

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalında

Süleyman KÖSE Tarafından Hazırlanan

**TRABZON LİMANI EMİSYON HARİTALARININ OLUŞTURULMASI VE ÇEVREYE
ETKİSİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 /05/2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ercan KÖSE

Üye : Prof. Dr. İsmail Hakkı HELVACIOĞLU

Üye : Prof. Dr. Emrullah DEMİRCİ

Üye : Doç. Dr. İsmail BAYER

Üye : Doç. Dr. Murat ÖZKÖK



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli limanlarından biri olan Trabzon Limanı'nda gemi hareketleri ve liman operasyonları kaynaklı emisyonlar ölçülüp haritalanmış ve bu emisyonların AERMOD modeli kullanılarak akış eğilimleri belirlenip çevreye etkilerinin araştırılması yapılmıştır. Bu kapsamda gemilerin limana yanaşma ve limandan kalkış manevraları esnasında egzoz emisyonları ölçülmüştür. Ayrıca limanda çalışan yükleme-boşaltma araçları ile römorkörlerin emisyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yıllık toplam emisyon miktarlarının elde edilmesi ile birlikte model yardımıyla liman emisyon haritaları oluşturulmuş ve bu emisyonların çevreye etkileri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda gazların uzak mesafelere dağılarak geniş bir alanda etkili oldukları ve çevre ile birlikte insan sağlığını risk altında tuttıkları tespit edilmiştir.

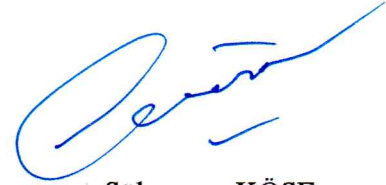
Doktora eğitimim boyunca bana her zaman destek olan, vakit ayıran, çalışmalarımnda yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, danışman hocam Doç. Dr. Murat ÖZKÖK ve Prof. Dr. Ercan KÖSE'ye, tezi yazabilmemiz için her türlü olanağı sağlayan Yüksek Okul Müdürümüz Prof. Dr. Hamdullah ÇUVALCI'ya, görüş ve katkıları için Prof. Dr. Emrullah DEMİRCİ'ye, Dr. Öğr. Üyesi İsmail ALTIN'a, Dr. Dursun Murat SEKBAN'a, Öğr. Gör. Köksal ÇOLAK'a, Öğr. Gör. Bekir Buğra UYAR'a ve Arş. Gör. Abdullah TÜRK'e, ölçümleri alabilmemiz için her türlü kolaylığı sağlayan Trabzon Limanı Genel Müdürü Sn. Muzaffer ERMIŞ'e, kılavuz kaptanlar Turan İZMİRLİ ve Hakan AKSU'ya ve bütün liman çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve değerli eşim Zehragül KÖSE'ye teşekkür eder, bu çalışmanın bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Süleyman KÖSE
Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Trabzon Limanı Emisyon Haritalarının Oluşturulması ve evreye Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Murat ÖZKÖK’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri / örnekleri kendim topladığımı, deneyleri / analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/06/2019



Süleyman KÖSE

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Emisyon ve İmisyon.....	5
1.3. Emisyon Kirleticileri ve Etkileri.....	6
1.3.1 Kükürt Oksitler	7
1.3.2. Azot Oksitler.....	8
1.3.3. Karbonmonoksit	9
1.3.4. Karbondioksit.....	9
1.3.5. Uçucu Organik Karbonlar.....	10
1.3.6. Ozon.....	11
1.3.7 Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK).....	11
1.3.8. Ağır Metaller	12
1.3.9. Partikül Madde (PM).....	13
1.4. Emisyon Kirleticilerinin Türlerine Göre Kullanılan Ölçüm Yöntemleri.....	14
1.4.1. Karbonmonoksit ve Karbondioksit Ölçüm Yöntemleri.....	14
1.4.1.1. Dağılmayan Kıızılötesi (Infrared) Yöntemi.....	14
1.4.1.2. Gaz Filtresi Korelasyon Yöntemi	15
1.4.1.3. Sabit Potansiyelde Elektroliz Yöntemi	15
1.4.2. Kükürtdioksit Ölçüm Yöntemleri	15
1.4.2.1. Infrared (Kıızılötesi).....	16
1.4.2.2. Elektrokimyasal Sensörler	17

1.4.2.3.	UV Floresans Yöntemi	18
1.4.2.4.	FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) Yöntemi	19
1.4.2.5.	Alev İyonizasyon	20
1.4.3.	Azotoksit Ölçüm Yöntemleri	21
1.4.3.1.	Kimyasal Işıma	22
1.4.3.2.	Termogrevimetrik Analiz ve FTIR Spektrometre Sistemi	24
1.4.3.3.	Saltzman Yöntemi (Absorbsiyonmetri)	24
1.5.	Emisyon Kirleticilerin Havada Dağılımını Etkileyen Faktörler	26
1.5.1.	Rüzgâr	27
1.5.2.	Kararlılık ve Enverziyon	28
1.5.3.	Topografya	31
1.6.	Trabzon İli	32
1.6.1.	Trabzon İli İklim Koşulları	33
1.6.2.	Trabzon İli Hava Kalitesi	35
1.6.2.1.	Sanayi Kaynaklı Emisyonlar	36
1.6.2.2.	Trafik Kaynaklı Emisyonlar	37
1.6.2.3.	Isınma Kaynaklı Emisyonlar	39
1.7.	Gemilerden Kaynaklanan Emisyonlar İle İlgili Yasal Düzenlemeler	40
1.7.1.	Azot Oksitler ile İlgili Düzenlemeler	42
1.7.2.	Kükürt Oksitler ile İlgili Düzenlemeler	45
1.8.	Liman Operasyonlarından Kaynaklanan Hava Kirliliği	46
1.9.	Trabzon Limanı	48
1.10.	Literatür Özeti ve Çalışmanın Amacı	50
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	57
2.1.	Ölçüm Cihazı	57
2.2.	Gemi Verilerinin Elde Edilmesi	60
2.3.	Gemilerde Yapılan Ölçümler	61
2.3.1.	Gemilerin Ana Makinelerinde Gerçekleştirilen Ölçümler	61
2.3.2.	Gemilerin Jeneratörlerinde Gerçekleştirilen Ölçümler	63
2.3.3.	Römorkörlerde Gerçekleştirilen Ölçümler	64
2.3.4.	Liman Sahasında Hizmet Veren Araçların Emisyon Ölçümleri	65
2.4.	Ölçüm Birimlerinin Dönüştürülmesi	65
2.4.1.	Yüzde-ppm Dönüşümü	66

2.4.2.	ppm - mg / m ³ Dönüşümü.....	66
2.5.	Gaz Miktarının Kg / Dakika Olarak Hesaplanması.....	67
2.6.	Liman Emisyon Modelinin Kurulması	68
3.	BULGULAR.....	76
3.1.	Emisyon Ölçümü Yapılan Gemi Verileri.	76
3.2.	Gemilerden Elde Edilen Emisyon Ölçüm Verileri.	79
3.3.	Römorkörlerden Elde Edilen Emisyon Ölçüm Verileri.....	82
3.4.	Liman Sahasında Hizmet Veren Araçların Verileri.....	83
3.5.	Ölçüm Verilerinin Dönüştürülmesi	86
3.6.	Kütlesel Emisyon Değerlerinin Hesaplanması	90
3.6.1.	Gemilerin Kütlesel Emisyon Değerleri	90
3.6.2.	Römorkörlerin Kütlesel Emisyon Değerleri	92
3.6.3.	Liman Araçlarının Kütlesel Emisyon Değerleri ve Günlük Miktarları	92
3.7.	Gemilerin ve Römorkörlerin Günlük Emisyon Miktarları	94
3.8.	Yıllık Toplam Emisyon Miktarları.....	101
3.9.	Model Çalışması Sonucu Oluşan Gaz Dağılımları.....	103
4.	İRDELEME	112
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	122
6.	KAYNAKLAR	126
7.	EKLER (1 ADET CD)	
	ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

TRABZON LİMANI EMİSYON HARİTALARININ OLUŞTURULMASI VE
ÇEVREYE ETKİSİ

Süleyman KÖSE

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat ÖZKÖK

2019, 132 Sayfa, 1 Adet CD (Ek Sayfa)

Küresel ısınmanın hızlı bir şekilde artmasının ve bağlantılı olarak iklim değişikliklerinin meydana gelmesinin en önemli nedeni havaya salınan sera gazlarının oluşturduğu kirliliktir. Hava kirliliği insan sağlığını etkilemekle birlikte, hayat kalitesini düşürmekte, ayrıca bitki ve hayvan yaşamlarını da tehdit etmektedir. Şehirlerde meydana gelen hava kirliliğinin en önemli nedeni taşıt ve sanayi kaynaklı emisyonların oluşturduğu kirliliktir. Karadeniz Bölgesi'nin en büyük liman kentlerinden biri olan Trabzon; nüfus yoğunluğu, sanayisi ve limanlarının varlığı nedeniyle hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, Trabzon limanında gemi hareketleri ve liman operasyonları kaynaklı emisyonların ölçülüp haritalanması ve bu emisyonların AERMOD modeli kullanılarak akış eğilimlerinin belirlenip çevreye etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda bir yıl boyunca gemilerin yanaşma ve kalkış manevraları esnasında emisyon ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerin yanı sıra limanda gerçekleştirilen operasyonlardan kaynaklı emisyonların ölçülmesi ile birlikte limanda oluşan toplam emisyon miktarı tespit edilmiştir. Oluşan emisyonların AERMOD model programı ile günlük, aylık ve yıllık dağılımları belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda gazların yaklaşık 20 km²'lik bir alanda etkili olduğu ve uzak mesafelere kadar yayıldığı tespit edilmiştir. Özellikle NO₂ gazının diğer gazlardan çok daha geniş bir alana yayıldığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Liman Kaynaklı Emisyonlar, Gemi Emisyonları, Trabzon Limanı, Emisyon Modelleme, Hava Kirliliği

PhD. Thesis

SUMMARY

CREATING EMISSION MAPS OF TRABZON PORT AND ITS EFFECT ON THE ENVIRONMENT

Süleyman KÖSE

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Naval Architecture and Marine Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Murat ÖZKÖK
2019, 132 Pages, One CD (Appendix)

Air pollution caused by the greenhouse gases is one of the major reasons of rapid increase on global warming and consequently the changes on the climate. Air pollution does not only threaten human health and impair quality of life but it also creates some dangers for other living beings. The primary cause of air pollution in cities is the vehicle and industrial emissions. Trabzon, as being one of the leading port cities in Black Sea Region, is heavily exposed to air pollution due to its population, industry and port activity. The main objective of this research is to track ship motions in Trabzon port and to monitor and model a map of the emissions resulted from port facilities; and respectively to determine the emission flows based on AERMOD model. For this study, the emissions were calculated and reported during berth and departure. Along with these calculations, the emissions resulted from operational activities and the total amount of emissions in the port have also been quantified and allocated on daily, monthly and yearly basis with AERMOD model program. The analysis has revealed that these gases have an effect on a relatively large area reaching up to 20 km² and unfortunately spread out over vast distances. NO₂ gas, especially, has been found out to expand more than the other gases.

Key Words: Port-related emissions, Vessel emissions, Trabzon Port, Emission modeling, Air pollution

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Emisyonların hava kirliliğine etkileri	6
Şekil 2. Hava kirliliği sonuçları.....	7
Şekil 3. Kızılötesi ölçüm cihazı.....	16
Şekil 4. Elektrokimyasal hücre prensibiyle çalışan ölçüm cihazı	17
Şekil 5. Floresans SO ₂ analizörü	19
Şekil 6. FTIR spektrometre cihazı.....	20
Şekil 7. Alev iyonizasyon dedektörü.....	21
Şekil 8. Kimyasal ışımaya (Chemiluminescence) yöntemi	23
Şekil 9. Otomatik Saltzman yöntemi analizörü.....	25
Şekil 10. Emisyon kirlleticilerin rüzgâr etkisiyle dağılımı.....	27
Şekil 11. Enverziyon ve karışım tabakası	30
Şekil 12. Kararsızlık durumu (Enverziyon yok)	30
Şekil 13. Enverziyon durumu	31
Şekil 14. Ortalama sıcaklık değerleri	34
Şekil 15. Trabzon ili hava kirliliği kaynakları.....	36
Şekil 16. Trabzon’da ısınma kaynaklı hava kirliliği	40
Şekil 17. Uzak yol gemisi emisyon kirliliği	41
Şekil 18. MARPOL Ek VI NO _x emisyon limitleri.....	44
Şekil 19. MARPOL Ek VI kükürt oksit limitleri	45
Şekil 20. MARPOL Ek VI bölgelere göre kükürt oksit limitleri	46
Şekil 21. NO _x ve PM ₁₀ emisyonlarının bir konteyner limanında ortalama dağılımı.....	47
Şekil 22. Trabzon limanından bir görünüm	49
Şekil 23. Testo 350 MARITIME-Dizel motorlar için baca gazı analizörü	57
Şekil 24. Emisyon cihazı koruma çantası.....	58
Şekil 25. Emisyon cihazı içyapısı	59
Şekil 26. Emisyon cihazı sensörleri	59
Şekil 27. Ölçüm cihazının bağlanacağı ana makine dreyn valfi çizim	62
Şekil 28. Ölçüm cihazının bağlanacağı ana makine dreyn valfi	62
Şekil 29. Ölçüm cihazının bağlanacağı jeneratör dreyn valfi	63

Şekil 30. Trabzon limanında hizmet veren römorkörler	64
Şekil 31. Modelde kullanılan verilerin akışı	68
Şekil 32. 17038 numaralı Trabzon istasyonu verileri	69
Şekil 33. 17038 numaralı Trabzon istasyonu koordinatları ve yüksekliği	70
Şekil 34. 17030 numaralı Samsun istasyonu.....	70
Şekil 35. 17030 numaralı Samsun istasyonu koordinatları ve yüksekliği.....	71
Şekil 36. AERMOD modeli meteoroloji veri seti girişi.....	72
Şekil 37. Her bir elemanın koordinatları ve yüksekliği ve arazi kullanım sınıfları	72
Şekil 38. Trabzon limanı vaziyet planı ve kaynaklar	73
Şekil 39. Topoğrafya verileri ve kaynaklar	74
Şekil 40. Kaynak verilerinin girilişi	74
Şekil 41. Her bir gaz miktarına göre Trabzon Limanı emisyon haritası	103
Şekil 42. CO gazı günlük dağılımı	104
Şekil 43. CO gazı aylık dağılımı	104
Şekil 44. CO gazı yıllık dağılımı.....	105
Şekil 45. CO ₂ gazı günlük dağılımı.....	105
Şekil 46. CO ₂ gazı aylık dağılımı.....	106
Şekil 47. CO ₂ gazı yıllık dağılımı	106
Şekil 48. NO ₂ gazı günlük dağılımı	107
Şekil 49. NO ₂ gazı aylık dağılımı.....	107
Şekil 50. NO ₂ gazı yıllık dağılımı	108
Şekil 51. NO _x gazı günlük dağılımı	108
Şekil 52. NO _x gazı aylık dağılımı.....	109
Şekil 53. NO _x gazı yıllık dağılımı	109
Şekil 54. SO ₂ gazı günlük dağılımı	110
Şekil 55. SO ₂ gazı aylık dağılımı	110
Şekil 56. SO ₂ gazı yıllık dağılımı.....	111

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Trabzon sıcaklık değerleri.....	33
Tablo 2. Yıllık iklim verileri	34
Tablo 3. Güzergâhlara göre günlük ortalama araç geçiş sayıları	38
Tablo 4. Trabzon Havalimanı uçuş bilgileri.....	39
Tablo 5. Denizyolu ile yapılan yolcu ve yük trafiği.....	39
Tablo 6. NO _x emisyon sınırları	43
Tablo 7. MARPOL Ek VI emisyon kontrol alanları	44
Tablo 8. Trabzon limanına ait rıhtım bilgileri	50
Tablo 9. Trabzon Limanı hizmet araçları	65
Tablo 10. %-ppm dönüşüm tablosu.....	66
Tablo 11. Trabzon Limanı'na gelen gemilerin özellikleri	76
Tablo 12. Trabzon Limanı'na gelen gemilerin manevra verileri	77
Tablo 13. Petrol ve doğalgaz terminallerine yanaşan tankerlerin özellikleri	78
Tablo 14. Petrol ve doğalgaz terminallerine yanaşan tankerlerin manevra verileri	78
Tablo 15. Gemilerin ana makinelerinde yanaşma sırasında yapılan emisyon ölçümleri	79
Tablo 16. Gemilerin ana makinelerinde kalkış sırasında yapılan emisyon ölçümleri.....	80
Tablo 17. Gemilerin jeneratörlerinde yanaşma sırasında yapılan emisyon ölçümleri	81
Tablo 18. Gemilerin jeneratörlerinde kalkış sırasında yapılan emisyon ölçümleri.....	82
Tablo 19. Römorkörlerden elde edilen emisyon ölçüm verileri.....	83
Tablo 20. Liman sahasında hizmet veren araçların emisyon ölçüm verileri.....	84
Tablo 21. Liman sahasında hizmet veren araçların çalışma süreleri.....	85
Tablo 22. Gemilerin ana makine yanaşma verilerinin ppm ve mg/m ³ değerleri.....	87
Tablo 23. Gemilerin ana makine kalkış verilerinin ppm ve mg/m ³ değerleri	87
Tablo 24. Gemilerin jeneratörlerinin yanaşma verilerinin ppm ve mg/m ³ değerleri.....	88
Tablo 25. Gemilerin jeneratörlerinin kalkış verilerinin ppm ve mg/m ³ değerleri.....	88
Tablo 26. Liman elleçleme araçları verilerinin ppm ve mg/m ³ değerleri	89
Tablo 27. Römorkör verilerinin ppm ve mg/m ³ değerleri.....	90
Tablo 28. Gemilerin yanaşma manevrası esnasında kütleli emisyon değerleri	91
Tablo 29. Gemilerin kalkış manevrası esnasında kütleli emisyon değerleri	91

Tablo 30. Römorkörlerin kütlesele emisyon değeri.....	92
Tablo 31. Liman elleçleme araçlarının kütlesele emisyon değeri.....	93
Tablo 32. Ocak ayı üç günlük emisyon miktarları	94
Tablo 33. Şubat ayı üç günlük emisyon miktarları	95
Tablo 34. Mart ayı üç günlük emisyon miktarları.....	96
Tablo 35. Nisan ayı üç günlük emisyon miktarları	96
Tablo 36. Mayıs ayı üç günlük emisyon miktarları.....	97
Tablo 37. Haziran ayı üç günlük emisyon miktarları	98
Tablo 38. Temmuz ayı üç günlük emisyon miktarları	98
Tablo 39. Ağustos ayı üç günlük emisyon miktarları	99
Tablo 40. Eylül ayı üç günlük emisyon miktarları	99
Tablo 41. Ekim ayı üç günlük emisyon miktarları.....	100
Tablo 42. Kasım ayı üç günlük emisyon miktarları.....	100
Tablo 43. Aralık ayı üç günlük emisyon miktarları.....	101
Tablo 44. Yıllık toplam emisyon miktarları.....	102

SEMBOLLER DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AIS	: Otomatik Bilgi Sistemi (Automatic Information System)
As	: Arsenik
Be	: Berilyum
BSK	: Bitümlü Sıcak Karışım
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
CMAQ	: Çok Boyutlu Hava Kalitesi (Community Multi-scale Air Quality)
CO	: Karbonmonoksit
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbondioksit
Cr	: Krom
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
DTO	: Deniz Ticaret Odası
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
DWT	: Bir Geminin Taşıyabileceği En Fazla Yük Ağırlığı (Deadweight Ton)
ECA	: Emisyon Kontrol Bölgesi (Emission Control Area)
EEA	: Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency)
EIAPP	: Makine Uluslararası Hava Kirliliğini Önleme Sertifikası (Engine International Air Pollution Prevention)
EPA	: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GT	: Gross Ton
H ₂ SO ₄	: Sülfirik Asit
HC	: Hidro Karbon
Hg	: Cıva
HPA	: Tehlikeli Hava Kirleticileri
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler

kW	: Kilowatt
MARPOL	: Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NH ₃	: Amonyak
Ni	: Nikel
NO	: Azotmonoksit
NO ₂	: Azotdioksit
NO _x	: Azot Oksit
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
Pb	: Kurşun
PM	: Partikül Madde
PPM	: Milyonda Bir (Parts Per Million)
Se	: Selenyum
SECA	: Sülfür Emisyon Kontrol Bölgesi (Sulfur Emission Control Area)
SKHKK	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü
SO ₂	: Kükürtdioksit
SO _x	: Kükürt Oksit
TEU	: Uluslararası standart konteyner ölçü birimi (Twenty Equivalent Unit)
TGA	: Termogrevimetrik
THY	: Türk Hava Yolları
VOC	: Uçucu Organik Karbonlar
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve maddi zararlar oluşmasına sebep olan havadaki yabancı maddelerin, normal seviyenin üzerinde yoğunluğa ve miktara ulaşmasına hava kirliliği denir. Farklı bir şekilde söyleyecek olursak, hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı yaşamına ve doğal dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır (Bayram vd., 2006). Hava kirliliği oluşmasının asıl sebebi insandır. İnsanın yaptığı faaliyetler kirleticilerin ana kaynağını (trafik, sanayi ve ısınma sistemleri vs.) oluştururken, tabii çevre faktörleri de kirliliğin etkisini olumlu veya olumsuz biçimde etkilemektedirler.

Eski dönemlerde yanardağ patlamaları ile başlayan doğal kirlenme daha sonraları insan aktiviteleri ile en üst sınırlara ulaşmıştır. Hava kirliliği ile insanoğlunun tanışması, ateşin keşfi ile başlamıştır. Ateşin bulunuşu, ısıtma ve ısınmanın başlangıcını oluşturmuştur. Hava kirliliği ile ilgili ilk belirlenmelerin 1200'lü yıllara kadar uzandığı belirtilmektedir (Başar vd., 2005). İnsan-çevre dengesinin bozulmasına yol açan bir hızla büyüyen hava kirliliğinin temel nedeni hiç şüphesiz 19. yüzyılda başlayan ve hızla gelişen sanayileşme olgusudur. Atmosferin kompozisyonundaki değişikliklerin ise yirminci yüzyılın başlarından itibaren görülmeye başladığı bilinmektedir (Koçak, 2000). Hızlı şehirleşme, endüstrileşme, trafik yoğunluğunun artması, meteorolojik etkiler, ısınma için kullanılan yakıtlar, sanayi kuruluşları ve termik santrallerin yaygınlaşması solunan hava kalitesini düşürmekte ve havayı kirletmekte etkin rol oynamaktadır.

Hava kirliliği incelemelerinin başlangıç noktası, 1934'te Belçika'da Meuse Vadisinde, 1947'de ABD'de Donora'da ve 1952'de Londra'da yaklaşık bir aylık sürede binlerce insanın ölümüyle sonuçlanan hava kirliliği episodları olmuştur (Ergenoğlu vd., 2001). Bu olayların ilki, 1930 yılında Belçika'da Meuse Vadisi'nde gerçekleşmiştir. Üç gün içerisinde yüze yakın insan hava kirliliği yüzünden ölmüştür. ABD'de gerçekleşen ilk ölümle sonuçlanan hava kirliliği olayı 1948 yılında Donora'da gerçekleşmiştir. 14 bin kişilik kasabada yaklaşık 6 bin kişi hastalanmış, bunların 20'si ölmüştür. 1952'de Londra'da meydana gelen sis ve hava kirliliğine bağlı olarak yaklaşık 12 bin kişi hayatını kaybetmiştir (Başar, 2008).

Uzun yıllar önce başlayıp günümüzde de artarak devam eden hava kirliliği çağımızın en büyük katillerinden biridir. Hastalıklarla ilgili yakın tarihli küresel düzeyde bir araştırma, hava kirliliğinin tüm dünyada sağlığa yönelik ilk on risk faktöründen biri olduğunu ortaya koymuştur (GBD, 2013). 2015 yılında hava kirliliği dünya genelinde 6,4 milyon insanın ölümüne neden olmuştur. Bu ölümlerin 2,8 milyonu evlerden kaynaklanan hava kirliliği neden olurken, 4,2 milyonu ise çevrede oluşan taşımacılık faaliyetleri sonucu oluşan hava kirliliği neden olmuştur. Aynı yıl tütün yüzünden 7 milyon ölüm gerçekleşirken, AIDS 1,2 milyon, tüberküloz 1,1 milyon ve sıtma 0,7 milyon kişinin ölümüne neden olmuştur. Eğer acil bir şekilde kontrol altına alınmazsa emisyon kaynaklı hava kirliliği nedeni ile 2060 yılına kadar her yıl 6 ile 9 milyon arasında kişinin ölmesi beklenmektedir (Brunekreef ve Holgate, 2002). Ayrıca Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), 2050 yılında dış ortam hava kirliliğinin, dünya genelinde çevresel koşullara bağlı ölümlerin birinci nedeni olacağını öngörmektedir (OECD, 2014).

Dünya genelinde olduğu gibi Avrupa Birliği'nde (AB'de) de hava kalitesi önemli bir endişe kaynağıdır. Avrupa Birliği'nde yaklaşık 400 bin kişi hava kirliliği yüzünden erken ölümle karşı karşıya kalmaktadır (EEA, 2017). Türkiye'de ise hava kirliliğine ilişkin yeterli ve doğrulanmış verileri bir araya getirmek hâlâ güçtür. Elde edilen verilere göre Türkiye, Avrupa ülkeleri arasında hava kirliliğinin neden olduğu erken ölümlerin en üst seviyede olduğu ülkelerden biri olarak tespit edilmiştir. Güncel veriler ışığında, son yıllarda Türkiye'de dış ortamda partiküller ve ozona maruz kalma nedeniyle 29 bin kişi erken yaşta hayatını kaybetmiştir. Emisyon Ölçümleri ülkenin büyük kısmında insanların soluduğu havanın sağlığa zararlı olduğunu göstermektedir. Ölçülen emisyon miktarları, AB ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) canlı sağlığını korumak için belirledikleri standart sınır değerlerin oldukça üzerindedir (OECD, 2014). Ayrıca Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency - EEA) verilerine göre, Türkiye'deki şehir nüfusunun % 97,2'si yüksek seviyelerde emisyonla maruz kalmaktadır (EEA, 2017).

Türkiye'de hava kirliliğinin artmasında son yarım asırda görülen hızlı kentleşme, etkili olmuştur. Isınma amacıyla yakılan yakıtlar, kullanılan yakıtın yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, emisyonlarının düşük seviyeli bacalardan atmosfere atılması, ısınma sistemlerinde yanmanın büyük oranla tam olmaması ve ulaştırma faaliyetleri gibi etmenler özellikle kış aylarında kentlerin önemli bir bölümünde hava kirliliğine neden olmaktadır., İstanbul, Ankara gibi mega kentlerin dışında son yıllarda Bayburt, Trabzon, Kütahya, Erzurum, Niğde, gibi daha küçük ve endüstrileşmenin yoğun olmadığı kentlerde de hava

kirliliğinde artışlar görülmektedir. Trabzon ilinin özellikle kış aylarında hava kirliliği en yüksek iller arasında olması dikkat çekicidir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), Çevre İstatistikleri verilerine göre Trabzon kentinde taşımacılık ve ısınma kaynaklı hava kirliliği olduğu, hava kirliliğinin göstergelerinden olan SO₂ ve PM değerleri incelendiğinde, açıkça görülmektedir (Türk vd., 2008).

Hava kirliliği kaynakları doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal kaynaklara, yanardağ volkan faaliyetleri, orman yangınları ile bitki örtüsü ve doğanın tahrip edilmesi örnek olarak verilebilir. Yapay kaynaklar ise İnsanların faaliyetleri sonucu oluşan kaynaklardır. Bunlar ısınma amacıyla konutlarda yakıt kullanımı, sanayi faaliyetleri sonucu oluşan kullanımlar ve trafik kaynaklı kirliliklerdir (Öztürk, 2017).

Ulaşım ve taşımacılık araçları günlük yaşantımızın bir parçasıdır. Her gün değişik şekilde yararlandığımız bu motorlu taşıtlar havaya saldıkları kirletici gaz ve taneciklerle çevremizi ve soluduğumuz havayı kirletmektedirler. Hava kirliliğinin nerdeyse yarısına motorlu taşıtlar neden olmaktadır. Bir insanın gün boyunca ihtiyaç duyduğu hava miktarını bir tek aracın sadece 10 dakikalık bir süre zarfında tehlikeli hale getirmesi, şehirdeki yüz binlerce aracın neden olduğu hava kirliliğinin boyutu hakkında bizlere yeterli bir fikir verebilir (URL-1, 2018).

Ulaşım ve taşımacılık faaliyetleri incelendiğinde kara, deniz ve hava yolu taşımacılıklarının hava kirliliğine sebep olan en etkili taşıma sistemleri oldukları ön plana çıkmaktadır. Gemilerden kaynaklı emisyon miktarları taşıdıkları yük miktarı dikkate alınarak diğer modlarla karşılaştırıldığında, deniz taşımacılığı, kara ve hava taşımacılığına göre daha temiz taşımacılık şekli olduğu anlaşılmaktadır. Fakat, gemi başına düşen emisyon değerleri oldukça yüksektir. Örneğin, dünyadaki en büyük 15 konteyner gemisinin yaydığı yıllık emisyon değeri, dünya üzerindeki tüm otomobillerden yani 760 milyon otomobilden yayılan emisyon değerine eşittir (URL-2, 2018).

21.yüzyıldan itibaren gemi yoluyla yapılan taşımacılık faaliyetleri önem kazanmıştır. Bununla birlikte hızla büyüyen dünya ticareti ve ekonomisi kendini daha da ileriye götürebilmek amacıyla daha büyük yatırımlara kalkışmışlardır. Bu yatırımların en önemlileri ise daha büyük tonajlı ve daha güçlü ana makineleri olan gemiler ile bu gemilerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek daha büyük ve kapsamlı limanlardır (URL-3, 2018). Denizcilik piyasası için son derece önem arz eden bu yatırımlar liman şehirleri için ise daha etkili emisyon kaynakları olarak nitelendirilebilir.

2009 yılı itibariyle deniz taşımacılığı faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonları toplam küresel CO₂ emisyonlarının %3'ü ile %5'i arasındadır. Yapılan değerlendirmelere göre 2050 yılında deniz taşımacılığı faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyon oranı %15'e ulaşacaktır (Radu ve Grandidier, 2012). Sülfat gibi diğer hava kirleticilerinin miktarı artmaya devam edecek ve troposferik toplam sülfat yükünün %5,2'sine ulaşacaktır (Miola vd., 2010). Denizcilik faaliyetlerinin neden olduğu emisyonlar yüzlerce kilometre uzağa taşınabildiği için, dünya genelindeki hava kalitesi sorunlarında oldukça etkilidirler. Ayrıca limanlarda gerçekleşen operasyonların da etkisiyle liman bölgelerinde oluşan kirlilik insan sağlığını ciddi şekilde etkileyecek seviyelere ulaşabilmektedir (Uçar, 2014). Elde edilen verilere göre gemilerden salınan gazların yaklaşık yüzde 70'i kıyıdan itibaren 400 km'lik alanda etkili olmakta ve gemiler etkin bir şekilde sahil yerleşimlerindeki hava kirliliğine yol açan en büyük etkenler arasında yer almaktadır. Liman şehirlerindeki gemilerden kaynaklanan emisyonlar genelde kentsel kirliliğin ve havadaki partikül maddelerin (PM) önde gelen kaynağıdır. Standart bir deniz yakıtının içindeki sülfür içeriği arabalar için kullanılan dizel yakıtlarından 2700 kat fazladır (Corbett vd., 2007).

Ülkeler bu kötü gidişatı kontrol altına almak ve doğaya salınan emisyon oranlarını azaltmak için Birleşmiş Milletler olarak Kyoto Protokolünü imzalamış ve ilk adımı atmışlardır (Karakaya ve Özçağ, 2003). Birleşmiş Milletler altında çalışan Uluslararası Denizcilik Örgütü de denizcilik sektöründe, çevre kirliliğini engellemek için Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL) çerçevesi altında, Ek VI bölümünde hava kirliliği ile ilgili çalışmalar yapmış, SO_x, NO_x ve CO₂ gazları için kurallar oluşturmuş ve sınırlamalar getirmiştir (Pekşen vd., 2014). Bu sınırlamalar sayesinde emisyonlardan en çok etkilenen liman şehirlerinin hava kirliliği oranı azaltılmaya çalışılmaktadır.

Karadeniz Bölgesinin en büyük liman kentlerinden biri olan Trabzon; nüfus yoğunluğu, sanayisi ve limanlarının varlığı nedeniyle hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Ayrıca Trabzon ili 1986 yılındaki Çernobil nükleer reaktöründeki patlamadan en üst seviyede etkilenmiştir (Kara ve Günay, 2013). İnsan sağlığının bu denli risk altında olduğu bu ilimizde, hava kirliliğine önemli derecede sebep olan liman kaynaklı emisyonların seviyesinin belirlenmesi de son derece önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Trabzon limanında gemi hareketleri ve liman operasyonları kaynaklı emisyonların ölçülüp haritalanması ve bu emisyonların modellenmesiyle akış eğilimlerinin belirlenip çevreye etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır. Literatürdeki

çalışmalara bakıldığında gemi emisyonları ile ilgili birçok çalışmaya rastlanmış olsa da bu kadar geniş kapsamlı olan ve direk olarak gemi üzerinden ölçüm yapılarak emisyon miktarlarının belirlendiği çalışmalara rastlanmamıştır.

1.2. Emisyon ve İmisyon

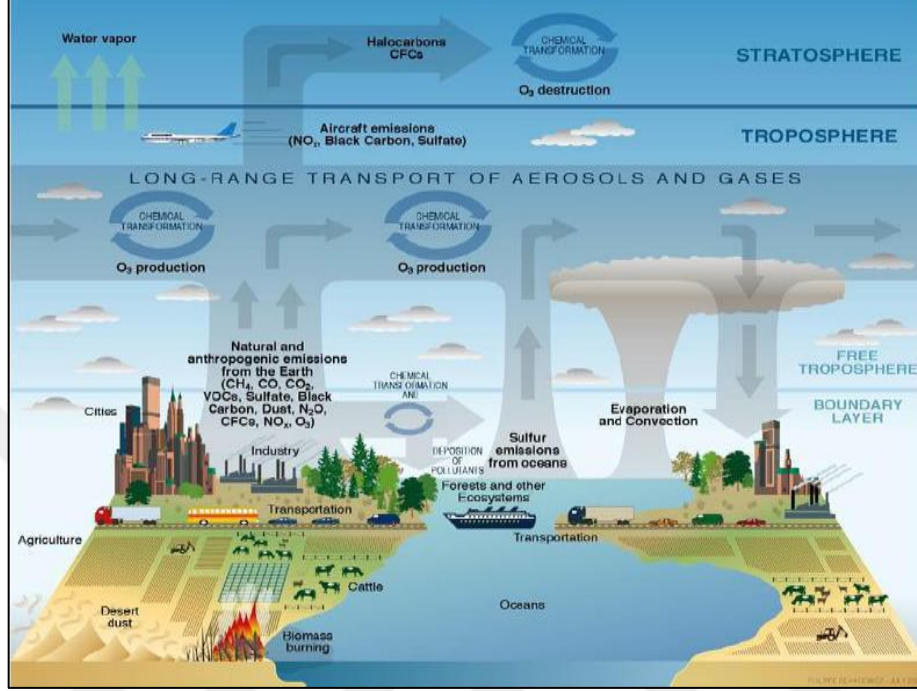
Emisyon, kelime olarak dışarı atılma, yayma gibi anlamlara gelebilmektedir. Ancak çevre açısından özellikle araçlarda yakıtların yakılmasından sonra dışarı atılması itibari ile atmosfere gaz olarak karışması neticesinde hava kirleticisi olarak kullanılmaktadır. Günümüzde en çok bu tanım için kullanılsa da başka durumlar için de kullanılan bir terim olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Belirli bir kaynaktan çevre için zarar oluşturabilecek gaz, sıvı ya da katı atıklar için de emisyon tanımı yapılmaktadır. Genel olarak, yakıt ve benzerlerinin yakılmasıyla; sentez, ayrışma, buharlaşma ve benzeri işlemlerle; maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve diğer mekanik işlemler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticileri olarak tanımlanır (URL-4, 2018).

