



# **HOBİ AMAÇLI SUALTI GÖZLEM ARACI TASARIM VE ANALİZİ**

**2023  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Erkut AKDAĞ**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. İsmail ESEN**

# **HOBİ AMAÇLI SUALTI GÖZLEM ARACI TASARIM VE ANALİZİ**

**Erkut AKDAĞ**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. İsmail ESEN**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Haziran 2023**

Erkut AKDAĞ tarafından hazırlanan ‘‘HOBİ AMAÇLI SUALTI GÖZLEM ARACI TASARIM VE ANALİZİ’’ başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İsmail ESEN

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 14/06/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. İsmail ESEN (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Selami SAĞIROĞLU (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Gökhan SUR (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Erkut AKDAĞ

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **HOBİ AMAÇLI SUALTI GÖZLEM ARACI TASARIM VE ANALİZİ**

**Erkut AKDAĞ**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. İsmail ESEN**

**Haziran 2023, 41 sayfa**

Günümüzde su altı keşif ve araştırma çalışmaları; endüstriyel, askeri, bilimsel ve çevresel alanlarda artarak giden bir ilgiyle devam etmektedir. Bu çalışmalarda kullanılan su altı araçlarının tasarımı; güvenilirlik, verimlilik ve işlevselliği açısından sürekli olarak geliştirilmekte ve optimize edilmektedir. Su altı ortamının zorlu şartları, araştırmacıları ve mühendisleri yenilikçi tasarımlar üretmeye yönlendirmiştir. Bu tez çalışmasında su altı araçlarının tasarım süreçlerini ele alarak, var olan çalışmaların aksine montajı kolay, basit ve efektif kullanıma sahip ve herkes tarafından ulaşılabilir modellerin geliştirilmesine katkı sağlayacak tasarımı elde etmek amaçlanmıştır. Çalışma yapılacak olan proje gözlem sınıfı insansız denizaltı aracı üzerinedir. Yüksek lisans tez süresince "su altı drone" mantığı modellenmiştir. Bu modelin seçilmesinin temel amacı insanların gökyüzünde drone ile zaman geçirdiği modeli su altına uyarlayarak her kesimden insanın ulaşabileceği kolay taşınabilir, isteğe bağlı Youtube üzerinden yayın açılarak VR teknolojisiyle takip edilebilen bir araç olabilmesidir. Literatürde var olan çalışmalardan farklı olarak bu sualtı aracı kullanıcının bulunduğu

noktadan itibaren 30 metre yarıçap mesafesinde hobi amaçlı gözlem yapabilecek yeterlilikte herkesin kullanabileceği hafif, kullanışlı bir ürün olmasıdır. Hafif ve küçük bir çanta ile kolayca herkes tarafından taşınabilen ulaşılabilir bir model tasarlanmıştır. Tasarımda, 4 adet 45° açıyla yerleştirilmiş yatay ve 2 adet dikey olarak yerleştirilen 6 adet itici kullanılmıştır. 3 knots (deniz mili) hız için gerekli itici kuvvetleri hesaplanmıştır. 3D baskı yöntemiyle üretilecek olan dış iskeleti tasarlanmıştır. Motor olarak akıntılarda verimli sonuçlar alabilmek adına M1 Su Geçirmez Sualtı Motoru tercih edilmiştir. Elektronik aksam ve hassas ürünler için araç içerisinde hava dolu bir tüp tasarlanmıştır. Tüpün su geçirmezliği için O-ring ile tüpün şasiye bağlantısı sağlanmıştır. Ayrıca tüp içerisindeki elektronik aksamın kablo çıkışları için M10 penetratör kullanılmış, ürün hayata geçirilip montaj aşamasına gelindiğinde epoksi yapıştırıcı ile desteklenecektir. Kamera ve ışık sistemi ise 1500 Lümen LED ışık ile 1080p görüntü alan kamera ile donatılmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** ROV, İnsansız Denizaltı, Sualtı Aracı, Su Gezgini, Tasarım, Analiz.

**Bilim Kodu** : 91420

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

### **UNDERWATER OBSERVATION VEHICLE DESIGN AND ANALYSIS, FOR THE PURPOSE OF HOBBY**

**Erkut AKDAĞ**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. İsmail ESEN**

**June 2023, 41 pages**

Today, underwater exploration and research studies; continues with increasing interest in industrial, military, scientific and environmental fields. The design of the underwater vehicles used in these studies; It is constantly being developed and optimized in terms of reliability, efficiency and functionality. The harsh conditions of the underwater environment have prompted researchers and engineers to produce innovative designs In this thesis, it is aimed to obtain a design that will contribute to the development of models that are easy to assemble, simple and effective to use, and accessible to everyone, unlike the existing studies, by considering the design processes of underwater vehicles. The project to be studied is on the observation class unmanned submarine vehicle. During the master's thesis, the "underwater drone" logic was modeled. The main purpose of choosing this model is to adapt the model where people spend time in the sky with the drone underwater, and to be an easily portable vehicle that can be accessed by people from all walks of life and can be followed by VR

technology by broadcasting on optional Youtube. Unlike the studies in the literature, this underwater vehicle is a light, useful product that can be used by anyone who is capable of making hobby observations within a radius of 30 meters from the user's location. An accessible model has been designed that can be easily carried by anyone with a light and small bag. In the design, 6 pushers, 4 horizontally placed at an angle of 45° and 2 vertically placed, were used. Required driving forces were calculated for a speed of 3 knots (nautical miles). The exoskeleton, which will be produced by 3D printing method, has been designed. M1 Waterproof Underwater Engine was preferred in order to get efficient results in currents. An air-filled tube is designed inside the vehicle for electronic components and sensitive products. For watertightness of the tube, the connection of the tube to the chassis is provided with an O-ring. In addition, M10 penetrator was used for the cable outlets of the electronics in the tube, and the product will be supported with epoxy adhesive when it comes to the assembly stage. The camera and light system are equipped with a 1500 lumens LED light and a 1080p camera.

**Key Word** : ROV, Unmanned Submarine, Underwater Vehicle, Water Explorer, Design, Analysis.

**Science Code** : 91420



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Prof. Dr. İsmail ESEN'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tasarım çalıőmalarımın gerçekleştirilmesinde ve tez sürecinde bana teknik bilgileri ve tecrübesiyle destek olan ağabeyim Ali Eray AKDAĞ başta olmak üzere Tork Dizayn AR-GE firasındaki tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışma süresince her zaman yanımda olan ve benden desteğini hiç esirgemeyen eşim Süheda AKDAĞ'a teşekkür ederim.

Üniversite hayatım boyunca tecrübelerinden ve bilgi birikimlerinden faydalandığım derslerinde bulunmaktan onur duyduğum değerli hocalarıma ve bu günlere gelmemde maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	3
BÖLÜM 3 .....	7
MEKANİK PARAMETRELER VE TASARIMA HAZIRLIK .....	7
BÖLÜM 4 .....	21
TASARIM ÇIKTILARI.....	21
4.1. Sistem Mimari Yapısı (Nihai) .....	22
4.1.1. İticiler.....	23
4.1.2. Lambalar .....	23
4.1.3. Kamera Bölgesi .....	24
4.1.4. Üst Kaporta.....	24
4.1.5. Alt Kaporta .....	25
4.1.6. Şasi Bağlantıları.....	25
4.1.7. Sızdırmaz Elektronik Hazne .....	26

4.1.8. Batarya Bağlantısı.....	26
4.2. Sualtı Aracına Genel Bakış .....	27
4.2.1. Araç Dış Ölçüleri.....	27
4.2.2. İzometrik Görünüşler.....	27
4.3. TASARIM DEĞERLENDİRME .....	28
BÖLÜM 5 .....	29
ANALİZ SONUÇLARI.....	29
5.1. ARKA KAPAK STATİK ANALİZİ .....	29
5.1.1. Değerlendirme:.....	32
5.2. ÖN KAPAK STATİK ANALİZİ.....	32
5.2.1. Değerlendirme:.....	34
5.3. ELEKTRONİK ÜNİTE GÖVDE STATİK ANALİZİ .....	35
5.3.1. Değerlendirme:.....	37
5.4. ANALİZDE KULLANILAN MALZEME ÖZELLİKLERİ .....	38
5.4.1. Pleksiglas Malzeme Mekanik Özellikleri .....	38
5.4.2. Alümiyum 5754 HX8 Malzeme Mekanik Özellikleri .....	38
BÖLÜM 6 .....	39
SONUÇLAR .....	39
KAYNAKLAR .....	40
ÖZGEÇMİŞ .....	41

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Drone sektörüne yapılan yatırımlar [9].....	6
Şekil 3.1. Sualtı aracı üst görünüş ve motor yerleşimi.....	9
Şekil 3.2. Sualtı aracı eksen hareketleri. ....	9
Şekil 3.3. İtici konumları ve yönü. ....	10
Şekil 3.4. İtici yönlendirmesiyle manevra kabiliyetleri [10].....	12
Şekil 3.5. Motor ve itici takımı. ....	16
Şekil 3.6. Sualtı aracının hacim ve kütle merkezi. ....	18
Şekil 3.7. Ağırlık merkezi ve kaldırma kuvveti konumu. ....	18
Şekil 3.8. Motor gücü hesabı.....	20
Şekil 4.1. SGZ – İzometrik görünüş.....	21
Şekil 4.2. “Su Gezgini” sistem mimari yapısı.....	22
Şekil 4.3. İtici “Thruster” izometrik görünüşü.....	23
Şekil 4.4. Lamba izometrik görünüşü. ....	23
Şekil 4.5. Kamera bölgesi izometrik görünüşü. ....	24
Şekil 4.6. Üst kaporta izometrik görünüşü.....	24
Şekil 4.7. Alt kaporta izometrik görünüşü. ....	25
Şekil 4.8. Genel şasi birleşimleri izometrik görünüşü. ....	25
Şekil 4.9. Sızdırmaz elektronik hazne izometrik görünüşü.....	26
Şekil 4.10. Batarya bağlantısı.....	26
Şekil 4.11. Araç dış ölçüleri.....	27
Şekil 4.12. Araç önden izometrik görünüş.....	27
Şekil 4.13. Araç arkadan izometrik görünüş.....	28
Şekil 5.1. Sızdırmaz tüp izometrik görünüşü.....	29
Şekil 5.2. Arka kapak analiz görseli. ....	30
Şekil 5.3. Arka kapak mesh analiz görseli. ....	30
Şekil 5.4. Arka kapak von mises analiz sonuçları.....	31
Şekil 5.5 Arka kapak yer değiştirme analiz sonuçları.....	31
Şekil 5.6. Ön kapak izometrik görünüşü.....	32
Şekil 5.7. Ön kapak analiz görünüşü.....	32
Şekil 5.8. Ön kapak mesh analiz görseli. ....	33
Şekil 5.9. Ön kapak von mises analiz sonuçları.....	33
Şekil 5.10 Ön kapak yer değiştirme analiz sonuçları.....	34

Şekil 5.11 Elektronik gövde izometrik görünüşü.....	35
Şekil 5.12 Elektronik gövde analiz görünüşü. ....	35
Şekil 5.13 Elektronik gövde mesh analiz görünümü. ....	36
Şekil 5.14. Elektronik gövde von mises analiz sonuçları. ....	36
Şekil 5.15 Elektronik gövde yer değiştirme analiz sonuçları.....	37
Şekil 5.15 Pleksiglas mekanik özellikleri [12].....	38
Şekil 5.16 Alümiyum 5754 HX8 mekanik özellikleri [13].....	38

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 3.1. Sualtı aracı hedeflenen ve ulaşılan hareketler.....	8
Çizelge 3.2. M1 motorundan güç alan iticinin teknik özellikleri.....	13
Çizelge 3.3. Gram cinsinden itki değerleri.....	14
Çizelge 3.4. Gram/Watt cinsinden itki değerleri.....	14
Çizelge 3.5. Watt cinsinden itki değerleri.....	15
Çizelge 3.6. Akım verileri.....	15

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- m : Metre  
Kg : Kilogram  
Al : Alüminyum  
Cd : Sürüklenme Katsayısı  
 $\gamma$  : Birim Hacim Ağırlığı  
 $\theta$  : Kutupsal Açısı  
 $\sigma$  : Normal Gerilme  
 $\sigma_c$  : Tek Eksenli Basınç Dayanımı

## KISALTMALAR

- ROV : Remotely Operating Vehicle (Kablo Kumandalı Su Altı Aracı)
- AUV : Autonomous Underwater Vehicle (Otonom Sualtı Aracı)
- LED : Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
- ESC : Electronic Speed Controller (Motor Sürücüsü)
- GPS : Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
- CFD : Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
- İSAA : İnsansız Su Altı Araçları
- PC : Personel Computer (Bilgisayar)
- HD : High Definition (Yüksek Çözünürlü)
- PVC : Polyvinyl Chloride (Plastik)
- USB : Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu / Bellek)
- AR-GE : Araştırma ve Geliştirme
- 2D : Two Dimensional (İki Boyutlu)
- 3D : Three Dimensional (Üç Boyutlu)
- DIN : Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)
- TS : Türk Standardı
- M : Metrik
- PİTCH : Aracın Ekseni Boyunca Burnunu Aşağı ve Yukarı Kaldırmasıdır.
- ROLL : Aracın Ekseni Boyunca Sağa Yatma ve Sola Yatmadır.
- YAW : Aracın Ekseni Boyunca Burun Açısını Sağa veya Sola Çevirmesidir.
- PLA : Poliaktik Asit (Flament Çeşidi)



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Sualtı araçlarının kablo kontrollü ve otonom (Kablosuz) modelleri bulunmaktadır. Kablo kontrollü olan “ROV (Remote Operating Vehicle)”, otonom olan ise “AUV (Atonomus Underwater Vehicle)” olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca İnsansız denizaltı araçları gözlem sınıfı ve iş sınıfı olarak ikiye ayrılmaktadır. Tasarım yapılacak olan tez çalışması kablo kontrollü (ROV) aynı zamanda gözlem sınıfı insansız denizaltı aracı üzerinedir. Yüksek lisans tez süresince çalışma yapılacak proje "su altı drone" modeli üzerine tasarlanmıştır.

