

Özcan AYGÜL



**İSKENDERUN TEKNİK**

**ÜNİVERSİTESİ**

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**VAN GÖLÜ BÖLGESİNDE  
FAALİYET GÖSTEREN  
GEMİLERDEN KAYNAKLI EGZOZ  
EMİSYONLARININ TAHMİNİ**

**Özcan AYGÜL**

**DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

OCAK 2021

OCAK 2021





**VAN GÖLÜ BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN GEMİLERDEN  
KAYNAKLI EGZOZ EMİSYONLARININ TAHMİNİ**

**Özcan AYGÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2021**

Özcan AYGÜL tarafından hazırlanan “VAN GÖLÜ BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN GEMİLERDEN KAYNAKLI EGZOZ EMİSYONLARININ TAHMİNİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....  
...

**Başkan:** Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....  
...

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Kadir Emrah ERGİNER

Denizcilik Eğitimi Anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....  
...

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Ercan AKAN

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....  
...

Tez Savunma

Tarihi:

21/01/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

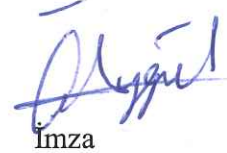
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



İmza

Özcan AYGÜL

21/01/2021

# VAN GÖLÜ BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN GEMİLERDEN KAYNAKLI EGZoz EMİSYONLARININ TAHMİNİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Özcan AYGÜL

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2021

## ÖZET

Van Gölü üzerinde gemilerle gerçekleştirilen yük ve yolcu taşımacılığı gibi faaliyetlerin geçmişi uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. Günümüzde ise göl üzerindeki bu faaliyetler dizel motorlu gemilerle yapılmaktadır. Gemilerin kullandıkları fosil yakıtların dizel motorlarda yanması sonucu ortamda karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), azot oksit (NO<sub>x</sub>), karbon monoksit (CO), kükürt oksit (SO<sub>x</sub>), partikül madde (PM), uçucu organik bileşik VOC ve hidrokarbon (HC) gibi egzoz emisyonlarının oluşumu gerçekleşmektedir. Gemi makinelerinde oluşan insan sağlığına ve çevreye zararlı olan egzoz emisyonları gemilerin bacalarından dışarı çıkarak havayı kirletmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda Van Gölü bölgesi ile ilgili gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerinin tespitine yönelik yapılmış bir çalışmanın yapılmadığı görülmüştür. Bu sebeple bu çalışma, alanda yapılmış olan mevcut diğer çalışmalardan farklılığını ortaya koyarak önemini artırmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, Van gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyonlarının tahmini değerlerinin belirlenmesi ve ayrıca elde edilen emisyon değerlerinin bölgenin insan sağlığına ve çevresine olan muhtemel etkilerinin ortaya çıkarılması ile ilgili ileride yapılacak çalışmalarda referans alınacak bir çalışma olması amaçlanmaktadır.

Van Gölü bölgesinde gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tespiti ile ilgili çalışmada göl üzerinde faaliyet gösteren 6 feribot (4 eski ve 2 yeni), 2 deniz otobüsü ve 5 yolcu motoru olmak üzere toplamda 13 deniz aracına ait gerçek yakıt değerleri kullanılmıştır. Emisyon hesaplamalarında yukarıdan aşağı (top-down) yöntemi kullanılmış olup öncelikle 13 deniz aracından kaynaklı oluşan 8 yıl 11 aylık bir emisyon tahmini yapılmıştır. Daha sonra ise sadece 6 adet feribot için 1988 yılından 2020 yılına kadar yaklaşık 33 yıllık bir emisyon tahmini yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda Van Gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı oluşan toplam egzoz emisyon değerleri hesaplanarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Gemi Emisyonları; Egzoz Emisyonları; Van Gölü; Emisyon Tahmini; Hava Kirliliği; Sera Gazları; Covid-19

Sayfa Adedi : 101

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ

AN ESTIMATION OF SHIP-BASED EXHAUST EMISSIONS IN THE REGION OF  
LAKE VAN (M. Sc. Thesis)

Özcan AYGÜL

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY  
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

January 2021

ABSTRACT

The history of cargo and passenger transportation by ships on Lake Van dates back many years. Today, these transportation on the lake are carried out by diesel-powered vessels. As a result of the burning of fossil fuels used by diesel ships, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), carbon monoxide (CO), sulfur oxide (SO<sub>x</sub>), particulate matter (PM), volatile organic compound (VOC) and hydrocarbon (HC) emissions occur. Exhaust emissions, which are harmful to human health and the environment, that occur in ship machinery go out of the funnels of the ships and pollute the air.

As a result of the researches, it has been observed that there was no study conducted to determine the values of ship-based exhaust emissions in the region of Lake Van. That's why, being different from other existing studies in the field, this study increases its importance. Within the scope of this thesis, it is aimed to be a reference study to determine the values of ship-based exhaust emissions in the region of Lake Van and also to reveal the possible effects of the emission values obtained on the human health and environment of the region.

In this study on the determination values of the ship-based exhaust emissions in the region of Lake Van, the actual fuel values of a total of 13 marine vehicles, 6 ferries (4 old and 2 new), 2 sea buses and 5 passenger engines, has been used on. The top-down method has been used in the emission calculations, and firstly, an emission estimation for 8 years and 11 months has been made from 13 vessels. Later, an emission estimate of approximately 33 years has been made for only 6 ferries from 1988 to 2020. As a result of the study, the total values of the ship-based exhaust emissions in the region of Lake Van has been calculated and presented.

Key Words : Ship Emissions; Exhaust Emissions; Lake Van; Emission Estimation;  
Air Pollution; Greenhouse Gases; Covid-19  
Page Number : 101  
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Sedat BAŞTUĞ

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana gece ve gündüz zaman ayırıp her vakit destek olan, sahip olduğu bilgi ve deneyimi ile beni ve çalışmamı yönlendirerek sonuca ulaşmamı sağlayan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ'a çok teşekkür ederim. Ayrıca tez konumu belirlemede yardımcı olarak bu alanda özgün bir çalışma yapmış olmama vesile olan bir önceki danışman hocam Doç. Dr. Alpaslan ATEŞ'e de çok teşekkür ederim.

Çalışmanın gerçekleşmesi aşamasında benim ile bilgi, tecrübe ve deneyimlerini paylaşma konusunda değerli zamanlarını ayırarak sorularımı yanıtlayan "TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü" kurumunda görevli Personel Şefi Sayın Sedat OĞUZ'a, Uzakyol Kaptan Sayın Mustafa YİĞİT'e, Uzakyol Birinci Mühendis Sayın Salih AZAK'a ve "Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tatvan Liman Başkanlığı" kurumunda Denizcilik Uzmanı Sayın Özgür ŞAHİNOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez yazım süresince zamanlarını ve desteklerini benden esirgemeyen çok değerli arkadaşlarım ve meslektaşlarım olan Uzakyol Birinci Mühendis Sayın Emre KONDU'ya, Arş. Gör. Sayın Alper SEYHAN'a, Arş. Gör. Sayın Samet BİÇEN'e ve Arş. Gör. Sayın Ahmet Lutfi TUNÇEL'e çok teşekkür ederim.

Beni yetiştiren, bana emek veren, büyütüp bu günlere gelmemi sağlayan, hiçbir fedakarlıktan çekinmeden her konuda desteklerini gördüğüm, dualarını ve sevgilerini benden esirgemeyen çok kıymetli babam Vafettin AYGÜL ve annem Gülten AYGÜL başta olmak üzere, kardeşlerim Semra TUTSOY, Esra TUNÇ ve Özgür AYGÜL'e çok teşekkür ederim.

Son olarak hayatının geri kalan kısmını benimle birleştirerek aile olmamıza vesile olan, zorlu zamanlarımda desteğini eksik etmeden sabırla bekleyen ve her zaman yanımda olan değerli eşim Nuran AYGÜL'e ve doğduğu gün bana tarifsiz bir mutluluk yaşatan, en yorgun zamanımda bile bir gülüşüyle canıma can katan gözümün nuru biricik kızım Elif Zümra'ma çok teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI .....	6
2.1. Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Ulusal ve Uluslararası Düzenlemeler.....	6
2.1.1. MARPOL 73/78 sözleşmesi ve ek 6 kural 13 (NO <sub>x</sub> ) - kural 14 (SO <sub>x</sub> -PM)...	6
2.1.2. Gemilerde enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler (EEDI/SEEMP/EEOI)...	14
2.1.3. BM iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Kyoto protokolü .....	19
2.1.4. Gemi kaynaklı hava kirliliği ile ilgili Türkiye'deki kural ve düzenlemeler....	23
2.2. Hava Kirliliği .....	23
2.2.1. Hava kirliliği kaynakları .....	24
2.2.2. Hava kirleticiler.....	26
2.3. Denizcilikte Emisyon ve Gemi Kaynaklı Egzoz Emisyon Türleri .....	27
2.3.1. Kükürt oksit emisyonu.....	34
2.3.2. Azot oksit emisyonu .....	36
2.3.3. Karbon dioksit emisyonu .....	37



	<b>Sayfa</b>
2.3.4. Karbon monoksit emisyonu .....	38
2.3.5. Partikül madde emisyonu.....	39
2.3.6. Hidrokarbon emisyonu .....	41
2.3.7. Uçucu organik bileşik emisyonu .....	42
2.4. Van Gölü Üzerindeki Denizcilik Faaliyetleri .....	43
2.4.1. TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü.....	45
2.4.2. Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Otobüsleri .....	50
2.4.3. Sınırlı Sorumlu Gevaş Akdamar Adası Göl Motorlu Taşıtlar Kooperatifi	51
2.4.4. Balıkçılık .....	52
2.5. Literatürdeki Benzer Çalışmalar .....	53
<b>3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ .....</b>	<b>65</b>
3.1. Araştırma Metodu.....	65
3.2. Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi.....	68
3.3. Örneklem ve Verilerin Toplanması.....	69
3.4. Emisyon Faktörlerinin İşlemselleştirilmesi .....	70
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>71</b>
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>79</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>85</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>89</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>99</b>
<b>DİZİN.....</b>	<b>101</b>

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Emisyon kontrol alanları .....	9
Çizelge 2.2. MARPOL Ek 6 kural 13–Azot oksit emisyonu limitleri.....	11
Çizelge 2.3. Küresel CO <sub>2</sub> emisyon yıllık toplam değerlerinin ülkelere göre dağılımı ...	22
Çizelge 2.4. Temiz ve kirli hava içerisindeki kirletici değerlerinin karşılaştırılması .....	24
Çizelge 2.5. Hava kirliliğini oluşturan kirleticiler .....	26
Çizelge 2.6. DSÖ karbon monoksit gazına maruz kalma sınır değerleri .....	34
Çizelge 2.7. Denizcilikte kullanılan yakıtlardaki kükürt içeriklerinin yıllara göre küresel ortalama yüzde değerleri .....	35
Çizelge 2.8. Van Gölü ve bölgesinin coğrafi özellikleri.....	44
Çizelge 2.9. 1971-2018 yılları arasında TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesinde çalışmış olan feribotların teknik özellikleri .....	47
Çizelge 2.10. TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesindeki yeni feribotların özellikleri .....	48
Çizelge 2.11. 2001-2020 (Ekim) yılları arasında TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmiş olan yük ve yolcu taşımacılığı .....	50
Çizelge 2.12. Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Otobüsleri teknik özellikleri.....	51
Çizelge 2.13. Gevaş iskelesinde bulunan kooperatif bünyesinde aktif çalışmakta olan yolcu motorların teknik özellikleri .....	52
Çizelge 3.1. Mülakata katılan cevaplayanların demografik özellikleri.....	69
Çizelge 3.2. Top-down yönteminde kullanılan emisyon faktörleri.....	70
Çizelge 4.1. Van Gölü üzerinde taşımacılık yapan gemilerin yakıt tüketim değerleri.....	71
Çizelge 4.2. Van Gölü bölgesindeki gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerleri.....	72
Çizelge 5.1. Dünya'daki bazı bölgeler ile Van Gölü bölgesi için hesaplanan gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....	79
Çizelge 5.2. Türkiye'deki bazı bölgeler ile Van Gölü bölgesi için hesaplanan gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....	81

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. MARPOL Ek 6 kural 14–kükürt oksit limitlerinin yıllara göre değişimi.....	13
Şekil 2.2. Gemi enerji verimliliği yönetim planının uygulama aşamaları .....	17
Şekil 2.3. Hava kirliliği kaynakları .....	25
Şekil 2.4. Küresel CO <sub>2</sub> emisyon yıllık toplam değerlerinin sektörlere göre dağılımı ....	30
Şekil 2.5. Uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı CO <sub>2</sub> emisyonlarının yıllara göre dağılımı.....	31
Şekil 2.6. Dünyada gerçekleşen deniz yolu taşımacılığı kaynaklı toplam SO <sub>x</sub> emisyon miktarları .....	35
Şekil 2.7. Dünyada gerçekleşen deniz yolu taşımacılığı kaynaklı toplam NO <sub>x</sub> emisyon miktarları .....	36
Şekil 2.8. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam CO <sub>2</sub> emisyon miktarları ....	38
Şekil 2.9. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam CO emisyon miktarları.....	39
Şekil 2.10. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam PM <sub>2.5</sub> emisyon miktarları	40
Şekil 2.11. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam PM <sub>10</sub> emisyon miktarları.	40
Şekil 2.12. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam BC emisyon değerleri .....	41
Şekil 2.13. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam CH <sub>4</sub> emisyon değerleri....	42
Şekil 2.14. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam VOC emisyon değerleri ..	43
Şekil 4.1. Elde edilen 9 yıllık toplam emisyon değerlerinin miktar ve yüzde dağılımları .....	72
Şekil 4.2. Van Gölü üzerinde oluşan gemi kaynaklı toplam emisyon değerlerinin yıllara göre değişimi .....	73
Şekil 4.3. Elde edilen CO <sub>2</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları.....	74
Şekil 4.4. Elde edilen NO <sub>x</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları .....	74
Şekil 4.5. Elde edilen CO emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları .....	75
Şekil 4.6. Elde edilen VOC emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları .....	75

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.7. Elde edilen SO <sub>x</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları.....	76
Şekil 4.8. Elde edilen PM emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları.....	76
Şekil 4.9. Elde edilen CH <sub>4</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları.....	77
Şekil 4.10. Van Gölü feribotlarından kaynaklı 33 yılda oluşan egzoz emisyon miktarları ..	78



**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Van Gölü İşletmesi Tatvan Gemisi inşası 1940'lı yıllar .....	45
Resim 2.2. 1971-2018 yılları arasında TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesinde çalışmış olan feribotlar .....	46
Resim 2.3. 1971 yılı T/F Orhan Atlıman feribotunun deneme seferi.....	47
Resim 2.4. TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesindeki yeni feribotların dış görünüşü .....	48
Resim 2.5. Hezil-Tamara Deniz Otobüsü dışarıdan görünüşü.....	51
Resim 2.6. Gevaş iskelesinin yukarıdan görünüşü.....	52

**HARİTALARIN LİSTESİ**

<b>Harita</b>	<b>Sayfa</b>
Harita 2.1. Dört emisyon kontrol alanının kapsamı.....	10



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

<b>mg</b>	Mili gram
<b>%</b>	Yüzde
<b>°</b>	Derece
<b>°C</b>	Derece santigrat
<b>μ</b>	Mikron
<b>μg</b>	Mikro gram
<b>m<sup>3</sup></b>	Metreküp
<b>m<sup>2</sup></b>	Metrekare

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

<b>CO</b>	Karbon Monoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbon Dioksit
<b>DTO</b>	Deniz Ticaret Odası
<b>DWT</b>	Detveyt Ton
<b>ECA</b>	Emission Control Area
<b>EEA</b>	European Environment Agency
<b>EEC</b>	European Economic Community
<b>EEDI</b>	Energy Efficiency Design Index
<b>EEOI</b>	Energy Efficiency Operational Indicator
<b>EIAPP</b>	Engine International Air Pollution Prevention Certificate
<b>GMT</b>	Greenwich Mean Time
<b>GT</b>	Groston
<b>HC</b>	Hidrokarbon
<b>HFO</b>	Heavy Fuel Oil

**Kısaltmalar****Açıklamalar**

<b>IMO</b>	International Maritime Organization
<b>IAPP</b>	International Air Pollution Prevention Certificate
<b>ICCT</b>	International Council of Clean Transportation
<b>IEA</b>	International Energy Agency
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>LNG</b>	Liquefied Natural Gas
<b>LPG</b>	Liquefied Petroleum Gas
<b>MDO</b>	Marine Diesel Oil
<b>MEPC</b>	Marine Environment Protection Committee
<b>NO<sub>x</sub></b>	Azot Oksit
<b>OECD</b>	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
<b>PM</b>	Partikül Madde
<b>PPM</b>	Parts Per Million
<b>PSC</b>	Port State Control
<b>RPM</b>	Revolutions Per Minute
<b>SEEMP</b>	Ship Energy Efficiency Management Plan
<b>SOX</b>	Kükürt Oksit
<b>TCDD</b>	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
<b>UAB</b>	Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı
<b>UNCTAD</b>	Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Örgütü
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme
<b>WHO</b>	Dünya Sağlık Örgütü
<b>WMO</b>	World Meteorological Organization
<b>VOC</b>	Uçucu Organik Bileşikler
<b>USEPA</b>	United States Environmental Protection Agency



## 1. GİRİŞ

Uluslararası yük taşımacılığı faaliyetlerinde deniz yolu taşımacılığı; limanlar ve gümrükler aracılığıyla dünya üzerinde deniz yollarının kullanıldığı çok geniş bir bölgeyi ele aldığından dolayı büyük bir pazara hitap etmektedir. Uluslararası taşımacılık sektöründe faaliyet gösteren kara yolu, hava yolu, deniz yolu ve demir yolu ile yapılan taşımalarda taşıma işleminin hızlı, güvenilir ve de düşük maliyetli olması gibi konular bu taşıma şekilleri arasındaki rekabetin belirgin konuları olmaktadır. Zamanla gelişen teknolojinin tersanelere entegre edilip gemilerde kullanılmaya başlanmasıyla tersanelerde daha büyük gemiler inşa edilerek gemilerin yük taşıma kapasiteleri büyük ölçüde arttırılmış ayrıca gemilerin hızlarında ve seyir sistemlerinde de önemli derecede gelişmeler sağlanmıştır.

Yirmi birinci yüzyılda gemilerin sayılarının ve kapasitelerinin de artmasıyla büyük tonajdaki yükler gemilerle uzun mesafelere tek seferde ve diğer taşıma şekillerine göre çok daha düşük maliyetlerle taşınabilmektedir (Doğan ve Ateş, 2019). Bununla birlikte gemilerle taşınan yük birimi başına harcanan yakıt miktarının diğer taşıma şekillerine göre daha az olması ve bundan dolayı daha çevreci olması gibi sebeplerden dolayı deniz yolu taşımacılığı şirketler tarafından en çok tercih edilen taşımacılık şekli olmuştur. Böylelikle günümüzde deniz yolu taşımacılığı uluslararası taşımacılığın yaklaşık %90'ında pay sahibi olarak artan küresel ticaretin de en önemli yolu haline gelmiştir (Friedrich, Heinen ve Kodjak, 2007).

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Örgütü'nün (United Nations Conference on Trade and Development-UNCTAD) 2019 yılında yayınlanan sektör raporu verilerine göre dünya deniz ticaret filosunda kayıtlı 100 groston (Gross Tonnage-GT) üzeri ticari gemi sayısı 95402'dir. Askeri gemiler, yatlar, suyolu gemileri, balıkçı gemileri, mavnalar ve açık deniz platformları bu rakama dahil değildir. Dünya deniz ticaret filosuna kayıtlı olan bu ticari gemilerin toplam yük taşıma kapasiteleri ise yaklaşık 1,97 milyar detveyt ton (Deadweight Tonnage-DWT)'dur. Dökme yük gemileri ve petrol tankerleri, bu hacmin sırasıyla %42,6 ve %28,7'lik bölümünü oluşturarak dünyadaki gemi pazarında en büyük paylarını korumuşlardır (United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD], 2019).

Dünya deniz ticaret filosunun 2019 yılındaki yük taşıma kapasitesi hacmi bir önceki 2018 yılına göre %2,6 artmış olup filonun ortalama yaşı ise 21 yaş olmuştur. Buna karşılık kuru

yük gemilerinin %71'i, konteyner gemilerinin %56'sı, genel kargo gemilerinin %35'i, tankerlerin ise %54'ü 10 yaş ve altında olduğu görülmüştür. 2018 yılında dünya deniz ticaret filosuna katılan gemilerin %40'ı Çin'de, %25'i Japonya'da, %25'i Kore'de inşa edilmiştir. Ayrıca Türkiye Türk armatörlerin sahip olduğu Türk bayraklı ve yabancı bayraklı olmak üzere toplam 1522 gemi ve 27,6 milyon DWT taşıma kapasitesi hacmi ile deniz ticaret filosu açısından dünyada 16. filo olarak sıralamadaki yerini almıştır (UNCTAD, 2019).

Gemiler, pervanelerini çeviren bir veya birkaç ana makine ile elektrik enerjilerini karşılayan jeneratör setlerinden oluşan yüksek güçlü dizel motorlarına sahiptirler. Gemi ana ve yardımcı makinelerinde yakılan ağır yakıt (Heavy Fuel Oil-HFO) ve dizel yakıt (Marine Diesel Oil-MDO) gibi fosil yakıtlar sonucu çevre ve insan sağlığına zararlı egzoz emisyonları oluşmaktadır. Bu emisyonlardan önemli bazıları azot oksit (Nitrogen Oxides-NOx), kükürt oksit (Sulphur Oxides-SOx), karbon monoksit (Carbon Monoxide-CO), karbon dioksit (Carbon Dioxide-CO<sub>2</sub>), hidrokarbon (Hydrocarbon-HC), uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compound-VOC), partikül madde (Particulate Matter-PM)'dir (Bailey, Plenys, Solomon, Campbell, Feuer ve Masters, 2004).

Dünyada son yıllarda denizlerdeki gemi trafiğinin yoğunluğuna bağlı olarak gemi kaynaklı egzoz emisyonlarının hava kirliliğine etkisi önemli derecede artmıştır. Her yıl atmosfere salınan dünyadaki toplam karbon dioksit emisyon miktarının %2,5'i uluslararası alanda yapılan diğer taşıma türlerine göre en çevreci ve enerji açısından da en verimli taşımacılık türü olan deniz yolu taşımacılığında kaynaklanmaktadır. Ayrıca gemilerden kaynaklanan kükürt oksit ve azot oksit emisyonlarının toplam miktarları insan faaliyetleri sonucu oluşan küresel toplam emisyon miktarlarının sırasıyla yaklaşık %13 ve %15'ini oluşturmaktadır (Smith, Jalkanen, Anderson, Corbet ve Faber, 2014).

Gemi kaynaklı egzoz emisyon miktarlarının zamanla hava kirliliğindeki payının artması bilim insanlarını bu alanla ilgili çalışmalara yönlendirmiştir, bu alanda ülkemizde yapılan çalışmalardan bazıları şöyledir; feribottan yayılan egzoz emisyonlarının incelenmesi (Durmaz, 2015), Marmara denizi gemi egzoz emisyonları üzerine bir çalışma (Kılıç, 2009), Çandarlı Körfezi gemi egzoz emisyon tahmini (Deniz, Kılıç ve Cıvkaroğlu, 2010), Ambarlı Limanı bölgesinde gemi egzoz emisyonlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi (Deniz ve Kılıç, 2009), İzmit Körfezi gemi emisyon araştırması (Kılıç ve Deniz, 2009), Kuş Adası liman bölgesi kurvaziyer gemilerin karbon salımı tahmini (Gülmez, Günay ve Cerit, 2016),

İzmir ve Mersin limanlarına ait gemi egzoz emisyonları tahmini çalışmalarıdır (Ekmekçioğlu, Ünlügençoğlu ve Çelebi, 2019). Bu çalışmaların temel amacı gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin belirlenmesi, çevreye ve insan sağlığına olan etkilerinin ortaya çıkarılmasıdır.

Gemi egzoz emisyonlarından kaynaklanan hava kirlleticileri ve sera gazları; küresel ısınmaya, asit yağmurlarına ve hava kalitesinin azalmasına neden olurlar ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptirler. Ayrıca limanların yaşam alanlarına yakın olmasından dolayı gemi kaynaklı emisyonlar karasal hava kalitesini oldukça fazla etkilerken insan sağlığını da ciddi ölçüde etkilemektedir (Durmaz, 2015). Liman bölgelerinde gemilerden kaynaklanan emisyonlar astım, solunum yetmezlikleri, kalp ve damar rahatsızlıkları, akciğer kanseri ve erken doğumlara sebep olabilmektedir (Bailey ve diğerleri, 2004).

Gerek dış ortam hava kirliliğinin gerekse kapalı alanlarda katı yakıtların yanmasından kaynaklanan iç mekan hava kirliliğinin, havadaki yüzdelere çok düşük seviyelerde olması bile insan sağlığına tehdit olması için yeterlidir. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO), 2015 yılında yayımlanan çalışmasında hava kirliliğinden kaynaklanan hastalıklara ilişkin değerlendirilmelerde bulunmuştur. Bu değerlendirmelere göre; havadaki kirliliğinin etkileri nedeniyle 2012 yılında dünya genelinde 3,7 milyon prematüre ölüm meydana gelmiş ve ölümlerin çoğu Batı Pasifik ve Güney Doğu Asya bölgelerinde gerçekleşmiştir (World Health Organization [WHO], 2015). Hindistan ve Çin gibi nüfus yoğunluğu ve hava kirliliği oranı yüksek olan ülkelerde ilerleyen yıllarda prematüre ölüm oranlarının daha da artacağı bildirilmiştir. Dünyada her yıl yarım milyondan fazla insanın partikül madde emisyonundan kaynaklı hava kirliliği nedeniyle yaşamını yitirdiği düşünülmektedir (Nel, 2005; Wang, Hu, Xu, Christakos ve Zhao, 2013).

Gemi kaynaklı egzoz gazı emisyonlarının etkileri özellikle liman bölgeleri, kanallar ve iç denizlerde daha net görülmektedir (Saraçoğlu, Deniz ve Kılıç, 2013). Bu sebeple deniz trafiğinin mevcut olduğu bölgeler için gemi egzoz emisyon oranlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Van Gölü de deniz taşımacılığının mevcut olduğu bölgelerden biridir. Van gölü deniz taşımacılığının önemli bir kısmını feribot taşımacılığı oluşturmaktadır. Ayrıca bölgede balıkçılık ve turizm amaçlı taşımacılık da yapılmaktadır. Bu sebeple Van gölü bölgesi içinde gemi egzoz emisyon etkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Çünkü Van gölü etrafında

birçok yerleşim bölgesi bulunmakta ve bölge farklı canlı türlerine de ev sahipliği yapmaktadır.

Van gölü üzerindeki deniz taşımacılığı tarihi uzun yıllara dayanmasına rağmen gemi egzoz emisyonlarının belirlenmesi üzerine henüz yapılmış bir çalışma mevcut değildir. Bundan dolayı bu çalışma, alanda yapılmış olan mevcut diğer çalışmalardan da farklılığını ortaya koymakta ve önemini artırmaktadır. Ayrıca bölgede böyle bir çalışmanın mevcut olmaması nedeniyle Van gölü havzasındaki gemi emisyon değerlerinin bölgenin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerine yönelik bir ön görüş yapılamamaktadır. Bu çalışma ile hem Van gölü için gemi egzoz emisyon değerleri belirlenmiş olacak hem de bu alanda yeni çalışmalar yapılmasına öncülük edilecektir.

Bu çalışma ile, Van gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyonlarının tahmini değerlerinin belirlenmesi ve çalışmada elde edilen bu emisyon değerlerinin bölgenin insan sağlığına ve çevresine olan muhtemel etkilerinin ortaya çıkarılması ile ilgili ileride yapılacak çalışmalarda referans alınacak bir çalışma olması amaçlanmaktadır.

Gemi egzoz emisyonları literatürde teorik olarak aşağıdan yukarı (bottom-up) yani tümevarım ve yukarıdan aşağıya (top-down) yani tümünden gelim olmak üzere iki farklı tahmin yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Emisyon tahmini için tüme varım yöntemi gemi makine kurulu gücünü, gemilerin sefer, liman ve manevra gibi farklı çalışma modlarında harcadığı süreleri, bu sürelerde makinelere binen yük faktörlerini baz almaktadır. Bu yöntemde kullanılan emisyon faktörleri birim güç başına birim saatte yayılan emisyon biriminde olması gerekmektedir. Makine ve jeneratörlerin ürettiği güç ve bu güçte kaldığı süre ile emisyon faktörleri çarpılarak, oluşan emisyon miktarları hesaplanmaktadır.

Tümünden gelim yönteminde ise gemilerin tükettiği yakıt miktarları ve tüketilen birim ton yakıt başına meydana gelen emisyon miktarı baz alınmaktadır. Bu yöntemle öncelikle ilgili kurumlardan gemilerin tükettiği yakıt miktarları elde edilir. Daha sonra ton birimi olarak kurumlardan elde edilen gemi yakıt miktarları ayrı ayrı literatürlerden elde edilmiş emisyon faktörleri ile çarpılarak kilogram biriminden geminin açığa çıkardığı egzoz emisyonlarının miktarları belirlenmiş olur.

Bu tez çalışmasında, Van Gölü üzerinde yolcu ve yük taşımacılığı faaliyetinde bulunan gemilerin sayıları, teknik özellikleri, yakıt cinsleri ve yıllık harcanan yakıt miktarları ile ilgili sayısal ve istatistiki bilgiler ilgili TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü ve T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (TCUAB) Tatvan Liman Başkanlığı kurumlarından temin edilmiştir. Kurumlardan elde edilen veriler neticesinde bölgedeki gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tahmini hesaplamaları için tümnden gelim (yukarıdan aşağı) yöntemi kullanımının daha uygun olduğu düşünülmüştür. Böylelikle gemilerin eldeki istatistiki verileri tercih edilen tümnden gelim yöntemindeki formüllere uygulaması yapılmış olup nihai sonuçta Van Gölü bölgesi üzerinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerine ulaşılmıştır.



## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Ulusal ve Uluslararası Düzenlemeler

Küresel Dünyada çevre kirliliği oluşturan kısımlarından en önemli birini hava kirliliği sorunu oluşturmaktadır. Teknolojinin ve sanayileşmenin de zamanla gelişmesiyle atmosferdeki hava kirliliğinin oranı önemli derecede artmıştır. Atmosferdeki bu hava kirliliğinin içeriğini oluşturan tozlar, çeşitli gazlar, dumanlar, su buharları ve kokular gibi kirleticiler çevreye, insan sağlığına, diğer canlı ve cansız varlıklara ciddi ölçüde zararlar vermektedir (Sümer, 2014). Bu nedenle Birleşmiş Milletler ve uluslararası sektör örgütleri gibi birçok uluslararası kuruluş tarafından dünyadaki hava kirliliğini önlemeye yönelik birçok sözleşme ve protokol hazırlanarak ülkelerin bu sözleşmelere taraf olması sağlanmıştır.

Uluslararası alanda Türkiye 2020 yılı itibariyle, içerisinde hava kirliliğine yönelik de olan yaklaşık 30 adet çevre anlaşmasına taraf olmuş durumdadır. Viyana Sözleşmesi, Montreal Protokolü, EMEP Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolü hava kirliliğine yönelik bu anlaşmalardan bazılarıdır (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı [TCDB], 2020a). Ayrıca Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (International Maritime Organization-IMO) denizlerin gemiler tarafından kirletilmesinin önlenmesine ait uluslararası sözleşmesi olan MARPOL 73/78, Türkiye'nin çevre açısından taraf olduğu bir başka uluslararası sözleşme konumunda bulunmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı [TCUAB], 2020).

#### 2.1.1. Marpol 73/78 sözleşmesi ve ek 6 kural 13 (NO<sub>x</sub>) - kural 14 (SO<sub>x</sub>-PM)

Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) o zamanki ismi ile Hükümetler arası Denizcilik İstişare Örgütü'nün kurulması ile ilgili sözleşme, Birleşmiş Milletler tarafından 1948 yılında Cenevre'de düzenlenen BM Denizcilik Konferansı'nda görüşülmüş ve üye devletler tarafından kabul edilmiştir. Örgütün kurulması ile ilgili kabul edilen kurucu sözleşme ilerleyen 10 yıllık süreçte 1958 yılında yürürlüğe girmesiyle de IMO resmi olarak ilk çalışmalara başlamıştır. Daha sonra 1982 yılında örgütün kurucu sözleşmesinin içerisindeki

örgüt isminde değişikliğe gidilerek şu andaki Uluslararası Denizcilik Örgütü ismini almıştır (Ayan ve Baykal, 2010).

2020 yılı itibariyle 174 devletin üye olduğu ve üç ortaktan oluşan IMO; tüm üye devletlerin katılımıyla iki yılda bir toplanan aynı zamanda örgütün yasama organı olan bir genel kurul, genel kurulun iki yıllığına seçtiği 40 üye devletten oluşan ve örgütün yürütme organı olan bir konsey ve beş komiteden oluşmaktadır. IMO'nun temel çalışma prensibi ve kuruluş amacı gemilerin daha emniyetli bir şekilde seyir faaliyetlerini icra etmek ve gemilerden kaynaklı çevre kirliliğinin önüne geçmektir. Bu bağlamda IMO'nun günümüzde yürürlükte olan ve çok sayıda kurullarla destekli 50'den fazla sözleşmesi bulunmaktadır. IMO Deniz Çevresini Koruma Komitesi'nin (Marine Environment Protection Committee-MEPC) çalışmalarıyla hazırlanan ve Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme olan MARPOL 73/78 sözleşmesi bunlardan biridir (International Maritime Organization [IMO], 2020a).

Marine Pollution veya kısa ismi ile MARPOL 73/78 sözleşmesi IMO tarafından gemilerin denizlerdeki operasyonel faaliyetleri veya kazaları sonucunda denizleri kirletmesinin önüne geçmek amacıyla oluşturulmuş ve 1973 yılında Londra'da kabul edilen uluslararası bir sözleşmedir. Sözleşmeye taraf olan üye ülkelerin yeterli sayıya ulaşamamasından dolayı sözleşmenin yürürlüğe girmesi 10 yıl kadar gecikmiştir. Bu 10 yıllık süreçte özellikle 1976-1977 yıllarında meydana gelen çok sayıda tanker kazalarının da etkisiyle sözleşme bir kez daha önem kazanmıştır. Daha sonra 1983 yılında sözleşmeye taraf üye sayısında yeterli sayıya ulaşılarak ve sözleşme 2 Ekim 1983'te 1978 protokolü ile birlikte yürürlüğe girmiştir. MARPOL 73/78 sözleşmesine 1997 yılında IMO tarafından gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili kuralları içeren yeni bir protokol kabul edilerek eklenmiştir. Sözleşmeye daha sonradan dahil olan 1997 protokolü 19 Mayıs 2005 tarihinde ek 6 olarak sözleşmeye eklenerek yürürlüğe girmiştir. Uygulamada toplam 6 eke sahip MARPOL 73/78 sözleşmesi yıllar içinde gerekli görülen değişikliklerle sürekli düzenlenerek zaman içinde güncelliğini korumuştur (IMO, 2020b).

MARPOL73/78 Sözleşmesinin petrol kirliliği önleme ile ilgili Ek-1 ve Dökme halde taşınan zehirli sıvı maddelerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesi ile ilgili Ek-2, sözleşmenin zorunlu ekleri olup bu her iki eke 2013 yılı itibariyle aynı zamanda dünya denizcilik filosunun da yaklaşık %98'ini oluşturan 138 ülke taraftır. Sözleşmenin diğer ekleri zorunlu

olmayıp bu eklere katılım isteğe bağlı bırakılmıştır. Tez çalışmamızın konusunu da kapsayan gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili düzenlemeleri içeren sözleşmenin 6 numaralı ekine ise dünya deniz ticaret filosu tonajının yaklaşık %89'unu oluşturan 63 ülke taraf olmuştur. Türkiye ise bu sözleşmenin 1,2 ve 5 numaralı eklerine 1990 yılındaki Bakanlar Kurulu kararı ile taraf olmuş ve ekler 10 Ocak 1991 tarihinde yürürlüğe girmiştir (TCUAB, 2020). MARPOL Sözleşmesi'ne 2005 yılında ek 6 olarak eklenen 1997 protokolüne ise Türkiye 26 Şubat 2013 tarihinde kabul edilen 6438 numaralı kanun ile taraf olmuş olup bu kanunun yürürlüğe girmesi 15 Mart 2013 tarihli resmi gazetede (2013a) yayımlanmasıyla başlamıştır. Sözleşmenin 3 ve 4 numaralı eklerine ise bakanlar kurulu tarafından kabul edilen 6477 numaralı kanun ile taraf olunmuş olup bu kanunda 29 Mayıs 2013 tarihinde resmi gazetede (2013b) yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

MARPOL 73/78 sözleşmesi Ek-6, uluslararası sularda deniz yolu yük taşımacılığı yapan 400 GT ve üzeri tüm gemileri, sabit ve yüzer sondaj platformlarını kapsamakta olup gemi egzoz gazı emisyonların sınırlandırılmasına yönelik düzenlemeler içermektedir. Bu bağlamda gemiler kural-5 ve kural-6 gereği bayrak devletleri veya yetkili kuruluşlar tarafından sörvey ve denetimlere tabi tutulurlar. Denetimleri başarıyla geçen gemilere geçerliliği 5 yıl olmak üzere Uluslararası Hava Kirliliğini Önleme (International Air Pollution Prevention-IAPP) sertifikası verilmektedir (TCUAB, 2020). MARPOL 73/78 sözleşmesi Ek-6, aşağıda gösterildiği gibi 23 kuraldan oluşmaktadır.

