



Yolcu Gemisi Pis Su Arıtım Standartları ve Arıtma Sistemleri

Volkan Şahin¹, Nurten Vardar¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, vsahin@yildiz.edu.tr; vardar@yildiz.edu.tr

Özet

Yolcu gemisi sektörü, dünya turizminde payı en yüksek olan sektörlerden bir tanesidir. Hızla büyüyen bu sektör, yolcu gemilerini yüzer şehirler haline dönüştürmüştür. Dev yolcu gemileri gerek binlerce yolcusunun ürettiği gerekse de operasyonu sırasında oluşturduğu atıklar bakımından denizlerimiz için ciddi bir tehdit haline gelmiştir. 3000 – 4000 yolcu kapasiteli bu yüzer şehirlerin diğer yük gemileriyle karşılaştırıldıklarında önemli miktarda pis su boşaltımı yaptıkları görülmektedir. Oluşan pis suyun arıtım ve boşaltım prosedürleri MARPOL ve EPA gibi önemli kuruluşlar tarafından düzenlenmekte ve denetlenmektedir. Bu çalışmada pis su arıtım sistemlerinin tipleri, çalışma prensipleri, arıtılmış atığın ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen standartlara uygunluğu ve denetim kuruluşlarının boşaltım standartları incelenerek karşılaştırılmıştır. Pis su arıtımında özellikle yolcu gemilerinde kullanılan MSDs (Klasik Arıtma Sistemleri) ve AWTs (Gelişmiş Atık Su Arıtma Sistemleri) sistemlerinin pis su içeriğinde bulunan patojen, nütrient, kimyasal bileşenler ve ağır metal gibi zararlı bileşenleri arıtma yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu sistemlerin verimleri birbirleriyle karşılaştırılarak, uluslararası pis su boşaltım kurallarına uygunluğu incelenmiştir. MSD ve AWT sistemleri, arıtım prosedürleri ve arıttıkları atık suyun konsantrasyonları açısından karşılaştırıldıklarında, AWT sistemlerinin, MSD sistemlerine göre daha yüksek ve kaliteli şekilde arıtım yaptığı görülmüştür. Özellikle Alaska sularına yapılan boşaltımları denetleyen EPA'nın, diğer uluslararası kurallara göre daha sıkı olan standartları, özellikle yolcu gemilerinde MSD sisteminden, AWT sistemine geçişi kaçınılmaz hale getirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yolcu gemisi, pis su arıtım sistemleri, EPA, MSD, AWT

Cruise Ship Sewage Treatment Standards and Systems

Abstract

Cruise shipping sector is one of the most important sectors that has a great share in world tourism. This sector, which is expanding rapidly, transforms cruise ships into floating cities. The great cruise ships became a serious threat for the seas and oceans by producing wastes by either passengers or vessels' own operational phase. It is observed that the passenger ships with 3000-4000 passenger capacity, discharge a considerable amount of sewage compared to other cargo ships. The treatment and discharge procedures of sewage are regulated and inspected by MARPOL and EPA. In this study, the types of sewage treatment systems, working principles, the convenience of treated wastes to national and international standards and the discharge standards of inspection organizations are compared. MSDs

(Marine Sanitation Device System) and AWTs (Advanced Wastewater Treatment System), which are particularly in use on board cruise ships, are explained in terms of treatment systems for pathogen, nutrients, chemicals and heavy metals. The efficiency of these systems are compared and their compliance to international sewage discharge regulations is investigated. When comparing MSD and AWT systems in terms of treatment procedures and the concentrations of treated wastewater, it is clearly seen that AWT systems are more qualified than MSD systems. EPA's standards, which are more strict than other international rules and regulating the discharges to Alaska waters, make the transition from MSD to AWT inevitable.

