

**T.C.**  
**ULAŖTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŖME BAKANLIĞI**

**KARA VE DENİZ KONTEYNER**  
**TAŖIMACILIĐINDA EGZOZ GAZI EMİSYON**  
**DEĞERLERİNİN KARŖILAŖTIRILMASI: TÜRKİYE**  
**İÇİN DURUM DEĞERLENDİRMESİ**

**DENİZCİLİK UZMANLIK TEZİ**

**İlker KILIÇ, Denizcilik Uzman Yardımcısı**

**Samsun Liman Başkanlığı**

**DanıŖman**

**Aydın ÜNAL, Samsun Liman Başkanı**

**Ŗubat, 2015**

**T.C.**  
**ULAŖTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŖME BAKANLIĞI**

**KARA VE DENİZ KONTEYNER**  
**TAŖIMACILIĐINDA EGZOZ GAZI EMİSYON**  
**DEĞERLERİNİN KARŖILAŖTIRILMASI: TÜRKİYE**  
**İÇİN DURUM DEĐERLENDİRMEŖİ**

**DENİZCİLİK UZMANLIK TEZİ**

**İlker KILIÇ, Denizcilik Uzman Yardımcısı**

**Samsun Liman Başkanlığı**

**DanıŖman**

**Aydın ÜNAL, Samsun Liman Başkanı**

**Ŗubat, 2015**

**Görev Yaptığı Birim:** Samsun Liman Başkanlığı

**Tezin Teslim Edildiği Birim:** Personel ve Eğitim Dairesi Başkanlığı

**T.C.**

**ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**

İlker KILIÇ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “Kara ve Deniz Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması: Türkiye için Durum Değerlendirmesi” başlıklı tez Bakanlığımız Sınav Kurulu tarafından kabul edilmiştir.

**Kurul Başkanı**  
**Suat Hayri AKA**  
**Müsteşar Yardımcısı V.**

**Kurul Üyesi**  
**M. Mehdi GÖNÜLALÇAK**  
**Genel Müdür**

**Kurul Üyesi**  
**Cemalettin ŞEVLİ**  
**Genel Müdür V.**

**Kurul Üyesi**  
**Hızırreis DENİZ**  
**Genel Müdür V.**

**Kurul Üyesi**  
**Ergün ÖZGÜR**  
**Genel Müdür Yard. V.**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ .....	ix
GİRİŞ .....	1
II. TAŞIMA KAVRAMI .....	8
2.1 Taşımacılık Şekilleri .....	9
2.1.1 Karayolu taşımacılığı.....	9
2.1.2 Denizyolu taşımacılığı.....	10
2.1.3 Havayolu taşımacılığı .....	10
2.1.4 Demiryolu taşımacılığı .....	11
2.1.5 Nehir yolu (İç su yolu) taşımacılığı.....	11
2.1.6 Boru hattı taşımacılığı .....	12
2.2 Taşıma Türü Seçim Kriterleri .....	12
III. KARAYOLU TAŞIMACILIK SİSTEMİ .....	15
3.1 Karayolu Taşımacılığının Yapısı .....	15
3.2 Karayolu Taşımacılığının Dünyadaki Gelişimi .....	16
3.3 Karayolu Taşımacılığının Ülkemizdeki Gelişimi .....	16
3.3.1 Türkiye’de karayollarının tarihsel gelişimde geldiği mevcut durum .....	18
3.3.2 Karayolu taşımacılığımızın geleceği .....	20
3.4 Karayolu Taşımacılığının Avantajları .....	22
3.5 Karayolu Taşımacılığının Dezavantajları .....	23
3.5.1 Türkiye’de karayolu taşımacılığı dezavantajları, etkileri ve yapılması gerekenler ..	24
3.6 Karayolu Taşımacılığının Öğeleri.....	25

3.6.1 Sürücüler.....	25
3.6.2 Araçlar .....	26
3.6.3 Yükler.....	27
3.7 Karayolu Taşımacılığında Uluslararası Örgütler .....	27
IV. DENİZYOLU TAŞIMACILIK SİSTEMİ.....	28
4.1 Denizyolu Taşımacılığı .....	28
4.2 Denizyolu Taşımacılık Türleri .....	28
4.3 Denizyolu Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi .....	29
4.4 Dünya Ticaretinde Denizyolu Taşımacılığının Yeri ve Önemi .....	30
4.5 Denizyolu Taşımacılığının Avantajları .....	31
4.6 Denizyolu Taşımacılığının Dezavantajları.....	32
4.7 Türkiye’de Denizyolu Taşımacılığı .....	32
4.8 Denizyolu Taşımacılığının Öğeleri .....	36
4.8.1 Gemi kavramı .....	36
4.8.1.1 Yük gemilerinin çeşitleri .....	37
4.8.2 Yük kavramı .....	38
4.8.2.1 Dökme yükler .....	39
4.8.2.2 Karışık yükler .....	40
4.8.2.3 Dondurulmuş yükler .....	40
4.8.2.4 Konteyner yükleri .....	40
4.8.3 Liman kavramı.....	40
4.8.3.1 Türkiye’de bulunan önemli limanlar .....	42
V. KONTEYNER VE TAŞIMACILIĞI .....	44
5.1 Konteynerler.....	44
5.1.1 Konteyner çeşitleri.....	45
5.1.1.1 Kuru yük konteynerleri.....	45
5.1.1.2 Dökme yük konteynerleri .....	45

5.1.1.3 İzole konteynerler .....	46
5.1.1.4 Özel amaçlı konteynerler .....	46
5.2 Konteyner Taşımacılık Türleri .....	47
5.2.1 Denizyolu konteyner taşımacılığı .....	47
5.2.1.1 Türkiye’de denizyolu konteyner taşımacılığı .....	49
5.2.2 Karayolu konteyner taşımacılığı .....	52
VI. TAŞIMACILIKTA LOJİSTİK VE KOMBİNE TAŞIMACILIK .....	53
6.1 Lojistik Kavramı .....	53
6.1.1 Lojistik kavramı içinde ulaştırmanın yeri .....	53
6.2 Lojistiğin Gelişimi .....	55
6.3 Kombine Taşımacılık .....	58
VII. HAVA KİRLİLİĞİ .....	60
7.1 Hava ve Hava Kirliliği ile İlgili Genel Bilgiler .....	62
7.2 Hava Kirliliğinin Sebepleri .....	63
7.2.1 Şehirleşme ve konutların ısıtılması kaynaklı kirlilik .....	63
7.2.2 Endüstri kaynaklı kirlilik .....	64
7.2.3 Motorlu taşıtlar kaynaklı kirlilik .....	65
7.3 Emisyon .....	66
7.4 Hava Kirleticileri ve Etkileri .....	67
7.4.1 Hava kirliliğinin insanlarda etkileri üzerine yapılan çalışmalar .....	70
7.5 Kirletici Emisyonlar .....	72
7.5.1 Azot oksitler (NO <sub>x</sub> ) .....	72
7.5.2 Hidrokarbon (HC) .....	74
7.5.3 Karbonmonoksit (CO) .....	74
7.5.4 Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) .....	75
7.5.5 Kükürt oksitler (SO <sub>x</sub> ) .....	76
7.5.6 Parçacık maddeler (PM) .....	77
7.5.7 Ozon (O <sub>3</sub> ) .....	77

7.6 Gemilerden Kaynaklı Egzoz Gazı Emisyonları ile İlgili Marpol Kuralları ve Son Değişiklikler.....	78
7.6.1 ODS (ozon inceltici gazlar) .....	78
7.6.2 Azot oksitler .....	79
7.6.3 Kükürt oksitler.....	80
7.6.4 Uçucu organik bileşikler.....	81
7.6.5 Gemi insineratörü .....	81
7.7 Gemi Taşımacılığında Kaynaklanan Hava Kirliliğini Azaltma Yöntemleri.....	82
7.8 Dizel Motorlarında NO <sub>x</sub> Kontrol Yöntemleri .....	85
7.8.1 Silindir içi önlemler .....	85
7.8.1.1 Emülsife yakıt .....	85
7.8.1.2 Emme manifolduna su fumigasyonu .....	86
7.8.1.3 Direkt su püskürtme .....	88
7.8.1.4 Buhar enjeksiyonu .....	88
7.8.1.5 Ortak hatlı yakıt püskürtme sistemi .....	89
7.8.1.6 Egzoz gazları geri dolaşımı.....	90
7.8.2 Silindir dışı önlemler .....	91
7.8.2.1 Seçici katalitik indirgeme .....	91
7.9 Egzoz Gazı Temizleme Sistemleri .....	92
7.9.1 Islak temizleme sistemi .....	92
7.9.1.1 Açık döngü egzoz gazı temizleme sistemi.....	93
7.9.1.2 Kapalı döngü egzoz gazı temizleme sistemi.....	93
7.9.2 Kuru temizleme sistemi .....	94
VIII. MATERYAL VE METOT .....	95
8.1 Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Emisyonlarını Hesaplama Metotları .....	95
8.2 Denizyolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyonlarının Hesaplanması ..	96
8.3 Karayolu Taşıtları Egzoz Emisyon Miktarlarının Hesaplanması.....	102
8.4 Karayolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyonlarının Hesaplanması..	102

IX. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	107
9.1 Mersin- Novorossisk (Rusya) Durum Değerlendirmesi .....	107
9.1.1 Emisyonların değerlendirilmesi .....	107
9.2 İstanbul-Barselona (İspanya) Durum Değerlendirmesi .....	109
9.2.1 Emisyonların değerlendirilmesi .....	109
9.3 Mersin-Lazkiye (Suriye) Durum Değerlendirmesi .....	111
9.3.1 Emisyonların Değerlendirmesi .....	111
9.4 İzmir-Venedik (İtalya) Durum Değerlendirmesi .....	113
9.4.1 Emisyonların değerlendirilmesi .....	113
9.5 İzmir-Samsun Durum Değerlendirmesi .....	115
9.5.1 Emisyonların değerlendirilmesi .....	116
X. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	118
KAYNAKLAR .....	121
ÖZGEÇMİŞ .....	133
EKLER.....	134



## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında ve iş hayatımda, deneyimi ve bilgi birikimi ile hiçbir yardımı esirgemeyen, değerli danışmanım Samsun Liman Başkanı Aydın ÜNAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama sağladıkları maddi ve manevi katkılardan dolayı değerli arkadaşım Yıldız Teknik Üniversitesi Arş. Gör. Görkem KÖKKÜLÜNK'e, Samsun Liman Başkanlığı'nda çalışan personele ve çalışmamın tamamlanması aşamasında ilgi ve desteklerini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mutlu ve huzurlu bir ortam sağlayarak manevi destek veren Fzt. Hande KÖSEOĞLU'na ve hayatımın her aşamasında benden desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şubat, 2015

İlker KILIÇ

**KARA VE DENİZ KONTEYNER TAŞIMACILIĞINDA  
EGZOS GAZI EMİSYON DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI:  
TÜRKİYE İÇİN DURUM DEĞERLENDİRMESİ**

**ÖZET**

Gelişmekte olan ülkeler arasında en canlı ekonomilerden biri olan Türkiye; coğrafi konumu nedeniyle taşımacılık konusunda adeta bir üs işlevi görmektedir. Ülkemizde en çok karayolu taşımacılığı tercih edilirken, oluşturduğu yüksek emisyon miktarına karşılık alternatif taşıma yöntemleri gelişmektedir. Bunların içinde ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olmasından dolayı denizyolu taşımacılığı önemini her geçen gün artırmaktadır. Denizyolu taşımacılığının önem kazanması nedeniyle yük taşımacılığında emisyon değerlerinin araştırılması ile ilgili çalışmaların sayısının çoğalması gerekmektedir.

Hava kirliliği; havadaki katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunması olayıdır. Hava kirliliği kaynaklarından biri olan egzoz gazı emisyonlarının insanlar ve çevre üzerinde pek çok zararlı etkileri görülmektedir.

Taşımacılıktan kaynaklanan egzoz gazı emisyonları, insan ve doğal yaşam için gelecekte de büyük bir problem teşkil eder. Atmosfere salınan başlıca tehlikeli hava kirleticileri; karbon dioksit, su buharı, azot oksitler, kükürt oksitler, karbon monoksit, uçucu organik bileşenler, hidrokarbonlar, parçacık maddelerdir.

Bu tez çalışmasında kara ve deniz konteyner taşımacılığı, egzoz gazı emisyonları açısından karşılaştırılmıştır. Belirlenen rotalarda aynı miktarda yükün konteyner gemisi ve kamyon aracılığıyla taşınmasında oluşan emisyon değerleri hesaplanmış ve birbiriyle karşılaştırılmıştır.

**COMPARISON OF THE EXHAUST GAS EMISSIONS  
ON LAND AND SEA CONTAINER TRANSPORTATION:  
A CASE STUDY FOR TURKEY**

**ABSTRACT**

Turkey that one of the most vibrant economy among the developing countries, is functioned fairly like a transportation base due to its geographical position. In our country land transport is the most preferred transportation but alternative transportation methods are being developed because of its high emissions. The importance of maritime transport is increasing with each passing day due to our country surrounded by seas on three sides. Number of works related to the investigation of emissions on transportation is necessary to be multiplied due to the importance of maritime transportation.

Solid, liquid and gaseous pollutants can be found in the air. These pollutants can be harmful on human health, living life and ecological balance. The effects of these pollutants can change according to its quantity, density and ratio on the atmosphere.

Exhaust gas emissions from transportation constitute a major problem in the future for human beings and natural life. The main hazardous air pollutants emitted into the atmosphere; carbon dioxide, water vapor, nitrogen oxides, sulfur oxides, carbon monoxide, volatile organic compounds, hydrocarbons, and particulate matter.

In this case study, sea and land transportation is compared in terms of emissions. Emissions are calculated on selected routes for the container ship and a truck that has the same capacity for one container and made a comparison with each other.

## TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Yıllar itibariyle Türk Deniz Ticaret Filosunun gemi cinslerine göre dwt ve adet gelişimi .....	33
Tablo 4.2: Türk deniz ticaret filosu istatistikleri .....	35
Tablo 4.3: Limanlarımızda elleçlenen toplam yük .....	42
Tablo 5.1: Limanlarımızda elleçlenen toplam konteyner miktarı .....	50
Tablo 7.1: Gemilerde kullanılan soğutucular .....	79
Tablo 8.1: Model alınan konteyner gemisi özellikleri .....	96
Tablo 8.2: İşletme modlarına göre ana makine ve jeneratör emisyon faktörleri .....	100
Tablo 8.3: Denizyolu taşımacılığı hesaplamalarında kullanılan rotalar .....	100
Tablo 8.4: Kombine taşımacılık hesaplamalarında kullanılan denizyolu rotaları .....	101
Tablo 8.5: Model alınan gemi işletme özellikleri .....	101
Tablo 8.6: Model alınan kamyon özellikleri .....	105
Tablo 8.7: Yakıt ve yol cinsine göre emisyon faktörleri .....	106
Tablo 8.8: Karayolu taşımacılığı güzergahlar .....	106
Tablo 9.1: İşletme modlarına göre Mersin-Novorossisk denizyolu emisyon miktarları .....	107
Tablo 9.2: Mersin-Novorossisk denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	108
Tablo 9.3: Mersin-Samsun karayolu toplam emisyon miktarları .....	108
Tablo 9.4: İşletme modlarına göre Samsun-Novorossisk denizyolu emisyon miktarları .....	108
Tablo 9.5: Samsun-Novorossisk denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	108
Tablo 9.6: İşletme modlarına göre İstanbul-Barselona denizyolu emisyon miktarları .....	110
Tablo 9.7: İstanbul-Barselona denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	110
Tablo 9.8: İstanbul-Barselona karayolu toplam emisyon miktarları .....	110
Tablo 9.9: İşletme modlarına göre Mersin-Lazkiye denizyolu emisyon miktarları .....	112
Tablo 9.10: Mersin-Lazkiye denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	112

Tablo 9.11: Mersin-Lazkiye karayolu toplam emisyon miktarları .....	112
Tablo 9.12: İşletme modlarına göre İzmir-Venedik denizyolu emisyon miktarları .....	114
Tablo 9.13: İzmir-Venedik denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	114
Tablo 9.14: İşletme modlarına göre İzmir-Selanik denizyolu emisyon miktarları .....	114
Tablo 9.15: İzmir-Selanik denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	115
Tablo 9.16: Selanik-Venedik karayolu toplam emisyon miktarları .....	115
Tablo 9.17: İşletme modlarına göre İzmir-Samsun denizyolu emisyon miktarları .....	116
Tablo 9.18: İzmir-Samsun denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları .....	116
Tablo 9.19: İzmir-Samsun karayolu toplam emisyon miktarları .....	117

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Türkiye karayollarının mevcut durumu .....	20
Şekil 4.1: Denizyolu ile taşınan yük çeşitleri .....	39
Şekil 5.1: Konteynerler .....	44
Şekil 5.2: Dökme yük konteyneri .....	45
Şekil 5.3: İzole konteyner .....	46
Şekil 5.4: Sıvı konteynerleri .....	46
Şekil 7.1: Hava kirliliğinde süreçler .....	61
Şekil 7.2: Emisyonların hava kirliliğine etkileri .....	67
Şekil 7.3: Hava kirliliği sonuçları .....	68
Şekil 7.4: Dünyada kronik hastalıklarda ölüm sayıları .....	70
Şekil 7.5: Marpol Ek VI NO <sub>x</sub> emisyon limitleri .....	80
Şekil 7.6: Marpol Ek VI emisyon kontrol alanları .....	80
Şekil 7.7: Marpol Ek VI kükürt oksit limitleri .....	81
Şekil 7.8: Emülsife yakıt kullanımı oluşan mikro patlamaların oluşumu .....	86
Şekil 7.9: Emme havası içerisine suyun enjeksiyonu .....	87
Şekil 7.10: Emme manifoldunun nemlendirilmesi .....	87
Şekil 7.11: NO-yük ilişkisi .....	89
Şekil 7.12: Ortak hatlı yakıt enjeksiyon sistemi .....	90
Şekil 7.13: Açık döngü egzoz gazı temizleme sistemi .....	93
Şekil 7.14: Kapalı döngü egzoz gazı temizleme sistemi .....	94
Şekil 9.1: Mersin-Novorossisk gemi ve kamyon emisyonları .....	109
Şekil 9.2: İstanbul-Barselona gemi ve kamyon emisyonları .....	111
Şekil 9.3: Mersin-Lazkiye gemi ve kamyon emisyonları .....	113

Şekil 9.4: İzmir-Venedik gemi ve kamyon emisyonları .....	115
Şekil 9.5: İzmir-Samsun gemi ve kamyon emisyonları .....	117

## SİMGE LİSTESİ

<b>CFC</b>	: Kloroflorokarbon
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>CO</b>	: Karbon monoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>H<sub>2</sub>O</b>	: Su, su buharı
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub></b>	: Sülfüroz asit
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	: Sülfirik asit
<b>HC</b>	: Hidrokarbon
<b>HCFC</b>	: Hidrokloroflorokarbon
<b>HFC</b>	: Hidroflorokarbon
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Nitröz oksit
<b>NH<sub>3</sub></b>	: Amonyak
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azot oksit
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen
<b>O<sub>3</sub></b>	: Ozon
<b>PM</b>	: Partikül madde
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürt dioksit
<b>SO<sub>3</sub></b>	: Sülfite
<b>SO<sub>4</sub></b>	: Sülfate
<b>SO<sub>x</sub></b>	: Azot oksit
<b>VOC</b>	: Uçucu organik bileşikler



## KISALTMA LİSTESİ

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AETR</b>	: Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmalarına İlişkin Avrupa Anlaşması
<b>AIS</b>	: Automated Information System
<b>ARB</b>	: Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu
<b>CalEPA</b>	: Kaliforniya Çevre Koruma Ajansı
<b>CMR</b>	: Karayoluyla Uluslararası Eşya Taşıma Sözleşmesine İlişkin Anlaşma
<b>CNG</b>	: Sıkıştırılmış Doğal Gaz
<b>CSCMP</b>	: Lojistik Yönetimi Konseyi
<b>Dwt</b>	: Geminin yükleme, kaldırma, taşıma kapasitesi yada tuzlu suda yaz yükleme hattına kadar geminin 2240 librelilik ton olarak kaldırabileceği ağırlıkların tümü
<b>EEDI</b>	: Elde edilen enerji verimliliği indeksi
<b>EPA</b>	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
<b>FIATA</b>	: Uluslararası Taşıma Organizatörleri Dernekleri Federasyonu
<b>Gr</b>	: Gram
<b>Gt</b>	: Bir geminin ölçü güvertesi altı ve yaşam yerleri hacimleri toplamının metrik sistemde bulunması ve 2,83 m <sup>3</sup> bölünmesi sonucunda çıkan hacimsel birim
<b>HAM</b>	: Humid Air Motor
<b>ICAO</b>	: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
<b>IMO</b>	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
<b>IPCC</b>	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
<b>IRU</b>	: Uluslararası Karayolu Taşımacıları Birliği
<b>Km</b>	: Kilometre
<b>kPa</b>	: Kilo pascal
<b>kW</b>	: Kilo watt
<b>kWh</b>	: Kilo watt saat
<b>LNG</b>	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
<b>Lo-Lo</b>	: Gemi kreyini ile yükleme ve tahliye yapabilen gemi

<b>LPG</b>	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
<b>Marpol</b>	: Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi
<b>MEPC</b>	: Deniz Çevresini Koruma Komitesi
<b>NEPM</b>	: Avustralya Ulusal Çevre Koruma Önlemleri
<b>NPI</b>	: The National Pollutant Inventory
<b>ODS</b>	: Ozon inceltici gazlar
<b>OECD</b>	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
<b>Ro-Ro Gemi</b>	: Tekerlekli olan kendi hareket kabiliyetiyle girip çıkabilen araçları taşıyan gemi
<b>SCR</b>	: Selective Catalytic Reduction
<b>SECI</b>	: Güneydoğu Avrupa İşbirliği Girişimi
<b>SEEMP</b>	: Gemi enerji verimliliği yönetim planı
<b>Taşıt-km</b>	: Bir motorlu kara taşıtının bir kilometre mesafedeki hareketiyle elde edilen trafik ölçü birimi
<b>Teu</b>	: 20 feetlik, 34 metreküplük bir hacme sahip olan konteyner
<b>TL</b>	: Türk Lirası
<b>Ton-km</b>	: Bir ton yükün bir kilometre mesafeye taşınmasıyla elde edilen trafik ölçü birimi
<b>UBAK</b>	: Ulaştırma Bakanları Avrupa Konferansı
<b>UN</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>UNECE</b>	: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
<b>UNEP</b>	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
<b>UNFCCC</b>	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>WMO</b>	: Dünya Meteoroloji Örgütü
<b>Yolcu-km</b>	: Bir yolcunun bir kilometre mesafeye taşınmasıyla elde edilen trafik ölçü birimi
<b>µg</b>	: Mikrogram
<b>µm</b>	: Mikron

## GİRİŞ

Son yıllarda tüm dünyada hızlı bir teknolojik ve ekonomik gelişme yaşanmaktadır. Bunun sonucunda tanımı, önemli değişikliklere uğrayan geleneksel taşımacılık ve ulaşım anlayışı çağımızda lojistik kavramı içinde ele alınmaktadır. Bu gelişmeler, küreselleşme dediğimiz olguyu her geçen gün daha da ileriye götürmektedir.

Çağımızın sihirli kelimesi “küreselleşme” ile birlikte, ulaştırma kavramı da büyük önem kazanmış, bir ülkenin gelişmişlik göstergelerinden biri haline gelmiştir. Tüm dünyada üretim maliyetlerinin yakın değerler ifade ettiği de dikkate alınırca rakiplerinin bir adım önünde olmayı arzulayan işletmeler, lojistikte taşıma faaliyetlerine daha fazla önem vermeye başlamışlardır.

Ulaştırma, “bir yarar sağlamak üzere ekonomik, hızlı ve güvenli olarak kişi veya eşyanın yerlerinin değiştirilmesi” olarak tanımlanabilmektedir. Ulaştırma türü seçiminde birbiriyle yakından bağlantılı bazı faktörler önem kazanmaktadır. Bunlar; maliyet, hız, kalite, verimlilik ve esneklik, güvenlik, konfor, çevrenin korunması, kullanılan enerji miktarının minimum olması, ilk tesis ve bakım onarım kolaylığı gibi faktörlerdir.

Esnek ve aynı zamanda kullanıcıya çoklu alternatifler sunabilen etkin ve verimli bir ulaştırma ağı, hem işletmelerin müşterilerine daha iyi hizmet vermesini sağlayacak, hem de bu sayede ülke ekonomisinin canlanmasına katkıda bulunacaktır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve önemli büyüklükte bir yüzölçümüne sahip olan ülkemizde, ulaştırma sektörü hak ettiği yerde değildir. Limanların ve demiryollarının verimli bir şekilde kullanılamaması, karayollarına kapasitesinin üzerinde yüklenilmesi, yüzölçümü büyüklüğünü bir dezavantaj haline getirmektedir.

Ulaştırma sistemlerinin birbirlerine karşı avantajlarının birbirlerini bütünleyecek şekilde değerlendirilmesi ile oluşturulan “kombine taşımacılık”, önemli bir seçenek olarak düşünülmektedir. Ulaştırma faaliyetinin yerine getirilmesinde farklı ulaştırma sistemlerinden yararlanılabilmektedir. Bu sistemler, karayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı, nehir yolu taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığıdır.

Literatürde taşımacılıkla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, Turan vd. İstanbul-Denizli arasındaki en uygun maliyetli taşıma türünü araştırmış ve mevcut koşullar çerçevesinde, en ekonomik taşımanın kombine taşımacılık (denizyolu-karayolu) olduğunu belirlemişlerdir (Turan vd., 2011).

Turan vd.'nin yaptığı bir diğer çalışmada ise, Gaziantep-İstanbul güzergahındaki 3000 tonluk yük taşımacılığı için birtakım taşımacılık çeşitlerini kıyaslayarak ekonomik yönden uygun olanı araştırmışlardır. En verimli taşımacılık modelinin denizyolu ve karayolundan oluşan kombine taşımacılık modelinin olduğunu hesaplamışlardır (Turan vd., 2012).

Janic, intermodal ve karayolu taşımacılık çeşitlerindeki maliyetleri hesaplamak için bir model geliştirmiştir. Kombine taşımacılıktaki maliyetlerin, karayolu taşımacılığı karşısında artan mesafe ile hızlı şekilde azaldığı sonucuna ulaşmıştır (Janic, 2007).

Lozano ve Storchi, çok modlu taşımacılık ağında başlangıç noktasından bitiş noktasına olan en kısa mesafeyi bulmak için bir tekniği değerlendirmişlerdir. Güzergâh seçiminin, karar vericinin maliyet ve tür değişim sayılarını gözönünde bulundurarak alacağı karara bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır (Lozano ve Storchi, 2001).

Bookbinder ve Fox, Kanada'dan Meksika'ya çalışacak kombine konteyner taşımacılığı optimal rotalarını araştırmışlardır. Kanada'da 5 nokta, Meksika'da ise 3 hedef nokta belirlenmiştir. Her bağlantının transit zamanları ve taşıma maliyetleri endüstri kaynaklarından elde edilmiştir (Bookbinder ve Fox, 1998).

Liao vd., Tayvan'da tekli karayolu ve denizyolu-karayolu kombine taşımacılık çeşitlerini karşılaştırmışlardır. Deniz yakıtlarındaki verimlilik nedeniyle, karayolu taşımacılığının kombine taşımacılık ile değiştirilmesinin CO<sub>2</sub> emisyonlarını önemli ölçüde indirdiğini gözlemlemişlerdir (Liao vd., 2009).

Frémont ve Franc, Le Havre limanı ve Paris bölgesindeki kombine denizyolu-karayolu taşımacılığını, tekli karayolu taşımacılığıyla karşılaştırmışlardır. Seçilen bölgede ve uzun mesafelerde kombine taşımacılığın daha uygun olduğunu hesaplamışlardır (Frémont ve Franc, 2010).

Gürsoy, taşıma çeşitleri arasında en iyi olası taşıma alternatifinin seçilmesi problemi ile ilgilenmektedir. Çalışmada tekstil sektörü incelenerek veri toplanmasında anket yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen model demiryolu-karayolu-denizyolu kombinasyonu için uygulanmıştır. Sonuç olarak; sunulan örnek problemde en büyük olasılıkla tercih edilen seçeneğin “karayolu+denizyolu+karayolu” olduğu görülmüştür (Gürsoy, 2005).

Bunun yanı sıra, kent merkezlerinde yaşanan hava kirliliği problemlerinin temel kaynağının, sanayi tesislerinde enerji elde edilmesi ve konutlarda ısınma amacıyla tüketilen fosil yakıtların yakılması ile oluşan kirleticilerin olduğu düşünülmektedir. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalara göre, bazı kirletici türleri için, en az bu sektörler kadar, ulaşım ve taşımacılık sektörünün de hava kalitesine çok fazla olumsuz etkisi olduğu anlaşılmıştır.

Küresel taşımacılıktan salınan değişik tipteki emisyonlar, iki ana gruba ayrılabilir; hava emisyonları, kara ve su emisyonları. Hava emisyonları genel olarak; karbondioksit ( $CO_2$ ), su buharı ( $H_2O$ ), azot oksitler ( $NO_x$ ), kükürt oksitler ( $SO_x$ ), karbonmonoksit ( $CO$ ), uçucu organik bileşenler ( $VOC$ ), hidrokarbonlar ( $HC$ ), ve parçacık maddeler ( $PM$ )’i kapsayan egzoz gazı emisyonlarıdır.

Yakıt kalitesi ve harcamı bize ağır metaller ve diğer yakıt bileşenleri ışığında  $NO_x$ ,  $SO_x$  emisyonları hakkında bilgi sağlamaktadır.  $CO_2$  gibi hava kirleticileri, günümüzde çevreyi her geçen gün etkilemektedir. Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC), Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)’nün politikalarından biri olan uluslararası gemi taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasıyla ilgili kuralların tanımlanması ve geliştirilmesinden sorumludur. MEPC’in 60. Toplantısında gemilerden kaynaklanan karbon emisyonlarının arktik iklim üzerindeki etkileri tartışıldı ve bu emisyonları azaltmanın yöntemleri değerlendirildi. Daha iyi hidrodinamik yapılar daha verimli tekne dizaynları sunmaktadır. Böylelikle yakıt harcamı gözle görülür şekilde azaltılır. Ayrıca gemi inşa aşamasında çevre dostu ürünler ve ekipmanlar kullanılmalıdır. Bunun yanı sıra petrol kirliliği riski; daha güçlü ve hasara toleranslı gemiler inşa edilerek azaltılabilir. Özellikle kimyasal ve petrol tankerlerinin taşıdığı yük gereği, ekstra özen gösterilmesi gereklidir. Bunlara ek olarak, atık materyaller değerlendirilmeli ve bu esnada çevreye zarar verilmemelidir (Safa ve Çelebi, 2011).

Bilim adamları, küresel ısınmanın oluşturduğu tehditlere, uluslararası düzeyde dikkat çekerler. 1960'lar ve 1970'lerde atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun artmasına dair kanıtlardan sonra öncülüğünü iklim bilimcilerin yaptığı bilim adamları harekete geçilmesi için baskı yaparlar. Buna rağmen uluslararası toplumun tepki vermesi yıllar alır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 1988 yılında Birleşmiş Milletler (UN)'in iki örgütü; Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulmuştur. Bu grup, 400 bilim adamının görüşlerini içeren ilk değerlendirme raporunu, 1990 yılında yayınladı. Rapor, küresel ısınmanın önemini ve acilen tedbirler alınması gerektiğini ifade ediyordu. 1997'de, Japonya'da imzalanan Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) içinde imzalanmıştır. Kyoto Protokolünün ana hedefi, bağlı olan 40 endüstri ülkesi ve Avrupa Birliği'nde sera gazı emisyonlarını azaltmak için bağlayıcı hedefler koymaktır. Kyoto protokolü uluslararası havacılık ve denizcilikten kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için hükümler içerir ve bu sektörlerin küresel hareketliliğinden dolayı, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ile birlikte çalışır. IMO tarafından uluslararası denizcilikten kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için zorunlu tedbirler kabul edilerek, Marpol Ek 6'ya Bölüm 4 "Gemilerin Enerji Verimliliğine İlişkin Kurallar" eklendi. Tüm gemilerden, gemi enerji verimliliği yönetim planı (SEEMP), yeni gemilerden ise elde edilen enerji verimliliği indeksi (EEDI) istendi. EEDI, verimliliğe ilişkin bir standarttır ve EEDI aracılığıyla belirli bir gemi için tanımlanmış olan enerji verimliliği istenmektedir. Örneğin aynı taşıma işi için emisyon seviyeleri azaltılırsa enerji verimliliği artar. SEEMP'in amacı ise, bir şirketin veya bir geminin, gemi operasyonları enerji verimliliğini geliştirmeye yönelik, süreç ve işleyişi oluşturmaktır (Maza vd., 2014).

Daha düşük emisyon değerlerine sahip yakıtlarla çalışan çevre dostu makine tipleri geliştirilmeli, eski model gemi makinelerine alternatif çözümler bulunmalıdır. Teknolojik gelişmelerle birlikte alternatif enerji sistemleri ve yenilenebilir enerji tiplerinin deniz taşıtlarında kullanılması çok önemlidir (Safa ve Çelebi, 2011).

Literatürde gemilerden kaynaklanan egzoz gazı emisyonları ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, Kesgin v.d. Çanakkale ve İstanbul Boğazı'ndan geçen transit gemilerdeki ve İstanbul Boğazı'nda yolcu taşımacılığı yapan yolcu gemilerindeki yakıt

tüketimini ve NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, VOC, PM egzoz gazı emisyonlarını araştırmıştır. Yolcu taşımacılığında kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonlarını 2720 ton, transit gemilerden kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonlarını ise 4357 ton hesaplamışlardır. Transit gemiler nedeniyle yayılan emisyon miktarının, İstanbul Boğazı'ndaki toplam emisyonun %51'ini oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Türk Boğazlarından geçen transit gemilerin sayısının yıllık yaklaşık %5 oranında artması sebebiyle, transit gemilerden yayılan emisyon gazlarının da aynı oranda arttığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada bir diğer unsur ise, Rus petrolünün tanker gemileriyle Türk Boğazlarından geçmesi sebebiyle, transit gemilerin yaklaşık olarak %10 oranında daha fazla emisyon saldıgını tespit etmişlerdir (Kesgin ve Vardar, 2001).

Deniz ve Durmuşoğlu, Marmara denizi ve Türkiye Boğazlarındaki egzoz gazı emisyonlarını araştırdılar. Bölgedeki gemi emisyonlarının, Türkiye'deki toplam emisyonlar içerisinde 11% NO<sub>x</sub>, 0,1% CO, 0,12% PM'e karşılık geldiğini hesaplamışlardır. Aynı çalışmada, toplam emisyonları CO<sub>2</sub> için yıllık 5.451.224 ton, NO<sub>x</sub> için yıllık 111.039 ton, SO<sub>2</sub> için 87.168 ton, CO için yıllık 20.281 ton, PM için yıllık 4762 ton olarak hesaplamışlardır. Türk Boğazları'ndan geçen transit ve transit olmayan gemilerden yayılan yıllık emisyonları; CO<sub>2</sub> için 938.118 ton, NO<sub>x</sub> için 19.208 ton, SO<sub>2</sub> için 15.831 ton, CO için 2.195 ton, PM için 841 ton olarak hesaplamışlardır. Marmara Denizi limanlarına uğramadan transit geçiş yapan gemilerden yayılan yıllık emisyon miktarlarını ise; CO<sub>2</sub> için 1.557.170 ton, NO<sub>x</sub> için 33.188 ton, SO<sub>2</sub> için 26.277 ton, CO için 3.643 ton, PM için 1.473 ton olarak hesap etmişlerdir. Marmara Denizi bölgesinde transit gemilerden yayılan emisyon miktarının, aynı bölgede gemilerden yayılan toplam emisyon miktarının yaklaşık %30'una karşılık geldiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları açısından Marmara Denizi bölgesindeki gemi kaynaklı emisyonların miktarının, küresel kaynaklı toplam gemi emisyonları miktarının %1'ini oluşturduğunu tespit etmişlerdir (Deniz ve Durmuşoğlu, 2008).

Kılıç, gemilerin anlık pozisyon bilgilerini içeren AIS (Automated Information System) veritabanı bilgilerini kullanarak Marmara Denizi ve Türk Boğazları'nı da kapsayan bölgede ticari gemilerden kaynaklanan NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC ve PM emisyonlarını hesaplamıştır. Çalışmaya dahil olan 10.058 adet farklı gemiden yayılan yıllık emisyon miktarlarını; NO<sub>x</sub> için

605.206 ton, SO<sub>2</sub> için 494.681 ton, CO<sub>2</sub> için 29,93 milyon ton, HC için 25.611 ton, PM için 53.290 ton olarak hesap etmiştir (Kılıç, 2009).

Deniz ve Kılıç, Marmara Denizi'nin ana limanlarından biri olan Ambarlı limanında egzoz gazı emisyonlarını araştırdılar. Ambarlı limanında gemi kaynaklı egzoz gazı yıllık emisyonlarını NO<sub>x</sub> için 845 ton, SO<sub>2</sub> için 242 ton, CO için 2127 ton, CO<sub>2</sub> için 78590 ton, VOC için 504 ton, PM için 36 ton olarak hesap etmişlerdir. Bu emisyonların Marmara Denizi'nde bulunan limanlar toplamı içinde kapsadığı oranlarını ise; %28,3 NO<sub>x</sub>, %22,1 SO<sub>2</sub>, %25,9 CO, %22,4 CO<sub>2</sub>, %27 VOC, %19,7 PM olarak tespit etmişlerdir. Ambarlı limanındaki gemi kaynaklı egzoz emisyonlarını belli başlı limanlarla karşılaştırdıkları bu çalışmada, NO<sub>x</sub> ve PM emisyonlarının Kopenhag ve Aberdeen limanlarından fazla olduğunu, CO emisyonlarının ise karşılaştırılan limanlar olan Los Angeles, Port Arthur, Maine, Kopenhag ve Aberdeen limanlarından fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ambarlı limanı Türkiye'nin en büyük konteyner limanlarından biri olması sebebiyle, limandan İstanbul içine konteyner taşımacılığı yapan kamyonlardan yayılan yıllık egzoz emisyonlarını SO<sub>2</sub> için 16,67 ton, NO<sub>x</sub> için 287,42 ton, CO için 13,90 ton, VOC için 2,41 ton, PM için 2,30 ton olarak hesap etmişlerdir. Kamyon kaynaklı emisyonların Aberdeen limanından fazla olduğunu, Los Angeles limanından ise az olduğunu tespit etmişlerdir (Deniz ve Kılıç, 2009).

Kılıç ve Deniz 2005 yılında ise, 11.645 adet geminin dahil olduğu İzmit Körfezi bölgesinde NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC ve PM emisyon miktarlarını araştırdılar. Bu çalışmada emisyonlar, gemilerin işletim operasyonlarına ve tiplerine göre sınıflandırıldı. Gemi aktivitesi bazlı ölçüm metoduyla İzmit Körfezi için ilk defa hesaplanan yıllık emisyon miktarları NO<sub>x</sub> için 5356 ton, SO<sub>2</sub> için 4305 ton, CO<sub>2</sub> için 254.261 ton, HC için 232 ton, PM için 487 ton olarak tespit etmişlerdir. Gemi kaynaklı emisyonun önemli kısmı gemilerin seyir modunda hesaplanmıştır. Seyir modunda emisyon miktarının fazla çıkmasının başlıca sebebini, körfeze giriş noktasının limanlara olan uzaklığının fazla olması olarak belirtmişlerdir (Kılıç ve Deniz, 2009).

Tzannatos, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM emisyonlarını 2008-2009 yılları arasında 12 ayı aşkın süre boyunca hesapladı. Gemi emisyonlarının, yolcu limanı Pire'de yıllık 2600 tona ulaştığını tespit etmiştir (Tzannatos, 2010).



Anderson v.d., CO<sub>2</sub> emisyonlarının oluşumunda, Çin'deki ihracat ürünlerinin taşımacılığının rolü üzerinde çalıştı. İthalat ve ihracat taşımacılığıyla alakalı toplam emisyonun, 300 Mt CO<sub>2</sub> sınırına ulaştığını hesapladı ve taşımacılık bağlantılı emisyonların yüksek olmasının nedenini, Çin'deki düşük verimli yakıt üretiminden kaynaklandığını tespit etti (Anderson, Gossling, Simonsen, Walnum, Peeters, Neiberger, 2010).

Deniz taşımacılığı, küresel taşımacılığın 70% civarını karşılarken, küresel taşımacılık içerisinde 15% CO<sub>2</sub> emisyonu yayar. Deniz taşımacılığında salınan ton-km başına CO<sub>2</sub> kütlesi, yaklaşık olarak kara taşımacılığının saldığı CO<sub>2</sub> kütlesinin 30%'udur. Deniz taşımacılığı bu yüzden sera gazı emisyonlarının azaltılması için etkili bir seçenektir. Sera gazı azaltım önlemleri ve hava kalitesi iyileştirme önlemleri arasında karşılıklı etkileşim vardır. Örneğin NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmak, yakıt harcamasını artırabilir ve bu yüzden CO<sub>2</sub> emisyonları artar (Goldsworthy, 2010).

