T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZYOLU TAŞIMACILIĞININ ÇEVRESEL AÇIDAN İNCELENMESİ: SAMSUN LİMANI İÇİN VAKA ÇALIŞMASI

Oğuz ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnşaatı Ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı Ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı

Danışman

Dr. Ögr. Üyesi Eda TURAN

Aralık, 2020

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZYOLU TAŞIMACILIĞININ ÇEVRESEL AÇIDAN İNCELENMESİ: SAMSUN LİMANI İÇİN VAKA ÇALIŞMASI

Oğuz ÖZTÜRK tarafından hazırlanan tez çalışması 07.12.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Anabilim Dalı, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Ögr. Üyesi Eda TURAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Ögr. Üyesi Eda TURAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç.Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof.Dr. Barış BARLAS, Üye
İstanbul Teknik Universitesi _____

Danışmanım Dr. Ögr. Üyesi Eda TURAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Denizyolu Taşımacılığının Çevresel Açıdan İncelenmesi: Samsun Limanı İçin Vaka Çalışması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Oğuz ÖZTÜRK

İmza

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında beni yönlendiren ve hep yanımda olan danışman hocam Sayın Dr. Ögr. Üyesi Eda TURAN'a ve hayatımın her aşamasında desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Oğuz ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ **vii**

KISALTMA LİSTESİ **viii**

ŞEKİL LİSTESİ **x**

TABLO LİSTESİ **xi**

ÖZET **xii**

ABSTRACT **xiv**

1 GİRİŞ **1**

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 3

1.3 Hipotez 4

2 DENİZ TAŞIMACILIĞIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ **5**

2.1 Denizyolunda Çevresel Etki Aşamalarının İrdelenmesi 6

2.1.1 Denizcilik Yapılarının İnşası ve Onarımı 7

2.1.2 Deniz Araçları ve Parçalarının Üretimi 8

2.1.3 Deniz Araçları ile Ulaşım Safhasındaki Olumsuz Etkiler 8

2.1.4 Deniz Araçlarının Bakım ve Onarımı 12

2.1.5 Eskimiş Deniz Araç ve Parçalarının İmhası 13

3 İKLİM DEĞİŞİMİ, HAVA KİRLİLİĞİ VE GEMİLERİN ETKİSİ **15**

3.1 İklim Değişimi ve Hava Kirliliği 15

3.1.1 Sera Gazlarının Çeşitleri ve Özellikleri 17

3.2 Gemi Kaynaklı Hava Kirletici Emisyonlar 21

4 GEMİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNİ VE CO_2 EMİSYONLARINI AZALTMA ÇALIŞMALARI **26**

4.1 Sülfür Azaltma Çalışmaları 28
4.2 Gemilerde Scrubber Kullanarak Sülfürü Azaltma 30
4.3 Temiz Yakıt Kullanımı 31
4.3.1 LNG (Liquified Natural Gas) Sıvılaştırılmış Doğal Gaz 31
4.3.2 Güneş Panelleri ve Rüzgar Enerjisi 32
4.3.3 Biofuel 33
4.4 Deniz Kirliliğinin Önlenmesi İçin Önemli Yasal Düzenlemeler ve Sözleşmeler 33
4.4.1 Kyoto Protokolü 33
4.4.2 Paris Anlaşması 35
4.4.3 Gemilerin Neden Olduğu Kirlenmenin Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme-MARPOL 36
4.4.4 Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliğine Dair Uluslarası Sözleşme-ORPC 36
4.4.5 Petrol Kirliliği Zararlarından Doğan Sivil Sorumluluklar Hakkında Uluslararası Sözleşme-CLC 1969 37
4.4.6 Karadenizin'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi 37
4.4.7 Ulusal Mevzuat 37
4.4.8 Çevre Kanunu 37
4.4.9 Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun 37
4.4.10 Limanlar Kanunu 38
4.4.11 Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu 38
4.4.12 Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirliliği İçin IMO'nun Güncel Kararları 38
4.4.13 Gemi Kaynaklı Hava Kirliliği Azaltmak İçin Stratejiler 40
5 EKOLOJİK GEMILER HAKKINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR 41

5.1 Akademik Bazlı Çalışmalar 41
5.2 Gemilerde Enerji Verimliliğini Artırmak ve Hava Kirliliğini Azaltmak İçin Uygulanabilir Yöntemler 46
5.2.1 Gemi Tasarımı Uygulamaları 46
5.3 Yapılan Çalışmalara/ Uygulamalara İlişkin Görüşler ve Bazı Önemli Hususlar 55
6 EMİSYON MİKTARLARININ VE AZALTMA OLANAKLARININ SAMSUN LİMANLARI İÇİN İNCELENMESİ 59
6.1 İncelenen Samsun Limanı'nın Genel Özellikleri 59
6.2 Samsun Limanı'nın Denizyolu Yük Taşımacılığındaki Önemi 60
6.3 Yük Gemilerinde Emisyon Belirleme Yöntemleri ve Uygulanması 66
6.3.1 Tier 3 Ship Movement Methodology 68
6.3.2 Gemi Aktivitesi Yöntemine Göre İnceleme 74
6.3.3 İki Yönteme Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması 76
6.3.4 Emisyon Azaltmak İçin Öneriler ve Azaltmaya Katkıları 78
6.3.5 Pandeminin Etkileri 84
7 SONUÇ VE ÖNERILER 86
KAYNAKÇA 89
TEZDEN ÜRETİLMIŞ YAYINLAR 97

SİMGE LİSTESİ

AC	Alternative Current-Alternatif Akım
ME	Ana makine gücü (kw)
N_2O	Azot Protoksit
DC	Direct Current-Dog˘ru Akım
N_2O	Diazot monoksit
HCFC	Hidroflorokarbon
CFC	Kloroflorokarbon
SF_6	Kükürt Heksaflorid
SO_2	Kükürt Dioksit
CH_4	Metan
NO_X	Nitrit Oksit
O_2	Oksijen
O_3	Ozon
PFC	Perflorokarbonlar
D	Seyir mesafesi (km)
AE	Yardımcı makine gücü (kw)
T	Zaman (saat)

KISALTMA LİSTESİ

AKM	Askıda Katı Madde
BC	Black Carbon-Siyah Karbon
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CLC	International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage
DO	Diesel Oil
ECA	Emission Control Areas
EDS	Enerji Depolama Sistemleri
EEA	European Economic Area-Avrupa Ekonomik Alanı
EEOI	Energy Efficient
EMEP	European Environment Agency-Avrupa Çevre Ajansı
EMG	Enerjik Makroskopik Gösterim
ENTEC	Euro NATO Training Centre-Euro NATO Eğitim Merkezi
ESPO	European Sea Ports Organization-Avrupa Limanlar Organizasyonu
GHG	Greenhouse Gases-Sera Gazları
HFO	Heavy Fuel Oil-Ağır yakıt
HYES	Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri
ICS	Industrial Control Systems – Endüstriyel Kontrol Sistemleri
IMO	International Maritime Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change- Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
ISO	International Organization for Standardization- Uluslararası Standartlar Örgütü
LNG	Liquefied Natural Gas – Sıvılaştırılmıl Doğal Gaz
MARPOL	The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships - Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi
MEPC	Marine Environment Protection Committee-Deniz Çevresini Koruma Komitesi
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEPA	National Environmental Policy Act-Ulusal Çevre Politikası Yasası
NG	Doğal Gaz
NMVOC	Metan Dışındaki Uçucu Organik Bileşikler
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OECD	Organization for Economic Co-Operation and Development Ekonomik İşbirliği ve Geliştirme Teşkilatı
OPRC	International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation- Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliğine Dair Uluslararası Sözleşme
OSHA	Occupational Safety and Health Administration – İşçi Sağlığı ve Güvenliği İdaresi
PCB	Polikarbon bileşikleri
PM	Partikül Madde
Ro-Ro	Roll on-Roll of

SCR	Seçici Katalitik Redüksiyon
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell-Sıvılaştırılmış Hidrojen Yakıtı
SWS	Denizsuyu Scrubber
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development-Birleşmiş Milletler Ticaret ve Geliştirme Konferansı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
USD	United States Dollar
WWF	World Wildlife Fund

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Denizyolunda taşıma rotaları 5
Şekil 2.2 Denizcilik yapılarının inşası sırasındaki etkiler 7
Şekil 2.3 Dipten sediment alınması 7
Şekil 2.4 Araç üretiminde oluşan etkiler 8
Şekil 2.5 Ulaşım sırasında olabilecek çevresel etkiler 9
Şekil 2.6 Kaza sonucu canlılara etkiler 10
Şekil 2.7 Tersanelerdeki faaliyetlerin etkileri 12
Şekil 3.1 Nasa'nın yayınlandığı fotoğraf 15
Şekil 3.2 Deniz Ulaştırması kaynaklı başlıca kirleticiler 21
Şekil 3.3 Deniz ulaştırması kapsamındaki aktiviteler ve etkileri 22
Şekil 3.4 2007-2012 yılları arası deniz ulaşımı-SOx emisyonları (IMO 2015) 23
Şekil 3.5 ECA tarafından belirlenen hedefler 24
Şekil 3.6 2007-2012 yılları arası deniz ula¸sımı-NOx emisyonları (IMO 2015) 24
Şekil 3.7 IMO tarafından belirlenen NOx emisyonu kısıtlamaları 25
Şekil 3.8 Gemi makine türlerine göre NOx limitleri 25
Şekil 4.1 Fuel oil tüketimi–motor gücü 27
Şekil 4.2 Küresel sülfür emisyonu 29
Şekil 4.3 Emisyon kontrol alanları (ECA) 30
Şekil 4.4 Küresel sülfür üst sınırı 30
Şekil 4.5 Müsaade edilen sülfür miktarı 30
Şekil 4.6 LNG altyapısı ve aktarımı 31
Şekil 4.7 Aquarius MRE sistemi 32
Şekil 6.1 Akış şeması, EF:emisyon faktörü (kg/kw) 68
Şekil 6.2 a, b, c, d, e Yük gemisi türüne göre emisyon yüzdeleri 73
Şekil 6.3 a, b, c, d, e Yük gemisi türüne göre emisyon yüzdeleri 76
Şekil 6.4 Gemi egzoz emisyonlarını azaltmak için kullanılan kombine önlemlerin emsiyon azaltma yüzdeleri 82

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Bakım-onarımda oluşan kirleticiler ve atıklar 13
Tablo 4.1 CO_2'i azaltmak için önlemler 26
Tablo 5.1 Emisyon ve yakıt azaltma yöntemleri ve etkileri 52
Tablo 6.1 Türk Limanlarında işlem Gören Gemi Sayısı 62
Tablo 6.2 Samsun Limanı Yıllara Göre İhracat-İthalat Değerleri 65
Tablo 6.3 İşletim fazı ve yük faktörleri 69
Tablo 6.4 Gemi tipi ve modlar için hız ve süreler 70
Tablo 6.5 Yük gemilerine ait güç değerleri 70
Tablo 6.6 Seyir modu için emisyon faktörleri 71
Tablo 6.7 Manevra modu için emisyon faktörleri 71
Tablo 6.8 Liman modu için emisyon faktörleri 72
Tablo 6.9 Limana gelen ve giden yük gemilerinin yıllık emisyon değerleri(1) 72
Tablo 6.10 Yükleme faktörleri 75
Tablo 6.11 Limana gelen ve giden yük gemilerinin yıllık emisyon değerleri(2) 75
Tablo 6.12 İki yönteme göre bulunan yıllık emisyonların (%) cinsinden farkı 77
Tablo 6.13 Yıllık salınan CO_2 (ton) miktarları ve uygulanabilecek azaltma yöntemleri ile elde edilen CO_2 miktarları 79
Tablo 6.14 Samsun limanlarına gelen gemilerin emisyonları "Seçici katalitik redüksiyon (15 yıl) + Marine Gas Oil kullanımı'' ile elde edilebilecek emisyon miktarları 82
Tablo 6.15 Samsun limanlarına gelen gemilerin emisyonları "Seçici katalitik redüksiyon'' (5 yıl) + ''Denizsuyu scrubber'' kullanımı ile elde edilebilecek emisyon miktarları 83
Tablo 6.16 Samsun Limanlarına gelen gemilerin emisyonları çift yakıt (%95doğal gaz ve %5 diesel oil) kullanımı ile elde edilebilecek emisyon miktarları 83

ÖZET

Denizyolu Taşımacılığının Çevresel Açıdan İncelenmesi: Samsun Limanı İçin Vaka Çalışması

Oğuz ÖZTÜRK

Gemi İnşaat ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN

Tezde örnek olarak Samsun limanları (Samsunport, Yeşilyurt, Toros) için inceleme yapılarak, yük gemilerinin oluşturduğu hava kirliliği araştırılmıştır.

Bu limanlarda iki farklı yönteme göre yük gemilerinin oluşturduğu hava kirliliğine neden olan emisyonlar ve bulunan değerlerin birbirine göre farkı incelenmektedir. Bunu takiben gemilerin oluşturduğu emisyonların azaltılması için uygun önlemler ve sağlanabilecek azaltmalar tahmini olarak belirlenmektedir.

Çevreyi daha az kirleten gemi türlerine önem verilerek, yakıt teknolojisinde iyileştirmeler yapılarak ve temiz yakıtlar yaygınlaştırılarak, gemi bakım ve işletimi optimize edilerek önemli azaltmalar sağlanabilmektedir.

Yük taşımacılığı açısından Türkiye'de denizyollarından faydalanma oranı oldukça düşüktür. Samsun şehri denizyolu taşımacılığı için stratejik öneme ve büyük potansiyele sahiptir. Tezde önce Samsun limanı'nın Ülkemizde ve Karadeniz Bölgesi'nde denziyolu yük taşımacılığı açısından sıralamadaki yeri araştırılmıştır.

Bu liman İthalat ve ihracat miktarları ve Türk limanlarına gelen gemi sayısı bakımından Karadeniz Bölgesinde 1. sırada ülkemizdeki limanlarda ise, 9. sırada yer almaktadır. Bu limanın Türk limanları arasında %4 ithalat ve %1.5 ihracat hacmi payı bulunmaktadır.

Karadeniz bölgesi içinde en önemli fakat fazla hava kirliliği oluşturan bir limandır ve yük gemilerinin oranı yüksektir. Bu nedenle çalışmanın devamında yük gemilerinin oluşturduğu emisyonların yıllık miktarı iki farklı yaklaşımla incelenerek, bu yöntemlere göre belirlenen yıllık emisyon değerleri incelenmiştir. Önce Trozzi-Vaccaro Yönteminden hareketle, Carlo Trozzi, Riccardo De Lauretis tarafından geliştirilen 'Tier 3 Ship movement methodology' yöntemi uygulanmaktadır. Daha sonra 'Gemi Aktivasyon Yöntemi' uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Devamında enerji tüketimini ve emisyonları azaltan uygulamaların oluşturacağı azaltmalar ve aralarındaki fark irdelenmektedir.

Samsun limanlarına gelen gemilerden oluşan emisyonların azaltılması için uygulanabilecek yöntemlerin başında daha kaliteli yakıtların tercih edilmesi ve limanda geçirilen sürelerin azaltması yeralmaktadır. Limanda jeneratörlerin oluşturacağı emisyonların ve de seyirde egzoz emisyonlarının azaltması gerekir. Uluslararası mevzuatlara ve gelişmelere uygun olarak hava kirliliğini en aza indirmek için bizim gemi ve limanlarımızda da iyileştirmeler yapmamız kaçınılmazdır. Yapılan sayısal incelemede bu tür önlemlerin alınması ile gemi kaynaklı hava kirliliğinin son derece azalabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yük taşımacılığı, hava kirliliği, iklim değişimi, tahmin yöntemleri, azaltma yöntemleri

ABSTRACT

Environmental Analysis of Maritime Transport: Case Study for Samsun Port

Oğuz ÖZTÜRK

Department of Computer Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Asst. Prof. Eda TURAN

In this study, as an example, air pollution caused by cargo ships was investigated by examining Samsun ports (Samsunport, Yeşilyurt, Toros).

In these ports, the emissions that cause air pollution caused by cargo ships according to two different methods and the difference between the values found are examined. Following this, appropriate measures and possible reductions to reduce emissions from ships are determined. Significant reductions can be achieved by emphasizing ship types that pollute the environment less, by improving fuel technology, and by expanding clean fuels, optimizing ship maintenance and operation.

It is the most important but polluting port in the Black Sea region and the rate of cargo ships is high. Therefore, in the continuation of the study, the annual amount of emissions generated by cargo ships is examined with two different approaches and the annual emission values determined according to these methods are examined. Based on the Trozzi-Vaccaro Method first, the 'Tier 3 Ship movement

methodology' method developed by Carlo Trozzi, Riccardo De Lauretis is applied. Then, the results obtained are compared by applying the "Ship Activation Method". Then, the reductions and differences between applications that reduce energy consumption and emissions are discussed.

Preferring higher quality fuels and reducing the time spent at the port are among the methods that can be applied to reduce emissions from ships coming to Samsun ports. The emissions generated by the generators at the port and the exhaust emissions during the cruise should be reduced. It is inevitable for us to make improvements in our ships and ports to minimize air pollution by international regulations and developments. In the numerical examination, it was observed that air pollution caused by the ship could be reduced by taking such measures.

Keywords: Freight transportation, air pollution, climate change, estimation methods, mitigation methods

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Dünyada yük taşımacılığında denizyollarının payı giderek artmaktadır, bu pay 2008'de %79 iken, 2017'de %84'e ulaşmıştır. Türkiye, Avrupa ve dünyada uluslararası yük taşımacılığı ağırlığının, denizyolu taşımacılığında olduğu söylenebilir. Türkiye'de de uluslararası ticaretin çok büyük bir bölümü denizyolu ile gerçekleşmektedir. Dış ticaret taşımalarımızın son on yıldaki ortalaması %88,1 oranında denizyolu ile yapılmıştır [1-3]. Ülke içinde deniz/suyolunun payının, ülkemizin konumu ve etrafının denizlerle çevrili olması nedeniyle artması, ülkemizdeki trafik problemini çözmede etkili olacaktır. Ülkemizin üç tarafının denizler ile çevrilmiş olması ve Marmara Denizi gibi kapalı bir denizi olması, deniz taşımacılığı açısından önemli bir avantajdır. Ayrıca ülkemizin Asya-Avrupa arasında geçiş konumunda bir ülke olması, transit taşımacılığın deniz yolu ile yapılmasını olanaklı hale getirmektedir. Çünkü büyük oranda karayolu üzerinden yapılan yük taşımacılığı birçok olumsuz sonucun doğmasına neden olmaktadır.

Ülkemiz, Orta Asya, Avrupa ve Ortadoğu arasında yeralması nedeniyle jeopolitik konumu önemlidir. Bu konumdan dolayı taşımacılık yönünden büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye üç kıtanın geçiş yollarında bulunmaktadır. Cebelitarık Boğazı ile Atlas Okyanusu'na, Süveyş Kanalı ile Arap Yarımadası ve Hint Okyanusuna, Türk Boğazlarının Karadeniz-Akdeniz bağlantılarıyla Avrasya ve Uzakdoğu'ya uzanan bir ulaşım ağına sahiptir. Bu durum uluslararası ve transit taşımacılık açısından ülkemizin önemini sergilemektedir.

Gelişmekte olan bir ülke olarak taşınan yüklerin miktarı ve gemi kilometreleri küçük sapmalar olmakla birlikte giderek artmaktadır. Taşımacılıktaki ve hareketlilikteki artış gemiler ile taşınan yüklerin de artışına neden olmaktadır. Ancak dünyadaki bazı gelişmelere ayak uyduramamız ve çevre dostu gemiler ve bunların işletimi konusunda eksiklerimizin olması önemli bir dezavantajdır. Ayrıca gerek yolcu

gerekse yük taşımacılığında henüz istenilen seviyeye gelinememiştir. Gerek gemi sayılarının yetersizliği gerekse limanlardaki verilen hizmetlerin eksikliği bu durumda etkili olmuştur. Bütün bu nedenlere bağlı olarak ülkemizde karayolu taşımacılığı önemli bir oran dahilinde ana tür olmuştur. Ancak son yıllarda ülkeler arası taşınılan yük miktarlarında artışa paralel olarak ülkemizde de kısmen taşınan miktarlar artmaktadır.

Denizyolu taşımacılığı şehiriçi, şehirlerarası ve uluslararası yolcu ve yük taşımacılığı alanlarında öne çıkabilmektedir. 8333 km kıyı şeridine sahip ülkemizde 174 adet liman ve iskele bulunmaktadır. Bunlardan 6 tanesi 'Türkiye Denizcilik İşletmeleri' tarafından, 4'ü de 'Türkiye Devlet Demir Yolları' tarafından işletilmektedir [4]. Deniz yolu taşımacılığı kendi içerisinde; Kabotaj taşımacılığı, ithal ve ihraç yük taşımacılığı, transit yük taşımacılığı, yabancı limanlar arası yük taşımacılığı, iç su taşımacılığı (göller ve nehirlerdeki yük taşımacılığı) olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır.

Taşınan yükün türüne göre ise, kuru yük ve sıvı yük olarak ayrılır. Denizyolu araçları olan gemiler yük, yolcu ve yük-yolcu karma gemiler olarak üçe ayrılır. Yük gemileri kuru yük, sıvı yük, çok amaçlı; yolcu gemileri kısa sefer yapan ve denizaşırı yolcu gemileri; yük-yolcu karma gemiler ise feribot ve Ro-Ro olarak ayrılır.

Hızın önemli olmadığı durumlarda büyük miktarlarda, çok büyük hacimli ürünlerin uzun mesafelerde taşınmasına imkân vermesi, yavaş olmasına rağmen güvenilirliğinin yüksek olması, değişken maliyetlerin ucuz olması denizyolu ulaşımının avantajlarını teşkil etmektedir.

Bunun yanında denizyolu ulaşımında hızın düşük olması, ulaşım ağı kurmanın doğal koşullara bağlı olması nedeniyle çok kısıtlı olması, terminallerin-su yollarının-tesis ve kanalların yeterlilik durumlarının ulaşımın esnekliğini sınırlandırması ile terminallerdeki muhtemel trafik sıkışıklıkları ise, dezavantajları olarak sıralanabilir.

2017 yılı itibariyle, dünyada tonaj bazında yük taşımacılığında denizciliğin payı % 84'tür, Ülkemizde ise dış ticaret ürünlerinin bedel olarak % 58'si denizyolu ile taşınmaktadır. Ülke içi yük taşımacılığının ise, sadece %5.4'ü denizyolu ile taşınmakta, %89.5'u ise karayolu ile taşınmaktadır. Bu oran Avrupa Birliği'nde %

6.2 dir [5-7]. Türkiye, Avrupa ve dünyada uluslararası yük taşımacılığında ağırlığın, denizyolu taşımacılığında olduğu söylenebilir. Ülke içinde deniz/su yolunun payının, ülkemizin konumu ve etrafının denizlerle çevrili olması nedeniyle artması, ülkemizdeki trafik problemini çözmede etkili olacaktır.

Hem sanayi ham maddesi olan yükleri bir seferde büyük miktarlarda taşıma özelliği, hem de taşıma maliyetinin demiryoluna göre 3.5, karayoluna göre 7 ve havayoluna göre 22 kat daha ucuz olması denizyolu taşımacılığının önemli göstergesidir. Bütün dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de uluslararası ticaretin çok büyük bir bölümü ton-km maliyeti en ucuz taşıma türü olan denizyolu ile gerçekleşmektedir. Taşımacılıkta elleçleme işlemini pratikleştirmek için dünyada yükler birimleşerek konteynerleşmeye, limanlar da konteyner terminallerine uygun hale getirilmektedir [7, 8].

Gemi üretimi ve işletimi gelişmiş ülkelerde çevreye duyarlı uygulamaların olduğu gemilerin kullanılması ile iklim değişimine ve hava kirliliğine olan etkileri en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Çünkü dünya ölçeğinde bakıldığında, yüklerin çok büyük kısmı gemilerle taşınmakta ve hava kirliliğine deniz ulaşımının katkısı da önemli miktarlarda olmaktadır. Özellikle yük taşımacılığında payı çok yüksek olan deniz ulaşımının iklim değişimine ve hava kirliliğine olan etkilerini minimum düzeye indirmek global ölçekte önem taşımaktadır. Giderek bu özelliklere sahip olmayan gemilerin dünyadaki limanların bir kısmına yaklaşmaları mümkün olmayacaktır. Ülkemizde de denizyollarını canlı tutabilmek ve dünya genelinde gemi işletebilmek açısından bu gelişmelerin dışında kalmamak gerekir.

Tüm ulaşım türlerinin çevreye olumsuz etkileri olduğu gibi deniz ulaşımının da etkileri vardır. Arazi tüketimi, kazalar, gürültü gibi etkiler açısından deniz ulaşımı şanslı konumdadır. Hava kirliliği ve iklim değişimine etkileri ise önemli seviyededir.

1.2 Tezin Amacı

Çalışmada, deniz taşımacılığının hava kirliliği ve iklim değişimine olan etkileri üzerinde durulmuştur. Örnek liman olarak alınan, Samsun'daki 3 Limandan oluşan hava kirliliği incelenmiştir. Önce limana gelen ve giden yük gemilerinin sayıları, tonajları, bunların ithalat ve ihracattaki payları belirlenmiş, ardından yük

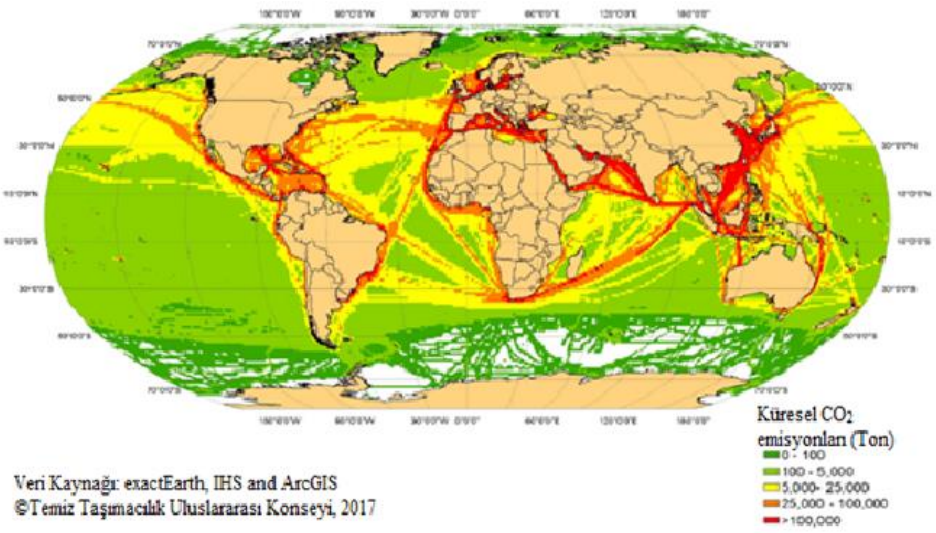
gemilerinin oluşturduğu hava kirletici emisyonlar iki farklı yönteme göre belirlenip, elde edilen sonuçlar karşılaştırıldıktan sonra, farklı emisyon azaltma yöntemlerinin uygulanması durumunda sağlanabilecek azaltmalar irdelenmiştir.

1.3 Hipotez

Çalışmada, önce deniz ulaşımının yük taşımacılığı açısından çevreye, hava kirliliği ve iklim değişimine etkileri ve bu etkileri azaltmak için yapılan çalışmalar, yasal düzenlemeler, uzmanların görüşleri incelenmiştir. Örnek liman olarak Samsun'daki mevcut 3 adet Limanı kullanan gemiler için ''Tier 3 Ship movement methodology'' ve 'Gemi Aktivasyon Yöntemi' uygulanarak, beklenen yıllık hava kirletici emisyonlar ve CO_2 miktarları belirlenip, bunları azaltma önerilerinin uygulanması durumunda ortaya çıkacak sonuçlar tahmin edilerek, bu konuya dikkat çekmek hedeflenmiştir.

2
DENİZ TAŞIMACILIĞININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Gemilerin neden olduğu kirlilik; taşıtların işletilmesi sırasında meydana gelen hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi etkilerin dışında kazalar sonucu meydana gelen veya kasta ve bilgisizliğe dayanan kirlilik olarak sayılabilir. Denizcilik faaliyetlerinden kaynaklı toplam CO_2 emisyonları 2013 yılından 2015 yılına kadar %2.4 lük artış ile 910 milyon tondan 932 milyon tona ulaşmıştır. Uluslararası denizcilik emisyonları %1,4, iç denizcilik emisyonları %6,8, balıkçılık emisyonları %17 artış göstermiştir. Denizyolu taşımacılığı dünya üzerindeki CO_2 ve sera gazı emisyonlarının (CO_2 eşdeğeri olarak) %3 ünden sorumludur. 2007-2012 yılları arasında yılda ortalama 1 milyar ton CO_2 ve sera gazı emisyonu salımı gerçekleştirmiştir. Deniz taşıtları 2015 yılında 932 milyon ton CO_2 salınımı yapmıştır. Şekil 2.1'de dünyada 2015 yılına ait tüm denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının dağılımı ve taşımacılık rotaları görülmektedir [7, 9].



Şekil 2.1 Denizyolunda taşıma rotaları

CO_2 iklim değişikliğine neden olan gaz emisyonlarından yalnızca biridir. Bunun dışında BC, CH_4 ve N_2O gibi emisyonlar da kirleticilerdendir. 2013-2015 yılları arasındaki değişimleri hemen hemen aynı seviyelerde kalmışlardır. Nitrojen oksitler 2013-2015 yılları arasında %3,5 artarken, kükürt oksitler %1 artış göstermiştir. Deniz taşıtlarının verimliliklerindeki gelişmelere rağmen, sera gazı emisyonları ve yakıt tüketimi artmaya devam etmektedir [10-12].

Gelecekteki sosyal ve ekonomik duruma bağlı olarak, denizyolu CO_2 emisyonlarının artışı beklenmektedir. Denizyolu taşımacılığında ileriye yönelik yeterli geliştirmeler yapılmaz ve diğer sektörlerde sera gazı emisyonlarında azaltmaya devam edilirse, uluslararası denizcilik sektörünün 2050 yılında dünya üzerindeki CO_2 emisyonlarının %17sinden sorumlu olması tahmin edilmektedir. Bu nedenle deniz ulaşımında emisyon azaltıcı çalışmalara hız verilmesi çok önemlidir.

