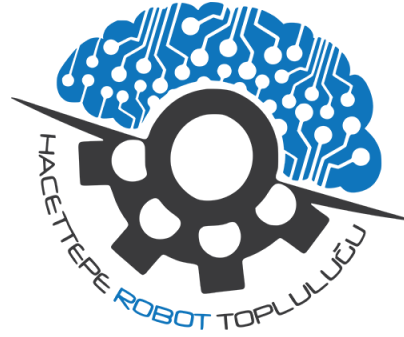




**HALLEDERİZ**



<b>TAKIM ADI: HALLEDERİZ</b>
<b>ARAÇ TÜRÜ: DÖNER KANAT</b>
<b>ÜNİVERSİTE: HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ</b>
<b>TAKIM KAPTANI: ALİBERK SERİN</b>

## 1. PROJE ÖZETİ

### 1.1 Tasarımda İzlenen Yöntem

İHA'nın tasarım sürecinde yarışma puan kriterleri incelenip hızlı, hafif, stabil olma ve faydalı yük taşıyabilecek kadar itkiye sahip olma, İHA'nın ana isterleri olarak belirlendi. Diğer konfigürasyonlara göre daha hızlı, çevik ve stabil olduğu için 4 motorlu bir konfigürasyon olan X konfigürasyonu kullanıldı. Gövde hafif ve 4 eksenle simetrik olacak şekilde tasarlandı. Kollar kuvvete dayanıklı karbon fiber kare profilden yapıldı. Ayaklar yüksek kuvvetin fazlasını sönümleyecek ve kalan ideal kuvveti iletecek şekilde tasarlandı. 9047 karbon katkılı pervane ile birlikte kullanıldığında yüksek itki ürettiği için SunnySky X2216-III 1100 KV motor tercih edildi. Racerstar 30A 4in1 ESC motorların çektiği akıma uygun ve hafif olduğu için seçildi. 4S 7000mAh olan diğer bataryalardan daha hafif, küçük ve verimli olduğu için DXF 7000mAh 4S batarya seçildi. Motorların yüksek akım çekmeleri durumunda elektronik parçaların zarar görmemesi için Sea World Su Geçirmez 120A Sigorta seçildi. Alternatifleri arasında verimliliği en yüksek olan Pixhawk 2.1 Cube Black ve bu otopilot kartına uyumlu HEX Here2 GPS seçildi. Veri aktarım boyutu ve hızının istenen düzeylerde olması sebebiyle Xbee Pro S2C telemetri seçildi. Elimizde bulunan verici ile uyumlu olduğu için Jumper R8 Alıcı tercih edildi. Alt sistem olarak çok miktarda su taşıyabilecek, hafif ve stabil bir su taşıma sistemi tasarlandı. Bir kabın alt yüzeyine açılan bir delik, deliğin üstüne konan bir kapak ve kapağın açılmasını kontrol eden bir servo motoru su taşıma sistemini oluşturmaktadır.

### 1.2 Takım Organizasyonu



Elektronik ekibi İHA'nın komponentlerin seçiminden, entegrasyonundan ve uyumluluğundan sorumludur. Mekanik ekibi İHA'nın tasarımlarının-çizimlerinin yapılmasından ve bir araya getirilmesinden, yazılım ekibi ise İHA'nın otonom şekilde görevleri yapabilmesi için gerekli yazılımların üretilmesinde sorumludur. Ekip üyeleri Detaylı Tasarım Videosunda tanıtılmıştır.

### 1.3 İş Zaman Çizelgesi Planlanan ve Gerçekleşen

ÇALIŞMA TAKVİMİ											
Proje başlangıç tarihinden itibaren uygulanacak çalışma takvimini göstermektedir. (12 sütunu 2020 yılının Aralık ayı, devamındaki sütunlar ise 2021 yılının aylarıdır.)											
		2021 Ayları									
İŞ PAKETLERİ		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Kaynak Taraması										
2	Tasarımın Oluşturulması										
3	Kullanılacak Elektronik Parçaların Seçilmesi										
4	Kavramsal Tasarım Raporunun Hazırlanması										
5	Otonom Uçuş Yazılımının Üretilmesi										
6	Görüntü İşleme Yazılımının Üretilmesi										
7	Parçaların Temin Edilmesi										
8	İHA'nın Üretilmesi										
9	İHA'nın Görev ve Uçuş Yazılımlarının Testleri										
10	Detaylı Tasarım Raporunun Hazırlanması										
11	Son Optimizasyonların Yapılması										
12	Yarışma Süreci										

Planlanan detaylı tasarım süreci  
Gerçekleşen detaylı tasarım süreci

İHA'nın görevleri gerçekleştirme yöntemlerinin ve kullanılacak olan bazı elektronik parçaların değiştirilmesinden dolayı "Tasarımın Oluşturulması" süreci uzamıştır. İHA'nın görevleri yerine getirebilmesi için daha uygun parçalar ve sistemler bulunması sebepleriyle "Kullanılacak Elektronik Parçaların Seçilmesi" süreci uzamıştır. İHA için kullanılacak parçaların değişmesi ayrıca parçaların tedarik sürelerinin beklenen süreden daha uzun olması "Parçaların Temin Edilmesi" sürecini uzatmıştır. Kullanılacak görüntü işleme yazılımının uçuş sırasında sorun çıkardığından yazılımın değişmesi "Görüntü İşleme Yazılımının Üretilmesi" sürecini uzatmıştır.

## 2. DETAYLI

### TASARIM

### 2.1

#### Tasarımın Boyutsal Parametreleri

Gövde 145 mm x 145 mm boyutlarında olup 8,50 mm kalınlığa sahiptir. Gövdeye bağlı karbon fiber kolların her biri toplamda 195 mm uzunluğunda ve dış çerçeveleri 13 mm x 13 mm, iç çerçeveleri 10 mm x 10 mm şeklindedir. Karbon fiber kolların içinden geçtiği her parçanın iç çerçevesi 13,20 mm, dış çerçevesi 20,20 mm'dir. Karbon fiber kolların bağlantı parçalarının genişlikleri 13 mm, merkezleri arası uzaklık 23,50 mm'dir. İniş takımında kullanılan ayakların dikey uzunluğu 180 mm, dikey düzlemde yaptığı açı 60°, kalınlığı 11 mm ve en geniş oldukları yerde genişlikleri 15,58 mm'dir. Ayakların karbon fiber kollara monte edildiği parçanın genişliği 21,61 mm'dir. GPS ayağının yüksekliği 165 mm olup 13,50 mm çapa sahiptir. Modülün takıldığı dairesel parça 5 mm kalınlığında ve 30 mm çaptadır.

Tasarımın ağırlık ve konumsal parametreleri iki tablo altında incelenmiştir. Tablo 1, İHA'nın

kendisini ve elektronik bileşenleri taşıyan mekanik parçaların ağırlıklarını ve belirlenen referans noktasına uzaklıklarını ve montaj sırasında kullanılan malzemelerin ağırlık ve adedini verir. Tablo 2, araca yerleştirilen elektronik ve itki sistemlerinde bulunan parçaların belirlenen referans noktasına göre konumunu ve ağırlıklarını belirtir. Tablodaki numaralandırmalar ARDUPILOT yazılımının motor konfigürasyonuna göre sıralanmıştır. X konfigürasyonunda sağ üst kol #1, sol alt kol #2, sol üst kol #3, sağ alt kol #4 şeklinde numaralandırılmıştır.