Key words: Cruise ship, sewage treatment system, EPA, MSD, AWT

1. Giriş

Kruvaziyer olarak adlandırılan yolcu gemileri son yıllarda büyüyen boyutlarıyla beraber çevresel açıdan büyük sorunlar meydana getirmektedir. Yolcu gemilerinin büyümesiyle birlikte yolcu kapasiteleri de büyümüş ve buna bağlı olarak gemi kanalizasyonu olarak bilinen sewage (pis su) atığı miktarı da artmıştır. MARPOL Annex IV, gemilerde tuvaletlerden, revirden ve hayvan barınaklarından gelen pis suyu "sewage" olarak tanımlamaktadır. Bu pis su, içeriğinde deniz canlılarını tehdit eden kimyasallar, ağır metaller, patojenler gibi zararlı bileşikler barındırmaktadır. Pis suyun denizlere boşaltımının, çevreye verdiği zararların zamanla daha açık bir şekilde anlaşılması, pis su boşaltımında ve arıtımında belirli kriterlere uyulmasını zorunlu hale getirmiştir. Giderek artan bu kirliliği kontrol altına alabilmek için MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships-Gemi Kaynaklı Kirliliği Önleme Uluslararası Konvansiyonu) ve EPA (United States Environmental Protection Agency-Amerika Çevre Koruma Ajansı) gibi uluslararası kuruluşlar, pis suyun denize basılmasıyla ilgili olayları, pis su boşaltımını kontrol eden sistem ve ekipmanları, limanlarda ve tesislerde pis su arıtım tesisleri için gerekli koşulları ve sertifikasyon için gereklilikleri düzenleyerek pis suyun denizlere boşaltımına sınır koşullar getirmiştir. Bu sınır koşulları; boşaltım yapılacak yerin karadan olan minimum uzaklığı, boşaltım sırasındaki minimum seyir hızı, pis su tank kapasiteleri gibi önemli konuları da kapsar.

Özellikle EPA, çalışmalarında, Amerika Birleşik Devletleri sularında seyreden yolcu gemileri için iki tip pis su arıtma sistemini incelemiş ve bu sistemlerin arıttığı pis su içindeki kimyasal maddeler, ağır metal ve patojen gibi genel analitlerin konsantrasyonları hakkında önemli verilere ulaşmıştır.

Arıtım sistemlerinde kullanılan yöntemlerin şekli ve işleyişi, atık suyun uluslararası atık su kalite standartlarını yakalamasında önemlidir.

Gelişen kruvaziyer turizmine paralel olarak, su kalite standartlarına ulaşabilmek için arıtma sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada su kalite standartları ile bu standartlara uygun arıtma sistemleri detaylı olarak incelenmiştir.

2. Su Kalite Standartları

Sewage boşaltımı için esas uluslararası sözleşme MARPOL 73/78 Annex IV'tür. Annex IV, MARPOL'e üye olan ülkelere ve bayrakları altında çalışan gemilere uygulanmaktadır. MARPOL Annex IV, pis suyun denize basılmasıyla ilgili olayları, pis su boşaltımını kontrol eden sistem ve ekipmanları, limanlarda ve tesislerde pis su arıtım tesisleri için gerekli koşulları, sertifikasyon ve araştırma için gereklilikleri düzenler. Bu boşaltımlar revirden, dispanserden lavabo yoluyla olan atıklar, çamaşırhaneden ve tuvaletlerden gelen boşaltımlar, canlı hayvan bölmelerinden gelen atıklar veya boşaltımla karışan diğer atık suları kapsamaktadır. MARPOL Annex IV gereksinimlerini sağlayan gemilere Uluslararası Pis Su Kirliliğini

Önleme Sertifikası (International Sewage Pollution Prevention Certificate-ISPPC) verilmektedir. Bu gereksinimlerin önemli olanlarından bazıları şöyledir;

- MARPOL Annex IV, gemiler için pis su arıtma sistemi ve dezenfeksiyon sistemi veya pis su depolama tankı gerektirmektedir. Bu sistemlere sahip gemiler karadan 3 mil açıkta, bu sistemlere sahip olmayanlar ise 12 mil açıkta boşaltım yapmalıdırlar [1].

- Alaska sularına pis su boşaltan ve seyir hızları 6 knot'tan az olan gemiler, dışkı (fecal coliform) standartlarını (30 gün boyunca alınarak numunelerin geometrik ortası 20/100 ml'yi ve numunelerin %10'unun 40/100 ml'yi geçmeyecek şekilde) ve klor standartlarını (toplam klor atığı 10 µg/l'yi geçmeyecek) karşılamak zorundadırlar [2].

