TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI
KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI : ÇAKABEY

KATEGORİ : TEMEL KATEGORİ

TAKIM (BAŞVURU) ID : 396609

İÇİNDEKİLER:

1. RAPOR ÖZETİ……..3

2. TAKIM ŞEMASI……4

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ…… ……5

4. ARAÇ TASARIMI…….....6

4.1. Sistem Tasarımı…….....6

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı……...7

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci……...7

4.2.2. Malzemeler…….....11

4.2.3. Üretim Yöntemleri……15

4.2.4. Fiziksel Özellikler……16

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı……17

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci……...17

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci……...21

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci…….....23

4.4.Dış Arayüzler……..24

5. GÜVENLİK…….....24

6. TEST…….....25

7. TECRÜBE……..26

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI……...26

9. ÖZGÜNLÜK……29

10. YERLİLİK……29

11. REFERANSLAR……..30

1. RAPOR ÖZETİ

ÇAKABEY takımı olarak, amacımız en basit şekilde, maliyeti en uygun, verimli, görevleri yerine getirebilecek kabiliyette bir su altı aracı tasarlamaktır. Aracımızın her zaman gelişime açık yönlerinin olacağını düşünerek, projenin her aşamasında, nasıl daha çok aracımızı geliştirebiliriz, diye kendimize hedef tayin ettik. Aracımız nasıl daha basit ve maliyeti düşük ama görevleri yerine getirebilir, nasıl daha estetik ama kolay üretilebilir, diye sürekli kendimizi geliştirdik. Takım olarak amacımız temel kategoride Final yarışmasına katıldıktan sonra, İleri Kategoride de bu kulvarda yol almaktır.

ÇAKABEY takımı olarak ilk kurulduğu günlerden itibaren haftada en az bir kez toplanıp proje çalışmalarını birlikte yürütmekteyiz. Birlikte yürüttüğümüz proje çalışmalarının haricinde, her bir takım üyesi sorumluluğunun olduğu kısımla ilgili ayrıca çalışmaktadır. Danışman öğretmenimiz ise, tüm birlikte yürüttüğümüz çalışmalara katılarak, bize mentorlük yapmakta ve bize imkânları sağlayarak gerekli desteği her zaman vermektedir.

Proje faaliyetlerimizi üç ana başlık altında yürütmekteyiz: Mekanik tasarım, Elektronik Tasarım ve Algoritma/Yazılım Tasarımı.

Araç tasarımımızla ilgili öncelikle kendi aramızda beyin fırtınası yaparak, birlikte bu konuda çalışılmış eski projeleri inceleyerek, bu konuda hazırlanmış internette eğitim videolarını izleyerek belli bir alt yapı elde ettik. Geçmiş çalışmalar ve eğitimler yardımı ile, yaptığımız tasarımların gelişime açık yönlerini de fark ederek tasarımlarımızı sürekli geliştirmeye çalıştık ve halen yapım aşamasında da eksiklikleri fark ederek aracımızı geliştirmeye çalışıyoruz.

Genel tasarım ve yapım aşamasında en büyük engellerimizden birisi maliyet oldu. Maliyeti en düşük hale getirebilmek için, yaptığımız ana tasarımdan vazgeçmeyecek şekilde tasarım revizyonlarına gitmek durumunda kaldık.

Piyasada su altı araçları için satılan hazır ürünleri, maliyetlerinden dolayı alamayıp, aynı tasarım mantığı ile kendimiz tasarlayıp yapmaya çalıştık ve yapmaya devam ediyoruz. Aslında bu durum da bize sıfırdan bir araç üretmenin detaylarını öğretmekte ve zorluklarıyla birlikte bize verdiği hazzını yaşatmaktadır.

Takım olarak ilk etapta mekanik tasarıma ağırlık verdik. Mekanik olarak birçok tasarımlar düşündük ve bunun hangisinin bize en uygun araç olacağına hep birlikte karar verdik. Aracımızın ana iskelet yapısını sigma profillerden oluşturduk. ÖTR'dan farklı olarak, final tasarımımızda bu ana iskeletin boyutlarını ve tam şeklini oturttuk. Aracımızın özgün tasarımı olan, dil balığı görünüm şeklini biraz daha değiştirerek, aerodinamiğe uygun hale getirdik.

Mekanik tasarım içindeki hazne için, ÖTR'da kullanmayı öngördüğümüz "Degz H1 sualtı haznesi-300mm" yerine, Üniversal torna ve freze tezgahları kullanarak, talaşlı imalat yöntemleri ile alüminyum kapaklar ürettik. Piyasadan pleksiglass şeffaf ürün de temin ederek, hazneyi oluşturmuş olduk. Haznenin yapımında, imalata yönelik teknik resimler oluşturuldu. Haznenin yan kapakları için de, çizilen teknik resimle uygun pleksiglass malzemeden lazer kesim tekniğiyle, şeffaf kapak üretildi. Haznenin su sızdırmazlığında kullanılan sızdırmazlık elemanları için, o-ring'ler ile ilgili araştırma yapılıp, üretici firmasına da danışılarak en uygun olarak NBR bazlı sızdırmazlık elemanı kullanıldı.

Mekanik tasarımda üst yüzdürücü eleman olarak polietilen malzeme kullanıldı. Ayrıca ana yüzdürücü elamanı olan bu polietilen malzemeye, alt kenardan öz kütlesi çok düşük olan strafor malzemesi tutturularak, aracın su içinde serbest halinde askıda kalmış olarak istediğimiz şekilde kalması düşünülmüştür.

Elektronik tasarımında ise, ÖTR'da belirttiğimiz piyasada hazır satılan "Degz Octomino sualtı kontrolcüsü" ürünün maliyetten dolayı kullanamayacağız. Benzer sistem mantığında olacak

şekilde, Arduino Nano, Canbus Modülü ve Gyro elektronik ekipmanlarını kullanarak, hazne içinde gerekli bağlantıları yapmayı düşündük.

Karadaki kumanda kontrolü için de, ÖTR'da belirttiğimiz piyasada hazır satılan bulunan "Degz Octomino kumanda modülü" ürününü yine maliyetten dolayı kullanamayacağız. Benzer sistem mantığında olacak şekilde, Arduino Nano ve Canbus Modülü elektronik ekipmanları kullanmayı düşündük.

2. TAKIM ŞEMASI

Çakabey takımı olarak 1 takım kaptanımız ve 2 takım üyemiz olmak üzere, toplam 3 kişiden oluşmaktadır. Danışman Öğretmenimiz takımımıza mentörlük yaparak takım faaliyetlerimizi yönlendirmektedir.

Takım kaptanı ayrıca tüm çalışmaların koordinasyonunu yapmak ile görevlidir.

Üç ana bölümdeki sorumluluk paylaşımını aşağıdaki şemadaki gibi belirledik.

Ayrıca tüm takım üyeleri, tüm konularda sorumlu olabilecek ve çalışmaları yürütecek yetkinliğe sahip olduğundan, tüm çalışmalarda takımın her bir üyesi birbirine destek verebilmektedir. Dolayısıyla yaptığımız çalışmalar çok verimli geçmektedir.

Şekil-1: Takım organizasyon şeması

<u>Takım Kaptanı:</u>

Sorumlulukları: Ana sorumluluğu Takım faaliyetlerindeki tüm çalışmaları koordine etmek. Alt sorumluluğu ise Algoritma ve Yazılım tasarımıdır.

Yetkinlikleri: C/C++, Arduino ve Phyton programlama dillerini iyi derecede bilmektedir. Algoritma mantığıyla programlar yazabilmektedir. Ayrıca C#, MIT App Inventor ve Shapr3D gibi programlarda bilgi sahibidir. 2020 TÜBİTAK Bilgisayar Olimpiyatları 2.aşama sınavında Bronz madalya kazanmıştır. 2018 TÜBİTAK Ortaokul Öğrencileri Araştırma Proje Yarışması Fizik dalı İzmir Bölge 1.'liği, 2020 TÜBİTAK Ortaokul Öğrencileri Araştırma Proje Yarışması Yazılım dalı İzmir Bölge 1.'liği, 2019 Google Science Fair Bölge Finalistliği başarılarını elde etmiştir.

1.Takım Üyesi:

Sorumlulukları: Elektronik Tasarım

Yetkinlikleri: Arduino ve C/C++ programlarını bilmektedir. Proteus ve benzeri uygulamalar üzerinden elektronik devre şeması çizimi yapabilmektedir. TÜBİTAK Bilgisayar Olimpiyatları konusunda da eğitimler almış ve çalışmalar yapmaktadır.

2.Takım Üyesi:

Sorumlulukları: Mekanik ve 3D Tasarım

Yetkinlikleri: Arduino, robotik kodlama ve 3 boyutlu tasarım hakkında bilgi sahibidir ve bu konularda çeşitli çalışmalarda bulunmuştur. 3 boyutlu tasarımda, Fusion 360, Shapr3D ve Solidworks programlarını kullanabilmektedir.

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Ön Tasarım Raporu (ÖTR) değerlendirmesi:

Ön Tasarım Raporu (ÖTR) Teknofest rapor değerlendirme kurulu sonucunda, takımımıza aktarılan, geliştirmesi gereken konuları aşağıdaki gibi düzelterek ele aldık:

- Rapor Özeti kısmında projenin amacını, özgün yanlarını ve kullanılan yöntemleri daha geniş kapsamda belirttik.
- Elektronik tasarım kısmında, daha detaylı bilgiler vererek raporumuzu geliştirdik.
- Rapor içerisinde kullandığımız referansları metin içerisinde belirttik.
- Raporumuzu biçimsel olarak daha çok görselleştirmeye çalıştık.
- Algoritma tasarımında ÖTR sayfa sınırlamasından dolayı, akış şeması haricinde açıklama belirtememiştik. Bu raporumuzda algoritma açıklamalarını da yazdık.

Mekanik değişiklikler:

Mekaniksel olarak temel olarak büyük değişiklikler yapılmadı. Ancak aracın üretiminde maliyetin düşürülmesi, ÖTR'de hazır alacağımızı belirttiğimiz bazı malzemeleri, kendi tasarımımızla üreterek daha uygun maliyete getirmiş olduk.

İskelet yapısında kullandığımız sigma profilleri, son imalat ölçülerinde tasarlayarak, bu şekilde üretimini yaptık.

Hazne için, hazır ürün almak yerine kendi tasarımımıza göre bir imalat yaptık. Bu tasarımımızda açık kaynak ürünlerden faydalanarak kendimize özel de tasarım yaptık.

Yüzdürücünün şeklini aerodinamiğe uygun hale getirerek, daha iyi bir statik denge yakaladığımızı düşünüyoruz.

ÖTR'de hazır ürün alacağımızı belirttiğimiz tutucuyu, kendimiz tasarlayıp, 3D baskı üretimleri, uygun maliyetli piston ile maliyetini düşürmüş olduk.

Elektronik değişiklikler:

Elekronik olarak yine maliyeti düşürmek adına, ÖTR'de hazır ürün olarak alacağımızı bildirdiğimiz kontrol kartı ve kumanda kartları yerine, kendimiz benzer temel elektronik ekipmanlar kullanarak, kartlar tasarladık. Bu kartların elektronik baskı devre yapma teknikleriyle de imal ederek gerçekleştirmiş olduk.

Yazılımsal değişiklikler:

Yazılımsal olarak temelde büyük bir değişiklik yapmadık. Algoritma akış şemasında küçük ilaveler ve düzeltmeler yaptık. Aracın kontrolünde kullanacağımız yazılımda PID kontrol ile aracı kontrol edeceğimizi düşündük.

QGroundControl programını kullanarak, kendimize uygun, sade, verimli ve kolay anlaşılır bir arayüz oluşturacağız. Burada özellikle otonom görevleri yapabilmek için Opencv programını kullanacağız.

Ön tasarımda Planlanan Bütçe ile Son Bütçe Arasındaki Karşılaştırma:

PROJEDE KULLANILACAK MALZEME GRUPLARI		ÖTR'DEKİ FİYAT	KTR'DEKİ FİYAT
A	**ELEKTRONİK VE KONTROL MALZEMELERİ**	₺9.774	₺8.314
B	**ELEKTRİK MALZEMELERİ**	₺1.816	₺1.816
C	**MEKANİK MALZEMELERİ**	₺7.170	₺1.393
		₺18.760	**₺11.523**

Tablo-1 : ÖTR-KTR Bütçe karşılaştırma tablosu

Tasarımlarda yaptığımız değişiklikler ile yaklaşık %40 lik bir maliyet düşümü sağlamış olduk. Şu ana kadar toplam 6.925 TL harcama yapılmış olup, aracın tam olarak üretimini bitireceğimiz Haziran ayında, geri kalan malzemeleri de temin ederek 20 Haziran'da ilk olarak suya indirip, sızdırmazlık ve hareket testlerimize başlayacağız.

Malzemelerin ayrıntılı bütçe maliyetleri Bütçe Planlaması bölümünde verilmiştir.

