

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ BALAST SUYU İLE YAYILAN İSTİLACI TÜRLERİN
BERTARAFI İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra AŞIKOĞLU

Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ BALAST SUYU İLE YAYILAN İSTİLACI TÜRLERİN
BERTARAFI İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Büşra AŞIKOĞLU
(512101010)**

Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Tanzer Satır

HAZİRAN 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 512101010 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Büşra AŞIKOĞLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**GEMİ BALAST SUYU İLE YAYILAN İSTİLACI TÜRLERİN BERTARAĞI İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Tanzer SATIR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ata BİLGİLİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gülsüm KORALTÜRK
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **12 Haziran 2014**
Savunma Tarihi : **23 Haziran 2014**

ÖNSÖZ

Bu çalışma ile gemi balast suyu ile yayılan istilacı türlerin bertarafı için alternatif olabilecek yöntemler ile birlikte, gemi üzerinde arıtım sistemine alternatif olabilecek liman balast suyu alım tesislerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Tezimin oluşumunda fikir aşamasından itibaren bana yol gösteren ve desteğini eksik etmeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Tanzer Satır'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Borusan Limanı verilerinin sağlanmasında bana yardımcı olan Sayın Eray Aydoğan ve Sayın Kaan Çokyavuz'a çok teşekkür ederim. Çalışmamda yardımını esirgemeyen Sayın Murat Hatabay'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve kardeşime teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2014

Büşra AŞIKOĞLU
(Mühendis)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. BALAST SUYUNUN ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ.....	5
2.1 Balast Suyu Nedir?	5
2.2 Balast Suyu Alınan Tank Özellikleri	6
2.3 Balast Suyunun Oluşturduğu Tehditler	8
2.3.1 Balast suyunun ekolojik etkileri.....	8
2.3.2 Balast suyunun ekonomik etkileri.....	8
2.3.3 Balast suyunun insan sağlığı üzerindeki etkileri.....	9
3. BALAST SUYUNUN TAŞINMASI SONUCU YAYILAN İSTİLACI TÜRLER.....	11
3.1 Türkiye Özelinde Balast Suyunun Meydana Getirdiği İstilacı Türler	13
4. BALAST SUYU YÖNETİMİ.....	15
4.1 IMO Standartları	17
4.1.1 D-1 standardı.....	17
4.1.2 D-2 standardı.....	18
5. BALAST SUYUNUN ARITIMI	21
5.1 Balast Suyu Arıtım Yöntemleri.....	21
5.1.1 Mekanik yöntemler	25
5.1.1.1 Filtreleme	25
5.1.1.2 Siklonik ayırıştırma	25
5.1.1.1 Elektro-Mekanik ayırıştırma	25
5.1.2 Fiziksel yöntemler	26
5.1.2.1 Ultraviyole ışığı.....	26
5.1.2.2 Kavitasyon	26
5.1.2.3 Oksijensizleştirme	26
5.1.2.4 Isıl işlemler.....	26
5.1.3 Kimyasal yöntemler	27
5.1.3.1 Kimyasal biyositler	28
5.1.3.2 Elektrolitik Klorlama	28
5.2 Balast Suyu Arıtım Prosesleri	28
5.2.1 Katı-Sıvı ayrımı.....	28
5.2.1.1 Yüzey filtrasyonu	28
5.2.1.2 Hidrosiklonik flokülasyon.....	29
5.2.2 Dezenfeksiyon.....	29

5.2.2.1 Klorlama.....	30
5.2.2.2 Ozonlama	30
5.2.2.3 İleri oksidasyon	31
5.3 Balast Suyu Arıtım Sistemleri Örnekleri.....	31
5.4 Balast Suyu Arıtım Sistemlerinin Finansı	36
5.5 Balast Suyu Arıtım Sistemleri Kurulumunun Mevcut ve Beklenen Durumları	37
6. BALAST SUYUNUN DEĞİŞİMİ	39
6.1 Sıralı Yöntem.....	40
6.2 Sürekli Akış Yöntemi	43
6.3 Seyreltme Yöntemi	44
7. BALAST SUYUNUN YÖNETİLMESİNDE ALTERNATİF YÖNTEMLER.....	45
7.1 Liman Balast Suyu Alım Tesisleri	46
7.1.1 Liman balast suyu alım tesislerinin kurulması	46
7.1.2 Liman balast suyu alım tesislerinin işletilmesi	47
7.1.3 Liman balast suyu alım tesislerinin ekonomik ve lojistik olarak uygulanabilirliği ile ilgili örnek çalışma	48
7.1.4 Türkiye limanlarında alım tesisleri	51
7.1.4.1 Liman alım tesisleri değerlendirmesi – Borusan Limanı örneği	54
7.1.5 Liman alım tesislerinin kurulmasında ilgili personelin alması gereken eğitimler	58
7.2 Balast Yok / Sıfır Tahliye Yöntemleri.....	58
7.2.1 Sıfır balast yöntemleri	58
7.2.2 Güçlü balast yöntemi.....	63
7.2.3 İç balast yöntemi	65
7.2.4 İçilebilir balast yöntemi.....	65
7.3 Boylamsal Ana Gövdeler	67
7.4 Kaldırma Kuvveti Kontrol Bölgeleri.....	68
7.5 Balast Suyu Değişimi İçin Onaylanan ve Tasarlanan Alternatif Sistem Örnekleri.....	69
7.5.1 Otomatik balast akışı yöntemi.....	69
7.5.2 Döngü balast değişimi	70
7.5.3 DynaBallast	71
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ	81

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AUBAFLOW	: Automatic Ballast Flow – Otomatik Balast Akışı
AQIS	: Australian Quarantine and Inspection Service – Avustralya Garanti ve Denetleme Servisi
CFU	: Colony Forming Unit – Koloni oluşturan birim
COSCO	: China Ocean Shipping Company
DNV	: Det Norske Veritas
DSME	: Daewoo Shipbuilding Marine Engineering
DUT	: Delft University of Technology
DWT	: Deadweight
GESAMP	: Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – Denizlerdeki Çevre Kirliliğine Bilimsel Bakış Açıları Uzman Grubu
IMO	: International Maritime Organization–Uluslararası Denizcilik Örgütü
LoBE	: Loop Ballast Exchange – Döngü Balast Değişimi
MARPOL	: Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi
MV	: Motor Vessel – Motorlu gemi
NOBS	: The Non Ballast Water Ship
OCIMF	: Oil Companies International Marine Forum – Petrol Şirketleri Uluslararası Denizcilik Forumu
PSU	: Practical Salinity Units - pratik tuzluluk birimi
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TEU	: Twenty-foot Equivalent Unit
UV	: Ultraviyole
VLCC	: Very Large Crude Carriers – 180-320bin DWT arasındaki gemiler

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Gemi türlerine göre balast tank kapasiteleri ve pompa oranları.....	7
Çizelge 3.1 : Türleri tehdit altında olanlar	13
Çizelge 3.2 : Marmara ve Ege’de balast suyu yoluyla yayılan egzotik türler	14
Çizelge 4.1 : Balast arıtım kriterleri	18
Çizelge 4.2 : Sözleşmeye göre balast suyu arıtım teknolojisine geçiş programı.....	19
Çizelge 4.3 : Sözleşmeye göre ülkemizde etkilenecek olan gemi adetleri	19
Çizelge 5.1 : Balast suyu arıtım yöntemleri.....	22
Çizelge 5.2 : Klorlama sisteminin karadaki test sonuçları	23
Çizelge 5.3 : UV sisteminin karadaki test sonuçları.....	23
Çizelge 5.4 : Klorlama sisteminin gemideki test sonuçları	24
Çizelge 5.5 : UV sisteminin gemideki test sonuçları.....	24
Çizelge 5.6 : Arıtım sistemlerinin kurulmasının yıllara göre mevcut ve beklenen gemi adetleri.....	37
Çizelge 7.1 : Gemilerden atık alınması konusunda limanların durumu	53
Çizelge 7.2 : Gemlik Liman Başkanlığı’nda elleçlenen yük miktarının yıllar içindeki artışı	54
Çizelge 7.3 : Gemlik Liman Başkanlığı’na uğrak yapan gemi sayıları	55
Çizelge 7.4 : Gemlik limanlarına uğrak yapan aylar bazında gemi sayıları.....	55
Çizelge 7.5 : Gemlik Liman Başkanlığı’na bağlı limanlara uğrak yapan gemi sayıları	56
Çizelge 7.6 : Borusan Limanına uğrak yapan gemilerin türlerine göre adetleri.....	56
Çizelge 7.7 : 2013 yılında Borusan Limanında elleçlenen atık miktarları	57
Çizelge 7.8 : Farklı hacimdeki konteyner gemileri için katı balast TEU sayıları.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Balast suyu çevrimi.	5
Şekil 2.2 : Gemilerde balast suyu alınan bölmeler	6
Şekil 2.3 : Farklı gemi türlerinde balast tank türleri.....	7
Şekil 3.1 : Balast suyu ile yayılan türler; zebra midyesi, toksik dinoflagellat ve kıyı yengeci	12
Şekil 5.1 : Balast suyu arıtım sistemleri kapasitelerinin dağılımı	30
Şekil 5.2 : Balast sistem dizaynı	32
Şekil 7.1 : Baltimore limanı.....	50
Şekil 7.2 : Ambarlı limanı	50
Şekil 7.3 : Monomaran tekne.....	59
Şekil 7.4 : Katedral tekne.....	60
Şekil 7.5 : Konteyner gemilerinde balast tanklarının dönüşümü.....	61
Şekil 7.6 : Aynı DWT sahip gemilerin tekne dizaynları ve konvansiyonel gemi ile draft karşılaştırması	63
Şekil 7.7 : Yüksüz halde konvansiyonel gemi ile V tipi gemilerin draft karşılaştırması	64
Şekil 7.8 : Ters ozmos sisteminin genel prensibi	66
Şekil 7.9 : Balastsız gemi modeli tasarımı	67

GEMİ BALAST SUYU İLE YAYILAN İSTİLACI TÜRLERİN BERTARAFI İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER

ÖZET

Dünyada ticari eşyaların %80'i deniz taşımacılığı ile taşınmaktadır ve her yıl yaklaşık olarak 3-5 milyar balast suyu uluslararası denizlerde bu şekilde transfer edilmektedir. Balast suyunun bu şekilde taşınması geminin dengesi ve stabilitesinin sağlanması için gereklidir.

Dünyada farklı limanlarda yapılmış olan birçok çalışmada balast suyu sucul organizmaların, bakteri ve virüsleri de içeren insan patojenlerinin transfer edilmesinde önemli bir role sahiptir.

Balast suyunun alımı sırasında kıyı sularına deniz istilacı türlerinin girişi ve daha sonra sediment ve biyofilmler ile birlikte uzak limanlarda gemi balast tanklarından tahliyesi kıyı ve deniz ekosistemi için önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

Balast suyunun yönetimi için 'Gemi Balast Suları ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi' Uluslararası Denizcilik Örgütü tarafından 2004 yılında kabul edilmiştir. Bu sözleşmede, balast suyu değişimi için D-1 standardı, balast suyunun performansı için D-2 standardı, güvenlik, test gereklilikleri ve prosedürleri ile birlikte istisnai durumlar tanımlanmıştır. Yeni balast suyu kurallarına uyum sağlanması, önümüzdeki yıllar içinde denizcilik endüstrisinin en önemli maliyet güclüğü olarak karşısına çıkacaktır.

Balast suyu yönetimi sözleşmesine göre, 2009 yılından önce inşa edilmiş, balast kapasitesi 1500 m³'ten küçük olan gemiler ile 2012 yılından önce inşa edilmiş, balast kapasitesi 5000 m³'ten büyük gemilerde 2016 yılı sonuna kadar ve 2009 yılından önce inşa edilmiş, balast kapasitesi 1500 – 5000 m³ arasında olan gemilerde 2014 yılı sonuna kadar D-2 standardının sağlanması gerekmektedir. Bu sebepten tüm ilgililer Uluslararası Denizcilik Örgütü kurallarına göre alternatif sistemler araştırmaktadır.

Tank sedimanlarının yönetim masraflarına ek olarak sözleşmenin D-2 performans standartlarını karşılamak için oluşan masrafları ve operasyonel düzenlemeleri azaltmak veya kaçınmak için balast suyu yönetimi alternatiflerine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Bazı armatörler yerel standartlara sahip özel bölgelerde balast suyunu tahliye etmek için yeterli sisteme sahip değildir veya arıtım sistemleri bulunmamaktadır. Bu yüzden balast suyu yönetimi kurallarını karşılayabilmek için liman balast suyu alım tesislerinin mevcut bulunması balast suyunu tahliye etmek için alternatif çözüm olacaktır. Fakat bu liman balast suyu alım tesislerinin, kurulunda ve işletilmesinde yaşanabilecek zorlukların değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Bunun için mevcut atık alım tesisleri ele alınabilir. Türkiye özelinde 2013 yılında 1717 geminin uğrak yaptığı Borusan limanı değerlendirildiğinde mevcut atık alım tesislerinden çok daha fazla elleçleme kapasitesine sahip alım tesislerine ihtiyaç bulunmaktadır.

Balast suyunun alternatif yönetiminde, gemi dizaynları ile balast suyunun tahliye edilmemesi, balast suyunun kullanılmaması, konteyner gemilerinde balast suyu olarak katı balast kullanılması ve akış yöntemleri ile kaldırma kuvvetinden yararlanılan yöntemler bulunmaktadır.

Bu çalışmada, balast suyu ve arıtım sistemleri tanıtılarak, balast suyunun yönetimi için alternatif yöntemler ile birlikte balast suyunun liman tesislerine alınması konusunda bilgilere ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

ALTERNATIVE METHODS FOR REMOVING OF INVASIVE SPECIES EMANATING FROM SHIPS' BALLAST WATER

SUMMARY

Shipping moves over 80% of the world's commodities and transfers approximately 3 to 5 billion tons of ballast water internationally each year that is necessary to provides ships' trimming and stability.

Many studies signified in different parts of the world have shown that ships' ballast water has very important role for the transfer aquatic organism, human pathogens, including bacteria and viruses. Therefore, the marine environment is at risk to happen a serious ecological problem during discharging ballast water.

The introduction of marine invasive species to coastal waters when ships take on ballast water at one port and then discharge with water, sediments, and biofilms from ships' ballast water tanks it at other, ports is a significant threat to coastal and ocean ecosystems and economies. And, impacts on human and animal health, the environment and socio-economic activities appear. For example, the European zebra mussel has infested over 40% of internal waterways in United States.

In 2004, with 'International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments' is adopted by International Maritime Organization, that describes D-1 standard for ballast water exchange, D-2 standard for ballast water performance, including the safety, testing requirements and procedures together with exceptional cases. Complying with the new ballast regulations is one of the most significant cost challenges the shipping industry can except to face over the next few years.

According to the Ballast Water Management convention, D-2 standard must be provided for the ballast water capacity less than 1500 m³ (built from 2009) and the ballast water capacity greater than 5000 m³ (built from 2012) until the end of 2016 and the ballast water capacity between 1500 – 5000 m³ (built from 2009) until the end of 2014. For this reason, all parties have been researching alternative systems as per International Maritime Organization regulations.

This study describes ballast water treatment systems together with ballast water and invasive species description.

The ballast water treatment technology used to treat ballast water has generally been derived from other treatment systems, in which forms of solid-liquid separation and disinfection processes were applied. There are three treatment technology types, which are generally combined that are mechanical, chemical and disinfection.

Most systems employ a two-stage approach involving mechanical separation at the first stage, followed by a second stage physical or chemical treatment. At this stage some systems use a combination of two or more treatments. In this study summarizes some systems which were approved or designed and tested.

Chemical treatment use active substances to treat microorganisms, and for this, sufficient stocks will have to be carried on board. Therefore, this treatment would not be preferred by shipowners due to producing by-products with their chemical reactions to cause environmental threat.

There are so many treatment systems on the market. The existing vessels can be integrated and retrofitted with these systems.

Following adoption of the Ballast Water Management Convention, interest in these alternatives to conventional Ballast Water Management has increased since they offer ways to avoid, or substantially reduce, the operational issues and costs of treating compartmentalized ballast water to meet the Convention's respective D-2 discharge standards, plus the cost of managing tank sediments.

There is limited information in evaluating of these new technologies in reducing the transfer of harmful species in accordance with the goals of the Ballast Water Management Convention.

This study gives informations and perspectives about intaking ballast water in the port reception facilities together with alternative methods related with the ballast water management.

Ships that cannot meet this requirement for onboard ballast water treatment may be allowed to discharge ballast water to a port-based ballast water reception facility, which is generally understood to mean either a shore-based or barge-based ballast water treatment facility. This system has some disadvantages such as potential delays, sufficient space and equipment suitability. For this, in this study gives case study of port of Baltimore as an example to analyze economically and logistically port reception facilities. According to this case, port reception facility are feasible. On the other hand, technically that can be challenges.

Additionally, port reception facilities evaluate in Turkey from this perspective and compared with the port of Baltimore for space situation.

Some shipowners have not ballast water treatment system or, have treatment system but their system performance is not enough to discharge of ballast water at the special zones where exist a local standard. Therefore, complying with ballast water regulations, port reception facilities will be alternative solution in order to discharge ballast water. In this study gives information about waste reception facilities in Turkey to analyze challenges that can be occurred in port reception facilities. For this, when Borusan port where called 1717 vessels in 2013 is evaluated, it appears that ports need a port ballast water reception facilities which has more capacity than present waste reception facilities.

Additionally, there are many concepts have been designed zero or minimal discharge (such as storm ballast, internal ballast and potable water), no ballast or continuous flow methods that are longitudinal trunks, ship buoyancy control and enhanced ballast water exchange concepts.

All continuous flow systems readily exceed the performance required by the D-1 exchange standard but this standard is to be withdrawn at the end of 2014/2016.

In regard to other zero ballast methods that may include their high build costs and relatively large wetted surfaces when loaded. The amount will vary according to the design cargo type and capacity, cargo loading and unloading requirements and other trading factors.

At the same time, solid ballast method can be alternatively used for the container vessel. As container vessels can be arranged for solid ballast with empty positioning in export and import leg on their rotation. This method would be more attractive for retrofits or new builds than modified container ships.

Results of this study underline that alternative system is very crucial for removing invasive species. In the future studies, numeric analyses and assessments of port reception facilities and the other alternative systems such as ballast free and no ballast can be proposed.

1. GİRİŞ

Gemilerin yüksüz durumda, seyir sırasında stabilitelerini sağlamaları ve manevra yeteneklerini geliştirebilmek için balast suyu almaları gerekmektedir. Kıyı alanlarına ve limanlara balast suyunun tahliyesi, sucul organizmaların gemi temelli girişi için ana mekanizmalardan biridir. Okyanus aşırı taşımacılığın son on yılda artış göstermesi ile birlikte küresel iletişim ile türlerin dağılımı ve sucul türlerin istilası geniş ölçüde artmıştır [1] ve sucul hayat tehlikeye girmiştir.

Balast sularının bir yerden başka bir bölgeye aktarılması sonucu bölgede değişikliğe neden olan istilacı türler ekolojik yaşamı tehdit etmektedir. Dünya ticari eşyalarının %80'inin taşımalarını gerçekleştiren deniz taşımacılığı ile her yıl yaklaşık olarak 3-5 milyar ton balast suyu küresel olarak bir yerden başka bir yere taşınmaktadır ve bunun sonucunda en az 7000 farklı türün [2] taşınımının gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Dünya deniz ekobölgelerinin %84'ünde istilacı türler bulunduğu raporlanmıştır [3]. Amerika iç sularının %40'ını istila eden Avrupa Zebra Midyesi istilalara verilebilecek en önemli örnekler arasında yer almaktadır [3].

Ekolojik, insan sağlığı ve ekonomik etkileri olan balast suyunun taşınması ile meydana gelen bu etkileri yok etmek veya minimuma indirmek için IMO tarafından balast suyunun yönetilmesi için plan oluşturulmuştur. Bu plan çerçevesinde balast suyu için mevcut standartlar bulunmaktadır. Bu standartlar içerisinde D-2 performans standardının yerine getirilebilmesi için arıtım sistemlerinin kurulması gerekmektedir.

Balast suyunun arıtılması için kurulacak olan sistemler genel olarak iki aşamalı olmaktadır. Birinci aşamada balast suyunda mevcut makroorganizmaların arıtılabilmesi için mekanik arıtma ve daha sonra D-2 standartlarının yerine getirilebilmesi için kimyasal veya fiziksel arıtım gerekmektedir.

IMO'nun tahminlerine göre 2020 yılına kadar yaklaşık olarak 57.000 gemi onaylanmış balast suyu arıtım sistemleri ile donatılacaktır [3]. Gemi başına arıtım maliyetinin yaklaşık olarak 1 milyon doların üzerinde olduğu düşünülürse, ortalama

olarak 57 milyar doların üzerinde bu uygulama için harcama olacağı tahmin edilmektedir. IMO'ya göre 2014-2016 yılları içerisinde yaklaşık olarak yılda 10.000 geminin arıtım sistemini kurması gerekmektedir [4]. Arıtım sistemleri henüz tam olarak gelişmediği ve birçok önemli arızalar meydana geldiği için arıtım sistemlerinin geliştirilmesi ve alternatif yöntemler konusundaki çalışmalar her geçen gün hızlanmaktadır [4].

Arıtım sistemleri ile ilgili olarak literatürde mevcut çalışmalarda sistemlerin uygulanabilirliği ile ilgili test sonuçları bulunmaktadır. Bu sonuçlar ile balast suyunun mevcut sistemler ile arıtım maliyetlerinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir. IMO sözleşmesine göre, balast kapasitesi ve inşa yılına bağlı olarak 2014/2016 yılları sonuna kadar tüm gemilerin D-2 standardını sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle balast suyu arıtım sistemlerinin en kısa sürede entegre edilmesi ve yeni gemilerin bu sistemlere uygun şekilde inşa edilmesi gerekmektedir.

Balast suyu sistemleri kurulumu tamamlanmış gemiler olsa da sisteme adapte olmamış birçok gemi bulunmaktadır. Arıtım maliyetlerinin fazla olması, sistemlerin belirsizlikleri ve yürürlükte olan yönetmeliklerden dolayı alternatif sistem araştırmaları bulunmaktadır.

Gemi üzerindeki arıtım sistemlerine alternatif olabilecek en uygun sistem liman alım tesisleridir. Limanda bulunan atık alım tesisleri, örnek olarak değerlendirilmeli ve aynı koşulların balast suyu içinde kurulabilir olması önemli bir aşama olacaktır. Mevcut alternatif sistemler ve liman alım tesislerinde meydana gelebilecek zorluklar nedeniyle balast suyunun gemi üzerinde arıtılması işlemi maliyetleri armatörlerin üstlenmesi gereken masraf olacaktır.

Balast suyunun liman alım tesislerine alınması yöntemi ile birlikte, yeni gemi dizaynları ile balast suyunun gemiye alınmaması ile sıfır balast yöntemi, balast suyunun kullanılmasını tamamen ortadan kaldırmaya bile azalmasını sağlayacak olan güçlü balast yöntemi, denizlerden alınan balast suyu yerine iç balast olarak tatlı su kullanılması veya balast suyu yerine içilebilir balast suyu kullanılması işlemleri alternatif olarak değerlendirilen yöntemler arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada; literatür taraması yapılarak tüm alternatif yöntemlerin birlikte değerlendirilmesi ve sistemlerinin avantajları ve dezavantajları ile birlikte sistem uygulanabilirlikleri konusunda bilgiler verilmektedir. Çalışmanın birinci kısmını

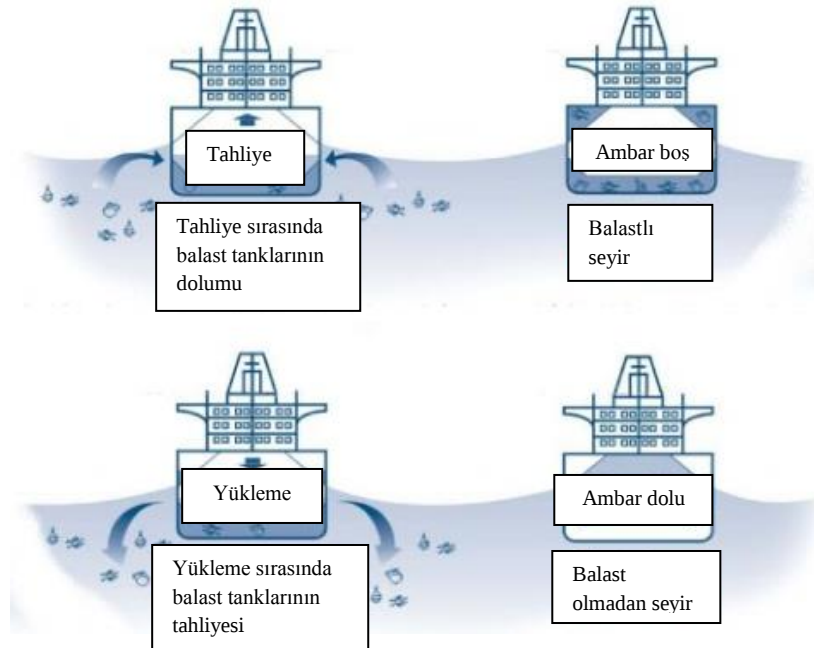
giriş bölümü oluşturmaktadır. Çalışmanın ikinci kısmında balast suyunun özellikleri ve etkileri, üçüncü kısmında ise balast suyunun taşınması sonucu ortaya çıkan istilacı türler konusunda bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümünde ise balast suyunun yönetilmesi ile ilgili mevcut IMO sözleşmesi ve sözleşme içerisinde mevcut standartlar konusuna yer verilmiştir. Çalışmanın beşinci bölümünde balast suyunun arıtılması ile ilgili sistem tanımlamaları ve örnek sistemler konusunda bilgiler verilmiştir. Çalışmanın altıncı bölümünde balast suyunun D-1 standartlarına uygun olarak balast suyunun değişimi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Yedinci bölümde ise balast suyunun ekolojik, ekonomik ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini mevcut kurallar ve standartlar çerçevesinde bertaraf etmek veya minimize etmek ve tüm ilgili taraflara alternatif olabilecek yöntemler konusunda bilgiler verilerek, bu sistemlerin değerlendirilmesi konularına yer verilmiştir. Sonuç ve öneriler kısmını oluşturan son bölümde ise balast suyunun meydana getirdiği istilacı türlerin kontrol altında tutulabilmesi için mevcut sözleşme çerçevesinde alternatif yöntemlerin değerlendirilmesi yer almaktadır.