**Tablo 1**

No	No	Parça Adı	Ağırlık (gram)	Adet	Toplam Ağırlık (gram)	X Uzaklığı (mm)	Y Uzaklığı (mm)	Z Uzaklığı (mm)
1	1	Pixhawk Cube 2.1 Otopilot Kartı	81	1	81	0	11,85	0
2	2	Here 2 GPS	49	1	49	46,43	174,41	46,59
	3	Raspberry Pi 4 2GB	47,37	1	47,37	0	-87,8	-5
3	4	Raspberry Pi V2 Kamera Modülü	3,47	1	3,47	0	-107,2	78,73
	5	Jumper R8-D16 Alıcı	11,31	1	11,31	-47,35	4,16	48,96
4	6	SunnySky X2216 V3 KV1100 Fırçasız Motor	80,44	4	321,76	#1 176,55 #2 -176,55 #3 -176,55 #4 176,55	#1 7,51 #2 7,51 #3 7,51 #4 7,51	#1 176,56 #2 -176,56 #3 176,56 #4 -176,56
5	7	9x4,7 Karbon Katkılı Drone Pervanesi	9,62	4	38,48	#1 176,69 #2 -176,69 #3 -176,69 #4 176,69	#1 31,19 #2 31,19 #3 31,19 #4 31,19	#1 176,69 #2 -176,69 #3 176,69 #4 -176,69
6	8	Racerstar 30A 4 in 1 ESC	10	1	10	-46,97	0,68	-44,51
7	9	Xbee Pro S2C Telemetry + Explorer USB	21,86	1	21,86	49,68	7,87	-46,76
8								
9	Bağlama Elemanları		--	--	212	--	--	--

**Tablo 2**

## 2.2 Gövde ve Mekanik Sistemler

Ana gövdenin tasarımında asıl hedef; gövdenin olabildiğince hafif, dayanıklı ve olası manevralarda stabil olmasıdır. Ana gdvdede kullanılmış olan PET-G malzemenin fazla esnek olmasından dolayı daha az esnek olan PLA malzemesinin kullanılması tercih edilmiştir. Kullanılması planlanan sigorta tedarik edilemediğinden değıştirilmiştir. Yeni sigortanın bağlantı noktaları, başta oluşturulan gövdeyle uyumlamış olup sigortanın monte edileceğı yüzeyin kolay ulaşılır olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan deneyler, parçalara kuvvetin uygulanacağı öngörülen noktalardan ölçölü kuvvet uygulanıp parçanın deforme olup olmadığıın gözlemlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte yardımcı bilgisayarın konulduğu platformun yeterince sağlam ve sabit olmadığı denemeler sonucu görölmüştür. Bu nedenle bu elektronik parçaların bağlanması ve konumlanmasında değışikliklere gidilmiştir. Tüm bu değışikliklerin çok büyük ve sayıca fazla olmaları sebebiyle var olan ana gövdeye uyumlu hale getirilemediğinden ve gdvdede kullanılacak materyalin değışmesi ile ana gövdenin baştan tasarlanması gerekli görölmüştür. Yeni gövde, bu değışiklikler gözetilerek daha sağlam olacak şekilde tasarlanmıştır.

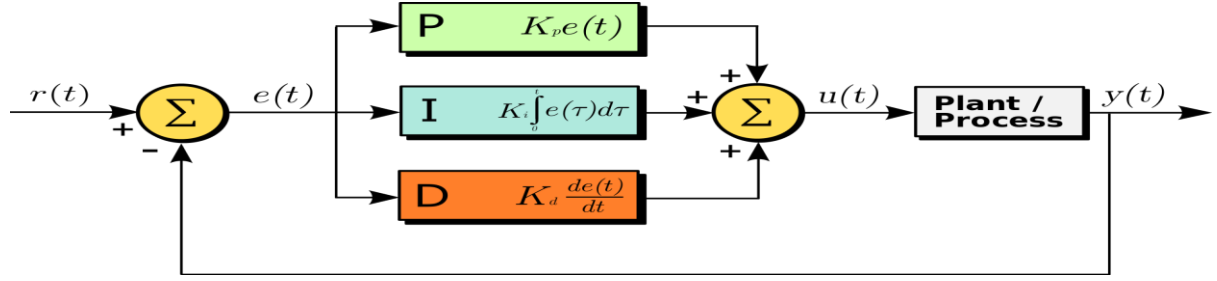
Kullanılan ayakların sağlam olmaması ve bağlantılarının zayıf olduğu gerekçesiyle ayakların tasarımıyla birlikte montaj biçimi ve gövde ile yaptığı açı deneyler ile desteklenerek değıştirilmiştir. Aynı şekilde karbon fiber kolların gövdeye bağlantısında kullanılan parçanın da dayanıksız olması sebebiyle yerine daha sağlam bir bağlantı sistemi kullanılarak olası tehlikeler önlenmiştir. Önceden tasarlanmış motor yuvaları; montajları sırasında çıkardıkları sorunlar, sağlam olmamaları ve motorları yeterince sabit tutamamaları sebepleriyle olası tehlikelerden korunmak amaçlı yenileri ile değıştirilmişlerdir. GPS modölünün yerleştirildiğı parçanın bağlanma şekli, yeni çizilen gövdeye uygun olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir ve bahsedilen parçanın dikey uzunluğu, modölün ideal biçimde çalışması hedeflenerek yeniden ayarlanmıştır. Yardımcı bilgisayarın konumlandırıldığı platform, otopilot kartının üzerinde yeterince sağlam ve sabit olmadığından ve buna ek olarak birinci görev için kullanımına ihtiyaç olmadığında sökülebilecek şekilde su taşıma sistemine entegre edilmiştir. Ana gövdenin yeni tasarımında kütleyi hafifletecek ve kablolama işlemine yardımcı olacak şekilde boşluklar açılmasına dikkat edilmiştir. Bu boşluklar açılırken dört taraftan da simetrik olması önemsenmiştir. Aracın X konfigürasyonunda tasarlandığı göz önünde bulundurulacak olursa, motorların uyguladığı kuvvet kollardan X şeklinde ilerleyerek ana gövdenin dört köşesine iletilir. Bu kuvvetler bitişik iki köşenin ortasında çakışır. Bu sebeple bu orta noktalar ana gövde tasarlanırken en çok dikkat edilen noktalar olmuştur. Boşlukların tasarımı yapılırken ana gövdenin köşegenlerinin dışında kalan alanlara yerleştirilmesi ve bu boşlukların ana iskeletin kalınlığını bozmaması için ana gövde tasarımına benzer şekilde açılmasına dikkat edilmiştir. Değışen ana gövde ile birlikte kütle merkezinin olabildiğince gövdenin geometrik merkezine yakın olması gözetilerek bileşenlerin konumları gövde üzerinde birbirlerini dengeleyecek şekilde değıştirilmiştir. Bu sayede aracın yapacağı