2.1 Denizyolu Taşımacılığının Çevresel Etkileri

Tüm ulaşım türlerinde olduğu gibi denizyolunun da çevreye, eko-sisteme olumsuz etkileri bulunmaktadır. Denizyolu taşımacılığının çevresel etkileri deniz ekosistemi, hava ve toprak üzerinde görülür. Yerel ve küresel etkiye sahip gaz salınımları (NO_x, SO_2, CO, VOC, PM), gürültü, titreşim ve koku ile havayı; kirlilik, asitleşme ve erozyon ile toprağı, biyolojik çeşitliliğin azalması ve yaşam alanı kaybı ile de deniz ekosistemini etkiler. Bu etkiler limanda manevra, yükleme ve boşaltma işlemleri yoluyla; denizde seyir esnasında; tersanelerde ise gemi inşaatı, bakımı, boyaması ve sökümü ile oluşur.

Olumsuz etkileri başlıca 4 ana gruba ayırarak incelemek mümkün olup, bunlar;

1. Denizcilik yapılarının yapımı ve bakımı
    - Liman ve marinalar için alan istimlakı ve habitatların bozulması
2. Deniz araçları ve parçalarının üretilmesi
    - Toksik atıklar
3. Deniz araçlarının ulaşımı
    - Hava kirletici emisyonlar
    - Ulaşım sırasında oluşan tehlikeli maddeler
    - Su canlıları ile kazalar

- Gemiden denize katı atık deşarjı
- Gemiden denize evsel karakterizasyonlu atıksu deşarjı

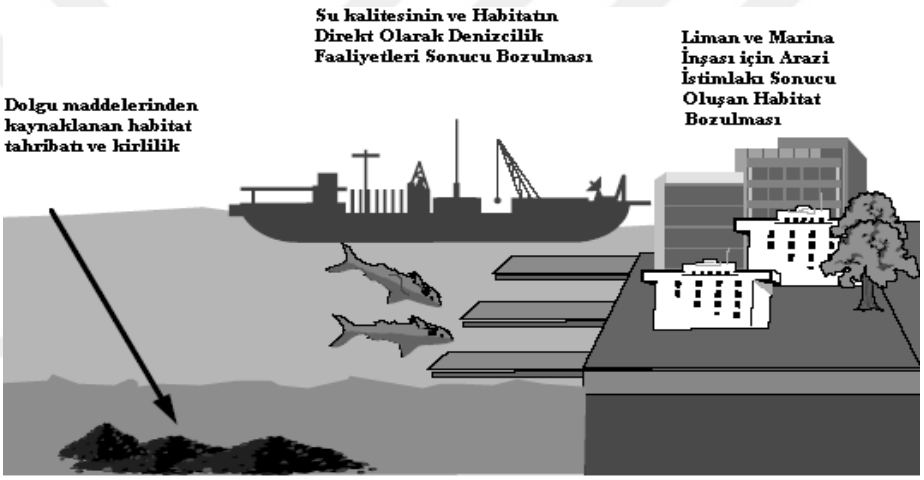
4. Deniz araçlarının bakım ve onarımı

- Limanda yapılan işlemler sırasında oluşan atıklar
- Eskimiş deniz araç ve parçalarının imhası, eskimiş deniz araçlarının ve parçalarının sökülüp parçalanması.

Bu safhalarda oluşan olumsuz etkilerin özeti, aşağıda verilmektedir.

2.1.1 Denizcilik Yapılarının İnşası ve Onarımı

Denizcilik yapılarının inşaatı sırasında habitat bozulmakta su canlıları zarar görebilmektedir, Şekil 2.2.



Şekil 2.2 Denizcilik yapılarının inşaatı sırasındaki etkiler

Deniz taşıtlarının limana rahatça yanaşabilmesi için dipten toprak almak gerekir. Bu da yapılan tahribat açısından birincil etkiyi oluşturur. Resimde (Şekil 2.3) bu işlem sırasında oluşan kirlilik görülmektedir. [13-16].



Şekil 2.3 Dipten sediment alınması

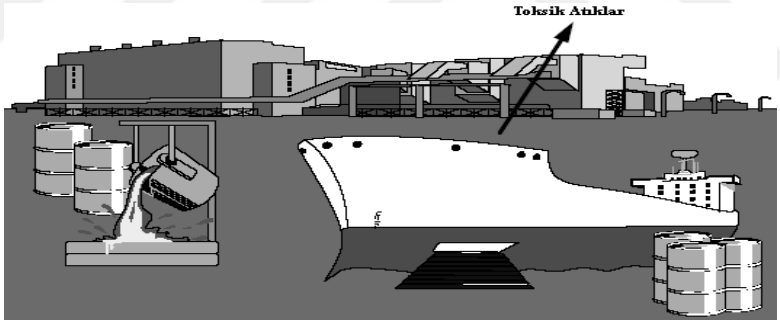
Aynı etkiler, nehirlerin kanallar haline getirilmesi gibi diğer mühendislik projeleri sırasında da meydana gelmektedir. Kanal oluşturmada 2 ana amaç vardır; nehir debisini kontrol altına alarak sel baskınlarını önlemek ve nehir üzerinde ulaşım yapılabilir hale getirmek.

Kanal inşaatı sırasında ana etkinin balık popülasyonunun azalması olduğu söylenilebilir. Nehir yan yüzleri genişletilerek belirli eğime sahip beton yüzeyler oluşturulduğu için, nehir kenarlarında daha önce yumurta bırakan balıkların yaşam alanı tahrip edilmiş olmaktadır.

Kazılardan çıkan malzeme de kirlilik kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Dipten alınan malzemenin inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak, oyun park alanlarında, kumsal oluşturulmasında, dolgularda vb. alanlarda kullanımı bulunmaktadır [17-19].

2.1.2 Deniz Araçları ve Parçalarının Üretimi

Deniz araçlarının üretiminde birçok malzeme ve kimyasal kullanılmaktadır, Şekil 2.4.

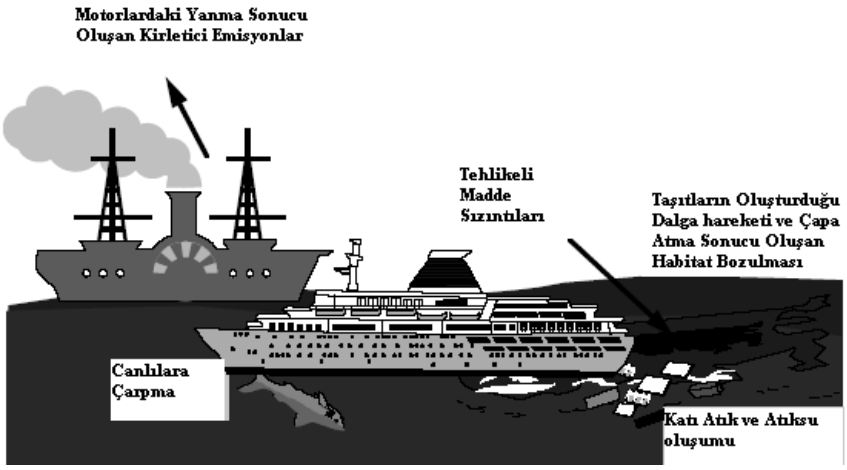


Şekil 2.4 Araç üretiminde oluşan etkiler

Burada oluşan kirlilik türleri ve bunların çevreye olan etkisi daha önce anlatılan modlardaki kirlilik ile benzer yapıdadır. Ancak, diğerlerinden farkı su yaşamı üzerine etkisinin daha fazla olması ve daha çabuk hissedilmesidir.

2.1.3 Deniz Araçları İle Ulaşım Safhasındaki Olumsuz Etkiler

Denizyolu ulaşımı nedeniyle meydana gelen kirlilik, ulaşımdan kaynaklanan su kirliliği kaynakları arasında ilk sırada gelir, Şekil 2.5.



Şekil 2.5 Ulaşım sırasında olabilecek çevresel etkiler

Denizde yük taşımacılığı sırasında meydana gelen deniz kazaları yolcu taşımacılığına göre daha çok çevreyi etkilemektedir. Bu kazalar sebebiyle birçok tehlikeli madde su ortamında yayılıp, birçok canlıya zarar vermektedir [20-23].

Bu kazalar sonucu çevresel boyutta uzun yıllar etkisi giderilemeyen kirlilik meydana gelebilmektedir. Dökülen petrolün ham veya işlenmiş olması, sızıntının miktarı, yersel akıntılar, hava koşulları, sızıntının karadan uzaklığı, yılın hangi döneminde gerçekleştiği, su sıcaklığı gibi etmenler tehlikeli maddelerin etkisini belirler.

Yakıt suya sızdığı zaman, benzen ve tolüen gibi toksik etkisi olan hidrokarbonlar su canlılarının ani ölümüne neden olur. Kabuklu deniz hayvanları ve balıklar, özellikle larva döneminde olanlar, bu tür etkilere karşı hassastır. Asfalt, katran gibi yapışkan diğer kimyasallar ise; yüzeyde birikirler ve su kuşları, su samurları, foklar gibi canlılar ile kaya, kum gibi diğer cansız maddelere yapışırlar. Bu nedenle birçok canlı uçamadığından boğularak, vücut sıcaklığını koruyamamaktan veya aşırı derecede kimyasal maddeye maruz kalmaktan ölmektedir. Balıklarda yağ, solungaçlara yapışıp solungaçları tıkayarak ölümüne sebep olmaktadır.

Sudan daha ağır yoğunluğa sahip kimyasallar su dibine çökerek, su dibindeki canlı hayatını tehlikeye sokmaktadır. Su yüzeyine dağılan ham veya işlenmiş petrol, su ile hava arasındaki çözünmüş oksijen geçişini engellediği için suda anoksik koşullar meydana getirerek, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun canlı yaşamı için gereken değerin altına düşmesine neden olur, Şekil 2.6.



Şekil 2.6 Kaza sonucu canlılara etkiler

Yakıt sızıntılarından kaynaklanan etkiler insanlar üzerinde de etki göstermektedir. Genellikle toksik etkilere maruz kalmış su canlılarını yiyen insanlar bu toksik maddelerden kaynaklanan hastalıklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Özellikle kabuklu deniz canlılarında birikim balıklardan daha fazla görülmektedir. Bunun nedeni bu canlıların balıklara nazaran daha az hareketli olması, sediment ile sürekli etkileşim halinde bulunması ve metabolizmalarının petrole karşı daha zayıf olması olarak, gösterilebilir [20].

Bu toksik kimyasallar biyoakümülasyon yoluyla besin zincirindeki diğer canlılarda da birikim gösterebilmekte ve onları da etkilemektedirler. Sadece besin zinciriyle değil, direkt etkiler sebebiyle de insanlar etkilenmektedir. Örneğin benzen insanlar için oldukça toksiktir.

Kurşun petrol kökenli olmayan tehlikeli maddelerdendir ve etkisi petrol kadar ağır olabilmektedir. Kurşun besin zincirinde ilerleyip canlılarda birikim gösterebilen maddelerdendir. Petrol dışındaki kirleticilerin en tehlikeli özelliklerinden biri de görsel belirtilerinin olmayabilişidir. Bu nedenle vücudu temas yoluyla da etkileyebilmektedirler.

Deniz taşıtlarının deniz canlılarıyla olan kazaları da çevresel etki boyutu incelenen olaylardandır. Özellikle büyük memeli hayvanlar gemilerin pervanelerine çarpıp ölümle sonuçlanan kazalara maruz kalmaktadırlar. Nesli tükenmekte olan canlılar için bu etki daha da önem kazanmaktadır.

Denize atılan katı atıklar üç tiptir:

1. Evsel tip katı atıklar

2. Faaliyetler sonucu oluşan katı atıklar

3. Kargo bağlantılı atıklar.

Eskimiş balık ağları, deniz canlılarının takılıp öldükleri en belirgin katı atıklardandır. Atıkların deniz canlıları tarafından yenmesi sonucu ani ölümler veya yaralanmalar oluşmaktadır. En fazla rastlanan olaylar, su kaplumbağalarının ve deniz memelilerinin plastik atıkları yutmasıdır.

Balık avcılığında kullanılan avcılık alet veya mekanizmalarının kaybolması veya eskilerinin denize atılması da çevreyi olumsuz etkiler. Bunlar balık veya diğer canlıları yakalar ve hareketlerini engelleyerek ölümlerine sebep olur.

Açık denizde yapılan deşarj etkileri belirgin olmamakla birlikte marinalarda veya sahile yakın yerlerde yapılan deşarjlar lokal veya insan sağlığı açısından önemli etkiler doğurmaktadır.

Aynı zamanda su kullanım amacına göre (yüzme, balıkçılık, yatçılık vs.) etki de değişmektedir. Patojen bakteri içeren bu atıksular yüzme amaçlı kullanılan bölgelerde insan sağlığını da tehlikeye sokmaktadır. Hepatit, tifo, kolera ve bağırsak iltihabı gibi hastalıklar en sık görülenleridir. Marinaların çevresi genellikle deniz kabuklularının yaşam alanlarıdır. Burada yapılan deşarjlar deniz kabuklularının kirlenmesine ve bunları yiyen insanların hastalanmasına neden olmaktadır. Sadece yemekle değil, bu bölgede denize giren insanlar da, kirlilik nedeniyle daha önce belirtilen hastalıklara maruz kalmaktadırlar.

Etkin olan ana faktörler, deniz trafiğinin miktarı, bu trafiği oluşturan taşıtların yük veya yolcu amaçlı taşıma yapması, ilgili yasaların var olup olmadığı ve yasaların uygulanmasının kontrolüdür.

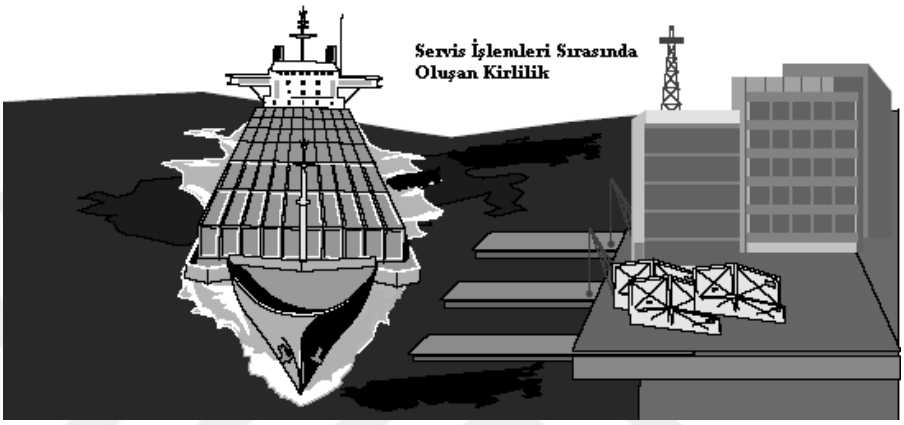
Marinalarda yaşanan kazalar sonucu oluşan atıklar ve batık gemiler;

Bunlar yeni tehlikelerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bazı batıkların yerleri belirli olmasına rağmen, çıkarılma maliyetleri çok fazla olduğundan buna teşebbüs edilmemektedir. Bu batıklar diğer bazı etkilere neden olmaktadırlar. Batıkların

çevreye olan etkileri taşıdıkları yükün çeşidine, ne kadar zaman önce battıklarına, kazanın gerçekleştiği ortamın çevresel koşullarına bağlıdır. Bu etkiler zamanla azalmaktadır, hatta bunlar bazı türler için yaşam alanları meydana getirmektedirler.

2.1.4 Deniz Araçlarının Bakım ve Onarımı

Tersaneler; Yat/bot tersaneleri ve gemi tersaneleri olarak ikiye ayrılır. Bot tersaneleri genellikle küçük botlar için boyama ve motor tamiri yapılan yerlerdir, Şekil 2.7.



Şekil 2.7 Tersanelerdeki faaliyetlerin etkileri

Gemi tersaneleri ise yapısal değişimlerin uygulanabildiği, boyama, motor ve güç ünitelerinin tamirinin, elektrik işlerinin, kaplama işlerinin ve soğuk hava depolamasının yapıldığı yerlerdir. Diğer gemi bakım onarım işlemleri şunlardır: yükleme ve temizleme, yakıt nakli ve depolama. Bu işlemler sonucu atıksu, emisyon veya katı atık açığa çıkmaktadır. Bakım-onarımdan oluşan kirlilik ve kaynak türleri Tablo 2.1 de verilmektedir [20-25].

Boyama işlemi, tersanede en fazla yapılan işlemdir, 3 farklı boyama safhasında kirlilik oluşur:

1. Yüzey hazırlama: Hava ve su kirliliğine yol açar.
2. Boyanın aplikasyonu: Gemi taban boyaları (üzerinde canlı üremeyi engelleyen boyalar) hariç üst ve iç boyalar daha az toksiktir. Taban boyaları içerisinde krom, titanyum oksit ve kurşun gibi toksik maddeler içerir. Üst ve iç boyalar ise eğer petrol kökenli ise VOC içerirler.

3. Boyama aletlerinin temizlenmesi: Boyama sonrasında boya yapılan aletlerin tekrar kullanılabilmesi için temizlenmesi gerekir. Bu temizleme için tiner gibi güçlü çözücülerin kullanılması gerekir. Bu kimyasallar tehlikeli maddelerdendir ve buharları hava kirliliğine yol açar.

Tablo 2.1 Bakım-onarımda oluşan kirleticiler ve atıklar

PROSES veya İŞLEMLER	OLUŞAN ATIK TANIMI
Yakıt depolarından kaynaklanan kirletici hava emisyonları	VOC emisyonları
Kumlama ve kimyasallar ile boya giderimi	Kurumuş boya atıkları, kum içeren atıksu, ağır metaller, boya çıkarıcı kimyasal atıklar, VOC emisyonları
Sprey boyama, reçine uygulanması	Boya atıkları, tiner, yağ çözücüler, kuvvetli olmayan asit çözeltileri, reçine, VOC emisyonları
Motor tamiri	Motor türbin atık yağı, gres yağı, kuvvetli olmayan asit çözeltileri, VOC emisyonları
Metal kaplama ve metal finishing	Siyanür çözeltileri, ağır metal çamuru, VOC emisyonları
Güverte ve parçaların yıkanması	Çözelti, yağ, boya ve AKM içeren atıksular
Yağlama, parça temizliği, güçlendirilmiş plastik uygulamaları, kimyasal boya çözücüler	Yağ ve boya ile kirlenmiş çözücüler,
Gemi depo dibi	Yağlı su

2.1.5 Eskimiş Deniz Araç ve Parçalarının İmhası

Gemi sökümü, eskimiş deniz taşıtlarının yapısal olarak tamamen, parçalarının ise tekrar veya farklı amaçlarla kullanılması için sökülmesi prosesidir (OSHA, Occupational Safety and Health Administration- İşçi Sağlığı ve Güvenliği İdaresi).

OSHA'ya göre gemi sökümünde 3 tür tehlike bulunmaktadır:

Tehlikeli maddeye maruz kalma: Asbest, kurşun, PCB (polikarbon bileşikleri) lerin yanısıra çalışanlar alev ve aşırı gürültüye de maruz kalmaktadırlar.

Tehlikeli işler: Yüksekte çalışma, boya sökümü, yakıt transferi, ağır parçaların indirilip/kaldırılması, kesme ve kaynak işleri, çamur temizliği, vb.

Tehlikeli çalışma koşulları: Tehlikeli gazların bulunabileceği kapalı mekânlarda çalışma, işçilerin eğitimsizliği, yetersiz iş güvenliği, ilkyardım ve acil müdahale ekipman eksikliği, vb.

Bu gemiler veya parçaları genellikle sökülerek farklı amaçlar için kullanılmaktadırlar. Türkiye, Hindistan, Bangladeş ve Çin gemi sökümünün yapıldığı önde gelen ülkelerdir. Ancak bu eski gemilerle birlikte, bu gemilerin üzerinde uzun süredir birikmiş olan yağ, petrol ve diğer toksik veya radyoaktif kirleticiler de bu ülkelerin sularına girmektedir.

29 Ekim 2004 İsviçre'nin Cenevre kentinde Basel Anlaşmasına taraf ülkeler toplantısı'nda hurda gemiler toksik atık olarak kabul edildi. Anlaşmaya taraf olan 163 ülke, bu çerçevede bundan sonra hurda gemilerin ihracatını kontrol etmek zorunda kaldı. Bu karar, özellikle asbest taşıyan gemilerin İzmir'in Aliağa İlçesinde bazı firmalarca gizlice sökülmesi nedeniyle, Türkiye için de büyük önem taşımaktadır. Anlaşma uyarınca antlaşmayı imzalayan ülkeler, karşı tarafın rızası olmadan göndermeyi yasaklamak zorundadır. Ayrıca anlaşma, gemi sökümünün çevre dostu koşullar altında yapılmasını ve kirli gemilerin gönderilmeden önce temizlenmesi gerektiği anlamına gelen tehlikeli maddelerin sınırlar arası taşımacılığının kısıtlandırılmasını öngörüyor. Denizcilik endüstrisi alanında önde gelen ABD ve Japonya gibi ülkeler bu antlaşmaya sıcak bakmamaktadır, hatta Basel Antlaşmasını ABD imzalamamıştır [26].

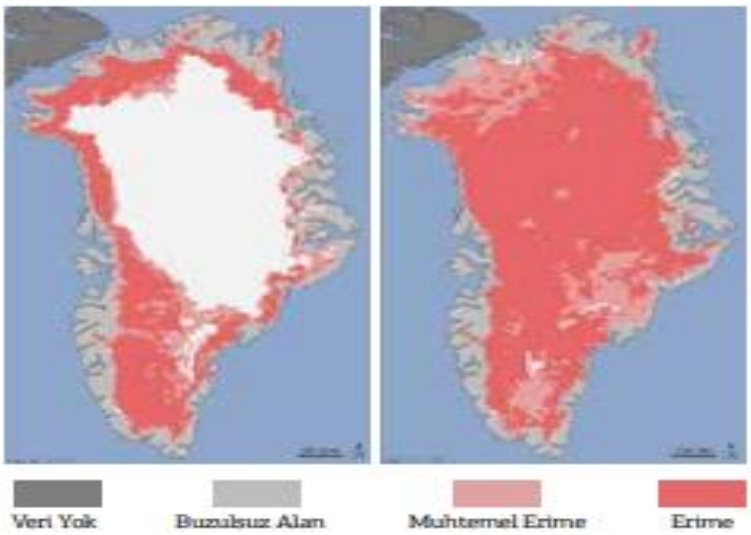
3
İKLİM DEĞİŞİMİ, HAVA KİRLİLİĞİ ve GEMİLERİN ETKİSİ

3.1 İklim Değişimi ve Hava Kirliliği

İklim değişiminin meydana gelmesinde sera gazları içinde yeralan CO_2'in önemli payı bulunmaktadır. Denizyolu taşımacılığı, ulaştırma kaynaklı CO_2 emisyonunda yerel ve uluslararası taşımacılık dahil edildiğinde toplamda %11.17'lik bir paya sahiptir. Küresel ısınma ve sürekli sıcaklık artışı, kutup bölgelerindeki buzullar ile karasal buzulların erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine, kuraklığa, ani yağışlara, sellere, aşırı hava olaylarına, erozyona neden olabilmektedir. Bunlar, iklim değişikliğinin doğrudan etkileridir. İklim değişikliği dolaylı olarak, biyo çeşitlilik kaybı, soy tükenmesi, gıda ve içme suyu sorunu, ekolojik göçlere de neden olacaktır [12, 26]. İklim değişikliği şimdiye kadar aşağıdaki etkileri doğurmuştur:

Dünya' nın yüzey sıcaklıkları ortalaması 20. Yüz yılda yaklaşık 0.7 °C artmıştır.

20. yüz yılın son 15 yılı, bu yüzyılın en sıcak dönemi oldu, 20. Yüzyılın ortalarından itibaren sıcak hava dalgalarının şiddeti ve görülme sıklığı artmıştır, Şekil 3.1 [17].



Şekil 3.1 Nasa' nın yayınladığı fotoğraf [12]

Bilim insanları NASA'nın yayınladığı bu fotoğraflara göre Grönland'daki buzullarda erimenin 2012 yılında %55, şimdi ise %97 ye ulaştığını belirttiler.

Grönland'daki erimenin hemen ardından, yaklaşık 1 ay sonra, 2012 yılının Ağustos ayında, Kuzey Kutbu'ndan benzer bir bilgi gelmiştir. ABD 'Ulusal Kar ve Buz Verileri Merkezi' (NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration), Kuzey Buzdenizi buzullarının 1979'da kayıt tutulmaya başlandığından beri, en düşük seviyeye kadar eridiğini açıklamıştır.

Karbon emisyonları ve küresel ısınma bu hızda devam ederse neler olabilir?

2100 yılına geldiğimizde, gezegenimiz 2-4 ^{0}C ısınıp, buna bağlı olarak deniz seviyesi 1 metre kadar yükselebilir. Bu durum, bugün kıyı ve adalarda yaşayan 271 milyon insanı zorunlu ekolojik göçe sürükleyebilir.

Gezegenimizin buzdolabı olan Kuzey ve Güney kutbunda buzullar tamamen eriyebilir, bu buzullarda yıllardır saklı kalan çelitli hastalıklara ait virüs ve bakteriler dünyaya yayılarak, henüz bilmediğimiz hastalıklara ve salgınlara yol açabilir.

Su kaynakları ve sulak alanlar kuruyabilir, bu kaynaklara mikrop bulaşabilir. Temiz su sorunu ciddi boyutlara erişebilir.

Bazı ülkelerde tarımsal etkinlikler azalırken bazı ülkelerde artabilir, bu durum gezegenimizin gıda dengesini değiştirebilir, gıdaya erişmek zor ve maliyetli hale gelebilir.

Ormanlar ve buralarda yaşayan bazı canlı türlerinin nesli tükenebilir, gezegenin biyolojik çeşitliliği yüksek derecede tehdit altına girebilir. İstilacı türler nedeniyle ekosistem dengeleri bozulabilir.

WWF'in 'İklim Değişikliğinin Türler Üzerindeki Etkisi' raporuna göre, iklim değişikliğinden en çok etkilenecek 10 tür arasında insan da bulunmaktadır.

Küresel ölçekte bilim insanları ve hükümetler ile Birleşmiş Milletler, 'İklim Değişikliği ile Mücadele' *ve* 'İklim Değişikliğine Uyum' kapsamında müzakereler, protokoller, paneller düzenleyip, raporlar yayınlayarak, hükümetler arası anlaşmalar düzenleyerek, devletleri küresel ısınmayı belli bir seviyede tutmaya

zorlamaktadırlar. Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması tüm hükümetleri bağlayıcı ve önemli yaptırım gücüne sahiptir [27].

3.1.1 Sera Gazlarının Çeşitleri ve Özellikleri

Yerküre, gelen güneş ışınlarını uzaya geri iletirken, güneşten gelen ışınlar yerküreye kısa dalga boylu radyasyon biçiminde gelir. Radyasyonun bir kısmı, yerkürenin yüzeyi ve atmosfer sayesinde tekrar geri iletilir. Fakat bu radyasyonun büyük kısmı, atmosferi aşarak, yerküreyi ısıtır. Dünya bu enerjiden, uzun dalga boyu, kızıl ötesi radyasyonla kurtulur.

Yerkürenin yüzeyi geri salınan kızılötesi radyasyonun büyük bir kısmı, atmosferin barındırdığı su buharı, karbondioksit ve doğal olarak oluşan diğer "sera gazları" tarafından emilir. Bu gazlar enerjinin, yerküreden geldiği gibi direkt uzaya gitmesini engeller. Birbiriyle etkileşimli birçok olay (radyasyon, hava akımları, buharlaşma, bulut ve yağmur) enerjiyi atmosferin üst kısımlarına taşır ve enerji ordan da uzaya aktarılır. Bu yavaş süreç yeryüzeyindeki canlılığın lehine bir durumdur. Çünkü yerkürenin yüzeyi enerjiyi uzaya hemen geri iletseydi, bu durumda dünyamız soğuk ve yaşanması mümkün olmayan bir gezegen olacaktı. Sera gazlarından bazıları doğal şekilde ortaya çıkar, ama insan faaliyetlerinden direkt veya dolaylı şekilde etkilenir. Diğer sera gazlarıysa bütünüyle insan kaynaklıdır. Doğal biçimde ortaya çıkan sera gazlarının bir bölümü; su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), ozon (O_3), metan (CH_4), nitrit oksit (N_2O)'dir. Tamamen insan faliyetleri sonucu oluşan sera gazları; kloroflorokarbon, hidrokloroflorokarbon, hidroflorokarbon ve tamamıyla florid olan kükürt hekzaflorid gazlardır [28].

Bulutlar, güneş ışığını geri iletmesinin dışında, temel sera gazı bileşiklerinden bir tanesidir. Bulutlar su buharını atmosferde ana absorbe edicidir. CO_2, CH_4, N_2O, H_2O gazları birtakım biyolojik etkileşimler sonucunda üretilir veya tüketilir. H_2O nun temel kaynağı okyanuslarda olan buharlaşmadır. Ozon, güneş tarafından oluşan tepkimelerin sonrasında üretilir. CFC gazları sentetik gazlardır ve atmosfere insanlar tarafından salınır. Ayrıca SF_6 ve CF_4 gibi florokarbon gazları ise, asal sera gazı denilecek düzeyde etkilidir ve atmosferdeki yaşam süreleri 1000 yıldan daha fazladır [19].

Su Buharı (H_2O)

Su buharı atmosferde en fazla olan sera gazıdır, uzun yaşam süreli ya da atmosferde homojen şekilde olmamakla birlikte, yerine göre % 0-3 oranında değişiklik gösterir. Bununla birlikte gaz, sıvı ve katı şekilde atmosferde bulunur. İnsan kaynaklı etkenlerin su buharı konstatrasyonuna doğrudan etki etmediği düşünülmektedir. Fakat atmosferde bulunan diğer sera gazlarının konsantrasyonunun artmasından dolayı ortaya çıkan ışıma, dolaylı şekilde suyun döngüsünü etkiler.

Atmosfer ısısının artmasıyla su tutma gücünü yükseltir ve su buharı yoğunluğunun artması bulutların ortaya çıkışına etki eder. Bulutlar güneşten gelen ışınları, ve yerküreden de yansıyan ışınları içine çeker veya geri yansımasına neden olur. Uçak motorlarından salınan ve atmosferde çizgi şeklinde bulut benzeri gözüken gaz da su buharı içerir. Uçak kaynaklı ortaya çıkan bu su kaynaklı iz şeklindeki bileşen, ışımaya etkileri açısından bulutlarla benzeşir [29].

