

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÇALIŞMANIN ADI**

**Güneş Enerji Sistemli Çok Amaçlı İHA Bitirme Projesi**

**Adı SOYADI**

**ALİHAN BAŞKAN ÇİLLİOĞLU**

**RECEP AKOVA**

**KAYA İPÇİOĞLU**

**CENGİZHAN ŞAHİN**

**MUHAMMET ÇAĞLAR ATABAY**

**Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU**

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

**HAZİRAN, 2021 TRABZON**

## ÖNSÖZ

Mühendislik Tasarımı çalışmamızın yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini bizlerden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığımız Karadeniz Teknik Üniversitesi Termodinamik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi değerli hocamız Doç.Dr. Musatafa Sarıoğlu'na saygı ve teşekkürlerimizi sunarız.

Maddi ve manevi her türlü desteklerini bizden esirgemeyen ailelerimize sonsuz teşekkür ederiz.

## ÖZET

Wright kardeşlerin tarihin ilk resmi uçuşunu gerçekleştirmelerinin ardından dünyada havacılık üzerine ciddi adımlar atılmış ve gelişmeler gösterilmiştir. Birçok çeşitli ihtiyaçları karşılamak için farklı boyut ve hızlarda envaiçeşit hava aracı tasarlanmış ve üretilmiştir. Askeri, sivil, hobi, ticari ve benzeri amaçlarda çok kullanılan ve tercih edilen araçlar haline gelen insansız hava araçları helikopter, savaş uçağı, balon, planör gibi ihtiyaca göre üretilmiştir.

Bu çalışmada yaklaşık 1 metre kanat açıklığına sahip gündüz Trabzon şartlarında uzun süreli uçuş yapabilecek güneş enerjili insansız hava aracı tasarımı yapılacaktır. Bu İHA uzun süreli uçuş için güneş hücrelerinden yararlanacak, itiş kuvvetini elektrik motorundan sağlayacak ve enerjisini de bir bataryada biriktirecektir. Bu projede tasarlayacağımız insansız hava aracı, elektrik motoru ve güneş hücrelerine sahip olduğundan klasik uçak tasarım metodolojilerinden yararlanılamamıştır. Bu yüzden insansız hava araçlarının kanat tasarımından yola çıkılarak, basit bir şekilde imalat edilebilmesini de sağlayan özgün bir tasarım tercih edilmiştir ve uçağın geri kalanı, uçağın kanadı temel alınarak tasarlanmıştır.

Tasarım sürecinde SolidWorks , CATIA ve XFLR5 programları kullanılmış ve günümüzün yeni teknolojilerinden olan 3 boyutlu yazıcı kullanılarak kanat iskeletinin üretilip üretilmeyeceği test edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler** : Güneş Enerjili İHA , Güneş Enerjisi

## SUMMARY

After the Wright brothers made the first official flight in history, serious steps were taken and developments were shown in aviation in the world. A wide variety of aircraft of different sizes and speeds have been designed and manufactured to meet a wide variety of needs. Unmanned aerial vehicles, which are widely used and preferred vehicles for military, civilian, hobby, commercial and similar purposes, are produced according to the needs such as helicopters, warplanes, balloons and gliders.

In this study, a solar-powered unmanned aerial vehicle with a wingspan of approximately 1 meter that can fly long-term in daytime conditions in Trabzon will be designed. This UAV will utilize solar cells for long-term flight, provide the propulsion force from the electric motor and store its energy in a battery. Since the unmanned aerial vehicle we will design in this project has an electric motor and solar cells, classical aircraft design methodologies could not be used. Therefore, based on the wing design of unmanned aerial vehicles, an original design was chosen, which also enables simple manufacturing, and the rest of the aircraft was designed based on the wing of the aircraft.

During the design process, SolidWorks, CATIA and XFLR5 programs were used and it was tested whether the wing skeleton could be produced using a 3D printer, one of today's new technologies.

**Key Words:** Solar Powered UAV, Solar Energy

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa No</b>
ÖZET.....	2
SUMMARY .....	3
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	6
GRAFİKLER DİZİNİ.....	8
1.GENEL BİLGİLER.....	9
1.1 Giriş.....	9
1.2 Literatür Taraması.....	12
1.2.1 İnsansız Hava Aracının Tarihçesi.....	12
1.2.2 Güneş Enerjili Uçuşlarda İlkler.....	12
1.2.3 Dünyada İHA Durumu.....	14
1.2.3.1 MQ Reaper.....	14
1.2.3.2 Solang İHA.....	15
1.2.3.3 Solar İmpulse İHA.....	15
1.2.3.4 AeroVironment Helios Prototip.....	16
1.2.4 İHA Çalışma Prensibi.....	17
1.2.5 İHA Avantaj ve Dejavantajları.....	18
1.2.6 İHA Kullanım Alanları.....	19
1.2.6.1 Uzaktan Algılama.....	20
1.2.6.2 Taşıma.....	21
1.2.6.3 Bilimsel Araştırma.....	21
1.2.6.4 Arama ve Kurtarma.....	21
1.2.6.5 Büyük Ölçekli Harita Yapımı.....	22

1.2.6.6 Arkeolojik Alanların Belgelenmesi.....	22
1.2.6.7 Orman Alanlarına Yönelik Uygulamalar.....	22
1.2.6.8 Askeri Amaçlı .....	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	25
2.1 İmalat Süreci.....	26
2.2 Montaj Süreci.....	30
2.3 İHA Elektrik Elektronik Konfigürasyon Süreci.....	32
2.4 İHA Montajı ve Genel Kontroller.....	33
2.5 Test ve Uçuş Kontrol Listeleri.....	34
3. BULGULAR.....	34
3.1 Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemi Entegrasyonu.....	34
3.1.1 Kumanda.....	34
3.1.2 Motor.....	35
3.1.3 Batarya.....	36
3.1.4 Güneş Paneli.....	37
3.2 Aerodinamik Özellikler .....	38
3.3 Pervane Seçimi.....	41
4. TARTIŞMA.....	42
4.1 Farklı Tasarım Seçenekleri ve Seçim Kriterleri.....	42
4.1.1 Kanat Seçimi.....	42
4.1.2 Kanat Profili Seçimi.....	42
4.1.3 Kanat Gövde Bağlantı Seçimi.....	43

4.1.4 Kuyruk Seçimi.....	43
4.2 Çevresel Etki ve Güvenlik Değerlendirmesi.....	44
4.3 Üretilbilirlik ve Maliyet Hesabı.....	45
4.4 Etik Değerlendirmesi.....	46
4.4.1 Mesleki Etik İlkeleri Sıralaması.....	46
4.4.1.1 Dürüstlük İlkesi.....	46
4.4.1.2 Yasalara Uygunluk İlkesi.....	46
4.4.1.3 Yetkinlik İlkesi.....	46
4.4.1.4 Güvenilirlik İlkesi.....	47
4.4.1.5 Bağlılık İlkesi.....	47
5. SONUÇLAR.....	47
6. ÖNERİLER.....	48
7. KAYNAKLAR.....	48
8. EKLER.....	49
Şekil 34 Perspektif Görünüm.....	49
Şekil 35 Teknik Resim Üç Görünüş.....	50
ŞEKİLLER DİZİNİ	
Şekil 1 Google Tarafından Tasarlanan AEROSPACE .....	10
Şekil 2 HB-SIA .....	13
Şekil 3 HB-SIB .....	13
Şekil 4 MQ Reaper .....	14
Şekil 5 Solang İHA .....	15

Şekil 6 Solar İmpulse İHA .....	16
Şekil 7 AeroVironment Helios Prototip .....	17
Şekil 8 Baykar makinenin geliştirdiği Akıncı SİHA .....	25
Şekil 9 Gövde Üst Görünüşü .....	26
Şekil 10 Gövde Yan Görünüşü.....	27
Şekil 11 Kuyruk Üst Görünüşü.....	27
Şekil 12 Kuyruk Yan Görünüşü.....	28
Şekil 13 Kanat Üst Görünüşü.....	29
Şekil 14 Kanat Ön Görünüşü.....	30
Şekil 15 Montajı Tamamlanmış İHA nın Üst Görünüşü .....	31
Şekil 16 Batarya Yerleştirilen Kısım.....	32
Şekil 17 Kumanda.....	34
Şekil 18 Motor.....	35
Şekil 19 Batarya ve Şarj Kablosu.....	36
Şekil 20 Güneş Paneli.....	37
Şekil 27 Kanat Profilleri.....	42
Şekil 28 Kanat Profillerinin Karşılaştırılması.....	42
Şekil 29 Kanat Gövde Bağlantı Tipleri.....	43
Şekil 30 Kanat Gövde Bağlantıları Karşılaştırılması.....	43
Şekil 31 Kuyruk Tipleri.....	43

Şekil 32 Kuyruk Tipleri Karşılaştırılması.....43

Şekil 33 Maliyet Hesabı.....45

## GRAFİKLER DİZİNİ

Şekil 21 Clark V Kanat profil özellikleri .....38

Şekil 22 Clark V Kanat Profili .....38

Şekil 23 Kanat Profili Özellikleri.....38

Şekil 24 Kanat Analiz Özellikleri.....39

Şekil 25 Kanat Profili Akış Analizi.....40

Şekil 26 Pervane Karşılaştırılması.....41



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İnsansız hava aracı (İHA), genel olarak yerden kumanda edilen bir tür uçaktır. İHA lar iki sınıfa ayrılır: İlki uzaktan kumanda edilerek uçan diğeri ise kendiliğinden belli bir uçuş planı üzerinden otomatik olarak hareket edebilen uçaklardır. Keşif amaçlı üretilen İHA lar günümüzde birçok saldırı görevinde de kullanılmaktadır. İHA lar bunun yanında son zamanlarda yangın söndürmek amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Bu araçlar genellikle zor, kirli ve tehlikeli görevlerde kullanılır. Günümüzde çok farklı şekil, ebat, yapılandırma ve karakterde araçlar üretilmektedir. Bağımsız kumanda sistemleri çok geliştirilmiştir. Öncelikle İHA lar tekrar kullanılabilir. Mürettebatsız olarak kontrol edilerek durmadan belli bir irtifa da uçabilir. Ayrıca bu araçlar jet motoru veya iki zamanlı motor yardımıyla uçar. Amerikan Federal Havacılık Dairesi ise insansız uçuş sistemleri (İUS) adıyla genel bir sınıf belirlemiştir. Aslında bu sınıf ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri Deniz Kuvvetleri tarafından sadece uçakları değil onunla beraber yer sistemleri ve diğer elementleri de yansıtması amacıyla kullanmıştır.

