

# GiDB|DERGi

Sayı: 4 Yıl: 2015

## İÇİNDEKİLER

*Gülçin VURAL ve Fatma YONSEL*

BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNDE MEVCUT DURUM

3

*Barış TIĞLI, Şebnem HELVACIOĞLU Barış BARLAS*

DESIGN OF A 4-PASSENGER COST-EFFICIENT COMMERCIAL VESSEL

25

*Gürcan KOÇAN*

ETİK DEĞERLER VE MÜHENDİSLİK

33

*Güray Ali CANLI, İsmail KURTOĞLU, M.Ozan CANLI, Özgür Selman TUNA*

DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI (İSAA -AUV & ROV) TASARIM VE UYGULAMALARI

43

İTÜ





# GiDB|DERGİ

## KÜNYE

### İMTİYAZ SAHİBİ

Prof.Dr. Ahmet ERGİN  
(GiDB Fakültesi Dekanı)

### YAYIN KURULU

Prof.Dr. Hakan AKYILDIZ  
(Başkan)

### EDİTÖRLER KURULU

Y.Doç.Dr. Yalçın ÜNSAN  
Doç.Dr. Ebru SARIÖZ  
Doç.Dr. Şebnem HELVACIOĞLU  
Y.Doç.Dr. Şafak Nur ERTÜRK BOZKURTOĞLU  
Öğr.Gör.Dr. Serdar A. KÖROĞLU

## İÇİNDEKİLER

<b><i>Gülçin VURAL ve Fatma YONSEL</i></b> BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNDE MEVCUT DURUM	3
<b><i>Barış TIĞLI, Şebnem HELVACIOĞLU Barış BARLAS</i></b> DESIGN OF A 4-PASSENGER COST-EFFICIENT COMMERCIAL VESSEL	25
<b><i>Gürcan KOÇAN</i></b> ETİK DEĞERLER VE MÜHENDİSLİK	33
<b><i>Güray Ali CANLI, İsmail KURTOĞLU, M.Ozan CANLI, Özgür Selman TUNA</i></b> DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI (İSAA-AUV & ROV) TASARIM VE UYGULAMALARI	43



## BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNDE MEVCUT DURUM

Gülçin VURAL\* ve Fatma YONSEL\*

\*İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi 34496, Maslak, İstanbul, Türkiye.

### ÖZET

Uluslararası nakliyecilikte deniz taşımacılığının önem kazanması ile birlikte balast suyu kaynaklı sorunlar artmaktadır. Gemilerin balast tanklarına alınan balast suyu ile her gün yaklaşık 7.000 canlı türü farklı ekosistemlere taşınmaktadır. Bu canlıların bir kısmı balast tanklarındaki koşullara karşı dayanıklı olup, geminin sefer süresi boyunca hayatta kalabilmektedirler. Hayatta kalmayı başarabilen canlılar girdikleri yeni ekosistemlerde ekoloji, ekonomi ve insan sağlığı üzerinde tehditler oluşturmaktadırlar. Balast suyunda taşınan organizmalardan kaynaklı problemleri önlemek için mekanik, fiziksel ve kimyasal balast suyu arıtma sistemleri geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Balast Suyu, Balast suyu arıtımı, Balast suyu arıtma yöntemleri

### 1. Giriş

Deniz taşımacılığının dünya ticaretinde büyük önem arzettiği günümüzde uluslararası nakliyeciliğin %90'ı gemiler ile yapılmaktadır [1]. Gemi sahipleri açısından gemilerin maksimum yük ve minimum balast ile seyir etmesi ekonomik olarak en uygunu olsa da, kimi zaman gemi stabilitesini sağlamak kimi zaman da sevk sisteminden alınan verimi arttırmak için pervanenin suda bulunduğu konumu ayarlamak amacı ile gemilerin balast suyu alması gerekmektedir. Gemiler yüklerini boşaltırken dengeyi korumak için balast tanklarına deniz suyu alırlar. Bu sırada suyu aldıkları bölgedeki deniz canlıları ve bir takım partiküller de su ile birlikte geminin balast tankına alınır. Gemiler yükleme limanına vardıklarında ise kargo bölümüne yük almadan önce balast tankları boşaltılır. İşte bu süreçte tanklarda hayatta kalmayı başarmış olan organizmalar da su ile birlikte bu yeni ekosisteme aktarılmış olurlar. Eğer taşınan bu canlı ve yumurtalar, boşaltıldıkları lokasyonda uygun üreme şartları bulurlarsa çoğalıp istilacı tür haline gelebilmektedirler. Bir ekosistemin yerlisi olmayıp, dış etkenler nedeni ile o bölgeye yerleşen canlılar istilacı tür olarak nitelendirilmektedir [2].

İstilacı türlerin çevre üzerinde olumsuz etkileri oldukça fazladır. Girdiği ortamda istilacı konumuna gelen canlılar, kimi zaman bu bölgede doğal olarak var olan canlı türleri ile beslenerek ve o türlerin yok olmasına dahi neden olabilirler. Bu durum o bölgede hâkim olan doğal ekosistemin değişmesine neden olur. Biyoçeşitlilikte meydana gelen bu değişiklik, yerel türün yok olmasına neden olarak, geri dönüşü mümkün olmayan hasarlara yol açabilir. Bunun yanı sıra istilacı türler pek çok ekonomik zararlara yol açabilmektedirler. Şöyleki, istilacı türler kimi zaman işgal ettikleri bölgelerde doğal olarak bulunan balık türleri ile beslenmektedirler, ya da bu balık türleri ile benzer beslenme alışkanlıklarından ötürü, avlanma rekabetine girip balık türlerinin beslenmesine engel olmaktadır. Bu durumda bölgede mevcut olan balık türleri sayıca azalmakta, bu da bölgede yapılan balıkçılık aktivitelerini olumsuz etkilemektedir [2]. Bunun yanı sıra kimi istilacı türler sert zeminlere yapışarak yaşamlarını sürdürdükleri için kıyılarda bulunan inşaatlarda, tesislerde ve endüstriyel yapılar ile liman yapılarında hasar

meydana getirirler. Özellikle yosun gibi bitkisel canlıların plaj olarak kullanılan alanlarda istilacı olarak çoğalmaları turizm açısından da ekonomiye zarar vermektedir [3]. İstilacı türlerin neden olduğu en önemli sorunlardan bir diğeri de insan sağlığı üzerinde yarattıkları sorunlardır. Balast suları kimi zaman zehirli organizmaların, patojenlerin taşınmasına neden olur, bu da balast suyunun boşaltıldığı bölgedeki suların dinlence amaçlı kullanımına bağlı olarak insanların sağlığını ciddi şekilde etkilenmesine sebep olmaktadır. Balast suları nedeniyle meydana gelen en yıkıcı olaylardan biri de 1991 yılında Vibrio Cholera mikrobu taşıyan balast sularının Peru'da boşaltılması ve bu mikrobu Peru'da içme sularına karışması sonucu olmuştur. İçme sularına karışan bu mikroptan dolayı 1 milyona yakın insan etkilenmiş ve 10.000'den fazla insan ölmüştür [4]. Gemi balast suyu ile taşınan organizmaların yarattığı sorunların öneminin anlaşılması ile beraber konu hakkında uluslararası adımlar atılmıştır.

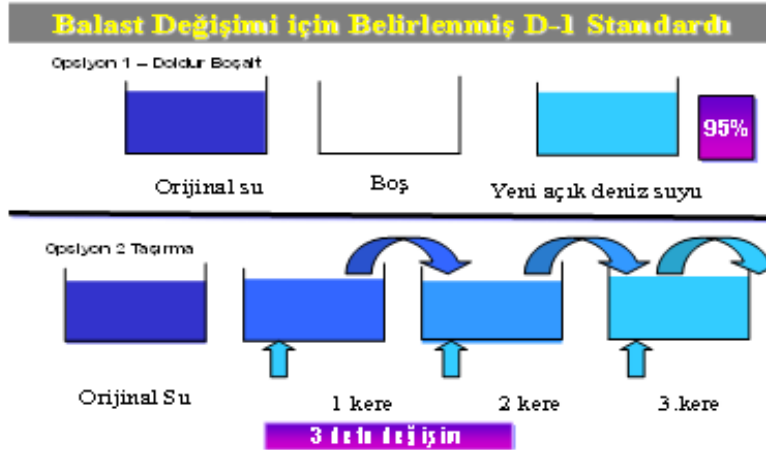
## 2. Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi

Balast suyu kaynaklı problemlerin ciddi boyuta ulaşması ile Birleşmiş Milletler'e bağlı Uluslararası Denizcilik Örgütü IMO direkt olarak gemi balast suyu kaynaklı meydana gelen sorunların çözümüne yönelik çalışmalar sürdürülmektedir. IMO üyesi devletler arasında yıllar süren araştırmalar sonucu 2004 yılında balast sularının yaratacağı etkileri azaltmak amacı ile uluslar arası bir düzenlemeler yayınlanmıştır. Konu üzerinde uzun yıllar yapılan müzakerelerden sonra 13 Şubat 2004 tarihinde IMO'nun Londra'daki genel merkezinde düzenlenen bir konferansta Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments) tamamlanmış ve üye ülkelerin imzasına sunulmuştur [5]. Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi toplamda 22 madde ve 5 kısımdan oluşan bir ekten oluşur. Bu sözleşme, dünya ticaret filosunun %35'ini temsil eden 30 ülkenin onayından 12 ay sonra yürürlüğe girecektir [6]. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 44 ülke için mevcut tonaj %32,86'dur. Kasım 2015'te Fas ve Endonezya'nın da imzası ile ülke sayısı 46 olmuştur ancak bu durum IMO resmi sitesinde henüz duyurulmamıştır. Mevcut durumda yeni ülkelerin katılımı ile sözleşmeyi imzalayan ülkelerin dünya ticaret filosunun toplam tonajının ne kadarını kapsadığı hesaplanmaktadır [7]. Bu rakam dünya ticaret filosunun toplam tonajının %35'ine ulaştığında sözleşme yürürlüğe girecektir. Sözleşmenin son durumu EK 1'de verilmiştir. Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra gemiler inşa yıllarına ve balast suyu taşıma kapasitelerine bağlı olarak sözleşmede belirtilen standartları sağlamak ile yükümlü olacaklardır [8]. Bu standartlar Tablo 1'de açıklanmıştır.

Tablo 1'de belirtilen kurallar ise şu şekilde açıklanmaktadır:Kural D-1 Balast Suyu Değişimi Standardı: Balast suyu değişimi yapan gemiler, bu değişimi hacimsel olarak %95 verimle gerçekleştirmelidirler. Balast suyu değişimini pompalama yolu ile yapan gemiler, pompalama bahsedilen bu verimlilik şartını karşılayacak şekilde her bir balast tankının hacminin üç katı olarak yapacaklardır. Ancak, hacimsel değişimin %95 olma durumunun gerçekleştiği gösterilirse, üç defadan az pompalama da kabul edilir. Şekil 1'de balast suyu değişimi metoduna ait bir şema bulunmaktadır [8].

**Tablo 1.** Balast suyu yönetmeliği [9].

Balast Suyu Kapasitesi (m <sup>3</sup> )	Kızaklama Tarihi	2014	2015	2016	2017
<1.500 ya da >5.000	<2009	D-1 ya da D-2		D-2	
1.500≤ya da ≤5.000	<2009	D-2 Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra ilk Uluslararası Petrolle Kirlenmenin Önlenmesi belgesiuzatması kontrolünde			
<5.000	>BSY Yürürlüğe giriş tarihi	D-2 (teslimde)			
	2009<kızaklama<BSY yürürlüğe giriş tarihi	D-2 Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra ilk Uluslararası Petrolle Kirlenmenin Önlenmesi belgesiuzatması kontrolünde			
≥5.000	2009≤ kızaklama<2012	D-1 ya da D-2		D-2	
	2012≤ kızaklama BSY yürürlüğe giriş tarihi	D-2 Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra ilk Uluslararası Petrolle Kirlenmenin Önlenmesi belgesiuzatması kontrolünde			
	≥ BSY yürürlüğe giriş tarihi	D-2 (teslimde)			

**Şekil 1.** Balast suyu değişimi için belirlenmiş D-1 standardı [10].

Kural D-2 Balast Suyu Performansı Standardı: Balast suyu yönetimi uygulanan gemiler metre küp başına boyca 50 mikrondan büyük veya eşit 10 yaşayabilir organizmadan az ve milimetre başına 50 mikrondan küçük veya 10 mikrondan büyük veya eşit 10 yaşayabilir organizma boşaltabilir [8].

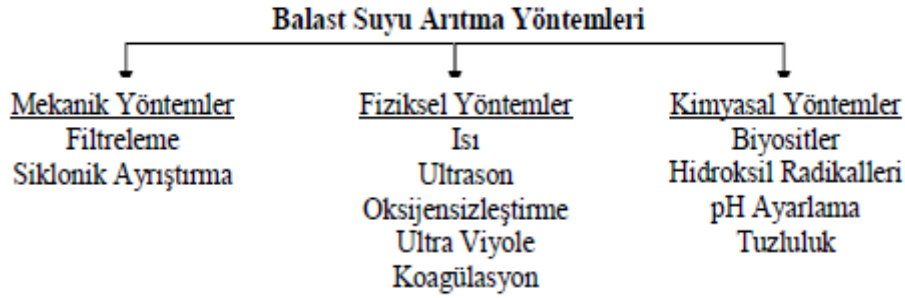
**Tablo 2.** Balast arıtımı IMO D2 kriteri [11].

Mikroorganizma Kategorisi	Regülasyon
Plankton, boyu > 50 µm	< 10 adet/m <sup>3</sup>
Plankton, boyu 10-50 µm	<10 adet/ml
Toxicogenic Vibrio Cholerae	< 1 cfu/100ml
Escherichia Coli	<250 cfu/100ml
Intestinal Enterococci	< 100 cfu/100ml

Sözleşmenin amacı; balast suları ile taşınan zararlı organizmaların denetleyerek ve yöneterek çevreye ve insan sağlığına zarar olabilecek riskleri önlemek ve minimize etmektir. Ayrıca balast suyu kontrol yöntemlerinin istenmeyen yan etkilerini engellemek ve balast suyu arıtma sistemlerinin teknolojik gelişimi için teşvik etmek de sözleşmenin amaçları arasında yer almaktadır.

### 3. Balast Suyu Arıtma Yöntemleri

IMO'nun yayınlamış olduğu D2 standartlarına cevap verebilmek adına pek çok farklı balast suyu arıtma metodu geliştirilmiştir. Geliştirilmiş ve gelişmekte olan balast suyu arıtma yöntemlerini temel olarak mekanik yöntemler, fiziksel yöntemler ve kimyasal yöntemler olarak üç ana başlık altında incelenebilir.



#### 3.1 Mekanik Yöntemler

Mekanik yöntemlerin temelinde, balast tankına alınacak olan deniz suyunun tanka girmeden önce mekanik bir işlemde geçip, tanka ulaşacak olan organizma ve sediment miktarını azaltmak yatmaktadır. Böylelikle pek çok organizma ve partikülün balast tankına girişi başta engellenmiş olunur ve organizmalar kendi doğal habitatlarında kalırlar. Mekanik yöntemler denildiğinde akla gelen yöntemler siklonik ayrıştırma ve filtrasyon yöntemleridir.

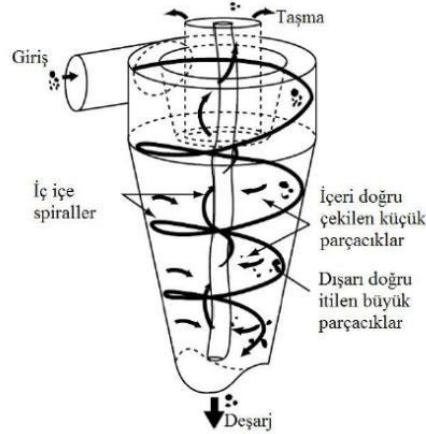


### 3.1.1 Filtreleme yöntemi

Filtreleme sisteminde membran veya disk filtreler kullanılmaktadır. Gemi balast alırken 40-50 mikrondan büyük olan organizma ve sedimentlerin bu filtreler sayesinde tanka girişi engellenmiş olur. Filtreleme yöntemi hem çevresel bir yöntemdir hem de çabuk sonuç alınır. Filtreleme işlemi gemi balast alırken ya da balast boşaltırken yapılabilir. Gemi balast alırken yapılacak olan filtreleme işlemi sayesinde filtrelenmiş olan canlılar kendi doğal yaşam ortamlarına geri dönerler [12]. Yapılan çalışmalar kendi kendini temizleme özelliğine sahip filtreleme sisteminin çoğu fitoplankton, zooplankton ve partikülerin balast suyundan uzak tutulmasında efektif olduğunu göstermektedir. 50 µm'lik membran filtre ile balast suyunda bulunan mikrozooplanktonların arıtılmasında %71-81 oranında verim elde edilir. Ayrıca balast suyundaki dinoflagellatların arıtılma verimliliğinde %91 civarındadır. 50 µm membran filtre ve 55µm disk filtre verimlilikleri karşılaştırıldığında da 50µm'den büyük partiküllerin arıtılması konusunda membran filtreden %91,9'luk bir verim alındığı gözlenirken, bu oranın disk filtrelerde %80'de kaldığı görülmektedir [13]. Ancak verimlilik konusundaki tüm bu avantajlarına karşın filtreleme pahalı bir yöntemdir. Yapılan araştırmalar yaklaşık 1 ton balast suyunu filtreleme maliyetinin 0,06-0,19 \$ olduğunu ortaya koymuştur [14].

### 3.1.2 Siklonik ayırıştırma yöntemi

Siklonik ayırıştırma, katı parçacıkların santrifuj kuvvetler ile sudan ayrıştırılması anlamındadır. Bu yöntem ile yalnızca yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan fazla olan partiküller ayrıştırılabilir.



Şekil 2. Hidrosiklon seperatör [15].

Deniz suyu giriş bölgesinden hidrosiklona girer, hidrosiklonun yapısından dolayı akış sistem içerisinde rotasyonel hal alır ve bu sayede oluşan merkezkaç kuvvetinden ötürü yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan fazla olan partiküller hidrosiklonun duvarına doğru itilir ve buradan tahliye edilir. Bu tahliye sırasında alınan balast suyunun yaklaşık olarak %5'i boşaltılır [16]. Araştırmalar göstermiştir ki, düşük yoğunluğa ya da deniz suyunun yoğunluğuna yakın bir yoğunluk değerine sahip olan organizmaların, yani pek çok virüs, bakteri, fitoplankton, denizanası vs, ayrıştırılmasında siklonik yöntem yetersiz kalmaktadır.

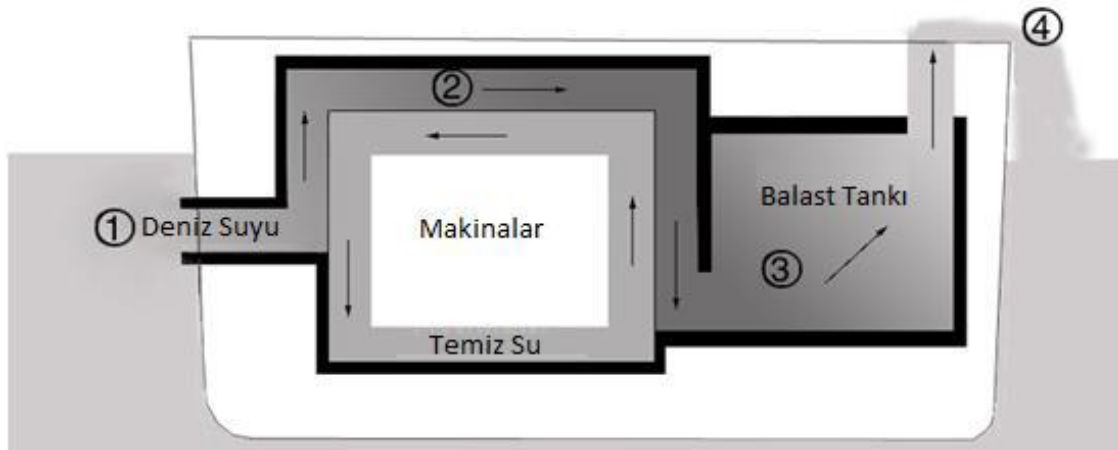
Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre siklonik yöntem ile yapılan arıtma disk ve membran filtrelemlere göre yetersiz kalmaktadır. Jelmert, Prorocentum minimum ve Tetraselmis ile yapılan deneylerde, siklonik ayırıştırma ile %10-30 arasında bir verimlilik elde edilmiştir. Aynı çalışmada bakteriler üzerinde herhangi bir başarı elde edilemediği gözlemlenmiştir [17]. Yaklaşık olarak 1 ton balast suyunu siklonik yöntem kullanarak ayırıştırma için gerekli olan maliyet 0,05-0,26 \$ arasındadır. Maliyeti açısından düşünüldüğünde filtreleme yöntemi ile mukayese edilebilir düzeydedir. Ayrıca yüksek debilerde (~ 300m<sup>3</sup>/saat) sistem sürekli olarak çalıştırılmamaktadır. Her ne kadar büyük partikülleri ayırıştırıp ikincil arıtma sisteminde kullanılacak olan cihazları koruyor olsa da, sistem pek çok zooplankton, mikroalg ve bakterileri ayırıştırma yeterli verimliliğe sahip değildir [18].

### 3.2 Fiziksel Yöntemler

Balast suyu arıtmasında kullanılan fiziksel yöntemler ısı, ultrason, oksijensizleştirme, koagülasyon ve ultra viole gibi balast suyundaki organizmaları kimyasal bir madde kullanmadan arındıran yöntemleri kapsamaktadır.

#### 3.2.1 Isı ile arıtma yöntemi

Isı ile arıtmanın temelinde mikroorganizmaların yaşayabileceği ısı değeri baz alınmaktadır. Belli bir ısı değerinin üzerinde canlıların hücre yapısı değişeceğinden mikroorganizmalar ölmektedir. Bu yöntemde balast suyunu ısıtmak için farklı metodlar kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi ana makinanın ortaya çıkardığı ısıyı balast suyunu artırmak için kullanmaktır. Ancak bu durumda ek olarak gemide borulama maliyeti açığa çıkacaktır. Ayrıca ısıtılması gereken balast suyu miktarı ve gemi ana makinasından elde edilecek olan ısı miktarı yeterlilik açısından karşılaştırılmalıdır. Eğer ana makineden elde edilecek olan ısı miktarı yeterli değil ise balast suyunu istenilen seviyede ısıtmak için ek kaynaklar düşünülmelidir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki balast suyunu 38-45°C ısıtmak, tropik ve alt tropikal sularda zooplankton ve fitoplanktonları öldürerek başarılı bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır [19].



Şekil 3. Gemide ana makinanın ısı ile balast suyunu ısıtma yöntemi.

Balast suyunu yaklaşık 40°C civarına ısıtmak balast suyunda bulunan bazı organizmanın yok edilmesi açısından oldukça efektiftir. Ancak bu düşük sıcaklık stratejisinin (<45°C) çoğu

patojeni arıtmakta yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Ayrıca balast suyunu bu seviyelere kadar ısıtmak kolera gibi patojenik bakterilerin de üremesine yol açabilir [20]. Bazı bitkisel bakteriler, fungi ve virüsler genellikle 60-100°C sıcaklığı arasında ölürlerken, koli basili ve kolera gibi bakterilerini öldürmek için 55-75 °C sıcaklık, bakteri sporlarını öldürmek için 100°C'nin üzerinde bir sıcaklık gerekmektedir [21].

Isı ile arıtma metodu kullanılmadan önce göz önüne alınması gereken bazı faktörler vardır. Sefer süresi balast suyunun mevcut ısı kaynakları ile gerekli ısıya ulaşabilmesi için yeterli olmalıdır. Tankın içerisinde bulunan balast suyu geminin seyir halinde bulunduğu suyun sıcaklığından etkileneceğinden, bu yöntem çok soğuk sularda efektif bir yöntem olmayabilir. Çünkü soğuk olan suyu gerekli sıcaklığa ulaştırmak için daha çok enerji kullanılması gerekeceği için, bu durum maliyeti de arttırır. Bir diğer problem ise, yükselen balast suyu sıcaklığının balast tanklarında meydana getireceği korozyondur. Balast tanklarını korozyondan korumak için kullanılan koruyucu epoksi kaplaması 80 °C sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Balast suyunu ısı ile arıtmak için gerekli sistemin yatırım maliyeti 1000-3000 m<sup>3</sup>/saat'lik debi için yaklaşık olarak 350.000-400.000 \$ olarak hesaplanmıştır [12].

### 3.2.2 Ultrason ile arıtma yöntemi

Yüksek güçteki ultrason dalgaları sıvı içerisinde kavitasyon yaratır. Meydana gelen bu kavitasyon kesme kuvveti ve basınç ortaya çıkarır. Sıvı içerisinde bu yoğun ultrason dalgaları bir araya geldiğinde yüksek basınç ve alçak basınç çevrimleri oluşur. Alçak basınç esnasında ultrason dalgaları küçük hava boşlukları/kabarcıkları meydana getirir. Bu hava kabarcıkları daha fazla enerji absorbe edemeyecek boyuta ulaştığı zaman patlarlar. Bu durum kavitasyon olarak adlandırılır. Bu içe doğru patlama esnasında yerel olarak çok yüksek ısı (~5000 °C) ve basınç (~2000 atm) açığa çıkar. Bu durum ayrıca 280 m/saniye hıza erişebilen sıvı akışına sebep olur. Bu yüksek enerjye sahip hava kabarcığı oluşumu ve patlamalar organizmaların hücre duvarında bozulmaya neden olan hidrodinamik kesme kuvvetlerine ve ultrasonik titreşimler meydana getirirler. Yapılan pek çok çalışma ultrasonun virüsler ve bakteriler üzerindeki etkisini kanıtlamışlardır [22].

### 3.2.3 Oksijensizleştirme ile arıtma yöntemi

Deniz suyunda bulunan çözülmüş oksijen deniz canlılarının hayatta kalabilmeleri için gereklidir. Balast tankında bulunan oksijen miktarının düşürülmesi balast suyu içerisinde bulunan organizmalarda oksijen yetersizliğine yol açmaktadır. Böylelikle balast suyunda bulunan organizmalar oksijensizlik nedeni ile ölecek, balast suyu da istilacı organizmalardan temizlenmiş olacaktır [23].

Balast suyunda anoksik bir ortam oluşturmak için birden fazla yöntem vardır. Bunlar, balast suyuna inert gaz (nitrojen) ilave etmek, vakum pompası kullanarak vakum oluşturmak, balast suyuna besin maddesi eklemektir [24]. Oksijensizleştirme metodunu kullanarak balast suyu artıması yapan sistemlerden biri olan Venturi Oxygen Stripping™ sistemi 2007 yılında IMO'dan tip onayı almıştır. Bu yöntemde balast suyu tanka alınırken suya inert gaz ilave edilmekte ve böylelikle suda bulunan oksijenin giderilmesi sağlanmaktadır [25].

McCollin ve aradaşları balast suyunda anoksik bir ortam yaratmak amacı ile deniz suyuna içinde glikoz, sakkaroz, amonyum, nitrat ve fosfat bulunan besin maddesi karışımı eklemiştir. Böylelikle suda bulunan mikroorganizmaların büyümesi hızlandırılmıştır. Artan canlı sayısı daha fazla oksijen tüketimini gerektirmiştir, bu sayede sudaki oksijen suda bulunan

mikroorganizmalarca hızla tüketilmiş ve balast suyunda anoksik bir ortam oluşumu sağlanmışır [24].

Browning ve arkadaşlarının geliştirdiği sistemde ise balast suyu balast pompaları vasıtasıyla özel olarak imal edilmiş olan çelik bir tanka alınmıştır. Bu tankta, vakum pompası ile vakum oluşturulur ve bir santrifuj pompa bu suyu tanktan alarak balast tankına aktarılmıştır. Browning ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 14,2 psi değerinde bir vakum ile balast suyunda bulunan çözünmüş oksijen seviyesini 1 ppm'in altına düşürmüşlerdir. Yapılan araştırmalar bu yöntemin balast suyunun zooplanktonlardan arıdırmada 2 günlük bir süreçte %100 başarı sağladığını göstermiştir. Ayrıca 3 gün sonra sudaki larvaların ve 75 mikrondan büyük olan organizmaların da yok edildiği gözlemlenmiştir [26].

