

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİNDE KPI (ANAHTAR
PERFORMANS GÖSTERGELERİ) UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülçin VURAL

Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİNDE KPI (ANAHTAR
PERFORMANS GÖSTERGELERİ) UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gülçin VURAL
(508101100)**

Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fatma YONSEL

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 508101100 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Gülçin VURAL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİNDE KPI (ANAHTAR PERFORMANS GÖSTERGELERİ) UYGULAMALARI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Fatma YONSEL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Abdi KÜKNER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. F. İlter TÜRKDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **27 Kasım 2015**
Savunma Tarihi : **21 Aralık 2015**

ÖNSÖZ

Öncelikle çalışmam süresince desteğini, mesleki bilgisini ve değerli tecrübelerini benden esirgemeyen, bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Fatma YONSEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Sizinle çalışabildiğim için kendimi çok şanslı hissettiğimi bilmenizi isterim.

Mesleki anlamda bana çok katkıları olan, çalışmamda da tecrübe ve desteklerini benden esirgemeyen Cemre Tersanesi'ne ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bana kazandırdıkları vizyon bir ömür benimle olacak.

Arkadaştan öte kardeşim olan, hayatımda ihtiyacım olduğu her anda yanımda olduğunu bildiğim sevgili Hande Hubar'a; geç tanışsam da hayata karşı duruşu, fikirleri ve gerçek dostluğu ile desteğini her an hissettiğim sevgili Kadir Orhan'a çok teşekkür ederim. Sizin gibi dostlarım olduğu için bu kadar güçlüyüm.

Ve bu hayatta benim için şüphesiz en değerli insan olan, sonsuz desteğini ve anlayışını her konuda olduğu gibi tez çalışmam süresinde de benden esirgemeyen, bu çalışmayı tamamlayabilmem için bıkmak bilmeden beni motive eden sevgili Mehmet Cihan Özdemir, sana ayrıca teşekkür etmek isterim.

Hayatımda bu kadar güzel insanlar varken, daha yapılacak çok iş var...

Aralık 2015

Gülçin VURAL
(Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. BALAST SUYU VE BALAST SUYU İLE TAŞINAN ORGANİZMALAR İLE YARATABİLECEKLERİ SORUNLAR.....	5
2.1.Balast Suyu Nedir?	5
2.2.Balast Suyu ile Taşınan Organizmaların Neden Olduğu Sorunlar	8
2.2.1.Dünya çapında kaydedilmiş sorunlar.....	10
2.2.2.Türkiye'de çapında kaydedilmiş sorunlar	15
3. BALAST SUYU YÖNETİMİ.....	17
3.1. Direkt Olarak Yabancı Tür İstilasını Hedef Alan Antlaşmalar	17
3.1.1. Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrol ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi	17
3.2. Direkt Olarak Yabancı Tür İstilasını Hedef Almayan Ancak İçerisinde Bu Konuda Hüküm İçeren Antlaşmalar	21
3.2.1. Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi	21
3.2.2. Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi-Rio	22
3.2.2.1. Gündem 21	23
3.2.2.2. Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi	24
3.3. Direkt Olarak Yabancı Tür İstilasını Hedef Almayan ya da İçerisinde Bu Konuda Hüküm Belirtmeyen Ancak Dolaylı Olarak Yabancı Tür İstilasını Etkileyen Antlaşmalar	25
3.3.1. Sağlık ve Bitki Sağlığı Antlaşması	25
3.3.2. FAO	25
3.4. USCG (Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenlik) Kuralları	25
4. BALAST SUYU ARITMA YÖNTEMLERİ	29
4.1. Mekanik Yöntemler.....	32
4.1.1. Filtreleme yöntemi	33
4.1.2. Siklonik ayırıştırma yöntemi	35
4.2. Fiziksel Yöntemler	37
4.2.1. Isı ile arıtma yöntemi	37
4.2.2. Ultrason ile arıtma yöntemi	41
4.2.3. Oksijensizleştirme ile arıtma yöntemi	43
4.2.4. Ultra viyole ile arıtma yöntemi.....	44

4.2.5. Kaoagülasyon ile arıtma yöntemi.....	46
4.3. Kimyasal Yöntemler	48
4.3.1. Biyositler.....	48
4.3.1.1. Oksitleyici biyositler	49
4.3.1.1. Oksitleyici olmayan biyositler	59
4.3.2. Balast suyu arıtımı ile ilgili bilinen diğer yöntemler	63
4.3.2.1. Hidroksik radikalleri	63
4.3.2.2. pH ayarlama	63
4.3.2.3. Tuzluluk	64
4.4. Karma Yöntemler	65
5. BALAST SUYU ARITMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	71
6. BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	79
6.1. Tip Onayı.....	79
6.2. Gemi Tipi ve Balast Suyu Kapasitesi	79
6.3. Balast Suyu Karakteristiği	81
6.4. Geminin Operasyon Alanı	82
6.5. Ekipmanın Boyutu ve Yer Gereksinimi	82
6.6. Firma Güvenilirliği	85
6.7. Yatırım ve İşletim Maliyeti	86
6.8. Enerji Tüketimi.....	88
6.9. Sağlık ve Güvenlik	91
6.10. Gemi Operatörü ve Ekipman Üreticisinden Sağlanacak Bilgiler	91
7. ÖRNEK ÇALIŞMA	93
7.1. Balıkçı Gemisi	93
7.2. Kuru Yük Gemisi	106
8. ANAHTAR PERFORMANS GÖSTERGELERİ (KPI-KEY PERFORMANCE INDICATORS) KULLANIMI İLE SİSTEM TERCİHLERİ.....	117
8.1. Anahtar Veriler	118
8.2. KPI Analizi Modelinin Oluşturulması.....	119
8.3. KPI Değerlendirilmesi Hesaplamaları	120
8.4. Balıkçı Gemisi İçin Balast Suyu Arıtma Ekipmanı Seçiminin KPI ile Değerlendirilmesi	121
8.5. Kuru Yük Gemisi İçin Balast Suyu Arıtma Ekipmanı Seçiminin KPI ile Değerlendirilmesi.....	127
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	133
KAYNAKLAR.....	137
EKLER.....	147

KISALTMALAR

AISI	: Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü (<i>American Iron and Steel Institute</i>)
BSY	: Gemilerin Balast Suları ve Sedimanının Kontrolü ve Yönetimi
CDB	: Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (<i>Convention-United Nations Convention on Biological Diversity</i>)
cfu	: Koloni oluşturma birimi (<i>colony forming unit</i>)
DnV	: Norske Veritas
DWT	: Deadweight
ekW	: Elektriksel güç
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (<i>Food And Agriculture Organization of The United Nations</i>)
H	: Yükseklik (<i>Height</i>)
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü (<i>International Maritime Organization</i>)
KPI	: Anahtar Performans Göstergeleri (<i>Key Performance Indicators</i>)
kW	: Kilovat
L	: Uzunluk (<i>Lenght</i>)
MARPOL	: Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme
MEPC	: Deniz Çevresi Koruma Komitesi (<i>Marine Environment Protection Commitee</i>)
nm	: Nanometre
SPS	: Sağlık ve Bitki Sağlığı Anlaşması (<i>Agreement on the Application of Sanitary And Phytosanitary Measures</i>)
TEU	: 20 feet'lik konteyner
TRO	: Toplam artık oksidan (<i>Total residual oxidant</i>)
ULCC	: VLCC'den daha büyük 320bin DWT'ye kadar olan gemiler (<i>Ultra Large Crude Carriers</i>)
UNCLOS	: Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'nin (<i>United Nations Convention on the Law of the Sea</i>)
USCG	: Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenlik (<i>United States Coast Guard</i>)
UV	: Mor ötesi
W	: Genişlik (<i>Width</i>)
WTO	: Dünya Ticaret Örgütü (<i>World Trade Organization</i>)
VLCC	: 180-230bin DWT arası gemiler (<i>Very Large Crude Carriers</i>)

SEMBOLLER

C_i	: Sistem katsayısı
n_i	: Sistemin gerçek değeri
n_{min}	: Sistemlerin değerlerinin karşılaştırıldığı kategorideki minimum sistem değeri
C_{Dmax}	: Her bir derece için maksimum sistem katsayısı
D	: Derece (grade)
C_{max}	: Sistemlerin değerlerinin karşılaştırıldığı kategorideki maksimum katsayı değeri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Gemi türlerine göre balast taşıma kapasitesi	5
Çizelge 2.2 : Türleri tehlikede olan canlılar	9
Çizelge 2.3 : Karadeniz'de bulunan istilacı türler ve orijinleri	15
Çizelge 3.1 : Balast suyu yönetmeliği	18
Çizelge 3.2 : Balast arıtımı IMO D2 kriteri	19
Çizelge 3.3 : IMO rehberleri	20
Çizelge 3.4 : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği balast suyu arıtma standartları ve IMO D2 Standartları ile olan farkı	26
Çizelge 3.5 : Kaliforniya Eyaleti balast suyu arıtma standartları ve IMO D2 Standartları ile olan farkı	27
Çizelge 3.6 : Amerika'da geçerli mevcut ve yeni gemiler için balast suyu arıtma sistemi entegrasyon bilgileri	27
Çizelge 4.1 : Balast suyu değişimi metodu kullanılarak elde edilen verimlilik	31
Çizelge 4.2 : Filtre çeşitlerine göre verimlilik	34
Çizelge 4.3 : Balast suyunun siklonik yöntem ile arıtılmasında elde edilen verimlilik	36
Çizelge 4.4 : Bazı deniz organizmalarının ölmeleri için maruz kalmaları gereken sıcaklık-zaman bilgileri	39
Çizelge 4.5 : Balast suyunu ısıtmak için kullanılan yöntemler ve elde edilen verimlilik	40
Çizelge 4.6 : Bazı sucul organizmaların ultrason ile arıtılmasından elde edilen verimlilik	42
Çizelge 4.7 : Bazı sucul organizmaların UV ile arıtılması çalışmalarından elde edilen verimlilik	45
Çizelge 4.8 : Dezanfektan olarak klor kullanımında elde edilen verimlilik.....	50
Çizelge 4.9 : Dezanfektan olarak elektroliz ile klor elde edilerek yapılan arıtmadan elde edilen verimlilik.....	51
Çizelge 4.10 : Dezanfektan olarak klordioksit kullanımında elde edilen verimlilik	52
Çizelge 4.11 : Dezanfektan olarak ozon kullanımında elde edilen verimlilik	54
Çizelge 4.12 : Dezanfektan olarak hidrojen peroksit kullanımında elde edilen verimlilik	56
Çizelge 4.13 : Dezanfektan olarak Peraclean Ocean kullanımında elde edilen verimlilik	58
Çizelge 4.14 : Dezanfektan olarak gluteraldehit kullanımında elde edilen verimlilik	60
Çizelge 4.15 : Dezanfektan olarak SeaKleen kullanımında elde edilen verimlilik ..	61
Çizelge 4.16 : Dezanfektan olarak SeaKleen kullanımında elde edilen verimlilik ..	62
Çizelge 5.1 : 250 m ³ /saat'lik bir UV sistemi için kullanılacak olan lambaların maliyet analizi	75
Çizelge 5.2 : Balast suyu arıtma yöntemlerinin operasyon maliyetleri	77

Çizelge 6.1 : Gemi tipleri ile ballast kapasiteleri ve pompa debileri	80
Çizelge 6.2 : Farklı markaların 500 m ³ /saat ve 1000 m ³ /saat kapasiteli arıtma sistemlerinin kapladıkları alan ve yükseklik bilgileri.....	82
Çizelge 6.3 : Farklı türdeki gemilerde kullanılan karma balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim ve toplam işletim maliyeti	86
Çizelge 6.4 : İnşa yılı eski gemilere entegre edilecek filtreleme + UV balast suyu arıtma sistemi maliyet analizi	88
Çizelge 6.5 : Farklı markaların 500 m ³ /saat ve 1000 m ³ /saat'lik balast suyu arıtma sistemlerinin enerji gereksinimi	89
Çizelge 7.1 : Sistem 1'in parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri.....	96
Çizelge 7.2 : Sistem 2'nin parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri	99
Çizelge 7.3 : Sistem 3'ün parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri	101
Çizelge 7.4 : Sistem 1'in parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri.....	109
Çizelge 7.5 : Sistem 2'nin parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri	111
Çizelge 7.6 : Sistem 3'ün parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri	112
Çizelge 8.1 : KPI anahtar faktörleri ve önem dereceleri	118
Çizelge 8.2 : Kurulum ve operasyona yönelik kriterleri	118
Çizelge 8.3 : KPI analizi örnek matris	119
Çizelge 8.4 : Örnek KPI analizi sistem verileri	120
Çizelge 8.5 : Örnek KPI analizi sistem katsayıları	120
Çizelge 8.6 : Örnek KPI analizi C _{Dmax} değerleri	120
Çizelge 8.7 : KPI analizi sistem kriterleri	122
Çizelge 8.8 : KPI analizi sistem verileri	122
Çizelge 8.9 : KPI analizi sistem uygunluğu değerlendirmesi.....	123
Çizelge 8.10 : KPI analizi sistemlerin minimum değerleri	123
Çizelge 8.11 : KPI analizi sistemlerin Ci değerleri	124
Çizelge 8.12 : KPI analizi C _{Dmax} değerleri	124
Çizelge 8.13 : KPI analizi ile hesaplanan sistem dereceleri	124
Çizelge 8.14 : Sistem derecelerinin ağırlıkları ile çarpımı	125
Çizelge 8.15 : KPI analizi sistem kriterliği	127
Çizelge 8.16 : KPI analizi sistem verileri	128
Çizelge 8.17 : KPI analizi sistem uygunluğu değerlendirmesi	128
Çizelge 8.18 : KPI analizi sistemlerin minimum değerleri	129
Çizelge 8.19 : KPI analizi sistemlerin Ci değerleri	129
Çizelge 8.20 : KPI analizi C _{Dmax} değerleri	129
Çizelge 8.21 : KPI analizi ile hesaplanan sistem dereceleri	130
Çizelge 8.22 : Sistem derecelerinin ağırlıkları ile çarpımı	130
Çizelge A.1 : Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmes'ni imzalayan ülkeler	148
Çizelge B.1 : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri	149
Çizelge C.1 : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri	159
Çizelge D.1 : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu	168
Çizelge E.1 : Balıkçı gemisi için belirlenen balast suyu arıtma sistemlerinin karşılaştırılma tablosu	183
Çizelge E.2 : Kuru yük gemisi için belirlenen balast suyu arıtma sistemlerinin karşılaştırılma tablosu	184

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Gemi balast suyu çevrimi	7
Şekil 2.2 : Balast suyundaki partiküllerin çökme süreci	7
Şekil 2.3 : Zebra midyesi	10
Şekil 2.4 : 1986 - 2010 yılları arasında zebra midyesinin Göller Bölgesi'ndeki yayılım haritası	11
Şekil 2.5 : Vibrio cholera	12
Şekil 2.6 : Amerikan ktenoforu	12
Şekil 2.7 : Deniz piresi	13
Şekil 2.8 : Eldiven yengesi	13
Şekil 2.9 : En istenmeyen on canlı türü yayılım haritası	14
Şekil 2.10 : Deniz salyangozu	16
Şekil 2.11 : Beroe ovate	16
Şekil 3.1: Balast suyu değişimi için belirlenmiş D-1 standardı	19
Şekil 4.1: Hidrosiklon seperatör	35
Şekil 4.2: Gemide ana makinanın ısısı ile balast suyunu ısıtma yöntemi	38
Şekil 4.3: Koagülasyon ile arıtma işlemi şematik anlatımı	47
Şekil 4.4: Alfa Laval PureBallast 3.1 ürün görseli	66
Şekil 4.5: Alfa Laval PureBallast 3.1 balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması	66
Şekil 4.6: Ecochlor Ballast Water Treatment System ürün görseli	67
Şekil 4.7: Ecochlor Ballast Water Treatment System balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması	67
Şekil 4.8: Desmi Ocean Guard Oxy Clean ürün görseli	68
Şekil 4.9: Desmi Ocean Guard Oxy Clean balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması	68
Şekil 4.10: Hitachi Clear Ballast ürün görseli	69
Şekil 4.11: Hitachi Clear Ballast balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması	69
Şekil 6.1: Balast suyu arıtma sisteminin tek bir modül halinde görseli	84
Şekil 6.2: Balast suyu arıtma sisteminin gemide modüler olarak yerleşimi	85
Şekil 7.1: Balıkçı gemisi iskele profili görüntüsü	94
Şekil 7.2: Balıkçı gemisi 2. güverte kesiti	94
Şekil 7.3: Sistem 1 akış şeması	96
Şekil 7.4: Sistem 2 akış şeması	98
Şekil 7.5: Sistem 3 akış şeması	100
Şekil 7.6: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin kapladığı alanların karşılaştırmaları	103
Şekil 7.7: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin sistem fiyatı karşılaştırmaları	103
Şekil 7.8: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin kurulum maliyetleri karşılaştırmaları	104

Şekil 7.9: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin toplam yatırım maliyetleri karşılaştırmaları	104
Şekil 7.10: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin yıllık ek yakıt maliyetleri karşılaştırmaları	105
Şekil 7.11: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin yıllık bakım/tutum maliyetleri karşılaştırmaları	105
Şekil 7.12: Balıkçı gemisi için değerlendirilen ballast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim maliyetleri karşılaştırmaları	106
Şekil 7.13: Kuru yük gemisi sancak profili görüntüsü.	107
Şekil 7.14: Kuru yük gemisi güverte kesiti	107
Şekil 7.15: Sistem 1 akış şeması	108
Şekil 7.16: Sistem 2 akış şeması	110
Şekil 7.17: Sistem 3 akış şeması	112
Şekil 7.18: Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin kapladığı alanların karşılaştırmaları	114
Şekil 7.19: Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin sistem fiyatı karşılaştırmaları	114
Şekil 7.20: Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin kurulum maliyeti karşılaştırmaları	115
Şekil 7.21: Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin toplam yatırım maliyeti karşılaştırmaları	115
Şekil 7.22: Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim maliyeti karşılaştırmaları	116
Şekil 7.23: Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık operasyon maliyeti karşılaştırmaları	116
Şekil 8.1: KPI analizi modelinin çalışmasına ilişkin akış şeması	119
Şekil 8.2: Sistemlerin basınç düşüş anahtar faktörünün derecelendirilmesi	126
Şekil 8.3: Sistemlerin alan anahtar faktörünün derecelendirilmesi	126
Şekil 8.4: Sistemlerin fiyat anahtar faktörünün derecelendirilmesi	126
Şekil 8.5: Sistemlerin yıllık işletim maliyeti anahtar faktörünün derecelendirilmesi	127
Şekil 8.6: Sistemlerin basınç düşüş anahtar faktörünün derecelendirilmesi	131
Şekil 8.7: Sistemlerin alan anahtar faktörünün derecelendirilmesi	131
Şekil 8.8: Sistemlerin sistem fiyatı anahtar faktörünün derecelendirilmesi	132
Şekil 8.9: Sistemlerin yıllık işletim maliyeti anahtar faktörünün derecelendirilmesi	132

BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİNDEKİ ÖNEMLİ NOKTALAR

ÖZET

Deniz taşımacılığı dünya ticaretinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Uluslararası nakliyeciliğin %90'ının gemiler ile yapıldığı günümüzde, gemilerin maksimum yük ve minimum balast ile seyir etmeleri ekonomik olarak tercih edilse de, gemilerin güvenli seyri açısından bu mümkün değildir. Gemilerin balast tanklarına alınan balast suyu ile her gün yaklaşık 7.000 canlı farklı bir ekosisteme taşınmaktadır. Bu canlıların bir kısmı balast tanklarındaki koşullara karşı dayanıklı olup, geminin sefer süresi boyunca hayatta kalabilmektedirler. Hayatta kalmayı başarabilen canlılar, kimi zaman balast suyu ile boşaltıldıkları ekosistemlerde varlıklarını sürdürüp, yerli türlerin varlığını tehdit edebilirler. Bu yabancı türler sadece ekosistemdeki canlılara zarar vermekle kalmaz, balıkçılığı etkileyerek ekonomik zararlara yol açabilirler, insan sağlığına zarar verebilirler ve sahillerde biyolojik kirliliğe neden olup deniz turizmini olumsuz yönde etkilerler.

Balast tanklarındaki su ile taşınan zararlı sucul istilacı türlerin verdikleri zararların boyutlarının ciddi olduğunun farkına varılması ile, ulusal ve uluslararası düzeyde pek çok düzenleme ve çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar, balast tankları ile taşınan istilacı türlerin sorun olmalarını engellemek için, balast suyunun bu canlılardan arındırılmasına yönelik sistemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Uluslararası Denizcilik Örgütü tarafından 2004 yılında üye ülkelerin imzasına açılan Gemi Balast Suları ve Sedimenti Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi yürürlüğe girdikten sonra, balast suyu arıtma sistemlerinin gemilerde kullanılması zorunlu hale gelecektir. Bu gereklilik ticari açıdan pek çok üretici firmanın balast suyu arıtma sistemi geliştirmesi ile sonuçlanmıştır.

Piyasada balast suyu arıtma sistemi üreticileri arasındaki rekabet, gemi sahiplerini gemileri için en uygun olan sistemi seçme konusunda zora sokmaktadır. Çalışmada, hangi yöntemler ile balast suyu arıtılabilirliğine dair detaylı bilgi verilmiş, sonrasında ise balast suyu arıtma sistemi seçerken dikkat edilmesi gereken teknik ve ticari konulara değinilmiştir.

Yeni inşa edilen gemiler için sistem seçmek problem olmasa da, Gemi Balast Suları ve Sedimenti Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi yürürlüğe girdikten sonra inşa yılı eski olan pek çok gemiye balast suyu arıtma sisteminin entegre edilmesi, hem teknik hem de ticari açıdan oldukça zorlu bir süreçtir. Çalışmada detayları anlatılan Anahtar Performans Göstergeleri (KPI) yöntemi ile sistemin kullanılacağı gemilerin özelliklerine göre aynı anda pek çok sistem karşılaştırılıp, en uygun olan sistemin belirlenmesi amaçlanmıştır.

THE IMPORTANT FACTORS WHILE SELECTING BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS

SUMMARY

Maritime transportation has significant importance for international trade. Today, ships carry approximately 90 percent of all global trade. For commercial concerns, it is preferred to travel with maximum cargo and minimum ballast. However, as ballast water is used to provide stability and maneuverability during voyage, travelling with minimum ballast can cause safety problems on ships.

In 1800's, solid materials such as sand, detritus and iron were usually loaded onboard in order to provide ballast. After use, these materials were discharged to water and could be able to used by other ships. But this technique was not only time consuming but also not effective. By technological progresses through the end of 1800's, the sea water had been used as ballast. There were not segregated ballast water tanks as it is today. The water used as ballast was stored in empty cargo tanks. The remain of the cargo such as oil, iron, etc. mixed with ballast water. The mix of these remains and water could be toxic and discharging these water to the marine environment were caused environmental and health problems. After realizing these problems, in 1980's, segregated ballast water tanks were designed and used in order to provide contamination of ballast water. However, as the ballast water became cleaner, there arrised another problems, invasive species.

With ballast waters, every day more than 7.000 different marine species are transferred to different ecosystems. The size of the organisms in ballast water varies from micrometric viruses to organisms up to thirty centimeters. The ones who can survive in ballast tank conditions are discharged at other ports within ballast water. These organisms are called as "invasive species". The introduction of invasive marine species into a new environments by ships' ballast water has been stated as one of the four greatest treats to marine ecosystems. The problems due to the invaisve species can be analyzed in three main sections; impacts on ecology, impacts on economy and impacts on health.

Introducing of invasive species can cause problems on native species. The most known example of invasive species effects on environment is recorded in Grate Lakes, United States. This area has been damaged by more than 180 invasive species during years. Zebra mussels, sea lamprey, alewife etc. were introduced to lakes and spreaded, competed with native species and damaged the food chain. These invasion problem also have effects on fisheries, factories n coastal areas. The zebra mussels has spreads more than 40 percent of US waters and cost more than US\$ 750 million between 1989-2000. Also, it is estimated that invasive species cause US\$ 138 billion per year in only USA. Moreover, if the ballast water contaminated with pathogens such as *Vibrio cholerae* discharged into the sea, this may cause illness and death in humans.

After realizing these serious problems caused by the organisms carried in ballast water, there have been conducting national and international regulations. In 2004, the IMO introduced "International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments". With these regulations, the problems caused by ballast water have attracted attentions and the companies have started to research and develop ballast water management technologies. The Convention will enter into force 12 months after ratification by 30 States, representing 35 per cent of world merchant shipping tonnage. As of 12 February 2015, 44 countries, including Turkey, representing 32,86 per cent of world merchant shipping tonnage has signed the convention. Once entered into force, BMW convention requires all ships to use ballast water treatment systems in order to meet Ballast Water Performance Standard (Regulation D-2).

According to regulation D-2, the discharge ballast water should contain; less than 10 viable organisms per cubic meter greater than or equal to 50 μm in minimum dimension, and less than 10 viable organisms per milliliter less than 50 μm in minimum dimension and greater than or equal to 10 μm in minimum dimension, and less than the following concentrations of indicator microbes, as a human health standard: Toxigenic *Vibrio cholerae* with less than 1 Colony Forming Unit (cfu) per 100 milliliters or less than 1 cfu per 1 gram (wet weight) of zooplankton samples, *Escherichia coli* less than 250 cfu per 100 milliliters, and Intestinal Enterococci less than 100 cfu per 100 milliliters.

There have been introduced many different ballast water treatment methods. These methods can be mainly divided in three groups; mechanical methods, physical methods and chemical methods. The mechanical methods are filtration and cyclonic separation. With these applications, organisms bigger than 40-50 micron can be able to separated from ballast water. As physical methods, there have been developed system that use heat treatment, ultra sound treatment, de-oxidizing, ultra viole and coagulation. Each method has its own advantages and disadvantages. In this study, these advantages and disadvantages of the methods are explained in details. There are also systems that uses oxidizing or non-oxidizing biocides. However, using there method on its own is not enough for BMW convention requires. In order to meet these requirement, usually combined systems such as mechanical + physical or mechanical + chemical are used for ballast water management.

There are many companies developed new technologies and systems in order to treat ballast water. As the number of the companies and systems are a lot, shipyards and ship owners have difficulties to find the most suitable ballast water treatment system for their ship. To be able to find the suitable system, there are some factors that need to be considered by both system distributors and shipyards/ship owners. The most important point is the ship type, thus ballast capacity of the vessel. The vessels are divided into two categories in terms of their ballast capacity; high ballast dependent vessels such as bulk carriers and tankers and low ballast dependent vessels such as containerships and other vessels like chemical carriers, passenger ships, Ro/Ro etc. As the range of the ballast capacities are wide range, this can be determinant factor to choose ballast water treatment system, because many companies are powerful in certain pump capacity ranges. Also the water characteristics such as turbidity, salinity and silt content has effects on ballast water treatment. Other factors such as space, power requirement, vessel service area, health and safety requirements are investigated in details.

This study contains 9 sections. After a basic introduction part, in second section, the necessity of using ballast water and the impacts of organisms, carried in ballast water, on ecosystem, economy and health are indicated. The examples of the problems caused by invasive species in world and Turkey are given in order to emphasize the importance of the problem.

In third section, the regulations at international level are indicated in three main title. Especially, the International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments which is a treaty dealing specifically with alien invasive species are explained in details. The approach of the countries to the regulation has given briefly.

In the forth section of this study, the methods which are developed/being developed to treat ballast water are explained in details. The working principles of each mechanical, physical and chemical methods are stated and combined ballast water treat technologies using two or more of these methods at the same time are given.

The fifth section contains the advantages and disadvantages of the ballast water treatments methods which were detailed in previous section are specified. The systems are compared each other.

In sixth section, the important factors while deciding ballast water treatments system to a ship/ships are explained in details. The factors that system distributors and shipyard/ship owners are dwelled on.

A case study has been examined in seventh section. There has been chosen two ships in order to show how to decide ballast water treatment system. The first vessel is 72,4 meters fishing vessel. This vessel has 350 m³ ballast water capacities and has 1 x 50 m³/h @ 2,5 bar ballast water pump. Three combined systems using filtration + UV are considered for the vessel. Technical and design details are given in section 7. After comparing investment and operating costs of the system, the most suitable one is chosen. S second vessel, 68 meters bulk carrier is chosen. Different from the first vessel, there are considered two combined system using filtration + UV and one system using electrochemical method. The detailed investment and operation cost comparison is given in the related section. This part shows how a shipyard approaches choosing a ballast water treatment system for a vessel. However, once the BMW regulations enter into force, there will be many vessels that are need to be retrofitted. The system choosing period will not be that easy.

In section eight, the main focus area of this study is explained. As there will be a huge work load on shipyards/system distributors to identify the most suitable system for many vessels. In this section, a model developed in Microsoft Excel to find suitable systems that can be applied to many vessels by using Key Performance Indicators (KPI). The model has two parts. In first part, there has been developed an automatic process to eliminate the unsuitable systems. The requirements set up by shipyards/ship owners are compared with the systems' data. With this process, the systems that are not meet the shipyards'/ship owners' requirements are identified. In second part, the system are compared in details. Every criterias which are stated in the study are graded from 1 to 6 and compared with each other. This process helps us to specify system points and find the most suitable system for vessel/vessels.

Finally, the last part includes conclusion and discussion on this study. The results and findings are discussed through last part.

In this study, only two vessels and three systems for each vessel are examined due to the confidentiality. Even so, the advantages of using KPI while choosing a ballast water treatment system can be easily seen from the study. In case of many system offers, in order to make better comparison, using KPI has benefits for shipyards. This study shows that KPI analyze makes system selection easy and reliable.

1. GİRİŞ

Yeryüzünde karalar ve denizlerde mevcut ekosistem kendi içinde belli bir dengeye sahiptir. Bu denge, dışarıdan herhangi bir etkiye maruz kalmadıkça kendi içerisinde korunmaktadır. Bilim adamı James Lovelock 1979'da yayımladığı "*Gaia: A New Look At Life on Earth*" kitabında ilk defa bahsettiği Gaia Hipotezi'nde dünya üzerindeki her canlının aslında tek bir global yapının parçası olduğu ve bu sistemin yaşam koşullarını korumak adına geliştirdiği otomatik bir sisteme sahip olduğundan bahsetmiştir [1]. Ancak özellikle dünya üzerinde artan insan nüfusu, karalarda ve denizlerde bulunan sisteme kimi zaman zarar verebilmektedir. Özellikle teknolojinin ilerlemesi beraberinde bir takım beklenmedik etkiler de getirmektedir. İnsanların teknolojiyi bilinçsizce kullanması dünyanın temel dengesinde gözle görülmeyen etkiler yaratmaktadır. İnsanoğlunun bu dengeyi tahrip etme hızı, doğal yaşamın bu dengeyi tekrar kurma hızından daha fazladır [2]. Zamanla bu etkiler bir araya gelip geri dönüşü olmayan büyük zararlara yol açabilmektedirler.

Gemi taşımacılığı endüstrisi uluslararası nakliyecilik ve yolcu taşıma gibi pek çok alanda önem taşımaktadır. Uluslararası ticaretin %90'ı gemi taşımacılığı ile yapılmaktadır [3]. Deniz yolu ile yapılan ticaret son 65 yılda 18 kat büyümüştür ve parasal bazda dünya ticaretinde %60'lık bir dilime sahip hale gelmiştir [4]. Dünya çapında ticarete bu kadar büyük önem arz eden deniz yolu taşımacılığında gemilerden de maksimum verim alınabilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu taşımacılık sırasında seyrin güvenli olması amacıyla gemilere balast alınmaktadır. Gemiye yük alındığında ya da gemideki yük boşaltıldığında tekrar dengenin sağlanması amacı ile balast tanklarındaki suyun da boşaltılması gerekmektedir.

Yerkürenin %70'i okyanuslar ve denizlerle kaplıdır. Yaklaşık olarak 16 milyon kilometrelik bir kıyı şeridi mevcuttur. Dünya üzerinde bulunan deniz habitatı biyolojik açıdan oldukça zengindir ve kıyı şeridinden derinlere gidildikçe de çeşitlilik göstermektedir [5].

Ancak balast boşaltımı sırasında bir ekosistemden alınan deniz suyunun başka bir ekosisteme rastgele boşaltılması, orada doğal olarak var olmaması gereken

organizmaların da sisteme katılması anlamına gelmektedir. Canlıların bu şekilde farklı bir yaşam ortamına taşınması, o yaşam ortamında bulunan diğer canlılar için tehlike teşkil edebilmektedir. Eğer taşınan bu canlı ve yumurtalar, boşaltıldıkları lokasyonda uygun üreme şartları bulurlarsa çoğalıp istilacı tür haline gelebilmektedirler. Bir ekosistemin yerlisi olmayıp, dış etkenler nedeni ile o bölgeye yerleşen canlılar istilacı tür olarak nitelendirilmektedir. Teknolojinin de ilerlemesi ile insanlığın daha hareketli hale gelmesi, canlıların ekosistemler arası geçiş hızlarında da radikal bir artış yaratmıştır [6]. Yapılan araştırmalar dünya genelinde her gün yaklaşık olarak 7.000 farklı türün balast suları ile bir başka ekosisteme taşındığını göstermektedir [7]. Deniz ekosisteminde meydana gelebilecek bu tür istilalar, kimi zaman tüm habitatın yok olmasına neden olabilecek zararlar verebilmektedir. Sonuç olarak istilacı türlerin yayılması ekolojik anlamda başlıca büyük tehditlerden biri haline gelmiştir.

18.yy'ın sonlarında İspanyol yetkililer, "Ordenas Generales de las Capitanias de Puerto" (1783) adı ile bazı düzenlemeler yayımlamışlardır. Bu düzenlemelerde kıyı yetkililerinin izni olmadan balast alınmasının ya da balast boşaltılmasının yasak olduğunu belirtilmiştir. Balast alım ve boşaltım işlemlerinin uygun önlemler alınarak yapılması gerektiği bildirilmiştir. Bu uygulama balast boşaltımı konusunda getirilen ilk kurallardan biri olma özelliği taşımaktadır [5]. 1970'lerde deniz canlılarının bu şekilde başka bir ortama aktarılmasının deniz ekosistemi için major tehlikelerden biri olduğunun farkına varılmıştır. 1980'lerde ise Kanada ve Avustralya'da istila sorunları görülmüştür.

Deniz yolu ile yapılan ticaretin son yıllarda büyük bir hızla ilerlemesi, kullanılan gemi sayısında büyük bir artış getirmiştir. Bu artışla orantılı olarak farklı habitatlara boşaltılan balast suyu ve bu balast suyu ile taşınan canlıların sayısında da büyük artış görülmüştür. Bu durumun farkedilmesi ve doğabilecek tehlikelerin farkına varılması ile ulusal seviyede alınacak tedbirlerin yeterli olmadığı anlaşılmış ve uluslararası düzeyde belli düzenlemelerin getirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Uluslararası Denizcilik Örgütü (*IMO-International Maritime Organization*) tarafından oluşturulan balast suyu yönetimi planı ile gemilerin yaşlarına ve kapasitelerine bağlı olarak belirli sınırlar konulmuş ve balast alımı ile tahliyesi için bazı kurallar belirlenmiştir. Tüm bu düzenlemeler neticesinde balast suyu arıtma sistemlerinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Halen gelişmekte olan bu sistemler ve yürürlüğe girmek

üzere olan düzenlemeler sayesinde balast suyu nedeniyle oluşabilecek tehlikelerin minimum düzeye indirgenmesi amaçlanmaktadır.

IMO'nun yaptığı araştırmalar, 2020 yılının sonunda yaklaşık olarak 57.000 geminin balast suyu arıtma sistemi ile donatılacağını göstermektedir. Bu da 2014-2016 yılları arasında yılda yaklaşık olarak 10.000 gemiye bu sistemlerin kurulması gerektiği anlamına gelmektedir [8].

Bu çalışma toplamda 9 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün ardından ikinci bölümde, gemiler için balast suyu kullanımının gerekliliği ve balast sularının ve sedimentlerinin ekosistem üzerindeki etkileri anlatılmıştır. Dünya genelinde ve Türkiye'de balast suları ile taşınmış olan ve istilacı olan türler hakkında bilgi verilmiş ve sorunun ciddiyetinin önemine vurgu yapılarak, balast suyu probleminin tüm dünya denizleri için önemli olduğundan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, gemi balast suyu yönetimi için uluslar arası düzeyde yapılan çalışmalar ve düzenlemeler üç ana başlık altında incelenmiştir. Özellikle direkt olarak yabancı tür istilasını hedef alan Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi aktarılmış, dünyanın ve ülkemizin bu sözleşmeye yaklaşımından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde balast suyu yönetimi için geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan yöntemler detaylandırılmıştır. Mekanik, fiziksel ve kimyasal olarak üç ana başlıkta toplanmış olan balast suyu arıtma yöntemlerinin çalışma prensipleri aktarılmış, daha sonra ise arıtmadan alınan verimin artırılması için bu ana yöntemlerin iki ya da daha fazlasının bir arada kullanıldığı karma sistemler hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, bir önceki bölümde anlatılmış olan balast suyu arıtma yöntemlerinin detaylı karşılaştırılması yapılmış, yöntemlerin avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur.

Altıncı bölümde, gemilerde kullanılacak olan balast suyu arıtma sistemleri seçilirken dikkat edilmesi gereken faktörlerden bahsedilmiştir.

Yedinci bölümde biri balıkçı diğeri kuru yük olmak üzere iki gemi için balast suyu arıtma sistemi seçiminin, eldeki veriler doğrultusunda tersane yaklaşımı ile nasıl yapıldığı detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Sekizinci bölümde ise, bu çalışmanın odak noktası olan KPI (Anahtar Performans Göstergeleri) yöntemi ile, gemi ya da gemiler için en uygun olan balast suyu arıtma sisteminin nasıl seçilebileceği üzerinde durulmuş, bir önceki bölümde tersane yaklaşımı ile ekipman seçimi yapılan iki gemi için, KPI analizi ile ekipman seçiminin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

Son bölüm olan dokuzuncu bölümde ise, çalışma sonucu elde edilen sonuçlar ve bilgiler değerlendirilmiş, KPI yönteminin balast suyu arıtma sistemi seçiminde konusunda getirdiği faydalar uygulamalar ile aktarılmıştır.

2. BALAST SUYU ve BALAST SUYU İLE TAŞINAN ORGANİZMALAR İLE YARATABİLECEKLERİ SORUNLAR

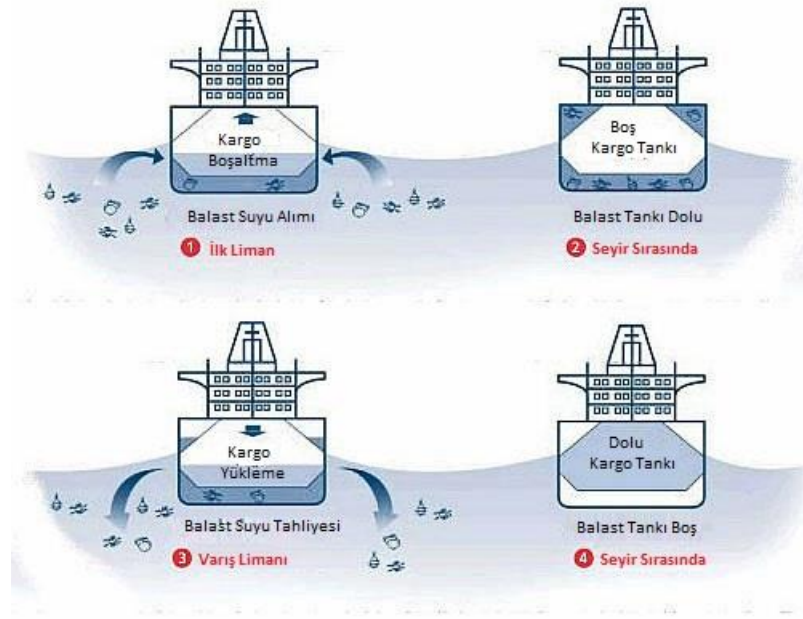
2.1 Balast Suyu Nedir?

Genel anlam olarak balast, bir cismin dengesini sağlamak ya da onu ağırlaştırmak amacı ile kullanılan her türlü nesnedir. Her ne kadar gemilerin minimum balast ile seyahat etmeleri gemi sahipleri açısından maddi olarak en uygun olanı olsa da, teknik açıdan bakıldığında kimi zaman gemi stabilitesini sağlamak kimi zaman da sevk sisteminden alınan verimi arttırmak için pervanenin suda bulunduğu konumu ayarlamak amacıyla gemilere balast alma ihtiyacı doğurmuştur. Gemilerde bu ihtiyacın ilk farkına varıldığı zamanlarda balast amaçlı kaya, kum ve demir gibi ağırlık sağlayabilecek kuru balastlar kullanılmıştır. Ama bu hem efektif bir yöntem değildir, hem de zaman kaybına yol açmıştır. Teknolojinin ilerlemesi ile gemilerde denge sağlamak için bu tür katı maddelerin yerine deniz suyu kullanılması yönüne gidilmiştir. Denizden balast olarak kullanılmak için alınan bu su, balast suyu olarak adlandırılmaktadır. Gemilere balast suyu daha çok yüksüz konumlarında ve gemi taşıma kapasitesinin yaklaşık olarak %30-35'i mertebesinde alınır. Çizelge 2.1'de gemi türlerine göre yaklaşık balast taşıma kapasitelerine ait bilgi yer almaktadır.

Çizelge 2.1 : Gemi türlerine göre balast taşıma kapasitesi [9].

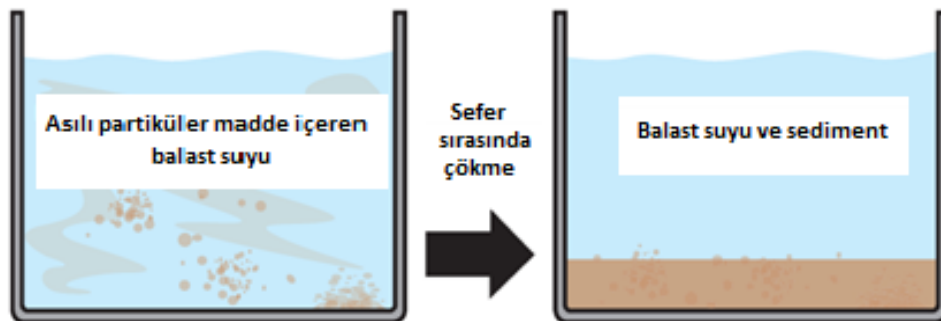
Gemi Tipi	DWT	Normal Balast		Fazla Balast	
		MTon	DWT Oranı	MTon	DWT Oranı
Dökme Yük	250.000	75,000	30	113,000	45
Dökme Yük	150,000	45,000	30	67,000	45
Dökme Yük	70,000	25,000	36	40,000	57
Dökme Yük	35,000	10,000	30	17,000	49
Tanker	100,000	40,000	40	45,000	45
Tanker	40,000	12,000	30	15,000	38
Konteynır	40,000	12,000	30	15000	38
Konteynır	15,000	5,000	30	N/A	
Kuru Yük	17,000	6,000	35	N/A	
Kuru Yük	8,000	3,000	38	N/A	
Yolcu / Ro-Ro	3,000	1,000	33	N/A	

1800'lü yılların başlarında gemilerde balast ağırlığı kuru balast alınarak sağlanmaktaydı. Kullanılan bu kuru balast, daha çok tersane ve limanlarda uygun alanlara boşaltılır ve daha sonra o bölgeye gelen diğer gemiler tarafından balast olarak tekrar kullanılırdı. 1800'lü yılların sonlarında ise deniz suyu balast olarak kullanılmaya başlanmıştır [10]. Deniz suyunun balast olarak kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda boş kargo tankları bu suyu depolamak amacı ile kullanılmıştır. Ancak kargo tanklarında taşınmış olan yüklerden dolayı bu tanklarda 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, denize tekrar boşaltıldığında limandaki organizmaların ölümüne yol açmaktadır [11]. Bu durum, gemilerde dizayn açısından bir takım değişikliklere gidilmesi gerektiğine dair farkındalık yaratmıştır. Boş kargo tanklarının balast tankı olarak kullanılmasından ziyade bu balast suyunu depolamak amaçlı ayrılmış bölmeler gemi bünyesine ilave edilmiştir. Bu durum da balast suyu tanklarının ortaya çıkmasına vesile olmuştur [12]. Böylece balast olarak alınan suyun kirlenmesi durumunun önüne geçilmiştir. Ancak balast suyu bu şekilde tortu ve kimyasal madde atıklarından arındırılmış olsa da ortaya farklı bir durum çıkmıştır. Gemilerin balast tanklarının daha temiz olmasını ve teknolojideki ilerlemeler sayesinde gemilerin seyir sürelerinin de kısalması ile hem balast tanklarına alınan suda bulunan canlıların bir kısmının hayatta kalması mümkün hale gelmiş, hem de okyanusların farklı bölgelerinde bulunan türlerin başka bölgelere yayılmasını engelleyen doğal bariyerler de ortadan kalmıştır. Bu durum bir ekosistemden başka bir ekosisteme taşınan canlı sayısında artışa neden olmuştur [13]. Aşağıdaki Şekil 2.1'de gemi balast suyunun çevrimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Gemi balast suyu çevrimi [14].

Gemiler yüklerini boşaltırken dengeyi korumak için balast tanklarına deniz suyu alırlar. Bu sırada suyu aldıkları bölgedeki deniz canlıları ve bir takım partiküller de su ile birlikte geminin balast tankına alınırlar. Balast suyu ile gemi balast tankına alınan organizmalar, virüslerden 30 cm büyüklüğünde balıklara kadar oldukça geniş boyut aralığında çeşitlilik gösterirler [15]. Yolculuk sırasında balast tankı içerisine balast suyu ile birlikte alınmış olan balık yumurtası, larva vb. sucul organizmalar Şekil 2.2'de gösterildiği gibi tankın dibinde birikirler. Bu birikim mikroorganizmalar için bir besin kaynağı oluşturur. Böylece çoğu mikroorganizma seyahat süresince balast tankındaki koşulların güçlüğü nedeni ile yaşamlarını devam ettiremezlerken, bir kısmı da hayatta kalmayı başarırlar.



Şekil 2.2 : Balast suyundaki partiküllerin çökme süreci [16].

Gemiler yükleme limanına vardıklarında ise kargo bölümüne yük almadan önce balast tankları boşaltılır. İşte bu süreçte tanklarda hayatta kalmayı başarmış olan organizmalar da su ile birlikte bu yeni ekosisteme aktarılmış olurlar.

Dünya üzerinde gemi ile yapılan nakliyeciliğin büyüklüğünü düşünürsek, ekosistemler arasında canlı transferinin çok ciddi boyutlarda olduğu ortadadır.

2.2 Balast Suyu ile Taşınan Organizmaların Neden Olduğu Sorunlar

Gemilerde balast olarak deniz suyu kullanmak pratikte oldukça kullanışlı olsa da beraberinde pek çok sorunu da getirmiştir. Gemilerdeki balast tanklarına alınan balast suyu; balık yumurtaları, larvaları, bakteriler ve bitkiler gibi pek çok farklı canlının farklı ekolojik sistemlere taşınmasına neden olmaktadır. Bu organizmalardan canlı kalmayı başarabilenlerden bazıları, balast suyu ile boşalttıkları ekosistemde yaşam şansı bulurlar. Farklı ekosistemlerden gelip başka bir ekosistemde yaşamaya başlayan bu canlılara "yerli olmayan" (*non-native*) organizmalar denir. Yerli olmayan bu organizma türleri kimi zaman girdikleri bu yeni ekosistemlerde istilacı canlı olabilirler. İstilacı sucül organizmaların farklı ekolojik sistemlere girişinin ilk kanıtlarına 1903 yılında rastlanmıştır. Bilim adamlarının yaptığı araştırmalar sonucu Kuzey Denizi'nde *Odontella* adı verilen Asya fitoplankton alglerine rastlanmıştır. Bu doğal ekolojik ortama giren farklı türlerin olabileceğine dair ilk bulgulardandır. Ancak 1970'lere kadar bu durum ile ilgili ciddi bir çalışma yapılmamıştır. 1980'lerde Kanada ve Avustralya'da istilacı türlerin yarattığı sorunlar ciddi boyutlara ulaşınca, bu konunun önemli bir sorun olduğunun farkına varılmış yerel yetkililer bu sorunu IMO Deniz Çevresini Koruma Komitesi'ne (*MEPC-Marine Environment Protection Committee*) bildirmişlerdir [17].

Marin ekosistemin doğal dengesinin bozulmasındaki insan kaynaklı faktörler büyük önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar gemi aktivitelerinin istilacı türlerin farklı sulara taşınmasındaki en önemli faktörlerden biri olduğu tespit edilmiştir [18]. Bilimadamlarının yaptıkları araştırmalar istilacı türlerin yayılımının marin biyoçeşitliliğine ve marin ekosistemine karşı baş tehditlerden biri olduğunu göstermektedir. Balast suları ile taşınan bu istilacı türlerin çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri vardır.

İstilacı türlerin çevre üzerinde olumsuz etkileri oldukça fazladır. Girdiği ortamda istilacı konumuna gelen canlılar, kimi zaman bu bölgede doğal olarak var olan canlı türlerini avlarlar ve o türlerin yok olmasına neden olabilirler. Bu durum o bölgede hakim olan doğal ekosistemin değişmesine neden olur. Biyoçeşitlilikte meydana gelen bu değişiklik, yerel türün yok olmasına neden olarak, geri dönüşü mümkün olmayan hasarlara yol açabilir. İstilacı türler girdikleri ortamda baskın hale geldiklerinde bölgeyi bu tür canlılardan temizlemek oldukça zor ve hatta kimi zaman imkansızdır. Balast suyu ile taşınan canlılar nedeni ile türleri tehlike altına girmiş olan canlılar Çizelge 2.2'de görülmektedir.

Çizelge 2.2 : Türleri tehlikede olan canlılar [19].

Adı	Türü
<i>Spongia officinalis</i>	Deniz süngeri
<i>Cyprinion macrostamus</i>	Beni Balığı
<i>Salmo trutta labrax</i>	Kırmızı benekli bir tür alabalık
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Denizatı
<i>Acipenser sturio</i>	Mersin balıkları
<i>Acipenser nudiiventris</i>	Rus mersini
<i>Elodone moschata</i>	Misk ahtapotu
<i>Elodone cirrhosa</i>	Kancalı ahtapot
<i>Huso huso</i>	Mersin morinosu
<i>Caretta caretta</i>	Deniz kaplumbağası
<i>Mola mola</i>	Pervane balığı
<i>Haliotis lamellosa</i>	Deniz kulağı
<i>Garra rufa</i>	Yağlı balık
<i>Gerardia savaglia</i>	Siyah mercan
<i>Seal</i>	Ayı balığı

İstilacı türlerin yarattığı sorunlar sadece ekoloji üzerinde bıraktıkları hasarla sınırlı değildir. Bunun yanı sıra istilacı türler pek çok ekonomik zararlara yol açabilmektedirler. Şöyleki, istilacı türler kimi zaman işgal ettikleri bölgelerde doğal olarak bulunan balık türleri ile beslenmektedirler, ya da bu balık türleri ile benzer beslenme alışkanlıklarından ötürü, avlanma rekabetine girip balık türlerinin beslenmesine engel olmaktadır. Bu durumda bölgede mevcut olan balık türleri sayıca azalmakta, bu da bölgede yapılan balıkçılık aktivitelerini olumsuz etkilemektedir. Örneğin Karadeniz'e gemilerle gelen *Mnemiopsis* türü denizanası balıkçılığımıza yaklaşık 1 milyar dolarlık zarar vermiştir [6]. Kimi zaman istilacı tür olarak bölgeye yerleşen yosun türleri bölgede bulunan balık çiftliklerinin zarar görmesine/yok olmasına neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra kimi istilacı türler sert zeminlere yapışırlar. Bu sebeple kıyılarda bulunan inşaatlarda, tesislerde ve

endüstriyel yapılar ile liman yapılarında hasar meydana getirirler. Ayrıca özellikle yosun gibi bitkisel canlıların plaj olarak kullanılan alanlarda istilacı olarak çoğalmaları turizm açısından da ekonomiye zarar vermektedir. Yapılan araştırmalar istilacı türlerin Avrupa turizmine olan zararının yılda 2.2 milyar Euro civarında olduğunu göstermektedir [20].

