

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



**KARGO TAŞIMA AMAÇLI GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA
ARACI**

BİTİRME PROJESİ

Abdullah ÇAKAT

Muhammet Yasin FIÇI

Mevlüt Sefa ÖZTÜRK

Bekir MELEMEN

Hasan Basri ORHAN

II. ÖĞRETİM

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

KARGO AMAÇLI GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI

Abdullah ÇAKAT

Muhammet Yasin FIÇI

Mevlüt Sefa ÖZTÜRK

Bekir MELEMEN

Hasan Basri ORHAN

II. ÖĞRETİM

Danışman : Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Lisans Bitirme Projesi olarak hazırlanan bu çalışmada, geleceğin önemli enerji kaynağı olarak gösterilen güneş enerjisi ile çalışan İHA tasarımı ele alınmıştır. Prototip olarak tasarlanan sistemde amaç güneş enerjisinden yararlanarak bataryayı şarj edip sistemin karşılayacağı gereksinimleri yerine getirmektir.

Bu konuda yürütülen projede bize yol gösteren proje danışmanımız Sayın Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU hocalarımıza saygılarımızı sunar ve teşekkürü borç biliriz. Ayrıca eğitim hayatımız boyunca, bilgi ve tecrübeleri ile bize yol gösteren değerli hocalarımıza ve bizi her konuda destekleyen ailelerimize de teşekkürlerimizi sunarız.

Abdullah ÇAKAT
Trabzon 2021

ÖZET

KARGO AMAÇLI GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI

İnsansız hava araçları güç sistemi olan faydalı yük taşıyabilen otonom olarak veya uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen otomatik sistemlerdir. Savunma sanayi ve kargo taşımacılığı gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Ülkemizde daha çok savunma sanayisinde kullanılan insansız hava araçlarının günlük hayatta da birçok işi daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilmesi ve bunu yaparken daha az maliyet, insan gücü ve bunun yanında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını sağlayan bu teknolojinin gelişmesine katkı sağlamaktır.

Projenin ana fikri, insansız hava aracının daha hafif, stabil ve aerodinamik tasarıma sahip olmasıdır. Ek olarak güneş enerjisi kullanımı ile uçuş süresinin arttırılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Aerodinamik, Yenilenebilir Enerji Kaynakları

SUMMARY

UNMANNED AERIAL VEHICLE WITH SOLAR ENERGY

The unmanned aerial vehicle is an automatic system which can be controlled autonomously or by remote control. It is used for various purposes such as defense industry and cargo transportation. In our country, the use of unmanned aerial vehicles used in defense industry more effectively in daily life, and in doing so, to contribute to the development of this technology which provides the use of less energy, human power, and clean energy resources.

The main idea of the project is to make the unmanned aircraft lighter, stable and aerodynamic design. In addition, increasing the flight time with the use of solar energy.

Keywords: Aerodynamic, Renewable Energy Sources, Remote Control

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖNSÖZ..... | III |
| ÖZET | IV |
| SUMMARY..... | V |
| İÇİNDEKİLER..... | VI |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | VII |
| TABLolar DİZİNİ..... | VIII |
| SEMBOLLER DİZİNİ | IX |
| 1.GENEL BİLGİLER..... | 2 |
| 1.1. İha Literatür | 2 |
| 1.1.1.İha Tarihi | 2 |
| 1.1.2. İha'ların Sınıflandırılması..... | 2 |
| 1.1.3.Temel Aerodinamik Kuvvetler | 3 |
| 1.2. Güneş Pilleri | 5 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR..... | 7 |
| 3.BULGULAR..... | 12 |
| 4.TARTIŞMA..... | 15 |
| 5.SONUÇLAR..... | 18 |
| 6.ÖNERİLER..... | 19 |
| 8.EKLER | 21 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 24 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|------------------------|
| Şekil 1. Güneş pilleri çalışma prensibi..... | 6 |
| Şekil 2. Motorun gövdeye sabitlenmesi..... | 11 |
| Şekil 3. Uçaktaki basınç dağılımı..... | 13 |
| Şekil 4. Hava hızının etkisi..... | 13 |
| Şekil 5. Hava hızının oklarla gösterimi..... | 14 |
| Şekil 6. Straforun CNC'ye yerleştirilmesi..... | 15 |
| Şekil 7. Straforun CNC' de kesimi..... | 15 |
| Şekil 8. Krom çubuğun kanata yerleştirilmesi..... | 16 |

TABLolar DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Tablo 1. Kanat malzemesinin seçimi..... | 8 |
| Tablo 2. Kanadın üretim yöntemi seçimi | 8 |
| Tablo 3. Yapıştırıcı seçimi..... | 9 |
| Tablo 4. Kaplama seçimi | 9 |
| Tablo 5. Gövde kuyruk bağlantısı için malzeme seçimi..... | 10 |
| Tablo 6. Rudder, elevator bağlantı seçenekleri | 10 |
| Tablo 7. Kanadın yapısal destek yönetiminin seçimi | 11 |
| Tablo 8. Maliyet Tablosu..... | 23 |

SEMBOLLER DİZİNİ

| | |
|------------------|--|
| A: | Kanat alanı(m ²) |
| C _l : | Kaldırma Kuvveti Katsayısı |
| L: | Kaldırma Kuvveti (N, kg.m/s ²) |
| V: | Hava Hızı (m/s) |
| ρ : | Hava Yoğunluğu (kg/m ³) |

1.GENEL BİLGİLER

1.1. İha Literatür

İnsansız hava aracı (İHA), genel olarak bilinen adıyla drone uzaktan 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 normal savaş uçakları için zor, kirli ve tehlikeli görevlerde kullanılır.