“Drone” teknolojisi son dönemlerin en popüler teknolojik icatlarından biri olmuştur. İnsanlar nasıl ki eski zamanlarda frizbi atmak için dışarıya çıkıp zaman geçiriyorlarsa günümüzde de artık çoğu evde bulunan ve insanların zaman geçirmek için dışarı çıkıp uçurarak gözlem yapabildiği bir teknolojik alet haline gelmiştir. Durum gökyüzünde böyleyken, su altı gözlem araçlarında da gün geçtikçe kendini geliştirmektedir. Fakat ürünlerin hitap ettiği kullanıcı kitlesi fazlasıyla kısıtlı. Bunun sebebi ürünler her geçen gün gelişirken çok spesifik bir özellik üzerinden yoğun maliyetli çalışmalar yapılmakta ve bunun sonucunda da fiyatlar bir hayli yüksek olmaktadır. Örnek vermek gerekirse 300 metre derinliklerde arama kurtarma veya bilimsel araştırmalar yapılabilmesi için malzeme, tasarım, basınca dayanıklılık çalışmaları derken yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. Piyasadaki var olan çalışmalar her ne kadar gelişmeye yönelik olsa da halkın, yani orta gelirli bir ailenin elde edip boş zamanlarında çalışmalar yapabileceği bir ürün olamamıştır. Tüm bu düşünceler sonucunda orta gelire sahip birisinin denizde veya gölde gözlem yapabileceği, merakını giderebileceği veya işini görmeye yetecek bir mesafe olarak çap 30 metre olacak şekilde hedef parametre belirlendi. Bu durumda çalışmalarda basınç hesabı yaparken 30 metre yani yaklaşık 3 bar basınca derinlik için tasarımsal güvenlik önlemleri alınmasını sağladı.

Tasarım için CATIA programı kullanılarak yapılmıştır. Mevcut ürünler araştırıldıktan sonra piyasada bulunan mini ROV modelleri üzerinden boyut olarak küçültülerek taşıma kolaylığı sağlanması amaçlanmıştır.

Öncelikle basınçlı kap içerisindeki elektronik ekipmanların ölçüleri belirli olduğu için o ölçülere uygun olarak tasarlanmıştır. Ardından yapılacak bütün tasarım minimal düzeye gelene kadar çalışmalar yapılmıştır. Sonrasında yapılan hesaplamalara uygun olarak gerekli değişiklikler yapmaya devam edilmektedir.

Dış iskelet yapısı içerisinde, hem sızdırmazlık-koruyucu amaçlı hem de acil durumlarda su üstüne çıkabilmesini sağlayan özel poliüretan türevi köpük tasarlanmıştır. Ürünün alt kısmına ise, parça eklenip çıkartıldığında ağırlık merkezi değişeceğinden dolayı ayarlanabilir ağırlık bölümü tasarlanmıştır. Batarya sızdırmaz özellikte olduğu için sızdırmaz tüpün dışarısında arka bölüme yerleştirilmiştir. Lambaların tanesi 1500 lumen olacak şekilde hesabı yapıldıktan sonra sisteme entegre edilmiştir. Tüm sistemiyle tarafımdan tasarlanarak sisteme braketle bağlanmıştır.

Motor seçiminde M1 Su Geçirmez Sualtı Motoru tercih edilmiştir. Bu tercihte birinci öncelik su geçirmez özelliği olmuştur.

Proje konusu olan insansız denizaltı aracı teknolojisi Dünya’da ve özellikle Türkiye’de son yıllarda çalışmaların arttığı bir araştırma geliştirme konusu olmuştur. Bunun başlıca sebebi dünyanın yaklaşık %70inin sularla kaplı olması ve 3 tarafı denizlerle çevrili ülkemizde denizlerin hakimiyeti, güvenliği ve denizcilik sektöründe ve su altında yapılan çalışmaların gün geçtikçe önem kazanmasıdır. İnsansız denizaltı araçları gözlem sınıfı ve iş sınıfı olarak ikiye ayrılmaktadır. Çalışma yapılacak olan proje her ne kadar gözlem sınıfı insansız denizaltı araçlarını andırırsa tez çalışmasının konu olduğu tasarım ileride seri üretime geçtiğinde “eğlence sınıfı insansız denizaltı” adı verilecek olan bu aracın gelecekte gökyüzündeki “drone” gibi her insanın çekim ve gözlem yapabildiği yeni bir çeşit su altı varyasyonu olacaktır.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

ROV (Remote Operating Vehicle) modelleri boyut ve işlev olarak, yalnızca gözlem amaçlı olarak deniz altında kamerayla görüntü almaya ve bazı ölçümler yapmaya yönelik, nispeten küçük ve basit araçlar olabileceği gibi, üzerine yerleştirilecek birçok sensör kamera, sonar vb. yardımıyla büyük oranda otonom çalışan, robot kollar veya manipülatörler kullanarak oldukça karmaşık işlemlere sahip büyük sistemler de olabilmektedir. Özellikle İş Sınıfı ROV modelleri, insansız su altı iş makineleri olarak düşünülebilecek olan ROV'lardır. 250 m ile sınırlı olan insanlı dalışların kısıtlarını ve tehlikelerini engellemekte, 3000 m'yi aşan derinliklerde çok zor bir takım inşa, bakım/idame görevlerini yerine getirebilmektedir. Mikro ve Mini ROV olarak adlandırılan ve ağırlıkları 3-15 kg mertebesinde olan ROV'lar ise su altındaki dar dehlizlerde çalışmalar gerçekleştirmek için ekonomik çözüm önerileri sunmaktadır [1].

Su altı araştırmaları; günümüzde doğal ve çevresel kaynakların korunması ve incelenmesi, muhtelif inşaat faaliyetleri, kıyı ve ülke güvenliğinin sağlanması gibi farklı ve çeşitli amaçlarla, sivil ve askeri uygulamalarda yürütülmekte olup, özellikle son yirmi yıldır yapılan akademik ve endüstriyel araştırmaların büyük bir kısmı, insan hayatının riske atılmaması gayesiyle insansız platformların kullanılması üzerine odaklanmıştır. İSAA (İnsansız Su Altı Araçları) günümüzde yaygın olarak askeri ve sivil alanda kullanılmakta olup, sivil kullanım alanları; arama kurtarma, su altı boru, kablo döşenmesi ve kontrolleri, köprü ayağı kontrolleri, su altı durum farkındalığı sağlama, su altı inşaat ve bakım/onarım, su altı örnek toplama, su altı naaş ve delil çıkartma, çevresel araştırmalar ve çevre kirliliği, baraj kapakları ve su setleri incelemeleri, su altı boru hattı kaynak incelenmesi, balık, yengeç ve su yüzeyi araştırmaları, zebra midyeleri ve temizlenmesi, arkeoloji çalışmaları, su altı haritalama ve doğrulama, belgesel çekimi, su parkları, sualtı olay yeri inceleme teknesi, pervanesi

ve yönlendirme ekipmanı incelemesi, dalgıç gözleme ve destek elemanı görevi şeklinde sıralanabilmektedir. Askeri alandaysa; manipülâtör sistemleri, sualtı keşif ve gözetleme, liman ve kritik alan güvenliği, mayın tanı, teşhis ve imha gibi alanlarda kullanılmaktadırlar [1].

Olaya tasarımsal olarak bakarsak, literatürdeki bu çalışmada su altı araçlarında denetimi sağlayabilmek için, aracın dinamik davranışları bir yazılım tarafından belirlenmektedir. Temel olarak, su altı araçlarında denetlenen başlıca değişkenler, aracın derinliği, 3 ekseninde yönü ve hızıdır. Yine bu çalışmanın içerisinde yapılmakta olan “ULİSAR” isimli araçta, pervaneler aynı yönde döndürülerek batma veya çıkma hareketi gerçekleştirilmektedir. Bu aracın kendi etrafında dönmesine de neden olmuştur. Bu etkiyi düzeltmek için tasarlanan araçta pervanelerin kanat yönü birbirlerine ters olarak yapılarak çözüm sağlanmıştır. Bu uygulamada da konektör bağlantısında su sızıntısı ve dikey motorlar çalıştırıldığında araçta dinamik denge problemi yaşanmıştır. Yatay motorlar geriye çekilip, dikey motorlar ağırlık merkezine kaydırılarak ve arkaya yüzdürücü eklenerek denge problemi giderilmiştir. Sızdırma problemi O-ring değişikliği ve arka kapakta değişiklik yapılarak ortadan kaldırılmıştır [2].

Başka bir araştırmada ise elektronik ekipmanların korunduğu şaseyi tasarlarken dikkate alınan en önemli husus arıza anında hızlı bir şekilde bileşenlere kolayca ulaşmayı sağlayacak bir şase oluşturmak olmuştur. Bunun için çeşitli tasarımlar arasından de en sonunda şasenin yapımında BlueRobotics’in kendi robotlarında kullanılan çerçevelere benzer çerçevelerin kullanılmasının araca kolay montaj ve söküm sağlayacağını fark edilmiş. Bu çerçeve kullanımıyla çalışmalar sırasında şaseyi kolay ve hızlı bir şekilde sökülebilmesi ve motorlar gibi çeşitli bileşenleri araçtan ayırarak çeşitli olası faciaların önüne geçilebilmesi planlanmıştır. Çerçevelerin dayanıklılığını arttırmak ABS sert plastik ile kaplamayı düşünmüşlerdir. Aracın düzgün bir şekilde batabilmesi için tasarımda simetrik bir şase tasarlamayı planlamışlardır [3].

Bir diğer çalışmadan öğrendiğimiz verilere göre ise olası iletişim problemlerinde aracı kaybetmemek için araç 0.5-1 kg arasında kaldırma kuvvetine sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır. Su altı aracının denge ve kararlılığında ağırlık ve kaldırma kuvveti

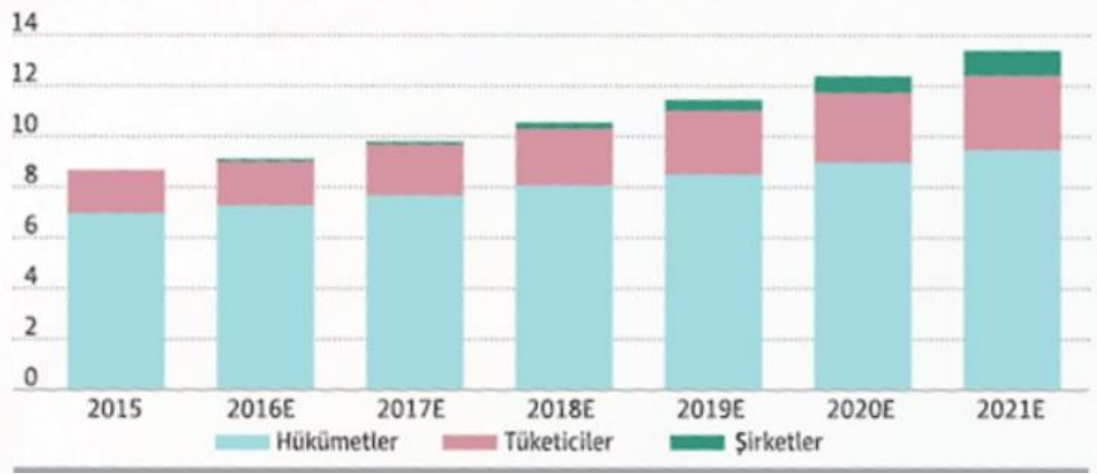
merkezlerinin konumları belirleyicidir. Denge için iki merkezin x ve y konumları aynı olmalıdır. Kararlılık açısından ise kaldırma kuvveti merkezi, ağırlık merkezinin mümkün olduğunca üstünde olmalıdır. Araca belirtilen özellikleri sağlamak amacıyla alt bölümlere metal ağırlıklar, üst kısımlara ise yüksek yoğunluklu su emmeyen köpük eklenmelidir. Eğer diğer donanım elemanlarının çalışma sıcaklıkları 60 °C üzerinde olursa, sualtı aracının su geçirmez bölümünün sıcaklığı 55 °C altında olmalıdır. Kullanılacak malzemeler, Gövde kompozit malzeme kullanılması düşünülmelidir. Bunun sebebi; düşük yoğunluklarda yüksek mukavemet, tasarım esnekliği, kalıplama kolaylığı, çeşitli yüzey uygulamalarına izin vermesi, gövde içine metal parçalar yerleştirilebilmesi, yapıştırma işlemleri uygulanabilmesidir. Gövde tasarımında dikkat edilenler ise; su sızdırmaz bölme tasarımı, dış gövde tasarımı, itki ve manevra sistemleri, denge ve yüzerlik, kablolama, imalat yöntemi olarak belirtilmiştir [4].

İlk olarak konsept tasarım yapılacaktır. Konsept tasarım tanım olarak, sualtı aracından istenen temel özelliklere göre yapılan ilk tasarımdır. Konsept tasarımın amacı, istenen fonksiyonların ortaya çıkartılması için araç boyutlarının ve teknik özelliklerinin yaklaşık olarak elde edilmesidir. Bu aşamada, tasarımcı karar verme esnekliğine sahiptir. Konsept tasarımında veriler girdi-çıkı olarak değerlendirilir. Girişler; sualtı aracının kullanım amacı, bu amaca yönelik gereklilikler, kabuller ve kısıtlamalardır. Çıktılar, başlangıçtaki yaklaşık hesaplama sonuçlarını, genel planı, ekipman listelerini ve seçimleri içerir [5].

Sızdırmazlık ekipmanı olarak tasarlanan O-Ring'ler için kanalların şase üzerinde açılması gerekmektedir. Piyasada çeşit çeşit bulunan kauçuk contaları kataloglardan belirledikten sonra tasarıma eklenir. O-Ring düzgün kullanım altında 5000psi ( $\approx 345$ bar) basınca kadar dayanabilmektedirler [6].

Gözlem sınıfı araçlardan kablo kontrollü araç olan ROV modelinin daha basit, küçük ama her insanın işine yarayabilecek etkiye sahiptir. Bunun sebebi (ROV- Remotely Operated Vehicles) modelin elektrikle çalışarak daha uzun operasyon süresi sağladığı için daha avantajlı olmasıdır. Örneğin, mayın avlama gemileri, uzaktan kumandalı mini denizaltı araçları kullanırlar. Mini denizaltı araçlarında mayın tespit çalışmaları için kısa menzil sonar ve video kamera mevcuttur [7].

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere drone sektörüne yapılan yatırımlar yıldan yıla periyodik olarak artmaktadır [8].



Şekil 2.1. Drone sektörüne yapılan yatırımlar [9].

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi drone sektörüne olan ilgi periyodik olarak artarken, bu teknolojiyi su altında herkes tarafından erişilebilen bir gözlem aracı haline geldiğinde bu pazardan payını alacak ürün tasarımı olacağı bir gerçektir.