- Kural-1: Uygulama
- Kural-2: Tanımlar
- Kural-3: İstisnalar
- Kural-4: Eşdeğerlikler
- Kural-5: Sörveyler
- Kural-6: Bir sertifikanın verilmesi veya kabul edilmesi
- Kural-7: Diğer bir yetkili kuruluş tarafından sertifika verilmesi
- Kural-8: Sertifikanın şekli
- Kural-9: Sertifikanın süresi ve geçerliliği
- Kural-10: İşletme isterleri hususunda liman devleti kontrolleri
- Kural-11: İhlallerin tespiti ve uygulama
- Kural-12: Ozon tabakasını inceltici maddeler



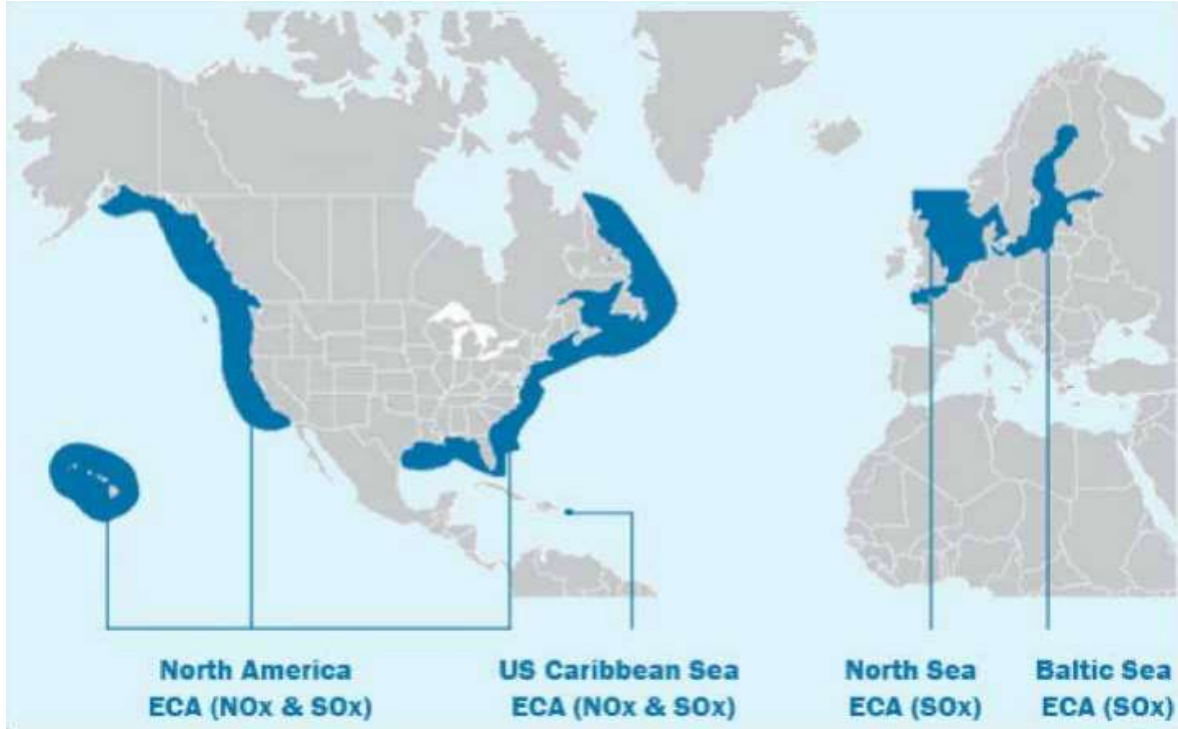
- Kural-13: Azot oksitler (NO<sub>x</sub>)
- Kural-14: Kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>) ve partikül maddeler (PM)
- Kural-15: Uçucu organik bileşikler (VOC)
- Kural-16: Gemide yakma (İnsineratör)
- Kural-17: Kabul tesisleri
- Kural-18: Yakıtta erişilebilirlik ve kalitesi
- Kural-19: Gemiler için enerji etkinliği düzenlemeleri
- Kural-20: Ulaşılan enerji verimliliği dizayn indeksi (Attained EEDI)
- Kural-21: Gerekli enerji verimliliği dizayn indeksi (Required EEDI)
- Kural-22: Gemi enerji verimliliği yönetim planı (SEEMP)
- Kural-23: Gemilerde enerji verimliliğinin geliştirilmesi amacıyla teknik işbirliğinin teşviki ve teknoloji transferi

Yukarıda belirtilen MARPOL 73/78 Ek-6'nın kural-13 ve kural-14'üncü düzenlemelerinde, gemilerin makinelerinde kullandığı fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan azot oksit (NO<sub>x</sub>), kükürt oksit (SO<sub>x</sub>) ve partikül madde (PM) emisyonlarının azaltılmasıyla ilgili uluslararası limitler belirtilmiştir. Bununla birlikte bu limit değerlerin uygulanacağı emisyon kontrol alanları (Emission Control Area-ECA) adı altında Çizelge 2.1'de gösterilen 4 özel bölge belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Emisyon kontrol alanları (IMO, 2020c)

ECA Bölgeleri	Emisyon Türü	Kabul Tarihi	Yürürlüğe Giriş Tarihi	Başlama Tarihi
Baltık Denizi	SO <sub>x</sub>	26.09.1997	19.05.2005	19.05.2006
	NO <sub>x</sub>	07.07.2017	01.01.2019	01.01.2021
Kuzey Denizi	SO <sub>x</sub>	22.07.2005	22.11.2006	22.11.2007
	NO <sub>x</sub>	07.07.2017	01.01.2019	01.01.2021
Kuzey Amerika ECA	SO <sub>x</sub> ve PM	26.03.2010	01.08.2011	01.08.2012
	NO <sub>x</sub>	-	-	01.01.2016
ABD Karayip Denizi ECA	SO <sub>x</sub> ve PM	26.07.2011	01.01.2013	01.01.2014
	NO <sub>x</sub>	-	-	01.01.2016

Ayrıca Harita 2.1'de, şeklin sağ üst tarafında bölgedeki SO<sub>x</sub> kısıtlamalarına ilaveten 1 Ocak 2021 tarihinden itibaren NO<sub>x</sub> emisyonu ile ilgili kısıtlamalarında başlayacağı Kuzey Denizi ve Baltık Denizi ECA'ları, şeklin orta tarafında Porto Riko, Karayipler ve ABD Virgin Adaları da dahil olmak üzere bunların tümünü kapsayan ABD Karayip Denizi ECA'ları ve şeklin sol tarafında ise Hawaii adaları, ABD ve Kanada kıyılarının çoğunu kapsayan Kuzey Amerika ECA'ları görsel olarak verilmiştir (Durmaz, 2015; IMO, 2020c).



Harita 2.1. Dört emisyon kontrol alanının kapsamı (NRDC, 2014)

### MARPOL 73/78 Ek-6/Kural 13 – Azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonu ile ilgili düzenleme

MARPOL 73/78 sözleşmesinin 1997 yılında kabul edilen protokolü, 2005 yılında Ek 6 olarak yürürlüğe girmesiyle IMO gemi kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik çalışmalarına hız vermiştir. Bu amaçla IMO gemilerin dizel motorlarında fosil yakıtların yanmasıyla oluşan egzoz emisyonları ile ilgili kural ve sınırlamaları içeren çalışmalarını tamamladıktan sonra birer birer yayımlayarak fiili olarak hayata geçirmiştir. Bu çalışmalardan biri de MARPOL sözleşmesi Ek 6'nın 13'üncü düzenlemesi olan azot oksit emisyonları ile ilgili limit değerleri içeren NO<sub>x</sub> Teknik Kodu kitapçığıdır.

IMO'nun 2008 yılında yayımladığı NO<sub>x</sub> Teknik Kod kitapçığı 7 bölüm ve 8 ekten oluşmaktadır. NO<sub>x</sub> Teknik Kodundaki gereklilikler, geminin tonajına bakılmaksızın, gemi inşa tarihi 01 Ocak 2000 ve sonrası 130 kW'ın üzerinde makine çıkış gücüne sahip dizel motorlu gemiler ile gemi inşa tarihi 01 Ocak 1990 ve 31 Aralık 1999 aralığında olup silindir hacminin her biri 90 litre ve üzeri, makine çıkış gücü ise 5000 Kw ve üzeri olan sonradan monte edilmiş dizel motorlara sahip gemileri kapsamaktadır (IMO, 2008; MPA, 2020).

NO<sub>x</sub> Teknik Kod kitapçığı, acil durumlarda kullanılan dizel motorlu gemiler haricinde yukarıda bahsedilen gemilere uygulanmakta olup gemilerin inşa tarihine ve makinenin bir dakikadaki devir sayısına (Revolutions Per Minute-RPM) göre ölçülüp belirlenen gemilerin azot oksit emisyonları ile ilgili limit değerleri içermektedir. NO<sub>x</sub> Teknik Kod kitapçığında gemiler, inşa tarihine göre Seviye I, Seviye II ve Seviye III olarak 3 ayrı kategoride değerlendirilerek aşağıda Çizelge 2.2'de NO<sub>x</sub> emisyon limit değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. MARPOL Ek 6 kural 13–Azot oksit emisyonu limitleri (IMO, 2008)

Seviye	Gemi inşa tarihleri	NO <sub>x</sub> emisyon limiti (g/kWh)		
		n: Gemi makine devir sayısı (RPM)	n < 130	130 ≤ n ≤ 1999
I	01 Ocak 2000 - 01 Ocak 2011 arası	17.0	45 x n <sup>(-0.2)</sup>	9.8
II	01 Ocak 2011 tarihi ve sonrası	14.4	44 x n <sup>(-0.23)</sup>	7.7
III	01 Ocak 2016 tarihi ve sonrası* 01 Ocak 2021 tarihi ve sonrası**	3.4	9 x n <sup>(-0.2)</sup>	2.0

\*Kuzey Amerika ve ABD Karayip Denizi ECA'larında faaliyet gösteren gemiler

\*\* Baltık Denizi ve Kuzey Denizi ECA'larında faaliyet gösteren gemiler

NO<sub>x</sub> Teknik Kod kitapçığına göre, inşa tarihleri 01 Ocak 2000 ve 01 Ocak 2011 tarihleri arasında olan gemiler Seviye I olarak belirlenmiş ve makine devir sayısı 130'dan büyük, 130-1999 aralığında, 2000 ve üzeri olmak üzere 3 ayrı gruba ayrılarak emisyon limit değerleri bildirilmiştir.

Makine devir sayısı 1500 (RPM) ve 2006 yapımı olan bir gemiyi örnek alırsak, bu gemi Seviye I grubuna girecektir. Bu geminin azot oksit emisyon limit değerini hesaplamak için, geminin makine devir sayısı 130 ile 1999 aralığında olduğundan dolayı Çizelge 2.2'deki formülü kullanmamız gerekecektir. İlgili formülü hesaba katarak işlemi gerçekleştirecek

olursak, öncelikle makine devir sayısı olan 1500'ün -0,2'inci kuvvetinin değeri alınıp (0,2316...), bu değerle 45 sayısı çarpılacak ve sonuçta emisyon limit değerimizi 10,42 g/kWh olarak bulmuş olacağız.

Gemi inşa tarihi 01 Ocak 2011 ve sonrası olan gemiler ise Seviye II grubu olarak bildirilmiş olup bu grup ECA bölgeleri haricindeki alanlarda faaliyet gösteren gemileri kapsamaktadır. ECA bölgeleri içerisinde faaliyette bulunan gemiler ise Seviye III grubu olarak sunulmuştur. Seviye III grubu, gemi inşa tarihi 01 Ocak 2016 ve sonrası olup da Kuzey Amerika ve ABD Karayip Denizi ECA'larında faaliyet gösteren gemiler ile 01 Ocak 2021 ve sonrasında inşa edilecek Baltık Denizi ve Kuzey Denizi ECA bölgelerinde faaliyet gösterecek olan gemileri kapsamaktadır (IMO, 2008).

Son olarak MARPOL 73/78 Sözleşmesi Ek-6 / Kural 13'te belirtilen özelliklerdeki dizel motorlu makinelerle sahip ve acil durumlarda kullanılmayan her geminin Makine Uluslararası Hava Kirliliğini Önleme Sertifikası'na (Engine International Air Pollution Prevention Certificate-EIAPP) sahip olması ve bu sertifikanın gemide bulundurulması zorunludur. Kural 13'te belirtilen özellikler aşağıdaki gibidir (USEPA, 2008).

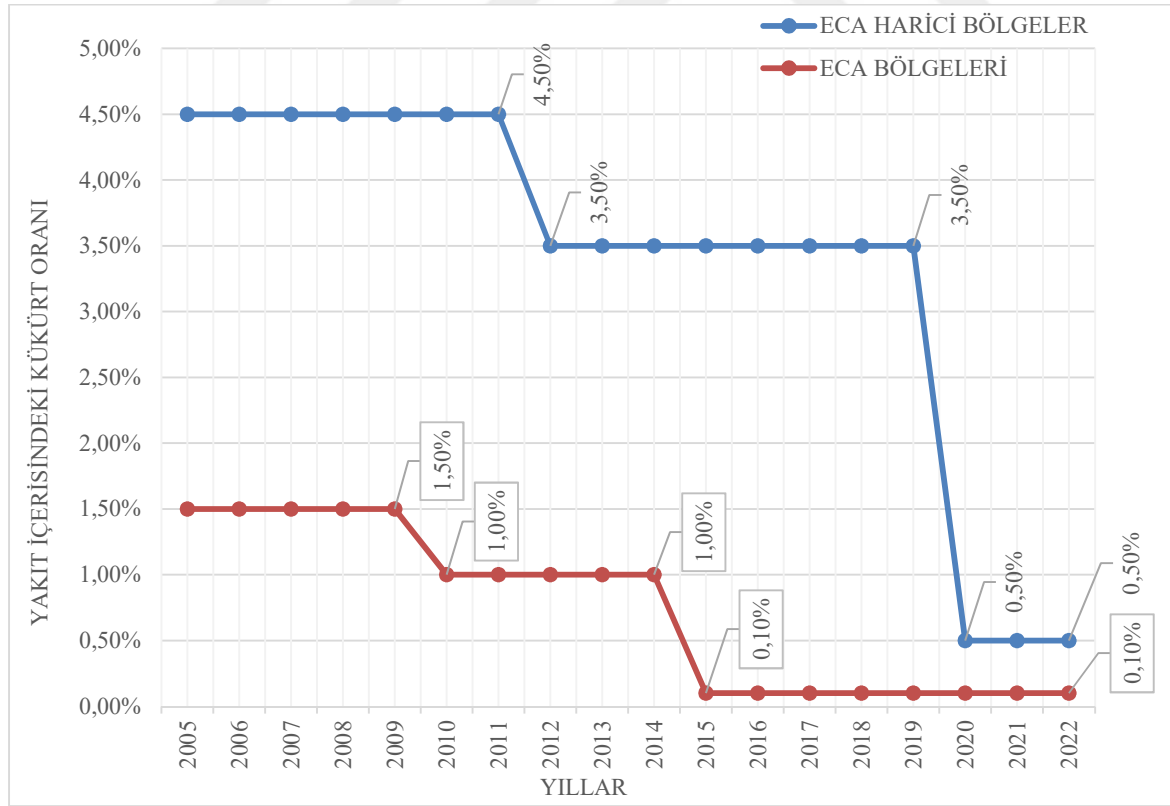
- 01 Ocak 2000 tarihi ve sonrası inşa edilen bir gemiye takılan ve makine güç çıkışı 130 kW'den fazla olan her bir dizel motorlu makinenin EIAPP sertifikasının olması zorunludur.
- 01 Ocak 2000 tarihi ve sonrasında makinesi büyük bir dönüşüme uğrayan ve makine güç çıkışı 130 kW'den fazla olan her dizel motorlu makinenin EIAPP sertifikasının olması zorunludur.

EIAPP Sertifika'sının gemiye temini ve teslimi makinenin üretici firması tarafından yapılmaktadır. Üretici firma, bayrak devleti veya yetkili kuruluşun gemi makinesine işlemlerinden sonra sertifikayı onaylatıp hazır eder ve gemi makinesini gemiye teslim ettiği sırada sertifikayı da gemiye teslim eder. Gemi makinesine yapılan işlemler ise şöyledir; gemilerin makinaları, gemilere montajı yapılmadan evvel geminin bayrak devleti veya yetkilendirdiği bir kuruluşun sörveyörü tarafından MARPOL Ek-6'nın 13'üncü düzenlemesi olan azot oksit emisyonu ile ilgili uygunluğunu sağlayıp sağlamadığını anlamak amacıyla bir takım testlere tabi tutulur. Testlerin sonucunda makinenin NO<sub>x</sub> emisyon şartlarını sağladığı görülürse makinenin EIAPP Sertifikası testi yapan kuruluş tarafından onaylanır.

EIAPP Sertifikası'nın geçerlilik süresi makinenin gemide fiili olarak kullanıldığı süre kadardır (NAVSREGS, 2017).

### MARPOL 73/78 Ek-6/Kural 14 – Kükürt oksit (SO<sub>x</sub>) ve partikül madde (PM) emisyonları ile ilgili düzenleme

IMO gemilerden kaynaklı kükürt oksit emisyonlarının artışının önüne geçmek için gemilerin kullandığı yakıtların içerisindeki kükürt oranına bazı sınırlamalar getirmiştir. Bu sınırlamalar aynı zamanda dolaylı yoldan partikül madde emisyonunu da azaltmaktadır. MARPOL Ek 6'nın 2005 yılında yürürlüğe girmesiyle, IMO gemi kaynaklı SO<sub>x</sub> emisyonunu azaltmak amacıyla ilk etapta dünyada deniz ticareti faaliyetinde bulunan gemilerin tümü için kullanılan yakıtların içerisindeki kükürt oranının en fazla %4,5 olması ile ilgili sınırlama getirmiştir. Zamanla ECA gibi özel alanların da belirlenmesiyle, ECA içinde ve dışında çalışan gemilerin yakıtlarındaki SO<sub>x</sub> limit değerleri Şekil 2.1'de gösterildiği gibi değişmiştir.



Şekil 2.1. MARPOL Ek 6 kural 14–kükürt oksit limitlerinin yıllara göre değişimi (IMO, 2016)

IMO ilk ECA bölgesi olarak ilan ettiği Baltık Denizi'nde 19 Mayıs 2006 tarihinde ve daha sonradan ikinci ECA bölgesi olarak ilan ettiği Kuzey Denizi'nde 22 Kasım 2007 tarihinde uygulamaya geçilmek üzere, bu bölgelerde faaliyet gösteren gemilerin kullandıkları yakıt kükürt oranını %1,5 olarak belirlemiştir. Daha sonra bu değer 01 Temmuz 2010 tarihinde %1,0'e düşürülmüş ve yeni belirlenen Kuzey Amerika ECA'sında 01 Ağustos 2012 tarihinde, ABD Karayip Denizi ECA'sında 01 Ocak 2014 tarihinde olmak üzere bu iki ECA bölgesinde de uygulamaya geçilmiştir. Böylelikle toplamda dört ECA bölgesinde uygulamada olan bu kural 01 Ocak 2015 tarihinde tekrardan gözden geçirilerek yakıt içindeki kükürt oranı % 1,0'dan %0,10 seviyesine düşürülmüş olup bu kural 2020 yılı itibariyle halen devam etmektedir.

ECA harici bölgelerde denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerin kullandıkları yakıtlarındaki kükürt oranı 01 Ocak 2012 tarihinde %4,5'ten %3,5 seviyesine düşürülmüştür. Daha sonra 28 Ekim 2016 tarihinde IMO MEPC'in Londra'daki genel merkezinde düzenlenen 70'inci oturumunda, bu limit değerinin 01 Ocak 2020 tarihinde yürürlüğe girmek üzere %0,50 seviyesine düşürülmesi kabul edilmiştir (IMO, 2016; MEPC, 2016a). HFO ile MDO gibi içerisindeki kükürt oranı farklı iki yakıt türü kullanan ve ECA dışında çalışan gemiler eğer ECA içerisine giriş yapacaklarsa yakıtlarındaki kükürt oranının ECA içerisinde uygulan kurala uygun olması gerekmektedir. Bu nedenle bu tür gemiler ECA bölgesine giriş yapmadan önce makinelerinin yakıt kullanımını, kükürt oranı yüksek yakıttan kükürt oranı daha düşük yakıtı geçiş yaptırır. Yakıt değişiminin yapıldığı zaman (GMT saati olarak) ve mevki (enlem ve boylam olarak) güverte jurnaline, makine jurnaline ve yakıt defterine (Oil Record Book) kayıt altına alınmaktadır. Özellikle gidilen ECA bölgesi limanlarında, liman devleti sörveyörü (Port State Control-PSC) bu kayıtları gözden geçirerek incelemek isteyebilir.

### **2.1.2. Gemilerde enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler (EEDI/SEEMP/EEOI)**

IMO Deniz Çevresini Koruma Komitesi'nin 62'inci oturumu 11 ile 15 Temmuz 2011 tarihleri arasında IMO'nun Londra'daki genel merkezinde gerçekleşmiştir. Bu oturumda birçok durum görüşülüp tartışılarak bunlarla ilgili önemli kararlar alınmış olup özellikle de MARPOL sözleşmesi Ek-4, Ek-5 ve Ek-6'daki bazı düzenlemelerde değişiklikler yapılmış ve bu düzenlemeler yeniden revize edilmiştir. Bu oturumdaki en önemli değişikliklerden birisi de 15 Temmuz 2011 tarihinde kabul edilen ve 01 Ocak 2013 tarihi itibariyle yürürlüğe

girecek olan MARPOL Ek-6'ya yeni olarak eklenen Bölüm 4 düzenlemesidir. Bu düzenleme gemilerin enerji verimliliğini artırarak gemi kaynaklı emisyonların azaltılması amacını taşımakta olup bu amaçla düzenlemenin içeriğinde Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (Energy Efficiency Design Index-EEDI), Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (Ship Energy Efficiency Management Plan-SEEMP) ve Enerji Verimliliği Operasyonel Göstergesi (Energy Efficiency Operational Indicator-EEOI) olmak üzere 3 ayrı ölçüt yer almaktadır (IMO, 2011; MEPC, 2011).

#### Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI)

IMO'nun Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi'ni oluşturmadaki hedefi proje aşamasındaki yeni gemilerin, projelerinin sektördeki en güncel teknolojinin de kullanımıyla gemilerin enerji verimliliğini artırıcı özellikte tasarlanıp ve buna göre inşa edilmesidir. Böylece gemilerin enerji verimliliği artırılarak IMO'nun asıl amacı olan gemilerden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon değerleri azaltılmış olacaktır. Bu bağlamda MEPC'in 15 Temmuz 2011 tarihindeki 62'inci oturumunda MARPOL Ek-6'ya eklenmesi kabul edilen EEDI, aşağıda bildirilen 400 GT üzeri tüm gemilerin tasarımında ve makine performans değerleri hesaplamasında uygulanması zorunlu hale getirilmiştir (MEPC, 2011).

- Gemi inşa sözleşmesi tarihi 01 Ocak 2013 ve sonrası olan tüm gemilerde EEDI uygulanması zorunludur.
- Herhangi bir gemi inşa sözleşmesi olmayan ancak 01 Ocak 2013 tarihi ve sonrasında inşasına başlanmış veya omurgası kızağa konulmuş olan tüm gemilerde EEDI uygulanması zorunludur.
- Teslim tarihi 01 Temmuz 2015 tarihi ve sonrası olan tüm gemilerde EEDI uygulanması zorunludur.

Yukarıdaki verildiği gibi EEDI uygulaması zorunlu olan gemilerin ulaşılan enerji verimliliği tasarım indeksi değerleri, IMO MEPC'in 59'uncu oturumu ile ilgili 17 Ağustos 2009 tarihinde yayımlanmış olan 681 numaralı sirkülerdeki formüllerle hesaplanmaktadır. Sirkülerde tanımlanan ulaşılan EEDI formülünün içerik özeti olarak Eş. 2.1'de verilmiştir (DTO, 2017; MEPC, 2009a).

$$Ulaşılan EEDI = \frac{Makine Gücü \times Özgül Yakıt Tüketimi \times CO_2 Emisyon Faktörü}{Yük Kapasitesi \times Gemi Hızı} \quad (2.1)$$

IMO sirkülerdeki EEDI hesaplamalarında kullanılan formülleri, dünyada yakıt tüketimi diğer gemi tiplerine göre daha fazla olan gemi tiplerini ölçüt olarak hazırlamıştır. Ölçüt alınan bu gemi tipleri sıvılaştırılmış doğal gazı (Liquefied Natural Gas-LNG) ve sıvılaştırılmış petrol gazı (Liquefied Petroleum Gas-LPG) yüklerini taşıyan tankerler, soğuk depolu gemiler, kuru yük gemileri, genel kargo gemileri, kombine taşımacılık yapan gemiler ve konteyner gemileridir. EEDI zorunluluğu bulunan gemilerde ulaşılan EEDI değerlerinin, sirkülerde belirtilmiş gerekli EEDI değerlerine eşit veya daha küçük olması gerekmektedir (MEPC, 2009a; MEPC, 2011; Smith ve diğerleri, 2014).

IMO'nun MARPOL Ek-6 Bölüm 4 gereği zorunlu EEDI uyguladığı yeni inşa gemilerin gerekli EEDI değerlerini 2015 yılı sonunda %10, 2020 yılı sonunda %20 ve 2025 yılı sonunda %30 olmak üzere 3 aşamalı bir şekilde azaltmayı hedeflemektedir. Bu uygulamayla 2030 yılının sonunda gemi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarını yıllık %30 oranında düşürmeyi öngörmektedir. Bu öngörünün gerçekleşmesi halinde Uluslararası Temiz Ulaştırma Konseyi'ne (International Council of Clean Transportation-ICCT) göre gemi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon miktarı her yıl yaklaşık 263 milyon metrik ton azalma eğiliminde olacaktır (MEPC, 2011; ICCT, 2011).

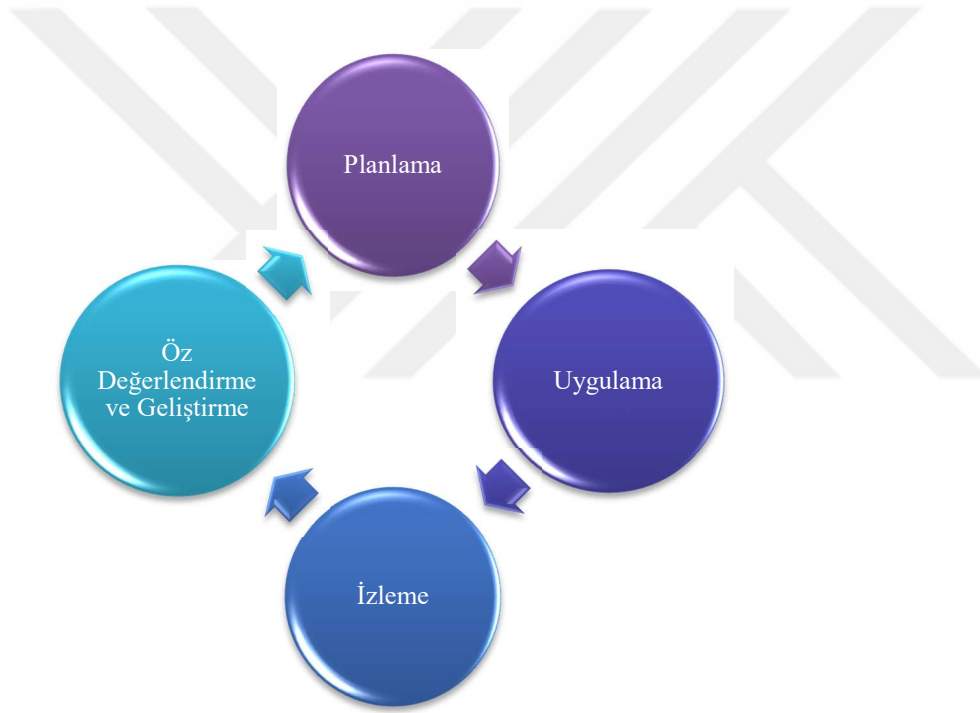
#### Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP)

IMO tarafından düzenlenip geliştirilen SEEMP'in, 01 Ocak 2013 tarihinden itibaren uluslararası deniz yolu taşımacılığı yapan 400 GT ve üzeri tüm gemilerde bulundurulması zorunlu hale gelmiştir. SEEMP'in gemilerde hazır bulunduğu ve amacına uygun bir şekilde uygulanıp uygulanmadığının kontrolü ise geminin klas sürveyörü tarafından yapılmakta olup eğer gemi yeni bir gemi ise ilk sürveyde (initial survey), mevcut bir gemi ise yenileme (renewal survey) veya ara sürveyinden (intermediate survey) hangisi önce ise o sürveyde icra edilmektedir. Sürveyör denetleme sonucunda geminin ulaştığı EEDI değerinin ve SEEMP'in MARPOL Ek 6 Bölüm 4 kural 20-22 gerekliliklerine uygun olduğuna kanaat getirirse, gemiye özel olarak düzenlenmiş olan Uluslararası Enerji Verimliliği Sertifikası'nı (International Energy Efficiency Certificate-IEEC) gemi kaptanına



teslim eder. IEEC sertifikasının geçerlilik süresi geminin ticari ömrü kadardır (MEPC, 2011).

Armatör şirketler ya da geminin işletiminin sorumluluğunu armatörden devralmış gemi kiracısı şirketler tarafından her gemiye özgü olarak hazırlanan SEEMP'in, IMO'nun SEEMP'in geliştirilmesine yönelik hazırladığı 2012 yılı kılavuzuna (MEPC, 2012) uygun olması gerekmektedir. Gemilerde uygulanan gemi enerji verimliliği yönetim planının amacı, öncelikle gemide bir sistem oluşturulup daha sonra bunu uygulamaya geçirerek gemilerin enerji verimliliğini gelişim göstererek artırmaktır. Şirketler bu amaca da aşağıda Şekil 2.2'de gösterildiği gibi 4 aşamada ulaşmayı hedeflemektedirler (DTO, 2017).



Şekil 2.2. Gemi enerji verimliliği yönetim planının uygulama aşamaları

Gemi enerji verimliliği yönetim planı genel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım içeriğinde gemiye ve filoya ait verimlilik performanslarının izlenerek bu performansları en üst seviyeye çıkarabilmek için önem arz eden bir takım tavsiyeler yer almaktadır. İkinci kısımda ise MARPOL Ek-6 Bölüm 4 Kural 22A'ya göre 5000 GT ve üzeri gemiler için yakıt tüketim değerlerini toplamak için IMO tarafından geliştirilmiş Veri Toplama Sistemi (Data Collection System-DCS) yönetmeliğinin gerekliliklerini ve aşamalarını içermektedir (Kanberoğlu, 2020; MEPC, 2016b).

### Enerji Verimliliği Operasyonel Göstergesi (EEOI)

Gemiler işletme altında faaliyetlerine devam ederken gemiye ait SEEMP'in gemiye uygunluğunun gemi veya şirket personeli tarafından denetlenebilmesi açısından, enerji verimliliğini sayısal olarak takibe alma ihtiyacı duyulmuştur. Sektördeki bu ihtiyaçtan dolayı IMO 17 Ağustos 2009 tarihinde (MEPC.1/Circ.684) armatör şirketler ve gemi kiracılarının bünyelerinde işlettikleri gemilerin enerji verimliliklerini takip edebilmeleri için işlerini kolaylaştıracak ve bu hususta referans alabilecekleri sayısal bir gösterge olan EEOI'yi oluşturmuştur. EEOI, gemilerde SEEMP ile birlikte kullanımı tamamen gönüllülüğe bağlı olup şirketlerin işletmelerinde bulunan gemilerinin enerji verimliliği performanslarını ölçüp değerlendirebilmelerine imkan sağlayacak bir kılavuz olma niteliği taşımaktadır. Şirketler EEOI'yi SEEMP ile birlikte kullanarak hem SEEMP'i güncel olarak sürekli kontrolünü sağlamakta hem de hedefledikleri enerji verimliliğine ne kadar ulaşılabildiklerini sayısal olarak görebilmekteler (MEPC, 2009b).

Bir geminin operasyonel faaliyeti sonucu dizel motorlarında oluşan CO<sub>2</sub> emisyon değeri geminin harcadığı yakıt miktarı ile doğrudan ilişkili olduğundan, şirketler EEOI sayesinde geminin yakıt verimliliği açısından performansı ile ilgili de fikir edinebilmektedirler. EEOI ayrıca şirketlerin gemilere; geliştirilmiş sefer planlamasının uygulanması, daha sık aralıklarla yapılan pervane temizliği, atık ısı geri dönüşüm sistemleri veya yeni bir pervane takılması gibi gemilerde enerji verimliliğini artırmaya yönelik alınan teknik önlemlerin bu konuda ne kadar etkili olduklarının da ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır (IMO, 2020d; MEPC, 2009b).

EEDI ile EEOI birbirlerine çok benzemekte olup aralarındaki fark EEDI geminin dizaynına göre enerji verimliliği değerini hesaplarken EEOI ise, geminin nasıl daha verimli olabileceği konusunda fikir sağlamaktadır. EEOI genel bir ifadeyle taşıma işi başına karbon dioksit emisyon kütle miktarı olarak tanımlanabilir. Geminin EEOI değeri temelde seferlik hesaplanmakta olup tek bir sefer için hesaplamada kullanılan formül aşağıda Eş. 2.2'de verilmiştir (MEPC, 2009b).

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{yük} \times D} \quad (2.2)$$

j: Seferde kullanılan yakıt türünü,

FC<sub>j</sub>: Seferdeki j türünden harcanan yakıt kütleini,

CF<sub>j</sub>: Seferde j türünden yakıt kütleinin CO<sub>2</sub> kütleine dönüşüm miktarını,

m<sub>yük</sub>: Taşınan yük (ton), yapılan iş (TEU, yolcu sayısı) veya yolcu gemileri için grostonajı,

D: Mil cinsinden olup yükün taşıma mesafesini ifade etmektedir.

Yukarıdaki EEOI formülüne göre, EEOI'nin birimi taşınan veya yapılan işin ölçümüne bağlı olup CO<sub>2</sub>.ton / ton.mil, CO<sub>2</sub>.ton / Teu.mil, CO<sub>2</sub>.ton / kişi.mil olarak belirlenebilir. EEOI'nin sayısal değeri azaldıkça geminin enerji verimliliği artacaktır (MEPC, 2009b).

### 2.1.3. BM iklim değışikliğı çerçeve sözleşmesi ve Kyoto protokolü

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) 1988 yılında BM Çevre Programı (United Nations Environment Programme-UNEP) ile Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization-WMO) tarafından kurulmuştur. İlk olarak bu panelde insanların dünya genelinde gerek üretim gerekse tüketim faaliyetleri sonucunda oluşan küresel ısınma konusu ve iklim üzerindeki olumsuz etkileri gündeme alınmış ve durumun ciddiyeti kabul görmüştür. Bu sebeple 1992 yılında Brezilyanın Rio de Janeiro kentinde Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı düzenlenmiştir. Hükümetlerarası Müzakere Komitesi tarafından hazırlanan ve genel amacı küresel ısınmaya neden olan atmosferdeki birikmiş sera gazlarını belli bir seviyede tutarak yıllık artışın önüne geçmek olan BM iklim değışikliğı çerçeve sözleşmesi (BMİDÇS) bu konferansta imzaya sunularak hükümet temsilcileri tarafından kabul edilmiştir. Uluslararası düzeyde kabul edilmiş en önemli ve ilk sözleşmelerden olan BMİDÇS, 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir (TCDB, 2020b).

Bütçesi 2018-2019 yılları için 58,9 milyon avro olan BMİDÇS 26 madde ve iki ekten oluşmakta olup Haziran 2017 yılı verilerine 197 ülke ve Avrupa birliğı bu sözleşmeye taraftır. Türkiye de 24 Mayıs 2004 tarihinde sözleşmeye taraf olan ülkeler sıralamasında 189'uncu sırada katılım göstererek sıralamadaki yerini almıştır. Sözleşme sera gazı salımlarını azaltmak amacıyla taraf ülkeleri bu hususta teknoloji üzerinde birlikte hareket ederek ortak araştırma ve çalışma yapmaya, ormanlar, denizler, göller gibi sera gazını yok

edici özelliğe sahip alanları koruma altına almaya teşvik etme özelliğine sahiptir. Ayrıca sözleşme sanayinin, üretimin ve gelişimin daha fazla olduğu ülkeleri, atmosferdeki sera gazının oluşumunda diğer ülkelere göre paylarının daha fazla olması nedeniyle diğer ülkelerden ayırarak bu konuda daha fazla sorumluluk almalarını dile getirmiştir. Bu bağlamda BMİDÇS ülkeleri Ek-1, Ek-2 ve Ek dışı olmak üzere üç gruba ayırmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı [TCTOB], 2020; UNFCCC, 2020a).

Ek-1 grubunun 40 ülke ve Avrupa Birliği (AB) Avrupa Ekonomik Topluluğu (European Economic Community-EEC) olmak üzere toplamda 41 üyesi bulunmaktadır. Kendi içerisinde de iki gruba ayrılan Ek-1'de, birinci grupta gelişmiş ülkeler sıfatıyla içerisinde Türkiye'nin de kurucu üyesi olduğu 1961 yılında yürürlüğe giren Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'ne (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD) üye ülkeler ile AB Avrupa Ekonomik Topluluğu yer almaktadır. İkinci grupta ise Pazar ekonomisine geçiş sürecinde ve gelişmekte olan Baltık devletleri, Rusya Federasyonu, Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri bulunmaktadır. Ek-1 grubundaki ülkelerin temel yükümlülükleri, 2000 yılına ait atmosferdeki sera gazı değerlerini 1990 yılındaki seviyeye kadar düşürmeleridir. Bunu gerçekleştirebilmek için ise de gerekli tedbirler alıp iklim değişikliği üzerine yeni politikalar oluşturmaları gerekmektedir (TCDB, 2020b; UNFCCC, 2020).

Ek-2 grubunda ise yine Ek-1'in birinci grubunda da bulunan gelişmiş ülke konumundaki OECD ülkeleri (Türkiye hariç) ile AB Avrupa Ekonomik Topluluğu yer almaktadır. Türkiye 1992 yılındaki sözleşmenin hazırlanan metninde hem Ek-1 hem de Ek-2 grubunda yer almasına rağmen 2001 yılında Marakeş'te düzenlenen 7. Taraflar Konferansında Türkiye'ye özel şartlar tanınarak gelişmiş ülkeler grubu olan Ek-2'den çıkartılmıştır. Ayrıca Ek-1 grubunda olmasına rağmen ekonomisi geçiş sürecinde olmayan tek ülke konumunda bulunmaktadır. Sözleşme Ek-2 grubundaki gelişmiş ülkelere Ek-1'deki sorumluluklarına ilave olarak, Ek-1 grubundaki ekonomisi geçiş sürecinde olan ülkelere sözleşmedeki sorumluluklarını yerine getirebilmelerine destek olabilmeleri için finans sağlama, teknolojiye erişim ve kolaylık sağlama gibi ek sorumluluklar yüklemiştir. Sözleşme bu eklerin dışında kalan 154 ülkeye ise herhangi bir sorumluluk yüklememekle beraber sadece ülkeleri sera gazı salımlarını azaltmaya, orman, deniz, göl gibi sera gazlarını yutucu özelliğe sahip alanları korumaya, teknoloji transferi ve araştırmalarda iş birliği yapmaya teşvik etme gayreti içerisindedir (TCTOB, 2020).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin kabulü ve yürürlüğe girmesinden sonraki süreçte özellikle de gelişmiş ülkelerin sözleşmedeki sorumluluklarını tam olarak yerine getirememesi ve sözleşme gereği ülkelerin atmosferdeki sera gazı salım değerlerinde azalma beklenirken aksine değerlerde artış olması BMİDÇS'in amacını yerine getirmede başarısız olduğunu ortaya koymuştur. Böyle bir durumun olmasındaki en büyük nedenlerden biri hiç kuşkusuz Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin taraf ülkelere herhangi bir bağlayıcı yükümlülüğü olmamasıdır. Hal böyle iken dünyadaki iklim değişikliğinin olumsuz etkileri giderek kendini hissettirmeye başlamış ve bu nedenle de sözleşmeye taraf ülkeler Kyoto Protokolü'nün hazırlanması için görüşmelere başlamışlardır. Nihayetinde 11 Aralık 1997 tarihinde Japonya'nın Kyoto kentinde düzenlenen BMİDÇS 3. Taraflar Konferansı'nda 192 ülkenin onayıyla Kyoto Protokolü kabul edilmiştir (TCTOB, 2020).

Kyoto Protokolü 28 madde, Ek-A ve Ek-B kısımlarından oluşmakta olup 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 2020 yılı itibariyle halen 191 ülke ve Avrupa Birliği'nin taraf olduğu Kyoto Protokolü'ne Türkiye de 2009 yılında taraf olmuştur. Protokolün Ek-A kısmında 6 adet sera gazı belirtilmiştir. Bunlar nitroz oksit, metan, hidroflorokarbonlar, kükürt heksaflorür, karbon dioksit ve perfluorokarbonlar'dır. Karbon dioksitin en önemli özelliklerinden birisi Dünya atmosferinden geçen ve Dünya'dan tekrardan yansarak atmosfere geri dönen güneş ışınlarını diğer gazlara göre çok daha uzun sürede tutabilmesidir. ABD Çevre Koruma Ajansı'na (United States Environmental Protection Agency-USEPA) (2018) göre atmosferdeki toplam sera gazı salım miktarının %81'ini CO<sub>2</sub> oluşturmaktadır. Karbon dioksitin hem bu özelliğiyle hem de ısıyı çok daha uzun süre tutabilme özelliğiyle küresel ısınma ve dünya ikliminin değişimindeki rolü ve etkisi diğer sera gazlarına göre çok daha fazladır (USEPA, 2018; UNFCCC 2020b).

