

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

**HAVA KALİTESİ ÖLÇEN QUADCOPTER PROJESİ**

**BİTİRME PROJESİ**

**Pünhan SAHİBLİ**

**Adil GÜNEŞ**

**Abdullah ERDOĞAN**

**Ahmet TAKAR**

**HAZİRAN 2021**

**TRABZON**

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

**HAVA KALİTESİ ÖLÇEN QUADCOPTER PROJESİ**

**Pünhan SAHİBLİ**

**Adil GÜNEŞ**

**Abdullah ERDOĞAN**

**Ahmet TAKAR**

**Jüri Üyeleri**

**Danışman .....: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU**

**Üye.....:**

**Üye.....:**

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

**HAZİRAN 2021**

**TRABZON**

## ÖNSÖZ

Ülkemizin içinde bulunduğu salgın hastalık sürecinde, kısıtlı çalışmalar kapsamında bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar her aşamada çalışmalarımızı yönlendiren ve destekleyen Sayın Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU hocamıza teşekkür ederiz.

Bu çalışmaya destek olan hayatımız boyunca bize her türlü desteği sağlayan ailelerimize çok teşekkür ederiz.

TRABZON, Haziran 2021

Pünhan SAHİBLİ

Adil GÜNEŞ

Ahmet TAKAR

Abdullah ERDOĞAN

## ÖZET

### HAVA KALİTESİ ÖLÇEN QUADCOPTER PROJESİ

Günümüzde pek çok şirket veya kurum çevreye verilen zararın minimize edilmesi anlamında çeşitli çalışmalar yapmakta ülkeler bu anlamda yasa tasarıları geliştirmektedir. Küresel ısınmanın artması sonucu bu şirket ve kurumların sayısı ve yapılan araştırmaların kapsamı gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak çeşitli ölçüm aygıtları, geri dönüşüm, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme örnek gösterilebilir. Söz konusu bitirme projesinde ölçüm için tasarlanan bir drone üzerine entegre edilen belirli sensörler yardımıyla nem, hava kalitesi ve sıcaklık ölçümü gerçekleştirilerek ölçülen bu değerlerin anlık olarak bilgisayara aktarılması yapılmıştır. Sensörlerin doğru biçimde ölçüm yapabilmesine bağlı olarak drone tasarımı şekillenmiş olup, drone pervanelerinin oluşturacağı hava akımının sensörlerin ölçümünü etkilememesi için çalışmalar yapılmıştır. Sensörlere etkiyen hava akımının ölçümdeki hata oranını minimize etmek adına tasarım yapılmış ve sensörlerin ve diğer aksamın yeri belirlenmiştir. Sensörler yardımıyla ölçülen değerler hızlı ve doğru bir biçimde bilgisayara aktarılması için çalışmalar yapılmış ve ölçüm sonuçları gerçek değerlerle karşılaştırılıp ölçümdeki hata oranı incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Drone, Quadcopter, Ölçüm, Hava kalitesi, Veri aktarımı

## **SUMMARY**

### **AIR QUALITY MEASURED QUADCOPTER PROJECT**

Today, many companies or institutions are working on minimizing the damage to the environment, and countries are developing draft laws in this sense. As a result of the increase in global warming, the number of these companies and institutions and the scope of the researches are increasing day by day. Various measuring devices, recycling and turning to renewable energy sources can be given as examples to these studies. In the said graduation project, humidity, air quality and temperature measurements were carried out with the help of certain sensors integrated on a drone designed for measurement, and these measured values were instantly transferred to the computer. The drone design has been shaped depending on the correct measurement of the sensors, and studies have been carried out so that the airflow created by the drone propellers does not affect the measurement of the sensors. In order to minimize the measurement error rate of the air flow affecting the sensors, a design has been made and the location of the sensors and other components has been determined. Studies were carried out to transfer the measured values to the computer quickly and accurately with the help of sensors, and the measurement results were compared with the actual values and the error rate in the measurement was examined.

**Keywords:** Drone, Quadcopter, Measurement, Air quality, Data transfer

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
ÖZET.....	IV
SUMMARY .....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ .....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	2
1.1.1. Hava Kalitesi .....	2
1.1.2. Hava Kalitesi Ölçüm Esasları .....	4
1.1.3. Hava Kirletici Gazlar .....	4
1.2. Amaç ve Kapsam.....	5
1.3. Literatür Taraması .....	6
1.4. Drone (Multicopter) .....	7
1.5. Quadcopter .....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	23
2.1. Tasarımda Kullanılan Malzeme ve Özellikleri .....	24
2.2. Hesaplamalar .....	37
2.2.1. Quadcopterin Ağırlığı .....	37
2.2.2. İtici Kuvvetleri .....	37
2.2.3. Direnç Kuvveti .....	38
2.2.4. Quadcopter'in Kalkış Anındaki Kuvvet Analizi .....	38
2.2.5. Quadcopter'in Hareket Halinde Kuvvet Analizi .....	40
2.2.6. Pervane Güç Hesabı .....	41
2.2.7. Bitirme Projesi Kapsamındaki Teorik Hesaplamalar.....	44
2.3. Montaj .....	48
2.3.1. 3B Yazıcıdan Basılan Parçalar .....	48

2.3.2. Gövde Montajı.....	48
2.3.3. Sensörlerin Sisteme Entegrasyonu.....	50
2.3.4. Kumanda Kalibrasyonu.....	53
3. BULGULAR.....	55
4. TARTIŞMA .....	56
5. SONUÇLAR.....	57
6. ÖNERİLER.....	58
7. KAYNAKÇA.....	59
8. EKLER.....	61
ÖZGEÇMİŞLER .....	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. 1 Hava Kirliliğini Meydana Getirdiği Olaylar .....	3
Şekil 1. 2 Dört Motora Sahip Drone .....	8
Şekil 1. 3 Oehmichen No.2 1922 .....	9
Şekil 1. 4 “Uçan Ahtapot” George De Bothezat tarafından tasarlanan bir quadrotor	10
Şekil 1. 5 Convertawings Model A Quadrotor (1956).....	10
Şekil 1. 6 Motor Sayısına Göre Multicopter Çeşitleri.....	12
Şekil 1. 7 X, + (plus) tipi Quadcopterler .....	13
Şekil 1. 8 Quadcopter Şase.....	14
Şekil 1. 9 Kontrol Kartı.....	15
Şekil 1. 10 ESC (20A).....	16
Şekil 1. 11 1400kv veya 205W güç üreten bir motor.....	16
Şekil 1. 12 Kanat sayılarına göre pervaneler.....	17
Şekil 1. 13 Kumanda Modları .....	18
Şekil 1. 14 Quadcopter Kuvvetler ve Hareket Açılımları .....	19
Şekil 1. 15 Quadcopterin havalanma ve iniş harete için rotorların dönme yönleri ....	20
Şekil 1. 16 Quadcopterin yalpalanma hareketi.....	21
Şekil 1. 17 Quadcopter yunuslama hareketi (saat yönünde ve saat yönünün tersine) 21	21
Şekil 1. 18 Quadcopter yönelme hareketi (saat yönünde ve saat yönünün tersine) ...	22
Şekil 2. 1 Racerstar BR2212 Brushless Motor.....	26
Şekil 2. 2 Racerstar BR2212 Teknik Resim.....	26
Şekil 2. 3 1045 Pervane .....	27
Şekil 2.4 11.1 V 3S Lipo Batarya 6000 mAh 30C.....	28
Şekil 2. 5 Mamba F405 Kontrol Kartı.....	29
Şekil 2.6 Mamba F40HV ESC .....	29
Şekil 2.7 FlySky i6x Kumanda .....	30
Şekil 2.8 FS-i6B Alıcı .....	30
Şekil 2.9 Fuav TS5823 Kablosuz Video Verici .....	31
Şekil 2.10 MQ-135 Hava Kalite Sensörü.....	32
Şekil 2.11 NRF24L01 Haberleşme Modülü.....	33
Şekil 2.12 Quadcopter’in kalkış esnasındaki serbest cisim diyagramı .....	38



Şekil 2.13 Quadcopter'in sabit $\alpha$ açısıyla hareketi sırasındaki serbest cisim diyagramı .....	40
Şekil 2.14 Örnek bir helikopterin uçuş esnasında oluşan kuvvetler ve basınç noktaları .....	41
Şekil 2.15 3D Yazıcıdan Basılan Parçalar .....	48
Şekil 2.16 Kontrol Kartı Şeması .....	49
Şekil 2.17 Elektronik Aksamın Gövdeye Monte Edilmiş Hali .....	49
Şekil 2.18 Elektronik Aksamın Detaylı Görünümü .....	50
Şekil 2.19 Sistem Devre Şeması .....	51
Şekil 2.20 Arduino Nano, Sensörler ve Haberleşme Modülünün Birleştirilmiş Hali .....	51
Şekil 2.21 İkinci Arduino Nano ve Veri Aktarımı .....	52
Şekil 2.22 Arduino IDE Ara yüzü ve Ölçülen Bazı Değerler .....	52
Şekil 2.23 Sensör Kutusunun Görünüşü .....	53
Şekil 2.24 Motor Kalibrasyonu .....	54
Şekil 2.25 Sistemin Perspektif Görünümü .....	54

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 2.1 Haftalık Çalışma Tablosu .....	23
Tablo 2. 2 Kullanılan Malzemeler Tablosu.....	24
Tablo 2. 3 Racerstar BR2212 Brushless Motor İtme Testi Verileri.....	27
Tablo 2.4 Maliyet Hesap Tablosu .....	36

## SEMBOLLER DİZİNİ

$x, y, z$	Koordinat eksenleri
$F$	Kuvvet [N]
$F_{1,2,3,4}$	1, 2, 3 ve 4 no' lu motorlarının itme kuvvetleri [N]
$F_{itme}$	Toplam itme kuvveti [N]
$F_{itme,kalkış}$	Kalkış esnasındaki itme kuvveti [N]
$m$	Kütle [kg]
$g$	Yer çekimi ivmesi [m/s <sup>2</sup> ]
$F_g$	Yer çekimi kuvveti [N]
$\ddot{x}$	Quadcopter'in +x yönündeki ivmesi [m/s <sup>2</sup> ]
$\ddot{y}$	Quadcopter'in +y yönündeki ivmesi [m/s <sup>2</sup> ]
$\ddot{z}$	Quadcopter'in +z yönündeki ivmesi [m/s <sup>2</sup> ]
$C$	Sabit
$F_d$	Direnç kuvveti [N]
$\rho$	Yoğunluk [kg/m <sup>3</sup> ]
$V$	Quadcopter'in hızı [m/s]
$C_D$	Hava direnç katsayısı
$S_w$	Quadcopter'in seyir yönüne dik alanı [m <sup>2</sup> ]
$\alpha$	Quadcopter'in yerle yaptığı açı [°]
$S$	Emniyet katsayısı
$W$	Ağırlık [N]
$\dot{W}$	Güç [W]
$\eta_h$	Hidrolik verim
$\eta_m$	Mekanik verim

## 1. GENEL BİLGİLER

Hava kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerinde miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır. Bu yabancı maddeler sanayiler, motorlu taşıtlar, ısınma ve benzeri kaynaklı olarak havaya salınır. Havaya salınan bu gazlar çeşitli ekolojik ve biyolojik sorunların başlıca sebebidir. Örnek olarak asit yağmurları, okyanusların asitlenmesi, küresel ısınma ve çeşitli solunum yolu hastalıkları gösterilebilir. Asit yağmuru, asidik kimyasalların yağmur, kar, sis, çiy veya kuru parçacıklar halinde yeryüzüne düşmesine verilen isimdir. Atmosfere yayılan  $SO_2$ ,  $NO_2$  ve  $CO_2$  gazlarının kimyasal dönüşümlerden geçtikten sonra bulutlardaki su damlacıkları tarafından emilmesi ile oluşur. Daha sonra bu damlacıklar yeryüzüne yağmur, kar gibi yollarla düşerler. Bu toprağın asitlik miktarını artırır ve tatlı su kaynaklarının kimyasal dengesini bozar. Küresel iklim değişikliği insani fosil yakıtlar tüketimi, endüstriyel ve tarımsal gibi faaliyetlerinin sonucu olarak atmosferdeki miktarı ve yoğunluğu artan sera gazlarının neden olduğu iklim değişiklikleridir. Bu iklim değişiklikleri kuraklık, çölleşme, yağışlardaki dengesizlik ve sapmalar, su baskınları, tayfun, fırtına, hortum vb. meteorolojik olaylarda artışlar gibi belirtilerle kendini gösterir. Kirli hava, insanlarda solunum yolu hastalıklarının artmasına sebep olmaktadır. Örneğin; kurşunun kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engellediği, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkilediği, karbon monoksit (CO)' in ise, kandaki hemoglobin (alyuvar) ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte kükürt dioksit ( $SO_2$ )' in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca kükürt dioksit ve ozon bitkiler için zararlı olup; özellikle ozon, ürün kayıplarına sebep olmakta ve ormanlara zarar vermektedir [1].

Teknolojik ve yazılımsal gelişmeler insan hayatını kolaylaştıran birçok ürünün yaygın bir biçimde kullanılmasına da sebep olmuştur. Drone (Multicopter)'lar buna örnek olarak verilebilir. Asıl olarak çekim yapmak amacı ile tasarlanan Drone' lar günümüzde birçok dalda kullanılmaktadır ve kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Askeri, sağlık ve ilk yardım, trafik, kontrol ve gözetleme, kargo, pazarlama, yarış, hobi drone'ların kullanım alanları olarak sıralanabilir. Son zamanlarda yangın söndüren drone'ların bile tasarlandığı bilinmektedir. Drone tasarımları kullanım alanlarına uygun biçimde

değişmekte, yeni özellik kombinasyonları katılmakta ve drone'lar günümüz hayatında da sıkça görebileceğimiz bir ürün olmaya devam etmektedir.

## **1.1. Giriş**

### **1.1.1. Hava Kalitesi**

Hava, insan ve canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. Haliyle insan yaşamının sürdürülebilmesi için havaya ihtiyaç duyulmaktadır. Hava da tıpkı su ve toprak gibi kirlenebilen bir ortamdır. Havada yaklaşık olarak;

- Azot %78,
- Oksijen %21,
- Karbondioksit ve asal gazlar %1 oranlarında bulunur.

Günümüzde ulaşım, ısınma ve aydınlanma için gerekli enerji ve her geçen gün artıp çeşitlenen tüketim gereksinmemizi karşılamaya yönelik toplu üretimin artıkları, havayı yoğun gaz ve toz kalıntılarıyla doldurmakta ve havayı kirletmektedir. Hava kirliliği, hava içerisindeki hava kirleticilerinin oranının hava kalitesine zarar verecek biçimde fazla olmasıdır. Hava kalitesi, insan ve çevre üzerine etki eden hava kirliliğinin bir göstergesidir. Çevre havasında hava kirleticilerin miktarının artması, hava kalitesini azaltmaktadır. Yaşadığımız ortamdaki hava kalitesi ne kadar yüksekse, hayat kalitemiz de o kadar yüksek olmaktadır.

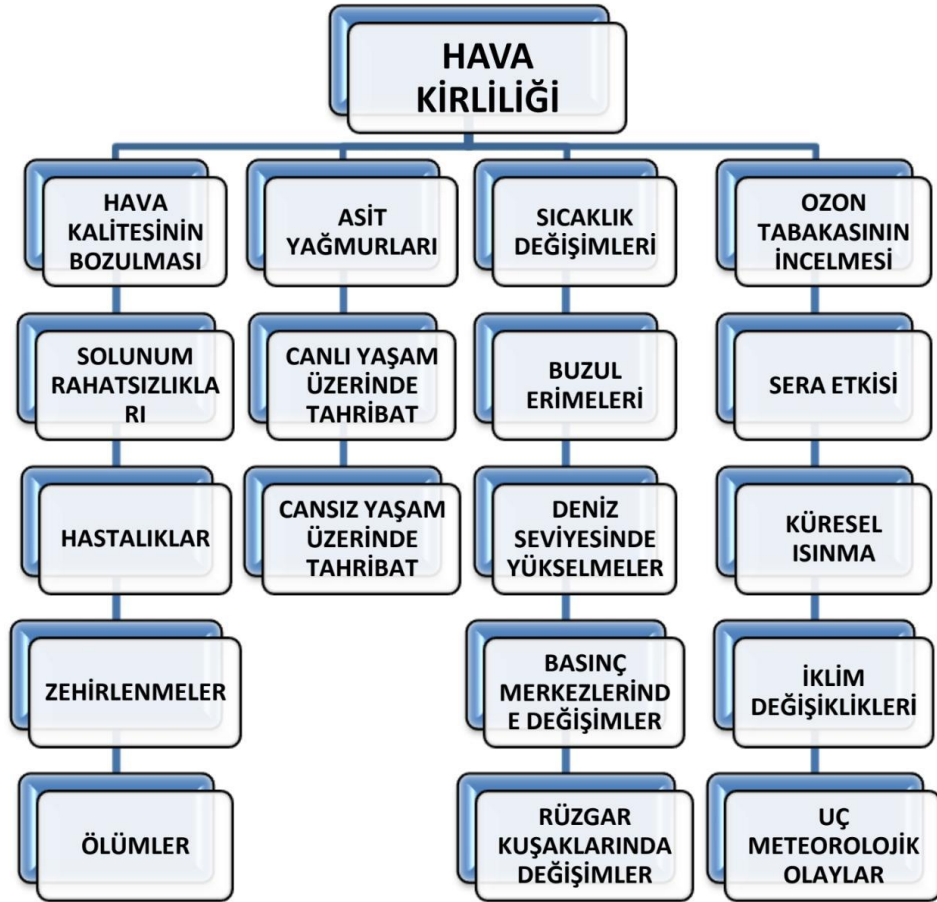
Havada bulunan gazları 3 grupta toplayabiliriz;

1. Havada devamlı bulunan ve çoğunlukla miktarları değişmeyen gazlar (azot, oksijen ve diğer asal gazlar)
2. Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (karbondioksit, su buharı, ozon)
3. Havada her zaman bulunmayan gazlar (kirleticiler)

Havanın doğal bileşimini bozan bütün maddeler kirletici olarak tanımlanmaktadır. Kirletici maddeler gaz halinin dışında da bulunabilir. Gaz hali dışında bulunan kirleticiler

havada aerosol halinde olup bazıları sis, mist, duman gibi özel adlandırılır. Çeşitli hava kirlenmeler şu şekildedir;

- Kükürt oksitler
- Azot oksitler
- Karbon monoksit
- Organik maddeler
- Hidrokarbonlar
- Askıda partikül maddeler (tozlar ve aerosoller)



Şekil 1. 1 Hava Kirliliğini Meydana Getirdiği Olaylar

### 1.1.2. Hava Kalitesi Ölçüm Esasları

Hava kalitesi düzenli olarak ölçüldüğü takdirde, o bölgedeki kirliliğin ne düzeyde olduğu belirlenebilmekte, temiz hava planları çıkarılmakta, hava kirliliği haritaları oluşturulmakta ve dağılım modellemeleri yapılmaktadır. Bu bağlamda oluşturulan hava kalitesi ölçümleri doğrultusunda, elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, hava kalitesinin iyileştirilmesi yönünde çözüm önerileri ve standartlar daha sağlıklı, gerçekçi ve kolay şekilde oluşturulabilmektedir. Bir bölgenin hava kalitesi tespit edilirken; özellikle halkın, bitkilerin, ağaçların, hayvanların, taşıtların, yapıların ve malzemelerin hava kirlenmesine maruz kaldığı yerler seçilmelidir. Ölçüm noktalarından elde edilen veriler, o bölgenin hava kalitesi seviyesini ve standardını sağlıklı olarak temsil edebilmelidir. Hava kalitesi ölçüm ağı hava kalitesini izleme ve halkın bilgilendirilmesine katkıda bulunmalıdır. Kirletici seviyesi sınır değerlerini aştığında gerekli acil eylem planı devreye sokulmalıdır. Kirletici konsantrasyonlarının bölgeyi temsil edici olabilmesi için hava kirliliği ölçüm cihazları girişleri; ev, apartman, sanayi ve taşıtların bacalardan çıkan emisyonların ve türbülans, vorteks, bastırma (down wash) gibi etkenlerden direkt etkilenmemesi için mümkün olduğu kadar yapılardan ve ağaçlardan etkilenmeyen yerlerde, mümkünse park bahçelerde, eğitim alanlarında veya hastane bahçelerinde, trafik yoğunluğunun çok az veya hiç olmadığı yerlerde, spor alanları, şehir meydanları ve regresyon alanlarında olması gerekir. Hava kalitesi ölçüm cihazlarının numune alma girişleri, yüksek yapılarla çevrili (bina, ağaç, duvar ve işyeri vb. gibi) hava hareketini kesen, durgun hava oluşumunu sağlayan yerlerden uzak olmalıdır [2].

