

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: BARBAROVS

TAKIM ID: 65772

YAZARLAR: Hasan Can SERT, Deniz ENDER, Emrehan KURŞUN, İhsan Batuhan YELKEN, Hüseyin Talha ÇULHA, Selçuk YILMAZ, Şevval GÜLLÜ, Gözde KÖRPE, Barış BÜYÜKYILMAZ, Murat KARAKUŞ

İçindekiler

1. RAPOR ÖZETİ	3
2. TAKIM ŞEMASI	3
2.1. Takım Üyeleri	3
2.2. Organizasyon Şeması ve Görev Dağılımı	3
3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ	3
4. ARAÇ TASARIMI	4
4.1. Sistem Tasarımı	4
4.2. Aracın Mekanik Tasarımı	5
4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci	5
4.2.2. Malzemeler	10
4.2.3. Üretim Yöntemleri	11
4.2.4. Fiziksel Özellikler	13
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı	14
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci	14
4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci:	25
4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci:	32
4.4. Dış Arayüzler	33
5. GÜVENLİK	34
6. TEST	35
7. TECRÜBE	35
8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI	36
9. ÖZGÜNLÜK	36
10. YERLİLİK	37
11. KAYNAKÇA	38

1. RAPOR ÖZETİ

Barbarovs, Hacettepe Üniversitesi'nin çeşitli bölümlerinden öğrencilerin Hacettepe Üniversitesi Robot Topluluğu çatısı altında bir araya gelerek oluşturduğu otonom sualtı teknolojileri geliştiren bir ekiptir. Ekibimizin amacı; işlevsel ve farklı misyonlar için güncellenebilir sualtı robotları üreterek milli teknoloji hamlesine destek olmaktır.

Projemiz mekanik tasarım, elektronik tasarım ve yazılım tasarımı olarak 3 aşamaya ayrılmıştır. Bu aşamalar ekip içinde takımlara bölünüp her takım kendi içerisinde kaptanlara ve üyelere ayrılmıştır. Bu ekiplerin görevleri takım organizasyonu bölümünde açıklanmıştır.

TEKNOFEST İnsansız Sualtı Sistemleri Yarışması'nda amaç TEKNOFEST yarışma komitesi tarafından verilen senaryoları başarıyla gerçekleştirebilecek bir otonom sualtı aracı tasarlamaktır. Barbarovs ekibi yarışma doğrultusunda verilen şartnameye uygun olarak otonom görevleri yerine getirebilen "Stingray" isimli robotu tasarlamıştır.

Stingray; haftalarca süren planlama, AR-GE faaliyetleri ve yoğun bir çalışmanın ürünüdür, gerekli tüm iş güvenlik önlemleri alınarak geliştirilmiştir. Stingray hızı, gücü ve dengeyi maksimize ederek ve gelecekte farklı projelerde uygulanabilirliği göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Robot iç, dış iskelet tasarımları ve sızdırmaz tüp tasarımı yapıldıktan sonra elektronik donanımlarla yapılandırılmıştır.

Stingray, sualtında tamamen otonom şekilde gerçekleşen 3 görevi başarıyla yerine getirmek için tasarlanmıştır. Bu görevler: Kapıdan geçiş görevi altında farklı boylardaki kapılardan küçük olanın içinden geçmek, denizaltının tespiti ve sualtı aracının konumlanması görevi altında, hedefe en yakın şekilde konumlanma ve son olarak hedef tespiti ve imhası görevi altında, 45KHz pinger sinyali yayan hedefin düşürülmesidir.

Belirlenen görevler kapsamında itki, hız, manevra kabiliyeti, güç tüketimi, otonom sürüş süresi ve kabiliyeti, gelecek projelerde uygulanabilirlik gibi sebepler göz önünde bulundurularak 8 iticili vektörel hareketi ve stabilizasyonu kolaylaştıran bir tasarım yapıldı. İticilerin kontrolleri çift yönlü elektronik hız sürücülerini vasıtasıyla sağlandı(ESC). 8 iticinin güç tüketimini karşılamak için 12000mAh 14.8V'luk bir batarya kullanıldı. Otonom hareketi sağlamak için Pixhawk 4 otopilot kartı son olarak görüntüyü işleyebilmek için bir kamera ve Raspberry pi 3B+ bilgisayarı kullanıldı.

Bu belgede, TEKNOFEST İnsansız Su Altı Sistemleri Yarışması için hazırladığımız robotumuz Stingray'i üretirken ve tasarlarken oluşturduğumuz organizasyonel yapı, takip ettiğimiz zaman, bütçe ve risk planları, kullanılan kaynaklar, Stingray'in mekanik, elektronik donanım, algoritma ve yazılım tasarımları, üretimde alınacak iş güvenlik önlemleri, planlanan ve uygulanmış test senaryoları, Stingray'in yerli ve özgün taraflarına yer verilmiştir.

2. TAKIM ŞEMASI

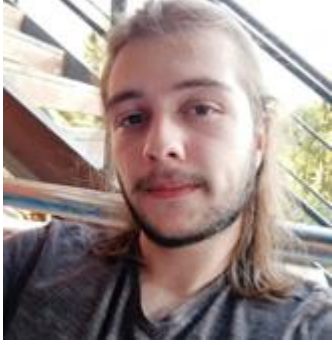
2.1. Takım Üyeleri



Hasan Can Sert - Takım Kaptanı

Elektrik Elektronik Mühendisliği 2. sınıf öğrencisi

Çalışma alanları: Otonom sistemler, gömülü sistemler, finans ve sponsorluk



Deniz Ender - Takım üyesi

Elektrik Elektronik Mühendisliği 1. sınıf öğrencisi

Mekanik takım görevlisi

Çalışma alanları: Mekanik tasarım ve araç tasarımı

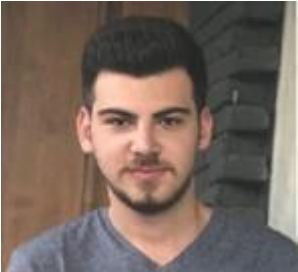


Emrehan Kurşun - Takım üyesi

Makine Ön lisans 1. sınıf öğrencisi

Mekanik takımı kaptanı

Çalışma alanları: Mekanik tasarım ,CAD/CAM ve araç tasarımı



İhsan Batuhan Yelken - Takım üyesi

Elektrik Elektronik Mühendisliği 2. sınıf öğrencisi

Elektronik takımı kaptanı

Çalışma alanları: Gömülü sistemler ve elektronik sistemler



Hüseyin Talha Çulha - Takım üyesi

Elektrik Elektronik Mühendisliği 1. sınıf öğrencisi

Elektronik takımı görevlisi

Çalışma alanları: Elektronik ve sualtı sistemleri donanım geliştiricisi



Selçuk Yılmaz - Takım üyesi

Bilgisayar Mühendisliği 2. Sınıf öğrencisi

Yazılım takımı kaptanı

Çalışma alanları: Görüntü işleme ve yazılım geliştirme



Şevval Güllü

Elektrik Elektronik Mühendisliği 1. sınıf öğrencisi

Yazılım takımı görevlisi

Çalışma alanları: Görüntü işleme ve simülasyon teknolojileri



Gözde Körpe

Elektrik Elektronik Mühendisliği 1. sınıf öğrencisi

Yazılım takımı görevlisi

Çalışma alanları: Yazılım geliştirme



Murat Karakuş

Elektrik Elektronik Mühendisliği 2. sınıf öğrencisi

Yazılım takımı görevlisi

Çalışma alanları: Simülasyon teknolojileri ve elektronik sistemler



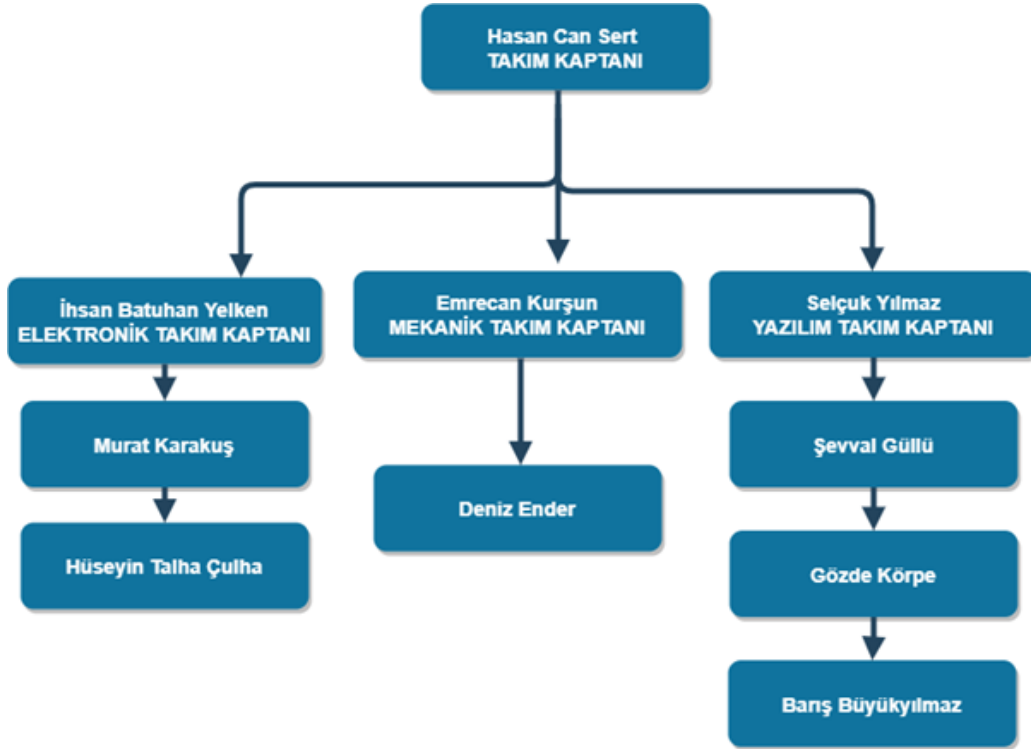
Barış Büyükyılmaz

Elektrik Elektronik Mühendisliği 2. sınıf öğrencisi

Yazılım takımı görevlisi

Çalışma alanları: Görüntü işleme ve yazılım geliştirme

2.2. Organizasyon Şeması ve Görev Dağılımı



Robotumuzun üretim aşamaları göz önünde bulundurularak ekibimiz mekanik, elektronik ve yazılım olarak 3 ana başlık üzerine alanlardaki yetkinlikleri doğrultusunda bölünüp görevlendirilmiştir. Kaptanımız oluşturulan takımların çalışmaları esnasında aralarındaki koordinasyonu sağlamıştır. Takımlarımızın görevleri aşağıdaki ana başlıklar altında listelenmiştir.

Mekanik Takımı:

- Teknik resimlerin hazırlanması
- İç ve dış iskeletin tasarımlarının yapılması
- Taşıyıcı tüpün tasarımı
- Sızdırmazlık
- Fiziki şartların analizleri

Elektronik Takımı:

- İtici ve güç hesaplarının yapılması
- Robotta kullanılacak malzemelerin seçilmesi ve temini
- Robotun parçalarının problemsiz ve koordine çalışması
- Hidrofonun üretimi
- Robotun elektronik parçalarının bağlantılarının yapılması

Yazılım Takımı:

- Algoritma tasarımı
- Robotun yazılımının oluşturulması
- Kullanılan gömülü sistemlerin programlanması

olarak sınıflandırılmıştır.

Ekip her hafta yapılan toplantılar ile takım içerisinde koordinasyonu sağlamıştır.. Ekip içerisindeki iletişim pandemi dolayısıyla çevrimiçi ortamda sağlanmıştır.

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

TEKNOFEST jürilerinin ön tasarım raporu değerlendirmesinden sonra ön tasarım raporunu yazarken yaptığımız hataların farkına vardık. Raporlandırma aşamasındaki hatalarımızı düzelttikten sonra robotun nihai tasarımına yoğunlaşarak robotumuzda birtakım iyileştirmeler ve tasarımsal değişiklikler gerçekleştirdik.

Projede yapılan değişiklikler:

- Günlük kullanımda olan mikrofonların sinyali istenilen düzeyde algılayamayacağı tespit edildi. Bu doğrultuda su altında kullanılabilen hidrofon üretimine başlandı.
- Robotun motorlarına bataryadan sağlayacağımız gücü daha stabil şekilde dağıtmak için elektronik donanımlara bir adet güç dağıtım kartı eklendi.
- Elektronik donanım tercihlerinin değiştirilmesinden sonra robotun iç ve dış iskelet tasarımları yeniden yapılandırıldı. Robotun konstrüksiyonunda değişiklikler yapıldı.
- Pilin pleksi tüp içindeki yeri değiştirilip pil yuvası tasarlandı.
- Daha kolay montajlanabilir ve hidrodinamiği güçlendirilmiş bir tasarım yapıldı.
- Yazılım alanında 1. görevde kullanılan algoritma elimize teknik resimlerin geçmesiyle değiştirilmiştir. ÖTR aşamasında algoritmamız engellerin çevresinde kabul edilen bir çerçeveyi tespit etme temelliydi. Teknik resimlerin açıklanmasından sonra bu algoritmalar teknik resimlere göre değiştirildi.
- Hedef tespit ve yıkımını kolaylaştırmak adına araca nişangah eklenmiştir. Bu eklenen nişangah topla aynı boyutta olup aracı çarpma durumunda oluşabilecek hasarlara karşı koruyacaktır.
-

Bütçede yapılan değişiklikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

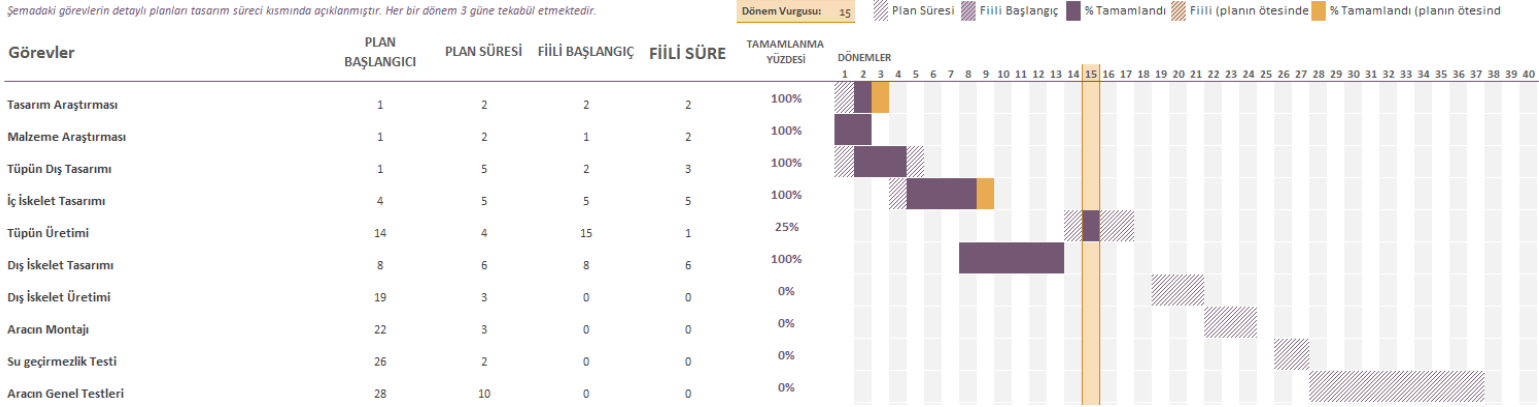
Değişen Parçaların listesi			
İsim	Adet	Adet Fiyatı	Toplam Fiyatı
35A Programlanabilir ESC – Çift Yönlü Motor Sürücü	10	₺269,00	₺2.690,00
8 Çıkışlı Güç Dağıtım Kartı	2	₺24,50	₺49,00
Mono Mikrofon Kablosu 1 metre	5	₺8,81	₺44,05
Tussle Plastik Kaplayıcı Sprey	3	₺55,81	₺167,43
10x15 Bakır Plaket FR2	10	₺3,25	₺32,50
3.5mm Mono Jak Erkek Metal	3	₺2,64	₺7,92
			₺2.990,90

Aracın Mekanik Tasarımı

Mekanik Tasarım Süreci

Mekanik Gantt Şeması

Şemadaki görevlerin detaylı planları tasarım süreci kısmında açıklanmıştır. Her bir dönem 3 güne tekabül etmektedir.



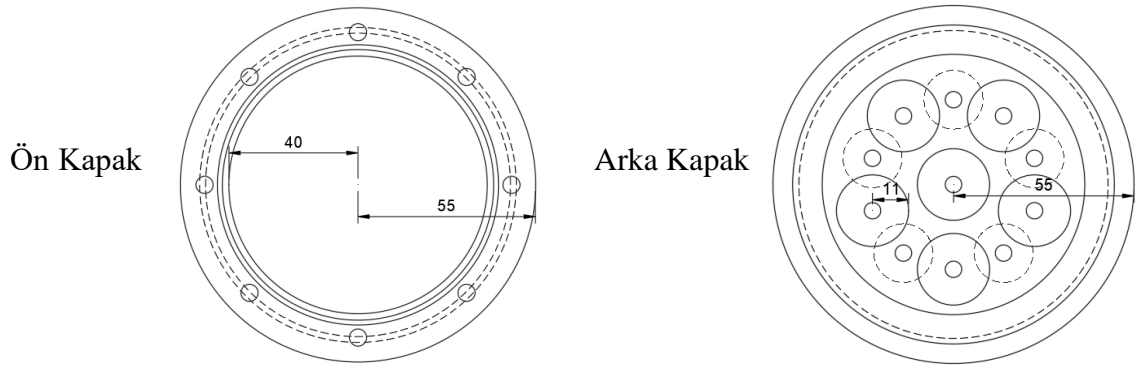
Mekanik tasarım sürecinde takip ettiğimiz adımlar yukarıdaki Gantt şemasındaki gibidir.

Tüpün Tasarımı

Aracın ilk olarak tüp bölümü tasarlandı. Bu bölümde aracın elektronik bileşenlerinin bulunuyor olması, tüpün aracın en önemli bölümü olmasına neden olmaktadır. Bu nedene bağlı olarak tüp en sağlam, en ergonomik ve su geçirmezliği maksimum olacak şekilde tasarlandı. Bu tasarıma uygunluğu sağlamak amacıyla dış iskelet tüp tasarımı bittikten sonra tasarlandı.

Tüpün tasarım süreci

- İlk olarak tüpün ön ve arkasına yerleşecek olan alüminyum ön ve arka kapaklar tasarlandı.
- Alüminyum kapaklara, tüpün su geçirmezliğini sağlamak amacıyla yerleştirilecek o-ringler için kanallar açıldı.
- Penetratörlerin yerleşimi için delikler açıldı.



- Arka kapağa penetratörler konumlandığında, penetratörlerin çıkartılması için yeterli alan olmadığı fark edildi. Eski tasarımda birbirlerine yakın olan penetratörler, yeni tasarımın çok katmanlı yapısıyla birbirlerinden daha uzak ve tüpten çıkarılması daha kolay hale geldi.

Arka kapak Dışı



Arka Kapak



Eski Tasarım



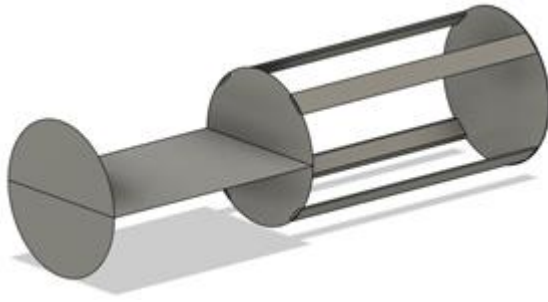
Yeni Tasarım



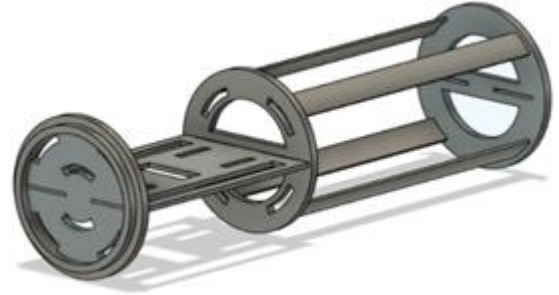
- Yeni tasarımın katmanlı tasarımı; penetratörlerin bir kısmının dışarıdan, bir kısmının ise içeriden kolayca sökülmesine imkân veriyor. Üst üste gelen kısımların, birinin önden birinin arkadan rahatça döndürülmesi bu tasarımı ilk tasarımdan üstün kılıyor.
- Alüminyum kapaklar tasarlandıktan sonra akrilik tüpün ve bombe kapağın gereken boyutları belirlendi ve tasarımları yapıldı.



- Tüpün ve bombe kapağın boyutlarına uygun tüp iskelet tasarımına başlandı.
- Bombe kapağı yerinde tutmak için flanş tasarlandı.
- Tüpün içinde bulunacak olan bileşenlerin özellikleri araştırıldı. Raspberry pi, pixhawk ve pilin şemaları incelendi, bağlantı noktaları belirlendi.
- Bileşenlerin yerleşmesi gereken bölgelere göre bir taslak hazırlandı ve taslak geliştirilerek ilk tasarım yapıldı.