- Karadan 1 mil ötede ve en az 6 knot'ta seyir eden gemilerin arıtılmış pis su boşaltımları, EPA'nın CWA (Clean Water Act/Section 312) standartlarını karşılamalıdır. Buna göre atık su, 100 ml suda 200 fecal coliform bakteri oranını aşmamalıdır ve toplam askıdaki katı madde, (total suspended solids) 1 litre suda 150 mg'den fazla olmamalıdır (100 ml suda 200 fecal coliform, su içindeki bakteri oranını belirtmektedir) [2].

- Gemilerde Sahil Güvenlik kuruluşları tarafından kontrol edilen ve belgelendirilen, pis su gibi atıkları işlemek, arıtmak, depolamak, muhafaza etmek için gemide kullanılan sistemler ile birlikte çalıştırılabilen tuvalet ekipmanları kullanılmalıdır [2].

3. Sewage Arıtma Sistemleri

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

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

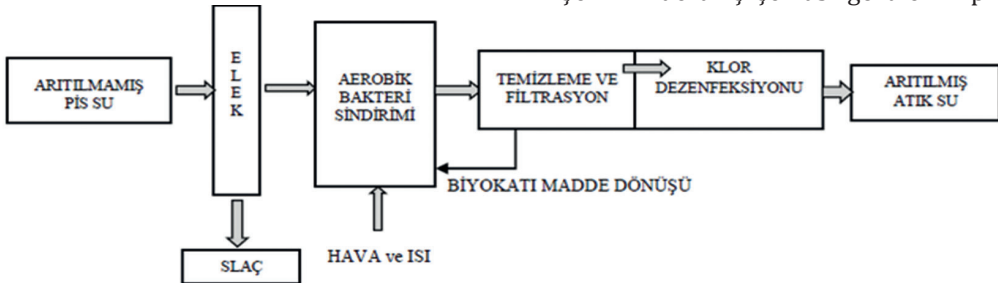
Tip II MSD sistemleri de sürekli akış (devir daim) yöntemiyle çalışır ve biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon yapmaktadır. Sistem, gemi karadan 3 mil açıkta pis su boşaltana kadar ya da boşaltacağı tesise ulaşınca kadar pis suyu depolayan toplama tanklarıyla donatılabilmektedir.

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

65 metreden uzun gemilerin ya Tip II MSD ya da Tip III MSD (depolama tankı) kullanmaları gerekmektedir. Gittikçe artan bir oranla, yolcu gemilerinde AWTs (Advanced Wastewater Treatment System) olarak adlandırılan ve pis su arıtımı için daha etkili ve pahalı olan gelişmiş atık su arıtma sistemleri kullanılmaktadır. Şekil 1'de Tip II MSD sisteminin akış şeması verilmiştir.

3.1. Tip II MSD Sistemleri

Şekil 1' de akış şeması görülen Tip II

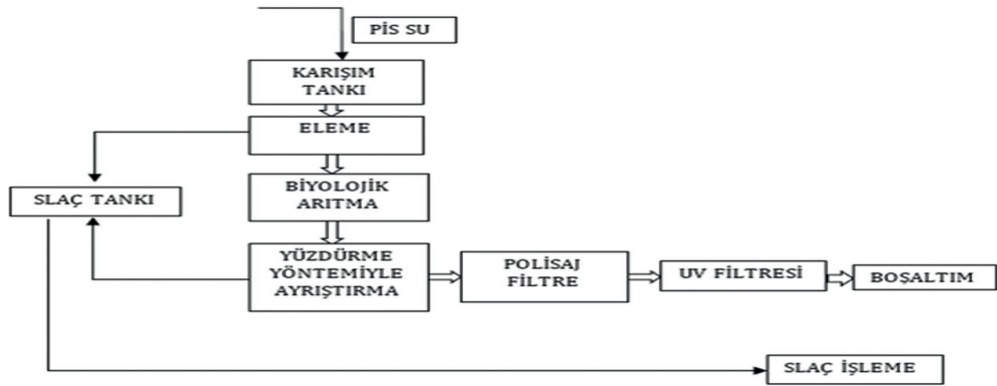


Şekil 1. Tip II MSD Sistemi akış şeması [2][3]

