



Kuru Yük Gemisi Balast Suyu Arıtma Sistemi Entegrasyonu ve Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi

Mesut TOKUŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Türkiye
mesutokus@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8791-3221>

Öz

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

IMO'nun getirmiş olduğu kriterlere göre geliştirilen balast suyu arıtma yöntemleri mekanik, fiziksel ve kimyasal olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiş, seçim kriterleri oluşturulmuş ve bu kriterlere göre örnek kuru yük gemisine balast suyu arıtma sistemi seçilmiştir. Seçilmiş olan UV+filtreleme sisteminin, örnek kuru yük gemisine entegrasyon çalışması yapılmıştır. Ürünün yaşam döngüsü maliyetleriyle ilgili risk ve belirsizlikler tanımlanmış, yaşam döngüsü maliyet unsurları belirlenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Sistemin yaklaşık maliyeti 400.000 € olarak bulunmuş olup, maliyet kısımlı incelendiğinde en büyük maliyetin yatırım maliyeti olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Balast Suyu, Balast Suyu Arıtımı, UV+filtreleme, Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi.

Ballast Water Treatment System Integration and Life Cycle Cost Analysis for Dry Bulk Carrier

Abstract

The ships use ballast water system in order to maintain their stability according to load conditions. Ballast water that is taken to ships' ballast tank contains various organism. These organisms may become invasive species when they have the chance to reproduce in the new ecosystem they are going to. These harmful organisms affect the ecology, economy and human health in regions where they go. For this reason, international organizations have been set standards and criteria related to ballast water management. IMO (International Maritime Organization) has D1 and D2 standarts related to ballas water trematment received in the International Convention for the Control and Management of Ship' Ballast Water and Sediments.

According to the criteria taken by IMO, ballast water treatment systems have been examined under three main topics; mechanical, physical and chemical. Selection criteria have been established in agreement with the methods examined and ballast water treatment system has been selected for a sample dry cargo vessel

To cite this article: Tokuş M. (2019). Kuru Yük Gemisi Balast Suyu Arıtma Sistemi Entegrasyonu ve Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi. *Journal of ETA Maritime Science*, 7(3), 196-210.

To link to this article: <https://dx.doi.org/10.5505/jems.2019.69672>

with respect to these criteria. The integration of the selected UV + filtering system to the sample dry bulk carrier has been carried out. Besides, life cycle cost elements have been determined for the UV + filtering ballast water treatment system, cost structure has been formed and cost analysis has been carried out. The risks and uncertainties related with the life cycle costs of the product have been defined. The approximate cost of the system was found as €400.000 and when cost breakdown was analyzed the biggest cost was found as the investment cost.

Keywords: Balast Water, Balast Water Treatment, UV + filtration, Life Cycle Cost Analysis.

1. Giriş

Gemiler ticaret ve ulaşım alanında her zaman ilgi gören ve tercih edilen araçlar olmuşlardır. Günümüzde de dünya ticaretinde taşınan malların yaklaşık %90'ı deniz ticareti ile taşınmaktadır [1]. Deniz yolu ile yapılan ticaret son 65 yılda 18 kat büyümüştür. Bu kadar büyük ticaret hacmine sahip olan gemi taşımacılığının emniyetini sağlamak ve ondan yüksek verim almak büyük önem taşımaktadır [2].

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

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

Coğrafi bölgeler arasında istenmeyen türlerin balast suyu ile taşınmasını önlemek amacıyla bölgesel ve ulusal önlemler

alınmıştır. Bununla birlikte devletlerin ve çevreci örgütlerin aldıkları önlemleri ve iş birliklerini kapsayacak şekilde uluslararası bir kuruluş olan IMO tarafından 2004 yılında Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi üye ülkelerin imzasına sunulmuştur [6]. IMO Balast Suyu Yönetimi Sözleşmesi, 5 bölümden oluşmaktadır. Bunlar, genel hükümler, gemiler için yönetim ve kontrol gereksinimleri, belirli alanlarda özel gereklilikler, balast suyu yönetimi için standartlar ve balast suyu yönetimi için ölçümleme ve sertifika gereklilikleridir [7]. Balast suyu yönetimi için standartlar bölümü başlığı altında balast suyu arıtımını doğrudan ilgilendiren D1 ve D2 standartları bulunmaktadır. D1 balast suyu değişim standardı ve D2 balast suyu performansı standardıdır. IMO standartlarını sağlamak için balast suyu arıtma sistemlerine geçiş planı gemilerin balast kapasitesi ve inşaat yıllarına göre belirlenmiştir [8].

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

Gemiye uygun balast suyu arıtma sistemi seçimi sistemden alınacak verim ve maliyet açısından oldukça önemlidir. Bir gemiye uygun balast suyu arıtım sistemi seçiminde;

balast suyu kapasitesi, gemi tipi, sistemin tip onayı almış olması, geminin operasyon alanı, alınacak balast suyunun karakteristik özelliği, sistem boyutları, sistemin alınacağı firmanın bilinirliği ve güvenilirliği, yatırım ve işletim maliyeti ve arıtma yönteminin balast tanklarına etkisi gibi birbirinden farklı birçok faktör bulunmaktadır [10].

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

2. IMO Standartları

Zararlı organizmaların coğrafi bölgeler arasında balast suyu ile taşınmasını önlemek amacıyla uluslararası kuruluşlarca alınmış kararlar ve standartlar bulunmaktadır. Uluslararası bir kuruluş olan IMO tarafından yayınlanıp üye olan ülkelerce imzalanan Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi gereğince gemiler balast suyu kapasitesine ve inşa yılına göre D1 veya D2 standardına uymak zorundadır. Tablo 1'de gemilerin

International Oil Pollution Preventing (IOPP) sertifikasına bağlı D2 standardına güncel geçiş planı gösterilmiştir.

