

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURU YÜK GEMİSİNE BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ ENTEGRASYONU VE
YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ

MESUT TOKUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. UĞUR BUĞRA ÇELEBİ

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURU YÜK GEMİSİNE BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ ENTEGRASYONU VE
YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ**

Mesut TOKUŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 22.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın DURMUŞOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında benden yardımlarını ve tecrübesini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Uğur Buğra Çelebi'ye, kullandığım dokümanların paylaşılmasına izin veren ve bu süreçte anlayışla yaklaşan SEFT Gemi İnşa & Mühendislik'e ve çalışanlarına, her zaman yanımda olduğunu bildiğim, desteğini hiç esirgemeyen Gökçil Ak'a ve sevgili aileme teşekkürü borç bilirim.

Mayıs, 2019

Mesut TOKUŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
BALAST SUYUNUN ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ	4
2.1 Balast Suyu Nedir?	4
2.2 Balast Suyunun Etkileri.....	7
BÖLÜM 3	
BALAST SUYU YÖNETİMİ	10
3.1 Balast Suları İle İlişkili Uluslararası Hareketler Ve Düzenlemeler	10
3.2 IMO Düzenlemeleri ve Standartları.....	11
3.2.1 Genel Hükümler	11
3.2.2 Gemiler İçin Yönetim ve Kontrol Gereksinimleri.....	11
3.2.3 Belirli Alanlarda Özel Gereklilikler	12
3.2.4 Balast Suyu Yönetimi İçin Standartlar	12
3.2.5 Balast Suyu Yönetimi İçin Ölçümleme ve Sertifika Gereklilikleri	12

3.2.6	IMO Rehberleri	12	
3.2.7	IMO Standartları.....	13	
3.2.7.1	IMO D1 Standardı.....	14	
3.2.7.2	IMO D2 Standardı.....	15	
3.3	USCG Kuralları	16	
BÖLÜM 4			
BALAST SUYU ARITMA YÖNTEMLERİ			18
4.1	Mekanik Yöntemler	21	
4.1.1	Filtreleme Yöntemi.....	21	
4.1.2	Siklonik Ayrıştırma Yöntemi	22	
4.2	Fiziksel Yöntemler	23	
4.2.1	Isı Yöntemi.....	24	
4.2.2	Ultrason Yöntemi	25	
4.2.3	Oksijensizleştirme Yöntemi.....	26	
4.2.4	Ultraviyole Yöntemi.....	26	
4.2.5	Koagülasyon Yöntemi.....	28	
4.3	Kimyasal Yöntemler.....	29	
4.3.1	Biyositler.....	29	
4.3.1.1	Oksitleyici Biyositler	29	
4.3.1.2	Oksitleyici Olmayan Biyositler.....	31	
4.3.2	Elektrokimyasal Yöntem.....	32	
4.4	Karma Yöntemler	34	
BÖLÜM 5			
BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ SEÇİMİ VE KRİTERLERİ			35
5.1	Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi İçin Kriterler	35	
5.2	Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi	37	
BÖLÜM 6			
UV + FİLTRELEME SİSTEMİNİN KURU YÜK GEMİSİNE ENTEGRASYONU			40
6.1	Gemiye Uygun Tipin Seçilmesi	40	
6.2	Geminin İlgili Mahaline Tarama Yapılması ve Modelleme.....	41	
6.3	UV + Filtreleme Sistemi	43	
6.4	UV + Filtreleme Sisteminin Gemiye Entegrasyonu	47	
6.5	İmalat ve Montaj Çalışması	55	
6.5.1	Boru Devrelerinin İmalat ve Montaj çalışması	55	
6.5.2	Faundayşınların İmalat ve Montaj Çalışması	58	
BÖLÜM 7			
YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ.....			60
7.1	Yatırım Maliyeti	60	
7.2	Araştırma ve Geliştirme Maliyeti	62	
7.3	Kullanım ve İdame Maliyeti.....	62	

7.4 Tamir ve Yedek Parça Maliyeti.....	64
BÖLÜM 8	
SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR.....	69
EK A	
FİRMALARA GÖRE BALAST SUYU ARITMA SİSTEMLERİ ONAY BİLGİLERİ.....	74
EK B	
ÖRNEK KURU YÜK GEMİSİNİN EKİPMANLARININ GÜÇ DAĞILIMI	84
EK C	
BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ ENTEGRASYON ÇALIŞMASI GÖRSELLERİ	89
EK D	
BALAST BORUSU MAKARA İMALATI ÖRNEĞİ	92
ÖZGEÇMİŞ.....	93

SİMGE LİSTESİ

C _A	Araştırma ve Geliştirme Maliyeti
C _{CIP}	CIP Modülü Sıvısı Maliyeti
C _{CIPP}	CIP Modülü Pompası Yedek Seti Maliyeti
C _D	Dizayn Maliyeti
C _E	Entegrasyon Maliyeti
C _F	Filtre Değişim Maliyeti
C _{FB}	Filtre Bakım Seti Maliyeti
C _{Kİ}	Kullanım ve İdame Maliyeti
C _L	Başlangıç Lojistik Maliyeti
C _{LAMP}	UV Lambaları Enerji Maliyeti
C _T	3D Tarama Maliyeti
C _{TY}	Tamir ve Yedek Parça Maliyeti
C _{UV}	UV Lambaları Değişim Maliyeti
C _{UVS}	UV Sensör Maliyeti
C _Ü	Üretim Maliyeti
C _Y	Yatırım Maliyeti
€	Euro
µm	Mikron
t	Yıl

KISALTMA LİSTESİ

BWM	Balast Suyu Yönetimi (Ballast Water Management)
BWTS	Balast Suyu Arıtma Sistemi (Ballast Water Treatment System)
cfu	Koloni Oluşturan Birim (Colony Forming Unit)
CIP	Yerinde Temizleme (Cleaning In Place)
DN	Nominal Çap (Diameter Nominal)
DWT	Detveyt Tonaj (Dead Weight Tonnage)
EMSA	Avrupa Deniz Güvenliği Kurumu (European Maritime Safety Agency)
GT	Gros Tonaj
IMO	Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
IOPP	Uluslararası Petrol Kirliliğinin Önlenmesi (International Oil Pollution Preventing)
KH	Kaide Hattı
MEPC	Deniz Çevresi Korunması Komitesi (Marine Environment Protection Committe)
Mg	Miligram
MH	Merkez Hattı
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MTon	Metrik Tonaj
NATO	Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (North Atlantic Treaty Organization)
PN	Nominal Basınç (Pressure Nominal)
USCG	Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenlik (United States Coast Guard)
UV	Ultraviyole

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Balast suyu çevrimi [6].....	5
Şekil 2. 2 Bir dökme yük gemisinin balast tanklarının tank planından üst görünüşü	7
Şekil 2. 3 Bir dökme yük gemisinin balast tanklarının tank planından posta görünüşü ...	7
Şekil 2. 4 Vibrio Cholerae [17].....	9
Şekil 3. 1 Balast suyu değişimi için belirlenmiş D-1 standardı [24].....	15
Şekil 4. 1 Seyreltme yöntemi [28]	19
Şekil 4. 2 Ardışık yöntem [28]	19
Şekil 4. 3 Devirdaim yöntemi [28].....	19
Şekil 4. 4 Balast suyu arıtma yöntemleri.....	20
Şekil 4. 5 Balast suyu arıtma aşamaları [28]	20
Şekil 4. 6 Bir balast suyu arıtma sisteminin filtresi [30]	21
Şekil 4. 7 Geri yıkama pompası [30].....	22
Şekil 4. 8 Hidrosiklon separatörü ve çalışma prensibi	23
Şekil 4. 9 Makinaların atık ısı ile balast suyunu arıtma yöntemi [4].....	24
Şekil 4. 10 Bir balast suyu arıtma sisteminin UV reaktörü [35]	27
Şekil 4. 11 Koagülasyon yönteminin işleyişi [4]	28
Şekil 4. 12 Elektroliz yöntemi ile balast suyu arıtımı [40]	33
Şekil 6. 1 Tarama yapılan cihaz [44].....	42
Şekil 6. 2 Nokta bulutu üzerinde model çalışması	43
Şekil 6. 3 UV + filtreleme sistemine ait ekipmanlar [35]	43
Şekil 6. 4 UV reaktörü modeli	44
Şekil 6. 5 UV + filtreleme sisteminin filtre modeli	45
Şekil 6. 6 CIP modülü modeli	46
Şekil 6. 7 UV lambaları panosu ve kontrol panosu modeli	47
Şekil 6. 8 Balast suyu arıtma sisteminin tek hat şematik planı	48
Şekil 6. 9 Makine dairesi yerleşim resmi üzerinden yapılan sistem çalışması	49
Şekil 6. 10 Ekipmanların yerleştirilmesi planlanan lokasyonlar (iskele ve sancak bakış)	50
Şekil 6. 11 Nokta bulutu üzerine model çalışması	51
Şekil 6. 12 CIP modül ile reaktörün bağlantısı ve birbirine göre konumları [35].....	51
Şekil 6. 13 Debimetrenin boru üzerinde konumlandırılması [35].....	52
Şekil 6. 14 Reaktörün bağlantısı ve debimetrenin boru üzerindeki pozisyonu	52
Şekil 6. 15 Balast suyu arıtma sistemi izometrik görünüşü	53
Şekil 6. 16 Balast suyu arıtma sistemindeki ekipmanların döşek görselleri	54
Şekil 6. 17 Balast suyu arıtma sistemi model çalışması final hali	55

Şekil 6. 18 Balast devresinin bir makarasının imalat kesiti	57
Şekil 6. 19 İmalatı yapılmış balast suyu boruları [46]	57
Şekil 6. 20 Montaj resminden bir kesit	58
Şekil 6. 21 Döşek resmi kesitleri	59
Şekil 7. 1 Sistem maliyetleri kırılımı	65
Şekil 7. 2 Yaşam döngüsü maliyetlerinin karşılaştırılması	66
Şekil C. 1 Entegrasyon çalışması görseli 1	89
Şekil C. 2 Entegrasyon çalışması görseli 2	90
Şekil C. 3 Entegrasyon çalışması görseli 3	91
Şekil D. 1 Balast borusu makara imalatı örneği	92



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Gemi türlerine ve kapasitelerine göre balast taşıma kapasiteleri [13]	6
Çizelge 2. 2 Türleri tehlikede olan canlılar [14]	8
Çizelge 3. 1 IMO rehberleri [4]	13
Çizelge 3. 2 IMO D2 standardına geçiş planı [23]	14
Çizelge 3. 3 IMO D2 standardı kriterleri [6]	15
Çizelge 3. 4 USCG balast suyu arıtma standartları [27]	16
Çizelge 3. 5 Kaliforniya Eyaletine ait balast suyu arıtma standartları [27]	16
Çizelge 3. 6 Balast kapasitesine göre USCG standardına geçiş tarihleri [27]	17
Çizelge 5. 1 Balast suyu arıtma sistemi seçimi için kriter temelli seçim tablosu	39
Çizelge 6. 1 Geminin çalışma durumuna göre harcanan güç miktarları	41
Çizelge 6. 2 Balast suyu sistemi için boru çaplarına göre boru kalınlıkları [45]	56
Çizelge 7. 1 Yatırım maliyeti	61
Çizelge 7. 2 Araştırma ve geliştirme maliyeti	62
Çizelge 7. 3 UV lambaları enerji maliyeti	63
Çizelge 7. 4 Kullanım ve idame maliyeti	63
Çizelge 7. 5 Tamir ve yedek parça maliyetleri	64
Çizelge 7. 6 Yaşam döngüsü maliyetleri	65
Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4]	74
Çizelge B. 1 Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek geminin ekipmanlarına göre güç dağılım tablosu	84

KURU YÜK GEMİSİNE BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ ENTEGRASYONU VE YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ

Mesut TOKUŞ

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Uğur Buğra Çelebi

Gemiler yük durumlarına göre stabilitelelerini korumak için balast suyu sistemlerini kullanırlar. Gemilerin balast tanklarına alınan balast suları çeşitli organizmalar barındırır ve bu organizmalar gittikleri yeni ekosistemde çoğalma şansı bulduklarında istilacı tür haline gelebilirler. Bu zararlı organizmalar gittikleri bölgelerde ekolojiyi, ekonomiyi ve insan sağlığını etkilemektedir. Bu sebepten dolayı uluslararası kuruluşlar ballast suyu yönetimi ile alakalı standartlar ve kriterler oluşturmuştur. IMO (International Maritime Organization)'nun Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi'nde almış olduğu balast suyu arıtımı ile alakalı D1 ve D2 standartları bu çalışmada detaylı incelenmiştir.

IMO'nun almış olduğu kriterlere göre geliştirilen balast suyu arıtma yöntemleri mekanik, fiziksel ve kimyasal olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiştir. İncelenen yöntemlere göre seçim kriterleri oluşturulmuş ve bu kriterlere göre örnek kuru yük gemisine balast suyu arıtma sistemi seçilmiştir. Seçilmiş olan UV + filtreleme sisteminin, örnek kuru yük gemisine entegrasyon çalışması yapılmıştır. Öncelikle gemideki ilgili mahalin 3D taraması yapıp, üzerinde dizayn yapılabilir nokta bulutu formatında bir model oluşturulmuştur. Bununla birlikte kurulum kılavuzu kriterlerine göre UV + filtreleme sisteminin ekipmanları modellenmiş, boru ve faundeyşin dizaynı yapılmıştır ve teknik olarak incelenmiştir. Buna ek olarak imalat ve montaj kriterlerinin neler olduğu, nasıl yapılacağı, nelere dikkat edilmesi gerektiği detaylı şekilde anlatılmıştır.

Ayrıca UV + filtreleme balast suyu arıtma sistemi için yaşam döngüsü maliyet unsurları belirlenmiş, maliyet yapısı şekillendirilmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Ürünün yaşam döngüsü maliyetleriyle ilgili risk ve belirsizlikler tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balast suyu, balast suyu arıtımı, UV + filtreleme, yaşam döngüsü maliyet analizi



**BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM INTEGRATION AND LIFE CYCLE
COST ANALYSIS FOR DRY BULK CARRIER**

Mesut TOKUŞ

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Uğur Buğra Çelebi

The ships use ballast water system in order to maintain their stability according to load conditions. Ballast water that is taken to ships' ballast tank contains various organism. These organisms may become invasive species when they have the chance to reproduce in the new ecosystem they are going to.

These harmful organisms affect the ecology, economy and human health in regions where they go. For this reason, international organizations have been set standards and criteria related to ballast water management. The D1 and D2 standards associated to ballast water treatment that IMO (International Maritime Organization) received in the International Convention for the Control and Management of Ship' Ballast Water and Sediments have been investigated in detail in this study. According to the criteria taken by IMO, ballast water treatment systems have been examined under three main topics; mechanical, physical and chemical. Selection criteria have been established in agreement with the methods examined and ballast water treatment system has been selected for a sample dry cargo vessel with respect to these criteria. The integration of the selected UV + filtering system to the sample dry cargo vessel has been carried out. Firstly, a 3D scan of the relevant zone on the ship has been done to create a designable model in point cloud format. Then, as stated in the installation guide criteria, the equipment of the UV + filtration system has been modeled on the 3D scan model, the pipe and foundation design has been carried out and technically investigated. Criteria

of assembly and production, the manufacturing way and critical points to pay attention while the production also explained.

Besides, life cycle cost elements have been determined for the UV + filtering ballast water treatment system, cost structure has been formed and cost analysis has been carried out. The risks and uncertainties related with the life cycle costs of the product have been defined.

Keywords: Balast water, balast water treatment, UV + filtration, life cycle cost analysis



1.1 Literatür Özeti

Gemiler tarihte ticaret ve ulaşım alanında her zaman ilgi gören ve tercih edilen araçlar olmuşlardır. Günümüzde de dünya ticaretinde taşınan malların yüzde doksandan fazlası deniz ticareti ile taşınmaktadır [1]. Deniz yolu ile yapılan ticaret son 65 yılda 18 kat büyümüştür. Bu kadar büyük ticaret hacmine sahip olan gemi taşımacılığının güvenliğini sağlamak ve ondan yüksek verim almak büyük önem taşımaktadır [2].

Gemiler denizde güvenli seyahat edebilmeleri için stabilitelerini sağlamaya yönelik balast almaktadırlar [3]. Yapılan çalışmalar ışığında bu operasyonun bazı olumsuz sonuçlar doğurduğu görülmüştür. Balast boşaltımı sırasında bir ekosistemden alınan deniz suyunun başka bir ekosisteme bir işleme sokulmadan boşaltılması, orada doğal olarak var olmaması gereken organizmaların da sisteme katılması anlamına gelmektedir. Balast suyu ile taşınan organizmalar, boşaltıldıkları ekosistemlerde uygun üreme ortamları bulurlar ise dengesiz çoğalıp istilacı tür olabilmektedirler [4].

Dünya deniz ticareti filoları ile yılda yaklaşık 10 milyar ton balast suyunun transfer edildiği ve balast sularıyla günde ortalama 10000 civarında canlı türünün farklı limanlara taşındığı tahmin edilmektedir. Bu türler biyolojik istilaya sebep olurken aynı zamanda ülke ekonomileri, insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi boyutlarda zararların oluşmasına sebep olmaktadır [5].

Coğrafi bölgeler arasında istenmeyen türlerin balast suyu ile taşınmasını önlemek amacıyla bölgesel ve ulusal önlemler alınmıştır. Bununla birlikte devletlerin ve çevreci örgütlerin aldıkları önlemleri ve iş birliklerini kapsayacak şekilde uluslararası bir kuruluş

olan IMO tarafından 2004 yılında Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi üye ülkelerin imzasına sunulmuştur [6]. IMO Balast Suyu Yönetimi Sözleşmesi, 5 bölümden oluşmaktadır. Bunlar, genel hükümler, gemiler için yönetim ve kontrol gereksinimleri, belirli alanlarda özel gereklilikler, balast suyu yönetimi için standartlar ve balast suyu yönetimi için ölçüleme ve sertifika gereklilikleridir [7]. Balast suyu yönetimi için standartlar bölümü başlığı altında balast suyu arıtımını doğrudan ilgilendiren D1 ve D2 standartları bulunmaktadır. D1 balast suyu değişim standardı ve D2 balast suyu performansı standardıdır. IMO standartlarını sağlamak için balast suyu arıtma sistemlerine geçiş planı gemilerin balast kapasitesi ve inşa yıllarına göre belirlenmiştir [8].

IMO standartlarına uygun balast suyu arıtma işlemi yapabilmek için çok sayıda balast suyu arıtma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar; mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerdir. Bununla birlikte bu yöntemler tek başlarına balast suyu arıtımı için yeterli değildir. Bu nedenle fiziksel yöntemler birinci, kimyasal yöntemler ise ikinci aşama arıtma yöntemi olacak şekilde birlikte kullanıldığı karma yöntemler geliştirilmiştir [9].

Gemiye uygun balast suyu arıtma sistemi seçimi sistemden alınacak verim ve maliyet açısından oldukça önemlidir. Bir gemiye uygun balast suyu arıtım sistemi seçiminde; balast suyu kapasitesi, gemi tipi, sistemin tip onayı almış olması, geminin operasyon alanı, alınacak balast suyunun karakteristik özelliği, sistem boyutları, sistemin alınacağı firmanın bilinirliği ve güvenilirliği, yatırım ve işletim maliyeti ve arıtma yönteminin balast tanklarına etkisi gibi birbirinden farklı birçok faktör bulunmaktadır [10].

Bu çalışmada balast suyu arıtımı için uluslararası kuruluşlarca oluşturulmuş standartlar ve onayladıkları balast suyu arıtma yöntemlerinin incelenmesi, örnek kuru yük gemisi için balast suyu arıtma sisteminin seçilmesi, seçilmiş olan balast suyu arıtma sisteminin kuru yük gemisine entegrasyonunun yapılması ve incelenmesi ve balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü maliyet analizinin yapılması amaçlanmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Balast suyu ile taşınan zararlı organizmaları tanımlamak, balast suyu arıtımı için uluslararası kuruluşlarca alınmış kriterlerin, kararların, standartların ve rehberlerin incelenmesi, uluslararası kuruluşların onayladığı balast suyu arıtma yöntemlerinin avantajlarına ve dezavantajlarına göre yorumlanması, balast suyu arıtma yöntemlerinin seçim kriterlerine göre örnek kuru yük gemisi için seçilmesi, seçilmiş olan balast suyu arıtma sisteminin kuru yük gemisine entegrasyonunun yapılması ve incelenmesi ve balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü maliyet analizinin yapılması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Gemiler ile taşınan balast suyundaki zararlı organizmaların, başka ekosistemlere yayılmasını önlemek için kuru yük gemisine seçilen en verimli balast suyu arıtma yöntemi UV + filtreleme sistemidir. UV + filtreleme balast suyu arıtma sisteminin, mevcut gemiye entegrasyonu sırasında kullanılan yöntemler, dizayn kriterleri, imalat ve montaj kriterleri detaylı şekilde incelenmiştir. Bununla birlikte UV + filtreleme sisteminin yaşamsal döngüsünün maliyet analizi, sistem entegrasyonu yapılmadan önce maliyet açısından çıkabilecek risk ve belirsizlikleri tanımlamak için yapılmıştır.

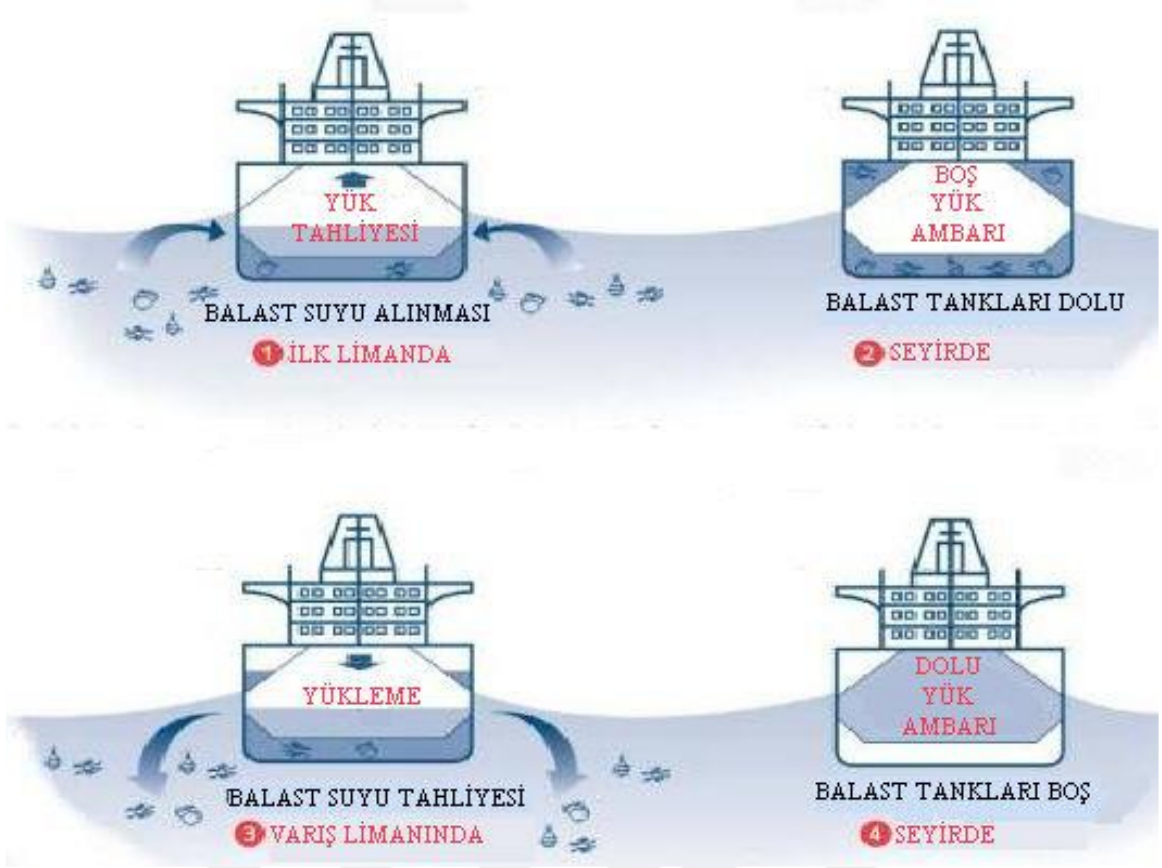
BALAST SUYUNUN ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ

2.1 Balast Suyu Nedir?

Balast suyu, gemileri iç, kıyı ve açık okyanuslar dahil olmak üzere birçok su ortamında güvenli bir şekilde seyahat edebilmesi için stabilize etmektedir. Ayrıca gemi stabilitesini sağlamanın dışında, sevk sisteminden alınan verimi arttırmak için pervanenin suda bulunduğu konumu ayarlamak, kararlı dengeyi oluşturabilmek, manevra kabiliyetine yardımcı olmak, tekne üzerindeki gerilmelerin azalmasını sağlamak balast suyunun sağladığı diğer avantajlardır [11].

Gemiler yıllar önce balast olarak kaya, kum ya da metal şeklinde malzemeler taşımışlardır. Ancak 1880'den bu zamana gemiler balast olarak deniz suyu kullanmışlardır, çünkü kullanılabilir, daha verimli ve ekonomiktir. Ayrıca her yıl 3-5 milyar litre balast suyunun, geminin büyüklüğüne ve amacına bağlı olarak, birkaç yüz litreden 130.000 tona kadar balast suyu alan gemiler tarafından yer değiştirdiği bilinmektedir. Bu durum ise balast suyu ile taşınan organizmaların yer değiştirmesiyle denizdeki ekolojik dengeyi bozmaktadır. [12].

Gemiler kargo yüklerini boşalttıkları zaman balast suyu alırlar çünkü fribord mesafesi artar ve geminin stabilitesi olumsuz etkilenir. Bu yüzden yük taşımak için planlanan gemilerin balast hacimleri daha büyüktür. Bununla birlikte gemiler kargo yükünü aldığı zaman balast tanklarını boşaltmak durumundadırlar. Aslında amaç en basit şekliyle her zaman dengeyi korumaktır. Şekil 2.1'de gemilerin balast suyu alım ve boşaltım çevrimi gösterilmiştir.



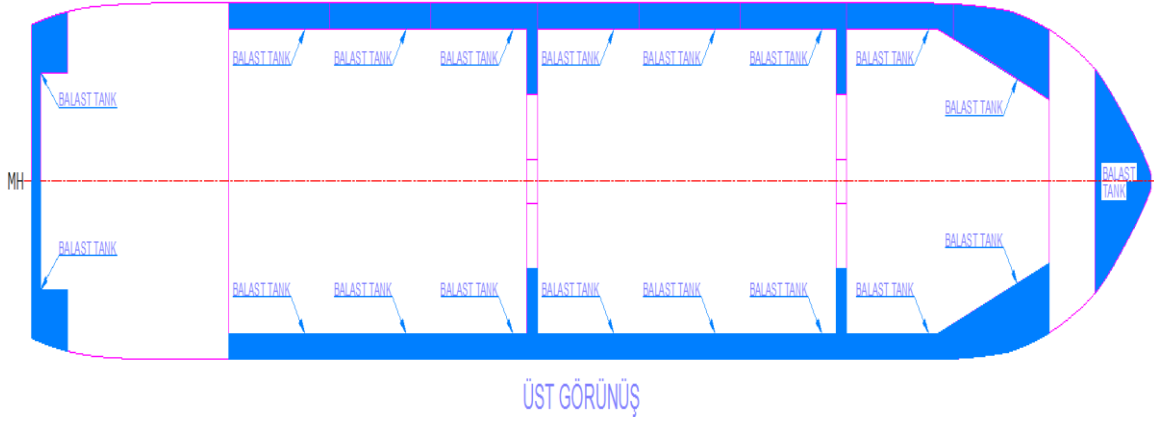
Şekil 2. 1 Balast suyu çevrimi [6]

Ticari nedenlerle gemilerin maksimum yük ve minimum balast ile seyahat etmesi tercih edilir ancak bu her zaman mümkün olmamaktadır. Optimal balast durumu gemilerin güvenlik ve performans koşullarına bağlıdır. Gemilerin balast durumu ne zaman ve ne kadar su alınacağı/boşaltılacağı dahil olmak üzere, koşullara bağlı olarak gemi adamları tarafından belirlenmektedir. Bu koşullarda gereken uygun trim ve stabilitenin sağlanabilmesi için gemiye has işletim ihtiyaçlarıyla birlikte ulusal ve uluslararası zorunluluklar belirleyicidir. Ancak balast suyu kapasitesi kargo kapasitesinin bir fonksiyonu olarak değişmektedir ve genellikle söz konusu gemiye bağlı olarak %25–40 DWT civarındadır [9]. Örnek verilecek olursa 100000 DWT'ye sahip bir tankerın kargo yükünü boşaltmış olduğu durumdayken aldığı balast suyu ortalama 40000 mton civarındadır. Bu veriden çıkarılacağı üzere DWT'ye oranı yüzde 40'dır. Böyle yüksek bir oran balast suyunun önemini göstermektedir. Gemi türlerine ve kapasitelerine göre alınan balast sularının ortalama değerleri ve geminin kendi DWT (Deadweight Tonnage)'sine göre oranları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

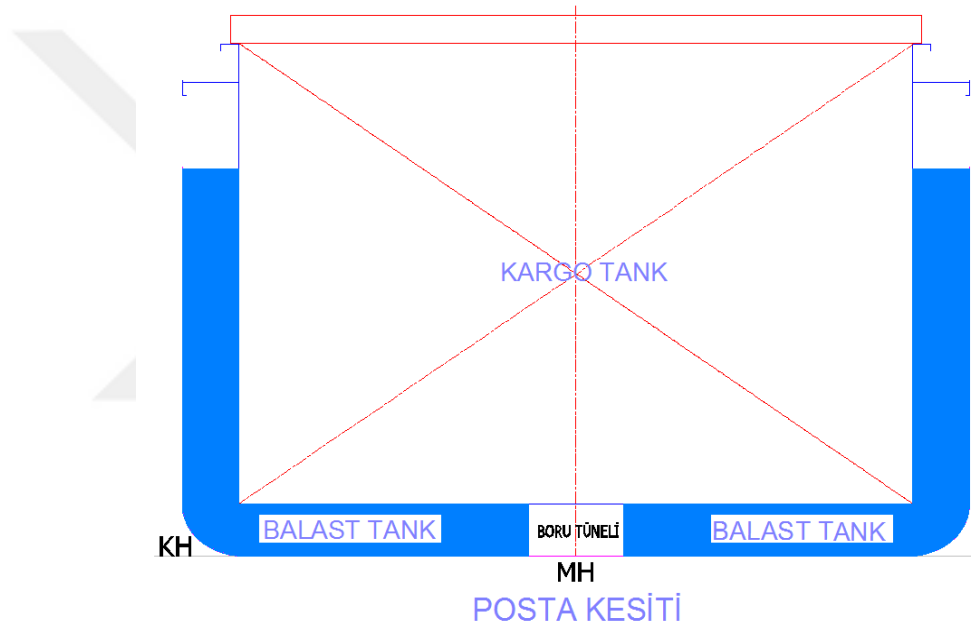
Çizelge 2. 1 Gemi türlerine ve kapasitelerine göre balast taşıma kapasiteleri [13]