## BÖLÜM 3

### MEKANİK PARAMETRELER VE TASARIMA HAZIRLIK

Tasarım için gerekli adımları uygulayabilmek için öncelikle planlama yapıldı. Bu planlamadan liste halinde şu şekildedir:

1. Örnek modeller belirlenecek ve incelenecektir.
2. Motor kullanımları araştırılacaktır.
3. Model belirlenecek ve belirlenen bir model üzerinden tasarımsal olarak küçültülerek ve itici konumları araştırmalar sonucunda en verimli olarak kullanılacak şekilde değişiklik yapılacaktır.
4. Motor literatürü araştırılacaktır.
5. Kamera Belirlenecektir.
6. Kamera Literatürü araştırılacaktır.
7. Lamba lümen araştırmaları yapılacaktır.
8. Basınçlı kap ölçüleri araştırılacak ve minimum boyuta getirilmesi hedeflenecektir.
9. Kablo çıkış yönleri araştırılacak ve tüm bunlar belirlendikten sonra tasarım aşamasına başlanacaktır.

Sualtı aracının motorlarının konumunun belirlenebilmesi için öncelikle hareket planlamasının yapılması gerekmektedir.

Tasarım sürecini için aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

1. Literatür Taraması
2. Gereksinim Analizi
3. Konsept Tasarım
4. Detaylı Tasarım
5. Analiz ile Doğrulama

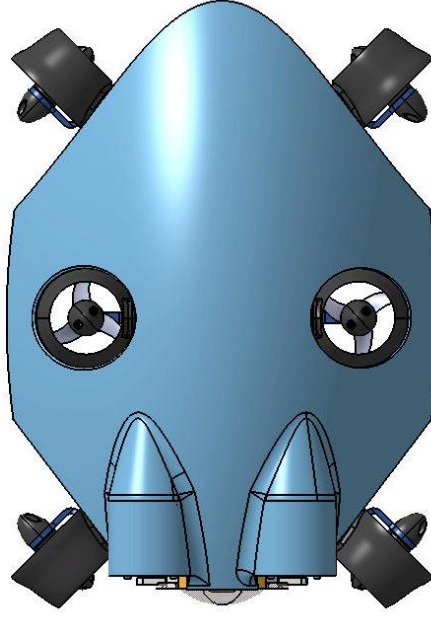
Tez çalışmasında yerleştirilecek motor sayısı ve konumuna göre planlanan hareketler çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sualtı aracı hedeflenen ve ulaşılan hareketler.

Sıra No:	Hareket Tanımı:	Hedefe Ulaşıldı mı?
A-)	Z ekseninde yukarıdan aşağı dalış hareketi ve aşağıdan yukarı su yüzeyine çıkış hareketi.	✓
B-)	Su altındayken sabit x yönünde ileri geri gidiş hareketi.	✓
C-)	Y ekseninde sabit dönerek aşağı yukarı bakış hareketi.	X
D-)	Z ekseninde sabit dönerek (kendi ekseninde) sağa sola bakış hareketi.	✓
E-)	X ekseninde sabit dönerek sağa sola yatış hareketi.	✓
F-)	İleri giderken sağa sola dönüş hareketi.	✓
G-)	Geri giderken sağa sola dönüş hareketi.	✓
H-)	İleri giderken yukarı aşağı hareket.	✓
I-)	Geri giderken yukarı aşağı hareket.	✓

Y ekseninde sabit dönerek aracın başının aşağı yukarı bakış hareketi motorların sayısından ve konumundan dolayı mümkün değildir. Düşünüldüğünde aracın sağladığı diğer hareketlerden sonra bu kayıp göze alınabilir durumda olmaktadır. Aracın hobi amaçlı gözlem aracı olması bu kaybı tolere etmemizde bir etken olmaktadır. Bunun sebebi motor sayısı arttıkça aracın maliyeti ve ağırlığı artmakta ve amaçtan uzaklaşmaktadır. Aracın motor konumlarının net gözüktüğü üst görünüş ve motor yerleşimi Şekil 3.1’de verilmiştir.

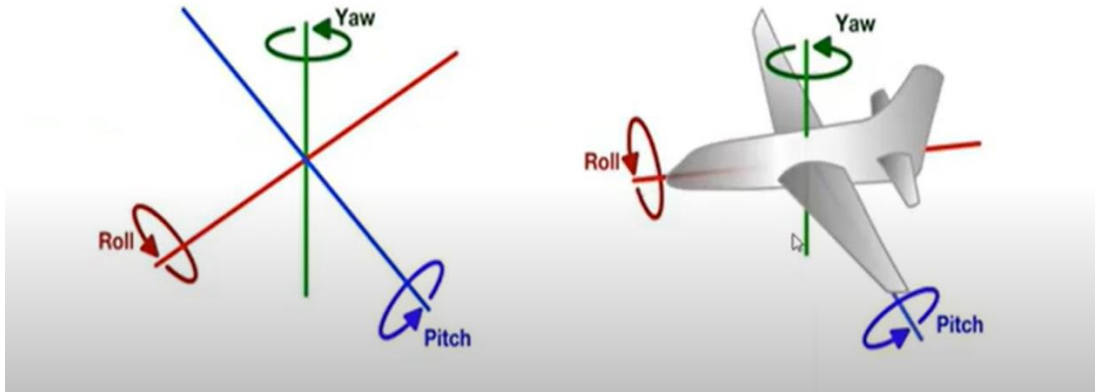




Şekil 3.1. Sualtı aracı üst görünüş ve motor yerleşimi.

Yatay motorlar yanlarda aynı eksen üzerinde buldukları için araç burnunun aşağı yukarı hareketleri mümkün olmamaktadır.

Sualtı araçlarında hareketi sağlayan eksen etrafında dönüşlerinin isimlendirmesi bulunmaktadır. Pitch, Roll ve Yaw olarak adlandırılan hareketleri Şekil 3.2’de görselle anlatılmıştır.



Şekil 3.2. Sualtı aracı eksen hareketleri.

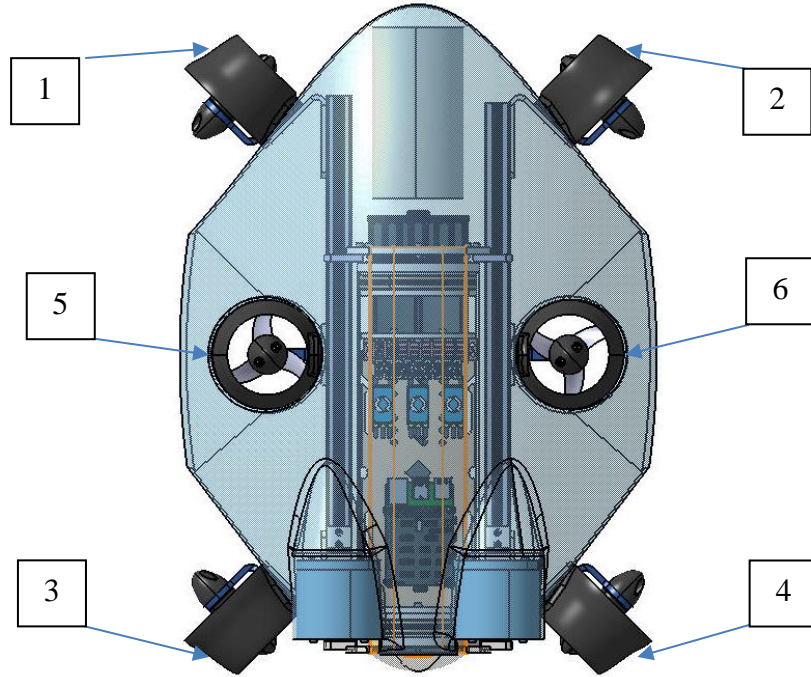
Aracın ağırlık merkezinin önünde ve arkasında yatay pozisyonda motor bulunmadığı için Pitch hareketi tez konusu sualtı aracında yoktur. Roll ve Yaw hareketleri sorunsuz

şekilde çalışmaktadır. Pitch hareketi çalışmadığı için Çizelge 3.1’de bulunan C-) seçeneği hedefe ulaşamamıştır. Pitch hareketinin sağlayacağı gözlem yeteneğini Z ekseninde aşağı dalış ve yukarıya çıkış hareketleriyle telafi edebilecek ve istenilen görüntü elde edilebilecektir.

- PITCH: Aracın burnunu aşağı ve yukarı kaldırmasıdır
- ROLL: Sağa yatma ve sola yatmadır.
- YAW: Burun açısını sağa veya sola çevirmesidir.

45 derece açıyla sağa, sola, ileri ve geri gidebilmek için 4 adet motor kullanılır. Bu motorların çalışma durumlarına göre araç yönünü belirler. Yalnız 2 motor kullanılırsa kendi ekseninde dönme hareketi zorlaşır. Çaptan dönmeye başlar. Yatay pozisyondaki 4 motor ağırlık merkeziyle aynı eksende olmalıdır. Yoksa burnu çapraz pozisyonda iken düz hareket etmesine sebep olabilir.

Aracın kendi etrafında dönmemesi için pervanelerin kanat yönü birbirlerine ters olarak tasarlanmıştır. İtici sayısı 4 adet 45 derece açıyla duran dik konumda ve 2 adet ağırlık merkezi ekseninde yatay konumda bulunmaktadır.

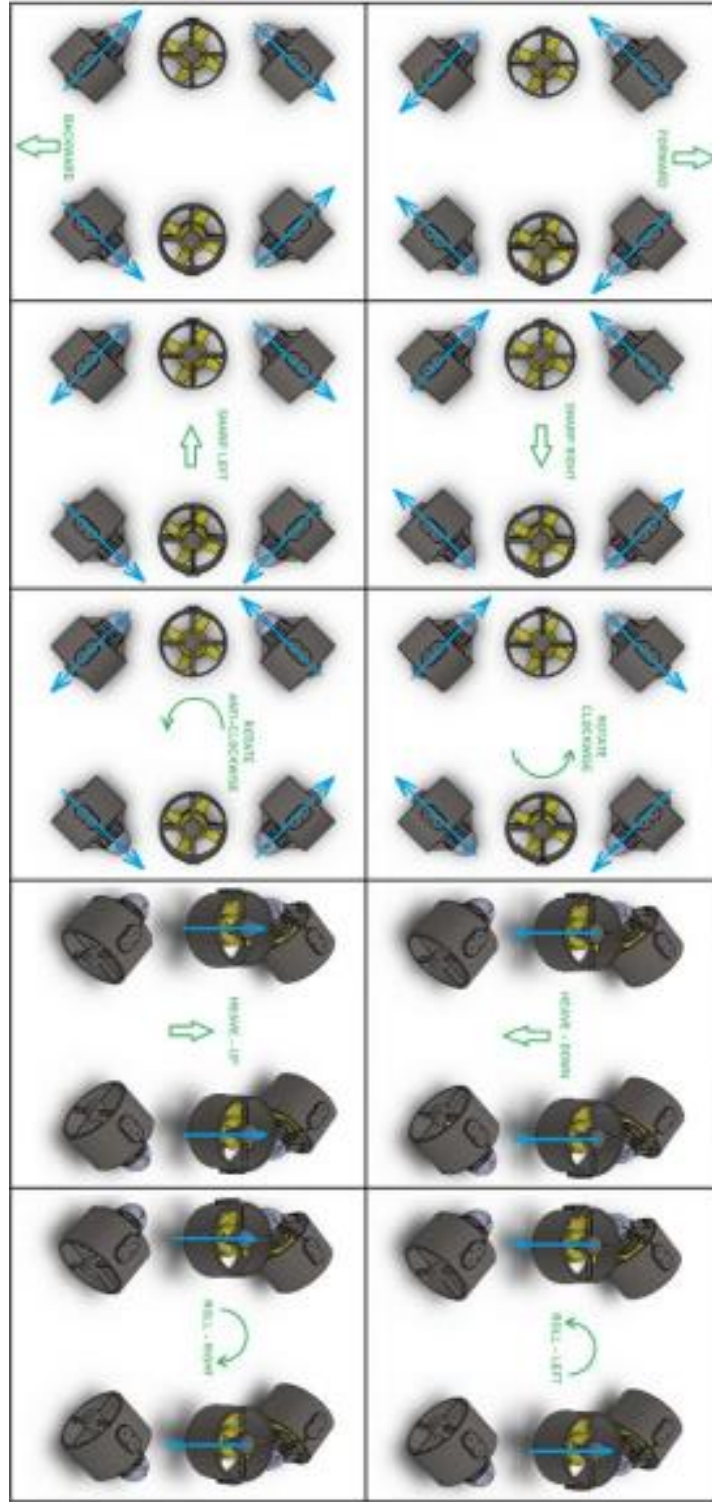


Şekil 3.3. İtici konumları ve yönü.

Şekil 3.3'te verilen itici numaralandırmalarına göre 1,3,5 numaralı iticiler sol pervaneler 2,4,6 numaralı iticiler ise sağ pervaneler olarak adlandırılmıştır. 1,2,3 ve 4 numaralı dikey motorlar eksenlere 45 derecelik açılarla yerleştirilerek hareket kabiliyeti için en kullanışlı konumlandırma yapılmıştır.

Aşağı yukarı hareket ve çeşitli dönüş hareketlerinin gerçekleşebilmesi için ise 5 ve 6 numaralı yatay motorlar yerleştirilmiştir.

Şekil 3.4'te sualtı aracının manevra kabiliyetlerinin iticinin dönme hareketlerine göre nasıl şekillendiği anlatılmıştır. Kumandadan verilen komutlar iticileri görselde gösterildiği yönde hareket ettirdiğinde bu manevralar elde edilmektedir.



Şekil 3.4. İtici yönlendirmesiyle manevra kabiliyetleri [10].

Çizelge 3.2. M1 motorundan güç alan iticinin teknik özellikleri.