Karbondioksit (CO_2)

Sera etkisine sahip gazlardan biri de CO_2dir. Bir seranın camı gibi ısı yayan güneş ışınlarını içerisine alır; ama içerinin ısısını geri vermez. CO_2 ve diğerleri yerküreyi sarmaktadır, bu durum olmasaydı yeryüzünün ortalama sıcaklığı -18^oC civarında olurdu. Bu örtü nedeniyle sıcaklık +15^oC civarındadır. Yerküre ısısını verirken kızılötesi ışınlar yayar ve CO_2 bu ışınları tutarak, tekrar uzaya gitmesine engel olur [12].

Yeryüzünde, karbon türlü çevrimlere dahil olur. En büyük çevrim atmosferle bitkiler arasında ve atmosferle okyanus arasındadır. Atmosferdeki karbon, genellikle oksitlenmiş biçimi olan CO_2 şeklindedir.

Doğal şekilde CO_2 bitkiler ve okyanuslar tarafından emilir ve üretilir. Bununla birlikte odun, kömür, petrol ve doğal gazın yanması sonucunda ortaya çıkar. Karbondioksit artışındaki ana sebebin fosil yakıt olduğu, hem kararlı hem de radioaktif yapısındaki karbon izotoplarında azalma ve atmosferde bulunan oksijenin azalmasıyla ispatlanmaktadır.

Metan (CH_4)

Metan gazı, sera etkisinin oluşmasına %20 oranında etki eder. Karbondioksit ile karşılaştırıldığında, 25 kat daha fazla ısı tutar. Metan gazı doğalgazın temel

bileşenidir. Pirinç ekimi, hayvancılık, madencilik, depolama işlemleri ve doğal gaz elde etme gibi insan kaynaklı çalışmalarla son 100 senede artış göstermiştir. Bu faaliyetlere bağlı salınımlar, atmosferde var olan metan yoğunluğunun artmasına neden olur [15, 17].

Genel şekilde metan, biyolojik süreçlerde organik maddelerin anaerobik parçalanmasıyla ortaya çıkar. Atmosferde var olan metan yoğunluğu sanayi devriminden bugüne kadar %160 artmıştır. Atmosfere katılan CH_4 miktarının yarısından fazlasının insan faaliyetiyle oluştuğu bilinmektedir. Metan, atmosfer içerisinde hidroksil ile tepkimeye girerek CO_2'e dönüşür.

Diazot Monoksit (N_2O)

Diazot monoksit, azot oksitler içinde en önemlisidir. Sera etkisinin %16'sının bu gazdan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Diazotmonoksit; en fazla tarım arazilerinde sentetik ve doğal gübre kullanılması ve bilhassa ulaştırma nedenli fosil yakıtlar, nitrik asit üretimi, atık suların arıtımı, atıkların yakılması ve biyo kütlelerin yakılmasıyla oluşmaktadır. Atmosfer içinde bulunan N_2O yoğunluğu 1700'lerden bugüne kadar %20 oranında artmıştır [12].

Ozon (O_3)

Oksijenin bir başka şekli ozondur. Troposferin soğuk bölümlerindeki O_3, doğal şekillerde seyrek olarak, esas ozon miktarı ise stratosferde bulunur. Yüksek enerjili ultraviyole ışınlarının bombardımanıyla oksijen molekülleri parçalanır ve ortaya çıkan serbest oksijen atomlarının bir kısmı O_2 ile birleşerek, ortaya O_3 çıkar. Bu şekilde ortaya çıkan ozonun, oksijende olmayan bazı özellikleri vardır. Ozon ultraviole ışınlarını absorbe etme özelliğindedir. Strotosferde ilerlerken bu zararlı ışınlar tutulacağından alt tabakalardaki yani troposferdeki oksijen parçalanmaz. Ama, ozonun bir kısmı atmoseferin alt seviyelerine bir başka deyişle traposfere doğal biçimde geçer [27].

Ayrıca sera gazı olan troposferdeki ozon, direk ışımaya etkisi açısından sanayi devriminden bugüne artarak, CO_2 ve CH_4 gazlarından sonra üçüncü sıraya geçmiştir. Troposferdeki ozon, uçucu organik bileşiklerin, güneş ışığı etkisi altında nitrojen oksitlere karışmasıyla oluşmaktadır.

Halokarbonlar, Perflorokarbonlar ve Kükürt Heksaflorid (SF_6)

Halokarbonlar, ışımaya direkt ve dolaylı tesir eden insan kaynaklı faaliyetlerin sonucunda ortaya çıkan kimyasaldır. Klor ve brom içeren halokarbonlar, stratosferde olan faydalı ozonun azalmasına sebep olduğundan, Montreal Anlaşmasında ozon zararlı maddelerden biri olarak kabul edilmiştir. CFC ve HCFC gazları küresel ısınmaya sebep olan gazlar içermesinin yanısıra, bir bakımdan da strotosferdeki ozonu azalttığından, ışımaya olan zorlayıcı etkileri azaltır. Çünkü ozon yerküreyi güneşten yayılan ultraviole ışınlarından koruması nedeniyle, ayrıca önemi olan sera gazıdır. Hidro florokarbonlar, perflorokarbonlar ve kükürthekzaflorid ozon etkisini azaltıcı bileşikler olmadıklarından dolayı Montreal Protokol'üne dahil edilmemiştir [30].

Hidro florokarbonlar ozonun incelmesine etki eden bileşiklerin yerine kullanılabilmektedir ve günümüzde ışıma zorlayıcı etkileri fazla değildir. Ama genel olarak sera gazı özelliği olan maddelere katkı verir. PFC, SF_6, alüminyum ergime, yarı iletkenlerin imalatı, elektrik güç aktarımı ve dağıtımı, magnezyum dökümü benzeri sanayi süreçlerinde ortaya çıkar. PFC ve SF_6 gazları ışımaya zorlayıcı etkileri fazla olmamakla birlikte, hızlı büyüme özelliği ve çok uzun atmosfer ömürleri olması ve kızılötesi ışınları tuttma özelliği nedenleriyle ilerleyen zamanlarda iklime etkileri açısından, ciddi potansiyeli vardır.

Karbon Monoksit (CO)

Karbon monoksit, CH_4 ve traposfer ozonunun, atmosfer bileşikleriyle kimyasal tepkimeye girmesine yardımcı olduğundan, CH_4 ve troposferde bulunan ozonun yoğunluğunun artışından dolaylı olarak sorumludur. Karbon bulunduran yakıtların eksik yanmasıyla karbon monoksit ortaya çıkar. Atmosferdeki süreçlerin sonunda CO_2 formuna geçer, CO yoğunlukları atmosferde az ömürlüdür ve homojen dağılım göstermez.

Azot Oksitleri (NO_X)

Azot oksitlerin iklim değişikliğine etkileri doğrudan değil, dolaylı şekilde yani troposferde ozonun oluşmasına etkilerinin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hava taşıtlarından salınan NO_X salınımları metan yoğunluğunu düşürmektedir. NO_X salınımları yıldırımlar sayesinde, toprak içerisindeki mikrobik faaliyetlerden, biyo

kütlelerin yanmasından, yakıtların yanmasından ve strotasferde N_2O indirgenmesinden oluşur. NO_X in atmosferdeki yaşam süresi kısadır ve yer yer çeşitlilik gösterir.

Metan Dışındaki Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC)

NMVOC gazlarının propan, etan, bütan gibi bileşenleri vardır. Bu bileşikler, NO_X ile birlikte, troposferdeki ozonun ve diğer foto kimyasal oksitleyicilerin ortaya çıkmasında etkilidir. NMVOC yoğunluklarının atmosferdeki yaşam süresi kısadır ve çeşitlilik gösterir [12].

3.2 Gemi Kaynaklı Hava Kirletici Emisyonlar

Gemiler hareketlerini sağlarken çok yaygın olarak fosil yakıt kullanırlar. Bunun sonucunda iki önemli kirlilik oluşur;

Egzoz emisyonları: NO_x, CO_2, CO, SO_x, HC ve partiküler madde gibi kirleticiler,

Sera gazı emisyonları: CO_2, H_2O buharı, CFC-H, CH4, N_2O ve O_3 gibi kirleticiler içerir.

Bu kirleticiler asit yağmurları, ozon tabakasında incelme ve sağlık sorunlarına neden olarak, çevre üzerinde olumsuz etki yaratmaktadırlar. Deniz ulaşımı açısından bakıldığında, en önemli hava kirleticileri CO_2, SO_2, NO_x ve PM 2,5'dur, Şekil 3.2 ve 3.3'de deniz ulaştırması kaynaklı başlıca kirleticiler ve deniz ulaşımında gerçekleştirilen aktivitelerin havaya olan etkileri görülmektedir [14].



Şekil 3.2 Deniz Ulaştırması kaynaklı başlıca kirleticiler

Dünya ticaret mallarının % 90'a yakını gemiler tarafından taşınmaktadır. Deniz taşımacılığı kıtalar arası yük taşımada birinci sırada yer almaktadır.

Ulaşımda türlere göre birim emisyon değerleri aşağıda verilmektedir;

• Denizyolu: 10-15 gr/ton-km

• Demiryolu: 19-41 gr/ton-km

• Karayolu: 51-91 gr/ton-km

• Havayolu: 673-867 gr/ton-km.

Toplam emisyon miktarları her geçen gün artmaktadır. Çünkü ithalat ve ihracatın artmasına da bağlı olarak, birçok ülke veya firma daha uygun fiyatlara taşımacılık yapması sebebiyle deniz ulaşımını tercih etmektedir.

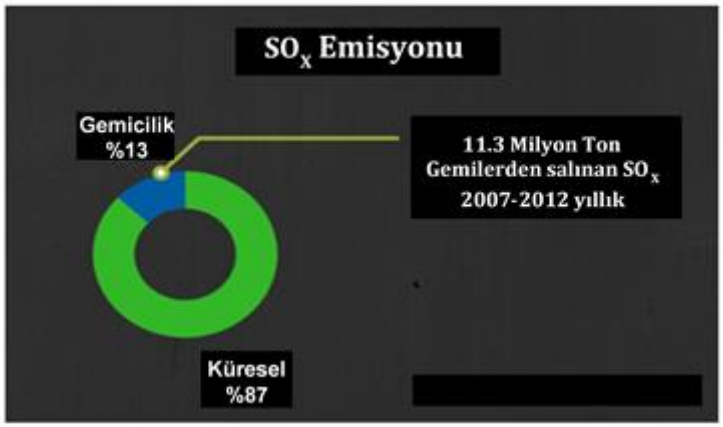
Aktiviteler-Olaylar/Etkiler		Hava				
		Yerel hava kirliliği (NOx, SO_2, CO_2, CO, VOC, PM)	Gürültü	Titreşim	Koku	Hava kirliliğinin global etkisi
Limanda	Manevra	■	■	■		■
	Yükleme& Boşaltma /Limandaki işlemler	■	■	■	■	■
	Hotelling (lighting, heating, refrigeration, ventilation, etc.)	■	■	■		■
Denizde	Seyir	■	■			■
Gemi İnşaası, bakım, söküm	Gemi boyama	■			■	
	Metali Temizleme	■			■	
	Söküm	■	■		■	■

Şekil 3.3 Deniz ulaştırması kapsamındaki aktiviteler ve etkileri [14]

Deniz ulaştırmasının artışı doğrudan toplam emisyon miktarını olumsuz etkilemektedir, Şekil 3.4, 3.5 [20].

SO_X emisyonları

Hava kirletici emisyonların en yaygın olanı kükürt dioksittir. Fosil yakıtlar (petrol, kömür vb.) %0.5 ile %6 arasında kükürt içerirler.



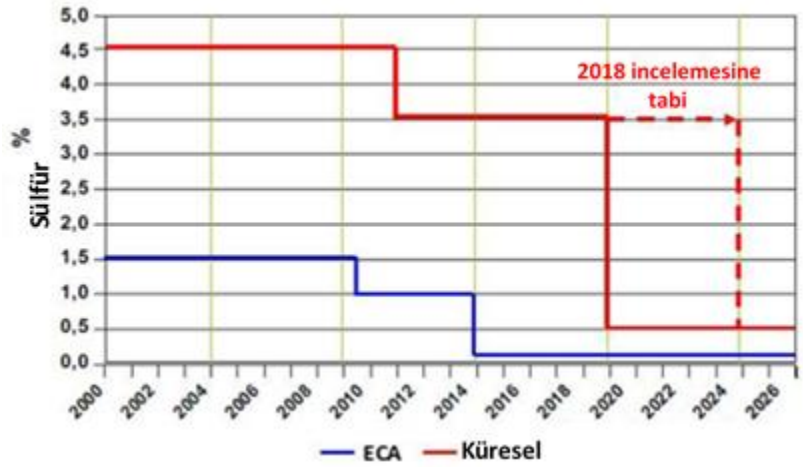
Şekil 3.4 2007-2012 yılları arası deniz ulaşımı-SO_x emisyonları (IMO 2015)

Petrol ve kömür gibi fosil yakıtlar yandığında kükürt genellikle SO_2 şeklinde atmosfere dağılır. IMO'nun Ekim 2008deki sülfür emisyonlarının düşürülmesi yönünde hedefleri Şekil 3.5 de görülmektedir;

- 01 Ocak 2012 global bazda sülfür azaltımı (Sülfür emisyonu miktarının %4,5'tan %3,5'a düşürülmesi)
- 01 Ocak 2020 (en geç 2025) itibari ile ise %50 oranında sülfür azaltımı.

ECA'da (Emission Control Areas)' e göre hedefler ise;

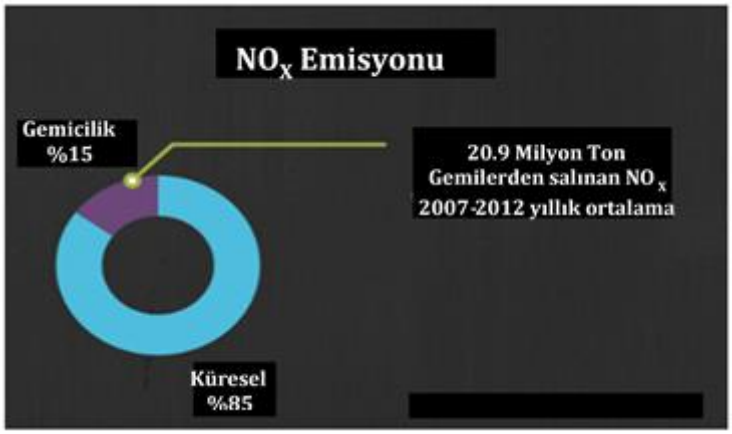
- 1 Temmuz 2010'dan itibaren sülfür emisyonu miktarının %1,5'tan %1'e düşürülmesi
- 1 Ocak 2015'den itibaren sülfür emisyonu miktarının %1'den %0,1'e düşürülmesidir,



Şekil 3.5 ECA tarafından belirlenen hedefler

NO_X emisyonları

NO_x Emisyonları IMO tarafından belirlenen kurallara göre kısıtlanmaktadır.

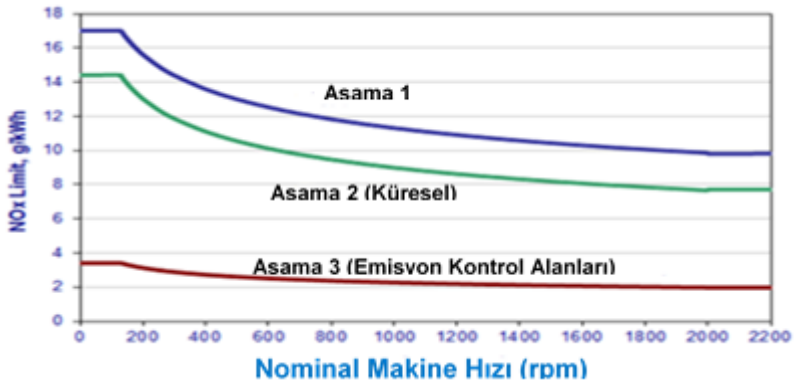


Şekil 3.6 2007-2012 yılları arası deniz ulaşımı-NO_x emisyonları (IMO 2015)

Bu standartlara göre makine gücü 130kW'tan daha yüksek olan tüm gemiler, Şekil 3.7-3.8'deki kurallara uymak durumundadır. Gemiler, makinelerinin üretildiği yıllara göre üç sınıfa ayrılırlar. Tier-I 2001-2011 arasında; Tier-II 2011-2016 arasında; Tier-III ise 2016'dan sonra üretilen makineleri ifade etmektedir.

Düzenleme	NOx kısıtı	RPM (n)
Aşama I (01.01.2001-01.01.2011)	17 g kWh-1 45 x n-0.2 g kWh-1 9.8 g kWh-1	n<130 130<n<2000 n>2000
Aşama II (After 01.01.2011)	14.4 g kWh-1 44 x n-0.23 g kWh-1 7.7 g kWh-1	n<130 130<n<2000 n>2000
Aşama III (After 01.01.2016)	3.4 g kWh-1 9 x n-0.2 g kWh-1 3 g kWh-1	n<130 130<n<2000 n>2000

Şekil 3.7 IMO tarafından belirlenen NO_x emisyonu kısıtlamaları



Şekil 3.8 Gemi makine türlerine göre NO_x limitleri

Bu hedefleri gerçekleştirmek için dünya ölçeğinde birçok çalışma yapılmaktadır. Tezin devamında bu çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Ülkemizde de bu konulara yönelinmeye başlanmış olmakla birlikte henüz istenilen seviyeye gelinmemiştir.

4
GEMİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNİ ve CO_2 EMİSYONLARINI AZALTMA ÇALIŞMALARI

Tüm ulaşım türlerinde olduğu gibi deniz ulaşımında da çevresel etkileri azaltma çalışmaları devam etmektedir. Bu amaçla en yaygın olarak hava kirliliği ve iklim değişimine neden olan CO_2 i azaltmak için gemilerde uygulanan yöntemler aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

CO_2 emisyon miktarını azaltmak için alınabilecek önlemlerin başlıcaları Tablo 4.1'de verilmektedir. Elektrikli dizel motor kullanımının ve rüzgar kuvvetinin gemilerde bir rotor aracılığıyla tahrik gücüne etkitilmesinin, diğer yöntemlere göre enerji verimliliği ve CO_2 salınımları açısından en faydalı yöntemler olduğu görülmektedir. Fakat rüzgar enerjisi yönteminin sadece tanker ve Ro-Ro tipi gemilere uygulanabilir olduğu bilinmektedir.

Tablo 4.1 CO_2'i azaltmak için önlemler

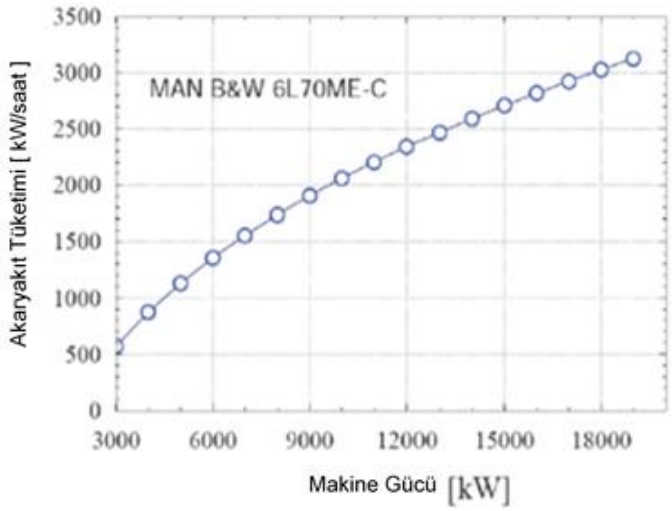
Uygulanabilir Yöntem
Gemi hızı düşürme
Otomasyon sistemleri
Elektrikli dizel motor
Rüzgar enerjisi
Yakıt tipi
Atık ısıdan geri kullanım
Güç yönetimi

Rüzgar enerjisinin gemilerde kullanımının % 20 oranında enerji verimliliğine etkisi vardır. LNG'nin yakıt olarak kullanımı, atmosfere yayılan SO_x emisyonlarının miktarını %90-95 oranında azaltır. Aynı koşullarda, LNG nin yakıt olarak kullanımı gaz türbinleri ve dört zamanlı dizel motorlara kıyasla NO_X miktarını da düşürmektedir.

Gemilerde kullanılan diğer yakıtlara oranla, daha az karbon ihtiva eden bir yakıt olan LNG'nin kullanılmasıyla atmosfere salınan CO_2 oranları gemi tipine, ana makine özelliklerine ve geminin yaşına göre yaklaşık olarak % 4-20 oranına kadar düşürülebilmektedir.

Ortak hat (common rail) uygulaması, bu sistem düşük CO_2 ve SO_2 emisyonlar oluşturmak için kullanılır. Sistem silindir içindeki yanmayı kontrol ederek, işletim boyunca her yükte mümkün olan en düşük yakıt tüketimini sağlar.

Otomasyon kontrollü sistemler, yakıt tüketimini ve CO_2 emisyonlarını azaltmak amacıyla uygulanır. Planlı bakım tutum da önemlidir. Gemi makine ve sistemlerinin periyodik kontrollerine dayanır. Böylece daha düşük yakıt tüketimi, daha düşük emisyon, periyodik bakımlar arası sürelerin uzaması ve yüksek güvenirlik gibi avantajlar sağlanır. Günümüz gemilerinin dizel motorlarında kullanılan başlıca yakıtlar; ağır fuel oil, dizel oil ve düşük sülfürlü fuel oil olarak gruplandırılabilir Şekil 4.1 [26].



Şekil 4.1 Fuel oil tüketimi–motor gücü

Şekilde görüldüğü üzere gemi motor gücü arttıkça, yakıt tüketimi de artmaktadır. Büyük bir konteyner gemisi bir günde yaklaşık 200 ton fuel oil tüketir. Bir ton fuel oil yaklaşık 550 USD olarak alınır ise, 28 günlük bir seyahatte 3.000.000,00 USD tutarında yakıt tüketilmiş olur.

4.1 Sülfür Azaltma Çalışmaları

Buharlı gemiler, 19. YY başlarından 20. YY son çeyreğine kadar tüm dünyada kullanılmıştır. 1950'li yıllar motorlu gemilerin buharlı gemileri domine etmeye başladığı yıllar olmuştur. Dizel motoru Rudof Diesel tarafından 1892'de icat edildikten 20 yıl sonra, ilk dört zamanlı dizel motorlu gemiler artık denizlerdeydi. 2. Dünya Savaşı yıllarına kadar motorlu gemilerin toplam okyanus gemileri içerisindeki tonaj payı %25'e ulaşmıştı. 21. YY başlarında ise, gross-ton olarak dünyadaki gemilerin %98'i dizel motorlu gemilerden oluşmaktaydı. Deniz taşımacılığında kullanılan yük gemileri, kargo gemileri vb. çeşitlerdeki ticari gemiler büyük miktarlarda yakıt tüketmektedir. Araba ve kamyon taşıyan bir yük gemisi yaptığı hıza ve çevresel koşullara bağlı olarak bir günde 30 ile 60 ton arası yakıt tüketebilir. 2007 ile 2012 yılları arasında dünyadaki bütün gemilerin yıllık ortalama 250–325 milyon ton yakıt tükettiği tahmin edilmektedir. 2007 yılında 45620 adet geminin yakıt tüketimi sonucu 943 milyon ton CO_2 emisyonu türettiği tahmin edilmektedir [27-29].

IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) uluslararası deniz taşımacılığı standartlarını belirleyen bir 'Birleşmiş Milletler' organizasyonu olarak 1948 yılında kurulmuştur. Bünyesinde 174 üye ülke bulunmaktadır, Türkiye 1956'da IMO'ya üye olmuştur. IMO tarafından 1973 yılında MARPOL protokolü ile deniz taşımacılığında kullanılan yakıtlara ağırlıkça maksimum %4,5 oranında sülfür içeriği sınırı konulmuştu, bu sınır değer 2008 yılında azaltılarak %0,5'e çekilmiştir.

1 Ocak 2020 yılına kadar dünyadaki bütün ticari gemilerin bu standarda uygun yakıt tüketmesi gerekmektedir. Örgütün 2008 yılında kabul edilen sülfür emisyon standardı ticari deniz taşımacılığı yapan şirketleri ve operatörleri petrol bazlı fosil yakıta alternatif aramaya itmiştir.

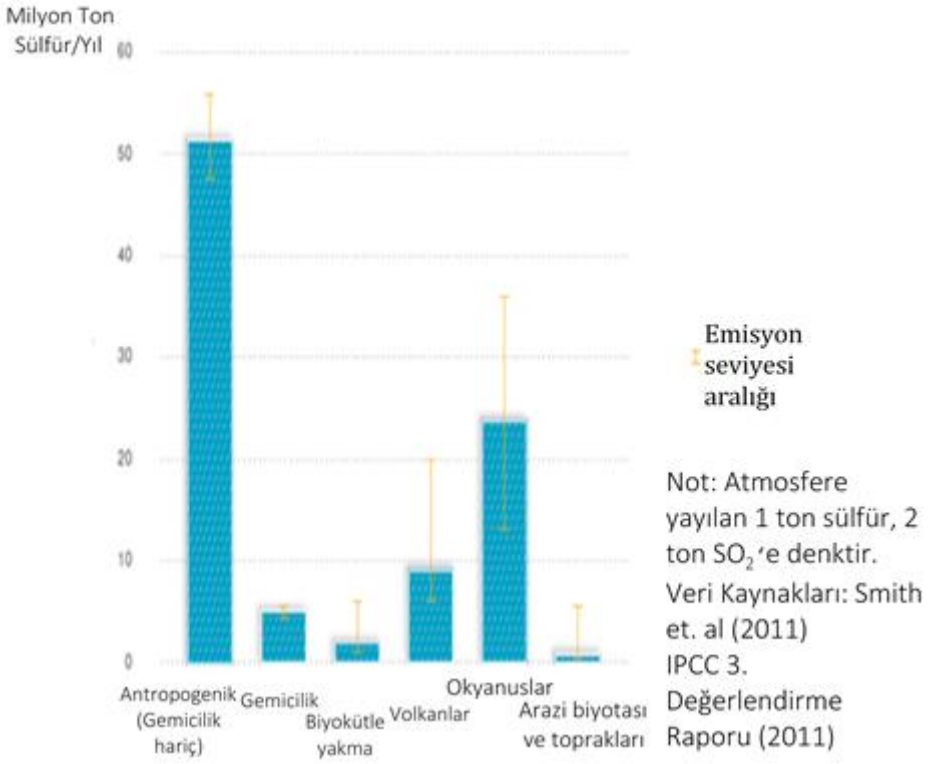
Deniz taşımacılığı yakıt talebi tüm dünya yakıt talebinin %6,1' ini oluşturmaktadır, buna göre;

• LNG: 8 mt/yıl

• Marine diesel oil: 64 mt/yıl

• Ağır fuel oil: 228 mt/yıl olmaktadır.

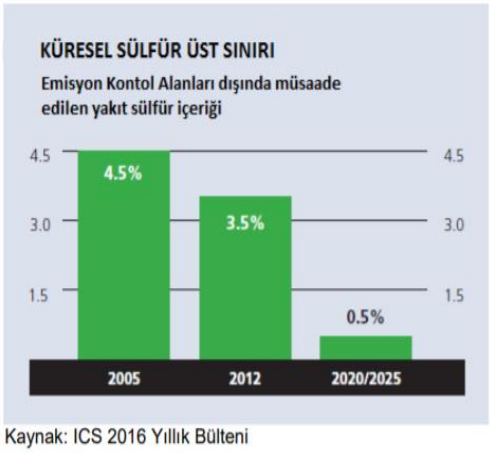
Şekil 4.2-4.5'de görüldüğü üzere, küresel sülfür emisyonunun %5'lik kısmı deniz taşımacılığından kaynaklanmaktadır ve azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır [29].



Şekil 4.2 Küresel sülfür emisyonu

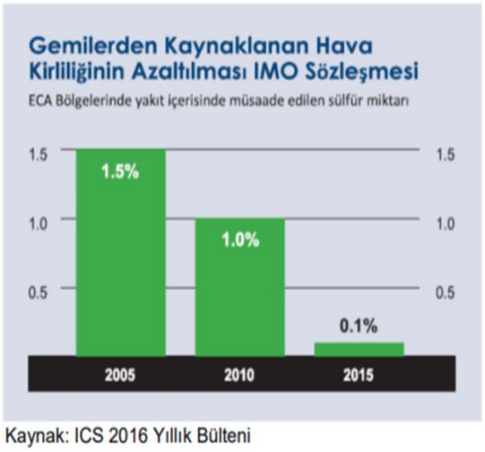


Şekil 4.3 Emisyon kontrol alanları (ECA)



Kaynak: ICS 2016 Yıllık Bülteni

Şekil 4.4 Küresel sülfür üst sınırı



Kaynak: ICS 2016 Yıllık Bülteni

Şekil 4.5 Müsaade edilen sülfür miktarı

4.2 Gemilerde Scrubber Kullanarak Sülfürü Azaltma

Scrubber, yüksek oranda sülfür içeriğine sahip yakıtların, sebep olduğu sülfür emisyonunu azaltmak için kullanılan bir tesisattır. Scrubber monte edilen gemiler yüksek sülfür içerikli ucuz fuel oil kullanmaya devam edip, sülfür emisyon seviyesini 2020 IMO standartlarına uygun hale getirebilmektedir. Fakat scrubber teçhizatının gemiye monte edilmesi için o gemi bir ay boyunca geniş çaplı bir imalata girer, bu da ticari olarak o geminin durması anlamına gelmektedir. Scrubber teçhizatı yaklaşık 4,2 milyon USD bedel ile her şey dahil gemiye monte edilmektedir [31-33].

Eylül 2018 verilerine göre 660 gemi, scrubber ünitesini kullanmakta olup, yaklaşık 600 gemi de bu üniteyi monte ettirme aşamasındadır. Gelecekte gemilerin scrubber

kullanmak yerine, düşük sülfür içerikli alternatif yakıtlara yönelmesi bu alternatif yakıtlara olan talebi arttıracak, dolayısı ile düşük sülfür içerikli yakıtların fiyatları da artacaktır. Scrubber kullanmayı tercih eden işletmecilerin bu durumda karlı olacakları söylenebilir.