2. BALAST SUYUNUNUN ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ

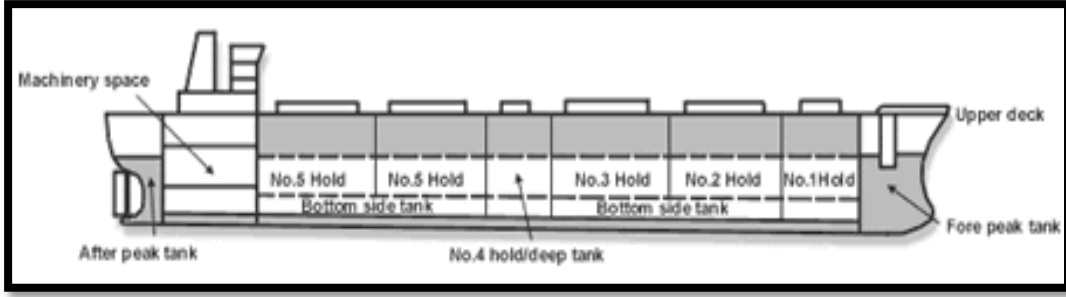
2.1 Balast Suyu Nedir?

Balast suyu, geminin dengelenmesi, yan yatmasının kontrolü, su çekimi, stabilitesi veya basıncının korunması için tahsis edilmiş özel tanklara alınan deniz suyuna denilmektedir. Balast suyunun alınması ile tüm dünyada mevcut gemilerde, dümen pervanesini batırmak, dışarıda kalan tekne kısmının azalmasını sağlamak, kararlı dengeyi oluşturabilmek, itici güce ve manevra kabiliyetine yardımcı olmak ve tekne üzerindeki gerilmelerin azalmasını sağlamak amaçlanmaktadır. Gemiler bu şekilde kirlilik içermeyen ancak, içerisinde milyonlarca farklı mikroorganizma ve patojen içeren deniz suyunu ait olmadığı alanlara taşımaktadır.

Temel olarak sistem; gemiler yüksüz durumda oldukları zaman balast suyunun alınması, balast suyu ile birlikte sefer yapılması ve gemi yükleme limanına varış yaptığı zaman balast suyu boşaltılması prensibi ile işlemektedir. Sistem şeması bu doğrultuda Şekil 2.1’ de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 : Balast suyu çevrimi [5]



Şekil 2.2 : Gemilerde balast suyu alınan bölmeler [6]

Dünyada yaklaşık olarak her yıl 3-5 milyar ton balast suyu taşınmaktadır [3]. Benzer bir değer de her yıl ülke içinde olmaktadır.

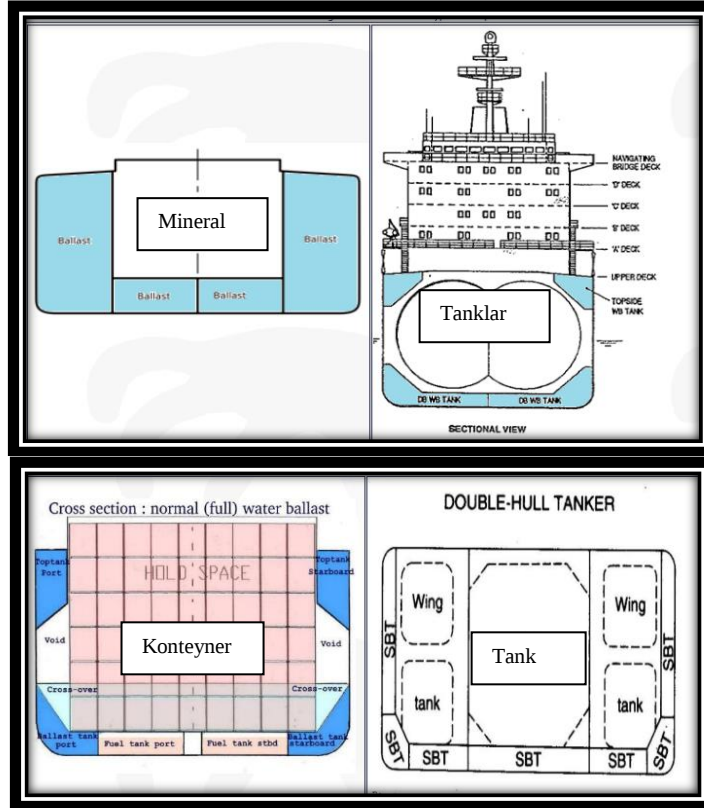
Gemiler binlerce yıldır ekonomik ve etkili bir yöntem olmayan metal, kum veya kaya olarak katı balast kullanıyorlardı. Balast suyu yöntemi katı balast yüklemekten daha ekonomik ve etkili bir yöntemdir. Balast suyu dengeyi sağlamak ve yüksüz stabiliteyi korumak için modern taşımacılıkta güvenli ve etkin bir yöntem olsa da ekolojik, ekonomik ve sağlık açısından meydana getireceği tehditlerin değerlendirilmesi gerekmektedir [5].

Şekil 2.2’ de görüldüğü gibi dengeyi ve yapısal bütünlüğü sağlamak için balast suyunun alındığı bölmeler görünmektedir.

Balast suyu ile yeni çevrelere taşınan istilacı türler, okyanuslar ve küresel biyoçeşitlilik için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu tehdit ile birlikte karadan kaynaklanan deniz kirliliği ve canlı deniz kaynaklarının aşırı kullanılması deniz habitatında fiziksel değişikliklere ve imhaya neden olmaktadır.

2.2 Balast Suyu Alınan Tank Özellikleri

Balast tankları farklı gemi türleri için farklı şekilde olmaktadır. Şekil 2.3’te görüldüğü gibi dökme yük gemilerinde genel olarak geminin üç tarafını balast tankları çerçevelemektedir. Konteyner gemilerinde ise durum daha farklıdır.



Şekil 2.3 : Farklı gemi tiplerinde balast tank türleri [5]

Çizelge 2.1 : Gemi türlerine göre balast tank kapasiteleri ve pompa oranları [5]

	DWT	Normal balast kapasitesi (ton)	DWT yüzdesi	Fazla balast kapasitesi (ton)	DWT yüzdesi	Normal pompa oranları (m ³ /saat)
Dökme Yük	250.000	75.000	30	113.000	45	5.000-15.000 (dönüş seferi için yükün yerine)
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	5.000-20.000 (dönüş seferi için yükün yerine)
Tanker	40.000	12.000	30	15.000	38	
Konteyner	40.000	12.000	30	15.000	38	1.000-2.000 (geminin kontrolü için)
Konteyner	15.000	5.000	30			
Genel kargo	17.000	6.000	35			1.000-2.000 (geminin kontrolü için)
Genel kargo	8.000	3.000	38			
Yolcu/RoRo	3.000	1.000	33			200-500/ 1.000-2.000 (geminin kontrolü için)

Çizelge 2.1’ de görüldüğü gibi gemi türlerine göre tank kapasiteleri ve pompa oranları değişmektedir. Gemilere göre balast suyunun kapasitesi DWT yüzdesi değerine bakıldığında yaklaşık olarak aynı görünmektedir. Tanker gemilerinde ise oranın biraz daha arttığı görülmektedir. Fakat pompa oranları gemi türleri ve balast ihtiyaçlarına göre değişkenlik göstermektedir.

2.3 Balast Suyunun Oluşturduğu Tehditler

Balast suyunun taşınması ile yabancı türler yerli popülasyonları, balıkçılık endüstrisini ve halk sağlığını tehdit etmektedir. Bununla birlikte giriş yapan türlerin yeni bölgelere adaptasyonları ve çeşitli faktörlere bağlı olarak özellikle türlerin biyolojik karakteristikleri ve yeni çevresel şartlarla ilgili olarak problemler yaratma olasılıkları bulunmaktadır.

Balast suyunun taşınması sonucu meydana gelebilecek etkileri ekolojik, ekonomik ve insan sağlığı üzerindeki etkiler olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz.

2.3.1 Balast suyunun ekolojik etkileri

Türler arasındaki iletişim ile yerel türlerin yok olması ve balast suyu ile taşınan, baskın hale gelen istilacı türlerin oluşturduğu etkiler ekolojik açıdan önemli olmaktadır. Balast suyunun bir yerden başka bir yere taşınması ile doğal biyoçeşitlilik yok olmaktadır, bölgelerin doğal türleri baskın türler tarafından avlanmakta ve diğer türler ile rekabet etmektedir ve bölgede meydana gelen aşırı büyüme boğulmalara neden olmaktadır. Bunlar ile birlikte oksijen seviyesinin azalmasıyla su kalitesi düşmektedir ve dolayısıyla balık miktarında azalma meydana gelmektedir [7].

2.3.2 Balast suyunun ekonomik etkileri

Balast suyunun yayılması sonucu deniz ekolojisine verilen zarar ile balıkçılığın tehdit altında olması, sert zeminlere yapışan türler ile kıyıdaki inşa ve endüstriyel yapıların zarar görmesi gibi ekonomik etkiler bulunmaktadır. İstilacı türlerin meydana getireceği etkilerden, turizm etkisi de bulunmaktadır.

Tüm bu etkiler ile birlikte, balast suyunun en önemli etkisi olan sucul yaşama etkileri sonucunda meydana gelecek zararları ortadan kaldırmak veya minimuma indirmek

için bazı maliyetlere katlanılması gerekmektedir. Bununla birlikte balast suyunun etkilerini ortadan kaldıracak gerekli sistemlerin kurulması için yönetim maliyetleri oluşmaktadır.

Balast suyunun ekolojik etkilerini ortadan kaldırmak için kurulacak olan arıtım sistemleri ve gemi dizaynları ile birlikte kurulacak altyapılar ile küresel olarak yıllık 100 milyar dolar kayıp meydana gelmektedir [8].

2.3.3 Balast suyunun insan sağlığı üzerindeki etkileri

Balast suyunun insan sağlığı üzerindeki etkisini aşağıdaki bir örnek ile açıklayabiliriz. Güney Amerika ve Meksika körfezinde balast suyu ile doğrudan ilişkili olarak yayılım gösteren “*Vibrio cholerae*” türü bulunmaktadır. Bu tür 1991 yılında Peru’da 3 ayrı limanda aynı anda yayılımı başlamıştır ve Güney Amerika’ya doğru yayılım göstermiştir. 1994 yılına kadar 1 milyondan fazla insan etkilenmiş ve on binden fazla insanın ölümüne neden olmuştur [6].

3. BALAST SUYUNUNUN TAŞINMASI SONUCU YAYILAN İSTİLACI TÜRLER

Gemilerin balast sularıyla taşınan türler; bakteriler ve diğer mikroorganizmalar, planktonlar, küçük omurgasızlar ve yumurtalar olabileceği gibi kistler ve larvalar gibi çeşitli türlere ait organizmalarda olabilir. Gemi tanklarına alınan canlılardan birçoğu daha alım sırasında veya sefer sırasında ölürler. Tankta yaşamda kalabilmeyi başaranların çoğu da boşaltıldıkları ortamlardaki tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk gibi etkenlerle canlılıklarını yitirirler. Ancak bazı durumlarda bazı türler yaşamayı, hatta popülasyonlarını arttırmayı başarabilirler. Deniz canlılarının hemen hemen tüm türleri hayat çevrimlerinin bir bölümünde planktonik olmaktadır. Bu yüzden, ergin halde tanklara giremeyecek kadar büyük olan birçok tür gemilerin balast alım devrelerinden ve pompalarından planktonik haldeyken giriş yaparak her tarafa rahatlıkla yayılabilmektedirler [6].

Taşımacılığın yoğun olarak gerçekleştirildiği Amerika'nın Batı kıyılarında, San Francisco koyundaki bölgede dünyadaki en yüksek sayıda yerli olmayan türlerin bulunduğu tahmin edilmektedir. Birçok çalışma, 50.000'den fazla zooplankton türünün balast suyunun 1 m³'ünde bulunduğunu göstermiştir [6]. Hesaplamalar bir tek geminin balast suyunda on binler ya da milyonlarca organizmanın taşındığını ortaya çıkarmıştır [6]. Fitoplankton türlerinin sayısı birkaç kez daha yüksektir. Balast suyunda 1 m³'te 110 milyon fitoplankton örneği ve balast tankı sedimanlarının 1 cm³'ünde en fazla 150 kist bulunabileceği belirtilmiştir [6]. Bazı fitoplankton türlerinin kistleri 10-20 yıl kadar uygun olmayan şartlarda canlı kalabildiği belirtilmiştir. Balast suyu ile taşınan 32 balık türünün en az 24 tanesinin yerleştiği popülasyonda hayatta kaldığı belirtilmiştir [6]. *Gobiidae* (6 tür), *Clupeidae* (4 tür) ve *Gasterosteidae* (1 tür) balast tankında en çok rastlanan balık familyalarıdır. *Blenniidae* (6 tür) ve *Pleuronectidae* (2 tür) balast yoluyla giriş yapan türlerin listesinde en baskın olanlarıdır ve *Gobiidae* ve *Blenniidae* oldukça sık yerleşmiş familyalardır [6].

Balast suyunun kontrolsüz olarak deşarj edilmesi ile göze çarpan örnekler olarak, zebra midyesi (*Dreissena polymorpha*) 'nin ABD Great Lakes'de yerleşmesi, toksik dinoflagellat (*Gymnodinium catenatum*) 'ın Japonya'dan Avustralya'ya gelmesi ve dağılması, Avrupa kıyı yengeci (*Carcinus meaeas*)'nin Kuzey Amerika Avustralya'da yayılımı ve Karadeniz'de yayılım gösteren *Mnemiopsis leidyi*, verilebilir [6, 9].



Şekil 3.1 : Balast suyu ile yayılan türler; zebra midyesi [10], toksik dinoflagellat [11] ve kıyı yengeci [12]

Balast suları insan sağlığı üzerinde ciddi etkileri olan hastalık yapıcıları da taşıyabilmektedirler. Latin Amerika kökenli kolera etkeni (*Vibrio cholerae*), Alabama Limanlarında balast suyu tanklarında Kasım 1991'de bulunmuştur ve daha önceki yıl Mobile Körfezi'nde istiridye örneklerinde kolera izine rastlanmıştır [6]. Bunun sonucunda halk sağlığı otoriteleri çiğ istiridye ya da deniz ürünü tüketilmemesini ve geçici olarak istiridye yataklarının kullanılmamasını önermişlerdir [6].

Uluslararası gemiciliğin yoğun olduğu büyük limanlar egzotik denizel organizmalar için iyi bir taşınım alanıdır. Örneğin; San Francisco Körfezi, Kaliforniya'da 150, Pearl Harbour Hawai'de 100, Puget Sound Washington'da 50 ve Port Philip Körfezi Avustralya'da 100 adet yerli olmayan omurgasız tür tespit edilmiştir [6].

Denizlerce zehirli özelliğe sahip tek hücreli canlıların gemi balast suları ile bir yerden başka bir yere taşınması, özellikle kabuklularda toplu ölümlere neden olmaktadır. Suda ve sedimentte toksik dinoflagellat kistlerinin yaşayabildiğini ve Avustralya'ya giriş yapan gemilerin %6'sında bulunduğunu bildirmişlerdir [6].

Balast suyunun taşınması sonucunda türleri tehdit altına giren türler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Türleri tehdit altında olanlar [13]

<i>Spongia officinalis</i>	Deniz süngeri
<i>Cyprinion macrostamus</i>	Sazangiller familyasından Beni Balığı
<i>Salmo trutta labrax</i>	Karadenizde yaşayan kırmızı benekli bir tür alabalık
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Denizatı
<i>Acipenser guldenstaedti</i>	
<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

3.1 Türkiye Özelinde Balast Suyunun Meydana Getirdiği İstilacı Türler

Marmara Denizi ve Ege Denizi sucul yaşamında mevcut olmamasına rağmen balast suyu yoluyla gelmiş olan egzotik türler bulunmaktadır. Bu türler denizlerde gemicilik ve balast yoluyla yayılım göstermiştir.

Çizelge 3.2’de görüleceği gibi balast suyu ile yayılım gösteren ve çok çabuk üreme özelliğine sahip olan istilacı tür *Mnemiopsis leidyi* Marmara Denizi ve Ege Denizi’nde görülmektedir. Bu tür, m² başına 1 kg. biyokütle yoğunluğu ile yerli planktonları tüketerek Karadeniz ticari balıkçılığının çöküşüne katkıda bulunmuştur [5].

Çizelge 3.2 : Marmara ve Ege’de balast suyu yoluyla yayılan egzotik türler [6]

	Gemicilik Yoluyla	Balast Yoluyla
Marmara Denizi		
Bitkiler		
<i>Rhizosoleniacolcar-avis</i>	*	
Omurgazılar		
<i>Anadora inaequalis</i>		*
<i>Mnemiopsis leidyi</i>		*
<i>Mya arenaria</i>		*
<i>Rapana thomasi</i>	*	
<i>Teredo navalis</i>	*	
Ege Denizi		
Bitkiler		
<i>Caulerpa racemosa</i>	*	
<i>Codium fragile</i>	*	
<i>Ganonema farinosum</i>	*	
<i>Laurencia intermedia</i>	*	
Omurgazılar		
<i>Callinectes</i>		*
<i>Mnemiopsis leidyi</i>		*
<i>Rapana thomasi</i>	*	

4. BALAST SUYU YÖNETİMİ

Balast suları ile taşınan zararlı sucul organizmaların ve patojenlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak veya azaltmak amacıyla gerçekleştirilen uluslararası seviyedeki çalışmaların başında balast suyu yönetimi konusunda uluslararası düzenleme çalışmaları gelmektedir. Bu maksatla, IMO platformunda hazırlanan “Gemi Balast Suları ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi 2004”, 13 Şubat 2004 tarihinde Londra’da düzenlenen bir uluslararası konferansla kabul edilmiş ve imzaya açılmıştır. Sözleşme yürürlüğe girdikten 12 ay sonra 37 ülke (dünya ticaret hacminin %29’u) imzalamış, 30 ülke (dünya denizcilik ticaret hacminin %35’i) onaylamıştır [3].

Sözleşme 5 bölümde 21 madde ve 1 ekten oluşmaktadır. Bunlar 24 teknik zorunluluk ve sınıflandırmaları içermektedir. Sözleşme aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır.

A: Genel hükümler

B: Gemiler için yönetim ve kontrol gereklilikleri

C: Belirli alanlarda özel gereklilikler

D: Balast suyu yönetimi için standartlar

E: Balast suyu yönetimi için ölçümleme ve sertifikalandırma gereklilikleri

Ayrıca sözleşmede;

- Uluslararası balast suyu yönetimi sertifikası formu ve
- Balast suyu kayıt defteri formu olarak iki adet ilave bulunmaktadır.

Sözleşmenin düzgün olarak yorumlanabilmesi, etkili olarak hayata geçirilmesinin ve teknik gerekliliklerin sağlanması için 14 adet kılavuz geliştirilmiştir. Bunlar zorunluluk olmamakla birlikte aşağıdaki gibidir [14].

- G1: Sediment alım imkanları için kılavuz
- G2: Balast suyu örneklemeleri için kılavuz

- G3: Balast suyu yönetimine eşit kabuller için kılavuz
- G4: Balast suyu yönetim planlarının gelişimi için kılavuz
- G5: Balast suyu alım tesisleri için kılavuz
- G6: Balast suyu değişimi için kılavuz
- G7: Balast Suyu Yönetimi sözleşmesinin A-4 (muafiyetler) kuralı altında risk değerlendirmesi için kılavuz
- G8: Balast suyu yönetim sistemlerinin onaylanması için kılavuz
- G9: Balast suyu sistemlerinde aktif maddelerin kullanılmasının onaylanması için prosedür
- G10: Prototip balast suyu arıtım teknoloji programlarının onayı ve gözetimi için kılavuz
- G11: Balast suyu değişim dizaynları ve inşa standartları için kılavuz
- G12: Gemi üzerinde sedimentin kontrol imkanı için dizayn ve inşa için kılavuz
- G13: Acil durumlar dahil balast suyu yönetimi ile ilgili ek ölçütler için kılavuz
- G14: Balast suyu değişim alanlarının belirlenmesi üzerine kılavuz.

Sözleşme balast sularının ve sedimanların yönetimi konusunda özellikle gemilerin tabi olacakları bazı önemli kurallar getirmekle birlikte, bu uygulamaların bilimsel incelemeleri neticesinde tespit edilen ulusal bazı tedbirlerle desteklenmesi ve etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Bu sözleşme, gemilerin balast suyu ve sedimanları yoluyla zararlı sucul organizmaların ve patojenlerin taşınmasının kontrolü, sediman alım tesisleri, denetim ve belgelendirme, sözleşmenin ihlal durumları, teknik destek ve bilgi iletişimleri konusunda bilgiler içermektedir. Bu maddeler ile birlikte balast suyu için özel tanımlamalar yapılmıştır. Balast suyunun alınmaması gereken durumlar bu tanımlamalardan en önemlilerinden bir tanesi olmaktadır. Bu tanımlama ile aşağıdaki belirtilen durumlarda balast suyunun alınmamasına dikkat edilmelidir.

- Çok sık sularda,
- Pis su deşarjlarının yakınlarında,
- Türbülanslı akıntılarda,
- Tarama yapılan alanlarda,
- Organizmaların su yüzüne çıktığı karanlıkta [15].

Sözleşmeye ek olarak IMO, Denizlerdeki Çevre Kirliliğine Bilimsel Bakış Açıları Uzman Grubu (GESAMP)'na göre, bazı risk değerlendirmelerinin sirküle ve kılavuzlarını düzenlemiştir [14]. Buna göre; balast suyu arıtımında kullanılan preparatların ve kimyasalların istiflenmesi ve güvenli elleçlenmesinin sağlanması, arıtım süreçlerinin sonucunda gemi ve gemi personeli için olan risklerin güvenlik prosedürlerinin geliştirilmesi ve balast suyu operasyonlarını kapsayan acil durumlar için düzenlemelerin mevcut olduğu dökümanları içermektedir [14].

Risk temelli yönetim yaklaşımına göre, aşağıdaki iki amacı yerine getirmede balast suyu yönetimi sözleşmesi bir engel olarak gösterilebilir [14];

- İnsan ve hayvan sağlığı, çevre ve sosyoekonomik aktiviteleri etkileyebilen patojen ve yabancı organizmaların transferinden ortaya çıkan risklerin bertaraf edilmesi, minimize edilmesi ve engellenmesi,
- Gemi balast suyu ve sedimanların kontrolü ve yönetiminden ortaya çıkabilecek istenmeyen yan etkilerden kaçınılması.

4.1 IMO Standartları

Balast suyu arıtımının standartlara bağlanması gerekmektedir. Balast suyu arıtımı için IMO tarafından belirlenen D-1 (Balast suyu değişimi standardı) ve D-2 (Balast suyu performans standardı) standartları bulunmaktadır. Bu standartlar kıyıda herhangi bir tesisin veya balast suyunun muhafaza edilmesi, dönüş ayağında yük bulunmaması gibi yöntemlerin var olmadığı düşünülerek tasarlanmıştır. Bu standartlar ekolojinin, insan sağlığının ve mal ve kaynakların korunması için mevcut bulunmaktadır ve bu standartların MEPC (Marine Environment Protection Committee) – Deniz Çevresi Korunması Komitesi ile uyumlu şekilde olması gerekmektedir.

4.1.1 D-1 standardı

Balast suyu değişimi; en yakın karadan en az 200 deniz mili açıkta ve en az 200m derinlikte balast suyu değişimini yapabilir; bu mümkün değilse en yakın karadan en az 50 deniz mili açıkta, en az 200m derinlikte yapılabilir [15]. D-1 standardına göre, balast suyu değişiminin hacimsel olarak %95 yeterlilikte yerine getirilmesi gerekmektedir. Pompalama yöntemiyle değişim yapan gemiler için, tank hacminin 3

katı kadar pompalama yapması gerekmektedir. Hacminin 3 katından az pompalama yapabilmek için en az %95'lik değişimin yapıldığının kanıtlanması gerekmektedir. IMO sözleşmesi çerçevesinde açık denizlerde balast suyu değişimi 2016 (balast kapasitesi: $>5000 \text{ m}^3$, $<1500 \text{ m}^3$) yılı sonu itibariyle geri çekilecektir.