Türkiye kara suları ve topraklarının atmosfer yüzeyinde salınan emisyonları minimuma indirmek için yapılan taşımacılığın, denizyolu ve karayolu taşımacılığı arasında optimize edilmesi gerekmektedir.

Bu optimizasyon sonucunda taşınan yükün belirli hatlarda karayolu, belirli hatlarda denizyolu, belirli hatlarda ise kombine taşımacılık ile yapılması gerekmektedir. Bunun sonucunda atmosfere salınan egzoz gazı emisyonları minimuma inmiş olacaktır.

Bu tez çalışmasında kara, deniz ve kombine konteyner taşımacılığı, 5 farklı rota seçilerek çevreye yayılan egzoz gazı emisyonları (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM) açısından değerlendirilmiştir. Belirlenen bu rotalarda aynı miktardaki yükün konteyner gemisi, kamyon (tır) veya kombine bir şekilde yani belirli mesafelerde konteyner gemisi, belirli mesafelerde kamyon kullanılarak taşınması sonucunda oluşacak emisyon değerleri hesaplanıp, birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

## II. TAŞIMA KAVRAMI

Taşıma, basit anlamıyla bir varlığın bir yerden bir yere nakledilmesidir. Daha geniş anlamda ise müşteri ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, üretilen malların hedeflere istenilen zamanda ulaştırılmasıdır.

Taşıma sistemi içerisinde yer alan karayolları, demiryolları ile kıtalar arası hava ve deniz koridorları somut ve görünür ulaştırma ağlarını ifade etmektedir. İki nokta arasında alternatif yollar ise, rota/güzergah olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıma sisteminde bir ulaşım ağı içinde birçok yol ve rotanın kesiştiği noktalar ve merkezler bulunmaktadır. Taşıma terminalleri olarak adlandırılan bu merkezlerde, taşımacılık hizmetleri (yükleme, indirme-boşaltma, elleçleme, depolama vb. ) ve aktarma işlemleri yapılmaktadır.

Taşıma sistemleri; ulaştırma ağları (karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu, nehir yolu ve boru hattı) uluslararası ve yerel düzenlemeler, lojistik hizmeti sağlayanlar ve bu hizmetlerden yararlananlar ile, bilgi ve iletişim teknolojileri ile çevrelenmektedir (Aktaş, 2004).

Bu sistemler taşıma operatörleri, iç ve dış müşteriler, ekonomik ve sosyal faktörler ile devletin ortaya koyduğu yasal çerçeve ile sürekli iletişim halindedir. Bir başka deyişle taşımacılık sektöründe arz ve talebin etkileşiminde;

- Ulusal ve uluslararası ekonomi,
- Taşıma lojistik ihtiyaçları,
- Lojistik hizmeti üreten ve alan işletme sayısı,
- Terminaller, gümrükler, sınırlar ve ara geçiş noktaları,
- Araç-gereç ve teknolojik seviye,
- Güzergahlar ve/veya alternatif yollar önemli rol oynamaktadır.

Ayrıca gelişmiş ülkelerde, geleneksel yatırım ağırlıklı ulaşım politikaları yerini yolculuk talebinin yönlendirilmesine dönük yaklaşımlara bırakmıştır. Bu yaklaşımlar, kent içi

yolculuklarda özel araç kullanımının sınırlandırılarak, toplu taşıma ve ara-toplu taşıma sistemlerinin desteklenmesine, bisiklet ve yaya yolculuklarının özendirilmesine ağırlık vermektedir (Ulaştırma ve Turizm Paneli, 2003).

## **2.1 Taşımacılık Şekilleri**

Ulaştırma, “bir yarar sağlamak üzere ekonomik, hızlı ve güvenli olarak kişi veya eşyanın yerlerinin değiştirilmesi” olarak tanımlanabilmektedir. Ulaştırma türü seçiminde birbiriyle yakından bağlantılı bazı faktörler önem kazanmaktadır. Bunlar; maliyet, hız, kalite, verimlilik ve esneklik, güvenlik, konfor, çevrenin korunması, kullanılan enerji miktarının minimum olması, ilk tesis ve bakım onarım kolaylığı gibi faktörlerdir.

Yolcu ve yük taşımacılığında, ekonomi, hız, güvenlik ve konfor her ulaşım türünde aranması gereken özelliklerdir. Bunların yanı sıra çevreyi en az kirletmesi, ülkede mevcut enerji kaynaklarını kullanması ve bu sırada yolcu-km veya ton-km başına tükettiği enerjinin minimum olması, ilk tesis ve bakım/onarım kolaylığı, ulaştırma türlerinin tercihinde göz önünde tutulması gereken diğer temel unsurlardır (Ulaştırma ve Turizm Paneli, 2003).

Ulaştırma sistemlerinin birbirlerine karşı avantajlarının birbirlerini bütünleyecek şekilde değerlendirilmesi ile oluşturulan “kombine taşımacılık”, önemli bir seçenek olarak düşünülmektedir. Ulaştırma faaliyetinin yerine getirilmesinde farklı ulaştırma sistemlerinden yararlanılabilmektedir. Bu sistemler, karayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı, nehir yolu taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığıdır.

### **2.1.1 Karayolu taşımacılığı**

Karayolu taşımacılığının en önemli özelliği esnekliğe sahip olmasıdır. Dünya yol istatistikleri göz önüne alındığında, diğer taşıma sistemleri çok gelişmiş olan ülkeler de dâhil olmak üzere birçok yerde yük ve yolcu taşımacılığında karayoluna olan talebin sürekli artan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Karayolu taşımacılığı, üretim yerinden tüketim yerine aktarmasız ve hızlı taşıma yapılmasına uygunluğu nedeniyle, diğer taşıma türlerine göre daha fazla tercih edilen bir ulaştırma sistemi durumundadır. Ekonomik kalkınmada ve toplumsal refahın gelişmesinde büyük önemi olan karayolu taşımacılığı, kendi bünyesi içinde başlı

başına ekonomik bir faaliyet olduğu gibi, diğer bütün sektörlerle yakın ilişkisi olduğu için bu sektörleri olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilen bir hizmet türü konumundadır.

Karayolu taşımacılık sektöründe, arz ve talebin etkileşiminde destek hizmetler, taşımaya olan talep, güzergâh ve alternatif yollar, terminaller, gümrükler, sınırlar, ara geçiş noktaları, araçlar, işletmelerin sayısı, kurallar ve düzenlemeler etkin rol oynamaktadır. Buna göre taşıma sistemleri özellikle teknoloji, iletişim, ekonomi gibi dışsal faktörlerden yoğun olarak etkilenmektedir.

Karayolu yük taşımacılığı, ücret karşılığında yükün bir yerden diğer bir yere taşınmasını karayolu ile sağlayan ve taşımacı ile gönderici arasında bir sözleşme yapılmasını gerektiren bir taşıma şekli olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre karayolu taşımacılığının unsurları, taşınacak yükün olması, yük taşıma isinin ücret karşılığı üstlenilmesi ve taşıma türü olarak karayolunun belirlenmesidir (Çancı ve Erdal, 2003).

### **2.1.2 Denizyolu taşımacılığı**

Tarihsel süreç içerisinde, limandan limana deniz taşımacılığı, günümüzde lojistiğin olmazsa olmaz parçalarından biri durumuna gelmiştir. Dünya ticaretinin büyümesine paralel olarak denizyolu ürün taşımacılığı da hızla gelişmekte, her geçen gün yeni boyutlar kazanmaktadır.

Denizyolu ile taşımacılığın temel eğilimleri, taşıma araç ve kapasitelerinin artması, terminal ve liman işletme anlayışının değişmesi, lojistik hizmetlerdeki çeşitlilik ve profesyonelliğin yaygınlaşması, iletişim teknolojilerinin kullanımı ve diğer taşımacılık türleriyle bütünleşmesi gelmektedir (Çancı ve Erdal, 2003).

Denizyolu taşımacılığı, dünya taşımacılık sistemi içerisinde en büyük taşıma payına sahip olan (yaklaşık olarak %90) taşımacılık sistemidir (Acar, 2004).

### **2.1.3 Havayolu taşımacılığı**

Havayolu taşımacılığı, kısa sürede çok hızlı teknolojik ve yapısal değişiklikler gösteren bir sektördür. Bir yandan yüksek kapasiteli, yakıt tasarrufu sağlayan, düşük gürültü

ve sürüm seviyelerine sahip uçakların geliştirilmesinin; havayolu şirketlerinin faaliyetleri, yönetimi, hizmet kalitesi ve kapsamı üzerinde büyük ölçüde etkisi olurken diğer yandan liberalleşme, özelleştirme, sektörün daha ticari bir yapıya dönüştürülmesi ve işbirliklerinin oluşması sektörün yapısını değiştirmiş ve sektörü tüketicilerin hâkim olduğu bir pazara dönüştürmüştür (Erkayman,2007).

#### **2.1.4 Demiryolu taşımacılığı**

Tüm dünyada, karayolunun yoğun olarak mevcut taşımacılık sistemi olmasının neden olduğu kirlenme, trafik kazaları ve trafik tıkanıklığı; ekonomik ve sosyal hayatın daha iyi şartlarda yaşanmasına engel olmaktadır. Avrupa ve Asya'nın birçok ülkesinde bu durumu değiştirmek için demiryollarına özel önem verilmiştir. İlk olarak 1960'lı yıllarda Japonya'da kullanılmaya başlanan ileri teknoloji ürünü yüksek hız trenleri 1980'lerden itibaren tüm Avrupa'da yaygınlaşmıştır. Ülkemizde belli bölgelerde hizmet vermeye başlayan yüksek hız trenlerinin, hizmet verdiği ülkelerde 200–600 kilometre arasındaki mesafelerde demiryolu ile ulaşım havayolu ulaşımına tercih edilmektedir.

Dünyada demiryoluna olan talebin artmasında, hatların üretim ve tüketim merkezleri ile birlikte kombine taşımacılık operasyonlarına elverişli hale gelmesi temel rol oynamaktadır. Uluslararası yasal düzenlemelerdeki basitleştirme ve uyum çalışmaları ile çevre güvenliğine yönelik ortak mutabakatlar, bu alana olan talebi artırmaktadır (Şerbetçi, 1998).

#### **2.1.5 Nehir yolu (İç su yolu) taşımacılığı**

Nehir yolu taşımacılığı, bir su yolu taşımacılığı türü olup, “iç su yolu” taşımacılığı olarak da adlandırılmaktadır. Diğer taşımacılık türlerinden en önemli farkı, taşımacılığın nehrin geçtiği bölgelerde sınırlı kalmasıdır. Özel taşıma araçlarına ihtiyaç duyulmakta olup, araç kapasiteleri genellikle suyun derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Avrupa'da yaygın olarak kullanılan bu taşıma türünde, nehirlerin uzun olması ve bir çok ülkeden geçmesi bu bölgede ticareti canlandırıcı bir etki yaratmaktadır (Çancı ve Erdal, 2003).

### **2.1.6 Boru hattı taşımacılığı**

Bu taşıma şekli, petrol, doğal gaz ve su gibi ürünlerin taşınması için kullanılır. Gerek kara, gerekse deniz taşımacılığına göre yatırım maliyeti daha yüksek olan boru hattı taşımacılığı, diğer taşıma şekillerinden daha süratli, daha ekonomik ve daha emniyetli olup, yapılan yatırımları da kısa sürede karşılamaktadır. 19. yüzyıl sonlarında küçük çaplı ve kısa mesafeli hatlar ile başlayan petrol ve doğal gaz taşımacılığı, artan tüketime, talebe ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, günümüzde daha yüksek basınçlarda, daha büyük çaplı borularla ve daha uzun mesafelerde yapılmaktadır (Ulaştırma ve Turizm Paneli, 2003).

### **2.2 Taşıma Türü Seçim Kriterleri**

Taşıma türünün belirlenmesi sırasında maliyet, hız, güvenilirlik, izlenebilirlik, emniyet ve esneklik, çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulmaktadır. Ulusal/uluslararası sevkiyat masrafları, araç-gereç maliyetleri, taşıma mesafesi, yol ve bakım giderleri, eşya bağlantılı faktörler (yoğunluk, istifleme, kullanım kolaylığı ya da zorluğu), pazar bağlantılı faktörler (rekabet derecesi, hizmet üreten ve hizmet alan firma sayısı, arz-talep dengesi, yerli ya da uluslararası taşımacılık, ülke düzenlemeleri), depo ve antrepo işletme giderleri, gümrük ve liman masrafları, ambalajlama ve paketleme giderleri, iletişim maliyeti, sipariş yönetimi, faturalandırma, bilişim sistemleri giderleri, malzeme elleçleme giderleri, yönetim giderleri gibi taşıma maliyetleri sektörüne göre değişmekle birlikte şiddetli uluslararası rekabet koşullarında ürünün pazardaki fiyatının içinde önemli bir oran oluşturabilmektedir. Bu oranın tespitinde, ürünle ilgili olarak arz ve talep dengesi, ağırlık değer ve miktarı, taşınabilirlik, önem derecesi, bulunabilirlik gibi faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirmeler yapılmaktadır (Aktaş, 2004).

Hız; belli bir malın taşınacağı mesafeye göre ne kadar zamanda taşınacağını belirtir, ayrıca gümrüklerde, ara sevkiyat noktalarında ve terminallerdeki bekleme süresi de hızı etkiler. Araçların kullandığı teknoloji, bakım ve arıza durumları da sevkiyat süresini etkileyen parametrelerdir.

Güvenilirlik taşımacılıkta en önemli karar verme ölçütlerinden biridir. Güvenilirlikte yaşanabilecek herhangi bir aksaklık firmanın pazarda önemli bir prestij ve kazanç kaybına

sebepe olabilmektedir. Teslimatların önceden taahhüt edildiği gibi zamanında yapılması, oluşabilecek gecikmelerin maliyete etkisi, meydana gelebilecek hasar maliyetinin genel maliyete oranı ve olası prestij kaybı göz önünde bulundurulur.

Ulaştırma türlerinden her birinin, kendine göre bir tehlikesi vardır. Bu tehlikelerin nedenleri, insan faktörüne bağlı olduğu gibi insan kontrolünün dışında (teknik teçhizat, yol durumu ve benzeri) da gelişebilir. Ayrıca taşınacak malın araca yerleştirme durumu, taşıma türüne uygun olup olmadığı da olası sebepler arasında gösterilebilir.

Günümüz modern taşımacılık alanında müşteriye daha etkin ve güvenilir hizmet verilebilmesi için izlenebilirlik önemli bir kriterdir. Müşterinin gönderdiği veya alacağı yükün ne zaman nerede olduğunu bilmesi ve işlerini ona göre takip etmesi ona çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Bu konuya ilişkin teknoloji her geçen gün insan hayatını biraz daha kolaylaştırmaktadır. İnternet teknolojileri, mobil hizmetler, araç takip hizmetleri, barkot gibi teknolojiler örnek verilebilir. Ulaştırma şekillerini seçerken taşıma türleri arasında geçiş kolaylığı olan, coğrafi koşullara göre ayarlanabilen türler seçilmelidir. Herhangi bir değişikliğe hazır olmalı, mümkün olduğu kadar az problem çıkarmalıdır.

Dünya nüfusundaki artışa ek olarak, gelişmekte olan ülkelerde yaşam standardındaki artış yakın dönemde dünya toplam enerji üretiminde de önemli artışa neden olmuştur.

Son 50 yıllık dönem içerisinde birincil enerji üretimi yaklaşık dört kat artarken, sıvı yakıtların üretiminde de 5.4 kat artış gerçekleşmiştir. Bu süreç içerisinde gelişmekte olan ülkeler, nüfuslarının yüksek olmasına karşın toplam enerji tüketimi içerisinde düşük pay almışlardır. Diğer taraftan enerji tüketimlerinin bir bölümünü hidrolik ve nükleer enerji kaynaklarından karşılamakta olan gelişmiş ülkeler, buna rağmen toplam enerji tüketiminde %80 mertebesindeki payları nedeniyle çevre kirliliğine katkıları açısından önemli pay almışlardır. Türkiye'de ise toplam enerji tüketimi 1990 yılından 2003 yılına kadarki dönemde %58 oranında artmış bulunmaktadır. Bütün bunlar da çevreye verilen zararı gün geçtikçe artırmaktadır (Sосуbay, 2002).

Yapılan çalışmalar birçok ülkede yük taşımacılığının baskın olduğunu, alınan önlemlere rağmen yük taşımacılığı enerji tüketiminin ve emisyonlarının artmakta olduğunu göstermektedir. (Kamakate ve Schipper, 2009).

Bütün bunlardan yola çıkarak, tezin yazılma amacı ile, kara taşımacılığı, deniz taşımacılığı ve kombine taşımacılığı seçip, bu konular hakkında daha detaylı bilgi vererek; emisyon değerleri açısından karşılaştırdık.



### III. KARAYOLU TAŞIMACILIK SİSTEMİ

#### 3.1 Karayolu Taşımacılığının Yapısı

Kara yolu eşya taşımacılığı, ücret karşılığında, eşyanın bir yerden diğer bir yere taşınmasını kara yolu ile sağlayan ve taşımacı ile gönderici arasında bir sözleşme yapılmasını gerektiren bir taşıma şekli olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre kara yolu taşımacılığının dört temel boyutu vardır;

- Taşınacak eşyanın var olması,
- Eşya taşıma işinin üstlenilmesi,
- Ücret karşılığı olması,
- Taşıma türü olarak kara yolunun belirlenmesidir.

Karayolu yük taşımacılığı, Türkiye’de en çok tercih edilen ulaştırma türüdür (Bayraktutan ve Özbilgin, 2013).

Türkiye’de demiryolu ve liman altyapısındaki yetersizlikler, karayolu taşımacılığının büyümesine ve en çok tercih edilen ulaştırma türü olmasına yol açmıştır (Ülgen vd., 2007).

Karayolu taşımacılığının öne çıkan özelliği, malın hedef-kaynak arasında yani kapıdan kapıya aktarmasız ve hızlı bir şekilde teslimatıdır. Karayolu taşımacılığında tipik olarak daha çok giyim, gıda, kitap, bilgisayar gibi ürünler taşınmaktadır (Çevik ve Gülcan, 2011).

Yükün gideceği yere aktarmasız taşınabilmesi ve yükün cinsine göre uygun özellikte bir taşıma aracı bulmanın oldukça kolay olması, karayoluna olan talebi arttırmaktadır. Ayrıca otoyolların hızla artması karayolu taşımacılığında hızı ve güveni daha da arttırmaktadır (Enver, 2012).

Günümüzde, gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi gelişmiş ülkelerde de karayolu taşımacılığı ulusal ve uluslararası taşımalarda en çok tercih edilen taşıma türüdür. Ancak dünyada, 2030 yılına kadar karayolu yük trafiğinin %30’unun, 2050’ye kadar da %50’den

fazlasının, demiryolu ve denizyolu gibi diğer ulaştırma türlerine kaydırılması hedeflenmektedir (Fortune, 2013).

### **3.2 Karayolu Taşımacılığının Dünyadaki Gelişimi**

1930 yıllarında ortaya çıkan küresel ekonomik bunalım ve İkinci Dünya Savaşı sonrası ortaya çıkan ekonomik olumsuzlukları aşan ve güçlenen ülkeler, ekonomik yönden güçsüz ve az gelişmiş ülkelerin ekonomileri üzerindeki etki ve denetimlerini artırmışlardır. “Öncelik tarım” telkinleri ile gelişmiş ülkeler, güçsüz ekonomiye sahip ülkeleri bu yönde üretim yapmaya yönlendirmişlerdir.

Bunun sonucunda sanayiden uzaklaşan, tarıma dayalı bir ekonomik yapı oluşturan ülkeler, sanayileşme yolunda gelişme gösteren ülkelerin dış pazarı hâline gelmiştir.

Gelişmiş ülkelerin ekonomilerine çok yönlü faydalar sağlayacak olan bu durumun gerçekleşmesi ve gelişmesi için, her yerleşim alanına ulaşabilecek ve taşımayı gerçekleştirecek en önemli ulaşım sistemi kara yoluydu. Kara yolu ağının kurulması ve geliştirilmesi için “Öncelik kara yoluna” düşüncesini hâkim kılmıştır.

### **3.3 Karayolu Taşımacılığının Ülkemizdeki Gelişimi**

Türkiye'nin Osmanlı döneminden devraldığı karayolu ağının toplam uzunluğu 18.365 kilometredir. Ancak, bunu bugünkü karayolu standartları ile karşılaştırmak mümkün değildir. Zira, bunun tamamına yakını tekerlek dönsün fikrinden hareketle inşa edilmiş patikayı andıran yollardı. 1950'li yıllara kadar ulaşımda demiryolu ile deniz yoluna öncelik verilmesi nedeniyle karayolu ağında somut bir iyileşme olmamıştır. Bunda 1930'larda yaşanan dünya ekonomik bunalımı ile İkinci Dünya Savaşı'nın da etkilerinin olduğu bir gerçektir. 1 Mart 1950 tarihinde Kara Yolları Genel Müdürlüğü'nün kurulmasıyla birlikte karayolu tarihimiz açısından yeni bir dönem başlamıştır. Bugünkü devlet ve il yolları dahil toplam 61.500 kilometrelik yol ağının ana hatları bu dönemden sonra oluşturulmuştur. Ancak bu yolları da bugünkü yol standartları ile karşılaştırmak güçtür. Nitekim, 1970'lere gelindiğinde mevcut şebekenin yetersizliği ortaya çıkmış ve ikinci dalga bir yol inşaatı ile hem ağın

genişletilmesine, hem standartların yükseltilmesine çalışılmıştır. Boğaz Köprüsü, İstanbul Çevre Yolu, İstanbul-İzmit ekspres yolu yapımı bu dönemde gerçekleşmiştir.

1980'lere gelindiğinde, karayolunun aşırı kullanımı ve araç sayısındaki artış karşısında meydana gelen olumsuzlukları gidermek üzere, ulaşım altyapısının bir plan çerçevesinde dengeli bir şekilde geliştirilmesini hedefleyen "1983-1993 Ulaştırma Ana Planı" oluşturulmuştur. Ne yazık ki, anılan plan, uygulanmaya başlanılmadan rafa kaldırılmış ve otoyol ağırlıklı karayolu inşaatı benimsenmiştir. Bugün ülkemizde mevcut toplam 1881 kilometrelik otoyol şebekesinin yapımına bu dönemde başlanmıştır. Ancak, karayolunun aşırı kullanımı karşısında mevcut şebekenin de çok kısa zamanda yetersiz kaldığı görülünce, yüksek maliyetli otoyol yapımından vazgeçilerek, bunun yerine, 2000 yılı başlarında, daha düşük maliyetli, kamuoyunda duble yol veya ekspres yol olarak tanımlanan çift gidiş ve çift gelişli yol inşaatı benimsenmiştir. Burada izlenen yöntem, esas itibarıyla, tek-gidiş tek-gelişten ibaret olan mevcut şebekenin geliştirilerek, araç trafiğinin çift gidiş geliş izin verecek şekilde yeniden düzenlenmesidir. Bu çerçevede toplam 15.000 kilometrelik yol şebekesinin standartlarının geliştirilerek çift gidiş-çift geliş şekline dönüştürülmesi öngörülmektedir. Bu kapsamda, 2003 yılında 1600 kilometre, 2004 yılında ise 2000 kilometre uzunluğunda karayolunun standardı geliştirilerek, çift gidiş- geliş haline getirilmiştir.

Türkiye, taşımasının çok önemli bir bölümünü halen daha karayoluyla yapmasına rağmen, taşıma sektörünün plansız ve programsız bir şekilde büyümesi ve karayolu üzerinde yoğunlaşması nedeniyle, ülkemizdeki yol şebekesinin önemli bir bölümünün AB ülkelerinin standartlarına ulaştığını söylemek güçtür.

2014 yılı itibarıyla ülkemizde kayıtlı mevcut ağır vasıta kamyon/çekici adedi 773.728'e ulaşmıştır. Otobüs sayısı ise 211.200'dür. Binek araç sayısı ise bugün 9.857.915'i aşmıştır. Böylece, diğer kara taşıt araçlarıyla birlikte, ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı 18.828.721'i geçmiştir (2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme, 2014).

### 3.3.1 Türkiye’de karayollarının tarihsel gelişimde geldiği mevcut durum

Karayollarına yapılan yatırımların kalkınma hedeflerinin gerçekleşme potansiyellerinin yükseltilmesine dönük olduğunun altı çizilmelidir. Karayolu olmaksızın yapılan ulaştırma planlamaları hiçbir zaman sonuç vermeyecektir. Ancak sadece karayolu moduna dayalı bir ulaştırma sistemi de sağlıklı değildir. Bu noktadaki temel argüman bütünleşmiş ulaştırma sistemi olmalıdır. Yani bütün modların birbirini tamamladığı bir sistemin inşası ve devamlılığı sürdürülebilir kalkınmanın ana unsurudur.

Bu noktada göz ardı edilmemesi gereken konu, dünyada yolcu ve yük taşımacılığında en çok kullanılan ulaştırma modunun karayolu olduğu gerçeğidir. Çünkü karayolu; zemine, topografyaya, taşınacak yük miktarına ve zamana göre en esnek, kolay, hızlı ve aktarmasız taşıma olanağı vermektedir. Bu moda olan talep sürekli artan bir eğilim göstermektedir. Ülkemizin bu konuda dünyanın geri kalanından ayrı tutulması düşünülemez.

Türkiye’de karayolları ağının sık olması ve şehirlerarası yolcu ve yük taşımacılığının çoğunluğunun karayolu ile yapılması, Türkiye ulaştırmasında da karayolunun payını artırmaktadır. Türkiye’de karayolu ağı sık olmasına rağmen, ulaşım hatlarının yüzey şekilleri etkisi altında olduğu görülmektedir. Kuzey ve güneyde dağların kıyıya paralel olarak uzanması, ancak belirli geçitlerden iç kısımlara ulaşım olanağı sağlamaktadır. Bu nedenle Karadeniz ve Akdeniz kıyılarını boyuna aşan karayolu hattı olmasına rağmen, iç kesimle bağlantı belirli geçitlerden olmaktadır. Bu durum kara taşımacılığını etkileyerek, bölgelerarası bağlantı sağlayan ana karayollarını izlemesine ve ana karayolu hatlarına göre içeride bulunan bazı şehirlere ulaşımı ve taşımacılığın zor yapılabilmesine neden olmaktadır. (Doğaner, 1998).

Bugün ülkemizde karayolları, yolcu ve yük taşımacılığında en fazla tercih edilen ulaşım türüdür. Yurtiçi yolcu taşımacılığının % 90,5’i ve yük taşımacılığının % 88,7’si karayolu ile yapılmaktadır. Karayolları ile yapılan 2014 yılındaki yük taşımacılığı 234.492 milyon ton-km’ye, yolcu taşımacılığı 276.073 milyon yolcu-km’ye ve gerçekleşen toplam yol kullanımı 102.988 milyon taşıt-km değerine ulaşmıştır. Türkiye, karayollarında yapılan yük taşımacılığında Avrupa’nın ilk beş ülkesi arasında yer almaktadır. 2004-2014 yılları arasında

taşıt-km değeri yıllık ortalama % 9,0, ton-km değeri % 4,7, yolcu-km değeri ise % 6,3'lük bir artış göstermiştir (2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme, 2014).

Karayolu yatırımlarının, kamu hizmetleri arasında sosyal, kültürel, ticari, ekonomik ve pek çok boyutta önemli etkisi vardır. Karayolu yatırımlarının etkinliği diğer sektörlerin de etkin ve verimli olmasını sağlamaktadır. Üretim ve istihdamın artırılması, üretim maliyetinin düşürülmesi, tüm sektörlerde verimliliğin artırılması, yol yapımının ekonomiye olan doğrudan veya dolaylı etkileri, arazi kullanımı ve bölgesel gelişime olan etkiler, iş ve sosyal amaçlı taşımacılık talebinin karşılanması, eğitim, sağlık ve turizm amaçlı seyahat talebinin karşılanması, milli gelirin ülke sathında dengeli dağılımı, alınan vergiler yoluyla ulusal bütçeye olan mali katkılar karayollarının sağladığı sosyal ve ekonomik faydalardır.

Ülkemizin karayolu ağı son 12 yıl içinde gerçekleştirilen 96 milyar TL'nin üzerindeki yatırımla iyi bir noktaya gelmiştir. Bölünmüş yol hamleleri zaman ve yakıt tasarrufu açısından büyük katkı sağlamıştır. Aynı zamanda insan odaklı ulaşım sistemi düşüncesinin somut örneği olarak, trafik kazalarında yüz milyon taşıt/km başına düşen ölümler 2003-2014 yılları arasında % 5,72'den %2,17'ye gerileyerek, can kaybında %62 azalma meydana gelmiştir.

Ancak Türkiye'nin hem 2023 hem de 2035 hedefleri göz önünde bulundurulursa, karayoluna yapılan yatırımların artarak devam etmesi gerekmektedir.

Ülkemizde yaklaşık 18 milyon taşıt bulunmaktadır. Bunların 9 milyonunu otomobiller oluşturmaktadır. Türkiye'de otomobil sahipliği diğer ülkelerle karşılaştırıldığında henüz doygunluk seviyesine ulaşmamıştır. 1.000 kişiye düşen otomobil sayısı 118'dir. Kişi başına düşen taşıt sayısı ulaşımda gelişmişlik ve ekonomik gelişme açısından önemli bir göstergedir. 2023'te bu gösterge, bugünkü AB ortalamasının üzerinde olacaktır. 2023 için bu değer 400/1.000 olacağı tahmin edilmektedir. 2023 ve 2035 hedef yılları için karayoluna dair öngörü ve projeler bulunmaktadır. 11. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Şûrası'nda beliren 2035 perspektifi, 2023 için tayin edilen hedeflerde takvimin önünde gidildiğini göstermektedir. Hedefler güncellenmiş ve yeni bir yörüngeye oturmuştur.

Şehirlerarası karayollarında ağır taşıt oranı % 25 ile % 50 arasında değişim göstermektedir. Ağır taşıt oranının yüksek oluşu ve aşırı yüklemelerin % 25 seviyelerini bulması, yollarımızın öngörülen süreden önce bozulmasına neden olmaktadır (KÇGR, 2013).

Ulaşım sistemleri arasında bir dengenin kurulması, bir yandan büyük oranda ithalata bağlı enerjinin etkin kullanımını sağlayacak diğer yandan ise ağır taşımaların yol üst yapısında neden oldukları bozulmaları azaltarak karayolları üstyapısının hizmet seviyesini yükseltecektir.



Şekil 3.1: Türkiye karayollarının mevcut durumu

### 3.3.2 Karayolu taşımacılığımızın geleceği

1996 yılında Avrupa Birliği ile imzalanan Gümrük Birliği anlaşması, AB ile bütünleşmemize ivme kazandırmış, son bir iki yıl içerisinde AB ile müzakere takvimi alınmasına yönelik çabalarımıza hız kazandırmıştır.

AB ile uyum çalışmalarında ulaştırma sektörü öncelikli sektör olarak kabul edilmiş, bu sebeple çeşitli yasal düzenlemeler gündeme gelmiş, ilk aşamada birkaç önemli yasa çıkarılmıştır. Ulaştırma sektörünün AB'ye uyumlu hale gelebilmesi için çok daha fazla yasal düzenlemeye ihtiyaç bulunmaktadır.

Ülkemizde 50 yıldan bu yana uygulanmakta olan karayolu ağırlıklı ulaştırma politikalarını bir hamlede değiştirmemiz mümkün değildir. Karayolu, uzun mesafelerde medeni her ülkelerde olduğu gibi sevkiyatın başlangıç ve bitiş aşamalarında kullanılmalıdır. Karayolunun en verimli kullanımı azami 500 km'lik taşımalar için geçerlidir. Ara taşımalar, denizyolu ve demiryolu entegrasyonlu olarak yapılmalıdır. Ülkemizde de bu anlayışa doğru bir eğilim bulunmaktadır ve bu yaklaşım benimsendiğinde sonuçlarından yine ülkemiz faydalanacaktır.

Karayolunda 2023 hedefleri;

- 8000 km'si otoyol olmak üzere bölünmüş yol uzunluğunun 37.000 km' ye çıkarılması,
- 57.000 km ilave bitümlü sıcak karışım yapılarak karayolu ağının tamamının Bitümlü Sıcak Karışım Asfalta dönüştürülmesi,
- Karadeniz Bölgesi'nin Güneydoğu ve Akdeniz Bölgelerine yüksek standartlı karayolları ile bağlanması,
- Standartların yetersizliğinden kaynaklanan yol kusurlarına bağlı kaza sayılarının asgari %50 azaltılması ve trafik kazalarında 100 milyon taşıt-km'ye düşen ölümlerin 1'in altına düşürülmesi,
- Trafik güvenliğine yönelik önlemler kapsamında kendini ifade eden yollar, affeden yollar uygulamaları ile hız yönetimi ve denetiminin geliştirilmesi,
- Trafik güvenliğini, altyapı ve üstyapı standartlarının kalitesini artırmaya ve insan kapasitesini geliştirmeye yönelik olarak karayolu sektörü ihtiyaçlarına cevap verecek bir karayolu akademisinin kurulması, Uluslararası yük ve yolcu taşımacılığında, serbestleşme sürecine hız verilmesi ve serbest geçilen ülke sayısının 24'ten 40'a çıkarılması,
- Karayolu ile uluslararası eşya taşımacılığı alanında sefer sayısının 3 kat artırılarak 5 milyona çıkarılması,
- Atık maddeler, endüstriyel yan ürünler ve geri dönüşümlü malzemelerin yol yapımında kullanımının yaygınlaştırılmasının sağlanması, şeklinde güncellenmiştir.

2035 yılına kadar akıllı araçların, akıllı ulaşım sistemleri ve diğer araçlarla etkileşimde olduğu akıllı yol ortamının otoyollar ve devlet yollarında tesis edilmesi öngörülmektedir.

Önümüzdeki 20-30 yıllık süreçte küresel dengelerin “enerji” üzerine kurulacağı gerçeği ortadadır. Buna yönelik alternatif üretilmesi zorunludur. 2035’e kadar geleneksel fosil yakıtlı taşıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan taşıtlara yönelik teşviklerin sağlanması gerekmektedir.

Yolların üzerine yerleştirilecek güneş panelleri (E-yollar, elektrik üreten yollar) ile üretilen yenilenebilir enerjinin elektrikli araçların kullanımına sunulması bir başka zorunluluktur.

Otoyol uzunluğunun 2023 hedefi olan 8000 km’ye ilave olarak kamu özel sektör işbirliği modeli ile yapılması planlanan 4.130 km otoyol ile birlikte 2035 yılına kadar 12 bin km’ye ulaştırılması, karayolu ağımızın 2035 görünümü için ipucu vermektedir.

### **3.4 Karayolu Taşımacılığının Avantajları**

Karayolu taşımacılığı diğer taşıma şekilleri ile karşılaştırıldığında bir takım üstünlüklere sahip olduğu görülmektedir (Çancı ve Erdal, 2003) :

- Kapıdan kapıya aktarmasız taşıma ve yükün yükleme ve boşaltma yerleri dışında elleçlenmemesi ile yükün yıpranmasını en aza indirmektedir. Diğer taşıma türlerinde, örneğin yükün limana veya demiryolu istasyonuna ulaşımına kadar bir yükleme boşaltma, ana taşıma aracına yükleme, varış yeri limanı veya istasyonunda benzer elleçlemenin yapılması yükün daha fazla yıpranmasına sebep olmaktadır.
- Müşterinin istediği ve karayolunun olduğu her noktaya taşıma seçeneği vermektedir. Karayolu araçlarının taşıma kapasitelerinin deniz, demiryolu araçlarına göre daha küçük olması nedeniyle, taşımacılık sektöründe daha esnek hareket imkânı sağlamaktadır.
- Türkiye gibi karayoluyla uluslararası yük taşımacılığında kullanılabilecek taşıt sayısının talebe göre daha fazla olduğu ülkelerde, rekabet üst seviyelere ulaşmakta ve böylelikle müşteri lehine düşük nakliye fiyatlarının oluşmasına neden olmaktadır.



•Karayolu taşımacılığı diğer türlere göre daha az yatırım maliyeti gerektirmektedir. Karayollarının inşası kademeli olarak yapılabilmektedir. Yol alt yapısının oluşturulması ile kaplama tamamlanana kadar, gerektiğinde yol hizmete açılabilir. Her tür araziye uygulanabilirliği, ulaşım ağı oluşturulmasında sınırsızlık özelliği kazandırmaktadır.

•Karayolu ile daha düzenli ve sık sefer imkânı bulunmaktadır.

•Ambalajlama ve sevkiyata hazırlamada zaman ve kaynaklardan tasarruf olanağı sağlamaktadır.

Karayolu taşımacılığı, göndericiye ayrıca şu imkânları sağlayabilir:

•Kısa sürede teslim edilmesi gereken yükler için süratli sevkiyat yapılabilmesine yönelik proje tabanlı çözüm yolları ortaya çıkarılabilir.

•Gelişmiş karayolu ağlarının getirdiği hızlı ve güvenli hizmet alma imkânları yaratılabilir.

•Taşıma ve lojistik şirketleriyle birebir ilişki içinde çalışma olanağının bulunması sayesinde sevk edilecek yüke özel muamele yapılması sağlanabilir.

•Karayolu taşımacılık hizmetleri ile bağlantılı diğer lojistik süreçlerle zenginleştirilerek hizmette çeşitlilik oluşturulabilir.

•Tahmin edilebilen maliyetlerin kolay hesaplanması ile tasarruf sağlanabilir.

### **3.5 Karayolu Taşımacılığının Dezavantajları**

•Karayolu taşımalarının en önemli dezavantajı, diğer taşıma modlarına göre pahalı taşıma maliyetlerine sahip olmalarıdır.

•Diğer modlara oranla altyapı yatırımları daha azdır.

•Tek seferde taşınan yük miktarının az olması.

•Ağırlık sınırlamaları.

•Kötü hava koşullarından etkilenme.

- Gidiş ve dönüş yükü dengesine karşı duyarlı olması.
- Yüksek hacimli çıkışlarda ekipman yetersizliği.
- Kaza riskinin fazla olması.
- Çevre kirliliği, trafik yoğunluğu ve daha fazla kara parçası kullanımı ve alt yapı gerektirmesi.
- Pazar dalgalanmalarında fiyat belirsizliği.

### **3.5.1 Türkiye’de karayolu taşımacılığı dezavantajları, etkileri ve yapılması gerekenler**

Günümüzde, birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de ulaştırma türleri arasında ciddi dengesizlikler oluşmuş, karayolu taşımacılığı gerek yükte, gerekse yolcуда çok belirgin şekilde öne çıkmıştır.

Bugünkü karayolu ağırlıklı bir ulaşım sistemine II. Dünya Savaşı sonrasında uygulanan ulaşım politikaları sonucunda gelinmiştir. Ülkemizde Cumhuriyet’in ilk yıllarında ulaşım sistemi örgütlenirken demiryolu ağına önem verilmiş, karayolu ulaşımı ise demiryolu ve denizyolu ulaşımını tamamlayıcı nitelikte görülmüştür. Ancak II. Dünya Savaşı’ndan sonra vermeye başlanan Amerikan yardımlarına yani Marshall yardımlarına bağlı olarak Türkiye ulaşım politikalarında ciddi değişikliğe gitmiş ulaşım ağını demiryollarından karayollarına kaydırmıştır. Bu politika değişikliğinde ABD’li uzmanların, otomotiv ve petrol şirketlerinin etkileri büyüktür.

Türkiye’nin ulaşım politikalarında yaptığı bu politika değişikliğinin birçok alanda olumsuz sonuçları olmuştur. Karayolu ulaşımının yaygınlaşmasına bağlı olarak motorlu araçların sayısı artmış ve bu durum Türkiye’de tamamen dışa bağımlı gelişen bir otomotiv sektörünün doğmasına yol açmıştır. Motorlu araç sayısının artması ayrıca petrole olan ihtiyacı artırmış ve bu konuda da daha bağımlı hale gelinmiştir. Özellikle uluslararası alanda petrol krizinin yaşandığı dönemlerde Türkiye bu bağımlılığın sakıncalarını fazlasıyla hissetmiştir.

Denizyolları ve demiryollarına göre oldukça pahalı olan karayolu taşımacılığı taşıma maliyetlerinin artmasına neden olmuştur. Gerek yolcu gerekse yük taşımacılığında karayollarına yüklenilmesi taşıma maliyetlerinin artmasına neden olmakla kalmamış, aynı

zamanda karayolları üzerindeki trafiğin yoğunlaşmasına ve özellikle büyükşehirlerde trafiğin sıkışmasına neden olmuştur. Bu durum beraberinde önemli ölçüde can ve mal kayıplarına neden olan trafik kazalarının artmasına sebep olmuştur. Trafik sıkışıklığı ayrıca ciddi oranda enerji ve zaman kaybına neden olmaktadır.

Dikkate değer bir nokta da, şehirlerarası yük taşımacılığının büyük oranda karayolu üzerinden yapılmasıdır. Ağır taşıtların aşırı yüklenmesi yolların kısa sürede yıpranmasına yol açmaktadır. Aşırı yüklemeler nedeniyle yollar ekonomik ömürleri öncesinde önemli bozulmalarla karşı karşıya kalmakta ve kısa sürede onarım gerektirmektedir.