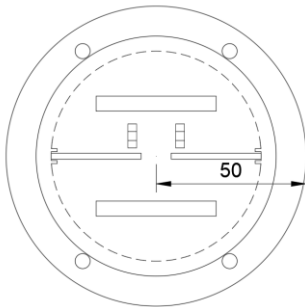


Taslak

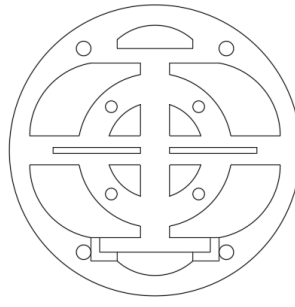


İlk Tasarım

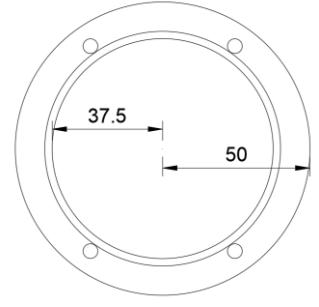
- Taslağa bağlı kalarak oluşturulan tasarımda ön, orta ve arka iskelet detaylandırıldı.



Ön İskelet

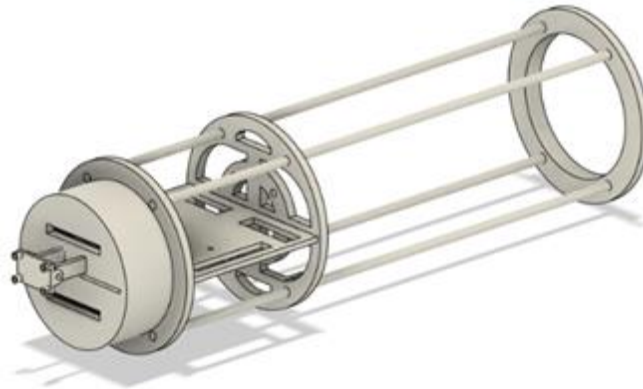


Orta İskelet



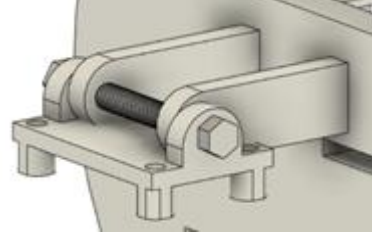
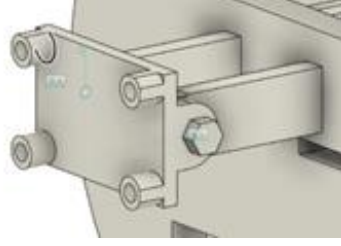
Arka İskelet

- Orta tabana yerleşecek olan elektronik bileşenlerin yerleşimi ve kablolamaları için gerekli boşluklar açıldı.
- İskeletin birleşme noktaları belirlendi.
- İskeletin yapısının yeteri kadar sağlam olmaması ve bileşenlerin yerleşimi için gerekli bölgelerin yetersiz olması sorunlarına çözüm arandı.
- İskeletin eksik özelliklerini gideren yeni bir tasarım yapıldı.

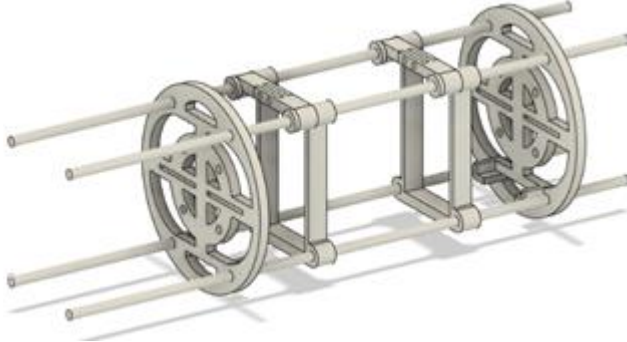


- Dayanıklılığı artırmak ve bütünlüğü sağlamak amacıyla destek çubukları eklendi.
- Ön, orta ve arka iskelet, iç hacmin ergonomisini arttırmak ve bileşenlere daha çok yer açmak amacıyla baştan tasarlandı.

- Ön iskeletin ön tarafına kamera yerleşimi için bir aparat tasarlandı. Bu aparat sayesinde görevlere göre kamera açısının 90 derece aşağı ve 90 derece yukarı döndürülebilmesi amaçlandı.



- Pil yerleşimi için pil tutucuları tasarlanmaya başlandı.
- Orta iskelet çok amaçlı olarak yeniden tasarlandı. Pilin daha sıkı tutulması ve yerinden oynamaması için pil yuvasının önü ve arkasına konumlanması kararlaştırıldı.
- Ağırlık merkezinin konumu düşünülerek ve ESC'lerin yerleştirilmesini kolaylaştırmak için pil tutucular tasarlandı.

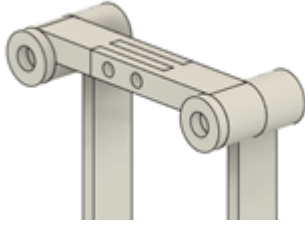


Pil Yuvası

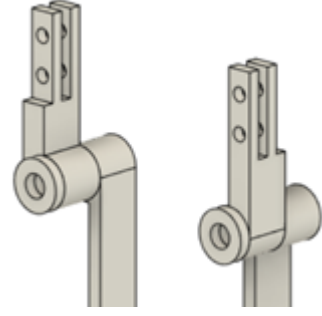


Pil ve esc Tutucu

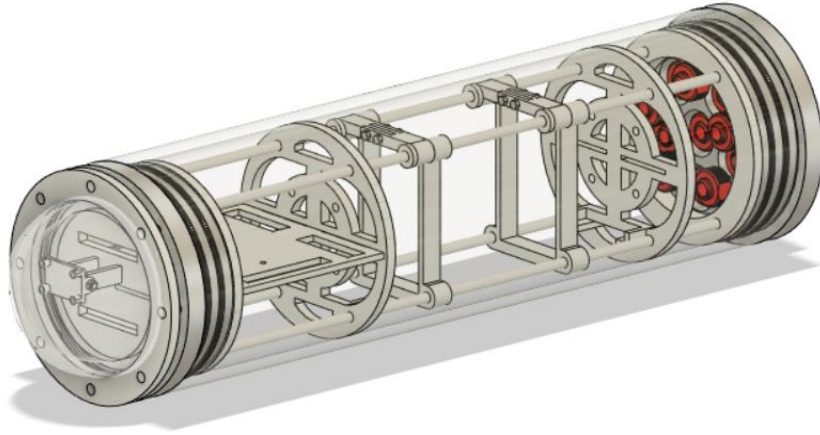
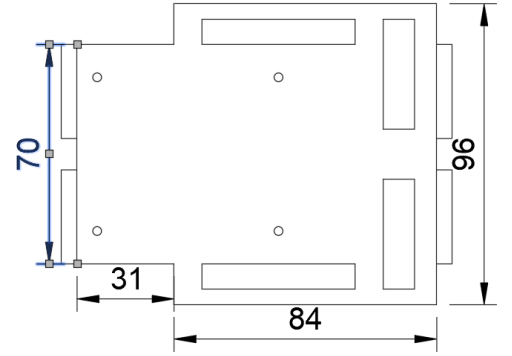
- Pil yuvası; pil ve ESC tutucu, kilit sistemi ve arasında bulunduğu iki adet orta iskeletten oluşmaktadır. Bu parçalar kolay monte edilebilir ve modüler tasarlandı.
- Pil ve ESC tutucu, yan yüzeylerinin boş ve değerlendirilebilir olmasından ve fazladan parça basımını engelleyebilecek olmasından ESC konumlandırılması için en uygun yer olarak belirlendi.
- Kilit sistemi; pilin sabit tutulması ve gerektiğinde yerinden çıkarılıp takılması için tasarlandı. Sadece iki adet özdeş parçadan oluşan bu sistem iki adet civata yardımıyla kolayca kilitlenebilmektedir.



Kilit Sistemi



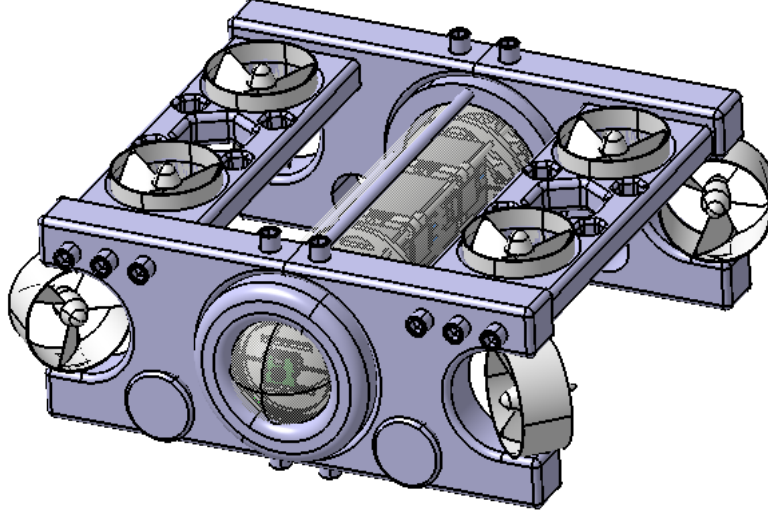
- Orta taban, pixhawk ve Raspberry pi bileşenlerinin konumlanması ve kablolarının sorunsuz olarak aktarılması için yeniden tasarlandı. Aynı zamanda ön ve arka iskeleti birbirine bağlayan orta taban yapısal bütünlüğü ve dayanıklılığı arttırmaktadır.



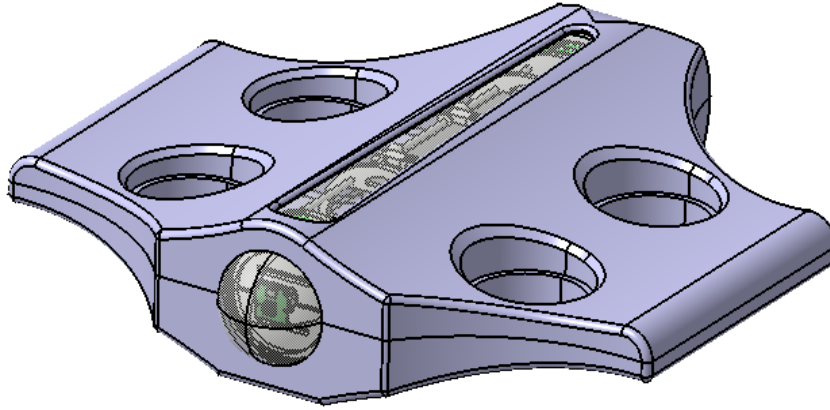
- Tasarımı yapılan bütün parçalar birleştirildiğinde tüpün final hali tamamlandı.

Dış İskeletin Tasarımı

- Aracın dış iskelet tasarımına t p ve i  iskelet tasarımı tamamlandıktan sonra başlandı. Böylece t p tasarımının net ölçüleri belirlendi. Bu sayede dış iskelet tasarımı daha net ve gerçek ölçülerle tasarlanmaya başlandı. Dış tasarım sürecinde birden çok konstrüksiyon ve yüzey çizildi.

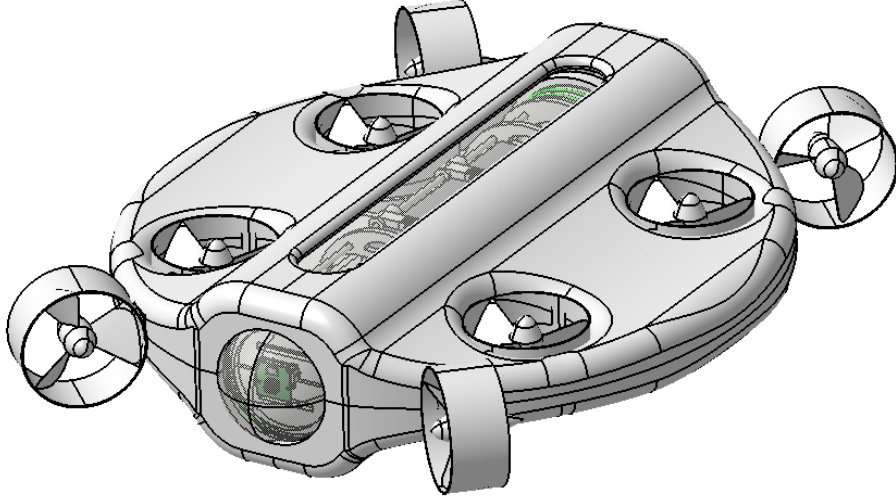


- İlk tasarım konstrüksiyon açısından güçlü olmasına karşın hidrodinamik ve hareket kabiliyeti açısından yetersizdi. Bu eksikliklerin nedeni, yüzeylerin düz olması ve suyun rahatça akabilece i kanalların bulunmamasıdır.



- İlk tasarımdaki eksikler iyileştirildi. İlk olarak fazla konstrüksiyonlar tasarımdan çıkarıldı.
- İskelet bütünlüğünü sağlamak adına alt ve üst kabuktan oluşan bir tasarım kullanıldı.
- Aracın hidrodinami ini ve hareket kabiliyetini geliştirmek adına köşeli yüzeyler azaltıldı ve suyun akışını kolaylaştırmak adına eğimli yüzeyler tercih edildi.

- Son olarak tasarımın maksimum hareket kabiliyeti ve hidrodinamiğe ulaşması için tasarımda değişiklikler yapıldı.

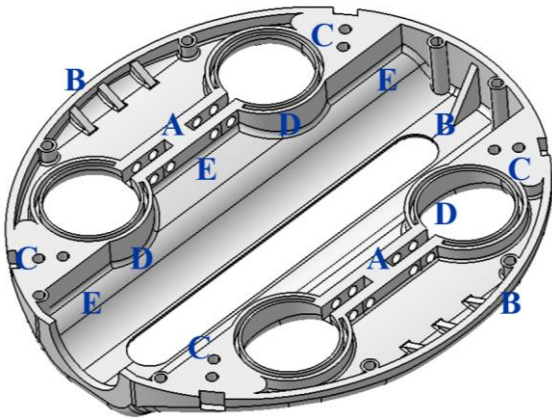


- Aracın yan yüzeylerine eğim verildi ve yan iticilerin konumunun daha rahat ayarlanması sağlandı.

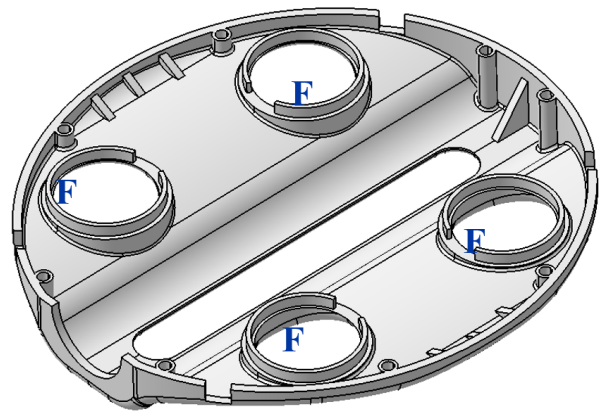
Araç İç Yüzey Tasarımı

Final tasarımı için ilk önce üst kabuk oluşturuldu. Üst kabuk motor yuvaları bağlantı noktaları yatay itici tutucu boşlukları için uygun tasarımlar yapıldı.

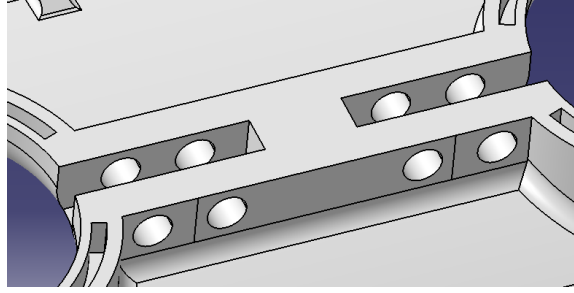
Üst Kapak



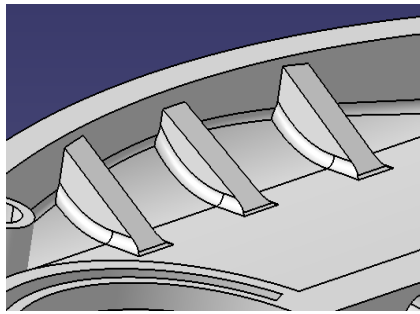
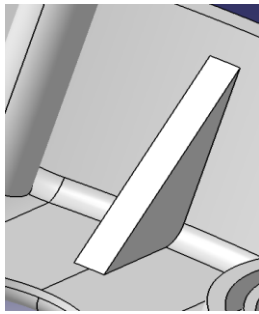
Alt Kapak



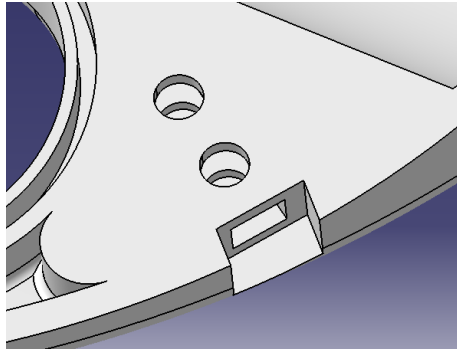
A : Dikey itici motorların bağlantısı araç üzerine konumlandırılmış bir şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede motorlarda oluşacak herhangi bir titreşimden etkilenmeyecektir ve titreşim bütün gövdeye eşit olarak yayılacaktır. Ana yüzeye bağlı olduğundan araç dayanıklılığına katkı sağlayacaktır. Dikey iticilerin bağlantısı civata ve somun ile gerçekleştirilecektir.



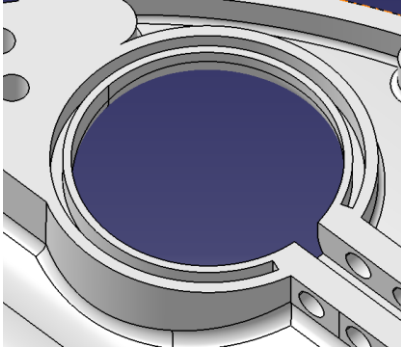
B : Aracın dış kabuğunu güçlendirmek, ani gerilimlere karşı direnç oluşturmak uzun süreli çalışmasında oluşabilecek yorulmaları engellemek için aracın yüzey geçişlerinde ki kritik noktalara feder adı verilen birleştirici parçalar tasarlandı



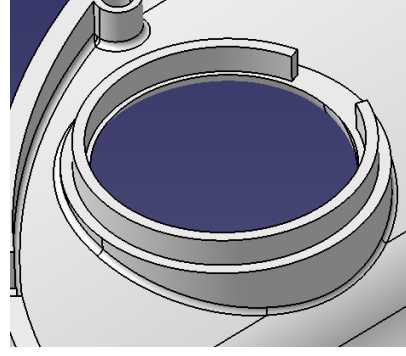
C : Yatay itici motorların bağlantı noktalarını gerçekleştirmek için tasarlanan tutucu, aynı zamanda araç alt kabuğuna bağlı bulunduğu motor titreşimini engelleyerek alt kabuğu güçlendirmektedir. Yatay iticiler araç üzerine civata somun yardımıyla bağlanacaktır.



D : Aracın alt ve üst kabuğunu kolayca merkezlemek adına yapılmış olan bu tasarımda alt kabukta bulunan motor çevresindeki girinti, üst kabukta bulunan (**F**) eş merkezli olan çıkıntı ile birebir uyum içerisinde birleşecektir. Bu aracın montajını gerçekleştirirken daha basit bir şekilde merkezlememizi sağlayacaktır.

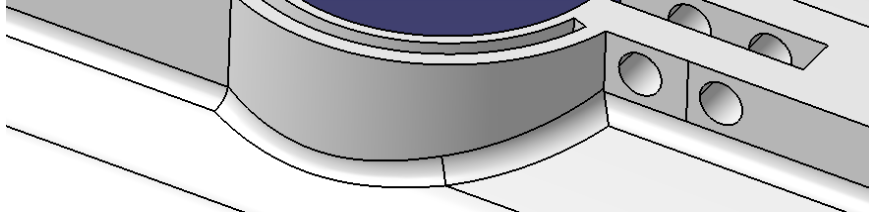


D

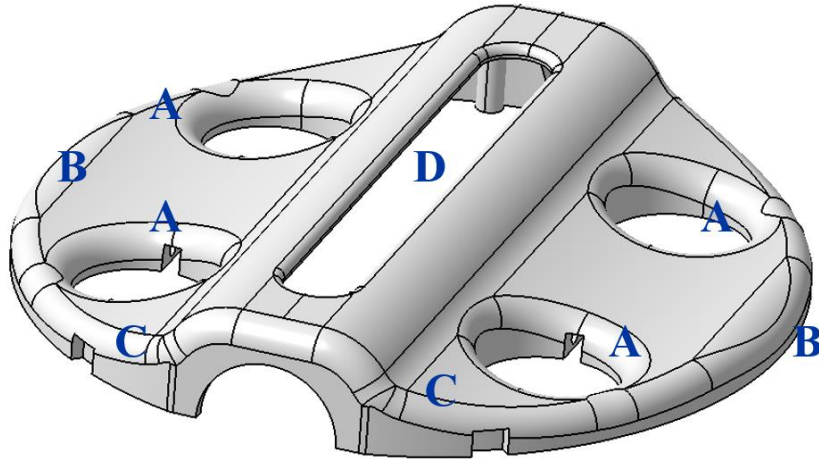


F

E : Tasarladığımız aracın yapısını daha da güçlendirmek adına aracın bütün sivri gelen köşelerine en uygun ölçüdeki pahlar eklenerek iç dayanımı güçlendirilmiştir.