Geminin balast suyu kapasitesine bağlı olarak oksijensizleştirme sistemi için gerekli maliyet 135.000 \$ ile 3.000.000 \$ arasında değişirken, sistemin operasyon maliyetinin ton başına 0,06 \$ olarak hesaplanmıştır [27].

### 3.2.4 Ultra viyole ile arıtma yöntemi

Dalga boyu 100-400 nm arasında olan ışınlar ultraviyole olarak adlandırılır. UV ışınları UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm) olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır ve her birinin canlılar üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır. Arnolf'un 1933 yılında yaptığı çalışmalarda 253,7 nm dalga boyunda UV-C ışınına maruz kalan fitoplanktonların fotosentez yapma oranında düşme gözlemlenmiştir.

UV ışığının organizmaların yaşamsal faaliyetlerine olan etkileri üzerinde yapılan ilk çalışmalar daha çok UV-C ışınına odaklı iken, Dünya'yı UV-B ışınından koruyan ozon tabakasında meydana gelen bozulmalardan sonra UV-B üzerine kaymıştır [28]. UV ile balast suyu artıması yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Suyun berraklığı ve içerisinde bulunan partiküllerin büyüklüğü UV ile artımanın verimini direkt olarak etkiler. UV ile arıtma yapacak bir balast suyu arıtma sisteminin kurulum maliyeti sistemin büyüklüğüne göre yaklaşık olarak 300.000 - 400.000 \$ civarında olup, operasyon maliyeti ton başına 0.065-0.26 \$ civarındadır [29].

### 3.2.5 Koagülasyon yöntemi ile arıtma

Koagülasyon yöntemi ile balast suyu arıtımı, gemi balast tanklarına balast suyu alımı sırasında yapılır. İlk olarak balast suyu alınan karıştırma tankında manyetik toz ve pıhtılaştırıcı madde eklenir. Burada balast suyunda plankton, bakteri, çamur ve diğer materyallerin bir araya gelmesi ile oluşan yaklaşık 1 mm'lik manyetik topaklar meydana gelir. Daha sonra bu su manyetik seperatörlere ulaşır ve manyetize olmuş organizma ve sediment manyetik disk tarafından tutulur ve sudan ayrıştırılır [30]. Karada yapılan testler 50 m<sup>3</sup>/saat debi ile gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçların IMO D2 kriterlerini sağladığı gözlemlenmektedir. Sonuçlar, balast suyunun 10 µm çapından büyük olan organizmalardan arıtıldığını, suda bulunan E.coli yoğunluğunun 1100 cfu/100 ml'den 2 cfu/100ml'ye düştüğünü, ayrıca asılı partikül seviyesinin de ayıklanamayan seviyesine indiğini göstermektedir. Balast suyunda manyetik topaklar elde etmek için Demir (III) tetraoksit, alüminyum klorür, akrilamid sodium akrilat kopolimer kullanılmaktadır. Bu maddeler çevreci etken maddeler olarak belirtilmektedir. Arıtılmış olan balast suyunda herhangi bir uçucu organik maddeye rastlanmamıştır, ancak 0,08 mg/l alüminyuma rastlanmıştır [31].

Sistem 200 m<sup>3</sup>/saat kapasitede bir arıtma için yaklaşık 21 kW, 1600 m<sup>3</sup>/saat kapasitede bir arıtma içinse yaklaşık 112 kW bir güce gereksinim duymaktadır [30].

### 3.3 Kimyasal Yöntemler

IMO'nun balast suyu arıtımı konusunda belirlediği standartlarında belirtilen bir diğer arıtma metodu kimyasal madde kullanımudur. Kimyasal madde, zararlı sucul organizmaları ve patojenleri üzerinde genel ya da spesifik etkileri olan madde ya da organizmalar olarak tanımlanır.

#### 3.3.1 Biyositler

Biyositler; içme suyunun arıtılması, atık suyun arıtılması, yüzme havuzlarının suyunun arıtılması gibi pek çok endüstride mikroorganizmaları öldürmek için kullanılırlar. Biyositler organizmaların üremesine ve sinir sistemlerine etki ederler, enzim faaliyetlerini durdururlar, hücre duvarlarını tahrip ederler. İki çeşit biyosit vardır; oksitleyici biyositler ve oksitleyici olmayan biyositler. Oksitleyici biyositlere örnek olarak klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit, perasetik asit verilebilir. Oksitleyici olmayan biyositler ise gluteraldehit, SeaKleen ve Acrolen'dir.

Klor, içme suyu arıtımında oldukça yaygın kullanılan bir oksitleyici biyositir. Klor suya sıvılaştırılmış klor gazı, sodyum hipoklorid, kalsiyum hipoklorid olarak ya da direkt olarak sudan elektriksel olarak elde edilerek pek çok farklı formda eklenebilir. Balast suyunda bulunan sucul organizmaları etkisiz hale getirmek için gerekli olan klor miktarı farklılık göstermektedir. Mikroyosunlar, zooplanktonlar, bakteri ve fitoplanktonlar için bu konsantrasyon 1-100 ppm arasında değişirken, dinoflagellat kistleri, dinlenme evresindeki zooplanktonlar ya da *Bacillus subtilis* sporları için bu miktar 486-2500 ppm'e kadar çıkabilmektedir [32]. Bunun yanısıra canlıların su içerisinde bulunma şekli de klorun etkisi açısından önemlidir. Suda serbest yaşayan bakteriler ile kabuklu canlılara tutunmuş olan bakterilerin klor ile etkisizleştirilmesi için gerekli süre ve konsantrasyon da farklıdır. Klor ile arıtma metodunda çoğu bakteri, mikroalg ve zooplanktonlarda %100'e yakın verimlilik elde edilmiştir [13]. Bolch ve Hallegraef'in yaptıkları çalışmada balast suyunu klor ile artırmak için ton başına yaklaşık olarak 3,5 \$ maliyet olduğunu saptamışlardır [33]. Klor ile arıtma yönteminde klor suya direkt olarak klor bileşeni olarak eklenebileceği gibi, deniz suyundan elektroliz yolu ile de elde edilebilir. Dang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar deniz suyundan elektroliz ile elde edilen 3 ppm konsantrasyonunda klor ile bakteri oranında %99.999, fitoplankton ve mezoplankton oranının da %99 düşme olduğunu göstermişlerdir. Ancak elektroliz yönteminden elde edilecek olan bu verim deniz suyunun kimyasına bağlı olarak değişir. Okyanus sularında klor oranı yüksek iken, haliçlerde ya da nehirlerde bu oran daha düşüktür. Bu durum elde edilecek olan verimin düşmesine neden olur [34]. Elektroliz ile klor elde edilmesi yöntemi, filtreleme ve UV yöntemleri ile bir arada kullanıldığında, sistemden alınan verimde artış gözlemlenir. BaWaPla projesi kapsamında yapılan deneyler göstermiştir ki, anot sıvısı balast suyunda bulunan mikroorganizmaların arıtımında oldukça etkilidir. Anot sıvısının etkisi, sıvının klor derişimine bağlı olarak artmaktadır [35].

Ancak klorun balast suyu arıtmasına yönelik bazı endişeler vardır. Elektroliz ile klor elde etmeye yarayan sistemler en iyi 15°C ve üzerinde çalışırlar ve 5°C'nin altında işlevselliğini kaybederler. Klor kullanımı balast tankı içerisinde organoklor oluşmasına da neden olabilir. 3 ppm'in üzerinde klor konsantrasyonunun trihalometan, haloasetik asit gibi toksik olan yan ürünlerin oluşmasına neden olduğunu göstermiştir. Bu yan ürünler klorün ortamda doğal olarak

bulunan organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Oluşan bu zararlı yan ürünler bir limana boşaltıldığında ise burada kalır, besin zincirinde birikir ve zamanla sucul organizmaların hormonal sistemlerinde tahribata ya da yıkıma yol açabilir. Ayrıca Zhang ve diğerleri klor ile arıtma yönteminin kullanımının balast tankındaki korozyonu arttırdığını göstermektedir [36].

Klordioksit (ClO<sub>2</sub>) kullanımı pahalı olmasına karşın organik maddeler ile tepkimeye girmiyor olması, klora göre daha geniş pH aralığında mikroorganizma öldürücü etkisinin olması ve serbest klor açığa çıkarmadığı için daha çevreci olması bir avantajdır. Laboratuvar testleri 5 ppm konsantrasyonunda ClO<sub>2</sub>'nin bakteri ve planktonik canlıları arındırmada etkili olduğunu göstermektedir. Araştırma sonuçları ClO<sub>2</sub>'nin bakteri ve virüsler üzerinde klora göre daha etkili olduğunu da göstermektedir. ClO<sub>2</sub> ile yapılacak olan bir arıtma için gerekli olan yatırım maliyeti 200 m<sup>3</sup>/saat'lik bir sistem için yaklaşık olarak 260.000 \$ iken, kapasite 2000 m<sup>3</sup>/saat'e çıktığında bu miktar 400.000 \$ civarında olup operasyon maliyeti ise ton başına 0,06 \$ civarındadır [37].

Ozonun deniz suyunda mikroorganizmaları dezenfekte etkisi deniz suyunda bulunan brom ve klor iyonları ile ozonun tepkimeye girmesinden dolayı tatlı suda olduğundan farklılık göstermektedir. Balast suyu, suya ozon gazı ekleyen bir cihazdan geçerek arıtılır. Bu gazın çoğu suda çözülür ve suda bulunan organizmaları öldürmede etkili olur. Ozon, gemi bünyesinde depolanma ihtiyacı olmamasından ötürü elverişli bir yöntemdir. Balast suyuna balastın alımı sırasında karıştırılabileceği gibi, sefer sırasında balast suyu tekrar sirküle edilerek ozon ekleme işlemi de gerçekleştirilebilir. Balast tankında korozyon korumasının düşük olduğu kısımlar ile yüksek miktarda organik madde içeren sedimentin bulunduğu kısımda ozon ile arıtma işleminin yeterli olmadığı gözlenmiştir. Bu durum balast tankında bulunan benzer sucul organizmaların dezenfeksiyonunda ozonun yetersiz kalabileceğinin bir göstergesidir [38]. Deniz suyunun ozon ile arıtılmasına yönelik yapılan çalışmalar, ozonun düşük doz ve kısa zamanda bakteri ve virüsler üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Ozon ile arıtma yöntemine yönelik yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular bu yöntemin balast suyu artırımında özellikle bakteri sporları, dinoflagellat kistleri ve pek çok zooplankton türünün çevreye zarar vermeyecek konsantrasyonda ozon uygulanan arıtma işleminden canlı olarak kurtulduğu düşünüldüğünde hem maliyet hem de verimlilik açısından uygun olmasına ilişkin endişeler doğurmuştur. Ozon ile yapılacak olan bir arıtma için gerekli olan yatırım maliyeti 800.000 \$ ile 1,6 milyon \$ arasında olup, operasyon maliyeti ise ton başına 0,28-0,32 \$ civarındadır [39].

Hidrojen peroksit insan sağlığına zararı diğer kimyasallar ile karşılaştırıldığında daha az olan ve doğada çabuk ayrılan, ayrıştığında da yan ürün olarak açığa oksijen ve su çıkaran bir oksitleyici biyosittir. Laboratuvarlarda ve sağlık sektöründe dezenfektan olarak kullanılıyor olması, balast suyu artımı için kullanılması konusunda da değerlendirilmesi için öncü olmuştur. Kuzirian ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma, balast suyunun pH'ını arttırmanın balast suyunda bulunan Mnemiopsis leidy, Pennaria, polychaete, crustacean, chordate ve çift kabuklu yumuşakça gibi omurgasız canlıları öldürmek için gerekli olan hidrojen peroksit konsantrasyonunu 1 ppm'e kadar düşüğünü göstermiştir [40]. Bakteri sporları ve dinoflagellatlar hidrojen peroksit karşısında direnç gösterirler. Balast suyunu bu tür canlılardan arındırmak için gerekli olan yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonu maliyeti arttıracığından, balast suyu arıtımında hidrojen peroksit kullanılması çok efektif bir yöntem olarak görülmemektedir. Ayrıca yüksek miktardaki hidrojen peroksit gemi bünyesinde depolanması da yöntemin etkinliği açısından oldukça büyük bir sorundur.



Perasetik asit geniş bir yelpazede organizmaya etki ettiği ve istenmeyen yan ürünleri olmadığı için balast suyu arıtımında önerilen organik biyositlerden biridir. Perasetik asidin sucul ekosistemdeki canlılara etkisine ait veriler az olsa da, gemi atık suyunda bulunan koliform bakteriler ve bakteri sporları üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır. Alman bir şirket olan Degussa AG perasetik asit ve hidrojen peroksidin birleşimi ile Peracelan Ocen adında bir ürün geliştirmiştir. Sıvı formda bulunan bu ürün hem gemide hem de laboratuvarlarda yapılan çalışmalarda bitkisel mikroalgler, dinoflagellat kistleri, midyeler, balık yumurtaları, fitoplanktonlar, omurgasız canlılar ile yetişkin ve larva evresindeki kopepodlar üzerinde 50-400 ppm konsantrasyonunda 2-72 saatte oldukça etkili olduğunu göstermiştir [41]. Üretici firma yetkilileri ürünün yarı ömrünün arındırılmamış deniz suyunda 4 saat olduklarını belirtmişlerdir. Ancak Peraclean'in bozulma süresi üzerinde en etkili olan faktör ışıktır. Eğer içerisinde Peraclean bulunan bir su ışık alıyorsa, maddenin bozulması daha hızlı gerçekleşecektir. Ancak balast tanklarının ışıktan uzak olması bu bozulma süresini arttırmaktadır. Peraclean ile yapılacak olan bir arıtma operasyon maliyeti ise ton başına 0,20-0,30 \$ civarındadır [42]. Bu yüksek maliyetin yanısıra gemide ürünü depolamak için geniş alan gereksiniminin olması ve ürünün bozulma süresinin de uzun olması balast suyu arıtımında kullanılmasının önündeki engellerdir.

Oksitleyici olmayan kimyasallardan biri olan glutaraldehit, pek çok organizmayı öldürebilen organik bir bileşendir. Endüstride özellikle medikal ekipmanların sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Glutaraldehit kendi başına ya da sürfaktan ile birleştirilerek düşük miktarda balast taşıyan gemilerde balast tankını organizma kalıntılarında arındırmak için kullanılması önerilen organik biyositlerden biridir. Glutaraldehitin sucul organizmalar üzerine etkilerine ilişkin yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, bir deniz bakterisi türü olan *Vibrio fischeri*yi etkisizleştirmek için 14 ppm konsantrasyonunda glutaraldehit yeterli olurken, *Bacillus subtilis* için bu oran 20.000 ppm'e kadar çıkmaktadır. Glutaraldehitin etkili olabilmesi için balast suyunun sıcaklık ve pH değeri önemlidir. Glutaraldehit yüksek sıcaklık ile 7,5 ve daha üzeri pH değerlerinde daha etkilidir. Balast suyunun pH'ı 4,2-8,6 arasında değişmesi glutaraldehitin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır [41]. Balast suyunu arıtmak için kullanılan glutaraldehitin miktarının artması hem maliyeti, hem doğaya verebileceği potansiyel zararı arttıracığından; hem de gemi personelinin sağlığı için risk oluşturacağından pratikte kullanılması pek mümkün olmayan bir yöntemdir. Elde edilen verilen glutaraldehit ile ballast suyu arıtmada ortaya çıkan operasyon maliyetinin ton başına 25 \$ olduğunu göstermektedir [43]. Tüm bu dezavantajlar glutaraldehitin büyük ballast kapasitesine sahip olan gemilerde kullanılmasının önünde engel teşkil etmektedir.

SeaKleen içeriğinde menedion (K3 vitamini) bulunan oksitleyici olmayan bir biyosit türüdür. Bu bileşen tatlı ve tuzlu su organizmaları üzerinde etkilidir. Buna karşın deniz memelileri, kuşlar ve diğer balık türleri için zehirli olmadığından ötürü üretici firma tarafından balast suyu arıtımında kullanılmak üzere önerilmiştir. Ayrıca yarılanma ömrünün kısa olması, zararlı yan ürünler ortaya çıkarmaması ve korozyona sebebiyet vermemesi de SeaKleen'in balast suyu arıtılması konusunda kullanımının önünü açmıştır [44]. Laboratuvar testleri 0,5-2 ppm konsantrasyonundaki SeaKleen'in algler, bitkisel dinoflagellatlar, dinoflagellat kistleri ve zooplanktonlar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. 2 ppm konsantrasyonunda SeaKleen'in operasyon maliyetinin ton başına 0,20 \$ olması balast kapasitesi yüksek olan gemilerde kullanılmasının önünde bir engeldir [42]. Ayrıca bozulma ömrünün de kısa olmaması çevresel açıdan problem teşkil etmektedir.

Acroelin daha çok petrol endüstrisinde üretilen ürünün içinde bulunan bakterileri azaltmaya yönelik kullanılan bir biyositir. Ayrıca piyasada su altında bulunan binalarda ve su

kanallarındaki algleri ortadan kaldırmak için su bitkisi öldürücü maddesi olarak bulunmaktadır. Bakteri ve algleri de içeren mikroorganizmaların yanısıra; yumuşakçalar, kabuklular, balık ve sucul bitkileri de içeren makroorganizmalar üzerinde de etkilidir. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalar 1-6 ppm konsantrasyonunda Acrolein kullanılarak 24-72 saat arasında bitkisel dinoflagellatlar ile gram pozitif ve gram negatif bakterilerin kontrol altına alınabildiğini göstermiştir. 6ppm konsantrasyonunda kullanıldığında ise 24 saat sonrasında bakterilerde %99,99'un üzerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir [43]. Acrolein ile ballast suyu arıtmada ortaya çıkan operasyon maliyetinin ton başına 0,16-0,19 \$ arasındadır [42].

Biyositlerin yanı sıra balast suyu arıtımında kullanılan başka kimyasal yöntemler de vardır. Bunlardan hidroksil radikalleri hemen hemen her türlü organik yapıyı karbondioksit ve suya ayrıştırabilir. Bai ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalara göre mikroorganizmaları öldürmek için gerekli olan konsantrasyon 0,63 mg/L'dir. Bu konsantrasyon seviyesinde tek hücreli algler, protozpanlar ve bakteriler 2,67-8 saniyede DNA ve RNA'larında meydana gelen bozulmalardan ve lipid peroksidasyondan kaynaklı ölmektedirler [44]. Hidroksil radikalının su içerisinde nanosaniyeler içerisinde su, oksijen ve karbondioksit ayrışıyor olması yöntemi çevre dostu yapmaktadır. Yöntemin kullanımı için gerekli olan sistemin ebatının küçük olması ve operasyon giderlerinin de az olması yöntemi tercih edilebilir kılmaktadır. Ancak yüksek yatırım maliyeti ve yüksek güç gereksinimi yöntemin önündeki engellerdendir.

Bir diğer yöntem ise pH ayarlamadır. Canlıların içinde buldukları ortamda meydana gelen pH değişimleri kimi zaman hayatta kalmalarını engelleyecek boyutlarda olurlar. Bu gerçek, balast suyunun pH'ını değiştirerek içinde bulunan mikroorganizmalardan arındırılması konusunu gündeme taşımıştır. Balast tankına alkali ya da kimyasal madde ekleyerek suyun pH değişimi sağlanabilir. Ancak balast tankında pH'ın düşmesi korozyona yol açar. Ayrıca pH'ın değiştirilmesi de kimyasal olarak kararsız bir su oluşumuna neden olur. Bunun yanısıra balast suyunun pH'ını değiştirmek için gerekli olan kimyasalların gemide depolanması da yer açısından sorun teşkil edeceği gibi, gemi personeli için gemide büyük miktarlarda kimyasalın bulunması da sağlık ve güvenlik açısından bir problemdir. Yapılan çalışmalar pH değişimi sonucu kistler, sporlar ve dinlenme evresindeki organizmaların etkilenmedikleri gözlemlenmiştir.

Balast suyunu arıtmak için kullanılan bir başka yöntem ise, tuzluluktur. Açık denizlerde balast değişimi metodu ile yapılan arıtma, canlıların doğal olarak yaşadıkları ortamdaki tuzluluk oranına dayanmaktadır. Şöyle ki, deniz suyunun fiziksel ve kimyasal yapısı kıyılarda ve açık denizlerde farklılık göstermektedir. Tatlı su organizmaları tuzlu su olan bir ortama bırakıldıklarında ortamdaki tuzluluk farkından dolayı yaşayamamaktadırlar. Aynı durum tuzlu su canlıların tatlı su bulunan bir ortama bırakılmasında da geçerlidir. Bu gerçeklikten yola çıkılarak balast suyunun tuzluluk oranını değiştirerek balast suyunun artırılması yoluna gidilmiştir. Balast suyunun tuzluluk oranı değişimi ya direkt olarak tankların içine tuz ilave edilmesi ile ya da gemi bünyesinde bir tuzdan arındırma cihazı kullanılması ile gerçekleştirilir. Ancak bu cihazların oldukça pahalı olması, efektif bir sonuç elde edilebilmesi için gerekli sürenin uzun olması ve ekipmanın çalışması için yüksek enerji ihtiyacının olması bu ikinci yöntemin pratikte uygulanabilirliğinin önüne geçmektedir.



### 3.4 Karma Yöntemler

Balast suyu arıtımı için pek çok yöntem vardır. Ancak balast suyu içerisinde bulunan canlıların çeşitliliği göz önüne alındığında hiç bir yöntem tek başına istenilen verimde sonuçlar ortaya koyamamıştır. İşte bu durum, gemilerde balast suyu arıtması için fiziksel, kimyasal ve mekanik yöntemlerin birlikte kullanıldığı karma sistemlerin tercih edilmesine yol açmıştır. Piyasada bulunan çoğu balast suyu arıtma sistemi üreticisi tekil sistemlerin dezavantajların önüne geçebilmek adına bu yöntemlerden birden fazlasının beraber kullanıldığı karma sistemleri tercih etmektedirler. Karma sistemler, birincil ve ikincil arıtma gerçekleştiren sistemlerdir. Birincil arıtmada balast suyu içerisinde bulunan büyük partikül ve organizmalar mekanik bir yöntem ile balast suyundan ayrılırlar. Böylelikle balast suyu içerisinde ikincil arıtma için daha küçük partikül ve organizmalar kalmış olur. Üretici firmalar bu çalışmada anlatılan balast suyu arıtımında yöntemlerden bir ya da bir kaçını kullanarak ürettikleri sistemler için IMO G8 rehberinde yer alan süreçlerden geçerek BSY Sözleşmesi D2 kriterlerini sağladıklarını ispat ederler ve bu süreç doğrultusunda Tip Onayı alırlar. Bunun yanı sıra arıtma yöntemi olarak sistemlerinde aktif madde kullanan üretici firmalar G9 rehberinde belirtilen güvenlik, insan sağlığı ve çevre açısından uygun olmaları açısından değerlendirilerek aktif madde kullanımı için de onay alırlar. Onay almış olan markalar ve sistemlerine ilişkin güncel bilgiler EK 2'de verilmiştir.

### 4. Sonuç

Balast suyu arıtımı için mekanik, fiziksel ve kimyasal pek çok farklı yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin her birinin avantajları ve dezavantajları vardır. Mekanik yöntemler büyük boyutlu partiküllerin ve organizmaların sudan ayrışmasında oldukça etkilidir. Ayrıca arıtma işlemi gemi balast suyu alırken gerçekleştiği için, ayrıştırılan canlılar kendi doğal ortamlarına dönmektedirler. Herhangi bir kimyasal madde eklenmediği ya da işlem sonrasında yan ürün olarak bir zararlı bir madde oluşmadığı için gemi personeline ya da doğaya herhangi bir zararları olmamaları yöntemleri çevreci yapmaktadır. Ancak bu yöntemler kullanılarak balast suyundan arıtımında yaklaşık 40-50 mikrondan büyük partiküller ve organizmalar arıtılabileceği için daha küçük boyutlu partikül ve organizmaların arıtımında verimli değildir. Ayrıca filtreleme ve siklonik ayrıştırmada sistemin temizliği için geri yıkama yapılmasından dolayı meydana gelen basınç düşüşleri balast alma süresinin uzamasına neden olmaktadır.

Isı ile arıtmada istenilen sıcaklığa ulaşılabildiği takdirde canlıların balast suyundan arıtımında yüksek verim elde edilebilir. Ayrıca herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması nedeni ile sistemin çevreye bir zararı yoktur. Ancak suyu belli bir sıcaklığa ulaştırmak için enerji gerekmektedir. Kimi durumlarda bu enerji miktarı çok yüksek olmaktadır. Bu durum yakıt tüketimini arttıracığından maddi açıdan çok efektif değildir. Büyük miktarlardaki balast suyunun yüksek sıcaklıklarda tankların içinde bulunması, gemide sıcak su ile direkt temas halinde olan bu kısımlarda genleşmelere neden olacaktır. Bu genleşmeler de ısıl gerilmeler yaratacağı için gemi bünyesinde mukavemet açısından sorunlar çıkarabilir. Ayrıca tanklarda korozyon oluşumuna neden olabileceğinden, tanklar için ekstra bakım/onarım maliyeti oluşturacaktır. Bu yöntemin bir diğer dezavantajı ise etki etmesi için gerekli olan süredir. Kimi gemilerin sefer süreleri ısı yöntemi ile organizmaların öldürülmesi/etkisizleştirilmesi için yeterli değildir. Bu durumda yöntemden alınacak olan verim de düşmektedir. Kısıtlı avantajlarının yanında tüm bu dezavantajları göz önüne alınırsa, diğer yöntemlere nazaran dikkat edilmesi gereken pek çok kriter barındırdığından, ısı ile arıtma yöntemi çok tercih edilmemektedir.

Ultrason ile arıtma mekanik yöntemler gibi bir ön arıtma sistemi olarak oldukça etkili ve çevrecidir. Bu yöntemde su sistemden çıkarken arıtılmış olacağı için herhangi bir bekleme süresine ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak tek başına yeterli olmaması onu ikincil bir arıtma sistemi ile birlikte kullanılmak zorunda bırakmaktadır.

Oksijensizleştirme yöntemi ısı ile arıtma yönteminin aksine tanktaki korozyonun önüne geçilmesinde etkilidir. Bu durum, oksijensizleştirme ile arıtma yapan gemilerde balast tanklarının boyasından yaklaşık olarak 100.000 \$ kar elde edilmesini sağlar. Ancak özellikle balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek eski gemilerde inert gaz jeneratörü bulunmuyor ise sistemin kurulumu için gerekli alan sorun olabilir. Ayrıca oksijensizleştirme yöntemi ile verim alınabilmesi için gerekli olan süre 1-4 gün arasında değişmektedir. Sefer süresi yeterli olmayan gemiler için sistemin kullanımı uygun değildir.

Fiziksel yöntemlerden bir diğeri olan UV ile arıtma günümüz teknolojisinde gemilerde balast suyu artırmak için en çok tercih edilen yöntemlerin başında gelir. UV ile su arıtımı uzun yıllardır kullanılan bir yöntem olduğundan konu hakkında diğer yöntemlere göre daha çok teknik veriye sahip olunması, yöntemin balast suyu arıtımına adapte edilmesini de kolaylaştırmıştır. UV ile arıtma yöntemi gemi üzerinde herhangi bir tehlikeli madde barındırılmasını gerektirmediği gibi, yan ürün olarak da zararlı madde oluşturmaz. Ancak özellikle bulanıklığı çok olan balast sularında tek başına arıtma için yeterli değildir. Büyük partiküller ve organizmaların suda bulunması durumunda bu partikül ve organizmalar ışının küçük partikül ve organizmalara ulaşmasını engelleyeceğinden, UV ile ballast suyu arıtımı yapılmadan önce büyük partikül ve organizmaların arıtılmış olması gerekmektedir.

