



TEKNOFEST HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

**İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI
KRİTİK TASARIM RAPORU**

MYS BETTA

İLERİ KATEGORİ

ID 412499

İÇİNDEKİLER

1. RAPOR ÖZETİ	3
2. TAKIM ŞEMASI	3
3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ.....	4
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.....	11
4.2.3. Üretim Yöntemleri.....	12
4.2.4. Fiziksel Özellikler.....	13
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarım	14
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci	14
4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci.....	16
4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci	18
4.4. Dış Arayüzler.....	21
5. GÜVENLİK	21
6. TEST	22
7. TECRÜBE	25
8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI.....	26
8.1. Zaman Planlanması	26
8.2. Bütçe Planlaması	27
8.3. Risk Planlaması	28
9. ÖZGÜNLÜK	28
10. YERLİLİK	29
11. KAYNAKÇA	30

1. RAPOR ÖZETİ

Savari (araç ismi) aracının farklı motor konumları ve az sayıda motor barındırmasından dolayı enerji tasarrufu sağlayarak suyun altında uzun vakitler keşif yapma yeteneğine sahip olacaktır. Su altında istenilen verimliliğin elde edilebilmesinin başlıca yöntemi motorların konum ve yönlerinin tayini ile minimum enerji ihtiyacı duyan otonomi bir araç çıkarmaktır. Bu nedenle kullanılan üç motorun birisi ağırlık merkezinde diğerleri ise kanatçıklarda konumlandırılmıştır. MYS Betta takımının üretimi olan Savari aracı, Milli ve Yerli Sancak topluluğu ve sponsorluk destekleri ile üretilmiştir. Üretim aşamaları mekanik tasarım başlığı altında detaylıca açıklanmış, fotoğraflar ve üretim görsellerine yer verilmiştir.

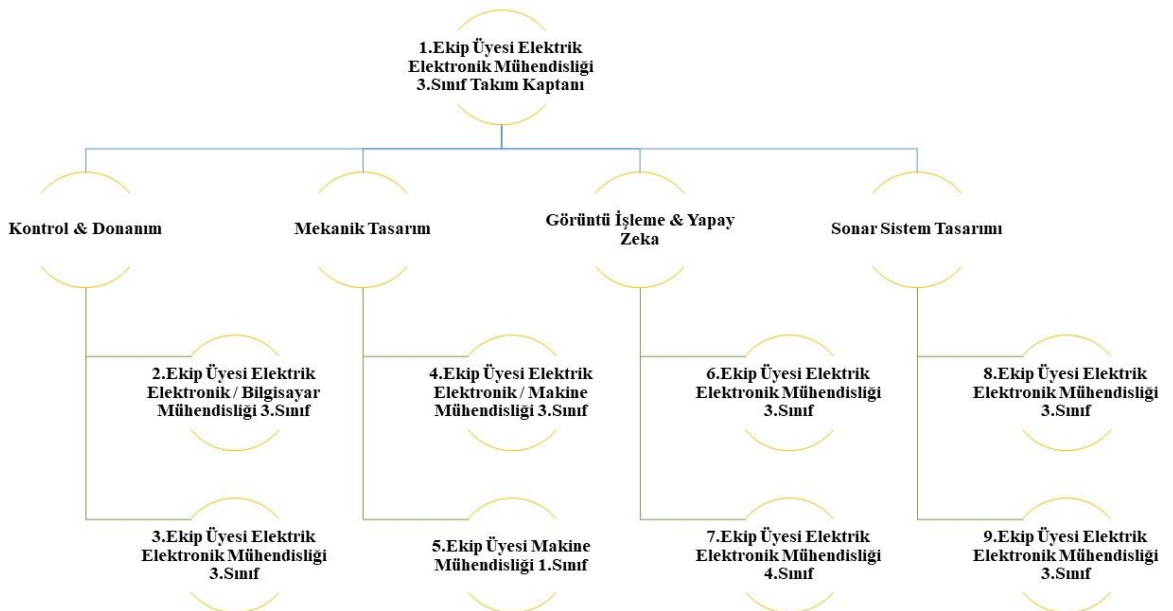
Savari aracı, manuel kullanım ve otonom kabiliyet için geliştirilmiş, manuel kullanımlarda kullanıcıya arayüz vasıtası ile anlık görüntü ve veri aktarımı yapabilmektedir. Otonom kabiliyeti, görüntü işleme ve yapay zekâ algoritmaları ile görevleri yerine getirmektedir.

Hedef tespiti ve imhası görevinin pasif akustik yöntem ile yapılması kararlaştırılmıştır ve ar-ge çalışmaları yürütülmektedir. Araç etrafına yerleştirilecek olan hidrofonlar aracın navigasyonunu gerçekleştirecektir [1].

Birimlerden alınan veriler, STM32 mikrodenetleyici kartını kullanılarak aracın kontrolünü sağlanacaktır. Savari aracında kameradan alınan görüntüler STM32 ve Raspberry Pi haberleşme protokolleri uygulanarak motor kontrolleri sağlanmıştır. Sensörlerden alınan verilerin okunması için şablon kodu oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar ilgili başlıklar altında verilmiş ve görseller ile desteklenmiştir.

2. TAKIM ŞEMASI

Şekil 1’de MYS Betta takım görev dağılımı ve ekip organizasyonunun şeması verilmiştir.



Şekil 1: Takım Şeması

Kontrol ve Donanım: Görüntü işleme, sonar sistem tasarımı ve sensörlerden aldığı verilere göre STM32, aracın hem kontrolünü hem de genel donanımını sağlar. Aracın tüm elektronik aksamı ile ilgilenen birimdir.

Mekanik Tasarım: Savari aracının tasarımı, mekanik analizleri, sızdırmazlığı ve üretimini sağlayacak olan birimdir.

Görüntü İşleme ve Yapay Zeka: Ölçülmüş veya kaydedilmiş olan elektronik görüntü verilerini, elektronik ortamda amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik çalışmaların yapıldığı birim görüntü işlemedir. Görev algoritmalarını daha stabil hale getirmekten sorumlu birim ise yapay zekâdır.

Sonar Sistem Tasarımı: Pasif akustik yöntem kullanarak hedef tespiti ve imhası görevini gerçekleştirmek için çalışmalarını yürüten ar-ge birimidir.

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

MYS Betta takımı bütçe eksikliğinden dolayı geçici olarak denemeleri, topluluk sayesinde temin edilmiş Raspberry Pi 3B+ ile yapmıştır. Kameradan alınan görüntüler yarışmaya yönelik ön hazırlık oluşturmıştır. Raspberry Pi 3B+ denemelerinde güncel kurulum sırasında yaşanan sorunlardan kaynaklı olarak kodların denenmesinde ciddi sıkıntılar yaşanmaktadır. Takım bütçesinin yeterli olması durumunda Jetson Nano veya Raspberry Pi 4 ile değişimi B planı olarak kararlaştırılmıştır.

ÖTR'den sonra yapılan çalışmalar ve testler sonucunda, çember algılama kodu iki ayrı metod ile yapılarak, denenmiştir. Bu süreçte çember algılamak için contours metodunun yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Güncel çember algılama kodu 2. görevi gerçekleştirmek için yazılmış ve metod olarak hough transform ile canny edge metodu birleştirilerek kullanılmıştır.

Maddi destek, KTR'den sonra verileceğinden ve araçta kullanımı düşünülen T200 tipi motorları yurt dışından temini risk teşkil ettiğinden dolayı değişimine karar verilmiştir. Yapılan hesaplamalar ve hazırda bulunan tasarım tekrar gözden geçirilerek kullanılacak olan motorlar itki kuvveti 8.5 kgf olan Utras olacaktır. Buna bağlı olarak tasarım revize edilmiştir.

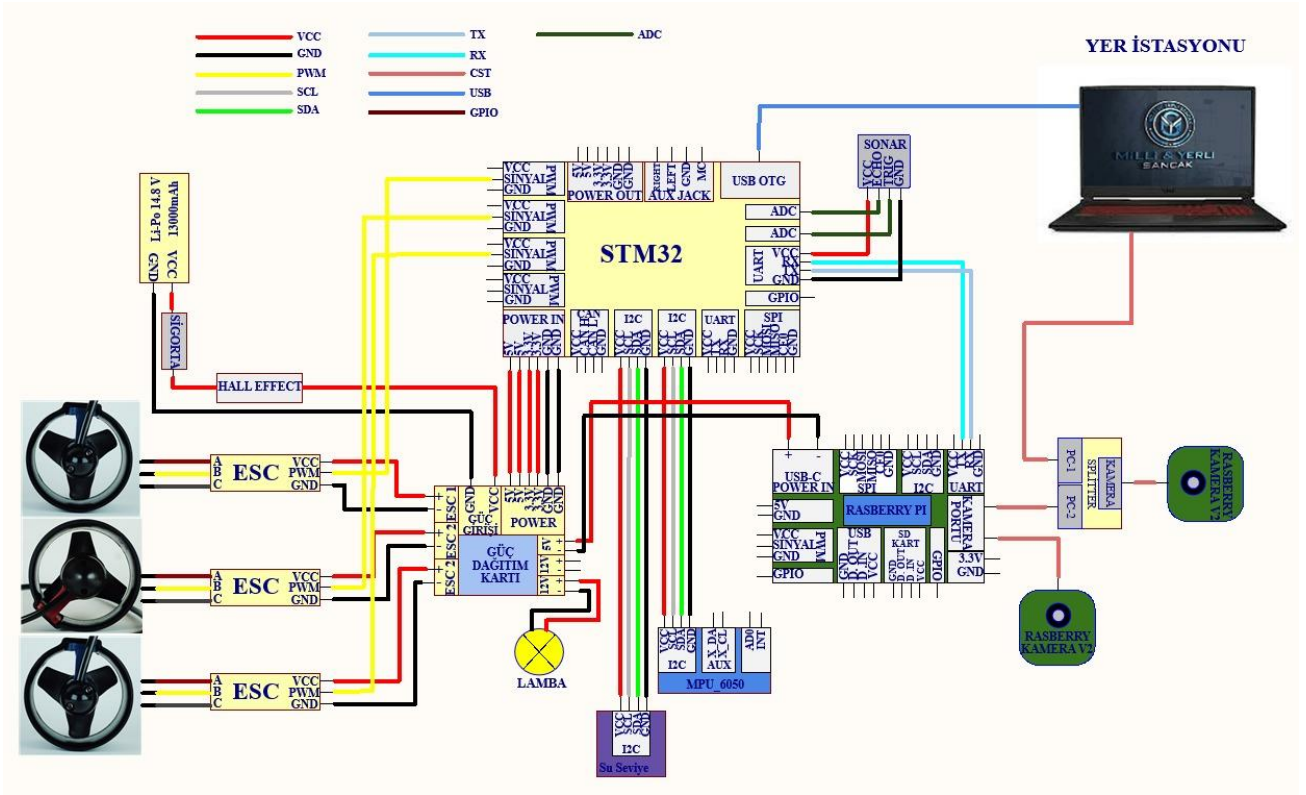
Ön tasarım raporunda bahsedilen sonar sistem tasarımı biriminde kullanılacak MCU, PIC16F876 istenilen frekans değerlerine çıkamadığı için yerine STM32 kullanılacaktır. Aktif sonar testlerinde NPN transistor frekans bozulmalarına sebep olduğu için yerine N kanal logic mosfet kullanılacaktır. Parazitleri engellemek için piezo ve hidrofon bağlantısı, blendajlı kablo ile gerçekleştirilecektir. Ön tasarım raporundan sonra sonar sistemi tasarımı alanında ar-ge çalışmaları yürütülmüş ve denemeler yapılmıştır. Yapılan ar-ge çalışmaları ilgili başlıkta detaylıca anlatılmıştır.

ÖTR'den sonra elektronik ve mekanik alanda yapılan optimizasyon sonucunda +1280 ₺ bütçe farkı oluşmuştur. Araç, 3D printer yöntemi ile üretilmiştir. Risk planı olarak CNC üretimi kararlaştırılıp üretim yöntemleri hazırlanmıştır.

4. ARAÇ TASARIMI

4.1. Sistem Tasarımı

Savari aracının nihai tasarımını içeren elektronik blok şema Şekil 2'de gösterilmektedir. Aşağıda görülen şekilde aracın tüm kontrol sisteminin yanısıra data bağlantıları da yer almaktadır. Manuel kullanımlarda verilen komutlar kontrol kartı olan STM32 mikrodenetleyicisine aktararak kontrolü sağlanacaktır. Otonomi görevlerde kontrolü STM32 üstlenecek, Raspberry Pi yönetecektir [2].