İstilacı türlerin neden olduğu en önemli sorunlardan bir diğeri de insan sağlığı üzerinde yarattıkları sorunlardır. Balast suları kimi zaman zehirli organizmaların, patojenlerin taşınmasına neden olur, bu da balast suyunun boşaltıldığı bölgedeki suların dinlence amaçlı kullanımına bağlı olarak insanların sağlığını ciddi şekilde etkilenmesine sebep olur. Bunun yanı sıra kimi bakteriler deniz suyu ile birlikte midye ve istiridye gibi canlılar tarafından absorbe edilirler ve bu midye ile istiridye gibi deniz canlılarından tüketen insanlar da bu zararlı maddelere maruz kalırlar.

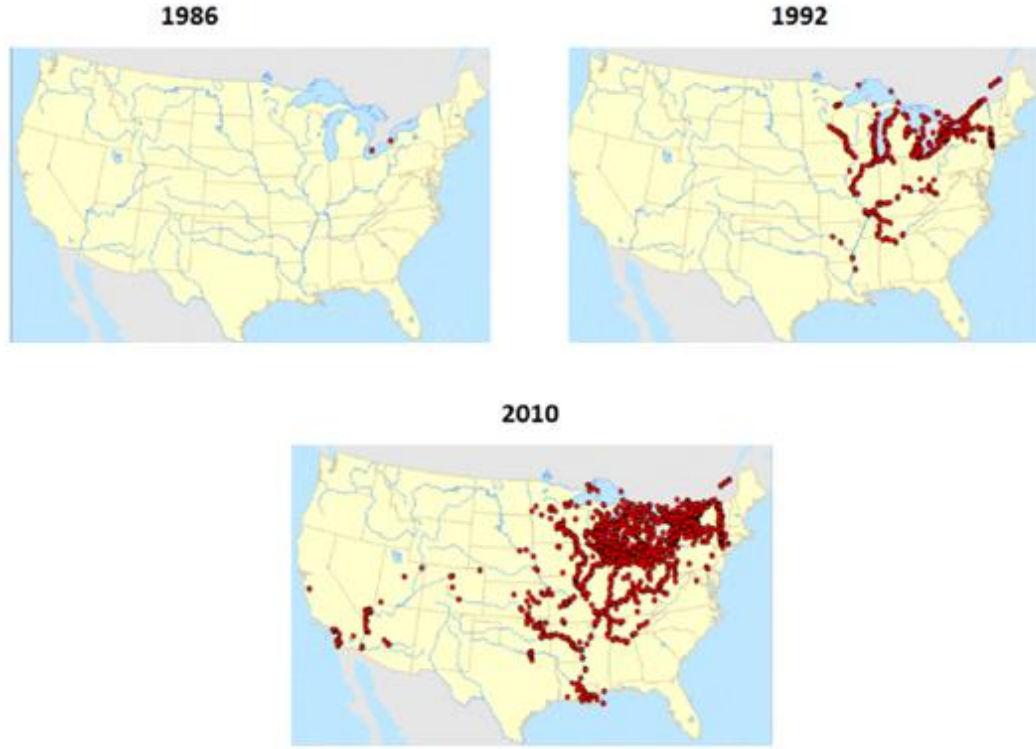
2.2.1 Dünya çapında kaydedilmiş sorunlar

Balast suyu arıtma sistemlerinin kullanılmaya başlanmasından önce balast tanklarında taşınan canlıların yaklaşık %3'ü bu tanklarda hayatta kalmayı başarabildiği değişik kaynaklarda açıklanmıştır [21]. Bu oran küçük olsa dahi büyük çapta istilalara neden olabilmektedir. Bu istilaların en bilindik örneklerinden biri, Kuzey Amerika'da bulunan Büyük Göller (Great Lakes) bölgesinde meydana gelen zebra midyesi istilasısıdır. Bu istilacı tür, Amerika sularının %40'ından fazlasına yayılmıştır. Şekil 2.3'te görülen zebra midyesi, sert zeminlerde toplu olarak çoğalırlar. Ürettiği zemini kaplayarak zeminin doğal dengesini bozduğu gibi, o bölgedeki diğer canlılarla beslenerek ekolojik dengeye de zarar verirler. Ayrıca kıyı bölgelerinde bulunan ve soğutma sistemleri için denizden su alan fabrikaların soğutma sistemlerine sızarak bu yüzeylerde de üreyebilmektedirler.



Şekil 2.3 : Zebra midyesi [22].

Zebra midyelerinin neden olduğu ekolojik zararlarının yanısıra verdikleri ekonomik zararlar da büyük boyutlardadır. 1989-2000 yılları arasında bu istilacı türün Amerikan ekonomisine verdiği zarar 1 milyar dolar civarındadır [23]. U.S. Fish and Wildlife Service'in yaptığı çalışmalar bu zararın 2000-2010 yılları arasında 5 milyar dolar civarı olduğunu göstermektedir [24]. Şekil 2.4'te 1986-2010 yılları arasında Göller Bölgesinde bu canlı türünün yayılımını gösteren harita bulunmaktadır.



Şekil 2.4 : 1986-2010 yılları arasında zebra midyesinin Göller Bölgesi'ndeki yayılımı [25].

Balast suları nedeniyle meydana gelen en yıkıcı olaylardan biri de 1991 yılında *Vibrio Cholera* mikrobi taşıyan balast sularının Peru'da boşaltılması ve bu mikrobun Peru'da içme sularına karışması sonucu olmuştur. İçme sularına karışan bu mikroptan dolayı 1 milyona yakın insan etkilenmiş ve 10.000'den fazla insan ölmüştür [26]. Şekil 2.5'te *Vibrio Cholera*'ya ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 2.5 : *Vibrio cholera* [27].

Karadeniz’de bilinen en büyük tehditlerden biri, 1980’li yılların başında Kuzey Denizi’nden balast suları ile Karadeniz’e ulaşan Amerikan Ktenoforu’dur (*Mnemiopsis leidyi*). Karadeniz’e ulaşan bu tür, hayatta kalmayı başarmış ve 1989 yılı itibariyle yaklaşık 1 milyon tona ulaşarak istilacı hale gelmiştir. Bu kadar ağır kütleye ulaşan tür, pek çok balık yumurtası ve larvanın yanısıra balık beslenmesinde ticari olarak önem taşıyan zooplanktonlarla avlanarak ekosistem üzerinde bıraktığı yıkıcı etkilerin yanısıra, ekonomik sorunlar yaratmaya başlamıştır. Şekil 2.6’da görülen Amerikan Ktenoforu’nun 1996’da balıkçılık endüstrisinde yol açtığı hasar 140 milyon doları bulmuştur [28].



Şekil 2.6 : Amerikan ktenoforu [27].

Orijini Avrupa ve Asya olan deniz piresi 1982’de okyanus aşırı sefer yapan gemiler ile bu bölgelerden alınmış ve Amerika’da bulunan Büyük Göller Bölgesi’ne taşınmıştır. Şekil 2.7’de görülen bu canlı türü yerel balıkların beslenme kaynağı olan bir tür zooplankton ile beslenmektedir. Bu istila nedeni ile Göller Bölgesi’nde bulunan bazı göllerdeki bu yerel zooplanktonların sayılarında azalma görülmüştür.



Şekil 2.7 : Deniz piresi [29].

Kuzey Asya'ya ait bir tür olan Şekil 2.8'de görülen Eldiven Yengeci (*Eriocheir Sinensis*) Avrupa ve Amerika'da istilacı tür haline gelmiştir. Bu tür dünyada bilindik en tehlikeli 100 istilacı türden biri sayılmaktadır [30]. İlk olarak 1992 yılında San Francisco Körfezi'nde görülmüştür ve hızla Sacramento ve San Joaquin Nehir'lerine yayılmıştır. Saklanmak için oyuk açan bu yengeç türü zamanla nehir setlerinde aşınmaya neden olmuş ve erozyona yol açmıştır.



Şekil 2.8 : Eldiven yengeci [30].

Şekil 2.9'da balast suyu ile taşınan ve en istenmeyen on canlı türü olarak belirlenmiş olan canlıların dünya genelinde yayılmasına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 2.9 : En istenmeyen on canlı türü yayılım haritası [31].

2.2.2 Türkiye'de kayıt edilmiş sorunlar

Balast suları ile taşınan canlılar dünya genelinde olduğu kadar Türkiye'de de, özellikle Karadeniz'de, istilacı tür sorunlarına neden olmuştur. Türkiye sularına yılda yaklaşık olarak 23 milyon ton balast suyu boşaltılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda Türk sularında yaklaşık 400 çeşit yerli olmayan türe rastlanmıştır. Bu yerli olmayan türlerden 66 tanesi istilacı tür olup, 19 tanesi de zararlı organizma olarak nitelendirilmektedir. Özellikle Amerikan Ktenoforu, Deniz Salyangozu ve *Beroe Ovata* türlerinin istilası ülkemiz sularında balık türlerine zarar vererek oldukça ciddi ekonomik sorunlara neden olmuşlardır [32]. Karadeniz'de bulunan bazı istilacı türler ve bu türlerin orijinleri aşağıda Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Karadeniz'de bulunan istilacı türler ve orijinleri [6].

Tür Adı	Yıl	Orijin
<i>Balanus improvisus</i> , <i>B. eburneus</i>	19.yy	Kuzey Amerika
<i>Blackfordia virginica</i>	1925	Kuzey Amerika
<i>Mercirella enigmatica</i>	1929	Hindistan
<i>Bourgainvillia megas</i>	1933	Atlantik
<i>Rhithropanopeus harisi tridenta</i> (yengeç)	1937	Pasifik
<i>Rapana thomasi</i> (deniz salyangozu)	1953	Japon Denizi
<i>Mya arenaria</i> (tarak)	1966	Kuzey Denizi
<i>Callinectes sapidus</i> (Mavi yengeç)	1967	Kuzey Amerika'nın Atlantik Kıyıları
<i>Doridella obscura</i> (Nudi branchiate)	1980	Pasifik
<i>Anadara cornea</i> (Ak midye)	1982	Adriyatik
<i>Mnemiopsis leidyi</i> (taraklı medüz)	1982	Kuzey Amerika'nın Atlantik Kıyıları
<i>Desmarestia viridis</i> (alg)	1990	Kuzey Avrupa

1980'lerde ABD'den kargo gemilerinin balast suları ile taşınarak Karadeniz'e gelen Amerikan Ktenoforu'nun meydana getirdiği tahribat ülkemizi de etkilemiştir. Etçil olan bu türe ait canlılar ortalama 100-120 mm büyüklüğünde olup; zooplanktonlar, balık yumurtaları ve larvalarla beslenmektedirler ve günlük ortalama kendi vücut ağırlıklarının 10 katı miktarda besin tüketmektedirler. Amerikan Ktenoforu'nun bu kadar tahribat yaratmasının bir diğer nedeni de oldukça hızlı üremesidir. Bu tür, günde yaklaşık sekiz bin yumurta bırakır ve yumurtadan çıkan hayvan iki haftada erginleşir. Bu hızlı üreme ve yüksek tüketim değerleri sonucu Karadeniz'in ülkemiz kıyılarında hamsi miktarında ciddi düşüş olmuştur. 1988 yılında avlanan hamsi miktarı 295.000 ton iken 1989 yılında bu rakam 97.000 tona gerilemiştir. Amerikan Ktenoforu hem balık larva ve yumurtalarını yiyerek hem de etçil balıkların besin

kaynağı olan zooplanktonları tüketerek balık sayısında azalmaya neden olmuş, hem de öldükleri zaman deniz tabanında birikmeye başlayarak çevresel kirlenmeye neden olmuşlardır [6].

Deniz Salyangozları ise ülkemizde ilk olarak 1962 yılında Trabzon kıyısında tespit edilmişlerdir. Bu tür sularımıza Japon denizlerinden gelen gemilerdeki balast suyu ile taşınmıştır . Şekil 2.10’da deniz salyangozuna ait bir görsel bulunmaktadır. Boyları yaklaşık 3-14 cm olan bu tür, denizin 90 metreye kadar derinlerinde yaşar ve genel olarak midye ve istiridye ile beslenirler. Deniz salyangozlarının sayısı artınca midye ve istiridyelerde meydana gelen azalma bu canlılar ile beslenen demersal balıkların nüfusunu da etkilemiştir [6].



Şekil 2.10 : Deniz salyangozu [33].

Şekil 2.11 ile gösterilen taraklı canlı olan *Beroe Ovata* ise Amerikan Ktenaforu yumurta ve larvaları ile beslenmektedir. Aslında *Beroe Ovata* sayesinde Amerikan Ktenaforu sayısında meydana gelen azalma planktonların sayılarının normal seviyelere gelmesini sağlamış olsa da, ilerleyen yıllarda bu türün Karadeniz ekosistemi üzerinde ne tür bir etkisi olacağı bilinmemektedir [6].



Şekil 2.11 : Beroe ovate [34].

3. BALAST SUYU YÖNETİMİ

Gemilerin balast tankları ile taşınan balast suyunun yarattığı sorunlar zaman içerisinde uluslararası problem haline gelmiştir. Sorunun ciddiyetinin farkına varılması ile birlikte bu durum için ulusal ve uluslararası düzeyde adımlar atılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmaları üç başlık altında incelemek mümkündür:

- A. Direkt olarak yabancı tür istilasını hedef alan anlaşmalar
- B. Direkt olarak yabancı tür istilasını hedef almayan ancak içerisinde bu konuda hüküm içeren anlaşmalar
- C. Direkt olarak yabancı tür istilasını hedef almayan ya da içerisinde bu konuda hüküm belirtmeyen ancak dolaylı olarak yabancı tür istilasını etkileyen anlaşmalar [25].

3.1 Direkt Olarak Yabancı Tür İstilasını Hedef Alan Antlaşmalar

3.1.1 Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi

Balast suyu nedeni ile organizmaların taşınmasından kaynaklı sorunlar global düzeyde olduğundan, bu sorunun çözülmesine yönelik adımların da global düzeyde atılması oldukça önemlidir. Gerçekleştirilmiş bazı konferanslarda bu sorun sadece gündem maddelerinden biri olarak kaldığından, direkt bu konunun çözümüne yönelik ciddi adımlar uzun süre atılamamıştır. Sorunun ciddiyetinin anlaşılması ile beraber Birleşmiş Milletler'e bağlı Uluslararası Denizcilik Örgütü IMO direkt olarak gemi balast suyu kaynaklı meydana gelen sorunların çözümüne yönelik çalışmalara başlamıştır.

IMO üyesi devletler arasında yıllar süren araştırmalar sonucu 2004 yılında balast sularının yaratacağı etkileri azaltmak amacı ile uluslararası düzenlemeler yayınlanmıştır. Konu üzerinde uzun yıllar yapılan müzakerelerden sonra 13 Şubat 2004 tarihinde IMO'nun Londra'daki genel merkezinde düzenlenen bir konferansta Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi

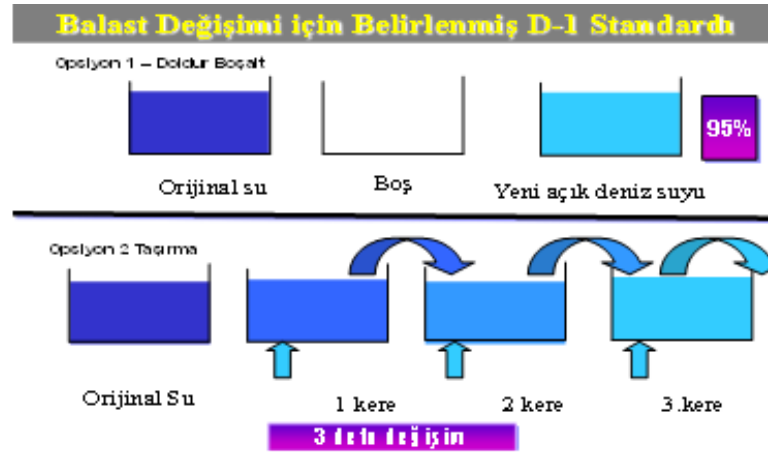
(*International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments*) tamamlanmış ve üye ülkelerin imzasına sunulmuştur [35]. Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi toplamda 22 madde ve 5 kısımdan oluşan bir ekten oluşur. Bu sözleşme, dünya ticaret filosunun %35'ini temsil eden 30 ülkenin onayından 12 ay sonra yürürlüğe girecektir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 44 ülke için mevcut tonaj %32,86'dur. Kasım 2015'te Fas ve Endonezya'nın da imzası ile ülke sayısı 46 olmuştur ancak bu durum IMO resmi sitesinde henüz duyurulmamıştır. Finlandiya'nın da yakın zamanda sözleşmeyi imzalaması beklenmektedir. Mevcut durumda yeni ülkelerin katılımı ile sözleşmeyi imzalayan ülkelerin dünya ticaret filosunun toplam tonajının ne kadarını kapsadığı hesaplanmaktadır [36]. Sözleşmenin son durumu EK A'da verilmiştir. Bu rakam dünya ticaret filosunun toplam tonajının %35'ine ulaştığında sözleşme yürürlüğe girecektir. Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra gemiler inşa yıllarına ve balast suyu taşıma kapasitelerine bağlı olarak sözleşmede belirtilen standartları sağlamak ile yükümlü olacaklardır [35]. Bu standartlar Çizelge 3.1'de açıklanmıştır.

Çizelge 3.1 : Balast suyu yönetmeliği [37].

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

Çizelge 3.1'de belirtilen kurallar ise şu şekilde açıklanmaktadır:

Kural D-1 Balast Suyu Değişimi Standardı: Balast suyu değişimi yapan gemiler, bu değişimi hacimsel olarak %95 verimle gerçekleştirmelidirler. Balast suyu değişimini pompalama yolu ile yapan gemiler, pompalama bahsedilen bu verimlilik şartını karşılayacak şekilde her bir balast tankının hacminin üç katı olarak yapacaklardır. Ancak, hacimsel değişimin %95 olma durumunun gerçekleştiği gösterilirse, üç defadan az pompalama da kabul edilir. Şekil 3.1’de balast suyu değişimi metoduna ait bir şema bulunmaktadır [35].



Şekil 3.1 : Balast suyu değişimi için belirlenmiş D-1 standardı [38].

Kural D-2 Balast Suyu Performansı Standardı: 10 yaşayabilir organizmadan az, boyca 50 μm den büyük ve mililitre başına 10 yaşayabilir organizmadan az, 50 μm den küçük ve boyca 10 μm den büyük yaşayabilir organizmaları boşaltabilirler [35].

Çizelge 3.2 : Balast arıtımı IMO D2 kriteri [39].

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

Sözleşmenin amacı; balast suları ile taşınan zararlı organizmaların denetleyerek ve yöneterek çevreye ve insan sağlığına zarar olabilecek riskleri önlemek ve minimize etmektir. Ayrıca balast suyu kontrol yöntemlerinin istenmeyen yan etkilerini

engellemek ve balast suyu arıtma sistemlerinin teknolojik gelişimi için teşvik etmek de sözleşmenin amaçları arasında yer almaktadır [40].

Türkiye, 13-17 Ekim 2014 tarihleri arasında düzenlenen MEPC 67. Dönem toplantılarında 14 Ekim 2014'te sözleşmeyi imzalayarak, sözleşmeye taraf olan 43. ülke olmuştur [41].

Sözleşmenin kabulünden bu yana liman yetkililerini, gemi sahiplerini, sistem üreticilerini ve klas kuruluşlarını bu yönde atacakları adımlarda desteklemek amacı ile 14 adet rehber döküman geliştirilmiştir. Bu rehber dökümanların listesi Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 : IMO rehberleri [42].

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	BSY Sözleşmesinin A-4 (muafiyetler) kuralı altında rist değerlerndirmesi 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 imkanı 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

Konunun ciddiyetine varılması ile dünya genelinde pek çok üretici firma da balast tankına alınan bu deniz suyunu, içinde bulundurduğu mikroorganizmalardan arındırmak amacı ile balast suyu arıtma sistemleri geliştirme girişimlerine başlamışlardır.

Bu sistemler ve gelişimleri ile alakalı bilgiler bu çalışmada Bölüm 4'te detaylı olarak incelenmiştir.

3.2 Direkt Olarak Yabancı Tür İstilasını Hedef Almayan Ancak İçerisinde Bu Konuda Hüküm İçeren Antlaşmalar

3.2.1 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi

1970'li yıllarda IMO balast suyu ile taşınan organizmalar ile ilgili problemi farketmiştir. Olabilecek olan sorunların uluslararası düzeyde önemli olduğunun bilincinde olan IMO, 1973 yılında gerçekleştirilen MARPOL 73'te (Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi) bu sorundan bahsetmiştir. Atılan bu adım ile balast sularının taşıdığı zararlı organizma ve patojenlerin neden olduğu tehlikeler uluslararası boyuta taşınmıştır [17].

1973 yılında başlayıp 1982 yılında Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'nin (UNCLOS-*United Nations Convention on the Law of the Sea*) kabul edilmesine kadar devam eden Üçüncü Deniz Hukuku Konferansı'nda, birinci ve ikinci deniz hukuku konferanslarına nazaran deniz kirliliği üzerinde daha çok durulmuştur. Konferans neticesinde kabul edilen ancak yürürlüğe girmesi 1994 yılını bulan Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi, okyanusların anayasası olarak anılmaktadır ve pek çok açıdan bir dönüm noktası olmuştur. Sözleşme biyolojik kirliliğin engellenmesine ilişkin bazı hükümler içermektedir ancak bunların kapsamı genel ve geniştir. Sözleşmenin 1(4) maddesinde deniz çevresinin kirlenmesi şu şekilde ifade edilmiştir:

4) Deniz çevresinin kirlenmesinden, canlı kaynaklara ve deniz yaşamına zarar verme, insan sağlığı için tehlike oluşturma, balıkçılık ve denizlerin diğer yasal amaçlarla kullanımı da dahil olmak üzere, denizcilik faaliyetlerini engelleme, deniz suyunun niteliğini değiştirme ve güzellikleri bozma gibi zararlı etkileri olan veya olabilecek maddelerin veya enerjinin, insan

tarafından doğrudan doğruya veya dolaylı olarak, haliçler de dahil olmak üzere, deniz çevresine dahil edilmesi, anlaşılmaktadır [43].

Sucul organizmalar "madde" tanımı altında değerlendirilmesi bir tartışma konusudur. Eğer bu organizmaların transferinin deniz çevresi kirlenmesi tanımına dahil edilebileceği düşünülürse balast suyu ve sedimentlerin de Madde 194 altında değerlendirilebileceği düşünülebilir.

194(3-b) gemilerden kaynaklı kirlenme ve özellikle kazaların önlenmesine ve acil durumlarda deniz trafik güvenliğini sağlayan, kasıtlı veya kasıtlı olmayan boşaltmaları önleyen ve gemilerin dizaynı, yapımı, donanımı, işletilmesi ve gemi personelinin durumunu düzenleyen tedbirler.

Ayrıca, bu sözleşmenin 196 (1) maddesinde yabancı türlerin taşınmasına yönelik de yükümler içermektedir.

1) Devletler kendi yetki ve kontrol alanlarında teknoloji kullanımından kaynaklanan deniz çevresi kirliliğini veya belirgin etki ve zararlı değişikliklere sebep olacak yabancı ya da yeni türlerin belli bir deniz bölgesine maksatlı ya da kaza ile taşınmasını engellemek, azaltmak ve kontrol etmek için gereken her türlü önlemi almak zorundadır [44].

Görüldüğü üzere bu sözleşmede direkt olarak gemilerin balast suyu kaynaklı yabancı tür istilasına yönelik bir ibare olmamasına karşın, deniz çevresini korumaya yönelik içerdiği ibareler sebebi ile bu yönde adım atılmasına yönelik uluslararası girişimlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ancak Türkiye, sözleşmede yer alan karasularının genişliği konusundaki anlaşmazlıklardan ötürü sözleşmeye taraf olmamıştır [45].

3.2.2 Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi -Rio

Birleşmiş Milletler, Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'ni (*World Summit on Sustainable Development*) 1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde düzenlenmiştir. Konferans "Dünya Zirvesi" adı ile anılmaktadır. Bu konferansı daha önce düzenlenen konferanslardan ayıran, sadece hükümetlerin ve devletlerin değil; iş dünyasından, sivil toplum örgütlerinden, bilim dünyasından ve medyadan da geniş bir kitlenin katılmış olmasıdır. Toplamda 172 ülkenin katılımı ile gerçekleştirilmiş olan bu Dünya Zirvesi neticesinde ortaya üç anlaşma çıkmıştır. Bunlar; Gündem 21,

Rio Deklerasyonu ve Orman Prensipleri Raporu'dur. Ayrıca Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi ve Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi imzaya açılmıştır. Bunlardan Gündem 21 ve Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi dolaylı olarak yabancı tür istilasına yönelik hükümler içermektedir [46].

3.2.2.1 Gündem 21

İlk olarak 1972'de Stockholm'de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'nda gündeme getirilen “sürdürülebilir kalkınma” kavramı Dünya Zirvesi'nde de önemli gündem maddelerinden biri olmuştur. Sürdürülebilir kalkınma ile “bugünün ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek kuşakların da kendi ihtiyaçlarını karşılama gücünden ödün vermeden ilerleme” bilinci anlatılmaya çalışılmaktadır [47]. Bu kavram Dünya Zirvesi'nde Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından 21. yy'ın küresel hedefi olarak deklare edilmiştir ve bu yönde Gündem 21 (*Agenda 21*) başlığı ile bir eylem planı ortaya çıkmıştır. Gündem 21, 21. yy'ın çevre ve kalkınma sorunları ile nasıl başa çıkılabileceğine dair ilkeler ve sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmaya yönelik yapılacak olan eylemlerin belirtildiği, bağlayıcılığı olmayan bir anlaşmadır. Bu anlaşmada denizlerdeki faaliyetlerden dolayı deniz çevresinin bozulmasının önlenmesi, azaltılması ve kontrol edilmesine yönelik maddeler içermektedir. Gündem 21'in 17. Bölümü okyanusların ve her türü denizlerin korunmasına yönelik konuları içerir.

17.30 - Devletler, tek başlarına, çift taraflı olarak, bölgesel olarak veya çok taraflı olarak ve IMO ve diğer alt-bölgesel, bölgesel veya global ilgili uluslararası kuruluşlar çevresinde hareket ederek, deniz çevresinin bozulmasına karşı ilave tedbirler ihtiyacını değerlendirmelidir.

(a) Denizcilikten kaynaklanan deniz çevresi bozulmaları için;

(iii) Başta yasadışı deşarjlar olmak üzere gemilerden kaynaklanan deniz kirliliğinin izlenmesinde (mesela havadan gözlem yoluyla) işbirliği yaparak ve MARPOL deşarj hükümlerinin daha sıkı uygulanmasını sağlayarak;

(iv) IMO tarafından belirlenen çok hassas alanlarda gemilerin neden olduğu kirlilik durumunu değerlendirerek ve gerekli olduğunda, genel olarak kabul edilen uluslararası düzenlemelere uyulmasını sağlamak için bu alanlar dahilinde tedbirler almak için eyleme geçmek [46];

Ülkeler, herhangi bir bağlayıcılığı olmayan bu anlaşmada yer alan hususlarda tek başlarına hareket etmeye teşvik edilseler de diğer ülkelerle ya da IMO çerçevesinde ya da diğer bölgesel/ulusal organizasyonlarla beraber hareket etmelerinde herhangi bir sakınca görülmemiştir. Rio'da düzenlenen bu zirvenin onuncu yıldönümünde zirve 26 Ağustos – 4 Eylül 2002 tarihleri arasında Johannesburg'da düzenlenmiştir. Bu zirvede de Gündem 21 tekrar teyit edilmiştir. Ayrıca IMO Balast Suyu ve Sedimenti Yönetimi Anlaşması'nı tamamlaması ve balast duyu içerisindeki istilacı türlerin kontrolüne ilişkin çalışmaları hızlandırması konusunda teşvik edilmiştir.

3.2.2.2 Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi

Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (*CBD Convention-United Nations Convention on Biological Diversity*) Gündem 21 ile beraber Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nin bir parçasıdır. Zirve sırasında imzaya açılmış olan Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, sadece biyolojik çeşitliliğin korunması ve biyolojik kaynakların sürdürülebilir kullanımına ilişkin konular değil, genetik kaynaklar ve biyoteknoloji konularını da ele alınmıştır. Türkiye bu sözleşmeye 1996 yılında taraf olmuştur. Sözleşmede biyolojik çeşitlilik [48];

Madde 2: “Biyolojik çeşitlilik”, diğerlerinin yanı sıra kara, deniz ve diğer su ekosistemleri ile bu ekosistemlerin bir parçası olduğu ekolojik kompleksler de dahil olmak üzere tüm kaynaklardan canlı organizmalar arasındaki farklılaşma anlamındadır; türlerin kendi içindeki ve türler arasındaki çeşitlilik ve ekosistem çeşitliliği de buna dahildir.

şeklinde tanımlanırken; yabancı ve yeni türlerin farklı ekosisteme girişinin engellenmesine yönelik;

Madde 8 (h): Ekosistemleri, yaşam ortamlarını veya türleri tehdit eden yabancı türlerin girişini engelleyecek, bu türlerin denetim altına alacak veya yok edecektir;

ifadesi yer almaktadır. Sözleşme tamamen gemilerin balast sularından kaynaklı yabancı tür istilasına yönelik olmasa da, içerdiği maddelerden ötürü dolaylı olarak bu durumu etkilemektedir.

3.3 Direkt Olarak Yabancı Tür İstilasını Hedef Almayan ya da İçerisinde Bu Konuda Hüküm Belirtmeyen Ancak Dolaylı Olarak Yabancı Tür İstilasını Etkileyen Antlaşmalar

3.3.1 Sağlık ve Bitki Sağlığı Anlaşması

1995 yılında kurulmuş olan Dünya Ticaret Örgütü (WTO-*World Trade Organization*) tarafından kurulduğu yıl yürürlüğe giren Sağlık ve Bitki Sağlığı Anlaşması (SPS-*Agreement on the Application of Sanitary And Phytosanitary Measures*) ülkelerin gıda güvenliğini sağlamanın yanı sıra hayvanların ve bitkilerin de hastalıklardan korunmasını sağlamak amaçlı tedbirler içeren bir anlaşmadır. Dolaylı olarak deniz yolu ile yapılan ticaret de dahil olmak üzere uluslararası ticareti etkileyen sağlık ve bitki sağlığı önlemlerinin uygulanması için bir rehber niteliğindedir [49].

3.3.2 FAO

Balast suları ile taşınan ve kimi zaman istilacı hale gelen türlerden balık larva ve yumurtaları ile beslenenler, balıkçılık sektöründe zararlara neden olmaktadır. 1988 yılında Amerikan Ktenaforu'nun Karadeniz'de istilacı tür haline gelmesi ile Karadeniz'in ülkemiz kıyılarında avlanan hamsi miktarı 1 sene içerisinde yaklaşık 200.000 ton azalma görülmüştür. Bu rakam balıkçılık sektörü için ciddi bir zarardır.

31 Ekim 1995 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO- *Food And Agriculture Organization of The United Nations*) FAO Konferansı'nda oy birliği ile kabul edilen FAO Sorumlu Balıkçılık Uygulama Kuralları (FAO *Code of Conduct for Responsible Fisheries*) ile çevre ile uyumlu olarak sucul canlı kaynakların sürdürülebilir kullanımını garanti altına alan ulusal ve uluslararası girişimleri belirleyen çerçeve oluşturulmuştur [50]. Sözleşmenin 7.2.2 (g) maddesinde ekosistemlerdeki biyolojik çeşitliliğinin korunmasına yönelik önlemler alınması gerektiği belirtilmektedir. Sözleşme, ayrıca sucul organizmaların kasti olmadan taşınmalarına yönelik ifadeler de içermektedir.

3.4 USCG (Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenlik) Kuralları

IMO'nun ortaya koyduğu balast suyu arıtımına ilişkin uluslararası standartların yanı sıra, Amerika Birleşik Devletleri Senatosu ve Kaliforniya Eyaleti kendilerine ait balast suyu standartlarını oluşturmuşlardır.

Bu kapsamda 1. Safha olarak nitelendirilen balast suyu arıtma standartları IMO D2 standartları ile aynı kapsamdadır. Ancak 2. Safha standartlar IMO D2 standartlarından 1000 kat daha katı kurallar içermektedir. Aşağıda Çizelge 3.4'te balast suyu arıtımına ilişkin Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenlik'ine ait standartlar yer almaktadır. Çizelge 3.5'te ise Kaliforniya Eyaleti'nin standart bilgileri yer almaktadır.

Çizelge 3.4: Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği balast suyu arıtma standartları ve IMO D2 Standartları ile olan farkı [51].

Organizma Boyutu	USCG 1.Safha Standart	USCG 2. Safha Standart	IMO D2 Standartı
Plankton, boyu > 50 μ m	< 10 adet/m ³	< 1 adet/100m ³	< 10 adet/m ³
Plankton, boyu 10-50 μ m	< 10 adet/ml	< 1 adet/100 ml	<10 adet/ml
Bakteri-Virüs, boyu <10 μ m	Limit yok	<103 bakteri/100 ml <104 virüs/100 ml	Limit yok
Toxicogenic Vibrio Cholerae	< 1 cfu/100ml	< 1 cfu/100ml	< 1 cfu/100ml
Escherichia Coli	<250 cfu/100ml	< 126 cfu/10ml	<250 cfu/100ml
Intestinal Enterococci	< 100 cfu/100ml	< 33 cfu/100 ml	< 100 cfu/100ml

Çizelge 3.5: Kaliforniya Eyaleti balast suyu arıtma standartları ve IMO D2 Standartları ile olan farkı [51].

Organizma Boyutu	Kaliforniya Standartı	IMO D2 Standartı	USCG 2.Safha Standart
Plankton, boyu > 50 µm	Ölçülebilir hiç bir yaşayan organizma olmamalı	< 10 adet/m ³	< 1 adet/100m ³
Plankton, boyu 10-50 µm	< 0,01 adet/ml	<10 adet/ml	< 1 adet/100 ml
Bakteri-Virüs, boyu <10µm	<10 ³ bakteri/100 ml <10 ⁴ virüs/100 ml	Limit yok	<10 ³ bakteri/100 ml <10 ⁴ virüs/100 ml
Toxicogenic Vibrio Cholerae	< 1 cfu/100ml	< 1 cfu/100ml	< 1 cfu/100ml
Escherichia Coli	< 126 cfu/100ml	<250 cfu/100ml	< 126 cfu/10ml
Intestinal Enterococci	< 33 cfu/100ml	< 100 cfu/100ml	< 33 cfu/100 ml

Çizelge 3.6’da Amerika’da geçerli olan balast suyu arıtma kuralları gereğinde, mevcut ve yeni inşa edilen gemilere yönelik sistem entegrasyon tarihine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 3.6:Amerika’da geçerli, mevcut ve yeni gemiler için balast suyu arıtıma sistemi entegrasyon bilgileri [51].

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

Amerika Birleşik Devletleri, balast suyuna ilişkin belirlediği standartlarda balast taşıyan gemilere ilişkin bir takım uyumluluk standartları açıklamıştır. Bu doğrultuda, Amerika Birleşik Devletleri karasularında bulunan bir gemi;

- Balast boşaltmayacak; ya da
- Gemi bünyesinde USCG tarafından onaylı bir balast suyu arıtma sistemi bulunduracak; ya da
- Bünyesinde USCG onaylı bir balast suyu arıtma sistemi bulundurmuyor ise, balast suyunu, balast suyu arıtımına yönelik faaliyet gösteren tesislerde gerçekleştirecek; ya da
- Balast suyunu yalnızca Amerika şehir suyu sisteminden karşılayacak.

Eğer bir gemi yukarıdaki şartları sağlayamıyor ise, balast suyu ile Amerika karasularına bulunabilmesi için iki geçici çözüm üretilmiştir.

- USCG tarafından incelenmiş ve kabul edilmiş, yabancı bir kurum tarafından onaylı bir balast suyu arıtma sistemi kullanacak
- USCG tarafından gerekli koşulları yerine getirmek üzere ek süre talep edecek [51].

EK B’de USCG tarafından onaylanmış Alternatif Balast Suyu Arıtma Sistemleri listesi yer almaktadır.

4. BALAST SUYU ARITMA YÖNTEMLERİ

Balast suyunun içerdiği organizmaların taşınmasının neden olduğu sonuçlardan dolayı yapılan araştırmalar, bu organizmaların miktarlarının, balast suyu başka bir ekosisteme boşaltılmadan önce minimize edilmesine yönelik sistemlerin geliştirilmesinin zorunlu olduğunu ortaya koymuştur. Ancak denizlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği için, balast suyunu arıtmaya yönelik geliştirilmeye çalışılan teknolojilerin önünde bir takım engeller çıkmıştır. Ayrıca ilerleyen teknoloji sayesinde gemilerin seyir sürelerinin de azalmış olması, kısa sürede büyük miktarda suyun arıtılması gerekliliğine neden olmuştur. Bu durum, balast suyu arıtmasına yönelik yapılan çalışmaların önünde bir problem olarak ortaya çıkmıştır.

Balast suyunun arıtılmasına yönelik teknolojik çalışmalar devam etmekte iken, zararlı organizmaların taşınmasını engelleme konusunda en yaygın olarak kullanılan yöntem, Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC) tarafından da önerilen açık denizde balast suyunun değişimidir. Açık denizlerde genellikle daha az sayıda organizma vardır. Ayrıca açık denizlerde varolan organizmaların deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen farklılıklardan ötürü kıyı bölgelerde hayatta kalması pek mümkün değildir. Aynı şekilde kıyı bölgelerinde yaşayan organizmaların da açık denizlerde hayatta kalmaları beklenmez [52]. Açık denizde balast suyu değiştirme metodu kullanıldığında dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Gemi balast suyu alacağı zaman, deniz suyu ile beraber balast tankına aktarılabacak olan organizmaları minimuma indirmek için zararlı organizmaların varlığının bilindiği bölgelerden, sığ sulardan uzak bölgelerden balast suyu alınmalıdır
- Balast tankları düzenli olarak temizlenmeli ve zararlı organizma barındırma ihtimali olan çökeltilerden arındırılmalıdır
- Gereksiz balast suyu boşaltımından kaçınılmalıdır şeklinde açıklanabilir [53].

Gemi Balast Sularının ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi 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 kullanılabilir [35].

Balast suyu değişimi metodu temel olarak üç farklı şekilde yapılabilir; balast tankı tamamen boşaltılıp tekrar doldurulabilir (ardışık), pompalar yardımı ile devamlı yeni deniz suyu alınıp balast tankında taşma meydana getirilerek balast suyu seyreltilir (seyreltme) ya da tankın üst kısmından yeni deniz suyu tanka pompalanırken alt kısmından da mevcut balast suyu denize boşaltılarak tanktaki suyun değişimi (devirdaim) gerçekleştirilebilir [54]. Bu metod oldukça yaygın kullanılan bir yöntem olsa da Gemi Balast Sularının ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi yürürlüğe girdikten sonra ancak D2 standartlarını sağlayabildiği durumlarda geçerliliğini koruyacaktır [55].

Balast suyu değişimi metodunda, balast suyunun değişimi gemi seyir halinde iken yapıldığından oluşan zaman kaybı azdır. Bu yöntemde herhangi bir ekstra ekipman kurulumu ya da gemi elemanının eğitimi gerekmediği için maliyet sorunu yoktur.

Balast suyu değişimi yapan bir geminin, hacimsel olarak balast suyunun en az %95'ini değiştirmesi gerekmektedir. Ancak gemi sahipleri kıyıda uzak açık denizde yapılan bu balast suyu değişiminin gemide yapısal risklere neden olabileceğini belirtmişlerdir [53]. Bunun yanı sıra geminin balast tankında bulunan organizmaların tank içindeki dağılımı homojen olmadığından, balast suyunun hacimsel olarak %95'inin değişimi, balast suyunda bulunan organizmaların %95'inin tanktan temizlenmesi anlamına gelmemektedir [56]. Bu yöntem deniz suyu ile balast tankına alınan sedimentler göz önünde bulundurulduğunda istenmeyen organizma ve patojenlerin yayılmasına tam anlamı ile efektif bir çözüm sağlamaz [57]. Balast suyu değişimi ile arıtma işleminde yapılan araştırmalar fitoplankton ve zooplanktonların arıtılmasında elde edilen verimliliğin %48 ile %87 arasında olduğunu göstermiştir ki bu oldukça geniş bir değer aralığıdır [58]. Ancak yapılan pek çok çalışma, balast suyu değişiminden sonra tankta zehirli fitoplanktonlar da dahil olmak üzere taksonların miktarlarında ve çeşitliliğinde artış olduğunu göstermiştir. Örneğin, McCollin ve arkadaşları 2007 yılında Kuzey Denizi'nde hem doldur/boşalt yöntemini kullanarak hem de eş zamanlı tank doldurma/boşaltma yöntemini kullanarak bir

Çalışma yapmışlar ve balast suyu değişimi metodunun verimliliğini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre balast suyu değişiminden sonra balast tankındaki toplam fitoplankton miktarında düşüş görülmektedir ancak bazı durumlarda tankta zararlı türdeki canlıların çeşitliliğinde artış meydana gelmektedir [59].

Zhang ve Dickman'ın 1999 yılında iki farklı gemide balast değişimi ile yaptıkları çalışmalarda verimlilik konusunda farklılıklar gözlemlemişlerdir. İnşa yılı daha eski olan gemide yapılan ölçümler, balast tankında bulunan tek hücreli yosunlarda ve dinoflagellatların sayısında %48 azalma olduğunu göstermektedir. İnşa yılı daha yeni olan gemide yapılan ölçümler ise, aynı canlı türlerinde %87 azalma olduğunu göstermiştir. Elde edilen ölçümlerdeki bu farklar, balast suyu değişimi yöntemi ile yapılan arıtmada verimliliğin geminin yaşı ile orantılı olduğunu göstermiştir [58]. Ayrıca balast suyu değişimi ile balast tankındaki bulunan mikrobiyal ekolojide herhangi bir değişim olmadığı da gözlenmiştir [60]. Çizelge 4.1'de balast suyu değişimi yöntemi kullanılarak yapılan balast suyu arıtımında elde edilen verimliliklere ait bilgiler yer almaktadır .

Çizelge 4.1 : Balast suyu değişimi metodu kullanılarak elde edilen verimlilik [61].

Canlı Türü	Verimlilik	Açıklama
Zooplankton ve rotifer	% 67	Balast suyunda tatlı ve tuzlu suda yaşayan canlıları barındıran 24 gemi üzerinde yapılan incelemeler sonucu elde edilmiştir.
Zooplankton ve rotifer	% 96	Alınan balast suyunun tuzluluk oranı ≥ 30 olan 14 gemi üzerinde yapılan incelemeler sonucu elde edilmiştir.
Dinoflagellat ve diatoms	%87	-
Dinoflagellat ve diatoms	%83	-
Dinoflagellat ve diatoms	%48	-
Fitoplankton	%95	-

Balast suyu değişiminden elde edilen verim balast tanklarının ve balast pompalarının dizaynında bir takım düzenlemeler yapılarak arttırılabilir. Genel olarak balast tanklarında tek bir pompa mevcuttur ve bu pompa hem tanka balast alımını hem de tanktan balast boşaltılmasını sağlamaktadır. Balast tankına ek bir pompa ilave edilerek balast alım ve boşaltım işlemi aynı anda gerçekleştirilebilir. Bu yöntem

geminin yapısal açıdan da daha güvenli olmasını sağlar. Verimliliği arttırmanın bir diğer yolu ise, balast tankının dibinde kalan sediment ve artık suyu tanktan tahliye etmektir. Balast tankı dizayn edilirken gemi bünyesinde imal edilecek olan bir atık tankı ve balast tankın alt bölmesine yerleştirilecek olan bir pompa ile atık su ve sedimentin atık tankına aktarımı sağlanır, böylece balast tankının temizliği sağlanmış olunur [15].

Balast suyu değişimi yönteminin operasyon maliyeti ton başına yaklaşık olarak 0,01-0,02 \$ arasındadır, ancak gemiye güvenlik açısından ek bir borulama yapılması gerekirse, bu maliyet artabilir [62].

Genel olarak balast değişimi yönteminin zorlukları ve elde edilen verim gözönüne alındığında, Gemi Balast Sularının ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi gereği gemilerde balast suyunun arıtılmasına yönelik sistemlerin kurulumlarını zorunlu hale gelmiştir.

IMO balast suyu arıtma sistemlerini "...mekanik, fiziksel, kimyasal ya da biyolojik işlemleri tek tek ya da kombinasyon olarak kullanıp zararlı organizma ve patojenleri zararsız hale getiren ya da alınmasını ya da boşaltılmasını engelleyen sistemlerdir. Balast suyu arıtma sistemleri balast suyu alımında ya da boşaltılmasında, seyir sırasında ya da bunların kombinasyonu olan bir durumda çalışırlar." şeklinde tanımlamıştır [52]. IMO'nun yayınlamış olduğu D2 standartlarına cevap verebilmek adına pek çok farklı balast suyu arıtma metodu geliştirilmiştir. Geliştirilmiş ve gelişmekte olan balast suyu arıtma yöntemlerini temel olarak üç ana başlık altında incelenebilir.



4.1 Mekanik Yöntemler

Mekanik yöntemler denildiğinde akla gelen yöntemler siklonik ayırıştırma ve filtrasyon yöntemleridir. Mekanik yöntemlerin temelinde, balast tankına alınacak olan deniz suyunun tanka girmeden önce mekanik bir işlemden geçip, tanka ulaşacak

olan organizma ve sediment miktarını azaltmak yatmaktadır. Böylelikle pek çok organizma ve partikülün balast tankına girişi başta engellenmiş olunur ve organizmalar kendi doğal habitatlarında kalırlar.

Mekanik yöntemler günümüz teknolojisinde birincil artıma sistemleri olarak kullanılmaktadır. Böylelikle ebatları büyük olan organizma ve partiküllerin tanka erişimi engellenir ve gemide kurulacak olan ikincil bir arıtma sistemi ile daha küçük olan organizmaların arıtılması işlemi gerçekleşir. Bu sayede daha verimli bir arıtma gerçekleştirilirken, giren sediment miktarının azalması ile tankta meydana gelecek olası korozyonların da bir miktar önüne geçilebilir.

4.1.1 Filtreleme yöntemi

Filtreleme sisteminde membran veya disk filtreler kullanılmaktadır. Gemi balast alırken 40-50 mikrondan büyük olan organizma ve sedimentlerin bu filtreler sayesinde tanka girişi engellenmiş olunur.

Filtreleme yöntemi hem çevresel bir yöntemdir hem de çabuk sonuç alınır. Filtreleme işlemi gemi balast alırken ya da balast boşaltırken yapılabilir. Gemi balast alırken yapılacak olan filtreleme işlemi sayesinde filtrelenen canlılar kendi doğal yaşam ortamlarına geri dönerler [15]. Yaklaşık 50 µm delik büyüklüğüne sahip olan filtreler çoğu zooplanktonları ve mikroalglerin balast tanklarına girmesini önlemektedir. Ancak dinoflagellat kistlerinin balast tankına girmesini engellemek için 20 µm'lik filtreler kullanılmalıdır. Çoğu tek hücreli canlıların, bakterilerin ve virüslerin girişini engellemek içinse membran filtreler kullanılmalıdır. Ancak yüksek sermaye ve operasyon giderlerinin yanısıra yüksek akış hızı da hesaba katıldığında membran filtrelerin balast suyu artımasında kullanılması mümkün olmamaktadır. Eğer maliyet göz ardı edilirse, düşük balast kapasitesi olan gemilerde klorlama ile birlikte bir arıtma metodu olarak düşünülebilir [63].

Yapılan çalışmalar kendi kendini temizleme özelliğine sahip filtreleme sisteminin çoğu fitoplankton, zooplankton ve partiküllerin balast suyundan uzak tutulmasında efektif olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.2'de farklı süzgeç genişliklerine göre membran ve disk filtrelerin verimliliklerine ait veriler görülmektedir

Çizelge 4.2 : Balast suyunun filtre ile arıtılması yönteminde filtre çeşitlerine göre verimlilik [55].

Filtre Tipi	Süzgeç Genişliği (µm)	Verimlilik (%)	Ters Yıkamadan Dolayı Debi Kaybı (%)
Membran	25	94-100 (makrozooplankton)	10,6-21,2
		81-85 (mikrozooplankton)	
		85-91 (toplam zooplankton)	
		99 (dinoflagellat)	
		37,5 (toplam fitoplankton)	
		88 (25 µm ve daha büyük partiküller)	
Membran	40	88,7 (40 µm ve daha büyük partiküller)	N/A
Membran	50	94-97 (makrozooplankton)	6,8-13,5
		71-81 (mikrozooplankton)	
		78-89 (toplam zooplankton)	
		91 (dinoflagellat)	
		8,3 (toplam fitoplankton)	
		91,9 (50 µm ve daha büyük partiküller)	
Membran	100	83(makrozooplankton)	N/A
		68(mikrozooplankton)	
		79(toplam zooplankton)	
		61,8 (100 µm ve daha büyük partiküller)	
Disk	55	80 (50 µm'den daha büyük partiküller)	N/A
Disk	100	91,4 (100 µm ve daha büyük partiküller)	4,9-6,8

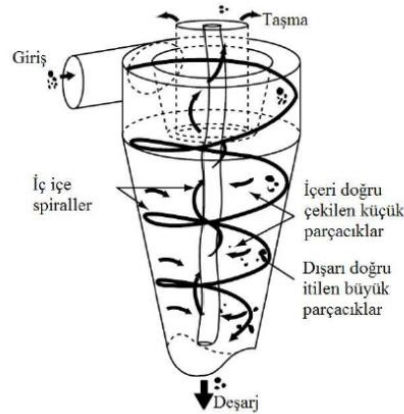
Yapılan testler göstermektedir ki, 25 ve 50 µm membran filtreler planktonik toplulukların yapıları üzerinde oldukça etkilidirler. 25 µm'lik filtre balast suyunda bulunan zooplankton ve mikroalglerin arıtılmasında 50 µm filtreye göre daha başarılıdır. 25µm'lik membran filtre ile balast suyunda bulunan mikrozooplanktonlarda %81-85 verimlilik gözleniren, bu oran 50 µm'lük membran filtrelerde %71-81 aralığında kalmaktadır. Ayrıca balast suyundaki dinoflagellatların arıtılma verimliliğinde bu oran 25 µm'lik membran filtrede %99 arıtma verimliliğine

erişirken, 50 µm'lik membran filtrede %91'lik bir verim alınmaktadır. 50 µm membran filtre ve 55µm disk filtre verimlilikleri karşılaştırıldığında da 50µm'den büyük partüküllerin arıtılması konusunda membran filtreden %91,9'luk bir verim alındığı gözlenirken, bu oranın disk filtrelerde %80'de kaldığı görülmektedir.

Ancak verimlilik konusundaki tüm bu avantajlarına karşın filtreleme pahalı bir yöntemdir. Yapılan araştırmalar yaklaşık 1 ton balast suyunu filtreleme maliyetinin 0,06-0,19 \$ olduğunu ortaya koymuştur [64]. Ayrıca filtreleme yöntemi 50 µm'ye kadar olan ön arıtma prosesinde efektif bir yöntemdir. Bu yöntem tek başına yeterli olmayacağından ön arıtma işleminden sonra fiziksel veya kimyasal arıtma teknikleri kullanılarak balast suyu arıtılması işlemi tamamlanabilir.

4.1.2 Siklonik ayırıştırma yöntemi

Siklonik ayırıştırma, katı parçacıkların santrifuj kuvvetler ile sudan ayrıştırılması anlamındadır. Bu yöntem ile yalnızca yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan fazla olan partiküller ayrıştırılabilir. Bu işlem Şekil 4.1'de gösterilen hidrosiklon ile gerçekleştirilir. Hidrosiklonların hareket eden parçaları yoktur, bu sayede geri yıkama işlemi de gerektirmezler. Ayrıca topladığı partiküller ve organizmalar da direkt olarak alındıkları su kaynağına boşaltıldıklarından çevreye de herhangi bir zararları yoktur [65]. Deniz suyu giriş bölgesinden hidrosiklona girer, hidrosiklonun yapısından dolayı akış sistem içerisinde rotasyonel hal alır ve bu sayede oluşan merkezkaç kuvvetinden ötürü yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan fazla olan partiküller hidrosiklonun duvarına doğru itilir ve buradan tahliye edilir. Bu tahliye sırasında alınan balast suyunun yaklaşık olarak %5'i boşaltılır [66].



Şekil 4.1: Hidrosiklon seperatör [67].

Siklonik ayırıştırma yönteminin verimliliğini incelemek için pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak elde edilen sonuçlara bakıldığında, filtreleme yöntemine göre elde edilen verimin düşük olduğu görülmüştür. Araştırmalar göstermiştir ki, düşük yoğunluğa ya da deniz suyunun yoğunluğuna yakın bir yoğunluk değerine sahip olan organizmaların, yani pek çok virüs, bakteri, fitoplankton, denizanası vs, ayırıştırılmasında siklonik yöntem yetersiz kalmaktadır [65].

