



**T.C**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI**

**MÜHENDİSLİK TASARIMI**

**347950 Veysel YILDIZ**

**348014 Orhan KARAYEL**

**347961 Serhan DİNLER**

**348004 Kaan YAMAÇ**

**313514 Ömer GENİŞ**

**(II. ÖĞRETİM)**

**HAZİRAN 2020**

**TRABZON**

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

**GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI**

**MÜHENDİSLİK TASARIMI**

**347950 Veysel YILDIZ**  
**348014 Orhan KARAYEL**  
**347961 Serhan DİNLER**  
**348004 Kaan YAMAÇ**  
**313514 Ömer GENİŞ**  
**(II. ÖĞRETİM)**

**Danışmanlar: Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ**  
**Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU**

**Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU**

**HAZİRAN 2020**  
**TRABZON**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar her aşamada çalışmalarımızı yönlendiren ve destekleyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ ve Sayın Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU hocalarımıza ve bununla birlikte bu çalışmayı destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Mühendislik Fakültesi Dekanlığına ve Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Okul hayatımız boyunca bize her türlü desteği sağlayan ailelerimize ve arkadaşlarımıza çok teşekkür ederiz.

TRABZON, Haziran 2020

Kaan YAMAÇ

Orhan KARAYEL

Veysel YILDIZ

Serhan DİNLER

Ömer GENİŞ

## ÖZET

Güneş Enerjili İnsansız Hava Aracı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilirken asıl ulaşmak istediğimiz yenilenebilir enerji kaynaklarını insansız hava araçlarında yüksek verim alarak ve havada uçuş süresini uzatarak kullanabilmektir.

Öncelikle konu hakkında çeşitli kitaplardan ve internet sitelerinden araştırmalar yapıldı. Yapılan bu araştırmalar neticesinde yapacağımız projenin olumlu ve olumsuz yönlerinin analizi yapılarak ve yorumlandı. Gerekli analizlerden çıkan sonuçlara göre öncelikle ön tasarım oluşturuldu ve yapılan bu tasarım bilgisayar ortamında aerodinamik testlere tabi tutuldu. Yapılan testlere göre tasarımda değişikliklere gidilecektir ve kanadın stall strip eklenmiş hâlinin aerodinamik performansına etkisi analiz edilecektir. Testler başarıyla sonuçlanınca yapılacak olan uçağın elektrik devreleri ve itki sistemleri tasarımına başlanacaktır.

Bu devrelerin tasarımında dikkate alınacak önemli hususlardan bir tanesi devrelerin uçağın gövdesine eşit aralıklarla yerleştirilerek ağırlık merkezini dengede tutmaktır. Elektrik devrelerinin tasarımları ve konumları tamamlandıktan sonra uçağın son tasarımı tamamlanacaktır. Gerekli olan aileron(kanatçıklar) ve ağırlıklar tasarımda yerlerine yerleştirilerek son hali tekrar bilgisayar ortamında aerodinamik deneylere tabi tutulacaktır. Hesapladığımız tasarıma uygun malzemeler alınacaktır. Kompozit yüzeyleri yapıştırılmış ve montajı tamamlanmış olan İHA'mıza sipariş ettiğimiz malzemeler konulacaktır. Ortaya çıkmış olan İHA'mızı uçuş testlerine tabi tutarak gerekli olan analizlerini ve raporunu ortaya çıkaracağız.

**Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Mini İHA, Sabit Kanat, Kompozit Malzeme, Aerodinamik.**

## **SUMMARY**

While designing and manufacturing a Solar Powered Unmanned Aerial Vehicle, our main goal is to utilize renewable energy sources in unmanned aerial vehicles with high efficiency and prolonged flight time.

First of all, researches were made from various books and websites. As a result of these researches, the positive and negative aspects of the project will be analyzed and interpreted. According to the results of the necessary analyzes, the preliminary design was created and this design was subjected to aerodynamic tests in computer environment. According to the tests, the design will be modified and the effect of the wing's stall strip on the aerodynamic performance will be analyzed. When the tests are successful, the design of the electrical circuits and propulsion systems of the aircraft will be started.

One of the important points to consider in the design of these circuits is to keep the center of gravity in balance by placing the circuits at equal intervals in the aircraft body. Once the designs and locations of the electrical circuits are completed, the final design of the aircraft will be completed. The necessary ailerons (fins) and weights will be placed in place in the design and the final version will be subjected to aerodynamic experiments again in computer environment. Materials will be taken according to the calculated design. Composite surfaces will be glued and assembled to the UAV. We will be able to test the resulting UAVs in flight tests and provide the necessary analysis and report.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	III
ÖZET .....	IV
SUMMARY.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	XI
1. AMAÇ VE KAPSAM .....	1
1.1 Giriş.....	2
1.2 Literatür Taraması.....	5
1.3 Kısıtlar Ve Koşullar.....	6
2. HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI.....	7
3. MÜHENDİSLİK HESAP VE ANALİZLERİ.....	8
3.1 YAPILAN HESAPLAMALAR.....	8
3.1.1 Kanat Gereksinimleri ve Boyutlandırma.....	8
3.1.2 Kanat Profili Seçimi.....	9
3.1.2.1 Kanat Profil Seçiminin 2B Analizi.....	10
3.1.2.2 Aileron Tasarımı.....	12
3.1.3 Yatay ve Dikey Kuyruk Gereksinimleri ve Boyutlandırma.....	15
3.1.4 Stabilite Analizi .....	17
3.1.5 Güneş Panelleri.....	18
3.1.5.1 Elektrik Devresi Tasarımı.....	19
3.1.5.1.1 DC-DC Converter.....	19
3.2 TASARIMDA KULLANILCAK MALZEME LİSTESİ VE ÖZELLİKLERİ.....	20
3.2.1 RC Kumanda Seti .....	20

3.2.2 Servo Motor.....	21
3.2.3 Elektronik Hız Kontrolcüsü.....	22
3.2.4 Fırçasız Motor.....	23
3.2.5 Güneş Paneli.....	24
3.2.6 Pervane.....	25
3.2.7 Karbon Fiber.....	25
3.2.8 Tekerlek ve Yay Sistemi.....	25
3.2.9 LiPo Batarya.....	26
3.2.10 Kamera Sistemi .....	26
4. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ.....	28
5. MALİYET HESABI.....	29
6. SONUÇLAR.....	30
7. KAYNAKLAR.....	31
8. EKLER.....	32
EK 1. TEKNİK RESİM ÇİZİMLERİ.....	32

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 Tasarımın XFLR5 Programındaki Görünümü.....	3
Şekil 1.2 Kanat Tasarımımızın XFLR5 Programı ile Çizilen Görüntüsü.....	3
Şekil 1.3 Yatay Kuyruk Tasarımımızın XFLR5 Programı ile Yapılan Görseli.....	4
Şekil 1.4 Dikey Kuyruk Tasarımımızın XFLR5 Programı ile Yapılan Görseli.....	4
Şekil 3.1 Kanat tasarımımızın XFLR5 programı ile çizilen görseli.....	9
Şekil 3.2: Aileronsuz kanadın analizi.....	13
Şekil 3.3 Aileronların kök vetere yakın bir konumda olduğu durumdaki analizi.....	13
Şekil 3.4 Aileronların uç vetere yakın bir konumda olduğu durumdaki analizi.....	14
Şekil 3.5 Optimum olarak tasarladığımız kanat ve aileron analizi.....	14
Şekil 3.6 Yatay kuyruk tasarımımızın XFLR5 programı ile yapılan görseli.....	16
Şekil 3.7 Dikey kuyruk tasarımımızın XFLR5 programı ile yapılan görseli.....	16
Şekil 3.8 Dikdörtgen kanada ait İHA.....	17
Şekil 3.9 Trapez kanada ait İHA görseli.....	17
Şekil 3.10 Ok açılı kanada ait İHA görseli.....	17
Şekil 3.11: Bizim tasarımımıza ait görsel.....	17
Şekil 3.12 DC-DC Converter.....	19
Şekil 3.13 DC Motor Çalışma Diyagramı.....	20
Grafik 3.1 5 farklı kanat profili için $\alpha$ -( $C_l/C_d$ ) değişimi ( $-5^\circ < \alpha < 20^\circ$ ).....	10
Grafik 3.2 5 farklı kanat profili için $\alpha$ - $C_l$ değişimi ( $-5^\circ < \alpha < 20^\circ$ ).....	11
Grafik 3.3: Güneş paneli ve DC motorun çıkış sinyali.....	20
Şekil 8.1 Kanat Profili.....	32
Şekil 8.2: İzometrik Görünüm.....	32
Şekil 8.3: Üst Görünüş.....	33
Şekil 8.4: Ön Görünüş.....	33
Şekil 8.5: Malzemelerin Gövdedeki Konumları.....	34



Şekil 8.6: Malzemelerin Gövde ve Kanattaki Konumları.....	34
Şekil 8.7: Malzemelerin Yan Görünüş Konumu.....	35
Şekil 8.8: Gövde İçi Görünümü.....	35
Şekil 8.9: İç Montaj.....	36
Şekil 8.10: Doğadaki Ölçüsü.....	36
Şekil 8.11: Doğadaki Ölçüsü 2.....	37

## TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 2.1 Haftalık Çalışma Tablosu.....	7
Tablo 3.1 İlgili profil tipleri ve karşılık gelen bazı tasarım kriterleri.....	11
Tablo 3.2 İlgili profil tipleri ve stall hızları.....	12
Tablo 3.3 Aileron konumlarına göre tasarım kriterlerinin değerleri.....	14
Tablo 3.4 Farklı kanat tasarımlarının XFLR5 programından elde edilen stabilite.....	18
Tablo 6.1 Maliyet Hesabı Tablosu.....	28

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

$c_r$	: Kök Veter Uzunluğu.....m
$c_t$	: Uç Veter Uzunluğu.....m
$b$	: Kanat Açıklığı.....m
$S$	: Kanat Alanı.....m <sup>2</sup>
$L$	: Kaldırma Kuvveti.....N
$W$	: Ağırlık.....N
$D$	: Sürüklemeye Kuvveti.....N
$T$	: İtme Kuvveti.....N
$V_\infty$	: Havaya Göre Bağlı Hız.....m/s
$\rho_\infty$	: Havanın Yoğunluğu..... $\frac{kg}{m^3}$
$C_L$	: Kanat Taşıma Katsayısı.....[ ]
$C_D$	: Kanat Sürüklemeye Katsayısı.....[ ]
$C_M$	: Kanat Moment Katsayısı.....[ ]
$c_m$	: Profil Moment Katsayısı.....[ ]
$c_l$	: Profil Taşıma Katsayısı.....[ ]
$c_d$	: Profil Sürüklemeye Katsayısı.....[ ]
$q_\infty$	: Dinamik Basınç..... $\frac{N}{m^2}$
$c$	: Veter Uzunluğu.....m
$\delta$	: Kalınlık Oranı.....[ ]
$\gamma$	: Kamburluk Oranı.....[ ]
$\lambda$	: Sivrilme Oranı.....[ ]
$t_{max}$	: Maksimum Profil Kalınlığı.....m
$e_{max}$	: Maksimum Profil Kamberliği.....m

## **1. AMAÇ ve KAPSAM**

Kullanım amacı olarak İHA'lar genellikle keşif veya saldırı görevlerinde kullanılmaktadır. İHA'ların bu fonksiyonları yerine getirebilmesindeki istenilen temel özellikler hafiflik, havadaki uçuş süresinin uzun olması, görüntü aktarımı, kilitlenme ve uçuş performansı gibi kriterlerin sağlanabilmesi için seyir halindeki dengesinin iyi olması beklenmektedir.

Bu projede uçuş süresinin artırılması için elektrik enerjine ek olarak güneş hücrelerinden enerji elde edilecek olup elde edilen hibrit enerjinin maksimum verimde kullanılması ve kötü hava şartlarında dahi seyir halindeki dengesinin sağlanabilmesi amacıyla tasarım yapılacaktır.

Tasarımda kullanılan elektrik ve güneş enerjisi yardımıyla havada kalma süresi artırılıp verim üst seviyelere çıkmış olacaktır.

## 1.1 Giriş

Gelecekte silahlı teknolojilerin yerlerini artık insansız sistemlere bırakılacağı düşünülmektedir. Bu doğrultu kapsamında gelişmiş ülkelerin çoğu araştırmalarını ve çalışmalarını İHA üzerinden yapmaktadırlar.

İHA'lar muharebe esnasında komutanların görevlerini kolaylaştırmasında büyük rol ve önem taşırlar. Gerek daha az kuvvet gereksinimi, gerek daha az zaiyatla etkin bir biçimde görev yapabilme özellikleriyle kullanım alanlarının büyük bir çoğunluğunu devletlerin silahlı kuvvetleri kapsamaktadır.