Gemi Türü	DWT	Balast Suyu	
		MTon	DWT oranı
Dökme Yük	250.000	75.000	30
Dökme Yük	150.000	45.000	30
Dökme Yük	70.000	25.000	36
Dökme Yük	35.000	10.000	30
Tanker	100.000	40.000	40
Tanker	40.000	12.000	30
Konteynır	40.000	12.000	30
Konteynır	15.000	5.000	30
Kuru Yük	17.000	6.000	35
Kuru Yük	8.000	3.000	38
Yolcu/Ro-Ro	3.000	1.000	33

Deniz suyunun balast olarak kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda boş kargo tankları balast suyunu depolamak amacı ile kullanılmıştır. Ancak kargo tanklarında taşınmış olan yüklerden dolayı bu tanklarda gemi türüne göre tortu ve kimyasal madde artıkları kalmaktadır. Bu durumda bu tanklara alınan deniz suyuna da bu maddeler karışmakta ve balast olarak alınan su kirlenmektedir. Ekosistem için zararlı olabilecek madde ve tortu içeren bu su, yük alınmadan denize tekrar boşaltıldığında limandaki organizmaların ölümüne yol açmaktadır. Bu durum, gemilerde dizayn açısından birtakım değişikliklere gidilmesi gerektiğine dair farkındalık yaratmıştır. Boş kargo tanklarının balast tankı olarak kullanılmasından vazgeçilip bu balast suyunu depolamak amaçlı ayrılmış bölmeler gemi bünyesine ilave edilmiştir. Bu durum da balast suyu tanklarının bugünkü halinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur [4]. Balast tankları, müdahale etmeden geminin kıça trim yapmasından dolayı baş tarafa ve oluşabilecek olası meyilleri daha kolay önleyebilmek için gemilerin kargo tankları ile bordası arasında planlanmaktadır. Şekil 2.2’de bir dökme yük gemisinin balast tanklarının tank planından üst görünüşü, Şekil 2.3’de ise bir dökme yük gemisinin balast tanklarının tank planından posta görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 2. 2 Bir dökme yük gemisinin balast tanklarının tank planından üst görünüşü



Şekil 2. 3 Bir dökme yük gemisinin balast tanklarının tank planından posta görünüşü

2.2 Balast Suyunun Etkileri

Dünya ticareti gereği her yıl yaklaşık olarak 12 milyar ton balast suyu yer değiştirirken sadece balast suları ile herhangi bir anda tüm dünyada biyo-coğrafik bölgeler arasında taşınan farklı tür sayısı 7000-10.000'i bulmaktadır, hatta geçebilmektedir. Bu türler bakteriler ve diğer mikroskobik canlıları, küçük omurgasızları, mikro-algleri, sporları, tohumları, çeşitli bitkilerin ve hayvanların kistlerini ve larvalarını içeren geniş bir yelpazede yer alan, balast suyu girişi ve pompadan geçebilecek kadar küçük her türlü canlıyı içermektedir [9]. Bu canlılar başka bir ekosistemden gelip yeni bir ekosisteme

yerleştikleri için bu canlılara yerli olmayan organizmalar denir. Yeni ekosistem için yerli olmayan bu organizmalardan bazıları baskın türler olmaktadır ve bu durum onları istilacı canlılar yapmaktadır. İstilacı türler ise yeni girmiş oldukları ekosistemdeki yaşamı tehdit etmektedirler ve büyük sorunlara sebep olabilmektedirler. İstilacı türlerin yaşamını tehdit ettiği, türleri tehlikede olan canlılardan birkaçı Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2. 2 Türleri tehlikede olan canlılar [14]

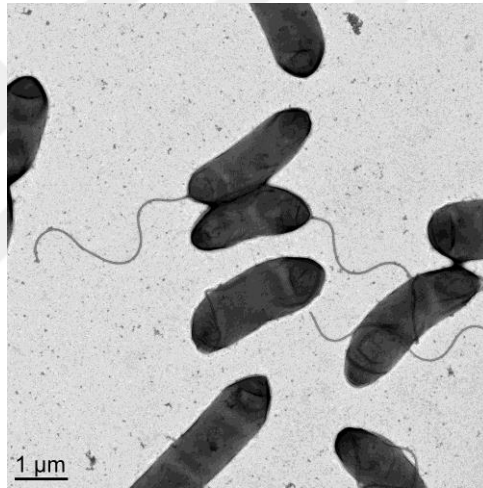
ADI	TÜRÜ
Spongia officinalis	: Deniz Süngeri
Cyprinion macrostamus	: Beni Balığı
Salmo trutta labrax	: Kırmızı Benekli Bir Tür Alabalık
Hippocampus hippocampus	: Denizatı
Acipenser sturio	: Mersin Balıkları
Acipenser nudiventris	: Rus Mersini
Elodone moschata	: Misk Ahtapotu
Elodone cirrhosa	: Kancalı Ahtapot
Huso huso	: Mersin Morinosu
Caretta caretta	: Deniz Kaplumbağası
Haliotis lamellosa	: Deniz Kulağı
Mola mola	: Pervane Balığı
Garra rufa	: Yağlı Balık
Gerardia savaglia	: Siyah Mercan
Seal	: Ayı Balığı

Yapılan çalışmalara göre Avrupa ve Avrupa’ya komşu sularda tespiti yapılan yabancı türlerin yüzde 22,3’ü balast suyu sebebiyle, yüzde 16,5’i gemi tekne yüzeyi ile geldiği belirlenmiştir. Doğal göç ile gelen yabancı türlerin yüzdesi ise 25,5’tir. Balast suyu ile gelen yabancı türler, doğal göçün ardından ikinci sırada gelmektedirler [15]. Balast suyu ile gelen yabancı türler, gittikleri bölgedeki ekolojide, insan sağlığı üzerinde ve ekonomide büyük olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Balast suyu ile gelen yabancı türler gittikleri ekosistem için baskın türler ise istilacı türler olabilmektedirler. Bu istilacı türler yeni buldukları ekosistemde yerel türlerin yok olmasına sebep olabilmektedirler. Ekosistemin doğal dengesini bozup, var olan baskın türleri avlayıp, orantısız şekilde üreyebilmektedirler. Bu da o ekosistemin kararlı yapısını bozup, belirli bir süre sonra bölgedeki oksijen oranlarında düşüşlere sebep olmaktadır. Oksijen seviyelerindeki düşüşler o ekosistemdeki balık verimliliğini de

olumsuz etkilemektedir. Ekosistemdeki balıkların azalması, türlerin daha iyi besleneceği bir bölgeye uzaklaşması balıkçılık sektörünü dolayısıyla ekonomiyi etkilemektedir.

Balast suyu ile gelmiş istilacı türler deniz ürünlerini direkt etkilemekte ve bu balasttan etkilenen deniz ürünlerini kullanan insanların sağlığının da etkilendiği gözlemlenmiştir. Balast suyunun insan sağlığı üzerindeki etkisine örnekler gösterilebilmektedir. Balast suları koleraya neden olabilecek hastalık yapıcıları da taşıyabilmektedirler. Amerika kökenli kolera etkeni (*Vibrio Cholerae*), Alabama Limanlarında balast suyu tanklarında Kasım 1991'de bulunmuştur. Daha önceki yıl Mobile Körfezi'nde istiridye örneklerinde kolera izine rastlanmıştır. Bu durumda halk sağlığı otoriteleri çiğ istiridye ya da deniz ürünü tüketilmemesini ve geçici olarak istiridye yataklarının kullanılmamasını önermişlerdir [16]. Şekil 2.4'de *Vibrio Cholerae*'ya ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 2. 4 *Vibrio Cholerae* [17]

İnsan sağlığını ve su ürünleri yetiştiriciliğini etkileyen balast suyu ile yayılan diğer bir tür ise, dünyanın dört bir yanındaki bölgeleri istila eden ve paralitik kabuklu deniz hayvanı zehirlenmesi olarak insan hastalığına sebep olan toksik dinoflagellattır. Bu hastalık 1970'den önce Avustralya, Yeni Zelanda ve Güney Yarımkürenin geri kalanında bilinmiyordu. Ancak 1990'a gelindiğinde, hastalık vakaları sadece Güney Yarım Küre'ye değil, Kuzey Yarım Küre'ye de yayıldı. Avustralya, Kanada, Yeni Zelanda, Amerika Birleşik Devletleri'ne gelen gemilerin balast tankı tortularında bol miktarda Dinoflagellate kistleri bulundu. Gemilerin Japon ve Kore limanlarından olduğu, Japon ve Kore kıyı sularının geniş çapta toksik Dinoflagellat'e sahip olduğu bilinmektedir [18].

BALAST SUYU YÖNETİMİ

3.1 Balast Suları ile İlişkili Uluslararası Hareketler ve Düzenlemeler

Dünya filosunda yıllık olarak taşınan balast suyunun hacmini (referansa bağlı olarak milyarlarca ton) ve bazı türlerin (örneğin, *Dressenia polymorpha* ve *Mnemiopsis leidyi*) ekolojik ve ekonomik etkileri göz önüne alındığında uluslararası ve ulusal bazı düzenlemelerin yapılma ihtiyacı doğmuştur [19].

Balast suyu yönetimi uluslararası kuralların, gemi ile ilgili teknik çözümlerin ve çevresel faktörlerin bir arada bulunduğu çok yönlü bir meseledir. Ancak problemin boyutları düşünüldüğünde bu problemi çözmek için küresel kararlılık gerektiği açıktır. Bununla birlikte herhangi bir konuda geniş katılımlı uluslararası bir hareketin oluşması, kuralların belirlenmesi ve bu kuralların uygulanmaya konulması oldukça uzun zaman alan süreçlerdir. Bu nedenle bölgesel ve ülkesel düzeyde gerçekleştirilen iş birliklerin ve alınan önlemlerin önemi yadsınamazdır [9].

Coğrafi bölgeler arasında balast suyu ile gemiler vasıtasıyla taşınan, istenmeyen türlerin transferinin engellemesi veya en aza indirilmesi için devletlerin/çevreci örgütlerin önlemlerini ve iş birliklerini kapsayacak ortak bir sözleşme, 13 Şubat 2004 tarihinde IMO tarafından Londra'da Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Control and Management of Ship' Balast Water and Sediments) adı altında üye ülkelerin imzasına sunulmuştur.

Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesini kabul eden üye ülke sayısı 60'ı aşmıştır ve bu sayı dünya deniz ticaretinin yüzde 70'inden fazlasına tekabül etmektedir [4].

3.2 IMO Düzenlemeleri ve Standartları

Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi 5 bölümde sınıflandırılmış 24 teknik düzenlemeden meydana gelen 22 madde ve 1 ekten oluşmaktadır. Sözleşmenin bölümleri aşağıdaki gibidir;

- Bölüm A: Genel Hükümler,
- Bölüm B: Gemiler İçin Yönetim ve Kontrol Gereksinimleri,
- Bölüm C: Belirli Alanlarda Özel Gereklilikler,
- Bölüm D: Balast Suyu Yönetimi İçin Standartlar,
- Bölüm E: Balast Suyu Yönetimi İçin Ölçümleme ve Sertifika Gereklilikleri [20].

3.2.1 Genel Hükümler

Aksi açıkça belirtilmediği sürece, balast suyunun deşarjının yalnızca balast suyu yönetimi aracılığıyla, sözleşme ekinin hükümleri uyarınca gerçekleştirileceği belirtilmektedir [21].

3.2.2 Gemiler İçin Yönetim ve Kontrol Gereksinimleri

Gemilerin, onaylı bir balast suyu yönetim planının olması ve uygulanması gerekmektedir. Balast suyu yönetim planı, balast suyu yönetimi gereksinimlerini ve ilave balast suyu yönetimi uygulamalarını uygulamak için gerçekleştirilecek eylemlerin ayrıntılı bir tanımını içerir ve her bir gemi için kendine özgüdür [22].

Gemilerin bir balast suyu kayıt defteri olmalıdır. Balast suyu gemiye alındığında veya gemiden boşaltıldığında işlemleri kaydetmek için bulunmaktadır.

Gemilerin bir uluslararası balast suyu yönetimi sertifikası (400 gt ve üzeri gemiler için) olmalıdır. IMO tarafından verilmektedir ve geminin BWM (Balast Water Management)

sözleşmesine uygun olarak balast suyu yönetimini gerçekleştirdiğini ve hangi standartların uygulandığını belirtmektedir.

3.2.3 Belirli Alanlarda Özel Gereklilikler

Gemilerin balast suyu almaması gereken yerler ve durumlar ile ilgili tanımlamalar yapılmıştır. Çok sığ sularda, pis su deşarjlarının yakınlarında, türbülanslı akıntılarda, tarama yapılan alanlarda ve organizmaların su yüzüne çıktığı karanlık zamanda balast suyu alınmaması gerekir.

3.2.4 Balast Suyu Yönetimi İçin Standartlar

IMO'nun balast suyu yönetimi için 5 tane düzenlemesi (standartı) bulunmaktadır.

Balast suyu değişim ile ilgili standartlar D1 ve D2'dir.

- D1 (Balast Suyu Değişim Standardı)
- D2 (Balast Suyu Performans Standardı)

Balast suyu yönetim sistemlerinin onaylanması ile ilgili düzenlemeler D3, D4 ve D5'dir.

- D3 (Balast Suyu Yönetim Sistemleri İçin Onay Gereklilikleri)
- D4 (Prototip Teknolojiler)
- D5 (IMO Tarafından Standartların Gözden Geçirilmesi)

3.2.5 Balast Suyu Yönetimi İçin Ölçümleme ve Sertifika Gereklilikleri

Bu bölüm, IMO Sözleşmelerinin çoğu için ortaktır ve başlangıç, yenileme, ara, yıllık ve ek araştırmalar ve sertifikasyon gereklilikleri için özel gereksinimler içermektedir. Balast suyu yönetimi sertifikası ve balast suyu kayıt defteri için standartlaştırılmış formatlar sağlayan sözleşmeye ek maddeler bulunmaktadır.

3.2.6 IMO Rehberleri

IMO sözleşmesinin kabulünden sonra, sözleşmenin doğru yorumlanabilmesi için, teknik gerekliliklerin yerine getirilmesi ve armatörleri, liman görevlilerini, balast suyu arıtım

sistemi üreticilerini ve klasları bu yönde atacakları adımlarda desteklemek için 14 tane rehber doküman yayınlanmıştır. Çizelge 3.1’de IMO rehberleri gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 IMO rehberleri [4]

Kısaltma	Rehber Adı
G1	Sediment alım tesisleri ile ilgili rehberler
G2	Balast suyu örneği almak için rehberler
G3	Balast suyu yönetimine eşit kabuller için rehberler
G4	Balast suyunun yönetimi ve balast suyu yönetimi planlarının geliştirilmesi için rehberler
G5	Balast suyu alım tesisleri için rehberler
G6	Balast suyu değişimi için rehberler
G7	BWM Sözleşmesinin A-4 (muafiyetler) kuralı altında risk değerlendirmesi için rehberler
G8	Balast suyu yönetimi sistemlerinin kabulü ile ilgili rehberler
G9	Balast suyu sistemlerinde aktif maddelerin kullanılmasının onaylanması için prosedürler
G10	Prototip balast suyu arıtım teknoloji programlarının onayı ve gözetimi için rehberler
G11	Balast suyu değişimi dizaynı ve inşa standartları ile ilgili rehberler
G12	Gemi üzerinde sedimentin kontrol imkânı için dizayn ve inşa için rehberler
G13	Acil durumlar dahil balast suyu yönetimi ile ilgili ek ölçütler için rehberler
G14	Balast suyu değişim alanlarının belirlenmesi ile ilgili rehberler

3.2.7 IMO Standartları

Balast suyu arıtımının kontrol edilebilirliğinin ve devamlılığının olması için bazı kurallar getirmek ve o kurallara göre sözleşmeye imza atan ülkeleri tabi tutmak gerekmektedir. Bu kurallar bazı standartlar ile belirli bir formata sokulmuş ve uygulamasının daha kolay bir hale gelmesi amaçlanmıştır. IMO tarafından oluşturulan D1 (Balast Suyu Değişim Standardı), D2 (Balast Suyu Performans Standardı) standartları balast suyu değişimi ile ilgili standartlardır.

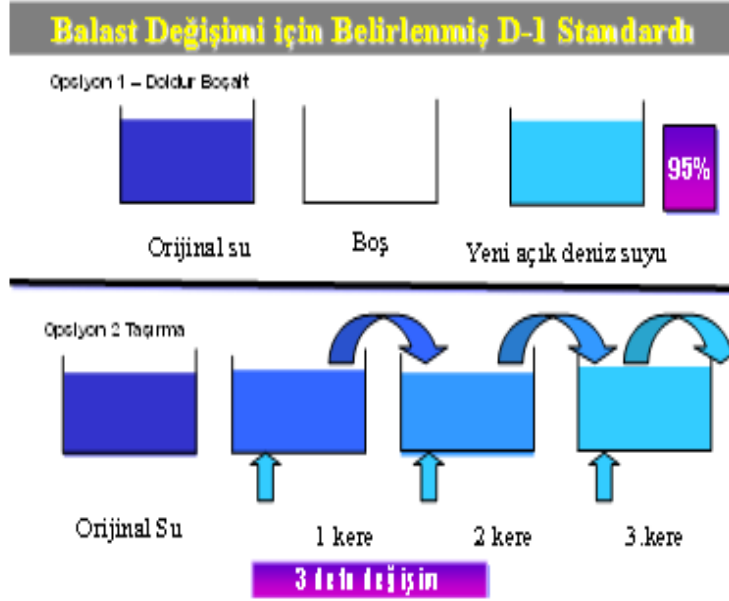
Balast suyu ile gelen istilacı türlerin insan sağlığına, ekolojiye, mal ve kaynaklara verdikleri zararları önlemek için IMO tarafından MPEC (Marine Environment Protection Committee) ile uyumlu şekilde standartlar oluşturulmuştur. IMO'nun aldığı güncel kararlar gereğince gemiler balast suyu kapasitesine ve inşa yılına göre D2 standardına uymak zorundadır. Çizelge 3.2'de gemilerin International Oil Pollution Preventing (IOPP) sertifikasına bağlı D2 standardına güncel geçiş planı gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2 IMO D2 standardına geçiş planı [23]

	08.09 2017	08.09 2018	08.09 2019	08.09 2020	08.09 2021	08.09 2022	08.09 2023	08.09 2024
08.09.2017 ve sonrasında inşa edilen yeni gemiler	Yeni gemiler teslimde D2'yi sağlamalı							
08.09.2017 öncesinde inşa edilen ve IOPP yenileme sürveyi 08.09.2017 ve 08.09.2019 arasında olan mevcut gemiler							D2'yi sağlamalı	
08.09.2017 öncesinde inşa edilen ve IOPP yenileme sürveyi 08.09.2019 ve 08.09.2022 arasında olan mevcut gemiler			D2'yi sağlamalı					
IOPP Sertifikasına tabi olmayan gemiler	D2'yi sağlamalı							

3.2.7.1 IMO D1 Standardı

IMO tarafından oluşturulan balast suyu değişim standardıdır. Balast suyu değişimi; en yakın karadan en az 200 deniz mili açıkta ve en az 200 m derinlikte balast suyu değişimini yapılmalıdır; bu mümkün değilse en yakın karadan en az 50 deniz mili açıkta, en az 200 m derinlikte yapılmaktadır. D-1 standardına göre, balast suyu değişiminin hacimsel olarak %95 yeterlilikte yerine getirilmesi gerekmektedir [7]. Bu yeterliliği sağlamak için ardışık yöntem ile tanklar doldur boşalt yapmaktadır. Ya da pompalama ile değişim yapan gemiler, seyreltme ya da taşıma yöntemiyle tank hacminin 3 katı kadar pompalama yapması gerekmektedir. Hacminin 3 katından az pompalama yapabilmek için en az %95'lik değişimin yapıldığının kanıtlanması gerekmektedir. Şekil 3.1'de balast suyu değişimi için belirlenmiş D1 standardı gösterilmiştir.



Şekil 3. 1 Balast suyu değişimi için belirlenmiş D-1 standardı [24]

3.2.7.2 IMO D2 Standardı

IMO tarafından oluşturulan balast suyu performans standardıdır. Bu standart gemide balast suyu arıtımı sonunda sudaki indikatör mikropların değerlerine ve diğer organizmalara getirilen sınırlama ile alakalıdır. Balast suyu arıtımından sonra Toxigenic Vibrio Cholerae miktarı 1 cfu/100 ml'den, Escherichia coli miktarı 250 cfu/100 ml'den, Intestinal Enterococci miktarı 100 cfu/100 ml'den daha az olmalıdır. Diğer organizmalarda standardı sağlayabilmek için, organizma 50 μ m'den büyükse 1 m³'de en fazla 10 adet, 10 μ m ve 10 μ m'den büyük 50 μ m'den küçükse 1 ml'de en fazla 10 adet görülmesine izin verilmiştir [25]. Çizelge 3.3'de IMO D2 standardına ait balast suyu arıtım kriterleri gösterilmiştir.

Çizelge 3. 3 IMO D2 standardı kriterleri [6]

Organizma	Birim Hacimdeki İzin Verilen Yaşayabilir Organizma Miktarı	
Organizma Boyu \geq 50 μ m	<10 adet / m ³	
50 μ m > Organizma Boyu \geq 10 μ m	<10 adet / ml	
İnsan Sağlığı ile İlgili Standartlar	Toxigenic Vibrio Cholerae	<1 cfu(colony forming unit)/100ml
	Escherichia coli	<250 cfu(colony forming unit)/100 ml
	Intestinal Enterococci	<100 cfu(colony forming unit)/100 ml

3.3 USCG Kuralları

IMO tarafından oluşturulan balast suyu yönetimi ile ilgili uluslararası standartları kullanmak yerine, Amerika Birleşik Devletleri Senatosu ve Kaliforniya Eyaleti kendilerine ait USCG (The United States Coast Guard) balast suyu arıtma standardı ve Kaliforniya Standardı oluşturmuşlardır [26]. Çizelge 3.4'de USCG balast suyu arıtma standartları gösterilmiştir.

Çizelge 3. 4 USCG balast suyu arıtma standartları [27]

Organizma	İzin Verilen Yaşayabilir Organizma Miktarı
Organizma Boyu $\geq 50 \mu\text{m}$	<1 adet / 100 m^3
$50 \mu\text{m} >$ Organizma Boyu $\geq 10 \mu\text{m}$	<1 adet / 100 ml
$10 \mu\text{m} >$ Organizma (Bakteri) Boyu	$<10^3$ adet / 100 ml
$10 \mu\text{m} >$ Organizma (Virüs) Boyu	$<10^4$ adet / 100 ml
Toxigenic Vibrio Cholerae	<1 cfu/100ml
Escherichia coli	<126 cfu/100 ml
Intestinal Enterococci	<33 cfu/100 ml

Kaliforniya Standardında ise USCG standardından farklı olarak, organizma boyu $50 \mu\text{m}$ 'den büyük organizmalar için artırılmış balast suyunda ölçülebilir yaşayan canlı bulunmamalıdır. Çizelge 3.5'de Kaliforniya Eyaletine ait balast suyu arıtma standartları gösterilmiştir.

Çizelge 3. 5 Kaliforniya Eyaletine ait balast suyu arıtma standartları [27]

Organizma	İzin Verilen Yaşayabilir Organizma Miktarı
Organizma Boyu $\geq 50 \mu\text{m}$	Yaşayan organizma olmamalı
$50 \mu\text{m} >$ Organizma Boyu $\geq 10 \mu\text{m}$	$<0,01$ adet / ml
$10 \mu\text{m} >$ Organizma (Bakteri) Boyu	$<10^3$ adet / 100 ml
$10 \mu\text{m} >$ Organizma (Virüs) Boyu	$<10^4$ adet / 100 ml
Toxigenic Vibrio Cholerae	<1 cfu/100ml
Escherichia coli	<126 cfu/100 ml
Intestinal Enterococci	<33 cfu/100 ml

ABD’de geçerli olan USCG standardına uyacak gemiler, balast suyu arıtım teknolojilerine geçiş planı tarihlerine uymak durumundadırlar. 2013 yılı ve sonrasında inşa edilen/edilecek gemilerin sistem entegrasyonu teslimde, balast kapasitesi 1500 m³’den az olan mevcut gemilerin sistem entegrasyonu 2016 yılı itibariyle ilk havuzlama sırasında, balast kapasitesi 1500 m³ ile 5000 m³ arasında olan mevcut gemilerin sistem entegrasyonu 2014 yılı itibariyle ilk havuzlama sırasında, balast kapasitesi 5000 m³’den fazla olan mevcut gemilerin sistem entegrasyonu 2016 yılı itibariyle ilk havuzlama sırasında yapılmıştır/yapılacaktır. Çizelge 3.6’ da balast kapasitesine göre USCG standardına geçiş tarihleri gösterilmiştir.

Çizelge 3. 6 Balast kapasitesine göre USCG standardına geçiş tarihleri [27]

	Balast Kapasitesi	İnşa Yılı	Sistem Entegrasyon Tarihi
Yeni Gemiler	Hepsi	1 Aralık 2013 ve sonrası	Teslimde
Mevcut Gemiler	<1500 m ³	1 Aralık 2013'ten önce	1 Ocak 2016'dan sonraki ilk havuzlama sırasında
	1500 - 5000 m ³		1 Ocak 2014'dan sonraki ilk havuzlama sırasında
	>5000 m ³		1 Ocak 2016'dan sonraki ilk havuzlama sırasında

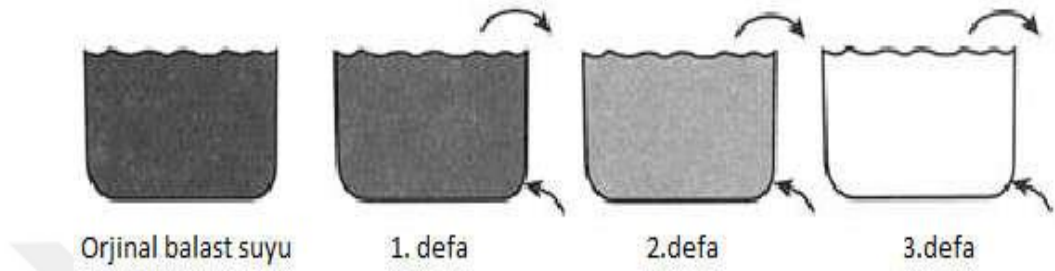
BALAST SUYU ARITMA YÖNTEMLERİ

Balast suyu ile taşınan organizmaların vereceği zararları önlemek amacıyla yapılan uluslararası araştırmalar, düzenlemeler ve standartlar bulunmaktadır. Bu çalışmalar balast suyu ile taşınan organizmaların başka bir ekosisteme boşaltılmadan minimize edilmesine yönelik sistemlerin türetilmesine uygun ortam sağlamaktadır.

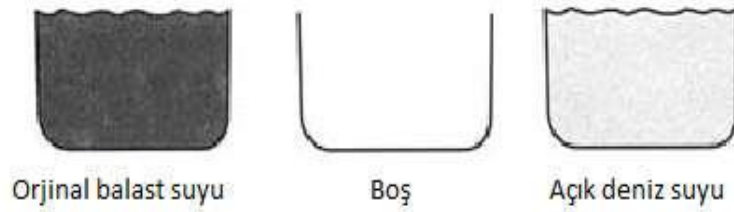
Zararlı organizmaların balast suyunda taşınmasını engellenme hususunda iki tane yöntem bulunmaktadır. Biri balast suyu değişimi yöntemi, diğeri ise balast suyu arıtımı ile ilgili teknolojik yöntemlerdir.

Balast suyu değişiminin açık denizlerde yapılması önerilir çünkü; açık denizlerde suyun kirlilik oranı kıyı kesimlere göre çok daha düşüktür. Ayrıca açık denizde yaşayan organizmaların kıyı kesimlerinde deniz suyunun fiziksel ve kimyasal yapısının farklı olmasından dolayı hayatta kalıp, istilacı tür olması beklenmeyen bir durumdur. Gemi Balast Sularının ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi D1 standardı gereği balast suyunun değişimi karadan 200 deniz mili uzaklıkta ve 200 m derinliğe sahip olan bölgede yapılmalıdır. Ancak bu koşulun sağlanması mümkün değil ise karadan 50 deniz mili uzaklıkta ve 200 m derinliğe sahip olan bölgeler de balast suyu değiştirilmesi için kullanılmaktadır [4]. Bununla birlikte açık denizde balast suyu değişimi yapan bir gemi, balast tanklarındaki suyun hacimsel olarak %95'ini değiştirmesi gerekmektedir. Hacimsel olarak bu değişim 3 farklı yöntem ile yapılmaktadır. Seyreltme yöntemi, en çok tercih edilen yöntemdir ve balast pompaları yardımı ile tanka devamlı su basıp, balast tankında taşıma meydana getirerek değişim yapan yöntemdir (Şekil 4.1). Ardışık yöntem, balast tanklarını tamamen boşaltıp doldurma yoluyla değişim yapan yöntemdir (Şekil 4.2). Devirdaim yöntemi, balast

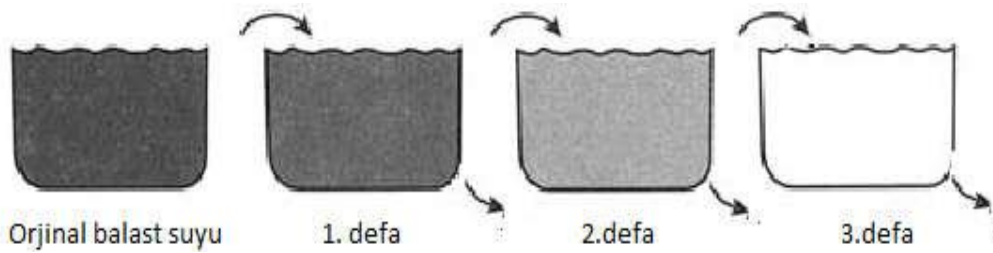
tankına üstten su pompalanırken alt kısımdan su boşaltılması işlemi ile değişim yapan yöntemdir (Şekil 4.3). Bu uygulamalar çok yaygın olmuş olsa da Gemi Balast Sularının ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesin gereğince D2 standardını sağlaması gereken gemiler için geçersiz yöntemlerdir. IMO tarafından onaylanmış D2 standardına uygun teknolojileri ve sistemleri kullanarak balast suyu arıtımı yapmak durumundadırlar.