Yirmi birinci yüzyılın başından bu yana önceki 30 yıla kıyasla özellikle Çin, Hindistan gibi ekonomisi gelişmekte olan ülkelerin atmosfere saldıgı CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarındaki artış küresel sera gazlarının toplam emisyon miktarlarında da artışa neden olmuştur. Avrupa Komisyonu'nun sera gazları emisyon değerleri ile ilgili geleceğe yönelik tahminleri, Eylül 2020'de yayımlanan son raporundaki veriler ile yeniden güncellenen Küresel Atmosfer Araştırmaları Emisyon Veri Tabanı'ndan (Emissions Database for Global Atmospheric Research-EDGAR) alınmış 2019 yılına ait veriler göz önünde bulundurulduğunda bu artma eğiliminin halen devam ettiği görülmüştür. Bununla birlikte küresel çaptaki antropojenik

CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin ise 2018'e oranla 2019 yılında %0,9 oranında artış göstererek toplamda 38 milyar tona ulaştığı görülmüştür (European Commission, 2020). Sonuç olarak yıllar geçtikçe sera gazlarının atmosferdeki yoğunlukları yeterli önlem alınmadığı takdirde giderek artacak ve bu durum küresel ısınmayı daha da artırarak dünya iklimi üzerindeki olumsuz etkisini insanların günlük yaşamda çok daha fazla hissetmesine neden olacaktır.

Küresel CO<sub>2</sub> emisyon yıllık toplam değerlerinin ülkelere göre dağılımı Çizelge 2.3'de verilmiş olup, çizelgenin ilk altı satırında sırasıyla en çok CO<sub>2</sub> emisyon oluşumuna sebep olan Çin, ABD, Avrupa Birliği ve Birleşik Krallık, Hindistan, Rusya ve Japonya yer almaktadır. Türkiye'nin 2019 yılı CO<sub>2</sub> emisyon değeri ise 415,78 milyon tondur.

Çizelge 2.3. Küresel CO<sub>2</sub> emisyon yıllık toplam değerlerinin ülkelere göre dağılımı (European Commission, 2020)

Ülkeler	1990	2000	2005	2010	2015	2019	2019 Dünya %
Milyon ton							
Çin	2404,74	3682,48	6273,36	9160,79	10671,34	11535,20	30,34
A.B.D.	5065,06	5917,36	5948,47	5567,64	5248,96	5107,26	13,43
AB27 + Birleşik Krallık	4408,73	4121,42	4249,14	3920,61	3492,46	3303,97	8,69
Hindistan	599,82	993,97	1219,35	1761,40	2292,96	2597,36	6,83
Rusya	2393,66	1675,16	1734,03	1731,63	1730,50	1792,02	4,71
Japonya	1149,47	1241,63	1276,93	1197,43	1227,95	1153,72	3,03
Almanya	1018,22	871,32	837,54	816,67	786,83	702,60	1,85
...	...	...	...	...	...	...	...
Türkiye	150,16	227,41	246,00	308,80	364,82	415,78	1,09
...	...	...	...	...	...	...	...
Küresel Toplam	22683,30	25699,80	30051,44	33971,15	36247,49	38016,57	100,00

Kyoto Protokolü'nün içerisinde yer alan ülkelerin sera gazı salım değerlerinin kalitesini artırma ve ülkelerin daha çevreci bir teknolojiye dönüşümünün teşvik edilerek sağlanması gibi bazı maddeler, protokolün bir nevi BMİDÇS'nin daha önce almış olduğu kararları tekrardan vurgular nitelikte olduğunu göstermektedir.

BMİDÇS Ek-1'indeki sanayisi gelişmiş ülkeler aynı zamanda Kyoto protokolü'nün de Ek-B kısmında da geçmektedir. Kyoto Protokolü Ek-B'de adı geçen 38 (37 OECD ülkesi ve AB) gelişmiş ülkelere, 2008-2012 yıllarını kapsayan 4 yıllık dönem için dönemin sonunda ülkelerin toplam sera gazı salım değerlerinin 1990 yılındaki değerlerinin %5 altına inmeleri gerekliliği gibi hedefler belirlemiştir. Bu hedefin bütünüyle amacına ulaşması için de her

ülkeye ayrı miktarlarda sera gazı salımı azaltımı hedefleri koyarak bunun sorumluluğunu yüklemiştir (TCTOB, 2020).

#### **2.1.4. Gemi kaynaklı hava kirliliği ile ilgili Türkiye'deki kural ve düzenlemeler**

Gemi kaynaklı hava kirliliğini önlemeye yönelik sözleşme olan MARPOL Ek-6'nın özellikle 14'üncü kükürt oksit düzenlemesi ile ilgili olarak Türkiye'de 29 Eylül 2009 tarihinde bakanlar kurulunda alınan "Bazı Akaryakıt Türlerindeki Kükürt Oranının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik" kararı ile bu yöndeki ilk resmi adımı atmıştır. Türkiye gemilerde harcanan yakıtların içindeki kükürt yüzde oranlarında ulusal mevzuatta düzenlemeye giderek aynı zamanda Avrupa Birliği'nin 99/32/EC sayılı Kükürt İçerikli Sıvı Yakıtlar Direktifi'ne (TCDB AB, 2006) de uygun hareket etmiş olmaktadır. Böylelikle ülke ulusal mevzuatının Avrupa Birliği mevzuatı ile uyumlaşma çalışmasına da ayrıca katkı sağlamış bulunmaktadır (Resmi Gazete, 2009).

Yönetmelik bakanlar kurulu tarafından 29 Eylül 2009 tarihinde alınan karardan sonra 06 Ekim 2009'da resmi gazete de yayımlanmış olup daha sonra 31 Aralık 2009 tarihinde de yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikte yapılan bu düzenleme ile 01 Ocak 2012 tarihi ve sonrası gemilerde kullanılan yakıtların içindeki kükürt yüzde oranları ile ilgili sınırlamalar aşağıda verilmiştir (Resmi Gazete, 2009).

- İç sularda ticari faaliyette bulunan tekne ve gemilerin kullandığı bayrağa bakılmaksızın, rıhtımda bulunan gemilerin kullandığı yakıtların içerisindeki kükürt yüzdesi %0,1 oranından fazla olamaz.
- Düzenli seferde bulunan tüm yolcu gemilerinin kullandığı yakıtların içerisindeki kükürt yüzdesi %1,5 oranından fazla olamaz.

## **2.2. Hava Kirliliği**

Hava kirliliği insanların türlü faaliyetlerinden meydana gelen ve insan sağlığına verdiği zarar haricinde dünyadaki temiz kaynaklarında kirlenmesine neden olan kirletici maddelerin atmosferde yayılmış halde bulunmasıdır. Başka bir ifade ile hava kirliliği, kirletici maddelerin miktar ve süre olarak canlı varlıkların sağlığına zarar verecek ölçüde atmosfer tabakasında bir arada bulunmaları şeklinde tanımlayabiliriz. Ortalama yaşı 2 milyar yıl

olarak tahmin edilen üzerinde yaşadığımız Dünya gezegeninde hava kirliliği ilk olarak eski çağlarda volkanik yanardağ patlamaları ile doğal yollardan oluşmuştur. İlerleyen süreçte ise insanoğlunun özellikle de ateşi keşfetmesiyle başlayan ısınma ve ısıtma gibi yaşamsal faaliyetleri sonucu atmosferdeki hava kirliliği miktarı giderek üst seviyelere doğru tırmanmıştır (İncecik, 1994: 2).

Yirminci yüzyıldan itibaren teknolojinin ilerlemesiyle özellikle sanayi sektörü gelişerek büyümüş ve neticede hava kirliliği oranı çok daha artmıştır. Dünyadaki hava kirliliği kaynaklı zehirlenme ve ölümlerin giderek artması üzerine, Amerika Birleşik Devletleri önlem olarak 1955 yılında Temiz Hava Yasası'nı (Clean Air Act) çıkarmıştır. Ayrıca bu yasa bu amaçla çıkartılan ilk yasal düzenleme olma özelliğine de sahiptir. Karmaşık bir olay olan hava kirliliğinin çözüme kavuşması hususunda uzmanlar atmosferdeki kirleticilere ait verileri işleyip modellemeler yaparak atmosferdeki kirleticilerin yoğunluğu hakkında kısa ve uzun ölçekli tahminlerde bulunabilmektedirler (İncecik, 1994: 3, 4). Aşağıda Çizelge 2.4'de kirleticilerin atmosferdeki bulunma miktarlarına göre belirlenmiş olan temiz ve kirli hava değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir (İncecik, 1994: 13).

Çizelge 2.4. Temiz ve kirli hava içerisindeki kirletici değerlerinin karşılaştırılması

Kirletici madde	Temiz hava (ppm)	Kirli hava (ppm)	Oran
Karbon dioksit (CO <sub>2</sub> )	318	400	1,3
Karbon monoksit (CO)	0,1	40-70	400-700
Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> )	0,0002	0,2	1000
Metan (CH <sub>4</sub> )	1,5	2,5	1,3
Azot oksit (NO <sub>x</sub> )	0,001	0,2	200
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	0,01	0,002	2

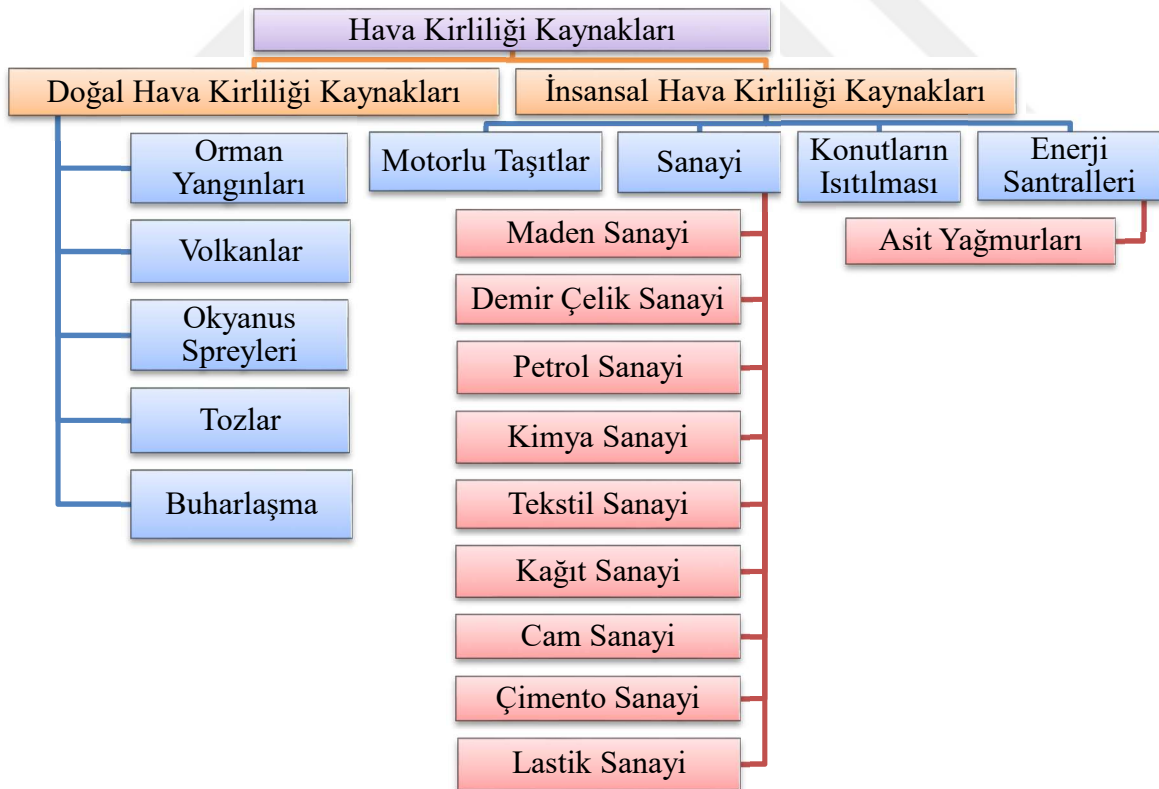
### 2.2.1. Hava kirliliği kaynakları

Küresel çaptaki hava kirliliğinden dolayı meydana gelen sorunların devamlı olarak artarak günlük yaşamda kendini iyiden iyiye hissettirmesi üzerine ulusal ve uluslararası düzeyde alınan tedbirlerle hava kirliliğinin neden olduğu zararlar önemli derecede azaltılmıştır.



Özellikle yakma metotlarının geliştirilmesi, yakıtta doğalgaz kullanımını tercihlerinin artması, ısınmada kirletme oranı daha düşük ve ısı verme gücü daha yüksek kömürlerin kullanımına başlanması gibi yaşanan gelişmeler hava kirliliğinin azalmasında etkili olmuştur. Ayrıca birçok sanayi sektöründe merkezi güç üretimine gidilmesi, kullanılan yakıtlarda iyileştirme çalışmalarının olması, yanma işleminin önce ve sonrasında teknik tedbirlerin alınması gibi yapılan faaliyetler neticesinde kirletici oluşumu azaltılmıştır (Kırımhan, 2006: 1, 15).

Oluştığı kaynaktan yükselerek atmosfere karışan kirleticiler, genellikle atmosferde meydana gelen doğal hava hareketleri ile atmosferde uzun yollar kat ederek uzak mesafelerde bile zararlı etkilerini göstermektedir. Birçok kirletici madde oluşumuna dolayısıyla da hava kirliliğine neden olan kaynakları ise özelliklerine göre doğal ve insansal hava kirliliği kaynakları olmak üzere iki gruba ayrılabilen olup bu kaynakları oluşturan kısımlar aşağıda Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3. Hava kirliliği kaynakları (İncecik, 1994: 14, 23)

### 2.2.2. Hava kirleticiler

Hava kirliliğine neden olan kirleticiler atmosferde çok çeşitli hallerde bulunabilmektedirler. Bu nedenle de hava kirleticiler kimyasal özelliklerine ve oluştukları kaynaklara göre (veya atmosferde yer alma durumlarına göre) olmak üzere iki farklı sınıfa ayrılarak tanımlanabilmektedirler. Bu şekilde iki farklı sınıfa ayrılmış olan hava kirleticiler aşağıda Çizelge 2.5’ de detaylı bir şekilde verilmiştir (İncecik, 1994: 26, 41; Karpuzcu, 2007: 134, 137).

Çizelge 2.5. Hava kirliliğini oluşturan kirleticiler

<b>Hava Kirleticiler</b>			
<b>1-Oluştukları kaynaklara göre kirleticiler</b>		<b>2-Kimyasal özelliklerine göre kirleticiler</b>	
<b>A-Birincil kirleticiler</b>	<b>B-İkincil kirleticiler</b>	<b>A-Gazlar</b>	<b>B-Partiküller</b>
Azot oksit (NO <sub>x</sub> )	Ozon (O <sub>3</sub> )	NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>	Yanma dumanları (smog)
Kükürt oksit (SO <sub>x</sub> )	Fotokimyasal oksidantlar	CO, HC, O <sub>3</sub>	Kimyasal buharlar
Karbon monoksit (CO)	Sülfürik asit (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	H <sub>2</sub> S	Kimyasal dumanlar (fume)
Hidrokarbon (HC)	Kükürt trioksit (SO <sub>3</sub> )	Diğer oksitleyiciler	Spreyler
Partikül maddeler (PM)	Asitler		İnce tozlar (a-Kömür, kül ve çimento gibi maddelerden havaya karışan katı zerrecikler b-Mekanik atölyelerden açığa çıkan ince toz zerrecikler c-Kum yıkama ve püskürtme işletmelerinin faaliyetleri sebebiyle havaya karışan ince zerrecikler)
Kloroflorokarbon (CFC)			
Hidrojen sülfür (H <sub>2</sub> S)			
Hidrojen florür (HF)			
Amonyak (NH <sub>3</sub> )			
Metan (CH <sub>4</sub> )			
Klor gazı (Cl <sub>2</sub> )			

Günümüze kadar bilinen en etkili özelliği atmosferden geçen ve dünyadan yansıyan güneş ışınlarını emerek atmosferin ısınmasına dolayısıyla da küresel ısınmaya neden olan ve bu özelliği nedeniyle de en önemli sera gazlarından biri olarak tanımlanan CO<sub>2</sub> gazı normal şartlarda kirletici grubuna dahil değildirler. Ancak atmosferdeki CO<sub>2</sub> gazı miktarının her yıl ortalama 0,7 ppm seviyelerinde artış göstererek atmosferdeki yoğunluğunun giderek büyümesi üzerine özellikle son yıllarda bu gazın muhtemel etkilerinin ortaya konularak göz önünde bulundurulmasına gerek duyulmuştur (Karpuzcu, 2007: 135).

### 2.3. Denizcilikte Emisyon ve Gemi Kaynaklı Egzoz Emisyon Türleri

Türkçe’de salım, çıkarma gibi anlamlara gelen emisyon kelimesi, günümüzde özellikle hava kirliliğinden ve bu hava kirliliğine sebep olan etmenlerden bahsederken ya da atmosferdeki yüzde değerinin yıldan yıla giderek artışına dikkat çekmek isterken sıkça kullandığımız bir terim olarak dilimize dolanmıştır. Emisyon kelimesi, dil kökeni açısından Türkçe bir kelime olmayıp Türk Dil Kurumu Sözlüğü’ne (TDK, 2020) göre Fransızca’da dışarı çıkarma, yayan, dolaşıma sokma gibi anlamlara gelen “émission” kelimesinden türeyerek dilimize yerleşmiştir.

Teknolojideki ilerlemenin zamanla ülkelerin sanayi sektörüne de uyarlanmasıyla, ülkelerdeki sanayileşme gelişim göstermiş ve birçok endüstriyel ürünün üretim miktarlarında küresel çapta önceki yıllara göre büyük oranda artış olmasına olanak sağlamıştır. Bununla birlikte dünya nüfusunun da zamanla artmasıyla insan kaynaklı tüketim miktarı da ciddi anlamda artmıştır. Bu sebeplerden dolayı da antropojenik yani insan faaliyetleri sonucu oluşan emisyonların miktarları da artmış bunların çevreye ve insan sağlığına olan zararları etkisini daha da çok göstermiştir. Enerji endüstrisi, ulaşım, tarımsal faaliyetler, imalat endüstrisi, katı ve sıvı atıkların yakılması gibi birçok farklı alan bu antropojenik emisyonların sektörel kaynaklarını oluşturmaktadır (Kılıç, 2009).

Yapılan faaliyet açısından ulaşım sektörünün içerisinde yer alan ve uluslararası taşımacılık hacminin yaklaşık %90’ını gerçekleştiren deniz yolu taşımacılığı, diğer taşıma türlerine göre sağlanan enerjiyi en verimli şekilde kullanan taşıma türüdür. Bu sebeple diğer taşıma türlerine kıyasla daha düşük oranlarda emisyon oluşumuna neden olan bir taşıma türü özelliğine de sahip olmaktadır (Friedrich ve diğerleri, 2007). Ayrıca dünya genelindeki gemilerin sayıları, bu gemilerle taşınan yük kapasitelerinin diğer taşıma türlerine göre olan yüksek oranı, gemilerin yaptığı toplam sefer sayılarının fazlalığı ve bu seferlerde gemi makinelerinde harcanan fosil yakıtların toplam miktarları göz önüne alındığında, bu durum deniz yolu taşımacılığını küresel çaptaki en önemli emisyon kaynaklarından birisi yapmaktadır. IMO’nun 2014 yılında yayınlanan üçüncü sera gazları adlı çalışmasında deniz yolu taşımacılığı kaynaklı emisyon değerlerinin küresel antropojenik toplam emisyon değerleri içindeki oranları CO<sub>2</sub> için %2,5, SO<sub>x</sub> için %13 ve NO<sub>x</sub> için %15 olduğu bildirilmiştir (Smith ve diğerleri, 2014).

Deniz yolu taşımacılığı faaliyetinde bulunan dünya gemilerinde hareketi sağlayan pervanelere güç oluşturma görevinde bulunan ana makinelerinde, gemi içerisindeki kullanımına ihtiyaç duyulan elektriği üreten jeneratörlerde ve geminin diğer yardımcı makinelerinde dizel motorların kullanılması günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Corbett ve Koehler'e göre (2003) dünya ticaret filosundaki gemilerin sahip olduğu ana ve yardımcı makinelerin %67'si dört zamanlı (sıkıştırma ile ateşlemeli veya dizel çevrimi ile çalışan), %26'sı iki zamanlı ve %6'sı iki veya dört zamanlı olmak üzere yaklaşık %99'u dizel motorlardan, geriye kalan %1'i ise türbin tahrikli makinelerden oluşmaktadır. Avrupa Çevre Ajansı'nın (European Environment Agency-EEA) 2013 yılı dört numaralı teknik raporu olan Van Aardenne ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada da gemi makinelerindeki dizel motor kullanım oranının %99 olduğu belirtilmiştir (Van Aardenne, Colette, Degraeuwe, Hammingh, Viana ve Vlieger, 2013). Gemi makinelerindeki bu %99 dizel motor kullanım oranı aynı zamanda her yıl atmosfere salınan gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin büyük çoğunluğunun gemilerde kullanılan dizel motorlardan dolayı meydana geldiğini bize göstermektedir.

Dizel motorlar fosil kaynaklı katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarla çalışabilmektedirler. Katı halde yakıt kullanımı açısından örnek olarak Prof. Diesel'in pudra kıvamında kömür tozu ile çalışabilecek şekilde tasarlanmış olan ilk makinesini gösterebiliriz. Son zamanlarda da özellikle LPG ve LNG yüklü ağır tonaj tankerlerin dizel makinelerinde iki veya üç yakıtlı dizel motor kullanımına geçildiği görülmüştür. Ancak bunların sayısı az olmakla birlikte günümüz gemilerin dizel makinelerinde genel olarak sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu sıvı yakıtlar fosil kaynaklı olup ham petrolün damıtılması ile elde edilmekte ve yapısında %10-14 oranında hidrojen ile %85-90 oranında karbon içermektedir (Squizzato ve diğerleri, 2018).

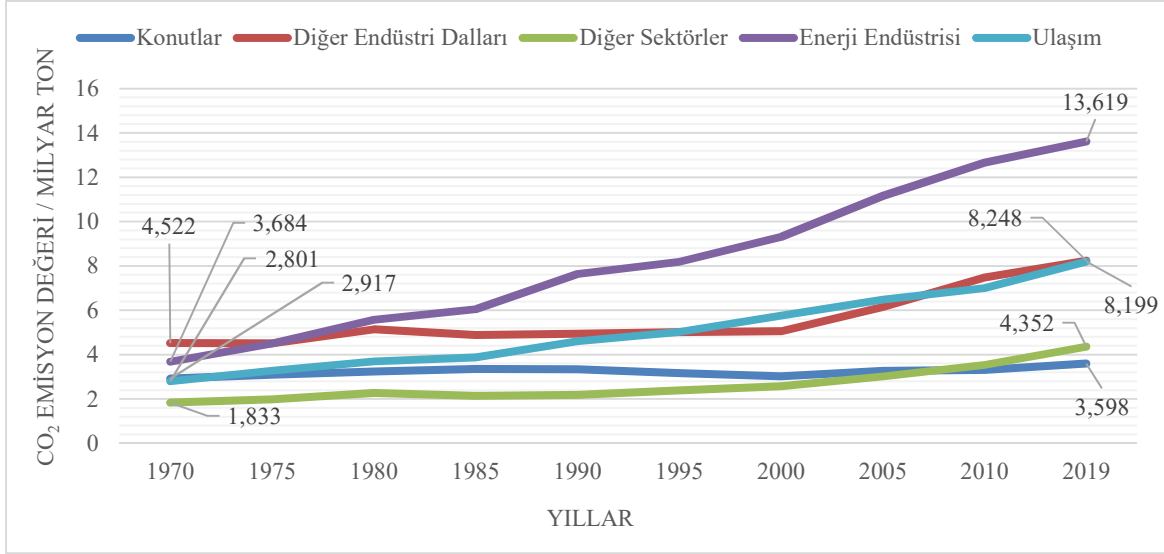
Gemilerin dizel makinelerinde kullanılan hidrokarbonlu fosil yakıtlar kimyasaldırlar. Yakıttaki kimyasal enerjiyi kinetik enerjiye çevirmek için ise dizel motorların silindir içine verilen havanın oksijeninden yararlanılır. Silindir içerisindeki yüksek basınçlı havanın sıcaklığı, hava içerisine püskürtülen yakıtın tutuşma sıcaklığından yüksek olmasından kaynaklı kimyasal bir olay olan yanma olayı gerçekleşir. Silindir içerisindeki yüksek basınçlı havanın oksijeni ile birleşen yakıtın yanması sonucu ısı oluşumu meydana gelir. Yanma sonucu meydana gelen bu ısı enerjisi pistonlar yardımıyla mekanik işe dönüştürülür.

Böylelikle yanma sonucu oluşan iş makinenin krankşaftına iletilmiş olur (Challen ve Baranescu, 1999: 15; Küçükşahin, 2008: 785).

Dizel motorlarda kullanılan hidrokarbonlu dizel yakıtın silindirlerde oksijen ile tam yanma gerçekleştirilmesi esnasında karbon dioksit ve su buharı oluşumu meydana gelir. Silindirlerde tam yanma olmaması halinde ise insan sağlığına zararlı çevre ve hava kirliliğine neden olan diğer egzoz gazları meydana gelir. Dizel motorların silindirlerinde gerçekleşen yanmanın tam olmaması yani eksik yanma sonucu oluşarak açığa çıkan egzoz gazlarını; karbon monoksit, azot oksit, kükürt oksit, uçucu organik bileşikler, hidrokarbonlar ve partikül maddeler olarak özetleyebiliriz (Küçükşahin, 2008: 785, 786). İnsan sağlığına zararlı ve hava kirliliğine sebep olan bu kirletici gruplar silindirlerden dışarı çıkan egzoz gazlarının sadece %0,3'ünü oluşturmaktadır (Velji, Lüft ve Merkel, 2010).

Hava kirletici emisyon gazlarından birisi olan CO<sub>2</sub> gazı Birleşmiş Milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi Kyoto protokolü'nde belirtilmiş olan 6 adet sera gazlarından birisidir. Karbon dioksit insan sağlığı bakımından herhangi bir zararı olmamasına rağmen atmosferden geçen güneş ışınlarını tutucu özelliği nedeniyle atmosferin ısınmasına sebep olmakta ve bu yönüyle de küresel ısınmaya neden olan diğer sera gazları emisyonları içerisinde önemli bir rol oynamaktadır. Karbon dioksitin ABD Çevre Koruma Ajansı'nın bildirdiği 2018 yılındaki toplam sera gazı emisyon değerleri içerisinde %81'lik paya sahip olduğu görülmektedir (USEPA, 2018). Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration-NASA) son olarak Ekim 2020 tarihinde yapmış olduğu ölçümlerde havadaki CO<sub>2</sub> gazı yoğunluğunu 415 ppm olarak bildirmiştir (NASA, 2020).

Avrupa Komisyonu ise sunmuş olduğu raporlarında CO<sub>2</sub> emisyon toplam değerlerini konutlar, enerji endüstrisi, diğer endüstri dalları, ulaşım ve diğer sektörler olmak üzere beş farklı sektöre ayırarak değerlendirmekte olup bununla ilgili son raporunu ise 2020 yılının Eylül ayında (European Commission, 2020) yayınlamıştır. Avrupa Komisyonu'nun bu son 2020 yılı raporuyla güncellenen Küresel Atmosfer Araştırmaları Emisyon Veri Tabanı'ndan alınmış bu beş sektöre ait 1970 yılından 2019 yılına kadar olan toplam CO<sub>2</sub> emisyon değerleri Şekil 2.4'de grafiksel olarak verilmiştir (European Commission, 2020).



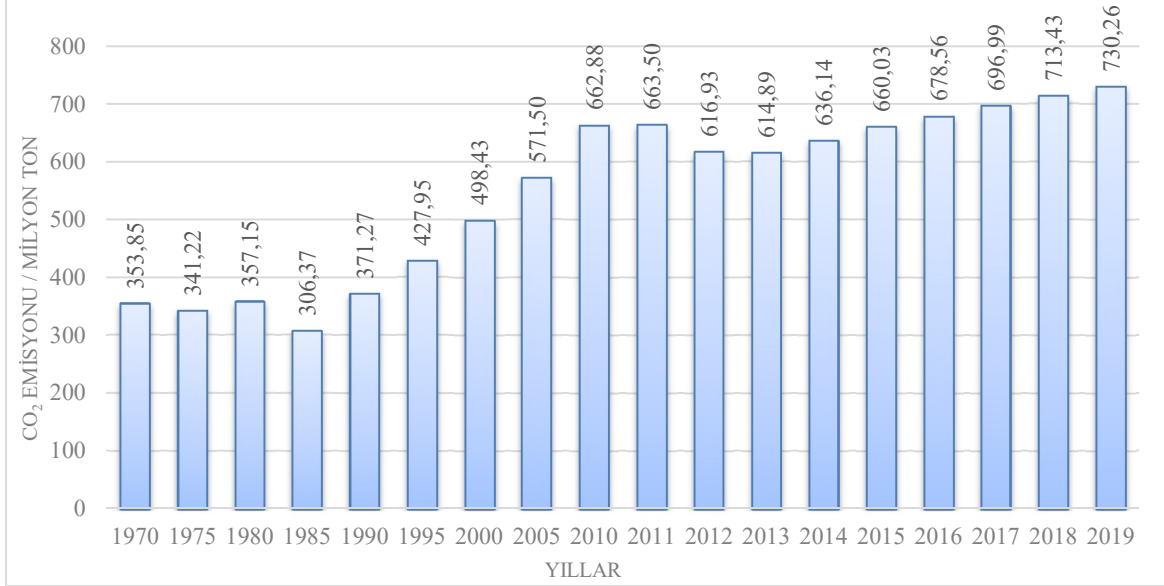
Şekil 2.4. Küresel CO<sub>2</sub> emisyon yıllık toplam değerlerinin sektörlere göre dağılımı

Yukarıda Şekil 2.4’de grafiksel olarak verilmiş olan beş sektörün 2019 yılına ait CO<sub>2</sub> emisyon değerleri toplamı 38,016 milyar ton olup bunun sektörlere dağılımı ise şu şekildedir; enerji endüstrisi 13,61 milyar ton, diğer endüstri dalları 8,24 milyar ton, ulaşım 8,19 milyar ton, diğer sektörler 4,35 milyar ton ve son olarak konut sektörü de 3,59 milyar tondur.

Ulaşım sektörü için dünyada harcanan toplam yakıt miktarlarına bakıldığında, deniz yolu taşımacılığında 280 MT (Megaton), hava yolu taşımacılığında 207 MT ve kara yolu taşımacılığında 1320 MT kullanıldığı görülmektedir. Bu bilgilere dayanarak ulaşım sektöründe harcanan toplam yakıt miktarları içerisinde deniz yolu taşımacılığı 280 MT ile %16’lık paya sahip olduğu bilgisine ulaşılmaktadır. Bu %16’lık paya rağmen özellikle de geçmişte düzenlenmiş kara yolu ve hava yolu taşımacılığı ile ilgili katı emisyon kuralları gemi kaynaklı emisyonlar için de düzenlenmediği için gemi kaynaklı toplam emisyon değerlerinin dünyadaki ulaşım sektörü kaynaklı toplam emisyon değerlerine katkısı önemli derecededir (Eyring, Köhler, Van Aardenne ve Lauer, 2005). Avrupa Komisyonu’nun yayınladığı son rapora (2020) göre 2019 yılında atmosfere salınan uluslararası deniz yolu taşımacılığı kaynaklı toplam CO<sub>2</sub> emisyon miktarı 730,26 milyon tondur.

Aynı raporda ulaşım sektöründen kaynaklı 2019 yılı toplam CO<sub>2</sub> emisyon değerinin 8,19 milyar ton olduğu göz önüne alındığında, uluslararası deniz yolu taşımacılığı kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon miktarı, ulaşım sektörünün %8,92’sini, küresel toplam değer (38,016 milyar ton)

ise %1,92'sini oluşturduğu görülecektir. Ayrıca Avrupa Komisyonu Küresel Atmosfer Araştırmaları Emisyon Veri Tabanı'ndan alınan 1970 ile 2019 yılları tarih aralığına ait uluslararası deniz yolu taşımacılığı kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon değerleri aşağıda Şekil 2.5'da gösterilmiştir (European Commission, 2020).



Şekil 2.5. Uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının yıllara göre dağılımı

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafları Kyoto protokolünden sonra küresel ısınma sebebiyle dünya ikliminin değişikliğine neden olan başta CO<sub>2</sub> gazı olmak üzere diğer sera gazı emisyonlarının da azaltılmasına yönelik ülkeler için bir takım yeni hedefler ve tedbirler içeren Paris Anlaşması'nı 4 Kasım 2016 tarihinde yürürlüğe sokmuştur. Paris Anlaşması, sera gazı emisyonlarının bulunduğumuz yüzyılda giderek artması ve bu yüzyılın ikinci yarısında küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği sorununun çözülmesi dikkat çekerek çok kısa sürede uygulamaya geçilmesi gereken küresel çapta bir eylem planı ortaya koymaktadır. Paris Anlaşması dünyadaki küresel ısınmayı sanayi devrimi öncesine göre 2 °C'nin altında bir seviyede tutup artmasını önlemek hatta mümkün merteye 1,5 °C seviyelerine kadar düşürmeyi amaçlı uzun vadeli bir hedef ortaya koymuştur. Bu bağlamda Paris Anlaşması'nın orta vadeli hedefleri ile de uyumlu olarak Avrupa Birliği sera gazı emisyonları ile ilgili 2030 yılı için hedefini %40 oranında azaltma olarak açıklamıştır (AB Türkiye Delegasyonu, 2016).

Yapılan araştırmalar deniz yolu taşımacılığı kaynaklı emisyonların ortalama %70'inin yoğunluk olarak denizden kıyıya doğru 400 km mesafe aralığında bulunduğunu ortaya koymuştur (Endresen, Sorgard, Sundet, Dalsoren, Isaksen, Berglen ve Gravir, 2003). Hammingh ve arkadaşlarına göre (2012) ise emisyonların yoğunlukta bulunduğu bu mesafe aralığı kıyıya daha yakın olmakla birlikte, toplam gemi kaynaklı emisyonların %32'si kıyıya 12 deniz mili, %89'u 50 deniz mili ve %97'si ise 100 deniz mili mesafe aralığında bulunmaktadır. Bu nedenlerden ötürü hem gemi kaynaklı emisyonların hem de limanlardaki yk elleemesi faaliyetlerinden dolayı meydana gelen emisyonların özellikle de liman alanlarına yakın kıyı bölgelerinde yaşayan insanlarda ciddi sağlık sorunları görülmesine sebep olduğu anlaşılmıştır.

Dünya Sağlık rgt'nün (2018) sunduğu raporda; hava kirletici emisyonların neden olduğu hava kirliliğinin insanlarda fel, kalp rahatsızlığı, akciğer kanseri ve astım dahil hem kronik hem de akut solunum yolu hastalıklarına neden olduğu bildirilmiştir. Raporda 2016 yılında dünya çapında genel anlamda dış ortam hava kirliliğinden meydana gelen ve kardiyovasküler rahatsızlığa, solunum yolu hastalıklarına ve de akciğer kanserine neden olan 2,5 mikron veya daha küçük çaptaki (PM<sub>2.5</sub>) partikül maddelere maruz kalmadan dolayı 4,2 milyon prematüre ölümün gerçekleştiği tahmininde bulunulmuştur. Bu prematüre ölümlerin yaklaşık %91'inin düşük ve orta gelirli ülkelerde gerçekleştiği bunların içerisinde de çoğunluğun Güneydoğu Asya ve Batı Pasifik bölgelerinde meydana geldiği belirtilmiştir. Raporda ayrıca dış ortam hava kirliliğine ek olarak evlerinde ısınma ve yemek pişirme işlemlerinde gaz yağı, kömür gibi fosil kaynaklı enerji kullanan dünyada yaklaşık 3 milyar insan için iç mekanda oluşan dumanın ciddi sağlık sorunları risklerini oluşturduğu belirtilmiştir.

Van Aardenne ve arkadaşlarının (2013) Avrupa evre Ajansı'nın teknik raporu olarak yayımlanan çalışmalarında gemi kaynaklı emisyonların etkilerini; hava kalitesi üzerindeki potansiyel etkileri başlığı altında insan sağlığı, ekosistem ve hava kalitesi alt başlıklarında incelemiş ve bunlarla ilgili dünyada yapılmış çalışmalara raporda yer vermişlerdir. Raporda vanadyum (V), nikel (Ni), siyah karbon (BC) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) gibi insan sağlığına zararlı maddelerin gemi kaynaklı oluştuğu ve yayıldığı belirtilmiştir. Corbett ve arkadaşlarının (2007) küresel düzeyde gemi emisyonları kaynaklı ölümler üzerine yaptıkları çalışmalarında partikül madde (PM) emisyonlarının neden olduğu kardiyopulmoner kalp rahatsızlığı ve akciğer kanserine bağlı olarak yılda yaklaşık 60000



ölümün gerçekleştiği ve bu ölümlerin çoğunun bölge olarak Avrupa, Doğu Asya ve Güney Asya'nın kıyı şeridi bölgelerinde meydana geldiği belirtilmiştir. Bu ölümlerin oransal olarak %3 ile %8 arası bir oran kadarının deniz yolu taşımacılığı kaynaklı partikül madde emisyonuna bağlanabileceği bildirilmiştir (Corbett, Winebrake, Green, Kasibhatla, Eyring ve Lauer, 2007).

Van Aardenne ve arkadaşlarının (2013) sundukları raporda gemi kaynaklı emisyonların ekosistem üzerindeki etkileri üzerine yapılmış en son araştırmalara da (Derwent ve diğerleri, 2005; Kalli, Repka ve Karvonen, 2010; Sutton ve diğerleri, 2011) yer verilmiştir. Bu araştırmalara göre gemiler tarafından salınan parçacık, kükürt oksit, azot oksit ve diğer egzoz gazlarının kıyı bölgelerinde birikmesi nedeniyle bu bölgelerdeki su ve toprakta meydana gelen asitlenme ve ötrofikasyona katkı sağladığı görülmüştür. Raporda ayrıca gemi bacalarından dışarı salınan partikül madde ve kükürt oksit emisyonlarının yer seviyesi ozon kirliliğine sebebiyet verdiğinden de söz edilmiştir.

Kötü bir koku ve mukus zarını tahriş etme özelliğine sahip olan SO<sub>x</sub> gazı asit yağmurlarının oluşumunda önemli bir faktördür. Yağan asit yağmurları sonrası göl, nehir ve su kaynaklarındaki alkalın değerlerinin azaldığı görülmüştür. Kükürt oksit emisyonunun bir ortamda birikmesi toprakta sülfat seviyelerinin artmasına yol açarak, fosfor eksikliğine neden olabilecek çözünmez alüminyum fosfatların oluşumunu teşvik edebilir. Bir diğer kötü kokuya sahip hidrokarbonlar ise kanserojen özelliğine kısmen sahip olup duman oluşumu ve mukus zarını (membran) tahriş edici etkiye sahiptir (Sofuoğlu, 2016).

Karbon monoksit emisyon değerinin yüksek olduğu bölgelerde insanlar tarafından zehirli olan bu gazdan fazla miktarda solunduğunda, vücuda giren CO gazı kandaki alyuvarların içerisinde bulunan hemoglobinle oksijenden önce birleşerek kanda oksijen yetersizliğine sebep olmaktadır. İnsan kanında bu şekilde meydana gelen hücrelere karboksihemoglobin (COHb) adı verilmektedir (Zencirci ve Işıklı, 2017). İnsanların CO gazını fazla miktarda solması durumunda kanlarındaki karboksihemoglobin sayısında artış olacak ve CO gazı solunmaya devam edildikçe kişide öncelikle baş ağrısı ve dönmesi, midede bulantı, soluma da güçlük, halsizlik ve yorgunluk belirtileri gözükülecektir. Eğer ki bu belirtiler görüldükten sonra CO gazı solunmaya devam edilirse kişi komaya girebilir, solunum durabilir ve hatta ölüm gerçekleşebilir (İncekaya ve diğerleri, 2017).