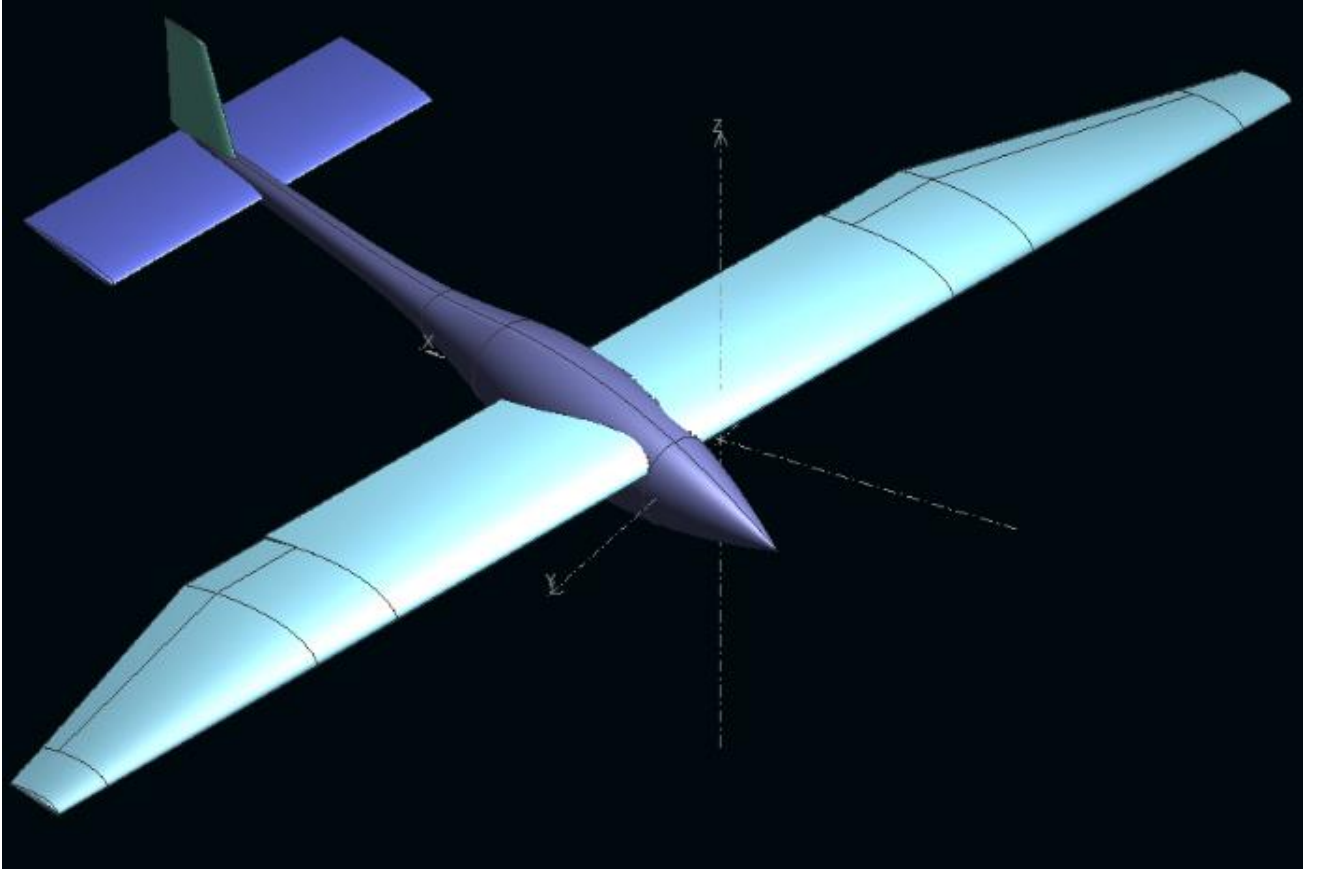
Son dönemlerde Türkiye'nin de içinde bulunduğu 40'tan fazla ülke İHA sistemlerine sahiptirler ve bu alanda hızla çalışmalar yapmaktadırlar. ABD'nin 7000 adetten fazla İHA'ya sahip olduğunu göz önüne alırsak bu teknolojinin bugün ve geleceğin savaşlarına dönük önemini de vurgulamış oluruz.

İHA'ların öneminin her geçen gün arttığı bu dönemlerde Türkiye'nin de içinde bulunduğu ve 9 ülkeden oluşan bir ortaklıkta projelendirilen ve tüm muharebe görevlerini yapacak şekilde tasarımılanan F-35 Lightning (şimşek) Müşterek Saldırı Uçağı'nın pilotlu son savaş uçağı olduğu yönünde tartışmaların sürdüğünü de hatırlatmak gerekmektedir.

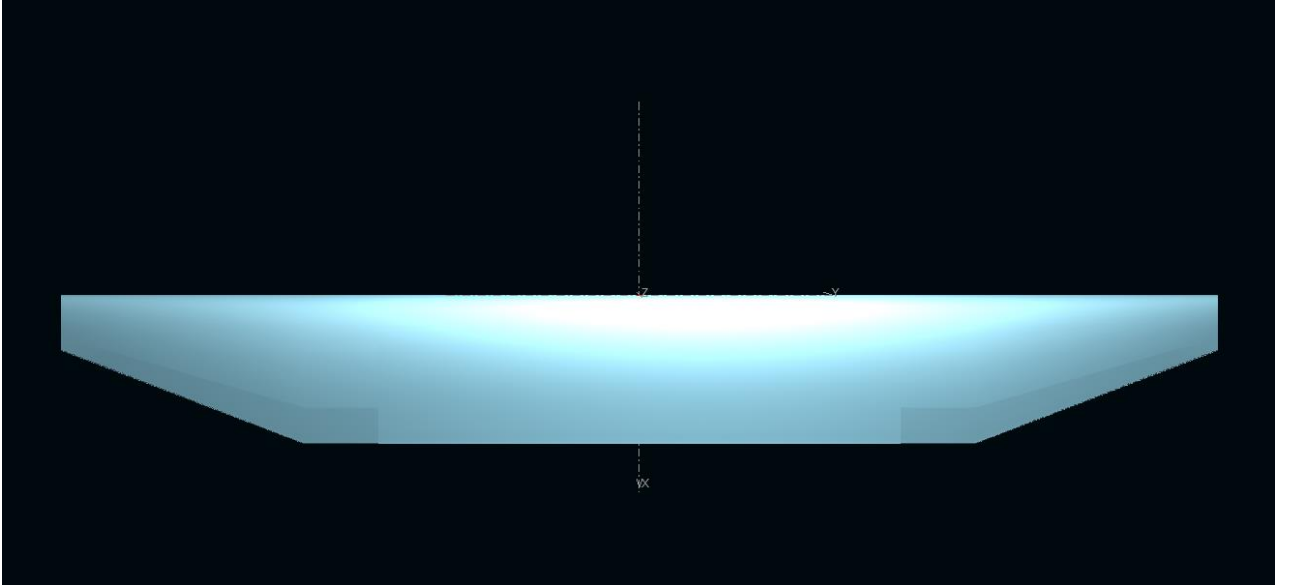
Bu yeteneklere ve bu teknolojilere sahip olmayan ülkeler yukardaki avantajların hepsini risk hanesine taşımaktadır.

Yapılan bu tasarımda güneş enerjisi ve elektrik enerjisi birlikte kullanılmaktadır. Kullanılan güneş enerjisi yardımıyla diğer tasarımlara göre daha uygun bir maliyet ve daha iyi verim alınması söz konusudur. Uçuş süresinin artması ve uçuşun stabil bir şekilde olması da diğer tasarımların önüne geçmesini sağlamaktadır.

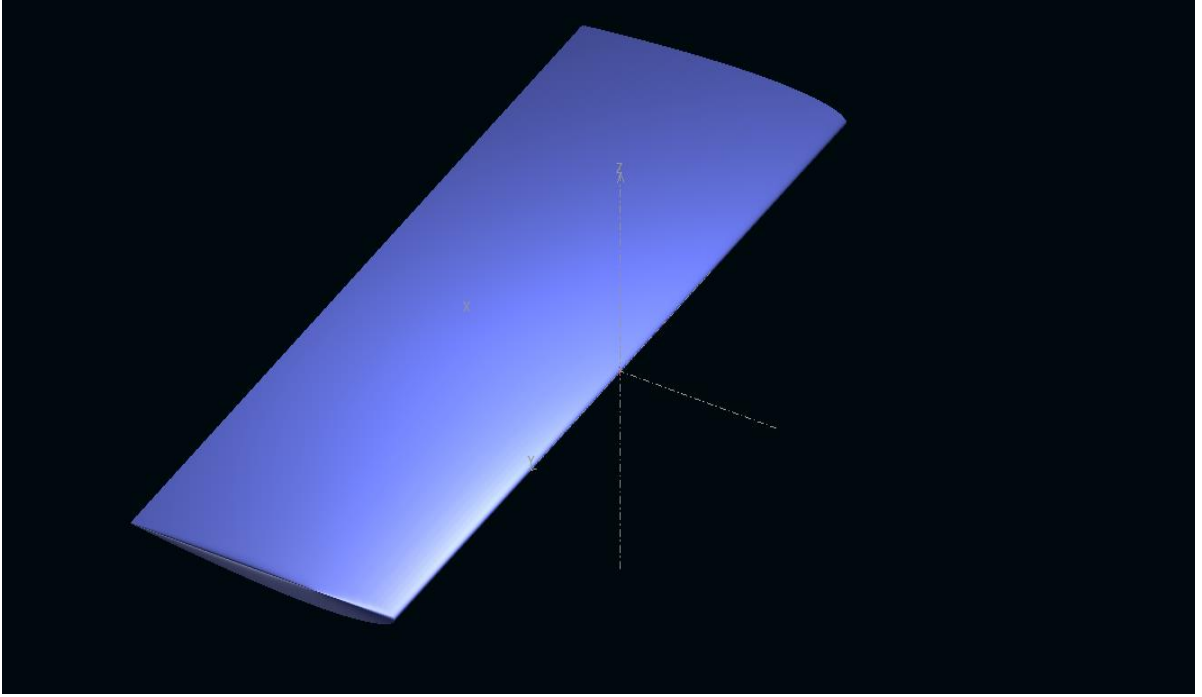
Güneş pillerinin uygulanmasının en zor olduğu taşıtlar hava taşıtları olsa da yakıt ikmaline gerek kalmadan çok uzun süreli uçuşları sağlama açısından düşünüldüğünde güneş pillerinin hava taşıtlarında kullanılması önemi anlaşılmaktadır. Güneş enerjisinin temiz sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması nedeniyle diğer tasarımlardan ayrılmaktadır.



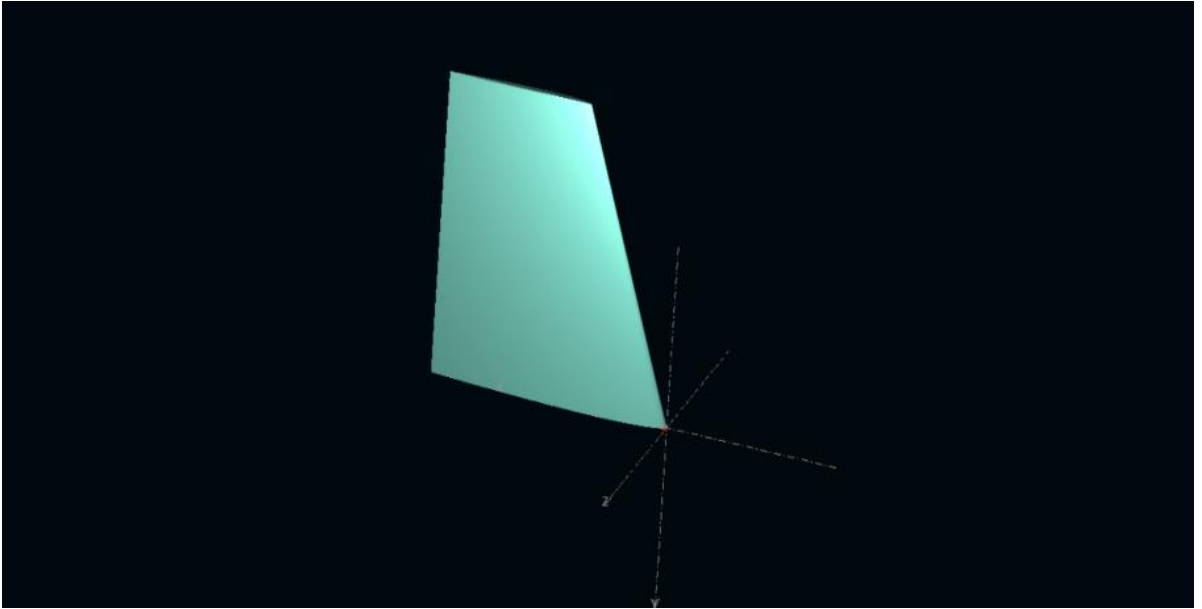
**Şekil 1.1 Tasarımın XFLR5 Programındaki Görünümü**



**Şekil 1.2 Kanat Tasarımımızın XFLR5 Programı ile Çizilen Görseli**



**Şekil 1.3 Yatay Kuyruk Tasarımımızın XFLR5 Programı ile Yapılan Görseli**



**Şekil 1.4 Dikey Kuyruk Tasarımımızın XFLR5 Programı ile Yapılan Görseli**

## 1.2 Literatür Taraması

Wang ve arkadaşları, trafikte seyir halinde ki araçların algılanması ve izlenmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında metropol şehirler trafik durumunun izlenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemişlerdir .

Weng ve arkadaşları, insansız hava araçlarının birbirleri ile etkileşimi ve görevleri sırasında optimum çalışabilmelerine yönelik olarak yapay 3 bağışıklık sistemi algoritmasını kullanmışlardır. Kullanılan algoritma ile başarılı bir sürü optimizasyonu uygulaması gerçekleştirmeyi hedeflemişlerdir .

Antonio ve arkadaşları, insansız hava araçlarını doğada kırsal bölgelerde bulunan özel karbon kayaların yerlerinin tespitine yönelik olarak kullanmışlardır. İHA' lar kayaların yerlerinin belirlenmesine yönelik olarak gerekli olan elektronik donanımlarla donatılarak çalışmaları gerçekleştirmişlerdir.

Anıl Can BİRDAL' ın ağaç yüksekliklerinin belirlenmesinde insansız hava araçlarının kullanımı için yaptığı çalışmalarda insansız hava araçları ile Ormancılık sektöründe, çeşitli alıcılar ile ağaç yüksekliklerinin hesaplanması ve taçlarının kestirimi için kullanımını tasarlayıp sunmuştur.

Yılgin, Serdar insansız hava aracı (İHA) takımları için görev planlama adıyla yaptığı çalışmalarda insansız hava araçları ile etkileşiminin sağlanarak yapılacak olan işlemlerin genetik algoritma kullanılarak minimum ve optimum seviyede yapılması ayrıca bu durumların analizi için geliştirdikleri 2. Bir algoritma ile bu sonucu analiz ederek karşılaştırdıkları çalışmaları sunmuşlardır.

Bradski, G. Ve arkadaşları kamu lisansına sahip olan açık kaynak kodlu bilgisayar görnesi kütüphanesi olan Opencv alanında ABD'de uygulamalı çalışmalar yapmışlardır.

İHA fotogrametrisi ile elde edilen ürünlerin spot/noktasal bir referans kümesi ile karşılaştırılmasını içeren doğruluk ve bunun yer bilimlerinde kullanılrlığı konusunda, MesasCarrascosa, F.J. (2014), James, M.R., S.Robson (2014), Westoby, M.J. et.al. (2012), Harwin, S., A.Lucieer (2012) tarafından yapılan çalışmalar mevcuttur.

ETHZ' deki ilk İHA konusundaki tez olması bakımından Eisenbeiss, H. (2009) önem taşımaktadır. Ayrıca, Avrupa harita-kadastro kurumlarının tutumunu ortaya koyan proje ve test çalışmalarını Cramer, M. (2013), Crommelinck, S et.al. (2016), Manyoky, M. Et.al. (2011)'de sunulmaktadır.



