

BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNDE MEVCUT DURUM

Gülçin VURAL* ve Fatma YONSEL*

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi 34496, Maslak, İstanbul, Türkiye.

ÖZET

Uluslararası nakliyecilikte deniz taşımacılığının önem kazanması ile birlikte balast suyu kaynaklı sorunlar artmaktadır. Gemilerin balast tanklarına alınan balast suyu ile her gün yaklaşık 7.000 canlı türü farklı ekosistemlere taşınmaktadır. Bu canlıların bir kısmı balast tanklarındaki koşullara karşı dayanıklı olup, geminin sefer süresi boyunca hayatta kalabilmektedirler. Hayatta kalmayı başarabilen canlılar girdikleri yeni ekosistemlerde ekoloji, ekonomi ve insan sağlığı üzerinde tehditler oluşturmaktadırlar. Balast suyunda taşınan organizmalardan kaynaklı problemleri önlemek için mekanik, fiziksel ve kimyasal balast suyu arıtma sistemleri geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Balast Suyu, Balast suyu arıtımı, Balast suyu arıtma yöntemleri

1. Giriş

Deniz taşımacılığının dünya ticaretinde büyük önem arzettiği günümüzde uluslararası nakliyeciliğin %90'ı gemiler ile yapılmaktadır [1]. Gemi sahipleri açısından gemilerin maksimum yük ve minimum balast ile seyir etmesi ekonomik olarak en uygunu olsa da, kimi zaman gemi stabilitesini sağlamak kimi zaman da sevk sisteminden alınan verimi arttırmak için pervanenin suda bulunduğu konumu ayarlamak amacı ile gemilerin balast suyu alması gerekmektedir. Gemiler yüklerini boşaltırken dengeyi korumak için balast tanklarına deniz suyu alırlar. Bu sırada suyu aldıkları bölgedeki deniz canlıları ve bir takım partiküller de su ile birlikte geminin balast tankına alınır. Gemiler yükleme limanına vardıklarında ise kargo bölümüne yük almadan önce balast tankları boşaltılır. İşte bu süreçte tanklarda hayatta kalmayı başarmış olan organizmalar da su ile birlikte bu yeni ekosisteme aktarılmış olurlar. Eğer taşınan bu canlı ve yumurtalar, boşaltıldıkları lokasyonda uygun üreme şartları bulurlarsa çoğalıp istilacı tür haline gelebilmektedirler. Bir ekosistemin yerlisi olmayıp, dış etkenler nedeni ile o bölgeye yerleşen canlılar istilacı tür olarak nitelendirilmektedir [2].

İstilacı türlerin çevre üzerinde olumsuz etkileri oldukça fazladır. Girdiği ortamda istilacı konumuna gelen canlılar, kimi zaman bu bölgede doğal olarak var olan canlı türleri ile beslenerek ve o türlerin yok olmasına dahi neden olabilirler. Bu durum o bölgede hâkim olan doğal ekosistemin değişmesine neden olur. Biyoçeşitlilikte meydana gelen bu değişiklik, yerel türün yok olmasına neden olarak, geri dönüşü mümkün olmayan hasarlara yol açabilir. Bunun yanı sıra istilacı türler pek çok ekonomik zararlara yol açabilmektedirler. Şöyleki, istilacı türler kimi zaman işgal ettikleri bölgelerde doğal olarak bulunan balık türleri ile beslenmektedirler, ya da bu balık türleri ile benzer beslenme alışkanlıklarından ötürü, avlanma rekabetine girip balık türlerinin beslenmesine engel olmaktadır. Bu durumda bölgede mevcut olan balık türleri sayıca azalmakta, bu da bölgede yapılan balıkçılık aktivitelerini olumsuz etkilemektedir [2]. Bunun yanı sıra kimi istilacı türler sert zeminlere yapışarak yaşamlarını sürdürdükleri için kıyılarda bulunan inşaatlarda, tesislerde ve endüstriyel yapılar ile liman yapılarında hasar

meydana getirirler. Özellikle yosun gibi bitkisel canlıların plaj olarak kullanılan alanlarda istilacı olarak çoğalmaları turizm açısından da ekonomiye zarar vermektedir [3]. İstilacı türlerin neden olduğu en önemli sorunlardan bir diğeri de insan sağlığı üzerinde yarattıkları sorunlardır. Balast suları kimi zaman zehirli organizmaların, patojenlerin taşınmasına neden olur, bu da balast suyunun boşaltıldığı bölgedeki suların dinlence amaçlı kullanımına bağlı olarak insanların sağlığını ciddi şekilde etkilenmesine sebep olmaktadır. Balast suları nedeniyle meydana gelen en yıkıcı olaylardan biri de 1991 yılında Vibrio Cholera mikrobu taşıyan balast sularının Peru'da boşaltılması ve bu mikrobu Peru'da içme sularına karışması sonucu olmuştur. İçme sularına karışan bu mikroptan dolayı 1 milyona yakın insan etkilenmiş ve 10.000'den fazla insan ölmüştür [4]. Gemi balast suyu ile taşınan organizmaların yarattığı sorunların öneminin anlaşılması ile beraber konu hakkında uluslararası adımlar atılmıştır.

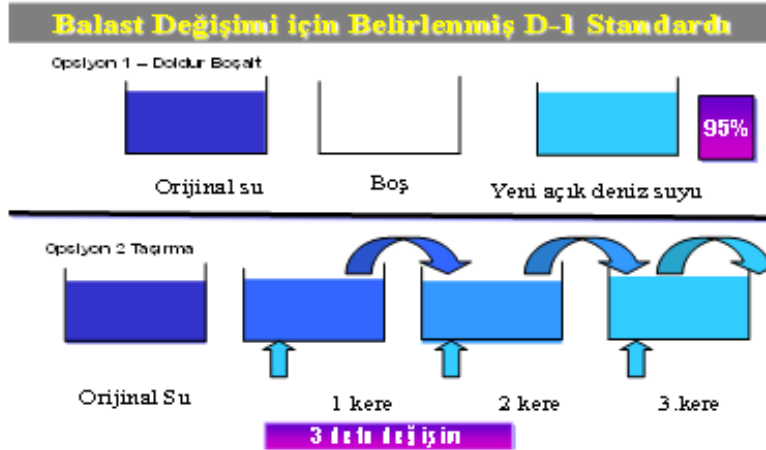
2. Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi

Balast suyu kaynaklı problemlerin ciddi boyuta ulaşması ile Birleşmiş Milletler'e bağlı Uluslararası Denizcilik Örgütü IMO direkt olarak gemi balast suyu kaynaklı meydana gelen sorunların çözümüne yönelik çalışmalar sürdürülmektedir. IMO üyesi devletler arasında yıllar süren araştırmalar sonucu 2004 yılında balast sularının yaratacağı etkileri azaltmak amacı ile uluslar arası bir düzenlemeler yayınlanmıştır. Konu üzerinde uzun yıllar yapılan müzakerelerden sonra 13 Şubat 2004 tarihinde IMO'nun Londra'daki genel merkezinde düzenlenen bir konferansta Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments) tamamlanmış ve üye ülkelerin imzasına sunulmuştur [5]. Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi toplamda 22 madde ve 5 kısımdan oluşan bir ekten oluşur. Bu sözleşme, dünya ticaret filosunun %35'ini temsil eden 30 ülkenin onayından 12 ay sonra yürürlüğe girecektir [6]. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 44 ülke için mevcut tonaj %32,86'dur. Kasım 2015'te Fas ve Endonezya'nın da imzası ile ülke sayısı 46 olmuştur ancak bu durum IMO resmi sitesinde henüz duyurulmamıştır. Mevcut durumda yeni ülkelerin katılımı ile sözleşmeyi imzalayan ülkelerin dünya ticaret filosunun toplam tonajının ne kadarını kapsadığı hesaplanmaktadır [7]. Bu rakam dünya ticaret filosunun toplam tonajının %35'ine ulaştığında sözleşme yürürlüğe girecektir. Sözleşmenin son durumu EK 1'de verilmiştir. Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra gemiler inşa yıllarına ve balast suyu taşıma kapasitelerine bağlı olarak sözleşmede belirtilen standartları sağlamak ile yükümlü olacaklardır [8]. Bu standartlar Tablo 1'de açıklanmıştır.