Karbon monoksit gazına kısa süreli fakat devamlı olarak maruz kalan insanlarda kalp ve sinirsel davranış bozuklukları görülmekle birlikte bu insanların kan damarı çeperlerinde, kalp ve beyin gibi organların dokularında işlevsel sorunlar oluşturduğu görülmüştür (Strayer, Blake ve Craig, 1983). Dünya Sağlık Örgütü 2015 yılındaki raporunda vardiyalı işçi statüsünde çalışan bireylerin 8 saatlik bir vardiya süresince karbon monoksit gazına en fazla maruz kalınabilecek üst sınır değeri 9 ppm (10 mg/m<sup>3</sup>) olacağını belirtmiştir. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü'nün ortamdaki CO gazı yoğunluğuna bağlı olarak raporda belirlediği diğer üst limitler aşağıda Çizelge 2.6'da verilmiştir (WHO, 2015).

Çizelge 2.6. DSÖ karbon monoksit gazına maruz kalma sınır değerleri

Zaman	Ortamdaki CO gazı yoğunluk miktarı
15 dakika	90 ppm
1 saat	30 ppm
8 saat	9 ppm
24 saat	6 ppm

Hava kirliliğine neden olan kirlenici emisyonların, halk sağlığı ve dünya ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkileri atmosferdeki kirliliğin gün geçtikçe artması ile doğru orantılı olarak daha fazla etkisini göstermiş ve küresel bir tehdit haline gelmiştir. Bu nedenle de kirlenici emisyonların insanı ve çevreyi ne şekilde etkilediği önem kazanmıştır. Aşağıda gemi kaynaklı egzoz emisyon türlerinden bahsedilmiştir.

### 2.3.1. Kükürt oksit emisyonu

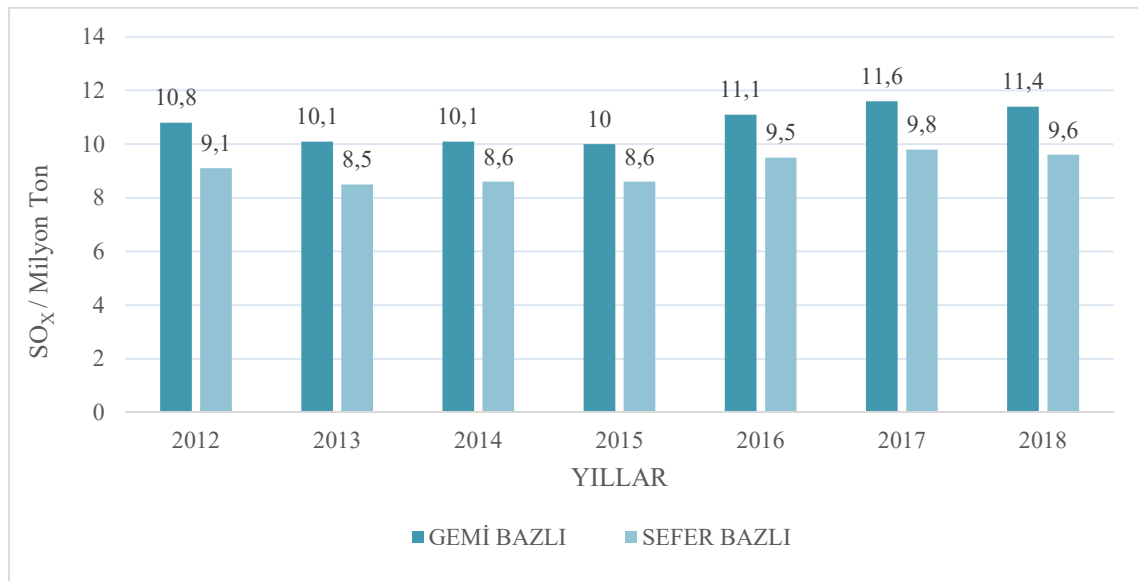
Gaz kirleniciler içerisinde en tanınmış birincil hava kirlenicisi kükürt oksitlerdir. Kükürt oksitler petrol ve kömür türevli fosil yakıtların gemilerin dizel makinelerinde yanması sonucu oluşurlar. Gemilerde kullanılan bu fosil yakıtların içerisindeki kükürt bileşiklerinin gemi dizel motorlarının silindirlerinde yanması sonucu önce renksiz ve kokusuz zehirli bir gaz olan kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) oluşur. SO<sub>2</sub>'nin silindir içerisinde yanmaya devam ederek oksijenle kimyasal birleşmesi sonucu da SO<sub>2</sub>'den daha da zehirli olan kükürt trioksit (SO<sub>3</sub>) meydana gelir. Fosil yakıtların bu şekilde dizel motorlarda yanması sonucunda açığa çıkarak atmosfere yayılan kükürt oksit emisyonlarının çoğunluğunu SO<sub>2</sub>'ler oluşturmaktadır. Yanıcı özelliği bulunmayan SO<sub>2</sub>'ler atmosferde ortalama 40 gün kalabilmektedirler. SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub>'ler su ile birleşerek tepkimeye girdiklerinde ise asit

yağmurlarına neden olan asitleri yani sülfüroz ( $H_2SO_3$ ) ve sülfürik asitleri ( $H_2SO_4$ ) meydana getirirler (İncecik, 1994: 26, 30; Küçükşahin, 2008: 788).

Küresel çaptaki toplam  $SO_x$  emisyon değerlerine bakıldığında, bu emisyon değerlerinin çoğunun Avrupa'daki gelişmiş sanayi bölgeleri ile Kuzey Amerika'dan kaynaklı olduğu görülmüştür (İncecik, 1994: 27). Gemi dizel makinelerinde kullanılan HFO ve MDO gibi fosil yakıtların içeriklerinin kükürt yüzdeleri yüksek olmasından dolayı gemilerin, atmosfere her yıl salınan toplam  $SO_2$  emisyon değerleri içerisindeki payı azımsanmayacak derecededir. Deniz yolu taşımacılığı faaliyetinde bulunan gemilerin bacalarından dışarı salınan  $SO_2$  emisyon miktarları, küresel çapta harcanan tüm fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan toplam  $SO_2$  emisyon miktarının %3 ile %4 arasında bir değeri oluşturmaktadır (Sinha ve diğerleri, 2003). IMO'nun temmuz ayında yayınlanan dördüncü sera gazı çalışması final raporunda belirtilmiş olan dünyada 2016-2018 yılları arasında gemilerde kullanılmış olan HFO ve MDO yakıtlarındaki ortalama kükürt yüzde oranları Çizelge 2.7'de, aynı yıllar arasında dünyadaki gemilerden kaynaklı toplam  $SO_x$  emisyon değerleri de Şekil 2.6'de aşağıda verilmiştir (IMO, 2020e).

Çizelge 2.7. Denizcilikte kullanılan yakıtlardaki kükürt içeriklerinin yıllara göre küresel ortalama yüzde değerleri

Yakıt Türü	2012 %	2013 %	2014 %	2015 %	2016 %	2017 %	2018 %
HFO	2,51	2,43	2,46	2,45	2,58	2,60	2,60
MDO	0,14	0,13	0,12	0,08	0,08	0,08	0,07

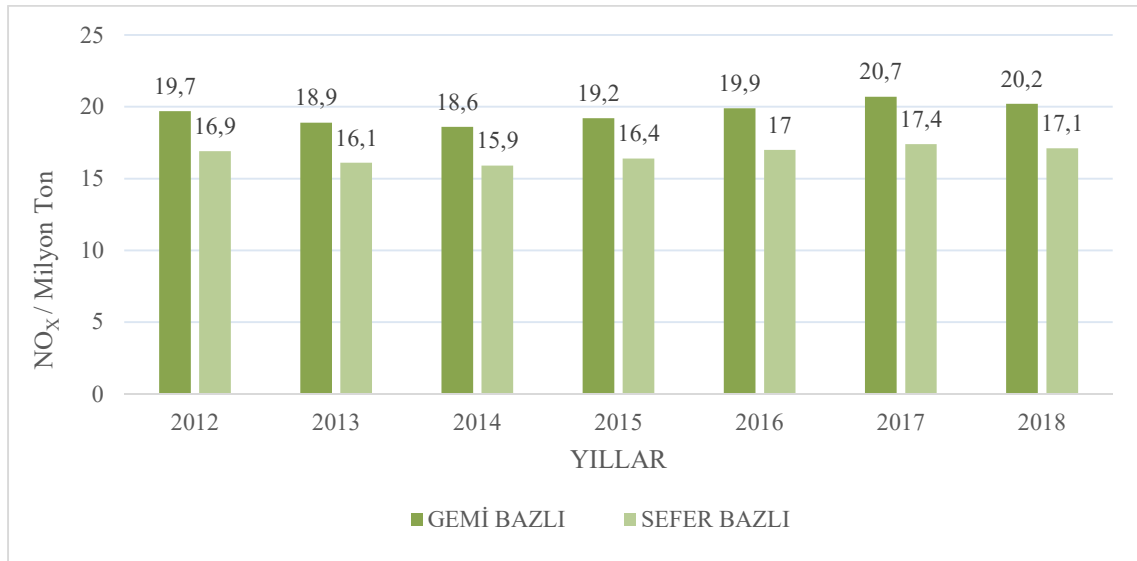


Şekil 2.6. Dünyada gerçekleşen deniz yolu taşımacılığı kaynaklı toplam  $SO_x$  emisyon miktarları

### 2.3.2. Azot oksit emisyonu

Fosil yakıtların gemi dizel motorlarında yüksek sıcaklıkta yanmasıyla oluşan azot oksitler havada yedi bileşik halinde bulunabilirler. Bunlar azot monoksit (NO), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), azot trioksit (NO<sub>3</sub>), diazot oksit (N<sub>2</sub>O), diazot trioksit (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), diazot tetraoksit (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), ve diazot pentaoksit (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)'dir. Bu gazların hepsi hava kirletici değildirler. Hava kirliliğine sebep olanları NO ve NO<sub>2</sub>'dir. Oldukça zararsız bir gaz olan NO aynı zamanda renksiz ve kokusuzdur. NO<sub>2</sub> ise çok zehirli ve öldürücü bir gaz olmakla beraber havadaki yoğunluk miktarı açısından üst limit değerinin en fazla 5 ppm olması ve bunu aşmaması kararlaştırılmıştır. NO ve NO<sub>2</sub>'li bileşiklerin atmosfer tabakasında kalma süresi bir gündür. Ancak NO ve NO<sub>2</sub>'nin kimyasal birleşiminin bir ürünü olan N<sub>2</sub>O'nun havada on yıl kadar kalabildiği bildirilmiştir (İncecik, 1994: 30; Küçükşahin, 2008: 788, 789).

Gemi dizel makinalarda yakıtın yanmaya başlamasıyla motor içindeki silindirlerde sıcaklık değeri yaklaşık 1500 °C seviyelerinde olmaktadır. Böylesine yüksek bir sıcaklıkta silindirlerdeki yanma havası içerisindeki azot ve oksijenin birleşimi ile azot oksitlerin oluşumu gerçekleşmektedir. Bu şekilde gerçekleşen azot oksit emisyonların tahmini %5 oranında olanı NO<sub>2</sub>'i olup gerisi NO'dur (Rigas, Ben-Jebria ve Ultman, 1997). Dünyada 2012-2018 yılları arasında deniz ticaret filosundaki gemilerden kaynaklı toplam NO<sub>x</sub> emisyon değerleri de Şekil 2.7'de aşağıda verilmiştir (IMO, 2020e).



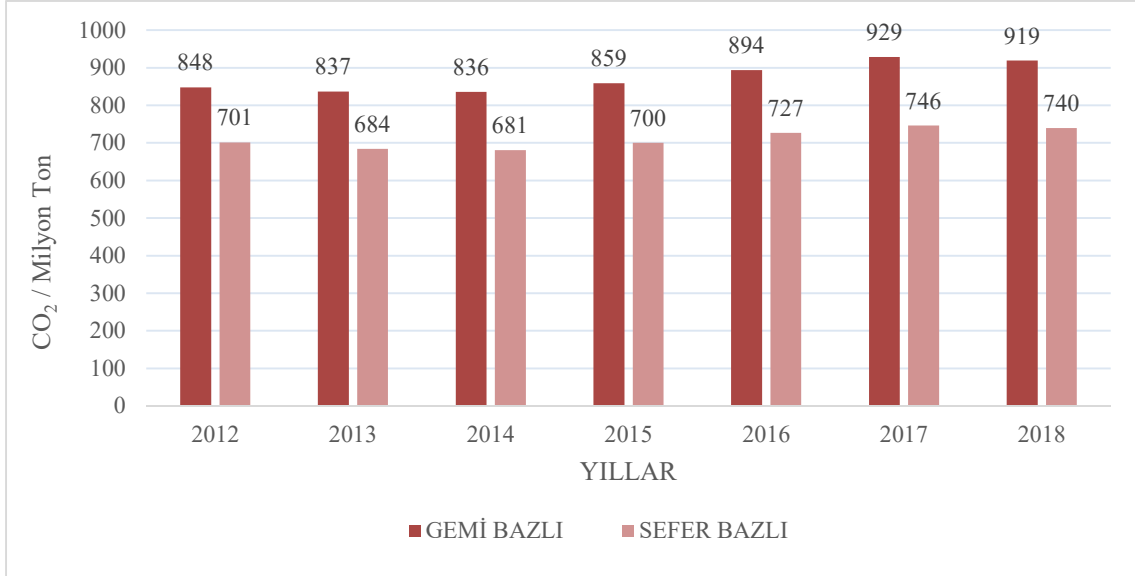
Şekil 2.7. Dünyada gerçekleşen deniz yolu taşımacılığı kaynaklı toplam NO<sub>x</sub> emisyon miktarları

### 2.3.3. Karbon dioksit emisyonu

Havadan 1,5 kat daha ağır olan CO<sub>2</sub> gazı renksiz, tatsız, kokusuz ve zehirli olmayan boğucu özelliğe sahip bir gazdır. Maddenin katı ve gaz hallerinde ayrı ayrı bulunabilen bir gaz olan CO<sub>2</sub> gazının katı hal görünümüne kuru buz adı da verilebilmektedir (Aygül ve Baştuğ, 2020). Gemi dizel makinelerinin motorlarında gerçekleşen içeriği karbon ve hidrojen ağırlıklı olan fosil yakıtların tam yanması ile yanma ürünleri olan CO<sub>2</sub>, su buharı, oksijen ve azot açığa çıkar (Küçükşahin, 2008: 786). Dizel motorlarda yanma sürecine katılan hava ve yakıt miktarı tam yanma veya eksik yanmayı belirler. Karbon dioksit gazının bir oluşum şeklide motorlarda eksik yanma sonucu oluşan CO gazının silindirlerde hidroksit kökü (OH) ile tekrar tepkimeye girip birleşmesi sonucunda olmaktadır (Clark, Wagner, Schrock ve Piennar, 1984).

Her an içimize nefes alarak çektiğimiz havanın içerisinde bulunan CO<sub>2</sub> gazının insan sağlığına her hangi bir zararı yoktur fakat dünya iklimini değiştiren küresel ısınmaya neden olan önemli bir sera gazıdır. Bu sebeple uluslararası düzeydeki birçok yasa koyucu CO<sub>2</sub> emisyonları ile ilgili düzenleme yaparak atmosfere salınan CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarını kontrol altında tutmak ister. Ulaşım sektöründeki tüm taşıtlarda kullanılmakta olan yakıtların çoğu karbon bazlı olup bu taşıtlarda kullanılan benzin ve dizel yakıtların içeriğinin yaklaşık %85'ini karbonlar oluşturmaktadır. Bu nedenle uluslararası yasa koyucular CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması ile ilgili alınması gereken tedbirlerden bahsederken yakıtlarda enerji verimliliğinin ayrıca önemine değinerek ve oluşturdukları gönüllülük esasına bağlı programlarla da ulaşımdaki yakıt verimliliğini artırmayı amaçlarlar. Uluslararası yasa koyucuların gönüllülük esasına bağlı bu programlarla asıl yapmak istediği yani beklentisi ülkelerin küresel ısınma hususunda atmosferde bulunan toplam CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarına dikkatlerini çekerek bu emisyonların azaltılması veya kontrolüne yönelik ülkelerin mevzuatlarında zorunlu sera gazı azaltma stratejilerine yer vermesidir (Bennett, 2010: 291).

Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün sera gazları ile ilgili yayımlanmış olan en son çalışması olan dördüncü sera gazı çalışması final raporunda deniz taşımacılığı kaynaklı 2012-2018 yılları arasındaki toplam CO<sub>2</sub> emisyon değerleri bildirilmiş olup bu değerler aşağıda Şekil 2.8'de gösterilmiştir (IMO, 2020e).



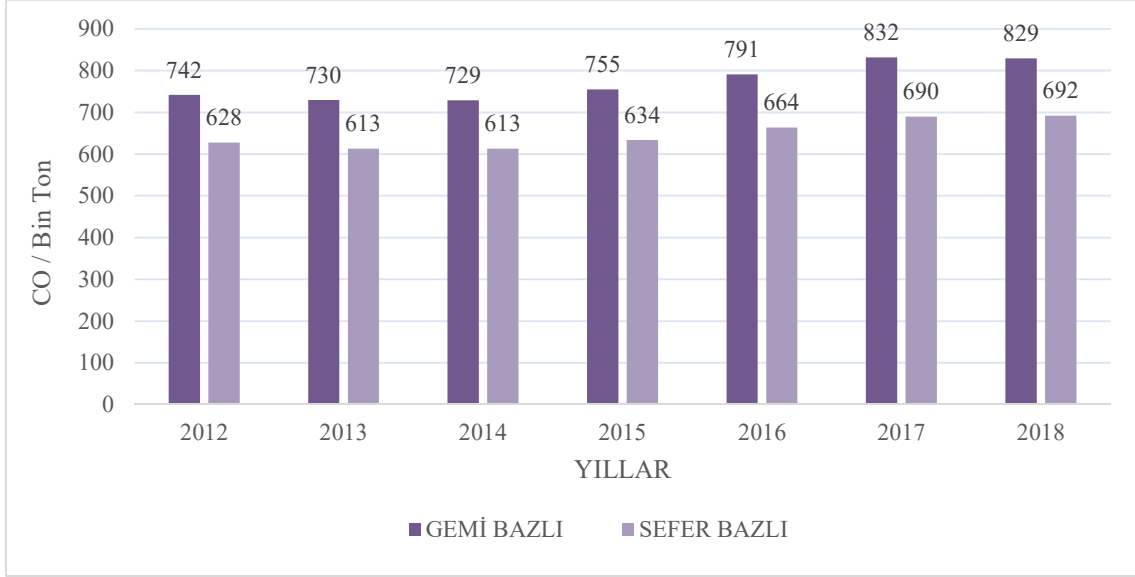
Şekil 2.8. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam CO<sub>2</sub> emisyon miktarları

### 2.3.4. Karbon monoksit emisyonu

Gemi dizel motorlarında yanma için bir arada bulunan hava ve fosil yakıtın oranlarına bağlı olarak tam yanma gerçekleşmemesi yani fosil yakıtın tam yanma için gerekli olan yeterli hava miktarına ulaşamaması sonucu oluşan eksik yanma sonucunda karbon monoksit gazı açığa çıkar (Serhat, Hazar ve Emine, 2019). Koksuz, tatsız, renksiz ve kararlı bir gaz olan CO gazının atmosferde bulunma süresi ortalama iki ay kadardır. Dünyadaki toplam CO gazı emisyon miktarının yaklaşık %70'i ulaşım sektöründen kaynaklandığı belirtilmektedir. Ayrıca dünyada her yıl meydana gelen toplam karbon monoksit emisyon değerlerinin aşağı atmosferde kalması durumunda bile her yıl 0,03 ppm seviyelerinde düzenli olarak artacağı ön görülmektedir (İncecik, 1994: 31).

Çok zehirli bir gaz olan karbon monoksit gazının insan sağlığı açısından en önemli özelliği de kandaki alyuvar hücrelerinde bulunan hemoglobinin oksijene nazaran karbon monoksitle birleşme isteğinin 200 kat daha fazla olmasıdır (Küçükşahin, 2008: 787). Bu nedenle CO gazının insanlar tarafından çok fazla miktarda solunması neticesinde hemoglobinler vücuda giren CO gazı ile birleşerek kanda oksijen yetersizliği ve karbon monoksit zehirlenmesi meydana gelir. Bu CO zehirlenmesi ile solunan CO gazı miktarına da bağlı olarak insanlarda yorgunluk belirtileri görülebilmekte, beyin fonksiyonlarında hasar gerçekleşebilmekte ve ileri seviyelerinde de ölümle sonuçlanabilmektedir (Bennett, 2010: 292). IMO'nun son sera

gazı raporunda bildirilen değerlere göre 2012-2018 yılları arasındaki deniz taşımacılığı kaynaklı CO emisyon miktarları aşağıda Şekil 2.9'da verilmiştir (IMO, 2020e).



Şekil 2.9. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam CO emisyon miktarları

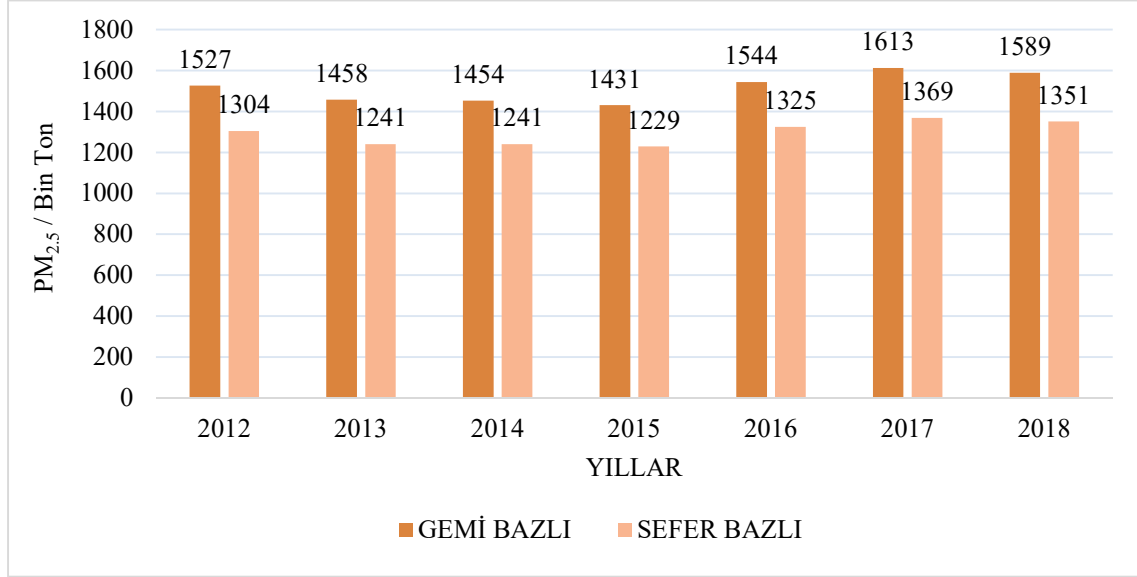
### 2.3.5. Partikül madde emisyonu

Hava kirleticiler içerisinde önemli bir konuma sahip olan partiküller dizel motor silindirlisinde yakıtın tam yanmaması sonucu meydana gelirler. Partikül maddelerin genel tanımını yapacak olursak, egzoz gazı içerisinde bulunan katı ve sıvı haldeki birleşmemiş su haricindeki tüm katı maddelere partiküller denilmektedir. Partikül maddeler çaplarının büyüklüğüne göre isimlendirilmekte olup genel olarak ebatları 0,1  $\mu$  ile 100  $\mu$  (mikron) arasında değişmektedir (İncecik, 1994: 32). EPA partikül maddeleri aşağıdaki gibi genel olarak iki kategoriye ayırmıştır (Bennett, 2010: 292).

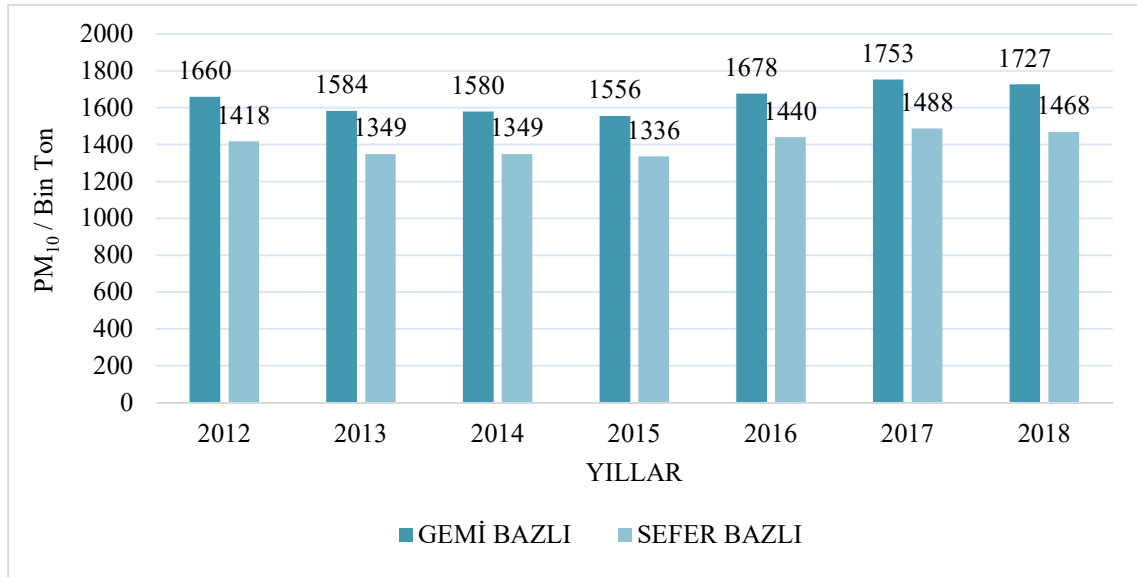
- PM<sub>10</sub>: Çapları 2,5  $\mu$  ile 10  $\mu$  arasında değişen solunabilir partikül maddeler
- PM<sub>2.5</sub>: Çapları 2,5  $\mu$ 'a eşit veya daha küçük olan solunabilir partikül maddeler

Dünya Sağlık Örgütü PM<sub>2.5</sub> boyutundaki partikül maddelerin yıllık havada bulunma limit değerini 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , günlük (24 saatlik) havada bulunma limit değerini ise 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak açıklamıştır. PM<sub>10</sub> boyutundaki partiküller için ise sırasıyla 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak bildirmiştir (WHO, 2018). Ritchie ve Roser (2017) çalışmalarında 2016 yılı için Türkiye'nin

havasındaki PM<sub>2.5</sub> değerini 37,25 µg/m<sup>3</sup> olduğunu belirtmişlerdir. IMO'nun yayınladığı (2020e) dördüncü sera gazı çalışması final raporuna göre 2012-2018 yılları arasındaki deniz taşımacılığı kaynaklı küresel toplam PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyon değerleri aşağıda Şekil 2.10 ve Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.10. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam PM<sub>2.5</sub> emisyon miktarları

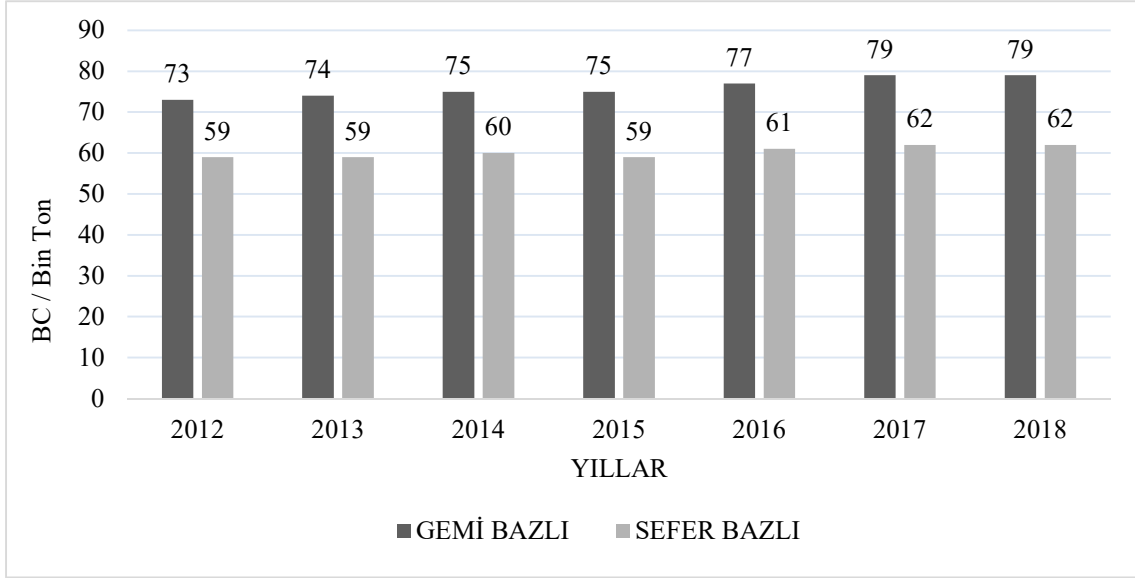


Şekil 2.11. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam PM<sub>10</sub> emisyon miktarları

Karbon dioksit gazından sonra dünya iklimi değişikliğine en fazla katkı sağlayan bir diğer emisyon olan siyah karbon (Black Carbon-BC) partikül maddelerin ana bileşenlerinden birisidir (WHO, 2018). Siyah karbon güneş ışınlarını emdiği için atmosferi ısıtarak küresel



ısınmaya neden olur. Ayrıca yağışla da toprağa düştüğünde ise kar ve buzun yüzeyini karartır, böylelikle kar ve buzun yüzeyini yansıtma gücünü azaltarak karın ısınmasına ve erimenin hızlanmasına neden olur (Cho, 2016). Deniz taşımacılığı kaynaklı küresel toplam siyah karbon (BC) emisyon değerleri aşağıda Şekil 2.12’de verilmiştir (IMO, 2020e).



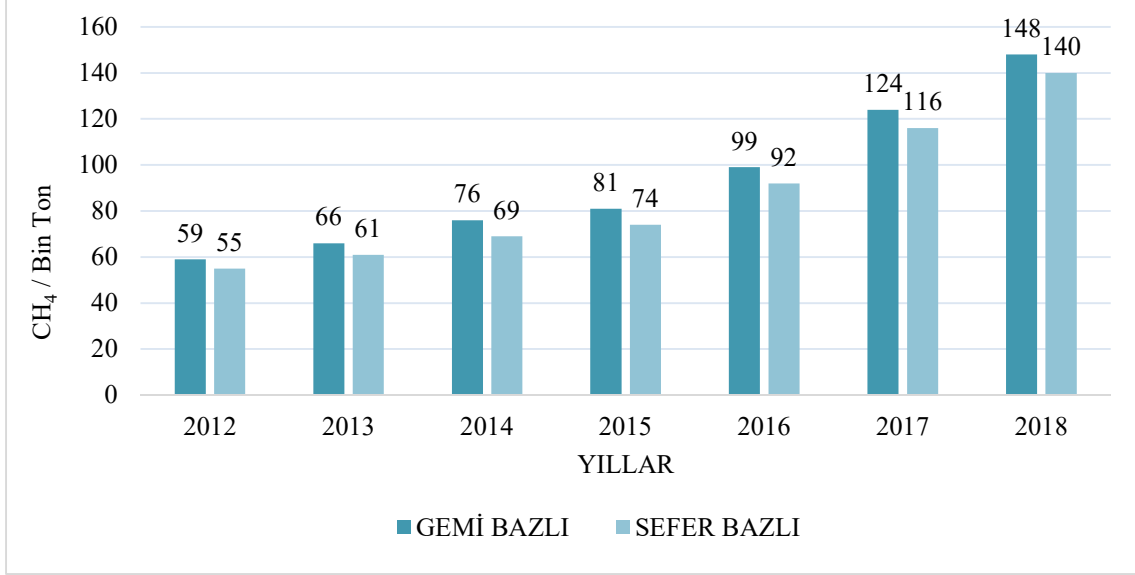
Şekil 2.12. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam BC emisyon değerleri

### 2.3.6. Hidrokarbon emisyonu

Hidrokarbon emisyonları gemi dizel motorlarının silindirindeki hava-yakıt oranından bağımsız olarak yakıt püskürtme sistemlerindeki sorunlardan dolayı oluşurlar. Ayrıca dizel makinelerin devir sayıları ve yüklerine bağlı olarak makine tam yükte iken yanma havasında yeterli oksijenin bulunmamasından veya yeterli sıcaklığa ulaşamamadan dolayı da tam yanma gerçekleşmemekte ve bu nedenle de hidrokarbon emisyonu oluşumuna neden olmaktadır (Küçükşahin, 2008: 791).

Hidrokarbon emisyonlarının atmosferde kalış süreleri net olarak bilinmemektedir. Ama hidrokarbon emisyonlarının büyük çoğunluğunu oluşturan metan gazının (CH<sub>4</sub>) atmosferdeki ömrünün 0,94 yıl kadar olduğu tahmininde bulunmaktadır. Zehirli olmayan hidrokarbonların bazılarının zararlı yönleri mevcuttur. Bunlardan aldehitler insanların solunum sistemleri üzerinde olumsuz etkileri vardır. Aromatik hidrokarbonların ise kanser yapıcı özelliği olduğu bilinmektedir (İncecik, 1994: 32). Deniz taşımacılığı kaynaklı

hidrokarbon emisyonlarından, büyük bir kısmını oluşturan CH<sub>4</sub> emisyon gazının küresel toplam değeri aşağıda Şekil 2.13’de verilmiştir (IMO, 2020e).



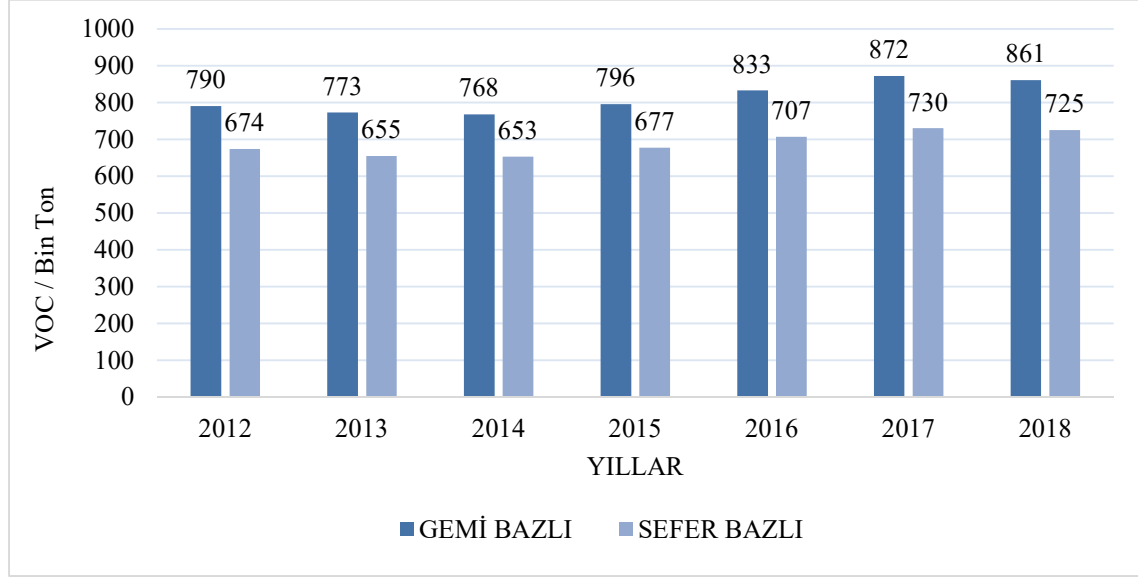
Şekil 2.13. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam CH<sub>4</sub> emisyon değerleri

### 2.3.7. Uçucu organik bileşik emisyonu

Uçucu organik bileşikler yakıtların üretimi, dağıtımı ve pompalanması esnasında yakıtı kaynatan bir hidrokarbon gazıdır. Bu uçucu organik bileşik emisyonları gemilere hem yakıt transferleri sırasında hem de yakıt tanklarında bulunan yakıtın buharlaşması sonucunda meydana gelirler. Uçucu organik bileşikler yer seviyesinde ozon üretmek için güneş ışığı ile reaksiyona girerler. Bu sebeple de küresel ısınmaya neden olan sera etkisine katkısı ayrıca bulunmaktadır. Genel olarak uçucu organik bileşik emisyonlarının oluşumu ulaşım ve sanayi sektörü başta olmak üzere biyolojik kütlelerin yakılması ve organik çözücülerin sanayi dışı kullanımlarından dolayı kaynaklanmaktadır. Nüfusun yoğun olduğu bölgelerdeki uçucu organik bileşik emisyonlarının yaklaşık %30’u ulaşım sektöründen dolayı meydana gelmektedir (Bennett, 2010: 292; Cooper, 2003).

Dünya Sağlık Örgütü 300’den fazla türü olan uçucu organik bileşikleri ifade ederken, kaynama sıcaklıkları 50 °C ile 100 °C arasında değişmekte olan hidrokarbon türü olarak belirtmiştir. Çevre ve insan hayatı için en zararlı olan uçucu organik bileşik türleri ise etilbenzen, benzen, toluen, stiren, ksilenler, tribromometan, triklorometan ve tetraklorometan’dır (Güzel, Canlı ve Olgun, 2018). Deniz taşımacılığı kaynaklı küresel

toplam uçucu organik bileşik (VOC) emisyon değerleri aşağıda Şekil 2.14’de gösterilmiştir (IMO, 2020e).



Şekil 2.14. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı küresel toplam VOC emisyon değerleri

#### 2.4. Van Gölü Üzerindeki Denizcilik Faaliyetleri

Türkiye’nin Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan Van Gölü bölge halkının deyimiyle Van Denizi 3 713 km<sup>2</sup>’lik yüz ölçümüyle Türkiye’nin en büyük gölü olma unvanını taşımaktadır. Van Gölü tahmini olarak 60 bin yıl önce Nemrut volkanik yanardağının patlaması neticesinde meydana gelmiş olan kraterlerde yağmur suyu ve kaynak sularının birikmesiyle oluştuğu varsayılan volkanik bir göl statüsündedir. Tuzlu ve sodalı suya sahip olan Van Gölü içerisinde pek çok sayıda koy, canlı türü ve adalar barındırmaktadır. Van Gölü suyu üzerine yapılan incelemelerde (Kılıç, 2019) göl suyunda mutfak tuzu oranının %42,3, soda oranının %34 seviyelerinde olduğu yüzdenin geri kalan kısmında ise düşük seviyelerde sodyum sülfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), potasyum sülfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve magnezyum karbonat (MgCO<sub>3</sub>) bulunduğu saptanmıştır (TCKTB, 2020).

Göl suyundaki %34’lük soda oranı sebebiyle Dünya’nın da en büyük sodalı gölü konumunda olan Van gölü suyunun pH değeri ise 9,8’dir. Van Gölü suyunun özellikle de sodalı olması sebebiyle göldeki biyolojik türlerin çeşitliliği kısıtlıdır. Bu sebeple de göl kıyılarında hiçbir yumuşakça kabuksu veya bitkimsi canlı bulunmamakla birlikte günümüzde bilindiği kadarıyla 103 farklı cinsten fitoplankton, 36 farklı cins zooplankton ve tek balık cinsi

olaraktan inci kefali yaşamını sürdürmektedir. Van Gölü ve bölgesi ile ilgili genel coğrafi özellikler aşağıda Çizelge 2.8’de verilmiştir (TCKTB, 2020).

