} = 335386,72 \quad (3.29)$$

Analiz programları kullanılarak kanat giriş açısı belirlenir ise;



Grafik 3.5. XLFR5 Uygulamasından Elde Edilen C_l/C_d 'nin Açıya Göre Değişimini Gösteren Grafik



Grafik 3.6. 0° den 12° ye Kadar Olan Analiz Sonuçları

Calculated polar for: FX60-100 10.0% smoothed

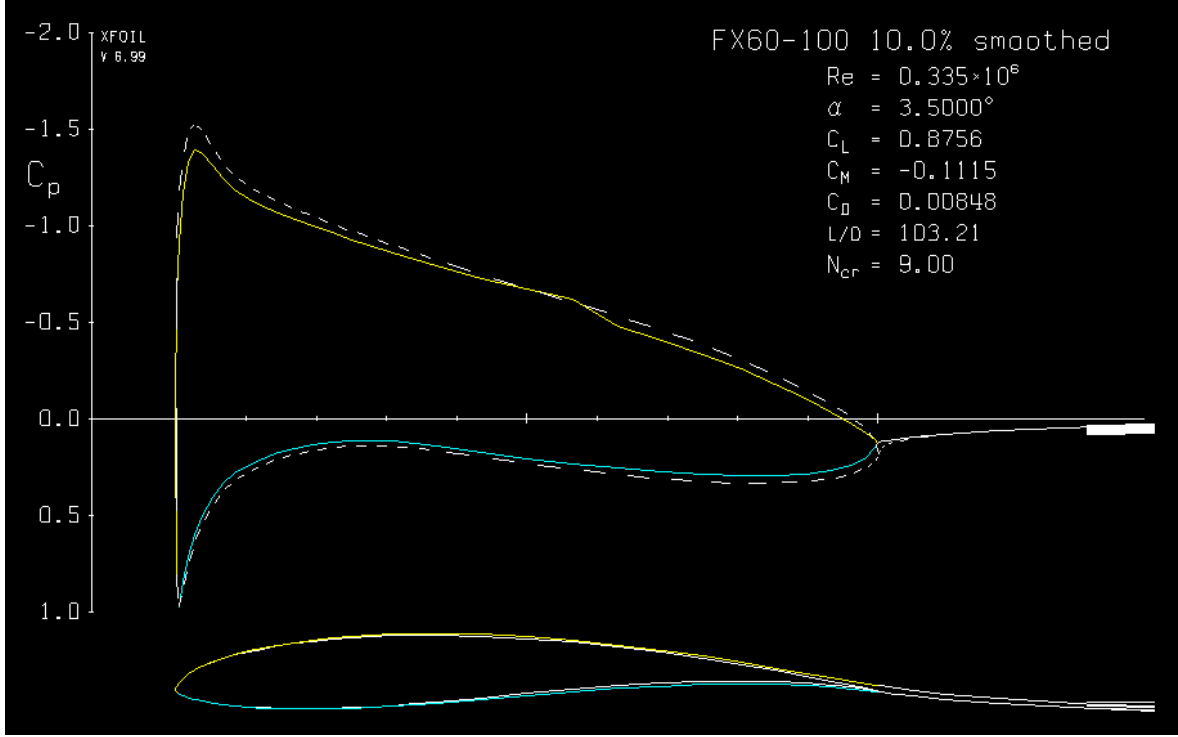
1 1 Reynolds number fixed Mach number fixed