Çizelge 4.3'te siklonik yöntem ile balast suyu arıtmasına yönelik yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.3 : Balast suyunun siklonik yöntem ile arıtılmasında elde edilen verimlilik [55].

Debi (m ³ /saat)	Verimlilik (%)	Boşaltma Sırasında Net Kayıp Akış (%)
68-79	10-30 (50 µm'den daha küçük partiküller)	10
	10-30 (Prorocentrum minimum ve Tetraselmis)	
	13,7 (Tuzlu su karidesi larvası)	
	8,3 (Tuzlu su karidesi kisti)	
312-350	Fitoplanktonlar üzerinde verimsiz	10
342	<15 (zooplanktonlar) Fitoplanktonlar üzerinde etkisiz	N/A

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre siklonik yöntem ile yapılan arıtma disk ve membran filtrelemlere göre yetersiz kalmaktadır. Jelmert, *Prorocentrum minimum* ve *Tetraselmis* ile yapılan deneylerde, siklonik ayırıştırma ile %10-30 arasında bir verimlilik elde edilmiştir. Aynı çalışmada bakteriler üzerinde herhangi bir başarı elde edilemediği gözlemlenmiştir. Parsons ve Harkins yaptıkları bir çalışma ile Jelmert'in bulgularını destekler sonuçlar elde etmişlerdir. Parsons ve Harkins bir mavnaya kurdukları hidrosiklon ile 50-100 µm arası partiküllerin ayırıştırılmasını test etmişler ve 100 µm'dan büyük partiküllerin ayırıştırılmasından %33'lük bir verim elde etmişlerdir [65].

Yaklaşık olarak 1 ton balast suyunu siklonik yöntem kullanarak ayırtırmak için gerekli olan maliyet 0,05-0,26 \$ arasındadır. Maliyeti açısından düşünüldüğünde filtreleme yöntemi ile mukayese edilebilir düzeydedir. Ayrıca yüksek debilerde ($\sim 300\text{m}^3/\text{saat}$) sistem sürekli olarak çalıştırılamamaktadır. Her ne kadar büyük partikülleri ayırıştırıp ikincil arıtma sisteminde kullanılacak olan cihazları koruyor olsa da, sistem pek çok zooplankton, mikroalg ve bakterileri ayırtırmada yeterli verimliliğe sahip değildir [62]. Ayrıca filtreleme yöntemine göre maliyeti daha düşük ve kullanılması daha kolay olsa da tüm bu dezavantajları ön arıtma yöntemi olarak tercih edilmesinin önüne geçmektedir.

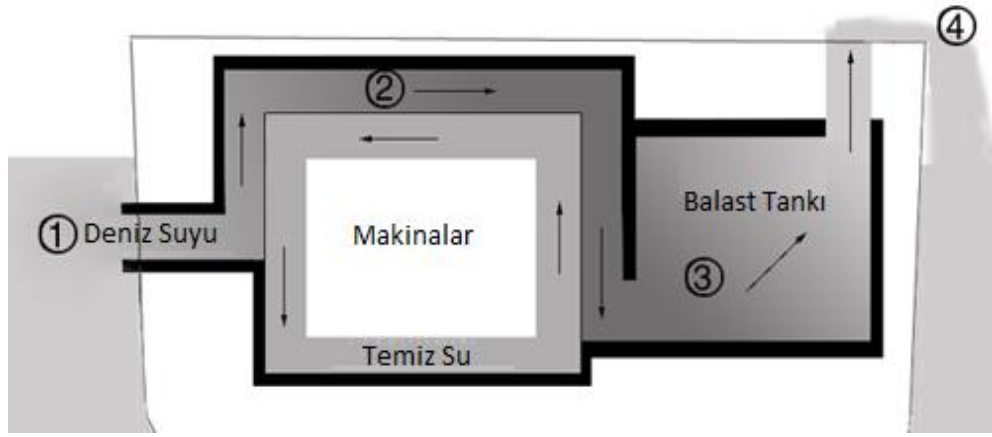
4.2 Fiziksel Yöntemler

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

4.2.1 Isı ile arıtma yöntemi

Balast suyunda bulunan organizmaları öldürmek için ısı kullanımı çevreye zararı olmadığı, uygun maliyetli olduğu ve etki ettiği organizma alanı geniş olduğu için oldukça dikkat çekmektedir. Isı ile balast suyu arıtma metodu teorik ve laboratuvar denemeleri sonucu olası bir yöntem olarak ortaya atılmıştır [68]. Isı ile arıtmanın temelinde mikroorganizmaların yaşayabileceği ısı değeri baz alınmaktadır. Belli bir ısı değerinin üzerinde canlıların hücre yapısı değişeceğinden mikroorganizmalar ölmektedir.

Bu yöntemde balast suyunu ısıtmak için farklı metodlar kullanılmaktadır. Bunlardan biri ana makinanın ortaya çıkardığı ısıyı balast suyunu artırmak için kullanmaktır. Ancak bu durumda ek olarak gemide borulama maliyeti açığa çıkacaktır. Ayrıca ısıtılması gereken balast suyu miktarı ve gemi ana makinasından elde edilecek olan ısı miktarı yeterlilik açısından karşılaştırılmalıdır [15]. Eğer ana makinadan elde edilecek olan ısı miktarı yeterli değil ise balast suyunu istenilen seviyede ısıtmak için ek kaynaklar düşünülmelidir. Şekil 4.2’de ana makina ısısı ile balast suyunu ısıtmanın şematik gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 4.2 : Gemide ana makinanın ısısı ile balast suyunu ısıtma yöntemi [15].

Yapılan bir çalışma göstermektedir ki balast suyunu 38-45°C ısıtmak, tropik ve alt tropikal sularda zooplankton ve fitoplanktonları öldürerek başarılı bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır [68]. Laboratuvar deneyleri bu aralıkta ısıya maruz kalan fitoplanktonlar ve dinoflagellat kistlerin öldüklerini ortaya koymuştur. Ayrıca ısı arttıkça canlıları etkisizleştirmek için gerekli olan süre de kısalmaktadır. Çoğu bitkisel mikroalg hücreleri 35°C ısıya 30 dakika-5 saat arası bir süre maruz kaldıklarında ölmektedirler. Bazı canlıları öldürmek içinse daha yüksek ısı ve/veya daha uzun zaman gerekmektedir. Örneğin *Dunaliella Tertiolecta* ve *Nannochloropsis Oculata*'nın ısı kullanılarak imha edilebilmesi için yaklaşık 42,5 °C'lik bir ısıya 24 saat süre ile maruz kalmaları gerekmektedir. Dinoflagellat kistler ısı ile arıtma metoduna karşı bitkisel hücrelere göre daha dirençlidirler. Yine de balast tankında uygulanabilecek sıcaklıklarda yok edilebilecekleri düşünülmektedir [69].

Balast suyunu yaklaşık 40°C civarına ısıtmak balast suyunda bulunan bazı organizmanın yok edilmesi açısından oldukça etkilidir. Ancak bu düşük sıcaklık stratejisinin (<45°C) çoğu patojeni artırmakta yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Ayrıca balast suyunu bu seviyelere kadar ısıtmak kolera gibi patojenik bakterilerin de üremesine yol açabilir [70]. Bazı bitkisel bakteriler, fungi ve virüsler genellikle 60-100°C sıcaklığı arasında ölürlerken, *Kolera* basili ve kolera gibi bakterilerini öldürmek için 55-75 °C sıcaklık, bakteri sporlarını öldürmek için 100°C'nin üzerinde bir sıcaklık gerekmektedir [71]. Çizelge 4.4'te bazı deniz organizmalarının hangi sıcaklık değerlerine ne kadar maruz kaldıklarında öldüklerine dair değerler yer almaktadır.

Çizelge 4.4 :Bazı deniz organizmalarının ölmeleri için maruz kalmaları gereken sıcaklık-zaman bilgileri [55].

Tür	Sıcaklık	Referans
Kolera	73°C , 30 saniye 65°C, 2 dakika	Thornton ve Chapman (2004)
Pseudo-nitzschia cuspidata	35°C, 1 saat	Forbes ve Hallegraeff (2001)
Navicula	35°C, 5 saat	Forbes ve Hallegraeff (2001)
Yeşil Algler	42.5°C, 24 saat	Hallegraeff ve diğerleri (1997)
Raphidophyte	45°C, 3 dakika	Montani ve diğerleri (1995)
Nannochloropsis oculata	42.5°C, 24 saat	Hallegraeff ve diğerleri (1997)
Dinoflagellates	38-40°C, 2 dakika	Bolch ve Hallegraeff (1993)
	44.5-46.3°C, 30 saniye	Bolch ve Hallegraeff (1993)
	37.5°C, 1 saat	Bolch ve Hallegraeff (1993)
Dreissena polymorpha	36°C, 10 dakika	Jenner ve Janssen-Mommen (1992)

Yapılan bazı çalışmalarda balast suyunu kısa süre için 55-80 °C arasında ısıtmak için ısı eşanjörü kullanılmasını öngörmektedir. Balast suyunun kısa süre için yüksek ısıya maruz kalması zooplanktonların yaklaşık %95'inin, fitoplanktonların da %90'ının ölmesini sağlamıştır [72].

Isı ile arıtma metodu kullanılmadan önce göz önüne alınması gereken bazı faktörler vardır. Sefer süresi balast suyunun mevcut ısı kaynakları ile gerekli ısıya ulaşabilmesi için yeterli olmalıdır. Tankın içerisinde bulunan balast suyu geminin seyir halinde bulunduğu suyun sıcaklığından etkileneceğinden, bu yöntem çok soğuk sularda efektif bir yöntem olmayabilir. Çünkü soğuk olan suyu gerekli sıcaklığa ulaştırmak için daha çok enerji kullanılması gerekeceği için, bu durum maliyeti de arttırır. Bir diğer problem ise, yükselen balast suyu sıcaklığının balast tanklarında meydana getireceği korozyondur. Balast tanklarını korozyondan korumak için kullanılan koruyucu epoksi kaplaması 80 °C sıcaklığa kadar dayanıklıdır [15].

Balast suyunu ısı ile arıtmak için gerekli sistemin yatırım maliyeti 1.000-3.000 m³/saat'lik debi için yaklaşık olarak 350.000-400.000 \$ olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca yaklaşık operasyon maliyeti de yine aynı debi aralığı için 100 \$'dan 600 \$'a kadar değişiklik göstermektedir [73]. Çizelge 4.5'te ısı ile arıtma yöntemi için uygulanabilir sıcaklık, elde edilebilir verimlilik ve yatırım maliyetlerine ait bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 4.5 : Balast suyunu ısıtmak için kullanılan yöntemler ve elde edilen verimlilik [55].

Arıtma İşlemi	Elde Edilebilir Sıcaklık	Verimlilik	Tahmini Maliyet (ton başına \$)
Ana makina atık ısısı	35-38°C 24-30 saat sonra	Zooplankton ve fitoplanktonların %100'ü	0.056 (yatırım maliyeti dahil)
	37-38.4°C 24-30 saat sonra	Zooplanktonların %100'ü ve fitoplanktonların çoğu	
Isı eşanjörleri	55-80 °C	Zooplanktonların %95'i	0.10-0.17 (yatırım maliyeti hariç)
	1-2 saniye	Fitoplanktonların %63-90'ı Bakterilerin %95'i	
Mikroalgalar ısıtma	69-89 °C	Yetişkin ve larva tuzlu su	2.55 (yatırım maliyeti dahil)
	100-200 saniye	karideslerinin ve doğu istiridye larvalarının %100'ü	
Mikroalgalar ısıtma ve ek ısı eşanjörü	73-100°C Birkaç dakika	Tuzlu su karidesi kistlerinin %100'ü	1,09 (yatırım maliyeti dahil)

Çizelge 4.5'teki sonuçlar göstermektedir ki gemi ana makinasındaki atık ısı ile beraber ısı eşanjörü kullanılarak yapılacak olan bir arıtma işlemi zooplankton, fitoplankton ve bitkisel bakterileri öldürmek amaçlı tek başına bir sistem olarak kullanılması üzerinde düşünülmesi gereken bir yöntem olacaktır. Bu tür bir yöntem ton başına yatırım hariç 0,05-0,17 \$ arası bir maliyet getirecektir. Ancak yöntemin yararlı olması için gerekli uygulama zamanı ve soğuk denizlerde seyir yapan gemilerde balast suyunu ısıtmak için gerekli olan enerji konusunda bir takım endişeler vardır. Ayrıca ısıtılmış olan büyük miktardaki suyun da denize boşaltılması

konusunda çevresel endişeler de mevcuttur. Çevresel sıkıntılara yol açmamak için ısıtılmış olan balast suyunun boşaltılacağı denizin doğal sıcaklığından en fazla 10 °C üzerinde olması gerektiği belirtilmiştir [74].

Son yıllarda yapılan araştırmalar mikrodalga ile ısıtma sisteminin balast suyu arıtmasında kullanılmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Laboratuvar deneyleri göstermektedir ki bu sistem kullanılarak balast suyu ~89 °C'ye 100-200 saniye gibi hızlı bir zaman aralığında ulaşmaktadır. Sistem ısı eşanjörü ile desteklendiğinde balast suyu 100°C'ın üzerine ısıtılabilir. Bu teknoloji diğer sistemler ile karşılaştırıldığında balast suyunu daha yüksek seviyelere ısıtılabilmesine rağmen mevcut sistemler ancak 1-2 L/dakika debide çalışmaktadır. Ayrıca sistemi çalıştırmak için gerekli olan enerji tüketim miktarının yüksek olması maliyeti de arttırmaktadır. Mikrodalga ısı kullanılarak yapılan bir arıtma ton başına yaklaşık olarak 2,55 \$, mikrodalga ısı ve ısı eşanjörleri bir arada kullanılarak yapılan bir arıtma da ton başına 1,09 \$ maliyet gerektirmektedir [75]. Yeni gelişmekte olan bu sistem eğer maliyet ve enerji ihtiyaçları makul seviyelere düşürülürse gelecek vaatmektedir.

4.2.2 Ultrason ile arıtma yöntemi

Ultrason ile arıtma yönteminin bakteri, plankton ve daha büyük organizmaları öldürmede efektif bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Fiziksel arıtma teknolojilerinden biri olan ultrason ile arıtmada balast suyuna herhangi bir kimyasal madde eklenmemesi yöntemi çevreci yapmaktadır [76]. Yüksek güçteki ultrason dalgaları sıvı içerisinde kavitasyon yaratır. Meydana gelen bu kavitasyon kesme kuvveti ve basınç ortaya çıkarır. Sıvı içerisinde bu yoğun ultrason dalgaları bir araya geldiğinde yüksek basınç ve alçak basınç çevrimleri oluşur. Alçak basınç esnasında ultrason dalgaları küçük hava boşlukları/kabarcıkları meydana getirir. Bu hava kabarcıkları daha fazla enerji absorbe edemeyecek boyuta ulaştığı zaman patlarlar. Bu durum kavitasyon olarak adlandırılır. Bu içe doğru patlama esnasında yerel olarak çok yüksek ısı (~5.000 °C) ve basınç (~2.000 atm) açığa çıkar. Bu durum ayrıca 280 m/saniye hıza erişebilen sıvı akışına sebep olur. Bu yüksek enerjiye sahip hava kabarcığı oluşumu ve patlamalar organizmaların hücre duvarında bozulmaya neden olan hidrodinamik kesme kuvvetlerine ve ultrasonik titreşimler meydana getirirler.

Çevresel etkiler gözönüne alındığında ultrason ile arıtma yönteminin çevreye bilindik bir zararı yoktur [76].

Yapılan pek çok çalışma ultrasonun virüsler ve bakteriler üzerindeki etkisini kanıtlamışlardır. Çizelge 4.6'da 100 gpm (23 m³/saat)lik bir ultrason cihazının farklı organizmalar üzerindeki biyolojik verimliliğine ait bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 4.6 : Bazı sucul organizmaların ultrason ile arıtılmasından elde edilen verim [61].

Organizma	Tür	Boyut	Verimlilik
Zebra Midyesi	Yumuşakça	70 mikron	%100 ölüm
Polyovirüs	Virüs	<5 mikron	10 ⁷ azalma
Bağırsak Solucanı	Kancalı Kurt	8-10 mikron	%100 etkisizleştirme
Kriptosporidiyoz	Bakteri	~5 mikron	10 ⁶ -10 ⁷ azalma

600 gpm'lik bir ultrason ünitesinin maliyeti yaklaşık olarak 250.000 \$ civarındadır. Sistemin 12.000 saatte 2 saat çalışacağı düşünüldüğünde sistemin temizleme ve bakım maliyetleri oldukça düşük olacaktır. Gerekli enerji miktarı 1.000 gpm için 28 kW, 7350 gpm için 206 kW ve 30.000 gpm için 840 kW olarak hesaplanmıştır. Gerekli olan gücün maliyetini petrol fiyatları etkilemektedir ancak yaklaşık olarak kWh başına 0.03 \$ olarak hesaplanabilir. Bu oran düşünüldüğünde 1.000 gpm için aylık enerj maliyeti 605 \$, 30.000 gpm için ise 18.144 \$ olarak hesaplanmıştır [77].

Günümüzde ultrason ile arıtma yönteminin geliştirilmesi üzerine çalışmalar devam etmektedir. Fiziksel bir yöntem olan ultrason ile kimyasal yöntemin bir araya getirilip balast suyu arıtmasının yapıldığı hidrodinamik kavitasyon yaklaşımı, elde edilen verim ve yöntemin çevreci olması sebebi ile tercih edilebilir bir balast suyu arıtma yöntemidir. Sanvage ve arkadaşları yaptığı çalışmada hidrodinamik kavitasyon yöntemine dayalı geliştirdikleri HyCator BWT Reactor sistem ile IMO onaylı kimyasal arıtma yapan sistemler karşılaştırılmış ve daha düşük dozda kimyasal ile ultrason teknolojisini bir araya getirilerek çevre ve insan sağlığı için zararlı bir etkisi olmayan bir yöntem geliştirmişlerdir [78]. Cvetkovic ve arkadaşları da hidrodinamik kavitasyon üzerine yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar elde

etmiş ve yöntemin balast suyu arıtımı konusunda da gelecek vaadettiğini belirtmişlerdir [79].

4.2.3 Oksijensizleştirme ile arıtma yöntemi

Deniz suyuna maruz kalan balast tanklarının en önemli problemlerinden biri paslanmadır. Gemi balast tanklarını paslanmadan koruma amaçlı özel boyama işlemleri yapılmaktadır. Ancak bu hem maliyetli hem de zaman alan bir iştir. Balast tanklarında meydana gelen bu korozyonun önüne geçmek için yapılan araştırmalar sonucu balast tanklarındaki oksijen seviyesini düşürmeye yönelik bir takım çalışmalar yapılmıştır. Korozyonu önlemek için kullanılan bu çalışmalar balast suyunun istilacı organizmalardan arıtılmasında balast tankındaki oksijen seviyesini düşürme yönteminin kullanılmasına öncülük etmiştir. Deniz suyunda bulunan çözülmüş oksijen deniz canlılarının hayatta kalabilmeleri için gereklidir. Balast tankında bulunan oksijen miktarının düşürülmesi balast suyu içerisinde bulunan organizmalarda oksijen yetmezliğine yol açmaktadır [80]. Böylelikle balast suyunda bulunan organizmalar oksijensizlik nedeni ile ölecek, balast suyu da istilacı organizmalardan temizlenmiş olacaktır.

Balast suyunda anoksik bir ortam oluşturmak için birden fazla yöntem vardır. Bunlar, balast suyuna inert gaz (nitrojen) ilave etme, vakum pompası kullanarak vakum oluşturma, balast suyuna besin maddesi eklemeydir. Tüm bu yöntemler balast suyu arıtma teknolojisi üreten firmalarca araştırılmış ve çeşitli ürünler geliştirilmiştir [59].

Oksijensizleştirme metodunu kullanarak balast suyu arıtması yapan sistemlerden biri olan Venturi Oxygen Stripping™ sistemi 2007 yılında IMO'dan tip onayı almıştır. Bu yöntemde balast suyu tanka alınırken suya inert gaz ilave edilir ve böylelikle suda bulunan oksijenin giderilmesi sağlanır. Kullanılan bu yöntem ile balast suyunda bulunan zooplanktonların sayılarında düşme görülürken, kıyı yengeçlerinde de >%97 ölüm oranı gözlenmiştir. Tamburri ve arkadaşlarının laboratuvar ortamında yaptıkları araştırmalar inert gaz oksijensizleştirme yöntemi kullanarak balast suyu arıtıldığında suda bulunan istilacı türlerin %80'inin öldüklerini görmüşlerdir [81].

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

sayede sudaki oksijen suda bulunan mikroorganizmalarca hızla tüketilmiş ve balast suyunda anoksik bir ortam oluşumu sağlanmıştır. Ancak yapılan araştırmalar bu yöntem ile IMO standartlarının sağlanabilmesi için ortalama 5-7 günlük bir sürenin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu da yöntemin sefer süresi uzun olan gemilerde uygulanabileceğini göstermektedir [59].

Browning ve arkadaşlarının geliştirdiği sistemde ise balast suyu balast pompaları vasıtasıyla özel olarak imal edilmiş olan çelik bir tanka alınır. Bu tankta, vakum pompası ile vakum oluşturulur ve bir santrifuj pompa bu suyu tanktan alarak balast tankına aktarır. Browning ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 14.2 psi değerinde bir vakum ile balast suyunda bulunan çözünmüş oksijen seviyesini 1 ppm'in altına düşürmüşlerdir [82]. Yapılan araştırmalar bu yöntemin balast suyunun zooplanktonlardan arındırmada 2 günlük bir süreçte %100 başarı sağladığını göstermiştir. Ayrıca 3 gün sonra sudaki larvaların ve 75 mikrondan büyük olan organizmaların da yok edildiği gözlemlenmiştir [83].

Geminin balast suyu kapasitesine bağlı olarak oksijensizleştirme sistemi için gerekli maliyet 135.000 \$ ile 3.000.000 \$ arasında değişirken, sistemin operasyon maliyetinin ton başına 0,06 \$ olarak hesaplanmıştır [84].

4.2.4 Ultra viyole ile arıtma yöntemi

Elektromanyetik radyasyonun mikroorganizma öldürücü etkisi uzun yıllardır bilinen bir gerçektir. Organizmaların yaşamsal faaliyetlerinin kontrolü için gama ışınları, mikrodalga ışınları ve ultraviyole (UV) ışınları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Gama ve mikrodalga ışınları balast suyu yönetimi için önerilmiştir. Ancak günümüz teknolojisi ile, yüksek enerji ihtiyacı ve yüksek yatırım/bakım maliyetleri bir araya gelince gemi bünyesinde balast suyunu gama ve mikrodalga ışınları ile arıtmak pek mümkün değildir. Ama bunun aksine UV ile arıtma daha ekonomik ve olası bir seçenek olarak görülmektedir [85].

Dalga boyu 100-400 nm arasında olan ışınlar ultraviyole olarak adlandırılır. UV ışınları UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm) olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır ve her birinin canlılar üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır. UV ışığın mikroorganizma öldürücü etkileri ilk kez 1800'lü yılların sonlarında ortaya atılmıştır [86]. 1892 yılında Ward, UV ışını kullanarak yaptığı deneylerde *Bacillus anthracis* sporlarını öldürmeyi başarmıştır. Barnard ve Morgan

UV ışınlarının dalgaboyu üzerine çalışmalar yapmış ve 226-328 nm dalgaboyu aralığındaki UV ışınlarının bakteri öldürücü etkisi olduğunu bulmuşlardır. 1900'li yılların başlarında ise >280 nm olan UV ışınlarının bakteriler üzerinde öldürücü etkisinin azaldığını, 260 nm civarında ise en yüksek etkiye ulaştığını farketmiştir. 1930'larda bu en yüksek etki seviyesi 253,7 nm olarak belirlenmiştir. UV-B ve UV-C'nin bakteri öldürmede etkili olduğu gözlemlenmişken, UV-A'nın bu alanda yetersiz olduğu anlaşılmıştır belirlenmiştir [87].

Arnolf'un 1933 yılında yaptığı çalışmalarda 253.7 nm dalga boyunda UV-C ışınına maruz kalan fitoplanktonların fotosentez yapma oranında düşme gözlemlenmiştir. Bu bulgu, Holt ve arkadaşları tarafından da doğrulanmıştır. Holt ve arkadaşları ayrıca yine aynı dalgaboyunda UV-C ışınına maruz kalan *Scenedesmus*ların solunumunda da düşüş olduğunu gözlemlenmişlerdir. Steeman Neison ve diğerleri ise yaptığı çalışmalarda UV ışınının fotosentez durdurucu etkilerini ortaya koymuşlardır. UV ışığının organizmaların yaşamsal faaliyetlerine olan etkileri üzerinde yapılan ilk çalışmalar daha çok UV-C ışınına odaklı iken, Dünya'yı UV-B ışınından koruyan ozon tabakasında meydana gelen bozulmalardan sonra UV-B üzerine kaymıştır [88].

Yapılan araştırmalar göstermektedir ki UV ışını organizmaların hücre yapısında fotokimyasal değişimlere yol açmaktadır [89]. UV ışını ile dezenfeksiyondan alınacak olan verim, organizmanın boyutuna ve morfolojisine bağlıdır. Örneğin mikroyosunların dezenfeksiyonunda boyutları bakteri ve virüslere karşı daha büyük olduğu için daha yüksek miktarda ışına ihtiyaç duyulur. Çizelge 4.7'de bazı organizmaların UV radyasyonu ile dezenfeksiyonundan elde edilen verime dair bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 4.7 : Bazı sucul organizmaların UV ile arıtılması çalışmalarından elde edilen verimlilik [55].

Organizma	UV Dozajı (mWs/cm ²)	Verimlilik (%)
Cryptosporidium	330	99
Koli Basili	7-16	99
Koli Basili	25-60	>99
Vibrio cholerae	7-13	99
Vibrio salmonicida	2,7	99,999
Vibrio anguillarum	22	99,999
Siyanobakteri	300-600	90

Çizelge 4.7 (devam) : Bazı sucul organizmaların UV ile arıtılması çalışmalarından elde edilen verimlilik [55].

Organizma	UV Dozajı (mWs/cm ²)	Verimlilik (%)
Tetraselmis suecica	96-115	87,6
Fitoplankton	N/A	78
Artemia sp. nauplii	96-115	99,5
Kancalıkurt yumurtası	92	99
Toplam Zooplankton	200	>95

UV ile balast suyu artıması yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Suyun berraklığı ve içerisinde bulunan partiküllerin büyüklüğü UV ile artımanın verimini direkt olarak etkiler. 20 nm'den büyük partiküllerin arıtılacak olan su içerisinde bulunması daha küçük partiküllerin dezenfeksiyonuna etki eder. Daha küçük olan bu partiküller büyük partiküllerin arkasında kalırlarsa UV ışınına maruz kalmazlar. Yapılan araştırmalar UV ile başarılı bir arıtma elde edebilmek için, öncül bir arıtma sistemi ile birleştirilip kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu gelişmeler, birden fazla yöntemin bir arada kullanıldığı karma sistemlerin gelişmesine yol açmıştır [90].

Çevresel etkiler düşünüldüğünde UV sistemleri oldukça çevreci sistemler olarak düşünülse de, balast suyu içerisinde UV ışını ile tamamen yok olmamış ancak mutasyona uğramış olan organizmaların denize karışma olasılığı ve gemi makinasından kaynaklı titreşimlerin UV lambalarında oluşabilecek olan kırılmalardan dolayı meydana çıkabilecek olan civa bir takım endişeler doğurmuştur [91].

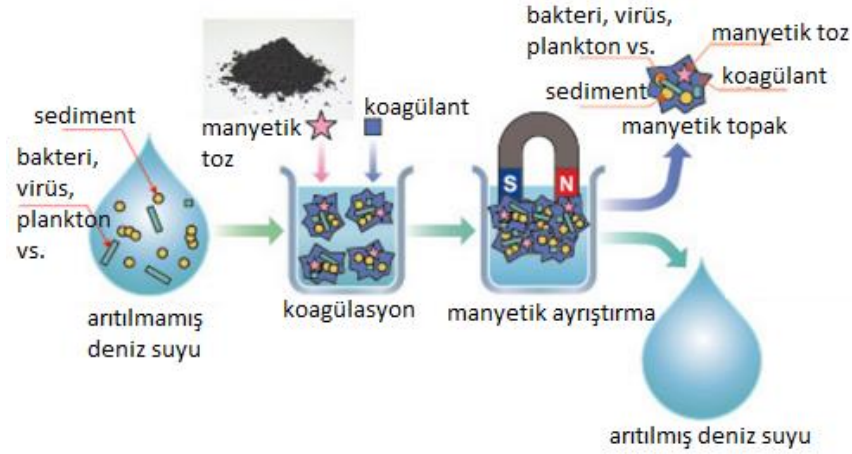
UV ile arıtma yapacak bir balast suyu arıtma sisteminin kurulum maliyeti sistemin büyüklüğüne göre yaklaşık olarak 300.000 - 400.000 \$ civarında olup, operasyon maliyeti ton başına 0.065-0.26 \$ civarındadır [92].

4.2.5 Koagüasyon ile arıtma yöntemi

Koagülasyon ile balast suyu arıtması, gemi balast tanklarına balast suyu alımı sırasında yapılır. İlk olarak alınan karıştırma tankında balast suyuna manyetik toz ve pıhtılaştırıcı madde eklenir. Burada balast suyunda plankton, bakteri, çamur ve diğer materyallerin bir araya gelmesi ile oluşan yaklaşık 1 mm'lik topaklar meydana gelir.

Daha sonra bu su manyetik seperatörlere ulaşır, manyetize olmuş mikroorganizma ve sediment manyetik disk tarafından tutulur ve sudan ayrıştırılır [93].

Hitachi firmasının geliştirdiği bu yöntem ile sadece zooplanktonlar ve fitoplanktonlar değil, bakteri, sediment ve asılı partiküller de balast suyundan arıtılır [94]. Şekil 4.3'te koagülasyon yönteminin prensibinin gösterildiği bir görsel bulunmaktadır.



Şekil 4.3 : Koagülasyon ile arıtma işlemi şematik anlatımı [95].

Karada yapılan testler 50 m³/saat debi ile gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar IMO D2 kriterlerini sağladığı gözlemlenmektedir. Sonuçlar, balast suyunun 10 µm çapından büyük olan organizmalardan arıtıldığını, suda bulunan E.coli yoğunluğunun 1.100 cfu/100 ml'den 2 cfu/100ml'ye düştüğünü, ayrıca asılı partikül seviyesinin de ayıklanamayan seviyesine indiğini göstermektedir. Balast suyunda manyetik topaklar elde etmek için Demir (III) tetraoksit, alüminyum klorür, akrilamid sodium akrilat kopolimer kullanılmaktadır. Bu maddeler çevreci etken maddeler olarak belirtilmektedir. Arıtılmış olan balast suyunda herhangi bir uçucu organik maddeye rastlanmamıştır, ancak 0,08 mg/l alüminyuma rastlanmıştır [96].

Dezenfektan madde kullanılmadığından balast suyunu çevreye boşaltmadan önce yöntem uygulandıktan sonra su içindeki kalıntılara herhangi bir işlem uygulanması gerekmemektedir. Ayrıca suya eklenen maddelerin tankın boyasına ya da kaplamasına herhangi bir zararı yoktur [93].

Sistem 200 m³/saat kapasitede bir arıtma için yaklaşık 21 kW, 1.600 m³/saat kapasitede bir arıtma için ise yaklaşık 112 kW bir güce gereksinim duyar [93].

4.3 Kimyasal Yöntemler

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

Arıtma sisteminde kimyasal madde kullanılacaksa dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Kullanılan kimyasal madde balast suyunda bulunan dinlenme evresinde olan canlılar üzerinde de etkili olmalı, zehirli yan ürün üretmemeli, gemi personeline ya da gemi yapısına zararı olmamalı, maliyeti uygun olmalı, arıtma işleminden sonra balast suyu denize boşaltıldığında çevreye zararı olmamalı.

4.3.1 Biyositler

Biyositler; içme suyunun arıtılması, atık suyun arıtılması, yüzme havuzlarının suyunun arıtılması gibi pek çok endüstride mikroorganizmaları öldürmek için kullanılırlar. Biyositler organizmaların üremesine ve sinir sistemlerine etki ederler, enzim faaliyetlerini durdururlar, hücre duvarlarını tahrip ederler [97]. İki çeşit biyosit vardır; oksitleyici biyositler ve oksitleyici olmayan biyositler.

Oksitleyici olan ve oksitleyici olmayan biyositlerin su ve atık su arıtmasında kullanılmasından yola çıkılarak, balast suyu arıtılmasında da bu maddelerden yararlanılmaya başlanmıştır. Kullanılan kimyasalın verimliliği balast suyunda bulunan canlıların hücre geçirgenliklerine, protoplazmaların kolloidal yapısına, organizmaların DNA ya da RNA yapıları ile hücre duvarı yapılarına bağlı olarak değişir [98].

Oksitleyici biyositlere örnek olarak klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit verilebilir. Bu kimyasalların çoğu atık su arıtılmasında yıllardır kullanılmaktadırlar. Hücre zarı gibi organik yapılar bu biyositlerin kullanımı ile bozulurlar [99].

Oksitleyici olmayan biyositler böcek ilaçları gibi organizmaların fizyolojik ve metabolik faaliyetlerini engellerler. Oksitleyici olmayan biyositlere örnek olarak Akrolein, SeaKleen ve glutaraldehit verilebilir [100].

Biyositler balast alımı sırasında doğrudan balast pompasını besleyen kimyasal enjeksiyon pompası ile balast suyuna eklenebilir [101].

Gemiler vasıtasıyla tehlikeli kimyasal maddeler düzenli olarak nakliye ediliyor olsa da, biyositlerin gemide depolanması konusunda güvenlik ile alakalı sorunlar vardır. Biyositler genellikle gemilerde yoğunlaştırılmış katı ya da sıvı halde depolanırlar. Biyositlerin kullanımına ilişkin endişelerden biri, bu biyositleri kullanacak olan gemi personelinin güvenliğidir. Bu yüzden bu tür bir sistemi kullanacak olan gemi personelinin bu konuda eğitilmiş olması gerekmektedir [15]. Gemide ya da balast tanklarının içerisinde kimyasal artıkların kalması borularda, pompalarda ve geminin diğer yapısal bileşenlerinde korozyona yol açabilir. Ayrıca klor gibi biyositler deniz suyu ile reaksiyona girip ikincil ürün olarak zehirli maddeler ortaya çıkmasına neden olabilirler .

Balast suyu arıtmasında kullanılacak olan ideal biyositler efektif olmalı ve etki ettiği canlı çeşitliliği geniş olmalıdır. Ayrıca doğada kolay ayrışabilen ve hedef aldığı canlılar dışındaki canlılara zarar vermeyecek türden olmalıdır.

4.3.1.1 Oksitleyici biyositler

4.3.1.1.1 Klor

Klor, belediyelerin içme suyu arıtımında oldukça yaygın kullanılan bir oksitleyici biyositir. Ancak yapılan çalışmalar klorun insan sağlığına etkileri olabileceğini göstermiştir. Bu nedenlerden ötürü oksitleyici biyositler ile arıtma işleminden geçmiş olan balast suyunun çevreye boşaltılması güvenli olmayabilir [15]. Klor suya sıvılaştırılmış klor gazı, sodyum hipoklorid, kalsiyum hipoklorid olarak ya da direkt olarak sudan elektriksel olarak elde edilerek pek çok farklı formda eklenebilir [71]. Klorun toksik etkisi klor konsantrasyonuna, pH değerine, etki süresine ve kullanılan klor bileşenlerinin tipi ve miktarına göre değişir [102].

Balast suyunda bulunan sucul organizmaları etkisiz hale getirmek için gerekli olan klor miktarı farklılık göstermektedir. Mikroyosunlar, zooplanktonlar, bakteri ve fitoplanktonlar için bu konsantrasyon 1-100 ppm arasında değişirken, dinoflagellat kistleri, dinlenme evresindeki zooplanktonlar ya da *Bacillus subtilis* sporları için bu miktar 486-2500 ppm'e kadar çıkabilmektedir [103]. Bunun yanı sıra canlıların su içerisinde bulunma şekli de klorun etkisi açısından önemlidir. Suda serbest yaşayan bakteriler ile kabuklu canlılara tutunmuş olan bakterilerin klor ile etkisizleştirilmesi için gerekli süre ve konsantrasyon da farklıdır. Yapılan çalışmalar suda serbest halde yaşayan bakterileri öldürmek için uygulanması gereken klor konsantrasyonu 1-100

ppm arasında iken; kabuklu canlılara tutunmuş olan bakterilerde bu durum 800 ppm olduğunu göstermiştir. Bu durum kabuklu canlıların suda bulunmasının organik madde oranını arttırdığı ve klorün bakteri öldürme etkisi üzerinde olumsuz etki ettiğini göstermektedir. Klor ile arıtma metodunda çoğu bakteri, mikroalg ve zooplanktonlarda %100'e yakın verimlilik elde edilmiştir [55]. Çizelge 4.8'de klor kullanarak yapılan arıtmaya yönelik yapılmış olan çalışmalara ait verimlilik bilgileri görülmektedir.

Çizelge 4.8 : Dezanfektan olarak klor kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri (serbest yaşayan)	1-100 ppm, 5dk – 24 saat	%100 ölüm
Bakteri (kabuklu canlıya tutunmuş yaşayan)	800 ppm, 5 dk	Belirlenebilecek düzeyin altında
Bakteri sporları	500 ppm	%99,9 etkisizleştirme
Bitkisel Mikroalgler	1-100 ppm, 24-72 saat	%100 ölüm
Dinoflagellat kistleri	>500ppm, 24 saat	%100 etkisizleştirme
Zooplankton	2-40 ppm, 24 saat	%100 ölüm
Zooplankton (dinlenme evresinde)	100-2500 ppm, 24 saat	%100 ölüm

Bolch ve Hallegraeff'in yaptıkları çalışmalarda balast suyunu klor ile artırmak için ton başına yaklaşık olarak 3,5 \$ maliyet olduğunu saptamışlardır [104].

Klor ile arıtma yönteminde klor suya direkt olarak klor bileşeni olarak eklenebileceği gibi, deniz suyundan elektroliz yolu ile de elde edilebilir. Dang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar deniz suyundan elektroliz ile elde edilen 3 ppm konsantrasyonunda klor ile bakteri oranında %99.999, fitoplankton ve mezoplankton oranının da %99 düşme olduğunu göstermişlerdir. Ancak elektroliz yönteminden elde edilecek olan bu verim deniz suyunun kimyasına bağlı olarak değişir. Okyanus sularında klor oranı yüksek iken, haliçlerde ya da nehirlerde bu oran daha düşüktür.

Bu durum elde edilecek olan verimin düşmesine neden olur. Ayrıca elektroliz ile klor elde etmeye yarayan sistemler en iyi 15°C ve üzerinde çalışırlar ve 5°C'nin altında işlevselliklerini kaybederler [105]. Çizelge 4.9'da elektroliz ile klor elde edilerek yapılan arıtmaya yönelik verimlilik bilgileri yer almaktadır.

Çizelge 4.9 : Dezanfektan olarak elektroliz ile klor elde edilerek yapılan arıtmadan elde edilen verimlilik [55].

Yöntem	Organizma	Uygulama	Verimlilik
Elektroliz ile klor elde etme	Bakteri	3-4 ppm	%99.99-99.999 ölüm
	Fitoplankton	3-4 ppm	%72-99 ölüm
	Zooplankton	4-15 ppm, 12-24 saat	%95-99 ölüm

2010 yılında California Maritime Academy'e ait olan 150 m uzunluğundaki Golden Bear gemisine elektroliz ile klor eden BalPure balast suyu arıtma sistemi yerleştirilerek sistem test edilmiştir. Yaklaşık olarak 6 ay süren seferler sırasında balast suyu arıtma sistemi yaklaşık 200 m³/saat debi ile çalıştırılmıştır. Biyolojik verimlilik bu test süresince her defasında 800 m³ balast suyu kullanılarak dört defa test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar elektroliz ile klor elde ederek balast suyunu arıtan bu sistemin IMO D2 kriterlerine göre yeterli olduğunu göstermiştir [105]

Deniz suyunun elektrolizi ile klor elde edilerek klorlama ile arıtma maliyeti düşürülebilir. Ancak klorun balast suyu arıtmasına yönelik bazı endişeler vardır. Klor kullanımı balast tankı içerisinde organoklor oluşmasına neden olabilir. Vianna da Silva ve da Costa Fernandes tarafından yapılan araştırmalar, 3 ppm'in üzerinde klor konsantrasyonunun trihalometan, haloasetik asit gibi toksik olan yan ürünlerin oluşmasına neden olduğunu göstermiştir. Bu yan ürünler klorün ortamda doğal olarak bulunan organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Oluşan bu zararlı yan ürünler bir limana boşaltıldığında ise burada kalır, besin zincirinde birikir ve zamanla sucul organizmaların hormonal sistemlerinde tahribata ya da yıkıma yol açabilir. Ayrıca Zhang ve diğerleri klor ile arıtma yönteminin kullanımının balast tankındaki korozyonu arttırdığını göstermektedir [102].

4.3.1.1.2 Klordioksit

Klordioksit (ClO_2) kullanımı pahalı olmasına karşın organik maddeler ile tepkimeye girmiyor olması, klora göre daha geniş pH aralığında mikroorganizma öldürücü etkisinin olması ve serbest klor açığa çıkarmadığı için daha çevreci olması bir avantajdır. Vianna da Silva ve da Costa Fernandes yaptıkları çalışmalarda dezanfektan klordioksit kullanılması sonucu yan ürün olarak klorit, klorat ve biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin oluştuklarını göstermişlerdir [85]. Çizelge 4.10'da elektroliz ile klor elde edilmesi ve klordioksit ile dezenfekte işlemlerinde elde edilen verimlere dair bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 4.10 : Dezanfektan olarak klordioksit kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Yöntem	Organizma	Uygulama	Verimlilik
Klordioksit	Bakteri	5-20 ppm, 24 saat	%100 ölüm
	Bitkisel Mikroalgler	3-25 ppm, 30-120 dk	%100 ölüm
	Dinoflagellat kistleri	25 ppm, 2 hafta	%100 etkisizleştirme
	Zooplankton	5 ppm	%70-100 ölüm

Laboratuvar testleri 5 ppm konsantrasyonunda ClO_2 'nin bakteri ve planktonik canlıları arındırmada etkili olduğunu göstermektedir. MV Atlantic Compass gemisinde yapılan seyir testlerinde ise, 5ppm konsantrasyonundaki ClO_2 ile yapılan arıtma denemesinde zooplanktonların anında öldüğü, ilk 24 saat içerisinde de koliform bakterilerin miktarlarında ciddi miktarda azalma görüldüğü ve vibrio kolonileri ile E.coli seviyesinin de tespit edilebilen limitlerin altına düştüğü gözlemlenmiştir. Testin beşinci gününde bazı bakteri ve fitoplanktonların hayatta kalması arıtmanın tüm organizmaların %100'ü üzerinde etkili olmadığının göstergesidir. Bu yeniden büyüme balast tankının içinde bulunan biyofilmin bazı organizmalara korunak sağlamasından dolayı meydana gelmektedir. Araştırma sonuçları ClO_2 'nin bakteri ve virüsler üzerinde klora göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, 1-7 ppm konsantrasyonunda ClO_2 geniş bir yelpazede virüse etki ederken, aynı konsantrasyon aralığında klorün gözlemlenebilen bir etkisi yoktur [106].

Gemi üzerinde yapılan testlerde ClO_2 'nin balast tankında bir kaç saat süre ile aktif kaldığı gözlemlenmiştir. 5 ppm konsantrasyonundaki ClO_2 'nin 10-12 °C sıcaklığındaki balast tankında 20-24 saat sonra herhangi bir kalıntı bırakmadığı sonucu elde edilmiştir. Konsantrasyon seviyesi 8 ppm'e çıkarıldığında ise 25-26 °C sıcaklığındaki balast tankında bu süre 24-25 saat olarak tespit edilmiştir [106].

ClO_2 ile yapılacak olan bir arıtma için gerekli olan yatırım maliyeti 200 m³/saat'lik bir sistem için yaklaşık olarak 260.000 \$ iken, kapasite 2.000 m³/saat'e çıktığında bu miktar 400.000 \$ civarında olup operasyon maliyeti ise ton başına 0,06 \$ civarındadır [55].

4.3.1.1.3 Ozon

Balast suyunu arıtmada kullanılan bir diğer oksitleyici biyosit ozondur. Ozon, 1800'lü yılların sonlarından beri su dezenfekte etmekte kullanılmaktadır. Özellikle tatlı su arıtımında oldukça etkili bir dezanfektandır. Ancak ozonun deniz suyunda mikroorganizmaları dezenfekte etkisi deniz suyunda bulunan brom ve klor iyonları ile ozonun tepkimeye girmesinden dolayı tatlı suda olduğundan farklılık göstermektedir [107].

Balast suyu, suya ozon gazı ekleyen bir cihazdan geçerek arıtılır. Bu gazın çoğu suda çözülür ve suda bulunan organizmaları öldürmede etkili olur. Ozon, gemi bünyesinde depolanma ihtiyacı olmamasından ötürü elverişli bir yöntemdir. Balast suyuna balastın alımı sırasında karıştırılabileceği gibi, sefer sırasında balast suyu tekrar sirküle edilerek ozon ekleme işlemi de gerçekleştirilebilir [108].

Herwig ve arkadaşları, Jones ve arkadaşları ile Perrins ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar göstermiştir ki, ozon gibi bir biyositle yapılan arıtma işlemi organizmaları öldürecek derecede zararlı olmalıdır. Ancak boşaltılacak olan balast suyu boşaltılacağı ortamdaki sucul organizmalara zarar vermemelidir [109]. Oemcke and van Leeuwen balast suyunda bulunan dinoflagellat alglerini ozon ile temizlemek için yaptıkları çalışmada yeterli seviyede dezenfeksiyon elde edebilmek için yüksek dozda (6 saat süresince 5-11 mg L⁻¹) ozon kullanmışlardır. Balast tankında korozyon korumasının düşük olduğu kısımlar ile yüksek miktarda organik madde içeren sedimentin bulunduğu kısımda ozon ile arıtma işleminin yeterli olmadığı gözlenmiştir. Bu durum balast tankında bulunan benzer sucul organizmaların dezenfeksiyonunda ozonun yetersiz kalabileceğinin bir göstergesidir [110]. Deniz

suyunun ozon ile arıtılmasına yönelik yapılan çalışmalar, ozonun düşük doz ve kısa zamanda bakteri ve virüsler üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Çizelge 4.11'de ozon kullanılarak yapılan deniz suyu arıtma çalışmaları sonucu elde edilen verimlilik bilgileri yer almaktadır.

Çizelge 4.11 : Dezanfektan olarak ozon kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri (serbest yaşayan)	>5ppm TRO 5-10 saat	%99.99'a varan azalma
Dinoflagellat	>5 ppm TRO 10 saat	>99 azalma
Mikroflagellat	>5 ppm TRO 10 saat	%96-99 azalma
Tek hücreli yosun	>5 ppm TRO 10 saat	İlk konsantrasyonun %17-135'i
Zooplankton	0.75-7 ppm, 5-48 saat	%90-100 azalma

Laboratuvar ortamında yapılan deneyler, kimi canlıların ozona karşı dirençli olduklarını ortaya koymaktadır. Andersen ve arkadaşları çeşitli yosunlar ve kabuklu deniz canlıları kullanarak ozonun dezenfektan olarak kullanılmasına yönelik bazı çalışmalar yapmışlardır. Kabuklu deniz canlılarını etkisizleştirmek için gerekli olan ozon miktarı, algleri etkisizleştirmek için gerekli olan miktardan 2-5 kat fazla olduğu ortaya konulmuştur. *Basilus Subtilis* üzerinde yapılan deneylerde ise bu konsantrasyon 24 saat etki süresinde 14 ppm'e kadar çıkmıştır. Dinoflagellat kistleri, *Cirripeda Nauplii*, *Polychaeta* larvaları, *Copepod Nauplii*, *Cyclopoid* ve *Harpacticoid Copepods*, karides ve yengeçlerin de ozona karşı dirençli oldukları gözlemlenmiştir [55].

Pek çok üretici firma ozon ile balast suyu arıtmaya yönelik girişimlerde bulunmuşlardır. Ancak yapılan araştırmalar bu yöntemin yeterince verimli olup olmadığı konusunda bazı endişelere neden olmuştur. Şöyle ki ozon jeneratörü üreten

Nutech O3 firmasının gemi üzerinde yaptığı testlerde balast suyunda bulunan mikroorganizmalar 5-10 saat ozon ile arıtma işlemine maruz kaldıklarında bakterilerde %99.99, dinoflagellatlar da >%99 ve mikroflagellat ve zooplanktonlarda %99 azalma gözlemlenmiştir. Ancak yapılan çalışmalar arıtılmış olan balast suyunun farklı bölgelerinden alınan örneklerin farklı sonuçlar verdiklerini göstermiştir. Bu durum ozonun suyun içersinde homojen olarak dağılmamasından kaynaklanmıştır. Ayrıca tek hücreli deniz yosunlarında ve kabuklu sucul canlılarda da çok verim alınamadığı sonucuna ulaşılmıştır [111]. Ozon ile arıtma yöntemine yönelik yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular bu yöntemin balast suyu artımasında özellikle bakteri sporları, dinoflagellat kistleri ve pek çok zooplankton türünün çevreye zarar vermeyecek konsantrasyonda ozon uygulanan arıtma işleminden canlı olarak kurtulduğu düşünüldüğünde hem maliyet hem de verimlilik açısından uygun olmasına ilişkin endişeler doğurmuştur [112].

Ozon gazı insan sağlığı için de zararlıdır, bu yüzden çözünmemiş olan ozon gazı atmosfere salınmadan önce muhakkak imha edilmelidir. Ozon gazı özellikle mikroskobik organizmaları öldürmede etkilidir. Ancak ozon kullanarak etkili bir arıtma elde edilmek isteniyorsa, bir başka arıtma metodu ile birleştirilerek kullanılması daha efektif olur. Ozon ile arıtmanın dezavantajlarından biri, yüksek miktarda balast suyu arıtmak için gerekli olacak ozon jeneratörünün oldukça geniş yer kaplamasıdır. Ayrıca ozon ile deniz suyu kimi zaman tepkimeye girerek istenmeyen toksiklerin ortaya çıkmasına da neden olabilir [15].

Ozon ile yapılacak olan bir arıtma için gerekli olan yatırım maliyeti 800.000 \$ ile 1.6 milyon \$ arasında olup, operasyon maliyeti ise ton başına 0,28-0,32 \$ civarındadır [92].

4.3.1.1.4 Hidrojen peroksit

Hidrojen peroksit insan sağlığına zararı diğer kimyasallar ile karşılaştırıldığında daha az olan ve doğada çabuk ayrışan, ayrıştığında da yan ürün olarak açığa oksijen ve su çıkaran bir oksitleyici biyosittir. Laboratuvarlarda ve sağlık sektöründe dezenfektan olarak kullanılıyor olması, balast suyu artıması için kullanılması konusunda da değerlendirilmesi için önayak olmuştur.

Laboratuvar ortamında yapılan testler hidrojen peroksit kullanılarak yapılan arıtmada kimyasal maddenin kullanım süresinin verimlilik üzerinde oldukça etkili olduğunu

göstermiştir. Şöyle ki, Piyatiratitivorakul ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada 100 ppm konsantrasyonunda hidrojen peroksit arıtılacak olan suya 24 saat süre uygulanmış ve balast suyunda bir çeşit mikroskobik yosun olan Heterosigma Akashiwo ve Chattonella Marina'da % 40-66 arası bir ölüm oranı meydana getirmiştir. Ancak maruz kalma süresi 48 saate çıkarıldığında Heterosigma Akashiwo için 30 ppm, Chattonella Marina için ise 30 ppm %100 verim için yeterli olmaktadır [113]. Çizelge 4.12'de hidrojen peroksit kullanılarak yapılan arıtma işleri çalışmalarından elde edilen verimlilik değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.12 : Dezanfektan olarak hidrojen peroksit kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri sporları	100.000-140.000 ppm	%90-99,99 ölüm
Bitkisel mikroalgler	3-100 ppm,15 dakika-48 saat	%100 ölüm
Dinoflagellat kistleri	100-10.000 ppm, 24-96 saat	%100 etkisizleştirme
Zooplankton	10 ppm (yükseltilmiş pH), <5 dk	%100 ölüm
Zooplankton	10 ppm (yükseltilmiş pH), <5 dk	%100 ölüm

Kuzirian ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma, balast suyunun pH'ını arttırmanın balast suyunda bulunan *Mnemiopsis Leidy*, *Pennaria*, *Polychaete*, *Crustacean*, *Chordate* ve çift kabuklu yumuşakça gibi omurgasız canlıları öldürmek için gerekli olan hidrojen peroksit konsantrasyonunu 1 ppm'e kadar düşüğünü göstermiştir [114]. Bakteri sporları ve dinoflagellatlar hidrojen peroksit karşsı oldukça direnç gösterirler. Balast suyunu bu tür canlılardan arındırmak için gerekli olan yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonu maliyeti arttıracğından, balast suyu arıtmasında hidrojen peroksidin kullanılması çok efektif bir yöntem olarak görölmemektedir.