Tablo 1'de belirtilen kurallar ise şu şekilde açıklanmaktadır:Kural D-1 Balast Suyu Değişimi Standardı: Balast suyu değişimi yapan gemiler, bu değişimi hacimsel olarak %95 verimle gerçekleştirmelidirler. Balast suyu değişimini pompalama yolu ile yapan gemiler, pompalama bahsedilen bu verimlilik şartını karşılayacak şekilde her bir balast tankının hacminin üç katı olarak yapacaklardır. Ancak, hacimsel değişimin %95 olma durumunun gerçekleştiği gösterilirse, üç defadan az pompalama da kabul edilir. Şekil 1'de balast suyu değişimi metoduna ait bir şema bulunmaktadır [8].

Tablo 1. Balast suyu yönetmeliği [9].

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

**Şekil 1.** Balast suyu değişimi için belirlenmiş D-1 standardı [10].

Kural D-2 Balast Suyu Performansı Standardı: Balast suyu yönetimi uygulanan gemiler metre küp başına boyca 50 mikrondan büyük veya eşit 10 yaşayabilir organizmadan az ve milimetre başına 50 mikrondan küçük veya 10 mikrondan büyük veya eşit 10 yaşayabilir organizma boşaltabilir [8].

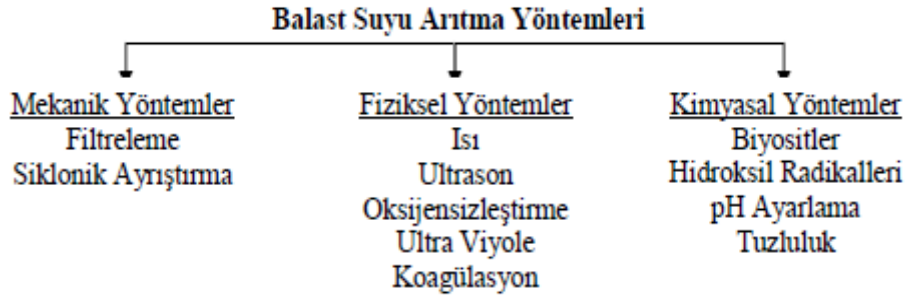
Tablo 2. Balast arıtımı IMO D2 kriteri [11].

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

Sözleşmenin amacı; balast suları ile taşınan zararlı organizmaların denetleyerek ve yöneterek çevreye ve insan sağlığına zarar olabilecek riskleri önlemek ve minimize etmektir. Ayrıca balast suyu kontrol yöntemlerinin istenmeyen yan etkilerini engellemek ve balast suyu arıtma sistemlerinin teknolojik gelişimi için teşvik etmek de sözleşmenin amaçları arasında yer almaktadır.

3. Balast Suyu Arıtma Yöntemleri

IMO'nun yayınlamış olduğu D2 standartlarına cevap verebilmek adına pek çok farklı balast suyu arıtma metodu geliştirilmiştir. Geliştirilmiş ve gelişmekte olan balast suyu arıtma yöntemlerini temel olarak mekanik yöntemler, fiziksel yöntemler ve kimyasal yöntemler olarak üç ana başlık altında incelenebilir.



3.1 Mekanik Yöntemler

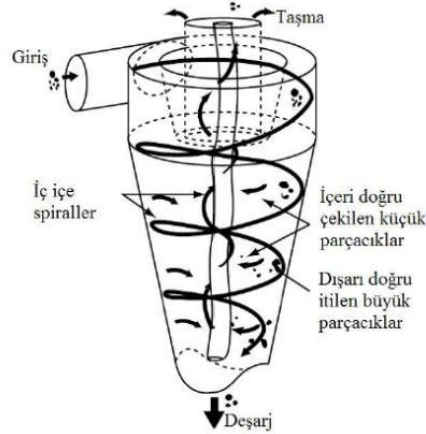
Mekanik yöntemlerin temelinde, balast tankına alınacak olan deniz suyunun tanka girmeden önce mekanik bir işlemde geçip, tanka ulaşacak olan organizma ve sediment miktarını azaltmak yatmaktadır. Böylelikle pek çok organizma ve partikülün balast tankına girişi başta engellenmiş olunur ve organizmalar kendi doğal habitatlarında kalırlar. Mekanik yöntemler denildiğinde akla gelen yöntemler siklonik ayrıştırma ve filtrasyon yöntemleridir.

3.1.1 Filtreleme yöntemi

Filtreleme sisteminde membran veya disk filtreler kullanılmaktadır. Gemi balast alırken 40-50 mikrondan büyük olan organizma ve sedimentlerin bu filtreler sayesinde tanka girişi engellenmiş olur. Filtreleme yöntemi hem çevresel bir yöntemdir hem de çabuk sonuç alınır. Filtreleme işlemi gemi balast alırken ya da balast boşaltırken yapılabilir. Gemi balast alırken yapılacak olan filtreleme işlemi sayesinde filtrelenmiş olan canlılar kendi doğal yaşam ortamlarına geri dönerler [12]. Yapılan çalışmalar kendi kendini temizleme özelliğine sahip filtreleme sisteminin çoğu fitoplankton, zooplankton ve partikülerin balast suyundan uzak tutulmasında efektif olduğunu göstermektedir. 50 µm'lik membran filtre ile balast suyunda bulunan mikrozooplanktonların arıtılmasında %71-81 oranında verim elde edilir. Ayrıca balast suyundaki dinoflagellatların arıtılma verimliliğinde %91 civarındadır. 50 µm membran filtre ve 55µm disk filtre verimlilikleri karşılaştırıldığında da 50µm'den büyük partiküllerin arıtılması konusunda membran filtreden %91,9'luk bir verim alındığı gözlenirken, bu oranın disk filtrelerde %80'de kaldığı görülmektedir [13]. Ancak verimlilik konusundaki tüm bu avantajlarına karşın filtreleme pahalı bir yöntemdir. Yapılan araştırmalar yaklaşık 1 ton balast suyunu filtreleme maliyetinin 0,06-0,19 \$ olduğunu ortaya koymuştur [14].

3.1.2 Siklonik ayırıştırma yöntemi

Siklonik ayırıştırma, katı parçacıkların santrifuj kuvvetler ile sudan ayrıştırılması anlamındadır. Bu yöntem ile yalnızca yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan fazla olan partiküller ayrıştırılabilir.



Şekil 2. Hidrosiklon seperatör [15].

Deniz suyu giriş bölgesinden hidrosiklona girer, hidrosiklonun yapısından dolayı akış sistem içerisinde rotasyonel hal alır ve bu sayede oluşan merkezkaç kuvvetinden ötürü yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan fazla olan partiküller hidrosiklonun duvarına doğru itilir ve buradan tahliye edilir. Bu tahliye sırasında alınan balast suyunun yaklaşık olarak %5'i boşaltılır [16]. Araştırmalar göstermiştir ki, düşük yoğunluğa ya da deniz suyunun yoğunluğuna yakın bir yoğunluk değerine sahip olan organizmaların, yani pek çok virüs, bakteri, fitoplankton, denizanası vs, ayrıştırılmasında siklonik yöntem yetersiz kalmaktadır.