4.1.2 D-2 standardı

Balast suyu performans standardını anlayabilmek için insan sağlığı için tanımlanan indikatör mikropların değerlerinin bilinmesi önemlidir. Bu doğrultuda insan sağlığı için tanımlanan indikatör mikroplar aşağıdaki gibidir.

- Toksik *vibrio cholerae* $<1 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$ ($<1 \text{ cfu}/\text{gr}$),
- *Escherichiacoli* $<250 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$,
- *Intestinal Enterococci* $<100 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$ [16].

Çizelge 4.1'e göre, ABD ve California kriterlerinin IMO D-2 standartlarına göre daha düşük sınırlamalara sahip olduğu görülmektedir. $10 \mu\text{m}$ 'den daha küçük boyutta olan fitoplanktonlar, zooplanktonlar, protozoalar, bakteri ve virüsler gibi ekosistemde mevcut olan organizmaların insanlar üzerinde etkileri olabilir [17]. Fakat bu türlerin yok edilmesi için herhangi bir yaptırım bulunmamaktadır. Söz konusu türler D-2 standardı kapsamına dahil edilmemiştir [17]. Bu nedenle gemiden tahliyeleri mümkün olabilmektedir. İnsan sağlığı ve ekolojik çevre için tehlike oluşturabilmesi riskinden dolayı sertifikalandırma gerekliliklerinde yer alması gerekmektedir [17]. Bu doğrultuda, $10 \mu\text{m}$ 'den küçük canlılar için IMO kriterlerinde herhangi bir sınırlama yapılmamasına rağmen ABD kriterlerine göre sınırlamalar bulunmaktadır.

Çizelge 4.1 : Balast arıtım kriterleri [18]

Organizma Boyutu	IMO D-2 Kriterleri	ABD Kriterleri	California Kriterleri
$\geq 50 \mu\text{m}$	<10 görülebilir organizma/ m^3	<1 görülebilir organizma/ 100 m^3	Sıfır Canlı
$<50 \mu\text{m}$ ve $\geq 10 \mu\text{m}$	<10 görülebilir organizma/ml	<1 görülebilir organizma/ 100 ml	$<0,01$ görülebilir organizma/ml
$<10 \mu\text{m}$	Limit yok	$<10^3$ bakteri/ 100 ml	$<10^3$ bakteri/ 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	$<250 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$	$<126 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$	$<126 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$
<i>T.Vibrio cholerae</i>	$<1 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$	$<1 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$	$<1 \text{ cfu}/100 \text{ ml}$

Sözleşme çerçevesinde, performans standardının sağlanması belli bir süre sonra zorunlu hale gelecektir. Bu bağlamda, Çizelge 4.2’ de gemi inşa yılları ve balast suyu kapasitelerine göre balast suyu arıtım teknolojisine geçiş programı ile ilgili bilgiler verilmektedir. Buna göre 2009 yılından önce inşa edilen, balast kapasitesi 1500 m³ altında olan gemiler ile balast kapasitesi 5000 m³’ten büyük, 2012 yılından önce inşa edilen gemilerin 2016 yılı sonuna kadar balast suyu arıtım sistemleri ile donatılması gerekmektedir. 1500 – 5000 m³ arasındaki, 2009 yılından önce inşa edilen gemiler için 2014 yılı sonuna kadar balast suyu arıtım sistemi ile donatılması gerekecektir.

Balast kapasitesi 1500 m³’ten küçük ve 1500 – 5000 m³ arasında olan 2009 yıl başından sonra inşa edilen gemiler ile balast kapasitesi 5000 m³’ten büyük 2012 yıl başından sonra inşa edilen gemiler için D-2 standardının sağlanması gerekmektedir.

Çizelge 4.2 : Sözleşmeye göre balast suyu arıtım teknolojisine geçiş programı [18]

Balast Kapasitesi (m ³)	İnşa Tarihi	Teslim tarihinin yıldönümünden sonra ilk ortada veya yenileme sürveyi tarihlerinden hangisi önce ise o tarihte uygulanmaya başlayacaktır.									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<1500	<2009	D1 veya D2								D2	
	2009	D2									
	>2009	D2									
≥1500 veya ≤5000	<2009	D1 veya D2						D2			
	2009	D2									
	>2009	D2									
>5000	<2012	D1 veya D2								D2	
	≥2012				D2						

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, Türk gemi siciline kayıtlı toplam 13.132 adet [19] geminin % 7’si ve 150 groston ve üzeri gemilerin 1879 adet [19] olduğu göz önüne alınırsa gemilerin yaklaşık olarak %47’sinin sözleşme kapsamında etkilenmesi beklenmektedir.

Çizelge 4.3 : Sözleşmeye göre ülkemizde etkilenecek gemi adetleri [20]

Balast tank kapasiteleri	<1500 m3	≥1500 veya ≤5000 m3	>5000 m3	Toplam
Gemi sayısı	531	209	140	880
Arıtım sistemi takma zorunluluğu	2016’dan sonra planlanmış ilk kuru havuz	2014’dan sonra planlanmış ilk kuru havuz	2016’dan sonra planlanmış ilk kuru havuz	

5. BALAST SUYUNUN ARITIMI

5.1 Balast Suyu Arıtım Yöntemleri

Balast suyunun yönetimi çerçevesinde IMO tarafından belirlenen D-2 standartlarının yerine getirilebilmesi için balast suyunun arıtım işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Literatürde bu konu ile ilgili olarak yapılmış birçok çalışma olmakla birlikte hali hazırda sistemi kullanan gemiler de bulunmaktadır.

Güncel olarak 50'den fazla balast suyunun arıtımı için yöntem mevcuttur [21]. Bunlardan 15 tanesi üzerinde yeterli performans değerlendirmesi için uygun test verileri tamamlanmıştır [21]. Lloyds Fairplay bilgilerine göre 68.000'den fazla gemide gerekli balast suyu arıtım sistemi için 42.000'den fazlası 15 yaş altı, 26.000'den fazlası 25 yaş altı gemilerden oluşmaktadır. Uluslararası Ticaret Örgütü 18 yaş ve üstü gemilerin arıtım zorunluluğundan muaf tutulması gerektiğini savunmaktadır [4].

Balast suyu arıtım teknolojilerinin seçimindeki kriterler; yolcuların ve mürettebatın güvenliği, uygulanan işlemin verimliliği, gemi işletimine ve seyahat süresine etkisi, geminin yapısal bütünlüğü üzerine etkisi, arıtma ekipmanının büyüklüğü ve kapsamı, çevreye olan etkisi, kolaylıkla izlenmesi, arıtma işleminin çevreye ve insanlara olan etkisi ve maliyeti olarak sıralanabilmektedir [13].

Balast suyunda karada yapılacak özellikle organizmaların doğal biyoçeşitliliğinin doğal suda yansması olabilecek testler, kullanılacak filtrenin etkinliği, süreklilik performansı, çeşitli sucul alanlarda yapılacak olan gemi üzerindeki testler ve 6 aylık düzenli sistem kontrol testleri önem taşımaktadır [22]. Sistem kontrol testleri ile balast suyu arıtımında en iyi sonuçların elde edilmesi ve daha sonra ortaya çıkabilecek sonuçlar minimuma indirgenecektir.

Balast suyu arıtım yöntemlerini; mekanik, fiziksel ve kimyasal olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz. Çizelge 5.1'de balast suyu arıtım yöntemleri ayrı ayrı gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Balast suyu arıtım yöntemleri [18]

Mekanik Sistemler	Fiziksel Dezenfeksiyon	Kimyasal Arıtım
Filtrasyon	UV	Biyositler
Siklonik Ayırıştırma	Kavitasyon	Elektrolitik
Elektro-mekanik ayırıştırma	Oksijensizleştirme	klorlama

Çizelge 5.1’de belirtilen yöntemler arasında arıtım sisteminde mekanik yöntemlerin kullanılması arıtım sistemlerinin önemli bir aşaması olmaktadır. Balast suyu arıtım sistemlerinin literatür incelemesi sonucunda en fazla tercih edilen 5 arıtım kombinasyonu bulunmaktadır.

- Filtrasyon ve klordioksit,
- Filtrasyon ve UV,
- Filtrasyon + UV + Titanyumdioksit,
- Filtrasyon ve elektro-klorlama,
- Oksijen giderimi ve kabarcıklaştırma.

Balast suyu arıtım sistemlerine karar verebilmek için bazı değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Bunların en önemlisi balast suyu arıtma sisteminin kurulacağı alandaki tuzluluk ve sıcaklık değerleridir. Diğer önemliler olarak, balast suyu alımı ve tahliyesi arasındaki geçen sefer süresi, arıtmada kullanılacak olan sistemlere gerekli olan güç miktarı, kullanılacak pompalarının türü ve balast tanklarının kapasiteleri sıralanmaktadır. Bunlar ile birlikte balast pompalarının yerleri ve geminin tank kapasitesi de önem taşımaktadır [23].

Balast suyu arıtım sistemlerinin performans değerlendirilmeleri için test verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. IMO test onayları için karadan ve gemiden yapılan örnek değerlendirme verileri Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5,4 ve Çizelge 5.5’te yer almaktadır.

Çizelge 5.2: Klorlama sisteminin karadaki test sonuçları [24]

Parametreler	Değerlendirme Sonuçları											
Tuzluluk (PSU)	21,5	34			33,1	20,7	18,7	20,6	19,9	20,2	33,5	21,4
Sıcaklık					15,7	10,9	11,3	9,3	11	14,3	23,1	16
Organizma Türleri												
>50 µm (m ³ başına)	1,3	1	1	0	<1	5,3	<1	<1	<1	<1	5	1,8
10-50 µm (ml başına)	0	0	0,4	0,4	<0,01	0,76	<0,01	0,03	<0,01	0,08	3,8	3
Heterobacteria (ml başına)	90	0,6										
Vibrocholerae (100ml başına)	<1	<1	0	0								
Enterococcus (CFU/100ml)	<1	0	0,5	16,2			0,35	2,3	0,21		9	13
E.Coli (CFU/100 ml)	2	0	0	0								

Klorlama işlemlerinin karada test edilmesi sonucunda düşük sıcaklık değerlerinde daha etkili sonuçlar edildiği Çizelge 5.2’de görülmektedir. UV sistemlerinde bakıldığında ise yüksek ve spesifik tuzluluk değerlerinde etkili olduğu Çizelge 5.3’te görülmektedir.

Çizelge 5.3 : UV sisteminin karadaki test sonuçları [24]

Parametreler	Değerlendirme Sonuçları										
Tuzluluk (PSU)	20,4	34	32,1-32,3	20-21,2	22,1	31,9	23,4	33,2	32,56	17,04	
Organizma Türleri											
>50 µm (m ³ başına)	0	0	<10	<10	3,7		1,9	0,3			
10-50 µm (ml başına)	1,2	2,3	<10	<10	2,3	1	<10	<10			<0,1
Heterobacteria (ml başına)			175	660							
Vibrocholerae (100ml başına)	0	0	<1	<1							
Enterococcus (CFU/100ml)	0	0	<0,3	<0,3	<1	<1	<1	<1	0,2	0,2	
E.Coli (CFU/100 ml)	0	0	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,2	4,4	

Çizelge 5.4 : Klorlama sisteminin gemideki test sonuçları [24]

Parametreler	Değerlendirme Sonuçları									
Tuzluluk (PSU)				30,9	33,3	31,3	32,3	32,4	30,7	29,8
Sıcaklık					9,8	14,2	11,3	23,5	23	19,57
Organizma Türleri										
>50 µm (m ³ başına)	0	0	0	1,6	<1	<1	<1	2,3	2,3	1,67
10-50 µm (ml başına)	0	0	0	0	<0,01	<0,01	<0,01	2	1,67	2,67
Vibrocholerae (100ml başına)				0				0	0	0
Enterococcus (CFU/100ml)	0	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<2	<2	<2
E.Coli (CFU/100 ml)	0	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<2	<2	<2

Çizelge 5.5 : UV sisteminin gemideki test sonuçları [24]

Parametreler	Değerlendirme Sonuçları									
Tuzluluk (PSU)	33			36	31,3	33,3	36,3	36,5	35,4	35,2
Sıcaklık (°C)				27	13,1	24	17	18,9	16	20,3
Organizma Türleri										
>50 µm (m ³ başına)	1	<10	0	0	0	0	0	0	0	
10-50 µm (ml başına)	0	<10	0	0,075	0,1	0	0	0	0	<0,1
Heterobacteria (ml başına)			1	148,3	2					5,28
Coliformbacteria (CFU/100 ml)			0	0	0					
Vibrocholerae (100ml başına)	0	<1	0	0	0					0
Enterococcus (CFU/100ml)	0	<0,3	0	3,4	3,4				5,7	<1
E.Coli (CFU/100 ml)	0	<0,3	0	0	0				0	<1

Klorlama sisteminin gemide test edilmesi sonucunda, düşük sıcaklıklarda daha etkili olduğu Çizelge 5.4'te görülmektedir. Çizelge 5.5'te UV sistemlerinde ise yüksek tuzluluk değerleri ve düşük sıcaklıklarda (16°C'den az olmayan) olumlu sonuçlar verdiği test edilmiştir.

Çizelgeler incelendiği zaman karada ve gemide yapılan testler arasında bazı sapmalar meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenle arıtım sistemlerinin çift yönlü olarak karada ve denizde test edilmesi oldukça önem taşımaktadır. Bununla birlikte IMO'ya

göre tüm sistemler bağımsız kuruluşlar tarafından en az iki farklı suda (tuzlu, tatlı, az tuzlu) olmak üzere karada testlerin yapılması gerekmektedir ve bu testlerin her bir tür suda minimum döngüler, organik özellikli olabilecek durumlar ve yüksek çözünürlük içeriği ile birlikte yürütülmesi gerekmektedir [3]. Ekotoksikolojik testler ve kimyasal değerlendirmeler yöntem seçiminde önem taşımaktadır.

Deniz suyu yerine kullanılacak olan tatlı suların arıtımında düşük tuzluluk oranı nedeniyle elektroliz sistemleri kullanılmamaktadır. Bu nedenle UV veya ozonlama gibi yöntemler tercih edilmektedir. Bununla birlikte tatlı su organizmalarının arıtım performansını artırmak için balast suyunun girişinde ve çıkışında filtrasyon kullanılması gerekmektedir [25]. Düşük UV geçirgenliği tatlı su arıtımı için yeterli olmamaktadır [22].

5.1.1 Mekanik yöntemler

5.1.1.1 Filtreleme

Disk ve filtreler yardımıyla tortu, partikül ve makro organizmaların kaldırılması işlemidir. Filtreler genellikle geri yıkama yöntemi ile kendi kendini temizleme özelliğine sahiptir. Filtreleme sistemleri filtrenin iç elemanının yaratmış olduğu direnç ve kendi kendini temizleme prosedürü sebebiyle basınç düşümleri ile debinin azalmasına sebep olabilirler [26].

Filtrasyon işlemlerinde kullanılan filtrelerin 40-50 µm arasında olması tercih edilmektedir [24].

5.1.1.2 Siklonik ayırıştırma

Katı parçacıklar santrifüj kuvvetler neticesinde sudan ayrıştırılır. Yöntemde organizmaların fiziksel farklılıklarından yararlanılmaktadır. Ancak sadece yoğunluğu deniz suyu yoğunluğundan fazla olan parçacıklar ayrışabilmektedir [26].

5.1.1.3 Elektro-Mekanik ayırıştırma

Suya enjekte edilen tiftikli bir madde (flokülen) organizmalara ve tortulara tutunur. Sonrasında manyetik ayırıştırma ve filtreleme metodu ile katı parçacıklar sudan temizlenmektedir [26].

5.1.2 Fiziksel yöntemler

5.1.2.1 Ultraviyole Işığı

UV radyasyonu doğrudan organizmayı öldürmek veya hücre zarını yıkarak tekrar üremesini engellemek amacıyla kullanılır. UV ışını fotokimyasal reaksiyonlar ile organizmaları yok ederek moleküler bileşenlerine ayrılmasını sağlamaktadır ve bu yöntemde kimyasal etkileşim görülmemektedir. UV işleminin uygulanmasında suyun berraklığı ve bulanıklığı UV spektrum aralığının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Etki derecesi suyun bulanıklığı ile doğru orantılıdır (Örneğın tortu konsantrasyonunun fazla olması halinde UV ışınlarının yayılmasını sınırlandırabilir.) [26]. UV yönteminde IMO onayı için tuzluluk, sıcaklık, UV yoğunluğu, dozaj ve maruz kalma süresi gibi sınırlamalar bulunmaktadır [24]. Ayrıca UV işlemlerinde mevcut olan mutasyon riski yöntemin en önemli dezavantajını oluşturmaktadır.

5.1.2.2 Kavıtasyon

Ventüri boruları ya da yarık plakaları ile kavıtasyon kabarcıkları üretilmektedir. Oluşturulan bu yüksek enerjili hava kabarcıkları sayesinde hidrodinamik kuvvetler ve ultrasonik titreşimler veya yüksek frekans sesleri ile organizmaların etkili bir şekilde öldürölmesi veya hücre duvarlarının bozularak tekrar üremelerinin engellenmesi sağlanmaktadır [26].

5.1.2.3 Oksijensizleştirme

Su içerisindeki mevcut çözünmüş haldeki oksijenin çıkarılması veya etkin olmayan nitrojen veya inert gaz gibi gazlarla yer değıştirilmesi yöntemidir. Oksijenin yok edilmesi, sadece organizmaların yok edilmesini sağlamakla kalmayıp, oksijen miktarının doğru seviyelerde korunması ile korozyon engelleyici yararları olduğu öngörülmektedir. Ancak bu işlem oldukça uzun zaman alabilmektedir [26].

5.1.2.4 Isıl işlemler

Isıl işlemlerin uygulanmasında belli sıcaklık aralıklarında hedef organizmaların yok edilmesi amaçlanmaktadır. Sıcaklık ve etki süresi ters orantılı olmaktadır. Sıcaklık arttıkça organizmalara etki edecek süre azalma eğilimi gösterecektir. Isıl işlemler için uygulanması gereken enerji ihtiyacı fazla olmaktadır ve deşarj sırasında ekolojik

evre için problem meydana getirecektir. Isıl iřlemde kullanılacak olan suyun, soğutma suyu ile kombine bir řekilde kullanılması dūřunūlebilir.

5.1.3 Kimyasal yōntemler

Kimyasal arıtımın aşağıda belirtilen 3 madde ile birlikte değerlendirilerek seçilmesi gerekmektedir [21]:

- Kullanılan kimyasalların, altyapının bozulmasına veya balast suyu arıtım tanklarının duvarlarının korozyonuna neden olmaması gerekmektedir.
- Balast suyunun arıtımında kullanılacak kimyasalın, tahliye de guvenlikli bir şekilde deşarj edilmesi gerekmektedir.
- Kullanılan “aktif bileşim maddesi”nin biyolojik olarak kullanılabilirliği uluslararası kongreler vasıtasıyla onaylanması gerekmektedir.

Kimyasal arıtım yōntemleri, bir dezenfeksiyon prosesi olarak değerlendirilmektedir.

Arıtım yōntemlerinde kimyasal maddelerin seçimi aktif rol oynamaktadır. Kimyasal maddelerin seçilmesinde ekolojik hayat ile birlikte gemi personeli için oluşabilecek potansiyel risklerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yumurta ve sporların inaktif hale getirilmesi için en fazla umut verici kimyasalların hidrojen peroksit ve halojenli bileşikler olduğunun altı çizilmektedir [21].

Arıtım kimyasalı olarak tercih edilebilecek olan persūlfatın gemide elleçlenmesi için önlemler alınması ve reaksiyon sonucunda oluřan son ūrūnlerin deniz ekosistemi için önemli bir tehdit olarak ortaya çıkmaması gerekmektedir [21].

Kimyasal maddelerin etkileşiminde en önemli etken sıcaklık olarak dūřunūlmesi gerekmektedir. Her canlının kimyasallar ile etkileşim sıcaklığı farklı olmaktadır. Őrnek olarak, balast suyu arıtımında organik maddelerin ayrıştırılmasında kullanılan perasetik asidin beklenenden daha dūřuk sıcaklıklarda tepki gōsterdięi gōzlemlenmektedir [21]. Sıcaklıkların dūřürölmesi deniz yaşamında bileşenler ve tuzluluk üzerinde büyük bir etkisinin olmadığı gōzlemlenmektedir [21].

5.1.3.1 Kimyasal biyositler

Önceden hazırlanan veya paketlenmiş dezenfektanların balast alımı esnasında akış halindeki suya eklenerek kimyasal zehirlleme veya oksitleme tekniğiyle yaşayan organizmaların öldürülmesi amaçlanmaktadır. Tipik biyositler klor, klor iyonları, klordioksit, sodyum hipoklorit ve ozon içerir [26]. Balast suyundaki atık biyositlerin ilave nötralizasyon teknikleriyle istenen standartlara uyum sağlayacak düzeye getirilmesi gerekmektedir [26].

5.1.3.2 Elektrolitik klorlama

Elektrolitik çember içerisinde akış halindeki balast suyuna elektrik akımı verilerek, serbest halde dolaşan klor, sodyum hipoklorit ve hidroksil radikalleri üretilmektedir [26]. Bu sayede ozon ve hidrojen peroksit oluşturularak elektrokimyasal oksitlenme gerçekleştirilmektedir. Bu metot belli seviyelerdeki çözünmüş tuz içeren deniz sularında sınırlandırılmıştır, aksi halde istenmeyen atıkların oluşumu görülmektedir.

5.2 Balast Suyu Arıtım Prosesleri

Balast suyu arıtım prosesleri mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerin kullanılması ile ve genel olarak iki ayrı şekilde ilerlemektedir. İlk aşamada katı-sıvı ayrımı yapılmakta, ikinci aşamada ise dezenfeksiyon işlemi devreye girmektedir [27]. Üçüncü bir aşama ise değerlendirmeler sonucunda belirlenmektedir.

5.2.1 Katı-Sıvı ayrımı

Askıda duran büyük mikroorganizmaların ayrımı için mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Bu ayırım için yüzey filtrasyonu ve flokülasyon yöntemi tercih edilmektedir.

5.2.1.1 Yüzey filtrasyonu

Yüzey filtrasyonu yöntemi genellikle katı - sıvı ayrımında tercih edilen bir yöntemdir. Taneciklerden küçük yüzey porları sayesinde belli bir akış hızı ile suyun filtreden geçirilmesi sonucunda makroorganizmalar yüzeye tutunur. Akış hızı organizmaların boyutuna bağlı olmaktadır.

Filtrasyon yönteminin kullanılması ile zooplankton ve fitoplanktonların %90-95'i kaybolmaktadır [28]. Fakat bakteri ve virüslerin ayırt edilmesinde uygun olmamaktadır.

Genel olarak 10-50µm arasındaki makroorganizmaların filtre yüzeyinde tutulmasında yardımcıdır [27].

5.2.1.2 Hidrosiklonik flokülasyon

Balast suyunun silindirokonik şeklindeki yapıya enjekte edilmesiyle santrifüj yöntemi ile parçacıkların ayrılması yöntemidir. Santrifüj hızına bağlı olarak farklı büyüklük ve yoğunluktaki partiküller ayrılmaktadır [27].

Filtrasyon ve flokülasyon yöntemleri koagülasyon yönteminin temelini oluşturmaktadır. Koagülasyon ve flokülasyon yöntemi düşünüldüğünde, yöntemlerde kullanılacak kimyasal madde önem taşımaktadır. Fakat bu da arıtım maliyetini etkilemektedir [29]. İçme suyu arıtımda tercih edilen flokülasyon yöntemi balast suyu arıtımına da uygulanabilir. Fakat flokülasyon yöntemi için gereken süre ve kimyasal kullanımı balast suyu arıtım dengesi ile ters orantılı olmaktadır.

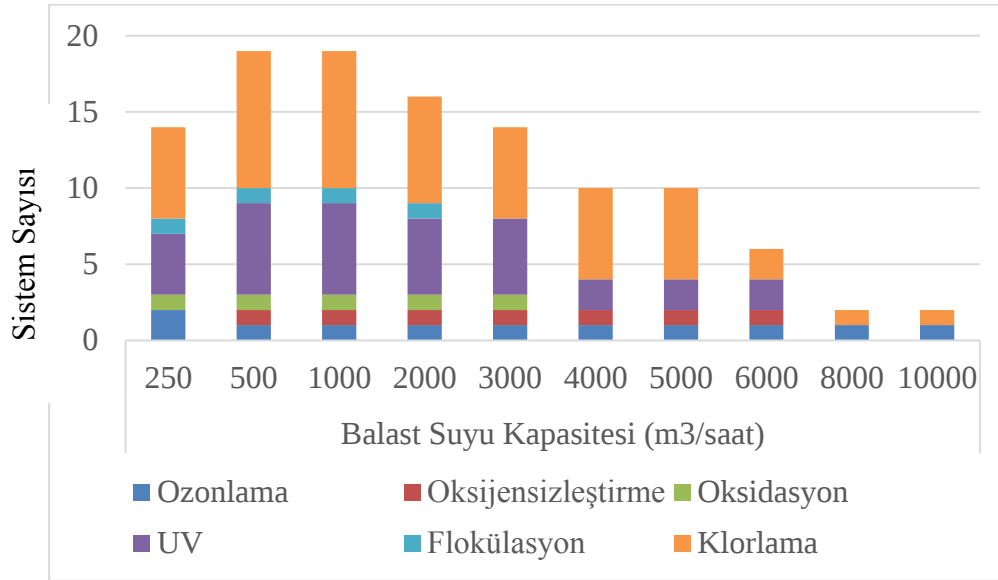
5.2.2 Dezenfeksiyon

Dezenfeksiyon süreçlerini fiziksel ve kimyasal dezenfeksiyon olarak ayırabiliriz. Dezenfeksiyon işlemlerinde arıtım yöntemlerinin seçilmesi suyun pH ve sıcaklığı ile birlikte en önemlisi organizma türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Klorlama, elektroklorlama, ozonlama, klordioksit kullanımı, perasetik asit kullanımı, hidrojen peroksit kullanımı ve menadion/K vitamini kullanımı olarak süreçleri belli başlıklar altında sıralayabiliriz [27]. Bunlara ek olarak balast suyu arıtımında sıklıkla tercih edilen UV sistemini ekleyebiliriz.