1.1.1.İha Tarihi

İHA'nın 19'uncu yüzyılın ortalarında başlayan tarihsel gelişimi, iki Dünya Savaşı döneminde belirgin ilerleme göstermekle birlikte, soğuk savaş döneminde pilot kayıplarının azaltılması, keşif ve istihbarat amacıyla çok önemli bir gelişme sağlamıştır. Sivil İHA sektörü, II. Dünya Savaşından sonra gelişmekle birlikte model uçak kulüpleri ve hobi sahiplerinin talepleri ile yaygınlaşmıştır. Çevre, İHA fotogrametrisi, kent çalışmaları ve daha geniş kapsamıyla yer bilimi ve diğere alanları içeren dikey kesitte çok sayıda uygulama alanı bulmuştur.

1.1.2. İha'ların Sınıflandırılması

İHA araçlarının çıkış amaçları askeri alanlardaki ihtiyaçlardan kaynaklanmakla birlikte, günümüzde sivil alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Sivil alanda kullanılan İHA'lar, sosyal alanlarda kullanılmalarının yanı sıra, eğlence amaçlı olarak da hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, askeri ve sivil İHA araçları olmak üzere iki kategoride inceleme gerçekleştirilmiştir.

- a. Askeri İHA
 - Hedef ve yem
 - Düşman hava savunma veya savaş uçaklarına karşı yem olarak kullanılarak hedef belirlemede yardımcı olan araçlar,

- Düşmana ait cephe bilgilerini toplayan araçlar,
- Çatışma ve yüksek riskli görevlerde kullanılan saldırı kapasitesine sahip araçlar.

b. Sivil İHA

- Kargo ve lojistik destek amaçlı araçlar,
- Araştırma ve geliştirme,
- Gelecekte kullanılmak amacıyla farklı İHA teknolojilerinin denendiği araçlar,
- Sivil ve ticari amaçlar için kullanılan araçlar.

c. Sivil İHA'lar İçin Güncel Araştırma Alanları

- Yangın, deprem, sel gibi doğal afetlerde, olay yerinin tespit edilerek, yardım ulaştırılması gibi konularda, gerçek zamanlı veri transferi ile destek sağlanması,
- Denizlerde, kırsal alanlarda yaşanan çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla, çevresel temizlik faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere,
- Acil ilaç vs. ulaştırmak üzere, trafik gibi ulaşım problemlerine takılmadan hızlı ve etkili bir şekilde müdahale edilmesi,
- Mitinglerde, konserlerde, geniş katılımlı açık hava toplantıları gibi organizasyonlarda, güvenliğin sağlanması amacıyla kullanılması mümkündür.

1.1.3. Temel Aerodinamik Kuvvetler

a. Aerodinamik Kuvvetler

Bir uçağın üzerine etki eden 4 temel aerodinamik kuvvet vardır. Bunlar kaldırma kuvveti, yerçekimi kuvveti, sürüklenme kuvveti ve itme kuvvetidir.

Bu kuvvetler etkisi altında uçağın sabit bir hızda ve sabit bir yükseklikte uçabilmesi için aşağıdaki eşitliğin sağlanması gerekir.

- İtme Kuvveti (Thrust) = Sürüklenme Kuvveti (Drag)
- Kaldırma Kuvveti (Lift) = Yerçekimi Kuvveti (Gravity)

b. İtme Kuvveti (Thrust):

İtme kuvveti, uçaktaki pervane veya jet motoru ile havanın sürtünme direncini aşarak sağlanır.

c. Sürüklenme Kuvveti (Drag):

Havanın sürtünme direnci, hızın karesi ile orantılıdır. Bu nedenle de bir uçağın hızı arttıkça, üzerindeki sürtünme kuvveti katlanarak artar. Uçağın, havanın sürtünme direncine maruz kalan parçalarının neden olduğu sürüklenme kuvvetine **parasitic drag** adı verilir. Bir uçağın üzerine ayrıca kanatlarının sahip olduğu hücum açısından dolayı oluşan sürüklenme kuvveti etki eder. Buna da indüklenmiş sürüklenme (**induced drag**) adı verilir. Hücum açısı arttıkça, uçağın maruz kaldığı indüklenmiş sürüklenme (induced drag) de artar.

d. Yerçekimi Kuvveti (Gravity):

Dünyanın çekim alanı içindeki her kütleyle etkiyen kuvvettir.

e. Kaldırma Kuvveti (Lift):

Kanatın yapısından dolayı oluşan alçak ve yüksek basınç arasındaki fark neticesinde uçağa etki eden kuvvettir.

f. Matematiksel Aerodinamik Açıklama

$$L = C_l \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \quad (1)$$

L=Kaldırma Kuvveti (N, kg.m/s²)

C_l = Kaldırma Kuvveti Katsayısı (Airfoil şekline ve hücum açısına göre değişkendir, deneysel sonuçlarla elde edilir)

ρ = Hava Yoğunluğu (kg/m³)

V = Hava Hızı (m/s)

A = Kanat Alanı (m²)

Denklemin fiziksel bir açıklamada kullanılmakla ilgili sorun, C_l işareti ile tanımlı Kaldırma Kuvveti Katsayısının deneysel sonuçlarla elde ediliyor olmasıdır. Bir kanat profilinin kaldırma kuvveti hesaplanmak istenirse Kaldırma Kuvveti Katsayısının bilinmesi gerekir.

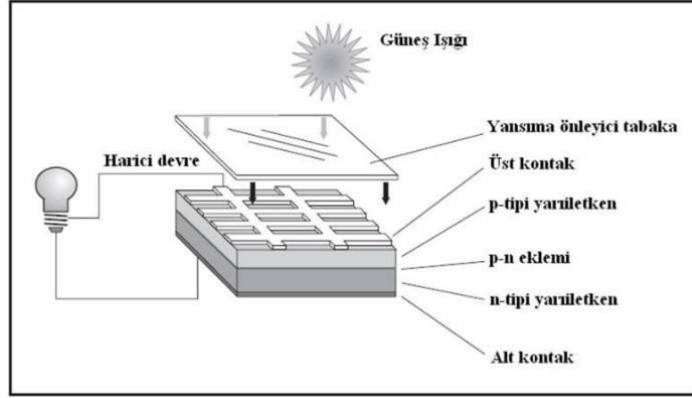
1.2. Güneş Pilleri

Yüzeylerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere “fotovoltaik piller” veya “güneş pili” adı verilir.