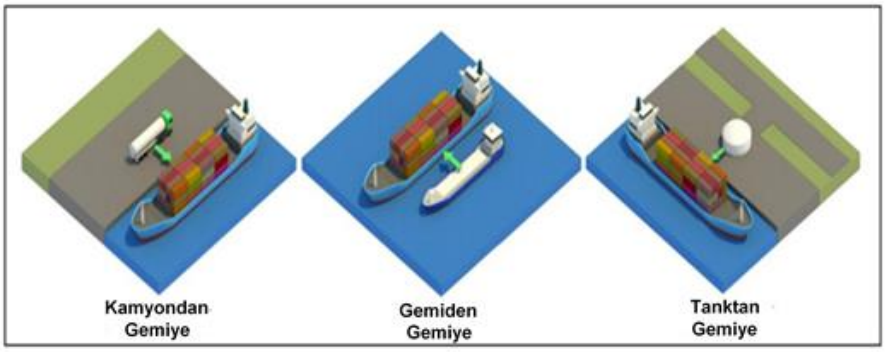
4.3 Temiz Yakıt Kullanımı

Bu bölümde çevreye etkisi daha az olduğu bilinen yakıtlar ve özellikleri özet olarak verilmektedir.

4.3.1 LNG (Liquefied Natural Gas)

İlk zamanlarda LNG yakıtı taşıyan tankerler buharlaşan LNG'yi ikincil yakıt olarak kullanmaktaydı. LNG birincil yakıt olarak 20. Yüzyıl sonları ve 21. Yüzyıl başlarında kullanılmaya başlanmıştır. İlk LNG ile çalışan gemi 2000 yılında faliyete geçen bir Norveç gemisidir. LNG uzun vadede ekonomik olarak fayda sağlayabilecek bir yakıt türüdür. Gemilere limanlardan veya başka gemilerden LNG ikmali (LNG Bunkering) için özel altyapı ve lojistik gerekmektedir, Şekil 4.6.

Bunker" gemilerin kömürle çalıştığı dönemden kalma ve halen kullanılmakta olan bir terimdir. Eski anlamının kömürlerin saklandığı ambar olması nedeniyle günümüzde gemi yakıtları bunker, yakıt ikmali de bunkering olarak adlandırılır. Dünyada LNG ikmali yapılabilen limanlar sınırlı sayıda olup, ilk 'LNG ikmali' limanlar 2006 ve 2007 yıllarında Avrupa'da 'Emisyon Kontrol Alanları'nın' oluşturulması ile kullanılmaya başlanmıştır. Dünya çapında 400'ün üzerinde LNG ikmal altyapısına sahip liman bulunmaktadır [31-33].

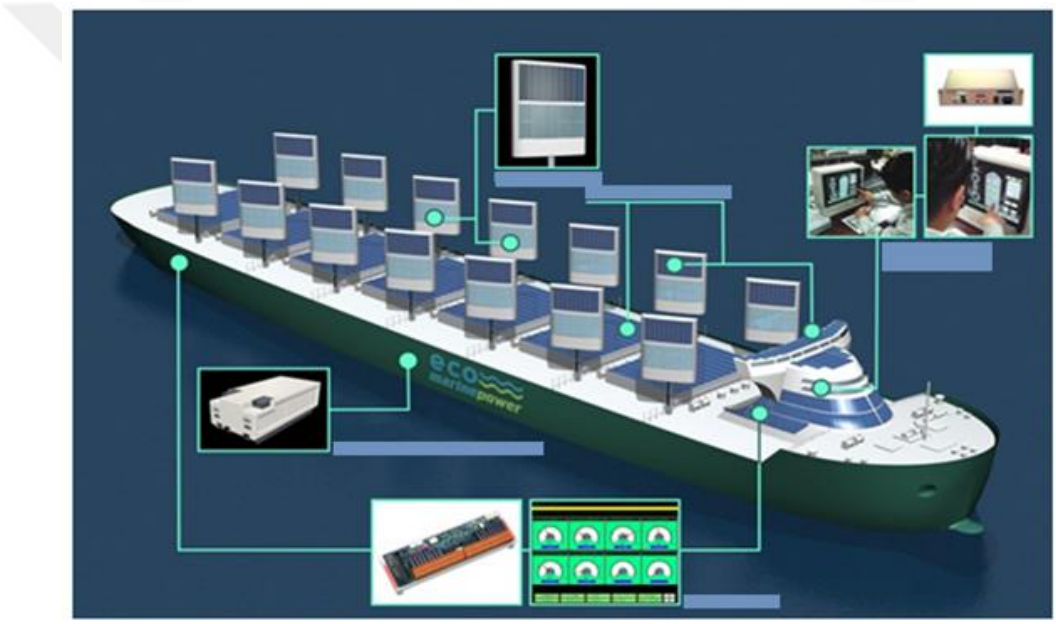


Şekil 4.6 Singapur'da LNG ikmali

LNG çok az partikül madde oluşturur, ayrıca CO_2 emisyonu konvansiyonel yakıt tüketen bir gemiye göre çok daha azdır [19].

4.3.2 Güneş panelleri ve rüzgar enerjisi

Deniz taşımacılığında fosil yakıt kullanımını azaltmanın bir başka yolu da güneş enerjisinden faydalanmaktır. Son yıllarda güneş pili ve fotovoltaik modül teknolojilerinin gelişmesi ile beraber güneş enerjisi kullanımı maliyet açısından da avantajlar getirecektir. Fakat çok büyük yük gemileri için tek başına güneş enerjisi kullanımı toplam yakıt tüketimini önemli oranda azaltmak için yeterli olmamaktadır. Bu noktada güneş ve rüzgar enerjisinden birlikte faydalanmak bu sorunun çözülmesinde etkili olacaktır, Şekil 4.7.



Şekil 4.7 Aquarius MRE sistemi [24].

Aquarius MRE Sistemi ile bir gemide bir yılda 1000 ton daha az fosil yakıt kullanımı sağlanmaktadır. Yine aynı sistem ile bir geminin bir yılda 3000 ton daha az CO_2 emisyonu türettiği tespit edilmiştir. Güneş panelleri hem güverteye hem de yelkenlerin üzerine yerleştirilebilir. Elektrik AC ve DC dağıtım sistemlerine verilir, ya da acil durumlar için kullanılmak üzere depolanır.

4.3.3 Biofuel

Biofuel, önceki jeolojik devirlerde oluşmuş fosil yakıtlardan farklı olarak, daha yakın zamanda ölen/oluşan canlı artıkların kullanılması ile elde edilir.

Aşağıdaki türleri vardır;

-Etanol
-Biodizel
-Yeşil dizel
-Biogaz

Konvansiyonel olarak, kullanılan fuel oil ile karıştırılarak üretilir. ENISO 8217:2012 standardına göre fuel oil, biofuel karışımında kullanılan biofuel, hacimsel olarak en az %0,1 oranında olmalıdır [34, 35].

4.4 Deniz Kirliliğinin Önlenmesi İçin Önemli Yasal Düzenlemeler ve Sözleşmeler

Türkiye, ülkeler arası iklim politikaları sürecine ve müzakerelere katılmaya aslında diğer sanayileşmiş ülkelere göre erken bir dönemde başladı. İlk defa 1989'da Hollanda'da düzenlenen Noordwijk Konferansı' na katıldı. Türkiyenin, karbon emisyonları sanayileşmiş ülkelere göre daha az olmasına rağmen, 1992'de imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) karbon emisyonları ve iklim değişikliği sözleşmesini imzalamamıştır. Bu nedenle de 1997'de yapılan Kyoto Protokolü görüşmelerine gözlemci olarak katılmıştır [36-40].

4.4.1 Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü olarak bilinen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1997 yılı Aralık ayında Japonya'nın Kyoto kentinde, iklim değişikliğine karşı küresel tepkinin temellerini oluşturmak üzere düzenlenlenmiş ve 184 hükümetin taraf olması ile yürürlüğe girmiştir. Türkiye de 2009'da anlaşmayı imzalayarak, protokole taraf olmuştur, bugün, protokole 191 ülke katılmıştır.

Protokol, sanayileşmiş 37 ülkenin sera gazı emisyonlarını 2008-2018 yılları arasında, 1990'daki sera gazı salınım seviyelerinin %5 altına indirme yükümlülüğünü yerine getirmesiyle, 2005 yılında yasal bağlayıcılık kazanmıştır.

Kyoto Protokolü, iklim değişikliği iklim değişikliği ile mücadelede atılacak adımlar bakımından önemli ve bilimsel bir çerçeve çizmektedir ve sera gazı salınımlarının kontrolü açısından da tarihi önemde bir ilk adımdır. Zira, protokolün başlıca amacı; BMİDÇS'ye taraf olan ülkelerin, kendi ekonomik ve sanayi dinamiklerine uygun olarak, sera gazı emisyonlarını azaltma yönünde harekete geçmelerini, sürdürülebilirlik temelli önlemler almalarını ve sektörel iyileştirmeler yapmalarını sağlamaktır.

Kyoto protokolü ile birlikte, pek çok sanayileşmiş ülke, sera gazı salınımlarını azaltmak ve sınırlandırmak için gereken kurumsal yapıları kurmuş ve politikaları oluşturmuştur. Bazı ülke ve bölgelerde sera gazı salınımları büyük ölçüde azalmaya başlamıştır. Ancak, küresel ölçekte baktığımızda, protokolün küresel sera gazı emisyonlarının artışını azaltmada etkisi sınırlıdır.

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın olumsuz etkileri Türkiye'de de görülecektir. Bu nedenle yalnızca Kyoto Protokolü'ne taraf olan ülkeler değil, diğer tüm ülkelerle birlikte Türkiye de üzerine düşeni yapmalı ve taahhütlerini yerine getirmelidir. Protokole taraf olduğu 2009 yılından bu yana da emisyon azaltımı konusunda önemli adımlar atmıştır [30]. Türkiye bu amaçla;

- 2^0C lik sıcaklık artışının önüne geçmek üzere, Kopenhag Müzakereleri'ne etkin katılım sağlamıştır.
- Yeşil ekonomiye geçiş için, gelişmekte olan ülkelere verilecek fon ve teknoloji Türkiye'ye kısıtlı ölçüde sağlansa bile, Türkiye yeşil ekonomi ve yenilenebilir enerji adımları atmaya başlamıştır.
- 2020 yılına kadar genel karbon salınımı seviyesinin düşürülmesi taahhüt edilmiştir.
- İklim değişikliğiyle mücadelede en önemli karbon emme alanlarından biri olan ormanların çoğaltılması, ormanlık alanların korunması ve ağaçlandırma çalışmalarına ağırlık verilmesi için gereken adımları atmış, doğal ormanlarımızın korunması için harekete geçmiştir.
- Ulusal düzeyde 'Sıfır Atık' projesi başlatmış ve böylece atık kaynaklı sera gazı salınımı oranının düşürülmesi için çalışma başlatmıştır.

Kyoto protokolüne göre emisyon azaltım hedefleri 2012 yılı itibarıyla sonlanmıştır. Bu hedeflerin bazıları gerçekleşirken, bazılarına ulaşılamamıştır, Kyoto Protokolünün 2020 hedeflerinden bir kısmı:

- Sanayileşmiş ülkeler karbon emisyonlarını 2020'ye kadar 1990'a oranla %80 azaltlmalıdır.
- Küresel ısınma artışı 2^0Cnin altında tutulmalıdır.

4.4.2 Paris Anlaşması

2015 yılı Aralık ayının ilk yarısında Paris'te gerçekleştirilen 'İklim Zirvesi'nde' ortaya umut verici ve Kyoto Protokolü'nden çok daha somut hedefler içeren bir başka anlaşma, yani Paris Anlaşması ortaya çıkmıştır. Paris Anlaşması, iklim değişikliğiyle mücadelede uzun vadeli küresel adımlar için temel teşkil edebilecek bir anlaşmadır. Anlaşmanın başlıca hedefleri arasında, iklim değişikliğinin etkilerinin en aza indirilebilmesi için;

- Küresel sıcaklık artışının 1,5°C'de sınırlandırılması,
- Karbon salınımlarında en kısa zamanda düşüş eğiliminin başlaması,
- Karbon salınımlarının 2050'ye kadar gezegenin karbon yutma kapasitesiyle dengeli bir seviyeye gelmesi,
- Net karbon emisyonlarının sıfırlanması ve yatırımlarda önceliğin düşük emisyonlu seçeneklere verilmesi,

maddeleri yer almaktadır.

Türkiye 30 Eylül 2015 tarihi itibariyle, 2030 yılına kadar seragazı salınımları hızını % 21 oranında azaltmayı kabul etmiştir [36].

Paris Anlaşması'nı Türkiye'nin de imzalaması ve anlaşmaya taraf olması, aşağıdaki nedenlerden dolayı hayati önem taşımaktadır:

- Türkiye, iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgelerden biri olan Akdeniz Havzası'nda yer alır. İklim değişikliği ile mücadelenin başarısız olması dünyada en çok Akdeniz Havzası'nın zarar görmesi, Türkiye'nin coğrafi, ekonomik ve sosyo-kültürel olarak büyük yıkıma uğraması anlamına gelir.

- Paris Anlaşması, 2020 sonrası iklim politikalarının temelini oluşturuyor. Türkiye'nin Paris Anlaşması'na taraf olmaması, anlaşmanın uygulama döneminin dinamiklerinin ve dengelerinin belirleneceği, son derece kritik aşamada söz sahibi olmaması ve küresel iklim hareketinin dışında kalması anlamına gelmemektedir.

- Düşük karbon ekonomisi; iş potansiyeli, istihdam, halk sağlığı, geleceğin karar vericilerinden biri olma ve enerjide dışa bağımlılık gibi çok önemli alanlarda gelişim vaat edip, fırsat potansiyeli taşımaktadır. Küresel iklim hareketinin dışında kalmak, bu fırsatların kaçırılması anlamına gelir.

4.4.3 Gemilerin Neden Olduğu Kirlenmenin Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme-MARPOL

2 Kasım 1973'de düzenlenmiş olup, Ek 6 ile 'Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları'nda' hava kirliliği açısından sınırlandırmalar belirlenmiştir. MARPOL 1997 Protokolüne göre, ozon tabakasına zarar veren emisyonların azaltılması ve gemilerin baca (egzos) gazlarından çıkan azotoksit (NO_x) ve kükürtoksit (SO_x) miktarlarının azaltılmasına ilişkin yeni düzenlemeler getirmektedir.

MARPOL 73/78 Sözleşmesi'ni değiştiren 1997 Kyoto Protokolü ile "Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi için Kurallar" isimli Ek 6 ile Sözleşme'ye eklenmiş ve 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bunun iki temel hedefi bulunmaktadır. Bunlar;

- Denizlerin petrol, zehirli sıvılar, ambalajlı zararlı maddeler, pis sular ve çöpler ile kasıtlı kirletilmesini önlemek,

- Gemilerin neden olduğu kazalardan kaynaklanan kirliliği önlemektir. [37].

4.4.4 Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliğine Dair Uluslararası Sözleşme-OPRC

Bu sözleşme, petrol kirliliğini azaltmak açısından taraflar arasında uluslararası koordinasyon ve işbirliği sağlamak, bilgi, eğitim ve teknik yardım hususlarını kapsar. Türkiye 18 Eylül 2003 tarihinde dahil olmuştur. OPRC 1990 Sözleşmesi'ne, 2011 yılı itibariyle 105 ülke taraf olmuştur.

4.4.5 Petrol Kirliliği Zararlarından Doğan Sivil Sorumluluklar Hakkında Uluslararası Sözleşme-CLC 1969

CLC 1969 Sözleşmesi 19.06.1975 tarihinde yürürlüğe girmiştir, 89 ülke katılmıştır. CLC, 2000 ton'dan fazla petrolü yük/yakıt olarak taşıyan gemilerin, mecburi sigortasını zorunlu hale getirir. Sözleşmeye dünya ticari gemi tonajının yaklaşık yüzde 97'sini temsil eden 101 ülke taraftır. Türkiye 27 Temmuz 2001 gün ve 24472 sayılı resmi gazetede yayınlanan kararla protokole taraf olmuştur. [38].

4.4.6 Karadeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi

Karadeniz'de deniz çevresinin korunması hedefi ile hayata geçirilmiştir. Bu sözleşmeye göre denize kıyısı olan 6 devlet (Bulgaristan, Gürcistan, Romanya, Türkiye, Rusya Federasyonu ve Ukrayna) Karadenizin korunmasından sorumludur ve bu ülkeler 21 Nisan 1992'de sözleşmeye imza atmışlardır.

4.4.7 Ulusal Mevzuat

Türkiye 1958 yılından beri IMO üyesidir. Bugüne kadar IMO tarafından yapılan; denizde can güvenliği ve çevrenin korunması, etkin bir liman devleti (ülkelerin limanlarına gelen yabancı bayraklı gemileri uluslararası sözleşmelere göre denetlemeleri) ve bayrak devleti kontrolüne ilişkin sözleşmelerin bir kısmına taraf olmuştur [39].

4.4.8 Çevre Kanunu

10.08.1983 tarihinde yayımlanarak yürülüğe sokulmuştur. 2872 sayılı Çevre Kanunu, çevrenin sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını amaçlar. Bu kanun, ceza verme yetkileri hususunda açıklamalarda bulunma hakkına sahiptir.

4.4.9 Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun

Bu Kanunla, deniz emniyetinin sağlanması ve deniz kirliliğinin önlenmesi ilk hedef olarak sağlanmaya çalışılmıştır. Acil durumlarda gemilerden ve kıyı tesislerindeki faaliyetlerden kaynaklanan kirlenme tehlikesini ortadan kaldırmak veya kirlenmeyi azaltmak, sınırlamak ve gidermek üzere ilgililerin yetki, görev ve sorumluluklarını belirlemek amaçlanmıştır.

4.4.10 Limanlar Kanunu

20 Nisan 1925 tarihinde yürürlüğe giren 618 Sayılı 'Limanlar Kanunu' na göre; limanların idaresi, temizleme, derinleştirme, genişletme, taranma, şamandıraların konulması ve iyi halde tutulması işlerinin yapılmasından Hükümet sorumludur.

4.4.11 Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu

9 Temmuz 1982 tarihinde kabul edilmiştir. 2692 Sayılı Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nin bütün sahillerinde, iç suları olan Marmara Denizi, İstanbul ve Çanakkale boğazlarında, liman ve körfezlerinde, karasularında, münhasır ekonomik bölgesi ile ulusal ve uluslararası hukuk kuralları uyarınca egemenlik ve denetimi altında bulunan deniz alanlarında, kanunlarla kendisine verilen görevlerin uygulanması ve yetkilerin kullanılması maksadıyla Sahil Güvenlik Komutanlığı teşkilâtını kurmayı, görev ve yetkilerini düzenlemeyi amaçlar [35].

Bunların yanında "Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" gibi yönetmelikler ve çeşitli genelgeler de bulunmaktadır.

4.4.12 Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirliliği için IMOnun Güncel Kararları

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), gemicilik sektörüne ilişkin tüm teknik ve ticari konularda hükümetler arasında işbirliği sağlar. Denizcilikle ilgili çeşitli uluslararası sözleşmelerin, navigasyon, deniz kurtarma ve gemilerin yapısal ve ekipman gereksinimlerini kapsayan düzenlemelerin hazırlanmasından sorumludur. Şu anda okyanus taşımacılığı alanındaki en güçlü uluslararası organizasyon olan IMO'ya 150'den fazla ülke üyedir. IMO'nun hedefleri arasında deniz taşımacılığında güvenliğin sürdürülmesi, seyir verimliliğinin artırılması ve okyanus ortamının korunması yer alır. IMO'nun bir alt kuruluşu olan ''Deniz Çevre Kirliliği Komitesi'' (MEPC), gemilerin okyanusu ve atmosferi kirletmesini önlemek için ilgili düzenlemelerin hazırlanmasından sorumludur ve genel Kurul tarafından Kasım 1973'de kurulmuştur.

Deniz kirliliğini önlemek için, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi'ni kabul etmiştir.

Uluslararası ticaretin hızla gelişmesiyle birlikte, küresel nakliye gemilerinin sayısı da artmıştır. Bu gemilerden kaynaklanan kirlilik büyük önem taşımaktadır. Komite, 1988'de gemilerin hava kirliliğini incelemeye başlamıştır. Sonuç olarak, Mayıs 2005'te yürürlüğe giren MARPOL 73/78'e, şimdi ''Gemilerden Hava Kirliliğini Önleme Yönetmeliği'' veya MARPOL 73/78 Ek VI adı verilen yeni bir hava kirliliği eki ilave edilmiştir.

IMO, küresel olarak alınan tedbirlerle ve düşük emisyonlu alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasıyla emisyonları 2020'ye kadar %20 ve 2050'ye kadar %50 azaltmayı hedeflemiştir. Nakliye ve kargo işlemleri için kullanılan denizyolu ulaşımında, yıllar içinde dünyanın çeşitli yerlerinde artışlar yaşanmıştır. Küresel gemi nakliyesinden kaynaklanan sülfür dioksit, partikül madde ve sera gazlarının emisyonları 1990 ve 2007 yılları arasında 585'ten 1096 milyon tona çıkmıştır. Küresel taşımacılıktan kaynaklanan CO_2 emisyonları 2006 yılı için yaklaşık 1 milyar tondu, şu anda da uluslararası gemi nakliye taşımacılığı küresel CO_2 emisyonlarının % 3'ünü oluşturur.

2005 yılında Avrupa'yı çevreleyen denizlerde (Baltık Denizi, Kuzey Denizi, Atlantik'in Kuzey-Doğu kısmı, Akdeniz ve Karadeniz), uluslararası nakliyeden kaynaklanan kükürt dioksit (SO_2) emisyonlarının 1.7 milyon ton olduğu belirlenmiştir. Kuzey Baltık Denizi ve İngiliz Kanalı'ndaki 'Sülfür Emisyon Kontrol Alanlarında', %0,1 MARPOL sınırının 2015 yılı başından itibaren uygulanması nedeniyle, bu bölgelerde gemi kaynaklı kükürt emisyonları önemli ölçüde azalmıştır. 2020 yılında sülfürü, nakliye yakıtında %0,5 ile sınırlayan küresel kükürt sınırının uygulanmasıyla, diğer AB denizlerinde emisyonlar daha da azaltılacaktır [4].

2020 yılına kadar, Avrupa çapında uluslararası nakliyeden kaynaklanan NO_x ve SO_x emisyonlarının, toplam 25 Avrupa Birliği üye ülkesindeki tüm kara tabanlı mobil, sabit ve diğer kaynaklardan gelen toplam emisyonlara eşit ya da aştığı söylenmektedir. Bu rakamlar sadece uluslararası ticaretteki gemileri kapsar, ülkelerin iç su yollarındaki nakliyeden kaynaklanan emisyonları içermez.

4.4.13 Gemi Kaynaklı Hava Kirliği Azaltmak İçin Stratejiler

Gemiler için emisyon kontrol seçenekleri genellikle üç kategoride incelenebilir: Her şeyden önce, teknolojik iyileştirmeler sayesinde eski, daha az verimli veya daha fazla kirleten motorları daha verimli ve daha az kirlilik yayan itiş sistemleriyle değiştirerek veya seviyesini yükselterek, hem yerel hem de küresel emisyonlar azaltılabilir [36].

İkincisi, operasyonel değişikliklerdir. Limana girerken ve limana yanaşırken gemilerin çalışma şeklini planlayarak yerel emisyonlar azaltılabilir.

Üçüncüsü, değişken liman ücretleri ve emisyon ticareti programları gibi piyasaya dayalı programlardır. Bu programlar iyi tasarlanmış ve uygulanmışsa, hem operasyonel olarak hem de teknolojik açıdan değişiklikler işe yarar.

Motorlar ve gemiler için düşük yakıt kalitesi ve sınırlı kirlilik kontrolü gerekliliklerinin birleşimi, deniz sektörünün hava emisyonları açısından zayıf çevresel performans sergilemesine yol açmıştır. Daha düşük kükürtlü yakıt kullanımından motor iyileştirmelerine ve egzoza kadar gemi emisyonlarını azaltmak için okyanusun çeşitli yerlerinde, gemi tiplerine göre farklı stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejiler genellikle NOx veya SOx emisyonlarına odaklanmaktadır. SOx emisyonu azaltma stratejileri, temel olarak düşük kükürtlü deniz yakıtlarına geçişten ve yüzey temizliğinden oluşur. Bu stratejiler ayrıca önemli PM emisyon azaltımları sağlayabilir [36]. Limana yanaşırken gemiler; ısıtma, soğutma, elektrik sağlama ayrıca yükleme ve boşaltma için; yardımcı makina ve bazen ana makinaları kullanırlar. Rıhtımda hotelling sürecinde üretilen emisyonlar, genellikle yerel emisyon envanterlerine ve insanların zararlı kirleticilere maruz kalmasından kaynaklanan potansiyel sağlık risklerine önemli ölçüde etki eder. [37].

5
EKOLOJİK GEMİLER HAKKINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çevreye duyarlı gemilerle ilgili yapılan ve yapılmakta olan çalışmaların kısa bir özeti aşağıda verilmektedir.

5.1 Akademik Bazlı Çalışmalar

Ekolojik uygunluk yönetimi, ekolojinin gelişimi açısından önemlidir. Egzoz gazları, gürültü gibi çevresel problemleri azaltmak için yenilikçi sistemler geliştirilmektedir. Bu temele bağlı olarak gezi tekneleri için de özel gelişmeler sağlanması gerekli olmaktadır. Burada değişim daha temiz, daha güvenli, daha sessiz ulaşım sistemleri oluşturmak için sürdürülebilir, uzun dönemli ekolojik problemlerin çözümünden geçer. Ekolojik gemilerin getirisini ve giderlerini ortaya koyan pekçok akademik ve uygulamalı çalışma yapılmıştır. Bunların bir kısmının özeti aşağıda verilmektedir.

Hibrid Enerji Depolama Sistemlerinin (EDS) yeni kuşak serileri için, yeni dizayn yaklaşımları önerilmektedir. Bu konuda W. Lhomme ve Joao P. Trovao yaptıkları çalışmada [38] bu dizayna ilişkin öneri getirmektedirler. Gemiler için hibrit EDS açısından mevcut gemilerden farklı bir yaklaşım geliştirilmektedir. Bu çözümün temelinde gemilerde elektrik kullamının daha yaygın kullanılması ve daha fazla deniz milinin yapılmasının sağlanması yatar [41-43].

Tam aktif paralel bağlantı, akü ve süper kapasitor ile hibritleştirme sağlanmaktadır. Metodolojinin boyutlandırması ve biçimlendirilmesi ile ilgili detaylar verilmektedir. Enerjik Makroskopik Gösterim (EMG) yöntemi ile model oluşturulmakta ve analizi yapılmaktadır. Bu şekilde karbondioksit miktarı klasik gemilere göre %20 oranında azaltılmaktadır.

Hilan ve diğerlerinin [39] hazırladığı makalede, hibrit güneş pilinin (PV) optimum boyutlandırılması üzerinde durulmaktadır. Yenilebilir enerji konusunda hızlı gelişmeler sağlamak ve deniz kirliliği protokolünde istenilen azaltmaları sağlamak

amacı ile güneş enerjisi kaynaklı güç üretimi ve enerji depolama sistemi kullanılarak, gemilerde güç sistemini iyileştirmek amaçlanmaktadır. Hibrit güç üretim sisteminin gemilerde uygulanması için yüksek bir yatırım maliyeti gerekmektedir ve doğru boyutlandırılma uygulanmadığı takdirde, sera gazı miktarı ve yatırım maliyetinin artması ile sonuçlanır.

Başka bir çalışmada, güneş pilinin (PV) optimum boyutlandırılmasının belirlenmesi için, bir metod önerilmiştir. Dizel jeneratör ve enerji depolama sistemi, bağımsız güç sistemi için de kullanılarak yatırım maliyeti, yakıt maliyeti ve karbondioksit emisyonları minimize edilmektedir. Güneş pili modülleri diğer kullanım alanlarına kıyasla gemilerde tarih, yerel zaman, zaman dilimi, boyuna ve enine yönünde rota parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Güneş pili modülünün avantajı güneşin konumu ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Önerilen yöntem yüksek hızlı tren ve konteynır gemileri gibi hareketli mikro ağa sahip sistemlere de uyarlanabilir.

SHULI WEN ve diğerlerinin yaptığı araştırmada [40] geleneksel gemilerde ortaya çıkan çok ciddi çevresel kirliliğin azaltılması amacı ile güneş enerjisi ve enerji depolama sistemi (ESS) incelenmektedir. Bir geminin dizaynında karşılaşılan en büyük zorluk, solar enerji ile bağlantılı olarak salınım açısından optimum sistem dizaynıdır. Geminin potansiyel salınım hareketleri göz önünde bulundurularak ve belirli bir aralık bırakılarak, gemi güvertesi üzerine yerleştirilen güneş pilleri ile elektrik enerjisi üretilir. Güç dengesi denklemi aracılığı ve dizel jeneratör ile elektrik depolama sistemi için modelde değişken aralığı tanımlanarak, çıktılar elde edilir. Hibrit gemi güç üretim sisteminde yakıt maliyeti, yatırım maliyeti ve sera gazlarının oluşumları azaltılabilmektedir.

Yuanqing Zhu ve diğerlerinin [41] 2009 yılında yaptığı çalışmada enerji etkin dizayn indeksi (EEDI) üzerinde durulmakta ve gemilerden salınan sera gazlarının azaltılması hedeflenmektedir. Böylece gemilerde güneş enerjisi kullanılarak yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonları azaltılmaktadır. Güneş pili cihazının enerji dönüşümü için kullanıldığı yeni yapılan gemilerde önemli faktörler olarak; güneş enerjisinin kullanılabilirliği, enlemsel farklılıkların etkisi, meyil açıları, saat dilimi farkı ve açı farklılığı dikkate alınmaktadır. Gemilerde güneş enerjisinin kullanımının

önerilmesi uluslararası denizcilik organizasyonu IMO'nun gemiler için önerdiği sera gazı emisyon sınır değerlerinin sağlanması için bir yaklaşım getirmektedir.

Gemilerdeki güneş enerjisinin uygunluk faktörü esas olarak güneş panallerinin radyasyonu emmesine ve foto-elektrik dönüşüm etkinliğine bağlıdır. Maksimum güneş emilimini sağlamak için güneş panellerinin optimum açı ile yerleştirilmesi gerekmektedir. Gemilerde güneş enerjisi kullanımında geminin optimum dizaynı etkilidir. Orta ve büyük boyutlu, elekrikli motoru olan gemilerde güneş enerjisi yardımcı güç olarak işe yarar.