Şekil 2: Araç Ön Tasarım Şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci

Araç tasarımına başlamadan önce belirlenen bazı tasarım kriterleri vardır. Bu kriterler; 3 motor kullanılması, sızdırmazlık tüpü kullanılmaması, araç boyutunun verilen ölçüleri geçmemesi, elektronik malzemelerin (pil, ESC, vb.) araç içine sığdırılması, üretim yöntemi, kullanılacak malzeme seçimi ve elektronik aksamın kolay ulaşılabilir olmasıdır. Parçaların tasarımı kullanım amacına göre belirlenmiş, öncelikle gövdeden başlanılmıştır. Gövde tasarımına başlanmadan motor seçimi yapılmıştır. Dalgıç motor, gövdenin kütle merkezinde olacak şekilde uygun bir hazne içine montajı gerçekleştirilecektir. Gövde üzerinde bulunan akrilik baş yuvası, akrilik baş tasarımını öne çekmiştir. Akrilik baş montajı için flanş, sızdırmazlığın sağlanabilmesi için gövdeye uygun bir üst kapak, aracın ileri geri itki motorlarını montajlamak için sağ ve sol motor tutucular tasarlanmıştır. Tasarım esnasında aracın aerodinamik yapısına dikkat edilmiştir. Şekil 3'te final tasarımı verilmiştir.



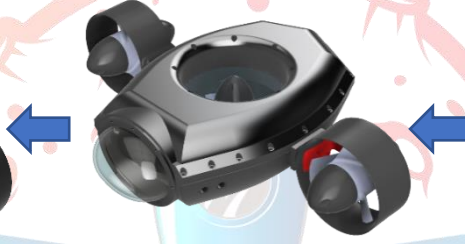
Şekil 3: Final Tasarımı



Üç motorlu, orta motor haznesiz, akrilik tüp kullanılarak oluşturulan ilk tasarım.

Üç motorlu, orta motor hazneli, tüp kullanılmadan oluşturulan aerodinamik yapısı düzgün olmayan tasarım.

Aerodinamiği düzeltilmiş üstü PC malzemeden üretilmesi düşünülen yüzerliği olmayan tasarım.



Üretim Yöntemi CNC yerine 3D printer olarak düzenlenen, motor tutucusu gövdeye sabit, motor stabilitesi kilit yöntemi ile sağlanan final tasarım.

Motoru değiştirilen, orta motor haznesi büyütülmüş, itki motorlarına ek hazne kullanılmayan tasarım.

Yüzerliği ayarlanmış, yeni boyutlar kazandırılan üst haznenin malzeme seçimi değiştirilmiş, T200 motoru kullanılan tasarım.

Final tasarım 3 adet ana, 2 adet yardımcı parçadan oluşmaktadır. Bunlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Mekanik Parçalar

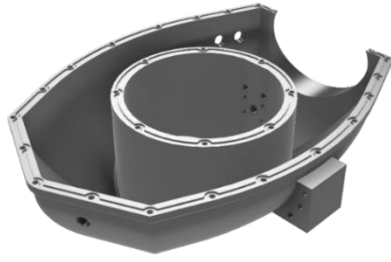
Ana Parçalar	Yardımcı Parçalar
1. Gövde	1. Sağ ve Sol Motor Tutucu
2. Üst Hazne	2. Flanş
3. Akrilik Baş	

4.2.1.1. Ana Parçalar

4.2.1.1.1. Gövde

Aracın mekanik açıdan en önemli olan bölümü gövdedir. Sızdırmazlık kanalları, helicoil yuvaları, akrilik baş bağlantı noktası, orta motor haznesi, flanş delikleri, orta motor bağlantı delikleri, kablo delikleri ve motor tutucu bağlantı delikleri gövdede yer almaktadır. Gövde üretilirken hassas toleranslar ile üretilmesi gerekmektedir. Gövde tasarımı yapılırken ağırlığın

fazla olmaması için et kalınlığına ve malzeme cinsine dikkat edilmiştir. Montajlanan bölümün kalınlığı o-ring ve vida deliklerinin olması nedeniyle daha kalın tutulmuştur. Şekil 4 (a)'da gövdenin teknik çizim, (b)'de üretim resimleri verilmiştir.



(a)

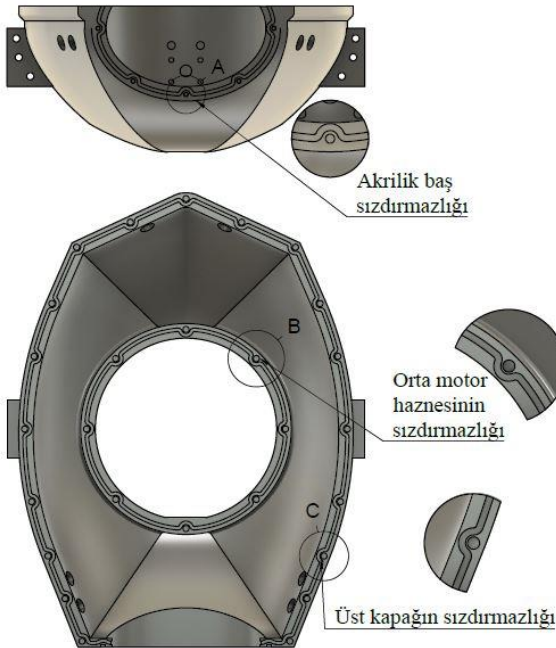


(b)

Şekil 4: Gövde; Teknik Çizim (a), Üretim (b)

Sızdırmazlık elemanlarının yataklarda iki önemli görevi vardır. Birincisi yağlayıcı maddenin yatak dışına çıkmasını önlemek; ikincisi ise dışarıdan içeriye nemin ve kirletici maddelerin girmesine engel olmaktır. Sızdırmazlığın sağlanacağı üç bölüm vardır:

Üst kapak montajı, akrilik baş montajı ve orta motor haznesinin üst kapak ile olan montajıdır. Standart o-ring ölçüleri referans alınarak 2mm çapında silikon o-ring kullanılması kararlaştırılmıştır. Sızdırmazlığı garanti etmek amacıyla dinamik çalışması için sızdırmazlık yapılacağı düşünülüp yuva ölçüleri buna göre açılmıştır. O-ring kanallarının olduğu bölgelere eşit aralıklarla civata delikleri açılmıştır. Civata deliklerinin fazla olmasının sebebi o-ringleri dengeli ve iyi bir basınç ile sıkıştırmak istenmesidir. Sürekli sökme ve takmada bozulmaların önlenmesi için helicoil kullanılacaktır. Buna bağlı olarak civata delikleri üst kapak ve orta motor hazne montajı için +0.2, akrilik baş montajı için +0.1 büyük açılmıştır. İtke motorlarının gövdeye montajı için gövdeye sabit tutucular yerleştirilmiştir. Köşeleri keskin gibi gözükse de motor tutucu parçası montajı sonrasında keskin köşeler tutucuların içerisinde kalacaktır.



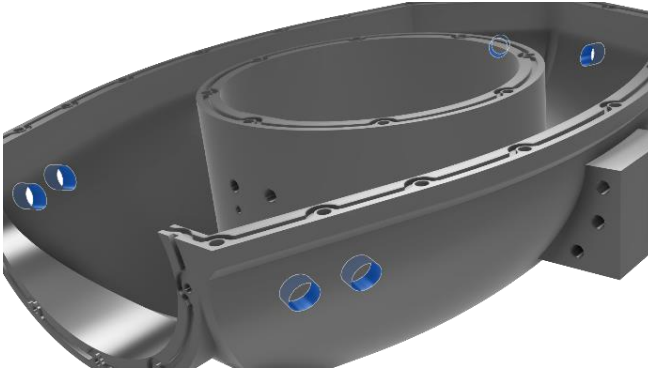
Orta motor montajı için 2 adet Ø5.4, 4 adet Ø3.4, 1 adet Ø8 civata yuvası açılmıştır.

Akrilik başın gövdeye montajı için toplam 8 adet Ø3.1 civata yuvası açılmıştır.

Orta motor haznesinin üst kapak ile montajı için toplam 8 adet Ø4.2 civata yuvası açılmıştır.

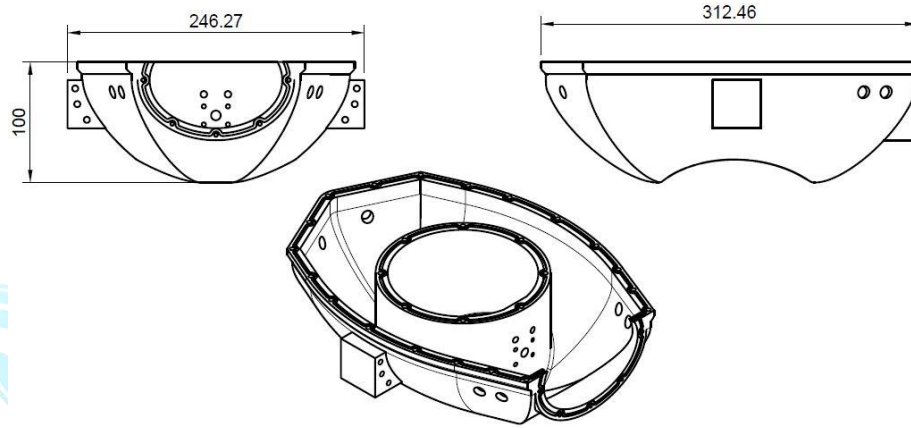
Üst kapağın montajlanacağı alan için toplam 19 adet Ø4.2 civata yuvası açılmıştır.

Şekil 5: Sızdırmazlık Bağlantı Noktaları



Şekil 6: Kablo Delikleri

Kablo bağlantıları Şekil 6'da verildiği gibi, 2 adet gövdenin sağ önünde, 2 adet gövdenin sol önünde, 1 adet sağ arkasında, 1 adet sol arkasında olmak üzere toplam 6 adet Ø10 kablo deliği delinmiş. Su geçirmez kablo bağlantısı olan civata ile sızdırmazlık sağlanacaktır.

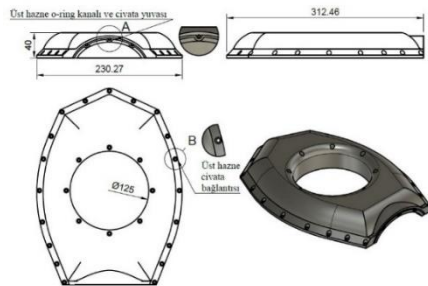


Şekil 7: Gövde Teknik Resmi

Şekil 5'te sızdırmazlık bağlantı noktaları gösterilmiştir. Gövdenin ayrıntılı teknik resmi ise Şekil 7'de verilmiştir.

4.2.1.1.2. Üst Hazne

Gövde üzerine konumlanacak olan üst haznenin görevi o-ringleri sıkarak sızdırmazlığı sağlamaktır. Gövde deliklerine karşılık gelen 19 adet M4 civata delikleri açılmıştır. Bunun yanında 8 adet M4 civata delikleri orta motor haznesi için açılmıştır. Civata kafası için de Ø7.1 delikler delinmiştir. Vidaların sökülüp takılmasının kolaylığı amacı ile gövde de olduğu gibi üst haznede de kenarlarda fatura bırakılıp pah kırılmıştır. Üretici firmaya bunların açılırları verilerek doğru bir şekilde üretim yapılması sağlanacaktır. Sızdırmazlığı sağlayacak en önemli unsur bu fatura ve deliklerdir. Gövdede yer alan akrilik başın monte edileceği yerin o-ring kanalları ve civata delikleri üst haznede yer almaktadır ve en riskli bölüm burasıdır.



(a)



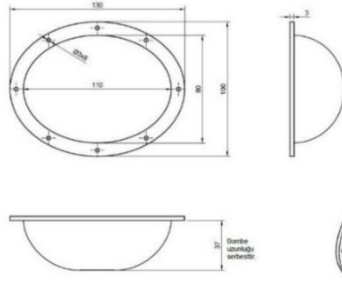
(b)

Şekil 8: Üst Hazne; Teknik Çizim (a), Üretim (b)

Araç gövdesinin üst haznesine ait teknik çizimler Şekil 8 (a)'da, Üretim resimleri ise (b)'de verilmiştir.

4.2.1.1.3. Akrilik Baş

Adından da anlaşılacağı gibi akrilik malzemeden üretilecek parça kameranın görüş açısını arttırmak amacı ile elips şeklinde tasarlanmıştır. Çevresinde faturası, fatura üzerinde sekiz adet M3 civata delikleri bulunmaktadır. Akrilik başın Şekil 9 (a)'da teknik çizimi, (b)'de ise üretimi verilmiştir.