Ayrıca yüksek miktardaki hidrojen peroksidin gemi bünyesinde depolanması da yöntemin efektifliği açısından oldukça büyük bir sorundur.

4.3.1.1.5 Perasetik asit / PeraClean

Perasetik asit geniş bir yelpazede organizmaya etki ettiği ve istenmeyen yan ürünleri olmadığı için balast suyu arıtımında önerilen organik biyositlerden biridir. Perasetik asidin sucul ekosistemdeki canlılara etkisine ait veriler az olsa da, gemi atık suyunda bulunan koliform bakteriler ve bakteri sporları üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır. Perasetik asit ortamda bulunan asılı partiküllerden ya da organik maddelerden etkilenmemektedir, ancak ortamın pH değeri yöntemin verimliliği için oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalar bu asidin, ortamın pH değeri 3'ün altında iken en etkili olduğunu ve 8'den fazla olduğunda ise etkisini kaybettiğini göstermektedir. Bu durum perasetik asidin balast suyu arıtımında kullanım alanını kısıtlasa da Alman bir şirket olan Degussa AG perasetik asit ve hidrojen peroksidin birleşimi ile Peracelan Ocen adında bir ürün geliştirmiştir. Sıvı formda bulunan bu ürün hem gemide hem de laboratuvarlarda yapılan çalışmalarda bitkisel mikroalgler, dinoflagellat kistleri, midyeler, balık yumurtaları, fitoplanktonlar, omurgasız canlılar ile yetişkin ve larva evresindeki kopepodlar üzerinde 50-400 ppm konsantrasyonunda 2-72 saatte oldukça etkili olduğunu göstermiştir [115]. Peraclean Ocean'ın organizmalar üzerindeki etkisi ortamda bulunan organik maddelerden etkilenmemektedir. Ayrıca bozulduğunda ortaya asetik asit, oksijen ve su çıkmaktadır. Üretici firma yetkilileri ürünün yarı ömrünün arındırılmamış deniz suyunda 4 saat olduklarını belirtmişlerdir. Ancak Peraclean Ocean eklenmiş olan balast suyunun denize boşaltılmadan önce 1-2 gün süre ile balast tankında tutulması gerekmektedir. Perasetik asit pH 5-7 aralığında oldukça etkilidir ancak pH 9'un üzerinde en etkili halini almaktadır [99].

Labaratuvar ve gemi üzerinde yapılan testler Peraclean Ocean'ın hem tatlı suda hem de tuzlu suda planktonik organizmalar ve bakteriler üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Veldius ve arkadaşları Peraclean kullanarak yaptıkları bir çalışmada nehir suyunda 150 ppm konsantrasyonunda zooplanktonların ve fitoplanktonların başarılı bir şekilde etkisizleştirildiğini ancak 6-10 gün arasında yeniden büyüme oluştuğunu gözlemlemişlerdir. De Lafontaine ve arkadaşlarının tatlı su kullanarak MV Canadian Prospector gemisi üzerinde yaptıkları çalışmada ise 100-150 ppm konsantrasyonunda Peraclean Ocean ile mikroorganizma ve fitoplanktonlarda 5 gün

sonra %90'ın üzerinde verimlilik elde etmişlerdir. Ayrıca suda bulunan balıkların %100'ü 19 saat içinde ölmüş buna karşın yetişkin zebra midyeleri ve sedimentin içine yerleşmiş olan organizmalarda başarı sağlanamamıştır [116]. Çizelge 4.13'te Peraclean Ocean kullanılarak yapılan arıtma işleri çalışmalarından elde edilen verimlilik değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.13 : Dezanfektan olarak Peraclean Ocean kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri	125-250 ppm	%100 ölüm
Bitkisel mikroyosun	50-200 ppm, 48 saat	%100 ölüm
Dinoflagellat kistleri	150-400 ppm, 2 hafta	%100 etkisizleştirme
Zooplankton	100-400 ppm 1-72 saat	%90-100 ölüm
Tatlı su türleri	100-150 ppm, <19 saat	%100 ölüm
Balık yumurtaları	200-400 ppm, 1-16 saat	%100 ölüm

Üretici firmanın Peraclean ile arıtılmış olan balast suyunun 1-2 gün bekletildikten sonra denize boşaltılabileceğini söylemesine karşın de Lafontaine ve arkadaşları gemide yaptıkları testlerden elde ettikleri sonuçlarda bu sürenin 15-29 gün arasında olduğunu belirtmişlerdir [116]. Gregg ve Hallegraeff tarafından yapılan biyolojik çözünürlük çalışmasında 200 ppm konsantrasyonunda Peraclean kullanılmış olan suyun toksik özelliğini yitirmesi için gerekli süreyi 2-6 hafta arasında olarak belirtilmiştir [117].

Peraclean'in bozulma süresi üzerinde en etkili olan faktör ışıktır. Eğer içerisinde Peraclean bulunan bir su ışık alıyorsa, maddenin bozulması daha hızlı gerçekleşecektir. Ancak balast tanklarının ışıktan uzak olması bu bozulma süresini arttırmaktadır [118].

Peraclean ile yapılacak olan bir arıtma operasyon maliyeti ise ton başına 0,20-0,30 \$ civarındadır. Bu yüksek maliyetin yanısıra gemide ürünü depolamak için geniş alan gereksiniminin olması ve ürünün bozulma süresinin de uzun olması balast suyu arıtımında kullanılmasının önündeki engellerdir [55].

4.3.1.2 Oksitleyici olmayan biyositler

Oksitleyici olmayan biyositler etkidikleri organizmanın üreme ve sinir sistemlerini tahrip ederler. Kimi zaman da organizmanın metabolik faaliyetlerinin durmasına yol açarak etkisizleşmesini sağlarlar [119]. Bazı oksitleyici olmayan biyositler bir kaç gün içerisinde toksik olmayan kimyasallara dönüşürler. Bu yüzden eğer bu biyositler seyahatin başında balast suyuna eklenirlerse balast suyu boşaltılacağı zaman çevreye olan etkileri azaltılmış olunur. Ancak sefer süresinin kısa olacağı durumlarda bu durum mümkün olmayacaktır [15].

4.3.1.2.1 Gluteraldehit

Oksitleyici olmayan kimyasallardan biri olan gluteraldehit, pek çok organizmayı öldürebilen organik bir bileşendir. Endüstride özellikle medikal ekipmanların sterilizasyonunda kullanılmaktadır.

Gluteraldehit kendi başına ya da sürfaktan ile birleştirilerek düşük miktarda balast taşıyan gemilerde balast tankını organizma kalıntılarından arındırmak için kullanılması önerilen organik biyositlerden biridir [120]. Gluteraldehitin sucul organizmalar üzerine etkilerine ilişkin yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, bir deniz bakterisi türü olan *Vibrio fischeri*yi etkisizleştirmek için 14 ppm konsantrasyonunda gluteraldehit yeterli olurken, *Bacillus subtilis* için bu oran 20.000 ppm'e kadar çıkmaktadır [121].

Gluteraldehitin etkili olabilmesi için balast suyunun sıcaklık ve pH değeri önemlidir. Gluteraldehit yüksek sıcaklık ile 7.5 ve daha üzeri pH değerlerinde daha etkilidir. Balast suyunun pH'ı 4,2-8,6 arasında değişmesi gluteraldehitin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır [115].

Sano ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar kimi sucul organizmaların gluteraldehite karşı dirençli olduklarını ortaya koymuştur. Pek çok organizmayı etkisizleştirmek/öldürmek için 500 ppm'in üzerinde bir konsantrasyon gerekmektedir. Sediment oranı yüksek olan sularda gluteraldehitin bir kısmı bu sediment karışacağından, verimi arttırmak için gerekli doz daha da artabilir bu yüzden konsantrasyon oranını düşürmek için öncesinde filtreleme işlemi yapılması önerilmektedir [121]. Çizelge 4.14'te Gluteraldehit kullanılarak yapılan arıtma işleri çalışmalarından elde edilen verimlilik değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.14 : Dezanfektan olarak gluteraldehit kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri (serbest yaşayan)	8-14 ppm	%83 etkisizleştirme
Bakteri sporları	20.000 ppm	%99,99 etkisizleştirme
Zooplankton	11-550 ppm, 34-48 saat	%90 ölüm

Balast suyunu arıtmak için kullanılan gluteraldehitin miktarının artması hem maliyeti, hem doğaya verebileceği potansiyel zararı arttıracığından; hem de gemi personelinin sağlığı için risk oluşturacağından pratikte kullanılması pek mümkün olmayan bir yöntemdir. Elde edilen verilen gluteraldehit ile balast suyu arıtmada ortaya çıkan operasyon maliyetinin ton başına 25 \$ olduğunu göstermektedir. Tüm bu dezavantajlar gluteraldehitin büyük balast kapasitesine sahip olan gemilerde kullanılmasının önünde engel teşkil etmektedir [121].

4.3.1.2.2 SeaKleen

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 SeaKleen'in balast suyu arıtılması konusunda kullanımının önünü açmıştır [122].

Laboratuvar testleri 0,5-2 ppm konsantrasyonundaki SeaKleen'in algler, bitkisel dinoflagellatlar, dinoflagellat kistleri ve zooplanktonlar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir [123].

USS Cape May gemisi üzerinde 2 ppm konsantrasyonunda SeaKleen ile yapılan testlerde 24-48 saat arasında zooplanktonlarda %99-100 ölüm gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Fitoplanktonlar 1 ppm konsantrasyonda 24 saat içinde kontrol altına alınabilirken, bakteriler üzerinde bu oranın yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Wright ve Sawson 1 ppm konsantrasyonunda SeaKleen'in bakteriler üzerinde etkili olduklarını öne sürmüşlerdir; buna karşın Washington Üniversitesi'nde yürütülen bir çalışma sonrası 2 ppm konsantrasyonunda SeaKleen'in bakteriler üzerinde herhangi

bir etkisi olmadığı öne sürülmüştür. Bu çalışmalara ek olarak Gredd ve Hallegraeff bakterilerin yerniden üremesinin engellenmesi için 50-200 ppm konsantrasyonunda SeaKleen kullanımını öngörmüşlerdir [124]. Çizelge 4.15'te SeaKleen kullanılarak yapılan arıtma işleri çalışmalarından elde edilen verimlilik değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.15 : Dezanfektan olarak SeaKleen kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri	1-200 ppm	%100 ölüm
Bitkisel mikroalg	0,5-2 ppm, 24-48 saat	%100 ölüm
Dinoflagellat kistleri	2 ppm, 2 saat	%100 ölüm
Zooplankton	0,5-2 ppm, 24-48 saat	%100 ölüm
Zooplankton (dinlenme evresinde)	2,6-12,7 ppm, 24 saat	%90 ölüm

SeaKleen üzerindeki sadece kullanılacak olan doz konusunda değil, bozulma süresi konusunda da çelişkiler vardır. Herwig ve Cordell [125] ile Wright ve arkadaşları [124] SeaKleen'in bozulma süresini 18-30 saat olarak belirtmişlerdir ancak Cutler ve arkadaşları [123] karanlık ortamda bulunan ve içerisinde herhangi bir biyolojik madde olmayan denizsuyu içerisindeki SeaKleen'in 28 günde sadece %21'inin bozulduğunu rapor etmişlerdir. Bu durum, SeaKleen'in ışığın ve biyolojik maddelerin bozulma süresi üzerindeki etkisinin bir göstergesidir. 2 ppm konsantrasyonunda SeaKleen'in operasyon maliyetinin ton başına 0,20 \$ olması balast kapasitesi yüksek olan gemilerde kullanılmasının önünde bir engeldir. Ayrıca bozulma ömrünün de kısa olmaması çevresel açıdan problem teşkil etmektedir [117].

4.3.1.2.3 Acrolein

Acroelin daha çok petrol endüstrisinde üretilen ürünün içinde bulunan bakterileri azaltmaya yönelik kullanılan bir biyosittir. Ayrıca piyasada su altında bulunan binalarda ve su kanallarındaki algleri ortadan kaldırmak için su bitkisi öldürücü maddesi olarak bulunmaktadır. Bakteri ve algleri de içeren mikroorganizmaların

yanısıra; yumuşakçalar, kabuklular, balık ve sucul bitkileri de içeren makroorganizmalar üzerinde de etkilidir [126].

Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalar 1-6 ppm konsantrasyonunda Acrolein kullanılarak 24-72 saat arasında bitkisel dinoflagellatlar ile gram pozitif ve gram negatif bakterilerin kontrol altına alınabildiğini göstermiştir. 6ppm konsantrasyonunda kullanıldığında ise 24 saat sonrasında bakterilerde %99,99'un üzerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Gemi üzerinde yapılan 5 günlük bir deney sonucunda 9 ppm konsantrasyonunda Acrolein ile 2 gün süre sonrasında bakterilerde %99,99 azalma, ayrıca 15 ppm konsantrasyonda 3 gün uygulandığında ise bakterilerin yeniden üremesinin önüne geçildiği gözlemlenmiştir [126]. Çizelge 4.16'da Acrolein kullanılarak yapılan arıtma işleri çalışmalarından elde edilen verimlilik değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.16 : Dezanfektan olarak Acrolein kullanımında elde edilen verimlilik [55].

Organizma	Uygulama	Verimlilik
Bakteri	3-10 ppm	%99,99-99,999 azalma
Bakteri (gemi testi sonucu)	9-15 ppm, 24-72 saat	%99,99-99,9999 azalma
Fitoplankton	1 ppm	%99,999 azalma
Zooplankton	0,18-0,50 ppm, 96 saat	%50 ölüm

Penkala'nın yaptığı laboratuvar çalışmaları, Acrolein'in yarılanma ömrünün 1 ppm için 20-25 saat olduğunu göstermiştir. Ancak gemi üzerinde yapılan çalışmalar bu sürenin daha kısa olduğunu ortaya koymuştur. Balast tankı içerisinde 9 ppm konsantrasyonunda bulunan Acrolein'in 24 saat sonra 2,5 ppm'in altına indiğini göstermiştir. Bu durum balast tankı içerisindeki kimyasal ve fiziksel koşulların Acrolein'in yarılanma ömrü üzerinde etkisinin göstergesidir [126].

Acrolein ile balast suyu arıtmada ortaya çıkan operasyon maliyetinin ton başına 0,16-0,19 \$ arasındadır [117].

4.3.2 Balast suyu arıtımı ile ilgili bilinen diğer yöntemler

4.3.2.1 Hidroksil radikalleri

Balast suyu arıtması için önerilen yöntemlerden biri hidroksil radikalidir. Bu serbest radikal hemen hemen her türlü organik yapıyı karbondioksit ve suya ayrıştırabilir [62]. Hidroksil radikalleri genellikle O_2^+ ve N_2^+ iyonlarının su ile etkileşime girmesi ile oluşur. Bai ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalara göre mikroorganizmaları öldürmek için gerekli olan konsantrasyon 0,63 mg/L'dir. Bu konsantrasyon seviyesinde tek hücreli algler, protozpanlar ve bakteriler 2,67-8 saniyede DNA ve RNA'larında meydana gelen bozulmalardan ve lipid peroksidasyondan kaynaklı ölmektedirler [127].

Bu yöntem ile suyun bulanıklığının 2,67 saniyede %50 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca hidroksil radikalının su içerisinde nanosaniyeler içerisinde su, oksijen ve karbondioksit ayrışıyor olması yöntemi çevre dostu yapmaktadır. Yöntemin kullanımı için gerekli olan sistemin ebatının küçük olması ve operasyon giderlerinin de az olması yöntemi tercih edilebilir kılmaktadır. Ancak yüksek yatırım maliyeti ve yüksek güç gereksinimi yöntemin önündeki engellerdendir [127].

4.3.2.2 pH ayarlama

Canlıların içinde bulundukları ortamda meydana gelen pH değişimleri kimi zaman hayatta kalmalarını engelleyecek boyutlarda olurlar. Bu gerçek, balast suyunun pH'ını değiştirerek içinde bulunan mikroorganizmalardan arındırılması konusunu gündeme taşımıştır. Balast tankına alkali ya da kimyasal madde ekleyerek suyun pH değişimi sağlanabilir. Ancak balast tankında pH'ın düşmesi korozyona yol açar [63]. Ayrıca pH'ın değiştirilmesi de kimyasal olarak kararsız bir su oluşumuna neden olur. Bunun yanı sıra balast suyunun pH'ını değiştirmek için gerekli olan kimyasalların gemide depolanması da yer açısından sorun teşkil edeceği gibi, gemi personeli için gemide büyük miktarlarda kimyasalın bulunması da sağlık ve güvenlik açısından bir problemdir. pH seviyesini değiştirilmesi yöntemi sonucu gemide depolanması ve uygun bir atık gömme alanına boşaltılması gereken kalıntıların oluşması yöntemin bir diğer dezavantajıdır [85].

Yapılan çalışmalar pH değişimi sonucu kistler, sporlar ve dinlenme evresindeki organizmaların etkilenmedikleri gözlemlenmiştir. Bolch ve Hallegraeff [128]

dinoflagellat kistleri 24 saat süre boyunca 2-10 arasında değien pH değerlerine maruz bırakmış ancak bu organizmalarda herhangi bir ölüm/etkisizleşme görölmemiştir Kuzirian ve arkadaşlarının [114] zooplanktonları 8,5-10 arasında değişen pH değerlerine maruz bıraktıklarında herhangi bir ölüm ile karşılaşmamış olmaları da bu bulguyu doğrulamaktadır.

4.3.2.3 Tuzluluk

Açık denizlerde balast değişimi metodu ile yapılan arıtma, canlıların doğal olarak yaşadıkları ortamdaki tuzluluk oranına dayanmaktadır. Şöyle ki, deniz suyunun fiziksel ve kimyasal yapısı kıyılarda ve açık denizlerde farklılık göstermektedir. Tatlı su organizmaları tuzlu su olan bir ortama bırakıldıklarında ortamdaki tuzluluk farkından dolayı yaşayamazlar. Aynı durum tuzlu su canlıların tatlı su bulunan bir ortama bırakılmasında da geçerlidir. Bu gerçeklikten yola çıkılarak balast suyunun tuzluluk oranını değiştirterek balast suyunun artırılması yoluna gidilmiştir. Balast suyunun tuzluluk oranı ya direkt olarak tankların içine tuz ilave edilmesi ile ya da gemi bünyesinde bir tuzdan arındırma cihazı kullanılması ile gerçekleştirilir. Ancak bu cihazların oldukça pahalı olması, efektif bir sonuç elde edilebilmesi için gerekli sürenin uzun olması ve ekipmanın çalışması için yüksek enerji ihtiyacının olması bu ikinci yöntemin pratikte uygulanabilirliğinin önüne geçmektedir [55].

Yöntemin önünde engel teşkil eden bir diğer problem ise çoğu patojenin ve spor halindeki organizmaların tuzluluk farkından etkilenmemesidir. Munro ve Colwell'in [123] yaptıkları çalışmalar tuzluluğun 5-33 g/L olarak değiştirildiği bir deneyde, *ecoli* ve koleranın etkilenmediklerini göstermiştir. Bolch ve Hallegraeff'in [128] yaptıkları çalışmalarda ise 15-50 g/L tuzluluk oranında değişen deney koşullarında *G.catenatum* kistlerinin etkilenmediklerini ortaya koymuştur.

Yöntem ile balast suyunda bulunan geniş yelpazedeki organizmaları öldürmek için gerekli olan tuz miktarı düşünölldüğünde, ekonomik ve tuzun gemide depolanması için gerekli olan alan göz önünde bulundurulursa, yöntem gemi üzerinde tuz depolayarak uygulanmak için yeterince uygun değildir.

4.4 Karma Yöntemler

Gemilerdeki balast suyu içerisinde bulunan organizmalar boşaltıldıkları ortamda problem haline gelmeye başlayınca, balast suyunu bu organizmalardan arıtmak adına

pek çok yöntem geliştirilmiştir. Balast suyu arıtması için mekanik, fiziksel ve kimyasal olmak üzere üç ana yöntem vardır. Her bir yöntemin gemi tipi, operasyon alanı ya da debi gibi etkenler göz önünde bulunduğunda belirli avantajları ve dezavantajları vardır. Ancak balast suyu içerisinde bulunan canlıların çeşitliliği göz önüne alındığında hiç bir yöntem tek başına istenilen verimde sonuçlar ortaya koyamamıştır. İşte bu durum, gemilerde balast suyu arıtması için karma sistemlerin bir araya gelmesine yol açmıştır. Piyasada bulunan çoğu balast suyu arıtma sistemi üreticisi bu dezavantajların önüne geçebilmek adına bu yöntemlerden birden fazlasının beraber kullanıldığı karma yöntemleri tercih etmektedirler.

Günümüzde balast suyu arıtma sistemi geliştiren pek çok firma gemi sahiplerine balast suyunu arıtmaya yönelik karma sistemler sunmaktadırlar. Firmalara ait karma balast suyu arıtma sistemlerine dair tablo, EK C'de bulunmaktadır. Karma sistemler, birincil ve ikincil arıtma gerçekleştiren sistemlerdir. Birincil arıtmada balast suyu içerisinde bulunan büyük partikül ve organizmalar mekanik bir yöntem ile balast suyundan ayrılırlar. Böylelikle balast suyu içerisinde ikincil arıtma için daha küçük partikül ve organizmalar kalmış olur. Birincil arıtmanın yapılmasının ana sebebi, ikinci arıtmadan alınacak olan verimi arttırmak ve IMO D2 kriterlerini karşılamaktır. Mevcut piyasada en çok tercih edilen karma yöntem filtreleme + UV kullanılan sistemlerdir. Kimyasal madde kullanan sistemlerde kimyasalın depolanacağı ekstra alan gereksinimi, koagülasyon kullanan sistemlerde çökelmenin gerçekleşmesi için gerekli olan ekstra tank kapasitesi ve kurulum/operasyon maliyetleri göz önüne alındığında filtreleme + UV diğer sistemler arasında avantajlı görülmektedir. Sistemlerin maliyetine ilişkin detaylar daha sonraki bölümlerde verilecektir.

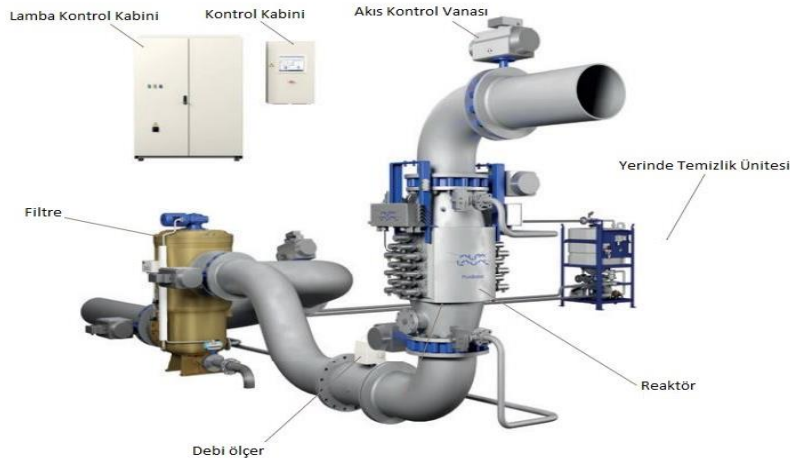
Üretici firmalar bu bölümde anlatılan yöntemlerden bir ya da bir kaçını kullanarak ürettikleri sistemler için IMO G8 rehberinde yer alan süreçlerden geçerek BSY Sözleşmesi D2 kriterlerini sağladıklarını ispat ederler ve bu süreç doğrultusunda Tip Onayı alırlar. Bunun yanı sıra arıtma yöntemi olarak sistemlerinde aktif madde kullanan üretici firmalar G9 rehberinde belirtilen güvenlik, insan sağlığı ve çevre açısından uygun olmaları açısından değerlendirilerek aktif madde kullanımı için de onay alırlar. Üreticileri firmaların kullandıkları yöntemler ile G8 ve G9 kriterlerine ilişkin onay süreçleri ile ilgili bilgiler EK C'de yer almaktadır.

Piyasada bulunan ve karma sistem kullanan ticari ürünlerden bazılarına ait teknik bilgiler aşağıda yer almaktadır.

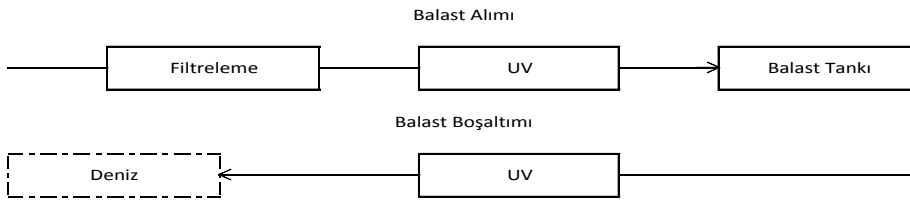
Ürün Adı : Alfa LavalPure Ballast 3.1

Kullanılan Yöntemler: Filtreleme + UV

Sistemin Çalışma Prensibi: Sistemde ön arıtma metodu olarak filtreleme ve ikincil arıtma metodu olarak UV yöntemi kullanılmaktadır. 32-3000 m³/saat akışta çalışabilmektedir. UV yönteminin verimli olabilmesi için arıtılacak olan suyun bulanıklığı önemlidir. Pure Ballast 3.1, %42 seviyesine kadar bulanık ortamlarda efektiftir. Herhangi biri kimyasal madde kullanılmadığı için depolama ya da yan ürün problemi yoktur. Gemide ek bir havalandırma sistemine ihtiyaç duyulmaz. Balast suyu alınırken hem filtre hem de UV tarafından arıtılır. Balastın boşaltılması sırasında da balast suyu tekrar UV sistem ile arıtılıp denize boşaltılır. Aşağıda Şekil 4.4'te 1000 m³/saat'lık kapasitesi olan Alfa Laval PureBallast 3.1 balast suyu artırma sisteminin şekli, Şekil 4.5'te ise çalışma şeması yer almaktadır [129].



Şekil 4.4 :Alfa Laval PureBallast 3.1 ürün görseli [129].



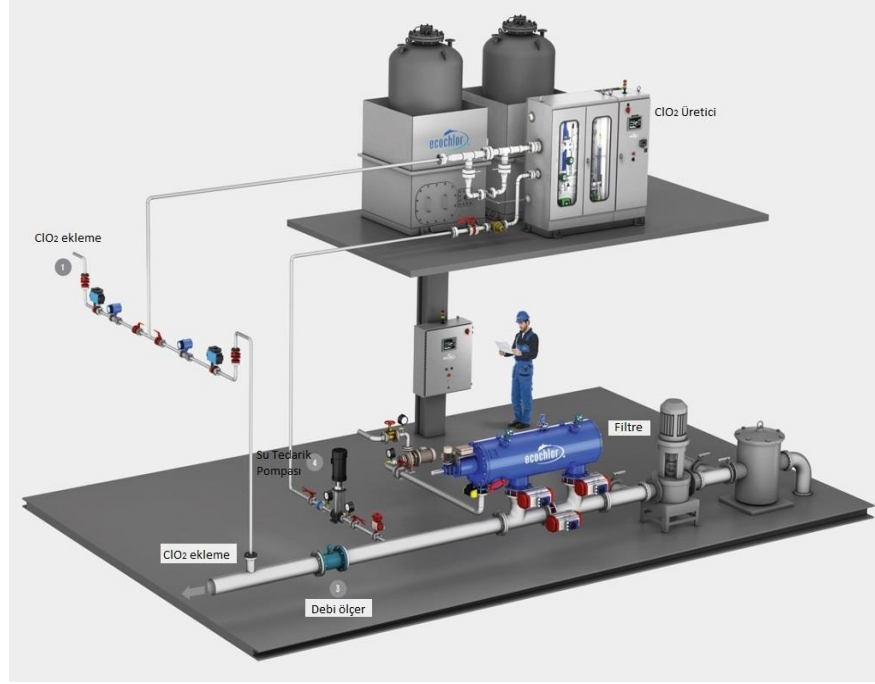
Şekil 4.5 : Alfa Laval PureBallast 3.1 balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması.

Ürün Adı : Ecochlor Ballast Water Treatment System

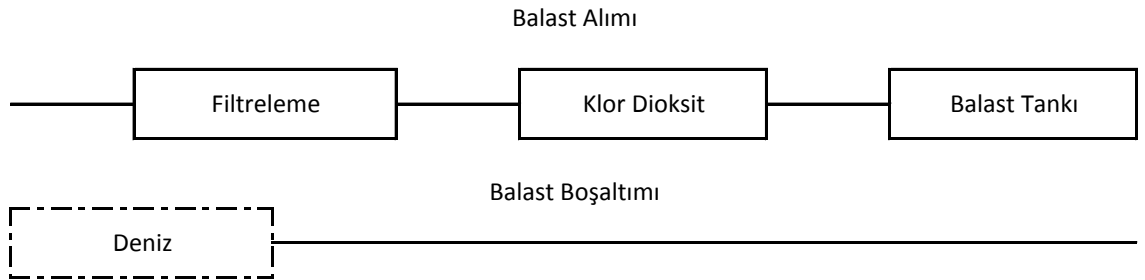
Kullanılan Yöntemler: Filtreleme + Klordioksit

Sistemin Çalışma Prensibi:Ecochlor Balast Suyu Arıtma Sistemi iki adımlı arıtma sağlayan karma sistemlerden biridir. İlk adımda 40 µm paslanmaz çelik fitre

kullanılarak mekanik ayrıştırma gerçekleştirilir. İkinci adımda ise klor dioksit üretilir ve balast suyuna eklenir. Kurulum aşamasında filtrenin balast suyu pompasına yakın kurulması önemli iken, klor dioksit kullanılan ikincil arıtma sistemi gemi bünyesinde herhangi uygun bir yere monte edilebilir [130]. Aşağıda Şekil 4.6'da Ecochlor Ballast Water Treatment System balast suyu arıtma sisteminin şekli, Şekil 4.7 'de ise çalışma şeması yer almaktadır.



Şekil 4.6 : Ecochlor Ballast Water Treatment System ürün görseli [130]



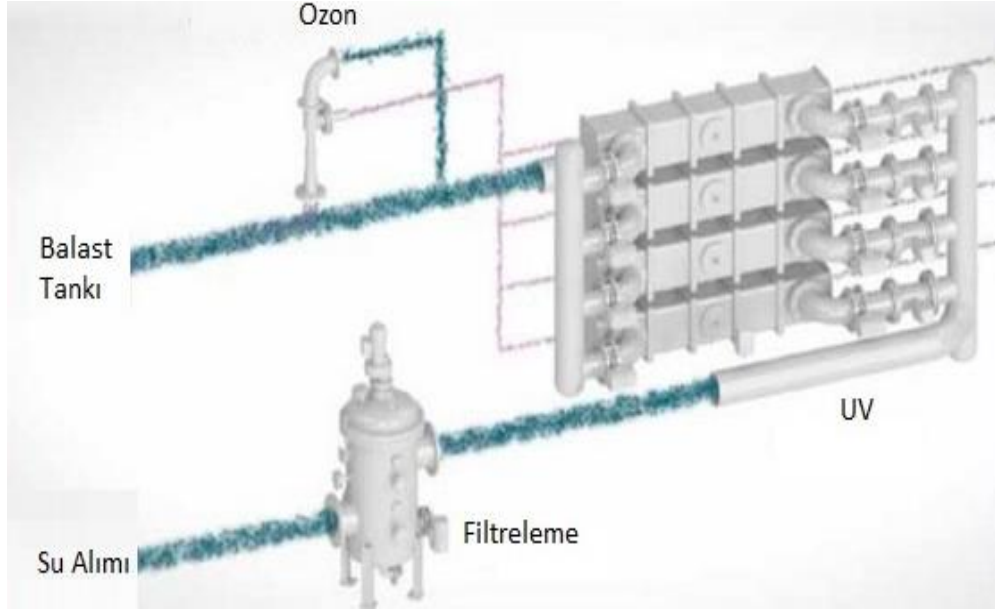
Şekil 4.7 : Ecochlor Ballast Water Treatment System balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması.

Ürün Adı:Desmi Ocean Guard Oxy Clean

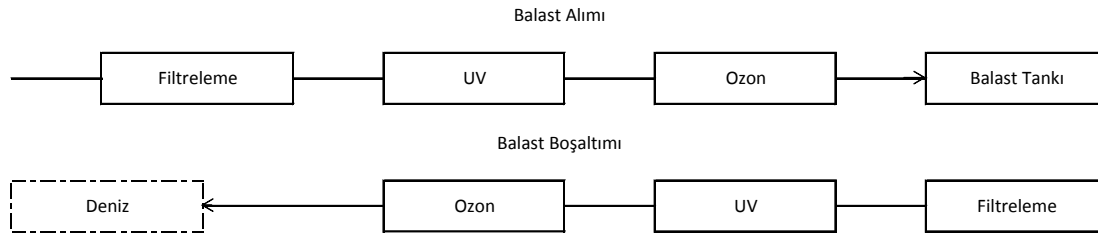
Kullanılan Yöntemler: Filtreleme + UV + Ozon

Sistemin Çalışma Prensibi:Desmi Ocean Guard Oxy Clean balast arıtma sistemi Filtreleme, UV ve Ozon ile arıtmanın yapıldığı karma sisteme sahiptir. İlk aşamada

alınan balast suyu filtreleme işleminden geçirilir, böylece 40 µm'dan büyük partikül ve organizmalar sudan ayrıştırılır. Daha sonra balast suyu UV ünitesinden geçerek UV ışını ile arıtılma işlemine maruz kalır. UV ünitesinden çıkan balast suyu, ozon ile arıtılma işleminden geçer ve balast tankına giriş yapar. Balast suyu hem alınırken hem de boşaltılırken bu aşamalardan geçer [131]. Aşağıda Şekil 4.8'de Desmi Ocean Guard Oxy Clean balast suyu artırma sisteminin şekli, Şekil 4.9'da ise çalışma şeması yer almaktadır.



Şekil 4.8 : Desmi Ocean Guard Oxy Clean ürün görseli [131].



Şekil 4.9 : Desmi Ocean Guard Oxy Clean balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması.

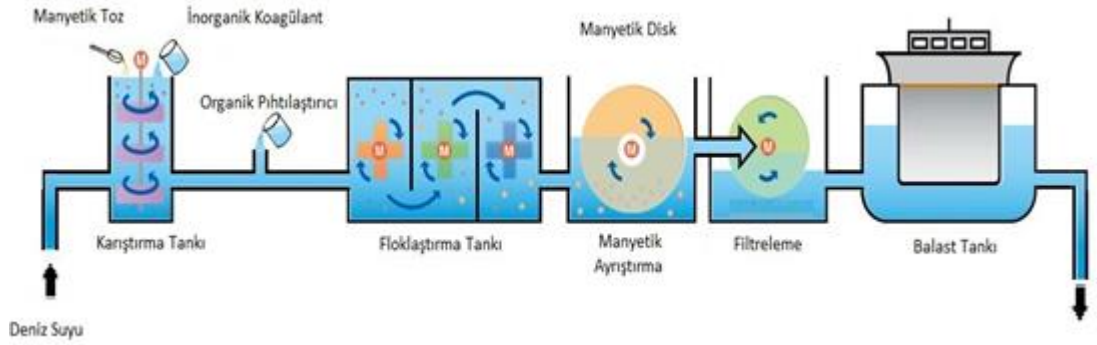
Ürün Adı:Hitachi Clear Ballast

Kullanılan Yöntemler: Koagülasyon + Flokülasyon + Filtreleme

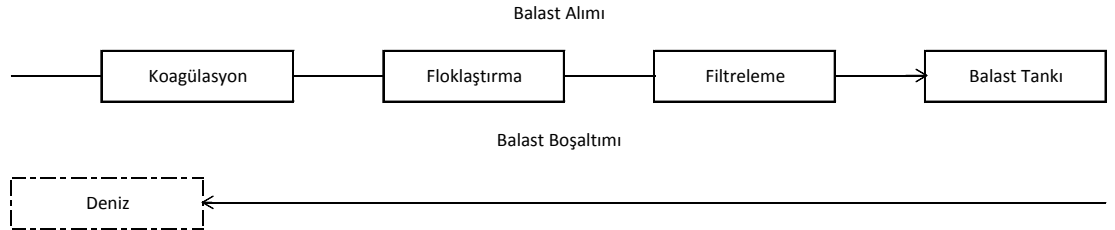
Sistemin Çalışma Prensipleri: Hitachi Clear Ballast balast suyu arıtma sistemi, mekanik ve fiziksel arıtma yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir karma sistemdir. Gemi bünyesine ilave edilen bir karıştırma tankında balast suyuna manyetik toz eklenir, daha sonra bu karışım flokleştirme tankına alınırken organik flokleştirici

maddeler eklenir. Burada küçük partikül ve organizmalar bir araya gelip daha büyük partikül ve organizmalar haline gelir. Manyetik toz ile manyetikleştirilmiş olan partikül ve organizmalar manyetik disk yardımı ile sudan ayrıştırılırken, flokleştirilmiş olanlar da filtreleme işlemi sırasında sudan ayrıştırılır. Filtreden geçen su balast tankına iletilir.

Bu sistemde sadece balast suyu alınırken atırma yapılır [93]. Aşağıda Şekil 4.10'da Hitachi Clear Ballast balast suyu artırma sisteminin şekli, Şekil 4.11.'de ise çalışma şeması yer almaktadır.



Şekil 4.10 : Hitachi Clear Ballast ürün görseli [132].



Şekil 4.11 : Hitachi Clear Ballast balast suyu arıtma sistemi çalışma şeması.

5. BALAST SUYU ARITMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Balast suyunu içinde bulunan organizmaların yarattıkları sorunların ciddi boyutlarda olabileceğinin farkına varılmasının ardından balast suyunu bu organizmalardan arındırmak için pek çok yöntem ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan bu yöntemlerin her birinin etki ettiği canlı çeşitliliği farklıdır. Ayrıca bu yöntemlerin kullanım koşulları, kullanım kolaylıkları, maliyetleri ve çevre üzerinde bıraktığı etkiler de birbirinden farklıdır.

Filtreleme ve siklonik ayırıştırma yöntemleri mekanik arıtma yöntemleridir. Bu yöntemler, balast suyu arıtımında tek başlarına yetersiz oldukları için daha çok ön arıtma metodları olarak kullanılmaktadır. Sonrasında yapılacak olan bir fiziksel veya kimyasal arıtma ile balast suyu arıtımından yüksek verim elde edilebilir.

Mekanik yöntemler büyük boyutlu partiküllerin ve organizmaların sudan ayrışmasında oldukça etkilidir. Ayrıca arıtma işlemi gemi balast suyu alırken gerçekleştiği için, ayrıştırılan canlılar kendi doğal ortamlarına dönmektedirler. Herhangi bir kimyasal madde eklenmediği ya da işlem sonrasında yan ürün olarak bir zararlı bir madde oluşmadığı için gemi personeline ya da doğaya herhangi bir zararları olmamaları yöntemleri çevreci yapmaktadır.

Filtreleme ve siklonik ayırıştırma yöntemlerinin başlıca dezavantajı sudan ayıştırdıkları partiküllerin/organizmaların boyutudur. Günümüzde gemilerde kullanılan balast suyu arıtma sistemlerinde filtre olarak yaklaşık 40-50 μm 'dan büyük partikül/organizmaları ayıştıracak olan filtreler tercih edilmektedir. Bu da daha küçük olan partikül ve organizmaların balast suyunda kalmalarına neden olmaktadır.

Fitre, hidrosiklon sistemleri balast suyunun akışında ek direnç yaratırlar. Sistemdeki basınç düşüşü farklılık göstermekle beraber 2 bar'a kadar çıkabilir. Bazı durumlarda filtre veya hidrosiklondan sonra sisteme karşı basınç valfi eklenmesi gerekebilir. Böylelikle ekipmanın temizliği sağlanır. Eğer gemide balast sistemi kurulurken gerekecek olan borulama uzun olursa, ek basınç düşüşleri gerçekleşir. Geri yıkama

yapan bu sistemlerde balast suyunun bir kısmı geri yıkama işlemini gerçekleştirmek için gemiden denize boşaltılır. Bu durum tanka giden akışın debisinde düşüş meydana getirir. Hidrosiklonlarda ekipmanın temizliği için balast suyunun yaklaşık olarak %5-10'u kullanılır. Basınç düşüşü ve geri yıkama işlemi nedeniyle kullanımda olan balast suyu debisi ve sistem dizayn basıncı etkilenir. Bu nedenle sistemin balast süresi ve arıtma süresi hesaplanırken, balast tankına ulaşan gerçek debi göz önüne alınmalıdır. Öyle ki basınç düşüşlerinin yaşandığı bu sistemler kullanılırken balast alma süresi %20 daha uzun sürebilir [52].

Bu metodla alınan balast suyunun tamamı filtre ya da hidrosiklondan geçmesi gerektiğinden, balast hacmi büyük olan gemilerde mekanik yöntem kullanılacaksa ekipmanın boyutu açısından problemler ortaya çıkabilir. Örneğin 5.000 m³/saat'lik balast suyu debisi olan bir gemide arıtma tamamen filtre ile yapılmak isteniyorsa, filtre için 2 m derinliği olan bir alanda yaklaşık 200 m²'lik bir alan ihtiyacı olacaktır. Bu durum pratikte gemi güvertesinde sistemi uygulanamaz kılmaktadır [133].

Diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında küçük partiküller ve organizmalar üzerinde etkili olmaması dezavantaj gibi görülse de, fiziksel ve kimyasal yöntemlerden elde edilecek olan verimi arttırmak için bu yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Fiziksel yöntemler gemi koşullarında tek başlarına kullanılabildikleri gibi, genel olarak ikincil arıtma metod olarak tercih edilmektedirler. Mekanik yöntemler ile büyük partiküllerden ve organizmalardan arındırılmış olan suyun, fiziksel arıtma yöntemlerinden seçilmiş olanı uygulanarak arıtma süreci tamamlanır.

Fiziksel yöntemlerden biri olan ısı ile arıtmada eğer istenilen ısı değerine erişebilirse canlıların arıtılmasında yüksek verim elde edilebilir. Yaşayan her canlılık aktivitelerini sürdürebildiği bir sıcaklık aralığı olduğu düşünülürse, balast suyundaki organizmaları öldürmek için de bu yönteme başvurulması mantıklıdır. Ayrıca ısı ile arıtma yapan sistemler insana ya da çevreye zararı olan herhangi bir etken madde içermemektedir. Sonrasında da herhangi bir zehirli madde üretilmiyor olması, yöntemi çevreci yapmaktadır. Günümüzde inşa edilen gemilerin pek çoğunda yerleşim mahallerini ısıtmak amaçlı kazanlardan yararlanılıyor olması, gemi personellerinin bu tür yüksek ısı gerektiren sistemler hakkında bilgili olmalarını zorunlu kılmıştır. Hem bu durum göz önüne alındığında, hem de ısı ile arıtma yapan sistemlerin bakım/tamir işlemlerinin diğer sistemlere kıyasla daha kolay olduğu

düşünüldüğünde gemi personeli için herhangi bir ek eğitim gerektirmemesi de bir diğer avantajıdır.

Tüm bu avantajlarının yanısıra ısı ile balast suyu arıtma yöntemi, gemilerde tercih edilmemesine neden olan pek çok dezavantajı da bünyesinde barındırmaktadır. Suyu belli bir sıcaklığa ulaştırmak için enerji gerekmektedir. Kimi durumlarda bu enerji miktarı çok yüksek olmaktadır. Bu durum yakıt tüketimini arttıracığından maddi açıdan çok efektif değildir. Büyük miktarlardaki balast suyunun yüksek sıcaklıklarda tankların içinde bulunması, gemide sıcak su ile direkt temas halinde olan bu kısımlarda genleşmelere neden olacaktır. Bu genleşmeler de ısıl gerilmeler yaratacağı için gemi bünyesinde mukavemet açısından sorunlar çıkarabilir. Ayrıca tanklarda korozyon oluşumuna neden olabileceğinden, tanklar için ekstra bakım/onarım maliyeti oluşturacaktır. Bu yöntemin bir diğer dezavantajı ise etki etmesi için gerekli olan süredir. Kimi gemilerin sefer süreleri ısı yöntemi ile organizmaların öldürülmesi/etkisizleştirilmesi için yeterli değildir. Bu durumda yöntemden alınacak olan verim de düşmektedir. Ayrıca geminin rotası da oldukça önemlidir. Eğer gemi soğuk sularda seyahat ediyor ise ısınmış olan balast suyu denize boşaltılmadan önce uygun sıcaklık değerine soğutulması ihtiyacı zaman kaybına yol açacaktır. Soğuk sularda seyahat halinde olan gemilerde dış ortamın sıcaklığının etkisi ile balast suyunu ısıtmak için gerekli olan enerji miktarı da artacaktır. Kısıtlı avantajlarının yanında tüm bu dezavantajları göz önüne alınırsa, diğer yöntemlere nazaran dikkat edilmesi gereken pek çok kriter barındırdığından, ısı ile arıtma yöntemi çok tercih edilmemektedir. Ama günümüzde yerleşim mahallerini buhar kazanı kullanarak ısıtan gemilere yönelik sistemler hazırlayan firmalar, bu yöntem için de araştırmalara ve yatırımlara devam etmektedirler.

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

Oksijensizleştirme yöntemi ısı ile arıtma yönteminin aksine tanktaki korozyonun önüne geçilmesinde etkilidir. Bu durum, oksijensizleştirme ile arıtma yapan gemilerde balast tanklarının boyasından yaklaşık olarak 100.000 \$ kar elde edilmesini sağlar. Kimi yeni inşa ya da balast suyu entegre edilecek olan eski gemilerde gemi bünyesinde inert gaz jeneratörleri bulunur. Böyle bir ekipmanın gemi

bünyesinde bulunuyor olması, sistemde gerekli olacak diğer ekipmanlar için gemide ihtiyaç duyulacak olan alanın azalmasını sağlayacaktır. Özellikle modernize olacak eski gemilere yeni bir sistem entegre edilirken en büyük sıkıntılardan birinin alan olduğu düşünülürse, bu durum büyük bir avantaj sağlamaktadır. Sitemdeki ekipmanlar, ısı ile artıma yönteminde olduğu gibi bakımı ve tamiri kolay ekipmanlardır. Bu durum, gemi personelinin eğitimi için ortaya çıkacak olan ekstra bir maliyeti ortadan kaldırır. Yine mekanik yöntemler ile ısı ile arıtmada olduğu gibi herhangi bir kimyasal maddeye ihtiyaç duyulmuyor olması ve zararlı yan ürün üretmemesi, yöntemi çevreci yapmaktadır.

Bu avantajlarının yanında, oksijensizleştirme yönteminin en büyük dezavantajı, yöntemden elde edilen verimin yüksek olması için gerekli olan zamandır. Balast suyu içerisinde bulunan organizmaların bu yöntem ile etkisiz hale getirilmesi için 1 ile 4 gün arasında süre gerekmektedir. Bu durum sefer süresi kısa olan gemilerde sıkıntı yaratmakta ve balast tankı için kapalı havalandırma ihtiyacı doğurmaktadır. Ayrıca nitrojen gazı pahalı bir gazdır. Nitrojen ya da inert gaz üreten ekipmanlar gemi bünyesinde bulunmuyorsa, bu ekipmanlar da ek maliyet olarak gemi sahibine yansıyacaktır.

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

UV sistemlerinde düşük ya da orta basınçlı UV lambaları kullanılmaktadır. Bu lambaların zaman zaman değiştirilmesi gerekmektedir. 250 m³/saat'lik bir UV balast suyu arıtma sisteminde düşük basınç ya da yüksek basınçlı lamba kullanıldığında ortaya çıkacak olan maliyet, Çizelge 5.1'de.

Çizelge 5.1 : 250 m³/saat'lik bir UV sistemi için kullanılacak olan lambaların maliyet analizi [134].

	Düşük Basınç	Yüksek Basınç
Lamba Sayısı	23	6
Güç Maliyeti*	805 \$	2100 \$
Çelik Konstrüksiyon Ölçüleri	3.3 m x 1.5 m x 1.8 m	2.8 m x 2 m x 1.9 m
Lambaların Çalışma Ömrü	1000 saat	5000 saat
Lamba Değiştirmek İçin Gerekli Süre	Yaklaşık 1 saat	Yaklaşık 10 dakika
Lamba Maliyeti *	57.500 \$	4.800 \$
Toplam Maliyet	64.055 \$	6.950 \$

*yılda 1000 saat kullanılacağı varsayılmıştır.

*maliyet 0.10\$ kW saat kabul edilmiştir.

*işgücü maliyeti 50\$/saat olarak kabul edilmiştir.

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

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

Balast suyuna etken madde olarak eklenen kimyasallardan biri olan klor havuz suları ve içme sularının arıtılması için uzun zamandır kullanıldığından bilindik bir yöntemdir. Ancak 2 ppm'in altındaki konsantrasyonlarda uygulandığında kistler üzerinde etkili değildir. Yüksek dozda uygulanması da tanklarda korozyona yol açar. Elektrolitik klorlama yönteminin ise en büyük dezavantajı, kullanılan balast suyundaki tuz miktarının önemli olmasıdır. Tuz miktarı belli bir seviyenin altında olduğunda sistemden yeterli verim elde edilemez. Klor dioksit ise organik maddeler ile birleşmediği için bulanıklığı fazla olan sularda diğer kimyasallara göre daha etkilidir. Ozon ise mikroorganizmaları öldürmede oldukça etkili olmasına karşın büyük boyutlu organizmalarda elde edilen verim yetersizdir. Ayrıca yüksek miktarda balast suyunu arıtmak için gerekli olacak ozonu elde etmekte kullanılacak olan ozon jeneratörü yüksek maliyetli ve geniş yer kaplayan bir ekipmandır. Bunun yanı sıra ozon uygulanmış balast suyunun boşaltılmadan önce nötürleştirilmesi gerekmesi de yöntemin bir diğer dezavantajıdır.

Balast suyu arıtmada kullanılan kimyasallardan olan hidrojen peroksit ve ticari bir ürün olan PeraClean suda kolay çözünmesi ve zararlı yan ürün oluşturmamasından dolayı kimyasallar arasında çevreci oluşu ile ön plana çıkmaktadırlar. Ama bu yöntemin etkili olabilmesi için yüksek dozda etken madde uygulanmasına ihtiyaç vardır. Bu durum hem maliyeti arttıracığından hem de gemide doplama alanı ihtiyacı doğuracağından sıkıntı yaratır. SeaKleen yönteminde ise arıtılmış olan balast suyu boşaltılmadan önce nötürleştirilmelidir.

Kimyasal yöntemlere genel olarak bakıldığında kullanılacak olan kimyasal ya da kimyasalların gemilerde depolanması ortak problemdir. Bu durum gemide kimyasala özel bir alan ayrılmasını ve bu alanın havalandırılmasının da depolanan kimyasala uygun bir biçimde gerçekleştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarır. Ayrıca kullanılacak olan kimyasal maddelerin gemiye transferi gerçekleştirilmelidir. Bu durum nakliye masraflarını gündeme getirir. Kimyasal maddeler zararlı olduklarından depolandıkları alanlar zaman zaman sızıntı ihtimaline karşı kontrol edilmelidir. Ayrıca kimyasal uygulanmış olan su gemiden boşaltılmadan önce nötürleştirilmelidir.

Balast suyu arıtmasında kullanılan hidroksil radikalleri su içerisinde kısa bir sürede su, oksijen ve karbondioksit ayrılırlar. Bu yöntem için kullanılması gereken ekipman gemide çok yer kaplamaz. Buna karşın sistemin yatırım maliyetinin yüksek

olması ve yüksek güç gereksinimi yöntemi pratikte gemi sahipleri açısından pek tercih edilir yapılmamaktadır. pH ayarlama ile balast suyu kontrolünde tanklarda oluşacak olan korozyon sorunu engel olarak ortaya çıkmaktadır. Tuzluluk ile arıtmada ise ekipman maliyeti yüksekliği ve verim alabilmek için gereken bekleme süresi pratikte yöntemlerin uygulanmasının önüne geçen engellerdir.

