

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

İNSANSIZ SU ALTI ARACI PROJESİ

BİTİRME PROJESİ

Fatih AYHAN

Melike UZUN

Hüseyin Safa MELEK

Asım Faruk ÖZTÜRK

HAZİRAN 2021

TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

İNSANSIZ SU ALTI ARACI PROJESİ

Fatih AYHAN
Melike UZUN
Hüseyin Safa MELEK
Asım Faruk ÖZTÜRK

Jüri Üyeleri

Danışman: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

Üye :

Üye :

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Son yıllarda insansız sistemler teknolojisi çok hızlı biçimde gelişmekte ve buna bağlı olarak da ülkemizde ve uluslararası alanda konu ile ilgili Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmaları devam etmektedir. Bu kapsamda yapmış olduğumuz bu proje çalışmasında lisans düzeyinde almış olduğumuz temel öğrenim bilgilerimizi bir uygulamada pratiğe dökerek, tasarım yapma ve ürün geliştirme becerisi konusunda önemli bir kazanım elde ettiğimize inanıyoruz. Bu proje çalışmasının gelecekte insansız su altı araçları (ROV) sistemlerine ilişkin tasarım ve üretim alanlarında çalışma yapacak olan öğrencilere kaynak bir çalışma olarak yararlı olmasını dileriz.

Proje çalışmamızın yürütülmesinde ve oluşturulmasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığımız Karadeniz Teknik Üniversitesi Bölüm Başkanı ve Termodinamik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi değerli hocamız Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU' na sonsuz saygı ve teşekkürlerimizi sunarız.

ASIM FARUK ÖZTÜRK
HÜSEYİN SAFA MELEK
MELİKE UZUN
FATİH AYHAN
TRABZON-2021

ÖZET

İNSANSIZ SU ALTI ARACI PROJESİ

Bu proje çalışmasında bir insansız su altı aracının tasarımı ve üretimi yapılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle konu ile ilgili literatür gözden geçirilmiş ve mevcut sistemlerin özellikleri ve çalışma şekli incelenmiştir. Uzaktan kumanda ile çalışabilen insansız su altı araçları, bir operatör tarafından kullanılan kumandalı bir tür su altı robotlarıdır. İnsansız su altı araçları genel itibariyle operatör ile robot arasında bağlantıyı sağlayan kablolar aracılığı ile kontrol edilir. Bu araçlar kamera sistemi, kontrol sistemi, ışık sistemi ve tahrik sistemi ile donatılmıştır. Kullanım amacına bağlı olarak tutucu kol, refraktometre, termometre gibi donanımlar da eklenebilir.

Projenin üretim aşamasında özgün tasarım, hareket kontrol sistemi, batarya sistemi, motor sistemi, aydınlatma sistemi ve video kamera sistemi olmak üzere altı ana bileşen ele alınmıştır. Su altı aracının manevra kabiliyeti için altı adet fırçasız DC motor kullanılmıştır. Dört adet motor yatay hareketi sağlamak için kullanılmış olup arka kısımdaki motorlar araçla 45° açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Düşey hareketi sağlamak üzere iki adet motor kullanılmıştır. Motor kontrolleri ESC'ler (Elektronik hız kontrol ünitesi) ile yapılmıştır. Güç kaynağı olarak lityum polimer (Li-Po) bataryalar kullanılmıştır. Sızdırmazlık ise aracın merkezinde bulunan sızdırmaz pleksiglas tüp ve o-ringler ile sağlanmıştır. Gövde ile motor bağlantıları uygun özelliği nedeniyle alüminyum parçalar ile sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ROV, AUV, Su Altı Sistemleri

SUMMARY

UNMANNED UNDERWATER VEHICLE DESIGN

In this project work, an unmanned underwater vehicle was designed and produced. Within the scope of the study, first of all, the literature on the subject was reviewed and the characteristics and working style of the existing systems were examined. Unmanned underwater vehicles that can operate with a remote control are a kind of underwater robots that are controlled by an operator. Unmanned underwater vehicles are generally controlled by cables that provide the connection between the operator and the robot. These vehicles are equipped with camera system, control system, light system and propulsion system. Depending on the purpose of use, equipment such as gripper arm, refractometer, thermometer can also be added.

During the production phase of the project, six main components were discussed, namely the original design, motion control system, battery system, motor system, lighting system and video camera system. Six brushless DC motors are used for the maneuverability of the underwater vehicle. Four engines are used to provide horizontal movement, and the engines at the rear are positioned at an angle of 45° with the vehicle. Two motors are used to provide vertical movement. Motor controls are made with ESCs (Electronic speed control unit). Lithium polymer (Li-Po) batteries were used as power source. Sealing is provided by the impermeable plexiglass tube and o-rings located in the center of the vehicle. The body and motor connections are provided with aluminum parts due to its convenient feature.

Keywords: ROV, AUV, Underwater Systems

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
ÖZET	II
SUMMARY	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç ve Kapsam	2
1.3. İnsansız Su Altı Araçlarının Tarihçesi	3
1.4. İnsansız Su Altı Araçlarının Sınıflandırılması	7
1.5. İnsansız Su Altı Aracı Kullanım Alanları	10
1.6. Literatür Taraması	11
1.7. Mühendislik Hesaplamaları	14
1.8. Çalışma ile İlgili Kısıtlar ve Koşullar	17
1.9. Maliyet Hesabı	18
1.9. Çevresel Etki Değerlendirmesi	19
1.10. Haftalık Ders Programı	19
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	20
2.1. Tasarım Çalışması	20
2.1.1. Gövde	20
2.1.2. Pervane	21
2.1.3. Tüp Hazne	22
2.2. Tasarım Analizi	24
2.3. Üretim	25
2.3.1. Tüp Hazne Üretimi	25
2.3.2. Akrilik Kapak Üretimi	26
2.3.3. Kol Üretimi	27
2.3.4 Pervane ve Nozzle Üretimi	28
2.4. Ek Donanımlar	29

	<u>Sayfa No</u>
2.4.1. Su Altı Aracının Algoritması	29
2.4.2. Arduino NANO	29
2.4.3. MCP2515 CAN Bus Entegresi	30
2.4.4. Lityum Polimer (Li-Po) Pil	30
2.4.5. Motor	32
2.4.6. Elektronik Hız Kontrolcü	32
2.4.7. Haberleşme Kablosu	33
2.4.8. UART TTL Arduino Kamera Modülü	34
2.4.9. Aydınlatma	34
2.4.10. Konektör	35
2.4.11. Acil Durdurma Kartı	35
2.5. Aracın Çalışma Prensibi	36
3.BULGULAR	38
4.TARTIŞMA	39
5. SONUÇLAR	40
6.ÖNERİLER	41
7. KAYNAKLAR	42
8. EKLER	44
ÖZGEÇMİŞLER	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Whitehead torpidosu	3
Şekil 2. CURV I	4
Şekil 3. CURV II	5
Şekil 4. Cullet	6
Şekil 5. İnsansız su altı araçlarının sınıflandırılması	7
Şekil 6. Mikro insansız su altı aracı	8
Şekil 7. Orta ölçekli insansız su altı aracı	9
Şekil 8. Araca etkiyen kuvvetler	14
Şekil 9. Gövde genel görünüm	19
Şekil 10. Gövde ön görünüm	20
Şekil 11. Pervane	21
Şekil 12. Tüp hazne	21
Şekil 13. Tüp hazne içeriği	22
Şekil 14. Kubbe kapak	22
Şekil 15. Aracın yan görünüşteki akış çizgileri	23
Şekil 16. Aracın ön görünüşteki akış çizgileri	23
Şekil 17. Tüp hazne	25
Şekil 18. Ön kapak	25
Şekil 19. Kol	26
Şekil 20. Pervane ve nozzle	27
Şekil 21. Elektronik şema	28
Şekil 22. Arduino NANO	28
Şekil 23. MCP2515	29
Şekil 24. Lipo pil	30
Şekil 25. Su geçirmez fırçasız motor	31
Şekil 26. ESC	32
Şekil 27. CAT6 kablo	33
Şekil 28. Kamera	33
Şekil 29. LED ampul	34
Şekil 30. Konektör	34
Şekil 31. Acil durdurma kartı	35

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 32. Kablo renk şeması	35
Şekil 33. Fritzing çıktısı	36

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Hesaplama değerleri	15
Tablo 2. Haftalık alışma izelgesi	18
Tablo 3. Motor teknik zellikleri	31
Tablo 4. Maliyet tablosu	41

SEMBOLLER DİZİNİ

- F_D : Sürüklenme Kuvveti (N)
 m : Kütle (kg)
 g : Yer Çekimi İvmesi (m/s^2)
 V : Hacim (m^3)
 C_d : Sürüklenme Katsayısı
 ρ : Yoğunluk (kg/m^3)
 W : Ağırlık (N)
 F_i : İtme Kuvveti (N)
 v : Hız (m/s)
 F_k : Kaldırma Kuvveti (N)
 w : Açısal Hız (rad/s^{-1})
 C_T : Pervane Katsayısı
 r : Yarıçap (m)

1.GENEL BİLGİLER

Teknolojinin yıllar içinde gelişimiyle beraber gelecekte insan hayatını kolaylaştıracağı düşünülen insansız çalışabilen yapay zekâ platformları en önemli teknoloji alanlarından biri haline gelmeyi başarmıştır. Dünyada ve ülkemizde yapay zekâ alanı üzerine çok fazla araştırma yapılmış ve bu araştırmalar sonucunda yarı otonom ya da otonom insansız araçlar tasarlanıp üretilmiştir. Klasik anlamda akıllı otonom sistemler, otonomiye ön plana çıkaran kendi hedefleri doğrultusunda karar verebilen ve buna uygun hareket edebilen, değişen ortam şartlarına uyum sağlayabilen ve diğer sistemlerle etkileşim kurabilen sistemlerdir. Genel olarak insan müdahalesine gerek duymamaktadırlar.

Günümüzde çok sık örneklerini gördüğümüz insansız araçlar teknolojisinin insanlık için çok faydalı olacağını söylemek mümkündür. En başta insan hayatını riske atabilecek birçok görevi üstlenmekle beraber günlük yaşamın içinde de insan hayatını kolaylaştıracaktır.

İnsansız araçlar terörle mücadelede özellikle bölge tespiti ve mayın taraması yapılmasında; bina ve tesis güvenliklerinin sağlanmasında uçak, gemi, denizaltı gibi büyük çaplı araçların kontrollerinin ve sağlık muayenesinin yapımında; uzay araştırmalarında ve buna benzer daha birçok faaliyette etkin olarak kullanılmaktadır. Kullanım amacı ise insanları olası bir tehlikelerden korumak, mürettebat ölümlerini engellemek ve tehlikeli olayların en az hasarla atlatılmasını sağlamaktır. İnsansız araçlar boyutlarının küçük oluşu (daha az malzeme ile gerçekleştirilişi) ve daha az yakıt tüketmeleri nedeniyle tercih edilirler.

1.1.Giriş

İnsansız araçlar, uzaktan kontrol edilebilir veya kendi başına karar verip uygulama yeteneğine sahip teknolojilerdir. Okyanuslarda yapılan araştırmalarda bir su altı teknik sistemi gerekli olduğundan, su altı ortamının keşfi ve kullanımında insansız su altı araçları giderek daha önemli hale gelmektedir [1].

İnsansız su altı araçları genel bir tanımla, şu an günümüzde farklı amaçlar doğrultusunda kullanılan, sahip oldukları görevler ve alt sistemler nedeniyle farklı mühendislik alanlarının çalışmaları barındıran karmaşık sistemlerdir. Doğal ve çevresel kaynakların korunması ve incelenmesi, arama ve kurtarma, su altı örnek toplama gibi farklı ve çeşitli amaçlarla, sivil ve askeri uygulamalarda kullanılmakla beraber, akademik ve endüstriyel araştırmaların büyük bir kısmına öncülük eden insansız su altı araçları, gözlem ve keşif özelliğine sahip, uzaktan kontrolü sağlanabilen su altı aracıdır [2].

İnsansız su altı araçları temel olarak kablo kontrollü ve kablosuz (otonom) olarak iki ana grupta incelenmektedir. Kablo kontrollü olan ROV (Remote Operating Vehicle) olarak otonom olan ise AUV (Autonomous Underwater Vehicle) olarak adlandırılmaktadır [2].

Uzaktan kumandalı insansız su altı aracı, en genel tanımı ile bir operatör tarafından uzaktan kontrol edilerek su altındaki değişik amaçlara yönelik ve tehlikeli olabilecek bir dizi işlevi yerine getiren bir su altı robotudur [3]. Bir uzaktan kumandalı insansız su altı aracı sistemi; aracın yanı sıra, aracı kontrol eden operatör, operatörün bu kontrolü sağladığı donanımlar, aracı yüzeye bağlayan kablo ve aracın suya indirilip geri alınmasını sağlayan vinç düzeneklerinden oluşmaktadır. Uzaktan kumandalı insansız su altı araçları, boyut ve işlev olarak, sadece izleme amacıyla su altı kameraları aracılığı ile görüntü almaya ve bazı ölçümler yapmaya yönelik, küçük ve basit araçlar olabileceği gibi; üzerlerinde yer alacak pek çok sensör kamera, sonar vb. yardımıyla büyük oranda otonom çalışma yetkinliğine sahip ve robot kollar kullanarak oldukça karmaşık işlevleri yerine getiren büyük sistemler de olabilmektedir. Uzaktan kumandalı su altı araçları, genellikle daha yakın alanlarda çalışırken, yakındaki nesnelere etkileşim kurmak için robot kollarını veya diğer araç gereçleri kullanmaktadırlar [4].

Diğer su altı robotik araçları gibi, uzaktan kumandalı insansız su altı araçları da daha yüksek hız, dayanıklılık ve derinlik kabiliyetine sahip olmanın yanı sıra dalgıçlardan daha yüksek güvenlik faktörüne sahip oldukları yapılan araştırmalar doğrultusunda kanıtlanmıştır [4,5]. Su altı araştırmaları için uzaktan çalıştırılan insansız su altı araçları, son birkaç yıldır esas olarak akademik hedefler için incelenmekte ve geliştirilmektedir. Su altı operasyonlarının içerdiği insan hayatı riskleri nedeniyle kademeli olarak dalgıçların ve insanlı denizaltıların yerini almışlardır [6,7].

1.2. Amaç ve Kapsam

Okyanuslar dünyanın üçte ikisini kaplamasına rağmen kara ve hava teknolojilerine gösterilen ilginin gerisinde kalmıştır ancak son 13 yılda büyük bir gelişim göstermeye başlamıştır. Okyanusun tüm derinliklerinin keşfedilmesi, okyanus derinliklerindeki maden kaynakları ya da yaşayan organizmalar hakkında yeterli bilgiye ulaşılması gibi konularda su altı teknolojisi yetersiz kaldığı için insansız su altı araçları büyük bir önem kazanmıştır.

Bu amaçla dünyada okyanus araştırmalarında kullanılmak üzere uzaktan kontrol edilebilen çok çeşitli su altı araçları tasarlanıp üretilmiştir. Bu üretimler sırasında yapılan araştırmalar sonucunda karşılaşılan haberleşme güçlükleri ve tehlikeler bu araçların insansız çalışabilen araçlar haline gelmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Bu kapsamda sunulan tez çalışmasında mikro sınıfta yer alan uzaktan kumandalı insansız su altı aracının tasarlanması ve üretilmesi hedeflenmiştir. Literatür araştırmasının sonucunda, insansız su altı aracıyla ilgili genel bilgiler elde edilmiş, gerekli hesaplamalar yapılmış ve tasarımı optimum manevra kabiliyetine uygun olarak yapılmıştır. Ayrıca insansız su altı araçları sistemlerine ilişkin tasarım ve üretim alanlarındaki gelişmelere kaynak olması amacıyla yazılmıştır.

