TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI
KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: **HYDRA Takımı**

KATEGORİ: **İnsansız Su Altı Sistemleri-Temel**

TAKIM (BAŞVURU) ID : 426044

İçindekiler……:

1. Rapor Özeti…….3

2. Takım Şeması…….4

2.1. Takım Üyeleri……..4

2.2.organizasyon Şeması ve Görev Dağılımı…….……5

3. Proje Mevcut Durum Değerlendirmesi……...……6

4. Araç Tasarımı……..7

4.1. Sistem Tasarımı……7

4.1.1. Pnömatik Sistem Tasarımı……7

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı ……...9

4.2.1 Mekanik Tasarım Süreci ……9

4.2.2 Malzemeler ……11

4.2.2.1 Şase Üretim Malzemeleri……11

4.2.2.2 Pnömatik Kol/Kıskaç ve Çalıştırma Malzemeleri……11

4.2.2.3 Su Geçirmez Hazne (tüp) Bileşenleri……...11

4.2.2.4 Motorlar ve Bileşenleri……12

4.2.3 Üretim Yöntemleri……...12-13

4.2.4 Fiziksel Özellikler……...…..14

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı……..14

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci……14

4.3.1.1. Elektronik Sistem Şeması……14

4.3.1.2. Besleme/voltaj sistem şemaları……15

4.3.2. Elektronik Kart ve Malzemeler……15

4.3.2.1 Hazne İçi ve Kapak Elektronik Kartlar……15

4.3.2.2 Görüntü Alma ve İşleme Sistemi……16

4.3.2.3 Su Üstü Kontrol İstasyonu Malzemeleri……..16

4.3.2.4 Enerji/Besleme/Şarj Sistemleri……16

4.3.2.5 Pnömatik Kol Besleme Sistemleri……17

4.3.3. Algoritma Tasarım Süreci ……17

4.3.3.1. Manuel Görev Algoritması……...……17

4.3.3.2. Otonom Görev Algoritması……...18

4.3.4. Yazılım tasarım süreci……19

4.4. Dış Arayüzler……...19

5. Güvenlik……...20

5.1. Güvenlik Önlemleri ve Çözümleri……20

5.2. Güvenlik Önlemlerinde Kullanılan Malzemeler……...20

6. Test……...21

7. Tecrübe……22

8. Risk Planlaması……23

8.1. Zaman Planlaması……..23

8.2. Nihai Bütçe Planlaması……24-25

8.3. Risk Planlaması……25-26

9. Özgünlük……27-28

10. Yerlilik……28-29

11. Kaynakça…….....30

1. RAPOR ÖZETİ

Bizler Erzurum'dan HYDRA takımı olarak bu sene kurulduk. Takımızda daha önce bu yarışma tecrübesi olmadığı için geçen seneden tecrübesi olan ekip arkadaşlarımız ÖTR sonrası takıma dahil ettik. Takımımız yeteneklerine göre dâhil ettiğimiz diğer arkadaşlarla beraber 10 kişiye ulaştı. Takıma yeni katılıp tecrübesi yüksek olan arkadaşlarında fikirleri ile ÖTR raporunda; tasarım, motorlar ve elektronik sistemlerde devrim niteliğinde değişikliklere gitmeye karar verdik. Bu karar haliyle bütçemizi 2 katına çıkmasına sebep oldu. Bu noktada bölgemizdeki değerli bir iş adamı bize tam destek olmayı kabul etti.

Teknofest'in sunduğu imkânlar doğrultusunda sitede yüklü olan geçmiş yıl raporları ve uluslararası ROV yarışma raporları son kez incelendi. Mevcut tasarımımızın handikapları ortaya çıkarıldı. Yeni bütçe doğrultusunda sıfırdan bir planlamaya girmeye karar verdik. ÖTR'de raspberry pi ve pixhawk kartları kullanmayı planlarken yerlilik puanı almak ve ürün alımı sonrası teknik destek ihtiyacını görmek için yerli bir firmadan ihtiyaç olan kartlar, motorlar ve tüpleri almaya karar verdik.

Ekip görev paylaşımı yaptıktan sonra tasarım konusunda yeteneklerine güvendiğimiz ekip arkadaşımız bize final tasarımı olan KTR'de sunacağımız 8 motorlu aracı tasarladı. Aracın tasarımlarını 2 boyut halinde çizdirip, sanayide ahşap CNC tezgahında prototip olarak kestirdik. Montajladık. Hatalı olan yerleri ve ölçüleri belirledikten sonra tasarımın son halini suda hafif olacak polietilen levhaya kestirdik. Atölyemizde iskelet montajı sonrası motorlar ve roli kamera sistemi kasaya monte edildi. Denge için poliüretan levha kanatlara entegre edildi. Aracın en, boy, yükseklik ve kilo ölçüleri yarışma şartnamesindeki değerlere uygun olduğu tespit edildi. Aracın motorunda kullanılacak kabuklar, tüp içi elektronik kart yatakları ve joystick tasarımında kullanmak için 3D tasarımları yapıp günlerce baskı aldık.

Operatör için özgün bir robot kol tasarlanması planlandı ve tasarlandı. El yapımı ve tasarım odaklı bir ürün ortaya çıkardık. Tasarım süreci sonunda KTR'de sunmak amaçlı araç fotoğraf ve render çalışması yapıldı. Aracın akışkanlık, sızdırmazlık, kart, IP kamera testleri yapıldı. Aracın tüp içi kart dizilimi yapıldı.

Kartların sistem şeması oluşturuldu. Lehim işlemi hassasiyetler gerçekleştirildi ve tüp kapağı su yalıtımlı bir şekilde elektrik kabloları dışarı aktarılmış olundu. Epoksi işlemi başarıyla sonuçlandı. Kara istasyonu ile CAT6 bağlantısı yapıldı görüntü ve kumanda joystick yön testleri yapıldı.

Hareket yetenek yazılımı için arduino ide platformu kullanıldı. Otonom görevde yazılım olarak python yazılım dili kullanıldı. Ekipte, yazılım kabiliyeti olarak üst seviyede yetenekli arkadaşlar olduğu için tasarım süreci boyunca, görüntü işleme opencv çalışması yapıldı.

KTR raporunu KYS sistemine yükleme yapıldıktan sonra daha önceden anlaşma yaptığımız özel bir havuzda test sürecine başlamayı planladık.

Süreç çok yorucu olmasına rağmen çok öğretici geçti.

2. TAKIM ŞEMASI

2.1. Takım Üyeleri:

Takım Danışmanı; Elektronik, elektrik tecrübesi olan yetkin bir eğitmendir.

Python ve C Yazılım Dillerinde tecrübesi vardır.
Bir çok ulusal ve uluslararası turnuvalarda yazılım alanında proje danışmalığı yapmıştır. Atölye tecrübesi ve mekanik tecrübesi mevcuttur.

Takım Kaptanı / 1.Takım Üyesi;

2021 yılı ROV takımı kurup yönetmiştir. Takımımızın kaptanıdır. Teknofest yarışmalarına her yıl katılım göstermektedir. Kazanma tutkusu yüksek, enerjisi ile herkesi etkileyen bir kişiliğe sahiptir. Orta seviye Python yazılım dili kullanmaktadır. Arduino ve Raspberry Pi ile çeşitli projeler geliştirmiştir. İngilizcesi iyi durumdadır.

2.Takım Üyesi; Kendisi 6.sınıftan bugüne kadar yazılım eğitimi almış olup, bir kurumda yardımcı öğretmen olarak görev almaktadır. Her türlü mikro işlemci ile Tübitak, Teknofest ve uluslararası yarışmalara proje hazırlamış, dereceler almıştır. İleri seviye Python Yazılım dili, Orta seviye C yazılım dili bilmektedir. Haricen elektronik kart tasarımı (PCB) yapabilir. Geçen yıl ROV takımında görev almış, Yazılım ekibinin başıdır. Görüntü işleme ve yapay zeka konularında kendini geliştirmiş biridir.

3.Takım Üyesi; Kendisini tasarım konusunda geliştirmiş bir arkadaşımızdır. Solidworks, Alphacam, Adobe Photoshop programı ve QGroundControl programlarını kullanabilmektedir. Takımın ROV tasarımlarımı, joystick ve ara yüz tasarımlarını geliştirmiştir. Takımın kurumsal kimlik çalışmalarını yapmıştır.

4.Takım Üyesi; Ortaokul 7.sınıftan bu güne kadar kendisini elektronik ve yazılım alanında geliştirmiştir. ROV aracımızın elektronik/elektrik sistem şemalarını tasarlamıştır. Motorlar, kamera, işlemciler, pnömatik-kolu ve sensörleri test eder. ROV aracın tüp içi ve kara birimi kumanda modüllerinin (kamera, pnömatik kol, sensörler vb) montajlarını ve lehimlerini yapan kişidir.

5.Takım Üyesi; Teknoloji meraklısı, uzun yıllar FLL takımlarında görev almış bir arkadaşımızdır. Yazılım eğitimi almış ulusal ve uluslararası yarışmalara proje çıkarmıştır. Geçen sene ROV takımı ile finale çıkmıştır. Aracın mekanik üretiminde yardımcı görevi üstlenmiştir. Takım sponsoru bulma görevini yerine getirmiştir. Rapor yazımında aktif rol almıştır. ROV aracımızın Operatör adaylarındandır.

6.Takım Üyesi; Temel seviye yazılım ve tasarım eğitimi almış bir ekip arkadaşımızdır. ROV aracımızın ara yüz tasarımlarını geliştirmeye çalışmaktadır. Bölgemizde bulunan kurumlara tanıtımlara gidip sponsor ve tanıtım görevlerini üstlenmiştir. Ekip içinde joker görevini üstlenmiş bir arkadaş olarak insan ilişkilerinde çok etkilidir.

7.Takım Üyesi; Hobi olarak kendini mekanik alanda geliştirmiş, profesyonel bisiklet sporcusudur. ROV aracımızın üretim için sanayide parça üretimi, malzeme tedarikinde görev almıştır. ROV aracın parça montajlanmasında atölyede aktif sorumluluk almıştır. Temel seviye yazılım eğitimi almış, ardunio ide ve python yazılım dili bilmektedir. Havuz testleri ve yarışma esnasında kablocu görevini yerine getirecek kişidir.

8.Takım Üyesi; 4 yıldır robotik kodlama eğitimi almış, girişimci ekip arkadaşımızdır. Ticari kabiliyeti yüksek olduğu ve muhasebe bilgisi olduğu için Ekibimizin para giriş çıkışlarını yani muhasebesini üstlenmiştir. İnternet ortamından ürün tedariki süreçlerini yürütmüştür. Farklı tip malzeme ihtiyaçlarında internet ve saha araştırması yapmıştır.

9.Takım Üyesi; Takımda ROV operatör yardımcısı görevini üstlenmiştir. Aracın yönlendirmesinde operatöre destek olacak kişidir. Havuz testlerinde, yazılımcının direktiflerini yerine getirmekle görevli arkadaştır. Ayrıca takıma destek amaçlı sponsor bulma görevinde aktif rol almıştır. FLL yarışmalarında görev almış olduğundan takım çalışmasına uyumlu bir yapısı vardır.

10. Takım Üyesi; Küçüklüğünden bu güne elektronik tamir tutkusu olan ekip arkadaşımızdır. Temel seviye Python yazılım dili bilgisi mevcuttur. ROV aracımızın elektronik/elektrik sistem şemalarını tasarlayan arkadaşın yardımcısı olmuştur. ROV aracın tüp içi ve kara birimi kumanda modüllerinin (kamera, pnömatik kol, sensörler vb) montajlarını ve lehimlerini yapan ekip içinde çalışmıştır.

2.2.Organizasyon Şeması ve Görev Dağılımı:

Takım Görev Dağılımı olarak; Yazılım, Elektronik, Mekanik, Tasarım, ROV Operatör, Ürün Alım/Muhasebe, Raportör ve Tanıtım/PR/Sponsorluk olarak 8 başlıkta görev dağılımı yaptık.

Görev dağılımlarını kendi içinde alt başlıklara ayırdık. Süreç yönetiminde tanımsız görev kalmamasına özen gösterdik. Takım arkadaşlarımıza 1'den 10'a kadar kod numarası verip görev dağılımında kodlarını "Ekip Üyesi" Sütununa yazdık.

Tablo 1; Takım Görev Dağılımı ve Organizasyon Şeması

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

ÖTR raporumuz 80 üstü puan alarak geçmemizi sağlasa da hedeflediğimiz puandan uzaktı. Bu konuda yeterli zaman ve mücadeleyi sarf edemediğimizi kabul ederek KTR raporuna bomba gibi hazırlandık. Bu nedenle mevcut tasarım, bütçe, ekip, elektronik sistem ve ekip yapısında devrimsel bir değişime gidildi. Bu takım ile bu sene ilk defa katılacağımız için tecrübe eksikliği ÖTR raporunda çok fazla iken, yeni ekip arkadaşlarının geçmiş yıl insansız su altı araçları tecrübeleri olmaları bizleri hedefe çok yakın olduğumuza çıkan işlerle inandırdılar.

Teknofest sadece bir yarışma olmadığını; takım olmayı, araştırmayı, sponsor bulmayı, sanayide gün geçirmeyi ve yazılım ve tasarım öğrenmenin sıra dışı güçlerini KTR yazım sürecinde bizlere öğretmiş oldu.