### 1.3 Kısıtlar ve Koşullar

- Tasarımda kullanılan elektronik donanımlardan herhangi birisinin arıza yapması durumunda yedek parça temini yapılacaktır.
- Uçağın yere sert inmesi sonucunda malzemelerin hasar görmesi ihtimaline karşı sönüm oranını azaltmak amacıyla tekerleklerde uygun yay kullanımına önem verilecektir.
- Uçuş esnasında teknik hataları önlemek için uçuş öncesi bakım ve gerekli kontrolleri yapılacaktır.
- Karbon fiberin özelliğinden dolayı sinyal geçirgenliğinin diğer malzemelere kıyasla daha az verimli olması sebebiyle kumanda alıcısını aerodinamik şartlar göz önüne alınarak İHA gövdesinin dışına çıkartılacaktır.
- Zararlı gazlar için filtre takılacaktır
- Gürültü yayılımını engellemek için ses yalıtımı kullanılacaktır.

## 2. HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI

**TABLO 2.1** Haftalık Çalışma Tablosu

	İş Planı 1	İş Planı 2	İş Planı 3	İş Planı 4	İş Planı 5	İş Planı 6	İş Planı 7
23.02.2020							
30.02.2020							
7.03.2020							
14.03.2020							
21.03.2020							
28.03.2020							
4.04.2020							
11.04.2020							
18.04.2020							
25.04.2020							
2.05.2020							
9.05.2020							
16.05.2020							
23.05.2020							
30.05.2020							
24.06.2020							

İş Planı 1: Solidde Tasarım

İş Planı 2: Solidde Kanat, Kuyruk Tasarımı

İş Planı 3: Solidde Malzemelerin Gövdedeki Konumlarının Tasarımı

İş Planı 4: Solidde İtke Sistemleri Tasarımı

İş Planı 5: Solidde Elektrik-Elektronik Tasarım

İş Planı 6: Tez Yazımına Başlandı

İş Planı 7: Proje Tezinin Teslimi Yapıldı

### 3. MÜHENDİSLİK HESAP ve ANALİZLERİ

Deney düzeneği XFLR5 programında tasarlanmış ve imalat resimleri çizilmiştir. Tasarlanan deney düzeneğinin imalatı belirlenen kısıt ve koşullar çerçevesinde gerekli ölçümler yapılarak yapılacaktır. Elde edilecek ampirik bağıntılar ile mühendislik hesap ve analizi yapılacaktır.

#### 3.1 YAPILAN HESAPLAMAR

##### 3.1.1 Kanat Gereksinimleri ve Boyutlandırma

Yeterli taşımayı sağlamak için yüksek taşıma katsayısı, yüksek kanat alanı gibi değerler gerekmektedir. Ayrıca hızlı bir uçuşun gerçekleşebilmesi için yüksek itki, hafiflik, düşük sürüklenme, yüksek L/D oranı gibi gereksinimler sağlanılmaya çalışılacaktır. Bu sebeple ileride analiz edeceğimiz 5 adet kanat profilinden saydığımız özelliklerden en yüksek taşıma/sürüklenme oranını, en yüksek stall açısını, en düşük sürüklemeyi ve  $V_{stall} < 15$  m/s olarak belirlediğimiz tasarım kriteri için max  $C_l$  değeri en yüksek olan profili seçeceğiz.

Ayrıca tasarlayacağımız İHA güneş enerjisi destekli hibrit bir araç olacağı için kanat alanının daha çok güneş paneli hücresi konması ve bu sayede daha fazla güneş enerjisi sağlanabilmesi amacı ile olabildiğince büyük optimum bir değer seçilmesine özen gösterdik.

Kanat ile ilgili taşıma ve sürüklenme dışında kalan boyutlandırmaları da benzer mini İHA'lar ile karşılaştırarak şu şekilde yapmamızın uygun olacağına karar verdik:

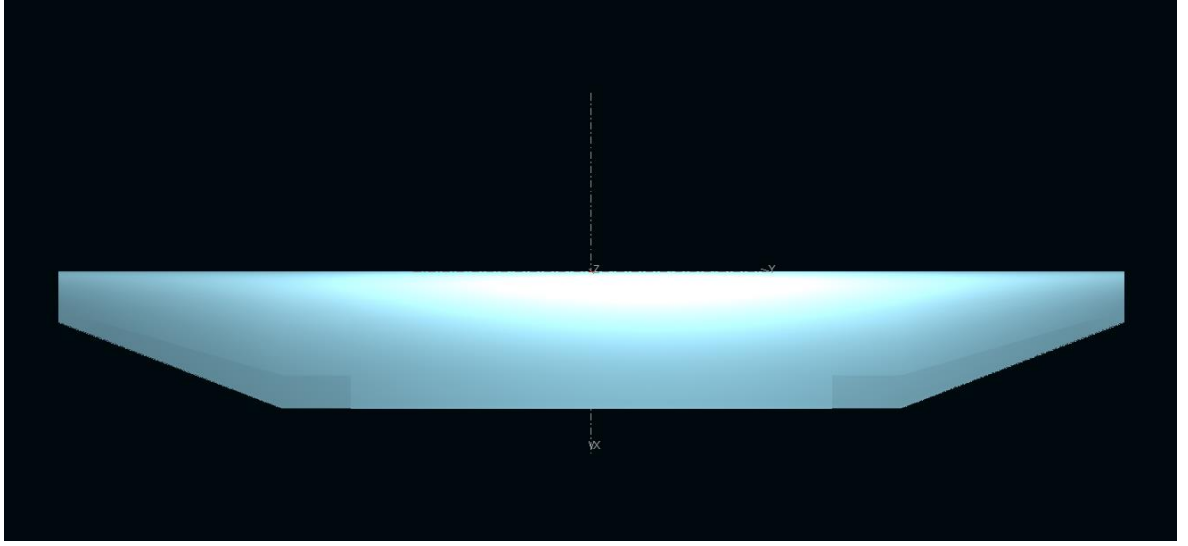
$$c_r \text{ (Kök Veter Uzunluğu)} = 200 \text{ mm}$$

$$c_t \text{ (Uç Veter Uzunluğu)} = 75 \text{ mm}$$

$$b \text{ (Kanat Açıklığı)} = 1,55 \text{ m}$$

$$S \text{ (Kanat Alanı)} = 0,270 \text{ m}^2$$

Aşağıdaki görsel belirlediğimiz boyutlardaki kanat tasarımını göstermektedir:



**Şekil 3.1: Kanat tasarımımızın XFLR5 programı ile çizilen görseli**

$$A.R. = \frac{b^2}{S}$$

$$\lambda = \frac{c_t}{c_r}$$

Belirlenen boyutlar için açıklık oranı (A.R.) ve sivrilme oranı ( $\lambda$ ) yukarıda tanımlanan formüllerden sırasıyla 8.92 ve 0.375 olarak elde edilir.  $\lambda$  değerinin literatürde 0.45-0.50 olarak bir değer alması eliptik dağılıma yaklaşma açısından önemlidir. Biz de bu değere olabildiğince yakın ve indüklenmiş sürüklemenin azalması ile kanat taşıma katsayısının arttırılması amacıyla olabildiğince yüksek A.R. seçmeye çalıştık. Ayrıca kanat tasarımımızın aerodinamik açıdan en verimli olacak şekilde ve maliyetinin ucuz olması, kolay üretilbilirlik gibi imalata uygunluk kriterlerine de özen göstermiş olup optimum noktayı yakalamaya çalıştık.

### 3.1.2 Kanat Profil Seçimi

Bu bölümde analiz etmek üzere tasarımımıza uygun olabileceğini düşündüğümüz ve bizim çalışacağımız Reynolds sayısında en büyük  $C_l$  ve  $(C_l/C_d)_{\max}$  değerlerini sağlayan 5 adet kanat profilini seçtik. Bu profilleri XFLR5 programı ile 2 boyutlu analiz ettikten sonra aralarından tasarımımıza en uygun olduğunu düşündüğümüz profili seçerek 3B çizimini ve analizini yaptık.

NACA 633618, Selig Donovan S Analiz ettiğimiz bu profiller sırasıyla NACA 632615D7062, NACA 4421 ve NACA 634421 profilleridir. Bu profilleri seçerken dikkat ettiğimiz bir diğer husus ise servo motorların belirlediğimiz veter uzunluğu için kanat içine sığacak kadar bir kalınlık oranına (>%14) ve kamburluk oranına (<%4-5) sahip bir profilden oluşmasıdır. Ayrıca karşılaştırdığımız profillerin şematikleri için ilgili EK-1'e bakabilirsiniz.

### 3.1.2.1 Kanat Profil Seçiminin 2B Analizi

20 m/s tasarım seyir hızındaki uçağımız için uç veter uzunluğu 75 mm olup Reynolds sayısı 102711 iken kök veter uzunluğu 200 mm olup Reynolds sayısı 273896'dır. Bu nedenle ortalama bir veter uzunluğu tanımlayıp 180 mm olarak elde ettiğimiz bu değer için Reynolds sayısı ise 246506'dır. 250000'e çok yakın bir değer olup program kullanımı ve işlem kolaylığı sağladığı için biz de 250000 Reynolds'u seçerek grafikleri bu Reynolds sayısına göre XFLR5 programı ile çizdirdik.

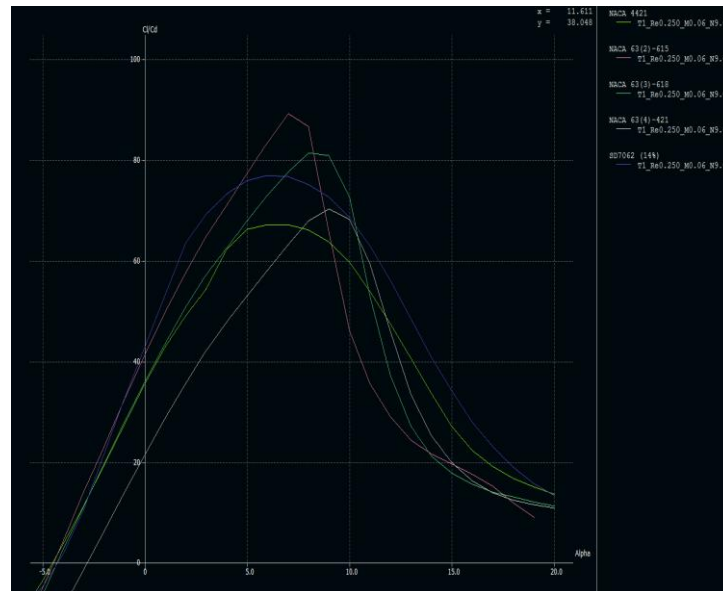
$$Re = \frac{\rho_{\infty} * V_{\infty} * c}{\mu_{\infty}}$$

$$\rho_{\infty} = 1.225 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

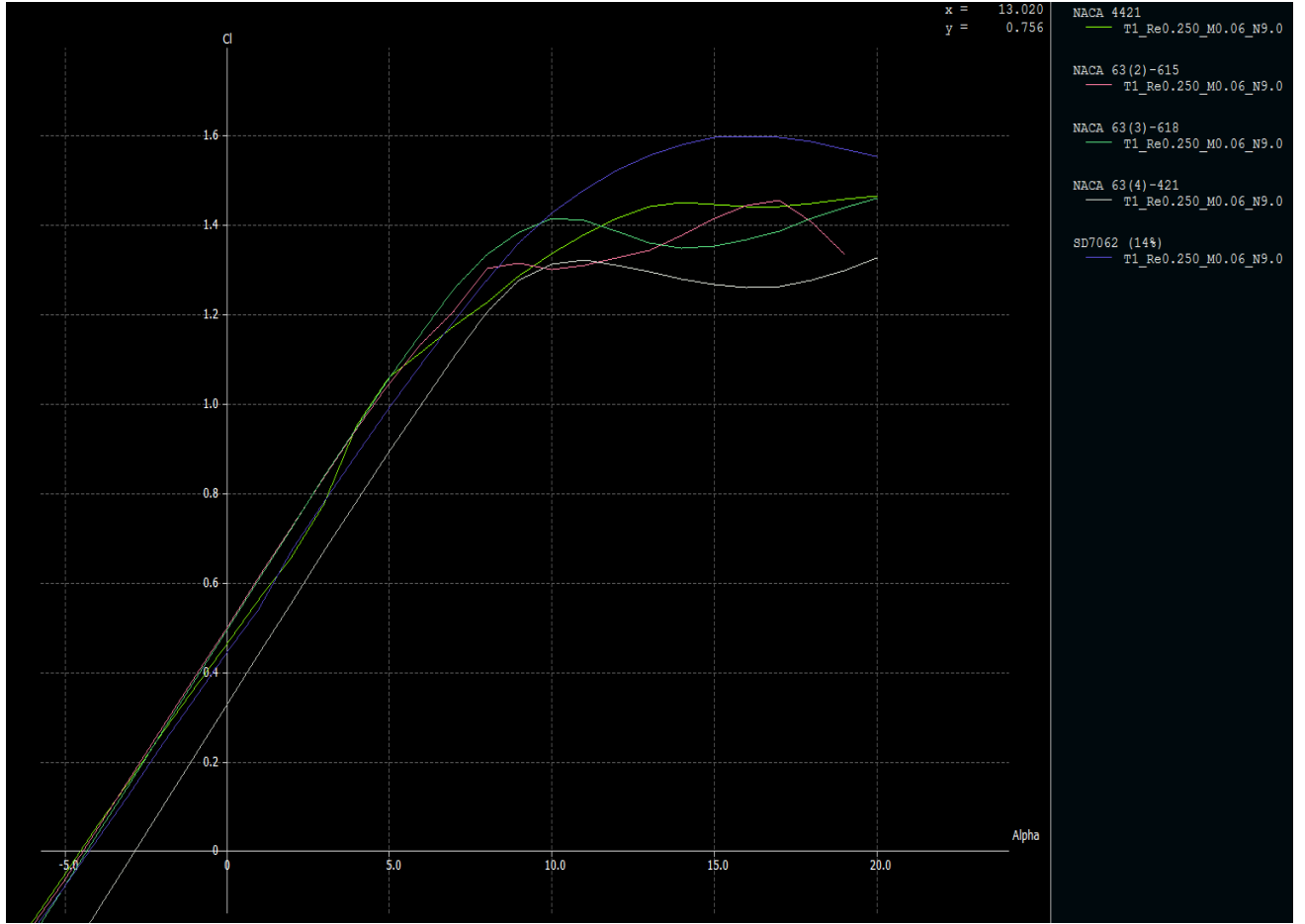
$$V_{\infty} = 20 \text{ [m/s]}$$

$$\mu_{\infty} = 1.789 * 10^{-5} \text{ [kg/(ms)]}$$

$$c_{ort} = 0.180 \text{ [m]}$$



**Grafik 3.1: 5 farklı kanat profili için  $\alpha$ -(Cl/Cd) değişimi ( $-5^\circ < \alpha < 20^\circ$ )**



**Grafik 3.2: 5 farklı kanat profili için  $\alpha$ - $C_l$  değişimi ( $-5^\circ < \alpha < 20^\circ$ )**

Yukarıdaki grafiklerden elde edilen bazı bilgiler aşağıda tablolanmıştır.