Çizelge 2.8. Van Gölü ve bölgesinin coğrafi özellikleri

Coğrafi Özellikler	Açıklama
Göl suyu özelliği	Tuzlu ve sodalı
Göl uzunluğu	120 km
Göl genişliği	80 km
Kıyı uzunlukları toplamı	430 km
Gölün yüzölçümü	3713 km <sup>2</sup>
Göldeki en derin mesafe	451 m
Gölün ortalama derinliği	171 m
Deniz seviyesinden yüksekliği (rakım)	1646 m
İçindeki adalar	Akdamar, Adır, Çarpanak ve Kuşadası
Etrafındaki yerleşimler	Van, Muradiye, Erciş, Adilcevaz, Ahlat, Tatvan, Gevaş, Edremit

Van gölü kıyılarında bulunan Urartu dönemine (MÖ 8.-7. yüzyıl) ait olduğu düşünülen iskele kalıntıları bizlere göl üzerinde ilk çağlarda çeşitli düzeylerde denizcilik faaliyeti yapıldığını göstermiştir. Orta çağ 13. yüzyılında Anadolu beyliklerinden, merkezi Ahlat olan Van Gölü bölgesinde hüküm sürmüş Sökmenşahlar (Ahlatşahlar) Beyliği döneminde Ahlat, Van, Gevaş ve Tatvan limanları arasında denizcilik faaliyetleri yürütüldüğüne dair çeşitli kanıtlara ulaşılmıştır. Eski zamanlardan Van Gölü üzerinde gerçekleştirilmiş olan denizcilik faaliyetleri içerisinde bilinen en iyi dönem Osmanlı Devleti dönemine aittir. Özellikle 16. yüzyılda yaşamış Osmanlı Devleti’nin onuncu padişahı olan Kanuni Sultan Süleyman döneminde Van Gölü üzeri ve bölgesindeki ulaşım ve taşımacılık faaliyetlerinin kontrol altına alınması ve bu faaliyetlerden elde edilen kazancın güvenliğinin sağlanması amaçlarıyla Tatvan’da limana yakın konumda bir kale inşa edilmiştir. İlerleyen zamanlarda bölgedeki ticari faaliyetlerin gelişmesi, artırılması ve kolaylaştırılması için bölgede han ve kervansaraylar kurulmuştur (Demirtaş ve Subaşı, 2015: 13, 18).

Günümüzde Van Gölü üzerinde TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesinde çalışmakta olan feribotlar ile Tatvan-Van arasında vagonlu yük ve yolcu taşımacılığı faaliyeti gerçekleştirilmektedir. Bölgede turizm amaçlı olarak da göl üzerinde Van’ın Gevaş

ilçesinden yolcu motorları ve Edremit ilçesinden de deniz otobüsleri ile Akdamar adasına yolcu taşımacılığı yapılmaktadır. Bu faaliyetlerin haricinde de göle kıyısı olan birçok yerleşim bölgelerinde ikamet eden bölge halkı göl üzerinde balıkçılık faaliyetini gerçekleştirerek geçim kaynağını sağlamaktadır.

#### 2.4.1. TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü

Cumhuriyet döneminin ilk yıllarına kadar da göl üzerinde gerçekleştirilen yük ve yolcu taşımacılığı belli bir düzene oturtulmadan resmi veya özel şahıslara ait motorlu, motorsuz teknelerle yapılmaktaydı. Daha sonra Van'ın Erciş ilçesinde 1928 yılında o dönem Bayındırlık Bakanlığı'na bağlı olan Van Gölü Seyrû Sefain İdaresi kurulmuş ve göl trafiği belli bir düzene oturtulması amaçlanmıştır. Bundan 6 yıl sonra 1934'te ise bu kuruluş tamamen kaldırılarak göldeki trafiğin yönetimi önce Van İli Özel İdaresi'ne daha sonraki süreçte ise İçişleri Bakanlığı'na bağlı Van Gölü Gemi İşletme İdaresi'ne bırakılmıştır. Daha sonra 1936 tarihinde İktisat Vekaleti'ne bağlı Van Gölü İşletmesi kurularak, işletme Erciş'ten Tatvan'a kalıcı olarak taşınmıştır. Bu taşınma işleminden sonra Tatvan'da 1940'lı yıllarda Van Gölü İşletmesine bağlı ilk gemiler inşa edilmeye başlanmış ve ilk olarak da Resim 2.1'de gösterilen Tatvan Gemisi inşa edilmiştir (Demirtaş ve Subaşı, 2015: 53, 54).



Resim 2.1. Van Gölü İşletmesi Tatvan Gemisi inşası 1940'lı yıllar

Van Gölü İşletmesi 1951 yılında, önce “Denizcilik Bankası T.A.O. Genel Müdürlüğü” bünyesine daha sonra da 1984’te “Türkiye Denizcilik İşletmeleri Genel Müdürlüğü” bünyesine katılarak faaliyetlerine devam etmiştir. İşletme, 1988 yılında alınan Yüksek Planlama Kurulu kararı gereğince “TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü” bünyesine geçiş yaptırılmıştır. Van Gölü İşletmesi’nin ismi 1988 yılında tekrar değişmiştir. İşletme, TCDD Yönetim Kurulunun 13.05.1988 tarih ve 13/145 sayılı kararı ile kurulan TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü olarak yük ve yolcu taşımacılığı faaliyetlerini sürdürmeye devam etmiştir. Günümüz 2020 yılı itibariyle, TCDD Yönetim Kurulunun 28.08.2015 tarih ve 5/117 sayılı kararı ile “Limanlar Dairesi Başkanlığına” bağlı olarak halen aynı isimle hizmetine devam etmektedir (TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, 2020).

TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü’nün temel kuruluş amacı faaliyet alanı olan Van Gölü üzerinde Tatvan-Van arasında araç, vagonlu yük ve yolcu taşımacılığı yaparak demiryolu bağlantısı sağlamaktır. Bu hizmeti de 1971-2018 yılları arasında aşağıda Çizelge 2.9’da teknik özellikleri ve Resim 2.2’de dış görünüşleri verilmiş olan 12 vagon taşıma kapasiteli 4 adet feribotla sağlamıştır (TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, 2020).



Resim 2.2. 1971-2018 yılları arasında TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesinde çalışmış olan feribotlar

Çizelge 2.9. 1971-2018 yılları arasında TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesinde çalışmış olan feribotların teknik özellikleri

Feribot Adı	İnşa Tarihi	Hız Knot	GT	NT	DWT (Yaz)	Toplam Makine Gücü (2 adet) kW	Makine Devri	Tam Boy m	Tam En m	Yük Kapasite ton
T/F Orhan Atlıman	1971	14	1918,29	983,98	360	1900 x 2 BHP	720	81,85	14,52	460
T/F Refet Ünal	1972	14	1918,29	983,98	360	1900 x 2 BHP	720	81,85	14,52	460
T/F Tatvan	1975	15	1766,24	662,76	400	1875 x 2 BHP	750	81,85	14,52	460
T/F Van	1976	15	1766,24	662,76	400	1875 x 2 BHP	750	81,85	14,52	460

Aynı zamanda T/F Refet Ünal ve T/F Orhan Atlıman feribotları 310, T/F Tatvan ve T/F Van feribotları ise 170'şer yolcu taşıma kapasitesine sahip özellikte feribotlardır. T/F Orhan Atlıman feribotunun deneme seferine ait bir görüntü Resim 2.3'de gösterilmiştir.



Resim 2.3. 1971 yılı T/F Orhan Atlıman feribotunun deneme seferi (TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, 2020)

Türkiye'nin en büyük feribotları unvanına da sahip Sultan Alparslan feribotu ile İdris-i Bitlisi feribotlarının 2018 yılında TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü bünyesine katılarak yük ve yolcu taşımaya başlamasıyla 4 adet eski feribot seferlerden düşürülerek taşımacılık faaliyetleri sonlandırılmıştır. Tatvan-Van arasındaki 49 deniz millik sefer güzergahı üzerinde 2018 yılından itibaren 2 adet yeni feribot ile taşımacılık faaliyeti devam etmektedir. Aşağıda Çizelge 2.10'da yeni feribotların teknik özellikleri, Resim 2.4'de ise dış görünüşleri verilmiştir (TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü, 2020).



Resim 2.4. TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü bünyesindeki yeni feribotların dış görünüşü

Çizelge 2.10. TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü bünyesindeki yeni feribotların özellikleri

Feribot Adı	Tam Boy (m)	Tam En (m)	GT	NT	Hız Knot	Makine Gücü Marine Dizel (4 adet) kW	Makine Devri RPM	Sevk Sistemi (4 adet)	Yolcu Kapasite	Yük Kapasite ton
Sultan Alparslan	135,66	24	6921	2076	14	1670 x 4	1500	Schottel Twin pervaneler	350	4000
İdris-i Bitlisi	135,66	24	6921	2076	14	1670 x 4	1500	Schottel Twin pervaneler	350	4000



Yukarıda teknik özellikleri verilmiş olan yeni iki adet feribotun bir özelliği de makinelerinin %100 yerli Tülomsaş marka olmasıdır. Yük taşıma kapasitesi 4 000 ton olan feribotların vagon kapasiteleri ise 9,94 metre uzunluktaki vagonlardan 50 adet, 14,02 metre uzunluktaki vagonlardan 35 adet ve 21,70 metre uzunluktaki vagonlardan da 20 adettir. Feribotlarda ayrıca yolcular için kapalı alanlarda minimum 350 koltuk, yaşlı veya hasta yolcuların kullanımına hazır şekilde bulunan 10 adet dinlenme kabini, yaşlı ve engelli yolcular için ise asansör mevcuttur (TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü, 2020).

Feribotlarda sevk ve manevra (dümen) vazifeleri kombine olarak, baş ve kıç taraflardan her birinde iki adet olmak üzere toplamda 4 adet konumlanmış, ikiz pervaneli, elektrik motor tahrikli, modern ve üstün kabiliyetli iticiler olan Schottel pervaneler ile sağlanmaktadır. Feribotlarda ana sevk sistemi, yardımcı makineler ve geminin genel enerji ihtiyacını karşılamak üzere her biri ortalama 1670 kW güç üretebilen toplamda 4 adet dizel jeneratör bulunmaktadır (TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü, 2020).

Tasarım hızı 14 knot (deniz mili) olarak inşa edilmiş olan yeni feribotlar seyirde maalesef bu hızlara erişememektedirler. Feribotlar Tatvan-Van arası sefer mesafesi 49 deniz mili olan güzergahı ortalama 12 knot hızıyla sürdürerek seyir süresini ortalama 4 saatte gerçekleştirmekte, her iki limandaki yanaşma ve kalkış manevraları da ortalama otuzar dakika sürmekte olup tek yönlü bir sefer için toplam süre ortalama 5 saat sürmektedir. Tatvan-Van arası gidiş dönüş olarak hesaplarsak feribotların sadece seyir ve manevra süreleri toplamda 10 saati bulmaktadır. Düzenli yük olması durumunda her iki limanda da tahmini kalış süresi ortalama 3'er saatten toplamda 6 saatlik limanda bekleme süresi oluşmaktadır.

Van Gölü üzerinde feribotlarla yapılan yük taşımacılığı günümüzde maalesef düzensiz olmakla birlikte yük olması durumuna göre gerçekleşmektedir. Bu sebeplerden dolayı bazen günlerce hatta birkaç ay feribotlar hiç sefere çıkamamakta limana bağlı bir şekilde yük beklemektedirler. Aşağıda Çizelge 2.11'de 2001 yılından 2020 yılı Ekim ayına kadar (Ekim ayı dahil) yaklaşık 20 yıllık TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü'ne bağlı feribotlar ile gerçekleştirilmiş yük ve yolcu taşımacılığına ait sayısal bilgiler verilmiştir (TCDD Vangözü Feribot Müdürlüğü, 2020).

Çizelge 2.11. 2001-2020 (Ekim) yılları arasında TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmiş olan yük ve yolcu taşımacılığı

Yıl	Sefer Sayısı	Taşınan Yük (ton)	Vagon Adedi	Yolcu Sayısı	Araç Sayısı
2001	747	172510	14378	27639	953
2002	977	229121	17310	38084	2308
2003	1015	222299	18032	29084	1930
2004	1205	255841	21402	28890	2451
2005	1010	211211	18089	23905	3217
2006	1150	252839	19629	27203	4849
2007	1433	307028	23077	24923	4595
2008	1496	267642	25311	30739	3231
2009	838	128030	13227	27494	985
2010	741	140349	11971	23084	775
2011	995	192087	17595	25074	1009
2012	1181	259193	19691	16081	1195
2013	920	185204	14707	15200	833
2014	1195	283508	20960	15950	927
2015	861	200048	14336	7309	577
2016	646	127139	9507	498	321
2017	635	151532	11296	436	282
2018	509	319445	19856	760	326
2019	192	222554	9817	2308	195
2020 (Ekim ayına kadar)	338	424214	16512	722	263
<b>Toplam</b>	<b>18084</b>	<b>4551794</b>	<b>336703</b>	<b>365383</b>	<b>31222</b>

#### 2.4.2. Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Otobüsleri

Van Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı bünyesinde çalıştırılmak üzere turizm amaçlı olarak Hezil Tamara Deniz Otobüsü ve Lim-Çarpanak Deniz Otobüsü isimli 2 adet deniz otobüsü halkın hizmetine sunulmuştur. İlk seferlerine 14 Nisan 2018 yılında başlayan 70'şer yolcu taşıma kapasiteli deniz otobüsleri, Van'ın Edremit ilçesinden hareket ederek yaklaşık 11 deniz mili mesafedeki Akdamar adasına turizm amaçlı yolcu hizmeti vermektedir. Deniz otobüsleri hafta içi 2 sefer ve hafta sonları 3'er sefer olmak üzere haftada toplam 8 sefer yapmaktadır. Aşağıda Çizelge 2.12'de deniz otobüslerinin teknik özellikleri, Resim 2.4'de ise Hezil Tamara Deniz Otobüsü'nün dış görünüşü verilmiştir (Virahaber, 2018).



Resim 2.5. Hezil-Tamara Deniz Otobüsü dışarıdan görünüşü (Van Büyükşehir Belediyesi, 2020)

Çizelge 2.12. Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Otobüsleri teknik özellikleri (UAB Tatvan Liman Başkanlığı, 2020)

Deniz Otobüsü Adı	Boy (m)	Yakıt Türü	Makine Gücü kW (2 adet)	Yolcu Kapasitesi
Hezil-Tamara	15	Motorin	600 x 2 BHP	70
Lim-Çarpanak	15	Motorin	550 x 2 BHP	70

### 2.4.3. Sınırlı Sorumlu Gevaş Akdamar Adası Göl Motorlu Taşıtlar Kooperatifi

Van'ın Gevaş ilçesinde bulunan limanda kooperatife ait 5 adet yolcu motoru ile kıyından Akdamar adasına turizm amaçlı yolcu taşımacılığı yapılmaktadır. Yolcu motorlarının sefer süreleri düzensiz olup seferler tamamen yolcu sayısına dayalıdır. Örneğin tekneye gelen kişi sayısı 10 kişinin altında ise tekne hareket etmiyor ta ki en az 10 kişi yolcu motoruna binene kadar beklemede kalmaya devam ediyor. Gevaş iskelesinden adaya mesafe yaklaşık 4 deniz milidir. Bu da yolcu motorlarının ortalama süratinin saatte 9-10 knot olduğunu düşünürsek adaya ulaşım süresi tahmini 20-25 dakika aralığını bulabilmektedir.

Her yıl yüzbinlerce yerli ve yabancı turist ziyaret ettiği Akdamar Adası'na Kovid-19 salgını nedeniyle geçişlerin iyice düştüğü açıkça gözlemlenmiştir. Böylelikle her yeri etkisi altına alan Kovid-19 salgını ada turizmini de olumsuz yönde etkilemiştir. Seferler tamamen iptal edilmiş olmasa da salgından dolayı bölgeye gelen turist sayısının azalmasına bağlı

olarak ticaret de azalmış ve yolcu motorları %20 kapasite ile çalışmaya başlamışlardır. Aşağıda Çizelge 2.13’de aktif çalışan yolcu motorlarının teknik özellikleri, Resim 2.5’de ise Gevaş iskelesinin yukarıdan görünüşü verilmiştir (UAB Tatvan Liman Başkanlığı, 2020).



Resim 2.6. Gevaş iskelesinin yukarıdan görünüşü (Şehrivan gazetesi, 2020)

Çizelge 2.13. Gevaş iskelesinde bulunan kooperatif bünyesinde aktif çalışmakta olan yolcu motorların teknik özellikleri (UAB Tatvan Liman Başkanlığı, 2020)

<b>Yolcu motorunu Adı</b>	<b>Boy (m)</b>	<b>Yakıt Türü</b>	<b>Makine Gücü kW</b>
Deniz Tur-2	14	Motorin	325 BHP
Deniz Tur-3	12	Motorin	215 BHP
Deniz Tur-4	14	Motorin	220 BHP
Deniz Tur-5	14,5	Motorin	270 BHP
Deniz Tur-7	15	Motorin	270 x 2 BHP

#### 2.4.4. Balıkçılık

Tatvan Liman Başkanlığı gemi siciline kayıtlı 2020 yılı itibariyle tekne boyları en az 5 metre ile 14 metre arasında değişen motor güçleri ise ortalama 70-160 BHP aralığında değişen

yaklaşık 170 adet balıkçı teknesi Van Gölü üzerinde balıkçılık faaliyetini yürütmektedir. Gölde yaşayan tek balık türü olan inci kefali balığını avlayıp satarak geçimi sağlayan bölgede halkı, yılın 15 Nisan ve 15 Temmuz arası 3 ay avlanma yasağı olmasından dolayı bu balıkçılık mesleğini ancak 9 ay kadar icra edebilmektedirler (UAB Tatvan Liman Başkanlığı, 2020).

## 2.5. Literatürdeki Benzer Çalışmalar

Egzoz emisyon gazlarının oluşumu sadece ulaşım (kara yolu, hava yolu ve deniz yolu) sektörü kaynaklı olmayıp aynı zamanda inşaat sektörü, tarım sektörü, konutların ısınması, enerji sanayi ve üretim sanayi (çimento üretimi vs.) gibi farklı sanayi dallarının faaliyetleri sonucunda da oluşarak atmosfere salınmaktadır. Bu sebeple egzoz emisyon gazları bu farklı sektörlerin ortak alanları olmuştur.

Gemi sayılarında, hızlarında, hacimsel büyüklerinde ve buna bağlı olarak yük taşıma kapasitelerinde gelişen teknolojinin de etkisiyle zamanla artış olması, limanlar arasında daha kısa sürede çok daha fazla yük taşınmasını sağlamıştır. Bu durum deniz yolu taşımacılığı ile yapılan küresel ticarete artışa ve bununla birlikte gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinde de artışa neden olmuştur. Avrupa komisyonu (European Commission, 2020) 2019 yılı verilerine bakıldığında ulaşım sektörünün neden olduğu CO<sub>2</sub> emisyon miktarının 8,19 milyar ton olduğu ve bunun sadece %8,92'sinin (730,26 milyon ton) deniz taşımacılığı kaynaklı olduğu görülmüştür.

Google Akademik, Scopus, Sciencedirect, Web of Science ve YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanlarında gemi kaynaklı egzoz emisyonlarına ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Bu veri tabanlarının arama motorlarından, öncelikle “emisyon, deniz taşımacılığı, iç sular” anahtar kelime grubu giriş yapılarak taratıldığında 1240 adet akademik yayın ile karşılaşmıştır. Bu sayı çok fazla olduğu için kelime grupları biraz daha özelleştirilerek “gemi emisyonları, hava kirliliği, göl” kelimeleri de eklenip tekrar taratılmış sonuçta 235 makale ve tez gibi akademik yayınlara ulaşılmıştır. Bu ulaşılmış olan 235 adet yayınların gerek konu başlıkları ve gerekse bazılarının özetlerine bakılarak çalışılacak tez konusu ile alakasına göre elenerek bu sayı 74 akademik yayına kadar düşürülmüştür. Bu yayınlardan 22'si Türkiye'de yapılan çalışmalardır.

Ayrıca internet arama motorları vasıtasıyla Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) ve ABD Çevre Koruma Birimi (US Environmental Protection Agency, EPA) gibi kurumların web adreslerinden gemi emisyon gazları ile ilgili sektör raporlarına da ulaşılmıştır.

Elde edilen yayınlara bakıldığında ise çalışmaların birçoğunun dünya üzerinde deniz trafiğinin yoğun olduğu boğazlar ve limanlar genelinde yapıldığı görülmüştür. Bu yayınlardan emisyonların teorik olarak hesaplandığı 48 çalışmada gemi aktivite ve gemi makine gücünü baz alan aşağıdan yukarı (bottom-up) metodunun, 11 çalışmada ise gemilerin yakıt tüketim verilerini baz alan yukarıdan aşağı (top-down) metodunun kullanıldığı görülmüştür. Gemilere ait yakıt tüketim verilerine ulaşmak güç olduğu için emisyon hesaplamaları ile ilgili çalışmalarda aşağıdan yukarı metodunun daha yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Aşağıda sırasıyla dünya genelinde ve Türkiye’de yapılan bazı çalışmalardan bahsedilmiştir.

Trozzi ve Vaccaro (1998) “Gemi Kaynaklı Hava Kirletici Emisyonları: Yüksek Tiren Denizi Limanları Örnek Olay İncelemesi” adlı çalışmalarında, Yüksek Tiran denizinde bulunan Cenova, Savona, La Spezia, Imperia, Livorno, Marina di Carrara, Piombino ve Portoferraio limanları olmak üzere 8 liman genelinde, bu limanlara 1995 yılı boyunca uğrak yapmış farklı türlerdeki gemilerden kaynaklı emisyon değerleri tahmininde bulunmuşlardır. Bu tahmin hesabı için Lloyd'un veri tabanında kayıtlı 11 bin gemiye ait yakıt tüketim verileri ile EPA'nın bildirmiş olduğu hava kirletici emisyonlara ait spesifik emisyon faktörleri kullanılmıştır. Limanlara uğrayan her bir gemi sınıfı için gros tonaj ile yakıt tüketim değerleri arasında bir regresyon analizi yapılmıştır. Sonuç olarak 1995 yılı boyunca 8 limana uğrak yapmış farklı sınıflardaki gemilerin yakıt tüketim değerlerine ulaşılarak bu değerler ile emisyon faktörlerinin çarpılması sonucunda her bir kirletici gaza ait emisyon değerlerine ulaşılmıştır. Çalışma sonunda ulaşılan değerler ise limanlarda CO<sub>2</sub> gazı için 546600 ton, NO<sub>x</sub> için 3852,7 ton, SO<sub>x</sub> için 3108,3 ton, CO için 14484,9 ton, VOC için 3361,9 ton ve PM için ise 216,4 tondur. Limanlara doğru olan seyir hatları üzerindeki değerler ise CO<sub>2</sub> gazı için 360500 ton, NO<sub>x</sub> için 6626,8 ton, SO<sub>x</sub> için 2253,4 ton, CO için 858,9 ton, VOC için 279,9 ton ve PM için ise 139,9 tondur.

Cooper (2003) Göteborg limanında yaptığı çalışmada 3 yolcu gemisi, 1 konteyner gemisi, 1 araç/ro-ro gemisi ve 1 kimyasal tanker olmak üzere toplamda 6 adet gemide gaz ölçüm

cihazlarıyla egzoz emisyon ölçümü gerçekleştirmiştir. Bu ölçümleri gemilerin limanda bekleme ve yük elleçlemesi yaptığı sırada yapmıştır. Elde edilen gerçek emisyon değerlerine, gemilerin maksimum çıkış gücü 720 kW – 2675 kW arasında değişen, yedi farklı dizel motoru modelinde orta ve yüksek devirli olmak üzere toplam 22 yardımcı makinesinde yapılan ölçümler sonucunda ulaşılmıştır. Çalışmada ölçülen emisyon değerleri gemilerin rıhtımda bekleme süresine de bağlı olarak kimyasal tanker ile ilgili ulaşılan ölçüm değerleri yükleme ve boşaltma ayrı olmak üzere iki ayrı şekilde verilmiştir. Diğer 5 gemi için ise elde ölçülen emisyon değerlerinden bazıları sırasıyla NO<sub>x</sub> için 131, 260, 303, 178 ve 652 kg, CO için 5, 16, 8,3, 17 ve 39 kg, CO<sub>2</sub> için 5224, 12050, 13180, 12650 ve 31800 kg, SO<sub>2</sub> için ise 2,6, 35, 100, 18 ve 437 kg'dır. Cooper yaptığı bu çalışmada gemilerden kaynaklı emisyon tahmini için bildirilen emisyon faktörlerinin çoğunlukla gemilerin ana makinelerinin dikkate alınarak belirlendiği bu sebeple de gemilerde farklı işletme modlarında kullanılan yardımcı makinelerin emisyon faktörleri hususunda eksiklik olduğunu açıklamıştır. Ayrıca çalışmada benzer özellikteki gemilerin, yardımcı makinelerinden açığa çıkan egzoz emisyon değerlerinin hesaplanabilmesi için gemilerin DWT'ine bağlı olarak kullanılabilen bir formül de tanımlanmıştır.

Aynı yıl yayınlanan Endresen ve arkadaşlarının (2003) yapmış olduğu bir başka çalışmada küresel çapta deniz taşımacılığı faaliyeti yürüten gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerleri ve bunların çevreye olan etkileri sunulmuştur. Çalışmada belirlenmiş olan CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve VOC olmak üzere toplam 5 adet emisyon gazının değerlerinin gemilerde hesaplanabileceği bir modelleme sunulmuştur. Çalışmadaki verilerin işlenmesi konusunda, Otomatik Karşılıklı Yardımlaşma Gemi Kurtarma Sistemi olan AMVER sistemi kullanılmış olup ulaşılan emisyon değerlerinin atmosfere etkisinin incelenmesinde de Uluslararası Kapsamlı Okyanus-Atmosfer Veri Seti anlamına gelen COADS sisteminden alınan verilerden yararlanılmıştır. Çalışmada modelleme sisteminde kullanılacak veriler, Lloyd veri tabanından alınmış olup gemi boyları 20 ile 30 m üzerinde olan, 100 GT ve üzeri toplamda 45000 adet farklı türdeki geminin yük taşıma kapasite bilgilerini (DWT), makine güçlerini ve makine devir sayılarını içermektedir. Yapılan çalışmada SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub>'in trafiğin yoğun olduğu küresel ticaret hattı üzerinde daha yoğun olduğuna, O<sub>3</sub> ve SO<sub>4</sub> (sülfat) gazlarının ise orta ve kuzey enlemlerine yakın bölgelerde mevsime bağlı değişim sergilediğine ve bu gazların gemi trafik hattının yoğun olmadığı okyanuslar gibi geniş alanlarda bile yayılma eğiliminde olduğuna değinilmiştir. Ayrıca azot oksit salınımların

azaltılması ile okyanus gibi geniş alanlardaki O<sub>3</sub> değerlerinin azaltılmasında da etkili olacağı bildirilmiştir.

Saxe ve Larsen (2004) Kopenhag, Koge ve Elsinore gibi 3 önemli Danimarka limanında deniz taşımacılığı kaynaklı emisyon tahmininde bulunmuşlardır. Bu çalışmada iki tahmin yöntemi kullanılmış olup bölgesel emisyon tahmininde gemi makine tipi ve özelliklerine dayalı olan bottom-up (tüme varım) metodu, emisyonun coğrafî olarak dağılımında ise gemilerin yakıt tüketim değerleri ile hesaplanan top-down (tümünden gelim) metodu kullanılmıştır. Çalışma sonunda 3 liman için elde edilen yıllık toplam emisyon miktarları NO<sub>x</sub> için 743 ton, SO<sub>2</sub> için 162 ton ve PM için ise 17 ton olarak belirtilmiştir. Kopenhag limanındaki gemilerden kaynaklı oluşan NO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin kent merkezi havasındaki NO<sub>x</sub> kirlilik oranına önemli ölçüde katkıda bulunduğu bildirilmiştir. NO<sub>x</sub>'in büyük çoğunluğunu NO<sub>2</sub> (azot dioksit) oluşturmaktadır. AB yasalarına göre azot dioksit emisyonu saatlik ölçüm limit değerinin 200 µg/m<sup>3</sup> olduğu ve Kopenhag limanı ve limana yakın bölgelerde bu sınırın birçok kez aşıldığı, ölçülen en yüksek değer ise 615 µg/m<sup>3</sup> olduğu bildirilmiştir. Elsinore limanındaki feribotlardan kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyonlarının limana komşu bölgelerdeki hava kirliliğine etkisinin fazla olduğuna da vurgu yapılmıştır. Kopenhag limanındaki partikül madde emisyonuna bakıldığında ise AB'nin yasal sınır değerinin %0,2 ve %0,4'ü aralığına tekabül ettiği görülmüştür. Bunun da şehirdeki kara yolu trafiğinin neden olduğu partikül madde emisyonunun %8 ile %15 aralığını kapsadığı belirtilmiştir. Elsinore limanındaki PM emisyon değerinin ise çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak her iki liman için bulunan SO<sub>x</sub> emisyon değerlerine bakıldığında, gemi yakıtlarındaki kükürt içeriği ile ilgili öngörülen düzenlemeler uygulandığında, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) emisyonunun liman kentlerindeki hava kirliliğine etkisi önemsiz bir hal alacaktır.

Uluslararası Temiz Ulaştırma Konseyi'nin (ICCT, 2007) 2005 yılı verilerini içeren 2007 yılı raporuna göre deniz taşımacılığı kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin diğer taşıma türlerine kıyasla daha düşük seviyelerde olduğu görülmüştür. Gemi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin kara yolu taşımacılığı kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin hemen hemen beşte birini oluşturduğu (222 / 1122 milyon ton), NO<sub>x</sub> (6,5 milyon ton) ve partikül madde (1,7 milyon ton) emisyonlarında ise kara yoluna yakın seviyelerde (8,3 milyon ton NO<sub>x</sub>, 2,1 milyon ton PM) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca gemi kaynaklı SO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin (3,4



– 6 milyon ton) ise karayoluna (2,2 milyon ton) nazaran 1,6 – 2,7 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Eyring ve arkadaşlarının (2005) uluslararası deniz yolu taşımacılığı kaynaklı son 50 yıl emisyonları adlı çalışmasında uluslararası deniz yolu taşımacılığı ile uluslararası hava yolu taşımacılığı karşılaştırılmıştır. Buna göre uluslararası deniz yolu taşımacılığı kaynaklı SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları uluslararası havayolu taşımacılığına göre sırasıyla 80 misli, 9,2 misli ve 1200 misli daha fazla miktardadır. Bu durumun temel nedenini ise gemi yakıtlarındaki yüksek orandaki kükürt içeriği olduğunu bildirmişlerdir (Eyring ve diğerleri, 2005).

Global düzeyde gemi kaynaklı veya diğer sektörlerden kaynaklı egzoz emisyon gazlarının insan sağlığına olan etkileri üzerine çalışmalar yapılarak literatüre katılmış birçok yayın mevcuttur. Corbett ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada ise deniz taşımacılığı kaynaklı partikül madde emisyonlarının Avrupa, Doğu ve Güney Asya bölgelerinin kıyılarında yaşayan halkta akciğer kanseri, kalp ve solunum yolu rahatsızlıklarına neden olduğu ve bu hastalıklardan kaynaklı her yıl yaklaşık 60 bin ölümün gerçekleştiği belirtilmiştir (Corbett ve diğerleri, 2007).

Tzannatos (2010) turistlerin uğrak yeri olan Yunanistan'ın Pire limanında kruvaziyer yolcu gemisi ve diğer tipteki kıyı yolcu gemilerinden kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2.5</sub> egzoz emisyon değerleri tahmini ve bu emisyon değerlerinin ekonomik etkileri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Limanın egzoz emisyon tahminlemesi için 2008-2009 yılları içerisindeki 12 aylık bir dönemi kapsamakta olup gemi makine gücü ve farklı işletme modlarına ait (liman, manevra, seyir) verilerin kullanıldığı tüme varım yani bottom up metodu kullanılmıştır. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra Pire limanının 1 yıllık süreci için NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyon değerleri toplamının 2610 tona ulaştığı ve bu değerlerin 1790 tonunun NO<sub>x</sub>, 722 tonunun SO<sub>2</sub> ve 99 tonunun ise PM<sub>2.5</sub> olduğu belirtilmiştir. Hesaplanan bu değerlerin tahmini dışallıklarının ise yaklaşık 51 milyon euro olduğu bildirilmiştir. Bulunan NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin ülke genelindeki emisyon değerlerinin sırasıyla %1,2 ve %2,5'ini oluşturduğu bildirilmiştir. Ayrıca Büyük Atina Bölgesi'ndeki NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonlarına ilişkin 2003 yılında yapılan emisyon tahmini değerlerinin sırasıyla 28178, 1267 ve 675 ton olduğu ve Pire limanı için hesaplanan yolcu gemileri kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>

ve PM<sub>2.5</sub> emisyon değerlerinin bu değerlerin sırasıyla %6,3, %56,9 ve %14,7'sini oluşturduğu belirtilmiştir.

Fu ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmalarında Çin'in Pekin ve Hangzhou şehirlerini birbirine bağlayan Büyük Çin Kanalı üzerinde çalışan 7 yerel gemiden CO, HC NO<sub>x</sub> ve PM emisyonlarının tespiti için ölçümler yapılmıştır. Ayrıca gemilerin seyir ve manevra (limandan ayrılış ve limana varış dahil) işletim modları temelinde mesafe ve yakıta dayalı emisyon faktörlerini türetilmiştir. Elde edilen sonuçlar, gemilerin manevra modu için CO, HC ve PM emisyonlarının ortalama mesafeye dayalı emisyon faktörlerinin seyir modu için olanlardan daha yüksek olduğunu göstermiştir. NO<sub>x</sub> emisyonu için ise seyir modu için ortalama mesafeye dayalı emisyon faktörleri, liman varış modu için olanlardan daha yüksek ancak liman kalkış modu için olanlardan daha düşük olduğu görülmüştür. Çalışma neticesinde ortalama NO<sub>x</sub> emisyon faktörünün, önceki çalışmalarda bildirilmiş olan emisyon faktörleri ile kıyaslandığında 1,4 ile 4,3 katı kadar büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Gemi motor yüklerinin artmasıyla dört kirleticinin mesafeye dayalı emisyon faktörlerinin de artış olduğu gözlemlenmiştir (Fu ve diğerleri, 2013).

Song (2014) çalışmasında Çin'in en işlek ve yoğun konteyner limanı olan Yangshan limanı (Şangay) ve etrafında bulunan gemi kaynaklı emisyon gazlarının tahmini değerleri ile ilgili hesaplamalar yapmışlardır. Ayrıca Yangshan limanı kıyı bölgelerinde ulaşılan emisyon değerlerinin bölgeye olan sosyal maliyeti değerlendirilmiştir. Tahmin hesaplamaları için gemilerin makine güçlerine göre belirlenmiş olan emisyon faktörlerinin kullanıldığı tüme varım (bottom-up) yöntemi kullanılmış, çalışmada değerlendirilen 6518 adet konteyner gemisinin liman, manevra ve seyir gibi farklı işletme modları için ise AIS'ten yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda bulunan emisyon değerleri NO<sub>x</sub> 10758 ton, N<sub>2</sub>O 33 ton, SO<sub>x</sub> 5623 ton, CO<sub>2</sub> 578444 ton, CO 1136 ton, CH<sub>4</sub> 10 ton, HC 519 ton, PM<sub>10</sub> 1078 ton ve PM<sub>2.5</sub> 859 tondur. Liman bölgesinde oluşan egzoz emisyon değerlerinin bölge halkına olan toplam sosyal maliyetinin 287 milyon dolar olduğu çalışmada ayrıca belirtilmiştir.

Gemilerin AIS hareketlerinden yararlanılıp bottom-up metodolojisi kullanılarak yapılmış bir başka çalışma da Goldsworthy ve Goldsworthy'nin (2015) Avustralya kıtasında 2010/2011 yılları arasındaki verilerle gerçekleştirdiği çalışmadır. Goldsworthy ve Goldsworthy çalışması 5° ve 45° güney enlemleri ile 105° ve 160° doğu meridyenleri arasındaki Avustralya kıtasının kıyılarından 400 km mesafeye kadar olan alanlar ile nüfus

yoğunluğunun fazla olduğu 5 adet kalabalık şehrin (Melbourne, Brisbane, Sidney, Adelaide ve Perth) merkezinden çizilen 300 km'lik yarıçaplı dairesel alanı kapsamaktadır. Gemi kaynaklı emisyonların Avustralya'nın seçilmiş olan en kalabalık bu beş şehirdeki potansiyel dağılımının analizi yapılabilmesi için 300 km yarıçaplı dairesel bir alanın makul bir ölçek olduğu düşünülmüştür. Çalışmada Lloyd veri tabanına kayıtlı 7125 gemi, verileri Avustralya Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nden elde edilmiş 18 gemi ve 28 adet Sidney liman feribotu olmak üzere toplamda 7171 gemiye ait verilerden yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan gemiler tiplerine, büyüklüklerine, makine tiplerine ve hareket durumlarına göre sınıflandırılmış olup emisyon tahmini hesaplamaları için her geminin kazan, ana ve yardımcı makinelerine ait yük faktörleri belirlenerek emisyon hesabı yapılmıştır. Çalışmanın kapsama alanının tamamı için yapılan hesaplamalar sonucunda toplamda 14481742 ton CO<sub>2</sub>, 13904 ton CO, 93 ton PAH, 6423 ton VOC, 229624 ton SO<sub>2</sub>, 335686 ton NO<sub>x</sub>, 30337 ton PM<sub>10</sub>, 27910 ton PM<sub>2.5</sub> egzoz emisyon miktarlarına ulaşılmıştır (Goldsworthy ve Goldsworthy, 2015).

Chen ve diğerleri (2016) çalışmalarında dünyanın en büyük 10 konteyner limanından biri olan ve Kuzey Çin'in de en büyük limanı olan Tianjin limanında gemilerden kaynaklı oluşan emisyon miktarlarının 2014 yılı envanterini ortaya çıkarmışlardır. Çalışmada kullanılan gemi hareket verilerine erişim ise Otomatik Tanımlama Sistemi'nden (AIS) sağlanmıştır. Çalışma sonunda Tianjin limanının 2004 yılı için ulaşılan gemi kaynaklı emisyon değerleri SO<sub>2</sub> için 29300 ton, NO<sub>x</sub> için 41300 ton, PM<sub>10</sub> için 4030 ton, PM<sub>2.5</sub> için 3720 ton, VOC için 1720 ton ve CO için ise 3570 ton olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tianjin'de oluşan antropojenik kaynaklı toplam emisyon değerlerinin sırasıyla %11,07, %9,4, %2,43, %3,10, %0,43 ve %0,16'sını oluşturduğu ifade edilmiştir. Ayrıca Tianjin limanında oluşan gemi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon değerinin ise 2014 yılı için 1,97 milyon olarak hesaplandığı, hesaplanan NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarının toplam değerlerinin ise %70'ini limana gelen konteyner ve dökme yük gemilerinin oluşturduğu belirtilmiştir. Liman için hesaplanan gemi kaynaklı emisyon değerlerinin en çok gemilerin seyir ve liman modlarındaki hareketleri sırasında yayıldığı ve bu yayılımın yoğun olarak görüldüğü yerlerin ise Tianjin limanındaki geçiş yolları, rıhtım ve demirleme bölgeleri olduğu bildirilmiştir. Liman için hesaplanan gemi kaynaklı oluşan emisyon değerlerinin toplamına bakıldığında en düşük seviyenin Şubat ayında en yüksek seviyenin ise Eylül ayında olduğu görülmüştür.

Nunes ve arkadaşları (2017) çalışmalarında Portekiz limanları içerisinde belirledikleri Leixoes, Setubal, Sinez ve Viana do Castelo limanlarının 2013 ve 2014 yıllarındaki gemi trafiğinden kaynaklı oluşan egzoz emisyonlarının tahmini değerleri ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan gemi hareketlerine ve makine tipi, gücü ve yük faktörlerine dayalı tüme varım (aşağıdan yukarı) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca 2 yıl boyunca bu dört Portekiz limanına giriş çıkış yapmış toplam 12377 geminin (Leixoes için 5176 gemi, Setubal için 2864 gemi, Sinez için 3957 gemi ve Viana do Castelo için 380 gemi) seyir, manevra ve liman gibi hareket verileri için AIS sisteminden yararlanılmıştır. Çalışma sonunda bu dört limanın ikisinde toplam miktar içerisinde en fazla emisyon gazı miktarı yayan gemi tipinin tankerler olduğu ve seyir halindeki en büyük emisyon yayıcının ise konteynerler olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca bu dört liman için yapılan tahmin hesaplamaları sonucunda ulaşılan 2 yıllık toplam egzoz emisyon değerlerinin %95'inden fazlasını CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının oluşturduğu bildirilmiştir (Nunes, Alvim-Ferraz, Martins ve Sousa, 2017).