Koagülasyon metodunda küçük partikül ve organizmalar manyetik toz ile daha büyük hale getirildiğinden filtreleme ya da siklonik ayırıştırma yönteminden önce uygulanır ise bu yöntemlerden elde edilen verimin artmasında yardımcı olur. Ancak manyetik toz suya eklendiğinde partikül ve organizmaların bir araya gelmesi için ek bir tanka ve bekleme süresine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kimyasal yöntem kullanılarak balast suyu arıtılma işleminde balast suyu içerisine kimyasal madde eklenir. Eklenecek olan kimyasal maddenin dozunun balast suyundaki mikroorganizmaları öldürmeye yeterli olacak düzeyde seçilmesi gerekmektedir. Kimyasal maddeler genellikle bir kaç saat içerisinde balast suyunda bulunan istenmeyen organizmaların ölmelerini sağladıklarından uzun bir uygulama süresi gerektirmezler. Ancak kimyasal maddeler kullanıldıysa balast suyu boşaltılmadan önce balast suyunda bulunan kimyasal maddeler etkisizleştirilmeli ya da çevreye zarar vermeyecek bir hale getirilmelidir.

Görüldüğü üzere balast suyunu arıtmak için geliştirilmiş her bir yöntemin hem avantajları hem de dezavantajları vardır. Günümüzde halen mevcut yöntemler geliştirilmekte ve gemiler için efektif balast suyu arıtma sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. BSY Sözleşmesi'nin yakın gelecekte yürürlüğe giriyor olması da, balast suyu arıtma sistemleri için geliştirilen mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemler ile ilgili araştırmaların önemini arttırmaktadır.

**Kaynaklar**

- [1] Lawal; S. A. (2011), Ballast Water Management Convention, 2004: Towards Combating Unintentional Transfer Of Harmful Aquatic Organisms And Pathogens (Master tezi). Dalhousie University.
- [2] Özdemir, G. & Ceylan B. (2007). Biyolojik İstila ve Karadeniz'deki İstilacı Türler. Sümae Yunus Araştırma Bülteni, 7:3, 1-5.
- [3] Balaji, R., & Yaakob, O. B., (2011). Emerging Ballast Water Treatment Technologies: A Review, Journal of Sustainability Science and Management, 6:1, 126-138.
- [4] Göktürk, D. (2005). İstanbul Limanlarında Balast Suyu Örneklemeleri. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] IMO, (2004). International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, International Maritime Organization, London, UK, 14 Şubat.
- [6] <<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/BWMFAQ.aspx>>, erişim tarihi 28.11.2015.
- [7] <<http://maritime-executive.com/article/ballast-water-management-convention-so-close>>, erişim tarihi 10.12.2015.
- [8] <<http://globallast.imo.org>>, erişim tarihi 15.08.2015.
- [9] ABS, (2014). Ballast Water Treatment Advisory, ABS, American Bureau of Shipping.
- [10] <<http://cbs.denizcilik.gov.tr/pdf/BalastSuyuYonetimiProjesiDetayli.pdf>>, erişim tarihi 13.06.2015
- [11] Bilgin Güney C., Yonsel F., 2008. Balast Suyu arıtımında alternatif yöntemler, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi, 24-25 Kasım 2008, İstanbul, Bildirler Kitabı, Cilt 1
- [12] Valenti, M. (1997). Lighting the way to improved disinfection. Mechanical Engineering 119(7). 82-86.
- [13] Gregg, M., Rigby, G., & Hallegraeff, G. M. (2009). Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water. Aquatic Invasions, 4, 521-565.
- [14] Taylor, M.D., MacKenzie, L.M., Dodgshum, T.J., Hopkins, G.A., de Zwart, E.J., Hunt, C.D. (2007). Trans-Pacific shipboard trials on planktonic communities as indicators of open ocean ballast water exchange. Marine Ecology Progress Series 350, 41-54.
- [15] Cluskey, D.K.M. ve diğ., 2005. A critical review of ballast water treatment techniques currently in development, ENSUS 2005, 3rd International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability, Newcastle, UK, 13-15 Nisan.

- [16] Nilsen, B. ve diğ., 2003. The OptiMar Ballast System. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. 1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London. 126-136.
- [17] Parsons, M., Harkins, R. (2002). Full-scale particle removal performance of three types of mechanical separation devices for the primary treatment of ballast water. *Marine Technology*. 39(4). 211-222.
- [18] Taylor, A., Rigby, G., Gollasch, S., Voight, M., Hallegraeff, G.M., McCollin, T., Jelmert, A. (2002). Preventive Treatment and control techniques for ballast water. Leppakoski E. Edited by: Gollasch, S., Olenin, S. *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 484-507.
- [19] Rigby, G.R., Hallegraeff, G.M., Sutton, C. (1999). Novel ballast water heating technique offers cost-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 191, 289-293.
- [20] Desmarchelier, P., Wong, F. (1998). The potential for *Vibrio cholerae* to translocate and establish in Australian waters. *AQIS Ballast Water Research Series Report No.10*. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- [21] Gardner, J.F., Peel, M.M. (1991). *Introduction to sterilisation, disinfection and infection control*. Churchill Livingstone, UK.
- [22] <<http://www.hielscher.com/>>, erişim tarihi 19.06.2015.
- [23] Diaz, R.J., Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review* 33, 245–303.
- [24] McCollin, T. ve diğ., (2007). Ship board testing of a deoxygenation ballast water treatment, *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1170-1178.
- [25] Tamburri, M.N., Smith, G.E., Mullady, T.L. (2006). Quantitative shipboard evaluations of Venturi Oxygen Stripping as a ballast water treatment. 3rd International Conference on Ballast Water Management, Singapore, 1-13.
- [26] Browning Jr., W. J. ve Browning III, W. J., (2003). Ballast treatment by de-oxygenation – The AquaHabistat™ System. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. 1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium. IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, 51-60.
- [27] Lloyd’s Register. (2007). *Guide to Ballast Water Treatment Technology. Current Status June 2007*. Erişim tarihi 8.4.2015.
- [28] Carney, K. J. (2011). *Marine bioinvasion prevention: understanding ballast water transportation conditions and the development of effective treatment systems*. (Doktora

- tezi). Newcastle University School of Marine Science and Technology, Newcastle.
- [29] Sassi, J., Viitasalo, S., Rytkonen, J., Leppakoski, E. (2005). Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment. VTT Tiedotteita-Research Notes 2313. 80.
- [30] Hitachi Plant Technologies, Mitsubishi Heavy Industries (2010). Coagulation and Magnetic-Separation Solution, Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Receives First Formal Approval from Japanese Government, 15 March 2010.
- [31] MEPC. (2007). Harmful Aquatic Organisms in Ballast Water. Application for Basic Approval of a combined ballast water management system consisting of sediment removal and an electrolytic process using seawater to produce Active Substances. Report of the Marine Environment.
- [32] Gray, D.K., Duggan. I.C., MacIssac, H.J. (2006). Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing eggs in non-ballasted ships? Marine Pollution Bulletin 52. 689-695.
- [33] Dang, K., Yin, P., Sun, P., Xiao, J., Song, Y. (2004). Application study of ballast water treatment by electrolysing seawater. Matheickal JT. Edited by: Raaymakers, S. Second International Symposium on Ballast Water Treatment. International Maritime Organisation, London. UK. 103-110.
- [34] Sea trials the treatment system around the Pacific. (2011, Spring). Ballast Water Treatment Technology, s 62.
- [35] Bilgin Güney, C. ,Yonsel, F. (2011). Karma bir balast suyu arıtım sistemi ve elektrokimyasal teknoloji, Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi ( İtü Dergisi /e) Cilt 21, Sayı 2, Sayfa 57-68, Kasım 2011.
- [36] Zhang, S., Chen, X., Yang, W., Gong, Q., Wang, J., Xiao, J., Zhang, H. & Wang, Q. (2004). Effects of the chlorination treatment for ballast water. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London. 148-157.
- [37] Swanson, L., Perlich, T. (2006). Shipboard Demonstrations of Ballast Water Treatment to Control Aquatic Invasive Species. Matson Navigation Company and Ecochlor, Inc.
- [38] Oemcke, D., van Leeuwen, J. (2005). Ozonation of the marine dinoflagellate alga *Amphidinium* sp. - implications for ballast water disinfection. Water Research. 39. 5119-5125.
- [39] Sassi, J., Viitasalo, S., Rytkonen, J., Leppakoski, E. (2005). Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment. VTT Tiedotteita-Research Notes 2313. 80.
- [40] Kuzirian, A.M., Terry, E.C.S.& Bechtel, D.L. (2001). Hydrogen peroxide: an effective

treatment for ballast water. *Biological Bulletin*. 201. 297-299.

- [41] Sagripanti, J.L. & Bonifacino, A. (1996). Comparative sporicidal effects of liquid chemical agents. *Applied and Environmental Microbiology*. 62(2).545-551.
- [42] Gregg, M.D. & Hallegraeff, G.M. (2007). Efficacy of three commercially available ballast water biocides against vegetative microalgae, dinoflagellate cysts and bacteria. *Harmful Algae*. 6. 567-584.
- [43] Sano, L.L., Moll, R.A., Krueger, A.M. & Landrum, P.F. (2003). Assessing the potential efficacy of glutaraldehyde for biocide treatment of un-ballasted transoceanic vessels. *Journal of Great Lakes Research*. 29(4). 545-557.
- [44] Bai, X.Y., Zhang, Z.T., Bai, M.D. & Yang, B. (2005). Killing of invasive species of ship's ballast water in 20t/h system using hydroxyl radicals. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 25. 15-22.

**EK 1 - Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmes'ni imzalayan ülkeler**

	ÜLKE ADI		ÜLKE ADI
1	Almanya	25	Liberya
2	Antigua & Barbuda	26	Maldivler
3	Arnavutluk	27	Malezya
4	Barbados	28	Marshall Adaları
5	Brezilya	29	Meksika
6	Cook Adaları	30	Mısır
7	Danimarka	31	Moğolistan
8	Fransa	32	Nijerya
9	Güney Afrika	33	Niue
10	Gürcistan	34	Norveç
11	Hırvatistan	35	Palau
12	Hollanda	36	Rusya
13	İran	37	Saint Kitts ve Nevis
14	İspanya	38	Sierra Leone
15	İsveç	39	Suriye Arap Cumhuriyeti
16	İsviçre	40	Tonga
17	Japonya	41	Trinidad ve Tobago
18	Kanada	42	Türkiye
19	Karadağ	43	Tuvalu
20	Kenya	44	Ürdün
21	Kiribati	45	Fas (Kasım 2015)
22	Kongo	46	Endonezya (Kasım 2015)
23	Kore Cumhuriyeti	47	Finlandiya*
24	Lübnan		

\*Finlandiya henüz sözleşmeyi imzalamamıştır ancak 2015 senesi içerisinde imza atması beklenmektedir.

## EK 2 - Firmaların IMO Onaylı Balast Suyu Arıtma Sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onay Bilgisi		
				Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
				Ön Onay	Son Onay	
1	Alfa Laval	PureBallast	Filtreleme + UV/TiO <sub>2</sub>	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
2	Ocean Saver	BWMT Mark I	Filtreleme + Oksijensizleştirme + Kaviteasyon + Elektrodialitik Dezenfeksiyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
3	Ocean Saver	BWMT Mark II	Filtreleme + Elektrokardialitik Dezenfeksiyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
4	Optimarin	Ballast System	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
5	Mitsui	FineBallast OZ	Kaviteasyon + Ozon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
6	Mitsui	FineBallast MF	Membrane filtre	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
7	Hitachi Plant Technologies	ClearBallast	Filtreleme + Ön Koagülasyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
8	JFE Engineering	JFE BallastAce	Filtreleme + Klor + Kaviteasyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
9	Techcross	Electro-Cleen	Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
10	RWO	CleanBallast	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
11	NEI Treatment Systems	Mitsubishi VOS System	Oksijensizleştirme + Kaviteasyon	N/A	N/A	Onaylı (Liberya)
12	NK	NK-O3 Blue Ballast	Ozon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
13	Ecochlor	Ecochlor BWT	Filtreleme + ClO <sub>2</sub>	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
14	Resource BWT	Resource BWT	Filtreleme + Kaviteasyon + Ozon + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Güney Afrika)
15	Panasia	GloEn-Patrol	Filtreleme + UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
16	Hamworthy Greenship	Greenship Sedinox BWT	Siklonik + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	-
17	Cosco Shipbuilding	Blue Ocean Shield	UV + Filtreleme	Onaylı	-	Onaylı (Çin)
18	Hyundai	EcoBallast	UV + Filtreleme	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
19	GEA Westfalia	Ballast Master UltraV	UV + Ultrason	Onaylı	N/A	Onaylı (Almanya)
20	Siemens	SiCURE BWMS	Sodyum Hipoklorit + Filtre	Onaylı	Onaylı	-
21	Mahle Industrial	Ocean Protection	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Almanya)
22	Hyde Marine	Hyde GUARDIAN	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
23	SunRui	BalClor BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
24	Desmi Ocean Guard	DESMI Ocean Guard	Filtre + UV + Ozon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Danimarka)
25	Samkun Century	ARA PLASMA BWTS	Filtre + UV + Plasma	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)



**BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNDE MEVCUT**

26	Hyundai	HiBallast	Filtreleme + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
27	Kwang	En-Ballast System	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	-	-
28	Qingdao Headway	OceanGuard BWTS	Filtreleme+ Elektrokataliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
29	Wuxi Brightsky	BSKY BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
30	Severn Trent DeNora	BalPure BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
31	Samsung Heavy	Purimar System	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
32	AQUA	AquaStar BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
33	Kuraray	MICROFADE	Filtre + Kalsiyum Hipoklorit	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
34	JFE Engineering	JFE BallastAce	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
35	Nippon Yuka Kogyo	SKY-SYSTEM	Kimyasal	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
36	Erma First	ERMA FIRST BWMS	Filtreleme + Siklonik + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Yunanistan)
37	Envirotech	BlueSeas BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	-	-
38	Envirotech	BlueWorld BWMS	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	-	-
39	GEA Westfalia	Ballast Master ecoP	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	-	-
40	Samsung	SHI BWMS	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	Onaylı	-
41	Daliam Marine University	DMU OH BWMS	Filtreleme + Sodyum Sülfid	Onaylı	-	-
42	Hanla IMS	EcoGuardian	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	-	-
43	STX Metal	Smart Ballast	Elektroliz	Onaylı	-	-
44	Jiujiang Precision	OceanDoctor	Filtreleme + Fotokataliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
45	Hwaseung R&A	HS-BALLAST	Elektroliz	Onaylı	-	-
46	Panasia	GloEn-Saver	Filtreleme + Elektrokikite Klorlama	Onaylı	-	-
47	Korea Top Marine	MARINOMATE	Plankill pipe + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	-
48	Wärtsilä Water Systems	AQUARIUS EC BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	-
49	Shanghai Cyeco	Cyeco BWMS	Filtreleme + UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
50	Knutsen Ballatvann	KBAL BWMS	UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
51	Auramarine	CrystalBallast BWMS	Filtreleme + UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
52	Van Oord	Van Oord BWMS	Klor (Sadece İçme Suyu)	Onaylı	N/A	-
53	Redox	REDOX AS BWMS	Filtreleme + Ozon + UV	Onaylı	-	-
54	Sunbo Industries	Blue Zone BWMS	Ozon	Onaylı	Onaylı	-

55	Wärtsilä Water Systems	AQUARIUS UV BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Hollanda)
56	Bio-Uv Sas	BIO-SEA	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Fransa)
57	MMC Green Technology	MMC BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
58	Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast BWMS	Filtreleme + Mikromembran + Oksijensizleştirme	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
59	Elite Marine	Seascape BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
60	Shanghai Hengyuan	HY-BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
61	Shanghai Jiazhou	BALWAT BWMS	Araştırılıyor	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
62	Azienda Chimica	ECOLCELL BTs BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
63	Panasonic	ATPS-BLUE BWMS	Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
64	Ecomarine	ECOMARINE EC BWTS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
65	Kurita Water Industries	KURITA	Kimyasal	Onaylı	Onaylı	-
66	Evonik	Evonik BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	-
67	Miura	Miura BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
68	Sumitomo	ECOMARINE UV BWTS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
69	Kalf	ElysisGuard	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
70	Trojan Technologies	Trojan Marinex BWT	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
71	Cathelco	Cathelco BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Almanya)
72	Bawat	Bawat BWMS	Isı + Oxygen stripping	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)
73	NK	NK-Cl Blue Ballast	Kimyasal	Onaylı	-	-
74	Techcross	ECS-HYCHLOR	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
75	Techcross	ECS-HYCHEM	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	-	-
76	Techcross	ECS-HYBRID	Filtreleme + Kimyasal + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
77	Kadalneer Technologies	VARUNA	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
78	Yixing PACT	PACT Marine BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
79	Coldharbour Marine	Coldharbour BWMS	Oksijensizleştirme	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
80	Desmi Ocean Guard	Ray Clean™ BWTS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)

## DESIGN OF A 4-PASSENGER COST-EFFICIENT COMMERCIAL VESSEL

Bariş TIĞLI, Şebnem HELVACIOĞLU Barış BARLAS  
*Istanbul Technical University, Department of Naval Architecture and Marine Engineering*

### ÖZET

In this paper, a 4-passenger cost-efficient vessel which can form a new transportation alternative in Istanbul has been designed. The design process has been progressed within the framework of speed, flexibility and cost. Detailed route analysis was carried out to understand the necessity for this product for transportation in Istanbul. Concept design, preliminary design, and cost estimation of the vessel was carried out to accomplish the objectives.

**Keywords:** Design, Route analysis

### 1. Introduction

In our modern world, traffic became a crucial issue for metropolises with the contribution of population growth and migration. This issue especially shows itself on the land transportation. Local governments trying to solve this problem with improving and varying land mass transportation alternatives. However, metropolitan cities commonly have limited space for the improvements. Therefore, other solutions like subways; trams etc. are becoming logical options. Another alternative is the usage of sea, canals or lakes for coastal cities. Because some of metropolitans are generally placed near a sea, river or lake, this fact can be an important advantage for transportation.

As an example of those metropolitans Istanbul which according to Castrol and TomTom Start-Stop Index has the first place in the traffic jam list, transportation on water can be an alternative solution for this problem [1]. Bosphorus Strait divides Istanbul into two regions: Europe and Asia. This allows transportation between two regions vertically and horizontally. Istanbul's mass transportation system takes advantage of this opportunity by varisized vessels and many routes. Unlike the capacity of transportation on water of Istanbul, as Aycı and Barlas stated, only 2.54 % of passengers choose marine transportation [2]. Additionally, the capacity usage ratios are around 20% [3]. Mass transportation fail to satisfy passengers' rapid and flexible trip expectations and private sea cabs' prohibitory pricing conception move people away from the sea. In relation to these facts an alternative transportation is proposed depending on deficiency of marine transportation in Istanbul. A cost-efficient 4-passenger vessel was designed based on the mentioned criteria.

## 2. Transportation in Istanbul

Before designing the vessel, a comprehensive research was made for understanding current situation of transportation in Istanbul. The demographic structure, frequently used lines and passengers carried were examined; mass transportation alternatives of the Bosphorus were inspected. Transportation in Istanbul is conducted by Şehir Hatları A.Ş. of Municipality of İstanbul, recently privatized İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş. and private companies such as Turyol and Dentur. Local government body and private companies have a total of 481 sea transportation vessels. Sea transportation lines in İstanbul are mainly operated between Asia and Europe as well as Princes' Islands. In Table 1 the number of daily passengers in Istanbul sea transportation is given.

**Table 1.** 2013 sea transportation numbers of daily passengers in Istanbul.

Company	Vessel numbers	Daily passengers	Percentage in total commuters
Şehir Hatları A.Ş	34	146798	1,08%
İDO	53	94806	0,70%
Private vessels	393	100250	0,74%
<b>Total</b>	<b>481</b>	<b>341854</b>	<b>2,53%</b>
<b>Private</b>	<b>447</b>	<b>195056</b>	<b>1,44%</b>
<b>Municipal</b>	<b>34</b>	<b>146798</b>	<b>1,08%</b>

The total number of moving daily passengers in Istanbul is over 8 million on roads. Additionally, 3 million are carried by railed transportation. Demographical data of Istanbul between 2010-2015 is given in Table 2. Insufficiency of land transportation in Istanbul motivates improving new rotas and contemporary solutions for sea transportation.

**Table 2.** Demographical data of Istanbul between 2010-2015.

Year	Population	Population growth rate
2010	13,255,685	
2011	13,624,240	2.78%
2012	13,854,740	1.69%
2013	14,160,467	2.21%
2014	14,377,018	1.53%
2015	14,561,865	1.29%

### 3. Design Phase

#### 3.1 Requirements

In the beginning of the design process of vessel, requirements must be determined. Unlike the existing vessels, capacity is constrained by 4 passengers, less than any other alternative. Urban citizens are forced to act alone due to nowadays' present routine. This lifestyle, inevitably influences how they travel in the city. Hanson and Giuliano indicated that on roads more than 90% of the urbanites drive alone and this level keeps rising every year [4]. Clearly, this data shows the transformation of our transportation habits. Because of this reason and failure of sea transportation in Istanbul, nearly 20% of capacity usage and downgrading trend of this data, indicates to set the capacity of the vessel to 4 passengers. By this limitation, being an alternative between private and mass transportation, land taxis were targeted. From this point of view, the vessel must have less initial and running costs than the current alternatives. Additionally, the vessel should have flexibility to access almost every coastal region for taking an advantage in front of strict routed mass transportation alternatives. Moreover, it has to reach a certain speed as the time spent in the vessel probably will be the primary feature for passengers.

#### 3.2 Concept and Preliminary Design

According to the requirements, the hull form was chosen as a planning body with a chine and the main dimensions are 6.50 m in length, 2.45 m in breath, 0.44 m draft with 2.40 t displacement.

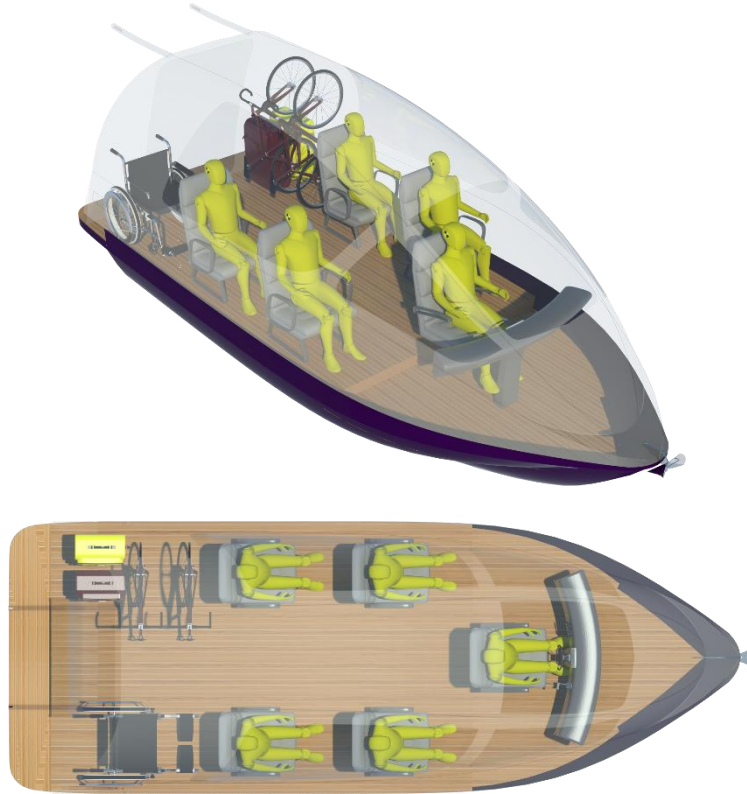
Neufert's Architect's Data was used in terms of ergonomics [5]. On this basis, passengers' seating plan was planned as 2 rows and 2 columns. In front of passengers, captain's area was located with a seat and a control panel in front of her/him. Bicycle and luggage zone was located on port aft of the vessel. In face of that zone, handicapped area was located with 1.2 meters along the ship length for providing enough space for a wheelchair. Main entrance located at abaft with 1.2 meters width with a 0.9 meters long platform. Gangway was designed to be adjustable sloped to integrate every different freeboard value of ports, thus has 1 meter width for ergonomics. This element designed to be powered either with manpower by ropes which are lied through entrance sides in bars or with electrical motor supplied by batteries. Moreover, seats were designed to provide maximum comfort for passengers. For this reason seat dimensions was selected as; width 620 mm, pitch 1350 mm. Also, height of accommodation zone was chosen 2000 mm for a comfortable inside volume. Captain's deck 110 mm lower than main deck to provide 2000 mm height for that reason his/her seat selected as elevation controlled to provide maximum view angle.

Upper structure of the vessel was designed depending on Conformité Européenne's (CE) related regulation [6]. Therefore minimum window opening was raised 600 mm from gunwale. Fiber-reinforced plastic material was selected for upper structure because of its physical properties and low weight. Besides, glasses on superstructure kept as much as possible for a natural atmosphere and vision. Lastly, entrances are also designed taking into consideration the related regulations of CE and The Maritime and Coastguard Agency (MCA) [6,7]. Main entrance, which located aft of the vessel, has sliding doors for easy entrance and exit. The height of the door is 1.9 meters for ergonomic and structural needs. Additionally, an emergency exit was located in front of the control panel which is positioned fore-end of the vessel. The general arrangement is given in Figure 1.

Hull form can be categorized as planning hull according to International Maritime Organization's (IMO), International Code of Safety for High-Speed Craft 2000 (2000 HSC Code). Guidance of determined main dimensions, suitable sample form selected from Maxsurf Modeler's library and manipulated according to the requirements. Additional hydrodynamic lift that support planning regime, one chine was added into the hull form. All engineering calculations were completed by using Maxsurf program.

Equipment was selected based on MCA Brown Code, International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREG),1972 and International Convention for Safety of life at Sea (SOLAS),1974 [8, 9]. Additionally, navigation lights were located according to COLREG-72.

Main engine is the key element of the vessel that determines speed, weight, fuel consumption and initial cost. Optimal engine option for certain course speeds which were mentioned at resistance calculations, is searched. Then suitable engine options were compared and best fit for this study which is Yanmar 6BY3-220 was selected.



**Figure 1.** General arrangement

Fuel tank capacity was determined by estimated fuel consumption data based on resistance calculations. Selected main engine consumes 20 liters diesel per hour at fast course that means 0.615 liters per knot. Even at fast course to ensure 500 nautical miles range 300 liters fuel tank was placed.

Superstructure, fiber-reinforced plastic composite was chosen to use for its low weight and excellent physical properties. Moreover, high-density polyethylene (HDPE) which has low manufacturing cost, high strength values and recyclable characteristic; aluminum that has low weight and easier production conditions than other options, at last fiber-reinforced plastic which has mentioned superior properties were selected as possible materials to manufacture the hull. Suitable material for the hull can be chosen according to production conditions (budget, time, location, available resources and etc.).

Scantling calculations were made for each hull material alternative depending on related regulations. Det Norske Veritas’ (DNV) Standard for Certification No. 2:21 was used for HDPE, ISO 12215-5:2008 was used for aluminum and FRP scantlings [10].

Detailed weight estimation was made based on the equipment list, scantling calculation, engine selection, general arrangement and some additional features. HDPE hull option was used for this estimation because of its higher weight value.

Stability calculation was made on Maxsurf Stability Module with the data taken by detailed weight estimation. Fuel tank permeability taken as 95% and calculations were made for the fully loaded condition. Seakeeping analysis was made by using Maxsurf Motions Module for determination of motion sickness incidence (MSI) risks. Analysis was made for all passengers and captain’s position. 15, 25 and 32.5 knots for 90, 120, 150 and 180 degree headings were calculated by software.

**3.3 Cost Estimation**

One of the goals of this study is designing a low-cost vessel. To achieve this goal, vessel has to be budget-friendly, both initial and running costs. Initial cost of the vessel includes 2 main components which are manufacturing and outfitting costs. Hull form was selected as one chined to decrease the manufacturing costs. Additionally, HDPE was projected for reducing material cost. Initial cost estimation can be seen in Table 3.