Mevcut teknolojilerde; klorlama yöntemi 12 adet balast suyu yönetim sisteminde (9 tanesinde elektrolit klorlama, 3 tanesinde klor bileşimleri kullanılmaktadır.), ozonlama yöntemi 3 adet balast suyu sisteminde, oksidasyon yöntemi 1 adet, oksijensizleştirme yöntemi 1 adet, UV yöntemi 1 adet, Plazma ark ve UV yöntemi 1 adet balast suyu yönetim sisteminde kullanılmaktadır [24].

2012 yılı sonu itibariyle 56 adet IMO tarafından onaylanmış balast sistemi yöntemi bulunmaktadır ve yaklaşık olarak 20 tane geliştirilmekte olan yöntem bulunmaktadır

[30]. Şekil 5.1’de görüleceği gibi klorlama ve UV işlemi proseslerde en çok tercih edilen yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 5.1 : Balast suyu arıtım sistemleri kapasitelerinin dağılımı [24]

5.2.2.1 Klorlama

En temel arıtım yöntemlerinden biri olmakla birlikte reaksiyonlar sonucu oluşturduğu yan ürünlerin zararlı etkileri göz önünde bulundurulduğunda tercih edilmeyen bir yöntem olmaktadır. Tercih edilmemesinin diğer nedeni, belli bir boyut altındaki organizmalar üzerindeki etkisizliğidir [31]. Klorlamaya etki eden değerlendirmeler arıtım performansı açısından oldukça önemli olmaktadır. Bunlar temas süresi, pH, sıcaklık, klor konsantrasyonu ve kullanılan klorun cinsi olarak sıralanabilmektedir [28].

Klorlama için en önemli dezavantaj ötrofik alanlarda kullanımıdır. Çünkü klor bileşenlerinin organik madde ile birleşimi sonucu oluşan kanserojen madde, yöntemin en büyük dezavantajı olmaktadır.

5.2.2.2 Ozonlama

Ozon kullanımı genel olarak tatlı suların dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır. Suyun içerisinde bulunan ozon mikroorganizmalar ile kimyasal reaksiyona girerek organizmaları öldürmektedir. Ozon gazı zehirli bir gaz olmakla birlikte, arıtım sistemlerinde tek yöntem olarak kullanılması tercih edilmemektedir. Hacimli balast sularının ozon ile reaksiyona girebilmeleri için çok büyük donanımlara ihtiyaç

bulunmaktadır. Fakat yöntemin en önemli dezavantajı, deniz suyu ile reaksiyona girerek reaksiyon sonucunda oluşan bromür gibi yan ürünler toksik etki oluşturmaktadır. Bu da ekoloji için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Fakat aynı zamanda ozonun iyi bir dezenfektan olduğu belirtilmiştir [32].

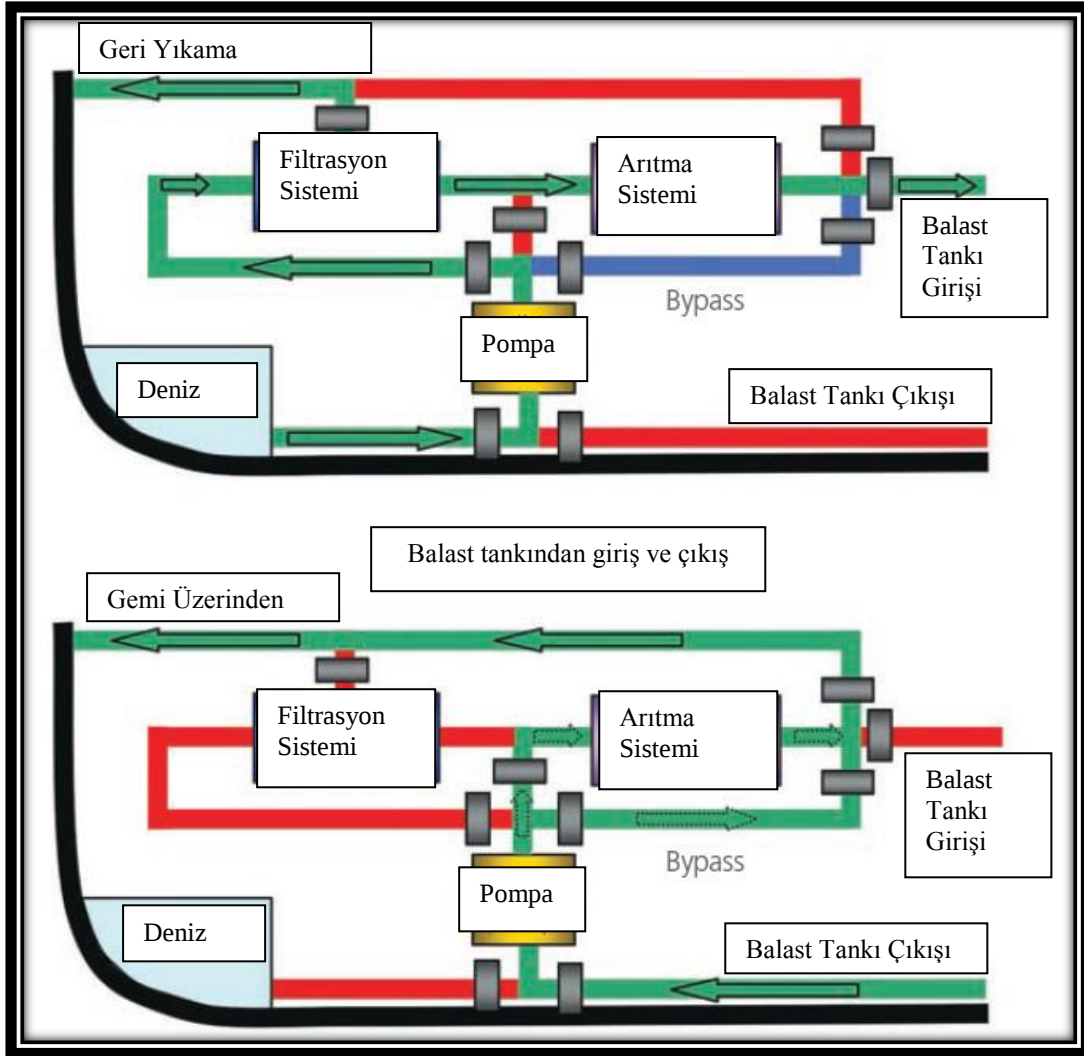
5.2.2.3 İleri oksidasyon

İleri oksidasyon prosesleri atık su veya içme suyu içerisindeki biyolojik olarak zor parçalanabilen organikleri okside etmek için kullanılır. Arıtım yöntemlerinin kombinasyonu (Ozon + UV, H_2O_2 + UV gibi) şeklinde uygulanmaktadır. Organik maddenin oksidasyonu ile hidroksil radikalleri oluşmaktadır. Hidroksil radikalleri ($OH^\bullet$), suda bulunan birçok organik ve inorganik kimyasal madde ile seçici olmaksızın hızlı bir şekilde reaksiyona girerler [33]. Bu nedenle, doğal sularda diğer süreçlerde bozunmaya dayanıklı olan sentetik ve doğal organik bileşikler için kuvvetli oksidandırılar.

İleri oksidasyon proseslerinin etkinliği; başlangıç oksidan dozajı, pH gibi bazı fizikokimyasal parametrelere ve temas süresi, ışınlama şartlarına (örn. ışınlama dozu) bağlıdır [33]. Yöntemin başlıca avantajlarını, kirleticilerin yüksek hızlarda oksidasyonu ve su kalite değişkenlerine karşı esnek oluşları oluştururken; dezavantajlarını ise, yüksek işletme maliyeti, reaktif kimyasal maddelerin (H_2O_2 , ozon) kullanılmasından dolayı özel emniyet gereksinimi ve yüksek enerji kaynağının kullanılması oluşturmaktadır [33].

5.3 Balast Suyu Arıtım Sistemleri Örnekleri

Balast suyu arıtım sistemleri genel olarak balast suyu girişi ve çıkışında iki aşamalı olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak tercih edilen yöntemlerden filtrasyon + UV dezenfeksiyon yöntemini değerlendirirsek balast tanklarına giriş esnasında birikimi engellemek ve tank aşınmasını minimize etmek için filtrasyon ve dezenfeksiyon aşamasından oluşan iki adımlı arıtım yapılmaktadır. Balastın tahliyesi esnasında balast tankında mevcut olması ihtimali bulunan canlılar için yeniden UV dezenfeksiyonu yapılarak balast suyu tahliye edilmektedir. Örnek sistem dizaynı Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 : Balast sistem dizaynı [34]

Balast sistemleri için mevcut arıtım yöntemleri kullanılarak yapılan birçok kombinasyon bulunmaktadır. Balast suyu arıtım sistemlerinin test aşamaları, kullanılan yöntemler ve maliyetleri konusunda bilgi edinebilmek için, kombinasyonlardan bazı test edilmiş örnekler aşağıdaki gibidir [35];

- Queensland limanı (Townville, Avustralya) balast suyu arıtımı: Burada arıtma yöntemi olarak pH ayarlama, koagülasyon, filtrasyon, UV ve ozon yöntemi kullanılmaktadır. Söz konusu çalışma için liman otoritesi 92.000 Avustralya Doları, araştırma merkezi 90.000 Avustralya Doları ayırmıştır. Projede arıtım sistemlerinin verimliliklerinin değerlendirilmesi, maliyet analizi, arıtım sistemi boyutunun belirlenmesi ve çevresel risklerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmalar ile literatür taraması yapılmış,

balast suyu örnekleri ile potansiyel zararlı türler belirlenmiş ve balast suyu karakteristiği saptanmıştır. Ozon, UV ve membran filtrasyon gibi dezenfeksiyon test uygulamaları yapılmış ve pilot tesis tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, UV + Filtrasyon yöntemi en güçlü yöntem olarak belirlenmiş ve UV öncesinde sedimantasyon kontrolü için filtrasyon işleminin çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Araştırma sonucunda pilot tesis önerilmiştir.

- Hi Tech Marine (HT 2001)-Avusturalya, ABD: Arıtma yöntemi olarak biyosit kullanılmıştır. Yaklaşık olarak 750.000 Amerikan Doları bütçe ayrılmış. Söz konusu projede, biyosit teknolojisinin biyolojik bozunabilirliği ve etkililiği ile çevresel risk değerlendirmesi ve indikatif maliyet verisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Biyotanın mortalitesi ile çevresel indirgenme testleri araştırma yöntemi olarak kullanılmıştır. Araştırmalar sonucunda balast suyunun arıtımında biyosit kullanımının olumlu sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Fakat, AQIS (Australian Quarantine and Inspection Service) tavsiyelerine göre 1993 yılından önceki davalarda balast suyunda kimyasal arıtımın kabul edilebilir olmadığını belirtmiştir.
- Balast tanklarında ısıtma işlemi uygulaması: Avustralya ve Japonya arasında mineral taşıyan MV Onde Maru gemisinde araştırılmıştır. Isıtma işlem yönteminin uygulanması ile, soğutma suyundan elde edilen sıcaklık ile balast suyuna ısıtma uygulamanın, balast suyunun yeniden denize verilmesi ile deniz suyundaki etkisi ve balast tanklarındaki fitoplankton canlılığının ölçülebilmesi amaçlanmıştır. Fitoplanktonların yaşama kabiliyetleri yöntem olarak uygulanmıştır. Yöntem sonucunda, balast tankındaki sucül organizmalar sıcaklıkla minimize edilmiştir. Fakat fitoplanktonların hiçbirisi hayatta kalmazken kistlerin sedimentte yaşama olasılıklarının bulunduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte balast suyuna girişte 43°C ısı verilmesine rağmen en uzak noktada sadece 35°C ısıya ulaşıldığı tecrübe edilmiştir.
- Ozonlama ile arıtım: Hovik, Norveç bölgesinde yaklaşık olarak 800.000 Norveç kronu bütçe ile balast suyunun oluşturduğu risklerin azaltılması için ozon yönteminin uygunluğu ve test edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için literatürden, oksitlemenin azalma oranları, ozon dezenfeksiyon verimliliği ve ozon arıtımında korozyon laboratuvar testlerinden yararlanılmıştır. Çevre için zararlı yan etkileri olmadan literatürde olduğu gibi potansiyel etkili bir

kimyasaldır. Korozivite konusunda uzun dönemli değerlendirmeler gerektiği sonucuna varılmıştır ve Avustralya Garanti ve Denetleme Servisi (AQIS) ve ABD Kıyı Emniyeti işbirliği ile çalışmaların devam edilmesine karar verilmiştir.

- Balast sularında elektroiyonizasyon kullanımı: Nova Southeastern Üniversitesi'nde yapılan özel bütçeli bir çalışmadır. Farklı gemilerde laboratuvar testleri ile arıtım performansları ve güvenliği biyolojik ve kimyasal olarak test edilmiştir. Araştırma yöntemi olarak; oksidatif indirgeme potansiyeli, akut ve kronik toksisite, bakterilerin sınıflandırılması, pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik/tuzluluk ve bulanıklık maddeler değerlendirilmiştir. En az %95 biyotanın ölümü test edilmiştir ve kimyasal ve biyolojik araştırma yöntemleri ile, sistemin gelişmesi, güvenlik ve etkinliği için faydalı bilgilerin test edilmesi sağlanmıştır.

Test edilmiş balast suyu arıtım sistemlerinden, onaylanmış sistemler mevcuttur. Test edilmiş yöntemler ile onaylanmış sistemleri karşılaştırabilmek için aşağıdaki gibi bazı örnekler [36] verilebilir.

- *PureBallast Arıtma Yöntemi* : Bu yöntem ilk onaylanmış arıtım sistemi yöntemidir. Yöntemde hücre membranlarına hasar vermek için hidroksil radikalleri üreten UV kullanılır. Wallenius tarafından 'İleri Oksidasyon Teknoloji' temelli olarak geliştirilmiştir. Üniteye balastın girişi ve çıkışı arasında hafif bir ışık kaynağı ve katalizör yardımıyla radikaller yaratılmaktadır. Bu radikaller kısa ömürlü olduğu için gemi personeli ve çevre için risk oluşturmadığı belirtilmiştir. Ayrıca bu kısa süre içerisinde mikroorganizmaların hücre membranlarını yok etmektedir. Balastın girişi sırasında arıtım sisteminin yalnızca küçük bir kısmını oluşturan 50 µm filtre büyük organizmaların ortadan kaldırılmasını sağlar. Sistem ayrıca bir güvenlik ölçütü olarak balast suyunun tahliyesi sırasında ön arıtım sonucunda hayatta kalabilen tüm organizmaları öldürmek için işletilmektedir. Fakat balast suyunun tahliyesi sırasında filtrasyon aşaması atlanmaktadır. [36]
- *AquaStar (Aqua Engineering) Balast Suyu Yönetimi* : Güney Kore-Busan'da 'Aqua Engineering' tarafından geliştirilmiştir. Kore otoritesi tarafından bu yöntem onaylanmıştır. Farklı gemi tür ve boyutları için büyükten küçüğe 10 model de uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Balast suyu ana borusunda deniz

suyunun elektrolizi ile yerinde oluşturulan aktif madde sodyum hipoklorit ve akıllı boruların kullanımı ile arıtım süreci başlamaktadır. Bu yöntemin, fiziksel olarak 50 µm'den büyük sucul organizmaların etkilediği belirtilmiştir. İkinci aşamada 4 bağımsız elektrolizer ünite kullanılmaktadır. Her biri dikey ve yatay olarak bağımsız şekilde düzenlenebilir. Yanıcı hidrojen gazı, gaz ayırıcı sistemler aracılığı ile dışarı çıkarılır. Balast suyunun tahliyesinde kalıntı oksidanların, n trolizasyon ünitesinden sodyumtiyosülfat enjekte edilmesi ile kontrol edildiği belirtilmiştir. Bu sistemde tıkanan ve temizleme güçlüğünden şikayet edilen filtreleme işlemi kullanılmamaktadır. [36]

- *Blue Ocean Shield (COSCO – China Ocean Shipping Company)* : COSCO tarafından geliştirilmiş ve dizayn edilmiş balast suyu arıtım sistemidir. Bu sistem, arıtım seviyesi şekline ve özel gerekliliklere bağlı olarak düzenlenmiştir. Bu yöntemde filtrasyon, UV ve eğer gerekli ise hidrosiklon kullanılmaktadır. Balast suyu girişi ve çıkışı arasında sistem tek hatta işlemektedir. Bazı mikroorganizmaların ortadan kaldırılması ve balast suyu ile yüklenen sedimentin azaltılması için UV arıtımından önce filtrasyon sistemi kullanılmaktadır. Filtreleme sistemi balast suyu tahliyesi sırasında otomatik olarak balast suyu pompaları aracılığı ile temizlenmektedir. Balast suyunda mevcut yaşayan organizmaların hasarı için yüksek verimli, düşük basınçlı UV lambaları kullanılmaktadır. Balast suyu girişinde ve tekrar çıkışında arıtılmaktadır. Balast suyunun alımı sırasındaki arıtım, tank içindeki sediman miktarının azalmasını ve yaşayan organizmaların balast suyu tanklarına girişini minimum olmasını sağlamaktadır. Balast suyunun çıkışında uygulanan arıtım sadece UV arıtımıdır. Bu balast suyu tankı içerisinde yeniden büyüme ihtimali olan potansiyel organizmaların mümkün olduğunca azalmasını sağlamaktadır. [36]
- *OxyClean (Desmi Ocean Guard)* : şirkete göre 3 arıtım sürecinden oluşmaktadır. İlk aşama, 64 m³/saatten, 3000 m³/saat'e kadar, büyük alglerin, zooplanktonların ve partiküllerin ortadan kaldırılması işlemidir. Filtrede otomatik geri yıkama sistemi mevcut bulunmaktadır. 30 µm por çapına sahip filtreler kullanılmak suretiyle basınç uygulama işlemi ile partiküller ortadan kaldırılmaktadır. Filtrasyon yöntemini, etkili bir yöntem olan dezenfeksiyon yöntemi takip etmektedir. UV aşamasında, kalan organizmaları

etkisizleştirmek için yüksek basınçlı UV lambalarında, yüksek dozda UV (kısa dalgalı UV) ışınımına maruz bırakılmaktadır. Tuzlu balast suyunda 100 m³/saat, tatlı balast suyunda 75 m³/saat arıtım yapılmasından şikayet edilmektedir. Üçüncü ve son arıtım aşaması olarak ozon kullanılmaktadır. Su venturi enjektörüne doğrudan gönderilir ve vakum bir boru yoluyla ozon üretilen UV ünitesi aracılığı ile suyun ana balast suyuna karışması için kuru basınçlı havayı enjektöre emer. Son olarak arıtılan su direkt olarak balast tanklarına gönderilir. Bu üç adım balast suyunun tahliyesi sırasında tekrarlanır. Söz konusu sistem tatlı, tuzlu ve yarı tuzlu suda IMO testlerinden geçmiştir. Sistem 75-3000 m³/saat arasındaki akış oranlarında Lloyd's Register tarafından onaylanmıştır. [36]

- *Eco-Guardian (Hanla IMS)* : Şirketin verdiği bilgilere göre sistem IMO D-2 standartlarına uyum sağlamaktadır. Sistemde dolaylı elektroliz yöntemi uygulanmaktadır. Filtre ünitesi, elektroliz ünitesi ve nötrolizasyon ünitesinden oluşmuştur. Yeni gemiler ve tadilat olacak gemiler için kolaylıkla kurulabileceği belirtilmiştir. Yöntemin; kolaylıkla işletilebilir sistem olması, düşük bakım maliyetlerine sahip olması, bulanık sularda etkili olması, tehlikeli kimyasalların saklanması gerekmemesi ve sedimentlerin dışarı atılması gibi avantajlara sahip olduğu belirtilmiştir. [36]

Yöntemler genel olarak değerlendirildiğinde UV sistemlerinin öncelikli arıtım yöntemi olarak tercih edildiği görülmektedir ve genel olarak balast suyu arıtımında tercih edilen filtrasyon yönteminin tercih edilmediği prosesler görülmektedir.

5.4 Balast Suyu Arıtım Sistemlerinin Finansı

Genel olarak tüm sistemler denenmiş olsa da arıtım maliyetlerinin fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Arıtım maliyetleri kullanılan teknolojilere göre değişkenlik göstermektedir. Lloyd's Register tarafından 2010'da yayınlanan "Balast Suyu Arıtım Teknolojiler Kılavuzu"nda belirtilen fiyatlar 2008 yılında yayınlanan fiyatlardan az [37] olarak belirtilse dahi balast suyu arıtım sistemlerinin zorunlu hale gelecek olması ile fiyatların gittikçe artış göstermesi tahmin edilmektedir.

- *Pompa kapasitesi* 200 m³/saat civarında → \$20.000-\$600.000,
- *Pompa kapasitesi* 2000 m³/saat çevresinde ise → \$2 milyon (yaklaşık) [37].

2016 yılı arıtım sistemleri zorunluluğunun yaklaşması ile 2015 yılına kadar pazar fiyatının daha fazla yükseleceği tahmin edilmektedir. Tüm toplam pazar potansiyeli eşit şekilde dağılmamıştır. Genel olarak piyasa bekleme aşamasındadır. Mevzuatın etkili olduğu alanlarda faaliyet gösterenler konu pazarda etkili olmaktadır.

Balast suyu sisteminin kurulması toplam masrafın yarısından fazla olabilir [38]. Arıtım sistemlerinin pazar analizlerinin çoğu toplam sistem masraflarını belirtmemektedir. Sadece ekipman masrafları ve tahmini olarak sistemin kurulması masraflarını vermektedir. Toplam masrafların içinde tadilat masrafları, tersane masrafları, mühendislik masrafları, sınıflandırmalar, sörvey masrafları, personelin iş gücü ve kurum içi masrafların yer alması gerekmektedir [38]. Anahtar teslim olarak sistemlerin kurulma anlaşmalarının yapılması armatörleri olası gecikmelerden, hesaplanmayan masraflardan koruyacaktır. Söz konusu sistemlerin kurulması için oluşacak masraflar her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle mümkün olan en kısa sürede onaylanmış, test edilmiş yöntemlerin armatörler tarafından uygulanması uygun olacaktır [38].

5.5 Balast Suyu Arıtım Sistemleri Kurulumunun Mevcut ve Beklenen Durumları

2016 yılında mevcut gemilerden balast kapasitesi 1500 m³'ten küçük ve 5000 m³'ten büyük gemilerde ve 2009-2011 yılı arasında inşa edilen 5000 m³'ten büyük gemilerde balast suyu sistemlerinin kurulmasının başlanması beklenmektedir. 2016 yılı itibariyle mevcut gemilerin sistem kurulumlarının Çizelge 5.6'da görüldüğü gibi ciddi şekilde artış göstermesi tahmin edilmektedir [39].

Çizelge 5.6 : Arıtım sistemlerinin kurulmasının yıllara göre mevcut ve beklenen gemi adetleri [39]

	2012	2013	2016	2018
Yeni İnşa (<5000 m ³)	~2000	~2000	~2000	~2000
Yeni İnşa (>5000 m ³)	~2000	~2000	~2000	~2000
Mevcut Gemi (1500-5000 m ³ arası)	(-)	(-)	~2500	(-)
Mevcut Gemi (<1500, >5000 m ³)	(-)	(-)	(-)	~9000
2009-2011 arası inşa (>5000 m ³)	(-)	(-)	(-)	~2000

6. BALAST SUYUNUN DEĞİŞİMİ

Denizlerde en az 200m. derinlikte ve kıyıdan en az 200 deniz mili uzaklıkta okyanus sularının balast suyu olarak değişimi yöntemidir. Balast suyunun bu değişimi yöntemi sucul istilacı türlerin kontrol edilmesinde kullanılmaktadır. IMO gerekliliklerine uygun olarak yürütülen değişim yöntemleri, etkilerin %80-95'e kadar azaltılmasında etkili bir yöntem olarak varsayılmaktadır [1].

Balast suyunun oluşturabileceği zararları minimize etmek için kullanılan değişim metodu sıralı, akış ve seyreltme yöntemi olarak üç ana başlık altında toplanmaktadır [40]. Akış ve seyreltme yöntemleri aynı zamanda pompa yöntemi olarak da isimlendirilmektedir [41]. Balast suyu yönetim planına uygun olarak balast suyu değişiminin yapılması için; %95 hacim olarak balast suyu değişiminin yapılması gerekmektedir. Sıralı akış yöntemi ve seyreltme yöntemleri ile bunu başarabilmek için balast suyu tank hacimlerinin 3 katı kadar su pompalanmalı, eğer hacminin 3 katından daha az pompalama yapılması durumunda %95 değişim sağlanamayacağı için balast suyu yönetim planının yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir [41].