(a)



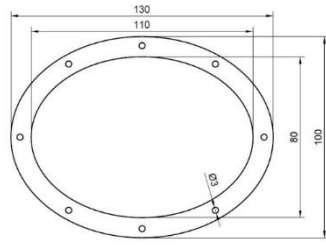
(b)

Şekil 9: Akrilik Baş; Teknik Çizim (a), Üretim(b)

4.2.1.2. Yardımcı Parçalar

4.2.1.2.1. Flanş

Akrilik Baş ile gövde arasındaki o-ring'i sıkılaştırmak ve akrilik baş faturasını korumak amacı ile tasarlanan alüminyum flanş CNC'de üretilecektir. Şekil 10 (a,b) uygun olarak Flanş teknik çizim ve üretim görsellerini ifade etmektedir.



(a)

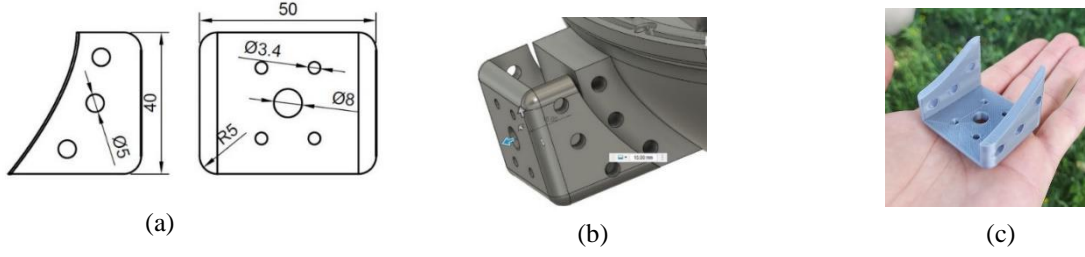


(b)

Şekil 10: Flanş; Teknik Çizim (a), Üretim (b)

4.2.1.2.2. Sağ ve Sol Motor Tutucu

Sağ ve sol motor tutucularının tasarlanma sebebi gövdeye zarar vermeden motor montajını gerçekleştirebilmektir. Gövde ile birlikte üretilen motor tutucu yatağı sayesinde tutucu öncelikle motora, ardından gövdeye montaj edilebilir. Motor bağlantısı için toplam beş adet montaj deliği, gövde bağlantısı için üç adet somunlu civata deliği bulunmaktadır. Gövde hatlarına oturabilmesi için kenar ve yüzeyler gövde radyüsüne uygun olarak yapılmıştır. Şekil 11(a,b,c,) sırasıyla Motor tutucuların teknik çizim, render ve üretim görselleridir.



Şekil 11: Motor Tutucu; Teknik Çizim (a), Render (b), Üretim (c)

4.2.1.3. Motor

Motor seçimi, öncelikle aracın kendi ataletini, ardından suyun gösterdiği direnci yenerek hareket etmesini sağlayacak torku ve gücü karşılamasına istinaden yapılmıştır. üç adet motor kullanılacaktır. T200 itki motorlarına göre hesaplamalar yapılmış olup ancak yurtdışından gelme süresi uzun olduğu için Deringezen Utras motoru tercih edilmiştir. Tablo 2’de motor özellikleri, Şekil 12’de ise motorun resmi verilmiştir.

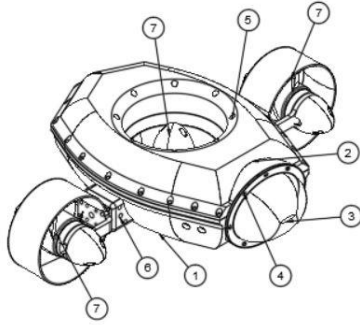
Tablo 2: Motor Özellikleri

Voltaj Aralığı	12V – 24V
Max İtki Kuvveti	8.5 Kgf
Gövde Malzemesi	Poliüretan
Pervane Malzemesi	Poliüretan
Dalabildiği Azami Derinlik	500m



Şekil 12: Motor

4.2.1.4. Montaj



Şekil 13: Montaj

Tablo 3: Montaj Yerleşim

1	Gövde
2	Üst Hazne
3	Akrilik Baş
4	Flanş
5	Sağ Motor Tutucu
6	Sağ Motor Tutucu
7	Motor

Aracın son montajlanmış hali Şekil 13’teki gibidir. Uygun montaj yerleşimleri ise Tablo 3’te verilmiştir. Araç başlangıçta prototip amaçlı üç boyutlu yazıcıda basılacak, başarılı olması halinde kullanılmaya devam edilecektir. Ancak tasarım yapılırken CNC’de üretilmesi planlanan aracın şu an için iki adet tasarımı vardır. 3D baskı ve CNC için ayrı ayrı tasarımlar yapılmıştır. Araç tip ve gövde olarak aynı olup, üretime göre bazı noktalar şekillendirilmiştir. Yukarıdaki araç Savari 3D baskı modelidir.

4.2.2. Malzemeler

Tablo 4: Malzemeler

PARÇA	MALZEME CİNSİ	ADET	PARÇA TEDARİK
GÖVDE	PLA-KESTAMİT	1	TASARIM
ÜST HAZNE	PLA-KESTAMİT	1	TASARIM
SOL MOTOR TUTUCU	PLA-KESTAMİT	1	TASARIM
SAĞ MOTOR TUTUCU	PLA-KESTAMİT	1	TASARIM
AKRİLİK BAŞ	AKRİLİK	1	TASARIM
FLANŞ	7075 ALÜMİNYUM	1	TASARIM
DIN6912 M4 CİVATA	PASLANMAZ	27	HAZIR
DIN7984 M3 CİVATA	PASLANMAZ	6	HAZIR
ISO7380 M3 CİVATA	PASLANMAZ	8	HAZIR
ŞERİT O-RING	SİLİKON (VMQ)	3	HAZIR
KONNEKTÖR	ALÜMİNYUM	6	HAZIR
UTRAS İTİCİ MOTOR	POLİÜRETAN	3	HAZIR

Kullanılan malzemelerin özellikleri ve seçilme nedenleri bu bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Üretim yöntemine göre malzeme seçimi yapılacaktır. Araç 3D printer’ da PLA malzeme kullanılarak üretilmiştir. Denemeler yapıldıktan sonra istenilen gereksinimleri karşılamaması durumunda CNC’de Kestamit malzeme kullanılarak üretilecektir. Kullanılan malzemelerin listesi Tablo 4’ te verilmiştir.

Malzeme Özellikleri

1. Kestamit

Tablo 5: Kestamit Özellikleri

Yoğunluk (g/cm ³)	1,15
Uygulama Sıcaklık Aralığı (°C)	-40 ile +105
Su Emilimi (%)	6,5
Akma Gerilmesi (MPa)	80
Kopma Gerilmesi (MPa)	50
Kopma Uzaması (%)	40
Elastisite Modülü (MPa)	3100
Darbe Dayanımı (kJ/m ²)	Kırılma Yok
Sürtünme Katsayısı	0,36

2. PLA

- ABS'ye göre basımı oldukça kolaydır.
- Sert bir yapıya sahiptir. Dayanıklı ve darbelere karşı dirençlidir.
- Hafif esnekliğe sahiptir, ancak kırılgandır.
- Aseton ile çözülmesi zordur.
- Basım sıcaklığı genellikle 190°C – 220°C arasındadır.
- Soğuma esnasında kalkma ve çatlama sorunları ile karşılaşılmaz.

Kestamitten üretilmesi planlanan parçalar; motor tutucular, gövde ve üst haznedir. Gövde ve üst haznenin kestamitten üretilmesinin sebebi yoğunluğunun düşük, darbe dayanımının yüksek, su emiliminin iyi, akma ve kopma gerilmesinin yeterince yüksek ve sürtünme katsayısının düşük olmasından dolayıdır. Araç prototip amaçlı PLA’ dan üretilmiştir. Başarılı olması halinde 3D baskı Savari modeli kullanıma devam edecektir. Kestamit özellikleri Tablo 5’te verilmiştir.

PLA, aracın başlangıç üretim için uygun bir malzemedir. Kestamit’ e göre düşük özelliklere sahip olsa da araçta olması gereken nitelikleri sağlamaktadır.

3. Alüminyum

Tablo 6: Alüminyum Özellikleri

Akma Dayanımı	480 MPa
Çekme Dayanımı	560 MPa
Kesme Dayanımı	330 MPa
Elastisite	71.7 GPa
Yoğunluk	2.81 g/cm ³

4.Akrilik

Döküm akrilik levha, polimetilmetakrilat esaslı termoplastik bir malzemedir. Döküm tekniği ile 2 mm den 40 mm kalınlığa kadar, çeşitli ebatlarda renksiz, şeffaf renkli ve opak olarak üretilir. Normal cama göre darbelere altı kat daha dayanıklıdır [3]. Kırılan parçaları keskin kenarlı değildir, yaralanmalara sebep olmaz. Akrilikten üretilen parça akrilik baştır. Akriliğin yoğunluğu 1.18g/cm³ olmasından dolayı hafiftir.

4. Paslanmaz

Civataların paslanmaz seçilmesinin sebebi korozyona karşı dayanıklı olmasıdır. Malzemenin özellikleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Paslanmaz Özellikleri

Özellikler	Değerler
Öz kütlesi (Özgül ağırlığı)	8000 kg/m ³
Erime Sıcaklığı	1450°C
Elastisite modülü (Modulus of Elasticity)	193 GPa
Isı geçirgenliği	17.2 W/m.K

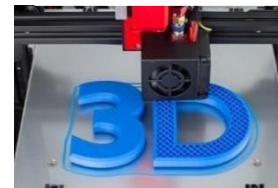
4.2.3. Üretim Yöntemler

CNC makineleri, imalatı seri, hatasız üretim için idealdir. Bilgisayarlı kontrol ünitesi ile teknik ve ofset bilgileri kalıcı olarak CNC tezgahlarının hafızasında saklanabilir [4]. Şekil 14 örnek CNC resmi göstermiştir. Şekil 15 ise



Şekil 14: CNC

Üç boyutlu baskı 3D baskı olarak tasarlanmış sanal bir nesnenin polimer, kompozit, reçine gibi malzemelerden ısıtılma veya kimyasal işlemden geçirilerek üretilme işlemidir [5].



Şekil 15: 3D Baskı

Makine tezgahının üzerine MDF’den yapılmış 3D baskı kalıp konur. Plexiglas makinenin üzerinde bulunan quartz rezistanslar sayesinde iyice yumuşayınca kadar ısıtılır. Isınan malzeme kalıbın üzerine konur bir aparat vasıtasıyla kenarlardan vakumlama esnasında hava almaması için zemine doğru sıkıştırılır. Vakum açılınca ısınan malzeme havanın emiş gücüyle altında bulunan 3D baskı MDF’nin şeklini alır [6]. Üretim yöntemleri Tablo 8’de verilmiştir.



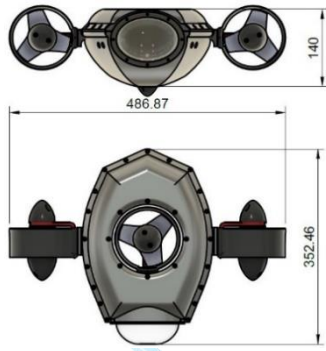
Şekil 16: Pleksi üretim

Alüminyumdan üretilen parça, Flanş ve konektördür. Alüminyum tercihinin sebebi diğer metallere göre hafif ve daha sünek bir malzeme olmasından dolayıdır. Akma, çekme ve kesme dayanımları iyidir. Tablo 6’da alüminyum özellikleri verilmiştir.

