T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YOLCU GEMİSİ KAYNAKLI KANALİZASYON ATIKLARININ GEMİ FORMU VE SİSTEMLERİNE BAĞLI OLARAK TAHMİNİ

VOLKAN ŞAHİN

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

DANIŞMAN
PROF. DR. NURTEN VARDAR

İSTANBUL, 2015

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YOLCU GEMİSİ KAYNAKLI KANALİZASYON ATIKLARININ GEMİ FORMU VE SİSTEMLERİNE BAĞLI OLARAK TAHMİNİ

Volkan ŞAHİN tarafından hazırlanan tez çalışması 07.07.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Nurten VARDAR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Nurten VARDAR

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Veysel ALANKAYA

Deniz Harp Okulu _____

ÖNSÖZ

Günümüzde yolcu gemisi sektörü, yıllar geçtikçe büyüme göstermekte ve bu büyüme beraberinde yolcu gemisi kaynaklı atık miktarının artmasına sebep olmaktadır. Artan atık miktarı deniz yapısına ve canlılarına zarar vermektedir. Bu tehlike göz önünde bulundurularak ulusal ve uluslararası sularda, gemi kaynaklı atıkların arıtılmasına ve azaltılmasına yönelik önemli çalışmalar yapılmış, bu hususta yasalar ve düzenlemeler yayınlanmıştır. Bu yasa ve düzenlemeler, gemi boyutu ve tonajından, arıtma sistemlerine kadar kapsamlı bir yapı içermektedir.

Tezimin oluşmasında fikir aşamasından itibaren bana her türlü desteği veren ve yol gösteren, çalışma azmimi sürekli arttıran, çalışma disiplinini ve azmini her alanda kendime örnek olarak almaya çalıştığım danışmanım Prof. Dr. Nurten VARDAR'a sonsuz teşekkürlerimi iletmek isterim. Ayrıca çalışmamda emeği geçen, Arş.Gör.Ahmet YURTSEVEN'e ve tezimi yazarken desteklerini esirgemeyen arkadaşım Arş.Gör.Levent BİLGİLİ'ye, kaynak konusunda desteklerini esirgemeyen Uzm.Kaan ÜNLÜGENÇOĞLU'na teşekkür ederim. Tez çalışmalarım boyunca bana sürekli destek olan, uykusuz geçen her gecemde bana eşlik eden ve yabancı dil konusunda yardımlarını esirgemeyen sevgili eşim Seher ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran, 2015

Volkan ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

ÖZET x

ABSTRACT xii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 4
1.3 Hipotez 5

BÖLÜM 2

ULUSLARARASI STANDARTLAR VE PİS SU ARITMA SİSTEMLERİ 6

2.1 Uluslararası Standartlar 6
2.2 Arıtma Sistemleri 7
2.2.1 Klasik Arıtma sistemleri (MSDs) 7
2.2.1.1 Tip II MSD Arıtma Sistemleri 8
2.2.2 Gelişmiş Arıtma Sistemleri (AWTs) 10
2.3 Arıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması 17

BÖLÜM 3

SEYRELTME FAKTÖRÜ 20

3.1 Karıştırma ve Derişim Seyreltme 22
3.2 Büyük Yolcu Gemileri için Seyreltme Faktörü Katsayısı 22
3.2.1 Boya Çalışmaları 23

3.3 Küçük Yolcu Gemileri için Seyreltme Faktörü Katsayısı 23
3.4 Deneysel Verilerle Seyreltme Faktörünün Hesabı 25
3.4.1 Majesty Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları 25
3.4.2 Explorer Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları 26
3.4.3 Paradise Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları 27
3.4.4 Fascination Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları 28

BÖLÜM 4

TÜRKİYE'DE DURUM VE AKDENİZ'DEKİ YOLCU GEMİLERİ 30

4.1 MSC Armonia Gemisi ve Seyreltme Faktörü 31
4.2 MSC Splendida Gemisi ve Seyreltme Faktörü 33
4.3 Celestyal Cristal Gemisi ve Seyreltme Faktörü 34
4.4 Celestyal Odyssey Gemisi ve Seyreltme Faktörü 34

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER 37

KAYNAKLAR 40

ÖZGEÇMİŞ 43

SİMGE LİSTESİ

B	Gemi Genişliği
B_k	Tankta Kalan Boya Miktarı
BH	Atık Su Boşaltım Hızı
BH_{maks}	Maksimum Atık Su Boşaltım Hızı
C_{pc}	Gemi İzindeki Hesaplanan Boya Konsantrasyonu
C_{tc}	Tanktaki Hesaplanan Boya Konsantrasyonu
C_{tm}	Tankta Ölçülen Boya Konsantrasyonu
D	Gemi Draftı (Su Çekimi)
HSF	Hesaplanan Seyreltme Faktörü
ÖSF	Ölçülen Seyreltme Faktörü
SF	Seyreltme Faktörü
V	Gemi Hızı
V_p	Gemi İz Dağılımı Hacmi

KISALTMA LİSTESİ

ACSI	The Alaska Cruise Ship Initiative
ADEC	Alaska's Department of Environmental Conservation
AWT	Advanced Wastewater Treatment System
DAF	Dissolved Air Flotation
EPA	Environmental Protection Agency
GAO	United States General Accounting Office
GLEC	Great Lakes Environmental Center
IMO	International Maritime Organization
MARPOL	International Convention for The Prevention of Pollution from Ships
MBR	Membrane Biyoreaktör
MSD	Marine Sanitation Device
UV	Ultraviyole

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Tip II MSD sisteminin akış şeması 9
Şekil 2. 2 MSD Tip II çalışma prensip şeması 9
Şekil 2. 3 MSD Tip II arıtma sistemi 9
Şekil 2. 4 MSD Tip II arıtma sistemi 10
Şekil 2. 5 MSD Tip II arıtma sistemi 10
Şekil 2. 6 AWT akış şeması 11
Şekil 2. 7 AWT sistemi örnekleri 12
Şekil 2. 8 AWT sistemi örnekleri 13
Şekil 2. 9 AWT sistemi örnekleri 14
Şekil 2. 10 AWT sistemi örneği 15
Şekil 2. 11 AWT sistemi UV dezenfeksiyonu 15

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 AWT atıksu konsantrasyonları 16
Çizelge 2.2 AWT atık suyu konsantrasyonları ve arıtımları 17
Çizelge 2.3 AWT ve Tip II MSD sistemi atık sularının atık su boşaltma standartlarıyla karşılaştırılması 18
Çizelge 3.1 Panel' in orijinal formülüyle, EPA'nın dört boya çalışması sonucundan aldığı "ölçülen" ve "hesaplanan" değerlerinin karşılaştırılması 28
Çizelge 3.2 Panel' in orijinal formülüne "4" çarpanının eklenmesi sonucu oluşan değerlerin karşılaştırılması 29
Çizelge 4.1 Island Princess Gemisi atık su konsantrasyonları ve MARPOL Standartları 31
Çizelge 4.2 MSC Armonia Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları 32
Çizelge 4.3 MSC Splendida Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları 33
Çizelge 4.4 Celestyal Cristal Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları 35
Çizelge 4.5 Celestyal Odyssey Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları 36
Çizelge 4.6 Seçilen gemilerin parametreleri ve seyreltme faktörleri 36

ÖZET

YOLCU GEMİSİ KAYNAKLI KANALİZASYON ATIKLARININ GEMİ FORMU VE SİSTEMLERİNE BAĞLI OLARAK TAHMİNİ

Volkan ŞAHİN

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nurten VARDAR

Yolcu gemisi sektörü turizm açısından oldukça önemli olması sebebiyle bütün dünyada sürekli gelişen ve genişleyen bir ağa sahiptir. Bu gelişmeye paralel olarak sürekli artan yolcu gemisi kaynaklı atıklar denizlere ve dolayısıyla ekosisteme oldukça zarar vermeye başlamıştır. Yolcu gemisi kaynaklı olan atıklar; yolcu gemisi yaşam mahalli, mutfak, çamaşırhane vb. yerlerden atılan pis su, sintine suyu, katı atıklar ve zararlı atıklar olarak sınıflandırılabilir. Bu sorun neticesinde gemi kaynaklı atıkların, denize mümkün olduğunca az zarar vermesi ve verimli bir şekilde bertarafı için ulusal ve uluslararası düzenlemeler ve sözleşmeler oluşturulmuştur. Bu düzenlemeler ve sözleşmeler kapsamında atık yönetim sistemleri geliştirilmiştir.

Oluşturulan sözleşmelerden en önemlisi Gemilerden Oluşan Deniz Kirliliğinin Önlenmesi için Uluslararası Konvansiyon (MARPOL 73/78)'dur. Bu yüksek lisans tez çalışmasında Birleşik Devletler Çevre Koruma Kuruluşu (EPA)'nun yolcu gemisi atıklarına ciddi sınırlandırmalar getiren ve gelişmiş atık sistemlerinin geliştirilmesine sebep olan çalışmaları ve yolcu gemisi kaynaklı pis su (kanalizasyon) atıklarının yapısı, arıtılma sistemi, arıtıldıktan sonraki atık konsantrasyonu ve denize dağılımı, denize dağılımında gemi formunun etkisi, EPA Yolcu Gemisi Boşaltımı Değerlendirme Raporu'nda belirtildiği gibi incelenmiştir. Ayrıca yolcu gemilerinde kullanılan atık arıtma sistemleri araştırılarak, arıtma sisteminden çıkan pis suların yapıları birbiriyle karşılaştırılmıştır.

EPA tarafından atık su konsantrasyonları ölçülen bir geminin atık su konsantrasyonları baz alınarak, Akdeniz sularında çalışan 4 adet yolcu gemisinin atık su boşaltımlarının denizdeki seyrelme oranı EPA'nın seyreltme faktörü formülüyle hesaplanmıştır. Hesaplanan konsantrasyonların MARPOL Annex IV standartlarına uygunluğu irdelenmiştir. Yapılan boşaltımların karadan 12 mil açıkta yapıldığı kabul edilse de, atık suyun boşaltımdan önce mutlaka arıtma sistemlerinde arıtılması gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Seyreltme Faktörü, Yolcu Gemisi Pis Su Arıtma Sistemleri, EPA

ABSTRACT

ESTIMATION OF CRUISE SHIP SEWAGE RELATED TO SHIP FORM AND SYSTEMS

Volkan Şahin

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc Thesis

Advisor: Prof. Dr. Nurten Vardar

Due to the great importance of cruise shipping in terms of tourism, it has a growing and expanding network all over the world. Thus, increasing amount of wastes has considerable harmful impacts on the seas and ecosystem. Wastes from cruise ships are classified as sewage from accommodation, galley and laundry, bilge water, solid wastes and harmful wastes. Some national and international conventions have been signed in order to minimize and disposal of these harmful impacts of wastes. Waste management systems were developed within the scope of these conventions.

The most important convention is International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78). Besides, the studies of United States Environmental Protection Agency (EPA), which limit the wastes of cruise ships and lead the way in order to develop advanced waste systems, are investigated in this master's thesis. The compound of sewage, treatment systems, the compound of sewage after treatment and dispersion into the sea, the effect of ship form for the dispersion of sewage into the sea are investigated in consideration of EPA Cruise Ship Discharge Assessment Report. Besides, the treatment systems are investigated and the compound of sewage after treatment are compared.

It was calculated the dilution rate of waste water discharging of 4 cruise ships operating in The Mediterranean water based on the waste water concentrations of a

ship that had been measured by EPA by using the dilution factor formula of EPA. The convenience of concentrations calculated was examined with regard to MARPOL Annex IV standards. Despite the fact that the discharges are realized at 12 nautical miles from coastal line, it is observed that the sewage must be treated with a proper treatment system before discharging.

Keywords: Dilution Factor, Cruise Ship Sewage Treatment Systems, EPA

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Tüm dünyada “kruvaziyer” olarak bilinen yolcu gemileri, turizm sektöründe oldukça büyük bir yere sahiptir. Başlangıcının 1840’lı yıllara dayandığı tahmin edilmekte olan bu sektör, günümüzde dev yolcu gemilerinin adeta yüzen dev bir şehir haline gelmesiyle devam etmekte ve hızla büyümektedir [1].

Kruvaziyer gemiler 4-5 yıldızlı yüzer otel gibidir. Otel ve deniz işletmeciliği bir yüzer yapının içinde bütünleştirilmiştir. Alışveriş, eğlence merkezleri, balkonlu kamaralar, casino, bar, restoran hizmetleri; dinlenme, okuma ve spor salonları gemide yayınlanan günlük gazeteler ve dergiler, konferans salonları, tiyatro ve kütüphane, uydu haberleşme ağı vb. yolcuya yönelik hizmetlerle kruvaziyer gemiler çok güverteli birer "yüzer şehir" şekline dönüşmüştür. Bu dev gemilerin güverte sayısı 15 kata kadar çıkabilmektedir. "İnsanı insanla mutlu etme" düşüncesinin uygulandığı kruvaziyer yolcu taşımacılığında otel personeli, hizmetin çekirdeğini oluşturmaktadır. Örneğin, 14 gemilik bir filoya sahip Royal Caribbean Cruises Ltd (RCLL)'in gemi/otel hizmetlileri portföyü 14.000 kişiden oluşmaktadır[1].

