

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

DÖNER KANATLI İNSANSIZ HAVA ARACI

BİTİRME PROJESİ

Mahmut KELEŞ

Semih SEZGİN

Mert Barış SALGUT

Mert AYTEKİN

Danışman: Prof. Dr. Levent GÜMÜŞEL

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Gelişen dünyamızda gerek uluslararası alanda gerekse ülkemizde askeri, eğlence ve sosyal ihtiyaçların artmasıyla beraber İHA sistemleri halka açık olarak gelişme göstermektedir. Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'ün "İstikbal göklerde dir. Göklerini koruyamayan uluslar, yarınlarından asla emin olamazlar." sözünde de belirttiği gibi ülkeler için hava sahasının ne denli önemli olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmamızda bize sonsuz desteklerini sunan hocamız Prof. Dr. Levent GÜMÜŞEL'e teşekkürü bir borç biliriz. Bizleri bu günlere yetiştiren her türlü zorluklara rağmen bizlerden sevgilerini ve desteklerini asla esirgemeyen hocalarımıza sevgi ve saygılarımızı sunuyoruz.

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

Mahmut KELEŞ

Semih SEZGİN

Mert Barış SALGUT

Mert AYTEKİN

TRABZON 2021

ÖZET

İnsansız hava araçları, bilindiği üzere hem sivil hem de askeri uygulamalar için güncel olarak çalışılan bir alandır. Son yıllarda gerek uluslararası alanda askeri ve sivil alanda İHA'lara olan ihtiyaç ve eğilimin artmasıyla, İHA teknolojileri baş döndürücü bir şekilde ilerlemektedir. İHA 'lar arasında çalışma alanı diğer modellere göre daha geniş olan quadcopter'ler geleceğin İHA'ları olarak değerlendirilmektedir. Döner kanat İHA'lar dikey kalkış-iniş, buldukları yerde havada asılı kalabilme ve agresif manevra yetenekleriyle ulaşılması zor alanlardaki görevleri rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir. Dört rotorlu döner kanat tipli İHA' lar fırçasız DC motorları, elektronik hız denetleyicileri, Elektronik Hız Kontrol Kartı (Electronic Speed Control)(ESC) , Güç Dağıtım kartı(PDB), Pervaneleri, Batarya, Uçuş Denetleyicileri, Uçuş Kontrol Kartı, iletişim sistemleri gibi donanımsal birimleri içermektedir. Kullanılan donanım ve aksesuarların gün geçtikçe artması Quadcopter üzerinde yapılan mühendislik uygulamalarını arttırmaktadır.

İmalatı yapılacak olan İHA' nın basit kompakt bir yapıya sahip olması düşünülmüş ve optimum performans değerine göre imalat yapılması hedeflenmiştir. Dayanıklılığın artırıldığı, ağırlık ve denge açısından bir model tasarlanıp geliştirilmiştir. Hedefimiz insanlığa faydalı, insanların can ve mal güvenliğini sağlayabilecek, keşif amaçlı, doğal afet durumlarında veya beşeri olaylarda kullanılacak, yetkililerin ve insanların bilinçlenebilmesi adına özgün ve faydalı bir model sunmak, geliştirmek ve literatüre kaynak oluşturmaktır.

Anahtar kelime: Döner kanatlı insansız hava aracı, İmalat, Geliştirme, Drone

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
TABLolar DİZİNİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
1.GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.3. Literatür Araştırması.....	2
1.4. Kısıtlar Ve Koşullar.....	4
1.5. Karşılatabileceği Gereksinimler	6
1.6.Haftalık Çalışma programı.....	7
2.MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
2.1.Hareket mekanizması.....	8
2.2.İha Temel Parçaları.....	11
2.2.1.Gövde(Frame).....	11
2.2.2.Pervaneler	12
2.2.3.Motorlar	13
2.2.4. ESC-Elektronik Hız Kontrol Kartı (Electronic Speed Control)	14
2.2.5.Güç Dağıtım kartı(PDB).....	15
2.2.6.Uçuş Denetleyicisi.....	16
2.2.7.Batarya	16
2.2.8. Kumanda ve Alıcı	17
3.SİSTEM DONANIMLARI	18
3.1.1.Motor	18
3.1.2.Batarya	19
3.1.3. Elektronik Hız Kontrol Kartı (ESC)	20
3.1.4. Uçuş Kontrol Kartı.....	21
3.1.5. Kumanda(Alıcı-Verici).....	22
3.1.6.Pervane	23
3.1.7. Gövde.....	24
4.YAPILAN İŞLEMLER.....	26

4.1.Gövdeye Motorların Bağlanması	26
4.2.Motor ESC Bağlantısı	28
4.3.Kolların Gövde Alt Tablasıyla Montajı.....	29
4.4.Batarya Bağlantısı	29
4.5.Uçuş Kontrol Kartı Bağlantısı.....	30
5.BULGULAR	31
6.TARTIŞMA	32
7.SONUÇLAR	33
8.ÖNERİLER.....	34
9.KAYNAKÇA	35
10.EKLER.....	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 2.1.** 4 Rotorlu hava aracı modeli
- Şekil 2.2.** Hava aracının eksenlere göre hareketleri
- Şekil 2.3.** H ve X tipi gövde görselleri
- Şekil 2.4.** Malzemelerine göre 2 bıçaklı pervane çeşitleri
- Şekil 2.5.** Fırçalı ve Fırçasız motor
- Şekil 2.6.** Örnek Bir Fırçasız Motor
- Şekil 2.7.** 35 Amper Değerinde ESC
- Şekil 2.8.** F18057/8 Drone Güç Dağıtım Panosu
- Şekil 2.9.** CC3D Open Pilot Uçuş Kontrolcüsü
- Şekil 2.10.** 6S 10.000 mAh 25 C Li-Po Pil
- Şekil 2.11.** Mode-1 ve Mode-2 Kumandaların Farkı
- Şekil 3.1.** A2212 1400KV Fırçasız Motor
- Şekil 3.2.** A2212 1400KV Fırçasız Motor Teknik Resim Ve Performans Verileri
- Şekil 3.3.** 11.1V Lipo Pil 3500mAh
- Şekil 3.4.** A3 Compact Lipo (2-3S) Şarj Aleti - Balancer
- Şekil 3.5.** 30A Esc Devresi - Fırçasız Motor ESC - XXD 30A
- Şekil 3.6.** CC3D Multikopter Kontrol Kartı
- Şekil 3.7.** Flysky FS-i6 2.4GHZ 6 Kanal Alıcı-Verici Kumanda (Entegre LCD Ekran)
- Şekil 3.8.** 1045 Siyah Plastik CW/CCW Pervane Seti
- Şekil 3.9.** Gövde üstten görünüşü
- Şekil 3.10.** Gövde önden görünüşü
- Şekil 3.11.** Gövde 3 boyutlu görünüşü
- Şekil 4.1.** Drone Yapım Şeması
- Şekil 4.2.** Gövde iskelet parçaları
- Şekil 4.3a.** Kollara motor montajı
- Şekil 4.3b.** Kollara motor montajı
- Şekil 4.4.** Motorlara ESC'lerin Bağlanması
- Şekil 4.5.** ESC Bağlı Motorların Kollara Montajlanması

Şekil 4.6. Motor ve ESC Bağlı Kolların Alt Gövde ile Montajı

Şekil 4.7. Alt Tablaya Batarya Bağlanması

Şekil 4.8a. Gövde ve Bütün Sistem Elemanlarının Montajlı Hali

Şekil 4.8b. Gövde Ve Bütün Sistem Elemanlarının Montajlı Hali

TABLolar DİZİNİ

- Tablo 1.** Çin’de İHA sınıflandırılması
- Tablo 2.** ABD’de ve Kanada’da İHA sınıflandırılması
- Tablo 3.** Haftalık Çalışma Programı
- Tablo 4.** 4 rotorlu hava aracının çalışma prensibi
- Tablo 5.** Maliyet Tablosu

1.GENEL BİLGİLER

Taşıtların birçok alanda birçok görev üstlendiği, enerji sarfiyatı ve ihtiyacının artmaya başladığı XXI. yüzyılın başlarında insan yaşamında, hava taşıtlarının vazgeçilmez bir yere sahip oldukları bir gerçektir. Hava taşıtları; tarım sektörü, inşaat, ulaşım ve kamu hizmetleri, gazetecilik ve Show dünyası, spor, seyahat, pazarlama, kargo, yarış, sağlık, haritalama, moda, acil yardım, haberleşme gibi farklı sektörler tarafından çokça alanda günlük hayatın içerisinde kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları bu alanlarda kullanılmak amacıyla ilk tercih olarak düşünölmeye ve kullanılmaya başlanmıştır.

Hava araçlarının bir türü olan insansız uçabilme yeteneğine sahip İHA (İnsansız Hava Aracı), askeri alanda; askeri stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlarken, görüntü alabilme kabiliyeti askeri alanda cephelerdeki güvenliği arttırmaktadırlar. Aynı zamanda görüntü alabilme kabiliyeti eğlence alanına gerek film sektörüne gerekse kişisel çekimlere yeni bir soluk getirmiştir. Gelecekte ulaşım alanında kullanılacak olan İHA'lar günümüzde prototip aşamasında da olsa yakın zamanda seri üretime geçilmesi hedeflenmektedir. Günümüzde nüfuz popölasyonunun fazla olduğu şehirlerde iki nokta arasındaki ulaşımı kolaylaştırmayı hedefleyen projelerden biri olan Cezeri gelecekte İHA'ların çok daha göz önünde bulunmasını sağlayacaktır.