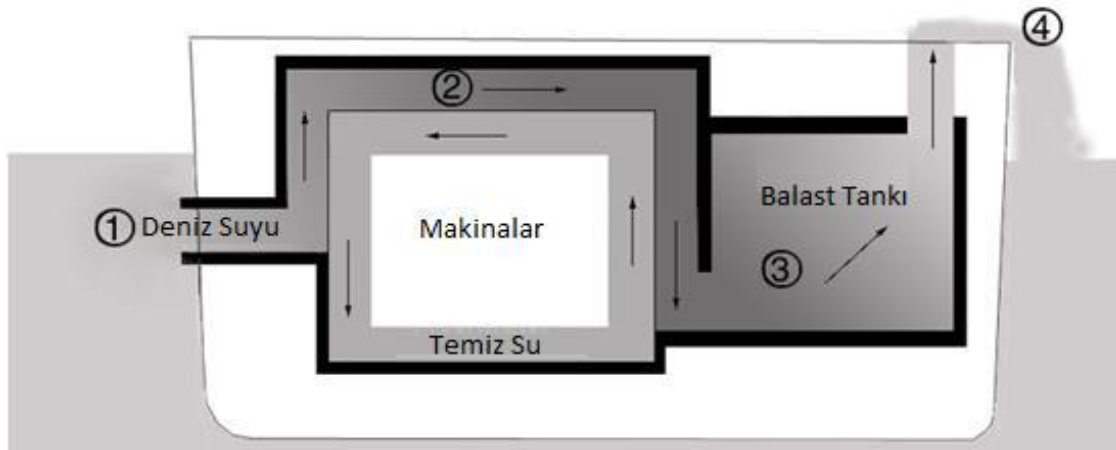
Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre siklonik yöntem ile yapılan arıtma disk ve membran filtrelemlere göre yetersiz kalmaktadır. Jelmert, Prorocentum minimum ve Tetraselmis ile yapılan deneylerde, siklonik ayırıştırma ile %10-30 arasında bir verimlilik elde edilmiştir. Aynı çalışmada bakteriler üzerinde herhangi bir başarı elde edilemediği gözlemlenmiştir [17]. Yaklaşık olarak 1 ton balast suyunu siklonik yöntem kullanarak ayırıştırma için gerekli olan maliyet 0,05-0,26 \$ arasındadır. Maliyeti açısından düşünüldüğünde filtreleme yöntemi ile mukayese edilebilir düzeydedir. Ayrıca yüksek debilerde (~ 300m³/saat) sistem sürekli olarak çalıştırılmamaktadır. Her ne kadar büyük partikülleri ayırıştırıp ikincil arıtma sisteminde kullanılacak olan cihazları koruyor olsa da, sistem pek çok zooplankton, mikroalg ve bakterileri ayırıştırma yeterli verimliliğe sahip değildir [18].

3.2 Fiziksel Yöntemler

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

3.2.1 Isı ile arıtma yöntemi

Isı ile arıtmanın temelinde mikroorganizmaların yaşayabileceği ısı değeri baz alınmaktadır. Belli bir ısı değerinin üzerinde canlıların hücre yapısı değişeceğinden mikroorganizmalar ölmektedir. Bu yöntemde balast suyunu ısıtmak için farklı metodlar kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi ana makinanın ortaya çıkardığı ısıyı balast suyunu artırmak için kullanmaktır. Ancak bu durumda ek olarak gemide borulama maliyeti açığa çıkacaktır. Ayrıca ısıtılması gereken balast suyu miktarı ve gemi ana makinasından elde edilecek olan ısı miktarı yeterlilik açısından karşılaştırılmalıdır. Eğer ana makineden elde edilecek olan ısı miktarı yeterli değil ise balast suyunu istenilen seviyede ısıtmak için ek kaynaklar düşünülmelidir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki balast suyunu 38-45°C ısıtmak, tropik ve alt tropikal sularda zooplankton ve fitoplanktonları öldürerek başarılı bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır [19].



Şekil 3. Gemide ana makinanın ısı ile balast suyunu ısıtma yöntemi.

Balast suyunu yaklaşık 40°C civarına ısıtmak balast suyunda bulunan bazı organizmanın yok edilmesi açısından oldukça efektiftir. Ancak bu düşük sıcaklık stratejisinin (<45°C) çoğu

patojeni arıtmakta yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Ayrıca balast suyunu bu seviyelere kadar ısıtmak kolera gibi patojenik bakterilerin de üremesine yol açabilir [20]. Bazı bitkisel bakteriler, fungi ve virüsler genellikle 60-100°C sıcaklığı arasında ölürlerken, koli basili ve kolera gibi bakterilerini öldürmek için 55-75 °C sıcaklık, bakteri sporlarını öldürmek için 100°C'nin üzerinde bir sıcaklık gerekmektedir [21].

Isı ile arıtma metodu kullanılmadan önce göz önüne alınması gereken bazı faktörler vardır. Sefer süresi balast suyunun mevcut ısı kaynakları ile gerekli ısıya ulaşabilmesi için yeterli olmalıdır. Tankın içerisinde bulunan balast suyu geminin seyir halinde bulunduğu suyun sıcaklığından etkileneceğinden, bu yöntem çok soğuk sularda efektif bir yöntem olmayabilir. Çünkü soğuk olan suyu gerekli sıcaklığa ulaştırmak için daha çok enerji kullanılması gerekeceği için, bu durum maliyeti de arttırır. Bir diğer problem ise, yükselen balast suyu sıcaklığının balast tanklarında meydana getireceği korozyondur. Balast tanklarını korozyondan korumak için kullanılan koruyucu epoksi kaplaması 80 °C sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Balast suyunu ısı ile arıtmak için gerekli sistemin yatırım maliyeti 1000-3000 m³/saat'lik debi için yaklaşık olarak 350.000-400.000 \$ olarak hesaplanmıştır [12].

3.2.2 Ultrason ile arıtma yöntemi

Yüksek güçteki ultrason dalgaları sıvı içerisinde kavitasyon yaratır. Meydana gelen bu kavitasyon kesme kuvveti ve basınç ortaya çıkarır. Sıvı içerisinde bu yoğun ultrason dalgaları bir araya geldiğinde yüksek basınç ve alçak basınç çevrimleri oluşur. Alçak basınç esnasında ultrason dalgaları küçük hava boşlukları/kabarcıkları meydana getirir. Bu hava kabarcıkları daha fazla enerji absorbe edemeyecek boyuta ulaştığı zaman patlarlar. Bu durum kavitasyon olarak adlandırılır. Bu içe doğru patlama esnasında yerel olarak çok yüksek ısı (~5000 °C) ve basınç (~2000 atm) açığa çıkar. Bu durum ayrıca 280 m/saniye hıza erişebilen sıvı akışına sebep olur. Bu yüksek enerjye sahip hava kabarcığı oluşumu ve patlamalar organizmaların hücre duvarında bozulmaya neden olan hidrodinamik kesme kuvvetlerine ve ultrasonik titreşimler meydana getirirler. Yapılan pek çok çalışma ultrasonun virüsler ve bakteriler üzerindeki etkisini kanıtlamışlardır [22].

3.2.3 Oksijensizleştirme ile arıtma yöntemi

Deniz suyunda bulunan çözülmüş oksijen deniz canlılarının hayatta kalabilmeleri için gereklidir. Balast tankında bulunan oksijen miktarının düşürülmesi balast suyu içerisinde bulunan organizmalarda oksijen yetersizliğine yol açmaktadır. Böylelikle balast suyunda bulunan organizmalar oksijensizlik nedeni ile ölecek, balast suyu da istilacı organizmalardan temizlenmiş olacaktır [23].

Balast suyunda anoksik bir ortam oluşturmak için birden fazla yöntem vardır. Bunlar, balast suyuna inert gaz (nitrojen) ilave etmek, vakum pompası kullanarak vakum oluşturmak, balast suyuna besin maddesi eklemektir [24]. Oksijensizleştirme metodunu kullanarak balast suyu artıması yapan sistemlerden biri olan Venturi Oxygen Stripping™ sistemi 2007 yılında IMO'dan tip onayı almıştır. Bu yöntemde balast suyu tanka alınırken suya inert gaz ilave edilmekte ve böylelikle suda bulunan oksijenin giderilmesi sağlanmaktadır [25].

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

mikroorganizmalarca hızla tüketilmiş ve balast suyunda anoksik bir ortam oluşumu sağlanmışır [24].

Browning ve arkadaşlarının geliştirdiği sistemde ise balast suyu balast pompaları vasıtasıyla özel olarak imal edilmiş olan çelik bir tanka alınmıştır. Bu tankta, vakum pompası ile vakum oluşturulur ve bir santrifuj pompa bu suyu tanktan alarak balast tankına aktarılmıştır. Browning ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 14,2 psi değerinde bir vakum ile balast suyunda bulunan çözünmüş oksijen seviyesini 1 ppm'in altına düşürmüşlerdir. Yapılan araştırmalar bu yöntemin balast suyunun zooplanktonlardan arıdırmada 2 günlük bir süreçte %100 başarı sağladığını göstermiştir. Ayrıca 3 gün sonra sudaki larvaların ve 75 mikrondan büyük olan organizmaların da yok edildiği gözlemlenmiştir [26].

Geminin balast suyu kapasitesine bağlı olarak oksijensizleştirme sistemi için gerekli maliyet 135.000 \$ ile 3.000.000 \$ arasında değişirken, sistemin operasyon maliyetinin ton başına 0,06 \$ olarak hesaplanmıştır [27].