### 1.1.3. Hava Kirletici Gazlar

#### Azot oksitler (NO<sub>x</sub>)

Azot dioksit özellikle, yüksek sıcaklıkta yanma reaksiyonları sonucu açığa çıkar. Şehirlerin üzerinde ince kahverengi bir sis kubbesi veya rüzgâr yönünde bir duman sütunu gibi görülebilir. Azot dioksit, NO<sub>2</sub> formülüne sahip kimyasal bir bileşiktir. Birçok nitrojen oksitten biridir. Bu kırmızımsı kahverengi, zehirli gazın keskin ve yakıcı karakteristik bir kokusu vardır. NO<sub>2</sub> en önemli hava kirleticilerden birisidir [3].

### **Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)**

Günümüzde fosil yakıtların yüksek oranda tüketilmesinden dolayı atmosfere yayılan karbondioksit miktarı artmaktadır. Karbondioksit oranı artması sera etkisi yaparak yerkürenin daha fazla ısınmasına sebep olur. Bu durum iklim değişiklikleri, kuraklık, buzulların erimesi, gibi dünyamıza büyük zarar verecek olaylara sebep olmaktadır. Havadaki artan karbondioksit oranı yaşam kalitesini düşürmektedir [3].

### **Karbonmonoksit (CO)**

CO, havanın ortalama mol ağırlığına yakın mol ağırlığında bir gaz olup, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de renksiz ve kokusuz olması sebebiyle varlığı fark edilmeyen zehirli bir kirleticidir. Kandaki hemoglobin'e bağlanarak molekülün oksijen taşıma kapasitesini etkilediğinden, CO yüksek dozlarda alındığında zehirleyici etki gösterirken, düşük dozlarda ise doku hasarına karşı koruyucu etki göstermektedir [3].

### **Amonyak (NH<sub>3</sub>)**

Tarımsal prosesler sonucu yayımı yapılır. Normal olarak, karakteristik keskin kokusuyla bilinen bir gazdır. Amonyak, gıda maddeleri ve gübreler açısından bir prekürsör olarak, karada yaşayan organizmaların besin ihtiyaçlarına önemli katkıda bulunur. Ayrıca Amonyak hem doğrudan hem de dolaylı olarak birçok ilacın sentezinde yapı bloğudur. Geniş kullanımına rağmen amonyak hem kostiktir hem de tehlikelidir [3].

## **1.2. Amaç ve Kapsam**

Yapılmış projede herhangi bir bölgedeki hava kirliliği ve bunun bir ölçüsü olan hava kalitesi hakkında çıkarımlarda bulunarak ölçüm alınan bölgelerdeki hava kalitesinin belirli şartlarda belirlenmesine katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Bunun için piyasada bulunun eldesi ve sistem etegresi kolay ölçüm ile alakalı sensörler tercih edilmiştir. Bu sensörler bir drone üzerine monte edilerek haberleşme modülleri kullanılarak havanın herhangi bir yerinde hava kalite bilgilerini yer istasyonuna aktarılması sağlanmıştır. Projenin amacı aşağıda sıralanan koşullar kapsamında gerçekleştirilmiştir. Quadcopter çerçeve ve ağırlığının uygun şekilde dağılımı, hareket için motorların senkron bir şekilde çalıştırılması, drone hareket ve kalibrasyon kolaylığı gibi sebeplerden dört motorlu ve haliyle dört pervaneli bir quadcopter tasarlanmıştır.



Doğru ölçüm yapabilmek adına quadcopter, daha hafif bir çerçeve seçilmiş olup quadcopterin havada kalma süresi mümkün mertebe arttırılmıştır. Sensörlerin hava akımından etkilenmemesi için Quadcopter motorları sensörlerden mümkün mertebe uzaklaştırılmış ve sensörlerin üzeri uygun biçimde kapatılmıştır. Yüksek akım ve yüksek kapasite ihtiyacını en yüksek verimde ve en hafif şekilde karşılayabilecek besleme kaynağı olarak Li-Po (Lityum-Polimer) batarya kullanılmıştır. Quadcopteri doğru bir biçimde hareket ettirebilmek için alıcı ile uyumlu radyo frekansında kumanda kullanılmıştır. Sağlıklı bir uçuşun gerçekleşmesi için minimum 6 kanallı bir kumanda seçilmiştir. Ölçümlerde doğru sonuç alınması adına sensörler aktif edildikten sonra sensörler rejim durumuna gelene kadar belirli bir süre beklenilmiştir.

### 1.3. Literatür Taraması

Teknolojinin gelişmesi ile havacılık sektöründe meydana gelen büyüme, havacılık alanında üretim sektöründe de birçok olumlu gelişmenin yaşanmasına sebep olmuştur. Ülkelerin askeri düzeyde hava savunmasına verdikleri önem ile birlikte çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere “İnsansız Hava Araçları (İHA)” ortaya çıkmıştır. Ülkelerin bu alanda yaptıkları yatırımlar ve bu tür hava araçlarının sivil havacılık faaliyetlerinde de kullanılmaya başlaması ile, insansız hava araçları ekonomik göstergeler üzerinde etki göstermeye başlamış ve kendi sektörünü yaratmıştır. [4]

Özlu, HIZIR’ın Türkiye’de sağlık alanında ilk yerli insansız hava aracı olduğunu ifade ederek şöyle devam etti: “HIZIR ile birlikte; etkin ve ileri teknoloji sistemi ülkemize kazandırılması planlanmıştır. HIZIR sağlık aracı; multi fonksiyonel kullanım amacıyla başta terör bölgelerinde çatışmalarda kanamalı askeri personelin hayatta tutulması, sağlık alanındaki kan ürünlerinin taşınmasında, KBRN olaylarına müdahalede, arama kurtarma görüntülemesinde, acil afetler ve toplumsal olaylara müdahalede, diğer transport ve medikal nakliye işlemlerinde, acil kalp elektroşoku ve diğer tıbbi cihaz nakli sağlayacaktır. Bunların dışında organ nakli, ilaç, serum, panzehir gibi diğer tıbbi malzemelerin de taşınması da planlanmaktadır.” [5]

A. Dilbaz tarafından gerçekleştirilen çalışmada kullanılan quadrotor tip İHA ile kalkış ve iniş yaparken, aşırı büyüklükte rüzgâr olmadığı müddetçe çok fazla bir sorunla karşılaşmamıştır. Quadrotor’un çerçeve tipi olarak alışılmışın dışında yani 28 cm x 22 cm ebatlarında dikdörtgen tip bir seçim yapılmıştır. Bu seçimin başarısız ve uyumsuz

olabileceği üzerine pek çok görüş ortaya atılmasına rağmen yapılan denemeler sonucunda bu çerçeve tipinin sorun çıkarmadığı ve hatta hızlı ilerleme gerektiren durumlarda bile gayet başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca manuel uçuş denemeleri sırasında iniş yapılırken ciddi bir kaza yaşanmamıştır. Rüzgâr şiddetinin aniden artmasına bağlı olarak istenmeden gerçekleşen sert iniş durumlarında ise her bir ayağa montaj edilen kauçuk darbe sönümleyiciler sayesinde başta dronun kasası olmak üzere diğer bileşenlere de herhangi bir zarar gelmemiştir. Rüzgâr şiddetinin aniden artmasına bağlı olarak istenmeden gerçekleşen sert iniş durumlarında ise her bir ayağa montaj edilen kauçuk darbe sönümleyiciler sayesinde başta dronun kasası olmak üzere diğer bileşenlere de herhangi bir zarar gelmemiştir. [6]

B. Gökçe TÜBİTAK iha eğitimi raporunda, çok rotorlu uçakların çoğunda iki ya da üç rotor kanadı vardır, en yaygın olanı iki'dir. Daha fazla bıçak takmanın otomatik olarak daha fazla itme anlamına geleceğini düşünmeyin; her bıçak önündeki bıçağın içinden geçmelidir, bu nedenle bıçaklar ne kadar çok olursa, o zaman daha iyi olur. Daha küçük çaplı bir pervanenin atalet oranı azdır ve bu nedenle akrobatik uçuşta yardımcı olan hızlanma ve yavaşlama daha kolaydır. [7]

Ç. Şarman yüksek lisans tezinde ABS plastik hammaddesi akrilonitril budatien ve stiren olan kimyasal maddelerin (monomer) polimerizasyonla eldesi söz konusudur. Bu monomerlerin farklı miktarlarda polimerleştirilmesi ile ABS çeşitleri eldesi sağlanır. ABS'nin yaygın uygulama alanları mevcuttur. Bunlara örnek olarak petrol ve doğalgaz boruları, atık su boruları, elektronik ve elektrik sektörü, mutfak aletleri, otomotiv endüstrisi gibi alanlar verilebilir. Isıya ve darbeye dayanımı yüksektir, kimyasallara karşı dirençlidir. [8]

#### **1.4. Drone (Multicopter)**

Drone (Multicopter), bir uzaktan kumanda ya da yazılımsal yönetim ile kolayca yönlendirilebilen İnsansız Hava Aracı'dır (İHA). Havadan görüntülemelerde helikopter gideri ve pilot maliyeti olmadığı için prodüksiyon giderlerini yarı yarıya düşüren ve askeri kontrol mekanizmalarını kolaylaştıran Drone, Türkiye genelinde birçok iş için kullanılmaktadır. Günümüzde kullanım alanlarına göre çok farklı şekil, ebat, konfigürasyon ve karakterde multicopterler üretilmektedir.

İlk olarak 1982 yılında İsrail tarafından kullanılan İHA'lar daha sonra ABD tarafından Hunter ve Pioneer programları ile kullanıma sokulmaya başlandı. Sonrasında teknolojinin gelişmesi havada en güvenilir şekilde kalabilen İnsansız Hava Araçları'nın kullanım alanlarını da artırdı. Havadan görüntüleme temel özelliği sayesinde drone'lar; araştırma, sağlık, haritalama, enerji, tarım, trafik, gibi alanlarda da hizmet verebilmektedir. Ayrıca gelecekte ilkyardım ve kargo amaçlı drone'lar tasarlanarak kullanılacağı tahmin edilmektedir.



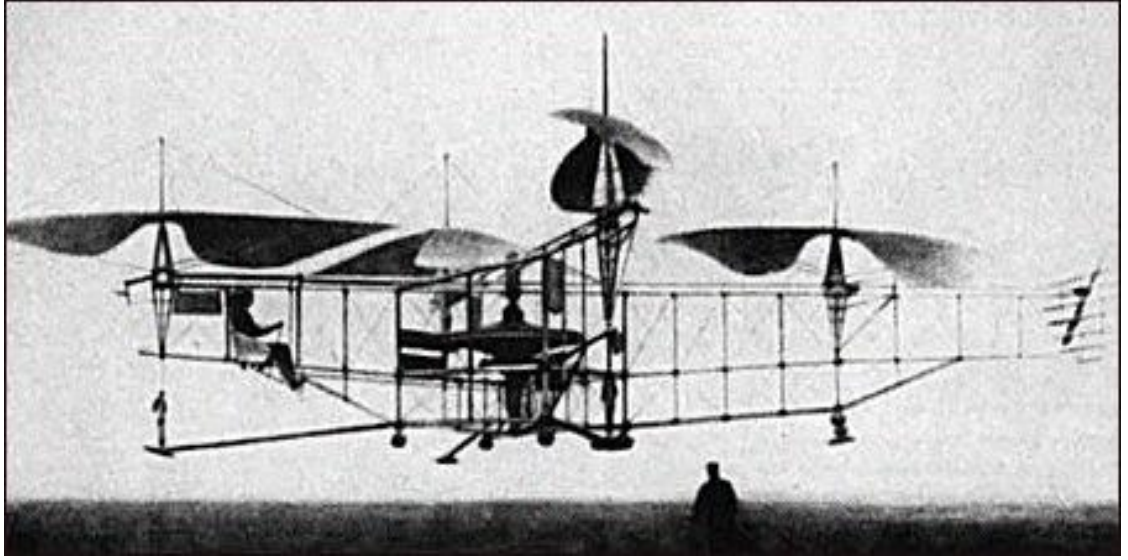
**Şekil 1. 2** Dört Motora Sahip Drone

## **Drone Tarihiçesi**

### **Étienne Oehmichen No.2 (1920)**

1920'lerde Etienne Oehmichen döner kanatlı hava araçlarıyla denemeler yapmıştır. Deneme yaptığı altı araçtan bir tanesi dört motorlu sekiz pervaneli No.2'dir. Oehmichen No.2 dört kol ucundaki iki pervaneli motorlarla birlikte çelik şase kullanmıştır. Beş pervane araca dikey olarak stabilize edilmiş olup, burun kısmında bir diğer pervane

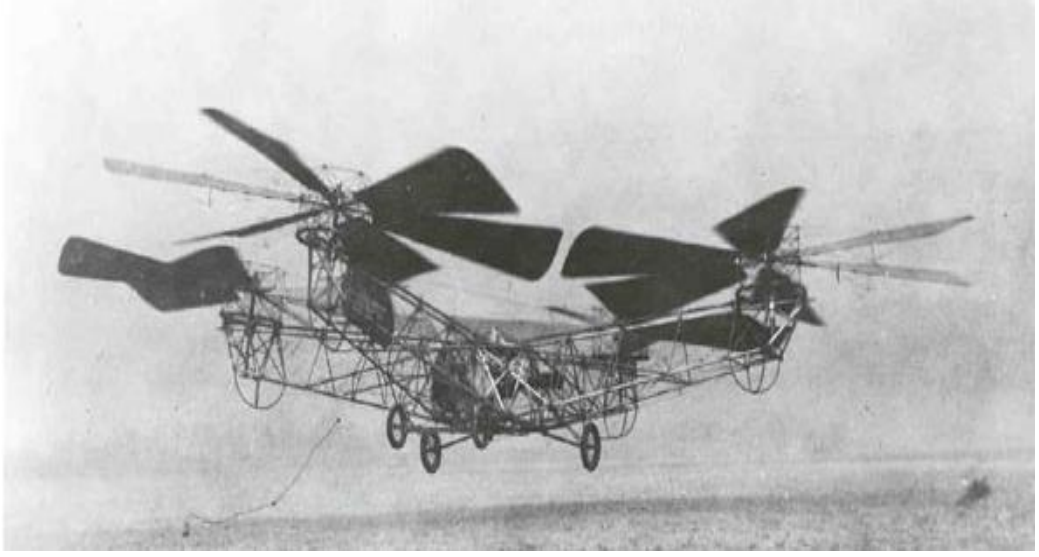
yönlendirme sağlarken, son iki pervane ise yatay olarak bağlanıp, ileriye itme sağlamak için kullanılmıştı. Zamanına göre önemli miktarda stabilite sunan bu araç, 1920lerin ortalarında binden fazla test uçuşu yapmıştır. 1923 yılında havada birkaç dakika kalabilmiş, 14 Nisan 1924'te ise 360 metre giderek FAI (Uluslararası Havacılık Federasyonu) helikopterler için mesafe rekorunu kırmıştır. Dairesel bir rotayı tamamlayıp daha sonra ilk 1 kilometrelik kapalı devre uçuşu bir döner kanatlı hava aracıyla tamamlamıştır [13].



Şekil 1. 3 Oehmichen No.2 1922

### **George De Bothezat Helicopter (1922)**

Dr. George de Bothezat ve Ivan Jerome tarafından geliştirilen bu araç, X şeklinde şaseye bağlı 4 adet pervaneden oluşur. Değişken yükseklikli iki küçük pervane itme ve sapmayı kontrol etmek için kullanılmıştır. Amerikan ordusu tarafından yapılan bu araç ilk uçuşunu Ekim 1922'de gerçekleştirmiştir ve 1923'ün sonuna kadar 100 uçuşu tamamlamıştır. Ulaştığı maksimum yükseklik ise 5 metredir [14].



**Şekil 1. 4** “Uçan Ahtapot” George De Bothezat tarafından tasarlanan bir quadrotor

#### **Convertawings Model A Quadrotor (1956)**

Bu özgün helikopterin çok daha büyük bir sivil ve askeri quadrotor’a prototip olması planlanmıştı. Tasarımı iki adet motorun v kayışıyla dört rotoru döndürmesi şeklindedir. Kontrol ise kuyruk motoruna ihtiyaç duyulmadan, motorların itme gücünü değiştirerek sağlanmıştır. 1950’lerin ortasında birçok kez başarılı bir şekilde uçmuştur. Ayrıca ileri uçuş yapabilen ilk dört rotorlu hava taşıtıdır. Sipariş düşüklüğü sebebiyle proje iptal edilmiştir. Convertawings ayrıca 19ton maksimum kapasiteli, 4.9ton taşıyıp 278 km/s hızıyla 300 mil menzile gidebilen bir Model E tasarlamıştır [15].