4. ARAÇ TASARIMI

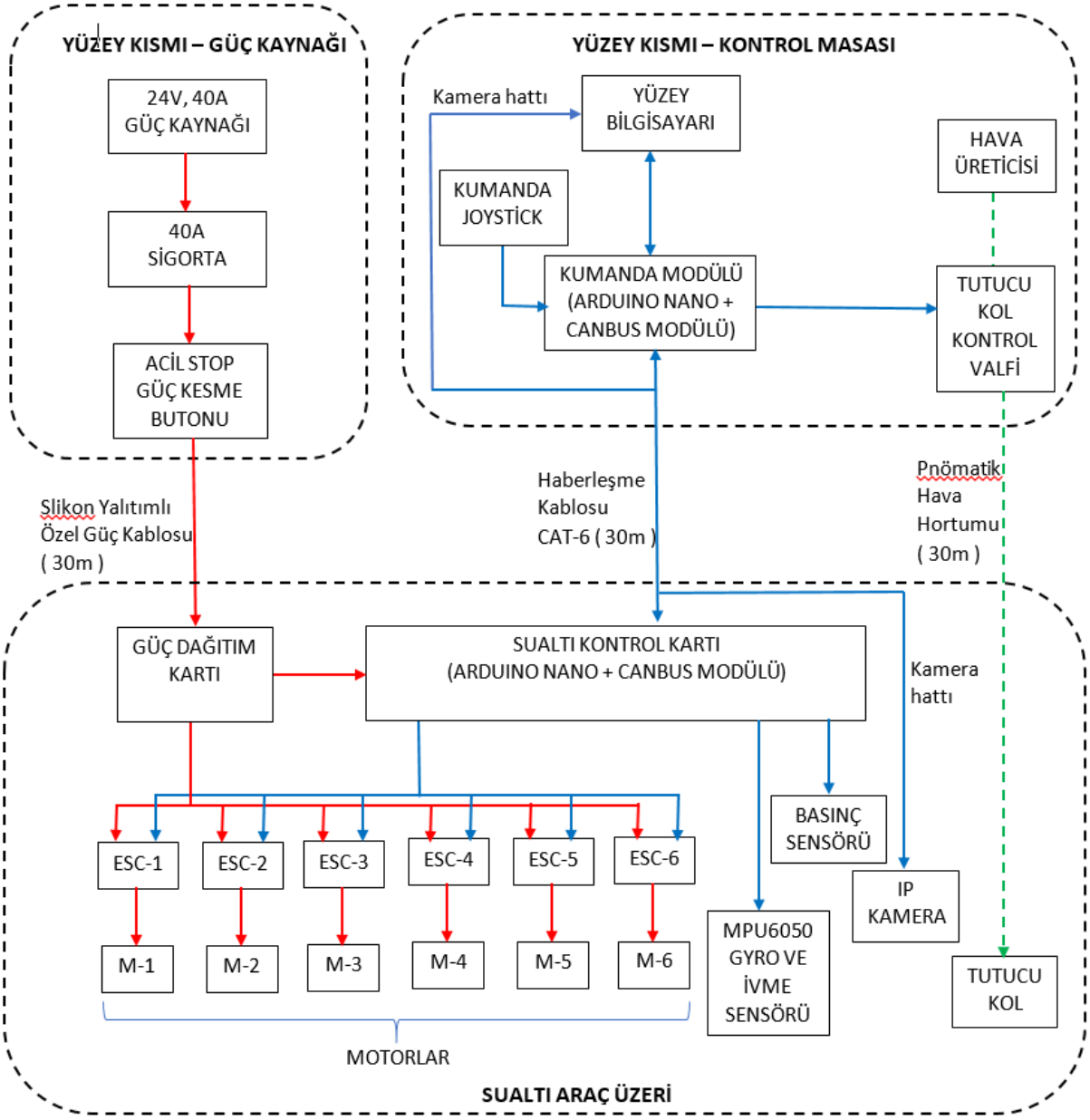
4.1. Sistem Tasarımı

Aşağıdaki blok şemada gösterilen bağlantılardaki renkli çizgilerin anlamı:

Kırmızı ——— çizgiler : Güç beslemeleri

Mavi ——— çizgiler : Data haberleşme sinyalleri

Yeşil - - - - - çizgiler : Pnömatik hava hattı



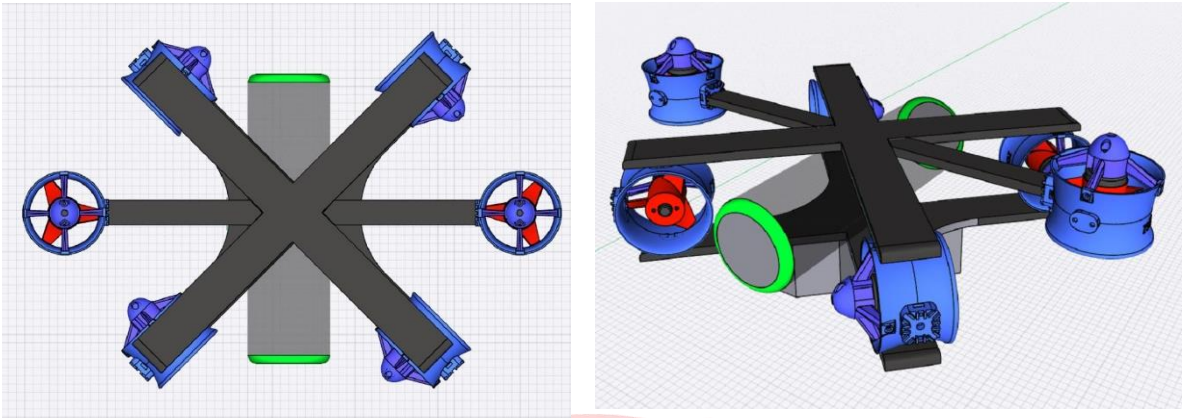
Şekil-2: Araç sistem tasarım şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

4.1.1. Mekanik Tasarım Süreci

Mekanik tasarımlarımızı sıfırdan başladığımız için en basit tasarımdan itibaren başladık. Her yaptığımız aşamada, aracımızın eksikleri nelerdir ve neleri geliştirebiliriz diye düşünerek, bir sonraki tasarımlarımızı geliştirerek yaptık. Bu geliştirme çalışmalarında, geçmiş yıllarda yapılan çalışmaları ve internet üzerindeki eğitim videolarını https://www.youtube.com/watch?v=512rW79j4W4) göz önünde bulundurduk.

1.Tasarım: Bu tasarımımızda 4 motoru ileri-geri ve sağ-sol için, 2 motoru yukarı-aşağı hareket için kullanmayı planladık. Yukarı-aşağı için 2 motorun yeterli olacağını düşündük.

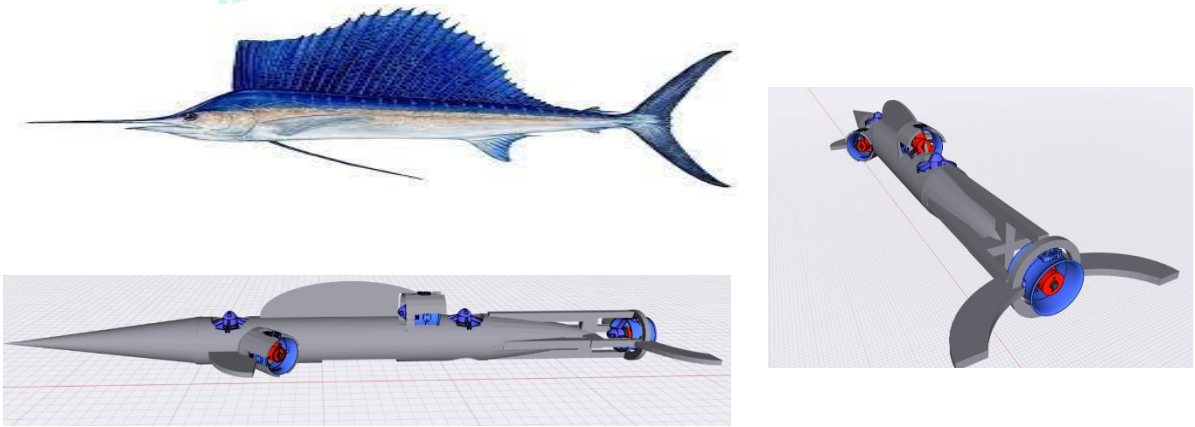


Şekil-3: Mekanik 1.tasarım şeması

2.Tasarım: Birinci tasarımımızı geliştirmek için sık sık fikir alışverişi yaptık. Nasıl daha hafif ve ince bir tasarım yapmalıyız diye düşündük. Çalışmalarımızı bu yönde sürdürdük. Ardından büyük su altı aracı olan denizaltılardan ve doğadan bir deniz canlısından bir tasarım yapmayı araştırdık.

"Doğadan ilham alan yenilikçi fikirlerle ilgili bir kavram olan biyomimikri, temel olarak doğadaki canlılardan çözüm üreten, ürün ve malzemelerin tasarımını ifade eder." (https://www.yesilodak.com/biyomimikri-nedir)

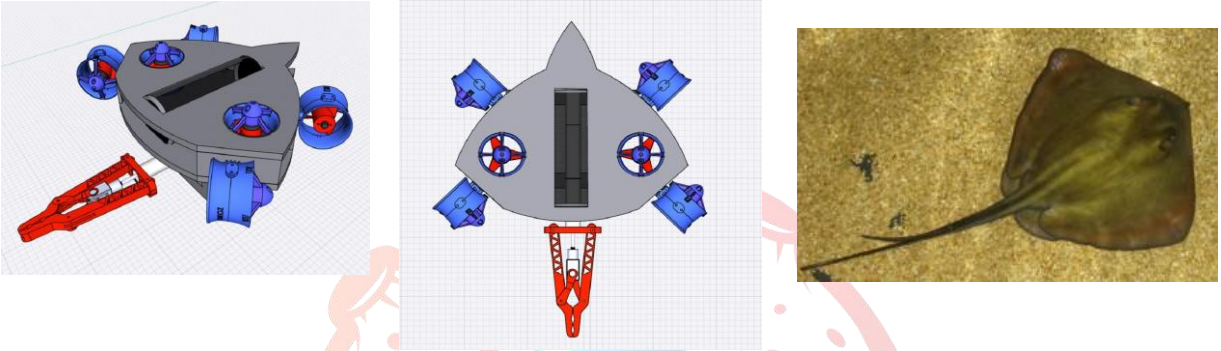
Biz de tasarımlarımızda biyomimikri tekniğini kullanmaya karar verdik. Dünya`nın en hızlı balığı olan yelken balığını araştırdık ve bu tasarımımızı da yelken balığından esinlenerek yaptık. Tıpkı yelken balığında olduğu gibi suyu daha rahat kesip yüksek hızlara daha kolay ulaşabilmesi için aracımızın burun kısmını olabildiğince sivri tasarladık. Tasarımımızda dengeyi sağlaması amacıyla ön, arka ve üst kısımlarda kullandığımız yüzgeçleri de yelken balığından esinlenerek oluşturduk. Daha önceki tasarımlarımızdan farklı olarak ileri ve geri hareketi için 2 motor kullandık. Böylece aracımızın daha seri hareket etmesini hedefledik. Yine önceki tasarımlarımızdan farklı olarak sağ-sol hareketi için iki motorun yeterli olacağını düşündük ve ön tarafa yerleştirdik. Bu şekilde daha stabil hareket edebileceğini düşündük. Mikrodenetleyiciyi, elektronik parçaları ve kamerayı koymak için aracımızın ortasına kapsül yerleştirdik. Aracın şasesi için ağırlığı göz önünde bulundurarak alüminyum plaka kullanmaya karar verdik.



Şekil-4: Mekanik 2.tasarım şemaları

Ancak aracın hem statik denge açısından hem de estetik olarak eksik kaldığına karar verdik. Bu nedenle ilk tasarladığımız ürünümüzü geliştirmeye karar verdik.

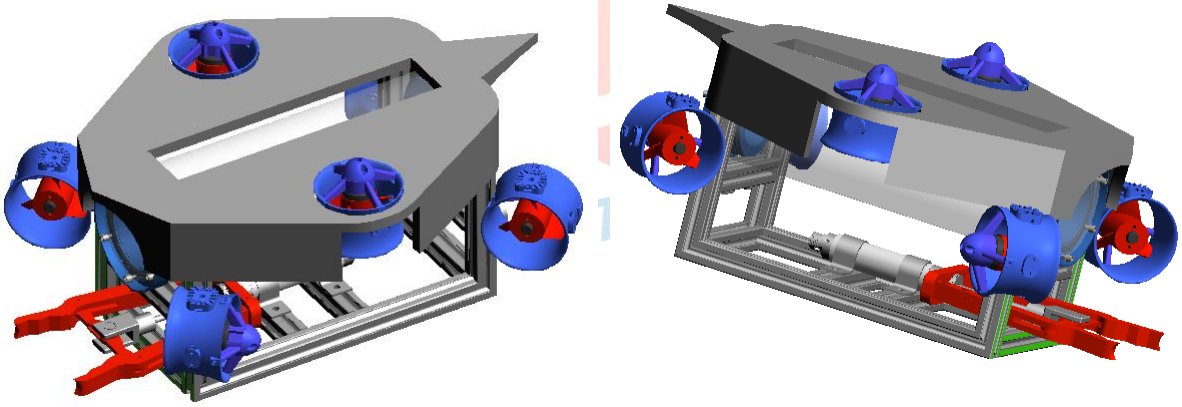
3.Tasarım: Bu tasarımımızda ise bir önceki tasarımımızı geliştirip, yine biyomimikri tekniğini kullanarak vatoz balığından esinlenmeyi düşündük. Ayrıca aracımızın boyutlarını ve ağırlığını minimum düşürebileceğimiz kadar düşürdük. İlk tasarımımıza benzer olarak dikey eksende konumlandırılmış 2 motorumuzu yukarı-aşağı için, yatay eksende konumlandırılmış 4 motorumuzu ise sağa-sola ve ileri-geri için kullandık. Aracın beyni olan mikroişlemcisi, elektronik parçaları ve kamera için ise orta bölmede şeffaf bir tüp bulundurmayı planladık.