1.1. Giriş

İnsansız Hava Araçları (İHA), temel olarak otonom ya da uzaktan kontrol edilerek uçabilen, içerisinde haberleşme ve denetim amaçlı sistemleri barındıran, elektronik ve mekanik donanımların yer aldığı hava araçlarıdır. Yakın bir gelecekte İnsansız Hava Araçları'nın kullanım oranları ve kullanılan alanlarının daha da artacağı düşünülmektedir. İnsansız hava araçlarının uçuş ve uzun süre havada durması kabiliyetleriyle ölkemizde ve dünyanın çokça büyük şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Havada uçan bu veri toplayıcı cihazlar; maliyeti azaltma, zaman kazandırma ve verimliliği artırma özelliklerine de sahiptir. İnsansız Hava Araçları'nın çeşitli performans sınıflandırılması yapılmaktadır. Yapılan sınıflandırmalarda uçuş süreleri, motor tipi, hız ve yükselme miktarları, dönüş manevraları, ağırlık gibi konular dikkate alınmaktadır.

Projenin amacı; normalde kullanımı tecrübe gerektiren bir İnsansız hava araçlarının otomasyonlu bir şekilde kullanımını sağlamak ve istenilen verilerin elde

edilmesini yüksek oranda kolaylaştırmaktır. Genel olarak İnsansız hava araçlarının tasarım metodolojisi 3 ana aşamadan oluşmaktadır. Kavramsal tasarım ilk aşama olup, bu aşamada bütün ana hatlarıyla yapısal düzenlemeler belirlenir. Performans ölçütleri, ağırlık ve prototip tasarım büyüklüğü verileri tespit edilerek İnsansız hava aracının genel tasarımı yapılır. Projemiz kavramsal tasarım noktasında döner kanatlı İnsansız hava aracı kategorisinde değerlendirilmektedir. Ön tasarım, noktasında kontrol sistemi tasarımı, hava aracını hareket ettirecek enerji kaynağı (itiş gücü) seçimi gibi konuların tespit ve analizi yapılır. Detay tasarımı, son aşamada İnsansız hava araçlarının tüm parçaları ve tüm detaylarıyla oluşturularak üretime hazır hale getirilir.

1.3. Literatür Araştırması

Türkiye'nin İHA geliştirme süreci ilk olarak 2004 yılında SSM ve TUSAŞ arasında imzalanan sözleşme ile başlamıştır.[1] Baykar tarafından yapılan çalışmalar sonucu tamamıyla yerli sermaye ile üretilen ilk insansız hava sistemi Bayraktar Mini İHA, 2007 yılında Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde yerini almıştır. AR-GE çalışmalarına tüm hızıyla devam eden Baykar, ürettiği TB2 taktik sınıf İHA ile 24 saat 34 dakika havada kalma süresine erişerek 2014 yılında iki ulusal havacılık rekoru elde etmiştir.[2]

A.Serkan AKGÜL ve Abdurrahman HACIOĞLU(2010), çalışmada Hava Harp Okulu lisans ve yüksek lisans eğitim programı kapsamında geliştirilen veya geliştirilecek olan insansız hava aracı (İHA) konularına ışık tutmuş ve yardımcı olacak şekilde, bir İHA tasarımını etkileyen parametrelerin incelenmesi ve tasarım hesaplarının yapılmasını hedeflemiştir. Çalışma kapsamında, önceden tanımlanmış olan üç farklı Taşıma, Gözetleme, Yük Bırakma/Simetrik Yük Uçuş görevlerini tamamlayabilecek; elektrik motorlu, pervaneli ve radyo kontrollü bir "Gözetleme ve Saldırı" amaçlı mini insansız hava aracı için tasarım ve üretimin yapılması planlanmıştır. [3]

Strecha C. (2011), insansız hava aracı görüntülerinin tamamen otomatik yöntemler ile hassas haritalama çözümleri sunulabildiğini kanıtlamıştır. Farklı veri setleri ile analiz yaparak doğruluğu en çok etkileyen faktörün çekilen görüntülerin çözünürlüğü (uçuş yüksekliği) ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. [4]

Turner D. ve arkadaşları (2012), İHA'lar ile sağlanan yüksek çözünürlüklü mekânsal verinin otomatik tekniklerle doğruluğunu inceleyerek yer kontrol noktalı ölçümler sonucu 10- 15 cm, yer kontrol noktasız ölçümler ile 65-120 cm konumsal doğruluğa ulaşmışlardır. Bu doğruluk araştırmasını, coğrafi olarak yer tanımlama, görüntü mozaikleme, nokta bulut üretimi ve sayısal arazi model üretimi işlemlerinde geleneksel hava fotogrametrisi yöntemleri ve otomatik fotogrametrik yöntemlerinin kıyaslamasıyla üretmişlerdir. [5]

Chiang K. ve arkadaşları (2012), yaptıkları çalışmada afet olaylarında ve acil müdahale gibi yardım uygulamalarında hızlı, kolay ve düşük maliyetli mekânsal veri elde etmenin İHA'lar ile sağlanabileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmada geliştirdikleri sabit kanatlı İHA, yer kontrol noktası olmaksızın, sadece İHA sisteminde mevcut olan INS (Inertial Navigation System) ve GPS (Global Positioning System) sistemlerinden sağlanan koordinatların direkt olarak coğrafi yer tanımlamasında kullanılabilirliği ve doğruluğu araştırılmıştır. [6]

Tamer Savaş, Murat Karadereli, Öznur Usanmaz (2018), 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 mevzuatlar incelemişlerdir. [7]

Özgen S. (2019) 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 alanınının sabit kanatlı İHA'lar olacağı düşünülmektedir. [8]

1.4. Kısıtlar Ve Koşullar

Türkiye Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı İnsansız Hava Aracı Talimatına göre İHA'lar azami kalkış ağırlıkları referans alınarak 4 grupta incelenir. [9]

- İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA'lar,
- İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar,
- İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA'lar,
- İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar.

Çin Halk Cumhuriyeti'nde İHA'ların yaygın kullanımından kaynaklı Çin vatandaşlarının özellikle emniyet, mahremiyet ve ulusal güvenlik ile ilgili kaygıları da artmıştır. Çin Halk Cumhuriyeti de İHA'lar ile ilgili çeşitli düzenlemeler yapma ihtiyacını hissetmiştir. Bu kurallarla birlikte Çin'de de artık sık sık karşılaşılan izinsiz İHA kullanımlarını sınırlandırma yönünde önemli bir adım atılmıştır. İHA'lar ağırlıklarına ve kullanımlarına göre Tablo-1'deki gibi sınıflandırılmıştır. [10]

Tablo 1. Çin 'de İHA sınıflaması

Sınıf/Kategori/Tip	Boş Ağırlık (kg)	Kalkış Ağırlığı (kg)
I	$0 < W \leq 1.5$	$0 < W \leq 1.5$
II	$1.5 < W \leq 4$	$1.5 < W \leq 7$
III	$4 < W \leq 15$	$7 < W \leq 25$
IV	$15 < W \leq 116$	$25 < W \leq 150$
V	Bitki koruma İHA'sı (ziraat / mahsul ile ilgili)	
VI	İnsansız hava araçları	
VII	100 metrenin dışındaki görüş mesafesinin ötesinde uçurulan Tip I ve Tip II İHA'lar	

Küçük İHA'ların kullanımına ilave olarak, ABD'de, Kanada Ulaştırma Bakanlığı tarafından uygulanan İHA mevzuatında yer alan "mikro İHA" tanım ve kısıtlamalarını da ilgili mevzuata eklenmiştir. Buna göre; küçük ve mikro İHA'larla ilgili Kanada ve ABD FAA tarafından uygulanan bazı örnek kısıtlamalar Tablo-2'de verilmiştir. [10]

Tablo 2. ABD'de ve Kanada'da İHA sınıflandırılması

Kısıtlama Adı	Kanada Mevzuatı	ABD Küçük İHA	ABD Mikro İHA
Ağırlık	2 kg.a kadar	25 kg.a kadar	2 kg.a kadar
Yerden azami uçuş yüksekliği	91 m.	152 m.	122 m.
İnsanlardan ve binalardan uzaklık	30 metre (yatay doğrultuda)	Uçuşla ilgili olmayan insanlara yaklaşmak yasak.	Uçuşla ilgili olmayan insanlara yaklaşmak yasak.
Otomatik kullanım izni	Hayır	Evet	Hayır
Havacılık bilgisi gereksinimi	Evet (Okul eğitimi)	Evet (sınav)	Evet (kendi sorumluluğunda)
Pilot eğitimi zorunluluğu	Evet (Okul)	Hayır	Hayır
Pilot sertifikası zorunluluğu	Hayır	Evet	Evet
Sorumluluk sigortası	Evet (100.000 Kanada Doları)	Hayır	Hayır
Sadece gündüz kullanım izni	Evet	Evet	Evet
Kırlabilir malzeme kullanımı	Hayır	Hayır	Evet (kağıt, tahta, köpük, kırılabilir plastik olabilir)

Bu kurallar ÷lkeden ÷lkeye değişiklik göstermekle birlikte genel olarak aşağıdaki kısıtlamaları içermektedir: [10]

- İHA'nın belirli bir yüksekliğin altında uğurulması,
- Uğuşların insanlardan belirli bir mesafede yapılması,
- İHA ile pilotu arasındaki göz temasının asla kaybedilmemesi,
- İHA'ların ilgili kuruma kaydının yaptırılması,
- İHA'ların yasaklanmış olan alanlar (yerleşim alanları, havaalanları, stadyumlar, vb.) üzerinde ve yakınında uğurulmaması,
- İHA'ların gece uğurulmaması,
- İHA'ların kötü hava koşullarında uğurulmaması.