manevralarda motorların aracı daha hızlı dengelediği ve bu sebeple aracın daha stabil olduğu görülmüştür. Motor yuvaları tasarlanırken uçuşta kullanılacak motorların vida delik ölçüleri alınmış olup motor yuvasıyla karbon fiber yuvası arasındaki stabilite ve dayanıklılığı sağlamak için motor yuvasının dış çerçevesi karbon fiber kolun yuvasına destek olacak şekilde eklenmiştir. İniş takımlarının tasarımı, tasarım sürecinde büyük bir önemle ele alınmıştır. Bunun sebebi olası düşüş durumlarında ayakların aldığı kuvveti sönümlemesinin istenmesidir. Bu nedenle bacağın yan yüzeylerine gelen kuvvetleri sönümleyecek şekilde boşluklar açılmıştır. Tasarım sürecinin öncesinde tasarımın gerekliliklerinin öğrenilmesi için var olan ana gövdeler, motor yuvaları, iniş takımları araştırılmış olup bu mekanik parçaların hassas noktaları belirlenmiştir. Aynı zamanda çizim sürecinin ardından modelleme sürecinde tasarımların 3 boyutlu yazıcıdan baskı alınacağı göz önünde bulundurulduğundan modelleme işlemlerinde tasarımın keskin hatları yumuşatılmış, bağlantı noktaları desteklenmiştir. Tasarımlar, belirlenen kriterlere uygun olabilmeleri için SolidWorks programı kullanılarak pek çok kez yeniden modellenmiştir. Programın kullanıcı dostu olması ve topluluğumuzun yeni üyelere SolidWorks öğretmesi, tasarımda tercih edilmesindeki önemli etkenlerdendir.

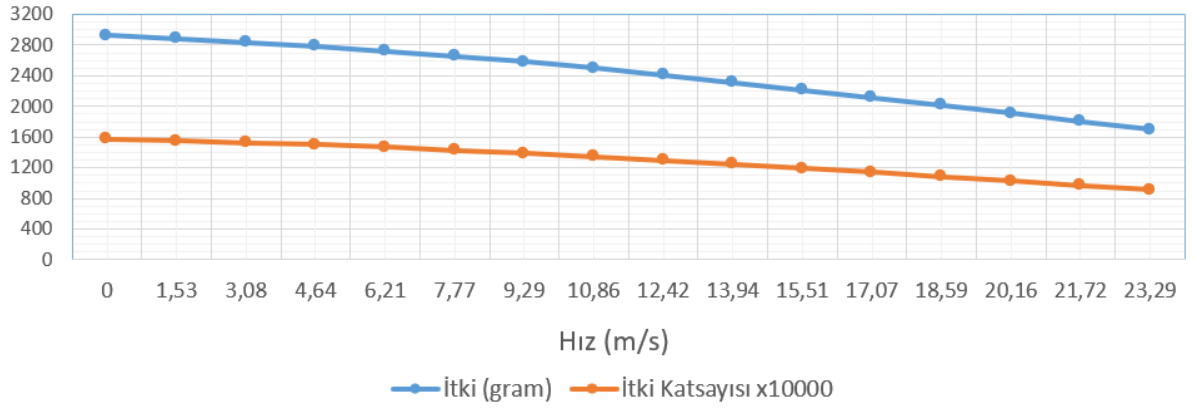
### **2.3 Aerodinamik, Stabilite ve Kontrol Özellikleri**

Aracın itki konfigürasyonu, hedeflenen görev sürelerini karşılaması ve en verimli şekilde yüksek itki sağlaması amaçlanarak belirlenmiştir. Kullanılan motorlar ile hedeflenen itkiyi, karşılanabilecek miktarda akım ile sağlayacak pervaneler seçilmiştir. Seçilen pervane boyutundan daha küçük pervaneler yeterli itkiyi sağlayamadığından; daha büyük pervaneler ise fazla akım çektiğinden tercih edilmemiştir. İlk görevde yüksek hız ve hafiflik hedeflenmiş olduğundan seçilen motor-pervane kombinasyonu ile birlikte itki-ağırlık oranı 3,5 seviyesindedir. Böylece araç, uygun hücum açısında yüksek hızlara çıkabilmektedir. Güvenli itki-ağırlık oranı aralığı göz önünde bulundurularak 1250 ml su taşımak hedeflenmiştir, itki-kütle oranı 1,7 seviyesinde olup güvenli uçuşa uygundur. Araç yüksüz uçuşta 70°'ye, yüklü uçuşta ise 46°'ye kadar uçuş kabiliyetini koruyarak yunuslama ve yuvarlanma hareketlerini yapabilmektedir. Ancak yüklü ve yüksüz uçuşta aracın dengesinin çok bozulması ve bunun düşme ihtimali yaratmasından dolayı ana uçuş eksenleri bu kadar yüksek açıda manevra yapmamaktadır. Aracın kollarında, aynı ağırlıktaki diğer malzemelerden daha sağlam olan karbon fiber kullanılmıştır. Araç tam gazda 200 saniye uçuş süresine sahiptir ancak görevlerde uçuşta tam gaza hiç çıkmadığı için standart koşullarda uçuş süresi daha uzundur. PID oransal-integral-türevsel denetleyici kontrol döngüsü yöntemi, sürekli olarak bir hata değerini, yani amaçlanan sistem durumu ile mevcut sistem durumu arasındaki farkı

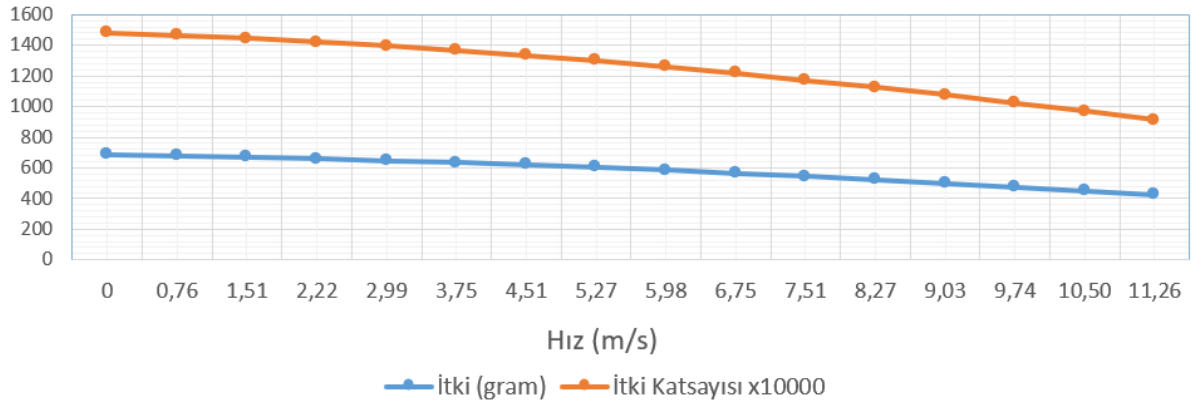
hesaplar böylece İHA dengeli ve stabil bir şekilde uçabilmektedir.