EK D'de balast suyu arıtmasında kullanılan yöntemlere ait avantajlar ve dezavantajlar toplu halde görülmektedir.

Balast suyu artıma yöntemlerinin kullanım ve verimlilik açısından farklılıklarının yanı sıra maliyetleri açısından da farklılıkları göze çarpmaktadır. Sistemlerin operasyon giderleri birbirinden farklılık göstermektedirler. Çizelge 5.3'De ön arıtma olmadan kullanılan yöntemlerin m³ başına balast suyu arıtma maliyetleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 : Balast suyu arıtma yöntemlerinin operasyon maliyetleri.

Yöntem (Ön Arıtma Olmadan)	İşletim Maliyeti (€/m³)
Filtreleme	0,055-0,17 [64]
Siklonik	0,045-0,24 [135]
Isı	0,53[136]
Ultrason	0,28 [136] 0,39-0,43 [84]
Oksijensizleştirme	0,1 [136] 0,055 [84]
UV	0,1 [136] 0,06-0,24 [135]
Klor	1,02 [104]
Elektrolitik Klorlama	0,018 [105]
Klordioksit	0,055 [137]
Ozon	0,22 [136] 0,26-0,29 [112]
PeraClean	0,18-0,28 [62]
Gluteraldehit	23 [121]
SeaKleen	0,18 [117]
Acrolein	0,15-0,17 [55]

Daha önce de bahsedildiği üzere gemilerde balast suyu arıtma sistemlerinde alınan verimin artırılması amacı ile karma sistemler tercih edilmektedir. Yöntemlerin etki

ettikleri canlı türleri, ton başına arıtım maliyetleri, ekipman yatırım maliyeti, bakım onarım kolaylığı gibi etkiler göz önüne alındığında karma sistemlerin tercih edilmelerine yönelik farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Farklı gemi tiplerine göre piyasada bulunan karma sistemlerin yıllık işletim masrafları ve toplam işletim masraflarına ilişkin bilgiler Bölüm 6'da Çizelge 6.3'te verilmiştir.

6. BALAST SUYU ARITMA SİSTEMİ SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN FAKTÖRLER

Bir gemi için balast suyu arıtma sistemi seçilirken gözönüne alınması gereken pek çok husus vardır. Tersanelerde bir arıtma sisteminin gemiye uygulanabilirliği sadece sistemden elde edilen verimlere bakılarak değil; sistemin maliyetine, gemiye uygunluğuna, güç tüketimi ve kapladığı alan gibi pek çok hususa bakılarak belirlenir.

Geminin tipi ve balast kapasitesi bir gemiye balast suyu arıtma sistemi seçerken en önemli faktörlerden biridir. Sistem tedarikçileri bir gemi için sistem önereceklerinde dikkate aldıkları ilk faktör istenen balast suyua arıtma kapasitesidir. Bunun yanı sıra hem gemi sahibinin hem de sistem tedarikçisinin sistem seçimi sırasında dikkat etmesi gereken pek çok husus, aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

6.1 Tip Onayı

Yeni inşa edilecek olan bir gemiye ya da balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek olan bir gemiye balast suyu arıtma sistemi seçerken dikkat edilecek en önemli hususlardan biri, seçilecek olan sistemin bayrak yönetimi ya da ilgili IMO Rehberi tarafından tanınmış olan bir organizasyon tarafından onaylı olmasıdır. Ayrıca eğer kimyasal madde kullanan bir sistem seçilecek ise, sistemin bu konuda da onaylı olmasına dikkat edilmelidir.

6.2 Gemi Tipi ve Balast Suyu Kapasitesi

Bir gemi için balast sistemi seçilirken geminin tipi tek başına belirleyici faktör değildir. Geminin tipinden daha çok balast kapasitesi önemlidir. Gemiler balast kapasitelerine göre iki grupta incelenebilir; tanker ve kuruyük gibi yüksek balast kapasiteli gemiler ve konteyner, yolcu gemisi gibi düşük balast kapasiteli gemiler. Çizelge 6.1’de gemilerin türlerine ait balast ve balast pompası kapasitelerine ait veriler yer almaktadır

Çizelge 6.1 : Gemi tipleri ile balast kapasiteleri ve pompa debileri [52].

Gemi Kategorisi	Gemi Tipi	Balast Kapasitesi (m ³)	Pompa debisi (m ³ /saat)
Kuru Yük Gemileri			
Yüksek Balast Gerektiren Gemiler	Handy	18.000	1.300
	Panamax	35.000	1.800
	Capesize	65.000	3.00
	Tankerler		
	Handy	6.500	1.100
	Handymax- aframax	31.000	2.500
	Suezmax	54.000	3.125
	VLCC	90.000	5.000
	ULCC	95.000	5.800
	Konteyner		
Düşük Balast Gerektiren Gemiler	Feeder	3.000	250
	Feedermax	3.500	400
	Handy	8.000	400
	Subpanamax	14.000	500
	Panamax	17.000	500
	Postpanamax	20.000	750
	Diğer Tür Gemiler		
	Kimyasal Tanker	11.000	600
	Yolcu Gemisi	3.000	250
	Genel Kargo	4.500	400
	Ro/Ro	8.000	400
	Kombinasyon Gemiler	7.000	400

Gemilerin balast tankları ve pompalarının kapasiteleri gemiye balast suyu arıtma sistemi seçerken dikkat edilecek hususlardan biridir. Her balast suyu arıtma

sisteminin bir "Toplam Kapasite Oranı" vardır. Bu oran, o sistemin her saat kaç metreküp balast suyu arıtabileceğinin göstergesidir. Ticari piyasaya baktığımızda kimi markaların belli pompa kapasitelerinde ürünleri olduğu görülmektedir. Balast ve pompa kapasitesi, balast suyu arıtma sistemi için üretici firma seçerken belirleyici kriterlerden biridir.

Örneğin, ikisi de Filtreleme + UV ile balast suyu arıtan teknolojiye sahip olan firmalardan Hyde Guardian 60-6000 m³/saat kapasiteli ürün çeşitliliğine sahip iken, AuraMarine firması 75-1500 m³/saat kapasitesinde sistem tedariki yapmaktadır. Bu durum AuraMarine'i düşük balast gerektiren gemiler için tercih edilebilir bir ürün haline getirirken, yüksek balast gerektiren gemilerde yetersiz kalmaktadır. Balast suyu sistemi için marka ve ürün seçerken, seçilen ürünün balast arıtma kapasitesi sistemin kurulacağı geminin balast arıtma ihtiyacını karşılar nitelikte olmalıdır.

6.3 Balast Suyu Karakteristiği

Suyun bulanıklığı, tuzluluk oranı ve sıcaklığı balast suyu arıtma sisteminin verimliliği üzerinde etkilidir. Örneğin gemi bulanıklığı fazla olan bir denizden balast suyu alıyorsa, tek başına uygulanacak bir balast suyu arıtma yöntemi yetersiz kalacaktır. Bu durumda uygulanan arıtmadan alınacak verim düşer.

Bunun yanı sıra elektrolitik klorlama ile arıtma yöntemi seçilecek ise, deniz suyunun tuzluluk oranı önem taşımaktadır. Belirli bir tuzluluk oranının altında bu yöntem ile elde edilecek olan verim düşecektir. Ayrıca 5°C'nin altında olan sularda elektrolitik klorlama sistemi çalışmayacağından, soğuk sularda seyahat edecek olan gemilere balast suyu sistemi seçilirken bu konu da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yine soğuk sularda seyir edecek olan gemiler için sistem seçimi yapılırken, suyun sıcaklığından kaynaklı oluşacak dezavantajlara dikkat edilmelidir. Örneğin soğuk suda seyir edecek bir gemiye ısı ile balast suyu arıtan bir sistem takmak, hem suyu ısıtmak için gerekli olan enerji ihtiyacını arttıracığından, hem de ısınmış olan balast suyunu denize boşaltmak için öncesinde ortam sıcaklığının maksimum 10 °C üzerine soğutmak için zaman gerekeceğinden makul bir çözüm değildir. Balast suyu arıtma sistemi seçilirken balast suyunun karakteristik özellikleri göz önüne alınarak gemi için en uygun olacak sistemi seçmek gereklidir.

6.4 Geminin Operasyon Alanı

Bir geminin kullanacağı ticaret yolu balast suyu arıtma sistemi seçiminde önemlidir. Örneğin, kimi gemiler rotaları gereği Amerika sularında balast boşaltmaları gerekmez. Bu durumda bu tür bir gemide balast suyu sistemi seçilirken, sistemin Amerika'da uygulanan balast suyu yönetim kurallarına uygun olması gerekmemektedir. Buna karşılık eğer gemi Amerika sularında seyir edecek ise, gemideki balast suyu arıtımı sistemi USCG tarafından belirtilen kriterlere uygun olmak zorundadır. IMO balast suyu arıtımı kriterleri ile USCG balast suyu arıtımı kriterleri arasındaki farklar bu çalışmada Bölüm 3.4'te detaylı olarak verilmiştir.

6.5 Sistem Boyutu / Yer Gereksinimi

Günümüzde balast suyu arıtma sistemleri farklı konfigürasyonlar halinde gemiye monte edilebilecek şekilde imal edilebilmektedir. Mevcut sistemlerin gemide kapladığı alan $200 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik bir sistem için $1-25 \text{ m}^2$, $4000 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik bir sistem için ise $>500 \text{ m}^2$ arasında değişebilmektedir. Balast suyu arıtma sisteminin kapasitesi arttıkça kapladığı alan da buna bağlı olarak artış göstermektedir [52]. Sistem için gerekli alan düşünülürken, sistem için gerekli borulama da göz önünde bulundurulmalıdır. Yeniden donatılan gemilerde kimi durumlarda balast sistemi konulabilmesi için ek borulamaya ihtiyaç duyulur. Mevcut geminin yapısına bağlı olarak bu durum kimi zaman sistemin kendisinin kaplayacağı alandan daha önemli hale gelebilir. Genellikle balast sistemi için kullanılan borular $250-500 \text{ mm}$ arasındadır. Kimi durumda gemide gerekli olan bu ek borulama için alan sıkıntısı meydana gelir. Aşağıda Çizelge 6.2'de farklı markaların $500 \text{ m}^3/\text{saat}$ ve $1000 \text{ m}^3/\text{saat}$ kapasiteye sahip sistemlerinin kapladıkları alanlar ve yüksekliklerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.2 : Farklı markaların $500 \text{ m}^3/\text{saat}$ ve $1000 \text{ m}^3/\text{saat}$ kapasiteli arıtma sistemlerinin kapladıkları alan ve yükseklik bilgileri [138].

Marka	Taban Alanı m^2		Yükseklik m	
	$500 \text{ m}^3/\text{saat}$	$1000 \text{ m}^3/\text{saat}$	$500 \text{ m}^3/\text{saat}$	$1000 \text{ m}^3/\text{saat}$
Alfa Laval PureBallast 1.0	4,2 (1000 m^3)	-	2,1	2,65
Alfa Laval PureBallast 2.0	4,2 (1000 m^3)	-	2,1	2,65

Çizelge 6.2 (devam) : Farklı markaların 500 m³/saat ve 1000 m³/saat kapasiteli arıtma sistemlerinin kapladıkları alan ve yükseklik bilgileri [138].

Marka	Taban Alanı m ²		Yükseklik m	
	500 m ³ /saat	1000 m ³ /saat	500 m ³ /saat	1000 m ³ /saat
Alfa Laval PureBallast 3.0	4,2 (1000 m ³)	-	2,1	2,65
Aquastar	3,3	12,4	1,1	2,1
Atg UV Technology	25 (200 m ³)	-	-	-
Crystal Ballast	12,4	-	<2,1	-
Blo Sea BIO-UV	4,07-5,75	-	2,4	-
Cathelco	9	25,5	2,75	3,4
COSCO	2 (200 m ³)	7 (2000 m ³)	-	-
Desmi Ocean Guard OxyClean	4,2	45,6	2,48	3,59
Desmi Ocean Guard RayClean	6	35	2,3	3,11
Ecochlor	12,4	25,1	2,8	3,6
BlueSeas	15	50	1,5-2,5	1,5-2,5
BlueWorld	12	45	1,5-2,5	1,5-2,5
Erma First	4	-	3	-
GEA Westafalia Ballastmaster UltraV	1,6 (250 m ³)	-	1,8	-
Hanla EcoGuardian	6	-	2,3	-
OceanGuard	3,5	8,4	2,33	3,33
Hyde Guardian	Modüler Sistem			
EcoBallast	3,5	9,7	2,1	2,1
HiBallast	4,6	11	2,3	2,8
Mahle Ocean Protection System (OPS)	4 (200 m ³)	18 (2000 m ³)	-	-
MH Systems Inc.	2,25	9	1,5	2
FineBalast MF	15	-	2,8	-
MMC	9,6	-	2,5	3,53
NEI Treatment Systems LLC VOS	2,7	12,48	2,5	3,53
NK BlueBallast	8,6	27	2,3	31,3
Oceansaver MKI	11	23	1	-
Oceansaver MKII	11	23	1	-
Optimarin	3	12,45	1,8	3,7
RWO CleanBallast	8,47	55,91	2,39	2,87
Severn Trent De Nora BalPure	7,5	15	2,21	3,15
SiemensSeaCURE™	14	25 (4000 m ³)	2,45	2,45 (4000 m ³)

Çizelge 6.2 (devam) : Farklı markaların 500 m³/saat ve 1000 m³/saat kapasiteli arıtma sistemlerinin kapladıkları alan ve yükseklik bilgileri [138].

Marka	Taban Alanı m ²		Yükseklik m	
	500 m ³ /saat	1000 m ³ /saat	500 m ³ /saat	1000 m ³ /saat
ECOMARINE	7,5	-	2,3	-
BalClor	2,72	7,5	2,3	3,15
Techcross Electro-Clean	2,4	14,7	3	3
Wartsila Aquarius UV	5	43,3	2,12	2,53
Wartsila Aquarius EC	11,6	32,1 (6000 m ³)	2,1	3,1 (6000 m ³)
Wuxi Brightsky Electronic Co. Ltd.	2,2	7	2,7	2,97

Sistemin toplam büyüklüğünün yanı sıra modüleritesi de oldukça önemlidir. Balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek eski gemilerde yer sıkıntısı var ise tek modül halinde olan sistemler sorun olabilmektedir. Bunun yerine parçaları farklı yerlere yerleştirilebilen sistemleri tercih etmek daha doğru olacaktır. Aşağıda Şekil 6.1'de Hyde Guardian markasına ait bir sistemin tek bir modül olarak, Şekil 6.2'de ise parçalar halinde gemide uygun yerlere kurulu haline ait görseller yer almaktadır.



Şekil 6.1 : Balast suyu arıtma sisteminin tek bir modül halinde görseli [139].



Şekil 6.2 : Balast suyu arıtma sisteminin gemide modüler olarak yerleşimi [140].

Tüm bunların yanı sıra sistem kurulurken ekipmanların periyodik bakımının yapılacağı zamanlarda yetkili gemi personelinin gerekli bakımları yapabilmesi için ihtiyaç duyacağı alan da (merdiven yerleştirilmesi, aydınlatma sağlanması, ekipman yerleştirilmesi) gözönüne alınmalıdır.

Eğer kimyasal yöntem ile arıtma yapan bir sistem kullanılacaksa, kimyasal maddelerin depolanacağı alan belirlenirken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Kimyasal maddeler tehlikeli oldukları için makina dairesi gibi elektrikli ekipmanlar içeren ve ısısı yüksek olan bir ortamda depolanmaları yanlıştır. Bu tür maddeler için makina dairesinin dışında uygun bir depolanma alanı yapılmalıdır. Ayrıca kimyasal maddelerin depolanacağı bu alan, ek havalandırma ve yangın müdahale donatımı da gerektirebilirler.

6.6 Firma Güvenilirliği

Balast suyu arıtma sistemi seçerken önemli olan bir diğer nokta, sistemin alınacağı firmanın adıdır. Balast suyu arıtma sistemleri hali hazırda pek çok üretici firma tarafından piyasaya sürülmüştür. Ancak firmanın güvenilirliği sistem alımı sırasında ön plana çıkmaktadır. Gemide bulunan balast suyu arıtma sistemi çalışmayı durdurduğunda BSY Sözleşmesi'nin ihlali olacağından gemi para cezası ya da alıkonulma ile karşı karşıya alır. Seçilen firmanın sistem tamir gerektiğinde ya da yedek parçaya ihtiyaç duyduğunda dünya çapında hizmet sunabilecek olan teknik servisinin olması gemi sahibi ve işletmecisi için oldukça önemlidir. Sistemin arızalanması durumunda minimum zaman kaybı ile tamirin sağlanması gemi

sahibinin ve işletmecisinin yaşayacağı maddi kaybı da azaltır. Böylelikle olası bir ihlalden kaynaklı cezaların önüne de geçilmiş olunur.

Ayrıca sistemin kullanım ömrü yaklaşık 25 yıl olarak düşünülürse, günümüzde alınan arıtma sistemini üreten firmanın 10 yıl sonra da halen piyasada olmasının ön görülmesi gemi sahibinin kendini güvende hissetmesini sağlar. Bunun için sistem tedariki süresinde değerlendirilen markaların örnek bir sistemi piyasada kaç gemiye entegre ettiklerine ilişkin referans bilgilerinin alınması gereklidir.

6.7 Yatırım ve İşletim Maliyeti

Gemilerle ticaretin bu kadar yoğun ve önemli olduğu günümüzde, gemi sahipleri için maliyet oldukça önem taşımaktadır. Gemiye takılacak balast suyu arıtma sistemi seçilirken de sistemin verimliliğinin yanısıra maliyet analizi de ön plana çıkmaktadır. Sistemin kurulum maliyetinin yanında işletme maliyeti de oldukça önemlidir. Aşağıda Çizelge 6,3'te çeşitli yöntemlere ait işletim maliyetine ait bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.3 : Farklı türdeki gemilerde kullanılan karma balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim ve toplam işletim maliyeti [141].

Gemi Tipi	Filtreleme / UV		Filtreleme / Kimyasal		Oksijensizleştirme / Ultrason		Elektroliz / Elektrolit Klorlama	
	(\$)		(\$)		(\$)		(\$)	
	YİM*	TİŞ*	YİM	TİŞ	YİM	TİŞ	YİM	TİŞ
Dökmeyük	11.000	0,75-0,76	31.000	1,00-1,12	9.000	0,70-0,77	17.000	0,65-0,74
RoRo	11.000	0,45-0,51	37.000	0,74-0,83	9.000	0,52-0,59	17.000	0,44-0,51
Konteyner (2500 TEU)	11.000	0,34-0,39	44.000	0,61-0,67	9.000	0,44-0,47	17.000	0,32-0,37
Panamax Dökme yük	11.000	0,25-0,29	56.000	0,51-0,55	9.000	0,36-0,39	17.000	0,27-0,30

Çizelge 6.3 (devam) :Farklı türdeki gemilerde kullanılan karma balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim ve toplam işletim maliyeti [141].

Gemi Tipi	Filtreleme / UV		Filtreleme / Kimyasal		Oksijensizleştirme / Ultrason		Elektroliz / Elektrolit Klorlama	
	(\$)		(\$)		(\$)		(\$)	
	YİM*	TİŞ*	YİM	TİŞ	YİM	TİŞ	YİM	TİŞ
Konteyner (8000 TEU)	11.000	0,15-0,17	82.000	0,38-0,41-	9.000	0,29-0,31	17.000	0,14-0,16
Capesize Kuruyük (110.000-200.000 DWT)	11.000	0,14-0,15	100.000	0,36-0,38	9.000	0,27-0,28	17.000	0,14-0,16
Tanker (180.000-320.000 DWT)	11.000	0,07-0,08	296.000	0,28-0,29	9.000	0,22-0,23	17.000	0,08-0,09

*YİŞ = Yıllık İşletim Masrafı (bakım gibi sabit masrafları içeren maliyet)

*TİŞ = Toplam (ömür boyu) İşletim Masrafı (25 yıllık yaklaşık yaşam süreci boyunca arıtılacak olan balast suyu için yapılan maliyetler

Gemi sahipleri için asıl önemli olan konu sistemlerin ömürleri süresince ortaya çıkardıkları işletim ve bakım maliyetleridir. Sistemin satın alma maliyeti öngörülebilir bir masraf olmasına karşın, işletim maliyeti hem sistemden sisteme, hem de gemiden gemiye farklılık gösterdiği için tahmini daha zordur. Satın alma maliyeti içerisinde sistemin kendi fiyatı, nakliyesi, devreye alma (start-up), test, yetkili kuruluş tarafından denetlenme masrafları; bunlara ilaveten eğer sistemin kurulacağı gemi eski bir gemi ise mevcut olan borulamaya ek olarak yapılacak olan borulama masrafları yer alır. İşletim ve bakım masrafları ise geminin tipi ve büyüklüğü ile kullanılan balast suyu arıtma sisteminin türüne göre değişiklik gösterir. Bu masraflar hesaplanırken; sistemin çalışması için gerekli olan elektrik/yakıt maliyeti, tüketim maddesi olarak kullanılan maddelerin (kimyasal madde, lamba, filtre ve yedek parçalar) maliyetleri, sistemin periyodik bakım giderleri ve gemide sistemi kullanacak olan personelin eğitim maliyetleri göz önüne alınmalıdır.

Yeni gemiler dışında, inşa yılı eski olan gemilere de balast suyu arıtma sistemi kurulumu gerekmektedir. Balast suyu arıtma sistemi kurulacak olan eski gemilerde sistemin yatırım ve işletim maliyetinin yanı sıra, sistemin eski gemiye uygun bir şekilde entegre edilmesi için gemide gerekebilecek ekstra borulama ve çelik işleri için bir kurulum maliyeti de ortaya çıkmaktadır. Aşağıda Çizelge 6.4'te farklı kapasitelerde filtreleme + UV kullanılan balast suyu arıtma sistemlerinin gemiye entegrasi sırasında ortaya çıkacak sistem ve kurulum maliyeti ile operasyon maliyetine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Gemiye entegre edilecek yenis istem belirlenirken, ortaya çıkan bu ek maliyetler de göz önüne alınmalıdır.

Çizelge 6.4 : İnşa yılı eski gemilere entegre edilecek filtreleme + UV balast suyu arıtma sistemi maliyet analizi [142].

	Sistem Fiyatı	Kurulum Maliyeti	Operasyon Maliyeti
100 m ³ /saat	75.000 €	65.000 €	1.800 €/yıl
300 m ³ /saat	125.000 €	75.000 €	2.400 €/yıl
600 m ³ /saat	225.000 €	110.000 €	5.000 €/yıl
1000 m ³ /saat	365.000 €	150.000 €	10.000 €/yıl
5000 m ³ /saat	1.100.000 €	300.000 €	50.000 €/yıl

Gemilerin balast tanklarında deniz suyunun neden olduğu korozyon önemli bir sorundur. Balast suyunu arıtmak için kullanılan kimyasallar balast suyunun kimyasal yapısını veya tankın atmosferik yapısını etkiler. Bu durum balast tankında ya da balast borularında meydana gelen korozyon oranını etkiler. Özellikle ozonun balast tankındaki korozyonu arttırdığı bilinmektedir. İnert gaz kullanılan sistemler ise tanklardaki korozyonun önüne geçmede oldukça etkilidir. Bazı üretici firmaların yaptığı çalışmalar göstermektedir ki balast tankında korozyonun önüne geçilmesi ile gemi ömrü süresince tanklardaki çelik ve kaplama yenilemeleri için yapılacak olan masraflardan elde edilen kar, arıtma sisteminin ömrü süresince ortaya çıkaracağı işletim masrafından daha fazladır [143].

6.8 Enerji Tüketimi

Balast suyu arıtma sistemlerinin enerji tüketimleri sistem seçiminde oldukça önemlidir. UV lambaları gibi yüksek enerjiye ihtiyaç duyan sistemler 2000 m³/saat kapasitede çalışmak için 150-300 kW gibi bir enerjiye ihtiyaç duyarlar. Gemide

bulunan ve yüksek enerji tüketen diğer sistemlerle beraber balast suyu arıtma sistemi de çalışırsa, geminin genel jeneratör kapasitesi tüm bu ihtiyaçları karşılamak için yetersiz kalabilir. Bu yüzden inşa yılı eski olan bir gemiye balast suyu arıtma sistemi entegre edilirken geminin toplam jeneratör gücü ihtiyacı hesaplanmalı ve gerekiyorsa gemiye ek jeneratör konularak mevcut güç kapasitesi arttırılmalıdır. Aşağıda Çizelge 6.5'te piyasada bulunan kimi markalara ait 500 m³/saat ve 5000 m³/saat kapasiteli sistemlerinin enerji gereksinimleri yer almaktadır.

Çizelge 6.5 : Farklı markaların 500 m³/saat ve 1000 m³/saat'lik balast suyu arıtma sistemlerinin enerji gereksinimi [138].

Marka	Enerji Gereksinimi (kwsaat)	
	500 m ³ /saat	1000 m ³ /saat
Alfa Laval PureBallast 1.0	34-64	260-500
Alfa Laval PureBallast 2.0	34-64	260-500
Alfa Laval PureBallast 3.0	34-64	260-500
Aquastar	16-22	165-220
Atg UV Technology	125 (1000 m ³)	-
Crystal Ballast	83	-
Blo Sea BIO-UV	128	-
Cathelco	85,5-107,5	-
COSCO	76 (1000 m ³)	-
Desmi Ocean Guard OxyClean	45,6-62,4	-
Desmi Ocean Guard RayClean	30-48	240-384
Ecochlor	4,2-6,6	11,9-33
BlueSeas	20	200
BlueWorld	20	200
Erma First	15-20	-
GEA Westafalia Ballastmaster UltraV	63	-
Hanla EcoGuardian	24	240

Çizelge 6.5 (devam) : Farklı markaların 500 m³/saat ve 1000 m³/saat’lik balast suyu arıtma sistemlerinin enerji gereksinimi [138].

Marka	Enerji Gereksinimi	
	(kwsaat)	
	500 m ³ /saat	1000 m ³ /saat
OceanGuard	8,5	85
Hyde Guardian	40-50	350-450
EcoBallast	77	770
HiBallast	<25	<250
Mahle Ocean Protection System (OPS)	60 (1000 m ³)	-
MH Systems Inc.	35	350
FineBallast MF	Ek bir enerji gerektirmez	-
MMC	53	-
NEI Treatment Systems LLC VOS	22	195
NK BlueBallast system	>70	558
Oceansaver MKI	59	382
Oceansaver MKII	59	382
Optimarin	58	360
RWO CleanBallast	6 (yüksek tuzlulukta)	27 (yüksek tuzlulukta)
	43 (düşük tuzlulukta)	257 (düşük tuzlulukta) (3750 m ³)
Severn Trent De Nora BalPure	13-30	125-330
SiemensSeaCURE™	48	383
ECOMARINE	52	
BalClor	17	175

Çizelge 6.5 (devam) : Farklı markaların 500 m³/saat ve 1000 m³/saat'lik balast suyu arıtma sistemlerinin enerji gereksinimi [138].

Techcross Electro-Clean	19	172
Wartsila Aquarius UV	68	520
Wartsila Aquarius EC	48,8	538 (6000 m ³)

6.9 Sağlık ve Güvenlik

Piyasada bulunan balast suyu arıtma ürünlerinin bir kısmı balast suyu arıtımı için klor, ozon, klor dioksit, perasetik asit, hidrojenperoksit gibi maddeler kullanarak kimyasal arıtma işlemi yaparlar. Bu tür kimyasal arıtma yapan sistemlerin bazıları kimyasal maddenin gemi üzerinde depolanmasını gerektirirken, kimisi de arıtma işlemi sırasında bu kimyasal maddeyi kendi üretir. Eğer kimyasal madde depolanmasını gerektirecek bir sistem seçilecek ise, sağlık ve güvenliği sağlamak amacı ile, ek maliyet getirecek olan gemi personelinin eğitimi ve gemide kimyasala yönelik uygun havalandırmanın sağlanması gerektiği göz önünde bulunması gereken kriterlerdendir.

Bunun yanı sıra, bir kimyasal tankerde sistemin kargo alanı gibi tehlikeli bir alana kurulacak ise, sistemin "gaz güvenlik sertifikası" olmasına dikkat edilmelidir [143].

6.10 Gemi Operatörü ve Sistem Üreticisinden Sağlanacak Bilgiler

Yeni inşa edilen ya da balast suyu sistemi entegre edilecek inşa yılı eski gemilerde sistem seçimi sırasında satıcı ile alıcı arasındaki doğru bilgi akışı oldukça önemlidir. Bu konuda her iki tarafın da tedarik etmeleri gereken bazı dökümanlar vardır.

Sistemi alacak olan tarafın, ürün tedarikçisine gemi için en doğru olacak sistemi teklif edebilmesi ve kurulumunu güvenlik ve kullanım açısından uygun yapabilmesi için aşağıdaki dökümanları sunması önemlidir.

- Balast pompası kapasitesi (balast suyu arıtma sisteminin operasyon marjini düşünülerek bu kapasitenin üzerine çıkabilecek şekilde seçilmesi önemlidir)
- Balast sistemine ait, bağlantıları, pompa kapasitesini ve valfleri gösteren diyagramın bir kopyası

- Balast suyu artıma sisteminin kurulacağı alanın detayları
- Geminin güç kapasitesi bilgileri
- Sertifika gereklilikleri
- Balast tankı kaplamasına ait bilgiler
- Geminin çalışacağı alan (balast suyu karakteristiğinin bilinmesi ve IMO/USCG kurallarından hangisine uyulacağının belirlenmesi açısından önemlidir)

Bunlara ek olarak, sistem üreticisinin gemi sahibinin/operatörünün en doğru sistemi seçmesi için sağlaması gerekenler de şu şekildedir;

- Sistemin balast suyu arıtma kapasitesinin geminin teknik şartnamesinin gerekliliklerini karşıladığının onayı
- Sistemin enerji tüketim bilgileri
- Sistemde kullanılan teknolojiye ait detaylar (kapasite, boyut, basınç düşüşü vs.)
- Kimyasal madde kullanılacak bir yöntem ise kimyasal maddenin tüketim miktarına ilişkin bilgiler
- Sistemin çalışma koşulları, kimyasal madde kullanım ve depolama şartlarına ilişkin güvenlik ve sağlık bilgileri
- Oksijensizleştirme yöntemi kullanılacaksa inert gaz jeneratörüne ilişkin bilgiler
- Sistemin çalıştırılması, kalibrasyonu, izlenmesi, sağlık ve güvenliğe ilişkin eğitim.
- Sistemin tedarik süresi, kurulum süresi ve devreye almaya yönelik çalışma planına ilişkin bilgiler

Sistem alımına ilişkin ihale sürecinde, listede bulunan tedarikçilerden sistem fiyatına ek olarak, kurulum ve devreye alma maliyetleri, eğitim gereklilikleri, ekipmanın işletme maliyeti, ekipmanın bakım gereklilikleri, tesliman ve kurulum süreci ile sistemin kurulması için gemide herhangi bir yapısal değişiklik gerekliliğine ilişkin bilgiler tedarikçi firmadan talep edilmelidir [143].

7. ÖRNEK ÇALIŞMA

Önceki bölümde gemilerde balast suyu arıtması için mevcut yöntemler, yöntemlerin avantajları ile dezavantajlarını ve gemiye monte edilecek balast suyu sistemi seçilirken dikkat edilmesi gereken parametreler ayrıntılı olarak açıklanmıştı. Bu bölümde ise bir balıkçı gemisi ve bir kuru yük gemisi örnekleri için balast suyu arıtma sistemlerinin seçiminde izlenmiş olan yol açıklanacaktır. Gemilere seçilecek balast suyu arıtma sistemini belirlemek için çalışmada iki farklı yol izlenecektir. Bölüm 7'de anlatılacak birinci yolda, arıtma sistemi için değerlendirmeye alınan ekipmanların temel özellikleri göz önüne alınarak, çalışma prensipleri, boyutları, enerji ihtiyaçları, oluşturacakları basınç düşüşleri ile yatırım ve operasyon maliyetleri kıyaslanacaktır. Bölüm 8'de detaylı olarak anlatılacak ikinci yöntemde ise "Anahtar Performans Göstergeleri" (KPI-Key Performance Indicator) yaklaşımı ile örnek olarak alınan her iki gemi için de n görülen balast suyu arıtma sistemlerinin belli parametreler doğrultusunda uygunluk dereceleri belirlenerek tercihin hangi sistem için olması gerektiği önerilecektir..

7.1 Balıkçı Gemisi

Çalışma kapsamında incelenecek ilk gemi 2014 yılında inşası tamamlanmış olan 74,2 metre boyundaki balıkçı gemisidir. Gemi toplamda 350 m³ balast kapasitesine sahiptir. Geminin teknik şartnamesinde bir adet 50 m³/saat @ 2,5 bar balast pompası olması gerektiği belirtilmiştir. Geminin ana boyutları aşağıdaki gibidir.

Ana boyutlar:

LOA: 72,4 m

B: 15,2 m

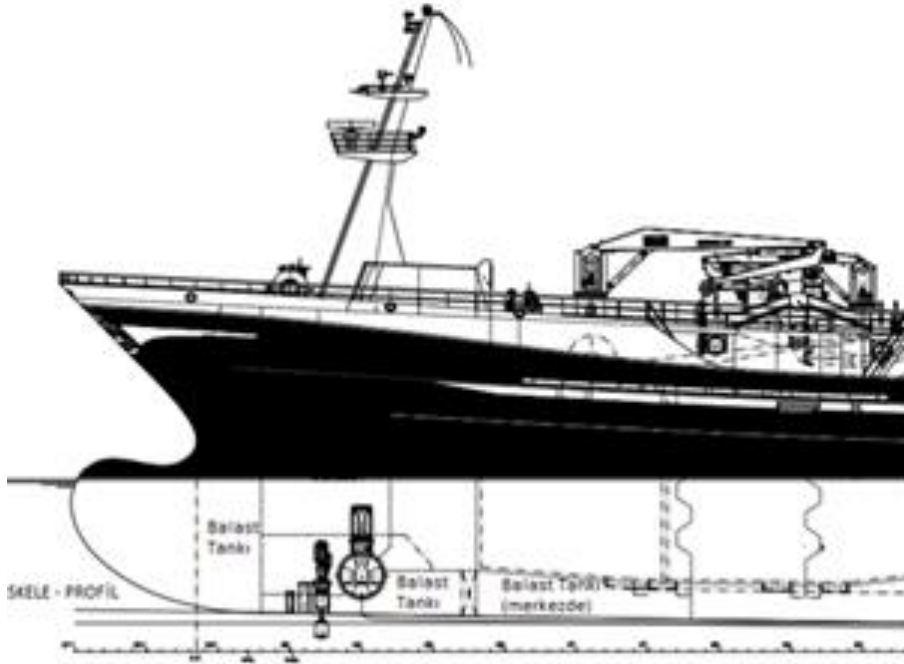
D: 9,20 m

T: 7,8 m

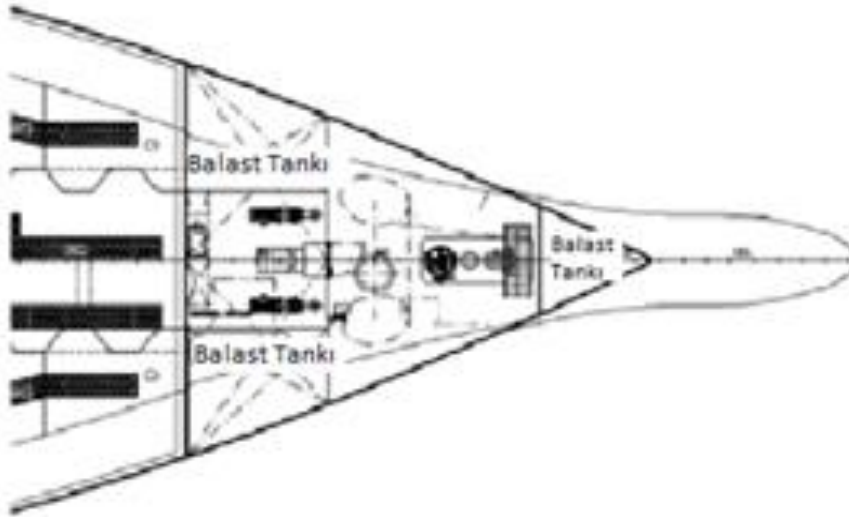
Gross Ton: 2720

Klaslama: DnV, +1A1, Fishing Vessel, Ice C, E0

Geminin balast tanklarının bulunduğu alana ait sancak profil görüntüsü Şekil 7.1’de ve 2. Güverte kesiti Şekil 7.2’de verilmiştir..



Şekil 7.1 : Balıkçı gemisi iskele profili görüntüsü.



Şekil 7.2 : Balıkçı gemisi 2. güverte kesiti.

Gemide bir adet 4500 kW @ 750 rpm gücünde dört zamanlı dizel makina vardır. Ana makinaya ilaveten, iki adet her biri 750 kW @ 900 rpm gücünde dizel jeneratör seti bulunmaktadır. Ayrıca bir adet 230 ekW @ 1800 rpm acil durum jeneratörü de bulunmaktadır.

Gemi Norveç bayraklı olup, Kuzey Denizi'nde balık avlamak amaçlı inşa edilmiştir. Kuzey Denizi sıcaklık ortalaması kışın 6 °C yazın ise 17 °C civarındadır. Tuzluluk oranı ise 34-35 g/L düzeylerindedir. Balast suyu artıma yöntemi belirlenirken deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri de etkilidir. Kuzey Denizi'nin tuzluluk derecesi elektrolitik klorlama için uygun olmasına rağmen suyun sıcaklığı bu yöntemin önünde engel teşkil etmektedir. Bunun yanı sıra deniz suyu sıcaklığının özellikle kışın düşük seviyelerde olması da ısı ile arıtma yöntemi kullanan sistemler için dezavantajdır. Geminin bayrak otoritesi ve seyir ettiği sular IMO'nun balast suyu arıtımına yönelik ortaya koyduğu düzenlemelerin geçerli olduğu alanlardır. Bu doğrultuda seçilecek olan ürünün de IMO onaylı olması zorunludur.

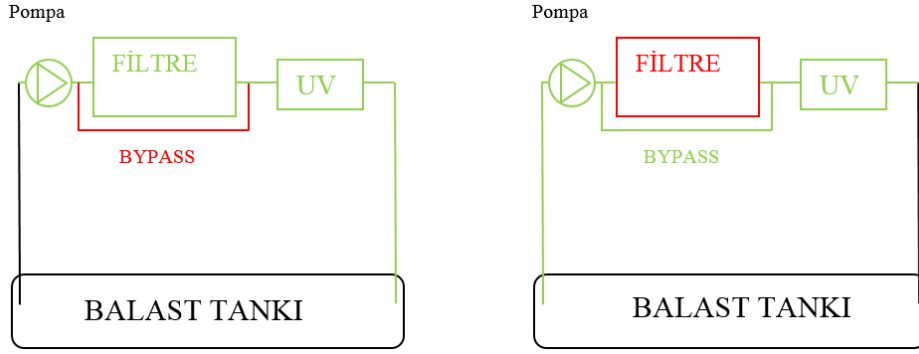
Gemi, balık avına çıktıktan sonra avlanan balıkları kargo boşaltım alanına gelene kadar tanklarında depolayacaktır. Besin maddesi içeren bu gemide gemi sahibinin talebi doğrultusunda kimyasal madde kullanılarak yapılan arıtma değerlendirilmeye alınmamıştır. Yine gemi sahibinin görüşleri doğrultusunda balast suyu arıtma sistemi için filtreleme + UV yöntemlerini kullanan bir balast suyu arıtma sistemi seçilmesine karar verilmiş, belirtilen bu özelliklere göre teklif aşamasında üç farklı markadan teklif alınmıştır. Fiyat, verimlilik, alan gereksinimi, uluslararası servis imkanı ve gemi sahibinin görüşleri doğrultusunda karar verilmiştir.

Sistem No 1:

1 numaralı sistem, filtreleme ve UV yöntemlerinin bir arada kullanıldığı karma bir sisteme sahiptir. Gemi balast alırken filtre ve UV ünitesi beraber çalışmakta iken, geminin balast boşaltımı sırasında balast suyu sadece UV ile arıtılmaktadır. Sistem hem çelik konstrüksiyon üzerine kurulu tek bir modül olarak temin edilebilmekte, hem de ihtiyaçlar doğrultusunda parçalar haline kuruluma da müsade etmektedir. Sistemin anahtar bileşenleri şu şekildedir;

- Filtre
- UV Ünitesi
- Kontrol ve Güç Konsolu
- Destekleyici (Booster) Pompa

Şekil 7.3'te Sistem 1'e ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 7.3 : Sistem 1 akış şeması.

Sistemde toplamda 55 mikronluk disk filtreler vardır. Geri yıkama sırasında filtreden geçmekte olan suyun yaklaşık %1-2'si kullanılır. Bu sırada filtrede meydana gelen maksimum basınç düşüşü 0.7 bar'dır.

Sistemte toplamda 1 adet 316 paslanmaz çelikten imal edilen UV ünitesi bulunmaktadır. UV ünitesi toplamda 85 m³/saat balast suyunu arıtaacak kapasiteye sahiptir. Lambalardan elde edilen verimin azalması ya da lambaların herhangi birinde arıza olması gibi teknik durumlarda uygulanan UV dozu otomatik olarak artar. Hazne başına 6 adet orta basınç lamba olup, lambaların ömrü 8000 saattir. Lambaların ilk 4000 saatlik çalışması için 10 kW'lık güç gereksinimine ihtiyaç duyulur. Daha uzun süreli kullanımlarda ise bu enerji ihtiyacı 15 kW'a yükselmektedir.

Sistem 1'in boyutlarına ait genel bilgiler Çizelge 7.1'de yer almaktadır.

Çizelge 7.1 : Sistem 1'in parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri.

Filtre (mm)	L:	1.100
	W:	900
	H:	1.290
UV Reaktörü (mm)	L:	760
	W:	760
	H:	500
Kontrol Paneli (mm)	L:	400
	W:	1.200
	H:	1.200
UV Kontrol Paneli (mm)	L:	210
	W:	600
	H:	760
Toplam Ağırlık (kg)		889

Sistem için ön görülen yatırım maliyeti için önemli olan kalemler sistem fiyatının yanı sıra kurulum maliyetidir. Balast suyu takılacak olan balıkçı gemisi yeni inşa

olduğu için geminin güç hesapları yapılırken balast suyu artıma sistemini de karşılayacak şekilde belirlenmiştir. Bu durumda ek bir kablolama, elektrik panosu değişimi ya da jeneratör değişimi gibi ciddi harcama gerektirecek kalemler ortaya çıkmayacaktır. Kurulum maliyeti içerisinde olan borulama, çelik ve tersanenin gerçekleştireceği işçilik masrafları yaklaşık olarak 3.900 \$'dır. Sistem klaslama masrafları tedarikçi firmanın sorumluluğunda olup verilen ekipman fiyatına dahildir. Sistemin nakliye ve gümrük masrafları da sistem fiyatına dahil edilmiştir ancak ekipmanın tedarikçi firma yetkilileri tarafından kurulumu ve devreye alınması yaklaşık 4500 \$'lık ek bir masraf gerektirmektedir. Bu durumda toplam kurulum maliyeti olarak 8.400 \$'lık ek bir maliyet ortaya çıkmaktadır.

Sistem Fiyatı: 185.000 \$

Kurulum Maliyeti: 8.400\$ (tahmini)

Toplam Yatırım Maliyeti: 193.400 \$

Yatırım maliyetinin yanı sıra ürünün yıllık işletim maliyeti de oldukça önemlidir. Yıllık işletim maliyeti hesaplanırken sistemin çalışmasından dolayı gereken enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli olan ek yakıt masrafı ve sistemin senelik bakım/tutum maliyetleri göz önüne alınmalıdır. Filtre ve UV kullanılan bu sistemde bakım maliyeti olarak dikkate alınması gereken en önemli kalem UV lambaların değişimidir. Sistem tedarikçisi her 8.000 saat ya da 5 yılda bir lamba değişimini ön görmektedir. Geminin senede toplam 20 balast operasyonu yaptığı var sayılmıştır. Sistem 1'in balast alımı ve boşaltımı sırasında operasyon maliyeti tedarikçi firmanın operasyon maliyeti değeri göz önüne alındığında 280 \$ hesaplanmıştır. Beş yılda bir değişen UV lambalarının maliyeti senelik olarak düşünüldüğünde 960 \$ bakım maliyeti ortaya çıkmaktadır. Sistem 1'in yıllık operasyon maliyeti 1.240 \$ olarak belirlenmiştir.

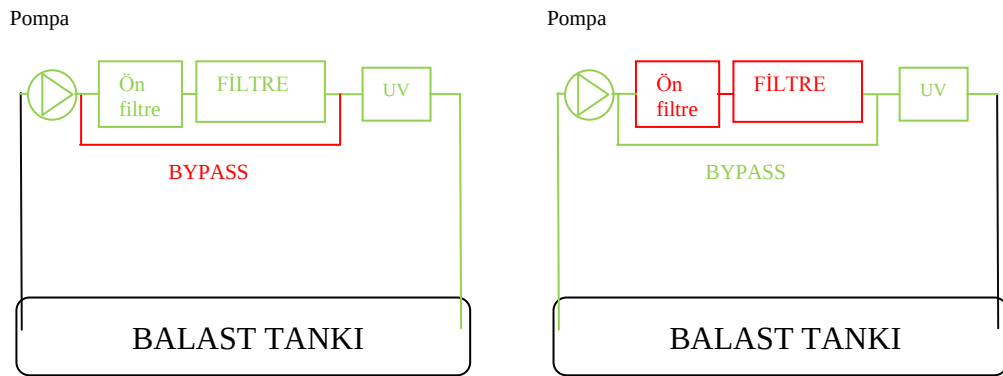
Sistem No 2:

2 numaralı sistem da 1 numaralı sistem gibi filtreleme ve UV yöntemlerini bir arada kullanarak balast suyu arıtması yapar. 1 numaralı sistemden farkı filtreleme aşamasında bir ön filtreleme bir de ana filtreleme işleminin de gerçekleşmesidir. Balast suyu alımında ön filtreleme, filtreleme ve UV ile balast suyu arıtma işlemi gerçekleştirilirken, balast suyu boşaltımı sırasında sadece UV ile arıtma yapılmaktadır. Hem çelik konstrüksiyon üzerine kurulu olarak hem de modüler

olarak tedarik edilebilen sistem, gemide kurulum kolaylığına sahiptir. Sistemin anahtar bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- Ön Filtre
- Filtre
- UV Ünitesi
- Kontrol ve Güç Konsolu

Şekil 7.4'te Sistem 2'ye ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 7.4: Sistem 2 akış şeması.

Ön filtre içerisinde devamlı su akışı vardır. Bu durum filtreleme işleminde süreklilik sağlamaktadır. İçerisindeki pnömatik pistonun hareketi ile filtre pistonu diskin altındaki kesit alanı küçülür. Bu durum disk ile gövde arasındaki su akış hızında artış meydana getirir. Gövde dışarısındaki düşük akış hızı yüksek statik basınç meydana getirir, bu da disk etrafından kısmi ters akışlar oluşmasına neden olur. Bu durumlar ile disk arkasında oluşan kavitasyon bir araya gelince filtrede birikmiş olan organizma ve partiküller filtre gövdesinden dışarı atılır. Ön filtre yardımı ile 200 mikrondan büyük partiküller ve organizmalar balast suyundan ayrıştırılır.

Ön filtrenin yanısıra, sistemde bir adet ana filtre bulunmaktadır. Ön filtreden geçen su, ana filtreye gelir ve burada 50 mikrondan büyük olan partiküller ve organizmalar sudan ayrıştırılır. Ana filtre, zooplanktonlar ve fitoplanktonlar üzerinde oldukça etkilidir. Ön filtreden farklı olarak ana filtredeki temizleme, filtre içerisinde bulunan nozullar vasıtası ile yapılır. Nozulların üzerinde bulunduğu düzenek hidrolik olarak hareket eder, böylelikle filtre yüzeyinde birikmiş olan kalıntılar vakumlanarak yüzeyden ayrıştırılır.

Balast suyunun arıtılmasının bir diğer adımı olan UV ile arıtma için, düşük basınç lambalar kullanılan UV reaktörü kullanılmaktadır. UV ünitesi toplamda 50 m³/saat balast suyunu arıtacak kapasiteye sahiptir. UV lambalarının çalışma ömrü 8000 saattir.

Sistem 2'in boyutlarına ait genel bilgiler Çizelge 7.2'de yer almaktadır.

Çizelge 7.2 : Sistem 2'nin parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri.

Ön Filtre	L:	1.370
	W:	445
	H:	445
Filtre (mm)	L:	2.364
	W:	500
	H:	500
UV Reaktörü (mm)	L:	1.535
	W:	400
	H:	620
Kontrol Paneli (mm)	L:	350
	W:	1.000
	H:	1.400
UV Kontrol Paneli (mm)	L:	800
	W:	300
	H:	800
Toplam Ağırlık (kg)		1250

Sistem için ön görülen yatırım maliyeti hesaplanırken Sistem 1'de değerlendirilen kalemler göz önüne alınmıştır. Sistem 2'de borulama, çelik ve işçilik maliyeti, sistemde Sistem 1'den farklı olarak ek bir filtre daha içerdiğinden %5 daha fazla olacağı ön görülmüştür. Bu durumda Sistem 2 için borulama, çelik ve işçilik maliyeti 4.100 \$ belirlenmiştir. Gemi teknik dökümanında sistemin DnV tarafından onaylı olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak Sistem 2 Germanischer Lloyd tarafından onaylıdır. Ayrıca nakliye ve gümrük masrafları da fiyata dahil edilmemiştir. Bu durumda kurulum, devreye alma masraflarına ilaveten DnV klas masrafları, nakliye masrafları ve gümrükmasrafları için 7.000 \$ bir maliyet ortaya çıkacaktır. Bu

durumda hesapta olmayan durumlar için de bir pay bırakıldığında kurulum maliyeti için 11.100 \$ bütçe belirlenmiştir.

Ürün Fiyatı:	203.000 \$
Kurulum Maliyeti:	11.100\$
Toplam Yatırım Maliyeti:	214.100 \$

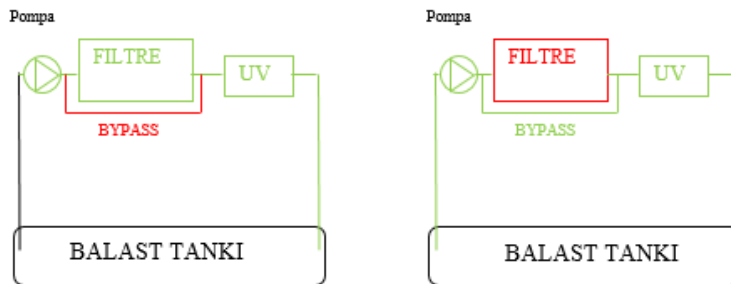
Yıllık işletim maliyeti hesabında yakıt ve senelik bakım tutum maliyetleri göz önüne alınmıştır. Sistemin yıllık operasyon maliyeti teklifte belirtilmemiştir. Ancak enerji ihtiyacı göz önünde bulundurularak Sistem 1 ile aynı balast koşullarında yaklaşık 450 \$ operasyon maliyeti açığa çıkacağı hesaplanmıştır. Sistemde düşük basınç UV lambalar kullanılmaktadır. Düşük basınç UV lambalarının maliyeti orta basınçtaki lambalara göre oldukça yüksektir. Beş senede bir değişen UV lambalarının senelik masrafı 16.000 \$'dır. Sistem 2'in yıllık operasyon maliyeti 16.450 \$'dır.

Sistem No 3:

Balıkçı gemisi için değerlendirmeye alınan üçüncü sistem da ilk iki sistem gibi filtreleme + UV yöntemlerinin bir arada kullanıldığı karma bir sistemdir. Balast suyu alımında filtreleme ve UV ile balast suyu arıtma işlemi gerçekleştirilirken, balast suyu boşaltımı sırasında sadece UV ile arıtma yapılmaktadır. Hem çelik kontrüksiyon üzerine kurulu olarak hem de modüler olarak tedarik edilebilen sistem, gemide kurulum kolaylığına sahiptir. Sistemin anahtar bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- Filtre
- UV Ünitesi
- Kontrol ve Güç Konsolu

Şekil 7.5'te Sistem 3'e ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 7.5 : Sistem 3 akış şeması.