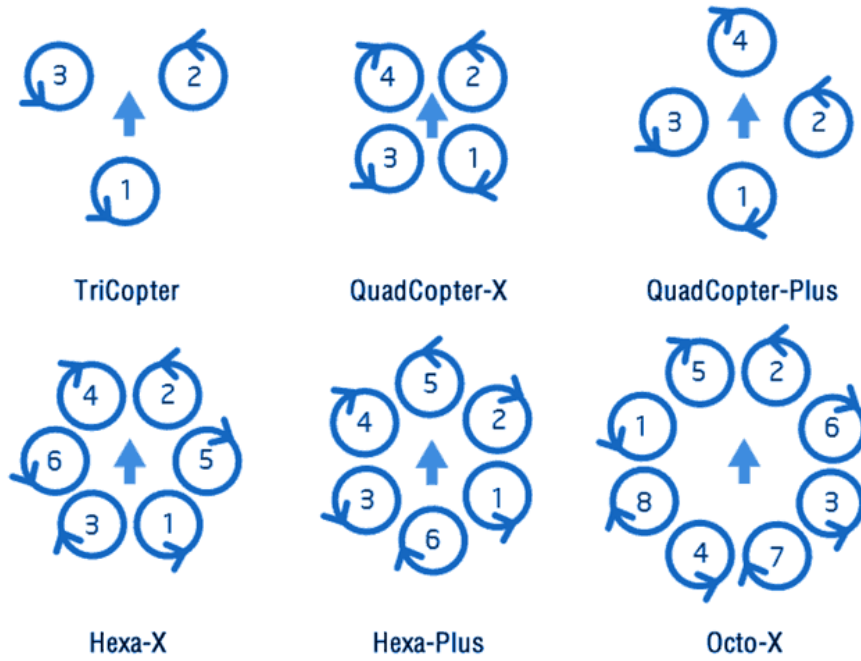
**Şekil 1. 5** Convertawings Model A Quadrotor (1956)

## **Tarihsel Gelişim**

İnsansız hava araçlarının tarihi 1849 yıllarına kadar uzanıyor. İlk drone olarak kabul edilen insansız balonlar, Avusturyalılar tarafından Venedik şehrinin bombalanmasında kullanılmıştı. İlk kez 1915 yılında İngilizler 1. Dünya Savaşında havadan çekim yaparak Alman siperlerinin 1,500'den fazla fotoğrafını çekmeyi başarmıştı. Amerika Birleşik Devletleri insansız hava araçları teknolojisi üzerinde çalışmaya 1. Dünya Savaşı sırasında başladı ve 1916 yılında ilk insansız hava aracını yarattı. 1930 yılında Amerikan donanması telsizle kontrol edilebilen insansız uçaklarla ilgili deneyler yapmaya başladı. 1937 yılında Curtiss N2C-2 adını verdikleri drone ortaya çıktı. 1982 yılında İsrail ordusu, Suriye uçaklarını en az kayıpla yok etmek için droneleri kullandı. 1986 yılında İsrail ve Amerika Birleşik Devletleri ortak bir projeye imza atarak yeni bir drone oluşturdular. Orta boy bir keşif uçağı olan bu drone RQ2 Pioneer olarak biliniyordu. 1990'lı yıllarda dronelerin boyutları küçültülerek daha minyatür hale getirildi. 2000 yılında Amerika Birleşik Devletleri minyatür bir drone olan Predator insansız hava aracını Afganistan'da Usame Bin Ladin'in aramasında kullandı. 2014 yılında Amazon şirketi droneleri ilk kez promosyon videoları çekmek amacıyla kullanmayı önererek satışa sundu. Dronelar bu tarihten itibaren birçok sektörde özellikle tanıtım videoları çekmek için kullanılmaya başlandı ve hala dünya çapında ticari kullanımı artarak büyümeye devam ediyor.

## **1.5. Quadcopter**

Quadcopter, aynı zamanda quadrotor helikopter, quadrocopter, quadrotor ve quadracopter isimleri verilen quadcopter, dört motor tarafından kaldırılan ve yürütülen bir multicopterdir. Sabit kanatlı hava araçlarının aksine quadcopterler kaldırma kuvvetini dönen kirislerden elde ettiği için rotorcraft sınıfına girer. Helikopterlerin aksine, quadcopterler genellikle simetrik olarak yerleştirilmiş pervaneler kullanır. Cihazın kontrolü motorların dönüş hızını değiştirerek, yani tork yükünü ve itme/kaldırma karakteristiklerinde farklılık yaratarak sağlanır.

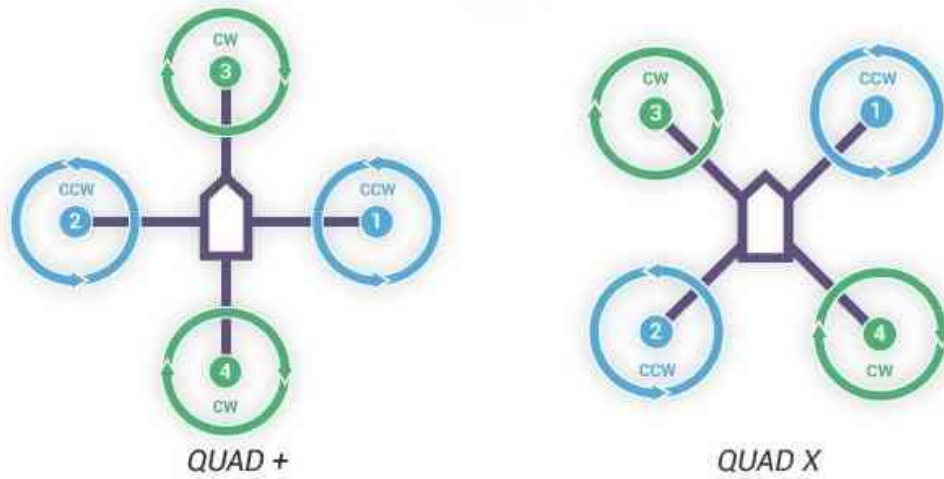


**Şekil 1. 6** Motor Sayısına Göre Multicopter Çeşitleri

Günümüzde quadcopter tasarımları insansız hava aracı (UAV) olarak popülerleşmiştir. Bu araçlar elektronik kontrol sistemleri ve elektronik sensörlerle stabilize olur. Küçük tasarımları ve çevik manevra kabiliyeti sayesinde hem kapalı hem açık alanda uçurulabilirler. Quadcopterlerin boyut olarak benzer helikopterlere karşı bazı avantajları vardır. İlki, quadcopterlerin pervane açısını değiştirmek için kullanılan mekanik bağlantılara ihtiyacı yoktur. Böylelikle tasarım ve bakımı basitleşir. İkincisi, dört motor kullanıldığı için motorların çapının küçük olması, dolayısıyla uçuşta daha uçuş sırasında daha az kinetik enerjiye sahip olması, böylelikle olası bir çarpışma halinde motorların daha az hasar alması. Yapım ve kontrol kolaylığı sayesinde amatör model uçuş projelerinde quadcopter şasesi sıklıkla kullanılmaktadır.

## Quadcopter Şekilleri

Quadcopterler genelde x ve + mod denilen 2 şekilde üretilirler. Bu modlar harekete verilecek tepkilerin kaç motorla yapılacağını gösterir. Quadcopter hareketi motorların karşılıklı ve senkron çalışma ile gerçekleşir ve temel hareketler bu modlar yardımıyla olur.



Şekil 1. 7 X, + (plus) tipi Quadcopterler

## X tipi Quadcopter

X tipi quadcopterlerde, aracın önünde 2 arkasında 2 motor bulunmaktadır. Örneğin ileri yönlü bir hareket için arkadaki 2 motor öndeki 2 motordan daha fazla itki üretir. Böylece 2 motor ile daha hızlı bir şekilde ileri yönlü hareket gerçekleştirilir. Sağ sapma için hareketi tanımlarsak sol 2 motor sağ 2 motora göre daha fazla itki üretir. Aracın sağa doğru kayma denilen hareketi bu şekilde 2 motorun üretmiş olduğu itki ile daha hızlı gerçekleştirilir. Bu birinci avantajdır. X modun diğer avantajı ise istenen hareketler için 2 motorun birlikte çalışarak tek motora fazla yüklenilmemesidir. X modda motor dönüş yönleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu modda ön ve arka iki motorun dönüş yönleri birbirlerinin tersidir.



### + (plus) tipi Quadcopter

Bu çeşit quadcopterlerde de X tipinde olduğu gibi 4 motor kullanılmaktadır. Bu tip quadcopterlerde istenen hareketlere tek motor tepki vermektedir. Bu sebepten x moda göre daha yavaş ve motorları yoran bir sistemdir. İleri yönlü bir hareket için arka motor ön motora göre daha fazla itki üretir ve hareket gerçekleşir. Sağa kayma hareketinde sol motor sağ motora göre daha fazla itki üreterek araç sağ yönlü kayma hareketini gerçekleştirir.

### Temel Quadcopter Parçaları

Temel Quadcopter Parçaları aşağıda verildiği gibi sıralanabilir;

- Gövde
- Motor ve Pervane
- Kontrol Kartı
- Motor Hız Sabitleyicisi (ESC)

### Gövde (Şase)

Gövde (Şase) quadcopterin iskeletidir. Genellikle şase malzemeleri karbonfiber, plastik malzemelerden seçilir. Tasarımına göre alüminyum malzeme de seçilebilir. Şase üzerine entegre edilecek malzemelere uygun, homojen yapılı, eksenlerinde eğrilik olmayı kollarındaki titreşimlerden uzak biçimde üretilmiş olmalıdır. Bataryanın sabitleneceği kısım belirlenip, batarya kaymayacak şekilde sabit şaseye oturtulmalıdır.

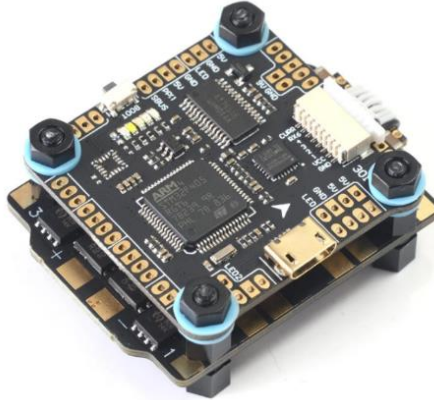


Şekil 1. 8 Quadcopter Şase

## Kontrol Kartı

Bu birim sistemin beynidir ve tüm dengede kalma, kumanda verisi okuma, batarya kontrolü gibi kritik işlemler bu birim sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda sistem üzerindeki en kritik parçadır. Temel görevi denetim birimi ve algılayıcılardan gelen bilgiyi alma, işleme ve gerekli şekilde çıkışa aktarmaktır. Bu kartlar üzerinde jiroskop ve ivme ölçer sensörler bulunur. Bu sensörlerden aldığı bilgiye göre kart, motorların devirlerini değiştirerek istenilen yönde hareketi ve dengeyi sağlar. Kumandadan gelen hareket yönüne karşılık olarak motorların devirlerini değiştirme işini tamamen kontrol kartı üstlenir.

Kontrol kartları, yine multicopterin kullanım amacına göre farklı özelliklerde ve farklı sensörlere sahip olabilmektedir. Bir kontrol kartının olmazsa olmazı jiroskop sensörüdür. Bunun yanında ivme ölçer barındıran kartlar otomatik denge yeteneğine de sahip olur. Barometre sensörü bulunduran kartlar kullanılırsa, drone'un sabit bir irtifada kalabilmesi sağlanır. İleri seviye kartlarda GPS bulunur ve bu sayede drone, bilgisayarda harita üzerinde belirlenen rotaya bağlı kalarak otonom uçuş gerçekleştirebilir, kumanda ile uçulduğunda menzile aşıldığında kalkış yaptığı yere geri dönebilir.



Şekil 1. 9 Kontrol Kartı

### ESC (Motor Hız Kontrolcüsü)

ESC (Electronic Speed Controller) Türkçe adıyla Elektronik Hız Kontrolcü, RC araçların olmazsa olmazıdır. En önemli işlevi, alıcıdan aldığı sinyallere göre motorun ileri/geri ve hangi hızda döneceği komutunu verir. İlk enerji girişi ESC ye yapılır, yani pilden çıkan kablolar ESC ye bağlanır, ESC ise motor ve alıcıya enerjiyi dağıtır. Fırçalı ve Fırçasız olmak üzere iki tür ESC bulunur. ESC'lerde dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise amperdir. ESC modellerinde göreceğiniz gibi 40A, 60A, 120A gibi terimler vardır. Amper seçiminde kullanacağınız motor gücü ve pile göre yapılmalıdır.



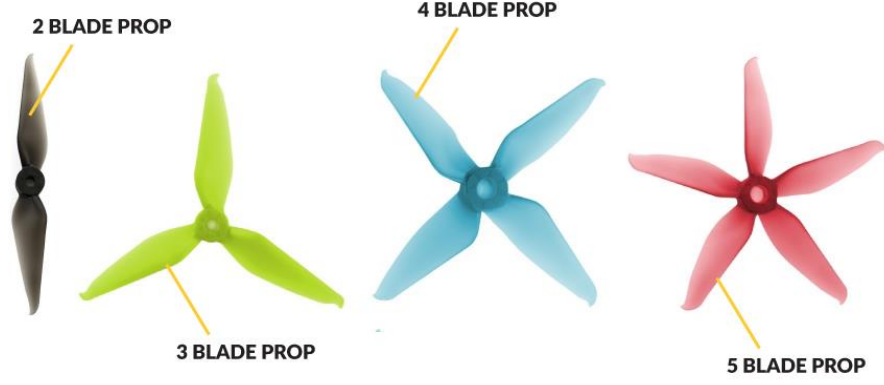
Şekil 1. 10 ESC (20A)

### Motor ve Pervane

Multicopter sistemlerin itki yapısını oluşturan motorlar önerilen çapta ve yapıda pervaneler ile kullanılmalıdır. Motorları önerilen pervane ile kullanmak veriminizi yükseltecektir. Pervaneler plastik, tahta ve karbon fiber olarak üç ana sınıfta toplanabilir. Tahta ve karbon fiber pervaneler profesyonel sistemler için uygundur.



Şekil 1. 11 1400kv veya 205W güç üreten bir motor



**Şekil 1. 12** Kanat sayılarına göre pervaneler

### **Yardımcı Quadcopter Parçaları**

Yardımcı quadcopter parçaları aşağıda verildiği gibi sıralanabilir;

- Batarya
- Kumanda ve Kumanda Alıcısı
- Diğer Parçalar

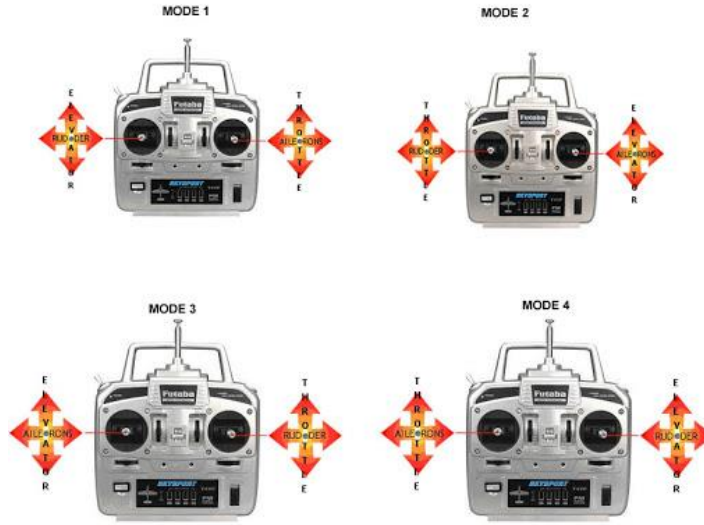
### **Batarya**

Lityum Polimer bataryaların kısaltılması ile Li-Po terimi ortaya çıkmıştır. Sıvı elektrolit yerine polimer elektroliti kullanan, tekrar şarj edilebilir bir Lityum İyon batarya çeşididir. Lipo piller hücrelerden oluşurlar. 1S, 2S, 3S, 4S, 5S ve 6S olarak çeşitleri bulunur ve S hücre sayısını temsil eder. Ayrıca kapasitelerini belirten C değerine sahiptirler.

## Kumanda ve Kumanda Alıcısı

Bir drone'u uçurmak için en az 4 kanala sahip bir hava aracı kumandası kullanılmalıdır. RC kumandalarda en sık kullanılan mode 1 ve mode 2 olmak üzere iki stik konfigürasyonu mevcuttur. Bu ikisi arasındaki fark, gaz çubuğu ve rudder'ın farklı konumlarda olmasından kaynaklanmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde büyük çoğunlukta mode 2 kumanda (gaz çubuğu sol stikte) kullanılmaktadır. Günümüzde, RC uzaktan kumandaların neredeyse hepsi 2.4 GHz frekansta çalışmaktadır. Bu sayede anten boyları kısalmış ve frekansın birbiri ile karışma olasılığı neredeyse yok olmuştur, çünkü 2.4 GHz kumandalar, eski 35 MHz veya 72 MHz kumandaların aksine dijital haberleşme yaparlar ve alıcı ile kumanda bir şifreleme ile birbirine eşleşir. Bu eşleşme işlemi sadece bir kez yapılır ve daha sonra o kumanda sadece kendi şifresini tanıyan alıcılar ile haberleşebilir. 2.4 GHz sistemler, menzil konusunda ise en az 500 m civarında bir performans gösterirler.



Şekil 1. 13 Kumanda Modları

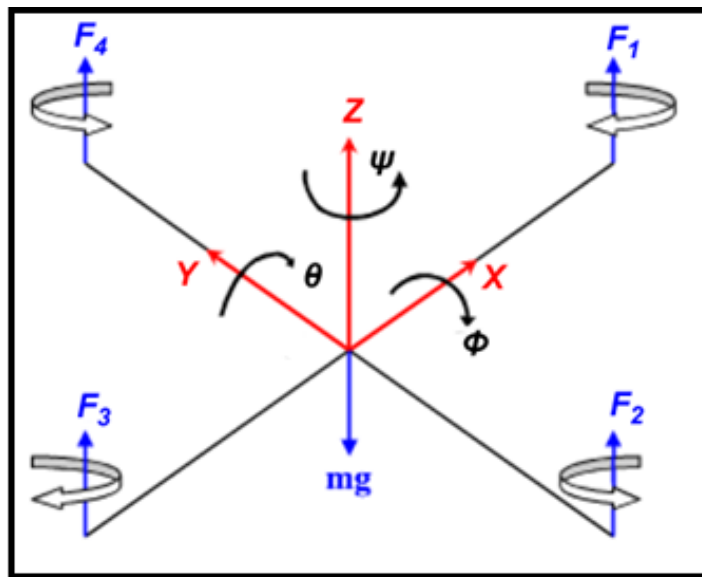
## Diğer Parçalar

Quadcopter hangi amaçla kullanılacaksa eklenen parçalardır. Kamera sistemi, haberleşme modülleri, sensörler, farklı tasarımlar bunlara örnek olarak verilebilir. Haberleşme modülü veya telemetri sistemi yardımıyla quadcopterin batarya durumu, hızı, pozisyonu hakkında bilgi edinilebilir. Sensörler yardımıyla istenilen büyüklükler ölçülebilir. Kullanılan yardımcı parçaların kalitesi etkin ve doğru bir biçimde veri alınması, quadcopterin kontrolü açısından önem arz etmektedir.

## Quadcopter Hareketi

Quadcopterler motorlarının dönüş yönleri ve açısal hızlarına bağlı olarak istenilen herhangi bir yönde ve açıda hareket ettirilebilirler. Quadcopter kanatlarının ürettiği itme gücün havanın kaldırma kuvvetine eşit olması durumunda da quadcopter havada asılı kalır, yenmesi durumunda quadcopter havaya yükselir. Quadcopterin herhangi bir yere doğru yönelmesi veya hareket etmesi karşılıklı veya paralel motorlar arasındaki momentum farkı esasına dayanır.