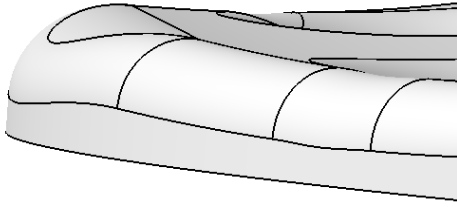
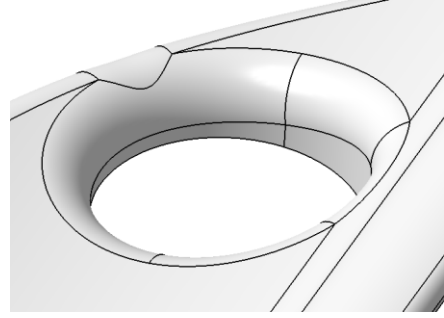


Araç Dış Yüzey Tasarımı



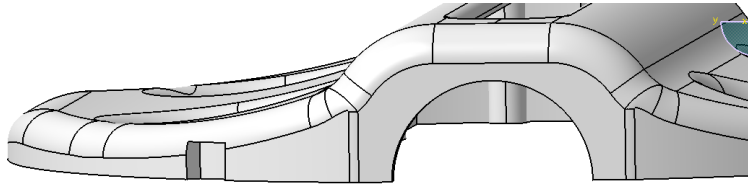
Aracın dış yüzeyi modellenirken su içerisinde hareket kabiliyetini maksimuma çıkarmak amacıyla su akış kanalları ve suyu motora yönlendiren yüzeylerin tasarımı geliştirildi. Yapılmış olan tasarımın en avantajlı noktası; aracın dış yüzeyi, alt ve üst kabuk olup bu yüzeylerin simetrik olmasıdır. Bu yapı sayesinde aracın üretimi kolaylaşacak ve su içerisindeki performansı artacaktır.

A : Motor yuvalarının etrafına verilen eğim sayesinde su yüzeye hiçbir baskı yapmadan direk motorların içine giderek hem aracın hareket kabiliyeti kısıtlanmamış oluyor hem de suyu motorların içine yönlendiriyor.

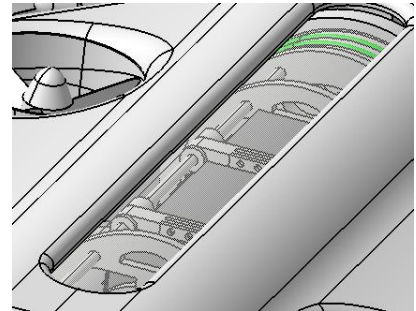
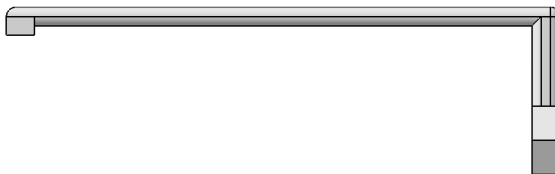


B : Aracın yatay düzlemde yapacağı hareketlerden kaynaklanan basıncı azaltmak için verilen kavis, suyu motorların içerisine kanalize etmektedir.

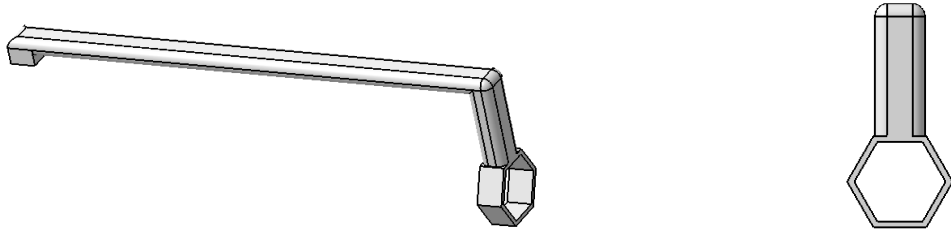
C : Aracın bütün dış çevresinde verilen pahlar aracın su içerisindeki kabiliyetini ve suyun uyguladığı sürtünme katsayısını azaltıp hem enerji tasarrufu hemde hareket kabiliyeti kazandırıyor.



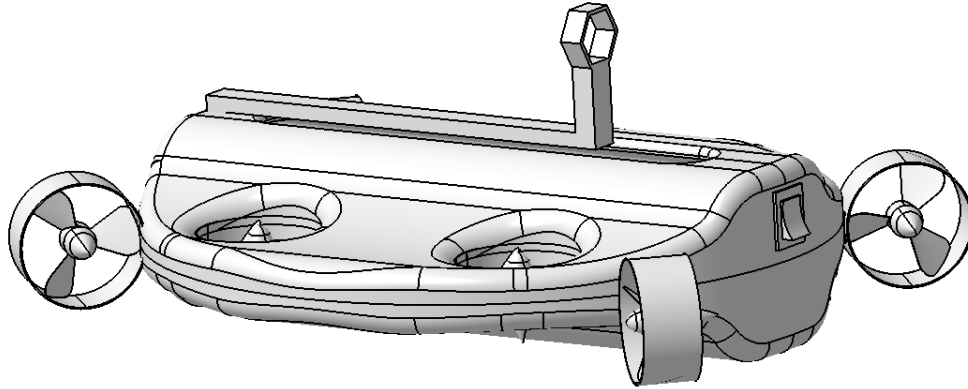
D : Tüpte oluşabilecek herhangi bir sorunu görüp erken müdahale edebilmek için aracın üzerine açılmış bir gözlem kozası.

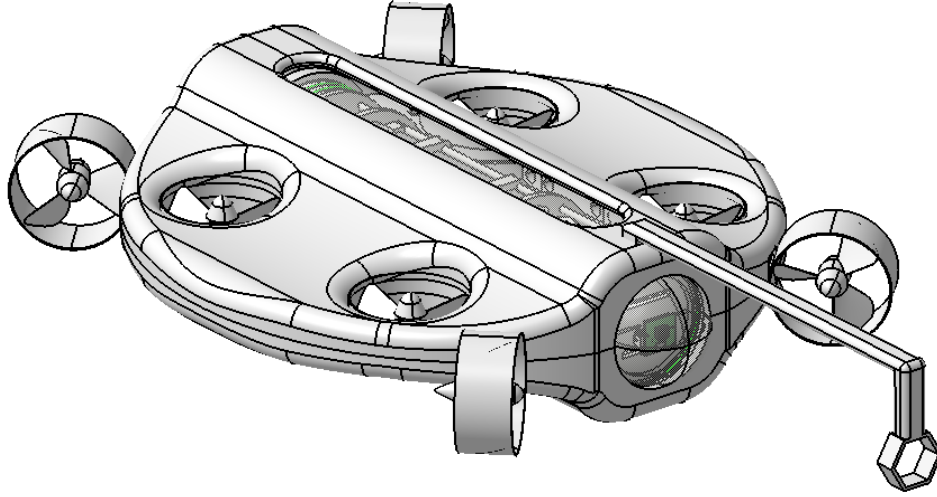


Görevde kullanılacak topların yerini en az hata ile tespit edebilmek amacıyla nişangah mekanizması tasarlanmıştır. Bu nişangah mekanizmasının hedef tespit ve imha görevinde pingerli topa çarpması planlanmıştır.



Nişangah mekanizması, ihtiyaç olunmadığında arkaya katlanabilecek ve bu sayede diğer görevlerde görüş açısı kısıtlanmayacak.





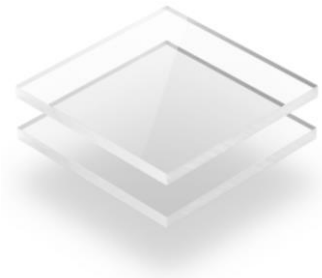
Aracın dürbün mekanizması ile görünümü resimdeki gibidir.

Malzemeler

Ön Kapak	Alüminyum
Arka Kapak	Alüminyum
Penetratör	Alüminyum
Tüp	Pleksiglas
Bombe Kapak	Pleksiglas
İç İskelet	Pla Karbon Fiber
Dış İskelet	Pla Karbon Fiber
Flanş	Pla Karbon Fiber
O-Ring	Kauçuk
Vida ve Somunlar	Paslanmaz çelik

Pleksiglas

Kimyadaki adı polimetil-2-metilpropenoat plastiğidir. Lineer yapıda, saydam ve renksizdir. Yüksek darbe dayanımına ve su geçirmezliğe sahiptir. Bu özellikleri sebebiyle aracın elektronik sistemlerini korumak için seçildi. Aracın elektronik sistemlerin etrafındaki tüpün ve kameranın bulunacağı bombe kapağın pleksiglas malzemeden yapılması kararlaştırıldı.



Pla Karbon Fiber Filament



Aracın iç ve dış iskeletinin; darbe dayanıklılığını, esnekliğini, sağlamlığını ve su geçirmezliğini maksimum düzeyde sağlamak amacıyla pla karbon fiber filament kullanılmasına karar verildi.

Alüminyum

Alüminyum akrilik tüpün ön ve arkasında konumlandırılacak olan kapakların imal edilmesinde kullanılacak. Alüminyum, su altında araca uygulanacak basınca karşı koymak için en sağlam ve en hafif maddelerden biri olması nedeniyle tercih edildi. Alüminyumun paslanmaması, su altında kullanılabilmesi için önemli özelliklerinden biridir.



O-Ring



Tasarlanan araçta en önemli unsur su geçirmez olmasıdır. Su geçirmezliği sağlamak için o-ringler kullanılmaktadır. O-ringler; Alüminyum kapaklar ve akrilik tüp arasında, penetratörlerde ve bombe kapağın bağlantı bölgesinde kullanılacaklardır.

Penetratör

Alüminyum arka kapaktan motorlara ve dış sensörlere çıkacak olan kabloların, aracın içerisine su kaçırmaması önemlidir. Bu nedenle kablolar ile araç içerisinde su geçirmez ve aynı zamanda kabloların sökülmesini mümkün kılan penetratörler kullanılmalıdır.



Üretim Yöntemleri

Tasarım süresi boyunca insansız su altı aracını tasarlariken tasarımın nasıl imal edilmesi gerektiğini, imalat aşamalarını, kullanılacak malzeme ile makina uyumunu, hangi yöntemlerin hangi makinalarla uygulanması gerektiğini sürekli göz önünde bulundurarak tasarım son haline getirildi. Belirlenmiş olan üretim yöntemleri ise şu şekildedir;

1) Üç Boyutlu Yazdırma

Takımın bünyesinde “Creality CR-10 V3” üç boyutlu yazıcının bulunması planlanmaktadır. Yeni nesil donanımlara sahip ve seri üretim kolaylığı sağlamaktadır. Tercih etmemizdeki başlıca özellikler şunlardır;

- Baskı Teknolojisi: FDM
- Hassasiyet: $\pm 0.1\text{mm}$
- Baskı Alanı: 300x300x400mm
- Desteklediği filamentler: PLA, ABS, wood, TPU, karbon fiber

3 boyutlu yazıcı ile üretmeyi planladığımız parçalar şu şekildedir;

- Tüp içi iskeleti
- Üst kapak
- Alt kapak
- Mercek
- Motor sabitleme başlıkları



2) Tornalama

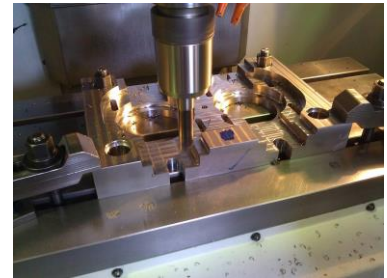


Okulumuzun bünyesinde bulunan Universal Torna, çok amaçlı geliştirilmiş torna çeşididir. Vida açma, delik delme (matkap uçları ile), düşey, yatay ve açı verilerek talaş kaldırma işlemi gibi geniş yelpazeye sahip seçenekler ile ihtiyaç duyulacak bütün seçeneklere sahiptir. Universal Torna ile üretilmesi planlanan parçalar şunlardır;

- Alüminyum ön kapak
- Alüminyum arka kapak

3) Üç Eksen CNC İşleme

CNC freze tezgahları, bilgisayar kontrolü ile kullanılan NC programları sayesinde iş parçalarını belirlenen ölçü, ilerleme ve devir ile kısa zamanda seri bir şekilde üretim yapmaktadır. Ön ve arka kapağın üzerine açılması planlanan vida delikleri ve o-ring kanallarının yeterli hassasiyette olması için CNC işleme yöntemi tercih edildi.

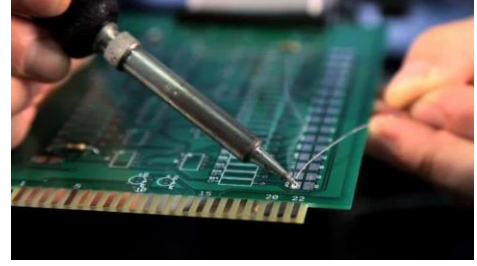


4) Kılavuz Çekme, Delik Delme, Kesme, Birleştirme

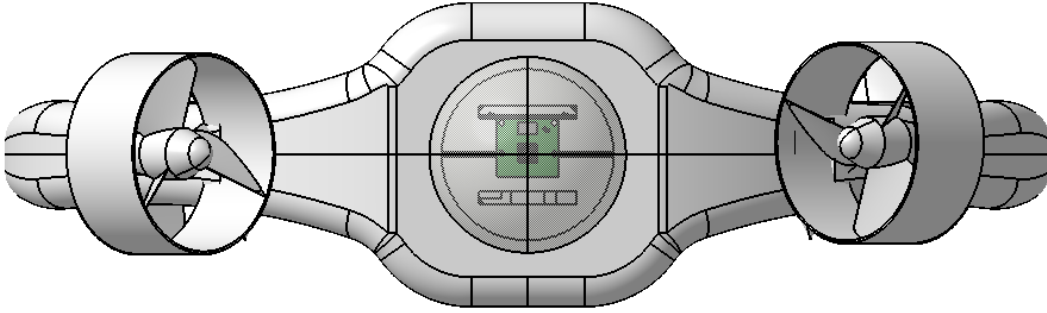
Diğer yöntemlere göre hem daha az kullanılacak hem de maliyeti daha düşük olacak üretim yöntemleridir. Araç üzerindeki montajı gerçekleştirebilmek için belirli noktalara kılavuz çekilerek vida ile sabitlenmesi planlanıyor. Penetratörlerin kafalarını alüminyum arka kapağa gömme işlemi de delik delme işlemi ile gerçekleştirilmesi planlanıyor. Üç boyutlu yazıcıdan çıkan iskelet parçalarının birbirlerine yapıştırılarak birleştirilecek.

5) Lehim

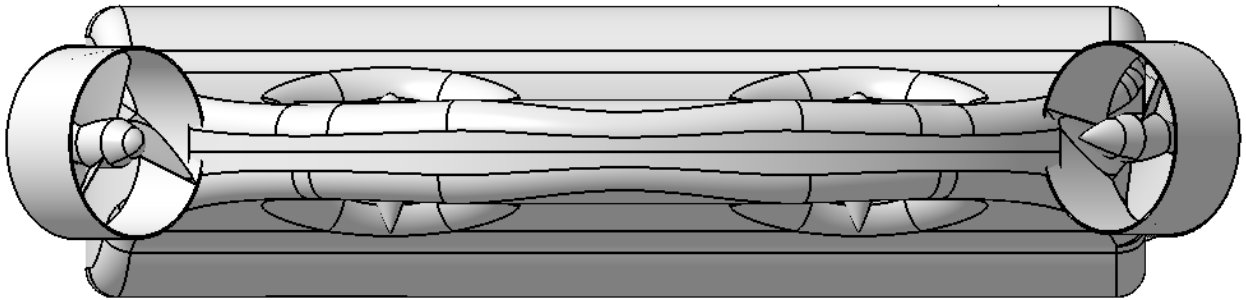
Lehim, kalay ve kurşun maddelerinin karışımından oluşan iletken bir alaşımdır. Lehimleme, iki veya daha fazla metalin birleştirilmesi işlemidir. Bu işlemde iki veya daha fazla metal parçanın uçları, çok yüksek sıcaklıkta eritilmiş lehim ile birbirlerine tutturulur. Lehim elektronik aşamasında birçok elektronik parçanın birleşim noktalarında ve hidrofon yapımında sık sık başvurulan bir yöntemdir.



Fiziksel Özellikler

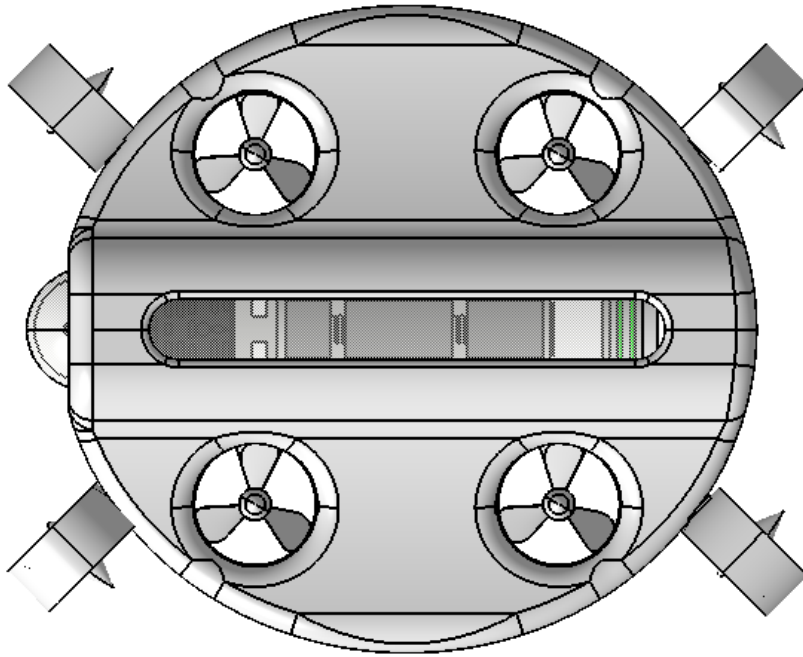


Yükseklik: 124 mm

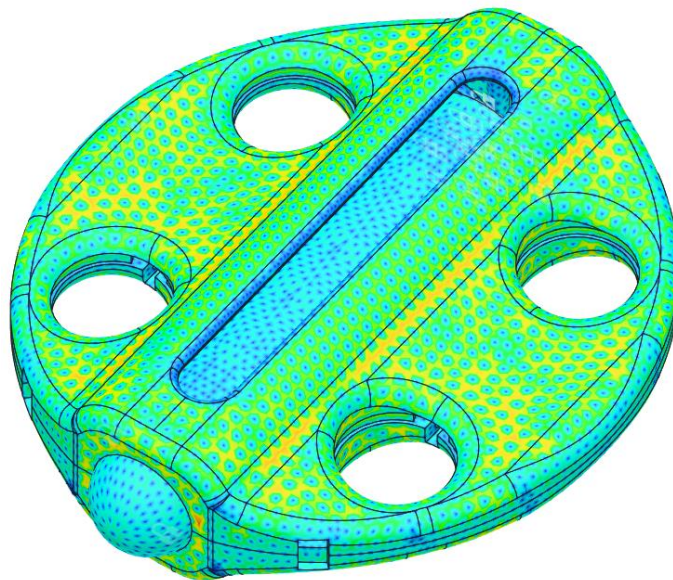
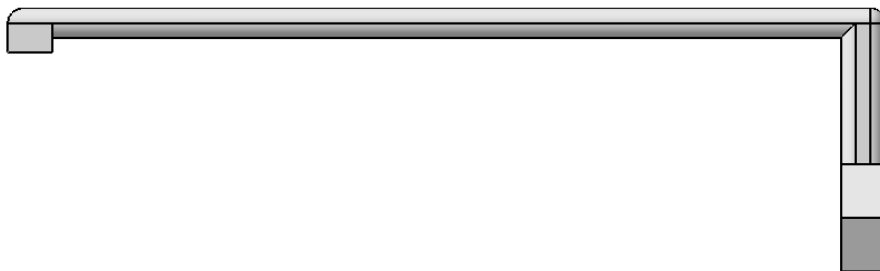


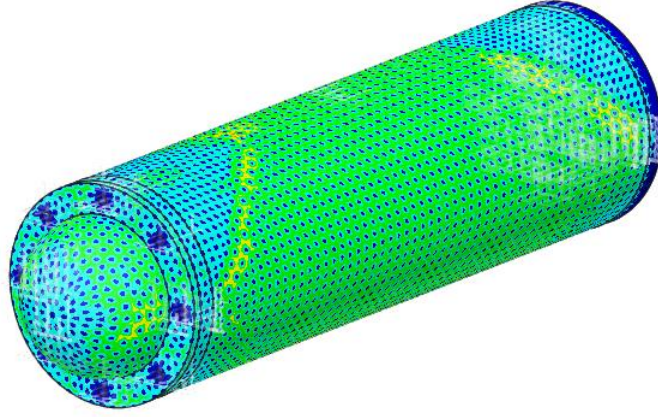
Boy: 480 mm

En: 425 mm



Boy: 300 mm





- Yapılan basınç analizinde aracın dış iskeletinin ve tüpün, basıncı yüzeylere dengeli dağıttığı görülmüştür.
- 1 bar basınç altında, 10 metrede yapılan analizde aracın gövdesinin bütün görevleri sorunsuz yapabileceği görülmüştür.