Hava kirliliğinin önüne geçilebilmesi için havadaki zararlı maddelerin ölçülmesi oldukça önemlidir. Atmosferde bulunan, ölçülen gazlara imisyon denilmektedir. Hava kalitesi açısından belirli bir değerlendirme gerektiren durumlarda imisyon ölçümü yapılmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği tarafından hazırlanan çeşitli protokoller vardır. Temiz hava politikası da önem verdikleri konulardan bir tanesidir. Ülkemizde de çevre konularında duyarlılık son zamanlarda artan farkındalıklar ile önemli konulardan biri haline gelmiştir. Havanın kirlenmesinin önüne geçebilmek için çeşitli ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Tanım olarak birbirine benzeyen ama temel farklılıkları olan imisyon ve emisyon arasındaki fark en belirleyici olarak, imisyon, atmosferde yer alan ölçülebilen gazları ifade ederken; emisyon, yanma gibi kimyasal reaksiyon gösteren gazların havaya karışması olarak tanımlanır (URL-5, 2018).

Emisyonlar meydana geldikten sonra hava koşulları doğrultusunda yayılmakta, kimyasal tepkimelere girmekte, farklı oluşumlar meydana getirmektedir. Oluşan emisyon yoğunlukları insan ve çevre üzerinde etkili olmakta, bu etkileşim sonucu birçok zararlı durum meydana gelmektedir. Mevcut hava şartları altında yayılan bu emisyonlar çok uzak mesafelere taşınabilmektedir (EMEP, 2012).

Şekil 1’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 1. Emisyonların hava kirliliğine etkileri (EMEP, 2012).

1.3. Emisyon Kirleticileri ve Etkileri

Emisyon 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. Emisyon kirleticileri, hava kirliliği ile alakalı birçok soruna neden olmaktadır (Sonsuz vd., 2011). Bunların en genel ve basit gösterimi Şekil 2’de gösterildiği gibidir.

Atmosfere salınan kirletici maddeler fiziksel ve kimyasal yapılarına bağlı olarak sınıflandırılabilirler. Genel anlamda emisyon kirleticileri;

- Gaz kirleticileri (SO₂, NO_x, CO, CO₂, O₃, VOC)
- Kalıcı organik kirleticiler (Dioksin-Furan, PCB vb.)
- Ağır metaller (Kurşun, cıva, kadmiyum, nikel vb.)
- Partiküler madde (PM) vb. şeklinde sınıflandırmak mümkündür (Kampa ve Catanas, 2008).



Şekil 2. Hava kirliliği sonuçları (Sonsuz vd., 2011).

1.3.1. Kükürt Oksitler

Kükürt oksit emisyonları, yakıtlarda bulunan kükürten kaynaklanmaktadır. Kükürt dioksit (SO_2) suda ve vücut sıvısında yüksek oranda çözünen bir maddedir. Rengi olmayan bir gaz olan kükürtdioksit, genellikle sülfür içeren fosil yakıtların (kömür, linyit gibi) yanması ile birlikte meydana gelmektedir. Enerji santralleri, konutlarda ısınma, dökümhaneler, petrol rafinerileri ve kâğıt fabrikaları kükürtdioksitin ana kaynaklarıdır. Ayrıca, kükürtdioksit gazı havaya volkanik patlamalar sonucu çıkan sülfat parçacıkları gibi yapay olmayan yollardan da karışmaktadır. Kükürt dioksit kolay bir şekilde oksitlenerek, kükürt trioksite (SO_3) ve nemli havalarda da sülfirik asite (H_2SO_4) dönüşmektedir. Kükürt dioksit (SO_2) gazı suda çözünürlüğü yüksek olan ve havadan iki kat ağır olan bir gazdır. Kükürt dioksit havada 2 ila 4 gün arasında asılı kalabilir (Singh ve Yadava, 2003).

SO_2 'nin ilk etkisi, hırıltılı solunum, göğüs sıkışması ve kesik nefes alma gibi belirtilere sebep olan, solunum yollarının daralmasıdır. Kükürtdioksit miktarı ve soluk alma hızının artması sonucunda hastalık bulguları da artar. Kirletici etkisi durduğunda,

akciğer fonksiyonu bir saat içinde normal haline döner. SO₂ çok yüksek miktarlarda; hırıltılı solunum, göğüs sıkışması, astımlı olmayan kişilerde kesik nefes alma gibi belirtilere sebep olabilir. SO₂'nin sağlık etkilerine karşı en hassas olan gruplar ise, çocuklar, dışarıda aktif olan astımlı yetişkinler ve kronik akciğer hastalığı veya kalp hastalığı olan kişilerdir. SO₂ ve partikül maddelere uzun süreli maruz kalma, solunum hastalıklarına, akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere ve mevcut kalp hastalıklarının kötüleşmesine neden olabilir (Kouravand ve Kermani, 2018).

1.3.2. Azot Oksitler

Azot oksit gazları, yakıtların yüksek sıcaklıkta yanması anında havada bulunan bir miktar azot gazının oksijen gazıyla tepkimeye girmesi sonucu oluşmaktadır. Azot oksitlerin (NO_x) başlıca kaynakları, araçlar, enerji santralleri ve dönüşüm için kullanılan sistemleridir. Başlıca iki azot kirleticisi olan, azot dioksit (NO₂) ve azot oksit (NO) gazları birlikte NO_x (azot oksitler) olarak adlandırılırlar. Kırmızımsı kahverengi renkli bir gaz olan NO₂, azot monoksitin (NO) havada oksijen ile etkileşmesi sonucu oluşmaktadır. NO₂, insan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olması nedeniyle, merkezi bölgelerdeki en önemli hava kirleticilerinden biridir (İlkılıç vd., 2009).

Azot oksit ve azot dioksit gazları, doğal olarak bakteriler tarafından üretilmektedirler. Fakat insanın neden olduğu kirlilikten dolayı kentlerdeki azot oksit yoğunlukları kırsal bölgelere oranla katbekat daha fazla olabilmektedir. Nemli havalarda azot dioksit gazı su buharı ile tepkimeye girerek aşındırıcı bir özelliğe sahip olan nitrik asidi meydana getirmektedir. Nitrik asit, asit yağmurlarına neden olan gazlardan biridir. Azot oksitler atmosferde yaklaşık olarak bir gün kaldıktan sonra nitrik asite dönüşürler. Bu nedenle azot oksitler, asit yağmuru oluşumuna katkıda bulunan bir faktördürler (Kumar vd., 2004).

Bu kirleticinin etkileri ise şöyledir; Akciğerlerde geri-dönüştürülebilir ve geri-dönüştürülemez birçok etkisi olduğu saptanmıştır. Malzemeler ve tarihi yapılar üzerinde korozyon etkisi vardır. Düşük miktardaki yoğunlukların uzun süre etkisi altında kalınması hücrelerde değişikliklere neden olmaktadır. Bakteriyel ve virüse ait enfeksiyonlara karşı direnci düşürmektedir. Rengi ve kokusu olan azotdioksit gazı, akciğerlerde hasar ve daha kötüsü felce neden olur. Azot dioksit etkisinde kalan çocukların solunum sistemi bulgularında artış ve akciğer fonksiyonlarında azalış olduğu görülmektedir. Astım gibi solunum

hastalığı olan yetişkinler ve çocuklarda; öksürük, hırıltılı solunum ve kesik nefes alma gibi solunum belirtilerine neden olabilir (Kumar vd., 2004).

1.3.3. Karbonmonoksit

Karbonmonoksit (CO), renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Birçok gazda olduğu gibi yakıtların tam olarak yanmasının gerçekleşmemesi sonucunda ortaya çıkan zehirli ve çok tehlikeli olabilen bir gazdır. Özellikle bebekler ve yaşlılar için çok daha zararlı olan bu gaz, uzun süre düşük miktarlarda dahi solunduğunda, hayati tehlikeler oluşturabilmektedir (Toprak, 2014).

Karbonmonoksit, akciğerler vasıtası ile kan dolaşımına katılır ve kimyasal olarak hemoglobinle etkileşir. Oksijeni hücrelere taşıyan hemoglobin yoluyla organ ve dokulara ulaşan CO, buralarda oksijen miktarını azaltır. CO'ya karşı en riskli grup, kalp hastalığı olan kişilerdir. Kalp hastalığı olan kişiler CO etkisinde kaldıklarında, özellikle spor yaparken göğüs ağrısı ve kalp problemleri yaşamaktadırlar. Kalp yetmezliği, beyin, kan damarları ile ilgili, anemi, kronik tıkalı akciğer hastalığı gibi hafif ve daha ağır kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişiler CO kirliliğine karşı en riskli grubu oluşturur. Sağlıklı kişilerde, daha yüksek seviyelerdeki CO'ya maruz kalma, algılama yetisini ve gözün görme gücünü etkileyebilir (Toprak, 2014).

1.3.4. Karbondioksit

Karbondioksit, CO gibi renksiz ve kokusuz bir gazdır fakat onun aksine asidimsi bir tada sahiptir. Havadan ağırdır (1.52g/cm^3). Yanıcı bir gaz değildir. Yanma reaksiyonuna katkıda bulunmaz. İnsanların solumasından ve bitkilerden geceleyin oluşur. Karbon içeren maddelerin yanmasından oluşur. Ahşabın çürümesi, patlamalar ve yangınlar karbondioksitin ana kaynaklarıdır (Gautam vd., 2012).

Karbondioksit gazının havadaki oranı % 3 seviyesine ulaştığında nefes almak hafiften daha zorlaşır, % 5-6 seviyelerinde sık ve zorlu soluk alma ve baş ağrısı başlar, % 10 seviyelerinde şiddetli acı oluşur, % 15 seviyesinde narkotik etki yüzünden kısmi bilinç kaybı meydana gelir, % 18 seviyesinde boğulma ve ölüm gerçekleşir, % 25 seviyesinde ise kısa sürede ölüme neden olur (Gautam vd., 2012).

1.3.5. Uçucu Organik Karbonlar

Uçucu Organik Karbonlar (VOC)'lar genellikle endüstriyel süreçler sonucunda atmosfere salınır. Düşük sıcaklıklarda oldukça kolay buharlaşabilen uçucu organik bileşiklerin emisyonlarından rahatça söz edilebilir. Bazı endüstriyel uygulamalarda VOC emisyonu oluşturan süreçlerin, üretim ve proses değişimini yapmak mümkün olabilir. Böylece havadaki ve sudaki emisyon miktarları azaltılmış olur. Örneğin, boya endüstrisinde çözücü özellikli boyalar geçtiğimiz bir kaç yıl içinde %80'den %20'ye indirilmiştir. ABD'deki emisyonlardaki kümelenmenin temelini oluşturan ve en çok kullanılan 14 VOC ve HPA (tehlikeli hava kirleticileri) şunlardır:

- Toluen o-Ksilen
- Formaldehit Perkloro etilen
- Metilen klorit p-Ksilen
- Metil kloroform Kloro benzen
- Etilen Asetik asit
- M-Ksilen Triklorotrifloro etilen
- Benzen Trikloro etilen

Uçucu Organik Karbonlar ya da diğer zehirli kirleticiler tek başlarına emisyonların kümelenmesi için delil sayılmazlar. Uçucu Organik Karbonların kullanımı için çeşitli yasal düzenlemeler vardır. Yasal düzenlemelerdeki amaç; emisyon limitlerinin denetim altına alınmış kalite ve konsantrasyon miktarlarının tanımlanmasıdır. Bileşiklerin toksik etkileri ve bunların ortaya çıkma değerleri de eşit şekilde önemlidir ve düşünülmesi gereklidir. Örneğin, toluen çok fazla havaya verilen bir bileşik olmasına rağmen benzenden daha az toksik etkiye sahiptir (Bernstein vd., 2008).

Uçucu Organik Karbonların genel sağlık etkileri ise; maruz kalınması akut ve kronik sağlık sorunları oluşturur. Düşük dozda maruz kalma, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. Yüksek yoğunluklarda, merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar. EPA tarafından yapılan sınıflandırmada uçucu organik bir karbon olan benzen kanserojen madde olarak belirtilmiştir (Bernstein vd., 2008).

1.3.6. Ozon

İkincil bir kirletici olan Ozon, 3 oksijen atomundan oluşan kokusuz ve renksiz bir gazdır. Hem alt seviyelerde hem de yüksek atmosferde oluşabilen ozon gazı, bulunduğu yer icabı faydalı veya zararlı olabilmektedir (Khalil vd., 2018).

Faydalı O₃: Üst atmosferde, dünyanın yaklaşık 10-30 mil üzerinde doğal bir şekilde oluşan ozon, koruyucu bir tabaka görevi üstlenerek atmosferi ve doğal olarak canlıları güneşin tehlikeli ışınlarından korur (Khalil vd., 2018).

Zararlı O₃: Yer küreye yakın seviyede; motorlu taşıtlar, termik santraller, endüstriyel kazanlar, rafineriler ve kimyasal fabrikalardan atmosfere verilen NO₂ ve VOC kirleticileri, güneş ışınlarının mevcudiyetinde kimyasal olarak reaksiyona girerek ozonu oluştururlar. Tehlikeli bir gaz olan alt seviyedeki O₃, özellikle havanın güneşli olduğu yaz aylarında ve yüksek sıcaklıkta meydana gelmektedir (Khalil vd., 2018).

Ozon gazının etkilediği en hassas gruplar; çocuklar, dış ortamda bulunan erişkinler, astım gibi solunum hastalığı olan ve ozona karşı çok hassas olan kişilerdir. Özellikle yaz mevsiminde dışarda oyun oynayan çocuklar, ozona karşı en büyük risk grubunu oluşturmaktadır. Ayrıca tüm yaş grupları ve dışarıda aktif olan kişiler de risk altındadır. Bu durumun nedeni, ozonun fiziksel aktivite sırasında, akciğerlerin derinliklerine kadar nüfuz ederek zararlı etkilerini göstermesidir (Khalil vd., 2018).

1.3.7. Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK)

KOK, organik bileşiklerdir. 12 adet mevcut ve 11 adet yeni olan 23 adet Kalıcı Organik Kirletici vardır. En çok bilinen KOK türleri; PCB'ler (Poliklorlubifeniller), Aldrin, Klordan, DDT'dir (Dikloro Difenil Trikloroethan). Kimyasal ve biyolojik bozulmaya karşı son derece dayanıklı maddelerdir, doğada çok uzun süre bozulmadan ya da ayrışmadan kalabilmeleri en önemli özellikleridir. KOK, suda çözünürlükleri düşük olmasına rağmen, yağda dolayısıyla da yağ içeren dokularda oldukça iyi çözünerek ve birikerek sağlık üzerinde zararlı etkilere neden olan bir grup kimyasaldır (Fierler, 2008).

Kalıcı Organik Kirleticiler, kolay etkileyebilmelerinden dolayı en sorunlu kimyasallar olup, tehlikeli olmalarının diğer nedenleri; toksisite, kalıcılık, biyobirikim özellikleridir. Bu nitelikler içerisinde en ciddi kaygı uyandıranı biyobirikimdir. KOK küresel kirleticiler olarak bilinmektedirler. Yayıldıkları yakın çevreyi kirlettikleri gibi,

nehirler, hava akımları ve okyanus akıntıları yolu ile binlerce kilometre yolculuk yaparak uzak çevreleri de kirletebilmektedirler. Bugün, Kuzey Kutbu gibi çok az endüstriyel etkinlik olan uzak bölgeleri bile kirletmiş durumdadırlar (Lee vd., 2007).

Kalıcı Organik Kirleticilerin tüm dünyada insanları ve doğal yaşamı tehdit ettiğine ilişkin kanıtlar bulunmaktadır. İnsanların KOK'un etkisinde kalmasına neden olan en ciddi kaynak, gıdalardır. Kalıcı Organik Kirleticiler; plasenta yoluyla fetüse, anne sütü yoluyla da bebeğe geçebilmektedirler (Shatalov vd., 2005).

Stockholm Konvansiyonu isimli anlaşmayı 2001 yılında aralarında Türkiye'nin de içinde bulunduğu ülkeler İsveç'in Stockholm şehrinde kabul etmişlerdir. Bu anlaşma çevrenin ve canlıların sağlığını korumak amacıyla Kalıcı Organik Kirleticilerin sınırlandırılmaya çalışılması veya yok edilmesini içermektedir. Yapılan bu uluslararası anlaşmayı imzalayan ülkelerin arasına 2004 yılında Fransa'nın da katılması ile birlikte anlaşma, imza koyan ülkeler açısından bağlayıcı özellik elde etmiştir (UNEP, 2010).

1.3.8. Ağır Metaller

Ağır metal, metalik nitelikler içeren elementlerden oluşur. Kesin bir tanımlanması henüz yapılmamış olan grupta bulunan elementlere ağır metal denilmektedir. Bu grup geçiş metalleri, bazı yarı metaller, lantanitler ve aktinitlerden oluşmaktadır. Bazı durumlar doğrultusunda ağır metaller en hafif elementleri içerdiği gibi en ağır metallerin bir kısmını grup dışında tutabilirler. Havadaki parçacıkların yaklaşık % 0.01-3'ü sağlık yönünden çok zehirli etkiler gösteren eser elementler tarafından oluşturulur. Bu elementlerin insan sağlığına etkileri şu şekildedir; dokularda birikime uğrayabilirler ve muhtemel birleşme etkileriyle risk oluşturabilirler. Belirli sınırların dışında bulunabilecek her türlü metal, insan sağlığı üzerinde zehirli etki gösterir (Yılmaz, 2015).

Genel olarak bu etkileri sayacak olursak; Sinir sisteminin iletişimde bozukluklar oluşması, kan sentezlemede sorunlar meydana gelmesi, beyin organında hasarların oluşması, solunum yollarında rahatsızlıklara neden olmaları, böbreklerde hasarlar oluşturmaları. Bu hastalıklara sebep olan metaller başta; Kurşun, Kadmiyum, Nikel v.b. şeklinde sıralanabilir (Yılmaz, 2015).

1.3.9. Partikül Madde (PM)

Partikül madde, başlıca karbon (elemental ve organik karbon), amonyum, nitrat, sülfat, mineralden oluşan katı, sıvı veya katı ve sıvı fazda anlaşılamayan bir karışımdır. Askıda partiküllerin boyutları değişkenlik gösterebilir. Büyük olanlar, daha da büyük partiküllerin fiziksel olarak aşınması ile meydana gelir. Küçük partiküller (<1 µm) çoğunlukla gazlardan oluşur, en küçük partiküller ise (<0.1 µm, ultra ince) kimyasal reaksiyonlar veya yoğunlaşmalar sonucunda gerçekleşen çekirdeklenme ile oluşur. Partikül maddeler çapları baz alınarak PM₁₀, PM_{2.5} ve ultra ince partiküller şeklinde 3 sınıfa ayrılabilirler (Hueglin vd., 2005).

Nefes alma sırasında teneffüs edilebilen partiküller kaynaklı hava kirliliği, çevre ve insan sağlığına çok ciddi şekilde risk oluşturabileceğinden bunlar üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Partiküllerin zehirlilikleri büyük ölçüde boyutları ile ilgilidir. Partikül çapı küçük olan partiküller akciğerlerin alveollerine kadar etki edebildikleri için insan sağlığı açısından çok tehlikelidirler. Ayrıca akciğerlerde depolanarak solunum sistemi rahatsızlıkları ve ölüm oranlarının artmasına sebep olmaları da bu özelliklerini doğrular niteliktedir (Wiseman vd., 2014). Partiküllerin zehirlilikleri onların kimyasal bileşimine bağlı olarak da değişebilmektedir. Örneğin, yapısında kurşun ve cıva gibi zehirli metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve dioksinler gibi kalıcı organik zehirli bileşikler bulunduran partiküller çok daha tehlikelidirler (Dallarosa vd., 2008). Bu nedenle atmosferde bulunan partikül maddelerin kimyasal özelliklerine ilişkin detaylı incelemeler partiküllerin zehirliliklerinin belirlenebilmesi için gereklidir. Partikül maddelerin yapısında da bulunabilen Arsenik (As), Berilyum (Be), Kadmiyum (Cd), Klor (Cl), Kobalt (Co), Krom (Cr), Cıva (Hg), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Selenyum (Se) gibi bazı elementler insanlar için en tehlikeli hastalıklardan olan kanser de dâhil olmak üzere çok çeşitli sağlık problemlerine neden olabilirler. Belirtilen zararlı elementlerin kaynaklarını incelediğimizde birçok zararlı gazın meydana gelmesine neden olan kömür ve petrol yanması yine karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca motorlu araçlar, tozlarından gelen maddeler, inşaat çalışmaları, tekerlek/fren aşınması ve çimento fabrikaları bunlara dahil edilebilir (Hueglin vd., 2005).

1.4. Emisyon Kirleticilerinin Türlerine Göre Kullanılan Ölçüm Yöntemleri

1.4.1. Karbonmonoksit ve Karbondioksit Ölçüm Yöntemleri

Karbonmonoksit gazının doğal seviyesi 0.001-0.20 ppm (parts per million)'dir. Merkezi bölgelerde elde edilen ölçümlere göre maksimum konsantrasyon 53 ppm olarak tespit edilmiştir. Diğer ölçümlerde CO yoğunluğunun 10-50 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (İncekaya vd., 2017).

Karbondioksit dünya çapında bir kirleticidir.CO₂'nin normal seviyesi yaklaşık 280 ppm'dir. Fakat bu miktar günümüzde fosil kökenli yakıtların kullanımının artması ile 350 ppm'e kadar yükselmiştir. Bu değer her yıl yaklaşık olarak 2.3 ppm artmaktadır.CO₂ gazıyla ilgili istenilen değer, 1800'lü yılların başında ölçülmüş olan 280 ppm seviyesidir (İncekaya vd., 2017).

Hiçbir önlem alınmadığı düşünülerek yapılan tahminlemeye göre 2005-2020 yılları arasında her yıl % 6,3 CO₂ gaz salınımı artışı ile 2020 yılında toplam CO₂ emisyonunun 605 milyon ton olacağı, birey başına düşen emisyon miktarının ise 6,9 ton olacağı tahmin edilmektedir. Önlem alındığı düşünülerek yapılan tahminlemeye göre aynı dönem içinde toplam karbondioksit emisyonunda yaklaşık 75 milyon ton'luk bir azalma olacağı tahmin edilmiştir (Lee vd., 2018).

Karbonmonoksit ve karbondioksit ölçümlerinde otomatik analizör sistemi ile izleme çalışmaları yapılabilmektedir. En yaygın olarak kullanılan yöntem NDIR (Non-Dispersive Infrared 'Dağılmayan Kızılötesi') yöntemidir. Diğer yöntemler ise gaz filtresi korelasyon yöntemi ve elektro kimyasal hücre yöntemidir (Lee vd., 2018).

1.4.1.1. Dağılmayan Kızılötesi (Infrared) Yöntemi

Farklı molekül türlerini içeren gazlara kızılötesi ışın gönderildiğinde, bu gazların her biri yoğunluklarına ve konsantrasyonlarına göre özel dalga boyundaki kızılötesi ışınları emerler. Bu tespiti göre yüksek dalga boyundaki kızılötesi ışınların CO tarafından emilmesi ile bu maddenin yoğunluğu tespit edilir. Kaynaktan yayılan kızılötesi ışınlar bir parçadan geçirildikten sonra ölçüm hücresi içine yayılır. Ölçüm hücresi, kızılötesi ışını emmeyen kükürtoksit gazı veya diğer benzeri bir gazla doldurulur. Bu hücre içine

gönderilen kızılötesi ışınlar emilmezler. Başka bir durum, ölçüm sırasında kızılötesi ışınlar bulucuya ulaşmadan önce gaz miktarına göre ölçüm hücresinde kızılötesi emilme oluşur. Bulucu, karbon monoksit ile doldurulur ve seçici olarak ilgili dalga boyu bandındaki kızılötesi ışınları emerler. Referans hücreden ve ölçüm hücresinden geçen kızılötesi ışınlar arasındaki enerji farkı; örnek gazının miktarını elde etmek için bir membran veya akış sensörü ile basınç farkı olarak tayin edilir. Karbon dioksit ve neme bağlı interferans etkisini ortadan kaldırmak için; karbon monoksit tarafından emilen kızılötesi ışın dalga boyu bandını filtrelemek üzere bir interferans filtre hücresi ve katı (solid) filtre hücresi kullanılır (Lee vd., 2018).

1.4.1.2. Gaz Filtresi Korelasyon Yöntemi

Karbonmonoksit ölçümü, “gaz korelasyon” yöntemi ile de yapılabilir. Bu yöntem gaz doldurma algılayıcısı yerine yarı iletken algılayıcıları kullanır. Gelen ışın, gaz korelasyon filtresi ve ardından örnekleme bölmesinden geçtikten sonra algılayıcıya ulaşır. Örnekleme gaz hücresi için, hücre içinde pek çok kez ışın yansıtan çoklu yansıtma hücresi kullanılır. Gaz korelasyon filtresi, dahili iki hücreye bağlıdır. Hücreler sırayla CO ve diğer gazlarla (N₂ gibi) doldurulur. Gaz korelasyon filtresi dönerken, iki farklı ışın dönüşümlü olarak örnekleme gaz hücresine girer. Işınlardan biri, bu filtrenin CO dolu hücresinden geçer. Bundan dolayı karbonmonoksit tarafından emilen dalga boyu bandındaki kızılötesi ışınları içermez. Diğeri ise N₂ veya başka bir benzeri atıl gaz dolu bölümden geçer. CO konsantrasyonu bu iki ışın arasındaki farktan hesaplanır (Lee vd., 2018).

1.4.1.3. Sabit Potansiyelde Elektroliz Yöntemi

Otomatik analizör Palladi-3, sabit potansiyelde elektroliz kuralına dayanır. Birincil dönüştürücü olarak elektrokimyasal hücre kullanılır. Bu hücrede karbon monoksitin okside olmuş halinde bir kimyasal reaksiyon oluşur (Lee vd., 2018).

1.4.2. Kükürtdioksit Ölçüm Yöntemleri

Kükürt oksitler (SO_x) canlı hayatını ve doğal yaşamı büyük ölçüde risk altında tutan kirleticilerdir. Kükürtoksitlerin içerisindeki en büyük yüzdeyi; kükürt dioksit (SO₂)

oluşturmaktadır. Bu yanmayan ve rengi olmayan bir gaz olup, düşük yoğunluklarda ağızda karakteristik bir tat bırakmakta yüksek miktarda ise; boğucu bir his vermektedir. Fuel-Oil'in içerdiği kükürdün yanmasıyla önce SO_2 oluşmakta ve sonradan bunun bir kısmı yanmadaki hava fazlalığına bağlı olarak SO_3 'e dönüşmektedir.

Kükürt dioksit ölçümleri;

- Infrared (Kızılötesi),
- Elektrokimyasal sensörler,
- UV Floresans yöntemi,
- FTIR (Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre),
- Alev iyonizasyon yöntemleriyle yapılabilmektedir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

1.4.2.1. Infrared (Kızılötesi)

Cihaz hızlı bir şekilde monte edilebilen değiştirilebilir hissediciler sayesinde güvenli olmayan oksijen yoğunluğunu veya belirtilen bu gazların ölçümünü yapabilir; Karbon Monoksit, Hidrojen Sülfid, Amonyak, Azot (Nitrojen) Dioksit, Sülfür Dioksit, Klor, Hidrojen. Güvenli bir haznenin içine yerleştirilen cihaz, suya karşı korumalı ve en üst seviyede dayanıklıdır. Bir darbeye karşı güvenli dış kaplama haznesi, cihazı birçok zor şarttaki ve sanayi ortamındaki son derece kötü kullanımlara karşı korur. Basit dört-tuşlu kullanım düğmesi Şekil 3'te görüldüğü üzere ayar, operasyon ve kalibrasyon işlevlerine kolay erişim sağlar (URL-6, 2018).



Şekil 3. Kızılötesi ölçüm cihazı

1.4.2.2. Elektrokimyasal Sensörler

Elektrokimyasal ölçüm hücreleri benzer olmakla birlikte elektrolitte farklı metallere yapılmış bir anot ve bir katot bulunur. Hücreyle kaplı dönüştürücü yüzeyi ile elektrolit kısmı gaz iletebilen hücre ile örnekleme ayırır. Cihazların genel olarak görünüşü Şekil 4’te gösterildiği gibidir. Elektrokimyasal ölçüm kuralındaki en önemli özellik katotta bulunan moleküllerin indirgenmesi, anottaki yozlaşma ile oksidasyon tepkimesinin anotta yer alması ve sonucunda elektrolitin çökmesidir (Cattrall, 1997).

Hassas bir elektroda belirlenmiş bir gaz bileşeninin elektrokimyasal tepkimesiyle meydana gelen elektriksel akımın ölçüldüğü elektrokimyasal piller de kullanılır. Seçilecek olan gaz bileşeni tam geçirgen olmayan bir zarla kaplıdır. Tepkime hızı, gaz bileşeninin yoğunluğu ile orantılıdır. Oksitleme özelliği olan bir elektrot seçildiği zaman elektrokimyasal tepkimeyle duyarlı elektrotta da elektronlar meydana gelir. Bu elektrotta ilgili gaz bileşeni yoğunluğu ile orantılı miktarda elektronların üretilmesi, karşı elektrotla aynı oranda negatif bir potansiyel farkı oluşturur ve bu yolla elde edilen elektron akımı uygun bir elektronik düzenele ölçülür. Pilin seçici özelliği, yarı geçirgen zar elektrolit, elektrot materyalleri ve geciktirici potansiyel ile tespit edilir (Cattrall, 1997).



Şekil 4. Elektrokimyasal hücre prensibiyle çalışan ölçüm cihazı

Belirtilen yöntem kullanılarak iki çeşit ölçüm yapılabilmektedir:

a) Akümülatif Ölçüm: Ölçülecek mekânda bulunan SO₂ yoğunluğunu; belli orandaki dış ortam havasının, belli bir zaman diliminde, seçilen miktarda emici içinden geçirilmesi ile birlikte emici iletkenliğinin yükselmesinin belirlenmesi ve kayıt altına alınması şeklinde yapılır. Ölçüm işleminde miktar ve kullanılan zaman sabittir.

b) Anlık Ölçüm: Dış ortam havasında bulunan SO₂ yoğunluğunu; havanın sabit akış hızında emilme çözeltilisinden geçirilerek SO₂ nin emilmesini ve değişen iletkenliğin sürekli olarak kaydedilmesi şeklinde belirlenir.

Dış ortam havasında klor (Cl₂), amonyak (NH₃) ve karbon dioksit (CO₂) gibi absorblama çözeltilisinde çözünerek iletkenliği etkileyebilecek gazların bulunması halinde etkileşimin minimum seviyeye indirilebilmesi için gerekli olan önlemler alınmalıdır (Cattrall, 1997).

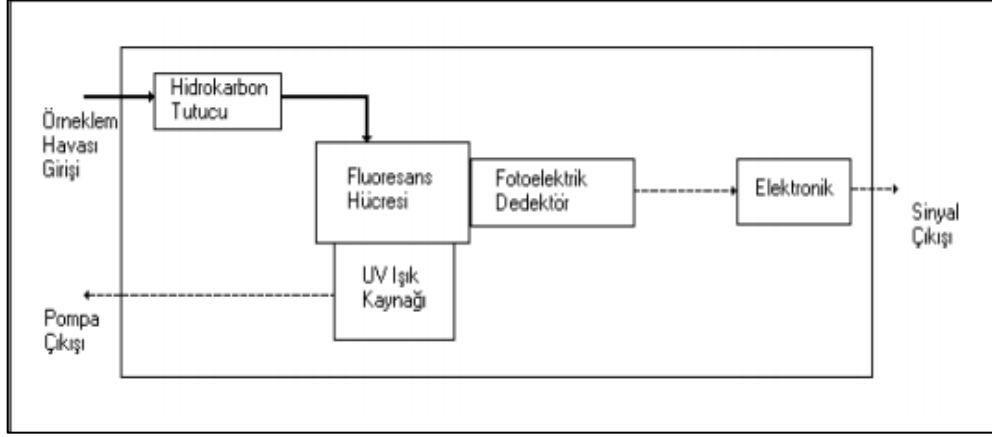
1.4.2.3. UV Floresans Yöntemi

Bu yöntemin aslı, kükürtdioksit moleküllerince UV (Ultraviyole) ışınının emilmesi ve bir dalga boyunda uyarılmasıdır. Ardından daha alt bir enerji seviyesinde, değişik dalga boyunda UV vererek devam edilir. Buradaki floresans ışığın şiddeti kükürtdioksit yoğunluğu ile orantılıdır. Reaksiyon mekanizması:

- (1) SO₂ + h_{v1} → SO₂*
- (2) SO₂* → SO₂ + h_{v2}
- (3) SO₂* → SO + (O)
- (4) SO₂* + M → SO₂ + M

Burada,

1. Ultraviyole radyasyonu tarafından oluşturulan h_{v1} enerji miktarını soğurmak kükürtdioksit moleküllerinin uyarılmış halini,
2. Uyarılmış olan SO₂ moleküllerinin daha önceki durumuna dönerken harcadıkları h_{v2} enerji miktarını,
3. Uyarılmış moleküller vasıtasıyla yapılan ışık ile parçalanmayı,
4. Öteki moleküller ile çarpışan uyarılmış moleküller ile kayıp olan enerji miktarını göstermektedir.



Şekil 5. Fluoresans SO₂ analizörü

Fluoresans SO₂ analizörü Şekil 5'te görüldüğü üzere, hidrokarbon tutucu, fluoresans hücresi, Ultraviyole ışık kaynağı, fotoelektrik algılayıcı, elektronik parçalar vb. den oluşur.

Hidrokarbon tutucu, ortam havasında bulunan hidrokarbonu uzaklaştırır. Hidrokarbonu uzaklaştırılmış numune havasındaki kükürtdioksit, ardından gönderilen UV ışığı ile uyarılarak SO₂* radikali haline dönüşür.

Kükürtdioksit moleküllerinde, hidrokarbon tutucudan geçtiği zaman dilimi boyunca, hiçbir bir değişiklik meydana gelmez.