Uzun yıllardır uygulanmaya devam eden karayolu ağırlıklı ulaşım politikasının yaşanılan bu sorunlardan dolayı değiştirilmesi gerektiği açıktır. Ülkemizin karayoluna alternatif ulaşım ağlarını, hem şehir içi hem de şehirlerarası yollarda yük ve yolcu taşımacılığında devreye sokmaya çalışması kaynakların doğru kullanılması bakımından önemlidir. Son yıllarda bu doğrultuda demiryolları ve karayollarıyla ilgili olarak önemli projeler ortaya konmuş ve bunların bir kısmı gerçekleştirilmiştir. Ülkenin geleceği açısından bu tür projelerin artması gerekmektedir. Amaçlanan ulaşım sistemine erişildiğinde, dışa bağımlılık ve maliyetler önemli ölçüde azalacak, yerleşim birimleri arasındaki seyahat süresi kısılacak ve kazalar azalabilecektir (Çetin, Barış ve Saroğlu, 2011).

### **3.6 Karayolu Taşımacılığının Öğeleri**

Uluslararası karayolu taşımacılığının fiziksel eşya akışında rol oynayan üç temel ögesi bulunmaktadır. Bunlar sürücüler, araçlar ve yükler olarak belirtilebilir.

#### **3.6.1 Sürücüler**

Araçların sürücüleri, farklı prosedür ve uygulamaların bulunduğu uluslararası geçişlerde önemli konulardan biridir. Araç sürücülerinin çalışma ve dinlenme süreleri, çalışma koşulları yasal düzenleme AETR Sözleşmesinde belirtilmektedir. Avrupa birliğinde sürücülerle ilgili düzenleme ise 1985 yılı ve 3820/85/EC sayılı talimatında belirtilmektedir.

Taşıma şirketleri için tır sürücüleri, müşteri ile sürekli yüz yüze gelmesi nedeniyle hayati derecede önemlidir. Sürücülerin kılık kıyafeti, iş bilgisi ve tecrübesi, nakliye

operasyonunun başarısını etkileyen önemli unsurların başında gelmektedir. Bu nedenle sürücünün seçilmesi, işe alınması ve uygulamanın bir parçası haline gelmesi taşıma şirketleri için kritik bir faktördür. Sürücülerden beklentiler genel olarak şu başlıklar altında toplanabilir:

- Sürücünün dürüst ve güvenilir olması,
- Araç kullanımında ehil olması,
- Gümrük işlemlerini ve dökümantasyonu bilmesi,
- Yükleme ve boşaltmalara nezaret etmesi,
- Düzenli olarak şirket merkezine yol, yük ve gümrük konuları başta olmak üzere tüm konular hakkında rapor vermesi,
- Müşteri ile sağlıklı iletişim kurabilme yeteneği olması,
- Kıyafet ve davranışları ile şirketi temsil edebilir nitelikte olmasıdır (Çancı ve Erdal,2003).

### **3.6.2 Araçlar**

CMR (Karayoluyla Uluslararası Eşya Taşıma Sözleşmesine İlişkin Anlaşma) Anlaşmasında "taşıt" sözcüğü 19 Eylül 1949 tarihli Yol Trafik Anlaşması 4'üncü maddesinde tarif edilen, motorlu taşıtlar, dizi halinde taşıtlar, römorklar ve yarı römorklar anlamına gelir.

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının Karayolu Taşıma Yönetmeliğine göre, uluslararası eşya taşımalarında kullanılacak taşıtlardan; yaşının 12 yaşından büyük, istihab haddinin 10 tondan küçük olmaması zorunludur. Taşıtın yaşı, fabrikasından imal edildiği tarihten sonra gelen ilk takvim yılı esas alınarak hesaplanır, römork ve yarı römorklarda yaş şartı aranmaz. Çekici, römork ve yarı römork ile birlikte bir taşıt sayılır. (C3), (C4) ve (E) türü yetki belgesi sahibi olan taşımacıların yapacakları taşımalarda taşınan eşyanın ve taşıtın özelliği dikkate alınarak, taşıtların istihab hadleri Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığınca daha düşük tutulabilir (4925 sayılı Karayolu Taşıma Kanunu, 2003).

### 3.6.3 Yükler

Karayolu taşımacılığında yükler niteliklerine göre iki gruba ayrılabilir.

- Genel Yükler
- Özellik Taşıyan Yklerdir

Genel Yükler; zel bir hizmet veya depolama gerektirmeyen, tehlikeli madde, bozulabilir gıda veya canlı hayvan sınıfına girmeyen kuru ve temiz göndermeye “genel yük” denir. Bir kısım yükün taşınması özellik arz etmektedir. Bu rnlerin araçlara yüklenmesi, taşınması ve boşaltılması diğer sıradan yüklerin taşınmasına göre bir kısım ilave özellikler taşımaktadır. Özellik taşıyan yükler; bozulabilir gıda maddeleri, tehlikeli maddeler, canlı hayvanlardır (Demir,2006).

### 3.7 Karayolu Taşımacılığında Uluslararası rgtler

Uluslararası karayolu eşya taşımacılığında etkili olan rgtler:

- Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE)
- Ulaştırma Bakanları Avrupa Konferansı (UBAK)
- Uluslararası Karayolu Taşımacıları Birliği (IRU)
- Güneydoğu Avrupa İşbirliği Girişimi (SECI)
- Uluslararası Taşıma Organizatörleri Dernekleri Federasyonu’dur (FIATA)

Karayolu taşımacılık endüstrisinin, bu örgütler vasıtasıyla Türkiye ve yurt dışı ulaştırma ve taşımacılık politikalarının irdelenmesi, işletmelerin ve ülkelerin dış ticarete rekabetçi üstünlüğü sağlamasında önemli bir fonksiyonu olacaktır (ancı ve Erdal, 2003).

## **IV. DENİZYOLU TAŞIMACILIK SİSTEMİ**

### **4.1 Denizyolu Taşımacılığı**

Denizyolu taşımacılığı sistemi, özel deniz araçları, ziyaret ettikleri limanlar ve taşıma unsurlarının fabrikalardan terminallere, dağıtım noktalarına ve pazarlara ulaştırılma alt yapısından oluşan ağı ifade etmektedir (Corbett ve Winebrake,2008).

Deniz taşımacılığı çok eski tarihlerden beri insanların kullandığı bir taşımacılık türüdür. Zamanla deniz taşımacılığında insanların talepleri ve gelişen teknolojik imkânlarla birlikte değişiklikler görülmeye başlanmıştır. Deniz taşımacılığında görülen en önemli değişikliklerden bir tanesi ise deniz taşımacılığının sanayileşmesi olarak da adlandırılan konteyner taşımacılığıdır. Konteyner taşımacılığında Çin, Singapur gibi Asya ülkeleri dünya sıralamasında ilk sıralarda yer almaktadır. Bu durumun temel nedeni konteyner taşımacılığının ülkenin dış ticaretiyle ve aktarma yük potansiyeliyle doğrudan ilgili olmasıdır.

Türkiye, jeopolitik konumu nedeniyle özellikle doğu batı ticaret ekseninde önemli bir konumda bulunmaktadır. Günümüz taşımacılık sistemlerinde karayolu, demiryolu, havayolu, deniz yolu, boru hatları ve en az iki ulaştırma sisteminin kullanıldığı modlararası ulaştırma kullanılmaktadır. Kullanılan bu sistemler içerisinde miktar olarak en fazla paya deniz taşımacılığı sahiptir. (Topaloğlu, 2007).

Nüfus artışı, bölgesel kaynak yetersizlikleri, hızlı endüstrileşme, yaşam şartlarının yükselmesi, kara yollarındaki aşırı yoğunluklar ve bölgesel doğal kaynaklar deniz taşımacılığının miktarını her geçen gün arttırmaktadır. Deniz yoluyla bu oranda taşıma yapılmasının nedeni, bu taşımanın sağladığı ölçek ekonomisinden ve diğer avantajlardan kaynaklanmaktadır.

### **4.2 Denizyolu Taşımacılık Türleri**

Gerek kabotaj, gerekse uluslararası sularda yük taşımacılığı olsun, yapılan hizmetin sürekliliği ve düzenli olup olmayışına göre taşıma iki gruba ayrılır; layner taşımacılığı ve tramp taşımacılığıdır.

Layner taşımacılığı düzenli, sürekli ve "tarifeye dayalı" biçimde hizmet sunan taşımacılık biçimidir. Bu hizmet türünde zamanlama esastır. Gemiler seferlerini ve hizmetlerini belirli bir tarife uyarınca sürdürürler. Hangi limanlara ne zaman uğranacağı sefer programlarında belirtilir. Böylelikle yükleyiciler, taşıma gereksinimleri konusunda önceden bilgi edinirler. Layner taşımacılığı, taşıma türleri içinde en yüksek maliyetli olanıdır.

Tramp taşımacılığı, yük olan limanlar arasında hizmetin yapılması biçiminde gözüktür. Laynercilikte hizmet esasken, tramp taşımalarında yük esastır. Mutlaka uyulması gereken bir sefer tarifesi söz konusu değildir. Hizmet, yükün olduğu limanlara kayar; aynı limanda sürekli olarak kalmaz. Bu nedenle taşıtan için tramp hizmetlerinde istikrar yoktur. Trampçılık, ekonomik değeri düşük olan yükleri kapsar. Kömür, maden cevheri, ham petrol, tahıl, şeker, fosfat, gübre, kereste, çimento, tuz bu türdendir.

#### **4.3 Denizyolu Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi**

Uluslararası ticaretin merkezi olan Akdeniz'de birçok kavim (Sümerler, Mısırlılar, Romalılar ve Türkler gibi) uygarlıklarını deniz yoluyla dünyaya tanıtmışlardır. Orta çağ ve 16. ila 19. yüzyıl arasında Portekizliler, Cenevizliler ve Venedikliler deniz yoluyla taşımacılığı ilerletmişlerdir. Milattan 3000 yıl önce Mısırlılar ilk gemiyi denizde yüzdürmüşler ve 16. yüzyılda ise Vasco De Gama ve Kristof Kolomb gibi denizciler okyanuslar arası denizciliğin yayılmasını sağlamışlardır (Pekdemir, 1991).

19. yüzyıl ve sonrası ekonomik ve teknik gelişmeler denizcilik ve deniz taşımacılığını da etkilemiş yelkenli gemiler yerine buharlı ve motorlu gemilerin kullanılmasına başlanmıştır. Bu gelişmelerle bağlantılı olarak gemilerin hacmi büyümüş ve hızı da artmış, limanlar ve yükleme boşaltma teknikleri geliştirilmiştir (Barda, 1964).

Deniz taşımacılığı çok eski dönemlerden itibaren var olmuştur. Önceleri ulaşım ve savaşma amacıyla kullanılan deniz ulaştırma araçları, sonraki yıllarda yeni başlangıçların tanınması ve buralardaki kaynakların taşınmasında kullanılmış, böylece deniz taşımacılığının dünya ekonomisinin ana unsurlarından biri olmasını sağlamıştır.

Deniz taşımacılığının tarihsel gelişimi içerisinde değerli gemiler ve bunların değerli yükleri denizin doğal tehlikelerinin yanında savaş, korsanlık, hırsızlık gibi tehlikelerle de

karşı karşıya kalmaktaydılar. Bu olumsuzluklar deniz ticaretine atılmayı macera haline dönüştürmesine karşın getirdiği aşırı kazanç, bu maceranın çağlar boyu sürdürülmesini sağlamıştır. Dolayısıyla deniz ticareti ile uğraşan gemi ve yük sahiplerini, karşı karşıya oldukları bu ağır tehlikelere karşı koruyabilecek bir çözüm gerekmiştir. Büyük bir olasılıkla deniz sigortaları 12. yüzyılın başlarında, deniz ticaretinin bu gereksinimini, karşı karşıya olduğu tehlikeleri paylaşmak üzere ortaya konulmuş ve deniz ticaretinin ayrılmaz bir parçası olmuştur (Yazıcı, 1997).

#### **4.4 Dünya Ticaretinde Denizyolu Taşımacılığının Yeri ve Önemi**

Dünyanın dörtte üçü denizlerle kaplıdır. Pek çok ülkenin denizyolu ile birbirlerine bağlantısı vardır. Açık denizler uluslararası alanda tüm ülkelerin kullanımında olan yerlerdir. Bu demektir ki ülkeler birbirlerine denizyoluyla direk olarak ve sınır aşımı olmadan ulaşabilmektedir. Denizyolu taşımacılığının temel elemanları deniz araçları ve limanlardır.

Deniz taşımacılığında kullanılan gemilerin günümüzde teknoloji ve kapasite yönünden büyük gelişmeler göstermesi, aynı zamanda limanların da bu gemilerin giriş-çıkışına ve yük operasyonlarına uygun şekilde modernleştirilmesi tek seferde çok büyük miktarda yükün denizyoluyla taşınması imkânını sağlamıştır.

Bunun yanında, denizyolu taşımacılığının güvenilir olması, mal hasar ve kayıplarının düşük olması, hava ve karayoluna göre oldukça ucuz olması onu dünyada en çok tercih edilen taşıma türü yapmaktadır.

Dünya taşımacılık hizmetleri dünya ticaretinin seyri ile benzerlik göstermektedir. 2009 yılında dünyada denizyoluyla gerçekleştirilen ticaret hacmi 7,86 milyar ton iken bu rakam 2010 yılında 8,4 milyar tona, 2011 yılında 8,75 milyar tona ve 2012 yılında ise 9,3 milyar tona ulaşmıştır.

Teknolojik gelişmeler dünya deniz ticaretini de etkilemiş, yapısal değişimlere zorlamıştır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak gemilerin süratlerinin artması ve boyutlarının büyümesi dünyanın bir ucundaki pazarlara daha kolay ulaşılmasını sağlamıştır. Kara, deniz ve hava taşımacılığının bütünleşmesi ile yüklerin kapıdan kapıya taşınmasına



olanak sağlayan kombine taşımacılık ve özellikle denizyolu konteyner taşımacılığı giderek artan bir önem kazanmıştır (Koçak, 2012).

#### 4.5 Denizyolu Taşımacılığının Avantajları

Denizyolu taşımacılığının avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Bir defada çok yüksek miktarda malın taşınabilmesini mümkün kılar.
- En düşük maliyetli taşıma modelidir.
- ıkış ve varış limanları arasında sınır aşımı yoktur.
- Havayoluna göre 14, karayoluna göre 7, demiryoluna göre 3,5 kat daha ucuz olması.
- Yatırım maliyetinin daha düşük ve karşılanabilir düzeyde olması.
- Bakım, onarım kolaylığı.
- Diğer taşıma türlerine göre daha emniyetli olması,
- Taşınan rn miktarına göre hızlı olması,
- Dünyanın 3/4'nn su olmasının yarattığı mecburiyet,
- Daha fazla miktarda yükün tek seferde taşınabilmesi ve taşıma sırasında diğer ülkelerin sınırlarından çok açık denizin kullanılması gibi etkenler, deniz taşımacılığının tercih edilmesine sebep olmaktadır.

Ayrıca deniz yolu ile yapılan taşımacılık, havayolu ile yapılan taşımacılığa göre 15-20 kat, karayoluna göre 7-10 kat ve demiryoluna göre yaklaşık 3-4 kat daha ucuza taşınabilmektedir (Ece, 2006; Kılıç, 2006).

Bu durum, taşıtanların deniz yolunu tercih etmelerinde en önemli etkenlerden birini oluşturmaktadır.

Talep yapısının farklılaşması, hızın önem kazanması, artan dünya nüfusuna endeksli olarak büyük miktarda yükün aynı anda taşınması gereksinimi gibi sebeplerden dolayı

limandan-limana taşımacılık biçimi, yerini kapıdan kapıya taşımacılığa bırakmaktadır. Kapıdan kapıya taşımacılığı sağlayacak olan taşıma sistemi ise kombine taşımacılığa uygun olan konteyner taşımacılığıdır.

#### **4.6 Denizyolu Taşımacılığının Dezavantajları**

Denizyolu taşımacılığının dezavantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Elleçleme sayısı fazla ve dış kaynak kontrolündedir.
- Çok yüksek transit zamanları söz konusudur.
- Hava şartlarından, transit zamanı ve mal güvenliği açısından yüksek düzeyde etkilenme yaşanır.
- Kalkış-varış zamanı esnekliği çok düşüktür.
- Hizmet verilen konumlar liman ve çevreleriyle sınırlıdır.
- Kapıdan kapıya teslimlerde çok maliyetlidir.

#### **4.7 Türkiye’de Denizyolu Taşımacılığı**

Türkiye’de denizcilik sektörü, 8.333 km’yi bulan sahil şeridi Asya ve Avrupa’yı bağlaması, enerji üreten ülkelere yakınlığı ve jeopolitik konumu, uluslararası ulaşım yolları üzerinde bulunması, yeterli oranda kara ve demiryolu bağlantısı sebebiyle önemli gelişme potansiyeline sahiptir.

Tablo 4.1’de 2011–2014 yılları arası gemi cinslerinin gelişimi verilmektedir. Tablodan Türk Deniz Ticaret Filosunun son yıllarda gelişim olarak durağan bir duruma girdiği görülmektedir.

Tablo 4.1: Yıllar itibariyle Türk Deniz Ticaret Filosunun gemi cinslerine göre dwt ve adet gelişimi (150 gt ve üzeri gemiler)

GEMİ CİNSİ	2011		2012		2013		2014	
	Adet	DWT	Adet	DWT	Adet	DWT	Adet	DWT
Kuru Yük Gemileri	496	1.753.636	489	1.823.586	473	1.744.129	447	1.717.920
Dökme Yük Gemileri	115	4.987.983	115	5.164.647	109	4.511.037	102	4.398.401
Konteyner	70	913.936	72	977.278	72	951.800	74	1.002.485
Sıvı/Gaz Taşıyan Tankerler	221	1.973.704	214	2.160.427	213	1.876.860	196	1.793.353
Yolcu Gemileri	237	48.238	253	49.989	259	51.580	257	65.629
Hizmet Gemileri	80	61.541	89	65.544	95	67.576	103	53.789
Römorkörler	111	2.711	121	3.088	120	2.849	126	2.776
Deniz Araçları	162	5.548	164	1.364	178	1.147	172	5.347
Balıkçı Gemileri	216	8.759	218	8.757	222	9.058	227	9.185
Sportif, Eğlence Tekneleri, Yatları	124	2.882	144	2.947	168	2.953	184	2.953
<b>TOPLAM</b>	<b>1.832</b>	<b>9.758.936</b>	<b>1.879</b>	<b>10.257.627</b>	<b>1.909</b>	<b>9.218.988</b>	<b>1.888</b>	<b>9.051.839</b>

(Deniz Ticareti 2014 Yılı İstatistikleri Deniz Taşıtları, Denizyolu Taşıma ve Teşvik İstatistikleri)

Türkiye’de 2014 yılında yurtiçi yük taşımacılığı ton-km olarak dikkate alındığında, %89,5’i karayolları, %5,9’u denizyolu ve %4,6’sı ise demiryolları aracılığı ile gerçekleşmiştir (2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme, 2014). Bu dağılım ucuz ve verimli olan deniz yollarından daha fazla yararlanılması gerektiğini düşündürmektedir. Türkiye’nin coğrafi konumu nedeniyle, İdarenin önderliğini yaptığı projelerle birlikte yurtiçi deniz taşımacılığının daha yüksek paya sahip olma potansiyeli bulunmaktadır.

Yurt içi taşımacılıkta deniz yollarının rolü çok dūřuk olmasına rağmen, dış ticarete deniz taşımacılığı çok önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye’de dış ticaretin %85–%90’ının deniz yolu ile yapıldığı saptanmıştır. Deniz yollarında tüm dünyaya doğru orantılı olarak konteyner taşımacılığı yükselmektedir. Bu sebepten limanlarımız konteyner taşımacılığına uygun altyapı ve teknoloji gelişmelerini günden güne geliştirmektedir.

Türk deniz ticaret filosu, gerek Türkiye’de geçmişte yaşanan ekonomik kriz gerekse dünyada petrolün varil fiyatlarından dolayı oluşan ekonomik dalgalardan dolayı problemlerle karşı karşıya kalmıştır.

Türk Deniz Ticaret Filosunun 2004-2014 yıllarındaki adet, dwt ve gt değişimleri Tablo 4.2’de görülmektedir. 2004 yılında 7,05 milyon dwt olan filomuz, 2014 yılında 9,05 milyon dwt’a ulaşmıştır.

Tablo 4.2: Türk deniz ticaret filosu istatistikleri (150 GT ve üzeri gemiler)

Yıl	Gemi Sayısı	Toplam GT(milyon)	Toplam DWT(milyon)
2004	1209	4,77	7,05
2005	1379	5,23	7,60
2006	1429	5,08	7,27
2007	1551	5,20	7,27
2008	1649	5,65	7,52
2009	1722	6,14	8,15
2010	1777	6,50	8,77
2011	1832	7,10	9,75
2012	1879	7,49	10,24
2013	1909	7,04	9,21
2014	1888	6,88	9,04

(2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme)

2000 yılından itibaren filomuzdaki gemilerin yabancı bayrağa geçişi başlamış ve 31.12.2014 itibariyle Türk Armatörlerinin yabancı bayraklı gemileri ile birlikte toplam tonaj 30,426 milyon dwt'a çıkmıştır.

150 GT kapasitenin üzerindeki gemilerin dikkate alındığı, Türk Deniz Ticaret Filosunu oluşturan 1888 adet geminin adet bazındaki çoğunluğunu sırasıyla; %23,68'ini kuru yük, %13,61'ini yolcu gemileri, %12,02'sini balıkçı gemileri, %10,38'ini sıvı/gaz taşıyan tankerler ve %6,67'sini römorkörler oluşturmaktadır. Diğer tip gemiler ise, filonun sayısal olarak ancak %33,64'üdür. 9.05 milyon dwt olan Türk Deniz Ticaret Filosunun dwt bazındaki çoğunluğunu sırasıyla; %48,59'unu dökme yük gemileri, %19,81'ini sıvı/gaz taşıyan tankerler, %18,98'ini kuru yük gemileri ve %11,07'sini konteyner gemileri oluşturmaktadır. Diğer tip gemilerin dwt yüzdesi ise sadece %1,55'tir (2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme, 2014).

150 GT kapasitenin üzerindeki gemilerin dikkate alındığı, 1888 adetlik Türk Deniz Ticaret Filosunun genel yaş ortalaması 31.12.2014 itibariyle 23'tür (2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme, 2014).

#### **4.8 Denizyolu Taşımacılığının Öğeleri**

Aşağıda gemi, yük, liman gibi denizyolu taşımacılığına ilişkin temel kavramlar kısaca tanımlanacaktır.

##### **4.8.1 Gemi kavramı**

Denizyolu taşımacılığını belirleyen geminin tanımını teknik ve hukuki olarak yapmak mümkündür. Teknik anlamda, gemilerin teknik yönetmeliğine göre gemi; denizde kürekten başka aletle yola çıkabilen adı, tonilatosu ve kullanma amacı ne olursa olsun her aracı ifade etmektedir.

Türk Ticaret Kanunu'nun 931. Maddesinde gemi şu şekilde tanımlanmıştır; tahsis edildiği amaç, suda hareket etmesini gerektiren, yüzme özelliği bulunan ve pek küçük olmayan her araç, kendiliğinden hareket etmesi imkânı bulunmasa da gemi sayılır. Türk Ticaret Kanunu'nun aynı maddesinin 2. fıkrasında ise ticaret gemisi şöyle ifade edilmiştir; suda ekonomik menfaat sağlama amacına tahsis edilen veya fiilen böyle bir amaç için kullanılan her gemi, kimin tarafından ve kimin adına veya hesabına kullanılırsa kullanılsın ticaret gemisi sayılır.

Gemi yüzer bir ünedir, belli bir amaca hizmet eder bu amaçlar ticari olduğu gibi ticari amaçlı da olmayabilir.

Ticari amaçlı olmayan gemiler;

- Savaş gemileri
- Eğitim gemileri
- Araştırma gemileri
- Gezinti ve sportif gemiler

Ticari amaçlı gemiler;

- Yük gemileri
- Yolcu gemileri
- Hizmet gemileri
- Balıkçı gemileri'dir.

Ticaret gemisi denince ilk akla gelen, limanlar arasında mal taşıyarak hizmet veren yk gemileridir. Yük gemilerinin çeşitli tipleri vardır. Taşıdığı yüke göre kuru yük, sıvı yük ve özel amaçlı gemiler olarak sınıflandırılırlar. Bu tez çalışmasında yük gemileri üzerinde durulacaktır.

#### **4.8.1.1 Yük gemilerinin çeşitleri**

Kuru Yük Gemileri;

- Kuru/Dökme Yük Gemileri
- Maden Gemileri
- Konteyner Gemileri
- Kırkambar Gemileri
- Koster

Sıvı Yük Gemileri;

- Petrol Tankerleri
- Gaz Tankerleri
- Asit Tankerleri
- Kimyasal Tankerler
- Asfalt Tankerleri

- Su Tankerleri

Özel Amaçlı Gemiler;

- Ro-Ro Gemileri
- Lo-Lo Gemileri
- Soğuk Yük Gemileri
- Hayvan Gemileri
- Kombine Gemiler
- Fabrika Gemileri

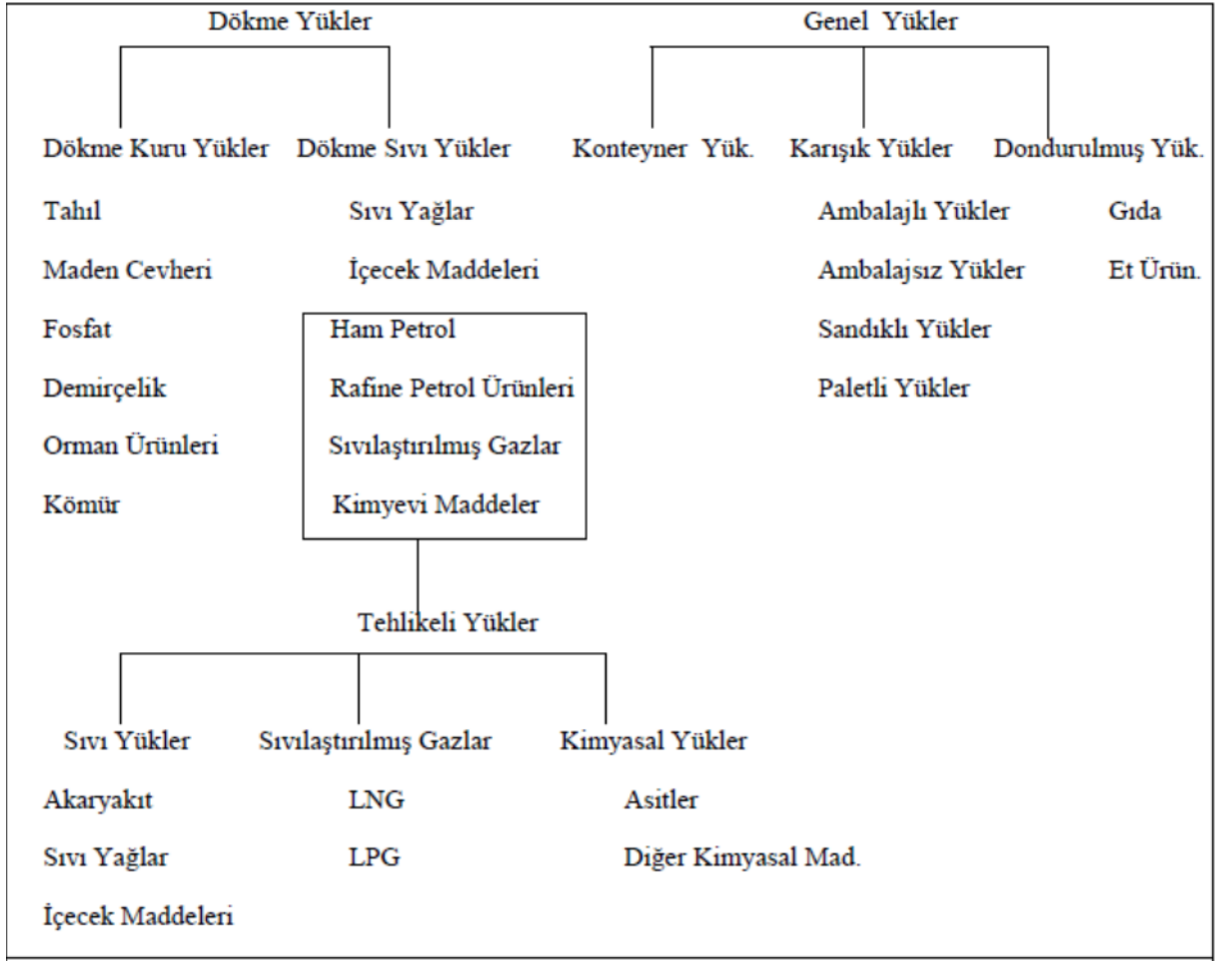
Yük gemilerinde gemi tonajı büyüdükçe taşıma yönünden belirli bir amaca dönük gemiler ortaya çıkar (Akdoğan, 2000).

#### **4.8.2 Yük kavramı**

Gemilerle taşınan yükler, taşımacılığın büyük bir bölümünün denizyolu ile yapılması nedeniyle çok çeşitlidir. Şekil 4.1’de denizyolu ile taşınan yük çeşitlerinin sınıflandırılması yapılmıştır.

Deniz yoluyla taşınan yük çeşitleri genel anlamda iki gruba ayrılır. Bunlardan birinci grubu dökme yükler, ikinci grubu ise genel yükler oluşturur (Stopford, 1988).





(Yorulmaz, M., 2009)

Şekil 4.1: Denizyolu ile taşınan yük çeşitleri

#### 4.8.2.1 Dökme yükler

Dökme yükleri Şekil 4.1’de olduğu gibi sıvı yükler ve kuru yükler olmak üzere iki kısma ayırabiliriz. Sıvı yükler bilindiği gibi tankerlerde taşınır. Bunlar petrol ürünleri, kimyasallar, doğalgaz, su ve bilinen her türlü sıvı olabilir. Dünyada petrol taşımacılığının neredeyse tamamı tankerlerle yapılmasından dolayı sıvı yük taşımacılığı önemli bir konuma sahiptir. Bu nedenle petrol ürünlerini arz edenlere, bunun ticaretini yapanlara ve gemi işletmelerine ek olarak petrol tüketen ülkeler için de sıvı yük taşımacılığı oldukça önemlidir (Kumar, 2003).

Kuru yükler ise çeşitli yüklere ayrılır. Bunlardan ilki tahıl dökme yükleridir. Bilindiği üzere buğday ve ağırlıklı olarak birçok tahıl yükü gemiler ile taşınmaktadır. Kuru yüklerden

ikincisi de maden cevherleridir. Bu cevherlere demir madeni, manganez, krom ve pirit gibi ülkemizden ihraç edilen bu maddeleri örnek verebiliriz.

#### **4.8.2.2 Karışık yükler**

Bu tür yüklerle kırkambar yükleri de denilmektedir. Bu yüklerin içine makineler, gübreler, elektronik eşyalar, elektrikli eşyalar, inşaat malzemeleri, kimyasal maddeler ve bunlara benzetebileceğimiz birçok madde girer. Bu tür yükler klasik gemiler için uygun olup, bu yüklerin gemiye yüklenmesi veya tahliyesi geminin kendi kreynleri veya liman kreynleri ile yapılır. Yükler sandık, koli, torba, kutu veya bidon gibi ambalaj içerisinde taşındığı için bunları saymak veya gemi ambarına istiflemek uzun zaman alır. Ayrıca çalınma ve bozulma riski oldukça fazladır.

#### **4.8.2.3 Dondurulmuş yükler**

Bu yüklere dondurulmuş et, tavuk, balık, tereyağı, süt ürünleri, meyve ve sebze gibi yükleri örnek verebiliriz. Bu yükler frigorifik gemilerde taşındığı gibi gelişen teknolojiyle birlikte günümüzde daha çok reefer konteyner adı verilen soğutmalı konteynerler vasıtasıyla taşınmaktadır. Bu yüklerin taşınması büyük bir titizlik ve önem gerektirmektedir. Çünkü bu maddeler gıda ürünleri olduğundan çabuk bozulma özelliğine sahiptir (Akın, 2001).

#### **4.8.2.4 Konteyner yükleri**

Son yıllarda büyük bir gelişme gösteren konteyner taşımacılığı hızlı ve güvenli olduğundan dünya taşımacılık pazarında çok önemli bir konuma gelmiştir. Konteynerlerin içine her türlü yük konulabilir. Bunlara televizyon, beyaz eşya, inşaat malzemeleri, ev malzemeleri gibi yükleri örnek olarak gösterebiliriz. Konteyner gemilerinin yükleme-boşaltma süreleri kısa olduğu için bu gemiler limanlarda uzun süre kalmazlar (Akten, 1995).

#### **4.8.3 Liman kavramı**

Limanlar; rıhtım veya iskelelerine gemilerin, deniz taşıma araçlarının yanaşıp bağlanabileceği veya su alanlarına demirleyebileceği imkânları kapsayan, gemiden sahile,

gemiden gemiye, sahilden gemiye yük veya insan nakli, gemilerin bağlanıp kaldırılması veya demirlemeleri, eşyanın karada veya denizde teslimine muhafazası için tesisleri ve imkanları bulunan sınırlandırılmış kara ve deniz alanlarıdır (Altınbuçuk, 1989).

Liman, gemiler için hizmet ve olanak sağlayan üretim birimidir. Limanlarda yükler toplanıp gemilere yüklenir ve istenilen başka limanlara gönderilir. Kısacası yüklerin dağıtım yeridir. Bu özelliğinden dolayı limanlar, deniz taşımacılığının ekonomik merkezidir (Ayan, 1998).

Ülkemizde 500 GT üzerindeki gemilerin yanaşabildiği ve yük taşımacılığında kullanılan 183 liman ve iskele bulunmaktadır. Limanların 7 tanesi devlet limanı, 161 tanesi özel, 15 tanesi ise belediyelere aittir.

Türkiye limanlarında 2014 yılında toplam 383,12 milyon ton yük elleçlenmiştir. Bununun 283,32 milyon tonunu ithalat-ihracat yükleri, 50,73 milyon tonunu kabotaj ve 49,07 milyon tonunu ise transit yükler oluşturmaktadır. 2004-2014 yıllarında Türkiye Limanlarında elleçlenen toplam yük miktarları Tablo 4.3'te verilmektedir. Tablodan yola çıkarak Türkiye'de deniz ticaretinin gün geçtikçe geliştiği görülmektedir.

Tablo 4.3: Limanlarımızda elleçlenen toplam yük (ton)

Yıl	Yükleme*	Boşaltma**	Transit	Toplam
2004	71.816.090	135.490.363	5.798.984	213.105.438
2005	69.114.453	138.261.923	5.649.218	213.025.594
2006	77.987.641	154.762.530	11.251.754	244.001.925
2007	85.354.516	171.657.360	34.561.755	291.573.631
2008	92.168.601	171.688.299	50.752.817	314.609.716
2009	92.076.130	159.347.990	58.012.586	309.436.706
2010	102.494.306	182.018.851	64.122.710	348.635.867
2011	103.033.885	195.933.688	64.379.150	363.346.723
2012	114.176.944	216.524.857	56.724.431	387.426.232
2013	115.630.332	215.643.211	53.657.215	384.930.758
2014	113.522.539	220.525.259	49.072.821	383.120.619

\*Kabotaj yükleme, ihracat \*\*Kabotaj boşaltma, ithalat

(Deniz Ticareti 2014 Yılı İstatistikleri Deniz Taşıtları, Denizyolu Taşıma ve Teşvik İstatistikleri)

#### 4.8.3.1 Türkiye’de bulunan önemli limanlar

Türkiye’nin en fazla yük elleçlenen ilk 5 liman tesisi sırasıyla; Botaş BTC Haydar Aliyev Deniz Terminali, Mersin Uluslararası Limanı, Kocaeli Tüpraş Terminali, Ambarlı Kumport Terminali ve Aliğa Tüpraş Terminalidir. Mersin ve İskenderun limanları ortadoğu ülkelerinin transit taşımalarında geçmiş yıllarda büyük rol oynamışlardır. Ortadoğudaki siyasi gelişmeler ve Irak'a ambargo uygulanması nedenleri ile transit taşımalar çok gerilemiş ve limanların yük trafiklerinde büyük azalmalar meydana gelmiştir. Doğu Akdeniz üzerinden ana konteyner taşımacılık hatları geçmesi, Mersin ve İskenderun limanlarının önemini artırmaktadır (DPT,2005).

Önemli transit limanlarımız İstanbul, İzmir, Mersin, Samsun, Trabzon’dur. Limanlar ticari malların ekonomiye giriş-çıkış yaptığı bir kapı özelliğindedir. Limanlarımızdan en işlek

olanı İstanbul olup, Liman Başkanlıkları bazında en çok geminin uğradığı limanlarımız sırasıyla; İzmit, Ambarlı, Mersin, Aliğa, Tuzla, Gemlik, İstanbul, İskenderun, Samsun ve İzmir'dir.

Mersin'deki rafineri ve İskenderun demir çelik fabrikası bu limanların işlek olmasını sağlamıştır. Marmara bölgesinde İzmit limanı petro-kimya tesisleri yönünden ithalat ve ihracat kapısıdır. İstanbul'a bağlantıyı sağlayan Yalova, Gemlik, Mudanya, Tekirdağ liman ve iskeleleri vardır. Eskiden Karadeniz kıyısında Hopa'ya, Akdeniz kıyısında Mersin ve İskenderun' a kadar yolcu taşımacılığı yapılırken günümüzde yalnızca Trabzon'a ve İzmir'e kadar turistik amaçlı feribot seferleri yapılmaktadır.

## V. KONTEYNER VE TAŞIMACILIĞI

### 5.1 Konteynerler

Konteyner kelimesi İngilizce “container” (muhafaza etme) kelimesinden türemiştir. Fiziki görünüşü itibari ile büyükçe ve sağlam bir sandıktır. Konteynerler dış etmenlere karşı dayanıklı ve uzun ömürlü olması sebebiyle taşıma sürecinin güvenle tamamlanmasını sağlar.



Şekil 5.1: Konteynerler

Konteynerler tekrar tekrar kullanabilmek için devamlılık özelliğine sahip ve bu sağlamlıkta olan, yüklerin açılıp kapanmadan bir veya birkaç vasıtada taşınmasını kolaylaştıracak tarzda yapılmış, bir vasıttan diğerine indirme ya da bindirmede kolaylık sağlayan, kolay doldurulup boşaltılacak şekilde yapılmış taşıma kaplarıdır.

Taşınan malın süratli ve hasarsız taşınması, taşımacılıkta ulaşılmak istenen ana hedefdir. Bunlara taşınmanın fiyatı da etki eder. Dolayısıyla en iyi taşıma; en ucuz, en güvenli ve en hızlı olanıdır. Bunu sağlayacak taşıma şekli olarak da konteyner taşımacılığı önem kazanmıştır. Çünkü bir kap içinde taşınan mal hem daha ucuz ve emniyetli taşınacak hem de istenildiğinde üreticinin, satıcının kapısının önünden, alıcının kapısının önüne getirilebilecektir (Yeşilbağ, 1992).

### 5.1.1 Konteyner çeşitleri

Konteynerler çok çeşitli yüklerin taşınmasında kullanılabilir. Bazen kuru yüklerin taşınmasında, bazen dökme yüklerin taşınmasında bazen de özellikli yüklerin taşınmasında kullanılmak üzere farklı şekilde dizayn edilmişlerdir.

#### 5.1.1.1 Kuru yük konteynerleri

Kuru yüklerin taşınmasında kullanılan konteynerlerdir. Genel olarak bu türdeki konteynerlerin bir kapısı olup diğer taraflara kapalıdır. Fakat bu tip konteynerlerin bazılarının hem üstü, hem de yanları açıktır.

#### 5.1.1.2 Dökme yük konteynerleri

Bu tip konteynerlerle dökme yük diye tabir edilen buğday, arpa, yağlı tohumlar, kum gibi yükler ile dökme yük niteliğindeki taneli ürünlerin taşınması sağlanır. Sıvı şeklindeki dökme yükler içinse bu tip konteynerler tank şeklindedir.



Şekil 5.2: Dökme yük konteyneri

### 5.1.1.3 İzole konteynerler

Soğutulmuş veya dondurulmuş nitelikte olan yüklerin taşınması için kullanılan konteyner türüdür. Teknik yönlerden yalıtımlı olan bu konteynerler, içine konan yüklerin bozulmasını veya benzer şekilde etkilenmesini önleyerek mümkün olduğunca uzun süre korunmasını sağlar.



Şekil 5.3: İzole konteyner

### 5.1.1.4 Özel amaçlı konteynerler

Belli ve farklı özellikleri olan yüklerin taşınması için kullanılan özel yapım konteynerlerdir. Örneğin; sıvıların taşınması, hayvan taşınması için kullanılan konteynerler.