Güneş enerjisi %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevirebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Yapıları basitçe p ve n ekleminden oluşan diyotlara benzer. Yarı iletken eklemeler oluşturulduktan sonra güneş ışınlarından gelen fotonlar sayesinde n tipinden kopan elektronlar p tipine doğru hareket eder. Bu olay her iki tarafta yük dengesi oluşuncaya kadar devam eder. Bunların elektron azlığı (hol veya delik) ve diğerindeki fazlalık sebebiyle her iki tarafında bir elektrik alanının oluşmasına yol açar. Yarı iletken tarafından emilen ışık akısının fotonları, yarı iletken parçanın iki tarafında ayrı ayrı toplanan elektron-hol çiftlerini oluşturur. Bunun sonucunda da eklemelerin aydınlanan yüzüyle ve buraya düşen ışığın yoğunluğuyla orantılı bir elektrik akımı meydana gelir.

a) Güneş Pilleri Çalışma Prensibi:

Güneş pilleri, fotonla yani ışıkla çalışan bir diyot görevi görür. Diyotlar da yapısında bulunan yarı iletken malzemeler yüzünden ışık altında az miktarda elektrik üretir. Güneş hücresinin elektrik üretebilmesi için sadece güneşe ihtiyacı yoktur. Bu yüzden kapalı havalarda bile elektrik üretebilir. Foton hücre tarafından soğurulur ve bu enerji n-tipi silikondaki zayıf elektronların pozitif yüklü p-tipi silikonuna serbestçe akmasına izin verir. Bu işlem sonucu hücre akım ve gerilim üretmiş olur. Üretilen elektrik enerjisi de hücrede bulunan arka kontak ile alınır ve diğer hücrelerle seri bağlantı yapılarak panel oluşturulur.



Şekil 1: Güneş Pili Çalışma Prensibi

Tek bir hücre 0,5 V – 0,6 V arası gerilim üretir. Hücre verimliliğın günden güne artmasıyla birlikte bilinen hücre başına üretilen gerilim de artmaktadır. Akım değeri ise hücre boyutuna göre değışiklik gösterir. Örneğın: 250 W güneş panelindeki tek bir hücrenin akım değeri yaklaşık olarak 8,3 A iken 10 W bir panelin tek bir hücresinin akım değeri ise 0,56 A'dır. Çünkü yüzey alanı küçüldükçe n katmanından p katmanına geçen elektron miktarı azaldığından akım değeri düşer. 0.5 V gerilime sahip hücreleri seri olarak birbirine bağladığımızda da güneş panellerini oluştururuz.

b) Güneş Pilleri Çeşitleri

1) Kristal Silisyum Hücreler

- Tek Kristal Silisyum Hücreler (Monokristal)
- Çok Kristal Silisyum Hücreler (Polikristal)

2) İnce Film Hücreler

- Amorf Silisyum Hücre
- Çok Kristal İnce Film Hücre
- İnce Film ve Çok Kristal İnce Film Hücre

- İnce Film ve Nano Kristal Silisyum Hücre
- İnce Film ve Kalgonit Hücre

3) Tek ve Çok Eklemlı Hücreler

- Çok Eklemlı Hücreler
- Üç Eklemlı Hücreler

Bu çalışmada yüksek verimli, hafif ve tek yönlü bükülebilir olması nedeniyle monokristal silikon güneş hücreleri kullanılacaktır.

Monokristalin silikon yüksek verimli güneş pili üretiminde kullanılmaktadır. Güneş panellerinde kullanılan monokristalin silikon, mikro elektronikte kullanılanlara göre daha az kusursuzdur. Ayrıca Mono-Si hücrelerinin laboratuvar verimliliği %25 ile tüm ticari güneş paneli sektöründe en yüksektir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kavramsal tasarımı biten projede kullanılacak olan kanat için üç çeşit malzeme kullanımı yaygındır. Bu malzemeler Tablo 1’de uygulamamız için gerekli olan performans parametreleri açısından karşılaştırılıp kanatta köpük kullanımına karar verilmiştir. Elevator üretiminde daha önce köpük malzeme kullanımı düşünülmüş olup elevator profilinin çok ince olması nedeniyle balsa plaka karar verilmiştir.

Tablo 1. Kanat malzemesinin seçimi

| Teknik Performans Parametreleri | Ağırlık (%) | Balsa | Köpük | Karbon Fiber |
|--|--------------------|--------------|--------------|---------------------|
| Mukavemet ağırlık oranı | 35 | 1 | -1 | 1 |
| Üretilebilirlik | 35 | 0 | 1 | -1 |
| Bakım ve onarım | 20 | -1 | 1 | -1 |
| Maliyet | 10 | 0 | 1 | -1 |
| Toplam | 100 | 15 | 30 | -30 |

Malzemesi belirlenen kanatların kesim yöntemi için iki çeşit üretim yöntemi mevcut olup, aşağıdaki parametreler göz önünde bulundurularak CNC ile kesme işlemi uygun görülmüştür.

Tablo 2. Kanadın üretim yöntemi seçimi

| Parametreler | Ağırlık(%) | Sıcak Tel ile Kesim | CNC Kesim |
|---------------------|-------------------|----------------------------|------------------|
| Doğruluk | 50 | -1 | 1 |
| Kolaylık | 10 | -1 | 1 |
| Zaman | 30 | 1 | 1 |
| Maliyet | 10 | 1 | -1 |
| Toplam | 100 | -20 | 90 |

Yapılan araştırmalar sonucunda köpüklerin birbirine yapıştırılması için üç çeşit yapıştırıcı içerisinden aşağıdaki parametrelere göre hızlı yapıştırıcı ve epoksi kullanımına karar verilmiştir.