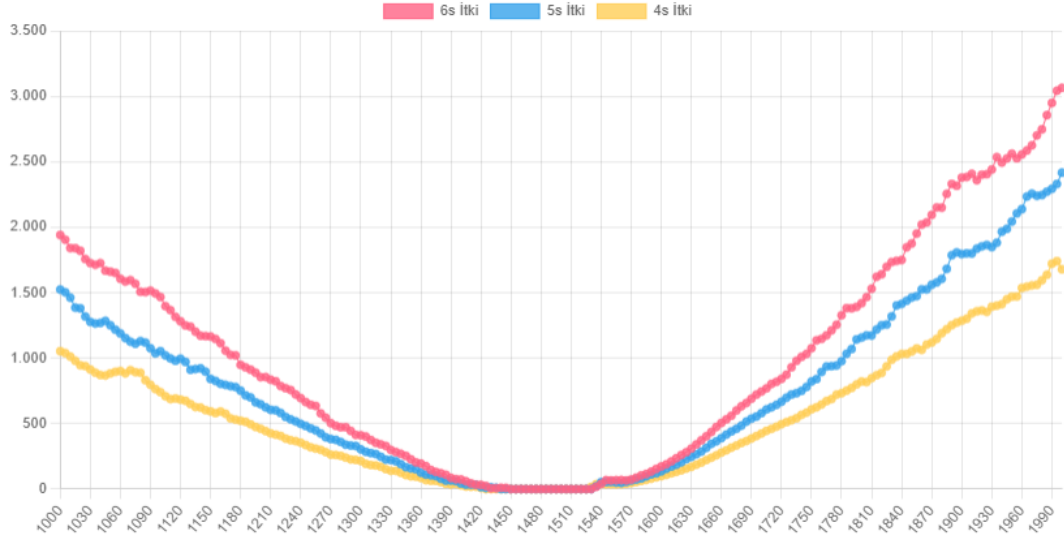
Voltaj Aralığı : 3s-6s (12v – 25.2v)	Tavsiye edilen sürücü : 30A Degz	İtke kuvveti (25.2V) : >3 Kg-f
İtke kuvveti (21V) : >2.4 Kg-f	İtke kuvveti (16.8V) : >1.7 Kg-f	Tam Yükte Akım(25.2V 30a Degz ems ile) : ~ 10a
Tam Yükte Akım(21V 30a Degz ems ile) : ~ 8a	Tam Yükte Akım(16.8V 30a Degz ems ile) : ~ 6a	Gövde Malzemesi : Poliüretan
Tutucu Malzemesi : Uçak Sınıfı Alümiyum	Koni Malzemesi : Poliüretan	Pervane Malzemesi : PLA(Geliştirme sonucu yüksek yoğunluklu poliüretan olarak güncellenecektir)
Azami Derinlik : 500m		

M1 motorundan güç alan iticinin teknik özellikleri çizelge 3.2’de verilmiştir. Veriler değerlendirildiğinde hedeflenen 30 metrede yarıçap içerisinde yapılacak çalışma için fazlasıyla iyi sonuçlar vermektedir. Motorun tuzlu suya dayanıklı kaplaması ve yüksek basınca dayanabilmesi en önemli etkilerdir. İtke kuvvetleri ve voltaj aralığı sisteme uygundur.

Kapalı ortamda yapılan test sonuçlarında itki değerleri aşağıdaki grafiklerdeki gibi çıktığı bilinmektedir.

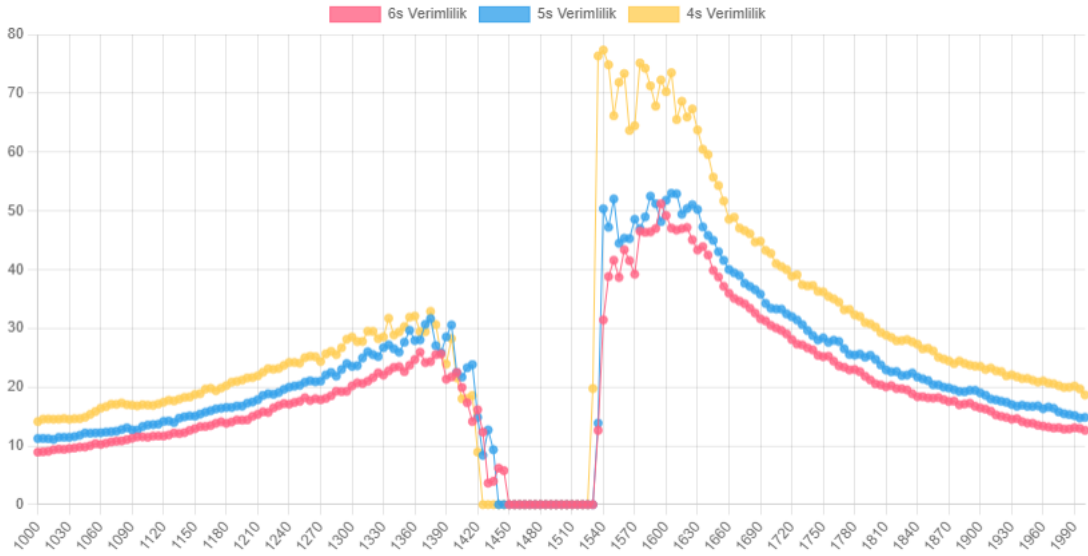
Çizelge 3.3'te gram cinsinden itki değerleri verilmiştir;

Çizelge 3.3. Gram cinsinden itki değerleri.



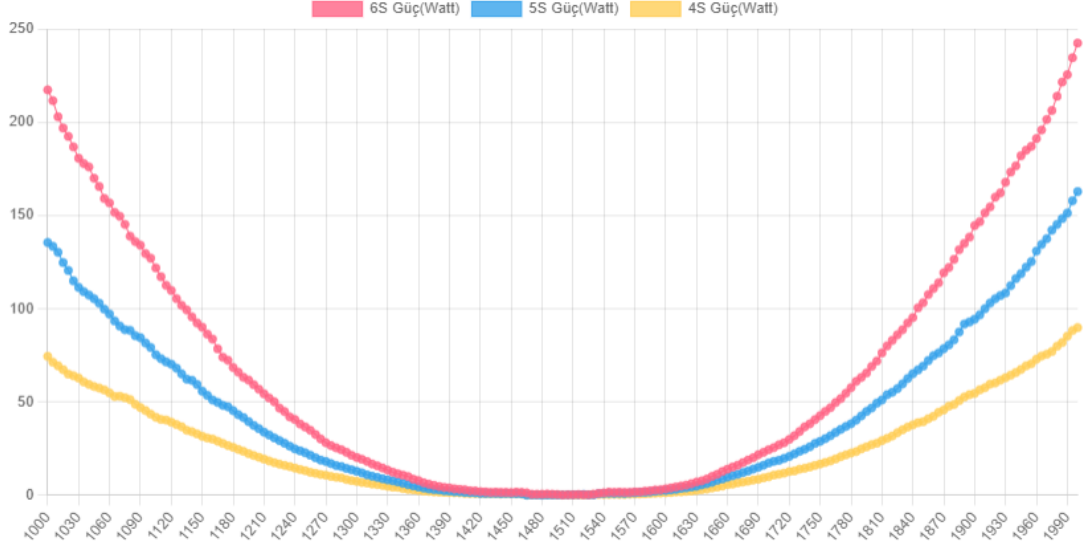
Çizelge 3.4'te Gram/Watt cinsinden itki değerleri verilmiştir;

Çizelge 3.4. Gram/Watt cinsinden itki değerleri.



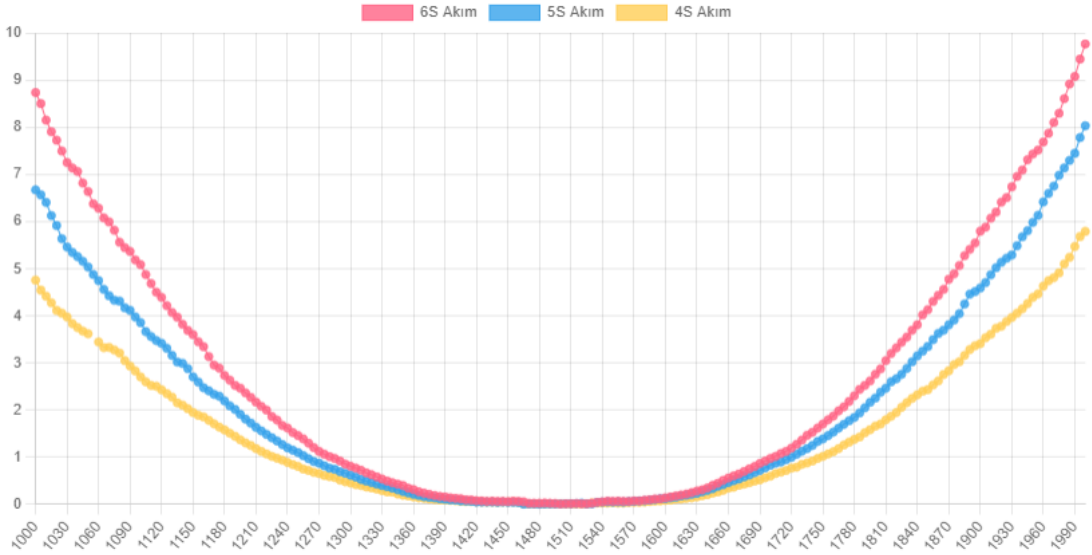
Çizelge 3.5'te Watt cinsinden itki değerleri verilmiştir;

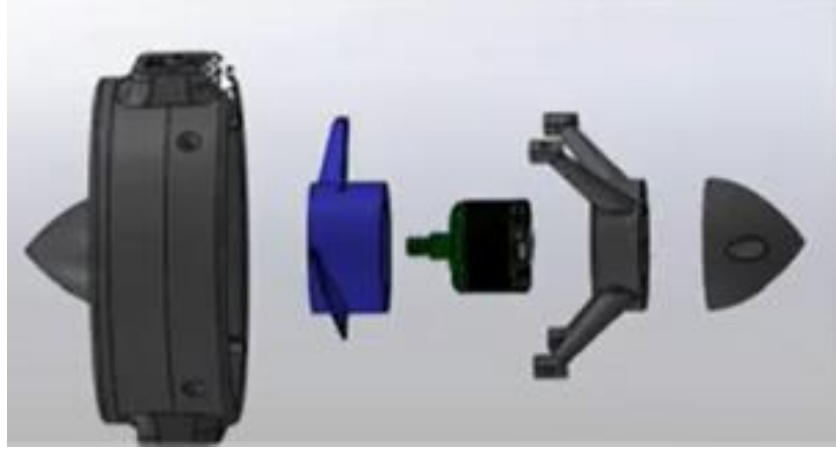
Çizelge 3.5. Watt cinsinden itki değerleri.



Çizelge 3.6'da Akım verileri verilmiştir;

Çizelge 3.6. Akım verileri.





Şekil 3.5. Motor ve itici takımı.

Koruyucu malzemeleri ve pervaneleri 3D yazıcıdan basılırsa PLA malzeme kullanılacaktır

Şekil 3.5’te verilen görselde, ortadaki parça motorun kendisidir. En soldaki nozul isimli parçadır. En soldan ikinci mavi olan parça pervane motorun ana parçası, aynı zamanda itkiyi üreten kısımdır. Sağ kısımdaki 2 parça ise motoru nozulun içine sabitlemek için gerekli bağlantı parçalarıdır.

Kv değeri volt başına devir sayısıdır. Motora verilen voltajı arttırılırsa devir sayısı artar. Yüksek Kv değerli motor seçilirse pervaneyi hızlı döndürür, bu sebeple küçük pervane ve pitch açısı düşük olan pervaneler uygundur.

Düşük Kv değerli motor seçilirse motorlar yüksek tork üretir. Yüksek pitch açılı pervane ve büyük çaplı pervane tercih edilmektedir.

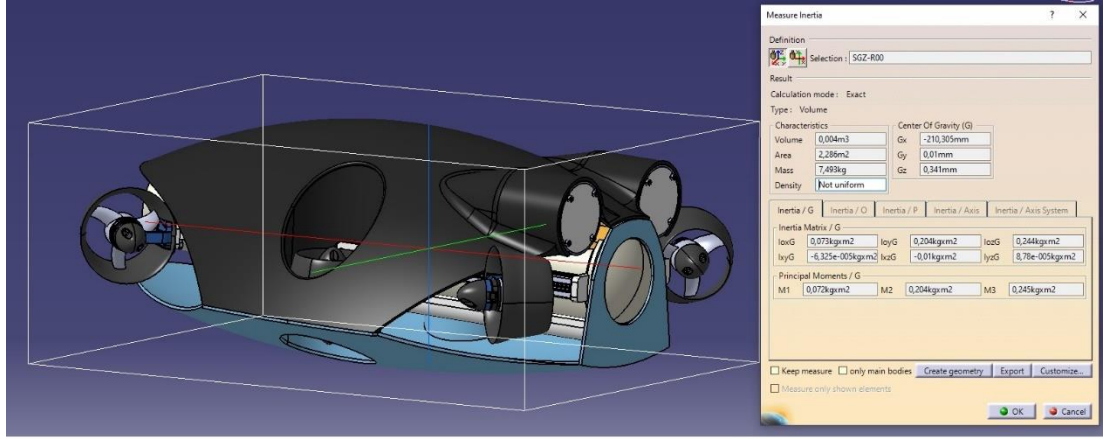
Motorları araca yerleştirirken aynı yönde dönecek şekilde yerleştirilirse araç bir yöne doğru yatmaya çalışır. Sağ ve sol motorlar ters yönlerde montajlandığı durumda pervane yönlerinin yerleşimi momenti kendi içerisinde yok eder ve araç sabit bir şekilde kalır.

30 metre yarıçap mesafesinde hobi amaçlı gözlem yapabilecek hafif ve kullanışlı bir su altı aracı tasarımı için tasarım faktörlerinden bahsedecek olursak;



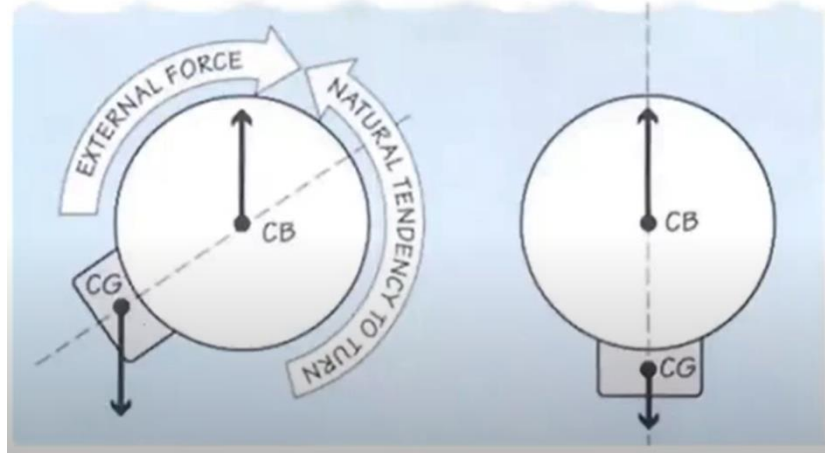
- Boyut ve Ağırlık
  - Kullanıcı dostu bir tasarım için aracın kompakt ve hafif olması önemlidir. Küçük boyutlar, kolay taşınabilirlik ve kullanım sağlar. Aynı zamanda, aracın ağırlığı su altında hareket kabiliyetini etkiler, bu nedenle hafif malzemelerin kullanılması tercih edilecektir.
- Basit Kontrol ve Manevra Kabiliyeti
  - Kullanıcıların kolaylıkla kontrol edebileceği bir araç tasarlamak önemlidir. İleride sisteme uygun basit bir kontrol paneli veya uzaktan kumanda sistemi tasarlanacaktır. Manevra kabiliyeti, aracın istenilen noktalara kolaylıkla hareket edebilmesini sağlamalıdır.
- Görüntüleme Sistemi
  - Hobi amaçlı gözlem için aracın üzerinde yüksek çözünürlüklü bir kamera ve aydınlatma sistemi bulunmaktadır.
- Güç Kaynağı ve Pil Ömrü
  - Aracın güç kaynağı ve pil ömrü, uzun süreli kullanımı desteklemelidir. Kullanıcılar, aracın pil ömrünü gözlem yaparken yeterli bir süre boyunca devam ettirebilmelidir. Şarj edilebilir ve uzun ömürlü pil sistemleri tercih edilmiştir.
- Güvenlik Özellikleri
  - Kullanıcıların güvenliği, tasarımda öncelikli bir faktördür. Su altında çalışacak araçların su geçirmez olması, sızıntı önleyici bir yapıya sahip olması ve güvenli bir şekilde dalış yapabilmesi önemlidir.
- Kolay Bakım ve Servis
  - Tasarımın, kullanıcıların aracı kolayca bakım ve servis için rahat açabilmesini sağlayacak bir yapıya sahip olması önemlidir. Basit bileşen değişimi ve bakım işlemleri, kullanıcıların aracı uzun ömürlü olarak kullanmasını sağlar. Bu sebeple tasarımda montaj kolaylıklarına dikkat edilmiştir.