1.5. Karşılayabileceği Gereksinimler

Hava aracı dikey olarak yerden kalkış yapması, havada askı uğuşu olarak tabir edilen durağan durumdan geçiş manevrası yaparak seyir uçuşuna geçmesi ve mümkünse yeniden askı uğuşu moduna dönerek iniş gerçekleştirmesi uçağın öncelikli görevi olarak tanımlanmıştır. Hava aracı dikey iniş-kalkış yapabilmesinin yanı sıra, hava aracının konvansiyonel şekilde iniş kalkış yapabiliyor olması da görev gereksinimlerinden birisidir. Bu gereksinimler sonucunda İHA'nın avantajları ve dezavantajları olmaktadır.

Avantajlar:

- 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
- Elektro-optik sistemler ile gece ve gündüz hizmet vermektedir. [11]

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. [11]

1.6.Haftalık Çalışma programı

Tablo 3. Haftalık Çalışma Programı

Yapılan Uygulamalar	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
İzlenecek Metotlar				
Malzeme Seçimi ve Temini				
Gövde Tasarımı ve İmalatı				
Sistem Parçalarının Montajı				
Sistem Analizi ve Bulgular				
Proje Çıktılarının Değerlendirilmesi				

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Hareket mekanizması

4 rotorlu hava araçları üzerinde yapılan çalışmalar giderek büyüyen bir endüstri oluşturmaktadır. 4 rotorlu hava araçları mekanik olarak basit olmalarına karşın kontrol açısından bazı zorluklar ihtiva ederler. 4 rotorlu hava aracı, içinde bir operatör olmadan kendi başına uçabilen insansız bir hava aracıdır. Bu sebepten dolayı, 4 rotorlu hava araçları klasik helikopterlere kıyasla daha küçük boyutlara sahiptirler. “Artı işareti” şeklinde birbirine dik olarak yerleştirilmiş iki şafttan oluşurlar.

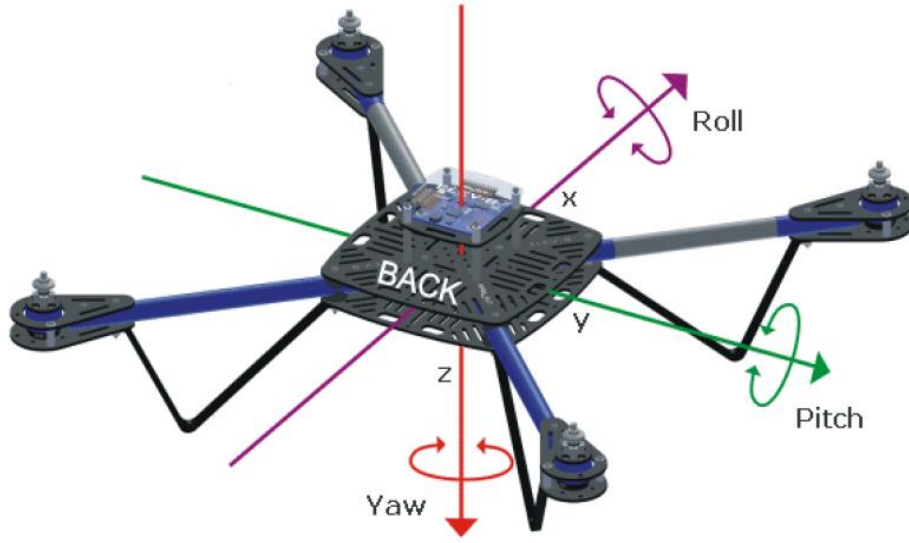


Şekil 2.1. 4 Rotorlu hava aracı modeli

4 rotorlu hava araçları dikey kalkış ve iniş yapabilen, tüm yönlendirme kontrollerinin, pervanelerin devir sayılarının değiştirilerek yapıldığı sistemlerdir.

Bir hava aracının doğrusal hızlanma, yükselme ve yavaşlama gibi hareketlerinin dışında üç farklı hareket çeşidi daha bulunmaktadır. Şekil 2.2. de gösterilen bu hareketler:

- Yunuslama (Pitch), X eksenini etrafında burnunu aşağı - yukarı hareket ettirmek
- Yalpalama (Roll), Y eksenini etrafında gövdesinin sağa sola yatırarak hareket ettirmek
- Dönme (Yaw), Z eksenini etrafında gövdesinin sağa - sola döndürerek hareket ettirmek



Şekil 2.2.*Hava aracının eksnelere göre hareketleri*

Hava aracı yaptığı hareketler ile eksenler arasında çeşitli açılar yapmaktadır. Yapılan bu açılar hava aracının çalışma prensibini oluşturmaktadır. Hava aracında z eksenini etrafındaki dönme açısına sapma denir ve ψ simgesi ile temsil edilir. Hava aracının y eksenini etrafındaki dönme açısına yunuslama denir ve θ simgesi ile temsil edilir. Hava aracının x eksenini etrafındaki dönme açısına yalpalama denir ve ϕ simgesi ile gösterilmiştir.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta karşılıklı pervanelerin aynı, komşu pervanelerin ters yönde dönüyor olmasıdır. Aynı şekilde karşılıklı pervaneler aynı, komşu pervaneler ise ters helisli yapıdadırlar. Aynı zamanda pervanelerin hava aracının orta noktasına göre oluşturdukları momentleri yani torkları birbiriyle zıt olmaktadır. 4 rotorlu hava araçları x ve y koordinatında ötelenme hareketini klasik bir uçak gibi doğrudan sağlayamazlar. Bunun yerine yalpalama ve yunuslama açılarının kontrolü ile x ve y de ötelenme gerçekleştirmektedirler.

Tablo 4. 4 rotorlu hava aracının çalışma prensibi

Üst Görünüş	Yan Görünüş	Ön Görünüş
1↑ 2↑ 3↓ 4↓ Sapma	1↑ 2↓ 3- 4- Yunuslama	3↑ 4↓ 1- 2- Yalpalama

Pitch ve roll eksenlerine etkiyen açısal hızlanma yalpa eksenine etki etmeden uygulanabilir. Aynı yöne dönen her pervane pitch veya roll ekseninden birini kontrol eder ve bir motorun itme kuvvetini artırırken diğerini azaltmak yalpa stabilitesi için gerekli olan tork dengesini koruyarak roll veya pitch eksenine tork uygulanmasını sağlar. Böylelikle, sabit pervaneler quadrotorların her eksene manevrasını sağlar. Öteleme ivmesi ise sıfır olmayan bir pitch veya roll açısıyla sağlanır.

2.2.İha Temel Parçaları

2.2.1.Gövde(Frame)

Gövde, rotorlar, batarya, kartlar ve kamera başta olmak üzere diğer tüm parçalarının bulunduğu yerdir. Drone anatomisini ve insan anatomisini karşılaştıracak olursak gövde, drone'umuzun iskeletidir. Malzeme olarak alüminyum, Karbon fiber, fiber glass, plastik, ahşap, 3d printer çıktısı gibi malzemeler kullanılabilir.

Şekillerine göre Drone Frame Çeşitleri;

- X Frame
- H Frame
- Stretched X Frame
- + Plus Frame
- V-Tail Frame

Genel olarak tercih edilen gövde tipleri H ve X tipi gövdelerdir.



Şekil 2.3. H ve X tipi gövde görselleri

H tipi gövdeler kullanıldığında;

Multikopterimizi oluşturan elementleri yerleştirmek açısından faydalıdır üzerinde oldukça alan bulunmaktadır. Üzerinde kayıt kamerası ve pil koymak için yeterli alan da bulunmaktadır. Çarpmalarda Uçuş Kontrol Kartı (FC), Güç Dağıtım Kartı (PDB) vb. içine yerleştirdiğimiz malzemeler daha korunaklı halde olurlar. Bunların yanı sıra, Rüzgâr ile temas yüzeyi fazla olduğundan, sürtünme katsayısı fazladır. Ağırlık merkezi'nin dengesini kurmak biraz daha zordur.