Fahd Diab ve Arkadaşlarının çalışmasında [42] denizcilik endüstrisinin gelişmelerine bağlı olarak yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonlarındaki artış incelenmiştir. Tam anlamıyla bir araştırma yapmaksızın, hibrit yenilenebilir enerji kullanan gemilerin kâr ve geri kazanım değerlendirmesini yapmak zordur. Karadaki ve gemideki hibrit yenilenebilir enerji sistemleri (HYES) arasında bir karşılaştırma çalışması yapmak önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, HYES in karada kullanım ve gemiler için olan karşılaştırmasını çok iyi bilinen hibrit optimizasyonu ile yapmaktır. Yazarlar Çin ve Yemen arasındaki belirli bir alanda kullanılan denizyolu için bir karşılaştırma yapmışlardır. Gemilerde güneş pili sisteminin kapasitesini arttırmak için, teşvik faktörünü ortaya koyan ve sonuç olarak da toplam yakıt maliyetini ve yakıt tüketim miktarını azaltan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Zhu Jianyun ve diğerlerinin yaptığı makalede [43] hibrid elektrikli sevk sisteminde "plug"un gelişiminin önemi üzerinde durulmaktadır. Her ne kadar plug dizayn optimizasyonu tekil bir konu olsa da yakıt tasarrufu yapılan çalışmada, sadece yakıt tüketimi değil, aynı zamanda sera gazlarının da dikkate alındığı bi-objektif optimizasyonun gerçekleştiği durum incelenmiştir. Pareto optimizasyon çözüm setini açıklamak için NSAG-2 metodu geliştirilmiştir.

Deneysel sonuçlar, Pareto çözüm setinden seçilen optimum dizayn ile bi-objektif optimizasyon çözümünün ideal sonuca yakın olduğunu göstermiştir. Ayrıca duyarlılık analizi yapılarak, üç değişken üzerinde durulmuştur. Bunlar; motorun rotor çapı, rotor uzunluğu ve dişli oranıdır.

Kyoung-Jun Lee ve diğerleri yaptığı çalışmada, [44] Güney Kore'de prototip çevre dostu gemilerin işletiminden elde etikleri deneyimleri sunmaktadırlar. Güneş pili/dizel yeşil gemilerin kullanımı için ideal bir yer olarak burayı seçmişlerdir. Güneş pili sistemi geleneksel dizel gemilere eklenmiştir. Prototip yeşil gemiler güneş pili enerji üretim sistemi içermektedirler ve bunlar dizel motor, akü enerji depolama, hibrit kontrol sistemi, tekil ve birleşik invertör içermektedir. Yeşil geminin amacı sadece yakıt tüketimini minimize etmek değil, aynı zamanda gücü de desteklemektir. Çalışmanın sonucunda çevresel, ekonomik ve duyarlılık analizleri yapılarak, deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Nengqi Xiao ve diğerlerinin yaptığı çalışmada [45] hibrid sevk sistemi, yeni bir dinamik form şeklinde düşünülmüştür. Karakteristik yapısal karmaşıklık ve işletim koşullarının çeşitliliği dikkate alınmıştır. Burada farklı gemi fonksiyonları, farklı gemicilik alanları veya farklı kontrol performansları olan gemiler için hibrid sevk sistemleri aynı değildir. Hibrid sevk sistemi, belirsiz, geniş kapsamlı değerlendirme metoduna göre seçilmiştir. Uygulanabilirlik açısından güvenirlik, bakıma elverişlilik, ekonomi, kuruluma uygun hareket kabiliyeti önemlidir. Sistemde çeşitli faktör değişimlerinin ağırlığı dikkate alınıp, böylece sonuç daha bilimsel ve daha doğru bir aralıkta elde edilmiş olmaktadır.

Kenan Yiğit ve Bora Acarkan'ın yaptığı çalışmada [46] liman şehirlerinde çevresel etkileri minimize etmek ve sürdürülebilir gemi işletimi açısından, enerji kullanım alışkanlığı geliştirmek için bir araştırma yapılmaktadır. Bu çalışma ile gelecekteki gemiler ve onların dizaynları için yeni elektrik enerjisi yönetim stratejileri ele alınmaktadır. Burada gemilerde kullanılan karışık enerji kaynakları; yenilenebilir enerji, enerji depolama, sahil güç bağlantıları ve gelecek için akıllı şebeke yardımı ile farklı deniz taşıtı yakıtlarının araştırılması üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada beş farklı durum çalışması yapılarak, dökme yük gemileri için ilgili parametreler dikkate alınmıştır. Bu çalışmaların sonucunda ekonomik ve çevresel etkiler açısından enerji yönetimi yaklaşımı gerçekleştirilmiştir. Böyle bir çalışma akıllı gemiler, yeşil limanlar, sürdürülebilir şehir konsepti gibi konularda katkı sağlayabilir.

Reza Alizade Evrin ve İbrahim Dinçer'in yaptıkları çalışmada [47] hidrojen yakıt bazlı birleşik enerji sistemi üzerinde durulmuştur. Sıvılaştırılmış hidrojen yakıtı

(SOFC) bazlı sistem ile buhardan yararlanarak, elektrik üretimi ve gemilere temiz su temini araştırılmıştır. Yakıt pilinden sonra ısı kazanı sisteminin oluşturduğu türbin ile hem geminin hareketi sağlanmakta, hem de geminin soğutma sistemleri çalıştırılmaktadır. Enerji ve ekserji performans değerlendirmelerini kapsayan yönteme göre, hem soğutma çevrimi hem de gemi motorunu hareket ettiren sistem yeralmaktadır.

Ayrıca bu sistemin verimliliği ve hidrojen yakıtlı motorun sera gazı emisyonlarını azaltmadaki etkisi parametrik olarak da durum çalışmasında incelenmiştir.

Yupeng Yuan ve diğerlerinin yaptığı çalışmada [48] enerji koruma ve emisyonları azaltma talebine uygun yenilenebilir enerji uygulamaları üzerinde durulmuştur. Birleştirilmiş ağa-bağımlı ya da bağımsız-tekil güneş sistemi dizayn edilmiştir ve bu sistemde akü enerji depolama sistemi kullanılarak, güç elde edilmiştir. Bu sistem bir güneş enerjisi üretim birimi, akü depolama sistemi, dizel üretici set, bağımlı ve bağımsız ağ, kontrol inverteri, akü yönetim sistemi ve enerji yönetim sistemi içermektedir.

Deneyimsel verilerin analizine göre, hibrid güneş enerji kullanımı teorik olarak yılda yakıt tüketimini %4 kadar azaltabilir ve karbondioksit emisyonlarını da %8,5 kadar azaltabilir. Hibrit güneş enerji sistemleri dizayn şeması uygulanarak, benzer gemi tipleri için ayrıştırılmış güç istasyonları ve mikro-ağ sistemlerinin kullanımı açısından kayda değer bir yol gösterici olmaktadır.

Yusuf Biçer ve İbrahim Dinçer'in yaptıkları çalışmada [43] iki potansiyel yakıt olarak hidrojen ve amonyağın, denizyolu ulaşım araçlarında ağır yakıtın yerine kullanılması incelenmektedir. Yakıt değişiminin çevre üzerine etkileri ve yatırım performansı farklı tip deniz araçlarının yaşam döngüsü analizi karşılaştırılmaktadır. Bu analizde yük ve tanker gemilerin üretimi, liman yapımı, işletimi, bakımı, limanın terk edilmesi, temiz yakıtın nakliyesi ve üretimi gibi tüm faktörler dikkate alınmıştır. Çeşitli çevresel etki kategorileri; örneğin global ısınma, limanda çökelme etkisi, suya olan etkileri, asitlik etkisi, ozon tabakasının zarar görmesi gibi etkiler incelenmiştir.

Karbonsuz yakıt (amonyak ve hidrojen) dikkate değer ölçüde işletme nedeniyle oluşan global ısınmayı azaltmaktadır, ayrıca çok sayıda alternatif yakıt üretim

metodu, çevreye olan etkiler açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda ortaya konmuştur ki, amonyağın okyanus tanker motorlarında kısmen kullanılması, geminin ömrü boyunca sera gazı emisyonlarını ton-km başına %27 oranında azaltırken, hidrojen kullanılması durumunda %40 oranında azaltmaktadır.

5.2 Gemilerde Enerji Verimliliğini Arttırmak ve Hava Kirliliğini Azaltmak İçin Uygulanabilir Yöntemler

Enerji tüketimini ve hava kirliliğini azaltmak için yöntemler genelde dört ana gruba ayrılmaktadır [49-51]:

1-Gemi tasarımı uygulamaları,
2-Sevk ve pervane sistemleri,
3-Makine teknolojisi,
4-Operasyon ve bakım-tutum.
Bu uygulamaların birbirlerine entegre edilmesi emisyonların düşürülmesi için oldukça olumlu sonuçlar doğurabilmektedir.

5.2.1 Gemi Tasarımı Uygulamaları

Gemi tasarımı aşamasında; gemilerin boyut, gövde, tonaj ve tahrik sistemi bölümlerinin gemi tipini dikkate alarak yakıt sarfiyatını en aza indirecek şekilde dizaynı gerekir. Bu uygulamalar gemi direncinin azaltılması ve böylece gemilerden kaynaklanan CO_2 gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlamaya yöneliktir.

Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu:
Gemilerin yapımında optimum uzunluk ve blok katsayısının belirlenip, uygulanmasının gemi direncine etkisi oldukça fazladır. Gemilerin tam uzunluğunun %10-15 oranında arttırılması, geminin güç ihtiyacını %9-10 oranında azaltıcı etki yapmaktadır.

Hafif Yapılı Gemilerin İnşası:
Gemi yapımında hafif malzeme kullanılması toplam gemi ağırlığını düşürebilmektedir. Mukavemeti azaltmadan alüminyum veya bazı hafif metallerle yapmak enerji verimliliğini arttırır. Gemilerde, yüksek mukavemetli malzeme kullanımıyla, çelik malzeme ağırlığı %5-20 oranında azaltılabilmektedir. Çelik

ağırlığının %20 oranında düşürülmesi, tahrik gücünde ortalama %9 oranında düşüş sağlar.

Gemi Boyutunun Büyütülmesi:

Gemilerin boyutları büyütülerek taşıma kapasiteleri arttırıldığında, aynı hızda taşıdığı yük başına daha az güç gerekmektedir. Fakat gemi boyutlarının büyük olması limanlarda bazı sıkıntılar oluşturabilir. İnşa edilen gemi boyutunun %10 büyütülmesi, enerji verimliliğini % 4-5 oranında artırmaktadır [52-54].

Balastı Azaltmak:

Balast kullanımını azaltmak geminin ağırlığını azaltarak direncininde azalmasına sebep olur. Aynı stabilitede yaklaşık 2750 ton balastın kalıcı bir şekilde azaltılması, her tip gemi için pervanenin üretmesi gereken gücü %7 oranında düşürmektedir.

Gemi Kıç Tarafı Tasarımı:

Gemi kıç tarafı pervane diskine eşit akışın yönlendirilmesini sağlamak için tasarlanmıştır (47). İyi bir tasarımla, pervane gücünün % 1.5-2 arasında düşürülmesi mümkün olmaktadır.

Gemi Gövdesindeki Pervane Boşluklarından Oluşan Direncin Minimize Edilmesi:

Baş itici pervane ve kinistin açıklıklarından akan suyun hızı çok yüksek olabilir. İyi tasarlanan bir sistem ve pervanelerin yerinin doğru seçilmesi, enerji verimliliğini % 5 oranında artırmaktadır.

Tekne Altını Hava Kabarcığı İle Yağlama:

Gemi teknesi üzerine etki eden direncin büyük kısmını deniz suyunun viskoz direnci oluşturmaktadır. Gemi hızının artmasna bağlı olarak bu direncin etkisi de artar. Sürtünme direncinin düşürülmesi için hava ile yağlama tekniği tüm gemiler için uygundur. Bu şekilde tankerlerde % 15, konteynerlerde %7.5 ve feribotlarda % 3.5 oranlarında enerji verimliliği sağlanabilmektedir [47].

Sevk ve Pervane Sistemleri:

Sevk ve pervane sistemleri, gemiye etki eden dirençleri karşılayarak, geminin istenen hızda hareketini sağlarlar. Sevk sistemlerinde verimliliğin arttırılması için bu hareketin yakıt tasarrufu açısından verimli bir şekilde sağlanması için önemlidir.

Ters Dönüşlü Pervanelerin İtici Tahrik Sistemi Olarak Kullanılması:

Ters dönüşlü pervane sistemleri, şaft üzerinde sıralı bulunan bir pervane çiftinin aynı anda ters yönde dönmesiyle oluşan pervane tasarımlarıdır. Ters dönüşlü pervane çiftinin kullanılmasıyla, gemiler için gerekli güç ihtiyacı % 10-15 civarında azalmaktadır [48].

Pervane-Tekne Etkileşimi Optimizasyonu:

Sabit hızda hareket eden bir geminin arkasında akım şartları, geminin geometrik özelliklerine göre değişim gösterir. Yapılan hesaplamalar sonucunda gemilerde pervanenin ve teknenin tekrar tasarlanması enerji verimliliği açısından performansı % 4 oranında etkilemektedir.

Geliştirilmiş Pervane Kanatları:

Geliştirilmiş pervane kanadı uygulamaları, pervane üzerinde kavitasyon etkisini azaltır ve sürtünmeye karşı direnci artırır. Geliştirilmiş pervane uygulamalarının enerji verimliliği üzerine etkisi yaklaşık %2 olarak belirlenmiştir [49].

Pervane Verimlilik Ölçümü:

Gemilerde pervanenin performans verileri ölçümü yapılmaktadır. Düzenek pervanenin suya karşı itme gücünü, pervane torkunu ve pervanenin su içindeki hızını ölçmektedir. Pervane verilerinin doğru bir şekilde ölçümü işletimde yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Bu yöntemin ortalama % 2 yakıt tasarrufu sağladığı görülmektedir.

Makine Teknolojisi:

Ana ve yardımcı makinelerin tükettiği yakıt miktarı geminin yakıt giderlerini etkileyen en önemli etkendir. Bununla ilgili yapılan enerji verimliliği uygulamaları diğerlerine göre daha kapsamlıdır, fakat daha büyük getiriler sağlamaktadır.

Gemilerde enerji verimliliğini arttırmak amacıyla uygulanabilir yöntemler;

Hibrit Yardımcı Güç Üretimi:

Hibrit yardımcı güç sistemi; bir yakıt hücresi, dizel jeneratör ve pilden oluşur. Bu yöntemin enerji verimliliği açısından % 2 pozitif etkisi olduğu gibi NO_X gazı salınımını %78 ve CO_2 gazı emisyonlarını % 30 oranında düşürdüğü görülmektedir [50- 55].

Yakıt Tipini Değiştirme:

Son zamanlarda gemilerde LNG yakıtın kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. LNG nin yakıt olarak kullanımı, yüksek sülfür ihtiva eden yakıtların kullanımına oranla atmosfere yayılan SOx emisyonlarının miktarını %90-95 oranında azaltır (11).

Aynı zamanda LNG atmosfere salınan CO_2 oranını gemi tipine, ana makine özelliklerine ve geminin yaşına göre yaklaşık olarak % 4-20 oranında düşürülebilmektedir (8,11). LNG nin yakıt olarak kullanılmasıyla emisyon oranlarındaki azalma miktarları, IMO'nun 2015 ten itibaren zorunlu olarak uygulamaya sokacağı Emisyon Kontrol Alanlarına (ECA) uygun hale gelebilecektir.

Atık Isıdan Enerji Geri Kazanımı:

Atık ısıdan geri kazanım tekniği, dizel motordan atılan egzoz gazlarının enerjisinden elektrik enerjisi elde etme yöntemidir. Egzozdan atık ısı kazanımı gemi ana makine gücünde % 15-20 oranında enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır.

Common Rail (Ortak Hat) Uygulaması:

Düşük oranda CO_2 ve SO_2 emisyonları elde etmek için uygulanan bir yöntemdir. Gemilerde enerji verimliliğine etkisi yaklaşık %1 oranındadır [57].

Gemilerde Güç Yönetimi Uygulaması:

Mekanik ve elektrik sistemlerinin optimize olarak işletilmesinin yakıt tüketimini azaltmaya etkisi vardır. Bu sistemleri düşük yüklerde çalıştırmak motor verimini pratik şekilde % 10-15 oranında arttırabilir.

Isı yalıtımlarının sağlanması enerji verimliliği açısından önemli kazanım sağlar. Bu yöntemlerin uygulanmasıyla sağlanan verimli bir güç yönetimi sistemi gemilerde yaklaşık %5 oranında yakıt tasarrufu meydana getirir.

Soğutma Suyu Pompaları ve Hız Kontrolü Uygulaması:

Ana makine soğutma suyu devrelerinde çok sayıda pompa bulunur. Pompaların değişken hızlarda çalıştırılması, operasyon için gerekli ihtiyaca göre optimize edilmesiyle genel enerji verimliliği ortalama %1 oranında artış elde edilir [57].

Otomasyon Sistemleri:

Gemilere otomasyon kontrollü sistemlerin uygulanması yakıt tüketimini ve CO_2 emisyonlarını azaltır. Bu sistem içindeki veriler yardımıyla, gemi sistemlerindeki

verim ve performans için ileri düzeyde izleme ve kontrol imkanı elde edilir. Bu yöntemin uygulanmasıyla güç üreten sistemler, pervane üzerinde oluşacak itme kuvveti için gerekli optimum güç dağılımını düzenlemektedir. Ana makinenin optimum kontrolü, enerji üretimi ve dağıtımının optimizasyonu, otomasyon sistemleriyle itici sistem ve balast suyu kontrolü yaklaşık %10 oranında yakıt tasarrufu sağlayabilmektedir.

Operasyon ve Bakım-Tutum:

Operasyonel ve bakım-tutum uygulamaları genel olarak; kurumların temizlenmesi, gövde ve pervane temizliği, hava koşullarına göre geliştirilmiş seyir planları oluşturma gibi yöntemleri kapsar. Ayrıca optimize gemi trimi, seyir performans ölçütleri ve raporlama, operasyon süreleri, gemi hızının düşürülmesi, tekne yüzeyi kaplama gibi işlemler de dahildir [58].

Yakıt ve Katkı Maddeleri:

Ana makine sistemlerinin verimliliği Turboşarjer ve egzoz kazanlarının temiz tutulmasıyla yüksek kalır. Bu sistemlerin temiz tutulmasıyla egzoz devrelerinde kurum oluşması azaltılmakta ve yakıt tüketimi de azalmaktadır. Bu tür bakım-tutum uygulaması gemilerde %2 oranında yakıt tasarrufu sağlamaktadır [59].

Limanlarda Operasyon Sürelerinin Düşürülmesi:

Limanlarda gemilerin yanaşma ve ayrılma operasyonlarını hızlı bir şekilde gerçekleştirmesi, zaman kazancı sağlar. Tarifeli çalışan feribot ve konteyner tipi gemiler için yakıt tüketimi açısından avantajlıdır. Limanda 2 saatlik bir feribot operasyon süresini 10 dakika düşürmek %3 oranında, 20 dakika düşürmek %7 ve 30 dakika düşürmek %10 oranında yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Ortalama olarak limandaki sürenin 30 dakika düşürülmesi % 10 oranında enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır.

Pervane Yüzeyi Temizleme/Parlatma:

Pervane yüzeyine dalgıçlar tarafından uygulanacak temizleme ve parlatma, organizmalar tarafından kirlenmeyi ve yüzey pürüzlülüğünü gidermek için önemli bir işlemdir. Pervane yüzeyini parlatma işlemi gemideki operasyon düzenini bozmadan yapılabilir. Parlatılmış bir pervane yüzeyi kirlenmiş veya pürüzlü bir

yüzeyle karşılaştırıldığında %10 enerji verimliliği ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır [60].

Tekne Yüzeyini Kaplama:

Gemilere modern kaplamalarla suyla olan sürtünme azaltılabilmektedir. Genellikle suyla olan dirençlerin % 50-80 lik bir kısmını sürtünme oluşturmaktadır. Modern kaplama ve kuru havuzlama periyodu sonunda 48 aylık periyotta eski tip gövde kaplama yöntemleriyle karşılaştırıldığında; tanker gemide %9, konteyner gemisnde % 9, ro-ro da % 5 ve feribotda % 3 oranında yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Ortalama olarak modern gövde kaplama yöntemleri % 5 oranında bir enerji verimliliği sağlayabilir [61].

Makinelerde Yük Optimizasyonu:

Makineler maksimum yükün % 80-90 nında çalıştırıldıklarında verim oldukça artar. (10). Bir adet jeneratör bütün yükü yalnız karşılayabiliyorsa, diğer jeneratör devreden çıkarılmalıdır. % 80 yüklü jeneratörün karşılayabileceği bir yük için iki dizel jeneratör yükü % 40'ar paylaşacak şekilde çalıştırılırsa yaklaşık % 30 daha fazla yakıt tüketimi meydana gelmektedir. Makine sistemlerine ayarlama yapılması durumunda da %4 oranında yakıt tasarrufu sağlar [62].

Gemi Hızının Düşürülmesi:

Kargo taşıma zamanıyla, gemi hızının uygun optimizasyonu hem yakıt tasarrufu açısından hem de operasyonun verimi açısından iyi sonuçlar verebilmektedir [63].

Genel olarak gemilerin hızları;

-0.5 knot düşürüldüğü zaman %7
-1.0 knot düşürüldüğü zaman %11
-2.0 knot düşürüldüğü zaman %17
-3.0 knot düşürüldüğü zaman %23
Oranlarında enerji verimliliği açısından kazanım gerçekleşmektedir.

Seyir Planlama- Hava Koşulları:

Gemilerde seyir planlaması yapılırken amaç limana en hızlı, en kısa yoldan ulaşmak olmalıdır. Seyir planları yapılırken bölgedeki rüzgar, akıntı ve dalga koşullarına göre bir optimizasyon yapmak en uygunudur. Uygun seyir planlarıyla yaklaşık % 10 enerji verimliliği sağlanabilmektedir (63, 64)

Gemi Trimi:

Optimum trim sağlanırken gövde formu genellikle hıza ve drafta bağlıdır. Uygun trim koşulları yük ve tank konumlarının tekrar düzenlenmesi ile sağlanmalıdır. Optimum trim geminin ihtiyacı olan gücü düşürebilir. Genel olarak gemilere uygulanan bu yöntemle % 5 oranında enerji verimliliği sağlanır [65].

Otopilot Ayarları:

Bu uygulama ile enerji verimliliği sağlayabilmek için, seyir yolunun en kısa zamanda alınması, yolun en dik şekilde veya rotanın izlenmasi gerekir. Serdümen kullanarak yapılan seyirde serdümenin tecrübesi, gece ve gündüz farklılığı, hava şartları, yorgunluk ve benzeri etkiler dümen kullanmayı da birbirinden farklı hale getirir. Dümen kullanımının azaltılması ve doğru parametrelerin bulunması gemilerde enerji verimini artırmada yaklaşık % 4 oranında etkilidir [66].

Planlı Bakım Tutum:

Belirlenmiş periyotlarda makine ve sistemler kontrol edilerek ölçümler yapılır. Makinede yapılan bakımlarda toleransları aşan parça varsa bunlar yeni parçayla değiştirilir. Planlı bakım-tutum operasyonları, optimum makine performansı sağlayarak yakıt tüketimini ortalama % 5 oranında düşürmektedir [65].

Gemi Tekne Temizliği:

Tekne yüzeyinin sakal tutması sonucunda geminin direnci kısmen artmaktadır. Gerekli sıklıkta uygulanan tekne temizliği ile birlikte sürtünme azaltılabilir. Sürtünmenin azaltılması da enerji ihtiyacını azaltacaktır. Yakıt tüketimine yaklaşık etkisinin; Tankerlerde %3, konteynerlerde %2, ro-ro da %2, feribotlarda %2 oranında olabilceği belirtilmektedir. Ortalama olarak enerji verimliliğine katkısı % 3 oranındadır. Tüm önlemlerin beklenen azaltma etkileri Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1 Emisyon ve yakıt azaltma yöntemleri ve etkileri [57]

Uygulanabilir Yöntem	**Oran %**
Gemi boyutunun büyütülmesi	4-10

Tablo 5.1 Emisyon ve yakıt azaltma yöntemleri ve etkileri (devamı) [57]

Balast azaltmak	7-10
Hafif yapılı gemilerin inşaatı	5-9
Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	9-10
Trim önleme kanatları	4
Gemi kıçkapağı uzatılması	3-7
Şaft hattı ayarlama	2
Skeg şekli ve gemi kıç tarafı	2
Pervane boşluklarından oluşan direncin azaltılması	5
Gövde altının hava kabarcıkları ile kaplanması	3,5-15
Kıç itici tasarımı	8-10
CRP sistemi	10-15
Pervane-gövde etkileşimi	4
Geliştirilmiş pervane kanatları	2
Pervane-dümen kombinasyonları	4
Sabit ve değişken hızlı operasyon	5
Rüzgar enerjisi	8,5-21
Rüzgar gücü ve fletner	30
Pervane verimlilik	2-4
Hibrit sistemler	30
Elektrikli dizel motor	20-30

Tablo 5.1 Emisyon ve yakıt azaltma yöntemleri ve etkileri (devamı) [57]

CODED makine	4
Elektrik devreleri kayıp azaltma	2
Değişken hızda elektrik	5-10
LNG yakıt	4-20
Atık ısıdan geri kazanım	10-20
Ortak hat	1
Güneş enerjisi	4
Soğutma suyu pompaları ve hızı	1
Otomasyon sistemleri	5-10
Yakıt ve katkı maddeleri	2
Limanda operasyon süresinin azaltılması	10
Pervane yüzeyi temizleme-parlatma	10
Tekne yüzey kaplama	3-9
Makine operasonlarında yük azaltma	4
Hız azaltma (3.0knot)	23
Seyir planlama	10
Gemi trimi	5
Oto pilot ayarları	4
Enerji verimliliği sağlama farkındalığı	10
Koşul bazlı bakım-tutum	5
Tekne altı temizliği	2-3

Bu uygulamalardan gemi tipine ve amaca bağlı olarak uygun olanlarının hayata geçirilmesi enerji sarfiyatını ve emisyonları azaltacaktır.

5.3 Yapılan Çalışmalara/Uygulamalara İlişkin Görüşler ve Bazı Önemli Hususlar

Gemilerden atmosfore salınan sera gazı emisyonlarının azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin yeni düzenlemelerde şu hususlara özellikle dikkat etmek gerekir;

Bunların içinde bir taraftan bazı bölgelerde (ECA/SECA) SO_X ve NO_X miktarını azaltmak için temiz yakıt kullanılması belli bir takvim dahilinde şart koşulmaktadır. Yakıt enerji verimliliği kuralları SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) ve EEDI (Energy Efficiency Design Index) de aynı zamanda uygulamaya konmuştur [65].

Altetnatif temiz yeni deniz yakıtları kullanılması için mesela Fuel oil yerine LNG ye geçilmesi, SO_X'ı istenilen limite indirmek için yakıt değiştirme ya da scrubber konulması veya distile fuele geçilmesi veya SO_X içeriğiuhtevası düşük yakıt kullanılması gerekir. Bunun için de gemide bazı değişikliklerin uygulanma zorunluluğu vardır.

Gemilerde yapılması gerekli tadilatların ve yeniliklerin gemilerde ne gibi etkilerinin olacağı, çok fazla netleşmemiştir. Deniz suyu ile çalışan açık scrubberlar deniz kirliliği oluşturur. Kapalı scrubberlar ise NO_X'i azaltır, kullanılan üre ve vibrasyon, personeli de rahatsız eder. Yine gemiye sonradan uygulanan scrubberlar yükleme kapasitesi azlaltır. Aynı zamanda stabilite ve denge sorunu oluşturmaktadır.

Bu gibi nedenlerle methanol gibi daha sorunsuz yakıt kullanılmakta veya 'cold ironing' denilen uygulamada elektrik enerjisinin piller vasıtası ile ya da sahilden ikmal vasıtası ile kullanılması sözkonusudur. Ayrıca bu konuda çalışan firmalar için iş yaratırken, bunların montajı ve tesisi de tersaneler için kısmen iş imkanı sağlar.

Türkiye olarak bu gelişmelere dayalı pastadan pay almamız gerekmektedir. Özel alanlar olarak tanımlanan bölgelere değişikliğe gidilmemiş gemiler gidemeyecektir.

2015 yılının ortalarında verilen siparişlerin çoğu da Tier III'e geçmeden Tier II kapsamında kalmak için son şans olarak yapılmıştır [66].

Her 5 yılda gemilerden salınan CO_2'i (ton-mil başına karbondioksit gramını) önce %10 azaltarak, 2025 de %30 kadar azaltma amaçlanmıştır. Bunun için de gemilerden salınan CO_2 ve diğer Sera gazı emisyonları kontrolü için (Energy Efficiency Design Index-EEDI) uygulamaya konmuştur. EEDI yeni inşa edilen gemiler için uygulanan bir yöntemdir.

Mevcut gemiler için ise SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) ve EEOI (Energy Efficient Operational Index) uygulanmaktadır. Burada enerji verimliliği için daha geniş bir işbirliği sağlanması, Sera Gazı Emisyonlarının azaltılmaı amaçlanır.

SEEMP gemiler için özel bir plan olup, 4 etkin safhada uygulanmaktadır [69-75];

- Planlama
- Uygulama
- Kontrol
- Değerlendirme ve geliştirme.

SEEMPnin odaklandığı diğer alan, operasyonel etkinliği artırarak ve bu suretle kullanılan yakıt miktarını düşürerek gemilerden Sera Gazı emisyonlarının (GHG-Greenhouse Gases) salımının azaltılmasıdır.

SEEMP altında gemilerin etkin bir şekilde işletilmesi için aşağıdaki önlemler alınmaktadır;

- Hız optimizasyonu,
- En uygun hava koşullarının sağlandığı rota seçimi,
- Teknenin kontrolü ve bakımının yapılması,

Diğer önlemler olarak;

Düzgünlüğü bozan nedenlerin kaldırılması önemlidir. Gemideki deformasyonlar ve sakallanma gemide 2-3 knot'a kadar hız düşmesine ve daha fazla yakıt yakılmasına yol açabilmektedir.

Uygun kargo işletimi önemlidir. Kapasitenin iyi kullanılması ölçüsünde, birim işe yani yük başına düşen enerji ve sera gazı miktarı o kadar düşer.