- Fluoresans hücresi, SO₂'nin fluoresansını istenilene uygun olarak yayacak donanıma sahiptir.
- Uyarıcı Ultraviyole ışık kaynağı, elektrik enerjisini boşaltarak UV üretir.
- Fotoelektrik algılayıcı, fluoresans hücresine bir optik filtre vasıtası ile bitişik olarak yerleştirilir. Optik filtre fluoresansı seçimli olarak, gerekli seviyedeki elektrik sinyallerine çevirir.

1.4.2.4. FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) Yöntemi

Katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapılarındaki işlevsel gruplar, iki bileşiğin benzeyip benzemediğini, yapısındaki bağların halini, bağlanma yerleri ve yapının hoş kokulu ya da alifatik olup olmadığı Şekil 6'da gösterilen FITIR spektrometre cihazı ile tespit edilebilir. Bununla birlikte biyokimyasal şekilde; karbonhidrat, aminoasit ve proteinlerin yapı incelemesinde etkilidir. FTIR polimer testi, ilaç ve adli inceleme için kullanılırken, ayrıca kimya ve seramik alanında da yöntemin

kullanılması çok yaygındır ve değişik organik ve inorganik örneklerin niteliksel ve niceliksel incelemelerini yapabilir. Uzmanın talebini hızlandırmak için, yüksek kaliteli spektral bulgular elde edebilir. FTIR spektroskopisinin, daha önce sıkça bahsedilen diğer analitik yöntemlere oranla daha başarılı olduğu ve sanayide çok iyi bir belirleme ekipmanı olarak kullanılabilir (URL-8, 2018).

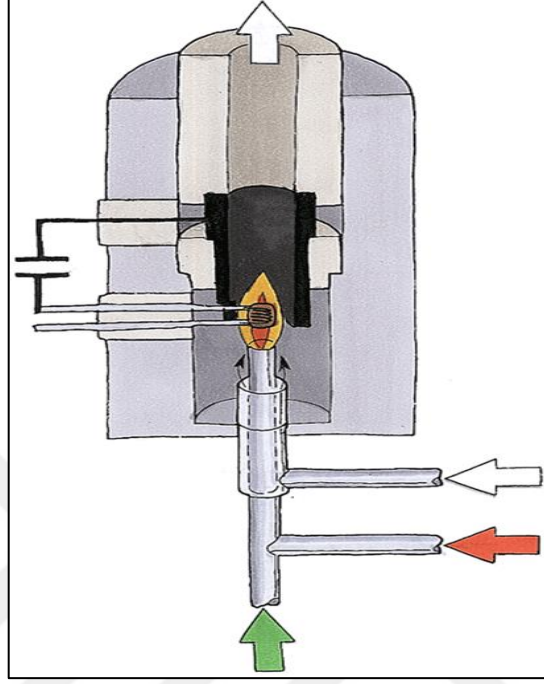


Şekil 6. FTIR spektrometre cihazı (URL-8, 2018).

1.4.2.5 Alev İyonizasyon

Alev iyonizasyon (Flame Ionization Detector (FID)) yöntemi maddelerin, hidrojen artı hava alevi sıcaklığında bozularak iyonlaşması ve alev ortamı akımının belirlenmesidir. Gazların elektrik geçirip geçiremedikleri gazın bulunduğu ortamdaki yüklü taneciklerin yoğunluğuna bağlıdır. Şekil 7’de gösterilen bu algılayıcının çalışması için algılayıcıya gelen taşıyıcı gazın dışında hidrojen ve hava da verilir. Kolonda ayrışarak taşıyıcı gaz ile birlikte kolondan ayrılan bileşikler algılayıcıda Hidrojen ve hava karışımı ile yakılır ve iyonlaşırlar. Belirtilen iyonlaşma sonucunda elektrik akımı meydana gelir ve oluşan akım ölçülür. Böylelikle alev ortamından iyonlaşan tanecik yoğunluğuyla orantılı olan bir akım geçer. Akımdaki bu değişim madde miktarı olarak yorumlanır. FID yüksek hassasiyete sahiptir ayrıca organik maddelere duyarlı olup, inorganik maddelere duyarlı değildirler. Bunların dışında, He, Ar, N₂ gibi inert gazlara da duyarlık göstermezler. Bundan dolayı belirtilen algılayıcılarla yapılan çalışmalarda bu gazlar taşıyıcı olarak kullanılır. Taşıyıcı

gazın hızı çoğunlukla 2 mm iç çaplı kolonlar için 30 ml/dak, H₂ hızı bunun %10 fazlası ve havanın hızı da H₂'nin hızınının 10 katı olduğunda iyi sonuç alınır (URL-9, 2018).



Şekil 7. Alev iyonizasyon dedektörü (URL-9, 2018).

1.4.3. Azotoksit Ölçüm Yöntemleri

Yanma gazlarından azot oksit gazları da canlı ve çevre sağlığı dikkate alındığında en az SO₂ kadar tehlikeli bir kirleticilerdir. NO_x salınımının büyük kısmı yakma sistemlerinden meydana gelmekte, daha çok NO ve NO₂ olarak oluştuğu ve belirtilen gazlardan azotmonoksitin daha fazla meydana geldiği tespit edilmiştir. Yanma sonucu oluşan NO_x emisyonu genel olarak iki kaynaktan olmaktadır. Bunlardan birincisi yüksek sıcaklıklarda yanma havasının N₂'nin oksitlenmesiyle oluşan ısıl - NO_x (termal NO_x) diğeri ise yakıtın içindeki azottan oluşan yakıt kaynaklı yakıt azotoksittir.

Azot oksitlerin ölçümleri bir kısmı SO_x ölçüm yöntemleriyle aynı olan aşağıdaki yöntemlerle yapılır;

- Elektrokimyasal hücre ölçüm prensibi,
- Kimyasal ışım,
- Kızıl ötesi ölçüm prensibi,

- Termogrevimetrik analiz ve FTIR spektrometre sistemi,
- Saltzman Yöntemi (Absorbsiyonmetri) (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

1.4.3.1. Kimyasal Işıma

Havada bulunan azotmonoksit, ozonla tepkimeye girdiğinde, uyarılma sırasında NO_2 'nin iki formu oluşur, bunlar; normal formu ve uyarılmış formu oluşur. Uyarılmış NO_2 , alçak seviyeye döndüğü zaman ışın yayar. NO yoğunluğu, bu ışımının konsantrasyonu ölçülerek belirlenebilir. Eğer hava örneği, bir dönüştürücüden geçirilerek, NO_2 , NO'ya dönüştürülürse; NO_x lerin (NO_2 ve NO) yoğunluğu, bu ışımının konsantrasyonu ölçülerek tayin edilebilir. Numune havasındaki NO_2 yoğunluğu; iki ölçüm arasındaki farktan hesaplanarak bulunur (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Azot monoksit ve ozon arasındaki tepkime sonucu elde edilen emisyon spektrumu, 600 ile 3000 nanometre (nm) dalga boyu aralığında elde edilir. En fazla dalga boyu 1200 nm. dolaylarındadır. Öteki kimyasal ışımaların etkileri, fotoelektrik algılayıcı içinde bir filtre uygulamasıyla giderilebilir. Foto elektrik sensörler de foto multiplier tüp kullanırlar; ancak foto elektrik yüzeyin karakteristiklerinden dolayı, tayin için elde edilebilecek dalga boyu aralığı daha dardır.(600 - 900 nm ye kadar). Dolayısıyla, birçok ölçüm sistemleri, silikon foto diyotlar gibi daha etkili dalga boyunda ve daha hassas malzemeler kullanılmaktadırlar. Çünkü azot monoksit ve azot dioksit, birlikte ölçülmemelidir. Farklı ölçüm tekniklerinde akış hattını kontrol eden bir valf, optik yol valfi ve iki akış hattı ile iki optik hat bulunur. Bu yöntemlerin her birinde, geçişi seçen valf ile veya optik hattı ayarlayan kısıcıda kararlılık problemi vardır (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Standart gaz olarak azot monoksit kullanılarak ölçümleme yapılır. Dolayısıyla NO_2 gazının NO gazına dönüşüm verimi en yüksek değerden düşük ise, ölçülen NO_2 miktarı da aynı oranda düşer.

İki çeşit dönüştürücü bulunur:

- Termal tepkime dönüştürücüsü: Azot dioksiti yüksek sıcaklıkta parçalar.
- Kimyasal tepkime dönüştürücüsü: Karbon ve karbon gibi olan; bunlar molibden, tungsten gibi maddeler olabilir, bu indirgeyiciler kullanılarak azot dioksiti 400 °C civarında indirger.

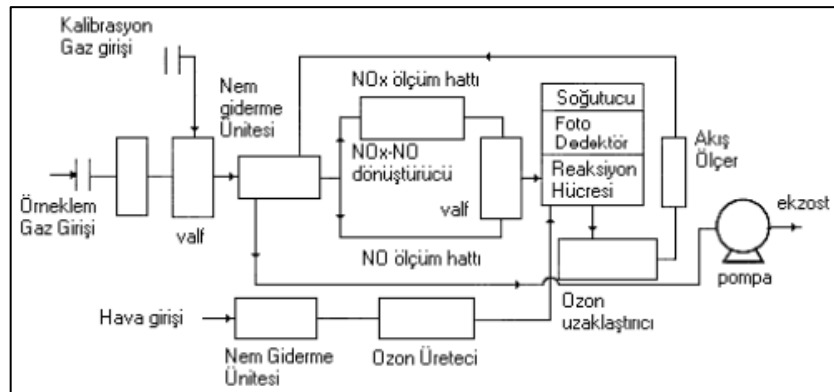
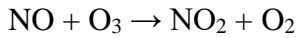
Sıcaklığın çok yüksek seviyelere çıktığı durumlarda amonyak yükseltgenir ve etkileşime sebep olan azot monoksit üretilir. Bunun için daha düşük sıcaklıkta karbon

içeren maddeler kullanan kimyasal tepkime dönüştürücüsü kullanılır. Kimyasal reaksiyon dönüştürücüleri, azot dioksitin indirgenmesi işleminde, kendisi yükseltgenir. Bundan dolayı prensip olarak yılın her ayında bir kere değiştirilmelidir. Fakat azot dioksit miktarının yüksek olduğu durumlarda kullanılması halinde, dönüştürücünün değişme sıklık oranı da artar. Kesin değişim sıklığı, uygun bir dönüştürücünün dönüştürme veriminin kontrol edilmesiyle belirlenmelidir. Azot oksitlerinden başka diğer azotlu bileşiklerin de (PAN gibi), dönüştürücüde azot monoksite dönüştürüldüğü ve interferans etkiye sebep olduğu unutulmamalıdır (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Nem, azot monoksit ve ozon arasındaki reaksiyon sonucu oluşan kimyasal ışımayı söndürerek, negatif bir interferansa sahip olur. Bu interferansın derecesi, reaksiyon hücresi içindeki basınç ve akış hızına bağlı olarak değişir. Eğer kalibrasyon gazı ve ölçülen havanın ihtiva ettiği su miktarı arasında büyük bir fark varsa, ölçüm etkilenir. Bu sebeple, izleme sistemine yarı geçirgen bir membran filtre, nem kontrol edici veya örneklem havası içindeki nem miktarını sürekli sabit tutucu gibi bir düzenek yerleştirilir. Sıcaklık 25 °C ve nisbi nem %80 olduğu zaman, azot monoksit okumasındaki düşüş, en fazla %4 kadardır (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Nemde olduğu gibi kimyasal ışımının sönmeye neden olan karbon dioksitin etkisi normal şartlar altında ihmal edilebilir. Ancak karbon dioksit konsantrasyonu yüzde birkaç düzeyinde ise ihmal edilemez.

Reaksiyon mekanizması Şekil 8’de de görüldüğü üzere:



Şekil 8. Kimyasal ışıma (Chemiluminescence) yöntemi

NO'nun ozon ile kimyasal ışıma dedeksiyonu; O₃, NO₂, CO veya SO_x gibi genel hava kirleticilerinden etkileşime dahil değildir. Termal azotdioksit dönüştürücüsünde NO'ya oksitlenebilen her bileşikle potansiyel bir etkileşim olabilir. Örneğin; NH₃ potansiyel bir interferansdır. Ancak 300°C'nin altında işletilen konverterler için problem değildir. PAN ve organik nitritler gibi kararsız azot bileşikleri, NO oluşturmak üzere termal olarak parçalanır (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Ticari aletlerin bir çoğu, partiküler filtre, termal dönüştürücü, ozon jeneratörü, tepkime hücresi ve vakum pompası içerir.

1.4.3.2. Termogrevimetric Analiz ve FTIR Spektrometre Sistemi

Termogrevimetric (TGA) ile FTIR'ın kombinasyonu ile termal ayrışma süreçlerinin her türlü özelliklerini elde etmek mümkündür. Mekanizmanın ara yüzü etkili gaz taşınması için seramik ağzın durumu numuneye ayarlanarak yüksek hassasiyette analiz yapılmasını sağlar. Ayrıca sistem kirlenmeyi giderir ve gazın istediği yolun tamamının ısıtılmasıyla soğuk noktalardan kaynaklanan örnekten örneğe taşınmayı da giderir.

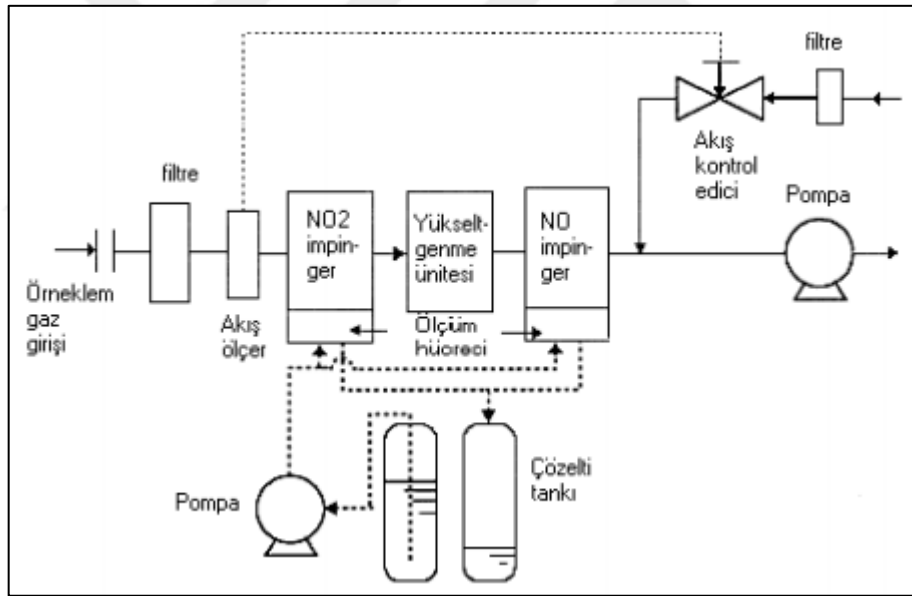
1.4.3.3. Saltzman Yöntemi (Absorbsiyonmetri)

Havadaki azot dioksit, absorblama çözeltisindeki Saltzman reaktifi (N-1 naphthyldiamine dihydrochloride, sülfanilik asit ve asetik asit) ile reaksiyona girerek azo boya maddesi oluşturur. Azot dioksitin konsantrasyonu, bu boya maddesinin absorbanasının, 545 nm. civarında, ölçülmesiyle tayin edilir. Azot monoksit, Saltzman reaktifi ile reaksiyon vermediğinden, sülfürik asit ve potasyum permanganat yükseltgenme çözeltilerinden geçirilerek yükseltgenir ve konsantrasyonu benzer şekilde tayin edilir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Saltzman sabiti, nitroz asit (NO₂⁻ ; azot dioksitin absorblama çözeltisi tarafından absorblanması ve sonra onunla reaksiyona girmesi ile oluşur) iyon miktarı ile azot dioksitin başlangıç miktarı arasındaki, (NO₂⁻ /NO₂) dönüşüm oranına bağlıdır. Japonya'da Saltzman sabiti 0.84 ve azot monoksitin azot dioksite yükseltgenme oranı %70 olarak bulunmuştur. Saltzman sabiti ve yükseltgenme oranlarının her ikisi de, gerçekte ölçülen değerlerle, istatistiksel değerlerdir. Bu değerler konsantrasyonlara ve diğer ölçüm şartlarına bağlı olarak

değişir. Bu sebeple, diğer ölçüm sistemlerinden elde edilen verilerle bir karşılaştırma yapıldığı zaman, bu duruma dikkat edilmelidir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Absorblama çözeltisi içinde azot dioksitin tutulma verimini artırmak için, çözeltilen geçen havanın daha iyi kabarcıklanarak, gaz ve sıvı arasındaki temas yüzeylerinin artırılması için bir impinger kullanılır. Sonuçta eğer çözelti, gereği gibi kabarcıklanıyor ve yeteri kadar hava dolaşımı varsa, problem yoktur. Fakat kabarcıkların boyutu büyükse ve istenilen seviyede kabarcık üretilmiyorsa, tutma oranı düşer. Eğer fotometrik hücreye hava giriyorsa, okumalar tesadüfi olacaktır. Çözelti olması gerektiği gibi kabarcıklansa dahi, iç yüzeyindeki bölümlere yapışacaktır. Eğer bu olursa, azot dioksit emilir ve sonuçta konsantrasyon düşük çıkar. Bu sebeple, hava geçiş düzeneği, impinger düzenli olarak temizlenmelidir. Şekil 9’da otomatik Saltzman yöntemi detaylı bir şekilde gösterilmiştir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).



Şekil 9. Otomatik Saltzman yöntemi analizörü

Eğer giriş kanallarında çözeltinin yükseltgenmesi veya yükseltgenme çözeltisinin (bu çözelti azot dioksit içindeki azot monoksiti yükseltger) çıkışında herhangi bir çökme olursa; azot monoksit ve azot dioksit, impinger girişinde bunlar tarafından çözülecektir. Bu ölçüm hatasına sebep olur. Bu sebeple, borular temizlenmeli ve kurutulmalıdır. Gaz akış yolu karışık bir yapıda olduğundan; herhangi bir gaz kaçağına karşı düzenli olarak kontrol edilmelidir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

1.5. Emisyon Kirleticilerin Havada Dağılımını Etkileyen Faktörler

Küresel boyutta gelişen kalkınma çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkan kentleşme ve sanayileşme olguları beraberinde birçok çevresel problemi de getirmektedir. Bu problemlerden biri olan atmosferik kirlenme veya basitçe hava kirliliği problemi, ülkemizde de yoğun yerleşme ve sanayi alanlarında ortaya çıkmaktadır (Sungur ve Gönençgil, 1997).

Çoğunlukla yapay olayların sebep olduğu hava kirliliğinde başlıca kirleticiler kaynaklarını ev ve iş yerlerinde, taşımacılıkta ve sanayide kullanılan yakıtlar oluşturmaktadır. Bununla birlikte çarpık kentleşme, yeşil alanların azalması, ısı yalıtımına gerekli özenin gösterilmemesi, trafik, konum ve topografik yapı ile birlikte meteorolojik koşullar da hava kirliliğinin oluşmasını ve şiddetini etkileyen etmenler arasındadır (Sungur ve Gönençgil, 1997).

Hava kirliliğini etkileyen meteorolojik olaylar içine rüzgâr, sıcaklık, basınç, nem gibi birçok parametreyi ilave etmek mümkündür. Belirtilen parametreler hava kirliliğinin miktarını tek başlarına etkileyebilecekleri gibi toplu şekilde de etkileyebilmektedirler. Mesela hava durumunun “kararlı” veya bir ısı değişmesi sonucu “mutlak kararlı” bir yapı halini alması havaya eklenen kirleticilerin atmosfer içinde yükselerek yayılmasına engel olmaktadır. Bahsedilen durumun dışında rüzgâr hızı ve yönü de hava kirliliğinin miktarı açısından önemlidir. Bununla birlikte nisbi nem parametresi oranları da havaya karışan kükürtdioksitin (SO_2) sülfirik aside (H_2SO_4) dönüşmesinde etkili olmaktadır (Sungur ve Gönençgil, 1997).

Araştırmalar sonucunda iklim ve iklime bağlı olan değişik etkenler coğrafi konum ve topoğrafya gibi diğer bazı coğrafi etkenlerle birlikte hava kirliliğinin miktarı üzerinde söz sahibi olmaktadır. Hava kirliliği etkileyen bu iklime bağlı faktörleri aşağıda verilen maddeler altında toplamak mümkündür:

- Rüzgâr,
- Kararlılık ve enverziyon,
- Topografya.

1.5.1. Rüzgâr

Rüzgâr öncelikle sürati ve esme yönü özellikleri ile hava kirliliği bakımından önem arz etmektedir. Bofor skalasında 3,3 m/sn.'nin altında hızdaki rüzgârlar hafif rüzgâr ve esinti olarak belirtilmektedir. 5,5 m/sn. ve üzerinde hızdaki rüzgârlar ise orta şiddetli ve şiddetli rüzgârlar olarak adlandırılabilir. Bundan dolayı belli bir alanda biriken kirleticilerin dağılması için en az 5 m/sn. ve üstü hızı olan rüzgârlar bulunmalıdır (Sungur ve Gönençgil, 1997). Rüzgâr hızı dağılmada etkili olarak hava kirliliğinin konsantrasyonunun azaltılmasında rol üstlenmektedir. Örneğin, havanın içerisinde bulunan kirleticilerin hava ile karışma hızını ve kirleticilerin kaynaktan uzaklaşma hızını rüzgâr hızı belirlemektedir. Şekil 10'da rüzgârın etkisiyle kirletici dağılımı gösterilmektedir. Sert rüzgârlar, kirleticilerin dağılmasını ve kirletici yoğunluklarının azalmasını sağlarlar. Ayrıca rüzgâr şiddeti arttıkça havanın boşluğu da aynı oranda artar. Boşluklu hava, kirletici maddelerin etraftaki kirli olmayan hava ile karışarak yoğunluğunun azalmasına yol açan dönen hava girdaplarının oluşmasını sağlar. Bu nedenle rüzgârların zayıflaması, kirleticilerin yeterince dağılamayarak birikmesinde ve yere yakın seviyede yüksek yoğunluklara ulaşmasında etkili olmaktadır (Çapraz, 2013).



Şekil 10. Emisyon kirleticilerin rüzgâr etkisiyle dağılımı

1.5.2. Kararlılık ve Enverziyon

Atmosferik kararlılık, bir hava bölümünün düşey olarak yükselebileceği seviyeyi tespit eder. Kararsız olan atmosfer düşey hava hareketlerinin meydana gelişini etkileyici bir durumdayken, kararlı atmosfer ise düşey hava hareketlerinin meydana gelişini engelleyici bir haldedir. Bundan dolayı kararlı bir atmosferde emisyonlar düşey yerine yatay bir biçimde dağılırlar (URL-10, 2018).

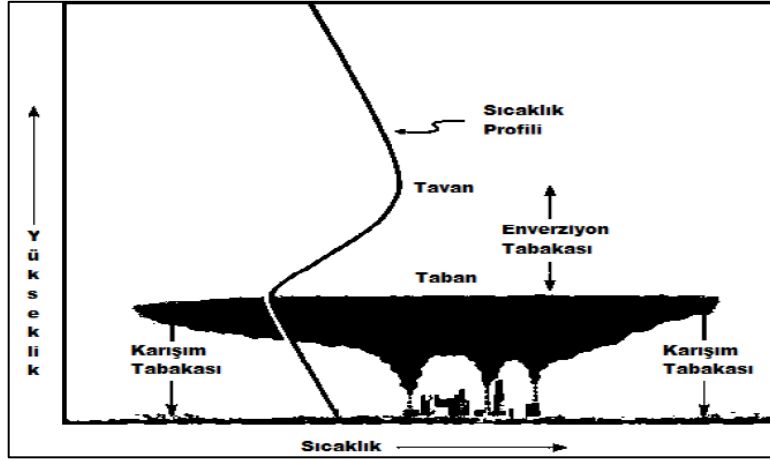
Atmosferik kararlılık, hava sıcaklığının düşey değişimi (lapse rate) ile tespit edilmektedir. Hava sıcaklığı, yer kürenin yukarılarına doğru gidildikçe hızla düşüyorsa, bu atmosferin kararsız yapıda olduğunu göstermektedir ve bu durum emisyonların düşey olarak karışabileceğini göstermektedir. Ancak yer kürenin yukarılarına doğru gidildikçe hava sıcaklığı çok az miktarda azalıyor veya yükseklikle artıyorsa (enverziyon) bu atmosferin kararlı bir yapıda olduğunu göstermektedir. Atmosferin kuvvetli bir şekilde kararlı yapıda olmasına enverziyon denilir. Bu durumda sıcak hava tabakası, soğuk hava tabakasının üzerinde yer alır. Enverziyon tabakasının dâhilinde yükselmeye çalışan herhangi bir hava bölümünün sıcaklığı kendisini saran havanın sıcaklığından daha düşük olurken, konsantrasyonu ise havanın konsantrasyonundan daha fazla olur. Buna bağlı olarak enverziyon tabakası atmosferdeki düşey hava hareketlerine engel olan bir kapak görevi görmüş olur (URL-10, 2018).

Radyasyon (veya yüzey) enverziyonu genel olarak gökyüzünün açık ve rüzgârların kuvvetsiz olduğu gecelerde ve günün en erken saatlerinde meydana gelmektedir. Ayrıca radyasyon enverziyonu daha uzun olan kış gecelerinde de meydana gelebilmektedir. Kararlı enverziyon katmanının alt tarafındaki kısa bacalardan yükselen dumanlar çok fazla ilerleyemeyerek dağılır ve alanın kirlenmesine sebep olur. Diğer yandan, enverziyon katmanının üzerindeki kararsız tabakanın içerisine ulaşan yüksek bacalardan salınan kirleticiler ise yükselerek dağılılabirler. Radyasyon enverziyonun genel olarak oldukça sığ bir yükseklikte olması nedeniyle, pek çok yerde kısa bacaların yerini uzun boylu bacalar almıştır. Yüksek bacalar enverziyon katmanının olmadığı zamanlarda dahi kirletici maddeleri kısa bacalara oranla daha güzel dağıtırlar. Bunun nedeni, yüksek bacaların kirletici maddeleri daha geniş bir hava içerisinde dağıtabilmesidir. Ancak yüksek bacalar etraftaki bölgenin hava kalitesini arttırmakla birlikte, kirleticilerin rüzgârlarla birlikte uzak mesafelere taşınmasına etki ederek asit yağmurlarının oluşumuna katkıda sağlayabilirler (URL-10, 2018).

Güneşin vuruş açısının dikleşmesi ve yer kürenin ısınması sonucunda giderek etkisizleşen radyasyon enverziyonu öğle vakti olmadan kaybolur. Öğleden sonra atmosfer son derece kararsız bir hale gelir ve gerekli seviyede rüzgârın da olması halinde emisyonlar düşey olarak dağılırlar. Çeşitlenen atmosferik kararlılığın (sabah saatlerinde kararlı, öğle vaktinden sonra kararsız) bazı alanların günlük kirlilik yoğunlukları üzerinde son derece etki gösterebilmektedir. Mesela, yoğun insan ve araç trafiğinin olduğu bir sokakta sabahın erken saatlerinde ölçülen emisyon miktarları, aynı miktarda yoğunluk olmasına rağmen öğleden sonra ölçülen emisyon miktarlarından bir hayli yüksek çıkabilmektedir. Aynı zamanda, atmosferik kararlılıktaki çeşitlilikler bacalardan çıkan gazların da gün içerisinde değişiklikler göstermesinde etkili olabilmektedir (URL-10, 2018).

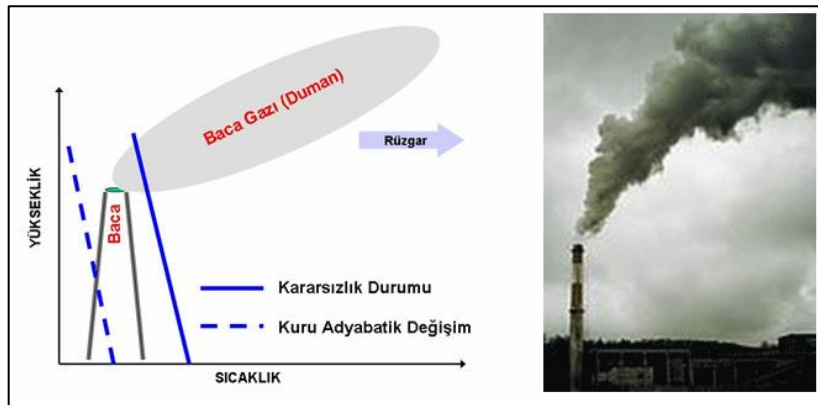
Radyasyon enverziyonu normal şartlarda sadece birkaç saat devam etmesine rağmen, çökme (subsidence) enverziyonları günlerce hatta daha da uzun sürelerde buldukları yerde etkili olabilmektedirler. Bundan dolayı etkili hava kirliliği bölümleri ile bağlantılı olan enverziyon tipi genellikle çökme enverziyonlarıdır. Çökme enverziyonu, derinlerdeki yüksek basınç merkezlerinin üstünde bulunan havanın çökmesi ve ardından ısınması sonucu meydana gelmektedir.

Öncelikle güçlü enverziyonun tahmin edildiği zamanlarda, erken saatlerde kalitesi çok kötü olan yakıt tüketilen şehirlerde kalorifer ve sobaların yakılması, emisyonların fazlaşmasına ve hava kirliliğinin artmasına etki edecektir. Enverziyon katmanının altındaki kararsız havanın içerisinde bulunan emisyonlar, katmanın en alt seviyesine kadar düşey olarak karışabilmektedir. Öte yandan, enverziyon katmanının kararsız olmayan yapısı düşey karışmaların önüne geçer ve böylelikle katmanın altında kalan emisyonların enverziyon katmanının üzerine yükselmesine engel olan bir kapak işlevi görür. Şekil 11, enverziyon ve karışım tabakasını göstermektedir (URL-10, 2018).

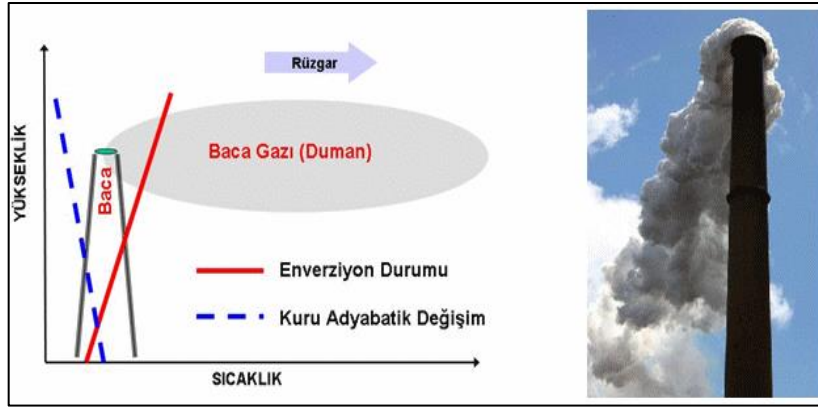


Şekil 11. Enverziyon ve karışım tabakası (URL-10, 2018).

Enverziyon katmanının yükseldiği durumlarda karışım derinliği fazlalaşacak ve emisyonlar daha geniş bir hacim dâhilinde yayılacaklardır. Ayrıca, enverziyon katmanı seviyesi düştüğü durumlarda karışım yüksekliği düşecek ve emisyonlar çok daha yoğun hale gelerek canlılara zararlı derecelere ulaşabilecektir. Atmosferin en kararlı olmadığı duruma öğle vaktinden sonra, en kararlı olduğu duruma ise erken saatlerde ulaşması ile birlikte, en geniş karışım yüksekliğine öğle vaktinden sonra, en yüzeysel karışım yüksekliğine ise erken saatlerde rastlanılmaktadır. Bundan dolayı, karışım yüksekliğinin en yüksek noktası gün içerisinde açık bir şekilde görülebilir. Başka bir taraftan, geniş bölgelerden havalanan uçakların kalkış yapmaları ve inmeleri anında da karışım katmanı belli zaman aralıklarıyla gözlenebilmektedir. Şekil 12 ve Şekil 13 kararsızlık ve enverziyon durumlarında emisyon kirleticilerin dağılımını göstermektedir (URL-10, 2018).



Şekil 12. Kararsızlık durumu (Enverziyon yok) (URL-10, 2018).



Şekil 13. Enverziyon durumu (URL-10, 2018).

1.5.3. Topografya

Bir bölgenin topografik özellikleri, kirletici maddelerin dağılımında çok önemli bir rol oynamaktadır. Örnek olarak, geç saatlerde üst seviyelerden alt seviyelere inerek aşağıdaki alanlara yerleşen soğuk havanın, havadaki kirlilik oranının değişmesinde önemli etkileri bulunabilmektedir. Soğuk hava, önceden ortamda olan bir yüzey enverziyonunu güçlendirebilmekte ve yüksek kesimlerde bulunan kirleticileri alt seviyelere götürebilmektedir. Üst seviye kirlilik bölgelerinin meydana gelmesi için en uygun alanlar, etrafında dağ ve tepeler bulunan vadilerdir. Vadi çevresindeki dağlar, hâkim rüzgârların etkili olmasının ve kirleticilerin dağıtılmasının önünde engel olur. Diğer yandan, güçlü olmayan rüzgârlar etkisiyle ve yüzeysel bir karışım tabakası nedeniyle iyi havalandırılmayan vadinin içerisinde emisyonlar toplanmaya başlarlar (Çapraz, 2013).

Dağlık bölgelerdeki vadilerde en fazla miktarda hava kirliliğine kış döneminin soğuk aylarında rastlanır. Yaz dönemi sıcak aylarda gün içerisindeki ısınmadan dolayı vadi yamaçları da ısınmakta ve böylece vadinin altından üstüne doğru esen vadi rüzgârları meydana gelmektedir. Bu rüzgârlar, vadinin içerisindeki birikmiş emisyonları yükseklerle taşıyarak vadinin temizlenmesini sağlarlar (Çapraz, 2013).

1.6. Trabzon İli

Trabzon şehrinin, güney, doğu ve batı komşuları sırası ile Gümüşhane-Bayburt, Rize ve Giresun illeridir. Kent kuzeyde ise Karadeniz ile çevrilidir. Karadeniz Bölgesinin kent sınırları içindeki sahil uzunluğu yaklaşık 135 km.'dir. Trabzon ili, Ortahisar İlçesi ile birlikte on sekiz ilçeden oluşmaktadır. (ÇŞB, 2017).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde deniz ve tarihin içerisinde harmanlandığı Trabzon şehrinin, nüfusu 2018 yılında 807.903'tür. Çok büyük olmayan yüzölçümü ile ülke topraklarının % 0,6'sını kaplamaktadır. Güney kesimi yüksekliği yaklaşık 3000 m'ye ulaşan dağlar ve yaylalar ile çevrilidir. Sahil şeridi dışında iç bölgelerde çoğunlukla tepeler ve yaylalar bulunmaktadır. Genel olarak bir sahil şehri olarak kabul edilen ancak yayla özelliği de bulunan Trabzon şehri, Çoruh Vadisi ile Melet Çayı arasında kalan ve kıyıya paralel uzanan dağlardan oluşan neredeyse 330 km uzunluğundaki çok geniş bir bölgenin kuzey bölümünü oluşturur. Bu bölge güney tarafta Çoruh-Kelkit vadisi tarafından kesilmiştir. Yaklaşık 2.000 m yükseklikte bulunan Zigana Geçidi, Doğu Anadolu ile Karadeniz Bölgesinin bağlantısını sağlar. Bu geçidin hemen akabinde bulunan Kop Geçidi ile, bölgeyi İran'a bağlamaktadır. Trabzon şehri, diğer Doğu Karadeniz Bölgesi kentlerindeki gibi eğimli bir yöredir. Şehir topraklarının yaklaşık % 90'lık kısmı eğimli iken, sadece % 10'luk bir kısmı düz alanlardan oluşmaktadır (ÇŞB, 2017).