Tablo 3. Yapıştırıcı seçimi

| Parametreler | Ağırlık(%) | Hızlı Yapıştırıcı ve epoksi | Köpük Yapıştırıcısı | Silikon |
|---------------|------------|-----------------------------|---------------------|---------|
| Hız | 25 | 1 | -1 | -1 |
| Yapışkanlık | 50 | 1 | 0 | 0 |
| Maliyet | 25 | -1 | 0 | 0 |
| Toplam | 100 | 50 | -25 | -25 |

Kanat ve gövdede kullanılacak olan kaplama malzemeleri aşağıdaki parametrelere göre karşılaştırılmış olup kanatlar yapısal olarak desteklendiğinden kaplanmasındaki amaç köpüğün dağılmasını önleyip kanat bütünlüğünü sağlamaktır. Ancak kaplama yöntemleri uçağın kanat ağırlığını çok fazla artırdığı için sadece hasar görebilecek yerlere Fileli bant ile hem dayanım hem de köpüğün dağılması önlenecektir

Tablo 4. Kaplama seçimi

| Parametreler | Ağırlık (%) | Polyester Kaplama | Cam Macunu | Fileli Bant | Kaplama Film |
|---------------|-------------|-------------------|------------|-------------|--------------|
| Yapışkanlık | 20 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Mukavemet | 40 | -1 | 1 | 1 | 0 |
| Hafiflik | 20 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Maliyet | 20 | 1 | -1 | 0 | 1 |
| Toplam | 100 | 20 | 40 | 80 | 60 |

Gövde ve kuyruğun birleştirilmesinde üç çeşit malzeme kullanımı düşünülmüş olup aşağıdaki parametreler göz önünde bulundurularak karbon boru kullanılmasına karar verilmiştir. Burada ağırlığın yüzdesinin diğer parametrelere göre düşük olmasının nedeni, dengeyi sağlayabilmek için kuyruk tarafında daha ağır bir materyale ihtiyaç duyulmasıdır.

Tablo 5. Gövde kuyruk bağlantısı için malzeme seçimi

| Parametreler | Ağırlık(%) | Alüminyum Kare Profil | Karbon Kare Profil | Krom Boru |
|-------------------|------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| Ağırlık | 20 | 1 | 1 | -1 |
| Maliyet | 30 | 0 | 1 | -1 |
| Mukavemet | 40 | 1 | 1 | 1 |
| Tedarik kolaylığı | 10 | -1 | 0 | -1 |
| Toplam | 100 | 50 | 90 | -20 |

Yatay ve dikey stabilizörlerin bağlantısı için 3 çeşit uygulama uygun görülüp aşağıdaki parametreler göz önüne alındığında Bant parça ile bağlantı yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 6. Rudder, elevator bağlantı seçenekleri

| Parametreler | Ağırlık(%) | Bant | Menteşe | Yapıştırma |
|------------------|------------|------|---------|------------|
| Ağırlık | 20 | 1 | -1 | 1 |
| Maliyet | 30 | -1 | -1 | 0 |
| Mukavemet | 40 | 1 | 1 | -1 |
| Uygulanabilirlik | 10 | 1 | 1 | 1 |
| Toplam | 100 | 40 | 0 | -10 |

Kanadı yapısal olarak desteklemek için dört farklı uygulama düşünülmüş olup aşağıdaki parametreler dikkate alınarak 8 ve 10 mm kalınlıktaki karbon çubuk kullanımına karar verilmiştir.

Tablo 7. Kanadın yapısal destek yönetiminin seçimi

| Parametreler | Ağırlık(%) | Krom çubuk 3 mm | 8 ve 10mm karbon çubuk | Alüminyum Çubuk | İnce karbon plaka |
|----------------------------|------------|-----------------|------------------------|-----------------|-------------------|
| Ağırlık | 20 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Maliyet | 20 | -1 | -1 | 0 | -1 |
| Mukavemet | 40 | -1 | 1 | 0 | 0 |
| Kanat Profili ile Uygunluk | 20 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| Toplam | 100 | -40 | 60 | 40 | -20 |

Motoru gövdeye sabitlemek amacıyla önce burun da bulunan kontrplak parça motorun ayakları ölçüsünde delinmiştir. Ardından motoru tutacak olan kontrplak malzeme ile gövde malzemesi olan balsa epoksi ile yapıştırılıp ardından hızlı yapıştırıcı ile daha dayanıklı bir yapıya dönüştürülmüştür. Sonrasında motor civata ile kontrplak malzemesine sabitlenmiştir.



Şekil 2. Motorun gövdeye sabitlenmesi

3.BULGULAR

Bir uçak kanat profilinde taşımaya etki eden en önemli etkenler; kaldırma ve sürüklenme katsayıları, basınç dağılımları ve havanın hızıdır.