Başlıklar halinde ÖTR raporundan KTR raporuna geçişte yapılan değişiklikler veya yenilemeler hakkında bilgiler;

- ÖTR raporunda 5 kişilik bir ekipken, KTR'de çok daha güçlü 10 kişilik bir ekip kurduk. Özellikle yazılım ve Tasarım kısmında eksikliklerimiz bu yeni arkadaşlarımız ile giderilmiş oldu. Tabi geçmiş yarışma tecrübeleri olmaları bize güven vermiş oldu.

- Sponsor Bulunması; ÖTR raporunda sponsor olmaması ve buna bağlı çok küçük bütçeli bir plan içerisindeyken, KTR raporu sürecinin başında bölgemizdeki bir iş insanından hayal ettiğimiz ROV araç bütçesini ve süreç yönetim maliyet desteği almayı başardık.

- ÖTR bütçesi yaklaşık 16 Bin TL civarındayken, KTR bütçemiz 33 Bin TL civarına çıkardık. Bu bütçe artışının nedenleri olarak;

	ÖTR
Toplam Fiyat:	16547 ₺

	KTR
NİHAİ BÜTÇE	32.900 TL

- ÖTR raporunda 6 motor ile hareket kazandıracağımız aracımızı 1. ve 2. Görev performansında yeterli hız, üç ve dengeyi sağlayacağına inanmadık. Yarışmaya Degz firmasının Mitras isimli 8 motoru ile hazırlanmaya karar verdik.

ÖTR Tasarımı / 8 MOTOR

KTR /8 MOTOR

- Yarışmada kullanacağımız ana kart raspberry pi ve otopilot kartı pixhawk yerine yerli ürün olan Degz firmasının octamini, güç dağıtım kartı ve elektrik aktarım kartına geçiş yapmaya karar verildi. Bu karar yerlilik puanı alınması ve ürün bazında teknik destek ihtiyacı olduğunda bize danışmanlık yapabilecek bir firma ile irtibatta olunması neden oldu.

degz Kurucu Kaan bey bizlere her aşamada destek oldu.

- ÖTR'de kullanacağımız su geçirmez tüp alan olarak araçta çok fazla yer ve su yalıtım alanın fazla olması değişim yapılmasına karar verildi. Degz firmasının H-1 sualtı haznesine geçiş yapıldı. Sızdırmazlık problemi olmadığı geçmiş yıl bu tüpü kullanan arkadaşlardan tavsiye olarak alınmıştı.

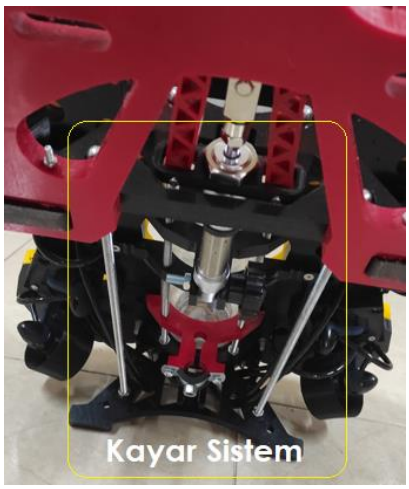
- Yarışmada 3. Görev olan otonom görev görüntü işleme teknoloji ile yapılacağı için özgün bir görüntü alma sistemi planlamaya karar verdik. Mevcut ROV tüpü dışında rahat ve esnek çalışabilecek, 180 derece görüş açısı verecek bir sistem hayal ettik. Bu noktada Degz firması Roli Kamera sistemini geliştirdiğini ve demo testlerini bizim araçta yapılmasını uygun buldular. Bu süreçte çıkan roli kamera sistemi ilk olarak bizim araca entegre edilmiş oldu. Bu tüp içinde IP kamera dışında, 2 adet fener ve hiçbir ROV araçta olmayan sualtı dalgıca mesaj yazabileceğimiz o-led ekrana sahip olacak bir sistem geliştirildi.

- ÖTR raporunda kullanacağımız Analog kamera yerine daha çözünürlüğü ve hızı yüksek IP kameraya geçiş yaptık 4K'ya kadar çözünürlük desteği sunabilmektedir bu kamera. Fiyat olarak 4 katı bir maliyet yarattı bizlere. Fakat 3.görev için elzem olduğu kararı çıktı ekipten.

- ÖTR raporunda iskelet üretim malzemesi belirtememiştik. Aracın son tasarımı polietilen levha ve poliüretan dengeleyici kullanılarak şase bir araya getirildi. Arada birleştirme çubukları takıldı.

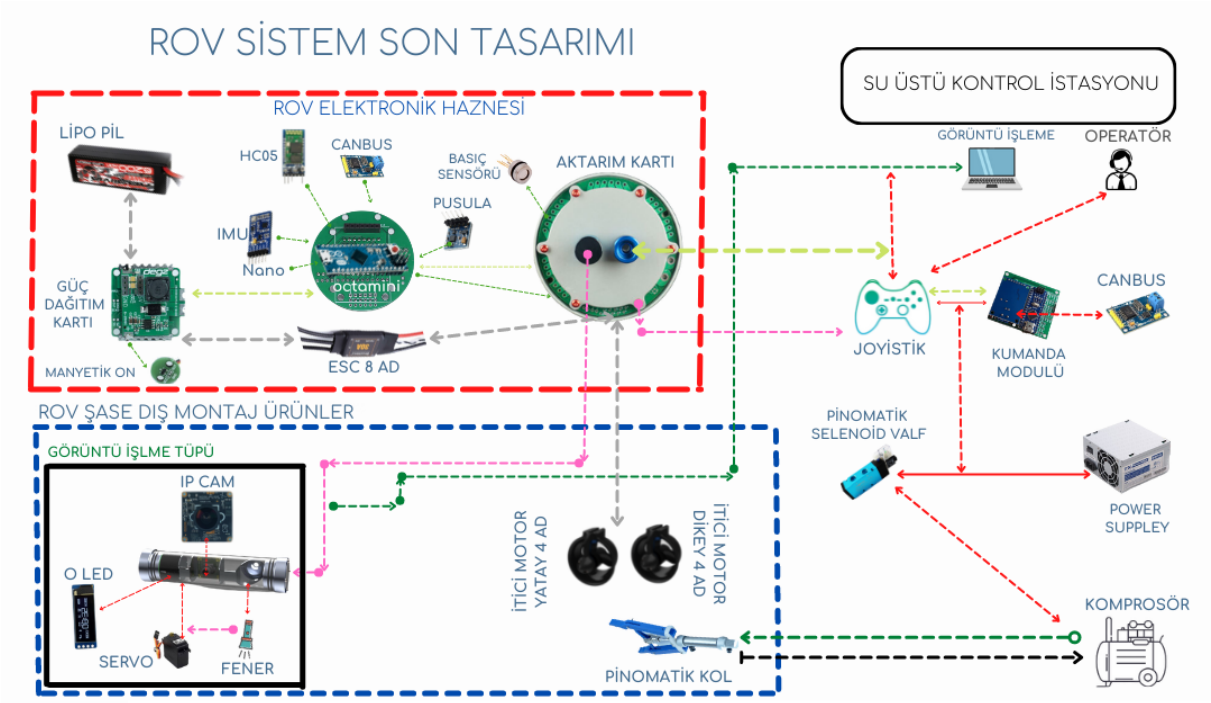
- Kamera 12 V beslemeyi kara biriminden kablo ile aktarmayı planlıyorduk. Bu akım düşüp çıkmasına neden olacağı için 6 S Lipo pilden 12 V'u aktarmayı KTR'de yapmış olduk.

- ÖTR raporunda pnömatik kolu sabit bir mekanizma üzerine monte etmeyi planlarken KTR raporunda kolun kayar bir hat üzerinden ihtiyaca göre ileri ve geri çekebilmeyi sağlayacak özgün bir tasarım yoluna gittik. Çok başarılı oldu bu sistem.



4. ARAÇ TASARIMI

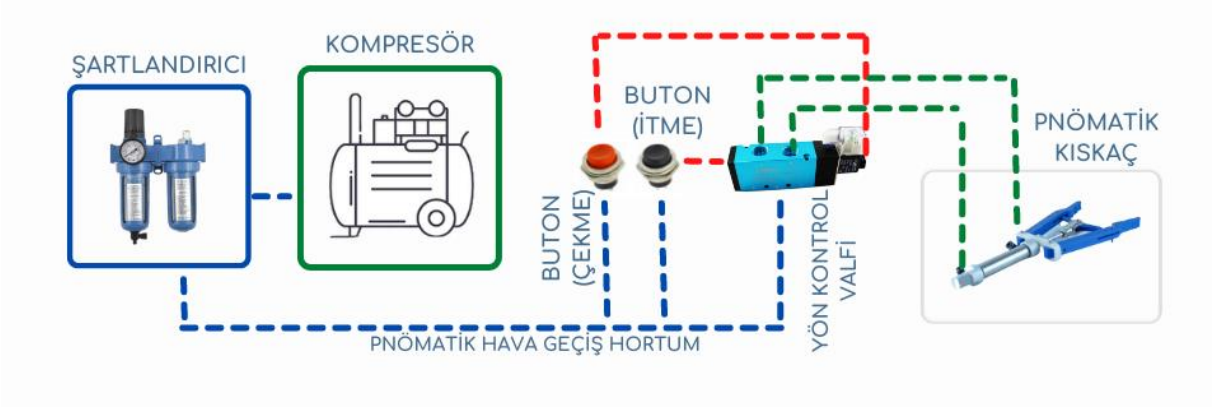
4.1. Sistem Tasarımı



Şekil 1: Final Tasarım Şeması

4.1.1. Pnömatik Sistem Tasarımı

Sistemimiz ROV ve kara kontrol ünitesi olmak üzere toplamda 2 birimden oluşmaktadır. Bu iki sistem arasında 25m CAT6 kablo ile karşılıklı veri aktarımını sağladık. ROV üzerinde bulunan robot kol pnömatik sistem olduğu için, 25m basınç hortumu 25m tahliye hortumu kullanıldık. Basınçlı hava için, kara biriminde sessiz 9 lt kompresör bulunmaktadır. CAT6 ve Basınç hortumları belirli noktalardan ağırlığını almak için makaron malzemesi takılı olacak.



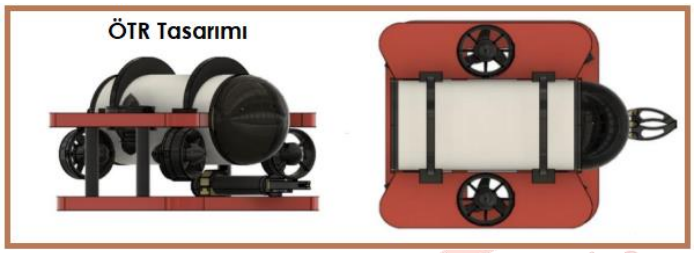
Şekil 2: Pnömatik Tasarım Şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

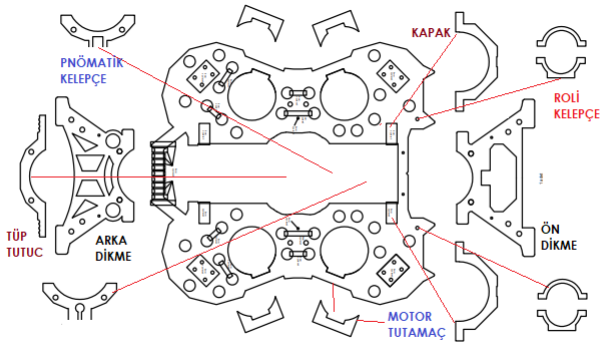
4.2.1 Mekanik Tasarım Süreci

ÖTR Mekanik Tasarım Süreci;

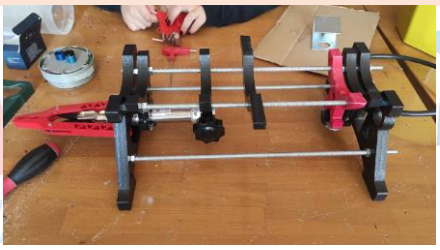
Teknofest 2022 sürecine aşağıdaki tasarım ile başladık. ÖTR tasarımına fazla bir zaman ayıramadığımız için yeterli olmadığını düşünerek, KTR'de tasarım değişikliğine gitmek durumunda kaldık.