Limanlardaki planlama içinde artık emniyet, iş güvenliği ve çevre kirliliği yaratmamanın da dikkate alınması önemlidir. Limanlarda gemiler hızlı şekilde yüklenip boşaltılırsa, gaz emisyonlarında azalma olacaktır. Ekonomik, kullanıcı ve çevre dostu yükleme ve tahliye araç ve gereçlerinin kullanılması da bu program kapsamında yer almalıdır.

Elektrik Güç Yönetimi; SEEMP kara personeli tarafından gemilerden ve makine dairesi seyir defteri bilgileri ve ORB ve diğer gemi kayıt ve dökümanlarının sağlanması ile, enerji verimliliğinin kontrolü ve yakıt tüketiminin azaltılmasıdır. Çevre kirliliğinin en önemli ve etkin yoludur. Gemi dizaynında değişiklik hava direncini azaltarak yakıt tasarrufu sağlamaya yardımcı olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi) kullanılması da bir gelişmedir [64- 66].

En önemli noktalardan biri LNG'nin kullanımı hususundaki belirsizliklerdir. LNG fiyat olarak ağır yakıt-HFOya göre daha ucuzdur, ancak bu alternatif yakıtın kullanılmasında aşağıdaki netleşmemiş problemler bulunmaktadır;

- Yeterli LNG üretimi ve dağıtımı,
- LNG'nin kalitesi,
- Yaygın ikmal imkanlarındaki sıkıntılar,
- Karadan tesisten ikmal, karadan tanker ile ikmal, denizden gemiden ikmal standart ve prosedürlerinin tesis edilmesi ve tekdüzeleştirilmesi problemi,
- Bu ikmallerde kullanılacak ekipmanların standartları,
- İkmalin ne zaman yapılıp ne zaman yapılmayacağı; yolcu indirilip bindirilirken, araç ya da yük yüklenip boşaltılırken, bu işlemin yapılıp yapılmayacağının netleştirilmesi,
- İkmal bakımından emniyetli mesafe gerekliliği,
- Gemideki LNG tanklarının kısa mesafeli taşımalarda Norveç'in talebi ile maksimum 48 saatlik kullanım ile sınırlı olması gibi, bu konuda IMO'ya müracaatta bulunmuştur.

Methanol Kullanımı

Methanol, LNGnin birçok dezavantajını yok etmektedir. Bu yakıt, temiz bir yakıt türü olarak, düşük maliyetli bir alternatif oluşturmaktadır. Deniz taşımacılığında

uluslararası ve bölgesel güvenlik, emniyet ve çevre kirliliğini azaltma kuralları diğer hususlar ile SO_X, NO_X, CO_2 ve partikülleri düşürmeyi amaçlamaktadır.

Methanolun temiz bir yakıt olması atmosfere salınan egzos içinde bu gibi zararlı unsurların yani sera gazı emisyonlarının olmaması ya da çok az olması bakımından önem taşımaktadır. Daha az maliyetli ve basit alt yapı elemanları ve küçük değişimlerle ile limanlardan bu yakıtın ikmali gerçekleştirilebilmektedir [83-85]. Bu deniz yakıtında SO_X %99, NO_X %60, partiküller %95 oranında düşmektedir, bu da ECA bölgesi taleplerini yeterince iyi bir şekilde karşılamaktadır. Bunda öncülük yapan; piyasadan gerekli menfaati sağlayabilecektir.

Elektrik Kullanımı

Dizel elektrik sistemleri motorların yüklenmesini optimize ederek, yakıt tüketimini ve emisyonu düşürebilmektedir. Bu sistemler offshore, romorkör ve yolcu gemileri sektöründe çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şarj edilmiş pil ile çalışan gemiler; Gemilerde ana makinelerde kullanılacak enerji bakımından giderek yaygın bir şekilde kullanılacak olan yöntem, elektrik enerjisinin gemilerde şarj edilebilir pillerden elde edilmesi yani ''cold ironing'' yöntemi olacaktır. Genellikle bu pillerin limanlarda ve/veya ECA Bölgesinde kullanılması cazip olurken, kısa mesafelerde kullanılan küçük ferry'ler için bu yolla tüm sevk sistemlerinde elektrik kullanılmasının fizibıl olduğu ortaya çıkmıştır.

Söz konusu elektrik enerjisi ikmalini sağlayacak küçük ''batarya gemileri'' henüz yeni gündeme gelmiştir, mevcut uygulama sahilde bataryaların ya da gemiye elektrik ikmali sağlayacak olan tesislerin inşaatı şeklindedir. Türkiye bunları üretebilecek teknik kapasiteye sahip bulunmaktadır.

Yakıtta yalnızca viskozite değerinin yeterli olmadığı, yakıtın diğer özelliklerinin de önemli olduğu anlaşılmıştır, ISO çalışma grubu 1987 yılında deniz yakıtları için ilk uluslararası yakıt standardını yayınlamıştır.

ISO 8217'nin son revizyonu 2005'de yayınlanmıştır ve şu anda birçok yakıt alıcısı, yakıtını ISO 8217 2005 standartlarına göre sipariş etmektedir [67].

6
EMİSYON MİKTARLARININ VE AZALTMA OLANAKLARININ SAMSUN LİMANLARI İÇİN İNCELENMESİ

Türkiye'de Karadeniz, Ege, Marmara ve Akdeniz gibi birçok deniz ve denizyolu bulunmasına rağmen, diğer taşıma türleriyle karşılaştırıldığında, denizyollarından faydalanma oranı oldukça düşüktür. Türk limanlarının çoğunluğu Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır ancak, denize kıyısı olan diğer şehirlerin de denizyolları açısından stratejik önemi bulunmaktadır. Samsun bu şehirlerden biri olup, denizyolu taşımacılığı için büyük potansiyele sahiptir.

Bu çalışmada, önce Ülkemizde ve Karadeniz Bölgesinde Samsun limanının sıralamadaki yeri araştırılmıştır. Gelen gemi sayıları, ithalat ve ihracat miktarları ve Türk limanlarına gelen gemi sayısı istatistikler incelendiğinde Karadeniz Bölgesinde 1. sırada ülkemizde 9. sırada yer almaktadır. Bu limanın Türk limanları arasında %4 ithalat ve %1.5 ihracat hacmi payı bulunmaktadır. Karadeniz bölgesi içinde en önemli fakat fazla hava kirliliği oluşturan bir limandır ve yük gemilerinin oranı yüksektir. Bu nedenle çalışmanın devamında yük gemilerinin oluşturduğu emisyonların yıllık miktarı iki farklı yaklaşımla incelenerek, devamında enerji tüketimini ve emisyonları azaltan uygulamaların oluşturacağı azaltmalar irdelenmektedir.

6.1 İncelenen Samsun Limanı'nın Genel Özellikleri

Samsun İli yeryüzü şekilleri bakımından üç ayrı özellik gösterir. Birincisi güneyindeki dağlık kesim, ikincisi dağlık kesimle aynı kıyı şeridi arasında kalan yaylalar, üçüncüsü yaylalarla Karadeniz arasındaki kıyı ovalarıdır.

Bu ilde yeralan Samsun Limanı deniz hinterlandı Gürcistan'ın Batum, Poti, Suchumi limanları; Rusya'nın Soçi, Tuapse, Novorossiysk, Azak denizinde Azov, Taganrog, Jdanov, Yalta, Berdyansk, Geniçesk, Kırımda Kız-Oğul, Feodosiya, Yalta, Todor,

Sivastopol, Yevpatorskiy, Ukraynada Nikolayev, Odesa, İliçhevski, Romanyada Konstanta, Bulgaristan'da Varna Limanları ile deniz taşımacılığı yapmaktadır.

Samsun limanları (Samsunport, Yeşilyurt, Toros) içinde Samsunport en büyük olanıdır. Samsun Limanı Türkiye'nin Karadeniz Bölgesindeki en büyük limanıdır. Ayrıca Karadenizde demiryolu bağlantısı olan tek limandır. Geniş bir hinterlanda sahip olup, Anadolu'dan gelen ve Anadolu'ya gidecek olan yüklerin uğrak noktasıdır. Samsun, demiryolu ve karayolu bağlantısı ile Sinop, Çorum, Amasya, Ordu, Sivas, Erzincan, Yozgat, Tokat, Kastamonu, Ankara, Kırşehir, Kayseri, Niğde, Konya, Malatya illerini hinterlandı içine almaktadır.

Karadeniz Havzası coğrafi konumu itibari ile 'Pan-Avrupa Ulaşım Alanı' içerisinde kalmaktadır. Bu ulaşım alanı Karadenize komşu olan ülkeleri birbiriyle bağladığı gibi Pan-Avrupa ulaşım koridoru ile Merkez ve Doğu Avrupa Ülkeleri'ne TRACECA koridoru ile Kafkas kanalını Merkez Asaya'ya ve Akdeniz Pan-Avrupa ulaşım alanını bölgeye bağlayan niteliktedir.

Karadeniz'de en fazla konteyner elleçlenen limandır. Toros ve Yeşilyurt Limanları'nın Samsun Limanı'ndan daha fazla su kesimine sahiptir. Daha büyük tonajlı gemilerin yanaşmasına olanak sağlarken, iskele operasyonlarını yürütmek için yeterli alana sahip değildir. Samsun Limanı ise mendirekli ve Yeşilyurt ve Toros iskelelerine göre korunaklı bir limandır. Yeşilyurt ve Toros Limanlarının organize sanayi bölgelerine yakın olması bunlar açısından avantajdır. Türkiyenin lojistik üs olması Asya ve Kafkasya bölgesinden ticaretin kontrolünde Samsun Limanı'nın stratejik olarak yönetilmesi önemlidir [67].

6.2 Samsun Limanı'nın Ülkemiz Denizyolu Yük Taşımacılığındaki Önemi

Marmara Bölgesi, deniz ticareti için en işlek alandır. Karadeniz, Ege ve Akdeniz günümüzde gelişmekte olan diğer bölgelerdir. Bu bağlamda, Karadeniz Bölgesi'nin deniz ticareti için gelecekteki potansiyelini incelemek amacıyla Karadeniz Bölgesi'nin en büyük limanı olan Samsun Limanı araştırılmıştır. Öte yandan Karadeniz İstanbul Boğazı ile Marmara Denizi'ne, Marmara Denizi Çanakkale Boğazı ile Ege Denizi'ne bağlıdır.

Samsun limanı, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır, coğrafi konum olarak önemli bir limandır. 1944 yılında açılmış ve 2010 yılında özel mülk sahipleri tarafından faaliyete başlamıştır. Liman, Karadeniz'de demiryolu bağlantısı olan tek uluslararası limandır.

Samsun limanı genel kargo, konteyner ve Ro-Ro tesisleri ile çok amaçlıdır. Samsun limanı, Karadeniz'in en büyük limanıdır ve geniş bir hinterlandı vardır ve Anadolu'ya/ Anadolu'dan gelen malların buluşma noktasıdır. Samsun limanı hinterlandında demiryolu ve karayolu bağlantıları ile aşağıdaki şehirleri kapsamaktadır; Sinop, Çorum, Amasya, Ordu, Sivas, Erzincan, Yozgat, Tokat, Kastamonu, Ankara, Kırşehir, Kayseri, Niğde, Konya, Malatya. Limanlar, sadece deniz kenarında değil, kara tarafında da birbirleriyle rekabet halindedir. Liman hinterlandının genişlemesi modern limanlar için de önemlidir. Aynı zamanda Türkiye'nin önemli transit limanlarından biridir ve Orta Avrupa, Balkanlar ve Rusya arasında Orta Doğu ve Orta Asya ülkelerine kombine denizyolu-demiryolu taşımacılığı için merkezi bir konuma sahiptir.

Samsun, Kızılırmak ile Yeşilırmak Nehri arasında yer alır ve Karadeniz ülkeleri ile ticaret ve deniz taşımacılığı için gelişen diğer potansiyel ülkeler arasında önemli bir ticaret kentidir. Samsun limanı ihracat, ithalat kargoları ve transit deniz trafiğine hizmet vermektedir.

Diğer yandan Samsun limanı, Ren-Main-Tuna nehri ve Karadeniz'e rağmen kıta Avrupa'sından Orta Doğu ülkelerine varış yapan yükler için ideal bir konumdadır. Limanlar dünya ekonomisi ve ticaretin kalbi için yüzyıllar boyunca önemlidir. Değerli ürünler veya daha az değerli ancak yüksek miktarda mallar limanlardan geçer. Araştırma kapsamında önce 2019 yılı için istatistiksel inceleme yapılmış ve en yoğun çalışan 10 liman dikkate alınarak, Türk limanlarına gelen gemilere ait bilgiler Tablo 6.1 a.b.c' de verilmiştir [67].

Tablo 6.1.a Türk Limanlarında Yükleme İşlemi Gören Gemi Sayısı [67]

	Liman Başkanlığı	Yükleme						
		İhracat				Kabotaj Yükleme	Transit Yükleme	Toplam Yükleme
		Türk Bayraklı	Kendi Ülke Bayraklı	Diğer Ülke Bayraklı	Toplam			
1	Kocaeli	1,705,468	556,816	19,198,955	21,461,239	5,131,272	749,911	27,342,422
2	Botaş	328,037	35,321	4,105,230	4,468,588	1,493,535	52,775,652	58,737,775
3	Aliağa	1,001,827	760,497	19,244,478	21,006,802	5,555,142	18,570	26,580,514
4	İskenderun	437,270	569,902	15,538,761	16,545,933	5,165,239	445,829	22,157,001
5	Mersin	1,167,536	900,615	13,754,809	15,822,960	248,276	344,984	16,416,220
6	Ambarlı	1,864,013	215,547	8,979,728	11,059,288	1,009,006	5,056,243	17,124,537
7	Tekirdağ	81,444	35,690	2,618,532	2,735,666	748,152	5,396,973	8,880,791
8	Gemlik	723,842	337,097	4,463,494	5,524,433	1,405,111	12,536	6,942,080
9	Karabiga	334,420	16,103	1,667,125	2,017,648	496,783	0	2,514,431
10	Samsun	73,205	3,019	1,650,105	1,726,329	979,111	0	2,705,440

Türk bayraklı, kendi ülke bayraklı ve yabancı bayraklı gemilerin yükleme değerlerine bakıldığında 2 705 440 yükleme işlemi olup, buna göre Samsun limanı ülkemizde 9. sırada yeralmaktadır.

Tablo 6.1.b Türk Limanlarında Boşaltma işlemi Gören Gemi Sayısı [67].

	Liman Başkanlığı	Boşaltma						
		İthalat				Kabotaj Boşaltma	Transit Boşaltma	Toplam Boşaltma
		Türk Bayraklı	Kendi Ülke Bayraklı	Diğer Ülke Bayraklı	Toplam			
1	Kocaeli	2,794,796	2,584,555	33,736,767	39,116,118	5,488,419	249,456	44,853,993
2	Botaş	340,199	55,359	5,484,871	5,880,429	2,298,967	27,873	8,207,269
3	Aliağa	2,373,882	1,757,453	33,650,098	37,781,433	1,416,726	20,389	39,218,548
4	İskenderun	1,617,028	416,967	36,211,698	38,245,693	1,359,879	405,140	40,010,712
5	Mersin	1,076,313	519,226	17,410,021	19,005,560	785,780	166,143	19,957,483
6	Ambarlı	1,001,050	317,895	10,152,922	11,471,867	1,577,790	4,475,290	17,524,947
7	Tekirdağ	458,611	2,805,559	10,229,443	13,493,613	2,913,874	4,645,699	21,053,186
8	Gemlik	637,306	289,360	4,790,126	5,716,792	1,238,166	11,314	6,966,272
9	Karabiga	60,048	20,912	9,742,099	9,823,059	632,498	0	10,455,557
10	Samsun	548,594	1,106,427	5,762,859	7,417,880	1,027,676	0	8,445,556

Türk bayraklı, kendi ülke bayraklı ve yabancı bayraklı gemilerin boşaltma değerlerine bakıldığında 8 445 556 boşaltma işlemi olup, buna göre Samsun limanı ülkemizde 8. sırada yeralmaktadır.

Tablo 6.1.c Türk Limanlarında Elleçleme işlemi Gören Gemi Sayısı [68]

	Liman Başkanlığı	TOPLAM						
		Toplam İthalat - İhracat				Toplam Kabotaj	Toplam Transit	Toplam Elleçleme
		Türk Bayraklı	Kendi Ülke Bayraklı	Diğer Ülke Bayraklı	Toplam			
1	Kocaeli	4,500,264	3,141,371	52,935,722	60,577,357	10,619,691	999,367	72,196,415
2	Botaş	668,236	90,680	9,590,101	10,349,017	3,792,502	52,803,525	66,945,044
3	Aliağa	3,375,709	2,517,950	52,894,576	58,788,235	6,971,868	38,959	65,799,062
4	İskenderun	2,054,298	986,869	51,750,459	54,791,626	6,525,118	850,969	62,167,713
5	Mersin	2,243,849	1,419,841	31,164,830	34,828,520	1,034,056	511,127	36,373,703
6	Ambarlı	2,865,063	533,442	19,132,650	22,531,155	2,586,796	9,531,533	34,649,484
7	Tekirdağ	540,055	2,841,249	12,847,975	16,229,279	3,662,026	10,042,672	29,933,977
8	Gemlik	1 361,148	626,457	9,253,620	11,241,225	2,643,277	23,850	13,908,352
9	Karabiga	394,468	37,015	11,409,224	11,840,707	1,129,281	0	12,969,988
10	Samsun	621,799	1,109,446	7,412,964	9,144,209	2,006,787	0	11,150,996

Türk bayraklı, kendi ülke bayraklı ve yabancı bayraklı gemilerin elleçleme değerlerine bakıldığında 11 150 996 elleçleme işlemi olup, buna göre Samsun limanı ülkemizde 10. sırada yeralmaktadır. 2004-2017 yılları arasındaki değişimi görmek açısından, Samsun limanının toplam ihracat ve ithalat tonajları, kabotaj ve toplam yükleme ve boşaltma değerleri ton cinsinden Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2 Samsun Limanı Yıllara Göre İhracat-İthalat Değerleri [68].

	Toplam İhracat (Ton)	Kobataj Yükleme (Ton)	Toplam Yükleme (Ton)	Toplam İthalat (Ton)	Kobataj Boşaltma (Ton)	Toplam Boşaltma (Ton)	Toplam Elleçleme (Ton)
2004	126,215	341,200	467,415	2,616,846	266,389	2,883,235	3,350,650
2005	99,485	304,091	403,576	2,442,485	335,525	2,778,010	3,181,586
2006	263,298	31,430	294,728	3,666,010	385,418	4,051,428	4,346,156
2007	420,102	66,900	487,002	4,769,947	492,265	5,262,212	5,749,214
2008	942,772	305,112	1,247,884	4,651,198	575,647	5,226,845	6,474,729
2009	1,112,313	141,635	1,253,948	4,933,202	501,786	5,437,658	6,691,606
2010	1,336,090	44,639	1,380,729	5,218,767	682,611	5,901,378	7,282,107
2011	1,270,572	283,990	1,560,763	5,764,789	944,765	6,709,554	8,270,317
2012	1,150,458	775,457	1,925,915	6,089,038	895,473	6,984,511	8,910,426
2013	966,440	898,894	1,865,334	6,298,324	1,388,555	7,686,879	9,552,213
2014	1,126,353	937,771	2,074,124	6,618,523	665,987	7,284,510	9,358,634
2015	1,144,986	949,317	2,094,303	6,896,842	785,417	7,682,259	9,776,562
2016	748,768	996,499	1,745,267	7,458,588	799,977	8,258,565	10,003,832
2017	1,388,880	1,049,747	2,438,627	8,911,006	975,450	9,886,456	12,325,083
2018	1,902,877	1,304,187	3,207,064	7,809,921	830,553	8,640,474	11,847,538
2019	1,726,329	979,111	2,705,440	7,417,880	1,027,676	8,445,556	11,150,996

İncelenen 14 yıllık süre aralığında, Samsun limanının toplam ihracat ve ithalat, kabotaj ve toplam yükleme ve boşaltma tonajlarının giderek arttığı görülmektedir. Gelecekte de bu değerlerde artış beklenmektedir. Deniz taşımacılığının yük taşımacılıktaki payının artması oldukça önemli ve gereklidir. Bu yüklerin karayolu ile taşınması taşımacılıktaki payı yüksek olan karayolunu zorlamaktadır.

Ancak gemi sayıları ve taşınan yük miktarları artarken, çevreye zarar vermemek ve çevreye duyarlı işletim yapmak, giderek önem kazanmaktadır. Bu konuda dünyadaki gelişmelere ülkemizin de uyum sağlaması gerekmektedir. Çalışmada önce bu liman için hava kirletici emisyonların belirlenmesi üzerinde durulacak ve bunları en aza indirmek için etkili yöntemler ve azaltma oranları incelenecektir.

6.3 Yük Gemilerinde Emisyon Belirleme Yöntemleri ve Uygulanması

Çalışmada Samsun limanlarında yük gemilerinin sayı ve tonajlarının ardından oluşturdukları yıllık emisyon miktarları belirlenmiştir. Gemi kaynaklı hava kirliliğini oluşturan emisyonları belirlemek için; 'Trozzi-Vaccaro Yöntemi', 'Gemi Direnci Yaklaşımı Yöntemi', 'Emisyon Tahmin Yöntemi', 'Gemi Aktivitesi Yöntemi' gibi yöntemler kullanılabilmektedir [69- 72]. Bu yöntemlerin kullanıldığı uzmanlık tezleri, yüksek lisans tezleri ve makale çalışmaları bulunmaktadır.

M. S. Çevirgen 2009'da yaptığı çalışmada 'İstanbul'da Denizyolu Ulaşımının Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi'ni incelemiştir. Trozzi-Vaccaro Yöntemi ve Gemi Direnci Yaklaşımı Yöntemini kullanarak Boğaz geçişine düşen CO_2 emisyonlarını ve gemi türüne göre oranlarını belirlemiştir [73].

O. F. Uçar 2014 yılında yaptığı çalışmada 'Samsun Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri' başlıklı çalışmasında, gemi aktivitesi tahmin yöntemini kullanarak emisyonları belirlemiştir [74].

H. Saraçoğlu 2010 yılında yaptığı çalışmada 'İzmir Limanına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri' başlıklı çalışmasında 2007 yılı verilerine göre gemi aktivitesi emisyon hesaplama yöntemini kullanmıştır [75].

Bu tezde önce, Samsun Limanı'nı kullanan gemilerin sayı ve tonajlarından yararlanarak Samsun Limanı'nın Türkiye'deki yerinin belirlenmesine yönelik istatistiksel analiz yapılmıştır. Sonra bu gemilerin liman bölgesindeki seyir, manevra ve limanda bekleme sırasında oluşturduğu emisyonlar; 'Tier 3 Ship movement methodology' ve 'Gemi Aktivasyon Yöntemi' kullanılarak

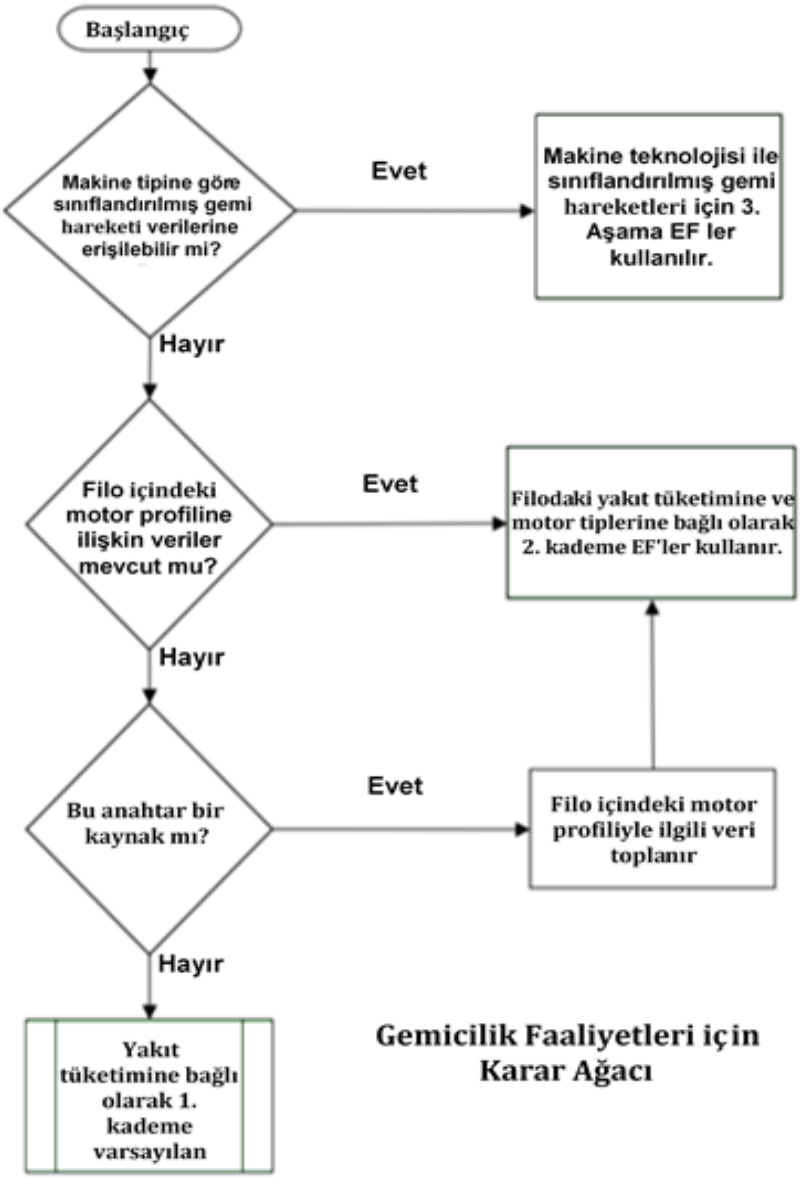
belirlenmektedir [76, 77]. Emisyon limit değerleri giderek aşağı çekilmektedir, bu değerlerin sağlanabilmesi için yakıtta ve gemide bazı önlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların bazılarının uygulanması halinde, sağlanabilecek enerji ve emisyon azalmaları da çalışmada yaklaşık olarak tahmin edilmektedir.

Limanı kullanan güncel gemi sayıları, T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının 2019 yılı Liman Başkanlıkları, gemi istatistiklerinden ve yapılan tez ve makale çalışmalarından faydalanılarak belirlenmiştir. Bu limanda; dökme yük gemisi, kuru yük gemisi, konteyner gemisi, tanker, ro-ro, yolcu gemisi, hızlı feribot, römorkör, balıkçı gemisi bulunmakla birlikte, yük gemileri için inceleme yapılmıştır. Çünkü yük gemilerinin toplam gemiler içindeki oranları fazladır ve daha sağlıklı istatistiksel değerler bulunabilmektedir. Ayrıca gemi tonajı, kullanılan yakıt türü ve gemi sayıları itibariyle hava kirliliğine yaptıkları etki de daha fazladır. Gemilerde emisyon değerleri belirlenirken, kullanılan yakıt tipi, gemilerin motor tipleri, işletim modları, motor gücü gibi faktörler önem taşır [78].

Bu gemilerde kullanılan yakıt tipleri genelde marine diesel oil, marine gas oil, heavy fuel oil olmakla birlikte, en yaygın kullanılanı olduğu için, heavy fuel oil HFO kullanılan yakıt türü olarak dikkate alınmıştır. Motor tipleri; yüksek hızlı dizel, orta hızlı dizel, düşük hızlı dizeldir, fakat yük gemileri için orta hızlı dizel motor tipi esas alınarak incelenmiştir.

Tezde, önce Trozzi-Vaccaro Yönteminden hareketle, Carlo Trozzi ve Riccardo De Lauretis tarafından geliştirilen ‘Tier 3 Ship movement methodology’ yöntemi uygulanmaktadır. Daha sonra ülkemizde yapılan çalışmalarda uygulanmış olan, ‘Gemi Aktivasyon Yöntemi’ uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. İkinci yöntem aslında birinci yöntemin türevidir.

Tez çalışmasında 2 versiyon da kullanıldığı için, herikisi sırasıyla açıklanmaktadır. Methodoloji belirlenirken, Şekil 6.1’de verilen akış şeması dikkate alınmalıdır. Mevcut veriler, kapsam ve hassasiyet açısından incelemeye uygun olan yöntem bu şemadan belirlenebilmektedir [76, 79].



Şekil 6.1 Akış şeması, EF:emisyon faktörü (kg/kw) [76]

6.3.1 Tier 3 Ship Movement Methodology

Şema incelenerek, söz konusu faktörler açısından Samsun Limanı için yapılacak incelemeye en uygun yöntemin; Tier 3 Ship movement methodology olduğu belirlenmiştir. Yöntem oldukça pratik olup, gemi tür ve sayısının, hızının, işletim modunun, yakıt tipinin, makine tipinin, emisyon faktörlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, ortaya çıkan yıllık emisyon miktarları tahmin edilebilmektedir.

Çalışmada kullanılan Bağıntılar (6.1, 6.2) sırasıyla şöyledir [76, 80];

$$E_{Yolculuk} = E_{Liman} + E_{Manevra} + E_{Seyir} \quad (6.1)$$

$$E_{Yolculuk\ e,i,j,m} = \sum_p [T_P \sum_e (P_e \text{ x } LF_e \text{ x } EF_{e,i,j,m,p})] \quad (6.2)$$

Bağıntılardaki değişkenler aşağıda verilmektedir;

$E_{Yolculuk}$ = yolculukta oluşan emisyonlar (ton),

EF = emisyon faktörü (kg/kw),

LF = makine yükleme faktörü (%),

P = makine gücü (kw),

T = zaman (saat),

e = makine kategorisi (ana, yardımcı),

i = kirletici (CO_2, CO),

j = makine tipi,

m = yakıt tipi,

p = yolculuğun farklı fazları.

'Tier 3 Ship movement methodology'i uygulamak için önce yük faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019'dan alınan değerler Tablo 6.3'de, gemi tipine bağlı hızlar ve süreler Tablo 6.4'de verilmektedir.