2.1. IMO D1 Standardı

IMO tarafından oluşturulan balast suyu değişim standardıdır. Bu standart gereği gemilerin balast tanklarındaki suyun hacimsel olarak %95'ini değiştirmesi gerekmektedir. Bu değişim 3 farklı yöntem ile yapılabilir. Seyreltme en çok tercih edilen yöntemdir ve balast pompaları yardımı ile tanka deniz suyu basıp balast tankında taşırma meydana getirerek değişim yapılmasına dayanır. Ardışık yöntem, balast tanklarını tamamen boşaltıp, yeniden doldurma yoluyla değişim yapılan yöntemdir. Devirdaim yöntemi ise balast tankına üst kısımdan su pompalanırken alt kısımdan su boşaltılması işlemi ile değişim yapılan yöntemdir. Bu yöntemler karadan 200 deniz mili uzaklıkta ve 200 m derinliğe sahip olan bölgede planlanmalıdır [12].

2.2. IMO D2 Standardı

IMO tarafından oluşturulan balast suyu performans standardıdır. Balast suyu arıtma işlemi sonrasında sudaki zararlı organizmaların sayısına getirilen sınırlama ile ilgili bir standarttır. Organizma boyuna ve türüne göre birim hacimdeki izin verilen yaşayabilir organizma miktarı

Tablo 1. IMO D2 Standardına Geçiş Planı [11]

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

değişmektedir. Tablo 2’de IMO D2 standardı kriterleri gösterilmiştir.

ortamlarına gönderilmektedir. Mekanik yöntemler tek başlarına kullanıldığında IMO

Tablo 2. IMO D2 Standardı Kriterleri [13]

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

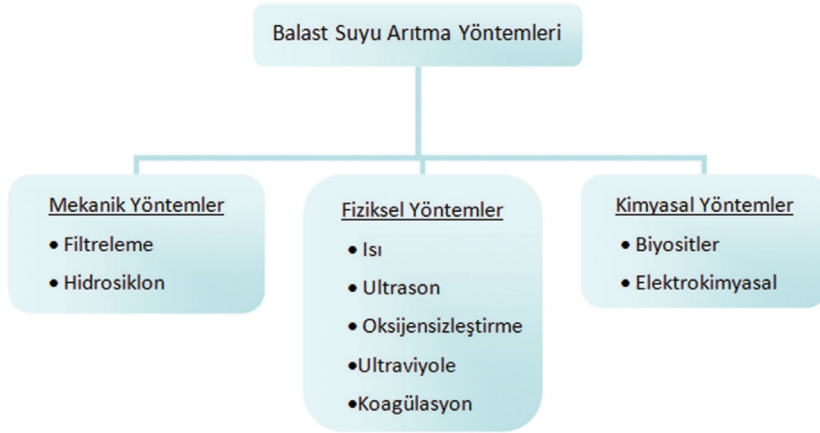
3. Balast Suyu Arıtma Yöntemleri

IMO’nun D2 standardına uygun balast suyu arıtımı yapmak için birçok balast suyu arıtma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar; mekanik yöntemler, fiziksel yöntemler ve kimyasal yöntemlerdir [9]. Şekil 1’de balast suyu arıtma yöntemleri alt başlıklarıyla gösterilmiştir.

D2 standardını karşılayamadıklarından dolayı yalnızca birinci aşama arıtma yöntemi olarak kullanılmaktadırlar. Hidrosiklon, santrifüj kuvvetler ile katı parçacıkları sudan ayırma yöntemidir [14].

3.2. Fiziksel Yöntemler

Fiziksel yöntemler; ısı, ultrason, oksijensizleştirme, ultraviyole (UV) ve



Şekil 1. Balast Suyu Arıtma Yöntemleri

3.1. Mekanik Yöntemler

Mekanik yöntemler filtreleme ve hidrosiklon yöntemlerinden oluşmaktadır. Temel olarak su balast tankına girmeden önce 40-50 mikrondan büyük organizmalar sudan ayrılıp yeniden kendi ekolojik

koagülasyon yöntemlerinden oluşmaktadır [9]. Isı ile arıtma yöntemi, balast suyu arıtımı sırasında suyun sıcaklığını arttırıp belirli sıcaklık aralıklarında hedef alınan organizmaları yok etmeye yönelik bir yöntemdir. Gemilerdeki makine sistemi

operasyon sırasında sürekli atık ısı üretir. Buradan üretilen atık ısı, yüksek ve düşük sıcaklıktaki soğutma suyundan ve egzoz gazından çıkarılır. Bu enerji ile balast suyunu ısıtarak organizmaların yok edilmesi planlanmıştır [15]. Ultrason yönteminde, sıvı içerisinde oluşturulan yüksek frekanslı titreşimler ile kavitasyon meydana getirilmektedir. Bunun sonucunda yüksek enerjiye sahip hava kabarcıkları oluşumu ve patlaması gerçekleşmektedir [4]. Oksijensizleştirme yönteminde, balast suyuna glikoz, amonyum, nitrat, sakkaroz gibi besin maddeleri eklenmektedir. Böylelikle suda bulunan zararlı organizmalar hızla büyür ve çoğalır. Artan ve büyüyen canlı sayısı daha fazla oksijen tüketir ve böylece suda bulunan oksijen hızlıca tüketilir [16]. Ultraviyole yönteminde, UV ışınması ile organizmaların DNA ve RNA moleküllerinde bulunan protein yapısının bozulması sağlanarak etkisizleştirilmektedir. Bu yöntemin birinci aşama arıtma yöntemleriyle kullanılması önerilmektedir [17]. Koagülasyon yönteminde ise gemiye alınan balast suyu, karıştırma tankında manyetik toz ve koagülant (pıhtılaştırıcı veya topaklayıcı madde) ile karıştırılmaktadır. Tanktan çıkan su manyetik separatörlere girer ve topak haline gelmiş ve aynı zamanda manyetize olmuş olan zararlı organizmalar ve partiküller separatörler tarafından ayrıştırılmaktadır [12].