MSD sistemine sahip çoğu yolcu gemisinde, pis su, biyolojik arıtma ve klorlamayla arıtılmaktadır. Bazı yolcu gemileri pis sularını biyolojik arıtmak yerine maserasyon ve klorlama yöntemini kullanmaktadırlar. Biyolojik klorlama sistemi, kara tesislerinde kullanılan atık su arıtma sistemlerindeki biyolojik arıtmaya benzer. Arıtma sistemi, biyokimyasal oksijen ihtiyacını ve bazı nütrientleri (gıda maddelerini) bertaraf etmek için aerobik biyolojik arıtma, temizleme, katı atık bertarafı için filtreleme ve final olarak patojenleri yok etmek için klor dezenfeksiyonu yöntemi içermektedir [3][4].

3.2. Gelişmiş Atık Su Arıtma Sistemleri (AWTs)

İlk pis su arıtma prosesi, esas olarak katı bertaraf eden fiziksel proseden oluşmaktadır. İkinci pis su arıtım prosesinde



organik maddeleri çürütmek için bakteriler kullanılmakta ve son olarak atık suyu dezenfekte etmek için ultraviyole ışınları kullanılmaktadır. İkinci arıtım prosesinde sonra kalan potansiyel kirleticiler, ağır metaller, nütrientler ve biyolojik olarak parçalanmayan organik kimyasallardır. 'Gelişmiş Pis Su arıtımı' terimi bu maddeleri bertaraf etmek için dizayn edilmiş sistemleri tanımlamaktadır. Çeşitli gelişmiş atık su arıtma sistemleri bulunmaktadır. Bazıları diğerlerine göre daha koruyucu

Şekil 2. Gelişmiş Arıtma Sistemi İşlem Şeması [3]

ve bazıları yapısına ve ebatlarına bağlı olarak daha pahalı ve kapsamlıdır. Özellikle Alaska bölgesinde seyahat eden yolcu gemilerinin çoğunda pis suyu arıtmak için AWT sistemleri kullanılmaktadır. Tip II MSD sistemleriyle karşılaştırıldığında AWT sistemlerinde (Şekil 2) gelişmiş eleme, biyolojik arıtma, filtreleme ve ultraviyole dezenfeksiyon yöntemleri kullanılmaktadır [2][4].

Şekil 2'deki akış şemasından görüleceği üzere gelişmiş arıtma sistemleri yüzdürme ve UV dezenfeksiyonu yöntemlerinin yanı sıra aerobik biyolojik oksidasyon yöntemi kullanılmaktadır. Gemideki çeşitli kaynaklardan gelen pis su, toplama tankında karışmaktadır. Atık su öncelikle filtreye pompalanmakta ve sonrasında bioreaktöre gönderilmektedir. Havalandırmadan sonra, katı atıkları ayrıştırmak için, atık su iki çözülmüş hava akışı ünitesine (dissolved

air flotation (DAF)) pompalanmaktadır. Son arıtma aşamasında, atık su patojenlerinden arındırılmak için UV dezenfeksiyonuna girmektedir.

4. Standart Değerlere Göre Sistemlerin Karşılaştırılması

Tip II MSD ve AWT sistemlerinden çıkan atık sudan alınan analitlerin konsantrasyonları karşılaştırılmaktadır. Bu tabloda Tip II MSD sistemlerinin EPA standartları, kara bazlı pis su arıtım tesislerinde pis suyun ikincil arıtımı için EPA standartları ve Alaska yolcu gemilerinin

boşaltım standartları karşılaştırılmıştır.

Tip II MSD sistemlerinin atık su konsantrasyonları EPA'nın boşaltım standartlarını aşmıştır. Ek olarak, Tip II MSD sistemi atık su konsantrasyonları, sürekli boşaltım ve kara kaynaklı pis su arıtım tesislerinde ikincil arıtım için standartları da aşmıştır. Tip II MSD sistemi atık sularının aksine, AWT sistemlerinden boşaltılan atık su konsantrasyonları, toplam atık klor (total residual chlorine) dışında, Tablo 1'de sunulduğu gibi, bütün boşaltım standartlarından daha düşük değerlerde (daha iyi) olduğu görülmektedir. Klorlama yöntemi, gemi seyir halinde ya da limandayken içme suyunu dezenfekte etmek için kullanılmaktadır. 2003-2005 yılları arasında Alaska bölgesindeki yolcu gemilerinin çoğunda arıtılmış pis suyunun dezenfeksiyonunda, Tip II MSD sistemi AWT sistemine yükseltilirken, klor dezenfeksiyon yöntemi de UV dezenfeksiyonu yöntemine çevrilmiştir. UV dezenfeksiyonu yöntemine geçmek, AWT sisteminden çıkan atık sudaki toplam kalıntı klor miktarında azalmaya sebep olmuştur [3][4].