Balast suyu alımı sırasında otomatik geri yıkama özelliği olan filtre ile 40 mikrondan büyük olan partiküller ve organizmalar filtre vasıtasıyla sudan ayrıştırılırlar. Filtre, zooplankton ve fitoplanktonları sudan ayırtmakta oldukça etkilidir. Filtre üzerindeki basınç 0,8 bar'a ulaştığında otomatik geri yıkama sistemi devreye girer. Otomatik geri yıkama özelliği sayesinde filtre veriminin düşmesi engellenir.

Filtre ile ön arıtma işlemi gerçekleştirilen balast suyu daha sonra UV ünitesine geçer. Sistemde orta basınç UV lambaları bulunmaktadır. Lambaların ömürleri 2.500 saat olarak belirtilmiştir. UV lambaları üzerinde bulunan otomatik temizleme sistemi sayesinde, lamba üzerlerinde biriken tortuları temizler.

Sistem 3'ün boyutlarına ait genel bilgiler Çizelge 7.3'te yer almaktadır.

Çizelge 7.3 : Sistem 3'ün parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri.

Filtre (mm)	L:	2100
	W:	800
	H:	1200
UV Reaktörü (mm)	L:	1100
	W:	900
	H:	1400
UV Güç Paneli (mm)	L:	1200
	W:	500
	H:	1300
Kontrol Paneli	L:	300
	W:	1000
	H:	1000
Toplam Ağırlık (kg)		1070

Sistem için ön görülen yatırım maliyeti hesaplanırken Sistem 1 ve 2'de değerlendirilen kalemler göz önüne alınmıştır. Sistem için gerekli olan borulama, çelik ve işçilik maliyeti 3.900\$ olarak hesaplanmıştır. Sistemin klas onayları ürün tedarikçisi tarafından yapılacaktır. Bu durumda sistem klaslaması için ekstra bir maliyet ortaya çıkmayacaktır. Ayrıca ürün fiyatı içerisine nakliye ve gümrük masrafları da dahildir. Kurulum ve devreye alma için tedarikçi firmanın teklifinde ön

görüldüğü üzere 3.000 \$ ek bir masraf düşünülmüştür. Bu durumda kurulum maliyeti için düşünülen miktar 6.900 \$ olarak belirlenmiştir. .

Ürün Fiyatı:	200.000 \$
Kurulum Maliyeti:	6.900\$ (tahmini)
Toplam Yatırım Maliyeti:	206.900 \$

Yıllık işletim maliyeti hesabında yakıt ve senelik bakım tutum maliyetleri göz önüne alınmıştır. Sistemin m³ başına operasyon maliyeti düşünülerek yaklaşık 500 \$ operasyon maliyeti açığa çıkacaktır. Sistemde orta basınç UV lambalar kullanılmaktadır. Üç senede bir değişen UV lambalarının senelik masrafı 1.600 \$'dır. Sistem 3'ün hesaplanan yaklaşık yıllık operasyon maliyeti 2.100 \$'dır.

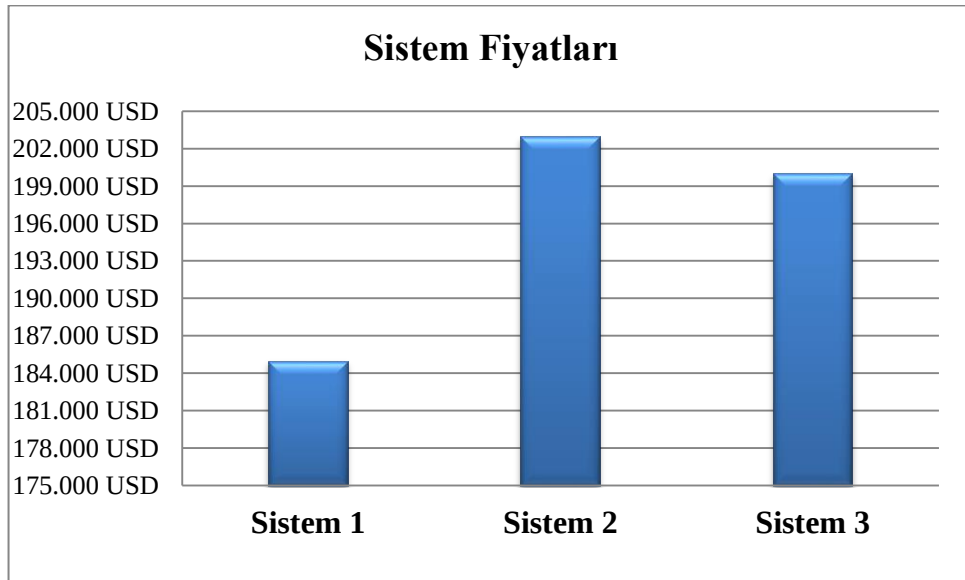
EK E, Çizelge E-1'de balıkçı gemisi için değerlendirilen sistemlerin karşılaştırma tablosu bulunmaktadır

Yeni inşa edilen balıkçı gemisi için filtreleme + UV yöntemlerinin bir arada kullanıldığı üç farklı firmadan teklif alınmıştır. Sistemlerin üçü de gerçekleştirilmiş olan kara testlerinde IMO D2 standartlarını sağlamış ve IMO tarafından onay almış olan firmaların ürünleridir. Gemi yeni inşa edildiğinden gemiye sistem takılırken herhangi bir revizyon yapılmasına ihtiyaç yoktur. Ayrıca geminin dizayn aşamasında jeneratörleri balast suyu artıma sisteminin gereksinimlerini de karşılayacak düzeyde olduğundan jeneratör ve elektrik panolarında herhangi bir değişikliğe gidilmesine gerek kalmamıştır. Seçilen sistemler; yöntem, boyut, ağırlık, enerji gereksinimi, ortaya çıkan basınç düşüşü ve maliyetine göre karşılaştırılmıştır. Sistemlerin boyutlarına bakıldığında, Sistem 2 diğer sistemlere göre fazladan bir ön filtre bulundurduğu için daha çok yer kaplamaktadır. Sistem 3 ise balast suyunu artırmak için diğer iki sisteme göre daha fazla enerji gerektirmektedir.

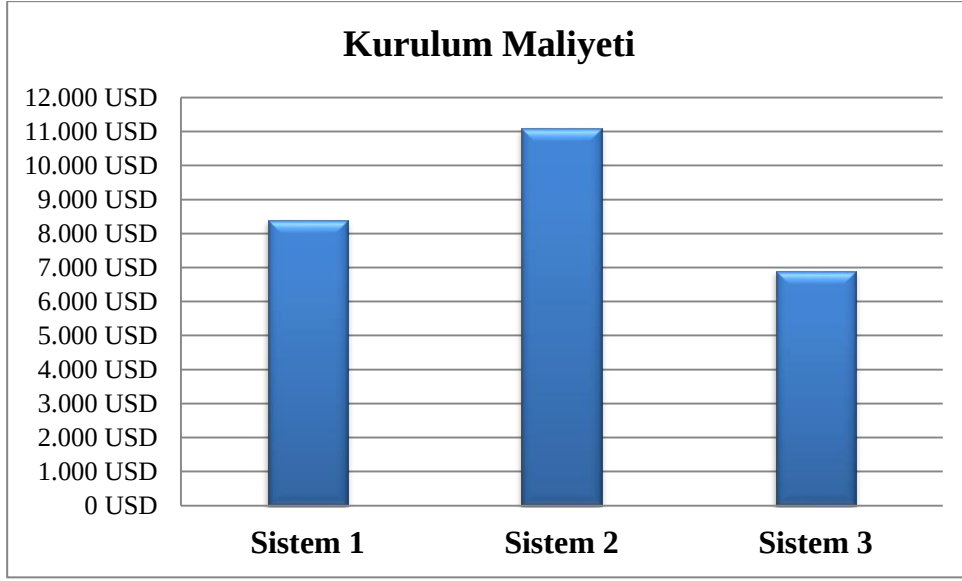
Sistemlerin birim fiyatlarına bakıldığında Sistem 1, diğer iki sisteme göre % 7 daha ucuzdur. Ayrıca gemiye getireceği yıllık ek yakıt maliyeti ve yıllık bakım/tutum maliyeti diğer iki seçeneğe göre oldukça düşük kalmaktadır. Şekil 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 7.10, 7.11 ve 7.12'de balıkçı gemisi için değerlendirmeye alınmış olan balast suyu arıtma sistemlerinin karşılaştırmasına ait grafikler bulunmaktadır.



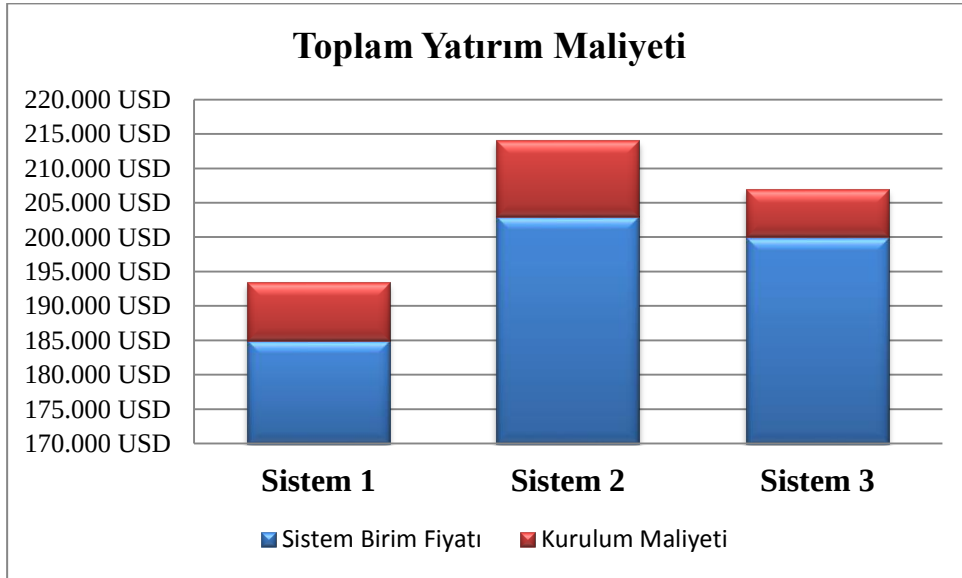
Şekil 7.6 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin kapladığı alanların karşılaştırmaları



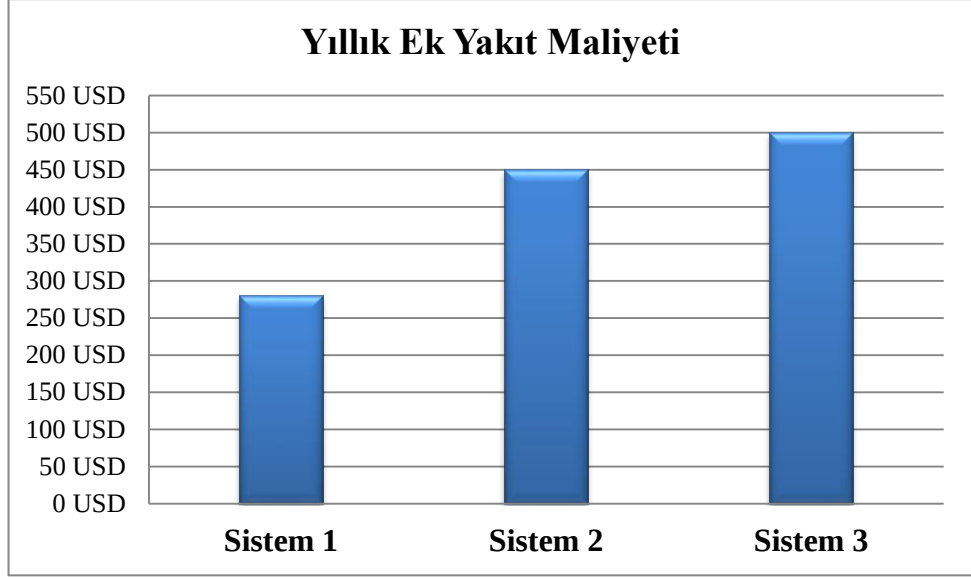
Şekil 7.7 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin sistem fiyatı karşılaştırmaları.



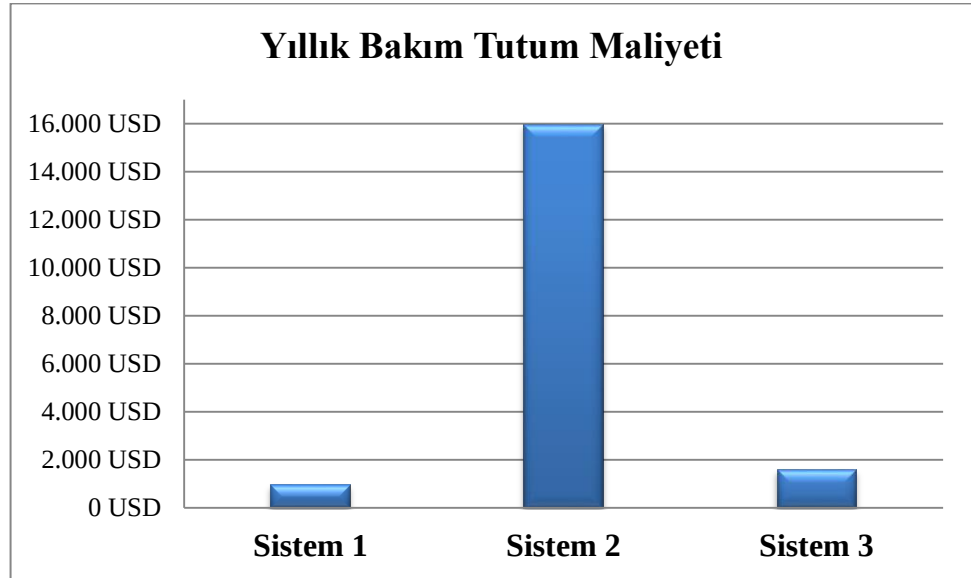
Şekil 7.8 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin kurulum maliyetleri karşılaştırmaları.



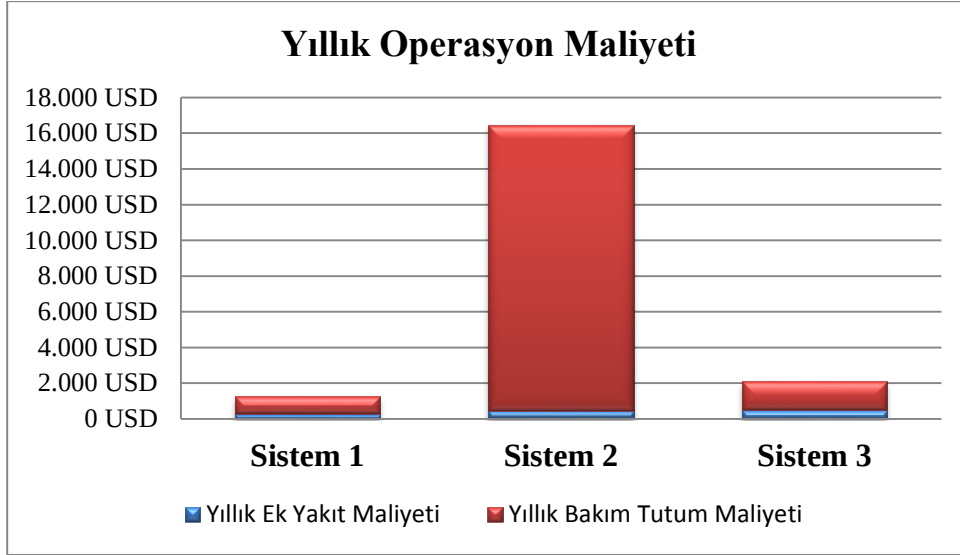
Şekil 7.9 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin toplam yatırım maliyetleri karşılaştırmaları.



Şekil 7.10 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık ek yakıt maliyetleri karşılaştırmaları.



Şekil 7.11 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık bakım/tutum maliyetleri karşılaştırmaları.



Şekil 7.12 : Balıkçı gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim maliyetleri karşılaştırmaları.

Karşılaştırma tablosu ve grafikler göstermektedir ki, 1 numaralı sistem, balıkçı gemisi için diğer seçeneklere göre daha avantajlıdır. Gemi sahibi ile yapılan görüşmeler sonrası sistemin servis ağı ve marka güvenilirliğinin de piyasadaki durumu göz önüne alınıp son karar olarak balıkçı gemisinde 1 numaralı sistem kullanılmasına karar verilmiştir.

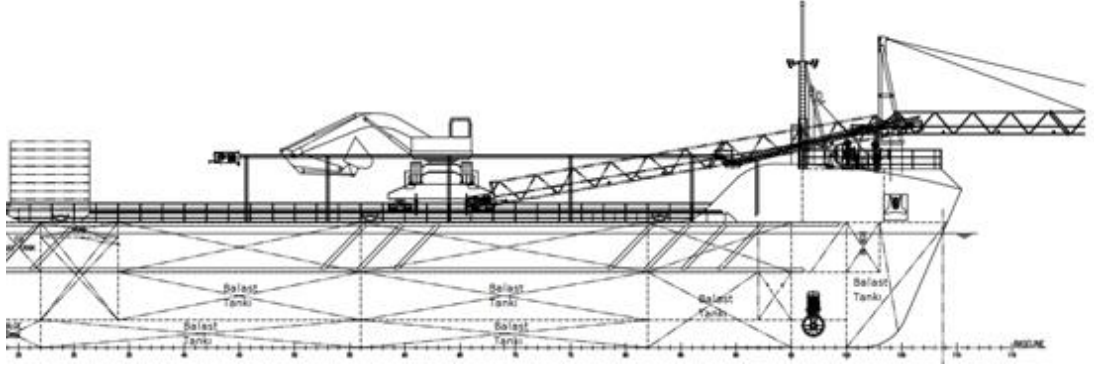
7.2 Kuru Yük Gemisi

Bu çalışmada incelenen ikinci gemi 2012 yılında inşa edilmiş olan 68 metre uzunluğundaki kuruyük gemisidir. Toplamda 870 m³ balast hacmine sahip olup, şartnamede belirtilenlere göre bünyesinde 2 adet 125 m³/saat @ 2 bar balast pompası bulunmaktadır. Geminin ana boyutları aşağıdaki gibidir.

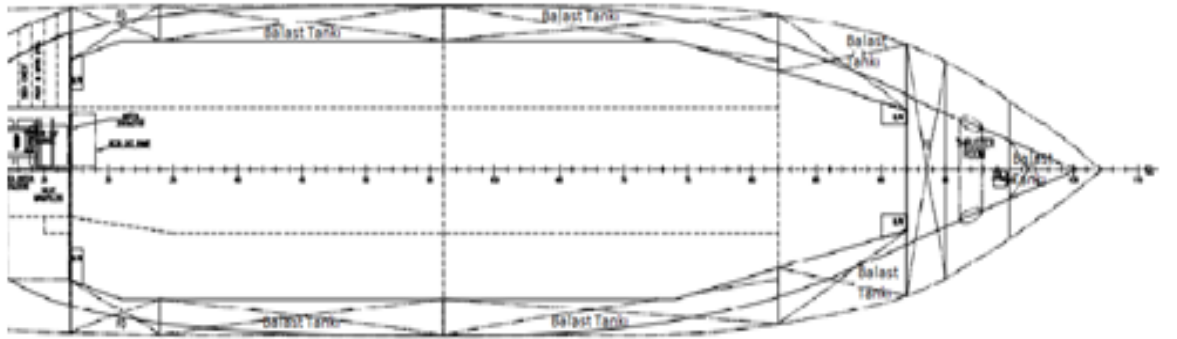
Ana boyutlar:

LOA:	68 m
B:	12,5 m
D:	6,8 m
T:	5,7
Gross Ton:	1550 ton
Klaslama	BV I +HULL +MACH, GENERAL CARGO, HEAVY LOAD [10 kN/m ²], OCCASIONAL DRY BULK CARGO, NAVIGATION,

Geminin balast tankları yerleşimi Şekil 7.13'te ve Şekil 7.14'te gösterilmiştir.



Şekil 7.13 : Kuru yük gemisi sancak profili görüntüsü.



Şekil 7.14 : Kuru yük gemisi güverte kesiti.

Gemide iki adet 450 kW bir adet 150 kW gücünde dizel jeneratörler vardır. Ayrıca bir adet 150 ekW acil durum jeneratörü de bulunmaktadır.

Gemi Norveç bayraklıdır ve Norveç kıyılarında çalışması planlanmıştır. Geminin bayrak otoritesi ve seyir ettiği sular IMO'nun balast suyu arıtımına yönelik ortaya koyduğu düzenlemelerin geçerli olduğu alanlardır. Bu doğrultuda seçilecek olan ürünün de IMO onaylı olması zorunludur.

Belirtilen bu özelliklere göre teklif aşamasında üç farklı markadan teklif alınmış; fiyat, verimlilik, alan gereksinimi, uluslararası servis imkanı ve gemi sahibinin görüşleri doğrultusunda karar verilmiştir.

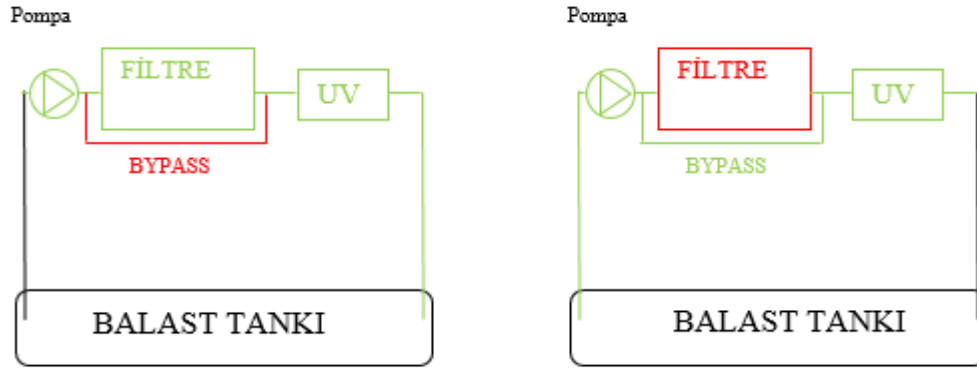
Sistem No 1:

1 numaralı balast suyu artırma sistemi, iki aşamalı bir arıtma sağlamaktadır. Balast suyu ilk aşamada filtreden geçmekte, sonrasında ise UV ile arıtılmaktadır. Balast suyu alınırken ikili arıtmadan geçmekte, boşaltılırken ise yalnızca UV ile arıtılarak denize dökülmektedir .

Sistemin anahtar bileşenleri şu şekildedir;

- Filtre
- UV Ünitesi
- Kontrol ve Güç Konsol

Şekil 7.15'te'da Sistem 1'e ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 7.15 : Sistem 1 akış şeması.

Sistemde balast suyundaki büyük partikül ve organizmaları arındırmak için bir filtre bulunmaktadır. Filtre ile 40 mikrondan büyük partikül ve organizmalar UV ile arıtıma geçilmeden önce balast suyundan ayrıştırılırlar. Filtrenin iç ve dış basıncı arasındaki fark 0,4 bar'a ulaşınca filtre temizleme işlemi gerçekleştirilir. Filtrenin temizliğinin yeterli düzeyde yapılabilmesi için filtre dışında bulunan basıncın 1 bar'ın üzerinde olması gerekmektedir. Balast alınırken filtre ile arıtılan partiküller ve organizmalar alındıkları ortama geri bırakılırlar, bu sırada balast suyunun yaklaşık %1-5'i denize geri döner.

Sistemde bir adet AISI 316L paslanmaz çelikten üretilen 250 m³/saat arıtma kapasitesine sahip orta basınçlı UV lambaları bulunan UV reaktörü vardır. UV yöntemi ile arıtmada verimin düşmesini engellemek için UV lambalarının etrafında otomatik silecekler bulunur.

Sistemin bir diğer önemli bileşeni yazılım, debi ölçer, basınç transdüser ve pnömatik valf içeren otomatik kontrol sistemidir. Bu otomatik kontrol sistemi ile balast suyu arıtma sisteminin ölçümleri otomatik olarak yapılır ve balast suyu debisi ayarlanır. Sistem otomatik olarak filtre ve UV haznesinden geçen suyun debisini, arıtmanın verimini, suyun katı madde içeriğini, filtre basınç farklarını ve lamba ömrünü ölçer.

Sistem 1 tek bir modül olarak tedarik edilmekte olup,boyutlarına ait genel bilgiler Çizelge 7.4'te yer almaktadır.

Çizelge 7.4 : Sistem 1'in boyut ve ağırlık bilgileri.

Boy (mm)	En (mm)	Yükseklik (mm)	Kontrol ve Güç Konsolu (mm)			Toplam Taban Alanı (m ²)	Ağırlık (kg)	Güç (kW)
			L	W	H			
3030	1650	1650	1400	800	2045	6,12	2300	18-41

Sistemin borulama, çelik ve işçilik maliyeti balast suyu arıtma sisteminin kurulacağı yer ve balast tankları arasındaki mesafe düşünüldüğünde yaklaşık olarak 1800 \$ olarak alınmıştır. Gemi yeni inşa edilen bir gemi olduğundan sistemin kurulması için gemide herhangi bir revizyon yapılmasına gerek yoktur. Sistemin klas onayı ile nakliye ve gümrük giderleri sistem fiyatı içerisine dahil edildiğinden ayrıca hesaplanmasına gerek yoktur. Tedarikçi firma sistem kurumu için gerekli 5 günlük kurulum ve eğitim masraflarını da fiyatına dahil ettiğinden bunlar için ekstra bir maliyet eklemeye gerek görülmemiştir. Bu yüzden toplam kurulum maliyet 1800 \$ alınmıştır. Böylece toplam yatırım maliyeti 221.800 \$ olarak belirlenmiştir.

Ürün Fiyatı: 220.000 \$

Kurulum Maliyeti: 1.800 \$

Toplam Yatırım Maliyeti: 221.800 \$

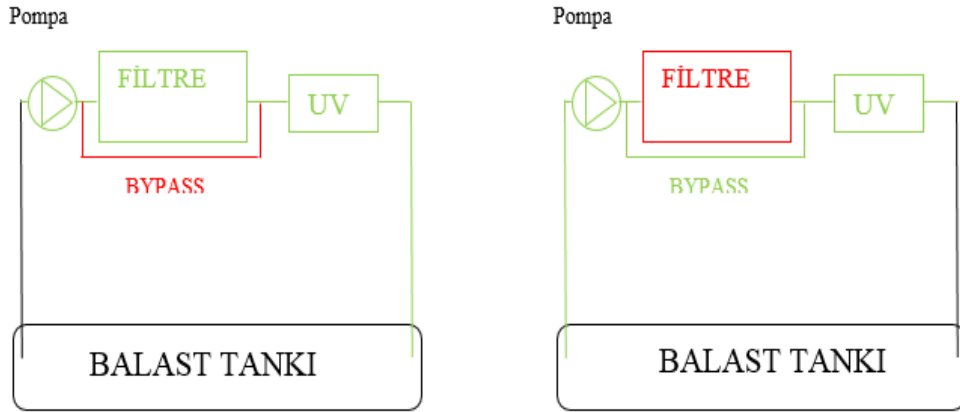
Yıllık işletim maliyeti hesabında yakıt ve senelik bakım tutum maliyetleri göz önüne alınmıştır. Filtre ve UV kullanılan sistemdeki en önemli bakım maliyeti bir önceki gemide olduğu gibi UV lambalarıdır. Sistemde bulunan orta basınç UV lambaların ortalama ömrü 3-6 sene arasında belirtilmiştir. Bu durumda UV lambaları için bakım tutum maliyetinin senelik 1.000 \$ olarak alınması uygundur. Buna ek olarak geminin senede 20 balast operasyonu yaptığı varsayılırsa, Sistem 1'in bir yıl içerisinde ortaya çıkaracağı ek yakıt masrafı 850 \$ civarındadır. Sistem 1'in senelik toplam bakım/tutum maliyeti 1.850 \$ olarak belirlenmiştir.

Sistem No 2:

2 numaralı sistem yine filtreleme ve UV yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir karma sistemdir. Sistemin ana bileşenleri şu şekildedir;

- Filtre
- UV Ünitesi
- Kontrol ve Güç Konsolu
- Destekleyici (Booster) Pompa

Şekil 7.16'da Sistem 2'te ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 7.16 : Sistem 2 akış şeması.

Sistemde otomatik geri yıkama özelliğine sahip, 55 mikron ve üzeri partikül ve organizmaları sudan ayıran disk filtreler bulunmaktadır. Filtreler değişen debi ve basınç değerlerinde verimden kayıp yaşamadan çalışırlar. Geri yıkama sırasında mevcut akışın yaklaşık %1-2'si kullanılır. Filtrelerde meydana gelen basınç düşüşü maksimum 0,7 bar olarak gözlemlenmiştir.

2 numaralı sistemde orta basınç lambalar kullanılan UV ünitesi bulunmaktadır. UV ünitesi toplamda 255 m³/saat artıma kapasitesine sahiptir. UV lambalarında oluşacak herhangi bir sorun karşısında UV ışını dozu kontrol sistemi tarafından otomatik olarak ayarlanmaktadır. Lambaların üzerinde bulunan otomatik temizleme mekanizması, lambaların kirliliği arttığında otomatik olarak algılamakta ve devreye geçip lamba yüzeyini temizlemektedir. Lambaların ilk 4000 saatlik çalışması için 18 kW'lık güç gereksinimine ihtiyaç duyulur. Daha uzun süreli kullanımlarda ise bu enerji ihtiyacı 25 kW'a yükselmektedir.

Sistemin çelik konstrüksiyon üzerine kurulu halinin dizayn özellikleri aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.5 : Sistem 2'in boyut ve ağırlık bilgileri.

Boy (mm)	En (mm)	Yükseklik (mm)	Güç Konsolu (mm)			Kontrol Konsolu (mm)			Toplam Taban Alanı (m ²)	Ağırlık (kg)	Güç (kW)
			L	W	H	L	W	H			
2800	2000	1350	1200	400	1900	600	210	760	6,2	1668	18-25

Sistem için ön görülen yatırım maliyeti hesabı için sistem maliyetinin yanısıra, kurulum maliyeti de dikkate alınmıştır. Kuru yük gemisi için sistemin borulama, çelik ve işçilik maliyeti balast suyu arıtma sisteminin kurulacağı yer ve balast tankları arasındaki mesafe düşünüldüğünde yaklaşık olarak 1.800 \$ olarak alınmıştır. Sistemin fiyatı içerisinde nakliye ve gümrük masrafları olmasına karşın, kurulum ve eğitim giderleri dahil edilmemiştir. Bu kalemler için sistem tedarikçisinin ön gördüğü üzere 4.500 \$'lık bir ek masraf hesaba eklenmiştir. Bu durumda kurulum maliyeti Sistem 2 için, 6.300 \$ olup, toplam yatırım maliyeti 221.300 \$ bulunmuştur.

Ürün Fiyatı: 215.000 \$

Kurulum Maliyeti: 6.300 \$

Toplam Yatırım Maliyeti: 221.300 \$

Yıllık işletim maliyeti hesabında yakıt ve senelik bakım tutum maliyetleri göz önüne alınmıştır. Sistem 2'nin yıllık operasyon maliyeti Sistem 1 ile aynı koşullarda çalıştığı düşünüldüğünde 700 \$ olarak hesaplanmıştır. Sistemde orta basınç UV lambaları kullanılmaktadır. Beş senede bir değişen UV lambalarının senelik masrafı 960 \$'dır. Bu durumda Sistem 2'nin yıllık operasyon maliyeti 1.660 \$'dır.

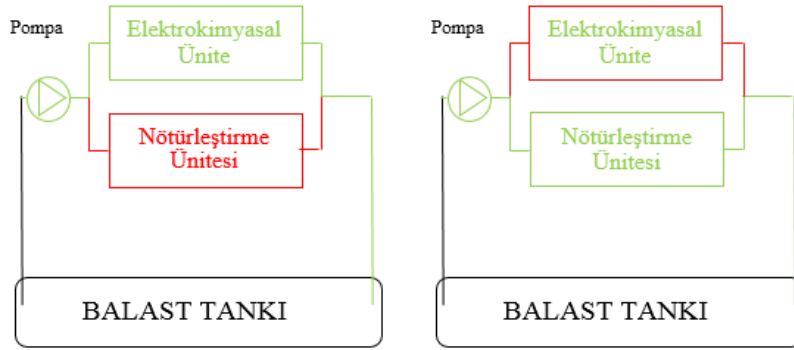
Sistem No 3:

Kuru yük gemisi için filtreleme ve UV ile arıtma yapan sistemlerin yanısıra, elektrokimyasal olarak balast suyu arıtan bir sistem de değerlendirilmeye alınmıştır. 3 numaralı sistem ile, gemiye balast alınırken, balast suyu elektrokimyasal işlemler ile arıtılır ve balast tankına aktarılır. Balast boşaltımı işlemi sırasında ise su nötürleştirildikten sonra denize boşaltılır.

Sistemin anahtar bileşenleri şu şekildedir;

- Elektrokimyasal Ünite
- Nötürleştirme Ünitesi
- Kontrol ve Güç Konsolu
- TRO Sensörü

Şekil 7.17’de Sistem 3’e ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 7.17 : Sistem 3 akış şeması.

Sistem 3, ilk iki sistemden farklı olarak tek bir arıtma metodu kullanmaktadır. Gemiye alınan balast suyu elektrkimyasal üniteden geçerken; elektrik gerilimi, serbest klor, sodyum hipoklorid, hidroksil radikalleri üretilmesi ile ozon ve hidrojen peroksit üretilerek elektrokimyasal oksidasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi ile yapılır. Elektrokimyasal üniteye arıtılan su, balast tankına alınır. Daha sonra ise balast boşaltılacağı sırada nötürleştirme ünitesi yardımı ile sodyum tiyosülfat kullanılarak su nötürleştirilip ardından denize boşaltılır. Sistem, 1 psu’dan düşük tuzluluğu olan sularda verimli değildir. Ancak geminin seyir edeceği sular, bu tuzluluk koşulunu sağlamaktadır. Aşağıda Çizelge 7.6’da sisteminin boyutlarına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 7.6 : Sistem 3’ün parçalarının boyut ve ağırlık bilgileri.

Elektrokimyasal Ünite (mm)	L:	690
	W:	1840
	H:	537
Güç Redresörü (mm)	L:	450
	W:	430
	H:	1820
Güç Dağıtım Ünitesi (mm)	L:	700
	W:	700
	H:	1875
TRO Sensörü (mm)	L:	450
	W:	470
	H:	1275
Nötürleştirme Ünitesi (mm)	L:	400
	W:	800
	H:	1465
Toplam Ağırlık (kg)		1235

Sistemin fiyatının içerisinde nakliye ve gümrük masraflarının yanısıra, kurulum ve devreye alma masrafları dahildir. Kurulum maliyeti içerisinde olan borulama, çelik ve tersanenin gerçekleştireceği işçilik masrafları yaklaşık olarak yaklaşık 2.000 \$ öngörülmüştür. Bu durumda Sistem 2'nin toplam yatırım maliyeti, 190.000 \$'dır.

Ürün Fiyatı:	188.000 \$
Kurulum Maliyeti:	2.000 \$
Toplam Yatırım Maliyeti:	190.000 \$

Sistemin yıllık bakım/tutum gerektirecek parçalara sahip olmadığından bakım/tutum masrafı için bir değer alınmamıştır. Bunun yanısıra belirtilen m³ başına işletim maliyeti, ilk iki sistem için belirlenen balast koşullarında yaklaşık 120 \$'dır. Bu durumda toplam yıllık operasyon maliyeti 120 \$ olarak alınabilir.

EK E, Çizelge E-2'de kuru yük gemisi için değerlendirilen sistemlerin karşılaştırma tablosu bulunmaktadır.

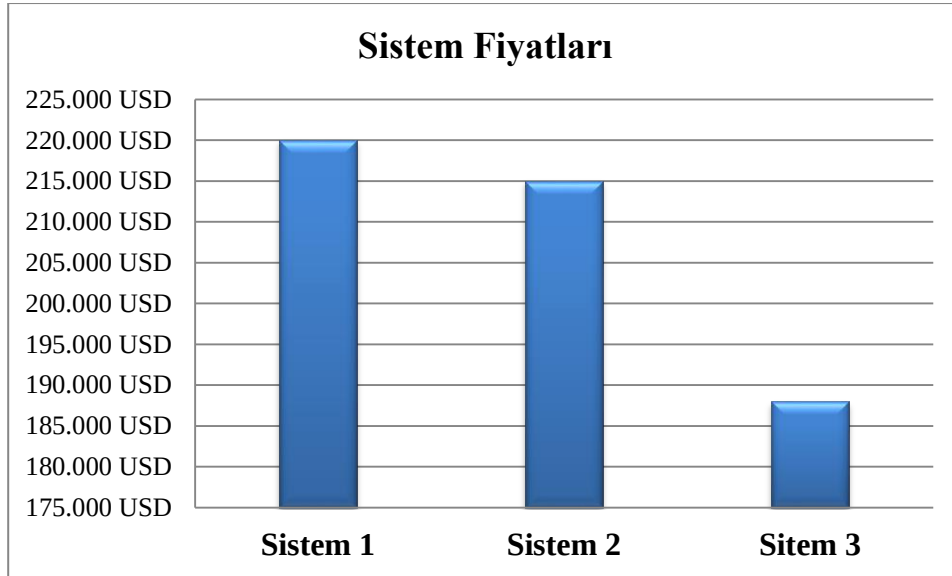
Yeni inşa edilen kuru yük gemisi için iki adet filtreleme + UV yöntemi ile çalışan ve bir adet elektrokimyasal yöntem ile çalışan sistemler karşılaştırılmıştır. Sistemlerin üçü de gerçekleştirilmiş olan kara testlerinde IMO D2 standartlarını sağlamış ve IMO tarafından onay almış olan firmaların ürünleridir. Gemi yeni inşa edildiğinden gemiye sistem takılırken herhangi bir revizyon yapılmasına ihtiyaç yoktur. Ayrıca geminin dizayn aşamasında jeneratörleri balast suyu artıma sisteminin gereksinimlerini de karşılayacak düzeyde olduğundan jeneratör ve elektrik panolarında herhangi bir değişikliğe gidilmesine gerek kalmamıştır. Seçilen sistemler; yöntem, boyut, ağırlık, enerji gereksinimi, ortaya çıkan basınç düşüşü ve maliyetine göre karşılaştırılmıştır.

Gemi sahiplerinin balast arıtım sistemleri seçerken dikkat ettiği faktörlerin başında sistem maliyeti gelmektedir. Bunun yanısıra sistemin balast suyu arıtımı için kullandığı yöntemler de oldukça önemlidir. Elektrokimyasal yöntem kullanarak balast suyunu arıtan 3 numaralı sistem maliyeti de olmak üzere pek çok özelliği ile diğer sistemlerin önüne geçmiş olsa da, gemi sahibinin kimyasal yöntem kullanmayı istememesi sebebi ile tercih edilmemiştir. Kuruyük gemisi için, gemi sahibi maliyetten çok firma güvenilirliği ve kendi tecrübelerinden yola çıkarak son kararını 1 numaralı sistemden yana kullanmıştır. Bu örnekten de görüleceği üzere maliyet ne kadar önemli olsa da, firmaların güvenilirliği gemi sahiplerinin ileriye dönük

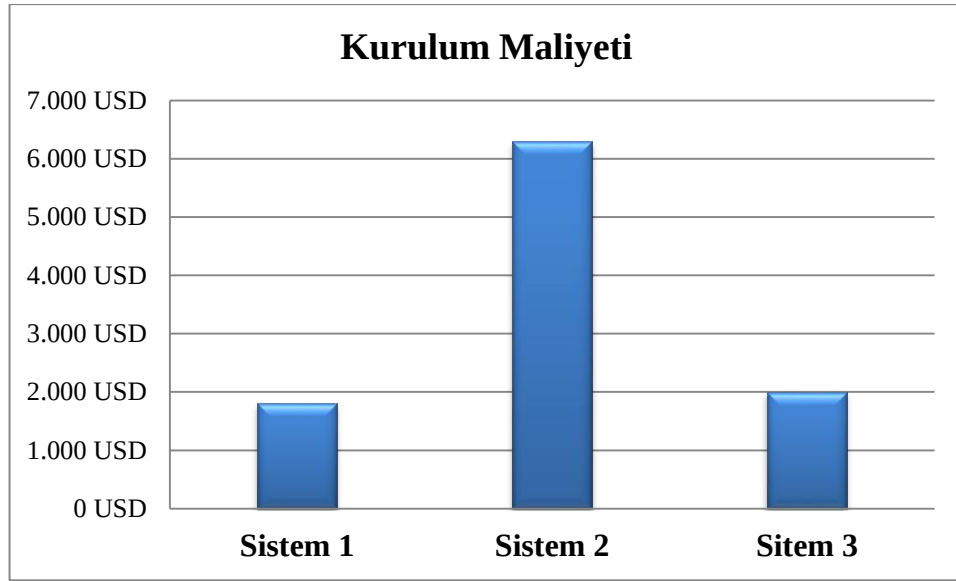
düşünceleri nedeni ile sistem seçimi sırasında tercih nedeni olabilmektedir. Şekil 7.18, 7.19, 7.20, 7.21, 7.22 ve 7.23'te kuru yük gemisi için değerlendirmeye alınmış olan balast suyu arıtma sistemlerinin karşılaştırmasına ait grafikler bulunmaktadır.



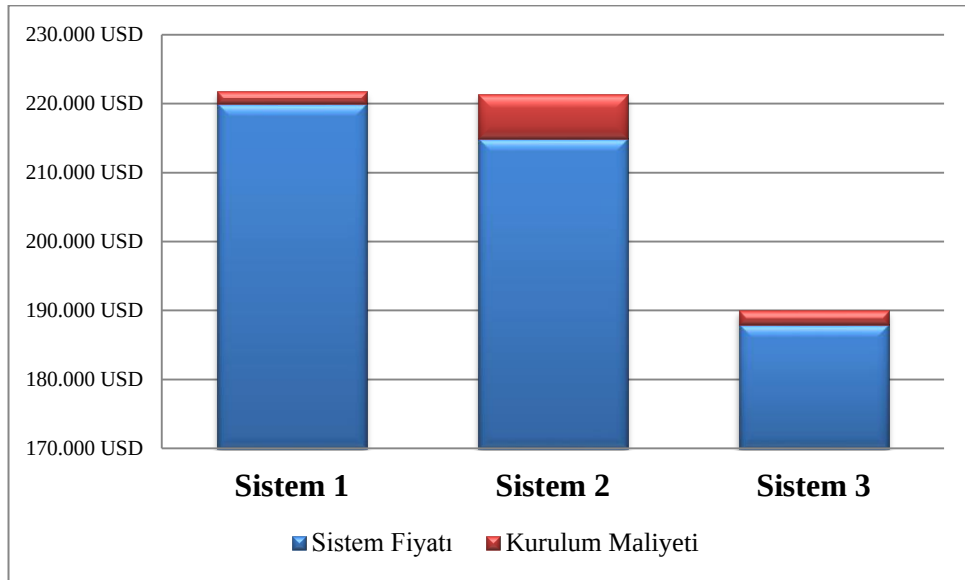
Şekil 7. 18 : Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin kapladığı alanların karşılaştırmaları.



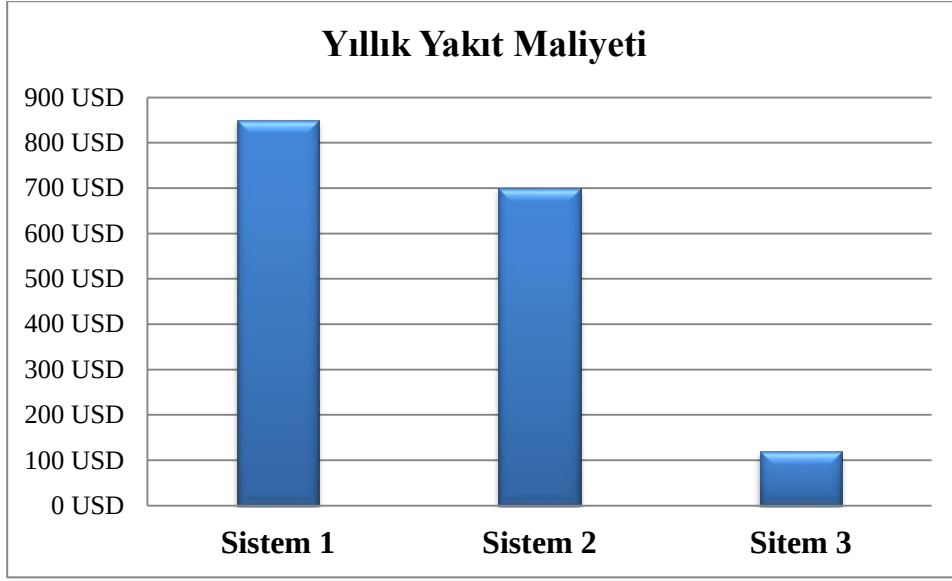
Şekil 7.19 : Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin sistem fiyatı karşılaştırmaları.



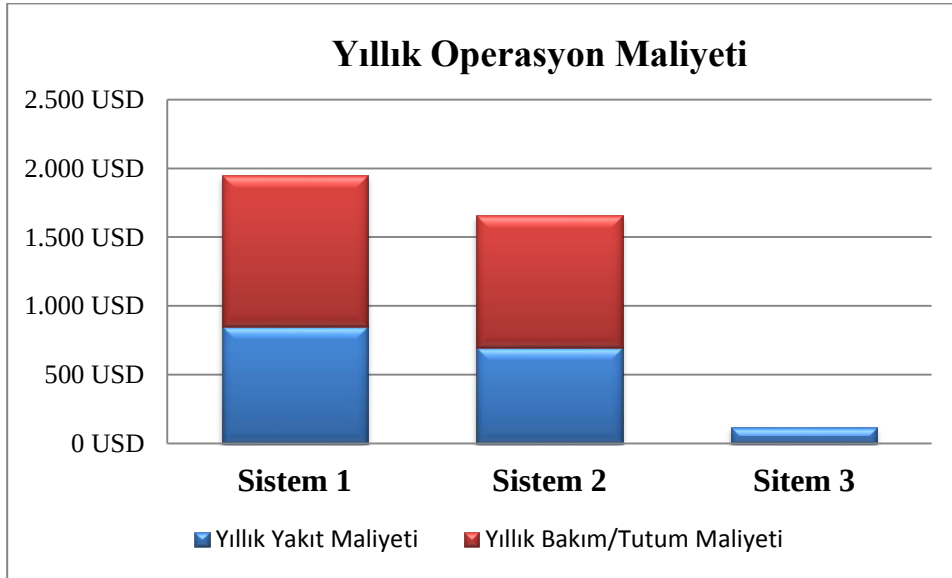
Şekil 7. 20 : Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin kurulum maliyeti karşılaştırmaları.



Şekil 7.21 : Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin toplam yatırım maliyeti karşılaştırmaları.



Şekil 7.22 : Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık işletim maliyeti karşılaştırmaları.



Şekil 7.23 : Kuru yük gemisi için değerlendirilen balast suyu arıtma sistemlerinin yıllık operasyon maliyeti karşılaştırmaları.

8. ANAHTAR PERFORMANS GÖSTERGELERİ (KPI-KEY PERFORMANCE INDICATORS) KULLANIMI İLE SİSTEM TERCİHLERİ

Anahtar Performans Göstergeleri (KPI-Key Performance Indicators), performans ölçmek için kullanılan terimin genel adıdır. Ölçülebilir hedefler doğrultusunda yapılan ilerlemeyi değerlendirme imkanı sağlar. KPI yönteminde başarılı bir sonuç elde edebilmek için hedefe yönelik adımların ve ölçme kriterlerinin doğru seçilmesi gerekmektedir.

Günümüz teknolojisinde piyasada mevcut pek çok balast suyu arıtma sistemi üreten firma bulunmaktadır. Balast suyu arıtma sistemi kurulacak olan bir gemi için bu sistemlerden hangilerinin en uygun olduğunu belirlemede Anahtar Performans Göstergeleri olarak isimlendirilen yöntemle başvurmak mümkündür.

KPI analizi iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tersanenin belirlemiş olduğu kriterler ile sisteme ait veriler karşılaştırılarak her bir sistemin belirlenen gemi kriterleri için uygun olup olmadığı kontrol edilir. Analizin ikinci aşamasında ise, her bir sistem verisi derecelendirilerek kendi içerisinde karşılaştırılır.

Norwegian University of Science and Technology ile Kristian Gerhard Jebsen Skipsrenderi AS'nin yürüttüğü bir çalışmada KPI yöntemi kullanarak ile Kristian Gerhard Jebsen Skipsrenderi AS'ye ait filodaki bütün gemilere kurulmak için en uygun olan balast suyu arıtma sistemi seçimine yönelik çalışma yapılmıştır. Ancak her bir geminin kendine özgü kriterleri olduğundan, göz önüne alınması gereken kriterlerin fazlalığı düşünüldüğünde, her bir gemi için analizin tek tek yapılmasının daha doğru sonuçlar vereceğine karar verilmiştir [144].

Bu çalışmada 7. Bölüm'de detaylı olarak anlatılmış olan balıkçı ve kuruyük gemileri için KPI yöntemi kullanılarak gemi için balast suyu arıtma sistemi seçiminin nasıl gerçekleştiği anlatılmıştır.

8.1 Anahtar Veriler

KPI analizinin yapılabilmesi için öncelikle önemli olan kriterlerin yani “anahtar” verilerin belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra ise her bir anahtar veri için belli limitlerin koyulması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen iki gemi için aşağıdaki faktörler anahtar olarak belirlenmiştir. Anahtar olan faktörlerin önem dereceleri birbirinden farklıdır. Analiz yapılırken de bu farklılıklar belirleyici noktalar olacaktırlar. Aşağıda Çizelge 8.1’de KPI analizi yapılan iki gemi için anahtar faktörler ve bu faktörlerin belirlenen önem dereceleri, yani ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 8.1 : KPI anahtar faktörleri ve önem dereceleri.

KPI	Önem Derecesi
Basınç Düşüşü	%20
Alan	%15
Sistem Fiyatı	%50
Yıllık İşletim Maliyeti	%15

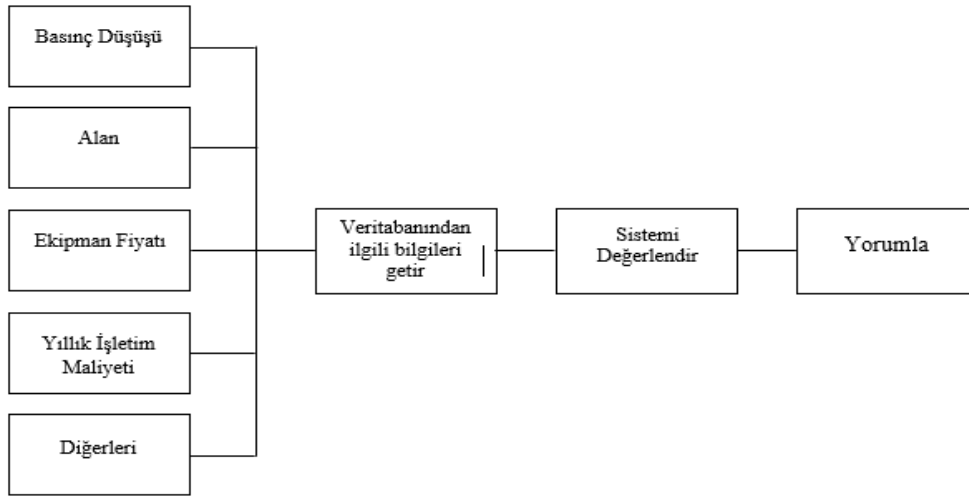
Yukarıdaki verilere ek olarak sistemler için teknik ve maliyet açısından yapılacak olan bir karşılaştırma, sonucun daha doğru olmasına katkıda bulunur. Ancak kurulum ve operasyona yönelik veriler tahmine yönelik yapılacağından, bu veriler KPI analizinin ilk bölümü olan sistemin uygunluğunun belirlenmesi için kullanılmıştır. Kurulum ve operasyona yönelik kriterler Çizelge 8.2’de verilmiştir.

Çizelge 8.2 : Kurulum ve operasyona yönelik kriterler.