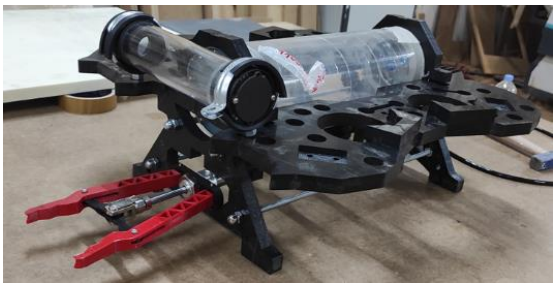


KTR 2 Boyutlu ROV Polietilen Parça Tasarımlarımız;

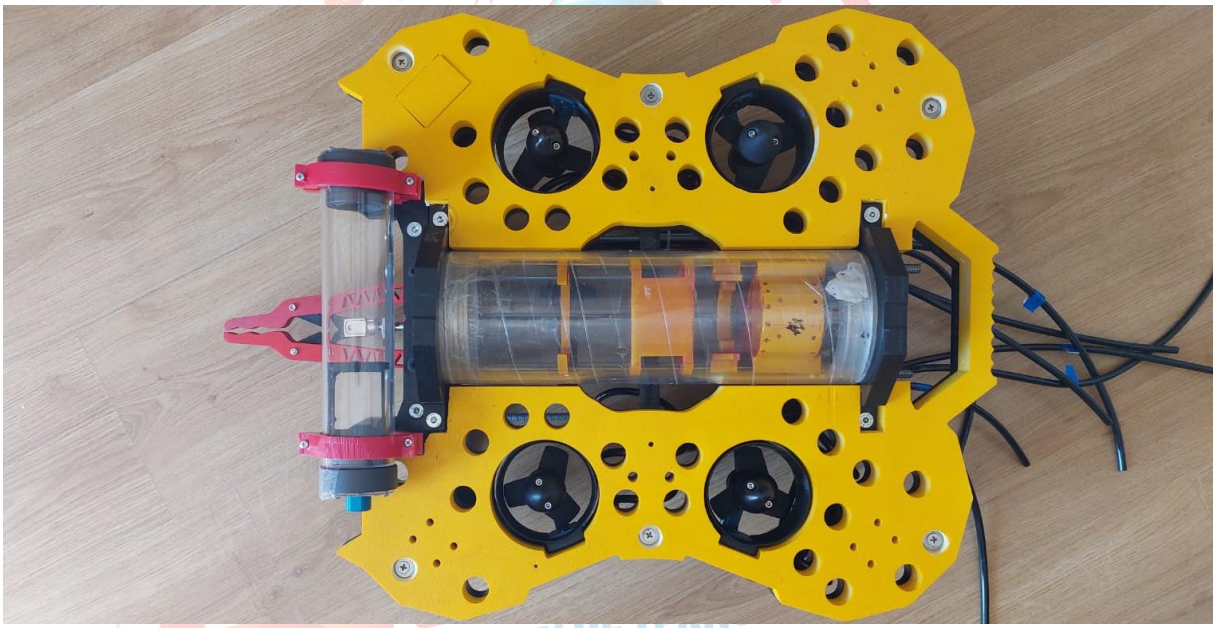


KTR ROV Polietilen ve Metal Çubuk İskelet Tasarımımız;





KTR ROV Final Tasarımımız;



4.2.2 Malzemeler

4.2.2.1 Şase Üretim Malzemeleri;

Polietilen Plaka: Polietilen, son derece dayanıklı termoplastiktir. Polietilen; sağlam, dayanıklı ve boyut kararlılığı olan bir malzemedir. Bu nedenle tüpü sabitlemek için ön, arka, kanat ve bağlantı parçaları polietilenden üretilmiştir. Kullanılan levha kalınlığı 1.7 cm'dir.

Poliüratan Levha; ROV, AUV ve diğer su altı sistemleri için dayanıklı ve ideal bir yüzdürücü köpüktür. Kesilmesi, işlenmesi, boyanması mümkündür. 20 mm kalınlığındadır. Yüksek darbe direnci vardır. Mükemmel su basıncı dayanımı su altında çürümez, deforme olmaz. Birçok yapıştırıcı ile uyumludur.

Taşıma Amaçlı Metal Dişli Çubuklar; Karbon çelikten üretilmiş, 4 adet, 38 cm uzunluğunda, 8mm çaplı dişli ve polietilen levhaları birleştirme amaçlı kullanılacaktır. İhtiyaç olur ise dengeleme amaçlı metal diskler takılabilecektir. Ayrıca pnömatik robot kol mekanizmasının ROV araç altında istenilen noktaya taşınmasında kızak görevi görecektir.

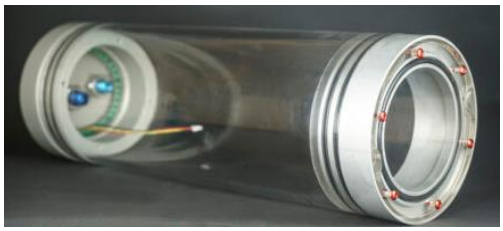
Birleştirme vida/somunları; Robot kol birleştirme için farklı ebatlarda (M3,M4,M5 ve M6) vidalar ve bunlara uygun somunlar kullanılmıştır. Yıldız ve alyan başlıklar tercih edilmiştir.

4.2.2.2 Pnömatik Kol/Kıskaç ve Çalıştırma Malzemeleri;

Pnömatik Silindir (Kol) ve Hortumu; Pnömatik Silindir, basınçlı hava enerjisinin kontrolünü sağlayarak doğrusal itme veya çekme hareketine dönüştürmeye yarayan elemanlardır. Pnömatik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürür. Sualtı görevlerini gerçekleştirmek için gereken pnömatik kol, yaklaşık 0.8 sn içerisinde açılıp kapanabilir kol, basit bir açma kapama sinyali ile karadan veya sualtından kullanılabilir. Tutma şiddetini basınçla ayarlayarak hassas nesneleri hafif bir şekilde tutabilir veya ağır nesneleri güçlü bir şekilde kavratabilir. Tutma Kuvveti: 2.8 Bar basınç altında Yaklaşık 180Newtondur. 25 mt Basınç, 25 mt Tahliye hortumu olarak, ROV araçta pnömatik kola, diğer tarafta yer istasyonundaki kompresöre takılır.

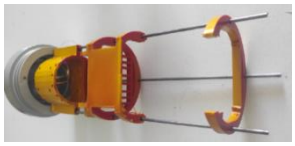
4.2.2.3 Su Geçirmez Hazne (Tüp) Bileşenleri;

H-1 Sualtı Su Geçirmez Haznesi/Degz;
Elektronik donanımların su geçirmesini önlemek için sızdırmaz tüp olarak tercih edilmiştir. Özellikleri; İç Çap 90mm, Dış Çap 100mm, uzunluk 30cm'dir. Şeffaf Silindir Pleksiglas (akrilik cam) termoplastikler grubuna dâhil bir üründür. Su Geçirmez Hazne Kapakları; Tüpte, Ön ve Arka kapakta Alüminyum türevi malzemeden yapılmıştır. Ön kapak orta kısmı kalın pleksiglass malzemeden yapılmıştır. Çift ***O-ring*** ile kapaklar takılır. Arka kapakta CAT6 kablo için 2 adet penetratör takılıdır. Yerli ve ekonomik olması tercih sebebidir.



Roli Kamera Haznesi; Ana tüpten bağımsız, harici mini bir su geçirmez akrilik bir tüp içinde konumlandırılmıştır. Ön ve arka kapaklar Alüminyum türevi malzemeden yapılmıştır.

Elektronik kart kızağı ve Yatakları; Hazne içinde elektronik kart, kamera, sensör ve 9'lu kablo soketi için uygun ölçüleri belirledik. 33cm uzunluğunda ve 3 mm çapında alüminyum çubuk üzerinde hareket edecek 3D yazıcıdan alınacak disklerle tasarladık. Her kart için ayrı bir disk düşünüldü. Kablo bağlantıları yapıldıktan sonra ihtiyaca göre ileri, geri çekebilmek için. Her bir disk 9.2 cm çaplı olup 8 farklı adet üretildi.

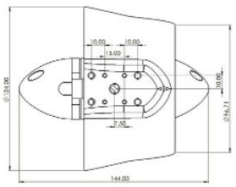


3D yazıcıdan ***PLA filament*** kullanılarak üretildi.

Epoksi; Termosetler grubundan yapıştırıcı bir kimyasal reçinedir. Donmuş epoksi mükemmel su izolasyonu özellikleri olan son derece kuvvetli bir yapıştırıcıdır. Kapak ile kart arasında su sızdırmazlığını sağlaması için kullanıldı.

4.2.2.4 Motorlar ve Bileşenleri ;

Mitras İtici/Degz; Voltaj Aralığı: Yerli firma Degz'in yeni fırçasız motor tipidir**.** Gövde Malzemesi Poliüretandan, Tutucu Malzemesi Uçak Sınıfı Alümiyumdan, Koni Malzemsi Poliüretandan ve Pervane Malzemesi PLA dan oluşmaktadır. Voltaj atalığı 3s-6s (12v – 25.2v). İtki kuvveti (21V) : >2.4 Kg-f'dir. 4 adet; ileri geri, sağ sol, 4 adet; aşağı yukarı itici kullanıldı.



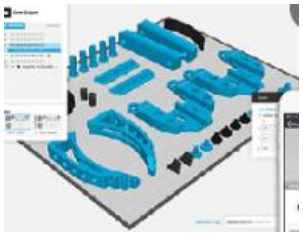
İtici Motor Kablosu; Motorlardan ESC'ye giden uzatın hattı kablosu "14Awg (2.0mm) Super Soft Silicone Wire" kullanılmıştır.

Kumanda Kutusu; ROV aracı kara istasyonunda yönetecek operatör için geliştirdiğimiz özel tasarım kutumuzdur. Kutu pleksiglas zemin ve 3D parçalar ile birleştirilmiştir. İçinde octamini kumanda kartı mevcuttur. Kamera açısını değiştirme ve motor hız kontrolleri vardır. Ayrıca üstünde Pnömatik kol hava basınç tetiklemesi anahtarı mevcuttur.

4.2.3 Üretim Yöntemleri

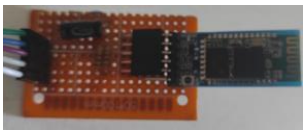
3 Boyutlu Baskı Üç boyutlu; (3D) baskı, dijital ortamda hazırlanan üç boyutlu dosyadan (CAD çizimleri), katı nesneler üretme sürecidir. Atölye ortamımızdaki 3D yazıcılarda PLA filament kullanarak üretimler gerçekleştirilmiştir. 3 Boyutlu Baskı yöntemi ile üretilen parçalarımız; tüp içi elektronik kart askıları, mini tüp içinde kamera hareket sistemi ve kumanda kolu parçalarıdır. Bu parçalarda 3D baskı yöntemi kullanılmasının en önemli sebepleri maliyeti düşük erişimi kolay ve işçilik gerektirmeyen bir üretim yöntemi olduğundan ve isteğe bağlı olarak model üzerinde değişiklik yapılıp kısa bir sürede üretime tekrar başlanabilmesidir.

Dilimleme Yöntemi/Dilimleyici: Tasarladığımız parçaları 3D yazıcının diline dönüştürmek için dilimleyici işlevi gören xDesktop adlı yazılım kullanılmıştır. Bu yazılımın görevi; tasarlanan parçayı 3D yazıcının diline yani ". gcode"a dönüştürmektir.



Isıyla Daralan Makaron Uygulaması: Elektronik parçaların birbirlerine çarpmaması, olası kısa devrelere sebep olmaması ve yapılan lehimlerin daha sağlam olması için ısıyla daralan makaron uygulamasından faydalanılmıştır.

Delikli Plaket: Takım tarafından imal edilen araç dışından kod aktarımı için bluetooth devre kartı delikli plaket yöntemi ile yapılmıştır. Delikli plaket, genelde kompozit bir madde ve bakırdan yapılan, üzerinde delikler ve lehim pedleri bulunan plaka şeklindeki bir malzemedir. Üzerindeki deliklerden elektronik komponentlerin bacakları geçirilir ve lehim pedleri üzerine lehimlenerek sağlam ve kalıcı bir şekilde oturmaları sağlanır. Lehimlenen parçalar arasındaki bağlantılar, lehim pedlerinin üzerinden lehim ile hat çekilerek veya atlama kabloları kullanılarak sağlanır. Bu sayede istenilen devre kalıcı ve temiz bir şekilde hazırlanır.



CNC Router; CNC Routerlar başta ahşap, mdf, sunta, kompozit, pleksi, derlin, poliüratan ve hafif metaller olmak üzere birçok farklı malzeme üzerinde oyma, şekillendirme, rölyef, yazı kazıma işlemleri yapmak üzere kullanılırlar. Bilgisayar destekli olan bu tezgahlar X, Y ve Z olmak üzere 3 eksen boyunca birbirinden bağımsız hareket etme özelliğine sahiptir. Bu nedenle bilgisayar ortamında hazırlanan şekil ve desenleri tasarım kısıtlaması olmadan işlenebilir. Aracımızın iskelet tasarımını yaparken ahşap sonrası polietilen levha CNC kesim olarak üretilmiştir.

Tezgahlı Matkap: Tezgâhlı matkap üstten yapılan delme işlemleri için kullanılmaktadır. Belirli bir tezgâha oturtulmuş olması stabil kullanım için idealdir. Matkap kısmına monte edilmiş lazer imleci ile matkabı hizalamak çok daha kolay bir duruma gelmektedir ve bu sayede çok daha istikrarlı delikler açılabilmektedir. ROV aracın birleştirme esnasında kullanıldı.