Simonsen ve arkadaşları (2019) çalışmalarında 2017 yılında Norveç sularında faaliyet göstermiş toplam 81 adet farklı boyutlardaki yolcu gemilerinin neden olduğu egzoz emisyon değerlerini incelemişlerdir. Emisyon hesaplaması için çalışmada yöntem olarak yolcu gemilerinin liman ve seyir periyotlarında harcadıkları yakıt tüketim değerleri ile IMO'nun bu gemi tiplerine göre 2014 yılındaki raporunda bildirmiş olduğu emisyon faktörleri kullanılmıştır. Çalışmada incelenen 81 adet yolcu gemisinin liman ve seyir hareketlerinin takibi için ise AIS sisteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonucunda 2017 yılında 81 adet yolcu gemisinin toplamda 129798 ton MDO yakıtı kullanarak 416132 ton CO<sub>2</sub>, 7184 ton NO<sub>x</sub> ve 132,4 ton PM<sub>2.5</sub> emisyonuna neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu emisyon değerlerinin yaklaşık %14,6 oranındaki miktarının özellikle Bergen, Oslo ve Stavanger limanlarında biriktiği bildirilmiştir (Simonsen, Gössling ve Walnum, 2019).

Küresel düzeyde deniz taşımacılığı kaynaklı emisyon gazlarının atmosferde bulunan değerlerinin gelecek yıllarda daha da artacağı tahmin edilmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün 2014 yılında yayınlanan üçüncü sera gazı çalışması adlı raporunda deniz taşımacılığı kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinde 2050 yılına kadar ortalama 2 ile 3 kat artış görüleceği tahmininde bulunmuşlardır (Smith ve diğerleri, 2014). Gemi kaynaklı egzoz emisyonları ile ilgili Türkiye limanlarında, boğaz ve körfez bölgelerinde yapılmış birçok çalışma mevcut olup bu çalışmalardan bazılarında aşağıda değinilmiştir.

Kesgin ve Vardar (2001) çalışmalarında Karadeniz ile Ege Denizi'ni birbirine bağlayan coğrafi öneme sahip Türk Boğazları olan İstanbul ve Çanakkale boğazlarından 1997 yılında transit geçiş yapmış gemiler ile aynı yıl İstanbul boğazında iç hat yolcu taşımacılığı yapmış gemilerin neden olduğu NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, VOC, PM emisyon gazlarının miktarını hesaplamışlardır. Çalışmada emisyon hesabı yapılan ve yıl boyunca boğazlardan transit geçiş yapan farklı tür ve boyutlardaki gemi sayısı İstanbul boğazında 49304 Çanakkale boğazında 38777 adettir. Emisyon hesabı yapılmış İstanbul iç hat yolcu motoru sayısı ise 348 adettir. Emisyon hesaplama yöntemi olarak ise gemilerin yakıt sarfiyat değerleri ile emisyon faktörlerinden yararlanılmıştır. Öncelikle çalışmada ele alınan gemiler tiplerine, boyutlarına, makine tiplerine ve kullandıkları yakıt türüne göre ayrı ayrı sınıflandırılmış ve bu gemilerin yıl boyunca harcadıkları yakıt sarfiyatı değerleri belirlenmiştir. Daha sonra belirlen bu yakıt değerleri her bir emisyon türü için bildirilmiş olan farklı değerlerdeki emisyon faktörleri ile çarpılmasıyla da emisyon gazlarının miktarı elde edilmiştir. Ulaşılan bulgularda, İstanbul boğazından transit geçiş yapan gemilerden kaynaklı emisyon miktarlarının 4357 ton NO<sub>x</sub>, 407 ton CO, 174860 ton CO<sub>2</sub>, 132 ton VOC, 66 ton PM, Çanakkale boğazından transit geçiş yapan gemilerden kaynaklı olan değerlerin ise 8461 ton NO<sub>x</sub>, 786 ton CO, 337590 ton CO<sub>2</sub>, 255 ton VOC, 128 ton PM olduğu bildirilmiştir. İstanbul boğazı iç hat yolcu motorlarının neden olduğu emisyon değerlerinin ise 2720,073 ton NO<sub>x</sub>, 383,394 ton CO, 170491,186 ton CO<sub>2</sub>, 129,134 ton VOC, 79,604 ton PM olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca İstanbul boğazından transit geçiş yapan gemilerin neden olduğu emisyon değerlerinin İstanbul boğazındaki yıllık toplam emisyon değerlerinin sadece %5'lik değerine tekabül ettiği belirtilmiş ve her iki boğazdan transit geçiş yapan gemilerin sayılarında yıllık ortalama %5 seviyelerinde artış olacağı ön görüldüğünde bu gemilerden kaynaklı emisyon değerlerinin de aynı miktarda artacağı tahmininde bulunulmuştur (Kesgin ve Vardar, 2001).

Marmara Bölgesi'nde yapılmış bir başka çalışma da 2003 yılı verilerinin kullanıldığı Türk boğazları ve Marmara denizinde deniz taşımacılığı faaliyetinde bulunan gemilerden kaynaklı egzoz emisyon tahmini çalışmasıdır (Deniz ve Durmuşoğlu, 2008). Çalışmada gemi hareketlerine, makine tiplerine, makine güçlerine ve bu makinelerde kullanılan yakıt türlerine göre emisyon hesaplama yöntemi olan tüme varım yöntemi (aşağıdan yukarı) kullanılmıştır. Çalışma sonunda Marmara bölgesi 2003 yılı için hesaplanan toplam emisyon miktarı CO<sub>2</sub> için 5451224 ton, CO için 20281 ton, SO<sub>2</sub> için 87168 ton, NO<sub>x</sub> için 111039 ton,

VOC için 5 801 ton ve PM için ise 4762 ton olarak belirtilmiştir. Ulaşılan bu değerlerden NO<sub>x</sub>, CO ve PM emisyon değerlerinin Türkiye'deki yıllık toplam egzoz emisyon değerlerinin sırasıyla %11, %0,1 ve %0,12'sini oluşturduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte çalışmada Marmara bölgesi için hesaplanmış olan gemi kaynaklı CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyon miktarlarının global düzeydeki deniz taşımacılığı kaynaklı toplam emisyon değerinin yaklaşık%1'ini karşıladığı ifade edilmiştir (Deniz ve Durmuşoğlu, 2008).

Marmara Bölgesi için yapılan ve 2009 yılında yayınlanan emisyon tahmin çalışmalarından, Kılıç (2009) AIS sisteminin veri tabanından aldığı 10087 adet gemiye ait verilerden, 27 adet askeri gemi, 1 adet makinesiz gemi ve 1 adet de gemi olmayan yapı olmak üzere 29 adet veriyi hesaplamaya katmayarak çalışmasında 10058 adet veriyi kullanmıştır. Çalışmada gemiler makine güçlerine ve sınıflarına göre gruplandırılmış, yük faktörleri ile emisyon faktörleri belirlenerek Marmara denizinin emisyon hesabı yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre 2008 ve 2009 yılları arasında Marmara denizinde 29,93 milyon ton CO<sub>2</sub>, 495 bin ton SO<sub>2</sub>, 605 bin ton NO<sub>x</sub>, 53,3 bin ton PM, 25,6 bin ton HC değerinde emisyon oluşumu gerçekleşmiştir. Çalışmada kullanılan gemilerin bu süreçte harcadıkları yakıt miktarının ise yaklaşık 9,33 milyon dolaylarında olduğu tahmininde bulunulmuştur (Kılıç, 2009).

Aynı yıl yayınlanan bir başka çalışma ise Marmara denizindeki Ambarlı limanına ait gemilerden kaynaklı egzoz emisyon tahmini çalışmasıdır. Deniz ve Kılıç (2009) bu çalışmada Ambarlı limanına 2005 yılında giriş yapmış AIS veri tabanından aldığı 5432 adet farklı tipteki gemiyi türlerine ve gros tonajlarına göre gruplandırmıştır. Daha sonra bu gemilere ait yakıt tüketim verilerini ve bu verilere göre literatürde kabul görmüş emisyon faktörlerini belirleyerek 2005 yılında Ambarlı limanındaki gemilerden kaynaklı emisyon değeri hesaplamasını yapmıştır. Bu hesaplamaya göre Ambarlı limanındaki 2005 yılı gemi egzoz emisyon değerleri; 78590,4 ton CO<sub>2</sub>, 2 126,9 ton CO, 844,6 ton NO<sub>x</sub>, 242,3 ton SO<sub>2</sub>, 504,3 ton VOC ve 36,1 ton PM olarak belirtilmiştir (Deniz ve Kılıç, 2009).

İzmit Körfezi için yapılan gemi kaynaklı egzoz emisyonu tahmininde ise Kılıç ve Deniz (2009) çalışmalarında 11645 sayıda geminin 2005 yılı verilerini kullanmışlardır. Emisyon hesaplama metodu olarak gemi aktivitelerine yani farklı işletme modlarına (liman, manevra ve seyir) göre olan aşağıdan yukarı yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışma körfez bölgesindeki gemi kaynaklı emisyon değerlerinin belirlenmesinde yapılan diğer çalışmalar içerisinde aşağıdan yukarı yönteminin kullanılması açısından da öncelik taşımaktadır.

Çalışmada yapılan hesaplamalar neticesinde İzmit körfezindeki 2005 yılına ait gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin 254261 ton CO<sub>2</sub>, 4305 ton SO<sub>2</sub>, 5356 ton NO<sub>x</sub>, 232 ton HC ve 487 ton partikül madde (PM) olduğu belirtilmiştir. İzmit körfezinin doğal yapısı nedeniyle körfezdeki limanlar çok iç kesimlerde bulunmakta bu sebeple gemilerin körfeze girmesi ve limanlara varması arasındaki seyir mesafesi de dolayısıyla fazladır. Bu nedenle de çalışmada, İzmit körfezi için hesaplanmış olan gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin büyük miktarının bu seyir bölgelerinde oluştuğu bildirilmiştir (Kılıç ve Deniz, 2009).

Deniz ve diğerleri (2010) Türkiye'nin Ege yakasındaki en önemli sanayi ve deniz taşımacılığı yapılan bölgelerden biri olan ve içerisinde 10 limanı kapsayan Çandarlı Körfezi'nde gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tahmini çalışmasını yapmışlardır. Çalışmada 2007 yılında bu 10 limana giriş çıkış yapmış farklı tip ve hacimdeki toplam 7520 adet (68198 groston) geminin verileri kullanılmıştır. Emisyon hesaplama metodu olarak literatürde yaygın olarak kullanılan aşağıdan yukarı (bottom-up) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada yapılan hesaplamalara göre yazarlar, 2007 yılı için Çandarlı Körfezi'nde gemilerin neden olduğu egzoz emisyon değerlerinin 33849,9 ton CO<sub>2</sub>, 631,2 ton NO<sub>x</sub>, 573,6 ton SO<sub>2</sub>, 57,4 ton PM ve 32,3 ton HC olduğu tahmininde bulunmuşlardır. Ayrıca çalışmada körfez için ulaşılan bu emisyon değerlerinin oluşumunda büyük pay sahibinin genel kargo gemilerinin olduğu ve hesaplanmış toplam emisyon miktarlarının yaklaşık %65'inin Ege Çelik, Tüpraş ve Habaş limanlarında yoğun halde oluştuğu bildirilmiştir (Deniz ve diğerleri, 2010).

Saraçoğlu ve arkadaşları (2013) Türkiye'nin ve Ege Denizi'nin en önemli en işlek limanlarından biri olan İzmir limanında gemilerin neden olduğu egzoz emisyon tahmini çalışmasını yapmışlardır. Çalışmada İzmir limanına 2007 yılında giriş yapmış konteyner, yolcu, genel kargo, ro-ro, kimyasal ve ham petrol tankeri sınıflarında olmak üzere toplamda 2803 adet geminin özellikleri ile hareket verilerinden yararlanılarak ve aşağıdan yukarı yöntemi uygulanarak emisyon hesabı yapılmıştır. Buna göre İzmir limanında 2007 yılındaki gemi kaynaklı emisyon miktarları CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HC ve PM için sırasıyla 82753 ton, 1923 ton, 1405 ton, 74 ton ve 165 ton olarak belirtilmiştir. Çalışmada hesaplanmış olan emisyon değerlerinden NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarına ait değerlerin, İzmir'deki konut ısınmasından kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyon değerlerinden ve İzmir şehir içi araç trafiğinden kaynaklı SO<sub>2</sub> emisyon değerlerinden fazla olduğu ifade edilmiştir (Saraçoğlu ve diğerleri, 2013).

Akdeniz'in önemli limanlarından biri olan İskenderun limanını kapsayan İskenderun Körfez bölgesinde Demirci ve Karagüzel (2018) balıkçı teknelerinden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerinin tahmini çalışmasını yapmışlardır. Çalışmada 2016 yılı Ocak ve Şubat aylarında balıkçılık yapan 34 adet (27 trol tipi, 7 gırgır tipi) balıkçı teknesinin motor güçleri ve bunların işletim süreleri ile motorun ürettiği güç ve bu gücün emisyon faktörü ile de çarpılmasıyla 2 aylık emisyon değerine ulaşılmıştır. Çalışmada kullanılan balık miktarları ile balıkçı tekneleri ile ilgili veriler tekne sahipleri ile liman yetkililerinden temin edilmiştir. Balıkçı tekneleri için hesaplanan emisyon değerlerinin çok düşük olması ile birlikte elde edilen NO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün belirtmiş olduğu sınır değerlerinin altında kaldığı görülmüştür (Demirci ve Karagüzel, 2018).

Ekmekçioğlu ve arkadaşları (2019) Türkiye'nin ticaret hacmi yüksek en önemli limanlarından olan İzmir ve Mersin'de 01 Eylül 2017 ile 01 Eylül 2018 tarihleri arasında bu iki limana uğramış farklı tipteki gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tahmini hesaplamasını yapmışlardır. Bu tarihler arasında İzmir limanına uğramış 776 adet geminin 2068 hareketi ve Mersin limanına uğramış 1202 geminin 4215 gemi hareketi AIS sistemi veri tabanından detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada aşağıdan yukarı (tüme varım) yöntemi kullanılmış olup gemilerin üç farklı çalışma moduna (seyir, manevra ve liman) göre süreleri belirlenmiş, makine güç faktörleri ve bunlara göre literatürde tayin edilmiş olan emisyon faktörlerinin de belirlenerek tüm değişkenlerin birbirleriyle çarpılmasıyla da limanlardaki gemi kaynaklı emisyon miktarlarına ulaşılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen emisyon değerleri İzmir limanı için; 45320,5 ton CO<sub>2</sub>, 36,9 ton CO, 589 ton SO<sub>2</sub>, 900 ton NO<sub>x</sub>, 49,7 ton VOC ve 77,7 ton PM, Mersin limanı için ise 102330 ton CO<sub>2</sub>, 82,5 ton CO, 1339 ton SO<sub>2</sub>, 1998 ton NO<sub>x</sub>, 114,5 ton VOC ve 178,5 ton PM değerindedir. Hesaplanmış olan emisyon değerlerindeki farklardan da anlaşılacağı üzere gemi hareket sayısı daha fazla olan Mersin limanının emisyon miktarları, hareket sayısı nispeten düşük olan İzmir limanından daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Ekmekçioğlu ve diğerleri, 2019).



### 3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

#### 3.1. Araştırma Metodu

Tez çalışmasının metodunu iki aşamalı olarak ele alırsak, ilk aşamada tez konusu ile ilgili detaylı bir literatür taraması yapılmış ve yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen bilgi ve veriler, çalışmadaki temel kavramların anlatıldığı tezin ikinci bölümü olan literatür taraması bölümünü oluşturmuştur. İkinci aşamada ise Van Gölü bölgesinde denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerin oluşturduğu egzoz emisyon değerleri top-down yöntemi ile hesaplanmış olup elde edilen değerler tez çalışmasının araştırma bulguları bölümünde belirtilmiştir.

Gemilerden kaynaklı oluşan insan sağlığı ve hava kirliliğine ciddi zararları olan gemi egzoz emisyon gazlarının (baca gazlarının) teorik olarak hesaplanabilmesi ile ilgili literatürde kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Emisyon hesaplamalarında kullanılan bu yöntemlerden biri gemi makine güçlerini diğeri ise gemilerin yakıt tüketim değerlerini baz almaktadır. Literatürdeki mevcut bu yöntemlerden tümevarım yöntemi yani aşağıdan yukarı (bottom-up) yöntemi ile yapılan çalışmalarda gemilerin farklı işletme modlarındaki (seyir, manevra ve liman) hareket bilgileri ile ilgili gemi makine güçleri hesaplamalara katılarak emisyon hesabı yapılır. Diğeri yöntem ise aynı zamanda bu çalışmada da kullanılmış olan gemilerin gerçek yakıt tüketim değerlerine ulaşılması durumunda kullanılan ve bu yakıt değerlerine göre emisyon hesapları yapılan tümden gelim yani yukarıdan aşağı (top-down) yöntemidir.

Global düzeyde gemi kaynaklı egzoz emisyon gazlarının belirlenmesi ve bunların neden olduğu hava kirliliği ile ilgili çalışmalar (Corbett, Fischbeck ve Pandis, 1998; Trozzi ve Vaccaro, 1998) doksanlı yılların sonlarına doğru yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerleri ile ilgili global düzeyde envanter çalışmaları oluşturulmaya başlanmıştır. İlerleyen süreçlerde literatüre katılan bu alandaki yeni çalışmalarla (Cooper, 2003; Corbett ve Koehler, 2003) gemilerin yakıt harcamı değerleri ve makine özellikleri ile ilgili daha ayrıntılı verilere ulaşılmıştır. Bu çalışmalar sayesinde her iki yöntemde kullanılan veriler sürekli güncellenerek yöntemlerin gelişimine olanak sağlamıştır. Yöntemlerin gelişimine katkı sağlayan çalışmalardan Trozzi (2010), Van

Aardenne ve arkadaşları (2013) çalışmalarında bottom-up ve top-down yöntemleri için iyileştirilmiş yöntemler ortaya koymuşlardır.

Literatürdeki mevcut bottom-up ve top-down yöntemlerinin her ikisi ile de yapılan emisyon hesaplamalarında emisyon faktörleri kullanılmaktadır. Yöntemlerde kullanılan bu emisyon faktörleri, USEPA (2009), ENTEC (2010) ve IMO (Smith ve diğerleri, 2014; IMO, 2020e) gibi kuruluşların uzun vadede ve detaylı çalışmaları sonucunda her bir emisyon türü için ayrı ayrı belirlediği değerlerden oluşmaktadır. USEPA ve IMO gibi sektör kuruluşları gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerleri tahmin çalışması yaptıkları bölgelerde tespit edilen emisyon miktarlarını azaltmaya yönelik bir takım yasal limit ve düzenlemeleri (IMO, 2008, 2011, 2016, 2020b) getirerek yürürlüğe koymuşlardır.

Van Gölü üzerinde taşımacılık faaliyetinde bulunan gemiler tek tip yakıt kullanmakta olup bu yakıt da bir diğer adı motorin olan MDO yakıtıdır. Kurumlar vasıtasıyla tez çalışmasında kullanılmak üzere gemilerin yıl bazında MDO cinsinden tükettikleri gerçek yakıt değerlerine ulaşılmıştır. Kurumlardan elde edilen gemilerin yakıt tüketim değerleri ile gemilerin yakıt tüketiminin temel alındığı ve IMO'nun da (2020e) Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency-IEA) enerji tahsis kriterlerine uygun olarak bulunduğunu belirttiği top-down yöntemindeki hesaplamaların yapılmasıyla Van Gölü bölgesindeki gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerine ulaşılmıştır.

Tez çalışmasında birtakım kısıtlılık ve sınırlamalar bulunmaktadır. Öncelik Van Gölü üzerinde balıkçılık faaliyeti yapan 170 adet (UAB Tatvan Liman Başkanlığı, 2020) balıkçı teknesi ile gezi amaçlı bazı özel şahıs tekneleri ilgili yeterli veriye ulaşılamadığı için bu tür tekneler bölgedeki gemi kaynaklı egzoz emisyon hesaplamalarının dışında bırakılmıştır. Ayrıca emisyon tahmini yapılan gemilerle ilgili gemilerin liman, manevra, seyir süreleri, bu sürelerde makinelerine binen yük faktörleri ve gemilerin her bir hareketinde ana ve yardımcı makinelerinin harcadıkları spesifik yakıt tüketim değerleri gibi detaylı verilere erişilememesinden dolayı da tez çalışmasında detaylı bir emisyon hesabı yapılabilmesi hususunda tezin diğer kısıtını oluşturmuştur.

Tez çalışmasında yapılan emisyon hesaplamaları, TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü'nün 4 adet eski feribotu (2012-2018 yılları için) ile 2 adet yeni feribotu, Sınırlı sorumlu Gevaş Akdamar adası göl motorlu taşıtlar kooperatifine bağlı çalışmakta olan 5 adet yolcu motoru

ve Van Büyükşehir Belediyesi'ne ait 2 adet deniz otobüsleri ile birlikte toplam 13 deniz taşıtını kapsamaktadır. Feribot ve yolcu motorları için 2012 ile 2020 (11 aylık) yılları arası yaklaşık 9 yıllık, deniz otobüsleri için ise 2018 yılı Nisan ayında faaliyetlerine başlaması nedeniyle 2018 ile 2020 (11 aylık) yılları arası 2 yıl 8 aylık bir emisyon tahmini yapılmıştır.

Tez çalışmasında yapılan gemi kaynaklı emisyon hesaplamaları Eş. 3.1'de verilen Top-down metodu denklemlerine göre yapılmaktadır. Denkleme göre miktarı belirlenmek istenen emisyon türü için yapılan hesaplama, gemilerin harcadığı birim ton yakıt değeri ile kullanılan yakıt türüne göre belirlenmiş olan emisyon faktörünün çarpılması şeklindedir. Her bir emisyon türü için bu işlem ayrı ayrı yapılır. Trozzi (2010), Van Aardenne ve arkadaşları (2013) çalışmalarında, top-down yöntemi kullanılarak yapılan emisyon hesaplamaları için 3 seviye belirtmişlerdir. Birinci seviye emisyon hesabında temel yaklaşım olup gemiler ile ilgili yapılan seferlerin düzensiz olması veya gemi hareket bilgileri (liman, manevra ve seyir) yeterli bilgiye ulaşılamaması durumunda kullanılmaktadır. Çalışmada belirtilen diğer seviyeler ise gemilere ait makine gücü özellikleri, devir sayıları, geminin her bir ana ve yardımcı makinesinin harcadıkları spesifik yakıt tüketim verileri, gemilerin liman, manevra, seyir süreleri ve bu sürelerde makinelere binen yük faktörleri gibi detaylı bilgilere erişilmesi durumunda kullanılması önerilen detaylı bir yaklaşım olan seviye 2 ve seviye 3'tür. Anlaşılacağı üzere seviyelerin numarası arttıkça top-down yönteminin gelişmişlik seviyesi de artmaktadır.

Van Gölü feribotları yük durumuna göre hareket etmekte olup düzenli bir sefere sahip değildirler. Özellikle feribotlarla taşınan yük miktarının çoğunluğu İran üzeri gitmesinden dolayı bu ülke üzerine uygulanan herhangi bir ambargo durumunda seferler neredeyse tamamen durma noktasına gelmekte olup bazen feribotların aylarca limanda bağlı beklediği olmuştur (TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, 2020). TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü'nde veya feribotların kendisinde gerek feribotların limanlarda bekleme süreleriyle ilgili gerekse seyir, manevra, liman durumlarında makine ve kazanların ne kadar yakıt harcadığına dair herhangi bir kayıt tutulmamaktadır. Feribotlarla ilgili yakıt tüketim değerleri, feribotlara yakıt ikmalleri yapıldıkça TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü tarafından yakıtın temin edildiği firmanın makbuzları ile birlikte kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca Gevaş iskelesinde çalışan yolcu motorları da yolcu sayısına göre hareket etmekte olup kendilerince belirledikleri en az 10 yolcu sayısına ulaşamadığı takdirde iskeleden kalkış yapmamaktadırlar. Bu gibi durumlardan dolayı tezde detaylı bir emisyon hesaplaması

yapılamayıp top-down yönteminin temel yaklaşımı olan seviye 1 yaklaşımı kullanılmıştır. Seviye 1 yaklaşımında yapılan gemi egzoz emisyon hesaplamasında kullanılan formül aşağıda Eş. 3.1’de verilmiştir (Trozzi, 2010).

$$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m}) \quad (3.1)$$

Bu denklemde;

$E_i$ : Her bir emisyon türü  $i$  için yayılan toplam emisyon miktarı (kg),

$FC_m$ : Her bir yakıt türü tüketim değeri (ton),

$EF_{i,m}$ : Yakıt türüne bağlı emisyon faktörü (kg/ton),

$m$ : Yakıt türü.

### 3.2. Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi

Veri toplama aracı olarak görüşme (mülakat) yöntemi kullanılmıştır. Öncül çalışma olarak resmi kurumlardan ve sektörde deneyim ve tecrübe sahibi uzman kişilerle görüş, düşünce ve bilgi edinme amaçlı derinlemesine mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Özellikle resmi kurumlardan uzman kişilerle yapılan mülakatlar zaman açısından kısıtlı, sıkışık bir ana denk gelmemesi amacıyla önceden randevu alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu mülakatlar bireysel yüz yüze görüşme ve telefonla yapılmış görüşmeler şeklinde gerçekleşmiştir. Ayrıca mülakatlar zaman ve maliyet yönünden kısıtları sebebiyle kurum ve sektörlerden direk konunun muhatabı kişiler seçilerek 03 Kasım 2020 tarihi ile 04 Aralık 2020 tarihleri arasında Van ilinde (telefonla görüşme) ve Bitlis ilinin Tatvan ilçesinde (yüz yüze bireysel görüşme) gerçekleştirilmiştir.

Mülakatlar yarı yapılandırılmış sözel görüşmeler olup uzman kişilere genelden özele doğru bir takım önceden hazırlanmış sorular sorularak konu ile ilgili bilgi edinme amaçlanmıştır. Ayrıca mülakat esnasında cevaplayanlara plan dahilinde olmayan görüşmenin gidişatına göre konu ile ilgili açık uçlu sorularda da yöneltilmiştir. Görüşmeler 5’i resmi kurum 3’ü sektörde çalışan deneyimli uzman kişiler olmak üzere toplamda 8 kişi arasında en az 8 (telefon ile görüşme) en fazla 55 dakikalık sohbet şeklinde gerçekleşmiştir. Yapılan mülakatlar esnasında cevaplayanlar için hassasiyet oluşturacağı düşüncesiyle ses kaydı

alınmayıp sorulan sorulara alınan yanıtlar not alınarak mülakatlar sonlandırılmıştır. Mülakata katılan cevaplayanların demografik özellikleri aşağıda Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Mülakata katılan cevaplayanların demografik özellikleri (Yazar)

Özellikler	A Kişisi	B Kişisi	C Kişisi	D Kişisi	E Kişisi	F Kişisi	G Kişisi	H Kişisi
Cinsiyet	Erkek	Erkek	Erkek	Erkek	Erkek	Erkek	Erkek	Erkek
Yaş	57	39	35	32	38	31	42	48
Ünvanı	Personel Şefi	Uzakyol Kaptan	Uzakyol I. Zbt.	Uzakyol I. Müh.	Denizcilik Uzmanı	Araştırma Görevlisi	Belediye Memuru	Kooperatif üyesi

### 3.3. Örneklem ve Verilerin Toplanması

Çalışmanın evreni Türkiye’de kabotaj hattında denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerdir. Bu evren içerisinde örneklemimiz ise Van Gölü üzerinde denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerdir. Bunları TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü’ne bağlı göl üzerinde yük taşımacılığı yapan feribotlar, gölde balıkçılık yapan tekneler, Van’ın Akdamar adasına turizm amaçlı yolcu taşımacılığı yapan Van Büyükşehir Belediyesine ait deniz otobüsleri ile Sınırlı sorumlu Gevaş Akdamar adası göl motorlu taşıtlar kooperatifi’ne bağlı çalışan yolcu motorları oluşturmaktadır. Balıkçı tekneleri için çalışmada kısıt oluşturduğundan örneklemden çıkarılmıştır.

Çalışma için verilerin toplanmasında öncelikle örneklem içerisindeki TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, Van Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı, Sınırlı sorumlu Gevaş Akdamar adası göl motorlu taşıtlar kooperatifi ve de Tatvan Liman Başkanlığı kurumlarının iletişim bilgilerine ulaşılmıştır. Daha sonra bu kurumlarla telefonla iletişime geçilerek bireysel görüşme için randevu talebinde bulunulmuştur. İşletme binası Tatvan’da bulunan TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü ile UAB Tatvan Liman Başkanlığı bu isteğe olumlu yanıt verirken diğer kurumlar sadece telefonla görüşmeyi kabul etmişlerdir. Bu kurumlardaki çalışan kişilerle yapılan görüşmeler neticesinde şahıslara mail adresi verilmiş çalışma için gerekli olan verilerin bir kısmına mail yoluyla bir kısmını da yüz yüze bireysel görüşme ile cevap alınabilmektedir. Emisyon hesaplamalarında kullanılan gemilere ait yakıt tüketim değerlerinden feribotlara ait değerler TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü’nden, çalışmadaki diğer deniz taşıtlarına ait yakıt değerleri ise UAB Tatvan Liman Başkanlığı’ndan temin edilmiştir. Bu şekilde elde edilen veriler tez çalışmasında ilgili

emisyon hesaplarına dahil edilerek Van Gölü bölgesindeki gemi kaynaklı egzoz emisyon tahmini yapılmıştır.

### 3.4. Emisyon Faktörlerinin İşlemselleştirilmesi

Emisyon faktörleri, bottom-up yöntemi ile yapılan emisyon hesaplamalarında denkleme makine gücü ile yük faktörleri birlikte dahil edilmekte iken top-down yönteminde ise gemilerin yakıt tüketim değerleri ile denkleme dahil olmaktadır. Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri IMO'nun (2020e) 2020 yılı Temmuz ayında yayınlanmış çalışması olan dördüncü sera gazı çalışması final raporundan alınmıştır. Raporda top-down yönteminde kullanılan emisyon faktörleri 2012 yılından 2018 yılına kadar her yıl için ayrı ayrı olarak verilmiştir. Top-down metodunda kullanılmak üzere 2019 ve 2020 yıllarına ait emisyon faktörlerinin yayımlanmış literatürlerde henüz bulunmaması ve IMO'nun yayınladığı son raporun (2020e) en güncel yayın olması nedeniyle tez çalışmasında 2019 ve 2020 yılları için yapılan emisyon hesaplamalarında IMO'nun raporda (2020e) belirttiği 2018 yılı emisyon faktörleri kullanılmıştır. Çalışmada emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri aşağıda Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Top-down yönteminde kullanılan emisyon faktörleri (IMO, 2020e)

Emisyon Türü	Yakıt Türü	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		kg (emisyon) / ton (yakıt)								
CO <sub>2</sub>	MDO	3206	3206	3206	3206	3206	3206	3206	3206	3206
CH <sub>4</sub>	MDO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
NO <sub>x</sub>	MDO	53,12	52,51	52,14	57,68	57,45	57,62	56,71	56,71	56,71
CO	MDO	2,48	2,47	2,47	2,58	2,58	2,60	2,59	2,59	2,59
VOC	MDO	2,16	2,15	2,15	2,39	2,39	2,42	2,40	2,40	2,40
SO <sub>x</sub>	MDO	2,74	2,54	2,35	1,56	1,56	1,56	1,37	1,37	1,37
PM	MDO	0,97	0,96	0,94	0,92	0,92	0,92	0,90	0,90	0,90

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, çalışmanın yöntemi bölümünde anlatıldığı şekilde yapılan emisyon hesaplamaları sonucunda elde edilmiş Van Gölü üzerinde denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerleri verilmiştir. Yapılan emisyon hesaplamalarında miktarı belirlenmek istenen emisyon türü için IMO (2020e) tarafından belirlenmiş olan emisyon faktörü (Bkz. Çizelge 3.2) ile gemilere ait yakıt tüketim değerleri kullanılmıştır. Kurumlardan alınmış gemilere ait yıllık yakıt tüketim miktarları aşağıda Çizelge 4.1’de verilmiştir (TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, 2020; UAB Tatvan Liman Başkanlığı, 2020).

Çizelge 4.1. Van Gölü üzerinde taşımacılık yapan gemilerin yakıt tüketim değerleri

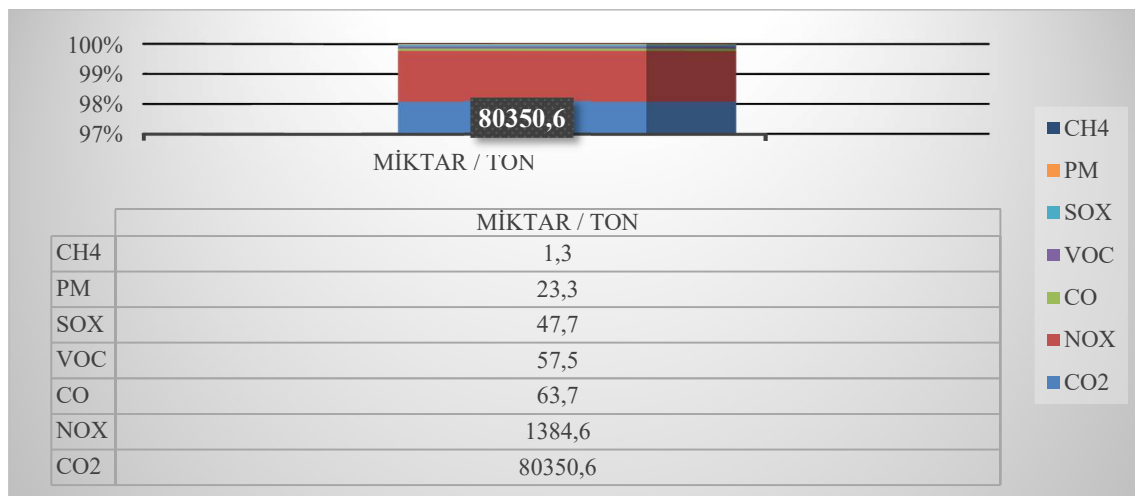
Yıl	TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü Feribotları	Gevaş İskelesi Yolcu Motorları	Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Otobüsleri
MDO (Kükürt içeriği %0,1) / ton			
2012	3346,63	106,52	-
2013	3062,51	106,52	-
2014	3647,12	106,52	-
2015	2614,10	106,52	-
2016	2257,43	106,52	-
2017	1930,92	106,52	-
2018	2661,01	106,52	84,3 (9 aylık)
2019	1561,84	106,52	112,4
2020 (11 aylık)	2731,49	97,64	103,03
9 yıllık Toplam	23813,05	949,8	299,73
1988-2020 yılları Arası Toplam	89659,3		

Gerçekleştirilen emisyon hesaplamaları sonucunda TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü’ne bağlı feribotlardan ve Sınırlı sorumlu Gevaş Akdamar adası göl motorlu taşıtlar kooperatifi’ne bağlı çalışan yolcu motorlarından kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerleri için 2012-2020 yılları arasını kapsayan 8 yıl 11 aylık yani yaklaşık 9 yıllık bir egzoz emisyon tahmini yapılmıştır. Van Büyükşehir Belediyesi’ne ait deniz otobüslerinden kaynaklı olarak atmosfere salınan egzoz emisyon değerleri için ise 2018-2020 yılları arasını kapsayan 2 yıl 8 aylık olmak üzere yaklaşık 3 yıllık bir egzoz emisyon tahmini yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucu feribot, yolcu motoru ve deniz otobüslerine ait elde edilen egzoz emisyon değerleri aşağıda Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Van Gölü bölgesindeki gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerleri (Yazar)

Yıl	İşletme	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC Ton	SO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>
2012	Feribotlar (4 adet)	10729,3	177,8	8,3	7,228	9,169	3,246	0,167
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	5,66	0,26	0,230	0,291	0,103	0,0053
2013	Feribotlar (4 adet)	9818,4	160,8	7,6	6,584	7,778	2,941	0,153
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	5,59	0,26	0,229	0,271	0,102	0,0053
2014	Feribotlar (4 adet)	11692,7	190,2	9,1	7,841	8,570	3,428	0,182
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	5,55	0,26	0,229	0,251	0,101	0,0053
2015	Feribotlar (4 adet)	8380,8	150,8	6,7	6,247	4,077	2,404	0,131
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	6,14	0,27	0,254	0,166	0,098	0,0053
2016	Feribotlar (4 adet)	7237,3	129,7	5,8	5,395	3,521	2,076	0,113
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	6,12	0,27	0,254	0,166	0,098	0,0053
2017	Feribotlar (4 adet)	6190,5	111,3	5,0	4,672	3,012	1,776	0,096
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	6,14	0,28	0,257	0,166	0,098	0,0053
2018	Feribotlar (2 adet yeni olan)	8531,2	150,9	6,9	6,386	3,645	2,394	0,133
	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	6,04	0,28	0,255	0,146	0,096	0,0053
2019	Deniz otobüsleri (2 adet)	270,3	4,79	0,22	0,202	0,116	0,076	0,0042
	Feribotlar (2 adet yeni olan)	5007,2	88,6	4,1	3,748	2,139	1,405	0,078
2020 (11 aylık)	Yolcu motorları (5 adet)	341,5	6,04	0,28	0,255	0,146	0,096	0,0053
	Deniz otobüsleri (2 adet)	360,4	6,37	0,29	0,269	0,154	0,101	0,0056
2020 (11 aylık)	Feribotlar (2 adet yeni olan)	8757,2	154,9	7,1	6,555	3,742	2,458	0,137
	Yolcu motorları (5 adet)	313,0	5,54	0,25	0,255	0,134	0,088	0,0049
2020 (11 aylık)	Deniz otobüsleri (2 adet)	330,3	5,84	0,27	0,247	0,141	0,093	0,0052
	<b>9 yıllık toplam emisyon değerleri</b>							
	<b>Feribotlar</b>	<b>76 344,6</b>	<b>1315</b>	<b>60,6</b>	<b>54,6</b>	<b>45,6</b>	<b>22,1</b>	<b>1,2</b>
	<b>Yolcu motorları</b>	<b>3045,0</b>	<b>52,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>1,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,05</b>
	<b>Deniz otobüsleri</b>	<b>961,0</b>	<b>17,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,02</b>
	<b>Genel Toplam</b>	<b>80350,6</b>	<b>1384,6</b>	<b>63,8</b>	<b>57,5</b>	<b>47,7</b>	<b>23,3</b>	<b>1,3</b>

Bu tez çalışması kapsamında, Çizelge 4.2’de görüleceği üzere 2012-2020 yılları arasında Van Gölü üzerinde denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerden kaynaklı meydana gelmiş olan egzoz emisyon değerleri sırasıyla 80350,6 ton CO<sub>2</sub>, 1384,6 ton NO<sub>x</sub>, 63,7 ton CO, 57,5 ton VOC, 47,7 ton SO<sub>x</sub>, 23,3 ton PM ve 1,3 ton CH<sub>4</sub> olarak hesaplanmıştır.