Tablo 6.3 İşletim fazı ve yük faktörleri [76]

Faz	% Ana makine yükleme faktörü (LF_{ME})	% Ana makinenin operasyon süresi	% Yardımcı makine yükleme faktörü (LF_{AE})
Seyir	80	100	30
Manevra	20	100	50
Liman	20	5	40
Liman (tankerler)	20	100	60

Tablo 6.4 Gemi tipi ve modlar için hız ve süreler [76]

Gemi Tipi	Ortalama Seyir Hızı(km/saat)	Manevra için harcanan zaman (saat)	Limanda geçirilen zaman(saat)
Dökme Yük Gemisi	28	1	52
Kuru Yük Gemisi	26	1	39
Konteyner	37	1	14
Tanker	26	1	28
Ro-Ro	33	1	15

İncelenen yük gemilerine ait ana makine ve jeneratör güçleri için Okay Ferhat Uçar'ın 2014 yılında yaptığı 'Samsun Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri' başlıklı çalışmasından yararlanılmıştır. Burada tanker harici gemilerin limanda geçirdikleri sürenin beşte birinde ana makinanın çalıştığı kabul edilmekte ve buna göre gerekli güç değerleri Tablo 6.5'de verilmektedir.

Tablo 6.5 Yük gemilerine ait güç değerleri [74]

Gemi Tipi	Ana makine gücü (kw)	Yardımcı makine gücü (kw)
Dökme Yük Gemisi	8620	542.88
Kuru Yük Gemisi	1614.92	115.88
Konteyner	10161.89	626.91
Tanker	3342.66	348.92
Ro-Ro	3402.46	327.5

Yöntemde kullanılan ve EMEP/Corinair tarafından belirlenmiş olan emisyon faktörleri, gemilerin seyir, manevra ve liman aktiviteleri için ayrı ayrı verilmiştir. Seyir modundaki emisyon faktörleri Tablo 6.6'de verilmekte olup, ENTEC (Euro NATO Training Centre) firmasının 2007'de Avrupa için yaptığı çalışmadan alınmıştır [81, 82].

Tablo 6.6 Seyir modu için emisyon faktörleri (kg/ton yakıt) [76]

Gemi Tipi	NO_x	SO_2	CO_2	HC	PM
Dökme Yük Gemisi	16.2	10.9	649	0.54	1.28
Kuru Yük Gemisi	16.2	10.9	649	0.54	1.28
Konteyner	17.3	10.8	635	0.57	1.56
Tanker	14.8	11.7	690	0.5	1.43
Ro-Ro	15.3	11.1	655	0.52	1.17

Tablo 6.7 Manevra modu için emisyon faktörleri (kg/ton yakıt) [76]

Gemi Tipi	NO_x	SO_2	CO_2	HC	PM
Dökme Yük Gemisi	13.2	12.1	715	1.03	1.59
Kuru Yük Gemisi	13.2	12.1	715	1.03	1.59
Konteyner	13.8	12	705	1.19	1.73
Tanker	12.5	12.7	745	1.1	1.82
Ro-Ro	12.8	12.2	719	1.06	1.68

Tablo 6.8 Liman modu için emisyon faktörleri (kg/ton yakıt) [76]

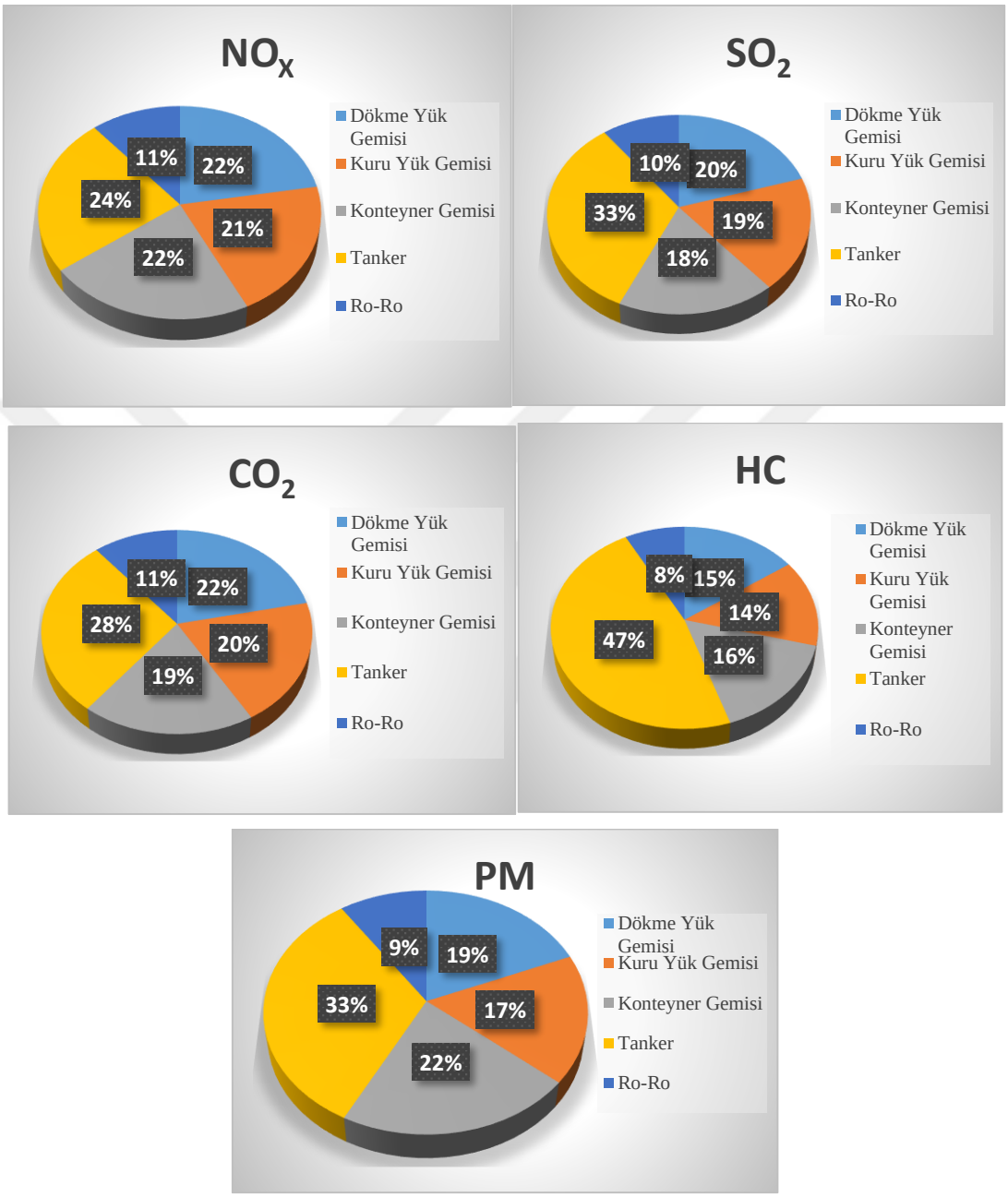
Gemi Tipi	NO_x	SO_2	CO_2	HC	PM
Dökme Yük Gemisi	13.4	12.2	721	0.5	0.9
Kuru Yük Gemisi	13.4	12.2	721	0.5	0.9
Konteyner	13.5	12.3	720	0.5	0.9
Tanker	12.5	12.6	743	1.1	1.7
Ro-Ro	13.3	12.3	722	0.5	0.9

Her bir modda ortaya çıkan hava kirletici emisyonlar 1. Sıradaki yöntem için daha önce verilen bağıntılara uygun olarak, her bir tür gemi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Seyir modunda Samsun limanlarının konumu ve kıyı şekli dikkate alınarak, daha önce yapılan çalışmalar da incelenerek, 60 kmlik seyir mesafesi değerlendirmeye alınmıştır, Limandan ayrılan gemiler için de aynı mesafe geçerlidir. İncelenen 3 modda oluşan yıllık emisyonlar ton cinsinden Tablo 6.9'da verilmektedir.

Tablo 6.9 Limana gelen ve giden yük gemilerinin yıllık emisyon değerleri (ton/yıl)

Gemi Tipi	NO_X	SO_2	CO_2	HC	PM
Dökme Yük Gemisi	137.969704	104.62543	6209.5259	5.1966263	10.841235
Kuru Yük Gemisi	117.124871	87.436268	5191.4294	4.3938338	9.2794587
Konteyner	137.446043	93.885858	5515.8982	5.388397	12.558623
Tanker	149.451664	170.09989	8190.7723	16.21294	18.960285
Ro-Ro	68.8562745	53.249867	3139.0736	2.6771513	5.5221042
Toplam	610.848556	509.29731	28246.699	33.868949	57.161707

Hesapla bulunan kirletici emisyon miktarlarının yük gemisi türüne göre oranları aşağıdaki Şekillerde (6.2 a, b, c, d, e) sırasıyla verilmektedir. NO_x, SO_2, CO_2, HC, PM emisyonlarının yük gemi türlerine göre oranları oldukça değişmektedir.



Şekil 6.2 a, b, c, d, e Yük gemisi türüne göre emisyon yüzdeleri

Yüzdeler incelendiğinde, tüm hava kirletici emisyonlar için en fazla emisyon değerinin ve buna bağlı olarak en büyük oransal değerin tanker gemilerde olduğu göze çarpmaktadır. Bunu hepsinde en büyük orana sahip olmamakla birlikte, genel olarak konteyner gemilerinin takip ettiği görülmektedir.

6.3.2 Gemi Aktivasyon Yöntemine Göre İnceleme

Bu yöntemde de seyir süresi, manevra süresi, limanda kalış süresi ile kurulu güç değeri dikkate alınmaktadır. Aslında yöntemler önemli ölçüde benzerlik göstermekle birlikte, parametrik detaylarda ve bazı kabullerde farklılık vardır. Ana makine ve jeneratör gücü, baz alınarak, gemi başına düşen yıllık emisyon miktarı belirlenirken, kullanılan bağıntılar (6.3-6.6) ve terimler aşağıda sırayla verilmektedir [83, 84].

$$E_{Yolculuk} = E_{Liman} + E_{Manevra} + E_{Seyir} \quad (6.3)$$

$$E_{Seyir} = D/V\ [ME \times LFME \times EF1 + AE \times LFAE \times EF1] \quad (6.4)$$

$$E_{Manevra} = T_1\ (ME \times LFME \times EF2 + AE \times LFAE \times EF2) \quad (6.5)$$

$$E_{Liman} = T_2\ (AE \times LFAE \times EF3) \quad (6.6)$$

Bağıntılarda geçen terimler sırasıyla şöyledir;

D = Seyir mesafesi (km)
V = Ortalama seyi hızı (km/saat)
ME = Ana makine gücü (kw)
LFME = Ana makine yükleme faktörü (%)
AE = Yardımcı makine gücü (kw)
LFAE = Yardımcı makine yükleme faktörü (%)
T = Zaman (saat)
EF = Emisyon faktörü (kg/kw)

Her bir moda ait emisyon faktörü (EF) için, rakamsal olarak 1 den 3' e kadar devam eden indisler kullanılmıştır. EF1 seyir modu için, EF2 manevra modu için, EF3 liman modu için emisyon faktörlerini ifade etmektedir. Bu yöntemde limanda ana makinenin çalışmadığı ve her üç faz için jeneratörün aynı yükleme faktöründe çalıştığı kabul edilmektedir, Tablo 6.10.

Tablo 6.10 Yükleme faktörleri [75]

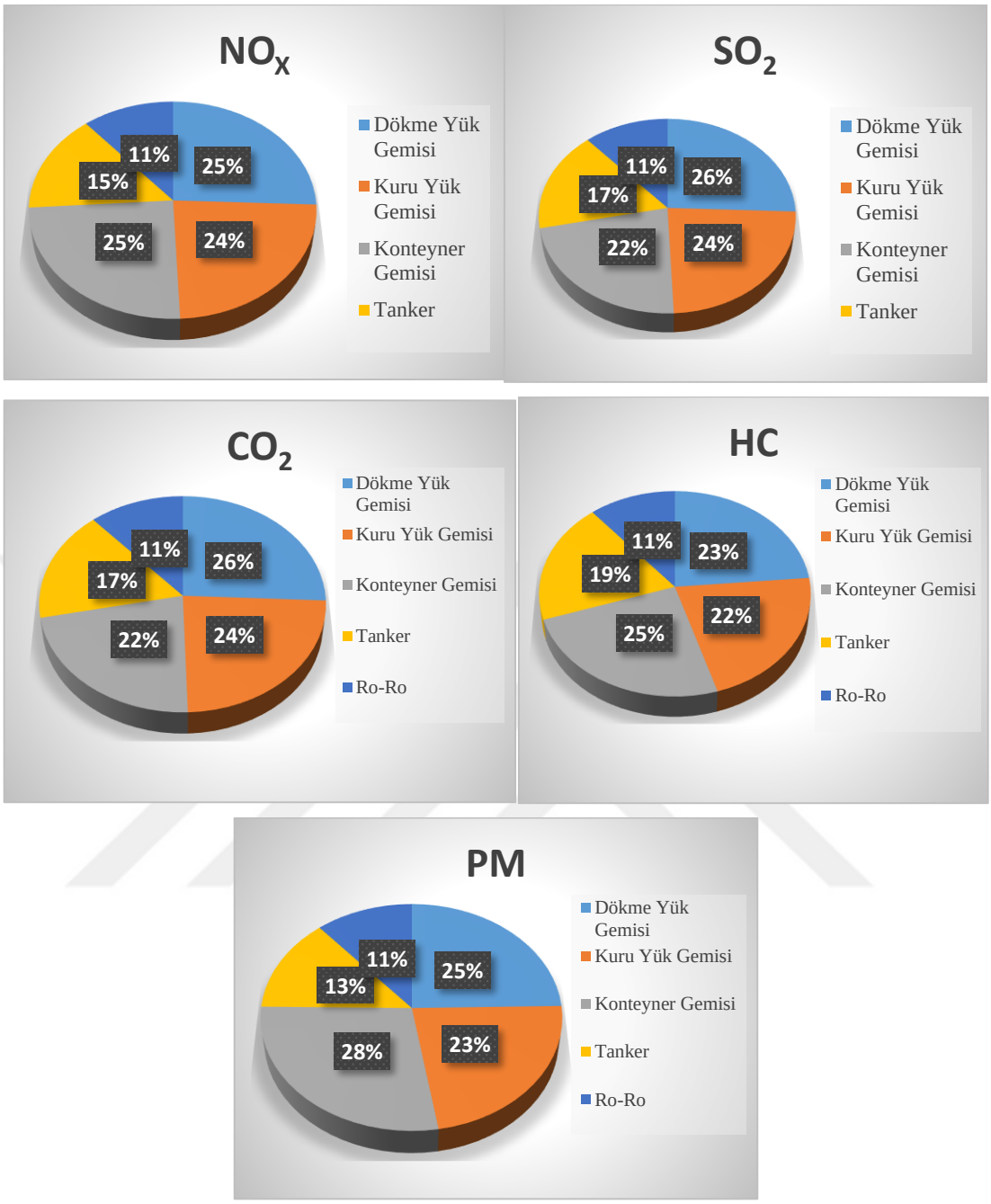
Faz	Ana Makine Yükleme Faktörü	Yardımcı Makine Yükleme Faktörü
Seyir	%80	%75
Manevra	%40	%75
Liman	%0	%75

İncelenen gemilerin ortalama seyir hızları için kullanılan ''Avrupa Birliği Çevre Komisyonunun'' kabul ettiği değerler, Tablo 6.4'de yeralmaktadır. Limanda geçirilen süre için daha önce verilen değerler kullanılmıştır. Yukarıda verilen bağıntılar (6.4-6.6) kullanılıp, her bir tür gemi için incelenen 3 moda ait beklenen emisyonlar hesaplanarak, Tablo 6.11'de verilen toplam yıllık emisyon değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6.11 Limana gelen ve giden yük gemilerinin yıllık emisyon değerleri (ton/yıl)

Gemi Tipi	NO_X	SO_2	CO_2	HC	PM
Dökme Yük Gemisi	166.9037	129.5459	7684.08047	6.625296	13.3476
Kuru Yük Gemisi	141.8437	108.5436	6440.60008	5.61163	11.43022
Konteyner	160.9011	113.4269	6663.06219	6.925899	15.04387
Tanker	96.973	85.10829	5015.33167	5.358864	7.314855
Ro-Ro	73.25315	58.63465	3455.10387	3.116719	6.124552
Toplam	639.8747	495.2594	29258.1783	27.63841	53.2611

Şekil 6.3 a, b, c, d, e'de ise ''Gemi Aktivasyon Yöntemi'ne göre'' yük gemilerinin oluşturduğu emisyonların toplam değer içindeki oranları görülmektedir.



Şekil 6.3 a, b, c, d, e Yük gemisi türüne göre emisyon yüzdeleri

İkinci yöntem kullanılarak gemilerin oluşturduğu emisyonların toplam emisyona göre oranları incelendiğinde 1. yöntemden farklı sıralamanın olduğu görülmektedir. Çünkü bazı kabullerde farklılık bulunmaktadır.

6.3.3 İki Yönteme Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

İki yaklaşıma göre yani 'Tier 3 Ship movement methodology' ve 'Gemi Aktivasyon Yöntemi' ne göre belirlenen emisyonlar incelendiğinde yakın sayılabilecek sonuçlar

vermekle birlikte kısmen farklılık bulunmaktadır. Heriki yönteme göre tahmin edilen yıllık emisyon değerleri arasındaki farkın (%)'si belirlenmiştir. Farkın emisyon miktarına bölünmesiyle elde edilen (%) değerleri ile Tablo 6.12 oluşturulmuştur.

Tablo 6.12 İki yönteme göre bulunan yıllık emisyonların (%) cinsinden farkı

Gemi Tipi	NO_X	SO_2	CO_2	HC	PM
Dökme Yük Gemisi	0.17335754	0.192368164	0.191897335	0.215638576	0.1877765
Kuru Yük Gemisi	0.17273485	0.192963718	0.19245569	0.215558896	0.186657083
Konteyner	0.14577292	0.172278966	0.172167683	0.221993078	0.165200148
Tanker	0.54116784	0.998628817	0.633146692	2.025443265	1.592024795
Ro-Ro	0.06002304	0.091836194	0.091467654	0.14103531	0.098366052
Toplam	0.04520577	0.028338603	0.03447308	0.22503174	0.073140024

Tablodaki değerleri belirlemek için iki sonuç değerin, yüzde cinsinden birbirinden farklılığı ortaya konularak, büyük olan değer ilgili tablodaki (6.7 ve 6.10) renk ile gösterilmiştir. Buna göre toplam emisyonlarda NO_x ve CO_2 değerleri 2. Yöntemde daha büyük olurken, SO_2, HC ve PM ise 1. Yöntemde relativ büyük elde edilmektedir.

Tüm ulaşım türlerinde olduğu gibi denizyolu ulaşımında da çevresel etkileri minimize etmeye çalışmak kaçınılmazdır. Bununla ilgili IMO'nun aldığı kararlar ve hedefler daha önce açıklanmıştı. Ülkemizde de bu kararlara paralel olarak önlemler almak ve hava kirliliğini azaltmak yönünde çalışmalar yapmak gereklidir. Taşıt teknolojisi, yakıtlar ve işletim odaklı önlemler ve bunların sağlayabileceği azaltma oranları dikkate alınarak, buna ilişkin tablolar düzenlenmiştir. Böylece mümkün olan iyileştirilmelerin yapılmasıyla, hava kirliliğinde sağlanabilecek azaltma miktarlarına dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

6.3.4 Emisyon Azaltmak İçin Öneriler ve Azaltmaya Katkıları

Gemiler için emisyon kontrol seçenekleri genellikle üç kategoride incelenebilir: Her şeyden önce, teknolojik iyileştirmeler sayesinde eski, daha az verimli veya daha fazla kirleten motorları daha verimli ve daha az kirlilik yayan itiş sistemleriyle değiştirerek veya seviyesini yükselterek, hem yerel hem de küresel emisyonlar azaltılabilir [85- 88].

İkincisi, operasyonel değişikliklerdir. Limana girerken ve limana yanaşırken gemilerin çalışma şeklini planlayarak yerel emisyonlar azaltılabilir.

Üçüncüsü, değişken liman ücretleri ve emisyon ticareti programları gibi piyasaya dayalı programlardır. Bu programlar iyi tasarlanmış ve uygulanmışsa, hem operasyonel olarak hem de teknolojik açıdan değişiklikler işe yarar.

Motorlar ve gemiler için düşük yakıt kalitesi ve sınırlı kirlilik kontrolü gerekliliklerinin birleşimi, deniz sektörünün hava emisyonları açısından zayıf çevresel performans sergilemesine yol açmıştır. Daha düşük kükürtlü yakıt kullanımından motor iyileştirmelerine ve egzoza kadar gemi emisyonlarını azaltmak için okyanusun çeşitli yerlerinde, gemi tiplerine göre farklı stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejiler genellikle NO_x veya SO_x emisyonlarına odaklanmaktadır. SO_x emisyonu azaltma stratejileri, temel olarak düşük kükürtlü deniz yakıtlarına geçişten ve yüzey temizliğinden oluşur. Bu stratejiler ayrıca önemli PM emisyon azaltımları sağlayabilir.

Limana yanaşırken gemiler; ısıtma, soğutma, elektrik sağlama ayrıca yükleme ve boşaltma için; yardımcı makina ve bazen ana makinaları kullanırlar. Rıhtımda (hotelling) üretilen emisyonlar, genellikle yerel emisyon envanterlerine ve insanların zararlı kirleticilere maruz kalmasından kaynaklanan potansiyel sağlık risklerine önemli ölçüde etki eder. Düşük kükürtlü yakıtlar, ağır akaryakıt kullanımına kıyasla önemli SO_x ve PM azalmaları sağlayabilir.

Emisyon azaltımındaki operasyonel değişiklikler genellikle, gemiler limandayken alınan önlemlere odaklanırken, teknolojik iyileştirmeler seyir ve/veya hotelling koşullarında emisyon azaltımı sağlar. Operasyonel değişikliklerden kaynaklanan

potansiyel emisyon azaltımları; yerel hava kalitesinin iyileştirilmesine ve yakındaki nüfusun zararlı kirleticilere maruz kalmasının azaltılmasına, önemli ölçüde katkıda bulunabileceğinden çok önemlidir.

Liman işletmecileri; gemiler liman yetkisi altında işletildiğinde, soğuk ütüleme (karaya yanaşma) veya düşük kükürtlü yakıtların kullanımı ve diğer emisyon kontrol teknolojileri gibi özel kontrol teknolojilerine ihtiyaç duymaktadır Gemilerden oluşan hava kirliliğini azaltmak için oldukça farklı ve geniş bir yelpazede çalışmalar yürütülmektedir. Burada yük gemileri incelendiği için, yük gemilerine uygun olan CO_2 azaltma önlemleri, sağlayacağı azaltma oranları ve azaltılmış CO_2 emisyonları ton cinsinde Tablo 6.13' de verilmektedir.

Tablo 6.13 Yıllık salınan CO_2 (ton) miktarları ve uygulanabilecek azaltma yöntemleri ile elde edilen CO_2 miktarları

	Uygulanabilir Yöntem	Azaltma Oranı %	Bulk Carrier	General Cargo	Container	Tanker	Ro-Ro
1	**Mevcut durum**	**-**	7936.24	6629.06	7044.11	10434.82	4003.14
2	Trim önleme kanatları	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01
3	Şaft hattı ayarlama	2	7777.51	6496.47	6903.23	10226.12	3923.08
4	Skeg şekli ve gemi kıç tarafı	2	7777.51	6496.47	6903.23	10226.12	3923.08
5	Pervane boşluklarından oluşan direncin azaltılması	5	7539.43	6297.60	6691.91	9913.08	3802.98
6	Gövde altının hava kabarcıkları ile kaplanması	3,5-15	7202.14	6015.87	6392.53	9469.60	3632.85
7	CRP sistemi	10.0-15	6944.21	5800.42	6163.60	9130.47	3502.75
8	Pervane-gövde etkileşimi	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01

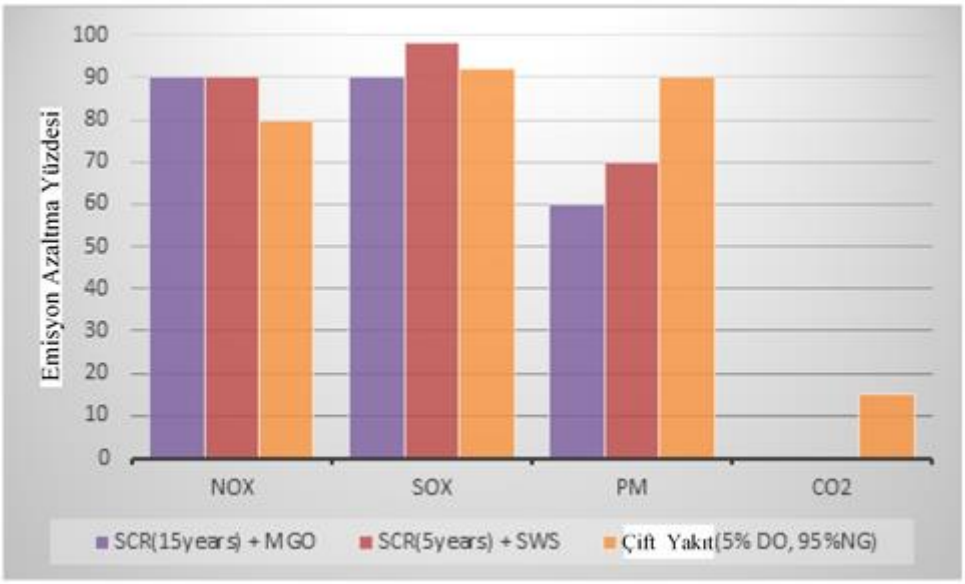
Tablo 6.23 Yıllık salınan CO_2 (ton) miktarları ve uygulanabilecek azaltma yöntemleri ile elde edilen CO_2 miktarları (devamı)

9	Geliştirilmiş pervane kanatları	2	7777.51	6496.47	6903.23	10226.12	3923.08
10	Pervane-dümen kombinasyonları	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01
11	Sabit ve değişken hızlı operasyon	5	7539.43	6297.60	6691.91	9913.08	3802.98
12	Rüzgar enerjisi	8,5-21	6745.80	5634.70	5987.50	8869.60	3402.67
13	Rüzgar gücü ve fletner	30	5555.37	4640.34	4930.88	7304.37	2802.20
14	Pervane verimlilik	2.1,4	7698.15	6430.18	6832.79	10121.77	3883.05
15	Elektrikli dizel motor	20-30	5952.18	4971.79	5283.08	7826.11	3002.35
16	CODED makine	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01
17	Elektrik devreleri kayıp azaltma	2	7777.51	6496.47	6903.23	10226.12	3923.08
18	Atık ısıdan geri kazanım	10.0-20	6745.80	5634.70	5987.50	8869.60	3402.67
19	Ortak hat	1	7856.88	6562.77	6973.67	10330.47	3963.11
20	Güneş enerjisi	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01
21	Soğutma suyu pompaları ve hızı	1	7856.88	6562.77	6973.67	10330.47	3963.11
22	Otomasyon sistemleri	5.0-10	7341.02	6131.88	6515.80	9652.21	3702.90
23	Yakıt ve katkı maddeleri	2	7777.51	6496.47	6903.23	10226.12	3923.08
24	Limanda operasyon süresinin azaltılması	10	7142.62	5966.15	6339.70	9391.34	3602.83

Tablo 6.33 Yıllık salınan CO_2 (ton) miktarları ve uygulanabilecek azaltma yöntemleri ile elde edilen CO_2 miktarları (devamı)

25	Pervane yüzeyi temizleme-parlatma	10	7142.62	5966.15	6339.70	9391.34	3602.83
26	Tekne yüzey kaplama	3	7698.15	6430.18	6832.79	10121.77	3883.05
27	Makine operasonlarında yük azaltma	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01
28	Hız azaltma (3.0 knot)	23	6110.90	5104.37	5423.97	8034.81	3082.42
29	Seyir planlama	10	7142.62	5966.15	6339.70	9391.34	3602.83
30	Gemi trimi	5	7539.43	6297.60	6691.91	9913.08	3802.98
31	Oto pilot ayarları	4	7618.79	6363.89	6762.35	10017.43	3843.01
32	Enerji verimliliği sağlama farkındalığı	10	7142.62	5966.15	6339.70	9391.34	3602.83
33	Koşul bazlı bakım-tutum	5	7539.43	6297.60	6691.91	9913.08	3802.98
34	Tekne altı temizliği	2	7777.51	6496.47	6903.23	10226.12	3923.08

Ayrıca NO_x, SO_x, PM ve CO_2 için azaltma yöntemine bağlı olarak 2019 yılının yük gemisi sayıları ve emisyon azaltma yöntemlerinin oranları esas alınarak, yılda sağlanabilecek azaltma değerleri araştırılmıştır. Uygulamalar ve buna göre bulunan değerler tablo 6.4, Tablo 6.14, 6.15, 6.16'da verilmektedir.



Şekil 6.4 Gemi egzoz emisyonlarını azaltmak için kullanılan kombine önlemlerin emisyon azaltma yüzdeleri

Mevcut gemilerde farklı emisyon türlerinin aynı anda azaltmak için emisyon azaltma yöntemlerinin kombinasyonları kullanılır. Bu kombinasyonlara 15 yıl Seçici katalitik redüksiyon ile yakıt olarak marine gas oil kullanımı, 5 yıl 'Seçici katalitik redüksiyon'' ile deniz suyu scrubber kullanımı, %5 dizel oil ve %95 doğal gaz kullanımı örnek verilebilir [83, 84].