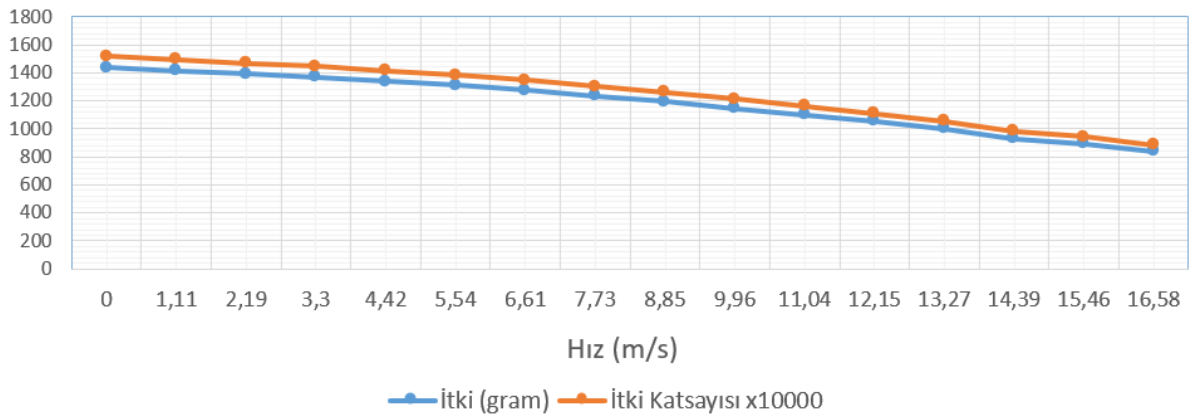
Maksimum Devir Sayısında Tek Pervanenin İtki ve İtki Katsayısı Değişimi



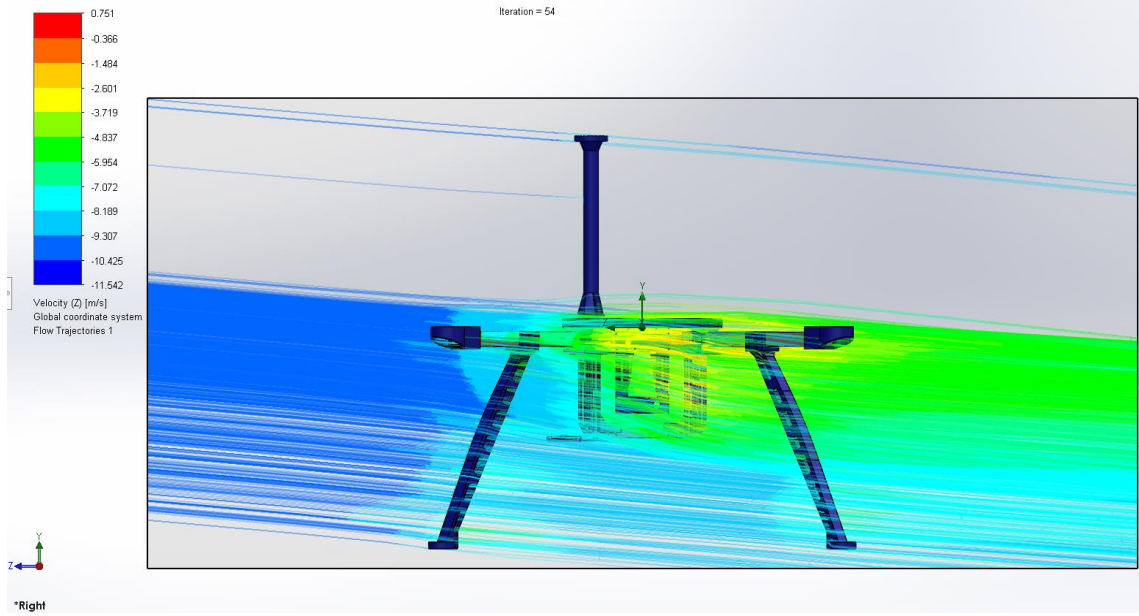
Asılı Kalırken Tek Pervanenin İtki ve İtki Katsayısı Değişimi



Yük ile Asılı Kalırken Tek Pervanenin İtki ve İtki Katsayısı Değişimi



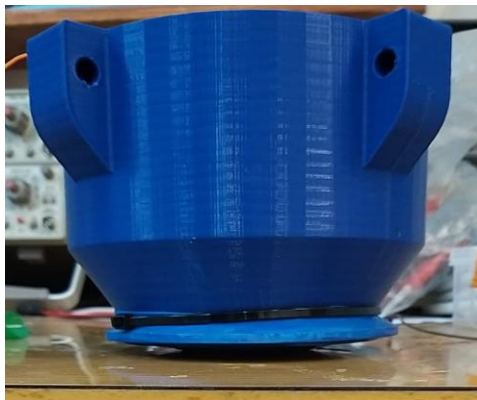




## 2.4 Görev Mekanizması Sistemi

Su taşıma sisteminin ağır olması, elektromıknatısın su ile temas etme ihtimalinin olması ve elektromıknatısın çalışmasının temas gerektirmesi Kavramsal Tasarım Raporunda tasarlanmış olan su taşıma sisteminin yerine yeni bir su taşıma sisteminin tasarlanmasını gerekli kılmıştır.

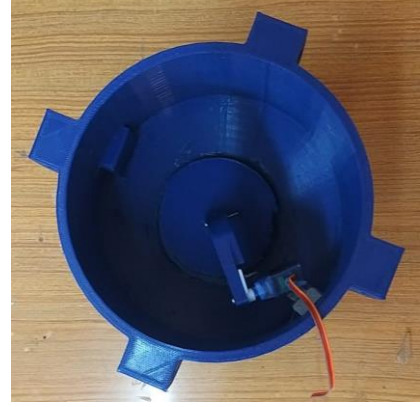
Yeni su taşıma sistemindeki kutunun çalışma mekanizması tamamen değişmiş olup tasarımda büyük değişikliklere gidilmiştir. Güncel su taşıma sisteminin bir fotoğrafı yanda bulunmaktadır. Su taşıma sistemi silindirik bir kap, SG90 Servo, kapak ve servo kolundan oluşmaktadır. Kabin altında ve üstünde delikler bulunmaktadır. Üst yüzeydeki deliğin amacı hava çıkışını sağlamak, alt yüzeydeki deliğin amacı ise su giriş-çıkışını sağlamaktır. Yan



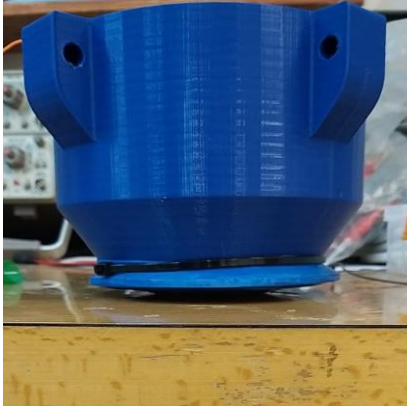
yüzeydeki kulakçıklar kabın gövdeye bağlanabilmesi için gereklidir. Kap içerisinde servonun sabitlenebilmesi için bir çıkıntı tasarlanmıştır. Servo kolu ve kapak, servonun dairesel hareketi göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Servo kolu, servonun yarattığı baskıyı kapak üzerinde düzgün bir şekilde dağıtmak için pençe şeklinde tasarlanmıştır. Tasarlanan kol servoya vida ve kelepçeler ile bağlanmaktadır. Son olarak kabın alt yüzeyine balon

gerdirilmiştir. Kapak kapandığında balona kuvvet uygulanmakta ve balonu daha fazla gerdirerek kapak ve balon arasında su geçirmez bir yüzey oluşturmaktadır.