Araçların 2 çeşit stabilitesi vardır. Biri statik yani mekanik olarak sağlanan stabilite, diğeri ise 3 eksenli gyro ve eğim sensörüdür.



Şekil 3.6. Sualtı aracının hacim ve kütle merkezi.

Aracın kendi ağırlığı ve suyun içerisinde araca uygulanan kaldırma kuvveti vardır. Mekanik stabilize için aracı herhangi bir motor kontrolü olmadan istenen açıda tutulabilmelidir. Şekil 3.7’de gösterildiği gibi ağırlık merkezi her zaman aşağıda kaldırma kuvveti merkezi de yukarıda tutulmaya çalışılır



Şekil 3.7. Ağırlık merkezi ve kaldırma kuvveti konumu.

Kütle merkezi ortada ise hacim merkezi yukarisinda bulunmalidir. Bu durum üst tarafta straför veya köpük gibi sudan daha az yoğun bir cisim koyularak kaldırma kuvveti daha yukariya etki etmeye başlar ve ağırlık artmaz. Ağırlık merkezi ve hacim merkezi arasındaki mesafe ne kadar açık olursa araç o kadar stabil kalır, herhangi bir dalga veya kuvvete maruz kaldığında düz pozisyonda kalacaktır. Yatay pozisyondaki 4 motor ağırlık merkeziyle aynı ekseninde olmalıdır. Yoksa burnu çapraz pozisyonda iken düz hareket etmesine sebep olabilir. Araca yukarıdan bakıldığında kare şekline ne kadar yakınsa o kadar stabilize etmesi zordur. En yüksek stabilite için aracın eninin boyundan kısa olması gerekir. Eğer motorların arasındaki mesafe ne kadar artarsa araç daha stabil durumda olur.

Nozul verimliliği arttırmaktadır. Pervanenin itkisi 10 Newton ise Nozul eklenince 12 Newton'a çıkabilmektedir. Ayrıca pervanenin çevresine zarar vermesini engellemektedir. Çapı büyük kısım giriş kısmı dar olan kısım çıkış kısmıdır. Su geniş yerlerde yavaş dar yerlerde hızlı akar. Bu tekniğe göre tasarımda iticiler nozulun yönüne göre yerleştirilmiştir.

Pervane su içerisinde dönerken oluşturduğu dönen hava baloncukları kavitasyondur. Kaviteasyon artarsa verimi düşürür yani pervanenin itki üretememesine ve hasar görmesine sebep olur. ANSYS veya CATIA içerisinde akış analizlerinde hız ve basınç analizi yapılır. Basınç çok fazla düşüyorsa kaviteasyona sebep olur. Basınç çok düşük olursa kaynama noktası düşük olduğu için kaynama etkisiyle kaviteasyon oluşabilmektedir. Deney düzeneği kurulup deney havuzlarında kaviteasyon azaltma çalışmaları yapılır. [11]

$$D = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2$$

• D (newton)     $\rho$ (Kg/m<sup>3</sup>) C birimsiz    A(m<sup>2</sup>)    V(m/s)

Şekil 3.8. Motor gücü hesabı.

Şekil 3.8’de verilen formüle göre motorun gücü belirlenirken, araç ileri doğru hareket ediyorsa aracın öncen bakılınca bir kesit alanı vardır. Formülde  $\frac{1}{2}\rho$ =suyun yoğunluğu,  $C_d$  sürüklenme katsayısı,  $A$ =kesit alanı,  $V^2$  burada da aracı gitmesi istenilen hızı  $V$  yerine yazılır.

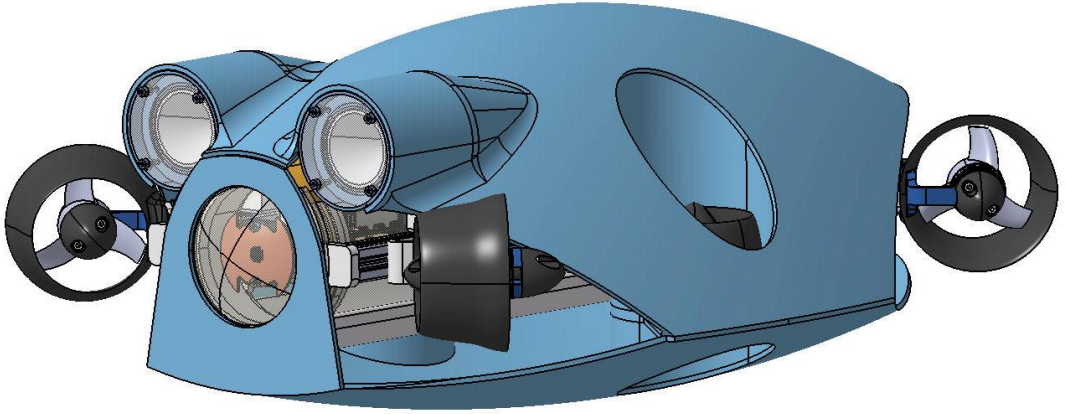
$C_d$  değeri köşeli şekillerde bu katsayı yüksek olur ve katsayının yüksek olması daha güçlü motor kullanmayı gerektirir. O nedenle tasarımda köşeli yapılardan ve geniş kesit alanı olan yapılardan kaçınılmalı ve damla modeline yakın tasarımlar yapılmalıdır. Yağmur damlası ve uçak kanatları  $C_d$  değeri en düşük şekillerdir.

## BÖLÜM 4

### TASARIM ÇIKTILARI

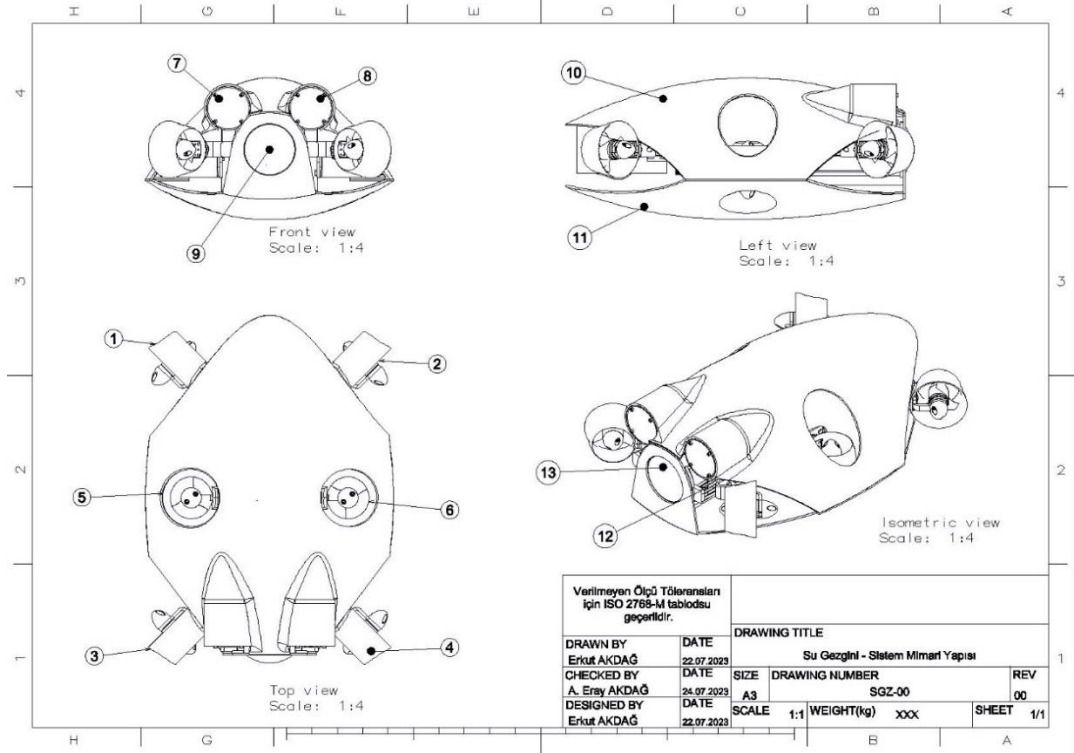
Tasarım çalışmaları analizle doğrulandıktan sonra dondurularak son haline getirildi ve teknik resimler alınarak prototip üretime hazır olarak kritik tasarım raporu oluşturuldu. Bu rapor doğrultusunda sistem mimari yapısı, genel görünüşler, kritik parçaların ölçüleri ve izometrik görünüşleri, bu başlık altında toplanmıştır.

Tez konusu tasarım çalışması için CATIA programı kullanılarak içerisinde “assembly design”, “Generative sheet metal design” ve “drafting” komut pencerelerinde işlemler yapıldı. Yine analiz çalışmalarında da CATIA içerisinde yapılan statik analizlerle tasarım doğrulandı.



Şekil 4.1. SGZ – İzometrik görünüş.

#### 4.1. Sistem Mimari Yapısı (Nihai)

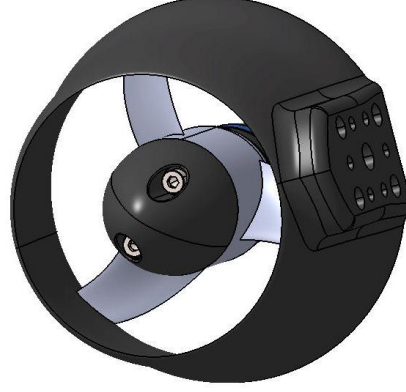


Şekil 4.2. “Su Gezgini” sistem mimari yapısı.

Şekil 4.2 ile belirtilen numaralı baloncuklar sualtı aracının önemli komponentlerini belirtmektedir. Aşağıda karşılıkları verilmiştir:

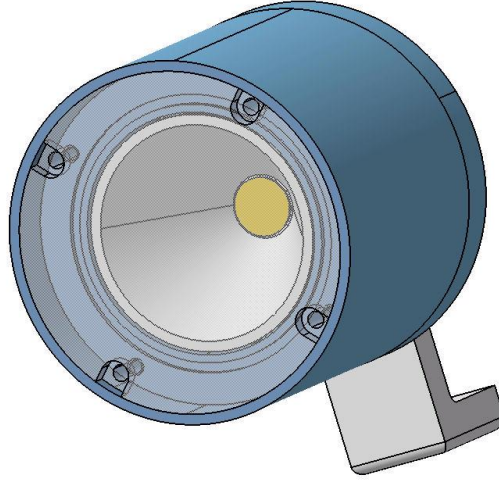
1. Sağ arka dikey itici
2. Sol arka dikey itici
3. Sağ ön dikey itici
4. Sol ön dikey itici
5. Orta sağ yatay itici
6. Orta sol yatay itici
7. Sağ lamba
8. Sol lamba
9. Kamera bölgesi
10. Üst kaporta
11. Alt kaporta
12. Şasi bağlantıları
13. Sızdırmaz Elektronik Haznesi

#### 4.1.1. İticiler



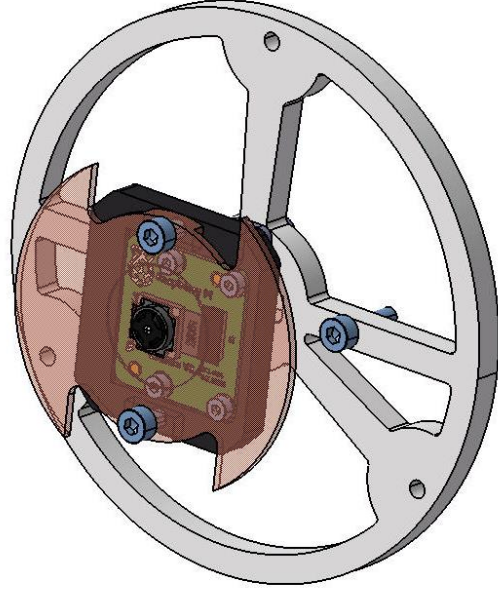
Şekil 4.3. İtici “Thruster” izometrik görünüşü.

#### 4.1.2. Lambalar



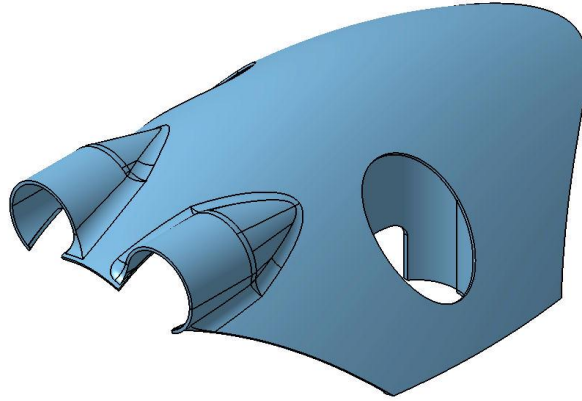
Şekil 4.4. Lamba izometrik görünüşü.

#### 4.1.3. Kamera Bölgesi



Şekil 4.5. Kamera bölgesi izometrik görünüşü.