Şekil 4. 1 Seyreltme yöntemi [28]

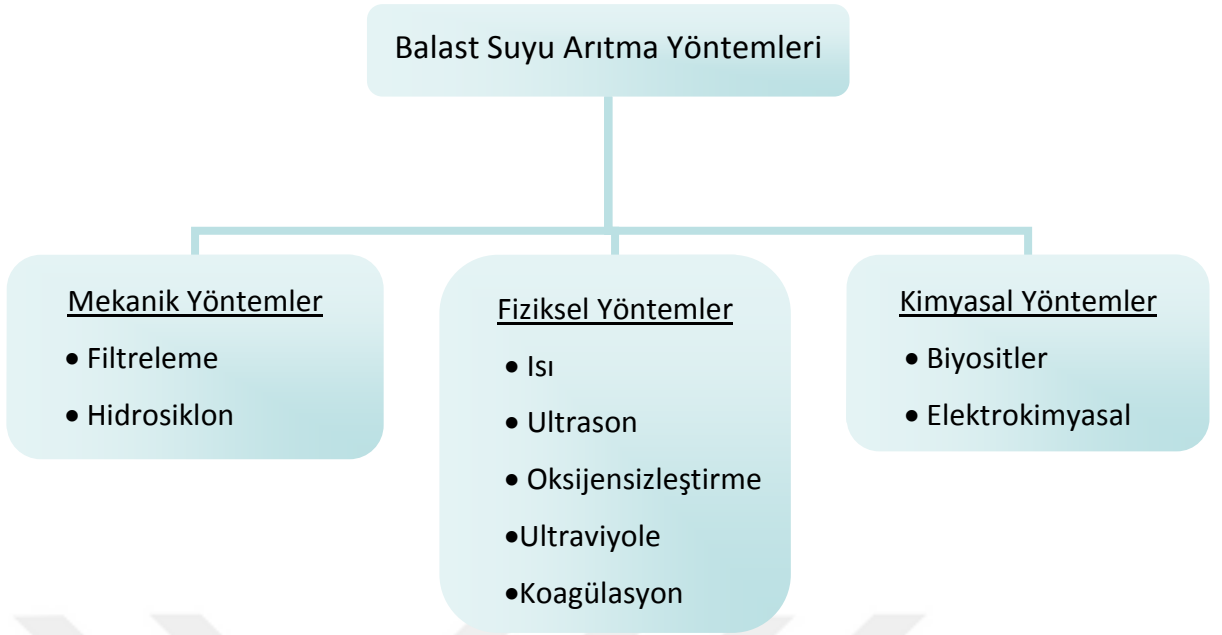


Şekil 4. 2 Ardışık yöntem [28]



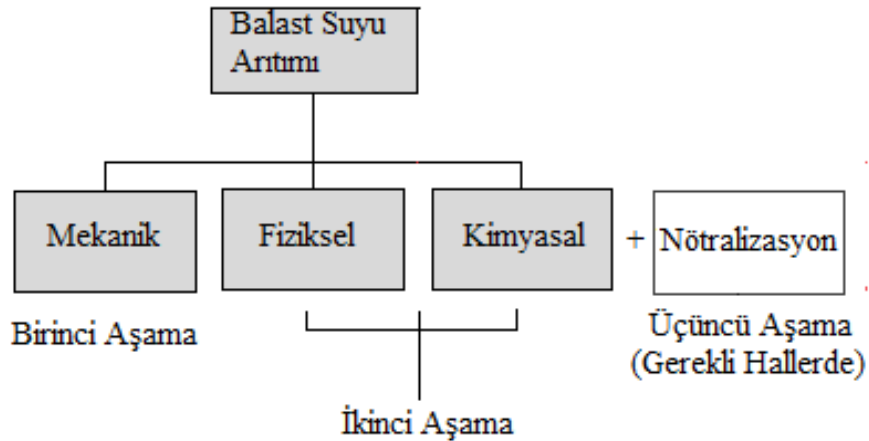
Şekil 4. 3 Devirdaim yöntemi [28]

IMO'nun D2 standardına uygun balast suyu arıtımı yapmak için birçok balast suyu arıtma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç ana başlık altında incelenebilir. Bunlar; mekanik yöntemler, fiziksel yöntemler ve kimyasal yöntemlerdir. Şekil 4.4'de balast suyu arıtma yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 4. 4 Balast suyu arıtma yöntemleri

Şekil 4.4’de maddelendirilen arıtma yöntemlerinin hiçbiri tek başına balast suyu arıtımı için yeterli gelmemektedir. Bu sebepten dolayı birden fazla yöntemin beraber kullanıldığı karma yöntemler türetilmiştir. Karma yöntemler genelde iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada mekanik yöntemlerden biri seçilip, ikinci aşamada ise fiziksel ya da kimyasal yöntemlerden biri tercih edilmektedir. Bazı durumlar nötralizasyon adı altında üçüncü bir aşamayı gerektirmektedir. Eğer oluşturulan karma sistemde aktif madde kullanılıyor veya üretiliyor ise deşarj sırasında dezenfektan yan ürünler ve kalıntılar, üçüncü bir aşama ile nötralize edilmelidir. Şekil 4.5’ de balast suyu arıtma aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 4. 5 Balast suyu arıtma aşamaları [28]

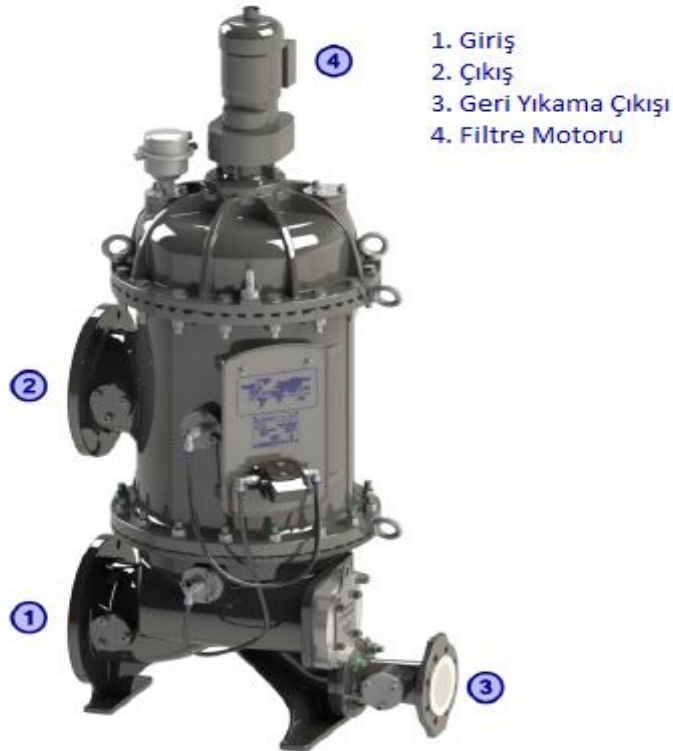
4.1 Mekanik Yöntemler

Mekanik yöntemler filtreleme ve hidrosiklon yöntemlerinden oluşmaktadır. Mekanik yöntemler, temel olarak su balast tankına girmeden önce büyük organizmaları sudan ayırıp yeniden kendi ekolojik ortamlarına göndermektedir [29]. Mekanik yöntemler Şekil 4.5'te görüleceği üzere birinci aşama arıtma sistemleri olarak kullanılırlar.

4.1.1 Filtreleme Yöntemi

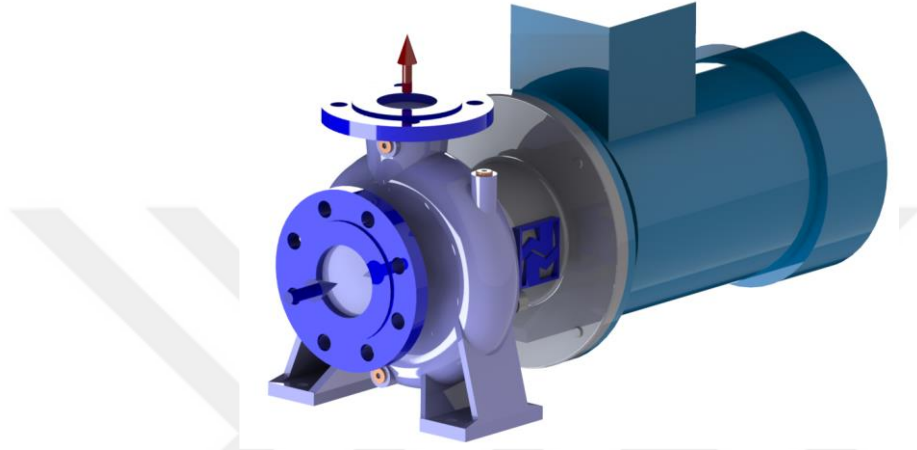
Filtreleme yöntemi öncelikle çevresel bir yöntemdir. Gemi balast suyu alırken filtreleme işlemi sonunda organizmalar yeniden doğal ortamlarına gönderilmektedir. Filtreleme işlemi gemi balast suyu alırken ya da balast suyunu boşaltırken de kullanılabilir. Filtreleme işlemi gemi balast suyu alırken ya da balast suyunu boşaltırken de kullanılabilir.

Filtreleme sisteminde membran veya disk filtreler kullanılmaktadır. Gemi balast alırken 40-50 mikrondan büyük olan organizma ve sedimentlerin bu filtreler sayesinde tanka girişi engellenmektedir. Yaklaşık 50 µm delik büyüklüğüne sahip olan filtreler çoğu zooplanktonları ve mikroalglerin balast tanklarına girmesini önlemektedir. Şekil 4.6'da bir balast suyu arıtma sistemine ait filtre gösterilmiştir.



Şekil 4. 6 Bir balast suyu arıtma sisteminin filtresi [30]

Piyasada farklı filtrasyon kapasitelerine sahip sistemler bulunmakla birlikte filtre sistemlerinin kullanımında karşılaşılan en önemli sıkıntılardan birisi tıkanma problemleridir. Bununla birlikte birçok filtre sisteminde geri yıkama işlemi ile bu problem aşmakta ve basınç farkını belirleyen algılayıcılardan faydalanılarak gerçekleşen kısa süreli otomatik geri yıkama sayesinde filtrelerin temizliği sağlanabilmektedir [28]. Şekil 4.7’de geri yıkama pompası gösterilmiştir.



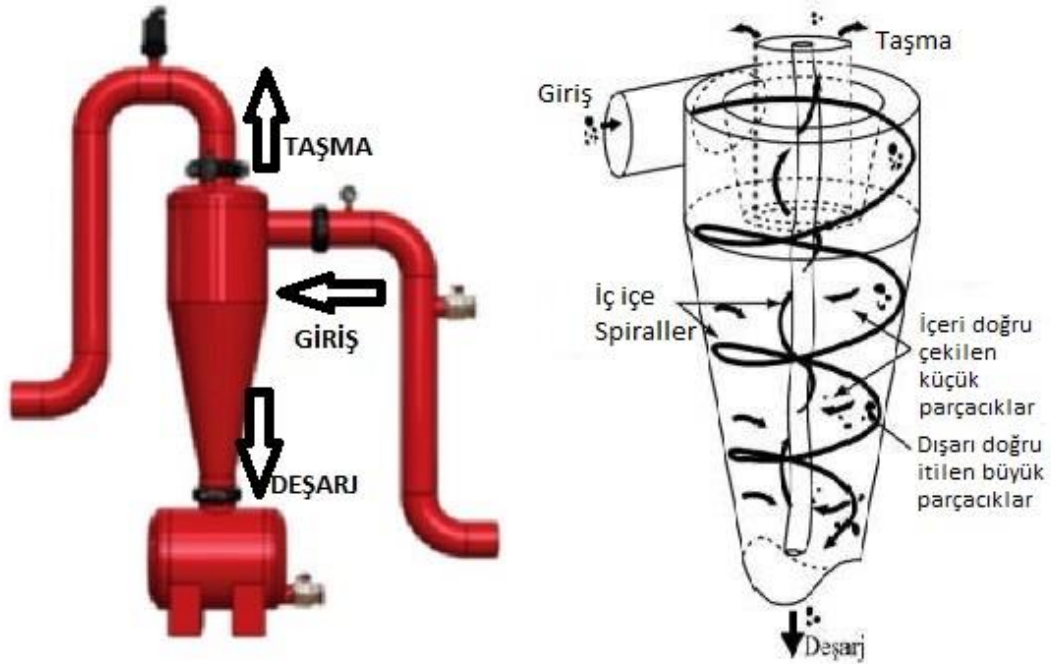
Şekil 4. 7 Geri yıkama pompası [30]

Geri yıkama pompası Şekil 4.6’da gösterilen filtrenin 3 numaralı flanşına bağlanmaktadır. Filtrenin içindeki sensörler sayesinde filtrenin temizlenmesi gerektiği zaman devreye girmekte ve geri yıkama yaparak filtreyi temizlemektedir. Şekil 4.7’de ok işareti ile gösterilen çıkış flanşı ile kirli su dışarı yapılmaktadır.

4.1.2 Siklonik Ayrıştırma Yöntemi

Siklonik ayrıştırma, santrifüj kuvvetler ile katı parçacıkları sıvıdan ayırma yöntemidir. Gerçekleşen rotasyonel akış ve akışkan üzerindeki merkezkaç kuvvet, yüksek yoğunluklu katı parçacıkları seperatörün duvarına doğru iterek artılmasını sağlamaktadır. Merkezdeki basınç düşmesi sonucu oluşan vakum, merkezde ters tarafa dönen ikinci bir akışın oluşmasını ve yoğunluğu atılan parçacıklardan daha düşük olan suyun taşma çıkışından çıkmasını sağlamaktadır. Hidrosiklon seperatörler herhangi bir mekanizma içermedikleri için ağır partiküllerin oluşan ilk siklonda kalış süresi ve ikinci

siklonun yeri ve gücü seperatörün geometrisine bağlıdır [9]. Şekil 4.8'de hidrosiklon seperatörü ve çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 4. 8 Hidrosiklon seperatörü ve çalışma prensibi

Hidrosiklon seperatörünün hareket eden parçası yoktur, gelen akışın debisinin büyüklüğüyle orantılı olarak ortasında bulunan silindirik yapı sayesinde santrifüj kuvvetler oluşturur ve rotasyonel bir akış yaratır. Ayrıca filtreleme yönteminde olduğu gibi geri yıkama sistemine de ihtiyaç yoktur.

Hidrosiklon seperatörüyle balast suyu arıtma yöntemi tercih edilmeyen bir yöntemdir. Bunun sebebi yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan büyük olan partikülleri ayrıştırabiliyor olmasıdır. Deniz suyunun yoğunluğundan daha küçük yoğunluğa sahip olan parçacıklar arılamadan devam ettiği için ikinci aşama balast suyu arıtımı için de verimsizlik oluşturmaktadır. Filtreleme yöntemi siklonik ayrıştırma yöntemine göre daha verimli bir yöntemdir.

4.2 Fiziksel Yöntemler

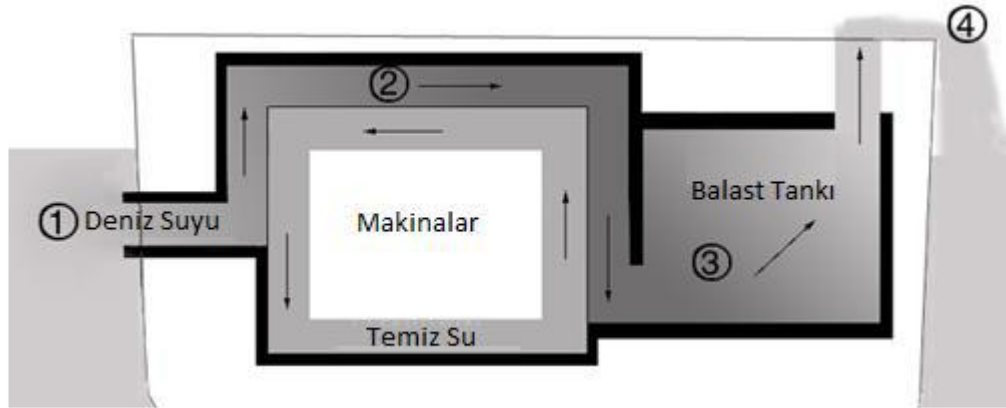
Fiziksel yöntemler, balast suyu arıtımı sırasında herhangi bir kimyasal madde kullanılmayan yöntemlerdir. Balast suyu arıtımında genel olarak ikinci aşama yöntemi

olarak kullanılmaktadır. Fiziksel yöntemler ısı, ultrason, oksijensizleştirme, ultraviyole ve koagülasyon yöntemlerinden oluşmaktadır.

4.2.1 Isı Yöntemi

Isı ile arıtma yöntemi, balast suyu arıtımı sırasında suyun sıcaklığını arttırıp belirli sıcaklık aralıklarında hedef alınan organizmaları yok etmeye yönelik bir yöntemdir. Her organizmanın bir ısı eşiği olduğundan, artan ısı ile birlikte organizmaların hücrelerinin protein yapısı bozulmaktadır.

Gemilerdeki makine sistemi operasyon sırasında sürekli atık ısı üretmektedir. Buradan üretilen atık ısı, yüksek ve düşük sıcaklıktaki soğutma suyundan ve egzoz gazından çıkarılmaktadır. Bu atık ısı enerjisi, yakıttaki toplam enerjinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu miktardaki enerji, verimli bir şekilde aktarılabilirse bu ısının balast suyu arıtımı için kullanılabilceği planlanmıştır [31]. Şekil 4.9'da makinaların atık ısı ile balast suyunu ısıtmanın şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4. 9 Makinaların atık ısı ile balast suyunu arıtma yöntemi [4]

Eğer balast suyu yeteri kadar ısıtılırsa, balast suyunda bulunan organizmaları yok etmek için kullanılabilceği fark edilmiştir. Fakat balast suyunu istenilen sıcaklığa çıkarmak için makinaların atık ısı yeterli olmamakta, ek kaynaklar planlanmaktadır. Özellikle geminin seyir halinde bulunduğu sular soğuk ise, balast suyunu ısıtmak için gerekli olan enerji miktarı daha da artmaktadır. Enerji miktarı sorunu büyük maliyetler doğurduğundan ısı ile arıtma yönteminin en büyük problemlerindendir [31].

Isı ile arıtma yönteminin birçok dezavantajı bulunmaktadır. Örneğin, sefer süresi kısa olan gemiler için balast suyunu istenilen sıcaklığa getirmek zaman alacağından dezavantajlı bir durum yaratmaktadır. Ayrıca balast tanklarını korozyondan koruyan epoksi kaplaması, balast suyunu istenilen sıcaklığa çıkardığımızda dayanıksız hale gelmekte ve bu durum korozyona sebep olmaktadır. Balast suyu deşarj edileceği zaman herhangi bir çevresel probleme yol açmamak için balast suyunun sıcaklığı, geminin bulunduğu ortamdaki suyun sıcaklığından en fazla 10°C üzerinde olmalıdır.

4.2.2 Ultrason Yöntemi

Ultrason ile arıtma yöntemi bir diğer fiziksel arıtma yöntemidir. Arıtma sırasında herhangi bir kimyasal madde kullanılmamakta ve üretilmemektedir. Bu sebeple çevreci bir yöntemdir.

Ultrasonun teknolojisinin kullanım amacı sıvı içerisinde yaratılan yüksek frekanslı titreşimlerle akustik kavitasyon meydana getirmektir [28]. Meydana gelen bu kavitasyon, kesme kuvveti ve basınç ortaya çıkarmaktadır. Sıvı içerisinde bu yoğun ultrason dalgaları bir araya geldiğinde yüksek basınç ve alçak basınç çevrimleri oluşmaktadır. Alçak basınç esnasında ultrason dalgaları küçük hava boşlukları/kabarcıkları meydana getirmektedir. Bu hava kabarcıkları daha fazla enerji absorbe edemeyecek boyuta ulaştığı zaman patlamaktadır. Bu durum kavitasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu içe doğru patlama esnasında yerel olarak çok yüksek ısı (~5.000 °C) ve basınç (~2.000 atm) açığa çıkmaktadır. Bu durum ayrıca 280 m/saniye hıza erişebilen sıvı akışına sebep olmaktadır. Bu yüksek enerjiye sahip hava kabarcığı oluşumu ve patlamalar organizmaların hücre duvarında bozulmaya neden olan hidrodinamik kesme kuvvetleri ve ultrasonik titreşimler meydana getirmektedir [4].

Ultrason teknolojisi ile balast suyu arıtımında hacme düşen maliyet yüksek olduğu bilinmektedir. Balast suyu arıtımında ultrason ile arıtım yöntemi kullanarak, zararlı organizmaları %100 yok etmek için yüksek yoğunlukta ultrason enerjisi gerekmektedir. Bu da oldukça yüksek maliyetli bir arıtma yöntemi olacaktır. Ultrason teknolojisinin balast suyuna uygulanması için yapılan çalışmalar, genelde ultrasonun tek başına yeterli olmayacağını, ancak bir başka sistemle kombinasyonu sonucunda verimli olabileceğini ortaya koymuştur [9].

4.2.3 Oksijensizleştirme Yöntemi

Balast tanklarındaki korozyonu önlemek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır fakat oksijensizleştirme yönteminin balast sularındaki zararlı organizmaların yok olmasını sağladığı fark edilmiştir. Deniz suyunda çözülmüş oksijen ile beraber balast tankına giren zararlı organizmalar, oksijen oranının düşürülmesiyle yok olmaktadır. Mikroorganizmaların yeterli oksijen bulunmayan, elektron akseptörü olarak oksitlenmiş azot, karbon ve sülfürü tercih ettiği ortamlara anoksik ortam denmektedir. Balast sularını arıtmak için oluşturulan anoksik ortamı oluşturmak için birçok yöntem bulunmaktadır. Balast suyuna inert gaz ekleme, vakum pompası yardımıyla balast tankındaki havayı absorbe etme, balast suyuna besin maddeleri atma bu yöntemlerdendir [32].

Balast tankına inert gaz ilave edilerek oksijen oranı düşürülmektedir. İnert gaz belirli şartlar altında kimyasal tepkimeye girmeyen soy gazlar ya da azot gibi gazlara denir. İnert gaz eklenerek oksijensizleştirme yönteminin IMO tarafından onaylanmış bir sistemi bulunmaktadır. Bir diğer yöntem vakum pompası ile balast tankındaki havanın absorbe edilmesi yöntemidir. Oksijen miktarını düşürmenin başka bir kolay yoludur.

Anoksik bir ortam oluşturmak için balast suyuna glikoz, amonyum, nitrat, sakkaroz gibi besin maddeleri eklenmektedir. Böylelikle suda bulunan zararlı organizmalar hızla büyürler ve çoğalırlar. Artan ve büyüyen canlı sayısı daha fazla oksijen tüketir ve suda bulunan oksijen hızlıca tükenir böylece anoksik bir ortam oluşturulur. Fakat IMO'nun standartlarına uymak için bu süreci bir hafta gibi süreye yaymak gerekmektedir. Bu süre geminin seferine göre önem arz etmektedir [32].

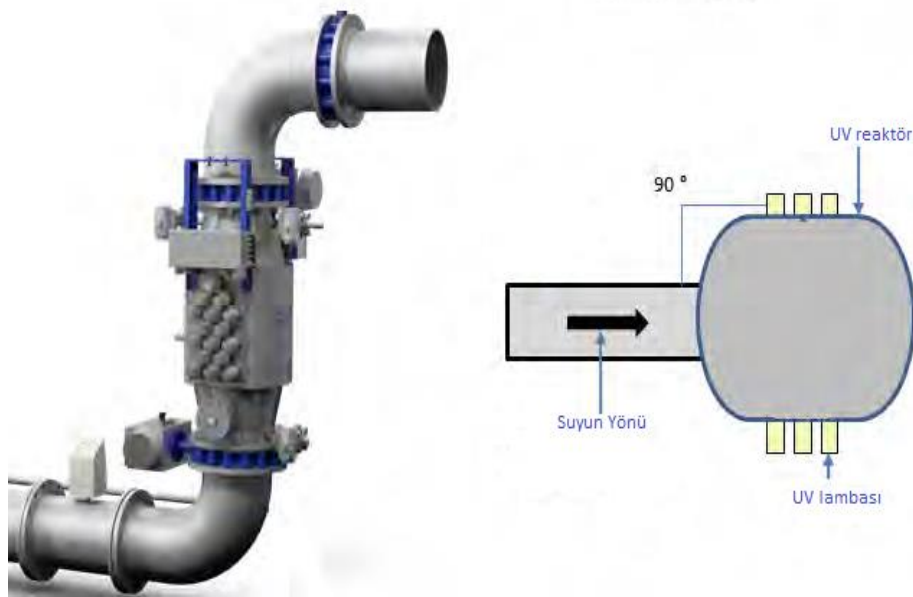
4.2.4 Ultraviyole Yöntemi

UV (Ultraviyole) ışını ile arıtma yöntemi fiziksel yöntemlerden biridir, herhangi bir kimyasal madde kullanılmamakta veya üretilmemektedir. UV ışınması organizmaların DNA ve RNA moleküllerinde bulunan protein yapısının bozulmasını sağlayarak etkisizleştirmektedir. UV organizmaların hücre yapısında fotokimyasal değişimlere yol açarak arıtma yapmaktadır.

Üç dalga boyu bandı organizmaları yok etmek için dikkat çekmektedir. Bunlar; gama ışınları, mikrodalgalar ve ultraviyole ışınlarıdır. Gama ve mikrodalga radyasyonu balast suyu arıtımında kullanılmak istenmiştir. Fakat, mevcut teknolojiyle birlikte, yüksek enerji gereksinimlerinin yanı sıra yüksek sermaye ve işletme maliyetleri ile bu teknolojilerin gemi balast suyu arıtması için verimli olmadığı fark edilmiştir. UV ışınması ise, ekonomik olarak uygun kabul edilmekte ve uygulanabilir bir balast suyu arıtma seçeneği olarak gösterilmiştir [33].

Armatörler, geminin tahliye edilen balast suyunun IMO D-2 Yönetmeliğine uyması şartıyla UV yoğunluğunu azaltarak bu maliyetleri düşürebilmektedir. Bu nedenle organizmaları yok edecek en düşük ölümcül UV dozunun belirlenmesi önemlidir. UV ışınları üç bölüme ayrılmaktadır. Bunlar; UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm), UV-C (200-280 nm) ışınlarıdır. 225 nm ile 315 nm arası bakteri öldürücü etkisinin yüksek olduğu saptanmıştır. Bu yüzden UV-B ve UV-C ultraviyole ışını arıtma için en uygun ışınlardır [34].

UV ışını ile balast suyu arıtma gemide UV reaktörü ile yapılmaktadır (Şekil 4.10). Reaktörün boyutu ve üzerindeki UV lambalarının sayısı, arıtılacak balast suyu miktarı ile orantılıdır. UV lambalarında yapılacak olan dezenfeksiyon işleminin veriminin yüksek olması arıtılacak suyun berraklığı, içerisinde bulunacak partiküllerin büyüklüğü önem arz etmektedir.

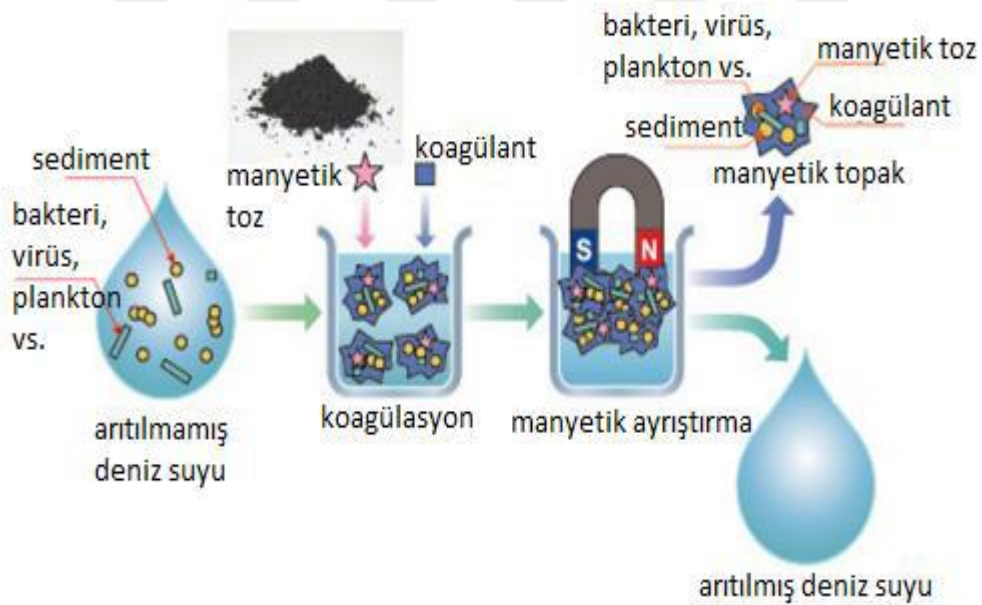


Şekil 4. 10 Bir balast suyu arıtma sisteminin UV reaktörü [35]

Arıtılacak su içerisinde 20 nm'den büyük partikül var ise akış sırasında yanında bulunan daha küçük boyuttaki partiküllerin arıtımını olumsuz etkiler. Daha küçük olan bu parçalar kendilerine göre daha büyük olan parçaların arkasında kalırlarsa UV ışınlarından etkilenmezler. Bu problem ise UV yönteminin, birincil aşama bir arıtım yöntemi ile beraber kullanılması gerektiğini göstermektedir [34].

4.2.5 Koagülasyon Yöntemi

Koagülasyon yöntemi kimyasal madde kullanılmayan ve üretilmeyen bir diğer fiziksel yöntemdir. Gemiye balast suyu alımı sırasında yöntem uygulanmaktadır. Koagülasyon yöntemi gayet basit ve uygulanabilir bir yöntemdir. Öncelikle gemiye alınan balast suyu karıştırma tankında manyetik toz ve koagülant (pıhtılaştırıcı veya topaklayıcı madde) ile karıştırılır. Tankın içinde yapılan işlemde sonra 1 mm boyutunda topaklar oluşmaktadır. Tanktan çıkan su manyetik seperatörlere girer ve topak haline gelmiş manyetize olmuş olan zararlı organizmalar ve partiküller seperatörler tarafından ayrıştırılmaktadır [24]. Şekil 4.11'de koagülasyon yönteminin işleyişi gösterilmiştir.



Şekil 4. 11 Koagülasyon yönteminin işleyişi [4]

Koagülasyon yönteminin dezavantajlarından biri, yöntemi gerçekleştirmek için ekstra bir tanka ihtiyaç vardır. Balast tankına girmeden önce, suyun alınan tanktaki bekleme süresi bir başka dezavantajdır.

4.3 Kimyasal Yöntemler

Balast suyu arıtma yöntemlerinden biridir, genellikle ikincil aşama arıtım yöntemi olarak kullanılmaktadır. Kimyasal yöntemler, istenmeyen mikroorganizmaları balast suyuna kimyasal madde ekleyerek ya da oluşturarak yok etme yöntemidir. Kimyasal yöntemler, biyositler (oksitleyici biyositler, oksitleyici olmayan biyositler) ve elektrokimyasal yöntemlerden oluşmaktadır [9].