**Table 3.** Initial cost estimation.

<i>Material</i>		<i>HDPE</i>	<i>Aluminum</i>	<i>FRP</i>
Hull *		\$4000	\$5500	
Superstructure *				\$4000
Main Engine	\$41500			
Equipment	\$5800			
Labor	\$5000			
Unexpected Expenses	\$5000			
<b>Total **</b>		<b>\$65300</b>	<b>\$66800</b>	

*\*Estimations based on material prices in market and expert opinions. Material and labor costs included.*

*\*\*Prices given as U.S. Dollar (\$)*



Running costs include management expenses, salaries, fuel cost and maintenance. Operation (rent, office, etc.) expenses foreseen as 1000\$ per month, 2 office employees will be hired for 850\$ per month salary. Also, salary of the captain assumed as 1200\$ per month. Furthermore, monthly maintenance fee foreseen as 1000\$. Fuel cost calculation depends on the trip and its specifications. For that reason, basic fuel consumption data calculated for further use in scenario based estimation. Fuel prices were taken from up-to-date databases and are shown as U.S. Dollar currency for decent comparison [11-13].

#### 4. Results

Aim of this study is to design a vessel that can be an alternative for sea transportation of Istanbul with its flexibility, speed and low construction and operation costs. Most of the design parameters which are important to provide every specification for the outcome have been taken. Detailed route analysis was carried out to understand the necessity for this product for Istanbul. Different berths were examined to decide on the design restrictions. Different materials were surveyed to resolve production cost as well as the aesthetic.

After the research phase concept and preliminary design stages were completed. Shortcomings of the design were looked into. A rough cost estimation for production and a more detailed cost estimation for operation were made for the vessel. As a result of this study, flexibility goal was attained by vessel's overmuch inner volume and its adjustable gangway. Additional, speed target was reached by low displacement and planning hull form. Lastly, low-cost objective was provided by less horsepower need and cost-efficient materials. Briefly, main technical goals of this study were achieved.

On the other hand, design of the vessel exceedingly influenced by regulations and technical requirements. Correspondingly, in an aesthetical aspect, vessel was not provided to get a desired view. In future studies, enhanced structural calculations for manufacturing, detailed market research, more professional cost estimation and completely new upper structure design can be made in order to improve the current study. Consequently, despite some deficiencies, Chloris concept can be an alternative vessel for Istanbul's existing sea transportation systems.

#### References

- [1] Castrol MAGNATEC Start-Stop Index. (n.d.). Retrieved December 24, 2015, from [http://www.castrol.com/en\\_au/australia/products/cars/engine-oils/castrol-magnatec-brand/stop-start-index.html](http://www.castrol.com/en_au/australia/products/cars/engine-oils/castrol-magnatec-brand/stop-start-index.html)
- [2] Aycı, T., & Barlas, B. (2015). İstanbul Şehir Hatları'nın Gemi ve Hat Analizi. GİDB Dergi, No:2:17-30.
- [3] İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı (2002). *İstanbul I. kentiçi ulaşım şurası: 14-16 mart 2002*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı.
- [4] Hanson, S., & Giuliano, G. (2004). *The geography of urban transportation* (3rd ed.). New York: The Guilford Press.
- [5] Neufert, E., Neufert, P., & Kister, J. (2012). *Architects' data*. John Wiley & Sons.



- [6] International Organization for Standardization, ISO (2008). ISO 12215-5:2008 Small craft -- Hull construction and scantlings -- Part 5: Design pressures for mono-hulls, design stresses, scantlings determination.
- [7] Maritime and Coastguard Agency. (2014, May 6). Small craft codes. Retrieved December 26, 2015, from <https://www.gov.uk/government/publications/small-craft-codes>
- [8] *International Conference on revision of the international regulations for preventing collisions at sea, 1972: Final Act of the conference, with attachments, including the Convention on the International Regulations for preventing collisions at sea, 1972.* (1990). London: IMO.
- [9] *International Conference on Safety of Life at Sea, 1974: Final act of the conference, with attachments, including the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974.* (1974). London: Inter-governmental Maritime Consultative Organization.
- [10] Veritas, D. N. (2010). STANDARD FOR CERTIFICATION No. 2.21.
- [11] Akaryakıt Fiyatları, Uluslararası Nakliyeciler Derneği. (2015, December 21). Retrieved December 23, 2015, from <http://www.und.org.tr/tr/13031/akaryakit-fiyatlari>
- [12] Petrol ve LPG Piyasası Fiyatlandırma Raporu, Kasım 2015. (2015, December). Retrieved December 23, 2015, from [http://www3.epdk.org.tr/documents/petrol/rapor\\_yayin/Tarife\\_Fiyatlandirma\\_Rapor\\_Kasim\\_2015.pdf](http://www3.epdk.org.tr/documents/petrol/rapor_yayin/Tarife_Fiyatlandirma_Rapor_Kasim_2015.pdf)
- [13] Bunker Index: Price Index, News and Directory Information for the Marine Fuel Industry. (2015, December 23). Retrieved December 23, 2015, from [http://www.bunkerindex.com/prices/bixfree.php?priceindex\\_id=5](http://www.bunkerindex.com/prices/bixfree.php?priceindex_id=5)



## ETİK DEĞERLER VE MÜHENDİSLİK

Gürcan KOÇAN\*

*\*İnsan ve Toplum Bilimleri Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469 Maslak-Istanbul, Türkiye.  
Tel: +90-212-285 7277, e-mail: kocan@itu.edu.tr*

Uygarlığın gelişiminde şüphesiz mühendislik uygulamalarının üretimle kurduğu yakın ilişki her zaman önemli bir rol oynamıştır. Bir yandan mühendislik, kuramsal bilimsel bilgiyi yeni ürünlerin üretiminde uygulamaya koyarak yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına sebep olurken öte yandan sağlıktan eğlenceye, gıdadan çevreye, iletişimden eğitime kadar ortaya çıkan yeni teknolojiler, insan yaşamını öngörülemeyen ve geri döndürülemez bir şekilde köklü olarak değiştirmişlerdir. Bu bakımından, günümüz dünyasında insan yaşamının anlamsal, çevresel, toplumsal ve bireysel boyutlarında gözlemlediğimiz hızlı değişim ve dönüşüm kuşkusuz sürekli gelişerek değişen mühendislik ürünleri ve teknolojiyle doğrudan ilişkilidir.

Dünyadaki mühendislik uygulamaları ve teknolojiye hızlı gelişim ve buna bağlı olarak insan yaşamındaki değişim süreci iki yönlü ilerlemiştir. Bu süreç, birbirine karşıt iki yüz gibi de belirtilebilir. Sürecin bir yüzü insan yaşamındaki sorunların çözümüne odaklanarak bir yandan insan yaşamındaki pek çok olayın kolaylaşmasını sağlarken, diğer yandan doğal kaynakların tahrip edilerek ve hızla tüketilmesi sonucuna bağlı olarak çevresel dengenin bozulması, hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği ve görüntü kirliliği gibi farklı biçimlerde kendini gösteren ve teknolojik gelişmenin sonucu olan pek çok sorunla bizleri karşı karşıya bırakmıştır. Bu sorunların ulaştığı tehlikeli boyutların olağan sonucu, bizleri, birçok mühendislik uygulamasının ve teknolojinin insan yaşamı içindeki yerini, anlamını, değerini ve gelenen bu noktada nerede yanlışlık yapıldığını bir kez daha sorgulamaya yöneltmiştir. Bu sorgulamada amaç, şüphesiz, yaşadığımız dünya düzeninde temel sorunun teknolojinin gerekli olup olmadığı sorgulanması olmayıp, teknolojiye şekil vererek onu üreten ve dolayısıyla da onun nasıl kullanılacağını belirleyen mühendisliğin değer ve anlam sorumluluklarına dikkat çekmektir.

Şüphesiz kendi anlam ve değerlerini sorgulayan, sorumluluklarının farkına varan ve ödev bilinciyle hareket eden bir mühendislik uygulaması, genel eğilimi itibariyle insanın ve insan yaşamının değerinin genel olarak arttığı, gerçekliğin bilimsel-teknolojik ve işlevsel düşünce bağlamında sadece ‘niceliksel’ olmayıp aynı zamanda niteliksel olduğu daha özgür ve uygar dünyaya göndermede bulunur. Varlığın anlamının ve değerinin belirlenmesine ya da sorunlarının anlaşılmasına veya günümüzde yaşadığımız diğer sorunlarının nedenlerinin çözümlenmesine, varlık yaşamının içinde bulunduğu çevresel ve toplumsal duruma ya da içinde yer aldığı fiziksel, siyasi, ekonomik ve kültürel ortama kayıtsız kalan bir mühendislik ve teknoloji uygulamasını tasarlayarak üretmek mümkün değildir. Diğer bir deyişle, varlığın anlam ve değerlerini yadsıyan, değer ve anlam dışı bir mühendislik ürünü veya teknolojiyi hayata geçirmek olası değildir. Varlık değeri kapsamında insan değerleri ve anlamları her bir mühendislik uygulama ve eyleminin arkasındaki temel belirleyici kaynaktır. Her bir

mühendislik uygulaması, doğru olan şeyi göz önünde bulundurarak, belirli bir durum için geçerli değerler ve ilkeler tarafından tanımlanan ödev ya da amaç bilinciyle eyleme yönelir ve karar biçiminde gerçekleşir (Speight ve Foote, 2011). Herhangi bir konuda karar vererek eyleme geçmek demek, değer ve ilkeler çerçevesinde değerlendirme yapmak anlamına gelir. Aslında değerlendirme yapmak farklı hareket ve davranış seçenekleri arasından birini ya da birilerini seçmektir. Değerlendirmeye dayanan her karar verme sürecine bağlı seçimde, seçilen davranışlar kadar seçilmeyen davranış biçimleri de vardır. Burada “seçilen” ve “seçilmeyen” olarak ortaya çıkan değerlendirmede, kişinin sahip olduğu değerler ve ilkeler esastır.

Değerlerin ve ilkelerin bir çeşit pratik uygulaması olarak herhangi bir mühendislik ürününde, her zaman ürünü üreten kişi veya kişiler olarak “özne”, bir de bu ürünün kullanım açısından yöneldiği kişi ve kişiler olarak “özne ya da özneler” ile ilgili doğrudan ya da dolaylı durumlar vardır (Robinson ve Ross, 2007). İlk özne durumu, bireylerin kendi kişisel görüşlerinin, değerlerinin, ilkelerinin, algılarının ya da duygularının, düşüncelerini, etkileşimleri, mühendislik uygulamasını etkilemesi durumuna göndermede bulunur. İkinci özne durumu ise, eylemin ortaya çıkardığı sonuçların kişileri dolaylı ya da doğrudan etkilemesi anlamına gelir. Her iki özne durumunda da olan insan, bir yanda bir mühendislik ürününe anlam ve değer yükleyen özne olarak insan, diğer yanda da mühendislik eserinde anlamlı ve değerli olarak görülen şeyin alıcısı, algılayıcısı ve yeniden üreticisi durumundaki özne olarak insandır.

Doğruluk ve yanlışlığı tartışıldığı herhangi mühendislik uygulamasında hem özne hem de nesne olarak varlık durumu ve insan söz konusudur. Bu çerçevede de herhangi bir mühendislik uygulamasını gerçekleştiren özne olarak insan, kendisinin ya da diğer varlıkların var olma değerlerini önemseyerek, onları koruyacak şekilde hareket edebileceği gibi, onların varlık olarak var olma değerlerini yadsıyarak, zarar verecek şekilde de davranışta bulunabilir. İnsanı ve onun yaşadığı çevreyi bir değer ve anlam kaynağı olarak görmeyen ve insana ve onun yaşadığı çevrenin var olma değerine önem vermeyen bir mühendislik uygulamasının kendi değerinden veya başarısından söz etmek pek olası değildir. Bunun için her mühendislik, eserinin tasarım ve uygulama aşamasında, doğru ve iyi olanı arzu etme çerçevesinde değer ve ilke olgusunu dikkate almalıdır. Bu tutum insanın var olma değeri ve anlamlarıyla yakından ilgilidir.

Bu çerçevede, mühendislik, doğru olan şeyi göz önünde bulundurarak, belirli bir durum için geçerli değerler ve ilkeler tarafından tanımlanan ödev ya da amaç bilinciyle, belirli bir hedefe ulaşmak veya belirli bir konuda ortaya çıkan tercihi tatmin etmek ya da birtakım sonuçları ortaya çıkarma çabası olarak tanımlanabilir. Hiçbir mühendislik uygulaması, insanın anlam ve değerlerini yadsıması ya da görmezlikten gelmesi durumunda olamaz. İnsanın değerleri ve anlamları, mühendislik eylemlerinin arkasındaki oluşturucu ve motive edici birincil dayanaklardır.

Değerler kişiye, doğrudan ya da dolaylı veya bilinçli ya da bilinçsiz olarak ilke, amaç ve ödev olarak, kişi veya çevresi tarafından yüklenirler. Ödev, amaç ve son olarak yüklenen değerler, kişi olarak mühendisi sorumlu yapar ve daha sonra da görev tanımlaması bağlamında da kişileri harekete geçirir. Aynı zamanda, her kişide yüklü değerler zinciri, bir eylemi ya da olgu durumunu onaylama ve onaylamama şeklinde yapılan değerlendirmelerinde ortaya çıkar. Bu bağlamda değerler, bir geminin şekli veya biçimi gibi mühendislik uygulamalarını ilgilendiren konularda, olguya nitelik yükleme ve olguyu uygun bulma veya bulmama gibi kişilerin memnuniyet veya memnuniyetsizliklerini oluşturan şeyler olarak karşımıza çıkarlar.

Kişi olarak mühendislerin eylem, karar ve davranışlarında, hareketlerin içeriğini belirleyerek yön veren değerler, aynı zamanda bir mühendislik uygulamasının veya olgunun değerlendirilerek yargılanmasının yapılmasını, o uygulamanın başarılı veya başarısız olduğuna karar vermesi noktasında temel belirleyici rolü oynarlar. “Bu gemi şekli başarısızdır,” dendiğinde bir mühendislik eseri ile ilgili ancak “bir mühendislik olgusuna bağlı olarak yapılan eylem doğrudur,” değeri ile bir değerlendirme yapılarak davranış ile ilgili karar verilmiş olur. Bir şeye başarılı ve başarısız demek, ona karşı değer vererek ya da vermeyerek, olumlu veya olumsuz bir tavır almak, yargıda bulunmaktır. Bu tavır, kişinin sahip olduğu ilkeler, değerler ve anlamalar tarafından yönlendirilir. Diğer bir deyişle, karar verme veya seçme iradî bir durum olup, kişilerin sahip olduğu ilkeler, değerler ve anlamlar çerçevesinde yapılır. Değerleri ve ilkeleri belirleyen unsur kişilerin rasyonel seçimleri olduğu gibi kişilerin rasyonel seçimlerini de belirleyen unsur değer ve anlamlardır.

Değerler ve ilkeler hem kişilerin rasyonel seçimlerinin sonucu, hem de seçimlerinin nedenidirler. Değerler, kişinin kararlarına doğrudan etki ederek, eylem ve davranışlarını belirler. Bu çerçevede, kişilerin amaçlarının belirlenmesi, arzuların, özlemlerin veya beklentilerin ötesinde aslında değerlerin konusudurlar. Çünkü bir şeye değer biçmek veya değer vermek, kişilerin bir konuda yapması gereken şeylerin belirlenmesi konusunda adım atmaktır. Bu nedenle de mühendislik bağlamında değerleri belirlemek, dolaylı olarak mühendislik eylemleri için bir takım asli amaçları belirlemek ve bu amaçları gerçekleştirmek için izlenmesi gereken tutum ve davranış modellerini ortaya koymaktır.

Her bir mühendislik uygulaması insanın etik ilkeleri, değerleri ve anlamlarıyla doğrudan bağlantılıdır. Fakat hiçbir mühendislik uygulamasının koşulsuz ve kendi içinde bir değeri yoktur. Diğer bir deyişle, hiçbir mühendislik uygulamasının kendinde amacı, başka bir şeye bir araç olmaktan ziyade sırf kendisi için talep edilen, amaçlanan ve sonlanan veya insandan bağımsız için “kendi başına değeri”, yani kendi için var olan bir değeri yoktur. Aslında, bir şeyin için değere sahip olmadığını söylemek, bu şeyin değerini kendi varlığının ötesinde nedenlerden, yani başka bir kaynaktan, genellikle de sonuçlarından aldığını ileri sürmektir (Audi, 1997). Herhangi bir şeyin sadece mühendislik eseri veya mühendislik uygulaması başka bir şeye araç olmaksızın var olması, böylece sadece kendinde amaç olması dolayısıyla herhangi bir değer taşımaz. Onların değeri diğer değer ve amaçların varlığı ile doğrudan ilişkili, yani araçsaldır.

Bu araçsal ilişki içerisinde, mühendislik ürünlerinde başarının ölçütü asli değerlere bağlı olarak belirlenen amaca ulaşmaktır. Bu durum ürünün işlevselliği ile yakından ilgilidir. Bir şeyin işlevselliği, tasarım ile sistem yapısı veya ürün ile kullanım bağlamı arasında bağlantı kurulmasıdır. Aynı zamanda işlevsellik, ürünü üretmedeki veya kullanmadaki amacın kendisidir. Bu nedenle, ürünün işlevselliğine ait bilgi, yeni bir ürünün tasarımı ya da var olan bir uygulamayı onarma veya kullanma noktasında önemli bir role sahiptir. İşleve ait bilgi, ürünü ve uygulamayı yapısal sistemin ya da ortamın gömülü parçası olarak tanımlar ve bu çerçevede de parçanın bütün içindeki işlevine, yani parçanın amaca erişmede nasıl katkıda bulunduğunu açıklar.

Mühendislik alanındaki işlev, bir ürünün yapısal bir sistem içinde çalışması ve o ürünü özel bir ortamda kullanan kullanıcıların, o ürünü kullandıklarında ne elde ettikleri ile yani “fayda değeri”yle ilgilidir. Mühendislik eserlerinin işlevselliği bir yandan belirli bir amaç ve arzu doğrultusunda üretilen mühendislik ürünlerinin beklentileri karşılmasına göndermede bulunurken diğer yandan da talep edilen ya da ihtiyaç duyulan şeyin, ekonomik, siyasi,

toplumsal koşullar da dâhil olmak üzere bir arka plan bağlamına ve altyapı koşullarının iyi anlaşılmasına atıfta bulunur. Herhangi bir mühendislik uygulamasının başarısı, var olan tüm bağlamsal seçeneklerin (eylemler, iç ve dış kaynaklar, kurallar ve kurumlar vb.) sonuçlarıyla, yani ortaya çıkardıkları neticeler bakımından değerlendirilmesiyle doğrudan ilgilidir. Örneğin, teknolojik olarak en gelişmiş kabul edilebilecek bir mühendislik eseri belirli bir ihtiyacı karşılamak için tasarlanmış en iyi ve en uygun eser olmayabilir. Teknolojik olarak daha az gelişmiş gemi inşa mühendisliği ürünü tasarlayarak üretmek, ekonomik açıdan daha ucuz ve sosyal ve kültürel yönden daha uygun olabilir. Bu açıdan bakıldığında, bir şeyin başarılı bir mühendislik uygulaması olarak tanımlanabilmesi için, üretilen mühendislik eserinin hem teknik ve bilimsel açıdan sağlam ve tutarlı olması hem de kültürel, sosyal ve ekonomik değişkenler çerçevesinde ortaya çıkardığı sonuçlar bakımından amaçlara uygun olması gerekmektedir. İşlevsel analiz, mühendislik ürününün değerlendirilmesinde anahtar bir role sahiptir.

Bu çerçevede, ilk bakışta mühendislik uygulamalarında başarının ölçütü, hedeflenen amaca ulaşmak, yani üretilen ürünün işlevselliği, yani fayda değeri olduğu söylenebilir. Buradaki ürünün işlevselliği yani fayda değeri bir yandan belirli bir amaç ve arzu doğrultusunda beklentileri karşılamasına göndermede bulunurken diğer yandan da talep edilen ya da ihtiyaç duyulan şeyin, ekonomik, siyasi, toplumsal ve çevresel koşulları da dâhil olmak üzere bir arka plan bağlamına, geniş altyapı koşullarına ve bu koşulların iyi anlaşılmasına atıfta bulunur (Bentham, 1948). Diğer bir deyişle, mühendisliğin başarısı, uygulama bağlamında kaynakların etkin ve işlevsel kullanımı ve yönetimi ile ilgili olduğu kadar fiziksel, ekonomik, sosyal ortamların, değer ve ilkelerin dikkate alınmasıyla da doğrudan ilişkilidir. Aslında mühendislik, uygulama bağlamında, hem içsel hem de dışsal öğelerin işlevsel bir bütün olarak, bir amaç doğrultusunda, fayda değerini üretmek için bir araya getirilmesidir.

Fayda değerine bağlı başarı, aslında sürekli ve öznel bir nitelik gösterir. Bu çerçevede de mühendislik uygulamalarının gerçek nesnel bir başarı değerinin olmadığı söylenebilir. Bir şeyin başarı değeri, insanın arzu ve isteklerinin karşılanması ve bir amaca ulaşılmasıyla ilgilidir. İnsanın arzu ve istekleri, amaçları, zaman ve mekân içerisinde kişiden kişiye göre değişerek farklılaştığı için öznelidir. Hatta aynı kişi bile yaşam amaçlarını, yaşamının farklı zamanlarında değişen arzu ve isteklerine bağlı olarak değiştirir. Bu noktada, bir mühendislik eserinin, eylemde bulunan kişiyi amacına ulaştırmak ya da birtakım sonuçları ortaya çıkarmak için araçsal olmasından ötürü önemli ve başarılı olduğu ileri sürülebilir. Her zaman amaçlara araç konumunda olan mühendislik uygulamaları, nihai amaçlara erişmeyi sağlamadaki faydalarına göre başarılı ya da başarısız bulunur. Bir uygulamanın başarı değeri, kişilerin nihai amaçlarının ya da arzu ve isteklerinin değerinden türetilir. Diğer bir deyişle, bir mühendislik eseri veya uygulaması sadece kişilerin amaçlarına ulaşmasını, arzu ve isteklerini karşılamaya fayda sağladığı sürece başarılıdır. Bu yüzden, herhangi bir mühendislik uygulamasının başarı değeri, yansımaları bir amaca yönelik üretimde ya da kullanımında bulur. Bir amaç kapsamında hayata geçirilen bir uygulamanın başarı değerinde, aslında belirleyici olan insanın değerlendirme kapsamında ilişkilendirdiği anlam ve tercihlerdir. Bilim ve teknolojiyi kullanarak bazı amaçlara ulaşmak için özel olarak bir mühendislik eseri tasarlanıp üretilmesi kararı verildiğinde, o eser bir amacın gerçekleştirilmesi olarak ayrı bir değer olur. Daha sonra diğer insanlar, bazı amaçları gerçekleştirmesi için mühendislerin ürettiği ve kendi başına değer haline gelen bu eseri kullandıklarında, eseri sadece kendi amaçlarının gerçekleşmesi için araç haline getirmekle kalmazlar, aynı zamanda başka bir değere (amaç değere) tekrar araç değer haline getirirler. Bu çerçevede, her bir mühendislik eserinin, insan aklı ve hayali ve onun çıktısı olan eylem sayesinde hem bir amaç değeri, hem de araç değeri vardır.

Kişinin kendisi herhangi bir mühendislik eserine amaçsal ve araçsal değer veya anlam yükleyerek ya da yüklemeyerek o mühendislik eserinin değerli ya da başarılı olup olmamasını sağlar. Diğer bir ifadeyle, herhangi bir mühendislik eseri, mühendislik eseri olması dolayısıyla insandan bağımsız kendi başına bir değere sahip değildir. Örneğin, gemi bir değerdir fakat kendi içinde bir değere sahip değildir, sadece taşıma ve ulaştırma eylemi sayesinde bir değere sahip olur. Bu nedenle, herhangi bir mühendislik eserinin değeri ve dolayısıyla da başarısı sahip olduğu araçsal değerle doğrudan ilgilidir. Bu nedenle de mühendisliğin başarı değeri aslında araçsal değeridir. Araçsal değerler amaçsal yani asli değerlere ulaşmaya yardımcı olan değerlerdir (Elinor, 2011).

Araçsal değer anlayışında iki nokta öne çıkmaktadır: Birincisi hiçbir eser birisi veya birileri ona anlam yükleyerek belirli amaca araç görmediği sürece herhangi bir değere sahip değildir. Aslında bir esere araçsal değerini yükleyen, o eseri kullanarak ona anlam katan insandır. Diğer bir ifadeyle bir eserin araçsal değeri ona anlam yükleyerek değer atfeden kullanıcıya bağlıdır. Eserin araçsal değerinde belirleyici olan kullanıcıdır, yani insanın kendisidir. İnsan, eserin kullanım süreçlerine bağlı olarak ona anlam katarak ya da katmayarak kullanım değerini belirler. Böyle bir araçsal değer anlayışında öne çıkan ikinci nokta ise eseri değerli görüp görmeme insana bağlı ve kişisel olduğundan, araçsal değerlerin de kişiden kişiye değişiklik göstereceği, böylece kişiden yani insandan bağımsız hiçbir şeyin araçsal değeri olamayacağıdır (Gaus, 1990).

Bu çerçevede, mühendislik eserlerinin genel olarak insana bağlı iki çeşit araçsal değeri olduğu ileri sürülebilir: İlki değişim değeri ve ikincisi de kullanım değeridir. Değişim değeri eserin fiyatından bağımsız olmaması durumuna işaret eder. Eserlerin kullanım değeriye, insanlara belirli bir amacı gerçekleştirme noktasında, eserlerin yararlı olması durumuna göndermede bulunur. Bir eserin kullanım değeri, fiyat değerinden bağımsız olabilir. Bir mühendislik eserinin kullanım değeri o şeyin insanlar tarafından kullanımına bağlıdır.

Kuşkusuz hem kullanım hem de değişim değerleri insan varlığının en önemli toplumsal ve ekonomik olgularıdır. Bir mühendislik eserine ona anlam yükleyerek değerleyen insandır. İnsanın, en azından kimi insanların ürettiklerini, yapıp ettiklerini, kullanma şekilleri mühendislik eserini anlamlı ve değerli kılar. Bir mühendislik eserine anlam yükleyerek değerlemede bulunan insan, hem özne hem de nesne konumundadır. Her mühendislik eserinin kullanımında: kullanımın icracısı insan olduğu gibi, bir eserde kullanım için değerli görülen şey de aslında insan ile ilgili genel olarak yaşamda olup bitenlerle ilgilidir. Bu nedenle, insanın değerlendirmesinin olmadığı bir dünyada bir mühendislik eserinin başarı olarak anlam ve değerinden söz edilemeyeceği gibi insana ve yaşama değer vermeden tasarlanan bir mühendislik eserinin değerinden de söz edilemez.

Özetle, değerler mühendislik ürününün bir özelliği değildir. Ona değer yükleyen insanın bir özelliğidir. Durum böyle iken insanın değerlerinin nesnellik ve öznellik biçimindeki iki farklı kategorisine vurgu yapmak yerinde olacaktır. Nesnellik kategorisine göre değerler, kişilerden ve kişilerin tercihlerinden bağımsızdır. Eğer bir mühendislik eserinin ya da uygulamasının değerlendirilmesinde kullanılan değer herkes için aynı akıl kapsamındaki nedene dayanıyorsa o zaman değer, kişiden bağımsızdır. Eğer bir mühendislik eserinin ya da uygulamasının değerlendirilmesinde kullanılan değer kişilerin arzu ve isteklerine bağlı olarak özel nedenlere dayandırılıyorsa veya farklı şekillerde farklı kişilere göre bu nedenler değişiklik gösteriyorsa o zaman bu değer, kişi-bağımlıdır; yani öznedir.