Taşıtlarının birçok alanda birçok görev üstlendiği, enerji ihtiyaçlarının gittikçe arttığı, fosil yakıtların tükenmeye başlayıp temiz enerji kavramının öne çıkmaya başladığı günümüzde insan hayatının vazgeçilmezleri olan hava taşıtları sektörü de ciddi gelişmelere sahne olmaktadır. Günümüz de hava taşıtları; arama-kurtarma, ulaşım, savunma, saldırı, gözetleme, kargo taşıma gibi birçok alanda günlük hayatın içine girmiştir. Kargo fiyatları düşmüş, uçak bileti fiyatları ucuzlamış, birçok ülke kendi uçak fabrikalarını açmış, özgün tasarımlar ortaya çıkmıştır. 20.yüzyılın son çeyreğinde uçaklarla ilgili çok farklı gelişmeler yaşanmamıştır ancak 21.yüzyıla girilmesiyle insansız hava araçları (İHA) birçok alanda kullanılmak amacıyla tercih konusu olmaya başlamıştır. Teknolojik gelişmeler, dünya nüfusunun artışı, güç dengelerinde değişimler enerji ihtiyacını giderek artırmaktadır. Bu yüzden birçok ülke bu ihtiyacı karşılamak amacıyla nükleer enerji, yenilenebilir enerji gibi birçok alanda çalışmalarına devam etmektedir. Petrol fiyatları gittikçe artmakta ve rezervler gittikçe azalmaktadır. Nükleer enerjinin doğaya verdiği zarar gün geçtikçe daha çok tepki toplamaktadır. Bu sorunları göz önüne alan ülkeler yenilenebilir enerji konusunda ciddi atılımlar yapmaktadır. Birçok gelişmiş ülke rüzgar türbini santralleri, güneş pili santralleri gibi temiz enerji temelli enerji üretimine yatırım yapmaktadır. İHA lar ve güneş enerjisi bir araya geldiğinde yakıt ikmaline ihtiyaç duymadan çok uzun uçuşlar

yapılabilmesi olanağı ortaya çıkmaktadır. Hava taşıtlarında uçuş süresini kısaltan en büyük parametre yakıttır.

Güneş pilleri İHA lar da kullanılarak uçuş süreleri artırılabilmekte hatta bakım gibi sorunlar söz konusu olmadığında teorik olarak hiç durmadan uçabilecek uçaklar üretilebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen İHA lar gözlemlendiğinde otonom uçuş ve uzun süre havada kalma amacıyla birçok sivil amaçlı tasarım ve üretim yapıldığı tespit edilmektedir. Amazon, Google, Facebook, ABB gibi günümüz dünyanın büyük şirketleri güneş enerjili (solar) İHA lar üzerine çalışan küçük şirketleri kendi bünyelerine katarak ve büyük bütçeler ayırarak bu teknolojinin takipçisi ve söz sahibi olmaya çalıştıkları ya da bu konular üzerine Ar-Ge çalışmalarında bulunan kuruluşlara büyük bağışlar yaparak sponsor oldukları gözlemlenmektedir. Bu durumu ileriki on yıllarda solar insansız hava araçlarının dünyada ciddi kullanım alanına sahip olabileceği ihtimalini ortaya koymaktadır.



**Şekil:1 Google Tarafından Satın Alınan Titan Aerospace Firmasının Tasarımı**

Uzun uçuş süresine sahip İHA'lar aşağıdaki maddelerde görülebileceği gibi birçok alanda kullanılabilir:

- Sınır gözetlemeleri
- Suçlu ya da şüpheli takibinde ve tespitinde
- Toplumsal olayları görüntülemeye
- Haritalama için fotoğraf çekiminde
- Tanıtım ve reklam amacıyla fotoğraf ve video çekiminde
- Elektrik hatlarının kontrol edilmesinde
- Kara ve deniz ulaşımı ile ulaşılması zor yerlerden bilgi aktarımında
- Tarımda ilaçlama amacıyla
- Fabrika veya arazi güvenliğinde
- İnternet altyapısı mevcut olmayan bölgelere havadan internet sağlanmasında
- Uydu görevlerinin bir kısmını karşılamada
- Dünya dışındaki gezegenler hakkında sürekli bilgi aktarımında
- Yangın tespitinde

## 1.2. Literatür Taraması

### 1.2.1. İnsansız Hava Aracının Tarihçesi

İnsansız hava araçları (İHA) ilk çıkış amacı olarak keşif ve taarruz amaçlı olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk İHA sistemleri A.M.Low tarafından 1916 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada kullanılmış ve üretilen sınırlı sayıda İHA 1.Dünya Savaşı yıllarında askeri amaçlı olarak kullanılmıştır. Ancak askeri kısıtlardan dolayı, sivil amaçlı kullanıma (uygulamalara) yansımaları uzun sürmüştür. Bununla beraber teknolojinin gelişmesine paralel olarak gerek profesyonel gerekse hobi amaçlı İHA sistemlerinin gelişimi son yıllarda hız kazanmıştır.

Farklı amaçlar doğrultusunda geliştirilen farklı İHA platformlarının, gerek dünyada gerekse ülkemizde gün geçtikçe yaygınlaşan farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Farklı amaçlar doğrultusunda farklı mimaride geliştirilen İHA sistemleri yapısal olarak üç farklı sınıfa ayrılabilir. Yatay iniş ve kalkış yapan konvensiyonel sistemler (sabit kanatlı), düşey iniş ve kalkış yapabilen sistemler (pervaneli) ve hibrit sistemler olarak genel bir sınıflandırma kullanılmaktaysa da literatürde İHA sistemleri farklı birtakım sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Geliştirilen farklı platformlar sunduğu olumlu ve olumsuz özellikleri ile planlayıcıların optimal faydayı elde edebilmek için bu nitelikleri gözleterek uygun sistemi seçmeleri maliyet ve iş yükü açılarından büyük önem taşımaktadır.

İHA sistemleri ile elde edilen veriler, uydu görüntüleri ile karşılaştırıldığında birtakım üstünlükleri bulunmaktadır. İHA verilerinin hem maliyet hem de zaman bakımından bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Hiç şüphesiz ki uydu görüntüleri birçok çalışmada etkin olarak hizmet vermektedir. Günümüz teknolojisinde uydulardan elde edilen verilere ait mekânsal çözünürlük değerleri İHA kullanımıyla elde edilen verilerin çözünürlüklerindeki yüksek hassasiyete ulaşamamıştır. İHA teknolojisi uydu görüntülerine oranla daha dar alanlardan veri alımını sağlarken mekânsal çözünürlük açısından çok daha üstün niteliklere sahip verilerin elde edilmesi söz konusu olmaktadır.

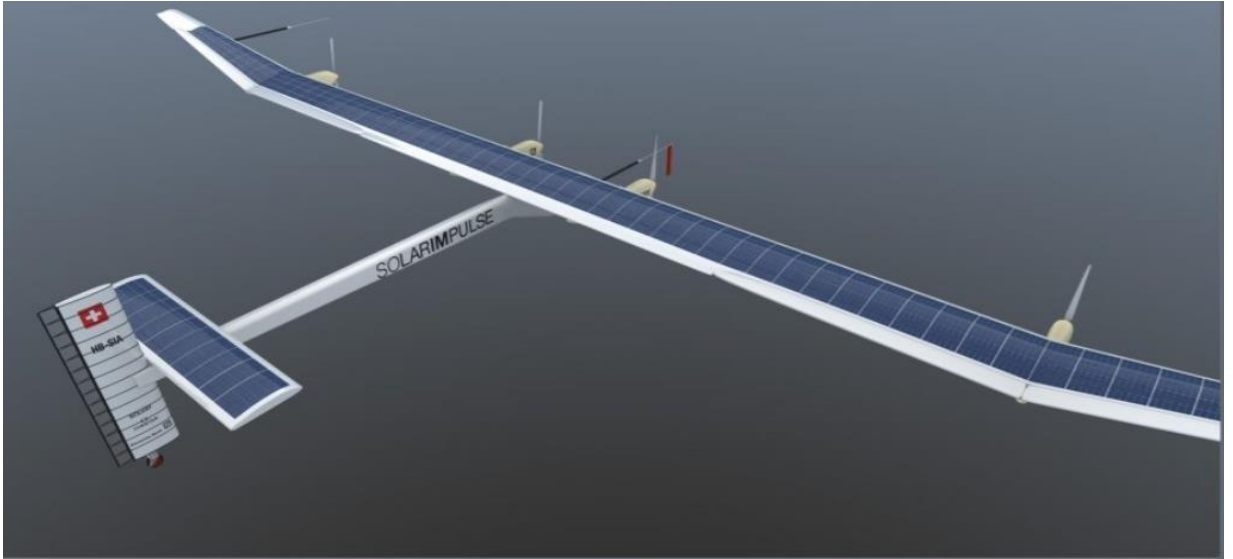
### 1.2.2. Güneş Enerjili Uçuşlarda İlkler

Solar Impulse uzun menzilli, güneş enerjisiyle çalışan deneysel uçak projesinin adı, aynı zamanda proje kapsamında imal edilen iki uçağın adı. Proje İsviçreli iş adamı André Borschberg ile psikiyatrist Bertrand Piccard tarafından yönetilmektedir. Piccard, aynı zamanda dünyanın

etrafını hiç durmadan balonla dolanan uçuşun yardımcı pilotuydu. Proje kapsamında sadece güneş enerjisiyle çalışan uçakla dünyanın etrafında tam bir tur atılması hedeflendi.



**Şekil:2** Proje kapsamında üretilen ve HB-SIA tescilli ilk uçak, Solar Impulse 1, Aralık 2009'da ilk kez havalanmıştır. 2012 yılında aynı uçak ile İsviçre'den İspanya aktarmalı Fas'a uçuş gerçekleştirilmiştir.



**Şekil:3** HB-SIA tescilli ilk uçağın geliştirilmiş hali, HB-SIB tescilli ve Solar Impulse 2 adı verilen uçak 2014 yılında oluşturuldu. HB-SIB, 9 Mart 2015 tarihinde Abu Dabi'den havalanarak dünya çevresindeki turuna başlamıştır. 26 Temmuz 2016 tarihinde uçak, kalkış yaptığı Abu Dabi'ye vararak Dünya etrafında bir tam tur atmayı başarmıştır.

### 1.2.3. Dünyada İHA Durumu

#### 1.2.3.1. MQ Reaper

ABD donanması ve İngiliz Kraliyet Hava Kuvvetleri için geliştirilmiş insansız hava aracıdır. MQ-9'un en önemli özelliği ilk vurucu İHA olmasıdır. MQ-9 Reaper UAV'nin turboprop motoru saatte 250 knot hız yapmasını ve 40.000 feet irtifaya çıkmasını sağlar. Ayrıca MQ-9 Reaper UAV'nin yaklaşık olarak uçuş süresi ise 20 saattir. Uçuş süresi taşıdığı faydalı yüke göre değişiklik gösterebilmektedir.

MQ-9 Reaper UAV'nin 1,5 ton ağırlığında Hellfire füzeleri ve GBU-12 Lazer Güdümlü Bombalar gibi mühimmatları taşıma kapasitesi bulunmaktadır.



Şekil:4 MQ Reaper

### 1.2.3.2. Solang İHA

SoLong adlı insansız hava aracı 1-3 Mayıs 2005 günlerinde 48 saatlik uçuş yaparak güneş enerjisi ile çalışan hava araçlarında ilkler sıralamasına yerleşmiştir. Bu uzun süreli uçuşu uçağın gövdesine yerleştiren lityum-iyon bataryalar ve kanat üzerine yerleştirilen güneş pilleri sayesinde gerçekleştirmiştir.

SoLong isimli İHA'nın esas önemi; düşük maliyetli bir insansız hava aracı ile yenilenebilir enerji kullanımını birleştirildiğinde çok kullanışlı projelerin gün yüzüne çıkabileceğini göstermiş olmasıdır. Küçük bir ekip tarafından üretilen SoLong yalnızca güneş mevcutken değil, gece hiç güneş yokken de üzerindeki bataryalar sayesinde durmaksızın uçmuştur.