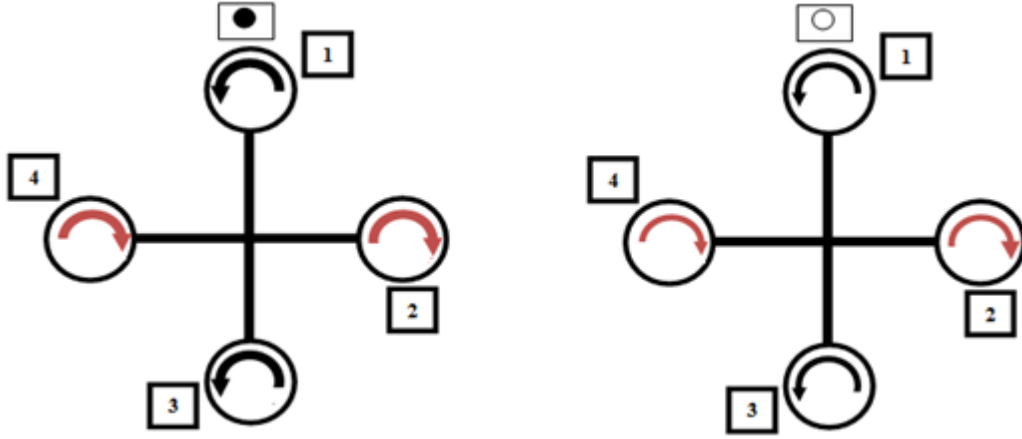
Bir uçağın kütle merkezi etrafında yönlendirilmesini tanımlamak için havacılık mühendisleri genellikle üç dinamik parametre; yalpalama (roll, $\phi$ ), yunuslama (pitch, $\theta$ ), sapma (yaw, $\psi$ ), açılarını tanımlar. Quadcopterlerin x,y,z eksenlerindeki hareketi için yalpalama, yunuslama ve sapma açıları, rotorların hızları kontrol edilerek değiştirilir. Quadcopter açısal hızı daha az olan pervane yönünde harekete geçer.



Şekil 1. 14 Quadcopter Kuvvetler ve Hareket Açıları

### Düşey Eksende Hareket ve Havada Asılı Kalma Durumu

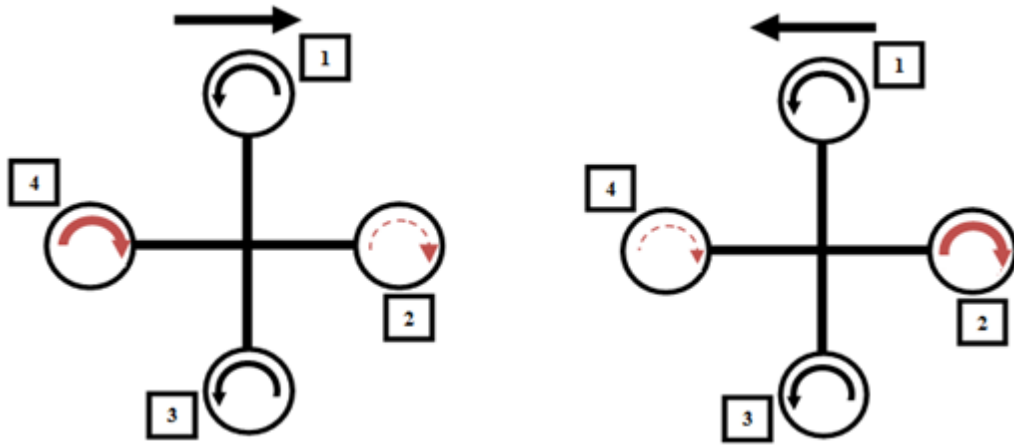
Quadcopter rotorlarının dönme hızı düşey eksende hareketin temelini oluşturmaktadır. Quadcopterin düşey eksende hareketi için rotorların dönüş hızları aynı oranda azaltılmalı veya artırılmalıdır. Yukarıda da bahsedildiği gibi quadcopter rotorlarının meydana getirdiği toplam itki quadcopterin toplam ağırlığına eşit olduğunda quadcopter havada asılı kalır. Quadcopterin düşey eksende düzgün hareket edebilmesi için rotorların hızları aynı oranda azaltılıp artırılmalıdır. Rotorların hızları aynı oranda azaltılırsa quadcopter irtifa kaybeder (alçalır) aynı oranda artırılsa quadcopter irtifa kazanır (yükselir).



Şekil 1.15 Quadcopterin havalanma ve iniş hareketi için rotorların dönme yönleri

### Yalpalanma Hareketi ve Yalpalanma Açısı

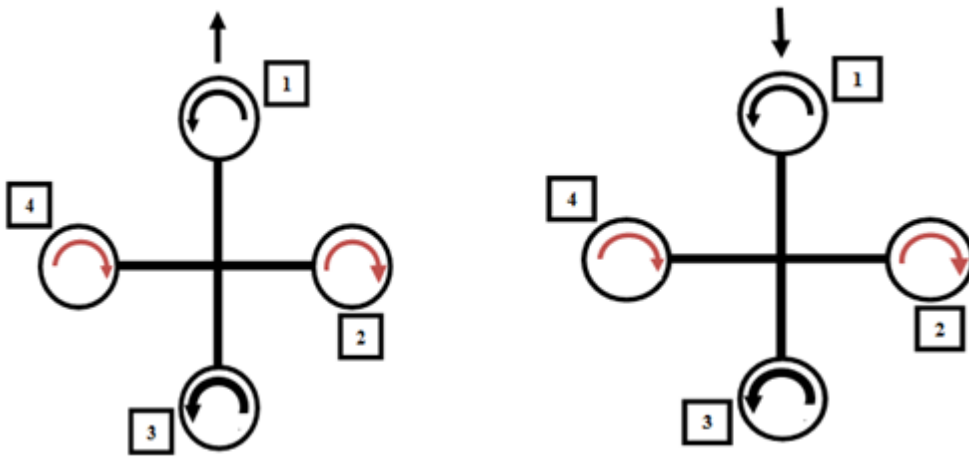
Yalpalanma açısı ( $\text{roll}, \phi$ ), quadcopterin x ekseninde yaptığı açıdır. 1 ve 3 numaralı rotorların hızları sabit kalmak şartıyla 2 ve 4 numaralı rotorlarının zıt hız değişimi ile quadcopter x ekseninde dönerek y ekseninde hareket eder. Quadcopter pervanelerinin herhangi birinin açısal hızının azalması durumunda azalan pervane yönünde hareket gerçekleşir. Şekil 1.16'da quadcopter yalpalanma hareketi saat yönünde ve saat yönünün tersine olduğu durum görülmektedir [11].



Şekil 1. 16 Quadcopterin yalpalanma hareketi

### Yunuslama Hareketi ve Yunuslama Açısı

Yunuslama açısı (pitch, $\theta$ ), quadcopterin y eksenini etrafında yaptığı açıdır. Yalpalama açısına benzer şekilde 2 ve 4 numaralı rotorların hızları sabit kalmak şartıyla 1 ve 3 numaralı rotorların zıt hız değişimiyle quadcopter ileri ve geri yönde hareket eder. Şekil 1.17 'de quadcopter yunuslama hareketi saat yönünde ve saat yönünün tersine görülmektedir.

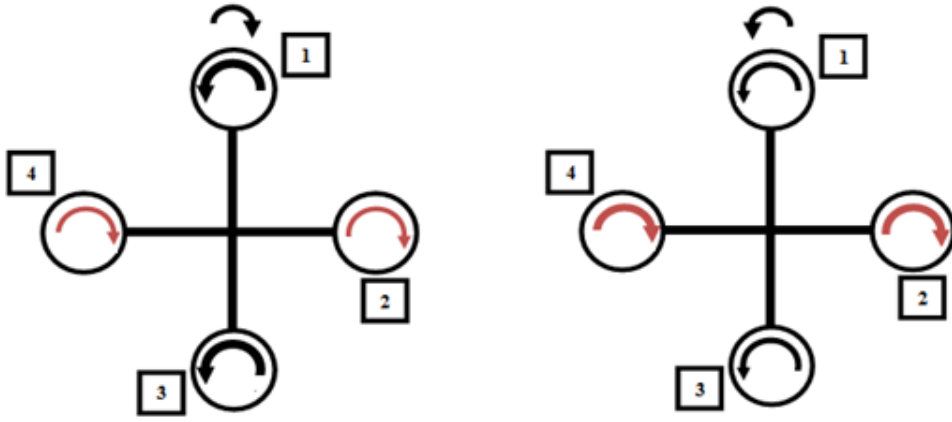


Şekil 1. 17 Quadcopter yunuslama hareketi (saat yönünde ve saat yönünün tersine)



### Sapma Hareketi ve Sapma Açısı

Sapma açısı ( $\psi$ ), quadcopterin z ekseninde dönerken yaptığı açıdır. Karşılıklı yerleştirilmiş rotor çiftlerinden birinin hız değişimi sonucu oluşan denge uyumsuzluğu ile oluşur. Yani 1 ve 3 numaralı rotor çifti ile 2 ve 4 numaralı rotor çifti arasındaki hız farkından z ekseninde sapma açısı meydana gelir. Şekil 1.18'de quadcopter yönelme hareketi saat yönünde ve saat yönünün tersine görülmektedir [11].



Şekil 1. 18 Quadcopter yönelme hareketi (saat yönünde ve saat yönünün tersine)

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

**Tablo 2.1** Haftalık Çalışma Tablosu

	01.03.2021	08.13.2021	15.03.2021	22.03.2021	29.03.2021	05.04.2021	12.04.2021	19.04.2021	26.04.2021	03.05.2021	10.05.2021	17.05.2021	24.05.2021	31.05.2021	07.06.2021	14.06.2021	19.06.2021
İş Planı 1	■	■	■	■	■	■											
İş Planı 2							■	■	■	■	■						
İş Planı 3									■	■	■	■					
İş Planı 4													■	■	■		
İş Planı 5														■	■	■	
İş Planı 6																■	■

İş Planı 1 : Sistem için seçilen malzemelerin piyasa araştırmasının yapılması

İş Planı 2 : Sistem için karar verilen malzemelerin sipariş edilmesi

İş Planı 3 : 3B baskı yoluyla basılacak parçaların basılması ve eldesi

İş Planı 4 : Sistem için seçilen bütün parçaların uygun biçimde birleştirilmesi

İş Planı 5 :Teorik hesapların kontrolü ve genel yazıma başlanması

İş Planı 6 : Projenin genel teslimi.

## 2.1. Tasarımda Kullanılan Malzeme ve Özellikleri

**Tablo 2. 2** Kullanılan Malzemeler Tablosu

<b>Elemanlar</b>	<b>Adet</b>
F450 Gövde	1
Mamba F405 MK2 Kontrol Kartı	1
Mamba F40 ESC	1
Racestar BR2212 930 KV Brushless Motor	4
Sensör Kutusu	1
Sensör Korumalığı	1
Cmos 1000TVL Kamera	1
FLYSKY i6x Kumanda + x6b Alıcı	1
Lımskey 3S 6000 mAh Li-Po Batarya	1
Arduino Nano	2
NRF24L01 Haberleşme Modülü	2
DHT-11 Sıcaklık ve Nem Sensörü	1
MQ-135 Hava Kalite Sensörü	1
MQ-7 Karbonmonoksit Sensörü	1
Yopigo 3.7V 6800 mAh Li-ion Pil	2
CNL 18650 Li-ion Pil Batarya Yuvası	1
NRF24L01 Adaptör Modülü	1
Plastik Kelepçe	10
M5 Saplama	3
Jumper Kablo	14
M5 Somun	8
M5 Rondela	8

Quadcopter tasarlanırken kullanım amacına paralel olarak tasarım şekillenmiştir. Proje kapsamında aşağıda belirtilen kriterler baz alınmıştır.

- Dayanıklılık, uygun çerçeve ve pervane seçimi.
- Batarya, motor seçimi ve uçuş süresi.
- Ölçüm sensörleri ve entegrasyonu.
- Maliyet ve çevresel etkiler.

### **Gövde (Şase)**

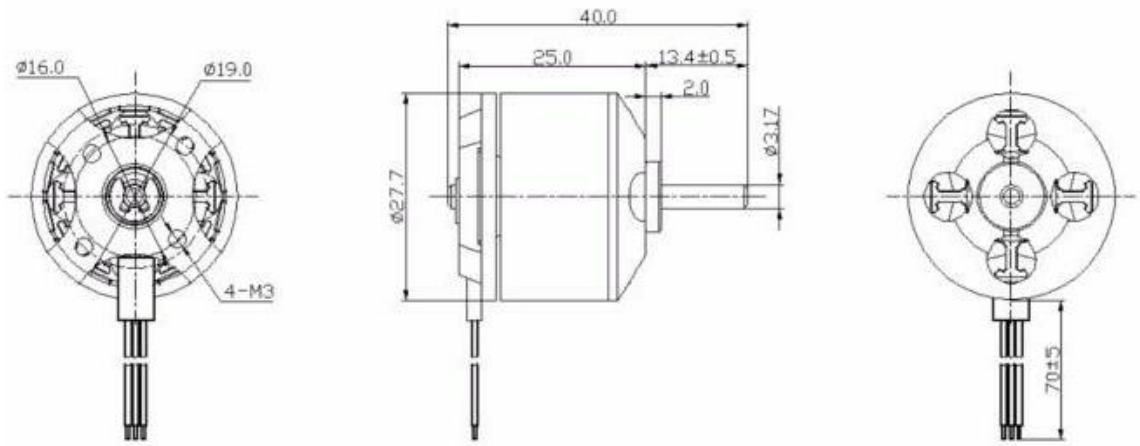
Quadcopter ağırlığının en uygun şekilde dağılımı için X çerçeve en uygun modeldir. Diğer çoğu çerçeve modeline göre daha aerodinamik bir modeldir. Aynı zamanda hareket için motorların senkron bir şekilde çalıştırılması daha kolaydır. Dronun uçuş ve özel fonksiyon için önemli olan elemanlarını korumak, performans iyileştirmek ve çevre koşullarına uyum sağlaması amacıyla gövde seçilerek gerekli parçalar üzerine eklenmiştir. Bu projede gövde üzerine monte edilecek bazı parçalar üç boyutlu yazıcı kullanılarak bastırılmıştır. Bunu için filament malzemesi tasarlanan gövde için uygun fiyat, hafiflik ve mekanik özellikler göz önünde bulundurularak gerekli malzeme seçimi plastik malzemeler sınıfından olan ABS tercih edilmiştir. Gövdenin ana karttan gelen sinyallere en kısa sürece geri dönüş vermesi gerekmektedir. Gövde titreşim ve eğilmelere maruz kalması durumunda ana kart işlevsiz durumda kalabilir ve quadcopter sağlıklı uçuş gerçekleştiremez. Bu sebeplerden dolayı gövde rijit olmalı ve gerilmelerden etkilenmemelidir. Quadcopter gövdesi olarak tasarlanan F450 drone gövdesi, son derece rijit ve yük altında veya herhangi bir gerilme durumunda rijitliğini korumaktadır. Dengeli pil haznesi, üzerine monte edilecek parçaların rahatça monte edilebilmesi üzerinde yeterince bağlantı delikleri ve boşluklar bulunmaktadır. Kullanım pratikliği, sağlamlık, uçuşa uygun tasarımı gibi sebeplerden F450 drona gövdesi temin edilip söz konusu projede kullanılmıştır.

## Racerstar BR2212 Brushless Motor

Ağırlık ve kaldırma kuvveti hesaplanarak pervane güç hesabı da göz önüne alındığında aşağıda verilen motorun gerekli kaldırma kuvvetini oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu motorun projede kullanılması uygundur. 930KV Racerstar BR2212 fırçasız motor 52g ağırlığına sahiptir. Lipo pil grubundan olan 2-4S grubuna uyum sağlamaktadır.



Şekil 2. 1 Racerstar BR2212 Brushless Motor



Şekil 2. 2 Racerstar BR2212 Teknik Resim

**Tablo 2. 3** Racerstar BR2212 Brushless Motor İtme Testi Verileri

Model	Voltage	Prop	LoadCurrent (A)	Pull(g)	Power (W)	Efficiency (g/w)
BR2212 930KV	11.1	1045	15	885	174	5.1

### 1045 Pervane

10 inç uzunluğuna 4,5 inç hatve ölçüsüne sahip pervane, plastik malzemedен yapılmış ağırlığı 8g, merkez kalınlığı 9,7mm dir. Projede kullanılan motor 1045 pervane ile test edilmiş ve değerleri kaydedilmiştir. Bu değerler Tablo 2.4'te görölmektedir. Söz konusu pervane ile elde edilen kaldırma kuvveti tasarım için yeterlidir.



**Şekil 2. 3** 1045 Pervane

### 11.1 V 3S Lipo Batarya 6000 mAh 30C

Yüksek rpm nedeniyle fırçasız motorlar yüksek akım veren ve yüksek kapasiteye sahip pillere ihtiyaç duymaktadır. Li-Po (Polimer Piller) yüksek akım ve yüksek kapasite ihtiyacını en yüksek verimde ve en yüksek hafif şekilde karşılayan besleme kaynaklarıdır. Gerilim motorların hızını doğrudan etkiler. Motorlar ve ESC'nin desteklediği maksimum gerilim göz önüne alındığında yapılan projede bu batarya kullanılacaktır. Pilin özellikleri; 11,1 V gerilim değerine sahip kapasitesi 6000mAh'dır. 300g ağırlığa sahip hücre sayısı 3'tür. 139x47x40mm ölçülerine sahiptir.



Şekil 2.4 11.1 V 3S Lipo Batarya 6000 mAh 30C

### Mamba F405 Kontrol Kartı

Bitirme projesinde kontrol kartı olarak MAMBA F405 MK2 Betaflight Flight Controller tercih edilmiştir. Mamba F405 Betaflight Uçuş Kontrol Kartı, 3-6S (12.6V~25V) arası besleme gerilimine sahip, 4x40A çıkış verebilen bir flight controller karttır. Bu kart aynı zamanda bir FC-ESC kombinasyonudur. Yani hem bir güç dağıtım kartı hem de uçuş kontrol kartıdır. Bundan dolayı hem ağırlıktan hem de maliyetten tasarruf edilmiştir.



**Şekil 2. 5** Mamba F405 Kontrol Kartı

### **Mamba F40HV ESC**

ESC seçilirken en önemli husus ESC'nin akım değeridir. ESC motorların çekeceği maksimum akımı verebilmeli ve doğru gerilim değerini sağlamalıdır. Yapılan projede Mamba F40 ESC kullanılmıştır. 3-6S (12.6V ~ 25V) voltaj aralığına sahiptir ve 40A × 4 akım sağlamaktadır. Ağırlığı ise 10g'dır.



**Şekil 2.6** Mamba F40HV ESC

### **FlySky i6x Kumanda ve FS-i6B Alıcı**

Kanal sayısının artması hareket kabiliyetinin de artması demektir. Seçilen kumanda 2.4 GHz frekansa sahip 10 kanala kadar destek veren bir verici kumandadır. Güç değeri 6V, 1.5A doğru akımla çalışmaktadır. 500KHz bant genişliğine sahip kumanda, gaz kolu sağda olacak şekilde seçilmiştir. Bu özellikler göz önünde bulundurulduğu zaman projede Flysky FS-İ6X kumanda kullanılmıştır.

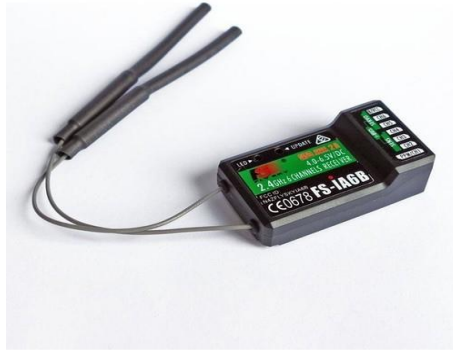




**Şekil 2.7** FlySky i6x Kumanda

### **FS-i6B Alıcı**

Kumanda RC araçlarda en yetkili parçadır, tüm komutlar kumandanın verilir ve kumanda alıcıya ne iletirse araç o sinyale göre tepki verir. Alıcı 10 kanala destek verebilmektedir. Frekans aralığı 2.4055-2.475 GHz olan alıcı 140 bant genişliğine sahiptir. Boyutları 47 x 26,2 x 15 mm olup ağırlığı 14,9 g'dır. Projede kumandaya uygun FS-i6B alıcı kullanılacaktır



**Şekil 2.8** FS-i6B Alıcı

### **Cmos 1000 TVL Kamera**

Projede kullanılacak kameranın görüntü kalitesi normal ve düşük enerji harcamaktadır. Giriş voltajı 5-20 V' tur. Boyutları 28 x 24.5 x 17.5mm ve ağırlığı 10,4g'dır. Kamerada PAL ve NTSC olmak üzere 2 adet mod bulunmaktadır. PAL modu saniyede 25 kare görüntüleyebilmektedir. NTSC modu saniyede 30 kare görüntülemektedir.