Sahip olduğu güzellikler ile her mevsim gezilebilecek bir turizm şehri olan Trabzon kentinin sahip olduğu ormanlar, ülke orman miktarının yaklaşık % 1'ini oluşturmaktadır. Trabzon şehir hudutları içerisinde tescilli sulak alan ve odun üretmek için belirlenen tarım alanı yer almamaktadır (ÇŞB, 2017).

Trabzon ili enerji hammaddeleri yönünden fakirdir. Kömür, doğalgaz, petrol rezervi ve jeotermal saha bulunmamaktadır. Trab-Ri-Kab katı atık depo sahasında 4,2 mw/saat kurulu kapasite ile düzenli depolama alanındaki metan gazından elektrik üretimi yapmaktadır. Trabzon ilinde enerji üretimi amacı ile kullanılabilir su kaynaklarından başlıcaları; Değirmendere, Manahoz Deresi, Karadere, Solaklı Deresi ve Baltacı Deresi'dir (ÇŞB, 2017).

Trabzon, diğer illerimizde olduğu gibi birçok ürünün yetiştirildiği bir yöredir. Ancak yukarıda da bahsettiğimiz üzere arazinin büyük bir kısmının eğimli ve dağlık olmasından dolayı, ekilen alanın büyük bir kısmı bölgenin önemli geçim kaynağı fındık ve çaydan oluşmaktadır. Hububat, mısır ve fasulye yetiştirilmesine % 15,6, tütün ve patates

yetiştiriciliğine % 7 ve sebze-yem bitkileri yetiştirmek için ise % 2,8'lik tarım alanı belirlenmiştir. Trabzon Şehri'nde traktör gibi motorlu araçların tarım işlerinde kullanılması, arazinin eğimli olmasından dolayı mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı, tarımsal üretimde fazla miktarda insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. İdeal ölçeklere sahip tarım işletmeleri çok az sayıdadır. Trabzon'da üretilen ürün olarak ilk sırada yer alan fındıktır ve Türkiye fındık üretiminin % 10'unu oluşturmaktadır (ÇŞB, 2017).

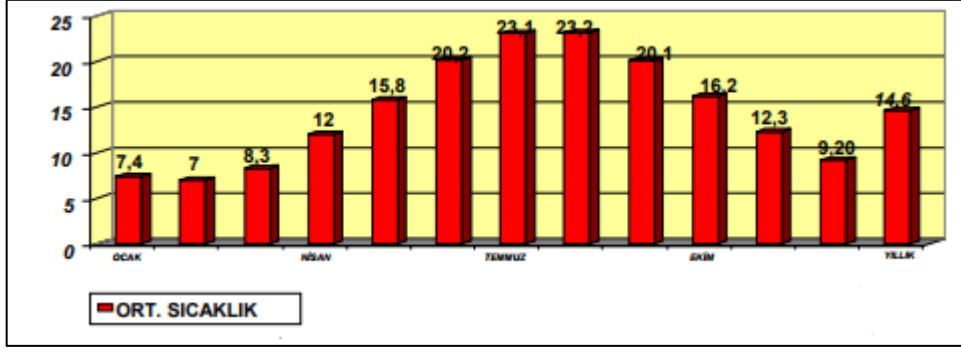
1.6.1. Trabzon İli İklim Koşulları

İlde kıyı kesiminde denizin etkisiyle ılıman iklim görülmektedir. Dolayısıyla yazlar orta sıcaklıkta kışlar ılık geçmektedir. Kafkas Dağları Trabzon'u güneyden çepeçevre kuşatarak kuzey batının soğuk rüzgârlarını ve Sibiry'a'nın soğuk havasıyla Kuzey Doğu Anadolu'da soğuyan havanın bölgeye girmesini engellemektedir (MGM, 2016).

Trabzon şehrinde iki değişik iklim çeşidi tespit edilmiştir. Kıyı kesimlerde yoğun olarak ılık ve yağışlı bir iklim çeşidi bulunurken, iç kesimlere doğru karasal iklim etkisini göstermektedir. Karasal iklim tespit edilirken 250 metre yükseklikteki Maçka ilçesi meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Sahil kesimi için Trabzon il merkez meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır (MGM, 2016). Aylar itibariyle sıcaklık değerleri, Trabzon il merkezi için Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Trabzon sıcaklık değerleri (C°) (Trabzon Meteoroloji İstasyonu)

AYLAR	Ortalama Sıcaklık	En Yüksek Sıcaklık	En Düşük Sıcaklık
Ocak	7,4	25,9	-7
Şubat	7	26,6	-7,4
Mart	8,3	35,2	-5,8
Nisan	12	37,6	-0,8
Mayıs	15,8	38,2	4,7
Haziran	20,2	36,6	9,2
Temmuz	23,1	32,6	14,3
Ağustos	23,2	38,2	13,5
Eylül	20,1	32,2	7,3
Ekim	16,2	33,8	3,4
Kasım	12,3	32,8	-1,6
Aralık	9,2	26,1	-3,3
YILLIK	14,6	38,2	-7,4



Şekil 14. Ortalama sıcaklık değerleri (C°) (Trabzon Meteoroloji İstasyonu).

Trabzon'da ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu aylar Şekil 14'te görüldüğü üzere, Temmuz ve Ağustos, en düşük olduğu aylar ise Ocak ve Şubat aylarıdır. Yıl içinde ölçülen ortalama sıcaklık 14,6 C°, en yüksek sıcaklık 38,2 C°, en düşük sıcaklık ise- 7,4 C°'dir (MGM, 2016).

Trabzon'da yıl genelinde hâkim rüzgar yönü Güney'dir, ancak aylara göre farklılıklar göstermektedir.

Trabzon'da en fazla yağış 119,3 mm olarak Ekim ayında düşmektedir. Ortalama kar yağışlı gün sayısının en fazla olduğu ay ise Şubat ayı olarak tespit edilmiştir. Yerleşmelerin iklimsel özelliklerine ilişkin yıllık ortalama değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir (MGM, 2016).

Tablo 2. Yıllık iklim verileri

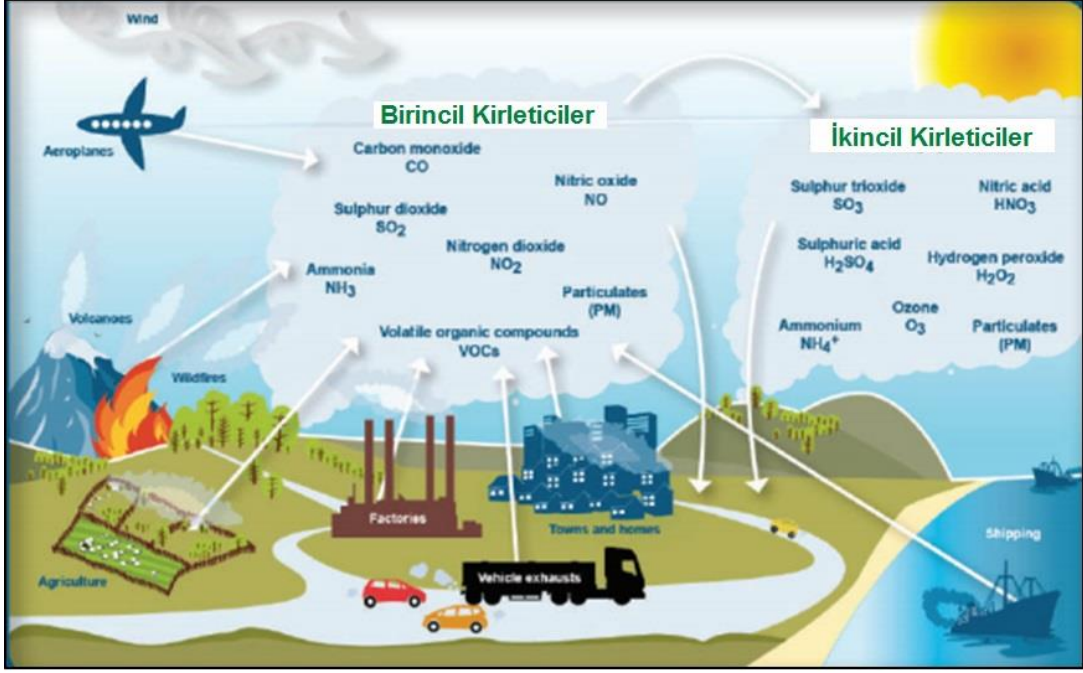
Ortalama Açık Gün Sayısı	51,3
Ortalama Bulutlu Gün Sayısı	173,8
Ortalama Kapalı Gün Sayısı	140,1
Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı	6,4
En Yüksek Kar Örtüsü Kalınlığı (cm)	41
Ortalama Sisli Gün Sayısı	9,4
Ortalama Dolulu Gün Sayısı	0,8
Ortalama Kırğılı Gün Sayısı	3,6
Ortalama Orajlı Gün Sayısı	16,9
Hâkim Rüzgâr Yönü	S

1.6.2. Trabzon İli Hava Kalitesi

Türkiye'nin birçok şehrinde olduğu gibi Trabzon ilinde de kükürtdioksit ve PM oranı kış dönemi süresince en çok da Kasım-Nisan ayları arasında ciddi seviyede artmaktadır. Bir sahil şehri olan Trabzon'da kıyı doğrultusunca özellikle batı tarafında yapıların çokça bulunduğu alanlarda üst seviyede hava kirliliği olduğu tespit edilmiştir. Şehri belirtilen bölümünde yüksek yapılaşma bulunmaktadır. Bundan yapılanma şehirde meydana gelen emisyonların hâkim rüzgârlar tarafından taşınmasına engel olmaktadır. Emisyonların rüzgârlar yardımıyla şehir dışına taşınmaması sonucunda kış döneminde şehrin üzerinde kirlilik bulutları açıkça görülebilecek şekilde yoğunlaşmaktadır (ÇŞB, 2017).

Hızla kentleşen diğer şehirlerde görmüş olduğumuz durumlar, Trabzon şehrinde de meydana gelmektedir. Nüfus artışı, çarpık kentleşme, şehrin hava akım koridorları olan vadi kenarlarında yapılan bina sayısının artması, trafikte yoğunlaşma gibi birçok etken hava kirliliğine ve dolayısıyla yaşamın zorlaşmasına neden olmaktadır. Şekil 15'te yukarıda bahsedilen etkenler ve bunların sebep olduğu kirleticiler detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere yukarıda belirtilen dönemlerde Trabzon ilinde ve diğer birçok ilde hava kirliliği ev ve işyerlerinde ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar tarafından oluşturulmaktadır. Bu yakıtların içerdiği sülfür ve karbonun yanması sonucu oluşan emisyonlar hava kirliliğine sebep olmaktadır. Çoğunlukla birincil kirleticilerin neden olduğu hava kirliliği, taşıtların da etkisi ile meydana gelen ikincil kirleticilerle birlikte hava kalitesini düşürmektedir (Türk vd., 2008).

Trabzon şehrinde, kirletici özelliği ön planda olan tesisler düşünüldüğünde 1 adet çimento fabrikası ön plana çıkmaktadır. Bahsedilen çimento fabrikası şehir merkezine ve limana çok yakın bir mesafede yapılmıştır. Şehirde doğal gaz kullanımının da yaygın bir şekilde gerçekleşmediği bilinmektedir. Fabrikada atık yakma tesisi bulunmaması olumsuzluğunun aksine, elektro filtresinin ve PM emisyonunu kayıt altına alan yazıcı cihazının bulunması olumlu tarafı olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca ilde Maden fabrikaları yer almakta olup bunların bir kısmı baca gazı arıtım alt yapısını kurmuş, bir kısmı ise çalışmalarını devam ettirmektedir. (Uzunali, 2004).



Şekil 15.Trabzon ili hava kirliliği kaynakları (Türk vd., 2008).

Şehirde ayrıca emisyon kaynağı olabilecek hafif sanayi tesisleri ilin doğu tarafında yer almaktadır. Kentte doğalgaz için altyapı çalışmaları hazırlıkları sürmektedir. Gelecek dönemlerde bu gazın aktif ve yaygın olarak kullanılması şehirdeki hava kirliliği bakımından artı yönde katkılar sağlayacaktır (Uzunali, 2004).

Trabzon şehrinde hava kirliliğine bağlı olarak birçok hastalık meydana gelmiş ve bunların bir kısmı da ölümlerle sonuçlanmıştır. İlde, kısa zamanda yaklaşık 200 kişi hava kirliliğinin neden olduğu hastalıklar nedeniyle hayatını kaybederken, yaklaşık 9000 kişi de hastanede yatarak tedavi görmüştür. Kronik akciğer hastalığı en tehlikeli hastalık olarak göze çarpmaktadır. Bu hastalığı; akciğer ödemi, akut alt solunum yolu enfeksiyonu ve akut alevlenmeler izlemektedir (Türk vd., 2008).

1.6.2.1. Sanayi Kaynaklı Emisyonlar

Sanayi bölgelerinde enerji elde etmek için kullanılan yakıtlar ve üretim aktiviteleri sonucu meydana gelen kirleticilerin, bacalardan havaya salınması sonucunda oluşan hava kirliliğine sanayi kaynaklı hava kirliliği adı verilir. Sanayi kaynaklı faaliyetler sebebiyle açığa çıkan gazlar ve partiküller geniş alanlara kadar yayılarak bitkilerde ve toprakta birikebilmektedirler. Sanayi kaynaklı kirliliğin birçok nedeni vardır, bunlardan birkaçı;

uygun yer seçiminin yapılmaması ve emisyonların yeterli teknik tedbir alınmadan havaya salınmasıdır. Sanayi kaynaklı meydana gelen gazların içerisinde asit yağmurlarına neden CO, SO₂, NO_x, PM₁₀ ve Hidrokarbonlar gibi kirletici gaz emisyonları bulunmaktadır. (SGM, 2014).

Trabzon, Türkiye genelindeki büyük sanayi kentlerine nazaran daha mütevazı bir yapıya sahip olsa da Doğu Karadeniz Bölgesinin en önemli sanayi şehirlerinden birisidir. Bunun yanı sıra, şehirde oluşan çarpık kentleşme, nüfus sayısının hızla artması ve yerleşim yerlerinin zamanla genişlemesi nedeniyle geçtiğimiz yıllarda merkez alanları dışında kalan sanayi tesisleri bugün çoğunlukla merkez bölgesi içinde yerleşmiş durumdadır. Bu sebeple, Trabzon halkı sanayi kaynaklı hava kirliliğinden birinci derecede etkilenmektedirler. Özellikle Organize Sanayi Bölgelerine ait atık su arıtma tesisleri, bölgesel atık su arıtma tesisleri, kimyasal üretimi yapan veya yoğun olarak kullanan tesisler, tozlu malzeme üreten ve işleyen tesisler, hurda ve atık işleyen tesisler, kirletici yükü fazla olan ve koku problemi olan tesislerdir (SGM, 2014).

İldeki endüstriyel tesisler, çoğunlukla büyük olmayan sanayi tesisleri ile organize sanayi bölgelerinde konuşlanmıştır. Ayrıca, çarpık kentleşme nedeniyle bir bölümü yaşam alanlarına çok yakın bölgelerdedir.

GSYİH içindeki sanayi sektörünün payına bakıldığında ve işsizlik değerleri incelendiğinde sanayi sektörünün diğer sektörlerle göre pek fazla gelişmediği görülmektedir. GSYİH içinde sanayi faaliyetleri yaklaşık % 14'lük bir pay almaktadır. GSYİH içinde sanayi sektörünün payı tarım ve hizmetlerden sonra gelmektedir. Üretim Sanayisi, sanayi sektörü içinde %93 'lük bir iş olanağı oluşturmaktadır. Üretim Sanayisindeki faaliyet kolları büyük yapıda olmayan firmaların faaliyet gösterdiği, gıda sanayi, tekstil, kimya sanayi, plastik ürünler ve ağaç işleridir. En büyük sanayi kuruluşu Trabzon Çimento Fabrikası'dır. Çamburnu mevkiinde tekne ve gemi yapımına yönelik tersaneler faaliyet göstermektedir (SGM, 2014).

1.6.2.2. Trafik Kaynaklı Emisyonlar

Taşıtlar kaynaklı, hava, ses ve görüntü kirliliklerinin tamamına Trafik kirliliği denilmektedir. Araçların egzozlarından salınan birincil kirleticiler, CO, NO_x ve partikül maddedir. Trafik kaynaklı kirlilik, ülkemizin ve özellikle yoğun nüfusa sahip büyük kentlerimizin hava kirliliğinde önemli bir paya sahiptir. Trafığe bağlı olarak meydana gelen

emisyona miktarı, özellikle yoğun trafiğe sahip merkezi caddelerde, kavşaklarda ve ana cadde çevrelerinde yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Bununla birlikte, taban seviyesinden çıkan bu emisyonların seyrelmeleri de zaman almaktadır. Ayrıca, trafikteki taşıt sayısındaki artış ve yaşlı ilerlemiş eski bakımsız ve azami şekilde yüklenmiş ağır araçların ve eski model belediye otobüslerinin trafikte bulunmaları, trafiğin neden olduğu kirliliği probleminin devam etmesine neden olmaktadır. Trabzon'a ait güzergâhlara göre günlük ortalama araç geçiş sayıları Tablo 3'te verilmiştir (URL-11, 2018).

Tablo 3. Güzergâhlara göre günlük ortalama araç geçiş sayıları

Güzergâh	2011	2012	2013
Of-İyidere Arası	10.239	10.870	11.717
Beşikdüzü-Eynesil Arası	8.318	9.004	8.672
Maçka-Torul Arası	3.337	3.488	3.795
Havalimanı üstü	31.490	38.843	39.611
Beşirli	37.275	40.366	41.116

Trabzon Kentinde taşımacılık türlerinin neredeyse bütün çeşitleri bulunmaktadır. Taşımacılık türlerinden karayolu taşımacılığı ağırlıklı taşımacılık türü olsa da ilde multi model taşımacılık yapılmaktadır. Trabzon Şehri, 236 km. mülki yol, 649 km. şehir yolu olmak üzere toplam 885 km. yol ağına sahiptir ve mülki yollarının % 85'i, Şehir yollarının ise % 82'si asfalt ile kaplanmıştır. Mülki ve şehir yollarının 345 km.si bitümlü sıcak karışım (BSK) şeklindedir ve kent sınırları içerisinde yaklaşık 180 km bölünmüş yol ile yaklaşık 6 km uzunluğunda toplam 8 adet tünel mevcuttur. Şehirde anayol olarak deniz kıyısına paralel Karadeniz Sahil Yolu, iç bölgelerdeki illere ulaşımı sağlayan Trabzon Gümüşhane, Araklı-Bayburt, Of-Çaykara-Bayburt, İyidere-İkizdere-İspir yolları bulunmaktadır. Ülke şartlarına bağlı olarak her geçen gün trafikteki taşıt sayısı ve trafik yoğunluğu artmaktadır (URL-11, 2018).

Son yıllarda birçok özel havayolu şirketinin de katılması ile birlikte bölgesel Havalimanı pozisyonunda hizmet vermekte olan Trabzon Uluslararası Havalimanına her gün bu şirketlere ve THY (Türk Hava Yolları)'na ait uçakların, yurtiçi ve yurtdışına aktarmalı ve direk uçuşları olmaktadır. Trabzon Havalimanına ait yük ve yolcu bilgileri ile uçak sayısı Tablo 4'te verilmiştir (URL-11, 2018).

Tablo 4. Trabzon Havalimanı uçuş bilgileri (2012-2014)

	2012	2013	2014
Tüm uçak Sayısı (Adet)	19.955	20.788	21.640
Tüm Yük (Ton)	24.718	34.325	35.270
Tüm Yolcu (Adet)	2.404.150	2.620.887	2.821.707

Trabzon'da denizyolu taşımacılığı için birçok liman bulunmaktadır. Bunların en büyüğü Trabzon Limanıdır. Ayrıca iskeleler ve bazı balıkçı barınakları denizyolu ile taşımacılıkta giriş ve çıkış yeri konumundadır. Trabzon Limanı dünya ticaretinin Doğu ile Batı arasında bağlantısını sağlayan koridorun dünyaya açılmakta olan en önemli kapıları arasındadır. Trabzon Limanına ait bazı yükleme boşaltma verileri Tablo 5'te verilmiştir (URL-11, 2018).

Tablo 5. Denizyolu ile yapılan yolcu ve yük trafiği (2012-2014)

	2012	2013	2014
Yük (Yükleme) (Ton)	619.741	719.894	510.016
Yük (Boşaltma) (Ton)	2.159.452	2.721.299	2.682.495
Yük (Toplam) (Ton)	2.779.193	3.441.193	3.192.511
Yolcu (Gelen)	8.434	13.541	14.880
Yolcu (Giden)	7.476	16.020	18.113
Yolcu (Toplam)	15.910	29.561	32.993

İlde; 1 adet liman, 2 adet iskele, 1 adet yat limanı, 2 adet tersane, 11 adet balıkçı barınağı, 3 adet balıkçı barınma yeri, 14 adet çekek yeri bulunmaktadır. Bahsedilen kıyı yapıları halen kullanılmakta olup bunlara ek olarak yapımı devam eden barınaklar bulunmaktadır (URL-11, 2018).

1.6.2.3. Isınma Kaynaklı Emisyonlar

İş yerlerinde ve evlerde ısınma amaçlı kullanılan kükürt ve karbon içeren yakıtların yanması itibarı ile oluşan hava kirliliğine ısınma kaynaklı kirlilik denilmektedir. Isınma kaynaklı birincil kirleticiler, kükürt dioksit (SO₂), partikül madde (PM) ve karbon monoksittir (CO). Trabzon'daki ısınma kaynaklı emisyonlar yıllar içinde büyük bir

değişiklik göstermiştir. Kentte 1994 kış sezonuna kadar ısınmada yıllık yaklaşık 1 milyon ton civarında yerli ocaklardan çıkarılan kömürler kullanılmıştır. Bu kömürlerin özellikleri yüksek kükürt ve nem içeren düşük kalorili olmasında dolayı, belirtilen yıllarda kükürt dioksit ve partikül madde kirliliğinin neden olduğu ciddi hava kirliliği vakaları meydana gelmiştir (Soysal ve Demiral, 2007).

Trabzon'da son yıllarda kış aylarında artan katı ve kalitesiz yakıt kullanımına bağlı olarak hava kirliliği oranlarında da büyük artış yaşanıyor. Aralık-Ocak aylarında binalarda kömür yakılmasında meydana gelen artış ve sobalarının kullanımına bağlı olarak hava kirliliği oranları en üst seviyelerine ulaşmaktadır. Özellikle sabah 06.00-11.00 ve akşam 15.00-20.00 saatleri arasında solunum yolları hastalıkları bulunan insanların nefes almaları dahi zorlaşmaktadır. Şehrin sahil kesiminin üzerini Şekil 16'da görüldüğü üzere gündüz saatlerinde bile akşam görüntüsü oluşturan duman tabakası dikkat çekiyor (Soysal ve Demiral, 2007).



Şekil 16. Trabzon'da ısınma kaynaklı hava kirliliği

1.7. Gemilerden Kaynaklanan Emisyonlar ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Deniz yakıtları yüksek sülfür içermektedir. Bu yakıtların limanda bulunan taşıtlarda kullanılması çevreyi ve canlıları olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle IMO bununla ilgili düzenlemeler oluşturmuştur. (Algantürk, 2008).

1985 yılından itibaren kademeli olarak artmaya başlayan deniz yakıtlarının kullanımı son 20 yılda 2 katına çıkmıştır. Bunun içindir ki, deniz taşımacılığı kaynaklı

emisyollar özellikle kıyı bölgelerde insan sağlığını ciddi derecede tehdit etmektedir (Algantürk, 2008).

Şekil 17’de gösterilen uzak yol gemileri yılda neredeyse belirtilen miktarlarda miktarda yayma yapmaktadır:

- Yaklaşık 1,4 milyon ton PM₁₀
- Yaklaşık 5 milyon ton SO_x
- Yaklaşık 6 milyon ton NO_x

Yapılan çalışmalar incelendiğinde şu sonuca varabilmekteyiz, toplam NO_x emisyonlarının % 15’i ve SO_x emisyonlarının yaklaşık % 7 s’i uzak yol gemileri kaynaklıdır (Algantürk, 2008).



Şekil 17. Uzak yol gemisi emisyon kirliliği

Son 40 yılda özellikle atmosferin ozon tabakasının da incelenmesi ve canlı sağlığının ciddi şekilde tehdit altında olması ile birlikte hava kirliliği, uluslararası alanda birçok ortamda gündeme getirilmiş ve hava kirliliğine sebep olan kaynaklar ve hava kirliliğinin önlenmesi için alınabilecek tedbirler uluslararası platformlarda çalışma konuları olarak tespit edilmiştir. Atılan adımların en önemlisi Uluslararası Denizcilik Örgütü’nün (IMO) öncülüğünde hazırlanan “Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi” nin eklerinden sonuncusu olan “Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine Dair Kuralları” içeren Ek VI’dır, Uluslararası Denizcilik Örgütü birçok alanda olduğu gibi, kirliliğinin önlenmesi ile ilgili konularda da çalışmalar yapan ve bir Birleşmiş Milletler organıdır. (Algantürk, 2008).

Limanların şehir merkezlerine ve insanların yaşadığı ve çalıştığı bölgelere yakın olmalarından dolayı liman kaynaklı emisyonların insan sağlığı üzerinde çok büyük etkisi vardır. Bu sebeple titizlikle üzerinde durulmasını ve gerekli önlemlerin alınmasını gerektiren bir konu haline almıştır. Bu gayeyle hazırlanan ve 2005 yılında yürürlüğe giren Ek VI, dünya denizcilik devletlerinin % 80'nden fazlası tarafından kabul edilmiştir. Türkiye açısından bakıldığında ise, bu sözleşme 3 Mayıs 1990 tarihinde Bakanlar Kurulu kararıyla onaylanmış ve 24 Haziran 1990 tarih ve 20558 sayılı Resmî Gazete 'de yayınlanmıştır (Algantürk, 2008).

MARPOL 73/78 Sözleşmesi'nde birçok düzenlemeye yer verilmektedir. Taraf olan ülkelerin yerine getirmekle yükümlü oldukları bu düzenlemeler; ülkelerin gemi yapımı, gemilerin sevk ve idaresi, denizlerin gemiler tarafından kirletilmesinin önlenmesine yönelik gerekli önlemlerinin alınmasına ilişkin düzenlemelere olarak belirlenmiştir. Birçok düzenlemeyi içeriyor olmasından dolayı MARPOL 73/78 Sözleşmesi 6 farklı türde kirleticiyi içeren eklerden oluşmaktadır. Bu ekler de bölüm ve kısımlara ayrılır. Bu bölüm ve kısımlarda, ilgili ekte yer alan tanımlar, kapsadığı gemiler, bu gemilerin ne tür düzenlemelere tabi olduğu, talep edilen ilgili sertifikaların düzenleniş şekli ile sörveylerin yapılış şekli yer almaktadır (Algantürk, 2008).

1997 Protokolü ile kabul edilen Marpol 73/78 Sözleşmesi'ni ve bunun 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe giren Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine Dair Kuralları İçeren ekinin hükümlerini ve yeniliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür: İlk olarak EK VI, 400 Groston ve üzeri uluslararası sefer yapan bütün gemilere, platformlara, sabit ve yüzer sondaj ünitelerine uygulanır. İkinci olarak, gemiler kaynaklı meydana gelen yanma sonucu çıkan nitrojen oksitleri ve sülfür oksitleri içeren emisyonların limitlerinin ayarlanması ile ilgili düzenlemeler ile atmosferde delici ve zarar verici nitelikte olan madde emisyonlarının havaya bırakılmasının azaltılması ve hatta yasaklanması yer almaktadır (Algantürk, 2008).

1.7.1. Azot Oksitler ile İlgili Düzenlemeler

Yanma gazlarının, canlılar ve çevre üzerinde birçok zararlı etkileri tespit edilmiştir. Bundan dolayı kara ve deniz araçlarında bulunan dizel motorlarından salınan emisyonlar aşamalı olarak sınırlandırılmaktadır (Öztürk ve Küçükgül, 2008).

Gemi kaynaklı emisyonların sınır değerlerini belirleyen MARPOL düzenlemesinde Tablo 6’da da belirtilen, Aşama I’de, 1 Ocak 2000 tarihinden sonra inşa edilen makine devir sayısı $n < 130$ d/d olan gemilerin emisyon limiti 17,0 g/kWh olarak belirlenmişken, bu değer Aşama II’de 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren 14,4 g/kWh’a çekilmiştir.

1 Ocak 2016 yılından sonra yürürlüğe giren III. Aşama’da ise sahile yakın belirli alanlarda çalışacak gemiler için NO_x emisyonlarının sınır değeri Aşama I düzenlemesinde öngörülen NO_x değerinin yaklaşık olarak %80 oranında azaltılmasını öngörmektedir. Belirlenen alanların dışında ise Aşama II düzenlemesi aynen devam edecektir. 2000 öncesi inşa edilen gemilerde ise Aşama I düzenlemeleri devreye girecektir. Bunlarla birlikte, 1 Ocak 2016 ve sonrası inşa gemiler için; Eğer ECA (Emission Control Area) bölgesi dışında ise Aşama II, ECA bölgesinde ise Aşama III düzenlemeleri uygulanacaktır. MARPOL Ek VI’da belirtilen NO_x emisyon değerleri Şekil 18’de detaylı olarak gösterilmiştir (Öztürk ve Küçükgül, 2008).

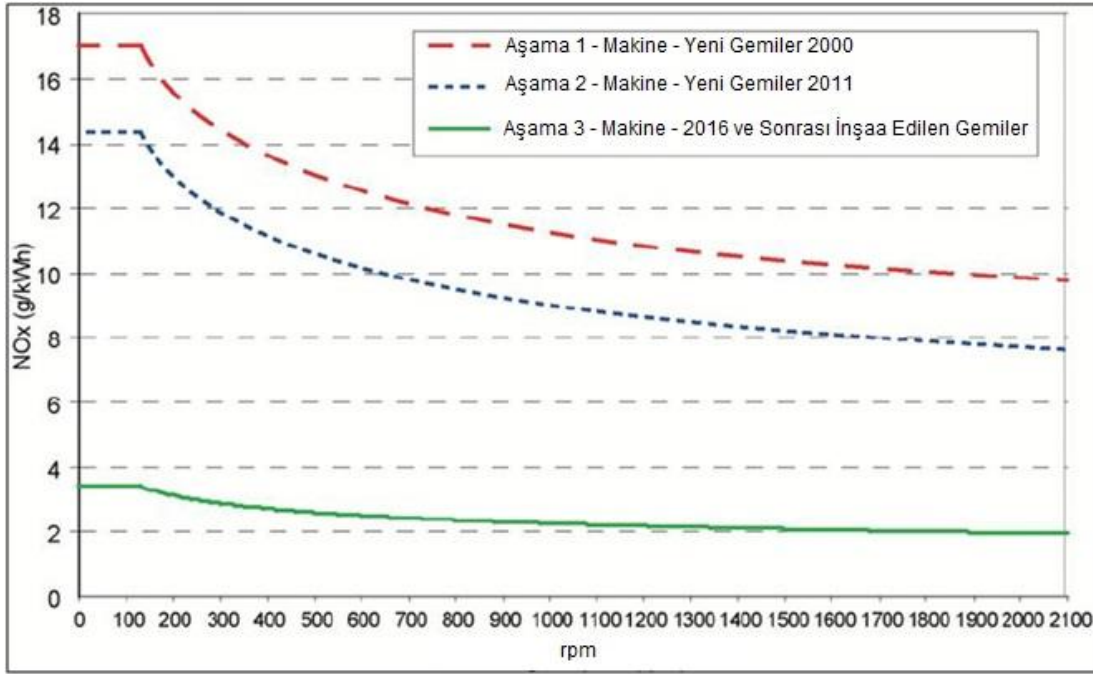
Tablo 6. NO_x emisyon sınırları (Öztürk ve Küçükgül, 2008).

Aşama	Gemi İnşa Tarihi	NO _x emisyon limitleri (g/kWh) n= makine devir sayısı(d/d)		
		n < 130 rpm	n =130- 1999 rpm	n >= 2000 rpm
I	1 Ocak 2000	17.0	45.0 n ^{-0.2}	9.8
II	1 Ocak 2011	14.4	44.0 n ^{-0.23}	7.7
III	1 Ocak 2016	3.4	9.0 n ^{-0.2}	2.0

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 Tablo 7’de gösterilmiştir. 1 Ocak 2013’ten itibaren Kuzey Amerika sahilleri ve Karayip Denizi kuzey kıyıları da ECA(Emission Control Area) –Emisyon Kontrol Alanı- (eski adı SECA-Sulfur Emission Control Area) bölgesine dâhil edilmiştir. En yakın tarihte iç deniz durumunda olan Akdeniz, Marmara ve Karadeniz’inde ECA bölgesine dâhil edilmesi beklenmektedir (İlkışık, 2005).

Tablo 7. MARPOL Ek VI emisyon kontrol alanları (İlkışık, 2012).

Özel Alanlar	Kabul Ediliş Tarihi	Yürürlüğe Giriş Tarihi	Geçerli Olduğu Tarih
Kuzey Amerika (SO _x , NO _x ve PM)	27 Mart 2010	1 Ağustos 2011	1 Ağustos 2012
Birleşik Devletler Karayip Denizi (SO _x , NO _x ve PM)	26 Temmuz 2011	1 Ocak 2013	1 Ocak 2014

Şekil 18. MARPOL Ek VI NO_x emisyon limitleri (İlkışık, 2012).

MARPOL Ek VI'da Talimat 13 gereğince 130 KW den yüksek güce sahip olan tüm gemilerin NO_x gazına ilişkin belirtilen yeterliliklere uygun olduğunu gösteren, kısaca "EIAPP" olarak adlandırılan, "Makine Uluslararası Hava Kirliliğini Önleme Sertifikasının" düzenlenmesi zorunluluğu getirilmektedir. Bu sertifika, gemide bulundurulması zorunlu belgelerden biridir. EIAPP sertifikası, makinenin gemiye monte edilmeden önce bir sörveye tabi tutularak sörveye sonucunda makinenin emisyon standartlarının uygunluğunu teyit etmek üzere bayrak devleti yetkili idari makamlar tarafından onaylanmak suretiyle hazırlanan bir belgedir. Bu belge, makinenin teslimi sırasında makine üreticileri tarafından temin edilir ve makinenin kullanımı süresince fiili

durumunun teknik dosyasına uygun bulunduğunu ve sörveylerinin tamamlandığına ilişkin bir karine oluşturur (İlkışık, 2012).