**Tablo 3.1: İlgili profil tipleri ve karşılık gelen bazı tasarım kriterleri**

Profil Adı	$\alpha_{stall}$	$C_{l,max}$	$(C_l/C_d)_{max}$	$\alpha_{(\frac{C_l}{C_d})_{max}}$
Selig Donovan 7062	$16^\circ$	1,60	76	$6^\circ$
NACA 632615	$9^\circ$	1,31	89,1	$7^\circ$
NACA 633618	$10^\circ$	1,4	81,2	$8^\circ$
NACA 634421	$11^\circ$	1,32	70,1	$9^\circ$
NACA 4421	$14^\circ$	1,45	67	$7^\circ$

$$V_{stall} = \sqrt{\frac{2 * W}{\rho_{\infty} * S * C_{L_{max}}}}$$

$C_{L_{max}} = 0,9 * C_{l_{max}}$  olarak kabul edilirse ve 4 kg kütleli bir toplam kalkış ağırlığı için seçilen profillerin  $V_{stall}$  hızları şu şekilde olmaktadır:

**Tablo 3.2: İlgili profil tipleri ve stall hızları**

Profil Adı	$V_{stall}$ [m/s]
Selig Donovan 7062	12,83
NACA 632615	14,18
NACA 633618	13,72
NACA 634421	14,13
NACA 4421	13,48

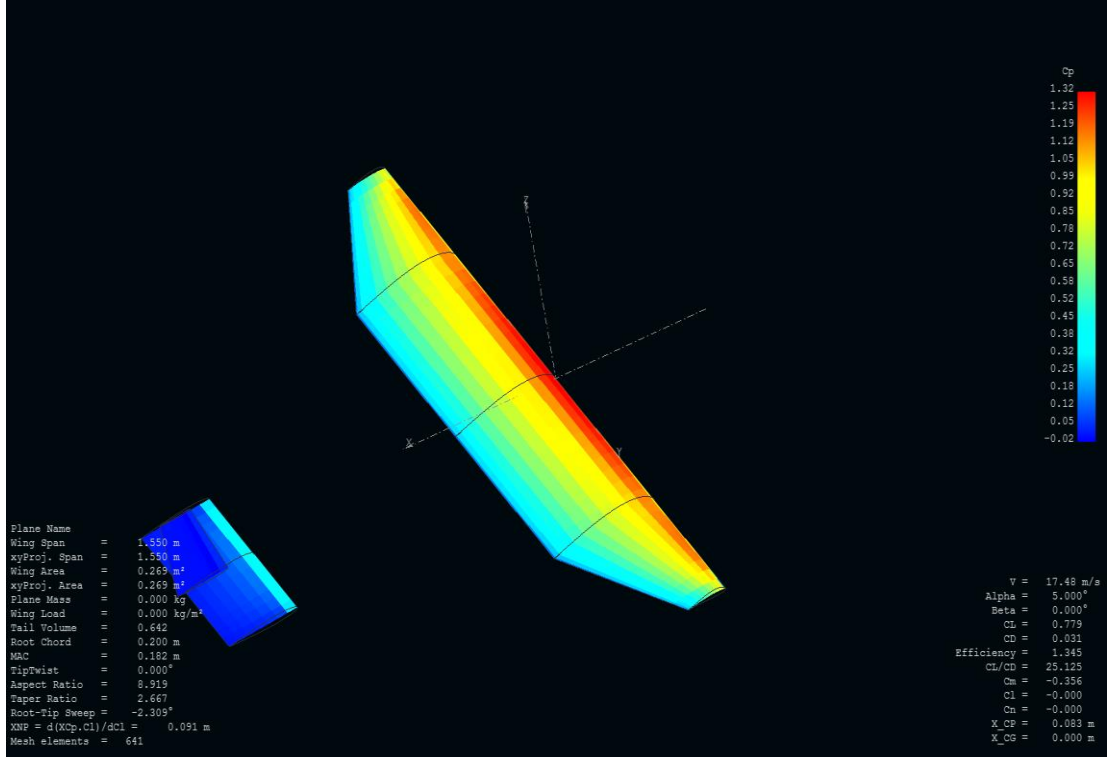
Tablolara baktığımız zaman NACA 632615 profilini taşıma/sürüklenme oranı en yüksek değer olmasına rağmen bu değeri stall açısına çok yakın bir değerde sağladığı için seçmedik. Bu sebeple bir başka tercih etmediğimiz kanat profili ise NACA 633618 oldu. NACA 4421 ise aralarında en düşük taşıma/sürüklenme oranına sahip olduğu için tercih edilmedi. Geriye kalan 2 kanat profilinden Selig Donovan 7062'nin hem stall açısı hem taşıma/sürüklenme oranının NACA 634421'e göre yüksek ve stall hızının da daha düşük olması sebebiyle uygun profilin bu olduğuna karar verdik.

### 3.1.2.2. Aileron Tasarımı

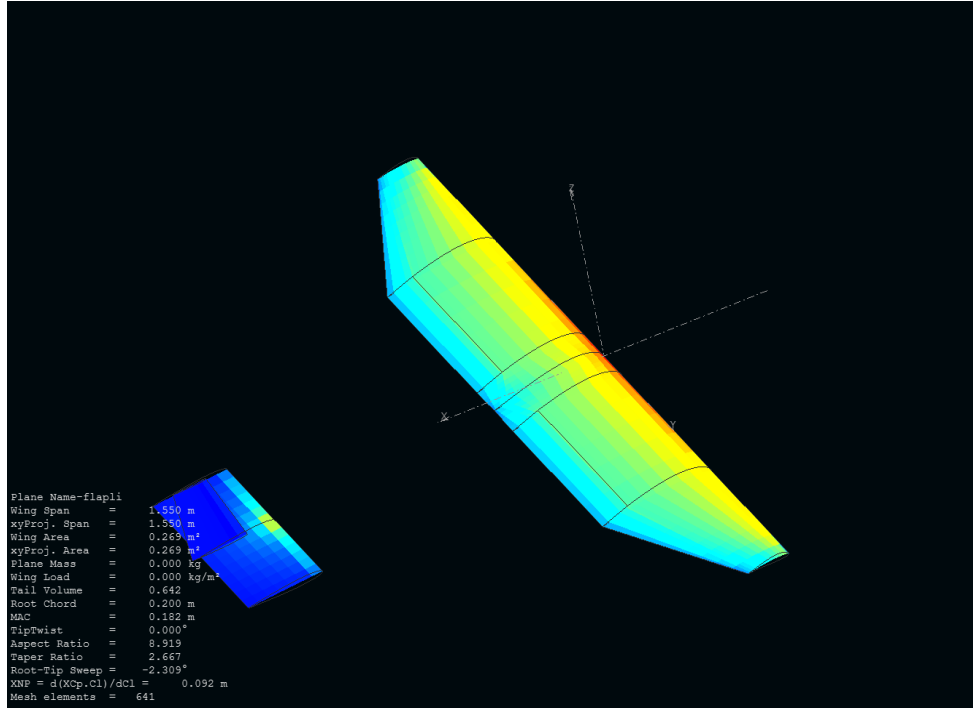
Aileronlar bilindiği gibi kanatlarda yer almakta olup uçağı sağa/sola yatırmaya yaramaktadır. Aileronların kanat üzerindeki yerini XFLR5 programı ile önce düz(aileronuz), kök vetere yakın, uç vetere yakın bir konuma yerleştirdik ve aerodinamik özelliklerin nasıl değiştiğini analiz ettik. Daha sonra optimum bir konum belirleyerek kanat üzerindeki yerlerini tayin ettik.

Bu karşılaştırmayı yaparken 5° hücum açısında analizler yapıldı. Bu açının tercih edilmesinin sebebi taşıma/sürüklenme oranının maksimum olduğu açıya çok yakın olmasından kaynaklanıyor. Tam olarak optimum açığı almamamızın sebebi ise daha sonra eklenecek gövde ve iniş takımı gibi uçağın taşıma/sürüklenme oranına etki edecek ve taşıma/sürüklenme oranının maksimum olduğu açının daha düşük bir değerde olacak olmasıdır.

Aşağıdaki görsellerde 5 derecelik hücum açısı için aileronların konumlarına göre tasarım kriterlerinin değerlerinin nasıl değiştiğini göreceğiz ve seçimimizin en son olarak nasıl yapıldığı konusunda bilgi sahibi olacaksınız.

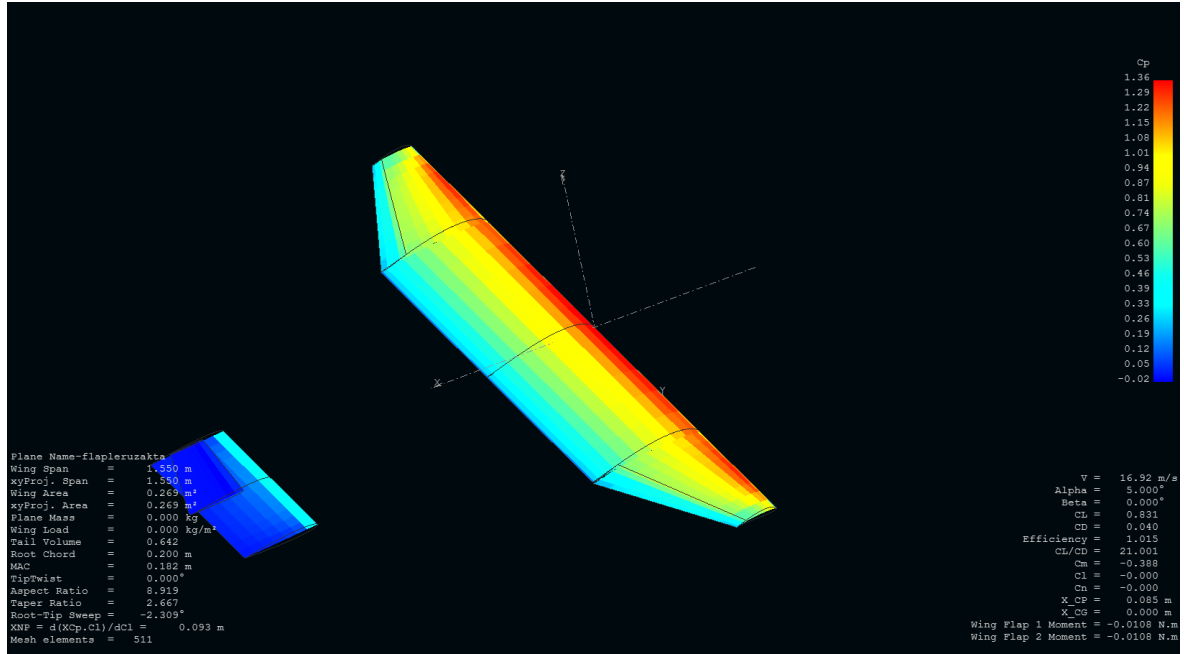


Şekil 3.2: Aileronsuz kanadın analizi

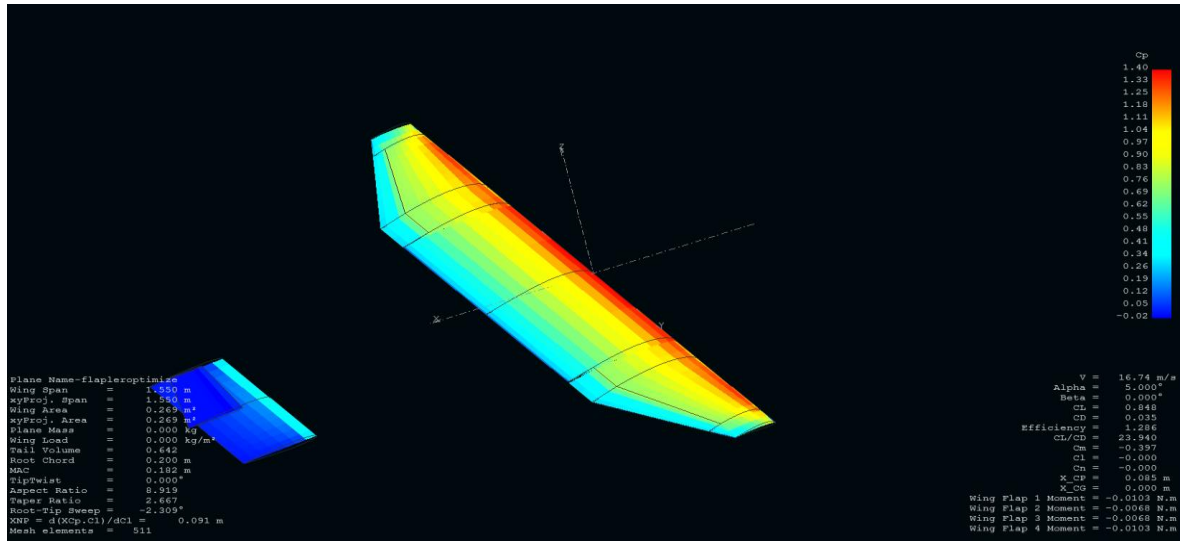


Şekil 3.3: Aileronların kök vetere yakın bir konumda olduğu durumdaki analizi





Şekil 3.4: Aileronların uç vetere yakın bir konumda olduğu durumdaki analizi



Şekil 3.5: Optimum olarak tasarladığımız kanat ve aileron analizi

Aşağıdaki tabloda yukarıdaki şekillerden elde edilen bilgilerin aileron konumlarına göre analizleri verilmiştir.

Tablo 3.3: Aileron konumlarına göre tasarım kriterlerinin değerleri

Konum	$C_L/C_D$	$(C_L/C_D)_{max}$	$\alpha_{(C_L/C_D)_{max}}$	$C_{Lmax}$
Düz(Aileronsuz)	25,125	25,131	4,5°	0,732
Kök vetere yakın	18,027	22,2	0°	0,458
Uç vetere yakın	21,001	23,078	2°	0,550
Optimize	23,940	24,064	4°	0,755

Yukarıdaki tablodan görüleceği üzere airelonlar olmadan kanattan elde edilen kaldırma ve taşıma/sürüklenme oranı daha yüksektir ancak uçağı yönlendirebilmemiz için airelonlar olmazsa olmaz bir parçadır. Airelonlar kök vetere yakın olduğunda taşıma/sürüklenme oranının %30 civarında azaldığı airelonların uç vetere yakın olmasının ise çok çok iyi sonuç verdiği görülmektedir ancak hem maksimum taşıma/sürüklenme oranını daha düşük bir hücum açısında verdiği hem de birtakım üretim zorlukları doğuracağı için ayrı bir airelon tasarımı yaptık.