Bu yüzer şehirler, Alaska, Kuzey Amerika’nın batısı ve doğusu, Güney Pasifik, Güney Amerika kıyıları, Hawai, Akdeniz, Karayipler gibi bölgelerde seyahat etmektedirler. Sürekli büyüyen sektör, beraberinde sürekli büyüyen ve gelişen yolcu gemilerini de beraberinde getirmiştir. Yolcu gemilerinin büyümesiyle tek seferde 3000 – 4000 yolcu

taşıyabilme kapasitesine sahip bu dev yüzer şehirler, beraberinde büyük bir kirlilik sorununu da ortaya çıkarmaktadır. Artan bu kirliliğin, okyanuslarımızın ve denizlerimizin bir çöp yığınına dönüşmesini engellemek adına birçok ulusal ve uluslararası düzenlemeler ve sözleşmeler oluşturulmuştur. Özellikle The United States Environmental Protection Agency (Amerika Çevre Koruma Ajansı-EPA) ve Gemilerden Oluşan Deniz Kirliliğini Önlenmesi için Uluslararası Konvansiyonu (MARPOL 73/78) [2] bunlardan en önemli olanlarıdır. EPA, Amerika'da özellikle Alaska sularına olan boşaltımları değerlendirme ve düzenleme konusunda önemli çalışmalara öncülük etmiştir.

Gemi kaynaklı kirliliği önleme ve azaltma konusunda yapılan çalışmalar, beraberinde yeni atık arıtım sistemlerinin geliştirilmesine ve atık yönetim sistemi içerisinde hem gemi hem de liman tesislerinde atığın sağlıklı bir şekilde bertarafına yönelik yeni prosedürlerin oluşmasına olanak sağlamıştır. Atık yönetimi, yolcu ve yük gemilerini içine alan geniş kapsamlı, dünya sağlığı ve geleceği açısından oldukça önemli bir konudur. Gerek liman atık karşılama tesisleri gerekse de gemi içindeki atık arıtım tesisleri, atık yönetimini sağlama ve düzenleme konusunda oldukça büyük önem taşımaktadır.

Yolcu gemileri küresel ticaret filosunun % 1'inden daha azını oluşturmaktadır. Tahminlere göre ticari gemilerden atılan atıkların % 25'i yolcu gemilerinden kaynaklanmaktadır. Butt [3], 2007 yılında yaptığı çalışmada dünyanın öncü yolcu gemisi şirketleri olan Conard ve P&O için ana liman, Royal Caribbean Cruises Şirketi için ara liman olan Southampton limanına yolcu gemisi kaynaklı atıkların etkisini incelemiştir. Çalışmada yolcu gemisi kaynaklı atıklar için atık yönetimi ve atıkların bertarafı seçenekleri sunulmuş olup bütün yolcu gemilerinin dinamik bir şekilde atık azaltma stratejisi takip etmesi ve limanların yolcu gemisi kaynaklı atıklar için geri dönüşüm, atık azaltma ve tekrar değerlendirme tesisleri sağlaması gerektiği ortaya çıkarılmıştır .

Gemilerde tuvaletlerden, revirden ve hayvan yaşam mahallinden gelen pis su sewage olarak adlandırılırken, lavabo, banyo, çamaşırhane, mutfak ve restoranlardan gelen atık sular graywater olarak adlandırılmaktadır [4]. Çalışmada yapılan tahminlere göre, yolcu gemileri; bir yolcu başına günde 1 kilogram katı atık, 2 şişe ve 2 içecek kutusu atık

üretmektedir. Bir yolcu gemisi günde 50 ton pis su üretmektedir. MARPOL'e göre insan atığı olarak değerlendirilen pis su (sewage) üretimi günde kişi başı 20 – 40 litre arasında değişmektedir. Lavabo, banyo, çamaşırhane, mutfak gibi yerlerden gelen ve "graywater" olarak tanımlanan pis su ise kişi başı günde 120 – 130 litre olarak tahmin edilmektedir. Bu pis su kirliliği, deniz ürünleri ve su yoluyla sindirim sistemi hastalıklarının, ishalin, hepatitin ver diğer hastalıkların bulaşmasına sebep olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde atık yönetiminde en çok tercih edilen yöntemlerin ilki atık azaltımı, ikincisi tekrar kullanma ve geri dönüşüm, üçüncüsünün ise atığın bertarafı olduğu görülmektedir. Şimdilerdeki atık yönetimi stratejisinde "önlemek, iyileştirmekten iyidir" prensibi vardır[3].

Özellikle ABD'deki durum incelendiğinde çevreye verdikleri zararlardan dolayı kruvaziyer gemilerine son on yıllık dönem içerisinde 90 milyon USD ceza uygulandığı görülmektedir. Bu anlamda ABD'deki uygulamalar çevreye verilen zararın maddi olarak cezalandırıldığı dünyadaki tek örnek olması açısından da önemlidir. Tüm dünyada kruvaziyer endüstrisinin çevresel boyutunun etkisi masaya yatırıldığında şirketlerin çok da masum olmadıkları ortadadır. Kruvaziyer şirketlerine ait devasa gemilerin birçoğu özellikle kirliliğe sebep olan maddeleri boşaltmaktan değil ama bu maddelerin miktarlarına ilişkin yanlış veya eksik bildirimlerde bulundukları için ceza almaktadırlar [1].

United States General Accounting Office (Amerika Birleşik Devletleri Muhasebe Ofisi - GAO)'nun raporunda sunulan [5], yolcu gemilerinden yapılan illegal boşaltımları önlemek için ne tür yaptırımlar yapıldığını tanımlayan, hangi firmaların hangi olaylara karıştığını derleyen tutanaklar incelenmiştir. Raporda 1993 – 1998 yılları arasında Amerika'daki illegal boşaltımlardan sorumlu olan yolcu gemilerini yöneten şirketlerinin hepsini tanımlayabilmek için Sahil Güvenlik ve mahkeme kayıtları incelenmiştir. Sonrasında bu gemilerce yapılmış illegal boşaltımların kaza mı yoksa kasten mi olduğu analiz edilmiştir. İllegal boşaltım yapan 18 şirket tanımlanmış ve yaptığı boşaltımlar incelenmiştir .

EPA [6]' nın raporu ve (Koboevic vd.[7])'nin çalışmalarında yolcu gemisi atıkları pis su, sintine suyu, katı atık ve tehlikeli atıklar şeklinde sınıflandırılmıştır. Ayrıca bu

çalışmalarda yolcu gemilerinden oluşan atığı azaltmak için kullanılması önerilen arıtma teknolojileri hakkında irdelemeler yapılmış ve AWT (Advanced Wastewater Treatment) olarak adlandırılan Gelişmiş Atık Su Arıtma Sistemi ve MSD (Marine Sanitation Device) olarak adlandırılan Deniz Sağlığı Koruma Cihazları hakkında geniş bilgi verilmiştir.

Yolcu gemisi pis su arıtım işleminde diğer bir önemli faktör, pis suyun denize atılmasından sonra denizde karşımı ve seyrelmesidir. Literatürde bu konuyu inceleyen bazı önemli çalışmalar aşağıda özetlenecektir.

Alaska Çevre Koruma Departmanı (ADEC) [8], yolcu gemilerinin pis su atıklarından numune toplayarak incelemiş ve MSD sisteminin atık su (sewage) arıtımı için beklenen performansı göstermediğini saptamıştır. (Loehr vd. [9]) çalışmalarında ADEC'in yolcu gemisi kaynaklı deniz kirliliğini incelemek ve değerlendirmek için düzenlemiş olduğu Panel çalışmalarının sonuçlarını değerlendirmiştir. Bu çalışmalardan hareket halindeki yolcu gemilerinde, arıtılmış pis suyun, arıtma sisteminden çıktığında gereken değerleri sağlamasa bile denizde seyreltim sonucunda, gerekli su kalite standartlarını sağladığı anlaşılmaktadır.

(Loehr vd. [10]) yaptıkları çalışmada atık suyun denize atıldıktan sonra denizdeki dağılımını karakterize eden, gemi boyutlarına, hızına ve atık su boşaltma hızına bağlı "seyreltme faktörünü – SF" tanımlamışlardır. (Heinen vd. [11]) hareket halindeki yolcu gemilerinden atılan pis suyun denizde seyrelmesini incelemişlerdir.

EPA'nın bir diğer raporunda [12], hareket halindeki yolcu gemilerinden atılan pis suyun dağılımını ölçmek için gerçekleştirilmiş olan Atık Su Dağılımı İzleme Çalışması (Cruise Ship Plume Tracking Survey)'ndan bahsedilmektedir. Bu çalışmada bulunan seyrelme faktörleri daha önce yapılmış olan çalışmalarda bulunan seyrelme faktörlerinden çok daha büyük olduğu ve pervaneler tarafından yapılan ikincil seyreltme işleminin de atık su konsantrasyonları için önemli bir etken olduğu ortaya atılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Kruvaziyer turizmine artan talep nedeniyle gemi boyutlarında ve sayısındaki artış, devamında bu gemilerin yüzer şehirler haline gelmesiyle, yolcu gemisi kaynaklı deniz

kirliliği oldukça artış göstermektedir. Deniz kirliliğindeki artış ve bu konuya farkındalığın artması, uluslararası sözleşmeler ve yasaların yürürlüğe girmesine sebep olmuştur.

Bu tez kapsamında yolcu gemilerinde kullanılan arıtma sistemleri incelenerek, uygulanan standartlara uygun arıtma sistemlerinin çalışma prensipleri hakkında bilgi verilerek, standartlara uygun arıtma sistemleri önerilmiştir.

Literatür taramasından görüldüğü üzere atık suyun denizde seyrelmesi olayı, seyrelme faktörü ile tahmin edilebilmektedir. A.B.D denizlerinde dolaşan yolcu gemileri için bu hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve çoğunda deneysel sonuçlara yakın sonuçlar bulunmuştur. Son yıllarda ülkemizde de kruvaziyer turizminin hızla gelişmesi, özellikle Akdeniz, Ege Denizi, Karadeniz ve Marmara Denizi'nde yolcu gemisi sayılarının gittikçe artması Alaska sularında duyulan kaygının bizim denizlerimiz için de geçerli olacağını göstermektedir. Ancak literatürde ülkemiz suları için bu konuda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada da bu konuya odaklanılarak öncelikle arıtma sistemleri özellikleri incelenecek, tezin 2.bölümünde de literatürde bulunan gemi boyutları, gemi hızı, atık boşaltma hızına bağlı seyreltme faktörü kullanılarak Akdeniz'de dolaşan, hız, boyut vb. değerleri açık literatürden bulunmuş 4 ayrı yolcu gemisinin atık su konsantrasyonlarının tahmini gerçekleştirilecektir.

1.3 Hipotez

MARPOL Annex IV kurallarına göre arıtım yapılmadan atık suyun denize bırakılması için karadan 12 mil uzakta boşaltma işleminin yapılması gerekmektedir. Ülkemiz henüz Annex IV sözleşmesine dahil olmamakla beraber yakın gelecekte bunun gerçekleşeceği öngörülerek, incelemesi yapılan yolcu gemilerinin arıtım yapılmadan 12 mil açıkta boşaltım yaptığı kabul edilerek tahminler gerçekleştirilmiştir. Bu gemilerin atık su konsantrasyonlarının MARPOL Annex IV standartlarına uygunluğu incelenmiştir. Deniz canlıları ve yapısı için son derece zararlı olan konvansiyonel kirleticilerin belirlenen standartlara uygunluğuna bakılarak, boşaltımdan sonra denizdeki konsantrasyonları EPA seyreltme faktörü formülü ve MARPOL maksimum boşaltım hızı formülü yardımıyla tahmin edilmiştir.