Balast suyunun değişimi sırasında kıyıda yer alan sucul organizmaların taşınmasını engellemek için D-1 standartları mevcut bulunmaktadır. Bu standartlarda gemi personeli ve/veya yolcuların güvenliği ve geminin stabilitesi düşünülerek hava şartları ve ekipman arızası gibi olağanüstü durumlarda kaptanın balast suyu değişimine karar verebilmesi yer almaktadır.

Her bir süreç için uygulanacak yöntem farklılık gösterecektir. Bundan ötürü her bir yöntemin farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Geminin yükleme koşulları göz önüne alındığında geliştirilecek ve hesaplanacak balast suyu değişim yöntemleri farklılık göstermektedir.

Tüm belirtilen balast suyu değişim yöntemlerinin, gemi balast suyu kapasitesi ve inşaat yıllarına bağlı olarak 2014 veya 2016 yılı sonuna kadar değiştirilerek balast suyu arıtım sistemlerine veya alternatif yönetim metotlarına sahip olması gerekmektedir.

Balast suyu değişimi konusunda bilgi edinebilmek için değişim yöntemleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

6.1 Sıralı Yöntem

Sıralı metot gemi sahipleri ve dizayn yapan firmalar tarafından en çok tercih edilen ve etkili olan yöntemdir [40]. 2004 yılında mevcut gemilerin %75’inde sıralı metot yöntemi kullanılmıştır [40].

Bu yöntemde balast suyunu taşıyacak olan tank öncelikli olarak tamamen boşaltıldıktan sonra en azından %95 hacimsel değişimi sağlamak için balast suyunun yenisi ile yeniden doldurulmaktadır. Bu yöntem, kıyı suyu bulunan balast tanklarının açık denizlerde boşaltılarak tankların yeniden doldurulmasını gerektirmektedir. Boş tanklar ile n draft azalırken arka tarafta draftın yükselme olasılığı bulunmaktadır ve bu durum yüksek çamur oluşumuna, geminin yapısal stresine ve dengenin azalmasına yol açabilmektedir.

Sıralı metodu akış yöntemi ve seyreltme yöntemden ayıran en önemli özellikler aşağıdaki gibidir [40].

- Bölgeye özgü olmayan türler ile yüklenen balast tankları tamamen boşaltılabilir ve denizsuyla ile yeniden doldurulur. Değişim oranı %95-98’e yaklaşmaktadır ve diğer iki yöntemden daha fazla etkin olmaktadır.
- Değişimin tamamlanması için seyreltme ve akış yöntemlerinin ihtiyaı olan zamanın dörtte biri ya da üçte biri kadar zamana ihtiyaı bulunmaktadır. Bu yöntem denizdeki zaman ile birlikte yakıt tüketimini azaltarak operasyon masraflarını korumaktadır.
- Diğer iki yöntem için fazladan boru ve pompalama sistemleri gerekirken sıralı yöntem için fazladan gemi ekipmanına ihtiyaç bulunmamaktadır.

Sıralı metodu diğer metodlardan ayıran en önemli dezavantaj, düzenli olarak planlanmamasıdır. Tüm değişim süresi boyunca, bazı gemilerin performanslarında (denge, baş ve kı draftları, köprü üstü görünüşü, boyuna mukavemeti) nemli değişiklikler meydana gelebilmektedir ve güvenliği tehlikeye düşürebilmektedir [40].

Sıralı balast suyu değişim problemleri 1997 yılında başlamıştır ve IMO tek cidarlı dökme yük taşıyıcıları için denizde sıralı metot tehlikelerini tanımlanmıştır. Bunlar

yetersiz balast sistemi dizaynı, yetersiz balast suyu yönetim planı, balast suyu yönetim planının yanlış kullanımı ve balast suyunun yönetimi sırasında elverişsiz katı maddde dağıtımı olarak tanımlanabilir. Bu problemler çoklu birleşimden oluşan problemler olmakla birlikte bunlara balast tankları da eklenebilmektedir. [40]

Seçilen balast suyu yöntemi için her zaman gemi üzerinde yol gösterici nitelikli bir kılavuz olması gerekmektedir ve bu kılavuzda belirtilmesi gereken sınırlamaların tüm açık deniz koşullarında uygulanabilir olması gerekmektedir. [40]

Sıralı balast suyu değişim yönteminin değerlendirilmesi için güvenlik değerlendirmeleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır [40];

- Tüm yükleme koşullarında balast suyu değişimi için sağlanması gereken bütün denge,
- Yüksek kiriş kuvveti,
- Burulma dayanımı,
- Pervanenin batması,
- Köprü görüş uzaklığı,
- Minimum ön draft,
- Ön ve arka taraf vurma yükleme,
- Tanklara çamur yüklenmesi,
- Tekne vibrasyon ve rezonansın dalga uyarması,
- Deniz ve hava koşulları ve değişebilirliği ve,
- Balast suyu değişimi için tamamlanması gereken zaman ihtiyacı.

Bunlar ile birlikte tank ve gemi ambarlarının basıncı altında ve üzerinde olması, serbest yüzey etkisi ve arka draft balast suyu değişiminin seçilmesi de değerlendirme kriterleri arasında yer almaktadır [41].

Çamura bulunma sıralı yöntemin kaçınılmaz bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Balast suyu değişiminin yapıldığı kısıtlı deniz alanlarında kabul

edilebilir limitler içerisinde bu durum kontrol edilebilir [41]. Çamura bulanma durumunun kontrolü durumu, tüm gemiler için çift yan taraf veya çift dip tank durumunda, dökme yük taşıyıcıları için fazla balast koşullarında üst yan tanklar, merkezde yer alan merkezde yıkanma bölmesi veya merkezde halka yapı ile teçhizatlandırılmış gemi dip tankları, enine halka yapıları ile donatılmış tek cidarlı petrol tankerlerinin balast tankları gibi geniş iç yapının sağlandığı durumlarda muaf tutulabilir [41].

Dökme yük taşıyıcıları için meydana gelebilecek rezonans nedeniyle balast tanklarının kısmi olarak dolumundan kaçınılması gerekmektedir [41]. Balast suyu değişimi sırasında meydana gelen bu durum balast suyu yönetimi planı çerçevesinde tespit edilebilmektedir.

Literatürde sıralı yöntem için çözüm stratejisi bulunmaktadır. Bu bulgusal çözüm stratejisi “Simetrik tek tank yardım stratejisi” (SOTAS-Symmetrical one-tank-assist strategy) olarak isimlendirilmektedir [40]. Bu yöntemin değişim sürecinde gemi performansını ve geminin katı kütle dağıtımını geliştirebilmek için ön değişim durumunda dikkatli seçilmiş balast suyu tanklarının eşleştirilmesi ile balast su hacminin ayarlanması gerekmektedir. Ayarlama yapılacak ilk tank, tam veya parsiyel yüklenebilir veya boş olabilir veya fazla balast koşullarında balast suyunu taşımak için yük tutulması olarak dizayn edilebilir. Tank tam olarak balast suyu ile yüklü ise, parsiyel veya tam yükleme ile yeniden doldurulabilir veya tam tersi işlem uygulanabilir. Ayarlama süreci diğer balast tanklarının değişiminden önce tamamlanması gerekmektedir. Bu düzenlemenin anahtar stratejisi, ön-değişim koşulunu mükemmel yapmak için ne kadar hacmin geminin kütle dağılımında kullanılacağına ayarlanması ve balast suyu tankının seçilmesine karar verilmesidir. Bu stratejiyi uygulayabilmek için tek bir ön koşul bulunmaktadır. O da ilk tankın ayarlanmasıdır. Herhangi bir güvenlik kriterine uymama sonucunda tank seviyesinin hacmi ayarlanamayacaktır. [40] Yapılan çalışma sonucunda insan tecrübe metodu ve varolan optimizasyon metodunun kullanımı ile yöntem uygulanabilir ve etkili olarak test edilmiştir ve çözüm stratejinin diğer çözümlere örnek olması bakımından esnek olduğu belirtilmiştir [40]. Fakat D-1 standardının geçerliliğinin ayrıca göz önüne alınması gerekmektedir.

6.2 Sürekli Akış Yöntemi

Dolu balast tankının içine balast suyu pompalama işlemi olarak tanımlanmaktadır. Tank hacminin en az 3 katı pompalama özelliği olması gerekmektedir. Balast suyu taşınması için balast tanklarına yedek balast suyu pompalanmaktadır. Bu yöntemde suyun taşınması ve bunun gibi durumlara izin verilmektedir [41]. Suda yaşayan organizmaların ortadan kaldırılması ile %95 etkinliği elde etmek için balast suyu tank kapasitesinin yaklaşık olarak üç katına eşit olacak şekilde pompalama işleminin yapılması uygun görülmektedir.

Akış yöntemi genel anlamda geminin dengesini, gövde kiriş stresini ve gemi tutumunu değiştirmemektedir [41]. Bu sebepten dolayı sıralı yöntemde karşımıza çıkan draft problemleri ile birlikte moment limitleri ortadan kalkmaktadır. Fakat bu yöntem tüm tanklar için uygulanabilir olmamaktadır.

Akış yönteminin gemilerde kullanılabilmesi için bazı değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmeler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [41].

- Güvenli pompalama süreci balast suyunun girişi ve çıkışı sırasında sağlanması gerekmektedir.
- Taşma meydana getirecek düzenler, pompa ekipmanına veya balast tankına aşırı basınç sağlayarak yapısal olarak hasar meydana getirebilmektedir. Su kütlesi tank içerisinde meydana gelen hızlı hacim değişimi ile yüksek basınç ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı tahliye öncesi boruların açık ve uygun olması gerekmektedir.
- Balast suyu değişimi yönteminin planı doğrultusunda hazırlanan tablolara pompalar, hacimler ve her bir tankın değişim zamanlarını ayrı ayrı göstermesi gerekmektedir. Bununla birlikte tanklardan tahliye edilen suyun tanımlanması gerekmektedir. Bu şekilde yöntemin takibi sağlanabilecektir.
- Balast suyu yönetim planlarında her türlü durumda oluşabilecek uyarı prosedürlerin tanımlamalarının yapılması gerekmektedir. Gemilerin mürettebatı tarafından sondaj, havalandırma boruları ve balast suyunun değişimi için gerekli cihazların incelenmesi gerekmektedir.

- İnsan hayatı ve geminin güvenliğini tehdit eden olumsuz hava, dizayn sınırlamaları, ekipman hataları, güç kaybı veya olağanüstü koşullardan dolayı meydana gelebilecek durumlar balast suyu değişim koşul ve şartlarında farklı bir kategoride yer alması gerekmektedir.
- Güvertede meydana gelecek su akışı tavsiye edilmemektedir.
- Güvertede meydana gelecek su taşmaları ve soğuk hava koşullarında donma problemleri ile ilgili olarak prosedürlerde gerekli uyarıların tanımlamalarının yapılması gerekmektedir.
- Akış yönteminde giriş ve çıkış boruları birbirinden uzakta inşa edilmesi gerekmektedir. Arka ve ön pik tanklarının karmaşık durumlarını geliştirebilmek için ek borular temin edilmesi gerekmektedir. Akışın sağlıklı olarak ilerleyebilmesi için tahliye boruları emme borularından daha büyük çapa sahip olması gerekmektedir.

6.3 Seyreltme Yöntemi

Bir tanktan balast suyu girişi olurken diğer tanktan aynı oranda balast suyu tahliye edilmektedir. En üstteki balast tankı balast suyu ile doldurulur ve eş zamanlı olarak taşınan balast suyu alt taraftan tahliye edilmektedir. Aynı akış oranında ve balast suyu değişim sürecinde tank sabit seviyede korunmaktadır. Bu yöntemin sıralı yöntem ile aynı performansa sahip olması gerekmektedir.

Seyreltme yöntemi sıralı yöntemle göre bazı avantajlara sahiptir [41]. Balast suyu tahliyesi balast tankının alt tarafından gerçekleştirildiği için sediment daha kolay şekilde ortadan kaldırılmaktadır. Güverte üzerinden tahliyenin yapılması için fazla kullanılacak ekipmandan kaçınılmaktadır [41]. Söz konusu yöntemde [41];

- Sabit seviyede bulunan tanklar için balast suyu seviyesini otomatik olarak sürdürebilmek için düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.
- Balast suyu değişimi sırasında geminin operasyonel etkinliği için tank ve ambarlarda sabit seviyenin korunması, yüksek ve düşük su seviye alarmları ile sağlanması gerekmektedir.
- Valf arızası veya hatalı kontrol durumlarında balast pompasının herhangi bir operasyonu için manuel acil durdurma hükümlerinin düzenlemelere dahil edilmesi gerekmektedir.

7. BALAST SUYUNUN YÖNETİLMESİNDE ALTERNATİF YÖNTEMLER

Balast suyunun arıtımının dışında alternatif yöntemler kullanılarak ekosisteme zararı önlenabilir ya da azaltılabilir. Balast suyu arıtımı balast suyu risklerinin azaltılması için tek çıkış yolu olarak görünse de, teoride standart olarak balast suyunun arıtımı balast suyu değişimi yöntemlerinin geliştirilmesi, liman alım tesislerine balast suyunun alınması gibi yöntemlerin ölçütleri ile birlikte değerlendirilebilir [42].

Balast suyunun zararlı etkilerini önleyebilmek için yukarıda bahsedildiği gibi bazı stratejiler [7] mevcut bulunmaktadır. İlk madde olarak, balast suyu alınırken organizmaların balast tankına girişinin minimize edilmesi ve bunun için türbülansın mevcut olduğu bulanık alanlarda, pervanenin karıştırdığı sediment alanlarında ve canlıların yüzeye çıktığı gece zamanında balast suyunun alınmasından kaçınılması gerektiği verilebilir. İkinci madde olarak, rutin olarak balast tanklarının temizlenmesi ve atık alım tesislerine iletilmesi ile önemli bir yaşam alanı olan balast sedimentinin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Üçüncü olarak, geminin yükleme ve boşaltma operasyonları iyi şekilde hesaplanarak balast suyunun gereksiz olarak tahliyesinden kaçınılması gerekmektedir. Dördüncü olarak, IMO D-1 standartlarında yer alan balast suyu değişimi yöntemi ile kıyı alanlarından uzakta balast suyunun değişimi yöntemi bulunmaktadır. Fakat bu yöntem mevcut ‘Balast Suyu Yönetimi’ sözleşmesi ile geri çekilecektir. Beşinci olarak, mevcut olarak kullanılmakta olan balast suyunun gemi üzerinde arıtım işlemi mekanik, fiziksel, kimyasal ve bunların kombinasyon işlemleri ile sürdürülmektedir. Altıncı olarak balast suyunun liman alım tesislerine alınması işlemidir. Son olarak balast suyunun kullanılmaması veya daha az kullanılması için geliştirilen yöntemler olarak sayılabilmektedir. Bu yöntemlerden en bilinen yöntem balast suyunun liman tesislerine alınmasıdır.

7.1 Liman Balast Suyu Alım Tesisleri

Balast suyunun arıtım tesisi mevcut bulunmayan gemilerde değişim yöntemi hariç olarak tahliyesini gerçekleştirebilmesi için alternatif yöntem olarak liman alım tesislerine alınabilir. Fakat bunun için bazı değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün yayınladığı balast suyu alım tesislerinin özellikleri ile ilgili bir kılavuz bulunmaktadır. Bu kılavuz, alım tesisleri, tesis özellikleri ve genel gereklilikleri, balast suyunun arıtımı ve depolama için gereklilikleri ve bunun için gerekli eğitim bilgilendirmelerini içermektedir.

Balast suyunun karakteristiği göz önüne alındığında zararlı sucul organizmaların ve patojenlerin, çevresindeki kaynakları ve insan sağlığını riske etmemesi gerekmektedir. Alım tesislerine gemiden balast suyu tahliyesinin yapılabilmesi için borular, manifoldlar, redüksiyonlar, ekipman ve diğer kaynakların sağlanması gerekmektedir [43]. Bununla birlikte, demirleyen gemiler içinde gerekli ekipmanın sağlanması gerekmektedir. Çevresel olarak balast suyunun güvenli olarak depolanabilmesi için tesinin yeri ve uygunluğu ile ilgili bilgilerin tüm ilgililere rapor olarak iletilmesi gerekmektedir [43].

7.1.1 Liman balast suyu alım tesislerinin kurulması

Liman balast suyu alım tesislerinin kurulması veya düzenlenmesi için bir plan doğrultusunda hareket etmek gerekmektedir. Bu nedenle bu plan çerçevesinde söz konusu tesisler için birçok faktörün değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz[43];

- Aşağıdaki maddeler ile ilişik olarak tesisin etkilenebileceği bölgesel, ulusal ve yerel yasalar,
- Alan seçimi,
- Tesis kullanacak olan gemi tip ve türleri,
- Gemi kombinasyonları,
- Demirleme gereklilikleri,
- Balast suyunun elleçlenmesi,
- Balast suyunun testi, analizi ve örnekleme,
- Balast suyunun durumu ve istifi,
- Çevresel çıkarlar ve masraflar,

- Lokal limanlar için uygun alanların yakınlığı,
- Tesisin operasyon ve altyapısında çevre üzerindeki etkisi,
- Tesis personeli eğitimi,
- İnsan sağlığı,
- Güvenlik,
- Bakım,
- Operasyonel sınırlar,
- Suyolu girişi, yaklaşımlar ve trafik yönetimi,
- Kabul edilebilecek balast suyu miktarı.

Balast suyu arıtımı işlemi ekolojik çevre, insan sağlığı ve doğal kaynaklar için herhangi bir risk meydana getirmemesi gerekmektedir.

Balast suyunun sucul çevreye tahliye edileceği alanlarda D-2 performans standardının sağlanması gerekmektedir. Alternatif olarak balast suyunun başka bir alanda depolanması standartlar çevresinde kabul edilebilmektedir [43].

7.1.2 Liman balast suyu alım tesislerinin işletilmesi

Liman alım tesislerine alınan balast suyunun uygun alanlara deşarj edilebilmesi için arıtım işlemine tabi olması gerekmektedir. Bunun için mevcut arıtım tesisleri değerlendirilebilir ya da balast suyunun karakteristiği göz önüne alınarak yeni bir tesis kurulması düşünülebilir. Bu doğrultuda bazı ölçütlerin ve arıtım yeteneklerinin ele alınması gerekmektedir. Tesis kullanabilecek olan gemilere arıtım tesislerinin kapasite limitleri ve yeteneklerinin detaylarının sağlanması gerektiği IMO kılavuzunda vurgulanmıştır. Gemilere sağlanması gereken detaylar [43];

- Balast suyunun maksimum hacim olarak kapasitesi,
- Herhangi bir zamanda elleçlenebilecek balast suyu hacmi,
- Balast suyunun maksimum transfer oranları (saat başına m³),
- Operasyon saati,
- Tesis girişine uygun limanlar, iskeleler ve alanlar,
- Gemiden kıyıya, kıyıda gemiye boru ilişkisi detayları (boru ölçüleri ve redüktör uygunluğu),
- Gemi veya kıyı personelinin bağlama ve sökme boruları görevlerinin gereksinimi,

- Tesis için iletişim detayları,
- Bildirilen periyot dahil tesisin kullanımının nasıl talep edileceği ve gemiden talep edilen bilgilerin ne olacağı ve
- Oluşacak tüm masraflar olarak sıralanmaktadır.

Balast suyunun kıyı tesisine kabulü, arıtılması, saklanması, yönetimi ve kontaminasyondan kaçınmak için kıyıda istif tanklarının temizlenmesi ve balast suyunu alacak mavnaya ve geminin uyumluluğu kıyıda balast suyu alımı için önemli aşamalar olmaktadır. Ek olarak, liman alım tesislerine kabul edilecek olan sediment diğer önemli bir aşamayı oluşturmaktadır.

Tesis gemiden kıyıya iletişimde Petrol Şirketleri Uluslararası Denizcilik Forumu (Oil Companies International Marine Forum-OCIMF) gibi kayıtlı standartlar ile uyum sağlaması gerekmektedir. Bunlar gemiden balast transferinde iletişim metotları ile ilgilidir [43].

7.1.3 Liman balast suyu alım tesislerinin ekonomik ve lojistik olarak uygulanabilirliği ile ilgili örnek çalışma

Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenliği tarafından 2012 yılında yürürlüğe giren balast suyu kurallarına göre; balast suyunu yasal olarak tahliye edebilmek için gemiler ABD Sahil Güvenlik Teşkilatı tarafından sertifikalandırılmış balast suyu sistemine sahip olmalıdır veya geçici olarak onaylı kuruluşlar tarafından sistem sertifikaları onaylanmış olması gerekmektedir. Bu arıtım sistemine sahip olmayan gemiler için limanda balast suyu alım tesisine kıyıda direkt olarak veya mavnaya ile balast suyunun alınması olasılığı bulunmaktadır.

Balast suyunun her ne kadar gemide arıtılması işlemi uygulanabilir olarak görünse de balast suyunun ekonomik ve lojistik olarak uygunluğundan dolayı liman tesislerine alınması işlemi daha yaygın bir görüştür [4].

Baltimore limanında yapılan çalışmada; gemilerin sahip olmadığı arıtım sistemleri ile balast suyunun mavnaya ile liman alım tesislerine alınmasının ekonomik ve lojistik olarak fizibilitesi araştırılmıştır.

Liman balast suyu alım işleminde armatör tarafında oluşabilecek en önemli iki adet zorunluluk bulunmaktadır. Birincisi, armatörler için bunun masrafı, ikincisi ise gemi sefer süresinde meydana gelebilecek sapmalardır [4].

Söz konusu çalışmada 2011 yılı içerisinde 28 adet denizaşırı gemi ve 189 adet kabotaj gemisi balast suyunu tahliye edebilmek için yanaştığı ve bu gemiler 20 farklı terminalden varış yapmaları nedeniyle çok geniş bir dağıtım ağına sahip olduğu belirtilmiştir[4]. Bu gemilerin en azından %20'sinin (50-60 gemi) gemi üzerinde balast suyu arıtım sisteminin olmadığı varsayılmıştır. Bu gemilerin balast suyu arıtımı için yapmaları gereken yatırım yaklaşık olarak yıllık 1 milyon dolar olarak hesaplanmış ve bu masraf kabul tesisleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak gemi başına 20.000\$ servis masrafı olmaktadır [4].

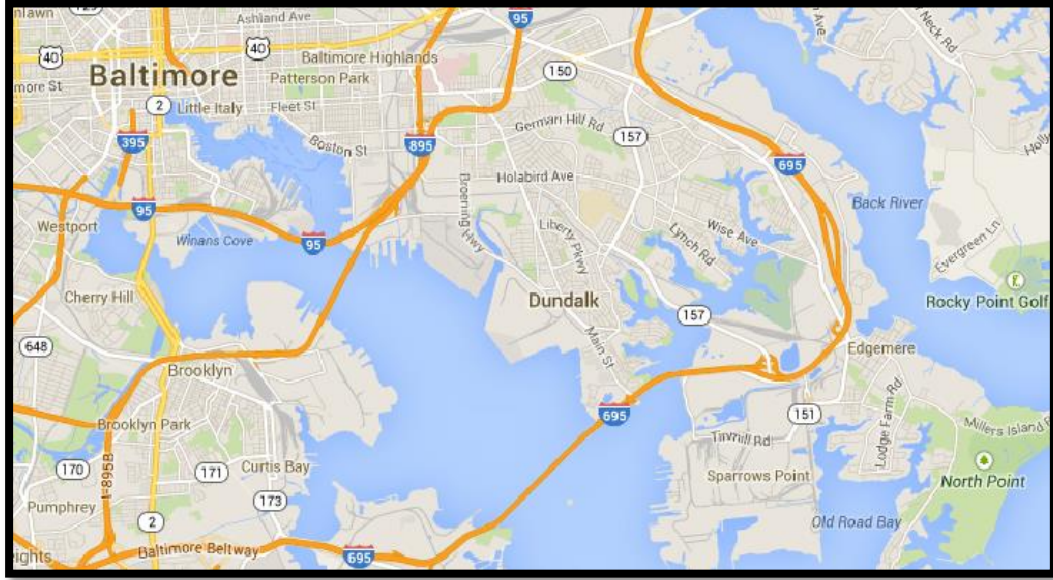
Liman balast suyu alım tesisleri her ne kadar uygulanabilir olarak görünse de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Liman balast suyu kabul tesislerinin negatif yönleri;

- Tüm gemilerden atık alınabilmesinin getireceği zorluklar bulunmaktadır. Atık alınabilmesi mümkün olduğu durumda gemi üzerinde balast suyu arıtımı yapılması ile yaklaşık olarak aynı masrafa denk gelmesi,
- Gemilerin tüm gideceği limanlarda atık alım tesisi mevcut bulunmayabilir. Bu durumda gemi üzerinde arıtım sistemi bulundurulması zorunluluğunun bulunması,
- Limanda bulunan tesisin yetersiz kalması durumunda meydana gelebilecek ceza ve yaptırımlarının bulunması ve
- Alım tesislerinden dolayı meydana gelebilecek potansiyel gecikmeler ve gemi sefer süresinde meydana gelebilecek kayıplar olarak sıralanmaktadır [4].