Yaptığımız airelonların kanat üzerindeki tasarımına bakıldığı zaman hem taşıma/sürüklenme oranının çok azalmadığı hem de bu oranın olması istenen hücum açısına yakın değerlerde maksimum olduğu analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra iyi bir kaldırma sağladığı ve üretimin nispeten daha kolay olması beklenmektedir. Son olarak tüm airelon konumları için tasarım kriterlerinin değişiminin grafiğini görmek için EK-2'ye bakabilirsiniz.

### **3.1.3 Yatay ve Dikey Kuyruk Gereksinimleri ve Boyutlandırma**

Uçağımızın havada kararlılığını ve manevra kabiliyetini en fazla ölçüde etkileyecek olan kuyruk profili seçimini yaparken simetrik bir profil seçmeyi uygun gördük çünkü havada kararlılığı en iyi sağlayan profil tipi bu tarz simetrik profillerdir. Bu nedenle simetrik ve kalınlık oranı %9 olan NACA0009 profilini uçağımızın kuyruk profili olarak seçtik.

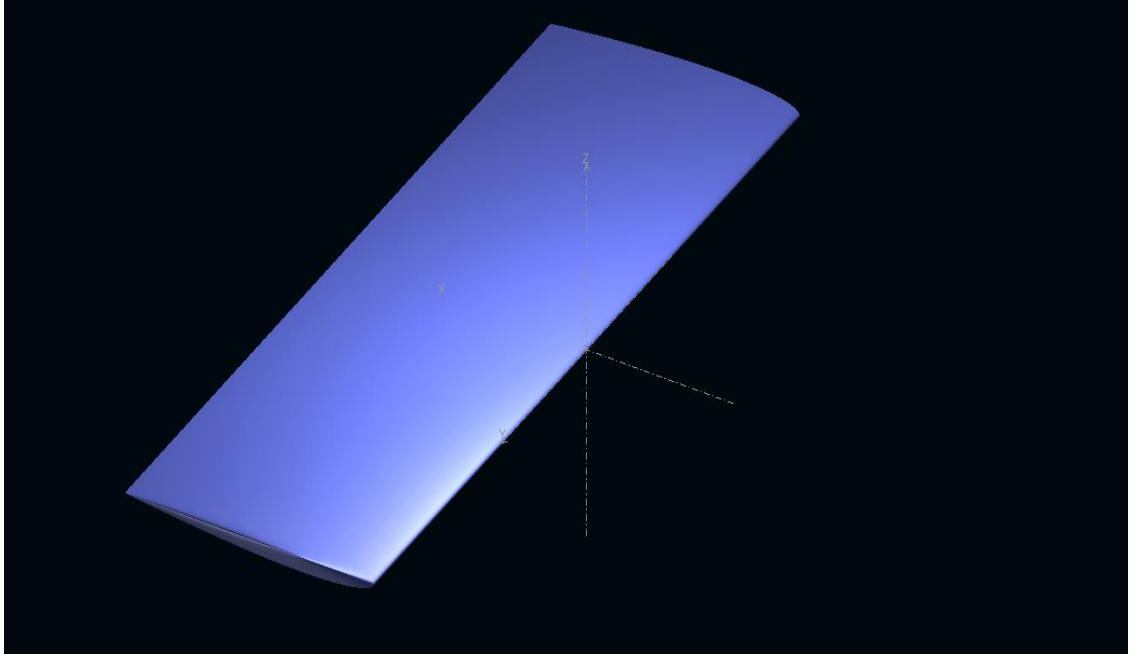
Ayrıca uçağımızın kuyruk tipini de ses altı hızlarda en stabil durumu sağlayan konvansiyonel kuyruk olarak tabir edilen kuyruk tipi olarak belirledik çünkü manevra kabiliyetinden daha çok olumsuz hava koşullarına karşı dengeli durabilecek, görüntü alımında ve kilitlenmesinde bir problem yaşatmayan dengeli bir uçağı ihtiyacımız var. [3]

Boyutlandırmayı yaparken de diğer örneklerden edindiğimiz verilere göre yatay kuyruk alanının kanat alanının %15-%35 arası bir değerde olduğunu gördük. Biz de yatay kuyruk alanının kanat alanının %20'sine denk gelecek şekilde dikey kuyruk alanını ise yatay kuyruğun yarısına denk gelecek şekilde tasarladık. [4]

Son olarak yatay ve dikey kuyruk boyutlandırması da şu şekildedir:

Yatay kuyruk alanı: 0.054 m

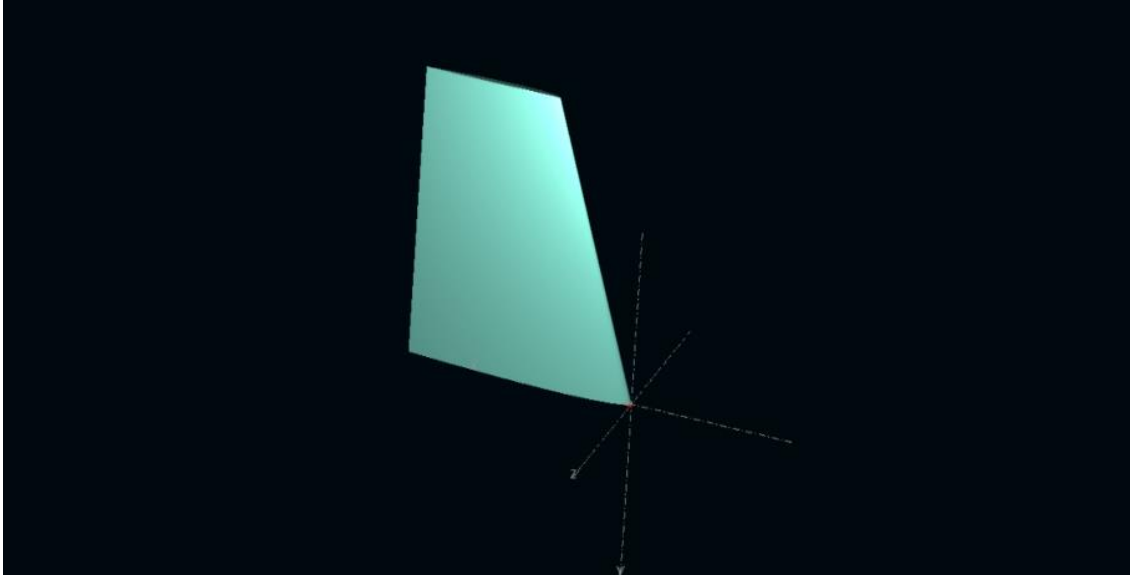
Yatay kuyruk açıklığı: 0,40 m



**Şekil 3.6: Yatay kuyruk tasarımımızın XFLR5 programı ile yapılan görseli**

Dikey kuyruk alanı: 0.027 m

Dikey kuyruk yüksekliği: 0,20 m

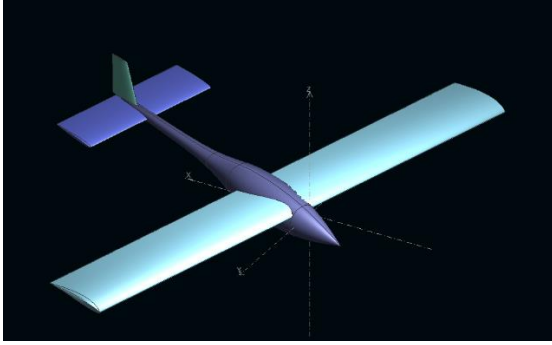


**Şekil 3.7: Dikey kuyruk tasarımımızın XFLR5 programı ile yapılan görseli**

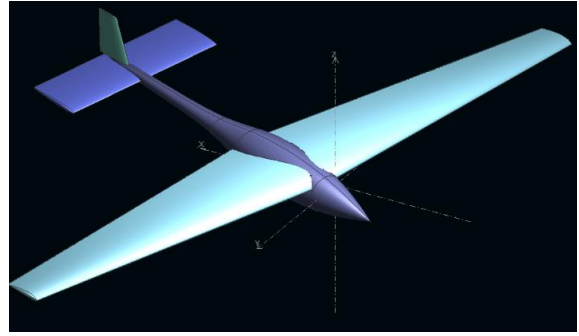
### 3.1.4 Stabilite Analizi

Bu kısımda tasarladığımız kanat ve kuyrukların ve farklı kanat tasarımlarının bir gövdeye monte edilmiş halinin stabilite testinin sonuçları paylaşılacaktır. Tasarım başlangıcında belirtildiği gibi uygun aerodinamik performansta en dengeli kanat tasarımını elde etmeye çalıştığımızı söylemiştik burada bunu başarıp başaramadığımız, başardıysak ne ölçüde başardığımız irdelenecektir.

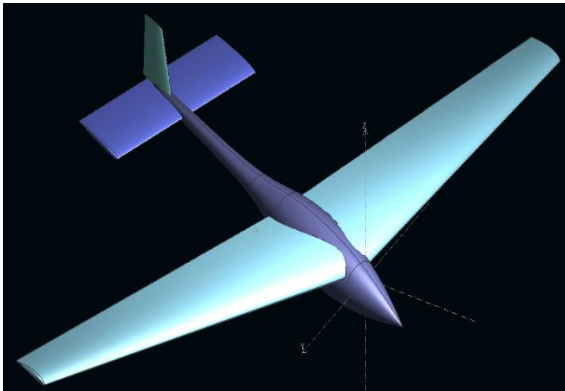
Öncelikle dikdörtgen kesitli kanat sonra trapez kanat ve ok açılı kanat tasarımlarının 3B analizleri ve verileri paylaşılacak daha sonra kendi tasarımımızın analizi verilecektir. Bu karşılaştırmaları yaparken kanat alanı, kanat açıklığı, ortalama veter uzunluğu ve A.R. gibi aerodinamik verileri etkileyen parametrelerin sabit tutulduğu belirtilmelidir.



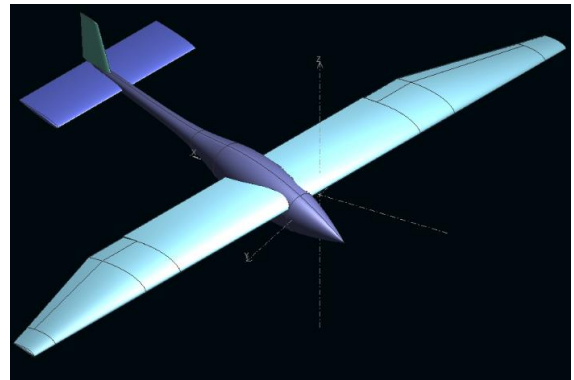
**Şekil 3.8: Dikdörtgen kanada ait İHA görseli**



**Şekil 3.9: Trapez kanada ait İHA görseli**



**Şekil 3.10: Ok açılı kanada ait İHA görseli**



**Şekil 3.11: Bizim tasarımımıza ait görsel**

Aşağıdaki tabloda XFLR5 programı ile farklı kanat tiplerindeki tasarımların 4kg yükleme ve aynı kanat açıklığı ile aynı kanat alanına sahip halleri stabilite açısından karşılaştırılmıştır:

**Tablo 3.4: Farklı kanat tasarımlarının XFLR5 programından elde edilen stabilite sonuçlarının karşılaştırılması**

Kanat Tipleri	Doğal Frekans [Hertz]	Sönümlenmiş Doğal Frekans [Hertz]	$\xi$
Dikdörtgen Kanat	1,084	1,078	0,109
Trapez Kanat	1,043	1,035	0,124
Ok Açılı Kanat	1,652	1,646	0,087
Bizim Tasarımımız	0,800	0,787	0,182

Yukarıdaki veriler ışığında şu sonuçlara varmak mümkündür. Tasarladığımız kanadın stabilitesi diğer kanatlara göre iyi olmaktadır aynı etkilerde aynı konuma gelmek için daha az salınım yapmaktadır ve daha kısa sürede mevcut konumuna dönebilmektedir ancak bu diğer kanatlardan her parametrede daha iyi aerodinamik performans verdiği anlamına gelmemelidir. [1, 5]

### 3.1.5 Güneş Panelleri

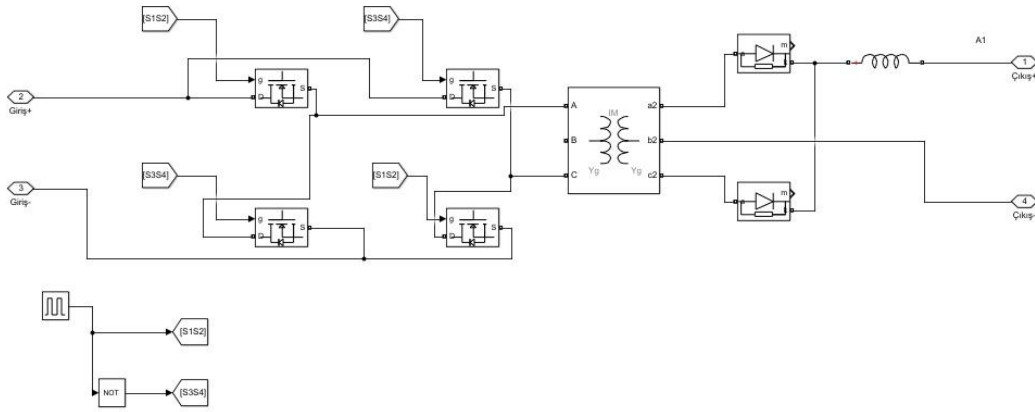
Güneş ışığı foton parçacıklarından oluşur. Fotonlar kütsesizdir ve saf enerji demektir. Güneş paneli fotonun sahip olduğu bu enerjiyi fotovoltatik hücre denilen birimler ile elektrik enerjisine dönüştürür. Fotovoltatik hücreler sandviç şeklinde üst üste bindirilmiş yarı iletken maddelerden oluşur. Üst bölümde elektron verme eğilimine sahip fosfor gibi bir elementle doldurulmuş bir katman bulunur. Güneş’ den gelen foton üst katmana çarparak fosfor atomunu uyarır ve atomdan elektron koparır. Böylece üst kısım negatif yüklenmiş olur. Burada oluşan elektrik alanın sağladığı elektrikselsel kuvvet sayesinde elektron iletken bir madde üzerinden geçerek devreye verilir. Hücrenin alt kısmı ise elektron alma eğilimine sahip bor benzeri bir madde yer alır. Bu yüzden fotovoltatik hücrenin alt kısmı pozitif yüklüdür. Üst kısımdaki negatif yüklü katmandan çıkan elektronlar devreden geçip alt kısımda pozitif yüklü katmana ulaşır. Böylece elektrik akımı meydana gelir. Güneş’ den gelen fotonlarla beslendiği sürece güneş paneli elektrik üretmeye devam eder.