1.3. İnsansız Su Altı Araçlarının Tarihçesi

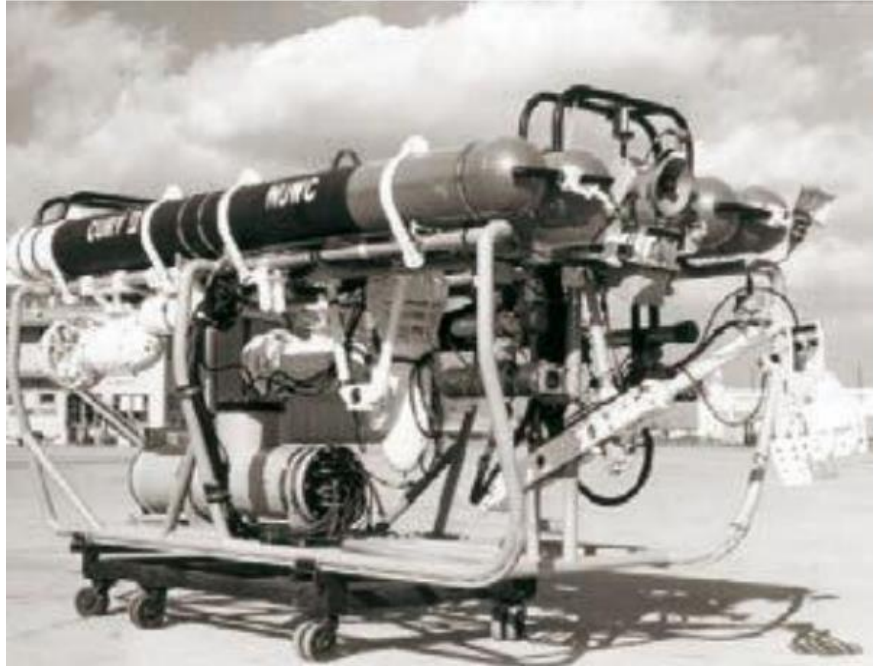
İnsansız su altı araçlarının tarihte ilk olarak kim tarafından geliştirildiğine dair kabul görmüş bilgiler bulunmasa da kayıtlara geçen en eski iki örneklerin biri Avusturya’da 1864’te Luppis-Whitehead Automobile tarafından geliştirilmiş olan Programmed Underwater Vehicle (PUV) adlı torpido Őeklindeki bir uzaktan kumandalı su altı aracıdır [Şekil 1]. Daha sonra torpido Şeklinde tasarlanan su altı aracı, Robert Whitehead tarafından 1866’da yeniden tasarlanıp daha kullanışlı hale getirilmiştir ve üç silindirli basınçlı hava motoruyla çalıştırılmıştır [8].



Şekil 1. Whitehead torpidosu

En eski örneklerden ikicisi olan Poddle isimli tasarım, bugün yaygın forma daha yakın olan ilk uzaktan kumandalı su altı aracı olarak 1953'te Fransız bilim adamı, mühendis ve kâşif Dimitri Rebikoff tarafından tasarlanmıştır. Bu araç daha çok arkeolojik araştırmalar için kullanılmıştır [9]. İnsansız su altı aracı geliştirme çalışmalarındaki ilk ciddi ilerlemeler ise Britanya Kraliyet Donanması ve ABD Donanması tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk yıllarda genelde mayın ve patlayıcı imha ve temizleme amacıyla otonom özellikleri olmayan uzaktan kumandalı su altı aracı olarak sınıflandırılabilen bu araçlar kullanılmıştır.

ABD Donanması 1957'den beri bu araçları belli bir programla geliştirmeye başlamış olup, 1970 yılından itibaren çok fazla olmasa da ambarına almaya başlamıştır. İnsansız su altı araçlarını ilk zamanlarda, okyanus dibinin haritasının çıkarılması ve deniz mayınlarının yerlerinin tespit edilmesinde kullanıldığı kaydedilmiştir. İlk tasarımlara bakıldığında roket şeklinde ve uzaktan kumandalı olarak tasarlanan bu araçlar enerji problemi nedeniyle deniz altında uzun süre kalamamıştır. Aynı şekilde uzaktan pilot tarafından kontrol edilen bu insansız su altı araçlarının, su altında erişimin zor olmasından dolayı suyun, sinyallerin iletişimine izin vermemesi nedeniyle kontrolleri çok zor olduğu gözlenmiştir. Yine de İran - Irak savaşı esnasında yaygın bir şekilde Hürmüz Boğazı'nda İran tarafından döşetlenen mayınların tespiti için kullanılmışlardır [3].



Şekil 2. CURV I

Şekil 2’de gösterilen ve ABD Donanması’na ait olan Cable Controlled Underwater Recovery Vehicle (CURV I), SSC San Diego'nun ana laboratuvarlarından biri olan Naval Ordnance Test Station’da 1960’ların başında geliştirilmiştir. Bu araç San Clemente Adası'nda 2000 fit kadar derinlerde kaybolan test mühimmatını kurtarmak için tasarlanmış, ancak 1966’da İspanya’da yaklaşık 850 metre derinlikteki suda bir H-bombasının kurtarılmasıyla ünlendi. Bu başarı, CURV II, CURV III gibi sonraki nesillerini ortaya çıkarmıştır [Şekil 3]. 1973 yılında İrlanda açıklarında batan denizaltı mürettebatını sadece birkaç dakikalık oksijenleri kaldığında kurtarmasına yardımcı olarak uzaktan kumandalı su altı araçlarının ne kadar faydalı olabileceğine dair en önemli örnekleri sunmuştur [3,8].



Şekil 3. CURV II

Britanya Kraliyet Donanması, uzaktan kumandalı su altı araçlarını uzun bir süre tatbikat sonrası deniz altında kalan eğitim torpidolarının temizlenmesi için aktif bir şekilde kullanmıştır. 1970’lerde ve 80’lerde Kraliyet Donanması, talim torpidolarını ve mayınlarını kurtarmak için Şekil 4’de gösterilen Cullet isimli uzaktan kumandalı bir su altı aracının üretimini gerçekleştirmiştir [4,10].

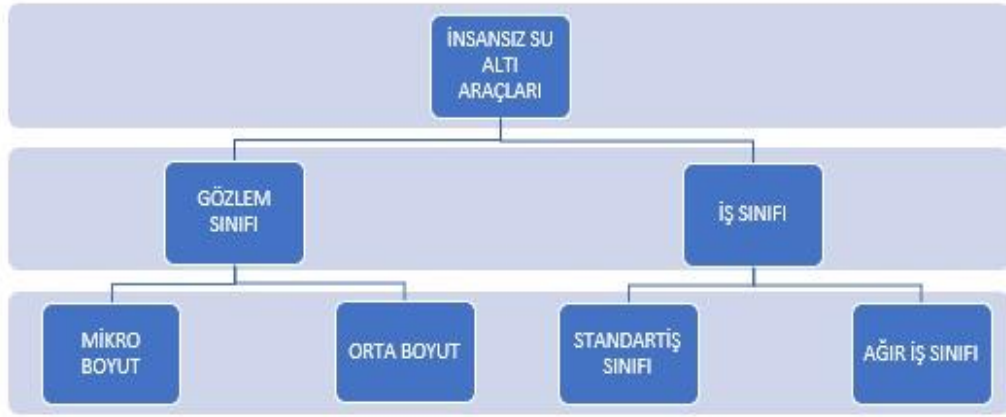


Şekil 4. Cullet

1980'lerden sonra teknolojinin hızla ilerlemesiyle beraber insansız su altı araçlarına ilgi ve bu alanda yapılan araştırmalar ve çalışmalar artmıştır. Açık deniz petrol aramaları için insansız su altı araçlarının büyük önemini fark eden ticari firmalar tarafından üretimi başlanmıştır. Bu doğrultuda, açık deniz petrol ve gaz endüstrisi, açık deniz petrol sahalarının gelişimine yardımcı olmak için iş sınıfı insansız su altı araçları üretmiştir. Bu amaçla geliştirilmiş ilk örnekler, RCV-225 ve RCV-150, Amerikan HydroProducts tarafından üretilmiş ve diğer firmalar bu tasarımları örnek alarak ilerlemiştir. Bugün, açık deniz petrol araştırmaları, insansız su altı araçlarının en yoğun kullanım alanlarından birisini oluşturmaktadır. 10000 metre derinliğinde çalışabilen insansız su altı araçları, daha düşük maliyette ve daha kolay modellerinin de geliştirilmesiyle beraber akademik kurumlarda, ticari uygulamalarda ve askeri alanlarda vb. oldukça yaygın bir kullanım alanı bulmuştur [3]

1.4. İnsansız Su Altı Araçlarının Sınıflandırılması

İnsansız su altı araçlarının sahip oldukları görev tanımlarına göre farklı tasarım yapılarına sahiptirler. Su altı araçlarının tasarımı, tasarlanacak su altı aracının sahip olması beklenen, güvenilirlik, modülerlik, dayanıklılık ve seyir süresi özelliklerine göre özgülendirilir. Farklı teknik istekleri karşılayabilmesine göre özgülendirilmiş çeşitli insansız su altı araçları, su altlarında değişik amaçlar için ve değişik uygulamalarda kullanılmaktadırlar. İnsansız su altı araçları, yeteneklerine, görevlerine ve boyutlarına göre Şekil 5’de gösterildiği gibi temelde 4 kategoride sınıflandırılmaktadır.



Şekil 5. İnsansız su altı araçlarının sınıflandırılması

Gözlem sınıfı araçlar, ek sensör, video kamera vb. eklentiler bulundurabilmesine rağmen, yalnızca kamera, ışıklar ve sonar ile donatılmış saf gözlem için tasarlanmış küçük insansız su altı araçlarıdır [11,12]. Bu araçlar, en fazla 100 kg ağırlığına kadar çıkabilen, DC ile çalışan, ucuz elektrikli su altı robot olmak üzere, genellikle dalgıçlara yardımcı olmak amacıyla ve genel sığ su inceleme görevleri için kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra, gözlem sınıfı insansız su altı araçları son yıllarda ceset bulma, baraj denetimleri, nükleer denetimler, hazine avcılığı, gemi enkazı ve iç güvenlik gibi görevlerde önemli rol oynamıştır [12]. Bu sınıflandırmaya sahip araçlar, güç dağıtım bileşenlerinin ağırlığı ve atmosfer basıncı nedeniyle 300 metre derinliğinde çalışabilirler. Gözlem sınıfı insansız su altı araçları, orta ölçekli ve elde taşınan veya mikro boyutlu olmak üzere iki alt gruba ayrılır.

Mikro veya el tipi inceleme insansız su altı araçları, 3 kg ile 20 kg arasında ağırlığa sahip olabilecek şekilde insanlar tarafından kolayca taşınabilen, dalgıçların giremeyeceği en küçük yerlere bile girebilen su altı robotlarıdır [Şekil 6]. Hafif olmaları nedeniyle, vinç ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Bu araçların kullanmanın en önemli nedenlerinden biri, görev nedeniyle oluşabilecek maliyetleri ve sistem karmaşıklığını azaltmak ve işi verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlamaktır [11].



Şekil 6. Mikro insansız su altı aracı

Gözlem sınıfında yer alan orta ölçekli insansız su altı araçları, gözlem sınıfı su altı araçlarından daha büyük boyutlu, daha derine dalabilen ve daha fazla operasyonel yeteneğe sahip modelleri olarak tanımlanabilmektedir. Şekil 7’de de bir örneği verilen orta büyüklükteki bu araçların ağırlıkları 200 ile 1000 kg arasında değişmektedir. 1000 metre ve üzeri derinliklere kadar çalışabilirlerken boyutları büyük olduğu için genellikle vinç yardımıyla suya indirilmektedirler [11].

Orta ölçekli su altı araçlarında, su altı haritalama ve incelemelerinin yapılmasına olanak tanıyan doğru navigasyon sistemleri ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme kullanılmaktadır. Ek olarak, görüntüleme sonarları da navigasyon sistemlerinden bağımsız olarak monte edilebilir ve bulanık sularda navigasyon ve arama için gerçek zamanlı "akustik gözler" olarak kullanılabilir. Bu araçlar, genellikle 600 VDC’ye kadar yüksek gerilime ve 6 KW’a kadar güç gereksinimlerine sahip bir DC kaynağıyla çalıştırılır [11,12].



Şekil 7. Orta ölçekli insansız su altı aracı

İş sınıfı insansız su altı araçları, ek sensörler veya manipülatörler taşıyabilecek kadar büyüktür. İş sınıfı araçlar genellikle, ek sensörlerin ve aletlerin göbek sistemi aracılığıyla fiziksel olarak bağlanmadan çalışmasına izin veren bir çoğullama özelliğine sahiptir [8]. Bu araçlar genellikle, diğer insansız su altı araçlarından daha büyük ve daha güçlüdür. Geniş kapasite, derinlik ve güç varyasyonları mümkündür [6,7]. Bu araçlar standart ve ağır iş sınıfı olarak iki alt başlıkta incelenmiştir.

Standart iş sınıfı, 100 kg ile 1500 kg arasında olmaktadır. Bu araçlar, genellikle tamamen elektrikli araçlar olmak üzere bazıları manipülatör kontrolü için hidrolik alt sistemlere sahiptir. Gözlem sınıfı araçlardan çok daha büyük derinliklerde (3.000 m'ye kadar) çalışabilirler ve temizleme, delme ve sıcak bıçaklama gibi işler için kullanılmaktadırlar [6]. Ağır hizmet tipi iş sınıfı bu araçlar ise genellikle 5.000 kg'a kadar olan daha sağlam makinelerdir. Enkazın çıkarılması, kaldırma çubuklarının bağlanması veya ayrılması ve valflerin çalıştırılması dâhil olmak üzere fiziksel müdahale için uygundur. Manipülatörler tarafından tutulan kameralar, erişimin kısıtlı olduğu alanlarda veya zor açılarda fotoğraf elde etmek için kullanılabilir [8].

1.5. İnsansız Su Altı Araçlarının Kullanım Alanları

İnsansız su altı araçları ilk başlarda 1970’li yıllarda insansız su altı araçları konusunda kaydedilen teknolojik gelişmeler, genellikle bu tür araçları açık denizlerdeki petrol araştırmalarında kullanmayı amaçlayan petrol şirketlerinden gelmiştir. Açık deniz petrol araştırmaları, günümüzde uzaktan kumandalı su altı araçlarının kullanımının yaklaşık %60’ını oluşturmaktadır. Deniz tabanındaki kablo ve boru hatlarındaki olası hasarlara karşı muayene, bakım ve tamir işlemleri de ticari uygulamaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Günümüz teknolojisi uzun boru hatlarının insansız su altı araçları ile kesintisiz olarak muayenesini yapabilmektedir.

Askeri alanda ise; manipülatör sistemleri, sualtı keşif ve gözetleme, liman ve kritik alan güvenliği, mayın tanı, teşhis ve imha, anti denizaltı harbi, filo eskortu, denizaltı kurtarma, batık çalışmaları gibi alanlarda kullanılmaktadırlar. Dolayısıyla askeri amaçlı insansız su altı aracı geliştirme faaliyetlerinin temel amaçları, özellikle mayınları ve su altındaki başka küçük cisimleri tespit, takip ve imhaya yönelik yetenekler kazanılması olmuştur. Gerçekten de insansız su altı araçlarının günümüzde askeri amaçlı en önemli kullanım alanları mayın imha ve temizleme faaliyetleridir.