Bunlar ile birlikte liman tarafında yaşanabilecek en önemli dezavantajlardan biri limanlarda mevcut olması gereken uygun alanlardır. Baltimore limanı bunun için uygun olsa dahi diğer limanlar için bu durum güç olacaktır [4].

Türkiye özelinde liman uygunluğu için bu karşılaştırmayı yapmak istersek Baltimore limanı Şekil 7.1'de görüldüğü gibi 2 km. ölçekli olarak verilmiştir. Limanda birçok terminal ve terminal operasyonları için uygun alanlar bulunmaktadır. Her ne kadar elleçlenen yük hacimleri Baltimore limanından farklılık gösterse de, Ambarlı limanı

göz önüne alındığında, Şekil 7.2’de 200 m. ölçekli tabloda görüldüğü gibi daha dar bir alanda Türkiye’nin en önemli limanlarından biri olarak operasyon yapılmaktadır. İstanbul gibi bir hinterlanda sahip olsa da alan yetersizliği yaşanması sebebiyle güçlükler yaşanmaktadır. Bölgede limanların operasyon verimliliğini artırmak için yatırımlar yapılmaktadır. Hali hazırda talebi karşılamayan bir bölge için fazladan yer ihtiyacı için yatırımlar yapılması gerekebilir.



Şekil 7.1 : Baltimore limanı [44]



Şekil 7.2 : Ambarlı limanı [45]

Bu karşılaştırma ile liman tesislerinde alan yeterliliğinin önemli bir ölçüt olduğu ortaya çıkmaktadır.

Düzenli hat seferi yapan gemilerde, sadece balastın tahliyesi yapılan lokasyonlarda ve küçük balast hacimlerine sahip olan gemilerde, balast suyu arıtım sistemlerinden ziyade balast suyu kabul tesislerinin kullanılması maliyet olarak daha avantajlı olacağı belirtilmiştir [4].

Balast suyunun limanda arıtılması opsiyon olarak düşünülebilir. Fakat yapılan Baltimore çalışmasında bu gemi trafiği açısından [4] kabul edilse dahi her liman için aynı sonuç geçerli olmayacaktır. Pompa ve boru sistemleri uyumlulukları gibi katlanılması gereken masraflar meydana gelecektir [4]. Balast suyunun arıtılması için yeterli depolama alanının sağlanması sadece teknik olarak uygun görünmektedir. Balast suyunun liman kabul tesislerine alınması sırasında meydana gelebilecek olası masrafların artışı ve yaşanabilecek gecikmeler armatörlerin endişeleri arasında yer almaktadır [4]. Limanlarda yaşanabilecek bu olası masraflar yükleyicilere yansıtılacağından dolayı navlunlarda artışlar meydana gelecektir. Bu da küresel ticarete kayıplar meydana getirebilir. Gemi sahiplerinin katlanması gereken diğer çevresel zorunluluklar, yakıt masraflarının her geçen gün artması ve ekonomide meydana gelebilecek olası yavaşlamaların taşımacılık faaliyetlerini bir hayli güç durumda bırakması öngörülmektedir [4].

Amerika özelinde mevcut olan kurallar sebebiyle alım tesislerinin kurulması armatörler için avantaj olacaktır. Çünkü bu sistemlerin mevcut bulunmadığı ve deşarj standartları karşılanamadığı durumlarda uygulanabilecek cezalar armatörlerin karşısına daha güç bir durum olarak ortaya çıkacaktır.

7.1.4 Türkiye limanlarında alım tesisleri

Balast suyu raporlama verilerine göre 2002 yılından 2006 yılına kadar Türkiye sularına 70.779.320 ton balast tahliye edilmiştir [46]. Bu tahliyelerden gemilerin yoğun olarak geldiği bölge %54,23 ile Akdeniz bölgesidir, bunu takiben %26,58 ile Karadeniz, %5,65 ile Kuzey Doğu Atlantik ve %3,2 ile Kuzey Batı Atlantik gelmektedir [46]. En yoğun gemi gelişi ve balast suyu tahliyesinin olduğu Akdeniz'den 38.383.265 ton balast suyu tahliye edilmiştir [46].

Günümüzde Türkiye sularında ortalama 23 milyon ton balast suyu tahliye edilmektedir [47]. Türkiye sularına 2013 yılında uğrak yapan yabancı bayraklı toplam 72.590 gemi bulunmaktadır [48]. Bu gemilerin gelişlerinin yaklaşık olarak %30'unu İzmit (6340 adet gemi), İskenderun-Mersin (5497 adet gemi), İzmir (5069 adet gemi) ve İstanbul (5040 adet gemi) alanları oluşturmaktadır [48] ve balast suyu tahliyesi en fazla bu alanlarda olmaktadır. Balast suyunun taşınması ile 66 farklı istilacı tür Türkiye kıyılarına taşınmıştır ve bunlardan 19 tanesi tehlikeli canlılar sınıfında yer almaktadır [47].

Türkiye'de bulunan limanlarda mevcut atık alım tesisleri göz önüne alınırsa balast suyu alım tesisi zorlu bir süreç olabilir. Gemilerden alınan atıklar atık alım tesislerinde biriktirilerek, kendi bünyesinde arıtılmaktadır veya uygun arıtım tesislerine yönlendirilmektedir. Fakat balast suyunun arıtım karakteristiği ve mevcut arıtım sistemlerini göz önüne aldığımızda mevcut arıtım sistemlerine ilaveler gerekebilir. Bununla birlikte balast suyunun istifi, güvenliği ve trafik yönetimi gibi değerlendirmelerin göz önüne alınması gerekmektedir. Bu nedenle süreç Türkiye özelinde zorlayıcı olabilir.

Türkiye'de 7 adet Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'na ait liman, 17 adet Türkiye Denizcilik İşletmeleri'ne ait liman, 2 adet Tüpraş terminali ve 20 tanede diğer yerel idareler tarafından yönetilen limanlar bulunmaktadır [2]. Ayrıca, yerel belediyeler tarafından yönetilen 50 adet küçük liman, özel sektöre bağlı olan 53 adet liman, Turizm Bakanlığı'na bağlı 13 adet yat limanı ve 128 adet balıkçı limanı bulunmaktadır [2]. Türkiye'de 177 liman için MARPOL 73/78 çerçevesinde gemi kaynaklı yağ, atık su ve çöplerini almak için alım tesisleri bulunmaktadır [2]. Belirli limanlarda ise zehirli atıkların alınması için izin bulunmaktadır. Liman atık alım hizmeti veren mevcut limanlardan bazıları Çizelge 7.1'de verilmektedir. Bu tesislerden Tüpraş, Petkim ve Haydarpaşa gibi bazı tesislerde kendi bünyesinde arıtım gerçekleştirilmektedir. Liman alım tesislerine alınacak ek bir atık; yer tahsisi, atık alımı için gerekli ekipmanlar, personel ihtiyacı gibi ek maliyetleri meydana getirecektir.

Balast suyunun kıyı tesislerinde alınması işleminde ortaya çıkabilecek en önemli zorluklar sistem gereklilikleri ve masrafı, yer uygunluğu, yasal uyumluluklar ve operasyon güçlükleri olarak sıralanabilmektedir.

Çizelge 7.1 : Gemilerden atık alınması konusunda limanların durumu [49]

Liman Adı	Liman Yeri	İzinli Olarak Alabileceği Atıklar
Tüpraş	İzmit	MARPOL Ek – I*, IV*, V*.
Petkim	İzmir	MARPOL Ek – I, IV, V.
ERDEMİR	Zonguldak	MARPOL Ek – I, IV, V.
BOTAŞ	Adana	MARPOL Ek – I, IV, V.
TCDD Haydarpaşa	İstanbul	MARPOL Ek – I, II*, V.
SOLVENTAŞ	İzmit	MARPOL Ek – I (sadece slop), II, IV, V.
EVYAP	İzmit	MARPOL Ek – I, IV, V.
Trabzon Limanı	Trabzon	MARPOL Ek – I, IV, V.
POLİPORT	İzmit	MARPOL Ek – I, II, IV, V.
Taşucu Limanı	Mersin	MARPOL Ek – I, IV, V.
Gübretaş	İzmit	MARPOL Ek – I, IV, V.
Bandırma	Balıkesir	MARPOL Ek – I, IV, V.
Mersin Limanı	Mersin	MARPOL Ek – I, IV, V.
İskenderun-Limak	Hatay	MARPOL Ek – I, IV, V.
Samsun	Samsun	MARPOL Ek – I, IV, V.
Ulusoy Çeşme Limanı	İzmir	MARPOL Ek – I, IV, V.
GEMPORT	Bursa	MARPOL Ek – I, IV, V.
Borusan	Bursa	MARPOL Ek – I, IV, V.
TCDD İzmir	İzmir	MARPOL Ek – I, IV, V.
İÇDAŞ	Çanakkale	MARPOL Ek – I, IV, V.
Petrol Ofisi Aliğa	İzmir	MARPOL Ek – I, IV, V.
Antalya Limanı	Antalya	MARPOL Ek – I, IV, V.
TCDD Derince	İzmit	MARPOL Ek – I (slop kirli balast hariç), IV, V.
Martaş	Tekirdağ	MARPOL Ek – I, IV, V.
Giresun Limanı	Giresun	MARPOL Ek – I, IV, V.
Ordu Limanı	Ordu	MARPOL Ek – I, IV, V.
Yılport	Kocaeli	MARPOL Ek – I, IV, V.
Rize Limanı	Rize	MARPOL Ek – I, IV, V.
AKPORT Tekirdağ	Tekirdağ	MARPOL Ek – I, IV, V.
RODAPORT	Bursa	MARPOL Ek – I, IV, V.
İDÇ Limanı	İzmir	MARPOL Ek – I, IV, V.
Aşçimport	Antalya	MARPOL Ek – I, IV, V.
Alidaş Alanya Limanı	Antalya	MARPOL Ek – I, IV, V.
Opet	Tekirdağ	MARPOL Ek – I, IV, V.
İnebolu Limanı	Kastamonu	MARPOL Ek – I, IV, V.
Bartın Limanı	Bartın	MARPOL Ek – I, IV, V.
Yeşilyurt Demir Çelik	Samsun	MARPOL Ek – I, IV, V.

*Ek-I : Petrolden oluşan kirlenmenin önlenmesi için kurallar

*Ek-II : Dökme zehirli sıvı maddelerden oluşan kirlenmenin kontrolü için kurallar

*Ek-IV : Gemi pis sularından oluşan kirlenmenin kontrolü için kurallar

*Ek-V : Gemilerden atılan çöplerden kirlenmenin önlenmesi için kurallar

7.1.4.1 Liman alım tesisleri değerlendirmesi - Borusan Limanı örneği

Limanlarda mevcut atık alım tesislerinin durumu göz önüne alındığında, balast suyu alım tesisleri zorlu bir süreç olacaktır. Bunu somut olarak değerlendirebilmek için Gemlik Liman Başkanlığı'na bağlı Borusan Limanı incelenmiştir.

2010 yılında yayınlanan balast suyu değerlendirme raporuna göre, 2002-2006 yılları arasında Gemlik Liman Başkanlığı'na bağlı limanlara 2.247.550 ton balast suyu tahliyesi meydana gelmiştir [46].

Çizelge 7.2 : Gemlik Liman Başkanlığı'nda elleçlenen yük miktarının yıllar içindeki artışı [48]

Gemlik Liman Başkanlığı'nda elleçlenen yük miktarı (ton)	
2002	5.848.128
2003	6.222.961
2004	8.441.775
2005	7.717.878
2006	8.183.890
2007	8.906.358
2008	9.396.516
2009	8.772.408
2010	11.764.456
2011	14.726.067
2012	13.712.317
2013	12.465.179

Çizelge 7.2' de 2002 – 2006 yılları arasında ortalama elleçlenen yük miktarı 7.282.926 ton olduğu görülmektedir. 2013 yılı verilerine göre; 12.465.179 ton yük elleçlenmesi ile 2002 – 2006 yılları arasındaki ortalama elleçlenen yük miktarından %71 oranında artış bulunmaktadır.

Gemlik limanlarında elleçlenen yük hacmini ağırlıklı olarak konteyner ve genel kargo gemileri oluşturmaktadır. Literatürde balast suyunun tahliyesi gemi türüne bağlı olarak detveyt tonajı üzerinden hesaplanmaktadır ve tanker gemileri haricinde aynı yüzde değerleri üzerinden değerlendirilmektedir. Bu nedenle, 2002 - 2006 yılı ortalama değerlerinden 2013 yılına yük artış yüzdesi ile aynı oranda balast suyunun tahliyesinin olacağı göz önüne alınırsa 2013 yılında 3.843.310 ton balast suyunun tahliye edilmiş olacağı düşünülebilir.

Çizelge 7.3 : Gemlik Liman Başkanlığı'na uğrak yapan gemi sayıları [48]

	2008	2011	2012	2013
Türk Bayraklı	1182	1321	1464	1500
Yabancı Bayraklı	1972	2440	2183	2243
Toplam	3154	3761	3647	3743

Çizelge 7.3' e bakıldığında, Gemlik Liman Başkanlığı'na uğrak yapan gemilerin 2008 yılından 2013 yılına %20'lik bir artış görünse de, son üç yılda ki uğrak sayıları ortalama olarak aynı olduğu görülmektedir ve yabancı bayraklı gemilerin uğrak sayıları daha fazladır.

Çizelge 7.4' te görüldüğü gibi 2013 yılında Gemlik Liman Başkanlığı'na aylar bazında ortalama olarak uğrak yapan gemilerin uğrak sayıları ortalama olarak aynıdır.

Çizelge 7.4 : Gemlik limanlarına uğrak yapan aylar bazında gemi sayıları [48]

Gemlik Liman Başkanlığı'na 2013 yılında uğrak yapan gemi adetleri	
Ocak	283
Şubat	282
Mart	329
Nisan	314
Mayıs	314
Haziran	349
Temmuz	310
Ağustos	326
Eylül	315
Ekim	286
Kasım	306
Aralık	329
Toplam	3743

2013 yılında Gemlik Liman Başkanlığı'na uğrak yapan 3743 adet geminin yaklaşık olarak %20'sinin gemi üzerinde arıtım sisteminin var olmadığı veya herhangi bir nedenle liman balast suyu alım tesisini kullanacağı düşünülürse, 2013 yılında tahliye edilmesi öngörülen 3.843.310 ton balast suyundan yıllık 768.662 ton balast suyunun liman alım tesislerine alınması gerekeceği hesaplanabilir. Bu hesaplama ile yaklaşık

olarak yıllık 750.000 ton balast suyunu elleçleyebilecek bir tesisin mevcudiyetinin gerekeceği düşünülebilir.

Çizelge 7.5 : Gemlik Liman Başkanlığı'na bağlı limanlara uğrak yapan gemi sayıları [50]

Gemlik Liman Başkanlığı (2013)	
Borusan	1717
Gemport	602
Rodaport	802
Diğer (BP, Gemlik Gübre, MKS)	622
Toplam	3743

Çizelge 7.5'te görüleceği gibi ağırlıklı olarak düzenli hat seferi yapan gemilerin uğrak yaptığı limanların gemi sayısı yüzdesi ağırlıklı daha fazla olduğu görülmektedir.

Gemlik Liman Başkanlığı'na %46 oran ile en fazla uğrağın olduğu Borusan limanını değerlendirirsek; limana 2013 yılında uğrak yapan gemilerin türlerine göre adetleri Çizelge 7.6' da belirtilmektedir. 2013 yılında 645 adet konteyner gemisi ve 234 adet roro gemisi uğrağı ile düzenli hat seferi yapan gemi sayıları daha fazladır. Genel kargo gemisi oranının da yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.6 : Borusan Limanına uğrak yapan gemilerin türlerine göre adetleri [51]

2013	Türk Bayraklı		Araç	Yabancı Bayraklı	
	Genel Kargo	Konteyner		Genel Kargo	Konteyner
Ocak	22	22	10	33	24
Şubat	25	25	18	42	19
Mart	27	23	23	49	27
Nisan	26	20	19	38	27
Mayıs	26	25	24	42	29
Haziran	28	31	27	55	30
Temmuz	34	32	18	45	31
Ağustos	23	23	14	42	33
Eylül	35	26	16	41	30
Ekim	27	28	20	37	30
Kasım	32	25	23	38	29
Aralık	30	27	22	41	29
Toplam	335	307	234	503	338

Borusan limanında 50 m³ kapasiteli sintine ve 50 m³ kapasiteli slaç olarak 2 adet atık tankı mevcut bulunmaktadır. Atıklar gemiden atık alım aracı ile tanklara alınarak, tanklar dolmaya yakın lisanslı firma aracı ile atık çıkışı yapılmaktadır. [51] Küçük hacimli atık alım operasyonu gerçekleşen Borusan Limanında, Çizelge 7.7’ de atık alımında elleçlenen yük hacimleri ele aldığımızda 369,78 m³ sintine suyu ve slaç elleçleme miktarı tahmini balast suyu elleçlemesinden çok daha az olduğu görülmektedir. Farklı bölgedeki limanlardan alınan bilgilere göre; mevcut atıklar belediyeler tarafından elleçlenmektedir. Bu nedenle atık alım tesisi mevcut değildir. Atık alım tesisine sahip olmayan limanlar için liman balast suyu alım tesisinin mevcut bulunması olasılığı çok düşük görünmemektedir. Bunun için Borusan Limanı gibi küçük atık alım tesislerine sahip olunan limanlarda, alım tesisi işletilmesi ile ilgili edinilen bilgi ve tecrübeler yol gösterici olacaktır. Fakat çok büyük hacimli balast sularının elleçlenebilmesi için hem yer tahsisi hemde sistem kurulumu değerlendirildiğinde ciddi yatırım maliyetleri gerekmektedir.

Çizelge 7.7 : 2013 yılında Borusan Limanında elleçlenen atık miktarları [51]

		Sintine Suyu Miktarı (m ³)	Slaç Miktarı (m ³)	Çöp Miktarı - Katı Atık (m ³)
2013	Ocak	7,25	16,15	38,247
	Şubat	8,75	17,3	35,2
	Mart	15,22	36,44	60,387
	Nisan	9,95	12,65	50,205
	Mayıs	26,1	41,7	49,91
	Haziran	13,42	41,85	48,955
	Temmuz	6,85	29,06	50,973
	Ağustos	0,38	23	49,181
	Eylül	1,9	21,85	57,84
	Ekim	6,85	5,91	30,42
	Kasım	0	9,8	46,096
	Aralık	5,5	11,9	64,585
	Toplam	102,17	267,61	581,999

7.1.5 Liman alım tesislerinin kurulmasında ilgili personelin alması gereken eğitimler

Mevcut tesislerin dizaynı kadar balast suyunun arıtılmasında görev alacak personelin alması gereken eğitimlerde önemlidir. Liman balast suyu alım tesislerinin balast suyunun arıtılması ve depolanması için görev alacak personel eğitimi aşağıda belirtilen başlıklar altında değerlendirilmesi gerekmektedir [43].

- IMO sözleşmesinin amacı ve prensipleri,
- İnsan sağlığı ve çevre riskleri,
- Genel güvenlik ve insan sağlığı risklerinin her ikisi dahil balast suyunun elleçlenmesi ile ilişkilendirilecek risk,
- Güvenlik,
- Ekipman ile ilgili yeterli bilgilendirme,
- Geminin kullandığı tesisin yeterli anlaşılması ve operasyonel sıkıntılar,
- Gemi/Liman iletişim arayüzü,
- Yerel atık kontrollerinin anlaşılması.

Söz konusu eğitim yöneticiler tarafından organize edilmelidir ve sistem işletiminin kalifiyeli elemanlara teslim edilmesi gerekmektedir.

7.2 Balast Yok / Sıfır Tahliye Yöntemleri

Balast suyunun alternatif yönetiminde en önemli başlıklardan birini balast suyunun hiç kullanılmadığı veya tahliyesinin olmadığı yöntemler oluşturmaktadır. Balast suyunun olmadığı veya tahliyesinin olmadığı bu gibi durumlarda gemi sahipleri için operasyonel ve dizayn düzenlemeleri gerekmektedir. Bu düzenlemeler; sıfır balast suyu, güçlü balast suyu (beklenen ağır denizler ile karşılaşıldığında ek dengeyi sağlamak için geçici olarak kuvvet uygulanması), kalıcı iç balast suyu miktarı (balast suyu tahliye edilmez fakat korozyonu azaltmak için genellikle tatlı su kullanılır ve dengeyi ayarlamak için içeride taşınmaktadır) ve içilebilir balast suyu olarak ele alınmaktadır [52].

7.2.1 Sıfır balast yöntemleri

Sıfır balast yönteminde tasarlanmış olan 3 adet yöntem bulunmaktadır. Bunlar [52];

- Monomaran tekne – Delft University of Technology (DUT), Hollanda.

- Hacimli yük gemisi – Det Norse Veritas (DNV), Norveç.
- Katı balast gemisi – Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME), Kore.

Bu yöntemler konteyner, ro-pax, araba taşıyıcı ve hayvan gemilerinde kullanılabilir [49].

DSME yöntemi sadece konteyner gemileri için uygulanabilir. Çünkü DSME yönteminde sadece katı balast kullanılmaktadır. Bu yöntem ile konteyner balast suyunun yerini alacaktır [53].

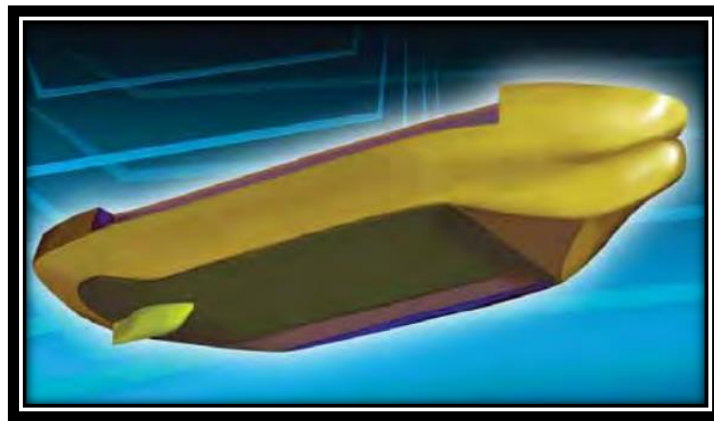
DUT ve DNV yöntemlerinin her ikisinde de gemi genişlemektedir ve deplasman hacmi merkezden dışarı doğru taşınmaktadır [53].

Monomaran tekne yönteminde tekne monomaran şeklinde genel olarak teknenin alt tarafına adapte olmaktadır. Hacimli yöntem olan DNV yönteminde ise üç gövde ile katedral gövdeye benzer şekilde yüksek seviyelerde denge sağlamaktadır [52].

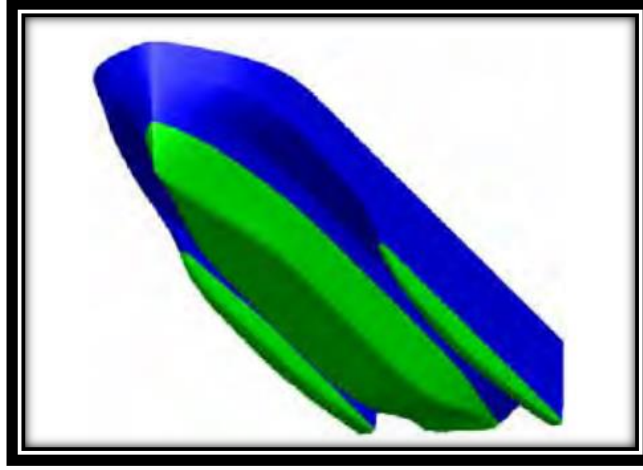
Monomaran ve katedral geminin en önemli zorluğu, yüksek inşa maliyetleri ve yükleme ile oluşan çok fazla nemli yüzey olmaktadır [52]. Nemli yüzey etkisinin dezavantajı artan sürtünme direnci olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu yöntemler ile ortaya çıkacak olan inşa maliyetleri bulunmaktadır. Bu maliyetler; yük türü, gemi kapasitesi, yük yükleme ve/veya boşaltma gereklilikleri ve diğer ticari faktörlere göre değişkenlik göstermektedir [52].