X tipi gövdeler kullanıldığında;

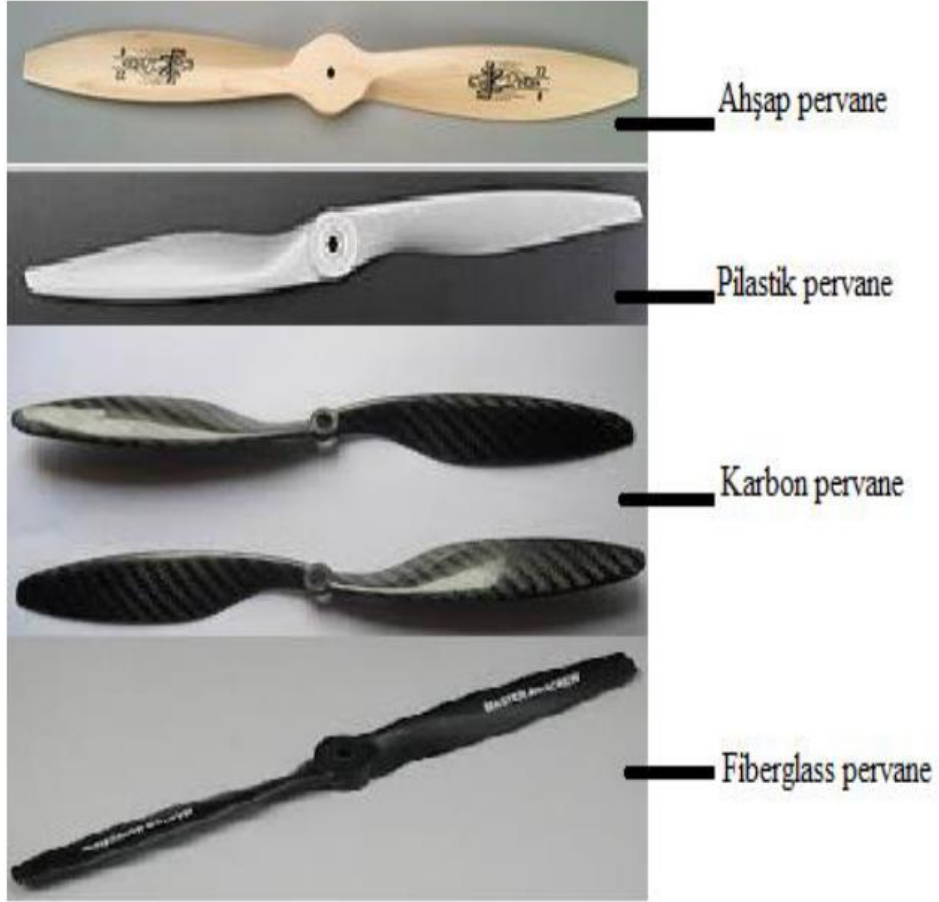
Ağırlık merkezi ortada olduğundan denge problemi yaşanmaz. Fiziki yapısı itibari ile çeviklik ve hız açısından olumlu etki oluşturur. Bu olumlu etkilerinin dışında Malzemelerin yerleşeceği alan çok dar ve küçüktür. Batarya ve kayıt kamerasına yer bulmak mesele haline gelebilir.

2.2.2.Pervaneler

Pervane, rotor veya kanat olarak da adlandırılan belirli şekillere, boylara ve materyallere sahiptir. Temel amacı drone 'un havalanmasını sağlamaktır. Ayrıca pervaneler kolayca zarar görebilen bir parça olduğundan dolayı parçalar arasında en önemlisidir.

Pervaneler motordan gelen döndürme gücü ile dönerken pervane kanadının altında ve üstünde oluşan basınç farkı dikey yönde kaldırma kuvveti oluşturur.

Pervaneler naylon, polycarbon, plastik, karbon, ahşap, fiber glass, karbon fiber ve metal gibi malzemelerden üretilebilir. Şekillerine göre 2 bıçaklı, 3 bıçaklı, 4 bıçaklı, 5 bıçaklı pervaneler olarak ayrılabilir. Dönüş yönleri bakımından saat yönünde (clockwise) ve saat yönünün tersinde (counter clockwise) olarak ayrıştırılırlar.

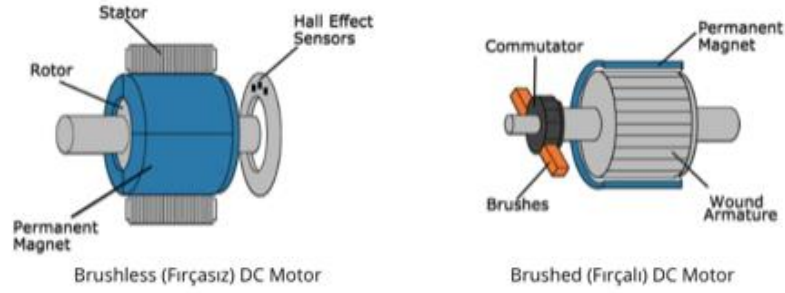


Şekil 2.4.Malzemelerine göre 2 bıçaklı pervane çeşitleri

2.2.3.Motorlar

Motor, pervanelerin dönmesinden ve uçuş için yeterli itişin sağlanmasından sorumludur. Pervanelerin kaldırma kuvveti üretmesini ve drone a havadayken üç genel hareket yetenekleri olan pitch, yaw ve roll uygulayabilmesini sağlayan en önemli parçadır. Temel kural, motor yüksek devirde çalışacaksa küçük boyutlu pervane (hız) , motor düşük devirde çalışacaksa büyük boyutlu pervane (tork) kuralıdır. Fırçalı motor ve fırçasız motor olmaz üzere iki tip elektrik motoru mevcuttur.

- Fırçalı Motorlar: Dönme hareketini sağlamak için elektrik akımının motor sargılarına bir fırça yardımıyla verildiği motor tipidir
- Fırçasız Motorlar: Özel sürücü devreleri (ESC) ile çalıştırılabilen, sürtünmenin minimum düzeyde olmasından dolayı verimli olan ve fırçalı motorlar gibi aşınan parça olmayan, bakım gerektirmeyen motor tipidir



Şekil 2.5. Fırçalı ve Fırçasız motor



Şekil 2.6. Örnek Bir Fırçasız Motor

2.2.4. ESC-Elektronik Hız Kontrol Kartı (Electronic Speed Control)

ESC çok fazla ilgi ve bakım gerektirmeyen bir parçadır. Amacı elektronik motorlarının hızını denetler. Her bir motor kendi ESC bağlantısına sahiptir. Özellikle bir motorda lokalize sorunlar olmak üzere güçle ilgili bir sorun meydana geldiğinde ilk olarak ESC elemanına bakmamız gerekmektedir. DC motorları çalıştırmak, devir ve yönünü kontrol etmek için kullandığımız sürücü devredir. Fırçalı motorlar ve fırçasız motorlar için fırçalı ve fırçasız ESC olarak 2'ye ayrılır.



Şekil 2.7. 35 Amper Değerinde ESC

2.2.5.Güç Dağıtım kartı(PDB)

Güç Dağıtım Kartı (PDB), adından da anlaşılacağı üzere drone'unuzun kritik bir parçasıdır. Gücün dağıtımını sağlar. Özellikle uçuş bataryasından gelen gücün her bir Elektronik Hız Denetleyicinize, drone kontrol kartı için dağıtımından sorumludur (bazı kurulumlarda PDB, aynı zamanda kamera, LED kuyruk ışıkları ve hatta uçuş denetleyicisi gibi diğer parçalara güç sağlanması için kullanılmaktadır).



Şekil 2.8. F18057/8 Drone Güç Dağıtım Panosu

2.2.6.Uçuş Denetleyicisi

Çeşitli kartlardan, sensörlerden ve alıcıdan gelen sinyali yorumlar ve ister hızın ve yönün ayarlanması ister kameranın aktifleştirilmesi gibi diğer operasyonlar olsun sinyalleri eyleme dönüştürür. İçerisinde ivmeölçer, altimetre, barometre gibi özel sensörler içeren ve drone 'un kumandadan verilen komutlara göre en stabil şekilde uçuşmasını sağlayan parçadır.



Şekil 2.9. CC3D Open Pilot Uçuş Kontrolcüsü

2.2.7.Batarya

Dronelara gerekli elektrik enerjisi sağlayan ve bütün donanımları besleyen temel güç kaynağıdır. Genellikle Li-Po (Lityum-İyon Polimer) piller tercih edilmektedir. Li-Po pilin daha gelişmiş bir versiyonudur ve aynı özellikleri taşımaktadır. Bu piller uygun kullanılmadığı zaman tehlikeli olabilirler ve ayrıca gerekli önlemler alınmazsa diğer pil türlerine göre ömürleri daha kısa olabilir. Li-Po piller hücrelerden oluşurlar. Bağlantı şekli olarak hücreleri seri (S) ve paralel (P) olarak bağlı olabilir.



Şekil 2.10. 6S 10.000 mAh 25 C Li-Po Pil

2.2.8. Kumanda ve Alıcı

Alıcı harici kaynaklardan (radyo vericisi) bilgi (sinyal) toplarlar ve bunları uçuş denetleyicisine aktarırlar. Tipik olarak, radyo sinyallerinin alınmasını mümkün kılan bir entegre anten kullanılır.

Kumanda mode-1 ve mode-2 olmak üzere 2 çeşit olarak satılmaktadır. Mode-1 kumandalarda sağ stick gaz kolu olurken, Mode-2 kumandalarda sol stick gaz kolu olmaktadır. Ama dronlarda genel olarak Mode-2 kumandalar tercih edilmektedir.