Şekil:5 Solang İHA

### 1.2.3.3. Solar İmpulse İHA

Solar Impulse uzun menzilli, güneş enerjisiyle çalışan deneysel uçak projesinin adı, aynı zamanda proje kapsamında imal edilen iki uçağın adı. Proje İsviçreli iş adamı André Borschberg

ile psikiyatrist Bertrand Piccard tarafından yönetilmektedir. Piccard, aynı zamanda dünyanın etrafını hiç durmadan balonla dolanan uçuşun yardımcı pilotuydu. Proje kapsamında sadece güneş enerjisiyle çalışan uçakla dünyanın etrafında tam bir tur atılması hedeflendi. Proje kapsamında üretilen ve HB-SIA tescilli ilk uçak, Solar Impulse 1, Aralık 2009'da ilk kez havalanmıştır. 2012 yılında aynı uçak ile İsviçre'den İspanya aktarmalı Fas'a uçuş gerçekleştirilmiştir.



**Şekil:6 Solar İmpulse İHA**

#### **1.2.3.4. AeroVironment Helios Prototip**

Helios Prototip bir evrimsel bir serinin parçası olarak geliştirilen dördüncü ve son uçak oldu güneş ve yakıt hücreli sistem enerjili insansız hava araçlarının AeroVironment, Inc. araçları NASA'nın Çevresel Araştırma Uçağı ve Sensör Teknolojisi (ERAST) programı kapsamında geliştirdi. Uzun vadeli, yüksek irtifa uçaklarının atmosferik uydular olarak hizmet vermesine, atmosferik araştırma görevlerini yerine getirmesine ve iletişim platformları olarak hizmet etmesine izin verecek teknolojileri geliştirmek için inşa edilmişlerdir .Bu geliştirildi NASA Pathfinder ve NASA Centurion uçağı[1].





**Şekil:7 AeroVironment Helios Prototip**

#### **1.2.4. İHA Çalışma Prensibi**

Tipik bir dört pervaneli İHA, ağırlığı azaltmak ve manevra kabiliyetini artırmak için hafif kompozit malzemelerden yapılmıştır. Bu kompozit malzeme kuvveti, İHA'ların yüksek irtifalarda seyir etmelerini sağlar. İHA'lar; kızılötesi kameralar, GPS ve lazer gibi yüksek teknolojiyle donatılmıştır. Bir İHA; uçuş kontrol sistemi, bir veri bağlantı sistemi, bir fırlatma/kalkış sistemi ve bir güç kaynağı sisteminden oluşur. İnsansız hava aracının ön kısmı tüm sensörlerin ve seyir sistemlerinin bulunduğu yerdir. Geri kalan alanda yazılımsal ve donanımsal sistemler bulunmaktadır. İHA, pervaneleri manuel olarak kontrol eden elde tutulan bir uzaktan kontrol vericisi ile manuel olarak kontrol edilir. Kontrol ünitesi üzerindeki çubuklar farklı yönlerde hareketlere izin verir ve trim düğmeleri İHA'yı dengelemek üzere ayarlanmasını sağlar. Ayrıca uzaktan kontrol sistemindeki ekranlar, sabit kameradan canlı video görüntüleri almak ve görüntülemek için de kullanılabilir. İHA'lar ayrıca belirli bir yükseklikte belirlenen bir hat üzerinde GPS yardımıyla bağımsız bir şekilde uçurulabilir. Bu tür otonom uçuş özellikleri giderek daha yaygın hale gelmektedir. Son yıllarda gözlemlenen sivil İHA teknolojilerine olan ilginin önemli sebeplerinin başında bu özellik gelmektedir[2].

### **1.2.5. İHA Avantaj ve Dezavantajları Avantajları**

#### **Avantajları;**

- Görev sırasındaki olası kazalarda can kaybı yaşanma ihtimali çok düşüktür.
- Tecrübeli eleman ihtiyacı pilot yetiştirme maliyetine göre daha düşüktür.
- Riskli durumlarda ve ulaşılamayan bölgelerde rahatlıkla kullanılabilmesi • İnsanlı uçaklara göre yapım maliyetinin düşük olması
- Elektri optik sistemler ile gece ve gündüz hizmet vermektedir.

#### **Dezavantajları;**

- Havada kalma süresinin kısa olması
- Uçuş yüksekliğinin sınırlı olması
- Taşıma kapasitesinin düşük olması
- Tehlike algılama yeteneği pilotlu İHA'lara göre daha zayıftır.
- İHA ile bağlantının kopması durumunda tehlike oluşturabileceği
- Rüzgâr gibi hava şartlarından etkilenmesi
- Hava saldırılarına ve savunma sistemlerine karşı savunmasızdır

Bu bölümde tasarlanacak insansız hava aracına muadil özellikteki uçakların literatür araştırmaları yapılmış ve seçilen uçakların karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra bu özellikler bir tabloda birleştirilmiş, böylece gerekli veriler düzenlenerek göz önüne serilmiştir.

2018 yılında Tamer Savaş, Murat Karadereli, Öznur Usanmaz ,yaptıkları çalışmada önümüzdeki yıllarda önemi daha da artacak olan İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu ile ilgili havacılık otoriteleri ve önde gelen kurum ve kuruluşlarca yapılan çalışmalar ve ilgili mevzuatları incelemişlerdir.

şekil değiştirebilen uçakların, havacılıkta yeni bir devrim yaratma potansiyeline sahip oldukları açıktır. Bu teknoloji sayesinde sabit kanatlı uçakların kumanda mekanizmalarında, performans özelliklerinde, yakıt ekonomilerinde ve ağırlıklarında olumlu yönde büyük gelişmeler kaydedilebilecektir. Sivil ya da askeri uçaklarda görev esnekliği artacak, günümüzde birden fazla tipte uçak gerektiren görevler için tek tip ama şekil değiştirebilme yeteneğine sahip bir uçak yeterli olabilecektir. Bu teknolojinin ilk kullanım alanının sabit kanatlı İHA'lar olacağı düşünölmektedir.

### **1.2.6. İHA Kullanım Alanları**

İHA'lar iki sınıfa ayrılırlar: uzaktan kumanda edilerek uçanlar, kendiliğinden belli bir uçuş planı üzerinden otomatik olarak hareket edebilenler. Keşif amaçlı üretilen İHA'lar günümüzde birçok saldırı görevinde kullanılmaktadır. Militanlara karşı birçok başarılı saldırı gerçekteştiren bu hava araçları çoğu zaman sivil hedefleri de vurarak insan ölümlerine neden olmaktadır. Bunun yanında İHA'lar, son zamanlarda yangın söndürme amaçlı da kullanılmıştır. Ayrıca bu araçlar jet motoru veya iki zamanlı motor yardımıyla uçar.

İHA'ları altı farklı başlık altında sınıflandırabiliriz: (bunun yanında bazı araçlar birkaç farklı özelliği bünyesinde barındırabilir)

- 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.
- Lojistik – kargo ve lojistik destek amaçlı araçlar.

- Çatışma – yüksek riskli görevlerde kullanılan saldırı kapasitesine sahip araçlar
- Araştırma ve geliştirme – gelecekte kullanılmak amacıyla farklı İHA teknolojilerinin denendiği araçlar
- Sivil ve ticari – sivil ve ticari amaçlar için kullanılan araçlar

Bunun yanında İHA'lar 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+)
- CIS Lunar Dünya-Ay uçuşu

#### **1.2.6.1. Uzaktan Algılama**

Uzaktan algılama amacıyla üretilen İHA'ların bünyesinde elektromanyetik tayf algılayıcıları, biyolojik ve kimyasal sensörler bulunmaktadır. İHA'lar bünyesindeki elektromanyetik sensörler içerisinde tipik görsel spektrum, infrared ve near infrared kameraları

ile radar sistemleri mevcuttur. Diğer elektromanyetik dalga dedektörleri ise microwave ve ultraviyole spektrum algılayıcıları olmakla birlikte, çok fazla kullanılmazlar. Biyolojik algılayıcılar havada bulunan çeşitli mikroorganizma ve biyolojik etkileri araştırmaya yarar. Kimyasal algılayıcılar ise havada bulunan elementleri inceler.

### **1.2.6.2. Taşıma**

İHA'lar sahip oldukları özelliklere göre yük taşıma kapasitesine sahiptirler. Yükler en fazla ana gövde içerisinde bırakılan boşlukta taşınır. Helikopter şeklindeki bazı İHA'larda ise gövde altına takılarak taşınır. Uçak gövdeli İHA'lar da gövde dışında yük taşıyabilir ancak bu sırada uçağın aerodinamik yapısının bozulmamasına özen gösterilmelidir. Bu gibi durumlarda genellikle gövde dışına takılan aerodinamik tüpler içerisinde yük taşınır.

### **1.2.6.3. Bilimsel Araştırma**

İnsansız hava araçları pilotlu araçların uçamayacağı çok tehlikeli görevlerde rahatlıkla kullanılabilir. Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) bir kasırga avcısı olarak 2006 yılından bu yana Aerosonde insansız uçak sistemini kullanmaktadır. AAI Corporation'ın iştiraki olan Aerosonde Pty Ltd Victoria (Avustralya) tarafından tasarlanan ve 35 poundluk sistem bir kasırga içine girerek Florida'da bulunan Ulusal Tayfun Merkezine gerçek zamanlı veri ve doğrudan iletişim üretmektedir. Önceleri insanlı hava taşıtları ile tayfunların uzağından alınan veriler günümüzde Aerosonde sistemi sayesinde tayfunun içerisinde kolaylıkla alınabilmektedir.

Araştırmacılar ayrıca diğer gezegenleri keşfetmek için insansız hava araçları geliştiriyorlar. Örneğin, insansız hava aracı adında bir "Entomopter", kanatlarını çırparak kullanır. NASA tarafından finanse edilen araştırma, Mars keşfi için bir gün bir Entomopter'dan sonuçlanabilir.

### **1.2.6.4. Arama Ve Kurtarma**

İHA'lar ABD topraklarında en çok arama ve kurtarma görevlerinde kullanılmaktadır. Örneğin 2008 yılındaki Louisiana ve Texas'ta meydana gelen tayfunlar sırasında çok başarılı olmuşlardır.

Örneğin deniz seviyesinden 18.000 ila 29.000 feet üzerindeki bir irtifada uçan Predator; arama, kurtarma ve hasar tespitinde kullanılmaktadır. Üzerinde görsel algılayıcılar (bunlar gündüz ve kızıl ötesi kameralar) ve sentetik diyafraim radarı (SAR) bulunur. Predator'a ait SAR her türlü havada (bulutlu, yağmurlu veya sisli) gece veya gündüz süresinde gerçek zamanlı çok başarılı çekimler yapabilmektedir. SAR görüntüleri içindeki tutarlı değişim algılaması istisnai arama ve kurtarma yeteneği sağlar; tayfundan önce ve sonra çekilen resimler bilgisayar tarafından işaretlenerek hasar tespiti yapılır.

#### **1.2.6.5. Büyük Ölçekli Harita Yapımı**

Birçok teknolojik gelişmede olduğu gibi insansız hava araçlarının geliştirilmesi de askeri amaçlar için başlatılmıştır. İlk insansız hava aracının 1916 yılında uçurulmasından sonra İHA'lar askeri amaçlar için kullanılmıştır. 1950'li yıllardan sonra ise insansız hava araçları sivil amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. İHA'ların uzaktan algılama ve fotogrametri amacıyla kullanım alanlarını sınırlamak veya kısıtlamak mümkün değildir. Günümüzde birçok alanda İHA'lar kullanılabilir. Bu çalışmada İHA'ların kullanım alanları ile ilgili aşağıdaki alanlarda incelemeler yapılmıştır[3].