Nesnel ve öznel değerlere bağlı olarak yapılan değerlendirmeler, bu yaklaşımların kullanmış olduğu ahlâkî dilde de farklılıklar meydana getirir. Bu farklılıklar, değer ve ilke seçenekleri arasından birini veya birlerini seçme ile ilgilidir. Her mühendislik tasarımı veya uygulamasının belirli değer ve ilkeleri savunarak, ya da bazı değerleri veya ilkeleri yadsıyarak, ya da her ikisini birden yaparak hep düzgüsel değer ve ilkelerle ilgili olduğu görülür. Burada mühendislik uygulaması, bir sistemik bütünsel işlevselliğini ortaya çıkarmak amacıyla farklı bileşenleri bir araya getirmek için değerlendirerek ve düzenleme yapmak yani farklı bileşenleri sistemsel işlevsellik amacı etrafında değerlendirerek kurgulamaktır. Buradaki değerlendirme eyleminde, bir yapının sistemsel işlevsel bütünlüğünün gerçekleşmesi amacı etrafında farklı bileşenleri farklı uygulama seçeneklerine bağlı olarak seçmek ya da seçmemektir. Diğer ifadeyle, bir eserin sistemsel işlevselliği etrafında yapılan her değerlendirme sonucunda tercih edilen dışsal (çevresel) ve içsel (muhteva) öğeler kadar tercih edilmeyen dışsal (çevresel) ve içsel (muhteva) öğeler de vardır. Her tek mühendislik uygulamasında bir üreten tasarlayan özne olarak mühendis yani insan bir de bu mühendislik uygulamasının yöneldiği kullanıcı özne ya da özneler, özneyle ilgili durumlar vb. vardır. Buradaki özne insan olabileceği gibi, bir hayvan, hayvanlar, canlılar ya da tüm çevre de olabilir. Bu nedenle her bir mühendislik uygulamasını üreten ve tasarlayan mühendis, kendisinin ya da karşısındakilerin veya genel anlamda çevrenin değerini koruyacak biçimde tasarım ve uygulamada bulunabileceği gibi, onların değerine zarar verecek biçimde de uygulamada bulunabilir. Bunun için her mühendislik tasarım ve uygulamasının işlevi değerle, yani bir mühendislik eserinin, kullanıcılar açısından taşıdığı anlamla ilişkilidir.

Nelerin yapılması, gerçekleştirilmesi veya geliştirilmesi gerektiği yani nelerin iyi olduğu, iyi olan şeyler ve doğru olan davranışlar arasında bir önceliğin olup olmadığı ve bir iyilik ve doğruluk adına başka iyiliklerden veya doğruluklarda vazgeçilip geçilemeyeceği gibi bazı önemli etik (etik, ister doğru olanı yapma ya da iyiyi gerçekleştirme, isterse de iyiyi geliştirme şeklinde anlaşılın) sorunlar vardır.

Bir eylemin yapılmasının etik açıdan zorunlu olarak doğru olup olmadığının belirlenmesi ya da bir şeyin iyi olup olmadığına karar verilmesi noktasında üç temel etik değerlendirme alanı vardır. Bu etik değerlendirme alanları: 1. Kişi tabanlı değerlendirme: Kim, nasıl ve neden bir eylemi gerçekleştirir? 2. Eylem tabanlı değerlendirme: Kişi ne yaptı ve hangi eylemi nasıl gerçekleştirildi? 3. Sonuç tabanlı değerlendirme: Bir eylemin gerçekleştirilmesinden ortaya çıkan sonuçlar nelerdir? Bu sonuçlardan kimler nasıl ve ne şekilde etkilendi?

Bu değerlendirme alanlarına bağlı olarak günümüzde etik olgusu dört temel kategori etrafında önem kazanır: Bunlardan birincisi, betimleyici etikdir. Belirli bir kural koyarak ya da değer belirleyerek yapılması gerekeni belirtmek yerine, sadece var olanı yani durumu gözlemleyerek betimlemelerde bulunur. Betimleyici etik, gözlemlenen eylem ve davranışlara ilişkin hiçbir yargıda bulunmaz. Bunun yerine eylem ve davranışları açık bir şekilde tanımlayarak anlaşılmasını sağlamaya yönelik çalışmaları içerir (Stevenson, 1963). İkincisi, meta-etiktir. Meta etik yargıların özellikleri, doğası ile ilgilenir. Etik ilke, değerlerin ve yargıların doğasını, kaynağını ve anlamını inceler. Meta-etik, dilin ve normatif sistemlerdeki mantıksal ilişkilerin çözümleyici incelemesini yapar (Railton, 2010). Üçüncüsü, düzgüsel (normatif) etikdir. Düzgüsel etik ahlaki yargıların kapsamı, doğru ve yanlış ölçütlerinin neler olduğu yani değerler ve ilkelerle ilgilenir. Düzgüsel etik, doğru eylemleri yanlış eylemlerden ayırmak amacıyla değer ve ilkeleri açıklayarak belirlemeye çalışır (Kagan, 1998). Dördüncüsü, uygulamalı etikdir. Uygulamalı etik, ilke ve değerlerin özel sorunsallara uygulanabildiği alanlara odaklanır. Bu



alanlara meslek etiği, mühendislik etiği, çevre, hayvan hakları, ötenazi, kürtaj, pozitif ayrımcılık gibi tartışmalı konular örnek verilebilir (Timmons, 2013).

Uygulamalı etik çerçevesinde bir mühendislik uygulamasını nedenselleştirmek demek, onun gerçekleşmesini sağlayan eylem veya eylemlerin doğru olduğunu ileri sürmek için nedenleri bir etik kuramına bağlı olarak açıklamaktır. Etik nedenselleştirme, bir uygulamaya bağlı değerlendirme ve eylemler için nedenleri belirlemektir. Etik değerler eylemlerimizin ve kararlarımızın temel nedenleridir. Mühendislik uygulamalarında eylem ve kararları etik açıdan nedenselleştirmede, bir yaklaşım, asli unsur olarak tanımlanan değeri nedenselleştirmenin kaynağındaki temel unsur olarak görürken diğer bir yaklaşım ise rasyonel bilgi çerçevesinde ulaşılan evrensel ilkeleri değer bağlamında nedenselleştirmenin temel dayanağı olarak görür (Whitebeck, 2011). Nedenselleştirmenin birinci yaklaşımına “sonuççu nedenselleştirme”, ikinci yaklaşımına ise “deontolojik nedenselleştirme” adı verilir. Diğer bir deyişle, mühendislik uygulamalarındaki karar ve eylemlerin nedenselleştirmesinin sonuççuluk açısından değere, eylem açısından ilkeye bağlı olarak yapılması, uygulamalara etik bir özellik kazandırır. Bu iki yaklaşım arasında ortaya çıkan farklılığın temelinde iyi ya da doğru olarak nitelenebilecek karar ve eylemlerin başlangıç noktalarındaki ve rasyonel değerlendirme süreçlerindeki farklılık yatar. Sonuççu yaklaşım, eylem ve kararları bir amaç olarak başat temel değerle ilişkilendirerek değerini belirlerken, deontolojik yaklaşım eylemi kendisi dışındaki şeylerle ilişkilendirmeden, eylemin kendi başına değeri olduğunu belirtir (Smart ve Williams, 1973).

Deontoloji ve sonuççuluk yaklaşımları, değer ve eylemlerde değerın önemi konusunda büyük oranda ortak yaklaşıma sahiptir ancak onların hangi değerlerin esas olduğu ve bunların kaynakları ve nasıl tespit edileceği konusunda farklı yaklaşımları vardır. Sonuççu yaklaşım değeri arzu ve beğenilerden kaynaklanan bir amaç olarak görürken, deontolojik yaklaşım değeri saf akıldan çıkan ilke ve kurallar olarak görür. Sonuççu yaklaşımlarda beğeni ve arzular değer olarak başlangıç noktalarıyken, deontolojik yaklaşımda değer olarak başlangıç saf akıldır (Timmons, 2013).

Sonuççu yaklaşım, bir eylemin değerini bu eylemin sonucunda elde edilecek şeyde arar. Bu yaklaşımda değer bir amaç-araç ilişkisi üzerine kurulmuştur; her bir eylem, bazı amaçları gerçekleştirmenin aracı olarak düşünülür (Brandt, 1979) Sonuççu yaklaşım herkesin ortak olarak isteyebileceği tek sonuç olarak mutluluğu kabul eder ve mutluluğu, eylemlerin dayanağı olan temel amaç ve değer olarak tanımlar (Brink, 2006). Sonuççu anlamda bir mühendislik uygulaması, taşıdığı özelliklerden ziyade amaç olan mutluluk için kullanıldıkları, temel amaca araç oldukları oranda değer kazanır. İyi ve başarılı olma oranı buna göre belirlenir. Bir şeyin değeri, temel amaç değerine uygun düşmesine ve başkalarının bu araçsallıktan memnun olma derecesine bağlıdır. Sonuççuluk, yaklaşım açısından uygulamanın mutluluk amacına bağlı olarak kullanımı, iyi ve kötü olarak değer biçenidir. Sonuççu yaklaşım, mühendislik uygulamalarında ödev vurgusu yapmadan amacın gerçekleşmesi yönündeki talebe vurgu yapar.

Sonuççu yaklaşım, bir önermenin doğru olup olmadığını ve kişiye ne yapması gerektiğini söylemeyeceğini ileri sürerek olması gereken eylem için değer temelli bir neden belirler. Bu neden faille bağlıdır ve failin niyeti, arzusu ve istekleriyle doğrudan ilişkili öznel bir etik eylemi tanımlamaya çalışır (Slote, 1985). Bu çerçevede sonuççu yaklaşımlar, eylemlerin evrensel olamayacağını; çünkü onların failin belirlediği bir amaca bağlı bir niyetle yapıldığını ileri sürer ve eylemin etik değerinden, doğruluğundan ve yanlışlığından ziyade eylemin değerinde, iyilik ve kötülük olgusunu belirlemeye çalışırlar (Quinn, 1989). Bu yüzden de mühendisliği bir araç

olarak tanımlarlar ve böylece mühendisliğin günlük ihtiyaçlardan, kişisel beklentilerden veya yaşam deneyimlerinden bağımsız bir değerinin olmadığı sonucuna ulaşılır.

Deontolojik yaklaşım, sonuççu yaklaşımın aksine, etik sorumluluğun (eylemlerin ortaya çıkaracağı pratik sonuçlarla tahmin etmeye gerek duymaksızın) sadece ödev değerine dayandığını ileri sürerler (Kant, 1997). Bir eylem ancak sonuçlarından bağımsız olarak asli değer taşıyıcıdır. Diğer bir ifadeyle, bir eylemin değerini eylemin sonucu değil, eylemin ardındaki iyi irade belirler. Deontolojik etik yaklaşıma göre her eylemin amacı, ödev olarak tanımlanan şeyin gereğini yerine getirmektir. Burada etik, ödev olarak adlandırılan ve kişiden kişiye değişen bir olgu değildir, fakat sadece herkes için geçerli olan ve evrensel olarak tanımlanabilecek doğru eylemi gerçekleştirmektir. Bu açıdan da etik ödev olarak tanımlanan asli değer, kendisi dışındaki olgu durumlarıyla ilişkilendirilmeden, evrensel eylem ilkeleriyle gerekçelendirilen, doğru olarak adlandırılan eylemlerinin temel özelliği olarak karşımıza çıkar. Burada değerler arasında bir karşılaştırma ve sınıflandırma yapmadan, sadece bir eylemin doğruluğunun evrensel ilkeler çerçevesinde belirlendiği ödev asli değerleriyle gerekçelendirilmesinin, faili eyleme sevk etmede yeterli olduğu düşünülür. Ödev değeri dışında etik önem taşıyan hiçbir motifin değer olmadığını düşünen deontolojitsler, bir eylem sadece ödev veya yükümlülük değeriyle yapıldığı zaman, onun gerçek etik anlamı olduğunu ileri sürerler. Ödev ve etik yükümlülük değeri, olgusal sonuçlarla değil, eylemlerin kendi evrensel özellikleriyle ya da rasyonel nitelikleriyle ilgili olanda bulunur (Timmons, 2006 ve 2013).

Deontolojik yaklaşım evrensel bir ödev etiğinin varlığını savunurken, kişilerin rasyonel olarak evrensel ilkelere her şartta uymalarını salık verir. Bu çerçevede amaç herkesin her zaman uyması gereken genel geçer, evrensel ilkeleri bulmaktır. Bu ilkeler ise koşulsuz buyruk (Kategorik Emperatif) olarak tanımlanır. Koşulsuz buyruklar sonradan, deneyim sonucunda (a posteriori) değil de önsel, deneyimden bağımsız (a priori) olarak bilinebilir olduklarından, kaynaklarını rasyonaliteden alırlar. Koşulsuz buyruklar rasyonaliteye bağlı olarak mutlak olduklarından özel koşullar için herhangi istisna içermezler ve evrensel olma özelliklerinden dolayı her rasyonel fail söz konusu koşullar altında aynı şekilde davranmak zorundadır (Timmons, 2006). Koşulsuz buyruklar üç farklı kategoride tanımlanmıştır: İlki, “öyle hareket et ki senin hareketlerin başkaları için de temel ilke ve evrensel yasa olsun”. İkincisi, “öyle hareket et ki, eyleminle insanlığı ya kendi şahsında, ya da başkasının şahsında her zaman araç olarak değil, onlara bir amaç/son olarak davranmış ol”. Üçüncüsü, “öyle hareket et ki senin istemenin özne ilkesi aynı zamanda hep genel (evrensel) bir yasa koymanın ilkesi olarak geçerli olabilsin” (Kant, 1997).

Deontolojik etik kuramı, tecrübeyi değer kaynağı olarak görmediğinden insanın bütünsel doğası yerine salt rasyonel boyutunu dikkate alır, yani onu sadece rasyonel bir varlık olarak tanımlayarak, var olma nedeninin kendisine ait olduğunu ileri sürerek, sonluluğunun dolayısıyla da amaçsallığının da kendi içinde olduğunu savunur. (Kerstein, 2007). Diğer bir ifadeyle, insan, kendisinden başka bir amaca ya da değere araç olamaz: o sadece kendisinde rasyonalite dâhilinde belirlenmiş evrensel ilkelere göre hem davranış kurallarını belirleyerek yöneteni ve hem de kuralların uygulandığı yönetileni temsil eder. Deontolojik etik kuramı, bu durumu insanın haysiyeti ilkesi çerçevesinde tasvir eder. İnsan haysiyeti ilkesi, insanın kendi yaşamını ve bu yaşamın değer ve ilkelerini rasyonaliteye bağlı olarak düzenleme, arzuladığı ve tercih ettiği biçimde evrensellik çerçevesinde yönetme hakkını verir. Kişinin insan haysiyeti hakkı mutlaktır ve hiç kimse tarafından hiçbir sebeple yadsınarak çığnenemez. Bu ilke çerçevesinde, rasyonel bir varlık olarak görülen insan, herhangi bir dış iradenin kullanımı için bir araç olarak görülüp kullanılamaz. İnsan haysiyeti korunan insanlarda, iyi irade her eylemde temel

belirleyici güç olarak ortaya çıkar. Aslında bu iyi irade, eylemlerde çıkar gözetmeksizin karar alma ve davranmada salt rasyonel olarak evrensel boyutu ortaya koyma şeklinde karşımıza çıkar (Timmons, 2006).

Her bir mühendislik uygulamasında, eylemler ister kendi kendilerini doğrudan ilgilendirsinler, isterlerse diğer varlıkları doğrudan veya dolaylı ilgilendirsinler, her seferinde her varlığın sonları ve amaçları kendi içlerinde olduğu gibi tasarlanarak hayata geçirilmelidir. Varlıkların değerleri, kişilerin iradelerine bağlı araçsal bir değere sahip olmaksızın asli değer niteliğindeki son ve temel amaca bağlıdır. Bu durum varlıkların var olma nedenleri, amaçları ve sonlarının kendilerine ait olması ile ilgilidir. Kişi olarak da adlandırılan ve rasyonel varlık olmasının gereği olarak insanlar, kendiliklerinde asli değeri yani sonluluğu ve amaçsallığı her zaman her konumda taşırlar. Bu sebeple, rasyonel varlık olarak insanın hiçbir şekilde bir başka rasyonel varlığın amacına bağlı olarak herhangi bir mühendislik uygulaması için araç olarak görülüp kullanılmaması gerekir. Bir mühendisi, doğru ve başarılı mühendislik eylemine yöneltebilecek olan en önemli unsur, insan haysiyeti ilkesine saygı değeriyle hareket etmek ve tasarlayan, üreten ve uygulamaya koyan biri olarak da kendi amacında ya da başkalarında insanı araç olarak görmeme bilincidir. Sadece fayda değeri kapsamında kendi çıkarının ve başkalarının çıkarlarının düşünülmediği ve insanı kendi içinde bir amaç ve son olarak görerek eylemde bulunulan yerde özne olarak insanın asli değerinden söz edebiliriz. Bu nedenle her bir mühendis, her bir mühendislik eyleminde, yalnızca başkasıyla ilgili değil, kendi kendisiyle ilgili herhangi bir eylemde bulunurken de, amaçsallığı ve sonluluğu kendi için barındıran varlık değerine bağlı olarak kendini olduğu kadar diğer insanları da araç olarak görmemek zorundadır.

### Kaynaklar

Audi, R., 2004. "The Good in the Right: A Theory of Intuition and Intrinsic Value", Princeton, NJ: Princeton University Press.

Bentham, J., [1789] 1948. "An Introduction to the Principles of Morals and Legislation", Oxford: Clarendon Press.

Brandt, R.B., 1979. "A Theory of the Good and the Right", Oxford: Oxford University Press.

Smart, J. J. C. and Williams, B., 1973. "Utilitarianism: For and Against", Cambridge: Cambridge University Press.

Brandt, R.B., 1963. "Toward a Credible Form of Utilitarianism.", In *Morality and the Language of Conduct*, ed. H.-N. Castañeda and G. Nahknikian. Detroit, MI: Wayne State University Press.

Brink, D.O., 2006. "Some Forms and Limits of Consequentialism.", In *The Oxford Handbook of Ethical Theory*, ed. David Copp. Oxford: Oxford University Press.

Driver, J., 2012. "Consequentialism", London: Routledge.

Gaus, G.F.,1990. "Value and Justification: The Foundations of Liberalism", Cambridge University Press, Cambridge.

- Kant, I., [1797] 1997. "Practical Philosophy", Trans. and ed. Mary Gregor. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kagan, S., 1998. "Normative Ethics", Boulder, CO: Westview Press
- Kerstein, S., 2009. "Treating Others Merely as Means." *Utilitas* 21: 163–80.
- Mackie, J. L., 1977. "Ethics: Inventing Right and Wrong", Harmondsworth, England: Penguin Books.
- Mason, E., 2011. "Value Pluralism", SEP.
- Moore, G E., 1903."Principia Ethica", Cambridge: Cambridge University Press, New York: Hafner.
- Quinn, W., 1989. "Actions, Intentions, and Consequences: The Doctrine of Double Effect", *Philosophy & Public Affairs* 18: 334–51.
- Robinson, R., Dixon, R., Preece C., ve Moodley, K., 2007. "Engineering, Business and Professional Ethics", London: Elevier.
- Railton, P., 2010. "Realism and its alternatives", in the *Routledge Companion to Ethics*, ed. John John Skorupski, London: Routledge.
- Slote, M., 1985. "Common-Sense Morality and Consequentialism", London: Routledge & Kegan Paul.
- Speight, J. G., Foote, R., 2011. "Ethics in Science and Engineering", New Jersey: Scrivener Publishing.
- Stevenson, C.L., 1963. "Facts and Values", New Haven, CT: Yale University Press.
- Timmons, M., 2006. "The Categorical Imperative and Universalizability", In *Kant's Groundwork for the Metaphysics of Morals: New Interpretations*, ed. Christoph Horn and Dieter Schönecker. Berlin and New York: de Gruyter.
- Timmons, M., 2013. "Moral Theory: Introduction", Lanham, Maryland: The Rowman & Littlefield Publish.
- Whitebeck, C., 2011. "Ethics in Engineering Practice and Research", Cambridge: Cambridge University Press.

## DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI (İSAA-AUV & ROV) TASARIM VE UYGULAMALARI

Güray Ali CANLI, İsmail KURTOĞLU, M.Ozan CANLI, Özgür Selman TUNA  
İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, 34469 Maslak-İstanbul, Türkiye.  
Tel: +90-212-2624015, e-mail: canlig@itu.edu.tr

### ÖZET

Bu yazıda; denizcilik sektöründe son yıllarda askeri ve sivil amaçlarla kullanım alanları gittikçe yaygınlaşan insansız su altı araçlarının, kısaca tarihsel gelişimi, teknolojisi, faydaları, mevcut ve gelecekte muhtemel kullanım alanları ile birlikte ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** AUV, ROV, OTONOM, İSAA, UUV

### 1. Giriş

#### 1.1-Tanımlar

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 amacıyla insansız platformların kullanılması üzerine odaklanmıştır.

Bu alanda yapılan çalışmaları zorlaştıran unsurlar;

- Deniz altındaki tuz ve basınç etkilerinden dolayı malzeme yıpranma olasılığının çok yüksek olması,
- Denizin içindeki dalga hareketlerinin pertürbasyona sebep olarak zorlayıcı bir ortam oluşturması,
- Deniz suyunun elektromanyetik spektrum dâhilinde çok sınırlı bantlarda ve belirli ölçüde geçirgen davranıyor olmasıdır.

Bu nedenle RF haberleşme sorunları, görev için gerekli enerjiyi depolama gücü gibi birtakım fiziksel gerçeklerden ötürü, su altında çalışabilecek araçların kablosuz olarak (otonom) tasarımı bilim insanları için temel zorlanma nedenleridir.

Gerçekten de, söz konusu araçların sistem çözümü ve donanım tasarımlarının yanı sıra haberleşme, seyrisfer, enerji, kontrol ve güdüm çözümlerinin oluşturulması gibi hususların her biri ayrı bir araştırma konusudur.

İSAA'lar temel olarak Kablo Kontrollü ve Kablosuz-Otonom olarak iki ana grupta değerlendirilmektedir. Kablo kontrollü olan "ROV (Remote Operating Vehicle)", otonom olan ise "AUV (Autonomous Underwater Vehicle)" olarak adlandırılmaktadır.

ROV, en genel tanımı ile bir operatör tarafından uzaktan kontrol edilerek su altında değişik amaçlara yönelik ve tehlikeli olabilecek bir dizi işlevi yerine getiren bir su altı robotudur. Dolayısıyla bir ROV sistemi; aracın yanı sıra, aracı kontrol eden operatör, operatörün bu kontrolü sağladığı donanımlar, aracı yüzeğe bağlayan kablo ve aracın suya indirilip geri alınmasını sağlayan vinç düzeneklerinden oluşmaktadır.

ROV'lar boyut ve işlev olarak, sadece izleme amaçlı olarak su altı kameraları vasıtasıyla görüntü almaya ve bazı ölçümler yapmaya yönelik, nispeten 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 (manipülatörler) kullanarak oldukça karmaşık işlevleri yerine getiren büyük sistemler de olabilmektedir.

Özellikle İş Sınıfı ROV olarak adlandırılan, aslen insansız su altı iş makineleri olarak düşünülebilecek olan ROV'lar, 250 m ile sınırlı olan insanlı dalışların kısıtlarını ve tehlikelerini bertaraf etmekte, 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.

AUV'lerin tasarımını ve kullanımını mümkün kılangünümüz teknolojisi, insansız su altı araçlarının, bir çok problem ve işletme zorluğu oluşturan kablo bağlantıları olmaksızın kendi seyir/sefer sistemleri ve güç ünitelerini barındırarak, tamamen bağımsız hareket etmesini sağlamaktadır.

AUV'lerin ROV'lardan en temel ayrıcalığı; AUV'lerin otonom/yarı otonom olmaları ve kendi güç kaynaklarının olması olarak özetlenebilmektedir. Daha önemlisi ise AUV'ler önceden planlanmış rotalarda planlanmış görevi icra edebilecekleri gibi, otonomi seviyelerine göre görev esnasında önceden öngörülememiş durumlar karşısında veya iletişimin olmadığı hallerde de faaliyetlerini sürdürebilecek şekilde tasarlanmış ve donatılmışlardır.

Genelde AUV'ler hidrodinamik bir gövde yapısında (silindir-balık formu) tasarlanıp üretilmektedirler.

Normal denizaltılarda (submarine) dalmak için kullanılan su tankları bu araçlarda yoktur; özellikle AUV'ler dalma işlevini balast tankı yerine motorları ve hareketli kanatlarıyla sağlamaktadır. Ana ilke, cihazın sudan hafif olması ve herhangi bir problem-arıza durumunda kendiliğinden su yüzeyine çıkması şeklinde özetlenebilmektedir.

Temel Kısaltmalar:

- AUV - Autonomous Underwater Vehicle – Otonom Sualtı aracı
- ROV - Remotely Operated Underwater Vehicle - Kablo kumandalı su altı aracı
- İSAA- İnsansız su altı aracı
- PAP ROV - Military Class Remotely Operated Underwater Vehicle

- DCM - Data Communications Module - Haberleşme modülü
- PEM -Hydrogen Fuel Cell - Yakıt Hücresi
- SAM- Su altı Aracı Manipülator sistemi
- UUV-Uzaktan kumandalı sualtı aracı
- Manipülator - Su altında Görev yapmayı sağlayan Robot kol

## 1.2-Kullanım Yerleri:

İSAA'lar günümüzde yaygın olarak askeri ve sivil alanda kullanılmakta olup, sivil kullanım alanları:

- Arama, kurtarma
  - Sualtı boru ve kablo döşenmesi ve kontrolleri
  - Köprü ayağı kontrolleri
  - Su altı durum farkındalığı sağlama
  - Su altı inşaat ve bakım/onarım
  - Su altı örnek toplama
  - Batık kurtarmak
  - Sualtı naaş ve delil çıkartma
  - Çevresel araştırmalar, çevre kirliliği
  - Oşinografik araştırmalar, biyoçeşitlilik çalışmaları
  - Batık objelerin araştırılması (gemi, batıklar, uçaklar vb.)
  - Sualtı güç istasyonları, hidroelektrik ve nükleer santraller
  - Su rezervuarları, baraj kapakları ve su setleri incelemeleri
  - Su altı boru hattı kaynak incelenmesi
  - Balık, yengeç ve su yüzeyi araştırmaları
  - Zebra midyeleri ve temizlenmesi
  - Arkeoloji çalışmaları
  - Sualtı haritalama ve doğrulama
  - Belgesel çekimi
  - Su parkları
  - Korozyon ve katodik ölçümler
  - Sualtı olay yeri inceleme
  - Gemi teknesi, pervanesi ve yönlendirme ekipmanı incelemesi
  - Dalgıç gözlemeleme ve destek elemanı olarak görev icrası
- şeklinde sıralanabilmektedir.

Askeri alanda ise; manipülator sistemleri, sualtı keşif ve gözetleme, liman ve kritik alan güvenliği, mayın tani, teşhis ve imha, anti denizaltı harbi, filo eskortu, denizaltı kurtarma, batık çalışmaları gibi alanlarda kullanılmaktadırlar.

Minyatür araçlar genellikle sualtı keşif ve gözlem operasyonları amaçlı olup, su altında, petrol ve boru hatlarında üzerinde herhangi bir kaçak/çatlak/kırık kontrolünde kullanılmaktadır. Tersaneler tarafından ise "Gemilerin altında herhangi bir arıza ve/veya yosunlama var mı?" diye bakılmaktadır. Ayrıca baraj kapaklarının incelenmesinde de kullanılmaktadır. Emniyet birimleri tarafından ise ceset ve kanıt araştırma faaliyetlerinde yararlanılmaktadır. Bilim adamları ise bu minyatür araçları, sualtından örnek toplama, gözlem yapma amaçlı kullanılmaktadır.



Oldukça yoğun kullanılan yerlerden biri de balık çiftlikleridir ki, çiftlikteki ağların yırtılıp yırtılmadığını kontrol etmek için kullanımı çok önem taşımaktadır. Çünkü her gün düzenli olarak dalgıç indirilmesi gerekmektedir, dalgıç yerine kötü, soğuk havalarda bu tür ürünleri kullanmak ciddi bir alternatiftir.