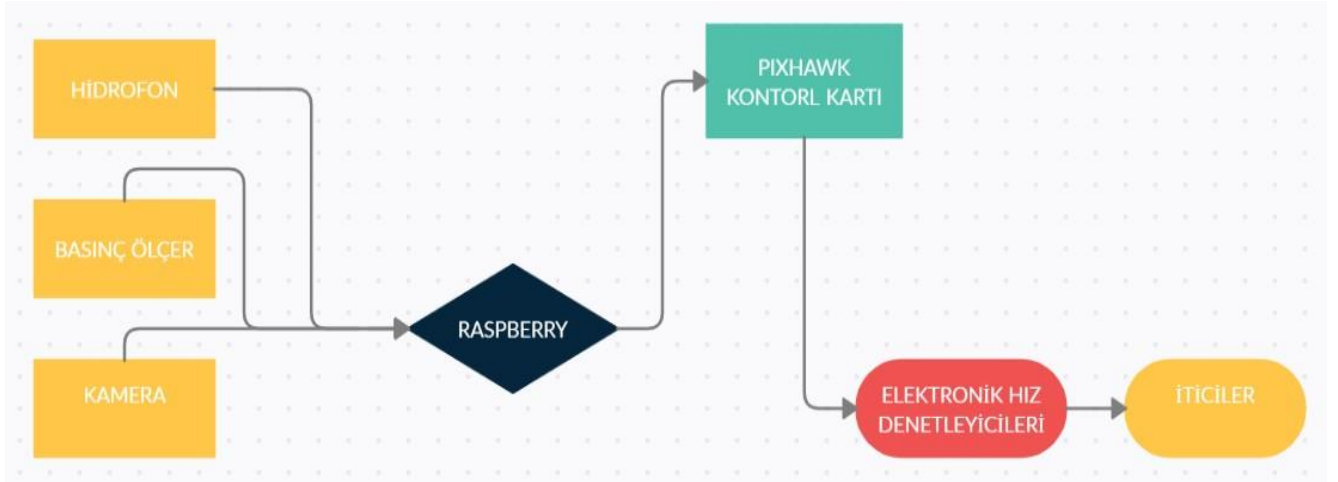
Parça İsmi	Adet	Kütle(g)	Toplam Kütle(g)
Dış İskelet	1	2300	2300
İç İskelet	1	304.5	304.5
Alüminyum Kapaklar	1	739	739
Akrilik Tüp	1	687	687
Bombe Kapak	1	85.25	85.25
Penetratör	11	31.49	346.39
Fener	2	290	580
Motor	8	163	1304
ESC	8	30	240
Raspberry Pi 3B	1	48	48
Pixhawk	1	39.6	39.6
Batarya	1	1046	1046
Güç Kartı	1	8	8
Toplam			7726,74

- Aracın ortalama kütlesi 8 kilogram, hacmi ise 7000 cm^3 olması bekleniyor.
- Kütle ve hacim verilerine göre yoğunluk 1.1 g/cm^3 olarak hesaplandı.

- Bu verilere göre aracın, motorların yardımı ile rahatça su altında hareket edebileceği anlaşılmıştır.

4.2.Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

Elektronik Tasarım Süreci



Veri iletim şeması

Ön tasarım raporu sürecinde, ilk olarak kullanılması gereken parçalar ve bu parçaların nitelikleri araştırılmaya başlandı, aracın ağırlığı ve hareket kabiliyeti göz önüne alınarak 8 adet iticinin kullanılmasına karar verildi. Bu 8 itici ile birlikte 8 adet çift yönlü elektronik hız denetleyicisinin kullanılması planlandı. 8 adet iticinin farklı açılarda konumlandırılması üzerine Analysis of The Impact of Different Angles of Thrusters in Underwater Vehicles on Thrust Force in CAD Environment makalesinden 8 adet iticinin, aracın ağırlığına bağlı yeterliliği konusunda faydalandı. Tasarım sürecimizin devamında, kullanılacak kontrol kartları ile ilgili araştırmalar yapıldı. Yazılan kodları doğru ve yeterli bir şekilde çalıştırabilecek olan Raspberry pi model 3B kartının kullanılmasına karar verilmiş ve aracın suyun altındaki hareketlerinin kontrol edilebilmesi için ise Pixhawk kontrol kartı seçildi. Bahsi geçen elektronik kartların seçilmelerindeki sebepler ise ileriki sayfalarda belirtildi.

Kritik Tasarım Raporu aşamasında ilk olarak, kullanılacak parçaların yazılan koda göre uygun olup olmadığı konusu netleştirildi. Özellikle kullanılacak yazılımda, görüntü işleme kısmında yapay zeka kullanılmayacağı için en ideal kart Raspberry Pi 3B+ modelidir. Daha detaylı bilgi ilgili başlığın altında verildi. Ek olarak motorların daha stabil çalışabilmesi için güç dağıtım kartının kullanılması kararlaştırıldı.

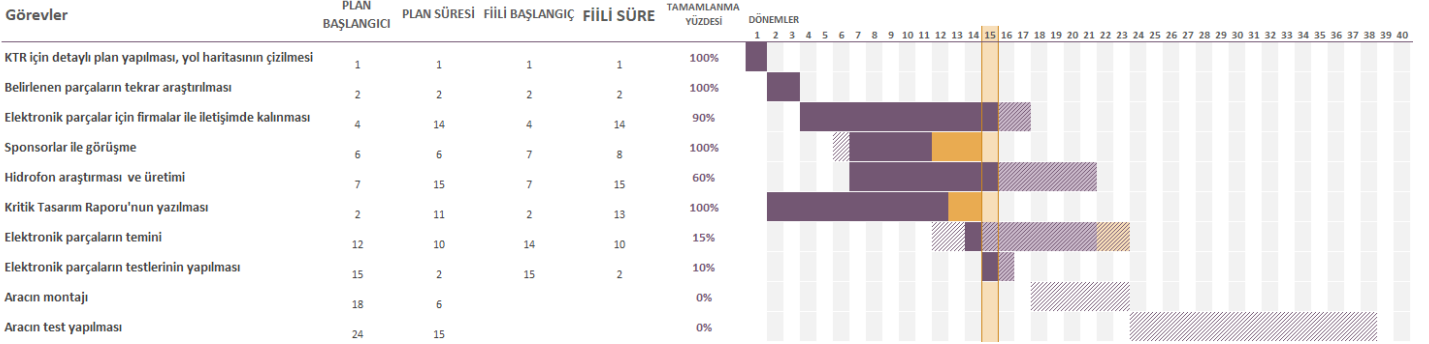
İkinci olarak, parçalarımızın aracın mekanik tasarımı ile uyumluluğu üzerine çalışıldı. Tüpün içindeki elektronik parçaların sabit durması araç güvenliği için çok önemlidir. Aynı zamanda bir sorun olduğunda veya pilin değiştirilmesi gerektiğinde tüpün içindeki malzemelere kolayca ulaşabilmesi gerekir. Parçaların tüpün içinde nasıl konumlandırılacağı yukarıda belirtilen sebepler göz önüne alınarak belirlendi.

Final tasarımına gelinildiğinde Ön Tasarım Raporu ile olan benzerlikler ve farklılıklar vardır. Son tasarımdaki farklılıkların temel sebebi, güç ve performans açısından daha stabil ve en az sorun yaşanma ihtimali olan düzeye indirgenilmesidir.

Elektronik Gantt Şeması

Şemadaki görevlerin detaylı planları tasarım süreci kısmında açıklanmıştır. Her bir dönem 3 güne tekabül etmektedir.

Dönem Vurgusu: 15 Plan Süresi Fiili Başlangıç % Tamamlandı Fiili (planın ötesinde) % Tamamlandı (planın ötesinde)



İticiiler

Bir su altı iticisi su altı robotlarına itme cihazı olarak monte edilmiş hidrolik veya elektrik motorun bir versiyonudur. Bu iticiler, robota su direncine karşı hareket ve manevra kabiliyeti sağlar. Normal fırçasız motorlardan farkı, en küçük elektrik kaçaklarına karşı motorun ve elektrik kablolarının yalıtılmış olmasıdır.

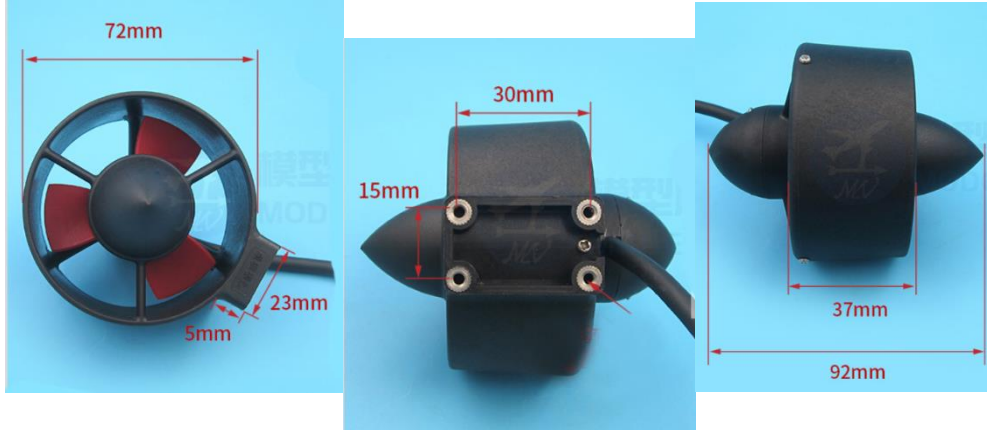
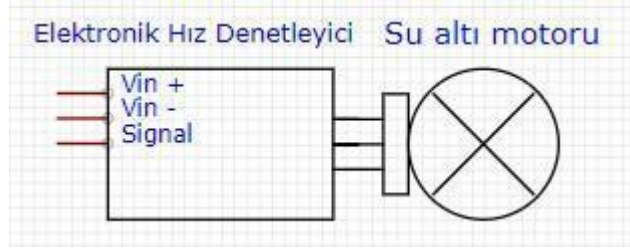
İticiilerin robot üzerindeki konumları ve sayılarını belirlemek için Thruster Design For Unmanned Underwater Vehicles ve BLCD ROV Thruster Design makaleleri kaynak alındı.

Üretim için 300W'lık bir fırçasız motorun sualtı iticisine dönüştürülmesi planlandı. Fakat bu uygulamada motor haznesinin yalıtılması, su direncine uygun pervane ve çerçeve tasarımı, dönme hızına bağlı olarak torkunun ayarlanması gibi sorunlarla karşılaşıldı. Sınırlı bütçe ve zamana sahip olduğumuz için İticiileri kendimiz üretmek yerine satın alınmasına karar verildi.

T60 modeline alternatif olarak alınabilecek daha yüksek itiş gücüne sahip motorlar da incelendi fakat seçilen motorun gerek fiyat açısından gerekse performans açısından bize en iyi hareket kabiliyetini vereceğine karar verildi.

Teknik özellikleri:

- Gerilim aralığı: 12-16V
- Yüksüz akım: 0.7A
- Yük akımı: 15-23A
- İtiş Gücü: 2,1 kg
- Maksimum güç: 300 W

**Elektronik Hız Denetleyicileri (ESC)**

Aracın uzuvları olan motorlarının kontrol edebilmesi için, motorları yöneten beyin olarak da bilinen elektronik hız denetleyiciler kullanılmalıdır. Motora gidecek olan enerjinin doğru orantılı olarak yansıtılmasını sağlayan bu denetleyiciler, motorun türü ile uyuşmalıdır ki doğru bir şekilde çalışabilsin. Motorların çekeceği maksimum amper değeri 23A olması sebebiyle fazla akım yüzünden yanma ihtimalinin ortadan kalkması için 35A değerli ESC kullanımına karar verildi. ESC'nin çift yönlü olması, motorun saat yönünde ve saat yönünün tersinde dönmesine imkan kılar. Motorun bu dönme hareketi, aracın kontrolünü daha stabil kılmak ile birlikte daha az enerji tüketimini ortaya koyar. Bu sebeple çift yönlü esc seçilmesine karar verildi.

***Teknik Özellikler***

- ❖ Azami Akım: 35 A
- ❖ Anlık akım: 40 A

- ❖ 8v-24v gerilim aralığı (2s-6s)

Pixhawk Otopilot Kartı

Pixhawk'ı kullanma konusunda fikirlerimiz aynı kaldı, çünkü genel fiziksel yapısı ve işlevselliği ele alındığında robot için kullanılabilecek en uygun kontrol kartı olduğu düşünüldü. Bunun başlıca sebepleri arasında bizim için yeterli çıkış portlarına sahip olması, Python ile ana koda ekleme yapmadan harici bir görev yazıp eklenebilmesi, sd kart desteği ve işlem gücü gibi özellikleri başta geliyor. Ayrıca Pixhawk, otonom araçlarını kontrol amaçlı üretilmiş, düşük maliyetli ve açık kaynak kodlu bir otopilot sistemidir. ArduPilot projelerinden birisi olan ve araç için kullanılmasına karar verilen ArduSub Kontrol Sistemi ile de uyumludur.

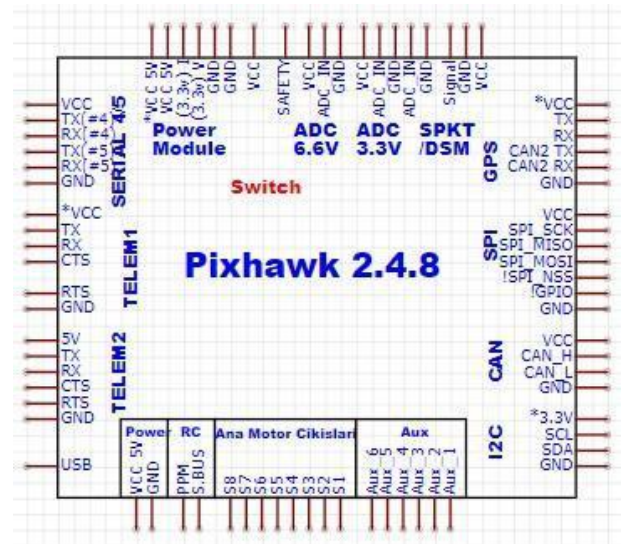


Pixhawk PX4 Teknik Özellikleri:

- Ana işlemci: STM32F76 - 32 Bit Arm® Cortex®-M7, 216MHz, 2MB memory, 512KB RAM
- G/Ç işlemcisi: STM32F100 -
- 32 Bit Arm® Cortex®-M3, 24MHz, 8KB SRAM
- Dahili sensörler:
 - - İvmeölçer/jiroskop: ICM-20689
 - - İvmeölçer/jiroskop: BMI05
 - - Barometre (irtifa sensörü): MS5611
- Boyutlar: 44x84x12mm
- Ağırlık: 15.8g

Pixhawk PX4 Elektriksel Veri:

- Güç modülü çıkışı: 4.9~5.5V
- Maksimum giriş gerilimi: 6V
- Maksimum akım ölçümü: 120A
- USB güç girişi: 4.75~5.25V
- Servo hattı girişi: 0~36V

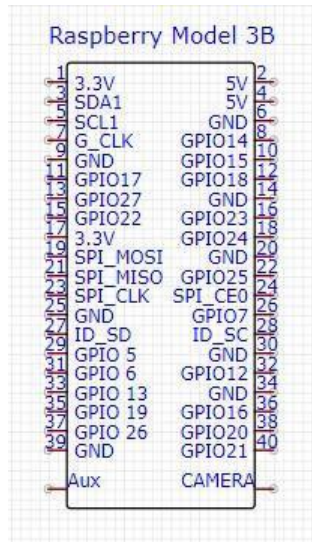


Raspberry Pi Model 3B+

Zamanla kullanım alanı değişen ve gelişen Raspberry Pi kartları başlarda el yapımı elektronik ürün üretimi için tasarlanırsa da günümüzde boyutu, fiyatı ve işlem gücü sayesinde

bugün birçok projede kullanılıyor. Kablosuz ağlara bağlanabilmesi ile birlikte üstündeki USB ve LAN soketi aracılığıyla birçok bağlantıyı kurabiliyor ve çalıştırabiliyor.

Raspberry Pi Model 3B+ parçasına alternatif olarak Raspberry firmasına ve diğer firmalara ait kartları inceledik. Bu kartlar Raspberry Pi 4, Raspberry Pi 3A ve Nvidia Jetson Nano modelleriydi. İlk kıstasımız fiyatları oldu. Ardından işlem güçlerini ve giriş-çıkış port sayılarını karşılaştırdık. Bizim için gerekli olan yeterli sayıda güç girişi ve çıkışı, hidrofon için aux, kamera için CSI konnektörü başlıca gerekliliklerimiz arasındaydı. Pixhawk Otopilot Kartı ile uyumlu çalışması da oldukça kararımızda etkili oldu. Sonuç olarak bu segmentteki kartların özellikleri benzer olsa da projemizin ihtiyaçlarını en iyi karşılayan kartın Model 3B+ olduğuna karar verildi.



Özellikleri:

- ARM v6 mimarisi
- 1 GB RAM bellek
- 4 adet USB 2 portu
- HDMI çıkışı
- 100 MBIT Ethernet girişi
- Boyutları 85.60 mm x 53.98 mm x 17 mm
- Ağırlık 45 gramdır

Batarya

Enerji iletimi ve depolanması, otonom su araçları için büyük önem arz etmektedir.

Suyun zorlayıcı koşulları ve yarışma esnasında cihaza anında erişim seçeneği olmadığı için batarya seçiminin görevler boyunca gerekli enerjiyi vermesine dikkat edildi. Aracın güç kaynağı için uzun vadede sağlayacağı katkılar sebebiyle 4s 12.000 mah 25C 14.8V Li-Po bataryanın kullanılmasına karar verildi.



U.S. Department of Energy tarafından yayınlanan “Underwater Vehicle Charging” ve Hanumant Singh tarafından yazılan “Power systems for autonomous underwater vehicles” makaleleri başta olmak üzere birçok kaynak incelendi. Burada verilen hesaplama yöntemleri ve daha önce üretilmiş insansız sualtı araçları üzerinden verilen örnekler ile kendi aracımızın enerji ihtiyacını hesaplandı.

Bütün bu araştırmalarımız neticesinde aracın hareketleri süresince motorların yüksek akım değerlerini çekmeyeceği, görevler boyunca değişkenlik gösteren düşük akımlarda çalışabileceği gözlemlendi. Son olarak seçilen bataryanın aracın enerji ihtiyacını 3 görev boyunca karşılayacağına karar verildi.

Teknik Özellikler

- Model No: 12000mah / 14.8V / 25C

- Minimum Kapasite: 12000mAh
- Konfigürasyon: 4S / 14.8V / 3 Hücre
- Sürekli Deşarj Akımı: 25C (300A)
- Patlamaya Karşı Akım (10 sn): 50C (600A)
- Şarj Hızı: 1-2C (maks.5C)
- Batarya Boyutları: L 180 x Y 70 x Y 44 mm

Basınç Ölçer

Aracın, su altındaki konumunu tespit etmesi ve tespit edilen konuma göre hareket edebilmesi için su altında çalışabilecek bir analog basınç sensörü gereklidir. Seçmiş olduğumuz sensör diğer verilerimize uygun olarak 5V'luk bir çalışma ve 0.5~4.5V lineer çıkış gerilimine sahiptir.



Teknik Özellikler:

- Basınç Ölçüm Aralığı: 0-1.6 Mpa
- Ölçüm Hassasiyeti: 0.5%~1%FS
- Su Geçirmezlik Durumu: IP68
- Yanıt Süresi: < 2ms
- Çalışma Akımı: 2.8mA
- Normal Çalışma Basıncı: ≤2.0 Mpa
- Maksimum Basınç: 3.0Mpa

Kamera

Sualtı aracında görüntü işleme görevlerinde doğru net görüntü verebilen bir kameraya ihtiyaç vardır. Bu konuda mekanik tasarıma da rahatça yerleşebilecek, boyut ve teknik özellikleri bakımından avantajlı olan ve Raspberry Pi üzerinde çalışan tüm işletim sistemlerini destekleyen Raspberry Pi Kamera tercih edildi.