#### **1.2.6.6. Arkeolojik Alanların Belgelemesi**

İHA'ların en yoğun olarak kullanıldığı alanlardan birisi Arkeolojik alanlardır. Arkeolojik alanlar kazılar dolayısıyla hızlı değişen ve sürekli izlenmesi gereken alanlardır. Ayrıca bu alanların korunması ve gelecek nesillere aktarılması için belgelemesi gerekmektedir. İHA'lar kullanılarak arkeolojik alanlarda kazılar izlenmesi, bu alanların sayısal arazi ve sayısal yükseklik modellerinin üretilmesi, arkeolojik alanların ortofoto görüntülerinin ve sayısal haritalarının üretilmesinde insansız hava araçları sıklıkla kullanılmaktadır[4].

#### **1.2.6.7. Orman Alanlarına Yönelik Uygulamalar**

İHA'lar kullanılarak tarımsal alanlara yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde yetiştirilen tarım ürününe göre farklı uygulamaların yapıldığı görülmektedir. Bunlar kahve tohumlarının olgunluklarının izlenmesi farklı gübreler kullanılarak yetiştirilen kışlık buğday tarlalarının izlenmesi, pirinç alanlarının verimliliğinin ve toplam canlılık alanlarının belirlenmesi ve izlenmesi farklı algılayıcı sistemler ve İHA'lar kullanılarak üzüm bağlarının izlenmesi, sağlıklı ve hastalıklı alanların belirlenmesi gibi farklı uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır[5].

### 1.2.6.8. Askeri Amaçlı

İlk insanlı uçağın üretildiği tarihten bugüne gelen süreçte hava araçları sivil amaçların yanı sıra askeri olarak da yoğun olarak kullanılmıştır. Savaş uçakları gelişerek günümüzdeki yüksek manevra kabiliyetleri, gelişmiş elektronik sistemler, radarda düşük görünürlük ve faydalı yük taşıma kapasiteleri gibi önemli özelliklere sahip olmuşlardır. Yakın geçmişte ortaya çıkarak insanlı savaş uçaklarının gelecekteki görevlerini üstlenebileceğini ortaya koyan insansız hava araçları, günümüzde güvenlik kuvvetleri tarafından keşif-gözetleme ve taarruz amaçları ile kullanılmaktadır. Dünya kamuoyu ve savunma uzmanlarının ifadeleri dikkate alındığında halihazırda geliştirilmekte olan savaş uçaklarının son insanlı savaş uçakları olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle orduların yeni konjonktürlerinde hava kuvvetleri yapılanmalarının zamanla insansız savaş uçaklarına emanet edilmesi planlanmaktadır. Bu konuda ülkemizde ciddi atılım yapmaktadır.

İnsansız hava araçlarının ortaya çıkması ve kullanımının artmasıyla ülkeler için bu sistemler savunma sanayinde önemli bir kuvvet çarpanı olarak ortaya çıkmıştır. Bu teknolojiyi üreten ülkeler uzay ve havacılık endüstrisinde geleceğin yeni nesil havacılık anlayışı olarak görülen paydan kendileri için en büyük oranı alacaklardır. Aynı zamanda bu alanda gerçekleştirilecek olan üretim ortaya konulan teknolojinin kompleks bir yapıya sahip olmasından dolayı ülkenin geniş bir yelpazede teknolojik kazanım sağlamasına yol açacaktır. Bu çalışmada Ülkemizin bu önemli teknolojiyi ithal eden konumdan nasıl ihracat başarısına dönüştürdüğünün analizi yapılmıştır.

Ülkemiz savunma sanayinde önemli bir ithalat kalemi silinmiş bunun yerine yerli ve milli imkanlarla yapılan Bayraktar TB2, ANKA ve KARAYEL İnsansız Hava Araç Sistemleri kullanıma sunulmuştur.

Dünya tarihinde İnsansız Hava Araçlarının (İHA) ilk olarak 1849 yılında Avusturya tarafından, İtalya'nın Venedik şehrine pilotsuz balonlarla yaptığı hava saldırısıyla kullanılmaya başladığını kabul edebiliriz. Bu tarihten sonra ilk insansız uçak 1916 yılında tasarlanmış ve ilk uçuşunu 1918 yılında gerçekleştirmiştir. İHA'ların kullanımı 2'nci Dünya Savaşı, Bosna-Hersek, Kosova, Afganistan, Irak, Suriye çatışma alanlarında gelişerek devam etmiştir. Bugün gelinen noktada birçok havacılık otoritesi tarafından Joint Strike Fighter (JSF) kapsamında üretilmekte

olan F-35 savaş uçağının son insanlı savaş uçağı olacağı ve 6“ncı nesil savaş uçağlarıyla birlikte pilotun artık uçağ kokpitinde olmayacağı ifade edilmektedir[6].

İnsansız hava araçlarının icrai faaliyetten ziyade ilk olarak kullanımda bulunmasının temel sebeplerinden biri olarak görülen istihbarat faaliyetleri günümüzde değişkenlik göstererek anlık istihbarat sağlama göreviyle birlikte icra etme kabiliyeti ve operasyonel görevleri de üstlenme niteliği kazanmıştır. Bu görevle birlikte yeni nesil askeri havacılık anlayışında temel değişiklikler hissedilerek uçağ kokpitinin pilotsuz bir şekilde idare edilebileceği anlayışını ortaya çıkarmıştır. Havacılık endüstrisi ülkelerin teknoloji elde etmedeki gelişmişlik seviyelerinin bir aynası olarak görülmektedir. Bu endüstrinin kapsam itibariyle çok kompleks bir şekilde bir çok bilimi içerisinde barındırması ülkedeki teknolojik kazanımı sadece bir sektörde değil bir çok alanda etkisi altına alarak kademe kademe gelişim sağlamaktadır. Bu gelişimin içerisinde günümüzün üzerinde çokça durulan bir konusu olarak görülen yapay zekada vardır.

Yapay zeka insansız hava uçağları için ayrı bir önem taşımaktadır. İnsansız hava uçağlarının pilotun yerden idame ettirmesiyle faaliyetlerini gerçekleştirmesinin yanı sıra ulaşılması gereken noktanın operasyonel icrai faaliyete sahip jet uçağlarının insansız olarak kullanılırken yapay zekanın bir pilotun anlık duygularıyla karar verip harekete geçebileceği forma ulaşacak seviyeye gelmesi olmuştur.

Bu seviyeye gelmek için ise ülkenin günümüz koşullarında maksimum katma değerli mühendislik projeleri geliştirebilmesiyle gerçekleşecektir. F-16 uçağlarının yerini alması planlanan Milli Muharip Uçağı projesi ülkemizin teknolojik kazanımı ve insan kaynağının bilgi birikimine katma değer katması açaşından son derece faydalı olacağı görülmektedir.





**Şekil:8 Baykar makinenin geliştirdiği Akıncı SİHA**

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

İHA malzeme olarak EPP malzemedan yapıldı ve ayrılarak uçağın gövde, kanat ve kuyruğun ana ve yedek parçaları kesildi. İHA'nın üretimine gövde, kanat, kuyruk için straforu üç farklı kalıpta keserek başlanıldı. Straforumuzu kalıplarına ayırdıktan sonra krom tele güç kaynağı ile akım verildi. Lazer kesim ile çıkartılmış EPP malzemedan kalıpları referans olarak gövde, kuyruk, kanat üretildi. Yüksek verimli pnömatik kontur tasarımı benimser, iyi stabilite, çalışabilirlik ve kayma performansı sağlar. Üretilen prototip toplamda 300 gr olarak ölçüldü ve matematiksel hesaplamalar yapıldıktan sonra komponentlerin yerleri belirlenip yerleştirildi. İHA'nın toplam ağırlığı faydalı yüklerle birlikte 380 gr olarak ölçüldü.

## 2.1. İmalat Süreci

Yaptığımız mühendislik hesaplarına uygun İHA mızın gövde, kanat ve kuyruk parçalarını EPP malzemedен özel kestirdik ve ayrıca tasarladığımız İHA mızın boyutuna uygun güneş panelleri sipariş verildi. Gelen parçalar kahverengi boyayla boyandı. Daha sonra parçaların birbirleriyle uyumları kontrol edildi ve böylece imalat süreci tamamlandı.



**ŞEKİL : 9 GÖVDE ÜST GÖRÜNÜŞÜ**



**ŞEKİL : 10 GÖVDE YAN GÖRÜNÜŞÜ**



**ŞEKİL : 11 KUYRUK ÜST GÖRÜNÜŞÜ**



**ŞEKİL : 12 KUYRUK YAN GÖRÜNÜŞ**



**ŞEKİL : 13 KANAT ÜST GÖRÜNÜŞ**



**ŞEKİL : 14 KANAT ÖN GÖRÜNÜŞ**

## **2.2. Montaj Süreci**

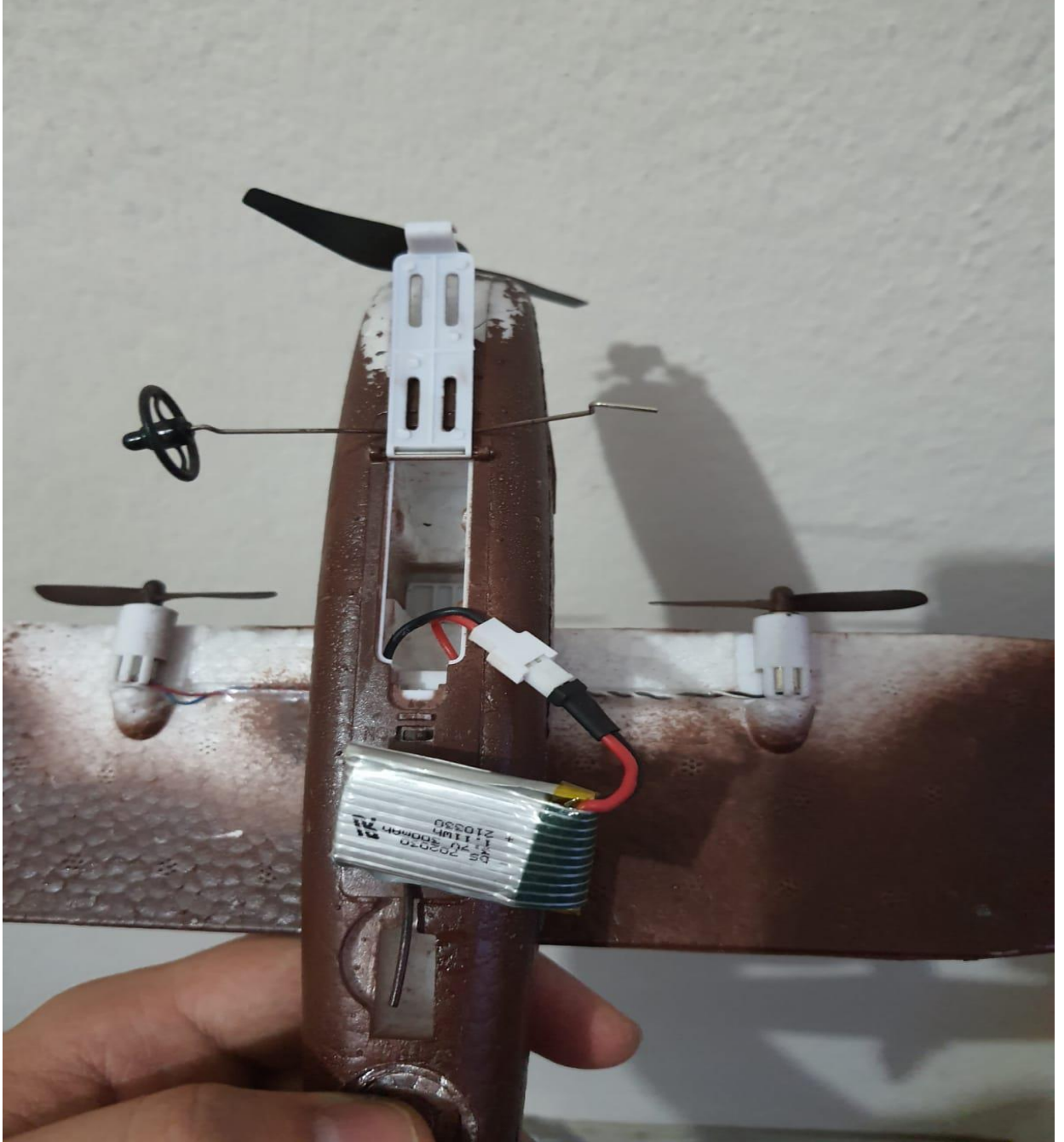
Prototipin tüm parçaları kesildikten sonra montaja başlandı. Gövdenin üst kısmına kanatlar aerodinamik tasarıma uygun bir şekilde civata yardımıyla birleştirildi. Daha sonra gövdenin üst arka kısmına kuyruk kanatların birleştirildiği gibi civata yardımıyla birleştirildi ve güneş panelleri uygun biçimde İHA mızın kanatlarına monte edildi. Gövdenin alt kısmı iniş takımına uygun bir şekilde kesilmişti, iniş takımının özel olarak kesilmiş olan yere montajı yapıldı.