Şekil 2.11. Mode-1 ve Mode-2 Kumandaların Farkı

3.SİSTEM DONANIMLARI

3.1.1.Motor

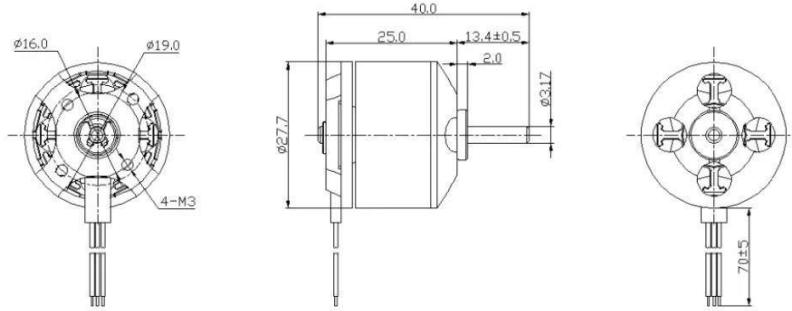


Şekil 3.1 A2212 1400KV Fırçasız Motor

Özellikler :

- Ölçüler: 27.8*27mm
- Şaft Kalınlığı: 3.17mm
- Çalışma Voltajı: 2-3 Li-xx Batarya Maks. : 12.6V
- Ağırlık: 65g
- KV:1400

MOTOR OUTLINE DRAWING



MOTOR PERFORMANCE DATA

MODEL	KV (rpm/V)	Voltage (V)	Prop	Load Current (A)	Pull (g)	Power (W)	Efficiency (g/W)	Lipo Cell	Weight (g) Approx
A2212	930	11.1	1060	9.8	660	109	6.1	2-4S	52
	1000		1047	15.6	885	173	5.1		
	1400		9050	19.0	910	210	4.3		
	1800		8060	20.8	805	231	3.5		
	2200		6030	21.5	732	239	3.1	2-3S	
	2450		6X3	25.2	815	280	2.9		

Şekil 3.2. A2212 1400KV Fırçasız Motor Teknik Resim Ve Performans Verileri

3.1.2.Batarya



Şekil 3.3. 11.1V Lipo Pil 3500mAh

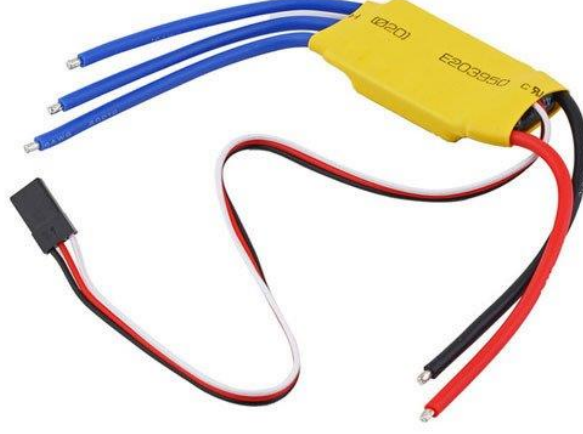
Özellikler:

- Hücre Sayısı: 3S
- Voltaj: 11.1V
- Akım Kapasitesi: 3500mA
- Ağırlık: 235gr
- Boyutları: 140 x 43 x 17 mm



Şekil 3.4. A3 Compact Lipo (2-3S) Şarj Aleti - Balancer

3.1.3. Elektronik Hız Kontrol Kartı (ESC)

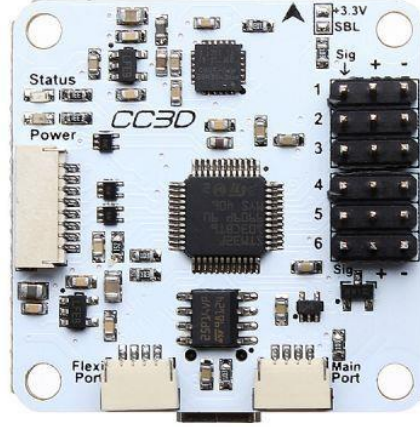


Şekil 3.5. 30A Esc Devresi - Fırçasız Motor ESC - XXD 30A

Özellikleri :

- Ağırlık: 22 gram
- Ölçüler: 45 x 24 x 11mm
- Üretici: Hobbywing
- Çalışma Voltajı: 5.6V - 16.8V (2-3 cells Li-Poly, OR 5-12 cells Ni-MH Ni-MH / Ni-Cd battery)
- BEC: 2A
- Akım: 30A (Max 40A 10sn ile kısıtlıdır.)

3.1.4. Uçuş Kontrol Kartı



Şekil 3.6. CC3D Multikopter Kontrol Kartı

Özellikleri :

- STM32 32-bit işlemci (90 MIPS hızında), 128 kB flash bellek, 20 kB RAM, 4 Mbit EEPROM
- 6 eksenli yüksek performanslı MEMS IMU sensör (MPU6000)
- Sürücü ihtiyacı olmadan doğrudan bağlantı yapılabilen mini USB B tipi bağlantı
- PWM (6 kanal), PPM, SBus, Spektrum/JR DSM2/DSMX satellite alıcı desteği
- I2C sensör bağlantısı veya UART telemetri destekli FlexiPort
- UART telemetri için MainPort
- Boyutlar: 36 x 36 mm, M3 montaj vida delikleri
- Ağırlık (koruyucu kutu hariç): 5.7 gr

3.1.5. Kumanda(Alıcı-Verici)



Şekil 3.7. Flysky FS-i6 2.4GHZ 6 Kanal Alıcı-Verici Kumanda (Entegre LCD Ekran)

Özellikleri:

- Kanallar: 6 Kanal
- Model Tipi: Planör / Helikopter / Uçak
- RF Aralığı: 2.40-2.48GHz / Bant Genişliği: 500KHz
- Bant: 142
- RF Güç: 20dBm
- 4ghz'den Az Sistem: AFHDS 2A ve AFHDS
- Kod Türü: GFSK
- Hassasiyet: 1024
- Düşük Voltaj Uyarısı: 4.2V'den az
- DSC Bağlantı Noktası: PS2; Çıkış: PPM
- Şarj Cihazı Bağlantı Noktası: Yok
- ANT uzunluğu: 26mm * 2 (çift anten)

- Ağırlık: 392g
- Güç: 6V 1.5AA * 4
- Görüntü modu: Transfleksif STN pozitif tip, 128 * 64 nokta matris / VA73 * 39mm, beyaz arka ışık.
- Boyut: 174x89x190mm
- Çevrimiçi güncelleme: Evet
- Sertifika: CE0678, FCC

3.1.6.Pervane



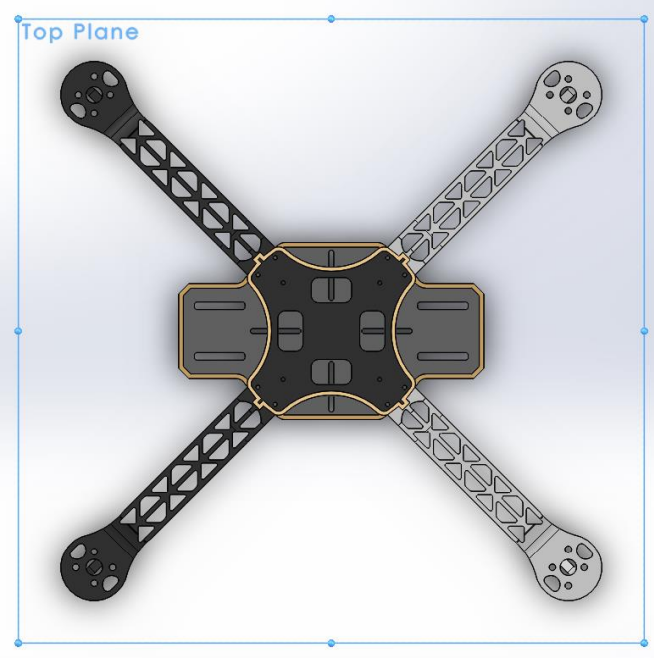
Şekil 3.8. 1045 Siyah Plastik CW/CCW Pervane Seti

Özellikleri:

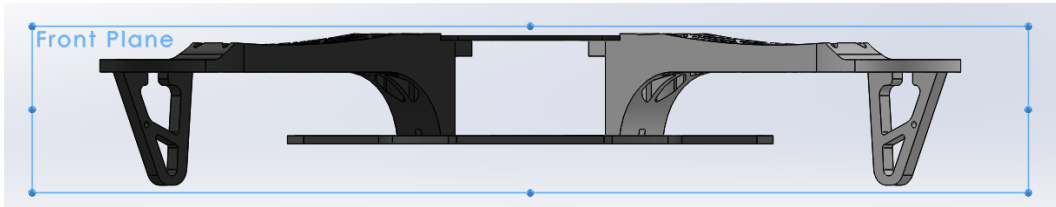
- Ebatları: 10x4.5 inç (25.4 x 11.43cm)
- Ağırlık: 10.5g / her biri
- Açıklık: 5mm
- Önerilen Motorlar: 980KV-1200KV-1400KV-1500KV
- Renk: Beyaz

3.1.7. Gövde

Gövde tercihimiz X gövde olmaktadır. Köşegen dingil mesafesi 450 mm olup gövde dayanıklı sert plastik malzemeden imal edilmektedir. Ürünün gzdesinde bulunan alüminyum tablalar motorların ESC'ler ile bağlantısını basitleştirmek ve kablo karmaşasından kurtulmak için PCB devreden oluşmaktadır.