Şekil 5.4: Sıvı konteynerleri



## 5.2 Konteyner Taşımacılık Türleri

Artık taşımacılık denizde ve karada birleştirilmiş, kombine hale getirilmiştir. Denizden uzak bir yerdeki satıcının, başka bir kıtada ve denizden uzakta bulunan alıcısına göndereceği malın önce satıcıya yakın bir limana, oradan gemiyle alıcıya yakın bir limana ve alıcıya ulaşması yolunda taşımacılığın amaçlarından olan sürati sağlamak, ancak standardizasyonla mümkündür. Herkes tarafından kabul edilen standartlardaki yük limana, limandan gemiye yani elden ele problemsiz ancak böylelikle taşınabilir.

Yukarda belirttiğimiz üzere; birden fazla taşıma sistemi ile yapılan kombine taşımacılıkta birden fazla araç kullanılmakta, bu da konteyner taşımacılığı anlamına gelmektedir. Kamyonla gemiye getirilen konteyner, gemiden demiryolu vasıtasıyla alıcısına gönderilmekte; böylece emniyetin yanında sürat de sağlanmaktadır.

İşte konteyner taşımacılığının gelişmesini sağlayan en önemli faktörlerden biri de budur.

### 5.2.1 Denizyolu konteyner taşımacılığı

Birçok heterojen malın tek bir yükleme ve taşıma ünitesi haline getirilmesine yardım eden, içine konan malların birkaç indirme bindirme işleminden sonra da taşınmasını sağlayan, hiçbir taşıma aracına bağlı olmayan ve bir araçtan diğerine teknik araçlar yardımıyla kolaylıkla aktarılabilen, büyüklüğü ve dizaynı yükleme, boşaltmaya uygun olan, tekrar kullanılabilmesi için gerektiği kadar sağlam yapılan sandık taşıma kaplarına konteyner denilmektedir (Sır, 1988).

Günümüzde gerek konteyner gemileri gerekse konteynerlerle taşınan yükler gittikçe artmaktadır. Artık kırkambar denilen ambalajlı yükler konteyner içinde ve konteyner gemileri ile taşınmaktadır. Yüklerin konteyner ile taşınmaya başlaması uluslararası ticaretin gelişmesine, limanların modernleşmesine katkı sağladığı gibi yüklerde meydana gelen hasarlarda azalmalara neden olmuştur.

Taşıma sistemleri arasında bir karşılaştırma yapılırsa, yüksek taşıma kapasitesi, yükün oranına, tipine göre değişebilen tonajda gemiler ve ulaşımda harcadığı enerji maliyetinin diğer

taşıma sistemlerine göre çok az oluşu denizyolu ile taşımacılığı en ucuz taşıma sistemi haline getirmiştir.

Konteyner gemileriyle yapılan taşımacılık da tüm dünyada kara ve deniz taşımacılığında teknolojinin gelişimini sağlamıştır. Konteyner yükleme ve boşaltması teknoloji sayesinde standart ekipmanlar kullanılarak çok hızlı bir biçimde yapılabilmektedir. Böylelikle gemilerin limanlarda kalış sürelerinde azalma meydana gelmiştir.

Konteynerlerin taşımacılık hizmetlerinde kullanılmaya başlanması ile ambalajlanma ve depolanma masrafları ile yük aktarma işlemlerinde zaman tasarrufu sağlanmış, hasar ve kırılma oranları önemli ölçüde azalmış ayrıca fiziki koruma sağlanmıştır (Keskin, 2006).

Günümüzde gemi tonajı ve kapasitesinin yanında, hız faktörünün eklenmesiyle ortaya çıkan yüksek verimlilik oranı ayrıca yüklerin çalınma ve bozulma risklerine karşı güvenle taşınması konteynerlerin deniz taşımacılığındaki önemini ortaya koymaktadır.

Konteyner taşımacılığının ana bölümü denizyoluyla taşımacılıktır. Standart özellikteki kutulara yüklenen yüklerin, bu kutulara uygun inşa edilmiş gemilerle taşınmasıdır. İlk zamanlarda genel kargo gemileriyle taşımalar yapılmış, ancak bunun elleçlenmesinin uzun zaman alması ve yükleme bağlantılarının sağlanamaması gibi problemler sonucu konteyner taşıma amacı ile gemiler yapılmaya başlanmıştır ki bu gün de en verimli taşımacılık şeklidir. Böylece yükleme-boşaltma sürati artmıştır.

Ticaret hacminin büyümesiyle orantılı olarak, taşınacak konteyner sayısının artmasıyla daha büyük kapasiteli gemilerin inşası yoluna gidilmiştir ki artık konteyner gemileri iki çeşittir. Ana gemi adı verilen, ana hatlar üzerinde taşımacılık yapan gemilerin terminallere bıraktığı konteynerleri küçük gemiler tali limanlara dağıtmaktadır. Yükleme-boşaltmanın aksamaması için büyük organizasyonlar gerektirmektedir. İyi organize olmuş şirketlerin dünyanın her yerine ulaştırabildiği konteynerler, karada da çeşitli yöntemlerle alıcıya gitmektedir.

### 5.2.1.1 Türkiye’de denizyolu konteyner taşımacılığı

Türkiye’de konteyner taşımacılığı, dünyadaki başlangıcından yaklaşık 20 yıl sonra 1980’lerde görülmeye başlanmıştır. Bu geç kalınlıktan ve Türkiye’deki konteynerizasyon sürecinin hızından dolayı Türkiye’de konteyner elleçleme oranı her zaman dünya ortalamasının altında kalmıştır.

Türkiye’nin konum itibarıyla yer aldığı bölge ülkelerine göre Türk konteyner filosunun yetersizliği, Türkiye yüklerinin yabancı gemiler tarafından taşınması ve bu taşımalardan dolayı oluşacak gelirin yabancı ülkelere aktarılması sonucunu doğurmaktadır. Türk konteyner gemi filosunun yetersizliği ana ticari rotalarda söz sahibi olamamasına ve aktarma trafiğinde ülke olarak sönük kalmasına yol açmaktadır.

Türkiye, coğrafi konum olarak ana ticari rotalara yakınlığı ile stratejik önem taşımaktadır. Bu anlamda Türkiye’nin bölgedeki aktarma yükleri çekme potansiyeli vardır. Son beş yılda aktarma trafiğindeki artış da bu görüşü desteklemektedir. Yunanistan’daki yanlış liman politikaları da Türkiye’nin konumunu güçlendirmektedir. Ancak mevcut liman alt yapısı ile bölgedeki aktarma yükünü karşılamak mümkün değildir. Türkiye’nin ana gemilere hizmet verebilecek ana limanlara ihtiyacı vardır. Ana limanlarda sadece fiziki altyapıya değil, aktarma yüklerin en kısa sürede aktarımını sağlayacak gümrük mevzuat kolaylıkları ve gümrük altyapısına da ihtiyaç vardır. Aktarma süreleri Dubai ve Rotterdam gibi limanlarda birkaç gün veya birkaç saatte gerçekleştirilmektedir.

Dünya konteyner trafiğinin %25’i Akdeniz koridorunu kullanmakta, özellikle Avrupa-Uzak Doğu yönlü yükler ana konteyner gemileri vasıtasıyla bu koridor üzerinden taşınmaktadır. Bu koridoru kullanan ve varış noktaları Karadeniz ve Orta Avrupa olan transit yükler ise koridor üzerinde yer alan ve dolayısıyla ana ticari rotadan sapma mesafeleri düşük olan Port Said ve Gioia Tauro gibi ana limanlarda küçük besleme gemilerine aktarılmaktadır. İşte bu noktada Türkiye’nin bu koridordan yeterli transit yük payı aldığını söylemek mümkün değildir.

Türkiye, jeopolitik konumunun verdiği avantajı denizcilik sektöründe faydalı şekilde değerlendirebilmek için mevzuatta gerekli düzenlemeleri yaparak, özel sektör işbirliklerini

desteklemeli, teknolojiyi yakından takip etmeli ve ek olarak limanların yurdun diğer noktaları arasındaki bağlantıları, özellikle deniz yolundan sonra en ekonomik taşımacılık olan demiryolu taşımacılığını teşvik etmelidir. Limanların fizibilite çalışmaları yapılarak, elleçleme kapasitelerinin artması gerekmektedir (Ateş, 2010).

Tablo 5.1’de 2004-2014 yılları arasında limanlarımızda elleçlenen konteyner miktarları görülmektedir. 2014 yılı Liman Başkanlıkları bazında limanlarımızda elleçlenen konteyner miktarlarına bakıldığında ise transit yüklerde; Ambarlı Limanı 745.854 Teu’luk konteyner miktarıyla Türkiye’nin bu alanda en büyük limanı olduğunu göstermektedir. 2014 yılı Liman Başkanlıklarımıza göre toplam konteyner elleçleme miktarlarına bakıldığında limanlarımızı şöyle sıralayabiliriz; Ambarlı 3.444.925 Teu, Mersin 1.483.945 Teu, İzmit 899.104 Teu, Gemlik 708.365 Teu, İzmir 678.756 Teu, Aliğa 536.518 Teu.

Tablo 5.1: Limanlarımızda elleçlenen toplam konteyner miktarı (Teu)

Yıl	İthalat-İhracat	Kabotaj	Transit	Toplam
2004	2.899.860	37.708	176.288	3.113.856
2005	3.119.465	18.322	174.421	3.312.208
2006	3.650.082	23.050	184.921	3.858.053
2007	4.375.112	61.417	145.739	4.582.268
2008	4.813.107	162.908	115.606	5.091.621
2009	4.249.875	142.025	12.542	4.404.442
2010	4.660.891	208.325	874.239	5.743.455
2011	5.461.078	305.256	757.171	6.523.505
2012	5.821.683	472.345	898.368	7.192.396
2013	6.365.622	544.496	989.815	7.899.933
2014	7.069.819	527.065	754.238	8.351.122

(2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme)

Bugünkü mevcut konteyner limanlarımızdan bir ikisi dışında geriye kalan hiçbir limanımızın transit-aktarma limanı olabilecek teknik ve fiziki altyapıya sahip olmadığı görülmektedir. Mevcut Limanlar içerisinde transit-aktarma limanı konumunda olan sadece Ambarlı ve Mersin limanıdır. Zaten her iki limanın konteyner elleçleme ve transit-aktarma konteyner rakamları bu durumu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Ancak her iki limanımızın da bölgedeki modern konteyner limanlarıyla tam anlamıyla rekabet edebilmesi oldukça zordur. Ambarlı limanının kapasitesini ve alanını daha fazla genişletmesi konumu gereği pek mümkün gözükmemektedir. Ayrıca limanın demiryolu bağlantısının olmayışı ve otoyol bağlantılarındaki yetersizlikler de ciddi şekilde sorun olmaktadır. Mersin limanı ise kara alanında genişleme yapabilme imkânına sahip olabilir, ancak onun da deniz tarafında rıhtım uzunlukları ve derinliklerinin artırılması, manevra sahasının genişletilmesi konusunda ciddi sıkıntıları olacaktır. Bütün bu değerlendirmelerin ışığında bölgedeki büyük, modern konteyner limanlarıyla rekabet edebilecek yeni ve doğru projelere Türkiye'nin kesin ihtiyacının olduğu söylenebilir.

2023 yılında dünyanın ilk 10 ekonomisi arasında olmayı hedefleyen Türkiye'nin denizciliğini hak ettiği yere getirmek ve uluslararası alanda rekabet gücünü artırabilmesi için uzun dönemli ulusal ve uluslararası denizcilik politikalarının olması gerekmektedir. Aksi takdirde büyüyen, gelişen Türkiye'nin dünyaya açılımı ve bütünleşmesi yeterli düzeyde olmayacaktır. Eğer Türkiye bu altyapı yatırım projelerini gerçekleştirir ve yeni konteyner limanlarını da hizmete sokabilir ise bölgesinde önemli konteyner aktarma merkezlerinden biri olabilir. Ancak bu altyapı yatırımlarının yanında eksiklerimiz olan hukuki ve gümrük mevzuatının da AB ve gelişmiş ülkeler standartlarına göre düzenlenmesi ve liman-terminal masraflarımızın rekabet edebilir düzeylerde olmasını sağlamamız gerekmektedir. Bu ilk etapta limanlarımızın tanıtımı, pazarlaması ve tercih edilmesi için temel nokta olacaktır. Çünkü bu limanları hemen destekleyebilecek global ölçekte yerli konteyner hatlarımız olmadığı gibi, dünyada söz sahibi büyük bir konteyner gemi filomuz da bulunmamaktadır. Bu durum Türkiye'de denizyolu konteyner taşımacılığının gelişmesinin önünü tıkayacak temel sorunlardan biri olarak karşımıza çıkabilir.

Denizyolu taşımacılığı bir ülkenin büyümesinde ve gelişmesinde en önemli kilit sektörlerden biri olduğu gibi güçlü bir filoya sahip olmak, ülke güvenliği için de önemlidir.

Dolayısıyla, denizciliğimizin ileriye gitmesi ve bizim de bu sektörde varız diyebilmemiz için uzun vadeli ulusal bir denizcilik politikamızın oluşturulması çok önemlidir.

### **5.2.2 Karayolu konteyner taşımacılığı**

Karayolu taşımacılığı türler arası taşımacılık için vazgeçilmez taşıma sistemlerinden birisidir. Karayolu taşımacılığı içermeyen bir kombine taşımacılık neredeyse yok denecek kadar azdır. Özellikle diğer alternatif taşıma sistemlerinin gelişmediği ya da coğrafi, ekonomik açıdan tercih edilmediği ülkelerde karayolu taşımacılığı ön plana çıkmaktadır. Bu durum konteyner taşımacılığı için de geçerlidir. Bir konteyner, demiryolu platformunda taşınmadan önce bir kamyonun arkasında taşınabileceği gibi, gemiden tahliye olduktan sonra varış yerine yine karayolu ile taşınabilmektedir.

Karayolu taşımacılığında konteynerler, genellikle şasi ya da yarı-römork adı verilen tekerlekler üzerindeki bir metal iskelete oturtularak, bir çekici vasıtasıyla taşınmaktadır. Kamyonlar, karayolu yük taşımacılığında en çok tercih edilen araçlardır. Diğer taşıma türlerinden farklı olarak, karayolu taşımacılığı, yükü taşıyan kamyon şoförüne talimat verebilmek, ani karar değişiklikleri yapabilmek ve alternatif çözümler yaratabilmek açısından daha avantajlıdır. Bir tren makinistine ya da bir gemi kaptanına sadece tek bir yük için güzergâh değişikliği yaptırabilme olasılığı o yükün taşınan toplam yük içindeki payı göz önünde bulundurulduğunda bir hayli düşüktür. Ancak karayolu taşımacılığında olası sorunlarda alternatif çözümler daha kolay üretilebilmektedir.

Karayolu yük taşımacılığı esnasında oluşan sorunlara kolay çözüm üretilebilmesi avantajlı gibi görünse bile diğer taşımacılık çeşitleri arasında bir takım zararları bulunmaktadır. Birim yük başına düşen enerji tüketimi çok fazladır. Aynı anda taşınan yük miktarı gemi ya da demiryolu taşımacılığına göre çok azdır. Bu sebeple birim yük başına düşen enerji harcamı sırasıyla en düşükten en yükseğe denizyolu, demiryolu, karayolu taşımacılığıdır. Birim yük başına yakıt tüketiminin en fazla olduğu taşıma türü olan karayolu taşımacılığı; egzoz gazı emisyonları, gürültü kirliliği, trafik kazaları açısından da diğer taşıma türlerine kıyasla en yüksek değerlerdedir (Çakar, 2009).

## VI. TAŞIMACILIKTA LOJİSTİK VE KOMBİNE TAŞIMACILIK

### 6.1 Lojistik Kavramı

Lojistik kelimesi, Yunanca kökenli olan ve “hesaplaşma, sayma” anlamına gelen “Logistikos” kelimesine dayanır. Ekonomik ve sosyal alanda belli yer ve zamanda ihtiyaç duyulan canlı-cansız her tür varlığın arz-talep doğrultusunda ya da üretimden tüketime giden süreçte bilgi, sevkiyat, stok, malzeme taşıma, depolama ve paketlemenin entegrasyonunu içeren faaliyetler bütünüdür.

İlk kez 1905 yılında “ordulara ait malzeme ve personelin taşınma, tedarik, bakım ve yenilenmesi” şeklinde askeri bir fonksiyonu tanımlamak amacı ile kullanıldığı bilinen kavram, 1960 yılından günümüze kadar; “Teknolojiyi kullanan nakliye şirketinden, nakliye kullanan teknoloji şirketine...” doğru bir gelişim gözlenmektedir (Kobu, 1994).

Yönetim sistemindeki gelişmeler lojistik kavramını öne çıkarmış ve bunun bir sonucu olarak da lojistiğe olan ilgi hızla artmıştır (Dumanoglu, 2005).

Özellikle son yıllarda küreselleşen ekonomi ve bunun yarattığı uluslararası tam rekabet ortamı, göndericiden alıcıya uzanan süreçte hizmet entegrasyonunu zorunlu hale getirmiş, bu çerçevede uluslararası taşımacılık; taşıma, depolama, dağıtım, gümrükleme ve sigortalama dahil olmak üzere göndericiden alıcıya uzanan sürecin tamamını kavrayan hizmet zincirine dönüşmüştür (Demir, 2006).

#### 6.1.1 Lojistik kavramı içinde ulaştırmanın yeri

Ulaştırmanın bileşenleri “taşıt, çevre ve ulaştırma sistemi altyapısı ile insan” olmak üzere sıralanabilir. Bu tanımlamada, ayrıca gerek bu bileşenlerin kendisi ile gerekse de birbirleri ile olan ilişkilerinde ortaya çıkan problemler de maliyet olarak ulaştırma bileşenlerinin içinde yer alabilirler (Bakırcı, 2005).

Lojistiğin ana faaliyetlerinden birisi olan ulaştırma, zamanla artan tüketici taleplerini karşılamak üzere işletmeler arası rekabetin bir sonucu olarak kişi ve eşyalara yer ve zaman faydası yaratma faaliyetidir.

Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi, ulaştırma bir hizmet olduğundan depolama ve saklama imkânı yoktur. Bu nedenle ulaştırma hizmeti, ihtiyacın olduğu noktada sunulmalıdır. Ulaştırma hizmeti beraberinde ciddi bir organizasyon gerektirir. Özellikle günümüz rekabet ortamında, rekabetçi üstünlüğün sağlanması bu organizasyonu zorunlu kılar. Ürünün maliyetini doğrudan etkileyen ulaştırma giderlerinin mümkün olan en minimum seviyeye indirilmesi ancak etkin bir ulaştırma yönetimiyle mümkündür. Ulaştırma yönetiminde ürünün cinsine en uygun ulaştırma biçimine ve bu ulaştırmanın maliyetine, ulaşım güzergâhına, ulaştırma araçlarının seçimine ve dokümantasyon işlemlerine özen gösterilmelidir.

Üreticinin dünya üzerindeki konumu ile tedarikçilerinin ve müşterilerinin dünya üzerindeki konumları aynı olmak zorunda değildir ve bunların arasında malzeme akışının sağlanması günümüzde belirli taşıma sistemleri aracılığı ile olmaktadır. İşte bu taşıma sistemlerinde kullanılan nakliye araçlarının hareket yeri ve biçimine göre incelenmesi ile oluşan gruplara ulaştırma modları denilmektedir. Ulaştırma modları 5 farklı türden oluşmaktadır. Bunlar; karayolu, havayolu, demiryolu, boru hattı, denizyoludur.

Lojistik, kelime anlamı ile planlanan her türlü hedefe ulaşmak için, yapılacak faaliyetlerin mantıki hesaba dayalı malzeme, personel ve bilgi akışı ile desteklenmesi anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında lojistik, bir plan veya operasyonun ayrıntılı bir şekilde hesaplanması, örgütlenmesi ve uygulanmasıdır.

Lojistik terimi ilk başlarda askeri alanda araç, gereç ve birliklerin hareket organizasyonunu tanımlamak için kullanılmış, 90'lı yılların başından itibaren ise kavram tedarik zincirinin bir parçası olarak değerlendirilmiş ve çeşitli yazarlar tarafından tanımlar ortaya konulmuştur.

Lojistik; Martin Christopher (1998) tarafından, hammadde, yarı mamul ve mamullerin ve bunlarla ilgili bilgi akışlarının tedarik, sevkiyat ve depolama süreçlerinin hem işletme içerisinde hem de dağıtım kanalı boyunca stratejik yönetiminin gerçekleştirilmesi ve maliyet etkin sipariş karşılama yöntemleri ile mevcut ve gelecekteki kâr maksimizasyonunun sağlanması olarak tanımlanmıştır.



Lojistik Yönetimi Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP) tanımına göre ise lojistik; müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla hammadde, yarı mamul, mamul ve ilgili bilgilerin üretim noktasının başından tüketim noktasına kadar etkin ve düşük maliyetli bir şekilde akış ve depolanması süreçlerinin planlanması, uygulama ve kontrol edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Akten, 1995).

Ulaştırma altyapısında meydana gelen iyileşmeler ve ulaşım araçlarındaki hızlı gelişme, ekonominin tüm birimlerini etkileyen bir dönüşüm yaratmış ve bilgi ekonomisinin gerektirdiği yeniden yapılanmayı gerekli kılmıştır. Bilgi teknolojilerinin gelişerek dünya çapında, bilgi iletişim ve ağ sistemlerinin kurulmasını sağlaması, ulaştırma sektöründe pazarlama, dağıtım ve tanıtım faaliyetlerinin gelişmesine ve rekabet gücünün artmasına yol açmıştır.

Ulaştırma, ekonominin diğer kesimlerinden, örneğin tarımdan, sanayiden ya da diğer hizmet kesimlerinden daha farklı özelliklere sahip olan bir etkinlik alanıdır. Bu özellikleri şöyle özetlememiz mümkündür; ulaştırma her şeyden önce teknoloji kökenli bir mühendislik endüstrisidir, ulaştırma günlük yaşamımızın içinde sürekli var olan ve onun ayrılmaz bir parçası olan bir etkinliktir başka bir deyişle, herhangi bir kesimden daha fazla olmak üzere tipik bir dışsallıklar endüstrisidir, bütün diğer kesimlere doğrudan bağlantılı, onları etkileyen ve onlardan etkilenen bir kesimdir (Candemir, 2002).

Ticaretin dünya çapında büyümesi ve uluslararası sermaye piyasalarında görülen mali serbestleşmenin yarattığı finansal akımlar ile insan ve malların ülkeler arası hareketliliği gibi faktörler ekonomiye, çevreye, sağlığa ve topluma birçok yönden dışsal etki yapmaktadır (Bakırcı, 2005).

## **6.2 Lojistiğin Gelişimi**

Endüstri devrimi sonrası, ABD’de kitle üretim sonucu pazarda oluşan yüksek mal kapasitesi, dağıtım işlevinin önüne geçerek lojistik faaliyetlere ilişkin ihtiyaçları gündeme getirmiştir. Mal grupları ve pazarlama kanallarının genişlemesi ile farklı türdeki perakendecilerle benzer malların satışı ve yeni ihtiyaç yaratacak mal türleri önerileri şeklindeki gelişmeler lojistiğin üstünlük kazanmasında önemli rol oynamıştır (Çekerol, 2007).

1950'li yılların başında ortaya çıkan kârın kısılması sorunu yani pazarlamada meydana gelen tıkanma, yeni maliyet denetim sistemlerinin gelişmesine yol açan bir ortam doğurmuştur. Pek çok ülke maliyetlerini denetim altında tutmaya ve azaltmaya yönelik tutumlar içine girmiştir. Bu dönemde lojistik işlevi, yeni maliyet indirim yöntemleri için verimli bir alan olarak görülmeye başlanmıştır.

1960'lı yıllarda lojistik sistemi, sistem yaklaşımı uygulaması, müşteri hizmetlerine önem verilmesi, pazarlama kanalları üzerindeki çalışmalar tekrar gözden geçirilmiştir.

1970'li yıllarda ise günümüz modern lojistik anlayışının temelleri oluşmuştur. Bu yıllarda şirketler, lojistik yönetimini ele almış ve lojistik faaliyetlerinin daha az maliyetle daha iyi gerçekleştirilebilmesi için yoğun çalışmalar yapmışlardır.

Buna göre daha önce fiziksel tedarik ve fiziksel dağıtım olarak ayrı ayrı ele alınan işletme faaliyetlerinin aslında ortak faaliyetlerden oluştuğu ve bir arada düşünülmesi gerektiği fark edilmiştir.

1980'li yılların başında, taşımada bağlayıcı kurallar azaltılıp, mikro bilgi işlem teknolojisine geçiş ile lojistik kavramı yerleşerek uygulama alanı bulmuştur. 1980 ve sonrasındaki bu önemli değişiklikler ve gelişmeler bütünlük lojistik kavramının yerleşerek uygulama alanı bulmasına olanak sağlamıştır.

1990'lı yıllarda akademisyenlerin bu alana olan ilgilerinin, şirketlerin ilgisine paralel olarak artmasıyla araştırmalar büyük bir ivme kazanmış ve lojistik sistemlerinin tamamen yenilenmesi teorileri hayata geçirilmeye başlanmıştır. Lojistiğe yönelik ilginin nedenleri şöyle sıralanabilir:

Nakliye maliyetlerinin çok hızlı yükselmesi: geleneksel dağıtım yöntemleri çok pahalı hale gelmiş ve yönetimler bu maliyetlerin daha iyi kontrol edilmesi gerektiğinin farkına varmışlardı. 1970'lerde bu faktör, petrol fiyatlarının aşırı yükselmesi ve piyasadaki kıtlık nedeniyle daha kritik bir hale gelmiştir.

Ürün verimliliğinin en yüksek noktasına ulaşması: ürünler üzerinde ek maliyet tasarrufu yapmak, ürünlerin maliyetlerinden kısmının neredeyse imkânsız hale gelmesi

nedeniyle çok zorlaşmaktaydı. Ancak, fiziksel dağıtım ve lojistik göreceli olarak bu verimlilik perspektifinin dışındaydı.

Stok felsefesinde radikal değişikliklerin oluşması: stoklanan ürünün, perakendeciler yarısını, üretici ve toptancılar da diğer yarısını tamamlıyorlardı. 1950'lerin başında, özellikle yaş sebze ve meyve alanında, çok daha karmaşık stoklama teknikleri geliştirilmiş ve oranlar yüzde 10 perakendeci, yüzde 90 dağıtıcı ve üreticiler olarak değişmiştir.

Müşteri beklentilerinin zamanında karşılanma zorunluluğu: pazarlama anlayışının benimsenmesi ve müşterilerin istediğini istediği anda verme çabaları, ürün hattında çok büyük bir genişlemeye yol açmıştır. Ancak sonuçta, depolarda veya ürün hatlarında ki stoklar büyük miktarda artmıştır.

Bilgisayar ve iletişim teknolojilerinde yaşanan devrim: lojistikle ilgili çalışmalar gerçekten çok sayıda detay ve bilgiye gereksinim duymaktadır.

Gerekli bilgilerden bazılarını şöyle sıralayabiliriz; müşterilerin bulunduğu yer, sipariş büyüklüğü, ürünün üretildiği, depolandığı ve dağıtıldığı merkezler, depo ve fabrikadan müşteriye erişim maliyetleri, tedarikçilerin bulunduğu yerler, depo ve dağıtım merkezindeki mevcut stok düzeyi, ürünün ve hammaddenin süreç içindeki durumunun bilinmesidir. Gereksinim duyulan bilgilerin çokluğu ve karmaşık yapısı da olması elle analiz yapmayı adeta imkânsız hale getirmiştir. Fiziksel dağıtımdaki bu genişlemeye paralel olarak bilgisayar ve iletişim teknolojilerinde de önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır.

21.Yüzyılda tüketiciler nezdinde yükselen ve muhtemelen bu yüzyılın en önemli değerlerinden biri de geri dönüşüm konusudur. İşletmeler; yeniden paketlenme, geri dönüşüm kanallarının geliştirilmesi gibi lojistikle ilgili pek çok farklı işlemlerle yüz yüze kalmışlardır. Tüketiciler, firmaların geri dönüşüm konusuyla daha aktif olarak ilgilenmesini talep etmekte ve firmalar bu süreçte maliyetleri düşürücü birçok geri dönüşüm biçimi geliştirmektedirler.

Uluslararası üretim veya satış yapan firmaların artması faaliyetlerde ölçeklerin büyümesi, lojistik fonksiyonunun daha fazla ilgi kazanmasına etki eden bir diğer faktördür.

Sonuç olarak, günümüzde lojistiğin bütün olarak kazandığı önem, şirketleri, lojistik verimliliğini artırarak rekabet avantajı elde etmeye zorlamaktadır (Çekerol, 2007).

### 6.3 Kombine Taşımacılık

Bugün çeşitli taşımacılık sistemlerinin birbirlerine olan üstünlüklerinin azalmaya başlaması, bu taşıma sistemlerini eskiye göre birbirlerine daha çok muhtaç olmaya sevk etmiş, bu nedenle taşımacılık sistemlerinin bütünleştirilmesi ve kombine taşımacılık önem kazanmıştır. Ancak yeni yeni oluşan kombine taşımacılık yöntemleri taşıma sektöründeki önemli yerini almak üzeredir (Kaynak, 2004).

Tüm dünyada son yıllarda görülen genel yaklaşım, taşımacılığı tek bir bütün olarak ele alıp, aynı taşımacılıkta her ulaşım alt sisteminden en etkin bir şekilde yararlanma yoluna gitmektir. Kombine taşımacılığı doğuran da bu anlayış olmuştur. Kombine taşımacılık, bir yükün çıkış noktasından itibaren birden fazla taşımacılık sistemi kullanılarak müşteriye ulaştırılmasıdır. Böylece, taşımacılıkta etkinliği artırmak olanaklı hale gelirken, diğer taraftan taşıma türleri arasında da dengeli dağılımın sağlanması gerçekleştirilmiş olmaktadır. Kombine taşımacılıkta en çok kullanılan ulaşım birleşimleri şöyledir:

- Denizyolu-Demiryolu-Karayolu,
- Denizyolu-Karayolu,
- Demiryolu-Karayolu
- Denizyolu-Demiryolu (Kaynak, 2004)

Ülkeler, son yıllarda ortaya çıkan hız arttırmaya ve maliyet düşürmeye yönelik uygulamalar sonucunda, bir yanda telekomünikasyon bağlantılı enformasyon teknolojilerinden yararlanırken, diğer yandan gittikçe kara, demir, deniz ve hava ulaşımından oluşan kombine taşımacılığa kaymakta ve konteynerleşmektedir. Ana eğilim budur ve bu sayede OECD ülkelerinde tam zamanında teslim temel bir ilke haline gelebilmekte, üretim ve satışların yaklaşık 2/3'ü talebe hemen cevap vermek üzere organize olabilmektedir. Kombine taşımacılıkla birlikte ulaşım sistemleri de bütünleştirilmektedir.

Kombine taşımacılık türleri arasında özellikle konteynerle yapılan kombine taşımacılık, ulaşım türleri arasında aktarmalarda getirdiği kolaylık, yük standardizasyonu, yükleme ve boşaltma işlemlerinde zaman tasarrufu, yolculuk boyunca yük için maksimum

korunma avantajlarına sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle, konteyner taşımacılığı dünyada büyük gelişme göstermektedir. Örneğin, günümüzde denizlerde yapılan genel yük taşımacılığının % 60'dan fazlası konteynerle gerçekleştirilmektedir. Gelişmiş ülkeler arasındaki ticarete ise bu oran % 80'nin üzerindedir. 1990'dan 2000'li yılların başına konteyner taşımacılığı yaklaşık 2,5 kat artmıştır (Kaynak, 2004).

## VII. HAVA KİRLİLİĞİ

Günümüzde dünya yeni bir jeolojik çağa sahne olmaktadır. Bu çağa İnsan Çağı anlamına gelen "Antroposen" adı verilmektedir. Bu çağda, artan nüfus ile birlikte şehirleşme ve sanayileşme artmış, ormanlar ve doğal bitki örtüsü yok edilmekte, küresel ısınmayla birlikte okyanus su sıcaklıkları artmakta, bitki ve hayvan türleri azalmaktadır.

İnsan kaynaklı emisyonlar önemli hava kirliliğine yol açmakta, çevre ve insan sağlığı üzerinde tehlikeli boyutlarda olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklinde bulunan kirletici maddelerin canlıların normal yaşamına ve çevrenin doğal dengesine zarar vermesidir. Kirletici madde, havanın doğal bileşimini bozan ve aynı zamanda çevre ve sağlık açısından olumsuz etkileri olan kimyasal maddelerdir (Jakobson, 2002).

Çevre sorunlarından biri olan ve özellikle büyük şehirlerde insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaşan hava kirliliği, günümüzün en güncel tartışma konularından biri haline gelmiştir.

Hızla gelişen teknoloji, sanayileşme ve şehirleşme birçok problemi de beraberinde getirmiştir. İnsanlık bir yandan sanayileşmenin getirdiklerinden yararlanmayı ve tam bir refah içinde yaşamayı hedeflerken diğer taraftan ihmal ettiği bazı değerlerin bedeli olarak doğal dengenin bozulması ve çevrenin kirlenmesi ile karşı karşıya kalmıştır.

Günümüzde, her geçen gün artan çevre sorunlarının başında gelen hava kirliliği, geleceğin dünyasını ciddi bir şekilde tehdit ederek, ekolojik tehlikelerle karşı karşıya bırakmaktadır. Hava kirliliği dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak, artan enerji kullanımı, sanayinin gelişimi ve şehirleşmeyle ortaya çıkmakta, insan sağlığı ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır.

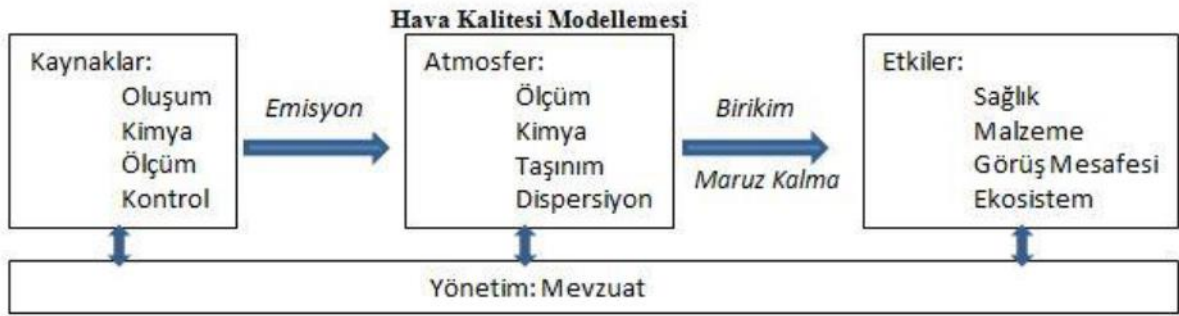
Dünyada 1,1 milyardan daha fazla insan, hava kalitesi düşük şehirlerde yaşamaktadır. Şehirlerdeki hava kirliliğinin ana nedenleri; endüstriyel gazlar, araçlar ve enerji üretiminin neden olduğu kirlenmedir. Ulaşım araçlarından kaynaklanan kirlenme özellikle, büyük kentlerde önemli bir yer tutmaktadır.

Hava kirliliğine sebep olan kirleticilere baktığımızda sanayinin, meskenlerin, termik santrallerin, motorlu taşıtların büyük paya sahip olduğunu görmekteyiz (Karakuş, 2002).

Hava kirliliği konusu çok sayıda sürecin bir arada bulunduğu kapsamlı ve bir o kadar da kompleks bir sistemdir. Hava kalitesini etkileyen emisyonlar, evsel ısınma araçları, endüstri, taşıtlar gibi insan kaynakları olabileceği gibi bitki emisyonları, orman yangınları, volkan gibi doğal kaynaklar da olabilir.

Söz konusu emisyonlar, atmosfere doğrudan kirleticiler salılabildiği gibi ilk safhada kirleticiler olmayan ama kimyasal süreçlerde rol aldığı için hava kalitesini ikincil olarak etkileyen kimyasallar da içerebilir.

Hava kirliliğini bütüncül bir yaklaşımla incelediğimizde karşımıza yaklaşık olarak Şekil 7.1'deki gibi süreçler çıkacaktır (Tayanç, 2013).



Şekil 7.1: Hava kirliliğinde süreçler

Hızla artan sanayileşmeye bağlı olarak gelen göçler kentlerde yoğun bir nüfus artışı yaratmıştır. Yoğun sanayi ve artan nüfusa bağlı olarak oluşan çarpık kentleşme, hava, su ve toprak kirliliği gibi çevre sorunlarını da ortaya çıkarmıştır.

Kirliliği belirleme ve önlemeye yönelik ilk adım hava kirliliğine yol açan kaynaklardan, atmosfere salınan kirleticiler maddelerinin ve miktarlarının belirlenmesidir. Bu çalışma emisyon envanteri olarak bilinir. Gerçek emisyonlar, hem kaynaktan hem de alıcı ortamda yapılan ölçümler ile tespit edilebilir. Ancak pahalı ve güç bir işdir. Bu nedenle de ölçüm yapılması olanaksız olduğu durumlarda ölçüm yerine, emisyon faktörleri kullanılarak

hesaplama yöntemi tercih edilmiştir. Temiz hava planı çalışmalarında yerel ölçekte hazırlanan bu envanterler gereklidir (Tünay ve Alp,1995).

## 7.1 Hava ve Hava Kirliliği ile İlgili Genel Bilgiler

Hava, insan ve diğer canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. Yerküreyi saran gaz kütleyle atmosfer adı verilmektedir. Atmosferdeki hava tabakasının kalınlığı 150 km'dir. Bunun sadece 5 km'si canlıların yaşamasına elverişlidir. Yeryüzünden uzaklaştıkça hava tabakasının yoğunluğu azalır. Atmosfer, yerkürenin etrafında adeta düzenleyici ve koruyucu bir örtü şeklindedir. Havada yaklaşık olarak; azot %78, oksijen %21, karbondioksit ve asal gazlar %1 oranında bulunur.

Havada bulunan gazları üç grupta toplayabiliriz:

- Havada devamlı bulunan ve çoğunlukla miktarları değişmeyen gazlar (azot, oksijen ve diğer asal gazlar)
- Havada devamlı bulunan ve miktarları artan-azalan gazlar (karbondioksit, su buharı, ozon)
- Havada her zaman bulunmayan gazlar (kirleticiler)

Hava kirliliği; atmosferde toz, duman, gaz, koku ve su buharı şeklinde bulunabilecek olan kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile tabiata ve eşyaya zarar verici seviyeye ulaşması olarak tarif edilebilir.

İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirletilerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Ülkemizde özellikle ısınma enerjisi temini için sosyo-ekonomik şartlardan dolayı düşük kalorili, kükürt oranı yüksek olan ucuz kömürlerin fazla kullanılması, motorlu taşıt sayısının hızla artması ve zaman zaman oluşan kötü meteorolojik şartların etkisi ile hava kirliliği önlem alınması gereken boyutlara gelmiştir.

Doğal veya insan faaliyeti sonucu atmosfere karışan kirleticiler, her iki halde de atmosfere yayıldıkları anda hızla kimyasal reaksiyonlar oluştururlar ve hava akımları ile



karışır, dağılır, yayılır ve taşınırlar. Böylece kirleticiler, kaynaktan çıkıp, alıcılara ulaştığında karakterleri değişebilir.

## **7.2 Hava Kirliliğinin Sebepleri**

Bugün çok önemli bir çevre problemi olan ve özellikle insan sağlığını etkileyen hava kirliliği ilk olarak, atmosfer bileşiklerinin değişmesiyle başlamaktadır. Atmosfer, genellikle içerisine karışan toksinli maddeleri eriterek etkisiz hale getirmesine rağmen meteorolojik ve topografik şartlara bağlı olarak devamlı bir şekilde kirlenmektedir. Çeşitli amaçlarla yakılan ateşler, fabrika ve ev bacalarının dumanları, araçların egzoz gazları havaya zehirli gazlardan olan karbon monoksit, kükürt dioksit ve nitrik asit gibi gazların bol miktarda karışmasına neden olmaktadır.

Doğanın kendi içindeki süreçlerini hava kirliliği yaratmaktadır. Ancak insan eliyle organizmaların harekete geçirilmesi ile kirlilikler de oluşmaktadır. Trafik, önemli bir hava kirliliği nedenidir. Araçlardan çıkan yakıtlar; petrol, kömür ve diğerleri, havada değişik atıkların oluşmasıyla birlikte hava kirliliğini arttıran etkenlerin başında gelir.

Çarpık şehirleşme ise hava kirliliğinin daha da artmasının nedenlerinden biridir. İnsanlar konutlarını ısıtmaya çalışırken, kullanılan yakıtlar kirliliğe neden olmaktadır. Doğalgaz ise oksitlendiğinde ortaya CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O çıktığından diğerlerine göre daha az kirletmektedir (Keleş ve Hamamcı, 2002).

### **7.2.1 Şehirleşme ve konutların ısıtılması kaynaklı kirlilik**

Özellikle 1950'li yıllardan sonra görülen hızlı şehirleşme ülkemizdeki hava kirliliğinin en önemli sebeplerindendir. Şehir merkezlerinde konut sayısının fazlalığı, evsel ısıtma amacıyla yakılan kömür ve akaryakıt emisyonlarının alçak bacalardan atmosfere atılması, kullanılan yakıtın düşük kalorili, yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, ısıtma sistemlerinde yanmanın tam olmaması gibi faktörler ile meteorolojik etmenlerin bir araya gelmesi özellikle kış aylarında şehirlerin önemli bir bölümünde yüksek düzeyde hava kirliliğine sebep olmaktadır.