xtrf = 1.000 (top) 1.000 (bottom)
Mach = 0.000 Re = 0.335 e 6 Ncrit = 9.000

alpha	CL	CD	CDp	CM	Top_Xtr	Bot_Xtr
0.000	0.5083	0.00826	0.00296	-0.1194	0.8118	0.5779
0.500	0.5631	0.00817	0.00299	-0.1188	0.7902	0.6091
1.000	0.6183	0.00820	0.00290	-0.1181	0.7617	0.6293
1.500	0.6727	0.00813	0.00296	-0.1175	0.7349	0.6703
2.000	0.7264	0.00823	0.00296	-0.1165	0.6960	0.7062
2.500	0.7793	0.00827	0.00312	-0.1156	0.6599	0.7526
3.000	0.8264	0.00828	0.00324	-0.1133	0.6126	0.8422
3.500	0.8756	0.00848	0.00334	-0.1115	0.5610	1.0000
4.000	0.9278	0.00905	0.00363	-0.1109	0.5052	1.0000
4.500	0.9804	0.00959	0.00410	-0.1103	0.4578	1.0000
5.000	1.0304	0.01034	0.00461	-0.1093	0.3955	1.0000
5.500	1.0769	0.01142	0.00529	-0.1080	0.3213	1.0000
6.000	1.1214	0.01276	0.00619	-0.1065	0.2392	1.0000
6.500	1.1640	0.01437	0.00739	-0.1048	0.1576	1.0000
7.000	1.2076	0.01584	0.00867	-0.1031	0.1191	1.0000
7.500	1.2505	0.01729	0.01010	-0.1013	0.1000	1.0000
8.000	1.2907	0.01892	0.01173	-0.0991	0.0850	1.0000
8.500	1.3354	0.01991	0.01292	-0.0976	0.0756	1.0000
9.000	1.3729	0.02152	0.01459	-0.0952	0.0648	1.0000
9.500	1.4120	0.02270	0.01580	-0.0932	0.0531	1.0000
10.000	1.4537	0.02352	0.01668	-0.0916	0.0414	1.0000
10.500	1.4818	0.02518	0.01838	-0.0880	0.0277	1.0000
11.000	1.4920	0.02815	0.02143	-0.0822	0.0162	1.0000
11.500	1.5021	0.03126	0.02474	-0.0774	0.0120	1.0000
12.000	1.4867	0.03694	0.03079	-0.0714	0.0092	1.0000

Tablo 3.3. Analiz Sonuçları

Tablolar ve grafikler incelendiğinden maksimum C_l/C_d oranını $3,5^\circ$ elde edildiği görülmektedir. Bu yüzden kanadımızın giriş açısı $3,5^\circ$ olarak belirlenmiştir.



Grafik 3.7. XFOİL den Elde Edilen 3,5°deki Kanat Profil Grafiği

Gerekli analizler sonucunda elde edile değerler;

$$V = 20 \text{ m/s' de} \quad (3.30)$$

$$C_d = 0,00848 \text{ ve} \quad (3.31)$$

$$C_l = 0,8756 \quad (3.32)$$

4. TARTIŞMA

Projenin hesap aşamasında şarj devresine gelecek voltaj kritik olarak belirlenmiş ve üretilecek enerji için gerekli olan panel sayısı göz önüne alınarak kanat boyutlandırılması gerçekleştirilmiştir.

Motorun sağladığı itkinin yeterli olabilmesi ve projenin kargo amaçlı olması nedeniyle ağırlık projede bir kısıt oluşturmaktadır. Bu nedenle gövde ve kanatların imalatında hafif malzemeler tercih edilerek ağırlıktan tasarruf edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda yük taşıma amacımız olduğu için seçtiğimiz kanat profilinin oluşturduğu kaldırma katsayısının fazla olmasına dikkat edilerek seçim bu durum göz önüne alınarak yapılmıştır.

Güneş enerjili insansız hava aracı uygulamalarında verim önemli bir kısıttır. Bu yüzden seçilen mppt güneş paneli gibi cihazların verimleri hesaba katılarak seçimler yapılmıştır.

Yine güneş enerjisi ile ilgili bir kısıt projenin Trabzon'da gerçekleştirilmesidir. Çünkü Karadeniz Bölgesi Türkiye'nin diğer bölgelerine nazaran daha az güneş ışını almaktadır bu sebeple başka şehirlere göre daha verimsiz sonuçlar verebilir.

5.SONUÇ

Bu çalışmada güneş enerjisiyle çalışan kargo amaçlı insansız hava aracının mekanik tasarımı, oluşum basamakları, hesaplamaları ve üretilebilirliğine dair bilgiler verilmiştir. Projenin amacına uygun tasarımlar ve malzeme seçimi yapılarak projeye başlanılmıştır. Tasarladığımız kargo amaçlı insansız hava aracı, verimli ve ekonomik olması göz önünde bulundurularak hayata geçirilmesi planlanmıştır. Yapılan bu planlar doğrultusunda

İHA'ımızın ekonomik bağlamda bakıldığında diğer hava araçlarına kıyasla performansının yüksek olması, üretilebilirliğinin kolay ve ucuz olması, hafif ve ulaşılabilir olması hedeflenmiştir.