Bu araçlar, akademik ve bilimsel çalışmalar içinde sonra yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. İnsansız su altı araçlarının akademik ve bilimsel amaçlı kullanımında, oşinografik ve sismik ölçümlerin yanı sıra deniz tabanındaki batıkların veya leşlerin ve arkeolojik kalıntıların incelenmesi önde gelir. Benzer şekilde, çok derin bölgelerde deniz tabanındaki fayların incelenmesini gerektiren sismik ölçümler de yüksek kabiliyetli uzaktan kumandalı su altı araçları veya otonom su altı araçlarının tasarlanmasını ve üretimini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla birçok ülkedeki araştırma kuruluşlarının, 6000 metreye kadar sorunsuz dalabilen uzaktan kumandalı su altı araçları veya otonom su altı araçları vardır.

Akademik amaçlı uzaktan kumandalı su altı araçlarının ve otonom su altı araçlarının dikkat çeken bir diğer özelliği ise ticari ve askeri muadillerine göre çok daha düşük bütçeyle geliştirildikleri için maliyete etkin çözümler sunmalarıdır.

1.6. Literatür Taraması

İnsansız su altı araçları, günümüzde su altı araştırmalarında en yaygın olarak kullanılan teknolojik sistemler olmakla beraber en güncel ve zorlu araştırma alanlarından biridir. Su altı ortamında yapılan çalışmalar diğer ortamlardaki çalışmalara göre daha zorlu olmaktadır. Hem ortamın farklılığı ve değişkenliği, bozucu etkilere daha açık oluşu, haberleşme zorlukları, basınç gibi özelliklerden kaynaklanan problemlere göre bilimsel araştırmalar şekillenmiştir. Su altındaki çalışmalardan sağlıklı şekilde veri alınması için özellikle son yirmi yıldır yapılan akademik araştırmaların büyük bir kısmı, insansız su altı araçları teknolojisi üzerine odaklanmıştır [13].

D. Cowling. (1996); “Full range autopilot design for an unmanned underwater vehicle” adlı bu makale de görev yörünge gereksinimlerini karşılamak için gelişmiş insansız su altı aracının kontrol işlevine yönelik bir araştırmanın sonuçlarını sunmuştur. Çalışmanın genel amacı, çok yapılandırılmış bir su altı aracı için çok değişkenli kontrol tasarım stratejisini, tüm işletim zarfı boyunca ele almak ve kontrolörler arasındaki aktarımı optimize etmektir [14].

Zanoli S. M. ve Conte G. (2003); “Remotely operated vehicle depth control” adlı çalışmalarında, insansız su altı araçları için derinlik kontrolü sorununu ele almışlardır. İnsansız su altı araçları tarafından gerçekleştirilen görevlerin önemi ve karmaşıklığı arttıkça, hareket ve konumlandırma yüksek performansları garanti eden otomatik kontrol şemalarına duyulan ihtiyaç su altı otomasyonunda temel bir konu haline gelişmiştir. Bu amaçla, PID ve bulanık tekniklere dayalı farklı kontrol şemaları önerilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır [15].

Isıyel K. (2007); “Autopilot design and guidance control of ulisar UVV (unmanned underwater vehicle)” çalışmasında insansız su altı araçlarının doğrusal olmayan hareketler göstermesine karşın bozucu etkiler göz önüne alınarak matematiksel model kurmuş ve modelde yer alan doğrusal ve doğrusal olmayan hidrodinamik katsayılar, şerit teoremi ile hesaplanmıştır [16].

Fang M.C. , Hou C.H. ve Luo J.H. (2007); “On the motions of the underwater remotely operated vehicle with the umbilical cable effect” adlı çalışmalarında göbek kablosu etkisi de dâhil olmak üzere, su altında uzaktan çalıştırılan aracın 6 serbestlik dereceli hareketini simüle etmek için hidrodinamik bir model geliştirilmişlerdir. Okyanusta göbek kablosu ile bir insansız su altı aracının hareket davranışı için bir dizi analiz yapılmıştır. Aracın ileri hareket, yükselme, saf salınım hareketi ve dönüş dâhil manevra davranışları da incelenmiş ve tartışılmıştır [17].

Okutan C. (2008); “Bir su altı aracının modellenmesi benzetimi ve denetleyici tasarımı” adlı çalışmasında insansız su altı aracı özellikleri ve çeşitlerinden bahsederek insansız su altı teknolojiler ile ilgili matematiksel modeller elde etmiştir. Temelde su altı aracına etkiyen kuvvetleri (sürtünme, eksükütle, hidrostatik, kontrol, itki) dinamik modellere ekleyerek literatürde bulunan bir su altı aracının parametrelerinin benzetimini yapmıştır [18].

Kuzlu M. , Dinçer H. , ve Öztürk S. (2010); “ Su altı Haberleşmesi Alıcı Ön Yükselteç Tasarımı” adlı çalışmalarında insansız su altı araçlarının, dalgıçların, kontrol sistemlerinin amacına yönelik su altı haberleşmesi için alıcı ön yükselteç tasarlamışlardır. Management tasarım sayesinde su altı ile daha iyi bir iletişim hedeflenmesi için çalışmalar yapmışlardır [19].

Tehrani N.H. , Heidari M. , Zakeri Y. , Ghaisari J. (2010); “Development, depth control and stability analysis of an underwater remotely operated vehicle” adlı çalışmalarında tasarladıkları insansız su altı aracının kararlılık analizini ve derinlik kontrolü problemini açıklamışlardır. İnsansız su altı aracı tarafından gerçekleştirilen görevlerin önemi ve karmaşıklığı arttıkça, yüksek garanti sağlayan otomatik kontrol şemalarına ihtiyaç duyulduğunu, hareket ve konumlandırmadaki performanslar su altı otomasyonunda temel bir konu haline geldiği belirtilmiştir. Bu bağlamda, otomatik derinlik kontrolü için PID tekniğine ve dönüş ve eğim kararlılığı denklemlerine dayanan bir kontrol şemaları önermişlerdir [20].

Gül D. ve Leblebicioğlu K. (2011); “Otonom su altı aracı modellemesi, denetimi ve hareket planlama tasarımı” adlı çalışmalarında bir otonom su altı aracının matematiksel modeli oluşturulmuş ve denetim modeli geliştirilmiştir. Bu araç için hareket planı çıkarılması ve test benzetimleri üzerine tartışılmıştır. Çalışmada, öncelikle aracın 6 serbestlik dereceli dinamik modeli geliştirilmiş, daha sonra bu model doğrusallaştırılarak sürat denetimi ve yön denetimi yapılmış, en sonunda da aracın verilen ortamda istenen bir noktaya engellerden sakınarak gitmesini sağlayacak bir hareket planlama algoritması geliştirilmiştir. Benzetim sonuçları ile geliştirilen algoritmanın istenen görevleri yerine getirdiği görülmüştür [21]

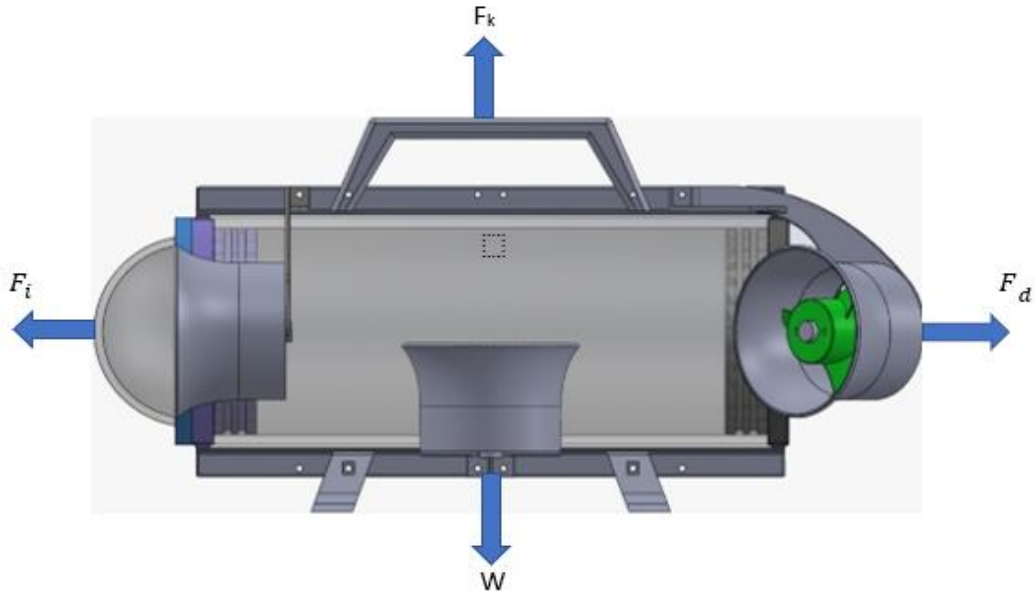
Üney E. (2012); “İnsansız su altı aracının matematiksel modelinin durum ölçümlerine dayalı olarak tanılanması ve hata toleranslı kontrol” çalışmasında, insansız su altı araçları için matematiksel model kurmuş, basit bir tasarım yapmış ve aracın hata toleranslarını incelemiştir [22].

Yakut M. , Yılmaz S. , Dinçer S. , Otçu M. Ve Aygün E. (2015); “ Derinlik ve yön kontrol uygulamaları için su altı aracı tasarımı” adlı bu çalışmada, derinlik ve yön denetimi yapabilen bir su altı aracı deney platformunun tasarımı ve gerçekleştirilmesi aşamaları verilmiştir. Deneyde, uzaktan kumandalı veya otonom olarak çalışan su altı araçlarının belirli bir açıya yönelmeleri, belirli bir derinliğe inmeleri gibi temel dinamik hareketleri yaparken su altı akıntıları gibi bozucu etkiye karşı tepkileri incelenmiştir [23].

Thai Nguyen D. , Horák V. , Thu Tran H. , The Nguyen L. ve Quang Hoang C. (2020); “A motion model of a complex-shaped remotely operated underwater Vehicle” adlı çalışmalarında, uzaktan çalıştırılan bir su altı aracını hareket denklemleri, hidrodinamik parametreleri ve araca etki eden kuvvetlerle tanımlamışlardır. Su altı aracına etki eden hidrodinamik sönümleme katsayılarının ve dış kuvvetlerin matrisleri de bu çalışmada ele alınmıştır. Runge-Kutta yöntemi ile elde edilen hesaplama sonuçları ile yapılan deney sonucu karşılaştırılmıştır. Sunulan modelin, uzaktan çalıştırılan su altı araçlarının tasarımı ve araştırılması için faydalı olabileceği görülmüştür [24].

1.7. Mühendislik Hesaplamaları

İnsansız su altı aracının tasarımını oluştururken en önemli parametrelerden birisi seyir boyunca Şekil 8’de gösterilen su altı aracının üzerine etkiyen kuvvetlerdir. Su altı aracının tasarımının oluşturulması kapsamında; aracın hareket denklemleri hesaplanacak ve sisteminin dinamiğini tanımlayan tüm parametrelerin hesaplanmasına yönelik olarak kullanılan hareket denklemleri açıklanacaktır. Bu denklemler; ağırlık, hidrodinamik kaldırma, itki ve sürüklenme (drag) kuvvetlerinden oluşmaktadır. Hareket denklemlerinin hesaplanması yapılırken aracın her zaman tamamen suya batmış olduğu varsayılacaktır. Hesaplamalara başlamadan önce denklemlerde yer alan bazı değerleri belli bir tahminle belirlenmesi ve daha sonra elde edilen verilerle düzeltmeler yapılarak sonuca ulaşılması gerekmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi sürüklenme ve itki kuvvet denklemlerinde yer alan C_d ve C_t katsayıları daha önce üretilmiş mikro insansız su altı araçları üzerine yazılan makalelerden yola çıkarak alınmıştır [12].



Şekil 8. Araca etkiyen kuvvetler

F_k : Kaldırma Kuvveti

F_i : İtki Kuvveti

F_d : Sürüklenme (drag) Kuvveti

W : Ağırlık

Tablo 1. Hesaplama Değerleri

Parametre	Değer
Kütle (m)	5 kg
Projeksiyon Alanı (A)	0,025 m ²
Hacim (V)	1,22 * 10 ⁻³ m ³
Hız (v)	1 m/s
Açısal Hız (W)	544,54 rad/s
Sürüklenme Katsayısı (C _d)	1
Pervane İtme Sabiti (C _T)	0.16
Pervane Yarıçapı (r)	30,5*10 ⁻³ m
Yoğunluk (ρ _s)	997kg/m ³
Yer Çekimi İvmesi (g)	9,81 m/s ²

Hesaplamalarda kullanılan değerler Tablo 1’de belirtilmiştir.

Kaldırma Kuvveti

Kaldırma kuvveti, kendi yoğunluğundan da az yoğunluğa sahip olan cisimleri, yüzeyine doğru itmektir. Yoğunluk farklılıklarından ortaya çıkan itme kuvveti etkisiyle cisim yüzmeye başlayacaktır.

$$F_k = \rho_s * V * g \quad (1)$$

$$= 997 * 1,22 * 10^{-3} * 9,81$$

$$\cong 11,93 N$$

Ağırlık

$$\begin{aligned} W &= m * g \\ &= 5 * 9,81 = 49 N \end{aligned} \tag{2}$$

Hesaplamaların sonucunda aracın tamamen batmış olduğu varsayımının doğrulandığı görülecektir. Aracın su içerisinde sabit kalabilmesi için motorların çalışır vaziyette olması gerekmektedir. Bundan dolayı tüm bu parçalar ve bu parçaların montajı tasarlanırken aracın su içinde dengede kalması için simetrik yapılar kullanılacaktır. Bu simetri araca etki eden kaldırma ve yer çekimi kuvvetlerini dengelemek ve uygulanan kuvvetleri ağırlık merkezinde toplamak için oldukça önem arz etmektedir. Aracın kütle-hacim oranı suda askıda kalması için ayrıca dikkat etmesi gereken husus olduğundan dolayı tasarımda hafif materyaller kullanılacaktır.

Sürüklenme (Drag) Kuvveti

Sürüklenme kuvveti, insansız su altı aracının hareket doğrultusunda harekete zıt yöndeki kuvvettir. Hızın karesi ile doğru orantılıdır. Su altı aracının hızı arttıkça araca etki eden sürüklenme kuvveti de artmaktadır.

$$\begin{aligned} F_d &= C_d * \rho * \frac{v^2}{2} * A \\ &= 1 * 997 * (1^2/2) * 0,02 \\ &= 12,46 N \end{aligned} \tag{3}$$

İtme Kuvveti

İtme Kuvveti, bir insansız su altı aracının hareket edebilmesi için gereken itme kuvveti, karşı kuvvet olan su direncini aşabilmek amacıyla su altı aracının motorları pervaneleri harekete geçirmesi ile sağlanır.

$$F_i = \frac{C_T * \rho * r^4 * w^2}{\pi^2} \quad (4)$$

$$F_i = \frac{0,16 * 997 * (30,5 * 10^{-3})^4 * (544,54)^2}{\pi^2} = 4,15N$$

İnsansız su altı aracının hareketi esnasında oluşan maksimum sürüklenme kuvveti 12,46N'dur. Bu kuvveti yenip hareket edebilmesi için pervanelerde oluşan itki kuvvetinin hesaplanması gerekir. Yapılan hesaplarla tek bir pervane de oluşan itki kuvveti değeri 4,15N olarak elde edilmiştir. 4 adet motor kullanılacağından ve 2'si hareket doğrultusu ile 45 derecelik açı yapacağından dolayı oluşan toplam itki kuvveti 14,17N'dur.