Kimyasal yöntemlerde dikkat edilmesi gereken birkaç husus vardır. Bunlar; balast suyu arıtımında kullanılan kimyasal maddelerin yan ürünleri zehirli olmamalıdır, gemi personeline veya gemiye zararlı olmamalıdır, arıtmadan sonra su denize boşaltıldığında çevreye zararı olmamalıdır [28].

4.3.1 Biyositler

Biyositler; içme suyunun arıtılması, atık suyun arıtılması, yüzme havuzlarının suyunun arıtılması gibi pek çok endüstride mikroorganizmaları öldürmek için kullanılmaktadır. Biyositler organizmaların üremesine ve sinir sistemlerine etki etmekte, enzim faaliyetlerini durdurmakta ve hücre duvarlarını tahrip etmektedirler [4]. Biyositler balast suyu gemiye alındığında balast pompasının emiş hattına enjeksiyon pompası aracılığıyla pompalanmaktadır. Balast tanklarında istenmeyen zararlı organizmaların üreme ve sinir sistemlerini bozmakta ve bu şekilde zararlı organizmaları etkisiz hale getirmektedirler. İki genel biyosit türü vardır, oksitleyici olan biyositler ve oksitleyici olmayan biyositler [36].

4.3.1.1 Oksitleyici Biyositler

Oksitleyici biyositleri klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit, perasetik asit gibi maddelerdir. Balast suyu arıtımında oksitleyici biyosit kullanmanın en büyük dezavantajı korozyona sebep olmalarıdır. Oksitleyici biyositlerin oksidasyon potansiyelinin artmasıyla korozyonda artış gözlenmektedir [9].

Klor (Cl₂); su arıtımında en çok kullanılan ve bilinen bir oksitleyici biyositir. Bu yüzden balast suyu arıtımına ihtiyaç duyulduğunda klor ile arıtma denenmiştir. Klor, balast suyuna direkt atılabileceği gibi sıvılaştırılmış klor gazı, sodyum hipoklorid, kalsiyum

hipoklorid ya da sudan elektroliz yöntemiyle elde edilmesi gibi birçok yöntemle kullanılmaktadır.

Mikroorganizmanın türüne göre klor konsantrasyonu değişiklik gösterebilmektedir. Mikroyosunlar, zooplanktonlar, bakteri ve fitoplanktonlar için 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 [37].

Klorun en önemli dezavantajı suda bulunan organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona girmesidir. Reaksiyon sonunda ortaya toksik yan ürünler çıkabilmektedir. Deşarj edilen balast suyu ile birlikte çevreye karışıp, problemler yaratabilmektedir.

Klordioksit (ClO₂); Pahalı bir oksitleyici biyosittir. Organik maddeler ile tepkimeye girmemesi, reaksiyon sonunda klor açığa çıkarmaması, geniş pH aralığında zararlı organizmaları yok etmesi avantajları arasındadır. Klordioksit ile arıtma sonucunda yan ürün olarak klorat, klorit ve organik maddelerin oluştuğu gözlemlenmiştir [28].

Ozon (O₃); tatlı su arıtımından bilinen ve kullanılan bir oksitleyici biyosittir. Fakat ozonun deniz suyunu arıtma özelliği tatlı suyu arıtma özelliği kadar yüksek değildir. Çünkü deniz suyunda bulunan brom ve klor iyonları ile reaksiyona girmektedir.

Balast suyu arıtımında kullanılan ozon gemide ozon gazı jeneratörü ile temin edilmektedir. Herhangi bir depolama ihtiyacı yoktur fakat ozon gazı jeneratörü için uygun bir yer rezerve etmek gerekmektedir. Balast suyu gemiye alınırken ozon gazı ile arıtılabilmekte ya da balast suyunu aldıktan sonra tekrar sirkülasyon yapılarak arıtma işlemi yapılabilmektedir.

Ozon gazı suyun içinde homojen dağılmamasından ötürü balast tankının içinden alınan örneklerde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle sediment miktarının fazla olduğu tank diplerinde ve korozyona karşı önlem alınan bölgelerde ozon ile arıtma işleminin yeterli olmadığı gözlemlenmiştir.

Hidrojen Peroksit (H₂O₂); diğer oksitleyici biyositlere göre çevreye ve insan sağlığına daha az zararlı olduğu bilinmektedir. Çabuk reaksiyona giren ve reaksiyona girdikten sonra su ve hidrojen çıkaran bir kimyasaldır.

Bakteri sporları ve dinoflagellatlar hidrojen peroksitine karşı oldukça direnç göstermektedirler. Balast suyunu bu tür canlılardan arındırmak için gerekli olan yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonu maliyeti arttıracığından, balast suyu arıtımında hidrojen peroksitin kullanılması çok efektif bir yöntem olarak görülmemektedir [4].

Perasetik Asit (PeraClean); balast suyu içerisindeki organizmaların neredeyse tamamını etkilediği için balast suyu arıtımı için kullanılması düşünülen bir oksitleyici biyositir. Perasetik asit ortamdaki organik ve inorganik maddelerden etkilenmez fakat ortamın pH değeri 3'ün altı, 8'in üstünde ise etkisini kaybetmektedir [9].

Perasetik asidin ortamın pH değerinden etkilenmesi sebebiyle hidrojen peroksit ile birleşiminden PeraClean adında endüstriyel bir ürün türetilmiştir. PeraClean, Perasetik asidin etkilendiği pH değerinden daha geniş bir aralıkta etkisini sürdürebilse de balast suyu arıtımı için böyle bir sınırlamanın olması büyük bir dezavantajdır.

Bir diğer dezavantajı ise organizmaların PeraClean'e tepkisi çok uzun zaman almaktadır. Ayrıca su toksik etkisini yitirmesi için balast suyu boşaltımından 2-3 hafta önce kullanılması gerekmektedir.

PeraClean diğer oksitleyici biyositlere göre balast suyu arıtımı için yüksek maliyetlidir. Bu yüksek maliyetle birlikte ürünün gemide depolanma sorunu ve bozulma ihtimali balast suyu arıtımı için kullanılmasında engeldir.

4.3.1.2 Oksitleyici Olmayan Biyositler

Oksitleyici olmayan biyositler, oksitleyici biyositlerin geminin balast tanklarında korozyona sebep olmasından dolayı geliştirilmiştir. Oksitleyici olmayan biyositler kullanıldıkları balast suyundaki organizmaların üreme ve sinir sistemlerini etkisiz hale getirmektedir. Oksitleyici olmayan biyositler sudaki toksik olma durumlarını birkaç gün içerisinde bırakmaktadırlar. Bu sebepten dolayı oksitleyici olmayan biyositler sefer başında kullanılırsa deşarj sırasına çevreye zararlı bir yapısı olmamaktadır [9].

Gluteraldehit; balast tanklarında bulunan organizma kalıntılarını arındırmak için önerilen oksitleyici olmayan bir biyositir. Gluteraldehit etkili bir arıtım yapabilmesi için uygun sıcaklık ve pH değeri isterleri vardır. Yüksek sıcaklık ve 7-8 pH üzerinde

kullanılabilmektedir. Fakat balast suyunun sıcaklık ve pH değerleriyle uyummadığı için verimli bir yöntem değildir [28].

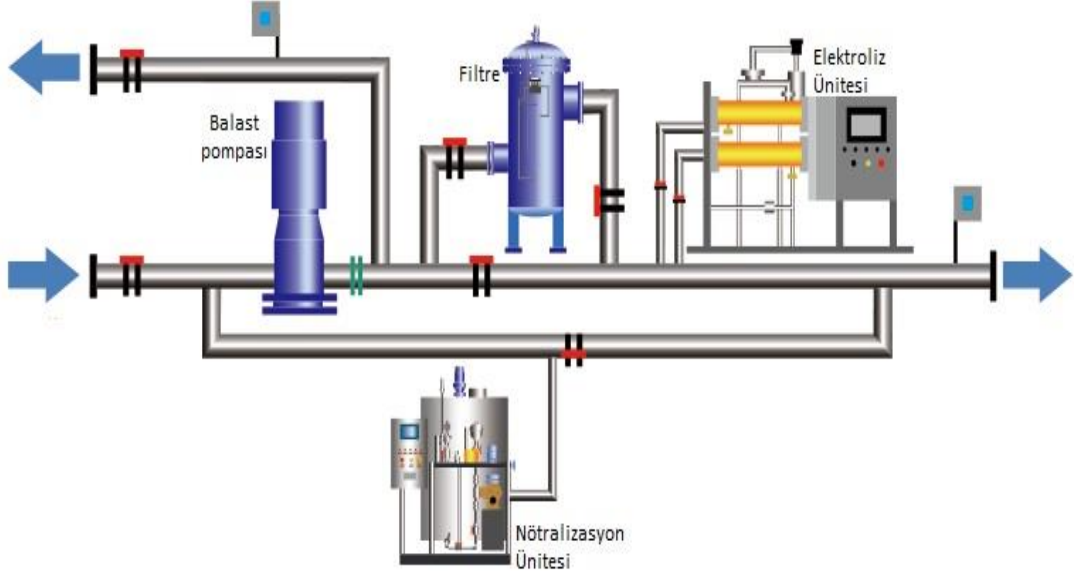
SeaKleen®; içeriğinde menedion (K3 vitamini) bulunan oksitleyici olmayan bir biyosit türüdür. Bu bileşen tatlı ve tuzlu su organizmaları üzerinde etkilidir. Buna karşın deniz memelileri, kuşlar ve diğer balık türleri için zehirli olmadığından ötürü üretici firma tarafından balast suyu arıtmasında kullanılmak üzere önerilmiştir. Ayrıca yarılanma ömrünün kısa olması, zararlı yan ürünler ortaya çıkarmaması ve korozyona sebebiyet vermemesi de balast suyu arıtılması konusunda kullanımının önünü açmıştır [4].

Acrolein; bakteri ve alg gibi küçük boyutlardaki organizmalara etkisi çok düşüktür. Fakat balıklar, kabuklular, yumuşakçalar üzerinde etkilidir. Bu durum balast suyu arıtımında verimsiz olduğunu göstermektedir [28].

4.3.2 Elektrokimyasal Yöntem

Balast suyu arıtımında elektrokimyasal yöntemlerin kullanımı iki farklı yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Birinci yöntemde balast suyunun bir kısmı elektroliz hücrelerinden geçirilmekte ve elektroliz işlemi sonucunda yüksek konsantrasyonda ortaya çıkan serbest klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit gibi dezenfektanlar arıtım için kullanılmaktadır [38,39]. İkinci yöntemde ise balast suyunun tamamı elektroliz hücrelerinden geçirilmekte ve elektriksel alanın öldürücü etkisinden faydalanılmaktadır. Ancak bu yöntemde de düşük konsantrasyonda olsa dahi dezenfektanlar açığa çıkmakta ve arıtımı desteklemektedir. Sonuç olarak her iki yöntemde de deniz suyuna herhangi bir aktif madde ilave edilmemekle birlikte, elektroliz esnasında aktif maddeler açığa çıkmaktadır [28].

Elektroliz ile balast suyu arıtımının daha verimli çalışabilmesi için birincil aşama bir arıtma yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Birincil aşama arıtım yöntemi genelde filtreleme yöntemidir. Şekil 4.12'de bir elektroliz yöntemi ile balast suyu arıtma sistemi gösterilmiştir.



Şekil 4. 12 Elektroliz yöntemi ile balast suyu arıtımı [40]

Balast suyu deşarjı sırasında, sistem kalıntı oksidanları izlemekte ve gerekirse müdahale etmektedir. Sistemin ana aşamaları (filtrasyon ve dezenfeksiyon) atlanmaktadır. Bir klor sensörü deşarj hattındaki artık sudan örnek alır. Bu sudan alınan klor oranı 0,1 mg/l'den büyükse, nötrleştirici maddeyi (Sodyum Bisüfit) dozaj pompası ile pompalanmasını sağlamaktadır. Serbest klorun başarılı bir şekilde nötrleştirilmesi, balast deşarj hattının uzak ucuna yerleştirilmiş olan ikinci bir klor sensörü tarafından onaylanmaktadır [41].

Elektroliz yönteminden elde edilecek verim deniz suyunun kimyasıyla değişebilmektedir. Okyanuslarda klor oranı yüksekken iç denizlerde klor oranı daha düşüktür. Ayrıca sıcaklık da elektroliz yönteminin verimini etkileyen faktörlerdendir. Bu faktörler elektroliz yönteminin veriminin düşmesine sebep olabilmektedir.

Elektroliz yöntemi ile elde edilen dezenfektanlar özellikle klor, organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona girmektedir. Bu da arıtım sonunda yan ürünlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Oluşan yan ürünler kimi zaman toksik içeriklidir ve bu yan ürünler insan sağlığına ve çevreye zararlı olabilmektedir. Bununla birlikte elektroliz yöntemi ile

elde edilen klor balast suyu arıtımında kullanıldığında balast tanklarında korozyona sebep olması elektroliz yöntemi için en büyük dezavantajdır.

4.4 Karma Yöntemler

Balast suyu içerisindeki zararlı mikroorganizmaların çeşitliliği dikkate alındığında balast suyu arıtımı için kullanılan yöntemlerin hiçbiri tek başına IMO D2 standartlarını karşılayacak verimde sonuçlar ortaya koyamamıştır. Balast suyu arıtma yöntemlerinden birinin avantajı diğer bir yöntemin dezavantajını kapattığı gözlemlenmiştir. Bunun üzerine genelde iki aşamalı karma sistemler oluşturularak balast suyu arıtımından alınacak verimin artırılması planlanmıştır. Birinci aşamada çoğunlukla mekanik yöntemlerden filtreleme ve siklonik ayrıştırma yöntemi kullanılarak görece daha büyük organizmaların arıtımı sağlanmıştır. İkinci aşama ise fiziksel veya kimyasal yöntemlerden oluşmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları ultraviyole ve elektroliz yöntemleridir. Filtreleme ve siklonik ayrıştırma yöntemlerinin arıtamadığı daha küçük organizmaları arıtması hedeflenmektedir. Karma yöntemlerden en çok tercih edilen ve revaçta olan balast suyu arıtma sistemi UV + filtreleme yöntemidir [4].

Çeşitli endüstriyel firmaların balast suyu arıtımı için geliştirdikleri birçok karma yöntem vardır. Firmalara ait balast suyu arıtma sistemleri ve onay durumları EK A'da gösterilmiştir.

BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ SEÇİMİ VE KRİTERLERİ

5.1 Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi İçin Kriterler

Bir gemiye uygun balast suyu arıtma sistemi seçilebilmesi için dikkat edilmesi gereken birçok faktör bulunmaktadır. Armatörler için sistem fiyatı ve işletim maliyetleri en önemli kıstas olsa da bunların dışında kurulumu yapılacak sistemden alınabilecek en yüksek verimi almak için bu faktörlere dikkat etmek gerekir. Bunlar; sistemin yatırım ve işletim maliyeti, gemi tipi, geminin operasyon alanı, balast suyu kapasitesi, alınacak balast suyunun karakteristik özellikleri, kurulacak sistemin tip onayı almış olması, sistemin boyutları, sistem için ayrılan kullanılabilir alan, sistemin satın alınacağı firmanın bilinirliği ve güvenilirliği, enerji tüketimi, personel sağlığı ve güvenliği, personel eğitimi ihtiyacı, sistemin kullanılabilirliği ve teslim süresi ve balast tanklarına etkisi ilgili faktörlerdendir [4,27].

Gemi tipi ve balast suyu kapasitesi; balast suyu arıtma sistemi seçerken gemi tipi, balast kapasitesi ile alakalı olduğu için önemlidir. Kuru yük ve tanker gemilerinin balast kapasiteleri yolcu ve konteyner gemilerinin balast kapasitelerine göre daha fazladır. Balast suyu arıtma sisteminin arıtma kapasitesi belirlenirken balast pompası debisi ve balast suyu kapasitesi önemli bir kriter haline gelmektedir [4].

Tip onayı; seçimi yapılacak olan balast suyu arıtma sistemi için en önemli faktörlerden biri, IMO'nun yayınladığı rehberlerden G8 ve G9 tarafından onaylanmış olmasıdır. Bölüm 3.2.6' da ilgili IMO rehberleri belirtilmiştir. Ayrıca EK A'da onay almış firmalar ve balast suyu arıtma sistemleri belirtilmiştir [42].

Geminin operasyon alanı; balast suyu arıtma sistemi seçimi konusunda önemli faktörlerden birisidir. IMO'nun belirlediği standartların dışında kendi standartlarını oluşturan ve farklı istekleri olan ülkeler vardır. Örneğin, ABD karasularında balast suyu boşaltmak için USCG kurallarına uyma zorunluluğu vardır. USCG standartları IMO standartlarından daha katı kurallara sahip olduğundan rotası Amerika karasularında olan bir geminin balast suyu arıtma sistemi USCG standartlarına uygun ve onaylı olmalıdır [27].

Alınacak balast suyunun karakteristik özelliği; balast suyu arıtım sistemi seçimi için çok önemli bir faktördür. Bu faktör ve kısıtlar aşağıdaki gibidir:

- Balast suyunun bulanık olması mikroorganizmaların UV ışımaya maruz kalmasını etkilediği için UV yönteminin verimini düşürmektedir [34].
- Balast suyunun tuzluluk oranının düşük olması daha az klor elde edilmesine sebep olacağından elektroliz yönteminin verimini düşürmektedir [39].
- Balast suyunun sıcaklığının düşük olması suyun ısıtılmasına daha fazla enerji gerektirdiği için ısı ile arıtma yönteminin verimini düşürmektedir [31].

Sistem boyutları; yeni inşa edilecek gemilerde dizayn hesaplamalarına balast suyu arıtma sistemi de katılacak şekilde bütünü düşünerek tasarım yapılmaktadır fakat mevcut gemiye eklenecek bir arıtma sistemine gemide uygun yer bulmak çoğunlukla problemler yaratmaktadır. Kurulacak sistem için gerekli uygun alanı planlarken özellikle balast suyu boruları da düşünülmelidir [4].

Mevcut gemiye alınan balast suyu arıtma sistemi modül halinde ise geminin ilgili mahaline sığdırılması zor olabilmektedir. Bu yüzden gemide böyle bir yer problemi varsa sistemin modül olmasından ziyade ekipmanları parça parça yerleştirmek daha avantajlı olabilmektedir.

Sistemin alınacağı firmanın bilinirliği ve güvenilirliği; kurulumu yapılan balast suyu arıtma sisteminin sefer sırasında gemi personeli tarafından çözülemeyen bir sorunu olursa, dünya çapında hizmet sunabilecek global bir firmanın ürününü kullanmak avantajlı bir durum oluşturur. Geminin nerede olduğundan bağımsız yedek parça temini, teknik servis hizmeti alınabiliyor olması gemi işletmecisini rahatlatmaktadır.

Ayrıca alınan ürünün kullanım ömrünün çok uzun yıllar olduğu düşünülürse, şirketin uzun yıllar hizmet verebileceğinden emin olmak gerekmektedir [27].

Yatırım ve işletim maliyeti; gemiye kurulacak balast suyu arıtma sisteminin yatırım maliyeti öngörülebilir bir maliyettir fakat sistemin işletim maliyeti gemiye ve sisteme göre farklılık göstermektedir. İlk yatırım maliyeti alınan sistemin satın alınması ve nakliyesi gibi maliyetleri içermektedir. İşletim maliyeti ise bakım, onarım, yedek parça, tüketilen enerji, varsa kullanılan kimyasal maddeler gibi giderleri içermektedir [43].

Balast tanklarına etkisi; balast suyu arıtımı yapan sistemde kullanılan dezenfektan maddelerin bazıları balast tanklarında oluşan korozyonu engellemektedir. Fakat bazıları deniz suyunun neden olduğu korozyonu daha ileri seviye götürmektedir. Ozon ile arıtma yöntemi korozyona sebep olan sistemlerdendir [9].

Personel güvenliği ve eğitimi; Tercih edilen balast suyu arıtım sistemi kimyasal yollar ile arıtım yapıyor ise gemi personeline gerekli eğitim verilmelidir. Kimyasal sistemin dezenfektan maddelerinin depolanması gerekteyise uygun bir mahal planlanmalı, gerekli izin ve onaylar alınmış olmalıdır [4].

Sistemin kullanılabilirliği ve teslim süresi; Mevcut gemilere kurulacak balast suyu arıtma sistemleri için önemli bir faktördür. Çünkü gemiye kurulacak sistem için yapılacak revizyonların kısa sürmesi, gemi işletmecisi için avantajdır [4].

5.2 Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi

Bölüm 5.1'de detaylandırılan seçim kriterlerine göre ana boyutları verilmiş olan halihazırda çalışan örnek kuru yük gemisi A'ya balast suyu arıtma sistemi seçilecektir. Balast suyu arıtma yöntemlerinden UV+filtreleme, elektroliz+filtreleme ve kimyasal madde+filtreleme yöntemleri arasında bir seçim yapılacaktır. Seçilecek yöntem aşağıda oluşturulan kriterlere göre Çizelge 5.1'de verilen kriter temelli seçim tablosu ile karar verilmiştir. Kriterler tespit edilmiş olup toplam 15 kriter için uzman görüşüne başvurulmuştur.

Gemi Tipi: Kuru Yük Gemisi

Klas: NK

Tam Boy: 169,6 m

Dikmeler Arası Boy: 160,4 m

Genişlik: 27,2 m

Derinlik: 13,8 m

Draft: 9,6 m

DWT: 28500 MT

Balast Suyu Kapasitesi: 9500 m³

Oluşturulan kriterler aşağıdaki gibidir;

Kriter 1: 9500 m³ balast suyunu arıtma kapasitesi

Kriter 2: IMO tarafından alınmış tip onayı

Kriter 3: USCG standartlarına uygunluğu

Kriter 4: Sistem boyutu

Kriter 5: Dünya çapında servis hizmeti

Kriter 6: İlk yatırım maliyeti

Kriter 7: İşletim maliyeti

Kriter 8: Balast tankına korozyon etkisi

Kriter 9: Enerji tüketimi

Kriter 10: Personel güvenliği

Kriter 11: Personel eğitimi gerekliliği

Kriter 12: Sistemin teslim süresinin hızı

Kriter 13: Balast suyunun bulanık olması durumunda verim

Kriter 14: Balast suyunun tuzluluk oranının düşük olması durumunda verim

Kriter 15: Balast suyunun sıcaklığının düşük olması durumunda verim

Çizelge 5. 1 Balast suyu arıtma sistemi seçimi için kriter temelli seçim tablosu

Kriterler	Balast Suyu Arıtma Sistemi		
	UV + Filtreleme	Elektroliz + Filtreleme	Kimyasal + Filtreleme
Kriter 1	✓	✓	✓
Kriter 2	✓	✓	✓
Kriter 3	✓	✓	×
Kriter 4	✓	○	✓
Kriter 5	✓	○	×
Kriter 6	○	○	✓
Kriter 7	○	✓	×
Kriter 8	✓	×	×
Kriter 9	○	○	✓
Kriter 10	✓	✓	○
Kriter 11	✓	✓	×
Kriter 12	✓	✓	✓
Kriter 13	×	✓	✓
Kriter 14	✓	×	×
Kriter 15	✓	×	×

✓ : Olumlu

○ : Nötr

×

Balast suyu arıtma sistemi kurulumu yapılacak gemiye en uygun sistem, Çizelge 5.1’de görüldüğü üzere en çok olumlu işaretini alan UV + filtreleme sistemidir. Bölüm 6’da seçilmiş olan balast suyu arıtma sisteminin gemiye entegrasyonu detaylı şekilde incelenecektir.

UV + FİLTRELEME SİSTEMİNİN KURU YÜK GEMİSİNE ENTEGRASYONU

6.1 Gemiye Uygun Tipin Seçilmesi

IMO'nun D2 standardına uyum sağlamak zorunda olan kuru yük gemisi A balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu bu bölümde incelenecektir. Bölüm 5'te seçilen UV + filtreleme sisteminin görüşmeler sonucunda Alfa Laval şirketinden alınmasına karar verilmiştir.

Entegre olacak sistem ile çalışacak geminin kendi bünyesinde bulunan 1 adet balast pompası bulunmaktadır. Bu balast pompası balast tanklarına saatte 420 m³ su basmaktadır. Entegre edilecek sistem de saatte en az 420 m³ su arıtmalıdır. Şirketin kataloğundan, balast pompasına uygun saatte 500 m³ su arıtabilen Pureballast 3.1 500 sistemi seçilmiştir. Bu sistem USCG standartlarına uygundur, gemi ABD sularında da sefer yapacağı için USCG standartlarına uyum sağlaması gerektiğinden bu faktör de göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Mevcut gemiye kurulması planlanan sistemin çalışma sırasında tükettiği enerji göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir. Geminin jeneratörü mevcut sistemlerin enerji ihtiyacı ile beraber balast suyu arıtma sisteminin de enerji ihtiyacını karşılaması gerekmektedir. EK B'de gösterilen çizelgede, balast suyu sistemi kurulacak olan gemiye ait ekipmanların harcadıkları güç miktarları vardır.

Çizelge 6.1'de geminin çalışma durumuna göre makine yardımcıları, gemi servis yardımcıları, kazan yardımcıları, güverte üstündeki ekipmanlar, kargo ekipmanları ve fanları ve aydınlatma ekipmanlarına harcanan güç miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 6. 1 Geminin çalışma durumuna göre harcanan güç miktarları

Ekipmanlar	Seyir Durumunda (kW)	Limanda Bekleme Durumunda (kW)	Yükleme Durumunda (kW)
Makine Yardımcı Ekipmanları	98,88	151,06	20,63
Gemi Servis Yardımcı Ekipmanları	77,06	133,65	121,98
Kazan Yardımcı Ekipmanları	5,18	14,14	14,14
Güverte Ekipmanları	57,19	141,31	52,04
Kargo Ekipmanları	0	0	480,35
Kargo Ambar Fanları	32,72	32,72	32,72
Aydınlatma	30	35,25	55,75
Balast Suyu Arıtma Sistemi	61,6	61,6	61,6
Toplam	362,63	569,73	839,21
Kullanılan Jeneratör	440 kW x1	440 kW x2	440 kW x2

Balast suyu sisteminin entegre edileceği gemide 2 adet 440 kW, 900 rpm dizel jeneratör bulunmaktadır. Çizelge 6.1’de görüleceği üzere balast suyu arıtım sistemi Alfa Laval Pureballast 3.1 500 gemide çalışır pozisyondayken farklı çalışma durumlarında geminin mevcut jeneratörleri yeterli gelmektedir.

Balast suyu arıtım sistemi UV + filtreleme kuru yük gemisine kurulacağından makine dairesine yerleştirilecektir. Sistem için bu durumda herhangi bir patlamaya dayanıklılık özelliği aranmamaktadır. Bununla birlikte sistemdeki ekipman boyutları gemide yerleştirilmesi planlanan lokasyona göre uygun bulunmuştur.

6.2 Geminin İlgili Mahaline Tarama Yapılması ve Modelleme

Balast suyu arıtma sistemini gemiye entegre edebilmek ve ilgili borulamaları, ekipman döşeklerini en az revizyon ile yapabilmek için sanal ortamda üç boyutlu dizayn yapmak gerekmektedir. Bunun için ise geminin ilgili mahalının taranması ve sonuçların 3 boyutlu modele dönüştürülmesi gerekmektedir.

Kuru yük gemisi A’ya balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu yapabilmek için üç boyutlu tarama yapan bir cihaz ile tarama işlemi yapılmıştır. Bu cihazın 70 metreye kadar iç mahal ve dış mahal tarama yapabilme özelliği bulunmaktadır. Şekil 6.1’de tarama cihazı gösterilmiştir.

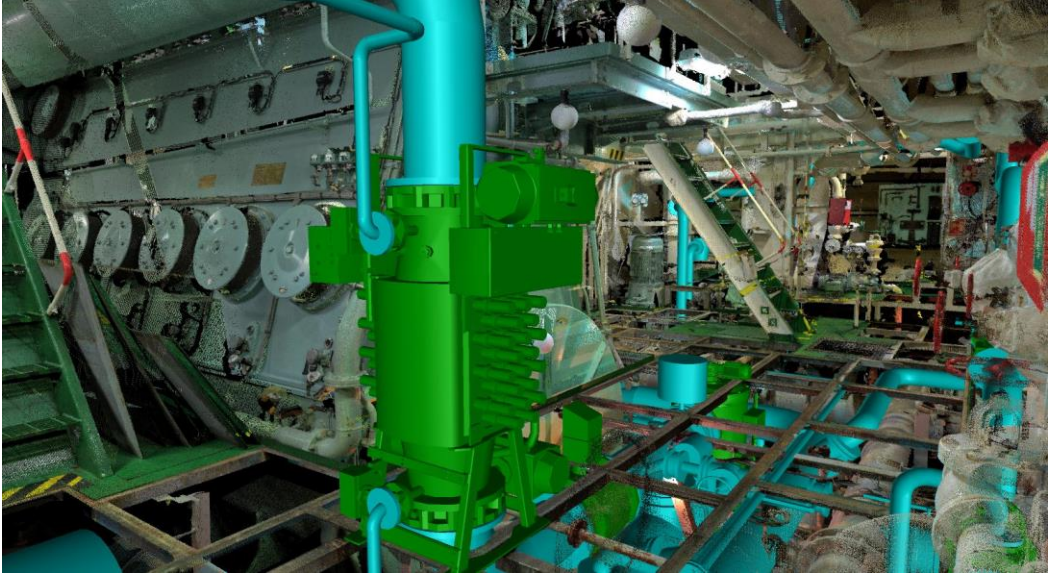


Şekil 6. 1 Tarama yapılan cihaz [44]

Tarama işlemi 5 küre bir de cihazın kendisi ile birlikte yapılmaktadır. Bu küreler farklı noktalardan yapılan tarama işlemlerini birleştirebilmek için referans noktası olarak kullanılan cisimlerdir. Her yeni tarama işleminde yani her yeni istasyon kurulumunda bu kürelerden yalnızca iki adedinin yeri değiştirilebilmektedir. Taramaya başlandığında kürelerin ilk lokasyonlarını tertip ederken, ikinci hatta üçüncü adımları da düşünmek gerekmektedir. Küreleri verimli lokasyonlara yerleştirip en az istasyon ile en verimli tarama yapılmaya çalışılmalıdır.

Tarama sonucu elde edilen veri, birçok istasyondan alınmış nokta bulutları ya da HDR fotoğraflardır. Nokta sayısı ne kadar fazla olursa elde edilecek görüntü kalitesi de o kadar yüksek olmaktadır. Yalnız daha yoğun nokta bulutları oluşturabilmek için alınacak nokta sayısını arttırmak, daha fazla zaman alacaktır.