**Şekil 2.9** Cmos 1000 TVL Kamera

### **Fuav TS5823 Kablosuz Video Verici**

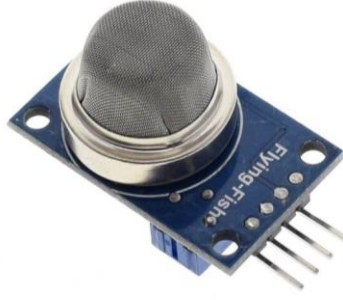
Bir video verici, yalnızca video veya video ve ses sinyallerini bir konumdan diğerine taşıyan bir cihazdır. Teorik olarak kablolu olmayı içerebilir, ancak terim genellikle kablosuz iletimi ifade etmek için kullanılır. Video vericileri genellikle 5.8 GHz hızında çalışmaktadır.



**Şekil 2.9** Fuav TS5823 Kablosuz Video Verici

### **MQ-135 Hava Kalite Sensörü**

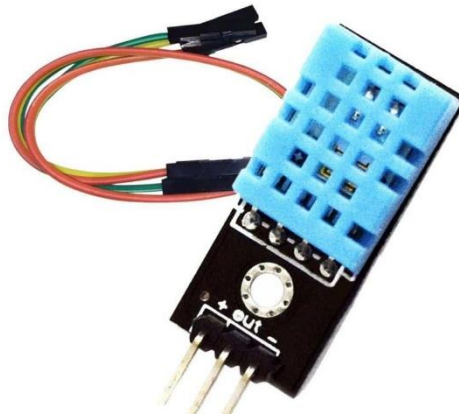
Hava kalitesini Sülfür, benzen, su buharı, duman ve diğer zararlı gazların (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, Alkol, CO<sub>2</sub> vb.) konsantrasyonunu hassas bir şekilde ölçerek hesaplayan gaz sensörüdür. 5V gerilim ile çalışır. Dijital ve analog çıkışlara, hızlı cevap süresine sahiptir. Böylelikle Arduino ile kolaylıkla kullanılabilir.



**Şekil 2.10** MQ-135 Hava Kalite Sensörü

### **DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü**

DHT11 sıcaklık ve nem algılayıcı kalibre edilmiş dijital sinyal çıkışı veren gelişmiş bir sensördür. Yüksek güvenilirliktedir. Hızlı ve kaliteli tepki verir. 0 ile 50°C arasında 2°C hata payı ile sıcaklık ölçen birim, 20-90% RH arasında 5% RH hata payı ile nem ölçer. 5V çalışma voltajıyla çalışır. Boyutları 25mm x 16mm x 7mm ve ağırlığı 9g'dır.



**Şekil 2.12** DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü

### MQ-7 CO Sensörü

MQ-7 Karbonmonoksit gazı sensörü, 10ppm ve 10.000ppm konsanstrasyonlarda karbonmonoksit algılar. Hızlı cevap süresine sahiptir.



Şekil 2.13 MQ-7 Karbonmonoksit Gazı Sensörü

### NRF24L01 Haberleşme Modülü

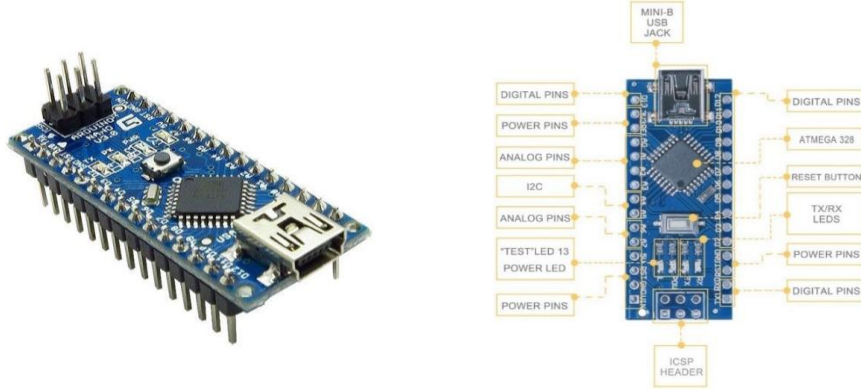
İki veya daha fazla Arduino kartının birbirleriyle kablosuz olarak iletişim kurabilmesi, sensör verilerini uzaktan izleme, iletme, haberleşme gibi birçok işlem NRF24L01 kablosuz modül ile gerçekleştirilebilmektedir. Engelsiz 1000 metreye kadar kablosuz iletişim imkânı sağlamaktadır.



Şekil 2.11 NRF24L01 Haberleşme Modülü

## Arduino Nano

Arduino kullanımı kolay yazılım ve donanım sunan açık kaynak kodlu elektronik bir platformdur. 5V çalışma gerilimi ve 16 MHz çalışma frekansına sahiptir. Giriş gerilimi 7-12V aralığındadır. Boyutları 19x43mm ve ağırlığı 10g'dır.



Şekil 2.15 Arduino Nano

## Li-ion Pil 18650

Proje kapsamında sensörlerin güç kaynağı olarak Li-ion pil kullanılacaktır. 6800 mAh kapasiteye sahiptir ve şarj edilebilir. 3.7 Voltaj değerine sahiptir.



Şekil 2. 16- Li-ion Pil

### **18650 Li-ion Pil Yuvası**

Proje kapsamında Li-ion pillerin yataklanmasında kullanılacaktır. Boyutları 7.5cm x 4.1cm x 2cm ve 20g ağırlığa sahiptir.



**Şekil 2.17** Li-ion Pil Yuvası

### **Nrf24101 Adaptör Modülü**

Arduino'dan gelen gerilimi düşürmek için projede kullanılacaktır. 3.3 Voltaj değerinde çalışır ve 5V girişi 1.9 ~ 3.6V doğru akıma kadar düzenler.



**Şekil 2.18** Nrf24101 Adaptör Modülü

**Tablo 2.4** Maliyet Hesap Tablosu

Ürün	Miktar (Kg- adet)	Birim Fiyatı	Fiyat (₺)
Racestar BR2212 930 KV Motor	4	42,32 TL	169,28 TL
1045 Plastik Drone CW/CCW Pervane Seti	10	8,95 TL	89,52 TL
Mamba F405 Kontrol Kartı+ F40 ESC	1	508,12 TL	508,12 TL
FLY-SKY i6X Kumanda + x6B Alıcı	1	455,7 TL	455,70 TL
Limskey 3S 30C 6000 mAh LiPo Batarya	1	293,48 TL	293,41 TL
Cmos 1000 TVL Kamera	1	313,12 TL	313,12 TL
Arduino Nano	2	26,37 TL	52,74 TL
NRF24L01 Haberleşme Modülü	2	24,61 TL	49,22 TL
DHT-11 Sıcaklık ve Nem Sensörü	1	10,55 TL	10,55 TL
MQ-135 Hava Kalite Sensörü	1	16,70 TL	16,70 TL
MQ – 7 Karbonmonoksit Sensörü	1	14,94 TL	14,94 TL
Yopigo 3.7V 6800 mAh Li-ion Pil	2	14,95 TL	29,90 TL
CNL 18650 Li-ion Pil Batarya Yuvası	1	5,95 TL	5,95 TL
NRF24L01 Adaptör Modülü	1	8,47 TL	8,47 TL
M5 Saplama	3	1,5 TL	7,50 TL
M5 Somun	8	0,25 TL	5,00 TL
M5 Rondela	8	0,25 TL	5,00 TL
F450 Gövde	1	350,00 TL	350,00 TL
<b>TOPLAM</b>			2409,12 TL

## 2.2. Hesaplamalar

Quadcopter bir kütleye sahiptir ve motorların oluşturduğu itki kuvveti etkisiyle hızlanmakta dolayısıyla ivmelenmektedir. Buna göre kuvvet denklemleri yazılırken Newton'un birinci ve ikinci hareket yasaları kullanılabilir.

$$\sum F_{\text{net}} = m_{\text{toplam}} \cdot a \quad (3.1)$$

$$\sum F_{\text{net}} = m_{\text{toplam}} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

### 2.2.1. Quadcopterin Ağırlığı

Dünya üzerinde bulunan bir cisme  $g$  kadar ivme uygulandığı bilindiğine göre:

$$F_g = m_{\text{toplam}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

### 2.2.2. İtke Kuvvetleri

Motorların uyguladığı itki kuvveti ise:

$$F_{\text{itme}} = \begin{bmatrix} \sin \alpha \cdot F_{M1} + \sin \alpha \cdot F_{M2} + \sin \alpha \cdot F_{M3} + \sin \alpha \cdot F_{M4} \\ \cos \alpha \cdot F_{M1} + \cos \alpha \cdot F_{M2} + \cos \alpha \cdot F_{M3} + \cos \alpha \cdot F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

şeklinde yazılabilir.

Kalkış sırasında  $\alpha = 0$  olacağından kalkış için denklem:

$$F_{\text{itme,kalkış}} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

şeklinde düzenlenir [10].



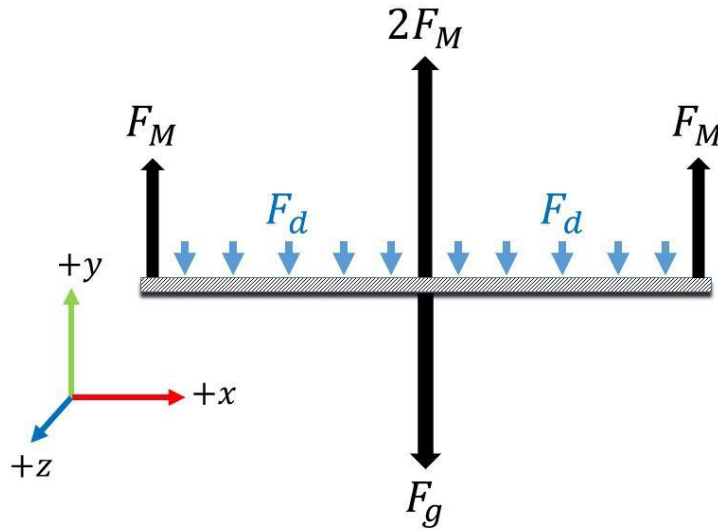
### 2.2.3. Direnç Kuvveti

Quadcopter, hareket ederken üzerine direnç ya da sürtünme kuvveti etki eder. Bu kuvvet:

$$F_{\text{direnç}} = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir.

### 2.2.4. Quadcopter'in Kalkış Anındaki Kuvvet Analizi



Şekil 2.12 Quadcopter'in kalkış esnasındaki serbest cisim diyagramı

Kalkış esnasında Quapcoptere etki eden kuvvetler yazılacak olursa:

$$\Sigma F_{\text{net}} = F_{\text{itme,kalkış}} - F_{\text{direnç}} - F_g \quad (3.7)$$

$$\Sigma F_{\text{net}} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D \\ m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D \\ m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wz} \cdot C_D \end{bmatrix} - m_{\text{toplam}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix} = m_{\text{toplam}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \ddot{y} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$\sum F_{net,x} = 0$  ,  $\sum F_{net,z} = 0$  ifadeleri elde edilir.

Kalkış sırasında  $F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4}$  olduğundan bu denklem;

$\sum F_{net,y} = (4F_M) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D) - (m_{toplam} \cdot g) = m_{toplam} \cdot \ddot{y}$   
şeklinde yazılabilir. Buradan:

$$F_M = \frac{m}{4} \cdot \left( \left( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D \right) + g + \ddot{y} \right) \quad (3.8)$$

elde edilir [10].

Quadcopter'in havada asılı olduğu durumdaki denklem yazılacak olursa:

$$F_{direnç} = 0$$

$$\begin{aligned} \sum F_{net,z} &= (4F_M) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D) - (m_{toplam} \cdot g) = m_{toplam} \cdot \ddot{C} \\ \sum F_{net,z} &= (4F_M) - (m_{toplam} \cdot g) = 0 \end{aligned}$$

Buradan Quadcopter'in havada asılı kalabilmesi için gereken toplam motor kuvveti:

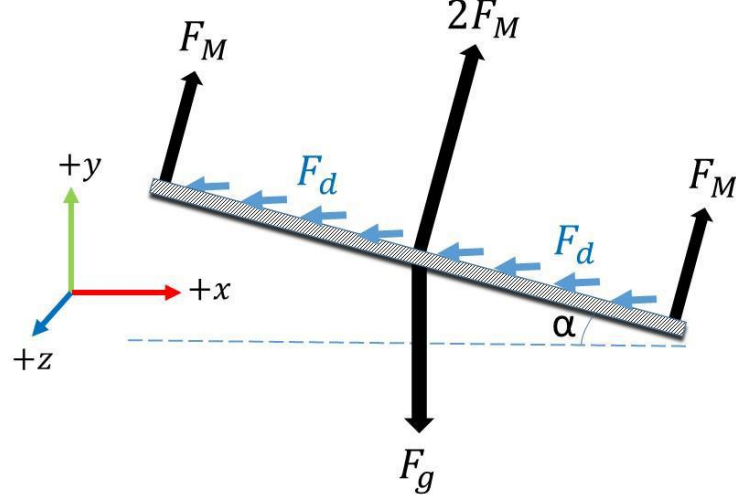
$$\sum F_M = m_{toplam} \cdot g \quad \text{ve} \quad F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4}$$

Olduğundan Quadcopter'in havada asılı kalabilmesi için tek bir motora minimum itki kuvveti elde edilir.

$$F_{M,min} = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4} \quad (3.9)$$

Yukarıda elde edilen denkleme göre;  $F_M > F_{M,min}$  olduğunda quadcopter (+y) yönünde ivmelenir. Aynı şekilde  $F_M < F_{M,min}$  olduğunda ise quadcopter (-y) yönünde ivmelenir.

## 2.2.5. Quadcopter'in Hareket Halinde Kuvvet Analizi



Şekil 2.13 Quadcopter'in sabit  $\alpha$  açısıyla hareketi sırasındaki serbest cisim diyagramı

$$\sum F_{net} = F_{itme} - F_{direnç,z} - F_g$$

$$\sum F_{net} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot F_{M1} + \sin\alpha \cdot F_{M2} + \sin\alpha \cdot F_{M3} + \sin\alpha \cdot F_{M4} \\ \cos\alpha \cdot F_{M1} + \cos\alpha \cdot F_{M2} + \cos\alpha \cdot F_{M3} + \cos\alpha \cdot F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = m_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix}$$

$$\sum F_{net,x} = [\sin\alpha (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4})] - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D) = m_{toplam} \cdot \ddot{x} \text{ olacaktır.}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4} \text{ olduğundan;}$$

$$\sum F_{net,x} = \sin\alpha \cdot \sum F_M - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D) = m_{toplam} \cdot \ddot{x}$$

$$\sum F_{net,y} = [\cos\alpha (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4}) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D)] - m_{toplam} \cdot g = m_{toplam} \cdot \ddot{y}$$

y ekseninde  $V=0$  olduğu için  $S_{wy}$  değeride 0 olur [10].



Helikopter ağırlığı:  $W$

Helikopter kanadı çapı (boydan boya uzunluğu):  $d$

Pervanenin hidrolik verimi:  $\eta_h$

Pervanenin mekanik verimi:  $\eta_m$

Şekildeki durgun hava ile (0), (1) noktası arasındaki enerjinin korunumu yazılırsa;

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2 \cdot g} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g}$$
$$V_0 = 0, \gamma = \rho \cdot \rightarrow P_1 = P_{atm} - \frac{\rho \cdot V_p^2}{2} \quad (3.11)$$

Burada ' $P_{atm}$ ' atmosfer basıncını, ' $P_1$ ' kanat üstü basıncı, ' $\rho$ ' havanın yoğunluğunu, ' $g$ ' yer çekimi kuvvetini, ' $V_0$ ' havanın başlangıç hızını, ' $V_1$ ' havanın (1) noktasındaki hızını temsil etmektedir.

Pervane çıkışı (2) ile hüzmeye en hızlı kesit (3) arasındaki enerjinin korunumu yazılırsa;

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} \rightarrow P_2 = P_{atm} + \frac{\rho \cdot V_3^2}{2} - \frac{\rho \cdot V_p^2}{2} \quad (3.12)$$

(3.12) denkleminde (3.11) denklemini çıkartılması ile;

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho \cdot V_3^2}{2}$$

elde edilir.

Helikopteri havada tutan basınç farkının etkisi olduğundan ağırlık ile denge yazılırsa;

$$W = \frac{\pi \cdot d^2}{4} (P_2 - P_1) = \frac{\rho \cdot V_3^2}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.13)$$

Öte yandan şekilde görülen ve helikopteri kapsamayan  $\Delta H$ 'a doğrusal momentumun korunumu uygulanırsa:

$$\Sigma F = \frac{d}{dt} \int_{\Delta H}^1 \rho \cdot \vec{V} \cdot dV + \int_{\Delta Y}^1 \rho \cdot \vec{V} (\vec{V} \cdot \vec{n}) dV \rightarrow \frac{d}{dt} \int_{\Delta H}^1 \rho \cdot \vec{V} \cdot dV = 0$$

(daimi olduğu için sıfır alınır)

Düşey doğrultudaki bileşen için;

$$W = \rho \cdot A_3 \cdot V_3^2 \quad (3.14)$$

Yukarıda elde edilen (3.14) ve (3.13)' in eşitlenmesi ile;

$$\frac{\rho \cdot V_3^2}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \rho \cdot A_3 \cdot V_3^2 \rightarrow A_3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

elde edilir. Bu sonuç huzme kesit alanının (3), pervane kesitindeki alanın yarısı olduğunu gösterir. Pervanenin sağladığı hidrolik güç ise (1)- (2) arasında enerji denklemi yazıldığında;

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} - hp \rightarrow \frac{W}{\gamma \cdot Q}$$

$$\dot{W} = Q \cdot (P_2 - P_1) = \frac{V_3 \cdot \rho \cdot A_3 \cdot V_3^2}{2}$$

(3.14) bağıntısından  $V_3$  hızı çekilir ve burada yerine yazılırsa;

$$V_3 = \left( \frac{W}{\rho \cdot A_3} \right)^{1/2} \rightarrow \dot{W} = \frac{\rho \cdot A_3 \cdot \left( \frac{W}{\rho \cdot A_3} \right)^{1/2}}{2}$$

elde edilir.

$$A_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{8} \text{ olduğundan;}$$

$$\dot{W} = \frac{\left( \frac{W \cdot (\rho \cdot A_3)^2}{\rho \cdot A_3} \right)^{\frac{3}{2}}}{2} \rightarrow \dot{W} = \frac{W}{2} \cdot \sqrt{\frac{W}{\rho \cdot A_3}}$$

$$\dot{W} = \left( \frac{W}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{W}{\rho \cdot \pi \cdot d^2 / 8}} \rightarrow \dot{W} = W \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot W}{\pi \cdot \rho \cdot d^2}} \quad (3.15)$$

olarak güç bağıntısı elde edilmiş olur.