BÖLÜM 2

ULUSLARARASI STANDARTLAR VE PİS SU ARITMA SİSTEMLERİ

2.1 Uluslararası Standartlar

Son yıllarda özellikle A.B.D denizlerinde oluşmaya başlayan yolcu gemisi kaynaklı deniz kirliliğini önlemek amacıyla çıkarılan yasalar, oluşturulan standart ve kurallar gereği gemilerin gelişmiş atık su arıtım sistemleriyle donatılması zorunlu kılınmaya başlanmıştır. Amerika' da yolcu gemilerinden boşaltımı yapılacak olan pis su (sewage) boşaltım prosedürleri çeşitli federal yasalarla belirlenmektedir. Bu yasalar Amerika sularındaki (özellikle Alaska) yolcu gemilerinin sıkı denetimlere tabi tutulmasını zorunlu kılar. Yasalarca yetkilendirilen kuruluşlar, gemide kullanılan ekipman yapısını, pis suyun arıtılmadan önceki ve sonraki içerik derişimi, bu derişimlerin yasalarca belirlenen standartlara uyup uymadığı, boşaltımın yapılacağı alanın karadan uzaklığı, boşaltım sırasında geminin minimum seyir hızı gibi birçok faktörü denetler. Uygulanan federal yasalar ve uluslararası sözleşmeler, boşaltılacak pis suyun arıtımında kullanılacak cihazların yapısını, arıtma yöntemlerini ve arıtımdan sonraki atık suyun sahip olması gereken derişimleri anlayabilmek açısından önemlidir. Pis su (sewage) boşaltımı için esas uluslararası sözleşme MARPOL 73/78 AnnexIV'tür. Annex IV 1973' te kabul edilmesine rağmen, Eylül 2003'e kadar etkili olmamıştır. Daha sonraki iyileştirme çalışmaları 1 Ağustos 2005'te yürürlüğe girmiştir. Annex IV, Annex'e üye olan ülkelere ve bayrakları altında çalışan gemilere uygulanmaktadır [6].

MARPOL Annex IV, pis suyun denize basılmasıyla ilgili olayları, pis su boşaltımını kontrol eden sistem ve ekipmanları, limanlarda ve tesislerde pis su arıtım tesisleri için gerekli koşulları, sertifikasyon ve araştırma için gereklilikleri düzenlemektedir. Annex IV pis

suyu tuvaletlerden ve klozetlerden atılan kanalizasyon ve diğer atıklar olarak tanımlamaktadır. Bu boşaltımlar revirden, dispanserden lavabo yoluyla olan atıklar, çamaşırhaneden gelen boşaltımlar, canlı hayvan bölmelerinden gelen atıklar veya boşaltımla karışan diğer atık suları kapsamaktadır [2], [6].

MARPOL Annex IV gemiler için hem pis su arıtma sistemi hem de pis su dezenfeksiyon sistemi ya da pis su depolama tankı gerektirmektedir. Bu sistemlere sahip gemiler denizden 3 mil açıkta, sahip olmayanlar 12 mil açıkta boşaltım yapmalıdırlar. Annex IV gereksinimlerini sağlayan gemilere Uluslararası Pis Su Kirliliği'ni Önleme Sertifikası (ISPPC) verilmektedir [2],[6].

MARPOL AnnexIV'e göre, atık su standartları; fecal coliform için 100 ml suda 100'ü, askıdaki katı madde miktarı için 35mg/l'den, biyokimyasal oksijen ihtiyacı 25mg/l'den ve kimyasal oksijen ihtiyacı 125 mg/l'den fazla olmamalıdır. MARPOL standartlarına göre atık suyun pH'ı 6.0 – 8.5 arasında olmalı ve klor miktarı 0.5 mg/l'yi aşmamalıdır [2], [4].

EPA standartlarına göre Alaska sularına pis su (sewage ve graywater) boşaltan seyir hızları 6 knot'tan az olan gemiler, dışkı (fecal coliform) standartlarını ve klor miktarı standartlarını karşılamak zorundadırlar. Ayrıca kullanılan arıtma sisteminin tipine göre atık boşaltım mesafesi ve hızlarını da karşılamak zorundadır [6].

Atık su arıtım sistemleri klasik ve gelişmiş olarak iki tiptedir. Bu bölümde klasik ve gelişmiş arıtma sistemleri hakkında bilgi verilmiştir.

2.2 Arıtma Sistemleri

Sewage arıtımında kullanılan sistemler çalışma prensiplerine göre Klasik Sistem (MSDs - Traditional Marine Sanitation Devices) ve Gelişmiş Atık Su Arıtma Sistemleri (AWTs - Advanced Wastewater Treatment Systems) olmak üzere iki tiptedir.

2.2.1 Klasik Arıtma sistemleri (MSDs)

MSD (Marine Sanitation Device) olarak adlandırılan klasik arıtma sistemleri; çalışma şekilleri, düzenleme ve fonksiyonları açısından incelendiğinde Tip I, Tip II ve Tip III olmak üzere üç tiptedir.

Tip I MSD sistemi 20m ve üzerindeki gemilerde kullanılmaktadır. Sürekli akış yöntemiyle (devir daim) arıtma yapan cihazlar olup, sewage arıtmak için genelde maserasyon ve dezenfeksiyon yöntemini kullanır. Standartlara göre sistem çıkışında atık su, gözle görülebilir katı atık içermemeli, her 100 ml suda 1000 fecal coliform oranı aşılmamalıdır.

Tip II MSD sistemleri de sürekli akış (devir daim) yöntemiyle çalışır ve biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon yapmaktadır. Sistem gemi karadan 3 mil açıkta sewage boşaltana kadar ya da boşaltacağı tesise ulaşıncaya kadar pis suyu depolayan toplama tanklarıyla donatılabilmektedir.

Tip III MSD sistemlerinde ise denize veya kara tesisine uygun bir şekilde basılana kadar pis su depolama tankları bulunur ve her büyüklükte gemi için kullanılabilir.

65 metreden uzun gemilerin ya Tip II MSD ya da Tip III MSD (depolama tankı) kullanmaları gerekmektedir.

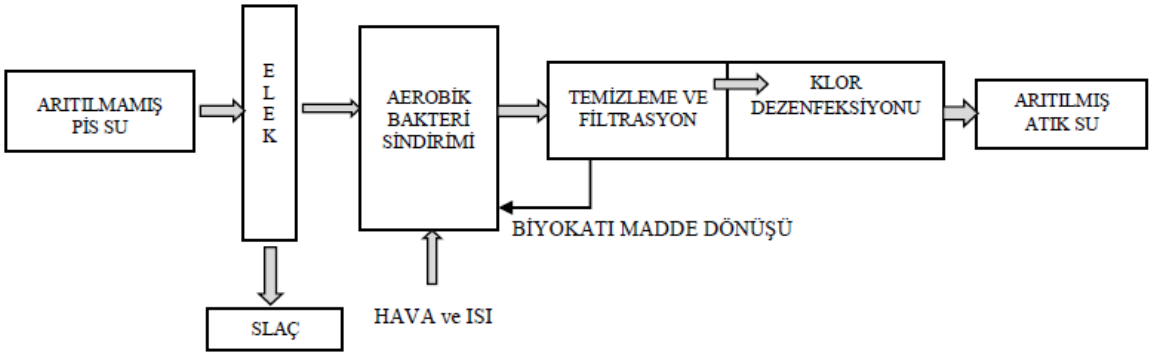
Yolcu gemilerinin 65m'den daha uzun olması sebebiyle doğal olarak bu 3 tip arasından Tip II MSDs ile donatılması yaygındır.

2.2.1.1 Tip II MSD Arıtma Sistemleri

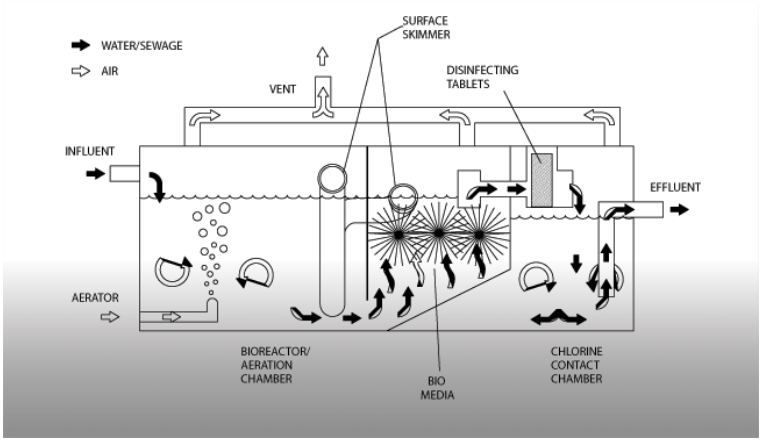
Tip II MSD sistemine sahip çoğu yolcu gemisinde sewage, biyolojik arıtma ve klorlamayla arıtılmaktadır. Yolcu gemilerinde, 1 – 2 tanesi yedek olmak üzere, 4 adet bulunması gereken bu sistemler biyolojik arıtma yerine maserasyon ve klorlama yöntemi kullanmaktadır. Maserasyon – klorlama sistemleri kalıntıyı bertaraf etmek için eleme yöntemini kullanmaktadır. Maserasyon yöntemi katıları ufalamak için ve klor dezenfeksiyonu atığı oksitleme ve dezenfekte etmek içindir. Klor ya eklenmekte (sodyum hipoklorin) ya da deniz suyunu pis suyla karıştırarak ve sonra bu çözeltiyi hipoklorit üretmek için olan elektrolit hücreler arasından geçirerek üretilmektedir.

Biyolojik arıtma ve klor dezenfeksiyonu yapan MSD sistemlerinin çalışma prensibi karada kullanılan, belediyeye ait atık su arıtma sisteminin biyolojik arıtma prensibine benzerdir. Arıtma sistemi, biyokimyasal oksijen ihtiyacını ve bazı nütrientleri (gıda maddelerini) ortadan kaldırmak için aerobik biyolojik arıtma, temizleme, katı atık bertarafı için filtreleme ve final olarak patojenleri yok etmek için klor dezenfeksiyonu

yöntemi içermektedir [6].Bu sistemlerdeki genel akış ve prensip şeması Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Tip II MSD sisteminin akış şeması



Şekil 2.2 MSD Tip II çalışma prensip şeması [13]

Değişik firmalar tarafından üretilen bu sistemlere ait resimler Şekil 2.3'den Şekil 2.5'e kadar verilmiştir.



Şekil 2.3 MSD Tip II arıtma sistemi [14]



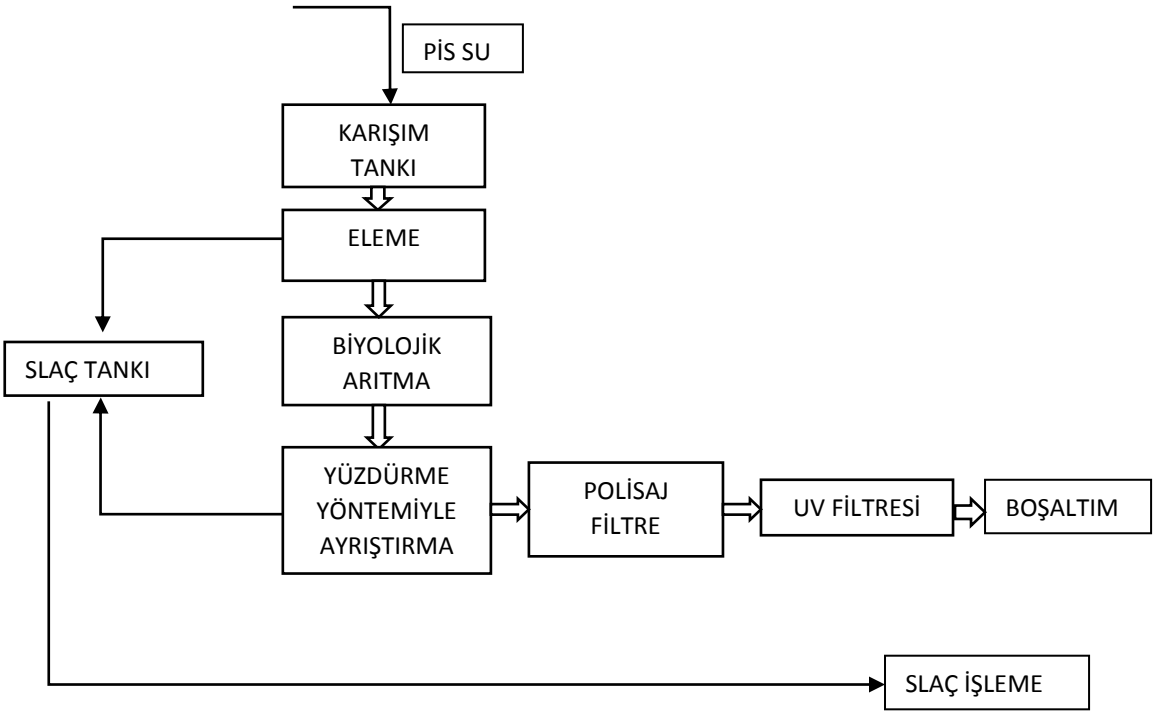
Şekil 2.4 MSD Tip II arıtma sistemi [14]


Şekil 2.5 MSD Tip II arıtma sistemi [15]

2.2.2 Gelişmiş Arıtma Sistemleri (AWTs)

Son yıllarda gittikçe artan bir oranda özellikle çeşitli kural, kanun ve standartlarla düzenleme ve denetlemelerin gerçekleştirildiği Alaska sularında yüzen gemilerde AWTs (Advanced Wastewater Treatment System) olarak adlandırılan sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Klasik sistemlere göre daha pahalı olan bu sistemler pis su arıtımında daha etkilidir. Bu sistemler genel olarak iki prosesle çalışmaktadır. İlk pis su arıtma prosesi, esas olarak katıları bertaraf eden fiziksel prosesten oluşmaktadır. İkinci pis su arıtım prosesinde organik maddeleri çürütmek için bakteri, son olarak da atık suyu dezenfekte etmek için klorlama yöntemi kullanılmaktadır. İkinci arıtım prosesinden sonra kalan potansiyel kirleticiler, ağır metalller, nütrientler (gıda maddeleri) ve biyolojik olarak parçalanmayan organik kimyasallardır. “Gelişmiş Pis Su arıtımı” terimi

bu maddeleri bertaraf etmek için dizayn edilmiş sistemleri tanımlamaktadır. Çeşitli gelişmiş atık su arıtma sistemleri bulunmaktadır. Bazıları diğerlerine göre daha koruyucu ve bazıları yapısına ve ebatlarına bağlı olarak daha pahalı ve kapsamlıdır [6], [7]. AWT sisteminin akış şeması Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 AWT akış şeması [7]

Gelişmiş arıtma sistemleri genel olarak Şekil 2.6'da verilen akış şemasına uygun olarak çalışmakla beraber çeşitli firmaların uygulamalarında bazı farklar görülmektedir. Aşağıda bu sistemlerden kısaca bahsedilecektir.