Şekil-5: Mekanik 3.tasarım şeması

4.Tasarım: 3.tasarımda aracın statik dengesinin halen zayıf olduğunu düşünerek, bu yönde geliştirmeler ile bu tasarımı oluşturduk. Artık aracın üretim aşamasında uygulanabilir tekniklerini de düşünmeye başladık. Çünkü amacımız kolay üretim ve maliyeti en düşük olan araç tasarlamak idi.

Aracın ana şasesi için sigma profillerden oluşacak bir iskelet sistemi, üzerine ise statik dengeyi sağlayabilmek için yüzdürücü olarak, polietilen plaka kullanmaya karar verdik. Ayrıca su içinde denge sağlayabilmek için aracın altında ilave ağırlıklar düşündük.



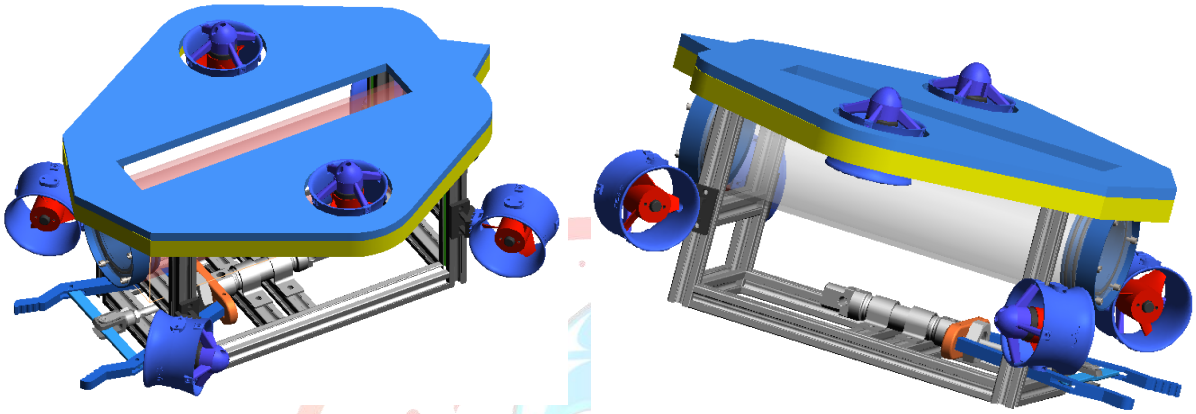
Şekil-6: Mekanik 4.tasarım şeması

5.Tasarım (Final Tasarımı): Aracın üretim aşaması öncesi, bir önceki tasarımımız üzerinde geliştirmeye karar vererek final tasarımını oluşturduk. Burada özellikle araç imalatının imkânlarımız doğrultusunda kolay üretilebilir olmasına da dikkat ettik. Tasarımdaki tüm ölçüleri imalata uygun son ölçüler olarak belirledik.

Polietilen yüzdürücünün altındaki ilave polietilen parçaları yerine, aracın ilk suya bırakılışında, su yüzeyinde kalmasında bize yardımcı olması için strafor parçaları düşündük. Bu tasarımdaki bu parçalar tamamen teorik hesaplamalar ile düşünülmüştür. İlk aracı suya bıraktığımızda,

aracın suya ne kadar batacağını gözleyerek, ihtiyaç durumunda Polietilen yüzdürücünün altına ilave strafor parçaları koyabileceğiz. Burada amaç, aracın su seviyesinin üstünden çok az suya batacak kadar aracı suyun içinde askıda tutabilmektir.

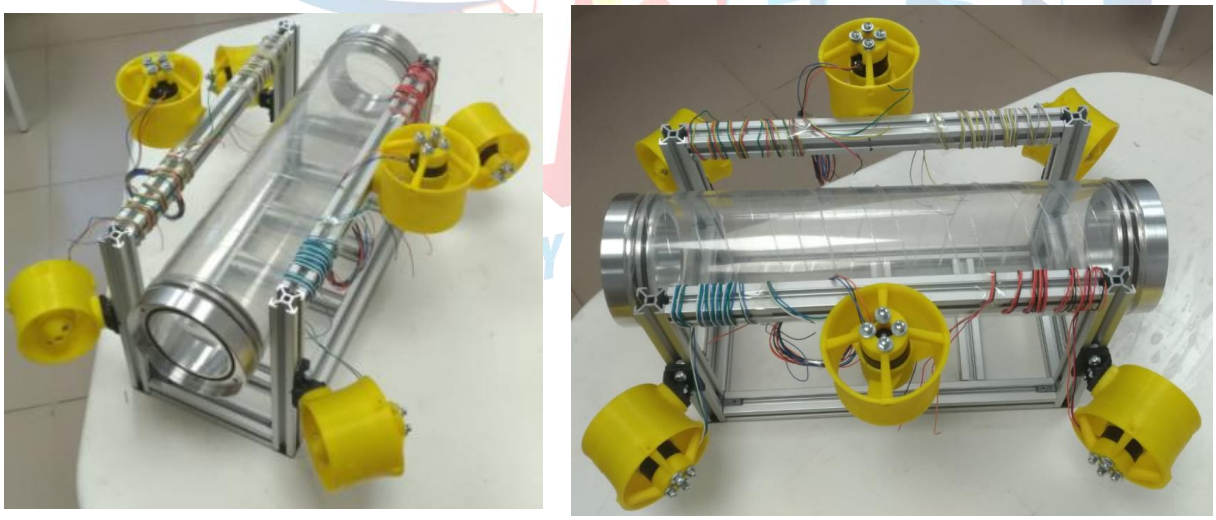
Final araç tasarımda özellikle aracın dengede durmasını sağlayacak boyutlandırmaya dikkat ettik. Statik dengede belirleyici olan yüzdürücü kısmın geniş olmasına ve aracın aşağı doğru daha yüksek olmasına dikkat ettik.



Şekil-7: Mekanik 5.tasarım (Final) şeması

Bu tasarım aşamasında ayrıca, tutucunun ve haznenin son tasarım çalışmaları da son imalata uygun olarak yapılmıştır. Bununla ilgili tasarım çalışmaları "4.1.2. Malzemeler" kısmında detaylı bilgiler verilecektir.

Üretim aşamasında olan aracımızın fotoğrafları aşağıdaki gibidir:



Şekil-8: Devam eden üretim resimleri

Zaman planımıza göre imalatımızı 18 Haziran'a kadar bitireceğiz ve ilk suya inişini 20 Haziran'da gerçekleştirmeyi planlamaktayız.

4.1.2. Malzemeler

Aracın mekanik üretiminde kullandığımız temel mekanik malzemeler aşağıdadır.

1. **Sigma Profiller:**

Aracın mekanik tasarımında iskelet yapısında 20x20mm boyutlarındaki Alüminyum sigma profili kullandık. Sigma profil şekli itibariyle ve hafifliği ile bu tür üretimlerde çok kullanışlı bir malzemedir. Eloksal kaplı olması ile de su altı aracında paslanmaya karşı dayanıklıdır. Ayrıca bağlantı elemanları ve cıvata-somunlarda krom kaplı olarak seçilerek, paslanmaya karşı dayanıklılık sağlanmıştır.

Sigma profiller tasarımda belirlediğimiz ölçülere göre satınaldığımız firmadan kesilmiş olarak hazır alınmıştır. İstediğimiz boyutlarda aldığımız sigma profilleri, bağlantı parçaları ile birlikte çok kolay şekilde montajlayarak, iskelet yapımızı oluşturduk.

1	280mm uzunluğunda 20x20mm Sigma profil	4 adet
2	200mm uzunluğunda 20x20mm Sigma profil	4 adet
3	120mm uzunluğunda 20x20mm Sigma profil	6 adet
4	Gizli köşe bağlantı parçası	20 adet
5	Krom kaplı Tırtıllı somun ve M5 imbus civata	20 adet

Tablo-2 : Sigma profil ayrıntı malzeme listesi

2. **Yüzdürücü:**

Yüzdürücü olarak polietilen malzeme ve strafor malzeme kullandık. Yüzdürücünün büyük kısmını oluşturan polietilen malzemenin mukavemet olarak dayanıklı olması, su emmemesi, CNC router tezgahlarında kolay işlenebilir olması, ekonomik olması gibi avantajları bulunmaktadır.. Polietilen malzemenin özgül kütlesi 1 g/cm³ olması ile suyun özgül kütlesine yakındır. Böylece kullandığımız yüzdürücü suya batması konusunda bize etki etmeyecek olması bir avantaj sağlamaktadır.

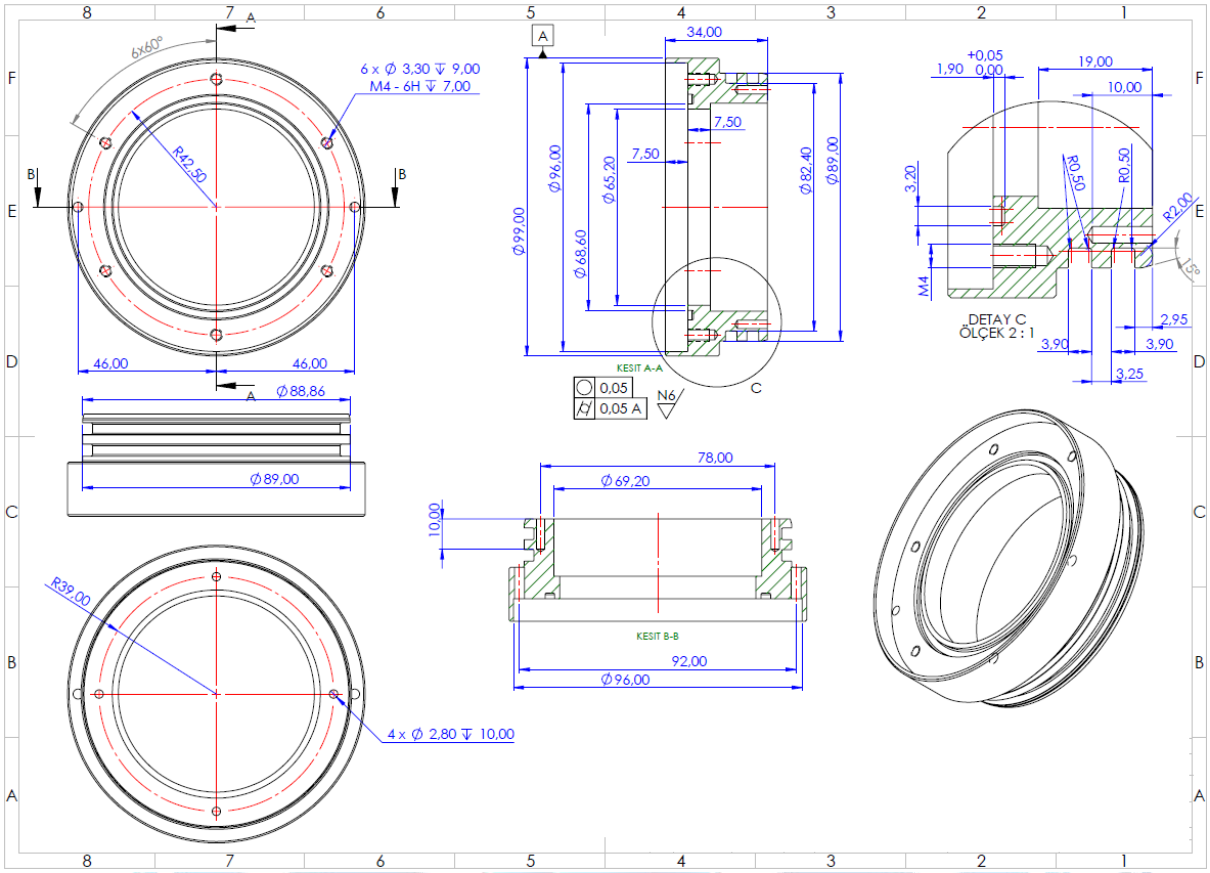
Polietilen malzemenin kenar altlarında kullandığımız strafor parçalarının da özgül kütlesi 0,03 g/cm³ dür. Bu parçaları aracın komplesini, su içinde serbest haldeyken, istediğimiz seviyede askıda tutmak için kullanacağız.