## 2.2.7. Bitirme Projesi Kapsamındaki Teorik Hesaplamalar

### Motorların Kaldırma Kuvveti Hesabı

Motorların kaldırma kuvveti hesap edilirken daha öncede bahsedildiği gibi,

$$F_M = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4}$$

bağıntısından yararlanılacaktır.

Toplam ağırlığı  $m_{toplam} = m_{şase} + m_{motorlar} + m_{pil} + m_{diğer}$  şeklinde ifade edebiliriz.

$$m_{gövde} = 428g$$

$$m_{motorlar} = m_{tek, motor} \cdot 4 \rightarrow 52 \cdot 4 = 208 g$$

$$m_{pil} = 300g$$

$$m_{diğer} = 320$$

$$m_{toplam} = 428 + 208 + 300 + 320 = 1256g \rightarrow 1.256 kg \quad \text{elde edilir.}$$

Quadcopter kuvvet hesabı yapılırken dikkat edilmesi gereken bir husus da quadcopterin sorunsuz hareket edebilmesi için toplam kütlenin bir emniyet katsayısı (S) ile çarpılmasıdır. Bunun temel sebebi quadcopter üzerine etki eden direnç kuvvetleri diyebiliriz. Pratikte tasarımı tamamlanmış ve sağlıklı biçimde hareket edebilen quadcopterlerde bu emniyet katsayısı 1.5 – 2 arasında seçilmiştir. Bizlerde tasarım projesi kapsamında emniyet katsayısını 2 seçerek hesaplarımızı sürdüreceğiz.

S = 2 alınıp (3.10) bağıntısı tekrar düzenlenirse;

$$F_M = \frac{m_{\text{toplam}} \cdot S \cdot g}{4}$$

S = emniyet katsayısı

g = yer çekimi ivmesi

$$F_M = \frac{m_{\text{toplam}} \cdot S \cdot g}{4} \rightarrow F_M = \frac{1,256 \cdot 2 \cdot 9,81}{4} = 6,160 \text{ N}$$

hesaplanarak motor başına düşen kaldırma kuvveti bulunur.

Her bir motorun kaldırma gücü Tablo 3.1'de gösterildiği gibi 0,885 kg dır. Tek bir motorun kaldırma kuvveti hesaplanacak olursa:

$$F_{\text{kaldırma}} = m_{\text{motor,kaldırma}} \cdot g \rightarrow 0,885 \cdot 9,81 = 8.682 \text{ N}$$

kaldırdığı görülmektedir.

Motorun kaldırma kuvveti her bir motora düşen kaldırma kuvvetinden fazladır. Hesaplar yapılırken emniyet katsayı hesaba katılarak hesaplar yapıldığından sistem rahat şekilde çalışmaktadır.

### **Pervane Güç Hesabı**

Toplam pervane güç hesabı yapılırken önceden bahsedildiği gibi

$$\dot{W} = W \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot W}{\pi \cdot g \cdot d^2}}$$

W = Toplam quadcopter ağırlığı

d = Quadcopter kanadı çapı (boydan boya uzunluğu)



= Havanın yoğunluğu

bağıntısından yararlanılacaktır.

$$W = m_{\text{toplam}} \cdot g \quad \rightarrow \quad W = 1.256 \cdot 9.81 = 12.321 \text{ N}$$

$$d = 25.4 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad 0.254 \text{ m}$$

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$W = W \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot W}{\pi \cdot \rho \cdot d^2}} \quad \rightarrow \quad W = 12.321 \text{ N} \sqrt{\frac{2 \cdot 12.321}{\pi \cdot 1.225 \cdot 0.254^2}} = 122,745 \text{ Watt}$$

Her bir pervanenin üreteceği güç  $\frac{W}{4}$  olacaktır;

$$\frac{W}{4} = \frac{122,745}{4} = 30,686 \text{ Watt} \text{ olarak hesaplanır.}$$

### **Batarya Hesapları**

İtke sisteminin talep ettiği enerjiyi sağlamak için itke sisteminin bileşenlerini destekleyecek şekilde batarya seçimi yapılmaktadır.

#### **S Değeri (Seri Bağlı Hücre Sayısı):**

Bir LiPo batarya hücresi 3.7V nominal değerli gerilime sahiptir. Hiçbir hücre 3V altında gerilim değerine düşmemelidir.

#### **mAh Değeri (Batarya Akım/Saat Kapasitesi)**

Bataryanın 1 saatte kaç miliamper akım sağlayabildiği bilgisini vermektedir. Bu değer bataryanın direkt kapasitesini yansıtmaktadır. Uçuş süresi bu değere bağlı olarak sınırlanmaktadır.

#### **C katsayısı (Deşarj Oranı)**

Bataryanın ne kadar hızlı deşarj olabildiğini gösteren katsayıdır. Bu katsayı doğru seçilmezse ESC ve motorunun anlık olarak talep ettiği akımı batarya sağlayamaz ve araç istenilen performans değerine çıkamamaktadır.

Projemizde 6000 mAh 3S 30C 9,8 A bir Li-Po batarya tercih edildi. Hesaplarına bakacak olursak;

6000 mAh = 6,0 Amper.

6 (A) x 60 (dk) = 360 A/dk elde edilir. Hiçbir Li-Po batarya %100 deşarj edilmemelidir. Bu nedenle %80 deşarj oranı kullanılacaktır. Pilin 1 dk'da vereceği akım  $\frac{360 \cdot 80}{100} = 288$  A/dk elde edilir.

Sistemin çekeceği maksimum toplam akım = 15 · 4 = 60 Amper elde edilir.

Hover (Uçuş) Süresi =  $\frac{\text{Pilin 1 dk'de verebildiği akım}}{\text{Motorların talep ettiği akım}} \rightarrow \frac{288}{60} = 4.8$  dk elde edilir.

#### **Deşarj oranı kontrolü:**

6000 mAh = 6,0 A olmak üzere tercih edilen pil 30 C olduğundan;

6 · 30 = 180 A elde edilir. Önceden de belirtildiği üzere sistem toplam 60 A çekeceđinden pilin C değeri tasarım için uygundur.

## 2.3. Montaj

### 2.3.1. 3B Yazıcıdan Basılan Parçalar

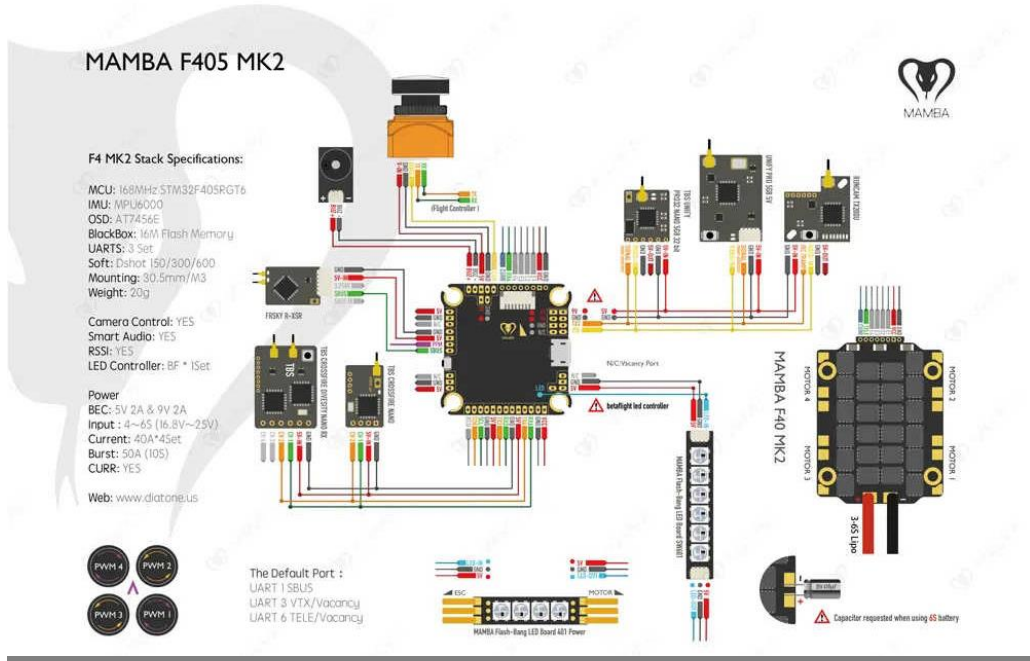
Proje kapsamında sensör koruyucusu, sensör kapağı SOLIDWORKS çizim programı kullanılarak teknik resimleri çizilmiştir. 3B yazıcının basabileceği ABS filament elde edilerek ve çizilen parçaların .stl dosyalarının kullanılmasıyla 3B yazıcıdan söz konusu parçalar bastırılmıştır.



Şekil 2.15 3D Yazıcıdan Basılan Parçalar

### 2.3.2. Gövde Montajı

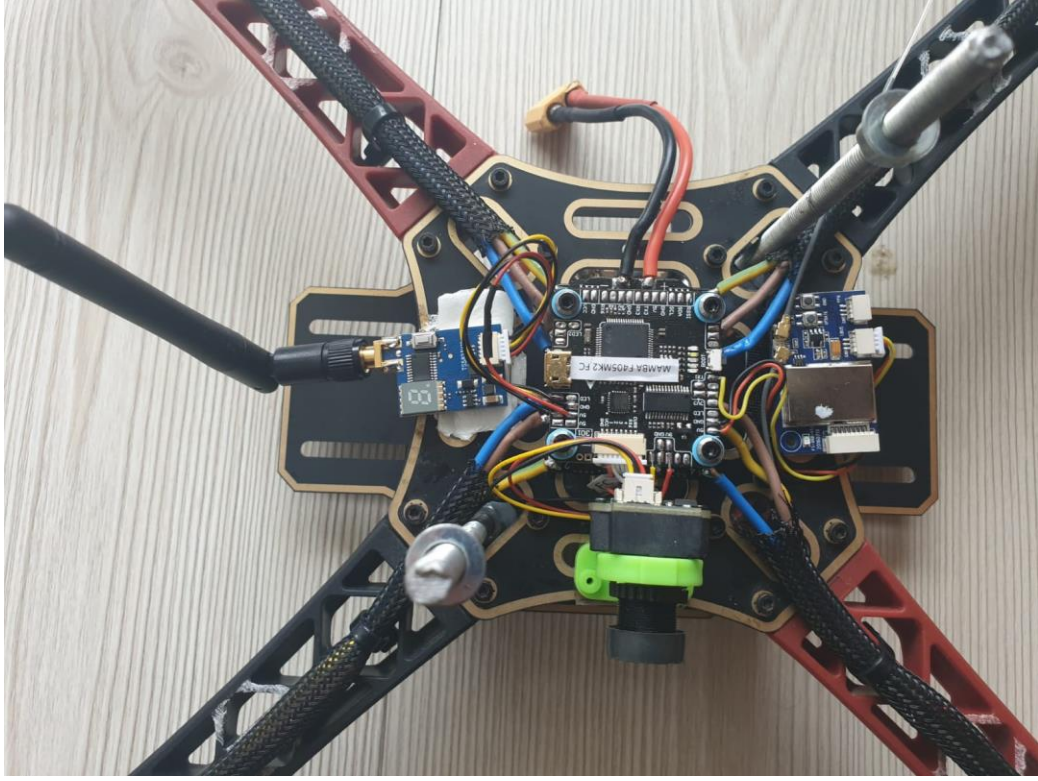
Hazır temin edilen F450 quadcopter gövdesi, bağlantı yerlerinde uygun biçimde birleştirilmiştir. Şekil 2.23 gösterilen ve bağlantı yerlerinin belirtildiği datasheet bilgileri kullanılarak kontrol kartının yeri belirlenmiş ve motorlar, kamera, kumanda alıcısı uygun bir biçimde kontrol kartına kablolar çekilerek lehim yoluyla bağlanmıştır.



Şekil 2.16 Kontrol Kartı Şeması



Şekil 2.17 Elektronik Aksamın Gövdeye Monte Edilmiş Hali



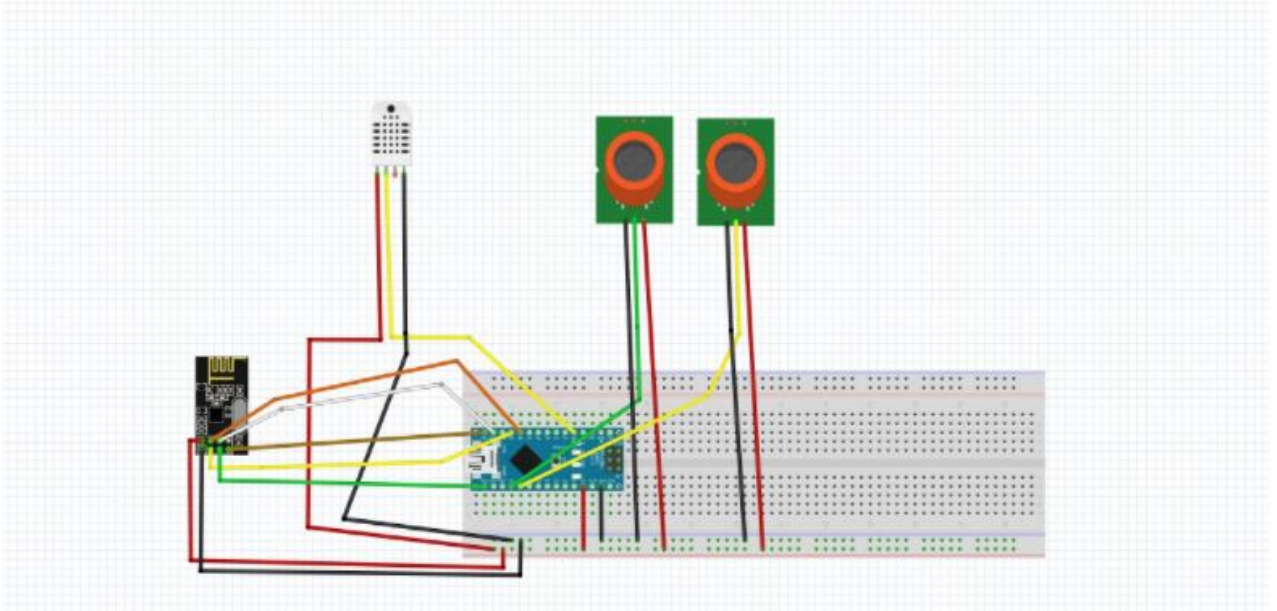
**Şekil 2.18** Elektronik Aksamın Detaylı Görünümü

### **2.3.3. Sensörlerin Sisteme Entegrasyonu**

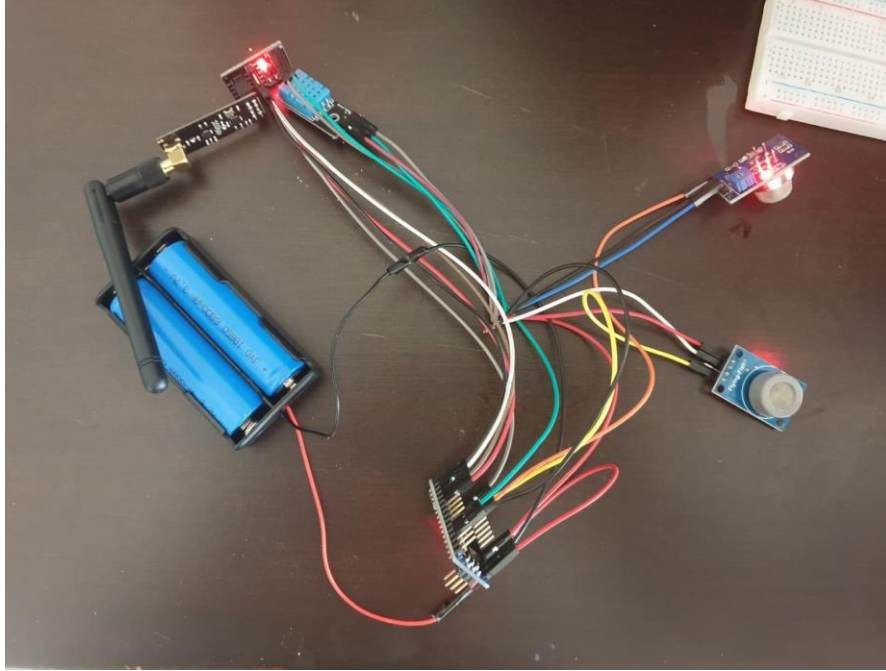
Yapılan bu çalışmada arduino tabanlı üç sensör ve nRF24L01 modülü kullanılmıştır. Bu sensörleri çalıştırmak için arduino üzerinden 5V gerilim ve topraklama pinleri kullanılmıştır. Arduino mimarisinde sensörleri okumak için analog ve dijital giriş çıkış pinleri kullanılmış ve gereken kodlar girilmiştir. Arduino için gerekli güç ise iki adet Li-ion pilin, pil yatağı aracılığıyla seri bağlanarak 7.4V'luk gerilim ile sağlanmıştır.

nRF24L02 modülünün ise çalışma gerilimi 3.3V'dur. Gelen 5V'luk gerilimini düşürmek için adaptör kullanılmış ve uygun çalışma gerilimi olan sabit 3.3V'luk gerilim sağlanmıştır. Arduino nano, nRF24L01 ve sensörlerin breadboard üzerinde jumper kablolar yardımıyla sistemin devre şeması çizilmiştir.



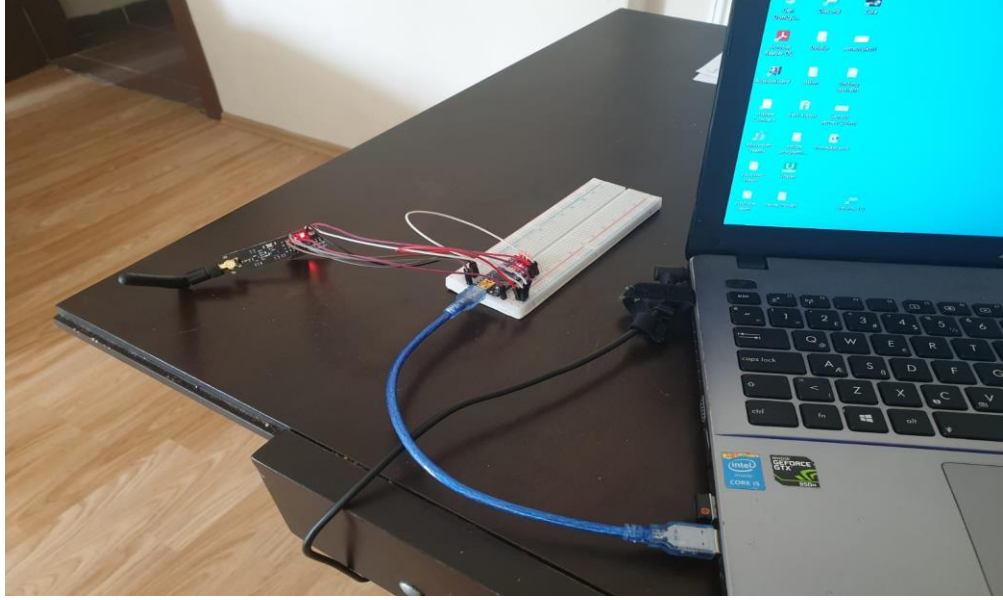


**Şekil 2.19** Sistem Devre Şeması



**Şekil 2.20** Arduino Nano, Sensörler ve Haberleşme Modülünün Birleştirilmiş Hali

Bu projede sensörler ile yapılan ölçümler arduino ile okunur hale getirilmiş drone üzerine monte edilerek farklı lokasyonlarda ölçüm yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler nRF24L01 modülü ile başka bir arduino kartına anlık olarak gönderilmiş ve Arduino IDE arayüzü ile okunması sağlanmıştır.