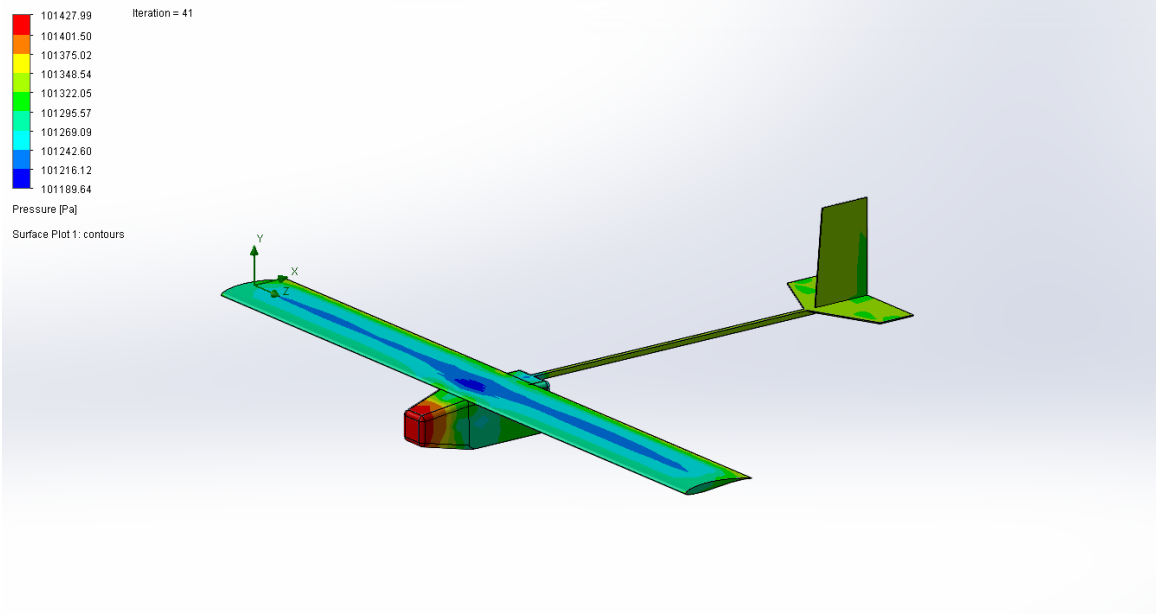
Bu çalışmada hesaplaması gerçekleştirilen serbest akım ortamındaki farklı hızlardaki basınç dağılımları, kaldırma ve sürüklenme katsayıları detaylı olarak elde edilmiştir. SOLİDWORKS SİMULATİON bilgisayar programları yardımıyla teorik bilgilerin analizleri yapılmıştır.

Hücum açısının artması kaldırma fonksiyonu üzerinde pozitif bir etkiye neden olur ancak belli bir değerden sonra kaldırma katsayısı aerodinamik hava direncinin taşıma bileşeni sıfıra düşmesinden dolayı ayrılma durumuyla karşılaşılır. Bu olayda kaldırma kuvveti daha düşük olduğu için uçak havada tutunamaz, irtifa kaybeder.

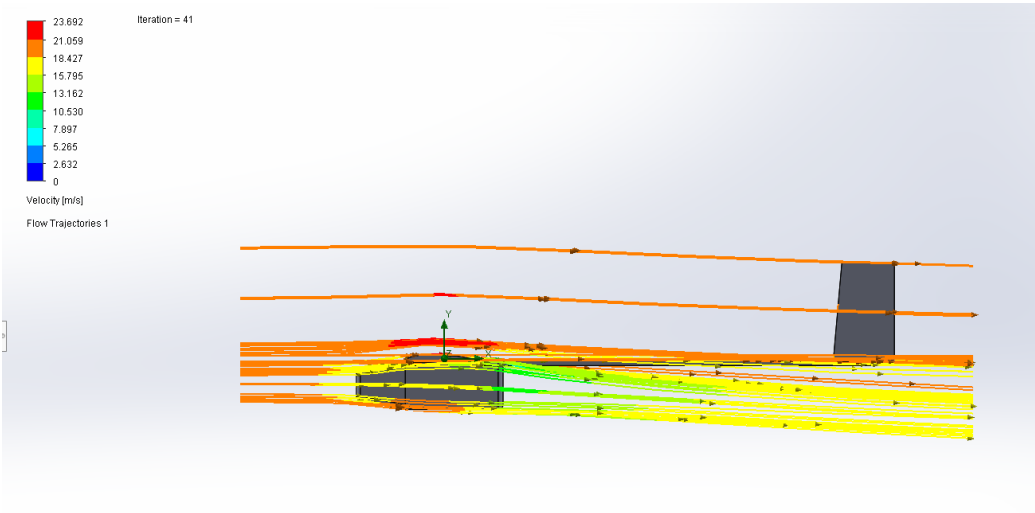
Bu çalışmada seçilen açı değerleri bu kanat profili 20 derecelik hücum açısından düşük olduğu için ayrılma durumu gözlenmemektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde uçağın hızı arttıkça kanat üzerinden geçen akışkan hızının da yaklaşık doğrusal bir şekilde arttığı ve kanat üzerindeki hızın hava hızının yaklaşık iki katı olduğu görülmektedir. Hız değeri arttığı sürece ise sabit hücum açısında C_l ve C_d katsayılarının arttığı gözlenmektedir.

Çalışmadan çıkan en dikkat çekici sonuç; akış hızı arttıkça kanadın altındaki ve üstündeki basınç farkının artması yani kanata etkiyen kaldırma kuvvetinin artmasıdır. Bu etki bizlere neden hava araçlarının havalanmaya başlamadan önce belli bir hıza ulaşmaları ve havada iken de belli bir hızın altına inmemeleri gerektiğini açıklar.