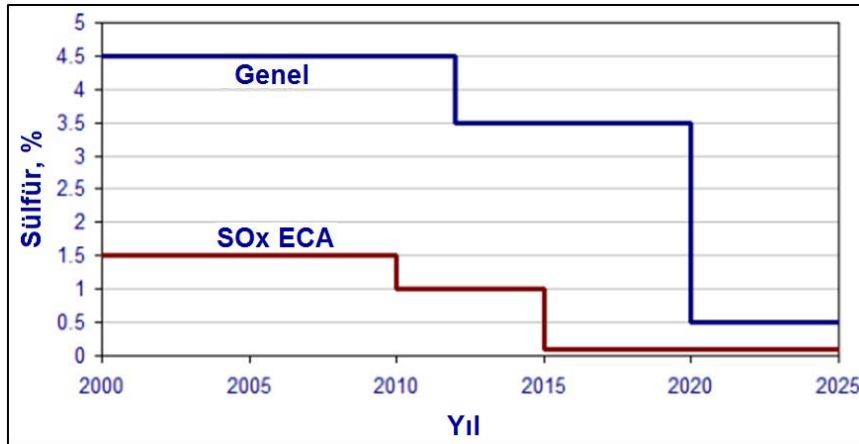
1.7.2. Kükürt Oksitler ile İlgili Düzenlemeler

Kükürtoksitler oksijenin yakıtta bulunan kükürtle tepkimeye girmesinden meydana gelir. 19 Mayıs 2005 tarihinden itibaren, denizcilik yakıtlarının kükürt içeriğine % 4,5 oranında bir sınırlama getirilmiştir (Kılıç, 2015).

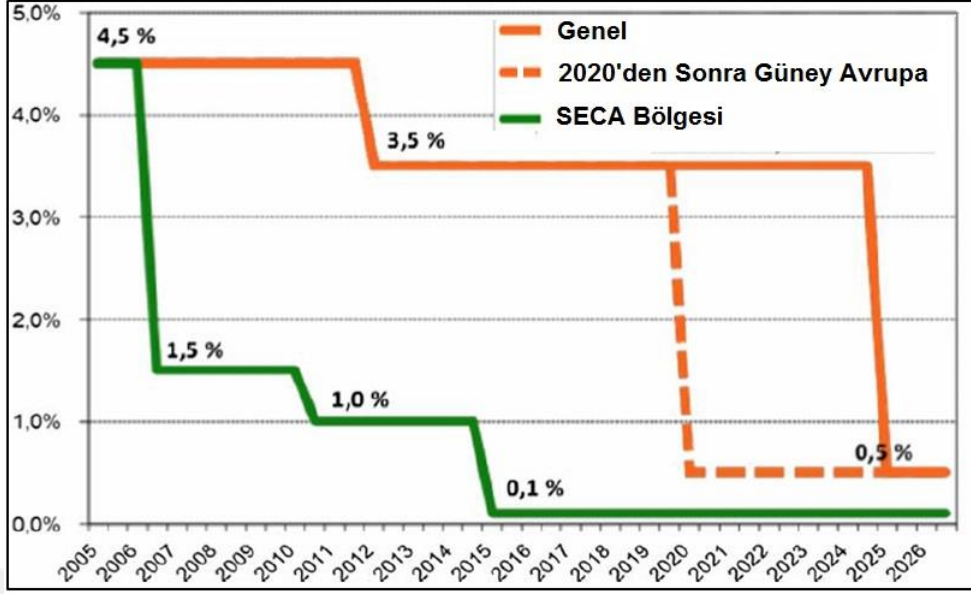
1 Ocak 2012 tarihinden itibaren ise, kükürt içeriği % 3,5 oranına düşürülmüştür. Bununla beraber birçok bölgede özel kükürt alanları belirlenmiştir. Gemilerin aldığı yakıtın faturasında kükürt içeriği belirtilmek zorundadır, ayrıca alınan yakıtın numuneleri gemi bünyesinde bir yıl saklanmalıdır (Kılıç, 2015).

Çevrenin korunmasına yönelik kurallar her geçen gün daha ciddi olarak uygulamaya konulmakta olup, 01 Ocak 2020 (en geç 2025) yılından itibaren izin verilen SO_x oranının % 0,5 'e düşürüleceği açıklanmıştır (Kılıç, 2015).

ECA 'da kurallar daha sıkı olmakla birlikte Şekil 19 ve Şekil 20'de gösterildiği üzere; 01 Temmuz 2010 'den itibaren %1,5'tan %1,0'a - 01 Ocak 2015'den itibaren %1,0'den %0,1'e Ayrıca; Avrupa limanlarında 01 Ocak 2010'dan itibaren yakıt sülfür oranı %0,1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 19. MARPOL Ek VI kükürt oksit limitleri (Kılıç, 2015).



Şekil 20. MARPOL Ek VI bölgelere göre kükürt oksit limitleri (Kılıç, 2015).






MARPOL Ek VI'da alternatif olarak gemilerin egzoz gazı temizleme sistemi veya benzer teknolojik özelliklere sahip sülfür oksit emisyonlarını kısıtlandırmaya imkân veren sistemler ile donatılması zorunludur ve tüm gemilerde ozona zararlı madde içeren yeni tesisatların donatılması yasaklanmaktadır (Kılıç, 2015).

1.8. Liman Operasyonlarından Kaynaklanan Hava Kirliliği

Limanelerin milyonlarca ton yükün taşınmasına hizmet veren alanlar oldukları ve yoğunlukları dikkate alınırsa, liman bölgesinin çevreye olan etkilerinin de mutlaka araştırılması gerektiği anlaşılır (Bailey vd., 2004). Limanların işlevsel yapısından kaynaklanan ve çevreye etkileri olan parçalarının bir kısmı şu şekildedir;

- Hizmet veren araç ve kamyonlar,
- Toplu taşıma ve raylı sistem araçları,
- Yükleme-boşaltma ekipmanları,
- Depolama alanları,
- Gemiler,
- Boyama ve tamirat ekipmanları,
- Gemi ve diğer araçlardan atıkların ve çöplerin alınması ve bunların transferi ile ilgili işlemler.

Yeryüzünde hava kirliliğine neden olabilecek ve canlı sağlığını olumsuz etkileyecek kaynakların neredeyse hepsi limanlarda yoğunlaşmıştır ve genellikle koyu renkli bir sis katmanı halinde bir tabaka oluşturur. En fazla dizel yakıtı yakan devasa büyüklükte gemiler ve bunlara hizmet veren römorkörler limanlarda hareket ederler. Liman sahasında kirletici özelliği yüksek olan ağır iş makineleri ile yükleme boşaltma yapılır. Ayrıca birçoğu çok eski olan ve yaydıkları emisyon miktarları sınır değerlerin üzerinde olan kamyon ve tırlarla bu kargolar taşınır. Bunların dışında enerji santralleri ve rafineriler gibi diğer kirleticiler liman sahasında etkili olur. Liman aktivitelerinden kaynaklanan kirlilik etrafta yaşayan canlılar kadar liman işçilerinin de sağlığını olumsuz etkiler ve bölgesel hava kirliliğinin belirgin oranda artmasına sebep olur. Bütün bu olumsuzlara sebep olan en temel hava kirleticileri nitrojen oksitler (NO_x), sülfür oksitler (SO_x), ozon (O₃) gibi gazlar ile partikül madde (PM), dizel egzozu ve uçucu organik bileşikler (VOC) den oluşur. Liman operasyonlarından kaynaklanan karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), formaldehit, ağır metaller, dioksinler ve hatta pestisitler gibi diğer kirleticiler de ciddi şekilde sorun oluşturur (Bailey vd., 2004).

Kirletici Parametre	 Otomobiller	 Tren	 Kargo Elleçleme Ekipmanı	 Tır ve Kamyonlar	 Gemiler
% NO _x Emisyonu	% 1	% 4	% 23	% 40	% 32
% PM ₁₀ Emisyonu	<% 1	% 2	% 24	% 31	% 43

Şekil 21. NO_x ve PM₁₀ emisyonlarının bir konteynır limanında ortalama dağılımı (Bailey vd., 2004).

Fabrikalar ve rafineriler en etkili hava kirletici kaynaklardır. Ancak, Şekil 21'e, baktığımızda limanlardan kaynaklanan kirliliğinin belirtilen kaynaklardan yayılan kirlilikten altta kalır yanının olmadığını göstermektedir. Fabrikalar ve rafinerilerden

kaynaklanan hava kirliliği için önlemler alınmaya başlanmış olmasına rağmen limanlardan kaynaklanan hava kirliliği için düzenli kontroller sağlanamadığından henüz net bir adım atılmadığı görülmektedir.

1.9. Trabzon Limanı

Trabzon'un moloz mevkiinde Rumlar tarafından yapılan Trabzon Limanı M.Ö. 117-119 yıllarında şimdiki limanın bulunduğu alana taşınmıştır. Kayaların oyulması sayesinde oluşturulan liman, Osmanlı İmparatorluğu döneminde kumandan Hasan Paşa tarafından yapılmaya başlanmış. Vali Mazhar Paşa tarafından tamamlanarak 1903 yılında hizmete alınan Trabzon Limanı bu tarihlerde Osmanlı İmparatorluğu'nun en önemli limanından biri konumundaydı. 1946 yılında yapımı başlanan yeni liman, 1954 yılında hizmete açıldı. Sonraki 30 yıllık süreç sonunda artan gemi trafiğine cevap veremeyen limanın yenilenmesi gündeme geldi. Limanda başlayan yenileme çalışmaları 1990 yılında tamamlanarak liman günümüzdeki konumuna getirildi (URL-12, 2018).

Tarihi İpek Yolu üzerinde bulunan ve denizle tarihin kesiştiği liman şehri olan Trabzon, yüzyıllar boyunca farklı toplulukların, dinlerin, dillerin ve kültürlerin bir arada yaşadığı bir merkez, Doğu'da İran'a, Kuzey'de Rusya ve Kafkasya'ya açılan bir ticaret kapısı olmuştur. Cenevizliler, Venedikliler ve birçok medeniyet gelip geçmiş bu limandan; çeşit çeşit kumaşlar, keten ve ipekli mallar satmışlar. Osmanlı İmparatorluğu devrinde ise Trabzon, limanı sayesinde İran'a, Irak'a, Hindistan'a, Rusya'ya ve Kafkasya'ya yapılan ticaretin odak noktasında bulunmuştur (URL-12, 2018).

Orta Asya'da birden fazla güzergâha ayrılan, Çin Halk Cumhuriyetinden başlayarak yıllar boyunca Doğu'daki zenginlikleri Batı'ya taşıyan kervanların geçtiği, iki kıtayı ve üç deniz havzasını birbirine bağlayan bir ticaret yolu olmanın ötesinde İpek Yolu, toplumlar arası kültür paylaşımını da sağlamış. Bu güzergâhın önemli duraklarından biri olarak Trabzon yolu kullanılmış, Doğu'nun zenginlikleri Trabzon Limanı yoluyla Batı'ya geçmiştir (URL-12, 2018).

Trabzon Limanı, Başbakanlık Özelleştirme İdaresi Başkanlığı Özelleştirme Yüksek Kurulu'nun 31.10.2003 tarih ve 2003/76 sayılı kararıyla 30 yıllığına Trabzon Liman İşletmeciliği A.Ş.'ne 20.11.2003 tarihli İşletme Hakkı Devir Sözleşmesi kapsamında 21.11.2003 tarihinde devredilmiştir (URL-12, 2018).

Trabzon liman bölgesi limanları; Bulancak İskelesi, Giresun Limanı, Fındıklı İskelesi, Hopa Limanı, Riport, Ünye Çimento Tesisi Limanı, Akçaabat İskelesi, Poaş Şamandıra Tesisleri, Trabzon Limanı, Ünye Limanı ve Ordu Limanı'dır (URL-12, 2018).

Şekil 22'de görülen Trabzon Limanı; doğuda, Narlık Burnu (enlemi $40^{\circ} 57' 30''$ kuzey, boylamı $40^{\circ} 02' 30''$ doğu) ile batıda, Işıklı Burnundan (enlemi $41^{\circ} 06' 36''$ kuzey, boylamı $39^{\circ} 25' 00''$ doğu) genel kuzey istikametine çizilen hatlar ve ona bitişik Türk karasuları ile sınırlanan deniz ve kıyı alanıdır (URL-12, 2018).



Şekil 22. Trabzon limanından bir görünüm (URL-13, 2018).

Trabzon Limanı her tür gemi yanaşabilecek ve yılda 2.000 adet gemiye hizmet verecek şekilde yapılmış olup kapasitesi 250.000 yolcu, 2.000.000 ton dökme kuru yük, 1.830.000 ton genel kargo, 175 000 TEU konteyner ile 10.000 araçtır. Trabzon Limanı yıllık 2.500.000 ton yükün depolanabilmesine imkân veren açık alana ve yıllık 500.000 ton yükün depolandığı kapalı depolara sahiptir. Limanda 306.000 m^2 gümrüklü alan mevcuttur (DTO 2015).

Limandaki iskele ve rıhtımlara yanaşacak, şamandıralara bağlanacak veya buralardan ayrılacak 1.000 gros tonilato ve daha büyük Türk ticaret gemileri ile 150 gros tonilato üzerindeki yabancı bayraklı gemiler, kılavuz kaptan almak zorundadırlar. 1.000 ton tam yük deplasman ve daha büyük askeri gemiler, limana giriş-çıkışlarında ve buralardaki iskele ve rıhtımlara yanaşıp-kalkmalarında kılavuz kaptan almak zorundadırlar (DTO 2015).

Trabzon Limanı'nda 9 adet rıhtım bulunmaktadır. Toplam 2.145 metre rıhtım uzunluğu olan Trabzon Limanı'nın ortalama derinliği 2,5 metre ile 10 metre arasında değişmektedir. Bu rıhtımların uzunluk, derinlik ve gemi yanaşma kapasitelerine ilişkin bilgiler Tablo 8'de verilmiştir (DTO 2015).

Tablo 8. Trabzon limanına ait rıhtım bilgileri (URL-12, 2018).

Rıhtım/İskele Numarası	Uzunluğu (m)	Derinliği (m)	Gemi Kabul Kapasitesi (Adet)
1 Nolu Rıhtım	30	9	1.80 – 1.90
2 Nolu Rıhtım	400	10	1.80 – 1.90
3 Nolu Rıhtım	580	10	1.80 – 1.90
RO RO Rıhtımı	25	10	1,25
4 Nolu Rıhtım	290	12	1.80 – 1.90
5 Nolu Rıhtım	200	2-5	1
6 Nolu Rıhtım	120	2-3	1
7 Nolu Rıhtım	300	6	1.50 – 1.60
8 Nolu Rıhtım	200	6	1.50 - 1.60

Trabzon Limanında günün her saati kılavuzluk ve römorkaj hizmetleri verilmektedir. Trabzon liman yönetmeliğine göre, rıhtımlara yanaşacak veya ayrılacak; 1000 groston ve daha büyük Türk ticaret gemileri ile 500 Groston üzerindeki yabancı bayraklı gemilere kılavuzluk hizmeti verilmektedir. 2000 - 5000 GT arasındaki gemilere 1 römorkör, 5001 - 15000 GT arasındaki gemilere 2 römorkör, 15000 GT ve daha üstü gemilere ise 2-3 römorkör ile hizmet verilmektedir.

1.10. Literatür Özeti ve Çalışmanın Amacı

Emisyon ölçüm çalışmaları gemi kaynaklı emisyonlar hakkında yapılan çalışmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Önceki çalışmalar gemi kaynaklı emisyonların daha çok motorun yanması sırasında oluşan sera gazı, azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x), karbon monoksit (CO), partiküler madde (PM) ve hidrokarbon (HC) kaynaklı olduğunu göstermektedir (Song 2014; Song ve Shon 2014). Liman içerisindeki gemi emisyonlarının ise küresel gemi emisyonları içerisinde küçük bir paya sahip olduğu saptanmıştır (Dalsoren vd. 2009). Ancak yoğun nakliye faaliyetlerinin gerçekleştiği Avrupa, Asya ve Kuzey

Amerika limanlarında kıyı yapılarına ve çevreye çok ciddi etkisinin olduğu gözükmektedir (Matsukura vd. 2010).

Kılıç (2009) çalışmasında Marmara Denizi'nde ticaret gemilerinin meydana getirdiği yıllık egzoz emisyonlarının miktarları gemilere verilen yakıtların satış istatistiklerine dayanan Top-down yöntemi ile gemilerin hareketlerini temel alan bottom-up yöntemlerine göre yapmıştır. Bu yöntemlerde yakılan yakıt miktarlarını literatürde kabul görmüş emisyon faktörlerini kullanarak emisyon tahminleri yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, Marmara Denizi'nde ticaret gemilerinin meydana getirdiği yıllık egzoz emisyonlarının miktarları 605 bin ton NO_x, 495 bin ton SO₂, 29.63 milyon ton CO₂, 25.6 bin ton HC ve 53.3 bin ton PM olarak bulunmuş, gemilerin tükettiği yakıt miktarı da 9.33 milyon ton olarak tahmin edilmiştir.

Saraçoğlu (2010) yapmış olduğu çalışmada İzmir Liman'ına gelen gemilerin egzoz gazı emisyonlarının miktarının tahmini için gemi aktivitelerine göre hesaplama yöntemini kullanmıştır. İzmir Limanı'na gelen gemilerden yayılan toplam egzoz gazı emisyonlarını bulmak için gemilere ait işletme modları olan rıhtımda, manevrada ve seyirde yaymış oldukları egzoz gazı miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplama yöntemini gerçekleştirebilmek için ise gelen gemi tipleri, her işletme modunda geçen süreleri, her geminin ana ve yardımcı makineleri güçlerini, yük faktörlerini ve emisyon faktörlerini tek tek belirlenmiştir. Belirtilen çalışmada manevrada ve rıhtımda oluşan emisyonları hesaplamamak için de denklemlerden yararlanmıştır. Bu çalışmanın birebir aynısını Uçar (2014) Samsun Limanı'na uygulamıştır.

Kabataş (2011) diğerlerinden farklı olarak yapmış olduğu çalışmada, 1 km çözünürlüğü olan MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) verilerini kullanarak gemi kaynaklı kirliliklerin sabah (Terra) geçişinden öğleden sonra (Aqua) geçişine kadar olan zaman dilimi içindeki değişimini izlemiştir. Çalışmanın sonucunda Terra MODIS ve Aqua MODIS'in birbirleriyle uyum içinde olduğu ve her ikisinin de artan eğilim içinde oldukları gözlemlenmiştir.

Ülkemizde yapılan bir diğer çalışmada ise İlek ve Elbir (2012), İzmir'de denizyolu ile gerçekleştirilen toplu taşımacılığın hava kalitesine olan katkısını bir hava kalitesi dağılım modeli ile belirlenmek için bir dağılım modeli olan EPA-ISCST3 modelini kullanılmıştır. EPA-ISCST3 modeli, çok sayıda ve farklı türde kirletici kaynaktan atmosfere bırakılan kirletici gaz ve tozların, farklı mesafelerdeki yer seviyesi

konsantrasyonlarını ve çökelme miktarlarını hesaplayabilen Gauss tipi bir matematiksel modeldir.

Brioude vd. (2012) Houston, Texas'ta önce 4 km² sonra 10 km²'lik alanlarda emisyon ölçüm çalışmaları yapmışlardır. Gemi kaynaklı CO₂ ve Vulcan emisyon miktarlarını hesaplayıp karşılaştırmalarını yaparak hangisinin hava kirliliğinde daha etkili olduğunu saptamaya çalışmışlardır. Bu çalışma CO₂ ve Vulcan gazlarının karşılaştırıldığı ilk çalışma olarak göze çarpmaktadır.

Diesch vd. (2013) çalışmalarında, diğer çalışmalardan farklı olarak birçok ticari ve özel geminin uğrayıp ayrıldığı Almanya'nın Hamburg limanına yakın olan alt Elbe Kıyısına aerosol ölçümler yapmak için gezici bir laboratuvar kurmuşlardır. Bu laboratuvar gazların ve meteorolojik miktarlarının ölçüldüğü bir emisyon kontrol noktası (ECA) olarak kullanılmıştır. 25-29 Nisan 2011 tarihleri arasında toplam 178 gemi içerisinde 139 geminin emisyon miktarlarının, emisyon faktörlerini belirlemek için daha detaylı analiz edilebilecek yeterli kalitede olduğunu tespit etmişlerdir.

Kılıç (2014) Marmara bölgesinde, Song (2014) ise Shanghai'nın Yangshan limanında Automatic Information System (AIS) verilerinden yararlanarak gemi kaynaklı emisyon hesaplamalarını yapmışlardır. Song (2014) çalışmasında Yangshan Limanına 2009 yılı içerisinde gelen 6518 gemi için emisyon hesaplamasını yaparken Kılıç (2014) ise ondan farklı olarak AIS verileri çalışma bölgesi sınırlarına göre filtrelendikten sonra her bir veri kaydı için emisyon miktarları hesaplamıştır.

Özcumalı (2015) yapmış olduğu yüksek lisan tezi çalışmasında biyodizelin bir gemi dizel motorunun egzoz emisyon karakteristiklerine olan etkisini deneysel olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda yakıt türünün gemi egzoz emisyonları üzerinde çok büyük etkisi olduğunu tespit etmiştir.

Kılıç (2015) yapmış olduğu uzmanlık tezi çalışmasında kara ve deniz konteyner taşımacılığı, egzoz gazı emisyonları açısından karşılaştırılmıştır. Tayin edilen rotalarda aynı miktarda yükün bir kamyon ve konteyner gemisi aracılığıyla taşınmasında oluşan emisyon miktarları hesaplanmış ve birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada karayolu ve denizyolu taşımacılığı karşılaştırıldığında, gemi dizel motorlarında yüksek kükürt içeren yakıt kullanıldığı için SO₂ emisyonları karayolu taşımacılığına göre daha yüksekken, birim konteyner başına düşen güç karayolu taşımacılığında daha yüksek olduğundan, NO_x ve CO emisyonları açısından da denizyolu taşımacılığı daha avantajlıdır sonucuna ulaşmıştır.

Gülmez vd. (2016) III. Ulusal Deniz Turizmi Sempozyumu'nda sunmuş oldukları çalışmada, Kuşadası Liman bölgesi için yolcu gemilerin karbon salımı tahminlerini yapmışlardır. Bu çalışmada Kuşadası yolcu limanını kullanan gemilerin yavaş ve kalkış manevra süreleri ile limanda kalma sürelerinde oluşan karbon salımı araştırılmış ve toplam salım miktarı tahmin edilmiştir.

Chen vd. (2016) yapmış oldukları çalışmada, Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) verilerini kullanarak gemilerin ayrıntılı bir egzoz emisyon envanterini, dünyanın en büyük 10 konteyner limanından biri ve Kuzey Çin'in en büyük limanı olan Tianjin Limanı için geliştirdiler. 2014 yılında gemi emisyonlarının sırasıyla $2,93 \times 10^4$, $4,13 \times 10^4$, $4,03 \times 10^3$, $3,72 \times 10^3$, $1,72 \times 10^3$ ve $3,57 \times 10^3$ ton SO_2 , NO_x , PM_{10} , $PM_{2.5}$, VOC ve CO olduğu belirlenmiştir. Tianjin'deki gemi dışı antropojenik toplamın ise sırasıyla % 11.07, % 9.40, % 2.43, % 3.10, % 0.43 ve % 0.16 olduğunu belirtmişlerdir. Toplam CO_2 emisyonlarının yaklaşık 1.97×10^6 ton olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Konteyner gemileri ve kuru dökme yük gemilerinin, toplam gemi emisyonları NO_x , SO_2 ve PM_{10} 'un yaklaşık % 70'ini oluşturduğu saptanmıştır.

Qin vd. (2017), çalışmalarında Çin'in Shanghai kentinde ECA bölgeleri sayesinde gemi emisyonlarının nasıl bir değişim göstereceğini tahminlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda 2020 yılı için, Şangay limanında SO_2 emisyonlarında en az 103.998.17 tonluk bir düşüş sağlanabileceğini ve CO_2 emisyonlarının 827.733.64 ton azalabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca sonuçlar, bir shoreside güç kaynağı sisteminin benimsenmesinin, tüm hava kirlenici emisyon envanterlerinin dikkate değer ölçüde azalmasına yol açabileceğini öne sürmüşlerdir.

Karl vd. (2017), çalışmalarında Baltık Denizi çevresindeki Mevcut ve gelecekteki hava kalitesi durumunu simüle etmek için Topluluğun Çok Boyutlu Hava Kalitesi (CMAQ) modeli kullanmışlardır. Bu tahminleme yöntemi ile bölgedeki NO_x salınım miktarlarının gelecek yıllardaki değişimini hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda NO_x emisyonlarının, yaz aylarında toplam konsantrasyonlarını % 40-70'inden sorumlu olduğunu tespit etmişlerdir. Oksitlenmiş ve indirgenmiş azot bileşimlerinin toplamı olarak taşınan emisyonların aylık toplam azot birikimine nispi katkısı, Baltık Düzeninin kuzey kesiminde % 60'a varan, diğer kısımlar için ortalama % 10'luk bir oranla, yaz aylarında en yüksek seviyede olduğu saptanmıştır.

Murena vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada, yolcu gemisi trafiğinin yaydığı atmosferik kirlenicilerin miktarını ve bunun Napoli'deki atmosfer kirliliği üzerindeki

etkisini değerlendirmek için tahmin yöntemi geliştirilmiştir. Uygulanan gerçek motor gücü ve yakıt tüketimini daha iyi değerlendirmek için gerçek verilerle düzeltilen ve bütünleştirilen standart prosedürler kullanılarak NO_x ve SO_x emisyon oranlarını hesaplamak için yolcu gemilerinin liman içi faaliyetlerinin ayrıntılı bir açıklamasını yapmışlardır. Çalışma 2016 yılı boyunca limana gelen gemileri kapsamaktadır. Yolcu gemisi emisyonlarının kentsel alan üzerindeki etkisini Gaussian puf modeli CALPUFF'u kullanarak değerlendirmişlerdir.

Dragović vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada Dubrovnik (Hırvatistan) ve Kotor (Karadaę) arasında Adriyatik Denizi'nin doğu kıyısı boyunca sefer yapan yolcu gemilerinin yaymış oldukları gemi emisyonlarını tahminlemişlerdir. Çalışmada bu iki liman arasında 2012-2014 yılları arasında sefer yapan gemilerin verilerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, yolcu gemisi trafiğinin son yıllarda her iki limanda da sürekli olarak artan hava kirliliği yarattığını elde etmişlerdir. Bununla birlikte, daha önemlisi, gemi işletme karakteristiklerinin, belirli bir kaliteye sahip deniz yakıtı kullanılmasının ve diğer faktörlerin (örneğin, rıhtım mevcudiyeti, rıhtım erişilebilirliği vb.) gemi emisyon salınımını etkileyebileceğini tespit etmişlerdir.

Başhan vd. (2018), çalışmalarında bir dökme yük gemisi olan M/V İnce İnebolu gemisine ait kreynlerin ekonomik analizlerini yapmışlardır. Analizlerini ECA (Emisyon Kontrol Bölgelerini) göz önüne alınarak farklı yakıtlar için tekrarlanmışlardır. Bu analizler sonucunda kreyn çalıştırılmasının dizel jeneratörden çektiği gücü hesaplayarak, harcanan yakıt miktarı tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, kreyn için harcanan bu yakıtın ne kadar NO_x, SO₂, CO₂, PM ve HC emisyonu oluşturduğu hesaplamışlardır. Belirli jeneratör yükünde vinç çalıştırılması sebebiyle, bir yıl içerisinde, tespit edilen gemiyle benzer özellikte 10 gemisi olan bir şirketin taşımacılık faaliyetleri sonucunda yaklaşık 32 ton SO₂, 40 ton NO_x, 2000 ton CO₂, 3 ton PM ve 4,3 ton HC emisyonları salınmakta olduğunu tespit etmişlerdir.

Günümüzde hava kirleticilerin atmosferdeki miktarlarının belirli bir sınırı geçmesi ile doğal yaşam bozulmaya başlamıştır. Bunun en büyük nedenlerinden biri ise egzoz gazı emisyonlarıdır. Hava kirliliğinin temel kaynağı olan gaz emisyonlarının en etkili kısmının ise ısınma, taşıt, liman ve sanayi kaynaklı emisyonlar oluşturmaktadır. Bu kanaldan yola çıkarak titizlikle yapılan literatür araştırması sonucunda daha önce çalışılmamış olan Trabzon limanında gemi hareketleri ve liman operasyonları kaynaklı emisyonların ölçülüp haritalanması ve bu emisyonların ABD-EPA tarafından yayınlanan en son AERMOD

dispersiyon modeli (versiyon 12345) kullanılarak akış eğilimlerinin belirlenip çevreye dağılımının araştırılması amaçlanmaktadır. Çalışmanın temel hedefleri aşağıda yer almaktadır:

- ✓ Trabzon Limanına gelen ve kalkış yapan gemilerin limana giriş manevrası ile limandan kalkış maverası esnasında ve limanda bekleyip yükleme-boşaltma yaptıkları zaman diliminde egzoz emisyonlarını ölçmek.
- ✓ Liman çalışma sahası içerisinde inceleme yapılarak operasyonlarda kullanılan makine ve teçhizat ile deniz ve hizmet vasıtalarının emisyon ölçüm cihazıyla ölçüm yapılacak bölümlerini tespit etmek.
- ✓ Emisyon ölçüm cihazıyla ölçüm yapılacak bölümleri belirlenen makine ve teçhizat ile deniz ve hizmet vasıtalarının tek tek emisyon ölçümlerini yapıp, çalışma sürelerine göre hesaplayıp çalıştıkları güzergâhları belirlemek.
- ✓ Bu limanda yapılan bütün emisyon ölçümlerini birleştirip liman için genel bir emisyon haritası oluşturmak.
- ✓ Emisyonların modellenmesi ile birlikte akış yönlerini belirlemek.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında birçok bölgede gemi emisyonları ile ilgili çalışmaya rastlanmış olsa da bu kadar geniş kapsamlı olan ve direk olarak gemi üzerinden ölçüm yapılarak emisyon miktarlarının belirlendiği çalışmalara rastlanmamıştır. Ülkemizde ise sadece gemi kaynaklı emisyonların hesaplanması ile ilgili çalışmalar yapıldığı gözlenmekte ise de; bu çalışmalarda egzoz emisyon ölçümlerinin bacalardan direkt olarak ölçülerek değil de yakıt türüne ve ana makine boyutuna göre denklem kullanılarak hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın konuyla ilgili diğer çalışmalardan en büyük farkı gemi üzerinde ölçüm yapılarak sonuç verilecek olmasıdır. Ayrıca liman operasyonları kaynaklı emisyonların ölçülmesi ve haritalanması ile ilgili hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte, bu emisyonların modellenmesiyle dağılımlarının belirlenip çevreye etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın tamamlanması ile birlikte belirtilen limanın bulunduğu kentin yaşam kalitesine etkileri belirlenmiş olacaktır. Çevreye negatif etkisi olduğu tespit edilen limanın, bu etkilerinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması sağlanabilecektir. Çalışmanın tamamlanması ile birlikte üç tarafı denizlerle çevrili olan ve birçok liman kentine sahip ülkemizde modelin diğer limanlarımızı da uygulanması sağlanabilecektir.

Yapılan çalışmanın özgün değeri, Trabzon limanında daha önce emisyon ölçümü ile ilgili herhangi bir çalışmanın yapılmamış olmasıdır. İzmir, Samsun gibi illerimizin

limanlarına gelen gemiler ile Marmara Denizinde ticaret yapan gemiler için hesaplama yöntemleri kullanılarak emisyon miktarı tespiti yapılmış olsa da Trabzon limana gelen gemiler için denklem kullanılarak hesaplama yönelik dahi henüz bir çalışma yapılmamıştır. Bu doğrultuda çalışmamız, literatürde bulunan çalışmalar göz önüne alındığında literatüre aşağıdaki katkıları sağlamayı hedeflemektedir:

- Bu çalışma ile birlikte ilk kez gemi hareketlerine bağlı emisyon miktarları gemi üzerinden direk ölçümlerle belirlenecek ve böylece diğer limanlarda bu işlemin yapılabilirliği ispatlanacaktır. Ayrıca literatür taraması kısmında hesaplama yöntemiyle emisyon miktarı belirlenen Samsun ve İzmir limanına uygulanması ile birlikte, daha önce hesaplanan miktarların gerçek miktarlar ile karşılaştırılması yapılabilecektir.
- Önceki çalışmalarda rastlanmamış olan liman operasyon sahasının emisyon ölçümleri ilk kez hesaplanacaktır. Bu sayede gemi hareketlerinin neden olduğu emisyonlar ile limanda operasyondan kaynaklı emisyonlar karşılaştırılabilecektir. Ayrıca bu iki ölçüm birleştirilerek ilk kez gerçeğe yakın verilerle liman emisyon haritası ortaya koyulacaktır.
- Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığının istasyonlarıyla bölgeden toplanan sonuçlar karşılaştırılarak limanın bölge üzerindeki etkisi belirlenebilir. Özellikle Trabzon ili gibi liman sahasını şehir merkezinde barındıran iller için yapılacak çalışmalara ön ayak olmuş olacaktır.

1986 yılındaki Çernobil nükleer reaktöründeki patlamadan en üst seviyede etkilenmiş olan, İnsan sağlığının bu denli risk altında olduğu bu ilimizde, çıkarılan emisyon haritaları kullanılarak uygulanacak modelleme ile birlikte gazların akış eğilimleri belirlenecek ve çevreye etkisi araştırılacaktır. Literatürde bu kadar kapsamlı bir ölçümle elde edilen sonuçlar kullanılarak gazların akış eğilimlerinin belirlenmesine rastlanmamıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Ölçüm Cihazı

Tez çalışmasında yapılan bütün emisyon ölçümleri testo firmasının üretmiş olduğu motorlar için baca gazı analizörü ile birlikte yapılmıştır. Bu cihaz Marpol Ek VI ve NO_x Teknik Kod 2008 standartlarına göre egzoz gazı emisyonu için dünyadaki ilk portatif egzoz gazı ölçüm cihazıdır. Cihazın onaylanan sertifikaları şunlardır:

- Germanischer Lloyd (DNV GL) tip sertifika no. 37811 – 12 HH
- Nippon Kaiji Kyokai (Class NK) no. 14DD001B

Önceki yıllarda, gemicilik sektöründe sadece taşınması zor emisyon ölçüm cihazları kullanılmaktaydı. Testo, ürettiği bu portatif ve uluslararası standartlara (IMO ve MARPOL) uygun emisyon ölçüm cihazı ile bir yenilik meydan getirdi. Sonrasında laboratuvarlar ve üniversiteler, özellikle deniz motoru üreticileri güvenilir ve hızlı emisyon kontrolleri yapabilmek için bu cihazı tercih ettiler. Bu ölçüm cihazı; O₂, CO, CO₂, NO_x ve SO₂ egzoz gazı emisyonlarının ölçümünde kullanılabilen bir cihazdır. Egzoz gazı ölçüm cihazı, resmi NO_x izleme ölçümleri için de kullanılır. Ayrıca Şekil 23'te gösterilen cihaz, Norveç gibi ülkelerde uygulanan NO_x gazı vergileri için NO_x miktarı azaltılmasını sağlamak için de kullanılabilir (URL-14, 2018).