Şekil 2.21 İkinci Arduino Nano ve Veri Aktarımı

```
COM3
Hava Kalitesi= 334 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 61 ppm
Hava Kalitesi= 329 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 60 ppm
Hava Kalitesi= 325 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 59 ppm
Hava Kalitesi= 321 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 59 ppm
Hava Kalitesi= 318 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 59 ppm
Hava Kalitesi= 314 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 57 ppm
Hava Kalitesi= 311 ppm
Sıcaklık= 23°C
Hem(%)= 67
Karbonmonoksit= 56 ppm
Hava Kalitesi= 307 ppm
Autoscroll Show timestamp Newline 9600 baud Clear output
```

Şekil 2.22 Arduino IDE Ara yüzü ve Ölçülen Bazı Değerler

Arduino Nano üzerine bağlanarak veri aktarımı gerçekleştirilen sensörler ve modüller sensör koruyucusu isimli parça üzerine uygun yerler belirlenerek yerleştirilmiş ve plastik kelepçeler yardımıyla sağlam desteklenmiştir. Montaj aşamasında kullanılan saplama-somun-rondela bağlantı biçimi için sensör koruyucusu üzerine gerekli delikler açılarak sensör koruyucusu uygun bir biçimde gövdeye sabitlenmiştir. Sensör koruyucusu ve koruyucu kapak isimli parçaların uygun biçimde birleştirilmesi için gerekli saplama sensör korucusu üzerine sıkıca takılmıştır.

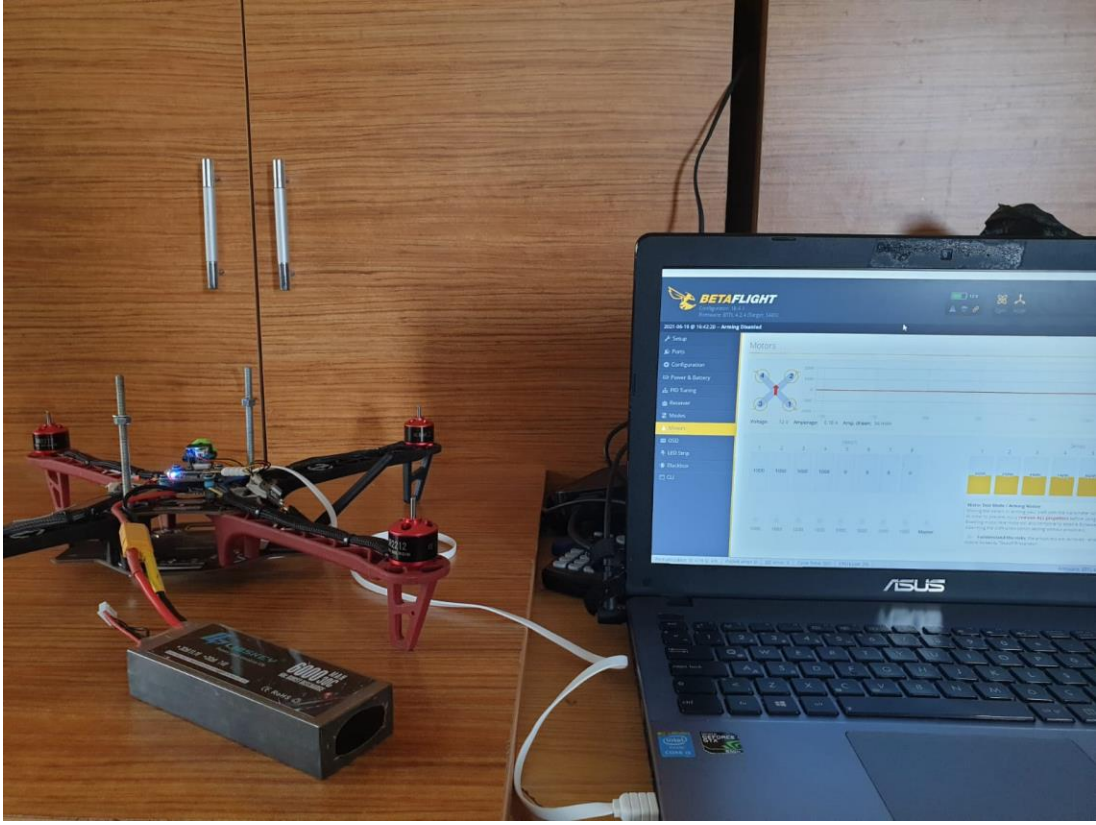


**Şekil 2.23** Sensör Kutusunun Görünüşü

#### **2.3.4. Kumanda Kalibrasyonu**

Gövde üzerine bağlantıları yapılan ana kart ve kumanda modülü kullanılarak sistem bilgisayara bağlanılıp ve kumanda mod ayarları yüklenerek kumanda kalibrasyonu yapılmıştır. Bunun için ana kart üzerindeki girişten sistem bilgisayara bağlanır ve 'Betaflight' programı üzerinden motorların sağlıklı çalışıp çalışmama durumu, quadcopterin yön tayini ve kumanda hareket modları ana karta tanımlanmıştır. Böylece quadcopter ve kumanda arasındaki bağlantı sağlanmış olup kumandadan verilen hareket komutları ana karttan işlenerek motorlara aktarılmış ve kumanda vasıtasıyla quadcopter rahatça hareket ettirilebilir hale getirilmiştir.





Şekil 2.24 Motor Kalibrasyonu



Şekil 2.25 Sistemin Perspektif Görünümü

### 3.BULGULAR

Yapılmış bitirme projesi sonucunda sistemin gelişmeye açık olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılacak malzemeler tasarım çalışmasının alt yapısına ve istenilen kaliteye göre farklılık gösterebileceğinden esnek bir bütçe belirlenmiş, değiştirilebilirliği göz önünde bulundurulmuştur.

Quadcopter olası kaza veya çarpma durumunda herhangi bir parçasına gelecek zararı minimize şekilde tasarlanmıştır. Quadcopterin toplam ağırlığı yüksek mesafelerde düşme durumunda herhangi bir kimseye çarpması ciddi sonuçlara sebep olabilir. Bu sebeplerden simulasyon programları kullanılarak quadcopter kullanımı mümkün mertebe geliştirilmiştir.

Veri aktarımının sağlık biçimde gerçekleştirilmesi için açık havada ölçüm tercih edilmelidir. Rüzgârlı havalar quadcopterin dengeli biçimde uçuşunu bozabilmektedir. Ölçüm değerlerindeki sapmaların azaltılması için durgun hava seçilmelidir. Ölçüm için seçilen yerler bölgeyi temsil edecek şekilde ölçüm alınmalıdır aksi takdirde hava kalitesi doğru biçimde yorumlanamaz.

Yapılmış projenin çevreyle olan etkileşimleri incelendiğinde çevre için oluşturabileceği herhangi bir hava kirliliği veya çevreye salınan katı veya sıvı atık söz konusu değildir. Quadcopterin üzerine bağlanan sensörler ve haberleşme modülünü frekansının düşük olmasından herhangi bir radyasyon söz konusu değildir.

#### 4. TARTIŞMA

Quadcopter tasarımı yapılırken gövde üzerindeki en küçük bir eğilme durumu quadcopterin sağlıklı uçuşunu engellemektedir. Pratikte, tasarımdaki parçaların 'CAD' programları ile yapılan analizlerden daha yüksek eğilme gerilmeleri meydana geldiği gözlemlenmiş bu durum tasarım yapılırken göz ardı edilmemelidir.

Yapılan pil hesaplarına göre uçuş süresi belirlenmiştir. Quadcopter hazır hale gelip uçuş gerçekleştiğinde teorik hesaptan daha fazla uçuş süresi elde edilmiştir.

Sensörlerler yardımıyla bilgisayara aktarılan verilerde sıcaklık ve nem sensörünün sıcaklık ölçüm değeri, sensörün datasheetinde verilen  $\pm 2$  °C hata oranı aynen gözlemlenmiş ve nem ölçüm değeri ise datasheetde verilen %5 hata oranının aksine %7 olduğu gözlemlenmiştir.

nRF24L01 modülü datasheetinde 1000m mesafede veri aktarımı başarıyla sağlanabilmektedir. Yapılan testlerde datasheetinde verilen veri aktarım mesafesinin açık alanda başarılı şekilde gerçekleştiği gözlemlenmiş, modüller arasında herhangi bir engel bulunması durumunda veri aktarımında anlık kesilmeler olduğu gözlemlenmiştir.

## 5.SONUÇLAR

Söz konusu proje kapsamında hava kalitesi ölçmek amacıyla bir quadcopter tasarlanmış, üretimi gerçekleştirilmiş, sağlıklı biçimde çalıştırılıp ölçüm değerleri bilgisayara aktarılmış ve irdelenmiştir.Proje sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

Proje kapsamında gerekli malzemeler araştırılıp uygun şekilde temin edilmiş ve bazı parçalar 3B yazıcı vasıtasıyla bastırılmıştır.

Proje kapsamında sensörler ile yapılan ölçümler Arduino ile okunur hale getirilmiş ve quadcopter üzerine monte edilmiştir. Sensörlerin çalışır durumda olması Arduino IDE arayüzü ile kontrol edilerek ölçümler yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler nRF24L01 modülü ile başka bir Arduino kartına anlık olarak gönderilmiş ve bilgisayardan Arduino IDE arayüzü ile okunması sağlanmıştır.

Parçaların elde edilmesinden sonra elektronik aksamın yeri belirlenmiş kabloların zarar görmemesi için ve bağlantı temasları mümkün mertebe azaltılarak gerekli lehimleri yapılmış, montaj biçimi belirlenmiş ve parçaların montajı yapılmıştır.

Betaflight programı üzerinden motorların dönüş yönleri ayarlanmış, quadcopterin önu belirlenmiş, kumanda ayarları yapılarak quadcopter uçacak hale getirilmiştir.

Gerekli simülasyon çalışmalarıyla quadcopter kullanımı için antrenman yapılarak quadcopter sağlıklı biçimde uçurulmuştur ve sensörler vasıtasıyla ölçüm gerçekleştirilip irdelenmiştir.

Motorlar çalıştırıldığında iki motorun istenilen biçimde çalıştığı ve diğer iki motorun yavaş döndüğü gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebinin kumanda kalibrasyonundan kaynaklandığı anlaşılmış ve kumanda kalibrasyonu yapılarak bu sorun düzeltilmiştir.

Quadcopter çalıştırıldığında kullanılan motorlardan beklenilenden gürültülü çalıştığı gözlemlenmiştir.

Proje başlangıcında motorların oluşturacağı hava akımının sensörlerin ölçümünü yüksek düzeyde etkileyeceği düşünülse de proje bitimindeki testlerde hava akımının sensörlerin ölçümünü neredeyse hiç etkilemediği kanısına varılmıştır.

## 6. ÖNERİLER

Gövde tasarımlarında son derece rijit bir tasarım tercih edilmelidir. Quadcopter havada hareket halindeyken yalpamalanmalardan kaynaklı bağlantı problemleri çıkmaması için sensörler ve bağlantı elemanları quadcopter üzerine mümkün mertebe sabitlenmelidir.

3B yazıcıyla basım yapılırken parçaların tam doluluk oranında basılmasına ve malzeme kalitesine dikkat edilmelidir.

Doğru ölçüm verileri için quadcopter havada mümkün mertebe sabit tutulmalı, durgun havada ölçüm yapılmalıdır. Quadcopter tasarımında daha hafif bir çerçeve tasarlanarak daha küçük pervaneler ile kaldırma kuvveti kontrolü sağlanarak hava akımı azaltılabilir.

Sensörlerin datasheetinde verilen hata oranları incelenmeli, pratikte bu değerlerin datasheet verilerinden daha az veya çok olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Quadcopter kullanım deneyimi olmayan kişilerin uçuştan önce simulasyon programlarından yararlanarak uçuş deneyimini geliştirmesi önerilmektedir.

Ölçüm yapılırken hava şartları dikkate alınmalı, yağmurlu havada elektronik aksamın zarar göreceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ölçüm yapılacak yerin frekans yoğunluğu dikkate alınmalıdır aksi takdirde ölçüm veri aktarımında gecikmeler meydana gelebilmektedir.

Farklı tür gazlara ait sensörler kullanılarak çeşitli uygulamalar gerçekleştirilebilir.

## 7. KAYNAKÇA

1. Caldeira, K. & Duffy, P. B. *Science* 287, 620–622 (2000).
2. Aydıner, B., Güven ve H., Kırkksekiz, S., Hava Kirliliği Nedir? Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2009  
URL-1,  
3. <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-ced/ced-birimi/hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Flu%C4%B1k-etkileri.html>
4. URL-2,  
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1167969>  
YEŞİLAY, R. B. MACİT, A. Drone Economy In Turkey and The World: Future Expectatóns .27.05.2020
5. URL-3,  
<https://www.ksbu.edu.tr/Website/Contents.aspx?PageID=3041&LangID=1> . 28 Ekim 2019
6. Dilbaz, A., Gezin Drone Geliştirilmesi ve Kontrolü, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, 2019
7. Gökçe, N., İnsansız Hava Araçları Kavrama, Bileşenler Tasarım ve Oluşturma, Tübitak İnsansız Hava Araçları Yarışması, 2018
8. Şarman, Ç., Ve Ulusoy, N., Yatay Eksenli ve Çift Enjeksiyonlu Plastik Enjeksiyon Makinalarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2019
9. Sonsuz, B., Kargıoğlu, A., Şıpka, Oruç, M., Hepşen, Ö., Seveli, E., Mustak, H., KARGI, H., Karafazlıoğlu, M., Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emilasyonların Envanterlenmesi , Sakarya Üniversitesi, Bitirme Tezi, Sakarya, 2011
10. Aktürk, U., Quadcopter Tasarımı ve Kuvvet Analizi , Karabük Üniversitesi, Bitirme Tezi, Karabük, 2016
11. Kuzu, F., Dört Pervaneli (Quadcopter) İnsansız Hava Aracına Farklı Kontrol Yöntemlerinin Uygulanması, Fırat Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, ELAZIĞ 2018
12. Çakır, C., Doğan, Y., Yalçın, M., Öztürk, İ.B., Uç Vorteks Etkisi Azaltılmış Kanat Tasarımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bitirme Projesi, Trabzon, 2020

13. URL-4,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Étienne\\_Oehmichen](https://en.wikipedia.org/wiki/Étienne_Oehmichen)
  
14. URL-5,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/De\\_Bothezat\\_helicopter](https://en.wikipedia.org/wiki/De_Bothezat_helicopter)
  
15. URL-6,  
[https://www.cradleofaviation.org/history/exhibits/exhibit-galleries/the\\_jet\\_age/convertawings\\_model\\_a\\_quadrotor.html](https://www.cradleofaviation.org/history/exhibits/exhibit-galleries/the_jet_age/convertawings_model_a_quadrotor.html)