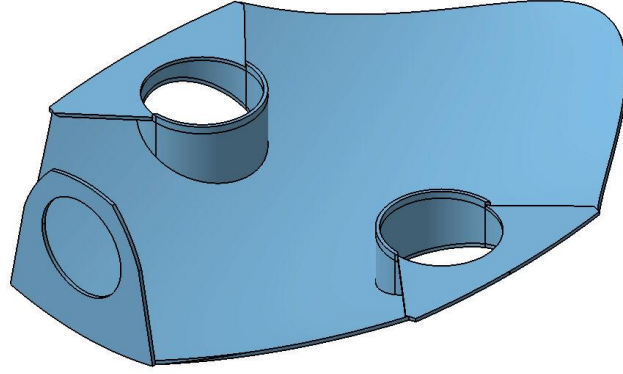
#### 4.1.4. Üst Kaporta



Şekil 4.6. Üst kaporta izometrik görünüşü.

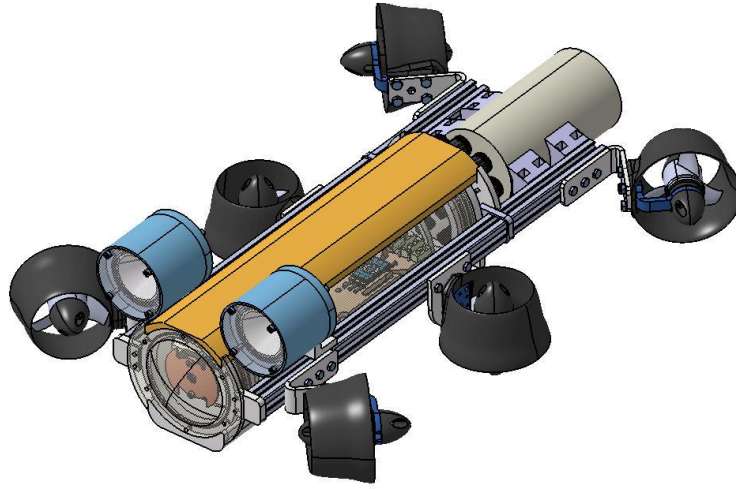


#### 4.1.5. Alt Kaporta



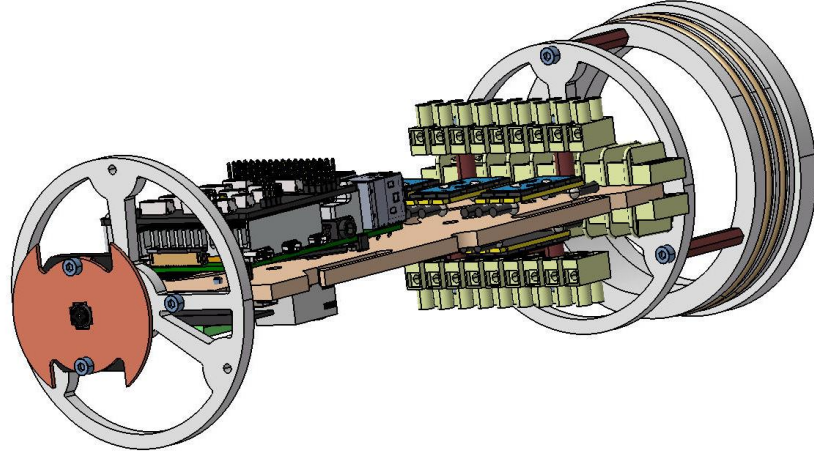
Şekil 4.7. Alt kaporta izometrik görünüşü.

#### 4.1.6. Şasi Bağlantıları



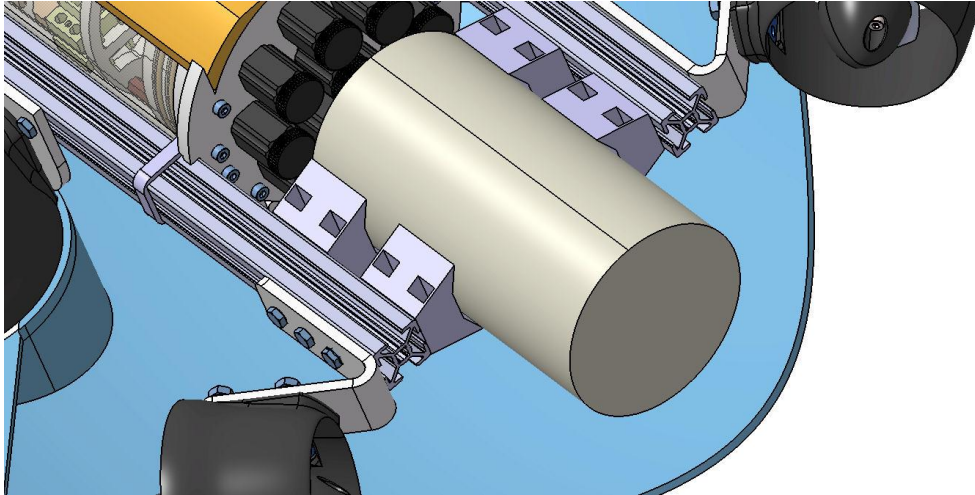
Şekil 4.8. Genel şasi birleşimleri izometrik görünüşü.

#### 4.1.7. Sızdırmaz Elektronik Hazne



Şekil 4.9. Sızdırmaz elektronik hazne izometrik görünüşü.

#### 4.1.8. Batarya Bağlantısı

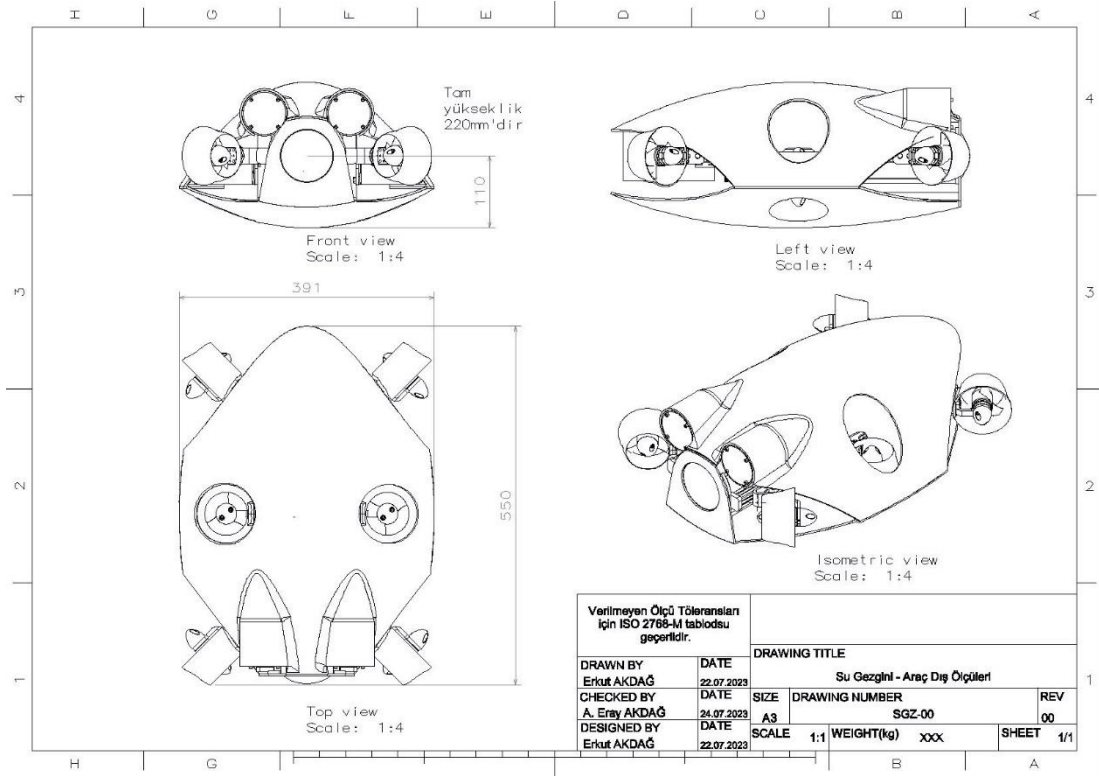


Şekil 4.10. Batarya bağlantısı.

Batarya bağlantısı için şasiye bağlı 4 adet braketten geçecek 4 adet kablo bağı ile bağlantısı sağlanacaktır.

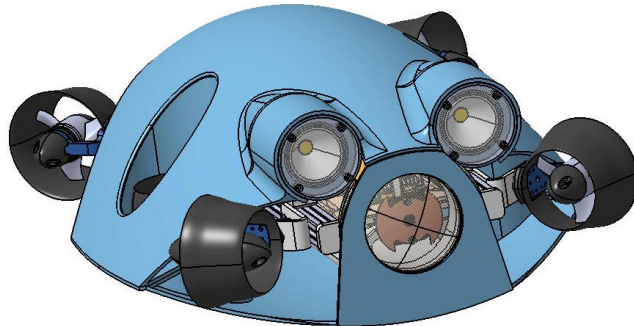
## 4.2. Sualtı Aracına Genel Bakış

### 4.2.1. Araç Dış Ölçüleri

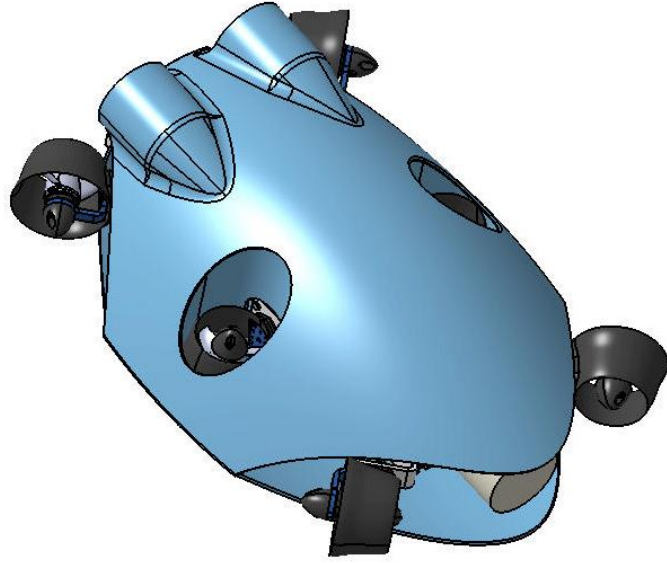


Şekil 4.11. Araç dış ölçüleri.

### 4.2.2. İzometrik Görünüşler



Şekil 4.12. Araç önden izometrik görünüş.



Şekil 4.13. Araç arkadan izometrik görünüş.

### **4.3. TASARIM DEĞERLENDİRME**

Sonuç olarak araç ebatları belirtilmiş, kullanılacağı yerde gerekli ölçümler alınmış ve analize sokulmuştur. Analiz sonuçlarında olumsuz bir durum ile karşılaşılmemiştir. Sistem genel çalışma prensipleri paylaşılmış literatüre uygun tasarım yapılmıştır. Gerekli detaylar tasarıma yansıtılmıştır.

## BÖLÜM 5

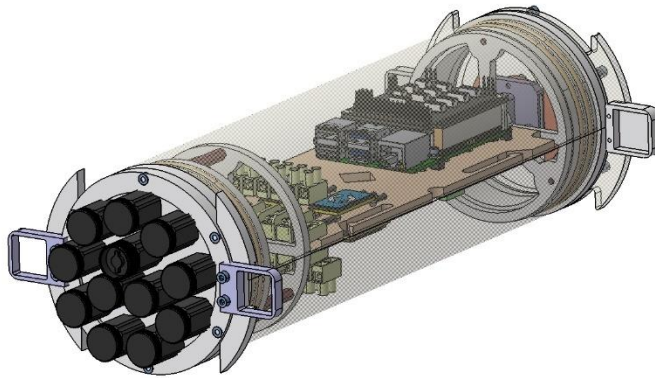
### ANALİZ SONUÇLARI

Sualtı aracı için basınca maruz kalacak birimlerin sızdırmaz üniteler olduğu öngörülmüştür. Bu bağlamda analiz senaryoları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Arka Kapak Statik Analizi
- Ön Kapak Statik Analizi
- Elektronik Ünite Gövde Statik Analizi

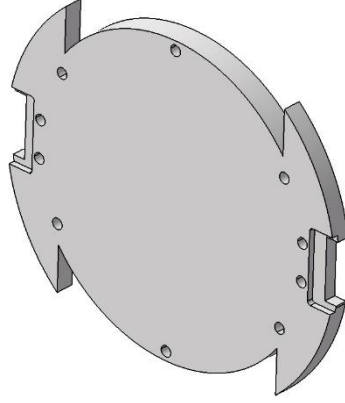
Tüm analizler CATIA program ile yapılmıştır. Ürünün 30 mt en fazla derinlikte çalışacağı ön görülerek basınç değerleri 3 bar olarak seçilmiş, mühendislik faktörü 0.5 seçilerek toplam yükleme  $450000 \text{ N/m}^2$  olarak verilmiştir.

#### 5.1. ARKA KAPAK STATİK ANALİZİ



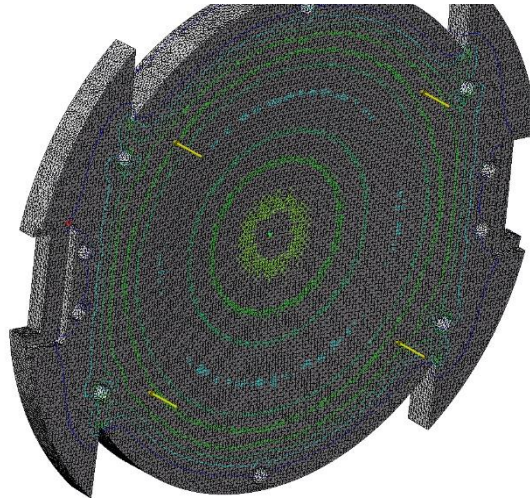
Şekil 5.1. Sızdırmaz tüp izometrik görünüşü.

Arka kapak Şekil 5.1'deki gibi civata bağlatısı ile bağlanmıştır. Analiz için konnektör bağlantıları delikleri en doğru sonuca yaklaŐmak için doldurulmuŐ, mesnet noktası çizimin bağlantı gorseline göre eklenmiştir.