Raspberry Pi Kamera'da 5 MP çözünürlükte sabit odaklı bir lens bulunmaktadır. 2592 x1944 piksel statik resim çözünürlüğü sunan kamera, video çekimlerinde ise 1080p 30fps , 720p 60fps ve 640x480p60/90 çözünürlüğünü desteklemektedir.

Raspberry Pi Kamera Özellikleri:

+ Yüksek kaliteli görüntü algılama

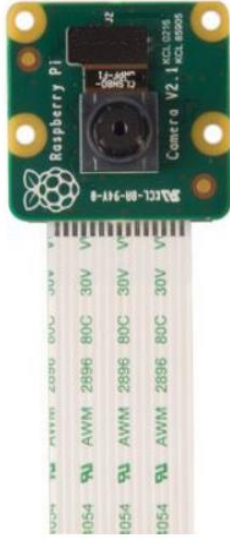
+ Büyük veri işleme kapasitesi

+ 8 megapiksel sabit odak noktalı

+ 1080p, 720p60 ve VGA90 destekli

+ Sony IMX219PQ CMOS görüntü algılayıcı

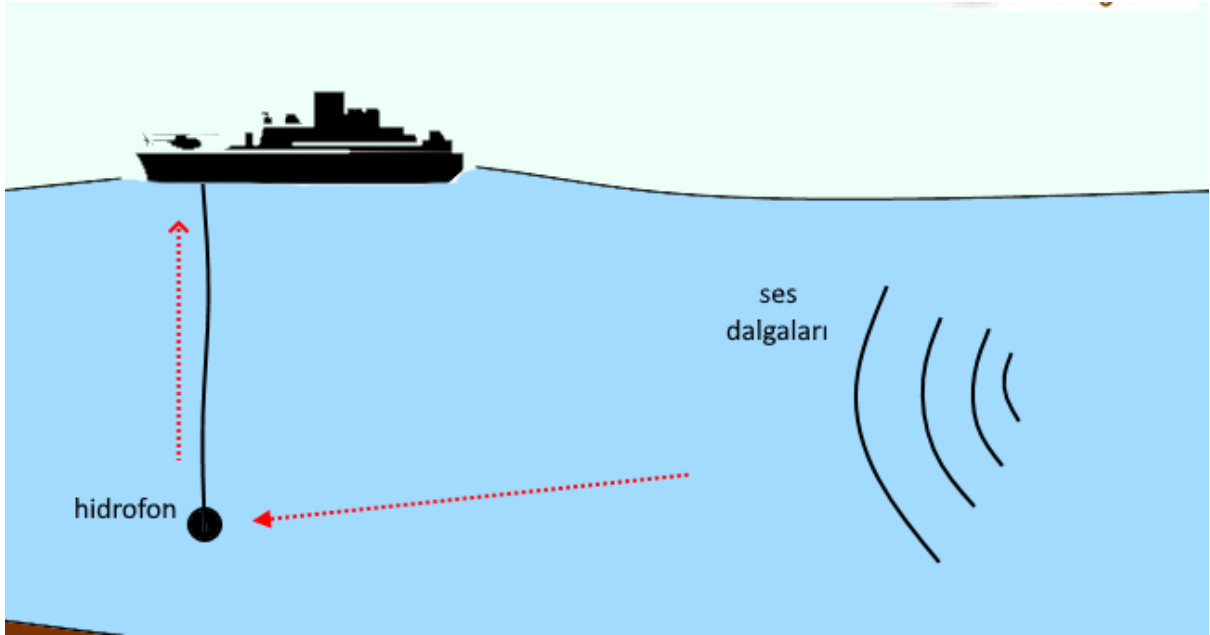
+ 15-pin şerit kablo



Hidrofon

Havuz içindeki pingerli topu bulmamız ve düşürmemiz gereken görevde kullanılmak üzere 45 KHz değerindeki akustik ses dalgalarını algılayabilen bir alıcıya ihtiyacımız vardı. Bunun için frekans genişliği 45 KHz i içeren hidrofonun kullanılmasına karar verildi.

Hidrofonlar, ses dalgası gibi bir basınç değişikliğine maruz kaldığında elektrik potansiyeli üreten bir piezoelektrik dönüştürücüye dayanır. Bazı piezoelektrik dönüştürücüler aynı zamanda bir ses projektörü olarak da çalışabilir.



Hidrofonu satın almak için BKSv ve Aquarianaudio gibi şirketler ile iletişime geçildi. Bu süreçte, bu şirketlerin ürettiği hidrofonların üzerine çalışılan bu proje için gereğinden büyük hidrofonlar olduğu görüldü. Temin etmesi zor ve maliyetli bir parça olduğu için parçanın tarafımızca üretilmesine karar verildi.

Bu konuyu araştırırken kaynaklar kısmında da belirtilen makalelerden, özellikle Alek Dikarev ve Felix Blume'un bu konudaki çalışmalarından hidrofonun çalışma prensibini anlamak ve üretimini gerçekleştirmek için faydalanıldı. Bu makalelerde hidrofonların çalışma prensipleri ve üretim yöntemleri ve aşamaları ayrıntılı bir biçimde belirtiliyor. Pingerin yayacağı frekans 45Khz olduğu için, yüksek frekansları ölçebilen seramik piezo disk kullanıldı. Öğrenilen bilgiler ile aşağıdaki üretim yolunun takip edilmesine karar verildi.

İhtiyacımız olan malzemeler;

- Mikrofon kablosu (mono)
- Makaron
- Seramik Piezoelektrik sensör
- Plastik kapak (çapı piezoelektrik çapından yaklaşık 1 cm daha büyük)
- 1/4 " mono jak fişi
- Demir pullar
- Plastik kaplama
- Bakır folyo
- Lehim
- Silikon
- Elektrik bandı

Üretim için izlenecek yol aşağıda verilmiştir;



İlk aşamada plastik kapağın merkezine piezonun çapından biraz daha dar bir delik ve kapağın yan tarafına da hidrofon kablosunun geçebilmesi için bir delik daha açılır.

Daha sonra ise hidrofonu elektromanyetik parazitlerden korumak için bakır folyo ile kapağın dış yüzeyi sarılır.

Piezo, kapağın dışına ortalayarak yerleştirilir. Mikrofon kablosu kapaktan ve bakır deliklerden geçirilir ve piezonun terminallerine lehimlenir. (Piezonun dış kısmı toprak, iç kısmı pozitifdir.) Bununla birlikte kablounun diğer tarafındaki 1/4 " mono jak fişi de lehimlenir.

Bu aşamada hidrofonta ağırlık eklemek için kapağın üzerine 2 adet demir pul koyulup silikon ile kapağın belli bir bölümü doldurulur. Ardından silikonun üstü bakır folyo ile kapatılır.

Son aşamada ise su geçirmezliği tamamen sağlamak için kapak plastik kaplama kutusuna batırılıp kurumması beklenir. Bu aşamanın birkaç kere uygulanması ile birlikte hidrofon kullanıma hazır hale gelecektir.



*Not: Resimler kaynakçada belirtilen *DIY Hydrophone by Felix Blume sitesinden alınmıştır.*



30V Güç Modülü

Güç modülleri, uçuş kontrol kartına (APM, Pixhawk) Li-Po batarya üzerinden stabil bir güç sağlamak ve akım-gerilim ölçümlerini yapmak için tasarlanmış bir modüldür. Güç vermek amacıyla tasarlanmış olmasına rağmen servolara güç sağlamak için kullanılmaz. Bunun için araçtaki iticilerin kendi ESC'leri kullanıldı.

Teknik Özellikleri:

- Maksimum Giriş Gerilimi: 30V
- 5V ADC (analog-dijital çevirici) için voltaj ve akım ölçümü
- 6 pinli DF13 kablo ile kontrolcü ile doğrudan bağlantı (APM, Pixhawk)
- Boyut: 25mm x 21mm x 9mm

Acil durum butonu

İnsansız sualtı aracımızı yaparken en önemli unsurlardan birisi de güvenlikti. Güvenlik önlemlerimizden birisi de yaşanabilecek bir sorunda aracımıza veya başkasına zarar vermeden aracımızın gücünü kesmektir. Bunun için bir acil durum butonu kullanıldı.

Acil durum butonu suya dayanıklı ve ulaşılabilmesi kolay bir yerde olmalıydı. En önemlisi de arızadan uzak ve güvenilir olmasıdır. Bunun için Motorbit'in KCD4 model su geçirmez anahtarı kullanıldı.

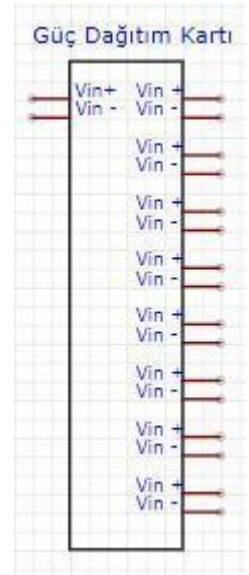
En önemli husus olarak butonumuzun sigortalı olmasına önem gösterdik .Bu sayede harici bir sigorta kullanmamış ve ikinci bir güvenlik önlemi almış olduk.



- Boyutları: 38x28mm
- Yuva Boyutları: 27x25mm
- Terminal: 4 pin
- Akım / Gerilim: 30A / 250V AC

Güç Dağıtım Kartı

Güç dağıtım kartları, elektronik araçlar üzerine monte edilerek ESC, motor veya diğer onboard sistemlerinin güç dağıtım ve bağlantılarını organize eder. Her araçta olmasına gerek yoktur ama aracımızdaki bağlantıların daha düzenli olması için tercih edildi.



Fener

Sualtı aracımızın yapacağı görevler için görüntü işleme önem arz ediyor. Su altındaki karanlık noktaları aydınlatmak ve yazılımımızın daha stabil çalışabilmesi için aracımızın ön bölgesine bir aydınlatma kaynağı yerleştirildi.



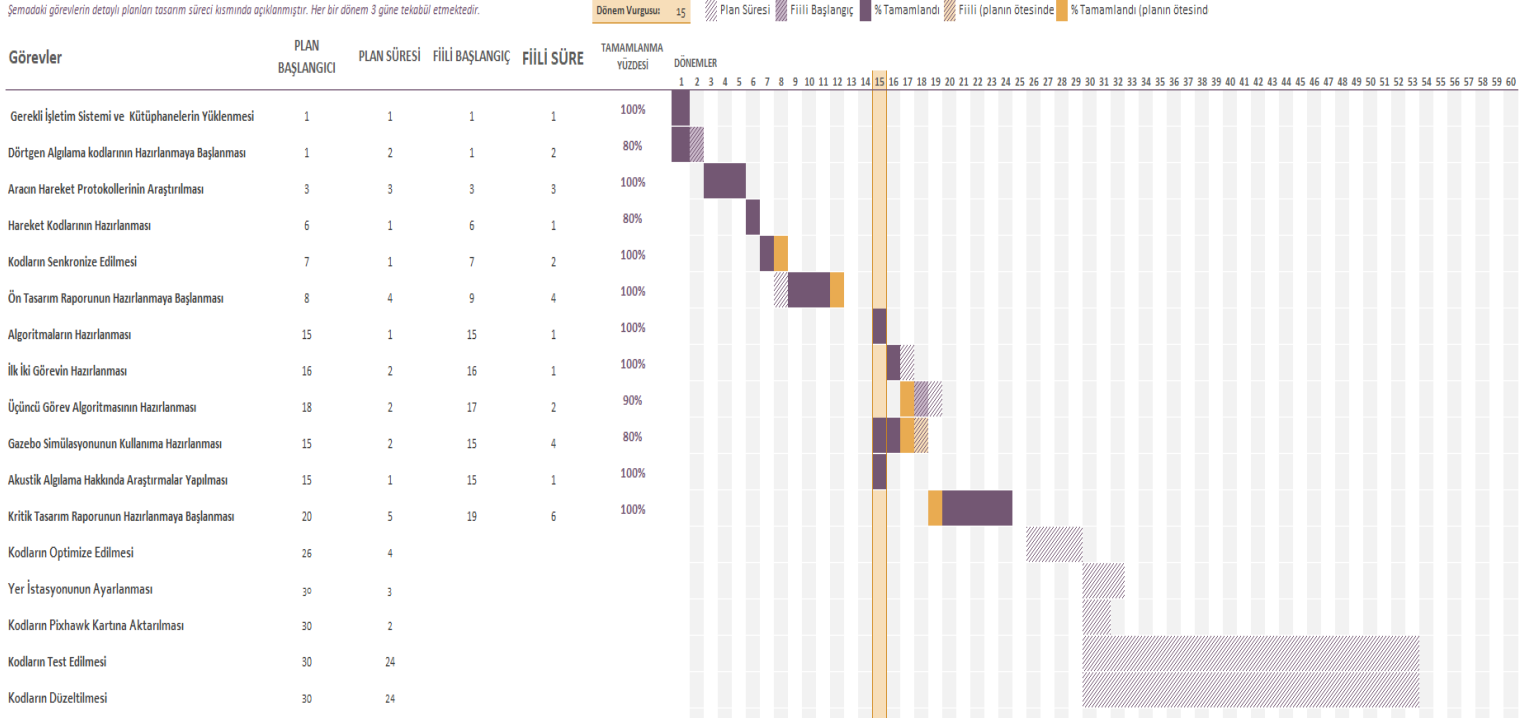
Algoritma Tasarım Süreci:

Yazılım Süreci Nasıl İlerledi:

Yazılım geliştirme süreci aşağıdaki Gantt şemasında belirtilen zaman planıyla takip edildi.

Yazılım Gantt Şeması

Şemadaki görevlerin detaylı planları tasarım süreci kısmında açıklanmıştır. Her bir dönem 3 güne tekabül etmektedir.

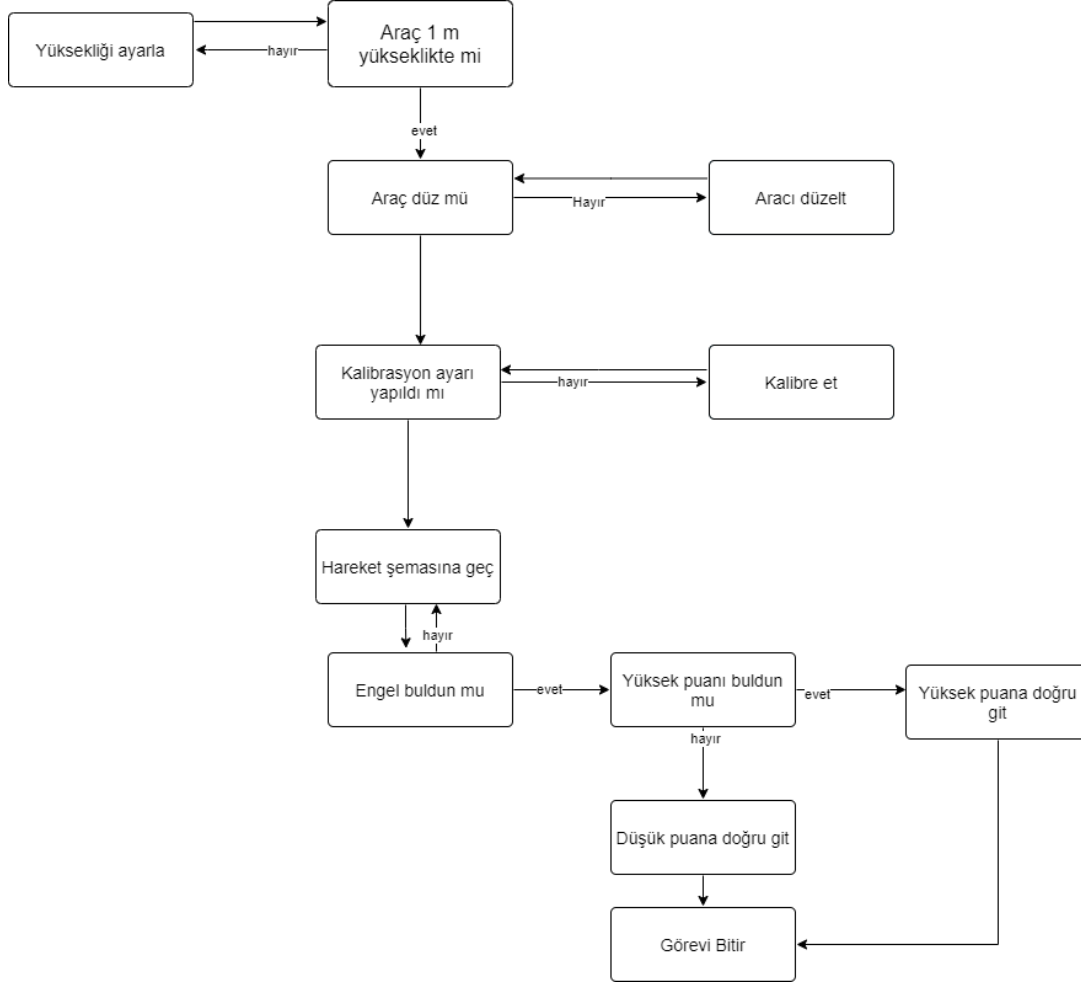


Algoritma Tasarım Süreci:

➤ 1.Görev:

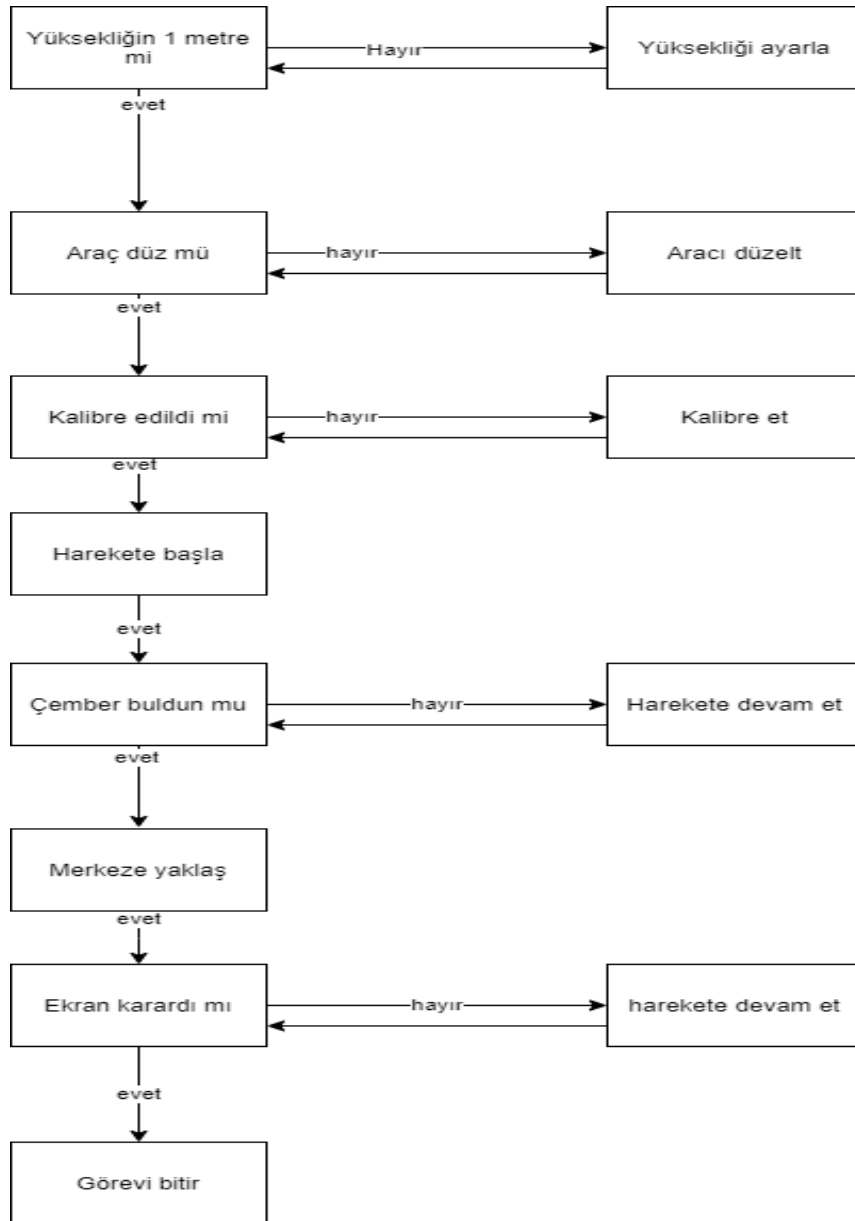
Birinci görev algoritması tasarlanmaya başlandığında yarışmanın engelleri bilinmediğinden, 2 dörtgen bir de dörtgen çerçeve tespit edilmesi planlanarak algoritma yazılmıştı. Engellerin teknik resimleri duyurulduktan sonra bu algorithmadan vazgeçilip

ekranda bulunan 2 dörtgen algılanmaya başlandı. Tarama açısının en geniş açıda olması için öncelikle aracın derinliğinin 1 metre olup olmadığı kontrol edildi. Daha sonra olası bir kazadan korunmak amacıyla aracın düz bir pozisyonda olup olmadığı kontrol edildi. Görüntü algoritmasının daha verimli çalışabilmesi için kalibrasyon ayarları yapıldı. Engeli gördüğü anda da yüksek veya düşük puana göre ayırt edip içinden geçmesi komutu verildi.