3. **Hazne:**

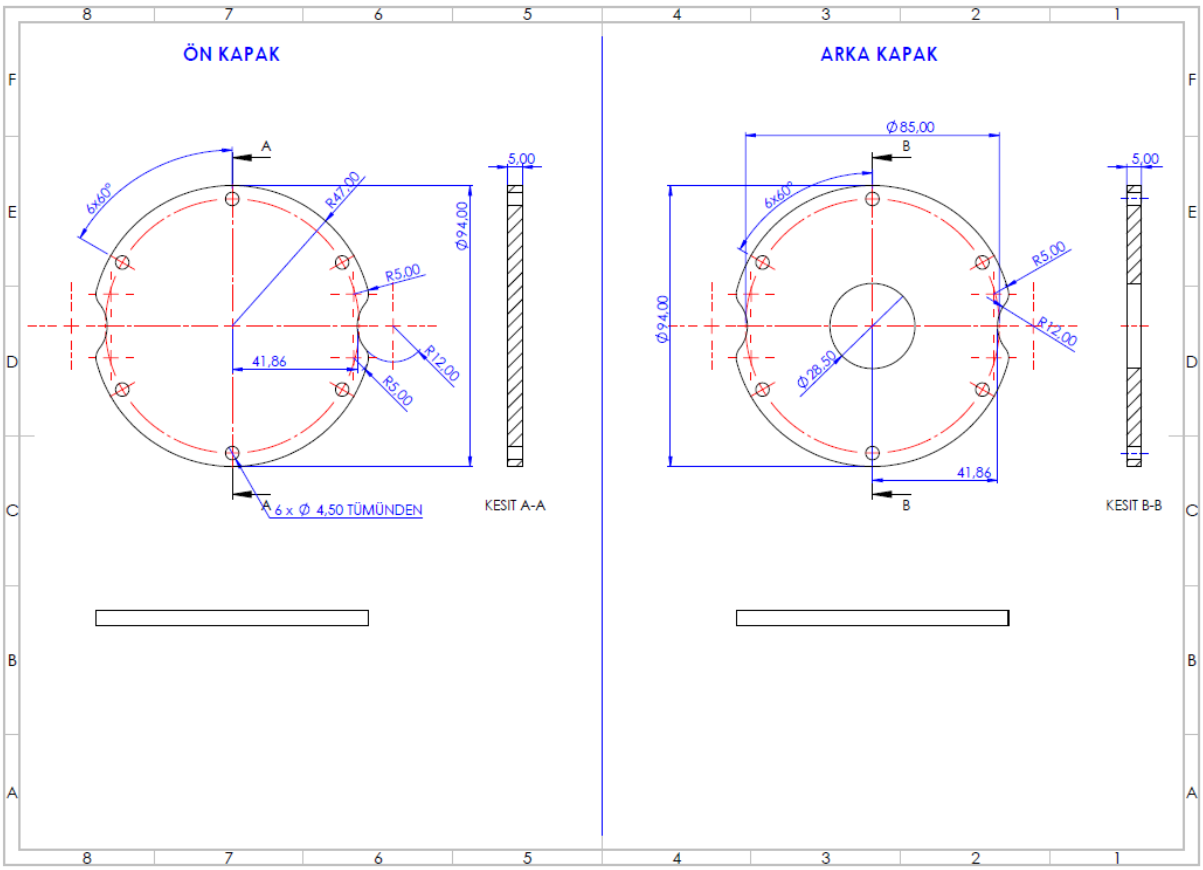
Aracımızda Elektronik ekipmanların korunması için, şeffaf hazne kullandık. Bu hazneyi Denizaltı aracı ekipmanları satan DEGZ firmasının ürününden esinlenerek, internette açık kaynak olan tasarımları ile, kendimize özel değişikliklerle imalat tasarımını çıkardık ve buna göre imalatını yaptık.

Haznenin yan başlıklarında kullandığımız parçaları, hafif olması ve talaşlı imalatta işlemesi kolay olması nedeniyle Alüminyum ham işlenmemiş malzemelerden seçtik. Böylece tasarımını yaptığımız parçaların, Üniversal torna ve freze tezgâhlarında, kolay bir şekilde teknik resme göre imalatlarını yaptırdık. Bu alimünyum başlıklarda, sızdırmazlığı sağlamak için, suyun altında çalışmaya uygun NBR malzemesinden yapılan o-ring sızdırmazlık elemanlarını kullandık.

Haznenin bu Alüminyum parçalarına sızdırmazlığı sağlaması için tasarladığımız kapaklar, şeffaf olması ve kolay üretimi nedeniyle şeffaf pleksiglass levhadan imal edilmiştir. Darbelere karşı dayanıklı olması için 5mm kalınlık kullanılmıştır.



Şekil-9: Hazne yan başlıklar imalat teknik resmi



Şekil-10: Hazne yan başlık kapakları imalat teknik resmi

Haznenin ana gövdesini ise şeffaf olması nedeniyle pleksiglass şeffaf boru kullandık. Bu borunun kalınlığını, çarpmalara karşı dayanıklı olması için 5mm olarak belirledik. Şeffaf borunun uzunluğunu ise, aracımızın ideal ölçülerde kalacak şekilde, olabilecek en büyük uzunluk olan 350mm olarak belirledik. Çünkü biz bu aracımızı bu yarışmada ihtiyaç olmasa bile, ileriki yarışmalarda da geliştirerek kullanmak istiyoruz.

Ayrıca hazne üzerindeki cıvata ve pulları da krom kaplı malzemeden seçerek, paslanmaya karşı tedbir almış olduk.

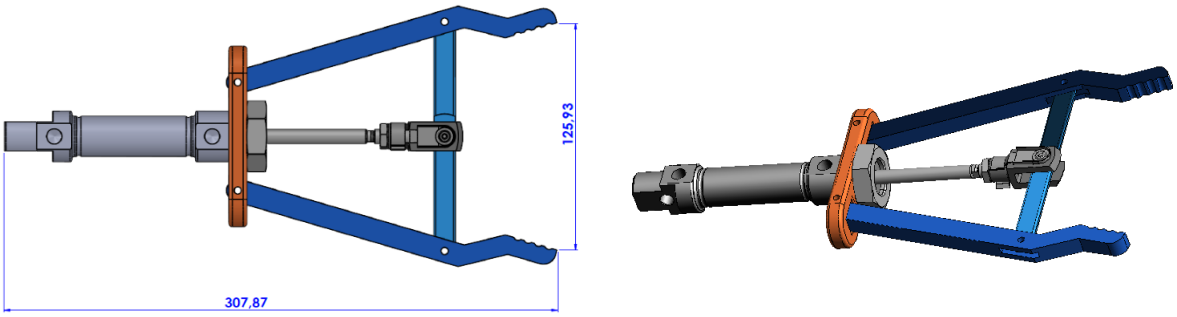
1	Pleksiglass şeffaf boru (350 mm uzunluğunda 5mm kalınlığında 100mm dış çapında)	4 adet
2	Alimunyum ham parça çap=100mm, kalınlık=34mm	2 adet
3	NBR70 O-ring sızdırmazlık parçası - 80x3mm	4 adet
4	NBR70 O-ring sızdırmazlık parçası - 70x3mm	2 adet
5	Krom kaplı M4x10 cıvata ve pul	12 adet

Tablo-3 : Hazne için kullanılan malzemelerin ayrıntı listesi

Şekil-11: Üretimi yapılan Haznenin resimleri

4. **<u>Tutucu:</u>**

Tutucunun tasarımını DEGZ tutucusundan biraz esinlenerek, aşağıdaki gibi yaptık. 20mm çapında stroke=60mm olan standart bir Pnömatik piston kullandık. Tutucu üzerindeki mavi ve turuncu renkli parçaları, 3D yazıcıdan bastıracak şekilde tasarımlarımızı yaptık. Yarışma esnasında görevleri rahat bir şekilde yapabilecek şekilde, 125mm açılabilen bir tutucu tasarladık.



Şekil-12: Tutucu tasarım resimleri

Tutucuda kullandığımız piston:
(https://www.pemaks.com.tr/urunler.asp?b=urundetay&KatID=3&ID=12)

PM Ø8 / Ø25

PM-A : ÇİFT ETKİLİ MANYETİK

SİLİNDİR Ø (mm)	MİL Ø (mm)	İTME ve ÇEKME KUVVETLERİ (6Bar)	
		İtme Kuvveti (N)	Çekme Kuvveti (N)
20	8	165	141

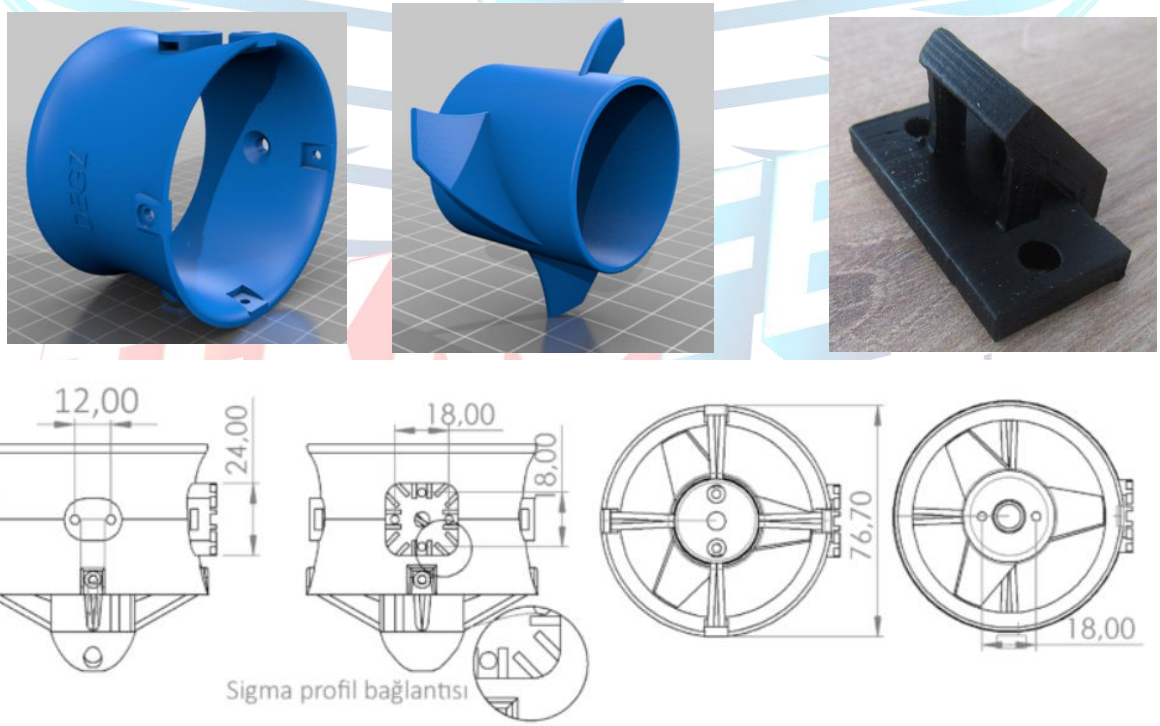
Şekil-13: Tutucuda kullanılan pnömatik piston resmileri

Tutucunun diğer parçaları olan, tutucu kolları ve sabitleme parçaları 3D yazıcıdan çıktı alınacaktır.

5. **<u>İticiler:</u>**

Aracın hareket etmesini sağlayan iticiler için, motor olarak DEGZ marka M1 su geçirmez sualtı motorları satın alınmıştır. Bu motorların itici haline getirilmesi için yine DEGZ'in açık kaynak olarak yayınladığı 3D tasarımlarını kullanarak, 3D yazıcıdan baskı aldık.

(https://degzrobotics.com/product/sualti-motoru/)



Şekil-14: İtici ve bağlantı parçası resimleri

6. **<u>3D yazıcıdan çıktı alınan çeşitli malzemeler:</u>**

İtici gövdesi, itici bağlantı parçası, tutucu kolları vs bazı malzemeleri özel tasarım ile ürettik. Bu baskılarda kullandığımız malzeme PLA filamentidir.

"PLA (Polylactic Acid), mısır nişastası ve şeker kamışından üretilen organik bir biyopolimer ve termoplastiktir. Sert bir yapıya sahiptir. Dayanıklı ve darbelere karşı dirençlidir. Hafif esnekliğe sahiptir, ancak kırılgandır. ABS'ye göre basımı oldukça kolaydır. Basım sıcaklığı genellikle 190°C – 220°C arasındadır. Soğuma esnasında kalkma ve çatlama sorunları ile

karşılaşılmaz. PLA Filamentinin kullanım alanları, PLA daha parlak bir görüntüye sahip olduğu için göze hitap eden alanlarda ve sağlığa zararlı olmadığı için insan vücudu ile temas halinde olabilecek yerlerde kullanılmaktadır." (https://www.artiboyut.com/index.php/tr/bilgi-bankasi/39-3d-yazici-filament-ozellikleri)

4.1.3. Üretim Yöntemleri

1. **Sigma Profil kesimi:**

Aracın iskelet yapısında kullandığımız sigma profiller için, tasarımda belirlediğimiz ölçülerde kesebilmek için, profilleri satın aldığımız işyerinde Gönyeli Profil Kesme makinası kullanılmıştır.

Şekil-15: Gönyeli Profil Kesme makinası

2. **Talaşlı İmalat Yöntemleri**

Aracın haznesin her iki sızdırmaz başlık kısımlarında alüminyumdan ham malzemelerden, tasarıma uygun malzeme üretebilmek için, talaşlı imalatta kullanılan ana ekipmanlar olan Üniversal Torna ve Üniversal Freze kullanılmıştır.