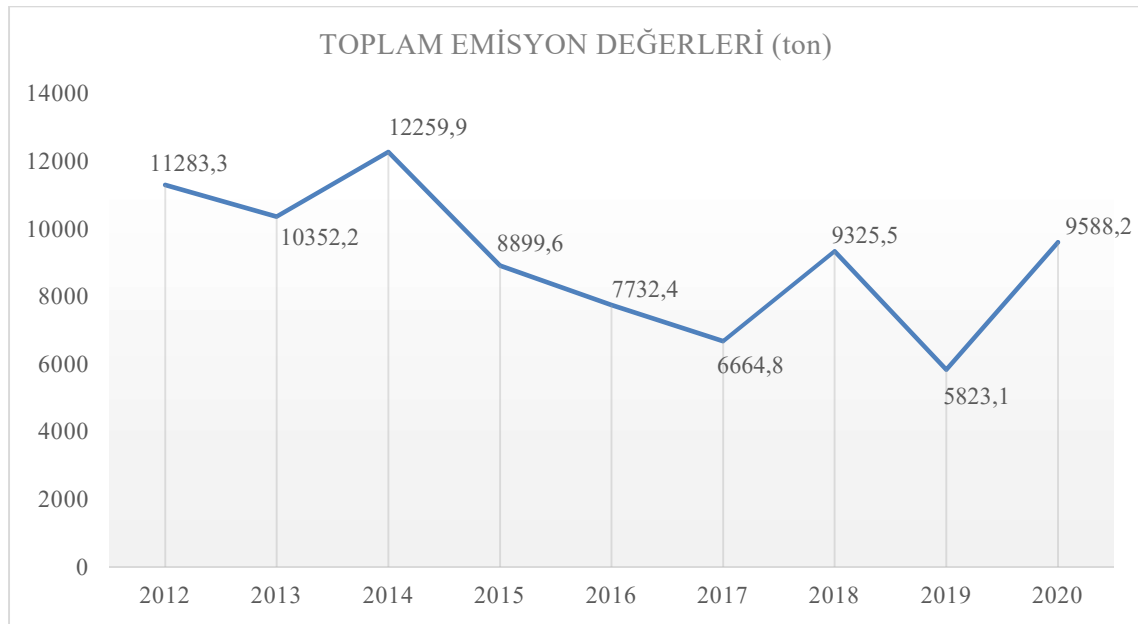
Şekil 4.1. Elde edilen 9 yıllık toplam emisyon değerlerinin miktar ve yüzde dağılımları (Yazar)



Hesaplamalara göre yaklaşık 9 yıllık süreçte Van Gölü üzerinde gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyon gazlarının toplam değeri 81928,8 ton olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerlerin %98'ini 80350,6 ton ile CO<sub>2</sub> gazının oluşturduğu (Bkz. Şekil 4.1) geriye kalan %2'lik kısmını ise çoğunluğu NO<sub>x</sub> gazı olmak üzere diğer emisyon gazlarının oluşturduğu görülmüştür. Yapılan tahmin hesaplaması sonucunda en düşük değere sahip emisyon türü ise 1,3 ton ile aynı zamanda atmosferdeki hidrokarbon emisyonlarının da hacimsel çoğunluğunu oluşturan gaz türü olan metan gazı (CH<sub>4</sub>) emisyonu olarak bulunmuştur.

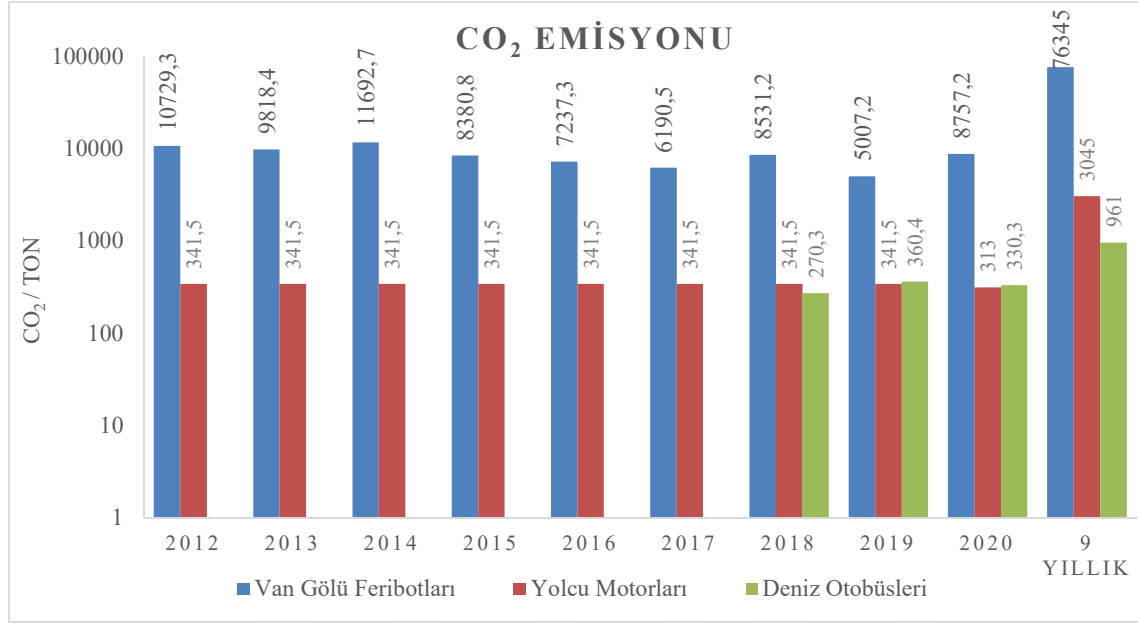
Van Gölü için hesaplanan gemi kaynaklı emisyon miktarlarına bakıldığında miktar yönünden en fazla katkıda bulunan (Bkz. Çizelge 4.2) ve bu sebeple de Van Gölü üzerinde gemi kaynaklı oluşan hava kirliliğinde payı en fazla olan gemilerin TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü'ne bağlı olan feribotların olduğu görülmektedir.

Hesaplanan toplam emisyon değerlerinin yıllık değişimlerine bakıldığında ise en yüksek seviyenin 12259,9 ton olarak 2014 yılına ait olduğu, en düşük seviyenin ise 5823,1 ton olarak 2019 yılına ait olduğu görülmektedir. Toplam emisyon değerlerinin diğer yıllara göre değişimi ise aşağıda Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



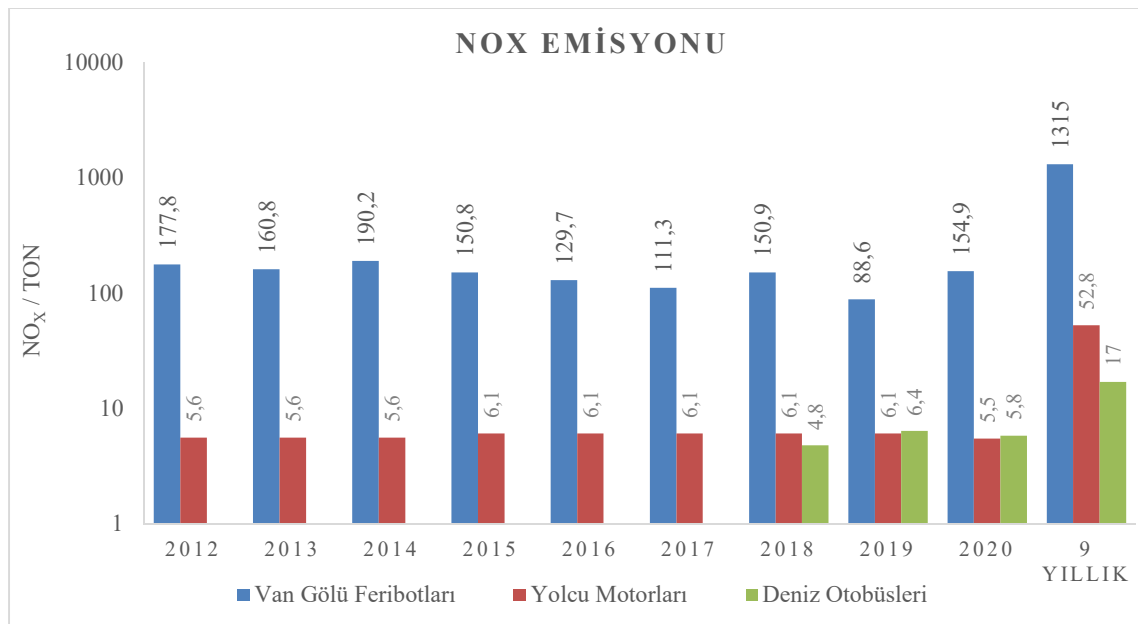
Şekil 4.2. Van Gölü üzerinde oluşan gemi kaynaklı toplam emisyon değerlerinin yıllara göre değişimi (Yazar)

Van Gölü üzerinde denizcilik faaliyetinde bulunan gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerleri içerisinde 2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan karbon dioksit emisyon gazı değerlerinin ton biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.3’de verilmiştir.



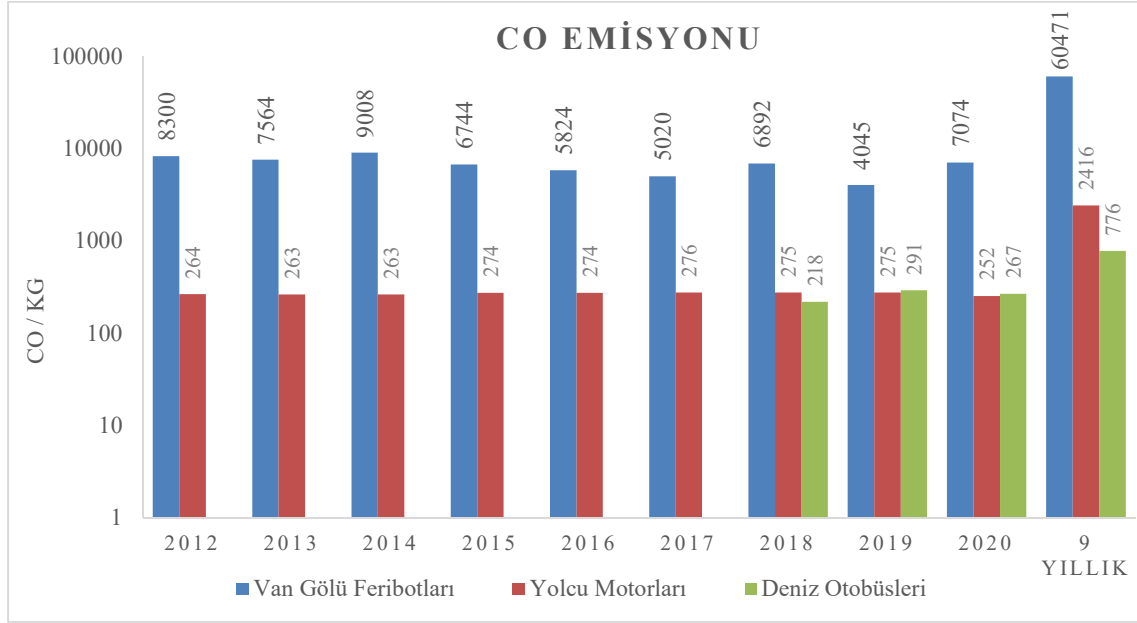
Şekil 4.3. Elde edilen CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan azot oksit emisyon gazı değerlerinin ton biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.4’de verilmiştir.



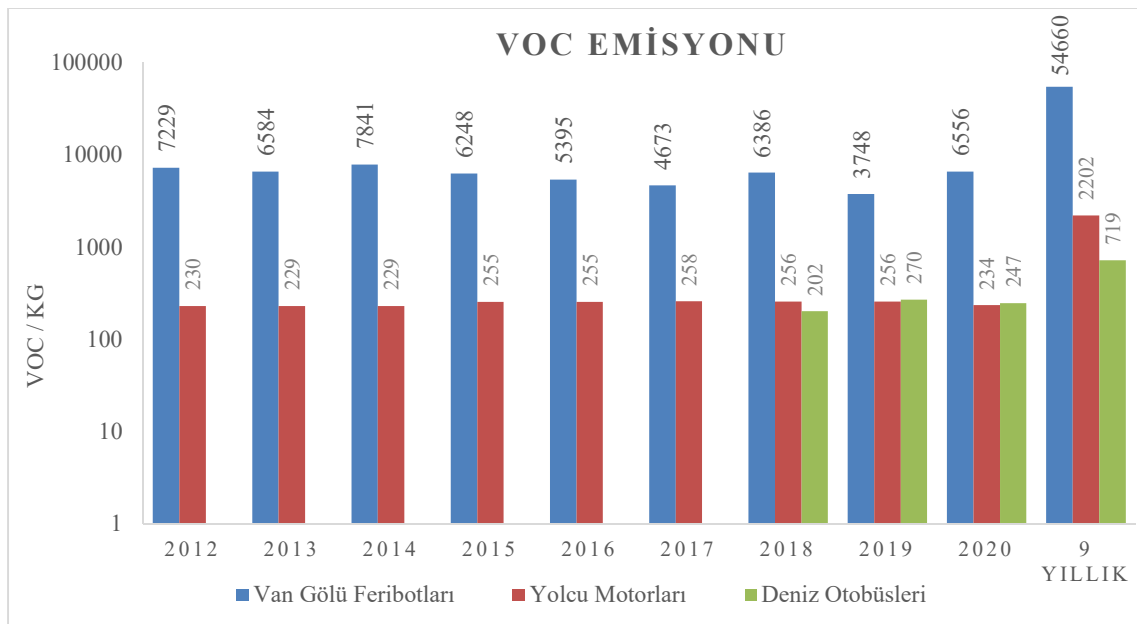
Şekil 4.4. Elde edilen NO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan karbon monoksit emisyon gazı değerlerinin kilogram biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.5’de verilmiştir.



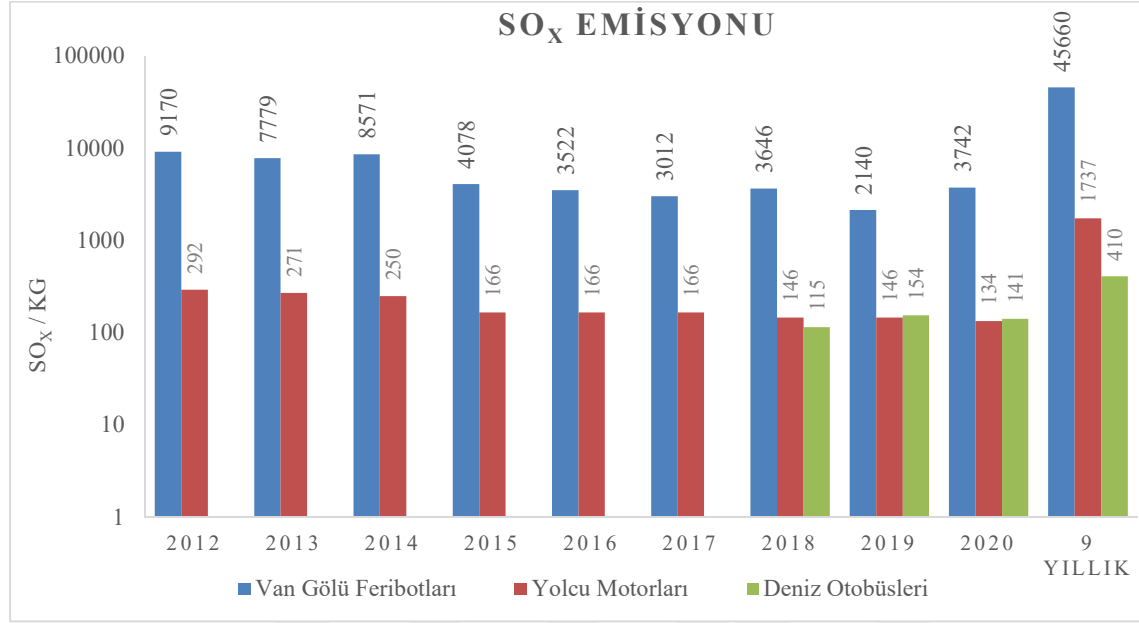
Şekil 4.5. Elde edilen CO emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan uçucu organik bileşik emisyon değerlerinin kilogram biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.6’da verilmiştir.



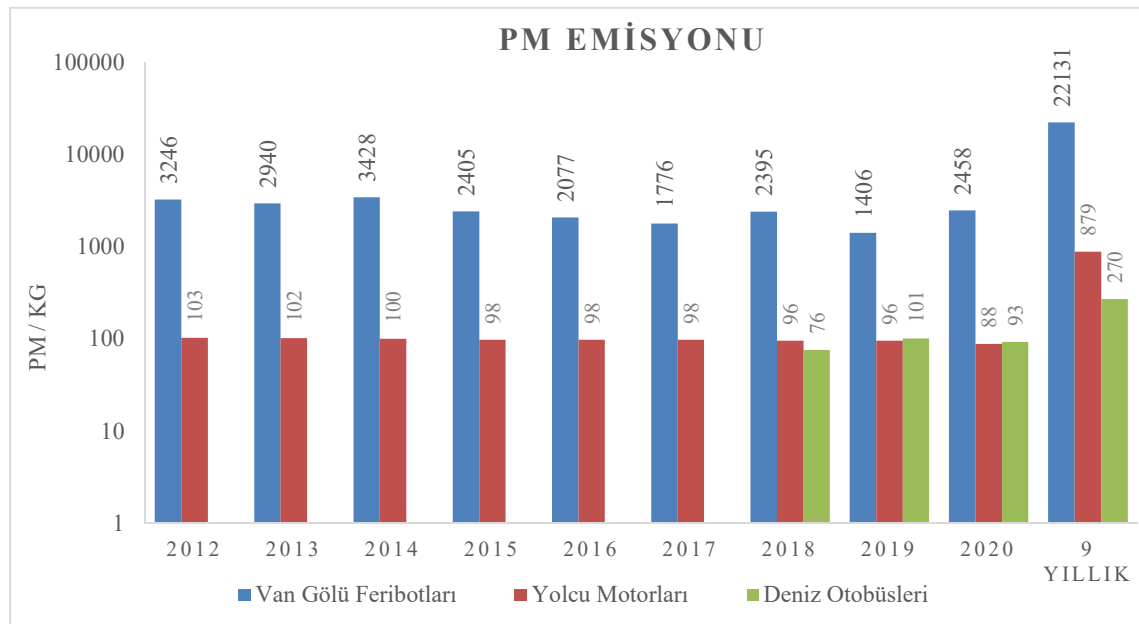
Şekil 4.6. Elde edilen VOC emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan kükürt oksit emisyon değerlerinin kilogram biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.7’de verilmiştir.



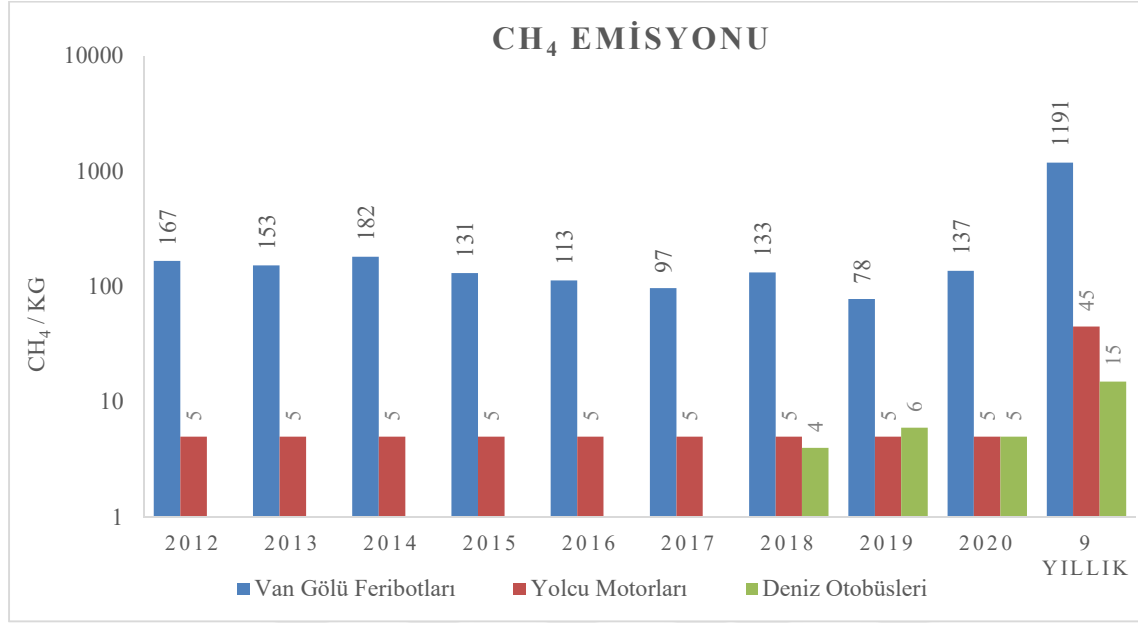
Şekil 4.7. Elde edilen SO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan partikül madde emisyon değerlerinin kilogram biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Elde edilen PM emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

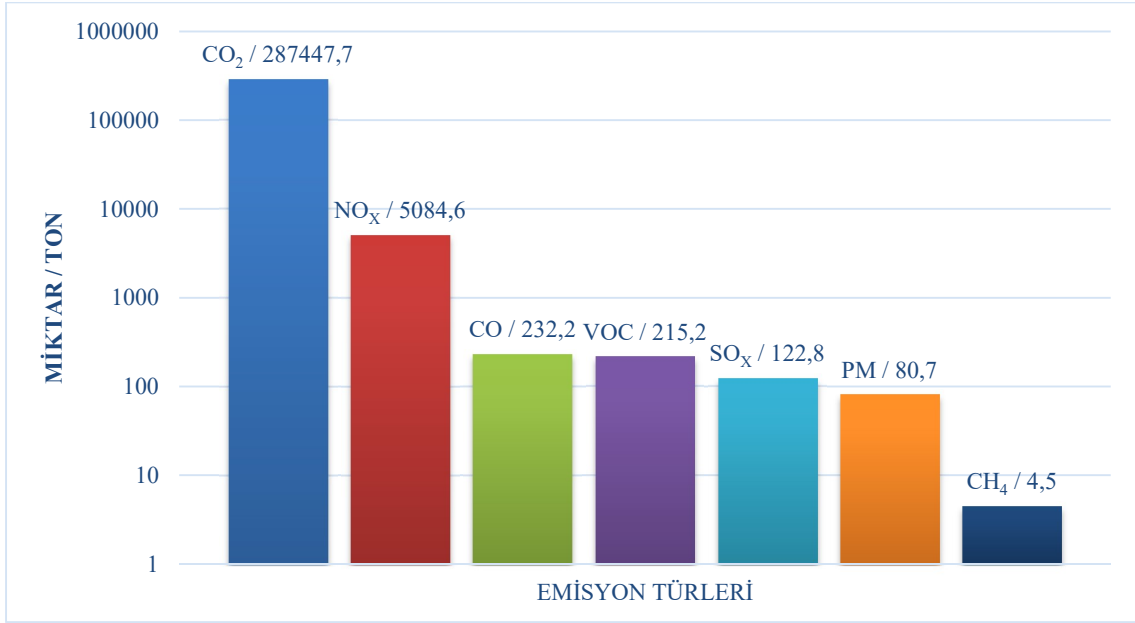
2012-2020 yılları arasında hesaplanmış olan metan gazı emisyon değerlerinin kilogram biriminden yıllara göre değişimi aşağıda Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Elde edilen CH<sub>4</sub> emisyon değerlerinin gemi ve yıllara göre dağılımları (Yazar)

Van Gölü üzerinde gerçekleştirilen taşımacılık faaliyetlerinin geçmişi ile ilgili bilgilere tezin ikinci bölümünde yer verilmiş idi. Buna göre Van Gölü üzerinde gerçekleştirilen vagonlu yük taşımacılığı, TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü bünyesindeki fosil yakıt tüketen dizel motorlu feribotlarla 1971 yılından itibaren başlanmış olup yaklaşık 50 yıldır halen yapılmaktadır. Van Gölü için hesaplanan 9 yıllık emisyon değerlerine bakıldığında ve hesaplanan değerler içerisinde Van Gölü feribotlarının payının çok yüksek olması sebebiyle TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü'nden (TCDD Vangölü Feribot Müdürlüğü, 2020) alınmış 1988 yılından 2020 yılı Aralık ayına kadarki yakıt tüketim değerleri (89659,3 ton MDO) ile sadece Van Gölü feribotlarını kapsayan 33 yıllık genel bir emisyon hesaplaması da yapılmıştır.

Van Gölü feribotları için yapılan yaklaşık 33 yıllık emisyon hesaplamasında IMO'nun raporunda (2020e) 2018 yılı için belirtilen emisyon faktörleri kullanılmış ve hesaplanan toplam emisyon miktarı 293187,68 ton olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değer emisyon türlerine göre dağılımı ise 287447,7 ton CO<sub>2</sub>, 5084,6 ton NO<sub>x</sub>, 232,2 ton CO, 215,2 ton VOC, 122,8 ton SO<sub>x</sub>, 80,7 ton PM ve 4,5 ton CH<sub>4</sub> (metan) gazı olup bu değerler aşağıda Şekil 4.10'da grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Van Gölü feribotlarından kaynaklı 33 yılda oluşan egzoz emisyon miktarları (Yazar)

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Dünya’da üzerinde hem yük taşımacılığı yapılan hem de turizm amaçlı yolcu taşımacılığı faaliyetleri yapılan sayılı göllerden aynı zamanda Türkiye’de ise tek göl olan Van Gölü bölgesinde gemilerin göl üzerindeki faaliyetlerinden kaynaklı oluşan egzoz emisyonlarının miktarları hesaplanmıştır. Van Gölü bölgesi için hesaplanmış olan gemi kaynaklı egzoz emisyon miktarları ile Dünya genelinde benzer yöntemlerle hesaplanarak elde edilmiş bazı bölgelere ait gemi kaynaklı egzoz emisyon miktarları aşağıda Çizelge 5.1’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.1. Dünya’daki bazı bölgeler ile Van Gölü bölgesi için hesaplanan gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin karşılaştırılması (Yazar)

Çalışma yapılan bölge	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC	SO <sub>x</sub>	PM	Kaynak
	Ton						
Yüksek Tiren Denizi 8 limanı (İtalya)	546600	3852,7	14485	3361,9	3108,3	216,4	Trozzi ve Vaccaro (1998)
Kopenhag, Koge ve Elsinore limanları (Danimarka)	-	743	-	-	162 (SO <sub>2</sub> )	17	Saxe ve Larsen (2004)
Küresel düzeyde	222 milyon	6,5 Milyon	-	-	3,4 – 6 Milyon	1,7 Milyon	ICCT (2007)
Pire Limanı (Yunanistan)	-	1790	-	-	722 (SO <sub>2</sub> )	99	Tzannatos (2010)
Yangshan Limanı (Çin)	578444	10758	1136	-	5623	1078	Song (2014)
Melbourne Limanı (Avustralya)	247618	4375	277	99	3940 (SO <sub>2</sub> )	478	Goldsworthy ve Goldsworthy (2015)
Port Hedland Limanı (Avustralya)	78397	1246	103	36	1088 (SO <sub>2</sub> )	131	
Tianjin Limanı (Çin)	1970000	41300	3570	1720	29300 (SO <sub>2</sub> )	4030	Chen ve diğerleri (2016)
Norveç kıyıları	416132	7184	-	-	-	132,4	Simonsen ve diğerleri (2019)
Van Gölü bölgesi	80350,6	1384,6	63,7	57,5	47,7	23,3	Bu çalışma, 9 yıllık tahmin
Van Gölü feribotları	287447,7	5084,6	232,2	215,2	122,8	80,7	Bu çalışma 33 yıllık tahmin

Van Gölü bölgesi emisyon değerleri ile Dünya’daki bazı bölge ve ülke limanlarına ait emisyon değerleri karşılaştırıldığında, Avustralya ve Danimarka limanlarına ait emisyon değerleri haricindeki diğer değerler arasında çok büyük farklar gözükmektedir. Bunun temel nedenlerini aşağıda verilen maddeler halinde sıralayabiliriz.

- Diğer ülke limanlarında yapılan çalışmaların Van Gölü bölgesinden daha geniş bir alanı kapsaması,
- Çalışmalarda emisyon hesaplaması yapılan liman ve bölgelerdeki ticaret hacmi ve taşımacılık faaliyetlerinin fazla olmasına bağlı olarak buralardaki gemi trafiğinin daha yoğun olması ve bu sebeple de çalışmalar da verileri kullanılan gemi

sayılarının, tonajlarının ve harcadıkları yakıt miktarlarının çok daha yüksek değerlerde olması,

- Çalışmalarda kullanılan emisyon hesaplama yöntemlerindeki farklılıklar,
- Çalışmada kullanılan emisyon faktörlerinin gerek yakıt türüne gerekse gemi makine tipi ve devir sayılarına göre farklı olması gibi nedenleri çalışmalarda hesaplanan emisyon değerlerinde farklılık göstermesinin temel nedenleri olarak gösterebiliriz.

Özellikle bu çalışmalarda ve Van Gölü bölgesinde hesaplanan gemi kaynaklı emisyon türlerine ait değerlerin birbirleriyle olan oranlarına bakıldığında bu çalışmalardaki kükürtlü bileşik emisyonlarının Van Gölü bölgesi için hesaplanan kükürt oksit emisyonlarından oran olarak en az 65 kat (3108,3 ton; Trozzi ve Vaccaro, 1998) daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni ise çalışmalarda emisyon hesaplaması yapılan gemilerin tükettikleri yakıt türünün HFO gibi içeriğinde kükürt oranı yüksek yakıtlar olması ve bu sebeple de çalışmalarda kullanılan emisyon faktörü değerinin MDO'ya göre çok daha yüksek olması, ayrıca hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörü değerlerine genel anlamda bakıldığında ise Van Gölü bölgesi için kullanılan emisyon faktörlerinin diğerlerine göre daha güncel verilerden oluşturulmuş olmasından kaynaklanmaktadır.

Avustralya Port Hedland Limanı (Goldsworthy ve Goldsworthy, 2015) ile Van Gölü bölgesi emisyon değerlerine bakıldığında CO<sub>2</sub> (78397 ton; 80350,6 ton) ve NO<sub>x</sub> (1246 ton; 1384,6 ton) değerlerinin benzerlik gösterdiği, Port Hedland Limanı'nın emisyon hesaplamasında kullanılan yakıt miktarının (24215 ton) Van gölü bölgesi için kullanılan yakıt miktarından (feribotlar 23813 ton, yolcu motorları 950 ton ve deniz otobüsleri 299 ton olmak üzere toplamda 25062 ton) daha düşük olmasına rağmen CO, SO<sub>2</sub> ve PM emisyon değerlerinin Van Gölü bölgesi'ne göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni ise Port Hedland Limanı'na uğrayan ve çalışmada emisyon hesaplaması yapılan gemilerin kullandıkları yakıtların içeriğindeki kükürt oranının MDO'ya göre daha yüksek seviyelerde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Avustralya Melbourne Limanı (Goldsworthy ve Goldsworthy, 2015) gemi kaynaklı emisyon değerleri ile Van Gölü feribotlarının 33 yıllık emisyon tahmin değerlerine bakıldığında ise Port Hedland Limanı ile Van Gölü bölgesi emisyon değerlerinin karşılaştırılmasındaki benzer durum görülmektedir. Melbourne Limanı emisyon hesaplamalarında kullanılan yakıt değerleri (76383 ton) Van Gölü feribotlarının 33 yıllık emisyon tahmininde kullanılan yakıt



değerlerinden (89659 ton) düşük olmasına rağmen CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyon değerlerinin aynı oranda Van Gölü feribot emisyon değerlerine yakın fakat CO, SO<sub>2</sub> ve PM emisyon değerlerinin Van Gölü feribotları emisyon değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni de yine Port Hedland limanı için yukarıda bahsedilen aynı nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Danimarka'nın Kopenhag, Koge ve Elsinore limanları için yapılan emisyon tahmin çalışmasındaki (Saxe ve Larsen, 2004) gemi kaynaklı emisyon değerleri (743 ton NO<sub>x</sub>, 162 ton SO<sub>x</sub> ve 17 ton PM) ile Van Gölü bölgesi gemi kaynaklı emisyon değerleri (1384,6 ton NO<sub>x</sub>, 47,7 ton SO<sub>x</sub> ve 23,3 ton PM) karşılaştırıldığında NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyon değerleri arasında 2 ile 3 kat oranlarında farklılıklar görülmekte, PM emisyon değerlerinde ise birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir. Ayrıca Çizelge 5.1'de gösterilen çalışmalardaki gemi kaynaklı emisyon değerlerine bakıldığında Kopenhag, Koge ve Elsinore limanlarına ait 17 tonluk PM emisyon değeri Van Gölü bölgesinin 23,3 tonluk PM emisyon değerinden sonraki en düşük değer olduğu görülmektedir.

Van Gölü bölgesi için hesaplanmış olan gemi kaynaklı egzoz emisyon miktarları ile Türkiye'de benzer yöntemlerle hesaplanarak elde edilmiş bazı bölgelere ait gemi kaynaklı egzoz emisyon miktarları aşağıda Çizelge 5.2'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.2. Türkiye'deki bazı bölgeler ile Van Gölü bölgesi için hesaplanan gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin karşılaştırılması (Yazar)

Çalışma yapılan bölge	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC	SO <sub>2</sub>	PM	Kaynak
Ton							
İstanbul Boğazı	174860	4357	407	132	-	66	Kesgin ve Vardar (2001)
Çanakkale Boğazı	337590	8461	786	255	-	128	
Marmara Bölgesi	5451224	111039	20281	5801	87168	4762	Deniz ve Durmuşoğlu (2008)
Marmara Bölgesi	29,93 milyon	605000	-	-	495000	53300	Kılıç (2009)
Ambarlı Limanı	78590,4	844,6	2126,9	504,3	242,3	36,1	Deniz ve Kılıç (2009)
İzmit Körfezi	254261	5356	-	-	4305	487	Kılıç ve Deniz (2009)
Çandarlı Körfezi	33849,9	631,2	-	-	573,6	57,4	Deniz ve diğerleri (2010)
İzmir Limanı	82753	1923	-	-	1405	165	Saraçoğlu ve diğerleri (2013)
İzmir Limanı	45320,5	900	36,9	49,7	589	77,7	Ekmekçioğlu ve diğerleri (2019)
Mersin Limanı	102330	1998	82,5	114,5	1339	178,5	
Van Gölü bölgesi	80350,6	1384,6	63,7	57,5	47,7 (SO <sub>x</sub> )	23,3	Bu çalışma 9 yıllık tahmin
Van Gölü feribotları	287447,7	5084,6	232,2	215,2	122,8	80,7	Bu çalışma 33 yıllık tahmin

Van Gölü bölgesi emisyon değerleri ile Türkiye'de yapılmış bazı bölge ve limanlara ait emisyon değerleri karşılaştırıldığında Ambarlı Limanı (Deniz ve Kılıç, 2009), İzmir Limanı

(Saraçoğlu ve diğerleri, 2013) ve Mersin Limanı (Ekmekçioğlu ve diğerleri, 2019) emisyon değerlerinde birbirine yakın ve benzer değerler görülürken diğer bölge ve limanlarda yapılan çalışmalara ait gemi kaynaklı egzoz emisyon değerlerinde çok büyük farklar görülmektedir. Bir önceki sayfalarda Van Gölü bölgesi ile Dünya'daki bazı bölge ve limanların egzoz emisyon değerlerinin farklılıkları ile ilgili maddeler halinde sıraladığımız nedenleri yine Türkiye'de yapılmış gemi kaynaklı egzoz emisyon tahmin çalışmaları içinde aynı nedenleri gösterebiliriz. Ambarlı, İzmir ve Mersin Liman'larına ait egzoz emisyon değerlerinin Van Gölü ile benzer değerlerde olmasının temel nedeni ise bu üç liman için yapılan çalışmaların yıllık, Van Gölü için yapılan çalışmanın ise yaklaşık 9 yıllık gibi geniş bir zaman dilimini kapsıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Ambarlı Limanı'nın CO, VOC, SO<sub>2</sub> emisyon değerleri ile İzmir Limanı'nın NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM emisyon değerleri ve Mersin Limanı'nın NO<sub>x</sub>, VOC, SO<sub>2</sub>, PM emisyon değerlerinin Van Gölü bölgesi emisyon değerlerine göre oransal olarak çok daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni de Bu limanlara uğrayan gemilerde kullanılan yakıt türünün çoğunluk olarak içeriğinde kükürt oranının yüksek olduğu HFO gibi yakıtların kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

İzmit Körfezi'nde yapılan emisyon tahmin çalışması (Kılıç ve Deniz, 2009) sonucunda hesaplanan gemi kaynaklı emisyon değerleri ile Van Gölü feribotlarının 33 yıllık emisyon tahmin değerleri karşılaştırılmıştır. Buna göre çalışmalardaki CO<sub>2</sub> (254261 ton ile 287447,7 ton) ve NO<sub>x</sub> (5356 ton ile 5084,6 ton) emisyon değerlerinin birbirine yakın değerlerde olduğu buna karşın kükürtlü bileşik emisyon değerlerinde 35 kat, partikül madde emisyon değerlerinde ise 6 kat oranında İzmit Körfezi'ndeki değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni de İzmit Körfezi'nde seyir yapan ve körfezin emisyon hesaplamasında verileri kullanılan gemilerin özellikle seyir esnasında gemi makinelerinde kullanılan yakıtların çoğunluk olarak içeriğinde kükürt oranının yüksek olduğu HFO gibi yakıtlar olması ve körfezin emisyon hesaplamasında kullanılan emisyon faktör değerlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanmış olup Birleşmiş Milletler'in 1987 yılında düzenlenen komisyonunda kelime anlamı olarak "Gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap verme yeteneğini tehlikeye atmadan, insanlığın günlük ihtiyaçlarının temin edilmesi, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahip olmasıdır" şeklinde tanımlanmıştır (TCKB, 2018). Deniz yolu taşımacılığı, dünya ekonomisinin

sürdürülebilirliği açısından önemli bir konumda olup çevresel açıdan da diğer taşıma türlerine göre en verimli taşıma türü olmaktadır. Çevrenin korunması ve sürdürülebilirliği ile ilgili son zamanlarda sürdürülebilirlik ile birlikte aynı anlamda kullanılan “yeşil” kavramı da işletmelerde ön plana çıkmıştır. Bu iki kavram anlam yönünden birbirinden ayrı olmakla birlikte yeşil kavramı; hava kirliliği, toprak kirliliği ve su kirliliğinin oluşturduğu riskler, atmosferde oluşan sera gazlarının etkisiyle dünya ikliminin değişimine sebep olan küresel ısınma ile ilgili anlayışı açıklayan evrensel nitelikte olan bir kavram olarak kullanılmaktadır (Hancıoğlu, Gülençer ve Tünel, 2018).

Denizcilik sektöründe yeşil kavramı ise taşımacılık faaliyetlerini gerçekleştirirken çevresel olarak da sürdürülebilir bir yönetim anlayışı içerisinde olmaktır (Venus Lun, Lai, Wong ve Cheng, 2015). Yeşil gemi (Green Ship) yönetimi ise gemilerin taşımacılık faaliyeti sürecinde oluşturdukları egzoz emisyonlarının neden olduğu çevre kirliliğini en aza indirebilmek için kaynak ve enerjilerin daha verimli olarak kullanılması anlamına gelmektedir (Lee ve Nam, 2017).

Denizcilik alanında sürdürülebilirlik faaliyetlerinin sadece gemiler ile sınırlı olmadığı ve liman olarak da yeşil liman kavramının geliştirildiği görülmektedir. Sahilden enerji ikmali uygulaması da yeşil liman kavramının en önemli ögesidir. Gemiler günümüzde sahilden enerji ikmali uygulaması ile ulusal şebekeden elektrik enerjisi ihtiyacını tedarik edebilmektedir. Bunu bir adım daha öteye taşıyarak, limanların ulusal şebekeden bağımsız olarak kendi elektrik enerjisini yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlaması durumunda yeşil gemi ve yeşil liman uygulamalarının birbirini tamamlayacak ve denizcilik alanında çevresel ve ekonomik dezavantajları en aza indirgemiş olacaktır. Hem gemilerden kaynaklı çevresel zararları en aza indirmek, hem de maddi açıdan yarar sağlamak amacı ile alternatif enerji sistemlerine sahip yeşil gemi ve liman uygulamalarına geçişin gelecekte giderek artacağı ve daha yaygın olarak kullanılacağı ön görülmektedir (Yiğit, 2018).