### 3.1.5.1 Elektrik Devresi Tasarımı

#### 3.1.5.1.1 DC-DC Converter

DC-DC converterlar diğer bir deyişle dönüştürücüler, herhangi bir DC kaynağından aldığı gerilimi ihtiyaca göre yükseltip veya düşürerek sabit veya değişken DCgerilimleri elde etmek için kullanılırlar. Bu dönüşümün verimli bir şekilde yapılması için anahtar mod konvertori kullanılır.

Biz bu DC-DC converter panalden aldığımız enerjiyi bataryanın girişine uygun bir gerilimi elde etmek için kullanacağız.



Şekil 3.12: DC-DC Converter

Güneşten aldığımız enerjiyi converter yardımıyla istediğimiz seviyeye yükselttikten sonra pili şarj edecektir. Pilden gelen enerjiyle fırçasız motor, servo motorlar, kamera sisteminde ve kumanda alıcısındaki enerji ihtiyacı karşılanacaktır. Şekil 3.12’de güneş panelinin çıkış değerleri, DC motorunun çıkış değerleri, bataryanın çıkış değerleri verilmiştir. Grafik 3.3’de güneş paneli ve DC motorun çıkış grafikleri verilmiştir.



➤ **Flysky FS-CT6B Kumanda Vericisi - Teknik Özellikleri**

- Model menüleri: Uçak/Drone/Planör/Helikopter/Tekne/Araba
- RF aralığı: 2.4055-2.475GHz
- RF gücü: <20dBm
- RF kanal: 140
- Bant Genişliği: 500KHz
- 2.4GHz sistem: AFHDS
- Modülasyon: GFSK
- Düşük Voltaj Aralığı: <9V
- DSC Port: PS2 PPM
- Anten uzunluğu: 26mm
- Ağırlık: 511g
- Güç beslemesi: 12V DC 1.5V AA x 8 Adet (Dahil Değildir)
- Ölçüler: 189 x 97 x 295 mm

➤ **FS-R6B Kumanda Alıcısı - Teknik Özellikleri**

- RF aralığı: 2.4055-2.475GHz
- RF kanal: 140
- RF alıcı hassasiyeti: -105dBm
- Bant Genişliği: 500KHz
- 2.4GHz Sistem: AFHDS 2A
- Modülasyon: GFSK
- Çalışma voltajı: 4.0-6.5V DC
- Anten uzunluğu: 26mm
- Ağırlık: 13g
- Ölçüler: 52 x 35 x 15mm

### 3.2.2 Servo Motor

Servo, herhangi bir mekanizmanın işleyişini hatayı algılayarak yan bir geri besleme düzeneğinin yardımıyla denetleyen ve hatayı gideren otomatik aygıttır. Servo motorlar çalışan bir makinanın yada sistemin hareket kontrolü yapan elemanlardır. Servo motorlar sistemlerdeki hız, konum ivme gibi bileşenlerin hatasız bir şekilde çalışmasını amaçlar. Bu motorlar kendi içlerinde AC servo motor ve DC servo motor olmak üzere ikiye ayrılırlar. Tasarımımızda kullanacağımız tip ise DC motor çeşididir. İlk olarak aracımızda hangi tip ve kaç adet servo motor kullanılacağı hesaplandı. Daha sonra iki tipin birbirlerine göre üstünlükleri ve dezavantajları kıyaslandı. DC servo motorlar AC servo motorlara göre boyut olarak daha büyük olsa da yüksek güç gerektiren bu tasarım için uygun olacaktır. Tasarım da 4 adet kullanacağımız bu motorlar sayesinde kanat kuyruk ve kamera sistemlerinin kontrolü bu sayede sağlanacaktır.



➤ **SG90 Servo Motor Özellikleri:**

- Boyutlar: 23.1 x 12.2 x 29 mm
- Ağırlık: 9 g
- Çalışma gerilimi: 4.8 - 6.0 VDC
- Hız @4.8V: 0.1 sn/60°
- Zorlanma Torku @6V: 1.8 kg.cm
- Dişli kutusu: Plastik
- Dönüş açısı: 0-180°
- Çalışma PWM sinyali: 500-2400 µs
- Kablo Uzunluğu: 15 cm
- Tork: 0-5 kg/cm
- Dijital/Analog: Analog
- Çalışma Gerilimi: 4.8-6.0V
- Dönüş Açısı: Standart
- Hız: 0.06 - 0.12 sn/60°

### 3.2.3 Elektronik Hız Kontrolcüsü (ESC)

Elektronik bir hız kontrolü veya ESC, bir elektrik motorunun hızını kontrol eden ve düzenleyen bir elektronik devredir. Ayrıca motorun ters çevrilmesini ve dinamik frenlemeyi de sağlayabilir. Minyatür elektronik hız kontrolleri elektrikle çalışan radyo kontrollü modellerde kullanılır. Tüm elektrikli RC (Radio Controlled) modellerde kullanmak zorunda olduğumuz ve motor hızını buna bağlı olarak modelin hızını arttırmamıza yarayan elektronik hız kontrol ünitesidir. Esc tasarımıımızdaki kumanda alıcısına bağlı çalışacaktır. İleri yönde hareket ve geri yönde hareket tepkilerini motora ileterek aracı hareket ettirir yada durdurur. Esc sürücüsü sayesinde uçağımız gaza veya frene basış şeklimize göre hızlanma durma yavaşlama geri gitme ani hızlanma ani durma gibi fonksiyonları yerine getirecektir. Kısacası tasarımıımızda kullanacağımız fırçasız motorları kontrol etmek için kullanılan elektronik devre sistemleridir. Toparlayacak olursak tasarımıımızdaki ESC pilimizden alacağı enerjiyi alıcının aldığı sinyal ile sürerek motorun İHA' yı hareket ettirmesine ve durdurmasına neden olur.

ESC Yapılabilecek Ayarlar:

ESC ünitesi üzerinden program kartı veya bilgisayar bağlantısı ile yapabileceğimiz bazı ayarlara bakacak olursak;

- **Gidiş Ayarı (Running Mode):** Bu seçenek ile aracın ileri – geri, ileri – fren, ileri – geri – fren şeklinde modları arasında geçiş yapılabilir.
- **Motor Dönüş Yönü:** Motorun saat yönüne mi saat yönü tersine mi döneceğini ayarlamak için kullanılır.

- **Cut Off:** Aracın pilinin voltajı belirlediğiniz aralığa geldiğinde, araç artık çalışmaz ve gazı otomatik olarak keser.
- **Pil Seçimi:** Aracın kaç S pil ile çalışacağını belirler, genellikle otomatik moddadır.
- **Drag Brake:** Gaz tetiğini bıraktığınızda aracın yapacağı otomatik frenleme ayarıdır.
- **Initial Brake:** Aracın fren ayarıdır.
- **Punch:** Gaza dokunduğunuz anda aracın sert veya yumuşak olarak tepki vermesini sağlar.
- **Timing:** Motora gönderilen akım zamanlaması değiştirilerek, motorun daha fazla KV veya Tork üretmesini sağlar.

### Skywalker 30A Teknik Özellikleri

- Normal Akım Değeri: 30A
- Maksimum Akım Değeri(10 saniyeden az): 40A
- Sürücü Kartı Modu: Doğrusal
- Sürücü Kartı Çıkışları: 5V / 2A
- Sürücü Kartı Kapasitesi:
- 2S lipo: 5 Servo
- 3S lipo: 4 Servo
- Kullanılabilen Bataryalar:
- Lipo: 2S-3S
- NiMH: 5-9 Hücreli
- Ağırlık: 37 gr
- Boyutlar: 68x25x8 mm

### 3.2.4 Fırçasız Motor

Motorlar aracımızın stabil şekilde kusursuz olarak (olumsuz çevre hava koşulları hariç) havalandırmasını ve havada kalmasını sağlayacak olan en önemli donanımdır. Tasarım ve maliyet açısından en uygun model ve sayıda belirlenen motorlar stabiliteyi sağlamak için belirlenen konumlarına hassasiyetle yerleştirileceklerdir. Biz tasarımda daha yüksek verim elde etmek için fırçasız motor tercih edeceğiz. Fırçasız motorlar fırçalılara göre oldukça daha fazla sayıdadır. Bu motorlar çalışmalarına göre outrunner ve inrunner olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Outrunner motorlar da dönme işlemi dış kasada gerçekleşir. Bu motora sahip modeller genellikle drone ve helikopter gibi rc modellerdir. İnrunner motorlar da ise dönme işlemi rotor da meydana gelir. Bu tip ise daha çok araba ve tekne modellerinde kullanılmaktadır.

Fırçasız motorlarda kollektör bulunmadığı için bu ismi alırlar. Gelişen teknolojiye genişçe yerini alan fırçasız motorlar tasarımıımızda da yerini almaktadır. Tasarımıımızda kullanacağımız fırçasız motor dönen bölümleri olarak sabit mıknatıstan ve dönen bölümleri ise küçük bobinli mıknatıstan meydana gelmektedir. Fırçasız motoru seçmemizdeki nedenler olarak yüksek verimli olması, sessiz çalışması, uzun ömürlü olması, bakımlarının kolay olması ve torklarının yüksek olmasındandır.

Fırçasız motor özellikleri:

- Çalışma voltajı: 3S - 4S
- Maks. Thrust: 2360 gr
- Maks sürekli çalışma akımı: 55A (15 Sn.)
- Min. akım: 2.1
- Maks. güç: 880W 180S
- Motor resistans: 25mΩ
- Uygun ESC: 70Amp. veya üstü
- Ölçüler: 35 x 36 mm
- Şaft çapı: 4mm
- Stator ölçüleri: 28 x 14 mm
- Motor ağırlığı: 108 gr

### 3.2.5 Güneş Paneli

Projenin konusu gereği güneşten maksimum düzeyde verim almak gerekmektedir. Güneş enerjisi temiz, yenilenebilir, kolay kullanımı ve masrafsız olması sebebiyle oldukça tercih edilir. Güneşten gelen ısıyı ve ışığı güneş panelleri sayesinde kullanılabilir elektriğe dönüştürülür. Araçta kullanılacak panellerin sayısı ve modeli nasıl olabildiğince yüksek verim elde edilebilir şekilde düşünülerek önceden planlandı. Tasarımıımızda kanatlara uygulamayı düşündüğümüz güneş panelleri sayesinde aracımızın daha az maliyetle havada daha uzun süre kalmasını hedeflemekteyiz.[3, 7]

Güneş pillerinden elde edilen enerji pilin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle kullanılır.

#### ➤ Özellikler:

- Güneş panelleri: 0.3W polikristal silikon güneş damlayan paneller
- Çalışma akımı: 0-60mA
- Gerilim: 5V
- Ürün boyutu: 68 \* 37 \* 3mm

### 3.2.6 Pervane

Pervanede aynı bir kanatta olduğu gibi üst yüzeyde havanın alt yüzeyden daha hızlı hareket etmesi sebebiyle alt yüzeyde oluşan basınç kaldırma kuvvetini oluşturur.

Pervane seçimi toplam kalkış ağırlığı ve motor özellikleri birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır. Uygun pervane ölçüleri: (4S için 9x6 / 8x6) (3S için 10x5 / 106) 4S için 9x6, 8x6 (1000gr - 1300gr arası Akrobatik Uçaklar için)

### 3.2.7 Karbon fiber

Karbon fiber veya karbon elyaf, teknoloji ürünü ipliksi bir tür maddedir. Ana bileşimleri Karbonlaşmış akrilik elyaf, katran ve naylondur. Karbon fiberin yapısı, çelikten 4,5 kat daha hafif olmasına rağmen 3 kat daha dayanıklıdır. Karbon fiber, naylon gibi esnek ve orlon gibi de orta derecede dayanıklı değildir. Hafiflik aranan, dayanıklı, mukavemetli, sarsılmayı azaltan ve tasarımlara kolay işlenebilen özellikleri nedeniyle karbon fiber günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biz de tasarımımızda kullanmayı amaçladığımız karbon fiberi bu özellikleri nedeniyle seçtik. Ağırlığının az olması ve aerodinamiğinin tasarımımıza uygun olması en önemli etmenlerdir. Bu sayede aracın ağırlığı seçilebilecek diğer ekipmanlara göre daha hafif olacaktır. Böylece havada kalma süresi daha uzun olacaktır.

#### ➤ Karbon Kumaş Özellikleri

- Yüksek mekanik mukavemet.
- Düşük yoğunluk , 1,8 g/cm<sup>3</sup>
- İyi ısı iletkenlik, 20 W/M\*K (Standart modül için)
- Yüksek germe-çekme dayanımı, Germe Modülü; 220-240 GPa Germe Dayanımı; 3450-4850 MPa.
- Düşük lif çapı, 5-8 µm.
- Elektriksel öz direnç, 1650 µΩ
- Kopma uzaması , %1,6-2,2.
- Sınırsız raf ömrü

### 3.2.8 Tekerlek ve Yay Sistemi

Tasarımda kullanılacak olan tekerlek ve yay sisteminin asıl görevleri aracın yere yumuşak bir iniş yapmasını sağlamasıdır. Yere sert iniş yapılması durumunda fazla enerji yaylarda toplanacaktır. Böylece yere sert bir iniş yapılmış olsa bile tasarımda bir zarar olmayacaktır.

**Özellikler:**

- Dış çap: 84mm
- Genişlik: 24mm
- Ağırlık: 90gr
- Renk: Siyah

**3.2.9 LiPo Batarya**

Lityum polimer pil daha yaygın sıvı elektrolit yerine bir polimer elektroliti kullanan tekrar şarj edilebilir bir lityum iyon pildir. LiPo hücreleri, tablet bilgisayarlarda ve birçok hücresel telefon ahizesinde kullanılmak üzere, iletkenliği yüksek yarı iletken polimerler oluştururlar. Lipo piller NiCd ve NiMH pillere göre çok daha fazla akım üretebilirler (fazla deşarj kapasitesi). Diğer pillere oranları daha hafif olmaları model araç yapımında kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Lipo (Lityum – Polimer) piller günümüzde çok yaygın olarak kullanılan bir pil çeşididir. Yüksek güç aranan sistemler için özellikle tercih edilmektedirler. Tasarımda ağırlıktan kaçındığımız için lipo batarya tercih ettik. Bu bataryalar diğer türlere göre oldukça hafif ve hemen hemen her boyutta olabilirler. Bu elemanı seçmemizin bir diğer nedeni de yüksek kapasiteli olmasıdır. Ayrıca doğru ve güvenli kullanılmaları durumunda da her hangi bir problem olmayacaktır.