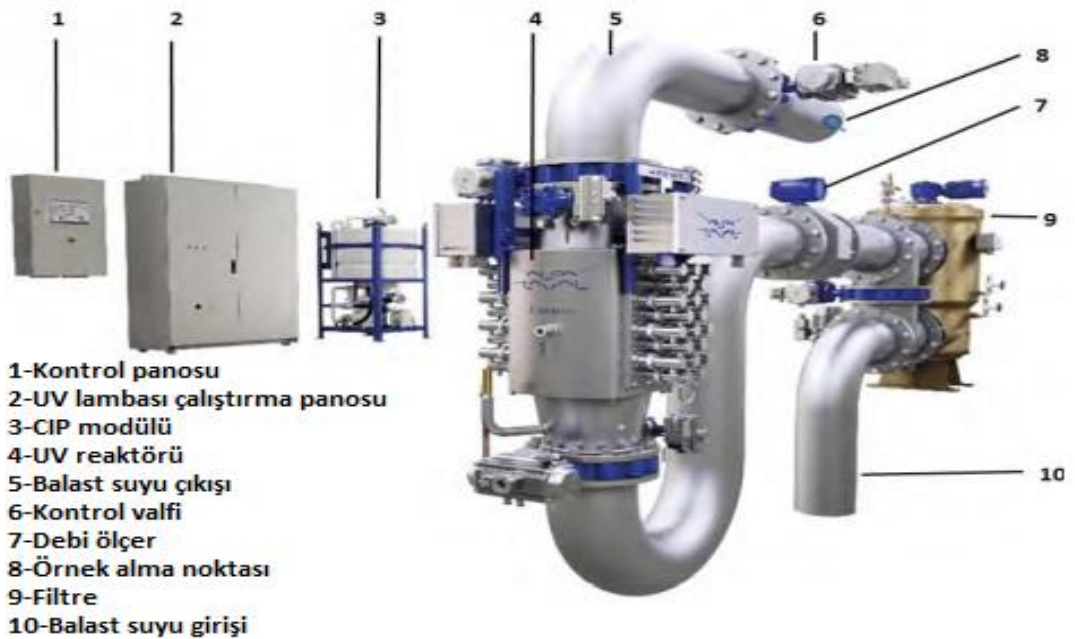
Elde edilen nokta bulutları tarama cihazı için yapılan yazılım ile birleştirilmekte ve mahalin tamamının nokta bulutu hali elde edilmiş olmaktadır. Bu veri daha sonra model yapılacak yazılım ile açılmakta ve istenilen model dizayn edilebilmektedir. Balast suyu arıtma sistemi için gerekli olan ekipmanların modeli, ekipman döşek dizaynı, boru dizaynı yine bu yazılım ile yapılabilmektedir. Şekil 6.2'de nokta bulutu üzerinde model çalışması gösterilmiştir.



Şekil 6. 2 Nokta bulutu üzerinde model çalışması

6.3 UV + Filtreleme Sistemi

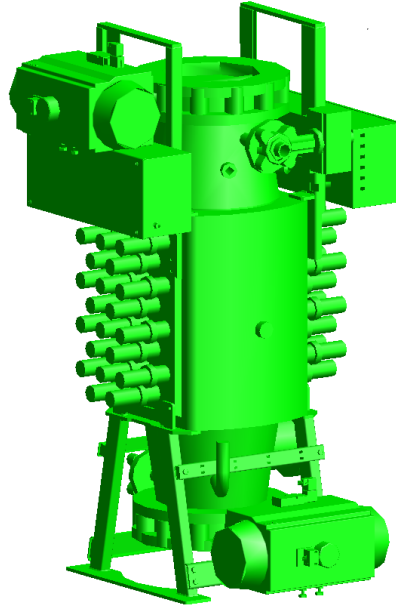
UV + filtreleme sistemi balast suyu arıtma sistemleri arasında en çok tercih edilen bir karma sistemdir. Filtreleme ile birincil aşama arıtma yaptıktan sonra ikinci aşama UV yöntemiyle ile yapılmaktadır. UV + filtreleme sistemi filtre, UV reaktörü, CIP (Cleaning In Place) modülü, debimetre, UV lambaları panosu ve kontrol panosundan oluşur. Şekil 6.3'de UV + filtreleme sistemine ait ekipmanlar gösterilmiştir.



Şekil 6. 3 UV + filtreleme sistemine ait ekipmanlar [35]

UV reaktör; herhangi bir kimyasal madde kullanmadan ultraviyole ışınması ile organizmaların DNA ve RNA yapılarının bozulmasını sağlayarak etkisiz hale getirmektedir. Sistem üzerindeki ana arıtma cihazıdır ve arıtma işlemini üzerindeki UV lambalarını kullanarak yapmaktadır.

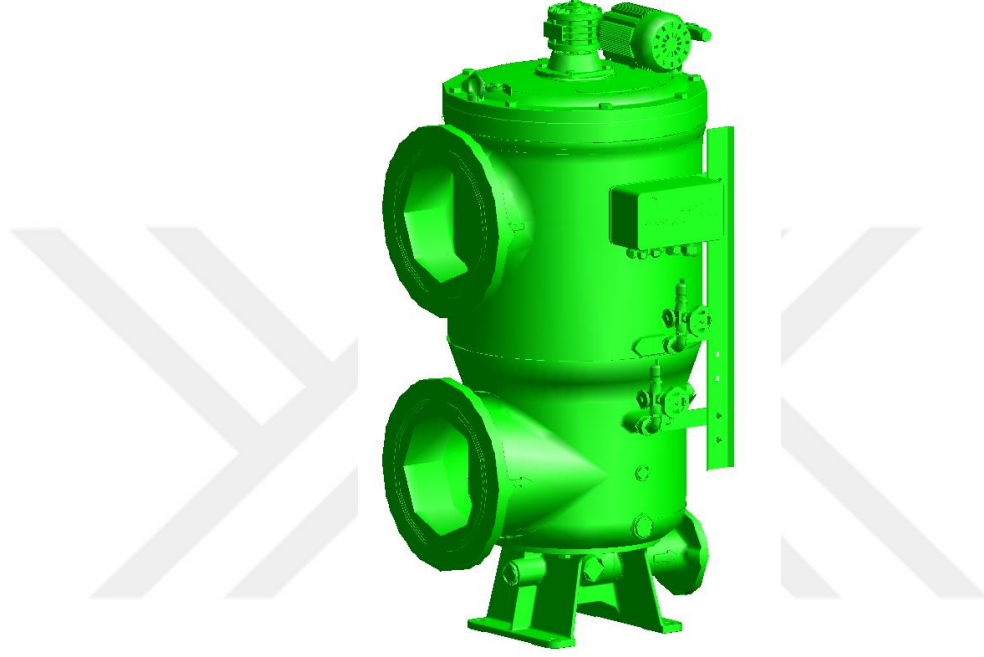
UV reaktörünün kurulumu yapılırken dikkat edilmesi gereken kriterler bulunmaktadır. UV reaktöründen en iyi performansın alınabilmesi için filtreye yakın olmalıdır. Basınç kayıplarının artmaması için önemli bir faktördür. Bununla birlikte UV reaktörüne bağlanan borunun flanşı, UV reaktörünün flanşı ile aynı boyutta olmalıdır. Reaktöre gelen hat reaktör üzerindeki lambalara da reaktöre de dik açıda olmalıdır. UV reaktörü ağırlığını taşımak için tabana sabitlenmeli ve üstten desteklenmelidir. Reaktörü sabitlemek için altında ve üstünde bulunan ayak izlerinden faydalanarak döşek planlanmalıdır. Reaktör dış kaplamasına kaynakla hiçbir bağlantı yapılmamalıdır, çünkü bu reaktöre zarar verebilmektedir. Ayrıca potansiyel olarak reaktörün biyolojik performansını etkilemektedir. Şekil 6.4'de kurulacak sistemin UV reaktörü modeli gösterilmiştir.



Şekil 6. 4 UV reaktörü modeli

Filtre; balast suyu arıtma sisteminin ön arıtma işini yüklenen ilk bileşenidir. 40-50 mikrondan büyük olan organizma ve sedimentler filtreler sayesinde arıtmakta ve yeniden ekolojik ortamlarına gönderilmektedir.

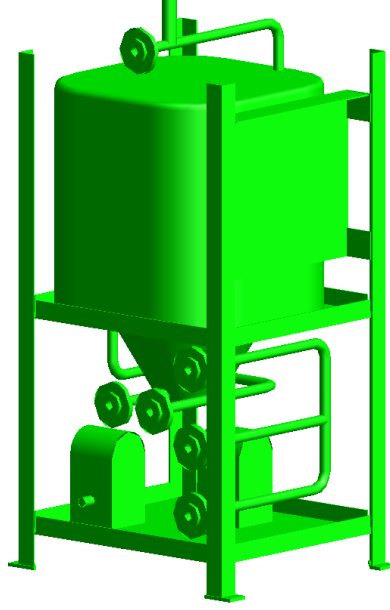
Filtrelerin kurulumu yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı faktörler bulunmaktadır. Filtrenin montajı ve bakım onarım için gerekli yüksekliğe teknik dokümanlardan bakıp, servis alanı planlanması gerekmektedir. Filtrenin montajı kaynaklı ya da cıvatalı yapılabilmektedir. Filtre giriş ve çıkış borularının, filtre bağlantılarını zorlamaktan kaçınmak için desteklenmek ve dikkatlice hizalanmak gerekmektedir. Şekil 6.5 de kurulacak sistemin filtresinin modeli gösterilmiştir.



Şekil 6. 5 UV + filtreleme sisteminin filtre modeli

CIP modülü; balast suyu arıtma işlemi bittikten sonra arıtma sonunda sistem içinde kalabilecek zararlı organizmaları temizlemek için sistemin içini yıkayarak dezenfekte eder.

CIP modülünün kurulumu yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı faktörler bulunmaktadır. CIP modülünün kurulumunun UV reaktörü ile aynı seviyede ya da daha alt seviyede yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda lokasyon itibarıyla reaktöre yakın bir yerde olmalıdır. CIP boru bağlantıları herhangi yüke maruz kalmayacak şekilde yapılmalıdır. Bu durum plastik flanşları bağlarken özellikle önem kazanmaktadır. CIP modülü içindeki sıvının düşük bir pH değeri olduğundan ve temizleme işleminden gelen artıkları içerdiğinden pis su tankına ya da çamur tankına CIP modülünün bağlantısının yapılması gerekmektedir. Şekil 6.6'da CIP modülü modeli gösterilmiştir.



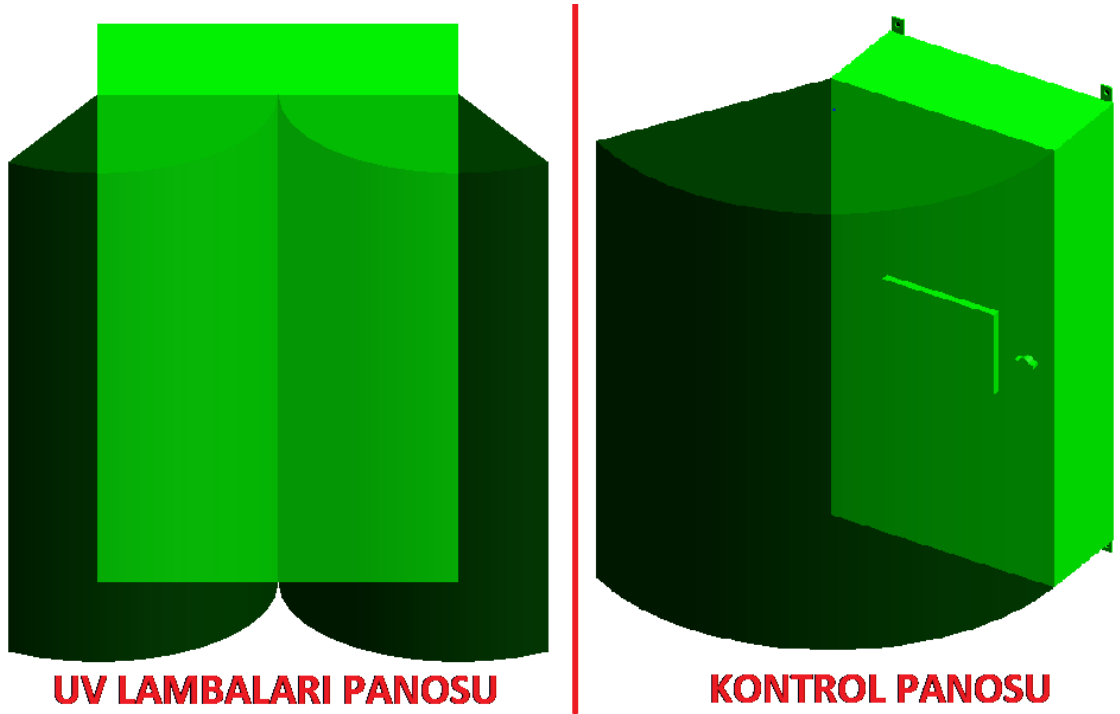
Şekil 6. 6 CIP modülü modeli

Debimetre; sistemdeki akışın debisini ölçmekte ve akış sensörü ile beraber çalışmakta ayrıca kontrol sistemine veri göndermektedir. Sistem üzerinde kontrol valfinden önce konumlandırılmalıdır. Bununla birlikte debimetrenin sistemin en üst noktasına planlanmamasına dikkat edilmelidir.

UV Lambaları Panosu; UV reaktörü üzerindeki UV lambalarını besleyen elektrik panosudur. Güç kablosu panodan çıkıp UV reaktöründeki bağlantı panosuna bağlanmasına dikkat edilmelidir. Pano, UV reaktöründen en fazla 150 m ve kontrol panosundan ise en fazla 100 m uzakta olabilmektedir. Aynı zamanda dikkat edilmesi gereken başka bir husus panonun soğutma suyu ihtiyacı olduğudur.

Kontrol Panosu; ana kontrol panelinin bulunduğu panodur. Ayrıca, uzak devre kesici ve iletişim bileşenlerini, uzaktan kumanda panellerini, sinyal kablolarını bileşenlere ve dış sistemlere bağlamak için terminaller içermektedir. Bununla birlikte sistem üzerindeki valflerin geri bildirim sinyal kabloları kontrol panosuna bağlıdır. Şekil 6.7'de kontrol panosu ve UV lambaları panosunun modeli gösterilmiştir.

Kontrol Valfi; balast suyu arıtma sisteminin son elemanıdır. Ters yıkama sırasında gerekli basıncı sağlamak için otomatik basıncı düzenlemektedir. Bununla birlikte UV lambalarını soğutmak için gerekli minimum akışı sağlamakta ya da maksimum akışın aşılmamasını sağlamak için işlem sırasında otomatik akış düzenlemesi yapmaktadır.



Şekil 6. 7 UV lambaları panosu ve kontrol panosu modeli

6.4 UV + Filtreleme Sisteminin Gemiye Entegrasyonu

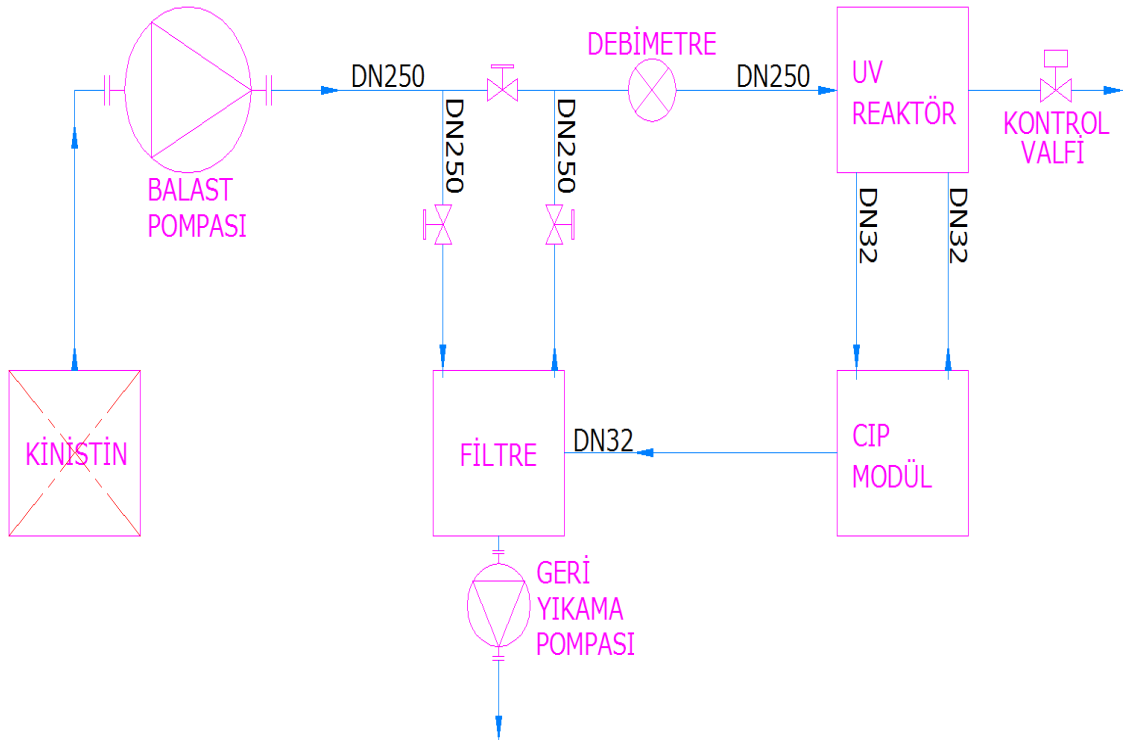
Balast suyu arıtma sistemlerinin mevcut gemiye entegrasyonu çok fazla teknik detay içeren, ayrıntılı bir mühendislik çalışması gerektirmektedir. Sistem için gemi üzerinde uygun yerin belirlenmesi ekipman yerleşimi, boru devrelerinin dizaynı ve elektrik kablo yollarının çalışılması açısından sistemin seçimi kadar önemlidir. Geminin mevcut durumu dikkate alınmalı, kurulacak balast suyu arıtma sisteminin boru devreleri ve ekipmanları en yüksek verim ve en az revizyon ile konumlandırılmalıdır. Sistem üzerinde gerçekleşecek basınç düşüşleri, sistemin yüksek verimle çalışmasının önünde bir engeldir ve dikkat edilmesi gereken bir husustur. Bu sebepten dolayı, sistem ekipmanlarının ve balast suyu pompasının birbirine göre lokasyonu önemlidir.

Sistem üreticisi tarafından kurulum kılavuzuyla gelen tek hat şematik planı, sistemin entegre edileceği geminin balast sistemi ve diğer sistemlerin tek hat şematik planıyla uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Balast sistemi ve diğer sistemlerden alınan iştirakler tek hat şematik plana uyumlu hale getirilmelidir. Hazırlanan sistem planı için klas onayının alınması gerekmektedir. Bununla birlikte yapılacak yerleşim ve boru dizaynı tek hat şematik planı ile uyumlu olmalıdır.

Balast sisteminin entegrasyonu ile tek hat şematik planı değişen sistemler, balast sistemi, basınçlı hava sistemi, yağlama yağı transfer ve arıtma sistemi, pis su sistemi ve deniz suyu soğutma sistemidir.

Balast sisteminin tek hat şematik planındaki değişiklikler eklenen yeni hatlar, ekipmanlar, pompalardır. Sistem entegrasyonu ile birlikte balast pompaları deniz suyunu direkt tanka basamazlar. Öncelikle deniz suyunun filtreye girmesi gerekmektedir ve filtreden çıkan hat UV reaktörüne girmektedir. UV reaktöründen çıkan hat tanklara basılabilir. Bununla birlikte CIP modül hem filtreyi hem de UV reaktörünü temizlemektedir. Şematik planda UV lambaları panosunu soğutacak soğutma suyu pompası da bulunmaktadır. Ayrıca filtreyi geri yıkama yaparak temizleyecek bir adet geri yıkama pompası da şematik plana dahildir.

Balast suyu hem UV reaktöründen hem de filtreden arıtılarak balast tankına pompalanmaktadır. Fakat balast suyu boşaltılacağı zaman filtreden geçmeden sadece UV reaktörüyle arıtılarak dışarç edilmektedir. Bunun sebebi ise balast suyunun tank içerisinde yeniden mikroorganizma türetme ihtimalini yok etmektir. Şekil 6.8'de balast sistemi tek hat şematik planının arıtma yapılan kısmı gösterilmiştir.



Şekil 6. 8 Balast suyu arıtma sisteminin tek hat şematik planı

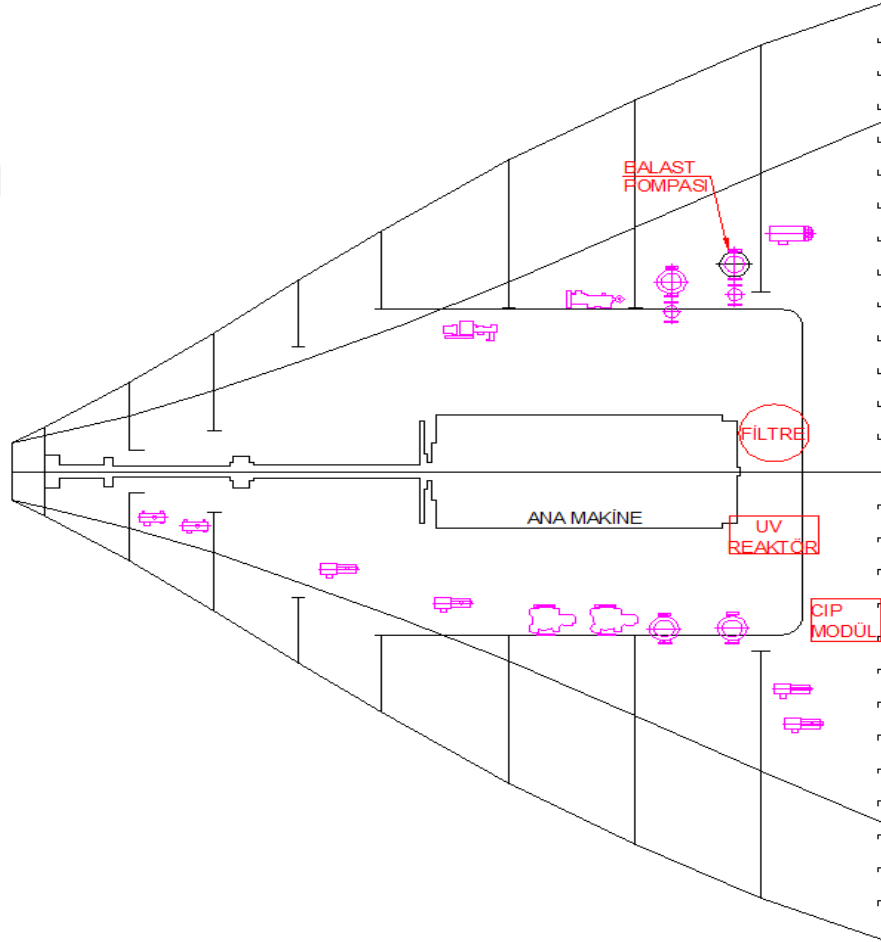
Balast suyu arıtma sistemi kuru yük gemilerinde genellikle makine dairesine planlanmaktadır. Makine dairesine yerleşimi planlanacak sistemin boyut analizi aşağıdaki gibidir.

Makine dairesinin hacmi: 680 m³

Taramalar sonucu ölçülen tahmini kullanılabilir hacim: 115 m³

Boru sistemi ile birlikte planlanan sistem hacmi: 15 m³

Uygun planlama ve modelleme işlemi yapıldığında balast suyu arıtma sistemi kullanılabilir hacme sığacaktır. Sistemdeki ekipmanların, balast suyu arıtma sisteminin alındığı ilgili şirketten gelen kurulum kılavuzundaki teknik dokümanlara göre modeli yapıldıktan sonra taramadan elde edilen model üzerinde yerleşimi yapılacaktır. Model çalışması yapmadan önce genel plandan alınan kesit üzerinde yapılan ön çalışma Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



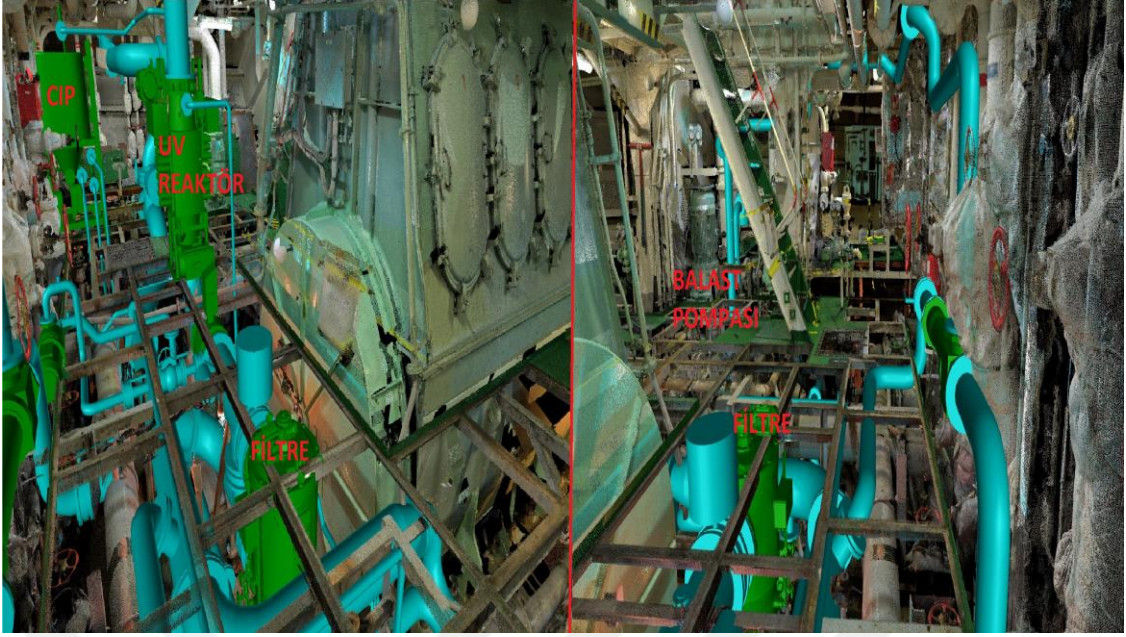
Şekil 6. 9 Makine dairesi yerleşim resmi üzerinden yapılan sistem çalışması

Makine dairesinde yerleşimi planlanan balast suyu arıtma sisteminin ekipmanlarının isterleri karşılması için Şekil 6.9'daki gibi bir ön çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaya göre CIP modülü UV reaktörüne yakın konumlandırılmıştır ayrıca CIP modülü seviye olarak reaktör ile aynı seviyeye oturtulabilmektedir. Bununla birlikte olası basınç kayıpları göz önünde bulundurularak filtre balast pompasına yakın tutulmuştur. Güverte yüksekliği ve tarama sonucu elde edilen modelden alınan ölçüler göz önüne alınırsa filtrenin teknik dokümanlardaki servis alanı isterinin de sağlandığı görülmektedir. Ayrıca UV reaktöründen daha yüksek verim alınabilmesi için filtreye yakın konumlandırılma kriteri de sağlanmaktadır. Şekil 6.10'da Balast suyu arıtma sistemi ekipmanlarının yerleştirilmesi planlanan lokasyonlar gösterilmektedir.



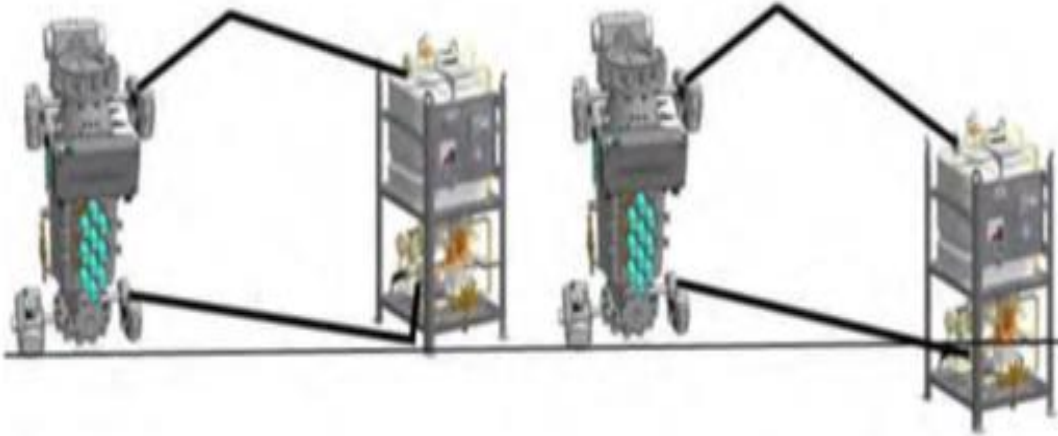
Şekil 6. 10 Ekipmanların yerleştirilmesi planlanan lokasyonlar (iskele ve sancak bakış)

Şekil 6.10'da belirtilen lokasyonlara göre modellenen ekipmanların yerleşimi ve boru dizaynı planlanmıştır. 3D lazer tarama ile elde edilen nokta bulutu modeli üzerine yapılan dizaynda en az revizyon ile balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu yapılmıştır. Yapılacak revizyon sayısı ve boyutu az tutulmaya çalışılırsa bununla birlikte sahadaki iş yükü de hafifleyecektir. İş yükünün hafiflemesiyle sistem daha çabuk kurulmuş olacaktır. Şekil 6.11'de nokta bulutu üzerine yapılan model çalışması gösterilmiştir.



Şekil 6. 11 Nokta bulutu üzerine model çalışması

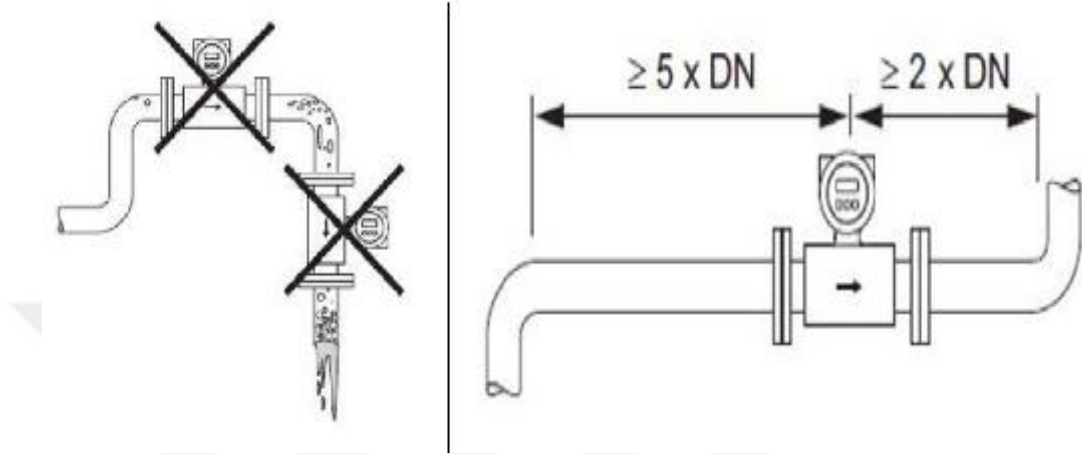
Balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu yaparken yerleşim kriterlerine dikkat etmek gerekmektedir. CIP modülü mümkün olduğunca reaktöre yakın konumlandırılmalıdır. CIP ünite reaktörün altında ya da aynı seviyede olmalıdır. CIP modül ile reaktör arasındaki boru modeli ve iki ekipmanın birbirine göre konumları Şekil 6.12'de şematize edilmiş halde gösterilmiştir.