3.3. Kimyasal Yöntemler

Kimyasal yöntemler, kimyasal bir maddenin balast suyuna eklenerek ya da balast suyunda oluşturularak istenmeyen mikroorganizmaların etkisiz hale getirildiği yöntemdir. Kimyasal yöntemler, biyositler (oksitleyici ve oksitleyici olmayan biyositler) ve elektrokimyasal yöntemlerden oluşmaktadır [9]. Oksitleyici biyositler arasında klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit ve perasetik asitler bulunmaktadır. Oksitleyici olmayan biyositler arasında ise

gluteraldehit, SeaKleen® ve akrolein vardır [18].

Elektrokimyasal yöntemlerin balast suyu arıtımında kullanımı iki farklı metotla gerçekleştirilmektedir. Birinci yöntemde balast suyunun belirli bir miktarı elektroliz ünitesinden geçer ve elektroliz işlemi ile yüksek yoğunlukta ortaya çıkan serbest klor, klor dioksit, ozon ve hidrojen peroksit gibi dezenfektanlar arıtım için kullanılır. İkinci yöntemde ise balast suyunun tamamı elektroliz hücrelerinden geçirilmekte ve elektriksel alanın öldürücü etkisinden faydalanılmaktadır [19,20].

4. Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi ve Kriterleri

4.1. Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçim Kriterleri

Bir gemiye uygun balast suyu arıtım sistemi seçilmesi için dikkat edilmesi gereken birçok faktör bulunmaktadır. Yatırımcı için en önemli kriter sistemin yatırım ve işletim maliyeti olsa da bunun dışında geminin operasyon alanı, gemi tipi, balast suyu kapasitesi, kurulacak sistemin tip onayı almış olması, sistemin boyutları, sistem için ayrılan kullanılabilir alan, sistemin satın alınacağı firmanın bilinirliği ve güvenilirliği, enerji tüketimi, sistemin kullanılabilirliği ve teslim süresi, balast tanklarına etkisi ve alınacak balast suyunun karakteristik özellikleri ilgili kriterlerdendir [4,21].

Geminin operasyon alanı; IMO'nun belirlediği standartların dışında kendi standartlarını oluşturan ve farklı istekleri olan ülkeler vardır. Örneğin, ABD karasularında balast suyu boşaltmak için United States Coast Guard (USCG) standartlarına uyma zorunluluğu vardır. USCG standartları IMO standartlarından daha katı kurallara sahip olduğundan rotası ABD karasularında olan bir geminin balast suyu arıtım sistemi USCG standartlarına uygun ve onaylı olmalıdır [4].

Tip onayı; seçimi yapılacak olan

balast suyu arıtım sistemi için en önemli faktörlerden biri, IMO'nun yayınladığı rehberlerden balast suyu yönetimi sistemlerinin kabulü ile ilgili rehberlere (G8) ve balast suyu sistemlerinde aktif maddelerin kullanılmasının onaylanması için prosedürlere (G9) tarafından onaylanmış olması gerekmektedir [22].

Gemi tipi ve balast suyu kapasitesi; Balast suyu arıtma sisteminin arıtma kapasitesini belirlemek için balast pompası debisi ve geminin balast suyu kapasitesi önemli bir kriterdir [21].

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

- Balast suyunun bulanık olması mikroorganizmaların UV ışınmasına maruz kalmasını etkilediği için UV yönteminin verimini düşürmektedir [17].
- Balast suyunun tuzluluk oranının düşük olması daha az klor elde edilmesine sebep olduğundan elektroliz yönteminin verimini düşürmektedir [19].
- Balast suyunun sıcaklığının düşük olması suyun ısıtılmasına daha fazla enerji gerektirdiği için ısı ile arıtma yönteminin verimini düşürmektedir [15].

Sistem boyutları; yeni inşa edilecek gemilerde dizayn hesaplamalarına balast suyu arıtma sistemi de katılacak şekilde bütünü düşünerek tasarım yapılmaktadır; fakat mevcut gemiye eklenecek bir arıtma sistemine gemide uygun yer bulmak çoğunlukla problemler yaratmaktadır [4].

Yatırım ve işletim maliyeti; ilk yatırım maliyeti alınan sistemin satın alınması ve nakliyesi gibi maliyetleri içerir. İşletim maliyeti ise bakım, onarım, yedek parça, tüketilen enerji, varsa kullanılan sarf malzemeler gibi giderleri içerir [21].

Servis hizmeti; geminin nerede olduğundan bağımsız yedek parça temini, teknik servis hizmeti alınabiliyor olmasını

içerir [21].

Personel emniyeti ve eğitimi; tercih edilen balast suyu arıtım sistemi kimyasal yollar ile arıtım yapıyor ise gemi personeline kendi emniyeti için gerekli eğitim verilmektedir. Kimyasal sistemin dezenfektan maddelerinin depolanması gerekmektedirse uygun bir mahal planlanmalı, klas kuruluşundan gerekli izin ve onaylar alınmış olmalıdır [4].