Tablo 8: Üretim Yöntemleri

PARÇA	ÜRETİM YÖNTEMİ
GÖVDE	3D Baskı Üretildi, B planı olarak CNC Dik İşleme Düşünülmektedir
ÜST HAZNE	3D Baskı Üretildi, B planı olarak CNC Dik İşleme Düşünülmektedir
SOL MOTOR TUTUCU	3D Baskı Üretildi, B planı olarak CNC Dik İşleme Düşünülmektedir
SAĞ MOTOR TUTUCU	3D Baskı Üretildi, B planı olarak CNC Dik İşleme Düşünülmektedir
AKRİLİK BAŞ	Pleksi Şişirme
FLANŞ	CNC Dik İşlemede Üretildi
DIN6912 M4 CİVATA	Hazır
DIN7984 M3 CİVATA	Hazır
ISO7380 M3 CİVATA	Hazır
ŞERİT O-RING	Hazır
KONEKTÖR	Hazır
UTRAS İTİCİ MOTOR	Hazır

4.2.1. Fiziksel Özellikler



$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$A_B = 0.1 \text{ m}^2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$A_i = 0.08 \text{ m}^2$$

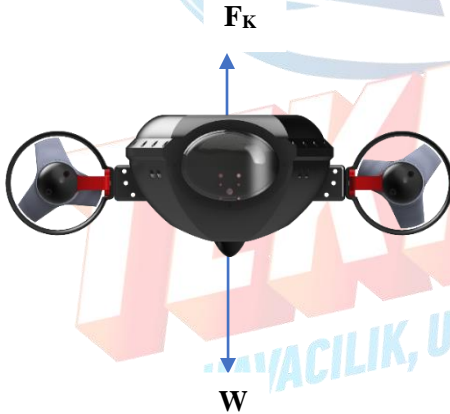
$$C_D = 1$$

$$m = 6.5 \text{ kg}$$

$$F_{itki} = 8,5 \text{ kgf}$$

$$V_b = 0.0072 \text{ m}^3$$

4.2.1.1. Araç Yüzerliği



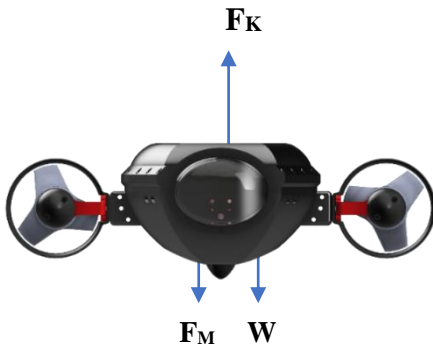
$$F_K = V_b \cdot \rho \cdot g \quad (1).$$

$$W = m \cdot g \quad (2).$$

$$F_K = 70.42 \text{ N} , W = 63.76 \text{ N}$$

Yukarıda verilen kaldırma kuvveti (1). ve ağırlık (2). formülleri ile $F_K > W$ olduğu bulunmuştur. Araç su içerisinde yüzer durumdadır.

4.2.1.2. Araç Batma Hızı (v_b)



$$F_M = n \cdot \text{kgf} \cdot g \quad (n = 1) \quad (3).$$

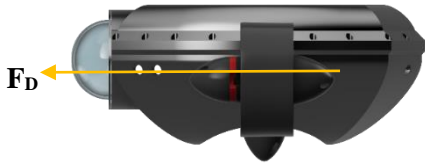
$$F_{net} = w + F_{motor} - F_k \quad (4).$$

Net kuvvet hesaplanırken (1). (2). (3). formüllerden yararlanılarak $F_{net} = 76.725 \text{ N}$ bulunmuştur.

$$F_{net} = \frac{1}{2} \rho A_B v_b^2 \cdot C_d \quad (5).$$

$$v_b = 1.24 \text{ m/s (Tam gaz hızı)}$$

4.2.1.3. İleri İtme Hızı (v_i)



$$F_D = n \cdot kgf \cdot g \quad (n = 2) \quad (3).$$

$$F_D = 166.77 \text{ N}$$

$$F_{net} = \frac{1}{2} \rho A_i v_i^2 \cdot C_d \quad (5).$$

$$v_i = 2.04 \text{ m/s (Tam gaz hızı)}$$

Tablo 9: Fiziksel Özellikler

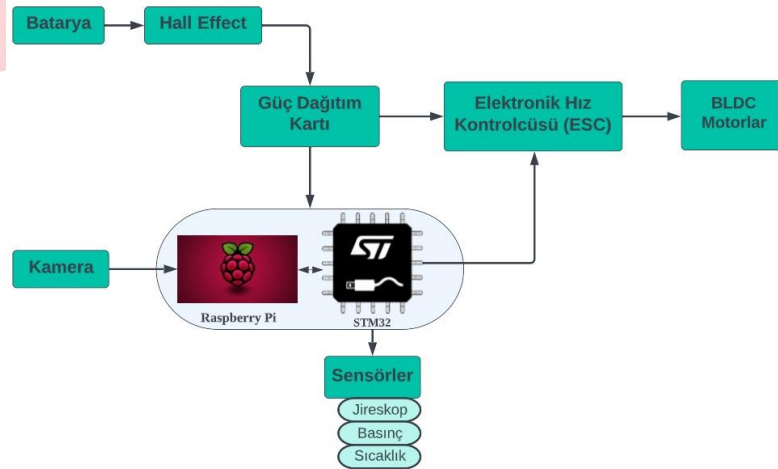
PARÇA	ADET	AĞIRLIK(g)	HACİM(cm ³)	TOPLAM HACİM (cm ³)	TOPLAM AĞIRLIK (kg)
GÖVDE	1	1055.18	853.1	853.1	1.055
ÜST HAZNE	1	573.96	499.1	499.1	0.57
SOL MOTOR TUTUCU	1	52.15	10.65	10.65	0.05
SAĞ MOTOR TUTUCU	1	52.15	10.65	10.65	0.05
AKRİLİK BAŞ	1	88.4	74.91	74.91	0.09
FLANŞ	1	19.25	6.85	6.85	0.02
DIN6912 M4 CİVATA	27	10	-	-	0.27
DIN7984 M3 CİVATA	6	6	-	-	0.036
ISO7380 M3 CİVATA	8	3	-	-	0.02
ŞERİT O-RING(25m)	1	250	-	-	0.25
KONEKTÖR	6	5	-	-	0.03
UTRAS İTİCİ MOTOR	3	344	230	690	1.032
MONTAJ	1	3203	2143	2143	3.2

Aracın fiziksel özellikleri Tablo 9’da gösterilmiştir.

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarım

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Elektronik tasarım alanında yarışma kapsamındaki istenilen görevleri yerine getirebilmesi için seçilmiş olan elemanlar Şekil 17’de verilmiştir. Elektronik cihazlar arasında haberleşme olarak CAN, USART, I2C protokolleri kullanılmaktadır. Kullanılacak elektronik komponentler maddeler halinde, seçilme nedenleri ile birlikte aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 17: Elektronik Şema

STM32F4 Discovery: Donanımsal zenginliği ve yüksek hız performansı neticesinde seçilmiş olan ARM tabanlı mikrodenetleyici olan STM32F4 Discovery kartı ile fırçasız DC motorların ve sensörlerin kontrolü yapılacaktır [7]. İşlemcinin Raspberry Pi bilgisayar ile iletişimi için Usart haberleşme protokolü kullanıldı. Fırçasız DC motorların kontrolü için TIM hatları kesmeler ile birlikte aktif hale getirilerek kullanılacaktır. Analog sensörlerden veri okuyabilmek için ADC kanalı etkinleştirildi. I2C haberleşme protokolüne ihtiyaç duyulan sensörler için ilgili kanal aktif edildi.

Raspberry Pi: Sahip olduğu donanımsal komponentler sayesinde kameradan aldığı görüntüyü, haberleşme protokolleri ile mikrodenetleyici karta ileterek aracın yönetim kısmını barındırmaktadır. Raspberry Pi 4 kullanma nedenimiz takım bütçesine uygun olarak hız, donanım ve kullanım açısından bulunabilecek en uygun tek kartlı bilgisayardır (SBC)[8,9].

Kamera: Aracın su altında Raspberry Pi bilgisayarına görüntüyü alınıp aktarılması için, iki adet kamera kullanılacaktır. Bu kamerayı kullanma nedenimiz uygun piksel aralığı, kaliteli görüntü aktarımı ve gece görüşüne sahip olmasıdır. Böylece su altında ışıktan kaynaklı oluşabilecek sorunlar kodlar ile birlikte minimize edilmiştir.

Motor: Mekanik tasarımda belirtildiği gibi mekaniksel kayıpları minimize olan üç adet DC fırçasız motor kullanılmıştır. Savari aracının itkisini oluşturacak olan orta motor Utras itici modeli, kanatçıklar için iki adet Mitras itici modeli kullanılacaktır. Araç kontrolünü ve mekanik denge için hesaplamalar yapılarak kullanımı uygun görülmüştür. Motor kontrollerini sağlayabilmek için ESC (Elektronik Hız Kontrolcüsü) kullanılacaktır.

ESC: Motor sürücüler mikrodenetleyici aldığı komutlar doğrultusunda, motorun hareketini sağlayan devre kartıdır. Projede orta motor kontrolü için 50A, kanatçıklar için 30A ESC kullanılması uygun görülmüştür.

Li-ion Pil: Li-ion piller birim zamanda çok fazla akım verme nedenlerinden dolayı seçim nedeni olarak önemli rol oynamıştır. Li-ion piller 3.7v' luk hücrelerden oluşmaktadır. Projede kullanım ihtiyacına bağlı olarak seri ve paralel kullanılması düşünülmüştür. Araçta harcanan enerji hesaplanarak kullanılacak Li-ion pil 18.5V 1400mah seçilmiş ve yerleşik şarj birimi denemelerine başlanmıştır. Test başlığı altında denemeler ile ilgili bilgilere ve görsellere yer verilmiştir.

Güç Dağıtım Kartı: Kullanılan farklı elektronik komponentlerin ihtiyaçlarına uygun olarak güç dağıtım kartı kullanılacaktır. Kullanılmasında neden ise farklı komponentler için ayrı ayrı bataryalar kullanmak yerine tek bir bataryadan ihtiyaca uygun olarak güç dağıtım kartından dağıtmaktadır.

Aydınlatma: Su altında daha az gün ışığı olacağından ve var olan ışıktaki kırılmalar meydana geleceğinden dolayı kameradan en iyi şekilde görüntü alabilmek adına iki adet fener kullanılmıştır.

Sensörler: Aracın manuel kullanımlarda arayüzde sensörden aldığımız veriler kullanıcıya sunulacaktır. MPU6050 sensörü I2C haberleşme protokolünü kullanarak arasın 3D smülasyon görüntüsü ile aracın su altında denge görünümünü kullanıcıya sunulacaktır. Bir diğer sensör ise JMCU5837 basınç sensörüdür. Aracın suyun altında maruz kaldığı basınç ve ne kadar derinliğe sahip olduğu kullanıcıya sunulurken algoritmamızda kullanılacaktır.

Splitter: Araçta kameradan aldığımız görüntüleri 1 input 2 output özelliğine sahip olan splitter sayesinde manuel kullanımlarda alınan görüntüleri Raspberry Pi ve yer istasyonu ile paylaşım yaparak kullanıcıya anlık görüntü paylaşımı sağlayabilecektir.

Sonar Sistem Tasarımı: Büyük bir titizlikle yürütmüş olduğumuz Sonar sistem tasarımında arge çalışmaları devam etmektedir. Sonardan alınan veriler ile hem hedef tespiti ve imhası görevi yerine getirilecek hem de aracın duvar veya başka cisimlere çarpmasının önüne geçilecektir. Detaylı bilgi ilgili başlık altında açıklanmıştır.

Hall Effect: Aracın manyetik bir sistem ile pozitif alan şiddeti eşiğe ulaştığında açılan, ancak aynı güçteki negatif bir manyetik alana maruz kaldığında ise kapanan sistem kullanılacaktır. Hall effect sensörü, manyetik alandan uzaklaştırıldığı zaman anahtar açılacağından dolayı röle ile anahtarın kapalı kalmasını sağlayacak sistem oluşturulacaktır.

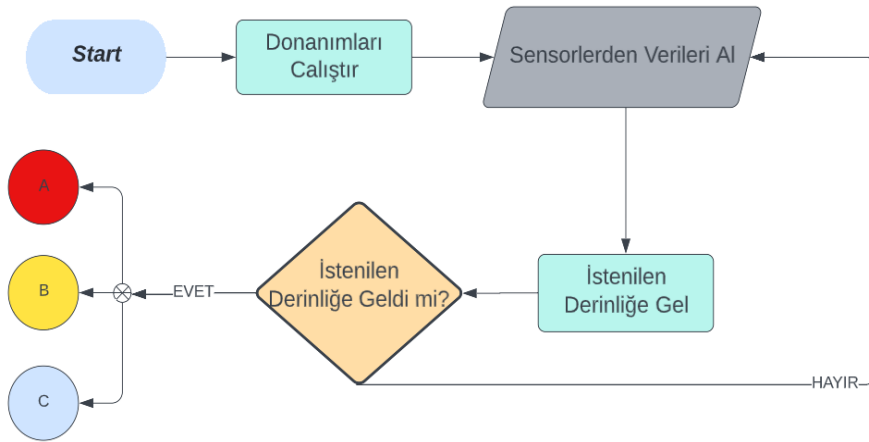
Sigorta: Araçta kullanılan elektronik komponentleri koruma amaçlı 60A sigorta kullanılacaktır.