Bir başka etken ise üretim süreçleridir. Fabrikalar; özellikle şehrin içine yerleşmiş olan sanayi ve atölyelerin bacalarından yaktıkları atıklarla, dışarıya yaptıkları deşarjlarla hava ve çevre kirliliğine neden olmaktadır.

### **7.2.2 Endüstri kaynaklı kirlilik**

Kalkınmanın ana sektörlerinden birisi olan sanayi ile çevre arasında çok yönlü ve birbirini etkileyici nitelikte çok sıkı bir ilişki olup, bu etkileşmenin yarattığı olumlu sonuçlar yanında çevre koruma açısından önlemler alınmadığı ve uygun teknolojiler kullanılmadığı takdirde çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğuran bir dengesizlik sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu dengesizlik giderek kaynakların tahribine, çevrenin hızla kirlenmesine ve sanayi sektörlerinden kalkınmada beklenen faydaların giderek kaybolmasına yol açmaktadır.

Endüstriden kaynaklanan hava kirliliği esas olarak yanlış yer seçimi ve atık gazların yeterli teknik önlemler alınmadan havaya bırakılması sonucu meydana gelmektedir.

Endüstri emisyonları, üretimde kullanılan maddelerin atmosfere atılmasından dolayı endüstri türüne bağlı özel bazı kirlilikler yaratmakla birlikte endüstriyel kirliliğin en önemli kaynağı tesislerde kullanılan yakıttan gelen kirleticilerdir. Bu sebeple endüstrilerin kirletici potansiyeli bazı özel haller dışında kullanılan yakıt miktarına bağlıdır. Ayrıca endüstrilerin çevreye olan etkilerini baca yüksekliğine bağlı olarak iki ölçekte düşünmek gerekir. Bacaları alçak olan endüstrilerden atılan kirleticiler, tesis yöresinde yoğun kirliliği sebep olmakla birlikte, tesisten uzaklaştıkça etkileri hızla azalmaktadır. Buna karşılık son yıllarda lokal kirlilik problemlerine çözüm olarak yapılan yüksek bacalardan atılan kirleticiler ise daha geniş bölgelerde kirliliği sebep olmaktadır. Bu nedenle hava kirliliğinin önlenmesi çalışmalarında sadece baca yüksekliğini yükseltme gibi pansuman önerilerle lokal bir iyileştirmeden öteye gidilemez. Hatta bu yanılı köklü tedbirlerin alınmasını da engellemiş olur.

Son yıllarda dünyada lokal problemlerin azalıp asit yağmurları gibi bölgesel problemlerin fazlaca artması yüksek baca uygulamasının gelişmiş ülkelerde 1970'li yılların başından beri uygulanmasından kaynaklanmıştır.

Türkiye’de çevre kirliliğine sebep olan başlıca endüstri tiplerini; güç santralleri, demir-çelik endüstrisi, çimento fabrikaları, şeker fabrikaları, gübre fabrikaları, metal endüstrisi ve petro kimya endüstrileri olarak sıralayabiliriz. Marmara Bölgesi’nde hava kirliliğinin fazla gözlenmesinin en önemli nedenlerinden birisinin, endüstrileşmedeki yoğunluk olduğunu rahatça söylemek mümkündür. Endüstri dalları içerisinde en fazla kirletici fonksiyonu olan güç santralleridir.

Kurulmuş ve kurulmakta olan santrallerin çevreye olan etkilerini en aza indirmek amacıyla gerekli önlemlerin alınması çok önemlidir. Yer seçiminde diğer önlemlerin alınmasında gerekli itina gösterilmezse Yatağan Termik Santrali’nde yaşanan problemler tüm santraller için de aynen yaşanacaktır.

Kirlilik sorununun, işletmeyi kapatarak çözüm yoluna gidilmesi çevrecilikte ilke olan “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramına ters düşmektedir. Şehir merkezlerinde nazım planı olmaması endüstriyel tesislerin belirli bölgeler yerine gelişi güzel yerlerde kurulmasına ve zamanla şehrin aşırı büyümesi sonucu bu tesislerde konutların bir arada bulunmasına yol açmaktadır. Sanayi kuruluşların etrafında olması gereken sağlık koruma bantları tümüyle işgal edilerek ya başka bir tesis kurulmuş ya da meskenlerce çevrilmiştir (Törüz, 1995).

### **7.2.3 Motorlu taşıtlar kaynaklı kirlilik**

Büyük şehirlerde insanlara nefes aldirmayan ve içinde birçok zehirli gaz bileşimi olan egzoz dumanı hava kirliliğinin bir başka önemli nedenlerinden birini oluşturmaktadır.

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak, sayısı hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları, hava kirliliğinde önemli bir faktör oluşturmaktadır. Yapay kirletici duruma giren ulaşım araçlarının neden olduğu hava kirliliğinin boyutları ve nedenleri incelendiğinde ulaştırmanın hava kirliliğine yol açan en önemli kaynaklar arasında olduğu görülmektedir (Keleş ve Hamamcı, 2002).

Konutlar ve endüstri gibi sabit emisyon kaynakları ile gelen hava kirliliğinin yanı sıra motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz kirliliği de aynı derecede önemli bir sorundur. Benzinli ve dizel taşıtların çıkardığı egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin özellikle nüfus ve

trafiğin yoğun olarak yaşandığı büyük kent merkezlerinde çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar oldukça önemlidir.

Tüm karbonmonoksit emisyonlarının %70-90'ından, azot oksit emisyonlarının % 40-70'inden, hidrokarbon emisyonlarının yaklaşık % 50'sinden ve şehir bazında kurşun emisyonlarının %100'ünden özellikle motorlu taşıtlar sorumludur. Motorlu taşıt emisyonlarında bulunan bu zararlı gazların atmosferde belli bir oranın üzerinde bulunması canlılar aleminde özellikle insanlarda hastalık ve ölümlere neden olmaktadır.

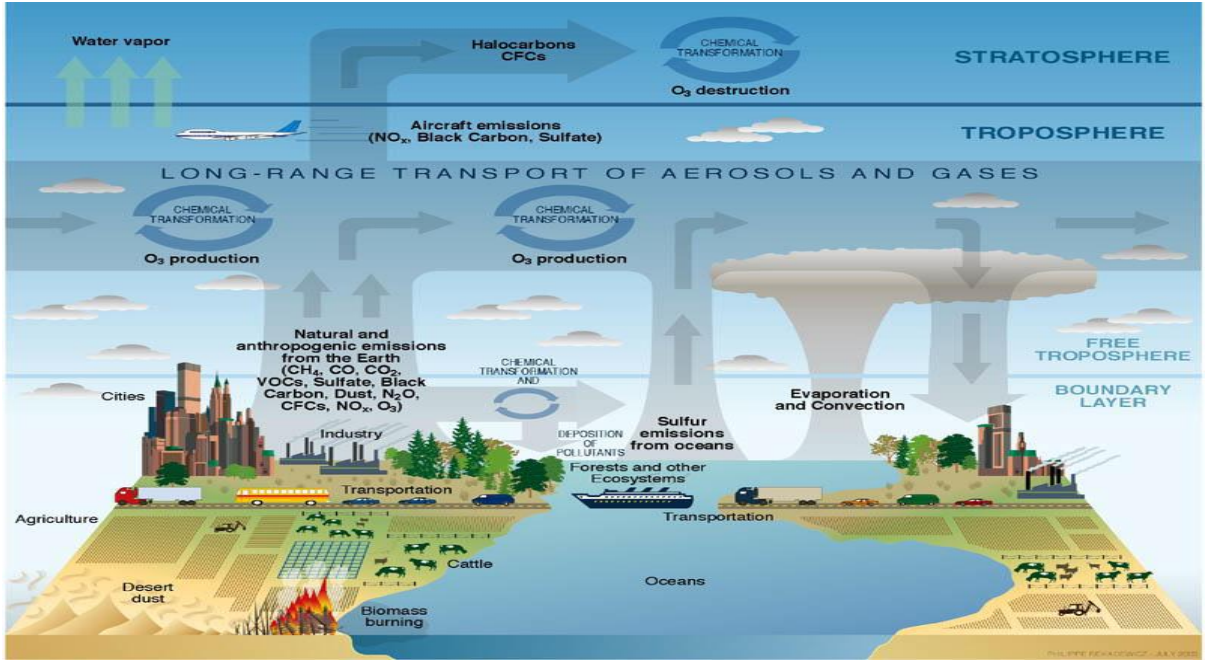
### **7.3 Emisyon**

Emisyon, atmosfere bırakılan veya belirli kaynaklardan salımı yapılan gaz veya parçacıkları ifade eder. Çoğunlukla, yakıt ve türevlerinin yakılmasıyla; birleşme, ayrışma, buharlaşma ve benzeri kimyasal işlemlerle; maddelerin bütünleşmesi, ayrılması, taşınması ve diğer fiziksel işlemler sonucu bir kuruluştan atmosfere salınan hava kirleticileri olarak ifade edilir.

Genel anlamda emisyon kirleticileri fiziksel ve kimyasal yapılarına göre; yanma gazları, toz, tozda ağır metaller, uçucu organik buhar ve bileşikler (VOC), flor, klor, dioksin-furanlar, radyoaktif maddeler vb. olarak tanımlandırılabilir (Sonsuz, Kargıoğlu, Şıpka, Oruç, Hepşen, Selvi, Mustak, Kargı, Karafazlıoğlu, 2011).

Emisyonlar oluştuktan sonra mevcut atmosfer koşullarında yayılmakta, kimyasal reaksiyonlara girmekte, ikincil maddeler meydana getirmektedir. Meydana gelen derişim ve birikimlere insan, çevre ve materyaller maruz kalmakta, bu karşılaşma sonucu bir takım zararlı etkiler meydana gelmektedir. Kaynaklarında çıkan kirleticiler yayıldıktan sonra, çok uzak mesafelere atmosfer koşulları altında taşınabilmektedir.

Şekil 7.2'de, University Corporation for Atmospheric Research tarafından hazırlanmış olan farklı sektörlerden meydana gelen farklı emisyonların atmosfer koşullarında meydana getirdikleri ikincil kirleticiler ve bu kirletici maddelerin atmosferde dağılımları gösterilmektedir.

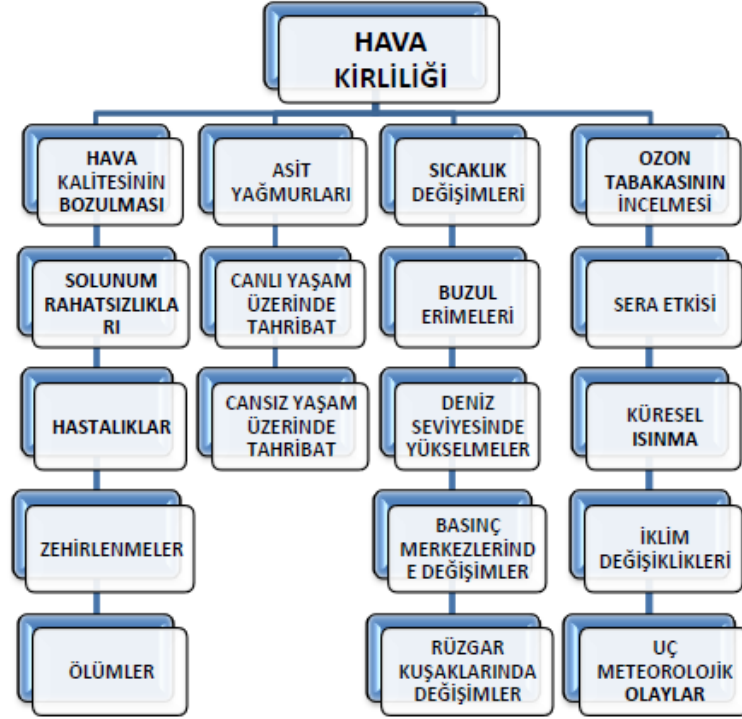


Şekil 7.2: Emisyonların hava kirliliğine etkileri

Meydana gelen emisyonlar atmosferde ikincil kirleticiler de meydana getirmekte ve hava kalitesinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (EMEP, 2012).

#### 7.4 Hava Kirleticileri ve Etkileri

Hava kirleticileri, insanlara ve doğaya zarar verebilen atmosferde bulunan maddeler olarak tanımlanmaktadır. Kirleticiler maddenin katı, sıvı veya gaz hallerinde olabilir. Ayrıca doğal yollardan bulunabildikleri gibi insan üretimi de olabilirler. Hava kirleticileri, hava kirliliği ile alakalı birçok soruna neden olmaktadır (Sonsuz vd., 2011). Bunların en genel ve basit gösterimi Şekil 7.3'teki gibi verilebilir;



(Sonsuz vd., 2011)

Şekil 7.3: Hava kirliliği sonuçları

Hava kirliliğine sebebiyet veren kirleticileri birincil ve ikincil hava kirleticileri olarak iki grupta inceleyebiliriz. Birincil hava kirleticileri genelde  $SO_2$ ,  $NO_x$ , HC, CO,  $CO_2$  ve HF gibi gazlar ve toz halindeki partiküller iken; ikincil hava kirleticileri ise atmosferde sonradan meydana gelen  $SO_3$ , sülfürik asit, ozon, ketonlar, asitler ve endüstriyel duman olarak tanımlanmaktadır. Genellikle birincil kirleticiler bir volkanik patlama sonucu yayılan kül, bir taşıtın egzozundan çıkan karbon monoksit veya fabrikalardan açığa çıkan sülfür dioksit gibi bir süreçten doğrudan salınımı yapılan maddelerdir.

İkincil kirleticilerin yayımı doğrudan gerçekleşmez. Daha çok birincil kirleticiler havada reaksiyona veya etkileşime girdiklerinde oluşurlar. İkincil kirleticilere önemli bir örnek yer seviyesi ozonudur; bu, fotokimyasal sis oluşturan ikincil kirleticiden birisidir.

Bazı kirleticilerin hem birincil hem ikincil kirletici olabileceği de dikkate alınmalıdır: bunların doğrudan yayımı gerçekleştiği gibi birincil kirleticiler vasıtasıyla da oluşabilirler.

Yapılan klinik çalışmalarda söz konusu kirleticilerin solunum yolu hastalıklarını artırdığı tespit edilmiştir.

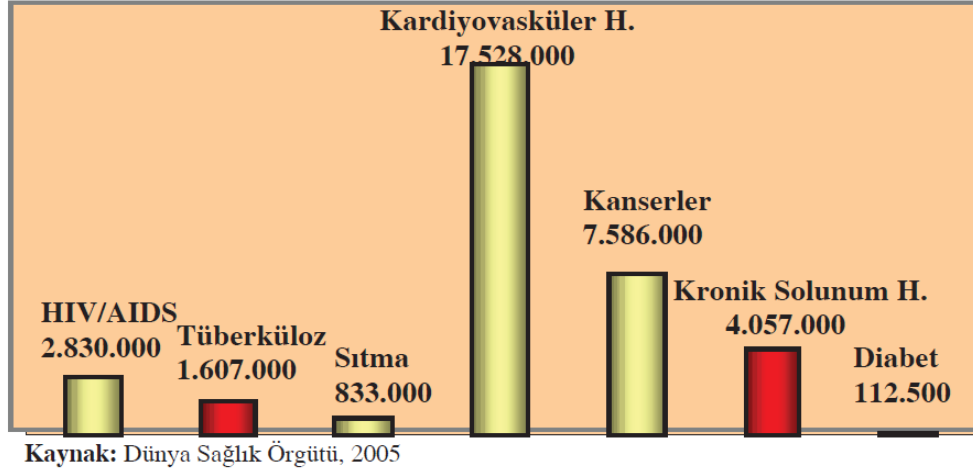
Hava kirleticilerindeki günlük artışlar çeşitli akut sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Örneğin hava kirletici parametrelerin konsantrasyonunun artması, astım ataklarında artışa yol açmaktadır.

Kirleticilere uzun süreli maruz kalma sonucunda sağlıkta kronik etkiler ortaya çıkmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve Hollanda'da yapılan çalışmalarda hava kirliliği olan bölgelerde yaşayanların ömrünün, kirliliğin olmadığı bölgelerde yaşayanlara göre 1-2 yıl daha kısa olduğu belirlenmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2011 yılı raporuna göre, dış ortam hava kirliliğinin dünya çapında yılda 1,3 milyon ölüme neden olduğu ve orta gelirli ülkelerin bu değerin çoğunluğunu oluşturduğu tahmin edilmektedir.

Hava kirliliğinin sağlık etkisi öksürük ve bronşitten, kalp hastalığı ve akciğer kanserine kadar değişmektedir. Örneğin; kurşun kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engeller, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkiler, karbon monoksit (CO) ise, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksatır. Ayrıca kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)'in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca kükürt dioksit ve ozon bitkiler için zararlı olup; özellikle ozon, ürün kayıplarına sebep olmakta ve ormanlara bile zarar vermektedir.

Ülkemizde hazırlanan, Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 2009 yılında yayımlamış olduğu "Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını Önleme ve Kontrol Programı" nda bahsedildiği üzere; Dünyada 2005 yılında meydana gelen toplam 58 milyon ölümün 35 milyonu kronik hastalıklar nedeniyle olmuştur. Tüm ölümlerin %60'ı kronik hastalıklardan meydana gelmektedir.



Şekil 7.4: Dünyada kronik hastalıklarda ölüm sayıları

Kirliliğin olumsuz etkileri sağlıklı kişilerde bile gözlenmekle birlikte, bazı hassas gruplar daha kolay etkilenmekte ve daha ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu gruplar; bebekler ve gelişme çağındaki çocuklar, gebe ve emzikli kadınlar, yaşlılar, kronik solunum ve dolaşım sistemi hastalığı olanlar, sigara kullananlar, düşük sosyoekonomik grup içinde yer alanlardır. Fizyolojik kapasitesi ve fizyolojik savunma mekanizması fonksiyonlarındaki azalma, kronik hastalıklardaki artma sebebiyle yaşlılar normal yaş gurubundaki halka nazaran hava kirliliğinden daha kolay etkilenmektedir. Küçük çocuklar, savunma mekanizması gelişiminin tamamlanmaması, vücut kitle birimi başına daha yüksek soluk alıp verme hızları ve dış ortamla daha sık temas sebebiyle daha fazla riske sahip diğer bir hassas gruptur. Yaş durumunun yanı sıra hava yolunda daralmaya yol açan hastalıklar da kirleticilere hassasiyeti artırmaktadır. Yapılan çalışmalar, kirlilik arttıkça astım ve kronik akciğer hastalıkları gibi hastalıklarda artış olduğunu göstermiştir. Kalabalık yaşam, yetersiz çevre hijyeni, beslenme yetersizliği gibi düşük yaşam standartları da hassasiyeti etkileyen faktörlerdendir. Bu şartlarda yaşayanlar, enfeksiyon hastalık sorunları ile karşı karşıyadırlar. Dolayısıyla, hava kirliliğinin sonuçlarından daha fazla etkilenilmektedir.

#### 7.4.1 Hava kirliliğinin insanlarda etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Poloniecki v.d. tarafından yürütülen bir çalışmaya göre, Nisan 1987 ve Mart 1994 arasında Londra Hastanelerine, kalp ve damar hastalıkları nedeniyle yapılan acil başvurular incelenmiştir. Kalp krizi, siyah duman ve hava kirletici gazlar (NO<sub>2</sub>, CO ve SO<sub>2</sub>), anjin ve



siyah duman arasında pozitif bağıllık olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya göre Londra Hastanelerindeki, elli kalp krizi vakasının birine hava kirliliğinin neden olduğu öne sürülmektedir (Poloniecki v.d., 1997).

Başka bir çalışmada Ruidavets v.d., ozona kısa süreli maruz kalmanın (ör: 1-2 gün) kalp rahatsızlığı olmayan orta yaşlı kişilerde, kalp krizi olayları ile ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Nawrot (2007), bu bulguları, hava kirliliğini (özellikle trafik nedeniyle) çevresel tetikleyiciler içinde dördüncü sıraya koyan kendi çalışmaları ile desteklemektedir (Ruidavets v.d., 2005).

Atkinson v.d., artan partikül madde seviyelerinin günlük ölüm oranı, astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalığıyla (KOA) hastaneye yapılan başvurular üzerine etkisine odaklanmıştır. Günlük ölüm oranı çalışmaları, 1990' lı yıllarda 5 yıldan fazla süre için 29 Avrupa şehrinde yürütülmüş olup, 43 milyondan fazla insanı kapsamaktadır. Sonuçlar, PM10'deki 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın, genel ölüm oranlarını yüzde 0.6 arttırdığını göstermektedir (Atkinson v.d., 2001).

Guaderman v.d., PM, NO<sub>2</sub> ve inorganik asit buharına maruz kalan dördüncü sınıf öğrencilerinde akciğer fonksiyonlarının gelişiminde önemli azalma olduğunu tespit etmiştir (Guaderman v.d., 2000).

Avol v.d. tarafından yürütülen bir çalışmada, PM10 oranı az olan bölgelere yerleştirilen çocuklarda akciğer fonksiyonlarında gelişme gözlenirken, PM10 oranı yüksek bölgelerdeki çocukların akciğer fonksiyonlarında gelişme geriliği gözlenmiştir. Yazarlar, gelişme çağındaki çocuklarda hava kirliliği değişikliğine maruz kalmanın, akciğer fonksiyonlarında ve performansta önemli etkisi olduğunu ortaya koymuştur (Avol v.d., 2001).

Perera v.d. doğumdan beş yaşına kadar çocukları gözlemlemiş, daha fazla kirliliğe maruz kalan grubun, genel ve sözel IQ skorlarının, daha az maruz kalan gruba göre, 4.31-4.67 puan altında olduğunu göstermiştir (Perera v.d., 2009).

Corbett v.d., gemi kaynaklı PM emisyonlarının dünya çapında yılda 60.000 kişinin kalp ve akciğer kanserine bağlı ölümüne sebep olacağı, 2012 yılına kadar da bu rakamın %40

artacağını, ölümlerin büyük çoğunlukla Avrupa, Güney ve Doğu Asya' nın sahil kesimlerinde meydana geleceğini öngörmüştür (Corbett v.d., 2007).

Winebrake v.d., gemi yakıtlarındaki kükürt oranlarının etkilerini incelemek üzere farklı senaryolar oluşturarak küresel iklim modelinde gemi emisyonlarının etkilerini belirlemiştir. Buna göre; %2,7 oranına göre olan senaryo, karaya 200 mil mesafedeki %0,5 ve %0,1 oranı ve tüm dünyada %0,5 olmak üzere oluşturulan üç farklı senaryo ile karşılaştırılmıştır. Eğer kükürt oranına 2012 yılından sonra kontrol getirilmezse, PM2.5 emisyonuna bağlı oluşacak konsantrasyonların kalp ve akciğer kanserine bağlı olarak dünya çapında yılda 87 bin kişinin ölümüne yol açacağı, 200 mil mesafede oranın %0,5 ve %0,1'e düşmesi durumunda ölümlerin sırasıyla 33,500 ve 43,500 kişi azalacağı, dünya çapında %0,5 olduğunda ise ölümlerin 41,200 kişi kadar azalacağını hesaplamıştır (Winebrake v.d., 2009).

## **7.5 Kirletici Emisyonlar**

Dizel motorlarında kullanılan fosil yakıtların yanması sonucunda oluşan egzoz gazlarında çevreye ve insan sağlığına zararlı kirletici bileşenler bulunmaktadır. Aşağıda azot oksit ( $\text{NO}_x$ ), hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO), karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ), kükürt oksit ( $\text{SO}_x$ ), parçacık madde (PM), ozon ( $\text{O}_3$ ) emisyonlarının oluşum mekanizmaları açıklanmıştır.

### **7.5.1 Azot oksitler ( $\text{NO}_x$ )**

Dizel motorlarından salınan azot oksit (NO) ve azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ) ile diğer azot-oksijen birleşimleri genel olarak  $\text{NO}_x$  olarak adlandırılır.  $\text{NO}_x$  gazları atmosferde reaksiyona girerek ozonu oluşturur ve fotokimyasal dumanın en başlıca sebeplerinden biridir.

Ferguson v.d. azot oksitlerin yanma odası içerisinde yanma safhasında atomik oksijen ve azotun reaksiyonundan meydana geldiğini ve  $\text{NO}_x$  oluşumunun sıcaklığa bağımlı olduğundan bahsetmiştir. Bu yüzden,  $\text{NO}_x$  emisyonları motor yüküne bağlıdır ve ilk çalışmada, kısmi yüklerde nispeten daha azdır. Buji ateşlemeli motorlarda  $\text{NO}_x$ 'teki baskın gaz NO'dur ve  $\text{NO}_2$  sadece %1-%2 oranlarındadır.

Yanma safhası sırasında ve hemen sonrasında oluşan NO ile ilgili reaksiyonlar vardır Zeldovich mekanizması ile ifade edilir (Lavoie v.d., 1980). Bunlar;



$\text{NO}_x$  oluşumu sadece sıcaklığa bağlı değil aynı zamanda silindir basıncı, hava-yakıt oranı, silindir içerisindeki yanma zamanına, yanmanın gerçekleştiği konuma ve kimyasal reaksiyonların hızına bağlıdır.

$\text{NO}_x$  oluşumu açısından en kritik zaman, stokiyometrik karışım şartlarında yanmış gaz sıcaklığının maksimuma çıktığı; yani, yanma başlangıcı ile silindir basıncının maksimuma ulaştığı zaman periyodudur. Yanma safhası sırasında erken yanan karışım, yanma devam ettiği ve yanan karışım yanmış gaz bölgesinin sıcaklık ve basıncını artırarak NO oluşum hızını artırdığı için büyük önem arz eder. En yüksek basınca ulaşıldıktan sonra, yanmış gaz sıcaklığı silindirin genişlemesiyle birlikte azalır. Yüksek sıcaklıktaki gazların havayla karışmasından ve genişlemeden dolayı düşen sıcaklıkla birlikte NO oluşumu hızı yavaşlamaya başlar. Soğuma dizel motorlarında buji ateşlemeli motorlara göre daha hızlı meydana gelir ve reaksiyon donduğu için daha az NO ayrışması dolayısıyla buji ateşlemeli motorlara göre daha fazla NO oluşumu meydana gelir.

Pek çoğu kokusuz ve renksiz bir gaz olan azot oksitler tüm fosil yakıtların yanmasından ortama verilmektedir. Gerek atmosferdeki konsantrasyonu, gerekse özelliği nedeni ile insan sağlığına en fazla olumsuz etki gösteren azot bileşiği azot dioksittir.  $\text{NO}_x$  canlılar için zehirlidir. Göz ve kulak rahatsızlığı yapar, sinir sistemini etkiler (Hasançebi, 2002).

### 7.5.2 Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbonlar, yakıtların eksik yanması veya tutuşamaması sonucu meydana gelir ve yaklaşık olarak motora giren yakıtın %1–1,5' ini oluştururlar (Ayhan, 2009).

Motorlarda HC oluşumu büyük oranda motorun ilk hareketi esnasında ve soğuk çalışma şartlarında ortaya çıkmaktadır (Parlak ve Ayhan, 2007).

Dizel motorlarında HC emisyonu, yakıt damlacığı-hava ikilisinin çok zengin veya çok fakir kısımlarında ve özellikle yakıt demetinin cidarlarda soğumasıyla artmaktadır. HC emisyonu motorun devri ve yüküne doğrudan değil, püskürtme sistemine ve yanma odası geometrisine bağlıdır (Borat v.d., 1992).

Genel olarak dizel motorlarında HC oluşumunun iki ana nedeni vardır. Bunlar; yakıtın tutuşma gecikmesi sırasındaki aşırı fakir karışım oluşturması, enjektörden çıkan yakıt demet hızının düşük olmasına bağlı olarak yanma süresinin uzamasıdır.

Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte HC zehirli değildir fakat birçok zararlı etkilere sahiptir. Zararlı etkilere sahip olan hidrokarbonlara dünya genelinde 100 milyon ton olarak değer biçilmektedir ve bu emisyonların doğal kaynakların sadece yirmide birini oluşturduğu tahmin edilmektedir.(Uçar, 2014).

### 7.5.3 Karbonmonoksit (CO)

CO zengin çalışan motorların egzozlarında meydana gelir. Bunun nedeni ise, yetersiz oksijenin yakıtın içerisindeki tüm karbonu, karbondioksite çevirememesidir. CO emisyonunu etkileyen en önemli motor parametresi yakıt-hava eşdeğerlilik oranıdır.

Sadece CO' nun istenmeyen bir emisyon olduğu düşünülmemeli, aynı zamanda motorlarda tam olarak kullanılamayan kayıp bir kimyasal enerji olarak da düşünülmelidir. CO aşağıdaki denklemden de anlaşılacağı gibi ek bir termal enerji sağlamak için yakılabilen bir yakıttır (Pulkrabek, 2004).



Karbon monoksit emisyon gazı havada binde 3 sınır değerinde öldürücü etki gösterir, kandaki hemoglobine bağlanarak oksijen taşıma kapasitesini düşürür, düşük konsantrasyonlarda oksijen yetersizliğine bağlı belirtiler ortaya çıkarır, yüksek konsantrasyonlarda yaşamsal tehlikeler ortaya çıkarır, oksijen yetersizliği sonucu toksik etkileri beyin, kalp, iskelet kası gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozukluklarına neden olur, sağlıklı bireylerde yüksek doza maruz kalma algılama ve görme gücünde azalmaya neden olur.

#### 7.5.4 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)

Karbondioksit gazı, büyük ölçüde ulaşım araçlarının egzoz emisyonları ile beraber bitkiler ile canlıların solunum sonucunda ve enerji üretim tesislerinde yanmış gaz olarak atmosfere girmektedir. Motorlu taşıtlar, enerji üretim tesisleri ve ısınma amaçlı kullanılan sistemlerde yanmanın kalitesini, yanmaya katılan hava/yakıt oranı belirlemekte ve bu oran CO ile CO<sub>2</sub> üretimini önemli ölçüde etkilemektedir. CO'nin oluşması ile CO<sub>2</sub>'in oluşması arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Karbon monoksitin CO<sub>2</sub>'e dönüşmesinde OH kökü önemli rol oynar ve bu kök aşağıdaki reaksiyonla oluşur ve OH kökü karbon monoksitle tekrar reaksiyona girerek CO<sub>2</sub>'e dönüşür.



Yanma işlemlerinde tam yanma olmadığı durumlarda bölgesel eksik yanmalar meydana gelir ve CO oluşumu artar, buna bağlı olarak da CO<sub>2</sub> gazı da düşmektedir(Uçar, 2014).

Küresel ekonomideki büyümeye bağlı olarak enerji tüketimi de artmıştır. Günümüzde küresel enerji talebinin % 87 gibi çok büyük bir bölümü petrol, doğalgaz ve kömür tarafından karşılanmaktadır (Bayraç, 2009).

Yapılan tahminler doğrultusunda gelecek 30 yıllık zaman diliminde de toplam dünya enerji talebinin % 88'inin fosil yakıtlar tarafından karşılanması beklenmektedir. Bu eğilimin nedeni, fosil yakıtların sahip olduğu yüksek enerji içeriğidir.

Petrol ve ürünlerinin ekonomik etkinliklerin her alanında, özellikle de ulaşım sektöründe en çok kullanılan enerji kaynağı olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı, son 20 yıldır, atmosfere verilen insan faaliyetleri sonucu oluşan karbondioksit gazının yaklaşık %77 si fosil yakıtların ısınma, sanayi ve ulaşım sektöründe kullanılmasından, geri kalan %23'ü ise arazi kullanımı değişikliği ve ormanların yok edilmesinden kaynaklanmıştır. Yine insan kaynaklı oluşan karbondioksit, yılda yaklaşık %0.5 artmaktadır (Özcan, Kayman, 2004).

İnsan faaliyetleri sonucunda artan fosil yakıt kullanımlarına bağlı olarak atmosferde biriken karbondioksit emisyonlarının, önlem alınmazsa, küresel ölçekte insan sağlığı ve çevre üzerinde kalıcı olumsuz sonuçlar doğuracağı artık bilinen bir gerçektir (Uğur, 2014).

#### **7.5.5 Kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>)**

Hava kirletici emisyonların en yaygın olanı kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)'dir. Kükürt genellikle katı yakıtların bünyesinde organik ve inorganik olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. inorganik kükürt, sülfat halinde toprakta bulunur ve organik kükürt ise yakıtın bünyesindeki karbonun yanmasından sonra SO<sub>2</sub>'ye dönüşerek atmosfere atılmaktadır (Uçar, 2014).

Çevresinde endüstri bulunan büyük şehirlerde organik ve inorganik kökenli bir çok hava kirleticisine değişik oranlarda rastlanabilir.

Hızla artan nüfus ve motorlu taşıtlar, düzensiz kentleşme ve plansız endüstrileşmeye paralel olarak hava kirliliği bazı yerleşim birimlerinde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır.

Kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), bitkilerin yapraklarını sarartmakta, mermer yapıları aşındırmakta, demir ve çeliğe korozif etkide bulunmakta, görüş mesafesini ve güneş ışınlarını azaltmakta, insanların üst solunum sistemini ve akciğerlerini tahrip etmekte ve yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu anda ise sağlığı bozucu ve hatta öldürücü etki gösterebilmektedir (Taşdemir, 2002).

### **7.5.6 Parçacık maddeler (PM)**

Parçacıklar bir diğer adıyla partikül maddeler, hava kirleticileri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Parçacık madde tanım olarak, atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denilir. Bunlar 0,1 ile 100 µm arasında değişen ölçülerde bulunurlar. Parçacıkların başlıca kaynaklarını çimento fabrikaları, metal endüstrisi ile araçlar oluşturur. Volkanlar ise parçacık emisyonları bakımından en önemli doğal kaynaktır. Amerika’da yapılan istatistikler sadece endüstriyel süreçlerden meydana gelen parçacık emisyonlarının yılda 7,5 milyon ton olduğunu göstermiştir. Ek olarak orman yangınları sonucu meydana gelen parçacık emisyonlarının tüm emisyonlar içerisinde %25 olduğunu belirtmiştir. Kömür yanması ise parçacık emisyonların %29’una karşı gelmektedir (Uçar, 2014).

### **7.5.7 Ozon (O<sub>3</sub>)**

Yaklaşık %10 u atmosferin alt katlarında bulunan ozon, yer yüzeyinden 25-40 km yükseklikte ve bir doğal filtre görevi yaparak canlıların hayatı için zararlı olan güneşin kısa dalga boylu morötesi yani ultraviyole ışınlarını emer ve yeryüzüne olan etkisini engeller (Uçar, 2014).

Endüstri gelişiminin başlangıcından itibaren insan nüfusunun artışına paralel olarak şehirleşme, tarımsal, ekonomik ve endüstriyel aktiviteler artmıştır. Artan bu aktiviteler ve doğal süreçler birçok zararlı gazların oluşmasına neden olmuştur.

Enerji üretimi, taşımacılık, fabrikalar vb.’de kullanılan fosil yakıtlarının yanması atmosfere değişik gazların salınmasına yol açmaktadır. Hayvan artıklarının ayrışması, çeltik tarımı ve orman alanlarının yok edilmesi gibi tarım arazilerinin kullanımıyla ilgili diğer işlemler de değişik gazların oluşmasına neden olmaktadır. Bunların yanında değişik sanayi ürünlerinin elde edilmesi esnasında farklı maddelerin ayrışımı ve birleşimi sırasında çıkan gazlar atmosferin gaz bileşimini değiştirebilmektedir. Atmosferdeki bu gaz konsantrasyonlarında meydana gelen değişimler, sıcaklık ve yağış modellerini değiştirmekte, su ve toprağın kirlenmesine neden olmaktadır. Bunların sonucunda bitki gelişmesinde değişimler meydana gelebilmekte, bitki büyümesi, verim ve kalite olumsuz

etkilenebilmektedir. Kirleticilerin bu etkileri bitki türüne, kirlenmeden önceki ekolojik yapıya ve kirletici gaz çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir. Bu gazlardan birisi de ozondur.

Ozon bitki gelişmesini diğer gazlardan daha fazla etkilemektedir. Ozonun bitki yaprakları üzerindeki görsel zararları yanında, fotosentezi ve asimilatların paylaşımını etkilemek suretiyle bitki gelişmesi, verim ve kalite üzerine de olumsuz etkileri sözkonusudur (Özer ve Karadoğan, 1996)

## **7.6 Gemilerden Kaynaklı Egzoz Gazı Emisyonları ile İlgili Marpol Kuralları ve Son Değişiklikler**

1980’li yıllardan sonra atmosferin ozon tabakasının da incelenmesi ile birlikte hava kirliliği uluslararası düzeyde gündeme getirilmiştir. Hava kirliliğinin nedenleri ve hava kirliliğinin engellenmesi için alınması gerekli olan tedbirler uluslararası alanda çalışma konuları olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalardan denizcilik konusunda en önemlisi, deniz güvenliği, emniyeti ve deniz kirliliğinin önlenmesi ile ilgili konularda çalışmalar yapan ve bir Birleşmiş Milletler kuruluşu olan Uluslararası Denizcilik Örgütü’nün (IMO) önderliğinde hazırlanan “Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi” (MARPOL 73/78 Sözleşmesi)’ne 1997 Protokolü ile kabul edilen ve 2012 yılında da TBMM tarafından MARPOL 73/78 sözleşmesine eklenen EK VI dır. Bu ek ana hatlarıyla gemilerden kaynaklı hava kirliliğinin önlenmesini hedeflemektedir. Bu ek 400 GRT ve üzeri uluslararası sefer yapan tüm gemilere, sabit ve yüzer sondaj üniteleri ile diğer platformlara uygulanır. Ayrıca bu ek beraberinde, aşağıda sıralanan şekliyle çeşitli yenilikler de getirmiştir.

### **7.6.1 ODS (ozon inceltici gazlar)**

Ozon Tabakası, Güneş’ten gelen morötesi gibi zararlı ışınları tutan tabakadır. Ozon Tabakasının bu işlevi hayati açıdan çok önemlidir çünkü bu ışınlar ölümcüldür. Fakat Kloroflorokarbon gibi gazlar ozon tabakasının incelmelerini sağlar. Ozon Tabakasının incelmeleri canlılarda deri kanserlerine ve doğal yaşamın dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Bunun için ODS gazlarının üretilmesini yasaklayan Montreal Protokolü kabul edilmiştir. Bu protokolde ozon inceltici gazların kullanımı kademeli olarak sonlandırılmıştır.



Bu gazların kasıtlı olarak doğaya salınmasına izin verilmez. HCFC hariç olmak üzere 19 Mayıs 2005 tarihinde ve sonrasında inşa edilen gemilere de ODS içeren kurulumlar yasaktır. Ayrıca 1 Ocak 2020 tarihinde ve sonrasında inşa edilen yeni gemilere HCFC içeren yapılar da dahil olmak üzere ODS içeren yapılar yasaklanmıştır.

Gemilerde ODS gazlarının kaydı tutulmak zorundadır. Bununla beraber gemilerde İdarece kabul edilen ODS Kayıt Defteri de bulundurulur.

Tablo 7.1: Gemilerde kullanılan soğutucular

<b>CFC</b>	<b>HCFC</b>	<b>HFC</b>
R11	R22	R410A
R12	R141b	R404A
R115		R507
		R417A

### 7.6.2 Azot oksitler

Egzoz emisyonlarının, insanlar ve çevre üzerinde pek çok zararlı etkileri görülmektedir. Bu nedenle günümüz kara ve deniz vasıtalarında kullanılan dizel motorlarından salınan emisyonlar aşamalı olarak sınırlandırılmaktadır. Gemi kaynaklı kirleticilerin sınır değerlerini belirleyen MARPOL'ün (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) Ek VI Belgesinde 1 Ocak 2000 tarihinden sonra inşa edilen makine devir sayısı  $n < 130$  d/d olan gemilerin emisyon limiti 17,0 g/kWh (Tier I) olarak belirlenmişken bu değer 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren 14,4 g/kWh'a (Tier II) çekilmiştir. 1 Ocak 2016 yılından sonra yürürlüğe girecek olan Tier III düzenlemesinde ise sahile yakın belirli alanlarda çalışacak gemiler için  $NO_x$  emisyonlarının sınır değeri Tier I düzenlemesinde öngörülen  $NO_x$  değerinin yaklaşık olarak %80 oranında azaltılmasını öngörmektedir. Belirlenen alanların dışında ise Tier II düzenlemesi aynen devam edecektir. 2000 öncesi inşa edilen gemilerde ise Tier I düzenlemeleri devreye girecektir.

Tier	Gemi İnşaa Tarihi	NOx emisyon limitleri (g/kWh) n=makine devir sayısı (d/d)		
		n < 130	n=130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 Ocak 2000	17,0	45.n <sup>-0,2</sup>	9,8
II	1 Ocak 2011	14,4	44. n <sup>-0,23</sup>	7,7
III	1 Ocak 2016	3,4	9. n <sup>-0,2</sup>	2,0

Şekil 7.5: Marpol Ek VI NO<sub>x</sub> emisyon limitleri

Ayrıca MARPOL Ek VI'da emisyonlar açısından sınırlandırılmış yeni alanlar belirlenmiştir. IMO'nun gemi kaynaklı hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili belirlemiş olduğu yeni emisyon kontrol alanları Şekil 7.6'da gösterilmiştir (İlkışık, 2012).