**ŞEKİL : 15 MONTAJI TAMAMLANMIŞ İHA NİN ÜST GÖRÜNÜŞÜ**

### 2.3. İHA Elektrik Elektronik Konfigürasyon Süreci

Uçak gövdesinin içine elektronik aksamlar daha rahat yerleştirilmesi için gövdenin alt kısmı elektronik aksama göre tasarlandı. Manevra kabiliyetini sağlayan servo motorların kabloları buldukları uzuvların gövdeye bağlandıkları yerlerden geçirildi.



**ŞEKİL : 16 BATARYA YERLEŞTİRİLEN KISIM**



## 2.4 İHA Montajı ve Genel Kontroller

Sabit kanatlı İHA'nın taşınabilir olması için güneş panelleri, gövde, kanatlar ve kuyruk kısımları ayrı ayrı montajları yapıldı. Gövde, kuyruk ve kanat montajı, civatalar ile sabitlendi ve güneş panelleri epoxy ile yapıştırıldı. Motor ve iniş takımının montajı gövdeye uygun şekilde yerleştirildi.

Aileron, rudder, elevatör kısımlarındaki servo motorlarının yönlerine dikkat edilerek yerleştirildi. Servo motorlar kanatların alt kısımlarına simetrik bir şekilde epoxy yardımıyla yapıştırıldı. Servo uzatma kablolarının gövde içine girmesi için gövdede delik açıldı. İçerisindeki elektronik malzemeleri sabitlemek için çift taraflı bantlardan kullanıldı. Pilin enerjisini tamamen kesecek kablolu sigorta pile yakın ve uçağın dışında kolay ulaşılabilecek yere konulmuştur. Uçağın içine iç kısma hızlı ve kolay ulaşılabilmesi için alt tarafına hava akışını bozmayacak şekilde kapak konulmuştur.

1	Parçaların montajının rijitliğine bakılması
2	Elektronik cihazların bağlantılarının ve çalışabilirliğinin test edilmesi
3	Monte edilen servo motorların yönlerinin kontrol edilmesi ve açılarının 0 derece olması
4	Pervane yönünün kontrol edilmesi
5	Yerleştirilen malzemelerin sabitliğinin kontrol edilmesi
7	Ağırlık merkezinin doğruluğunun teyit edilmesi
8	Pilin doluluğunun kontrol edilmesi
9	Kumanda ayarlamalarının yapılması
10	Sigorta devresinin işlevselliğine bakılması

## 2.5 Test ve Uçuş Kontrol Listeleri

1. Uçuşun yapılacağı alanda hava koşullarının uçuş için elverişli olup olmadığı kontrol edildi.
2. Açıkta duran motor vb. cihazların içine toprak kaçmış olma ihtimaline karşı kontrol edildi.
3. Aracın dış kısmında uçuşu engelleyebilecek herhangi gibi bir fiziksel hasarın olmadığı kontrol edildi.
4. İHA'nın içine yerleştirilen cihazların uçuş esnasında hareket etmeyeceklerinden emin olundu.
5. Pervane bağlı değil iken motor ve elektronik sistemler kontrol edildi.
6. Pilin doluluk oranı kontrol edildi.

Yapılan kontrollerden sonra ilk uçuş denemesi yapılmak üzere alana gidildi. Tüm düzenlemeler yapıldıktan sonra İHA'da manuel olarak kumanda ile motor tam güce ulaştırılarak kalkışı sağlanmaya çalışıldı ve İHA hiçbir sorunla karşılaşmadan uçuşunu başarıyla tamamladı.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemi Entegrasyonu

#### 3.1.1.KUMANDA

#### ÖZELLİKLER :

Anten uzunluğu : 25mm

Model tipi : 2.4Ghz 4ch E401 kumanda

Kanallar : 2

Bant : 80

Rf Güç : 20 dBm

Hassasiyet : 200

Şarz Cihazı : Pil



ŞEKİL : 17 KUMANDA

### 3.1.2. MOTOR

Motor seçiminde İHA'nın ağırlığını ve manevra kabiliyetini karşılayacak, gerekli itkiyi sağlayacak motorlar belirlendi. Seçim sırasında fiyat-performansları da göz önünde bulundurularak DST-1200( KV1200) motoru seçildi.



ŞEKİL : 18 MOTOR

#### ÖZELLİKLER :

Devir\V	880KV
Boyutları	20x10mm
Ağırlık	10g
Maksimum İtme (gf)	1000
Maksimum Güç (Watt)	600W
Maksimum Patlama Akımı (A)	50A

### 3.1.3.BATARYA

Uçağın boyutuna, ağırlığına uygun olacak şekilde batarya tercihi yapıldı.



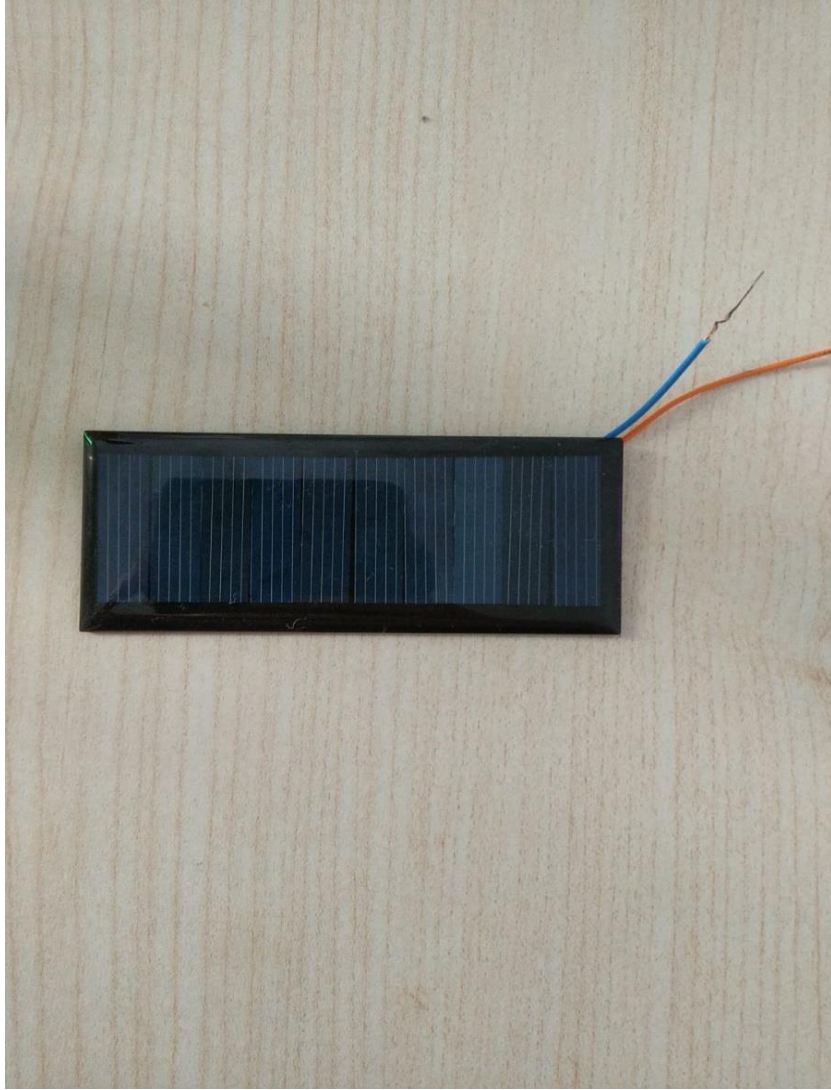
ŞEKİL : 19 BATARYA VE ŞARJ KABLOSU

#### ÖZELLİKLER :

- Nominal kapasite: 150 mAh-500 mAh
- Tür: Li-polimer
- Boyut: Prizmatik
- Model: 702030
- Capacity: 300mAh
- Voltage: 3.7V
- Discharge Rate: 20C

### 3.1.4.GÜNEŞ PANELİ

Güneş panelleri bataryanın teknik özellikleri göz önüne alınarak uygun boyutta uçağın aerodinamik özellikleri göz önünde bulundurularak batarya ile koordine edildi.



**ŞEKİL : 20 GÜNEŞ PANELİ**

#### **ÖZELLİKLER :**

Çalışma Voltajı: 4.5V

Çalışma Akımı: 0,5A

Boyutları: 80 x 40 x 2mm

Ağırlık : 10 gr

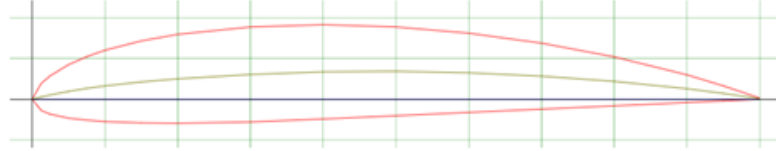
### 3.2. Aerodinamik Özellikler

İHA'nın kanat profili, taşıma ve sürüklenme katsayıları, hücum açısı ile ilgili bilgiler aşağıda ki grafik ve tablolarda belirtilmiştir.