Hamworthy's Membrane Biyoreaktör (MBR) sistemi ultra filtreleme ve ultraviyole (UV) dezenfeksiyonu tarafından takip edilen aerobik biyolojik arıtma kullanmaktadır. Bu sistemin örneklerinden biri Princess Cruises Şirketi gemilerinden Island Princess'de kullanılmaktadır. Bu gemide Hamworthy's Membrane Biyoreaktör sistemi yaşam mahallindeki ve pis su tankındaki atık suyu arıtmaktadır. Atık su ilk olarak kağıtları ve diğer iri parçalı katı atıkları bertaraf etmek için elekte elenmektedir. Sonrasında, atık su iki kademeli bioreaktöre (atıktaki organik maddelerin bakteri sindirimine girdiği yer) girmektedir. Sonrasındaki biyolojik arıtmada, atık su, katı parçacıklı maddelerin ve biyolojik kütlenin bertarafı için, boru şeklindeki ultra filtreleme zarlarından geçerek

filtrelenmektedir. Arıtımın son aşamasında, atık su, patojenlerinden arındırılmak için UV dezenfeksiyonuna gönderilmektedir [6], [7], [16].





Şekil 2.7 AWT sistemi örnekleri [16]

ROCHEM's ROCHEM LPRO ve ROCHEM Bio – Filt sistemleri yüksek ve düşük konsantrasyonlu atıkları farklı proseslerle arıtmaktadır. Bu sistemin bir örneği Holland America Line'ın Oosterdam isimli gemisinde kullanılmaktadır. Bu gemide sistemin bir parçası olan ROCHEM LYPRO çamaşırhaneden ve yaşam mahallinden gelen suyu (düşük konsantrasyonlu su) arıtmaktadır. ROCHEM Bio – Filt mutfaktan ve tuvaletlerden gelen atık suyu (yüksek konsantrasyonlu atık su) arıtmaktadır. ROCHEM LPRO sistemi elyaf ve saç gibi maddeleri bertaraf etmek için elek kullanmakta, osmoz zarını katı parçacıkları ve çözünmüş katı atı bertaraf etmek için tersine çevirmektedir. Patojenleri azaltmak için UV dezenfeksiyonu kullanmaktadır. ROCHEM Bio – Filt sistemi iri parçacıklı katıları bertaraf etmek için titreşimli elekleri, atıkların biyolojik oksidasyonu için bioreaktörleri, katı maddeleri ve biyolojik kütleyi (tekrar bioreaktöre dönen) bertaraf etmek için ultra filtreleme zarlarını, patojenleri azaltmak için UV dezenfeksiyonunu kullanmaktadır. [6],[7]. Bu sistemlere ait resimler Şekil 2.8'de verilmiştir.

Zenon ZeeWeed MBR sistemi ultra filtreleme ve UV dezenfeksiyonunun yanı sıra aerobik biyolojik oksidasyon yöntemi kullanmaktadır. Holland America Line Şirketi'nin Veendam isimli gemisinde kullanılan sistemde çamaşırhane, mutfak, yaşam mahalli ve yiyecek öğütücülerden gelen atık suyla (graywater) pis su (sewage) karışarak elekten geçirilip toplama tankına gönderilmektedir.



Şekil 2.8 AWT sistemi örnekleri [17]

Toplama tankından bioreaktöre gönderilen atık su daha sonra vakum altında ultra filtreleme sistemi boyunca akar. Son arıtma aşamasında atık su patojenlerinden arındırılması için UV dezenfeksiyonuna girer [6], [7]. Bu sisteme ait resimler Şekil 2.9'da verilmiştir [18].



Şekil 2.9 AWT sistemi örnekleri [18]

Hydroxyl Clean Sea sistemi çözünmüş hava akışı ve UV dezenfeksiyon yöntemlerinin yanı sıra aerobik biyolojik oksidasyon yöntemi kullanmaktadır. Pis su (sewage ve graywater) karıştırılmakta ve iri katı parçacıkların elenmesi için bir tel kafes şeklinde eleğe yollanmaktadır. Daha sonra atık su, geri kazanılmış biyokütleye ihtiyaç duymadan biyolojik büyümeyi destekleyen serbest yüzen plastik boncukların olduğu ACTİVECELL biyolojik reaktörlerine girmektedir. Bunun ardından atık su daha sonra katı parçacıklarının ayrıştırılması için ACTIVEFOAT çözünmüş hava akışı ünitesine girmektedir. Son ayrıştırma işlemi, parlatma filtresi ve patojen azaltımı için UV dezenfeksiyon yöntemlerini içermektedir [6],[7]. Bu sisteme ait resimler şekil 2.10 ve Şekil 2.11' de verilmiştir.



Şekil 2.10 AWT sistemi örneği [19]



Şekil 2.11 AWT sistemi UV dezenfeksiyonu [19]

Çizelge 2.1' de AWT sistemine giren atık suyun, fecal coliform, enterococci ve E.coli bakterileri yönünden UV dezenfeksiyonuna girmeden önceki konsantrasyonu ve sistemden atılan atık suyun konsantrasyonları verilmiştir.

Çizelge 2.1 AWT atıksu konsantrasyonları [6]

Analit	**Birim**	**Yolcu Gemisi AWT Sistemine Giren Suyun Ortalama Konsantrasyonu[1]**	**Bioreaktörlerden Sonraki UV dezenfeksiyonundan Önceki Ortalama Konsantrasyon[1]**	**Yolcu Gemisi AWT Atık Suyunun Ortalama Konsantrasyonu[2]**	**Tüm AWT Arıtma Yüzdesi[1]**
Dışkı (Fecal Coliform)	CFU/100ml	103000000[3] (62 numunenin 61 tanesinden saptanan)	25500[4] (56 numunenin 39 tanesinden saptanan)	14.5[3] (285 numunenin 26 tanesinden saptanan)	>99
	MPN/100ml			10.1[3] (320 numunenin 47 tanesinden saptanan)	
E.coli	MPN/100ml	12700000 (63 numunenin 63 tanesinden saptanan)	727[3] (55 numunenin 38 tanesinden saptanan)	1.98[3] (59 numunenin 6 tanesinden saptanan)	>99
Enterococci	MPN/100 ml	4940000[3] (64 numunenin 63 tanesinden saptanan)	97.4[4] (54 numunenin 33 tanesinden saptanan)	1.28[3] (58 numunenin 9 tanesinde saptanan)	>99

Çizelge 2.2'de AWT sistemine giren konvansiyonel kirleticilerin arıtımdan önceki ve sonraki konsantrasyonları ve arıtım yüzdeleri verilmiştir.

[1] EPA tarafından 2004 yılında toplanan veriler.
[2]2003 – 2005 yılları arasında ADEC/Sahil Güvenlik tarafından veriler; EPA tarafından 2004 yılında toplanan veriler; EPA tarafından 2004 yılı boyunca yolcu gemisi araştırmalarında topladığı veriler.
[3]Ortalama, en az bir tane sonuçlanamayan değer içerir; belirlenemeyen sonuçlar için bu hesap, tespit sınırını kullanır.
[4]Ortalama, en az bir tane sonuçlanamayan değer içerir (belirlenemeyen sonuçlar için bu hesap, tespit sınırını kullanır) ve yeteri kadar seyreltilmemiş en az bir sonuç laboratuvar tarafından işaretlendi. ''>'' işareti arıtımın minimum seviyesini belirtir.

Çizelge 2.2 AWT atık suyu konsantrasyonları ve arıtımları [6]

Analit	Yolcu Gemisi AWT sistemine Giriş Suyunun Ortalama Konsantrasyonu[1]	Yolcu Gemisi AWT sisteminin Atık Suyunun Ortalama Konsantrasyonu[2]	Arıtma Yüzdesi[1]
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	545 (50 numunenin 50 tanesinden saptanan)	4.49[3] (±0,0385) (547 numunenin 73 tanesinde saptanan)	>99
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (5 - Gün) (mg/l)	526 (24 numunenin 24 tanesinden saptanan)	7.99[3] (±0,798) (568 numunenin 358 tanesinde saptanan)	>99
Kimyasal Oksijen İhtiyacı(mg/l)	1140 (50 numunenin 50 tanesinden saptanan)	69.4[3] (±4,03) (568 numunenin 358 tanesinde saptanan)	>93 – 97 arası
pH		Numunelerin % 99,5'i 6.0 ile 9.0 arasında	
Toplam Atık Klor (mg/l)		0.338[3] (±0,129) (547 numunenin 41 tanesinde saptanan)	

2.3 Arıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 2.3, Tip II MSD ve AWT sistemlerinden çıkan atık sudan alınan numunelerin konsantrasyonlarını karşılaştırmaktadır. Bu çizelgede MSD ve AWT sistemlerinden çıkan atık su konsantrasyonları, Tip II MSD sistemlerinin EPA (The United States Environmental Protection Agency) standartlarıyla, MARPOL Annex IV standartlarıyla ve "Belirli Alaska Yolcu Gemisi Operasyonları" adı altında (Title IV diye bahsedilen) Alaska yolcu gemilerinin boşaltım standartlarıyla karşılaştırılmıştır [7].

[1] EPA tarafından 2004 ve 2005 yılında toplanan veriler.
[2]2003 – 2005 yılları arasında ADEC/Sahil Güvenlik tarafından veriler; EPA tarafından 2004 yılında toplanan veriler; EPA tarafından 2004 yılı boyunca yolcu gemisi araştırmalarında topladığı veriler.
[3]Ortalama, en az bir tane sonuçlanamayan değer içerir; belirlenemeyen sonuçlar için bu hesap, tespit sınırını kullanır.
''>'' işareti arıtımın minimum seviyesini belirtir.

Çizelge 2.3 AWT ve Tip II MSD sistemi atık sularının atık su boşaltma standartlarıyla karşılaştırılması

Analit	AWT Sistemi Atık Suyunun Ortalama Konsantrasyonu[1]	Tip II MSD Sistemi Atık Suyunun Ortalama Konsantrasyonu[2]	Tip II MSD Sisteminin Performans Standartları (33 CFR 159.Bölüm Alt Bölüm C)[7]	MARPOL Annex IV Standartları	Alaska Sularına Yapılan Boşaltımlar İçin Title IV Standartları (33 CFR 159.Bölüm Alt Bölüm C)
Dışkı (Fecal Coliform/100 ml)	14.5[3]	2040000 MPN/100 ml	< 200	< 100	< 20[4]
Toplam Atık Klor (µg/l)	338[3] ^	1070		< 0,5	< 10
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (5-gün) (mg/l)	7.99[3]	133		< 25	< 45[5] < 30[6]
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	4.49[3]	627	<150	< 35	< 45[5] < 30[6]
pH	6.0 – 9,0	6.0 – 9,0		6.0 – 8.5	6.0 – 9.0

Tip II MSD sistemlerinin atık su konsantasyonları EPA'nın ve MARPOL'ün boşaltım standartlarını karşılayamamıştır. Tip II MSD sistemi atık sularının aksine, AWT sistemlerinden boşaltılan atık su konsantrasyonları, toplam atık klor (total residual chlorine) standardı dışında, bütün boşaltım standartlarını karşılamıştır. Klorlama

[1]2003 – 2005 yılları arasında ADEC/Sahil Güvenlik tarafından veriler; EPA tarafından 2004 yılında toplanan veriler; EPA tarafından 2004 yılı boyunca yolcu gemisi araştırmalarında topladığı veriler.
[2]ACSI tarafından 2000 yılında 21 gemiden aldığı numuneler,21 tane gemiden 19 tanesi Tip II MSD sistemi diğer 2 tanesi ters osmozlu arıtma sistemi kullanmaktadır.
[3]Ortalama, en az bir tane sonuçlanamayan değer içerir; belirlenemeyen sonuçlar için bu hesap, tespit sınırını kullanır.
[4] 30 günlük periyotlarla yapılan boşaltımdan alınan numunelerin geometrik ortalaması 20 dışkı (coliform)/100 ml aşmaz ve numunelerin % 10'undan fazlası 40 coliform/100 ml 'yi aşmaz.
[5] 7 günlük ortalamalar bu değeri aşmamalıdır.
[6] 30 günlük ortalamalar bu değeri aşmamalıdır. Ek olarak, 30 günlük ortalama arıtım yüzdesi % 85'ten az olmamalıdır.
[7] Federal Düzenlemeler Kodu, Başlık 33 – Deniz Yolculuğu ve Seyredilebilir Sular, Bölüm 159 – Deniz Sağlığını Koruma Cihazları
^Toplam atık klor için minimum denetleme limiti genellikler 100 µg/l'dir. Çünkü klora çoğu AWT sistemi atık suyunda rastlanmaz (toplam klor atığı 547 numunenin sadece 41 tanesinde tespit edilmiştir.).Klorun saptanamadığı numuneler de tespit limitinde kullanıldığı için burada bahsedilen ortalama, yüksek değerde gösterilmiştir.

yöntemi, gemi seyir halinde ya da limandayken içme suyunu dezenfekte etmek için kullanılmaktadır. 2003 – 2005 yılları boyunca, Alaska'daki çoğu yolcu gemisi, arıtılmış pis suyunun (sewage ve graywater) dezenfeksiyonunda, Tip II MSD sistemini AWT sistemine yükseltirken, klor dezenfeksiyon yöntemini de UV dezenfeksiyonu yöntemine çevirmiştir. UV dezenfeksiyonu yöntemine geçmek, AWT sisteminden çıkan atık sudaki toplam kalıntı klor miktarında azalmaya sebep olmuştur [7].