Özellikle oşinografik çözümlenmeler, bilhassa küresel ısınma etkilerinin incelenmesi nedeniyle son yıllarda hayli geniş kitlelere hitap eden bir konu olmakta; dolayısıyla AUV uygulamaları içerisinde en büyük yüzdeyi teşkil etmektedir.

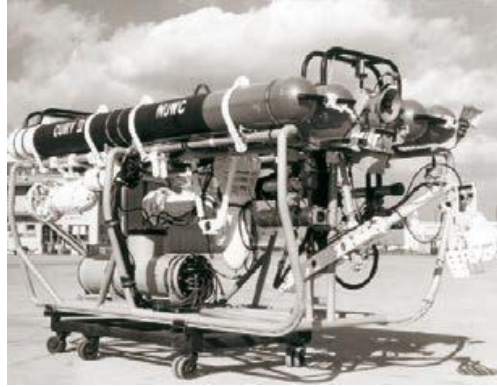
### 1.3-İnsansız Su Altı Araçlarının Tarihçesi:

İnsansız su altı araçlarının tarihte ilk olarak kim tarafından geliştirildiğine dair kabul görmüş bilgiler bulunmasa da, kayıtlara geçen en eski iki örnekten birincisi PUV (Programmed Underwater Vehicle) adı ile Avusturya'da 1864'te Luppis-Whitehead Automobile tarafından geliştirilmiş olan torpido şeklindeki bir uzaktan kumandalı su altı aracıdır.

Bugün yaygın olan forma daha yakın olan ilk uzaktan kumandalı su altı aracı ise 1953'te Dimitri Rebikoff tarafından tasarlanan Poodle isimli araçtır. İnsansız su altı aracı geliştirme çalışmalarındaki ilk ciddi ilerlemeler ise Britanya Kraliyet Donanması ve ABD Donanması tarafından gerçekleştirilmiştir. Otonomi özellikleri olmayan, uzaktan kumandalı su altı aracı olarak sınıflandırılacak bu araçlar ilk yıllarda genelde mayın ve patlayıcı imha ve temizleme amacıyla kullanılmıştır. ABD Donanması 1957'den beri bu araçları belli bir programla geliştirmeye başlamış olup, 1970 yılından itibaren sınırlı sayıda da olsa envantere almıştır. Önceleri okyanus dibinin haritasının çıkarılması ve deniz mayınlarının yerlerinin tespit edilmesinde kullanıldığı kaydedilmiştir. Roket şeklinde ve uzaktan kumandalı bu araçlar enerji problemi nedeniyle deniz altında uzun süre kalamıyordu. Aynı şekilde uzaktan pilot tarafından kontrol edilen bu denizaltıların, suyun sinyallerin iletişimine izin vermemesi nedeniyle kontrolleri çok zordu. Yine de İran-Irak savaşı esnasında yaygın bir şekilde Hürmüz Boğazı'nda İran tarafından döşenilen mayınların tespiti için kullanılmışlardır.

Britanya Kraliyet Donanması, uzaktan kumandalı su altı araçlarını uzun bir süre tatbikat sonrası deniz altında kalan eğitim torpidolarının temizlenmesi için etkin bir şekilde kullanmıştır.

ABD Donanması'na ait CURV(Cable Controlled Underwater Recovery Vehicle) isimli aracın 1966'da İspanya'nın Palomares kasabası açıklarında gerçekleşen bir uçak kazasının ardından kaybolan atom bombasını deniz altından çıkarması (Resim 1), 1973 yılında İrlanda açıklarında batan denizaltı mürettebatını sadece birkaç dakikalık oksijenleri kaldığında kurtarması, uzaktan kumandalı su altı araçlarının operasyonel anlamda ne kadar faydalı olabileceğine dair en önemli örneklerdir.



Resim 1. CURV-II.

ABD'nin Rhode Island eyaleti açıklarında bir süre önce test edilen insansız denizaltılardan olumlu sonuçlar alınmıştır. Massachusetts'e bağlı Woods Hole'dan denize bırakılan insansız araç kendi başına Newport'a kadar gitmeyi başarmıştır. Cape Cod'tan Newport'a kadar 26 saatlik yolculuğu GPS veya iletişim araçlarına ihtiyaç duymadan kendi başına yapan araç sonuçta Deniz Kuvvetlerinin 2017'de tamamen bağımsız insansız deniz aracı yapmayı planlamasına ve bunları yaygın şekilde envantere sokma kararına sebep olmuştur. Bu denizaltıların diğer insansız hava araçları gibi daha ekonomik olacağı belirtilmiş olup geliştirilen denizaltıların 70 güne kadar suyun dibinde kalabileceği belirtilirken, insansız araçların askeri amaçlar dışında da kullanılması planlanmaktadır.

## 2. İSAA'ların Genel Özellikleri

Sualtı ortamında yapılan çalışmalar göreceli olarak daha zorlu olmaktadır. Hem ortamın farklılığı ve değişkenliği, hem de bozucu etkilere daha açık oluşu, haberleşme zorlukları, basınç gibi problemler İSAA'ların temel özelliklerini belirlemektedir.

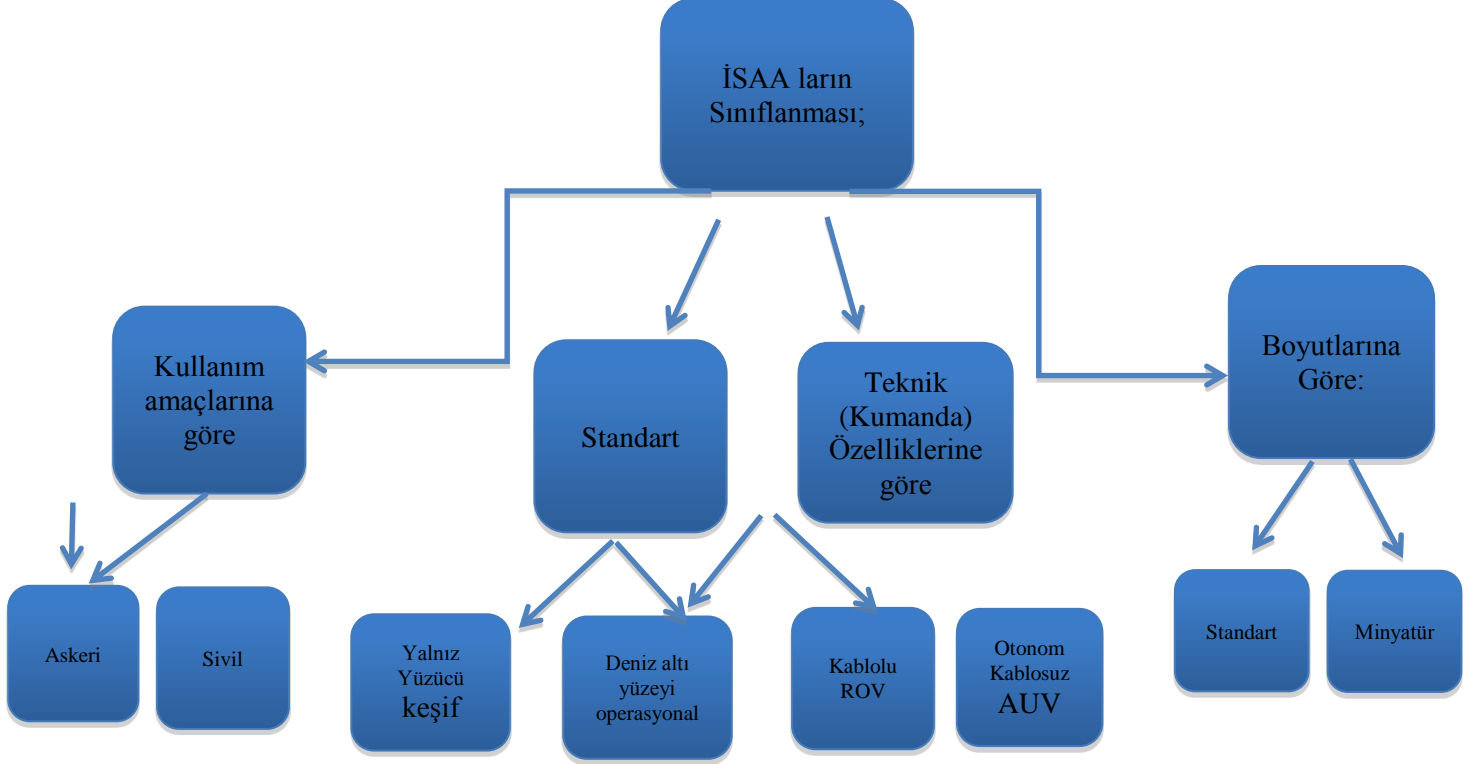
İSAA'ların genel özellikleri ROV'lar için farklı AUV'ler için ise farklıdır. Bu yazıda iki grup ürün birlikte değerlendirilecek ve gerekli kısımlarda farklar açıklanacaktır.

### 2.1 Çeşitleri:

İSAA lar muhtelif çeşitlerde yapılmakta olup bunları kullanım amaçlarına, otonomi/kumanda özelliklerine, boyutlarına ve görevlerine göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

## 2.1-Çeşitleri:

### ŞEMA-1



## 2.2 Teknoloji, Modelleme, Navigasyon ve Problemler

### 2.2.1-Teknoloji

İSAA'ların geçmişteki temel teknolojik problemlerinin;

- Enerji (özellikle AUV'lerde)
- Navigasyon doğruluğu ve otonom çalışma
- Haberleşme (AUV'lerde)
- Yüksek derinlik

Şeklinde olduğu bilinmektedir.

Günümüzde bulanık kontrol ve yapay sinir ağları tekniklerinin bir araya getirilmesi gibi karmaşık birtakım kontrol teknikleri AUV'lerde uygulanabilmektedir. Yeni geliştirilen enerji kaynakları (yakıt pili gibi) ve batarya teknolojileri, gelişmiş haberleşme teknikleri ve kompozit malzeme teknolojileriyle ilgili problemler büyük ölçüde giderilebilmektedir.

### 2.2.2-Modelleme

İSAA'lar pahalı araçlar olup, zor şartlarda ve problemlili ortamlarda kullanılmaktadırlar. Bu nedenle kablolu veya kablosuz olsun, kontrollerinin mükemmel olması gerekmektedir. Bu sebeple, öncelikletasarım için doğru bir modelleme üzerinde doğru şartları tespit edip, doğru davranış fonksiyonlarını tanımlamak ve oluşturmak gerekmektedir. Yapılan tespit ve istenen misyona göre İSAA'ların navigasyon ve kontrol modellemelerinin, en az aşağıdaki fonksiyonları sağlaması gerekmektedir:

- a. İstikamet koruma
- b. Sabit derinlik
- c. Sabit yükseklik (deniz tabanına göreceli)
- d. Engelden sakınma
- e. Belirlenen noktada durma
- f. Gürültü ve harici faktör bastırma
- g. Acil durumlarda kendini kurtarma

İstikamet koruma; birçok farklı İSAA görevinde olmazsa olmaz bir fonksiyondur. Sabit derinlik fonksiyonu; mayın temizleme görevlerinde; sabit yükseklik fonksiyonu ise; deniz tabanına yakın görevlerde (örneğin boru hattı, fiber kablo hattı vb. döşeme veya bakım/idame görevlerinde) önem kazanmaktadır.

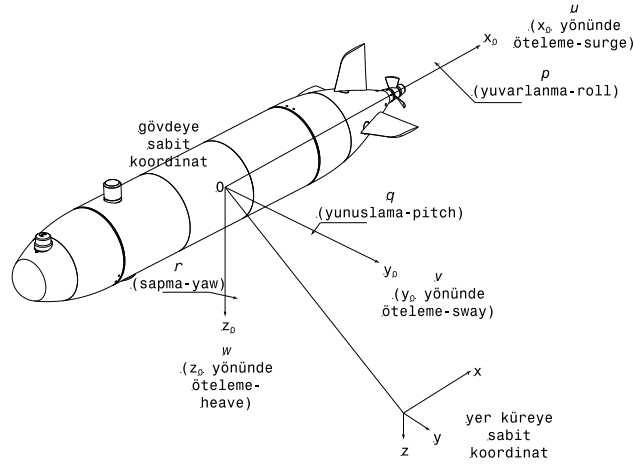
Engelden sakınma; özellikle sığ sularda gerçekleştirilen görevlerde (örneğin sahil güvenlik, liman koruma vb.) gerekli ve önemli bir özelliktir. Zira seyir esnasında seyrüsefer sensörlerini yanıltan harici faktörler arasında, deniz tabanındaki bitki örtüsü örnek verilebilir.

Saptanan noktada asılı kalarak durma; özellikle arama-keşif –inceleme görevi için, gürültü ve harici faktör bastırma özelliği ise; dış etkilerin sensör ve görüntülerde yarattığı, bozucu/yanıltıcı etkileri yok etmesi, acil durumlarda ise cihazın kendini kurtarması-su yüzüne çıkması ve sahip olduğu "beacon" sinyalini açarak dost unsurlarca kısa zamanda bulunup kurtarılmasını sağlaması bekaa kabiliyeti (survive etmek) olarak önemlidir. Acil durumlar olarak ise; merkez ile irtibat kaybetmek, enerjisinin tükenmesi, kaza yapması, bozulması, takılması veya vurulması gibi durumlar sayılabilmektedir

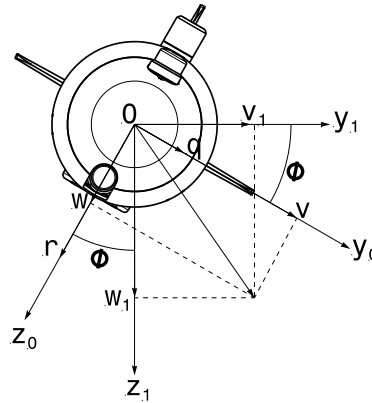
Navigasyon çözümündeki nihai hatalardaki en önemli faktör, sistemde bulunan sensörlerin ölçüm hassasiyetidir. Örneğin, 10 m'lik ölçüm hassasiyeti olan bir pozisyon sensörü kullanılırken 0,1 m'lik çözüm hassasiyeti sağlanabilmesi teorik olarak asla mümkün olamaz. Ancak yapılan çeşitli çalışmalarda AUV'lerdeki navigasyon hatalarının, sadece sensörlere bağımlı olmayıp aşağıdaki unsurlara da bağımlı olduğu belirlenmiştir:

- Görevde kalma süresi
- Görev profili (yatay ve düşeyde yapılan hareketler)
- Görev hızı
- Görev ortamındaki coğrafi koşullar (derinlik profili, akıntı profili, vb.)
- Görev ortamındaki taktik koşullar (GPS güncellemesi almak için yüzeye çıkma imkânı, akustik ışınma yapma imkânı, Jammer etkileri vb.)

Dolayısıyla, tasarım aşamasında AUV'lere uygun bir navigasyon çözümünün bulunabilmesi ve performansının değerlendirilebilmesi için özellikle performansta önemli etkileri olan araç (hidrodinamik özellikler) ve ortam özellikleri (su sıcaklık ve tuzluluk profili, derinlik profili, akıntı profili vb.) gibi faktörlerin mutlaka modelleniyor olması ve daha sonra da bu modellemeye uygun senaryo bazlı uygun simülasyonlar geliştirilmesi gerekmektedir.

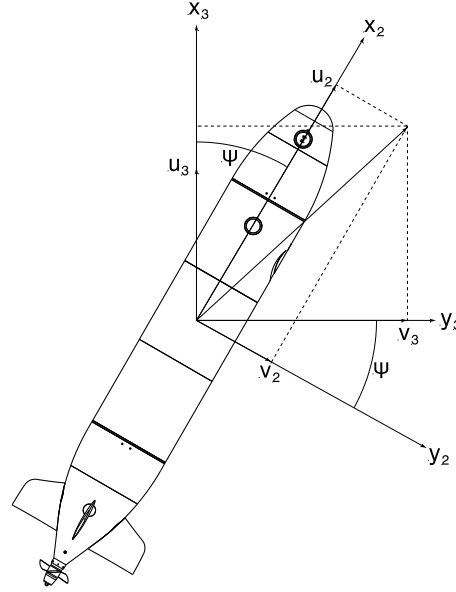


Şekil 1. Konumlamada kullanılan referans eksenler .

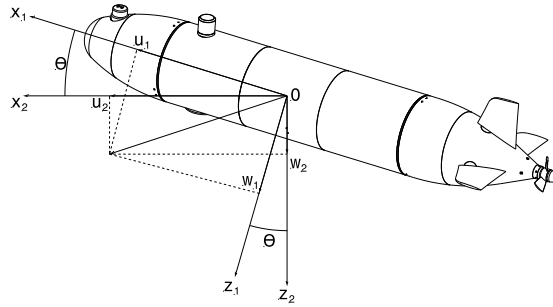


Şekil 2. Gövde(ağırlık merkezi bazlı) y-z eksenindeki vektörel değerler ve açılar.

AUV'lerin görevlerini icra etmesinde bir diğer önemli husus da kontroldür. Su altı araçlarının hareketleri de aynen hava araçları gibi üç boyutlu uzayda, altı serbest değişkenli olarak tanımlanabilmektedir. Yani kontrol edilmesi gereken modelleme matematiksel olarak 6 eksenli bir çift koordinat sistemi üzerinde oluşturulmalıdır. Bir başka deyişle, bir AUV'nin konum ve oryantasyonu, ileri/geri öteleme (surge), sağa/sola öteleme (sway), aşağı/yukarı öteleme (heave), yuvarlanma (roll), sapma (yaw), yunuslama (pitch) bileşenleri ile ifade edilebilmektedir. Seyir esnasında bazı kuvvetlerin gövdedeki ağırlık merkezini baz alan (body-fixed) koordinat sisteminde, bazı kuvvetlerin ise yer küreye sabitlenmiş (Earth-fixed) koordinat sisteminde ifade edilebiliyor olması, İSAA'lerin hareket denklemlerinin türetilmesinde bu iki koordinat sistemi arasında sürekli ileri-geri dönüşümleri zorunlu kılmaktadır.



Şekil 3. Gövde(ağırlık merkezi bazlı) x-v eksenindeki vektörel değerler ve açılar.



Şekil 4. Gövde(ağırlık merkezi bazlı) x-z eksenindeki vektörel değerler ve açılar.

AUV'lerin kontrolü üzerine genelde akademik bazda yapılmakta olan çalışmalar 1980'li yıllarda başlamıştır. Bu konudaki ilk çalışmalarda, problemin basite indirgenmesi için yatay düzlemde yapılan hareketler ile düşeyde yapılan hareketler birbirlerinden ayrılmış ve buna uygun analiz ve tasarımlar gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde ise 2x6 eksen üzerinde oldukça hassas hesaplar yapılmasını sağlayan SAM(Su Aaltı Manipulasyon) sistemleri geliştirilmiş olup, burada bunlardan birisi örnek olarak aşağıdaki şekilde modellenmiş ve yörünge takip kontrol yöntemi buna göre önerilmiştir:

Sistem, sistemi oluşturan sualtı aracı ve manipülatör uzuvları ayrı ayrı askıda olmamasına rağmen, kendisi askıda kalacak şekilde tasarlanmıştır. Sferoid şekle sahip olan sualtı aracı ile manipülatörün ikinci ve üçüncü uzuvları üzerine etkiyen hidrodinamik kuvvetler, bu uzuvların birbiri üzerindeki gölgeleme etkileriyle birlikte dikkate alınmıştır. Daha küçük olan diğer uzuvlardaki bu etkiler ihmal edilmiştir. Sualtı aracının eyletici dinamiği kontrol sistem tasarımına dahil edilmiştir. Yörünge takip kontrol algoritması manipülatörün uç işlemcisi ve sualtı aracına ayrı görevler tanımlama yoluyla uygulanmıştır. Bu görevler, aracın bulunduğu ilk konumda sabit tutulması ve uç işlemcinin önceden tanımlı rotayı yüksek hassasiyetle takip etmesidir.

Bu şekilde geliştirilmiş olan AUV'lerde dalma ve çıkma hareketi diğer yönlerdeki hareketlerden tamamen bağımsız hale gelmekte, ancak AUV'ye üç boyutlu uzayda her türlü oryantasyonu vermek yine de tam mümkün olamamaktadır. Bu da, belirli görevleri icra edecek AUV'lerde sıkıntı yaratabilecek bir durumdur. Yine ilk dönemlerde yapılan çalışmalarda AUV kontrol problemi, bir takım doğrusallaştırma teknikleri ile basite indirgenerek yaklaşık olarak çözülmüşken, günümüzde bulanık kontrol (Fuzzy-logic) ve yapay sinir ağları (Neural network) tekniklerinin bir araya getirilmesi ile kompleks birçok kontrol tekniği AUV'lerde uygulanabilmekte ve çok daha iyi neticeler alınabilmektedir.

Hareket kontrolünün yanı sıra, otonomi seviyesine göre farklı düzeylerde görev icrası için durum değerlendirmesi yapmaya ve hareket tarzı belirlemeye olanak sağlayan ileri düzey teknikler de artık AUV'lerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hatta günümüz teknolojisi, birden fazla AUV'nin (gerektiğinde yüzey unsurlarından da destek alarak) koordineli olarak görev icra ettiği "AUV FİLOSU" uygulamalarını da mümkün kılmış, bizlerin de çalışmaları son yıllarda bu yönde yoğunlaşmıştır.

### 2.2.3- Navigasyon (Seyrüsefer), Kontrol ve Haberleşme Sistemleri:

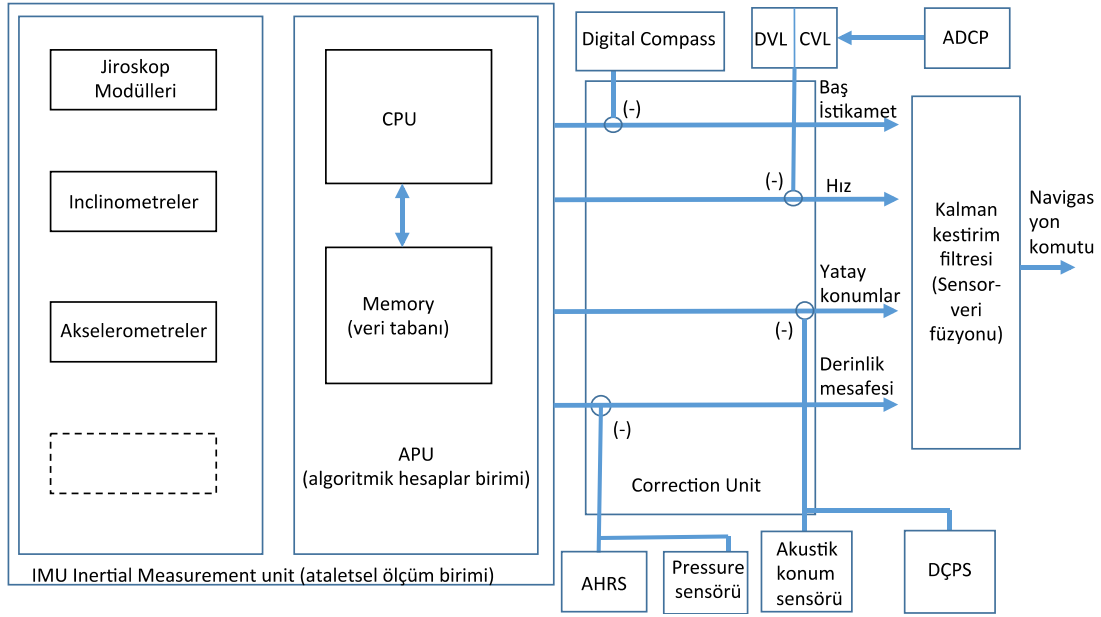
İSAA'lardaki Haberleşme, Kontrol ve Navigasyon kabiliyetleri, insansız platformların görevlerini başarıyla yerine getirmesinde belki de en önemli önemli unsurlardır. Kara, hava ve su üstünde görev yapan insansız platformlarda seyrüsefer sistemleri, uydu tabanlı konum belirleme teknolojilerini (örneğin GPS) müşterek kullanan jiroskop sistemlerine dayanmaktadır. Ancak deniz suyunun, elektromanyetik spektrum dahilinde sadece akustik ve optik bantlardaki frekanslara belirli ölçüde geçirgen davranıyor olması, İSAA'larda yeni ve farklı yöntemler kullanılması zorunluluğunu doğurmuştur.

ROV'larda navigasyon desteği amaçlı konum bilgilerinin, GPS imkânı olan bir su üstü platformu ile kurulan kablolu bir bağlantı veya akustik bir modem link üzerinden alınması mümkündür. Ancak AUV'ler için konum bilgilerini sağlayacak eşlikçi bir su üstü platformu ve bir veri linki prensip olarak yoktur. Hâlbuki AUV'lerin su altında özellikle askeri uygulamalarında doğruluk ve hassasiyetin çok yüksek olması gerekmektedir.

AUV'lerin navigasyonu için temel teknikleri üç ana başlıkta değerlendirebilmektedir:

1. Ataletsel (inertial) navigasyon
2. Akustik navigasyon
3. Jeofiziksel navigasyon





Şekil 5. INS Ataletsel Navigasyon Sistemi (Inertial Navigation System).

Ataletsel navigasyon, AUV'nin hareketlerinin akselerometreler ve jiroskopik sensörler vasıtasıyla çözülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu kapsamdaki en yaygın iki sistem; INS (Inertial Navigation System) ile AHRS (Attitude Heading Reference System)'dir. Daha yeni ve daha yüksek hassasiyette bir sistem olan AHRS'nin INS'e göre temel farkı, jiroskopik sensörlerden gelen ham verinin ayrıca manyetometreler ile birlikte işlenmesidir. Son yıllarda MEMS teknolojisindeki gelişmeler, düşük maliyetli MEMS tabanlı AHRS sistemlerini yapılabılır kılmıştır.

Piyasada, katı-hal ve MEMS teknolojilerine dayalı farklı AHRS cihazları bulunmaktadır. Söz konusu jiroskopik sensörler, genellikle DVL (Doppler Velocity Log) cihazı ile tümleşik olarak kullanılmakta; bu yöntemle normal kestirim yöntemlerine göre daha yüksek performans elde edilebilmektedir. DVL, deniz tabanına akustik dalgalar göndererek Doppler etkisi yardımıyla hız ölçen bir cihazdır. Dolayısıyla deniz tabanına olan mesafe, DVL ile ölçüm yapılabilmesi için önemli bir faktördür. DVL'lerde çalışma frekansı arttıkça ölçüm hassasiyeti artmaktadır; öte yandan, ölçüm yapabilme mesafesi de azalmaktadır. 600 KHz'de çalışan DVL'lerdeniz tabanına olan mesafenin 90 m'den fazla olması durumunda, 300 KHz'de çalışan DVL'ler ise bu mesafenin 200 m'den fazla olması durumunda ölçüm yapamamaktadır.

Çok derin ortamlarda DVL ölçümü yapabilmek için daha düşük frekans (örneğin 100KHz) tercih edilebilir; ancak bu durumda ölçüm doğruluğu azalacaktır, ayrıca gönderilen dalğanın cevabının alınabilmesi için seyir hızının düşük tutulması gerekecektir. DVL ölçümlerindeki başlıca hata kaynakları; kalibrasyon hataları, çevresel gürültüler, ivme kaynaklı kaymalar (drift) olarak özetlenebilmektedir. DVL'e alternatif bir başka sistem de, ölçüm mesafesi 500 m'ye kadar çıkabilen CVL (Correlated Velocity Log) cihazıdır. Özellikle Arktika ve Antartika civarında AUV'ler ile buz altında yapılan araştırma faaliyetlerinde DVL ve CVL'den kesintisiz olarak ölçüm alabilmek amacıyla, söz konusu cihazların yönünün ters çevrilerek deniz tabanı yerine üstteki buz tabakasına göreceli hız ölçümü alınması, yaygın bir uygulamadır. Doppler etkisi prensibine dayanarak çalışan bir başka cihaz ise ADCP (Acoustic Doppler Current

Profil)'dir. ADCP, bulunulan bölgedeki farklı derinliklerde göreceli akıntı hızını ölçen ve ortamın akıntı profilini çıkaran bir cihaz olup, özellikle okyanuslarda görev yapan AUV'ler de; DVL'in yanı sıra kullanılmaktadır (Şekil 6).