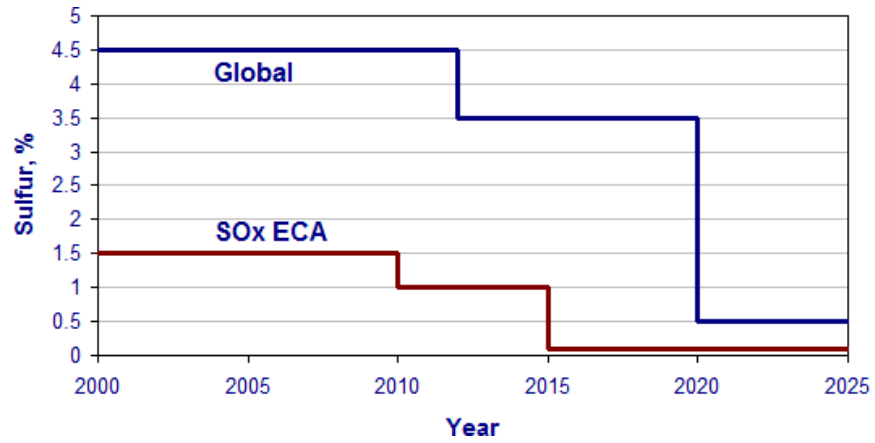
Özel Alanlar	Kabul ediliş tarihi	Yürürlüğe giriş tarihi	Geçerli olduğu tarih
Kuzey Amerika (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> ve PM)	26 Mart 2010	1 Ağustos 2011	1 Ağustos 2012
Birleşik Devletler Karayip Denizi (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> ve PM)	26 Temmuz 2011	1 Ocak 2013	1 Ocak 2014

Şekil 7.6: Marpol Ek VI emisyon kontrol alanları

### 7.6.3 Kükürt oksitler

Yakıtta bulunan kükürdün oksijenle tepkimeye girmesinden meydana gelir. 19 Mayıs 2005 tarihinden itibaren, denizcilik yakıtlarının kükürt içeriğine %4,5 oranında bir sınırlama getirilmiştir.

1 Ocak 2012 tarihinden itibaren ise, kükürt içeriği % 3,5 oranına düşürülmüştür. Bununla beraber birçok bölgede özel kükürt alanları belirlenmiştir. Gemilerin aldığı yakıtın faturasında kükürt içeriği belirtilmek zorundadır, ayrıca alınan yakıtın numuneleri gemi bünyesinde bir yıl saklanmalıdır.



Şekil 7.7: Marpol Ek VI kükürt oksit limitleri

#### 7.6.4 Uçucu organik bileşikler

Uçucu organik bileşikler çevre koşullarında yüksek buhar basınçları olan organik kimya bileşikleridir. Bu yüksek buhar basınçları, düşük kaynama noktası ile birlikte bileşiklerin moleküllerinin buharlaşmasına ve hava ile karışmasına sebep olmaktadır. Ham petrol taşıyan bir tankerde, İdare tarafından onaylanmış bir UOB Yönetim Planı bulundurulur ve uygulanır.

Düşük konsantrasyonlarda uyuşukluk, baş ağrısı, yorgunluk, gibi sinir sistemiyle ilgili şikâyetlere neden olan UOB'ler, kronik maruziyet durumunda sistemik pek çok zehirli etkiye yol açabilmektedirler (Alyüz ve Veli, 2006).

#### 7.6.5 Gemi insineratörü

Marpol Ek I-II-III'te belirtilen kargo kalıntıları ve bunlara ilişkin kontamine olmuş ambalaj malzemeleri, Marpol Ek V'te tanımlanan ağır metal izlerinden fazlasını içeren çöpler, petrol ürünleri, pis su, slaç yağı, egzoz gazı temizleme sistemi atıkları yakılması kesinlikle yasaktır. 1 Ocak 2000 tarihinde ve sonrasında gemiye kurulan her bir insineratör İdare tarafından onaylanırlar. İnsineratörlerin yakma ünitesi yanma odasındaki sıcaklık sürekli takip edilmelidir. Bu sıcaklık çalıştırılmasından sonra beş dakika içerisinde 600 °C'ye ulaşmalıdır.

## 7.7 Gemi Taşımacılığında Kaynaklanan Hava Kirliliğini Azaltma Yöntemleri

Kirletici emisyonlar, türlerine göre farklı şekillerde oluşmakta ve oluşan bu emisyonları oluşumlarından önce veya oluşumlarından sonra azaltmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Emisyonların azaltılması için en önemli yöntem, miktarı sınırsız kabul edilen yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaktır. En önemli yenilenebilir enerji kaynakları olarak, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerjisi, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, biyokütle kullanılması gibi tabiatın sunmakta olduğu enerjiler sayılabilir. Bu tür doğal enerjilerin kullanımı ve yaygınlaşması, başta küresel ısınmaya yol açan CO<sub>2</sub> olmak üzere, birçok zararlı emisyonların salınımını azaltmaktadır.

Hava kirliliğini önlemenin bir diğer yolu da, enerji tasarrufu yapmaktır. Özellikle ısı süreçlerinde yeni bir uygulama olarak kojenerasyon uygulamaları gelmektedir. Endüstri sektöründe kojenerasyon uygulamaları yapılarak 2020 yılına kadar %11 oranında enerji tasarrufu sağlanabilecektir (Atikol ve Güven, 2003).

Denizcilik sektörü açısından, sadece gemiler değil, limanda kullanılan ekipmanlar ve enerji kullanımları da önemli emisyon kaynaklarıdır. Limanlarda kullanılan ekipmanların tür ve sayıları ile operasyonlarının optimizasyonu, önemli ölçüde enerji kullanımı ve enerji tüketimini düşürmektedir (Esmer, 2010).

Gemilerden kaynaklanan emisyonları azaltmak için her gemi ve emisyon türü için çok çeşitli yöntemler vardır. Meydana gelen emisyonların miktarları, özellikle CO<sub>2</sub> emisyon miktarı doğrudan yakıt tüketimine de bağlı olduğundan, gemilerde yakıt ekonomisi sağlamak için, geminin tekne tasarımı, makine tasarımı, pervane sistemi, diğer teknolojik tasarımlar ile gemi işletim yöntemlerinde iyileştirmeler yapılmalıdır.

Gemi dizel motorlarında meydana gelen emisyonları azaltmak için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bunlar; motor optimizasyonu, motor modifikasyonları, egzoz gazlarının arıtılması, alternatif yakıtların kullanılması, limanlarda uygulanan emisyon azaltma yöntemleri, gemilerin verimli işletilmesi ve piyasa mekanizmalarının kullanılması gibi yöntemlerdir.

Dizel motorlarının silindir içi parametrelerin kontrol edilerek emisyon azaltılması ve yakıt ekonomisinin iyileştirilmesi, yanma odası geometrisinin optimizasyonu, yanma süresinin optimizasyonu, yakıt püskürtme sistemlerindeki gelişimler, yanma işlemine su, üre, amonyak (NH<sub>3</sub>) eklenmesi, yanma odasına yüksek basınçlı su püskürtülmesi, düşük kükürt oranlı yakıtların egzoz gazlarının tekrar sirküle edilerek tekrar yanmaya katılması ve yıkama sistemlerinin kullanılmasıyla NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması, yanma odası veya yanma odasından hemen sonra egzoz gazına üre veya NH<sub>3</sub> enjekte edilmesi, oksitleme reaktörleri ile eksik yanma ürünü olan CO ve HC gazlarını yeniden yakarak CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O moleküllerine çevrilmesi, alternatif yakıt kullanımları olarak sayılabilir.

Alternatif yakıt olarak LPG, LNG, CNG, metanol, etanol ve hidrojen kullanılabilir. İstanbul'da kullanılan doğal gazın kükürt oranı 110 mg / m<sup>3</sup> tür. 20 °C ve 100 kPa' da gaz yoğunluğu 0,71 kg / m<sup>3</sup> olduğundan, ağırlıkça kükürt oranı % 0,0155 olmaktadır. Dolayısıyla günümüz gemi yakıtlarının ortalama kükürt oranı %2,7 ile kıyaslandığında gemi yakıtlarının % 0,6' sı kadar kükürt ihtiva etmektedir. Otomobil motorlarında doğal gaz kullanımıyla NO<sub>x</sub>' de %80, CO'da %76, benzende %97, ozona zarar veren hidrokarbonlarda %90, PM' de %99 azalma görülmektedir.

Dizel motorlarında 5 farklı biyodizel yakıtı motorun farklı devir sayısı ve yükünde denemesi ile motor performansı ve meydana gelen emisyonlar konusunda yapay sinir ağıları modeli kullanılarak yapılan çalışmada; farklı biyodizel karışımların performans ve emisyon çıktıları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ancak, silindir içindeki karmaşık yanma süreçlerine göre oluşan CO, NO<sub>x</sub> emisyonu miktarı için modelin yüksek seviyede hata verdiği tespit edilmiştir (Çanakçı v.d., 2009).

Biyodizel uygulamalarında, yakıt içeriğine düşük konsantrasyonlarda kayısı tohumunun çekirdeğindeki yağdan elde edilen metil esterin katılmasıyla motor performansı ve egzoz emisyonlarında iyileşme görüldüğü belirtilmektedir. 4 zamanlı bir dizel motorunda, dizel yakıtı %15'e varan oranlarda metanol karıştırılarak yapılan deneyde; NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları artarken, duman opaklığı, CO emisyonlarının azaldığı belirlenmiştir. Ancak, başka bir çalışmada, metanol ve etanol kullanımına nazaran, bütanolün üstün yakıt özelliği sayesinde kullanımının daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Kumar v.d., 2013).

Sadece yakıt türü ve içeriği değil, makinenin yanma parametrelerini değiştirecek herhangi bir etki de makinelerin emisyon faktörlerini değiştirebilir. Motor silindirindeki yakıt püskürtme zamanlamasını değiştirdiklerinde NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının arttığını, buna karşın HC ve CO emisyonlarının azaldığı belirtilmektedir (Sayın, Uslu ve Çanakçı, 2005).

Denizcilik sektöründe emisyonların kontrolü için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, sahil elektrik bağlantısı yapılması, gemi formlarının optimize edilmesi, geminin toplam enerji ekonomisinin iyileştirilmesi, CO<sub>2</sub> indeksi ile gemilerin performanslarının ölçülmesi, filo yönetiminin daha etkin kullanımıyla gereksiz gemi hareketlerinin önlenmesi, gemi yakıtlarının vergilerinin artırılması, emisyon ticareti uygulamalarına geçilmesi, limanlarda CO<sub>2</sub> bazlı ücret alınması, soğutucu gaz kaçaklarına denetim ve yaptırımların getirilmesi, HC ve NO<sub>x</sub>' un da küresel ısınmaya sebep olan gazlar sınıfına sokulması gibi konular üzerinde halen tartışılmaktadır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olan CO<sub>2</sub> emisyonu için ise, uzun ve kısa dönemde olmak üzere, teknik, operasyonel ve piyasa mekanizmaları tabanlı bir takım azaltma mekanizmaları önerilmektedir.

Limanlarda gemi kaynaklı emisyonları azaltmak için gemilere limandayken sahilden elektrik verilmesi ve gemi bacalarından egzozun alınarak sahile verilmesi yöntemleri mevcuttur.

Tekne tasarımı konusunda gemi boyutlarında iyileştirmeler yapmak (gemi boyutu arttıkça birim emisyon düşmektedir), düşük balastlı seyire uygun gemi inşa etmek, boş tekne ağırlığını (lightweight) düşürmek, optimum gemi ölçülerinde gemi tasarlamak (gemi boyunun uzaması yakıt tüketimini düşürür), teknenin su altındaki açıklıkları (bow thruster ve kinistin sandıkları gibi) türbülans yapmayacak şekilde tasarlamak gibi yöntemler önerilmektedir. Gemi tasarımı, pervane, makine, operasyon ve yakıt olarak ana hatlarıyla sınıflandırılan yöntemlerin kullanılmasıyla %80 NO<sub>x</sub>, %90 PM, %70 SO<sub>x</sub>, %70 CO<sub>2</sub> azaltımı mümkündür.

Önerilen diğer teknolojilerden bazıları ise değişken hızda çalışan elektrik motorları kullanımı, güneş ve rüzgar enerjisinin gemilere uyarlanmasıdır. Gemilerin işletimiyle ilgili olarak optimum seyir planlaması yapmak, teknenin su altı temizliğini yaptırmak, yakıt katkıları kullanmak, optimum trimde seyir yapmak gibi yöntemler bulunmaktadır.

2020 yılı gemi emisyonları miktarına göre yapılan çalışmada, Avrupa için SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltma yöntemlerinin maliyetleri ile bu yöntemlerin uygulanması ile meydana gelen fayda karşılaştırılmıştır. Buna göre, çevresel faydası en yüksek yöntem olan seçici katalitik indirgeme (SCR) yöntemi ile birlikte kükürt oranının % 0.5' e düşürülmesi öngörülmesine karşılık, fayda-maliyet oranı en yüksek yöntem ise motorlarda Humid Air Motor (HAM) yönteminin uygulanması olarak görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli türlerinden biri olarak görülen biyokütle enerji kaynakları; kaynağa yönelik üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi, her ölçekte enerji verimi için uygun olması, çevre ile dost olması, sürdürülebilir enerji üretimini ve çevre yönetimini sağlaması ve kalkınmayı hedefleyen özellikleri ile tüm dünyada geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

## **7.8 Dizel Motorlarında NO<sub>x</sub> Kontrol Yöntemleri**

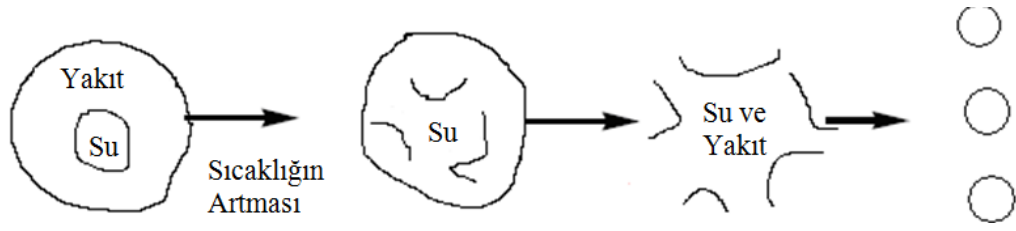
Dizel motorlarında NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması için birçok yöntem denenmiştir. Bu yöntemler silindir içinde ve dışında alınacak önlemler olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir (Ayhan vd., 2008).

### **7.8.1 Silindir içi önlemler**

#### **7.8.1.1 Emülsife yakıt**

Emülsife yani yakıt, su karışımı dizel motorlarında kullanılan emisyon azaltıcı yöntemlerden birisidir. Emülsife yakıtlar, suyun belirli bir kütle veya hacim miktarınca karıştırılarak ve motorun yakıt püskürtme sisteminde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılırlar (Ayhan,2009).

Emülsife yakıt, suyun ve yakıtın doğrudan karıştırılması veya stabilizatör kullanılmasıyla elde edilir (Ayhan,2009).



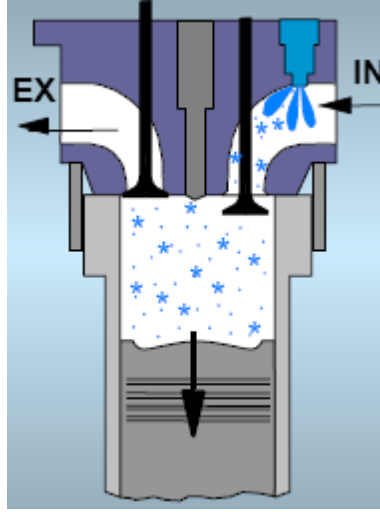
Şekil 7.8: Emülsife yakıt kullanımı oluşan mikro patlamaların oluşumu

Emülsife yakıtın içerisinde su kullanılması sonucunda mikro patlamalar meydana gelecek ve silindir çeperine zarar verecektir. Fakat stabilizatör kullanıldığında, yakıt ile suyun yoğunluk farkından dolayı oluşacak faz ayrışmasını önleyecektir. Ayrıca suyun yakıt sisteminde yol açabileceği korozyon ve aşınma problemlerini ortadan kaldıracaktır. Yani stabilizatör kullanılması durumunda su, yakıt içerisine hapsedilmektedir. Şekil 7.8’de emülsife yakıtın püskürtme öncesi ve yanma esnasındaki davranışı gösterilmiştir (Ayhan,2009). Bu şekilde hazırlanan emülsife yakıt, silindir içerisine gönderildiğinde sıcaklık artışı ve merkezde bulunan su damlacıkları buharlaşması, ayrıca mikro patlamalarla yakıtın daha küçük parçalara ayrışması meydana gelmektedir (Wang ve Chen,1996). Silindir içerisinde yanma esnasında oluşan bu mikro patlamalarla birlikte yanma verimi artmaktadır (Ayhan,2009).

### 7.8.1.2 Emme manifolduna su fumigasyonu

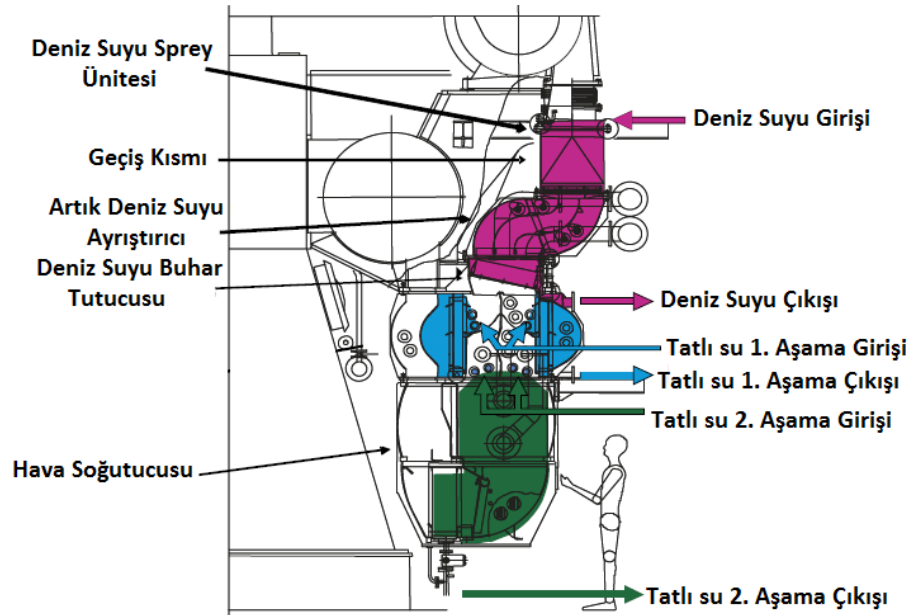
Emme manifolduna suyun fumigasyonu  $NO_x$  azaltma yöntemlerinden bir diğeridir. Su emme manifolduna ve turbo dolduruculu motorlarda turbo doldurucunun kompresör bölümünden hemen sonra gönderilir. Bu yöntemde emme manifolduna gönderilen suyun miktarı çok önemlidir. Püskürtülen suyun tamamı emme havası içerisinde buharlaşmadığı takdirde, sıvı haldeki su, silindir yüzeylerine çarparak yağ filminin bozulmasına sebep olmaktadır (Ishida vd., 1997,Donahue,2000). Bu durumda, emme valfinde korozyona, silindir cidarında da aşınmaların hızlanmasına sebep olabilmektedir (Ishida ve Chen,1994). Bu yöntemde suyun emme valfi açık olduğu zaman diliminde püskürtülmesi önemlidir. Eğer, emme valfi kapalı pozisyondayken su püskürtülürse, valf arkasında su birikmesi ve buna bağlı olarak korozyon gerçekleşecektir. Şekil 7.9’ da emme hattına yerleştirilen su enjektörü ve püskürtme zamanı görülmektedir.





Şekil 7.9: Emme havası içerisinde suyun enjeksiyonu

Gemi dizel motorlarında  $\text{NO}_x$  emisyonlarında yapılan sınırlandırmalarla birlikte bu sistem de yani suyun fumigasyonu önemli bir hal almıştır. Çeşitli firmalar tarafından yapılan araştırmada, emme manifoldunun nemlendirilmesiyle, yanma odasındaki lokal maksimum yanma sıcaklığı ve oksijen konsantrasyonu düşürülerek  $\text{NO}_x$  oranı düşürülür. MAN firması tarafından geliştirilen sistem şekil 7.10'da gösterilmiştir (MAN Diesel&Turbo).



Şekil 7.10: Emme manifoldunun nemlendirilmesi

Sistemi kısaca açıklamak gerekirse, turbo doldurucunun kompresör tarafından gelen sıcak havayı soğutmak ve ıslatmak için deniz suyu püskürtülür. Deniz suyu aşamasında skavenç havası yaklaşık %100 oranında nemlendirilir. Tatlı su aşamaları ise deniz suyu aşamalarında skavenç havasının içinde kalan tuzları temizlemek içindir (MAN Diesel&Turbo).

### **7.8.1.3 Direkt su püskürtme**

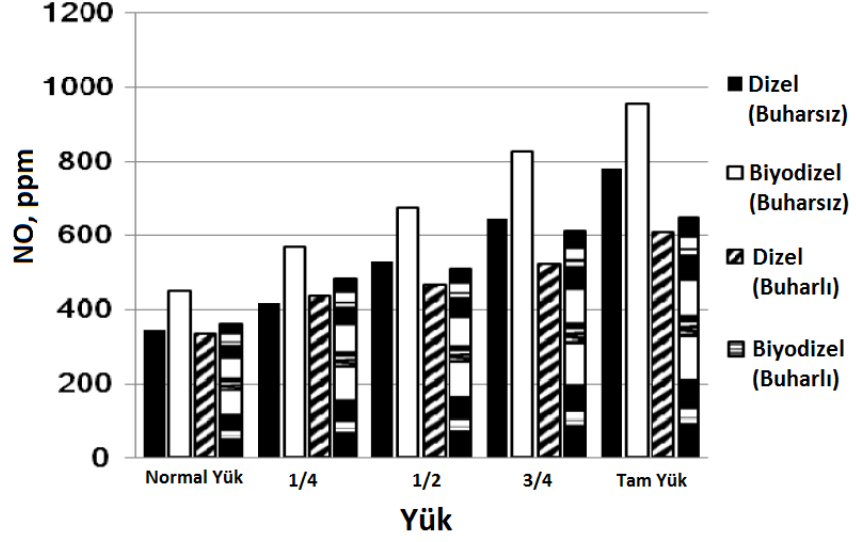
Dizel motorlarında NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmak için kullanılan bir diğer yöntem de suyun silindir içerisine direkt püskürtülmesidir. Bu sistemde su ya direkt olarak ayrı bir enjektör vasıtasıyla yanma odasına gönderilir ya da mevcut yakıt enjektörüyle sisteme gönderilmektedir (Ayhan,2009).

### **7.8.1.4 Buhar enjeksiyonu**

Buhar enjeksiyonu, dizel motorlarında NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmak için uygulanan bir diğer yöntemdir. Burada buhar emme manifolduna emme periyodu esnasında püskürtülür.

Parlak vd. egzoz enerjisinden elde edilen buharı motor yakıt tüketimin farklı oranlarında elektronik kontrollü olarak indirekt enjeksiyonlu bir dizel motoruna emme periyodunda püskürtülmesinin motor performans parametrelerine ve emisyon değerlerine etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. NO<sub>x</sub> emisyonlarında büyük oranda düşüş meydana geldiğini, motor döndürme momenti, efektif güç ve efektif verimde artmalar olurken özgül yakıt sarfiyatında azalmalar meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Performans parametrelerindeki artışın nedenini ise; silindir içerisine gönderilen su damlacıklarının yakıt ile teması esnasında yüzey gerilmesinin çok küçük olması ve dolayısıyla, mikro patlamalarla yakıtın çok daha küçük damlacıklara bölünmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Damlacık çaplarının küçülmesine bağlı olarak yanmaya katılan toplam damlacık yüzey alanı arttığından dolayı yanma veriminin iyileştiğini ve dolayısıyla motor performans parametreleri arttığını belirtmişlerdir (Parlak vd., 2011).

Murthy vd. ise yaptıkları deneysel çalışmada güneş enerjisiyle elde ettikleri buharı emme manifolduna, emme strokunda püskürtmüşler (Murthy vd.,2011).

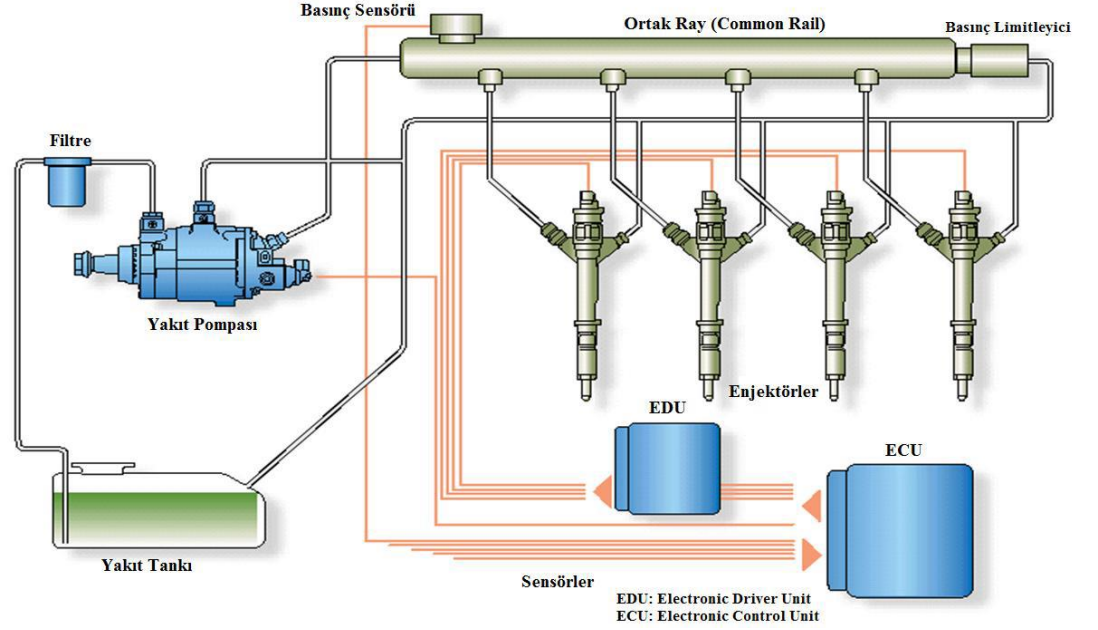


Şekil 7.11: NO-yük ilişkisi

Şekil 7.11’ de Murthy vd. bir dizel motoruna farklı yakıtlarla (dizel ve biyodizel) ve farklı yüklerde buhar püskürtülmesinin emisyon ve performansa etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Tam yük şartlarında, dizel yakıt kullanıldığı durumda buhar püskürtüldüğünde NO emisyonları ve egzoz sıcaklıklarında azalma; is emisyonları, ısıl verim, güç ve özgül yakıt sarfiyatında artmanın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca tam yük şartlarında, biyodizel kullanıldığı durumda buhar püskürtüldüğünde is emisyonları ve egzoz sıcaklıklarında çok az miktarda azalma; ısıl verim ve güçte artma; is emisyonları ve özgül yakıt sarfiyatında azalma olduğunu belirtmişlerdir (Murthy vd., 2011).

#### 7.8.1.5 Ortak hatlı yakıt püskürtme sistemi

Common rail bir başka deyişle ortak hatlı yakıt enjeksiyon sisteminin diğer enjeksiyon sistemlerine göre yakıt sarfiyatı, emisyonlar, çalışma sistemi ve gürültü oluşumunda daha üstün özelliklerde olduğu görülmüştür (MEGEP, 2006).



Şekil 7.12: Ortak hatlı yakıt enjeksiyon sistemi

Klasik yakıt sistemlerinin aksine, Şekil 7.12' de görüldüğü üzere yakıtı tek bir ortak hattan yüksek basınç altında motora iletiyor. Püskürtme miktarı ve noktası, sensörler ve elektronik kontrol ünitesi (ECU) vasıtasıyla hiçbir şaşmaya olanak vermeden seçilebiliyor. Bu da motorda oluşan gürültüyü en alt seviyeye çekerken, yakıt tasarrufunu da artırıyor (MEGEP, 2006).

#### 7.8.1.6 Egzoz gazları geri dolaşımı

NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmadaki en etkili yol yanma odası sıcaklığını aşağıya çekmektir. Pratikte mümkün olmasına rağmen, motorun ısıl verimini düşürdüğünden dolayı kötü bir metottur (Pulkrabek, 2004). Yanma odasındaki karışımın egzoz gazları ile seyreltilmesi sonucu yanma sonu sıcaklıkları yani üretilen NO<sub>x</sub> emisyonları azalmaktadır (İlkılıç vd., 2009).

Yanmış gazların sıcaklığı maksimum olduğunda NO<sub>x</sub> oluşum hızı da artar. Maksimum sıcaklık yanma başlangıcı ile maksimum silindir basıncı oluşumundan hemen sonra oluşmaktadır (İlkılıç vd., 2009). Erken yanmaya başlayan karışımın sıcaklığı piston sıkıştırmaya devam ettiğinden dolayı yükselecektir. Bundan dolayı da reaksiyon hızı ve lokal

alev sıcaklığı düşerek NO<sub>x</sub> oluşumu azalacaktır (İçingür ve Salman, 1993). Ayrıca NO<sub>x</sub> oluşumu son alev cephesindeki sıcak gazlarda meydana gelir. NO<sub>x</sub>' in başlangıçtaki oluşum hızı kısmen sıcaklığa bağlıdır ve oksijen yoğunluğunun fazla olması da NO<sub>x</sub> oluşum hızını arttırmaktadır (İlkılıç vd., 2009). Egzoz gazları geri dolaşımı uygulanması ile silindir içindeki oksijenin bir kısmının yerine atık CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O alacağından lokal oksijen yoğunluğu azalacak ve bundan dolayı da yakıtla oksijenin buluşup reaksiyona girme ihtimali azalacaktır. Sonuç olarak da reaksiyon hızı ve lokal alev sıcaklığı düşerek NO<sub>x</sub> oluşumu azalacaktır (İlkılıç vd., 2009, İçingür ve Salman, 1993).

## **7.8.2 Silindir dışı önlemler**

### **7.8.2.1 Seçici katalitik indirgeme**

Seçici katalitik indirgeme (SCR) teknolojisi güç santrallerinde, gemilerde ve sabit dizel motorlarındaki NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmada başarılı bir şekilde senelerdir kullanılmaktadır (Keskin ve Sağıroğlu, 2010).

Dizel motorlarında NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları arasında ters orantı bulunmaktadır ve her biri için de yanma işleminin optimizasyonu zordur. Yani düşük PM emisyonu için yüksek yakıt verimli motorlar kullanılmakta ve bunun sonucunda da NO<sub>x</sub> emisyonları artmaktadır. Bu yüksek NO<sub>x</sub> oranını en aza indirmek için de yakıt verim oranı azaltılmadan SCR sistemi uygulanmakta ve NO<sub>x</sub> oranı en alt seviyelere kadar çekilebilmektedir (Soylu, 2009).

SCR sisteminin çalışma prensibini bakacak olursak; bir indirgeyici, katalizörden egzoz gazına enjekte edilmektedir. Enjekte edilen indirgeyici tarafından oluşan amonyak (NH<sub>3</sub>) ile katalizörde azot oksitler (NO<sub>x</sub>), azot (N<sub>2</sub>) ve suya (H<sub>2</sub>O) indirgenmektedir. NH<sub>3</sub>, yüksek sıcaklıklarda hidroliz ile üreden oluşturulur.

Daha sonra üre çözeltisi, parçalara bölünerek sıcak egzoz gaz akışına enjekte edildiği zaman damlacıklar ısıtılır ve ilk olarak su buharlaştırılır. Egzozda NO<sub>x</sub> emisyonları çoğunlukla NO emisyonlarından oluştuğu varsayımından dolayı SCR' de meydana gelen reaksiyonlar (Sakarya, 2011);



SCR sistemlerinde indirgeyici olarak genelde üre kullanılır fakat üre dışında hidrokarbon ve bakır gibi maddeler de indirgeyici olarak kullanılmaktadır (Soylu, 2009).

Katalizörler, SCR sürecinin en önemli elemanlarıdır. Tipik katalizörler titanyum dioksit, vanadyum pentaoksit ve tungsten trioksittir (Sakarya, 2011).

## 7.9 Egzoz Gazı Temizleme Sistemleri

Marpol Ek VI kural 4' te açıkça belirtildiği şekliyle taraf ülkelerin İdareleri, emisyonun azaltılması yönünden alternatif yöntemlerin kullanılmasına izin verebilmektedir. Özellikle 184(59) sayılı MEPC Kararı, egzoz gazı temizleme sistemlerinin karşılamaları gereken gereklilikleri, Kural 14' te istenilen kükürt içeriğine sahip yakıtın kullanımına eşdeğer bir yöntem olarak değerlendirileceği şekilde belirlemektedir (Maza vd., 2014).

Bu sistemlerin gemilere kurulumunda alan, kurulum öncesi masraflar, mevcudiyet, işletim, bakım masrafları, izleme, kontrol, liman yetkilileri ve klas kuruluşları denetimleri gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

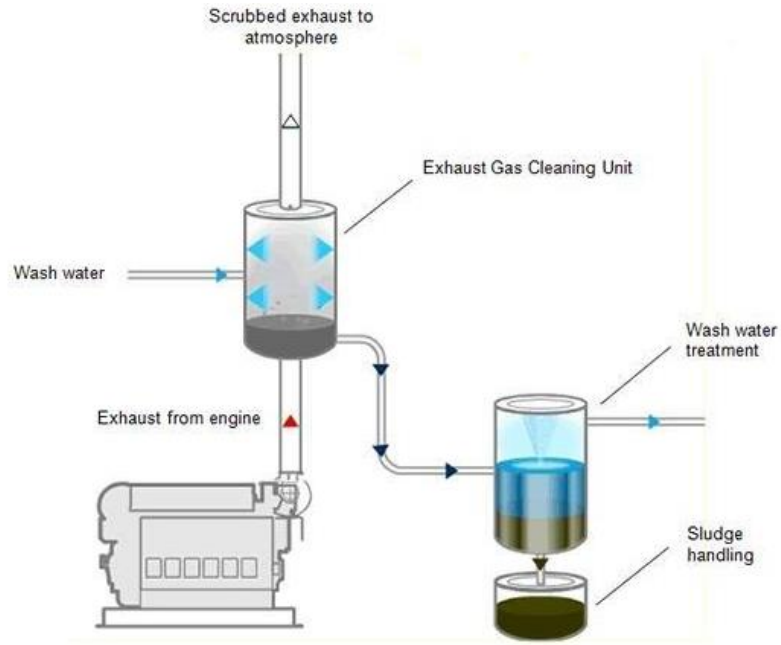
Islak temizleme sistemi ve kuru temizleme sistemi olmak üzere iki tip egzoz temizleme sistemi bulunmaktadır.

### 7.9.1 Islak temizleme sistemi

Kuru temizleme sistemine karşın daha küçük boyutlarda olmasıyla avantaj sağlar. İnert gaz/atıl gaz sistemine sahip petrol tankerlerinde kullanılmaktadırlar. Temizleme suyunun türüne göre açık döngü ve kapalı döngü olmak üzere ikiye ayrılırlar (Maza vd., 2014).

### 7.9.1.1 Açık döngü egzoz gazı temizleme sistemi

Bu sistemde deniz suyu egzoz gazlarının üzerine püskürtülür. Su en sonunda denize deşarj edilen  $SO_x$  partiküllerini taşımaktadır. Bu yıkama suyu yakıtın yanması sonucunda ortaya çıkan diğer kirletici maddelerle birlikte çeliği aşındıran asit Ph içermektedir. Marpol Sözleşmesinde bu yıkama suyunun petrol tankerlerinden denize deşarj edilmesine ilişkin bir yasak bulunmasa da, 184(59) sayılı MEPC Kararı uyarınca onaylanmış sistemlerde deşarj edilen suyun Ph değerinin 6,5 altında olmaması gerektiğine ilişkin bir kriter bulunmaktadır (Maza vd., 2014). Şekil 7.13' te açık döngü egzoz gazı temizleme sistemi görülmektedir.

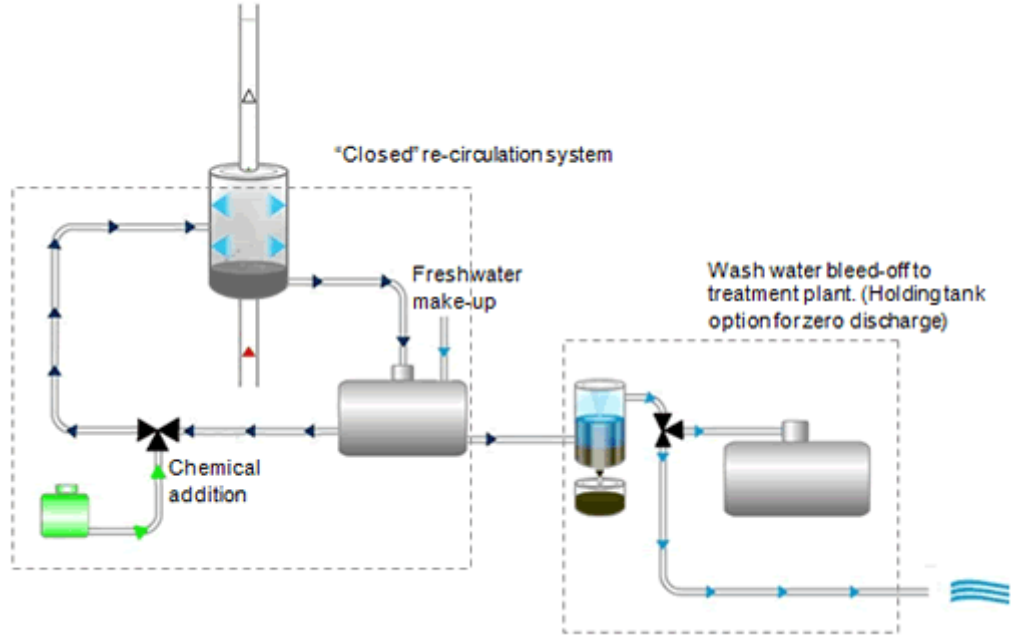


Şekil 7.13: Açık döngü egzoz gazı temizleme sistemi

### 7.9.1.2 Kapalı döngü egzoz gazı temizleme sistemi

Bu yıkama kapalı devrede dolaşımını sağlayan kostik sodanın (NaOH) içerisinde çözüldüğü tatlı su ile gerçekleşir. Denize deşarjından önce atıkları ve diğer kimyasal maddeleri temizlemek için işlenir. Bu temizleme sisteminin açık döngü sistemlerine göre avantajı yıkama suyunun asit derecesinin kontrol edilebilmesidir. Aynı zamanda limanlardayken gemide muhafaza edilmesi olanağı da sağlar. 2012/33/EU sayılı Direktif kapalı devre sistemi bulunduran gemilerdeki yakıtların kükürt içeriğinin %3,5' i aşmasına izin

vermez (Maza vd., 2014). Şekil 7.14' te kapalı döngü egzoz gazı temizleme sistemi görülmektedir.



Şekil 7.14: Kapalı döngü egzoz gazı temizleme sistemi

### 7.9.2 Kuru temizleme sistemi

Bu sistemde suya ihtiyaç yoktur. Taneler halinde kalsiyum hidrat kullanılır. Kalsiyum hidrat egzoz gazlarının çıkış yerinde bulunur, sülfür ve kalsiyum arasında bir kimyasal reaksiyon oluşmasına ve böylece kükürt oksitinin ortadan kalkmasına sebep olur. 240 °C ve 450 °C arasında bir sıcaklıkta etkili olur.

Kalsiyum taneleri yer çekimi sebebiyle aşağı yukarı hareket ettikleri bir bölümde toplanırlar ve egzoz gazlarının içerisinden geçerler. Bu sebepten dolayı limanlarda deşarj edilene kadar muhafaza edilmesi için aşağıda kullanılan taneleri alıp yukarıdan yenilerini doldurmak gereklidir (Maza vd., 2014).



## VIII. MATERYAL VE METOT

### 8.1 Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Emisyonlarını Hesaplama Metotları

Gemilerden oluşan egzoz gazı emisyonlarının hesaplanmasında literatürde farklı hesaplama metotları yer almaktadır. Günümüze kadar yapılan bilimsel çalışmalar karşılaştırılarak hesaplanan egzoz gazı emisyon miktarlarının, ekolojik etkileri hakkında bilgi toplanmaktadır. IMO, EPA gibi uluslararası örgütler de emisyon envanteri çalışmaları sonucunda, emisyon miktarını azaltacak yasal düzenlemeler ve sınırlamalar getirir.

Gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin hesaplanmasında gemi makinelerinin egzozlarından salınan emisyon miktarı önemlidir. Egzoz emisyonları hesaplanırken başlıca iki metot uygulanır. Birincisi gemilerin hesaplanacak rota esnasında, gemi bünyesinde yaktıkları yakıt miktarlarının kullanılarak yapılan emisyon hesaplama metodu diğeri ise geminin seyir, manevra ve rıhtımdaki operasyonları temel alınarak yapılan emisyon hesaplama metodudur.