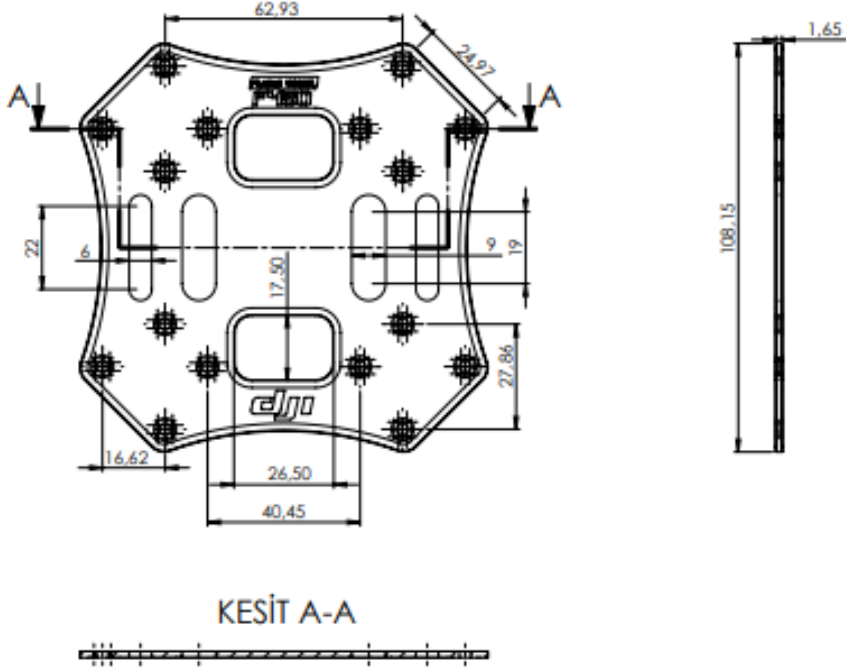
## 8.EKLER

**Ek-1:** Sistemin Genel Görünümü



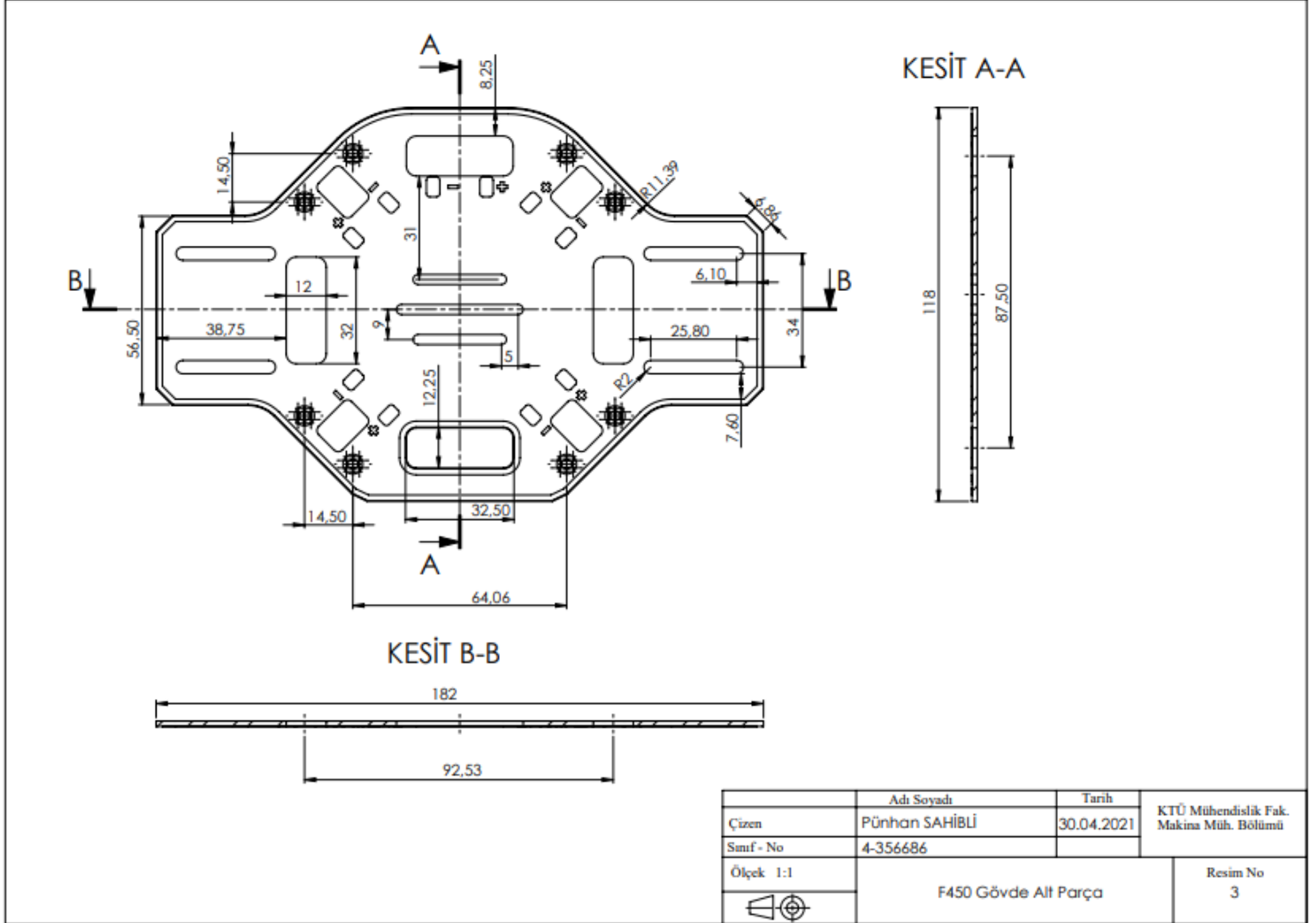


## Ek-2: Üst Gövde Parçası Teknik Resim Gösterimi

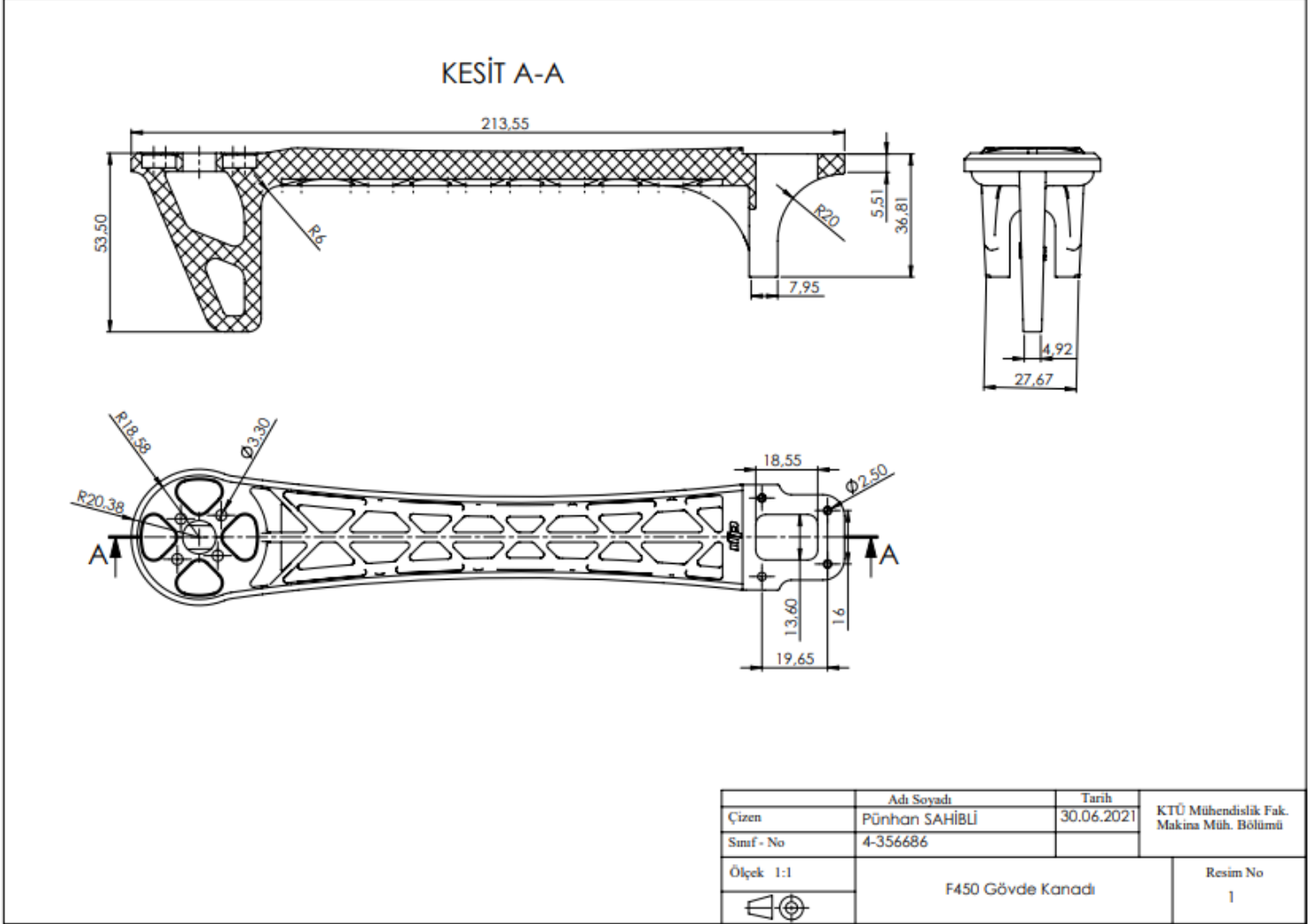


	Adı Soyadı	Tarih	KTÜ Mühendislik Fak. Makina Müh. Bölümü
Çizen	Pınhan SAHİBLİ	30.04.2021	
Sınıf - No	4-356686		
Ölçek 1:1	F450 Gövde Üst Parça		Resim No 2

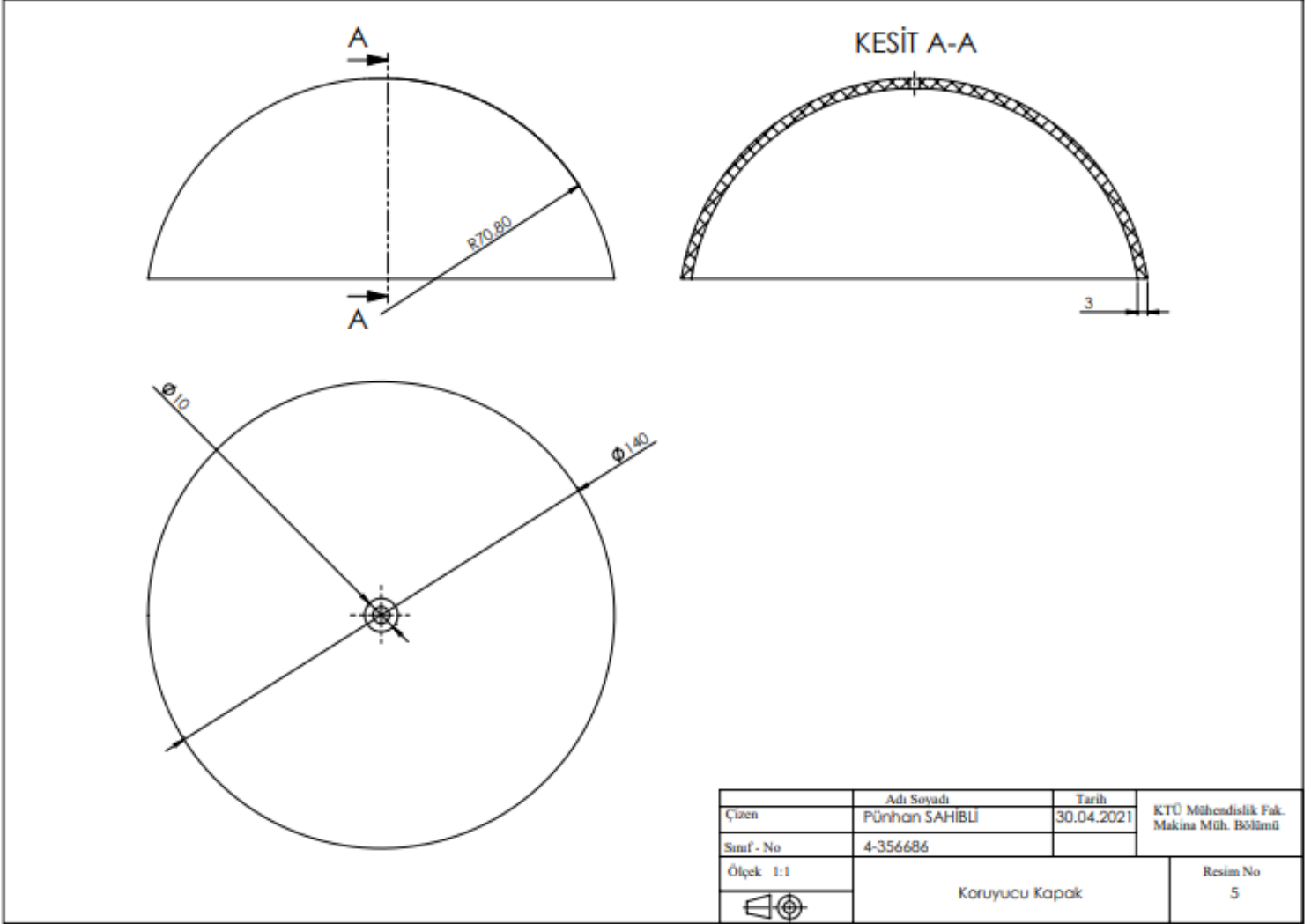
### Ek-3: Alt Gövde Parçası Teknik Resim Gösterimi



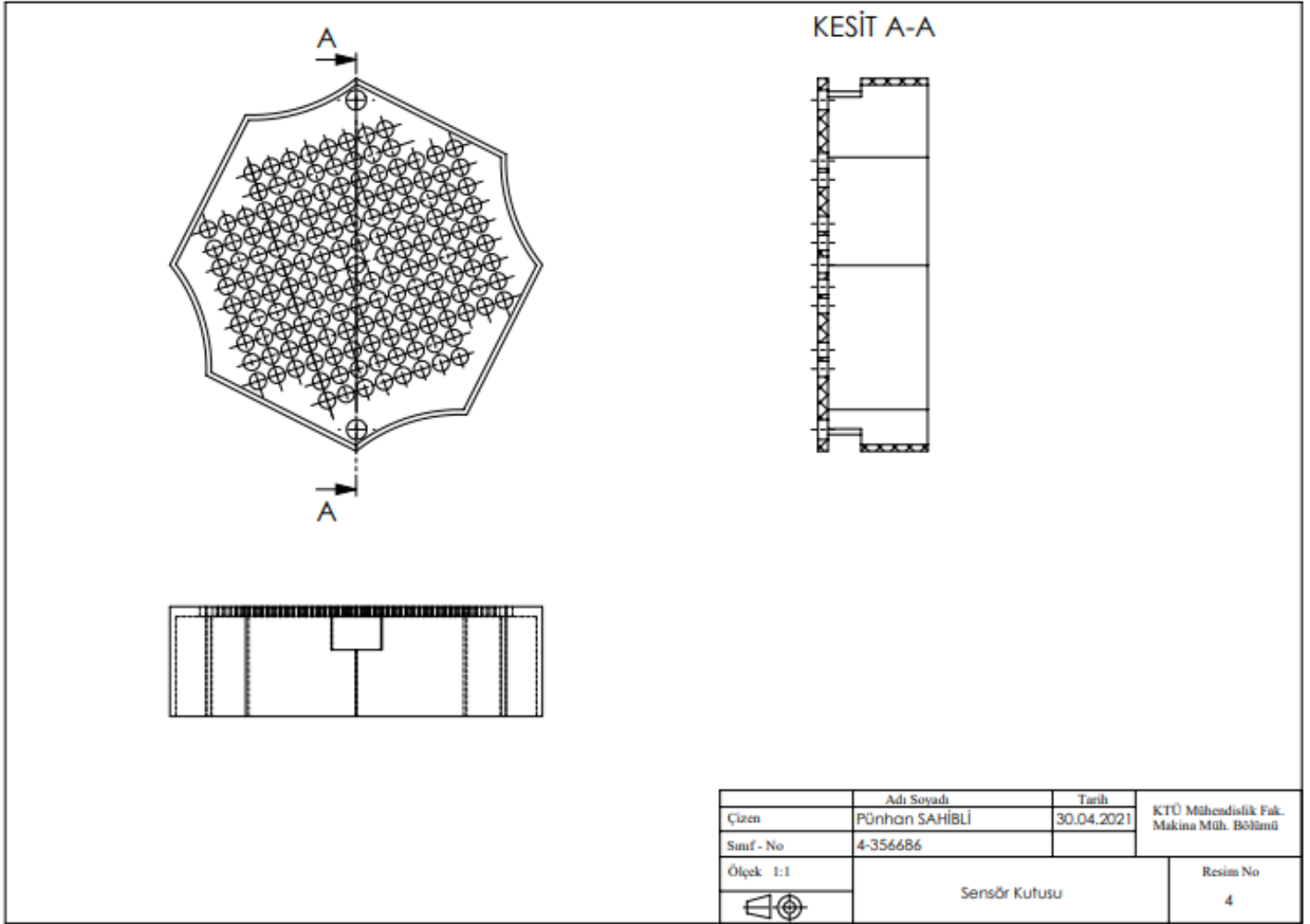
#### Ek-4: Kanat Teknik Resim Gösterimi



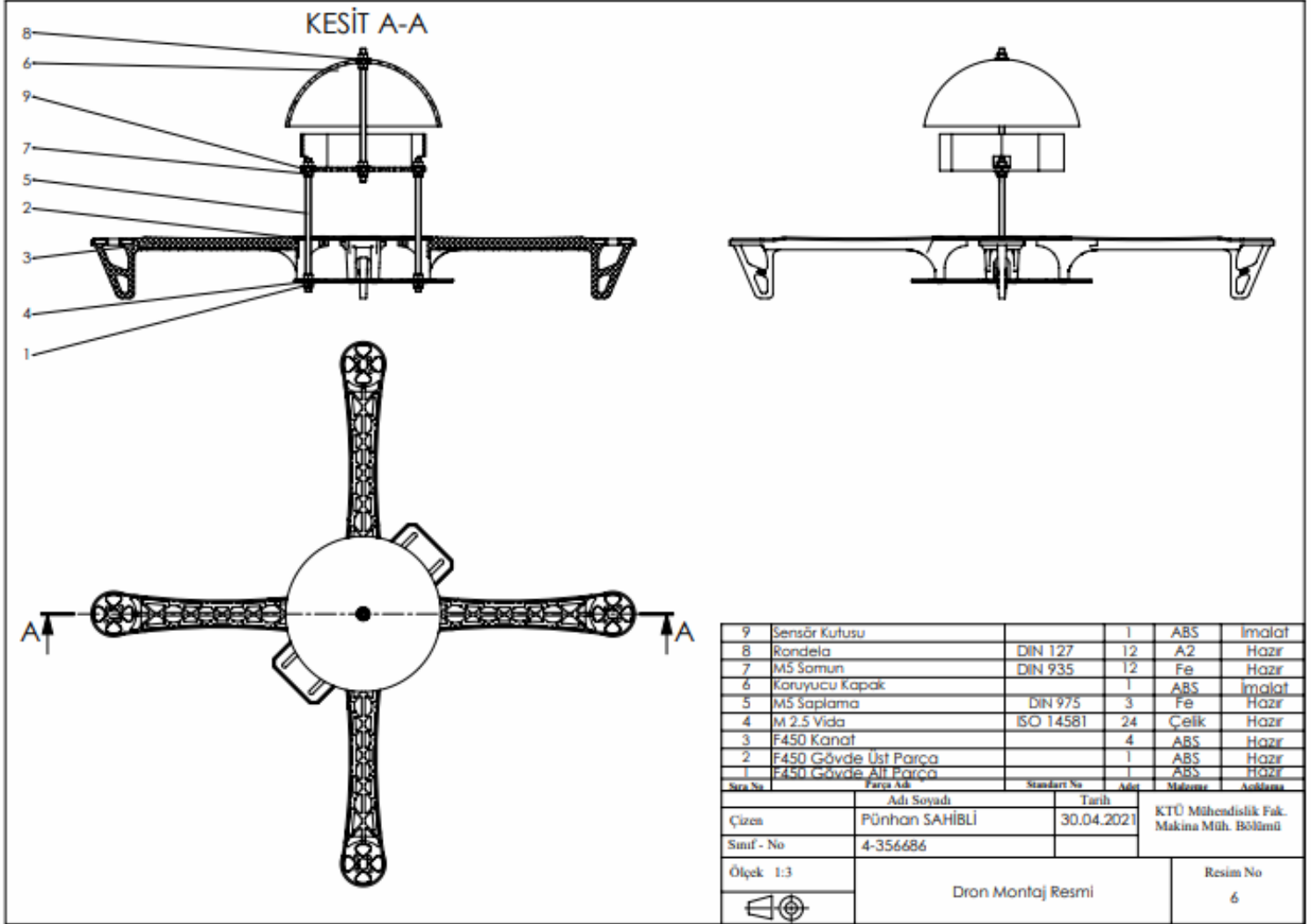
**Ek-5: Koruyucu Kapak Teknik Resim Gösterimi**



**Ek-6:** Sensör Kutusu Teknik Resim Gösterimi



## Ek-7: Montaj Resmi



## ÖZGEÇMİŞLER

### **Adil GÜNEŞ**

1997 yılında Samsun'da doğdu. 2012 yılında başladığı Samsun Onur Ateş Anadolu Lisesi'nden 2016 yılında mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü kazandı. 4. Sınıf olarak lisans eğitimini devam ettirmektedir. B1 seviye İngilizce ve Bilgisayar Destekli Tasarım ( CAD ) bilgisine sahiptir.

e-mail : [me.adilgunes@gmail.com](mailto:me.adilgunes@gmail.com)

### **Pünhan SAHİBLİ**

24.10.1998 tarihinde Azerbaycan Bakü'de doğdu. 2005 yılında Türk Dünyası Araştırmaları Vakfı Bakü Atatürk Lisesine başladı. 2016 yılında liseden mezun olup Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü kazandı. Aynı üniversite ve bölümde 4.sınıf olarak lisans eğitimini devam ettirmektedir.

e-mail : [sahibli.punhan@gmail.com](mailto:sahibli.punhan@gmail.com)

### **Abdullah ERDOĞAN**

14.09.1998 tarihinde Elazığ'da doğdu. 2016 yılında Abdullah Mürşide Özünenek Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne yerleşti. Aynı üniversitede 4. sınıf olarak lisans eğitimine devam etmektedir.

e-mail : [abdullaherdogan2306@gmail.com](mailto:abdullaherdogan2306@gmail.com)

### **Ahmet TAKAR**

10.05.1998 tarihinde Van'da doğdu. 2012 yılında Çekmeköy Toki Çok Programlı Lisesine başladı. 2016 yılında Özel Nazmi Arıkan Fen Bilimleri Temel Lisesi'nden mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü kazandı. 4. sınıf olarak lisans eğitimine devam etmektedir. B1 seviye İngilizce , orta seviye C dili ve Bilgisayar Destekli Tasarım ( CAD ) bilgisine sahiptir.

e-mail : [tkrahmet15335@gmail.com](mailto:tkrahmet15335@gmail.com)