3.2.4 Ultra viyole ile arıtma yöntemi

Dalga boyu 100-400 nm arasında olan ışınlar ultraviyole olarak adlandırılır. UV ışınları UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm) olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır ve her birinin canlılar üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır. Arnolf'un 1933 yılında yaptığı çalışmalarda 253,7 nm dalga boyunda UV-C ışınına maruz kalan fitoplanktonların fotosentez yapma oranında düşme gözlemlenmiştir.

UV ışığının organizmaların yaşamsal faaliyetlerine olan etkileri üzerinde yapılan ilk çalışmalar daha çok UV-C ışınına odaklı iken, Dünya'yı UV-B ışınından koruyan ozon tabakasında meydana gelen bozulmalardan sonra UV-B üzerine kaymıştır [28]. UV ile balast suyu artması yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Suyun berraklığı ve içerisinde bulunan partiküllerin büyüklüğü UV ile artımanın verimini direkt olarak etkiler. UV ile arıtma yapacak bir balast suyu arıtma sisteminin kurulum maliyeti sistemin büyüklüğüne göre yaklaşık olarak 300.000 - 400.000 \$ civarında olup, operasyon maliyeti ton başına 0.065-0.26 \$ civarındadır [29].

3.2.5 Koagülasyon yöntemi ile arıtma

Koagülasyon yöntemi ile balast suyu arıtımı, gemi balast tanklarına balast suyu alımı sırasında yapılır. İlk olarak balast suyu alınan karıştırma tankında manyetik toz ve pıhtılaştırıcı madde eklenir. Burada balast suyunda plankton, bakteri, çamur ve diğer materyallerin bir araya gelmesi ile oluşan yaklaşık 1 mm'lik manyetik topaklar meydana gelir. Daha sonra bu su manyetik seperatörlere ulaşır ve manyetize olmuş organizma ve sediment manyetik disk tarafından tutulur ve sudan ayrıştırılır [30]. Karada yapılan testler 50 m³/saat debi ile gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçların IMO D2 kriterlerini sağladığı gözlemlenmektedir. Sonuçlar, balast suyunun 10 µm çapından büyük olan organizmalardan arıtıldığını, suda bulunan E.coli yoğunluğunun 1100 cfu/100 ml'den 2 cfu/100ml'ye düştüğünü, ayrıca asılı partikül seviyesinin de ayıklanamayan seviyesine indiğini göstermektedir. Balast suyunda manyetik topaklar elde etmek için Demir (III) tetraoksit, alüminyum klorür, akrilamid sodium akrilat kopolimer kullanılmaktadır. Bu maddeler çevreci etken maddeler olarak belirtilmektedir. Arıtılmış olan balast suyunda herhangi bir uçucu organik maddeye rastlanmamıştır, ancak 0,08 mg/l alüminyuma rastlanmıştır [31].

Sistem 200 m³/saat kapasitede bir arıtma için yaklaşık 21 kW, 1600 m³/saat kapasitede bir arıtma içinse yaklaşık 112 kW bir güce gereksinim duymaktadır [30].

3.3 Kimyasal Yöntemler

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

3.3.1 Biyositler

Biyositler; içme suyunun arıtılması, atık suyun arıtılması, yüzme havuzlarının suyunun arıtılması gibi pek çok endüstride mikroorganizmaları öldürmek için kullanılırlar. Biyositler organizmaların üremesine ve sinir sistemlerine etki ederler, enzim faaliyetlerini durdururlar, hücre duvarlarını tahrip ederler. İki çeşit biyosit vardır; oksitleyici biyositler ve oksitleyici olmayan biyositler. Oksitleyici biyositlere örnek olarak klor, klor dioksit, ozon, hidrojen peroksit, perasetik asit verilebilir. Oksitleyici olmayan biyositler ise gluteraldehit, SeaKleen ve Acrolen'dir.

Klor, içme suyu arıtımında oldukça yaygın kullanılan bir oksitleyici biyositir. Klor suya sıvılaştırılmış klor gazı, sodyum hipoklorid, kalsiyum hipoklorid olarak ya da direkt olarak sudan elektriksel olarak elde edilerek pek çok farklı formda eklenebilir. Balast suyunda bulunan sucul organizmaları etkisiz hale getirmek için gerekli olan klor miktarı farklılık göstermektedir. Mikroyosunlar, zooplanktonlar, bakteri ve fitoplanktonlar için bu konsantrasyon 1-100 ppm arasında değişirken, dinoflagellat kistleri, dinlenme evresindeki zooplanktonlar ya da *Bacillus subtilis* sporları için bu miktar 486-2500 ppm'e kadar çıkabilmektedir [32]. Bunun yanısıra canlıların su içerisinde bulunma şekli de klorun etkisi açısından önemlidir. Suda serbest yaşayan bakteriler ile kabuklu canlılara tutunmuş olan bakterilerin klor ile etkisizleştirilmesi için gerekli süre ve konsantrasyon da farklıdır. Klor ile arıtma metodunda çoğu bakteri, mikroalg ve zooplanktonlarda %100'e yakın verimlilik elde edilmiştir [13]. Bolch ve Hallegraef'in yaptıkları çalışmada balast suyunu klor ile artırmak için ton başına yaklaşık olarak 3,5 \$ maliyet olduğunu saptamışlardır [33]. Klor ile arıtma yönteminde klor suya direkt olarak klor bileşeni olarak eklenebileceği gibi, deniz suyundan elektroliz yolu ile de elde edilebilir. Dang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar deniz suyundan elektroliz ile elde edilen 3 ppm konsantrasyonunda klor ile bakteri oranında %99.999, fitoplankton ve mezoplankton oranının da %99 düşme olduğunu göstermişlerdir. Ancak elektroliz yönteminden elde edilecek olan bu verim deniz suyunun kimyasına bağlı olarak değişir. Okyanus sularında klor oranı yüksek iken, haliçlerde ya da nehirlerde bu oran daha düşüktür. Bu durum elde edilecek olan verimin düşmesine neden olur [34]. Elektroliz ile klor elde edilmesi yöntemi, filtreleme ve UV yöntemleri ile bir arada kullanıldığında, sistemden alınan verimde artış gözlemlenir. BaWaPla projesi kapsamında yapılan deneyler göstermiştir ki, anot sıvısı balast suyunda bulunan mikroorganizmaların arıtımında oldukça etkilidir. Anot sıvısının etkisi, sıvının klor derişimine bağlı olarak artmaktadır [35].

Ancak klorun balast suyu arıtmasına yönelik bazı endişeler vardır. Elektroliz ile klor elde etmeye yarayan sistemler en iyi 15°C ve üzerinde çalışırlar ve 5°C'nin altında işlevselliğini kaybederler. Klor kullanımı balast tankı içerisinde organoklor oluşmasına da neden olabilir. 3 ppm'in üzerinde klor konsantrasyonunun trihalometan, haloasetik asit gibi toksik olan yan ürünlerin oluşmasına neden olduğunu göstermiştir. Bu yan ürünler klorün ortamda doğal olarak

bulunan organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Oluşan bu zararlı yan ürünler bir limana boşaltıldığında ise burada kalır, besin zincirinde birikir ve zamanla sucul organizmaların hormonal sistemlerinde tahribata ya da yıkıma yol açabilir. Ayrıca Zhang ve diğerleri klor ile arıtma yönteminin kullanımının balast tankındaki korozyonu arttırdığını göstermektedir [36].

Klordioksit (ClO₂) kullanımı pahalı olmasına karşın organik maddeler ile tepkimeye girmiyor olması, klora göre daha geniş pH aralığında mikroorganizma öldürücü etkisinin olması ve serbest klor açığa çıkarmadığı için daha çevreci olması bir avantajdır. Laboratuvar testleri 5 ppm konsantrasyonunda ClO₂'nin bakteri ve planktonik canlıları arındırmada etkili olduğunu göstermektedir. Araştırma sonuçları ClO₂'nin bakteri ve virüsler üzerinde klora göre daha etkili olduğunu da göstermektedir. ClO₂ ile yapılacak olan bir arıtma için gerekli olan yatırım maliyeti 200 m³/saat'lik bir sistem için yaklaşık olarak 260.000 \$ iken, kapasite 2000 m³/saat'e çıktığında bu miktar 400.000 \$ civarında olup operasyon maliyeti ise ton başına 0,06 \$ civarındadır [37].