Kabın kapalı olması kapağın yuvasına oturmuş olmasını, kabın açık olması kapağın yuvasından çıkmış olmasını yani kaba su giriş-çıkışının serbest olduğunu belirtmektedir. Kap kalkıştan su alma anına kadar kapalı durumdadır. Su bırakma alanına gelindiğinde kap açılır böylece suyu haznesine alır. Kap suda iken kapatılır böylece yükselme anında suyun akması engellenmiş olur. Su bırakma alanına gelinceye kadar kap kapalı kalır, su bırakılacağı zaman kap açılır ve su bırakılır. Kabin uygun aerodinamik yapıda olması için kesitler dairesel tasarlanmıştır. Kabin daha kolay batması ve su bıraktıktan sonra kabin içerisinde su kalmaması için alt yüzeye eğim verilmiştir.



### Tasarımın Boyutsal Parametreleri



Kap; alt yüzeyi 50 mm yarıçapında, üst yüzeyi 70 mm yarıçapında daireler olan 100 mm yüksekliğe sahip bir silindirdir. Kutunun altında suyu almamızı ve boşaltmamızı sağlayan boşluk 40 mm yarıçapındadır. Bu boşluğun etrafında ve kutunun dışında ise dış yarıçapı 55 mm, iç yarıçapı 24 mm olan bir halka yer almaktadır. Maksimum yarıçapı 40 mm, minimum yarıçapı 20 mm ve yüksekliği 15 mm olan bir kapak kutunun içindeki eğimli boşluğu kapatmaktadır. Servo motorun sabitleneceği platform 23 mm x 23 mm x 12 mm boyutlarındadır. Servo motor ile kapak arasındaki bağlantıyı 51 mm x 66 mm boyutlarında 12 mm kalınlığında çatal uçlu bir kol sağlamaktadır. Bu kol servo motora M2 vida ile vidalanmış ve ek tedbir olarak kelepçelenmiştir, kapağa ise M3 vida ile vidalanmıştır. İplerin bağlandığı kulakçıklar 17 mm x 32 mm x 15 mm boyutlarında, iplerin geçirileceği delik 4,5 mm yarıçapındadır.

## 2.5 Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemleri

**Oto Pilot Kartı:** Pixhawk 2.1 Cube Black, 32-bit ARM Cortex M4 işlemci ve 32-bit emniyetli yardımcı işlemciye sahiptir. 168 MHz 256 KB RAM ve 2 MB bellek bulundurmaktadır. Bulundurduğu 3 adet IMU'dan 2 tanesi yüksek frekanslı titreşimlerden izole edilmiş bir küpün içerisinde olmak üzere toplamda üç tane IMU sensörü vardır. IMU'ların optimum sıcaklıkta çalışabilmesi için sıcaklık, yerleşik ısıtma dirençler tarafından kontrol edilmektedir. Küpün titreşim amortisörlü olması, IMU sensör değerlerinde oluşabilecek sapmaları en aza indirmektedir. İki tane MS5611 barometre vardır. İçerisinde doğrusal ve rotasyonel hareketleri ölçen ivmeölçer ve jiroskop bulunan üç eksenli IMU'lar, sistemin stabilizasyonunu artırmaktadır. İvmeölçer, referans olarak kabul ettiği dikey konumunda oluşan değişiklikleri kıyaslayarak ivmeyi ölçer; jiroskop üç eksenindeki açısal hızları ölçerek dönüş yönünü ve hızını belirler, pusula manyetik alanın gücünü ve yönünü ölçer, barometre ise hava basıncını ölçmektedir. Otomatik yük devretmeli yedek güç kaynağına sahip Pixhawk'ın servo pinleri yüksek akımlara dayanabilmektedir. Girişler ESD korumalı ve çevresel çıkışlar aşırı akıma karşı korunmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı aracımızda bu uçuş kontrol kartını kullandık.

**GPS:** "Pixhawk Here 2 GPS/GNSS" STM32F302 işlemciye sahiptir. Pusula, jiroskop, ivmeölçer (ICM20948) ve barometre (MS5611) sensörlerine ve 3D Fix pozisyon doğrulama özelliğine sahiptir. -167 dBm hassasiyete sahip olan Here 2; maksimum 10 Hz navigasyon yenileme oranına, bütünlük ve güvenlik koruma özelliğine ve eş zamanlı üç GNSS kullanabilme yeteneğine sahiptir.

**RF Verici-Alıcı:** Kavramsal Tasarım Raporu sırasında seçilen alıcı ve uyumlu olduğu verici çok pahalı olduğu için yerine Jumper R8-D16 alıcısını ve bu alıcıyla uyumlu olan Jumper T12 vericisi seçildi. Tamamen açık kaynak kodlu OpenTx yazılımı ve sahip olduğu 16 kanal

sayesinde çoklu komut atanabilir olup uçuş sırasında rahatlıkla uçuş modu değiştirilebilmektedir. 16 SBUS kanalına ve 8 tane PWM kanalına sahip bu alıcı TX/RX çıkışları sayesinde uçuş kontrol kartına bağlanıp uçuş modlarını değiştirmek üzere telemetri olarak da kullanılabilir. Uçuş kontrol verilerini APM komut dosyası üzerinden vericiye aktarır.

**Telemetri:** Kavramsal Tasarım Raporu sırasında seçilen “APM Pixhawk Wi-Fi Wireless Modülü”, menzili yetersiz olduğu için yerine “XBee Pro S2C” kullanılmasına karar verilmiştir. XBee Pro S2C, uçtan uca şifrelemeli olup noktadan noktaya, eşler arasında ve çok noktalı/yıldız konfigürasyonlarında hızlı ve güçlü iletişim sağlamakta olup güçlü uç nokta bağlantılarını kolaylık sağlamaktadır. Menzili 3200 metreye kadar çıkabilmekte ve UART arayüzü ile 250 Kbps, SPI arayüzüyle ise anlık 5 Mbps hızlarında veri aktarabilmektedir.

**Yardımcı Bilgisayar:** “Raspberry Pi 4 8GB” 1.5 GHz hızında Broadcom BCM2711 dört çekirdekli ARM Cortex-A72 işlemciye ve 8GB LPDDR4 RAM donanımlarına ve H.265 kod çözme yeteneğine sahiptir. 40 adet GPIO pinine sahip olup su taşıyacak kabın kapağını açmak için kullanılacak servo motorunu çalıştırabilecek 5V çıkışa sahiptir. İkinci görevde kullanılacak görüntü işleme kodunu 1080p çözünürlükte ve 60 fps ile işlemektedir.

**Kamera:** Kavramsal Tasarım Raporu sırasında seçilen “Raspberry Pi Camera V1” modeli görüntü işlemede çıkardığı sorunlar nedeniyle “Raspberry Pi Camera V2” modeli ile değiştirilmiştir. Sabit odaklı bir objektife ve Raspberry Pi için özel olarak tasarlanmış 8 megapiksel çözünürlüklü Sony IMX219 sensörüne sahip bu kamera modülü 3280 x 2464 piksellik statik görüntüler üretebilir ve 1080p30, 720p60, 640 x 480p90 videoları destekler.