Sistemin kullanılabilirliği ve teslim süresi; sistemin kullanılabilirliğinin kolay olması gemide çalışan personel için avantajdır. Gemiye entegre edilecek balast suyu arıtma sisteminin teslim süresi ise gemi işletmecisi için önemli bir kriterdir [4].

4.2. Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi

Bölüm 4.1'de detaylandırılan seçim kriterlerine göre ana boyutları verilmiş olan halihazırda çalışan örnek kuru yük gemisi A'ya balast suyu arıtma sistemi seçilecektir. Balast suyu arıtma yöntemlerinden UV+filtreleme, elektroliz+filtreleme ve kimyasal madde+filtreleme yöntemleri arasında bir seçim yapılacaktır. Seçilecek yönteme aşağıda oluşturulan kriterlere göre Tablo 3'te verilen kriter temelli seçim tablosu ile karar verilmiştir. Kriterler tespit edilmiş olup toplam 15 kriter için uzman görüşüne başvurulmuştur.

Gemi Tipi: Kuru Yük Gemisi
 Tam Boy: 170 m
 Dikmeler Arası Boy: 160 m
 Genişlik: 27 m
 Derinlik: 14 m
 Draft: 9,6 m
 DWT: 28500 MT
 Balast Suyu Kapasitesi: 9500 m³

Oluşturulan kriterler aşağıdaki gibidir;
Kriter 1: 9500 m³ balast suyunu arıtma kapasitesi
Kriter 2: IMO tarafından alınmış tip onayı

Kriter 3: USCG standartlarına uygunluğu

Kriter 4: Sistem boyutu

Kriter 5: Dünya çapında servis hizmeti

Kriter 6: İlk yatırım maliyeti

Kriter 7: İşletim maliyeti

Kriter 8: Balast tankına korozyon etkisi

Kriter 9: Enerji tüketimi

Kriter 10: Personel emniyeti

Kriter 11: Personel eğitimi gerekliliği

Kriter 12: Sistemin teslim süresinin hızı

Kriter 13: Balast suyunun bulanık olması durumunda verim

Kriter 14: Balast suyunun tuzluluk oranının düşük olması durumunda verim

Kriter 15: Balast suyunun sıcaklığının düşük olması durumunda verim

Bu kriterlere göre balast suyu arıtma sistemleri kıyaslanmıştır ve UV + filtreleme sisteminin kuru yük gemisi A için daha uygun olduğuna karar verilmiştir.

5. UV+filtreleme Sisteminin Kuru Yük Gemisine Entegrasyonu

IMO'nun D2 standardına uyum sağlamak zorunda olan kuru yük gemisi A, kendi bünyesinde bulunan entegre olacak sistem ile çalışacak, debisi 420 m³/saat olan 1 adet balast pompası bulunmaktadır. Gemiye entegre edilecek balast suyu arıtma sisteminin debisi balast pompasının debisinden düşük olmalıdır. Bu sebeple geminin mevcut balast sistemine saatte 500 m³ su arıtılabilen sistem entegre edilecektir.

Geminin jeneratörü mevcut sistemlerin enerji ihtiyacı ile beraber balast suyu arıtma sisteminin de enerji ihtiyacını karşılaması gerekmektedir. Kuru yük gemisi A'nın mevcut jeneratörleri ekstradan balast suyu arıtma sistemini de çalıştırmaya yetecek kapasitede olduğuna dikkat edilmiştir.

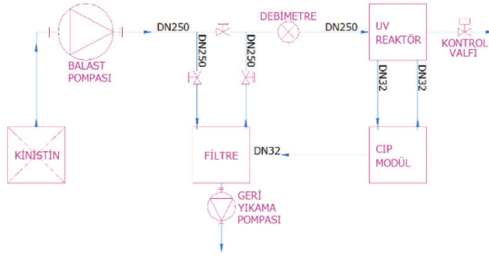
Balast suyu arıtma sistemlerinin mevcut gemiye entegrasyonu, ayrıntılı bir mühendislik çalışması gerektirir. Sistem için gemi üzerinde uygun yerin

Tablo 3. Balast Suyu Arıtma Sistemi Seçimi için Kriter Temelli Seçim Tablosu

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

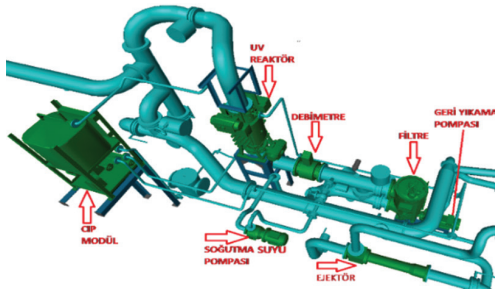
belirlenmesi ekipman yerleşimi, boru devrelerinin dizaynı ve elektrik kablo yollarının çalışılması sistemin seçimi kadar önemlidir. Sistem ekipmanlarının ve balast suyu pompasının birbirine göre lokasyonu, entegrasyon için bir diğer önemli faktördür.

Sistemin entegre edileceği geminin balast sistemi tek hat şematik planıyla uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Hazırlanan sistem planı için klas onayı alınmalı ve yapılacak yerleşim ve boru dizaynı tek hat şematik planı ile uyumlu olmalıdır. Şekil 2'de balast suyu arıtma sisteminin tek hat şematik planı gösterilmiştir.