**Özellikleri:**

- Voltaj: 11,1V
- Kapasite: 450mAh
- 25C (50C anlık, maksimum 10sn)
- Ağırlık: 50gr
- Boyutları: 58x32x15mm
- 3 Hücreli
- JST çıkış soketi ve balancer şarj soketi mevcuttur.

**3.2.10 Kamera Sistemi**

İHA ve SİHA tasarımlarda istenilen ana unsur belirli bir bölgedeki görüntüyü oradan çok uzakta olursa bile canlı bir şekilde elde etmektir. Burada ki görüntünün net bir şekilde işlenebilir olması çok önemlidir. Bu yüzden uçağımızdaki kamera donanımı kritik derecede önem taşımaktadır. Tasarımımızda kullanacağımız kamera sistemi yazılım sayesinde istediğimiz koşullarada hedef izleme, kilitlenme gerçek zamanda hedef tespiti vb. görevleri yerine getirecektir.

### **Özellikler:**

- Tüm Raspberry Pi modelleri ile uyumlu
- Dahili IR-CUT filtre sayesinde gün ışığında görüntü bozulmalarını engeller (istenildiği takdirde çıkartılabilir)
- Kızılötesi (IR) LED'e sahiptir, gece görüşü destekler
- 5 megapiksel çözünürlüğü OV5647 sensör
- CCD boyutu: 1/4 inç
- Diyafram (F): 1.8
- Odak uzaklığı: 3.6mm ayarlanabilir
- Ayarlanabilir Odaklama: Var
- Görüş açısı: 60.6 derece
- İdeal çözünürlük: 1080p
- 4 adet vida bağlantı noktası ile 3.3V güç çıkışı, LED/flaş bağlantısı ve montaj için kullanılabilir
- Boyutlar: 31mm × 32mm , lens çapı:14mm

#### **4. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ**

Yapmış olduğumuz tasarımda diğer insanız hava araçlarından farklı olarak güneş enerjisinden faydalanmayı amaçladık. Güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için çevreye zararlı etkileri olmayacaktır. Bunlara ek olarak fırçasız motor kullanıldığı için daha sessiz, gürültüsü az olan bir tasarım olacaktır. Kullanan kişi doğrultusunda hareket edeceği ve güvenli, boş bir alandan kalkışını gerçekleştireceği için risk durumu minimum düzeydedir.

## 5. MALİYET HESABI

Projede malzeme seçimi yapılırken öncelikle sistem için yapılan hesaplar önemli bir etken olduğundan bu durum göz önüne alınarak seçilmişlerdir. Fiyatlar ikinci planda kalmıştır.

**Tablo 6.1 Maliyet Hesabı Tablosu**

MALZEME	Ölçüler (mm)	Miktar (kg-adet)	Fiyat (₺)
Servo motor	23.1 x 12.2 x 29 mm	9gr-4 adet	8,65
Fırçasız motor	35 x 36 mm	2360 gr-1 adet	280,74
ESC	68x25x8 mm	37 gr-1 adet	77,97
RC Kumanda	189 x 97 x 295 mm	511 gr-1 adet	284,64
Alıcı	52 x 35 x 15mm	13gr-1 adet	-
Solar panel	68 * 37 * 3mm	14 adet	1,2(adet)
Pervane	9x6	10gr-1 adet	30
Tekerlek	Dış çap:84 mm	90 gr-2 adet	21,66
Kamera	25mm x 24mm	-	216,63
LiPo batarya	58x32x15mm	50gr-1 adet	82,88
Karbon elyafı kumaşı	3 m <sup>2</sup>	-	495,6
Epoksi reçine	-	1,5 kg	155
Delikli naylon	5 m		140



## 6. SONUÇLAR

Daha önce de belirttiğimiz gibi bizim için önemli olan görüntü alma, kilitlenme gibi görevlerin yerine getirilebilmesi için havada stabil bir şekilde İHA'mızın yol alması gerekmektedir ve bu stabilizasyonu sağlarken aerodinamik özellikleri olabildiğince yüksek, üretim zorluğu ve maliyeti de olabildiğince düşük tutmaya çalışarak bir tasarım gerçekleştirdik.

Aerodinamik performansın kanat tiplerine ait grafikleri incelenirse beklenildiği gibi trapez kanadın, dikdörtgen ve geriye ok açılı kanattan daha iyi kaldırma kuvveti, taşıma/sürüklenme oranı ve minimum sürüklemeye sahip olduğu görülür. Bizim kanat tasarımıımızdan doğan toplam sürüklemesi fazla olsa da kaldırmasının daha iyi bundan dolayı da taşıma/sürüklenme oranının diğer kanat tiplerine göre yüksek olması istediğimiz optimum çalışmayı yakaladığımızı göstermektedir. Aerodinamik performansın kanat tiplerine ait grafiklerini incelemek için EK-3'e bakınız.

Tasarımıımızı yaparken düşük ses altı hızlarda bizim çalışacağımız ortalama Reynolds sayısı için en yüksek  $C_l/C_d$  oranını veren kanat profilini seçmeye özen gösterdik. Kanat profilinin servo motorlar gibi diğer parçalara uygun bir kalınlık oranını sağlamasına önem gösterdik. Aksi durumda bu parçalar gövde içine konmak zorunda kalacaktı. Bu durum ise gövde hacminin büyümesine ve extra maliyetin doğmasına neden olur. Kanat dışına monte edilerek kullanmak ise bir diğer seçenektir. Bu durum ilave sürüklenme demek ve bizim verimliliğimizi, uçuş süremizi, enerji kullanımıımızı kötü yönde etkilemesi anlamına gelir. [8]

Bir diğer tasarım kriteri olarak belirlediğimiz stall hızımızın 15 m/s'den küçük olması bizim için önemli bir kriterdi. Çünkü iniş ve kalkış sırasında hızımızın çok yüksek olması iniş takımlarımıza ve doğrudan İHA'mızın taşıyıcı unsurlarına ya da itki sistemlerine zarar verebilir. Daha kaliteli iniş takımları seçmemiz durumunda ise hem ağırlık hem de maliyetimizin artmasına ve bu sebeplerden hesaplarımızın ırsamasına neden olur.

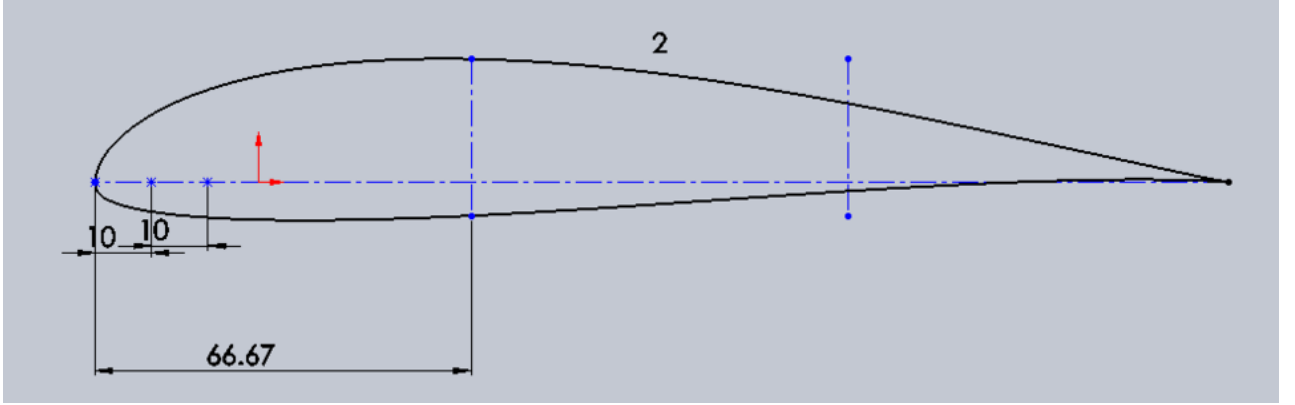
Havada kalma süremizin uzun olmasına önem verdiğimiz üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu amacımızı daha en başında kavramsal tasarım aşamasında yüksek A.R. seçerek elde etmeye çalıştık ve eliptik dağılıma yaklaşmak için kanadımızın uçlarını belli bir veter değerinden sonra sivrilettik. Sivrilme oranının fazla olmamasına ve uçağımızın stabilitesini bozmamasına özen gösterdik.

## 7. KAYNAKLAR

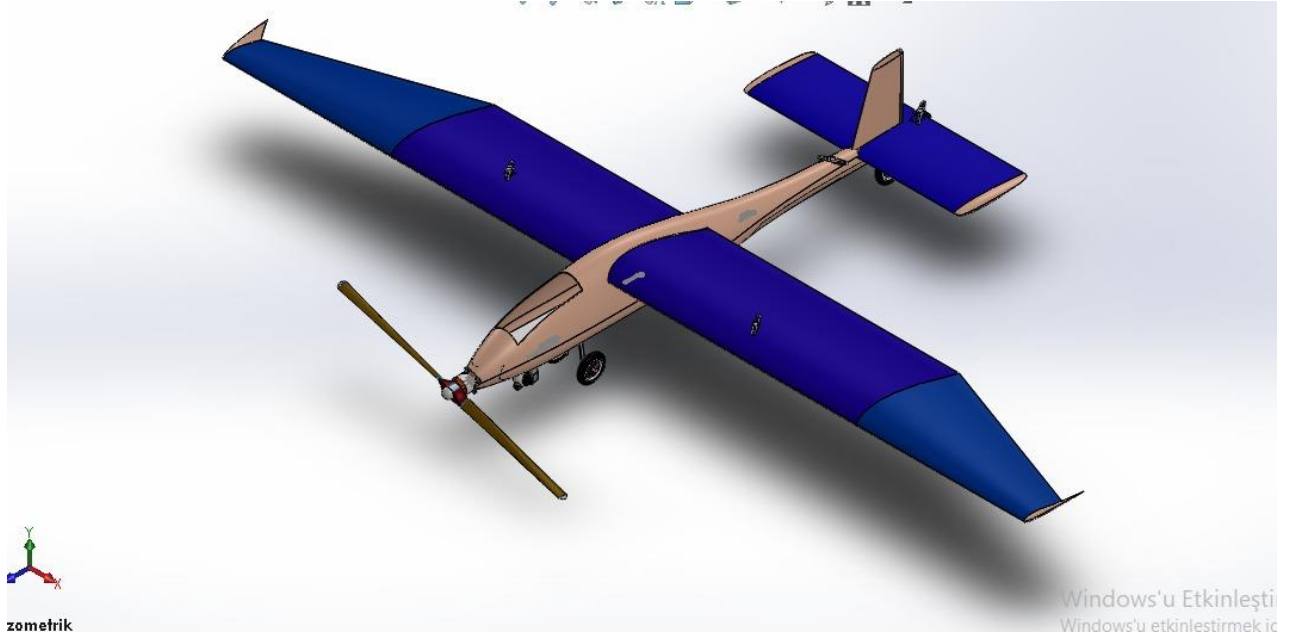
- [1] [https://uavturkey.tubitak.gov.tr/assets/2018\\_iha\\_egitim\\_baris\\_gokce.pdf](https://uavturkey.tubitak.gov.tr/assets/2018_iha_egitim_baris_gokce.pdf)
- [2] THK-Türkkuşu, Model Uçak Bilgileri - F/F-F2-F3-S, Ankara, 2001
- [3] Şenelt, E., Bir Taktik UAV'nin Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, 2010
- [4] Yükselen, M.A., UCK 351 Aerodinamik Ders Notları
- [5] <http://www.xflr5.tech/xflr5.htm>
- [6] <https://m-selig.ae.illinois.edu/>
- [7] [https://www.academia.edu/9614228/Gunes\\_enerjili\\_insansiz\\_hava\\_araci\\_kavramsal\\_tasarim\\_part1](https://www.academia.edu/9614228/Gunes_enerjili_insansiz_hava_araci_kavramsal_tasarim_part1)
- [8] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/180261>
- [9] [https://uavturkey.tubitak.gov.tr/assets/2018\\_iha\\_egitim\\_baris\\_gokce.pdf](https://uavturkey.tubitak.gov.tr/assets/2018_iha_egitim_baris_gokce.pdf)
- [10] <http://www.bilgesam.org/Images/Dokumanlar/0-2-2014021955insansizhava-araclari.pdf>