Şekil 7.3 ve Şekil 7.4'te monomaran ve katedral tekne şekilleri örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.3 : Monomaran tekne [54]

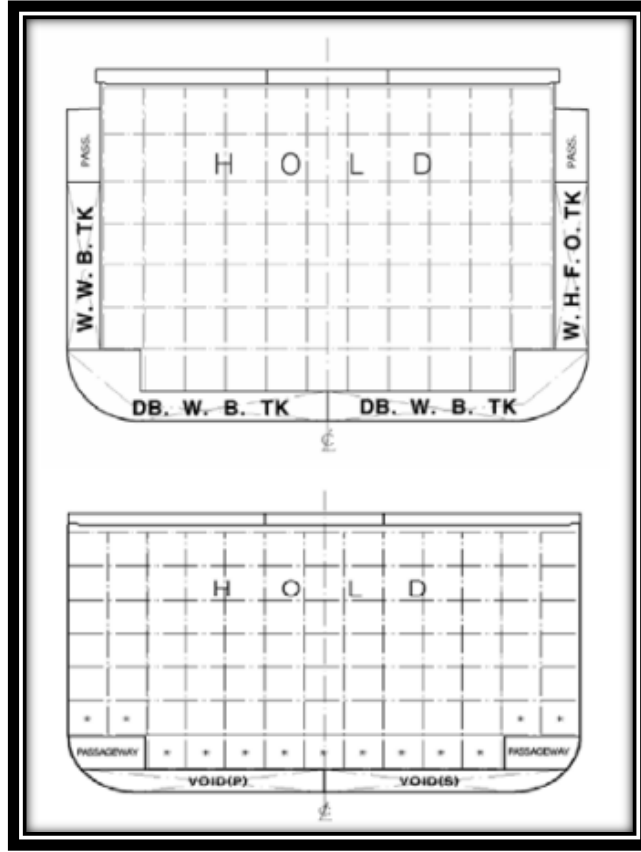


Şekil 7.4 : Katedral tekne [52]

Katedral yöntemini monomaran yöntemi ile karşılaştırdığımızda monomaran yöntemi tek ve çift ayak sevk gücü opsiyonları için uygun görünmektedir [52]. Fakat bu yöntemlerde yaşama masraflarını azaltmak için üstün manevra kabiliyeti ve potansiyeli, sürtünme kuvveti performans kayıplarını minimize etmek için artan sevk gücü etkinliği yolları kullanılmaktadır [52]. Gemiler tam yüklü olduğu zaman yüksek yakıt tüketimi olasılığı ve gövdenin yayılması nedeniyle hacimli gemiler ve monomaran gemilerin her ikisi de dökme yük taşıyıcıları için daha az uygun görünmektedir [52]. Bu nedenle küçük hacimli gemiler için bu yöntemler daha uygun görünmektedir.

Bir sonraki bölümde açıklanacak olan V şeklinde gemi formları dökme yük taşıyıcıları ve tankerler için daha uygun görünmektedir. Fakat bu gemi dizaynı balast suyu ihtiyacını tamamen ortadan kaldırmaktansa, geminin dengesini sağlayabilmek için balast suyunun kullanımını minimize etmektedir [52].

Daha önce belirtildiği gibi katı balast yöntemi ise sadece konteyner gemileri için uygun olmaktadır. Bu yöntem yeni inşa ve mevcut gemilere yapılacak olan tadilatlar için daha uygun olacaktır.



Şekil 7.5 : Konteyner gemilerinde balast tanklarının dönüşümü [52]

Şekil 7.5’te görüldüğü gibi konteyner gemilerinin yeniden dizayn edilmesi ile balast tankları iptal edilmektedir. Bunun yerine geminin dip tarafında, yüksüz durumda dengeyi sağlamak için tutulan boşluklar bulunmaktadır.

Çizelge 7.8 : Farklı hacimdeki konteyner gemileri için katı balast TEU sayıları [52]

Geminin hacmi (TEU)	Balast suyu kapasitesi (ton)			Katı balast konteyner ağırlığı (ton)	Gerekli olan katı balast konteyner sayıları (TEU)	
	Toplam	Yüksüz	Yüklü		Yüksüz	Yüklü
4.400	14.128	13.705	8.704	25	549	349
8.400	28.495	22.721	7.857	25	909	315
14.000	48.859	40.807	12.803	25	1633	513

Çizelge 7.1 dikkate alındığında gemilerin toplam kapasitelerinin ortalama olarak yüksüz durumda %11’ini yüklü durumda %5’ini katı balast konteyner alımı için kullanmaları gerekmektedir. Bu da gemilerde yer kaybına neden olacaktır. Yüklü durumda oluşacak olan %5 yer kaybı balast işletim maliyetleri göz önüne alındığında tolere edilebilir olarak görünmektedir.

Küresel ticaret göz önüne alındığında bazı ithalat ve ihracat noktalarındaki dengelerin farklılığından yararlanılarak konteyner gemileri balast suyu yönetimi kolaylıkla gerçekleştirilebilecektir. Çin – Türkiye rotasyonunda çalışan bir konteyner gemisini ele alırsak Türkiye Çin’den yüklü olarak ithal ürün getirmektedir. Fakat aynı oranda Çin’e ihracat bu yönlü kuvvetli olmamaktadır. İstatistik veriler ile değerlendirdiğimizde Çin Rusya’dan sonra en çok ithalat yaptığımız bölgedir fakat yıllık ihracat verilerimizi değerlendirdiğimizde Çin’e Türkiye’nin 11. ülkesi olarak [55] ihracat gerçekleştirmekteyiz. Bu durumu ele aldığımız zaman Türkiye’ye Çin’den konteyner dolu olarak gelmektedir. Fakat aynı oranda Çin’e dolu olarak konteyner gönderimi olmamaktadır. Bundan dolayı konteynerlerin gemilerde Çin gibi ihracat hacmi fazla olan alanlara boş olarak gönderilmesi gerekmektedir. Bu şekilde katı balast olarak kullanılacak konteynerlerin yerini bu konteynerler alacaktır. Fakat boş konteyner darası (1 TEU için ortalama 2,5 ton) yeterli katı balast ağırlığını karşılamayacaktır. Bu ağırlığı karşılamak için yapılacak olan operasyon neticesinde fazladan elleçleme masrafları ortaya çıkacaktır.

Dünya ticareti olarak değerlendirdiğimizde, 2012 verilerinde Çin’de elleçlenen toplam konteyner hacmi yaklaşık olarak 155.017.351 TEU iken Türkiye’de elleçlenen konteyner hacmi yaklaşık 6.229.707 TEU [56] olarak verilmiştir. Aynı durum birçok ülke için geçerli olmaktadır. Örneğin ABD yoğun şekilde ithalat mevcutken, aynı oranda ihracat bulunmamaktadır. Küresel anlamda bölgesel dengelerin ayarlanması ile boş konteyner pozisyonlanması değerlendirilerek söz konusu yöntemin etkinliği artacaktır.

Bu yöntem ile konteyner gemileri balast suyu yönetiminde operasyon ve bakım masraflarından korunacak fakat konteyner elleçleme masrafları eklenecektir. Bu doğrultuda doğru şekilde ve yeterli sayıda konteyner kullanımı önemli olacaktır. Konteynerlerin meydana getireceği yer işgali ve liman operasyonuna etkisi değerlendirildiğinde ithalat ve ihracat dengesinin ayarlanması gerekmektedir. Her ne kadar bu masraflar ayarlansa da; ardiye, elleçleme masrafı gibi masrafların doğmasına neden olacaktır. Arıtım sistemlerine ihtiyaç duyulmaması ile maliyet avantajı sağlansa dahi arz yeterliliği için gerekli güvencenin olması gerekmektedir [52]. Bu nedenle, sadece boş konteyner pozisyonlaması ile değil dönüş ayağında [57] yük bulunmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

DSME yönteminde gemi dizaynı gerekmesi de en azından küçük konteyner gemilerinde tek-yön çift-dip tekne olması gerekmektedir [52].

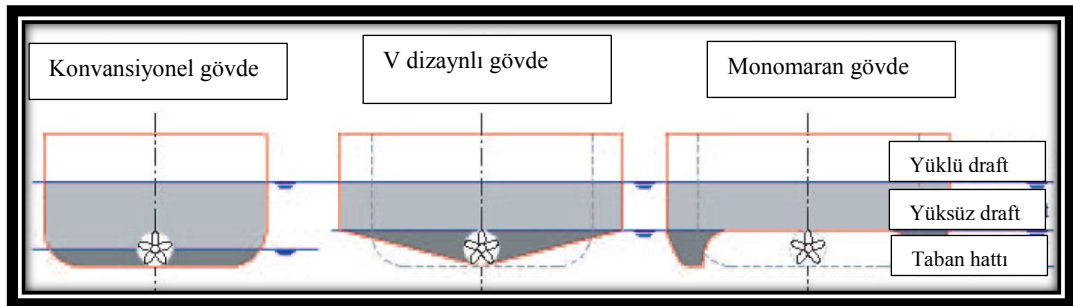
Balast suyunun olmaması yönteminin avantajları; balast suyunun taşınmaması, yakıtta %10-25 tasarruf sağlanması, emisyon oranlarının azalması, hızlarda artış eğilimi, korozyon olmaması, çelik kullanımının azalması, yatırımlarda pozitif geri dönüşler alınması ve yeşil markalama olarak sıralanabilmektedir [59].

7.2.2 Güçlü balast yöntemi

Bu yöntem için The Non Ballast Water Ship (NOBS) - Shipbuilding Research Centre of Japan (SRC) olarak isimlendirilmiş bir adet proje bulunmaktadır.

SRC yöntemi V tekne dizaynı temelli olarak 2003 yılından beri bir çok tanker için uygulanmaktadır. V gövdesi optimal gövde şekli ve kaldırma kuvveti dağıtımı ile yeni bir düşünce olarak ortaya çıkmaktadır [53].

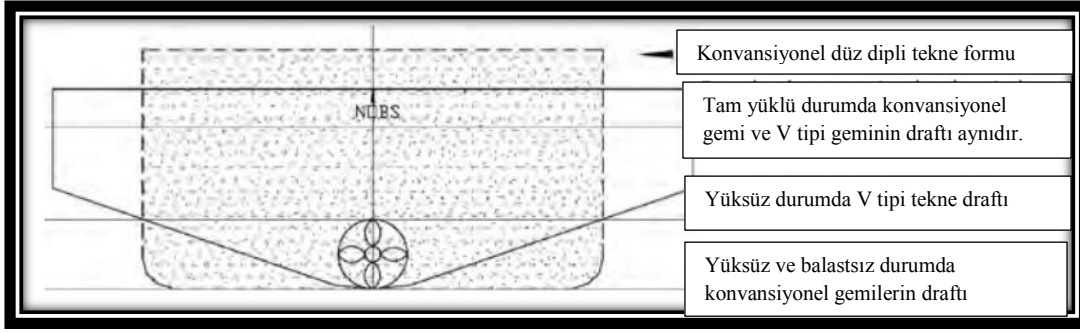
Bu gemiler konvansiyonel düz dipli gemi dizaynından farklı olarak dizayn edildiği Şekil 7.6'da görülmektedir.



Şekil 7.6 : Aynı DWT sahip gemilerin tekne dizaynları ve konvansiyonel gemi ile draft karşılaştırması [58]

Şekil 7.7'da görüldüğü gibi geminin dengede kalabilmesi için mevcut merkez yukarı taşınmaktadır.

V şekilli gövdelerin seçilmesinin ana nedeni, yüksüz durumda yeterli draft ve dengeyi sağlamaktır. Deniz koşullarının gerekliliği olan balast suyuna ihtiyaç olmaksızın geminin pervanesinin batması için yeterli olmaktadır. Aynı zamanda bu yöntem, gemi kontrolü için iyi bir potansiyel sağlamaktadır, tekne direncini azaltmaktadır ve birçok hız ve deniz koşulları için sevk etkinliği geliştirmektedir [52].



Şekil 7.7 : Yüksüz halde konvansiyonel gemi ile V tipi gemilerin draft karşılaştırması [52]

Konteyner gemilerinden ziyade yüksüz seferi bulunan dökme yük ve daha çok tanker taşıyıcıları için uygun olmaktadır [52]. Yöntemde karşılaşılabilecek güçlükleri bilmek için; çapraz eğim açısı ve uzunluk değişimi, kriş, draft ve denge, tekne sürüklenmesi için gerekli bileşken kuvvet, pervane derinliği ve itme kuvveti etkinliği, artı ek sac ve V tekne dizaynı ile ilgili diğer inşa maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir [52]. Gemi sahipleri için balast suyu arıtımı için gerekli olan operasyonel maliyetler tamamen ortadan kalkmamaktadır. Ayrıca kullanılan balast suyu için D-2 standardının sağlanması gerekmektedir. Bu yöntemin uygulanabilir olması için gemi üzerinde 2 adet balast tankının ayrılması gerekmektedir [52].

D-1 standardının ortadan kalkması planlandığı için V tipi dizayn edilmiş gemi, D-2 standardını karşılamak için mevcut balast suyunu küçük bir arıtım tesisi yardımıyla liman girişi ve yükleme aşamasında tahliye edebilmektedir [52]. Tahliye gerekliliği durumunda, liman devleti tarafından balast suyu sözleşmesinin muafiyet maddeleri için gerekli risk değerlendirmeleri yapıldığı takdirde gemi bu balast suyunu arıtım sistemi olmadan tahliye edebilmektedir [52]. Diğer bir alternatif olarak kıyıda bulunan alım tesislerine balast suyunun tahliyesi mümkün olmaktadır. Bu durumda liman alım tesislerinin önemi ön plana çıkmaktadır. Bu sistemler mevcut boru sistemleri ve dizayn şekilleri göz önüne alındığında tankerler için daha uygun olması öngörülmektedir [52]. Aynı zamanda yavaşma, yük elleçleme, yakıt tüketimi avantajları ve sera gazı salınımları ele alındığında tankerler için daha uygun olduğu sonucuna varılmaktadır [52].

Bu gemilerin en önemli dezavantajı geniş olarak dizaynlarının olmasıdır. Teknolojik olarak herhangi bir engelleme bulunmamaktadır [59] fakat normal gemi boyutlarından sapma ile daha az yük alınmasına sebep olacaktır. Bununla birlikte kanal geçişlerinde problem yaşayabilirler. Bu sistemler her ne kadar avantajlara sahip

olsa da balast suyu kullanımını tamamen ortadan kaldırmayacaktır. Fakat balast suyu kullanımı minimuma getirmektedir. Bu da sonuç olarak standartlara uyum sağlama gerekliliğini gerektirmektedir.

7.2.3 İç balast yöntemi

İç balast yöntemi ile denizlerden veya okyanuslardan alınan balast suyu yerine tatlı su kullanılarak suyun bir tanktan diğer tanka taşınması yöntemidir. Bu yöntem dökme yük taşıyıcıları ve tanker gemileri için uygun değildir. Düzenli hat seferi yapan konteyner, ro-ro, ropax, kruvaziyer, mavna, feeder gibi gemiler için uygun olmaktadır [52]. Bu yöntemde korozyon probleminden kaçınmak için tatlı su kullanılmaktadır. Bu sistem gemilerin mevcut kargo kapasitesini %10 – 15 oranında azaltacaktır [52]. Gemi üzerinde istiflenen suyun Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2008 yılında yayınlanan ‘İçme Suyu Standartları’nda belirtildiği gibi mevcut teçhizatlar nedeniyle kontamine olma olasılığının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kötü hava koşullarında baş ve kıç vurma, kabarma ve yalpalamadan dolayı parsiyel dolum veya balastın fazlalığı ile su çarpması durumlarından kaçınmak için tankların nispeten küçük olmasına ihtiyaç duyulmaktadır [52]. Bazı gemi türlerine açık deniz sularına ulaşana kadar herhangi bir balast suyunun tahliyesi olmadan tam yüklemeye izin vermek ve limandan güvenli bir şekilde kalkış yapmak için, ambarlar ve ana güvertenin iyileştirilmesi önerilmektedir [52]. Fakat bu durum geminin tam yüklemesi durumu olması nedeniyle riskli bir süreç olarak görünmektedir.

7.2.4 İçilebilir balast yöntemi

İçilebilir balast yöntemi ile ilgili olarak kullanılan ve değerlendirilen çalışmalar bulunmaktadır. Bunlar [52];

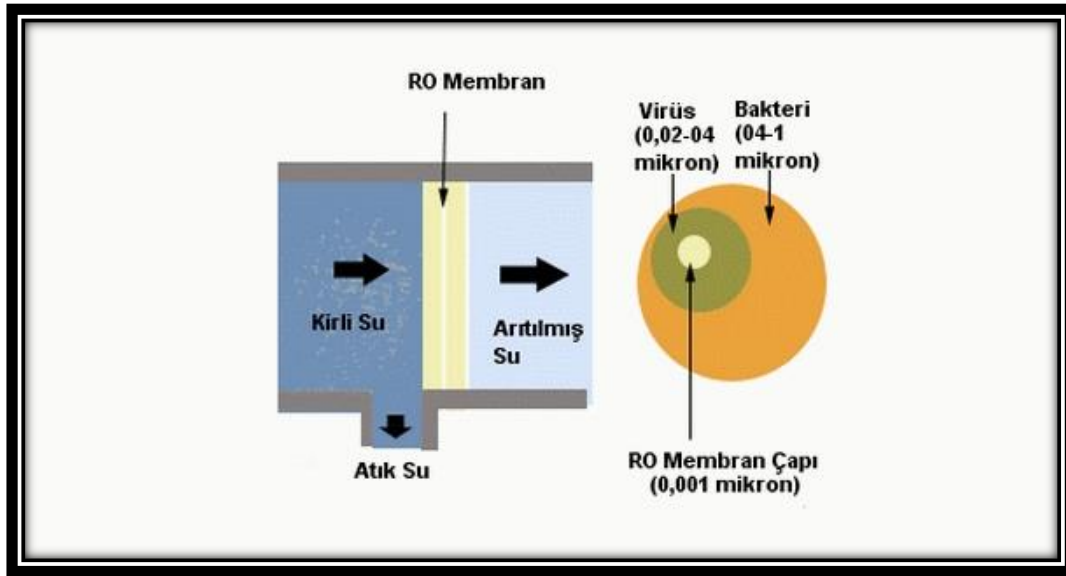
- Gemide içme suyu üretenler (Super-yachts, Royal Canadian Navy, Royal Australian Navy),
- Kıyıdan satın alınan içme suyu (Asya-Pasifik bölgesindeki hayvan taşıyıcıları),

Balast suyu olarak içme suyunun kullanılabilmesi için yeni bir balast arıtım sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Balast suyunun içme suyu olarak kullanılabilmesi için IMO

tarafından onaylı olarak kullanılacak sistemlerin maliyetleri ton bazında balast suyunun normal arıtımından daha pahalı olabilir.

İçilebilir balast yöntemi daha çok yatlarda, potansiyel olarak savaş gemilerinde ve devriye gemilerinde kullanılmıştır. 3000 GT altı gemilerde bu yöntemin kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kruvaziyer gemilerinde de kullanılabilir. [52]

Arıtım sistemi olarak içme suyu arıtımında genel olarak ters ozmos yöntemi tercih edilmektedir. Membran filtrelerin porları bakteri ve virüslerin çaplarından küçük olduğu için içme suyu arıtımı için en ideal yöntem olarak kullanılmaktadır. Şekil 7.8’de ters ozmos prensibi şematik olarak gösterilmektedir.

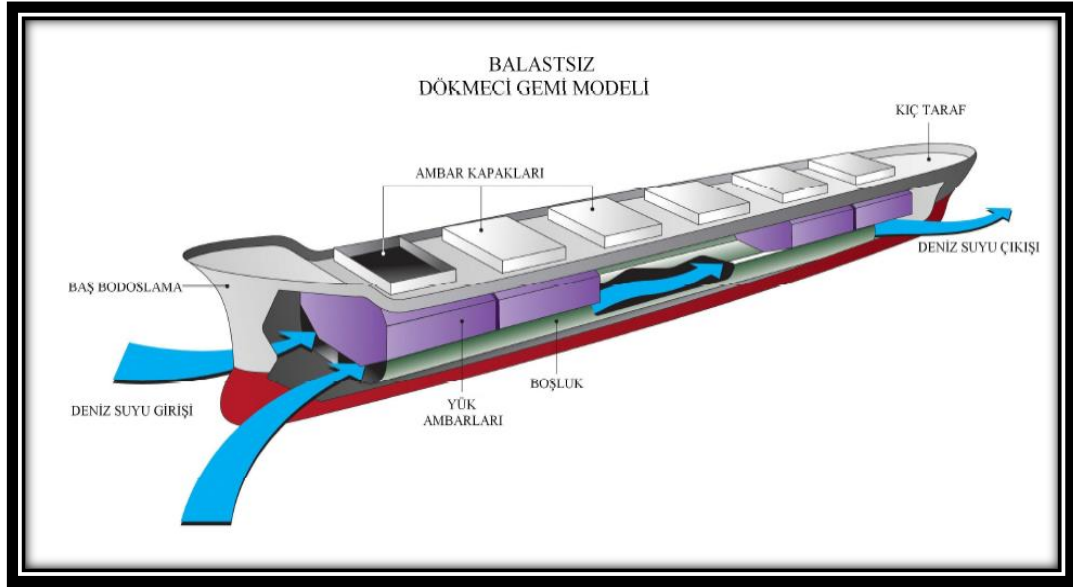


Şekil 7.8 : Ters ozmos sisteminin genel prensibi [60]

İçilebilir suyun gemiden tahliyesi, tahliye edilecek olan küçük limanlar ve marinalar için seyreltme etkisinden dolayı denizlerdeki tuzluluk oranlarını değiştirecektir. Fakat bu durum UK otoriteleri tarafından önemsiz olarak görünmektedir [52]. Bununla birlikte, tanklarda depolanan içilebilir suyun gemiden tahliyesinden önce tank içerisinde oluşabilecek patojenik kontaminasyonlar, arıtımda kullanılabilecek olan kimyasallar ve bunların yan ürünlerinin olası etkileri tanımlanmamıştır [52]. Bu suyun tahliyesi, kimyasal ve kalıntı durumlarında D-2 standartlarının sağlanması koşullarında mümkün olabilecektir.

7.3 Boylamsal Ana Gövdeler

Michigan Üniversitesi tarafından ‘Balastsız Gemi’ ve ‘Değişken Kaldırma Kuvveti’ olarak isimlendirilen kaldırma kuvvetinden yararlanılarak elde edilen alternatif yöntemlerdir. Gemi ilerlerken, geminin pruvasında su basıncının yükselmesi ve pupasında su basıncının azalması ile sistem işlemektedir ve bu yöntemde pompalara ihtiyaç duyulmaksızın, su koridoru boyunca oluşan basınç farklılığından yararlanılmaktadır [61]. Bu yöntemde, konvansiyonel gemilerde çift dip balast tankının kullanılmasına ihtiyaç bulunmaktadır [52]. Pruvadan dolum başlayarak geminin pupasına kadar ilerler. Şekil 7.9’da daha çok büyük dökme yük taşıyıcıları için uygun olan sistemin tasarımı şematik olarak görünmektedir. Yüksüz durumda tankların içine su alınmasının yerine, geminin bir bölümü denize açılmaktadır.



Şekil 7.9 : Balastsız gemi modeli tasarımı [61]

Geminin stabilitesini korumak için draft gerekmektedir. Bu draft, deplasman ağırlığının yükselmesi yerine kaldırma kuvvetinin artmasını sağlayarak yerine getirilmektedir.

Bu yöntemin 2004 yılında patenti alınmıştır. Dizaynın ana amacı, geminin gövdesine giriş yapan suyun, gemi normal yüksüz seyir hızında mümkün olduğunca 1 ya da 2 saat içerisinde dışarıya atılmasını sağlamaktır. Bununla birlikte sedimentin minimuma indirgenerek saklanması amaçlanmaktadır. Böylece su ile birlikte giriş yapan organizmalar yaklaşık olarak 25 deniz mili gibi sınırlı bir uzaklıkta

taşınmaktadır. [52] Yöntemin D-1 standartını karşıladığı ve D-2 standartına eşdeğer olabileceği belirtilmiştir [52].

Yükleme operasyonu sırasında, konvansiyonel balast pompaları suyun dışarı pompalanması ve geminin eski duruma gelmesi için kullanılmaktadır. Yöntemin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Tekne direnci ve sevk verimi için suyun girişi ve çıkışı için uygun yerler belirlenmiştir. Bu doğrultuda suyun basınçlı olarak giriş yaptığı alana oranla çıkışta daha fazla çıkış deliğinin bulunmasının uygun olduğu sonucuna varılmış. [52]

Balast suyunun alındığı gövde, taşıyıcıların kıyı alanlarına girişi sırasında kapalı tutulmaktadır. Çünkü bu alanlarda biyolojik kirlenmenin yoğunluğu ve çeşitliliği fazla olmaktadır. Sistemde bu gibi kirlenmelerden korunmak için bunları önleyici madde ile kaplanması gerekmektedir. Fakat bu madde ek maliyet getirecektir. Ayrıca kötü hava koşullarında meydana gelebilecek hava girişinin dışarı çıkarılması için her bir bölmede birçok hava deliğinin bulunması gerekmektedir. [52]

Sistemin çok yüksek inşa maliyetleri ve valf masrafları bulunmaktadır [52].

7.4 Kaldırma Kuvveti Kontrol Bölgeleri

Bu alanda Yokohama Üniversitesi'nde geliştirilmiş olan 'Gemi Kaldırma Kuvveti Kontrol Sistemi' isimli bir çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma, yüksüz durumda yeterli draftı sağlamak için her bir bölmeye su basılmaktadır ve normal seyir hızında pompa ihtiyacı olmadan yeterli değişimi sağlamak için devamlı olarak boşaltılmaktadır [53]. Michigan Üniversitesi tarafından geliştirilen yöntem ile benzerlik göstermektedir. Yeni gemilerde sistemin uygulanabileceği gibi mevcut konvansiyonel gemilerin balast tanklarının tadilatı ile bu gemilere de uygulanabilmektedir [52].

Yöntemde balast suyu ilk bölmeye alt taraftan giriş yapmaktadır ve bölmeler arası üstten geçiş tamamlandıktan sonra en son bölmede balast suyu alt taraftan tahliye edilmektedir. Tüm bölmelerin su ile dolabilmesi için valflerin çok iyi dizayn edilmesi ve yerlerinin en iyi şekilde ayarlanması gerekmektedir. Ayrıca tankların tam olarak su ile dolu olabilmesi için hava çıkışlarının yer alması gerekmektedir. Güvenlik gerekliliklerinin yerine getirebilmesi için bu aşamalar oldukça önemli olmaktadır [52].