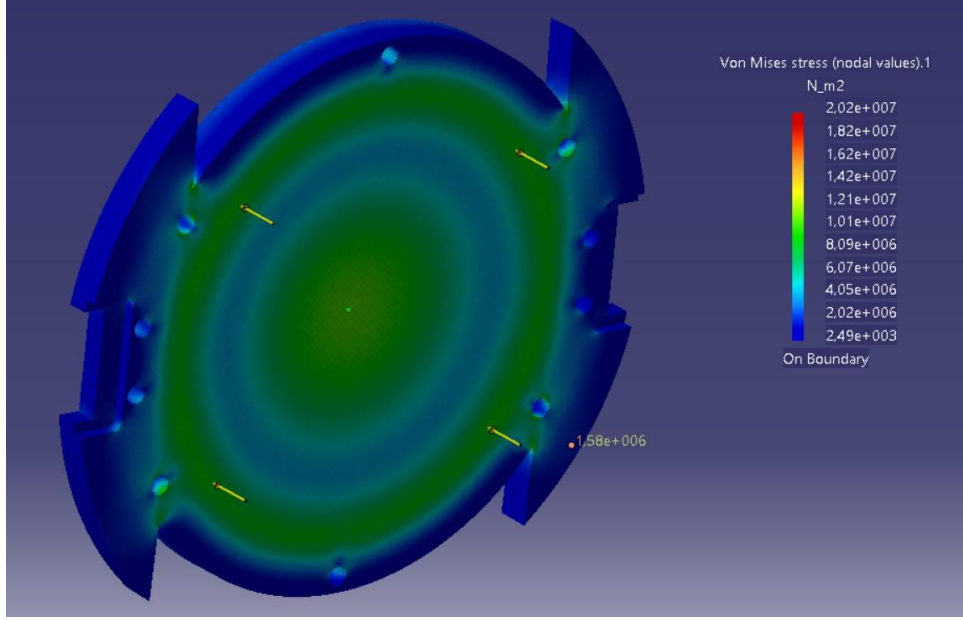
Şekil 5.2. Arka kapak analiz gorseli.

Arka kapak analiz mesh'leri izim Şartlarına göre 0,7x0,1 mm ŐeilmiŐtir.

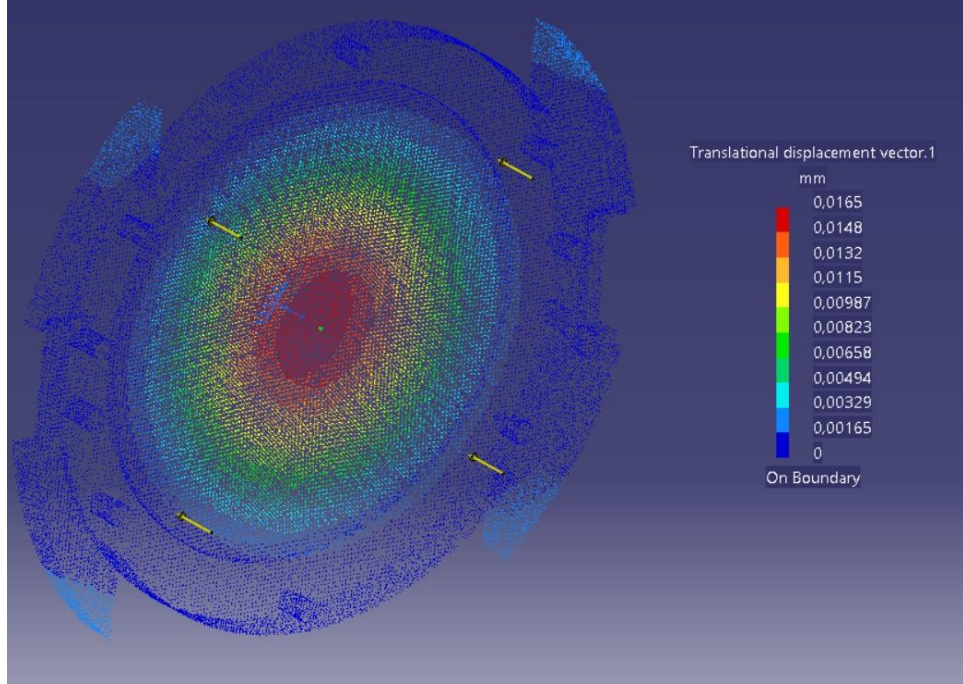


Şekil 5.3. Arka kapak mesh analiz gorseli.

Malzeme konnektörlerin rahat bağlanabilmesi için Alüminyum 5754 kalite olarak seçilmiştir. Mesnet noktası olarak önündeki parça seçilmiş ve o yüzeyden seçilmiştir. Yükleme 450000 N/m<sup>2</sup> olarak seçilmiş ve basıncı dış yüzeyinden yükleme olarak verilip hesaplanmıştır.



Şekil 5.4. Arka kapak von mises analiz sonuçları.



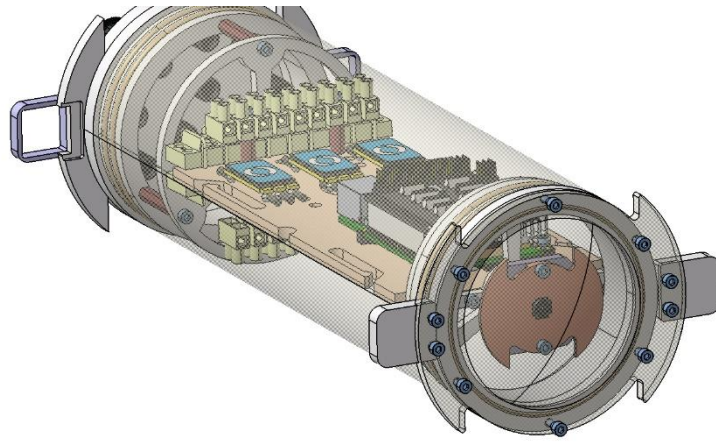
Şekil 5.5 Arka kapak yer değiştirme analiz sonuçları.

### 5.1.1. Değerlendirme:

Çıkan sonuçlar incelendiğinde en yüksek gerilme 20.2 MPa olarak görülmektedir. Seçtiğimiz Alüminyum 5754 çekme gerilme değerlerine göre güvenli olarak değerlendirilmiştir.

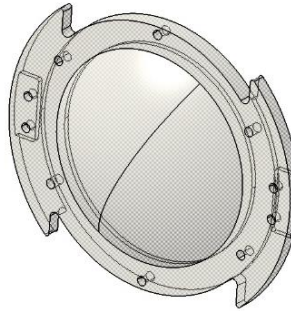
Yer değiştirme miktarları incelendiğinde en yüksek 0,0165 mm olarak görülmekte ve bu değer üzerinde bulunan bağlantı elemanları için risk teşkil etmemektedir.

## 5.2. ÖN KAPAK STATİK ANALİZİ



Şekil 5.6. Ön kapak izometrik görünüşü.

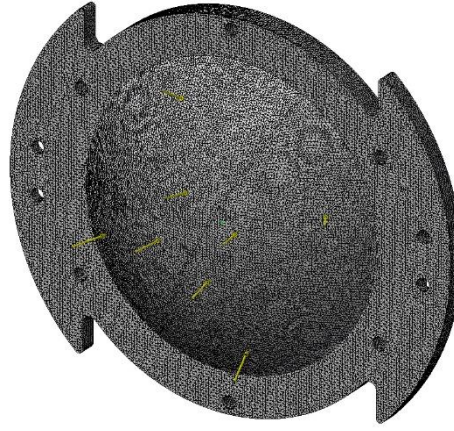
Ön kapak şekil 5.5'teki gibi civata bağlantısı ile bağlanmıştır. Analiz için mesnet noktası çizimin bağlantı görseline göre eklenmiştir.



Şekil 5.7. Ön kapak analiz görünüşü.

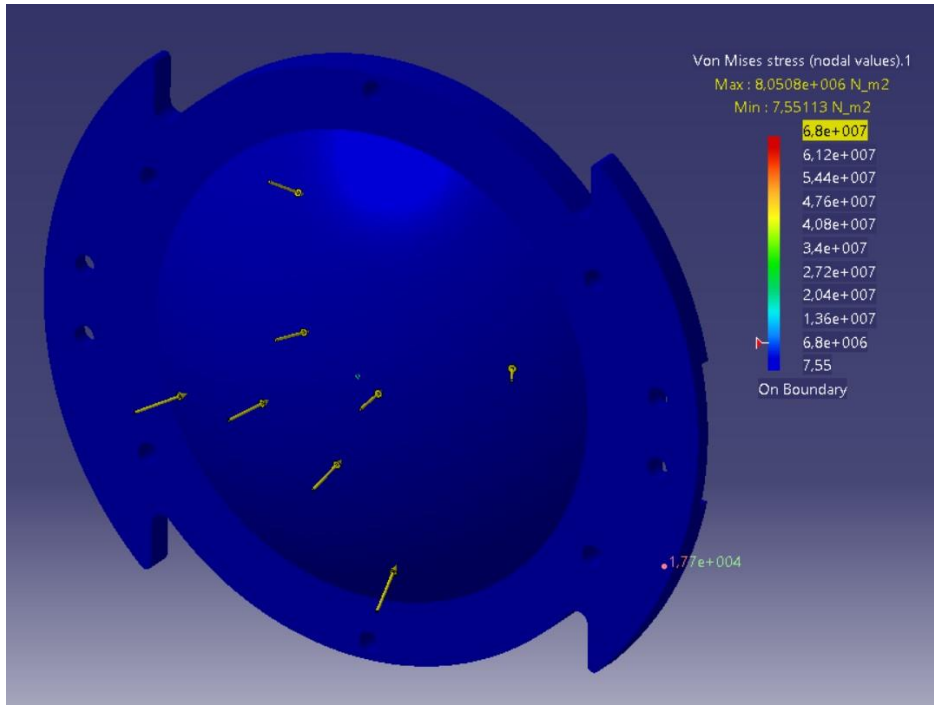


Arka kapak analiz mesh'leri çizim şartlarına göre 0,7x0,1 mm seçilmiştir.

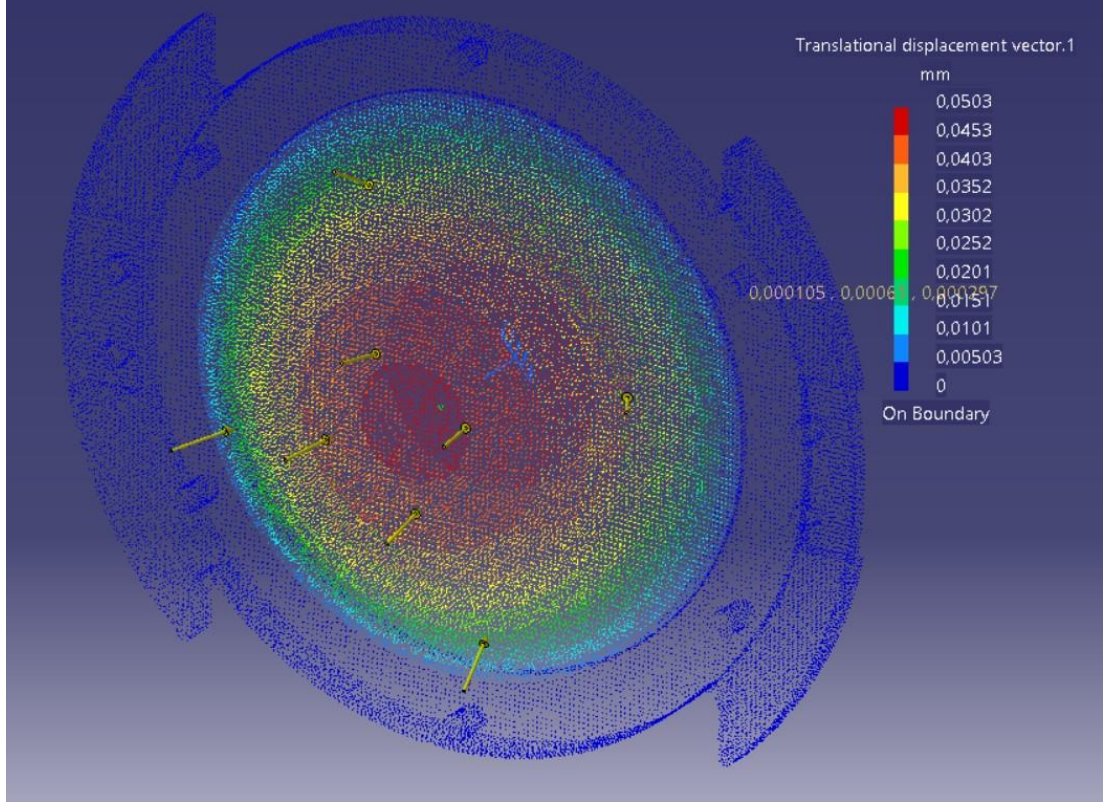


Şekil 5.8. Ön kapak mesh analiz görseli.

Malzeme olarak kamera görüşü için yüksek şeffaflık içeren pleksiglass malzeme seçilmiştir. Mesnet noktası olarak önündeki parça ile bağlantı yüzeyi modellenerek seçilmiştir. Yükleme 450000 N/m<sup>2</sup> olarak seçilmiş ve basıncı dış yüzeyinden yükleme olarak verilip hesaplanmıştır.



Şekil 5.9. Ön kapak von mises analiz sonuçları.



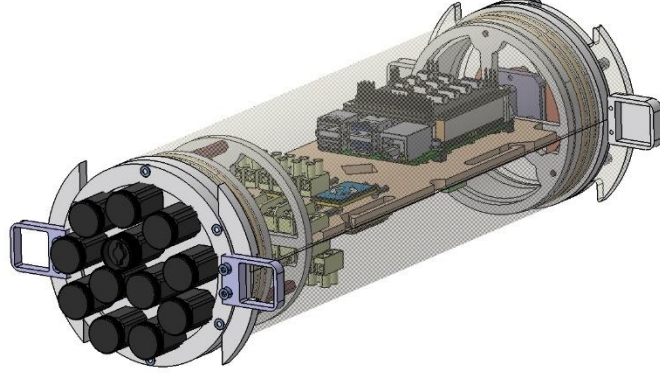
Şekil 5.10 Ön kapak yer değıştirme analiz sonuçları.

### 5.2.1. Değerlendirme:

Çıkan sonuçlar incelendiğinde en yüksek gerilme 10,8 MPa olarak görölmektedir. Seğtiğimiz Pleksiglass malzeme çekme gerilme değerlerine göre güvenli olarak değerlendirilmiştir.

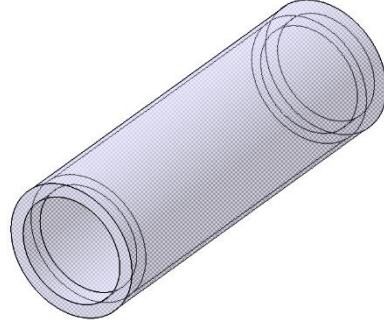
Yer değiştirme miktarları incelendiğinde en yüksek 0,0503 mm olarak görölmekte ve bu değer üzerinde bulunan bağlantı elemanları ve sızdırmazlık elemanı için risk teşkil etmemektedir.