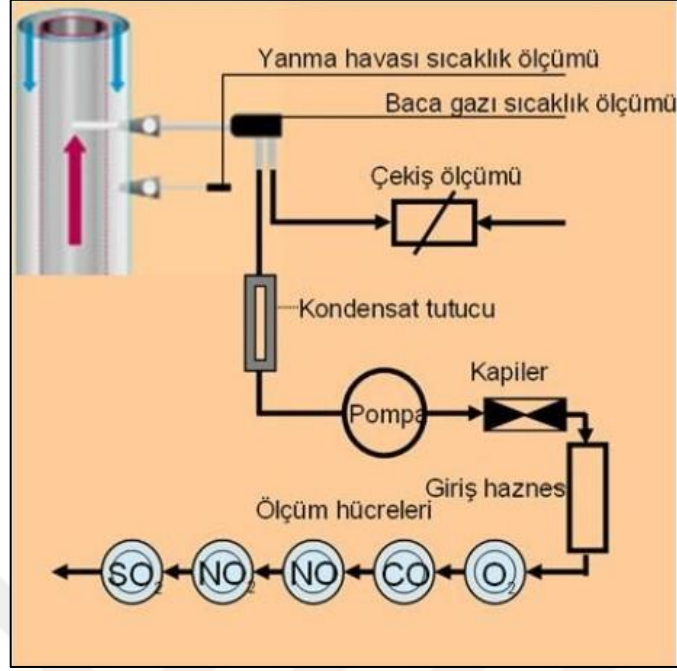
Şekil 23. Testo 350 MARITIME-Dizel motorlar için baca gazı analizörü

Cihaz bir bağlama elemanı vasıtasıyla yerleştirilen özel bir örnekleme sondası ile gerçekleştirilir. Cihazdaki gaz sensörleri, O₂, CO, NO_x (NO + NO₂ ayrı olarak) ve SO₂, gazlarının yüksek hassasiyetli ve uzun süreli ölçümlerini sağlar. CO₂ gazı onaylı ölçüm prensibini kullanarak kayıt edilir. Denizdeki zor koşullara karşı cihazın Şekil 24'te görüldüğü üzere dayanıklı bir koruma çantası vardır.



Şekil 24. Emisyon cihazı koruma çantası

Emisyon ölçüm cihazının içyapısı Şekil 25'te gösterildiği gibidir. Nemin ölçümü etkilememesi için kondensat tutucu kullanılmaktadır. Cihaz içerisinde bulunan pompa, sonda üzerinden gelen gaz örneğinin ölçüm için sensörlere ulaştırılmasında kullanılır. 2 saat ve üzeri süreli ölçümlerde ve baca gazında yoğun miktarda nem olduğunda, ayrıca CO₂-IR modülü ile CO₂ ölçümü yapıldığında ve endüstriyel tesislerdeki emisyon değerlerinin regülasyonlara uygunluğunun ölçülmesinde gaz hazırlama ünitesi gereklidir. Bu ünite, özellikle NO₂ ve SO₂ gazlarının ölçümleri yapıldığında, yüksek ölçüm hassasiyeti sağlar ve nemden ve baca gazı sıcaklığından bağımsız her zaman eşit bir referans sunar (URL-14, 2018).



Şekil 25. Emisyon cihazı içyapısı

Cihazlar üzerindeki ana sensörler, CO ve O₂ sensörleri olsa bile, ihtiyaca göre Şekil 26'da gösterildiği gibi NO_x, NO_{low} ve SO₂ gibi sensörler de eklenebilir. Hatta, H₂ hassasiyetli CO sensörü gibi belirli amaçlara yönelik sensörler eklenebilirler.

Sensörler üzerinde bulunan filtreler, gazların birbiriyle temasının önüne geçerler. Örneğin CO₂ sensörü üzerindeki NO₂ filtresi, sensörün NO₂ gazı ile etkileşmesini engeller. Aksi takdirde, ortamda sadece NO₂ gazı olduğunda bile sensör ekrana CO₂ değerleri verir (URL-14, 2018).



Şekil 26. Emisyon cihazı sensörleri

Testo emisyon ölçüm cihazının birçok avantajı vardır, bu avantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Açıldıktan hemen sonra 30 saniye içerisinde direk çalışmaya hazır olması,
- Önceden kalibre edilmiş sensörleri ile diğer sensörlerini kolay ve hızlı değiştirme imkanı sağlaması,
- Yüksek kullanılabilirlik sağlaması,
- Maliyetinin düşük olması,
- Kolay taşınabilir olması,
- Koruma kılıfı içerisinde çıkarıp kullanabilme imkânı sağlaması,

Yüksek seviyede etkili ve güvenilir ölçümler alınmasını sağlayan testo emisyon ölçüm cihazı ayrıca şunları içerir:

- O₂, CO, CO₂ (IR), NO ve NO₂, gaz hazırlama, bütünleşmiş batarya ve ölçüm veri hafızası,
- kontrol ünitesi,
- 2 metre uzunluğunda bağlantı hattı,
- Endüstriyel motorlar için egzoz gazı probu, koni ve ısı kalkanı, 1000°C sıcaklıkta NO₂/SO₂ ölçümleri için özel hortum, arttırılabilir bağlantı hattı ve ek sıcaklık koruması ile gazların çıktığı bacaların sıcaklığı ölçümü için termokupıl (NiCr-Ni, uzunluk 400 mm, Tmax 1000°C),
- Gaz örnekleme sondası için montaj elemanı,
- Sağlam ve tekerlekli taşıma çantası,
- Bağlantı için pil kenetli kablo (URL-14, 2018).

2.2. Gemi Verilerinin Elde Edilmesi

Tez çalışması kapsamında Trabzon Limanı'na gelen ve limandan kalkış yapan bütün gemilerde emisyon ölçüm işlemi gerçekleştirildiği için, ölçüm yapmak üzere bordasına çıkılan her geminin bilgileri kayıt altına alınmıştır. Bu bilgiler şunları içermektedir; ordino numarası, gemi adı, imo numarası, bayrağı, gemi cinsi, gros tonu, net tonu, ölü ağırlığı (deadweight), boyu, eni, makine gücü, yanaşma tarihi, kalkış tarihi, yanaşma süresi, kalkış süresi ve yanaşma-kalkış işlemi sırasında hangi römorkörlerin eşlik ettiği. Yukarda

belirtilen bu bilgilerden ordino numarası, gemi adı ve imo numarası bilgileri, armatör firmaların yayınlanmasına izin vermedikleri için çalışmada kullanılamamıştır. Tez kapsamında yer alan gemilerin isimleri yerine her birine bir kod verilmiş ve bu şekilde kullanılmıştır.

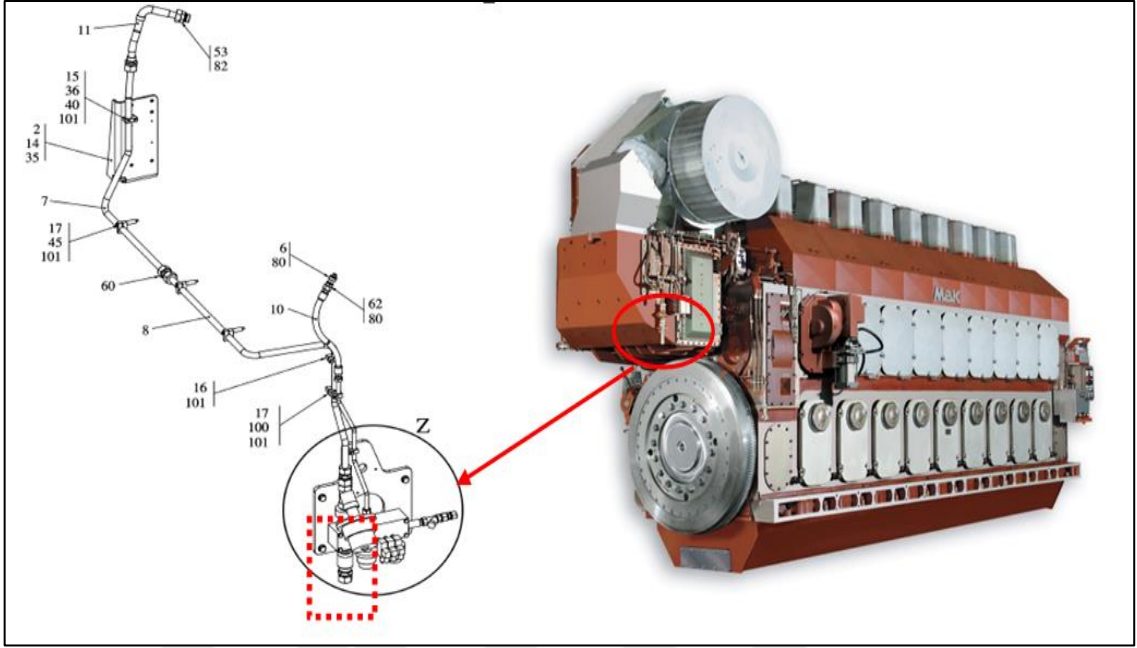
2.3. Gemilerde Yapılan Ölçümler

2.3.1. Gemilerin Ana Makinelerinde Gerçekleştirilen Ölçümler

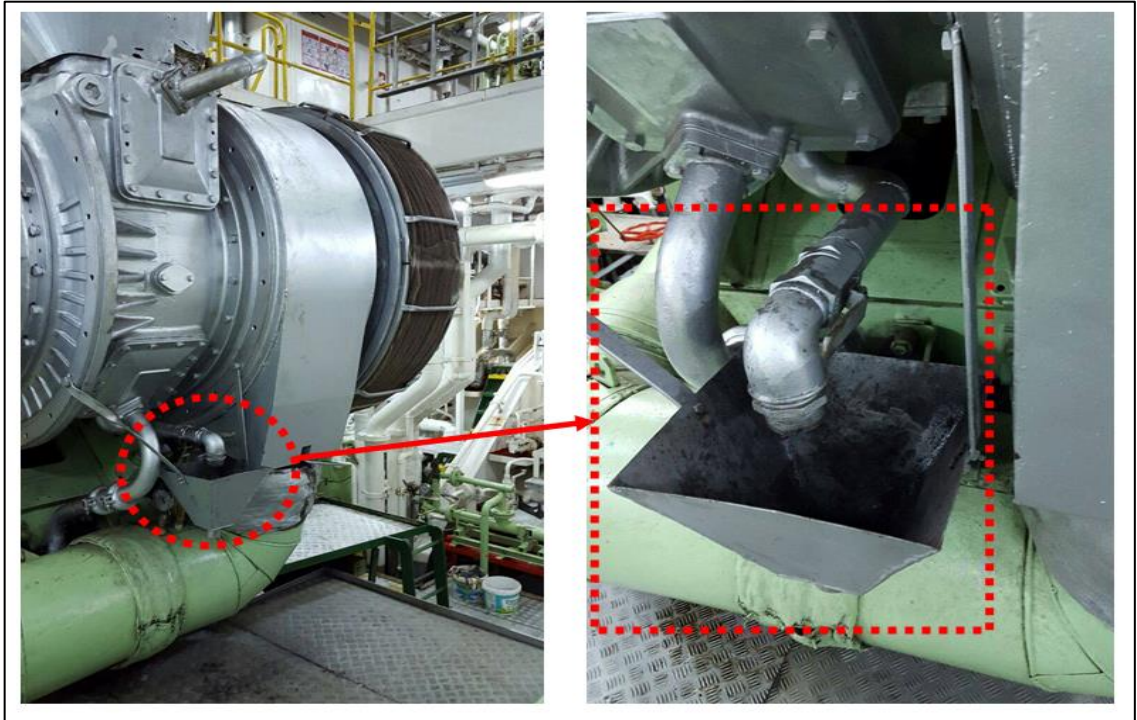
Gemilerin ana makinelerinde yapılan ölçümler 2 aşamalı olarak yanaşma ve kalkış süreçlerinde gerçekleştirilmiştir.

Kılavuz kaptanın gemiye çıkış ve inişleri arasındaki süre yanaşma sürecidir. Kılavuz Kaptan; sığ, akıntılı, dar, derinlikleri iyi tespit edilmemiş boğaz ve liman yaklaşımlarında Gemi Kaptan'ına yardımcı olan deneyimli kaptandır (Koç, 2010). Gemiler, SOLAS (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi) / 5. Bölüm / Kural.23'e göre Kılavuz Kaptan'ın gemiye çıkmasını/inmesini sağlayacak pilot çarmihını hazırlamakla ve yine bu kuralda anlatılan Kılavuz karşılama prosedürlerini uygulamakla yükümlüdür (Schoenbaum ve Langston, 2002). Liman idaresi, Gümrük Muhafaza, Sağlık Sıhhiyede ve Liman İşletmeciliği birimlerinden gemilere çıkabilmek için alınan gerekli izinler ile birlikte, kılavuz kaptan botu vasıtasıyla, kılavuz kaptan refakatinde gemilere çıkmıştır. Gemilere çıkışa müteakip kaptan tarafından görevlendirilen makine personeli eşliğinde emisyon ölçümü yapmak üzere gemilerin makine dairelerine inilmiştir. Şekil 27 ve Şekil 28'de gösterilen makine dairelerindeki ana makineler üzerinde bulunan türbin dreyn valflerine Bölüm 2.1'de anlatmış olduğumuz emisyon ölçüm cihazı bağlanarak emisyon değerleri alınmıştır. Gemilerin limana bağlanması sonrası makinenin stop edildiği saat, kılavuz kaptanın görevinin sonlandığı ve gemilerden iniş yapacağı an olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle makine stop saati yanaşma süreci emisyon ölçümünün bitiş noktası olarak tespit edilmiştir.

Manevra sırasında ana makinelerin yükü değişkenlik gösterdiğinden; yani bacadan çıkacak olan emisyon değerleri makinenin çalışma performansına göre farklı olabileceğinden, manevra süresi boyunca 3 ayrı zamanda ve yükte ölçüm yapılarak ortalama değerler alınmıştır.



Şekil 27. Ölçüm cihazının bağlanacağı ana makine dreyn valfi çizim (Woodyard 2009).



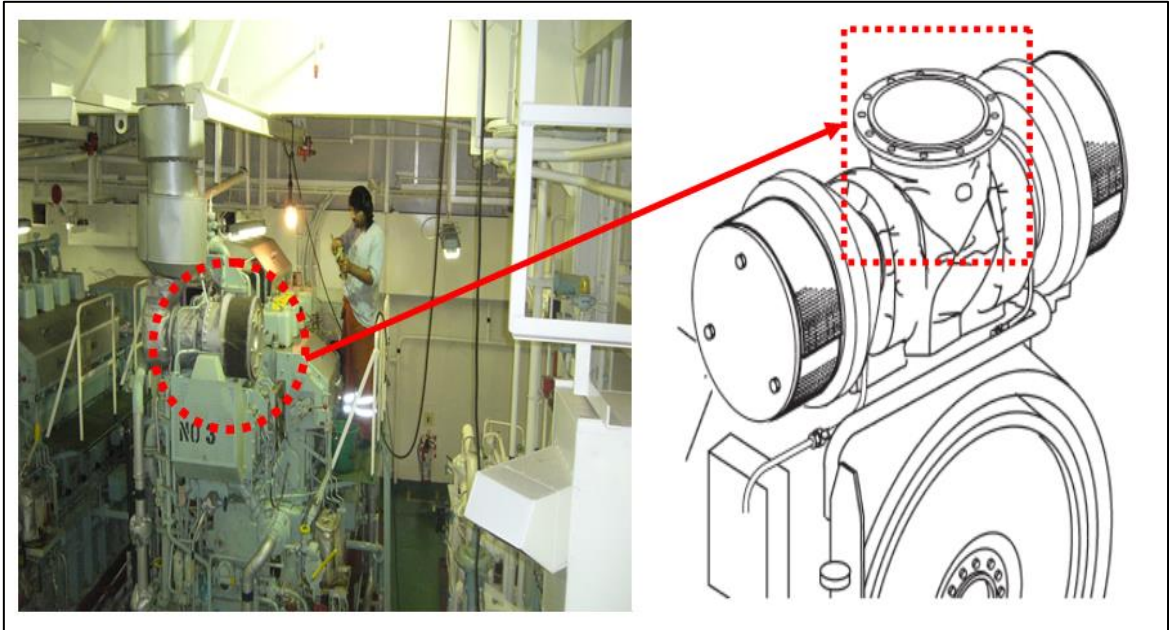
Şekil 28. Ölçüm cihazının bağlanacağı ana makine dreyn valfi

Gemilerin limandan kalkış manevrası süreci, kılavuz kaptanın rıhtımdan gemilere katılması ve gemilerden ayrılması arasında geçen süredir. Ancak ana makineler kalkışlardan daha önce çalıştırıldığı için manevra başlamadan önce de gemilere çıkılıp ana makinelerden ilk ölçümler yapılmıştır. Kalkış sürecinde yapılacak ana makinelerin ölçüm işlemleri, gemilerin yanaşma manevrasında yapılan ölçüm işlemleri ile birebir aynıdır.

2.3.2. Gemilerin Jeneratörlerinde Gerçekleştirilen Ölçümler

Günümüzde mevcut gemilerin birçoğu manevra sırasında geminin bütün enerji ihtiyacını ana makineden sağlayabilmektedirler. Ancak baş pervanenin çalışmasından dolayı ve daha emniyetli bir manevra işlemi gerçekleştirebilmek için manevra süresi boyunca dizel jeneratörler de çalıştırılmaktadır. Bu durumda sadece ana makinelerin değil diğer bir emisyon kaynağı olan dizel jeneratörlerin de emisyon ölçümü yapılmıştır.

Manevra sırasında dizel jeneratörde yapılan ölçüm işlemleri, yanaşma ve kalkış süreçlerinde ana makinelerde yapılan ölçümlerle birlikte gerçekleştirilmiştir. Ana makinelerde olduğu gibi dizel jeneratörlerin üzerinde bulunan ve Şekil 29’da gösterilen türbin dreyn valfine emisyon cihazı bağlanarak ölçüm yapılmıştır.



Şekil 29. Ölçüm cihazının bağlanacağı jeneratör dreyn valfi

2.3.3. Römorkörlerde Gerçekleştirilen Ölçümler

Trabzon Limanında günün her saatinde kılavuzluk ve römorkaj hizmetleri verilmektedir. Trabzon liman yönetmeliğine göre, Limanda yanaşma veya kalkış manevrası yapacak; 1000 Groston ve daha büyük Türk ticaret gemileri ile 500 GT üzerindeki yabancı bayraklı gemilere kılavuzluk hizmeti verilmektedir. 2000 - 5000 GT arasındaki gemilere 1 römorkör, 5001 - 15000 GT arasındaki gemilere 2 römorkör, 15000 GT ve daha üstü gemilere ise 2-3 römorkör ile hizmet verilmektedir (URL-15, 2018).



Şekil 30. Trabzon limanında hizmet veren römorkörler

Römorkörlerin emisyon ölçümleri gemilere çıkış ve gemilerden iniş sırasında yapılmıştır. Limanda 3 adet römorkör bulunmaktadır. Şekil 30'da gösterilen Bu 3 römorkör bir senelik ölçüm boyunca hiçbir zaman aynı anda çalışmamışlardır. Yukarıda vermiş olduğumuz bilgiler doğrultusunda ancak iki tanesi bir gemiye aynı anda römorkaj hizmeti vermişlerdir. Bu iki römorkörün ölçüm işlemi aynı anda yapılamayacağı için farklı gemilere çıkış ve iniş işlemleri sırasında emisyon ölçümleri yapılmıştır.

Römorkörlerin emisyon ölçüm işlemleri de gemilerdeki ölçümlerle aynı şekilde yapılmıştır. Hem ana makinelerinin hem de dizel jeneratörlerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.3.4. Liman Sahasında Hizmet Veren Araçların Emisyon Ölçümleri

Trabzon Liman sahasında 40 çeşit araç hizmet vermektedir. Tablo 9’da gösterilen bu araçların her birinin egzoz emisyon ölçümleri tek tek yapılmıştır. Bu araçların hepsinin çalışma süreleri liman tarafından kayıt altında tutulmadığı için emisyon miktarını hesaplamak üzere tüketilen yakıt miktarları kullanılmıştır.

Tablo 9. Trabzon Limanı hizmet araçları

Limanda Hizmet Veren Araçlar			
1 Nolu Coles	Sennebogen 835	Sisu 2	Kawasaki 80 Zv
2 Nolu Coles	Cat Forklift 1	Komatsu Wa 90 -1-	Güvenlik Aracı
3 Nolu Coles	Cat Forklift 2	Komatsu Wa 90 -2-	İtfaiye Aracı
Linde	Cat Loder	Komatsu Wa 380	Çöp Kamyonu
Liebher	Cat 50	Komatsu Wa 420	Vidanjör
Hyster 1	Cat 950	Komatsu Wa 430	Süpürge
Hsyter 2	Gehl 1	Kalmar 33 Ton	Traktör
Hyster 5 Ton	Gehl 2	Vapis Jeneratör-1	Yakıt Tankeri
Hyster 10 Ton	Gehl 3	Tcm 10 Ton	Kamyon
Hyundai 450 Lc	Lns 10 Ton	Kawasaki 70 Zv	Tır

Tablo 9’da bahsedilen her bir araç için liman tarafından tükettikleri yakıt miktarları kayıt altına alınmıştır. Bu araçların ortalama yakıt tüketim miktarları tespit edildikten sonra liman kayıtlarında tutulan yakıt miktarları üzerinden ortalama çalışma süreleri hesaplanmıştır. Bu süreler doğrultusunda her bir aracın yaymış oldukları emisyon miktarları hesaplanmıştır.

2.4. Ölçüm Birimlerinin Dönüştürülmesi

Emisyon ölçüm cihazı CO₂ gazı ölçüm değerini % olarak, diğer gazların değerini ise ppm olarak vermektedir. Bu yüzden ölçüm hesaplama işlemlerinin tek bir birim altında gerçekleştirmek için bazı birim dönüşümleri yapmamız gerekmektedir.

2.4.1. Yüzde-ppm Dönüşümü

Yüzde-ppm dönüşüm değerleri Tablo 10'da gösterildiği gibidir. Tabloda da görüldüğü üzere bir gazın ppm değeri o gazın yüzde değerinin 10^4 ile çarpılması ile hesaplanır (URL-16, 2018).

Tablo 10. %-ppm dönüşüm tablosu (URL-16, 2018).

Yüzde	ppm
1%	10000 ppm
0,1%	1000 ppm
0,01%	100 ppm
0,001%	10 ppm
0,0001%	1 ppm
0,00001%	0,1 ppm
0,000001%	0,01 ppm

2.4.2. ppm - mg / m³ Dönüşümü

Ölçülen emisyon değerlerinden havaya yayılan toplam emisyon miktarlarını hesaplamak için ppm olarak ölçülen değerleri mg/m³ birime dönüştürmemiz gerekmektedir. Bu dönüşüm işlemi aşağıdaki formül ile birlikte yapılmaktadır:

$$\text{Mg/m}^3 = \text{ppm} * \text{MA} / \text{Molar Hacim} \quad (1)$$

Formülde geçen MA gazın molekül ağırlığı değerinin temsil etmektedir. Molar hacim değeri ise 22,4 m³ olarak alınacaktır (URL-17, 2018). Örneğin;

$$\text{CO konsantrasyonu} = 100 \text{ ppm}$$

$$\text{CO'nun moleküler ağırlığı} = 28$$

$$\text{Molar hacim} = 22,4 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Konsantrasyon (mg/m}^3\text{)} &= \text{Konsantrasyon (ppm)} * \text{Moleküler Ağırlık} / \text{Molar Hacim} \\ &= 100 * 28 / 22,4 = 125 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

2.5. Gaz Miktarının Kg / Dakika Olarak Hesaplanması

Ölçüm cihazı ile tespit edilen değerlerin birim zamanda havaya ne kadar miktarda salındığını tespit etmek için bazı dönüşümler ve hesaplamalar yapmak gerekmektedir. Gemiler ve limanda hizmet veren diğer araçların çevreye dakikada kaç kilogram egzoz gazı salınımını yaptığını hesaplayabilmek için şunların bilinmesi gerekmektedir;

- Ortalama baca gazı hızı (m/s),
- Baca çapı (m),
- Madde konsantrasyonu (mg/m³) (URL-18, 2018).

Baca kesit alanını hesaplanması aşağıdaki formül yardımıyla yapılmaktadır:

$$\text{Baca kesit alanını (m}^2\text{)} = \pi * r^2 \quad (2)$$

Formülde geçen π sayısının değeri 3,14'tür. Diğer bir ifade olan r değeri ise baca yarıçapını temsil etmektedir. Baca kesit alanı hesaplandıktan sonra baca hacimsel akış hızının hesaplanması gerekmektedir. Bu işlem aşağıdaki formül kullanılarak yapılmaktadır:

$$\text{Baca hacimsel akış hızı (m}^3\text{/sn)} = \text{Kesit alanı} * \text{Ortalama baca gazı hızı} \quad (3)$$

m³/dakika cinsinden hacimsel akış hızını hesaplamak için ise aşağıdaki formül kullanılır:

$$\text{m}^3\text{/dakika cinsinden hacimsel akış hızı} = \text{Baca hacimsel akış hızı} * 60 \quad (4)$$

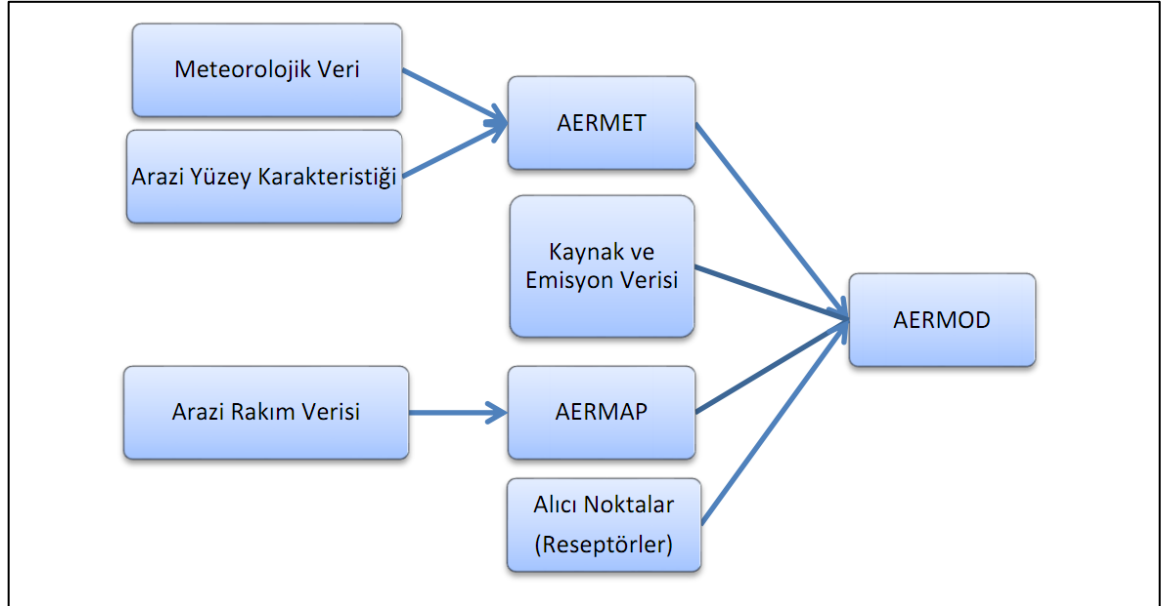
Son olarak ise baca koşullarında kg / dakika cinsinden kütle emisyonunun hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\text{Kütle Emisyonu} = \text{hacimsel akış hızı} * \text{Madde konsantrasyonu} / 1.000.000 \quad (5)$$

2.6. Liman Emisyon Modelinin Kurulması

Modelleme çalışmalarında, ABD-EPA tarafından yayınlanan en son AERMOD dispersiyon modeli (versiyon 12345) kullanılmıştır. AERMOD modeli uluslararası kabul görmekte, dünya çapında birçok araştırmacı, denetim ve yetki organı tarafından kirletici konsantrasyonlarının dağılımını tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır (Langner ve Kleemm, 2011).

AERMOD modeli, kullanıcı tarafından tanımlanan bir ağ sisteminde çalışmakta, hesaplar ağ sistemini oluşturan her bir alıcı ortam elemanının köşe noktaları için yapılmaktadır. AERMOD modelinin kullanıldığı ağ sistemi, polar veya kartezyen olarak tanımlanabilmekte, ayrıca ağ sistemi dışında da ayırık alıcı noktalar belirlenerek, bu noktalarda daha detaylı hesaplar yapılabilmektedir. Yayılım hesaplarında kararlılık modeli olarak “Atmosferik Sınır Tabakası” kullanılmaktadır. Model engebeli araziye de göz önüne almaktadır. Model çıktıları, inceleme alanının bütünü için dağılım haritaları hazırlanmasına olanak tanıyacak yapıdadır. Böylelikle, yörenin hava kalitesini değişik senaryolar (ör. değişik arıtma koşulları, farklı kirletici kaynaklar veya değişen mevsimsel şartlar) altında değerlendirmek mümkün olmaktadır. Modelin veri akışı Şekil 31’de gösterildiği gibidir.



Şekil 31. Modelde kullanılan verilerin akışı

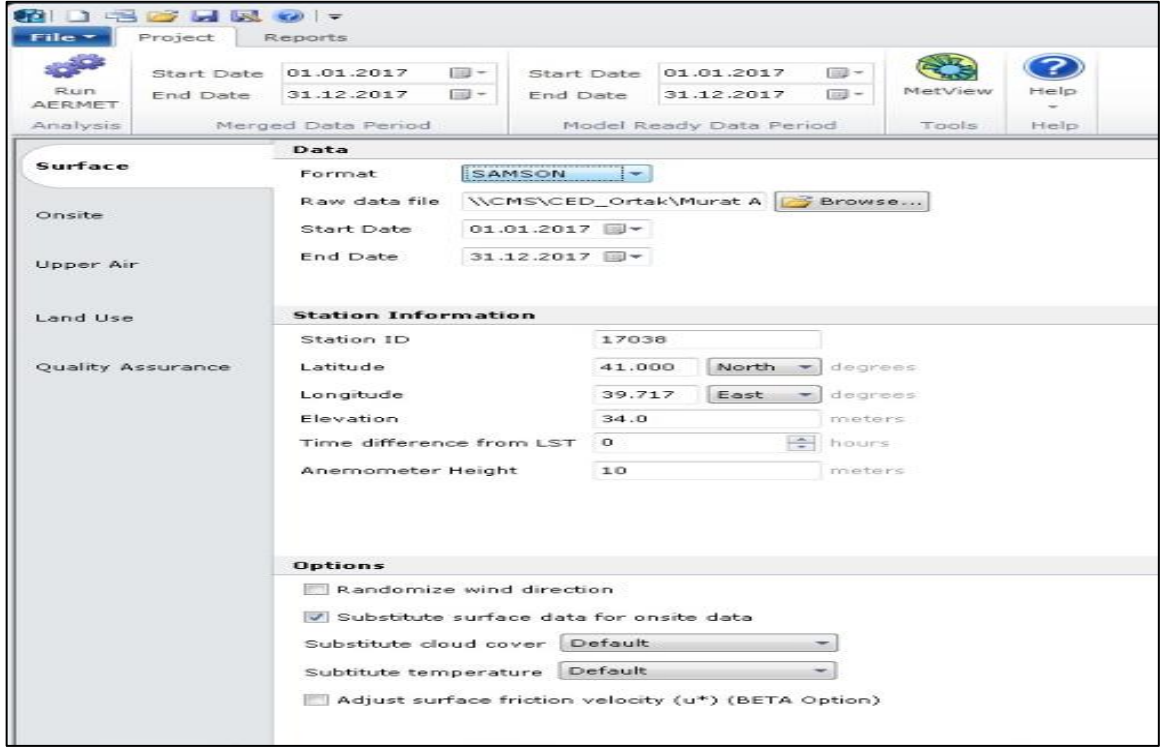
AERMOD modeli dört değişik veri türünü aşağıda belirtilen şekillerde kullanmaktadır:

- Şekil 32’de gösterildiği üzere modele girilen, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık, bulut kapalılığı ve yüksekliği gibi en yakın yer rasat istasyonunun saatlik meteoroloji verileri kullanılmıştır.

Şekil 32. 17038 numaralı Trabzon istasyonu verileri

Yer seviye giriş verileri Şekil 32’de gösterildiği üzere modele girilmiş ve Şekil 33’ te gösterilen istasyon koordinatları ile birlikte AERMET dosyasının ilk bölümü oluşturulmuştur.

Şekil 34’te gösterildiği üzere, yer seviyesinden 6000 m yüksekliğe kadar her 10 mb basınç değişiminde gözlenen rüzgâr profili eksponenti ile potansiyel dikey sıcaklık farkını içeren üst atmosfer koşullarını temsil eden meteorolojik sondaj veri seti modele girilmiştir.



Şekil 33. 17038 numaralı Trabzon istasyonu koordinatları ve yüksekliği

Sıcaklık (°C)	Nem (%)	İşbe (°C)	Rüzgar Yönü (°)	Rüzgar Hız (km/h)	Say
9.0	85	6.6	235	4.9	56
5.4	87	3.5	314	6.4	56
4.6	90	3.1	319	7.6	56
3.9	92	2.7	315	6.6	56
3.3	94	2.4	304	5.4	56
3.4	89	1.7	278	6.0	56
2.8	87	0.9	283	7.4	56
2.0	89	0.3	256	8.9	56
1.9	78	-1.5	254	10.3	56
1.3	77	-2.4	251	11.3	56
0.5	78	-2.9	247	12.1	56
-0.2	81	-3.1	245	12.8	56
-1.0	84	-3.4	243	13.4	56
-1.9	87	-3.8	241	14.0	56
-2.6	91	-3.9	241	14.4	56
-2.8	92	-4.0	243	15.2	56
-3.3	95	-4.0	245	15.2	56
-3.8	100	-3.8	248	15.2	56
-3.5	99	-3.6	247	14.8	56
-4.3	97	-4.7	248	14.8	56
-4.6	95	-5.3	248	14.4	56
-5.0	94				56
-5.7	94				56
-6.0	83				56
-6.1	61				56
-7.0	60				56
-8.0	62				56
-8.9	66				56

Şekil 34. 17030 numaralı Samsun istasyonu

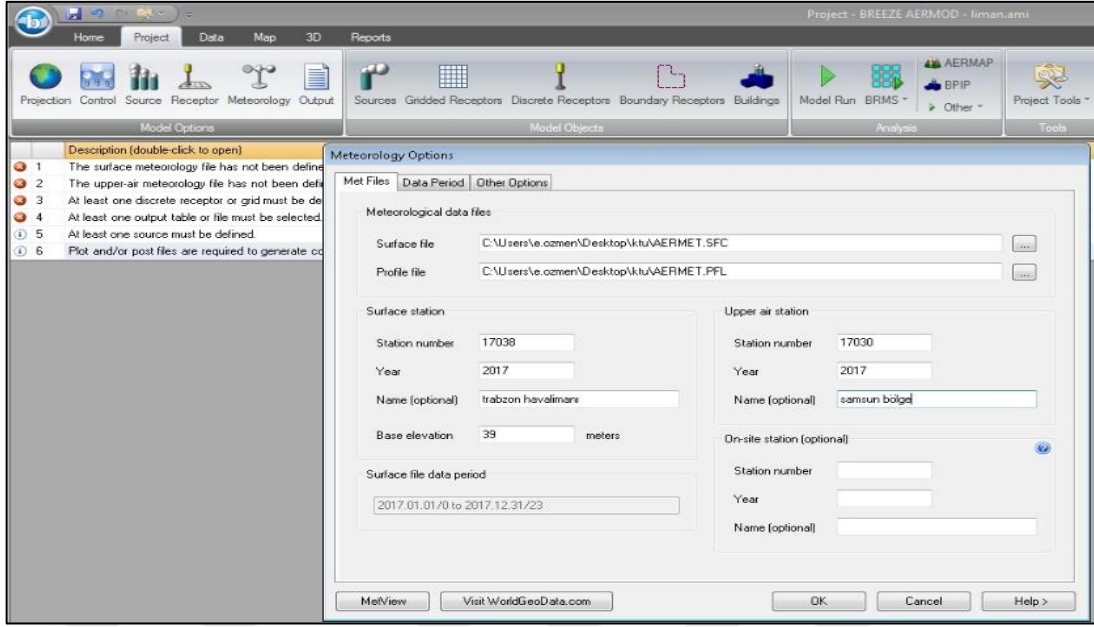
Şekil 34'te gösterildiği üzere modele girilen yüksek seviye meteoroloji verileri ile birlikte Şekil 35' te gösterilen istasyon koordinatları, AERMET dosyasının ikinci

bölümünü oluşturmuştur. Hazırlanan AERMET dosyası AERMOD modeline Şekil 36’da verildiği gibi girilmiştir.