Şekil 6. 12 CIP modül ile reaktörün bağlantısı ve birbirine göre konumları [35]

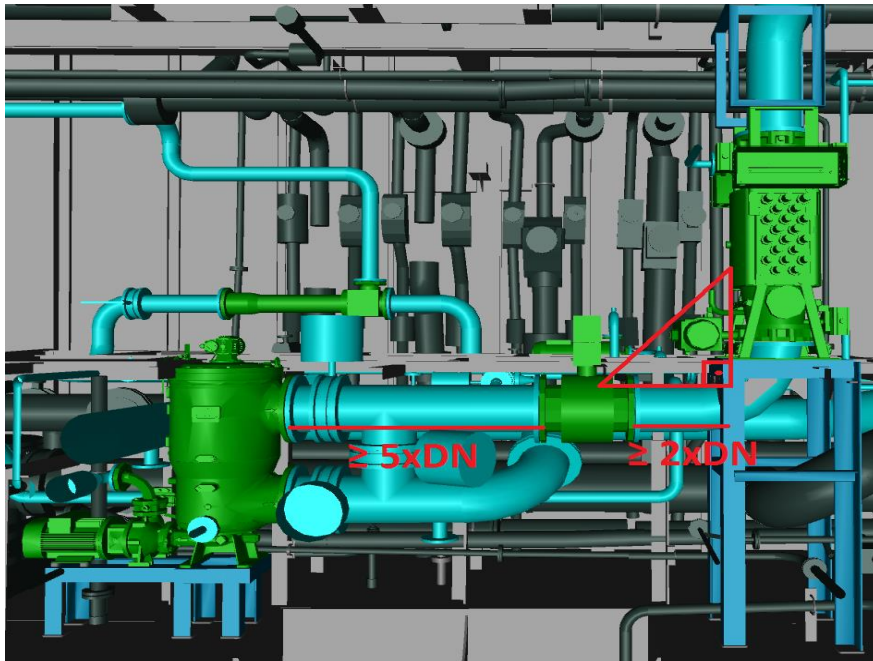
Yerleşim ile ilgili bir diğer dikkat edilmesi gereken husus debimetrenin sistem üzerindeki konumudur. Debimetre sistem üzerinde kontrol valfinden önce konumlandırılmalıdır. Bununla birlikte debimetre sistemin en üst noktasına ve akış

yönünün aşağıya doğru olduğu boru devresi üzerine planlanmamasına dikkat edilmelidir. Debimetrenin boru üzerinde montajını yaparken dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise debimetreden önce 5 boru çapı kadar, debimetreden sonra 2 boru çapı kadar boru parçası bulunmalıdır. Şekil 6.13’de debimetrenin boru üzerinde nasıl yerleştirileceği gösterilmiştir.



Şekil 6. 13 Debimetrenin boru üzerinde konumlandırılması [35]

Reaktöre giren boru devresi, dikeyde UV reaktörüyle yatayda ise UV reaktörünün lambalarıyla dik açı oluşturmalıdır. Şekil 6.14’de reaktörün bağlantısı ve debimetrenin boru üzerindeki pozisyonu gösterilmiştir.



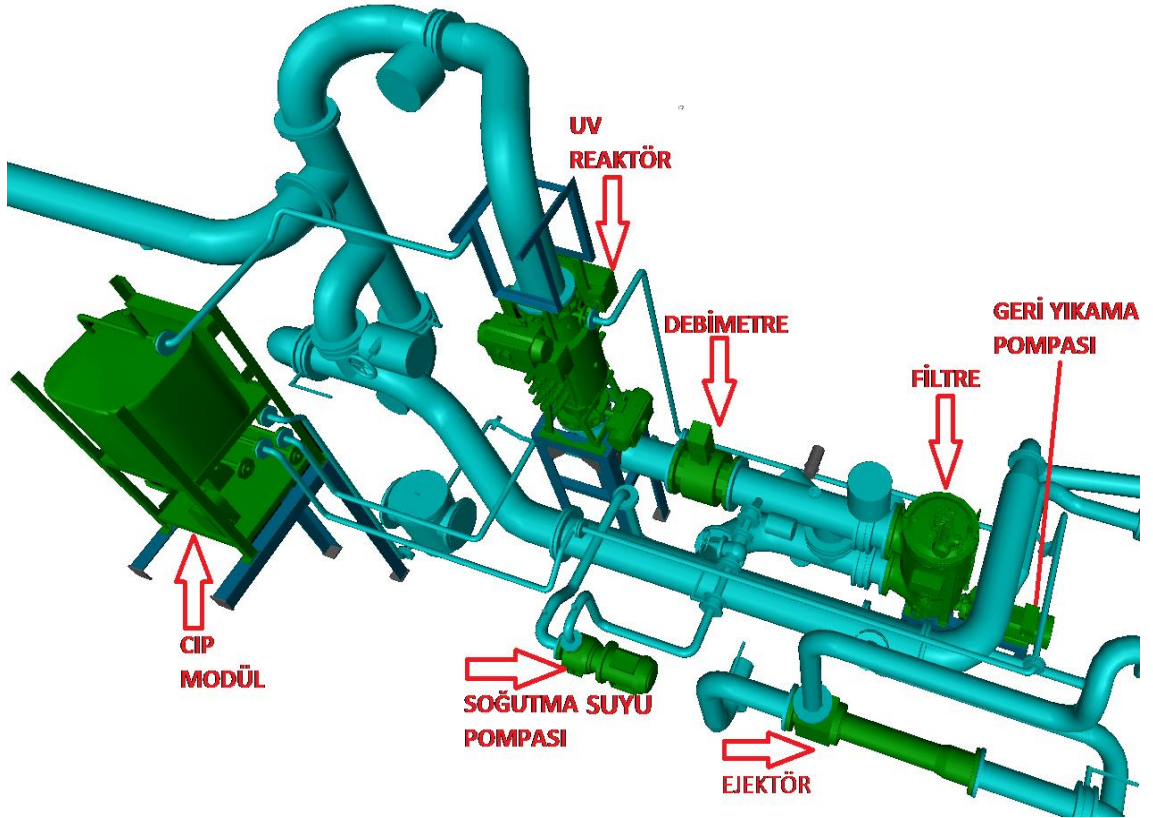
Şekil 6. 14 Reaktörün bağlantısı ve debimetrenin boru üzerindeki pozisyonu

Balast suyu arıtma ve balast sisteminin daha verimli çalışabilmesi için kurulum kılavuzunun dışında sistem üzerinde başka ekipmanlar kullanılmaktadır. Bunlar arasında ejektör, soğutma suyu pompası, geri yıkama pompası bulunmaktadır.

Geri yıkama pompası, filtre sistemlerinin kullanımında karşılaşılan en önemli sıkıntılardan biri olan tıkanma problemini basınç farkını belirleyen sensörler aracılığıyla geri yıkama işlemi yaparak çözmektedir. Kontrol valfi bu sırada kapanmakta, sistem basınç kaybına uğramadan kirli su dışarı çıkarılmaktadır.

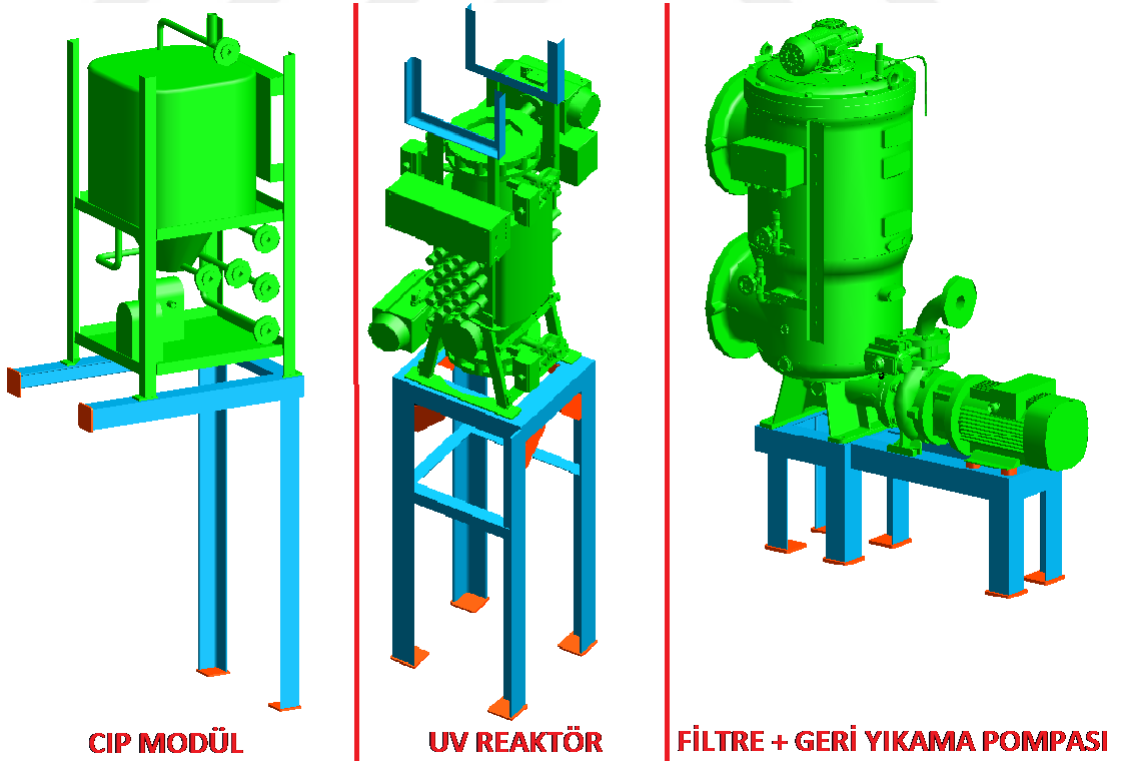
Soğutma suyu pompası, UV reaktörünün lambalarını besleyen UV lambaları panosunu soğutmada kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu pompadan UV lambaları panosuna soğutma suyu devresi çekilmektedir.

Ejektör, bir başka pompa tarafından hızı artırılan sıvı ile vakum etkisi oluşturarak, emiş kısmından sıvı, gaz veya diğer partikülleri emmektedir. Kuru yük gemisi örneğindeki balast suyu arıtma sistemi üzerinde kullanılan ejektörün amacı ise deniz suyu kolektörü içerisinde kalabilecek suyu, yangın pompasından tahrik alarak sistemden uzaklaştırmaktır. Şekil 6.15'de tüm sistemin pozlanmış hali gösterilmiştir.



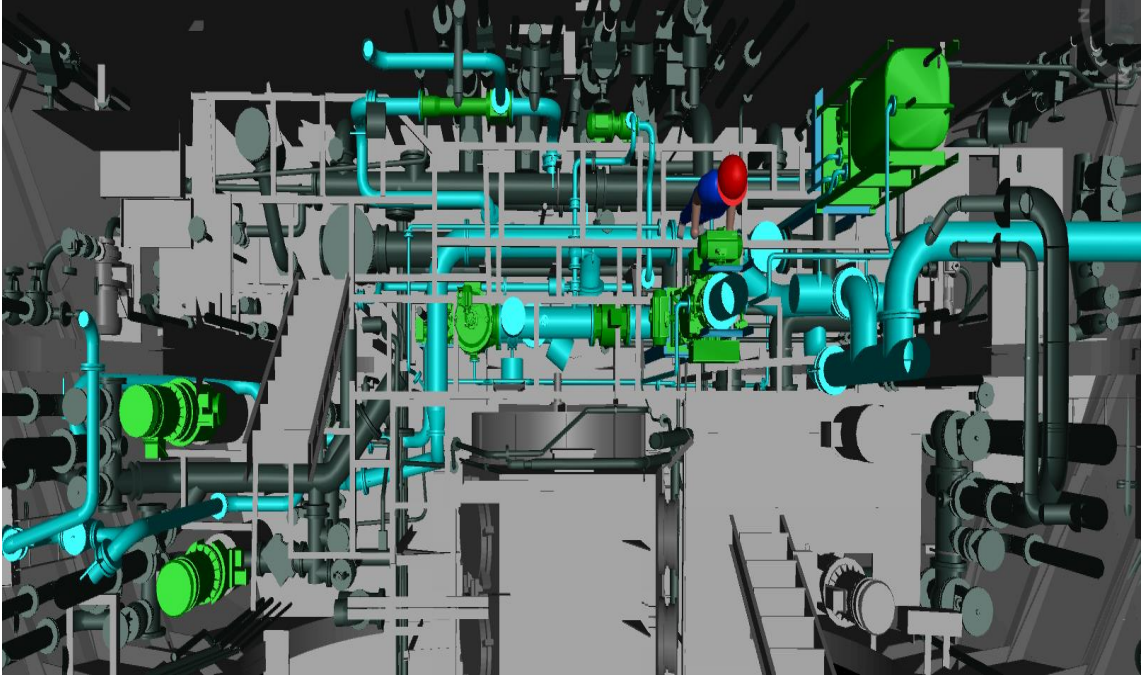
Şekil 6. 15 Balast suyu arıtma sistemi izometrik görünüşü

Balast suyu sisteminin gemiye entegrasyonu yapılırken sistem ekipmanlarının gemiye sabitlenmesi ve ekipman döşeklerinin düşünülmesi gerekir. Her bir ekipman için kullanım kılavuzundan alınan teknik dokümanlara göre ayak izleri mevcuttur. Yapılacak döşeklerin ayak izleri ile ekipmanın ayak izi uyumlu olmalıdır. Ayrıca yapılacak döşek, ekipmanı taşıyabilecek mukavemette olmalı ve minimum revizyon ile montajı yapılmalıdır. Modeli yapılacak döşegın montajını düşünerek kaynak mesafesi bırakılmalıdır. Ekipman bağlantılarına ulaşımın kolay bir şekilde olduğuna dikkat edilmelidir. Dizayn edilecek döşek ekipmanı taşıyan yapı olduğu için ekipman ile uyumlu olmalıdır. Faunedayşın yapısında en çok kullanılan profil yapısı L köşebenttir. Yapılan çalışmalara ve uzman görüşlerine göre 80 kg altındaki ekipmanlar için L50x5, 80 kg ile 150 kg arasındaki ekipmanlar için L60x6, 150 kg ile 300 kg arasındaki ekipmanlar için L70x7, 300 kg ile 500 kg arasındaki ekipmanlar için L80x8, 500 kg ile 900 kg arasındaki ekipmanlar için L100x10, 900 kg üstündeki ekipmanlar için ise ya daha büyük L köşebent seçilmeli ya da profil tipi değiştirilmelidir. Balast suyu arıtma sistemlerinde kullanılan döşekler bu kriterlere uygun yapılmıştır. Şekil 6.16'da balast suyu arıtma sistemi ekipmanlarının döşekleri gösterilmiştir.



Şekil 6. 16 Balast suyu arıtma sistemindeki ekipmanların döşek görselleri

Kurulum kılavuzundaki isterlerin tamamı karşılanıp, tek hat şematik plan ile uyumlu bir model çalışması yapılmıştır. Balast suyu arıtım sistemi kurulumu için ekipman, boru, döşek modelleri yapılıp, 3D tarama ile elde edilen nokta bulutu sonucu yapılan model ile akuple hale gelecek şekilde planlanmıştır. Balast suyu sistemi entegrasyonu öncesi ve sonrası mahal fotoğrafları ve model üzerinden alınan ekran alıntıları EK C’de paylaşılmıştır. Şekil 6.17’de balast suyu arıtma sisteminin final model çalışması gösterilmiştir.



Şekil 6. 17 Balast suyu arıtma sistemi model çalışması final hali

6.5 İmalat ve Montaj Çalışması

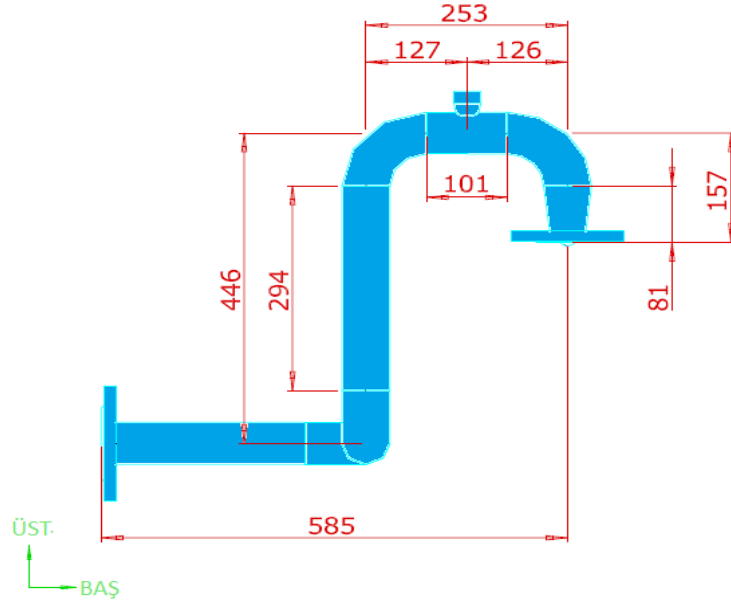
6.5.1 Boru Devrelerinin İmalat ve Montaj çalışması

Boru devrelerinin sistemden sisteme ve mahalden mahale boru kalınlıkları klas kurallarınca değişmektedir. Balast suyu entegrasyonu yapılacak geminin sınıfı NK olduğundan, bu çalışmada balast suyu sistemi NK kurallarına göre yapılmıştır. Boru devresi üzerinde kullanılan dirsek, redüksiyon, bilezik gibi bileşenlerin et kalınlığı, borular için kullanılan kalınlığa eş değer ya da üstü olmalıdır. Çizelge 6.2’de Balast suyu sistemi için NK kurallarına göre kullanılacak olan boru çaplarına ilişkin boru kalınlıkları tablosu gösterilmiştir.

Çizelge 6. 2 Balast suyu sistemi için boru çaplarına göre boru kalınlıkları [45]

Nominal Çap	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80
Dış Çap (mm)	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9
Boru kalınlığı (mm)	3,2	3,2	3,2	3,6	3,6	4	4,5	4,5
Tank içi Boru Kalınlığı (mm)	-	-	-	6,3	6,3	6,3	6,3	7,1
Nominal Çap	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300	DN350	DN400
Dış Çap (mm)	114,3	139,7	168,3	219,1	273	323,9	355,6	406,4
Boru kalınlığı (mm)	4,5	4,5	4,5	5,9	6,3	6,3	6,3	6,3
Tank içi Boru Kalınlığı (mm)	8	8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8

Kurulum kılavuzuna ve mevcut gemi durumuna göre balast suyu arıtma sistemi ekipman yerleşiminin yapılması ve Çizelge 6.2'deki boru kalınlıklarına ve ekipman yerleşimi dikkate alınarak yapılan boru dizayn çalışmasından sonra, borular kontrol aşamasından geçmektedir. İlgili klas kurallarına uyup uymadığı, gemideki mevcut ekipman, yapı elemanı, boru ile çarpışma yapıp yapmadığı, daha verimli bir borulama yapılıp yapılamayacağı, kaynak yapılamayacak kadar küçük boruların kalıp kalmadığı, boruya uygun destek elemanı atılıp atılamayacağı, boruların ekipmanlarla ilgili bağlantılarının yapılıp yapılmadığı gibi dizayn kriterleri kontrol mühendisleri tarafından kontrol edilmektedir. Onay verilen boru devresi, imalat resimleri için hazır bulunmaktadır. EK D'de balast devresine ait bir makaranın imalat resim örneği paylaşılmıştır. İmalat resim örneğinde makaranın farklı kesitlerden görüntüleri ve alınmış ölçüleri mevcuttur. Bununla birlikte makara üzerinde kullanılan bileşenlerin malzeme listesi halinde boy, tip, malzeme kalınlığı gibi değerleri verilmiştir. Şekil 6.18'de ise balast devresinin bir makarasının imalat resminden ölçülendirilmiş bir kesit gösterilmiştir.



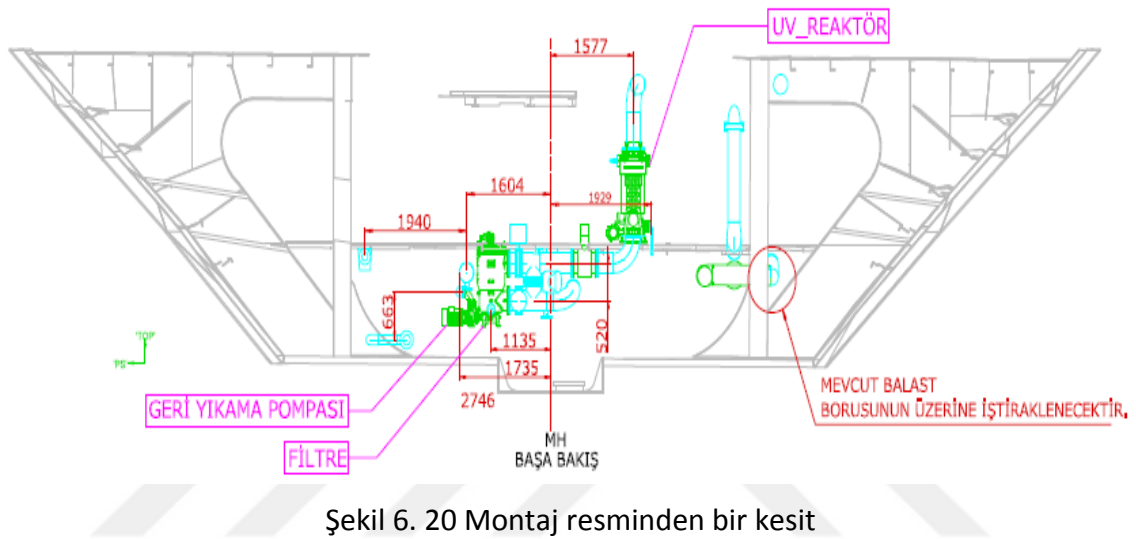
Şekil 6. 18 Balast devresinin bir makarasının imalat kesiti

Her bir makaranın imalat resmi bir pafta olacak şekilde boru devresi bir paket halinde hazırlanmıştır. Makarada bulunan her elemanın boru kalınlığı, flanş tipi, PN (Pressure Nominal) değeri, boru çapı gibi parça bilgileri ilgili paftada yer almaktadır. Bir pafta ile başka dokümana ihtiyaç duymadan o paftadaki makaranın imalatı yapılabilmektedir. Bununla birlikte her makaraya bir poz numarası verilir ve bu poz numarası montaj resminde izometri görüntüsü verilen devrenin üzerinde gösterilir. Bu şekilde makaranın hem imalatı yapılmış hem de devre üzerinde nerede yer alacağı gösterilmiş olunur. Şekil 6.19'da imalatı yapılmış, montaj bekleyen balast suyu boruları gösterilmiştir.



Şekil 6. 19 İmalatı yapılmış balast suyu boruları [46]

Boru imalatlarının yapılması için hazırlanan imalat resminden sonra, boruların yerine doğru bir şekilde yerleştirilebilmesi için montaj resmine ihtiyaç vardır. Montaj resminde imal edilen makaraların doğru bir şekilde bir araya gelmesi için boru devresinin izometri görünüşünde pozlanır. Ayrıca montaj resmi, imal edilen parçaların doğru lokasyona alınabilmesi için mahal üzerinde yeri bilinen bir gemi elemanı, ekipman veya perde gibi referans olabilecek bir yapıdan milimetrik ölçülerin bulunduğu kesitleri içerir. Şekil 6.20’de montaj resminden bir kesit gösterilmiştir.

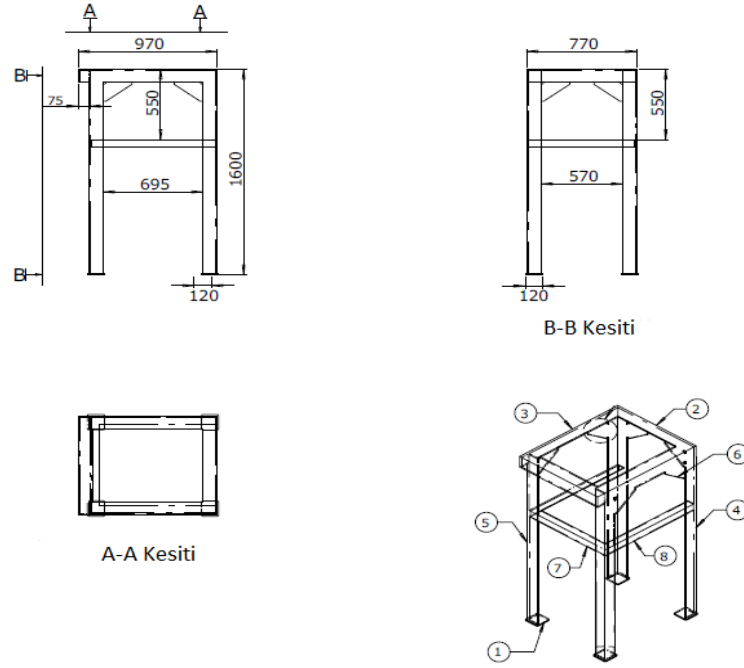


Şekil 6. 20 Montaj resminden bir kesit

6.5.2 Ekipman Döşeklerinin İmalat ve Montaj Çalışması

Döşek imalatı ve montajı için borulara uygulanan metoda yakın bir yöntem izlenir. Sadece genelde döşek imalatı ve montajı tek resimden oluşur. Detay olarak bir döşek resminde pozlanmış profillerden oluşan izometrik bir görünüş, pozlamaya göre yapılan bir detaylı malzeme listesi, döşeği oluşturacak profillerin bir araya gelebilmesi için ölçüler verilmiş döşek kesitleri, montajının yapılabilmesi için mahal üzerinden referans alınan bir noktadan verilmiş montaj ölçülerini içeren kesitler, detay verilmesi gereken parçalar var ise parça detayı, döşeği ekipmana akuple hale getirebilmek için ekipman ayak izinin döşek üzerinde gösterildiği bir kesiti içermektedir. Verilen malzeme listesinde parçaların tanımı, malzemesi, uzunluğu, ağırlığı ve adedi bulunmaktadır. Döşek kesitleri ise döşeğin üstten, karşıdan ve profilden görüntüleri üzerinde profillerin ölçülendirildiği, izometri görünüşünde profillerin pozlandırıldığı kesitleri içerir. Parça detayı, genel ölçüleriyle üretilemeyecek parçaları kesitleri üzerinden ölçüler vererek

üretilebilecek hale getirildiği detaylara denir. Şekil 6.21'de ekipman döşek resmi kesitleri örneği gösterilmiştir.



Şekil 6. 21 Döşek resmi kesitleri

YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ

ISO standartlarına göre, yaşam döngüsü analizi, bir ürün sisteminin girdi, çıktı ve potansiyel çevresel etkilerinin yaşam döngüsü boyunca derlenmesi ve değerlendirilmesidir [47]. Yaşam döngüsü analizi çevresel performans, maliyet-fayda dengesi ve kullanılabilirlik arasında bir optimizasyon geliştirmeye dayanan bütünsel bir yöntemdir. Şirketlerin daha iyi tasarım ve çevre dostu ürünler yaparak, mevcut kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Atık yönetim sistemlerini iyileştirerek maliyet tasarrufu sağlama fırsatlarını belirlemelerine ve değerlendirmelerine yardımcı olmak için de kullanılmaktadır [48]. Yaşam döngüsü maliyet analizi ise bir ürünün tüm aşamalarında olası maliyetleri hesaplamak için yapılan analizdir ve yaşam döngüsü analizini destekleyen bir alt bölümdür [49].

Denizcilik alanında yaşam döngüsü analizi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; ticari ve askeri gemilerde, yeni gemi inşaatı, bakım, onarım ve operasyonu sırasında ortaya çıkan emisyon ve atıklar yaşam döngüsü analizi çerçevesinde yapılan çalışmalara rastlanmaktadır [50-53]. Bunun yanı sıra, gemi emisyonlarının azaltılması senaryoları, Energy Efficiency Operational Index (EEOI) hesaplamaları, IMO kurallarının için yaşam döngüsü analizi yönünden gerçekleştirilebilecek efektif atık yönetim modelinin belirlenmesi gibi çalışmalar da bulunmaktadır [54-56]. Ayrıca Türkiye, balast suyu yönetimi stratejisinin geliştirilmesine yönelik Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından ortaklaşa yürütülen 1 milyon dolarlık ulusal bir girişim başlatmıştır [57].

Yaşam döngüsü maliyet analizinin temel amacı, sistemi satın alan kişilerin/kurumların ürün maliyetlendirmesine ilişkin risk ve belirsizlikleri en aza indirmektir. Daha önce

yapılan çalışmalar, yaşam döngüsü analizi yapılarak endüstriyel ürünlerin üretim ve sonrası maliyetlerinin %80 gibi büyük bir bölümünün üretim öncesi alınacak kararlarla kontrol edilebileceğini belirtmektedir [58]. Yaşam döngüsü maliyet analizinde yapılacak adımlar sırasıyla maliyet unsurlarının belirlenmesi, kullanılacak maliyet yapısının şekillendirilmesi, maliyet tahmin ilişkilerinin kurulması ve formülasyon metodunun oluşturulması ile oluşur [59]. Tanımlanan maliyet yapısının şekli yaşam döngüsü maliyet analizinde kullanılan ürüne, analizin derinliğine ve genişliğine bağlıdır.

Kuru yük gemisi A için ticari ömür yaklaşık 30 yıl olarak kabul edilmiştir. Kuru yük gemisi A'nın yapımı 2009 yılında tamamlanmıştır. Böylelikle yaklaşık 20 senelik bir kullanım ömrünün kaldığı söylenebilir. Geminin öngörülen kullanım ömrüne göre balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü maliyet analizi yapılırken 20 senelik verilere göre incelenmiştir.