Şekil-16: Üniversal Torna tezgahı

Şekil-17: Üniversal Freze tezgahı

Şekil-18: Kendi hazne üretimimiz esnasında sponsor firmanın kullandığı torna tezgahı ve üretim anı

3. **Polietilen Malzemeden Yüzdürücü Üretim Yöntemi:**

Polietilen malzemenin tasarıma uygun şekli ile üretiminde CNC Router tezgahı kullanılmıştır.

Şekil-19: CNC Router tezgahı

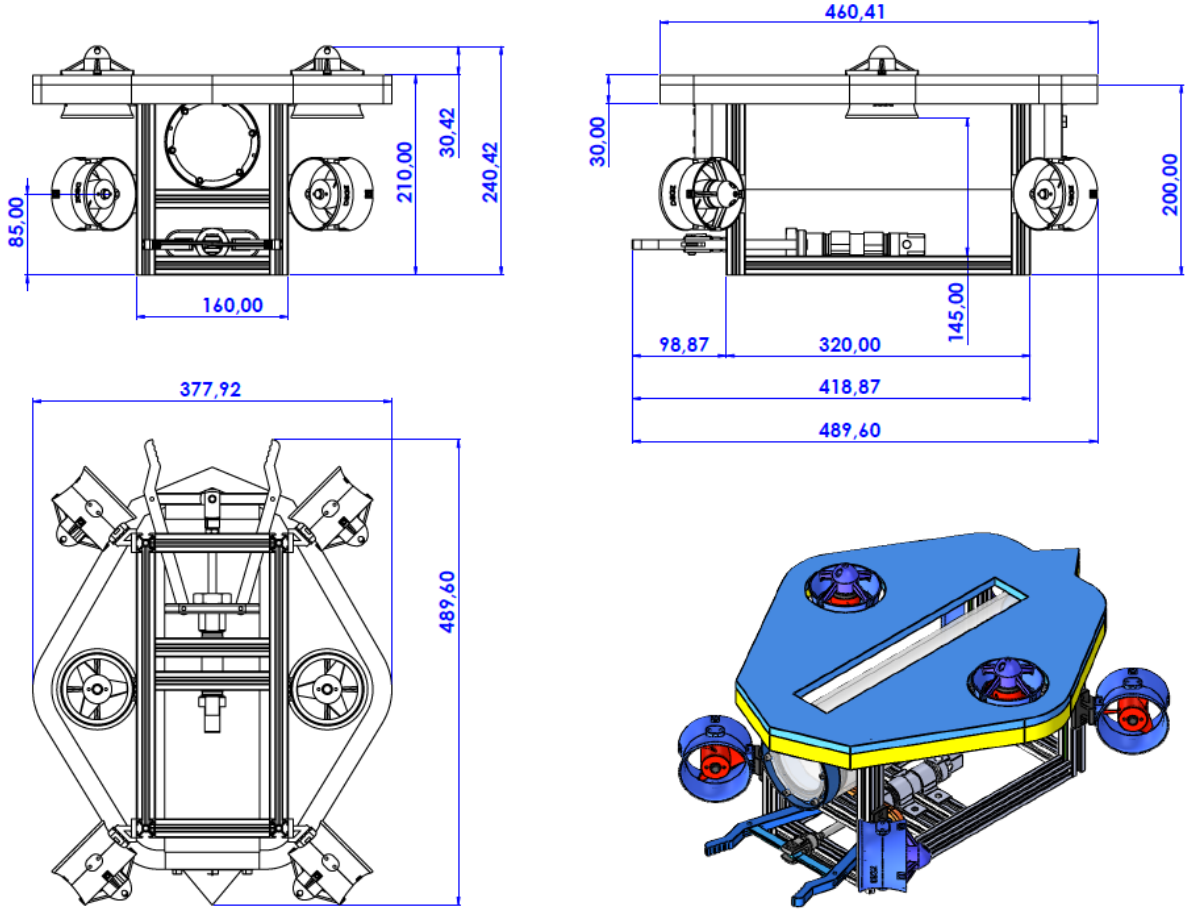
4. 3D Yazıcı ile parça Üretimleri:

3D yazıcı ile imalatlarımızı aşağıdaki 3D yazıcı ile yaptık.

Şekil-20: 3D Baskılarda kullandığımız 3D yazıcı

4.1.1. Fiziksel Özellikler

Aracın Boyutları: Aracın en uzun kenarı ≤ 50 cm olmasına özellikle dikkat ederek tasarımını yaptık. Aracın Uzunluğu= 49cm, Yüksekliği = 24 cm, Genişliği = 35cm yaklaşık ölçülerine sahiptir. Tüm ölçüler, tutucu ve iticiler dahil olmak üzere en dıştan alınan ölçülerdir.



Şekil-21: Su altı aracımızın dış boyutlarını gösteren teknik resimler

	Araçta Kullanılan Ana Malzemeler	Ağırlık (g)	Hacim (cm³)	Özkütle (g/cm³)
1	20x20 Sigma profil ve bağlantı parçaları	1320 (gerçek ağırlık)	347 (yaklaşık hesaplama)	3,80
2	Özel tasarıma kesilmiş polietilen yüzdürücü plaka	875 (yaklaşık hesaplama)	875 (yaklaşık hesaplama)	1,00
3	Hazne (boş haliyle)	1194 (gerçek ağırlık)	2983 (yaklaşık hesaplama)	0,40
4	İticiler ve bağlantı parçaları	752 (gerçek ağırlık)	150 (yaklaşık hesaplama)	5,01
5	Tutucu	250 (tahmini)	44 (yaklaşık hesaplama)	5,68
6	Yüzdürücü strafor	14	467 (yaklaşık hesaplama)	0,03
7	Elektronik ekipmanlar	300 (tahmini)	0 (hazne içinde olduğu için)	-
8	Serbest besleme ve CAT6a kablo ağırlığı	400	100	4,00
	TOPLAM	**5105**	**4966**	**1,03**

Tablo-4 : Su altı aracımızın temel parçalarındaki ağırlık ve hacim değerleri

Su altı aracımız, şu ana kadar yaptığımız üretimlerin gerçek ağırlıkları, üretimini henüz tamamlamadıklarımızı da hesaplama ve tahminleme yöntemi ile, 5,1 kg olarak bulduk. Bu ağırlığın imalattan sonra en fazla 6-7 kg arasında çıkabileceğini düşünüyoruz.

Aracımızın hacim hesaplamaları ile yola çıktığımızda, aracımızın öz kütlesi 1,03 g/ cm³ olarak çıkmaktadır. Bu da suyun öz kütlesi ile yaklaşık olarak aynıdır. Böylece araç serbest olarak suya bırakıldığında, bırakıldığı yerde askıda kalacağını düşünüyoruz. Eğer araç imalatı tamamlayıp, aracı test için ilk suya indirdiğimizde, ihtiyaç durumunda aracın altına ağırlık koyarak veya yüzdürücünün altına ilave strafor parçası koyarak su içinde askıda kalmasını sağlamayı düşünüyoruz.

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

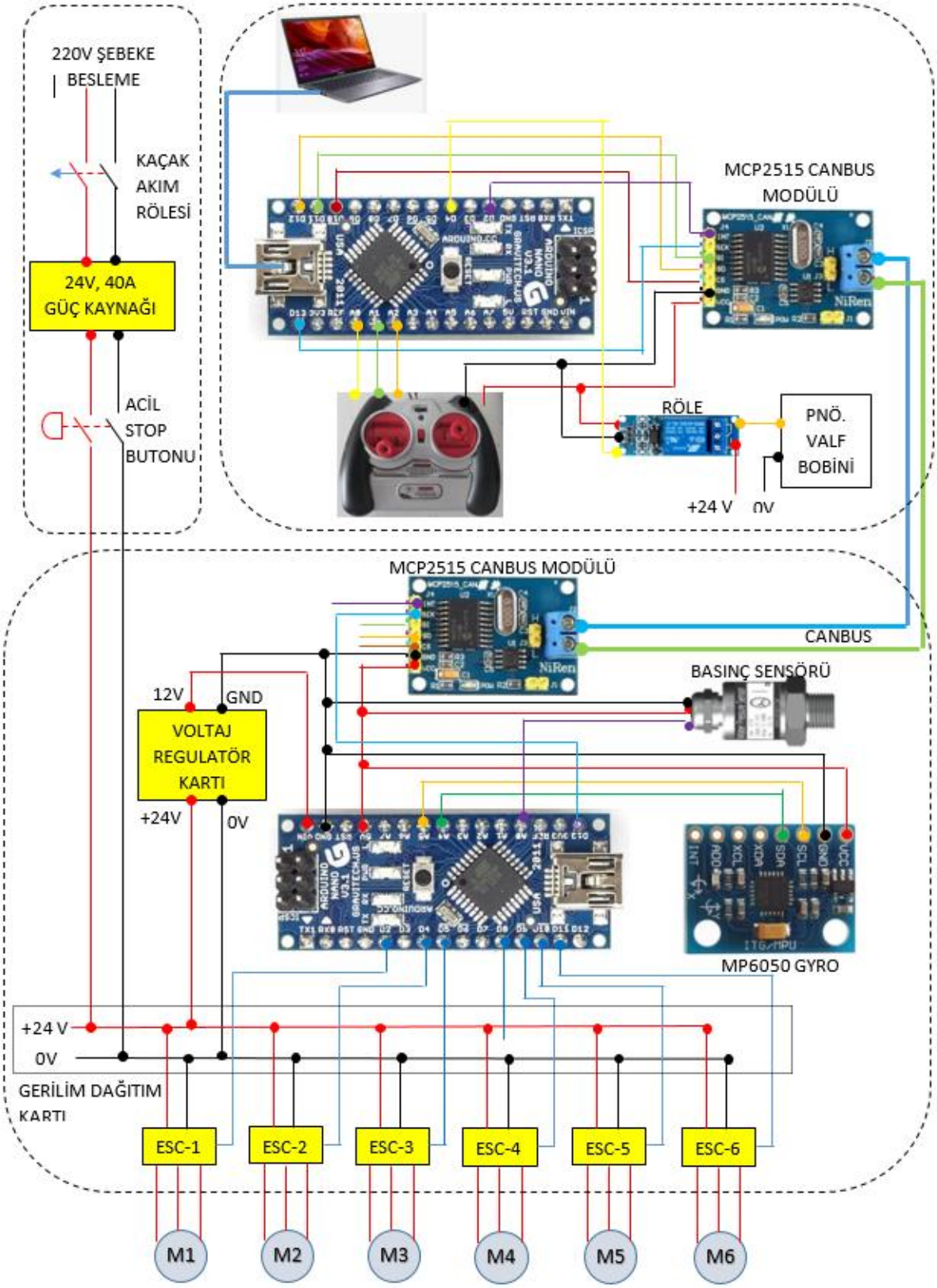
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Hayata geçirmeyi hedeflediğimiz su altı aracımızın elektronik ekipmanlarını, piyasada çok rahat temin edilebilen, yazılımı takım olarak hepimizin hakim olduğu Arduino ve ilişkili ekipmanlardan seçtik.

Elektronik devrede hem araç kontrol kartında hem de karadaki kumanda kartında Arduino Nano kullandık. Arduino nano bu ailenin en küçük elemanı olduğu için, hazne ve kumanda joystick içine çok rahat şekilde sığdırabilmekteyiz.

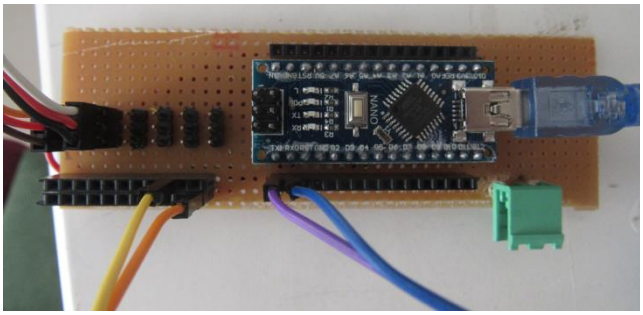
Araç ile kumanda arasındaki haberleşmeyi, Canbus haberleşme protokolü düşündük. Ancak şu ana kadarki elektronik denemelerimizi mesafe de kısa olduğu için, seri haberleşme ile yaptık. Uzun kablolar ile aracı yüzdürmeye başladığımızda Canbus haberleşme protokülüne geçeceğiz.

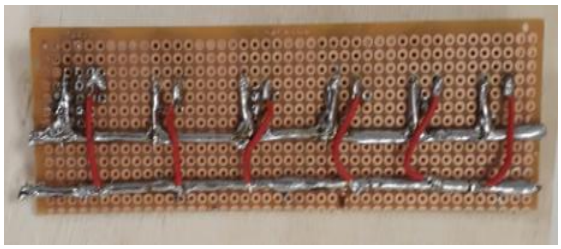
Araç üzerinde dengenin çok önemli olması nedeniyle, bize bunu ölçmemizde bize yardımcı olacak MP6050 Gyro sensörünü hazne içinde kullanacağız. Bu sensör piyasada kolay ve wn uygun maliyeti ile bulabilmekteyiz.