İlk olarak gemilerin toplam harcadığı yakıt miktarlarının kullanılarak yapılan emisyon hesaplama metodunu inceleyecek olursak; burada en önemli materyal gemilerin ne kadar yakıt yaktığıdır. Diğer bileşenler geminin cinsi, grostonu, çalıştığı gün sayısı, geminin bu süre içinde çalışan makinesi veya makinelerinin tipi, bu makinelerin kullandığı yakıt tipi, tükettiği yakıtın cinsi ve miktarıdır. Bu hesaplama metodunda işletme şartlarına göre tüketilen yakıt miktarları, yük faktörlerine göre değişmektedir. Örnek olarak bazı dökme yük gemilerinde yükleme, tahliye işlemleri gemi bünyesindeki kreynerler vasıtasıyla yapılmaktadır. Kreynerlerin kullanılmasıyla birlikte jeneratörlerde yük artacaktır. Böylelikle liman operasyonlarında fazladan yakıt tüketimi oluşacaktır.

İkinci olarak ise gemi işletme modlarına göre emisyon miktarları hesaplama metodunu inceleyecek olursak; bu emisyon hesaplama yönteminde her bir gemi operasyonu için belirlenen emisyon faktörleri kullanılarak emisyon hesaplanabilir. Her bir geminin emisyonları, seyirde, manevrada ve rıhtımda ayrı ayrı hesaplanır. Çünkü her bir işletme modunda her bir geminin ana makine gücü ve jeneratörlerinin gücü; yük faktörlerine göre ve kullanılan yakıt cinsine göre değişkenlik göstermektedir. Bundan dolayı gemi aktivitesine göre emisyon hesabında geminin ana makine ve jeneratör gücü bilinmelidir. Ayrıca ana

makine ve jeneratörde kullanılan yakıt cinsleri ile birlikte seyirde, manevrada ve rıhtımda geçen süreler bilinmelidir.

Denizyolu konteyner taşımacılığı için belirlediğimiz rotalardan kaynaklı emisyonları hesaplarken gemi işletme modlarına göre emisyon hesaplama metodu kullanılmıştır.

## 8.2 Denizyolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyonlarının Hesaplanması

Gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesinde gemi ana makinelerinin ve jeneratörlerinin egzozlarından çıkan emisyon miktarları önemlidir. Uygulama çalışmamızda gemi işletme modlarına göre emisyon miktarları hesaplanmış olup; bu emisyon hesaplama yönteminde her bir gemi aktivitesi için belirlenen emisyon faktörleri kullanılarak egzoz gazı emisyonları hesaplanmıştır. Her gemi rotasındaki emisyonlar, seyirde, manevrada ve rıhtımda ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Çünkü her bir işletme modunda her bir geminin ana makine gücü ve jeneratörlerinin gücü; yük faktörlerine göre ve kullanılan yakıt tipine göre değişir. Bundan dolayı gemi aktivitesine göre emisyon hesabında geminin ana makine ve jeneratör gücü bilinmelidir. Ayrıca ana makine ve jeneratörde kullanılan yakıt tipleri ile birlikte seyirde, manevrada ve rıhtımda geçen süreler bilinmelidir.

Bu tez çalışmasında ilk olarak konteyner gemisinin rotaları ve diğer özellikleri belirlendi. Çalışmada 5 ayrı rota seçilerek, uzaklıkları, yükleme ve boşaltma limanları arasındaki geçen zaman hesaplandı.

Konteyner gemisi olarak seçilen, A Gemisinin ana makine, jeneratör gücü ve konteyner taşıma kapasitesi Tablo 8.1'de gösterilmektedir.

Tablo 8.1: Model alınan konteyner gemisi özellikleri

	A Gemisi
TEU	1604
Ana Makine Gücü	13280 kW
Jeneratör Gücü	780kW x 3

PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO emisyon değerleri, emisyon faktörleriyle birlikte her bir işletme modunda 5 ayrı rota için hesaplandı.

Tez çalışmasında Kaliforniya Çevre Koruma Ajansı (CalEPA)'nın alt birimi olan Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu (ARB)'nin okyanus aşırı gemiler için yaptığı araştırmada kullandığı emisyon hesaplama metodundan faydalanılmıştır.

Gemilerden kaynaklı hava kirletici emisyonların, liman çevresinde ve seyir esnasında hesaplanmasıyla ilgili metodoloji ilk olarak Avrupa Komisyonu 4. Çerçeve programının RTD ulaştırma programı altında MEET (methodologies for estimating air pollutant emissions from transport) projesinin çalışmasında geliştirilmiştir. Metodoloji 2006 yılında tekrar gözden geçirilmiş ve güncellenmiştir. 10 yıl boyunca MEET projesi tarafından kabul edilen yaklaşım görüşülmüş, çeşitli ilaveler ve düzeltmelerle farklı çalışmalarda kullanılmıştır. Avrupa Birliği Avrupa Çevre Ajansı (EEA) hava kirletici emisyon envanter rehber kitabı uluslararası düzeyde emisyon hesaplamalarında referans olarak kabul görmüştür. Rehber kitabı ayrıca ülkelerin emisyon envanterlerini, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE)'na raporlamaları kolaylaştırmak için tasarlanmıştır.

Gemilerin seyrinden kaynaklanan egzoz gazı emisyonları, farklı düzeylerde hesaplanabilmektedir. Hükümetlerarası İklim Paneli (IPCC) rehber kitabında her seviyesinde değişkenlerin ve parametrelerin arttığı 3 düzey ifade edilmiştir. Tier adı verilen bu metotlardan, Tier 1 sadece varolan emisyon faktörünü kullanmaktadır. Daha gelişmiş olarak Tier 2 metodunda, mevcut emisyon faktörlerinin yerini ülkeye ya da teknolojiye özgü emisyon faktörleri almaktadır. Tier 3 metodolojisi ise makine bilgisi, kullanılan teknoloji gibi daha çok detaylandırılmış hesaplamanın yer aldığı karmaşık bir yöntemdir. Bu tez çalışmasında gemi aktivitesi bazlı metodoloji olan Avrupa Çevre Ajansı hava kirletici emisyon envanteri rehber kitabında Tier 3 olarak tanımlandırılan metodoloji kullanılmıştır.

Emisyon envanteri çalışmaları, gemi kaynaklı emisyonlar hakkında yapılan çalışmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Gemilerden kaynaklanan emisyonların hesaplanması için farklı metodolojiler bulunmaktadır. ARB' nin yapmış olduğu çalışmada gemi aktivitesine bağlı (activity based or bottom up approach) hesaplamalar kullanılmış olmasına rağmen, literatürde gemilere verilen yakıtların satış istatistiklerine bağlı (top down approach), ya da

taşıdığı yükün mesafesine bağlı hesaplamalar da bulunmaktadır. Gemilerin yakıtlarında yapılan transit ve kabotaj yakıt tarifelerindeki farklılıklar, yakıt satış miktarlarının gerçeği yansıtmaması gibi nedenlerden dolayı yakıt satış miktarlarına dayanılarak yapılan emisyon envanter çalışmaları çok kullanılsalar da gerçek değerleri yansıtmaktan uzaktırlar. Taşınan yükün mesafesine bağlı hesaplamalar ise gemi seyirdeyken olumlu sonuçlar vermesine rağmen liman operasyonları esnasında geminin boş kalması sebebiyle bazı hesaplamaları gözden kaçırmaktadır. Bütün koşullarda gemi aktivitesi bazlı emisyon hesaplamasının en doğru sonucu verdiği hesaplanmaktadır (Corbett ve Koehler, 2003).

ARB'nin yapmış olduğu çalışmada gemi aktivitesine bağlı emisyon hesaplama yönteminin tercih edilmesinin başlıca nedenleri, mevcut yere özgü bilginin kullanılması ve bölgesel aktivite düzeylerini hesaplayabilmesidir. Örneğin, yakıt bazlı emisyon hesaplamasında belirli bir limanda satılan yakıtın emisyon hesaplaması yapılırken, o liman bölgesinde gerçekte geminin ne kadar yakıt yaktığı bilinmemektedir. Toplam emisyon miktarı hesaplanabilirken, bu emisyonların konumu hatasız bir biçimde hesaplanamamaktadır. Buna karşın gemi aktivitesine bağlı emisyon hesaplaması, gemilerin limanın farklı konumlarındaki operasyon verilerini kullanması sebebiyle daha çok konuma özeldir.

ARB'nin yapmış olduğu çalışma Amerika Birleşik Devletleri'nin en büyük ekonomi merkezi olan Kaliforniya Eyaletinin limanlarını kapsamaktadır. Bu çalışmadan faydalanılmasının bir diğer nedeni; limanlara ziyarette bulunan yaklaşık onbin geminin yarısının konteyner gemisi olmasıdır (ARB, 2005). ARB'nin kullanmış olduğu gemi aktivitesine bağlı hesaplama yöntemi STARCREST firmasının geliştirdiği emisyon hesaplama metoduyla benzerlik göstermektedir.

İşletme modlarına göre emisyon hesaplama denklemi aşağıda gösterilmektedir:

$$E_{om} = EF_{om} \cdot f \cdot Hrs_{om} \cdot VP_{om} \cdot \%Load_{om} \quad (8.1)$$

E = kirletici belirli emisyonlar, birimi gram (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, ve PM)

EF = işletme modu ve yakıt cinsine göre emisyon faktörü, birimi g/kWh

Hrs = işletme moduna göre ortalama süre, birimi saat

VP = makine gücü (M/E, D/G), birimi kW

%Load = işletme moduna göre ortalama makine yük faktörü

om = işletme modu (seyir, manevra, rıhtım)

f = yakıt cinsi (HFO, MGO, MDO)

Emisyon hesaplamaları PM, NO<sub>x</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> hava kirleticileri için yapılmıştır. Gemi ana makine ve jeneratörü hesaplamalara katılmıştır. ARB'nin okyanus aşırı gemiler için yayınlamış olduğu çalışmada ana makinelerin %99'unda yakıt olarak HFO kullanıldığı görülmektedir. Gemi emisyonları işletme moduna göre değişiklik göstermektedir. ARB'nin yapmış olduğu emisyon hesaplama çalışmasında 3 mod bulunmaktadır. Bunlar seyir modu; geminin limanlar arasındaki operasyonları, manevra modu; geminin yanaşma kalkış operasyonları, rıhtım modu; geminin limandaki operasyonlarıdır.

Emisyon faktörleri makine tipi ve yüküne göre değişiklik göstermektedir. Uygulama çalışmamızda emisyon faktörleri için, ARB tarafından verilen bilgiler kullanıldı (ARB,2005). ARB'nin verilerinin kullanılmasındaki sebep Starcrest, Entec, Environ gibi firmaların uluslararası çalışmalarının yeniden gözden geçirilerek, önceki verilerin geliştirilmiş olmasıdır. Hem ana makine hem de jeneratör için ARB'nin kullanmış olduğu emisyon faktörleri, Starcrest firmasının geliştirmiş olduğu Los Angeles Limanı 2001 Emisyon Envanteri çalışmasında kullanmış olduğu emisyon faktörleriyle genel olarak tutarlıdır. Starcrest firmasının emisyon faktörleri Entec firmasının çalışmasına dayanmaktadır. Kullanılan emisyon faktörleri Tablo 8.2'de gösterilmektedir.

Tablo 8.2: İşletme modlarına göre ana makine ve jeneratör emisyon faktörleri (g/kWh)

Makine	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Ana Makine	Seyir Modu	1,5	18,1	10,5	1,4
	Manevra Modu	1,5	14,5	11,6	1,4
Jeneratör	Seyir, Manevra ve Rıhtım Modu	1,5	14,7	12,3	1,1

Uygulama çalışmamızın ilk kısmında deniz taşımacılığı için hesaplamalar 5 farklı rotada yapıldı. Konteyner taşımacılığında sıklıkla kullanılan farklı coğrafyalarda ve uzaklıklardaki limanlar tercih edildi. Bu rotalar; Mersin(Türkiye) - Novorossisk(Rusya), İstanbul(Türkiye) - Barselona(İspanya), Mersin(Türkiye) - Lazkiye(Suriye), İzmir(Türkiye) - Venedik(İtalya), İzmir(Türkiye) - Samsun(Türkiye)'dir. Bu rotalar için hesaplanan seyir süreleri Tablo 8.3'te gösterilmektedir.

Tablo 8.3: Denizyolu taşımacılığı hesaplamalarında kullanılan rotalar

*Konteyner Servis Limanları	Hız	Mesafe	Hava	Zaman
Mersin/Türkiye–Novorossisk/Rusya	15 Knot	1191 mil	5%	83s 22d
İstanbul/Türkiye–Barselona/İspanya	15 Knot	1402 mil	5%	98s 8d
Mersin/Türkiye–Lazkiye/Suriye	15 Knot	93 mil	5%	6s 30d
İzmir/Türkiye–Venedik/İtalya	15 Knot	896 mil	5%	62s 43d
İzmir/Türkiye–Samsun/Türkiye	15 Knot	629 mil	5%	44s 2d

\*Ports and Terminal Guide 2010 / Veson nautical distance 2004-Standalone edition

Uygulama çalışmamızın ikinci kısmında ise aynı ulaşım bölgeleri için kara taşımacılığı ve kombine taşımacılık egzoz emisyonu hesaplamalarından faydalanıldı. Kombine taşımacılık hesaplamaları için ise deniz taşımacılığı ve kara taşımacılığı hesaplamalarından faydalanıldı. İkinci kısımdaki deniz taşımacılığı hesaplamaları için şu rotalar kullanıldı;

Tablo 8.4: Kombine taşımacılık hesaplamalarında kullanılan denizyolu rotaları

*Konteyner Servis Limanları	Hız	Mesafe	Hava	Zaman
Samsun/Türkiye–Novorossisk/Rusya	15 Knot	211 mil	5%	14s 46d
İzmir/Türkiye–Selanik/Yunanistan	15 Knot	245 mil	5%	17s 9d

\*Ports and Terminal Guide 2010 / Veson nautical distance 2004-Standalone edition

Gemi manevra ve rıhtımda kalış süreleri gemi boyutuna ve yükleme-tahliye operasyonlarının durumuna göre değişiklik göstermektedir. Lonati v.d.,2010 ve Entec,2002 emisyon hesaplama çalışmalarında ortalama manevra süresi 0,06 gün, rıhtımda kalış süresi ise 2,17 gün olarak alınmaktadır. ARB,2005 çalışmasında ise bu değerler ortalama 2 saat manevra süresi ve 48 saat rıhtımda kalış süresi olarak alınmaktadır.

Uygulama çalışmasında örnek alınan geminin ana makine gücü 13280 kW, jeneratör gücü ise 780 kW'dır. Makine yük faktörleri gemi işletme modlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin seyir modu için ana makine ortalama yük faktörü 80% olarak belirlenirken manevra modu için 2% yük faktörü belirlenmiştir (ARB,2005). Uygulama çalışmamızda hesaplamalar için kullanılan işletme özellikleri Tablo 8.5'te gösterilmektedir.

Tablo 8.5: Model alınan gemi işletme özellikleri

	Seyir modu	Rıhtım modu	Manevra modu
Ana Makine Yük Faktörü (%)	80	-	2
Jeneratör Yük Faktörü (%)	13	18	50
İşletme Süresi (gün)	değişken	2,17	0,06

Seyir halindeki emisyon hesaplaması iki bölümde incelenebilir. Birincisi ana makineler tarafından yayılan emisyonlardır. Bu emisyonları hesaplarırken seyir moduna göre geminin ana makinesinin gücü, seyirdeki ana makinenin yük faktörü, ilgili emisyon faktörü ve manevra yerine kadar hesaplanan seyir süresi çarpılarak ana makineden oluşan toplam egzoz gazı emisyonları bulunur. İkinci kısım olan jeneratörlerden kaynaklı emisyon miktarları bulunurken ise aynı denklemde seyir moduna göre ana makine yerine jeneratör verileri eklenerek hesaplanır.

Manevrada oluşan ana makine egzoz gazı emisyonları hesaplanırken toplam manevra süresini manevra moduna göre ana makine gücü, ana makine yük faktörü ve ilgili emisyon faktörünün çarpımıyla buluruz. Manevrada jeneratörün yaydığı emisyon miktarı ise gene aynı denklemde manevra moduna göre jeneratör verilerini ekleyerek hesaplarız.

Rıhtımda oluşan egzoz gazı emisyonları rıhtımda kalma sürelerinde jeneratör tarafından oluşturulan egzoz gazı emisyonlarıdır. Rıhtımda ana makine çalışmadığından hesaba katılmamıştır. Rıhtımda oluşan jeneratör egzoz gazı emisyonları hesaplanırken rıhtımda kalış süresini rıhtım moduna göre jeneratör gücü, jeneratör yük faktörü ve ilgili emisyon faktörünün çarpımıyla buluruz.

### **8.3 Karayolu Taşıtları Egzoz Emisyon Miktarlarının Hesaplanması**

Dünya üzerindeki araç sayısı, her geçen gün hızla artmakta ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Araç sayısındaki büyük artış egzoz emisyonlarına belirli standartlar getirilmesini doğurdu. Birçok ülke emisyon değerlerini azaltmayı amaçlayan Kyoto Protokolü'nü onayladığından, taşıt firmaları ve bilim adamları hava kirliliğinin azaltılması için çalışmalar yapmaktadırlar.

Karayolu konteyner taşımacılığı için belirlediğimiz rotalardan kaynaklı emisyonları hesaplarırken, yakıt ve yol cinsine göre emisyon faktörlerinin katedilen mesafe ile çarpılmasından faydalanılmıştır.

### **8.4 Karayolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyonlarının Hesaplanması**

1992 yılında Rio de Janeiro'da 150 civarında ülke tarafından imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ile küresel olarak çevreye ve ekonomik gelişmeye karşı temel tehlikenin iklim değişikliği olduğu kabul edilmiştir. Sözleşmenin temel olarak, iklim sistemine insan etkisi sonucu verilen sera gazları ile oluşacak zararı düzenlemeyi amaçlamaktadır. Sözleşme ayrıca bütün taraflara; periyodik olarak ulusal envanterlerini geliştirmesi, yenilemesi ve yayınlaması ve sera gazı emisyon envanterlerinde kıyaslamalı metodolojiler kullanması için çağrıda bulunmaktadır.



150'den fazla ülkeden 600'e yakın değerlendirmeci ve 300 delegenin katıldığı 2007 yılında Fransa'nın Paris kentinde düzenlenen "İklim Değişikliği" konulu panelde yayınlanan BM İklim Raporunda da, küresel ısınmanın son 50 yılda yüzde 90 oranında insan kaynaklı olduğu ve asırlarca süreceği belirtilmiştir.

Bu insan kaynaklı sorunların çözülebilmesi amacıyla, 1996 yılında bu bahsedilen hedefleri tamamlamak isteyen sözleşmeye taraf olan ülkelere yardımcı olunabilmesi için IPCC kılavuzu tekrar düzenlenerek hazırlanmıştır. Üç kitaptan meydana gelen bu kılavuzun birinci kitabında; ulusal envanter için nasıl veri toplanacağı, değerlendirileceği ve elde edilen sonuçların nasıl bildirileceğini anlatırken, ikinci kitap hesaplamalar ve bu hesaplamalarda kullanılacak verileri içeren tablolardan oluşmaktadır. Üçüncü kitap ise ülkelerin kendi başlarına elde edemediği verilerin yerine ortalama değerleri içermektedir (Pekin, 2006).

Emisyonları hesaplama metodları, bu kılavuzda ifade edildiği şekliyle "Tier" seviye bölümlerine ayrılmıştır. Burada seviyeyi belirleyen faaliyet ve kullanılan teknoloji detaylarıdır. Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olarak adlandırılan bu seviyelerden, Tier 1 metodu genel olarak daha az veri içeren basit bir yöntemken, Tier 3 metodu birçok değişken ve hesaplamaların yer aldığı daha karmaşık bir yöntemdir.

Ulaştırma sektöründen kaynaklanan bütün emisyon değerlerinin hesabı, yakıtın yanması üzerine kurulmuş durumdadır. Tier 1 yönteminde, kullanılan yanma teknolojisi hiç hesaba katılmamaktadır. Sadeleştirilmiş şekilde anlatılmak istenirse, top-down denilen yöntemle, bir ülkede ne kadar yakıt kullanılıyorsa onunla orantılı olarak ortaya çıkacak emisyonun hesaplanabileceği prensibine göre uygulanan bir yöntemdir (IPCC, 1997).

Tier 1 yöntemleriyle, Tier 2 ve Tier 3 arasındaki temel fark, yakıtın kullanıldığı yanma teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmaya gereksizce rahatlıkla elde edilebilen yakıt tüketim veya dağıtım değerlerinin kullanılmasıdır. Tier 2 ve Tier 3 arasındaki farkı belirlemek ise daha zordur, çünkü emisyon hesap işlemlerinin iyileştirilmesi sonucu bir yaklaşımdan diğerine geçilmiştir. Genel olarak Tier 2 yaklaşımıyla, uygun emisyon faktörleri kullanılabilir şekilde yakıt tüketim gruplarını ayırmak amaçlanmaktadır. Tier 3 yönteminde ise yakıt tüketim değerlerinden farklı olarak araçların yaptıkları yol uzunluğu veya ton-km

biriminde taşınan yük değeri gibi unsurlar hesaba katılarak, bunlara uygun emisyon faktörleri yardımıyla hesaplama yapılır (IPCC, 1997).

Tez çalışmasında NPI'nin motorlu taşıtlar için hazırlamış olduğu emisyon hesaplama teknik elkitabındaki bilgilerden faydalanılmıştır. NPI, Avustralya üzerindeki kirliliği takip etmektedir ve yerel toplumun etkilendiği emisyonlar, zehirli maddeler hakkında bilgiye ulaşımı sağlamaktadır.

Avustralya'da toplumun çevreye yayılan zehirli maddeler hakkında bilgi almak için artan talebi yönetimlerin dikkatini çekmiştir. Böylelikle Avustralya, eyalet ve bölge hükümetleri çevrenin belirli yönlerinin korunmasına, yönetilmesine yardımcı olan Ulusal Çevre Koruma Önlemleri (NEPMs) adı verilen mevzuatı kabul etti. Avustralya endüstrileri bu mevzuat çerçevesince kendi emisyonlarını izlemek, ölçmek ve rapor etmek zorunluluğundadır.

NPI, insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası etkisi önemli olduğu tespit edilen 93 madde hakkındaki verileri içermektedir. Veriler; madenler, elektrik santralleri, fabrikalar gibi tesislerden ve evsel, ulaşım gibi diğer olası kirlilik kaynaklarından gelmektedir. İnternet temelli veritabanı topluma, hükümete, endüstriye emisyonlar ve çevre üzerinde zehirli maddelerin miktarıyla ilgili ücretsiz bilgi sağlamaktadır. Sağladığı bu veri akışı sayesinde tarafsız olması, tez çalışmasında NPI bilgilerini tercih etmemizde etkili olmuştur.

NPI'nin motorlu taşıtlar için hazırlamış olduğu emisyon hesaplama teknik elkitabında kullanılan yöntem Tier 3 kategorisine girmektedir. Emisyonların bu yöntemle hesap edilmesinde çeşitli parametrelerin bilinmesi gerekmektedir.

Tez çalışmasının bu kısmında ilk olarak konteyner taşıyan kamyon özellikleri ve rotaları belirlendi. Çalışmada karayolu taşımacılık ve kombine taşımacılık hesaplamalarında kullanılmak üzere 5 rota belirlendi. Bu 5 rota seçilirken tez çalışmasının denizyolu konteyner taşımacılığı hesaplamalarındaki ulaşım noktaları esas alınmıştır. Kombine taşımacılık hesaplamalarında ise karayolu konteyner taşımacılığı ve denizyolu konteyner taşımacılığı karşılaştırma yapabilmek için tercih edilmiştir. Kamyon ile konteyner taşımacılığı yapılarak salınan egzoz gazı emisyon miktarları tahmini olarak hesaplanmıştır. Örnek alınan kamyon özellikleri aşağıda gösterilmektedir:

Tablo 8.6: Model alınan kamyon özellikleri

	A Kamyonu
TEU	1
Makine Gücü	500 kW
Jeneratör Gücü	-

Gemi ile aynı yük özelliklerine sahip konteyner taşıyan kamyonun egzoz gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan denklem aşağıda gösterilmektedir:

$$E_{j,f,r} = e_{j,f,r} * d / 1000 \quad (8.2)$$

E = Toplam emisyon miktarı (kg)

e = Emisyon faktörü (g/km)

j = Emisyon cinsi

f = Yakıt cinsi

r = Yol cinsi

d = Uzaklık (km)

Araçlar, NPI teknik el kitabında ulaştırma grubuna göre ayrıldıktan sonra her grup kendi içinde kategorilerine (otomobil, kamyon, otobüs gibi) ve kullandıkları yakıt sınıfına (dizel, benzin, LPG gibi) göre düzenlenir. Aktivite değeri olarak araçların aldıkları yol göz önüne alınacağı için, yol tipi de seçilmelidir. Araçların gideceği yol miktarı belirlendikten sonra uygun olan emisyon faktörü ile çarpmak gereklidir. Bu çalışmada kullanılan emisyon faktörleri NPI verilerinden alınmıştır (NPI,2000). Buna göre NO<sub>x</sub> ve CO emisyon faktörleri, Amerikan Çevre Koruma Dairesi (USEPA) tarafından geliştirilmiş olan MOBILE5 modeli kullanılarak oluşturulmuştur (USEPA, 1995). PM emisyon faktörleri ise yine Amerikan Çevre Koruma Dairesi (USEPA) tarafından geliştirilen PART5 modeli ile oluşturulmuştur (USEPA, 1992). SO<sub>2</sub> emisyon faktörleri ise Avustralya ulusal envanterini hazırlayan uzmanlarca, yakıt cinslerinin içerdiği kükürt oranı ve araç tiplerine göre yakıt harcam oranları dikkate alınarak hesaplanmıştır (NPI, 2000). Konteyner taşıyıcı kamyon 1 adet konteyner taşıyan ağır yük

aracı olduğu için yakıt olarak dizel seçilmiştir. Kullanılan güzergâhların büyük bölümünün şehirler ve ülkeler arası yol olması sebebiyle yol tipi otoban olarak seçilmiştir. Otoban yüksek ortalama hızlara (40 km/s'i aşan) ve düşük tıkanıklık düzeylerine (%5'ten daha az boştaki kalma süresi) karşılık gelen ana yolları ifade eder (NPI, 2000). CO, NO<sub>x</sub>, PM ve SO<sub>2</sub> kirletici bileşenleri için emisyon tahminleri her bir rota için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bir kamyonun tek bir konteyner taşıması ve model alınan geminin 1604 TEU (twenty feet equivalent unit)'luk olması nedeniyle bulunan değerler 1604 ile çarpılarak, söz konusu rotalar için gemiyle eşdeğer yükün karayoluyla taşınmasından doğan toplam emisyonlar hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Tablo 8.7'de gösterilmektedir.

Tablo 8.7: Yakıt ve yol cinsine göre emisyon faktörleri (g/km)

Yakıt	Yol Cinsi	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Dizel	Otoban	0,321	11,3	0,481	3,58

Karayolu konteyner taşımacılığı kamyon egzoz gazı emisyonları tahmini hesaplamalarının yapıldığı güzergâhlar Tablo 8.8'de gösterilmektedir.

Tablo 8.8: Karayolu taşımacılığı güzergâhlar

Güzergâh	Uzaklık (Km)
Mersin/Türkiye Samsun/Türkiye	733
İstanbul/Türkiye Barselona/İspanya	2942
Mersin/Türkiye Lazkiye/Suriye	373
Selanik/Yunanistan Venedik/İtalya	1402
İzmir/Türkiye Samsun/Türkiye	1086

## IX. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

### 9.1 Mersin- Novorossisk (Rusya) Durum Değerlendirmesi

Bu durum değerlendirmesinde; ilk olarak örnek alınan gemiyle Mersin-Novorossisk (Rusya) limanları arasında egzoz emisyon değerleri hesaplanmıştır. İkinci kısımda ise, kombine taşımacılık yapılarak; Mersin-Samsun arasında kamyon taşımacılığı, Samsun-Novorossisk (Rusya) limanları arasında ise denizyolu taşımacılığı yapılarak, egzoz gazı emisyonları hesaplanmış ve Mersin-Novorossisk (Rusya) denizyolu taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplamalarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Model alınan gemi 1604 TEU' luk olduğu için kamyon taşımacılığında egzoz gazı emisyon değerleri 1604 içe çarpılarak eşdeğer yükün karayoluyla taşınmasından doğan toplam emisyonlar hesaplanmıştır. Egzoz gazı emisyon hesaplamaları PM, NO<sub>x</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> hava kirleticileri için yapılmıştır. Mersin-Novorossisk (Rusya) arası denizyolu yaklaşık olarak 1191 mil, Mersin-Samsun arası karayolu yaklaşık olarak 733 km, Samsun-Novorossisk (Rusya) arası denizyolu yaklaşık olarak 211 mil'dir.

#### 9.1.1 Emisyonların değerlendirilmesi

İşletme modlarına göre Mersin-Novorossisk (Rusya) denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.1'de gösterilmektedir.

Tablo 9.1: İşletme modlarına göre Mersin-Novorossisk denizyolu emisyon miktarları (ton)

Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Mersin- Novorossisk	Ana Makine	Seyir modu	1,329	16,032	9,300	1,240
		Manevra modu	0,033	0,321	0,257	0,031
	Jeneratör	Seyir modu	0,013	0,124	0,104	0,009
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rıhtım modu	0,011	0,107	0,090	0,008

Mersin-Novorossisk (Rusya) denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.2'de gösterilmektedir.

Tablo 9.2: Mersin-Novorossisk denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Mersin-Novorossisk	1,4	16,6	9,8	1,3

Mersin-Samsun arası karayolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.3'te gösterilmektedir.

Tablo 9.3: Mersin-Samsun karayolu toplam emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Mersin-Samsun	0,4	13,3	0,6	4,2

İşletme modlarına göre Samsun-Novorossisk (Rusya) denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.4'te gösterilmektedir.

Tablo 9.4: İşletme modlarına göre Samsun-Novorossisk denizyolu emisyon miktarları (ton)

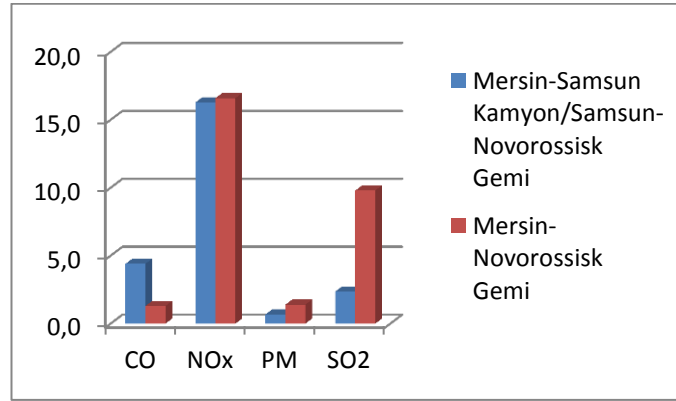
Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Samsun-Novorossisk	Ana Makine	Seyir modu	0,235	2,840	1,648	0,220
		Manevra modu	0,006	0,057	0,046	0,005
	Jeneratör	Seyir modu	0,002	0,022	0,018	0,002
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rihtim modu	0,011	0,107	0,090	0,008

Samsun-Novorossisk (Rusya) denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.5'te gösterilmektedir.

Tablo 9.5: Samsun-Novorossisk denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Samsun-Novorossisk	0,3	3,0	1,8	0,2

Mersin-Novorossisk (Rusya) arası konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon değerlerini Şekil 9.1’de olduğu gibi karşılaştıracak olduğumuzda; denizyolu taşımacılığı için 0,7 ton PM, 16,6 ton NO<sub>x</sub>, 9,8 ton SO<sub>2</sub>, 1,3 ton CO ve kombine taşımacılık için 0,7 ton PM, 16,3 ton NO<sub>x</sub>, 2,4 ton SO<sub>2</sub>, 4,4 ton CO hava kirletici gaz hesaplanmıştır.



Şekil 9.1: Mersin-Novorossisk gemi ve kamyon emisyonları (ton)

## 9.2 İstanbul-Barselona (İspanya) Durum Değerlendirmesi

Bu durum değerlendirmesinde; ilk olarak örnek alınan gemiyle İstanbul-Barselona (İspanya) limanları arasında egzoz gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. İkinci kısımda ise İstanbul-Barselona (İspanya) arasında karayolu taşımacılığı yapılarak egzoz gazı emisyonları hesaplanmış ve İstanbul-Barselona (İspanya) denizyolu taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplamalarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Model alınan gemi 1604 TEU’ luk olduğu için kamyon taşımacılığında egzoz gazı emisyon değerleri 1604 içe çarpılarak eşdeğer yükün karayoluyla taşınmasından doğan toplam emisyonlar hesaplanmıştır. Egzoz gazı emisyon hesaplamaları PM, NO<sub>x</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> hava kirleticileri için yapılmıştır. İstanbul-Barselona (İspanya) arası denizyolu yaklaşık olarak 1402 mil, İstanbul-Barselona (İspanya) arası karayolu yaklaşık olarak 2942 km’dir.

### 9.2.1 Emisyonların değerlendirilmesi

İşletme modlarına göre İstanbul-Barselona (İspanya) denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.6’da gösterilmektedir.

Tablo 9.6: İşletme modlarına göre İstanbul-Barselona denizyolu emisyon miktarları (ton)

Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İstanbul-Barselona	Ana Makine	Seyir modu	1,564	18,872	10,948	1,460
		Manevra modu	0,039	0,378	0,302	0,036
	Jeneratör	Seyir modu	0,015	0,146	0,122	0,011
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rıhtım modu	0,011	0,107	0,090	0,008

İstanbul-Barselona (İspanya) denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.7’de gösterilmektedir.

Tablo 9.7: İstanbul-Barselona denizyolu toplam egzoz emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İstanbul-Barselona	1,6	19,5	11,5	1,5

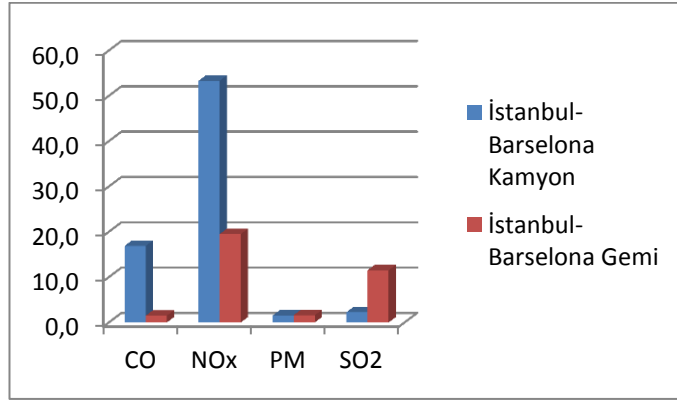
İstanbul-Barselona (İspanya) arası karayolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.8’de gösterilmektedir.

Tablo 9.8: İstanbul-Barselona karayolu toplam emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İstanbul-Barselona	1,5	53,3	2,3	16,9

İstanbul-Barselona (İspanya) arası konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon değerlerini Şekil 9.2’de olduğu gibi karşılaştıracak olduğumuzda; denizyolu taşımacılığı için 1,6 ton PM, 19,5 ton NO<sub>x</sub>, 11,5 ton SO<sub>2</sub>, 1,5 ton CO ve karayolu taşımacılığı için 1,5 ton PM, 53,3 ton NO<sub>x</sub>, 2,3 ton SO<sub>2</sub>, 16,9 ton CO hava kirletici gaz hesaplanmıştır.





Şekil 9.2: İstanbul-Barcelona gemi ve kamyon emisyonları (ton)

### 9.3 Mersin-Lazkiye (Suriye) Durum Değerlendirmesi

Bu durum değerlendirmesinde; ilk olarak örnek alınan gemiyle Mersin-Lazkiye (Suriye) limanları arasında egzoz gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. İkinci kısımda ise Mersin-Lazkiye (Suriye) arasında karayolu taşımacılığı yapılarak egzoz gazı emisyonları hesaplanmış ve Mersin-Lazkiye (Suriye) denizyolu taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplamalarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Model alınan gemi 1604 TEU' luk olduğu için kamyon taşımacılığında egzoz gazı emisyon değerleri 1604 içe çarpılarak eşdeğer yükün karayoluyla taşınmasından doğan toplam emisyonlar hesaplanmıştır. Egzoz gazı emisyon hesaplamaları PM, NO<sub>x</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> hava kirleticileri için yapılmıştır. Mersin-Lazkiye (Suriye) arası denizyolu yaklaşık olarak 93 mil, Mersin-Lazkiye (Suriye) arası karayolu yaklaşık olarak 373 km'dir.

#### 9.3.1 Emisyonların Değerlendirmesi

İşletme modlarına göre Mersin-Lazkiye (Suriye) denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.9'da gösterilmektedir.

Tablo 9.9: İşletme modlarına göre Mersin-Lazkiye denizyolu emisyon miktarları (ton)

Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Mersin-Lazkiye	Ana Makine	Seyir modu	0,104	1,252	0,726	0,097
		Manevra modu	0,003	0,025	0,020	0,002
	Jeneratör	Seyir modu	0,001	0,010	0,008	0,001
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rıhtım modu	0,011	0,107	0,090	0,008

Mersin-Lazkiye (Suriye) denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.10'da gösterilmektedir.

Tablo 9.10: Mersin-Lazkiye denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları (ton)

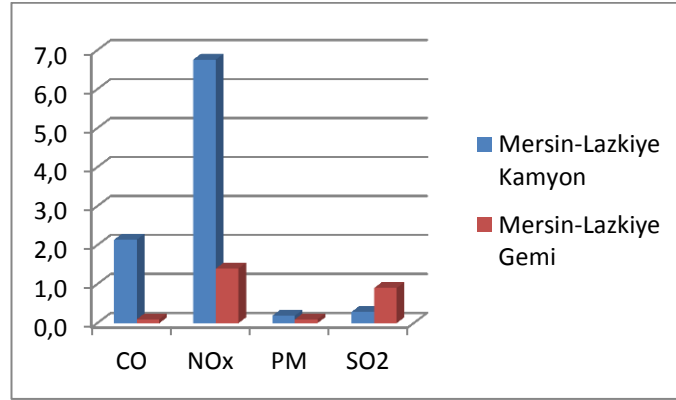
Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Mersin-Lazkiye	0,1	1,4	0,9	0,1

Mersin-Lazkiye (Suriye) arası karayolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.11'de gösterilmektedir.

Tablo 9.11: Mersin-Lazkiye karayolu toplam emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Mersin-Lazkiye	0,2	6,8	0,3	2,1

Mersin-Lazkiye (Suriye) arası konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon değerlerini Şekil 9.3'te olduğu gibi karşılaştıracak olduğumuzda; denizyolu taşımacılığı için 0,1 ton PM, 1,4 ton NO<sub>x</sub>, 0,9 ton SO<sub>2</sub>, 0,1 ton CO ve karayolu taşımacılığı için 0,2 ton PM, 6,8 ton NO<sub>x</sub>, 0,3 ton SO<sub>2</sub>, 2,1 ton CO hava kirlenici gaz hesaplanmıştır.



Şekil 9.3: Mersin-Lazkiye gemi ve kamyon emisyonları (ton)

#### 9.4 İzmir-Venedik (İtalya) Durum Değerlendirmesi

Bu durum değerlendirmesinde; ilk olarak örnek alınan gemiyle İzmir-Venedik (İtalya) limanları arasında egzoz gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. İkinci kısımda ise kombine taşımacılık yapılarak; İzmir-Selanik (Yunanistan) limanları arasında denizyolu taşımacılığı, Selanik (Yunanistan)-Venedik (İtalya) arasında ise karayolu taşımacılığı yapılarak egzoz gazı emisyonları hesaplanmış ve İzmir-Venedik (İtalya) denizyolu taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplamalarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Model alınan gemi 1604 TEU' luk olduğu için kamyon taşımacılığında egzoz gazı emisyon değerleri 1604 içe çarpılarak eşdeğer yükün karayoluyla taşınmasından doğan toplam emisyonlar hesaplanmıştır. Egzoz gazı emisyon hesaplamaları PM, NO<sub>x</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> hava kirleticileri için yapılmıştır. İzmir-Venedik (İtalya) arası denizyolu yaklaşık olarak 896 mil, İzmir-Selanik (Yunanistan) arası denizyolu yaklaşık olarak 245 mil, Selanik (Yunanistan)-Venedik (İtalya) arası karayolu yaklaşık olarak 1402 km'dir.

##### 9.4.1 Emisyonların değerlendirilmesi

İşletme modlarına göre İzmir-Venedik (İtalya) denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.12'de gösterilmektedir.

Tablo 9.12: İşletme modlarına göre İzmir-Venedik denizyolu emisyon miktarları (ton)

Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Venedik	Ana Makine	Seyir modu	1,000	12,061	6,997	0,933
		Manevra modu	0,025	0,242	0,193	0,023
	Jeneratör	Seyir modu	0,010	0,093	0,078	0,007
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rihtim modu	0,011	0,107	0,090	0,008

İzmir-Venedik (İtalya) denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.13'te gösterilmektedir.