Madde	Önem Derecesi
Kimyasal Madde Kullanımı	Birincil
USCG kuralları	Birincil
Arıtma Zamanı	Birincil
Kurulum Maliyeti	İkincil
Toplam Yatırım Maliyeti	İkincil
Yakıt Maliyeti	İkincil
Bakım/Tutum Maliyeti	İkincil

8.2 KPI Analizi Modelinin Oluşturulması

Modelin çalışması için hesap tablosunda (Microsoft Excel) oluşturulan tablolarda veritabanına anahtar verilere ilişkin bilgiler girilir. KPI analizinin birinci aşamasında anahtar veriler ile farklı üretici firmalardan seçilmiş olan sistemlere ilişkin bilgileri karşılaştırılır. Böylece her bir balast suyu artıma sisteminin kurulmasının düşünüldüğü gemiye uygun olup olmadığı belirlenir. Aşağıda Şekil 8.1’de modelin ilk bölümünün çalışmasına ilişkin akış şeması bulunmaktadır.



Şekil 8.1 : KPI analizi modelinin çalışmasına ilişkin akış şeması.

Anahtar veriler ile sistemlerden elde edilen veriler karşılaştırılır ve model 1x11’lik bir matris üretir. Ortaya çıkan matriste 1 olarak görülen değerler “evet” yani sistem isteri karşılıyor, 0 olarak görülen değerler “hayır” yani sistem isteri karşılamıyor anlamına gelmektedir. Çizelge 8.3’te örnek bir matris verilmiştir.

Çizelge 8.3 : KPI analizi örnek matris.

Sistem Gereklilikleri	
Basınç Düşüşü	1
Alan	1
Sistem Fiyatı	1
Yıllık İşletim Maliyeti	1
Kimyasal Madde Kullanımı	1
USCG Kuralları	1
Arıtma Zamanı	1
Kurulum Maliyeti	1
Toplam Yatırım Maliyeti	0
Yakıt Maliyeti	1
Bakım/Tutum Maliyeti	1
Sistem Uyumlu mu?	UYUMLU

Çizelge 8.3'te gösterilen örnekte incelenen sistemde görüldüğü üzere anahtar faktör olarak belirlenen ilk dört madde ile, teknik ve maliyet analizi için birincil önemde olarak belirlenen üç faktör olumlu olarak tespit edilmiştir. Tüm anahtar ve birincil faktörler olumlu olduğu için sistem “UYUMLU” olarak değerlendirilmiştir.

Oluşturulan model tüm anahtar ve birincil faktörler olumlu ve ikincil faktörlerin en az iki tanesi olumlu olarak tespit edildi ise sistem “UYUMLU” olarak değerlendirilecektir. Bunun yanında eğer tüm anahtar ve birincil faktörler olumlu iken, ikincil faktörlerden ikiden daha azı olumlu tespit edilirse sistem “KISMEN UYUMLU” olarak değerlendirilecektir. Anahtar faktörlerden herhangi birinin olumsuz tespit edilmesi durumunda ise, model sistemi “UYUMSUZ” olarak tespit edip reddedecektir.

8.3 KPI Değerlendirmesi Hesaplamaları

Anahtar faktörlerin birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için eldeki verileri derecelendirme yoluna gidilmiştir. Her bir anahtar faktör, en iyi derece 1, en kötü derece 6 olacak şekilde 1 ile 6 arasında derecelendirilmiştir. Derecelendirme her bir kategorideki en iyi değer baz alınarak yapılmıştır. Derecelendirme yapılırken kullanılan formülasyon aşağıdaki gibidir;

$$C_i = \frac{n_i}{n_{min}} \quad (8.1)$$

$$C_{D\ max} = D \times \frac{C_{max}-1}{6} + 1 \quad (8.2)$$

8.1 numaralı denklemde n_i derecelendirilmesi yapılacak sistemin gerçek değeri, n_{min} ise o kategorideki en küçük değerdir. Bu denklem ile her bir sistemin belirlenen anahtarlar için katsayıları elde edilir. İkinci denklemde her derece için maksimum katsayı hesabı yapılır.

8.2 numaralı denklemde D değeri 1 ile 6 arasında dereceyi, C_{max} ise hesap yapılan kategorideki maksimum katsayıyı ifade etmektedir. Bütün katsayılar hesaplandıktan sonra, sistem katsayısı, o derecelerin maksimum katsayıları ile karşılaştırılır ve her sistem için belirlenen kategorilerin derecesi hesaplanır. Aşağıda KPI hesabının nasıl yapıldığının daha iyi anlaşılması için örnek bir hesaplama verilmiştir.

Çizelge 8.4 : Örnek KPI analizi sistem verileri.

Sistem	Değer
X	500
Y	375
Z	125

Örnek hesaplamada en düşük değer Sistem Z'ye aittir. Bu durumda belirtilen kategori için $n_{\min}$ 150'dir. 8.1 denklemi kullanılarak her bir sistemin katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır.

Çizelge 8.5 : Örnek KPI analizi sistem katsayıları.

Sistem	Katsayı
X	4
Y	3
Z	1

Katsayılar 8.2 denkleminde yerine koyulursa her bir derece için C_{Gmax} değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

Çizelge 8.6 : Örnek KPI analizi C_{Dmax} değerleri.

Derece	C_{Dmax}
1	1,5
2	2
3	2,5
4	3
5	3,5
6	4

Derece katsayıları ve sistem katsayıları karşılaştırılırsa; X sistemi katsayısı $>3,5$ ve ≤ 4 olduğu için derecesi 6'dır. Y sistem katsayısı $>2,5$ ve ≤ 3 olduğu için derecesi 4'tür Z katsayısı ise $>1,5$ olduğu için derecesi 1'dir. Bu yöntem, belirlenen anahtar faktörler kullanılarak balıkçı gemisi ve kuruyük gemisi için uygulanmıştır.

8.4 Balıkçı Gemisi için Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçiminin KPI ile Değerlendirilmesi

Bölüm 7.1'de balıkçı gemisi için teklif edilmiş olan balast suyu arıtma sistemleri maliyet ve teknik açıdan değerlendirilmiş, bu değerlendirme sonucu bir sistemde karar kılınmıştır. Bu bölümde ise balıkçı gemisi için balast suyu arıtma sistemi seçiminde KPI analizi yöntemi kullanılmıştır..

Analizin yapılabilmesi için Excel’de hazırlanan modele Bölüm 8.1’de belirlenen isterler için kriter değerleri girilmiştir.

Çizelge 8.7 : KPI analizi sistem kriterleri.

KPI	Kriter
Basınç Düşüşü	1 bar
Alan	4 m ²
Sistem Fiyatı	200.000 \$
Yıllık İşletim Maliyeti	2.500 \$
Kimyasal Madde Kullanımı	Hayır
USCG Kuralları	Hayır
Arıtma Zamanı	Balast Alımında
Kurulum Maliyeti	Sistem fiyatının %5’i
Toplam Yatırım Maliyeti	210.000 \$
Yakıt Maliyeti	500 \$
Bakım/Tutum Maliyeti	2.000\$

Sistemlere ait değerler ise aşağıdaki gibidir;

Çizelge 8. 8 : KPI analizi sistem verileri.

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	0,7 bar	0,9 bar	0,3 bar
Alan	2,17 m ²	5,62 m ²	3,57 m ²
Sistem Fiyatı	185.000 \$	203.000 \$	200.000 \$
Yıllık İşletim Maliyeti	1.240 \$	14.650 \$	2.100 \$
Kimyasal Madde	Hayır	Hayır	Hayır
USCG kuralları	Hayır	Hayır	Hayır
Arıtma Zamanı	Balast Alımında	Balast Alımında	Balast Alımında
Kurulum Maliyeti	7.100 \$	11.150 \$	6.900 \$
Toplam Yatırım Maliyeti	192.100 \$	214.150 \$	206.900 \$
Yakıt Maliyeti	280 \$	450 \$	500 \$
Bakım/Tutum Maliyeti	1.240 \$	16.000 \$	1.600 \$

Çizelge 8.7’de belirlenen kriterler ile Çizelge 8.8’de belirtilen sistemşere ait bilgiler Excel’de hazırlanan modelde karşılaştırılmış ve 1x11’lik bir matris elde edilmiştir. Martiste bulunan 1 değeri olumlu yani kriteri karşılıyor, 0 değeri olumsuz yani kriteri

karşılamıyor anlamına gelmektedir. Çizelge 8.9'da ekipmaların her biri için elde edilmiş olan 1x11'lik matriks görülmektedir.

Çizelge 8.9 : KPI analizi sistem uygunluğu değerlendirmesi.

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	1	1	1
Alan	1	0	1
Sistem Fiyatı	1	0	1
Yıllık İşletim Maliyeti	1	0	1
Kimyasal Madde	1	1	1
USCG kuralları	1	1	1
Arıtma Zamanı	1	1	1
Kurulum Maliyeti	1	0	1
Toplam Yatırım Maliyeti	1	0	1
Yakıt Maliyeti	1	1	1
Bakım/Tutum Maliyeti	1	0	1
Sistem Uygunluğu	UYUMLU	UYUMSUZ	UYUMLU

Analizin ilk aşaması belirlenen anahtarlar doğrultusunda gemi için uyumlu olan balast suyu arıtma sistemlerinin belirlenmesine yönelik yapılmıştır. Bu durumda, istenilenler doğrultusunda iki numaralı sistem gemi için uygun bulunmamıştır.

Analizin ikinci aşamasında, anahtar faktörler için katsayılar hesaplanarak her bir sistemin farklı kategorileri için derece belirlemesi yapılmıştır. İlk aşamada yapılan analiz ile 2 numaralı sistem uygun olmadığı halde, analizin ikinci aşamasının nasıl çalıştığı anlatmak adına değerlendirmeye iki numaralı sistem de dahil edilmiştir.

Denklem 8.1 kullanılarak sistemlerin her bir kategori için C_i değerlerinin belirlenebilmesi için gerekli olan n_{min} değeri Çizelge 8.10'da yer almaktadır.

Çizelge 8.10 : KPI analizi sistemlerin minimum değerleri.

KPI	n_{min}
Basınç Düşüşü	0,3
Alan	2,17
Sistem Fiyatı	185.000
Yıllık İşletim Maliyeti	1.240

n_i değeri kullanılarak her sistemin belirlenen kategorileri için C_i katsayısı hesaplanmıştır. Çizelge 8.11'de C_i değerleri yer almaktadır.

Çizelge 8.11 : KPI analizi sistemlerin C_i değerleri.

KPI	C_i		
	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	2,333	3,000	1,000
Alan	1,000	2,597	1,648
Sistem Fiyatı	1,000	1,097	1,081
Yıllık İşletim Maliyeti	1,000	11,815	1,694

Denklem 8.1 ile elde edilen katsayılar, denklem 8.2’de yerlerine koyulup, her bir derece ve kategori için Çizelge 8.12’de verilen C_{Dmax} değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 8.12 : KPI analizi C_{Dmax} değerleri.

D	C_{Dmax}			
	Basınç Düşüşü	Alan	Sistem Fiyatı	Yıllık İşletim Maliyeti
1	1,333	1,266	1,016	2,802
2	1,667	1,532	1,032	4,605
3	2,000	1,798	1,049	6,407
4	2,333	2,065	1,065	8,210
5	2,667	2,331	1,081	10,012
6	3,000	2,597	1,097	11,815

Çizelge 8.11’de her bir sistem için bulunan katsayılar Çizelge 8.12’de her bir derece için belirlenmiş olan katsayılar ile karşılaştırılıp kategorilere göre sistemin derecelendirilmesi gerçekleştirilir. Örneğin Sistem 1 için basınç düşüşü C_i değeri 2,333 bulunmuştur. Çizelge 8.11’de basınç düşüşü için 2,333 değeri Derece 3 C_{Dmax} değerinden büyük, Derece 4 C_{Dmax} değerine eşittir. Bu durumda Sistem 1 için basınç düşüşü derecesi 4’tür. Yine basınç düşüşü katsayısı Sistem 3 için 1 olarak hesaplanmıştır Çizelge 8.12’de 1 değeri Derece 1’in değerinin altında olduğundan Sistem 3 için basınç düşüşü derecesi 1 olarak belirlenmiştir. Excel’de hazırlanan model ile hesaplanan derecelere ait bilgiler aşağıda Çizelge 8.13’te verilmiştir.

Çizelge 8. 13 : KPI analizi ile hesaplanan sistem dereceleri.

KPI	Derece		
	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	4	6	1
Alan	1	6	3
Sistem Fiyatı	1	6	5
Yıllık İşletim Maliyeti	1	6	1

Çizelge 8.13'te görüldüğü üzere analizin birinci aşamasında uygun olmadığı belirtilen 2 numaralı sistem yakıt maliyeti dışındaki bütün kategorilerde en kötü derece olan 6 ile derecelendirilmiştir. Bu çizelgeden elde edilen sonuca göre 1 numaralı sistem basınç düşüşü hariç tüm kategorilerde en iyi çıkmıştır, bu da sistemin tercih edilmesinde önemli bir etkidir.

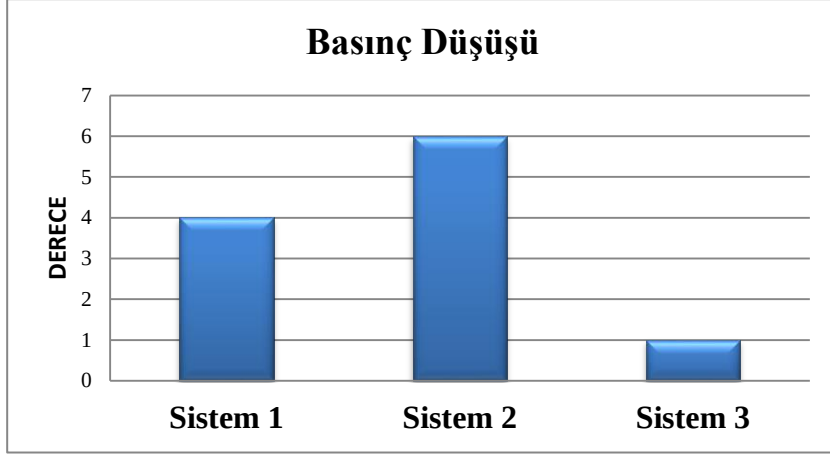
Daha önce bahsedildiği üzere her bir anahtar faktörün seçime etki etme ağırlığı birbirinden farklıdır. Bu aşamadan sonra elde edilen dereceler, anahtar faktör olan kriterler için daha önceden belirtilen ağırlıklarına göre tekrar modelde hesaplanır ve sistemler için ortalama bir puan elde edilir. Çizelge 8.14'te derecelerin ağırlıkları ile çarpılması sonucu elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 8.14 : Sistem derecelerinin ağırlıkları ile çarpımı.

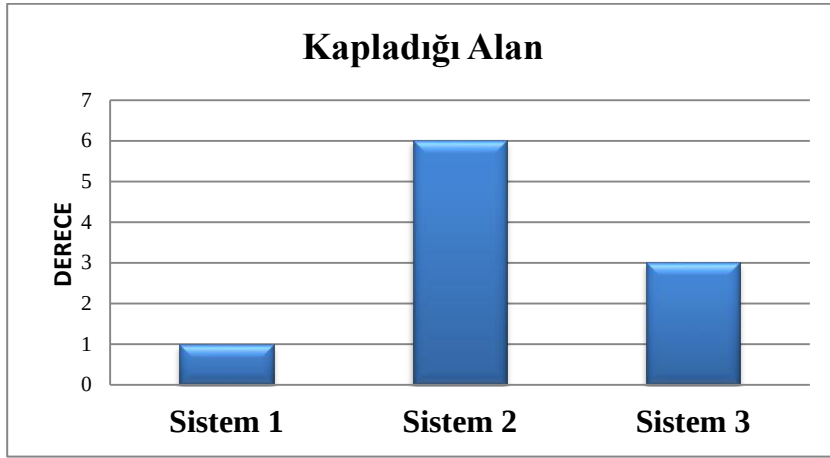
	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	0,800	1,200	0,200
Alan	0,150	0,900	0,450
Ekipman Fiyatı	0,500	3,000	2,500
Yıllık İşletim Maliyeti	0,150	0,900	0,150
Puan	4	15	8,25

Çizelge 8.14 KPI analizi sonucu elde edilen sonuçları göstermektedir. Puan, sistem derecelerinin ortalamasının 10 ile çarpılması ile elde edilmiştir. Çizelge 8.14 ile hem sistemlerin her bir kategori için elde ettiği puanları, hem de her sistemin toplamda elde ettiği puanı görmek mümkündür. Böylelikle her bir sistemin avantajlı ve dezavantajlı olduğu kısımlar görülecek ve seçim yaparken daha doğru bir karar verilmesi sağlanmış olacaktır. Yapılan bu analizde en yüksek yani en kötü puan 15 olarak ortaya çıkmıştır. En iyi puan ise 4'dir. En iyi puanı almış olan 1 numaralı sistem bu gemi için en uygun sistem olarak belirlenmiştir.

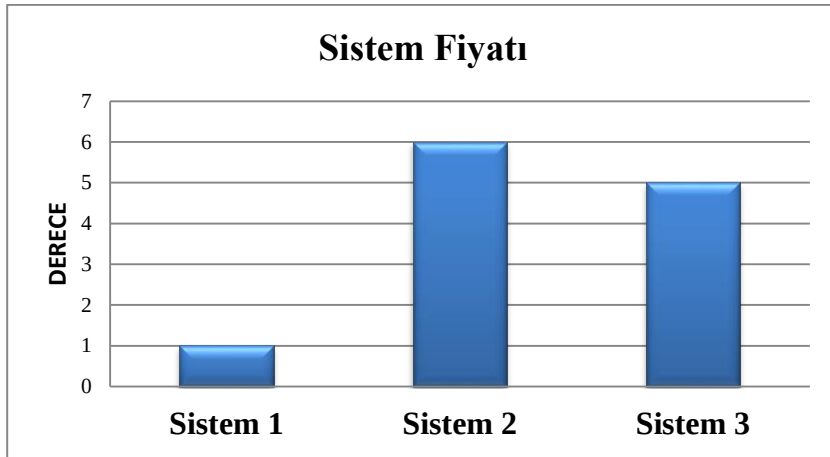
Şekil 8.2, 8.3, 8.4 ve 8.5'te Balıkçı Gemisi için değerlendirmeye alınan balast suyu arıtma sistemlerinin anahtar faktörlerin derecelerinin karşılaştırmalarına ilişkin grafikler yer almaktadır.



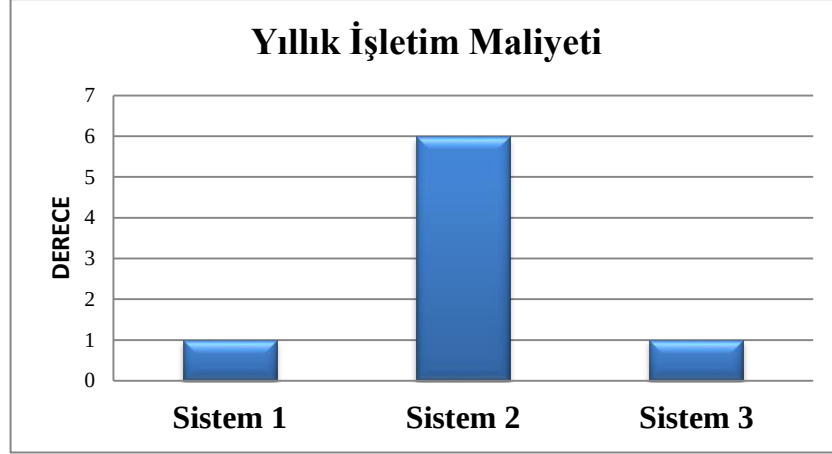
Şekil 8.2 : Sistemlerin basınç düşüş anahtar faktörünün derecelendirilmesi.



Şekil 8.3 : Sistemlerin alan anahtar faktörünün derecelendirilmesi.



Şekil 8.4 : Sistemlerin fiyat anahtar faktörünün derecelendirilmesi.



Şekil 8.5 : Sistemlerin yıllık işletim maliyeti anahtar faktörünün derecelendirilmesi.

8.5 Kuru Yük Gemisi için Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçiminin KPI ile Değerlendirilmesi

Bölüm 7.2’de kuru yük gemisi için teklif edilmiş olan balast suyu arıtma sistemleri maliyet ve teknik açıdan değerlendirilmiş, bu değerlendirme sonucu bir sistemde karar kılınmıştır. Bu bölümde kuru yük gemisi için balast suyu arıtma sistemi seçiminde KPI analizi yöntemi kullanılmıştır.

Analizin yapılabilmesi için hesap tablosunda (Excel) hazırlanan modele Bölüm 8.1’de belirlenen kriterler için ilgili değerler girilmiştir.

Çizelge 8.15 : KPI analizi sistem kriterliği.

KPI	Kriter
Basınç Düşüşü	1 bar
Alan	7 m ²
Sistem Fiyatı	230.000 \$
Yıllık İşletim Maliyeti	2.000 \$
Kimyasal Madde Kullanımı	Hayır
USCG kuralları	Hayır
Arıtma Zamanı	Balast Alımında
Kurulum Maliyeti	Sistem fiyatının %5’i
Toplam Yatırım Maliyeti	241.500 \$
Yakıt Maliyeti	900 \$
Bakım/Tutum Maliyeti	1.000\$

Sistemlere ait değerler ise aşağıdaki gibidir;

Çizelge 8.16 : KPI analizi sistem verileri.

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	0,8 bar	0,7 bar	0,2 bar
Alan	6,12 m ²	6,44 m ²	2,48 m ²
Sistem Fiyatı	220.000 \$	215.000 \$	188.000 \$
Yıllık İşletim Maliyeti	1.850 \$	1.660 \$	120 \$
Kimyasal Madde	Hayır	Hayır	Hayır
USCG kuralları	Hayır	Hayır	Hayır
Arıtma Zamanı	Balast Alımında	Balast Alımında	Balast Alımında
Kurulum Maliyeti	1.800 \$	6.300 \$	2.000 \$
Toplam Yatırım Maliyeti	221.800 \$	221.300 \$	190.000 \$
Yakıt Maliyeti	850 \$	700 \$	120 \$
Bakım/Tutum Maliyeti	1.000 \$	960 \$	0 \$

Çizelge 8.15'te belirlenen kriterler ile Çizelge 8.16'da belirtilen sistemlere ait bilgiler Excel'de hazırlanan modelde karşılaştırılmış ve 1x11'lik bir matris elde edilmiştir. Martiste bulunan 1 değeri olumlu yani kriteri karşılıyor, 0 değeri olumsuz yani kriteri karşılamıyor anlamına gelmektedir. Çizelge 8.17'de sistemlerin her biri için elde edilmiş olan 1x11'lik matrisi görülmektedir.

Çizelge 8.17 : KPI analizi sistem uygunluğu değerlendirmesi.

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	1	1	1
Alan	1	1	1
Sistem Fiyatı	1	1	1
Yıllık İşletim Maliyeti	1	1	1
Kimyasal Madde	1	1	0
USCG Kuralları	1	1	1
Arıtma Zamanı	1	1	1
Kurulum Maliyeti	1	1	1
Toplam Yatırım Maliyeti	1	1	1
Yakıt Maliyeti	1	1	1
Bakım/Tutum Maliyeti	1	1	1
Sistem Uygunluğu	UYUMLU	UYUMLU	UYUMSUZ

Analizin ilk aşaması belirlenen anahtarlar doğrultusunda gemi için uyumlu olan balast suyu arıtma sistemi sistemlerin belirlenmesine yönelik yapılmıştır. Bu durumda, isterler doğrultusunda üç numaralı sistem gemi için uygun bulunmamıştır.

Analizin ikinci aşamasında, anahtar faktörler için katsayılar hesaplanarak her bir sistemin farklı kategorileri için derece belirlemesi yapılır. İlk aşamada yapılan analiz ile 3 numaralı sistem uygun olmadığı halde, analizin ikinci aşamasına dahil edilmiştir.

Denklem 8.1 kullanılarak sistemlerin her bir kategori için C_i değerlerinin belirlenebilmesi için gerekli olan n_{min} değeri Çizelge 8.18'de yer almaktadır.

Çizelge 8.18 : KPI analizi sistemlerin minimum değerleri.

KPI	n_{min}
Basınç Düşüşü	0,2
Alan	2,48
Sistem Fiyatı	188.000
Yıllık İşletim Maliyeti	120

n_i değeri kullanılarak her sistemin belirlenen kategorileri için C_i katsayısı hesaplanmıştır. Çizelge 8.19'da C_i değerleri yer almaktadır.

Çizelge 8.19 : KPI analizi sistemlerin C_i değerleri.

KPI	C_i		
	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	4,000	3,500	1,000
Alan	2,463	2,592	1,000
Ekipman Fiyatı	1,170	1,144	1,000
Yıllık İşletim Maliyeti	15,417	13,833	1,000

Denklem 8.1 ile elde edilen katsayılar, denklem 8.2'de yerlerine koyulup, her bir derece ve kategori için Çizelge 8.20'de verilen C_{Dmax} değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 8.20 : KPI analizi C_{Dmax} değerleri.

D	C_{Dmax}			
	Basınç Düşüşü	Alan	Sistem Fiyatı	Yıllık İşletim Maliyeti
1	1,500	1,265	1,028	3,403
2	2,000	1,531	1,057	5,806
3	2,500	1,796	1,085	8,208
4	3,000	2,061	1,113	10,611
5	3,500	2,327	1,142	13,014
6	4,000	2,592	1,170	15,417

Çizelge 8.19'da her bir sistem için bulunan katsayılar Çizelge 8.20'de her bir derece için belirlenmiş olan katsılar ile karşılaştırılıp kategorilere göre sistemin derecelendirilmesi gerçekleştirilir. Örneğin Sistem 2 için sistem fiyatı C_i değeri 1,144 bulunmuştur. Çizelge 8.19'da sistem fiyatı için 1,144 değeri Derece 5 C_{Dmax} değerinden büyük, Derece 6 C_{Dmax} değerinden küçüktür. Bu durumda Sistem 2 için sistem fiyatı derecesi 6'dır. Yine Sistem 2 için basınç düşüşü katsayısına bakıldığında, 3,5 olan C_i değerinin Çizelge 8.20'de Derece 4 C_{Dmax} değerinden büyük, Derece 5 C_{Dmax} değerine eşit olduğu görülmektedir. Bu durumda Sistem 2 için basınç düşüşü derecesi 5 olarak belirlenmiştir. Excel'de hazırlanan model ile hesaplanan derecelere ait bilgiler aşağıda Çizelge 8.21'de verilmiştir.

Çizelge 8.21 : KPI analizi ile hesaplanan sistem dereceleri.

KPI	Derece		
	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	6	5	1
Alan	6	6	1
Sistem Fiyatı	6	6	1
Yıllık İşletim Maliyeti	6	6	1

Daha önce bahsedildiği üzere her bir anahtar faktörün seçime etki etme ağırlığı birbirinden farklıdır. Bu aşamadan sonra elde edilen dereceler, anahtar faktör olan kriterler için daha önceden belirtilen ağırlıklarına göre tekrar modelde hesaplanır ve sistemler için ortalama bir puan elde edilir. Çizelge 8.22'de derecelerin ağırlıkları ile çarpılması sonucu elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

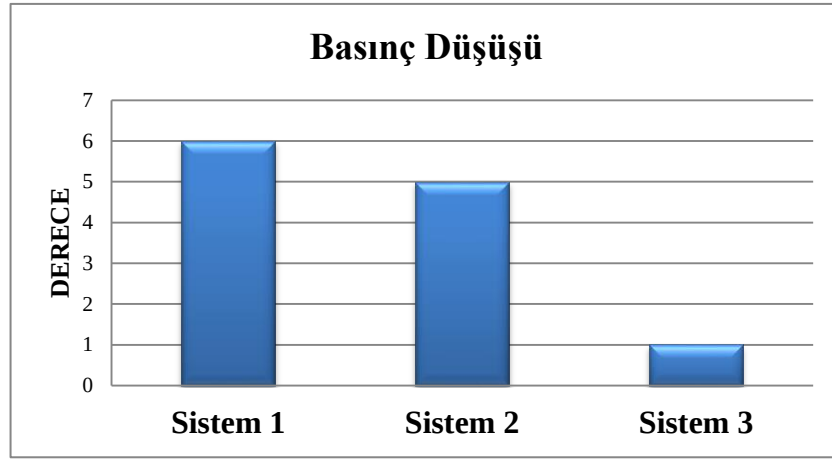
Çizelge 8.22 : Sistem derecelerinin ağırlıkları ile çarpımı.

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
Basınç Düşüşü	1,200	1,000	0,200
Alan	0,900	0,900	0,150
Sistem Fiyatı	3,000	3,000	0,500
Yıllık İşletim Maliyeti	0,900	0,900	0,150
Puan	15	14,5	2,5

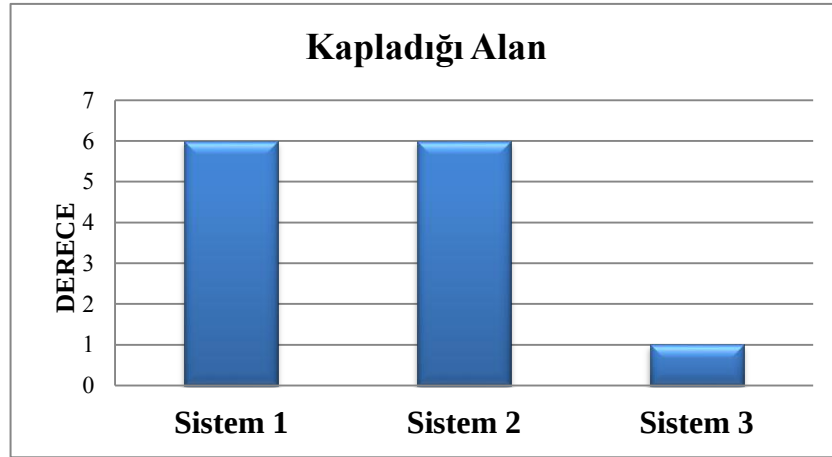
Çizelge 8.22 KPI analizi sonucu elde edilen sonuçları göstermektedir. Puan, sistem derecelerinin ortalamasının 10 ile çarpılması ile elde edilmiştir. Çizelge 8.22 ile hem sistemlerin her bir kategori için elde ettiği puanları, hem de her sistemin toplamda elde ettiği puanı görmek mümkündür. Böylelikle her bir sistemin avantajlı

ve dezavantajlı olduğu kısımlar görülecek ve seçim yaparken daha doğru bir karar verilmesi sağlanmış olacaktır. Yapılan bu analizde en yüksek yani en kötü puan 15 olarak ortaya çıkmıştır. En iyi puan ise 2,5'dir. Sistem 3 analiz sonucu en iyi puanı almış olmasına rağmen, analizin birinci aşamasında anahtar ve birincil faktörlerinin tamamını karşılamadığı için model tarafından uyumsuz olarak belirlenmiştir.

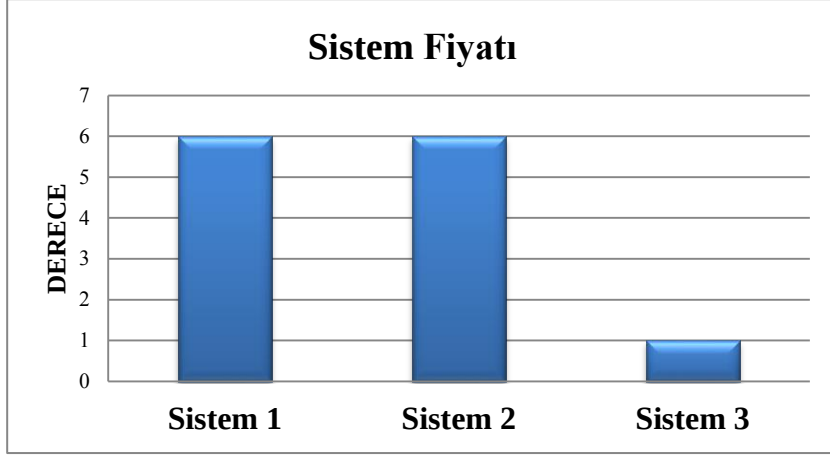
Şekil 8.6, 8.7, 8.8 ve 8.9'da Kuru Yük Gemisi için değerlendirmeye alınan balast suyu arıtma sistemlerinin anahtar faktörlerin derecelerinin karşılaştırmalarına ilişkin grafikler yer almaktadır.



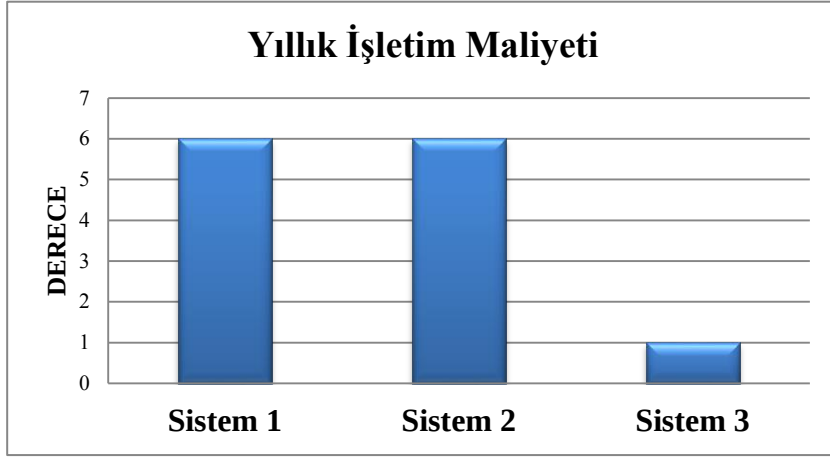
Şekil 8.6 : Sistemlerin basınç düşüş anahtar faktörünün derecelendirilmesi.



Şekil 8.7 : Sistemlerin alan anahtar faktörünün derecelendirilmesi.



Şekil 8.8 : Sistemlerin sistem fiyatı anahtar faktörünün derecelendirilmesi.



Şekil 8.9 : Sistemlerin yıllık işletim maliyeti anahtar faktörünün derecelendirilmesi.

9. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Balast suyu arıtımı gerekliliği konusunda son 20 yılda global düzeyde meydana gelen farkındalık, balast suyu arıtma sistemlerinin geliştirilmesi çalışmalarının önünü açmıştır. Temel olarak mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemler olarak üç ana başlıkta değerlendirilen bu yöntemler tek başlarına kullanıldıklarında balast suyunda bulunan istenmeyen mikroorganizmaların tamamının giderilmesi için yeterince etkili olmamaktadırlar. Bu durum, iki ya da daha fazla yöntemin bir arada kullanıldığı karma balast suyu arıtma sistemlerinin geliştirilmesinin de önünü açmıştır. Böylelikle gemilerde kullanılacak olan balast suyu arıtma sistemlerinden elde edilecek olan verimin artması amaçlanmıştır.

Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi, dünya ticaret filosunun %35'ini temsil eden 30 ülkenin onayından 12 ay sonra yürürlüğe girecektir. 12 Şubat 2015 tarihi itibarı ile dünya ticaret filosunun %32,86'sını temsil eden, Türkiye'nin de içinde olduğu 44 ülke bu sözleşmeyi onaylamıştır. Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra, yeni inşa edilecek olan ve mevcut gemilerin IMO D-2 standartlarını sağlayan balast suyu arıtma sistemi bulundurmaları zorunlu olacaktır. Bu doğrultudaki gelişmeler sonucunda balast suyu arıtma sistemlerinin üretilmesine yönelik çalışmalar yapan pek çok firma sistemleri ile ilgili IMO veya tip onaylarını da alarak bu pazarda yerlerini almışlardır. EK C'de firmalar ve onay durumlarına ilişkin detaylı bilgi verilmiştir.

Tersanelerde, inşa edilecek olan gemiler için balast suyu arıtma sistemi seçimi zaman kısıtlaması dolayısı ile daha çok sistem fiyatı ve firma güvenilirliği kriterlerine dayalı yapılmaktadır.

Bu çalışmanın 7. Bölümünde incelenmiş olan balıkçı ve kuru yük gemilerinde, sistem seçimi için mevcut üreticilerin üçünden alınmış olan teklifler değerlendirilmiştir. İncelenen ilk gemi olan balıkçı gemisinde filtreleme ve UV yöntemlerini kullanan üç adet balast suyu arıtma sistemi değerlendirmeye alınmıştır.

Sistem fiyatı, bakım/ tutum maliyeti ve firmalar karşılaştırıldığında gemi sahibinin de isteği doğrultusunda balıkçı gemisi için 1 numaralı sistem seçilmiştir. Çalışmada incelenen ikinci gemi olan kuru yük gemisinde ise iki adet filtreleme + UV yöntemlerini kullanan bir adet de elektrokimyasal yöntem ile balast suyunu arıtan arıtma sistemi için teklif alınmıştır. İncelemeler sonucunda hem maliyet hem de kapladığı alan açısından en avantajlı 3 numaralı sistem olsa da, gemi sahibinin kimyasal yöntemi tercih etmemesi, 3 numaralı sistemin elenmesine neden olmuştur. Geriye kalan iki sistemden gemi sahibinin görüşleri ve tecrübesi doğrultusunda firma güvenilirliği ve servis ağı göz önüne alınarak bir numaralı sistem fiyat olarak diğer sistemlerden daha pahalı olmasına karşın tercih edilen sistem olmuştur.

Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi'nin yürürlüğe girmesinden sonra yeni inşa edilen gemilerin yanı sıra inşa yılı eski olan gemilere de balast suyu arıtma sistemlerinin entegre edilmesi gerekliliği, balast suyu arıtma sistemi seçimi konusunda tersanelere büyük bir iş yükü getirecektir. Bu çalışmada her gemi için sadece üç sistem dikkate alınmış olsa da, hem değerlendirilmesi gereken ekipman sayısı hem de sistemin entegre edilmesi gereken gemi sayılarındaki olası artış, balast suyu arıtma sistemlerinin seçimi konusunda alternatif yöntemler aramaya yöneltmiştir.

Bölüm 8'de detaylı olarak anlatılan Anahtar Performans Göstergeleri (KPI) yaklaşımı ile balast suyu arıtma sistemleri seçiminin daha güvenilir ve detaylı olarak yapılması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında balast suyu arıtma sistemlerini hem teknik hem de ekonomik açıdan değerlendirerek, sistem seçimine destek olacak bir model elde edilmesi amaçlanmıştır. Hesap tablosunda (Microsoft Excel) hazırlanan modelin ilk aşamasında belirlenen kriterler ile değerlendirmeye alınan balast suyu arıtma sistemlerinin özellikleri karşılaştırılmış ve kriterlere uygun olmayan sistemler elenmiştir. Modelin ikinci aşamasında ise sistemlerin kriterleri kendi içlerinde 1'den 6'ya kadar derecelendirilip, her bir kriter tek tek karşılaştırılmıştır. KPI analizi sonucu, hem sistemler her bir kategori için puanlanmakta, hem de sistemlerin tüm kategorilerdeki puanları göz önüne alınarak her bir sistem için toplam bir puan elde edilmektedir. KPI analizi ile sistemlerin avantajlı ve dezavantajlı olduğu kısımlar tespit edilerek, gemi ya da gemiler için en doğru sistemin seçimi gerçekleştirilmektedir. Özellikle gemi filoları için ekipman seçiminde, piyasada

mevcut olan sistemler içerisinde değerlendirilen gemi için en uygun olan sistemlerin belirlenmesi için KPI yöntemi oldukça faydalı olmaktadır.

Balıkçı gemisi için yapılan çalışmada değerlendirmeye alınan üç sistem, KPI analizi ile incelenmiştir. Bu kapsamda öncelikle sistemler için kriterler belirlenmiş, daha sonra ise bu kriterler sistem verileri ile karşılaştırılmıştır. Veriler doğrultusunda, iki numaralı ekipman sistem kriterlerini karşılamadığı için uyumsuz olarak tespit edilmiştir. Sonrasında ise modelin ikinci aşamasına geçilmiş ve denklem 8.1 ve 8.2 kullanılarak her bir kriter karşılaştırılarak 1-6 arası derecelendirilmesi yapılmıştır. Balıkçı gemisi için elde edilen sonuçlarda, 1 numaralı sistemin en iyi puanı aldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, 1 numaralı sistemin gemi için en uygun sistem olduğunun göstergesidir.

Kuru yük gemisi için de üç sistem değerlendirmeye alınmıştır. Modelin ilk aşamasında, belirlenen kriterler ve sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması sonucunda 3 numaralı sistem uyumsuz olarak tespit edilmiştir. Modelin ikinci aşamasında ise her bir kriter denklem 8.1 ve 8.2 kullanılarak Bölüm 8'de detaylı olarak anlatıldığı gibi 1-6 arasında derecelendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar teknik ve ekonomik açıdan gemi için en uygun olan sistemin 3 numaralı sistem olduğunu göstermesine karşın, sistem modelin ilk aşamasında belirtilmiş olan kimyasal madde kullanılmaması yönündeki kriteri sağlayamadığı için gemide kullanılmak üzere seçilmemiştir. Bu örnekte gemi sahibinin firma güvenilirliğini değerlendirmesi göz önüne alınarak, gemi sahibinin isteği doğrultusunda 1 numaralı sistemde karar kılınmıştır.

Çalışmada incelenen örnek gemi ve sistem sayısı, ticari gizlilik açısından kısıtlı tutulmuş olsa da, tersanelerde gemiler için sistem seçimi sırasında KPI analizinin faydalarını göstermektedir. Çok sayıda sistemden teklif alınması durumunda, sistem kıyaslamalarının en doğru şekilde yapılması açısından KPI analizinin sağlayacağı kolaylıklar göz önüne alındığında, sistem seçimlerinde KPI analizinin kullanılmasının tercih edilmesi, tersaneler için de faydalı olacaktır. Ayrıca gemi filoları için sistem seçiminde, filo sahibi açısından her bir gemi için tek tek sistem belirlenmesi yerine, tüm gemiler için optimum uygunlukta tek bir sistemin belirlenmesi hem zaman hem de maddiyat açısından avantajlı bir durumdur.

Bu alışmada KPI analizinin hem tersaneye hem de gemi sahiplerine getireceği balast suyu arıtma sistemlerinin seçiminde kolayık ve güvenlik sağladığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Lovelock, J.** (1972) Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 6, pp. 579-580.
- [2] **Carson, R.** (1962) *Silent spring*. Penguin in association with Hamilton, London.
- [3] **Lawal; S. A.** (2011), *Ballast Water Management Convention, 2004: Towards Combating Unintentional Transfer Of Harmful Aquatic Organisms And Pathogens* (Master tezi). Dalhousie University.
- [4] **UDHB.** (2014). Ulaşan ve Erişen Türkiye. 18 Kasım 2014. Denizcilik. 2014. 313-394.
- [5] **Pughiuc, D.** (2010). Invasive Species: Ballast Water Battles. *Seaways*, 5-7.
- [6] **Özdemir, G. & Ceylan B.** (2007). Biyolojik İstila ve Karadeniz'deki İstilacı Türler. *Sümae Yunus Araştırma Bülteni*, 7:3, 1-5.
- [7] **Raaymakers, S.,** 2002a. IMO Ballast Water Update-2002, Ballast Water Paper 2002, IMO.
- [8] **King, D. M. & Hagan, P.** (2013). Economic and Logistical Feasibility of Port-based Ballast Water Treatment: A Case Study at the Port of Baltimore (USA), Maritime Environmental Resource Center Ballast Water Economics Discussion Paper No.6, May 7, 2013.
- [9] **Australian Quarantine & Inspection Service 1993.** *Ballast Water Research Series Report No. 4 AGPS Canberra*.
- [10] **Minchin D., Gollasch S., Cohen AN., Hewitt C., Olenin S.** (2008) Characterising vectors of marine invasion. *Biological Invasions in Marine Ecosystems: Ecological, Management And Geographic Perspectives*. Springer, Dordrecht, pp 109-116.
- [11] **Carlton, J.T.** (1985) Trans-oceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms - The biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology*. 23: 313-371.
- [12] **Carlton, J.T.** (1996) Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology. *Biological Conservation*. 78: 97-106.
- [13] **Bax, N., Williamson, A., Aguerob, M., Gonzalez, E.& Geeves, W.** (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity, *Marine Policy*, 27, 313-323.
- [14] <<http://http://globallast.imo.org/>>, erişim tarihi 07.06.2015.
- [15] **Valenti, M.** (1997). Lighting the way to improved disinfection. *Mechanical Engineering* 119(7). 82-86.
- [16] **Baumler, R., & Bouyssou, A.,** 2013. Identifying and Managing Risk from Organisms Carried in Ships' Ballast Water. *GloBallast Monograph Series No.21*. IMO: London, p: 4.
- [17] **IMO,** 1998. MARPOL – 25 years, Focus on IMO, London, UK, October.
- [18] **Gollasch, S.,** (2006). Overview on introduced aquatic species in European and navigational and adjacent waters, *Helgoland Mar.* 60. 84-89.
- [19] **BWM.** <http://www.marpolandsolas.com/tr/?k=72&mb=BWM&mnId=9>, erişim tarihi 01.02.2015

- [20] **Balaji, R., & Yaakob, O. B.,** (2011). Emerging Ballast Water Treatment Technologies: A Review, *Journal of Sustainability Science and Management*, 6:1, 126-138.
- [21] **IMO,** 1999. Focus on IMO, Alien invaders - putting a stop to the ballast water hitch hikers, IMO, International Maritime Organization, 25 Ağustos 1999.
- [22] < <http://fl.biology.usgs.gov>>, erişim tarihi 15.02.2015.
- [23] **Carlton, J.T.** (2001). Introduced Species in U.S. Coastal Waters: Environmental Impacts and Management Priorities. *Pew Oceans Commission*, Arlington VA.
- [24] **Tímár, L.** (2008). *Modeling the Anthropogenic Spread of an Aquatic Invasive Species: The Case of Zebra Mussels and Transient Recreational Boating in Wisconsin.* (Doktora tezi). Graduate Faculty of North Carolina State University, North Carolina.
- [25] **Garcia-Revilla, M. G.** (2014). *Shipping, Marine Environmental Protection and Alien Invasive Species.* erişim tarihi: 03.02.2015, [PowerPoint Slide]<http://www.marsafenet.org/marsafenet/wp-content/uploads/2014/05/Garcia-SHIPPING-MAR-ENV-PROT-AND-AIS-MGGR-Marsafenet-PORTO-May-2014.pps>
- [26] **Göktürk, D.** (2005). *İstanbul Limanlarında Balast Suyu Örneklemeleri.* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] **Elçiçek, H., Parlak, A., Çakmakçı, M.** (2013). Effect of Ballast Water on Marine and Coastal Ecology. *International Conference on Environmental Science and Technology*, Capadocia, 18-21 June 2013, Edited by Ozdemir C., Sahinkaya S., Kalıpçı E., Oden M.K., 454-463.
- [28] **Ivanov, V., Kamakin, A., Ushivtzev, V., Shiganova, T., Zhukova, O., Aladin, N., Wilson, S., Harbison, G. R. and Dumont, H.** (2000). *Invasion of the Caspian Sea by the Comb Jellyfish Mnemiopsis leidyi (Ctenophora).* Biological Invasions 2, 255-258.
- [29] <<http://fineartamerica.com/featured/7-water-flea-laguna-design.html>>, erişim tarihi 16.02.2015
- [30] <<http://mittencrabs.org.uk/>>, erişim tarihi 8.3.2015.
- [31] <<http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>>, erişim tarihi 16.02.2015
- [32] **Korçak M.** (2011). Ballast Water Management in Turkey, Ballast Water Treatment Systems Proceedings of the Global R&D Forum on Compliance Monitoring and Enforcement The Next R&D Challenge and Opportunity, Istanbul – Turkey. 157-169.
- [33] <<http://www.tcfdatu.org/?lang=tr&page=product-detail&id=20>> erişim tarihi 12.04.2015.
- [34] <http://klissurov.dir.bg/black_sea/jellyfishes/black_sea4.htm> erişim tarihi 12.04.2015.
- [35] **IMO,** (2004). International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, International Maritime Organization, London, UK, 14 Şubat.
- [36] <<http://maritime-executive.com/article/ballast-water-management-convention-so-close>>, erişim tarihi 10.12.2015.
- [37] **ABS,** (2014). Ballast Water Treatment Advisory, ABS, American Bureau of Shipping.

- [38] <<http://cbs.denizcilik.gov.tr/pdf/BalastSuyuYonetimiProjesiDetayli.pdf>>, erişim tarihi 13.06.2015
- [39] **Bilgin Güney C., Yonsel F.**, 2008. Balast Suyu arıtımında .alternatif Yöntemler, *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi*, 24-25 Kasım 2008, İstanbul, Bildirler Kitabı, Cilt 1.
- [40] **Ohlsson, L. 2012.** *Ballast Water Management Legal Approaches* (Master Thesis), Lund University, Faculty of Law, Sweden.
- [41] <<http://worldmaritimenews.com/archives/139601/turkey-signs-bwm-convention/>>, erişim tarihi 15.09.2015.
- [42] **GloBallast Partnerships.** (2013). Identifying and Managing Risks from Organisms Carried in Ships' Ballast Water, World Maritime University, London.
- [43] <www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/closindx.htm>, erişim tarihi 13.05.2015.
- [44] **McConnell, M.**, 2002. Globallast Legislative Review-Final Report GloBallast Monograph Series No.1. IMO London UK.
- [45] **Anlar Güneş, Ş.**, 2007. Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi ve Deniz Çevresinin Korunması, *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 56, 1-37.
- [46] < <https://www.iisd.org/rio+5/agenda/agenda21.htm>>, erişim tarihi 10.03.2015.
- [47] **Alada, A.B., Gürpınar, E., Budak, S.** (1993). Rio Konferansı Üzerine Düşünceler, *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 3-4-5, 93-108.
- [48] **Resmi Gazete**, 1996. Biyolojik Çeşitlik Sözleşmesi, 27 Aralık 1996, sayı: 22860.
- [49] <<https://www.wto.org/>>, erişim tarihi 21.04.2015
- [50] **Bilgin, B.**, 2008. Türkiye'nin Akdeniz'de Balıkçılık Yönetimi Çerçevesinde Avrupa Birliği Ortak Balıkçılık Politikası'na uyumu, AB Uzmanlık Tezi, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- [51] <<https://homeport.uscg.mil/>> erişim tarihi 30.10.2015.
- [52] **ABS**, (2011). Ballast Water Treatment Advisory, ABS, American Bureau of Shipping.
- [53] **Champ, M. A.** (2002). Marine Testing Board for certification of ballast water treatment technologies. *Marine Pollution Bulletin*. 42, 1327-1335.
- [54] **Karaminas, L., Ocakli, H., Mazdon, K., Westlake, P.** (2000). An investigation of ballast water management methods with particular emphasis on the risks of the sequential method, Lloyd's Register of Shipping
- [55] **Gregg, M., Rigby, G., & Hallegraeff, G. M.** (2009). Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water. *Aquatic Invasions*, 4, 521-565.
- [56] **Murphy, K. R., Ritz, D., Hewitt, C. L.** (2002). Heterogeneous zooplankton distribution in a ship's ballast tanks, *J. Plankton Res.* 24 (7). 729-734.
- [57] **Buck, E. H.** (2004). Ballast Water Management to Combat Invasive Species, Congressional Research Service, Report to Congress, 3.