şekil 3.9. Gövde stten görünüşü

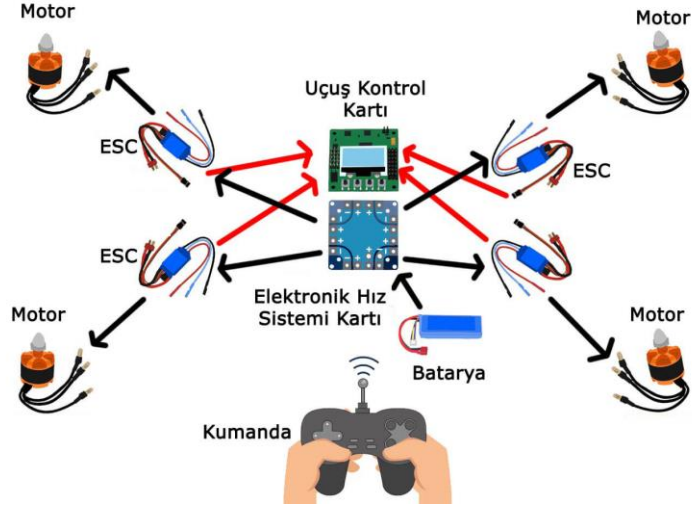


şekil 3.10. Gövde nden görünüşü



Şekil 3.11. *Gövde 3 boyutlu görünüşü*

4.YAPILAN İŞLEMLER



Şekil 4.1. Drone Yapım Şeması

4.1.Gövdeye Motorların Bağlanması

Gövdenin alüminyum plakaları ve sert plastik malzemeden oluşan kolları göz önüne alınarak ilk önce kollara motorların montajı yapılmıştır.



Şekil 4.2.Gövde iskelet parçaları



Şekil 4.3a. *Kollara motor montajı*



Şekil 4.3b. *Kollara motor montajı*

4.2.Motor ESC Bağlantısı

Gövdeye montajlanan motorların ESC bağlantıları yapıp kollara yerleştirilmiştir.



Şekil 4.4. Motorlara ESC'lerin Bağlanması



Şekil 4.5. ESC Bağlı Motorların Kollara Montajlanması

4.3.Kolların Gövde Alt Tablasıyla Montajı

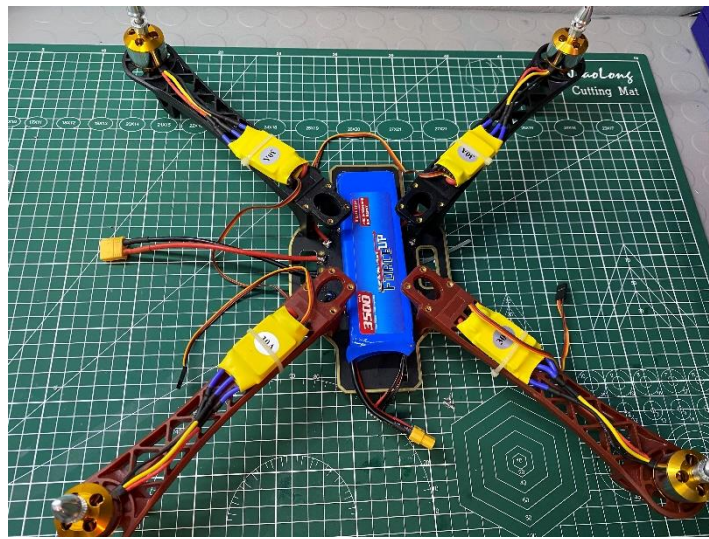
Motor ve ESC ile montajlanan kolların daha sonra gövde alt tablasıyla montajı gerçekleştirilmiştir.



şekil 4.6.Motor ve ESC Bağlı Kolların Alt Gövde ile Montajı

4.4.Batarya Bağlantısı

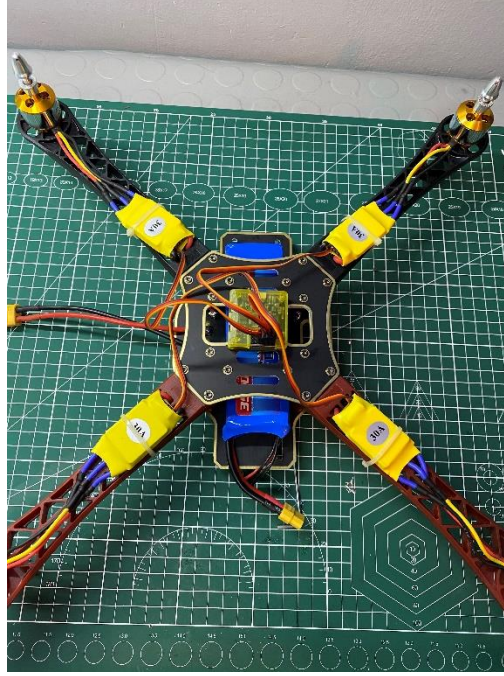
Kollar ile montajı yapılan alt tabla üzerine batarya bağlantıları yapılmıştır.



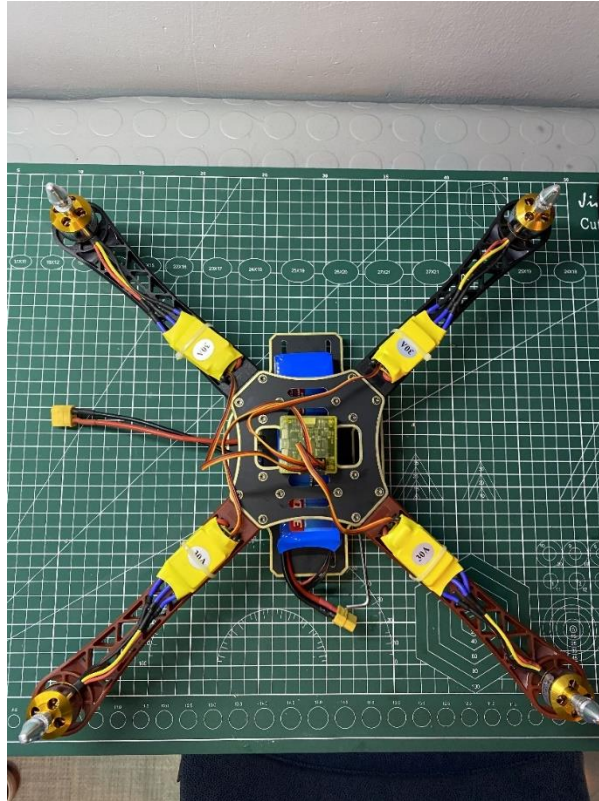
şekil 4.7.Alt Tablaya Batarya Bağlanması

4.5.Uçuş Kontrol Kartı Bağlantısı

Kollar, alt tabla ve batarya ile birleşen gövdenin üst tablasının montajı ve uçuş kontrol kartının bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 4.8a.Gövde ve Bütün Sistem Elemanlarının Montajlı Hali



Şekil 4.8b.Gövde Ve Bütün Sistem Elemanlarının Montajlı Hali

5.BULGULAR

Döner Kanatlı İHA'nın uçuşuna etki eden önemli faktörler hava durumu, rüzgar şiddeti, İHA kumanda ve batarya şarj seviyesi, İHA pervane montajında dönme yönleri, Kumanda pusula kalibrasyonudur. İHA montajı tamamlandığında ilk olarak kumanda pusula kalibrasyonları yapılmıştır. Daha sonra pervaneler takılıp yönleri ve sıklıkları çalıştırılarak kontrol edilmiştir. İHA sistem donanımları seçilirken, donanımların birbirine uyumuna, motor seçiminde motor gücünün sistem ağırlığını kaldırıp kaldıramayacağına ve ucuz maliyette yüksek verim alabileceğimiz sistem donanımları tercih edilmiştir. İHA'nın yerdeyken ve uçuş esnasında yön tayinini kolaylaştırmak amacıyla gövde kolları farklı renklerde tercih edilmiştir. İlk İHA kullanımımızda kumanda gaz kolu hassasiyeti tecrübesizliğimizden dolayı ani kalkış, salınım ve iniş esnaslarında sorunlar yaşanmıştır. Rüzgarlı havalarda uçuş esnasında kontrol zorluğu tecrübe edilmiştir.