Uzaktan kontrolü veya görevlendirmeler esnasında iniş, kalkış ve seyahat halinde iken uçuş hassasiyetine dikkat edilmiş olup, rotasyonda sıkıntı olmaması için gerekli elektriksel çalışmalar yapılmıştır. Bunun yanı sıra tasarımda ve mekanik aksamalarda aynı hassasiyet göz önünde bulundurularak gerekli programlar (Solidworks, XFLR5, X-Foil..) üzerinden hesaplamalar ve tasarımlar yapılmıştır. Gerekli hesaplamalar için bizden önce yapılan çalışmalar, ders kitapları, konu hakkında bilgi sahibi danışmanlar yardımıyla yapılmış olup bu sunumda bütün adımlar gösterilmiştir.

Çalışmamızın yararlı ve özgün bir tasarıma sahip olabilmesi için gerekli çalışmaları yaptığımızı ve bu yaptığımız projenin bizden sonra yapılacak diğer çalışmalara örnek teşkil etmesini umut ederiz.

6.ÖNERİLER

İnsansız hava aracı tasarımı ve imalatı üzerine çalışmak isteyen araştırmacıların dikkat etmesi önerilen bazı hususlardan bu bölümde bahsedilmiştir.

İnsansız hava aracı tasarımına başlamadan önce detaylı bir literatür taraması yapılmalı ve geçmişte yapılan çalışmalara mutlaka riayet edilmelidir.

Tasarıma başlanırken en kritik eleman belirlenip tasarım ve boyutlandırma ona göre yapılmalıdır. İnsansız hava aracı uygulamalarında hafifliğin önemli bir kıstas olduğu unutulmamalı ve malzeme seçimleri bu husus doğrultusunda gerçekleştirilmelidir.

Uçuş testlerine başlanmadan önce ağırlık merkezi hassas bir şekilde ayarlanmalı iniş takımlarının konumuna dikkat edilmelidir. Aksi halde uçuş testi esnasında araç rotasından şaşabilir.

Uçuş yapılmadan önce Sivil Havacılık Genel Müdürlüğu internet sitesinden aracın kaydı yapılmalı, uçuş yapılacak bölge için izin talep edilmelidir. Uçuş yapılacak zeminin yüzeyinin uçuşa uygun olmasına dikkat edilmelidir. Aksi halde oluşan sürtünmeden dolayı motorun oluşturduğu itki aracın kalkışına yetersiz gelebilir.

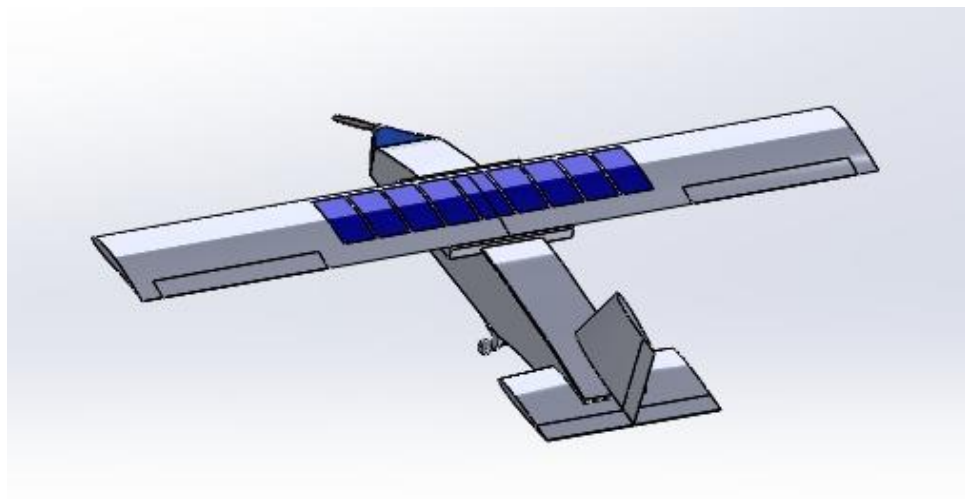
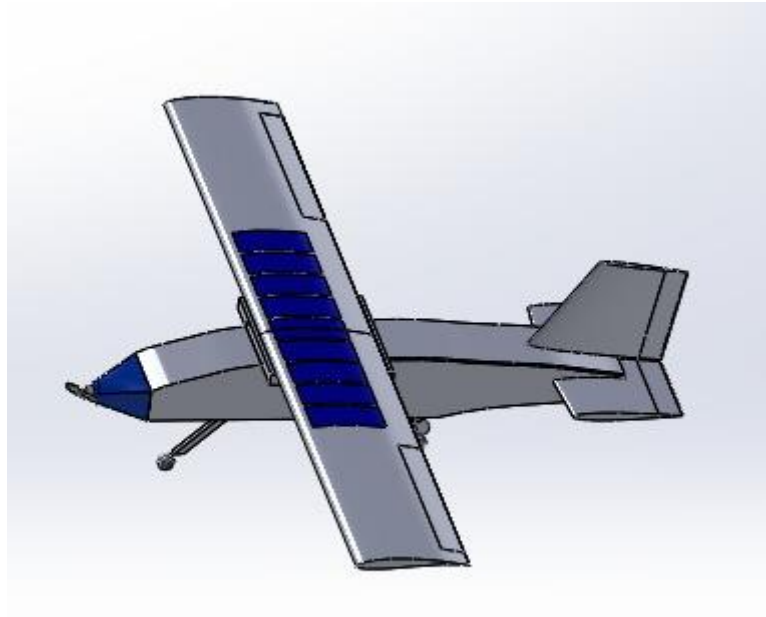
7. KAYNAKÇA