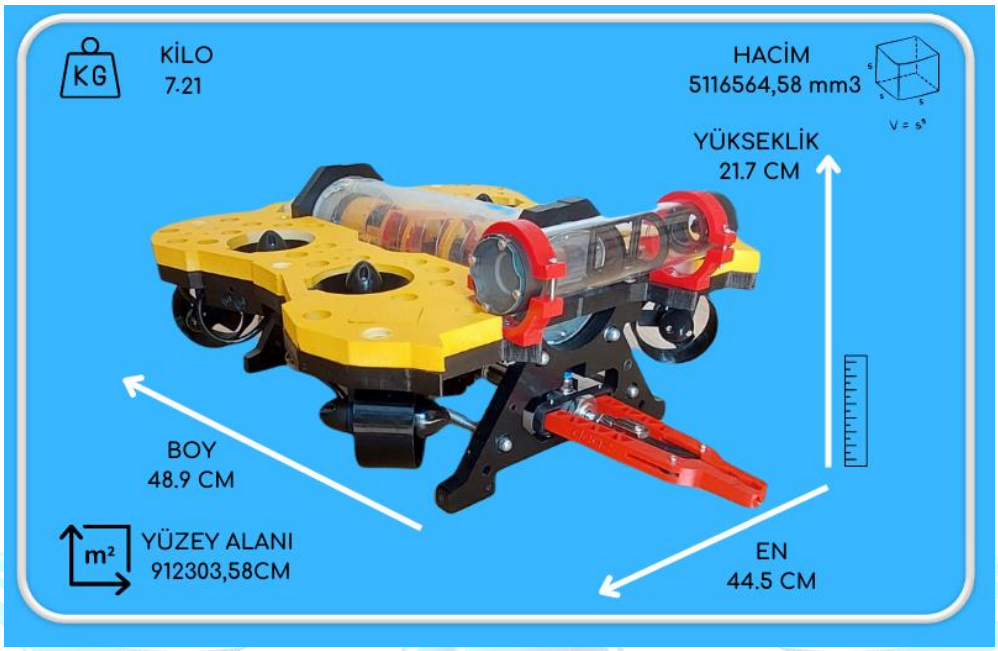
-Prototip Kalıp Çıkarma ve Eskiz Yöntemi; Aracımızı üretirken ve kumanda kolunu tasarlarken karton veya ahşap prototip modelleri geliştirdik. Maliyetleri azaltmak ve son ürünü çıkarmadan önce olası hataları tespit etmek için kullanılır. İhtiyaç duyulan ölçümleme ve yeni fikirler üstüne eklenebilir.

Kılavuzlama ve Paftalama: Pafta aletleri ve sıfırdan ya da daha önce diş açılmış ancak bozulmuş ahşap veya yüzeylere tekrar iç diş açmak için kullanılan kılavuzlar ile birlikte oluşturulan setlere kılavuz pafta seti denilmektedir. Robotun ve montaj kısımlarının iç vidalaması için kullanılmaktadır.

Tüp içi raf çubuklarında kullanılmıştır.

4.2.4 Fiziksel Özellikler

Aracımızın Gerçek Boyut Bilgileri Aşağıdadır; ROV aracımızın sayısal değerleri solidwords programından elde edilmiştir.

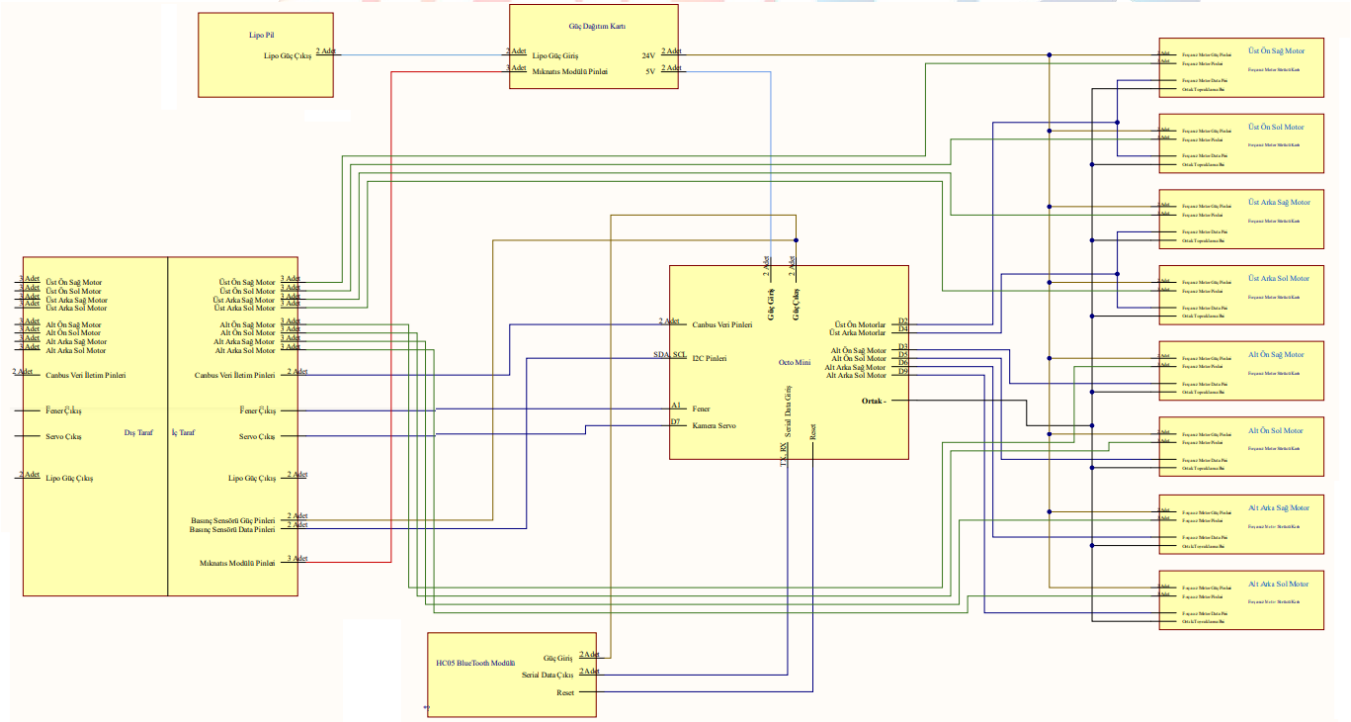


Görsel 1: Fiziksel Özellikler

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

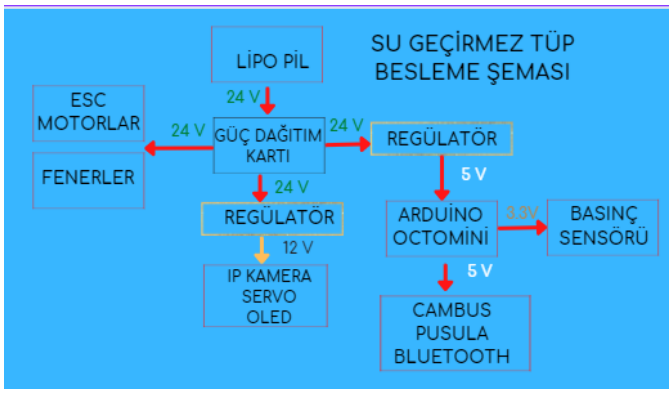
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

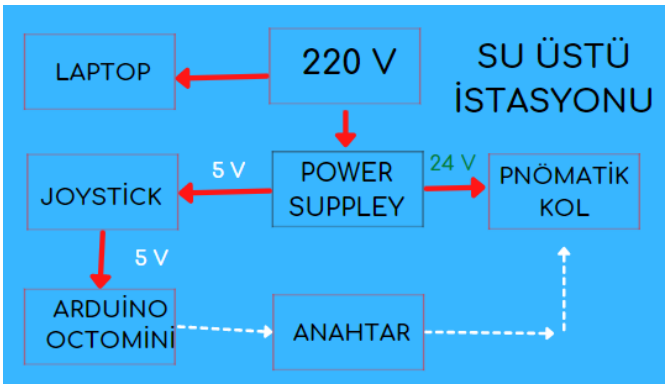
4.3.1.1. Elektronik Sistem Şeması;



Şema 1: Elektronik Sistem Şeması

4.3.1.2. Besleme/Voltaj Sistem Şemaları;





Şema 2; Su Geçirmez Tüp Besleme ve Su Üstü İstasyonu Besleme Şeması

4.3.2. Elektronik Kart ve Malzemeler;

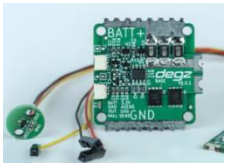
4.3.2.1 Hazne içi ve Kapak Elektronik Kartlar;

Octomini – Sualtı Kontrolcüsü; ROV aracımızın ana kartıdır. Dış çapı 55mm'dir. Üzerindeki anahtarlama elemanları ile aydınlatma, tutucu kol, örnekleme gibi 3 farklı cihazın açma kapama kontrolünü yüzeyden yapabiliyoruz. Yerli ürün olması tercih sebebimizdir.
Teknik Özellikleri; Çıkış pwm pin sayısı: 5+1 Pin, Mikro denetleyici: Arduino Nano, ***Dengeleme: Gyro – Mpu6050***, İletişim modülü: ***Canbus***, Mesafe: 400 metre, Besleme voltajı: 7-12 V, Anahtarlama: 3 cihaz, Azami 5A, Basınç sensörü girişi mevcuttur.

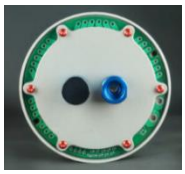
Pusula Sensörü; Son görev olan görüntü işlemede ihtiyaç olacak olan pusula sensörü model olarak "GY-271 3 Eksen / HMC588L" tercih edilmiştir. Bu sensör ROV aracın gerçek kuzeye göre gerekli dönüşleri belirlememize yardımcı olacaktır.

Blu 30A ESC / Fırçasız Motor Sürücü; M1 motor kullanılarak üretilen motor türevleri için özelleştirilmiş ESC'dir. Teknik Özellikler; Çift yönlü, Blheli, Blheli_S Konfigrasyon Sistemine Uyumlu, Dshot150/300/600 protokollerini destekler, 8v-24v gerilim aralığı (2s-6s), Aşırı ısı koruma, Azami Akım 30 Amper, Anlık Akım 35 Amper, Boyutlar 36x20x5mm'dir.

DEGZ Güç Dağıtım Kartı; Base Modül üzerindeki anahtarlama elemanları sayesinde elektronik haznenin dışarısından anahtarlama yapmanızı (***half sensör***) sağlar. Statik manyetik anahtarlama ile güvenli bir şekilde sisteminizin gücünü kesebilir, açma-kapatma işlemlerini gerçekleştirebiliriz. Üzerinde regülatör ile uygun çkış akımı sağlar. (Azami 5 A). Akım ölçüm sensörü ile sistemimizin çektiği tüm akımı sürekli olarak ölçer ve güç tüketimini hesaplayabiliriz. Bağımsız anahtarlama elemanı sayesinde adınlatmalar, tutucu kol veya görev birimi gibi iki farklı cihazı mikrodenetleyicimiz üzerinden anahtarlayabiliyoruz.



Elektrik Aktarım Kartı; ROV araçlarda su geçirmezlik konusunda sunulan en iyi çözümdür. Tüpün arka kısmında alüminyum kapak arasına konumlandırılır. Dış taraftan hazneye giren aktarımlar; 8 motora kadar çıkış (24 Pin) / 8pin iletişim hattı / 4 adet (8 pin) anahtarlama kanalı hattı ve kart üzerinde 30 Bar (290 Metre Derinlik) Basınç ve Sıcaklık Sensörü vardır. Aktarım kabloları lehimlendikten sonra üzerine epoksi dökülerek kurumaya bırakılır.

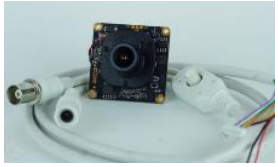


4.3.2.2 Görüntü Alma ve İşleme Sistemi;

Roli Kamera Hareket Sistemi; Ana tüpten bağımsız, harici mini bir su geçirmez akrilik bir tüp içinde konumlandırılmıştır. Ön ve arka kapaklar Alüminyum türevi malzemeden yapılmıştır, içinde elektrik aktarım kartı mevcuttur. 12 volt ile çalışmaktadır. Görüntü alma amaçlı aracın ön kısmına monte edilir.

Tüp içindeki Bileşenler;

IP Kamera; Standart pwm sinyalleri ile 180 dereceye hakim olan ***IP kamera*** (servo ile hareket) takılıdır. IP Kameralar paket protokolleri ile çalışan yüksek çözünürlüklü kameralardır. Dâhili olarak bir mikro denetleyicileri ile paket yapısı kullanılarak görüntüyü aktarırlar. IP kameralar analog kameralara benzer şekilde parazitten etkilenirler, ancak bu asla görüntü kalitesinin bozulması olarak sonuçlanmaz. Çözünürlük – 5MP 2592*1944 15fps; 4MP 2560*1440 25fps; 2MP 1920*1080 30fps'dir. Lm7512 – Lineer Regülatör ve konnektör ile bağlantı yapılır.



Aydınlatma; Dâhili yönlendirme yapılabilen ***lümen fener 2 adet*** mevcuttur. 1500 lümen ile sınırlandırılmış olup 11.2 W güç tüketimi mevcuttur.

Mesaj Ekranı; Sualtında dalgıç ile haberleşme amaçlı karadan mesaj yazabildiğiniz 128*32 ***o-led ekran*** mevcuttur.

Elektrik Aktarım Kapağı/Penatratör; Ön ve arka kapak içinde elektrik aktarım kartı mevcuttur.

4.3.2.3 Su Üstü Kontrol İstasyonu Malzemeleri;

Octomini – Kumanda Modülü; Kumanda olarak yerli ürün olan Degz firmasının "Octo SU Video" Octomini ile kullanabildiğimiz arduino temelli kumanda modülüdür. Joystick tasarımını sade olmasını düşünerek şunları bağlayabiliyoruz; 2 adet 2 Eksen joystick, 1 adet slayt swiç, 1 adet sürgülü potansiyometre bağlantısı yapılabilmektedir.Üzerindeki Canbus modülü, ROV aracı ile kara istasyonu arasında haberleşmeyi sağlar.

Arduino Joystick; Arduino X-Y Joystik Modülü KY-023 XY, İki eksenli, (X ve Y) ekseni olmak üzere iki eksende analog çıkış verir. 2 adet kullandık kumanda kutusunda.