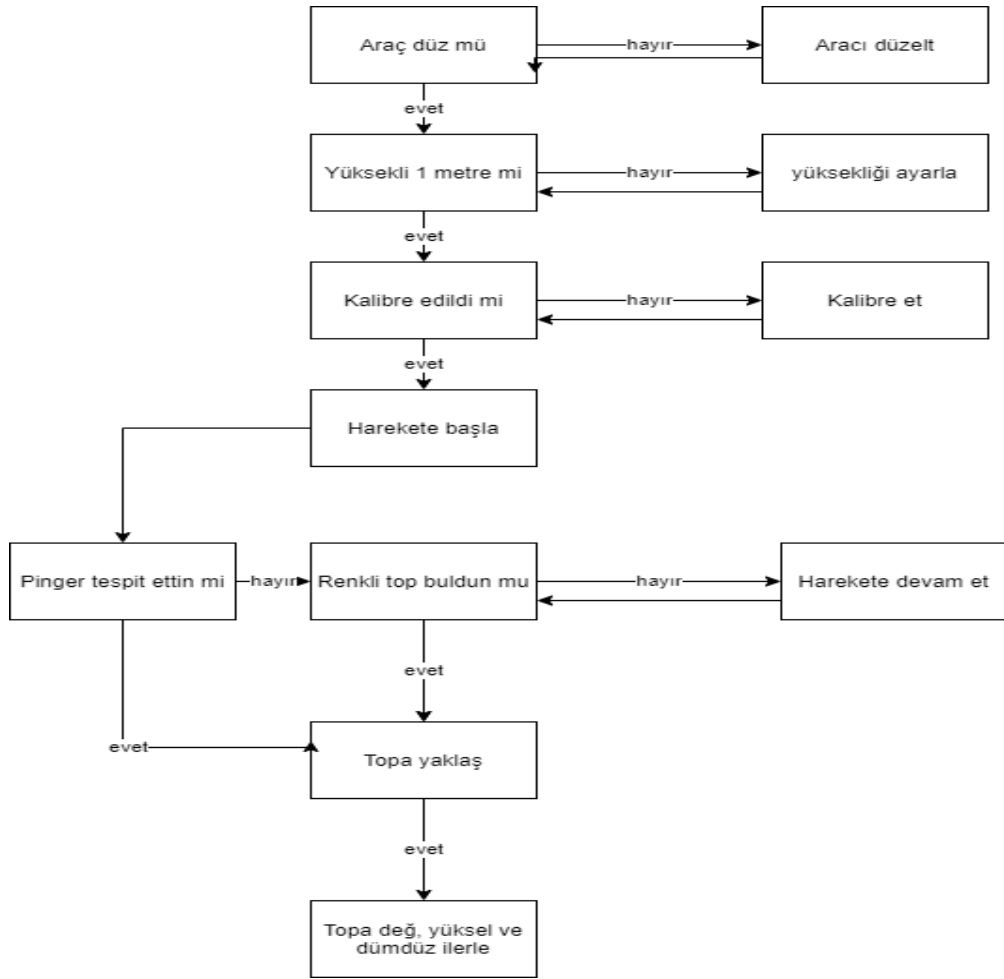
➤ 2.Görev:

İkinci görevde temel olarak iki algoritma tartışıldı. Bunlardan ilki aracı dibe batırıp dipten denizaltını tespit etme algoritması, ikincisi aracın derinliğini 1 metre olarak ayarlayıp hedef çemberini tespit etme algoritmasıdır. İlk algoritmada tespit edilecek nesneyi algılayamadığımızdan ve mesafe sensörü kullanamadığımızdan, hedefe çarpma sorunlarıyla karşılaşmamak için ikinci algoritmayı tercih ettik. Tarama açısının en geniş açıda olması için öncelikle aracın derinliği 1 metreye sabitlendi. Daha sonra olası bir kazadan korunmak için aracın düz olup olmadığı kontrol edildi. Görüntü işleme algoritmasının daha verimli çalışması amacıyla kalibrasyon yapıldı ve genel harekete başladı. Çember tespit ettiği anda o çemberin özellikle kenar noktasının 20 piksel kadar içerisindeki bir noktaya konumlanması komutu verildi. Bu sayede merkez noktasındaki denizaltı ile temasının engellenmesi ve olabilecek en uygun noktaya iniş yapması amaçlandı.



➤ **3.Görev:**

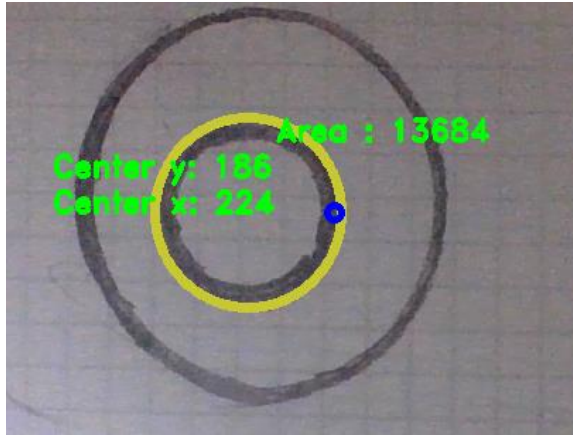
Bu görevde ana hedef pingerli topu düşürmek olduğundan görüntü işleme algoritmasının tek başına pingerli topu tespit etmesi mümkün olmayacaktır. Üçüncü görev algoritmasında pingerden yayılacak ses dalgalarıyla hedefin yönü tespit edilip, görüntü işleme algoritmasıyla da hedefe daha kesin bir temasta bulunulması amaçlanmıştır. Bulduğumuz aşamada test edilebilecek bir pinger algılayıcısı olmadığı için algoritma sadece teorik olarak tasarlandı. Algoritmanın amacı aracı 1 metre yükseklikte tarama alanının en yüksek olduğu yerden aramaya başlatıp tüm sahayı taramasını sağlamak, pinger tespit edildiği anda da o pingere odaklanmasını sağlayıp pingerli topu tespit edip düşürmektir. Pingerin yerini en az hata ile tespit etmek için aracın önüne bir nişangah mekanizması kurulmuştur. Aracın önüne konulan içi boş altıgen parça nişangah görevi görecek. Robot, pingerli topu bu altıgenin içinden gördüğü anda topa odaklanacaktır ve top altıgenin en az üç kenarı ile çakıştığında düz bir yol izleyerek topu devirecektir. Bu mekanizmayla birlikte topa olan uzaklık tespit edilerek fazladan hareket etme ve duvara çarpma gibi sorunların da çözülmesi hedeflenmiştir. Pingerden çıkan akustik sinyalleri algılamak ve frekans aralığını belirlemek için Python'un 'pyroomacustics' kütüphanesinin kullanılmasına karar verildi. Akustik sinyal algılamayı sağlayan birçok kütüphane içinden bu kütüphanenin seçilmesinin nedeni frekans aralığının belirlenmesine olanak sağlamasıydı. Bu kütüphanede karar kılmadan önce Tzu-Hao Lin tarafından yazılan "Soundscape_Viewer" kütüphanesinin kullanılması düşünüldü. Bu kütüphane Matlab temelli Soundscape_Viewer kütüphanesinin Python'a çevrilmiş ve su altında çalışmayı kolaylaştırmak için birkaç özellik eklenmiş halidir. Özellikle su altı için tasarlanmış bu kütüphanenin kullanılmamasının nedeni ise kütüphaneye dair yeterli kaynak bulunmamasıdır. Python ile akustik sinyal algılanmasının nasıl yapıldığını daha iyi anlamak adına Dortmund Teknik Üniversitesi'nden Axel Plinge'nin yapmış olduğu "Using Python For Research and Acoustic Signal Processing" araştırması incelendi. Bu inceleme sonucu Python'da akustik sinyal algılamayı sağlayan farklı kütüphaneler ve bahsi geçen kütüphanelerin kullanımları görüldü. Scipy kütüphanesinin akustik sinyal algılamada nasıl kullanıldığı detaylı bir şekilde incelendi. Akustik sinyal algılamanın matematiksel boyutu anlaşıldı.



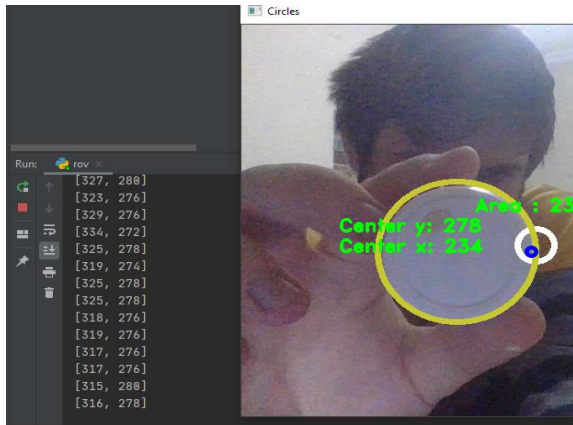
Sürecin İlerleyişi:



2. görev için öncelikle çember algılama algoritması yazıldı ve çemberin merkezi bulundu. Ancak çemberin merkezinde denizaltı olacağı ve olası bir yerleşme eyleminde bu konum kazaya sebep olacağı için çemberin merkezinden vazgeçerek çemberin kenarından 20 piksel kadar çemberin merkezine doğru bir nokta tespit edilmesi kararlaştırıldı.



Çemberin kenarındaki mavi nokta tespit edildikten sonra aracın ilerleyiş yönünün tespit edilebilmesi amacıyla araca bu noktaya odaklanması komutu verildi.



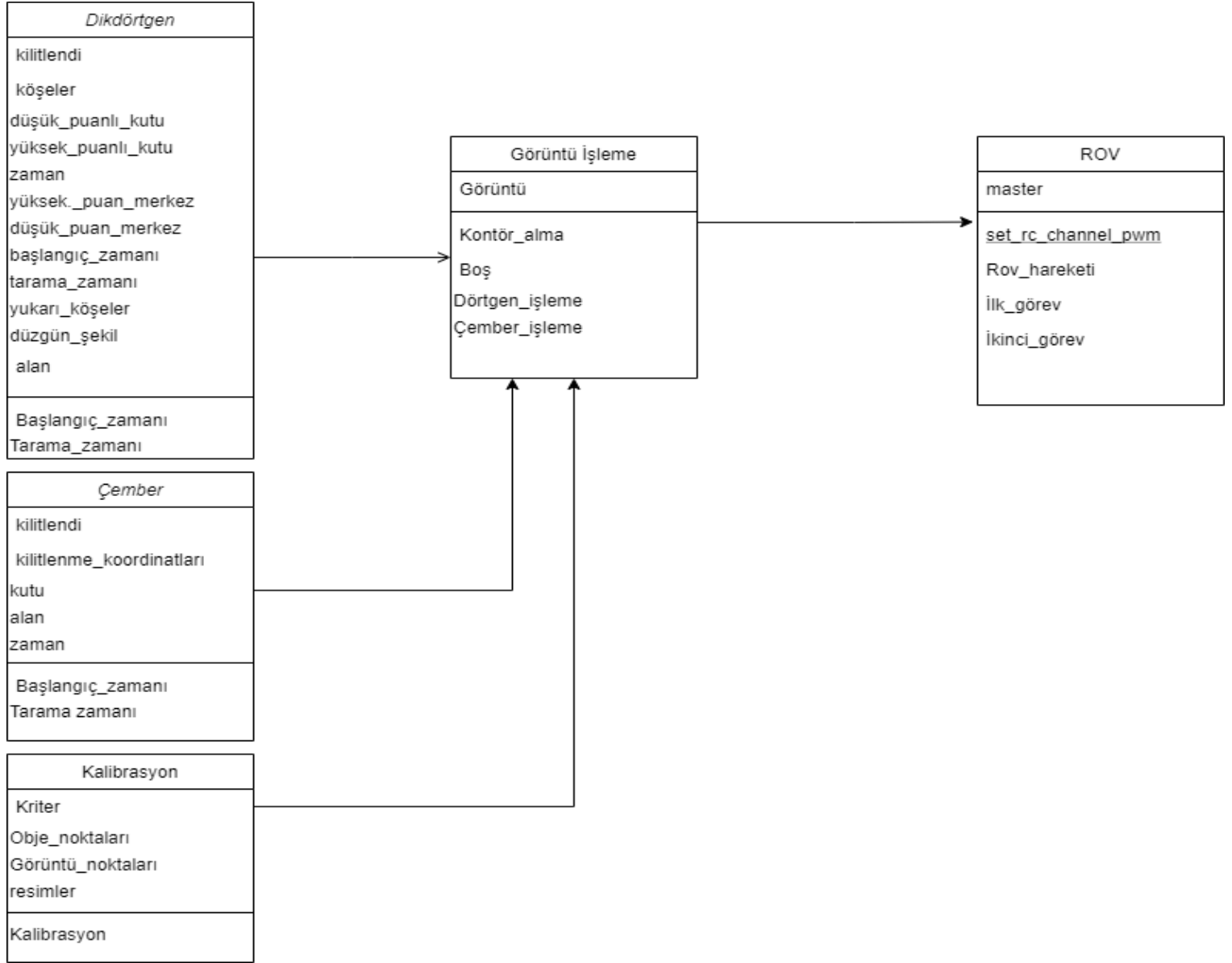
Bu hedef noktası mavi noktanın koordinatlarını alıyor ve beyaz çemberin en sol, en sağ, en üst ve en alt noktalarıyla karşılaştırıyor. Eğer belirlenen mavi nokta bu 4 noktanın arasındaysa araç düz olarak ilerliyor. Ancak bu noktaların arasında değilse araç mavi noktayı beyaz çemberin arasına almaya çalışıyor. Böylelikle araç hareketine karar vermiş oluyor.

Yazılım Tasarım Süreci:

Yazılım tasarım sürecinde kart üzerindeki yükü azaltmak için öncelikle görüntüye blur efekti verilip, siyah/beyaz filtre kullanıldı. Bu filtreler öncelikle görüntüdeki keskin kenarları yok edip daha sonra bu kenarlardaki renk elementini ortadan kaldıracağı için Raspberry pi 3B+ üzerindeki işlem yükünü büyük oranda azaltmaktadır. Daha sonra filtreden geçmiş görüntüye iki adet katman eklendi. Bu katmanlar sayesinde işleme sokulması gereken piksel sayısı oldukça azaltıldı ve görüntü işleme metodu daha stabil hale geldi. Görüntü işlenirken ilk görevde algılanan görüntünün 4 köşesi olmasına dikkat edilirken 2. görevde yuvarlak cisimlere odaklanıldı. 3. görevde de pingir sinyalleri algılandıktan sonra yuvarlak cisimlere odaklanılacaktır.

Araç kontrolünü sağlamak için mavlink protokolü kullanıldı. Mavlink protokolü aracın herhangi bir yöne gitmesinde iletişim kanallarıyla araçlar ve yer istasyonları arasında veri ve komut yolladığı, hızlı bir kontrol sağladığı için tercih edildi.

Aracın hareketinin daha da stabil hale getirilmesi için PID kontrol protokolünün kullanılmasına karar verildi. Bunun öncelikli sebebi PID kontrol protokolünün türev olarak gelecekteki hatalara karşı hazırlık yapması, hatanın integralini alarak ilerleme kaydedilemediyse ek düzeltmeler eklemesi ve tüm bu veriler ışığında aracın hatalı hareketini en üst düzeyde engelleyip aracın devre elemanlarını korumasıdır. PID kontrol cihazı basınç, hız, sıcaklık, akış vb. gibi değişkenleri değiştirir.



Yukarıdaki belirtilen diyagram kodumuzdaki sınıf ve fonksiyonları özet bir halde gösteren UML diyagramıdır.

Genel kod yazılırken python dili tercih edildi. Bunun sebeplerinden ilki ve en önemlisi python dilinin yazılma kolaylığıdır. Python dilinin yazılma kolaylığı hızlı değişiklikler yapılmasına olanak sağlar. Kütüphane çeşitliliği sayesinde farklı gereklilikler için en uygun kütüphaneler seçilebilir. Ayrıca topluluğu geniş kitlelere ulaştığından herhangi bir sorunda çevrimiçi ve hızlı bir çözüm imkanı sunar. Verilen görevler optimizasyon olarak işlemciyi çok yoran görevler olmadığından python dili C++'a göre çok daha yavaş olmasına rağmen tercih edildi. İşlem kolaylığı olması ve koddaki yükü de azaltması için obje tabanlı programlama yapıldı.

Görüntü İşleme Dörtgen ve Çember Engel Algılama:

1- Görüntünün algılanıp algılanmadığı kontrol edildi. Bu sayede araç görüntü algılanmadan hareket ettirilmedi.

2- Görüntüye GaussianBlur ve BGR2GRAY filtreleri eklendi ve bu filtreler sayesinde görüntü buğulaştırılıp, grileştirildi. Bu sayede hem işlemci üzerindeki yük azaltıldı hem de görüntüdeki detaylar azaltıldı ve görüntü işleme daha stabil hale getirildi.

Görüntü İşleme Dörtgen Engel Algılama:

3- 2 Adet katman eklenerek canny_edge_detector metoduyla görüntüdeki kenarlar tespit edildi.

4- Tespit edilen görüntünün piksel alanı hesaplandı. Çok küçük tespit edilen alanlar görüntü algılama algoritmasının stabilitesini bozduğundan çok küçük tespit edilen piksel alanlar görmezden gelindi.

5- Araç hedefe yaklaştıkça hedef görüntüsü büyüyeceğinden ilk tespit edilen görüntüden daha büyük bir görüntü tespit edilmesi durumunda yeni tespit edilen görüntüye odaklanıldı. Eğer daha büyük bir görüntü tespit edilmemişse 1.5 saniye kadar odaklı kalındı ve görüntü sıfırlandı.

Görüntü İşleme Çember Engel Algılama:

3- Hough_Circle metodu kullanılarak çember tespiti yapıldı. Bu metot görüntü tespit etmeyi koordinatlara göre yaptığı için en uygun metot olarak seçildi.

4- Araç hedefe yaklaştıkça görüntünün büyümesinden kaynaklanacak hataları engellemek için tespit edilen çemberlerin hepsinin alanı hesaplanıp en büyük alanlı olan çembere odaklanıldı. Daha büyük çember tespit edilemediyse birkaç saniye içerisinde görüntü sıfırlandı.

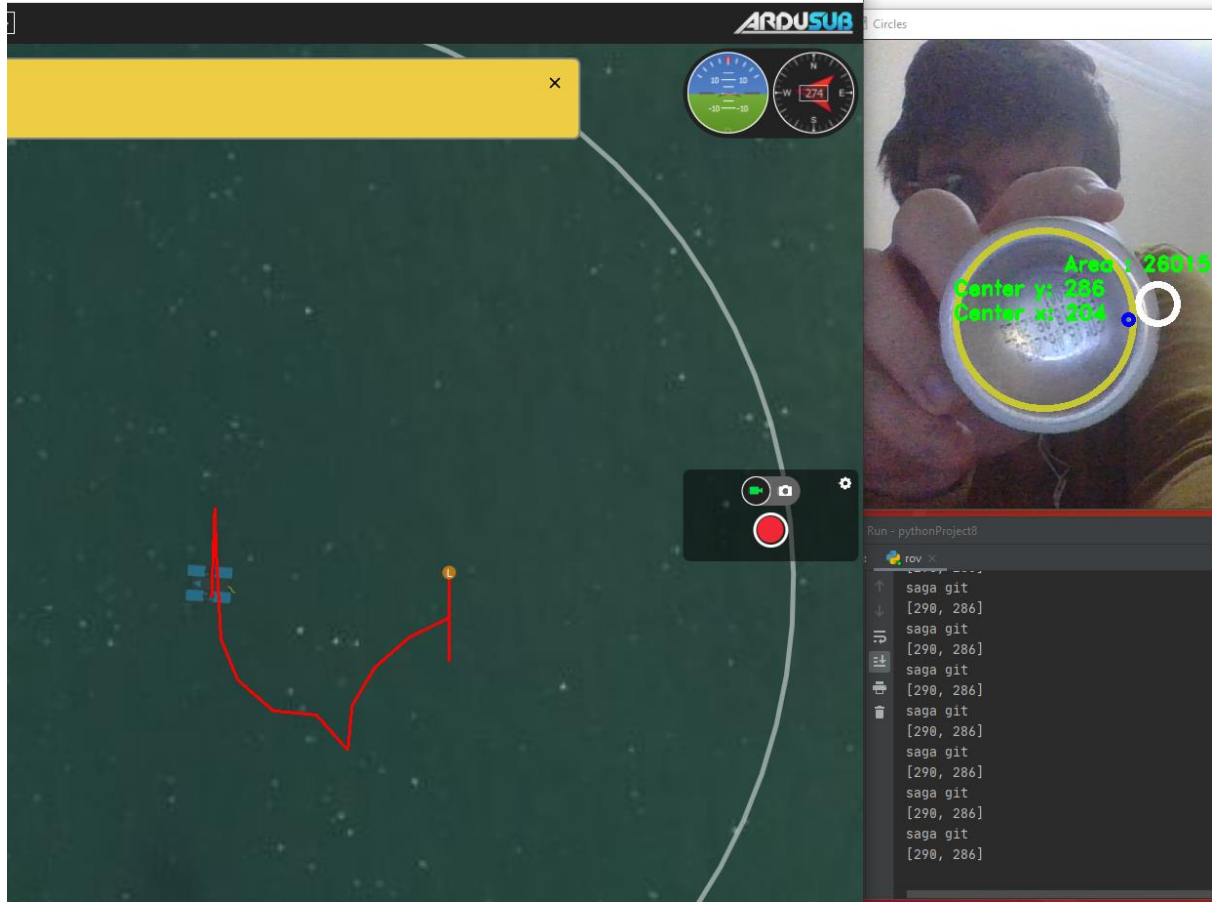
4.3.Dış Arayüzler

Ekip olarak orijinal bir dış arayüz tasarlanmamasının sebebi hem algoritma tasarım sürecine hem de yazılım sürecine ağırlık vererek görevlerin yapılışının kusursuzlaştırılmasıydı. Bu sebeple aracın ayrıntılı bir şekilde kontrol edilmesini sağlayan, sade, barındırdığı otonom görevleri planlama özelliğine sahip, Pixhawk PX4 ve ArduPilot ile uyum içerisinde bir dış arayüz olan QGroundControl'ü kullanmanın doğru olacağına karar verildi.