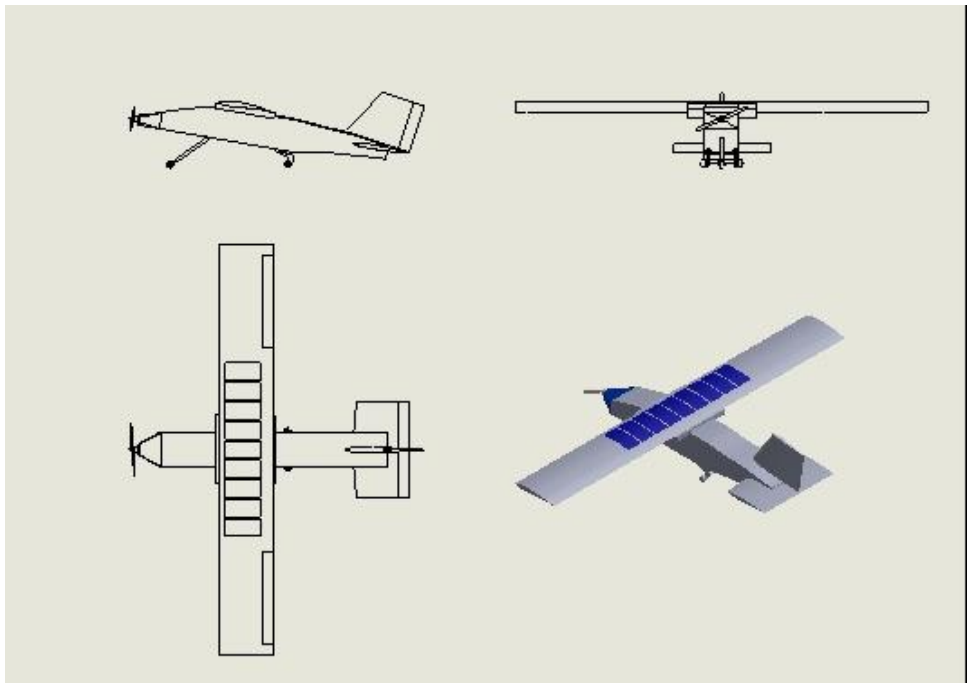
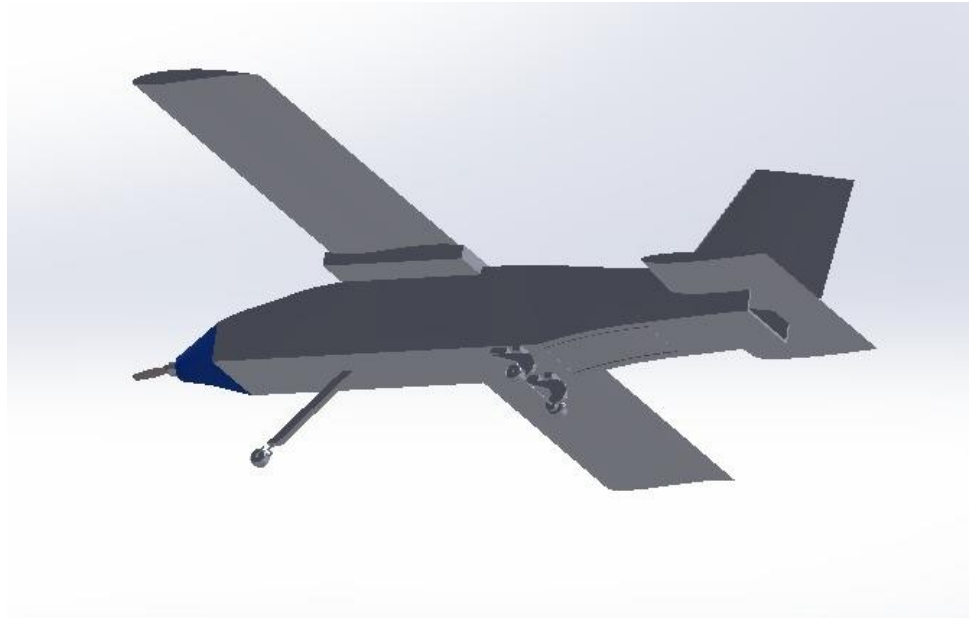
1. https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nsans%C4%B1z_hava_arac%C4%B1
2. Noth, A., “Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight,Doktora Tezi, ETH Zürich, 2008
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Delivery_drone
4. <https://www.trthaber.com/haber/gundem/turkiyenin-gokyuzundeki-basari-imzasi-yerli-ihave-sihalar-464449.html>
5. Milli Savunma. (2020, 02 23). Altınay Albatros Kargo İHA.
<http://www.millisavunma.com/altinay-albatros-kargo-ihaf#:~:text=Mod%C3%BCllerden%20olu%C5%9Fan%20ALBATROS%20%C4%B0HA%27n%C4%B1n,kg%20y%C3%BCk%20ta%C5%9F%C4%B1yabilme%20kapasitesine%20sahiptir.&text=B%C3%B6ylece%20%C4%B0HA%27n%C4%B1n%20y%C3%BCk%20ta%C5%9F%C>
6. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI: TARİHÇESİ, TANIMI, DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ YASAL DURUMU 1Muzaffer KAHVECİ, Nazlı CAN2 1 Selçuk Üniversitesi, Müh.Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Selçuklu - Konya
7. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü uçuş prensipleri kitabı
8. Selamoğlu , A. Güneş Enerjili İnsansız Hava Aracı Kavramsal Tasarım, Gazi Üniversitesi,Ankara,2014
9. https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_paneli
10. <https://www.gemitrafik.com/gunes-paneli-mppt-nedir/>
11. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/calculation-of-solar-insolation>
12. Raymer, D.P., “Aircraft Design: A Conceptual Approach 5 ed.”, Joseph A.Schetz, AIAA Education Series, California, 2012
13. <http://airfoiltools.com>
14. https://uavturkey.tubitak.gov.tr/egitim2019_sabitkanat.html
15. Yükselen, M.A., UCK 351 Aerodinamik Ders Notları