CAT6 Kablo; Projemizde ROV ile yer istasyonu bağlantısında, LAN (Local Area Network) kabloları, Dahili Tesisat Data İletim Kabloları CAT6 kullanılacak. Bu kablolar 250 MHz'lik frekans geçişine elverişli olup 1Gbit/sn'lik veri taşıma özelliğine sahiptir. 25mt takılacak.

Laptop Bilgisayar; ROV Araçtan gelen bilgileri kara istasyonundaki operatöre sunmak ve ROV'dan gelen görüntüleri operatöre göstermek için kullanılacak. Aynı zamanda 3. Görev de görüntü işleme amaçlı kullanılacak. ROV araç üzerindeki IP kamera direk CAT6 ile laptop bağlantısı yapılacak. Ara yüz tasarımları aktif olacak yerdir.

4.3.2.4 Enerji/Besleme/Şarj Sistemleri;

Batarya; Lipo Batarya olarak 6s 6200mah 40C 2.2V kullandık. Uzun bir şarj süreci olması tercih sebebimiz oldu. Lipoyu su geçirmez tüp içine konumlandırdık. ROV araç beslemesi buradan sağlandı. 22.2V'da full şarj değeri 25.2V'dir. Dengeli deşarj performansına sahiptir.

Dijital Şarj Cihazı; Lityum iyon pillerinde şarj işleminin muhakkak kontrolü şarttır. Zira şarj sonunda 0,1 V gibi bir artış anot üzerinde metal lityum birikimine yol açacağından, sistemin

anormal sıcaklıklara ulaşması söz konusudur. Bu sebeple özel şarj cihazı gerekli olacağından, biz "IMAX B6 80W" Lipo Nimh Li-ion Ni-Cd RC Pil Dengesi Dijital Şarj cihazı kullanacağız.

Power Supply Güç Kaynağı; 250 Watt olan ürün, kara ünitesinde ihtiyaç olan voltajları temin eder. Ayrıca kompresör hava valfini tetiklemesi için besleme olarak da kullanılır.

Lipo Batarya Voltaj Test ve Alarm Modülü; ROV araç su geçirmez tüp içinde lipo pile takılı olarak, araç dışından anlık hücre voltaj değerlini görebileceğiz. Kritik sınırda allarım verecektir.

4.3.2.5 Pnömatik Kol Besleme Sistemleri;

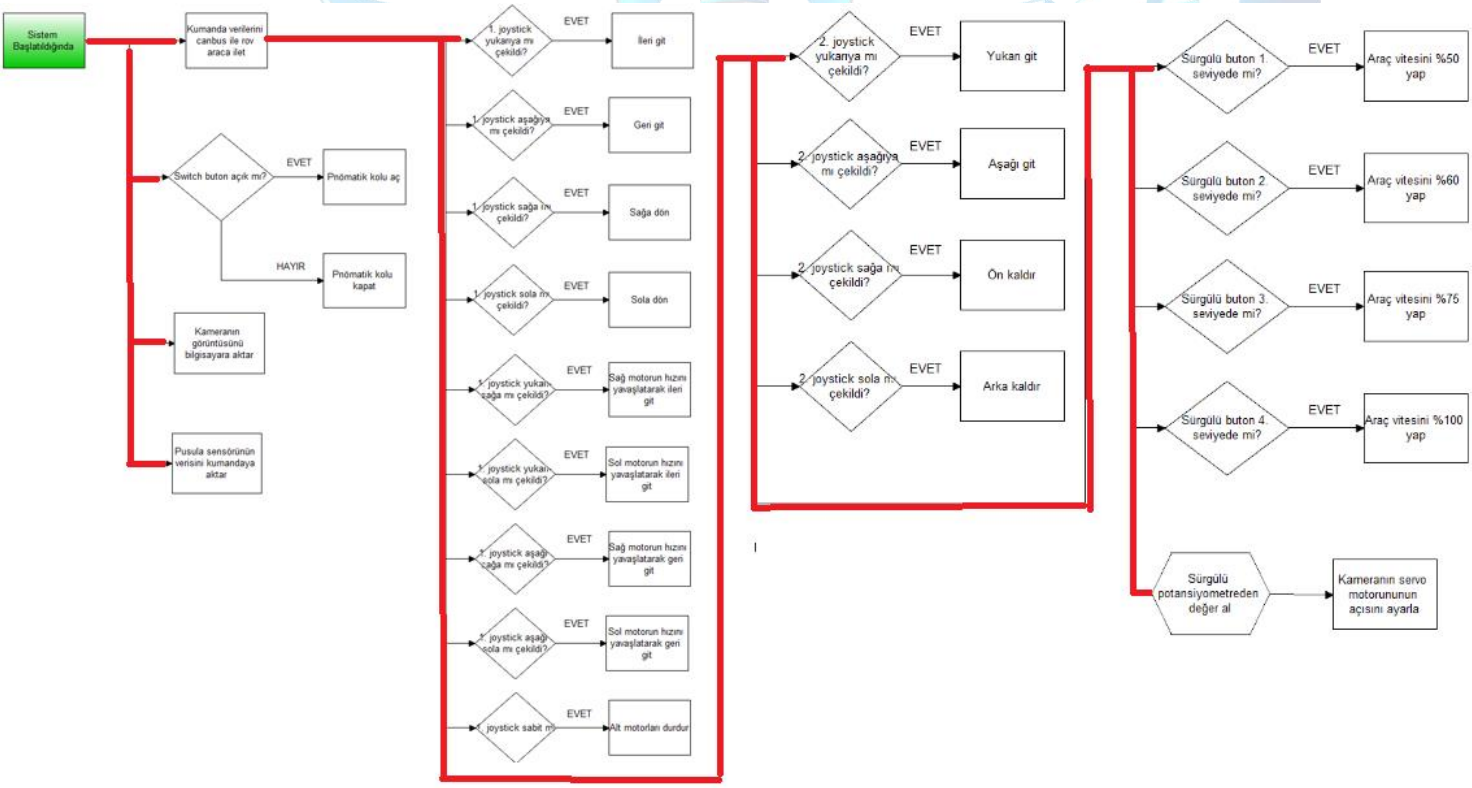
Basınçlı Hava Kompresörü; Pnömatik kolu çalıştırmak için basınçlı hava sağlayan, sessiz/yağsız 9 lt Kompresör. Yer istasyonunda konumlanacaktır. Ağırlığı 15km'dır.

Hava valfi: Su altı aracımızın kutu görevinde, kutudan çıkarılan objeleri yerine montaj yaparken tutan kıskaca, pnömatik kol üzerinden kompresör vasıtasıyla kara ünitesinden rölenin tetiklenmesi ile açılıp kapanma emrinin verildiği ünitedir.

4.3.3. Algoritma Tasarım Süreci

4.3.3.1. Manuel Görev Algoritması;

ROV aracımızın manuel görevler için, operatörün kumanda kolundan gelen komutları yerine getirecek, motorları en doğru performansla yönetebilecek, aynı zamanda ikinci görevdeki çekme, kaldırma ve koyma görevlerinde seri tepkiler verebilecek bir manuel algoritması oluşturduk.



Şema 3; Manuel Görev Algoritması

4.3.3.2. Otonom Görev Algoritması;

ROV aracı suya bırakılmasına paralel enerji verilir. Enerjiyi verdikten bir süre sonra yazılım, otonom görev için belirlediğimiz bir derinliğe kadar iner. Görüntü bilgisayara iletilir. Bilgisayarda çalışan yazılımımız görüntüyü alır ve aramak istediğimiz görüntü için görüntü işlenmeye başlar.

Kenar tespit algoritmamıza göre başlangıçta algılatacağımız görüntünün rengini ve ***kaç gen*** olduğunu bilmemiz lazım (daire, üçgen, dörtgen gibi). Algılatacağımız şekil daire ve renk kırmızı olacaktır. Kırmızı rengimizin hsv (hue, saturation, value) aralığını bulmamız gerekir.

Hue; 0 ile 360 arası olan renk geçişlerini sağlayan değerdir.

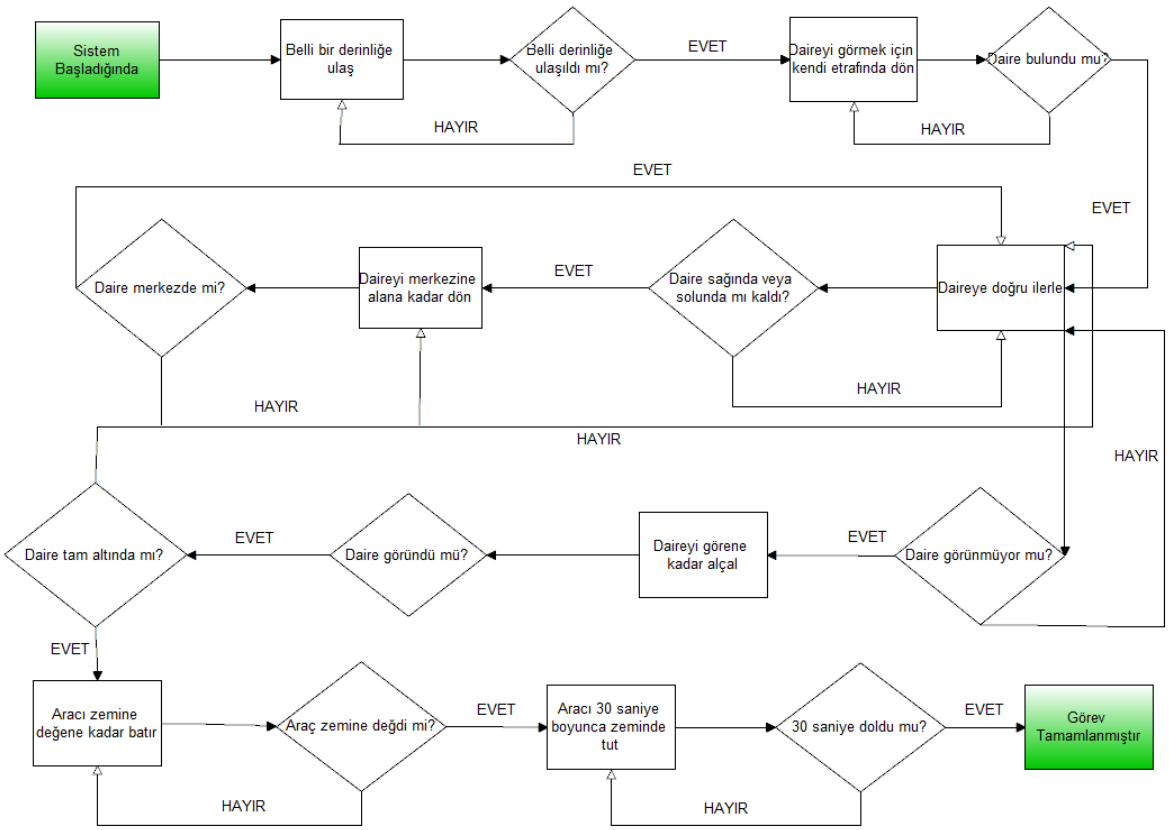
Saturation; 0 ile 100 arası olan rengin görünürlüğünü ayarlayan yüzdelik değerdir.

Value; 0 ile 100 arası olan rengin karanlığını ayarlayan yüzdelik değerdir.

Yazılımımızda kırmızı renginin hsv değer aralığını bulabilmek için testlerde kullanılmak üzere python programlama diliyle renk aralığını slider ile ayarlayabileceğimiz ayrı bir program yazdık. O programda bizim kırmızı renk hangi hsv aralıklarında düzgün görünüyorsa o değerleri kullanıyoruz.

Yalnız python'daki hsv değerleri ile normal hsv değerlerinde mantık aynı olsa da değerlerinde değişiklik var. Aşağıda sebepleriyle beraber hangi aralıklarda olacağını yazdım.

Hsv renk aralıklarımızı bulduktan sonra ekranda kameranın pixel'lerinin rgb değerleri istediğimiz renk aralığındaysa beyaz, değilse siyah görünecek. Oluşan beyaz bölge bizim dairemiz olacaktır. Daire tespit edildikten sonra dairenin merkezine doğru ROV araç motorları yönlendirilecek ve istenen noktaya gelindiğinde araç durdurulacaktır.



Şema 4: Otonom Görev Algoritması

4.3.4. Yazılım Tasarım Süreci

-Su Üstü Kontrol Kısmı (Kontrol Kartı);
Kontrol kısmında bir adet arduino NANO ve ROV aracı kontrol edecek joystick ve slider switch bulunmaktadır. Arduino yön bilgilerini Canbus iletişim protokolü ile ROV araca gönderir ve aracı hareket ettirir.
Arduino IDE arayüzü kullanılır. (C, C++ dili)

-Su Üstü / Bilgisayar kısmı;
ROV araç verileri kumandaya iletir. Kumandadan gelen verileri bilgisayarda işlenir ve bilgisayarda bulunan kontrol panelinde gösterilir.
ROV araçta bulunan kamera görüntüsü bilgisayara aktarılır. Bilgisayarda görüntü gösterilir. Otonom yazılım bilgisayarda çalışır. Otonom görevde kameradaki görüntü verisi bilgisayara iletilir. Gelen görüntü verisine göre bilgisayar kumandaya, kumanda da ROV araca veri iletir. Görüntü işleme ve panelde python3 yazılım dili kullanılacaktır.