7.1 Yatırım Maliyeti

Balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü maliyetleri arasında en büyük yeri kaplayan maliyettir. Balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu için yatırım maliyetlerini (C_Y) 3'e ayrılmaktadır. Bunlar; ürün maliyeti (C_U), entegrasyon maliyeti (C_E), başlangıç lojistik maliyetidir (C_L). Ürün maliyeti, sistemin kendisine harcanan paradır. Entegrasyon maliyeti ise balast suyu arıtma sisteminin entegrasyonu ve entegrasyonu sırasında çıkan revizyonları karşılayacak maliyettir. Başlangıç lojistik maliyeti sistemin kurulumunun yapılacağı konuma sistemin taşınması için gerekli maliyettir. Fakat bu maliyet sistem tedarigi yapan firma tarafından karşılanmıştır. Referans 58'de ve North Atlantic Treaty Organization (NATO) teknik raporunda [36] kullanılan yaşam döngüsü maliyet hesaplama yöntemleri, balast suyu arıtma sistemi için uyarlanmıştır. Çizelge 7.1'de yatırım maliyeti gösterilmiştir.

$$C_Y = C_U + C_E + C_L \quad (7.1)$$

Çizelge 7. 1 Yatırım maliyeti

Üretim Maliyeti (€)	Entegrasyon Maliyeti (€)	Başlangıç Lojistik Maliyeti (€)	Yatırım Maliyeti [€]
135.000	5.000	-	140.000

7.2 Araştırma ve Geliştirme Maliyeti

Sistemin entegrasyonun yapılabilmesi için gerekli olup, alınan mühendislik bilgilerini ve dizayn maliyetlerini içermektedir. Balast suyu arıtma sistemi için araştırma ve geliştirme maliyeti (C_A) 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar; dizayn maliyeti (C_D) ve 3D tarama maliyetidir (C_T). Dizayn maliyeti, sistemin kurulumu için gerekli mühendislik bilgileri ve sistemi gemiye uygun entegre edebilmek için yapılacak olan dizayn çalışmasında kullanılan maliyettir. Tarama maliyeti ise, sistemin mahale uygun dizaynının yapılabilmesi adına yapılan 3D tarama ile mahalın modelinin oluşturulması için gerekli maliyettir. Dizayn yapan firma tarafından mahal taraması da yapılabiliyor ise tarama maliyeti, bu gibi durumlarda dizayn maliyeti ile birleştirilmektedir. Çizelge 7.2'de araştırma ve geliştirme maliyeti gösterilmiştir.

$$C_A = C_D + C_T \quad (7.2)$$

Çizelge 7. 2 Araştırma ve geliştirme maliyeti

Dizayn Maliyeti (€)	Tarama Maliyeti (€)	Araştırma ve Geliştirme Maliyeti (€)
13.500	2.000	15.500

7.3 Kullanım ve İdame Maliyeti

Sistemin operasyon giderleri olup, kullanım düzeyine göre değişiklik göstermektedir. Balast suyu arıtma sistemi kullanım ve idame maliyeti (C_{Ki}), UV lambaları enerji maliyeti (C_{LAMP}) ve CIP modülü sıvısı maliyeti (C_{CIP}) olarak ikiye ayrılmaktadır. Avrupa Merkez Bankasının verileri [60] ile eskalasyon katsayısını yüzde 3 alarak sistem ve gemi bilgilerine göre sistemin 20 yıllık eskalasyona tabi tutulmuş operasyon enerji maliyeti hesaplanmıştır.

UV Lambaları enerji maliyetini hesaplayabilmemiz için sistem üzerindeki ekipmanları çalıştırabilecek güç miktarını bilmemiz gerekir. Sistem kurulum kılavuzundan elde ettiğimiz bilgilere göre UV lambaları için 62 kws, kontrol panosu için 1 kws, geri yıkama pompası için 4 kws, soğutma suyu pompası için 3.55 kws enerji tüketimi ön görülmüştür [35]. Elimizdeki sistem ve gemi bilgilerine göre sistemin 20 yıllık operasyon enerji maliyeti hesaplanmıştır. Çizelge 7.3'de UV lambaları enerji maliyeti hesaplamaları gösterilmiştir.

Çizelge 7. 3 UV lambaları enerji maliyeti

Açıklama	Değer	Yıllık	5 Yıllık	10 yıllık	15 yıllık	20 yıllık
Sistem Kapasitesi	500 m ³ /s					
Kullanılan Toplam Balast Suyu Arıtma Sistemi	1					
Gemi Balast Kapasitesi	9.500 m ³					
Sistemin Balast Tanklarını Doldurma Süresi	19 s					
Operasyon İçin Gerekli Güç	70,55 kW					
Yakıt Fiyatı (Şubat 2019)	390 €/t					
Balast Alım Boşaltım Sayısı		23	115	230	345	460
Balast Suyu Alma Süresi (s)		437	2.185	4.370	6.555	8.740
Balast Suyu Boşaltma Süresi (s)		437	2.185	4.370	6.555	8.740
Toplam Balast Suyu Arıtma Operasyon Süresi (s)		874	4.370	8.740	13.110	17.480
Operasyon İçin Gerekli Toplam Enerji (kWs)		61.660	308.300	616.600	924.900	1.233.200
Toplam Balast Suyu Arıtma Operasyon Fiyatı (€)		4.580	24.315	52.504	85.183	123.066

Diğer bir kullanım ve idame maliyeti ise CIP modülü sıvısı gideridir. CIP modülü diğer balast suyu arıtma sistemi ekipmanlarını arıtma sonunda kendi sıvısı ile temizlemektedir. CIP modülü sıvısı dezenfektan maddedir. Bununla birlikte her yıl düzenli olarak CIP modülüne dezenfektan sıvıdan eklenmesi gerekmektedir. CIP modülü sıvısı yıllık gideri 75 €'dur. Çizelge 7.4'de kullanım ve idame maliyeti giderleri gösterilmiştir.

$$C_{ki} = C_{LAMP} + C_{CIP} \quad (7.3)$$

Çizelge 7. 4 Kullanım ve idame maliyeti

Süre	UV Lambaları Enerji Maliyeti (€)	CIP Modülü Sıvısı Maliyeti (€)	Kullanım ve İdame Maliyeti (€)
1. Yıl	4.580	75	4.655
5. Yıl	24.315	398	24.713
10. Yıl	52.504	859	53.363
15. Yıl	85.183	1.394	86.577
20. Yıl	123.066	2.015	125.081

7.4 Tamir ve Yedek Parça Maliyeti

Bakım onarım sırasında ihtiyaç duyulan ya da düzenli olarak değiştirilmesi gereken ekipman parçalarının maliyetidir. Balast suyu arıtma sistemi için tamir ve yedek parça maliyeti (C_{TY}) 5 kısma ayrılmaktadır. Bu maliyetler UV lambaları değişimi maliyeti (C_{UV}), filtre bakım seti maliyeti (C_{FB}), CIP modülü pompası yedek seti maliyeti (C_{CIPP}), UV sensör maliyeti (C_{UVS}) ve filtre değişimi maliyeti (C_F) şeklinde sıralanmaktadır. Çizelge 7.5’de tamir ve yedek parça maliyetleri gösterilmiştir.

$$C_{TY} = C_{UV} + C_{FB} + C_{CIPP} + C_{UVS} + C_F \quad (7.4)$$

Çizelge 7. 5 Tamir ve yedek parça maliyetleri

Yıllar	UV Lambaları Değişimi Maliyeti (€)	Filtre Bakım Seti Maliyeti (€)	CIP Pompası Yedek Seti Maliyeti (€)	UV Sensör Maliyeti (€)	Filtre Maliyeti (€)	Tamir ve Yedek Parça Maliyeti (€)
1	-	-	-	-	-	-
2	-	831	-	563	-	1.394
3	-	856	1.246	580	-	2.682
4	-	881	-	597	-	1.478
5	-	908	1.322	615	-	2.845
6	5.886	935	-	634	-	7.455
7	-	963	1.403	653	-	3.019
8	-	992	-	672	18.295	19.959
9	-	1.022	1.488	692	-	3.202
10	-	1.052	-	713	-	1.765
11	6.824	1.084	1.579	735	-	10.222
12	-	1.117	-	757	-	1.874
13	-	1.150	1.675	779	-	3.604
14	-	1.185	-	803	-	1.988
15	-	1.220	1.777	827	22.500	26.324
16	7.911	1.257	-	852	-	10.020
17	-	1.294	1.885	877	-	4.056
18	-	1.333	-	904	-	2.237
19	-	1.373	2.000	931	-	4.304
20	-	1.415	-	959	-	2.374

Yapılan çalışmalar European Maritime Safety Agency (EMSA) balast suyu arıtma çalışmalarına ve standartlarına uygundur [61].

Kuru yük gemisi A’ya UV+filtreleme sisteminin kurulumu sırasında ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek maliyetler tanımlanmıştır. Yatırım maliyeti ile araştırma ve geliştirme maliyeti ürünün yaşam döngüsü sırasında tek olmasına rağmen, kullanım ve

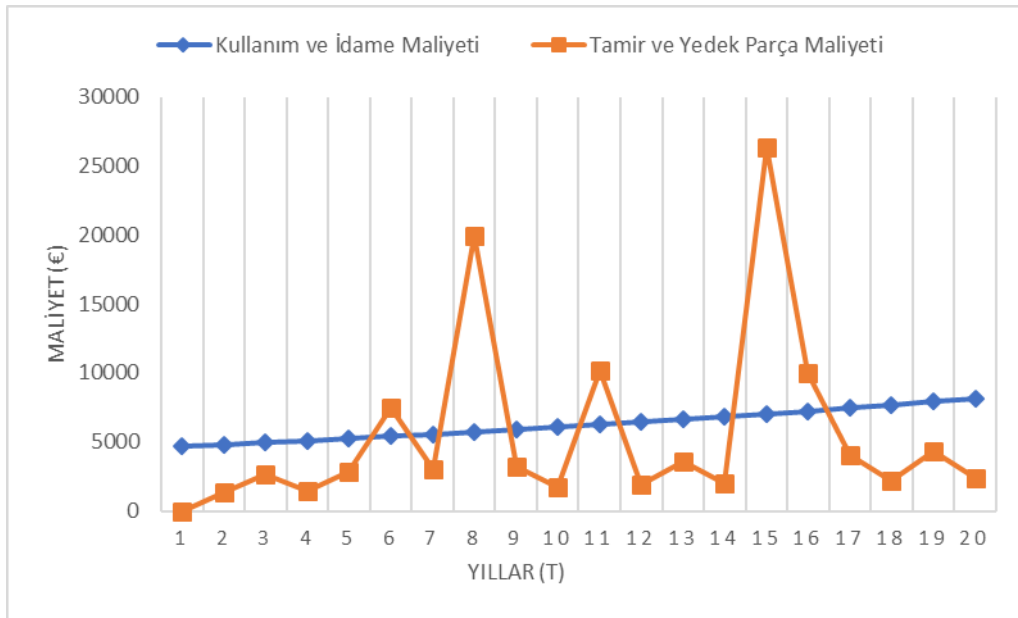
idame maliyeti ile tamir ve yedek parça maliyetleri ürünün yaşam döngüsü boyunca beklenmedik ya da düzenli olan giderlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte 20 yıl içerisinde kullanım ve idame maliyeti ile tamir ve yedek parça maliyetinin toplamı yatırım maliyetini geçtiği görülmektedir.

Entegrasyonu yapılacak sistemin yaşam döngüsü maliyet analizi ile yaşam döngüsü sırasında ortaya çıkabilecek maliyetlerin zamana göre incelemesi yapılmıştır. Sistemin 20 yıllık yaşam döngüsü maliyetleri Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 7. 6 Yaşam döngüsü maliyetleri

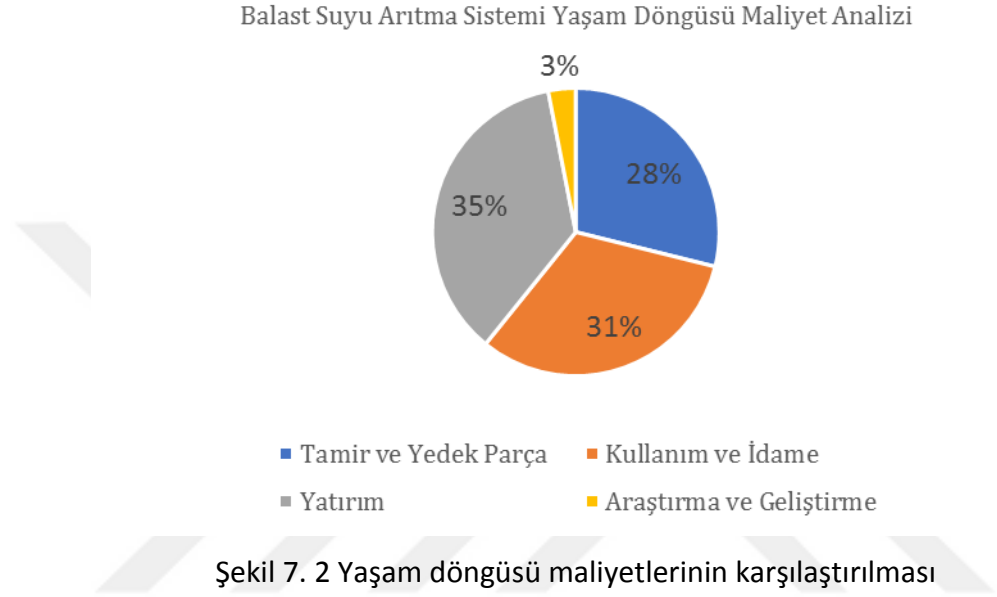
Maliyet tanımı	Yaklaşık Maliyet (€)
Yatırım	140.000
Araştırma ve Geliştirme	15.500
Kullanım ve İdame	123.000
Tamir ve Yedek Parça	110.800
Toplam	389.300

Şekil 7.1'de balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü boyunca kullanım ve idame maliyeti ile tamir ve yedek parça maliyetinin karşılaştırılması, Şekil 7.2'de ise balast suyu arıtma sistemine yaşam döngüsü boyunca harcanan giderlerin karşılaştırılması verilmektedir.



Şekil 7. 1 Sistem maliyetleri kırılımı

Şekil 7.1’de görüldüğü üzere sistemin 20 yıllık kullanım ve idame maliyetinin eskalasyona bağlı olarak lineer bir şekilde arttığı görülmektedir. Fakat tamir ve yedek parça maliyeti hesabın yapıldığı senede yapılan onarım/yenilemeye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. 6.,11. ve 16. senede oluşan kırılmanın sebebi UV lambaları değişim maliyetidir. 8. ve 15. senede oluşan kırılmanın sebebi ise filtre yenileme maliyetidir.



Şekil 7.2’de balast suyu arıtma sistemine yapılan 20 yıllık maliyet analizi sonucu maliyetlerin toplam maliyetlere oranları gösterilmiştir. Sistemin kullanım ömrü boyunca yapılan harcamaların oranları ilk yatırım maliyeti %35, kullanım ve idame maliyeti %31, tamir ve yedek parça maliyeti %28 ve araştırma ve geliştirme maliyeti %3’tür.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gemiler balast suyunu gemi stabilitesini sağlama, pervanenin suda bulunduğu konumu ayarlayarak sevk sisteminden alınan verimi arttırma, tekne üzerindeki gerilmeleri azaltma gibi sebeplerden dolayı almaktadırlar. Fakat gemilerin balast suyunu bir ekosistemden alıp başka bir ekosisteme boşaltması olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Balast suyu ile taşınan organizmalar gittikleri bölgelerde çoğalma şansı bulduklarında istilacı tür olabilmektedir. İstilacı türler taşındıkları ekosistemde ekolojide, ekonomiye ve insan sağlığına yönelik olumsuz etki etmektedirler.

Bazı devletler bu konudaki olumsuzluğun üstüne giderek yerel çözümler almaya çalışmıştır. Bununla birlikte uluslararası kuruluşlar global çözümler aramıştır. Bu süreçten sonra IMO üye ülkelere Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesini önermiştir. Bu sözleşmede balast suyu yönetimi ile ilgili standartlar ve rehberler yayınlamıştır. IMO'nun almış olduğu bu standartlar arasında D1 ve D2 standartları balast suyu arıtımına yöneliktir. D1 standardı balast suyu değişimi, D2 standardı ise balast suyu performansı ile alakalıdır. İnşa yılı ve balast kapasitesine göre bazı gemiler belirli bir süreye kadar D1 standardına tabi tutulmuştur. D1 standardı balast tanklarındaki suyu belirli kriterlere göre değiştirerek balast suyu ile organizmaların taşınmasını engellemeye yönelik standarttır. D2 standardıyla balast suyunda taşınan organizmaları etkisiz hale getirmek amaçlanmıştır.

IMO'nun oluşturduğu bu standartlara göre balast suyunu arıtmaya yönelik yöntemler çalışılmıştır. Bu yöntemler ana başlıkta mekanik, fiziksel ve kimyasal olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Bu çalışmada balast suyu arıtma yöntemleri alt başlıklarına kadar incelenmiş, olumlu ve olumsuz yönleri paylaşılmıştır. Bu yöntemlerin tek başına balast

suyu arıtmak için yeterli olmadığı ancak birlikte kullanıldığı karma yöntemler ile sonuç alındığı gözlemlenmiştir. Bu karma yöntemlerin seçimine yönelik bazı kriterler oluşturulmuştur ve detaylı şekilde açıklanmıştır. Bu kriterlere göre örnek kuru yük gemisine kriter temelli seçim tablosu yardımıyla balast suyu arıtma sistemi seçilmiştir.

Örnek kuru yük gemisine seçilen entegrasyonu yapılacak olan en uygun balast suyu arıtma sistemi UV + filtreleme sistemidir. Bu bölümde UV + filtreleme sisteminin tüm bileşenleri açıklanmıştır ve bileşenlerin entegrasyonu için gerekli kriterler paylaşılmıştır. Arıtma sistemi ekipmanlarının, boru devrelerinin ve döşeklerin verimli bir şekilde ve en az revizyon yaratarak entegrasyonu tamamlanmıştır.

Gemi inşa ve denizcilik sektörü incelendiğinde gemi yaşam döngüsü analiziyle ilgili çalışmalara yeni yeni rastlanmaktadır. Bu çalışmada özellikle geminin yaşam döngüsü analizinden çok gemi sistemlerinin yaşam döngüsü analizine rastlanmaktadır. Bir geminin balast suyu sistemi yaşam döngüsü maliyet analiziyle ilgili yapılan bu çalışmanın diğer çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

Balast suyu arıtma sistemi UV + filtrelemenin yaşam döngüsü maliyet yönetimi hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada ürünün yaşam döngüsü maliyetleriyle ilgili risk ve belirsizlikler tanımlanmıştır. 20 yıllık yaşam döngüsü maliyet analizinde yatırım maliyetinin % 35, tamir ve yedek parça maliyetinin % 28, kullanım ve idame maliyetinin % 31 ve sistem entegrasyonu araştırma ve geliştirme maliyetinin % 3 olduğu görülmektedir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda balast suyu arıtma sistemlerinin tüm bileşenlerini kapsayacak şekilde, yaşam döngüsü ve maliyetleri analizi yönünden kullanım, geri kazanım ve yeniden üretim seçenekleri değerlendirilmelidir. Bu sayede ömür boyu sistem giderleri minimuma indirilebilir. Yapılacak detaylı çalışmalarla geminin ve bütün alt sistemlerinin yaşam döngüsü maliyet analizlerinin yapılması gelecekte son derece önemli hale gelecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Liu, T., Chang, C., Chou, M., (2015). "Management Strategies to Prevent The Introduction of Non-Indigenous Aquatic Species in Response to The Ballast Water Convention in Taiwan", Science Direct, 45: 187-195.
- [2] Renato, I., Sanjin, V., Irena, J. (2017). "Assesment and Prediction Model of Ballast Water Management", 59th International Symposium ELMAR, 18-20 September 2017, Zadar, Croatia.
- [3] Goldsmit, J., Nudds, S., Stewart, D., Higdon, J., Hannah, C., Howland, K., (2018). "Where Else? Assessing Zones of Alternate Ballast Water Exchange in the Canadian Eastern Arctic", Science Direct, 139: 74-90.
- [4] Vural, G., (2015). Balast Suyu Arıtım Sistemlerinin Seçiminde KPI (Anahtar Performans Göstergeleri Uygulamaları), Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Elçiçek, H., Parlak, A., Çakmakçı, M., (2017). "Effect of Ballast Water on Marine and Coastal Ecology", Digital Proceeding Of THE ICOEST'2013, 18–21 June 2013, Cappadocia, Turkey.
- [6] Körpe, Ö., (2009). Balast Suyu Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Aşıkoğlu, B., (2014). Gemi Balast Suyu ile Yayılan İstilacı Türlerin Bertarafı İçin Alternatif Yöntemler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Pam, E., Li, K., Wall, A., Yang, Z., Wang, J., (2013). "A subjective approach for ballast water risk estimation", Science Direct, 61: 66-76.
- [9] Güney, C., (2011). Balast Suyu Arıtımında Elektrokimyasal Hücre Uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Palomares, M., (2013). Global Maritime Transport and Ballast Water Management, Springer Science+Business Media Dordrecht, 8, Dordrecht.
- [11] Arlene, C., Mario, N.T., Rita R. C., Anwar, H., (2018). "Potential Application Of SMART II For Vibrio Cholerae O1 and O139 Detection in Ship's Ballast Water", Science Direct, 136: 79-83.

- [12] Globalast, Ballast Water As A Vector, <http://archive.iwlearn.net/globallast.imo.org/ballast-water-as-a-vector/index.html>, 12 Ocak 2019.
- [13] Australian Quarantine & Inspection Service., (1993). Ballast Water Research Series Report No.4 AGPS, Canberra.
- [14] Marpol&Solaas, Ballast Water Management, <http://www.marpolandsolas.com/tr/?k=72&mb=BWM&mnId=9>, 12 Ocak 2019.
- [15] Gollasch, S., (2006). "Overview On Introduced Aquatic Species in European Navigational and Adjacent Waters", Springer, 60: 84-89.
- [16] Göktürk, D., (2005). İstanbul Limanlarında Balast Suyu Örneklemeleri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [17] Yamamoto, T., Yokota, T., (1988). "Electron Microscopic Study of Vibrio Cholerae O1 Adherence to The Mucus Coat and Villus Surface in The Human Small Intestine", ASM journal, 10: 2753-2759.
- [18] Lawal, S.A., (2011). Ballast Water Management Convention, 2004: Towards Combating Unintentional Transfer Of Harmful Aquatic Organisms and Pathogens, Master's Thesis, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia.
- [19] Drake, A.L., (2015). "Review Of 'Global Maritime Transport And Ballast Water Management' by M. David and S. Gollasch, eds.", Springer, 17: 3063-3065.
- [20] Globalast, Identifying and Managing Risks From Organisms Carried in Ships' Ballast Water, <https://iwlearn.net/resolveuid/5a59c04c11d242cfb5c4b925e65fb437>, 27 Ocak 2019.
- [21] Globalast, GloBallast Training Course on Compliance Monitoring Enforcement, https://mtu.gov.ua/files/nahaievka/2018_07_03_BWM/CME%20Participants%20Manual.pdf, 27 Ocak 2019.
- [22] IMO, Frequently Asked Questions Implementing the Ballast Water Management Convention, <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/FAQ%20%20Implementing%20the%20Ballast%20Water%20Management%20Convention.pdf>, 28 Ocak 2019.
- [23] ABS, MEPC 72 Brief. <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/regulatory/news/2018/MEPC%2072%20Brief%20FINAL.pdf>, 06 Mayıs 2019.
- [24] Vural, G., Yonsel, F., (2016). "Balast Suyu Arıtım Sistemlerinde Mevcut Durum", GİDB Dergi, 4: 3-24.
- [25] Cullen, J., MacIntyre, H., (2015). "On The Use Of The Serial Dilution Culture Method to Enumerate Viable Phytoplankton in Natural Communities Of Plankton Subjected to Ballast Water Treatment", Springer, 28: 279-298.
- [26] Balaji, R., Yaakob, O., (2011). "Emerging Ballast Water Treatment Technologies: A Review", Journal of Sustainability Science and Management, 6: 126-138.

- [27] Lloyd's Register, Understanding Ballast Water Management Guidance For Shipowners and Operators, https://www.anstaskforce.gov/Meetings/2016/November/7a_Ballast%20Water%20Guidance%202015.pdf, 11 Ocak 2019.
- [28] Güney, C., (2017). Balast Suyu Artım Sistemlerinin İncelenmesi Teknik Rapor No. DEN 2017 / 2, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [29] Hess-Erga, O., Andrés, J., Enger, Ø., Vadstein, O., (2019). "Microorganisms in Ballastwater: Disinfection, Community Dynamics, and Implications for Management", Science Direct, 657: 704-716.
- [30] Optimarin, (2018). Installation Manual for Optimarin Ballast System.
- [31] Cao, Y., Æsøy, V., Liang, Q., (2016). "Green Ballast Water Treatment Utilizing Waste Heat Recovery", OCEANS 2016 – Shanghai, 10-13 April 2016, Shanghai, China.
- [32] McCollin, T., Quilez-Badia, G., Josefsen, K., Gill, M., Mesbahi, E., Frid, C., (2007). "Ship Board Testing Of A Deoxygenation Ballast Water Treatment" Science Direct, 54: 1170-1178.
- [33] Gregg, M., Rigby, G., Hallegraef G., (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", Reabic, 4:521-565.
- [34] Olsen, R., Hoffmann, F., Hess-Erga, O., Larsen, A., (2015). "Ultraviolet Radiation As A Ballast Water Treatment Strategy: Inactivation Phytoplankton Measured With Flow Cytometry", Science Direct, 103: 270-275.
- [35] Alfa Laval, (2018). Design and installation guide PureBallast 3.1 500.
- [36] Satir, T., (2014). "Ballast Water Treatment Systems: Design, Regulations, and Selection Under The Choice Varying Priorities", Springer, 21: 10686-10695.
- [37] Gray, D., Duggan, I., MacIsaac, H., (2005). "Can Sodium Hypochlorite Reduce The Risk of Species Introductions From Diapausing Invertebrate Eggs in Non-Ballasted Ships?", Science Direct, 52: 689-695.
- [38] Min, I., Hwang, H., Moon, D., Lee, J., (2013). "Implementation of Ballast Water Treatment System Using Electrolysis", International Conference on Control, Automation and Systems, 20-23 October 2013, Gwangju, South Korea.
- [39] Zhang, N., Wang, Y., Xue, J., Yuan, L., Wang, Q., Liu, L., Wu, H., Hu, K., (2016). "Risk Assessment of Human Health From Exposure to The Discharged Ballast Water After Full-Scale Electrolysis Treatment", Science Direct, 77: 192-199.
- [40] Sunrui, Ballast Water Management, http://www.sunrui.net/SOLUTION/bwm/32186_9.htm, 05 Şubat 2019.
- [41] Erma First, Ballast Water Management Operation, <https://www.ermafirst.com/bwts-systems/#bwts-operation>, 05 Şubat 2019.

- [42] Rey, A., Basurko, O, Rodríguez-Ezpeleta, N., (2016). “The Challenges and Promises of Genetic Approaches for Ballast Water Management” Science Direct, 133: 134-145.
- [43] Association Of Asian Classification Societies, (2018). Guideline On Procurement and Installation Of Ballast Water Management System, ACS Guidelines No.3.
- [44] FARO, Focus3D’nin Özellikleri, <https://www.faro.com/tr-tr/urunler/construction-bim-cim/faro-focus/features/>, 09 Şubat 2019.
- [45] ClassNK, Ballast Water Management Convention, <https://www.classnk.or.jp/hp/en/activities/statutory/ballastwater/index.html>, 12 Şubat 2019.
- [46] Hyde Marine, Hyde Guardian Ballast Water Treatment Retrofit For Rov Survey/ Construction Vessel, <https://www.goltens.com/green-technologies/hyde-guardian-ballast-water-treatment-retrofit-for-rov-survey-construction-vessel>, 13 Şubat 2019.
- [47] Chatzinikolaou, S., Ventikos, N., Bilgili, L., Celebi, U. B., (2016). “Energy transportation and global warming, episode:(ship life cycle greenhouse gas emissions)” Springer.
- [48] Bilgili, L., Celebi, U. B., (2013). Life Cycle Assessment Approach of Waste Management for Ship Operation. Sustainable Intelligent Manufacturing, 269-271. (Full Text Notification) (Broadcast No:1114133)
- [49] Celebi, U. B., Bilgili, L., Yılmaz, B., (2019). “Life Cycle Cost Analysis For The Yaw Damping System Of A Warship From A Financial Viewpoint”, Brodogradnja , 70: 1-9.
- [50] Bilgili, L., Çelebi, U. B., Chatzinikolaou S., Ventikos N., (2017). “Painting and Operation Emission Estimation of a Ship from a Life Cycle Perspective”, Fresenius Environmental Bulletin, 26(1): 183-187.
- [51] Bilgili, L., Azizler, Y. Y., Celebi, U. B., (2017). Operation And Repair/ Maintenance Emission And Waste Estimation of a Ferry From Life Cycle Perspective. 19th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region, 1(1): 225-225.
- [52] Tamer, E., Bilgili, L., Çelebi, U. B., (2016). Waste Management With Life Cycle Analysis Method for Military Ship Machine Systems. 3rd Eurasia Waste Management Symposium, 1: 598-603.
- [53] Şenöz, K. M., Bilgili, L., Mert, T., Çelebi, U. B., Ekinçi, S. (2015). Detrimental Welding Fume in Shipbuilding and Ship Exhaust Gases in Ship Life Cycle. 8th International Scientific Conference on Naval, Mechanical and Industrial Engineering.
- [54] Bilgili, L., Bitikçioğlu, İ., Sarı, A., Gümüştekin, S., Baykal, H., Çelebi, U. B., (2013). Energy Efficiency Operational Indicator EEOI Calculation of Some Ships and a Life Cycle Assessment LCA Model To Reduce The Environmental Impacts. 17th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region.

- [55] Bilgili, L., Çelebi, U. B. (2013). Life Cycle Assessment Approach of Waste Management for Ship Operation. Sustainable Intelligent Manufacturing, 269-271.
- [56] Çelebi, U. B., Aydın, G., Alkan, G. B., (2011). Effective Waste Management Model for Ship Life Cycle Assessment LCA. 16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region.
- [57] Globalast, The globallast story: reflections from a global family. http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/BWM/Documents/Monograph%20The%20GloBallast%20Story_LR%20-%20rev%201.pdf, 08 Mart 2019.
- [58] Karakelleođlu, M., (2014). Ürün Yaşam Döngüsünün Sahipliđin Toplam Maliyeti Açısından Deđerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- [59] Yılmaz, B., (2015). Askeri Gemilerde Yaşam Döngüsünün Operasyonel ve Mali Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [60] EUROPEAN CENTRAL BANK, Euro area bank interest rate statistics. <https://www.ecb.europa.eu/press/pr/stats/mfi/html/ecb.mir1812~50ea35d826.en.html>, 08 Mart 2019.
- [61] EMSA, BWM - Guidance for best practices on sampling. <http://www.emsa.europa.eu/emsa-homepage/2-news-a-presscentre/news/3472-ballast-water-management-guidance-for-best-practicesonsampling.html>, 08 Mart 2019.