Gerekli Güç

$$P = F_d * v \quad (5)$$

$$P = 12,46 * 1 = 12,46 \text{ Watt}$$

1.8. Çalışma ile İlgili Kısıtlar ve Koşullar

- Deniz altındaki tuz ve basınç etkilerinden dolayı malzemelerin korozyona uğraması,
- Denizin içindeki akıntı hareketlerinin zorlayıcı bir ortam oluşturması,
- Deniz suyunun elektromanyetik spektrum dâhilinde çok sınırlı bantlarda ve belirli ölçüde geçirgen davranıyor olması [3],
- Kullanılan bataryaların kısa ömürlü olması,
- Uygun maliyette olması için tüp haznenin pleksiglas ve gövdenin alüminyum malzemelerden seçilmesi,
- Suyun bulanıklığından ötürü net görüntü alınamaması, gibi kısıtlar söz konusudur.

1.9. MALİYET HESABI

Tablo 4. Maliyet tablosu

Malzeme Adı	Kullanım Amacı	Birim Fiyatı (₺)	Adet	Fiyat (₺)
Tüp Hazne	Elektronik devre kutusu	300	1	300
Lipo pil	Enerji kaynağı	250	2	500
Alüminyum Kollar	Motor bağlantı elemanları	100	6	600
Akrilik Kapak	Görüntü için şeffaf ortam oluşturma	100	1	100
Konektör	Kablo bağlantısı	15	4	60
LED	Aydınlatma	125	2	250
CAT6 Kablo	Bilgi iletimi	1	100m	100
BRF2838 350KV Waterproof Brushless Motor	İtke gücü oluşturma	250	6	1500
Motor Sürücü	Hareket kontrolü	50	3	150
Raspberry Pi 3 Kamera Modülü	Görüntü alma	100	1	100
Raspberry Pi 3	Haberleşme	300	1	300
Pervane	İtke gücü oluşturma	25	6	150
Kaynak İşçiliği	İmal edilen parçaların kaynağı	30	8	240
Malzeme		30	8	240
			Toplam	4350 ₺

1.10. Çevresel Etki Değerlendirmesi

Günümüzde araçlar ekseriyetle benzin, mazot ve LPG gibi fosil yakıtlar ile çalıştırılır. Bu araçlardan çıkan atık gazlar ise atmosferde sera etkisi oluşturur. Sera etkisi son yıllardaki buzulların erimesi ve ortalama hava sıcaklığının yükselmesi göz önüne alındığında canlıların sağlığını son derece olumsuz etkiler. Üretilen insansız su altı aracı elektrikle çalıştığı için karbon ayak izi oldukça düşüktür.

Baraj, köprü, kanalizasyon gibi birçok altyapının uzun süreyle sağlam kalabilmesi için bakım yapılması şarttır. Bu tarz denetimler dalgıçlar için hem zor hem de tehlikeli olabilir. İnsansız su altı aracı dalgıçların zarar görmemesi için tehlikeli görevleri uzaktan başarıyla gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca arama-kurtarma çalışmalarını debinin yüksek olduğu nehirlerde bile insan sağlığını tehlikeye atmadan gerçekleştirebilmektedir.

1.11. Haftalık Çalışma Programı

Tablo 2. Haftalık çalışma çizelgesi

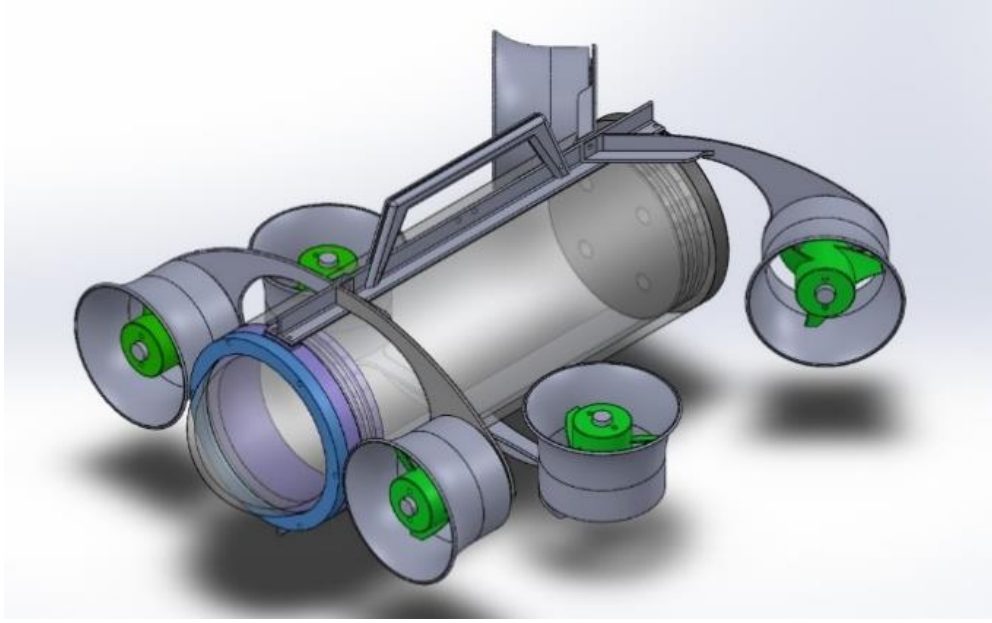
Yapılan Çalışma	AY								
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Ön Çalışmalar	■	■							
Literatür Araştırması	■	■	■						
Mühendislik Hesaplamaları			■	■					
Proje Çizimleri	■	■	■	■	■				
Maliyet Analizi			■	■	■				
Proje Yazımı		■	■	■	■	■	■	■	■
Üretim						■	■	■	■

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Tasarım Çalışması

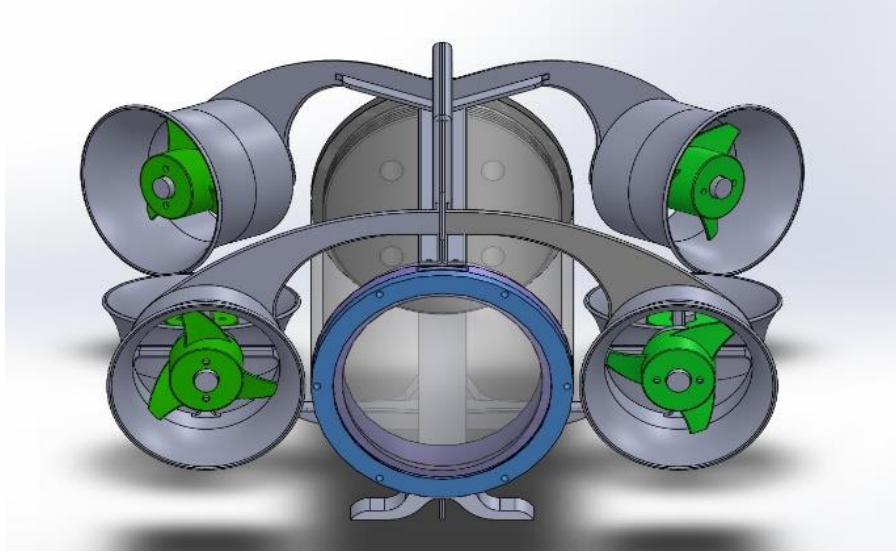
2.1.1. Gövde

İnsansız su altı aracı çeşitli görevleri yapmak için tasarlanmış ve çeşitli parçalarla donatılmıştır. Bu ekipmanların içinde bulunduğu tüp hazne ile iticileri bir arada tutan yapı gövde diye adlandırılmıştır. Gövde yüksek manevra kabiliyetine ve hafif yapıya sahip olması ile kullanımı kolaylaşacaktır. Bu doğrultuda yapmış olduğumuz tasarımı Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Gövde genel görünüm

Gövde tasarımında basit düşünülmüş ve gerekli uzuvlar dışındaki fazlalıklar kaldırılmıştır. Fazla uzuv içermemesi hareket kabiliyetini arttırmış ve kullanım kolaylığı sağlamıştır. Gövde imalatı için alüminyum malzeme kullanılması uygun görülmüştür. Alüminyum malzeme ihtiyaç duyulan mukavemeti karşılamakla beraber hafif ve maliyeti düşük bir üründür. Gövde ile tüp hazne birbirine alüminyum malzeme ile birleştirilip rijit kalması planlanmıştır. Bu alüminyum parça kaplama malzemesiyle kaplanıp su ile oksitlenmesi engellenmiştir. İnsansız su altı aracının önden görünüşü Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Gövde ön görünüm

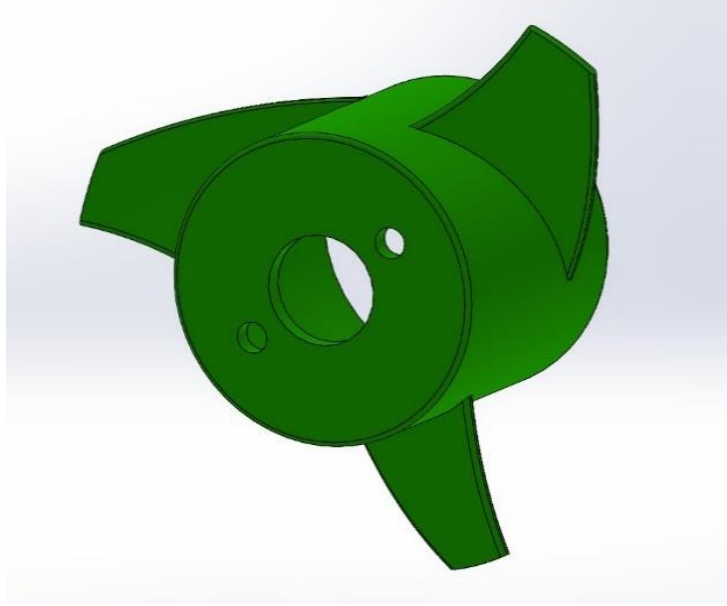
2.1.2. Pervane

Pervane ilk olarak Francis Pettit Smith adlı İngiliz bir mucit tarafından kullanılmıştır. Bu buluş, modern denizciliğin anahtarı olarak nitelendirilebilecek bir buluştur [25].

Pervaneler döner bir milin üzerine konumlandırılmış, uygun bir aerodinamik veya hidrodinamik biçim verilmiş bıçaklardan oluşan, itme veya çekme gücü sağlayan parçalar olarak tanımlanabilir [26].

Pervane Geometrisi: Pervane çapının %14'ünün altına düşmeyen göbek etrafına kanatların yerleştirilmesiyle pervane görünümü elde edilir. Kanat sayısı 2 ila 7 arasında değişebilmektedir [27].

- Pervane göbeği: Pervane göbeği, pervanenin merkez kısmıdır. Pervanenin mil veya şafta montajını sağlamak amacıyla yapılan bir disklerdir. Bu diske pervane kanatları yerleştirilir.
- Pervane yüzü: Pervane yüzü, pervane kanadının yüksek basınç uygulanan tarafıdır. Bu sebepten çabuk aşınabilir.

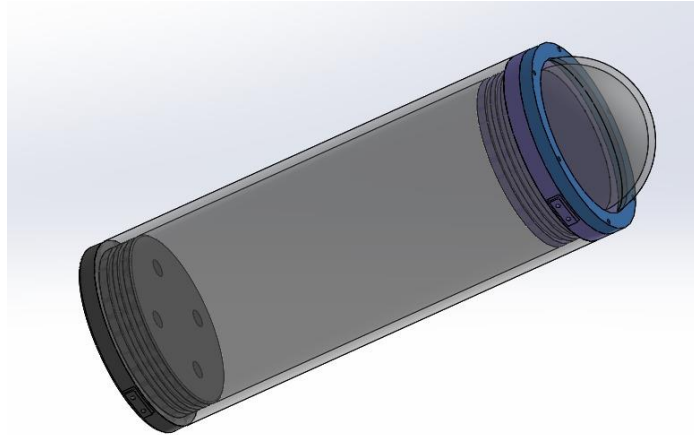


Şekil 11. Pervane

Projede kullanacağımız Şekil 11’de 3 boyutlu modeli görülen pervane ise ABS (Akrilonitril bütadien stiren) malzemeden imal edilecektir. Kanat çapı 61 mm olmakla beraber göbek çapı 30 mm olacaktır. 3 kanatlı bir pervane seçilmiştir.

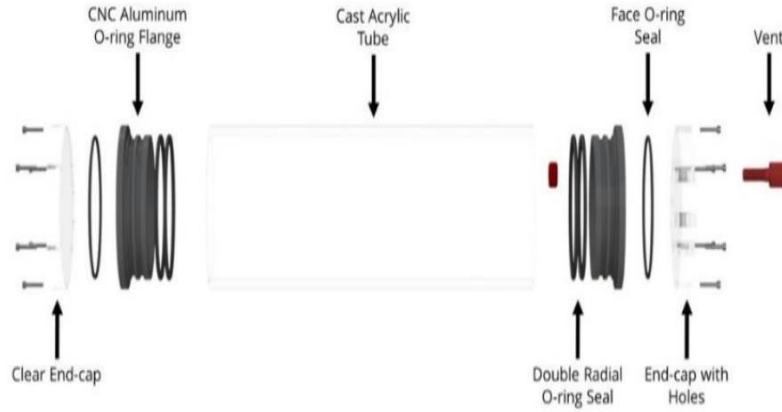
2.1.3. Tüp Hazne

İnsansız su altı aracının çalışmasını sağlayan elektrik devrelerinin ve su altında gözlem yapmak amacıyla kullanacağımız kameranın su ile teması sonuncu bozulmaması için tüp hazne tasarımı yapılmıştır. Şekil 12’de verilen tasarım Solidworks çizim programında tamamen su geçirmeyen basınçlı kap olarak tasarlanıp çizilmiştir.