-ROV Kısmı (ROV Kontrol Kartı);
ROV araçta Arduino Nano kullanılacak. Kumandadaki joysticklerin yön verileri canbus modülü aracılığıyla rov araca iletilir ve aracın motorları yön verilerine göre çalışır.
Bu kısımda Arduino IDE arayüzü kullanılmıştır. (C, C++ dili)

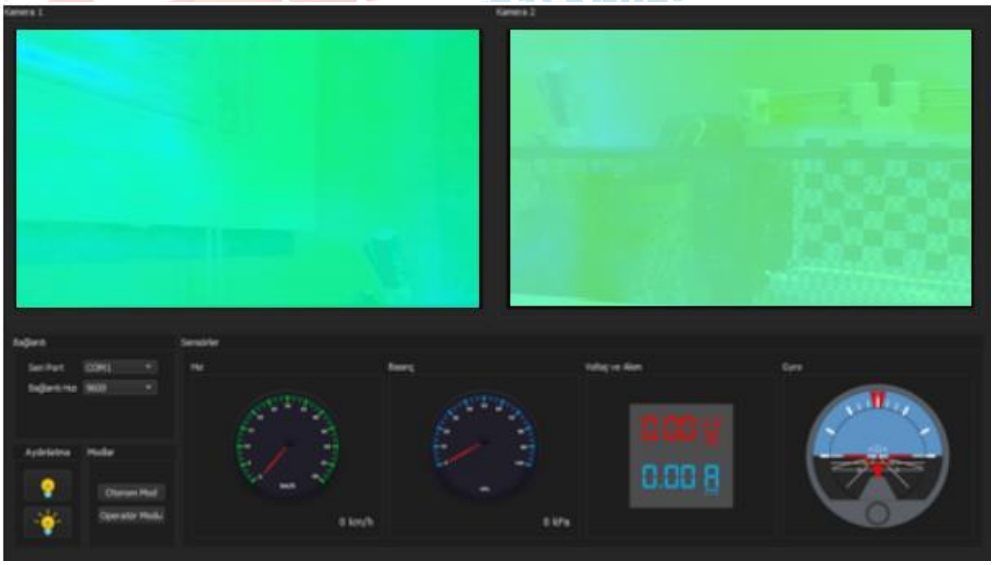
-Otonom Yazılım; Python'un opencv modülünü kullanarak nesne tespitimizi yaptık ve serial modülü aracılığıyla kumandaya hareket verisini ilettik. Kumanda da canbus aracılığıyla ROV araca yön verisini iletmiştir.

4.4. Dış Arayüzler

ROV araç arayüzü için .Net Framework (C# programlama dili) ve Visual Studio 2017 geliştirme ortamı kullanılmıştır. ROV aracın kamera görüntüsü ağ üzerinden mjpeg-streamer sayesinde mjpeg olarak yapılmıştır.

Arayüzde kamera görüntüsü, sensör verileri, uyarı ve bilgilendirme kısımları, kamera threshold, gaussian gibi filtrelerin ayarlama barları bulunmaktadır.

Arayüz üzerinde TCP socket iletişimini başlatması için bir başlat/durdur butonu bulunmaktadır.



Görsel 2: Hydra Ara Yüz Tasarımı

5. GÜVENLİK

5.1. Güvenlik Önlemleri ve Çözümleri;

Yarışma şartnamesinde belirtilen güvenlik ihtiyaçlarının karşılanması için aldığımız önlemler ve çözüm yöntemlerimiz;

1. Havuz testlerimizde görev objeleri aracımızın güvenliğini sağlamak için havuz duvarlarına çok yakın olacak şekilde yerleştirmemeye dikkat edeceğiz.
2. ROV aracımız, kurallar kapsamında tanımlanan emniyet hususlarına uygunluğu tam olduğu gözlemledik, Teknofest Yarışma Şartnamesine uygunluğuna kanaat getirdik.
3. ROV aracımıza gerekli güvenlik kurallarını tatbik ettikten sonra, enerji sağlayacağız.
4. Aracımızda lipo batarya olduğu için, ROV araçtaki tüpün kapaklarını açmadan dışarıdan bir mıknatıs yarımıyla tüp içindeki half sensör ile karşılıklı tutularak acil durumlarda aracın voltajını kesebileceğiz.
5. Aracımızdaki lipo batarya çalışma gerilimi 22.2 V olup, 50 VDC'yi aşmadığı görülmüştür.
6. ROV aracımızın kara ile bağlantısı CAT6 kablo ile olacaktır. Besleme olarak tüp içinde lipo pil kullanılacaktır. CAT6 kablosu kendinden yalıtımlı olup, bağlantı noktaları epoksi ya da konektörler ile yalıtım altına alınmıştır. Aracımız, tüp içindeki lipodan beslendiği için karada bir sigorta mevcut olmayıp, ihtiyaç durumlarında aracı karaya alıp half sensör ile akım kesilmektedir.
7. Aracımızın havuz testlerinde sızdırmazlık testleri yapılacak, takiben Hareket ve Kabiliyet Videolarında sızdırmazlık için havuzda voltaj verilmeden hava kabarcıkları çıkmayana kadar suda tutulacaktır.
8. Aracımızdaki motorların suya karşı izolasyonu yeterli derecede yapılmış, minik havuzlarda 1 gün boyunca tutulmuştur. İzolasyonu sağlam olan motorlar araca monte edilmişidir.
9. Aracımızdaki motor/pervane sistemlerindeki açık keskin uçlar mevcut olamayıp, olası tüm uçlar köreltilmiş ve nozullanmıştır.
10. ROV Aracımızın ana gövdesi üzerinde keskin noktalar bırakılmamış, olası noktalar yuvarlatılmıştır.
11. Aracımızdaki ve kontrol ünitemizdeki elektriksel bağlantılar mümkün olduğunca esneklik sağlandı, gerilmelere karşı pay bırakıldı. Ani hareket testlerimizden olumlu puan aldı.
12. Aracımız lipo ile beslendiği için, su üstünde 220V AC kullanılmayacaktır.
13. Aracımızda hidrolik sistemler mevcut olmadığından bir kirlilik durumu havuzda olmayacaktır.
14. Su altı aracımızın üzerinde gevşek parça olmaması adına en az 2 vida ile birleştirilmesi yapılmış. Mümkün olan yerlere somun ilave edilmiştir.

5.2. Güvenlik Önlemlerinde Kullanılan Malzemeler;

1. Koruyucu Eldiven, Gözlük, Maske ve Atölye Önlüğü kullanılmıştır.
2. Atölye girişine günlük, haftalık ve aylık güvenlik çek listesi asıldı.
3. Atölyede; Yangın Söndürme Tüpleri hazır tutuldu. Acil tahliye yön levhaları monte edildi.
4. Matkap ve dramel kullanılırken, sabitlenerek kullanıldı.
5. Aracın acil durumlarda kapatılması için Half Sensör Kullanıldı.
6. Lipo pil tehlike arz ettiği durumlarda yalıtımlı imha çantası hazır bulunduruldu.
7. Voltaj ile uğraşma durumlarında mutlaka ölçü aleti ile ölçüm yapılarak test edildi.
8. Havuz testlerine başlanılınca, sıvı temasına karşı her zaman kuru havlu-peçete bulundurulacak.
9. Tüp'de sızdırmazlık için çift o-ring kullanıldı, motor bağlantılarında epoksi ile yalıtıldı.
10. Lehim işlemi esnasında etrafta güvenlik önlemi almayan kimse bırakılmadı.
11. Havuz testlerinde boğulmaya karşı can simidi ve ilk yardım bilen bir kişi olacak.
12. Atölye ve havuz testlerinde yanımızda her daim ilk yardım çantası bulundurulacaktır.

6. TEST

ROV araç geliştirme sürecinde ekibimiz tarafından yapılan testler aşağıda sunulmuştur.

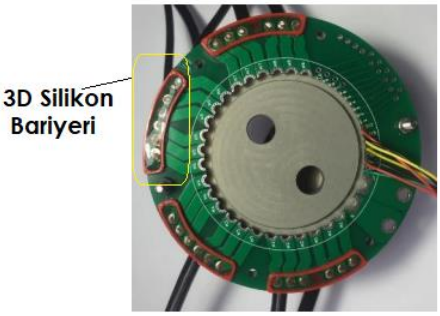
Test Konusu	Test Amacı	Test Ekipmanları	Durumu	Sonuçlar
Sızdırmazlık Testi	Tüp içine su basıncı altında su sızma ihtimali testi	Minik Havuz	Yapıldı	Önce boş olarak test yapıldı tüp, sonra elektronik kartlar ve kablo bağlantısı yapıldığında yapıldı. Sızma görülmedi
Motor Performans ve Güç Testi	Aracımızın ağırlığına ve yapısına göre itme gücü	Mini Havuz	Atölye Testi yapıldı/ Havuz Yapılacak	Şimdilik motorları ESC'lere bağlayıp minik bir havuzda test ettik/olumlu
Elektronik Devre Testleri	Elektronik kartların tüp içine lehimleme yapmadan önce çalışırlık testi	Ölçü aleti Havya Güç K.	Yapıldı	Ana kartlar, ESC'ler, Güç Dağıtım, sensörler, fenerler ve kameralar uygun voltajda aktif olduğu gözlemlendi
Manipülatör Kol Testi	Görevlerde kullanmak amaçlı tutucu kolun çalışması testi	Kompresör Pnömatik Kol	Yapıldı	Kumanda kolundan gelen röle tetiklemesi ile hava ile ile pnömatik kıskaç açılıp, kapandığı gözlemlendi.
Mekanik Testler	ROV iskelet üzerindeki ekipmanların hareket kabiliyetine uyumluluğu	Atölye	Yapıldı	Pnömatik kıskaç, pak aparatı, roli kamera sistemi, fener ve motorlar araç iskeletinde dengeli uyumlu durumda
Joystick Testi	Motorlara Yön verme, motor hızı ve kamera açısı ve kol kullanım testi	Havuz Joystick	Kara testi yapıldı/Havuz Yapılacak	Havuz ortamına sokulmadan, atölyede tek tek tüp bağlantısı yapılarak test edilecek, takiben havuza sokulacak.
Görüntü Aktarma Kamera Gecikme Testi	Görüntü araçtan karaya aktarılması ve görüntü işlemede kamera paket taşıma gecikmesi	Atölye IP Cam	Yapıldı	IP Kamera ve cat6 kablo bağlantısında (25 mt) 1 sn'yenin altında bir gecikme tespit edildi. Risk taşımadığına karar verildi. Görüntü taşıması parazitsizdi.
Hareket Kabiliyeti	Havuz ortamında motorlara ve araca yük bindiğinde kumandadan gelen emire verdiği tepkiler testi	Havuz Kompresör	Yapılacak	KTR sonrası havuza giriş yapacağız. Havuzda ileri git, sağ, sol, geri aşağı ve yukarı komutlarına tepkisi ve hızı ölçülecek. Kafa kaldır ve indir testi, kıskaç testi ve operatör sürüş testi yapılacak.
Yazılım testleri	Otonom görev için hangi program ile çalışacağı belirleme testleri	Laptop	Yapılıyor Devam	Geçen sene raporlarda yazan görüntü işleme programlarını sırayla test ediyoruz, yazılımı geliştiriyoruz.
Denge-Yüzerlilik Testi	Yönerge gereği arcın havuzda dengeli ve stabil durma testi	Havuz	Yapılacak	KTR raporundan sonra havuz testleri başlayacak. Havuz da denge için ağırlık diskleri ve ilave poliüratan takılacak noktalar hazır.
Akışkanlar Analizi Testi	ROV aracın su içerisinde hareket esnasında, mekanik ve tasarımsal yapısına karşı akış direnci testi	Solidworks Programı ve 3D Tasarım	Yapıldı	Solidworks programına mevcut tasarım yüklenerek akışkanlık testleri yapıldı, elde edilen veriler %85 olumlu
Görev ve Parkur Testleri	Görev dokümanlarına göre uygun ekipmanlar üretip operatör testi yapmak	Havuz Görev Ekipmanları	Yapılacak	Benzer materyaller üretilip yarışma ortamına yakın bir ortam oluşturularak görev testleri antrenmanlarda yapılacak.
Simülasyon Testleri	Havuz testine girmeden önce sürüş ve görev simülasyon testleri	Simülasyon Programı	Yapıldı	Hazır olan piyasdaki programlar kullanıldı. Operatör fikir edinmiş oldu.
Kamera Servo Testi	Kamera servosunun dayanıklılığını test etmek	Servo Motor	Yapıldı	Kameraya farklı komutlar verildi. Servoya yukarı-aşağı dalgalanma hareket komutu verildi. Servoya ani yukarı aşağı hareket komutu verildi. Sıkıntı çıkmadı.

7. TECRÜBE

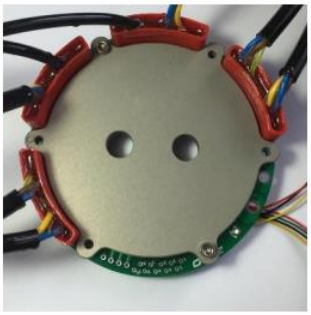
Lipo Pil Hücre Şişmesi; Lipo pil 6 hücreli olup kameramızı direk 3 hücresinden besledik. Bu hatamız lipo hücrelerinin dengesiz deşarj olmasına ve zamanla bataryanın ölmesine sebep oldu. Yeni lipo aldığımızda çözüm olarak haricen regületör takarak eşit hücre kullanımını sağlamış olduk. Şarj ve deşarj olma süreleri eşitlenmiş oldu hücrelerin.