FİRMALARA GÖRE BALAST SUYU ARITMA SİSTEMLERİ ONAY BİLGİLERİ

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4]

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
1	Alfa Laval	PureBallast	Filtreleme + UV/TiO2	250 - 3000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
2	Ocean Saver	Ocean Saver BWMT Mark I	Filtreleme + Oksijensizleştirme + Kavitasyon+ Elektrokardialitik Dezenfeksiyon	40 - 10000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
3	Ocean Saver	Ocean Saver BWMT Mark II	Filtreleme + Elektrokardialitik Dezenfeksiyon	200 – 4600 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
4	Optimarin	Optimarin Ballast System	Filtreleme + UV	21 - 5400 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
5	Mitsui Engineering & Shipbuilding	FineBallast OZ	Kavitasyon + Ozon	75 - 300 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
6	Mitsui Engineering & Shipbuilding	FineBallast MF	Membran filtre	50 - 900 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
7	Hitachi Plant Technologies	ClearBallast	Filtreleme + Ön Koagülasyon	200 - 2400 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
8	JFE Engineering	JFE BallastAce	Filtreleme + Klor + Kaviteasyon	17.5 - 4500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
9	Techcross	Electro-Cleen System	Elektroliz/Elektrolitik Klörlama	300 m ³ /h -	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
10	RWO	CleanBallast	Filtreleme +Elektrolitik Klörlama	150 - 2500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
11	NEI Treatment Systems	Mitsubishi VOS System	Oksijensizleştirme + Kaviteasyon	300 - 6800 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Liberya)
12	NK	NK-O3 Blue Ballast System	Ozon	125x2 - 4000x2 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
13	Ecochlor	Ecochlor BWT System	Filtreleme + CLO2	250 - 16000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
14	Resource Ballast Technologies	Resource Ballast Water Treatment	Filtreleme + Kaviteasyon + Ozon + Elektroliz/Elektrolitik Klörlama	100 - 4000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Güney Afrika)
15	Panasia	GloEn-Patrol	Filtreleme + UV	150 - 6000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
16	Hamworthy Greenship	Greenship Sedinox Ballast Water Management System	Siklonik + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
17	Cosco Shipbuilding	Blue Ocean Shield	UV + Filtreleme	100 - 3500 m ³ /h	Onaylı	N/A	Onaylı (Çin)
18	Hyundai Heavy Ind.	EcoBallast	UV + Filtreleme	600 - 1000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
19	GEA Westfalia	Ballast Master ultraV	UV + Ultrason	N/A	Onaylı	N/A	Onaylı (Almanya)
20	Siemens	SiCURE BWM System	Sodyum Hipoklorit + Filtre	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
21	Mahle Industrial Filtration	Ocean Protection System	Filtreleme + UV	250 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Almanya)
22	Hyde Marine	Hyde GUARDIAN	Filtreleme + UV	60 - 6000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
23	SunRui	BalClor BWMS	Filtreleme + Elektroliz	100 - 7000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
24	Desmi Ocean Guard	DESMI Ocean Guard Ballast Water Treatment System	Filtre + UV + Ozon	75 - 3000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Danimarka)

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
25	Samkun Century	ARA PLASMA BWTS	Filtreleme + UV + Plazma	150 - 2600 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
26	Hyundai Heavy Industries	HiBallast	Filtreleme + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	75 – 2000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
27	Kwang	En-Ballast System	Filtreleme + Elektroliz	N/A	Onaylı	N/A	N/A
28	Qingdao Headway	OceanGuard BWTS	Filtreleme+ Elektrokataliz	50 - 9350 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
29	Wuxi Brightsky	BSKY BWMS	Filtreleme + UV	100 - 6000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
30	Severn Trent DeNora	BalPure BWMS	Filtreleme + Elektroliz	-500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
31	Samsung Heavy	Purimar System	Filtreleme + Elektroliz	250 - 6500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
32	AQUA	AquaStar BWMS	Filtreleme + Elektroliz	200 - 5000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
33	Kuraray	MICROFADE	Filtre + Kalsiyum Hipoklorit	125 - 4000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
34	JFE Engineering	JFE BallastAce (NEO-CHLOR MARINE)	Filtreleme + Kimyasal	17.5 - 4500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
35	Nippon Yuka Kogyo	SKY-SYSTEM	Kimyasal	25 - 34000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
36	Erma First	ERMA FIRST BWMS	Filtreleme + Siklonik Ayrıştırma + Elektrolitik Klorlama	50 - 3000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Yunanistan)
37	Envirotech	BlueSeas BWMS	Filtreleme + Elektroliz	N/A	Onaylı	N/A	N/A
38	Envirotech	BlueWorld BWMS	Filtreleme + Kimyasal	N/A	Onaylı	N/A	N/A
39	GEA Westfalia	Ballast Master ecoP	Filtreleme + Kimyasal	N/A	Onaylı	N/A	N/A
40	Samsung Heavy Industries	SHI BWMS (Neo-Purimar)	Filtreleme + Kimyasal	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
41	Daliam Marine University	DMU OH BWMS	Filtreleme + Sodyum Sülfid	N/A	Onaylı	N/A	N/A
42	Hanla IMS	EcoGuardian System	Filtreleme + Elektroliz	N/A	Onaylı	N/A	N/A
43	STX Metal	Smart Ballast BWMS	Elektroliz	N/A	Onaylı	N/A	N/A
44	Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute	OceanDoctor	Filtreleme + Fotokataliz	50-5000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
45	Hwaseung R&A	HS-BALLAST	Elektroliz	N/A	Onaylı	N/A	N/A

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
46	Panasia	GloEn-Saver	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
47	Korea Top Marine	MARINOMATE	Plankill pipe+ Elektroliz	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
48	Wärtsilä Water Systems	AQUARIUS EC BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
49	Shanghai Cyeco	Cyeco Ballast Waste Management System	Filtreleme + UV	250 & 300 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
50	Knutsen Ballatvann	KBAL Ballast Water Management System	UV	200 & 600 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
51	Auramarine	CrystalBallast Ballast Water Management System	Filtreleme + UV	21 - 1500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
52	Van Oord	Van Oord Ballast Water Management System	Klor (Sadece İçme Suyu)	N/A	Onaylı	N/A	N/A
53	Redox	REDOX AS Ballast Water Management System	Filtreleme + Ozon + UV	N/A	Onaylı	N/A	N/A

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
54	Sunbo Industries, Dsec ve Korea Institute Of Machinery & Material	Blue Zone Ballast Water Management System	Ozon	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
55	Wärtsilä Water Systems	Wärtsilä AQUARIUS UV ballast water management system	Filtreleme + UV	50 - 1000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Hollanda)
56	Bio-Uv Sas	BIO-SEA	Filtreleme + UV	75 - 2000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Fransa)
57	MMC Green Technology	MMC BWMS	Filtreleme + UV	150 & 300 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
58	Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast BWMS	Filtreleme + Mikromembran + Oksijensizleştirme	200 - 1500 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
59	Elite Marine	Seascope Ballast Water Management System	Filtreleme + UV	250 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
60	Shanghai Hengyuan	HY-BWMS	Filtreleme + UV	250 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
61	Shanghai Jiazhou	BALWAT Ballast Water Management System	N/A	200 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
62	Azienda Chimica Genovese	ECOLCELL BTs Ballast Water Management System	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
63	Panasonic	ATPS-BLUE Ballast Water Management System	Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
64	Ecomarine	ECOMARINE EC BWTS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
65	Kurita Water Industries	KURITA	Kimyasal	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
66	Evonik	Evonik Ballast Water Treatment System with PERACLEAN Ocean	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	Onaylı	N/A
67	Miura	Miura BWMS	Filtreleme + UV	200 - 6000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
68	Sumitomo	ECOMARINE UV BWTS	Filtreleme + UV	100 - 1000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
69	Kalf	ElysisGuard	Filtreleme + Elektrolitik Klorklama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
70	Trojan Technologies	Trojan Marinex BWT Ballast Water Management System	Filtreleme + UV	150 250 500 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
71	Cathelco	Cathelco Ballast Water Management System A2	Filtreleme + UV	200 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Almanya)
72	Bawat	Bawat BWMS	Isı + Oksijensizleştirme	N/A	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)
73	NK	NK-CI Blue Ballast System	Kimyasal	N/A	Onaylı	N/A	N/A
74	Techcross	ECS-HYCHLORTM SYSTEM	Filtreleme + Elektrolitik Klorklama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
75	Techcross	ECS-HYCHEMTEM SYSTEM	Filtreleme + Kimyasal	N/A	Onaylı	N/A	N/A
76	Techcross	ECS-HYBRIDTM SYSTEM	Filtreleme + Kimyasal + Elektrolitik Klorklama	N/A	Onaylı	N/A	N/A

Çizelge A. 1 Firmalara göre balast suyu arıtma sistemleri onay bilgileri [4] (Devamı)

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
77	Kadalneer Technologies	VARUNA	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	N/A	Onaylı	N/A	N/A
78	Yixing PACT	PACT marine™ Ballast Water Management System	Filtreleme + UV	300 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
79	Coldharbour Marine	Coldharbour GLD™ Ballast Water Management System	Oksijensizleştirme	- 6000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
80	Desmi Ocean Guard	Ray Clean™ BWTS	Filtreleme + UV	75 - 3000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)

ÖRNEK KURU YÜK GEMİSİNİN EKİPMANLARININ GÜÇ DAĞILIMI

Çizelge B. 1 Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek geminin ekipmanlarına göre güç dağılım tablosu

Ekipman	Çıkış (KW)	Giriş (KW)	Seyir Durumunda		Limanda Bekleme Durumunda		Yükleme Durumunda	
			Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)
Hava Kompresörü	22,00	23,91	1 x 80	19,13	1 x 80	19,13	1 x 80	19,13
Deniz Suyu Soğutma Pompası	37,00	39,91	1 x 80	31,93	1 x 80	31,93	0 x 0	0,00
Tatlı Su Soğutma Pompası	11,00	12,20	1 x 80	9,76	1 x 80	9,76	0 x 0	0,00
Yağlama Yağı Pompası	45,00	48,44	1 x 70	33,91	1 x 70	33,91	0 x 0	0,00
Yağlama Yağı Yardımcı Pompası	1,50	1,88	1 x 80	1,50	1 x 80	1,50	1 x 80	1,50
Yağlama Yağı Sirkülasyon Pompası	2,20	2,70	1 x 80	2,16	1 x 80	2,16	0 x 0	0,00
Yardımcı Fan	30,00	32,61	0 x 0	0,00	2 x 80	52,18	0 x 0	0,00
Torna Çark	1,50	1,86	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00
S/T Yağlama Yağı Pompası	0,40	0,62	1 x 80	0,50	1 x 80	0,50	0 x 0	0,00
Ara Toplam	Yardımcı Makineler			98,88		151,06		20,63
Yağlama Yağı Transfer Pompası	5,50	6,32	1 x 80	5,06	1 x 80	5,06	1 x 80	5,06
Transfer Pompası	1,50	1,88	0 x 0	0,00	1 x 80	1,50	0 x 0	0,00
Yağlama Yağı Transfer Pompası	1,50	1,88	1 x 80	1,50	1 x 80	1,50	1 x 80	1,50

Çizelge B. 1 Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek geminin ekipmanlarına göre güç dağılım tablosu (Devamı)

Ekipman	Çıkış (KW)	Giriş (KW)	Seyir Durumunda		Limanda Bekleme Durumunda		Yükleme Durumunda	
			Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)
Yağlama Yağı Tedarik Pompası	6,25	7,22	1 x 80	5,16	1 x 80	5,16	1 x 80	5,16
Yakıt Seperatörü	7,00	8,07	1 x 70	5,75	1 x 70	5,75	1 x 70	5,75
Yakıt Seperatörü Tedarik Pompası	0,40	0,62	1 x 80	0,50	1 x 80	0,50	1 x 80	0,50
Ballast Pompası	37,00	39,91	0 x 0	0,00	1 x 80	31,93	1 x 80	31,93
Balast Suyu Arıtma Sistemi	70,00	77,00	1 x 80	61,60	1 x 80	61,60	1 x 80	61,60
Servis Pompası	37,00	39,91	0 x 0	0,00	1 x 80	31,93	1 x 80	31,93
Sentine Pompası	0,75	1,01	1 x 80	0,81	0 x 0	0,00	1 x 80	0,81
Tatlı Su Pompası	3,70	4,40	1 x 80	3,52	1 x 80	3,52	1 x 80	3,52
İçme Suyu Pompası	3,70	4,40	1 x 80	3,52	1 x 80	3,52	1 x 80	3,52
Çamur Pompası	1,50	1,88	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00
Deniz Suyu Pompası	7,50	8,57	1 x 80	6,86	1 x 80	6,86	1 x 80	6,86
Sıcak Su Sirkülasyon Pompası	0,40	0,56	1 x 80	0,45	1 x 80	0,45	1 x 80	0,45
Makine Dairesi Fanı	11,00	12,20	2 x 90	21,96	2 x 90	21,96	1 x 90	10,98
Seperatör Odası Fanı	0,40	0,57	1 x 90	0,51	1 x 90	0,51	1 x 90	0,51
Kontrol Odası İklimlendirici	1,50	1,86	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49
Tatlı Su Jeneratörü	0,75	1,00	1 x 80	0,80	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00
Ejektör Pompası	5,50	6,47	1 x 80	5,18	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00
Yağlama Yağı Sirkülasyon Pompası	0,75	1,01	1 x 80	0,81	1 x 80	0,81	1 x 80	0,81

Çizelge B. 1 Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek geminin ekipmanlarına göre güç dağılım tablosu (Devamı)

Ekipman	Çıkış (KW)	Giriş (KW)	Seyir Durumunda		Limanda Bekleme Durumunda		Yükleme Durumunda	
			Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)
Yağlama Yağı Pompası	1,50	1,86	2 x 80	2,98	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49
Çöp Yakma Makinesi Fanı	7,50	8,57	1 x 80	6,86	1 x 80	6,86	1 x 80	6,86
Çöp Yakma Makinesi Fanı	1,50	1,86	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49
Çöp Yakma Makinesi Pompası	1,50	1,86	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49	1 x 80	1,49
Yağ Transfer Pompası	0,40	0,62	1 x 80	0,50	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00
Ara Toplam	Gemi Servis Yardımcıları			138,68		195,26		183,59
Yağlama Yağı Pompası	0,75	1,00	0 x 0	0,00	1 x 80	0,80	1 x 80	0,80
Kazan Fanı	2,20	2,70	0 x 0	0,00	1 x 80	2,16	1 x 80	2,16
Geri Besleme Pompası	5,50	6,47	1 x 80	5,18	1 x 80	5,18	1 x 80	5,18
Isıtıcı	6,00	6,00	0 x 0	0,00	1 x 100	6,00	1 x 100	6,00
Ara Toplam	Kazan Yardımcıları			5,18		14,14		14,14
Dümen Dişlisi	7,50	8,38	1 x 40	3,35	1 x 40	3,35	0 x 0	0,00
Irgat için Hidrolik Yağ Pompası	70,00	74,87	0 x 0	0,00	1 x 80	59,90	0 x 0	0,00
Vinç için Hidrolik Yağ Pompası	45,00	48,44	0 x 0	0,00	1 x 50	24,22	0 x 0	0,00
Yardımcı Alan Ekipmanları	3,00	3,47	1 x 80	2,78	1 x 80	2,78	1 x 80	2,78
İklimlendirici	19,00	20,65	1 x 80	16,52	1 x 80	16,52	1 x 80	16,52

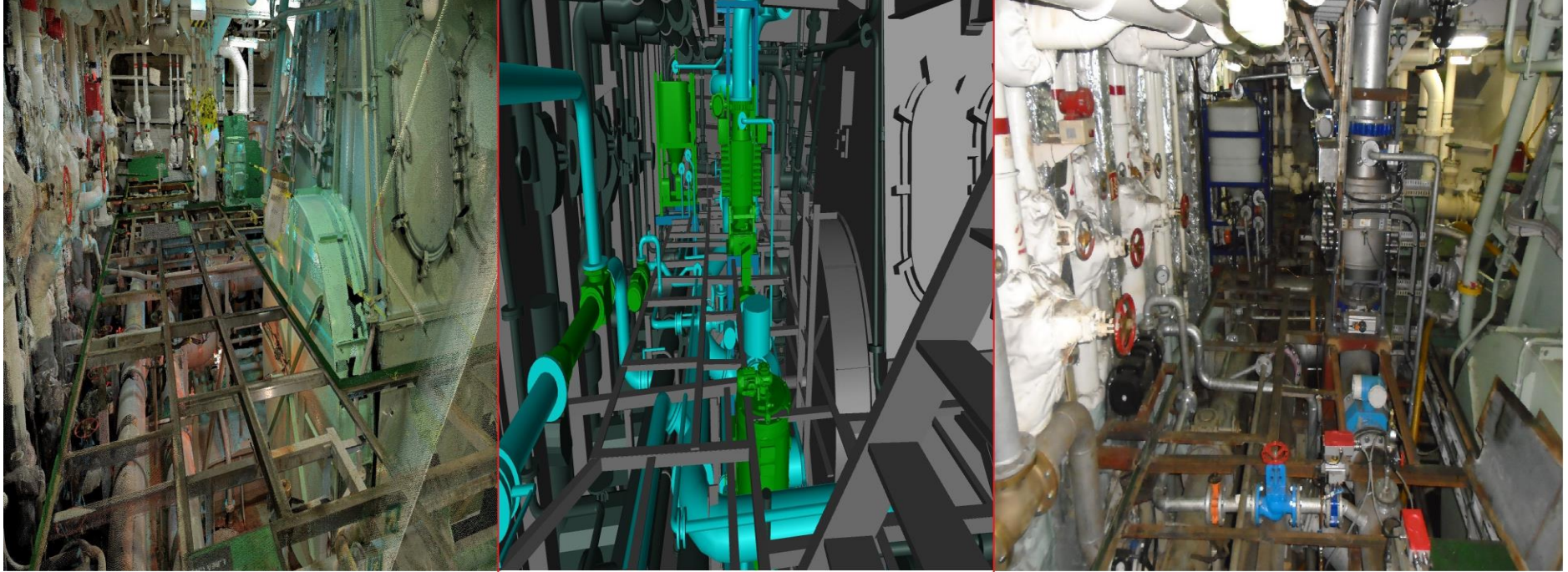
Çizelge B. 1 Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek geminin ekipmanlarına göre güç dağılım tablosu (Devamı)

Ekipman	Çıkış (KW)	Giriş (KW)	Seyir Durumunda		Limanda Bekleme Durumunda		Yükleme Durumunda	
			Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)
Fan	15,00	16,30	1 x 80	13,04	1 x 80	13,04	1 x 80	13,04
Mutfak Fanı	0,40	0,56	1 x 90	0,50	1 x 90	0,50	1 x 80	0,50
Egzoz Fanı	0,40	0,56	1 x 90	0,50	1 x 90	0,50	1 x 80	0,50
Egzoz Fanı	0,20	0,33	1 x 90	0,30	1 x 90	0,30	1 x 90	0,30
Elektrik Ekipmanları	23,00	23,00	1 x 80	18,40	1 x 80	18,40	1 x 80	18,40
Telsiz Ekipmanları	3,00	3,00	1 x 60	1,80	1 x 60	1,80	0 x 0	0,00
Ara Toplam	Güverte Ekipmanları			57,19		141,31		52,04
Güverte Kreyini	105,00	162,31	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00	4 x 70	454,47
Fan	5,50	6,47	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00	4 x 100	25,88
Ara Toplam	Kargo Ekipmanları			0,00		0,00		480,35
Kargo Fanı Nu:1	2,20	2,67	2 x 90	4,81	2 x 90	4,81	2 x 90	4,81
Kargo Fanı Nu:2	3,70	4,28	2 x 90	7,70	2 x 90	7,70	2 x 90	7,70
Kargo Fanı Nu:3	3,70	4,28	2 x 90	7,70	2 x 90	7,70	2 x 90	7,70
Kargo Fanı Nu:4	3,70	4,28	2 x 90	7,70	2 x 90	7,70	2 x 90	7,70
Kargo Fanı Nu:5	2,20	2,67	2 x 90	4,81	2 x 90	4,81	2 x 90	4,81
Ara Toplam	Kargo Ambar Fanları			32,72		32,72		32,72

Çizelge B. 1 Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek geminin ekipmanlarına göre güç dağılım tablosu (Devamı)

Ekipman	Çıkış (KW)	Giriş (KW)	Seyir Durumunda		Limanda Bekleme Durumunda		Yükleme Durumunda	
			Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)	Kullanım Yüzdesi	Harcanan Güç (kW)
Ana Transfer	75,00	75,00	1 x 40	30,00	1 x 45	33,75	1 x 45	33,75
Baş Taraf Transfer	7,50	7,50	0 x 0	0,00	1 x 20	1,50	1 x 80	6,00
Kargo Işıkları Transfer	10,00	10,00	0 x 0	0,00	0 x 0	0,00	2 x 80	16,00
AraToplam	Işıklandırma			30,00		35,25		55,75

BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ ENTEGRASYON ÇALIŞMASI GÖRSELLERİ

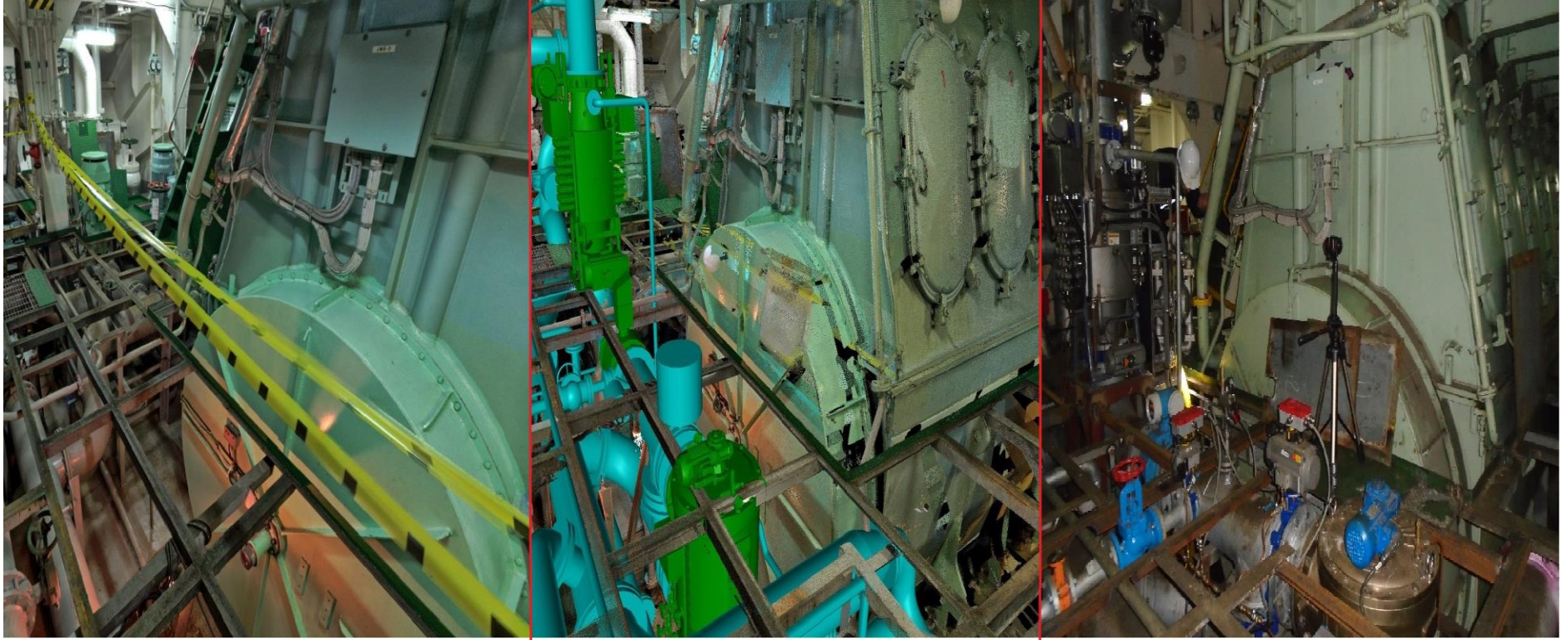


ENTEGRASYON ÖNCESİ

MODEL ÇALIŞMASI

ENTEGRASYON SONRASI

Şekil C. 1 Entegrasyon çalışması görseli 1

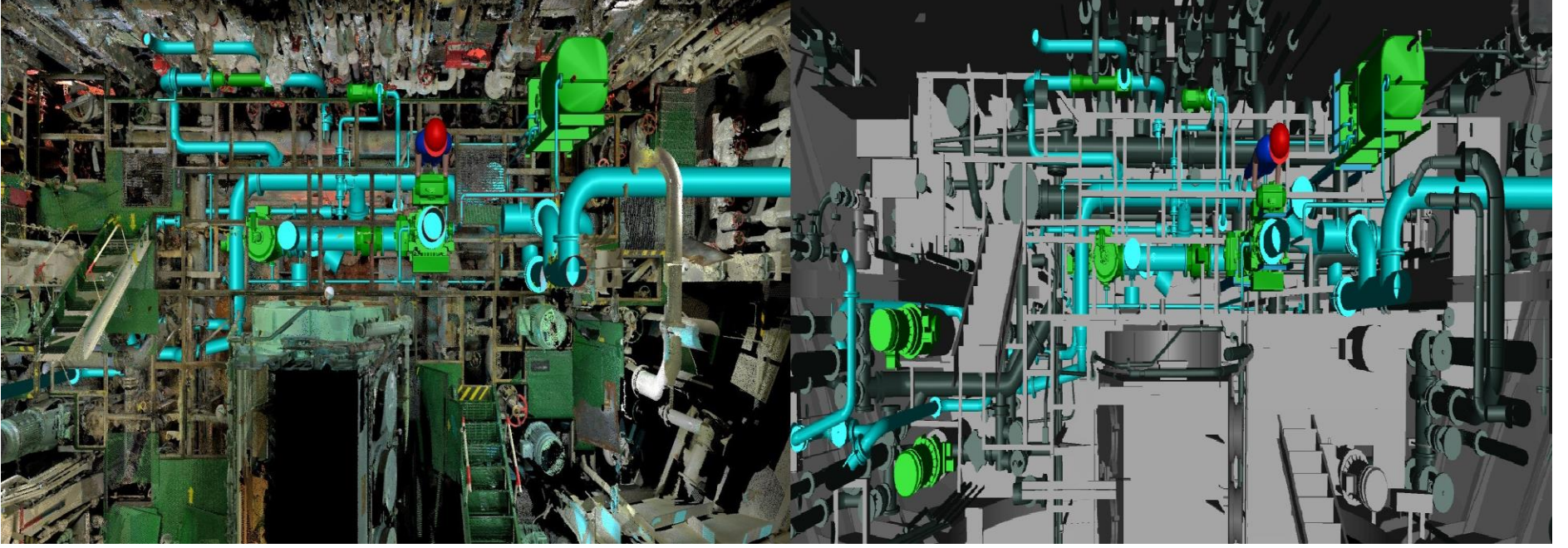


ENTEGRASYON ÖNCESİ

MODEL ÇALIŞMASI

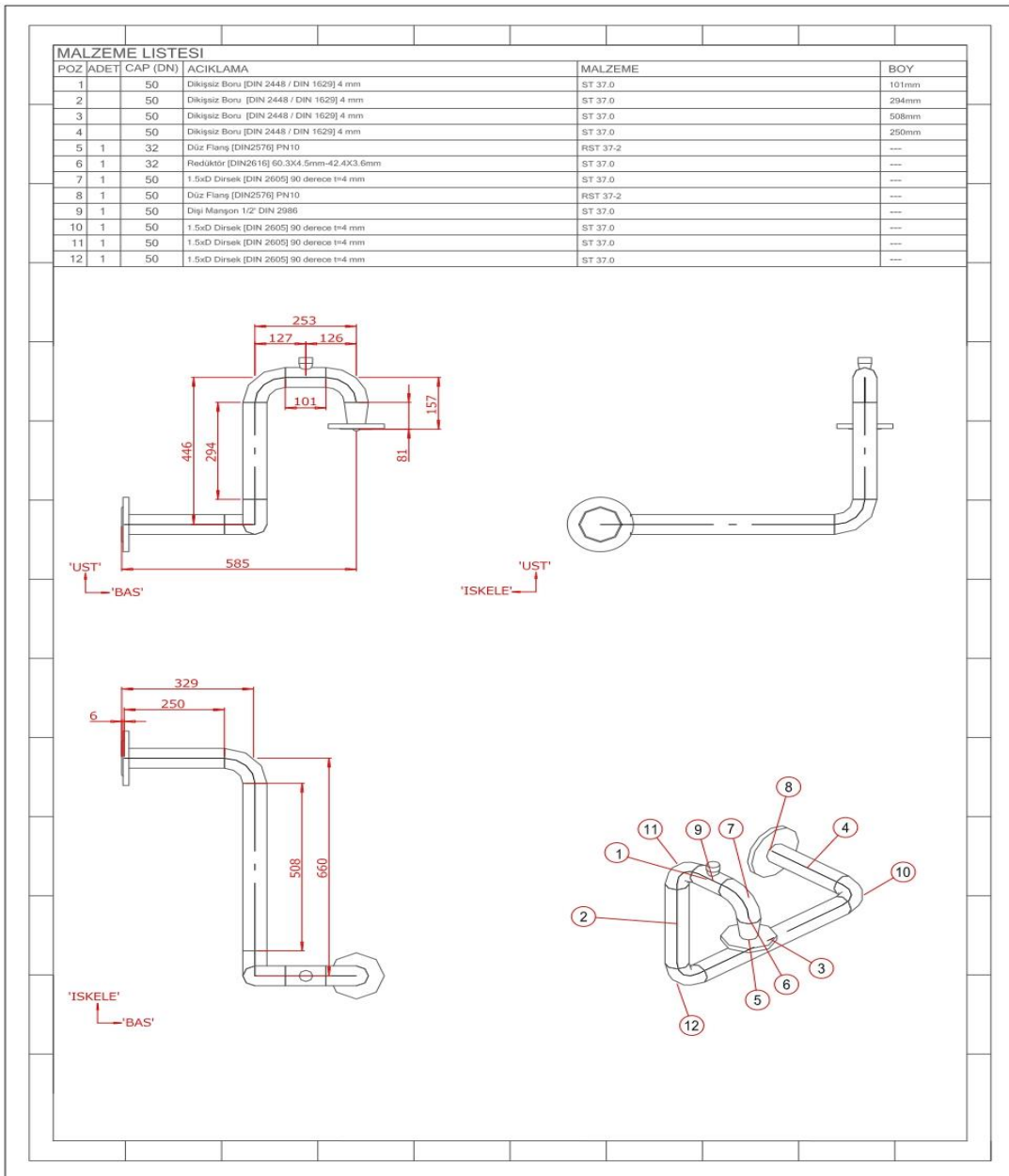
ENTEGRASYON SONRASI

Şekil C. 2 Entegrasyon çalışması görseli 2



Şekil C. 3 Entegrasyon çalışması görseli 3

BALAST BORUSU MAKARA İMALATI ÖRNEĞİ



Şekil D. 1 Balast borusu makara imalatı örneği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mesut TOKUŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 30.09.1991
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mesutokus@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lise	Fen Bilimleri	Yusuf Kalkavan Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015-Devam ediyor	SEFT Gemi	Donatım Mühendisi

YAYINLARI

Makale

- 1 Tokuş, M., Çelebi U.B., (2019). “Kuru Yük Gemisi Balast Suyu Arıtma Sistemi Entegrasyonu ve Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi”, Journal of ETA Maritime Science.