## 8. EKLER

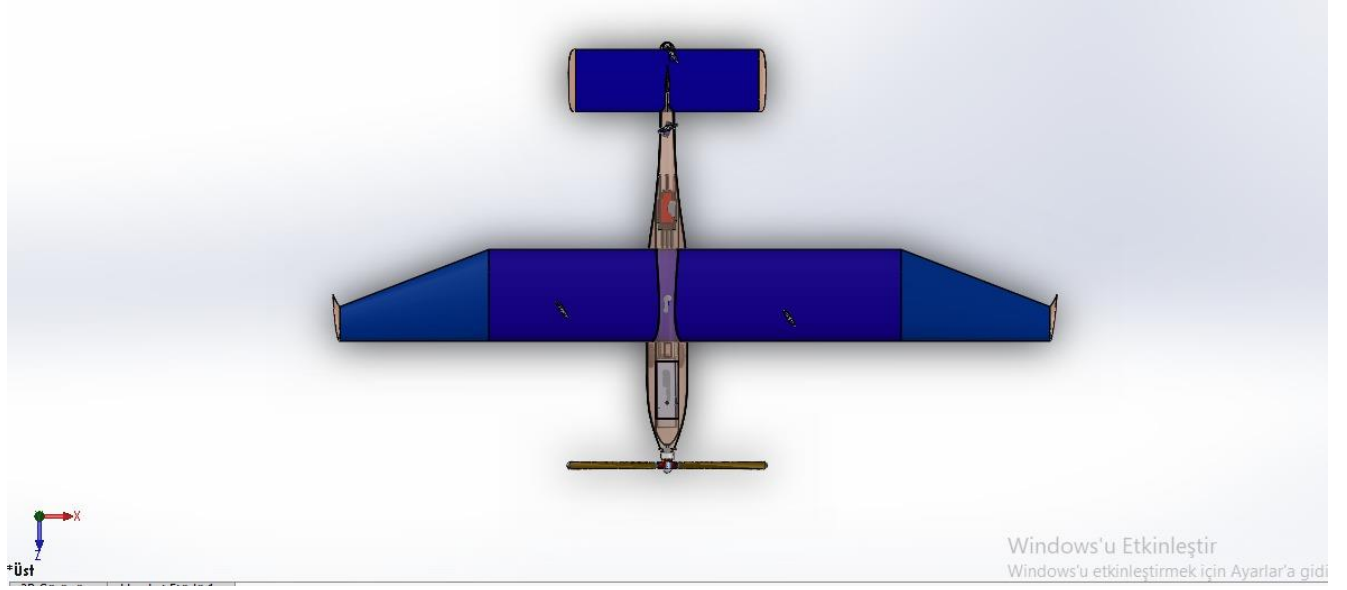
### EK 1. TEKNİK RESİM ÇİZİMLERİ



Şekil 8.1: Kanat Profili



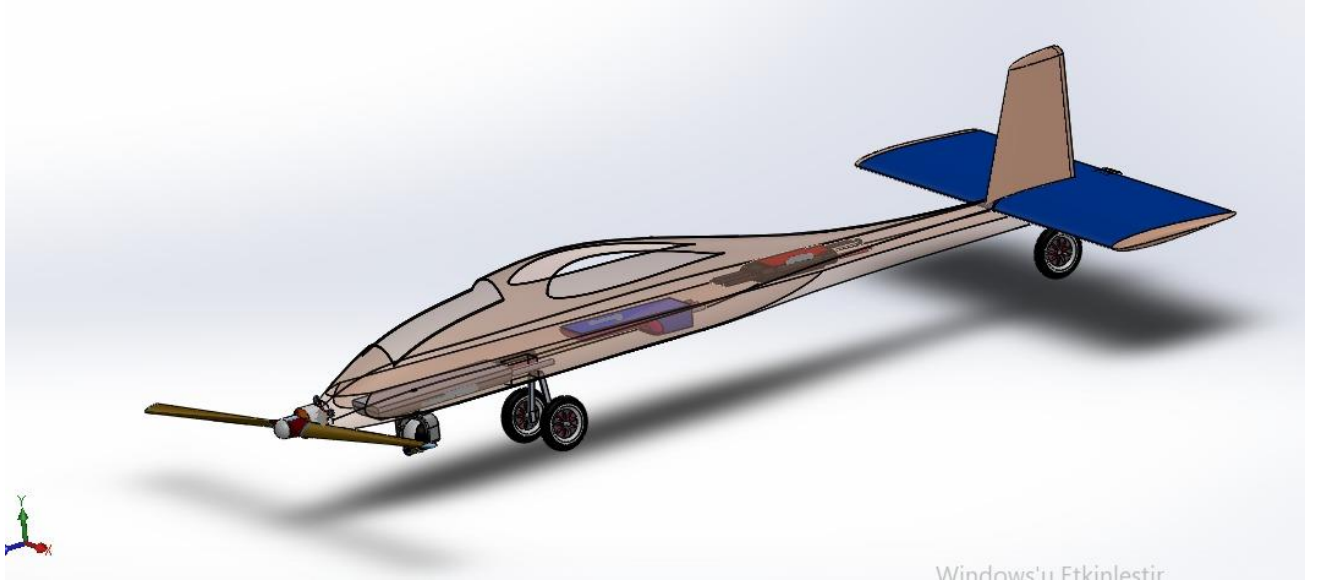
Şekil 8.2: İzometrik Görünüm



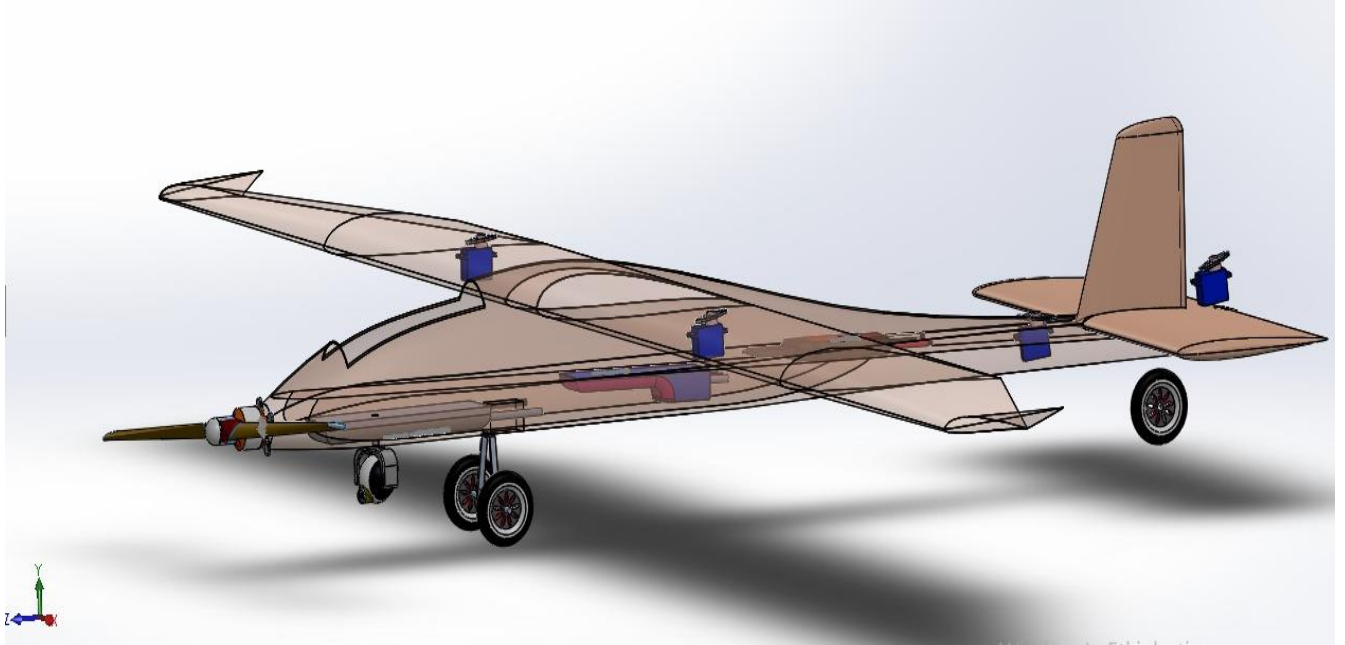
**Şekil 8.3: Üst Görünüş**



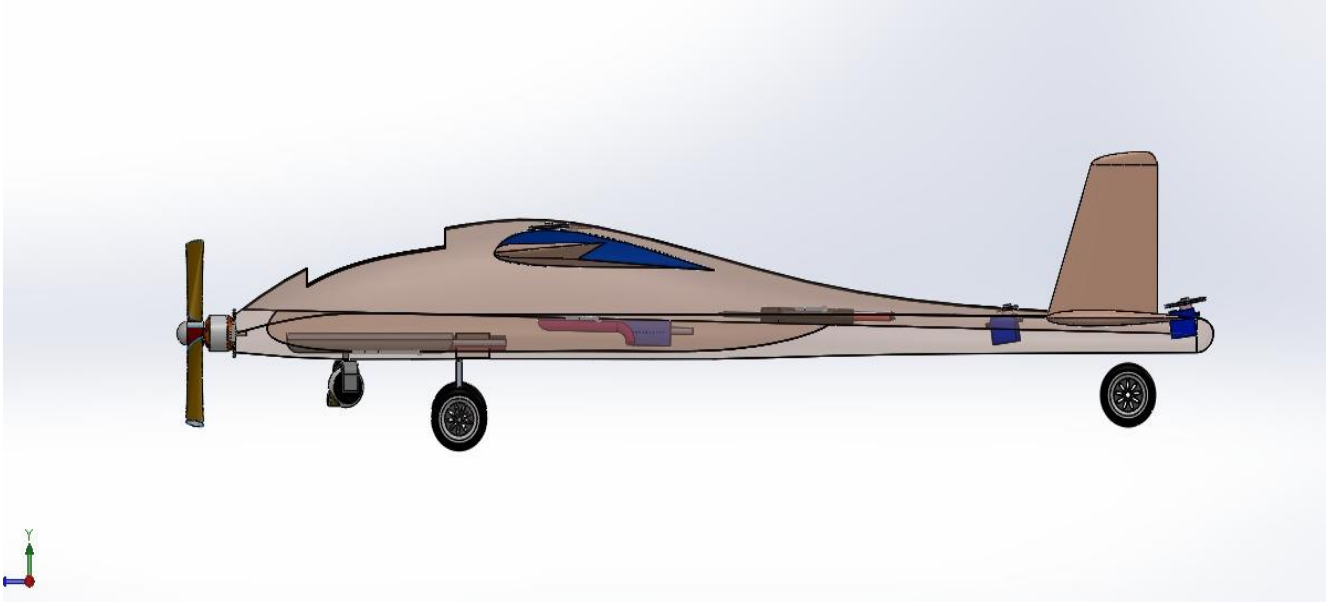
**Şekil 8.4: Ön Görünüş**



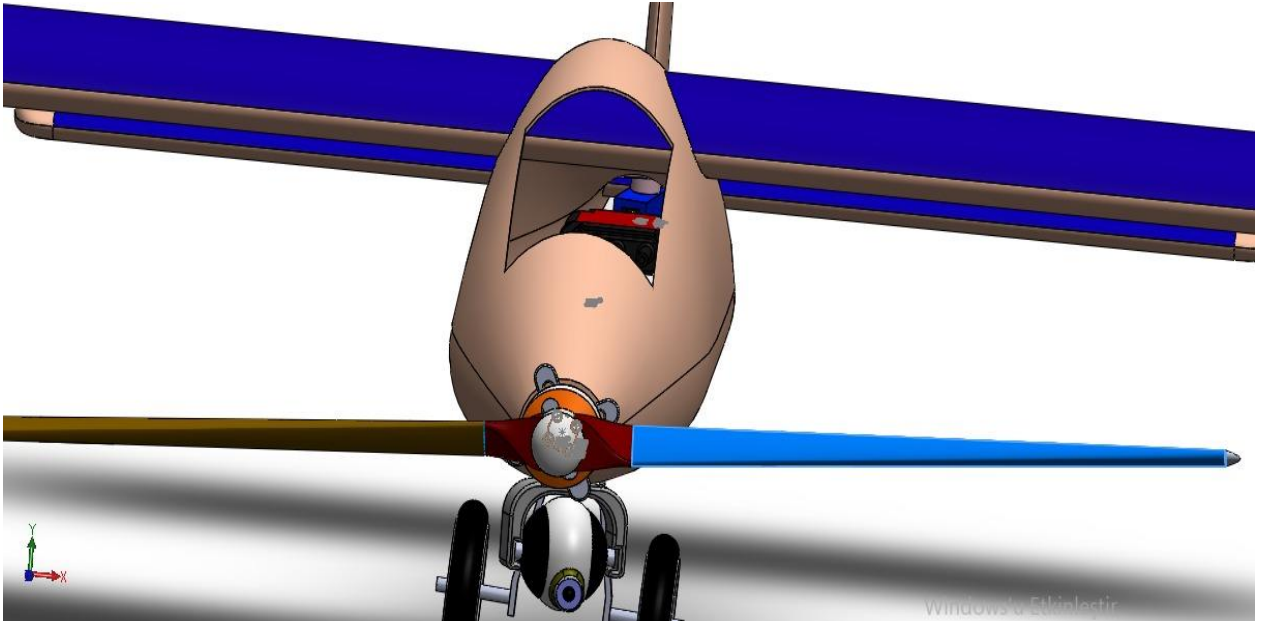
**Şekil 8.5: Malzemelerin Gövdedeki Konumları**



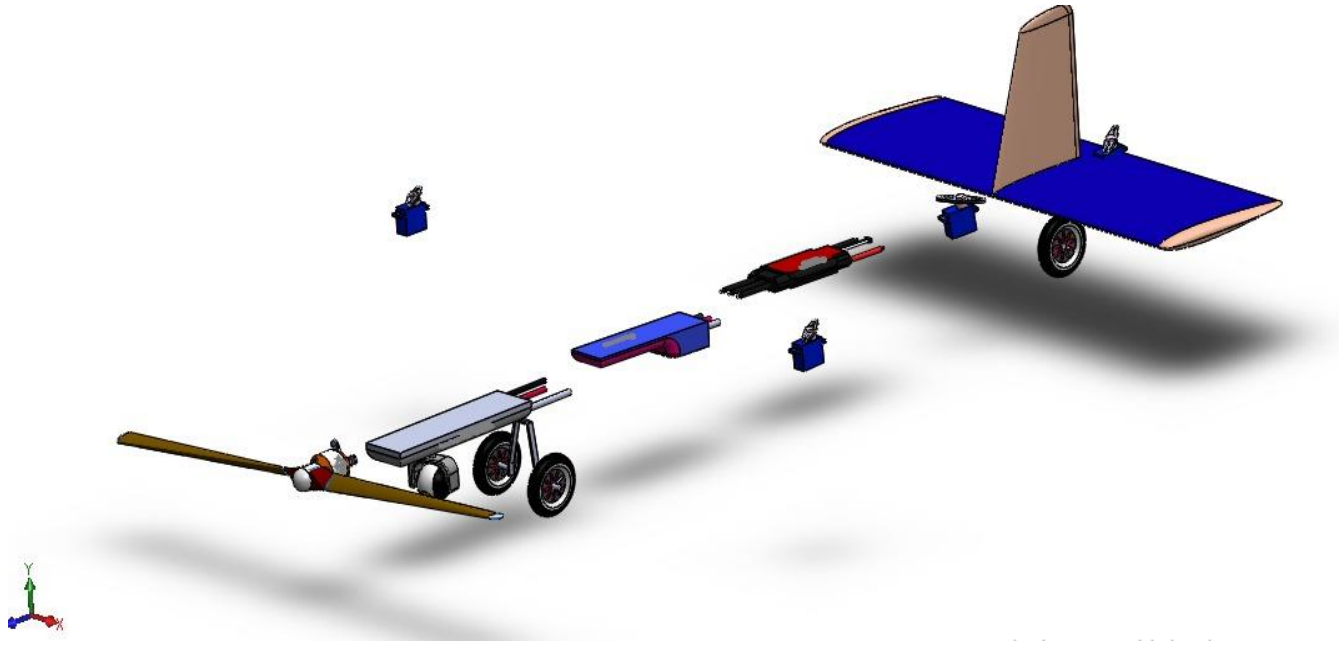
**Şekil 8.6: Malzemelerin Gövde ve Kanattaki Konumları**



**Şekil 8.7: Malzemelerin Yan Görünüş Konumu**



**Şekil 8.8: Gövde İçi Görünümü**



**Şekil 8.9: İç Montaj**



**Şekil 8.10: Doğadaki Ölçüsü**





**Şekil 8.11: Doğadaki Ölçüsü 2**