Kablolar: Hidrofon kabloları olarak blendajlı kablo tercih edilmiştir. Bu kablolar dışardan meydana gelen gürültü ve parazitleri minimuma indirir.

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

4.3.2.1. Kontrol Algoritması Tasarım Süreci

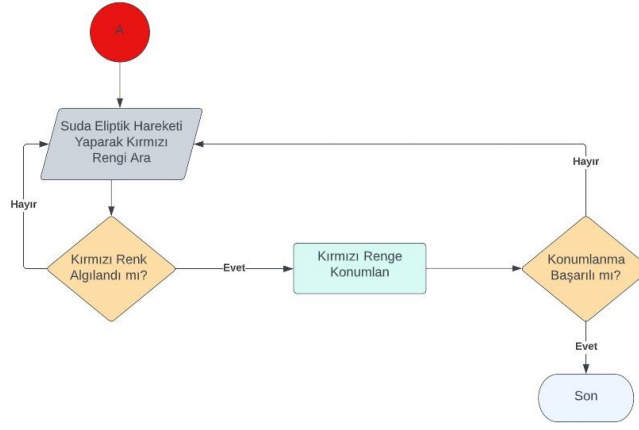
Kontrol algoritması akış diyagramına göre, donanımların manyetik etki ile çalışmasının ardından sensörlerden uygun verileri alıp istenilen komutların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sensörlerden alınan veriler doğrultusunda motorlar çalıştırılarak araç istenilen derinliğe getirilmektedir. Aracın yazılımsal boyutta denemeler ve testlere tabi tutularak istenilen derinlikte olmasıyla çalışırken, dengede durması sürekli sağlanmıştır. Savari aracının kontrol algoritmasının akış diyagramı Şekil 18’de verilmiştir.



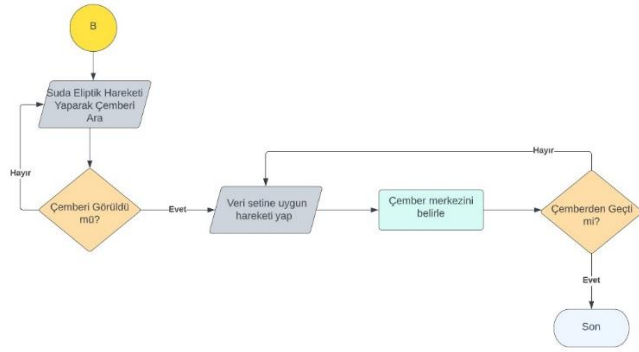
Şekil 18: Kontrol Algoritması Akış Diyagramı

4.3.2.2. Navigasyon ve Güdüm Algoritması Tasarım Süreci

Yarışma kapsamında aracın birinci ve ikinci görevleri tamamlayabilmesi için su altında kontrol algoritmasının ardından suda eliptik hareketler yaparak kırmızı rengi algılatmayı sağlamaktır. Kamradan alınan veriler sayesinde aracın beyni olarak kullanılmış Raspberry Pi’ ye görüntü aktarımı sağlayarak kontrol görevini yapan STM32 motorları ve sensörleri kullanarak görevler gerçekleştirilecektir. 1. ve 2. görevin navigasyon ve güdüm algoritması akış diyagramı uygun olarak Şekil 19 ve Şekil 20’de verilmiştir.

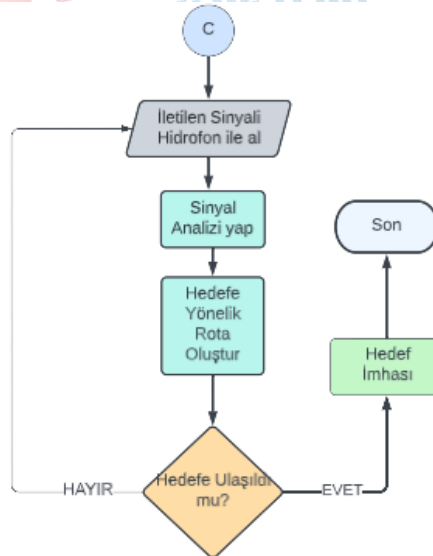


Şekil 19: 1.Görev Navigasyon ve Güdüm Algoritması Akış Diyagramı



Şekil 20: 2.Görev Navigasyon ve Güdüm Algoritması Akış Diyagramı

TEKNOFEST 2022’ de pasif akustik yöntem kullanılarak hedef tespiti ve imhası görevi, MYS Betta ekibinin arge çalışması olan sonar sistem tasarımı ile gerçekleştirilecektir. Şekil 21’ de algoritma tasarım sürecinde ifade edildiği gibi araç üzerinde bulunan dört adet hidrofon kullanılarak pinglerden gönderilen sinyal alınacaktır. Hidrofonlardan alınan sinyaller amplifikatör yardımı ile işlenip analiz edilerek yön taini ve rota oluşturulacaktır. Sonrasında Savari aracı hedefi imha edecektir [10].



Şekil 21: 3.Görev Navigasyon ve Güdüm Algoritması Akış Diyagramı

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

4.3.3.1. Kontrol Yazılımı Tasarım Süreci

Savari aracında STM32 mikrodenetleyicisi aracın kontrolünü sağlamak için kullanılacaktır. Ardından tek kartlı bilgisayar (SBC) olan Raspberry Pi'den alınan veriler ile araç kontrolü gerçekleştirilecektir. Motorların sürüşü için ihtiyaç duyulan kodlar ve sensörlerden veri alışverişi STM32 ile sağlanacak olup, bu kodların kontrolü Raspberry Pi ile yönetilecektir. Aracın kontrol kartında STM32 mikrodenetleyicisinin kullanılma nedeni; üzerinde haberleşme protokollerinin yeterli olması, işlemcisinin oldukça hızlı olması ve arayüzü vasıtası ile konfigürasyon ayarlarının kolaylıkla yapılabilmesidir. Savari aracını kontrol yazılımı; C dilinde olup USART , I2C, SPI ve dahili kesmeler ile STM32CubeIDE programında kodlanacaktır.

4.3.3.2. Navigasyon ve Güdüm Yazılımı Tasarım Süreci

Görüntü işleme için yazılım sürecinde, kodlar için programlama dili olarak Python 3.9 ve editör olarak Visual Studio Code kullanılmıştır. Görüntü işleme için açık kaynaklı kütüphane olan Open Cv 4.5 ve numpy kütüphanesi kullanılmıştır.

İlk önce import komutu kullanılarak kütüphaneler belirtilir. cv.VideoCapture (0) komutu ile gerçek zamanlı görüntü bilgisayar webcam'inden alınır. Raspberry Pi kamerası kullanıldığında cv.VideoCapture (1) yazılır. Kameranın çalışma durumunu while döngüsüyle belirtildi. Daha sonra kameradan alınan görüntüye Gauss filtresi uygulandı. Sıradaki aşama, Canny Edge ve Hough Transform uygulandı. Bu da Şekil 22'de verilmiştir.

```
circles = cv.HoughCircles(blurFrame , cv.HOUGH_GRADIENT, 1.2, 100,  
| | | | | param1=100, param2=30, minRadius=75, maxRadius=400)  
  
gray = cv.cvtColor(blurred, cv.COLOR_BGR2GRAY)  
xgrad = cv.Sobel(gray, cv.CV_16SC1, 1, 0)  
ygrad = cv.Sobel(gray, cv.CV_16SC1, 0, 1)  
edge_output = cv.Canny(xgrad, ygrad, 50, 150)
```

Şekil 22: Hough Transform ve Canny Edge Kullanılması

Görüntü üzerinde algılanan çember, cv.circle() komutu kullanılarak tanımlanır. videoCapture.release() ve cv.destroyAllWindows() komutlarıyla kod sonlandırılır. Kırmızı renk algılama kodunda öncelikle opencv ve numpy kütüphaneleri, import komutu kullanılarak belirtildi. Kırmızı rengin en büyük ve en küçük değeri için HSV ayarları yapıldı. Daha sonra kameranın açılması için komut verildi. İlerleyen aşamada maskeleme ve filtreleme yapıldı. Ardından Contours metodu kullanılarak maskelenmiş kırmızı rengin olduğu sınırlar belirtildi. Uygulanan metot ile ilgili kod bloğu Şekil 23'te verilmiştir.

```
# contours metodu kullanılması  
contours, hierarchy = cv2.findContours(mask_red, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
```

Şekil 23: Contours Metodu Uygulanması

Böylece İSA görevleri için gerekli olan çember tanımlama ve kırmızı renk algılama kodları yazılmış ve denenmiştir. Yazılan kodlar visual studio code editörü üzerinden çalıştırılarak Webcam üzerinden alınmış çıktı görüntüleri Şekil 24'te verilmiştir.



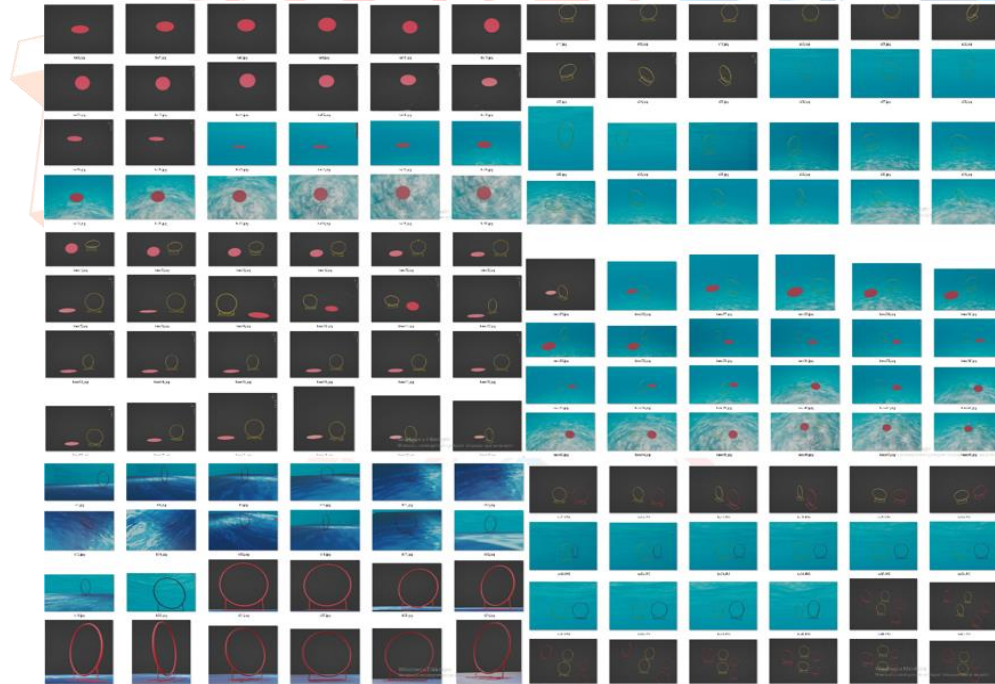
Şekil 24: Çember ve Kırmızı Alan Tespiti

Savari aracının görüntü işlemenin kabiliyetini en üst düzeye çıkarabilmek amacı ile makine öğrenmesinin yanısıra derin öğrenme yöntemleri ile alternatif bir çözüm üretilmiştir. Üretilen yöntemle de kırmızı alan ve çember tespiti yapılmıştır.

Su altı aracının görüntü işleme konusunda en iyi performansı vermesi için derin öğrenme algoritmalarından YOLO(You Look Only Once) tercih edilmiştir. YOLO algoritmasının tercih edilmesinin en önemli sebebi ise hızlı ve gerçek zamanlı nesne tespiti yapabilmesidir. YOLO algoritmasının diğer algoritmalara göre süre ve doğruluk açısından çok daha iyi durumdadır. Ayrıca doğruluk ve hız arasında rahatlıkla değişiklik yapılabilmesi bir diğer önemli özelliğidir. YOLO algoritmasının bu kadar hızlı olmasının nedeni her bir kare resmi tek bir seferde nöral ağlardan geçirerek resimdeki tüm nesnelerin sınıfını ve koordinatlarını tahmin edebiliyor olmasıdır[11].

Derin öğrenme yöntemlerinde en önemli unsurlardan biri de Dataset(Veri Seti)'dir. Görüntü işlemede en iyi sonuçları alabilmek için iyi eğitilmiş bir veri seti gerekmektedir.