**Motor ve Pervane:** Aracımız X konfigürasyonuna sahip 4 motorlu Quadcopter'dir. Seçilen motor 69 gram olan “SunnySky X2216V3 1100KV” 9 inç çapında 4.7 hatveye sahip pervaneyle yaklaşık olarak 1600 gram itki üretebilmektedir. Taşımayı hedeflediğimiz su miktarı göz önünde bulundurularak bu motor-pervane konfigürasyonu seçilmiştir.

**ESC(Elektronik Hız Kontrolcüsü):** Esc motorlara gereken akımı vererek motorların istenen devirde dönmesini sağlar. Seçilen motor-pervane konfigürasyonu tam gazda 25.7A akım çekmektedir. 4 adet ESC yerine daha hafif olan 4in1 Racerstar 30A Blheli ESC seçilmiştir.

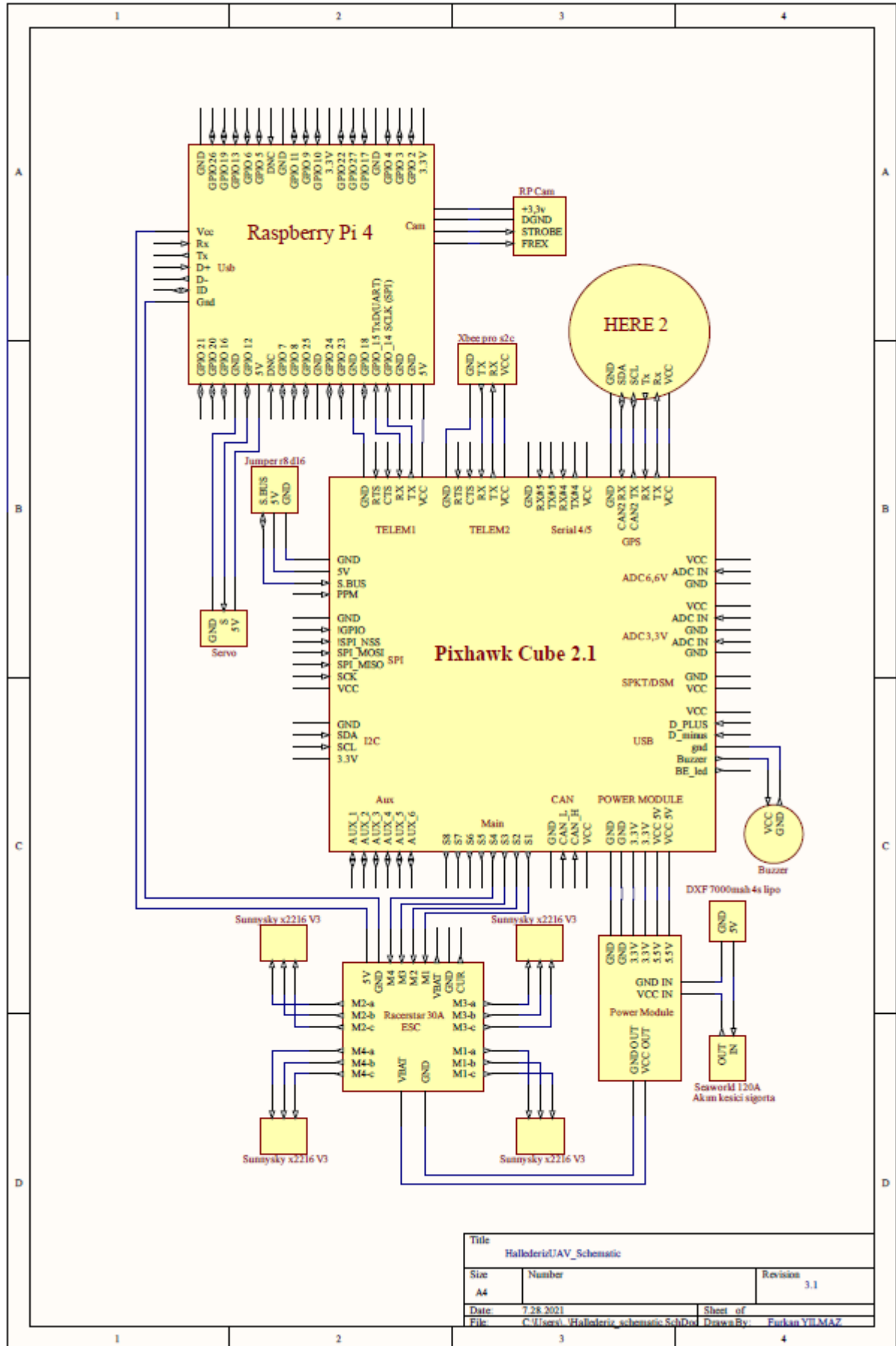
**Servo Motor:** İkinci görevde su taşımak için kullanılan kabın kapağını açmak ve kapatmak için 9 gram ağırlığında 5V ile 1.3 kg.cm tork üretebilen “Tower Pro SG90” servo motoru seçilmiştir. Servo motorun su altında da çalışabilmesi için öncelikle dişli kısım gres yağı ile dolduruldu. Servo motorun içerisindeki kalan boşlukları doldurması ve su basıncını dengelemesi amacıyla eklenecek zeytinyağının aralardan sızması için servo motorun bağlantı noktaları silikonla kapatılmıştır.

**Sigorta:** Kavramsal Tasarım Raporu sırasında seçilen “MP 120A akım kesici sigorta” tedarik edilemediği için aracımızda bulunan elektronik parçaların ve motorların çekeceği akım miktarı göz önünde bulundurularak “SeaWorld 120A akım kesici sigorta” seçilmiştir.

**Batarya:** Kavramsal Tasarım Raporu sırasında seçilen “DXF 7000mAh 60C Softcase” yerine daha güvenli olan “DXF 7000mAh 60C Hardcase” Li-Po batarya seçilmiştir. Bu batarya

aracımızda bulunan elektronik parçaların ve motorların çekeceği akım miktarı, anlık verebileceği akım miktarı, kütlesi ve boyutları göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