Tespit edilmiş istasyonlardan alınan 2017 yılı yüzey meteoroloji verileri ile sondaj istasyonlarından alınan üst katmanlar hava verileri AERMOD hazır yüzey ve üst hava giriş dosyalarıyla birleştirilmiştir. Bahsedilen birleştirme işlemi gerçekleştirirken EPA AERMET bilgisayar programı (AERMOD Meteorolojik Ön İşlemci (AERMET)) Kullanım Kılavuzu kullanılmıştır. Bu kılavuz, birçok uluslararası gözlem kuruluşu tarafından oluşturulmuş olan ve güncelliğinin kontrol edilerek denetlendiği standart ve verileri içermektedir. AERMET programı AERMOD için meteorolojik ön-işlemci olarak kullanılmaktadır. AERMET, sahada yapılan ölçümlerden ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan yüzey ve atmosferik hava verilerini AERMOD programında kullanılmak üzere birleştirmek için tasarlanmıştır. Örneğin yüzey pürüzlülük katsayısı, Bowen oranı ve paklık derecesi (albedo) gibi sahaya özgü parametreler bu aşamada tanımlanmıştır.

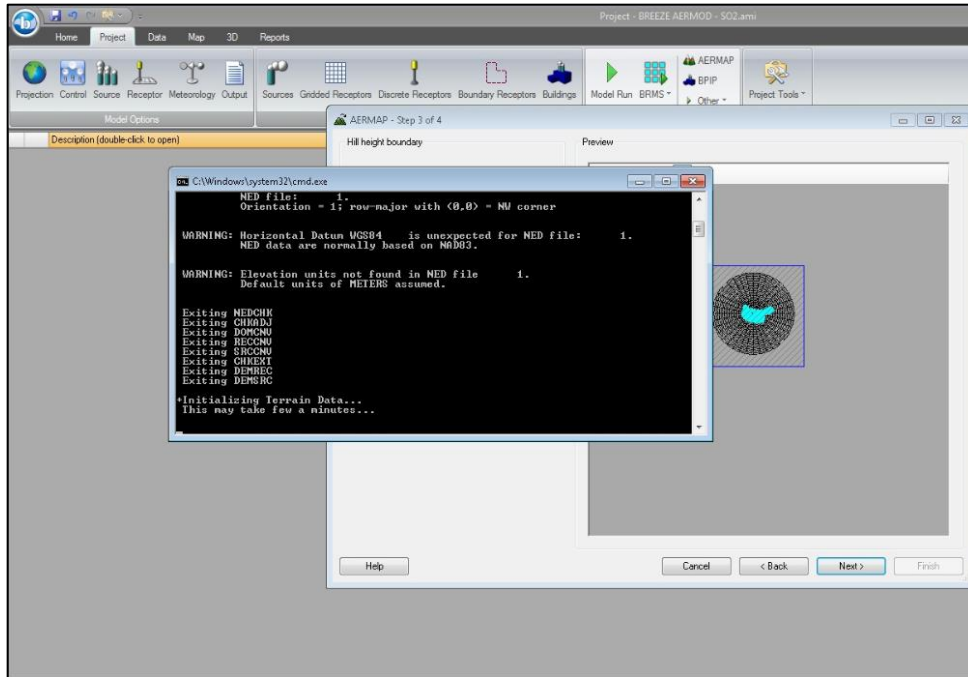
Section	Field	Value
Data	Format	TD6201
	Raw data file	\\CMS\CED_Ortak\Murat A
	Start Date	01.01.2017
	End Date	31.12.2017
Station Information	Station ID	00017030
	Latitude	41.33 North degrees
	Longitude	36.25 West degrees
	Time difference from LST	0 hours
Sounding	Adjust sounding data	<input type="checkbox"/>
	Use local sunrise for preferred sounding selection	<input type="checkbox"/>
	Search for a valid sounding	<input type="checkbox"/>
from		0 hours before preferred time
to		0 hours after preferred time

Şekil 35. 17030 numaralı Samsun istasyonu koordinatları ve yüksekliği



Şekil 36. AERMOD modeli meteoroloji veri seti girişi

- Şekil 37’de oluşturulan alıcı ortam olarak tanımlanan ağ sistemindeki her bir elemanın koordinatları ve yüksekliği ve arazi kullanım sınıfları ile Bowen oranı, pürüzlülük katsayısı ve albedo değeri,

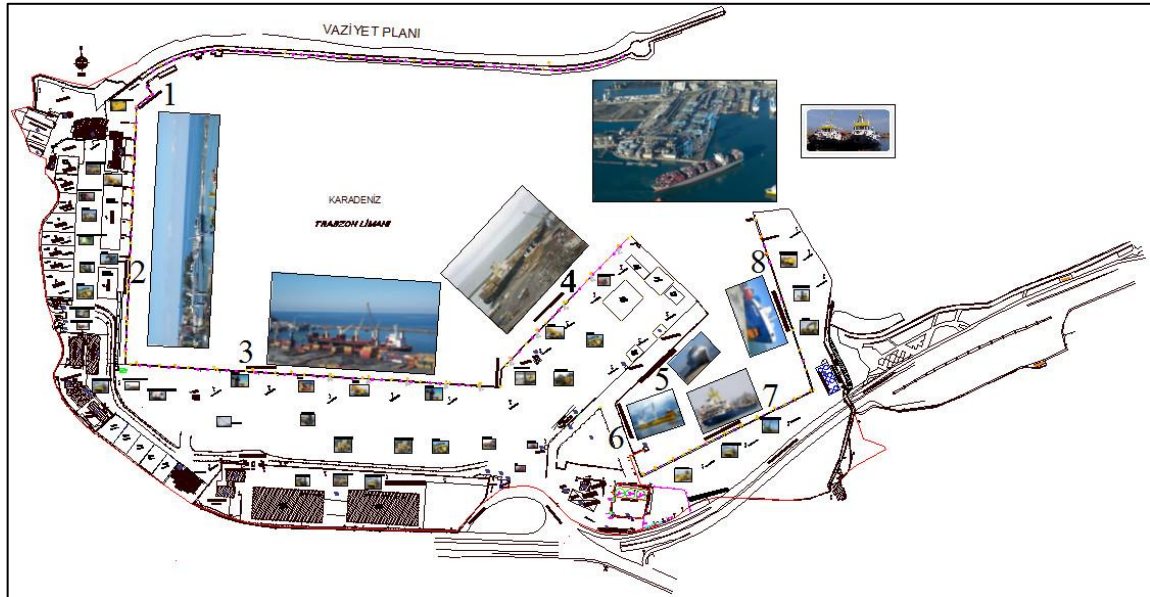


Şekil 37. Her bir elemanın koordinatları ve yüksekliği ve arazi kullanım sınıfları

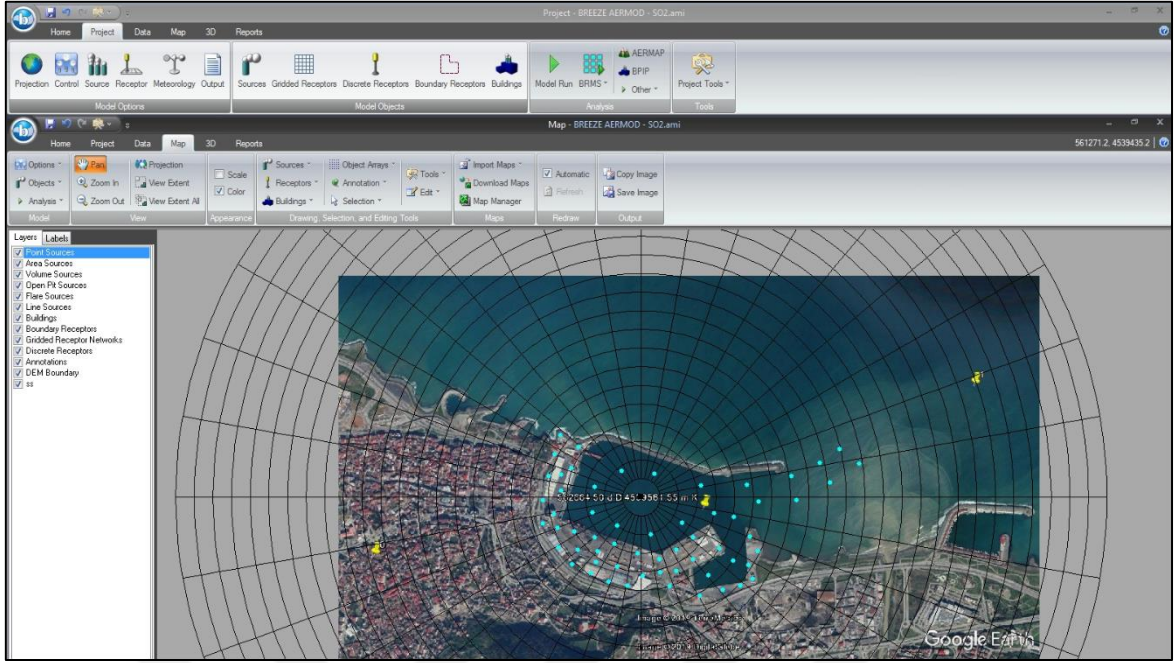
- Kullanıcı tarafından tespit edilen bir başlangıç noktasına göre belirlenen kaynak koordinatları, kaynak yüksekliği, çapı, kirletici hızı, sıcaklığı ve debisini içeren kaynak verileri.

Tespit edilen kaynaklar ve koordinatlar Şekil 38’de gösterildiği üzere Autocad programı kullanılarak çizilmiştir. Limanda bulunan rıhtımlar, gemilerin limana girişi, römorkörlerin gemilere eşlik etmesi, gemilerin rıhtımlarda buldukları yerler ve liman hizmet araçlarının liman içerisinde çalıştıkları mevkiiler şekil üzerindeki resimler vasıtasıyla gösterilmeye çalışılmıştır. Liman yükleme-boşaltama sahası içerisinde gösterilen şekillerin her biri, limanda hizmet veren bir aracı temsil etmektedir. Şekil 38’de görüldüğü üzere limanda 8 adet rıhtım bulunmaktadır. Bu rıhtımlardan 1,2, 3 ve 4 numaralı rıhtımların bulunduğu bölüm büyük liman olarak adlandırılırken, 5, 6, 7 ve 8 numaralı rıhtımların bulunduğu bölüm küçük liman olarak adlandırılmaktadır.

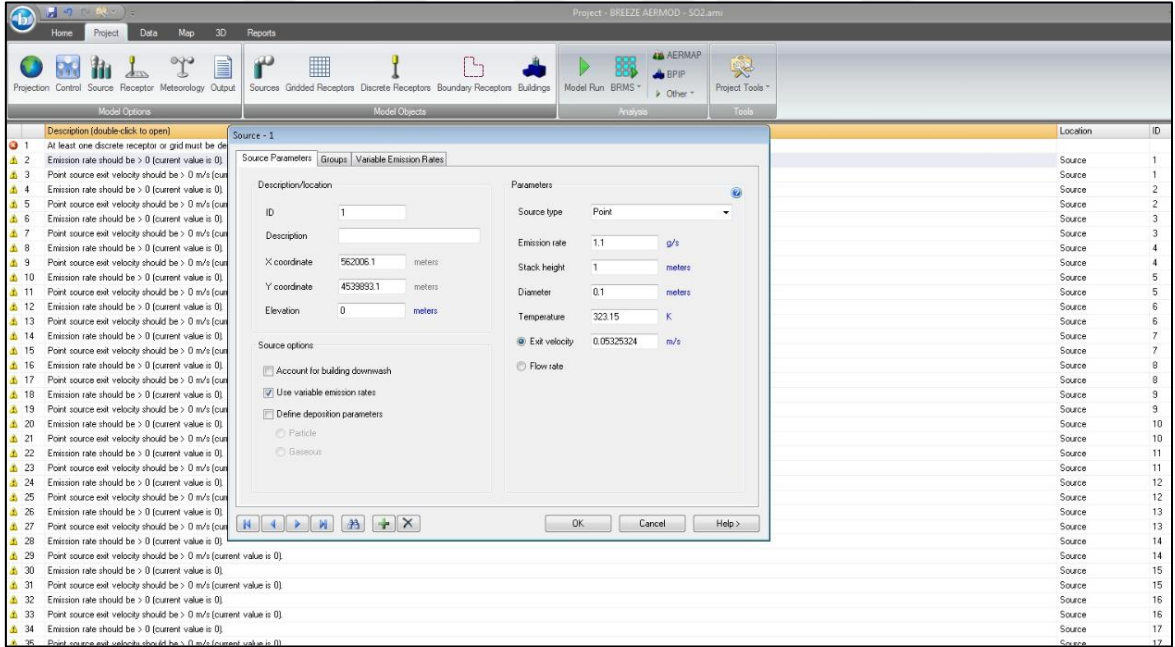
Topoğrafya verilerinin hazırlanmasında proje alanı rakım verisini içeren Şekil 39’da verilen “.tif” uzantılı dosya AERMAP yardımıyla içe aktarılmıştır. Daha sonra kaynak yüksekliği, çapı, kirletici hızı, sıcaklığı ve debisini içeren kaynak verileri Şekil 40’ta gösterildiği üzere programa girilmiştir.



Şekil 38. Trabzon limanı vaziyet planı ve kaynaklar



Şekil 39. Topoğrafya verileri ve kaynaklar



Şekil 40. Kaynak verilerinin girilişi

Modelleme çalışmaları için gerekli olan uzun dönemli meteorolojik veriler, yöredeki mevcut meteoroloji istasyonlarından sağlanmaktadır. AERMOD modeli için klima, sinoptik ya da otomatik tip istasyonlarda ölçülen saatlik yüzey istasyonu verileri ve

atmosferin dūşey profilinin tespit edildiđi rawinsonda tipi istasyonlarında ölçülen meteorolojik sondaj verisi gerekmektedir.

Trabzon Limanı kapsamında muhtemel emisyon dağılımlarının modellenenebilmesi için Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen, 17038 istasyon numaralı Trabzon Havaalanı İstasyonu ve 17030 istasyon numaralı Samsun İstasyonu, saatlik, zemin/yer seviyesi atmosferik bilgileri (sıcaklık, nem, yağış, rüzgar yönü, rüzgar hızı, bulutluluk ve bulut taban yüksekliği) ve yüksek atmosfer (rawinsonde) verilerine ihtiyaç duyulmuştur.

Yukarıda belirtilen bütün adımlar gerçekleştirildikten sonra hangi gazın çalıştırılacağı ve gazların kütleli miktarları modele girilmiş ve model çalıştırılmıştır.



3. BULGULAR

3.1. Emisyon Ölçümü Yapılan Gemi Verileri

Çalışma kapsamında 1 Ocak 2017 ile 1 Ocak 2018 tarihleri arasında Trabzon Limanı'na giriş yapan ve limandan çıkış yapan 253 farklı geminin fiziksel özellikleri ve bu gemilerin gerçekleştirdiği 531 manevra kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtların bir kısmı Tablo 11 ve Tablo 12'de gösterildiği gibi olup tamamı ise Ek 1' de verilmiştir.

Tablo 11. Trabzon Limanı'na gelen gemilerin özellikleri

Gemi Kodu	Gros Ton	Gemi Cinsi	Net Ton	Dwt	Boyu(m)	Eni(m)	Makina Gücü(kW)
Gemi 40	15479	Tam Konteyner Gemisi	7600	21417	148,48	24,7	14826
Gemi 39	1624	Kuru Yük	709	2200	73,97	13,5	1103
Gemi 13	5222	Kuru Yük	2893	6126	138,4	16,5	1766
Gemi 136	2894	Kuru Yük	1651	4361	114	13	1030
Gemi 116	1994	Kuru Yük	1163	3295	74,64	14	1670
Gemi 100	2457	Kuru Yük	1134	3568	107,35	13	1030
Gemi 143	2120	Yük / Konteyner Gemisi	900	3473	89,26	11,3	599
Gemi 69	5216	Kuru Yük	2764	6008	137,5	16,5	1704
Gemi 174	2441	Kuru Yük	917	3248	108,4	14,8	1030
Gemi 144	2565	Kuru Yük	1142	3703	86,63	12,8	599

Tablo 11'de belirtilen gemiler limana yanaşma tarihlerine göre sıralanmıştır. Gemilerin kodları ise gemi isimlerinin alfabetik sıralamasına göre verilmiştir. Gemi kodlarının 1'den itibaren sıralanmaması belirtilen sebepten dolayıdır. Bu belirtilen gemilerin maveralarına ilişkin veriler ise Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Trabzon Limanı'na gelen gemilerin manevra verileri

Gemi Kodu	Yanaşma Tarihi	Kalkış Tarihi	Yanaşma Manevrası Saati ve Süresi(dk)	Kalkış Manevrası Saati ve Süresi(dk)	Römorkörler (Yanaşma)	Römorkörler (Kalkış)
Gemi 40	1.1.2017	2.1.2017	8:20-9:00=40	09:45-10:10=25	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Gemi 39	2.1.2017	10.1.2017	14:35-14:50=15	09:35-09:45=10	Yok	Yok
Gemi 13	3.1.2017	4.1.2017	08:05-08:25=20	19:40-20:00=20	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Gemi 136	3.1.2017	5.1.2017	21:40-22:10=30	16:10-16:30=20	Albayrak 61	Albayrak 61
Gemi 116	3.1.2017	5.1.2017	21:05-21:35=30	14:40-15:00=20	Yok	Yok
Gemi 143	5.1.2017	10.1.2017	12:20-12:50=0,30	10:10-10:20=0,10	Albayrak 61	Albayrak 61
Gemi 100	6.1.2017	7.1.2017	08:10-08:45=35	17:30-17:45=15	Albayrak 61	Albayrak 61
Gemi 174	6.1.2017	10.1.2017	14:20-15:00=0,40	17:15-17:30=0,15	Albayrak 61	Albayrak 61
Gemi 69	8.1.2017	10.1.2017	13:00-13:30=30	16:45-17:15=30	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Gemi 144	8.1.2017	11.1.2017	12:30-13:00=30	17:10-17:30=20	Albayrak 61	Albayrak 61

Gemilerin yanaşma ve kalkış tarihleri ve saatleri ile manevra süreleri detaylı bir şekilde Tablo 12 'de gösterilmiştir. Ayrıca bu manevralar sırasında gemilere kaç tane römorkörün eşlik ettiği ve bu römorkörlerin isimleri de belirtilmiştir.

Trabzon Liman sahası içerisinde manevra yapan 253 farklı geminin dışında Trabzon Limanı'na gelen fakat liman sahasına girmeyip liman dışarısındaki petrol ve doğalgaz terminallerine yanaşan 32 farklı gemi de kayıt altına alınmıştır. Bu gemiler belirtilen tarihler arasında 80 manevra gerçekleştirmişlerdir. Liman sahasına girmediklerinden dolayı emisyon değerleri kayıt altına alınmamış olsa da bu gemilerin terminallere yanaşmaları için römorkör desteği almaları sebebiyle manevra süreleri kayıt altına alınmıştır.

Tablo 13 ve Tablo 14 'te tanker kodu ile belirtilen bu gemilerin fiziksel özellikleri ve manevra süreleri gösterilmiştir. Gemi sayısının çok olmasından dolayı gemilerin tamamı Ek 1'de çalışmanın sonunda verilmiştir. Tablo 13' de gösterilen sıralama gemilerin yanaşma tarihleri göz önüne alınarak belirtilmiştir. Gemilerin kodları ise gemi isimlerinin alfabetik sıralamasına göre verilmiştir. Gemi kodlarının 1'den itibaren sıralanmaması belirtilen sebepten dolayıdır.

Tablo 13. Petrol ve doğalgaz terminallerine yanaşan tankerlerin özellikleri

Gemi Kodu	Gros Ton	Gemi Cinsi	Net Ton	Dwt	Boyu(m)	Eni(m)	Makina Gücü(kW)
Tanker 16	8705	Kimyasal/ Petrol Tankeri	4272	13581	126,83	20,8	5124
Tanker 1	2983	Kimyasal/ Petrol Tankeri	1151	3945	88,85	15,2	2761
Tanker 2	3981	Kimyasal/ Petrol Tankeri	1786	5468	99,8	16	2400
Tanker 3	7891	Kimyasal/ Petrol Tankeri	2977	8600	114,92	20	8111
Tanker 4	25269	Kimyasal/ Petrol Tankeri	10334	37500	183	31	12500
Tanker 5	24162	Kimyasal/ Petrol Tankeri	10458	38734	177,59	27,4	5450
Tanker 7	24162	Kimyasal/ Petrol Tankeri	10458	38734	184,26	27,46	8502
Tanker 6	23325	Kimyasal/ Petrol Tankeri	10986	34578	182	28	11060
Tanker 8	24162	Kimyasal/ Petrol Tankeri	10458	38734	184,26	27,46	8502
Tanker 9	23248	Kimyasal/ Petrol Tankeri	9919	37583	184,33	27,4	7860

Tablo 14. Petrol ve doğalgaz terminallerine yanaşan tankerlerin manevra verileri

Gemi Kodu	Yanaşma Tarihi	Kalkış Tarihi	Yanaşma Manevrası Saati ve Süresi(dk)	Kalkış Manevrası Saati ve Süresi(dk)	Römorkörler (Yanaşma)	Römorkörler (Kalkış)
Tanker 16	4.1.2017	5.1.2017	09:00-12:40=220	20:15-21:00=45	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Tanker 1	15.1.2017	16.1.2017	09:05-11:05=120	02:00-03:30=90	Albayrak 61	Albayrak 61
Tanker 2	2.2.2017	3.2.2017	13:15-16:40=205	15:20-15:40=20	Albayrak 61	Albayrak 61
Tanker 3	22.2.2017	23.2.2017	11:15-14:14=180	14:00-16:30=150	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Tanker 4	26.2.2017	27.2.2017	13:00-15:00=120	17:30-19:10=100	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Tanker 5	21.3.2017	22.3.2017	11:00-13:45=165	22:20-23:00=40	Albayrak61 ve Boztepe	Albayrak61 ve Boztepe
Tanker 7	9.4.2017	11.4.2017	13:45-15:00=75	03:00-04:30=90	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Tanker 6	10.4.2017	12.4.2017	07:25-09:35=130	00:45-03:30=165	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Tanker 8	17.6.2017	19.6.2017	15:40-16:50=70	03:00-04.25=85	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1
Tanker 9	1.7.2017	3.7.2017	16.15-18:30=135	05:30-06:50=80	Albayrak61 ve Akbaş1	Albayrak61 ve Akbaş1

Tablo 13'te belirtilen gemilere manevra sırasında yardımcı olan Tablo 14'te gösterilen römorkörler liman sahası içerisinde geçip gemilerin yanına ulaştıklarından dolayı, bu hareket esnasında liman sahasına belli bir miktar gaz çıkışı gerçekleşmektedir.

Römorkörlerin liman içerisinde ne kadar sürede çıktıkları tespit edildiğinden, Tablo 14' te gösterilen manevra başlama ve bitiş süreleri römorkörlerden ölçülen emisyon değerleri neticesinde römorkörlerin hangi saatte ne kadar emisyon yaydığını hesaplamamızı sağlamıştır.

3.2. Gemilerden Elde Edilen Emisyon Ölçüm Verileri

Gemilerden alınan ölçüm verilerini ana makinelerden alınan ölçümler ve jeneratörlerden alınan ölçümler olarak iki gruba ayırabiliriz. Bu iki grubu da kendi arasında yanaşma ve kalkışta alınan ölçümler olarak iki gruba ayırabiliriz.

Gemilerin ana makinelerinden yanaşma manevrası sırasında alınan ölçümler Tablo 15'te gösterildiği gibidir. Yanaşma manevraları sırasında 253 adet geminin emisyon ölçümü gerçekleştirildiği için tabloda ancak 15 tanesine yer verilmiştir. Ölçümlerin tamamı ise çalışmanın sonunda Ek 2'de ayrıca verilmiştir.

Tablo 15. Gemilerin ana makinelerinde yanaşma sırasında yapılan emisyon ölçümleri

Gemi Kodu	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
Gemi 1	2,91	531	94	45,3	47,0
Gemi 2	3,30	536	93	51,0	46,2
Gemi 3	3,14	523	96	53,7	47,2
Gemi 4	3,07	536	106	53,0	49,1
Gemi 5	3,02	475	94	59,3	46,3
Gemi 6	3,06	528	91	58,0	45,6
Gemi 7	3,11	511	92	48,7	45,1
Gemi 8	3,10	529	104	58,3	46,0
Gemi 9	3,11	528	100	58,0	45,8
Gemi 10	3,06	514	101	53,0	49,7
Gemi 11	3,12	512	85	49,7	50,5
Gemi 12	3,08	467	82	45,3	45,9
Gemi 13	3,23	476	94	48,3	48,6
Gemi 14	2,94	525	94	55,7	47,8
Gemi 15	3,00	526	100	53,7	50,8

Tablo 15'te görüldüğü üzere emisyon cihazı CO₂ değerini % olarak verirken, CO, SO₂, NO_x, ve NO₂ gazlarının ölçüm değerlerini ppm olarak vermektedir. Tabloda gösterilen gemilerin emisyon ölçüm verileri incelendiğinde en yüksek CO₂ ve NO_x miktarlarının 2 numaralı gemide, en yüksek CO miktarının 4 numaralı gemide, en yüksek SO₂ miktarının 8 numaralı gemide ve en yüksek NO₂ miktarının 15 numaralı gemide olduğu açıkça gözükmemektedir.

Gemilerden yanaşma manevrası sırasında ölçüm alındığı gibi, aynı gemilerin kalkış manevraları sırasında da emisyon ölçümleri yapılmış ve sonuçların bir kısmı Tablo 16'da verilmiştir. Elde edilen verilerin tamamı ise Ek 2'de gösterilmiştir.

Tablo 16. Gemilerin ana makinelerinde kalkış sırasında yapılan emisyon ölçümleri

Gemi Kodu	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
Gemi 1	2,62	440	120	42	41,7
Gemi 2	2,59	481	115	40	50,0
Gemi 3	2,67	459	108	40	50,4
Gemi 4	2,56	460	119	41	44,1
Gemi 5	2,66	478	117	42	51,2
Gemi 6	2,88	481	119	45	46,1
Gemi 7	2,83	476	114	51	48,2
Gemi 8	2,75	468	127	45	51,5
Gemi 9	2,64	495	117	43	46,9
Gemi 10	2,91	450	127	56	51,5
Gemi 11	2,73	513	107	40	46,2
Gemi 12	2,77	498	104	43	45,7
Gemi 13	2,64	426	111	45	50,6
Gemi 14	2,60	469	108	45	48,2
Gemi 15	2,60	446	125	52	48,7

Kalkış manevrası sırasında elde edilen emisyon miktarları Tablo 16'ya göre incelendiğinde, en yüksek CO₂ miktarının 6 numaralı gemide, en yüksek NO_x miktarının 11 numaralı gemide, en yüksek CO ve SO₂ miktarlarının 10 numaralı gemide ve en yüksek NO₂ miktarının 8 ve 10 numaralı gemilerde olduğu tespit edilmiştir.

Gemilerin ana makinelerinin sebep olduğu emisyonların yanı sıra daha önce de belirtmiş olduğumuz üzere gemilerin sebep olduğu diğer bir emisyon kaynağı da jeneratörleridir. Ana makinelerde yapılan ölçümlerde olduğu gibi jeneratörlerde de hem yanaşma hem de kalkış manevrası sırasında ölçümler yapılmıştır.

Gemilerin yanaşma manevraları sırasında jeneratörlerinden elde edilen emisyon verilerinin bir kısmı Tablo 17’de gösterilmiştir. Bu ölçümlerin tamamı ise çalışmanın sonunda Ek 3’te verilmiştir.

Tablo 17. Gemilerin jeneratörlerinde yanaşma sırasında yapılan emisyon ölçümleri

Gemi Kodu	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
Gemi 1	2,30	499	202	28	69,9
Gemi 2	2,31	597	208	42	70,0
Gemi 3	2,36	602	213	32	70,2
Gemi 4	2,47	539	228	37	65,8
Gemi 5	2,42	438	210	35	70,2
Gemi 6	2,55	483	205	38	74,4
Gemi 7	2,52	515	201	41	67,7
Gemi 8	2,52	441	210	35	72,0
Gemi 9	2,38	493	220	42	68,6
Gemi 10	2,36	532	230	26	71,8
Gemi 11	2,62	354	225	32	73,5
Gemi 12	2,40	446	213	41	56,6
Gemi 13	2,38	499	211	32	74,2
Gemi 14	2,38	496	194	40	69,2
Gemi 15	2,42	570	224	33	68,9

Tablo 17’de gösterilen gemilerin jeneratörlerinin yanaşma manevrası sırasında ölçülen emisyon verileri incelendiğinde en yüksek CO₂ miktarının 11 numaralı gemide, en yüksek NO_x miktarının 3 numaralı gemide, en yüksek CO miktarının 4 numaralı gemide, en yüksek SO₂ miktarının 2 numaralı gemide ve en yüksek NO₂ miktarının 6 numaralı gemide olduğu göze çapmaktadır.

Gemilerin jeneratörlerinde yanaşma manevrası sırasında yapılan ölçümlerin aynısı kalkış manevrası sırasında aynı gemilerin jeneratörlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin bir kısmı Tablo 18’de gösterildiği gibidir. Daha önce de belirtmiş olduğumuz üzere çalışmaya konu olan gemi sayısının çok olmasında dolayı ölçümlerin tamamı çalışmanın sonunda Ek 3’te ayrıca verilmiştir.

Tablo 18. Gemilerin jeneratörlerinde kalkış sırasında yapılan emisyon ölçümleri

Gemi Kodu	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
Gemi 1	3,09	645	231	43	85,2
Gemi 2	2,94	621	231	40	70,8
Gemi 3	3,04	520	265	47	85,1
Gemi 4	2,90	621	242	46	74,0
Gemi 5	2,88	564	242	42	66,6
Gemi 6	2,93	534	248	37	77,7
Gemi 7	3,13	615	220	37	63,9
Gemi 8	2,97	600	228	39	62,3
Gemi 9	2,80	574	210	45	82,3
Gemi 10	3,16	554	205	49	68,9
Gemi 11	3,04	679	234	43	73,3
Gemi 12	2,89	492	250	46	68,2
Gemi 13	2,75	632	241	48	63,9
Gemi 14	2,96	577	243	39	77,0
Gemi 15	3,03	529	239	41	74,2

Gemilerin kalkış manevrası sırasında jeneratörlerden elde edilen emisyon miktarları Tablo 18'e göre incelendiğinde, en yüksek CO₂ ve NO₂ miktarlarının 1 numaralı gemide, en yüksek NO_x miktarının 11 numaralı gemide, en yüksek CO miktarlarının 3 numaralı gemide ve en yüksek SO₂ miktarının 10 numaralı gemide olduğu tespit edilmiştir.

3.3. Römorkörlerden Elde Edilen Emisyon Ölçüm Verileri

Trabzon Limanı bünyesinde gemilerin yanaşma ve kalkış işlemlerine yardımcı olan Albayrak61, Akbaş1 ve Boztepe adında 3 adet römorkör bulunmaktadır. Bu römorkörlerin bazen 1 tanesi tek başına çalışmakta bazen de 2 tanesi aynı anda gemilere yardımcı olmaktadır. Çalışma süreci boyunca 3 römorkörün aynı anda çalıştığı görülmemiştir. Bu römorkörlerden 1 tanesi eğer çalışacaksa bu istisnasız Albayrak61 adlı römorkör olmaktadır. İki tane römorkör aynı anda çalışacaksa Akbaş1 veya Boztepe adlı römorkörler Albayrak61 adlı römorköre eşlik etmektedirler.

Çalışma esnasında bu üç römorkörün hem ana makinelerden hem de jeneratörlerinden ayrı zamanlarda ölçümler yapılmıştır. Bu römorkörlerde elde edilen emisyon ölçüm verileri Tablo 19'da gösterildiği gibidir.

Tablo 19. Römorkörlerden elde edilen emisyon ölçüm verileri

Römorkör Adı	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
Albayrak61 Ana Makine	1,89	275	76	19	32,7
Albayrak61 Jeneratör	2,20	359	276	16	47,2
Akbaş1 Ana Makine	2,79	383	1118	26	41,0
Akbaş1 Jeneratör	2,11	180	542	12	58,3
Boztepe Ana Makine	3,75	752	42	118	30,1
Boztepe Jeneratör	2,18	292	313	18	44,3

Römorkörlerde yapılan ölçümler incelendiğinde, Tablo 19’da görüldüğü üzere ana makinelerde en yüksek CO₂, NO_x, ve SO₂ miktarlarının Boztepe römorkörüne ait olduğu gözükmemektedir. En yüksek CO ve NO₂ miktarlarının ise Akbaş1 römorkörüne ait olduğu tespit edilmiştir.

Jeneratörleri incelediğimizde ise, en yüksek CO₂ ve NO_x miktarlarının Albayrak61 römorkörüne, en yüksek CO ve NO₂ miktarlarının Akbaş1 römorkörüne ve en yüksek SO₂ miktarının Boztepe römorkörüne ait olduğu saptanmıştır. Ana makineler ve jeneratörler ortak incelendiğinde ise Boztepe römorkörünün birçok gazda diğerlerinden daha çok emisyon yaydığı gözlenmiştir.

3.4. Liman Sahasında Hizmet Veren Araçların Verileri

Trabzon Liman sahasında elleçleme işlemlerinin gerçekleştirilmesini sağlayan ve liman sahasında emisyon oluşmasına neden olan 40 adet araç bulunmaktadır. Liman içerisinde yükleme ve boşaltma işleminin sağlayan daha önce Tablo 9’da belirtilen araçların dışında elektrikle çalışan vinçler de bulunmaktadır. Bu vinçler liman içerisinde emisyonla neden olmadıkları için tabloda gösterilmemişlerdir. Ancak bazı durumlarda elektrik ihtiyacı jeneratörden sağlanmak zorunda kaldığı için, jeneratörün de emisyon ölçümü yapılmıştır. Jeneratör de dahil olmak üzere liman sahası içerisinde emisyon kaynağı olarak tespit edilen araçların her biri için emisyon ölçümü yapılmış ve ölçüm verileri Tablo 20’de gösterilmiştir.