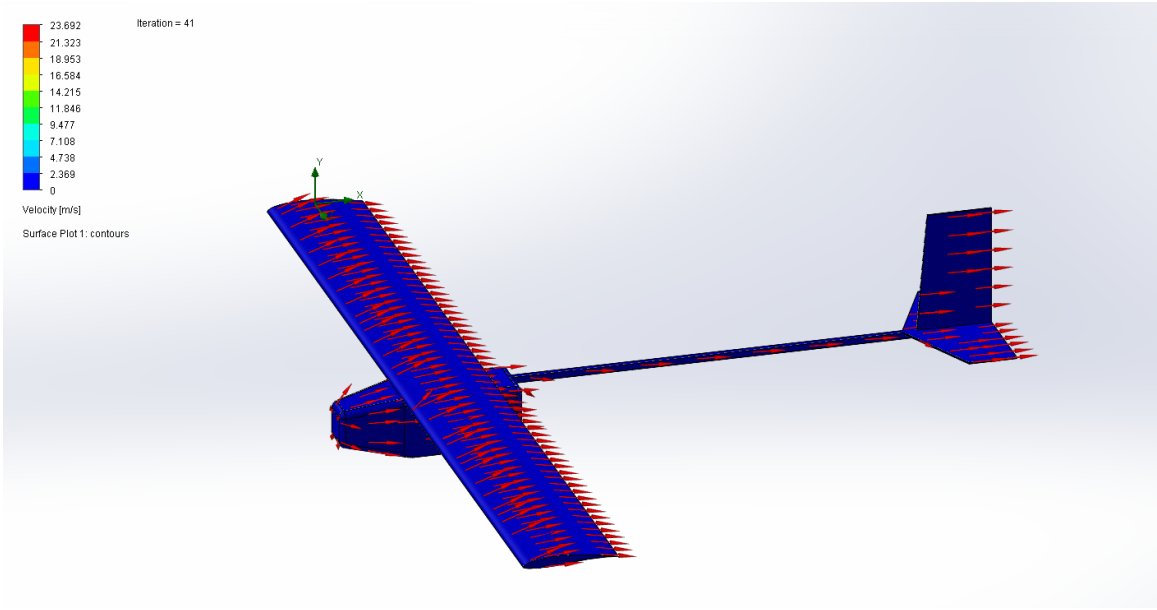
Basınç dağılımları grafikleri ise bu sonuçları doğrulamaktadır. Literatür araştırmalarından elde edilen basınç farkının kanat üzerindeki kaldırma etkisi, kanat altında ve üstünde oluşan basınç farkının hız ve açı ile artması ile arttığı doğrulanmıştır. Kanat profilinin XFRL-5 programı ile geometrisi oluşturulmuş, gerekli mesh (ağ örgüsü) yapısı düzenlenmiştir.



Şekil 3. Uçaktaki basınç dağılımı



Şekil 4. Hava hızının etkisi



Şekil 5: Hava hızının oklarla gösterimi

4.TARTIŞMA

Projenin ilk aşamasında tasarımına karar verilen ve gerekli analizleri yapılan sistemin üretim aşamasına geçildi. İlk iş ve en önemli konu yapılacak olan İHA'nın malzeme seçimiydi. Bunun için yapılan kapsamlı araştırmalar sonucunda yoğunluğu yüksek sıkıştırılmış strafor olan Depron ve öz kütlesi depronu göre daha yüksek fakat daha gevrek ve kırılğan Sika Therm strafor malzemeleri arasında bir karar verilecekti. Literatüre uygunluğu ve yapılan sistemin ihtiyaçlarını daha ön planda karşıladığı için yoğunluğu 18 DNS olan Depron straforu kullanıldı. Köpük malzemesinin kesimi için, tasarlanan 3 boyutlu tasarım CNC de sıcak tel yöntemi kullanılarak kesildi.



Şekil 6. Straforun CNC'ye yerleştirilmesi

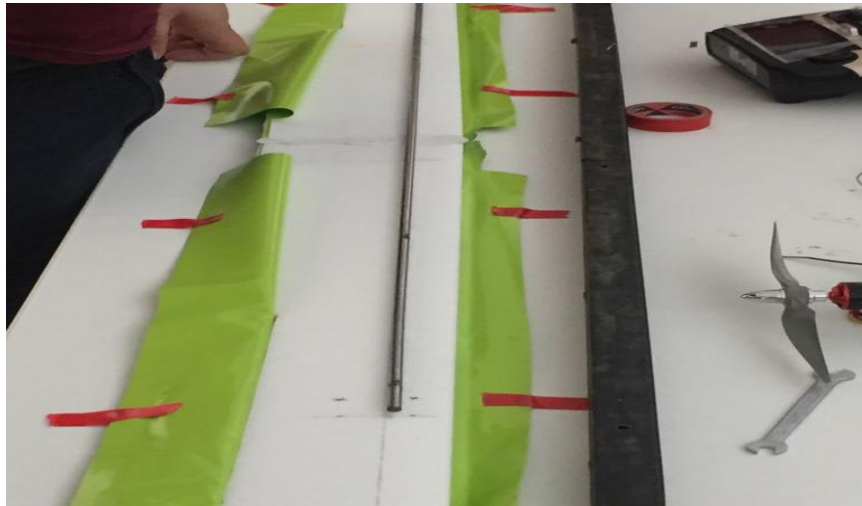


Şekil 7. Straforun CNC' de kesimi

Üretilecek olan sistemin diğer gerekli parçaları için grup olarak yapılan araştırmalar ve tartışmalar sonucu sistem için gerekli motor ve pervane sistemine, bataryaya, ESC'ye, servo motorlara ve gerekli kablo düzeneklerine karar verildi.

Gerekli parçaların tedarik edilmesinden sonra montaj aşamasına geçildi. İki parça olarak üretilen kanatların birbirine montajlanması ve mukavemetini arttırmak için yapılacak işlemler tartışıldı. Yapıştırıcı olarak ilk başta kartonpiyer yapıştırıcısı denendi. Ancak köpük yapıştırmasında fazla etkili olmadığı gözlemlendi. Daha sonra hızlı yapıştırıcı kullanılıp kullanılmayacağı araştırıldı ve hızlı yapıştırıcının tek başına köpüğe zarar vereceği düşünöldü ve farklı bir seğenek için araştırmalar devam ettirildi. Grup içinde yapılan tartışmalar ve araştırmalar sonucu literatürde uygun olan epoksi malzemesi ve sıcak silikon kullanılmasına karar verildi. Yapılan denemelerde başarılı sonuç alındığı gözlemlendi. Ancak epoksi malzemesinin az ve pahalı olması nedeni ile sıcak silikon kullanılmıştır.