Döner Kanatlı İHA sistem donanımları tercih edilirken dikkat edilen ucuz maliyet , yüksek performans etkenlerine göre ortaya çıkan maliyet tablomuz şöyledir ;

Tablo 5. Maliyet Tablosu

MALZEME ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT	TOPLAM FİYAT
A2212 1400KV Fırçasız Motor	4	₺ 68,26	₺273,05
11.1V Lipo Pil 3500mAh	1	₺ 304,56	₺304,56
30A Esc Devresi-ESC - XXD 30A	4	₺ 73,51	₺294,05
Uçuş Kontrol Kartı	1	₺ 175,38	₺175,38
FS-i6 2.4GHZ 6 Kanal Alıcı-Verici Kumanda	1	₺ 567,11	₺567,11
1045 Siyah Plastik CW/CCW Pervane Seti	4	₺ 6,68	₺26,72
Gövde Malzeme ve Üretimi	1	₺ 630,50	₺630,50
			₺2.271,37

6.TARTIŞMA

Günümüzde İHA'ların pek çok boyutta, performansta ve maliyette üretilmektedir. Multicopter sistemi birden fazla rotor ve pervane ile çalışan insansız hava araçlarının genel adıdır. Rotor ve pervane sayılarına göre: Bicopter, Tricopter, Quadcopter, Hexacopter, Octocopter farklı isimlerle adlandırılır. Bunların arasında diğerlerine göre kısmi kontrol kolaylığı sağlayan dört rotorlu quadcopter en popüler olanıdır. Diğer uçan platformlara göre geliştirilmeye daha açık olmalarından dolayı savunma ve bilişim sektörlerinde de rağbet görmektedir. Yerden kumanda edilebilmelerinden dolayı günümüzde “drone” ismiyle de kullanılmaktadırlar. Klasik helikopterlere göre daha avantajlı olan dört rotorlu quadcopterler genel olarak askeriyeden, hobiyeye, arama kurtarmadan, araştırmalara kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Tasarlamış olduğumuz quadcopter, 450 mm çapı ve ağırlığı ile İHA0 kategorisinde yer almaktadır. Gövde yapısı itibari ile kameralı veya çeşitli alternatif aparatlarla şekillenerek farklı amaçlar için kullanıma uygundur. Piyasada seri imalat olup minimal yapıları ile daha uygun dronelar bulmak mümkündür lakin gelişime açık bir drone olması ve çeşitlenebilir olması, üretmiş olduğumuz Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracını, hobi olarak ilgilenen kişiler için güzel bir alternatif olmaktadır.

7.SONUÇLAR

Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı 'Drone' adlı bu çalışmamızda literatüre faydalı bir kaynak oluşturmak ve çalışan bir model ortaya çıkarmak hedef alınmıştır. Modelimiz tüm test uçuşlarından başarıyla geçmiş, kullanım kolaylığı ve göstermiş olduğu performans bakımından örnek teşkil edecek sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Yapılan araştırma ve çalışmalar doğrultusunda geliştirilmeye açık, her geçen gün hızla büyüyen, drone çalışmalarının geniş kapsamlı bir alan olduğu gözlemlenmiştir. Haberleşme, bilgi ve iletişim açısından, basit bir quadcopter'den daha donanımlı bir quadcopter'e gereken malzeme ve aksesuarların neler olduğunu, hangi tip yazılım ve ara yüzlerin kullanıldığını, uçuş mod ve kullanım yönergeleri neler olduğu belirtilmiştir. Quadcopter'lerin uçuş alanlarının insanların emniyeti açısından belli kurallar çerçevesi altında olması, güvenlik ve alınması gereken gerekliliklerin neler olduğu paylaşılmıştır. Quadcopter için belge ve lisans sahibi olunması gerektiği anlatılmıştır.

Bu projenin amacı, döner kanat İHA platformlarının senaryo bazlı olarak göreve yönelik tasarım kabiliyetinin elde edilerek, uygulama gösterimi ile kabiliyetlerinin doğrulanmasının sağlanması ve bu çerçevede çeşitli alanlarda etkin kullanılabilirliğini ortaya koymaktır. Yapılan çalışmaların benzer araştırmalara örnek teşkil edeceği kesindir.

8.ÖNERİLER

Hava aracının tasarımının iyileştirilmesi, çok değişkenli ve karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu projede döner kanatlı İHA platformlarının itki sistemleri için gerçekleştirilen iyileştirmeler hedeflenmiştir.

Döner kanatlı İHA platformları ile ilgili tecrübenin arttırılmasıyla 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 kullanılabilceği, 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.

9.KAYNAKÇA

- [1] <https://www.gzt.com/jurnalist/bircok-alanda-kullanilan-ihalarin-turkiye-seruveni-2911729>
- [2] <http://trdergisi.com/ilk-insansiz-hava-sisteminin-ureticisi-baykar/>
- [3] A.Serkan AKGÜL Abdurrahman HACIOĞLU, İHA tasarımını etkileyen parametrelerin incelemesi
- [4] The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra- Light UAV Imagery. *Photogrammetric Week '11, Dieter Fritsch (Ed.)*, Wichmann, 289-294.
- [5] Turner D., Lucieer A., Watson C., (2012). An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. *Remote Sensing*, 14 May 2012, 4, 1392-1410.
- [6] Chiang K., Tsai M., Chu C., (2012). The Development of an UAV Borne Direct Georeferenced Photogrammetric Platform for Ground Control Point Free Applications. *Sensors*, 4 July 2012, 12, 9161-9180.
- [7] https://dergipark.org.tr/tr/pub/muhendismakina/issue/48796/620794#article_cite
- [8] <http://ae.metu.edu.tr/~yyaman/Publications/National/41.pdf>
- [9] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı
- [10] Muzaffer KAHVECİ, Nazlı CAN(2017).İnsansız Hava Araçları:Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu
- [11] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/891101>

10.EKLER

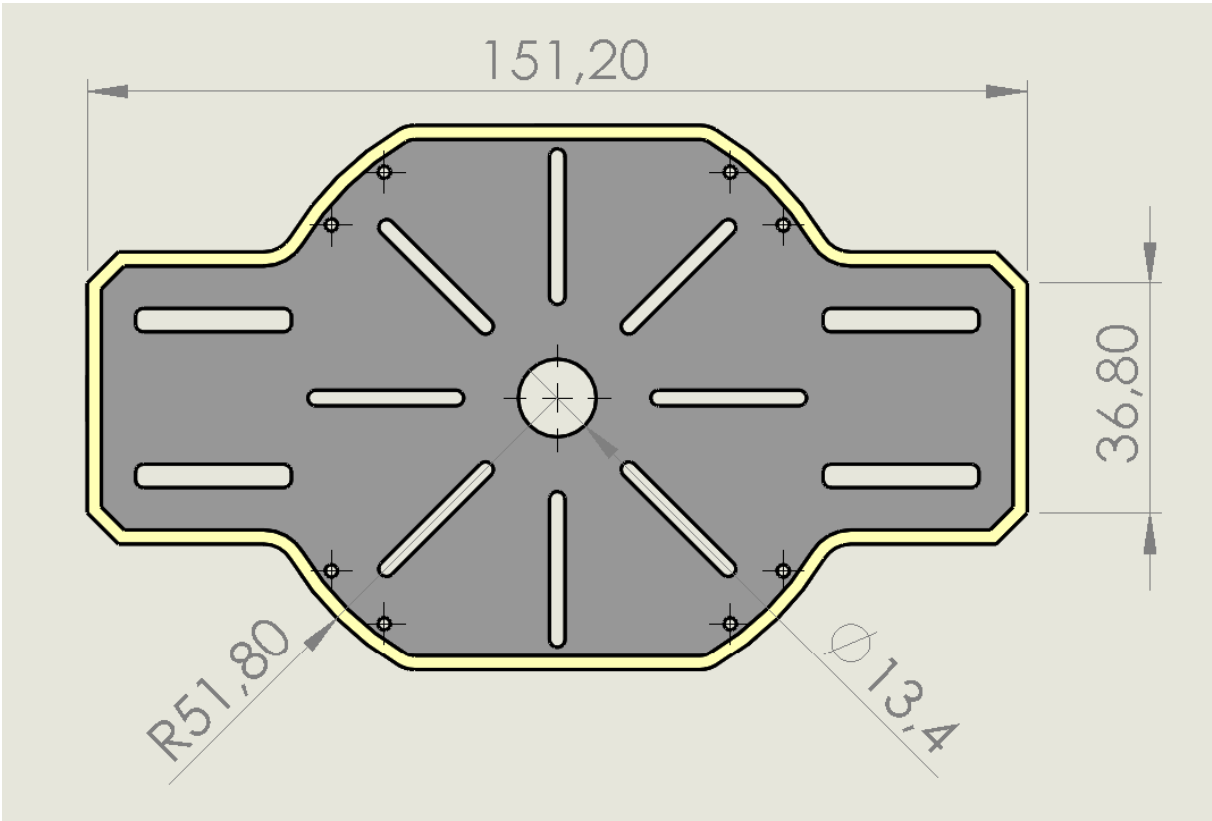
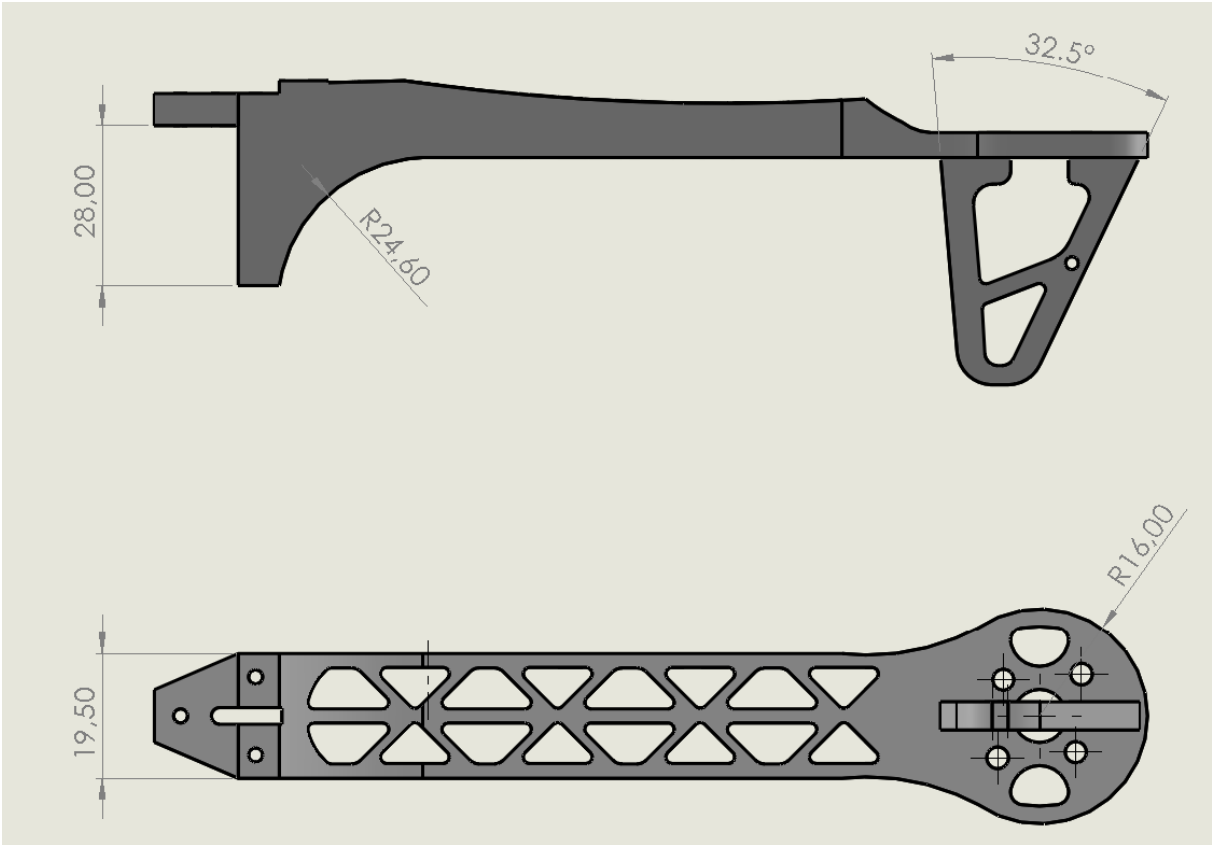
EK-1