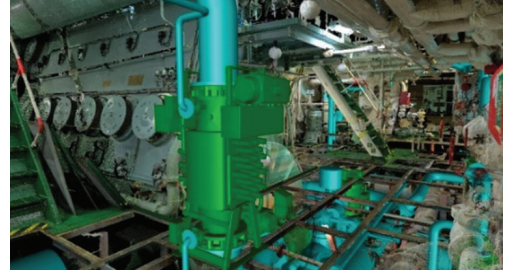


Şekil 2. Balast Suyu Arıtma Sisteminin Tek Hat Şematik Planı

Balast suyu arıtma sistemini gemiye entegre edebilmek için ilgili boru sistemlerinin ve ekipman döşeklerinin sanal ortamda üç boyutlu dizaynı yapılmıştır. Şekil 3'te balast suyu arıtma sistemi ve elemanları, Şekil 4'de ise nokta bulutu üzerinde model çalışması gösterilmiştir.



Şekil 3. Balast Suyu Arıtma Sistemi İzometrik Görünüşü



Şekil 4. Nokta Bulutu Üzerinde Model Çalışması

6. Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi

ISO standartlarına göre, yaşam döngüsü analizi, bir ürün sisteminin girdi, çıktı ve potansiyel çevresel etkilerinin yaşam döngüsü boyunca derlenmesi ve değerlendirilmesidir [23]. Yaşam döngüsü analizi çevresel performans, maliyet-fayda dengesi ve kullanılabilirlik arasında bir optimizasyon geliştirmeye dayanan bütünsel bir yöntemdir. Şirketlerin daha iyi tasarım ve çevre dostu ürünler yaparak, mevcut kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Atık yönetim sistemlerini iyileştirerek maliyet tasarrufu sağlama fırsatlarını belirlemelerine ve değerlendirmelerine yardımcı olmak için de kullanılmaktadır [24]. Yaşam döngüsü maliyet analizi ise bir ürünün tüm aşamalarında olası maliyetleri hesaplamak için yapılan analizdir ve yaşam döngüsü analizini destekleyen bir alt bölümdür [25].

Denizcilik alanında yaşam döngüsü analizi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; ticari ve askeri gemilerde, yeni gemi inşaatı, bakım, onarım ve operasyonu sırasında ortaya çıkan emisyon ve atıklar yaşam döngüsü analizi çerçevesinde yapılan çalışmalara rastlanmaktadır [26-29]. Bunun yanı sıra, gemi emisyonlarının azaltılması senaryoları, Energy Efficiency Operational Index (EEOI) hesaplamaları, IMO kurallarının için yaşam döngüsü analizi yönünden gerçekleştirilebilecek efektif atık yönetim modelinin belirlenmesi

gibi çalışmalar da bulunmaktadır [30-32]. Ayrıca Türkiye, balast suyu yönetimi stratejisinin geliştirilmesine yönelik Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından ortaklaşa yürütülen 1 milyon dolarlık ulusal bir girişim başlatmıştır [33].

Yaşam döngüsü maliyet analizinin temel amacı, sistemi satın alan kişilerin/kurumların ürün maliyetlendirmesine ilişkin risk ve belirsizlikleri en aza indirmektir. Daha önce yapılan çalışmalar, yaşam döngüsü analizi yapılarak endüstriyel ürünlerin üretim ve sonrası maliyetlerinin %80 gibi büyük bir bölümünün üretim öncesi alınacak kararlarla kontrol edilebileceğini belirtmektedir [34]. Yaşam döngüsü maliyet analizinde yapılacak adımlar sırasıyla maliyet unsurlarının belirlenmesi, kullanılacak maliyet yapısının şekillendirilmesi, maliyet tahmin ilişkilerinin kurulması ve formülasyon metodunun oluşturulması ile oluşur [35]. Tanımlanan maliyet yapısının şekli yaşam döngüsü maliyet analizinde kullanılan ürüne, analizin derinliğine ve genişliğine bağlıdır.

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

6.1. Yatırım Maliyeti

Balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü maliyetleri arasında en büyük yeri kaplayan maliyettir. Balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu için yatırım maliyetlerini (C_Y) 3'e ayırabiliriz. Bunlar; ürün maliyeti (C_U), entegrasyon maliyeti (C_E), başlangıç lojistik maliyetidir (C_L). Ürün maliyeti, sistemin kendisine harcanan paradır. Entegrasyon maliyeti ise balast suyu arıtma sisteminin entegrasyonu ve

entegrasyonu sırasında çıkan revizyonları karşılayacak maliyettir. Başlangıç lojistik maliyeti sistemin kurulumunun yapılacağı konuma sistemin taşınması için gerekli maliyettir. Fakat bu maliyet sistem tedariki yapan firma tarafından karşılanmıştır. Sistemin satın alındığı firma tarafından böyle bir hizmet sağlanmıyorsa lojistik maliyeti de analize dahil edilmelidir. Referans 34'de ve North Atlantic Treaty Organization (NATO) teknik raporunda [36] kullanılan yaşam döngüsü maliyet hesaplama yöntemleri, balast suyu arıtma sistemi için uyarlanmıştır. Modifiye edilmiş yatırım maliyeti hesabı Denklem 1'de gösterilmiştir. Tablo 4'te yatırım maliyeti hesaplanmıştır.

$$C_Y = C_U + C_E + C_L \quad (1)$$

Tablo 4. Yatırım Maliyeti

Yatırım Maliyeti [€]	Üretim Maliyeti (€)	Entegrasyon Maliyeti (€)	Başlangıç Lojistik Maliyeti (€)
140000	135000	5000	-