BÖLÜM 3

SEYRELTME FAKTÖRÜ

3.1 Karıştırma ve Derişim Seyreltme

Arıtma sisteminden çıkan su denize atıldıktan sonra bir seyreltime tabi olmaktadır. Gemi pervanesi ve gemi hareketinin meydana getirdiği karıştırma olayının, atık sisteminden atılan suyun seyreltilmesinde önemli bir rolü bulunmaktadır. EPA ve ADEC (Alaska Çevre Koruma Departmanı) bu konuda önemli çalışmalar yapmıştır [6], [8], [12]. Yapılan çalışmalar sonucunda atık su derişimin bu seyreltmeye bağlı olarak önemli ölçüde seyreldiği görülmüştür.

Yolcu gemilerinden boşaltılan çeşitli atık sulardan numune alınarak yapılan çalışmalardan MSD sisteminin sewage arıtımında beklenen performansı karşılamadığı görülmüştür. Ayrıca hareket halindeki yolcu gemisinin seyreltimi hızlı bir şekilde yaptığını, bunun da su kalite standartlarını istenen düzeye çıkarttığını ispatlanmıştır [9].

Hareket halindeki geminin arkasındaki derişim çeşitli yollarla tahmin edilebilmektedir. Yolcu gemilerinden pis su boşaltımının, yakın alan derişimi ve uzun alan dağılımı modellenerek dağılım ve geminin oluşturduğu dalgalar için geçerli matematiksel modeller birleştirilerek gemi atık suyu dağılımını hesaplamak için pratik bir model ortaya atılmıştır. Buna göre 8 knot hızda 200 m^3/saat boşaltım debisinde yakın alan seyreltmesi 2500:1 iken uzak alan seyreltmesi 25000:1'dir. Yapılan çalışmada gemi pervanesinden ve gövdesinden kaynaklanan türbülansı göz ardı edilmiştir [20]. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu olaya yeni bir yaklaşım getirilerek, 3 karışım prosesinin yani

- Su ve gemi arasındaki kaymadan dolayı oluşan türbülans
- Pervanelerin hareketinden dolayı oluşan türbülans
- Gemi genişliğinden dolayı oluşan türbülans

etkilerinin katkısı göz önüne alınarak bir seyrelme faktörü hesaplanmıştır. Denklem 3.1 seyreltme faktörünü tanımlamaktadır.

$$\mathbf{SF} = (B \times D \times V) / (BH) \qquad (3.1)$$

Denklem 3.1'de

SF = Seyreltme Faktörü
B = Gemi Genişliği (m)
D = Gemi Draftı (m)
V = Gemi Hızı (m/s)
BH = Atık Su Boşaltım Hızı (m^3/s)

EPA'nın Yolcu Gemisi Atık Su Dağılımı İzleme Çalışması [12], 9- 17 knot hızları arasında seyreden gemilerin seyrelme faktörünün 200.000:1 ile 640.000:1 arasında değiştiğini göstermiştir. Bu seyrelme faktörleri, 4 geminin pis su tanklarına eklenen, boşaltım oranları bilinen rhodamine boyasının konsantrasyonları ölçülerek bulunmuştur. Ölçülen bu seyrelme faktörleri daha önce bulunan seyrelme faktörlerinden çok daha büyüktür. Boya çalışması göstermiştir ki, pervaneler tarafından yapılan ikinci seyreltme işlemi, boşaltım sularının konsantrasyonları göz önüne alındığında, önemli bir etkendir [20].

Atık su karakteristikleri çalışmaları, tek başına, yolcu gemisi atık su boşaltımlarının ekolojik ve sağlık risklerini değerlendirme konusunda yeterli değildir. Bu nedenle, hareket halindeki büyük yolcu gemilerinin izlerindeki atık su derişimini tahmin etmek için basit bir metot geliştirmeyi amaçlayan çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir[1]. Yapılan çalışmalarda aşağıdaki hususlar incelenmiştir.

[1] Alaska Yasası 46.03.490'a göre bir gecelik seyirlerde kullanılan, 250 ve üzeri yolcu taşıyan yolcu gemileri büyük yolcu gemisi olarak tanımlanmaktadır. Alaska sularında çalışan özellikle yolcu gemileri için yazılmış Federal düzenlemelere göre (33 CFR 159, Subpart E) 500 ve üzeri yolcu taşıyan yolcu gemileri, büyük yolcu gemisi olarak tanımlanmaktadır. Bu dökümanda büyük yolcu gemileri için devletin yaptığı tanım kullanılmıştır.

- Çeşitli iz – karışım çalışmaları incelenmiş ve büyük yolcu gemisi arkasındaki atık su dağılımını tanımlamak için başlangıç niteliğinde bir karışım denklemi geliştirilmiştir.
- Başlangıç karışım hesaplamaları, 21 yolcu gemisinden alınan kapsamlı verileri değerlendirmek için kullanılmıştır.
- 5 yolcu gemisi, çeşitli atıklarını nasıl yönettiğini gözlemlemek için ziyaret edilmiştir.
- Çeşitli yolcu gemilerinin arkasındaki türbülansın derinliği ve genişliği gözlemlenmiştir.
- Bir fırkateynin arkasında ölçülen ve hamur hale getirilmiş atık kağıt boşaltımlarının derişimini modelleyen Amerikan Donanması tarafından toplanan çalışmalar incelenmiştir.
- EPA'nın Miami yolcu gemisi boya çalışmalarının final raporunun taslak kopyası incelenmiştir [8],[9], [12].

Bu çalışmalarda, fırkateynin arkasında atık kağıt parçacıklarının kullanılmış olduğu deneyin sonuçlarından bulunan derişim değerinin seyreltme faktörüyle (Denklem 3.1) hesaplanan derişime göre 3 kat daha büyük olduğu görülmüştür [8].

3.2 Büyük Yolcu Gemileri için Seyreltme Faktörü Katsayısı

4 büyük yolcu gemisinin izindeki boya dağılımları çalışmalarından daha önceki seyreltme faktörü denklemine uygun bir çarpım faktörü eklenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Ölçülen karışım değerleri, formülün tahmin ettiğinden, 5,3, 0,9, 6,5 ve 5,1 kat daha büyük çıkmıştır. Hesaplanan karışım değerleri ise formülün tahmin ettiğinden, 4,7, 4,2, 6,7 ve 4,5 kat daha büyük çıkmıştır. Bundan dolayı çarpım faktörü ''4'' olarak belirlenmiştir [8].

Büyük yolcu gemileri için seyreltme faktörünü tanımlayan formülün son hali;

SF = 4x (B × D × V) / (BH) (3.2)

Bu formül gemi genişliğine, hızına, atık su boşaltım hızına bağlı olduğundan seyir halindeki boşaltımlarda birçok durumda kullanılabilmektedir. Gemi depolama

tanklarına sahipse, yüzeyin altına boşaltım yapıyorsa ve hareket halindeyken boşaltımını sınırlandırıyorsa derişim tahmini için bu basit formül yeterli ve uygundur.

3.2.1 Boya Çalışmaları

Her gemi için, Rhodamine boyasının öncelikle geminin pis su tankına daha sonra gemilerden denize boşaltımı yapılmıştır. Boşaltım yapılmadan önce tankta olan pis suya boya katılarak "tankta hesaplanan boya konsantrasyonu" değeri elde edilmiştir. Tanka eklenen boya miktarı ile boşaltımdan sonraki tankta kalan boyanın farkı hesaplanarak denize boşaltılan boyanın miktarı hesaplanmıştır. Boşaltılan boya miktarının, geminin boşaltım boyunca aldığı yoldaki boya dağılımı (plume) hacmine oranlanmasıyla "deniz suyunda hesaplanan boya konsantrasyonu" değeri elde edilmiştir. Tankta hesaplanan boya konsantrasyonunun, denizde hesaplanan boya konsantrasyonuna oranı "hesaplanan seyreltme faktörü" değerini vermiştir. "Ölçülen seyreltme faktörü" hesaplamasında, tanka eklenen ve gemi izi boya dağılımında (plume) belirlenen boya konsantrasyonları ölçüm aletleriyle yapılarak monitörize edilmiştir. Gemi izindeki boya dağılımının konsantrasyonu florometre adı verilen cihaz yardımıyla ölçülmüştür. Tankta ve gemi izi boya dağılımda ölçülen boya konsantrasyonlarının oranı "ölçülen seyreltme faktörü" değerini vermiştir [8], [12]. İncelemelerde kullanılan 4 yolcu gemisi için "ölçülen", "hesaplanan" ve Denklem 3.2'yle tahmin edilen seyreltme faktörleri gemilerin genişik, derinlik, hız ve atık su boşaltım hızlarına göre karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2' de gösterilmiştir.

İncelenen gemilerden olan M/V Explorer gemisi için ölçülen karışım değerleri Denklem 3.1 ile tahmin edilen değerlerin ortalama 0,9 katıydı ve diğer gemilerden elde edilen sonuçlardan farklıydı. Bu olay sadece bu gemide bulunan azipod pervane sistemi ve suyu azipotlara doğru daha derine çekecek şekilde dizayn edilmiş tekne gövde yapısı nedeniyle gerçekleştiği sonucuna varıldı [8].

3.3 Küçük Yolcu Gemileri İçin Seyreltme Faktörü Katsayısı

Tek pervaneli fırkateyn ve tarak gemilerinden alınan verilerle, önemli bir kirletici yoksa çarpan faktörü olarak küçük yolcu gemilerinde, Denklem 3.2'deki 4 katsayısı yerine "3" katsayısı kullanılır. Bu durumda küçük yolcu gemileri için seyreltme faktörü aşağıdaki denklemle hesaplanabilmektedir.

SF = 3 x(B × D × V) / (BH) (3.3)

Çizelge 3.1 Panel' in orijinal formülüyle, EPA'nın dört boya çalışması sonucundan aldığı "ölçülen" ve "hesaplanan" değerlerinin karşılaştırılması [10].

Gemi Adı	**Majesty**	**Explorer**	**Paradise**	**Fascination**
Genişlik (m)	32,6	38,6	31,4	31,4
Derinlik (m)	7,7	8,8	7,75	7,75
Hız (knot)	17,4	19	15	9,1
Hız (m/s)	8,96	9,78	7,72	4,68
Boşaltım Hızı (m^3/saat)	112	56	68	72
Boşaltım Hızı (m^3/s)	0,031	0,016	0,019	0,020
SF (Denklem 3.1)	72.720	213.577	99.479	56.998
SF (Ölçülen)	386.057	195.322	643.810	288.412
Farklılık (çarpan)	5,3	0,9	6,5	5,1
SF (Hesaplanan)	342.123	907.547	666.667	255.499
Farklılık (Çarpan)	4,7	4,2	6,7	4,5

Çizelge 3.2 Panel' in orijinal formülüne "4" çarpanının eklenmesi sonucu oluşan değerlerin karşılaştırılması [10].