Tablo 6.14 Samsun limanlarına gelen gemilerin emisyonları "Seçici katalitik redüksiyon (15 yıl) + Marine Gas Oil kullanımı'' ile elde edilebilecek emisyon miktarları

Gemi Tipi	NO_x		SO_2		PM	
Dökme Yük Gemisi	137.9697	13.79697	104.6254	10.46254	10.84124	4.336494
Kuru Yük Gemisi	117.1249	11.71249	87.43627	8.743627	9.279459	3.711783
Konteyner	137.446	13.7446	93.88586	9.388586	12.55862	5.023449
Tanker	149.4517	14.94517	170.0999	17.00999	18.96029	7.584114
Ro-Ro	68.85627	6.885627	53.24987	5.324987	5.522104	2.208842

Tablo 6.15 Samsun limanlarına gelen gemilerin emisyonları "Seçici katalitik redüksiyon'' (5 yıl) +''Denizsuyu scrubber'' kullanımı ile elde edilebilecek emisyon miktarları

Gemi Tipi	NO_x		SO_2		PM	
Dökme Yük Gemisi	137.9697	17.63356	104.6254	2.092509	10.84124	3.252371
Kuru Yük Gemisi	117.1249	14.95595	87.43627	1.748725	9.279459	2.783838
Konteyner	137.446	17.55263	93.88586	1.877717	12.55862	3.767587
Tanker	149.4517	19.03973	170.0999	3.401998	18.96029	5.688086
Ro-Ro	68.85627	8.780974	53.24987	1.064997	5.522104	1.656631

Tablo 6.16 Samsun Limanlarına gelen gemilerin emisyonları çift yakıt (%95doğal gaz ve %5 diesel oil) kullanımı ile elde edilebilecek emisyon miktarları

Gemi Tipi	NO_x		SO_2		PM		CO_2	
Dökme Yük Gemisi	137.9697	27.59394	104.6254	10.46254	10.84124	1.084124	6209.525901	5278.097
Kuru Yük Gemisi	117.1249	23.42497	87.43627	8.743627	9.279459	0.927946	5191.429407	4412.715
Konteyner	137.446	27.48921	93.88586	9.388586	12.55862	1.255862	5515.898214	4688.513
Tanker	149.4517	29.89033	170.0999	17.00999	18.96029	1.896029	8190.772325	6962.156
Ro-Ro	68.85627	13.77125	53.24987	5.324987	5.522104	0.55221	3139.073627	2668.213

Tüm çizelgelerde renkli sütunlar azaltılmış, beyaz sütunlar mevcut durumu göstermektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ulaştırma kaynaklı hava kirliliği önemli boyutlardadır. Diğer sektörlerin yanısıra ulaştırma sektöründe de hava kirliliğini en aza indirmek için önlem almak kaçınılmazdır. IMO'nun bu konuda hazırladığı düzenlemeler doğrultusunda ve ülke gerçeklerine de uygun olan önlemleri hayata geçirmek gerekir. Aksi halde liman şehirlerimizde hava kirliliği

giderek artacak ve hava kirliliğine bağlı sağlık problemlerinde de buna paralel olarak artış meydana gelecektir [83, 84].

Gemilerde temiz yakıt, hibrid sistem, özel tertibatlar ile deniz taşıtlarının iklim değişimine ve hava kirliliğine etkisi çok daha az boyutlara indirilebilmektedir. Ülkemizin 3 tarafı denizlerle çevrilidir, ayrıca Marmara denizi ve Boğazlar bölgesel taşımacılık için iyi bir avantaj sağlamaktadır. Tezde deniz taşımacığında ülkemizdeki fırsatlar başlığında bunlara detaylı şekilde yer verilmektedir. Bu fırsatlardan yararlanılması, planlamalarda denizyoluna daha fazla önem verilmesi ülkemiz yararına olacaktır.

Ayrıca daha temiz 'çevre dostu' deniz araçlarının kullanılması, temiz yakıt kullanımına önem verilmesi, gerekli değişim ve dönüşümlerin yapılması, bunun için kişi ve kurumların teşvik edilmesi, özendirilmesi ya da yasalarla yaptırım uygulanması gerekli olacaktır. Dünya deniz ulaşımında gemilerimizin engellenmeden tüm limanlara gidebilmesi için bu konulara ağırlık verilmesilidir. Değişim ve dönüşüm işlemlerinde belli bir seviyeye gelerek, bu işlemlerin yapılması sırasındaki işlem rantından da yararlanılmalıdır. Çünkü bu tersanelerde yapılan yapım çalışmaları içinde önemli bir yer tutacaktır. Bu konularda yeterince erken adım atılmalı ve tersanelerde yetkin mühendis ve diğer elemanların yetiştirilmesi için çaba sarfedilmelidir [88, 89].

6.3.5 Pandeminin Etkileri

Coronavirus (COVID-19) salgını Aralık 2019'da Wuhan'da meydana geldi ve yaklaşık 100 günde bir milyondan fazla insanı etkiledi, Dünya çapında 1.1 milyondan fazla ölüme neden oldu. Yayılmanın boyutu ve yörüngesi, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) COVID-19'u önce 20 Şubat 2020'de küresel bir acil durum olarak ve ardından 11 Mart'ta bir salgın olarak ilan etmesine neden oldu. Koronavirüsün hızlı yayılması, Çin'den gelen mal talebindeki düşüşün konteyner gemilerinden petrol tankerlerine kadar her şey üzerinde dalgalanma etkisi yaratmasıyla küresel denizcilik pazarları üzerinde büyük bir etki yarattı.

2013 yılında 10.19 milyar ton olan kargo miktarının 2019 yılında 12.17 milyar tona yükselmiştir. Artış oranları 2,6 % ile 4,2 % arasında değişmektedir. Dünya çapında deniz taşımacılığının payı 82 % ile 84 % arasında değişmektedir. Clarksons

firmasının yaptığı çalışmalar sonucunda, dünya çapında deniz taşımacılığındaki 5 ve 10 yıllık projeksiyonlar sırası ile 2,9% ve 4% lük değişim oranı göstermektedir. Denizyolu Taşımacılığının payı her iki durum için de 84% olmaktadır.

Salgın dönemi tam olarak Çin Yeni Yılı ile çakışmıştır. Çin Yeni Yılı'nın mevsimsel etkileri nedeniyle konteyner nakliye hatları, maliyetlerini düşürmek için her yıl boş da olsa seferde gemiler bulundurmuştur. Ancak, operasyonda olan 8.000 TEU üzerindeki uluslararası konteyner gemilerinin 2018 Çin Yeni Yılı sırasındaki sayısı %0.12 oranında azalmış, ABD-Çin Ticaret sürtüşmesinin yoğun olarak yaşandığı 2019'un aynı aralığı ile karşılaştırıldığında bu azalma oranı %1.74 olmuş; 2020'de ise bu eksi değer %2.87 olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, Covid-19'un küresel denizciliği daha da kötüleştirdiğini göstermektedir.

Pandemi benzer etkileri ülkemiz denizyolu taşımacılığında da oluşturmuştur. Gerek yük gerekse yolcu taşımacılığında önemli sayılabilecek azalmalar meydana gelmiştir. Çalışma kapsamında incelenen Samsun limanlarında taşınan yük miktarı da azalma eğilimine girmiştir. Dolayısı ile yük miktarındaki azalma ile ilişkili olarak meydana gelen hava kirliliği emisyonlarında da azalma söz konusudur. Ancak bu azalmanın net bir şekilde belirlenmesi ve ortaya konması için sağlıklı istatistiksel verilere ihtiyaç vardır. Pandemi dönemi bittiğinde bu veriler elde edilerek yeni bir çalışma konusu oluşturulabilir.

7
SONUÇ ve ÖNERİLER

Tezde önce, deniz ulaşımının hava kirliliği ve iklim değişimine etkileri ve bu konulardaki güncel gelişmeler incelenerek, aşağıda özetlenen hususlar belirlenmiştir;

Ülkemizi çevreleyen yolcu ve yük taşımacılığında iyi bir alternatif ulaşım altyapısına imkan veren denizlerimizden yolcu ve yük taşımada daha etkili bir şekilde faydalanılmalıdır. Giderek artan ulaşım talebini karşılamak için, denizyoluna daha çok imkan verilerek, ulaştırma açısından sağladığı fırsatlar ve ülkemizin konumu daha iyi değerlendirilmelidir.

Deniz ulaşımı tüm dünyada taşınan yüklerin büyük kısmının nakliye görevini üstlenirken, ülkemizde henüz istenilen düzeye gelinememiştir. Ancak istatistiklere bakıldığında limanlarımızda ithalat, ihracat ve elleçleme miktarlarının yıldan yıla artmakta olduğu görülmektedir.

Deniz ulaşımının hava kirliliği ve iklim değişimine etkileri oldukça önemli boyuttadır. Buna dikkat çekmek için yasal düzenlemelerin yanısıra, akademik çalışmalar yapılmakta ve dünyanın birçok ülkesinde bu tür uygulamalara giderek ağırlık ve hız verilmektedir.

Ülkemizde de deniz ulaşımının çevresel etkilerinin azaltılması konularına önem verilmesi kaçınılmazdır. Çünkü önem verilmediği takdirde, pazar payımız giderek daralacaktır. Deniz ulaşımının dünya ölçeğinde yük taşımacılığındaki payı oldukça fazladır. Birim işe düşen CO_2 emisyonları ve hava kirliliği emisyonları diğer ulaşım türlerine göre düşüktür. Fakat dünya ölçeğinde yükteki taşıma payı çok yüksek olduğu için toplam emisyon miktarı yüksek olmaktadır.

İklim değişimini ve hava kirliliğini azaltmak için yapılan çalışmalar denizyolunu da kapsamaktadır. Daha temiz çevre dostu bir taşımacılık yapmak tüm türler için olduğu gibi denizyolu için de kaçınılmazdır. Bunun için hibrid gemiler, temiz enerji,

çift yakıt kullanımı, gemilerde özel donanım ve alternatif yakıtlar gibi birçok farklı uygulamalar sözkonusudur. Dünyadaki gelişmeler yeterince takip edilerek, çevre dostu gemilerin sayısı hızla arttırılmalı, böylece gemilerimizin tanımlanmış bölgelerde faaliyetlerine sınır getirilmesi önlenmelidir ve yeni gelişmelere uyum sağlayarak değişim ve dönüşüm işlemlerinin yapıldığı pazardan faydalanılmalıdır.

Tezin devamında, Örnek olarak Samsun limanları (Samsunport, Yeşilyurt, Toros) için inceleme yapılarak, yük gemilerinin oluşturduğu hava kirliliği ve azaltma olanakları araştırılmıştır;

Samsun'daki limanlarda gemi sayıları ile ithalat ve ihracattaki payları düzenli olarak artmaktadır. Bu artış oranının tüm Türk limanları oranındaki artıştan daha hızlı olduğu görülmektedir. Kargoların büyük bir kısmı genellikle uluslararası ticaretle ilgilidir ve limanın ithalat oranı ihracat oranından daha fazla olarak kaydedilmiştir. Yolcu taşımacılığı oranı yük taşımacılığına göre oldukça düşüktür.

Karadeniz bölgesinde en aktif durumda olan Samsun limanları bir taraftan da önemli hava kirliliğine neden olmaktadır. Çalışmada iki farklı yaklaşımla limanı kullanan yük gemilerinin neden olduğu hava kirliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Önce Trozzi-Vaccaro Yönteminden hareketle, Carlo Trozzi, Riccardo De Lauretis tarafından geliştirilen 'Tier 3 Ship movement methodology' yöntemi uygulanmaktadır. Ardından ülkemizde yapılan çalışmalarda uygulanan, 'Gemi Aktivasyon Yöntemi' uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. İkinci yöntem aslında birinci yöntemin türevi gibidir, ancak bazı kabuller farklı olduğu için sonuçlarda da farklılıklar bulunmaktadır. Kabuller arasındaki farkın sonuçlara etkisi de incelenmiştir.

Daha sonra emisyonları azaltmaya yarayan önlemler ve sağlayacağı katkılar incelenmiştir. İncelenen yük gemilerine uygun olarak önerilen iyileştirmeler ve sağlayacakları emisyon azaltma miktarları dikkate alınarak, değerlendirilmiştir. IMO'nun öneri ve düzenlemeleri çerçevesinde hava kirliliğini en aza indirmek için, bizim gemi ve limanlarımızda iyileştirmeler yapmak ve tersanelerde de bu tür imalatlarda bulunmak, böylece diğer ülkelerdeki gelişmeleri ülkemizde uygulamak günümüzde kaçınılmaz olmuştur.

Wuhan'da başlayıp bütün dünyayı etkileyen Covid-19 pandemisi tüm ulaşım türlerinde olduğu gibi denizyolu ulaşımınıda taşımacılık değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Bu duruma paralel olarak tezde incelenen Samsun limanlarında gerçekleştirilen yük taşıma miktarlarında da azalma meydana gelmiştir. Yükün azalması ile birlikte emisyon miktarlarının da azalması kaçınılmazdır. Ancak bu durumun ortaya konması için sağlıklı verilere ihtiyaç bulunmaktadır. Pandeminin bitmesi ile bu konu net olarak incelenebilir.

KAYNAKÇA

[1] UNCTAD, "United Nations Conference on Trade and Development", Review of Maritime Transport 2016, Erişim Tarihi: 11 Eylül 2018, http://unctad.org/en/Publications Library/rmt 2016_en.pdf .

[2] Z. Kögmen**, "**Karayolu Taşımacılığının Diğer Taşımacılık Modlarıyla Karşılaştırılması ve Sağladığı Avantajlar", Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, 2014, sf. 29, Ankara.

[3] M. Ünalmış, "Maritime Transporation in Turkey and European Union with Special Reference to Privatization of Ports", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Enstitüsü, 2005, sf. 87, Türkiye.

[4] T. Deniz, "Türkiye'de Ulaşım Sektöründe Yaşanan Değişimler ve Mevcut Durum", Eastern Geographical, 2005, Review–36, sf. 135, Türkiye.

[5] İTÜ, Ulaştırma Bakanlığı, "Ulaştırma Ana Planı Stratejisi", İstanbul, 2004.

[6] TÜBİTAK-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu, Temiz Üretim-Temiz Ürün Çevre Dostu Teknolojiler Çalışma Grubu, "Ulaştırma Sektörü Raporu", Ankara, 2002.

[7] R. Sims, R. Schaeffer, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, M. D'Agosto, D. Dimitriu, M. J. Figueroa Meza, L. Fulton, S. Kobayashi, O. Lah, A. McKinnon, P. Newman, M. Ouyang, J. J. Schauer, D. Sperling. and G. Tiwari, "Transport, In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change", Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, pp. 606, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

[8] Miola, Ciuffo, Giovine and Marra, "Regulating Air Emissions from Ships: The State of the Art on Methodologies", Technologies and Policy Options Publications Office of the European Union, JRC Reference Reports, 2010, pp.13.

[9] P. F. Cunniff, "Transportation Noise, Environmental Noise Pollution", John-Wiley & Sons Inc., New York, 1977, p. 151-175.

[10] N. B. Olmer, B. Comer, X. Roy Mao, D. Rutherford, "Greenhouse Gas Emissions From Global Shipping 2013-2015", October, icct, the International Council on Clean Transportation, 2017.

[11] G. Kılıç, A. Tanış, Ö. Karaca, D. Özdemir, "İklim Değişikliğinin Etkilerinin, Araştırılması Çalışma Grubu Raporu", Otomotiv Sanayi Derneği, Bölüm 1, 22 Eylül 2020, İstanbul.

[12] N. Metin, "Ulaştırmanın İklim Değişimine Etkisi ve Raylı Sistem Açısından İnceleme", Raylı Sistemler Mühendisliği, İTÜ, FBE, İstanbul, 2019.

[13] ESPO, Green Guide, “European Sea Ports Organization, Green Guide: Towards Excellence in Port Environmental Management and Sustainability”, Brussel, 2012.

[14] ESPO, Green Guide, “European Sea Ports Organization, Environmental Report 2019”, Brussel, 2019.

[15] N. Florin, I. Roman, A. Cotorcea, “Air Pollution from the Maritime Transport in the Romanian Black Sea Coast”, April 2018, ıssue no 47, pp. 260-266.

[16] E. Hughes, “Air Pollution and Climate Change, Marine Environment Division”, IMO, MARPOL Annex VI–prevention of air pollution from ships, European Commission Brussels, June 2011.

[17] NEPA, “National Environmental Policy Act, Marine Pollution”, Science Direct, 2015.

[18] OECD, “Organization for Economic Co-Operation and Development. Cost Savings Stemming from Non-Compliance with International Environmental Regulations in the Maritime Sector”, Maritime Transport Commute, 2003.

[19] N. H. Pekşen, D. Y. Pekşen, A. Ölçer, “Cold Ironing Yöntemi; Marport Limanı pp. Uygulaması”, Journal of ETA Maritime Science-Journal Agent, 2014, Vol 2, No 1, 11-30.

[20] N. T. Doğan, “The Protection of Marine Aquatic Life: Green Port (EcoPort) Model inspired by Green Port Concept, Selected Ports From Turkey”, Europe and the USA, 2018.

[21] M. Viana, P. Hammingh et al. “Impact of maritime transport emissions on coastal air quality in Europe”, Atmospheric Environment, Elsevier, Volume 90, p 96-105, June 2014.

[22] D. Holden, “Liquefied Natural Gas (LNG) Bunkering Study”, DNV GL, No. PP087423-4, Rev. 3, prepared for the U.S. Maritime Administration, September 3, 2014, pp. 15-17.

[23] M. Landwehrand, C. Lilliu, “Transportation Projections in OECD Regions Detailed Report”, International Energy Acency, May 2002.

[24] Aquarius MRE, “Wind and Solar Power for Ships, Renewable Energy for Greener Shipping”, Greg Atkinson, Chief Technology Officer, Eco Marine Power, July 2016.

[25] M. Zanne, “Air Pollution from Maritime Transport- the problem of today, the

challenge of tomorrow", Ph. D. University of Ljubljana Faculty of Maritime Studies and Transport , Slovenia, 2011.

[26] Z. Tan, "Air pollution and greenhouse gases: From basic concepts to engineering applications for air emission control", Green Energy, Singapore, Springer, 2014.

[27] C. Han, "Strategies to Reduce Air Pollution in Shipping Industry", Asian Journal of Shipping and Logistics, 2010, 26(1):7–29 DOI: 10.1016/S2092-5212(10)80009-4.

[28] OCEANA, "Needless Cruise Pollution: Passengers Want Sewage Dumping Stopped 2018", 2020, Erişim Tarihi: 1 Haziran 2020, https://oceana.org/reports/needless-cruise-pollution-passengers-want-sewage-dumping-stopped.

[29] OCEANA, "Shipping's Impact on Air Quality", 2020, Retrieved from https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping-and-environment/shipping's-impact-air-quality.

[30] Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "Atık Alım Hizmeti Veren Belgeli Liman Sayısı, Gemi Atık Takip Sistemi; Uygulama Genelgesi", Ankara, 2011.

[31] M. Ayan, T. Baykal, "Barselona Sözleşmesi'nin Taraf Olduğumuz Protokolleri", T.C. Dışişleri Bakanlığı, Ankara, 2011.

[32] C. Abdullayev, "Uluslararası Hukuk Açısından Gemilerden Kaynaklanan Petrol Kirliliği", Yetkin Yayınları, sayı 31, Ankara, 2005.

[33] Resmi Gazete, "Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun", 2005.

[34] Resmi Gazete, Limanlar Kanunu, http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.618.pdf, 1984.

[35] Resmi Gazete, Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu, https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2692.pdf, 1982.

[36] V. Efecan, E. Gürgen Investigation of the Usability of Renewable Energy in Maritime Transportation, Mersin University Journal of Maritime Faculty, 2019, Cilt 1, Sayı 1 sf 30-39.

[37] D. Bailey, G. Solomon, "Pollution Prevention at Ports: Clearing the Air", San

Francisco, October 2004, Environmental Impact Assessment Review 24 (7-8):749-774, DOI: 10.1016/j.eiar.2004.06.005, USA.

[38] I. Komar, & B. Lalić, "Sea Transport Air Pollution", 2015, Retrieved from https://www.intechopen.com/books/current-air-quality-issues/sea-transport-air-pollution.

[39] J. Vidal, (2009) "Health Risks of Shipping Pollution Have Been Underestimated", 2009, Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2009/ apr/09/shipping-pollution.

[40] S. Burgen, "Barcelona Port Is Worst In Europe For Cruise Ship Air Pollution", 2019, Retrieved from https://www.theguardian.com/cities/2019/jun/07 /barcelona-port-is-worst-in-europe-for-cruise-ship-air-pollution, June 7.

[41] T. Ecohustler, M. Mellen, (2019) "One Corporation To Pollute Them All", 2019, Retrieved from https://ecohustler.com/article/one-corporation-to-pollute-them-all, June 16.

[42] Denizkartalı, "İstanbul ve Çevresinde Gemi Kaynaklı Emisyonlar ve Hava Kirliliği", 2020, Retrieved from https://denizkartali.com/istanbul-ve-cevresinde-gemi-kaynaklı-emisyonlar-ve-hava-kirliligi.html.

[43] C. Decennial, "Supplemental Survey the Atlantic Initiative", U.S, 2007.

[44] OSHA, "Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, OSHA Fact Sheet What is Shipbreaking?" US. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 2015, OSHA 2268-11R.

[45] M. A. Shama, "Life cycle assessment of ships. Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources-Guedes Soares", Garbatov & Fonseca (eds), Taylor & Francis Group, London, 2005.

[46] F. Nicolea, C. Popa, H. Beizadea, "Applications of life cycle assessment in shipping industry". Application of Life Cycle Assessment (LCA) in Shipping Industry, June 2014, DOI:10.5593/SGEM2014/B42/S19.038.

[47] N. Ko, J. Gantner, "Local added value and environmental impacts of ship scrapping in the context of a ship's life cycle", Ocean Engineering, 16 May 2016, Elsevier.

[48] A. Ringvold, "Prospective Life Cycle Assessment of Container Shipping–NTNU", Master Thesis, 2017, Fakultet for ingeniørvitenskap (IV), Institutt for energi og prosessteknik.

[49] W. Lhomme, J. P: Trovão, “Zero-emission casting-off and docking maneuvers for series hybrid excursion ships”, Energy Convers. Manag., vol. 184, no. February 2019, pp. 427–435.

[50] H. Lan, S. Wen, Y. Hong, D. C. L Yu, L. Zhang, “Optimal sizing of hybrid PV/diesel/battery in ship power system”, Appl. Energy, 2015, vol. 158, pp. 26–34.

[51] S. Wen, H. Lan, Y. Hong, D. C. Yu, L. Zhang and P. Cheng, “Allocation of ESS by interval optimization method considering impact of ship swinging on hybrid PV/diesel ship power system”, Appl. Energy, 2016, vol. 175, pp. 158–167.

[52] Y. S. Zhu, Y. Zhou, Z. Feng, H. L. Yuan, “Influences of solar energy on the energy efficiency design index for new building ships”, Int. J. Hydrogen Energy, 2017, vol. 42, no. 30, pp. 19389–19394.

[53 F. Diab, H. Lan, S. Ali, “Novel comparison study between the hybrid renewable energy systems on land and on ship”, Renew. Sustain. Energy Rev., 2016, vol. 63, pp. 452–463.

[54] Z. Jianyun, C. Li, X. Lijuan, W. Bin, “Bi-objective optimal design of plug-in hybrid electric propulsion system for ships”, Energy, 2019, vol. 177, pp. 247–261.

[55] K. J. Lee, D. S. Shin, J. P. Lee, D. W. Yoo, H. K. Choi, H. J. Kim, “Hybrid photovoltaic/diesel green ship operating in standalone and grid-connected mode in South Korea - Experimental investigation”, 2012 IEEE Veh. Power Propuls. Conf. VPPC 2012, vol. 49, pp. 580–583.

[56] N. Xiao, R. Zhou, X. Lin, “Type selection and design of hybrid propulsion system of ship”, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2016, vol. 157, no.1, IOP Conference Series Materials Science and Engineering 157(1):012034, DOI: 10.1088/1757-899X/157/1/012034

[57] K. Yigit, B. Acarkan, “A new electrical energy management approach for ships using mixed energy sources to ensure sustainable port cities,” Sustain. Cities Soc., 2018, vol. 40, no. January, pp. 126–135.

[58] R. A. Evrin, I. Dinçer, “Thermodynamic analysis and assessment of an integrated hydrogen fuel cell system for ships”, Int. J. Hydrogen Energy, 2019, vol. 44, no. 13, pp. 6919–6928.

[59] X. Yan, Q. Li, J. Wang, T. Long, Y. Yuan, “A design and experimental investigation of a large-scale solar energy/diesel generator powered hybrid ship”, 2018 , Energy, vol. 165.

[60] Y. Biçer, I. Dinçer, “Clean fuel options with hydrogen for sea transportation: A

life cycle approach", Int. J. Hydrogen Energy, 2018, vol. 43, no. 2, pp. 1179–1193.

[61] H. Şişmanyazıcı, "Alternatif Deniz Yakıtları ve Batarya Gemileri", 2017, Denizhaber.com.07.10.2017.(https://www.denizhaber.com/alternatif-deniz-yakitlari-ve-batarya-gemileri-makale, 101119.html).

[62] E. Andersson, P. Lukaszewicz, "Energy Consumption and Related Air Pollution for Scandinavian Electric Passenger Trains", Department of Aeronautical and Vehicle Engineering Royal Institute of Technology, 2006.

[63] Z. Tan, "Air Pollution and Greenhouse Gases: From Basic Concepts To Engineering Applications For Air Emission Control", Singapore: Springer, 2016.

[64] OCEANA, "Needless Cruise Pollution: Passengers Want Sewage Dumping Stopped". Oceana Reports Annual Reports, Magazine Report, 2004.

[65] A. A. Talay, C. Deniz, Y. Durmuşoğlu, "Gemilerde Verimi Arttırmak İçin Uygulanan Yöntemlerin CO_2 Emisyonlarını Azaltmaya Yönelik Etkilerinin Analizi", Journal of Eta Maritime Science, 2014, Vol 2, Num.1, P 61-74.

[66] H. Şişmanyazıcı, "Daha temiz bir gelecek için uygulanan kurallar", 2016, Denizhaber.com.07.10.2016.(https://www.denizhaber.com/alternatif-deniz-yakitlari-ve-batarya-gemileri-makale,101119.html).

[67] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, "İstanbul ve Marmara Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası Denizcilik Sektör Raporu", Liman Başkanlıkları Bazında Uğrayan Gemi İstatistikleri, Türkiye, 2019.

[68] TC. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, "Liman Başkanlıkları Bazında Elleçleme (2004-2019)", Türkiye.

[69] Marine Environment, IMO, MARPOL Annex VI – prevention of air pollution from ships, 2011.

[70] Transport environment, 2017, https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping-and-environment/shipping's-impact-air-quality, Retrieved from Shipping's Impact on Air Quality.

[71] D. Mueller, S. Uibel, M. Takemura, D. Klingelhoefer, & D. A. Groneberg, "Ships, Ports and Particulate Air Pollution- An Analysis of Recent Studies", 2011.

[72] OCEANA, Shipping Pollution, 2017, Retrieved from https://eu.oceana.org/en/shipping-pollution-1.

[73] E. Gad Samantha, C. Gad Shayne, "Encyclopedia of Toxicology (Second Edition)", National Environmental Policy Act, Marine Pollution, Science Direct, 2015.

[74] EC, European Commission, Time for international action on $C0_2$ emissions from

shipping, 2013.
[75] Denizkartalı, İstanbul ve Çevresinde Gemi Kaynaklı Emisyonlar ve Hava Kirliliği, 2010, Retrieved from https://denizkartali.com/istanbul-ve-cevresinde-gemi-kaynakli-emisyonlar-ve-hava-kirliligi.html.
[76] A. Muslu, Türkiyenin Lojistik Üs Olmasında Limanların Stratejik Yönetiminin Önemi; Samsun Limanı Örneği, III. Ulusal Liman Kongresi, Kasım 2017.
[77] C. Trozzi, R. Vaccaro, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2019.
[78] M. S. Çevirgen, İstanbul'da Denizyolu Ulaşımının Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, İTÜ FBE, Makine Mühendisliği, Otomotiv Yüksek Lisans Tezi, 2009.
[79] O. F. Uçar, "Samsun Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri", Ulaştırma Denizcili ve Haberleşme Bakanlığı, Samsun Liman Başkanlığı, 2014.
[80] H. Saraçoğlu, "İzmir Limanına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri", İstanbul Teknik Üniv. FBE, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
[81] C. Trozzi, "Emission estimate methodology for maritime navigation", Techne Consulting Srl, Via Gregorio Ricci Curbastro, 3-I00153, Roma, Italy, 2010.
[82] R. Nader, I. Ammar, S. Seddiek, "Eco-environmental analysis of ship emission control methods: Case study ro-ro cargo vessel.", ELSEVİER Ocean engineering, 2017.
[83] H. Winnes, L. Styhre, E. Fridell, "Reducing GHG emissions from ships in port areas", Elsevier, Research in Transportation Business & Management, 2015.
[84] B. Qiao, W. He, Y. Tian, Y. Liu, O. Cai, Y. Li, "Ship emission reduction effect evaluation of air pollution control countermeasures", December 2017, Transportation Research Procedia 25:3610-3622, DOI:10.1016/j.trpro.2017.05.325
[85] A. Ekmekçioğlu, K. Ünlügençoğlu, U. B. Çelebi, U. B. (2019) Ship Emission Estimation For Izmir And Mersin Internatonal Ports Journal of Thermal Engineering, Vol. 5, No. 6, Special Issue 10, pp. 184-195, December, Turkey.
[86] A. Ekmekçioğlu, "Gemi Kaynaklı Emisyonların Nümerik Yöntemlerle Hesaplanması", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gemi İnşaatı ve Gemi

Makineleri Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
[87] L. Bilgili, “Gemi Yaşam Döngüsünde Operasyonel Gaz Emisyonlarının Makine Öğrenmesi Yöntemiyle Tahmini”, Gemi İnşaati ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Programı, Doktora Tezi, İstanbul, 2018.
[88] L. Bilgili, “Kuru Yük Gemileri İçin Yaşam Döngüsü Analizinde (Lca), Yıllık Emisyon Ayakizi Hesabı ve Ana Parametrelere Bağlı Emisyon Tahmini Yaklaşımı” Yüksek Lisans Tezi Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği, Anabilim Dalı Gemi İnşaati ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.
[88] A. Kılıç, S. Kum, A. Ünal, T. Kındap, “Marmara Bölgesi' ndeki Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Kirlilik Azaltımı ve Maruziyet Analizi”, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 16(1) 27-46 (2014)27, 2014.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: ozturko@yildiz.edu.tr

Makale

1. Öztürk O., Turan E., An Analysis for Determination of the Port Position of Samsun in Turkey and Port Air Emissions, El-Cezerî Journal of Science and Engineering, vol.7, no.49, pp.1542-1558, 2020.

Konferans Bildirileri

1. Öztük O. Öztürk, Z. Turan E. (2020) Deniz Ulaşımı Kaynaklı Hava Kirliliği ve Azaltma Amaçlı Düzenlemeler, "The 2nd International Symposium of Engineering Applications on Civil Engineering and Earth Sciences 2020 (IEACES2020)" Karabük, pp.100-107.

2. Öztürk O., Turan E., Examination of the Impact of the Covid-19 Outbreak on Sea Freight Transportation, The 2nd International Symposium of Engineering Applications on Civil Engineering and Earth Sciences 2020 (IEACES2020)" Karabük, pp.40-47.