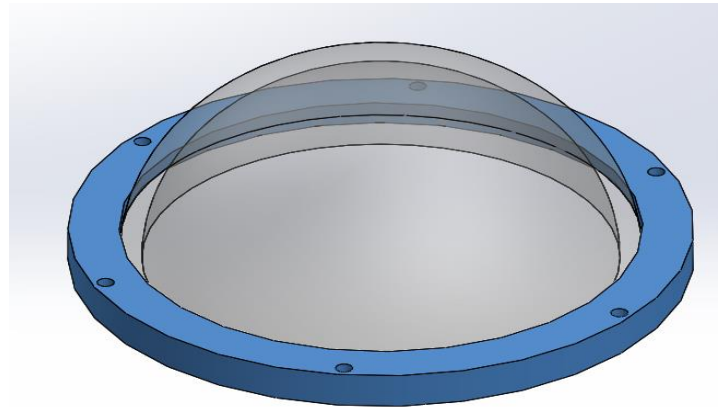
Şekil 12. Tüp hazne

Elektronik parçalarının tamamı bir tüp içine yerleştirilmiş ve bu parçalara müdahalenin kolay olması için tüpün her iki tarafında contalı kapaklar kullanarak su sızdırmazlığı sağlanmıştır. Ön tasarımda, elektronik parçalarının içine koyulacak hazne, aracın su altında dengede kalmasını hedefleyerek gövdenin orta kısmına monte edilmiştir. Tüp hazneyi oluşturan parçaların detayları Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Tüp hazne içeriği

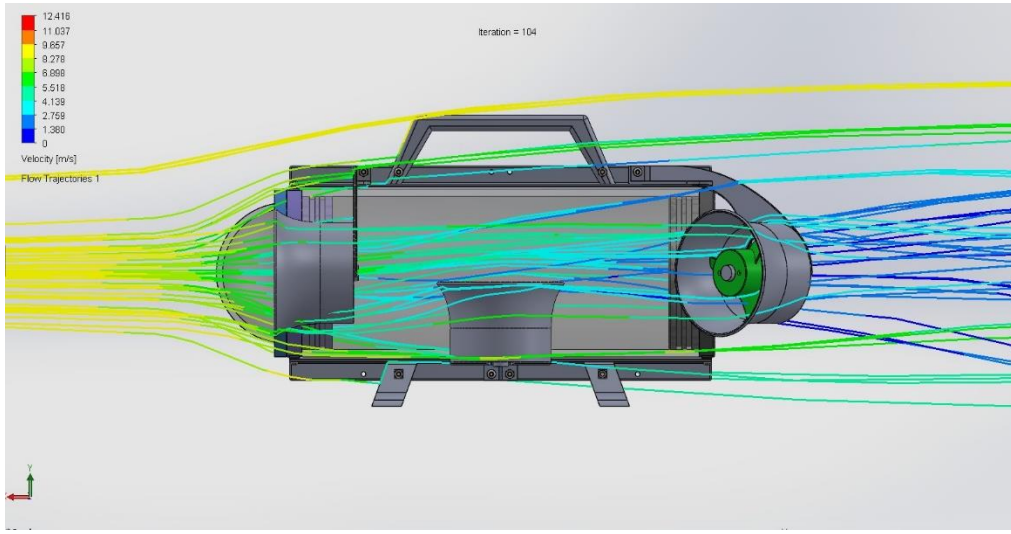
İnsansız su altı aracı tasarlarken en önemli noktalardan birisi kameradan su altında geniş açıda ve net görüntü alınmasıdır. Buna uygun olarak, kameranın iyi bir şekilde konumlanması ve muhafaza edilmesi için tüp haznenin bir ucuna bağlantısı gerçekleştirilecek şekilde kapak tasarlanmıştır. Şekil 14'te görüleceği gibi kubbe şeklinde yapılmış ve malzeme olarak akrilik seçilmiştir. Akrilik kullanmamızın en önemli sebebi ışığın suda kırılmasından dolayı nesnelerin olduğu yerden farklı bir yerde ve farklı boyutlarda gözükmeleridir. Bu nedenle akrilik kapak bu kırılmayı önlerken kameranın, su altındaki nesnelere bize gerçek yerinde ve gerçek boyutlarda göstermesini sağlamaktadır.



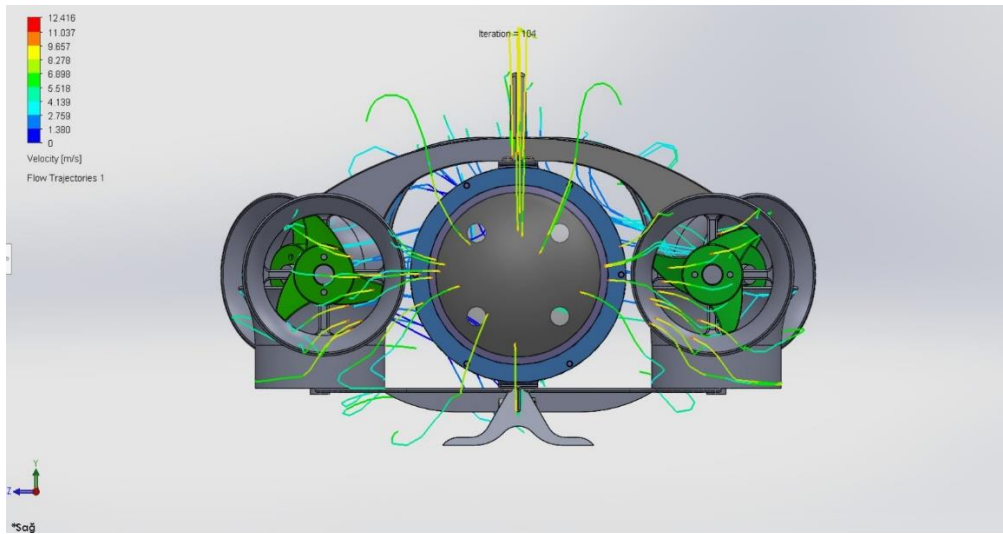
Şekil 14. Kubbe kapak

2.2. Tasarım Analizi

İnsansız sualtı aracımızın montaj halinin akış analizi, Solidworks uygulamasının Flow Simulation eklentisi kullanılarak Şekil 15 ve Şekil 16’da detaylı gösterilmiştir. Şekiller üzerinden görüldüğü gibi aracımız sualtındaki hidrodinamik kuvvetlere karşı kolayca hareket etme kabiliyetine sahiptir.



Şekil 15. Aracın yan görünüşteki akış çizgileri



Şekil 16. Aracın ön görünüşteki akış çizgileri

2.3. Üretim

İnsansız sualtı aracının tasarımı yapılırken üç ana madde göz önüne alarak tasarım aşaması gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki prototip bir insansız sualtı aracının imalatı gerçekleştirileceği için tasarlanan her bir parçanın üretilebilir olması en önemli öncelik olarak tasarımıımızda yerini almıştır. Tasarım yaparken önemli etkenlerden diğeri üretim yönteminin kolay olmasıdır. Her parçanın nasıl üretilebileceği incelenmiş en uygun yöntem seçilmiştir. Üretim yöntemiyle beraber parçanın üretim maliyeti de önemli bir etkindir. Bu 3 ana madde ile tasarladığımız parçalarımızın üretim yöntemleri alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.3.1. Tüp Hazne Üretimi

İnsansız sualtı aracının ana gövdesini oluşturan tüp hazne tasarımı tüm elektronik parçaların, kameranın, kabloların içine sığabilecek çapta ve uzunlukta yapılmıştır. Tüp haznenin malzeme seçiminde Pleksiglas tercih edilmiştir. Pleksiglas malzeme kolay işlenebilen, kesilebilen, delinebilen, hafif bir yapısı olan bir termoplastiktir.

Pleksiglas malzemenin genel özellikleri,

- (Döküm) Pleksiglas iklim şartlarına karşı mukavemetlidir.
- (Döküm) Pleksiglas ısıya dayanıklıdır.
- (Döküm) Pleksiglas'a istenen biçim kolaylıkla verilir.
- Düşük özgül ağırlığa sahiptir.
- Torna ve frezede işlenebilir.
- Basınçla ve vakumla form verilebilir.
- Hava koşullarına karşı mükemmel dayanım gösterir.

Şeklinde maddeler halinde sıralanabilir. Pleksiglas malzemeyi yukarıda verilen özelliklerinden hafif olması, darbe dayanımı yüksek, ısıya dayanıklı olması, üretimin kolay olması ve işlenebilirliğinden dolayı tüp haznenin üretiminde kullanılmıştır.

Tüp hazne tasarımının üretim aşamasının kolay olması için hazır pleksiglas boru ölçümleri dikkate alınarak dış çap 110 mm ve iç çap 100 mm olacak şekilde çizilmiştir.

Hazır olarak alınan pleksiglas boru 260 mm uzunluğunda kesilerek üretim aşaması tamamlanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Tüp hazne

2.3.2. Akrilik Kapak Üretimi

Tüp haznenin önünde ve arkasında olmak üzere toplam iki adet kapak bulunmaktadır. Kapakların görevi, istenildiği zaman tüp haznenin içerisine kolayca ulaşabilmesini, kablolar yardımıyla motor ile elektronik devrelerin bağlantılarının sağlanmasını ve su içerisindeyken sızdırmazlığı sağlamasıdır.



Şekil 18. Ön Kapak

Şekil 18’ de bulunan ön kapağın orta kısmı şeffaf pleksiglas malzemeden üretilmiştir. Hazne içerişine yerleştirilen kameranın işlevsel olmasından dolayı bu şekilde üretimi gerçekleştirilmiştir. Ön ve arka kapak üretiminde alüminyum malzeme kullanılmış olup tasarımının üretilmesi için geometrisi sadece tornada işlemeye elverişli olmadığından freze tezgahına da ihtiyaç duyulmuştur. İmalatı kolaylaştırmak ve maliyeti düşürmek için kapak imalatında CNC tezgahlar kullanılmıştır. Üretim aşamasından sonra deniz suyu ile temasında korozyona uğramaması için eloksal kaplama yapılmıştır.

İnsansız sualtı aracının arka kısmında yer alan kapağın ortasında ise devre kartı vardır. Bu devre kartı motor- tüp hazne ve tüp hazne- kumanda arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Kapaklar tüp hazneye sıkı geçme olacak şekilde montajlanmış ve aralarında o-ring sızdırmazlık elemanı kullanılmıştır.

2.3.3. Kol Üretimi

Aracın hareketini sağlayan motorlar, kollar yardımı ile tüp hazneye bağlanmıştır. Toplam 6 adet kol bulunmaktadır. İki tanesi yukarı aşağı hareketi yapan motorları tüp hazneye bağlantısını sağlarken, kalan 4’ü de ileri geri ve sağa sola dönme hareketini yapan motorların bağlantısını sağlamaktadır. Tasarımını yapmış olduğumuz kolların her biri 0.2 Kg ağırlığındadır



Şekil 19. Kol

Paslanmaz çelik malzemeden imalatını gerçekleştirmiş olduğumuz kollar lazer CNC tezgahında kesilip, gazaltı kaynağı ile kaynatılmıştır. CNC’de kestirme sebebimiz geometrisinin manuel tezgahlarda üretiminin zor olmasıdır. Gazaltı kaynağı ile kaynatmamızın sebebi ise imalat da maliyeti azaltmaktır. Ayrıca kolların geometrisi talaşlı imalat yöntemi ile üretiminin maliyeti arttırmamasından dolayı kaynaklı imalat tercih edilmiştir.

Motorlar ile bağlantısını sağlayan kısımda motor üzerindeki M3 deliklere uygun 3mm çapında delikleri olan 3 kol ile; tüp hazneye bağlanan kısımda ise iki adet 3mm çapında delik ile civatalı birleştirme olacak şekilde t bağlantılara montajlanmaktadır. Su içerisinde paslanma durumu söz konusu olacağından paslanmaz çelik tercih edilmiştir. Şekil 19’da kolların görüntüsü verilmektedir.

2.3.4. Pervane ve Nozzle Üretimi

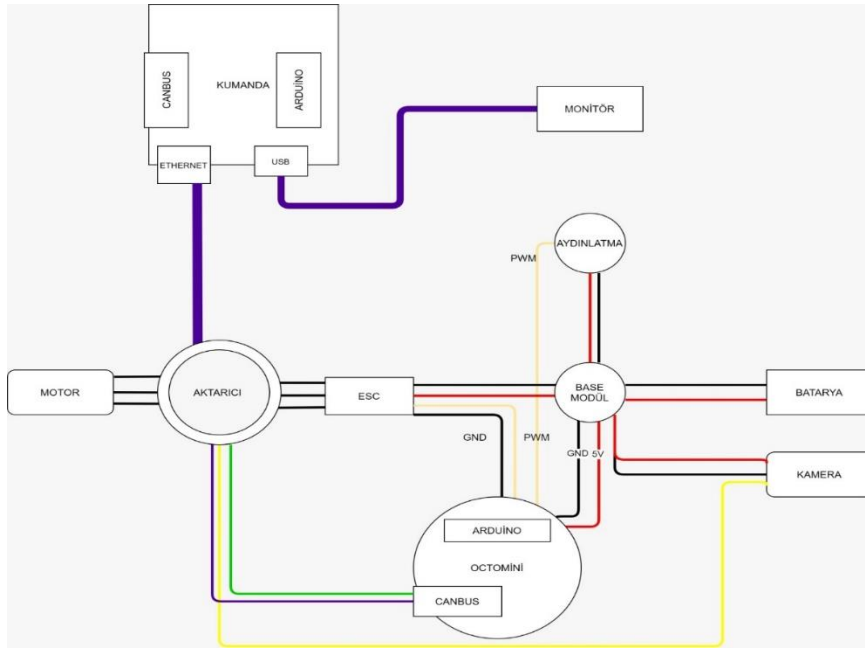


Şekil 20. Pervane ve Nozzle

Şekil 20’de görüldüğü üzere, 3d yazıcılardan yararlanılarak üretimini gerçekleştirmiş olduğumuz nozzle ve pervanelerin hammaddesi PLA (Polylactic Acid) filamenttir. PLA mısır nişastası ve şeker kamışından üretilen organik bir biyopolimer ve termoplastiktir. PLA sert bir yapıya sahiptir. Dayanıklı ve darbelere karşı dirençli olan PLA filamentler nozzle ve pervane imalatında kullanılması için uygundur. 3d yazıcılar ile üretimini gerçekleştirme sebebimiz ise 3d yazıcıların karmaşık yapıları dahi üretebilir olmaları ve maliyet bakımından tasarruflu olmalarıdır. Kullanmış olduğumuz malzeme 10 MPa darbe dayanımına sahiptir.

2.4. Ek Donanımlar

2.4.1. Su Altı Aracının Algoritması



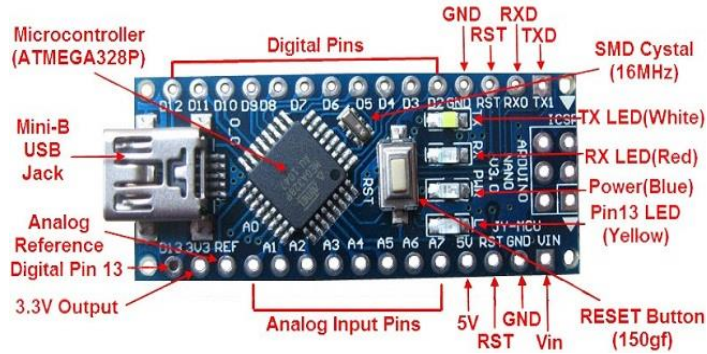
Şekil 21. Elektronik şema

Su altı aracın elektronik şeması yukarıda verilmiştir (Şekil 21). Eklentiler arasında haberleşmenin sağlanması için CAN, UART ve I²C haberleşme protokolleri kullanılmıştır.

2.4.2. Arduino NANO

Arduino Nano; ATmega168 temelli bir mikro denetleyici kartıdır. Üzerinde 14 adet dijital giriş / çıkış pini (6 adet PWM çıkışı), 8 adet analog giriş, 16 MHz kristal, USB soketi, ICSP konektörü ve reset butonu bulunmaktadır.

Devrede beyin görevinde kullanılacak NANO, tüm elektronik sistemi kontrol için kullanılmıştır. İçine yüklenen yazılımı derleyecek ve eklentileri yönetecektir.



Şekil 22. Arduino NANO

2.4.3. MCP2515 CAN Bus Entegresi

CAN (Controlled Area Network), bir mikro denetleyicin ve çevre birimlerinin bir ana cihaza veya bir bilgisayara ihtiyaç duymadan iletişim kurmasını sağlayan bir veri yolu standardıdır. Bu kart, diğer Arduino kartlarını CAN hattına dahil edilmesini sağlayan bir karttır. Ayrıca birden çok Arduino kartının CAN hattı üzerinden de rahatlıkla haberleşmesine imkân sağlamaktadır.