Kanat mukavemetinin artırılması için standartlara bakılarak kullanılabilir malzemeler araştırıldı. Daha sonra 8 ve 10mm çaplı 100 cm uzunluğunda karbon fiber borular kullanılarak kanadın mukavemetinin yeterli olduğu gözlemlendi. Çubuk ise kanata oyuk açılarak yerleştirildi.



şekil 8. Karbon çubuğun kanata yerleştirilmesi

Uçağın kanat, gövde ve kuyruk kısımlarını kaplama konusunda iki ayrı fikir ortaya konulmuştur. Başlangıç olarak ortaya konulan fikir, yapıştırıcı kullanarak uygun kaplama kağıtlarıyla kaplama yapmaktır. Ancak köpük yüzeyine uygun yapıştırıcı rahatlıkla bulanamadığı için bu fikirden vazgeçilmiştir. İkinci olarak, yapışkan kağıtlar kullanmaya karar verilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda yapışkan kâğıdın ütü ısısından ve basıncından etkilenerek daha kuvvetli yapıştığı görülmüş ancak uçağın düştüğünde sadece belli bölgeleri hasar alacağı için oralara dayanımı daha iyi olan Fileli bant ile belli bölgelere kaplama yapılmıştır.

Uçak gövdesinde bulunan motor, batarya vb. elektronik aksanların hareket sırasında mekanik titreşim ve dinamik hareket sebebiyle ısınma problemi ortaya çıkacaktır. Bu problemi çözmek amacıyla uçağın sıcaklık açısından tehlikede görülen yerlerine titreşime neden olmayacak şekilde toleranslar verilmesine karar verilmiştir.

Gövde ve kanat üzerine koyulacak aksanların yerinin açılması işlemini maket bıçağı, normal bıçak ve sıcak ince tel kullanarak yapılmasına karar verildi. Ayrıca yapılan yer açma işlemlerine ek olarak buralarda yüzey düzeltme için kalın ve ince zımpara kullanılacaktır.

Uçak tasarımında belirlenmiş olan gövde ve kanat profillerinin kesimi için 2 yöntem düşünülmüştür. Birinci olarak sıcak tel kullanarak, kesim işinin halledilebileceğine karar verilmiş ancak yaşanan teknik aksaklıklar ve ısının köpüğe etkisi düşünülerek vazgeçilmiştir. İkinci olarak CNC' de sıcak tel kesim yöntemi tartışılmış ve kesimin bu yöntemle yapılmasına karar verilmiştir.

5.SONUÇLAR

İnsansız Hava Araçlarında uçuş süresini arttırmak ve bunu doğaya zarar vermeden gerçekleştirmek ve yük taşıyabilmesidir projenin amacıdır. Bu amaç yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi ile sağlanmaya çalışılmıştır. İHA'nın ekonomi, ergonomi, üretime uygunluk hususları ele alınarak paket programlar yardımı ile tasarımı ve imalatı tamamlanmıştır. Elde edilen sonuçlar benzer ölçekli mevcut tasarımlar ile karşılaştırılmıştır. Amacı doğrultusunda sakın ve verimli uçuş sağlayabilmesi için kanat profili belirlenmiş, İHA'nın ağırlık merkezi hesaplanıp Xflr5 programı üzerinden düzenlenmiştir. Ele alınan kanat profilinin teorik açıdan değerleri elde edilip analizleri tamamlanmıştır. Gövde hava akış formunu bozmayacak şekilde tasarlanıp hafiflik ve sağlamlık ele alınarak malzeme seçimi ve profili yapılmıştır. Kuyruk tipi daha çok denge ve yön için belirli bir formda tutulmuştur. Ağırlık, verim, şekil, montaja uygunluk bakımından kanat profilleri üzerine küçük boyutlarda güneş panelleri konulmuştur.

Güneş panellerinin verimi ve yapısı bakımından bu ölçekte bir İHA'da enerjinin tamamının mevcut şartlar altında karşılanamayacağı belirlenmiştir. İHA'da esnek güneş panellerinden az bir kısım enerji karşılanmış olup mevcut tasarımda bu panellerin kullanımının olumlu ve olumsuz yönleri değerlendirilmiştir. Elektronik ekipmanlar hafiflik ve gerekli uçuş tipine göre seçilmiştir. Yapılan çalışmada küçük ölçekli bir İHA için teorik ve deneysel bulgular elde edilmiş, üretime uygunluğu tecrübe edilmiş, maliyet analizi gözden geçirilmiş, bulgular doğrultusunda üretilen İHA'nın testleri yapıp istenen sonuçları gerçekleyip gerçeklemediği gözlenmiştir.

6.ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan yapılan önerileri şunlardır:

Güneş enerjisinden yeteri kadar yararlanılamadığı için, kanat yüzen alanın artırılıp aynı zamanda verimi daha yüksek güneş panelleri tercih edilerek istenilen enerjinin büyük bir kısmının yüksek verimli güneş panellerinden karşılanabileceği düşünülmektedir.

Gövde malzemesi olarak kullanılan balsa yerine daha hafif ve daha dayanıklı olan karbon fiberin kullanılması tercih edilebilir.

Uçağın kuyruk malzemesi olarak kullanılan balsa yerine daha hafif ve daha dayanıklı olan karbon fiberin kullanılması tercih edilebilir.