Ozonun deniz suyunda mikroorganizmaları dezenfekte etkisi deniz suyunda bulunan brom ve klor iyonları ile ozonun tepkimeye girmesinden dolayı tatlı suda olduğundan farklılık göstermektedir. Balast suyu, suya ozon gazı ekleyen bir cihazdan geçerek arıtılır. Bu gazın çoğu suda çözülür ve suda bulunan organizmaları öldürmede etkili olur. Ozon, gemi bünyesinde depolanma ihtiyacı olmamasından ötürü elverişli bir yöntemdir. Balast suyuna balastın alımı sırasında karıştırılabileceği gibi, sefer sırasında balast suyu tekrar sirküle edilerek ozon ekleme işlemi de gerçekleştirilebilir. Balast tankında korozyon korumasının düşük olduğu kısımlar ile yüksek miktarda organik madde içeren sedimentin bulunduğu kısımda ozon ile arıtma işleminin yeterli olmadığı gözlenmiştir. Bu durum balast tankında bulunan benzer sucul organizmaların dezenfeksiyonunda ozonun yetersiz kalabileceğinin bir göstergesidir [38]. Deniz suyunun ozon ile arıtılmasına yönelik yapılan çalışmalar, ozonun düşük doz ve kısa zamanda bakteri ve virüsler üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Ozon ile arıtma yöntemine yönelik yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular bu yöntemin balast suyu artırımında özellikle bakteri sporları, dinoflagellat kistleri ve pek çok zooplankton türünün çevreye zarar vermeyecek konsantrasyonda ozon uygulanan arıtma işleminden canlı olarak kurtulduğu düşünüldüğünde hem maliyet hem de verimlilik açısından uygun olmasına ilişkin endişeler doğurmuştur. Ozon ile yapılacak olan bir arıtma için gerekli olan yatırım maliyeti 800.000 \$ ile 1,6 milyon \$ arasında olup, operasyon maliyeti ise ton başına 0,28-0,32 \$ civarındadır [39].

Hidrojen peroksit insan sağlığına zararı diğer kimyasallar ile karşılaştırıldığında daha az olan ve doğada çabuk ayrılan, ayrıştığında da yan ürün olarak açığa oksijen ve su çıkaran bir oksitleyici biyosittir. Laboratuvarlarda ve sağlık sektöründe dezenfektan olarak kullanılıyor olması, balast suyu artımı için kullanılması konusunda da değerlendirilmesi için öncü olmuştur. Kuzirian ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma, balast suyunun pH'ını arttırmanın balast suyunda bulunan Mnemiopsis leidy, Pennaria, polychaete, crustacean, chordate ve çift kabuklu yumuşakça gibi omurgasız canlıları öldürmek için gerekli olan hidrojen peroksit konsantrasyonunu 1 ppm'e kadar düşüğünü göstermiştir [40]. Bakteri sporları ve dinoflagellatlar hidrojen peroksit karşısında direnç gösterirler. Balast suyunu bu tür canlılardan arındırmak için gerekli olan yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonu maliyeti arttıracığından, balast suyu arıtımında hidrojen peroksit kullanılması çok efektif bir yöntem olarak görülmemektedir. Ayrıca yüksek miktardaki hidrojen peroksit gemi bünyesinde depolanması da yöntemin etkinliği açısından oldukça büyük bir sorundur.

Perasetik asit geniş bir yelpazede organizmaya etki ettiği ve istenmeyen yan ürünleri olmadığı için balast suyu arıtımında önerilen organik biyositlerden biridir. Perasetik asidin sucul ekosistemdeki canlılara etkisine ait veriler az olsa da, gemi atık suyunda bulunan koliform bakteriler ve bakteri sporları üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır. Alman bir şirket olan Degussa AG perasetik asit ve hidrojen peroksidin birleşimi ile Peracelan Ocen adında bir ürün geliştirmiştir. Sıvı formda bulunan bu ürün hem gemide hem de laboratuvarlarda yapılan çalışmalarda bitkisel mikroalgler, dinoflagellat kistleri, midyeler, balık yumurtaları, fitoplanktonlar, omurgasız canlılar ile yetişkin ve larva evresindeki kopepodlar üzerinde 50-400 ppm konsantrasyonunda 2-72 saatte oldukça etkili olduğunu göstermiştir [41]. Üretici firma yetkilileri ürünün yarı ömrünün arındırılmamış deniz suyunda 4 saat olduklarını belirtmişlerdir. Ancak Peraclean'in bozulma süresi üzerinde en etkili olan faktör ışıktır. Eğer içerisinde Peraclean bulunan bir su ışık alıyorsa, maddenin bozulması daha hızlı gerçekleşecektir. Ancak balast tanklarının ışıktan uzak olması bu bozulma süresini arttırmaktadır. Peraclean ile yapılacak olan bir arıtma operasyon maliyeti ise ton başına 0,20-0,30 \$ civarındadır [42]. Bu yüksek maliyetin yanısıra gemide ürünü depolamak için geniş alan gereksiniminin olması ve ürünün bozulma süresinin de uzun olması balast suyu arıtımında kullanılmasının önündeki engellerdir.

Oksitleyici olmayan kimyasallardan biri olan glutaraldehit, pek çok organizmayı öldürebilen organik bir bileşendir. Endüstride özellikle medikal ekipmanların sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Gluteraldehit kendi başına ya da sürfaktan ile birleştirilerek düşük miktarda balast taşıyan gemilerde balast tankını organizma kalıntılarında arındırmak için kullanılması önerilen organik biyositlerden biridir. Gluteraldehitin sucul organizmalar üzerine etkilerine ilişkin yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, bir deniz bakterisi türü olan *Vibrio fischeri*yi etkisizleştirmek için 14 ppm konsantrasyonunda gluteraldehit yeterli olurken, *Bacillus subtilis* için bu oran 20.000 ppm'e kadar çıkmaktadır. Gluteraldehitin etkili olabilmesi için balast suyunun sıcaklık ve pH değeri önemlidir. Gluteraldehit yüksek sıcaklık ile 7,5 ve daha üzeri pH değerlerinde daha etkilidir. Balast suyunun pH'ı 4,2-8,6 arasında değişmesi gluteraldehitin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır [41]. Balast suyunu arıtmak için kullanılan gluteraldehitin miktarının artması hem maliyeti, hem doğaya verebileceği potansiyel zararı arttıracığından; hem de gemi personelinin sağlığı için risk oluşturacağından pratikte kullanılması pek mümkün olmayan bir yöntemdir. Elde edilen verilen gluteraldehit ile ballast suyu arıtmada ortaya çıkan operasyon maliyetinin ton başına 25 \$ olduğunu göstermektedir [43]. Tüm bu dezavantajlar gluteraldehitin büyük ballast kapasitesine sahip olan gemilerde kullanılmasının önünde engel teşkil etmektedir.

SeaKleen içeriğinde menedion (K3 vitamini) bulunan oksitleyici olmayan bir biyosit türüdür. Bu bileşen tatlı ve tuzlu su organizmaları üzerinde etkilidir. Buna karşın deniz memelileri, kuşlar ve diğer balık türleri için zehirli olmadığından ötürü üretici firma tarafından balast suyu arıtımında kullanılmak üzere önerilmiştir. Ayrıca yarılanma ömrünün kısa olması, zararlı yan ürünler ortaya çıkarmaması ve korozyona sebebiyet vermemesi de SeaKleen'in balast suyu arıtılması konusunda kullanımının önünü açmıştır [44]. Laboratuvar testleri 0,5-2 ppm konsantrasyonundaki SeaKleen'in algler, bitkisel dinoflagellatlar, dinoflagellat kistleri ve zooplanktonlar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. 2 ppm konsantrasyonunda SeaKleen'in operasyon maliyetinin ton başına 0,20 \$ olması balast kapasitesi yüksek olan gemilerde kullanılmasının önünde bir engeldir [42]. Ayrıca bozulma ömrünün de kısa olmaması çevresel açıdan problem teşkil etmektedir.

Acroelin daha çok petrol endüstrisinde üretilen ürünün içinde bulunan bakterileri azaltmaya yönelik kullanılan bir biyositir. Ayrıca piyasada su altında bulunan binalarda ve su

kanallarındaki algleri ortadan kaldırmak için su bitkisi öldürücü maddesi olarak bulunmaktadır. Bakteri ve algleri de içeren mikroorganizmaların yanısıra; yumuşakçalar, kabuklular, balık ve sucul bitkileri de içeren makroorganizmalar üzerinde de etkilidir. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalar 1-6 ppm konsantrasyonunda Acrolein kullanılarak 24-72 saat arasında bitkisel dinoflagellatlar ile gram pozitif ve gram negatif bakterilerin kontrol altına alınabildiğini göstermiştir. 6ppm konsantrasyonunda kullanıldığında ise 24 saat sonrasında bakterilerde %99,99'un üzerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir [43]. Acrolein ile ballast suyu arıtmada ortaya çıkan operasyon maliyetinin ton başına 0,16-0,19 \$ arasındadır [42].