Veri setinin önemi bilindiğinden dolayı Blender programı üzerinden bir simülasyon ortamı hazırlanarak yarışma içeriğine uygun alanlar ve çemberler oluşturuldu. Arka plan ise havuz ortamına uygun olarak hazırlandı. Veri seti için toplanmış resimler Şekil 25'teki resimde gösterilmiştir.



Şekil 25: Veri Seti İçin Toplanan Resimler

Daha sonra bu ortamdan yeteri kadar görsel alınarak Google Colab ortamında yapay zekâ eğitimi yapıldı. Eğitim sonucundan 0.3'ün altında olması gereken avarage loss(ortalama kayıp) değeri 2002 iterasyon sonucunda ‘‘0.018866 avg loss’’ olarak alındı ve yeterli görülerek eğitim durduruldu. Google ortamında yapılmış yapay zeka eğitimi Şekil 26 ‘da verilmiştir.

```

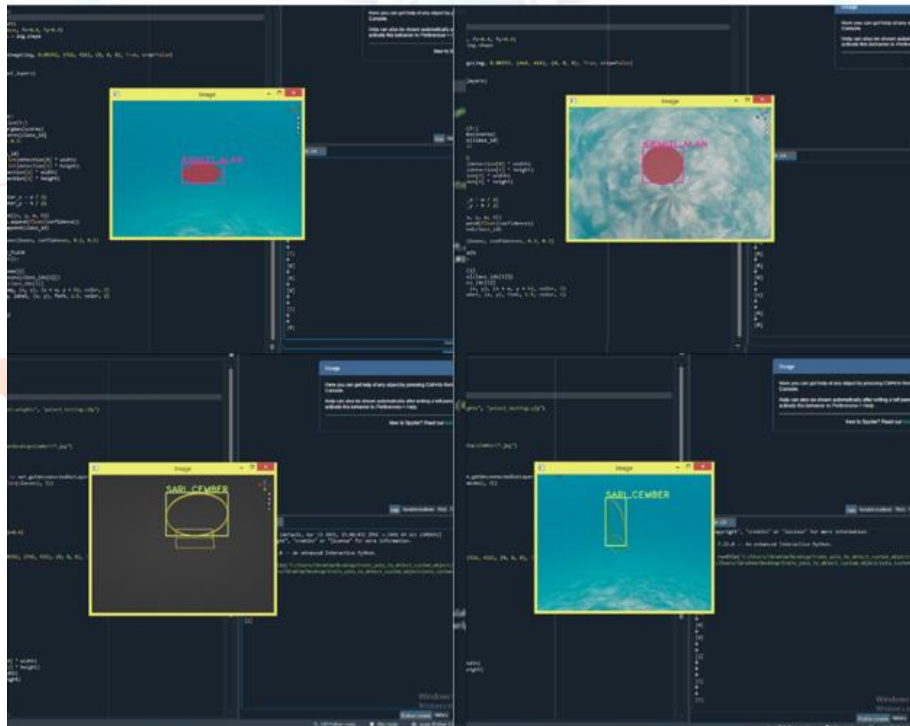
+ Kod + Metin
Ara Kopyala

2004: 0.01568, 0.01866 avg loss, 0.001806 rate, 6.052767 seconds, 120256 Images, 3.235855 hours left
loaded: 0.000046 seconds
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.876876), count: 4, class_loss = 0.000138, iou_loss = 0.011810, total_loss = 0.012148
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127717, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.885310), count: 3, class_loss = 0.001472, iou_loss = 0.018797, total_loss = 0.020179
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.769099), count: 1, class_loss = 0.000007, iou_loss = 0.034714, total_loss = 0.034721
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127725, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.896462), count: 3, class_loss = 0.000051, iou_loss = 0.020029, total_loss = 0.020080
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.860756), count: 1, class_loss = 0.000001, iou_loss = 0.010039, total_loss = 0.010040
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127725, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.934388), count: 3, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.010988, total_loss = 0.010988
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.909291), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000004, total_loss = 0.000004
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127729, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.916144), count: 2, class_loss = 0.000052, iou_loss = 0.009633, total_loss = 0.009684
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.892290), count: 2, class_loss = 0.000001, iou_loss = 0.027387, total_loss = 0.027389
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.017580, total_loss = 0.017580
total bbox = 127733, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.902494), count: 3, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.021775, total_loss = 0.021775
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.956933), count: 1, class_loss = 0.000009, iou_loss = 0.017580, total_loss = 0.017589
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127737, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.914484), count: 3, class_loss = 0.000001, iou_loss = 0.015063, total_loss = 0.015064
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.926348), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.004561, total_loss = 0.004561
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127741, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.918442), count: 4, class_loss = 0.044743, iou_loss = 0.030076, total_loss = 0.074819
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127745, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.907600), count: 4, class_loss = 0.016089, iou_loss = 0.014411, total_loss = 0.031054
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127749, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.932127), count: 4, class_loss = 0.000120, iou_loss = 0.009944, total_loss = 0.010071
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.003706, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.003706
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127753, rewritten_bbox = 0.000000 %
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 82 Avg (IOU: 0.872769), count: 3, class_loss = 0.009301, iou_loss = 0.024608, total_loss = 0.034168
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 94 Avg (IOU: 0.915015), count: 1, class_loss = 0.000143, iou_loss = 0.003818, total_loss = 0.003961
v3 (mse loss, Normalizer: (iou: 0.75, obj: 1.00, cls: 1.00) Region 106 Avg (IOU: 0.000000), count: 1, class_loss = 0.000000, iou_loss = 0.000000, total_loss = 0.000000
total bbox = 127757, rewritten_bbox = 0.000000 %

```

Şekil 26: Google Colab Ortamında Yapay Zekâ Eğitimi

Daha sonra seçilen resimler üzerinde derin öğrenme yöntemi ile nesne tespit işlemi test edildi. Bu Şekil 27’de verilmiştir.



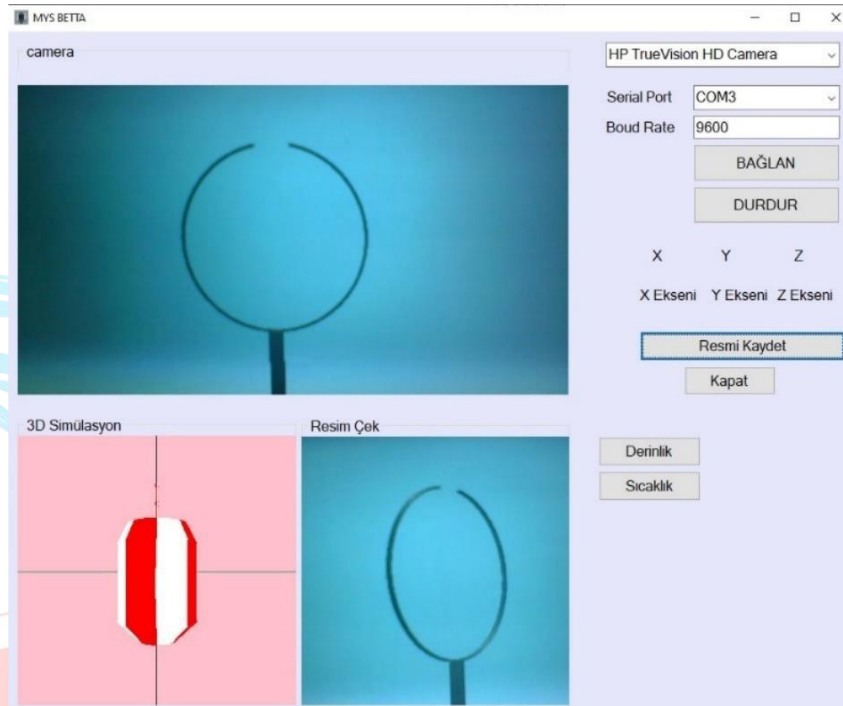
Şekil 27: Derin Öğrenme Yöntemi ile Kırmızı Alan ve Çember Tespiti

Hedef tespiti ve imhası görevini gerçekleştirecek olan sonar sistem tasarımı, STM32 mikrodenetleyici kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sonar sistem tasarımı yazılımı,

yüksek frekans ve konfigürasyon ayarlarının rahatca yapılabildiği STM32CubeIDE programında C dili kullanılarak hazırlanmaktadır.

4.4. Dış Arayüzler

Aracın hareket kontrolü ve sensör bilgileri yarışma haricinde yer istasyonu olarak belirlenen bir bilgisayara serial porttan okuduğumuz veriler arayüz vasıtası ile kontrolcüye sunulacaktır. Dış arayüz programı için Visual Studio C# dili kullanılmıştır. Şekil 28’te verilen arayüzde jireskop, basınç, sıcaklık değerleri ve MPU6050’den alınan veriler sayesinde üç boyutlu simülasyonuna yer verilecektir. Arayüz, araç kamerasından alınan görüntüyü resim olarak kaydetme ve veri depolama özelliğine sahiptir. İlerleyen süreçte arayüz, sonardan alınan navigasyon bilgilerine yer verilerek geliştirilecektir.



Şekil 28: Dış Arayüz

5. GÜVENLİK

İnsansız Su Altı Sistemleri yarışması rapor şartnamesi detaylı şekilde incelenmiş ve analiz edilmiştir. İncelen şartname referans alınarak güvenlik önlemleri alınmıştır. Proje kapsamında alınmış olan güvenlik önlemleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Savari aracı bataryalı olacağından olası acil durumlar için otonom kullanımlarda üzerinde acil durdurma butonu bulunacaktır. Aracın bataryası için fiziksel müdahale olmadan Hall Etkisi sayesinde acil bir durumda aracın elektriksel gücü kapatılır. US1881 – 5V Röle – LM2596 bu sistem için yeterlidir (Şartname Güvenlik İhtiyaçları 5.Madde). Savari aracının elektronik komponentleri korumak için 60A bıçak sigorta kullanılarak güvenlik ihtiyacı karşılanmıştır (Şartname Güvenlik ihtiyaçları 8.Madde)

MYS Betta ekibi olarak aracın otonomluğu titiz çalışmalar ile yürütülmekte ve güvenli çalışma açısından 3 ana kriter göz önünde bulundurulmaktadır:

1-Daha önce çember tanımlama kodu sobel yöntemi ile denenmiştir. Alınan çıktının belirsizliğinden dolayı çemberi tam merkezleyemiyordu. Çözüm olarak Canny edge ve hough transform metotları birleştirilip kullanılarak çemberin tam merkezinden, girilmiş çap ve yarıçap değerleri referans alınarak düzgün ve keskin çember çıktısı alınmıştır.

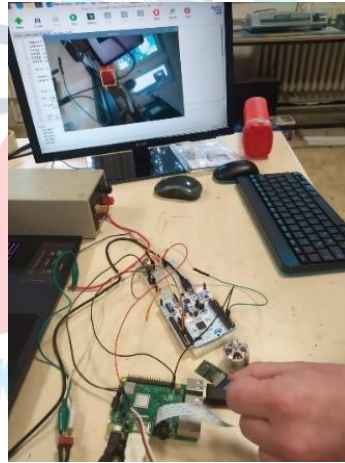
2-Renk kodlarında HSV metodu kullanılarak sualtında oluşabilecek parlaklık ve gölgelenmeden kaynaklı doğabilecek sorunlar minimize edilmiştir. Denemeler yapılarak kırmızı renk için parlaklık, gölgelenme ve düzgün ton aralıkları belirlenmiştir.

3-Sualtında oluşabilecek çözünürlük kaynaklı sorunları göz önünde bulundurarak, kullanılacak kameranın yüksek çözünürlüğe sahip olmasına dikkat edilmiştir.