### 5.3. ELEKTRONİK ÜNİTE GÖVDE STATİK ANALİZİ



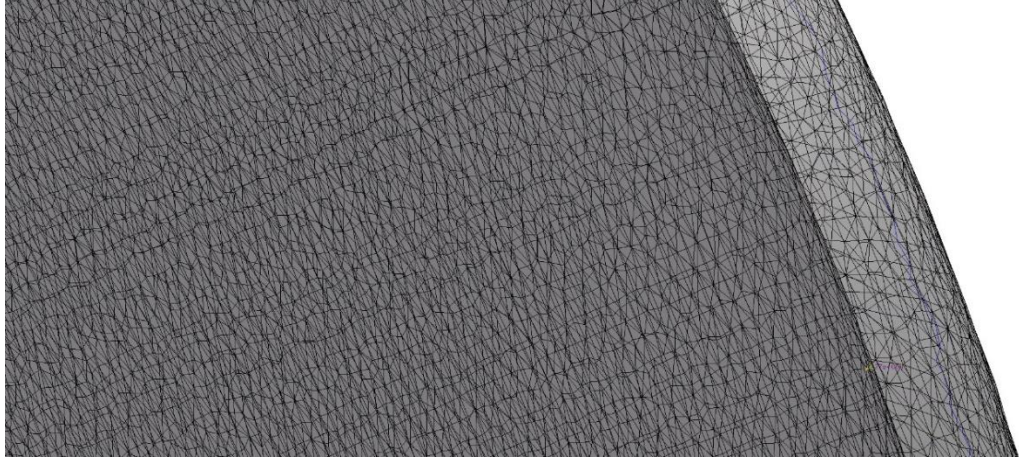
Şekil 5.11 Elektronik gövde izometrik görünüşü.

Elektronik gövde ön kapak ile arka kapak arasında elektronik ekipmanları koruma görevi için tasarlanmıştır.



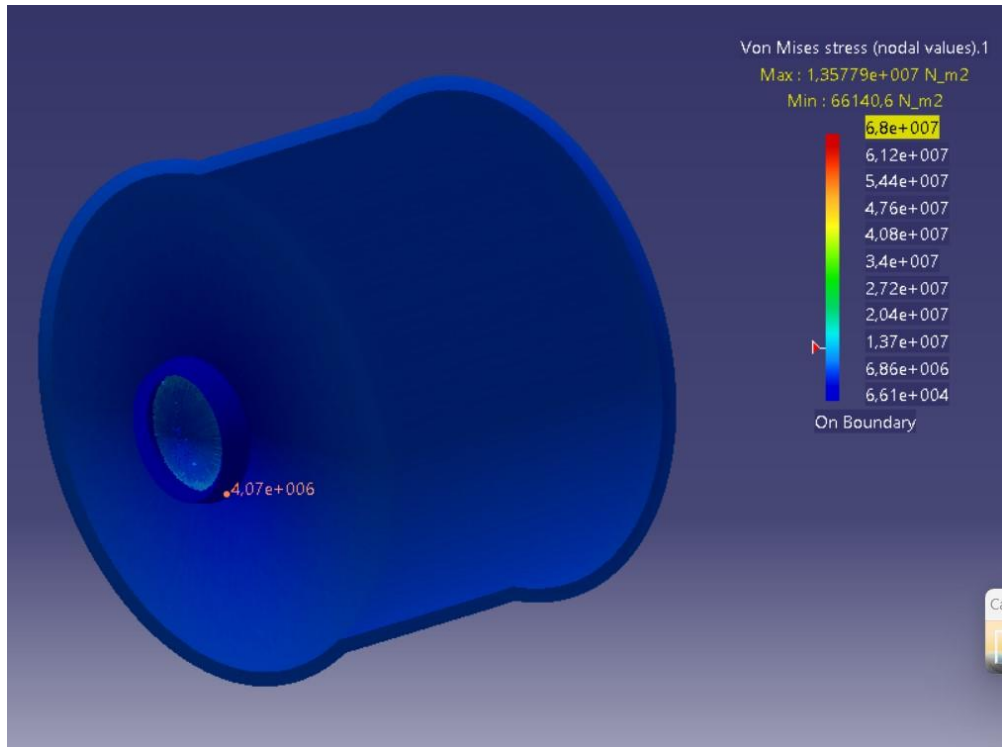
Şekil 5.12 Elektronik gövde analiz görünüşü.

Elektronik gövde analiz mesh'leri çizim şartlarına göre 1x0,1 mm seçilmiştir.

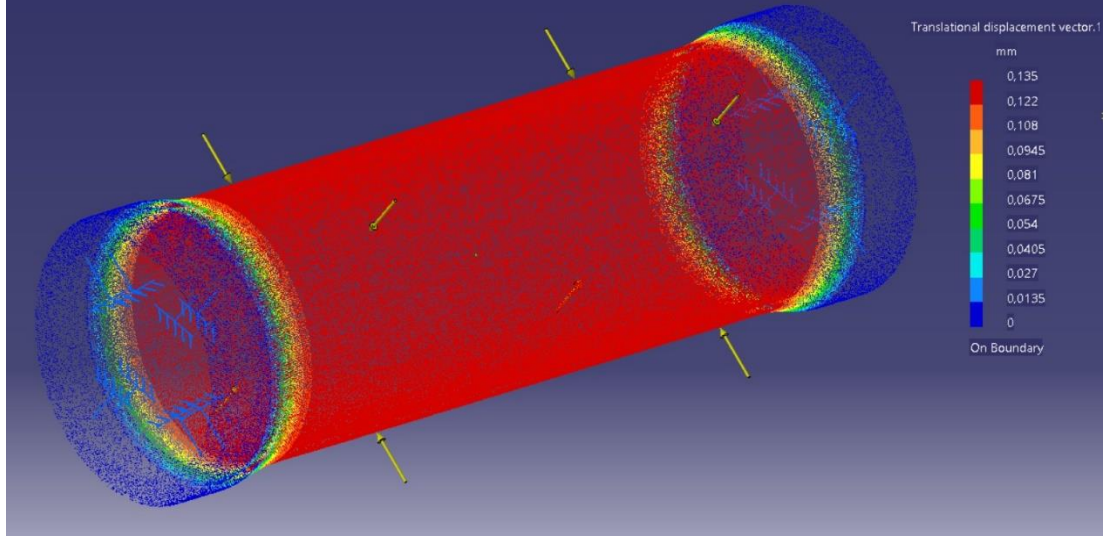


Şekil 5.13 Elektronik gövde mesh analiz görünümü.

Arıza ve göstergeler için şeffaf olan pleksiglass malzeme seçilmiştir. Mesnet noktası olarak önündeki parça ile bağlantı yüzeyi modellenerek seçilmiştir. Yükleme  $450000 \text{ N/m}^2$  olarak seçilmiş ve basıncı dış yüzeyinden yükleme olarak verilip hesaplanmıştır.



Şekil 5.14. Elektronik gövde von mises analiz sonuçları.



Şekil 5.15 Elektronik gövde yer değiştirme analiz sonuçları.

### 5.3.1. Değerlendirme:

Çıkan sonuçlar incelendiğinde en yüksek gerilme 13,8 MPa olarak görölmektedir. Seçtiğimiz Pleksiglass malzeme çekme gerilme değerlerine göre güvenli olarak değerlendirilmiştir.

Yer değiştirme miktarları incelendiğinde en yüksek 0,135 mm olarak görölmekte ve bu değer üzerinde bulunan bağlantı elemanları ve sızdırmazlık elemanı için risk teşkil etmemektedir.

## 5.4. ANALİZDE KULLANILAN MALZEME ÖZELLİKLERİ

### 5.4.1. Pleksiglas Malzeme Mekanik Özellikleri

Teknik Özellikler						
ekme Akriolik Levha						
Teknik Özellikler		Değer	Metod			
			DIN	ASTM	ISO	
Fiziksel Özellik	Özgül ağırlık	1.19g/cm <sup>3</sup>	53479	D 792	R 1183	
Isıl Özellik	Isı iletkenliği	0.19W/mK	52612	C 177	306	
	Lineer ısı genleşme katsayısı	0.07mm/m°C	53752-A			
	Vicat softening point (B/50)	102°C				
Mekanik Özellik	Tensile strength	72MPa	53455	53455	D 638	R 527
	Elongation at break	4.5%			D 638	R 527

Şekil 5.15 Pleksiglas mekanik özellikleri [12].

### 5.4.2. Alümiyum 5754 HX8 Malzeme Mekanik Özellikleri

5754									
Kimyasal Bileşimi									
Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Diğer	Al
0,4	0,4	0,1	0,5	2,6-3,6	0,2	0,3	0,15	0,15	Kalan
Mekanik Özellikler									
Temper	Akma Mukavemeti (MPa)		Çekme Mukavemeti (MPa)		Uzama (%50)		Sertlik (brinel)		
-	min-max		min-max		min-max		min-max		
0/H111	80		190-240		18		50-55		
HX2	130-185		220-245		14		65-70		
HX4	160-215		240-270		12		73-75		
HX6	190-245		265-290		9		80		
HX8	250-270		290-315		8		85-90		
HX9	300		340		0-4		95		

Şekil 5.16 Alümiyum 5754 HX8 mekanik özellikleri [13].

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR

ROV'ların avantajı, güç ve iletişim sinyallerini kabloyla iletildiği için yerleşik pillere ve modeme ihtiyaç duymamalarıdır. Sistem olarak düşünüldüğünde AUV modellerden daha küçük ve daha hafif olabilmeleri bir avantajdır.

Tez çalışmasında bu avantajı ele alarak ROV modelleri daha da komplike hale getirmektense basitleştirerek hafifliğini, montajı, kullanım kolaylığı ve ulaşılabilirliği üzerine çalışmalar yapmak çağımız dünyasında toplumun keşfetme dürtüsüne dokunacak bir tasarım ortaya çıkartmış ve aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

1. Analizler incelendiğinde tasarımı etkileyecek veya üretimde problem çıkartabilecek sonuca rastlanmadı. Tasarım bundan sonraki süreçte montaj kolaylığı üzerine çalışmalar yapılarak devam edecek ve ilerleyen süreçte prototip üretimi yapılacaktır.
2. Kompakt ve hafif insansız sualtı aracı, bilimsel araştırmalarda kullanım kriterlerini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.
3. Çift gövde yerine, tek gövde tasarımı, görsel açıdan ve taşınabilirlik açısından tasarımı amacına yönlendiren adımlardan birisi olmuştur.
4. 7,5 kg ağırlığa ve 550x391x220mm boy, genişlik ve yükseklik boyutlarına sahip olan tasarım, bir operatörün istenildiği gibi taşıyabileceği şekilde aktarılabilir, çalıştırılabilir ve kontrol edilebilir kullanıcı dostu bir yapıda oluşturulmuştur.
5. 30 metre mesafeden kablosuz olarak kontrol edilebilen araç, ilave sensörler ile otonom olarak kullanılabilen bir alt yapıya sahip olabilecektir
6. Bu denizaltının sınırlayıcı faktörü ise küçük ekipmanların montaj zorluğudur. Bu sınırlayıcı faktörü ortadan kaldırmak için önerim ise bazı braket tasarımlarında bükümle montaj alanı daraltmak yerine daha efektif bastır çek mıknatıs vb. tasarımlarla montaj alanına nefes verecek çalışmalarla geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Canlı G. A. ve Kurtoğlu İ. ve Canlı, M. O. ve Tuna, Ö. S., Dünyada ve Ülkemizde İnsansız Sualtı Araçları İsa-a-Auv & Rov Tasarım ve Uygulamaları. *Gidb Dergi*, (04), 43-75. (2016).
2. Yakut, M. ve Yılmaz, S. ve İnce, S. ve Otçu, M. ve Aygün, E., Derinlik ve Yön Kontrol Uygulamaları için Sualtı Aracı Tasarımı, *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 3 (1), 343-355. (2015).
3. Yılmaz D. ve Adi D. ve Şeniz P., “Takım Adı: İeu Mekatronik Kulübü.” Teknofest İnsansız Sualtı, Yarışması, *Kritik Tasarım Raporu*, İzmir, (2020).
4. K. Leblebicioğlu, “ULİSAR: Bir İnsansız Su Altı Aracı”, *Savunma Sanayi Gündemi Dergisi*, cilt 12, no. 2, sayfa 40-46, (2010).
5. Burcher, R. and Rydill, L. Concepts in Submarine Design. Cambridge, *Cambridge University Press*. (1994).
6. İnternet: "O-Ring Design Considerations | Marco Rubber & Plastics | Custom O-Rings Supplier", <https://www.marcorubber.com/o-ring-groove-design-considerations.htm> (2022).
7. Topuz S., “Modern Deniz Harbini ve Denizler için Mücadeleyi Anlamak”, *Alibi Yayıncılık*, 432. (2016).
8. İnternet: “2016 Drone’lar Beş Yılda Dünyayı Değiştirecek.”, <https://www.dunya.com/gundem/dronelar-bes-yilda-dunyayi-degistirecek-haberi-314565> (2016).
9. IHS Jane’s intelligence Review, 2015; *Bi Intelligence*, (2016).
10. BARUTÇU F., “İnsansız sualtı aracı tasarımı”, *Yüksek Lisans Tezi, Altınbaş Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul, 71-73 (2022).
11. İnternet: “2020 Kaviteasyon Nedir?”, <https://masgrup.com/kaviteasyon-nedir-pompada-kaviteasyon-sorunu-neden-olur> (2020).
12. İnternet: “2019 Çekme Akrilik (Pleksi) Levha” <https://www.sds.com.tr/tr/urun-gruplari/levhalar/akrilik-pleksi-levha/cekme-akrilik-pleksi-levha/cekme-akrilik-pleksi-levha> (2019).
13. İnternet: “2017 5754 Mekanik Özellikler” <https://www.seykoc.com.tr/icerik/5754?dil=tr> (2017).



## ÖZGEÇMİŞ

Erkut AKDAĞ, ilköğretimini Güzelkent İlköğretim Okulunda, Lise öğrenimini Ufuk Arslan Anadolu Lisesinde onur öğrencisi olarak tamamladı. 2016 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2021 yılında lisans eğitimini 3.15 ortalamayla bitirdi. Aynı sene BİGG programıyla sualtı aracı projesi dahilinde ODTU Teknokentte girişimcilik ve proje yönetimi üzerine sertifikalı teknik eğitimler alarak 2.aşamaya kadar ilerledi. 2021 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde makine teorisi ve dinamiği alanında yüksek lisans eğitimine başladı. Şu anda Ankara'da Savunma sanayi ana yüklenici firmalarından biri olan Tork Dizayn Ar-Ge şirketinde kalite yönetim sorumlusu ve Ar-Ge mühendisi olarak çalışmaktadır.