Kanat Profili	Hücum Açısı	Cl/Cd
NACA 0012	$\alpha=5^\circ$	47.43
NACA 4412	$\alpha=7^\circ$	78.14
Clark V	$\alpha=5.25^\circ$	80.92
Clark Z	$\alpha=5.75^\circ$	74.82

#### ŞEKİL : 21 Clark V Kanat profil özellikleri

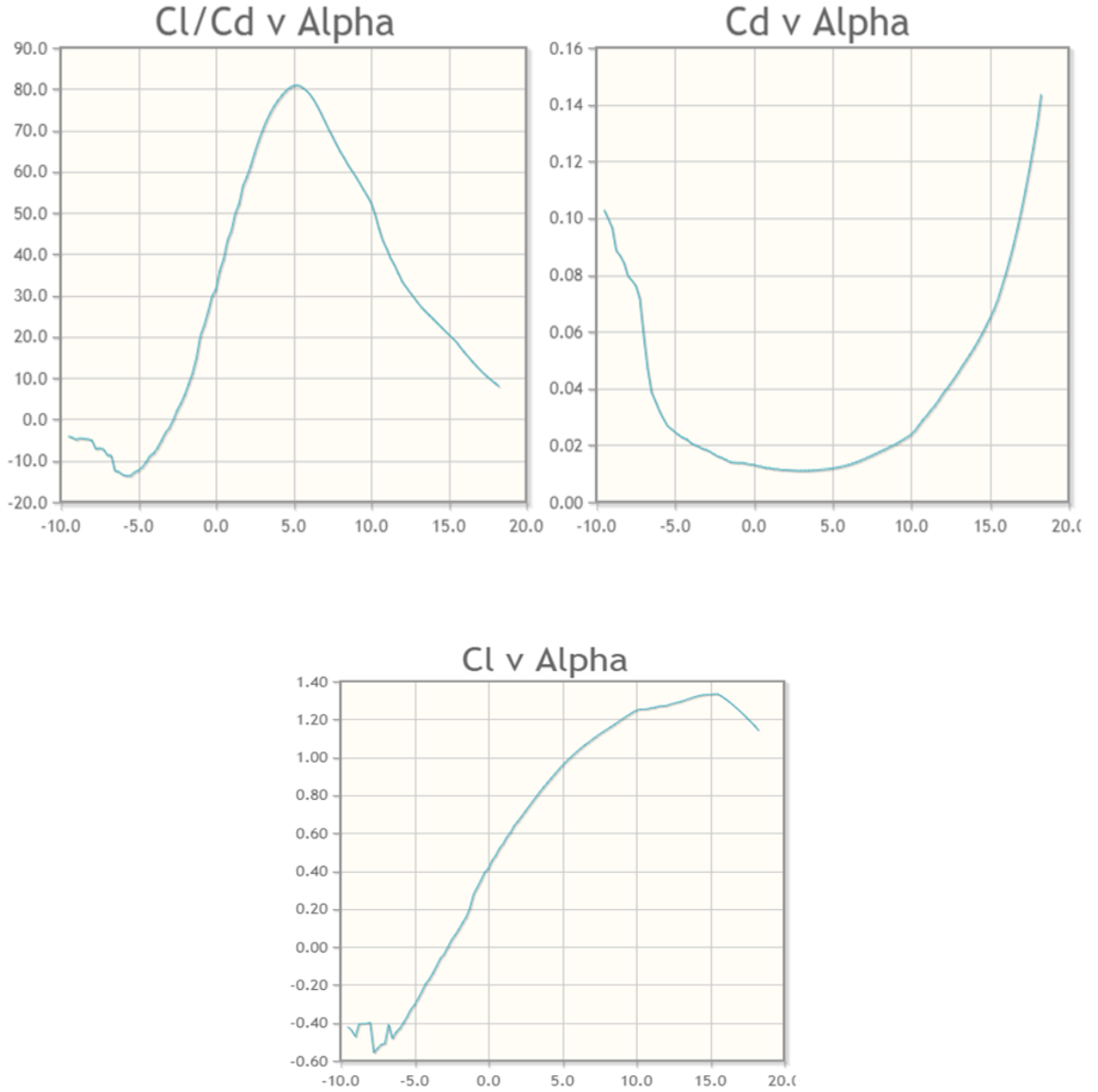
Seçtiğimiz Clark V kanat profilinin taşıma ve sürüklenme katsayıları, hücum açısı gibi diğer aerodinamik özelliklerini gösteren tablo ve grafikler aşağıda verilmiştir.



#### ŞEKİL : 22 Clark V Kanat Profili

Reynold Sayısı	200,000
Hücum Açısı	$\alpha=5.25^\circ$
Taşıma Katsayısı (Cl)	0.9767
Sürüklenme Katsayısı (Cd)	0.01207

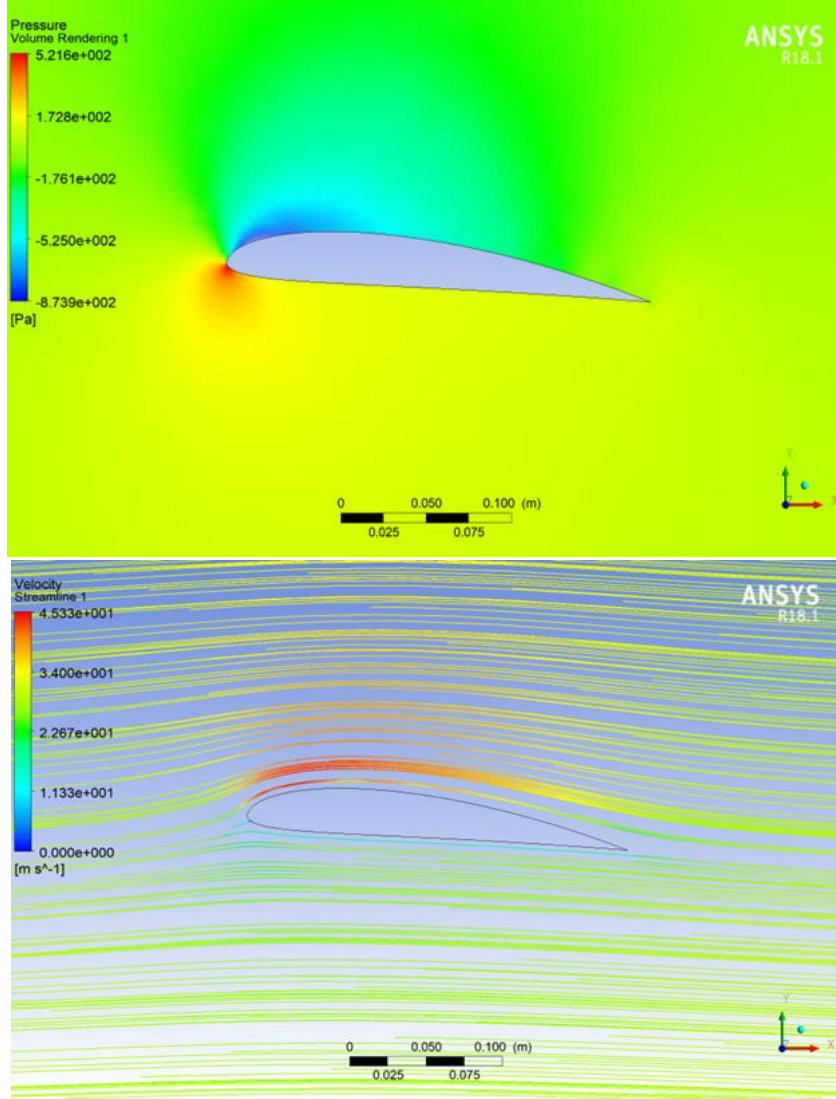
#### ŞEKİL : 23 Kanat Profili Özellikleri



**ŞEKİL : 24 Kanat Analiz Grafikleri**

Kanat profillerinin karşılaştırılması sonucunda; düşük hücum açısında en verimli değeri aldığımız Clark V kanat profili kullanılmasına karar verildi.

Kanat profili 5,25 derecelik hücum açısında akış analizleri ANSYS workbench R18.1 programında analiz edilmiş olup aşağıda hız ve basınç grafikleri verilmiştir.



**ŞEKİL : 25 Kanat Profili Akış Analizi**

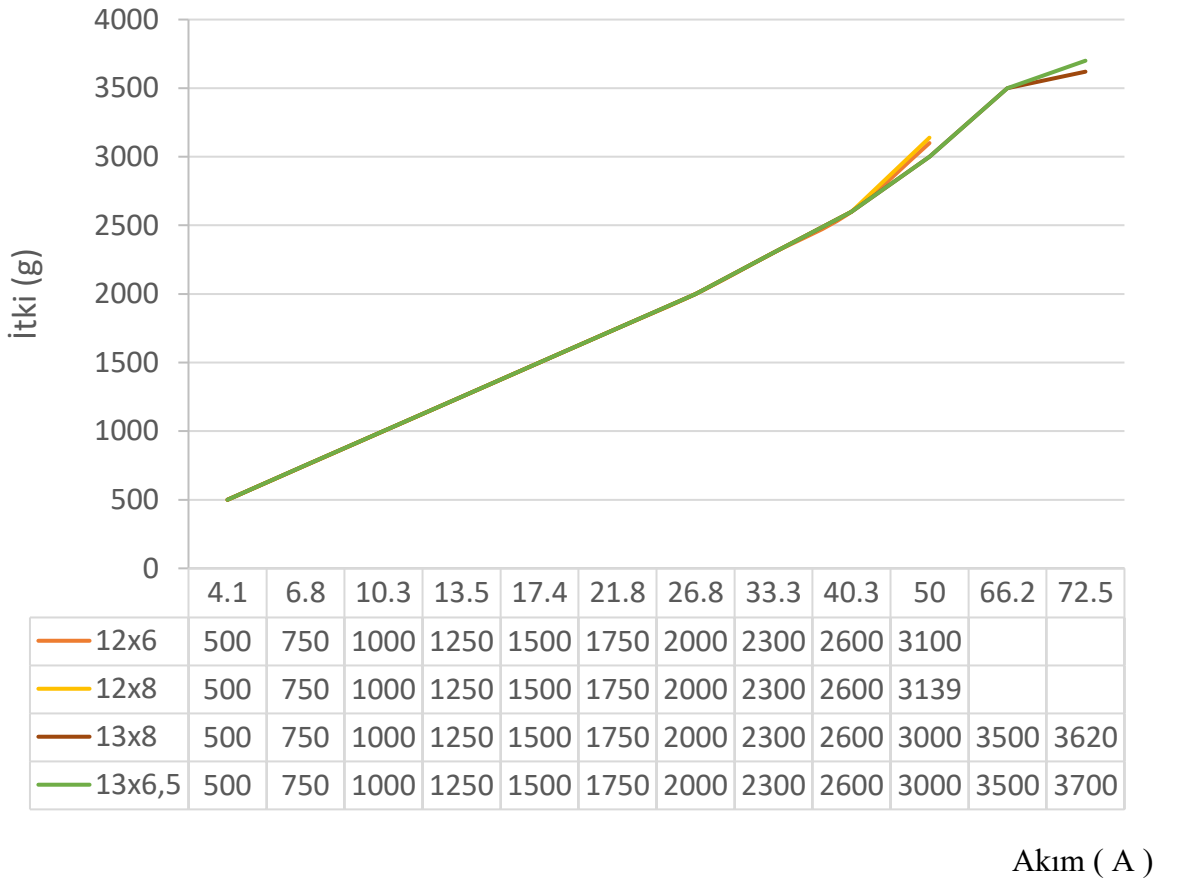
Kanat profilinin yanında bir diğer önemli unsur ise uçağın yön kontrolünü sağlayacak olan kanatçıklardır. İstenilen manevrayı alabilmek için kanatçıkların konumlandırılmasında gerekli formüller kullanıldı ve tasarımı gerçekleştirildi. Kuyrukta yatay ve dikey stabilizatörler çeyrek kanat boyutu referans alınarak tasarlandı. Kanatçıklar için yapılan hesaplamalar elevatör ve rudder için yapıldı ve yapısal analizi onaylandıktan sonra üretime geçildi.