Savari aracının tasarımında keskin noktalar bulunmamakta ve yüzeyler üretime uygun şekilde radyüsler verilmiştir. Böylece olası kazalardan kaçmakla birlikte aracın hareket kabiliyeti arttırılmıştır. Elektronik aksama su temasını engellemek amacı ile sızdırmazlık hesaplamaları yapılmış, uygun sızdırmazlık elemanları kullanılarak bu kriter sağlanmıştır. Hidrolik sistem kullanılmamıştır. Böylece şartnamedeki kirlilik durumu söz konusu değildir. Motor/pervane uygun nozul içerisinde muhafaza edilerek korunmuş ve dış ortamdaki herhangi bir nesne veya canlıya zarar vermemek için köreltilmiştir. (Şartname Güvenlik İhtiyaçları 11.Madde)

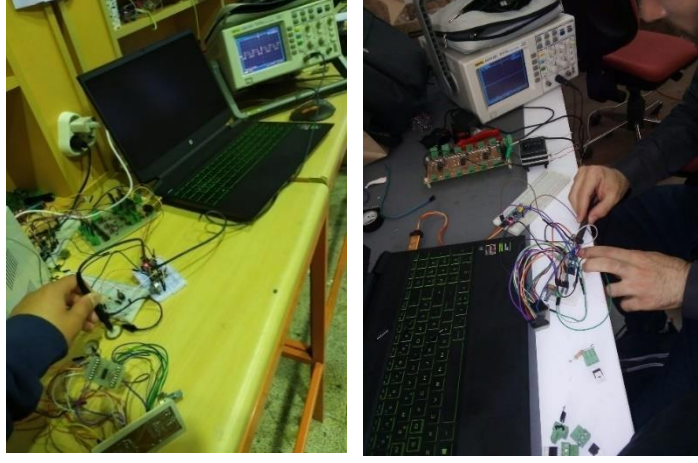
6. TEST

Savari aracında kullanılacak olan elektronik komponentlerin testleri araca yerleştirilmeden önce yapılmıştır. Raspberry Pi ile STM32 haberleşmesi kullanılarak ilk görev olan renk kodunun algılanması ve test edilmesine ait görsel Şekil 29' da verilmiştir



Şekil 29: Raspberry Pi ve STM32 Motor Kontrolünün Test Edilmesi

Akustik yöntemler, ses dalgalarının deniz içerisinde hızlı ve iyi şekilde yayılması nedeniyle deniz tabanı ve tabandaki cisimlerin tanınması ve sınıflandırılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır[12]. Sonar sistem tasarımının Alıcı ve Verici kısımlarının test edilmesine ait fotoğraflar Şekil 30' de gösterilmiştir. Sonar sistem tasarımında logic mosfet 45Khz PWM dalga ile tetiklenerek piezoya yüksek voltaj iletilip, piezo darbelenmiştir. Vericinin karşısında bulunan alıcı devresi hidrofon ile gönderilen ses sinyali olarak, AD605 amplifikator entegresine ulaştırır. AD605 iletilen sinyali filtreleyip, yükseltip ve düzenleyerek analog veri okuması için STM32'ye iletir. Sonuç olarak Piezo çıkışından 45Khz Sinyal alınmıştır. Hidrofon ile denemelere devam etmektedir. Sonar sistem testlerine ait görseller Şekil 30'da verilmiştir.



Şekil 30: Sonar Sistem Testi

Savari aracının görüntü işleme kodları bilgisayarın webcam'i üzerinden denendi. Çözünürlük sorunlarından dolayı görüntü işlemede ayarlar webcam'a uygun olarak yapıldı. İlerleyen aşamada araç üretildikten sonra hareket halinde Raspberry Pi kamerası ile sualtında denemeleri yapılacaktır.

Araç üretimi sonrasında dolu bir havuz içerisinde araç bir gün boyunca bekletilerek gövde ile kapak arasında kalan boşluğa su teması olup olmadığı test edilecektir. Sızdırmazlık sağlandığında, aracın su içerisinde dengede kalma ve yüzerliği test edilecektir. Tasarım aşamasında hesaplanan değerler ve sonuçlar ile doğruluğu karşılaştırılacaktır. Dengede kalma ve yüzerlik kriterini de tamamladıktan sonra hareket kabiliyeti test edilecektir. Herhangi bir mekanik, elektronik veya yazılımsal bir hata görülürse iyileştirme yapılacaktır. Bütün anlatılan kriterler tamamlandıktan sonra aracın görev testi aşamasına geçilecek ve görevleri yapabilme kabiliyeti test edilecektir.

Daha uzun ömürlü, yüksek güç yoğunluğuna sahip, hızlı şarj olabilen, hafif batarya ve küçük boyutlu olmasından dolayı Li-ion pil kullanımı uygun görülmüştür[13]. Yerleşik şarj birimi çalışmalarımız devam etmektedir. Li-ion pil deneme görüntüsü Şekil 31' de verilmiştir.

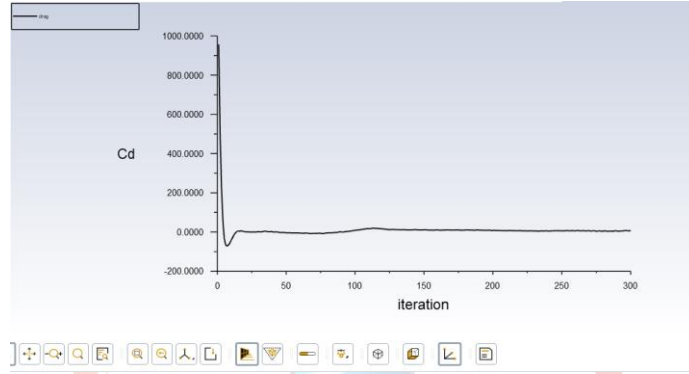


Şekil 31: Li-ion Pil

6.1. Analiz

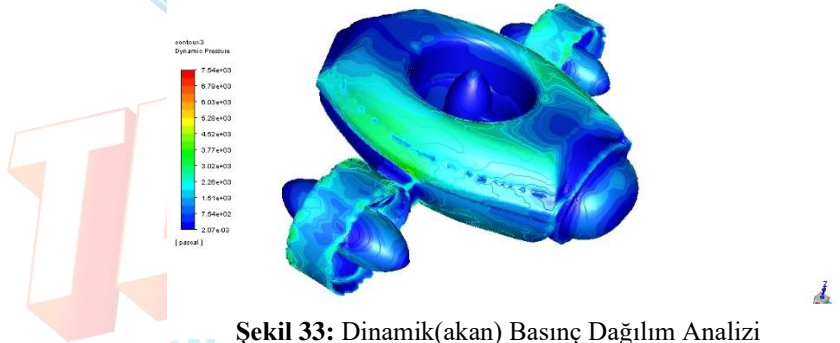
Aşağıda yapılmış olan analizler 2 m/s hız altında ve havuz sıcaklığını oda sıcaklığı kabul ederek yapılmıştır. Su altı aracının maksimum inebileceği derinlik olan 3 metrelik mesafe altında oluşan basınç değerinde hesaplanarak gerekli analizler yapılmıştır.

Şekil 32’de Cd (Sürüklenme Katsayısı) değerini göstermektedir. Sürüklenme katsayısı aracın aerodinamik yapısına ve inmiş olduğu su derinliği ile değişim gösterebilmektedir.

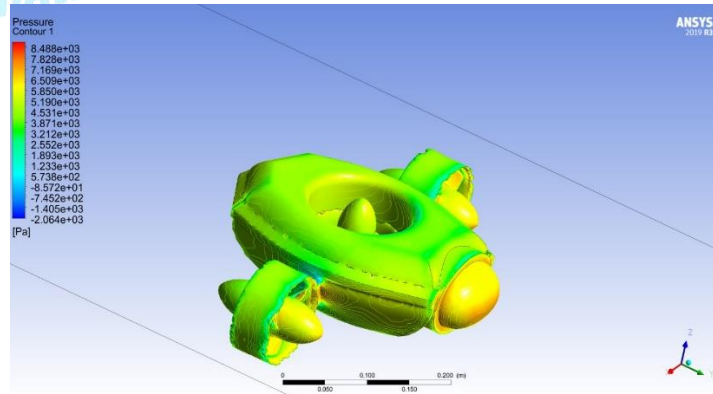


Şekil 32: CD Sürüklenme Katsayısı Analizi

Şekil 33’de araç yüzeyinde dinamik(akan) basınç dağılımı görülmektedir. Aracın hareketi ile suyun araç yüzeyinde akış yaptığı esnada araç yüzeyinde çok fazla suyun birikmemesi sebebiyle yüzeyde oluşan basınç değerleri düşük çıkmıştır. Şekil 34’ de Araç yüzeyinde oluşan basınç dağılımının kontur gösterimi verilmiştir.

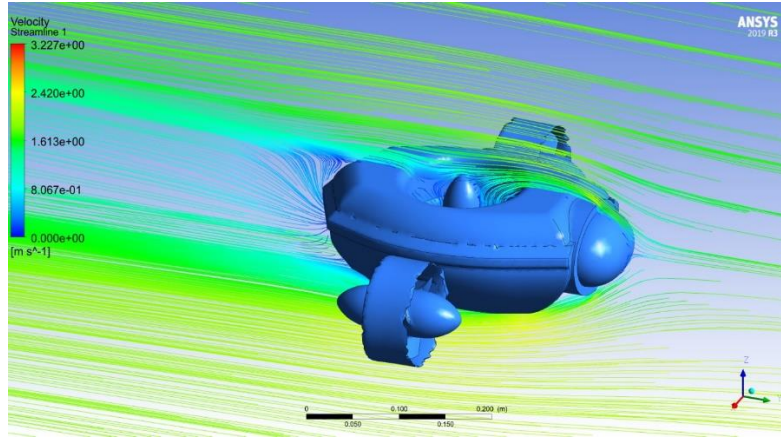


Şekil 33: Dinamik(akan) Basınç Dağılım Analizi



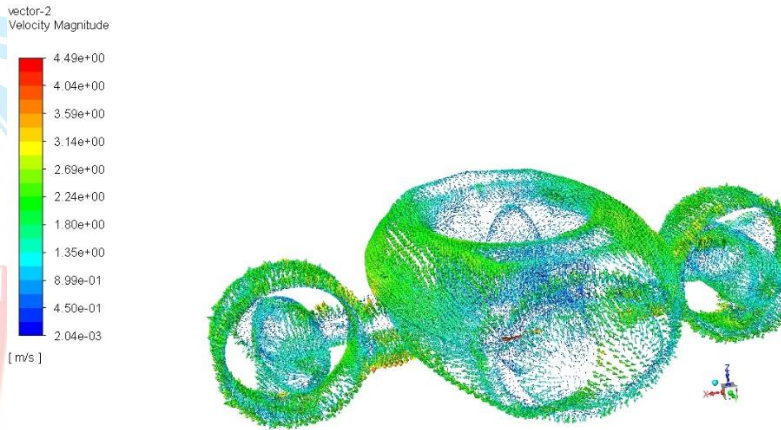
Şekil 34: Basınç Analizi

Araç yüzeyinde oluşacak olan suyun hareketi Şekil 35'te görselde görülmektedir. Akışkanın orta motor arasında oluşabilecek türbülansa da engel olarak aracın hareketlerini doğru bir şekilde yapmasını sağlamaktadır.



Şekil 35: Akış Analizi

Şekil 36'de aracın hareketi ile araç yüzeyinde meydana gelecek hız vektörleri yukarıdaki şekilde görülmektedir. Suyun motorlara girişi esnasında yavaş bir şekilde davranış gösterdiği çıkışı esnasında hız değişimini göstermektedir.



Şekil 36: Akış Analizi

7. TECRÜBE

Otonom kabiliyetine sahip olan Savari aracının yazılımsal kodları MYS Betta ekibi tarafından yazılmıştır. Ekip üyeleri farklı program ve programlama dillerinde kod yazmada tecrübe sahibi olmuştur. Savari aracının, kontrol kartını içeren STM32 mikrodenetleyicisi ve Raspberry Pi'de yazılan kodlarda sorunlar oluşmuş, kesmeler ve farklı protokoller denenerek çözüme ulaştırılmıştır.

Sonar sistem tasarımının gönderici kısmında anahtarlama elemanı olarak öncelikle transistör kullanıldı. Fakat yüksek frekanstan dolayı sorunlarla karşılaşıldı. Bu sorunları gidermek için uygun logik mosfet kullanılarak testler yapıldı.

Tasarlanmış aracın otonomi kodlarının yazıldığı ortam güncel sürüm ve yazılımlar ile yapılmıştır. Güncel sürümlerin hızlı ve kapsamlı olduğu denemeler sırasında gözlemlenmiştir. Aynı zamanda deneme esnasında ışık veya gölgelenmenin, kameradan alınan görüntü çıkışına etki ettiği görülmüştür. Bu sorunu göz önünde bulundurarak kodlar düzenlenmiş ve denenmiştir.

Savari aracının mekanik aksamında karşılaşılan sorunlar ve kazanılan tecrübeler aşağıda Tablo 10’ da belirtilmiştir.