Pnömatik Kol Kıskaç Kırılması; Pnömatik kol kıskaç kısmı 3d yazıcıdan alınmıştı. Kullanılan PLA filament 1.kg'lık basınç altında kalan yükü tasarımda çekemeyip kırılmasına sebep oldu. Yaklaşık 17. denemede kırıldığı tespit edildi. Yenisi için daha dayanıklı bir tasarım planlandı.

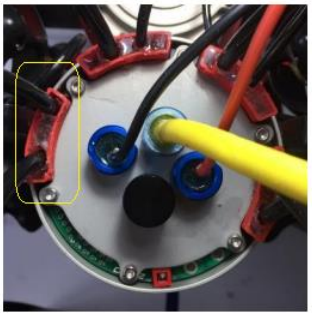
H-1 Aktarıcı Kartı İzolasyon Yöntem Değişikliği; Geçen Sene edindiğimiz tecrübelerden H-1 aktarıcı kartında elektrik kaçağı oluyordu. Bu sene aktarıcı kart üzerinde tespit edilen sorunları ele alınarak geliştirilmiş olan yeni izolasyon yöntemini aşağıdaki şekilde uygulanarak elektrik kaçağı sorununu ortadan kaldırdık.



Arka Yüzeyi Kaplanmış



Ön Yüzey Kaplanmış



Test Sonrası Görünüm

8. RİSK PLANLAMASI

8.1. Zaman Planlaması;

S.NO	İŞ TANIMI	NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		
1	Nitelikli Ekip Arkadaşı Bulma Süreci	X								
2	Proje Ekip Toplantıları		X	X	X	X	X	X		
3	KTR Görev Dağılımı Yapılması			X						
4	Gerekli Eğitimlere Devam Edilmesi			X	X	X				
5	ÖTR Raporunun Puan İncelemesi		X	X						
6	Final Şase Aracın Birleştirilmesi			X	X					
7	3D Tasarımın Basılması		X	X	X					
8	Sponsorluk ve Finans Desteğini Süreci	X	X							
9	Malzemelerin Alınması		X	X						
10	Elektronik Kart Testlerine Başlanılması				X					
11	Tüp içi kart yerleşimin yapılması				X	X				
12	Yazılım/Tasarım Sürecinin Geliştirilmesi					X	X			
13	KTR Teslimi				X					
14	Yarışma Görevlerinin Sanayide Yapılması					X				
15	Havuz Test Yeri Belirlenmesi			X						
16	Havuzda Aracın Test Edilmesi/Görevler						X	X	X	
17	Otonom için Makine Öğrenmesi Çalışması						X	X	X	
18	Sızdırmazlık/Hareket Video Çekimler						X			
19	Kabiliyeti Videolarının Teslimi							X		
20	TEKNOFEST KARADENİZ 2022									X

Liste 1: Zaman Çizelgesi

8.2. Nihai Bütçe Planlaması;

Nihai (Final) Bütçemiz aşağıda sunulmuştur. Ülkemizin içinde bulunduğu ekonomik problemler dolayı başlangıç bütçemizden %30 daha fazla çıkmıştır. Bazı ürünlerin tedarikinde problemler yaşanmış, muadil ürünlere yönelme yoluna gidilmiştir.

S.NO	ÜRÜN ADI	AD/ÖLÇÜ	TOPLAM FİYAT
ŞASE ÜRETİM MALZEMELERİ			
1	Polietilen Plaka	90X90cm,17mm	850 TL
2	Poliüretan Levha	50*50cm 17mm	280 TL
3	Dengeleyici Metal Dişli Çubuklar	4 adet, 35cm/8mm	25 TL
4	PLA Filament	1 kutu	179 TL
5	M3 5mm-10mm-35mm, M4 35mm- YSB vida ve somun	80 adet	120 TL
ROBOT KOL VE ÇALIŞTIRMA MALZEMELERİ			
6	Manipülatör Kol -Pnömatik Silindir	1 adet	1.250 TL
7	Hava Valfi	1 adet	172 TL
8	Basınç Hortumu	25mx2adet	250 TL
9	Basınçlı Hava Kompresörü	1 adet	2.400 TL
SU GEÇİRMEZ HAZNE BİLEŞENLERİ			
10	DEGZ Sualtı Su Geçirmez Haznesi 30Cm *Şeffaf Silindir Flekssiglas,* Su Geçirmez Hazne Kapakları	1adet	2.700 TL
11	Elektrik Aktarım Kartı	1 adet	
12	Epoksi 200g A/100g B Asm PRL	1 set	
13	704 Yapışkan	1	
14	O-ring	8 adet	
15	Sıvı Silikon	1 adet, 100gr	
16	Lehim ve Pasta	1 adet	35 TL
17	Elektronik kartlar için PLA Diskler 3D baskı	8 parça	Üretim
SU GEÇİRMEZ MİNİ TÜP (CAM+FENER-SERVO)			
18	Roli Kamera Hareket Sistemi Mini Tüp	1 adet	4.700 TL
19	IP Kamera	1 adet	
20	Lümen Fener	2 adet	
21	o-led ekran	1 adet	
22	Servo Motor	1 adet	
MOTORLAR VE DIŞ BİLEŞENLERİ			
23	Mitras İtici-DEGZ (Kabuksuz)	8 adet	10.800 TL
24	Motor Kasa Kabukları (üretim 3d)	8 adet	
25	**HAZNE İÇİ ELEKTRONİK KARTLAR**		
26	Octomini – Sualtı Kontrolcüsü (Main Board)	1 adet	300 TL
27	Blu 30A ESC – Fırçasız Motor Sürücü (ESC)	8 adet	3.060 TL
28	Degz Güç Dağıtım Kartı	1 adet	780 TL
29	HC05 Bluetooth-Serial Modül Kartı ve Pertinaks Kart	1 adet	80 TL

30	HMC5883L 3 Eksenli Pusula Sensörü - Manyetometre - GY-271	1 adet	70 TL
31	22.2V 6200mAh 40C Lipo Batarya 6S Pil	1 adet	2.900 TL
32	Lipo Pil Test Cihazı	1 adet	34 TL
SU ÜSTÜ KONTROL İSTASYONU MALZEMLERİ			
33	Octomini – Kumanda Modülü/DEGZ	1 adet	330 TL
34	Arduino X-Y Joystik Modülü KY-023 XY	2 adet	40 TL
35	4 Pozisyon 2p4t 4 yönlü Slayt Anahtarı	1 adet	15 TL
36	Sürgülü Potansiyometre Modülü 10K	1 adet	25 TL
37	On /Of Anahtar	1 adet	5 TL
38	Kumanda Kutusu Pleksi Glas Lazer Kesim-Üretim	1 adet	70 TL
39	CAT6 Kablo	25mt	250 TL
40	LAPTOP	1 adet	Mevcut
GÜÇ VE ŞARJ ÜNİTELERİ			
41	IMAX B6 80W" Lipo Nimh Li-ion Ni-Cd RC Pil Dengesi Dijital Şarj cihazı	1 adet	860 TL
42	Power Supply	1 adet	320 TL
		NİHAİ BÜTÇE	**32.900 TL**

Liste 2: Nihai Bütçe Planlaması (KDV Dahil)

8.3. Risk planlaması

Ekibimiz olarak proje sürecinde olası risklere karşı her zaman tetikte olduk. Bu süreçte karşımıza çıkan tehdit ve fırsatları hazırlıklı olup bunlara karşı önlem almak için SWOT tekniğini kullandık. SWOT analizi bir projenin güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri analiz etmek için kullanılan güçlü bir risk yönetim tekniğidir. SWOT analizimiz aşağıdadır.

Tablo 2: SWOT Analiz Tablosu

OLASILIK +	ŞİDDETİN BÜYÜKLÜĞÜ				
	Düşük (1)	Orta (2)	Yüksek (3)	Çok Yüksek (4)	Aşırı (5)
Düşük (1)	Düşük (2)	Orta (3)	Yüksek (4)	Çok Yüksek (5)	Aşırı (6)
Orta (2)	Düşük (3)	Orta (4)	Yüksek (5)	Çok Yüksek (6)	Aşırı (7)
Yüksek (3)	Düşük (4)	Orta (5)	Yüksek (6)	Çok Yüksek (7)	Aşırı (8)

Tablo 3: Risk Matrisi Renk ve Puanları

Risk Matrisi Renk Açıklamaları		
Düşük	Orta	Etkinliğe devam edilebilir ancak riski ortadan kaldırmak amacıyla harekete geçilmelidir.
Yüksek		Etkinliğe devam edilebilmesi için destek alınmalıdır.
Aşırı		Acil Müdahale durumuna geçilmelidir.

Tablo 4: Risk matrisi renk açıklaması

Risk yönetiminin beş adımı vardır. Bu beş adım sırasıyla:
1- Riski Belirlemek, 2- Riski Analiz Etmek, 3- Riskleri Değerlendirmek ve Sıralamak,
4- Risklerin Tedavi Edilmesi, 5- Riskleri İzlemektir.

Hydra Takımı'nın, risk yönetimi yardımıyla oluşturduğu risk planı **Tablo 5'te** ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir.

İlişkili Risk	Tehlike	Olasılık	Risk Seviyesi	Risk Yönetimi
Proje bütçesinin aşılması	Düşük1	Düşük1	Düşük2	Ek bütçe için sponsor veya ailelerden ek bütçe talep edilir.
Malzemelerin tedarik edilememesi	Düşük1	Düşük1	Düşük2	Malzeme tedarik sürecinde sıkıntı çıkmaması için tüm malzemeler mümkünse yerli firmalardan alınır veya kendimiz üretiriz. Geçen yıl yapılan ROV yedekleri kullanılır.
Parçaların arızalanması	Orta2	Yüksek3	Orta 5	Geçen yılki yedek parçalar kullanılacaktır. Ya da tamir yoluna gidilecektir.
Elektronik malzemelerin suyla teması	Yüksek3	Yüksek 3	Yüksek 6	Öncelikle takım tarafından hasar tespit edilir, analiz edilir. Tamir edilebilir seviyede ise tamir edilir. Güvenli biçimde test edilir. Aksi takdirde hasar görmüş parça yedeği ile değiştirilir.
KTR Raporunun ve Kabiliyet Videosunun zamanında yetiştirilememesi	Düşük1	Düşük1	Düşük2	KTR raporundaki bölümleri takım arkadaşlarına pay edilmesi zamanda hızlanmaya sebep olur. Video içinde havuz testi yapılır yapılmaz video çekilir.
ROV operatörünün yarışma esnasında rahatsızlanması	Orta2	Düşük1	Orta 4	Havuz testlerinde asil hariç 2 yedek operatör yetiştirilmesi planlandı.
Otonom Görev için yeterli Makine Öğrenimi Yapılmaması	Orta 2	Düşük 1	Orta 3	Havuz testleri esnasında bir yandan harici bir su geçirmez kamera ile 3. Görev olan kırmızı daire tespit çalışmaları ile görseller toplanacak.
CAT 6 kablonun zarar görmesi durumu	Düşük 1	Orta2	Düşük 3	Tüp kablo giriş kapağı ve elektrik aktarım kartı yedeği bulundurulacak. Buna lehimleri yapılmış 25 mt cat6 kablo hazır tutulacak. Epoksi yedek olacak.
Motorlardan birinin bozulması durumu	Düşük 1	Düşük1	Düşük 2	Su geçirmez tüp kapağında yedek cat6 giriş için tıpalı konnektör takılı olacak. İhtiyaç olur ise hızlı müdahale edilebileceğiz.
Robotun denge sorunu yaşaması	Orta 2	Orta 2	Orta 4	Havuz testlerinde denge sorunu çıkarsa diye denge çubuklarına takılacak ağırlık diskleri hazır bulundurulacak. Harici poliüratan parçalar takılabilecek noktalar önceden belirlenecek.
Yarışma görevlerinin sanayide üretim sorunu	Çok Yüksek 4	Yüksek3	Yüksek 7	Sanayide dükkânı olan bir velimizden destek alacağız. Bu konuda KTR raporuna paralel çalışacağız ki gecikme olmasın.

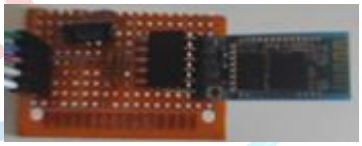
Tablo 5: Risk Plan Tablosu

9. ÖZGÜNLÜK

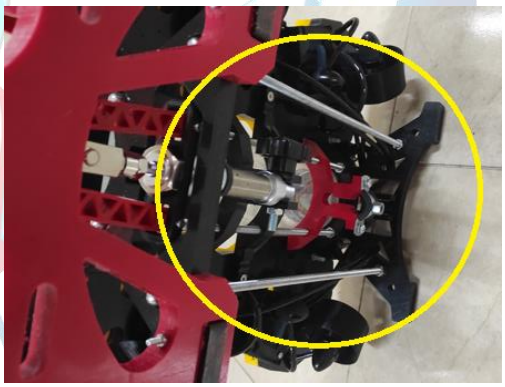
Raporun özgünlük kısmında tasarımı tamamen veya kısmen bize ait olan parçaların, özgün olarak geliştirilen ürünlerin açıklamaları özgünlük tarafı ele alınarak maddeler halinde açıklamaları yapılmıştır.