Şekil 23. MCP2515

2.4.4. Lityum Polimer (Li-Po) PİL

Şekil 24’de bir örneği görülen Lipo piller (Lityum Polimer), sıvı elektrolit yerine polimer elektroliti kullanan ve tekrar kullanım için şarj edilebilen, bir lityum iyon pildir. Lipo piller, artık pek çok elektronik cihazda kullanılan bir pil türüdür.

Lipo piller hücrelerden oluşur. Her bir hücrenin nominal voltajı 3,7 voltur. Seri bağlı hücreler S harfi ile gösterilir. Bu durumda S harfinden önceki rakam hücre sayısını gösterir. Yani 2S denildiğinde $3,7 \times 2 = 7,4$ Volt anlaşılır. Keza 3S için ise $3,7 \times 3 = 11,1$ Volt anlaşılır. Buna ilave olarak Lipo piller için 3S2P şeklinde de tanımlamalar yapılmıştır. 3S2P’nin anlamı 3 adet seri bağlı pilden 2 tanesi paralel bağlanmıştır. Bu durumda voltaj değişmez ancak pilin mili amper değeri ikiye katlanır. Pilin bir hücresinin boş haldeki voltajı 3V, tam şarjlı halde voltajı 4,2V olmalıdır. Kullandığınız pilin herhangi bir hücresinin 3V altına düşmesi durumunda pilin ömrünü tamamlama riski vardır. Aşırı şarjın yani 4,20V’dan fazla şarj etmenin de güvenlik açısından riskleri vardır [28].



Şekil 24. Lipo pil

Avantajlar

- Lityum İyon bataryalara nazaran daha hafiftirler, bu sayede elektrikli hava araçlarında en çok tercih edilen batarya türüdür.
- NiCd (Nikel-Kadmiyum) ve NiMH (Nikel-Metal Hidrit) bataryalara göre daha fazla akım üretebilirler ve kullanım süreleri daha uzundur.
- İstenen şekli alabilen bir yapıya sahiptir, yani istediğimiz şekilde ve boyutta üretilebilirler.
- Boyut olarak daha küçük bir boyutta ve daha fazla enerji depolayabilirler.
- Daha hızlı şarj ve deşarj imkânı verebilirler.

Dezavantajlar

- Patlama riski vardır. Şarj ederken veya kullanırken dikkatli olunmalıdır.
- Kullanımına dikkat edilmemesi halinde şişme ve aşırı ısınma riskleri vardır.
- Şarj/Deşarj oranı yani pil ömrü daha kısadır.
- Yeni ve gelişmiş bir teknolojiyle üretildikleri için fiyatları diğer bataryalara göre daha pahalıdır.
- Kendine özel şarj cihazları ile şarj olurlar. Başka şarj cihazları ile şarj edilmesi kalıcı tahribata yol açabilir.

2.4.5. Motor

Aracımızda 6 adet kullanılmak üzere A2212 model 930KV Waterproof Brushless DC Motor seçilmiştir [Şekil 25].



Şekil 25. Su geçirmez fırçasız motor

Tablo 3. Motor teknik özellikleri

Ağırlık	80g
Akım Değeri	0.6A
Çap	28 mm
Max. Güç	320W
Şaft çapı	3.17mm
Max. Voltaj Değeri	14.8V
Uzunluk	40 mm

2.4.6. Elektronik Hız Kontrolcü

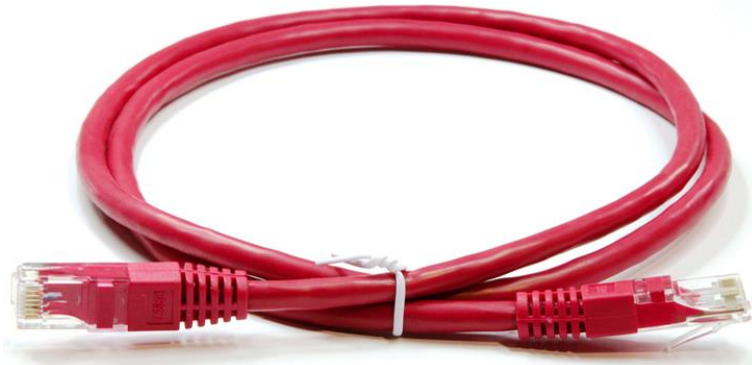
ESC, (Electronic Speed Control) kelimesinin kısaltmasıdır. ESC'ler bataryadan aldıkları elektrik enerjisini, alıcıdan aldığı sinyal ile sürerek motorlara ileten ve motor devrini kontrol eden hız kontrolcüleridir. Yani ESC motora hangi hızla dönmesi gerektiğini söyleyen devredir. Farklı alanlarda özel bir kumanda alıcısına bağlı olarak çalışma prensibine sahiptir. Kumanda üzerinden gelen gaz ve fren tepkilerini değerlendirmek suretiyle, aracın hareket etmesine ya da durmasına imkân tanımaktadır. Şekil 26'daki ESC'lerden aynı yönlü her 2 motor için birer tane toplamda 3 adet kullanılacaktır.



Şekil 26. ESC

2.4.7. Haberleşme Kablosu

Ethernet tabanlı bilgisayar ağlarında tercih edilen gigabit hızında veri taşıma yeteneğine sahip UTP kablo standardıdır. Araçta CAT6 kablo kullanılacak olmasının sebebi; su yüzeyinde direkt olarak batmaması, 1000Mbps veri transferi yapabilmesi, 100 metre uzunluğa kadar 1 Gbps performansı ve Arduino üzerinde bulunan Ethernet portu ile uyumlu olarak çalıştırılabilmesi, CAT6 kablonun seçiminde rol oynamıştır [Şekil 27].



Şekil 27. CAT6 kablo

2.4.8. UART TTL Arduino Kamera Modülü

0,3MP çözünürlüğe sahip bu kamera 480p video ve fotoğraf çekebilmektedir. Kameranın üzerinde bulunduğu kartın boyutları 32x32mm olup, kamera dâhil derinliği 28mm'dir ve ağırlığı yalnızca 18gr'dır. Hafif ve ufak olması kuracak olduğunuz mini bilgisayar sisteminde oldukça işimize yarayacaktır [Şekil 28].

0,3MP çözünürlüklü kamera üzerinde sabit odaklı bir lens bulunmaktadır. JPEG formatında 640*480 piksel statik resim çözünürlüğü sunan kamera, video çekimlerinde ise 640*480p30 çözünürlüğünü desteklemektedir. Ayrıca objektif görüş açısı 90°'dir. Oldukça ekonomik güç harcaması olan kameranın maksimum çalışma akımı 75mAh'tir. Kamera modülü ses kaydı yapmamaktadır [29].



Şekil 28. Kamera

2.4.9. Aydınlatma

Suyun her tabakasında ışık kırılmaya uğrar. Belli bir derinlikten sonra görüntü kaydında problem yaşamamak için aydınlatma sistemleri elzem hale gelir.

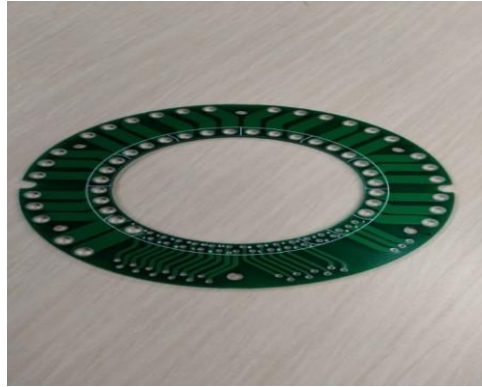
Aracımıza 2 adet LED ile aydınlatma sağlanmıştır. Gövde malzemesi parlak polisajla AISI316 paslanmaz çelikten imal edilmiştir. 12V'luk gerilim, 3,6W'lık güç ile çalışan LED, 108 derecelik açı ile ışığı yayabilir. 343 lümenlik beyaz renkli ışık veren bu LED'ler su geçirmezdir ve yalıtımsız olarak vidalar yardımıyla gövdeye sabitlenmiştir [Şekil 29].



Şekil 29. LED ampul

2.4.10. Konektör

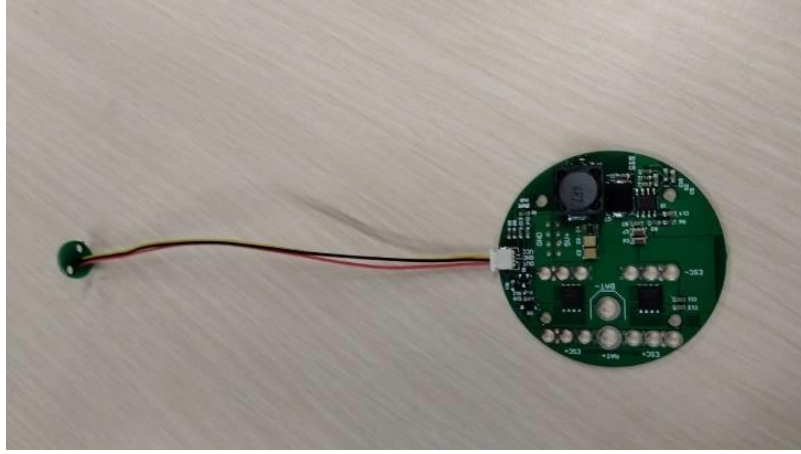
Su altında çalışan makine ve donanımda önemli bir konu da sızdırmazlıktır. Özellikle elektronik parçaların verimli çalışması ve ömürlerinin kısaltılmaması için sıvıdan korunmaları gerekmektedir. Araçta kullanılacak elektronik devreler tüp hazne içerisine yerleştirilmiştir. Tüp hazne içerisinden bilgi alışverişi sağlanabilmesi için çıkış olması gerekmektedir. Hazneden dışarıya Şekil 30’da görülen su geçirmez konektörler yardımıyla kablolar arası bağlantı sağlanmıştır [30].



Şekil 30.Konektör

2.4.11. Acil Durdurma Kartı

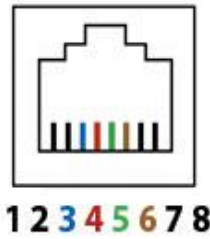
Base Modül üzerindeki anahtarlama elemanları sayesinde elektronik haznenin dışarısından anahtarlama yapılmasını sağlar. Statik manyetik anahtarlama ile güvenli bir şekilde sisteminizin gücünü mıknatısla kesebilir, açma-kapatma işlemleri gerçekleştirilir.



Şekil 31. Acil durdurma kartı

2.5. Aracın Çalışma Prensibi

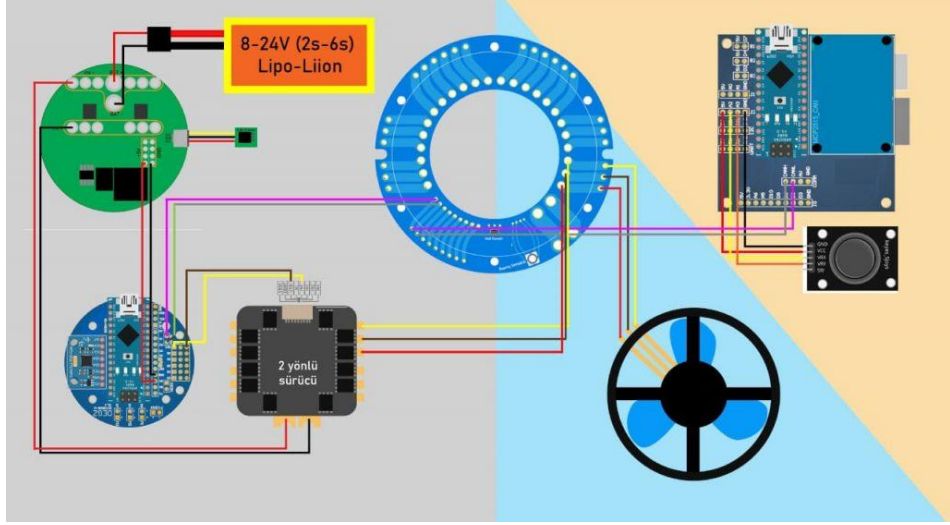
İlk olarak girdi el ile kumanda konsolundan joystick yardımıyla verilir. Kumanda konsolundaki Arduino NANO mikrodenetleyicisi daha önceden yazılan kumanda kodları yardımıyla veriyi derler ve işlemeye başlar. Ardından CANBUS protokolü devreye girer. CANBUS haberleşme kartı (MCP2515) sayesinde ve CAT6 kablo vasıtasıyla motorlara emir iletilir. CAT6 kablunun renk şeması şekil 32'deki gibidir.



1- N/C	2- N/C	3- GND	4- AV
7- N/C	8- N/C	5- CANL	6- CANH

Şekil 32. Kablo renk şeması

Fırçasız DC motorları kullanabilmek için öncelikle ESC'ler ile bağlantıları yapılmalıdır. İnsansız su altı aracımızda kullanılan ESC ler 2 yönlü çalışabilen (CW ve CCW) ve aynı anda 4 motor sürebilen modern birer sürücü kartlarıdır. Kumanda konsolundaki NANO'dan gelen girdi su altı kontrolcüsündeki NANO'da tekrardan değerlendirilip ESC'lere aktarılır. Bu aktarım yine su altı kontrolcüsünde bulunan CANBUS haberleşme kartı ile sağlanır. Ardından motorlar, joystickten başlayan girdiyi dönüş yönü ve hızı ile sona erdirir. Dönüş yönü ve hızı hakkındaki bilgi 'Kodlar' başlığında verilecektir. İnsansız su altı aracının Fritzing çıktısı ise şu şekildedir:



Şekil 33. Fritzing çıktısı

Kodlar:

Kumanda kodları C++ programlama diliyle yazılmış olup açık kaynak kodlardır yani herkesin erişebileceği üzerinde oynamalar ve geliştirmeler yapabileceği kodlardır. Kodlar hareket kontrolü, CANBUS ve NANO devre kartlarının kullanımının sağlanması için şarttır. Bu kodlar sayesinde motor yönü ve saniyedeki devir hızının kontrolü mümkündür. Analogread 0-1023 arasında okuma yapar, burada esc değerleri olan 1000-2000 arasına eşitlenir. Herhangi bir joystick değerini 3000'den çıkarmak, joystick eksenini ters çevirme anlamına gelir.

AnalodRead komutu: analogRead() Komutu belirtilen bir pin üzerindeki değeri okur. Okunan bu değer analog sinyalin okunması içindir. Arduino kartlar üzerinde 10-bit çözünürlüğünde ADC bulunur. Bu ADC sayesinde analog sinyaller 10-bit çözünürlüğünde dijitalle dönüştürülür. Arduino üzerindeki analog pinlerin girişine 0V ile 5V arasında gerilim uygulanabildiğinden ADC dönüşümler bu gerilimler arasındadır. Çözünürlükler 10-bit olduğundan 5 volt / 1024 den birim başına 0.0049 volt yani 4.9mV hassasiyet ile analog sinyal okunabilir.

3. BULGULAR

- Tasarlanan insansız su altı aracı saniyede 1 metre (1,94 knot) hızla hareket edebilmektedir.
- Tasarlanan insansız su altı aracı -40 °C sıcaklığa kadar çalışabilmektedir.
- Tasarlanan insansız su altı aracı 10 Bar (1 MPa) basınca kadar çalışabilmektedir.
- Tasarlanan insansız su altı aracı 220V, 800mA güç kaynağı ile yaklaşık 2 saatte tam şarj olabilmektedir.
- Tasarlanan insansız su altı aracı tam şarj ile yaklaşık 50 dakika hareket edebilmektedir. Yani tam şarj ile 3000 metre yatay olarak mesafe kat edebilmektedir.
- Tasarlanan insansız su altı aracının devre kartları C++ programlama dili ile yazılmıştır.