16. <https://www.gaisma.com/en/location/trabzon.html>

17. https://tr.wikipedia.org/wiki/Uluslararası%C4%B1_Standart_Atmosfer

8. EKLER






9.ÖZGEÇMİŞ

Gülizar GÜNDEŞLİOĞLU

Antalya, Türkiye ✉ gulizar.1000@gmail.com 📞 +905370340614

Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği 4.sınıf



DENEYİM

ENERJİ TEKNOLOJİLERİ TOPLULUĞU(ETT) 2017-2019 arası tasarım ve üretim departmanında aktif üyelik. Aşağıda verilen yarışlarda katılım gösterilmiştir.

TUBİTAK Efficiency Challenge (Electric Vehicle Visual Design Award) 08/2018
SHELL ECO-MARATHON İSTANBUL (Vehicle Design Award) 09/2018
SHELL ECO-MARATHON LONDON 07/2019

EĞİTİM

09.2017-	Mühendislik Fakültesi – Makine Mühendisliği Karadeniz Teknik Üniversitesi (AKTİF ÖĞRENCİ)	2,68 /4.00 Trabzon, Türkiye
09.2013-02.2016	Dr.İlhami Tankut Anadolu Lisesi	88/100
02.2016-06.2017	Özel Envar Koleji	Antalya, Türkiye

YETENEKLER / YETKİNLİKLER

Dil	Programlar
İngilizce (B2)	Solidworks (Orta Düzey)
Türkçe (Anadil)	Adobe Photoshop (Başlangıç Düzey) DaVinci Resolve (Başlangıç Düzey)

Aldığı Belge Ve Sertifikalar

Tubitak Efficiency Challenge Electric Vehicle - Electro Mobile Certificate of Participation
Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Başarı Teşekkür Belgesi – Prof. Dr. Süleyman Baykal

KİŞİSEL BİLGİLER

Doğum Tarihi - 29/05/1999
Medeni Durumu – Bekar
Sürücü Ehliyeti – B

İLGİ ALANLARI

Piyano Çalmak (Orta Düzey)
Serbest Dalış



AKİF ÇAĞRI ÇAKIR

KİŞİSEL BİLGİLER

Doğum Tarihi: 01.01.1998
Doğum Yeri: Muğla
Hobiler: Futbol, Sinema, Müzik

YETKİNLİKLER

Solidworks
Microsoft Office Programları
İngilizce B1
B Sınıfı Ehliyet
Temel Düzey Bateria

DENEYİM

INTERN • EKİP ARAÇ ÜSTÜ EKİPMANLARI • TEMMUZ-AĞUSTOS
2019

Zorunlu Genel Atölye Stajı

EĞİTİM

YÜKSEKÖĞRETİM • KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MAKİNA
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ • 2016...

ORTAÖĞRETİM • TİRE ÖĞRETMEN MELAHAT AKSOY ANADOLU
ÖĞRETMEN LİSESİ • 2012 - 2016

İLETİŞİM

Telefon Numarası: 05318729440

Mail Adresi: cagriicakir48@gmail.com

ÖMER FARUK SERT

Makine Mühendisliği Öğrencisi

İSTANBUL | srtomer@outlook.com

BECERİLER VE YETENEKLER

Solidworks , orta düzey

İngilizce , orta düzeyde yazma ve okuma

DENEYİM

Temmuz 2019- Stajer, ATEK MAKİNA
Agustos 2019

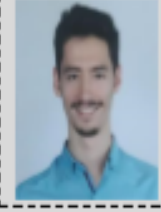
EĞİTİM

2016- Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi
2011-2015 İstanbul, Fatih Gelenbevi Anadolu Lisesi

Burak Kırcan

📍 Ankara, Türkiye ✉ burakkırcan06@gmail.com 📞 +905543819739

Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Makine Mühendisliği 4.sınıf öğrencisiyim.Öğrenmeye açığım.Çabuk Öğrenirim. İnsanlar ile ilişkim iyidir. Grup çalışmalarından üzerime düşen Görevi yerine getiririm ve yardım etmeye açığım.



DENEYİM

08.07.2019-05.08.2019 Stajyer

KOZANOĞLU KOZMAKSAN SAN. TİC. LTD. ŞTİ firmasında 21 iş günü çeşitli araçlar için üretilen şanzıman ve ara şanzıman parçalarını imalata ilişkin atölyede çalışarak stajımı yaptım.

17.08.2020-11.09.2020 Stajyer

BVS Balbuloğlu Vinç San. ve Tic. A.Ş. firmasında 20 iş günü olmak üzere mühendislik uygulamaları adı altında vinçlerin

EĞİTİM

09.2016-	Mühendislik Fakültesi – Makine Mühendisliği Karadeniz Teknik Üniversitesi (AKTİF ÖĞRENCİ)	2,67/4.00 Trabzon, Türkiye
09.2012-06.2016	İbni Sina Anadolu Lisesi	80,5/100 Ankara, Türkiye

YETENEKLER / YETKİNLİKLER

Dil	Programlar
İngilizce(B2)	Solidworks (Orta Düzey) Autodesk Inventor Professional (Başlangıç Düzey)

İLGİ ALANLARI

Bisiklet Sürmek
Film/Dizi İzlemek