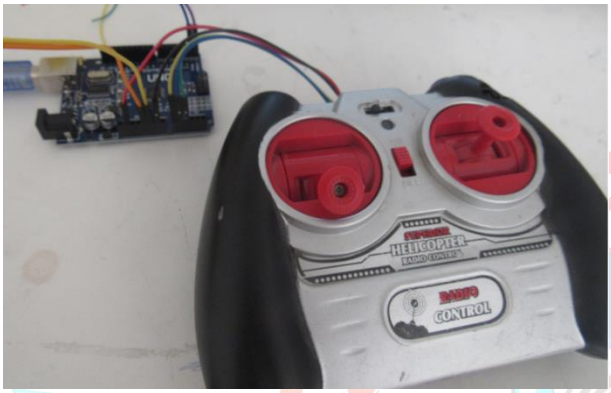


Şekil-22: Su altı aracımızın Elektronik tasarımı

Hazne içerisinde elektronik ekipmanları, bizim tarafımızdan yapılan kartlar üzerine toplayarak modüler hale getirdik. Böylece hazne içerisinde kablo dağınıklığına karmaşışına da mahal vermemiş olacağız.







Şekil-23: Elektronik tasarımımıza uygun üretimlerimiz

<u>Kullanılan Elektronik Malzemeler:</u>

	Arduino Nano Klon
	Arduino Nano temelde Arduino Uno ile aynı özelliklere sahip fakat ebat olarak çok daha küçük olan bir modeldir. Arduino Uno gibi **ATmega328** mikrodenetlecisini kullanır. Uno ile olan benzerlikleri sayesinde Uno için yazılmış herhangi bir yazılımı Nano ile istediğiniz gibi kullanabilirsiniz. **Teknik Özellikleri:** • Dijital G / Ç: 14 adet pin deliği (6 PWM Destekli) • Analog G / Ç: 8 adet pin deliği • DC Akım G/Ç Pinleri: 40mA • Giriş Voltajı: DC 7V ~ 12V (Tavsiye) • Girişi Voltajı: 6V-20V (Sınırları) • Çalışma Voltajı (Lojik): 5V • Atmel Atmega328 mikroişlemci denetleyici • Flash Hafıza: 32KB • SRAM: 2KB (ATmega328) • EEPROM: 1KB (ATmega328) • Çalışma Frekansı: 16MHz • Boyutlar: 18.5mm x 43.2mm) (https://www.direnc.net/arduino-nano-klon-usb-kablo-dahil)

<table>
<tr><td rowspan="2"> </td><td>M1 Su Geçirmez Sualtı Motoru</td></tr>
<tr><td>Deringezen (İnsansız sualtı aracı) motoru olarak bilinen bu motor, tamamen sertleştirilmiş kaplamaya sahip statör kısmı sayesinde neredeyse limitsiz bir derinliğe kadar dalabilir ve aracınızın ihtiyaç duyduğu itici olarak vazifesini sürdürmesini sağlar.

Teknik Özellikleri:
• Voltaj Aralığı : 3s-6s (12v – 24v)
• Sürekli Akım : 8A
• Peak akım : 12a 10sn
• Voltaj – devir ilişkisi : 350kv
• Anodize alüminyum gövde
• Tuzlu suya dayanıklı rulmanlar
• Tamamen izole edilmiş, sargılar.

(https://degzrobotics.com/product/sualti-motoru/)</td></tr>
<tr><td rowspan="2"> </td><td>MCP2515 Canbus Haberleşme Modülü</td></tr>
<tr><td>CAN-BUS Shield, Arduino kartlarını CAN hattına dahil edilmesini sağlayan bir karttır. Ayrıca birden çok Arduino kartının CAN hattı üzerinden de rahatlıkla haberleşmesine imkan sağlamaktadır. SPI arayüzlü MCP2515 CAN kontrolcü ve TJA1050 CAN transceiver temel alınarak yapılmıştır. OBD-II kütüphanesi ile birlikte rahatlıkla kullanılabilir.

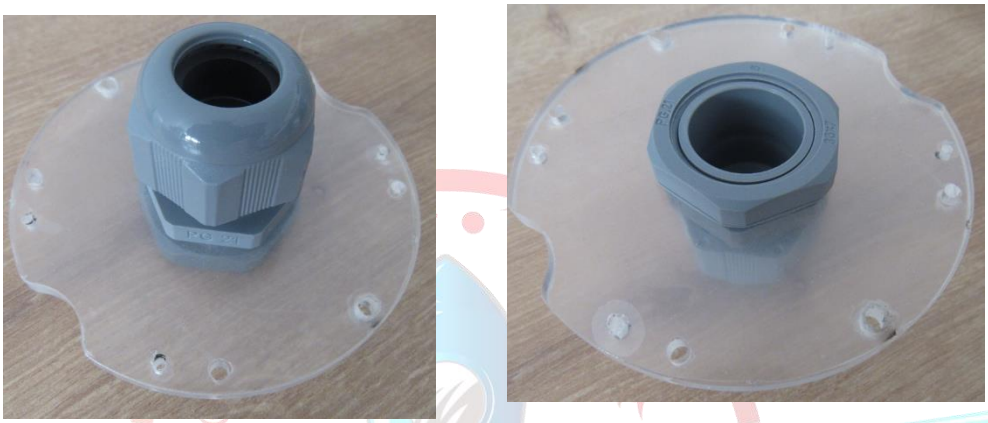
Teknik Özellikleri:
• CAN 2.0B protokolünü destekler
• Yüksek hızlı TJA1050 CAN transceiver entegresi kullanır
• SPI bağlantısı sayesinde genişletilebilir CAN arayüzü
• 8 MHz kristal osilatör
• 120 Ω terminal direnci

(https://www.robotistan.com/mcp2515-canbus-spi-haberlesme-modulu)</td></tr>
<tr><td rowspan="2"> </td><td>IP Kamera (5MP IP ve USB)</td></tr>
<tr><td>IP Kameralar paket protokolleri ile çalışan yüksek çözünürlüklü kameralardır. Dahili olarak bir mikrodenetleyicileri ile paket yapısı kullanılarak görüntüyü aktarırlar. IP kameralar analog kameralara benzer şekilde parazitten etkilenirler, ancak bu asla görüntü kalitesinin bozulması olarak sonuçlanmaz. Parazit etkisinin azaltılması için Cat 6e veya Cat 7 kablo tipi tercih edilebilir.

Teknik Özellikleri:
• Sensör Tipi – CMOS
• Çözünürlük – 5MP 2592*1944 15fps; 4MP 2560*1440 25fps; 2MP 1920*1080 30fps
• Işık Hassasiyeti – 0.0001Lux
• Sıkıştırma Standardı – H265/H264
• Ağ Arayüzü – RTSP / FTP / PPPOE / DHCP / DDNS / NTP / UPnP
• Lens – 3mm, 175 derece
• Lens Tipi – Değiştirilebilir M12
• Besleme Gerilimi – 12V
• Sabit Resim – Jpeg Formatında</td></tr>
</table>

	• İletim – Ses ve Görüntü (https://degzrobotics.com/product/5-mp-ip-kamera/)

Hazne içerisine kablo girişinde su sızdırmazlığını sağlamak için, şeffaf pleksiglass malzemenin ortasına bağladığımız elektrik rekoru kullandık. Bu rekorun içine ve çevresine başka bir kılavuz boru ile epoksi dökerek, tam sızdırmazlığı sağlamış olacağız.



Şekil-24: Hazne kapağı üzerine yerleştirilen kablo rekoru

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

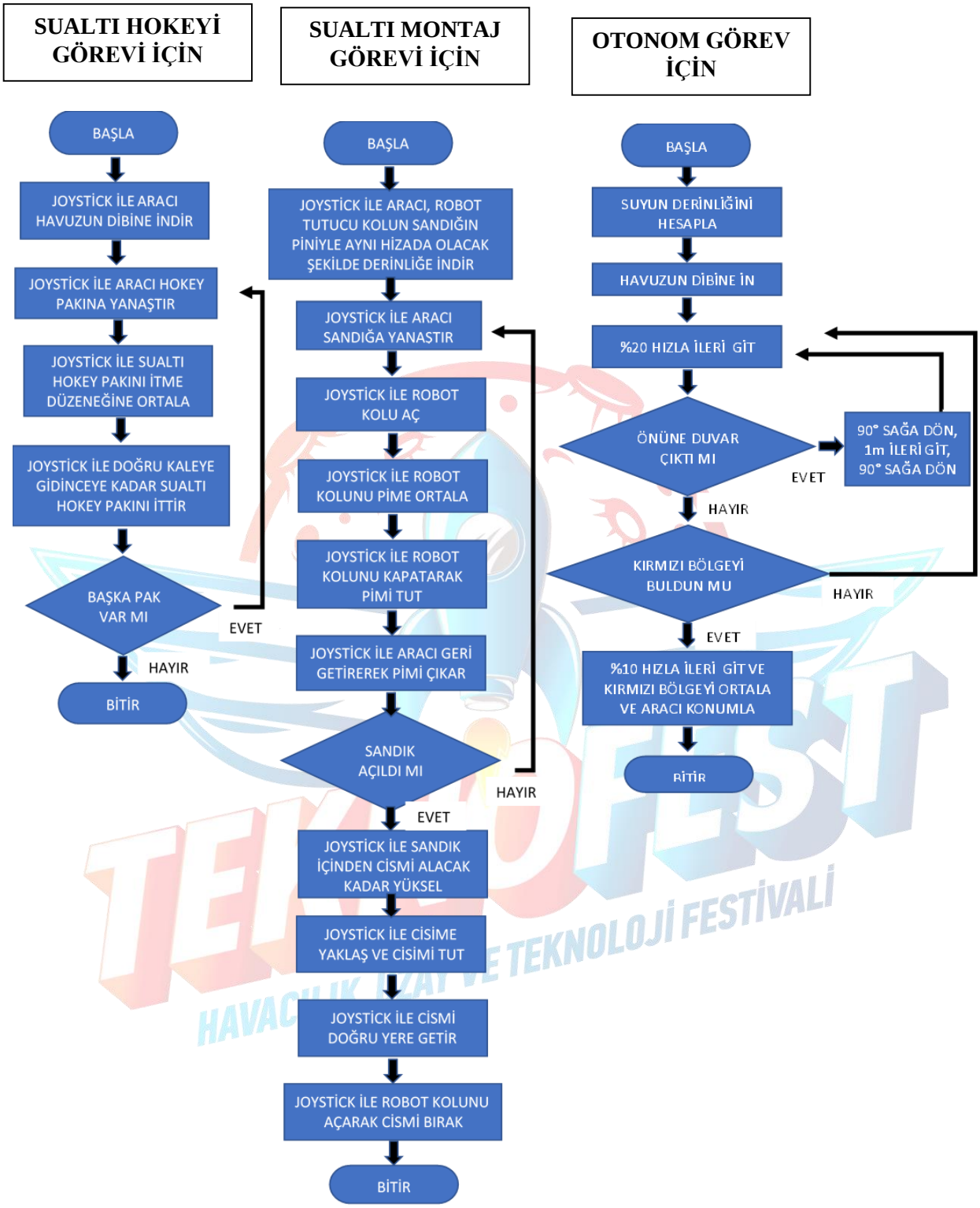
Algotirma tasarımlarımız yarışma şartnamesinde belirtilen görevlere yönelik tasarlanmıştır. Su altı hokeyi görevi, Su altı montaj görevi ve kırmızı bölgeyi bulmaya yönelik Otonom görev için ayrı ayrı algoritma yapısı tasarlanmıştır.

Algoritma tasarımında algoritmik mantık adımları izlenerek, şema çizilmiştir. Şema ile görselleştirilerek daha anlaşılır hale getirilmiştir. Böylece yazılım aşaması için iyi bir alt yapı oluşturulmuştur.

Su altı hokeyi görevi ve montaj görevi otonom görev olmadığı için, aracı kullanan takım üyemizin ekrandan bakarak yapacağı hareketler de algoritma akış şemasına dahil edilmiştir.

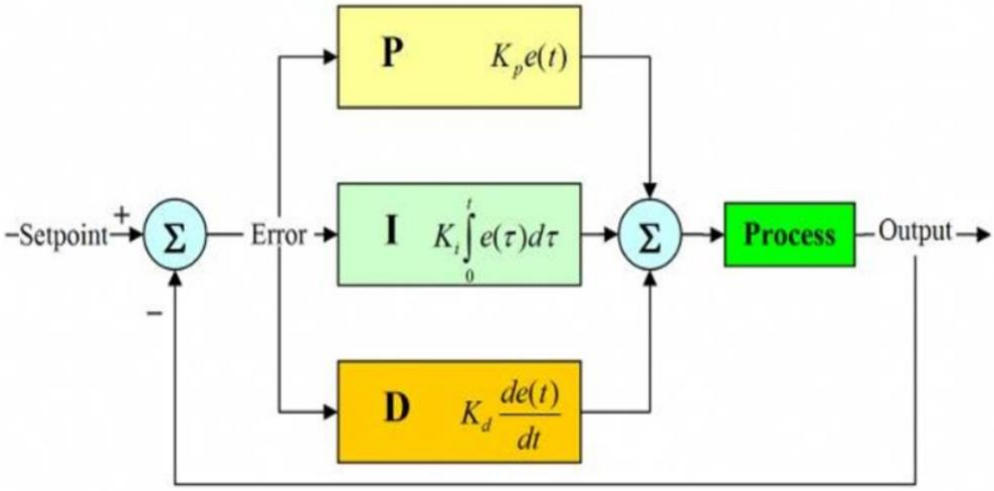
Su altı kırmızı bölgeyi bulmaya yönelik Otonom görev için ise, tamamen aracın bir mantık çerçevesinde kırmızı bölgeyi bulana kadar, tüm havuzu tarayacak şekilde bir algoritma düşünülmüştür.