Organizmaların taşınmasında Michigan Üniversitesi yöntemleri ile aynı problemlere sahiptir [52]. Boylamsal yöntemde olduğu gibi D-1 standardını karşılamaktadır ve D2 standardına eşdeğer olabileceği belirtilmiştir [52]. Fakat bu yöntemde düşük akış alanları nedeniyle sediment birikmesi ve biyolojik kirlenme daha sık görülebilir ve eğer uygun arıtım sistemi mevcut değilse bu durum sistemin D-2 standardına eşitliğini engelleyecektir.

7.5 Balast Suyu Değişimi için Onaylanan ve Tasarlanan Alternatif Sistem Örnekleri

Balast suyu değişimi için mevcut D-1 standardı geri çekilecek olsa da balast suyu değişiminde onaylanan ve tasarlanan alternatif sistemler mevcut bulunmaktadır.

7.5.1 Otomatik balast akışı yöntemi

2004 yılı Ekim ayında patenti alınan Vela International Maritime tarafından geliştirilen ‘Otomatik Balast Akışı’ (AUBAFLOW) yöntemi VLCC gemilerinde tankın sürekli olarak tahliyesini sağlamak için balastlı koşullarda gemini hızı ile oluşan pruva basıncı kullanılmaktadır. Bu yöntemde pompa ihtiyacı bulunmamaktadır. [52]

Yük tahliyesinden sonra, balast tanklarının dolmasını sağlamak ve su hattının hidrostatik basınç ile dolması için pruva kısmındaki bölmeler açılmaktadır ve her bir koldaki su seviyesi eşit oluncaya kadar suyun içeri akışı devam etmektedir [52]. Gemi tahliye limanından ayrılmadan önce pruva girişi kapatılmaktadır ve geçici balast pompaları kullanılarak geminin dengelenmesini sağlamak için diğer tanklara su dağıtılmaktadır. Bu sayede, geminin düşük hız ile kalkışı sırasında; draft, dümen idaresi, pervanenin batması ve köprü görüşü sağlanmaktadır [62]. Gemi açık denizde normal balastlı hızına yaklaştığında pruva açıklıkları yeniden açılmaktadır ve bu şekilde pompaya ihtiyaç duyulmadan diğer tanklara dolum gerçekleşmektedir. Sonuç olarak balast suyu sefer süresi boyunca geminin bordasından tahliye edilmektedir. IMO D-1 standartlarında belirtildiği gibi bu işlemin yapılabilmesi için tank hacminin üç katı kadar balast suyu yaklaşık olarak 12 saat içerisinde ve 14-16 knot hızda [52] dışarı atılması gerekmektedir.

Yöntem %99 değişim performansı sağlaması ile D-1 standardını aşmaktadır ve VLCC gemilerinde alternatif geliştirilmiş yöntem olarak balast suyu değişiminin yerleştirilmesi için uğraşmaktadır [52].

Kıyı sularına yaklaşıldığında ise girişler yeniden kapatılır ve petrol yüklemesi ile dengeli olarak normal balast sistemleri ile balast suyu tahliye edilmektedir. Bu sistemin masrafları yaklaşık olarak \$500.000 olarak tahmin edilmiştir [53].

Yöntemin sediman problemleri, valf gereklilikleri ve kış koşullarında donma problemleri gibi sorunları bulunmaktadır [52].

7.5.2 Döngü balast değişimi

2007 yılında patenti alınan Vale International Maritime Ltd. firması tarafından geliştirilen ‘Döngü Balast Değişimi’ (LoBE) yöntemi, balast suyu pompalarına ihtiyaç duymadan, biyolojik ve maliyet olarak daha etkin şekilde balast suyu değişimi işlemini gerçekleştirmektedir. Temel olarak Otomatik Balast yöntemi ile aynı prensiplere sahiptir [52]. Sadece balast suyu etkinliğini geliştirebilmek için balast tankının tabanına ek borular yerleştirilir ve bu şekilde balast suyunun değişimi sırasında oluşan ölü bölgeler minimize edilerek partiküllerin ejektör yardımıyla dışarı atılması sağlanmaktadır [63]. Bu nedenle D-1 standartı üstünde verim elde edilmektedir ve VLCC için D-2 eşitliğine yaklaşabileceği belirtilmiştir [52]. Bu yöntem arıtım sistemleri ile karşılaştırıldığında [52];

- Ek güce ihtiyaç bulunmadığı (sera gazı salınımı ve yakıt tüketimi açısından önemli),
- Büyük miktarlardaki kimyasalların satın alınmasına ihtiyaç olmadığı ve bunların tahliyesi sırasında potansiyel oluşabilecek toksik kalıntı ve yan ürün risklerinin bulunmadığı,
- Yük yüklenmesi ve boşaltılması operasyonları için normal balast suyu yönetimi kontrol sistemleri değişikliği ve sınırlamalarının bulunmadığı belirtilmiştir.

7.5.3 DynaBallast

Dagin Marine Technology Group tarafından geliştirilen bu yöntem klasik balast suyu değişim yöntemi olup tek farklılığı tanklarda hava boruları kullanılmasıdır [52]. Bu da tank tabanında ve diğer yüzeylerde biriken sedimentin ve biyotanın askıya alınmasını ve dışarı atılmasını sağlamaktadır. Bu sistemde standartların yerine getirilebilmesi için ek güce ihtiyaç bulunmaktadır fakat balast pompası bakım masraflarının azalması ile yakıt tüketimi azalacaktır. Bu yöntem ile D-1 standardı aşılmaktadır ve D-2 performans standardı için onaylanmış alternatif bir yöntem haline getirilmesi için uğraşılmaktadır [52].

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Balast suyu yönetimi sözleşmesinin getirdiği kurallar çerçevesinde gemilerin, balast suyu kapasitesi ve inşa yıllarına bağlı olarak 2014 yılı ve 2016 yılı sonunda alternatif yöntemler mevcut olmadığı sürece arıtım teçhizatı ile donatılması ve mevcut D-2 standartlarını yerine getirmesi gerekmektedir. Bunun için arıtım sistemlerinin seçilmesinde bir karar mekanizması oluşturulmalı ve en uygun şekilde maliyet optimizasyonu sağlayacak yöntemin seçilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda öncelikli olarak balast suyu ile ilgili problem belirlenmeli ve balast suyunun oluşturduğu problemin kaynağının tespit edilmesi gerekmektedir. Balast suyu probleminin tanımlaması yapıldıktan sonra, ele alınacak bölgedeki ekosistem özelliklerinin araştırılması gerekmektedir. Bunun için mevcut literatürden yararlanılabilir. Ayrıca bu literatürden yararlanılarak balast suyunun yayılımı ile oluşan problemin çözümü için uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu problem için en uygun yöntemin belirlenmesi ile bu yöntemin uygulanabilirliğinin en iyi şekilde karadan ve denizden mevcut tuzluluk oranlarına bağlı olarak test edilmesi gerekmektedir. Test sonuçları ve literatür taraması sonuçları değerlendirilerek, uygulanabilirlik ve maliyet analizleri yapılmalıdır. Tüm bu sonuçlar değerlendirilerek balast suyunun arıtım yöntemlerine karar verilebilmektedir.

Sera gazı salınımlarının her geçen gün artış göstermesi ile ekosistemde meydana gelen değişikliklerin olumsuz etkileri artmaktadır. Bu sebeple bu etkilerin yok edilmesi veya zararlarının azaltılması için sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda balast suyunun meydana getirdiği sucül ekosistemdeki zararlı etkileri yok edebilmek için mevcut olan kurallar arıtım sistemlerinin olması gerektiğini ön plana çıkarsa da sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde bu etkilerin alternatif sistemler ile yok edilmesi veya azaltılması gerekmektedir.

Balast suyunun gemi üzerinde arıtılması için mevcut onaylanmış ve test aşamasında olan birçok sistem bulunmaktadır. Bunların limandaki alım tesisleri için örnek teşkil

etmesi karadaki arıtım sistemi aşamasının önemli bir adımını tamamlamamızı sağlayacaktır.

Yönetmelikler çerçevesinde balast arıtım sistemi mevcut bulunmayan gemiler ve özel yükümlülükleri bulunan alanlarda liman alım tesislerinin bulunması önemli bir avantaj sağlayacaktır. Fakat bu tesislerin kurulması için gemilerin tesisler ile uygunluğu gibi birçok analizin yapılarak birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu yöntemin en önemli iki adet zorluğu bulunmaktadır. Bunlardan birincisi tesisler için limanda açılacak yer tahsis önemli bir yatırım maliyeti gerektirmektedir. Borusan Limanı örneğinde belirtildiği gibi mevcut atık alım tesisleri ile durum karşılaştırıldığında liman alım tesislerinin kurulması çok daha fazla kapasiteli tesislerin olması gerektiğinden dolayı zorlayıcı olabilir. İkincisi ise armatörler tarafından olabilecek zaman kayıplarıdır. Tesisin birden fazla gemiye hizmet verebilmesi için uygun olması durumunda, tesis kapasitesi artacaktır. Bu da maliyeti artıracaktır ve limanda aynı anda birden fazla geminin hizmeti talebinde olabilecek gecikmeler, armatörlerin liman maliyetlerini oldukça artıracaktır. Limandaki tesislerin vereceği bu hizmetlerin balast suyunun ton başına ve m³ başına masrafların yıllar içinde artış göstermesi armatörler için diğer bir dezavantajı oluşturacaktır ve arıtım sistemini gemi üzerinde tahsis etmesini daha avantajlı hale getirecektir. Mevcut kurallarda gemilerin arıtım sistemleri zorunluluğu olsa da, bu sistemleri henüz kurmamış ve sistemlerini kurmuş gemilerde olabilecek arızalar nedeniyle yaşanabilecek gecikmeleri önlemek için liman alım tesisleri önemli bir avantaj sağlayacaktır. Ek olarak sistemin bozulması durumunda zorunlu olarak balast suyunun tahliyesi ile olabilecek ekolojik kirlenmenin önüne geçilmiş olacaktır.

Balast suyunun hiç kullanılmayacağı yöntemlerin geliştirilmesi daha iyi alternatif çözümler sunmaktadır. Bunlar için en iyi verilebilecek örnek konteyner gemileridir. Konteyner gemilerinde katı balast olarak kullanılacak olan konteynerler, her geçen gün artan konteyner taşımacılığı için balast suyu yönetiminde en iyi çözüm yöntemi olarak görünmektedir. Bu her ne kadar yer kaybı olarak düşünülse de Çin ve Türkiye örneğinde belirttiğimiz gibi bölgenin arz ve talep dengeleri göz önüne alındığında boş konteyner pozisyonlaması ile çok iyi değerlendirilebilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Fakat konteyner gemileri için sadece boş konteyner gönderilmesi çözümü, tüm rotasyonlar için uygulanabilir olmamaktadır. Bu durumda dönüş yükü bulunması bu rotasyon uygunluğu riskinin azaltılması açısından önemli olmaktadır. Bölgesel gelişimler, tedarik zincirinin direnci ve dünyada yaşanabilecek ekonomik zorluklar dikkate alındığında dönüş yükü bulunması riski artmaktadır [4].

Balast suyunun alternatif yönetimi çerçevesinde mevcut yöntemlerden V tipi tekne dizaynı konteyner gemileri için uygulanan yöntemde olduğu gibi balast suyu kullanımını sıfırlamamaktadır, balast suyu kullanımını azaltmaktadır. Bu sayede, arıtım sistemi kapasitesinin küçülmesi ile önemli bir maliyet avantajı sağlanacaktır ve sistem için gerekli güç azalacaktır. Ayrıca yöntem, geminin mevcut şekli ile yüksüz durumda pervanenin batması gibi önemli bir avantaja sahiptir.

Alternatif yöntemlerde mevcut olan büyük gemilerin dizayn edilmesi yöntemleri sadece yeni inşa edilecek gemiler için çözüm sunmaktadır. Özellikle gemi türleri ve geminin çalışacağı bölgedeki ticaret hacmi göz önüne alınarak yapılacak olan fayda-maliyet analizi değerlendirmeleri sunulan çözüm yöntemleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yöntemlerin seçilmesinde en önemli karar aşamalarından biri geminin rotasyonunun gerektirdiği kurallar ve gereklilikler ile birlikte geminin ve oluşturulacak çözümlerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Balast suyu olarak içme suyunun kullanılması diğer bir alternatif olarak görünse de arıtım maliyetleri, kullanılan sistemlerin ileri teknoloji gerektirmesi nedeniyle oldukça artacaktır. Özellikle içme suyu arıtımında ters ozmos yönteminde kullanılan membran önemli maliyet kalemidir ve değiştirilmesi ihtiyacı ile işletme maliyetlerinin artmasına neden olacaktır. Bu nedenle balast suyu kullanımının daha az olduğu gemiler için tercih edilmesi avantajlı olacaktır. Bunlara ek olarak askeri gemilerde ihtiyaç duyulan suyun balast suyu ile karşılanması olasılığı bu gemiler için avantaj sağlayacaktır.

Suyun kaldırma kuvvetinden yararlanılarak suyun sirkülasyonu ile yapılan balast suyu değişimi yönteminde oluşan ölü bölgelerdeki sediman birikimi ve boylamsal ana gövdede suyun akış hızı nedeniyle oluşan sedimanlar bu yöntemlerin en önemli risklerini oluşturmaktadır. Çünkü sedimanlarda kalabilecek yaşam formları hem

gemi için hem de suya karışması olasılığı bulunduğu alanlar için tehlike oluşturabilir. Ayrıca balast suyu değişimi için mevcut D-1 standardını aşan bu yöntemlerin D-2 standardına eşitliğini yakalayabilmesini engelleyecektir. D-1 standardının ortadan kalkması ile yaşanabilecek bu sorunlar nedeniyle kısa süreli cezalar olabilir [52]. Bunları engellemek için çalışmaların çok iyi şekilde analizleri yapılmalı ve hızlı bir şekilde çalışmaların devam etmesi gerekmektedir.

Düzenli hat seferi yapan VLCC gemilerinde, mevcut ve onaylanmış balast suyu değişimi yöntemlerinin standartlar ve risk değerlendirmeleri çerçevesinde uygulanması için gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir [52].

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiği zaman balast suyunun kullanımı devam ettiği sürece balast suyu arıtım işleminin gemi üzerinde yapılması için kurulacak sistemler kaçınılmaz bir sonuç olarak görünmektedir. Fakat bunların gerek sistem sorunları gerek yerel yönetmelikler göz önüne alındığında, alternatif olarak liman balast suyu alım tesislerinin kurulması gerekmektedir. Bu hizmetin, limanlarda sağlanması bazı bölgeler için zorlu bir süreç olsa dahi alternatif olması bakımından tedarik edilmesi gerekmektedir. Bu sistemlerin gerek gemide gerek karada kurulumu devam ederken diğer alternatif çözüm önerileri için çalışmaların hızla devam etmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar ile armatörler inşa veya tadilat aşamasında yatırım maliyetinin artmasına neden olsa da sistemin bakım ve operasyonu sırasında meydana gelecek önemli bir maliyet kalemi olan işletme maliyeti kaleminden çok önemli bir avantaj sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Seiden J.M., Rivkin R.B.** (2013). Biological controls on bacterial populations in ballast water during ocean transit, Department of Ocean Sciences, Memorial university of Newfoundland, Canada, 7-14.
- [2] **Satır T., Sağlamtimur N.D.** Adaptation of port waste reception facilities to ballast water treatment system: Turkish port perspective, yayınlanmamış makale.
- [3] **Delacroix S., Vogelsang C., Tobiesen A., Liltued H.** (2013). Disinfection by-products and ecotoxicity of ballast water after oxidative treatment – Results and experiences from seven years of full-scale testing of ballast water management systems, Marine Pollution Bulletin 73 (2013) 24-36.
- [4] **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.
- [5] **GloBallast.** The Problem. <http://globallast.imo.org>, alındığı tarih: 08.10.2013.
- [6] **Göktürk D.** (2005). İstanbul Limanlarında Balast Suyu Örneklemeleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi.
- [7] **Tamelander J., Riddering L., Haag F., Matheickal J.** (2010). Guidelines for Development of a National Ballast Water Management Strategy, GloBallast Monograph Series No.18.
- [8] **Pughiuc D.** (2012). Balast Water Management Convention-implementation highlights, Marine Biosafety Section International Maritime Organization, PowerPoint Presentation.
- [9] **Drake A.L., Doblin A.M., Dobbs C.F.** (2007). Potential microbial bioinvasions via ships' ballast water, sediment, and biofilm, Marine Pollution Bulletin 55 (2007) 333-341.
- [10] **Zebra Mussel.** http://en.wikipedia.org/wiki/Zebra_mussel, alındığı tarih: 25.11.2013
- [11] <http://data.daff.gov.au/marinepests/index.cfm?fa=main.spDetailsDB&sp=6000008051>, alındığı tarih: 25.11.2013
- [12] **Carcinus Maenas.** http://tr.wikipedia.org/wiki/Carcinus_maenas, alındığı tarih: 25.11.2013
- [13] **BWM.** <http://www.marpolandsolas.com/tr/?k=72&mb=BWM&mnId=9>, alındığı tarih: 26.11.2013

- [14] **GloBallast Partnerships.** (2013). Identifying and Managing Risks from Organisms Carried in Ships' Ballast Water, World Maritime University, London.
- [15] **Gemi Balast Suları ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi.** (2004). <http://www.tbmm.gov.tr>, alındığı tarih: 25.09.2013
- [16] **Gollasch S., David M.** (2011). Sampling of Ballast Water for Compliance Control, Ballast Water Treatment Systems Proceedings of the Global R&D Forum on Compliance Monitoring and Enforcement The Next R&D Challenge and Opportunity, pp. 41-49, Istanbul – Turkey.
- [17] **Star I., Liebich V., Stehouwer P.** (2011). The forgotten fraction: The importance of organisms smaller than 10 µm when evaluating ballast water treatment systems, Ballast Water Treatment Systems Proceedings of the Global R&D Forum on Compliance Monitoring and Enforcement The Next R&D Challenge and Opportunity, pp. 41-49, Istanbul – Turkey.
- [18] **Satır T.,** Gemi Balast Operasyonları ve Arıtma Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi sunumu.
- [19] **Deniz Ticareti İstatistikleri.** (2012). T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Deniz Taşıtları, Denizyolu Taşıma ve Teşvik İstatistikleri.
- [20] **Gemilerin Balast Suları ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi.**
<http://www.denizticaretodasi.org.tr/Sayfalar/balastsuyu.aspx>, alındığı tarih: 21.03.2014
- [21] **Samyoung A., Peterson T., Jason R., Miles M.** (2013). Tratnyek P., Disinfection of Ballast Water with Iron Activated Persulfate, Institute of Environmental Health, Division of Environmental and Biomolecular Systems, Oregon Health & Science University, 3181, Portland, Oregon, United States, Sunchon National University, Jeonnam, South Korea, 540-950.
- [22] **Petersen I.G.** (2012). Comparing ballast water treatment performance in sea water and freshwater, DHI Ballast Water Centre, PowerPoint Presentation.
- [23] **Holloway J.** (2012). Proposals to address challenges faced in the effective implementation of the BWM Convention, INTERTANKO, December 2012, PowerPoint Presentation.
- [24] **DiCianna D.** (2012). A Comparative Analysis of Different Treatment System Types, Principal Environmental Engineer the Columbia Group Rosenblatt Ship Design Division, PowerPoint Presentation.
- [25] **Ingvorsen C.** (2012). UVT challenges, DESMI Ocean Guard A/S, BWMTech, London December 10-11th 2012, PowerPoint Presentation.
- [26] **E. Özkaya.** Ballast Water Treatment Systems, Deniz Ticaret Odası sunumu.
- [27] **Lloyd's Register** (2010). Ballast Water Treatment Technology.

- [28] **Güney C. B., Yönsel F.** (2008). Balast Suyu Arıtımında Alternatif Yöntemler, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi'08 Bildiriler Kitabı, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [29] **Özyonar F., Karagözoğlu B.** (2011). İçme Sularından Elektrokoagülasyon Ve Kimyasal Koagülasyon İle Bulanıklığın Giderimi, Cumhuriyet Üniversitesi.
- [30] **Stuer F., Idsen L.** (2012) Guaranteeing the appropriate robustness of ballast water treatment systems, PowerPoint Presentation.
- [31] **Oğur R., Tekbaş Ö.F., Hasde M.** (2004). İçme ve Kullanma Sularının Klorlanması, GATA-Halk Sağlığı Anabilim Dalı.
- [32] **Det Norske Veritas.** (2001). Ballast Water Treatment By Ozonation-Corrosion, Barber Ship Management Technical Report.
- [33] **Akbal F., Balkaya N.** (2002). Toksik organik kirleticilerin gideriminde ileri oksidasyon teknolojileri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Derleme Yazısı, 2002.
- [34] **Lloyd's Register.** (2011). Ballast Water Treatment technology current status, June 2011.
- [35] **Global Ballast Water Management Programme.** (2004). Ballast Water Treatment, R&D Directory, November 2004.
- [36] **IHS Maritime.** (2013). Guide to ballast water treatment systems, RWO, UK.
- [37] **Lloyd's Register.** (2010). Ballast Water Treatment technology current status, February 2010.
- [38] **Riggio M.** (2012). Cost reduction through effective planning and scheduling, 11 December 2012, PowerPoint Presentation.
- [39] **Greensmith G.** (2012). The future for treatment systems and system suppliers, London, PowerPoint Presentation.
- [40] **Chen J., Huo J., Zhang Y., Zhang D., Zhang W., Lin Y.** (2013). Heuristic Solution Strategy for the Sequential Ballast Water Exchange Problem, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 72-80.
- [41] **American Bureau of Shipping.** (2010). Guide for Ballast Water Exchange, July 2010, American Bureau of Shipping Incorporated by Act of Legislature of the State of New York 1862.
- [42] **David M., Gallasch S.** (2013). Leppakoski E., Risk assessment for exemptions from ballast water management – The Baltic Sea case study, Marine Pollution 75 (2013) 205-217.
- [43] **Guidelines for ballast water reception facilities.** (2012). <http://globallast.imo.org/>, alındığı tarih: 25.01.2014
- [44] <https://www.google.com/maps/@39.2805835,-76.5984596,15z>, alındığı tarih: 20.03.2014.
- [45] <https://www.google.com/maps/@40.9649878,28.6796142,14z>, alındığı tarih: 20.03.2014.

- [46] **Olgun A., Korçak M.** (2010). Türkiye için Balast Suyu Durum Değerlendirme Raporu, Denizcilik Müsteşarlığı.
- [47] **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, pp. 41-49, Istanbul – Turkey.
- [48] <https://atlantis.denizcilik.gov.tr>, alındığı tarih: 27.04.2014
- [49] www.ubak.gov.tr/BLSM.../tr/.../20130226_142916_66968_1_67502, alındığı tarih: 03.03.2014
- [50] **Türklım verileri.** (2013). Alındığı tarih: 14.05.2014
- [51] **Borusan limanı verileri.** (2013). Alındığı tarih: 03.06.2014
- [52] **Global Industry Alliance; Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection and GloBallast Partnerships.** (2011). Establishing equivalence in the performance testing and compliance monitoring of emerging alternative Ballast Water management Systems, International Maritime Organization, 2011.
- [53] **Godey A., Misra S.C., Sha O.P.** (2012). Development of a ballast Free Ship Design, Dept. of Ocean Engg.&Naval Architecture, ISSN:2278-0211.
- [54] **Surveyor.** (2008). Life Without Ballast?, A Quaterly Magazine from ABS, <http://www.eagle.org/>, alındığı tarih: 29.03.2014.
- [55] **Ülkelere göre yıllık ihracat-ithalat, TUIK.** <http://www.tuik.gov.tr/> alındığı tarih: 29.03.2014
- [56] **Container port throughput for 76 developing countries and economies.** <http://unctad.org>, alındığı tarih: 29.03.2014
- [57] **Warris A.M.** (2012) Ballast Water Management Convention – Other options or not?, Lloyd’s Register –BWM Tech Conference, London, Dec. 2012, PowerPoint Presentation.
- [58] **Ballast Exchange.** (2007) http://ballast-outreach-ucsgep.ucdavis.edu/newsletters/Ballast_Exchange_-_Volume_842161.pdf, alındığı tarih: 24.01.2014.
- [59] **Ellefsen A.** (2012). The alternative solution of ballast-freedom, Det Norske Veritas, December 11th 2012, PowerPoint Presentation.
- [60] http://www.ncssuaritma.com/wp-content/uploads/2012/02/reverse-osmosis_ters-ozmos.jpg, alındığı tarih: 05.01.2013
- [61] **Körpe Ö.** (2009). Balast Suyu Yönetimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi.
- [62] **MEPC.** (2007). Harmful Aquatic Organisms In Ballast Water, MEPC 56/2/11, 14 May 2007.
- [63] **TankerOperator.** (2007). Companies line up for ballast water approval testing, Technology Ballast Water Management, pg 32-34.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Büşra Aşıkoğlu

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara - 30.09.1987

E-Posta: asikoglu.busra@gmail.com

Lisans: İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Haziran 2009.

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Şubat 2011.

Mesleki Deneyim ve Ödüller: Catoni Deniz İşleri A.Ş., RoRo & Project Cargo

Çevre Mühendisliği Bölüm Üçüncülüğü