Gemi Adı	**Majesty**	**Explorer**	**Paradise**	**Fascination**
Genişlik (m)	32,6	38,6	31,4	31,4
Derinlik (m)	7,7	8,8	7,75	7,75
Hız (knot)	17,4	19	15	9,1
Hız (m/s)	8,96	9,78	7,72	4,68
Boşaltım Hızı	112	56	68	72
Boşaltım Hızı (m^3/s)	0,031	0,016	0,019	0,020
SF (Denklem 3.2)	289.031	854.309	397.918	227.992
SF (Ölçülen)	386.057	195.322	643.810	288.412
Farklılık (çarpan)	1,3	0,2	1,6	1,3
SF (Hesaplanan)	342.123	907.547	666.667	255.499
Farklılık (Çarpan)	1,2	1,1	1,7	1,1

3.4 Deneysel Verilerle Seyreltme Faktörünün Hesabı

Çizelge 3.1 ve 3.2'de çeşitli verileri gösterilmiş olan gemilerin hesaplanan ve ölçülen seyreltme faktörlerinin nasıl bulunduğu bu bölümde detaylı olarak anlatılmıştır [12].

3.4.1 Majesty Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları

Majesty gemisinin pis su tankında 113.000 litre pis su bulunmaktadır. Tanka yaklaşık 114 litre Rhodamine boyası eklenmiştir. Eklenen bu boya 22,6 kg ağırlığındadır. Böylelikle tanktaki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{tc} = 22600 g boya / 113.114 litre pis su =0,1998 g/L olarak hesaplanmıştır. (3.4)

Boşaltımdan sonra tankta 7000 litre boyanın kaldığı tespit edilmiştir. Tankta kalan boya miktarı;

B_k=0.1998g/L x 7000 L = 1399g olarak hesaplanmıştır. (3.5)

Majesty gemisi 8,96 m/s hızla 57 dakika boyunca boşaltım yaptığı sürede 30558 m yol kat etmiştir. Bu sürede ölçülen gemi iz dağılımının genişliği 66 m ve derinliği 18 m'dir. Bu verilere göre gemi iz dağılımı hacmi;

V_p=66m x 18m x 30558m = 36302904m^3 x 1000 L/m^3 = 36302904000 L (3.6)

Böylelikle gemi izindeki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{pc} = (22600g – 1399g) / 36302904000 L = 5,84 x 10^{-7}= 0,584 µg/L olarak bulunur. (3.7)

Hesaplanan tanktaki boya konsantrasyonunun (3.4), gemi izinde hesaplanan boya konsantrasyonuna (3.7) oranı Majesty gemisi için hesaplanan seyreltme faktörünü (HSF) verecektir.

$HSF_{Majesty}$= 0.1998g/L / 0.584µg/L = 342123:1 (3.8)

EPA' nın raporunda, Majesty gemisi için ölçülen tanktaki boya konsantrasyonu (C_{tm}) 0,13512 g/L ve gemi izinde ölçülen boya konsantrasyonu 0,35 µg / L olarak verilmiştir. Bu iki değerin oranı ölçülen seyreltme faktörü (ÖSF) değerini vermektedir.

$ÖSF_{Majesty}$ =0,13512g/L / 0,35µg/L = 386.057:1 (3.9)

3.4.2 Explorer Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları

Explorer gemisinin pis su tankında 18.177 litre pis su bulunmaktadır. Tanka yaklaşık 133 litre Rhodamine boyası eklenmiştir. Eklenen bu boya 26,4 kg ağırlığındadır. Böylelikle tanktaki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{tc} = 26400 g boya / 18300 litre pis su =1,443 g/L olarak hesaplanmıştır. (3.10)

Boşaltımdan sonra tankta 1200 litre boyanın kaldığı tespit edilmiştir. Tankta kalan boya miktarı;

B_k=1,443g/L x 1200 L = 1731g olarak hesaplanmıştır. (3.11)

Explorer gemisi 9,78 m/s hızla 18 dakika boyunca boşaltım yaptığı sürede 10.556 m yol kat etmiştir. Bu sürede ölçülen gemi iz dağılımının genişliği 147 m ve derinliği 10 m'dir. Bu verilere göre gemi iz dağılımı hacmi;

V_p=147m x 10m x 10.556m = 15.517.320m^3 x 1000 L/m^3 = 15.517.320.000 L (3.12)

Böylelikle gemi izindeki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{pc} = (26400g – 1731g) / 15.517.320.000 L = 1,54 x 10^{-6}= 1,59 µg/L olarak bulunur. (3.13)

Hesaplanan tanktaki boya konsantrasyonunun (3.10), gemi izinde hesaplanan boya konsantrasyonuna (3.13) oranı Explorer gemisi için hesaplanan seyreltme faktörünü (HSF) verecektir.

$HSF_{Explorer}$ = 1,443g/L / 1,59µg/L = 907.547:1 (3.14)

EPA' nın raporunda, Explorer gemisi için ölçülen tanktaki boya konsantrasyonu (C_{tm}) 1,002 g/L ve gemi izinde ölçülen boya konsantrasyonu 5,13 µg / L olarak verilmiştir. Bu iki değerin oranı ölçülen seyreltme faktörü (ÖSF) değerini vermektedir.

$ÖSF_{Explorer}$=1,002g/L / 5,13µg/L = 195.321:1 (3.15)

3.4.3 Paradise Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları

Paradise gemisinin pis su tankında 108.000 litre pis su bulunmaktadır. Tanka yaklaşık 133 litre Rhodamine boyası eklenmiştir. Eklenen bu boya 26,4 kg ağırlığındadır. Böylelikle tanktaki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{tc} = 26400 g boya / 108.133 litre pis su =0,244 g/L olarak hesaplanmıştır. (3.16)

Boşaltımdan sonra tankta 40.000 litre boyanın kaldığı tespit edilmiştir. Tankta kalan boya miktarı;

B_k=0,244g/L x 40.000 L = 9765g olarak hesaplanmıştır. (3.17)

Paradise gemisi 7,75 m/s hızla 30 dakika boyunca boşaltım yaptığı sürede 13.890 m yol kat etmiştir. Bu sürede ölçülen gemi iz dağılımının genişliği 182 m ve derinliği 18 m'dir. Bu verilere göre gemi iz dağılımı hacmi;

V_p=182m x 18m x 13.890m = 45.503.640m^3 x 1000 L/m^3 = 45.503.640.000 L (3.18)

Böylelikle gemi izindeki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{pc} =(26400g – 9765g) / 45.503.640.000 L = 3.656 x 10^{-7}= 0,356 µg/L bulunur. (3.19)

Hesaplanan tanktaki boya konsantrasyonunun (3.16), gemi izinde hesaplanan boya konsantrasyonuna (3.19) oranı Majesty gemisi için hesaplanan seyreltme faktörünü verecektir.

$HSF_{Paradise}$= 0,244g/L / 0.366µg/L = 666.667:1 (3.20)

EPA' nın raporunda, Paradise gemisi için ölçülen tanktaki boya konsantrasyonu (C_{tm}) 0,2704 g/L ve gemi izinde ölçülen boya konsantrasyonu 0,42 µg / L olarak verilmiştir. Bu iki değerin oranı ölçülen seyreltme faktörü değerini vermektedir.

$ÖSF_{Paradise}$=0,2704 g/L / 0,42 µg/L = 643.809:1 (3.21)

3.4.4 Fascination Gemisi Seyreltme Faktörü Hesabı için Boya Çalışmaları

Fascination gemisinin pis su tankında 27.000 litre pis su bulunmaktadır. Tanka yaklaşık 137 litre Rhodamine boyası eklenmiştir. Eklenen bu boya 27,1 kg ağırlığındadır. Böylelikle tanktaki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{tc} = 27100 g boya / 27.137 litre pis su =0,999 g/L olarak hesaplanmıştır. (3.22)

Boşaltımdan sonra tankta 3.000 litre boyanın kaldığı tespit edilmiştir. Tankta kalan boya miktarı;

B_k=0,999g/L x 3.000 L = 2997g olarak hesaplanmıştır. (3.23)

Fascination gemisi 4,68 m/s hızla 20 dakika boyunca boşaltım yaptığı sürede 5612 m yol kat etmiştir. Bu sürede ölçülen gemi iz dağılımının genişliği 88 m ve derinliği 12,5 m'dir. Bu verilere göre gemi iz dağılımı hacmi;

V_p=88m x 12,5m x 5612m = 6.172.100m^3 x 1000 L/m^3 = 6.172.100.000 L (3.24)

Böylelikle gemi izindeki hesaplanan boya konsantrasyonu;

C_{pc} =(27100g – 2997g) / 6.172.100.000 L = 3,91 x 10^{-6}= 3,91 µg/L bulunur. (3.25)

Hesaplanan tanktaki boya konsantrasyonunun (3.22), gemi izinde hesaplanan boya konsantrasyonuna (3.25) oranı Fascination gemisi için hesaplanan seyreltme faktörünü verecektir.

$HSF_{Fascination}$= 0,999g/L / 3,91µg/L = 255.499:1 (3.26)

EPA' nın raporunda, Fascination gemisi için tanktaki ölçülen boya konsantrasyonu (C_{tm}) 0,9806 g/L ve gemi izinde ölçülen boya konsantrasyonu 3,4 µg / L olarak verilmiştir. Bu iki değerin oranı ölçülen seyreltme faktörü değerini vermektedir .

$ÖSF_{Fascination}$=0,9806 g/L / 3,4 µg/L = 288.411:1 (3.27)

Buraya kadar çeşitli araştırmacılar tarafından incelenen ve değerlendirmeleri yapılan gemiler, genelde Amerika sularına özellikle de Alaska sularına pis su boşaltımı yapan gemileri kapsamaktadır. Bölüm 2'de ayrıntılı olarak standart sınırları verilen yasalar, bu

bölgelerde pis su boşaltımlarını denetlemek ve bu boşaltımların denizlere olan zararlarını minimuma indirmek için çok sıkı kurallara sahiptir. Bundan sonraki bölümde de ülkemizdeki durum gözden geçirilerek Akdeniz'de dolaşan gemilerin açık kaynaklardan elde edilen ilgili değerleri kullanılarak seyreltme faktörleri hesaplanacak ve değerlendirilecektir.

BÖLÜM 4

TÜRKİYE'DE DURUM VE AKDENİZ'DEKİ YOLCU GEMİLERİ

Ülkemizin içinde bulunduğu coğrafya, gerek turizm açısından gerek sahip olduğu deniz ekosistemi açısından dünya üzerinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye MARPOL'e 24 Haziran 1990'da imza atmıştır. Türkiye Cumhuriyeti MARPOL 73/78'in Ek I olarak tanımlanan "Denizlerin Gemilerden Kaynaklanan Petrol ve Petrol Türevi Maddelerle Kirletilmesinin Önlenmesine Dair Kurallar" , Ek II olarak tanımlanan "Denizlerin Gemilerden Kaynaklanan Zehirli Sıvı Madde Atıkları ile Kirletilmesinin Önlenmesine Dair Kurallar" ve Ek V olarak tanımlanan "Denizlerin Gemilerden Kaynaklanan Çöplerle Kirletilmesinin Önlenmesine Dair Kurallar" eklerine taraf olmuştur. Sözleşmenin I, II ve V. Ekleri, Ülkemiz açısından 10 Ocak 1991 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Fakat sözleşmenin III'üncü, IV'üncü ve VI'inci Ek'ine ülkemiz henüz taraf olmamış olup, bu konuda çalışmalar sürdürülmektedir [21], [22].

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin ileriki dönemlerde MARPOL Ek IV kapsamındaki kurallara tabi olunacağı düşünülerek, Akdeniz' de çalışan 4 adet yolcu gemisi ele alınarak, Ek IV kapsamında yapılabilecek maksimum boşaltım hızları hesaplanmıştır.

Bu çalışmada seyreltme faktörleri hesaplanacak gemiler için atık su boşaltım hızı, Annex IV kapsamında verilen maksimum boşaltım hızı hesabına göre hesaplanmıştır. Bu hesaba göre [23];

$$\mathbf{BH_{maks}=}\ 0{,}00926 \times V \times D \times B \qquad (4.1)$$

Burada;

BH_{maks}: Maksimum Boşaltım Hızı (m^3/saat)
V : Gemi Hızı (knot)
D : Gemi Draftı (m)
B : Gemi Genişliği (m)

Hesaplanan boşaltım hızlarında gemilerin boyutları ve seyir hızları da dikkate alınarak, oluşturabilecekleri seyreltme faktörü, EPA [24] tarafından yapılan çalışmada hesaplanan Island Princess gemisinin Çizelge 4.1'de görülen atık su konsantrasyonları baz alınarak hesaplanmıştır [22].