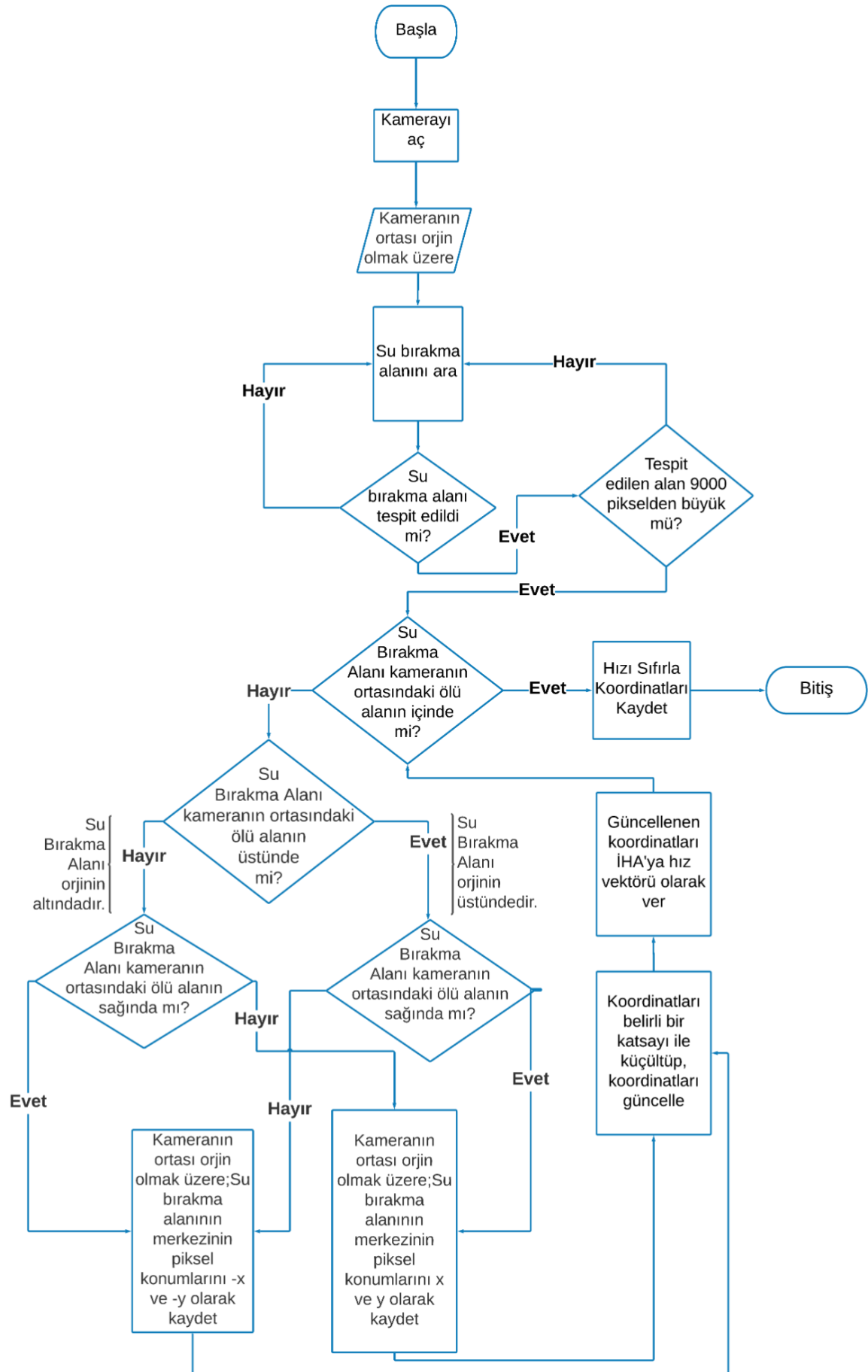
İlk görev uçuşu sırasında İHA'nın alt katı, Raspberry Pi yardımcı bilgisayarı ve kamera aracın ağırlığını minimize etmek adına çıkartılacaktır. Görevi gerçekleştirmek için QGroundControl yer istasyonu kullanılacaktır. QGroundControl içerisinde bulunan uçuş planlama özelliği kullanılarak uygun koordinatlar işaretlenip telemetry ile plan otopilot kartına gönderilmektedir.



## 2.6 Hedef Tespit ve Tanıma Sistemi

Su bırakma alanı, uçuş güzergahında koordinatları önceden verilen iki direk arasında herhangi bir yerdedir. Bu alanın koordinatlarının tespiti için Python yazılım dilini ve Dronekit, OpenCV, Threading, Numpy kütüphaneleri kullanılmıştır. Güzergahı boyunca normal hızında ilerleyen aracın, iki direk arasına geldiğinde koordinat verisini düşük hata payıyla alabilmesi için hızı 2 m/s'e düşmektedir. Numpy kütüphanesi kullanılarak ayarlanan renk sınırları ve OpenCV kütüphanesindeki renk maskeleye fonksiyonu kullanılarak oluşturulan renk tanıma algoritması sayesinde kırmızı renk algılanır ve su bırakma alanı kameranın kadrajına girdiği anda konumunu sabitler. Daha kesin bir koordinat verisi alabilmek adına araç; kameranın orta noktasını orijin olarak belirleyerek bir kartezyen sistemi oluşturulur. Bu kartezyen sistemine göre su bırakma alanının orta noktası x ve y piksel koordinatları şeklinde kaydedilir. Daha sonra, ayarlanan farklı bir fonksiyon piksel koordinatları belirli bir katsayıyla küçültülüp MavLink komutları ile İHA'ya hız vektörü olarak verilir. Kameranın ortasında bulunacak şekilde ayarlanan ölü alanın orta noktası su bırakma alanına girdiğinde araç durmakta ve alanın koordinatlarını Dronekit kütüphanesindeki bir fonksiyon yardımıyla oluşturulan konum değişkenine kaydedilir. Oluşturulan bu algoritma sayesinde daha kesin bir koordinat verisi alınmış olup, kullanılan Threading kütüphanesinin işlemci çekirdeklerini ayırarak her birinde farklı bir işlem yapma olanağı sağlaması sayesinde İHA; Dronekit kütüphanesiyle oluşturulan normal güzergahında ilerlerken aynı zamanda görüntü işler. Bu sistem için yardımcı bilgisayar olarak Raspberry Pi 4 8 GB; görüntüyü almak için Raspberry Pi V2 Kamera Modülü seçilmiştir. Bu donanımları kullanılma sebepleri envanterimizde zaten bulunan parçalar olmaları ve yapılacak görev için yeterli olmalarıdır. Sistem, kameranın görüş alanını kapatmayacak şekilde tasarlanmıştır.







## 2.7 Uçuş Performans Parametreleri

Yarışma Kriterleri Tablosundaki veriler içerisinde beklenen verileri üretici verileri, uygulama sonuçları ve hesaplama yöntemleri ile elde edilmiştir. Gerçekleşen verileri ise tamamen ölçümlere dayalıdır.

**Yarışma Kriterleri Tablosu**

1. GÖREV (650m)	Süre(s)	Ağırlık (g)	2. GÖREV (500m)	Süre(s)	Faydalı Yük (g)
Beklenen	70	1700	Beklenen	320	1000
Gerçekleşen	81	1787	Gerçekleşen	253	1150

Aracın Hover Süresi Tablosundaki süreler içerisinde hesaplanan veriler, kütlenin üretilen itkiye eşitlenmesi ve bu itkinin üretilmesi için gerekli akımın bulunduktan sonra belirlenen akımın bataryayı %85 tüketme süresinin hesaplanması ile elde edilmiştir. Gerçekleşen veriler ise İHA'nın asılı kalma süresinin ölçülmesi ile elde edilmiştir.

**Aracın Hover Süresi Tablosu**

	1.Görev (s)	2.Görev (s)
Hesaplanan	836,72	582,07
Gerçekleşen	846	564

Aracın Maksimum Hızı Tablosundaki hesaplanan veriler İHA'nın akış simülasyonuna sokulup yatay eksende oluşan kuvvetin akışkanın yarattığı sürüklenme kuvvetine eşitlenmesi ve akışkan hızının tespit edilmesi ile bulunmuştur. Gerçekleşen veriler ölçüm ile elde edilmiştir.

**Aracın Maksimum Hızı Tablosu**

	1.Görev (m/s)	2.Görev(m/s)
Hesaplanan	30	22,8
Gerçekleşen	27	10

Batarya Kapasite Hesabı Tablosundaki hesaplanan veriler sanal ortamda görevlerin simüle edilip üretici verileri kullanılarak güç hesabı yapılması ile elde edilmiştir. Gerçekleşen veriler ise görev öncesi ve sonrası Li-Po test cihazı kullanılarak elde edilmiştir.