7.KAYNAKLAR

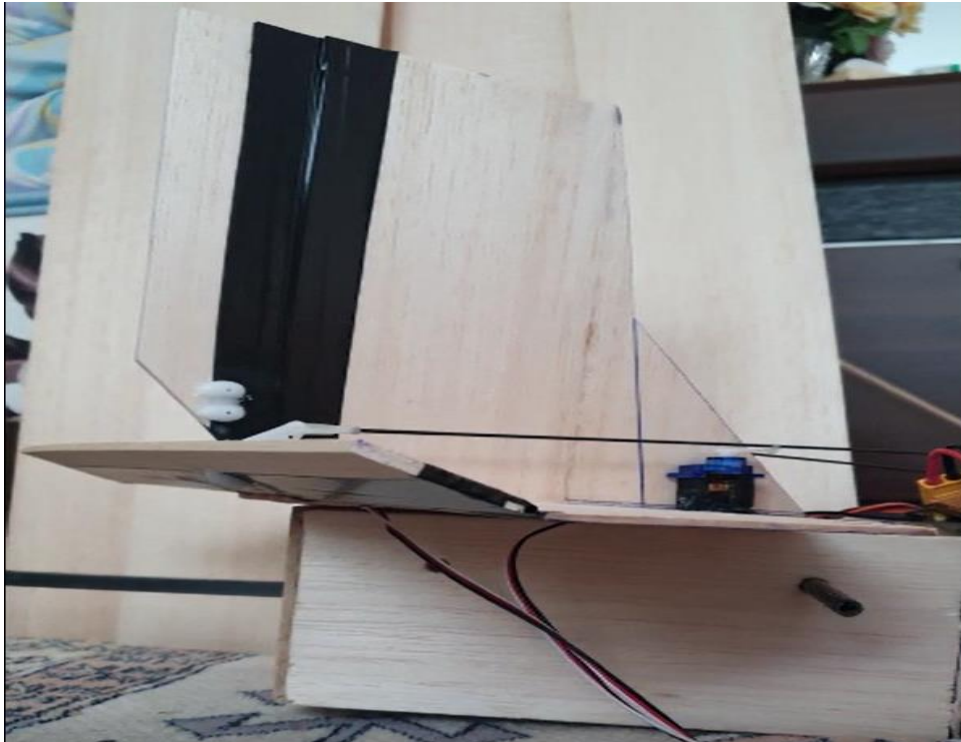
1. Roskam J., Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Control, Part I, DAR Corp, 2007
2. Nelson R., Flight Stability and Automatic Control, McGraw hill, 1997
3. Etkin B. and Reid L. D., Dynamics of Flight- Stability and Control, third edition, John Wiley, 1995
4. <https://www.slideshare.net/kenancal/naca-8414-proflne-sahp-uak-kanadinin-cfd-le-aerodnamk-analz>
5. Bailey, M. D., Bower, M. V. (1992). High Altitude Solar Power Platform. NASA, G. C. M. Space Flight Center
6. Ayele, A., Gur, O., Rosen, A. (2014) Solar Based Propulsion System UAV Conceptual Design. Technion Israel Institute of Technology, Israel Aerospace Industries
7. <https://www.rckolik.com/forum/konu/model-ucak-yapiminda-depron-ve-muadili-strafor-urunleri.3520/>
8. <http://www.weicon.com.tr/static/downloads/tr/brochures/Epoksi-Yapistinci.pdf>
9. http://www.izonet.com.tr/uploads/1301301554_tr.pdf

8.EKLER

EK 1: Güneş panellerinin kanat üzerinde yerinin belirlenmesi



EK 2: Kontrol yüzeylerinin kumanda ile kontrolü



EK 3: Motorun çalışma kontrolü



EK 4: İHA Montaj



MALİYET TABLOSU

Tablo 8. Maliyet Tablosu

| | Türk Lirası (TL) |
|-----------------------------------|-------------------------|
| ESC | 290 |
| Motor | 260 |
| Pervane | 30 |
| Servo Motor x 6 | 84 |
| Kablolar | 100 |
| Üretim İşlemleri | 200 |
| Araç Gereçler | 150 |
| Karbon Kare Profil | 200 |
| Karbon Boru | 250 |
| Li-Po Batarya | 200 |
| Güneş Paneli | 210 |
| İniş Takımı | 100 |
| Tekerlekler | 50 |
| Balsa | 100 |
| Yapıştırıcı | 110 |
| Kontrol Yüzeyi Ekipmanları | 100 |
| Toplam | 2434 |

Not : Test uçuşlarında uçağımız hasar aldığıında bu maliyet listesine ek olarak ekstra esc , servo , pervane , kare karbon fiber , Li-po gibi malzemeleri tekrardan aldık . Ancak kumanda ve alıcı çok pahalı olduğu için uçuşlarda Türk Hava Kurumunun kumandalarını kullandık.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammet Yasin Fıçı 1999 yılında İstanbul'da doğmuştur. Liseyi Bağcılar Meslek Lisesinde okumuştur. Şu anda ise Karadeniz Teknik Üniversitesinde öğrenim görmektedir. Yabancı dili ise İngilizcedir.

Abdullah ÇAKAT 1999 yılında Ağrı'da doğmuştur. Liseyi Susurluk Anadolu Lisesinde okumuştur. Şu anda ise Karadeniz Teknik Üniversitesinde öğrenim görmektedir. Yabancı dili ise İngilizcedir.

Bekir MELEMEN 1997 yılında Mersin'de doğmuştur. Liseyi Abdulkerim Bengi Anadolu Lisesinde okumuştur. Şu anda ise Karadeniz Teknik Üniversitesinde öğrenim görmektedir. Yabancı dili ise İngilizcedir.

Hasan Basri ORHAN 1999 yılında Nevşehir'de doğmuştur. Liseyi Prof. Dr. Sabahattin Zaim Anadolu Lisesinde okumuştur. Şu anda ise Karadeniz Teknik Üniversitesinde öğrenim görmektedir. Yabancı dili ise İngilizcedir.

Mevlüt Sefa ÖZTÜRK 1999 yılında İstanbul'da doğmuştur. Liseyi Orhangazi Anadolu İmam Hatip Lisesinde okumuştur. Şu anda ise Karadeniz Teknik Üniversitesinde öğrenim görmektedir. Yabancı dili ise İngilizcedir.