4. TARTIŞMA

Dünyamızın %70'i sularla kaplıdır ve okyanusların %95'i hala keşfedilmeyi beklemektedir. Okyanuslarda 20 bin çeşit balık yaşamaktadır ve hala keşfedilmeyi bekleyen canlıların olduğu bilinmektedir. Denizlerin araştırılması, örnekler alınıp, yeni canlıların keşfedilmesi bilim ve insanlık adına önem arz etmektedir. Bu sebeple doğru ve yerinde tespit için çeşitli araçlar ile denizler altında çalışmalar yapılması gerekmektedir. Derinliği yer yer 4 km'yi bulan okyanuslarda araştırma için deniz tabanına insanlı araçların gönderilmesi riskli ve maliyetli olmaktadır. Bu gibi engeller araştırmaların yavaşlamasına sebep olmakta ve araştırmaların sonuçlanmasını engellemektedir.

Bu proje kapsamında güvenli ve hızlı bir şekilde araştırmaları sonuçlandırabilmek için taşınabilir, hafif, düşük maliyetli özelliklere sahip bir insansız su altı aracı tasarımı çalışması yapılmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen tasarımın çeşitli eksikleri de bulunmaktadır. Prototip ürün olduğundan maliyeti yüksektir; seri üretime geçtiği takdirde maliyeti azalacaktır. Prototip her araştırma için uygundur fakat kullanılacak göreve uygun eklentiler ilave edildiğinde göreve hazır hale gelecektir.

Literatür incelendiğinde tasarlanan insansız su altı araçlarının okyanus, deniz ve göllerdeki araştırmaların doğru ve güvenli bir şekilde tamamlandığı görülmüştür. Mühendislik hesapları yapılarak sistemde oluşabilecek hatalar azaltılmıştır.

5. SONUÇLAR

- Bu proje mikro insansız su altı aracı sınıfına girecek şekilde tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Su altı aracımızın, mikro veya el tipi inceleme insansız su altı araçları özelliklerinden biri olan 3 kg ile 20 kg arasında ağırlığa sahip olduğu üretim sonrasında gerçekleştirilen tartım sonucunda istenilen aralıkta olduğu görülmüştür.
- Yapılan hidrostatik analizler sonucunda durgun suda farklı derinliklerde meydana gelen basınçlar hesaplanmış ve bu basınçlara maruz kalan insansız su altı araçta meydana gelen değişimler gözlenmiştir.
- Mikro sınıfı su altı aracının 300 metre derinliğe kadar inebildiği bilinmektedir ve yapılan analizler doğrultusunda su sızdırmaz tüpün 100 metre derinlik boyunca emniyetli olduğu görülmüştür. Fakat daha yüksek derinliklerde su sızdırmaz tüpün hızlı deformasyona ve gerilmelere maruz kalacağı ön görülmektedir.
- Prototip olarak üretimi gerçekleştirilen su altı aracımızın insanlar tarafından kolayca taşınabilen, dalgıçların giremeyeceği en küçük yerlere bile girebilen bir robot olarak sistemde bulunan kamera sistemi ile anlık olarak su altından görüntü aktarımı sağlanmıştır.

6. ÖNERİLER

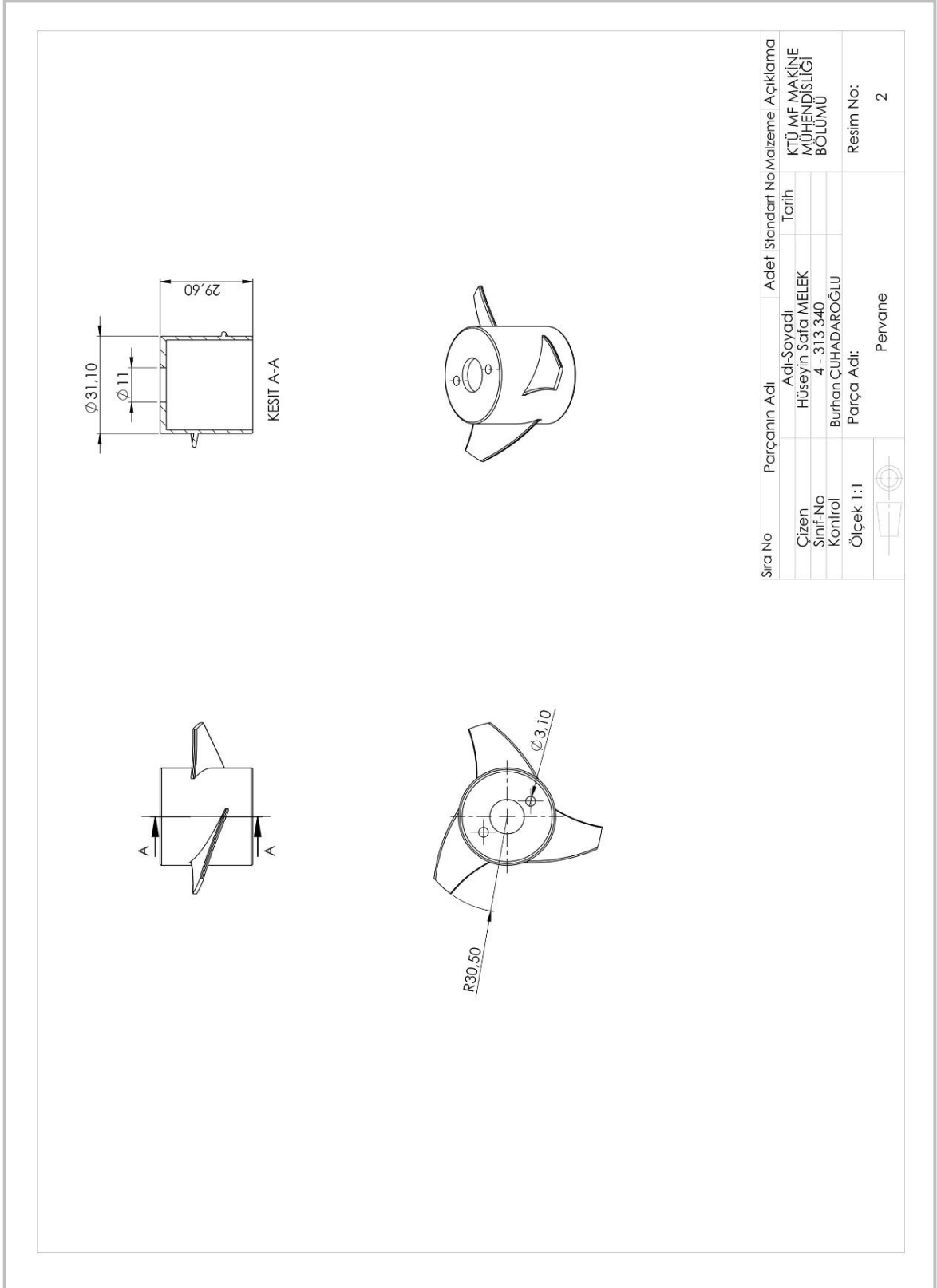
- Prototipin su ile temasta olan eklentilerinin tuzlu sudan dolayı korozyona uğramasına karşı çalışmalar yapılabilir.
- Derinlik arttıkça artan basınca karşı prototipin dayanımının artırılmasına karşı çalışmalar yapılabilir.
- Prototipin kullanıldığı alanlar da oluşan akıntıya karşı engel olabilmesi için motor gücü üzerine çalışmalar yapılabilir.
- Derine inildikçe sıcaklığı azalan ortam da batarya dayanım süresinin azalmasına karşı çalışmalar yapılarak prototipin çalışma süresi arttırılabilir.
- Kablo mesafesi arttıkça insansız su altı aracı ile haberleşme süresinin gecikmesini iyileştirebilmek için iletkenliği yüksek gelişmiş teknoloji kablolar kullanılabilir.
- Tasarım üzerine çalışmalar yapılarak daha rijit, hafif ve su içerisinde daha iyi denge sağlayabilecek bir ürün ortaya koyulabilir.

8. KAYNAKLAR

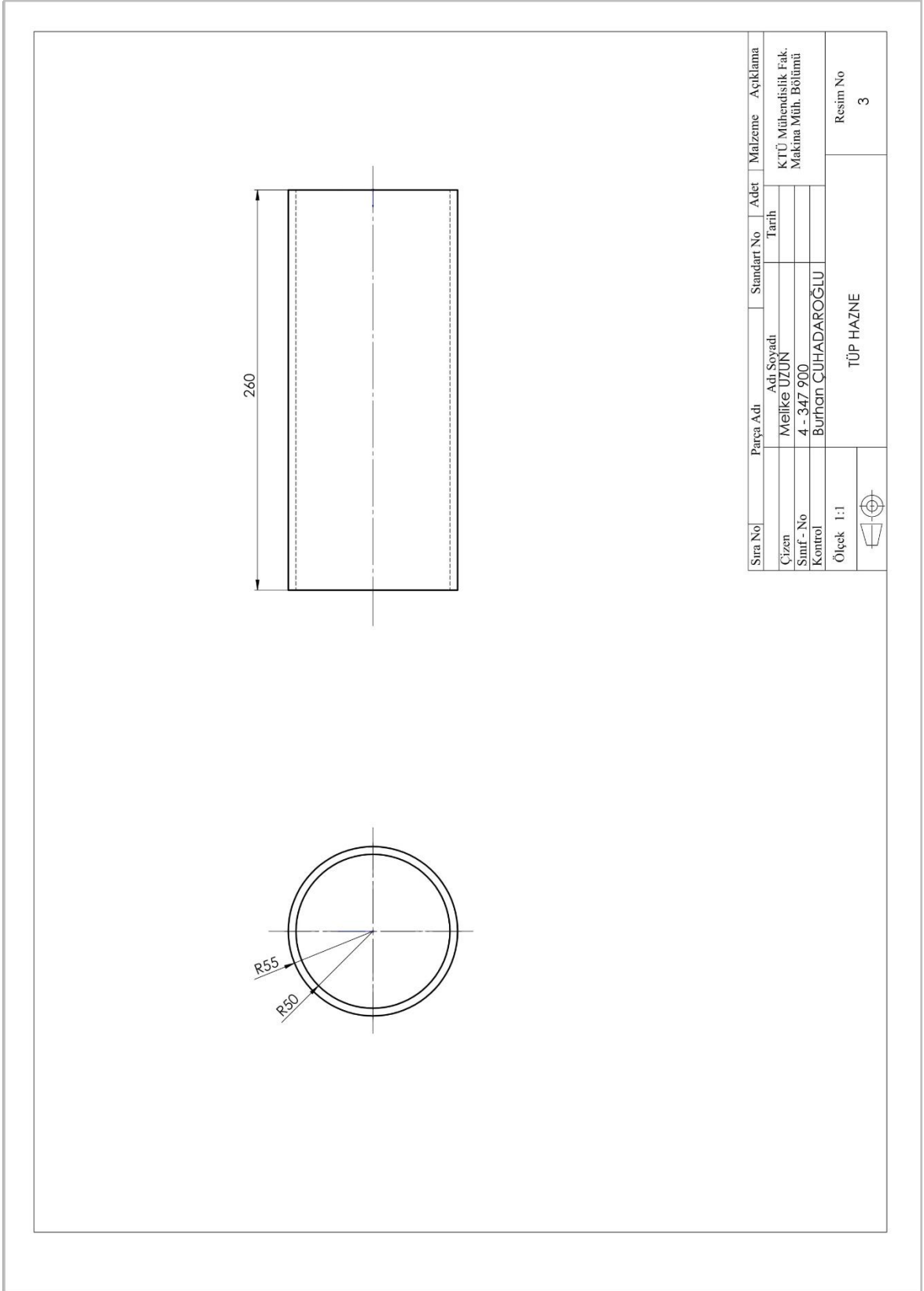
1. Fang, M.C. , Hou C. S. , Luo, J. H. , On The Motions Of The Underwater Remotely Operated Vehicle With The Umbilical Cable Effect, Ocean Engineering, Elsevier, June 2007.
2. Whitcomb, L. L. , Underwater Robotics: Out Of The Research Laboratory And Into The Field, IEEE International Conference On Robotics And Automation.
3. Canlı , G. , Kurtoğlu İ. , Canlı M. , Tuna Ö. , Dünyada Ve Ülkemizde İnsansız Su Altı Araçları İSAA-Auv & Rov Tasarım Ve Uygulamaları, GİDB Dergi, sayı:04. Ocak 2016.
4. Malcolm A. , Mac I. , Ebraheem F. , Joel W. B. , Designing Future Underwater Vehicles: Principles And Mechanisms Of The Weakly Electric Fish” IEEE Journal Of Oceanic Engineering, vol:29, no:3, pp:651-659, July 2004.
5. Yuh J. , Learning Control Of Underwater Robotic Vehicles, IEEE Control Systems, vol:14, pp:39-46, April 1994.
6. Tsusaka Y. , Ishidera H. , Itoh Y. , MURS-300 MK II: A Remote Inspection System For Underwater Facilities Of Hydraulic Power Plants, IEEE Journal Of Oceanic Engineering.
7. Liddle D. , Trojan: Remotely Operated Vehicle, IEEE Journal Of Oceanic Engineering.
8. <http://www.rov.org/history/>
9. Robert D. , Robert L. , Wernli S. , The ROV Manual: A User Guide For Remotely Operated Vehicles, Butterworth Heinemann, 2013.
10. URL-1, https://en.wikipedia.org/wiki/Remotely_operated_underwater_vehicle
11. Capocci R. , Dooly G. , Omerđić E. , Coleman J. , Newe T. , Newe Toal, Inspection - Class Remotely Operated Vehicles, A Review. Journal of Marine Science And Engineering, 2017.
12. Christ, R. D. , ‘The ROV Manual: A User Guide For Remotely Operated Vehicles: Second Edition, January 2013.
13. Altuntaş F. , Yılmaz M. K. , Patent Analizi İle Teknoloji Ağlarının Oluşturulması, Girişimcilik ve İnovasyon Yönetim Dergisi, 6, ss:97-129, 2017.
14. Cowling D. ,Full Range Autopilot Design For An Unmanned Underwater Vehicle, IFAC 13th Triennial World Congress, July 1996.
15. Zanolı S. M. , Conte G. , Remotely Operated Vehicle Depth Control, Control Engineering Practice, Vol:11, April 2003.
16. İsiyel K. , Autopilot Design And Guidance Control of Uıısar UUV(Unmanned Underwater Vehicle) , Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Ankara, 2007.
17. Fang M.C. , Hou C. S. , Luo, J. H. , Göbek Teli Etkisi İle Su Altı Uzaktan Kumandalı Aracın Hareketleri, Okyanus Mühendisliği, 2007.
18. Cesur C. , Bir Sualtı Aracının Modellenmesi Benzetimi Ve Denetleyici Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
19. Kuzlu M. , Dinçer H. , Öztürk S. , Sualtı Haberleşmesi Alıcı Ön Yükselteç Tasarımı, Mehmet Sıraç Özerdem Dicle Üniversitesi Elektik Elektronik Mühendisliği Bölümü SIU2010 - IEEE 18. Sinyal İşleme Ve İletisim Uygulamaları Kurultayı, Diyarbakır, Haziran, 2010.
20. Harsamizadeh N. , Tehrani M. , Heidari Y. , Ghaisari Z. and J. , Development Depth Control And Stability Analysis Of An Underwater Remotely Operated Vehicle (ROV), IEEE ICCA 2010, pp:814-819, doi:10.1109/ICCA.2010.5524051, Xiamen, 2010.