Akustik navigasyon, konum belirleme amacıyla akustik vericilerden gelen işaretlerin kullanılması esasına dayanmaktadır. Hareket alanına bir altyapı kurulması gerektiği için akustik navigasyon ancak kontrollü ortamlarda kullanılabilir. En çok kullanılmakta olan yöntemler, deniz tabanına monte edilmiş ve birbirine uzak mesafede en az iki adet vericinin kullanıldığı LBL (Long Baseline) ve su üstünde bulunan bir platforma yerleştirilmiş GPS destekli bir vericinin kullanıldığı USBL (Ultrashort Baseline) teknikleridir. LBL yönteminde, AUV ile her bir verici arasındaki mesafenin 10 km'nin altında olması durumunda konum ölçümü ve tespiti yapılabilir. Ancak LBL yöntemi, sadece sahil güvenlik uygulamaları gibi sürekli aynı bölgede görev yapılan durumlarda uygulanabilir. Ayrıca deniz tabanındaki vericilerin montajı, kalibrasyonu ve bakım/idamesi gibi hususlar, bu yöntemin uygulanabilirliğini azaltmaktadır.

USBL yönteminde ise, derin sularda AUV ile verici arasındaki mesafenin 4 km'nin altında olması durumunda konum ölçümü ve tespiti yapılabilir. AUV'nin yakınlarında bir su üstü platformu bulunması gerekliliği, USBL yönteminin gizlilik gerektiren görevlerde kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca sığ sularda USBL'in etki menzilin 500 m'ye kadar düşüyor olması, yöntemin önemli bir dezavantajıdır. Hem LBL, hem de USBL yöntemleri ile belirlenen konum bilgilerindeki en temel hata kaynakları, ses hızının ortam koşullarına göre değişimi, istenmeyen yansımalar, çok yolluluk etkisi (multipath effect), verici kalibrasyon hataları olarak özetlenebilir.

Jeofiziksel navigasyon ise, konum belirleme işleminin önceden bilinen çevresel koşulların özelliklerin haritalar yardımıyla yapılması veya bu haritaların istatistiksel olarak görev esnasında oluşturulması esasına dayanmaktadır.

Özellikle optik algılayıcılardan (kamera görüntülerinden) alınan verilerin işlenmesi ile gerçekleştirilen jeofiziksel seyrüsefer, bütün yöntemler içerisinde en yüksek hassasiyeti sağlıyor olmasına rağmen, algoritmalarının karmaşıklığı, optik sensörlerin maliyeti, bu sensörlerin derinlerde başarılı olabilmesi için yüksek aydınlatma zorunluluğu ve dolayısıyla enerji sarfıyatı, pahalı maliyet gibi nedenlerden dolayı halen çok kritik askeri uygulamaların dışında yaygın bir yöntem değildir, fakat hızla gelişmektedir.

Yeni nesil AUV'lerde navigasyon çözümlerinde yukarıdaki üç teknikten en az ikisini (genelde ataletsel ve akustik), hatta pahalı çözümlerde üçünü barındıran ve şartlara göre en az ikisini müşterek uygulayan hibrit yöntemler kullanılmaktadır.

AUV'lerin navigasyon uygulamalarında temel prensip, çözülebilen her bir değer en az iki farklı sensör sistemi ile çözülmesi ve farklı çözümlerin birtakım tekniklerle veri füzyonuna tabi tutularak en doğru sonucun alınabilmesi ilkesine dayanmaktadır.

### 2.3 Ana Parçalar

İSAA'ların ana parçaları şunlardır:

- Gövde
- Mekanik unsurlar
  - Makara-kablo sistemi(ROV'larda)

- Robot Kollar
- Elektronik-Elektrik
  - Kontrol-haberleşme
  - Motorlar, servolar
  - Güç kaynağı
- Yazılım
- Dış Kontrol Ünitesi (ROV'larda, kısmen AUV'de)



Resim 2. Çift pervaneli bir AUV.

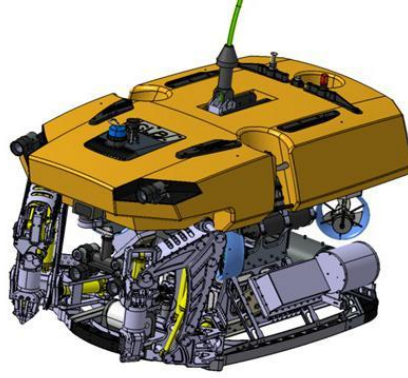
### 2.3.1-Gövde

Gövde AUV'lerde ROV lara göre daha hidrodinamik formda, genellikle sferoid yapıda şekillenmişken, ROV'larda biçilen göreve uygun herhangi bir yapıda, hatta koruyucu bir kafes-çerçeve içinde bile olabilmektedir.

Aluminyum alaşımlı malzeme ve/veya komposit, bir iskeletin üzerine kaplanmış hedef derinliğe uygun komposit veya alüminyum türevi kabuk yapısı içersinde, hem sızdırmazlık-koruyucu amaçlı hem de acil durumlarda su üstüne çıkabilmesini sağlayan özel poliüretan türevi köpükler basılmaktadır. Özellikle derin deniz uygulamalarında gövdenin eksiz tek parça olması çok önemlidir. AUV'ler deniz yüzeyinde yüzebilecek şekilde tasarlanmış hafif araçlardır. Deniz altına motorlarının tahrik gücü ve kanat etkisiyle inerler yani klasik denizaltılar gibi yanlarında safla olarak kullanılabilen su depoları yoktur. Bunun nedeni arıza halinde veya acil durumlarda (enerjisinin bitmesi vb.gibi) aracın kendiliğinden su yüzeyine çıkabilmesi ve kaybedilmemesi gereksinimidir.

### 2.3.2-Mekanik Unsurlar

İSAA'larda mekanik unsurlar, araçların denize indirilmesini ve denizden alınmasını sağlayan vinçler dışında yine AUV'lerde ve ROV'larda ayrı ayrı değerlendirilmelidir. AUV'lerde kanatlar, dümen, projektör ve kamera mesnetleri gibi yüzücü formu bozmamak için minimal düzeyde kullanılan mekanik unsurlar, yerini ROV'larda operasyonel kabiliyeti arttırıcı şekilde birçok üniteye bırakmaktadır.



Resim 3. Tipik bir ROV.

**-Makara-kablo sistemi:** ROV'larda kullanılan bu düzenek bütün ROV sistemleri için en genel haliye gemide veya karada bulunan komuta konsolu, bilgileri, gerekli olan elektriği ve video verilerini aşağıya ve yukarıya aktaran umbilikal (göbekbağı kablosu), kablonun gerilimini ayarlayıp fazla salınmasını engelleyen bu sayede su altındaki akıntılardan aracın ve kabloların minimum etkilenmesini sağlayan tether kontrol sistemi (tether management system) ve operasyonel kabiliyeti olan vinç ve makaralardan oluşmaktadır. Bu sistemlerin kullanılmasının sebebi yüksek güç gereksinimidir. Bu yüksek güç ise çoğunlukla robot kollarının kullanımı için hidrolik sisteminde ve itki sistemlerinin idame ettirilmesinde kullanılmaktadır. Bu elektriksel yükü taşımakla yükümlü olan göbekbağı kablosunun fiziksel kuvvetlerden etkilenmesini engellemek ve gerektiğinde haddinden fazla ağırlığı su altından kurtarmak veya kaldırmak amacıyla extra korumalarla donatılmıştır.



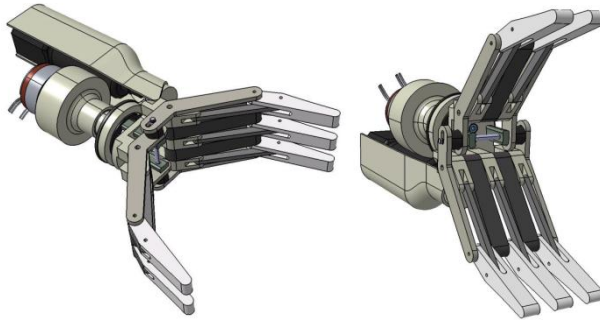
Resim 4. Umbilikal kablo makarası.

**-Manipülatör ve Robot Kollar:** Mekanik ayaklarla özellikle derin deniz ağır iş amaçlı ROV'lar dip yüzeyde ahtapot gibi tutunarak hareket edebilmektedir. Yüzen bir aracın yüzerken manipülatörlerini kullanması çok zor ve kısıtlıdır, mutlaka sabit bir yüzeye dayanarak güç alması/aktarması gerekmektedir. Mekanik ayaklar, sert-kaya (düzgün-kaygan yüzeyli) yüzeylere tutunabilmesi için vakümlama özellikli olabilmektedir.



Resim 5. Su altı yüzey hareketi.

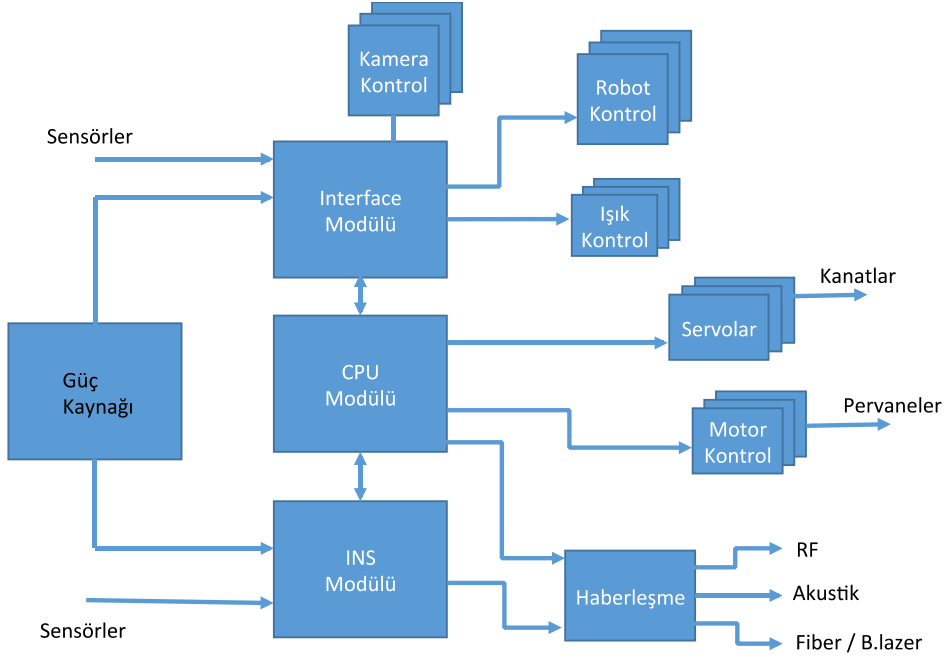
Robot kollar ise; kol en az 3 eksen hareketli olmalı, bilek 350 derece eksen etrafında dönebilmeli, parmak sayısı en az 4 olmalı (toplamda minimum 6 aks kontrol) ve her parmak en az 2 mafsallı (tercihen 3) olmalıdır. Bu mafsallar tam olarak kapanabilmeli, üzerlerindeki yüzey sensörleri yardımıyla tutulan cismin sertliğine ve dayanıklılığına uygun olarak sıkma basıncı ayarlanabilmelidir.



Resim 6. Robot el hareketi.

6 aks robot manipülatör kollar tümüyle derin deniz basıncı ve şartlarında çalışmak üzere tasarlanmıştır. Genelde titanyum tabanlı malzemelerden yapılmış olup gerekli iletişim sağlandığında su yüzünden joystick ile kontrol edilebilmektedir.

### 2.3.3-Elektronik-Elektrik Donanımlar: -Kontrol,



Şekil 6. Elektronik kontrol sistemi.

**Haberleşme:** ROV'larla haberleşme kablo üzerinden yapılabilirken AUV'lerde bu mümkün olmadığından farklı yöntemler kullanılmaktadır, şöyle ki; su üstüne atılan mini şamandra ile kablolu kablosuz haberleşme genellikle acil durumlarda kullanılmaktadır. Örnek olarak Haberleşme Modülü, DCM adlı unite (Resim 7) içerisinde bulunan bir makaradan yüzeye gönderilen bir fiber optik kablo üzerinden geniş bantlı data haberleşmesi yapılabilmektedir. Burada kablonun kopmaması için üzerindeki tansiyon bir load cell (yük hücresi) aracılığıyla sürekli ölçülmektedir.



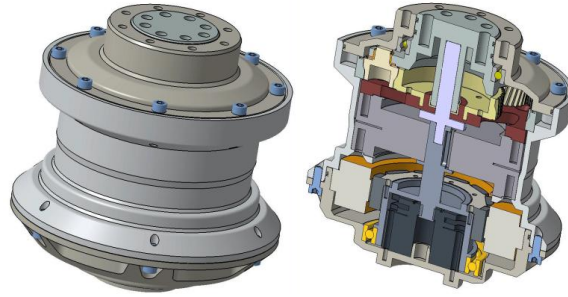
Resim 7. DCM Modülü.



**-Sensör ve kullanım unsurları:** Çoğu ROV sistemi video kamera ve ışıklarla donatılmıştır. Gerekli durumlarda ise ROV sistemi farklı sensörler ile donatılıp operasyonel kapasitesi artırılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu sensörler sonarlar (ileri bakış sonarı, yan tarama sonarı), manyetometre, farklı görüş kapasitelerine sahip kameralar (düşük ışık kamerası, kızılötesi kamera vb.), CTD (iletkenlik, sıcaklık ve derinlik), robot kolu ve kesici el, su örneği toplayıcı ve su temizliğini ölçen ekipmanlardır. Bunların kullanım ve kontrolü elektrik-elektronik modüllerle sağlanır.

**-Motorlar(Propulsion):** Birçok farklı propolsion tekniği kullanılmasına rağmen propolsion thrustersler veya kort nozzlerla sağlanmaktadır. Kort nozzlede pervane sabit (non-rotatif) bir nozzle üzerine konur böylece özellikle 10 knot'un altındaki hızlarda hem verimlilik, hem de seyir-istikamet (yön) stabilitesi artmakta olup kavitasyon daha iyi olur, ayrıca rudderslara da gerek kalmaz.

İSAA'larda thruster olarak çok özel elektrik motorları kullanılmaktadır. Bunlar genelde alimünyum-titanyum casede, çok yüksek torklu (1300Nm @ 160mm dia.), küçük çaplı, az enerji sağlayan, özel yağlama desteğiyle çalışan, sızdırmaz motorlar olup, okyanus derinliklerinde bile çalışabilmektedirler. Fırçalı veya fırçasız olabilmektedirler (değişik parametrelere göre). AUV'lerde genelde 1 veya 2 motor bulunurken, ROV'da dikey ve yatay çalışan en az 4 motor bulunmaktadır.



Resim 8. Motorlar.

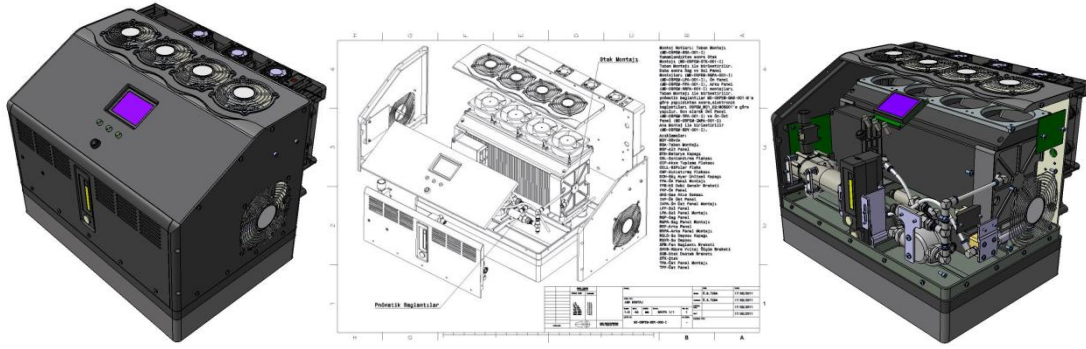
**-Güç Kaynağı:**

İSAA'larda günümüzde kullanılan güç kaynakları olarak gelişmiş lityum ion/polimer Ni-Metal hidride bataryaların yanı sıra, gümüş oksit-çinko bataryalar ve PEM-HYP hidrojen yakıt pilleri sayılabilmektedir. Bunlardan lityum ion temelli piller bilinen ve yaygın teknolojilerdir. Diğerleri ise:

1- HYP (Hidrojen Yakıt Pili)

İlk zamanlar Alüminyum tabanlı yarı yakıt hücreleri sadece büyük İSAA'larda kullanılmaktayken, bakım zorluğu ve çevre kirliliği yaratması gibi nedenlerle yeni tip HYP'lere geçilmiştir. Görev süresinin uzun olması istenilen insansız Robot Sistemleri'nde kullanılmak üzere tasarlanıp üretilmiş olan en az 1 KW çıkış gücüne sahip PEM (Proton Exchange Membrane) Hidrojen Yakıt Pilleri, Li-İon, Li-Polymer, kuru ya da jel tipi akülerden farklı olarak yüksek güç yoğunluğu (Watt/kg) ile operasyon sürelerini dört kata kadar uzatmakta, yakıt (hidrojen) ve oksitleyici (hava ya da oksijen) sağlandığı sürece enerji üretimine devam etmektedir. Enerjinin elde edilebilmesi için gerekli olan hidrojenin küçük hacimli kartuşlarda rahatlıkla depolanabilmesi ve kolaylıkla değiştirilebilir olması, önemli miktarda düşük emisyon üretmesi, sessiz ve modüler bir yapıda olması sayesinde bu tür araçlar için çok tercih edilen bir güç kaynağı olmaktadır. Birim fiyat pahalılığı ve ağırlığı yegâne dezavantajlarını oluşturmakta olup, zaman içerisinde bu yönlerin de iyileşeceği kesindir.





Resim 9 PEM Hidrojen yakıt pilleri.

## 2- Gümüş Oksit-Çinko Bataryalar

Genellikle acil durumlarda ve/veya back-up amaçlı olarak kullanılmaktadır. Çok kısa zamanda çok çok yüksek güç elde edilebilir. Gümüş-oksit çinko bataryaların en önemli özellikleri yüksek enerji yoğunlukları, yüksek spesifik enerjileri, kanıtlanmış güvenilirlik ile birim hacim ve kütle başına en yüksek güç çıkışına sahip olmalarıdır.

0,5-120 Ah aralığında kapasitelere sahip gümüş-oksit çinko hücreleri, yüksek enerji akım yoğunluğu gereken uygulamalarda örneğin uydularda, askeri uçaklarda, denizaltılarda ve taşınabilir askeri ekipmanlarda kullanılmaktadır. Uzay uygulamalarında bataryalar, yüksek güç gereksinimine ihtiyaç duyulan periyotlarda güneş pillerine destek olmak amacıyla, diğer zamanlarda güneş pillerinin yedekleri olarak görev yapmaktadır. Askeri uçak uygulamalarında acil güç ünitesi ya da uçuş kontrol yüzeylerinin ani devreye girdiği manevralarda ileri güç ünitesi olarakta kullanılmaktadır.

Bir hücreden elde edilebilecek enerjinin yeterli olmadığı durumlarda, piller seri ve/veya paralel bir şekilde bağlanarak batarya bloğu oluşturulabilmektedir. Bu şekilde oluşturulmuş gümüş-oksit batarya grupları 300 KW enerjiiyi 10 dakikaya kadar sağlayabilmektedir.(Torpido kullanımı). Gelişmekte olan Trend ise iki farklı enerji kaynağının süper kapasitörlerle kombine edilmesidir. Ayrıca akıllı bir Power management sistemin kullanımı yeni tip İSAA larda artık kaçınılmaz hale gelmiştir.



Resim 10. Gümüş oksit çinko batarya.

### 2.3.4-Yazılım

Kablo kumandalı (ROV) veya Otonom (AUV); su altı aracının kontrolünü, fonksiyonlarının istenilen şekilde çalıştırılmasını, seyrü seferini, verilen görevleri ifa edebilmesini, haberleşmeyi, acil/olağan dışı durum davranışlarını, enerji kontrolü gibi temel gereksinimlerini yerine getirmesini sağlamaktadır.

Sistem mimarisi gömülü (Embedded) yazılımlar üzerinde ve gerçek zamanlı (Real time) işletim sistemleriyle çalışan, aynı zamanda kritik tüm fonksiyonlarda redundant (yedeklemeli) planlanmış bir yapıda olmalıdır. (Bazı basit nod larda işletim sistemi kullanılmayabilir).

Araca güç sinyali verildiği andan itibaren, aracın su altındaki dengesinden, ortamın modellenmesi, görevlerin planlaması, otonom hareketleri ve eylemleri yürütmesine kadar merkezi bir yazılımsal çekirdek vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Devrelerde PİC, C, ASM türü yazılımlar kullanılabilmesine rağmen, ana çekirdeğin kodu, C# /Java gibi programlama dillerini taban alan Microsoft Robotics benzeri veya daha gelişmiş platformlar yardımıyla yazılabilmektedir. Aracın beyni olarak tanınan bu yazılımın derlenmiş hali, araçta bulunan gömülü bilgisayar kartına/Micro PC ye yüklenip çalıştırılabilmektedir. Ayrıca, gerçek zamanlı görevlerde sistemin zaman gecikmesini minimuma indirmek için gereken yapı, örneğin Windows Embedded veya daha gelişmiş bir çözüm işletim sistemi olarak bilgisayara kurulmalıdır. Aracın farklı çevre birimlerinin eş zamanlı olarak çalışabilmesi ve sistemin en kısa zamanda cevap üretebilmesi, yoğun bir algoritma geliştirme ve haberleştirme mekanizmasını gerekli kılmaktadır. Yazılım çekirdeğinin esas rolü bu konuda ortaya çıkmaktadır. Paralel programlama tekniklerinden faydalanan bir yazılım, bir kaç algoritmayı farklı bir kaç döngü içerisinde eş zamanlı olarak işlemeye tabi tutup, çıktıları gerekli çevre birimlerine iletebilmektedir. Yazılım çekirdeğinin yapı taşları, "servisler" adında kod bloklarından meydana gelmelidir. Her bir servis, belli bir donanım birimini temsil edebilme ve içinde o birimin sanal yapısını barındırmaktadır. Böylece, araçta bulunan her bir birim diğer birimlerle serbestçe haberleşebilir ve birbirlerinin algoritmalarını yürütebilir. Aracın bütün görevleri başarıyla yerine getirmesi için Davranışsal FSM adında veya benzeri bir algoritmadan yararlanılmalıdır. Buna göre, servisler hem birbirleriyle haberleşebilmekte ve hem de aynı anda yürütmesi gereken bir davranışı da kolayca işleme sokabilmektedir. Şayet servisler popüler haberleşme formatı olan XML formatı benzeri haberleştikleri zaman, yazılım çekirdeği farklı bir kaç bilgisayara dağıtılsa bile yerine getirmesi gereken işlemleri başarıyla tamamlayabilmektedir. Bunun anlamı, görüntü işleme çalışması eğer farklı bir bilgisayarda yapılıyorsa, servisler bunu rahatlıkla takip edebilmektedirler ve çalışma mekanizmasıyla birleştirebilmektedirler.

### 2.3.5-Su Üstü Kontrol

Su üstü kontrol merkezleri gemide ve/veya karada konuşlanmış olup ROV uygulamaları için kesinlikle zaruridir. AUV'lerin yarı otonom modda çalışmaları ve acil durum pozisyonlarında destek olabilmek veya yardım etmek için bu birime gerek vardır.

- Kontrol Odası, operator konsolu (Server+monitörler, kamera kontroller)
- Vinç
- Makara düzeneği
- Haberleşme/role birimleri
- Sensörler (sonar vb)
- Destek sistemleri



Resim 11: Su üstü kontrol odası.

### 3. Mevcut Durum:

#### 3.1 Dünyadaki Durum

Günümüzde İSAA sadece birkaç ülke tarafından tasarlanıp üretilebilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, tasarım ve özverilerle, ülkemiz bu ülkeler arasına girmeyi başarmıştır. Bu çalışmalar için cömert kaynaklar sağlayan TSK/SSM'in ve TÜBİTAK'ın payı ve çabası yadsınmaz.

Şu an dünyada özellikle kıyası olan tüm ülkeler kendi İSAA'larını tasarlayıp geliştirmeye çalışmaktadır. Bu çalışmalar esnasında ülkeler kendi komponentlerini de geliştirmektedir. (Motorlar, sızdırmaz, ileri teknolojik malzeme, yakıt pili, batarya, haberleşme birimleri, basınç altında çalışacak mekanik-robot kollar vb.) Zira bu malzemeler halen stratejik adletilip büyük oranda ülkelerin birbirine satışı kısıtlamalı ve/veya izne tabi tutulmalıdır.

##### 3.1.1-Önemli Güncel Uygulamalar

Giriş bölümünde verilen örnekler dışında dünya bu konuya okyanusta düşen uçakları 6000m derinde bulan ABYSS türü cihazların haberleriyle aşına oldu:



Resim 12. ABYSS, 6000m derine inebilmektedir.

Malezya Havayolları'na ait MH370 sefer sayılı yolcu uçağının Hint Okyanusu'na düştüğü Malezyalı yetkililer tarafından açıklanmıştı. Uzmanlar, uçağın başkent Kuala Lumpur'dan havalandıktan yaklaşık 7,5 ila 8,5 saat uçtuktan sonra düştüğünü tahmin ediyordu. Ancak düşmeden önce uçakta tam olarak neler yaşandığı ve uçağın düşmesine neyin yol açtığı hala belirsizdi. Daha ayrıntılı bilgi elde edilmesi için Okyanus dibindeki enkaz arama çalışmaları AUV'ler tarafından sürdürüldü.

Atlantik'te düşen Air France uçağının enkazı Abyss tipi otonom sualtı arama robotları yardımıyla tespit edilmişti. Bu tür otonom sualtı araçlarından (AUV) dünyada sadece 3 adet bulunuyor. Bunlardan ikisi ABD'nin Boston kentinde bulunan Woods Hole Oşinografi Enstitüsü'ne aittir. Üçüncüsü ise Almanya'nın Kiel kentine bulunan GEOMAR Helmholtz Okyanus Araştırmaları Merkezi'nde bulunmaktadır. Dünyada şu anda bu araçlar dışında deniz seviyesinden 6 bin metre kadar derinliğe inip deniz tabanının birebir haritasını çıkarabilen başka bir araç bulunmamaktadır. Bu otonom sualtı robotları yaklaşık olarak ayakkabı kutusu büyüklüğündeki objeleri bile tespit edebilmektedirler.



Resim 13. Kaiko; JAMSTEC tarafından geliştirildi. Resim 14. Tiburon, USA, MBARI tarafından geliştirildi.

Japon Teknoloji Ajansı'nın (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology-JAMSTEC) geliştirdiği Dolphin ve Kaiko isimli uzaktan kumandalı su altı araçları, Monterey Körfezi Akvaryumu Araştırma Enstitüsü'nün (Monterey Bay Aquarium Research Institute-MBARI) geliştirdiği Tiburon isimli uzaktan kumandalı su altı aracı, Fransız Deniz Araştırmaları Enstitüsü'nün (Institut Francais de Recherche pour l'Exploitation de la Mer-IFREMER) geliştirdiği Victor isimli uzaktan kumandalı su altı aracı, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün (Massachusetts Institute of Technology-MIT) geliştirdiği Odyssey isimli otonom su altı aracı ve Woods Hole Oşinografi Enstitüsü'nün (Woods Hole Oceanographic Institution-WHOI) geliştirdiği Nereus isimli uzaktan kumandalı su altı aracı ile ABE isimli otonom su altı aracı gibi insansız su altı araçları, dalış rekorları ve görevde kalış süresi rekorları kırdıkları için kayda değer diğer örneklerdir. Mart 1995'te Kaiko'nun, dünyanın en derin noktası olan Mariana Çukuru'na 10.911 metre, Mayıs 2009'da ise Nereus'un aynı bölgede 10.902 metre derinliğe inmiş olması, söz konusu cihazların yetenekleri hakkında önemli fikirler vermektedir.