### 3.3. Pervane Seçimi

Kullandığımız DST-1200( KV1200) Motorun maksimum sabit akımı 50A'dır. Li-polimer bataryadan çekilen nominal voltaj ise 2x2.2'den 4.4'dir. Pervane seçiminde bu değerler göz önünde bulundurularak karşılaştırmalar yapıldı, yapılan karşılaştırmalar Grafik 3.6.2'de verildi. Bunun sonucunda APC 13x6,5 pervane kullanımına karar verildi.

#### Pervane Seçimi



ŞEKİL : 26 Pervane karşılaştırılması

## 4. TARTIŞMA

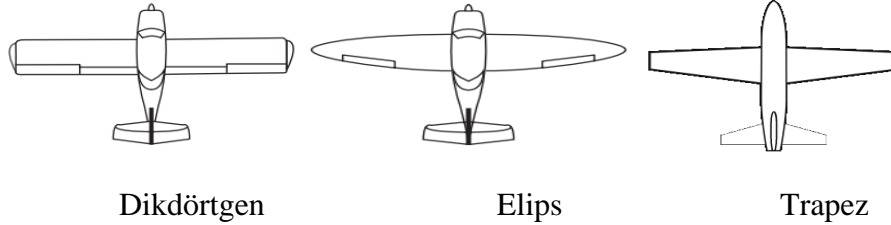
### 4.1. Farklı Tasarım Seçenekleri ve Seçim Kriterleri

#### 4.1.1. Kanat Seçimi:

Kanat seçimi; kanat profili, kanat-gövde bağlantısı, bakımından iki başlık altında incelendi.

#### 4.1.2. Kanat Profili Seçimi

Kanat profili: seçilirken üretilebilirlik, manevra kabiliyeti, süzülme oranı, kaldırma kuvveti gibi önemli kriterler göz önünde bulundurularak tercih yapıldı. Tasarımda kullanılacak olan kanat profili gerek aerodinamik yeterliliği gerekse üretilebilirliği açısından Trapez kanat geometrisi olarak belirlendi. Kanat alanı arttıkça lift kuvveti artacağından kanat profilleri arasında elipsle geometriye kıyasla alanı yüksek olan trapez kanat kullanımı uygun görüldü. Kanat ucunun ok açılı olması ile geri sürüklenme kuvvetinin dikdörtgensel profile oranla daha düşük olduğu araştırmalarımız sonucunda fark edildi. Uçak kontrollerinin kolaylıkla yapılabileceği, göreve uygunluk, tasarıma estetiklik kattığı düşüncesiyle Trapez Kanat geometrisinin uygun olduğuna karar verildi.



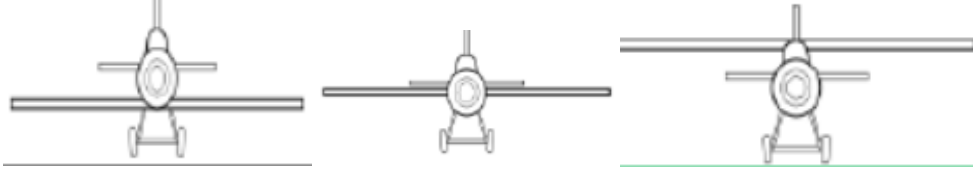
**ŞEKİL : 27 Kanat Profilleri**

Özellikler	Dikdörtgen	Elips	Trapez
Hafiflik	3	4	4
Üretilebilirlik	5	3	4
Stabilite ve kontrol	3	4	5
Hız	3	4	5
<b>Toplam puan</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>18</b>

**ŞEKİL : 28 Kanat Profillerinin Karşılaştırılması**

#### 4.1.3. Kanat-Gövde Bağlantı Seçimi

Üretim açısından oldukça elverişli ve daha kararlı bir yapıya sahip olmasından dolayı ayrıca taşıma sürüklenme oranının maksimum olması nedeniyle tasarımda ortadan tek kanat tipi seçildi. Ayrıca çalışmada daha fazla ağırlık artışı istenmediği için bu tip kanat tipi seçildi.



Alttan Kanat

Ortadan Kanat

Üstten Kanat

Şekil

**ŞEKİL : 29 Kanat –Gövde Bağlantı Tipleri**

Özellikler	Alttan Kanat	Ortadan Kanat	Üstten Kanat
Hafiflik	3	2	5
Üretilebilirlik	5	2	3
Gövde içi erişim	4	3	5
<b>Toplam puan</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>13</b>

**ŞEKİL : 30 Kanat-Gövde Bağlantıları Karşılaştırılması**

#### 4.1.4. Kuyruk Seçimi

Yapılan tasarımda kullanılan kuyruk tipi konvansiyonel kuyruk tipidir, çünkü ağırlık açısından diğer kuyruk tiplerine göre daha hafiftir. Ayrıca kararlık ve üretim açısından da diğer kuyruk tiplerine oranla daha avantajlı konumdadır.



Konvansiyonel



T Tipi



V Tipi

**ŞEKİL : 31 Kuyruk Tipleri**

Özellikler	Konvansiyonel	T Tipi	V Tipi
Hafiflik	4	2	5
Ekinlik	5	4	3
Üretilebilirlik	4	4	2
<b>Toplam puan</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

**ŞEKİL : 32 Kuyruk Tipleri Karşılaştırılması**

## 4.2. Çevresel Etki ve Güvenlik Değerlendirmesi

İnsansız hava araçları normal uçaklara göre daha az maliyetlidir. Pilot yerine uzaktan kumandayla hareket ettirilir. Fakat bu kolaylıklar bazı hususlara daha da dikkat etmemizi gerektirir. Yapılacak olan insansız hava aracı düşük maliyetli olması gerektiğinden dolayı EPP malzemedan yapılmıştır. Bundan dolayı uçağı yağmurlu, karlı ve çok nemli havalarda uçuşmaması gerekir. Aksi takdirde uçakta açılmalar olabilir ve bu istenmeyen bir şekilde düşmesine sebep olur. İnsansız hava aracının ağırlığı normallerine göre daha küçük olmasından ve kullanılan malzemelerden dolayı düşüktür. Ağırlığın düşük olmasından dolayı uçak şiddetli rüzgar olan bölgelerde uçuşmamalıdır.

İHA kolayca savrulup kontrolden çıkabilir veya kırıma uğrayabilir. İnsansız hava aracında otonom uçuş özelliğı bulunmayacaktır, bir pilot yardımıyla uzaktan kumanda ile İHA uçuşulacaktır. Aracın kolay ve sorunsuz bir şekilde uçuşabilmesi için de geniş boş bir araziye ihtiyaç duyulur. Sık ağaçların olduğı veya yüksek binaların olduğı bölgelerde uçuş yapmak aracın kolayca gözden kaybolmasına veya en küçük bir aksilikte aracın bir yere çarpmasına neden olabilir. Boş arazinin yanı sıra bölgedeki insan yoğunluğu da çok önemlidir. Çünkü istenmeyen zamanda ve yerde aracın herhangi bir yerinde sorun çıkabilir, cihazla iletişim kaybolabilir veya aracı kullanan kişi bir hata yapabilir. Bu durumlarda araç düşecektir. Düşmesi durumunda da düştüğü yerde insan varsa ciddi bir şekilde yaralanabilir hatta ölümüne yol açabilir.

Çevresel etkilerin yanında insansız hava aracı kendi içinde güvenliğı etkileyen hususları vardır. Öncelikle insansız hava aracının uçuşarken herhangi bir şekilde kırıma uğramaması için kullanılan malzemelerin doğru seçilmesi ve bağlantı yerlerinin de mukavemet analizi yapılması gerekir.

İnsansız hava aracını kullanan kişi de tecrübeli kişilerden seçilmelidir. Seçilen kişi Sivil Hava Müdürlüğü'nden sertifika almak zorunda ve aracı sisteme kayıt ettirmelidir.

### 4.3. Üretilirlik ve Maliyet Hesabı

İnsansız hava aracı üretimi sırasında optimum maliyette işlem yapabilmek için aracın parçaları hibrit bir sistem olarak tasarlanmıştır. Gövde bölümü dış kabuk aerodinamik verimlilik açısından EPP malzemedan üretilip, kolay şekil verilmesi amaçlanmıştır. Hava araçlarında ağırlık önemli bir parametre olduğu için kanatlarda benzer şekilde EPP malzemedan yapılmıştır ve hibrit bir şekilde tasarımı yapılmış olup kanat-gövde bağlantıları vidalarla yapılmıştır.

No	Parça Adı	Birim Fiyatı (TL)	Miktarı	Toplam Fiyatı(TL)
1	EPP	1000	0,1 m3	100
3	DST-1200( KV1200) Motor	70	2	140
6	Batarya	50	1	50
7	Civata	2	3	6
8	Kumanda	150	1	150
10	Pervane-APC 13X6,5	15	3	45
11	İniş Takımı	10	1	10
12	Kablolar	4	8	32
14	iMAX B6AC LiPo Şarj aleti 80W	60	1	60
16	<b>TOPLAM</b>			593

ŞEKİL : 33 Maliyet Hesabı

#### **4.4. Etik Değerlendirme**

Meslek farkı gözetmeksizin bütün meslek gruplarının oluşumunda en önemli yere sahip olan olgu, meslek etiği dediğimiz; mesleğin temel ahlaki kurallar üzerinde oturtulmasıdır. Etik sözlük anlamıyla ahlak felsefesi anlamını taşımaktadır. Bu anlam doğrultusunda meslek etiği, insanlar mesleklerini icra ederken onların davranışlarına yön veren, yapılması uygun olan ve olmayan davranışların neler olduğu konusunda onlara rehberlik eden standartlar ve ilkeler bütünüdür. Çalışanların birbirlerine olan farklılıkları (dil, din, ırk, kültürel yapı) gözetilmeksizin, uyulması gereken bu kurallar aynı meslek grubu çalışanları için ortaktır.

#### **4.4.1. Mesleki Etik İlkeleri Sıralanırsa:**

##### **4.4.1.1. Dürüstlük İlkesi**

Etik davranış, karşılıklı tüm ilişkilerde dürüst olmayı gerektirir. İlişkilere en çok zarar veren davranış, korku ve güvensizlik nedeniyle yalan söylemektir. Profesyoneller hem altlarına hem de üstlerine güven vermek için dürüst olmak durumundadır. İş hayatı içinde doğru davranış biçimi dürüst, adaletli, tarafsız olmayı gerektirir.

##### **4.4.1.2. Yasalara uygunluk ilkesi**

İş hayatında yapılan tüm üretimlerde işveren, çalışan ve müşteri ilişkisi yasalara uygun olmalıdır. İş hayatını düzenleyen hem yerel hem de uluslararası yasalar ve kurumlar mevcuttur. Örnek olarak Uluslararası Standartlar Örgütü'nü (ISO) verebiliriz. Yasalara aykırı iş talimatlarının yerine getirilmemesi konusunda yöneticilerden en alttaki çalışana kadar tüm çalışanların iş birliği yapması etik davranış için vazgeçilmezdir.