Biyositlerin yanı sıra balast suyu arıtımında kullanılan başka kimyasal yöntemler de vardır. Bunlardan hidroksil radikalleri hemen hemen her türlü organik yapıyı karbondioksit ve suya ayrıştırabilir. Bai ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalara göre mikroorganizmaları öldürmek için gerekli olan konsantrasyon 0,63 mg/L'dir. Bu konsantrasyon seviyesinde tek hücreli algler, protozpanlar ve bakteriler 2,67-8 saniyede DNA ve RNA'larında meydana gelen bozulmalardan ve lipid peroksidasyondan kaynaklı ölmektedirler [44]. Hidroksil radikalının su içerisinde nanosaniyeler içerisinde su, oksijen ve karbondioksit ayrışıyor olması yöntemi çevre dostu yapmaktadır. Yöntemin kullanımı için gerekli olan sistemin ebatının küçük olması ve operasyon giderlerinin de az olması yöntemi tercih edilebilir kılmaktadır. Ancak yüksek yatırım maliyeti ve yüksek güç gereksinimi yöntemin önündeki engellerdendir.

Bir diğer yöntem ise pH ayarlamadır. Canlıların içinde buldukları ortamda meydana gelen pH değişimleri kimi zaman hayatta kalmalarını engelleyecek boyutlarda olurlar. Bu gerçek, balast suyunun pH'ını değiştirerek içinde bulunan mikroorganizmalardan arındırılması konusunu gündeme taşımıştır. Balast tankına alkali ya da kimyasal madde ekleyerek suyun pH değişimi sağlanabilir. Ancak balast tankında pH'ın düşmesi korozyona yol açar. Ayrıca pH'ın değiştirilmesi de kimyasal olarak kararsız bir su oluşumuna neden olur. Bunun yanısıra balast suyunun pH'ını değiştirmek için gerekli olan kimyasalların gemide depolanması da yer açısından sorun teşkil edeceği gibi, gemi personeli için gemide büyük miktarlarda kimyasalın bulunması da sağlık ve güvenlik açısından bir problemdir. Yapılan çalışmalar pH değişimi sonucu kistler, sporlar ve dinlenme evresindeki organizmaların etkilenmedikleri gözlemlenmiştir.

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

3.4 Karma Yöntemler

Balast suyu arıtımı için pek çok yöntem vardır. Ancak balast suyu içerisinde bulunan canlıların çeşitliliği göz önüne alındığında hiç bir yöntem tek başına istenilen verimde sonuçlar ortaya koyamamıştır. İşte bu durum, gemilerde balast suyu arıtması için fiziksel, kimyasal ve mekanik yöntemlerin birlikte kullanıldığı karma sistemlerin tercih edilmesine yol açmıştır. Piyasada bulunan çoğu balast suyu arıtma sistemi üreticisi tekil sistemlerin dezavantajların önüne geçebilmek adına bu yöntemlerden birden fazlasının beraber kullanıldığı karma sistemleri tercih etmektedirler. Karma sistemler, birincil ve ikincil arıtma gerçekleştiren sistemlerdir. Birincil arıtmada balast suyu içerisinde bulunan büyük partikül ve organizmalar mekanik bir yöntem ile balast suyundan ayrılırlar. Böylelikle balast suyu içerisinde ikincil arıtma için daha küçük partikül ve organizmalar kalmış olur. Üretici firmalar bu çalışmada anlatılan balast suyu arıtımında yöntemlerden bir ya da bir kaçını kullanarak ürettikleri sistemler için IMO G8 rehberinde yer alan süreçlerden geçerek BSY Sözleşmesi D2 kriterlerini sağladıklarını ispat ederler ve bu süreç doğrultusunda Tip Onayı alırlar. Bunun yanı sıra arıtma yöntemi olarak sistemlerinde aktif madde kullanan üretici firmalar G9 rehberinde belirtilen güvenlik, insan sağlığı ve çevre açısından uygun olmaları açısından değerlendirilerek aktif madde kullanımı için de onay alırlar. Onay almış olan markalar ve sistemlerine ilişkin güncel bilgiler EK 2'de verilmiştir.

4. Sonuç

Balast suyu arıtımı için mekanik, fiziksel ve kimyasal pek çok farklı yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin her birinin avantajları ve dezavantajları vardır. Mekanik yöntemler büyük boyutlu partiküllerin ve organizmaların sudan ayrışmasında oldukça etkilidir. Ayrıca arıtma işlemi gemi balast suyu alırken gerçekleştiği için, ayrıştırılan canlılar kendi doğal ortamlarına dönmektedirler. Herhangi bir kimyasal madde eklenmediği ya da işlem sonrasında yan ürün olarak bir zararlı bir madde oluşmadığı için gemi personeline ya da doğaya herhangi bir zararları olmamaları yöntemleri çevreci yapmaktadır. Ancak bu yöntemler kullanılarak balast suyundan arıtımında yaklaşık 40-50 mikrondan büyük partiküller ve organizmalar arıtılabileceği için daha küçük boyutlu partikül ve organizmaların arıtımında verimli değildir. Ayrıca filtreleme ve siklonik ayrıştırmada sistemin temizliği için geri yıkama yapılmasından dolayı meydana gelen basınç düşüşleri balast alma süresinin uzamasına neden olmaktadır.

Isı ile arıtmada istenilen sıcaklığa ulaşılabildiği takdirde canlıların balast suyundan arıtımında yüksek verim elde edilebilir. Ayrıca herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması nedeni ile sistemin çevreye bir zararı yoktur. Ancak suyu belli bir sıcaklığa ulaştırmak için enerji gerekmektedir. Kimi durumlarda bu enerji miktarı çok yüksek olmaktadır. Bu durum yakıt tüketimini arttıracığından maddi açıdan çok efektif değildir. Büyük miktarlardaki balast suyunun yüksek sıcaklıklarda tankların içinde bulunması, gemide sıcak su ile direkt temas halinde olan bu kısımlarda genleşmelere neden olacaktır. Bu genleşmeler de ısıl gerilmeler yaratacağı için gemi bünyesinde mukavemet açısından sorunlar çıkarabilir. Ayrıca tanklarda korozyon oluşumuna neden olabileceğinden, tanklar için ekstra bakım/onarım maliyeti oluşturacaktır. Bu yöntemin bir diğer dezavantajı ise etki etmesi için gerekli olan süredir. Kimi gemilerin sefer süreleri ısı yöntemi ile organizmaların öldürülmesi/etkisizleştirilmesi için yeterli değildir. Bu durumda yöntemden alınacak olan verim de düşmektedir. Kısıtlı avantajlarının yanında tüm bu dezavantajları göz önüne alınırsa, diğer yöntemlere nazaran dikkat edilmesi gereken pek çok kriter barındırdığından, ısı ile arıtma yöntemi çok tercih edilmemektedir.

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

Oksijensizleştirme yöntemi ısı ile arıtma yönteminin aksine tanktaki korozyonun önüne geçilmesinde etkilidir. Bu durum, oksijensizleştirme ile arıtma yapan gemilerde balast tanklarının boyasından yaklaşık olarak 100.000 \$ kar elde edilmesini sağlar. Ancak özellikle balast suyu arıtma sistemi entegre edilecek eski gemilerde inert gaz jeneratörü bulunmuyor ise sistemin kurulumu için gerekli alan sorun olabilir. Ayrıca oksijensizleştirme yöntemi ile verim alınabilmesi için gerekli olan süre 1-4 gün arasında değişmektedir. Sefer süresi yeterli olmayan gemiler için sistemin kullanımı uygun değildir.