5. GÜVENLİK

- Yapılan test sayılarının fazlalığı aracın güvenilirliğini elbette artırmaktadır. Lakin, otonom araçlar her daim bir güvenlik zafiyeti oluşturabilir. İnsan kontrolü ikinci planda olsa bile yine de büyük önem arz etmektedir. Aracın çevreyi ve canlıları olumsuz şekilde etkileyebileceği istem dışı hareketlerini önleyebilmek için, üst kısmına konumlandırılacak bir acil durum butonu ile bu olumsuz davranışların önüne geçilecektir. Butonumuz kendinden sigortalı olup
- Elektronik parçaların birçoğunu su geçirmez akrilik tüpün içinde konumlandırıldı. Tüpten çıkan kabloları kapakta bulunan penetratörler ile birleştirerek sızıntılar engellendi. Suda kalan iticiler, hidrofon ve basınç sensörünü ise hem araca hem de etrafa zarar vermemesi için yalıtıldı. Böylece doğabilecek elektrik kaçakları önlenmiş olacaktır.
- • Beklenmedik bir arıza ya da kontrol kaybı durumunda sağlıklı bir şekilde araca müdahale etmek için acil durum butonu kullanıldı. Ayrıca sigortalı acil durumu butonu kullanarak oluşabilecek kısa devrelerde aracın zarar görmesi engellendi.
- • Laboratuvarımızda bulundurulan koruyucu ekipmanlar sayesinde karşılaşılabilecek tehlikeli durumlarda bireysel güvenliğin sağlandı.
- • Araç üzerindeki keskin kenarlara pah kırıldı.
- • Kaynak işlemleri sırasında ısı ve ışıktan korunmak için maske ve eldiven takılmıştır.
- • Akrilik Tüp ve diğer elektronik parçaların bağlantılarında konnektör kullanılmış , ara kablolar ise yalıtılmıştır .
- • Havuzda yaptığımız testlerde herhangi bir elektrik arızasını engellemek amacıyla robot suya indirilmeden önce gerekli elektrik önlemleri alınmıştır.
- • CNC ve Torna işlemleri sırasında operatör iş güvenliği için gözlük kullanmıştır.
- Elektrik kaçaklarının meydana getirebileceği olası tehlikelerden korunmak için kontrol kalemi kullanılmıştır.

6. TEST



→ **Senaryo:** Araç sanal makinede ardusub simülasyonu ile çalıştırılır. Çalıştırılan araç Q-ground control'e ve python koduna bağlanır. Aracın Q-ground control üzerinden motoru çalıştırılır ve python kodu başlatılır. İnsan eliyle hareket ettirilen engelin konumuna göre hareketi gözlenir. Odak noktasının koordinatları ile içinde bulunması gereken çemberin koordinatları birbirinden çıkarılarak aracın konumu anlaşılır. Araç konumuna göre odağa yönelik hareket etmelidir.

Sonuç: Araç engelle göre beklenen hareketi yapmıştır ve simülasyonda aracın hareket edebildiği gözlemlenmiştir. Bu sayede gerçekte aracın hareketinin nasıl kontrol edebileceği hakkında da fikir sahibi olunmuştur.



Senaryo: Su altında görüntü alamadığımızdan internetten aldığımız video, python üzerinden görüntü işleme kodlarımızla çalıştırılıp çıktıları kaydedilmiştir. Bu senaryoda, videoda su içinde bulunan çemberlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Sonuç: Yukarıdaki ekran görüntülerinden anlaşıldığı üzere görüntü işleme kodlarımız çember algılamayı başarılı bir şekilde tamamladı fakat net olmayan çemberlerin algılanamadığı fark edildi. Bunun nedeni de elimizdeki videonun kalitesinin düşük olmasıdır.

→ **Planlanan Senaryo:** Araç havuzda engelin normaline 60 derece açıyla konumlandırılır. Araçtan beklenen hareket engelin kenarlarını tespit etmesi ve merkezine göre konumlanmasıdır. Testin başarılı olabilmesi için aracı engelin normaliyle aynı hizaya geçmesi gerekir.

İstenilen Sonuca Ulaşılmaması Durumunda Yapılacaklar: Eğer başarısızlık iki kenarı tek çizgi gibi görmesinden kaynaklanıyorsa kameranın Gaussian Blur filtresi yoğunluğunu artırılır, hassaslığı azaltılır. Eğer başarısızlık aracın kenarı tespit edemediğinden kaynaklanıyorsa kameranın Gaussian Blur filtresi yoğunluğu azaltılır, hassaslığı artırılır.


→ **Planlanan Senaryo:** Araç üzerindeki fener aktif hale getirilir ve suya konur. Araç bu fener sayesinde yaklaştığı nesneyi oldukça parlak bir hale getirir. Ekrandaki ışık değerine bağlı olarak duvarı tespit etmesi sağlanır ve bu veri ışığında araç duvara göre 120 derece döndürülür. Bu test aracın kaza yapma olasılığını düşürür.


İstenilen Sonuca Ulaşılmaması Durumunda Yapılacaklar: Duvarı algılamak için farklı algoritmalara başvurulacaktır.


→ **Planlanan Senaryo:** Aracın görevi farklı farklı konumlarda bitirme hızı bir kronometre yardımıyla gözlenecektir.


İstenilen Sonuca Ulaşılmaması Durumunda Yapılacaklar: Tarama ve hareket algoritmasında değişiklikler yapılarak aracın hızlanması ya da yavaşlaması sağlanacaktır.


QGroundControl


Back <  Vehicle Setup


 Summary


 Firmware


 Sensors


 Power


 Motors


 Safety

 Tuning

 Camera

 Lights

 Frame

 Parameters

Search:

ATC_ACCEL_P_MAX	Unknown: 110000	Acceleration Max for Pitch
ATC_ACCEL_R_MAX	Unknown: 110000	Acceleration Max for Roll
ATC_ACCEL_Y_MAX	Unknown: 110000	Acceleration Max for Yaw
ATC_ANGLE_BOOST	Enabled	Angle Boost
ATC_ANG_LIM_TC	1.000	Angle Limit (to maintain altitude) Time Constant
ATC_ANG_PIT_P	9.000000	Pitch axis angle controller P gain
ATC_ANG_RLL_P	6.000000	Roll axis angle controller P gain
ATC_ANG_YAW_P	6.000000	Yaw axis angle controller P gain
ATC_INPUT_TC	0.15 s	Attitude control input time constant
ATC_RATE_FF_ENAB	Enabled	Rate Feedforward Enable
ATC_RATE_P_MAX	Disabled	Angular Velocity Max for Pitch
ATC_RATE_R_MAX	Disabled	Angular Velocity Max for Roll
ATC_RATE_Y_MAX	Disabled	Angular Velocity Max for Yaw
ATC_RAT_PIT_D	0.003600	Pitch axis rate controller D gain
ATC_RAT_PIT_FF	0.000	Pitch axis rate controller feed forward

→ **Planlanan Senaryo:** Testin amacı suya bırakılan aracımızda bulunan Pixhawk otopilot kartından alınan sensör verileri Raspberry Pi ile yer kontrol istasyonuna iletip PID parametrelerinde değişiklikler yaparak aracımızı kendi test ve yarışma ortamına hazırlamayı amaçlıyoruz. Bunun için deneyeceğimiz ilk mod STABILIZE moddur. Bu modun amacı aracımızın yunuslama ve yuvarlanma açılarını istenilen değerlere getirmektir. Teste başlamadan önce istenilen yuvarlanma ve yunuslama açıları yer kontrol istasyonundan girilir. Daha sonra araç suya indirilip STABILIZE moda alınır, aracın hareketi ve sapmalar gözlemlenir. Kullanacağımız parametreler üçe ayrılmaktadır. Bu parametrelerden ilki Attitude Controller Parameters dır. Amacı aracı istediğimiz gibi hareket ettirmemize olanak sağlamasıdır. İkinci kontrol parametrelerimiz Position Controller Parameters olup aracımızı suyun içinde belirli bir konumda tutmaktır. Son parametrelerimiz olan Waypoint Navigation Parameters AUTO ve GUIDED modda gitmesi gerektiği noktaları takipe etmesini sağlayan parametreler bulunmaktadır.

İstenilen Sonuca Ulaşılmaması Durumunda Yapılacakları: Sapmaların istenilen düzeyden fazla olması durumunda ATC_ACCEL_R_MAX(yuvarlanma açısındaki

maksimum ivme) gibi parametre deęerleri deęiştirilerek sorunun çözölmesi hedeflenmektedir.

- Alüminyum ön ve arka kapaklar CNC’de işlendikten sonra pleksiglas boru ile CNC’den sökölmeden çaplarının uyumu test edilecektir. Böylece olası uyumsuzluk durumları giderilecektir. Alüminyum kapaklara o-ringler yerleştirilip pleksi boru ve bombe kapak ile birleştirilecektir. Montajı yapılan tüp, iç iskelet eklenmeden önce suya daldırılarak test edilecektir. Testler sonucu tüpün su aldığı görölür ise o-ringler kalınlaştırılacaktır. Bu işlem tüp su geçirmez olana kadar tekrarlanacaktır.

Elektronik Parçaların Testi

Elektronik parçalar, akrilik tüp içine konumlandırmadan birçok kez test edilecektir. İlk olarak motorların çektiği akım ACS758 sensörü ile kontrol edilir. ACS758 hassas, düşük ofsetli doğrusal bir Hall'dan oluşur. Bakır iletim yolundan akan akım Hall IC'nin bir manyetik alana dönüştürdüğü bir manyetik alan üretir. Hassas, orantılı bir çıkış voltajı cihaz tarafından sağlanır böylece invertör kontrolü ve aşırı akım arıza tespiti yapılabilir.

Ardından tüp dışında çalışan basınç sensörü ve hidrofonun su geçirmezliği, suda 3 metre derinliğe daldırılarak test edilecektir. Kontrol kartı, anakart, güç dağıtım kartı ve güç modölü sırayla multimetre yardımıyla kısa devre yapıp yapmadığı tespit edilecek. Sonraki aşamada parçalar birbirine bağlanacak ve hareket kabiliyeti düz zemin üzerinde gözlemlenecek.

7. TECRÜBE

- Yazılım yazılırken filtrelerin görüntüyü algılamada çok büyük bir etken olduğu anlaşıldı. Her kamerada optimal görüntünün farklı değerlerle elde edildiği anlaşıldı. İlk başta filtreler kameraya göre farklılık gösterdiğinden görüntü algılamada fazla detay algılama ya da detayları algılamama gibi sorunlar yaşandı. Daha sonra araçta kullanılan kamera için en iyi filtreleri bulmak adına filterler test edildi ve en uygun filtre koda eklenerek bu sorunlar giderildi.
- Otonom görevler yapılırken basit algoritmalar ile görüntünün algılanabileceği ve yapay zekanın bir gereklilik olmadığı anlaşıldı. YOLO kullanarak da görüntü işlendi ve ilk algoritma ile karşılaştırıldı, arada belirgin farklılıklar olmadığı buna karşılık yapay zeka kullanmanın aracı yordığu ve yavaşlattığı göröldü. Bu nedenle yapay zeka kullanılmamasına karar verildi.
- Aracın 3 boyutlu ortama aktarılması için ciddi çalışmalar yapıldı. Yapılan bu çalışmalar ile bu amacın mümkün olduğu lakin su altı araçları için yapılan simölasyonların hala geliştirilmeye açık olduğu ve sıklıkla sistemin iletişim ve bağlantı sorunları alınması sebebiyle karşılaşılabilecek hataların çözölülebileme süreleri de

düşünüldüğü takdirde harcanacak sürenin yarardan çok zarar getireceği öngörüldü ve kullanımından vazgeçildi.

- Su altında GPS kullanılmadığından projeye ilk başlandığı dönemlerde kamerada algılanan cismin alanına göre mesafe ölçme algoritması tasarlanmaya çalışıldı fakat suyun altında referans noktası bulunmadığından bu algoritma planlandığı gibi çalışmadı.
- Elektronik parçalar ile alakalı en fazla tecrübe kazandığımız kısım hidrofon oldu. Özellikle hidrofonların çalışma prensipleri, çalışma aralıklarının belirlenmesi ve ayarlanması, yapımında kullanılan malzemeler, etkili bir veri almak için bağlantı ve tasarım şekilleri, en iyi yalıtım metodları, parazitlerden korunması için neler yapıldığı gibi birçok konuda tecrübe edinildi. Parazitlerden korumak için çevresini bakır kablolar ile sarıldı. Tasarım kısmında basık silindir tercih ettik çünkü piezzo diskimiz yerleştirildiğinde taşma olmamakla birlikte tam oturmasından kaynaklı ses dalgalarını çok daha iyi yakalanabilinildi. Kullanılan malzeme konusunda çerçeve bakır plaket ile kaplandı. Çünkü metallerin iletkenliği plastik ve diğer malzemelere göre çok daha yüksektir.
- Aracın alüminyum arka kapak tasarımı yapılırken, araçtan çıkacak kabloların sayısı yeteri kadar önemsenmedi bundan dolayı bu sayıya göre konumlandırılacak penetratörlerin yerleşimi yapıldığında yeterli alan olmadığı görüldü. Bu sorunu çözebilmek adına yeni bir arka kapak tasarımı yapıldı. Bu tasarımda oluşturulan katmanlı tasarım herhangi bir sıkışma olmadan penetratörlerin sorunsuz dizilimini sağladı.
- İlk tasarımlarda pilin ağırlığı tahmin edilenden daha az hesaba katıldı. Ancak ağırlık merkezini aracın gerisine kaydıracağı anlaşıldı. Bundan dolayı pilin merkeze yakın konumlanması için iç iskelet tasarımı güncellendi. Ancak daha önce arka kapaktan çıkarılabilecek olan pile erişim kısıtlandı. Bu sebeple, pili aracın üstünden çıkarabilmek için bir kilit mekanizması tasarlandı.
- Kameranın oturacağı bölüm ilk olarak sabit tasarlandı ancak (bu durum kameranın aşağı yönlü bakmasını gerektiren görev için önemli bir sorun oluşturuyordu. Bu problemi çözmek için kameranın oturacağı oynar bir bölüm tasarlandı.) kameranın aşağı yönlü bakması görev gereksinimi olduğundan kameranın oturacağı oynar bir bölüm tasarlandı.
- Araç dış tasarımı ilk yapılan tasarımlarda daha köşeli ve düz tasarlandı. Bu da su içerisinde ki hareket kabiliyetini olumsuz yönde etkiliyordu. Sonraki tasarımlar da aracın suyun içerisinde daha rahat hareket edebilmesi için aracın dış yüzeyi oval olarak tasarlandı.
- İlk tasarımlarda araç hareket halindeyken su tarafından maruz kalacağı etkiyi absorbe edemiyordu bu da aracın daha çok güç harcamasını sebep oluyordu. Bu sorunu çözmek amacıyla son tasarımda aracın üzerine suya yön verecek şekilde kavisler ve su kanalları

oluşturuldu. Bu sayede araç sağa veya sola giderken maruz kalacağı su tepkisini hafifletip suyu rahatça motorların içerisine yönlendirmiş oldu.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

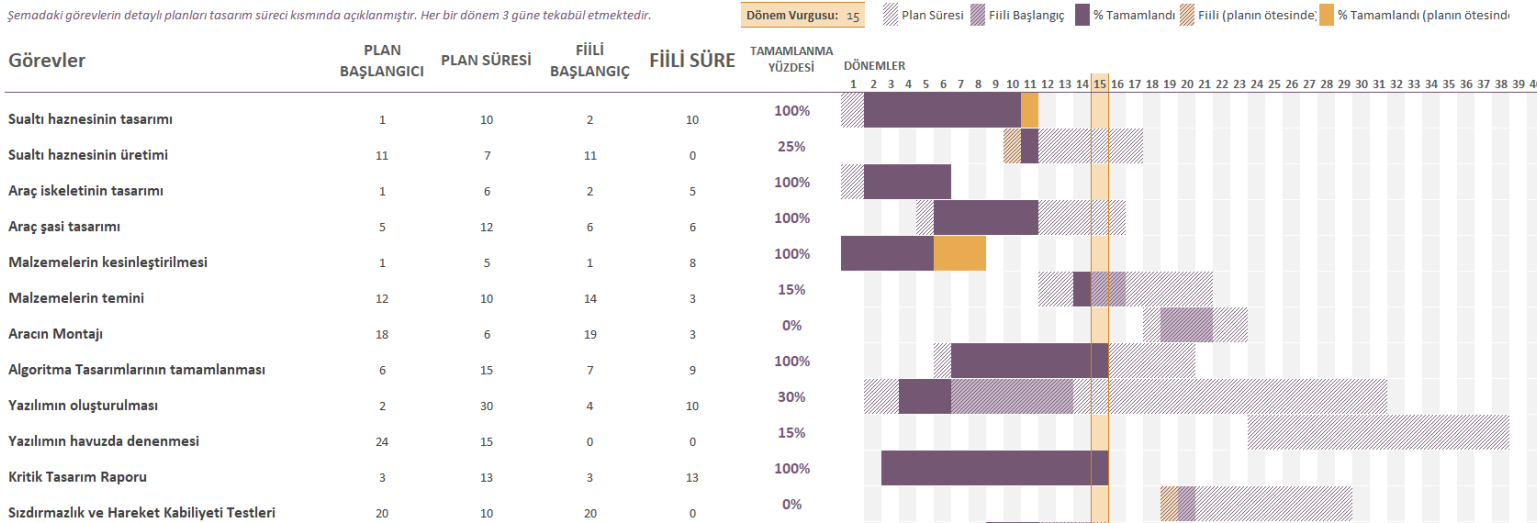
8.1 Zaman Planı

Robotik projelerde zaman yönetimi proje personelinin değişen şartlara uyum sağlamasına ve kendilerini ayarlamalarına yardımcı olmak, gelişmeyi kısa sürede sağlamak, kalite gelişmesini sağlamak, personel kullanım oranını geliştirmek; süre, çaba ve paradan tasarruf sağlamak amaçlarını taşıdığından büyük önem arz etmektedir.

Projenin hangi aşamada olduğunu, hangi yöne yöneldiğini dikkate alan, güvenli ve açık bir resme sahip, daha etkin bir yönetimi sağlamak amacıyla projenin Gantt şeması oluşturulmuştur. Gantt şeması iş yönetiminde zaman planlamasını sağlamaya yönelik oluşturulmuş bir çizelgedir. Gantt şeması takımların ilerlemelerine göre güncellenerek KTR aşamasına kadar sapmadan takip edilmiştir. Bu şemada belirlenen görevler “Ana görev” olarak nitelendirilip alt dalları oluşturulmuştur. Bu alt dalların takibi de görevlendirilen takımlarca yapıp raporda Elektronik tasarım süreci, Mekanik tasarım süreci ve Algoritma tasarım süreci kısımlarında belirtilmiştir.

BarbaRovs Gantt Şeması

Şemadaki görevlerin detaylı planları tasarım süreci kısmında açıklanmıştır. Her bir dönem 3 güne tekabül etmektedir.



8.2 Bütçe Planlaması

Yarışmaya ilk defa katılan bir ekip olduğumuzdan envanterimizde ihtiyacımız olan parçaların birçoğu bulunmamaktadır. Kullanılacak parçaların detaylı listesi aşağıda verilmiştir.