6.2. Sistem Entegrasyonu Araştırma ve Geliştirme Maliyeti

Sistemin entegrasyonun yapılabilmesi için gerekli olup, alınan mühendislik bilgilerini ve dizayn maliyetlerini içerir. Balast suyu arıtma sistemi entegrasyonu için araştırma ve geliştirme maliyeti (C_A) ikiye ayrılır. Bunlar; dizayn maliyeti (C_D) ve 3D tarama maliyetidir (C_T). Dizayn maliyeti, sistemin kurulumu için gerekli mühendislik bilgileri ve sistemi gemiye uygun entegre edebilmek için yapılacak olan dizayn çalışmasında kullanılan maliyettir. Tarama maliyeti ise, sistemin mahale uygun dizaynının yapılabilmesi adına yapılan 3D tarama ile mahalin modelinin oluşturulması için gerekli maliyettir. Denklem 2'de araştırma ve geliştirme maliyeti gösterilmiştir. Tablo 5'te araştırma ve geliştirme maliyeti hesaplanmıştır.

$$C_A = C_D + C_T \quad (2)$$

Tablo 5. Araştırma ve Geliştirme Maliyeti

Araştırma ve Geliştirme Maliyeti (€)	Dizayn Maliyeti (€)	Tarama Maliyeti (€)
15500	13500	2000

6.3. Kullanım ve İdame Maliyeti

Sistemin operasyon giderleri, kullanım düzeyine göre değişiklik göstermektedir. Balast suyu arıtma sistemi kullanım ve idame maliyeti (C_{KI}), UV lambaları enerji maliyeti (C_{LAMP}) ve CIP modülü sıvısı

maliyeti (C_{CIP}) olarak ikiye ayrılmaktadır. Avrupa Merkez Bankasının verileri [37] kullanılarak sistem ve gemi bilgilerine göre sistemin 20 yıllık eskalasyona tabi tutulmuş operasyon enerji maliyeti hesaplanmıştır. Tablo 6'da UV lambaları enerji maliyeti hesaplamaları gösterilmiştir.

CIP modülü diğer balast suyu arıtma sistemi ekipmanlarını arıtma sonunda kendi sıvısı ile temizler. CIP modülü sıvısı yıllık gideri 75 €'dur. Denklem 3'te kullanım ve idame maliyeti gösterilmiştir. Tablo 7'de kullanım ve idame maliyeti hesaplanmıştır.

$$C_{KI} = C_{LAMP} + C_{CIP} \quad (3)$$

Tablo 6. UV Lambaları Enerji Maliyeti

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

Tablo 7. Kullanım ve İdame Maliyeti

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

6.4. Tamir ve Yedek Parça Maliyeti

Bakım onarım sırasında ihtiyaç duyulan ya da düzenli olarak değiştirilmesi gereken ekipman parçalarının maliyetidir. Balast suyu arıtma sistemi için tamir ve yedek parça maliyetleri (C_{TY}) UV lambaları değişimi maliyeti (C_{UV}), filtre bakım seti maliyeti (C_{FB}), CIP modülü pompası yedek seti maliyeti (C_{CIPP}), UV sensör maliyeti (C_{UVS}) ve filtre değişimi maliyeti (C_p)'dir. Avrupa Merkez Bankasının verileri kullanılarak sistem ve gemi bilgilerine göre sistemin 20 yıllık eskalasyona tabi tutulmuş tamir ve yedek parça maliyetleri hesaplanmıştır. Tablo 8'de tamir ve yedek parça maliyetleri hesaplanmıştır. Denklem 4'te tamir ve yedek parça maliyetleri gösterilmiştir.

$$C_{TY} = C_{UV} + C_{FB} + C_{CIPP} + C_{UVS} + C_F \quad (4)$$

Yapılan çalışmalar European Maritime Safety Agency (EMSA) balast suyu arıtma çalışmalarına ve standartlarına uygundur [38].

Kuru yük gemisi A'ya UV+filtreleme sisteminin kurulumu sırasında ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek maliyetler tanımlanmıştır. Yatırım maliyeti ile araştırma ve geliştirme maliyeti ürünün yaşam döngüsü sırasında tek olmasına rağmen, kullanım ve idame maliyeti ile tamir ve yedek parça maliyetleri ürünün yaşam döngüsü boyunca beklenmedik ya da düzenli olan giderlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte 20 yıl içerisinde kullanım

Tablo 8. Tamir ve Yedek Parça Maliyetleri

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

ve idame maliyeti ile tamir ve yedek parça maliyetinin toplamı yatırım maliyetini geçtiği görülmektedir.

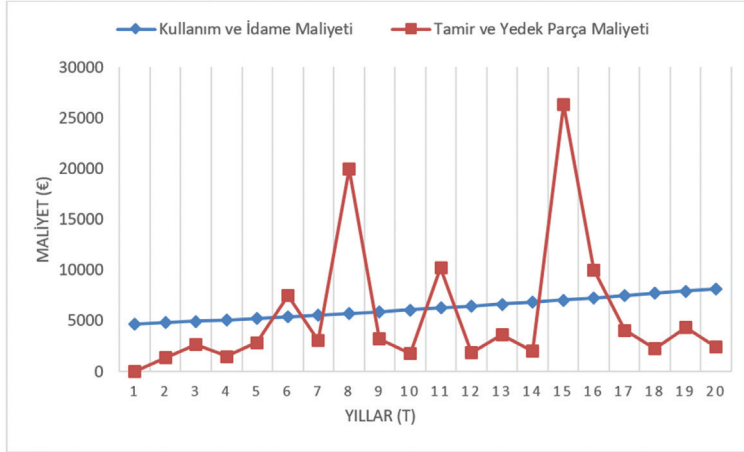
Entegrasyonu yapılacak sistemin yaşam döngüsü maliyet analizi ile yaşam döngüsü sırasında ortaya çıkabilecek maliyetlerin zamana göre incelemesi yapılmıştır. Sistemin 20 yıllık yaşam döngüsü

maliyetleri Tablo 9'da gösterilmiştir.