Otonom görevde kırmızı bölgeyi bulmak için, C++ openCV kütüphanesi ile görüntü işleme yapılmıştır. Alınan sonuca göre haberleşme ile Arduino'ya hareket komutu (ileri , sağ, dur gibi) gönderilmesi düşünülmüştür.



Şekil-25: Algoritma şeması

Ayrıca aracın kontrolünde dengeyi sağlayabilmek ve hızı istenilen hızda tutmak için PID kontrol algoritması kullanılacaktır. Böylece aracın hareketinde kontrollü stabil gitmesi sağlanacaktır.



Şekil-26: PID algoritması (https://www.ceyrekmuhendis.com/pid-controller-nedir/)

"PID (Proportional (Oransal) Integral (İntegral) Derivate (Türev)) Controller, geri besleme yoluyla girişe gönderilen sinyal ile giriş sinyalini karşılaştırarak hatayı hesaplar. Bu hata PID'ye gönderilir ve PID bu hatayı bir katsayı ile çarpıp türevini ve integralini alır, tekrar çıkışa gönderilir. Bu işlem hata minimuma inene kadar devam eder." (https://www.ceyrekmuhendis.com/pid-controller-nedir/)

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

Araç içindeki kontrolörün ve karadaki kumanda kontrolörünün programları, Arduino IDE üzerinden C/C++ dilleri kullanılarak yazılımı yapılacaktır. Bu yazılıma takım üyelerimizin hepsi hakim olup, geçmişte çeşitli projeler gerçekleştirmiş olması nedenyile seçilmiştir.

Araç üstü kontrolör yazılımı ve kumanda yazılımı olarak iki adet yazılım olacaktır. Bu yazılımlar için açık kaynak olarak verilen ve internette yazılım eğitimi verilen videolardan yararlanılmıştır.
(https://www.youtube.com/watch?v=pYQxVTDCB5I&list=PL3AySpt2T9TH-ns1OhZaxRseRMl3JOaxq&index=3)

Kodlama esnasında Arduino IDE'nin programcıya sağladığı, MCP2515 ve Servo gibi hazır kütüphanelerden yararlanılacaktır.

MCP2515 canbus seri haberleşme için aşağıdaki gibi bir yazılım kullanılacaktır.

```
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("Basladi.");
    SPI.begin();


    mcp2515.reset();
    mcp2515.setBitrate(CAN_125KBPS,MCP_8MHZ);
    mcp2515.setNormalMode();


    yukselis.attach(3, 1000, 2000);
    onsa.attach(5, 1000, 2000);
    onso.attach(6, 1000, 2000);
   arsa.attach(9, 1000, 2000);
   arso.attach(10, 1000, 2000);
```

Joystick'den gelen komutları da aşağıdaki gibi bir yazılım mantığı ile yazacağız.

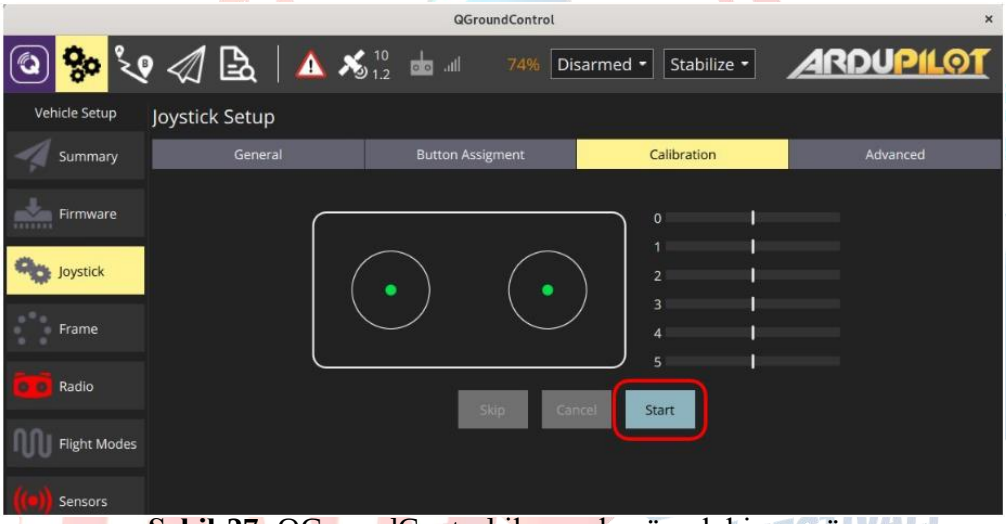
```
yukselis.writeMicroseconds(valueJoyStick_X_1);
onsa_deger = 1500 + (valueJoyStick_X_2 - 1500) - (valueJoyStick_Y_2 - 1500) - (valueJoyStick_Y_1 - 1500);
onso_deger = 1500 + (valueJoyStick_X_2 - 1500) + (valueJoyStick_Y_2 - 1500) + (valueJoyStick_Y_1 - 1500);
arsa_deger = 1500 + (valueJoyStick_X_2 - 1500) + (valueJoyStick_Y_2 - 1500) - (valueJoyStick_Y_1 - 1500);
arso_deger = 1500 + (valueJoyStick_X_2 - 1500) - (valueJoyStick_Y_2 - 1500) + (valueJoyStick_Y_1 - 1500);
```

Araç kontrolünde PID algoritması kullanılarak motor kontrolleri yapılacaktır. PID'deki referanslarımız, joystick ve otonomdan gelen komut sinyali ve gyro sensörden gelen gerçek sensör ile hata değeri oluşturularak PID kontrol yapılacaktır.

İnternette açık kaynak olarak yayınlanan kodları kendimize göre tekrardan düzenleyerek ve aracın testleri boyunca geliştirerek yazacağız ve final yarışmasına kadar son haline getireceğiz.

4.4. Dış Arayüzler

Yüzey bilgisayarında QGroundControl isimli program aracılığıyla dış arayüz oluşturacağız. Bu program bu tür araçlar için tam uçuş kontrolü ve araç kurulumu sağlar. Sürüş sırasında her türlü özelliği ile yardım sağlar ve gps ile kamera görüntüsünü kullanıcıya sunar.



Şekil-27: QGroundControl ile yapılan örnek bir arayüz

Aracımızın yazılım süreçlerinde bu QGroundControl programını kullanarak, kendimize uygun, sade, verimli ve kolay anlaşılır bir arayüz oluşturacağız.

5. GÜVENLİK

ÇAKABEY takımı olarak "Her İşten Önce Emniyet" sloganı ile tüm çalışmalarımızı yaptık ve yapmaya devam ediyoruz.

1. Aracımızın kara ekipmanlarının şebeke elektriği aldığı ilk kısma, "Kaçak Akım Rölesi" ilave koyarak, olası kısadevre, elektrik akımına kapılma gibi durumlarda, hemen toprağa karşı kaçak akımı algılayacağından dolayı, kaza yaşanmadan röle atıp korumaya geçecektir.
2. Su altı aracımızın üzerine aldığımız elektrik enerjisi, insan için çıplak olarak tehlikeli sınır olan 50 Volt DC'den düşük olan, 24 Volt DC gerilimini tercih ettik. Böylece olası araç üzerinde su sızdırması veya suya kaçaklarında emniyetli tarafta kalacağız.
3. Araç üzerine giden elektrik enerjisini, acil durumlarda hemen kesebileceğimiz Acil Stop Butonu kullandık.

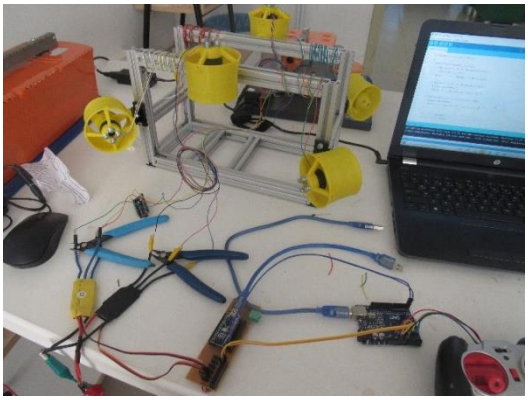
4. Su altı aracımıza elektrik beslemesi yapan kablomuzu, Özel Silikonlu kablo kullanarak suya karşı izolasyonu yüksek tutmuş olduk.
5. İtici motorlarının bağlantı yerlerinin suya kaçak olmaması için, özel izolasyon malzemesi reçine ile kaplama yaptık.
6. Araç üzerindeki Elektronik ekipmanların bulunduğu haznenin, su sızdırmazlığını haznenin özel tasarımları ile ve yaptığımız testler ile sağladık. Hazneye giren kablo girişlerinde ise özel elektrik rekoru ve çevresine dökeceğimiz epoksi reçine ile, sızdırmazlığı sağladık.
7. Motor pervanelerinin dönme esnasında el ile temasında zarar vermemesi için keskin köşe tasarımlardan kaçındık.
8. Aracımızın tüm elektriksel ve elektronik bağlantılarında gevşek kablo bağlantılarını, suya indirmeden önce kontrol etmeyi planladık.
9. Aracımızın tüm mekaniksel bağlantılarında herhangi bir gevşeklik kalmaması için, aracımızı suya indirmeden önce kontrol etmeyi planladık.
10. Aracımızın üretim aşamasında da tüm emniyet tedbirlerine uyarak çalıştık ve çalışmaya devam ediyoruz. Örneğin elektrik ve elektronik ekipmanların tüm bağlantılarını yaparken ana elektriği kesiyoruz. Mekanik bağlantı çalışmalarında ihtiyaç duyulabilecek eldiven, gözlük vb. Kişisel Koruyucu Malzemeleri kullanmaktayız.

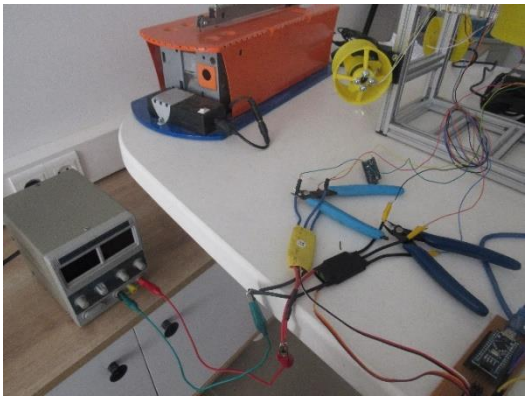
6. TEST

Testlerimize önce haznenin su sızdırmazlık testi ile başladık. Bu testi önce haznenin içerisine suya koyup, bir gün bekleterek dışarıya su sızdırıp sızdırmadığı ile başladık. Dışarıya su kaçmadığını görünce, ikinci aşama olan, hazneyi su dolu bir kovaya daldırarak, içine su sızdırıp sızdırmadığını test ettik. Burada su sızdırmadığını gördük. Sızdırmazlık testimizin son aşamasını, aracı suya indirdiğimizde ve hareket kabiliyeti testleri yaptığımızda tamamlayacağız. Burada aracı havuzun derinliğine indirerek, suyun basıncı altındaki sızdırmazlığı gözlemleyeceğiz.

Aracın itici motorlarının çalışma testini, suya indirmeden önce, atelye ortamında düzeneği kurarak test ettik. Burada yazılım testlerimizi de yaptık. Geliştirmeye devam ettiğimiz yazılımımızın motorları nasıl çalıştırdığını gördük. Ayrıca karadaki kumanda devresi için de joystick ile çalıştırılmasını test ettik. Ayrıca araç içindeki Arduino ile karadaki Arduino arasındaki haberleşmeyi seri haberleşme ile test ettik. Bu şekilde joystickden verdiğimiz komutlarımızın itici motorları nasıl çalıştırdığını test ettik. Bu test aşamalarında gördüğümüz elektronik devre bağlantı ve yazılım eksikliklerimizi düzelterek gelişimi sağladık.

Şekil-28: Haznenin su sızdırmazlık testleri





Şekil-29: Elektronik tasarımımıza uygun imalatlarımız ve bu ekipmanların testleri

7. TECRÜBE

ÇAKABEY takımımızı 2022 Ocak ayında kurduğumuz için, tüm çalışmalardaki tecrübelerimizi bu yarışmada edinmeye başladık. Üretim ve test aşamalarında takım üyelerimizin yaşadığı bir kaza yoktur.

Araç üretimimizin ilk aşaması olan sigma profiller ile iskelet yapımında, köşe gizli parçaları yanlış takarak bağladığımız için, bağlantılar gevşek kaldı. Ayrıca ilk iskelet kurulumunda ara profilleri yanlış yere bağladığımızı farkettik. Daha sonra doğrusuna birkaç defa yapıp bozduktan sonra ulaştık ve şu an sağlam oldu.