Çizelge 4.1 Island Princess Gemisi atık su konsantrasyonları ve MARPOL Standartları

Analit	Pis Su Konsantrasyonları	MARPOL Ek IV Boşaltım Standartları
Biyolojik Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	783	< 25
Kimyasal Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	3071	< 125
Amonyak (mg/l)	335	-
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	2660	< 35
Fecal Koliform (cfu/100ml)	458638119	<100
Toplam Fosfor (mg/l)	67	<1

Böylece, seyreltme faktörleri hesaplanan 4 geminin, bu konsantrasyonları ne kadar seyreltebileceği incelenmiş ve gelecekte üye olacağımız MARPOL Ek IV standartlarını karşılayıp karşılayamayacağı saptanmaya çalışılmıştır. Tez kapsamında, seyreltme faktörünün hesaplanması için seyreltme faktörü denklemi (3.2) kullanılmıştır. Seyreltme faktörü formülü kullanılarak, seyreltme faktörleri tahmini yapılan her bir gemi için gemilerin boyutları, yolcu sayıları vb. özellikleri ve hesaplar detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

4.1 MSC Armonia Gemisi ve Seyreltme Faktörü

MSC Armonia gemisi MSC Cruises şirketinin Akdeniz'de seyreden 2679 yolcu ve 700 mürettebat kapasiteli yolcu gemilerinden biridir. Bu gemi 251,25 metre uzunluğunda, 28,80 metre genişliğinde ve 6,80 metre drafta sahiptir. Armonia gemisi 2679 yolcu ve

700 mürettebat taşıyabilme kapasitesine sahiptir [25]. 18 knot (9.2 m/s) ortalama seyir hızına sahiptir. Denklem (4.1)'e göre Armonia gemisinin MARPOL'e göre yapabileceği maksimum atık su boşaltım hızı;

$$\mathbf{BH_{maks}} = 0{,}00926 \times 18(\text{knot}) \times 6.8(\text{m}) \times 28.8(\text{m}) = 9 \times 10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s} \qquad (4.2)$$

Bu maksimum boşaltım hızında, Armonia gemisinin seyreltme faktörü denklem (3.2) ile tahmin edilir.

$$\mathbf{SF} = 4 \times B \times D \times V / BH = 4 \times 28.8(\text{m}) \times 6.8(\text{m}) \times 9.2(\text{m/s}) / 9 \times 10^{-3}\ (\text{m}^3/\text{s}) = 800768 \qquad (4.3)$$

MSC Armonia gemisi, Akdeniz sularında karadan 12 mil açıkta, boşaltım yaptığında 800768:1 oranında seyreltme yapacaktır. Bu durumda, denize boşaltımı yapılan atık sudaki kirletici miktarı kısa bir zaman içinde 800768:1 oranında seyrelecektir. Çizelge 4.2' de görüldüğü üzere, Armonia gemisinden boşaltımı yapılan arıtımı yapılmamış atık su, fecal coliform standardını karşılayamamıştır. Diğer analit konsantrasyonları standartları karşılasa da, deniz suyunun temizliği açısından önemli olan fecal coliform konsantrasyonunun istenilen limite ulaşabilmesi için, atık suyun boşaltımdan önce arıtma sistemlerinde arıtılması gerekmektedir.

Çizelge 4.2 MSC Armonia Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları

Analit	Atık Su Konsantrasyonu	Seyreldikten Sonraki Konsantrasyon	MARPOL Ek IV Standartları
Biyolojik Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	783	9.77×10^{-4}	< 25
Kimyasal Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	3071	3.83×10^{-3}	< 125
Amonyak (mg/l)	335	4.18×10^{-4}	-
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	2660	3.32×10^{-3}	< 35
Fecal Coliform (cfu/100ml)	458638119	572.74	<100
Toplam Fosfor (mg/l)	67	8.36×10^{-5}	<1

4.2 MSC Splendida Gemisi ve Seyreltme Faktörü

MSC Splendia gemisi MSC Cruises şirketinin Akdeniz sularında seyreden 3900 yolcu ve 1313 mürettebat kapasiteli yolcu gemilerinden biridir. Bu gemi 333 metre uzunluğunda, 38 metre genişliğinde olup 8.3 metre drafta sahiptir [26]. Ortalama seyir hızı yaklaşık 21 knot (10.7 m/s)' tır. Denklem 4.1' e göre Splendida gemisinin yapabileceği maksimum atık su boşaltım hızı;

$$\mathbf{BH_{maks}} = 0.00926 \times 21(\text{knot}) \times 8.3(\text{m}) \times 38(\text{m}) = 0.017\ \text{m}^3/\text{s} \quad (4.4)$$

Bu maksimum boşaltım boşaltım hızında, Splendida gemisinin denklem (3.2)'ye göre seyreltme faktörü;

$$\mathbf{SF} = 4 \times B \times D \times V / BH = 4 \times 38(\text{m}) \times 8.3(\text{m}) \times 10.7(\text{m/s}) / 0.017\ (\text{m}^3/\text{s}) = 794065 \quad (4.5)$$

MSC Splendida gemisi, Akdeniz sularında karadan 12 mil açıkta, boşaltım yaptığında 794065:1 oranında seyreltme yapacaktır. Bu durumda, denize boşaltımı yapılan atık sudaki kirletici miktarı kısa bir zaman içinde 794065:1 oranında seyrelecektir.

Çizelge 4.3 MSC Splendida Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları

Analit	Gemi Atık Su Konsantrasyonu	Seyreldikten Sonraki Konsantrasyon	MARPOL Ek IV Standartları
Biyolojik Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	783	9.86×10^{-4}	< 25
Kimyasal Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	3071	3.86×10^{-3}	< 125
Amonyak (mg/l)	335	4.21×10^{-4}	-
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	2660	3.34×10^{-3}	< 35
Fecal Coliform (cfu/100ml)	458638119	577.58	<100
Toplam Fosfor (mg/l)	67	8.43×10^{-5}	<1

Çizelge 4.3' de görüldüğü üzere Splendida gemisinin karadan 12 mil açıkta boşalttığı atık suyu, seyreltme faktörüyle, boşaltımdan kısa bir süre sonra, fecal coliform dışındaki kirleticiler bakımından istenilen standartlara uygun hale gelmektedir. Ancak,

hem belirtilen bütün standartları karşılaması açısından, hem de sadece 12 mil açıkta değil, karaya daha yakın yerlerde de boşaltım yapabilmesi için, Splendida gemisinin atık su arıtma sistemi kullanması kaçınılmazdır.

4.3 Celestyal Cristal Gemisi ve Seyreltme Faktörü

Celestyal Cristal gemisi Celestyal Cruise Şirketi'nin Yunanistan, Türkiye, Kıbrıs ve Karayipler' e seferleri olan, 1409 yolcu kapasiteli yolcu gemisidir. Bu gemi 162 metre uzunluğunda, 25,2 metre genişliğinde olup, 6,1 metre drafta sahiptir [27]. 16 knot (8.2 m/s) ortalama seyir hızına sahip Celestyal Cristal gemisinin MARPOL' e göre yapabileceği maksimum atık su boşaltım hızı denklem (4.1)' e göre;

$$\mathbf{BH_{maks}} = 0.00926 \times 16\,(\text{knot}) \times 6.1(\text{m}) \times 25.2(\text{m}) = 6.3 \times 10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s} \quad (4.6)$$

Belirlenen bu maksimum atık su boşaltım hızında, Cristal gemisinin denklem (3.2)'ye göre seyreltme faktörü;

$$\mathbf{SF} = 4 \times B \times D \times V / BH = 4 \times 25.2(\text{m}) \times 6.1(\text{m}) \times 8.2(\text{m/s})/6.3 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s}) = 800320 \quad (4.7)$$

Celestyal Cristal gemisi, Akdeniz sularında karadan 12 mil açıkta, boşaltım yaptığında 800320 oranında seyreltme yapacaktır. Bu durumda, denize boşaltımı yapılan atık sudaki kirletici miktarı kısa bir zaman içinde 800320:1oranında seyrelecektir. Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere Cristal gemisi, karadan 12 mil sonra yaptığı boşaltımda Armonia ve Splendida gemilerinde olduğu gibi, fecal coliform dışındaki kirleticiler için MARPOL ek IV standartlarını karşılamıştır. Arıtma sisteminin kullanılmasıyla fecal coliform standartı da sağlanarak, karaya 12 milden daha yakın yerlerde de boşaltım yapılabilecektir.

4.4 Celestyal Odyssey Gemisi ve Seyreltme Faktörü

Celestyal Odyssey gemisi Celestyal Cruise Şirketi'nin 380 yolcu ve 180 mürettebat kapasiteli yolcu gemisidir. Odyssey 140 metre uzunluğunda, 26 metre genişliğinde olup, 7 metre drafta sahiptir. Gemi ortalama seyir hızı 26 knot (13.3 m/s)'tır [28]. Odyssey gemisinin MARPOL'e göre maksimum atık su boşaltım hızı denklem (4.1)' e göre hesaplanırsa;

$$\mathbf{BH_{maks}} = 0.00926 \times 26(\text{knot}) \times 7(\text{m}) \times 26(\text{m}) = 0.012\ \text{m}^3/\text{s} \quad (4.8).$$

Çizelge 4.4 Celestyal Cristal Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları

Analit	Gemi Atık Su Konsantrasyonu	Seyreldikten Sonraki Konsantrasyon	MARPOL Ek IV Standartları
Biyolojik Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	783	9.78×10^{-4}	< 25
Kimyasal Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	3071	3.83×10^{-3}	< 125
Amonyak (mg/l)	335	4.18×10^{-4}	-
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	2660	3.32×10^{-3}	< 35
Fecal Coliform (cfu/100ml)	458638119	573.06	<100
Toplam Fosfor (mg/l)	67	8.37×10^{-5}	<1

Belirlenen bu maksimum atık su boşaltım hızında, Odysses gemisinin denklem (3.2)' ye göre seyreltme faktörü;

SF = 4 x B x D x V / BH = 4 x 26(m) x 7(m) x 13.3(m/s) / 0.012(m^3/s) = 806866 (4.9)

Celestyal Odyssey gemisi, Akdeniz sularında karadan 12 mil açıkta, boşaltım yaptığında eşitlik (4.9)'da görüleceği üzere 806866 oranında seyreltme yapacaktır. Bu durumda, denize boşaltımı yapılan atık sudaki kirletici miktarı kısa bir zaman içinde 806866:1 oranında seyrelecektir.

Çizelge 4.5'de verilen Odyssey gemisinin seyreltilmiş atık su konsantrasyonları diğer üç gemide olduğu gibi fecal coliform standartları dışındaki diğer genel kirleticiler için olan standartları karşılayabilmiştir. Ancak güvenli ve standartlara uygun bir boşaltım işlemi için, Odyssey gemisi de diğer gemiler de olduğu gibi atık suyunu, arıttıktan sonra boşaltım yapmalıdır.

Çizelge 4.5 Celestyal Odyssey Gemisi atık su konsantrasyonlarının seyreltildikten sonraki konsantrasyonları

Analit	Gemi Atık Su Konsantrasyonu	Seyreldikten Sonraki Konsantrasyon	MARPOL Ek IV Standartları
Biyolojik Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	783	9.70×10^{-4}	< 25
Kimyasal Olarak Ayrışabilir Madde Miktarı (mg/l)	3071	3.80×10^{-3}	< 125
Amonyak (mg/l)	335	4.15×10^{-4}	-
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	2660	3.29×10^{-3}	< 35
Fecal Coliform (cfu/100ml)	458638119	568.41	<100
Toplam Fosfor (mg/l)	67	8.30×10^{-5}	<1

Çizelge 4.6' da seçilen dört adet geminin özellikleri ve seyreltme faktörleri verilmiştir. Gemiler, farklı olmalarına rağmen, farklı seyir hızları ve atık su boşaltım hızları seyreltme faktörlerinin birbirine yakın değerler almasına sebep olmuştur. En geniş ve en derin su çekimine sahip Splendida gemisi en düşük seyreltme faktörüne sahipken, en yüksek seyir hızına sahip Odyssey gemisi en yüksek seyreltme faktörüne sahiptir.

Çizelge 4.6 Seçilen gemilerin parametreleri ve seyreltme faktörleri

Gemi Adı	**Armonia**	**Splandida**	**Cristal**	**Odyssey**
Genişlik (m)	28.8	38	25.2	26
Draft (m)	6.8	8.3	6.1	7
Hız (knot)	18	21	16	26
Hız (m/s)	9.2	10.7	8.2	13.3
Boşaltım Hızı (m^3/s)	9×10^{-3}	0.017	6.3×10^{-3}	0.012
Seyreltme Faktörü	800768	794065	800320	806866

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yolcu gemisi sektörü, turizm açısından değerlendirildiğinde, turizm sektöründe pasta payı en yüksek sektörlerdendir. Gün geçtikçe sektöre olan rağbetin artması, bu gemileri işleten şirketlerin ve gemi sayılarının da artmasına sebep olmuştur. Artan gemi sayılarıyla birlikte gemi boyutları da artarak, yolcu gemilerini yüzer şehirler haline getirmiştir. Her bir yolcu gemisi yaklaşık 3000 – 4000 yolcu taşıyabilme kapasitesindedir. Yolcularının her türlü tatil ihtiyacını gemi içerisinde karşılayabildiği bu yüzer şehirler, denizlerimiz ve okyanuslarımız için, gemi kaynaklı atıklar yönünden ciddi bir tehdit haline gelmiştir. Yolcu gemilerinden yapılan pis su boşaltımları içerisinde deniz sağlığını tehdit eden birçok zararlı kimyasal bileşen bulunmaktadır. Deniz ekosistemine çok zararlı atıkların denize boşaltımının artmasıyla birlikte uluslararası anlamda birçok sözleşme yapılmıştır. Tez kapsamında EPA'nın raporları, Title IV ve MARPOL bunlardan en önemli olanlarıdır. Artan gemi sayısı ve boyutlarıyla beraber, zararların en aza indirilmesini amaçlayan standartları kapsayan bu yasalar, atık suyun denize boşaltılmadan önce arıtımdan geçirilmesini ve arıtımdan geçen suyun sahip olduğu konsantrasyona göre denize boşaltılacağı yerin karadan uzaklığına kadar birçok kriteri belirtmektedir.