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

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

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

Görüldüğü üzere balast suyunu arıtmak için geliştirilmiş her bir yöntemin hem avantajları hem de dezavantajları vardır. Günümüzde halen mevcut yöntemler geliştirilmekte ve gemiler için efektif balast suyu arıtma sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. BSY Sözleşmesi'nin yakın gelecekte yürürlüğe giriyor olması da, balast suyu arıtma sistemleri için geliştirilen mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemler ile ilgili araştırmaların önemini arttırmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Lawal; S. A. (2011), Ballast Water Management Convention, 2004: Towards Combating Unintentional Transfer Of Harmful Aquatic Organisms And Pathogens (Master tezi). Dalhousie University.
- [2] Özdemir, G. & Ceylan B. (2007). Biyolojik İstila ve Karadeniz'deki İstilacı Türler. Sümae Yunus Araştırma Bülteni, 7:3, 1-5.
- [3] Balaji, R., & Yaakob, O. B., (2011). Emerging Ballast Water Treatment Technologies: A Review, Journal of Sustainability Science and Management, 6:1, 126-138.
- [4] Göktürk, D. (2005). İstanbul Limanlarında Balast Suyu Örneklemeleri. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] IMO, (2004). International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, International Maritime Organization, London, UK, 14 Şubat.
- [6] <<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/BWMFAQ.aspx>>, erişim tarihi 28.11.2015.
- [7] <<http://maritime-executive.com/article/ballast-water-management-convention-so-close>>, erişim tarihi 10.12.2015.
- [8] <<http://globallast.imo.org>>, erişim tarihi 15.08.2015.
- [9] ABS, (2014). Ballast Water Treatment Advisory, ABS, American Bureau of Shipping.
- [10] <<http://cbs.denizcilik.gov.tr/pdf/BalastSuyuYonetimiProjesiDetayli.pdf>>, erişim tarihi 13.06.2015
- [11] Bilgin Güney C., Yonsel F., 2008. Balast Suyu arıtımında alternatif yöntemler, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi, 24-25 Kasım 2008, İstanbul, Bildirler Kitabı, Cilt 1
- [12] Valenti, M. (1997). Lighting the way to improved disinfection. Mechanical Engineering 119(7). 82-86.
- [13] Gregg, M., Rigby, G., & Hallegraeff, G. M. (2009). Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water. Aquatic Invasions, 4, 521-565.
- [14] Taylor, M.D., MacKenzie, L.M., Dodgshum, T.J., Hopkins, G.A., de Zwart, E.J., Hunt, C.D. (2007). Trans-Pacific shipboard trials on planktonic communities as indicators of open ocean ballast water exchange. Marine Ecology Progress Series 350, 41-54.
- [15] Cluskey, D.K.M. ve diğ., 2005. A critical review of ballast water treatment techniques currently in development, ENSUS 2005, 3rd International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability, Newcastle, UK, 13-15 Nisan.

- [16] Nilsen, B. ve diğ., 2003. The OptiMar Ballast System. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. 1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium, IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London. 126-136.
- [17] Parsons, M., Harkins, R. (2002). Full-scale particle removal performance of three types of mechanical separation devices for the primary treatment of ballast water. *Marine Technology*. 39(4). 211-222.
- [18] Taylor, A., Rigby, G., Gollasch, S., Voight, M., Hallegraeff, G.M., McCollin, T., Jelmert, A. (2002). Preventive Treatment and control techniques for ballast water. Leppakoski E. Edited by: Gollasch, S., Olenin, S. *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 484-507.
- [19] Rigby, G.R., Hallegraeff, G.M., Sutton, C. (1999). Novel ballast water heating technique offers cost-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 191, 289-293.
- [20] Desmarchelier, P., Wong, F. (1998). The potential for *Vibrio cholerae* to translocate and establish in Australian waters. *AQIS Ballast Water Research Series Report No.10*. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- [21] Gardner, J.F., Peel, M.M. (1991). *Introduction to sterilisation, disinfection and infection control*. Churchill Livingstone, UK.
- [22] <<http://www.hielscher.com/>>, erişim tarihi 19.06.2015.
- [23] Diaz, R.J., Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review* 33, 245–303.
- [24] McCollin, T. ve diğ., (2007). Ship board testing of a deoxygenation ballast water treatment, *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1170-1178.
- [25] Tamburri, M.N., Smith, G.E., Mullady, T.L. (2006). Quantitative shipboard evaluations of Venturi Oxygen Stripping as a ballast water treatment. 3rd International Conference on Ballast Water Management, Singapore, 1-13.
- [26] Browning Jr., W. J. ve Browning III, W. J., (2003). Ballast treatment by de-oxygenation – The AquaHabistat™ System. In: Raaymakers, S. (Ed.), 2003. 1st International Ballast Water Treatment R&D Symposium. IMO, London, 26–27 March 2001: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.5. IMO: London, 51-60.
- [27] Lloyd's Register. (2007). *Guide to Ballast Water Treatment Technology. Current Status June 2007*. Erişim tarihi 8.4.2015.
- [28] Carney, K. J. (2011). *Marine bioinvasion prevention: understanding ballast water transportation conditions and the development of effective treatment systems*. (Doktora

- tezi). Newcastle University School of Marine Science and Technology, Newcastle.
- [29] Sassi, J., Viitasalo, S., Ryttonen, J., Leppakoski, E. (2005). Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment. VTT Tiedotteita-Research Notes 2313. 80.
- [30] Hitachi Plant Technologies, Mitsubishi Heavy Industries (2010). Coagulation and Magnetic-Separation Solution, Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Receives First Formal Approval from Japanese Government, 15 March 2010.
- [31] MEPC. (2007). Harmful Aquatic Organisms in Ballast Water. Application for Basic Approval of a combined ballast water management system consisting of sediment removal and an electrolytic process using seawater to produce Active Substances. Report of the Marine Environment.
- [32] Gray, D.K., Duggan. I.C., MacIssac, H.J. (2006). Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing eggs in non-ballasted ships? Marine Pollution Bulletin 52. 689-695.
- [33] Dang, K., Yin, P., Sun, P., Xiao, J., Song, Y. (2004). Application study of ballast water treatment by electrolysing seawater. Matheickal JT. Edited by: Raaymakers, S. Second International Symposium on Ballast Water Treatment. International Maritime Organisation, London. UK. 103-110.
- [34] Sea trials the treatment system around the Pacific. (2011, Spring). Ballast Water Treatment Technology, s 62.
- [35] Bilgin Güney, C. ,Yonsel, F. (2011). Karma bir balast suyu arıtım sistemi ve elektrokimyasal teknoloji, Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi (İtü Dergisi /e) Cilt 21, Sayı 2, Sayfa 57-68, Kasım 2011.
- [36] Zhang, S., Chen, X., Yang, W., Gong, Q., Wang, J., Xiao, J., Zhang, H. & Wang, Q. (2004). Effects of the chlorination treatment for ballast water. In: Matheickal, J.T., Raaymakers, S. (Eds.), 2004. 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium, IMO, London, 21–23 July 2003: Symposium Proceedings, GloBallast Monograph Series No.15. IMO: London. 148-157.
- [37] Swanson, L., Perlich, T. (2006). Shipboard Demonstrations of Ballast Water Treatment to Control Aquatic Invasive Species. Matson Navigation Company and Ecochlor, Inc.
- [38] Oemcke, D., van Leeuwen, J. (2005). Ozonation of the marine dinoflagellate alga *Amphidinium* sp. - implications for ballast water disinfection. Water Research. 39. 5119-5125.
- [39] Sassi, J., Viitasalo, S., Ryttonen, J., Leppakoski, E. (2005). Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment. VTT Tiedotteita-Research Notes 2313. 80.
- [40] Kuzirian, A.M., Terry, E.C.S.& Bechtel, D.L. (2001). Hydrogen peroxide: an effective

treatment for ballast water. *Biological Bulletin*. 201. 297-299.

- [41] Sagripanti, J.L. & Bonifacino, A. (1996). Comparative sporicidal effects of liquid chemical agents. *Applied and Environmental Microbiology*. 62(2).545-551.
- [42] Gregg, M.D. & Hallegraeff, G.M. (2007). Efficacy of three commercially available ballast water biocides against vegetative microalgae, dinoflagellate cysts and bacteria. *Harmful Algae*. 6. 567-584.
- [43] Sano, L.L., Moll, R.A., Krueger, A.M. & Landrum, P.F. (2003). Assessing the potential efficacy of glutaraldehyde for biocide treatment of un-ballasted transoceanic vessels. *Journal of Great Lakes Research*. 29(4). 545-557.
- [44] Bai, X.Y., Zhang, Z.T., Bai, M.D. & Yang, B. (2005). Killing of invasive species of ship's ballast water in 20t/h system using hydroxyl radicals. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 25. 15-22.