Özgün ve İşlevsel Mekanik Tasarım; ROV aracımız tasarımcımız tarafından özgün ve farklı bir model olarak ortaya çıkarmıştır. Kendi içinde montaj kolaylığı sağlarken, ergonomik yapısı görevlere karşı refleksi yüksek bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Araç birçok farklı elementin bir araya gelmesiyle farklı bir iskelet yapısına sahiptir. Görsel olarak geçmiş yıl tasarımlarından özgün olmuştur.

Yazılım ve Özgün Görüntü İşleme Algoritması; Hareket kabiliyet yazılımı ve sensör yazılımları arduino ide ile geliştirildi ve IP kameradan gelen görüntüyü işlemek için python yazılım dili kullanıldı.

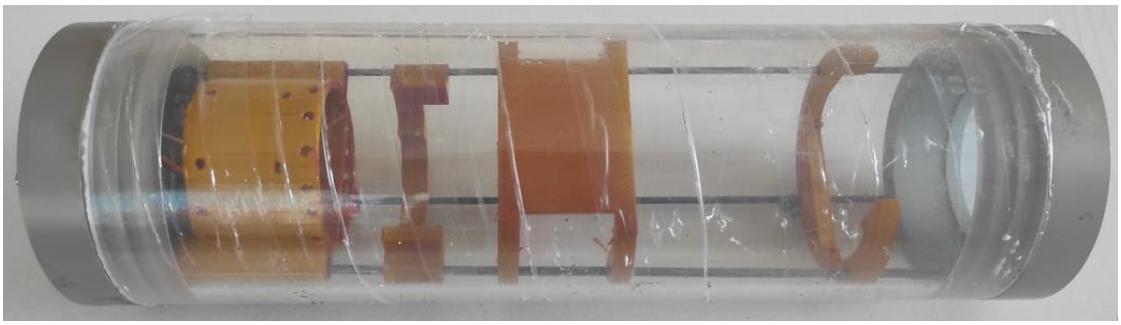


Kablosuz Kod Yükleme Kartı; ROV araca yeni kod yüklerken sürekli kapak açılması gerekiyordu. Bu bizi çok fazla yoracağı ve sızdırmazlık riski içerdiği için geliştirdiğimiz Kablosuz Kod Yükleme Kartını geliştirdik. Bilgisayarın bluetooth özelliği ile araçtaki bluetooth eşleştirilip arduino da COM PORT verdik. Böylece o COM PORT a kodu yükleyebildik.

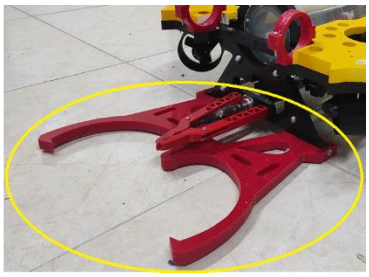


Kayar Mekanizmalı Robot Kol; ROV şase altında 2. Görev için kullanılacak pnömatik kol montajı yapılmıştır. Bu kol görev sonrası geriye çekilebilir, ya da ihtiyaca göre öne çekilebilir kayar bir yapısı vardır.

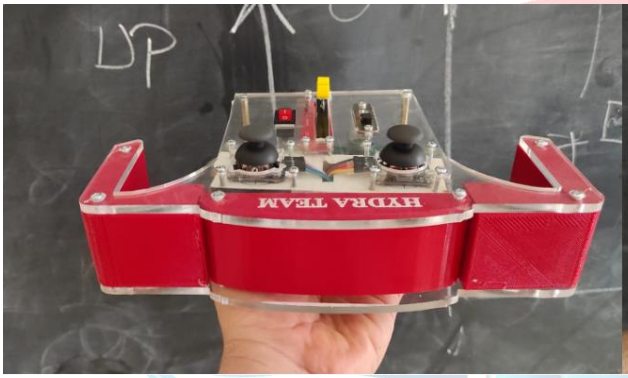
Tüp içi Elektronik Kızak Diskleri; ROV aracın su geçirmez tüp içerindeki elektronik kartların ve lipo pilin rahat montajı ve hareket edebilmesini sağlayacak özgün bir tasarım yoluna gittik. 3D modelleme ile diskler oluşturduk. Askıda tutmak için metal çubuklar kullandık. İhtiyaç olduğunda devreler ileri geri hareket edebiliyor esnek kablo payı bıraktığımız için.

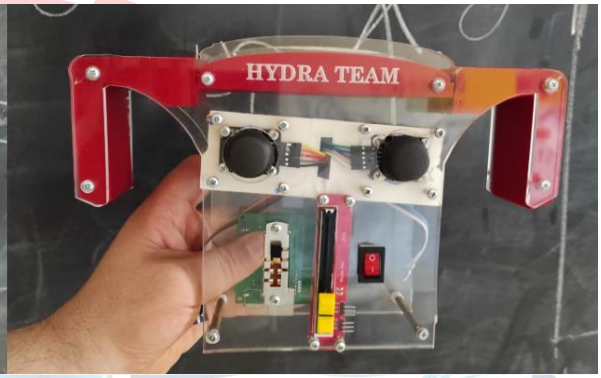


Pak Toplama Aparatı; 1. Görev olan pak toplama görevi için araca harici monte edilebilen, hafif ve göreve yönelik bir tasarım yaptık. Aynı anda 3 pak tutabilecektir. İstenirse aracın üstünde 2.görevde de kullanabileceğiz.



ROV Kumanda Paneli; Kara istasyonunda operatörün ROV aracı kumanda edebileceği, el ile kullanmaya uygun, ergonomik, taşınabilir, dayanıklı bir kutu tasarımı yaptık. Bu tasarıma paralel üzerine elektronik kartımızı entegre edip joystick, slayt swiç, sürgülü potansiyometre ve anahtarı montajladık. Kol kısımlarına 3D baskı ile destekleyici parça attık.





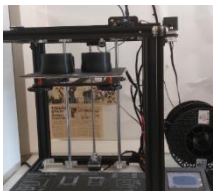
Roli Kamera Hareket Sistemi: Degz firma mühendislerine fikirsel desteklerimiz ile geliştirilmiş görüntü alma sistemidir. Degz firması tarafından özel tasarlanan mini su geçirmez tüp ve kapakları ile dayanıklıdır. Servo motor ile 180 derece hareket kabiliyeti olan, içinde kameraya paralel hareket eden 2 adet lümen fener ve su altında dalgıç ile haberleşme fırsatı tanıyan o-led ekran teknoloji mevcuttur. Operatör su altında dalgıç var ise mesaj yazabileceği yenilikçi bir teknoloji geliştirildi. Degz firmasının bu ürününü bu yıl ilk defa bizim aracımızda test edilecek olması yarışmada farklılık yaratacağını düşünmekteyiz.

10. YERLİLİK

- ROV Şase Ürünleri; ROV araç şase tasarımında kullanılan ön, arka ve kanat tasarımlarda kullanılan polietilen malzeme, denge için kullandığımız poliüratan levha, çelik çubuklar %100 yerli ürünlerden oluşmaktadır.

-Su Geçirmez Hazne; ROV araçta kullandığımız su geçirmez hazne, bileşenleri ve elektrik aktarım kartı yerli üretim yapan DEGZ firmasından alınmıştır. Ayrıca tüp içinde kart yerleşim çubukları ve montaj kalıp 3D tasarımları tarafımızdan tasarlanıp, basılmıştır.

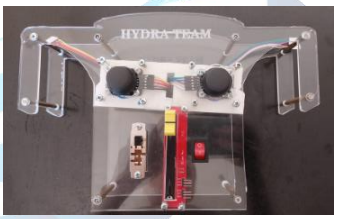
-Roli Kamera ve Görüntü İşleme Sistemi; Görüntü işlemede ROV araca takılı Roli Kamera Sistemi DEGZ firmasının ve yerlidir. Sistemdeki mini su geçirmez tüp ve kapakları DEGZ firması tarafından üretilmiş olup, içindeki lümen fener yine firmaya aittir. Tüp içindeki IP Kamera, Oled ve Step Motor yabancı üründür.
Ürün içi montaj tasarımı yerli olmasına istinaden yerlilik oranı %50'dir.



-İtici Motorlar; İticiler DEGZ firmasının ürettiği mitras ürünüdür. Motor aksamı yurt dışından getirilip, yerli DEGZ tasarımına entegre edilir. Motor kabuğu atölyemizde kendimiz ürettik. Yerlilik %60

Elektronik Kartlar ve Sensörler; ROV araç tüp içinde kullanılan; ana kart Octamini/Degz, güç dağıtım kartı/degz ve elektrik aktarım kartı/DEGZ firmasına ait olup yerlidir. Ana kart ve diğer kartlar üzerindeki ardunio nano, basınç, pusula, canbus, hall efect ve ESC kartları yabancıdır. Yerlilik %35

Pnömatik Kol Sistemleri; Projede kullanılacak Pnömotik Silindir, Hava Valfi, Basınçlı Hava Kompresörü ve Hava Hortumları %100 yerlidir.

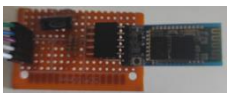


Kara İstasyon Kumanda Modülü; Operatör kumanda kolundaki kart olan Octomini-Kumanda Kartı/DEGZ diğer kontrol ürünleri olan slayt swiç, sürgülü potansiyometre ve anahtar yerlidir.
Ayrıca kumanda kartında arduino nano, canbus ve joystick yabancı ürünler yer almaktadır.
Kutu tasarımı pleksi glastan kendimiz tasarladık. Kumanda Kolu Geneli Yerlilik Oranı %85

Güç/Power Ürün; Kara ünitesindeki besleme devresi yerli firmadan alınmış %100 yerlidir. Tüp içindeki devreleri, tüp dışındaki motorları ve aydınlatmayı besleyen 6200 mah Lipo pil yabancı üründür.

Veri Aktarım Kablo;
ROV araç ile kara istasyon veri iletişimi kablosu olan CAT6 kabloyu yerli firma olan HES Kablodan satın alındı. %100 yerli

Yazılım; ROV aracın hareket kabiliyet yazılımı ve otonom görev görüntü işleme yazılımı bizler tarafından yapılmıştır. Ayrıca ara yüz tasarımları yine bize aittir. Yerlilik %100



Kod Yükleme Kartı; Kendimizin geliştirdiği, tüpü açmadan ve ara kablosu kullanmadan kod yüklemeyi başardığımı kod aktarım kartı. Kartta kullandığımız bluetooth yabancıdır. Yerlilik %20

Genel Yerlilik Oranımız; %72 İthal; %28

11. KAYNAKÇA

[1] . Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. WATER ABSORPTION AND MECHANICAL PROPERTIES EVALUATION OF SURFACE MODIFIED ABS PRINTING PARTS. [Çevrimiçi] Mayıs 2016. https://www.researchgate.net/publication/303550356_WATER_ABSORPTION_AND_MECHANICAL_PROPERTIES_EVALUATION_OF_SURFACE_MODIFIED_ABS_PRINTING_PARTS.

[2] Yakut M., Yılmaz S., İnce S., Otçu M., Aygün E., (09.01.2015). Derinlik ve Yön Kontrol Uygulamaları için Sualtı Aracı Tasarımı, 1-13, 15.05.2021, https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/83815

[3] E. Sönmez, "ROBOT ESASLI PROJELERİN YÖNETİMİ", Master, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007.

[4] M. Carreras et al. Dynamics Model of an Underwater Robotic Vehicle. University of Girona, 2001. J.

5] D. Lim. A vision system for an autonomous underwater vehicle. Honours thesis, The University of Western Australia, 2004.

[6] L.A. Gonzalez, “Design, Modelling and Control of an Autonomous Underwater Vehicle” Bachelor of Engineering Honours Thesis, The University of Western Australia, 2004

[7] https://materovcompetition.org/archiveshome

[8] https://www.deringezen.com/

[9] D. Wettergreen et al. Autonomous guidance and control for an underwater robotic vehicle. In Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics FSR’99, 1999.

[10] F. Zhang, G. Marani, R. N. Smith, H. T. Choi, "Future Trends in Marine Robotics [TC Spotlight]", IEEE Robotics Automation Magazine, vol. 22, no. 1, pp. 14-122, Mar. 2015.

[11] https://bluerobotics.com/store/thrusters/t100-t200-thrusters/t200-thruster/

[12] E. Broadway. Telemetry for an autonomous underwater vehicle. Honours thesis, 2004.

[13] ROS ve Unity3D kullanan İnsansız Sualtı Araçları için Açık Kaynak Simülatörü, Nisan,2019

[14] F. Zhang, G. Marani, R. N. Smith, and H. T. Choi, “Future Trends in Marine Robotics [TC Spotlight],” IEEE Robotics Automation Magazine, vol. 22, no. 1, pp. 14–122, Mar. 2015.

[15] Problem Identification for Underwater Remotely Operated Vehicle (ROV): A Case Study, 2012

[16] MPU-6000 and MPU-6050 InvenSense Inc, 2013

[17] Tcheslavski, G.V., Morphological Image Processing: Basic Concepts. 2009, ELEN

[18] T. Fossen. Guidance and Control of Ocean Vehicles. John Wiley and Sons, United States of America, 1995.

[19] C. Silpa-Anan. Autonomous underwater vehicle: Vision and control. Master’s thesis, The Australian National University, 2001.

[20] Yuh. Modeling and control of underwater robot vehicles. In IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, volume 20, pages 1475–1483, 1990.

[21] Medium-density performance line ARM®-based MCU (STM32F103x8) ST, 2015.

[22]"Overview · GitBook", Ardusub.com, 2020. [Online]. Available: https://www.ardusub.com [Accessed: Mar- 2020].