Şekil 5'te balast suyu arıtma sisteminin yaşam döngüsü boyunca kullanım ve idame maliyeti ile tamir ve yedek parça maliyetinin karşılaştırılması, Şekil 6'da ise balast suyu arıtma sistemine yaşam döngüsü boyunca harcanan giderlerin karşılaştırılması verilmektedir.

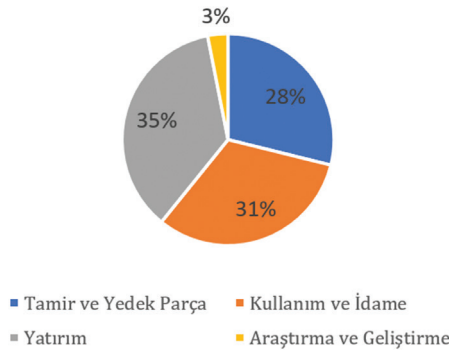
Tablo 9. Yaşam Döngüsü Maliyetleri

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



Şekil 5. Sistem Maliyetleri Kırılımı

Balast Suyu Arıtma Sistemi Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi



Şekil 6. Yaşam Döngüsü Maliyetlerinin Karşılaştırılması

7. Sonuç ve Öneriler

Gemiler gemi stabilitesini sağlama, pervanenin suda bulunduğu konumu ayarlayarak sevk sisteminden alınan verimi arttırma ve tekne üzerindeki gerilmeleri azaltma gibi sebeplerden dolayı balast suyu alırlar; fakat gemilerin balast suyunu bir ekosistemden alıp başka bir ekosisteme boşaltması olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Balast suyu ile taşınan organizmalar gittikleri bölgelerde çoğalma şansı bulduklarında istilacı tür olabilmektedir. İstilacı türler taşındıkları ekosistemde ekolojiye, ekonomiye ve insan sağlığına yönelik olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Gemi inşa ve denizcilik sektörü incelendiğinde gemi yaşam döngüsü analiziyle ilgili çalışmalara yeni yeni rastlanmaktadır. Bu çalışmada özellikle geminin yaşam döngüsü analizinden çok gemi sistemlerinin yaşam döngüsü analizine rastlanmaktadır. Bir geminin balast suyu sistemi yaşam döngüsü maliyet analiziyle ilgili yapılan bu çalışmanın diğer çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

IMO Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi gereğince kuru yük gemisi A için balast suyu arıtım sistemi entegrasyonu kriterleri oluşturulmuş ve sistemin yaşam döngüsü maliyet yönetimi hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada ürünün yaşam döngüsü maliyetleriyle ilgili risk ve belirsizlikler tanımlanmıştır. 20 yıllık yaşam döngüsü maliyet analizinde yatırım maliyetinin % 35, tamir ve yedek parça maliyetinin % 28, kullanım ve idame maliyetinin % 31 ve sistem entegrasyonu araştırma ve geliştirme maliyetinin % 3 olduğu görülmektedir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda balast suyu arıtım sistemlerinin tüm bileşenlerini kapsayacak şekilde, yaşam döngüsü ve maliyetleri analizi yönünden kullanım, geri kazanım ve yeniden üretim seçenekleri değerlendirilmelidir. Bu sayede ömür boyu sistem giderleri minimuma indirilebilir. Yapılacak detaylı çalışmalarla geminin ve

bütün alt sistemlerinin yaşam döngüsü maliyet analizlerinin yapılması gelecekte son derece önemli hale gelecektir.

8. Kaynaklar

- [1] Liu, T., Chang, C., Chou, M., (2015). Management strategies to prevent the introduction of non-indigenous aquatic species in response to the Ballast Water Convention in Taiwan. Science Direct, vol. 45, pp. 187-195.
- [2] Renato, I., Sanjin, V., Irena, J. (2017). Assesment and prediction model of ballast water management. 59th International Symposium ELMAR, Zadar, Croatia, September 18-20 2017.
- [3] Goldsmit, J., Nudds, S., Stewart, D., Higdon, J., Hannah, C., Howland, K., (2018). Where else? Assessing zones of alternate ballast water exchange in the Canadian eastern Arctic. Science Direct, vol. 139, pp. 74-90.
- [4] Vural, G., (2015). Balast suyu arıtım sistemlerinin seçiminde KPI (Anahtar Performans Göstergeleri uygulamaları). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Elçiçek, H., Parlak, A., Çakmakçı, M., (2017). Effect of ballast water on marine and coastal ecology. Digital Proceeding Of THE ICOEST'2013, Cappadocia, Turkey, June 18 - 21, 2013.
- [6] Körpe, Ö., (2009). Balast suyu yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Aşıkoğlu, B., (2014). Gemi balast suyu ile yayılan istilacı türlerin bertarafı için alternatif yöntemler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Pam, E., Li, K., Wall, A., Yang, Z., Wang, J., (2013). A subjective approach for ballast water risk estimation. Science Direct, vol. 61, pp. 66-76.