EK 1 - Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmes'ni imzalayan ülkeler

	ÜLKE ADI		ÜLKE ADI
1	Almanya	25	Liberya
2	Antigua & Barbuda	26	Maldivler
3	Arnavutluk	27	Malezya
4	Barbados	28	Marshall Adaları
5	Brezilya	29	Meksika
6	Cook Adaları	30	Mısır
7	Danimarka	31	Moğolistan
8	Fransa	32	Nijerya
9	Güney Afrika	33	Niue
10	Gürcistan	34	Norveç
11	Hırvatistan	35	Palau
12	Hollanda	36	Rusya
13	İran	37	Saint Kitts ve Nevis
14	İspanya	38	Sierra Leone
15	İsveç	39	Suriye Arap Cumhuriyeti
16	İsviçre	40	Tonga
17	Japonya	41	Trinidad ve Tobago
18	Kanada	42	Türkiye
19	Karadağ	43	Tuvalu
20	Kenya	44	Ürdün
21	Kiribati	45	Fas (Kasım 2015)
22	Kongo	46	Endonezya (Kasım 2015)
23	Kore Cumhuriyeti	47	Finlandiya*
24	Lübnan		

*Finlandiya henüz sözleşmeyi imzalamamıştır ancak 2015 senesi içerisinde imza atması beklenmektedir.

EK 2 - Firmaların IMO Onaylı Balast Suyu Arıtma Sistemleri

	Üretici	Sistem Adı	Yöntem	Onay Bilgisi		
				Aktif Madde Onayı G9		Tip Onayı G8
				Ön Onay	Son Onay	
1	Alfa Laval	PureBallast	Filtreleme + UV/TiO ₂	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
2	Ocean Saver	BWMT Mark I	Filtreleme + Oksijensizleştirme + Kaviteasyon + Elektrodialitik Dezenfeksiyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
3	Ocean Saver	BWMT Mark II	Filtreleme + Elektrokardialitik Dezenfeksiyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
4	Optimarin	Ballast System	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
5	Mitsui	FineBallast OZ	Kaviteasyon + Ozon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
6	Mitsui	FineBallast MF	Membrane filtre	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
7	Hitachi Plant Technologies	ClearBallast	Filtreleme + Ön Koagülasyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
8	JFE Engineering	JFE BallastAce	Filtreleme + Klor + Kaviteasyon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
9	Techcross	Electro-Cleen	Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
10	RWO	CleanBallast	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
11	NEI Treatment Systems	Mitsubishi VOS System	Oksijensizleştirme + Kaviteasyon	N/A	N/A	Onaylı (Liberya)
12	NK	NK-O3 Blue Ballast	Ozon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
13	Ecochlor	Ecochlor BWT	Filtreleme + ClO ₂	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
14	Resource BWT	Resource BWT	Filtreleme + Kaviteasyon + Ozon + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Güney Afrika)
15	Panasia	GloEn-Patrol	Filtreleme + UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
16	Hamworthy Greenship	Greenship Sedinox BWT	Siklonik + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	-
17	Cosco Shipbuilding	Blue Ocean Shield	UV + Filtreleme	Onaylı	-	Onaylı (Çin)
18	Hyundai	EcoBallast	UV + Filtreleme	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
19	GEA Westfalia	Ballast Master UltraV	UV + Ultrason	Onaylı	N/A	Onaylı (Almanya)
20	Siemens	SiCURE BWMS	Sodyum Hipoklorit + Filtre	Onaylı	Onaylı	-
21	Mahle Industrial	Ocean Protection	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Almanya)
22	Hyde Marine	Hyde GUARDIAN	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
23	SunRui	BalClor BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
24	Desmi Ocean Guard	DESMI Ocean Guard	Filtre + UV + Ozon	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Danimarka)
25	Samkun Century	ARA PLASMA BWTS	Filtre + UV + Plasma	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)

BALAST SUYU ARITIM SİSTEMLERİNDE MEVCUT

26	Hyundai	HiBallast	Filtreleme + Elektroliz/Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
27	Kwang	En-Ballast System	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	-	-
28	Qingdao Headway	OceanGuard BWTS	Filtreleme+ Elektrokataliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
29	Wuxi Brightsky	BSKY BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
30	Severn Trent DeNora	BalPure BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Almanya)
31	Samsung Heavy	Purimar System	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
32	AQUA	AquaStar BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Kore)
33	Kuraray	MICROFADE	Filtre + Kalsiyum Hipoklorit	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
34	JFE Engineering	JFE BallastAce	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
35	Nippon Yuka Kogyo	SKY-SYSTEM	Kimyasal	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Japonya)
36	Erma First	ERMA FIRST BWMS	Filtreleme + Siklonik + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Yunanistan)
37	Envirotech	BlueSeas BWMS	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	-	-
38	Envirotech	BlueWorld BWMS	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	-	-
39	GEA Westfalia	Ballast Master ecoP	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	-	-
40	Samsung	SHI BWMS	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	Onaylı	-
41	Daliam Marine University	DMU OH BWMS	Filtreleme + Sodyum Sülfid	Onaylı	-	-
42	Hanla IMS	EcoGuardian	Filtreleme + Elektroliz	Onaylı	-	-
43	STX Metal	Smart Ballast	Elektroliz	Onaylı	-	-
44	Jiujiang Precision	OceanDoctor	Filtreleme + Fotokataliz	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
45	Hwaseung R&A	HS-BALLAST	Elektroliz	Onaylı	-	-
46	Panasia	GloEn-Saver	Filtreleme + Elektrokikite Klorlama	Onaylı	-	-
47	Korea Top Marine	MARINOMATE	Plankill pipe + Elektroliz	Onaylı	Onaylı	-
48	Wärtsilä Water Systems	AQUARIUS EC BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	-
49	Shanghai Cyeco	Cyeco BWMS	Filtreleme + UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Çin)
50	Knutsen Ballatvann	KBAL BWMS	UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
51	Auramarine	CrystalBallast BWMS	Filtreleme + UV	Onaylı	Onaylı	Onaylı (Norveç)
52	Van Oord	Van Oord BWMS	Klor (Sadece İçme Suyu)	Onaylı	N/A	-
53	Redox	REDOX AS BWMS	Filtreleme + Ozon + UV	Onaylı	-	-
54	Sunbo Industries	Blue Zone BWMS	Ozon	Onaylı	Onaylı	-

55	Wärtsilä Water Systems	AQUARIUS UV BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Hollanda)
56	Bio-Uv Sas	BIO-SEA	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Fransa)
57	MMC Green Technology	MMC BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
58	Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast BWMS	Filtreleme + Mikromembran + Oksijensizleştirme	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
59	Elite Marine	Seascape BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
60	Shanghai Hengyuan	HY-BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
61	Shanghai Jiazhou	BALWAT BWMS	Araştırılıyor	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
62	Azienda Chimica	ECOLCELL BTs BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
63	Panasonic	ATPS-BLUE BWMS	Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
64	Ecomarine	ECOMARINE EC BWTS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
65	Kurita Water Industries	KURITA	Kimyasal	Onaylı	Onaylı	-
66	Evonik	Evonik BWMS	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	Onaylı	-
67	Miura	Miura BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
68	Sumitomo	ECOMARINE UV BWTS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Japonya)
69	Kalf	ElysisGuard	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
70	Trojan Technologies	Trojan Marinex BWT	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Norveç)
71	Cathelco	Cathelco BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Almanya)
72	Bawat	Bawat BWMS	Isı + Oxygen stripping	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)
73	NK	NK-Cl Blue Ballast	Kimyasal	Onaylı	-	-
74	Techcross	ECS-HYCHLOR	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
75	Techcross	ECS-HYCHEM	Filtreleme + Kimyasal	Onaylı	-	-
76	Techcross	ECS-HYBRID	Filtreleme + Kimyasal + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
77	Kadalneer Technologies	VARUNA	Filtreleme + Elektrolitik Klorlama	Onaylı	-	-
78	Yixing PACT	PACT Marine BWMS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Çin)
79	Coldharbour Marine	Coldharbour BWMS	Oksijensizleştirme	N/A	N/A	Onaylı (İngiltere)
80	Desmi Ocean Guard	Ray Clean™ BWTS	Filtreleme + UV	N/A	N/A	Onaylı (Danimarka)