Hazne yapımında, şeffaf pleksiglas'dan imal ettiğimiz yan kapakların, 6 adet delikten 4 adet deliğin yanlış yerde olduğunu montaj esnasında gördük. Bu durumu el matkabı ile yeni delik delerek giderdik. Fazla kalan delikler herhangi bir sızdırmaya etkisi yoktur. Bu hatanın sebebinin tasarımda iken delik yerlerini yanlış koymamız kaynaklı olduğunu gördük. Bunu teknik resimde düzelttik.

İtici motorlarını alıp ilk ESC ile test yaptığımızda, bağlantı kablolarının kesitine dikkat etmedik. Bu durumda kabloların zayıf kaldığını ve ısındığını gördük. Hemen kabloların kesitlerini yükselttik.

Elektronik kart imal ederken de, tam istediğimiz gibi kart çıkaramadığımızdan birkaç kez denemeden sonra iyi bir kart çıkarttık.

3D baskı parçaların basılması esnasında, yazıcının ayarsızlığından ve çıktı ayarları esnasında destek kullanmadığımızdan, bozuk parçalar aldık. Aynı parçaları birkaç kez bastıktan sonra doğru parça alabildik.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

PROJE ÇALIŞMA SÜREÇLERİ		Başlangıç T.	Bitiş Tarihi
1	Takımın üyelerinin ve danışman öğretmenin belirlenerek takımın oluşturulması	3.01.2022	31.01.2022
2	Geçmiş yıllarda bu konuda proje yapmış araştırmaların incelenmesi	1.02.2022	28.02.2022
3	Yarışmaya başvurunun yapılması	-	7.03.2022
4	Aracın ön tasarım çalışmalarının yapılması	7.03.2022	19.03.2022

5	Ön tasarım raporunun (ÖTR) hazırlanması ve teslim edilmesi	7.03.2022	22.03.2022
6	Ön Tasarım Raporu Sonuçlarına göre Ön Elemeyi Geçen Takımların Açıklanması	-	16.04.2022
7	Aracın Tasarım geliştirme çalışmalarının yapılması	23.03..2022	28.04.2022
8	Malzeme siparişlerinin verilmesi ve malzemelerin temini	2.05.2022	5.06.2022
9	İnsansız Su Altı Aracının üretiminin yapılması ve karadaki testlerin yapılması	9.05.2022	18.06.2022
10	Kritik Tasarım Raporunun hazırlanarak teslim edilmesi	15.05.2022	30.05.2022
11	İnsansız Su Altı Aracının ilk suya inişi ve sızdırmazlık testinin ve temel hareketlerin yapılması	20.06.2022	30.06.2022
12	Sualtı Araçlarının Sızdırmazlık ve Hareket Kabiliyeti Videolarının hazırlanarak teslim edilmesi	27.06.2022	1.07.2022
13	Finale kalan ve Maddi Destek Almaya Hak Kazanan Takımların Açıklanması	-	5.07.2022
14	Sualtı Araçlarının Hareket Kabiliyetlerinin görevler üzerinde geliştirilmesi ve görevlerin pratik olarak çalışılması	6.07.2022	21.07.2022
15	Final Yarışmasına katılım-Giresun	22.07.2022	24.07.2022

Tablo-5 : Zaman Planı

PROJEDE KULLANILACAK MALZEMELER		**ADET**	**BİRİM FİYAT**	**FİYAT**	**TEMİN DURUMU**
A	**ELEKTRONİK VE KONTROL MALZEMELERİ**				
A.1	Degz M1 su geçirmez sualtı motoru	6	₺564	₺3.384	Temin edildi
A.2	Arduino Nano	2	₺163	₺327	Temin edildi
A.3	Canbus Haberleşme Modülü MCP2515	2	₺83	₺167	
A.4	LM2596 Mini Ayarlanabilir Voltaj Regülatör Kartı 3A (4-35V ile 1.25-30V)	1	₺23	₺23	Temin edildi
A.5	MPU6050 6 Eksen İvme ve Gyro Sensörü - GY-521	1	₺49	₺49	Temin edildi
A.6	Analog Su Basınç Sensörü	1	₺325	₺325	
A.7	Degz 5MP IP ve USB kamera	1	₺2.090	₺2.090	
A.8	ESC-30A	6	₺325	₺1.950	Temin edildi

A.9	Kumanda joystick	1	-	-	
	ARA TOPLAM			₺8.314	
B	**ELEKTRİK MALZEMELERİ**				
B.1	Meanwell 24 volt (SMPS 480-24 500-24 480W 24V 20A HIGHTEK M-POWER) Güç Kaynağı	2	₺443	₺886	
B.2	Kutulu 40 A sigorta	1	₺50	₺50	
B.3	Acil stop kesme butonu	1	₺50	₺50	
B.4	Slikon yalıtımlı çok telli güç kablosu (2x4mm2)-30 metre	1	₺600	₺600	
B.5	Cat-6 ethernet kablosu - 30 metre	1	₺230	₺230	
	ARA TOPLAM			₺1.816	
C	**MEKANİK MALZEMELERİ**				
C.1	20x20 Sigma profil ve bağlantı parçaları	1 takım	₺290	₺290	Temin edildi
C.2	Özel tasarıma kesilmiş polietilen yüzdürücü plaka	1	₺400	₺400	Temin edildi
C.3	Pleksiglass şeffaf boru (350 mm uzunluğunda 5mm kalınlığında 100mm dış çapında)	1	₺300	₺300	Temin edildi
C.4	Alimunyum ham parça çap=100mm, kalınlık=34mm	2	₺50	₺100	Temin edildi
C.5	Pleksiglass şeffaf levhadan kapaklar Kalınlık=5mm	2	₺15	₺30	Temin edildi
C.6	NBR70 O-ring sızdırmazlık parçası - 80x3mm	4	₺4	₺16	Temin edildi
C.7	NBR70 O-ring sızdırmazlık parçası - 70x3mm	2	₺4	₺8	Temin edildi
C.8	Krom kaplı M4x10 cıvata ve pul	12	₺2	₺24	Temin edildi
C.9	Diğer krom kaplı çeşitli cıvata, somun ve pullar	1 takım	₺25	₺25	Temin edildi
C.10	ISO 6432 çap=20mm, stroke=60mm PM çift etkili pnömatik piston	1	₺200	₺200	
	ARA TOPLAM			₺1.393	
	GENEL TOPLAM			**₺11.523**	

Tablo-6 : Bütçe Planlaması

Risk Planlaması:

Olabileceğini düşündüğümüz riskler ve bunlara karşı alacağımız önlemler aşağıdadır:

1. Aracın haznesinin su almasıdır. Bunun için çift o-ring'li su haznesi kullanılarak sızdırmazlık konusunda ilave önlem alınmıştır. Ayrıca yapım aşamasında kapağın sökülmesi takılması esnasında dikkat edeceğiz ve her seferinde özel gres yağı ile yağlamaya dikkat edeceğiz.

2. Aracın su üzerinde statik dengesini sağlamak konusundadır. Burada 3D mekanik tasarımı yapılırken mümkün olduğu kadar yüksek yapılmaya çalışıldı ve ağırlık merkezi dengede sağlanmaya çalışıldı. Bunun için yapım aşamasına geçtiğimizde ilave yüzdürücüler ve aracın en altına eksen merkezine yakın ağırlıklar kullanılarak statik denge sağlanacaktır.

3. Yüzdürme esnasında aracın dengesini kaybetmesidir. Bu konuda da motor kontrolleri için yazılım kısmında PID mantığı ile yazılım yapılacaktır.

4. Araçta kullandığımız elektronik malzemelerin ve motorların arızalanmasıdır. Bu riskin kullanıcı hatasından dolayı olmasını engellemek için gerekli eğitimleri önceden alacağız. Eğer üründen kaynaklı olursa tedarikçi firmayla irtibata geçerek değiştireceğiz.

5. Araç yapımının zamanında yetişmemesi durumu olabilir. Bunun için Teknofest'in son tarihlerine uyacak şekilde geniş aralıklı zaman planlaması yaptık ve bu takvime tam olarak uymak için elimizden geleni yapacağız.

6. Yarışma esnasında görevlerin tam anlamıyla yerine getirilememesi ile karşı karşıya kalabiliriz. Bunun için de aracımızın ilk suya indirilerek, sızdırmazlık ve hareket kabiliyetleri testinde ihtiyacımız olacak havuz için, önden görüşerek kullanmak için 20 Temmuz ile 30 Temmuz arasında kullanmak için izin aldık. Final yarışmaları öncesi görev denemeleri ve çok sayıda yarışma pratiği için de havuz kullanımına yönelik izin almayı planlamaktayız.

9. ÖZGÜNLÜK

Aracımızın 3D mekanik tasarımını yaparken, özgün bir tasarımla vatoz balığına benzetilmiştir. Ayrıca iskelet sisteminde sigma profiller kullanılarak sağlam bir araç elde edilmiştir. Yükseklik olarak da yeterli yükseklik sağlanarak denge sağlanmaya çalışılmıştır.

Araç tutucusunu ve hazneyi hazır ürün almayıp, kendimize özel tasarımlar yaptık ve bu şekilde üretim yaptık.

Yüzdürücünün şeklini vatoz balığı benzetmesi ile özel şekliyle tasarladık ve bu şekilde üretim yaptık.

Araç üzerinde kullandığımız 3D baskı bağlantı parçalarını kendi tasarımımızla ürettik.

Besleme gerilimi olarak 24 Volt kullanarak, seçtiğimiz itici motorları 12-24 V aralığının en sonunda kullandık ve böylelikle motorları daha yüksek güç kapasitesinde kullanabileceğiz. Ayrıca yüzey kısmında besleme kaynağı olarak anahtarlamalı Güç Kaynağı kullanacağımız için, aracın ani güç taleplerinde gerilim dalgalanması en az seviyede olacaktır. Kullanacağımız malzemelerin seçiminde yerli ürünlerin ağırlıklı olmasına azami gayret ettik.

10. YERLİLİK

Hazne, bizim tasarımıza göre üretimi yapılmış olup, alt malzemeleri olan pleksiglass şeffaf boru ve levhalar, alimünyum ham madde, o-ring'ler tamamen yerli olarak ülkemizde yer alan firmaların üretimidir. Haznenin tasarımızı takımımız tarafından yapıldıktan sonra, üniversal torna ve freze tezgahlarına sahip bir atelyede üretilmiştir. Şeffaf pleksiglass boru ve kapak ise, yerli firmalar tarafından bizim tasarlarımıza göre atelyelerinde kesilerek imal edilmiştir.

İskelet yapısında kullanılan sigma profiller ise, yine yerli bir firma tarafından üretilerek, atelyelerinde bizim tasarımımıza göre belirlenen montaj boyutlarında kesildi ve bu boyutlarda montaj resimlerimize göre üretimimizi yapmış bulunmaktayız.

Tutucu tasarımı bize ait olup, pnömatik piston yerli üreticilerden temin edilecektir. 3D baskı parçaları tarafımızca tasarlanmıştır ve okul atelyemizde bulunan 3D yazıcısından çıktı alındıktan sonra montaj yaparak tutucuyu üretmiş olacağız.

Elektronik devre tasarımlarında standart olan, ekonomik olan ve kolaylıkla temin edilebilen ekipmanları kullanılmıştır. Elektronik devre kurulumu aşamasında tarafımızca özel kartlar üretilmiştir.

Tüm 3D baskıları okul atelyemizde bulunan 3D yazıcısından çıktı alarak ürettik. Bunların bir kısmını biz tasarladık, bir kısmını ise açık kaynak tasarımlardan faydalandık.

11. KAYNAKÇA

[1] Derin gezen eğitimleri - Creatiny 2020 – (Youtube - 6 eğitim paketi), https://www.youtube.com/watch?v=512rW79j4W4

[2] Derin Gezen resmi sitesi, https://degzrobotics.com/

[3] https://www.yesilodak.com/biyomimikri-nedir

[4] https://www.pemaks.com.tr/urunler.asp?b=urundetay&KatID=3&ID=12)

[5] https://degzrobotics.com/product/sualti-motoru/

[4] https://www.artiboyut.com/index.php/tr/bilgi-bankasi/39-3d-yazici-filament-ozellikleri

[5] https://www.direnc.net/arduino-nano-klon-usb-kablo-dahil

[6] https://degzrobotics.com/product/sualti-motoru/)

[7] https://www.robotistan.com/mcp2515-canbus-spi-haberlesme-modulu)

[8] https://degzrobotics.com/product/5-mp-ip-kamera/

[8] https://www.ceyrekmuhendis.com/pid-controller-nedir/

[9] https://github.com/degzrobotics/octomini/blob/master/vehicle/vehicle.ino

[10] https://github.com/degzrobotics/octomini/blob/master/controller/controller.ino

[11] https://docs.qgroundcontrol.com/master/tr/SetupView/Joystick.html

[12] QGC - QGroundControl - Drone Control. (2020). Retrieved from http://qgroundcontrol.com/

[13] Qgroundcontrol & Tower ilk bakış, https://www.youtube.com/watch?v=jWvPNDhbEj8)

[14] M. Yakut, S. Yılmaz, S. İnce, M. Otçu, E. Aygün, Derinlik ve Yön Kontrol Uygulamaları için Sualtı Aracı Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(1):343-355 (2015)*