Tablo 9.13: İzmir-Venedik denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Venedik	1,0	12,5	7,4	1,0

İşletme modlarına göre İzmir-Selanik (Yunanistan) denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.14'te gösterilmektedir.

Tablo 9.14: İşletme modlarına göre İzmir-Selanik denizyolu emisyon miktarları (ton)

Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Selanik	Ana Makine	Seyir modu	0,273	3,298	1,913	0,255
		Manevra modu	0,007	0,066	0,053	0,006
	Jeneratör	Seyir modu	0,003	0,026	0,021	0,002
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rihtim modu	0,011	0,107	0,090	0,008

İzmir-Selanik (Yunanistan) denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.15'te gösterilmektedir.

Tablo 9.15: İzmir-Selanik denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları (ton)

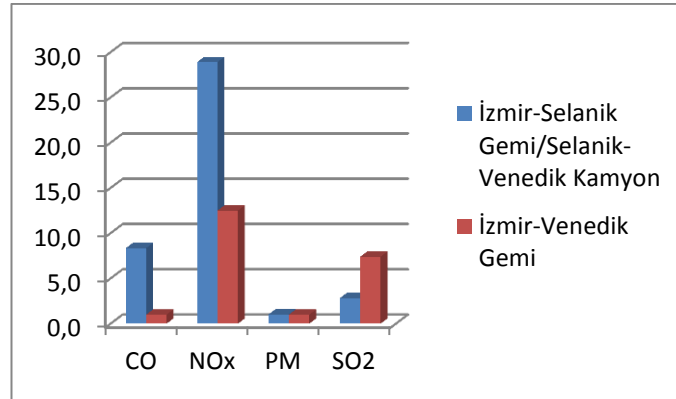
Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Selanik	0,3	3,5	2,1	0,3

Selanik (Yunanistan)-Venedik (İtalya) arası karayolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.16'da gösterilmektedir.

Tablo 9.16: Selanik-Venedik karayolu toplam emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Selanik-Venedik	0,7	25,4	0,7	8,1

İzmir-Venedik (İtalya) arası konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon değerlerini Şekil 9.4'te olduğu gibi karşılaştıracak olduğumuzda; denizyolu taşımacılığı için 1,0 ton PM, 12,5 ton NO<sub>x</sub>, 7,4 ton SO<sub>2</sub>, 1,0 ton CO ve kombine taşımacılık için 1,0 ton PM, 28,9 ton NO<sub>x</sub>, 2,8 ton SO<sub>2</sub>, 8,4 ton CO hava kirletici gaz hesaplanmıştır.



Şekil 9.4: İzmir-Venedik gemi ve kamyon emisyonları (ton)

## 9.5 İzmir-Samsun Durum Değerlendirmesi

Bu durum değerlendirmesinde; ilk olarak örnek alınan gemiyle İzmir-Samsun limanları arasında egzoz gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. İkinci kısımda ise İzmir-

Samsun arasında karayolu taşımacılığı yapılarak egzoz gazı emisyonları hesaplanmış ve denizyolu taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplamalarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Model alınan gemi 1604 TEU' luk olduğu için kamyon taşımacılığında egzoz gazı emisyon değerleri 1604 içe çarpılarak eşdeğer yükün karayoluyla taşınmasından doğan toplam emisyonlar hesaplanmıştır. Egzoz gazı emisyon hesaplamaları PM, NO<sub>x</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> hava kirleticileri için yapılmıştır. İzmir-Samsun arası denizyolu yaklaşık olarak 629 mil, İzmir-Samsun arası karayolu yaklaşık olarak 1086 km'dir.

### 9.5.1 Emisyonların değerlendirilmesi

İşletme modlarına göre İzmir-Samsun denizyolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon hesaplama değerleri Tablo 9.17'de gösterilmektedir.

Tablo 9.17: İşletme modlarına göre İzmir-Samsun denizyolu emisyon miktarları (ton)

Rota	Makine Tipi	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Samsun	Ana Makine	Seyir modu	0,702	8,467	4,912	0,655
		Manevra modu	0,018	0,170	0,136	0,016
	Jeneratör	Seyir modu	0,007	0,066	0,055	0,005
		Manevra modu	0,001	0,008	0,007	0,001
		Rihtim modu	0,011	0,107	0,090	0,008

İzmir-Samsun denizyolu konteyner taşımacılığı toplam egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.18'de gösterilmektedir.

Tablo 9.18: İzmir-Samsun denizyolu toplam egzoz gazı emisyon miktarları (ton)

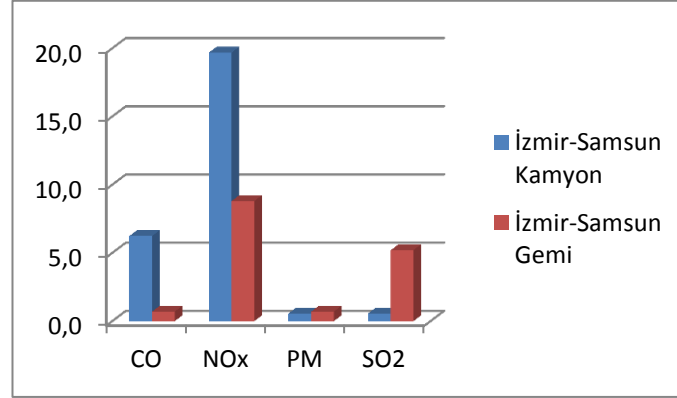
Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Samsun	0,7	8,8	5,2	0,7

İzmir-Samsun arası karayolu konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon miktarları Tablo 9.19’da gösterilmektedir.

Tablo 9.19: İzmir-Samsun karayolu toplam emisyon miktarları (ton)

Rota	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
İzmir-Samsun	0,6	19,7	0,6	6,2

İzmir-Samsun arası konteyner taşımacılığı egzoz gazı emisyon değerlerini Şekil 9.5’te olduğu gibi karşılaştıracak olduğumuzda; denizyolu taşımacılığı için 0,7 ton PM, 8,8 ton NO<sub>x</sub>, 5,2 ton SO<sub>2</sub>, 0,7 ton CO ve karayolu taşımacılığı için 0,6 ton PM, 19,7 ton NO<sub>x</sub>, 0,6 ton SO<sub>2</sub>, 6,2 ton CO hava kirletici gaz hesaplanmıştır.



Şekil 9.5: İzmir-Samsun gemi ve kamyon emisyonları (ton)

## X. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda taşımacılık açısından benimsenen genel yaklaşım, taşımacılığı tek bir bütün olarak ele alıp, aynı taşımacılıkta her ulaşım alt sisteminden en etkin bir şekilde yararlanma yoluna gitmektir. Kombine taşımacılığı doğuran da bu anlayış olmuştur. Kombine taşımacılık, bir yükün çıkış noktasından itibaren birden fazla taşımacılık sistemi (karayolu, denizyolu, demiryolu, havayolu) kullanılarak müşteriye ulaştırılmasıdır. Böylece, taşımacılıkta etkinliği artırmak olanaklı hale gelirken, diğer taraftan taşıma türleri arasında da dengeli dağılımın sağlanması gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Bu tez çalışmasında kara ve deniz konteyner taşımacılığı, egzoz gazı emisyonları beş farklı rota seçilerek hesaplandı. Belirlenen rotalarda aynı miktarda yükün konteyner gemisi ve kamyon (tır) aracılığıyla taşınmasında oluşan emisyon değerleri hesaplanıp birbiriyle karşılaştırıldı.

İlk rota olarak seçilen Mersin - Novorossisk (Rusya) hattında 1604 adet konteyner gemi ve kombine taşımacılıkla (Mersin-Samsun arası kamyon ve Samsun-Novorossisk arası gemi) taşınması sonucunda açığa çıkan SO<sub>2</sub> miktarı kombine taşımacılık için 0,6 ton iken, gemi taşımacılığı ile bu değer 9,8 tona çıkmaktadır. Bunun başlıca nedeni gemilerde kullanılan ağır yakıtın içerisindeki yüksek orandaki kükürttür. Son yıllarda getirilen kurallar sonucunda yakıtın içerisindeki kükürt miktarı azalmış ve azalmakta, sonuç olarak da SO<sub>2</sub> emisyonları açısından bakıldığında kombine taşımacılık ile gemi taşımacılığı arasındaki bu yüksek fark, düşük sülfürlü yakıt kullanılmasıyla azalacaktır.

İkinci rota olan İstanbul – Barselona (İspanya) hattında yine 1604 konteyner hem gemi hem de karayoluyla taşınmıştır. Bu sefer kombine taşımacılık kullanılmamış sadece kara ve deniz yolu taşımacılıkları karşılaştırılmıştır. Gidilen mesafe açısından fazla bir fark olmamasına karşın, atmosfere salınan NO<sub>x</sub> ve CO emisyonları açısından gemi taşımacılığı ile kara taşımacılığı arasında oldukça büyük miktarlarda farklılıklar gözlenmiştir. Bunun en büyük nedeni olarak ise taşınan 1604 konteyner için harcanan güçlerin farklı olmasıdır. Yani gemi ile 1604 konteyneri taşımak için 13280 kW güç yeterli olurken, aynı yük 500 kW'lık 1604 adet tır ile taşınabilmektedir.



Üçüncü rota olarak ise, Mersin – Lazkiye (Suriye) olarak seçilmiştir. Diğer taşınan yüklerle benzer şekilde NO<sub>x</sub> ve CO emisyonları açısından gemi taşımacılığı daha avantajlı iken, yüksek kükürt içeren yakıt kullanıldığı için gemi taşımacılığı SO<sub>2</sub> emisyonları yönünden değerlendirildiğinde daha kötüdür. Partikül madde emisyonları hemen hemen birbirine yakın değerlerdedir.

Dördüncü rota olarak kombine taşımacılık da içerecek şekilde İzmir – Venedik hattı seçilmiştir. 1604 adet konteyner, İzmir – Venedik hattından ilk önce deniz taşımacılığıyla, daha sonra İzmir – Selanik arası deniz taşımacılığı, Selanik – Venedik arası karayolu taşımacılığı olmak üzere kombine taşımacılık kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak kombine taşımacılık sonucunda çevreye salınan NO<sub>x</sub> emisyonları 28,9 ton iken gemi taşımacılığı ile bu değer 12,5 ton' a düşmektedir. Yine aynı şekilde CO salınımı kombine taşımacılık ile 8,4 ton iken bu değer 1,0 ton' a düşmektedir. SO<sub>2</sub> emisyonları açısından bakıldığında ise daha önce bahsedildiği gibi HFO içerisindeki kükürt içeriğinden ötürü denizyolu taşımacılığında 7,4 ton iken kombine taşımacılıkta bu değer 2,8 ton' a kadar düşmektedir.

Beşinci ve son olarak ise İzmir – Samsun arasında yine 1604 adet konteyner karayolu ve denizyolu taşımacılığı ile taşınmıştır. Karayolu taşımacılığı sonucunda 19,7 ton NO<sub>x</sub>, 0,6 ton SO<sub>2</sub>, 6,2 ton CO ve 0,6 ton PM emisyonu salınırken, denizyolu taşımacılığı sonucunda 8,8 ton NO<sub>x</sub>, 5,2 ton SO<sub>2</sub>, 0,7 ton CO ve yine 0,7 ton PM emisyonu salınmıştır.

Sonuç olarak karayolu ve denizyolu taşımacılığı karşılaştırıldığında, gemi dizel motorlarında yüksek kükürt içeren yakıt kullanıldığı için SO<sub>2</sub> emisyonları karayolu taşımacılığına göre daha yüksekken, birim konteyner başına düşen güç karayolu taşımacılığında daha yüksek olduğundan, NO<sub>x</sub> ve CO emisyonları açısından da denizyolu taşımacılığı daha avantajlıdır. Küresel ısınma yani sera gazı etkisi göz önüne alındığında, kara veya deniz taşıtlarından salınan emisyonların en aza indirilmesi denizyolu taşımacılığı için MARPOL, karayolu taşımacılığı için ise EURO standartları ile kısıtlandırılmıştır. Aynı şekilde son dönemlerde özellikle konteyner taşımacılığında gemi hızları düşürülmüş yani “slow steaming” uygulamasına geçilmiş, bunun sonucunda yakıt sarfiyatı azalmış ve nihayetinde de emisyonlar azaltılmıştır.

Bu çalışma ile, denizyolu ve karayolu taşımacılığı kullanılarak salınan emisyonlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sadece karayolu ve denizyolunu içeren kombine taşımacılık sonucunda salınan emisyonlar incelenmiştir. Farklı çalışmalar olarak, kombine taşımacılığa demiryolu ve havayolu taşımacılığı da eklenerek minimum enerji maliyeti ve sonucundan da minimum emisyon salınımı olacak şekilde bir kombine taşımacılık yapabilecek bir optimizasyon çalışması önerilebilir. Bu çalışma, zaman faktörü de göz önüne alınarak emisyonları ve enerji sarfiyatını optimize edilmek suretiyle genişletilebilir.

## KAYNAKLAR

- ACAR, H.A., (1996): Motorlu Taşımacılığın Ortaya Çıkarttığı Çevre Kirliliği ve Önlemler, Birinci Ulusal Ulaşım Sempozyumu, İstanbul.
- ACAR, B., (2004): Dünya deniz ticaretindeki gelişim ve Türkiye Denizciliğine etkileri. MFL, 1(1), 35.
- AKDOĞAN, R.(2000): Ticaret gemileri gemiciliği, deniz ticareti. İstanbul: Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti., 2.
- AKIN, T.(2001): Yük istif, lojistik faaliyetler (2). İstanbul: Mart Matbaacılık, 8-13.
- AKTAŞ, A.O. (2004): Lojistik Yönetiminde Kombine Taşımacılık, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AKTEN, N. ve ALBAYRAK, M.A. (1995): Deniz taşımacılığı kılavuzu (1). İstanbul: Ekim Matbaası.
- AKTEN, N. (1995): Taşımacılık Kılavuzu. İstanbul Ticaret Odası Yayını, (27), 10.
- ALTINBUÇUK, F.(1989): Liman idare ve işletmesi. İstanbul: Deniz Ticaret Odası Yayınları, 19.
- ALYÜZ, B. ve VELİ, S., (2006): İç ortam havasında bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, Trakya University Journal of Science, 7(2), 109-116.
- ANDERSON, O., GOSSLING, S., SIMONSEN, M., WALNUM, H.J., PEETERS, P. and NEIBERGER, C. (2010): CO<sub>2</sub> emissions from the transport of China's exported goods. Energy Policy, 38 (10), 5790-5798.
- ATEŞ, A., KARADENİZ, Ş. ve ESMER, S. (2010): Dünya konteyner taşımacılığı pazarında Türkiye'nin yeri. Denizcilik Fakültesi Dergisi, 2(2), 83-97.
- ATİKOL, U. ve GÜVEN, H. (2003): Impact of cogeneration on integrated resource planning of Turkey. Energy, 28(12), 1259-1277.
- ATKINSON, R., ANDERSON, H., SUNYER, J., AYRES, J., BACCINI, M., VONK, J., BOUMGHAR, A., FORASTIERE, F., FORSBERT, B., TOULOUMI, G., SCHWARTZ, J. and KATSOUYANNI, K. (2001): Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 Project, Respiratory Criter Care Medicine, 164, 1860-1866.

AVOL, E.L., GAUDERMAN, W.J., TAN, S.M., LONDON, S.J. and PETERS, J.M. (2001): Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels, *Respiratory Criter Care Medicine*, 164 (11), 2067-2072.

AYAN, S.(1998): Liman finansmanı ve otonomi, çağdaş denizcilik stratejileri. İzmir: Dokuz Eylül Yayınları, 163.

AYHAN, V. (2009): Bir Dizel Motoruna Buhar Enjeksiyonunun NOx ve İs Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

AYHAN, V., CESUR, İ., PARLAK, A. ve BORU, B. (2008): Bir dizel motoruna buhar enjeksiyonunun performansa ve NOx emisyonlarına etkilerinin araştırılması. 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 9-10 Eylül 2008, Sakarya, Türkiye.

BAKIRCI, A.E. (2005): Taşıt işletme maliyetleri bileşenlerinin irdelenmesi, tasarruf bakışının yerleştirilmesi, 6. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı. İstanbul: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.

BARDA, S., (1964): Münakale ekonomisi. İstanbul: Akgün Matbaası, 300.

BAYRAÇ, H.N., (2009): Küresel enerji politikaları ve Türkiye: petrol ve doğalgaz kaynakları açısından bir karşılaştırma. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(1), 117.

BAYRAKTUTAN, Y. ve ÖZBİLGİN M. (2013): Türkiye’de iller düzeyinde karayolu yük trafiği dağılımının analizi, II. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 17(2), 81-92.

BOOKBINDER, J.H. ve FOX, N.S. (1998): Intermodal routing of Canada-Mexico Shipments under NAFTA, *Transportation Research Part E*, 34(4), 289-303.

BORAT, O., BALCI, M. ve SÜRME, A., (1992): Hava kirlenmesi ve kontrol tekniği. Ankara: TEV Yayınları.

CANDEMİR, Y. (2002): Ulaştırma eğitim ve öğretimi: Dünyada ve Türkiye’de, <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/3190.pdf>, Erişim:21.11.2014.

CORBETT, J.J. and KOEHLER, H.W. (2003): Updated emissions from ocean shipping, *Journal of Geophysical Research*, 108(20) , 4650.

CORBETT, J. J., WINEBRAKE, J.J, GREEN, E. H., KASIBHATLA, P., EYRING, V. and LAUER, A. (2007): Mortality from shipping: a global assessment. *Environmental Science and Technology*, 41.

CORBETT, J.J., and WINEBRAKE, J. (2008): The impacts of globalization on international maritime transport activity, OECD Global Forum on Transport and Environment in a Globalizing World, 6.

ÇAKAR, A.İ. (2009): Türkiye’de Konteyner Taşımacılığının Yük Merkezi - Liman Aşaması İçin Alternatif Taşıma Sistemleri: İzmir Limanı Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÇANAKÇI, M., ÖZSEZEN, A. N., ARÇAKLIOĞLU, E. and ERDİL, A. (2009): Prediction of performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with biodiesel produced from waste frying palm oil. Expert Systems with Applications, 36(5), 9268-9280.

ÇANCI, M. ve ERDAL, M. (2003): Karayolu ulaştırma yönetimi. İstanbul: Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Üretenler Derneği, 67, 62, 112, 113, 114, 77.

ÇANCI, M., ve ERDAL, M. (2003): Uluslararası taşımacılık yönetimi. İstanbul: Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Üretenler Derneği, 1-302.

ÇEKEROL, S.G. (2007): Lojistik Açından İntermodal Yük Taşımacılığı ve Türkiye Hızlı Tüketim Ürünleri Dağıtımını için Bir Uygulama, Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Kütahya.

ÇETİN, B., BARIŞ, S. ve SAROĞLU, S., (2011): Türkiye’de Karayollarının Gelişimine Tarihsel Bir Bakış, Ulaştırma, 1(1), 123-150.

ÇEVİK, O. ve GÜLCAN, B. (2011): Lojistik faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirliği ve Marco Polo Programı. KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 13(20).

DEMİR, K. (2006): Karayolu Uluslararası Yük Taşımacılığının Durumu, Yeni Mevzuatın ve Uluslararası Gelişmelerin Taşımacılık Sektörüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

DEMİR, Ş. (2006): Uluslararası taşımacılık, Lojistik, 9.

DENİZ, C. And DURMUSOĞLU, Y., (2008): Estimating shipping emissions in The Region of The Sea of Marmara, Turkey. Science of the Total Environment, 390 (1), 255-261.

DENİZ, C. and KILIC, A. (2009): Estimation and assessment of shipping emissions in the Region of Ambarlı Port, Turkey. Environmental Progress & Sustainable Energy, 29(1), 107-115.

DOĞANER, S. (1998): Türkiye Ulaşım Sistemleri turizm ve çevre ilişkileri. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, 6, 1-25.

DONAHUE, R. (2000): Controlling Combustion Using in Cylinder Mixture Reparation, PhD. Thesis, UW Madison, Mechanical Engineering, USA.

Devlet Planlama Teşkilatı. (2005): Ulaştırma-denizyolu ulaştırması. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları.

DUMANOĞLU, S. (2005): Lojistik maliyetler ve etkili bir raporlama tekniğine uygun olarak lojistik maliyetlerinin izlenmesi, MÖDAV, 2, 150.

ECE, J.N., (2006): Dünya Deniz Ticareti ve Konteyner Taşımacılığı, www.denizhaber.com, Erişim:20.08.2014.

EMEP. (2012): Emission data reported under the LRTAP Convention and NEC Directive.

ENTEC UK Ltd. (2002): Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in The European Community.

ENVER G. (2012): Denizli Yük Taşımacılığı Etüdü Yük Taşımacılığında Demiryolu Payının Artmasının Ekonomik Çevresel Katkıları, [http://www.enverdenizli.org.tr/hasem/upload/haberler\\_dosya/1333526014.pdf](http://www.enverdenizli.org.tr/hasem/upload/haberler_dosya/1333526014.pdf), Erişim:03.09.2014.

ENVIRON INTERNATIONAL CORPORATION (2002): Commercial Marine Emission Inventory Development, Prepared for The U.S. Environmental Protection Agency.

ERKAYMAN, B. (2007): Lojistikte Taşıma Şekillerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ESMER, S., CETIN, I.B. and TUNA, O. (2010): A simulation for optimum terminal truck number in a Turkish Port based on lean and green concept. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 26(2), 277-296.

FREMONT, A. and FRANC, P. (2010): Hinterland transportation in Europe: combined transport versus road transport. Journal of Transport Geography, 18, 548-556.

Fortune, (2013): Lojistik, Fortune Türkiye Eki.

GOLDSWORTHY, L. (2010): Exhaust emissions from ship engines - significance, regulations, control Technologies. Australian and New Zealand Maritime Law Journal, 24(1), 25-26.

GUADERMAN, W., MCCONNELL, R., GILLILAND, F., LONDON, S., THOMAS, D., AVOL, E., VORA, H., BERHANE, K., RAPPAPORT, E.B., LURMANN, F., MARGOLIS, H.G. and PETERS, J. (2000): Association between air pollution and lung function growth in Southern California Children. *Respiratory Criter Care Medicine*, 162, 1383-1390.

GÜRSOY, M. (2005): Taşıma türü seçimi için karar destekleyici bir yöntem. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 137-151.

HASANÇEBİ, A. (2002): İstanbul Atatürk Havalimanı Pat Sahasında HC ve CO Emisyonlarının Ölçüm ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

IPCC/UNEP/OECD/IEA. (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1 pp 1-4, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic CoOperation and Development, International Energy Agency, Paris.

IPCC/UNEP/OECD/IEA. (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Chapter 1 pp 4-44, 62-98, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic CoOperation and Development, International Energy Agency, Paris.

ISHIDA, M., UEKI, H. and SAKAGUCHI, D. (1997): Prediction of NO<sub>x</sub> reduction rater due to port water injection in a DI diesel engine, SAE, 972961.

ISHIDA, M. and CHEN, Z. (1994): An analysis of the added water effect of NO formation in DI diesel engines, SAE, 941691.

İÇİNGÜR, Y. ve SALMAN, M.S. (1993): İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan emisyonlar ve kontrol yöntemleri. 2. Ulusal Yanma ve Hava Kirliliği Sempozyumu, 27-29 Eylül, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

İLKILIÇ, C., BEHÇET, R., AYDIN, S. ve AYDIN, H., (2009): Dizel motorlarında azot oksitlerin oluşumu ve kontrol yöntemleri, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs 2009, Karabük.

İLKIŞIK, M.F. (Editör). (2012): MARPOL Birleştirilmiş 2011 Baskısı. İstanbul: Mas Matbaacılık A.Ş.

JAKOBSON, M.Z. (2002): Atmospheric pollution. History, Science and Regulation, Cambridge University Press.

JANIC, M. (2007): Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Transportation Research Part D*, 12, 33-44.

KAMAKATE, F. and SCHIPPER, L., (2009): Trends in truck, freight energy use and carbon emissions in selected OECD Countries from 1973 to 2005. *Energy Policy*, 37, 3743-3751.

KARAKUŞ, S.Z. (2002): Benzinli Araçlardan Kaynaklanan Hidrokarbonların Ozon Oluşumuna Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KAYNAK, M. (2004): 4.Türkiye İktisat Kongresi Bildiri Metni, İzmir, 1, 2, 6, 7, 8, 16,17, 18.

KAYNAK, M. (2004): Ulaştırma ekonomisi. *Ekonomik Yaklaşım*, 15, 52-53.

KELEŞ, R. ve HAMAMCI, C. (2002): Çevre bilim. Ankara: İmge Kitabevi, 28-29, 96-97, 100-102.

KESGIN U., and VARDAR, N. (2001): A study on exhaust gas emissions from ships in Turkish Straits, *Atmospheric Environment*, 35(10), 1863-1870.

KESKİN, A. ve SAĞIROĞLU, A. (2010): Dizel motorlarından kaynaklanan egzoz emisyonları ve kontrol yöntemleri. *Mühendis ve Makina*, 51(606).

KESKİN M.H. (2006): Lojistik tedarik zinciri yönetimi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 84.

KILIC, A. and DENİZ, C., (2009): Inventory of shipping emissions in Izmit Gulf, Turkey, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 29(2), 221-232.

KILIÇ, A. (2009): Marmara Denizi'nde gemilerden kaynaklanan egzoz emisyonları, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2, 124-134.

KILIÇ, O. (2006): Türkiye'de Deniz Ulaştırmasının Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi ve Diğer Ulaşım Sistemleri İçerisindeki Yeri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

KOBU, B. (1994): Lojistik Sektörü: Gelişimi ve Önde Gelen Şirketleri, DHL Şirket İçi Eğitim Sunumu, 8, 200.

KOBU, B. (1994): Üretim Yönetimi, DHL Şirket İçi Eğitim Sunumu, 8, 5.



KOÇAK, H.İ., (2012): Dünyada ve Türkiye’de Ekonomik Gelişmeler ve Deniz Ticaretine Yansımaları, Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Deniz Ticaret Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 11.

KUMAR, S., CHO, J. H., PARK, J. and MOON, I. (2013): Advances in diesel–alcohol blends and their effects on the performance and emissions of diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 46-72.

KUMAR, S.N., (2003): Tanker transportation, encyclopedia of energy. Ed. Cleveland Cutler, Maine Maritime Academy, Elsevier.

LAVOIE, G.A. and BLUMBERG, P.N. (1980): A fundamental model for predicting fuel consumption, NO<sub>x</sub> and HC emissions of a conventional spark-ignited engine, *Combustion Science Technology*, 21, 225-258.

LIAO, C.H., TSENG, P.H. and LU, C.S. (2009): Comparing carbon dioxide emissions of trucking and intermodal container transport in Taiwan. *Transportation Research Part D*, 14, 493-496.

LOZANO, A. and STORCHI, G. (2001): Shortest viable path algorithm in multimodal networks. *Transportation Research Part A*, 35, 225-241.

MAZA, G.A., BENEITEZ, M.A.D., GIRALDO, D.G., LENA, J.L.G. ve MARTIN, E.M., (2014): Marpol Ek VI uygulama el kitabı gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesi. (Çev.AKKAYA E.). Ankara: T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, İspanya Ulaştırma ve Bayındırlık Bakanlığı, 60-62.

MURTHY, Y.V.V.S., SASTRY, G.Y.K. and SATYANARYANA, M.R.S. (2011): Experimental investigation of performance and emissions on low speed diesel engine with dual injection of solar generated steam and pongamia methyl ester. *Indian Journal of Science and Technology*, 4, 29-33.

NPI, (2000): Emission estimation technique manual for aggregated emissions from motor vehicles version 1.0, Australia.

ÖZCAN, E.R. ve KAYMAN, S. (2004): Enerji tüketimindeki değişimin küresel ısınmaya etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye karşılaştırması: 1980-2004, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Yayınları, 8.

ÖZER, H. ve KARADOĞAN, T. (1996): Ozon ve bitki yaşamı üzerine etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, (19), 27-30.

PARLAK, A., AYHAN, V., CESUR, İ. ve BORU, B. (2011): Endirekt enjeksiyonlu bir dizel motoruna buhar enjeksiyonunun etkilerinin araştırılması. 6th International Advanced Technologies Symposium, 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.

PARLAK, A. and AYHAN, V. (2007): Effects of using piston with thermal barrier layer in spark ignition engine. Journal of Energy Institute, 80, 223-228.

PEKDEMİR, I.M. (1991): Deniz yolu yük taşımacılığı; yönetim ve organizasyonu. İstanbul: Beta Basım Yayın.

PEKİN, M.A. (2006): Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

PERERA, F.P., LI, Z., WHYATT, R., HOEPNER, L., WANG, S., CAMANN, D. and RAUH, V. (2009): Prenatal airborne polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and child iq at age 5 years. Pediatrics, 2008-3506.

POLONIECKI, J.D., ATKINSON, R.W., LEON, A.P. and ANDERSON, R.H. (1997): Daily time series for cardiovascular hospital admissions and previous day's air pollution in London, UK. Occupational Environmental Medicine, 54, 535-40.

PULKRABEK, W.W. (2004): Engineering fundamentals of the internal combustion engine. Pearson Prentice-Hall, 2.

RUIDAVETS, J.B., COURNOT, M., CASSADOU, S., GIROUX, M., MEYBECK, M. and FERRIERES, J. (2005): Ozone air pollution is associated with acute myocardial infarction. Circulation, 111(5), 563-9.

SAFA, A. and CELEBI, U.B. (2011): Greenship: new ideas for environmentally friendly ships. MARTEC 2011-1st International Conference on Maritime Technology and Engineering, 12 May 2011, Lisbon, Portugal.

SAYIN, C., USLU, K. and ÇANAKÇI, M. (2008): Influence of injection timing on the exhaust emissions of a dual-fuel ci engine. Renewable Energy, 33(6), 1314-1323.

SIR, H.İ., (1988): Konteyner taşımacılığı ve Türkiye'deki uygulaması. İstanbul: Deniz Ticaret Odası Yayınları, 9.

SONSUZ, B., KARGIOĞLU, A.F., ŞIPKA, M., ORUÇ, M.M., HEPŞEN, Ö., SELVİ, E., MUSTAK, H., KARGI, H. ve KARAFAZLIOĞLU, M. (2011): Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi, Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Sakarya.

SOSUŞBAY, C. (2002): Karayolu ulaşımından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının çevreye etkisi ve kontrolü. Mühendis ve Makine, 48(564), 22-26.

SOYLU, Ş. (2009): Toplu Taşımada Kullanılan Otobüslerden Kaynaklanan Emisyonların Analizi, Seyir Çevrimlerinin Oluşturulması ve Emisyon Yayılımlarının Modellenmesi, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ve Temsa Ar&Ge Tek. A.Ş. Destekli San-Tez Projesi 6. Ay Raporu

Starcrest Consulting Group. (2004): LLC. Final Draft – Port-Wide Baseline Air Emissions Inventory, Prepared for The Port of Los Angeles.

STOPFORD, M., (1988): Marine economics, Harper Collins Academic, 1, 32.

ŞERBETÇİ, E. (1998): Ulaştırma Sektörleri Arasındaki Öncelik Sorunu ve Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 22-44.

T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü. (2014): Deniz Ticareti 2014 yılı istatistikleri. Ankara: Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, 5,21,23,65.

T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. (2014): 2003-2014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme. Ankara: Strateji Geliştirme Başkanlığı, 53-60.

T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, (2013): Karayolu Çalışma Grubu Raporu. 11. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Şurası.

TAŞDEMİR, Y. (2002): Bursa’da kükürt dioksitten kaynaklanan hava kirliliği. Ekoloji Çevre Dergisi, 11(42), 12-15.

TAYANÇ, M. (2013): Türkiye’de hava kalitesi modellemesi. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 112-122.

The California Air Resources Board (2005): Emissions Estimation Methodology for Ocean Going Vessels, California,USA.

TOPALOĞLU, H. (2007): Dış Ticaret Yüklerimizin Taşınmasındaki Terminal Durumları ve Liman Yeterliliklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

TÖRÖZ, İ. (1995): İstanbul’da hava kirliliği ve çözüm arayışları. Çevre ve İnsan Dergisi, 25.

TURAN, E., ÇELİK, F. and DİLEK, M. (2011): A case study: investigation of the most cost-effective transportation mode between Istanbul and Denizli. Proceedings of INT-NAM 2011 1<sup>st</sup> International Symposium on Naval Architecture and Maritime, İstanbul, 613-622.

TURAN, E., ÇELİK, F., and DİLEK, M. (2012): Economical analysis of the cargo transportation between Gaziantep and Istanbul. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, 303-309.

TÜNAY, O. ve ALP, K. (1995): Endüstride emisyon envanterlerinin uygulama esasları. II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak-İstanbul.

TZANNATOS, E. (2010): Ship emissions and their externalities for The Port of Piraeus-Greece. Atmospheric Environment, 44(3), 400-407.

UÇAR, F.O. (2014): Samsun İli Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri, Denizcilik Uzmanlık Tezi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.

UĞUR, S. (2014): Sera gazı emisyonlarının azaltımında karbon-enerji vergilerinin rolü. FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi, 3, 341.

USEPA (1992): VOC/PM Speciation Data System - Version 1.50, United States Environment Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, USA.

USEPA (1995): Highway Vehicle Emission Estimates-II, United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, USA.

ÜLGEN, S., GUERİN, S. S. ve Tekçe, M. (2007): İkinci kuşak yapısal reformlar: altyapı sektörlerinde de-regülasyon ve rekabet Türkiye'de telekomünikasyon, enerji ve ulaştırma sektörlerinin Avrupa Birliği'ne uyum ışığında evrimi. Ulaştırma, EDAM Yayını, 129-190.

VİZYON 2023, (2003): Teknoloji Ön Görüşü, Ulaştırma ve Turizm, Ulaştırma ve Turizm Paneli, Tübitak, Ankara, 1-12.

WANG, C.H. and CHEN, J.T. (1996): An experimental investigation of the burning characteristics of water-oil emulsions. Int. Common Heat Mass Transfer, 23, 823-834.

WINEBRAKE, J. J, CORBETT, J. J, GREEN, E., H., LAUER, A. and EYRING, V. (2009): Mitigating the health impacts of pollution from oceangoing shipping: an assessment of low-sulphur fuel mandates. Environmental Science & Technology, 43(13), 4776-4782.

YAZICI, M. (1997): Yük sigortaları ders notu. İstanbul: Türk Sigorta Enstitüsü Vakfı Yayınları, 30, 67.

YEŞİLBAĞ, M.L. (1992): Deniz Taşımacılık Sektöründe Konteynerize Yük Taşımacılığının Yeri ile Dünya ve Türkiye'de Konteynerizasyon Durumu, Yüksek Lisans Tezi, Doğuş Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.

YORULMAZ, M. (2009): Deniz Taşımacılığı ve Deniz Sigortaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Sigortacılık Anabilim Dalı, İstanbul.

### **İnternet Adresleri :**

[http://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/files/GEMI\\_ISTATISTIKLERI/2013/AYSONLARI/ARALIK/Aylar\\_Bazinda\\_Ugrayan\\_Gemi\\_Istatistikleri.xls](http://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/files/GEMI_ISTATISTIKLERI/2013/AYSONLARI/ARALIK/Aylar_Bazinda_Ugrayan_Gemi_Istatistikleri.xls): Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Erişim:10.10.2014.

[http://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik\\_filo.aspx](http://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx): Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, Erişim:14.08.2014.

[http://gebzeto.org.tr/upload/servisekler/104\\_ef43c014ec860abd8f4ecb2ffc6c6ac6.pdf](http://gebzeto.org.tr/upload/servisekler/104_ef43c014ec860abd8f4ecb2ffc6c6ac6.pdf), Erişim:20.10.2014.

<http://isparta.cevreorman.gov.tr/isparta/AnaSayfa/cevreEtkiDegerveCevreYonSubeMudurlugu/havaKirliligi.aspx?sflang=tr>, Erişim:08.08.2014.

<http://web.boun.edu.tr/meteoroloji/havakirliligi.php>, Erişim:05.10.2014.

<http://webnak.com.tr/blog/kara-yolu-tasimacilik-nakliye/>, Erişim:11.08.2014.

[http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/comman\\_rail/cdi1.htm](http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/comman_rail/cdi1.htm), Erişim:10.09.2014

<http://obitet.gazi.edu.tr/sunular/11.ppt>, Erişim:10.08.2014

<http://www.aso.org.tr/kurumsal/media/kaynak/TUR/asomedy/agustos2004/forumagustos2004.html>: Ankara Sanayi Odası, Erişim:15.07.2014.

<http://www.didgm.gov.tr>: Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü, Erişim:10.06.2014.

<http://www.epa.gov>: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, Erişim:20.09.2014.

<http://www.eskisoobet.com/turkiye-haritasi-yol.html>, Erişim:14.07.2014.

<http://www.google.com/maps>, Erişim:12.08.2014.

<http://www.havakalitesi.cevreorman.gov.tr/turkish/faq/faq.htm>, Erişim:13.07.2014.

<http://www.ihracat12.com/denizyolu.htm>, Erişim:25.11.2014.

<http://www.imo.org>: Uluslararası Denizcilik Örgütü, Erişim:06.08.2014.

<http://www.kuresel-icinma.org>, Erişim:07.10.2014.

<http://www.marmore.com.tr>, Erişim:06.11.2014.

<http://www.palgaz.com.tr/index.php?contentId=150>, Erişim:06.12.2014.

<http://www.turkcebilgi.com/hava/ansiklopedi>, Erişim:05.09.2014.

[http://www.ubak.gov.tr/BLSM\\_WIYS/UBAK/tr/dokuman\\_ust\\_menu/projeler\\_faaliyetler/20130319\\_101809\\_204\\_1\\_64.pdf](http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/UBAK/tr/dokuman_ust_menu/projeler_faaliyetler/20130319_101809_204_1_64.pdf): Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Erişim:20.09.2014.

<http://www.yildiz.edu.tr/~kvarinca/Dosyalar/Yayinlar/yayin020.pdf>, Erişim:14.07.2014.

[http://www.mandieselturbo.com/files/news/files/9187/5510-0060-01ppr\\_low.pdf](http://www.mandieselturbo.com/files/news/files/9187/5510-0060-01ppr_low.pdf): Exhaust Gas Emission Today and Tomorrow, MAN Diesel & Turbo, Erişim:22.01.2015

[http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/motorlu\\_araclar/moduller/dizel\\_motorlarin\\_yakit\\_sistemleri3.pdf](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/motorlu_araclar/moduller/dizel_motorlarin_yakit_sistemleri3.pdf): Motorlu Araçlar Teknolojisi, Dizel Motorları ve Yakıt Sistemleri 3, Erişim:25.01.2015

<http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/dizel%20emisyon%20kontrol%20yontemleri2011.pdf>: Emisyon Kontrolünde Gelişmeler ve Dizel Motorlarda Emisyon Kontrol Yöntemleri, Erişim:01.01.2015

<http://www.egcsa.com/technical-reference/what-is-an-exhaust-gas-cleaning-system/>, Erişim:09.01.2015

<http://www.gazetevatan.com/bm-iklim-raporu-yayinlandi-106800-gundem/>, Erişim:09.01.2015

## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi : 01/01/1986

Doğum yeri: Bilecik

Lise : (2000-2004), Sinop Fen Lisesi

Lisans : (2005-2009), İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği

Çalıştığı Kurumlar: (2009-2011 ), U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş., Uzakyol Vardiya Mühendisi

(2011-devam ediyor), Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Samsun Liman Başkanlığı, Denizcilik Uzman Yardımcısı

## EKLER

**Ek-1:** Denizyolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Hesaplamalarında Kullanılan Formül

$$E_{om} = EF_{om} \cdot f \cdot Hrs_{om} \cdot VP_{om} \cdot \%Load_{om}$$

E = kirletici belirli emisyonlar, birimi gram (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, ve PM)

EF = işletme modu ve yakıt cinsine göre emisyon faktörü, birimi g/kWh

Hrs = işletme moduna göre ortalama süre, birimi saat

VP = makine gücü (M/E, D/G), birimi kW

%Load = işletme moduna göre ortalama makine yük faktörü

om = işletme modu (seyir, manevra, rıhtım)

f = yakıt cinsi (HFO, MGO, MDO)

**Ek-2:** Denizyolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Hesaplamalarında Kullanılan Emisyon Faktörleri (g/kWh)

Makine	İşletme Modu	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Ana Makine	Seyir Modu	1,5	18,1	10,5	1,4
	Manevra Modu	1,5	14,5	11,6	1,4
Jeneratör	Seyir, Manevra ve Rıhtım Modu	1,5	14,7	12,3	1,1



**Ek-3:** Karayolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Hesaplamalarında Kullanılan Formül

$$E_{j,f,r} = e_{j,f,r} * d / 1000$$

E = Toplam emisyon miktarı (kg)

e = Emisyon faktörü (g/km)

j = Emisyon cinsi

f = Yakıt cinsi

r = Yol cinsi

d = Uzaklık (km)

**Ek-4:** Karayolu ile Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Hesaplamalarında Kullanılan Emisyon Faktörleri (g/km)

Yakıt	Yol Cinsi	PM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
Dizel	Otoban	0,321	11,3	0,481	3,58