- [9] Güney, C., (2011). Balast suyu arıtımında elektrokimyasal hücre uygulaması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Palomares, M., (2013). Global maritime transport and ballast water management. Springer Science+Business Media Dordrecht, 8, Dordrecht.
- [11] ABS, MEPC 72 Brief. <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/regulatory-news/2018/MEPC%2072%20Brief%20FINAL.pdf>, 06 Mayıs 2019.
- [12] Vural, G., Yonsel, F., (2016). Balast suyu arıtım sistemlerinde mevcut durum. *GİDB Dergi*, vol. 4, pp. 3-24.
- [13] Güney, C., (2018). IMO balast suyu sözleşmesi'ne göre gemilerde balast suyu yönetimi ve güncel değişiklikler. *GİDB Dergi*, vol. 12, pp. 21-36.
- [14] Hess-Erga, O., Andrés, J., Enger, Ø., Vadstein, O., (2019). Microorganisms in ballastwater: Disinfection, community dynamics, and implications for management. *Science Direct*, vol. 657, pp. 704-716.
- [15] Cao, Y., Æsøy, V., Liang, Q., (2016). Green ballast water treatment utilizing waste heat recovery. *OCEANS 2016 - Shanghai, Shanghai, China, 10-13 April 2016*.
- [16] McCollin, T., Quilez-Badia, G., Josefsen, K., Gill, M., Mesbahi, E., Frid, C., (2007). Ship board testing of a deoxygenation ballast water treatment. *Science Direct*, vol. 54, pp. 1170-1178.
- [17] Olsen, R., Hoffmann, F., Hess-Erga, O., Larsen, A., (2015). Ultraviolet radiation as a ballast water treatment strategy: inactivation phytoplankton measured with flow cytometry. *Science Direct*, vol. 103, pp. 270-275.
- [18] Güney, C., (2017). Balast suyu arıtım sistemlerinin incelenmesi teknik rapor No. DEN 2017 / 2. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [19] Zhang, N., Wang, Y., Xue, J., Yuan, L., Wang, Q., Liu, L., Wu, H., Hu, K., (2016). Risk assessment of human health from exposure to the discharged ballast water after full-scale electrolysis treatment. *Science Direct*, vol. 77, pp. 192-199.
- [20] Min, I., Hwang, H., Moon, D., Lee, J., (2013). Implementation of ballast water treatment system using electrolysis, international conference on control, automation and systems. Gwangju, South Korea, 20-23 October 2013.
- [21] Lloyd's Register, Understanding ballast water management guidance for shipowners and operators. <https://www.anstaskforce.gov/Meetings/2016November/7aBallast%20Water%20Guidance%202015.pdf>, 2 Şubat 2019.
- [22] Rey, A., Basurko, O, Rodríguez-Ezpeleta, N., (2016). The challenges and promises of genetic approaches for ballast water management. *Science Direct*, vol. 133, pp. 134-145.
- [23] Chatzinikolaou, S., Ventikos, N., Bilgili, L., Celebi, U. B., (2016). Energy transportation and global warming, episode:(ship life cycle greenhouse gas emissions). Springer.
- [24] Bilgili, L., Celebi U. B., (2013). Life cycle assessment approach of waste management for ship operation. *sustainable intelligent manufacturing*, 269-271. (Full Text Notification/)(Broadcast No:1114133)
- [25] Celebi U. B., Bilgili, L., Yılmaz, B., (2019). Life Cycle Cost Analysis For The Yaw Damping System Of A Warship From A Financial Viewpoint, *Brodogradnja* , vol. 70, pp. 1-9.
- [26] Bilgili L., Çelebi U. B., Chatzinikolaou S., Ventikos N., (2017). Painting and operation emission estimation of a ship from a life cycle perspective. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(1), 183-187.

- [27] Bilgili L., Azizler Y.Y., Çelebi U. B. (2017). Operation and repair/maintenance emission and waste estimation of a ferry from life cycle perspective. 19th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region, 1(1), 225-225.
- [28] Tamer E., Bilgili L., Çelebi U. B., (2016). Waste management with life cycle analysis method for military ship machine systems. 3rd Eurasia Waste Management Symposium, 1, 598-603.
- [29] Şenöz K. M., Bilgili L., Mert T., Çelebi U. B., Ekinci S. (2015). Detrimental welding fume in shipbuilding and ship exhaust gases in ship life cycle. 8th International Scientific Conference on Naval, Mechanical and Industrial Engineering.
- [30] Bilgili L., Bitikçioğlu İ., Sarı A., Gümüştekin S., Baykal H., Çelebi U. B., (2013). Energy efficiency operational indicator EEOI calculation of some ships and a life cycle assessment LCA model to reduce the environmental impacts. 17th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region.
- [31] Bilgili L., Çelebi U. B. (2013). Life cycle assessment approach of waste management for ship operation. Sustainable Intelligent Manufacturing, 269-271.
- [32] Çelebi U. B., Aydın G., Alkan G. B., (2011). Effective waste management model for ship life cycle assessment LCA. 16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region.
- [33] Globalast, The globallast story: reflections from a global family. http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/BWM/Documents/Monograph%2025_The%20GloBallast%20Story_LR%20-%20rev%201.pdf, 08 Mart 2019.
- [34] Karakelleoğlu, M., (2014). Ürün yaşam döngüsünün sahipliğın toplam maliyeti açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- [35] Yılmaz, B., (2015). Askeri gemilerde yaşam döngüsünün operasyonel ve mali analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [36] NATO, (2003). Research and Technology Organisation, Cost Structure and Life Cycle Costs for Military Systems, TR-SAS-058.
- [37] EUROPEAN CENTRAL BANK, Euro area bank interest rate statistics. <https://www.ecb.europa.eu/press/pr/stats/mfi/html/ecb.mir1812~50ea35d826.en.html>, 08 Mart 2019.
- [38] EMSA, BWM - Guidance for best practices on sampling. <http://www.emsa.europa.eu/emsa-homepage/2-news-a-press-centre/news/3472-ballast-water-management-guidance-for-best-practices-on-sampling.html>, 08 Mart 2019.