PARÇA GRUPLARI	PARÇA İSİMLERİ	ADET	ADET FİYATI	TOPLAM FİYAT
MOTOR	860-560 Kv Fırçasız Motor	10	₺610,00	₺6.100,00
ESC	35A Programlanabilir ESC – Çift Yönlü Motor Sürücü	10	₺269,00	₺2.690,00
Kontrolcü	Raspberry Pi 3 Model B 2GB	2	₺420,39	₺840,78
Uçuş Kontrol Kartı	Pixhawk PX4 2.4.8	2	₺761,51	₺1.523,02
Güç modülü	30 V 90 A Güç Modülü	2	₺96,46	₺192,92
Lipo	4s 12000 mah 25C Lipo Batarya 14.8V PİL	2	₺1.320,00	₺2.640,00
Kamera	Raspberry Pi Kamera(Camera) Modülü V2	1	₺388,40	₺388,40
Basınç sensörü	Gravity: Analog Su Basınç Sensörü	2	₺188,98	₺377,96
Aydınlatma	Subzero Expert Light 50-800 Lümen, Şarjlı Dalış Feneri TC05	1	₺499,99	₺499,99
Güç Kartı	8 Çıkışlı Güç Dağıtım Kartı	2	₺24,50	₺49,00
Lehim teli	Fluittin 1mm Kurşunsuz Lehim Teli 1532/122 SACX0307 500g	1	₺370,99	₺370,99
Lipo Şarj	iMAX B6AC Dahili Adaptörlü LiXX, NiXX, Pb Şarj Aleti (80 W)	1	₺456,90	₺456,90
Lehim Pastası	Lötfet Lehim Pastası 100 gr	2	₺34,41	₺68,82
Bakır plaket	10x15 Bakır Plaket FR2	10	₺3,25	₺32,50
Plastik kaplama	Tussle Plastik Kaplayıcı Sprey	3	₺55,81	₺167,43
Mikrofon kablosu	Stereo Mikrofon Kablosu - 1 Metre	3	₺6,29	₺18,87
	Mono Mikrofon Kablosu 1 metre	5	₺8,81	₺44,05
Bant	15mm Bakır Bant 30mt	1	₺116,70	₺116,70
Multimetre	UNI-T UT33D+ Multimetre	1	₺121,78	₺121,78
Toplam				₺16.700,11

Sponsorluklar:

İhtiyacımız olan parçaları tedarik edebilmemiz için:

- Hacettepe Teknokent A.Ş. tarafından 10.000(on bin)Türk Lirası ödenek alınmıştır.
- Hacettepe Üniversitesi Sağlık Kültür Spor Daire Başkanlığı tarafından 5.000(beş bin) Türk Lirası ödenek alınmıştır.
- Hacettepe Üniversitesi Ankara Sanayi Odası Tarafından parça desteği sağlanmıştır.
- Hoytek Mühendislik tarafından parça desteği sağlanmıştır.

Yukarıda belirtilen sponsorluklar sayesinde ihtiyaçlarımızın büyük kısmı karşılanmıştır. İhtiyaç duyulan üretim yöntemleri yine 3. taraf şirket ve kuruluşlar tarafından sağlanmıştır. Üretim geliştirirken kullanılacak tesis Hacettepe Üniversitesi Robot Topluluğu tarafından

sağlanmıştır. Robotun üretim sürecinde takım üyelerimizin barınması için Hacettepe Üniversitesi, Beytepe kampüsü içerisinde yer alan yutları kullanıma tahsis etmiştir. Kabul ettiğimiz bu desteklerle birlikte bütçe açığı kapatılmıştır. TEKNOFEST bünyesinden gelmesi planlanan ödenek ile de yedek parça alımı yapılması amaçlanmıştır.

8.3 Risk Planlaması

Risk; amaç ve hedefleri tehdit eden, belirli bir olasılık dahilinde gerçekleşebilecek her tür olay, koşul ya da durumun taşıdığı zarar potansiyelidir. Risk yönetimi, amaç ve hedefleri tehdit eden risklerin en etkili ve maliyet etkin yöntemler ile yönetilmesini amaçlar. Robotik projelerde değişken sayısı çok fazla olduğundan risk yönetimi hayati önem taşır. Potansiyel uygunsuzlukları yok etmek için önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, oluşan herhangi bir uygunsuzluğunun analizi, uygunsuzluğun etkisine uygun faaliyetleri gerçekleştirerek yeniden oluşmasını önlemek ve etkin bir proje yönetim sistemine erişmek için risk temelli düşünme sistemi kullanmak esastır. İlk aşamada risk ve fırsatları belirlemek için SWOT analizi metodu kullanılmıştır. SWOT analizi projenin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemekte, iç ve dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditleri saptamak için kullanılan bir tekniktir. Bu tekniğin projenin başlangıç aşamasında uygulanmasıyla güçlü yönlerimizin fırsata dönüştürülebilmesi, zayıf yönlerimizin farkına vararak onları güçlü yönlere dönüştürecek stratejik planın yapılması ve çevremizdeki tehditleri güçlü yanlarımızla birleştirerek fırsatlara dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<div>Takım üyeleri Alanlarında yetkin çeşitli mühendislik ve ön lisans öğrencilerinden oluşan takımımız elektronik, yazılım, ve mekanik alanlarında çabuk öğrenip uyguluyabilir haldedir.</div> <div>Deneyim Takım üyelerimizin çoğunluğu daha önce robotik teknolojiyle ilgilenmiş farklı yarışmalara katılmıştır ve bu deneyimleri yarışma için kullanabilir durumdadır.</div> <div>Hacettepe Robot Topluluğu Takımımızın bünyesinde bulunduğu 17 yıldır var olan topluluğumuzun laboratuvar ve ekipman desteği olmasının yanı sıra birçok sponsorluk anlaşması bulunmaktadır.</div> <div>Destek Okulumuz takımımıza mali ve çevresel yönden destek vermektedir. Sponsor olan birçok firma ve manevi olarak da destek verip bize güvenen birçok kişi ve kurum bulunmaktadır.</div>	<div>Yeni Kurulmuş takım Takımımız 2020 aralık ayında kuruldu ve insansız su altı sistemleri alanında bazı teknik açılardan tecrübesiz.</div> <div>Maddi Destek Takımımız yeni kurulduğu için malzeme ve finansal açıdan desteğe ihtiyaç duymaktadır.</div> <div>Pandemi İçinde bulunduğumuz Coronavirus salgını dolayısıyla çalışmalarımızı gerçekleştirmek için toplanmamız ve çalışma alanlarımıza ulaşmamız güçleşiyor.</div>

Fırsatlar	Tehditler
<div>Hacettepe Üniversitesi</div> <p>Okulumuzun gerekli testler ve çalışmalar için yeterli alanlara sahip olması</p>	<div>Fiyatlar</div> <p>İnsansız sualtı sistemlerinde kullanılan malzemelerin fiyatlarının yüksek olması ve zor temin edilmesi</p>
<div>Sponsorluk sağlayan firmalar</div> <p>Ekibimize maddi açıdan destek olan halihazırda birçok firma bulunması</p>	<div>Desteklerde yaşanabilecek sıkıntılar</div> <p>Okulumuz haricindeki sponsorların desteğinin her an kesilebilecek olması</p>
<div>Medya organları</div> <p>Üniversitemizin ve Topluluğumuzun iletişim kanalları ile daha fazla sponsora ve kitleye ulaşılabilirlik</p>	<div>Pandemi</div> <p>Yaşadığımız pandemi dolayısıyla çalışmalarımızda beklenmeyen aksaklıklar çıkabilecek olması</p>

SWOT analizinin stratejik planlaması yapıldıktan sonra risk bazlı süreç yönetim planı oluşturmak gereklidir. Risk bazlı süreç yönetim planı risklerin belirlendiği, hangi risklerin öncelikli olarak çözümlenmesi gerektiğinin değerlendirildiği, risklerin yönetilmesi için stratejiler ve planların geliştirilerek uygulandığı sistematik bir süreçtir. Risk yönetimi süreci, koordine edilmiş bir dizi aktivite halinde sunulur. Bu aktiviteler:

- Riskin tanımlanması ya da tanınması
- Riskin sıralanması ya da değerlendirilmesi
- Belirgin risklere cevap verme:
 - Tolere etme
 - Müdahale etme (aksiyon)
 - Transfer etme
 - Sonlandırma
- Kontrollere kaynak ayrılması
- Reaksiyon planı yapılması
- Risk performansının raporlanması ve takibi
- Risk yönetim çerçevesinin gözden geçirilmesi olarak tanımlanır.

Bu adımlar doğrultusunda risk analiz tablosu oluşturulup risk matrisine göre gerekli önlemler alınmıştır.

SÜREÇ RİSK ANALİZİ					
Riskler	Potansiyel Etki	Şiddet	Hata Türünün Potansiyel Sebepleri	Olasılık	Riski Önlemeye veya Azaltmaya Yönelik Çalışmalar
Malzemelerin hasar görmesi	Robotumuzun çalışmaması ve parkurlarda yarışmaması	4	Test aşamalarında yaşanabilecek kazalar	3	Yedek parça satın alınması ve/veya hasarlı parçanın onarımı
Malzemelerin temininde yaşanacak aksaklıklar	Zaman kaybı ve robotun çalışmasında çıkacak problemler	3	Finansal ve lojistik problemler	2	Sponsorlarımızdan ek bütçe talebi
Test aşamasında bir havuza erişememek	Yarışmadan önce yapılması gereken testleri gerçekleştirememek	5	Hacettepe Üniversitesi'nin havuzu kullanma talebimizi herhangi bir sebepten reddetmesi	2	Sponsorlarımızdan biri olan Hoytek firmasından yardım istemek
Robotun sızdırmazlığının sağlanamaması	Robotumuzun su alarak batması	4	Test sürecinde yaşanabilecek kazalar	3	Gerekli güvenlik önlemleri doğrultusunda robotun elektrikliğini kesip robotumuzun kurtarabildiğimiz kısımlarını kurtarmak

Aşağıda risk değerlendirme matrisi ve Risk önleme metodları gösterilmiştir.

RİSK Değerlendirme Matrisi			ŞİDDET-ETKİ Puanı					Risk Puanı	Risk Seviyesi	Risk Önleme
			Riskin Şiddeti (Stratejik Süreç Hedeflerine Etkisi)							
			1	2	3	4	5			
			Yok/çok önemsiz	Küçük/hafif	Orta etki/derece	Büyük etki/Ciddi	Çok büyük/cidd			
OLASILIK Puanı (Riskin Gerçekleşme İhtimali)	1	Muhtemel olmayan (Hemen hemen hiç/çok küçük)	1	2	3	4	5	1-3	ÖNEMSİZ	Eğitim-uyarı gerektirir
	2	Küçük /çok az (Yılda bir kez)	2	4	6	8	10	4-9	DÜŞÜK	Herhangi bir önleme gerek yok, rutin faaliyetlere devam
	3	Muhtemel/orta derece (Yılda birkaç kez)	3	6	9	12	15	10-12	ORTA	Uzun vadede faaliyet planlanması beklenir
	4	Büyük/yüksek (Ayda bir)	4	8	12	16	20	15-16	YÜKSEK	Orta vadede önlem alınıp, Düzeltici Faaliyet beklenir
	5	Neredeyse kesin/çok sık/çok yüksek (Haftada bir, Her gün)	5	10	15	20	25	20-25	ÇOK YÜKSEK	Acil Düzeltici Faaliyet önlemleri alınıp, detaylı araştırma, planlama ve uygulama gerektirir.

9. ÖZGÜNLÜK

- Aracın önüne şekil algılamayı kolaylaştırması adına nişangah konulmuştur. Bu nişangah sayesinde araç herhangi bir şekilde çubukla temas halinde olmayacağı için top güvenli bir şekilde düşürülebilmektedir. Ayrıca nişangahın kenarları topun boyutuna göre tasarlandığından topu düşürmeden önce araç nişangahla topun kenarlarını çakırtmıştır. Bunun sonucunda düşürmeyi hedeflediğimiz cismin pingerli top olduğu kesin olarak anlaşılmıştır.
- Görüntü işleme algoritmasında aracın görüntüyü daha iyi algılayabilmesi için ekibimize özgün ideal filtre ayarları belirlenmiştir. Gri filtresi, Blur filtresi ve Bilateral filtreleri kullanılmıştır. Canny Edge Detector metodunda o metoda en uygun katman ayarları deneme yanılma metoduyla bulunmuştur.
- Hidrofon tasarımı bizim tarafımızdan yapıldı. Tasarım konusunda piyasadaki hidrofonların aksine, basık silindir bir çerçeve tercih ettik. Böylece dikey olarak yerleştirdiğimiz zaman ses dalgaları direk olarak sensöre çarpabilecek ve temiz bir veri alabileceğiz. Üretim olarak yurt dışından sadece piezo diskleri aldığımız ve en ideal üretim şeklini deneyerek bulmamızdan kaynaklı özgün bir tasarımıdır. Üretimin ayrıntılı anlatımı parça bilgilerinde verilmiştir.
- Araçta pil bulunma gereksinimi doğrultusunda tasarlanan pil yuvası, pilin istenildiğinde çıkarılmasını, pilin sabit tutulmasını ve ESC'lerin konumlanmasını sağlamaktadır. Bu tasarım aracın içindeki kullanım alanını arttırmaktadır.
- Araç dış ve iç tasarımı aracın bütün görevlerde ki ihtiyacına uygun özellikleri barındıracak şekilde bizim tarafımızdan tasarlanmıştır.
- Aracın arka alüminyum kapağına yerleştirilecek olan penetratörler için uygun alan olmadığından penetratörlere özel bir tasarım yapılmıştır. Tasarımda 5 penetratör alüminyum kapağa gömülüp diğer 6 penetratör dışarıda bırakılıyor. İç tarafta da bunun tam tersi bir tasarım bulunuyor. İçeri gömülen 5 penetratör somonları dışarıda kalıyor , ön tarafta dışarıda bulunan penetratör lerin somonları iç kısımda alüminyum gömülü bir şekilde duruyor bu da yetmeyen alanımızı genişletip daha rahat işlem alanı sağlıyor.



10. YERLİLİK

- Kullandığımız hidrofonun iç kısmındaki piezzo disk hariç bütün aksamaları bizim tarafımızdan yapılmış ve geliştirilmiştir. Yapım aşamaları teker teker elektronik tasarım sürecinde anlatılmıştır.
- İç tasarımdaki bütün parçalar ve dış tasarım bizim tarafımızdan üç boyutlu yazıcı kullanılarak basılacaktır.
- Pleksiglas boru ve bombe kapak tasarıma uygun bir şekilde kalıpları çıkartılıp imal ettirilmiştir. Bombe kapak şişirme kalıbı ile, pleksiglas boru ise ekstrüzyon yöntemi ile Türkiye’de imal edilmiştir.
- Aracın hedefi daha rahat tespit edip daha rahat yıkabilmesi için 6’gen nişangah üretimi yapılmıştır.

11. KAYNAKÇA

- <https://pypi.org/project/pyroomacoustics/>
- https://www.researchgate.net/publication/311677090_Using_python_for_research_and_acoustic_signal_processing
- ArduPilot - <https://github.com/ArduPilot?language=python>
- ArduPilot / ardupilot_wiki - <https://github.com/ArduPilot/ardupilot/wiki>
- Using Python Scripts in Mission Planner - <https://github.com/ArduPilot/ardupilot/wiki/blob/master/planner/source/docs/using-python-scripts-in-mission-planner.rst>
- Complete Parameter List - <https://ardupilot.org/rover/docs/parameters.html#parameters>
- ardupilot/ArduSub - <https://github.com/ArduPilot/ardupilot/tree/master/ArduSub>
- ArduPilot - <https://github.com/ArduPilot>
- Detect Simple Geometric Shapes using OpenCV in Python - https://www.youtube.com/watch?v=mVWQNeY1Pb4&ab_channel=ProgrammingKnowledge
- OpenCV Course - Full Tutorial with Python - https://www.youtube.com/watch?v=oXlwWbU8l2o&t=8785s&ab_channel=freeCodeCamp.org
- Distance (Angles+Triangulation) - OpenCV and Python3 Tutorial - https://www.youtube.com/watch?v=sW4CVI51jDY&ab_channel=ClaytonDarwin
- Videodakinin kodu: <https://drive.google.com/file/d/1zjtUgAKourfPqtgV007TdDVbZFpUdWht/view>
- Real time Shape Detection using Contours [9] | OpenCV Python Tutorials for Beginners 2020 - https://www.youtube.com/watch?v=Fchzk11Dt7Q&ab_channel=Murtaza%27sWorkshop-RoboticsandAI
- Dilation - <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/dilate.htm>
- REAL TIME OBJECT MEASUREMENT | OpenCV Python (2020) - https://www.youtube.com/watch?v=tk9war7_y0Q&ab_channel=Murtaza%27sWorkshop-RoboticsandAI
- Motion Detection and Tracking Using Opencv Contours - https://www.youtube.com/watch?v=MkcUgPhOIP8&ab_channel=ProgrammingKnowledge
- Distance Estimation Using Single Camera Opencv - https://www.youtube.com/watch?v=zzJfAw3ASzY&ab_channel=AiPhile%2C
- **OpenCV Social Distancing Detector** - <https://www.pvimagesearch.com/2020/06/01/opencv-social-distancing-detector/>
- Angle Finder using OpenCV Python (2020) p.3 - https://www.youtube.com/watch?v=4slRpnaF5IQ&ab_channel=Murtaza%27sWorkshop-RoboticsandAI
- **Pymavlink** - <https://www.ardubus.com/developers/pymavlink.html>
- How use pymavlink - <https://discuss.bluerobotics.com/t/how-use-pymavlink/5674>

- **ArduPilot/pymavlink** - <https://github.com/ArduPilot/pymavlink/blob/master/mavutil.py>
- Using Pymavlink Libraries (mavgen) - https://mavlink.io/en/mavgen_python/
- MAVLINK Common Message Set - https://mavlink.io/en/messages/common.html#RC_CHANNELS
- Sending MAVProxy messages from a python program? - <https://discuss.bluerobotics.com/t/sending-mavproxy-messages-from-a-python-program/1515>
- RPi to Pixhawk MAVProxy Connection Issue - <https://discuss.bluerobotics.com/t/rpi-to-pixhawk-mavproxy-connection-issue/1537>
- QGroundControl program kullanım ve ayarları [uçuş ekranı & wifi & otonom uçuş] - https://www.youtube.com/watch?v=NnZgUNNWtPI&ab_channel=DroneHavaSahas%C4%B1
- Fly - <https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/FlyView/FlyView.html>
- "Getting Started" guide for QGroundControl (Planning a Mission) - https://www.youtube.com/watch?v=0d23O_RUOmI&ab_channel=PX4Autopilot-OpenSourceFlightControl
- Modifying QGroundControl #1 - Setup and First Build - https://www.youtube.com/watch?v=6SGI5S6GpNk&ab_channel=Griffin%27sGadget_s
- https://github.com/schonkopf/soundscape_IR?fbclid=IwAR25_Vp-endu8molfwZdUpGdMe4_PCQBHT9UwwgGtPBZBIXadXBQmIqthxk
- https://tr.qaz.wiki/wiki/Underwater_thruster
- Autonomous Underwater Vehicles: Localization, Navigation, and Communication for Collaborative Missions
<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1256/htm>
- Hydrophone and Underwater Voice Communications
<http://www.submarineboat.com/hydrophone.htm>
- DIY Hyrdophones
<https://felixblume.com/hydrophone/>
- How to Build a DIY Hydrophone OCTOBER 25, 2017 by SOUNDFLY PARTNERS
<https://flypaper.soundfly.com/produce/how-to-build-a-diy-hydrophone/>
- Do It Yourself Hydrophones
<https://maaheli.ee/main/d-i-y-hydrophones/>
- Low Cost Hydrophone and Ultrasonic Transducer
<https://www.instructables.com/Low-cost-Hydrophone-and-Ultrasonic-Transducer/>
- Underwater Vehicle Charging
energy.gov/sites/prod/files/2019/03/f61/Chapter%203.pdf
- Power Systems for Autonomous Underwater Vehicles
https://www.researchgate.net/publication/3231230_Power_systems_for_autonomous_underwater_vehicles
- Underwater Robotics for High School Students
<https://www.marinetech.org/files/marine/files/Curriculum/Other%20Curriculum%20Resources/MIROV2MANUAL.pdf>
- https://www.hackster.io/ROV_thruster/4-78-kg-diy-rov-thruster-for-mate-competition-16b8f3

- <https://www.instructables.com/ROV-Thruster-105-Lbs-From-DT700-Brushless-Motor/>
- Analysis of The Impact of Different Angles of Thrusters in Underwater Vehicles on Thrust Force in CAD Environment
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1325403>
- Building Your ROV
<https://www.marinetech.org/files/marine/files/Curriculum/Other%20Curriculum%20Resources/MIROV2MANUAL.pdf>