- [58] **Zhang, F., Dickman, M.** (1999). Mid-ocean exchange of container vessel ballast water.1: Seasonal factors affecting the transport of harmful diatoms and dinoflagellates, *Marine Ecological Progress Series*, 176. 243-251.
- [59] **McCollin, T. ve diğ.,** (2007). Ship board testing of a deoxygenation ballast water treatment, *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1170-1178.
- [60] **Drake, L.A., Ruiz, G.M., Galil, B.S., Mullady, T.L., Friedmann, D.O., Dobbs, F.C.** (2002). Microbial ecology of ballast water during a transoceanic voyage and the effects of openocean exchange. *Marine Ecology Progress Series*, 233, 13-20.
- [61] **State Water Resources Control Board California Environmental Protection Agency,** (2002). Evaluation of Ballast Water Treatment Technology for Control of Nonindigenous Aquatic Organisms, December 2002.
- [62] **Taylor, A., Rigby, G., Gollasch, S., Voight, M., Hallegraeff, G.M., McCollin, T., Jelmert, A.** (2002). Preventive Treatment and control techniques for ballast water. *Leppakoski E.* Edited by: Gollasch, S., Olenin, S. *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 484-507.
- [63] **Oemcke, D.J.** (1999). The treatment of ships' ballast water. Ports Corporation of Queensland. Ecoports Monograph Series.18.
- [64] **Taylor, M.D., MacKenzie, L.M., Dodgshum, T.J., Hopkins, G.A., de Zwart, E.J., Hunt, C.D.** (2007). Trans-Pacific shipboard trials on planktonic communities as indicators of open ocean ballast water exchange. *Marine Ecology Progress Series* 350, 41-54.
- [65] **Parsons, M., Harkins, R.** (2002). Full-scale particle removal performance of three types of mechanical separation devices for the primary treatment of ballast water. *Marine Technology*. 39(4). 211-222.
- [66] **Nilsen, B. ve diğ.,** 2003. The OptiMar Ballast System. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London. 126-136.
- [67] **Cluskey, D.K.M. ve diğ.,** 2005. A critical review of ballast water treatment techniques currently in development, *ENSUS 2005, 3rd International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability*, Newcastle, UK, 13-15 Nisan.
- [68] **Rigby, G.R., Hallegraeff, G.M., Sutton, C.** (1999). Novel ballast water heating technique offers cost-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 191, 289-293.
- [69] **Hallegraeff, G. M., Valentine, J.P, MARshall, J.A. & Bolch, C.J.,** 1997. Temperature tolerance of toxic dinoflagellate cysts: application to the treatment of ships' ballast water, *Aquatic Ecology*, 31, 47-52.89
- [70] **Desmarchelier, P., Wong, F.** (1998). The potential for *Vibrio cholerae* to translocate and establish in Australian waters. AQIS Ballast Water Research Series Report No.10. Australian Government Publishing Service, Canberra

- [71] **Gardner, J.F., Peel, M.M.** (1991). Introduction to sterilisation, disinfection and infection control. Churchill Livingstone, UK.
- [72] **Quilez-Badia, G., McCollin, T., Josefsen, K.D., Vourdachas, A., Gill, M.E., Mesbahi, E., Frid, C.L.J.** (2008). On board short-time high temperature heat treatment of ballast water: A field trial under operational conditions. *Marine Pollution Bulletin*. 56. 127-135.
- [73] **Mesbahi, E., Norman, R.A., Wan Chee Peng, M.** (2007). An intelligent Simulation Model for Design and Cost of High Temperature Ballast Water Treatment Systems. *Marine Technology*. 44(3). 194-202.
- [74] **ICES WGBOSV.** (2006). Report of the ICES/IOC/IMO Working Group on Ballast and Other ship Vectors, 13-15 March 2006, Oostende, Belgium. ACME:06, 29.
- [75] **Boldor, D., Balasubramanian, S., Purohit, S., Rusch, K.A.** (2008). Design and Implementation of a Continuous Microwave Heating System for Ballast Water Treatment. *Environmental Science and Technology*. 42. 4121-4127.
- [76] <<http://www.hielscher.com/>>, erişim tarihi 19.06.2015.
- [77] **Buchholz, K.** (1998). Ballast Water Secondary Treatment Technology Review. Final Report to Northeast Midwest Institute. Washington, D.C.
- [78] **Sangave, P.P., Mukherjee, A.C. & Pandit, A.B.** (2014). Ballast Water Treatment Using Hydrodynamic Cavitation. *Indian Journal of Geo-Marine Science*. 43(11).
- [79] **Cvetkovic, M., Kompare, B. & Klemencic, A.K.** (2015). Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment. *Environ Sci Pollut Res*. 22. 7422-7438.
- [80] **Diaz, R.J., Rosenberg, R.** (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review* 33, 245–303.
- [81] **Tamburri, M.N., Smith, G.E., Mullady, T.L.** (2006). Quantitative shipboard evaluations of Venturi Oxygen Stripping as a ballast water treatment. 3rd International Conference on Ballast Water Management, Singapore, 1-13.
- [82] **Browning Jr., W. J. ve Browning III, W. J.,** (2003). Ballast treatment by de-oxygenation – The AquaHabistat™ System. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*. IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, 51-60.
- [83] **Browning Jr., W.J., Davis, W.J., & Browning III, W. J.,** (2004). Progress report on AquaHabistat deoxygenation system. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London, 26-33.
- [84] **Lloyd's Register.** (2007). Guide to Ballast Water Treatment Technology. Current Status June 2007. Erişim tarihi 8.4.2015.

- [85] **Muntisov, M., van Oorschot, R., Docherty, C., Beggs, C., Lord, D.** (1993). Ballast water treatment for the removal of marine organisms. AQIS Ballast Water Research Series Report No.1. Australian Government Publishing Service, Canberra
- [86] **Downes, M.D., Blunt, T.P.** (1877). Researches on the effect of light upon Bacteria and other organisms. *Proceedings of the Royal Society of London*. 26. 488-500.
- [87] **Kowalski, W.** (2009). Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection. Springer Berlin.
- [88] **Carney, K. J.** (2011). *Marine bioinvasion prevention: understanding ballast water transportation conditions and the development of effective treatment systems.* (Doktora tezi). Newcastle University School of Marine Science and Technology, Newcastle.
- [89] **Chang, J.C., Ossoff, S.F., Lobe, D.C., Dorfman, M.H., Dumais, C.M., Qualls, R.G., Anderson, J.D.** (1985). UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*. 49. 1361-1365.
- [90] **Templeton, M.R., Andrews, R.C., Hofman, R.** (2005). Inactivation of particle associated viral surrogates by ultra violet light. *Water Research* 39. 3487-3500.
- [91] **Buma, A.G.J., van Hannen, E.J., Roza, L., Veldhuis, M.J.W., Gieskes, W.W.C.** (1995). Monitoring ultraviolet – B-induced DNA damage in individual diatom cells by immunofluorescent thymine dimer detection. *Journal of Phycology*. 51.: 314- 321.
- [92] **Sassi, J., Viitasalo, S., Ryttonen, J., Leppakoski, E.** (2005). Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment. VTT Tiedotteita-Research Notes 2313. 80.
- [93] **Hitachi Plant Technologies, Mitsubishi Heavy Industries** (2010). Coagulation and Magnetic-Separation Solution, Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Receives First Formal Approval from Japanese Government, 15 March 2010.
- [94] **Saho, N., Isogami, H., Mizumori, T., Nishijima, N.** (2004). Superconducting magnetic separator for ballast-water treatment. In: Matheickal JT, Raaymakers S (editors), *Second International Symposium on Ballast Water Treatment. International Maritime Organisation*. London, UK. 125-134.
- [95] <<http://www.ballastwater-treatment.org/product-list/clearballast>>, erişim tarihi 12.05.2015.
- [96] **MEPC.** (2007). Harmful Aquatic Organisms in Ballast Water. Application for Basic Approval of a combined ballast water management system consisting of sediment removal and an electrolytic process using seawater to produce Active Substances. Report of the Marine Environment.
- [97] **Gonçalves, A.A & Gagnon. G.A.** (2011). Recent Technologies for Ballast Water Treatment. *Ozone: Science & Engineering*. 34. 174-195.
- [98] **Tsolaki, E., Diamadopoulos, E.** (2009). Technologies for ballast water treatment: a review, *J Chem Technol Biotechnol*. 85. 19-32

- [99] **Fuchs, R., Steiner, N., de Wilde, I., Voigt, M.** (2001). Peraclean Ocean - a potential ballast water treatment option. In: Raaymakers S (ed) *1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium*. International Maritime Organisation. London. 76-80.
- [100] **Wright, D. A.** (2002). A natural product biocide for ballast water treatment. *11th International Conference on Aquatic Invasive Species*. Alexandria, VA. Abstract.
- [101] **Baker Petrolite.** (2001). Proposal for a field trial of acrolein as an alternative to ballast water exchange.
- [102] **Zhang, S., Chen, X., Yang, W., Gong, Q., Wang, J., Xiao, J., Zhang, H. & Wang, Q.** (2004). Effects of the chlorination treatment for ballast water. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. *2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London. 148-157.
- [103] **Gray, D.K., Duggan, I.C., MacIssac, H.J.** (2006). Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing eggs in non-ballasted ships? *Marine Pollution Bulletin* 52. 689-695.
- [104] **Dang, K., Yin, P., Sun, P., Xiao, J., Song, Y.** (2004). Application study of ballast water treatment by electrolysing seawater. *Matheickal JT*. Edited by: Raaymakers, S. *Second International Symposium on Ballast Water Treatment*. International Maritime Organisation, London. UK. 103-110.
- [105] **Sea trials the treatment system around the Pacific.** (2011, Spring). Ballast Water Treatment Technology, s 62.
- [106] **Swanson, L., Perlich, T.** (2006). Shipboard Demonstrations of Ballast Water Treatment to Control Aquatic Invasive Species. Matson Navigation Company and Ecochlor, Inc.
- [107] **Sugita, H., Asai, T., Hayashi, K., Mitsuya, T., Amanuma, K., Maruyama, C., Deguchi, Y.** (1992). Application of ozone disinfection to remove *Enterococcus seriolicida*, *Pasturella piscicida*, and *Vibrio anguillarum* from seawater. *Applied and Environmental Microbiology*. 58. 4072-4075.
- [108] **Perrins, J.C., Cordell, J.R., Ferm, N.C., Grocock, J.L., Herwig, R.P.** (2006). Mesocosm experiments for evaluating the biological efficacy of ozone treatment of marine ballast water. *Marine Pollution Bulletin*. 52. 1756-1767
- [109] **Herwig, R., Cordell, J., Perrins, J., Dinnel, P., Gensemer, R., Stubblefield, W., Ruiz, G., Kopp, J., House, M. & Cooper, W.** (2006). Ozone treatment of ballast water on the oil tanker *S/T Tonsina*: chemistry, biology and toxicity. *Marine Ecology Progress Series*. 324. 37-55.
- [110] **Oemcke, D., van Leeuwen, J.** (2005). Ozonation of the marine dinoflagellate alga *Amphidinium* sp. - implications for ballast water disinfection. *Water Research*. 39. 5119-5125.
- [111] **Perrins, J.C., Cooper, W.J., van Leewuwen, J. & Herwig, R.P.** (2006). Ozonation of seawater from different locations: Formation and decay of total residual oxidant - implications for ballast water treatment, *Marine Pollution Bulletin*, 52. 1023-1033.

- [112] **Oemcke, D.J., van Leeuwen, J.** (1998). Chemical and physical characteristics of ballast water: implications for treatment processes and sampling methods. CRC Reef Research Technical Report. 23.
- [113] **Piyatiratitivorakul, P., Lirdwitayaprasit, T. & Thooithaisong, J.** (2002). Laboratory studies on chemical control of red tide phytoplankton (*Chattonella marina* and *Heterosigma akashiwo*) for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) culture. *Science Asia*. 28. 217-220.
- [114] **Kuzirian, A.M., Terry, E.C.S. & Bechtel, D.L.** (2001). Hydrogen peroxide: an effective treatment for ballast water. *Biological Bulletin*. 201. 297-299.
- [115] **Sagripanti, J.L. & Bonifacio, A.** (1996). Comparative sporicidal effects of liquid chemical agents. *Applied and Environmental Microbiology*. 62(2).545-551.
- [116] **Veldhuis, M.J.W, Fuhr, F., Boon, J.P. & Hallers-Tjabbes, C.T.** (2006). Treatment of ballast water: How to test a system with a modular concept?. *Environmental Technology*. 27. 909- 921.
- [117] **Gregg, M.D. & Hallegraeff, G.M.** (2007). Efficacy of three commercially available ballast water biocides against vegetative microalgae, dinoflagellate cysts and bacteria. *Harmful Algae*. 6. 567-584.
- [118] **de Lafontaine, Y., Despatie, S. & Wiley, C.** (2008). Effectiveness and potential ecotoxicological impacts of the Peraclean® Ocean ballast water treatment technology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 71. 355-369.
- [119] **Kazumi, J.**, (2007). Ballast Water Treatment Technologies and Their Application for Vessel Entering the Great Lakes via the St. Lawrence Seaway, *Transportation Research Board Special Report* 291, prepared for Committee on the St. Lawrence Seaway, University of Miami, Florida, A.B.D. May 2007.
- [120] **Sano, L.L., Mapili, M.A., Krueger, A., Garcia, E., Gossiaux, D., Phillips, K. & Landrum, P.F.** (2004). Comparative efficacy of potential chemical disinfectants for treating unballasted vessels. *Journal of Great Lakes Research*. 30(1). 201-216.
- [121] **Sano, L.L., Moll, R.A., Krueger, A.M. & Landrum, P.F.** (2003). Assessing the potential efficacy of glutaraldehyde for biocide treatment of un-ballasted transoceanic vessels. *Journal of Great Lakes Research*. 29(4). 545-557.
- [122] **Wright, D.A. & Dawson, R.** (2001). SeaKleen-A potential natural biocide for ballast water treatment. *1st International Ballast Water R&D Symposium*. IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London .73-75.
- [123] **Cutler, S.J., Cutler, H.G., Glinski, J., Wright, D., Dawson, R. & Lauren, D.** (2004). SeaKleen®, a potential product for controlling aquatic pests in ships' ballast water. *Matheickal JT*. Edited by: Raaymakers, S., *Second International Symposium on Ballast Water Treatment*. International Maritime Organisation, London. UK. 164-174.

- [124] **Wright, D.A., Dawson, R., Mackey, T.P., Cutler, H.G., Cutler, S.J.** (2004). Some shipboard trials of ballast water treatment systems in the United States. *Matheickal JT*. Edited by: Raaymakers, S., *Second International Symposium on Ballast Water Treatment*. International Maritime Organisation, London. UK. 243-257.
- [125] **Herwig, R.P., Cordell, J.R.** (2004). University of Washington research with SeaKleen. Environmental Soundness Work Group January 8, 2004 Workshop: Evaluating SeaKleen.
- [126] **Penkala, J.E., Law, M., Cowan, J.** (2004). Acrolein as a potential treatment alternative for control of microorganisms in ballast tanks: five day sea trial. *Matheickal JT* Edited by: Raaymakers, S. *Second International Symposium on Ballast Water Treatment*. International Maritime Organisation. London, UK. 181-197.
- [127] **Bai, X.Y., Zhang, Z.T., Bai, M.D. & Yang, B.** (2005). Killing of invasive species of ship's ballast water in 20t/h system using hydroxyl radicals. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 25. 15-22.
- [128] **Bolch, C.J. & Hallegraeff, G.M.** (1993). Chemical and physical options to kill toxic dinoflagellate cysts in ships' ballast water. *Journal of Marine and Environmental Engineering*. 1. 23-29.
- [129] <[http://www.alfalaval.com/tr/products/process-solutions/ballast-water-solutions/Pure Ballast-31/](http://www.alfalaval.com/tr/products/process-solutions/ballast-water-solutions/Pure%20Ballast-31/)>, erişim tarihi 20.09.2015.
- [130] <<http://ecochlor.com/treatment/>>, erişim tarihi 20.09.2015.
- [131] <[http://www.desmi.com/UserFiles/file/Marine_and_Offshore/BWTS/Oxy Clean_2014 .pdf](http://www.desmi.com/UserFiles/file/Marine_and_Offshore/BWTS/OxyClean_2014.pdf)>, erişim tarihi 20.09.2015.
- [132] <http://www.hitachi.com/businesses/infrastructure/product_site/randd/technology/index.html>, erişim tarihi 12.05.2015.
- [133] **Tang, Z., Butkus, M.A. & Xie, Y.F.** (2006). Crumb rubber filtration: A potential technology for ballast water treatment. *Marine Environment. Res.* 61. 410-423.
- [134] **Hyde Marine Inc.,** Hyde Guardian Ballast Water Treatment Systems Brochure, 25.
- [135] **Perakis, A.N., Yang, Z.** (2003). Options for nonindigenous species control and their economic impact on the Great Lakes and the St. Lawrence Seaway: a survey. *Marine Technology*. 40(1). 34-41.
- [136] **Rigby, G.R. & Taylor, A.H.** (1993). Shipping Ballast Water- Heating as a means of Destroying Potentially Harmful Marine Organisms. *BHP Research Technical Note*. 93/005.
- [137] **Carney, M., Judd, S., Greensmith, G., Reynolds, G.** (2008). Watershed ahead. *The Chemical Engineer*. June 2008.
- [138] **Lloyd's Register.** (2014). Understanding ballast water management Guidance for shipowners and operators. March 2014.
- [139] <http://www.hydemarine.com/media/images/site_library/20_HydeMarineBrochure2013_SinglePagesV2.pdf>, erişim tarihi 1.5.2015.
- [140] <http://www.vos-seatec.com/files/downloads/hyde_marine_brochure>
- [141] **King, D.M, Hagan, P.T, Riggio, M. & Wright, D.A.** (2012). Preview of global ballast water treatment markets. *Journal of Marine Engineering and Technolog.* 2, 3-15.
- [142] **MMC Green Technology and Ballast Water Treatment Systems,** ballast Water Treatment Systems Case Study, Version1.3.

- [143] **ACS.** (2013). Guidance on Procurement and Installation of Ballast Water Treatment System. Association of Asian Classification Societies
- [144] **Bertzen, M. (2010).** *Guidelines For Selection of a Ship Ballast Water Treatment System* (Master Thesis). Norwegian University of Technology and Science, Marine System Design Trondheim.

EKLER

- EK A** : Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi Durumu
- EK B** : USCG Onaylı Alternatif Balast Suyu Arıtma Sistemleri
- EK C** : Balast Suyu Arıtma Sistemi Üretici Firmalarının Onay Durumları
- EK D** : Balast Suyu Arıtma Yöntemlerinin Avantajları ve Dezavantajları
- EK E** : Balıkçı ve Kuru Yük Gemisi İçin Balast Suyu Arıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

EK A

Çizelge A.1 : Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmes'ni imzalayan ülkeler.

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

EK B**Çizelge B.1 : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri**

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	20psu<x<36ps u
1	Alfa Laval	PureBallast	250'den 2500'e	15 Nisan 2013		X	X
2	Alfa Laval	PureBallast	2.0 ve 2.0Ex	15 Nisan 2013		X	X
3	Alfa Laval	PureBallast 3.0	3.0 -300, -600, ve -1000	4 Haziran 2014		X	X
4	Alfa Laval	PureBallast 3.0	3.0 EX -300, -600, ve -1,000	4 Haziran 2014		X	X
5	Aqua Engineering	AquaStar	H-200, -200S, -250, -300, -350, -450, -550, -650, -700, ve-750	7 Ocak 2014		X	X
6	Aqua Engineering	AquaStar-EX	H-200S-EX, -300-EX, -350-EX, ve -650-EX	7 Ocak 2014		X	X
7	Aqua Engineering	MacGregor-AquaStar	H-150, -200, -200S, -250, -300, -350, -400, -450, -550, -650, -700, ve -750	23 Mayıs 2014		X	X
8	Aqua Engineering Company	MacGregor-AquaStar EX	H-200S-EX, -300-EX, -350-EX, ve -650-EX	23 Mayıs 2014		X	X
9	Auramarine	CrystalBallas	CB-75 ve -250	7 Ocak 2014		X	X
10	Bawat A/S	Bawat BWTS	Bawat BWTS	2 Şubat 2015	X	X	X
11	BIO-UV SAS	BIO-SEA®	100, -200, -300, -400, -500, -600, -700, -800, -900, -1000, -1100, -1200, -1300, -1400, -1500, -1600, -1700, -1800, -900, ve -2000	4 Mart 2014		X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
12	Cathelco	Cathelco BWTS	A1, A2, A4, A6, A8, A10, ve A12	7 Kasım 2014	X	X	X
13	COSCO Shipbuilding Industry	Blue Ocean Shield	BOS02 ve BOS05 (100-3500 m ³ /h)	19 Kasım 2013		X	X
14	DESMI Ocean Guard	OxyClean	OxyClean 75, -100, -200, -300, -400, -500, -600, -700, -800, -900, -1000, -1200, -1300, -1400, -1500, -1600, -1700, -1800, -1900, -2000, -2100, -2200, -2300, -2400, -2500, -2600, -2700, -2800, -2900, ve -3000	11 Ekim 2013	X	X	X
15	DESMI Ocean Guard	RayClean	100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, ve 3000	30 Ocak 2015	X	X	X
16	Ecochlor Inc.	Ecochlor	75, 100, 150, 200, 250, ve 300	15 Nisan 2013		X	X
17	Elite Marine	Seascope	250-BWMS	3 Ekim 2014		X	X
18	ERMA FIRST	ERMA FIRST	BWTS 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, ve 3000, BWTS FIT 100, FIT 200, FIT 300, FIT 400, FIT 600, FIT 800, FIT 1000, FIT 1200, FIT 1500, FIT 2000, FIT 2500, ve FIT 3000. (FIT modelleri tatlı su için)	11 Ekim 2013 31 Mart 2015'te revize edildi	X	X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
19	Evoqua Water Technologies	SeaCURE	SC-800, SC-1000, SC-1500, SC-2500 model serileri	30 Temmuz 2014 2 Ekim 2014'te revize edildi	X	X	X
20	GEA Westfalia	BallastMaster	Ultra V 250	11 Kasım 2013		X	X
21	Hyde Marine	Guardian	HG-60, -100, -150, -200, -250, -300, -350, -400, -450, -500, -600, -700, -800, -900, -1000, -1250, -1350, -1400, -1500, -1600, -2000, -2500, -3000, -4000, -5000	15 Nisan 2013 21 Ağustos 2014 (Aktif madde kullanımı)		X	X
22	Hyundai Heavy Industries	EcoBallast	360, -600, -700, -720, ve - 1000	4 Mart 2014 5 Aralık 2014 (Aktif madde kullanımı)		X	X
23	Hyundai Heavy Industries	HiBallast	HiB-75, -150, -225, -300A, -300B, -500, -600, -900, -1000, -1200, -1200, -1500, VE -2000	24 Haziran 2013 5 Aralık 2014 (Aktif madde kullanımı)		X	X
24	Hyundai Heavy Industries	HiBallast-EX	HiB-75-Ex, -150-Ex, -225-Ex, -300A-Ex, -300B-Ex -500-Ex, -600-Ex, -900-Ex, -1000-Ex, -1200-Ex, -1500-Ex, ve -2000-Ex	24 Haziran 2013 5 Aralık 2014 (Aktif madde kullanımı)		X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36psu
25	JFE Engineering Corp.	Ballast Ace	4500 (17-4500 m ³ /h)	15 Ekim 2013 14 Nisan 2014 (Aktif madde kullanımı) 31 Mart 2015 (Tatlı su)	X	X	X
26	Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast	NB-200, NB-300, NB-400, NB-500, NB-600, NB-800, NB-1000, ve NB-1500	15 Kasım 2013	X	X	X
27	Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute	OceanDoctor	HBS-50, -150, -250, -350, -500, -1000, -1500, -2000, -500, -3000, -4000, ve -5000	6 Haziran 2014 5 Aralık 2014'te revize edildi		X	X
28	Knutsen OAS Shipping AS	KBAL	BWTS-200 ve -600	3 Mart 2014		X	X
29	Kururay Co	MICROFADE	MF-125, -250, -500, -750, -1000, -1250, -1500, -2000, -3000 ve -4000	28 Ekim 2013 10 Ekim 2014'te revize edildi		X	X
30	Mahle Industriefiltration GmbH	Ocean Protection System	OPS-50, -100, -150, -200, -250, -300, -350, -400, -500, -600, -700, -750, -800, -900, -1000, -1100, -1250, -1500, -1750, ve -2000,	12 Şubat 2014		X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
31	MMC Green Technology	MMC BWTS	150 ve 300	29 Ağustos 2013		X	X
32	Mitsui Engineering & Shipbuilding Co.	FineBallast	MF-05, -10, -15, -20, -25, -30, -40, -50, -60, -70, -80, ve -90	15 Eylül 2014		X	X
33	Miura Co	Miura BWMS	HK-200(E), HK-300(E), ve HK-400(E) to HK-6000(E),	21 Kasım 2014		X	X
34	NEI Treatment Systems	Venturi Oxygen System (VOS)	VOS-500'den -6000'e kadar	16 Aralık 2013	X	X	X
35	NK Company	BlueBallast	NK-O3-010, -015, -030, -040, -050, -075, -100, -150, -200, -250, -300 ve -400	15 Nisan 2013		X	X
36	OceanSaver AS	OceanSaver MK II	C2E-S200/5/13, C2E-S405/5/13, C2E-S610/5/13, C2E-815/5/13, C2E-S1020/5/13, C2E-M1220/5(S)/13, C2E-M1425/5(S)/13, C2E-M1630/5- (S)/13, C2E-M1835/5(S)/13, C2E-M2040/5(S)/13, C2E-M2245/5(S)/13, C2EL2445/5(S)/13, C2E-L2650/5(S)/13, C2E-L2855/5(S)/13, C2E-L3060/5(S)/13, C2E-L3265/5(S)/13, C2E-L3465/5(S)/13, C2E-L3670/5(S)/13, C2E-L3875/5- (S)/13, C2E-L4080/5(S)/13, C2E-S230/5(S)/17,	23 Eylül 2013		X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
		C2E-S460/5(S)/17, C2ES690/ 5(S)/17, C2E-S920/5(S)/17, C2E-S1150/5(S)/17, C2E-M1385/5-(S)/17, C2E-M1615/5(S)/17, C2E-M1845/5(S)/17, C2E- M2075/5(S)/17, C2E-M23- 05/5(S)/17, C2E-M2535/5(S)/17, C2E- L2765/5(S)/17, C2E-L3000/5(S)/17, C2E-L3230/5(S)/17, C2E-L3460/5(S)/17, C2E- L3690/5(S)/17, C2E-L3920/5- (S)/17, C2E-L4150/5(S)/17, C2E-L4385/5(S)/17, ve C2E-L4615/5(S)/17,				
37	Optimarin AS	Optimarin Ballast System/ Optimarin Ballast System EX	Optimarin Ballast System	18 Haziran 2013 23 Mayıs 2014 7 Kasım 2014	X	X
38	PACT Environmental Technology Co	PACT Marine BWTS	Model P-300	20 Mart 2015	X	X
39	Panasia Co	GloEn-Patrol	Models P-50, -150,-150Ex -250,-250Ex, -300, - 350,-350Ex, -500, -500Ex,-700,-700Ex, -750,- 750Ex, -800,-800Ex,-900, -900Ex,-	29 Nisan 2013 15 Şubat 2015'te revize edildi	X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
		1000,-1000Ex,-1200,-1200Ex,-1500,-1500Ex,- 2000,-2000EX, - 2500,-2500Ex,-3000,-3000Ex,-3500,-3500Ex,- 4000,-4000Ex,- 4500,-4500Ex, -5000,-5000Ex,-6000, ve -6000Ex				
40	Qingdao Headway Technology Co.	OceanGuard	HMT-100F’den-400F’e kadar	15 Nisan 2013	X	X
41	Qingdao Headway Technology Co.,	OceanGuard	HMT-50, -100, -200, -300, -450, -600, -800, - 1000, -1200, -1500, -2000, -2500, ve -3000	23 Eylül 2013 20 Mart 2014’te revize edildi	X	X
42	RWO GmbH Marine Water Technology	CleanBallas	150, -150-SF, -200, -200-SF, -250, -250-SF, -300, -300-SF, -350, -350-SF, -400, -400-SF, -450, - 450-SF, -500,500-SF, -500-1, -750, -750-SF, - 1000, -1000-SF, -1250, -1250-SF,-1500, -1500- SF, -1750,-1750-SF, -2000, -2000-SF, -2250,- 2250-SF,-2500, -2500-SF, -2750, -2750-SF, - 3000, -3000-SF, -3250, -3250-SF, -3500, -3500- SF, -3750, ve -3750-SF	15 Nisan 2013 5 Aralık 2014’te revize edildi	X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu Tuzlu Su 10psu<x<20 psu 28psu<x<36ps u	
43	SAMKUN CENTURY Company	ARA PLASMA	ARA-017, -028, -039, -063, -092, -126, -150, -190, -230, -250, ve -300	29 Ekim 2013	X	X
44	Samsung Heavy Industries Company	Purimar 2.0	SP-25, -25(Ex), -50, -50(Ex), -75, -75(Ex), -100, -100(Ex), -150, -150(Ex), -200, -200(Ex), -250, -250(Ex), -300, -300(Ex), -350, -350(Ex), -400, -400(Ex), -450, -450(Ex), -500, -500(Ex), -550, -550(Ex), -600, -600(Ex), -650, -650(Ex), -700, -700(Ex), -800, -800(Ex), -900, -900(Ex), -1000, ve -1000(Ex)-	4 Ekim 2013 23 Mayıs 2014 15 Şubat 2015	X	X
45	Severn Trent De Nora	BalPure	BP-500, -675, -1000, -2000, -2650, -3000, -4000, ve -5000	15 Nisan 2013	X	X
46	Shanghai Cyeco Environmental Technology Co	Cyeco BWTS	B200. -250, -300, -400, -500, -600, -750, -800, -1000, -1200, -1500, -2000, -3000, -4000, -5000, ve -6000	3 Temmuz 2014	X	X
47	Shanghai Hengyuan Marine Equipment Co	Shanghai Hengyuan HY	HY-BWMS-200	2 Eylül 2014	X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
48	STX Heavy Industries Company	Smart Ballast	SB-EC300, -EC600, -EC800, ve -EC1000	7 Ocak 2014		X	X
49	Sumitomo Electric Industries	ECOMARINE	EU-100, EU-200, EU-250, EU-350, EU-500, EU-600, EU-750, EU-850, ve EU-1000	1 Aralık 2014		X	X
50	SunRui Marine Environmental	BalClor	BC-300, -500, -1000, -1500, -2000, -2500, -3000, -3500, -4000, -5000, -6000, ve -7000	1 Mayıs 2013		X	X
51	Techcross	Electro-Cleen	ECS-150B, Ex-ECS-150B, ECS-300A, Ex-ECS-300A, ECS-300B, Ex-ECS-300B, ECS-450B, Ex-ECS-450B, ECS-600A, Ex-ECS-600A, ECS-600B, Ex-ECS-600B, ECS-1000A, ECS-1000B, ve Ex-ECS-1000B	4 Ekim 2013		X	X
52	Trojan Technologies	Marinex	150, 250, 500, 750, 1000, 1250, ve 1500	21 Temmuz 2014 21 Ağustos 2014	X	X	X
53	Wartsila Water Systems Ltd	Aquarius EC	AQ-250-EC, -300-EC, -375-EC, -430-EC, -500-EC, -550-EC, -750-EC, -850-EC, -1000-EC, -1200-EC, -1500-EC, -2000-EC, -2400-EC, -3000-EC, ve -3300-EC	2 Ekim 2014		X	X

Çizelge B.1 (devam) : Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından onaylı olan alternatif balast suyu arıtma sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Onaylı Model	Onay Tarihi	Tatlı Su x<1 psu	Tuzlu Su 10psu<x<20 psu	28psu<x<36ps u
54	Wartsila Water Systems Ltd	Aquarius UV	Models AQ-50-UV, -80-UV, -125-UV, -180-UV, -250-UV, -300-UV, -375-UV, -430-UV, -500-UV, -550-UV, -750-UV, -850-UV, ve -1000-UV,	28 Ekim 2013	X	X	X
55	Wuxi Brightsky Electronic Company	BSKY	BSKY100, -150, -200, -250, -300, -350, -400, -450, -500, -600, -700, -800, -900, -1000, -1100, -1200, -1300, -1400, -1500, -2000, -3000, -4000, -5000, ve -6000,	4 Ekim 2013		X	X

EK C**Çizelge C.1 : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.**

	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 - 3,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
2	Ocean Saver	Ocean Saver BWMT Mark I	Filtreleme + Oksijensizleştirme + Kaviteasyon+ Elektrokardialitik Dezenfeksiyon	40 - 10,000 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 - 5,400 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
5	Mitsui Engineering & Shipbuilding	FineBallast OZ	Kaviteasyon + Ozon	75 - 300 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
6	Mitsui Engineering & Shipbuilding	FineBallast MF	Membrane filtre	50 - 900 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
7	Hitachi Plant Technologies	ClearBallast	Filtreleme + Ön Koagülasyon	200 - 2,400 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
8	JFE Engineering	JFE BallastAce	Filtreleme + Klor + Kaviteasyon	17.5 - 4,500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
9	Techcross	Electro-Cleen System	Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	300 m ³ /h -	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
10	RWO	CleanBallast	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	150 - 2,500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
11	NEI Treatment Systems	Mitsubishi VOS System	Oksijensizleştirme + Kavitasyon	300 - 6,800 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Liberya)
12	NK	NK-O3 Blue Ballast System	Ozon	125x2 - 4,000x2 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
13	Ecochlor	Ecochlor BWT System	Filtreleme + CLO ₂	250 - 16,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
14	Resource Ballast Technologies	Resource Ballast Water Treatment	Filtreleme + Kavitasyon + Ozon + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	100 - 4,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Güney Afrika)
15	Panasia	GloEn-Patrol	Filtreleme + UV	150 - 6,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
16	Hamworthy Greenship	Greenship Sedinox Ballast Water Management System	Siklonik + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	Onaylı	-
17	Cosco Shipbuilding	Blue Ocean Shield	UV + Filtreleme	100 - 3,500 m ³ /h	Onaylı	-	Onaylı (Çin)
18	Hyundai Heavy Ind.	EcoBallast	UV + Filtreleme	600 - 1,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
19	GEA Westfalia	Ballast Master ultraV	UV + Ultrason	araştırılıyor	Onaylı	N/A	Onaylı (Almanya)
20	Siemens	SiCURE BWM System	Sodyum Hipoklorit + Filtre		Onaylı	Onaylı	-

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
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 - 6,000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
23	SunRui	BalClor BWMS	Filtreleme + Elektroliz	100 - 7,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
24	Desmi Ocean Guard	DESMI Ocean Guard Ballast Water Treatment System	Filtre + U V + Ozon	75 - 3,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Danimarka)
25	Samkun Century	ARA PLASMA BWTS	Filtre + UV + Plasma	150 - 2,600 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
26	Hyundai Heavy Industries	HiBallast	Filtreleme + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	75 - 2,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
27	Kwang	En-Ballast System	Filtreleme + Elektroliz		Onaylı	-	-
28	Qingdao Headway	OceanGuard BWTS	Filtreleme+ Elektrokataliz	50 - 9,350 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
29	Wuxi Brightsky	BSKY BWMS	Filtreleme + UV	100 - 6,000 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 - 6,500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
32	AQUA	AquaStar BWMS	Filtreleme + Elektroliz	200 - 5,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
33	Kuraray	MICROFADE	Filtre + Kalsiyum Hipoklorit	125 - 4,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
34	JFE Engineering	JFE BallastAce (NEO-CHLOR MARINE)	Filtreleme + Kimyasal	17.5 - 4,500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
35	Nippon Yuka Kogyo	SKY-SYSTEM	Kimyasal	25 - 34,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
36	Erma First	ERMA FIRST BWMS	Filtreleme + Siklonik Ayrıştırma + Elektrolitik Klorlama	50 - 3,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Yunanistan)
37	Envirotech	BlueSeas BWMS	Filtreleme + Elektroliz		Onaylı	-	-
38	Envirotech	BlueWorld BWMS	Filtreleme + Kimyasal		Onaylı	-	-
39	GEA Westfalia	Ballast Master ecoP	Filtreleme + Kimyasal		Onaylı	-	-
40	Samsung Heavy Industries	SHI BWMS (Neo-Purimar)	Filtreleme + Kimyasal		Onaylı	Onaylı	-
41	Daliam Marine University	DMU OH BWMS	Filtreleme + Sodyum Sülfid		Onaylı	-	-
42	Hanla IMS	EcoGuardian System	Filtreleme + Elektroliz		Onaylı	-	-
43	STX Metal	Smart Ballast BWMS	Elektroliz		Onaylı	-	-
44	Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute	OceanDoctor	Filtreleme + Fotokataliz	50-5,000 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
45	Hwaseung R&A	HS-BALLAST	Elektroliz		Onaylı	-	-
46	Panasia	GloEn-Saver	Filtreleme + Elektroklik Klorlama		Onaylı	-	-
47	Korea Top Marine	MARINOMATE	Plankill pipe+ Elektroliz		Onaylı	Onaylı	-
48	Wärtsilä Water Systems	AQUARIUS EC BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	Onaylı	-

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
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 - 1,500 m ³ /h	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
52	Van Oord	Van Oord Ballast Water Management System	Klor (Sadece İçme Suyu)		Onaylı	N/A	-
53	Redox	REDOX AS Ballast Water Management System	Filtreleme + Ozon + UV		Onaylı	-	-
54	Sunbo Industries, Dsec ve Korea Institute Of Machinery & Material	Blue Zone Ballast Water Management System	Ozon		Onaylı	Onaylı	-
55	Wärtsilä Water Systems	Wärtsilä AQUARIUS UV ballast water management system	Filtreleme + UV	50 - 1,000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Hollanda)
56	Bio-Uv Sas	BIO-SEA	Filtreleme + UV	75 - 2,000 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)

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
58	Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast BWMS	Filtreleme + Mikromembran + Oksijensizleştirme	200 - 1,500 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)
61	Shanghai Jiazhou	BALWAT Ballast Water Management System	Araştırılıyor	200 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
62	Azienda Chimica Genovese	ECOLCELL BTs Ballast Water Management System	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
63	Panasonic	ATPS-BLUE Ballast Water Management System	Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
64	Ecomarine	ECOMARINE EC BWTS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
65	Kurita Water Industries	KURITA	Kimyasal		Onaylı	Onaylı	-
66	Evonik	Evonik Ballast Water Treatment System with PERACLEAN Ocean	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	Onaylı	-

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
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)
69	Kalf	ElysisGuard	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
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	Onaylı (Danimarka)
73	NK	NK-CI Blue Ballast System	Kimyasal		Onaylı	-	-
74	Techcross	ECS-HYCHLORTM SYSTEM	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
75	Techcross	ECS-HYCHEMTM SYSTEM	Filtreleme + Kimyasal		Onaylı	-	-
76	Techcross	ECS-HYBRIDTM SYSTEM	Filtreleme + Kimyasal + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
77	Kadalneer Technologies	VARUNA	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
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)
69	Kalf	ElysisGuard	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
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	Onaylı (Danimarka)
73	NK	NK-CI Blue Ballast System	Kimyasal		Onaylı	-	-
74	Techcross	ECS-HYCHLORTM SYSTEM	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
75	Techcross	ECS-HYCHEMTM SYSTEM	Filtreleme + Kimyasal		Onaylı	-	-
76	Techcross	ECS-HYBRIDTM SYSTEM	Filtreleme + Kimyasal + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-
77	Kadalneer Technologies	VARUNA	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama		Onaylı	-	-

Çizelge C.1 (devam) : Balast suyu sistemleri IMO onay bilgileri.

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onaylanan Kapasite	Onay Bilgisi		
					Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
					Ön Onay	Son Onay	
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 GLDTM Ballast Water Management System	Oksijensizleştirme	- 6,000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
80	Desmi Ocean Guard	Ray Clean™ BWTS	Filtreleme + UV	75 - 3,000 m ³ /h	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)

EK D

Çizelge D.1 : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
Mekanik Yöntemler									
Filtreleme	Zooplanktonları, büyük boyutlu partikül ve organizmaları ve dinoflagellat kistlerini sudan ayırtmada oldukça etkilidir.	Meydana gelecek basınç düşmesini minimum tutabilmek için geri yıkama yapmak gerekmektedir.	Hayır	Seyrek	Anında	Gemiye balast alınırken	Hayır		Evet
	Çevreye herhangi bir zararı yoktur. Gemiye balast alınırken filtreye takılan canlılar kendi doğal yaşam ortamlarına geri dönerler.	Küçük boyutlu partikül ve organizmaların arıtılmasında efektif değildir.							

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Gemi personeli için herhangi bir zararı yoktur.	Arıtılacak su hacmi büyük ise sistem boyutu da artacağından çok yer kaplar.							
Siklonik	Filtreleme yöntemine alternetiftir. Bazı durumlarda filtrelemeye göre daha çok verim elde edilebilir.	Küçük partiküller / organizmalar üzerinde etkili değildir.	Hayır	Seyrek	Anında	Gemiye balast alınırken	Hayır	Düşük	Evet
	Büyük partiküllerin ve organizmaların sudan ayrıştırılmasında oldukça verimlidir.	Suda çözülmüş olan maddelerin ayrıştırılmasında kullanılamaz.							

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Suyun bulanıklığını azaltmada etkilidir. Özellikle sonrasında UV ile arıtma işlemine devam edilirse ışın geçirgenliği veriminin artmasını sağlar.	Bakteri, virüs ve fitoplankton gibi küçük canlıları ve zooplanktonları ayırtmada verimli değildir.							
	Balast suyu sistemi eklenecek eski gemilerde mevcut borulamaya entegre edilebilir.	Arıtılacak su hacmi büyük ise sistem boyutu da artacağından çok yer kaplar.							
Fiziksel Yöntemler									
Isı	Gerekli ısı miktarına erişilebildiğinde tüm yaşayan organizmaları öldürebilir.	Isı elde etmek enerji tüketimi gerektirir.	Evet	Orta	Suyun sıcaklığına ve canlı türüne bağlı olarak değişir2 dk-30 saat	Gemi balast tankında iken	Hayır	İyi	Hayır

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Gemi bünyesinde herhangi bir zararlı madde barındırılmasını gerektirmez.	Yosunların yeniden üremesine neden olabilir.							
	Yan ürün olarak herhangi bir toksik madde üretmez.	Tanklarda korozyona neden olabilir.							
		Geminin sefer süresi suyu istenen sıcaklığa çıkarmak için yeterli olmayabilir.							
		Sistemin boyutları büyük olduğundan inşa yılı eski olan gemilere sistem entegre edileceği zaman kurulumunda sorunlar ortaya çıkabilir.							

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Ekipmanın bakımı ve tamiri diğer sistemlere göre daha kolaydır. Gemi personeli için ekstra bir eğitim gerektirmez.	Geminin seyir halinde bulunduğu sular soğuk ise, balast suyunu ısıtmak için gerekli olan enerji miktarı artış gösterir. Boşaltılacak olan balast suyu boşaltılacağı deniz suyunun sıcaklığından maksimum 10 °C fazla olmalıdır, suyun soğuması için zaman gereklidir.							
Ultrason	İkincil arıtma sistemi öncesinde kullanılabilecek kullanışlı bir ön arıtma sistemidir.	Tüm mikroorganizmaları öldürebilmek için başka bir yöntem ile beraber kullanılması gerekmektedir.	Evet		Anında	Gemiye balast alınırken	Hayır		Evet

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Gemi bünyesinde herhangi bir zararlı madde barındırılmasını gerektirmez.								
	Yan ürün olarak herhangi bir toksik madde üretmez.								
Oksijensizleş tirme	Tanktaki oksijen miktarındaki düşüş korozyonun önüne geçilmesinde de etkilidir. Böylelikle bu sistem kurulan yeni gemilerde balast tankının boyasından yaklaşık 100.000 \$ kar edilir.	Organizmaların boğulmaları için 1-4 gün arasında süre gerekmektedir	Hayır	Seyrek	48-96 saat	Balast tankında	Hayır	İyi	Hayır

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Eğer gemi bünyesinde hazır kurulu bir inert gaz jeneratörü varsa, gerekli olan ekipmanları kurmak için ihtiyaç duyulan alan oldukça azdır	Nitrojen ve inert gaz üretmek için ekstra ekipmana ihtiyaç vardır.							
	Yüksek debilerde etkilidir.	Nitrojen pahalı bir gazdır ve gemi personeli tarafından solunması sakıncalıdır.							
	Gemi bünyesinde herhangi bir zararlı madde barındırılmasını gerektirmez.								

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Yan ürün olarak herhangi bir toksik madde üretmez.								
	Ekipmanın bakımı ve tamiri diğer sistemlere göre daha kolaydır. Gemi personeli için ekstra bir eğitim gerektirmez.								
UV	Su arıtılması konusunda uzun zamandır kullanılan bir yöntem olduğundan teknik detayları iyi bilinmektedir. Pek çok mikroorganizma üzerinde oldukça etkilidir.	UV ışınının etkili olabilmesi için suyun bulanıklığının az olması gerekmektedir. Bu da bir ön arıtma işlemini gerektirmektedir.	Evet	Seyrek	1-5 sn	Balast alınırken	Hayır	Çok İyi	Evet

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Gemi bünyesinde herhangi bir zararlı madde barındırılmasını gerektirmez.	UV radyasyonu gemi personeli için tehlikelidir bu yüzden sistem kullanılırken dikkatli olunmalıdır.							
	Yan ürün olarak herhangi bir toksik madde üretmez.								
Koagülasyon	Sudaki partiküllerin / organizmaların koagülasyon ile boyutlarının artırılması filtreleme ya da siklonik ile bu partiküllerin / organizmaların sudan ayrıştırılmasını kolaylaştırır.	Suya eklenecek olan manyetik tozun etkili olabilmesi için belli bir süre beklemesi gerekmektedir. Bu işlemin gerçekleşmesi için ek bir tank gerekmektedir	Hayır			Balast suyu koagülasyon için ayrı bir tanka alınır	Hayır		Hayır (filtreleme işlemine ihtiyaç duyar)

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
Kimyasal Yöntemler									
Klor	Su arıtılması konusunda uzun zamandır kullanılan bir yöntem olduğundan teknik detayları iyi bilinmektedir.	Kullanılan klor konsantrasyonu en az 2 ppm değil ise kistler üzerinde etkisi yoktur.		Seyrek	Canlı türü ve konsantrasyona bağlı olarak 5 dk-72 saat		Hayır	İyi	Hayır
		Yüksek konsantrasyonda klor kullanılması korozyona neden olabilir.							
		Yan ürün olarak zehirli madde oluşturur.							
Elektrolitik Klorlama	Su arıtılması konusunda uzun zamandır kullanılan bir yöntem olduğundan teknik detayları iyi bilinmektedir.	Verimliliğinde balast suyundaki çözünmüş tuz miktarı önemlidir. Tuz miktarı belli bir seviyenin altında olduğu durumlarda verimsizdir.	Evet	Orta	15-45 dk	Balast alımı sırasında	Evet	İyi	Hayır

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
Klor Dioksit	Mikroorganizmalar, bakteriler ve diğer patojenler üzerinde oldukça etkilidir.	Kullanılan maddeler kimyasal olarak tehlikeli maddeler olabilir.			Canlı türü ve konsantrasyona bağlı olarak 30 dk-24saat	Balast alımı sırasında	Hayır		Hayır
	Organik maddeler ile birleşmediğinden bulanıklığı fazla olan sularda verimliliği yüksektir.								
Ozon	Mikroorganizmaları öldürmekte çok etkilidir.	Büyük boyuttaki organizmaları öldürmede etkili değildir.	Hayır	Sık sık	5-10 dk	Balast aımı ya da boaltımı sırasında	Evet	İyi	Hayır

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Güçlü bir oksidanttır.	Yüksek miktarda balast suyunu arıtmak için ozon jeneratörü gerekmektedir.							
	Çevreci bir kimyasal olmasının yanı sıra, büyük depolama alanı da gerektirmez.	Ozon jeneratörü maliyeti yüksek ve geniş yer kaplayan bir ekipmandır.							
	Etki süresi kısadır.								
Hidrojen Peroksit	Suda kolay çözünür ve ortaya çıkan yan ürünler zararsızdır.	Uygulanacak olan maddenin etkili olabilmesi için yüksek dozda uygulanması gerekmektedir. Bu da hem depolanacak yer ihtiyacı doğurur hem de maliyeti artırır.			Canlı türü ve konsantrasyona bağlı olarak 5 dk-96 saat	Balast alımı sırasında	Hayır		

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
		Bakteri sporları üzerinde etkili değildir.							
PeraClean	Suda kolay çözünür ve ortaya çıkan yan ürünler zararsızdır.	Uygulanacak olan maddenin etkili olabilmesi için yüksek dozda uygulanması gerekmektedir. Bu da hem depolanacak yer ihtiyacı doğurur hem de maliyeti arttırır.			2-72 saat	Balast alımı sırasında			Hayır
Gluteraldehit	Biyolojik olarak parçalanabilir.	Etkisini belirlen pH değeri aralığında gösterir			<48 saat	Balast alımı sırasında			
	Uygulanması için özel bir sisteme ihtiyaç yoktur.	Korozyona neden olur.							

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
	Yan ürün olarak toksik bir madde üretmez.	Yüksek maliyetlidir.							
SeaKleen	Doğal bir üründür. Bu yüzden gemi bünyesinde depolanmasının sağlık üzerine bir etkisi yoktur.	Bu yöntem ile arıtılmış olan su boşaltılmadan önce nötürleştirilmelidir.			24-48 saat	Balast alımı sırasında			Hayır
Acrolein					24-96 saat	Balast alımı sırasında			
Hidroksil Radikalleri	Su içersinde çok kısa bir sürede su, oksijen ve karbondioksitde ayrışır.	Yatırım maliyeti yüksek	Evet	Orta	15-45 dk	Balast alımı sırasında	Evet	İyi	Hayır
	Kullanılan ekipman küçük ve operasyon giderleri düşüktür.	Sistem, yüksek güç tüketimi gerektirir.							

Çizelge D.1 (devam) : Balast suyu arıtma sistemleri karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Ön Arıtma İhtiyacı	Bakım Sıklığı	Etki Süresi	Ne Zaman Uygulanır?	Zehirli Yan Ürün	Arıtma Performansı	Arıtılan Su Hemen Boşaltılabilir mi?
pH		Kimi durumlarda korozyona neden olur.	Hayır	Seyrek		Tankta	Hayır		
		pH ayarlamak için gerekli olan kimyasallar depolama ve güvenlik sorunlarına neden olur.							
Tuzluluk		Tuz oranını ayarlamak için gerekli olan cihazların maliyeti yüksektir.	Hayır	Seyrek		Tankta	Hayır		
		Yöntemden verim alınabilmesi için uzun süre gerekmektedir.							

Çizelge E.1 : Balıkçı gemisi için belirlenen balast suyu arıtma sistemlerinin karşılaştırılma tablosu.

Sistem No	Kullanılan Yöntem	Boyutlar (mm)									Toplam Ağırlık (kg)	Enerji Gereksinimi (kw)	Basınç Düşüşü (bar)	Sistem Birim Fiyatı (\$)	Kurulum Giderleri (\$)	Yıllık Yakıt Maliyeti (\$)	Yıllık Bakım /Tutum Maliyeti (\$)	Toplam Yatırım Maliyeti (\$)	Yıllık İşletim Maliyeti (\$)			
		Ön Filtre			Filtre			UV Ünitesi												Konsollar		
		L	W	H	L	W	H	L	W	H												
1	Filtreleme + UV	-	-	-	1100	900	1290	760	760	500	Kontrol Konsolu			889	10-15	0,3-0,7	185.000	8.400	280	960	193.440	1.240
											L	W	H									
											400	1200	1200									
											Güç Konsolu											
											L	W	H									
											210	600	760									
2	Ön Filtreleme + Filtreleme + UV	1370	445	445	2364	500	500	1535	400	620	Kontrol Konsolu			1250	16	0,8-0,9	203.000	11.100	450	16.000	214.100	16.450
											L	W	H									
											350	1000	1400									
											Güç Konsolu											
											L	W	H									
											800	300	800									
3	Filtreleme + UV	-	-	-	2100	800	1200	1100	900	1400	Güç Konsolu			1070	19	0,3	200.000	6.900	500	1.600	206.900	2.100
											L	W	H									
											1200	500	1300									
											Güç Konsolu											
											L	W	H									
											300	1000	1000									

Çizelge E.2 : Kuru yük gemisi için belirlenen balast suyu arıtma sistemlerinin karşılaştırılma tablosu.

Sistem No	Kullanılan Yöntem	Boyutlar (mm)						Toplam Ağırlık (kg)	Güç Gereksinimi (kw)	Basınç Düşüşü (bar)	Sistem Birim Fiyatı (\$)	Kurulum Giderleri (\$)	Yıllık Yakıt Maliyeti (\$)	Yıllık Bakım/ Tutum Maliyeti (\$)	Toplam Yatırım Maliyeti (\$)	Yıllık İşletim Maliyeti (\$)						
		L	W	H	Kontrol ve Güç Konsolu																	
					L	W	H															
1	Filtreleme + UV	3030	1650	1650	1400	800	2045	2300	18-41	0,8	220.000	1.800	850	1.000	221.800	1.850						
2	Filtreleme + UV	2800	2000	1350	Kontrol Konsolu			1668	18-25	0,7	215.000	6.300	700	960	221.300	1.660						
					L	W	H															
					600	210	760															
					Güç Konsolu																	
					L	W	H															
					1200	400	1900															
3	Elektrokimyasal	Elektrokimyasal Ünite			Güç Redresörü			Güç Dağıtım Ünitesi			TRO Sensörü			1235	27,4	0,2	188.000	2.000	120	0	190.000	120
		L	W	H	L	W	H	L	W	H	L	W	H									
		690	1840	537	450	430	1820	700	700	1875	450	470	1275									
											Nötürleştirme Ünitesi											
											L	W	H									
											400	800	1465									

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Gülçin VURAL
Doğum Tarihi ve Yeri : 16.03.1987 / Kartal
E-posta : gulcinvural@outlook.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Oceanworks Aykor - Kalite Mühendisi
- Cemre Tersanesi - İş Geliştirme Mühendisi