Yeşil gemi teknolojisinin gemi işletimi sürecini ilgilendiren temel bileşenlerini; gemi egzoz emisyonlarının azaltılması, yağ, yakıt ve diğer kimyasallardan çevreye sızan ağır metal ve zararlı kirleticilerin azaltılması, gemi atıklarının arıtılması, daha çevreci karina boya ve kaplama malzemeleri kullanımı, geri dönüşebilir çevreci malzeme kullanımı, gemi işletme esnasında enerji verimliliğinin izlenmesi ve yönetimi, işletmenin yöneticileri dahil insan

kaynaklarının eğitim-öğretim ve ilgili kalite standartlarına kavuşturulması şeklinde tanımlayabiliriz (7deniz, 2017).

Bu bağlamda Van Gölü üzerinde yapılan balıkçılık, yük ve yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin gelecek nesiller adına daha çevreci ve sürdürülebilir olması için göl üzerinde denizcilik faaliyetlerini gerçekleştiren gemilerin bağlı olduğu işletme ve kurumların yeşil gemi yönetimi anlayışıyla hareket ederek gemilerini işletmesi büyük önem arz etmektedir.

Van Gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tahmini değerlerinin hesaplandığı bu çalışmanın uygulamaya katkısı, Van Gölü bölgesinde gemilerden kaynaklı egzoz emisyon tahmini ile ilgili literatürde daha önce yapılmış mevcut bir çalışmanın olmaması ve bu sebeple de tez çalışmasının özgün olması nedeniyle ileride Van Gölü bölgesinde yapılacak bu alanla ilgili yeni çalışmalarda referans olarak alınabileceği şeklinde tanımlanabilir.

Van Gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tahmini değerlerinin hesaplandığı bu çalışmanın mevcut literatüre katkısı ise Türkiye ve dünyada yapılan çalışmalarla literatüre katılmış gemi kaynaklı egzoz emisyon verilerine ek olarak Van Gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyon verilerinin kazandırılmasıdır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hava kirliliği neden olan ve İnsan sağlığına ciddi zararlar veren egzoz emisyonları ile ilgili Van Gölü etrafını çevreleyen Bitlis ve Van illerinin havasında bulunan emisyon miktarlarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur. Lakin geçmişten günümüze dek üzerinde yük ve yolcu taşımacılığı yapılan ender göllerden biri olan Van Gölü'nde gemilerin neden olduğu egzoz emisyon değerleri ile ilgili literatürde herhangi bir çalışmanın var olmadığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasında Van Gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin tahminine yönelik ilk aşamada 2012-2020 yılları arasında göl üzerinde taşımacılık faaliyetinde bulunan 4 adet eski ve 2 adet yeni olmak üzere toplamda 6 adet feribot, 2 adet deniz otobüsü ve 5 adet yolcu motoruna ait gerçek yakıt tüketim verileri kullanılarak Van Gölü bölgesi için yaklaşık 9 yıllık bir emisyon hesaplama çalışması yapılmıştır. İkinci aşamada ise göl üzerinde yük taşımacılığı yapan 6 adet feribota ait 1988-2020 yılları arasındaki gerçek yakıt tüketim verileri kullanılarak Van Gölü bölgesi için yaklaşık 33 yıllık bir emisyon hesaplama çalışması yapılmıştır. Çalışmadaki emisyon hesaplamalarında, literatürde mevcut iki yöntem olan aşağıdan yukarı (bottom-up) ve yukarıdan aşağı (top-down) yöntemlerinden gemilerin yakıt tüketim verilerinin baz alındığı top-down yöntemi kullanılmıştır. Top-down yönteminde kullanılan emisyon faktörleri ise IMO'nun (2020e) 2020 yılının Temmuz ayında yayınlanan dördüncü sera gazı çalışması final raporundan alınmıştır. Van Gölü bölgesinde gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerine yönelik yapılan çalışmanın sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- 2012 yılı ile 2020 (11 aylık) yılı arasında 8 yıl 11 ayda feribotlardan kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerleri toplamı; CO<sub>2</sub> için 76344,6 ton, NO<sub>x</sub> için 1315 ton, CO için 60,6 ton, VOC için 54,6 ton, SO<sub>x</sub> için 45,6 ton, PM için 22,1 ton ve CH<sub>4</sub> için ise 1,2 ton olarak hesaplanmıştır.
- 2012 yılı ile 2020 (11 aylık) yılı arasında 8 yıl 11 ayda yolcu motorlarından kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerleri toplamı; CO<sub>2</sub> için 3045,0 ton, NO<sub>x</sub> için 52,8 ton, CO için 2,4 ton, VOC için 2,2 ton, SO<sub>x</sub> için 1,7 ton, PM için 0,9 ton ve CH<sub>4</sub> için ise 0,05 ton olarak hesaplanmıştır.

- 2018 Nisan ayı ile 2020 Aralık ayı arasında 2 yıl 8 ayda deniz otobüslerinden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerleri toplamı; CO<sub>2</sub> için 961 ton, NO<sub>x</sub> için 17 ton, CO için 0,8 ton, VOC için 0,7 ton, SO<sub>x</sub> için 0,4 ton, PM için 0,3 ton ve CH<sub>4</sub> için ise 0,02 ton olarak hesaplanmıştır.
- 2012 yılı ile 2020 (11 aylık) yılı arasında 8 yıl 11 aylık süre boyunca feribotlar, yolcu motorları ve deniz otobüslerinden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerinin toplamı ise; CO<sub>2</sub> için 80350,6 ton, NO<sub>x</sub> için 1384,6 ton, CO için 63,8 ton, VOC için 57,5 ton, SO<sub>x</sub> için 47,7 ton, PM için 23,3 ton ve CH<sub>4</sub> için ise 1,3 ton olarak elde edilmiştir.
- Van Gölü bölgesi için yapılan gemilerden kaynaklı egzoz emisyon hesaplamalarında, feribotlardan kaynaklı oluşan emisyon değerlerinin yolcu motorlarına oranla 25 kat ve deniz otobüslerine oranla 79 kat daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Bunun iki temel sebebi var. Birincisi feribotların yolcu motorları ve deniz otobüslerine göre çok daha büyük tonajda olması nedeniyle geminin enerji ihtiyacı için harcanan yakıt tüketiminin fazla olması, ikinci ve en önemli sebep ise göl üzerinde yük taşımacılığı yapan feribotların yıllık tükettikleri yakıt miktarlarının diğerlerine göre çok daha fazla olmasıdır (Bkz. Çizelge 4.1).
- 2012 yılından 2020 yılına kadar Van Gölü bölgesindeki gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerinin yıllık toplamlarına bakıldığında (Bkz. Şekil 4.2) en yüksek değer 12259,9 ton 2014 yılına ait olduğu en düşük değer ise 5823,1 ton ile 2019 yılına ait olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni ise 2014 yılında Van Gölü feribotlarının attığı sefer sayısının (1195 sefer) diğer yıllara göre daha yüksek oranda olması ve 2019 yılında atılan sefer sayısının (192 sefer) ise diğer yıllara göre daha düşük olmasından kaynaklandığı görülmektedir (Bkz. Çizelge 2.11).
- Van Gölü feribotlarından kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerini geniş zaman diliminde incelemek istediğimizde ise yaklaşık 33 yıllık bir emisyon hesaplaması yapılmıştır. Buna göre 1988 yılı ile 2020 (11 aylık) yılı arasında 32 yıl 11 aylık süre boyunca Van Gölü feribotlarından kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerleri; CO<sub>2</sub> için 287447,7 ton, NO<sub>x</sub> için 5084,6 ton, CO için 232,2 ton, VOC için 215,2 ton, SO<sub>x</sub> için 122,8 ton, PM için 80,7 ton ve CH<sub>4</sub> için ise 4,5 ton olarak elde edilmiştir.
- Van Gölü bölgesi gemilerinden kaynaklanan tahmini SO<sub>x</sub> miktarlarının düşük çıkmasında, göl üzerinde faaliyet gösteren feribot, deniz otobüsü ve yolcu motorları gibi gemilerin MDO veya diğer isimle motorin olan hafif yakıt kullanmaları ve bu

yakıtların ağır yakıtlara göre içeriğindeki kükürt yüzdesinin (%0,1) daha düşük olması etkili olmuştur (Bkz. Çizelge 4.1).

Van Gölü bölgesi için elde edilen gemi kaynaklı egzoz emisyon değerleri, Türkiye’de ve dünyada yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre Van Gölü bölgesinde yapılan yaklaşık 9 yıllık emisyon tahmin değerlerinin dünyada yapılan çalışmalardan Avustralya’nın Port Hedland Limanı (Goldsworthy ve Goldsworthy, 2015) ve Danimarka’nın Kopenhag, Koge ve Elsinore limanları (Saxe ve Larsen, 2004) ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Aynı şekilde Türkiye’de yapılan çalışmalardan ise Ambarlı (Deniz ve Kılıç, 2009), İzmir (Saraçoğlu ve diğerleri, 2013) ve Mersin limanları (Ekmekçioğlu ve diğerleri, 2019) ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Van Gölü bölgesindeki sadece feribotlardan kaynaklı oluşan emisyon değerlerinin 33 yıllık tahmin hesaplaması sonucunda elde edilen değerler diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında dünyada yapılan çalışmalardan Avustralya’nın Melbourne Limanı (Goldsworthy ve Goldsworthy, 2015) ve Türkiye’de yapılan çalışmalardan ise İzmit Körfezi (Kılıç ve Deniz, 2009) ile benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Gemi makinelerinin dizel motorlarında oluşarak gemi bacasından atmosfere salınan egzoz emisyonları hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olmakla birlikte insan sağlığına da kalıcı hasar vererek ciddi boyutlarda zararlı olabilmektedir. Özellikle yetişkinlerde dolaşım yolu hastalıklarından biri olan kalp yetmezliği ile akciğer kanserine, çocuklarda ise solunum yolu hastalıklarına neden olmakta ayrıca prematüre ölüm sayılarının artmasındaki bir diğer önemli etken olarak da görülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK, 2020) 24 Haziran 2020 yılında yayınlanan 2019 yılında gerçekleşen ölüm ve ölüm nedenleri istatistiklerine göre Türkiye’de 2019 yılında gerçekleşen ölümlerin nedenleri arasında dolaşım sistemi kaynaklı hastalıklar ilk sırada yer alırken solunum yolu hastalıkları ise 3. sırada yerini almıştır. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere hava kirliliğine ve insanlarda bu gibi ölümcül hastalıkların görülmesinde etkin olan egzoz emisyonlarının azaltılması için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Van Gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyon değerlerinin tahmini ile ilgili yapılan bu çalışma sonucunda aşağıda maddeler halinde gemilerin enerji verimliliğini artırma, emisyon miktarları ve etkilerinin ortaya çıkarılması ile ilgili bazı öneriler sunulmuştur.

- Günümüze kadar Van Gölü bölgesindeki gemilerden kaynaklı oluşan egzoz emisyonlarının değerleri ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmadığından bu emisyonların bölgenin havasına ve insan sağlığına olan etkileri de bilinmemektedir. Bu sebeple Van Gölü etrafını çevreleyen Van ve Bitlis illeri için yapılan emisyon envanter çalışmalarına Van Gölü üzerinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı oluşan emisyonların da dahil edilmesi önem arz etmektedir. Yapılacak böyle bir çalışma ile gemi kaynaklı emisyonların Van Gölü bölgesine olan zararlı etkileri daha etkin olarak görülecektir.
- Van gölü bölgesinde farklı yerlere egzoz emisyon gazı ölçüm cihazları konumlandırılarak belli aralıklarla bu cihazlardan alınan veriler kaydedilerek yıl sonunda bölgedeki gemilerden kaynaklı oluşan yıllık emisyon envanteri oluşturulabilir. Böylece bu emisyonların bölgenin insan sağlığı, tarım arazileri ve diğer konularda neden olduğu zararların tespit edilmesi ile ilgili yapılacak çalışmalarda referans olacağı düşünülmektedir.
- Gemilerin dizel makineleri ile ilgili yapılan bakım onarımların düzenli ve sistematik bir şekilde yapılmasıyla motor performanslarında ve buna bağlı olarak enerji verimliliğinde artış gözlenecektir.
- Gemilerin dizel motorlarındaki performans değerleri sürekli takip edilerek oluşabilecek bir arıza veya soruna erken müdahale edilerek gerekli iyileştirmelerin yapılmasıyla fazladan yakıt tüketiminin ve buna bağlı oluşan fazladan emisyon miktarının önüne geçilecektir.
- Van Gölü üzerinde özellikle yük taşımacılığı faaliyetinde bulunan feribotlarda yakıt tüketimini azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak için atık ısı geri kazanım sistemlerinin kurulması gereklidir.



## KAYNAKLAR

- Ayan, M., & Baykal, T. (2010). Uluslararası denizcilik örgütü ve çevre: Türkiye'nin örgüt içindeki durumu/International maritime organization and the environment: Turkey's in status the organization. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 275-297.
- Aygül, Ö., & Baştuğ, S. (2020). Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi*, 1(1), 26-40.
- Bailey, D., Plenys, T., Solomon, G. M., Campbell, T. R., Feuer, G. R., & Masters, J. (2004). *Harboring Pollution: Strategies to Clean Up US Ports*. New York, NY: Natural Resources Defense Council.
- Bennett, S. (2010). *Modern diesel technology: Diesel engines*. Kanada: Delmar, Cengage Learning Products, 289-304
- Campara, L., Hasanspahic, N., & Vujicic, S. (2018). Overview of MARPOL ANNEX VI regulations for prevention of air pollution from marine diesel engines. In SHS Web of Conferences (Vol. 58, p. 01004). EDP Sciences.
- Challen, B., & Baranescu, R. (Eds.) (1999). *Diesel engine reference book second edition*. McFarland.
- Chen, D., Zhao, Y., Nelson, P., Li, Y., Wang, X., Zhou, Y., Lang, J., & Guo, X. (2016). Estimating ship emissions based on AIS data for port of Tianjin, China. *Atmospheric environment*, 145, 10-18.
- Cho, R. (2016). The Damaging Effects of Black Carbon. State of the Planet. *Earth Institute of Columbia University*, March 22, 2016.
- Clark, S. J., Wagner, L., Schrock, M. D., & Piennaar, P. G. (1984). Methyl and ethyl soybean esters as renewable fuels for diesel engines. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61(10), 1632-1638.
- Cooper, D. A. (2003). Exhaust emissions from ships at berth. *Atmospheric Environment*, 37(27), 3817-3830.
- Corbett, J. J., Fischbeck, P. S., & Pandis, S. N. (1998). Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104(D3), 3457-3470.
- Corbett, J. J., & Koehler, H. W. (2003). Updated emissions from ocean shipping. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D20).
- Corbett, J. J., Winebrake, J. J., Green, E. H., Kasibhatla, P., Eyring, V., & Lauer, A. (2007). Mortality from ship emissions: a global assessment. *Environmental science & technology*, 41(24), 8512-8518.

- Demirci, A., & Karagüzel, M. (2018). The evaluation of fishing vessels fuel consumption and pollutions emissions in the İskenderun Bay. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(1), 508-514.
- Demirtaş, M., & Subaşı, O. (2015). Osmanlıdan Cumhuriyete Vangölü Denizcilik Tarihi. İstanbul: Mega Basım Yayın, 1-184
- Deniz, C., & Durmuşoğlu, Y. (2008). Estimating shipping emissions in the region of the Sea of Marmara, Turkey. *Science of the total environment*, 390(1), 255-261.
- Deniz, C., Kılıç, A., & Cıvkaroğlu, G. (2010). Estimation of shipping emissions in Çandarlı Gulf, Turkey, *Environmental monitoring and assessment*, 171(1-4), 219-228.
- Deniz, C., & Kılıç, A. (2009). Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey, *Environmental progress & sustainable energy*, 29(1), 107-115.
- Derwent, R. G., Stevenson, D. S., Doherty, R. M., Collins, W. J., Sanderson, M. G., Johnson, C. E., Cofala, J., Mechler, R., Amann, M., & Dentener, F. J. (2005). The contribution from shipping emissions to air quality and acid deposition in Europe. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(1), 54-59.
- Doğan, H., & Ateş, A. (2019). Ambarlı Limanı, Van Gölü ve Kapıköy Sınır Kapısı Arasında Gerçekleştirilen İntermodal Taşımacılık Uygulamalarının Ekonomik Analizi, 4. Ulusal Liman Kongresi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Durmaz, M. (2015). Bir Feribottan Yayılan Egzoz Emisyonlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Ekmekçioğlu, A., Ünlügençoğlu, K., & Çelebi, U. B. (2019). Ship emission estimation for Izmir and Mersin international ports–Turkey. *Journal of Thermal Engineering*, 5(6), 184-195.
- Endresen, O., Sorgard, E., Sundet, J.K., Dalsoren, S.B., Isaksen, I.A., Berglen, T.F., & Gravir, G. (2003). Emission from international sea transportation and environmental impact. *Journal of Geophysical Research*, 108 (17), 28-29.
- Eyring, V., Köhler, H. W., Van Aardenne, J., & Lauer, A. (2005). Emissions from international shipping: 1. The last 50 years. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, (110), D17305.
- Friedrich, A., Heinen, F., & Kodjak, D. (2007). Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. The International Council on Clean Transportation.
- Fu, M., Ding, Y., Ge, Y., Yu, L., Yin, H., Ye, W., & Liang, B. (2013). Real-world emissions of inland ships on the Grand Canal, China. *Atmospheric Environment*, 81, 222-229.
- Goldsworthy, L., & Goldsworthy, B. (2015). Modelling of ship engine exhaust emissions in

ports and extensive coastal waters based on terrestrial AIS data—An Australian case study. *Environmental Modelling & Software*, 63, 45-60.

Gülmez, Y., Günay, O., & Cerit, A.G. (2016). Kruvaziyer gemilerin karbon salımı tahmini: Kuşadası liman bölgesi için sistem dinamikleri yaklaşımı, III. Ulusal Deniz Turizmi Sempozyumu, İzmir.

Güzel, B., Canlı, O., & Olgun, E. Ö. (2018). Sularda Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlığa Etkileri. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7(2), 277-290.

Hammingh, P., Holland, M. R., Geilenkirchen, G. P., & Maas, R. J. M. (2012). Assessment of the environmental impacts and health benefits of a nitrogen emission control area in the North Sea. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

Hancıoğlu, Y., Gülençer, İ., & Tünel, R. K. (2018). Yeşil yaklaşımlar ve sürdürülebilirliğin yükselişi: işletmeler sürdürülebilirlik raporlarına neden önem veriyor?. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 229-244.

İncecik, S. (1994). *Hava Kirliliği*. Türkiye: İ.T.Ü. Yayınları, 1-72.

İncekaya, Y., Feyzi, H., Bayraktar, S., Ali, İ., Topuz, C., Karacalar, S., & Turgut, N. (2017). Karbonmonoksit Zehirlenmesi ve Hiperbarik Oksijen Tedavisi. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 33(2), 114-118.

İnternet: Avrupa Birliği (AB) Türkiye Delegasyonu (2016). Geleceğe Dair: Paris İklim Anlaşması. URL: [https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure\\_4\\_v2.pdf](https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_4_v2.pdf), Son Erişim Tarihi: 08.12.2020

İnternet: Deniz Ticaret Odası (DTO) (2017). Gemilerden Kaynaklanan Emisyonlar Kapsamında IMO ve AB Gereklilikleri. URL: <https://www.denizticaretodasi.org.tr/Media/SharedDocuments/SektorelEgitim/GemilerdenKaynaklanEmisyon.pdf>, Son Erişim Tarihi: 25.11.2020

İnternet: European Commission (2020). Fossil CO2 emissions of all world countries, 2020 report. URL: <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2020>, Son Erişim Tarihi: 07.12.2020

İnternet: ENTEC (2010). UK Ship Emissions Inventory Final Report. URL: [https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat15/1012131459\\_21897\\_Final\\_Report\\_291110.pdf](https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat15/1012131459_21897_Final_Report_291110.pdf), Son Erişim Tarihi: 21.12.2020

İnternet: International Council of Clean Transportation (ICCT) (2007). Air Pollution and GHG Emissions from Oceangoing Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. URL: [https://theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing\\_ships\\_2007.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing_ships_2007.pdf), Son Erişim Tarihi: 20.12.2020

İnternet: International Council of Clean Transportation (ICCT) (2011). ICCT policy update  
15 EEDI final.pdf. URL:

- [https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate15\\_EEDI\\_final.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate15_EEDI_final.pdf), Son Erişim Tarihi: 24.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2008). Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>)-Regulation13. URL:[https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx), Son Erişim Tarihi: 18.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2011). Marine Environment Protection Committee (MEPC) – 62nd session: 11 to 15 July 2011. URL: <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-62nd-session.aspx>, Son Erişim Tarihi: 23.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2016). Sulphur oxides (SO<sub>x</sub>) and Particulate Matter (PM) - Regulation 14. URL: [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx), Son Erişim Tarihi: 18.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2020a). Structure of IMO. URL: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Structure.aspx>, Son Erişim Tarihi: 15.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2020b). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). URL: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx), Son Erişim Tarihi: 15.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2020c). Special Areas under MARPOL. URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Special-Areas-Marpol.aspx>, Son Erişim Tarihi: 17.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2020d). Energy Efficiency Measures. URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>, Son Erişim Tarihi: 26.11.2020
- İnternet: International Maritime Organization (IMO) (2020e). Reduction of GHG Emissions From Ships Fourth Imo Greenhouse Gas Study 2020 – Final Report. URL: <https://imoarcticsummit.org/wp-content/uploads/2020/09/MEPC-75-7-15-Fourth-IMO-GHG-Study-2020-Final-report-Secretariat.pdf>, Son Erişim Tarihi: 13.12.2020
- İnternet: Marine Environment Protection Committee (MEPC) (2009a). MEPC.1/Circ.681, Interim Guidelines on the Method of Calculation of the EEDI for New Ships URL: [https://www.afcan.org/dossiers\\_reglementation/mepc59/MEPC.1-Circ.681.pdf](https://www.afcan.org/dossiers_reglementation/mepc59/MEPC.1-Circ.681.pdf), Son Erişim Tarihi: 24.11.2020
- İnternet: Marine Environment Protection Committee (MEPC) (2009b). MEPC.1/Circ.684, Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) URL: <https://gmn.imo.org/wp-content/uploads/2017/05/Circ-684-EEOI-Guidelines.pdf>, Son Erişim Tarihi: 25.11.2020
- İnternet: Marine Environment Protection Committee (MEPC) (2011). Resolution MEPC.203(62), Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend the International

- Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, As Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto. URL: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Technical%20and%20Operational%20Measures/Resolution%20MEPC.203\(62\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Technical%20and%20Operational%20Measures/Resolution%20MEPC.203(62).pdf), Son Erişim Tarihi: 23.11.2020
- İnternet: Marine Environment Protection Committee (MEPC) (2012). Resolution MEPC. 213(63). 2012 Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). URL: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.213\(63\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.213(63).pdf), Son Erişim Tarihi: 25.11.2020
- İnternet: Marine Environment Protection Committee (MEPC) (2016a). Resolution MEPC. 280(70), Effective Date of Implementation of the Fuel Oil Standard in Regulation 14.1.3 of Marpol Annex VI. URL: <https://www.classnk.com/hp/pdf/activities/statutory/soxpm/resmepc280-70.pdf>, Son Erişim Tarihi: 18.11.2020
- İnternet: Marine Environment Protection Committee (MEPC) (2016b). Resolution MEPC. 282(70), 2016 Guidelines for the Development of A Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). URL: <https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/activities/statutory/seemp/seemp-mepc282-70.pdf>, Son Erişim Tarihi: 24.11.2020
- İnternet: Maritime and Port Authority (MPA) of Singapore (2020). NOx Technical Code (2008). URL: <https://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/cdb493bb-9b83-473e-9d6e-44069604fac8/sc09-02b.pdf?MOD=AJPERES>, Son Erişim Tarihi: 19.11.2020
- İnternet: National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2020). Carbon dioxide. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>, Son Erişim Tarihi: 07.12.2020
- İnternet: NAVSREGS (2017). Engine International Air Pollution Prevention Certificate-A Handy Guide. URL: <https://navsregs.wordpress.com/2017/01/03/engine-international-air-pollution-prevention-certificate-a-handy-guide/>, Son Erişim Tarihi: 22.11.2020
- İnternet: NRDC Issue Brief (2014). The Prevention and Control of Shipping and Port Air Emissions in China. URL: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/china-controlling-port-air-emissions-IB.pdf>, Son Erişim Tarihi: 17.11.2020
- İnternet: Resmi Gazete (2009). Bazı Akaryakıt Türlerindeki Kükürt Oranının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. URL: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/12/20091231M4-6.htm>, Son Erişim Tarihi: 30.11.2020
- İnternet: Resmi Gazete (2013a). 1978 Protokolü ile Değişik 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmeyi Değiştiren 1997 Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanun (6438). URL:

- <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130315-10.htm>, Son Erişim Tarihi: 15.11.2020
- İnternet: Resmi Gazete (2013b). 1978 Protokolü ile Değişik 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmenin III ve IV üncü Eklerine Katılmamızın Uygun Bulunduğuna Dair Kanun (6477). URL: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/05/20130529.htm>, Son Erişim Tarihi: 15.11.2020
- İnternet: Ritchie, H. ve Roser, M. (2017). Particulate matter air pollution, 2016. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/pm25-air-pollution?time=2016>, Son Erişim Tarihi: 14.12.2020
- İnternet: Şehriyan Gazetesi (2020). Korona, Van'daki deniz turizmini de vurdu!. URL: <http://www.sehriyanguzetesi.com/guncel/korona-vandaki-deniz-turizmini-de-vurdu-h71796.html>, Son Erişim Tarihi: 16.12.2020
- İnternet: T. C. Dışişleri Bakanlığı Avrupa Birliği Başkanlığı (TCDB AB) (2006).Avrupa Birliği Entegre Çevre Uyum Stratejisi. URL: [https://www.ab.gov.tr/files/ardb/evt/2\\_turkiye\\_ab\\_iliskileri/2\\_2\\_adaylik\\_sureci/2\\_2\\_8\\_diger/ab\\_entegre\\_cevre\\_uyum\\_stratejisi.pdf](https://www.ab.gov.tr/files/ardb/evt/2_turkiye_ab_iliskileri/2_2_adaylik_sureci/2_2_8_diger/ab_entegre_cevre_uyum_stratejisi.pdf), Son Erişim Tarihi: 30.11.2020
- İnternet: T. C. Dışişleri Bakanlığı (TCDB) (2020a). Ülkemizin Taraf Olduğu Başlıca Çevre Anlaşmaları. URL: <http://www.mfa.gov.tr/ulkemizin-taraf-oldugu-baslica-cevre-anlasmalari.tr.mfa> Son Erişim Tarihi: 14.11.2020
- İnternet: T. C. Dışişleri Bakanlığı (TCDB) (2020b). BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. URL: <http://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa>, Son Erişim Tarihi: 20.11.2020
- İnternet: T. C. Kalkınma Bakanlığı (TCKB) (2018). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu Raporu. URL: [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Cevre\\_ve\\_DogalKaynaklarınSurdurulebilirYonetimiCalismaGrubuRaporu.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Cevre_ve_DogalKaynaklarınSurdurulebilirYonetimiCalismaGrubuRaporu.pdf), Son Erişim Tarihi: 31.12.2020
- İnternet: T. C. Kültür ve Turizm Bakanlığı (TCKTB) (2020). Van Gölü. URL: <https://van.ktb.gov.tr/TR-88276/van-golu.html>, Son Erişim Tarihi: 15.12.2020
- İnternet: T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı (TCTOB) (2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC). URL: <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%C4%B1%20Kurulu%C5%9Flar/BM%C4%B0D%C3%87S%20TR.pdf>, Son Erişim Tarihi: 20.11.2020
- İnternet: Türk Dil Kurumu (TDK) Sözlükleri (2020). Emisyon. URL: <https://sozluk.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 07.12.2020
- İnternet: T. C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (TCUAB) (2020). Marpol 73/78. URL: <https://imo.uab.gov.tr/marpol-73-78?PageSpeed=noscript>, Son Erişim Tarihi: 14.11.2020

- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2020). Ölüm ve Ölüm Nedenleri İstatistikleri, 2019. URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Olum-ve-Olum-Nedeni-Istatistikleri-2019-33710#>, Son Erişim Tarihi: 31.12.2020
- İnternet: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2020a). United Nations Framework Convention On Climate Change. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, Son Erişim Tarihi: 20.11.2020
- İnternet: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2020b). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.11.2020
- İnternet: United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2008). Report of the Marine Environment Protection Committee on Its Fifty-Eighth Session. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/mepc58-23-annexes13-14.pdf>, Son Erişim Tarihi: 22.11.2020
- İnternet: United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2009). Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories Final Report. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/2009-port-inventory-guidance.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.12.2020
- İnternet: United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2018). Overview of Greenhouse Gases. URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>, Son Erişim Tarihi: 21.11.2020
- İnternet: World Health Organization (WHO) (2015). Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). URL: [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf), Son Erişim Tarihi: 10.12.2020
- İnternet: World Health Organization (WHO) (2018). Ambient (outdoor) air pollution. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health), Son Erişim Tarihi: 08.12.2020
- İnternet: Van Büyükşehir Belediyesi (2020). Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Otobüsü Sefer Saatleri. URL: <https://van.bel.tr/Syf/Van-Deniz-Otobusu-Sefer-Saatleri.html>, Son Erişim Tarihi: 16.12.2020
- İnternet: Virahaber (2018). Van Gölü'nde deniz otobüsleri seferlerine başladı. URL: <https://www.virahaber.com/van-golunde-deniz-otobusleri-seferlerine-basladi-48017h.htm>, Son Erişim Tarihi: 16.12.2020
- İnternet: 7deniz (2017). Yeşil Gemi Gereklarının Deniz Taşımacılığı Üzerindeki Önemi Ve Bedeli. URL: <https://www.7deniz.net/haber-yesil-gemi-gereklerinin-deniz-tasimaciligi-uzerindeki-onemi-ve-bedeli-21835.html>, Son Erişim Tarihi: 22.01.2020
- Kalli, J., Repka, S., & Karvonen, T. (2010). Baltic NECA—economic impacts. Study report

by the University of Turku, Centre of Maritime Studies.

- Kanberoğlu, B. (2020). Uluslararası Emisyon Kuralları Çerçevesinde Bir Gemi Filosunun İncelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Karpuzcu, M. (2007). *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*. İstanbul: Kubbealtı Yayınları 9. baskı, 134-176.
- Kesgin, U., & Vardar, N. (2001). A study on exhaust gas emissions from ships in Turkish Straits. *Atmospheric Environment*, 35(10), 1863-1870.
- Kılıç, A. (2009). Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 124-134.
- Kılıç, A., & Deniz, C. (2009). Inventory of shipping emissions in Izmit Gulf, Turkey, *Environmental progress & sustainable energy*, 29(2), 221-232.
- Kılıç, O. (2019). Orta ve Yeniçağda Van Gölü'nde Gemi Yapımı, Taşımacılık ve Ticaret. *Cihannüma: Tarih ve Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, (2), 1-24.
- Kırımhan, S. (2006). *Hava Kirliliği ve Kontrolü*. Ankara: Turhan Kitabevi, 1-15
- Küçükşahin, F. (2008). *Dizel Motorları*. İstanbul: Güven Kitabevi genişletilmiş 3. baskı, 421-795
- Lee, T., & Nam, H. (2017). A study on green shipping in major countries: in the view of shipyards, shipping companies, ports, and policies. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 253-262.
- Nel, A. (2005). Air pollution-related illness: effects of particles. *Science*, 308, 804-806.
- Nunes, R. A. O., Alvim-Ferraz, M. C. M., Martins, F. G., & Sousa, S. I. V. (2017). Assessment of shipping emissions on four ports of Portugal. *Environmental pollution*, 231, 1370-1379.
- Rigas, M. L., Ben-Jebria, A., & Ultman, J. S. (1997). Longitudinal distribution of ozone absorption in the lung: Effects of nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and ozone exposures. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 52(3), 173-178.
- Saraçoğlu, H., Deniz, C., & Kılıç, A. (2013). An investigation on the effects of ship sourced emissions in Izmir Port, Turkey, *The Scientific World Journal*, 2013.
- Saxe, H., & Larsen, T. (2004). Air pollution from ships in three Danish ports. *Atmospheric environment*, 38(24), 4057-4067.
- Serhat, Ş. A. P., HAZAR, H., & Emine, Ş. A. P. (2019). Yanma Odası Elemanları Bor Kaplı Bir Dizel Motorun Cr3C2 Kaplı Egzoz Borusu Üzerine Etkisi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 98-108.



- Simonsen, M., Gössling, S., & Walnum, H. J. (2019). Cruise ship emissions in Norwegian waters: A geographical analysis. *Journal of Transport Geography*, 78, 87-97.
- Sinha, P., Hobbs, P.V., Yokelson, R.J., Christian, T.J., Kirchstetter, T.W., & Bruintjes, R. (2003). Emissions of trace gases and particles from two ships in the southern Atlantic Ocean. *Atmospheric Environment*, 37(15), 2139-2148.
- Smith, T. W. P., Jalkanen, J. P., Anderson, B. A., Corbett, J. J., & Faber, J. (2014). Third IMO greenhouse gas study. Marine Environment Protection Committee 67th Session.
- Sofuoğlu, S. C. (2016). İç Hava Kirleticileri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Tesisat Mühendisliği*, 153, 33-44.
- Song, S. (2014). Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port. *Atmospheric Environment*, 82, 288-297.
- Squissato, A. L., Almeida, E. S., Silva, S. G., Richter, E. M., Batista, A. D., & Munoz, R. A. (2018). Screen-printed electrodes for quality control of liquid (Bio) fuels. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 108, 210-220.
- Strayer, R. C., Blake, J. A., & Craig, W. K. (1983). Canola and high erucic rapeseed oil as substitutes for diesel fuel: Preliminary tests. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60(8), 1587-1592.
- Sutton, M.A., Howard, C., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grenfelt, P., Van Grinsven, H., & Grizzetti, B. (Eds.) (2011). The European Nitrogen Assessment. *Cambridge University Press*, 612 p.
- Sümer, G. Ç. (2014). Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (13), 37-56.
- Trozzi, C., & Vaccaro, R. (1998). Air pollutant emissions from ships: high Tyrrhenian Sea ports case study. *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol 36, 1-10
- Trozzi, C. (2010). Emission estimate methodology for maritime navigation. *Techne Consulting*, Rome.
- Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Vangölü Feribot Müdürlüğü (2020). Yüz yüze yarı yapılandırılmış görüşme (3 kasım 2020). Bitlis, Tatvan.
- Tzannatos, E. (2010). Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus–Greece. *Atmospheric Environment*, 44(3), 400-407.
- United Nations Conference on Trade And Development (UNCTAD) (2019). Review of Maritime Transport 2019. Geneva: United Nations Conference on Trade And Development.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) Tatvan Liman Başkanlığı (2020). Yüz yüze yarı

- yapılandırılmış görüşme (4 kasım 2020). Bitlis, Tatvan.
- Wang, J-F., Hu, M-G., Xu, C-D., Christakos, G., & Zhao, Y. (2013). Estimation of citywide air pollution in Beijing. *PLoS One*, 8 (1).
- World Health Organization (WHO) (2015). Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Bonn.
- Van Aardenne, J., Colette, A., Degraeuwe, B., Hammingh, P., Viana, M., & Vlioger, I. (2013). The impact of international shipping on European air quality and climate forcing. European Environment Agency, Copenhagen.
- Venus Lun, Y. H., Lai, K. H., Wong, C. W. Y., & Cheng, T. C. E. (2015). Environmental governance mechanisms in shipping firms and their environmental performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 78, 82-92.
- Velji, A., Lüft, M., & Merkel, S. (2010). Mixture formation, combustion and pollutant emissions in high-speed direct-injection diesel engines. *In Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development*, Volume 2, 105-154.
- Yiğit, K. (2018). Gemi Teknolojisinde Alternatif Enerji Sistemlerinin Kullanım Potansiyelinin İncelenmesi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (214), 5-18.
- Zencirci, S. A., & Işıklı, B. (2017). Hava Kirliliği. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*, 2(2), 24-36.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYGÜL, Özcan  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 05.08.1987, Tatvan  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (434) 222 00 96  
 Faks : 0 (434) 222 91 10  
 E-mail : oaygul@beu.edu.tr



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Deniz Ulaştırma Mühendisliği ABD	2021
Lisans	İstanbul Üniversitesi / Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği	2008
Lise	Finike Cumhuriyet Çok Programlı Lisesi	2003

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	TATVAN MYO / BİTLİS EREN ÜNİV.	Öğretim Görevlisi
2011-2016	İNCE DENİZCİLİK VE TİC. A.Ş.	Uzakyol Vardiya Zabiti
2011	YA-SA DENİZCİLİK	Güverte Stajyeri
2009-2010	TURKON HOLDİNG	Hat Uzman Yardımcısı

### Yabancı Dil

İngilizce

**Yayınlar**

- Aygöl, Ö., & Baştuğ, S. (2020). Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi. Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi, 1(1), 26-40. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mtl/issue/55190/725484>

**Hobiler**

Yüzme, Sinema, Seyahat Etme, Bisiklet Sürme, Futbol



## DİZİN

**A**

AIS · 58, 59, 60, 61  
 Akdamar · 44, 45, 50, 51, 66, 69,  
 71  
 Azot oksit · 2, 9, 10, 11, 12, 24,  
 26, 29, 33, 36, 55, 74

**B**

Balıkçılık · 3, 45, 52, 53, 63, 66,  
 69, 83

**C**

Cumhuriyet · 45

**Ç**

çevre · 1, 2, 3, 4, 6, 7, 14, 19, 21,  
 22, 27, 28, 29, 32, 34, 42, 55,  
 83, 84, 87

**D**

DTO · 15, 17  
 DWT · 1, 2, 47, 55

**E**

ECA · 9, 12, 13, 14  
 EIAPP · 12, 13

**F**

Feribotlar · 44, 46, 49, 69, 72, 80,  
 85

**G**

GMT · 14  
 GT · 1, 8, 14, 15, 16, 17, 47, 48,  
 55

**H**

HC · 2, 26, 57, 58, 61, 62, 63  
 HFO · 2, 14, 35, 80, 82

**İ**

İklim · 6, 19, 21, 31

**K**

Karbon dioksit · 2, 18, 21, 24, 29,  
 37, 40, 74  
 Karbon monoksit · 2, 24, 26, 29,  
 33, 34, 38, 75  
 Kükürt oksit · 2, 9, 13, 23, 26, 29,  
 33, 34, 76, 80

**L**

LNG · 16, 28  
 LPG · 16, 28

**M**

MARPOL/73 · 6, 7, 8, 9, 10, 12,  
 13  
 MDO · 2, 14, 35, 60, 66, 70, 71,  
 77, 85

**O**

OECD · 20, 22

**P**

Partikül madde · 2, 3, 9, 13, 32,  
 33, 39, 55, 56, 62, 76, 82  
 PPM · 24, 26, 29, 34, 36, 38

**R**

RPM · 11, 48

**S**

SEEMP · 9, 14, 15, 16, 18  
 Sürdürülebilirlik · 82, 83

**U**

Uçucu organik bileşik · 2, 9, 29,  
 42, 43, 75  
 UNCTAD · 1, 2

**W**

WHO · 3, 34, 39, 40

**V**

Van Gölü · 3, 4, 5, 43, 44, 45, 46,  
 49, 53, 65, 66, 69, 71, 72, 73,  
 74  
 VOC · 2, 9, 43, 54, 55, 58, 59,  
 60, 61, 62, 64, 70, 72, 75, 77,  
 78, 79, 81, 82, 84, 85

**Y**

Yeşil · 83



**TEKNOVERSİTE**



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

**İSTE**