##### **4.4.1.3. Yetkinlik ilkesi**

Bir işi yapabilmek için ilgili iş kolunda eğitim, bilgi ve tecrübeye sahip olmak gereklidir. Kişi bununla yetinmemeli uyguladığı meslek alanındaki güncel gelişmeleri de takip ederek kendini sürekli geliştirmelidir. Buna örnek olarak Yaşam boyu öğrenme verilebilir. Bir iş hakkında ne kadar yetkin olunursa ise o işle ilgili olarak sorumluluk ve inisiyatif alma davranışı da güçlenir.

#### 4.4.1.4. Güvenilirlik ilkesi

Yapılan işin güvenli olması ve güvenilirliğinin sürekli olarak ölçülmesi de etik davranışın temellerindedir. İş yaparken o meslek dalının kurallarına ve bilime göre hareket etmek güvenilirliğin temelidir. Meslek alanındaki bilimsel gelişmeler ve yeni yöntemler sürekli olarak takip edilmeli ve uygun bir şekilde uygulamaya alınmalıdır.

#### 4.4.1.5. Bağlılık ilkesi

Kişinin yaptığı işi önemsemesi ve en iyi şekilde yapması da etik davranış için gereklidir. Kişinin sadece kendisinin değil yanında çalışan diğer meslektaşların da bu şekilde davranabilmesi için onlara yol göstermek ve yardımcı olması gereklidir. Ayrıca bu şekilde bir davranış yapılan iş ile ilgili verimliliğin artmasını da sağlar.

### 5. SONUÇLAR

Tasarımda hesaplanan boyutlar ve diğer parametrelerle ilgili kaynaklardan ve daha önceden yapılan benzer projeler araştırılarak yapılmıştır. Projeye başlanılmadan önce yapılacak hesaplar çizimler ve diğer parametreler konuşulup görev dağılımı yapıp projeye devam edilmiştir.

Aşağıda proje sonunda elde edilen sonuçlar maddeler şeklinde ifade edilmiştir.

- İHA' nın toplam kütlesinin maksimum 1 kg olması
- İstenilen rijitliğin sağlanması
- Gerekli mekanik özelliklerin karşılanması
- Gerekli aerodinamik özelliklerinin sağlanması
- İstenilen stabilitenin sağlanması
- İstenilen üretilebilirlik koşullarının sağlanması
- Hedeflenen üretim maliyetinin aşılması
- Hedeflenen irtifada ve hızda uçuşması
- İyi bir manevra kabiliyetine sahip olması
- İstenilen verimliliği karşılaması ve optimum düzeyde istenilen koşullarda çalışması

Yapılan hesaplar ve çizimler sonucunda tasarlanan İhanın gereken çalışma koşullarını karşıladığı görülmektedir.

## 6. ÖNERİLER

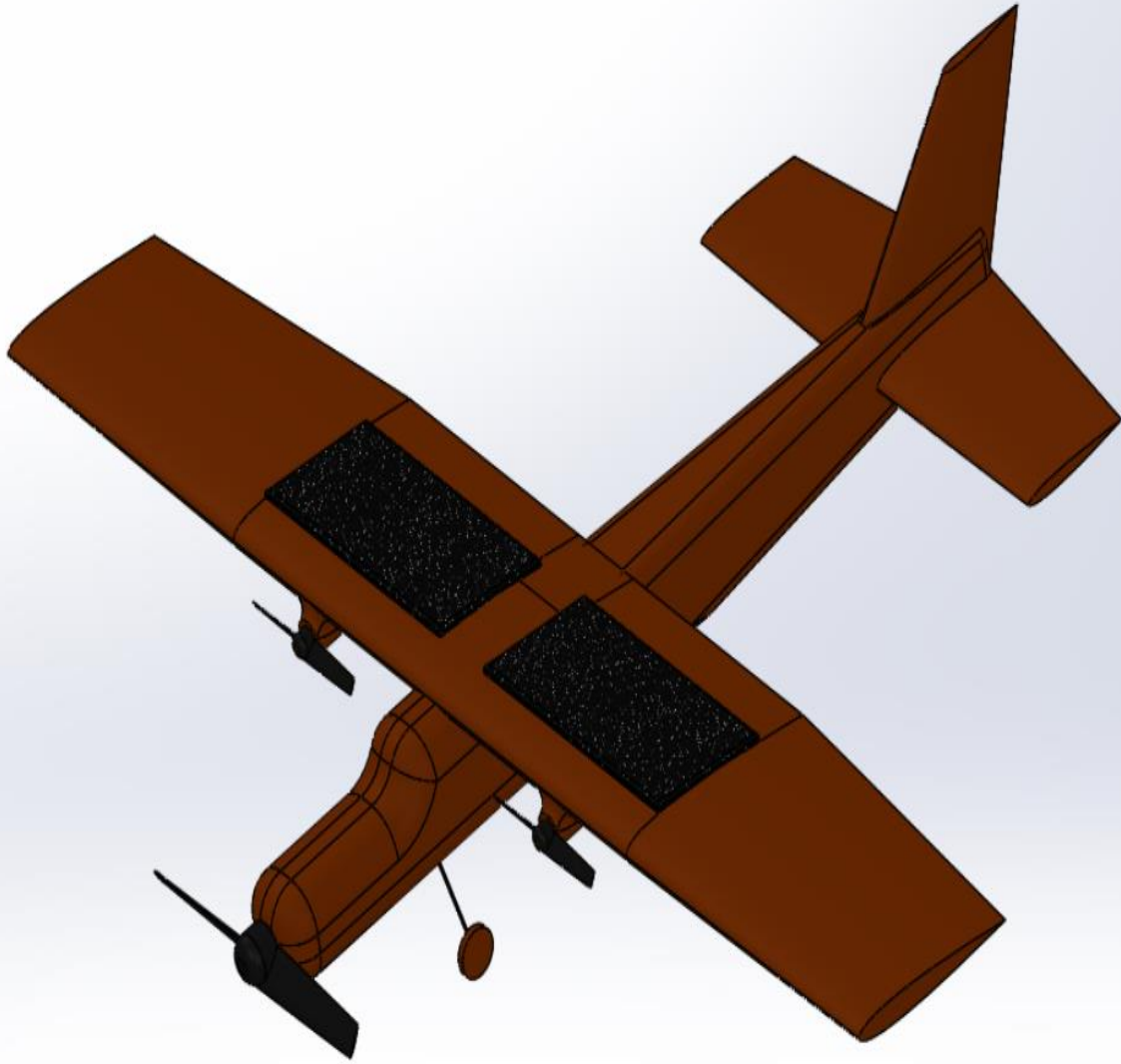
Hava aracının tasarımının iyileştirilmesi, çok değişkenli ve karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu projede sabit kanatlı İHA platformlarının itki sistemleri için gerçekleştirilen iyileştirmeler hedeflenmiştir. Sabit kanatlı İHA platformları ile ilgili tecrübenin artırılmasıyla detaylı uygulama kriterlerinin ortaya konulması, optimum uçuş manevraların belirlenmesi, çok-rotorlu ve sabit kanatlı kontrol yüzeylerinin uçuş durumuna göre birbirini desteleyecek ve yeterlilik sağlayacak şekilde kullanılabileceği, bu yaklaşımın fark et ve kaç manevralarında, arıza toleranslı kontrol uygulamalarında yer bulabileceği öngörülmektedir. Sürü İHA sistemlerinin çok sayıda İHA bulundurmasından dolayı görev sırasında diğer hava araçlarına tehlike yaratma potansiyeli çok yüksektir. Bu sebeple sivil hava sahasına entegrasyon konusunda çalışma yapılması gerekmektedir. İHA sistemlerindeki teknolojik altyapının sürü performansını ciddi derecede etkilediği görülmüştür. Dolayısıyla eksik olunan noktalarda Ar-Ge çalışması yapılması, yeni nesil sistemler üretilmesi, bu sistemlerin yer ve uçuş testlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

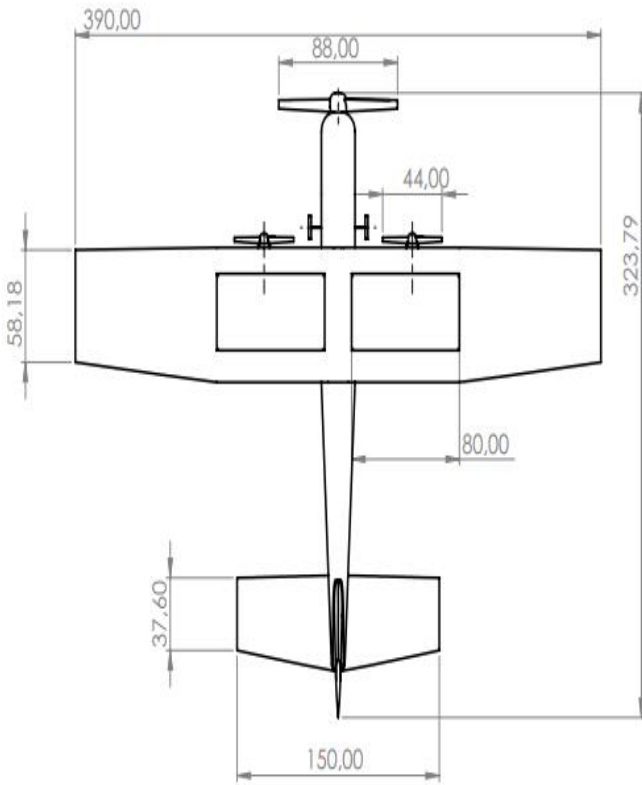
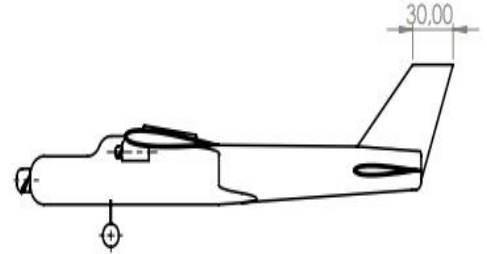
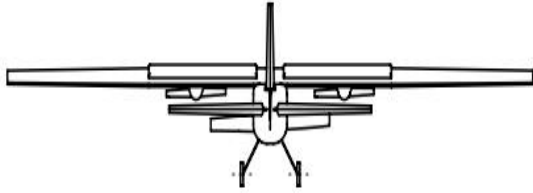
1. Karaağaç, C. (2014) İHA sistemlerine genel bakış. Academia.edu. 07 Şubat 2015'de <https://metu.academia.edu/CengizKaraa%C4%9Fa%C3%A7/Papers> adresinden alınmıştır.
2. Fundamentals of Aerodynamics 5th Edition, John D. Anderson Jr
3. Rango, A. vd., 2006
4. Eisenbiess, H.,vd. 2006; Hendrickx M., 2011; Chiabrando, A., 2011; Mozas-Calvache, A., vd. (2012)
5. Herwitz, S. R., vd., 2003
6. Staff, 2009; dan aktaran Karaağaç, 2016



## 8. EKLER



ŞEKİL : 34 PERSPEKTİF GÖRÜNÜM



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

1 : 3 ÖLÇEK

BİTİRME PROJESİ

DOÇ. DR. MUSTAFA SARIOĞLU

ŞEKİL : 35 TEKNİK RESİM ÜÇ GÖRÜNÜŞ