21. Gül D. , Leblebicioğlu U. , K. , Otonom Sualtı Aracı Modellemesi Ve Hareket Planlaması Tasarımı, Yakup Demir, Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Elazığ, Haziran, 2011.
22. Üney E. , İnsansız Sualtı Aracının Matematiksel Modelinin Durum Ölçümlerine Dayalı Olarak Tanılanması Ve Hata Toleranslı Kontrol, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
23. Yakut M. , Yılmaz S. , İnce S. , Otçu M. , Aygün E. , Derinlik Ve Yön Kontrol Uygulamaları İçin Sualtı Aracı Tasarımı, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, Ankara, 2015.
24. D. Thai Nguyen, V. Horák, H. Thu Tran , L. The Nguyen and C. Quang Hoang, A Motion Model Of A Complex-Shaped Remotely Operated Underwater Vehicle, 2020.
25. URL-2, <https://web.itu.edu.tr/~ytemel/files/week6.pdf>
26. URL-3, <https://www.denizcilikbilgileri.com/gemi-pervane-cesitleri/>
27. URL-4, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pervane%20%C5%9Eaft%20Ve%20D%C3%BCmen%20Sistemleri.pdf
28. URL-5, <http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/weikert1/>
29. URL-6, <https://www.elektrovadi.com/RASPBERRY-PI-KAMERA-MODULU,PR-2284.html>
30. URL-7, <http://www.atakel.com/urunler/su-gecirmez-konnektor/TR>

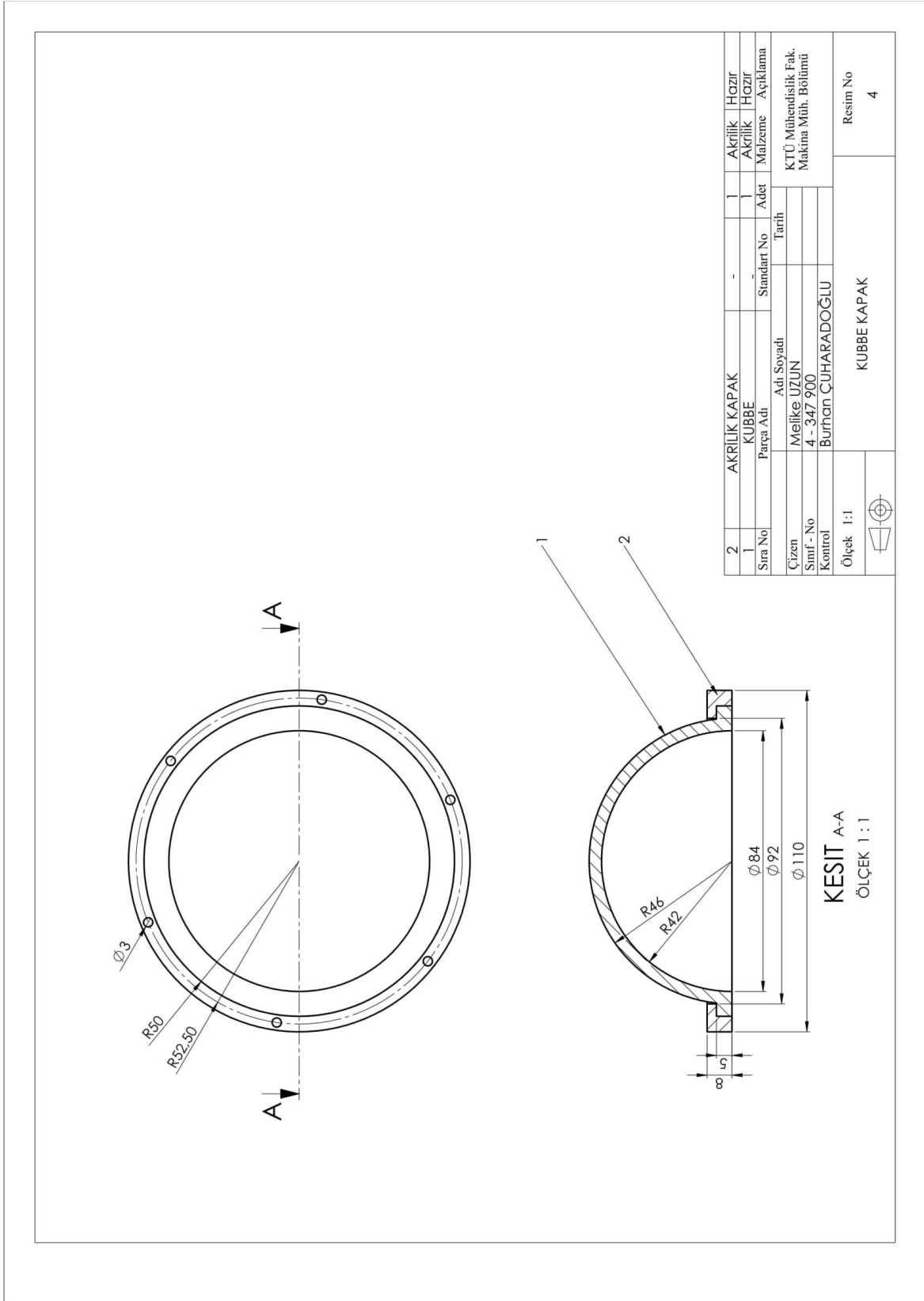
Ek-2: Pervane teknik resim



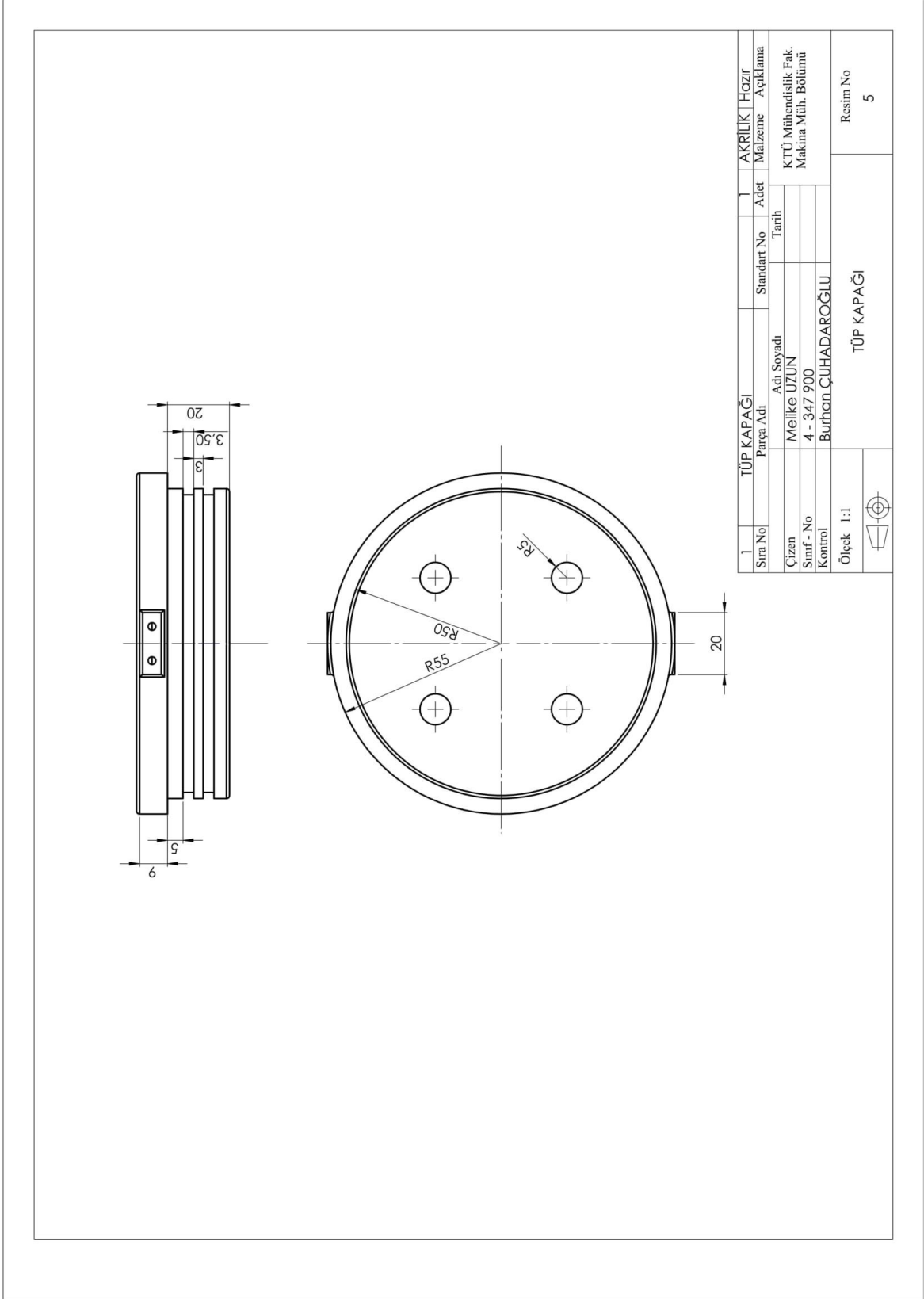
Ek-3: Tüp hazne teknik resim



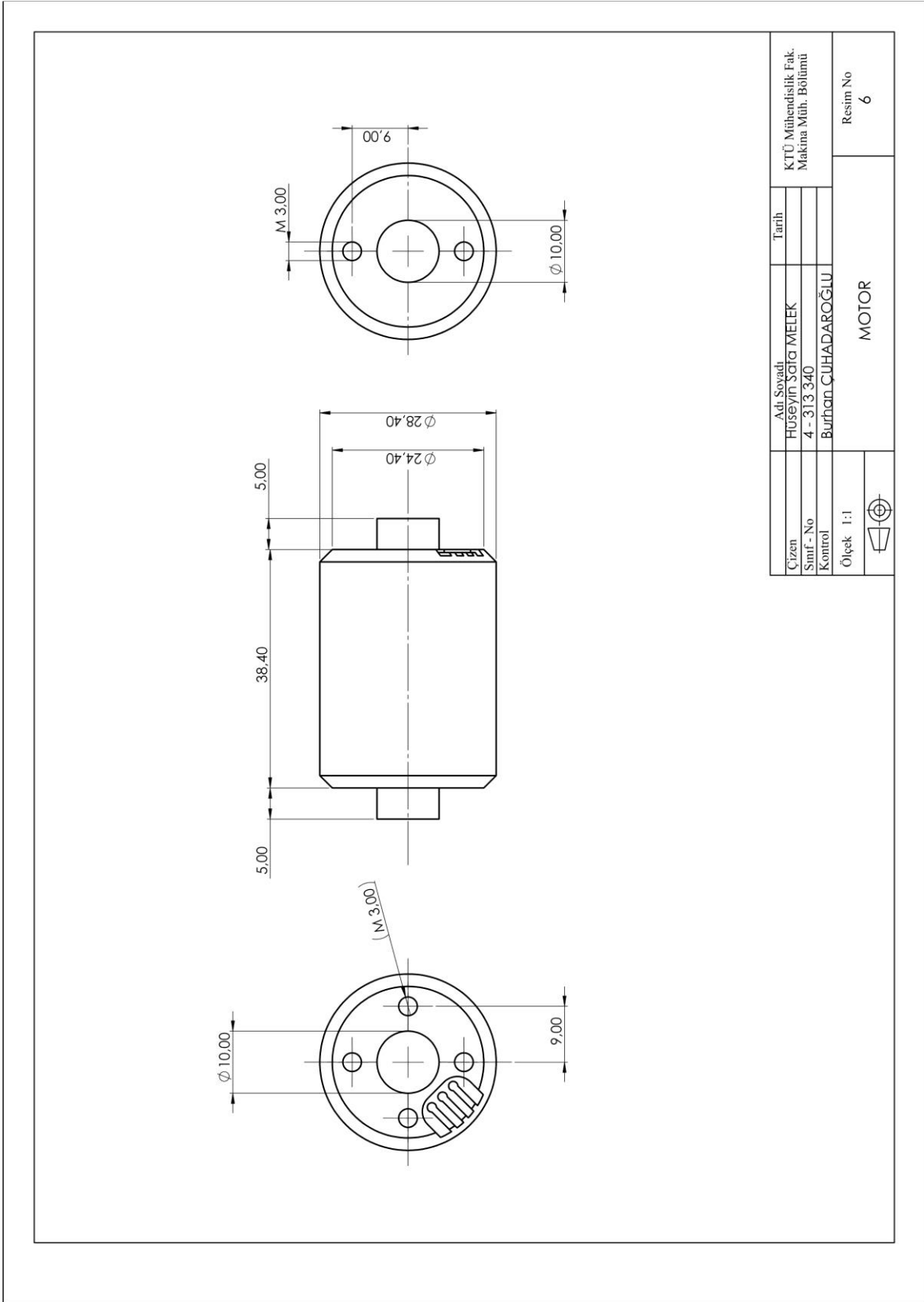
Ek-4: Kubbe kapak teknik resim



Ek-5: Tüp kapak teknik resim



Ek-6: Motor teknik resim



ÖZGEÇMİŞLER

Melike UZUN; 19.09.1997 tarihinde Eskişehir ilinin Odunpazarı ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Battalgazi İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise öğreniminin 3 yılını 19 Mayıs Anadolu Lisesi'nde okuduktan sonra Açıköğretim Lisesi'nde tamamladı. 2016-2017 yılları arasında KTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu İngilizce hazırlık sınıfını tamamladı. 2020 yılında 1'inci Hava Bakım Fabrika Müdürlüğü'nde genel atölye stajını tamamladı. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Şu anda 4. Sınıf öğrencisi olarak öğrenimine devam etmektedir. Orta derecede İngilizce bilmektedir. SolidWorks, CATIA programlarını iyi seviyede bilmektedir.

Asım Faruk ÖZTÜRK; 1998 yılında İstanbul ilinin Beykoz ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Rüzgarlıbahçe İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini ise Celal Aras Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Şu anda 4. Sınıf öğrencisi olarak lisans eğitimine devam etmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir. AutoCAD, SolidWorks, SolidCAM ve Office programlarına hakimdir. Temel derecede Proteus ve TIA-Portal bilmektedir.

Hüseyin Safa MELEK; 17.07.1995 tarihinde Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde doğdu. İlköğrenimin ilk dört yılını 100. Yıl İlköğretim Okulu'nda tamamladı. İlkokul 4.sınıftan itibaren Gülbaharhatun İlköğretim Okulu'nda devam etti. Lise eğitimini ise İMKB Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2014-2015 yılları arasında KTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu İngilizce hazırlık sınıfını tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Şu anda 4. Sınıf öğrencisi olarak öğrenimine devam etmektedir. SolidWorks ve AutoCAD programlarını bilmektedir.

Fatih AYHAN; 01.06.1998 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Şehit Öğretmen Hamit Sütmen İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise eğitimini Hüsnü M. Özyeğin Anadolu Lisesi ve Türk Telekom Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2016-2017 yılları arasında KTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu İngilizce hazırlık sınıfını tamamladı. 2019 yılında İ-MAK Redüktör A.Ş.'de genel atölye stajını tamamladı. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Şu anda 4. Sınıf öğrencisi olarak öğrenimine devam etmektedir. Orta derece İngilizce bilmektedir.