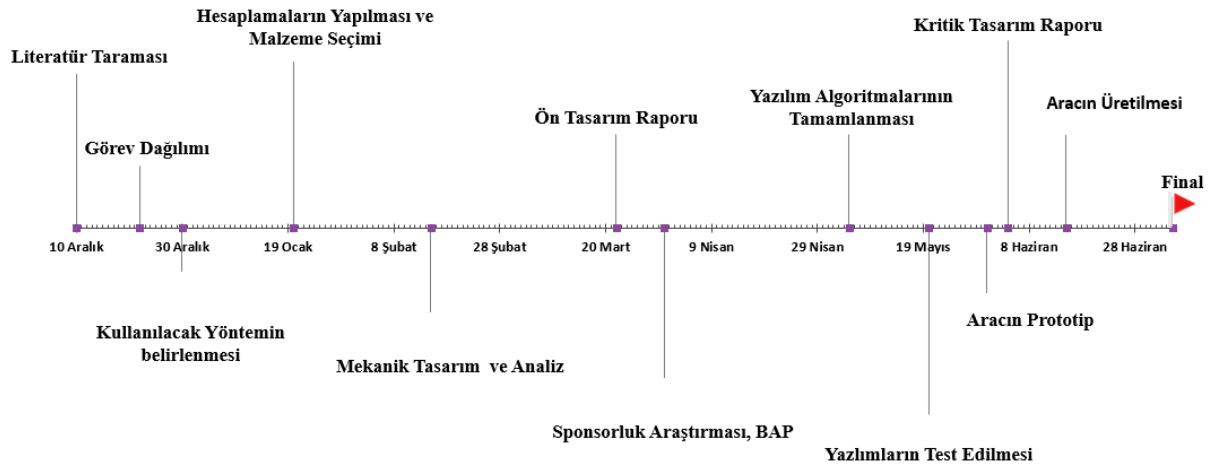
Tablo 10: Savari Aracının Mekanik Aksamında Karşılaşılan Sorunlar ve Kazanılan Tecrübeler

Hata Yeri	Hata	Hata Sonucu	Çözüm
Tasarım	O-ring çapı ve kanal ölçülerine bakılmadan O-ring düzlemi belirlemek.	O-ring kanalının bulunduğu düzleme civata delikleri delememek.	Düzlem pah kırılarak pozitif yönde genişletilmiştir.
Tasarım	Üst kapağın et kalınlığının düşük olması.	Civata sıkma işleminde ezilme veya delik patlaması yaşanabilmesi.	Et kalınlığı 4 mm arttırılmıştır.
Tasarım	Eğriliklerin gereksiz ve fazla verilmesi	Fazla aşınım, alt yüzey saçılımı ve kirlilik	Eğrilik haritasına bakılarak düzenlendi.
Tasarım	Aracın kütle merkezinin y ekseninde 1 mm kaçık olması	Araçta dengesizlik	Orta motor haznesinin konumu kaydırılmıştır.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

8.1. Zaman Planlanması

Zaman planlaması Teknofest’in destek programını KTR’den sonraya ertelemesinden sonra tekrar planlanmıştır. Fakat elektronik komponentlerin bir bölümünü uygun alagoritma kapsamında denemeleri yapılmış, üretim aşamalarına başlanmıştır. Araç 3D baskı üretim şekline uygun üretilmiştir. B planı olarak zaman planlamasında belirtildiği gibi CNC üretimi belirtilen tarihte tamamlanacaktır. Zaman planlamasının son hali Şekil 37’de verilmiştir.



Şekil 37: Zaman Planlanması

8.2. Bütçe Planlaması

Ön tasarım raporunda bahsedilen bütçe planlamasındaki farklılıklar komponentlerin pahalılaşmasından dolayı artış yaşanmıştır. Risk planlanmasında da bahsedildiği gibi araç 3D baskı yöntemine uygun üretilmiştir. B planı olarak zaman planlamasında yer verildiği gibi CNC üretim yöntemleri hazır hale getirilmiştir. CNC üretim tutarı 14.000₺'dir. Tablo 11'de bahsedilen üretim maliyeti 3D baskı fiyatıdır. İnsansız su altı bütçe planlaması Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: Bütçe Planlaması

Alınması Önerilen Makine – Teçhizat				
Adı / Modeli	Kullanım Gerekçesi	Birim Fiyat	Adet	Fiyat
STM32F407G	Kontrol kartı	1.235,76	1	1.235,76
Utras İtici	Aracın hareketi	3.425	1	3.425
Mitras İtici	Aracın hareketi	1.415	2	2.830
ESC(50A)	Motor kontrolü	453,23	1	453,23
ESC(30A)	Motor kontrolü	395	2	790
Li-ion Pil	Güç ihtiyacının sağlanması	4.000	1	4.000
Raspberry Pi 4 4 GB	Görüntü işleme ve yönetim	3.299,00	1	3.299,00
Raspberry Pi Camera V2	Görüntü alma	721,05	2	1.442,1
Samsung Evo Plus 64GB	Veri depolama	234,90	1	234,90
Güç dağıtım kartı	ESC, Raspberry, STM32	780	1	780
Regülatör	Güç ihtiyacı	25	1	25
Elektronik Devre Elemanları	Sonar Sistem Devresi	1.000	-	1.000
MPU6050 İvme ve Gyro sensörü	Robotun dengesi	52,18	1	52,18
MD-PS002 Basınç sensörü	Basınç ve yükseklik hesabı	30,94	1	30,94
PT1000	Sıcaklık ölçümü	47,92	1	47,92
Flanş	Sızdırmazlık elemanı	200	1	200
Akrilik baş	Kamera koruma	350	1	350
Helicoil	Civata yuvası koruma	132	-	132
Civata	Montaj elemanı	100	-	100
O-ring	Sızdırmazlık elemanı (25m)	136,70	1	136,70
Sıvı Conta	Sızdırmazlık elemanı	106,25	2	212,50
Penetratör	Sızdırmazlık	72,13	6	432,78
Araç Prototip üretimi(3D Baskı)	Üretim	6.000	-	6.000
TOPLAM				27.210,1

8.3 Risk Planlaması

Risk planlaması, yapılan projelerdeki risklerin belirlenmesi ve bu risklerin yönetimin nasıl yapılacağı anlatıldığı bölümdür. Risk analizi kullanılarak, ileride sorun yaratabilecek potansiyeli olan konuların belirlenmesi ve bu sorunların nasıl çözülebileceği ile ilgili yöntemler geliştirilmiştir. Bu bölümde, risklerin ve B planlarının tanımlanması için izlenecek olan süreç ve yöntemler anlatılmıştır. Zamanlama, bütçeleme gibi başlıklarda oluşabilecek olan sorunların çözümlerine bu bölümde değinilmiştir. Su altı aracı 3D baskı yöntemi ile üretilmesi prototip amaçlıdır. 3D baskı üretiminde sorunla karşılaşılması durumunda, CNC’de üretilmektedir. Risk planlanması Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: Risk Planlanması

Risk Tanımı	B Planı
İnsansız su altı aracının sızdırmazlık kabiliyetinde karşılaşılan sorunlarda,	Farklı sızdırmazlık elemanları kullanılması.
İnsansız su altı aracının denge probleminin olması durumunda,	Montajda değişiklik yapılması ve iç aksamdaki malzeme düzeninin değiştirilmesi.
İSA’nın hesaplanan motorlarının yeterli gelmemesi durumunda karşılaşılan sorun,	Pil paketi, ESC veya iticilerde değişikliğe gidilmesi.
Kontrol kartında istenmeyen sorunlar yaşandığı zaman,	STM serisi yerine otonom kontrol kartı olan “Pixhawk Cube Orange” ile değişikliğe gidilmesi.
PID algoritmasının aracımızda kararlı çalışmaması durumunda,	LQR algoritmasının kullanımına geçilmesi.
Sonar sistemin çalışmaması ihtimaline karşı,	Yapay zekâ ve Görüntü işleme ile görevin tamamlanması.
İSA aracının renk, çember veya su altı piksel bozukluğu olması durumunda görüntü işleme becerisinin istenilen netlikte olmaması durumunda,	Görüntü işleme biriminin veri setlerini büyüterek en ideali oluşturması. Farklı metotlarla algoritmanın oluşturulup, karşılaştırılması ve hatanın minimize edilmesi.
Görüntü işleme kullanılarak suyun içinde renkleri tam algılayamaması	Su altında birçok test yapıp renk aralıklarını ayarlayarak sorunun çözümü
Kullanılan kamerada su altında ışık kaynaklı kırılmalarla yaşanabilecek sorunlardan,	Kamera modülünün “Logitech MeetUp960-001102” ile değiştirilmesi.
Daha geniş alan taranması gerektiğinde,	Hareket eden kamera kullanılması.
3D baskı yönteminde aracın sızdırmazlığı sağlamaması durumunda,	Araç üretimi CNC’de gerçekleştirilecektir.

9. ÖZGÜNLÜK

Savari aracında kullanılacak olan bütün yazılımlar, takıma aittir. Aracın tasarımında dikkat edilmesi gereken ve farklılık gösteren en önemli husus, üç motorlu bir tasarım olmasıdır. Üç motor kullanımındaki avantaj, enerjiden tasarruf sağlayarak Savari aracının su altında daha uzun keşifler yapmasını sağlamaktır.

Canny Edge ve Hough Transform metotlarının birlikte kullanarak özgün bir çember algılama algoritması oluşturulmuştur. Nesne tanımlama ve HSV metodu birleştirilmiş, kırmızı rengi tanımlayan hassas bir renk algılama kodu yazılmıştır. Bu bahsedilen metotların farklı olması göz önünde bulundurularak ortak faktörleri birleştirilmiş, özgün olarak nihai bir kod yazılmıştır.

10. YERLİLİK

Aracın mekanik bölümü tamamen yerli olup herhangi bir hazır parça kullanılmadan çizilerek özel olarak üretilmiştir. Buna bağlı olarak hesaplamalar çok detaylı şekilde yapılmış ve teoride doğru sonuçlara ulaşılmıştır. Aracın aerodinamik yapısı, her noktada suya direnç göstermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Sonar sistem tasarımı için yapılmakta olan elektronik kartların geneli takıma aittir. Tablo 13'te yerlilik tablosu verilmiştir.

Tablo 13: Yerlilik Tablosu

PARÇALAR	YERLİLİK
GÖVDE	YERLİ
ÜST HAZNE	YERLİ
SOL MOTOR TUTUCU	YERLİ
SAĞ MOTOR TUTUCU	YERLİ
AKRİLİK BAŞ	YERLİ
FLANŞ	YERLİ
SONAR SİSTEM	YERLİ
PİL	YERLİ



11. KAYNAKÇA

1. Leblebicioğlu KM, Ege E, Ulusoy İ, Yiğitler H, Koç SS, Karadeniz S, et al. Çok maksatlı ulusal insansız sualtı aracı projesi (ULİSAR). 2009.
2. Zhou Y, Zhong W, Li Z, Zhang T, Han S, Shi Q, editors. An Emotional Interaction Robot with Facial Expression Recognition Realized on Raspberry Pi and STM32. International Conference on Intelligent Automation and Soft Computing; 2021: Springer.
3. Uzun G, Keyf F, Hersek N. Otopolimerizan akrilik rezinin dayanıklılığında plazma kaplı cam liflerin etkisi. Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2001.
4. Yakut M. Freze tezgahlarında bilgisayar destekli üretim uygulamasının incelenmesi: Sakarya Üniversitesi; 2001.
5. Mutlu G. Üç boyutlu yazıcıların kuyumculuk alanında kullanımının incelenmesi: Güzel Sanatlar Enstitüsü; 2020.
6. Öztürk Fh, Öz Ö, Aydın M, Kılıç E, İsak So, Bektaş U. Sürekli Fiber Takviyeli Kompozit Filament Üretimi Ve Yazdırılması.
7. Ersoy S, Toptaş E. Hastahane Infüzyon Cihazları Otomasyonu. Bilişim Teknolojileri Dergisi. 2011.
8. Pajankar A. Raspberry Pi Image Processing Programming: Springer; 2017.
9. Pomaska G. Stereo Vision Applying OpenCV and Raspberry Pi. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019;42:265-9.
10. Seven S, Dikmen İC, Karadağ T, BAKIR HG, Abbasov T, editors. Design and implementation of ultrasonic sonar system for autonomous vehicles. 2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP); 2018: IEEE.
11. Yiğit Mesci. YOLO Algoritmasını Anlamak. 2019
12. Şahintürk L. Yandan taramalı sonar imgelerinin işlenmesi: Fen Bilimleri Enstitüsü; 2010.
13. Turhan M. Li-ion pil destekli yakıt pili güç sisteminin su üstü platforma uygulanması. 2012.