EK-2

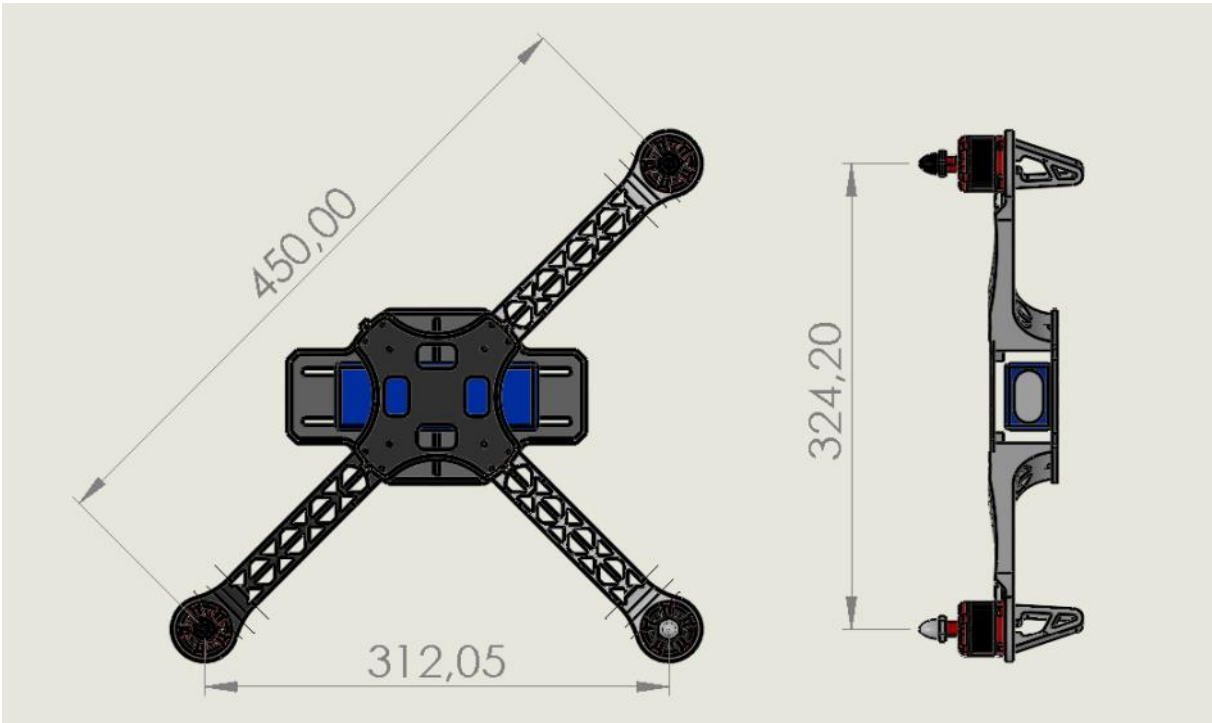
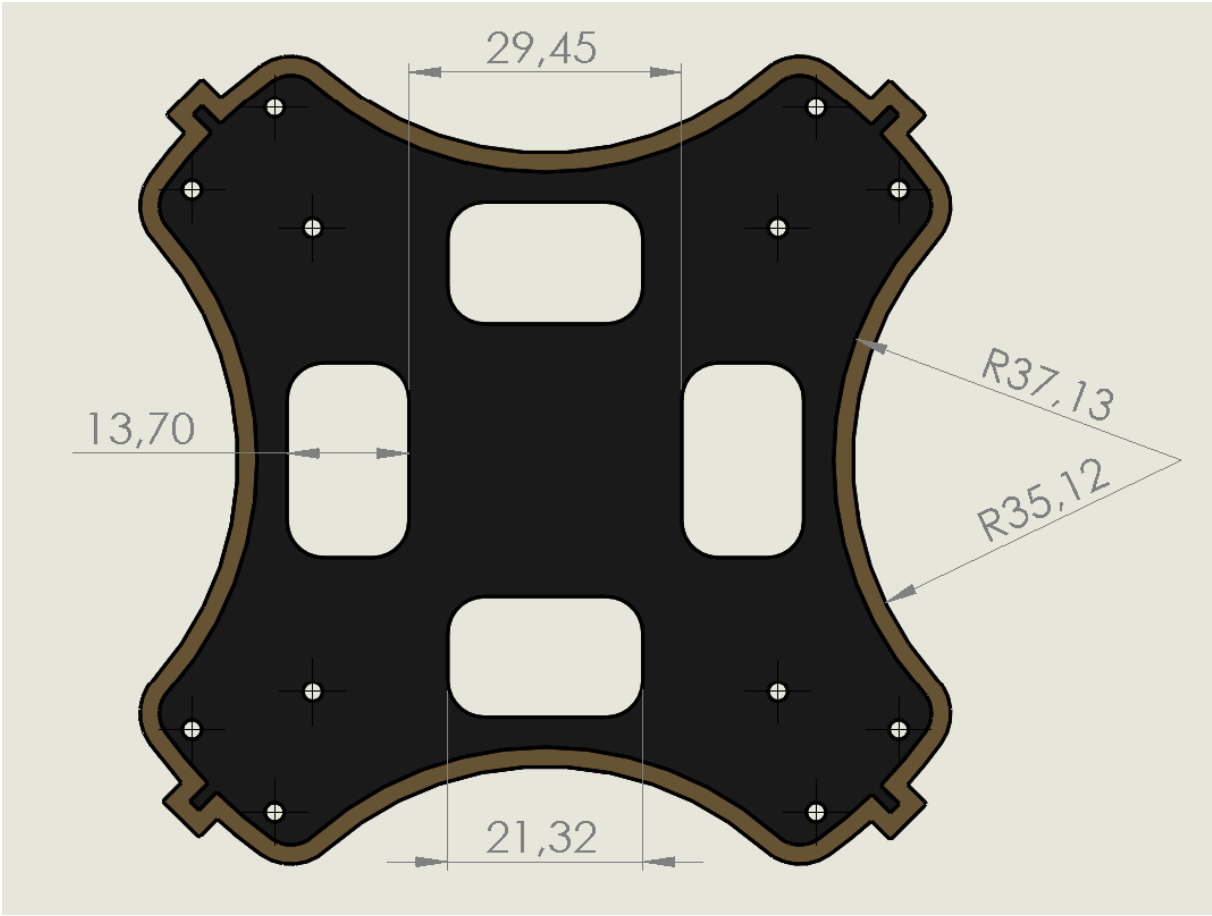
EK-3

Gövde tasarımının teknik resimleri eklerde verilmiştir.

EK-1



EK-2



EK-3