**Batarya Kapasite Hesabı Tablosu**

1. GÖREV	Harcanma(mAh)	Harcanma%	2. GÖREV	Harcanma(mAh)	Harcanma%
Hesaplanan	1516,67	21,67	Hesaplanan	5333,33	76,2
Gerçekleşen	1065,79	15,21	Gerçekleşen	3493,95	49,94

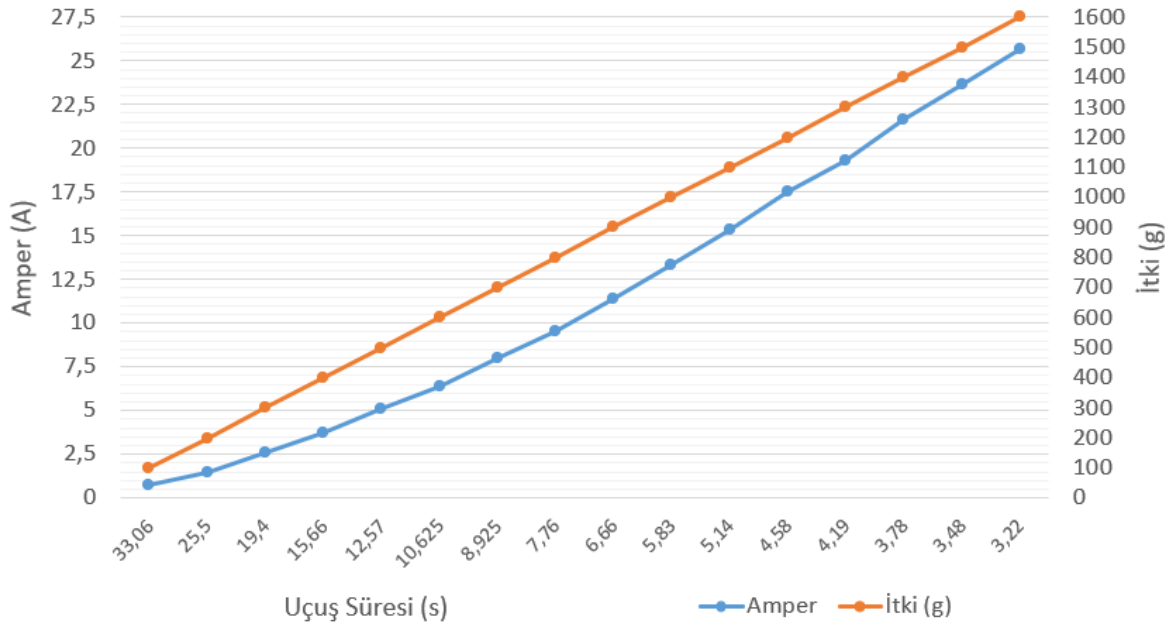
Aracın Manevra Kabiliyeti Tablosundaki hesaplanan veriler motorların ürettiği itki göz önünde bulundurularak vektörel işlem yapılması ile elde edilmiştir. Gerçekleşen veriler Mission Planner uygulamasından deneme yolu ile elde edilmiştir.

#### Aracın Manevra Kabiliyeti Tablosu

1. GÖREV	Maksimum Yatış (°)	2. GÖREV	Maksimum Yatış (°)
Hesaplanan	73,85	Hesaplanan	56,85
Gerçekleşen	70	Gerçekleşen	46

Verilen İtki ile Uçuş Süresi Grafiği, üretici verilerinin girilmesi ile oluşturulmuştur.

#### Verilen İtki ile Uçuş Süresi Grafiği



#### 2.8 Hava Aracı Maliyet Dağılımı

Tabloda yeşil arka plan rengine sahip ürünler "1. HAZIRLIK DESTEĞİ" ile alınmıştır. 1. Hazırlık Desteğinin aktarılmasından itibaren 9569,45 ₺ harcanmıştır.

No	Parça Adı	Birim Fiyatı (TL)	Adet	Toplam Fiyatı
----	-----------	-------------------	------	---------------

1	SunnySky X2216-III 1100 KV	390,35 ₺	4	1561,39 ₺
2	Pixhawk 2.1 Cube Black	4445,00 ₺	1	4445,00 ₺
3	Here 2 GPS Modülü	1499,00 ₺	1	1499,00 ₺
4	90x47x2 Karbon Katkılı Pervane	30,83 ₺	8	246,64 ₺
5	Jumper R8-D16 Receiver	220,25 ₺	1	220,25 ₺
6	XBee Pro 63mW RPSMA – Seri 2C (ZigBee Mesh) – XBP24CZ7SIT-004	60,00 ₺	2	120,00 ₺
	Xbee Explorer	47,21 ₺	2	94,41 ₺
7	Racerstar 30A 4 in 1 ESC	483,09 ₺	1	483,09 ₺
8	DXF Power 4S 7000mAh Li-Po Batarya	850,00 ₺	2	1700,00 ₺
9	Sea World 120A Su Geçirmez Sigorta	310,29 ₺	1	310,29 ₺
10	Kare Karbon Fiber Profil 13 mm x 10 mm	58,20 ₺	4	232,80 ₺
11	PLA Filament	118,99 ₺	1	118,99 ₺
11	Raspberry Pi 4 8GB	884,31 ₺	1	884,31 ₺
12	Raspberry Pi Kamera Modülü	381,24 ₺	1	381,24 ₺
13	SG90 Servo	14,65 ₺	1	14,65 ₺
14	RP-SMA Erkek 2.4GHz Anten Kısa	55,92 ₺	1	55,92 ₺
	RP-SMA Erkek 2.4 GHz Anten Uzun	51,95 ₺	1	51,95 ₺
	Diğer Elektronik Malzemeler	1122,81 ₺	-	1122,81 ₺
	Sarf Malzemeleri	969,08 ₺	-	969,08 ₺
	Montaj-İmalat İçin Alınan Aletler	3893,89 ₺	-	3893,89 ₺
	TOPLAM:			18.356,78 ₺

Diğer Elektronik Malzemeler: STM32F407G-DISC1, 2.4GHz Wifi Anten (ufl-çıkışlı), ST-link, Raspberry Pi 4 Adaptör, Li-Po Tester, BI-Touch Seviyeleme Sensörü, Röleler, FTDI Board, Servo Tester, Kullanılmayan 120A Sigortalar.

Sarf Malzemeleri: Kablolamalar İçin Kablo, M2-M3 Vida Setleri, Gres yağı, Su Yalıtım Malzemeleri, Lehim Aparatları, Yapıştırıcılar, Kelepçeler.

Malzemelerin Montajı-İmalatı İçin Alınan Aletler: TS-100 Havya, Yedek Havya Ucu, Kablo Soyacağı, T200 Li-Po Charger BI-Touch Sensörü Ek Aparatlar, Lehimleme Aletleri, Farklı Boyutlarda Tornavidalar ve Tornavida Seti, Ender 3 Pro Manyetik Tabla, Topraklama Eldiveni.

## 2.9 Yerlilik

Yerlilik kapsamında çalışma bulunmamaktadır.