Tablo 1. Atık Su Arıtma Sistemleri ve Arıtma Standartları [2]

Analit	AWT	Tip II MSD	Tip II MSD Standartları	Kara Bazlı Pis Su Arıtma Tesislerinde	Alaska Sularına Yapılan Boşaltımlar İçin Standartları
Dışkı (fecal coliform/100ml)	14,5	2.040.000 MPN/100ml	<200		<20
Toplam Atık Klor($\mu\text{g/l}$)	338	1070			<10
Biyokimyasal Oksijen (mg/l)	7,99	133		<45 <30	<45 <30
Toplam Askıdaki Katı Madde (mg/l)	4,49	627	<150	<45 <30	<45 <30
pH	6 - 9	6 - 9		6 - 9	6 - 9

5. Değerlendirme

Büyüyen kruvaziyer turizmiyle beraber çevre kirliliği de gün geçtikçe artmaktadır. Oluşan çevre kirliliğini azaltmak ve

denizlerimizi daha temiz tutabilmek için uluslararası anlamda ciddi adımlar atılmıştır. Bunların başında gelen MARPOL ve EPA standartları, deniz kirliliğinin önlenmesi açısından önemli kararlar almış ve uygulamaya sokmuştur. Bu kararların ciddi denetimler ve cezalarla desteklenmesi, su arıtma sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir yere sahiptir.

MARPOL'e kıyasla daha sıkı standartlara ve yaptırımlara sahip olan EPA'nın özellikle Alaska sularına boşaltımı yapılan pis suyun, atık su kalite standartlarını patojen ve kimyasal bileşenler yönünden daha sıkı standartlara tabi tutması, MSD sistemlerinin yerine AWT sistemlerinin kullanılmasını kaçınılmaz hale gelmiştir. MSD ve AWT sistemlerinin kendi aralarında ve belirlenen su kalite standartlarına göre karşılaştırılması yapıldığında, AWT sistemlerinin gelişmişliği açıkça görülmektedir. Ayrıca, AWT sistemleri, dezenfeksiyon işleminde MSD sistemlerinde kullanılan klorlama yöntemi yerine UV dezenfeksiyonunu kullanmaktadır. Ekosistemde deniz canlıları için zararı olan klorlamanın kullanılmaması, bu sistemlerin MSD sistemlerine göre bir diğer artısıdır. Son yıllarda özellikle Ege Denizi ve Akdeniz'de hızla gelişen Kruvaziyer turizmi nedeniyle

bu gün için önem arz etmeyen ancak yakın gelecekte etkisi hissedilmeye başlanacak olan deniz kirliliği ile bu günden mücadeleye

başlamak için sadece Alaska sularında seyir eden gemilerin değil diğer bütün gemilerin, AWT sistemlerine geçişi denizlerimizin temizliği ve geleceği açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- [1] MARPOL, Annex IV of MARPOL 73/78, Regulations for the Prevention of Pollution by Sewage from Ships
http://www.mpa.gov.sg/sites/circulars_and_notices/pdfs/shipping_circulars/mc03-18a.pdf
- [2] EPA, United States Environmental Protection Agency, Cruise Ship Discharge Assessment Report, December 29, 2008.
- [3] Koboević, Ž., Kurtela, Ž., Comparison of marine sewage treatment systems, University of Dubrovnik Maritime Department, Dubrovnik, Croatia.
https://bib.irb.hr/datoteka/570916.COMPARISON_OF_MARINE_SEWAGE_TREATMENT_SYSTEMS.pdf
- [4] EPA, United States Environmental Protection Agency, Generic Sampling and Analysis Plan for Large Cruise Ships in Alaskan Waters, June 2, 2004.