Günümüzde İSAA'lar insanların yapamadığı veya yapmasının riskli olduğu her alanda başarıyla kullanılmaktadır. Bunlara okyanus dibi boru-iletişim hatları yapım ve kontrolü, petrol sondajı, arama-kurtarma, mayın arama ve temizleme, iklim denetimi ve çevre kirliliği, ulusal güvenlik, sismik araştırma ve sondaj (deprem fay hatları tespiti), açıkta acil gemi bakım-onarımı gibi birçok konuda örnekler verilebilmektedir.

### 3.1.2-Gelecek Tasarım ve Hedefler

Gelecekte;

- ROV'lar kontrol, enerji ve haberleşme teknolojileri gelişeceği için yerlerini daha çok AUV'lere bırakacaklardır.
- AUV'ler tek tek olduğu gibi çoklu filolar halinde göreve çıkacak, filodaki her AUV kendine tahsis edilen rolü yerine getirecek, bu şekilde görev süresi kısaltılacak ve başarı yüzdesi çok çok yükseltilecektir.
- Hidrojen yakıt pilleri ve batarya teknolojileri gelişeceği için araçlar çok daha uzun süre denizde kalacaklar ve menzilleri birkaç kat artacaktır.
- Kompozit malzeme ve ileri malzeme teknolojileri gelişeceği için daha derine, 10.000 m' nin altına dalabileceklerdir.
- Çok daha farklı boyurlarda (mikro ölçüde veya dev boyutlu) araçlar gerçekleştirilecektir.
- Askeri uygulamalar için (Sahil muhafaza, saldırı, escort vb.) silahlı olanları servise alınacaktır.
- Teknolojinin gelişmesi ve kullanımın yaygınlaşmasıyla, gerek birim fiyatları gerekse görev idame maliyetleri düşecektir.

## 3.2 Ülkemizdeki Durum

### 3.2.1-Tarihçe:

1970'lerde deneysel düzeyde ABD mayın arama gemilerinde kullanılmaya başlayan ROV'lar, ilk olarak 1990'lı yıllarda yurt dışından temin edilerek donanmanın mayın arama filosunda sınırlı sayıda MK serisi olarak kullanılmaya başlanmıştır.



Resim 15. Türk Deniz Kuvvetleri envanterindeki MK serisi İSAA'lar tatbikatta.



Teminindeki kısıtlar nedeniyle yerli ürün temini arayışı içerisinde olan Dnş.K.K.lığı 1996'da ilk olarak SUTA (Su altı Teknolojileri Araştırma Enstitüsü) ROV'unu incelemiş fakat daha sonra bu konuda Tubitak ile çalışmaya karar vermiştir.

Ülkemizde Yerli İSAA tasarım ve üretimi kamuda TÜBİTAK ve bazı üniversitelerde, özel sektörde ise SSM desteğiyle birkaç firmada başlamıştır.

### 3.2.2- Bilimsel Kuruluş ve Üniversitelerin Çalışmaları

#### 3.2.2.1-TÜBİTAK Çalışmaları

Ülkemizde bu alandaki ilk ciddi çalışma olarak TÜBİTAK organizasyonu altında yapılan ULİSAR projesini görmekteyiz.

TÜBİTAK desteğiyle Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan Çok Amaçlı Ulusal İnsansız Su Altı Aracı (ULİSAR), 100 m'ye kadar dalması hedeflenmiş olan ve akustik link üzerinden kumanda edilen hafif sıklet bir ROV'dur. 1 Temmuz 2006 - 1 Temmuz 2009 tarihleri arasında devam etmiş olan proje, daha ziyade akademik bazda yürütülmüş olup kavramsal ispat bazında bu konuda Türkiye'deki ilk önemli adımdır.



Resim 16. Prof. Dr. Kemal Leblebicioğlu ve ekibi Ulisar havuz testlerinde.

ULİSAR bir TÜBİTAK-1001 projesi olup, 01.06.2006 tarihinde başlamıştır. Su altı gözleme amacı ile yapılan bir insansız su altı aracı hakkındadır. Temel fikir olarak, su altı aracı ile beraber hareket eden ve su altı aracına fiber kablo ile bağlı bir su üstü aracı olması düşünülmüştür. Su altı ve su üstü araçları aralarında fiber üzerinden haberleşirken, su üstü aracı ile ana gemi arasındaki haberleşme RF üzerinden planlanmıştır. Böylece gerçek zamanlı navigasyon mümkün olacaktır. Mayın tarama görevleri için de kullanılabilmesi için gövde kompozit malzemeden imal edilmiştir. Oldukça kalabalık bir araştırmacı grubu projeye katkıda bulunmuşlardır. Bunların arasında farklı bölümlerden öğretim üyeleri, yüksek lisans ve doktora öğrencileri, şirketler ve mühendis subaylar vardır. Proje bütçesi (bölüm payı dâhil olmak üzere) yaklaşık 462.000 TL'dir.

Proje sonunda istenilen hedeflere tam olarak ulaşılmasa da görüntülü navigasyon yapabilen, üzerinde kameralar, ışıldaklar, sonar, sonar modem, akustik algılayıcılar ve benzeri cihazların yüklü olduğu, ilgili elektronik kartların tasarlanıp hazırlandığı, bu cihazlarla ilgili yazılımların hazırlandığı, kullanıcıya kolaylık sağlayacak şekilde bir operator konsolunun bulunduğu bir sistem ortaya çıkmıştır. Su altı aracının deneme çalışmaları ODTÜ açık ve kapalı havuzlarında

gerçekleştirilmiştir. Deneyle sonuçunda navigasyon ve görüntü bilgileri elde edilmiştir. Araca eklenen her yeni modülden sonra yeni deneyle yapılmaktadır.

TÜBİTAK 1007 programı destekli olan Milli PAP (ROV) Cihazı Geliştirilmesi Projesi ise TÜBİTAK, Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM) ve TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü arasında 26 Eylül 2006 tarihinde imzalanan sözleşme ile yürürlüğe girmiştir. Proje kapsamında geliştirilen askeri sınıf ROV, üzerinde birçok farklı sensör taşıyan ve bir robot kolu içeren bir araçtır. 17 Aralık 2007 tarihinde, TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü ile imzalanan ve yürürlüğe giren alt yüklenici sözleşmesi ile projede görev almaya başlayan GATE Elektronik A.Ş. / TR Teknoloji Ltd. Şti. (eski MALERİ Teknik Hizmetler Ltd. Şti.) iş ortaklığı ise, projede ROV modülünün geliştirilmesi, Robot Kolu geliştirilmesi, Silah Sistemi geliştirilmesi, Kablo Sarma Ünitesi geliştirilmesi faaliyetlerinden, bu birimlerin sisteme entegrasyonundan ve bu birimler ile ilgili test faaliyetlerinden sorumludur. Proje şu anda entegrasyon ve test safhasındadır.

### 3.2.2.2-İTÜ Çalışmaları

İTÜ'de 2000 li yıllarda başlayan çalışmalar, 2008 yılındaki SSM ihalesine katılma ve kazanma sonrası oluşan birikim öğrencilere de taşınmış ve öğrenciler öğretim üeleriyle birlikte üniversiteden destek alarak hazırladıkları projelerle ulusal ve uluslararası yarışmalarda çok başarılı sonuçlar elde etmiştir.

### İTÜ AUVTECH

İTÜ'lü öğrencilerin, hocalarıyla beraber kendi kaynaklarıyla geliştirdiği birçok görevi aynı anda yapabilen otonom İTÜ-AUVTECH sualtı aracı 2013 yılında San Diego'da düzenlenen Dünya Otonom Sualtı Aracı Yarışması'nda yarı finalist olmuştur.



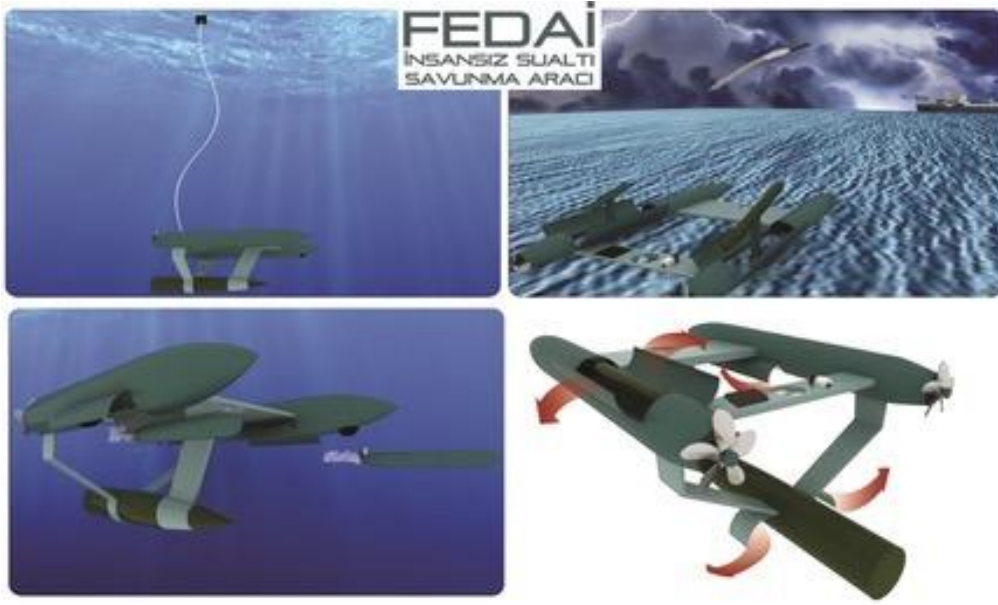
Resim 17 İTÜ Öğrencileri tarafından geliştirilen AUVTECH adlı ROV.



### İTÜ FEDAI:

İnsansız Sualtı Savunma Aracı: "Fedai" Projesi, 2012 yılında TMMOB Gemi Mühendisliği kurumu tarafından düzenlenen "Geleceğin Gemi ve Yüzer Yapıları Tasarımı Proje Yarışması 2012" yarışmasında 1.lik elde etmiştir.

Çağatay Sabri KÖKSAL (İTÜ Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği), Recep DEMİR (İTÜ Makine Mühendisliği) Samet SAİP (İTÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı) M.Çağatay BAHADIR (İTÜ İşletme Mühendisliği) başarılı proje ekibini oluşturmuştur.



Resim 18. İTÜ Öğrencilerinin tasarladığı FEDAI adlı AUV.

Bu çalışmada, ülkenin milli savunma politikası kapsamında olası saldırı senaryoları ve savunma teknolojileri alanındaki gelişmeler göz önüne alınarak geleceğin savunma teknolojilerine yeni bir bakış sağlanması amacıyla savunma, silah ve iletişim teknolojilerinin birbiri ile entegrasyonundan oluşan, uzun menzilli insansız savunma aracı Fedai'nin kavramsal tasarım çalışmasına ve stabilite, yüzebilirlik, güç gereksinimi gibi temel mühendislik hesaplamalarına yer verilmiştir.

### 3.2.2.3-ODTÜ Çalışmaları

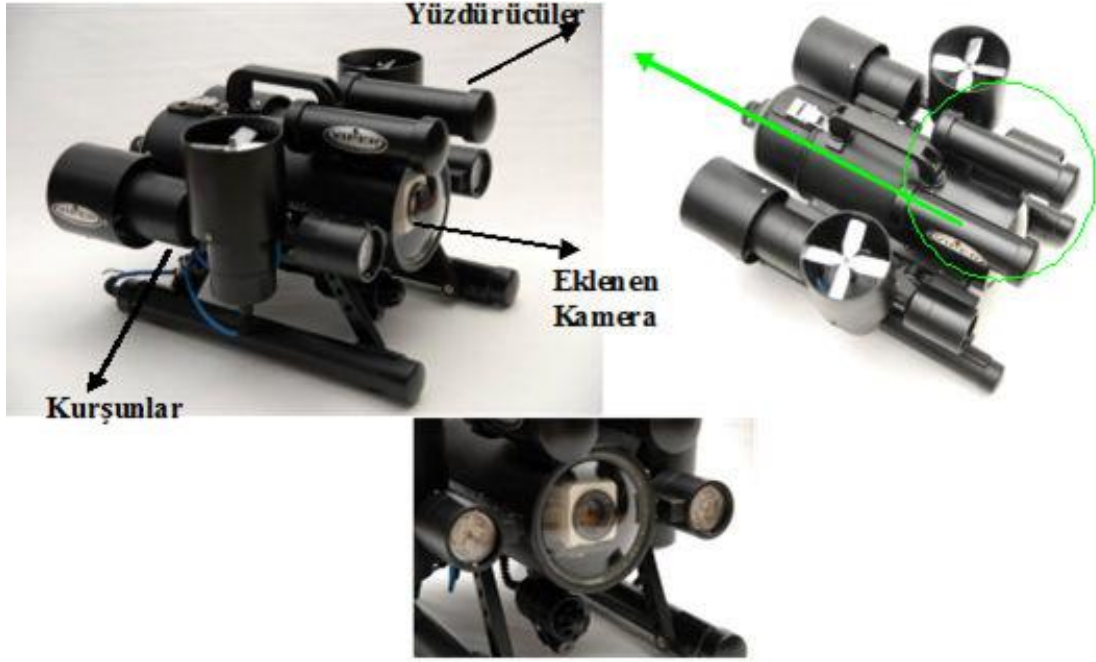
ODTÜ, SAGA (Su Altı Gözetleme Aracı) adlı bir ürünü Teknokent'te tasarlayarak ülkemizdeki ilk uygulamalardan birini gerçekleştirmiştir. Daha sonra Teknopark'ta kurulan Desistek adlı bir firma tarafından üretilen ve ticarileştirilen bu mikro ROV halen farklı sivil uygulamalarda deneme çalışmalarını sürdürmektedir.



Resim 19. SAGA Mini ROV.

#### 3.2.2.4-Kocaeli Üniversitesi Çalışmaları

Kocaeli üniversitesinde TUBİTAK 111E294 referanslı proje desteğinde 46cm boyunda 13kg ağırlığında 4 motorlu ve iki eksen kumandalı bir mini ROV geliştirilmiştir.



Resim 20. Kocaeli üniversitesince gerçekleştirilen mini ROV.

### 3.2.2.5-İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çalışmaları

İzmir yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği bölümü öğrencileri geliştirdikleri İZTECH-ROV projesiyle TÜBİTAK 2241-B proje yarışmasında üçüncü olmuşlardır.

### 3.2.3-Askeri çalışmalar

Daha önce yurt dışından temin edilen araçlar (ROV), TÜBİTAK ve SSM üzerinden milli tasarım şartıyla ülkemizden temin edilmeye başlanmış, konuyla ilgili olarak Deniz K. Komutanlığı İstanbul Tersane Müdürlüğü'ne koordinasyon görevi verilmiştir. Bu çerçevede muhtelif kontratlar yapılmış ve halen projeler yürütmektedir. Milli ROV'lar başarıyla tamamlanmış AUV üretimleri ise halen devam etmektedir.

Milli Askeri ROV'ların görevleri şunlardır:

- Muhasım ülkeler tarafından liman ve boğaz giriş çıkışlarının uzaktan torpido mayınlarla kirletilip kirletilmediğini tespit etmek,
- Mayın tanı – teşhis ve imha çalışmalarında kullanılmak,
- Eğitim amaçlı tatbikatlarda kayıp olan eğitim torpidoları gibi cihazları arama ve kurtarma faaliyetleri yürütmek,
- Seyir hidrografi çalışmaları ile anfibi harekâta ön kuvvet harekâtı kapsamında su altına yönelik çeşitli araştırmalarda da değerlendirilmek amacıyla görüntü ve sonar verileriyle birlikte çevre ve konum verilerinin iletimini kablosuz olarak uzaktan veya önceden programlanan rotalarda hareket ve kontrol edilebilmektir.

### 3.2.3.1-GATE Elektronik çalışmaları

Gate Elektronik Bu konudaki çalışmalarda ülkemizdeki lider firma konumundadır. Çalışmaların özeti şu şekildedir;

### A-Derin Deniz Keşif (Askeri) AUV'si

Özellikleri:

- Maksimum dalacağı mesafe: 1000m
- Gövde yapısı: : Carbon fiber skin, 6061T6 Aluminum frame
- Dışardaki Ağırlık: 260kg (Su dışında)
- Boyutları: Uzunluk:2.4m; Genişlik- 0.8m; Yükseklik – 0.4m
- Max. Hız: 8 knots

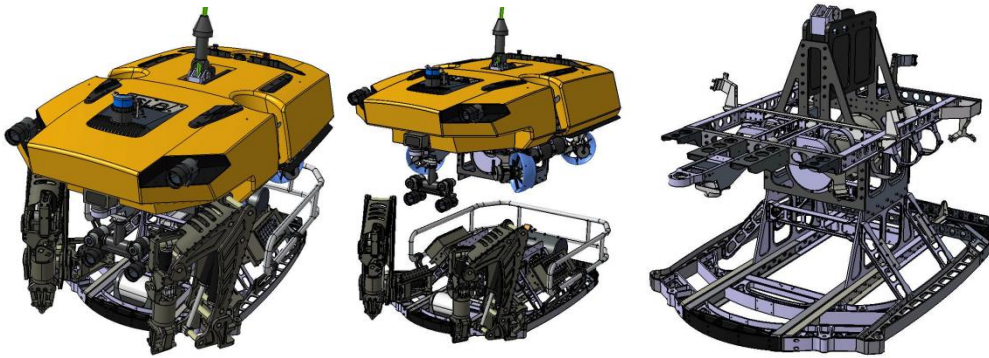


Resim 21.GATE Elektronik tasarımı Askeri Derin deniz keşif AUV si.

### B-Gelibolu ROV

GELİBOLU- Ağır iş Sınıfı Uzaktan Kontrollü Su Altı Aracı, yüksek itki ve kaldırma kapasitesi sağlayan 7 motorlu tahrik sistemi, sağlam ve fonksiyonel 2 adet hidrolik robot kolu, küçük ve hafif yapısı ile denizaltı kurtarma, batık çıkarma, deniz dibi inceleme ve sismik araştırmalarda gözlem yapma ve su altından numuneler toplama gibi uygulamaları başarı ile gerçekleştirebilmektedir.

- 2 adet 7 eksenli robot kolu
- Her biri 120 kgf itki üretebilen 7 adet itki sistemi
- 3 knot azami hız
- 150 kg faydalı yük taşıma kapasitesi
- 1500 m standart çalışma derinliği (3000 m ve 6000 m opsiyonel)
- Kesici uç ile 30 mm çapa kadar çelik tel kesebilme



Resim 22. GELİBOLU adlı ROV.

### C-GMK AUV – Genel Maksat-Keşif

GMK – C her türlü platforma hızlı ve kolay bir şekilde entegre edilebilme özelliği, operasyon kolaylığı ve düşük bakım gereksinimi, modüler yapısı, kullanım kolaylığı, kablolu ve kablosuz (otonom) kullanıma uygunluğu tasarlanmış ve planlanmış bir üründür.

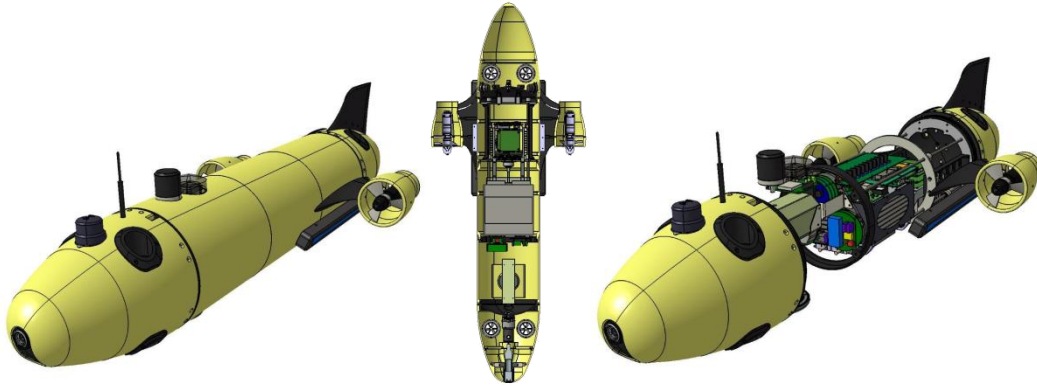
#### Kabiliyetleri:

- Mayın tespit edebilme
- Hafif, küçük ve dayanıklı yapı
- Kablolu ve kablosuz (otonom) operasyon imkânı
- Kolay kullanılabilir görev yönetim sistemi
- Uzun süreli operasyon yapabilme
- 5 eksenle hareket edebilme (İntikal, dikey, yunuslama, yuvarlanma, sapma yönleri)

şeklinde belirtilebilir.

#### Genel Özellikler:

- |                      |                                                   |
|----------------------|---------------------------------------------------|
| • Operasyon Modu     | Otonom                                            |
| • Çalışma Derinliği  | 100 m                                             |
| • Gövde              | 6061 Serisi Alüminyum ve Kestamit(Döküm Polyamid) |
| • Havadaki Ağırlık   | 60 kg                                             |
| • Azami İntikal Hızı | 6 knot                                            |
| • Nominal Hızı       | 3 knot                                            |
| • Boyutlar           | Uzunluk 1,5 m, Çap 23,5 cm                        |



Resim23. GMK (Genel Maksat ve Keşif)AUV'si.

### D-PAP ROV – Askeri ROV-Çanakale SSR

ÇANAKKALE SSR, uzaktan kumanda edilebilen, mayın tarama ve mayın avlama sistemlerinde dalgıçların mayın harbindeki rolünü üstlenebilecek bir su altı aracıdır. Mobil mayın imha şarjlarının kullanımı sayesinde tespit edilen mayının imhası için şarj yerleştirme faaliyetinde dalgıç kullanımı önlenmekte, limitli olan dalgıç ve toplam dalış sürelerinin efektif kullanımı sağlanmaktadır. Halen mevcut ROV (Remotely Operational Vehicle) cihazları veya dalgıçlar vasıtasıyla yapılan mayın imhası işleminin süresi de tek kullanımlık mobil mayın imha şarjları ile oldukça kısalmaktadır.



**Genel Özellikler:**

- Boy 2,5 m
- En 0,45 m
- Yükseklik 0,45 m
- Renk Siyah
- Çal. Derinliği 300 m
- İleri Hız 6 knot
- Hava. Ağırlık 100 kg
- Dış Gövde 6082 T6 Aliminyum
- Manevra 1 x Yatay 250N itki motor
  - 4 x Dümen Kanadı
- Işıklandırma 1x 576 lux @ 1m
- Kamera 1 x HiRes Renkli IP
- Seyrüsefer 1x Görüntüleme Sonarı
  - 1 x AHRS
  - 1 x Derinlik Ölçer
  - 1 x Mesafe Ölçer
  - 1 x Akustik Alıcı / Verici
  - Patlayıcı Taşıma Kapasitesi 25 kg

**Resim 24. ÇANAKKALE PAP ROV.****E-Mini ROV:**

Haberleşme Fiber optik kablo üzerinden yapılmakta, üzerindeki kameraların görüntüsü bir media konvertör tarafından çevrilerek aktarılmakta, lityum ion batarya ile çalışmaktadır.

Son günlerde yaşanan ekonomik sıkıntılarının, özel sektör firmalarına yansısı bu başarılı çalışmalarını neredeyse durma noktasına getirmiştir. Ülkemizde binbir zorluklarla oluşturulan özellikle stratejik alanlardaki teknoloji ve bilgi birikimlerini korumak, desteklemek aslında herkes için milli bir görev olmalıdır.



Resim 25. Bir GATE tasarımı.

### 3.2.3.2-ASELSAN Çalışmaları

ASELSAN 2010 yılında Savunma Sanayi Müsteşarlığı'nın üzerinde çalıştığı "Ağ yetenekli ve çok sensörlü sualtı keşif sistemi" projesi Çerçevesinde "Ahtapot", adlı bir AUV geliştirmeye başlamıştır. Bu çalışma ABD Savunma Bakanlığı Pentagon'un birkaç yıl önce uygulamaya koyduğu benzer bir projeyi örnek almaktadır.

ASELSAN'ın yapacağı "Ahtapot" sistemi kapsamında sualtı araçları, liman ve kritik alanların güvenliğini sağlayacak, istihbarat toplayacak, kısaca sualtı keşif ve gözetleme çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmesi planlanmıştır.

Sualtında keşif, gözetleme, mayın tespit ve imha, arama-kurtarma görevlerinde kullanılmakta olup insansız araçlar uzaktan kumandayla çalışmakta ve topladığı bilgileri komuta merkezine aktarmaktadır. Ahtapot'un "Ağ yeteneği" AUV'ların topladığı istihbaratın, TSK'ya bağlı iz, kara ve hava araçlarına da aktarılabilmesini, dolayısıyla bu araçların müşterek harekâtlarda kullanılabilmesini sağlamaktadır.

ASELSAN'ın geliştirdiği bir diğer insansız sualtı aracı olan "Dalgıç", şu anda sınıfında yerli olarak üretilen tek model ve TSK'nın beklentilerini bir ölçüde karşıladığı düşünülüyor.



Resim 26. ASELSAN Tasarımı İSAA.



### 3.2.3-Diğer Firma Çalışmaları

Gate Elektronik'ten ayrılarak kurulan ve Gate ile ortak projeler yürüten TR-Teknik firması halen Bilkent Cyber-park'ta faaliyet gösteren bir firma olup, ana iş konusu insansız denizaltı araçları ve alt birimleri tasarımı ve üretimi yapmaktadır.



Resim 27. TR tasarımı iki farklı AUV.

-Desistek, ODTÜ Teknopark'ta yerleşik olup ODTÜ ile müşterek geliştirilen SAGA adlı MiniROV cihazının, sivil kullanımlar için üretim ve satışını yapmaktadır.



Resim 28. Desistek yapısı SAGA.

#### 4. Sonuç

İnsansız su altı araçlarının gerek sivil, gerekse askeri alanda neredeyse sınırsız kullanım alanlarının olması önemli bir potansiyel oluşturmakta, tasarım ve üretimde var olan zorluklar ise teknolojinin hızlı gelişimiyle hızla bertaraf edilmektedir.

Ülkemiz halen, dünyada bu teknolojiye sahip birkaç ülke arasında olmasına, henüz emekleme aşamasındaki çalışmaların ve uygulamaların hızla artırılması gerekmektedir. Klasikleşmiş deyişle üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizin gelecekte bu teknolojide dünya liderliğine soyunması asla bir hayal olarak düşünülmemelidir.

#### Kaynaklar

- [1] Gökalp, B., Yıldız,Ö., Yılmaz, E. İnsansız su altı araçları güncel teknolojileri ve uygulaması SSM gündemi sayı 12, 2010/2.
- [2] Gül, U.D., Leblebici, K. Otonom su altı aracı modellemesi,denetimi ve hareket planlama tasarımı,TMMOB, EMO, Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu. Fırat Üniversitesi , Elazığ. 06.10.2011.
- [3] Aryan, A.J. Otonom Su altı araçlarında yazılımsal yapılanma, İTÜ, Elektrik-Elektronik Fak. Elektronik Böl. Master Tezi.
- [4] İnce,S., Otcu, M., Yakut, M., Aygün, E. Derinlik ve yön kontrol uygulamaları için sualtı aracı tasarımı, Gazi Ü.Fen Bil.dergisi,Part:C tasarım ve Teknoloji. 09.01.2015, 3(1), Sayfa 343-355
- [5] Korkmaz, O., İder,S.Kemal., Özgören.M.Kemal., Bir Otonom sualtı Aracı Manipülatör Sisteminin Yörünge Takip Kontrolü, SAVTEK makalesi,Cilt 3, Sayı 6, Syf 123-130, Aralık 2013.
- [6] <http://www.gateelektronik.com.tr>,<http://tr-teknoloji.com.tr>, <http://aselsan.com.tr>,  
<http://itu.edu.tr>, <http://metu.edu.tr>, <http://desistek.com.tr>