Deniz sağlığının korunmasına yönelik önemin artmasıyla beraber geliştirilen sistemler MARPOL ve EPA tarafından standartlara tabi tutulmaktadır. Gemi atık suyu arıtma sistemi olarak kullanılan MSD ve AWT sistemleri özellikle EPA tarafından ciddi bir şekilde incelenmiş ve arıtımdan çıkan suyun konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. MSD ve AWT sistemleri arasındaki en belirgin farklardan bir tanesinin suyu dezenfekte

etmek için kullandıkları yöntem olduğu görülmüştür. Katı parçacıklarından arındırılan ve biyolojik oksidasyona tabi tutulan atık su, MSD sistemlerinde dezenfeksiyon için klorlanırken, AWT sistemlerinde UV dezenfeksiyonuna tabi tutulmuştur. MSD sisteminden çıkan atık suyun konsantrasyonundaki klor miktarı, kullanmış olduğu klorla dezenfeksiyon yöntemi sebebiyle AWT sisteminden çıkan atık suyun klor konsantrasyonundan oldukça yüksektir. Her iki sistemden çıkan atık su, biyolojik olarak ayrışabilir madde miktarı, kimyasal olarak ayrışabilir madde miktarı, amonyum, toplam askıdaki katı madde, fecal coliform gibi önemli kirleticiler bakımından karşılaştırıldıklarında AWT sisteminin MSD sistemine göre çok daha iyi arıtım yaptığı anlaşılmaktadır. MSD sistemi çoğu kirletici konsantrasyon standartlarını sağlayamamıştır. Bu yüzden MSD sistemi kullanan yolcu gemilerinin sistemlerini AWT sistemlerine geçirmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Tez kapsamında incelenen yayınlar kapsamında, bazı gemilerin sistemlerini AWT sistemlerine yükselttiği, bazılarının ise daha iyi bir dezenfeksiyon için, graywater olarak adlandırılan lavabo, banyo, çamaşırhane, restaurant gibi yerlerden gelen pis suyu MSD sisteminden geçirdikten sonra, blackwater olarak adlandırılan gemi tuvaletlerinden ve revirinden gelen suyun arıtıldığı AWT sistemlerine aktarıp, arıttıktan sonra boşaltım yaptığı görülmüştür. Atık su konsantrasyonları karşılaştırıldığında MSD sisteminin tek başına yeterli olmadığı, sistemde AWT sisteminin kullanılmasının zorunlu hale geldiği açıkça görülmektedir.

Arıtılan suyun ikincil bir arıtıma girdiği yer, gemiden boşaltıldıktan sonraki seyrelmeye tabi olduğu yerdir. Gemi atık su boşaltımı yaptıktan hemen sonra gemi izindeki suyun dağılımının konsantrasyonları incelendiğinde, gemi boyutlarına bağlı olarak atık suyun konsantrasyonunda seyrelme görülmüştür. Gemi ve pervanelerin hareketinden dolayı oluşan türbülans ile gemi genişliğinden ve hızından dolayı oluşan türbülans, atığın gemi izinde hızla seyrelmesine sebep olmaktadır.

EPA'nın yaptığı gemi izindeki boya çalışmalarının sonucunda, gemi izindeki atık suyun seyrelme oranı olarak adlandırılabilecek, "seyrelme faktörü" adı verilen bir formül elde edilmiştir. Bu formül gemiden boşaltımı yapılan atık suyun, zamanla gemi hızına, genişliğine, draftına ve atık su boşaltım hızına bağlı olarak seyrelmesini tahmin etmek için geliştirilmiştir. EPA tarafından incelenen gemilerden 4 tanesinin boya izindeki derişimleri hesaplanarak bulunan ilk seyreltme faktörleri, EPA'nın bulduğu seyreltme

faktörü formülüyle hesaplanan seyreltme faktörlerine yakın değerlerdedir. Boşaltım yapıldıktan sonra atığın seyrelme oranının tahminini kolaylaştıran bu formül, bütün yolcu gemileri için uygulanabilir bir özellik taşımaktadır.

Ülkemiz MARPOL'e üye ülkeler arasındadır. Gemilerden boşaltılan atık su standartlarını belirleyen ek Annex IV' ü imzalayan ülkeler arasında olmasak da, Annex IV kapsamına girme çalışmaları devam etmektedir. Bu yüzden bu tez çalışmasında MARPOL Annex IV standartları baz alınarak, Akdeniz'de çalışan ve ülkemiz sularında da seyreden 4 gemi belirlenerek, seyreltme faktörleri hesaplanmıştır. Gemilerin atık su konsantrasyonları, konsantrasyonları EPA tarafından 2006 yılında ölçülen Island Princess gemisinin atık su konsantrasyonlarıyla aynı kabul edilmiştir. Boşaltımdan önceki verileri Island Princess gemisinin konsantrasyonlarıyla aynı kabul ettiğimiz atık suyun derişimi, seçilen 4 gemi için de ayrı ayrı incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirilen bu gemiler MSC Armonia, MSC Splendida, Celestyal Cristal ve Celestyal Odysses gemileridir. Bu gemilerin elde edilen ortalama seyir hızı, draft ve genişliği verilerinden, MARPOL maksimum boşaltım standardı formülüne göre bulunan boşaltım hızı hesaplanmıştır. Armonia, Splendida, Cristal ve Odysses gemilerinin hepsinin arıtım yapmadan, MARPOL kurallarına göre 12 mil açıkta boşaltım yaptığı varsayılmıştır. Gemi hızı, draftı, genişliği ve atık su boşaltım hızı verilerinin hepsi elde edildikten sonra hesaplanan seyrelme faktörü, gemi atık sularının boşaltımdan hemen sonra hızlı bir seyrelmeye maruz kalarak çoğu atık su standartlarını karşıladığı görülmüştür. Ancak deniz sağlığını olumsuz yönde etkileyen, en önemli kirleticiler arasında yer alan fecal coliform konsantrasyonu her 4 gemi için de standartların çok üstünde çıkmıştır.

Denize yapılan boşaltımlar, gemi boyutlarına ve boşaltım hızlarına bağlı olarak, güçlü bir arıtma olarak kabul edilebilecek seyreltme faktörüne maruz kalsa da, görülmüştür ki bütün kirletici konsantrasyonlarının belirlenen standartları karşılaması için, boşaltımdan önce atık suyun mutlaka arıtma sisteminden geçirilmesi gerekmektedir. Bu noktada, kullanılacak olan arıtma sisteminin kapasitesi ve arıtma yöntemleri de büyük önem taşımaktadır. Arıtma sisteminin seçiminde daha kapsamlı ve maliyetli olan AWT sistemlerinin MSD sistemlerinin yerine tercih edilmesi, başta deniz canlıları için çok zararlı olan klor atığının ve diğer önemli konvansiyonel kirleticilerin daha da aza indirgenmesi bakımından büyük bir önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Güzel,K., (2006). Kruvaziyer Turizminin Türkiye'deki Geleceği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

[2] MARPOL, (2006). Annex IV/Application of Resolution MEPC.159(55) Revised Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants.

[3] Butt, N., (2007). "The Impact of Cruise Ship Generated Waste on Home Ports and Ports of Call: A Study od Southampton", Marine Policy, 31: 591 – 598.

[4] Koboević, Ž., Komadina, P. ve Kurtela, Ž., (2011). "Protection of The Seas From Pollution by Vessel's Sewage with Reference to Legal Regulations", Traffic & Transportation, 23: 377 - 388.

[5] GAO, (2000). Marine Pollution, Progress Made to Reduce Marine Pollution by Cruise Ships But Important Issues Remain, The United States.

[6] EPA, (2008).United States Enviromental Protection Agency, Cruise Ship Discharge Assessment Report, The United States.

[7] Koboević, Ž., Kurtela, Ž., "Comparison of Marine Sewage Treatment Systems",University of Dubrovnik Maritime Department, Dubrovnik, Croatia.

[8] Science Advisory Panel and Alaska Department of Environmental Conservation, (2002). The Impact of Cruise Ship Wastewater Discgarge on Alaska Waters, Report on Commercial Passenger Vessel Enviromental Compliance Program, The United States.

[9] Loehr, L., Beegle-Krause, C.-J.,George, K., McGee, C., Mearns A. ve Atkinson, M.,(2006). "The Significance of Dilution in Evaulating Possible Impacts", Marine Pollution Bulletin (52 68) – 688.

[10] Loehr, L., Atkinson M., George, K. ve Beegle-Krause, C.-J., (2003). "Using a Simple Dilution Model to Estimate Wastewater Contaminant Concentrations Behind Moving Passenger Vessels" OCEAN 2003, 1:390-393.

[11] Heinen, E., Potts, K., Snow, L., Trulli, W. ve Redford, D., (2003). "Dilution of Wastewater Discharges from Moving Cruise Ships", OCEAN 2003, 1: 386-389.

[12] EPA, (2002). Unites States Environmental Protection Agency, Cruise Ship Plume Tracking Survey Report, The United States.

[13] Managerm Type II MSD Waste Treatment System, http://www.wmjmarine.com/6400121.html, Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[14] MarineFAST Wastewater Treatment System, http://www.sciencofast.com/providing-products-for-health-environment/dv/, Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[15] HeadHunter Marine Sewage Treatment System, http://www.marinelink.com/news/headhunter-treatment388607.aspx , Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[16] Hamworthy Membrane Bioreactor Systems, http://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/waste-oil-fresh-water-management/waste-water-processing/wartsila-hamworthy-membrane-bioreactor-mbr-systems, Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[17] Rochem Sewage Systems, http://www.rts-italy.it/our-products/treatment-systems/sewage-treatment-systems/rochem-sewage-system/, Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[18] Zenon Membrane Bioreaktör, http://www.gewater.com/products/packaged-systems-wastewater.html, Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[19] Hydroxyl CleanSea, http://www.headworksinternational.com/biological-wastewater-treatment/shipboard-wastewater-treatment.aspx, Erişim Tarihi: 18 Haziran 2015.

[20] GLEC, (2011). Evaluation of The Potential Ecological Impacts of Coal Ash Slurry Discharges from The S.S. Badger to The Open Waters of Lake Michigan, Traverse City, Michigan.

[21] Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Mevzuat Bilgi Sistemi, http://imo.udhb.gov.tr/TR/19Marpol.aspx#, Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2015.

[22] Salihoğlu A.Z., (2011). Su Sirkülasyonunun Az Olduğu Koy ve Kıyılarda Seyreden Yatlar ve Yolcu Gemilerinden Kaynaklanan Evsel Atık Suyun Yönetimi: Göcek Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[23] IMO, Resolution MEPC.157(55), Recommendation on Standards for The Rate of Discharge of Untreated Sewage from Ships, http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Sewage/Documents/Resolution%20MEPC.157-55.pdf, Erişim Tarihi: 1 Haziran 2015.

[24] EPA, (2006). United States Environmental Protection Agency, Sampling Episode Report Princess Cruise Lines - Island Princess, Washington.

[25] MSC Armonia, http://en.wikipedia.org/wiki/MSC_Armonia, Erişim Tarihi: 1 Haziran 2015.

[26] MSC Splendida, http://en.wikipedia.org/wiki/MSC_Splendida, Erişim Tarihi: 2 Haziran 2015.

[27] Celestyal Cristal, http://www.celestyalcruises.com.tr/celestyal-crystal, Erişim Tarihi: 2 Haziran 2015.

[28] Celestyal Odysses, http://www.celestyalcruises.com.tr/celestyal-odyssey, Erişim Tarihi: 2 Haziran 2015.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Volkan ŞAHİN
Doğum Tarihi ve Yeri	: 30.01.1988 / MALATYA
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	: volkansahin0902@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Gemi İnş. ve Gemi Mak. Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lise	Fen Bilimleri	Malatya Fen Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2014 – Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2013 - 2013	Beşiktaş Shipyard	Gemi İnşa Mühendisi

YAYINLARI

Ulusal Makale

1) Şahin, V., Vardar, N., (2015). “Yolcu Gemisi Pis Su Arıtım Standartları ve Arıtma Sistemleri”, Journal of ETA Maritime Science, 3: 47 – 52.