Tablo 20. Liman sahasında hizmet veren araçların emisyon ölçüm verileri

Limn Eleçleme Ekipmanları	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
1 Nolu Cles	0,29	40	56	9	3,7
2 Nolu Coles	0,45	37	18	5	2,0
3 Nolu Coles	0,52	62	29	6	7,6
Linde	0,51	35	22	6	3,2
Liebher	0,70	32	12	3	1,8
Hyster 1	0,82	25	23	4	8,8
Hsyter 2	0,64	15	49	3	2,9
Hyster 5 Ton	0,68	17	31	9	1,9
Hyster 10 Ton	0,57	81	131	17	12,8
Hyundai 450 Lc	0,61	60	26	9	3,4
Sennebogen 835	0,27	79	13	5	2,4
Cat Forklift 1	0,22	33	2	2	1,6
Cat Forklift 2	0,17	32	10	3	1,2
Cat Loder	0,73	67	47	6	4,8
Cat 50	0,48	62	65	5	6,7
Cat 950	0,75	49	19	4	1,8
Gehl 1	0,73	50	48	8	7,4
Gehl 2	0,55	44	56	11	3,5
Gehl 3	0,56	75	36	4	5,0
Lns 10 Ton	0,17	20	67	9	13,3
Sisu 2	0,54	70	53	12	8,5
Komatsu Wa 90 -1-	0,32	35	10	4	7,6
Komatsu Wa 90 -2-	0,19	20	46	3	5,5
Komatsu Wa 380	0,15	12	62	3	2,8
Komatsu Wa 420	0,55	92	19	22	1,3
Komatsu Wa 430	0,73	122	25	28	1,5
Kalmar 33 Ton	0,90	52	78	5	15,2
Vapis Jeneratör--1	0,39	64	11	9	7,8
Tcm 10 Ton	0,44	36	23	10	6,8
Kawasaki 70 Zv	0,34	45	13	8	5,5
Kawasaki 80 Zv	0,69	25	45	7	8,3
Güvenlik	0,19	41	17	4	7,8
İtfaiye	0,77	17	18	8	5,1
Çöp Kamyonu	0,69	78	52	4	2,7
Vidanjör	0,46	43	51	10	5,4
Süpürge	0,30	45	50	4	8,0
Traktör	0,37	40	50	8	3,4
Yakıt Tankeri	0,49	80	63	12	2,3
Kamyon	0,51	41	11	12	6,3
Tır	0,25	51	29	11	6,3

Tablo 21. Liman sahasında hizmet veren araçların çalışma süreleri

Limn Elleçleme Ekipmanları	Yakıt Tüketimi (lt/saat)	Toplam Yakıt (lt)	Çalışma saati (yıllık)	Çalışma dakikası (yıllık)	Günlük ortalama çalışma dakikası
1 Nolu Cles	15	1326	88	5304	14,5
2 Nolu Coles	15	2424	162	9696	26,6
3 Nolu Coles	15	4671	311	18684	51,2
Linde	5	20460	4092	245520	672,7
Liebher	35	135849	3881	232884	638,0
Hyster 1	4	1164	333	19954	54,7
Hsyter 2	5	1136	227	13632	37,3
Hyster 5 Ton	5	2347	469	28164	77,2
Hyster 10 Ton	6	3486	634	38029	104,2
Hyundai 450 Lc	25	3151	126	7562	20,7
Sennebogen 835	26	22863	879	52761	144,6
Cat Forklift 1	4	2083	595	35709	97,8
Cat Forklift 2	4	2447	699	41949	114,9
Cat Loder	21	2520	120	7200	19,7
Cat 50	30	2824	94	5648	15,5
Cat 950	30	23260	775	46520	127,5
Gehl 1	15	3670	245	14680	40,2
Gehl 2	15	4931	329	19724	54,0
Gehl 3	15	5891	393	23564	64,6
Lns 10 Ton	6	2261	411	24665	67,6
Sisu 2	12	1631	136	8155	22,3
Komatsu Wa 90 -1-	20	7324	366	21972	60,2
Komatsu Wa 90 -2-	20	7675	384	23025	63,1
Komatsu Wa 380	22	30992	1409	84524	231,6
Komatsu Wa 420	24	17917	747	44793	122,7
Komatsu Wa 430	25	44783	1791	107479	294,5
Kalmar 33 Ton	10	11602	1160	69612	190,7
Vapis Jeneratör--1	20	1092	55	3276	9,0
Tcm 10 Ton	6	3225	586	35182	96,4
Kawasaki 70 Zv	20	3431	172	10293	28,2
Kawasaki 80 Zv	20	19469	973	58407	160,0
Güvenlik	7	2095	299	17957	49,2
İtfaiye	15	5624	375	22496	61,6
Çöp Kamyonu	15	1166	78	4664	12,8
Vidanjör	15	443	30	1772	4,9
Süpürge	15	4440	296	17760	48,7
Traktör	9	881	98	5873	16,1
Yakıt Tankeri	15	1314	88	5256	14,4
Kamyon	13	4668	359	21545	59,0
Tır	14	6032	431	25851	70,8

Ayrıca Tablo 20’de belirtilen araçların ortalama yakıt tüketim değerleri ve kullandıkları yakıt miktarları elde edilerek araçların günlük çalışma süreleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ve çalışma süreleri Tablo 21’de gösterildiği gibidir.

Tablo 20’de gösterilen liman sahasında hizmet veren araçların ölçülen emisyon verileri incelendiğinde en yüksek CO₂ ve NO₂ miktarlarının Kalmar 33 Ton aracına, en yüksek NO_x ve SO₂ miktarlarının Komatsu Wa 430 aracına ve en yüksek CO miktarının Hyster 10 Ton aracına ait olduğu gözükmemektedir.

Tablo 21’de görüleceği üzere en çok yakıt tüketim miktarı Liebherr aracına, en düşük tüketim miktarları ise Hyster 1, Cat Forklift 1 ve Cat Forklift 2 araçlarına aittir. Yıllık yakıt kullanım miktarlarına baktığımızda ise yine Liebherr aracının en çok yakıt kullanan araç olduğunu görmekteyiz. Bu sonuçlar neticesinde yıllık en çok çalışan aracın Linde isimli araç olduğu belirlenmiştir.

3.5. Ölçüm Verilerinin Dönüştürülmesi

Ölçülen emisyon değerlerinden birim zamanda ne kadar miktarda gaz salındığını hesaplayabilmek için öncelikli olarak ölçüm birimlerini tek bir birim altında toplamak gerekmektedir. Yüzde olarak ölçülen CO₂ değerleri ppm’e dönüştürüldükten sonra bütün ölçülen değerlerin birimleri mg/m³’e dönüştürülmüştür. Gemilerin ana makinelerinden yanaşma manevrası sırasında ölçülen değerlerin ppm ve mg/m³’e dönüştürülmüş şekillerinin bir kısmı Tablo 22’de gösterilmiştir, tamamı ise Ek 4’te verilmiştir.

Tablo 22’de görüldüğü üzere CO₂ gazının yüzde olarak ölçülen değeri ppm’e çevrilmiş ve elde edilen sonuçlar 1 numaralı formül kullanılarak mg/m³ birimine dönüştürülmüştür. Gemilerin ana makinelerinden kalkış manevrası sırasında ölçülen değerlerin ppm ve mg/m³’e dönüştürülmüş şekilleri ise Tablo 23’te gösterilmiştir.

Tablo 22. Gemileri ana makine yavaşma verilerinin ppm ve mg/m³ değerleri

Gemi Kodu	CO ₂ (ppm)	Gemi Kodu	NO _x (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)
Gemi 1	29100	Gemi 1	1090,4	117,5	128,6	96,5	57161
Gemi 2	33000	Gemi 2	1100,7	116,3	145,7	94,9	64821
Gemi 3	31400	Gemi 3	1074,0	120,0	154,3	96,9	61679
Gemi 4	30700	Gemi 4	1100,7	132,5	151,4	100,8	60304
Gemi 5	30200	Gemi 5	975,4	117,5	168,6	95,1	59321
Gemi 6	30600	Gemi 6	1084,3	113,8	165,7	93,6	60107
Gemi 7	31100	Gemi 7	1049,4	115,0	140,0	92,6	61089
Gemi 8	31000	Gemi 8	1086,3	130,0	165,7	94,5	60893
Gemi 9	31100	Gemi 9	1084,3	125,0	165,7	94,1	61089
Gemi 10	30600	Gemi 10	1055,5	126,3	151,4	102,1	60107
Gemi 11	31200	Gemi 11	1051,4	106,3	142,9	103,7	61286
Gemi 12	30800	Gemi 12	959,0	102,5	128,6	94,3	60500
Gemi 13	32300	Gemi 13	977,5	117,5	137,1	99,8	63446
Gemi 14	29400	Gemi 14	1078,1	117,5	160,0	98,2	57750
Gemi 15	30000	Gemi 15	1080,2	125,0	154,3	104,3	58929

Tablo 23. Gemileri ana makine kalkış verilerinin ppm ve mg/m³ değerleri

Gemi Kodu	CO ₂ (ppm)	Gemi Kodu	NO _x (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)
Gemi 1	26200	Gemi 1	903,6	150,0	120,0	85,6	51464
Gemi 2	25900	Gemi 2	987,8	143,8	114,3	102,7	50875
Gemi 3	26700	Gemi 3	942,6	135,0	114,3	103,5	52446
Gemi 4	25600	Gemi 4	944,6	148,8	117,1	90,6	50286
Gemi 5	26600	Gemi 5	981,6	146,3	120,0	105,1	52250
Gemi 6	28800	Gemi 6	987,8	148,8	128,6	94,7	56571
Gemi 7	28300	Gemi 7	977,5	142,5	145,7	99,0	55589
Gemi 8	27500	Gemi 8	961,1	158,8	128,6	105,8	54018
Gemi 9	26400	Gemi 9	1016,5	146,3	122,9	96,3	51857
Gemi 10	29100	Gemi 10	924,1	158,8	160,0	105,8	57161
Gemi 11	27300	Gemi 11	1053,5	133,8	114,3	94,9	53625
Gemi 12	27700	Gemi 12	1022,7	130,0	122,9	93,8	54411
Gemi 13	26400	Gemi 13	874,8	138,8	128,6	103,9	51857
Gemi 14	26000	Gemi 14	963,1	135,0	128,6	99,0	51071
Gemi 15	26000	Gemi 15	915,9	156,3	148,6	100,0	51071

Gemilerin ana makine yavaşma ve kalkış manevralarına ait ölçümlerde olduğu gibi jeneratör yavaşma ve kalkış verilerine de aynı birim dönüştürme işlemi uygulanmıştır.

Ayrıca römorkörlerin ve liman sahasında hizmet veren diğer ölçüm yaptığımız araçların da birim dönüştürme işlemleri yapılmıştır.

Gemilerin jeneratörlerinden yavaşma ve kalkış manevrası sırasında ölçülen emisyon verilerinin birimlerinin ppm ve mg/m³'e dönüştürülmüş şekilleri ise sırası ile Tablo 24 ve Tablo 25'te gösterilmiştir. Verilerin tamamı ise Ek 5'te verilmiştir.

Tablo 24. Gemilerin jeneratörlerinin yavaşma verilerinin ppm ve mg/m³ değerleri

Gemi Kodu	CO ₂ (ppm)	Gemi Kodu	NO _x (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)
Gemi 1	23000	Gemi 1	1024,7	252,5	80,0	143,5	45179
Gemi 2	23100	Gemi 2	1226,0	260,0	120,0	143,8	45375
Gemi 3	23600	Gemi 3	1236,3	266,3	91,4	144,2	46357
Gemi 4	24700	Gemi 4	1106,9	285,0	105,7	135,1	48518
Gemi 5	24200	Gemi 5	899,5	262,5	100,0	144,2	47536
Gemi 6	25500	Gemi 6	991,9	256,3	108,6	152,8	50089
Gemi 7	25200	Gemi 7	1057,6	251,3	117,1	139,0	49500
Gemi 8	25200	Gemi 8	905,6	262,5	100,0	147,9	49500
Gemi 9	23800	Gemi 9	1012,4	275,0	120,0	140,9	46750
Gemi 10	23600	Gemi 10	1092,5	287,5	74,3	147,4	46357
Gemi 11	26200	Gemi 11	727,0	281,3	91,4	150,9	51464
Gemi 12	24000	Gemi 12	915,9	266,3	117,1	116,2	47143
Gemi 13	23800	Gemi 13	1024,7	263,8	91,4	152,4	46750
Gemi 14	23800	Gemi 14	1018,6	242,5	114,3	142,1	46750
Gemi 15	24200	Gemi 15	1170,5	280,0	94,3	141,5	47536

Tablo 25. Gemilerin jeneratörlerinin kalkış verilerinin ppm ve mg/m³ değerleri

Gemi Kodu	CO ₂ (ppm)	Gemi Kodu	NO _x (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)
Gemi 1	30900	Gemi 1	1324,6	288,8	122,9	175,0	60696
Gemi 2	29400	Gemi 2	1275,3	288,8	114,3	145,4	57750
Gemi 3	30400	Gemi 3	1067,9	331,3	134,3	174,8	59714
Gemi 4	29000	Gemi 4	1275,3	302,5	131,4	152,0	56964
Gemi 5	28800	Gemi 5	1158,2	302,5	120,0	136,8	56571
Gemi 6	29300	Gemi 6	1096,6	310,0	105,7	159,6	57554
Gemi 7	31300	Gemi 7	1262,9	275,0	105,7	131,2	61482
Gemi 8	29700	Gemi 8	1232,1	285,0	111,4	127,9	58339
Gemi 9	28000	Gemi 9	1178,8	262,5	128,6	169,0	55000
Gemi 10	31600	Gemi 10	1137,7	256,3	140,0	141,5	62071
Gemi 11	30400	Gemi 11	1394,4	292,5	122,9	150,5	59714
Gemi 12	28900	Gemi 12	1010,4	312,5	131,4	140,1	56768
Gemi 13	27500	Gemi 13	1297,9	301,3	137,1	131,2	54018
Gemi 14	29600	Gemi 14	1184,9	303,8	111,4	158,1	58143
Gemi 15	30300	Gemi 15	1086,3	298,8	117,1	152,4	59518

Tablo 26. Liman elleçleme araçları verilerinin ppm ve mg/m³ değerleri

Limn Elleçleme Ekipmanları	CO ₂ (ppm)	Limn Elleçleme Ekipmanları	NO _x (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)
1 Nolu Cles	2900	1 Nolu Cles	82,1	70,0	25,7	7,6	5696
2 Nolu Coles	4500	2 Nolu Coles	76,0	22,5	14,3	4,1	8839
3 Nolu Coles	5200	3 Nolu Coles	127,3	36,3	17,1	15,6	10214
Linde	2100	Linde	30,8	15,0	17,1	2,5	4125
Liebher	7000	Liebher	65,7	15,0	8,6	3,7	13750
Hyster 1	3200	Hyster 1	34,9	16,3	20,0	3,3	6286
Hsyter 2	3400	Hsyter 2	30,8	23,8	8,6	6,0	6679
Hyster 5 Ton	3800	Hyster 5 Ton	34,9	26,3	25,7	3,9	7464
Hyster 10 Ton	5700	Hyster 10 Ton	55,4	28,8	31,4	7,8	11196
Hyundai 450 Lc	6100	Hyundai 450 Lc	123,2	32,5	25,7	7,0	11982
Sennebogen 835	2700	Sennebogen 835	162,2	16,3	14,3	4,9	5304
Cat Forklift 1	2200	Cat Forklift 1	67,8	2,5	5,7	3,3	4321
Cat Forklift 2	1700	Cat Forklift 2	65,7	12,5	8,6	2,5	3339
Cat Loder	7300	Cat Loder	137,6	58,8	17,1	9,9	14339
Cat 50	4800	Cat 50	127,3	81,3	14,3	13,8	9429
Cat 950	7500	Cat 950	100,6	23,8	11,4	3,7	14732
Gehl 1	7300	Gehl 1	102,7	60,0	22,9	15,2	14339
Gehl 2	5500	Gehl 2	90,4	70,0	31,4	7,2	10804
Gehl 3	5600	Gehl 3	154,0	45,0	11,4	10,3	11000
Lns 10 Ton	1700	Lns 10 Ton	41,1	21,3	25,7	6,8	3339
Sisu 2	5400	Sisu 2	143,8	66,3	34,3	17,5	10607
Komatsu Wa 90-1	3200	Komatsu Wa 90-1	71,9	12,5	11,4	15,6	6286
Komatsu Wa 90-2	1900	Komatsu Wa 90-2	41,1	57,5	8,6	11,3	3732
Komatsu Wa 380	1500	Komatsu Wa 380	24,6	77,5	8,6	5,8	2946
Komatsu Wa 420	5500	Komatsu Wa 420	188,9	23,8	62,9	2,7	10804
Komatsu Wa 430	7300	Komatsu Wa 430	250,5	31,3	80,0	3,1	14339
Kalmar 33 Ton	9000	Kalmar 33 Ton	106,8	97,5	14,3	31,2	17679
Vapis Jeneratör-1	3900	Vapis Jeneratör-1	131,4	13,8	25,7	16,0	7661
Tcm 10 Ton	4400	Tcm 10 Ton	73,9	28,8	28,6	10,1	8643
Kawasaki 70 Zv	3400	Kawasaki 70 Zv	92,4	16,3	22,9	11,3	6679
Kawasaki 80 Zv	6900	Kawasaki 80 Zv	51,3	56,3	20,0	17,0	13554
Güvenlik	1900	Güvenlik	34,9	15,0	11,4	5,8	3732
İtfaiye	7700	İtfaiye	55,4	22,5	22,9	10,5	15125
Çöp Kamyonu	6900	Çöp Kamyonu	57,5	17,5	11,4	5,5	13554
Vidanjör	4600	Vidanjör	88,3	63,8	28,6	11,1	9036
Süpürge	3000	Süpürge	92,4	62,5	11,4	16,4	5893
Traktör	3700	Traktör	82,1	62,5	22,9	7,0	7268
Yakıt Tankeri	4900	Yakıt Tankeri	61,6	28,8	34,3	4,7	9625
Kamyon	2500	Kamyon	59,6	13,8	34,3	6,6	4911
Tır	5100	Tır	67,8	36,3	31,4	7,6	10018

Liman elleçleme araçlarından ölçülen emisyon verileri ile römorkörlerden ölçülen emisyon verilerinin birimlerinin ppm ve mg/m³'e dönüştürülmüş şekilleri sırası ile Tablo 26'da ve Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. Römorkör verilerinin ppm ve mg/m³ değerleri

Römorkör Adı	CO ₂ (ppm)	Römorkör Adı	NO _x (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)
Albayrak61 Ana Makine	18900	Albayrak61 Ana Makine	562,7	95,0	54,3	66,9	37125
Albayrak61 Jeneratör	22000	Albayrak61 Jeneratör	737,2	345,0	45,7	96,9	43214
Akbaş1 Ana Makine	27800	Akbaş1 Ana Makine	786,5	1397,5	74,3	84,2	54607
Akbaş1 Jeneratör	21100	Akbaş1 Jeneratör	369,6	677,5	34,3	119,7	41446
Boztepe Ana Makine	37500	Boztepe Ana Makine	1544,3	51,3	334,3	61,8	73661
Boztepe Jeneratör	21800	Boztepe Jeneratör	599,6	391,3	51,4	91,0	42821

3.6. Kütlesel Emisyon Değerlerinin Hesaplanması

Gemilerin ve limanda hizmet veren diğer araçların kütlesel olarak havaya ne kadar gaz salınımı yaptıklarını hesaplamak için öncelikle Formül 2 ve Formül 3 kullanılarak araçların egzoz debileri tespit edilmiştir. Bu hesaplama işlemi sonucunda bulunan değerler neticesinde sırası ile önce gemilerin sonra römorkörleri ve en son olarak da liman elleçleme araçlarının kütlesel emisyon değerleri hesaplanmıştır.

3.6.1. Gemilerin Kütlesel Emisyon Değerleri

Gemilerin ana makineleri ve jeneratörleri kaynaklı emisyonlar farklı bacalardan havaya salındığından dolayı ikisi için de ayrı ayrı egzoz debisi hesaplanmıştır. Formül 2 ve Formül 3 kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda ana makine egzoz debilerinin ortalama 19,75 m³/sn, jeneratörlerin egzoz debilerinin ise ortalama 3,2 m³/sn olduğu bulunmuştur. Egzoz debileri hesaplandıktan sonra Formül 4 ve Formül 5 kullanılarak gemilerin ana makine ve jeneratörlerinin yavaş ve kalkış manevraları sırasında kütlesel emisyon değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 28 ve Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 28. Gemilerin yanaşma manevrası esnasında kütleli emisyon değerleri

Gemi Kodu	JENERATÖR					ANA MAKİNA				
	NO _x (kg/dk)	CO (kg/dk)	SO ₂ (kg/dk)	NO ₂ (kg/dk)	CO ₂ (kg/dk)	NO _x (kg/dk)	CO (kg/dk)	SO ₂ (kg/dk)	NO ₂ (kg/dk)	CO ₂ (kg/dk)
Gemi 1	0,197	0,048	0,015	0,028	8,674	1,292	0,139	0,152	0,114	67,735
Gemi 2	0,235	0,050	0,023	0,028	8,712	1,304	0,138	0,173	0,112	76,813
Gemi 3	0,237	0,051	0,018	0,028	8,901	1,273	0,142	0,183	0,115	73,089
Gemi 4	0,213	0,055	0,020	0,026	9,315	1,304	0,157	0,179	0,119	71,460
Gemi 5	0,173	0,050	0,019	0,028	9,127	1,156	0,139	0,200	0,113	70,296
Gemi 6	0,190	0,049	0,021	0,029	9,617	1,285	0,135	0,196	0,111	71,227
Gemi 7	0,203	0,048	0,022	0,027	9,504	1,244	0,136	0,166	0,110	72,391
Gemi 8	0,174	0,050	0,019	0,028	9,504	1,287	0,154	0,196	0,112	72,158
Gemi 9	0,194	0,053	0,023	0,027	8,976	1,285	0,148	0,196	0,111	72,391
Gemi 10	0,210	0,055	0,014	0,028	8,901	1,251	0,150	0,179	0,121	71,227
Gemi 11	0,140	0,054	0,018	0,029	9,881	1,246	0,126	0,169	0,123	72,624
Gemi 12	0,176	0,051	0,022	0,022	9,051	1,136	0,121	0,152	0,112	71,693
Gemi 13	0,197	0,051	0,018	0,029	8,976	1,158	0,139	0,163	0,118	75,184
Gemi 14	0,196	0,047	0,022	0,027	8,976	1,278	0,139	0,190	0,116	68,434
Gemi 15	0,225	0,054	0,018	0,027	9,127	1,280	0,148	0,183	0,124	69,830

Tablo 29. Gemilerin kalkış manevrası esnasında kütleli emisyon değerleri

Gemi Kodu	JENERATÖR					ANA MAKİNA				
	NO _x (kg/dk)	CO (kg/dk)	SO ₂ (kg/dk)	NO ₂ (kg/dk)	CO ₂ (kg/dk)	NO _x (kg/dk)	CO (kg/dk)	SO ₂ (kg/dk)	NO ₂ (kg/dk)	CO ₂ (kg/dk)
Gemi 1	0,254	0,055	0,024	0,034	11,654	1,071	0,178	0,142	0,101	60,985
Gemi 2	0,245	0,055	0,022	0,028	11,088	1,171	0,170	0,135	0,122	60,287
Gemi 3	0,205	0,064	0,026	0,034	11,465	1,117	0,160	0,135	0,123	62,149
Gemi 4	0,245	0,058	0,025	0,029	10,937	1,119	0,176	0,139	0,107	59,589
Gemi 5	0,222	0,058	0,023	0,026	10,862	1,163	0,173	0,142	0,125	61,916
Gemi 6	0,211	0,060	0,020	0,031	11,050	1,171	0,176	0,152	0,112	67,037
Gemi 7	0,242	0,053	0,020	0,025	11,805	1,158	0,169	0,173	0,117	65,873
Gemi 8	0,237	0,055	0,021	0,025	11,201	1,139	0,188	0,152	0,125	64,011
Gemi 9	0,226	0,050	0,025	0,032	10,560	1,205	0,173	0,146	0,114	61,451
Gemi 10	0,218	0,049	0,027	0,027	11,918	1,095	0,188	0,190	0,125	67,735
Gemi 11	0,268	0,056	0,024	0,029	11,465	1,248	0,158	0,135	0,112	63,546
Gemi 12	0,194	0,060	0,025	0,027	10,899	1,212	0,154	0,146	0,111	64,477
Gemi 13	0,249	0,058	0,026	0,025	10,371	1,037	0,164	0,152	0,123	61,451
Gemi 14	0,228	0,058	0,021	0,030	11,163	1,141	0,160	0,152	0,117	60,520
Gemi 15	0,209	0,057	0,022	0,029	11,427	1,085	0,185	0,176	0,119	60,520

Tablo 28’de ve Tablo 29’da görüldüğü üzere gemilerin sadece bir kısmının değerleri verilmiştir. Bütün gemilerin kütleli emisyon değerleri çalışmanın sonunda Ek 6 ve Ek 7’de ayrıca verilmiştir.

3.6.2. Römorkörlerin Kütleli Emisyon Değerleri

Römorkörlerin ana makineleri ve jeneratörleri kaynaklı emisyonlar gemilerde olduğu gibi farklı bacalardan havaya salındığından dolayı ikisi için de ayrı ayrı egzoz debisi hesaplanmıştır. Formül 2 ve Formül 3 kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda römorkörlerin ana makine egzoz debilerinin ortalama 4,8 m³/sn, jeneratörlerin egzoz debilerinin ise ortalama 1,3 m³/sn olduğu bulunmuştur. Egzoz debileri hesaplandıktan sonra Formül 4 ve Formül 5 kullanılarak römorkörlerin ana makine ve jeneratörlerinin kütleli emisyon değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo 30. Römorkörlerin kütleli emisyon değerleri

Römorkör Adı	NO _x (kg/dk)	CO (kg/dk)	SO ₂ (kg/dk)	NO ₂ (kg/dk)	CO ₂ (kg/dk)
Albayrak61 Ana Makine	0,162	0,027	0,016	0,019	10,692
Albayrak61 Jeneratör	0,058	0,027	0,004	0,008	3,371
Akbaşlı Ana Makine	0,227	0,402	0,021	0,024	15,727
Akbaşlı Jeneratör	0,029	0,053	0,003	0,009	3,233
Boztepe Ana Makine	0,445	0,015	0,096	0,018	21,214
Boztepe Jeneratör	0,047	0,031	0,004	0,007	3,340

3.6.3. Liman Araçlarının Kütleli Emisyon Değerleri ve Günlük Miktarları

Trabzon Limanı’nda elleçleme yapan araçların egzoz debileri Formül 2 ve Formül 3 kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucunda büyük araçların egzoz debisi ortalama 0,42 m³/sn olarak, orta büyüklükteki araçların ortalama 0,27 m³/sn olarak ve küçük araçların ortalama 0,14 m³/sn olarak tespit edilmiştir. Egzoz debileri hesaplandıktan sonra Formül 4 ve Formül 5 kullanılarak bu araçların kütleli emisyon değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 31’de gösterildiği gibidir.

Tablo 31. Liman elleçleme araçlarının kütleli emisyon değerleri

Limn Elleçleme Ekipmanları	Günlük ortalama çalışma dakikası	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1 Nolu Cles	14,5	0,030	0,026	0,009	0,003	2,086
2 Nolu Coles	26,6	0,051	0,015	0,010	0,003	5,917
3 Nolu Coles	51,2	0,164	0,047	0,022	0,020	13,176
Linde	672,7	0,522	0,254	0,291	0,042	69,923
Liebher	638,0	1,057	0,241	0,138	0,059	221,080
Hyster 1	54,7	0,048	0,022	0,028	0,005	8,660
Hsyter 2	37,3	0,029	0,022	0,008	0,006	6,286
Hyster 5 Ton	77,2	0,068	0,051	0,050	0,008	14,514
Hyster 10 Ton	104,2	0,146	0,075	0,083	0,020	29,397
Hyundai 450 Lc	20,7	0,064	0,017	0,013	0,004	6,256
Sennebogen 835	144,6	0,591	0,059	0,052	0,018	19,319
Cat Forklift 1	97,8	0,167	0,006	0,014	0,008	10,654
Cat Forklift 2	114,9	0,190	0,036	0,025	0,007	9,671
Cat Loder	19,7	0,068	0,029	0,009	0,005	7,128
Cat 50	15,5	0,050	0,032	0,006	0,005	3,677
Cat 950	127,5	0,323	0,076	0,037	0,012	47,317
Gehl 1	40,2	0,104	0,061	0,023	0,015	14,533
Gehl 2	54,0	0,123	0,095	0,043	0,010	14,712
Gehl 3	64,6	0,251	0,073	0,019	0,017	17,896
Lns 10 Ton	67,6	0,070	0,036	0,044	0,012	5,687
Sisu 2	22,3	0,081	0,037	0,019	0,010	5,972
Komatsu Wa 90 -1-	60,2	0,109	0,019	0,017	0,024	9,535
Komatsu Wa 90 -2-	63,1	0,065	0,091	0,014	0,018	5,933
Komatsu Wa 380	231,6	0,144	0,452	0,050	0,034	17,194
Komatsu Wa 420	122,7	0,584	0,073	0,194	0,008	33,410
Komatsu Wa 430	294,5	1,859	0,232	0,594	0,023	106,404
Kalmar 33 Ton	190,7	0,513	0,469	0,069	0,150	84,965
Vapis Jeneratör--1	9,0	0,030	0,003	0,006	0,004	1,733
Tcm 10 Ton	96,4	0,180	0,070	0,069	0,024	20,993
Kawasaki 70 Zv	28,2	0,066	0,012	0,016	0,008	4,746
Kawasaki 80 Zv	160,0	0,207	0,227	0,081	0,069	54,655
Güvenlik	49,2	0,014	0,006	0,005	0,002	1,542
İtfaiye	61,6	0,055	0,022	0,023	0,010	15,102
Çöp Kamyonu	12,8	0,012	0,004	0,002	0,001	2,806
Vidanjör	4,9	0,007	0,005	0,002	0,001	0,711
Süpürge	48,7	0,073	0,049	0,009	0,013	4,645
Traktör	16,1	0,021	0,016	0,006	0,002	1,895
Yakit Tankeri	14,4	0,014	0,007	0,008	0,001	2,245
Kamyon	59,0	0,057	0,013	0,033	0,006	4,696
Tır	70,8	0,078	0,042	0,036	0,009	11,494

Tablo 31’de görüldüğü üzere liman elleçleme ve hizmet araçlarının dakikada kaç kilogram emisyon meydana geldiği tespit edildikten sonra bulunan değerler günlük çalışma dakikaları ile çarpılıp günde ortalama ne kadar emisyon oluşturdukları bulunmuştur. Elde edilen sonuçları incelediğimizde bu araçlardan Liebher isimli aracın en çok emisyonu sebep olan araç olduğunu anlamaktayız.

3.7. Gemilerin ve Römorkörlerin Günlük Emisyon Miktarları

Trabzon limanında manevra yapan gemilerin neden olduğu emisyon miktarları önceki bölümde de gösterildiği üzere kg/dk cinsinden hesaplanmıştır. Bu hesaplama neticesinde hangi geminin günde ne kadar ve hangi saatte emisyon meydana getirdiğini bulmak ve bu emisyonların yıllık toplamını elde etmek için Ek 1’de sunmuş olduğumuz manevra süreleri kullanılmıştır. Gemilerin manevra dakikaları kütleli emisyon değerleri ile çarpılarak manevra süresi boyunca kaç kilogram emisyon oluşturduğu hesaplanmıştır. Ayrıca bu gemilere eşlik eden römorkörler de bu sırada emisyonu neden olacağı için, römorkörlerin de kütleli emisyon değerleri çalışma süreleri ile çarpılıp günde ne kadar emisyon meydana getirdikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların 12 aya ait 3 günlük verileri tablolarda gösterilmiştir. Bütün aylara ait sonuçlar ise Ekler bölümünde ayrıca verilmiştir. Ocak ayına ait üç günlük emisyon miktarları Tablo 32’de gösterildiği gibidir.

Tablo 32. Ocak ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanışma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 40	Yanışma	40	58,336	7,941	8,579	5,407	3363
	Akbaş1		40	10,214	18,213	0,963	1,343	758
	Albayrak61		40	8,782	2,171	0,768	1,074	563
2	Gemi 39	Yanışma	15	22,094	2,520	3,013	1,995	1186
	Gemi 40	Kalkış	25	33,614	5,836	4,467	3,773	1820
	Akbaş1		25	6,384	11,383	0,602	0,840	474
	Albayrak61		25	5,489	1,357	0,480	0,671	352
3	Gemi 13	Yanışma	20	27,102	3,798	3,601	2,950	1683
	Gemi 136	Yanışma	30	45,500	6,007	6,873	4,189	2433
	Gemi 116	Yanışma	30	41,558	5,724	5,399	4,228	2381
	Albayrak61		50	10,978	2,714	0,960	1,342	703
	Akbaş1		20	5,107	9,107	0,481	0,672	379

Tablo 32'ye göre Ocak ayının ilk gününde bir gemi yanaşma yapmış ve iki römorkör bu gemiye eşlik etmiştir. İkinci günde bir gemi yanaşma bir gemi kalkış yapmış ve sadece 40 kodlu gemiye iki römorkör eşlik etmiştir. Üçüncü gün ise 3 gemi yanaşma manevrası gerçekleştirmiştir. Ocak ayı hesaplamalarının tamamı Ek 8'de ayrıca verilmiştir.

Şubat ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 33'te gösterilmiştir.

Tablo 33. Şubat ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
2	Gemi 54	Kalkış	15	20,617	3,383	2,166	2,211	1091
	Albayrak61		5	1,098	0,271	0,096	0,134	70
3	Gemi 223	Yanaşma	30	40,843	5,585	5,759	4,164	2308
	Gemi 40	Yanaşma	50	72,920	9,926	10,724	6,759	4204
	Gemi 215	Kalkış	30	39,598	6,892	4,721	4,403	2169
	Albayrak61		115	25,249	6,241	2,208	3,087	1617
	Akbaş1		80	20,428	36,426	1,925	2,687	1517
4	Gemi 143	Yanaşma	35	48,658	7,077	6,219	5,386	2749
	Gemi 32	Kalkış	30	39,729	7,256	5,226	4,689	2237
	Gemi 210	Kalkış	20	28,206	4,520	3,563	2,964	1465
	Gemi 55	Kalkış	35	49,240	7,849	6,498	5,285	2683
	Gemi 40	Kalkış	30	40,337	7,003	5,361	4,528	2184
	Albayrak61		150	32,933	8,141	2,880	4,026	2109
	Akbaş1		65	16,598	29,596	1,564	2,183	1232

Tablo 33'e göre Şubat ayının ilk gününde limanda mavera gerçekleşmemiştir. İkinci günde bir gemi kalkış manevrası yapmıştır ve Albayrak61 römorkörü ona eşlik etmiştir. Üçüncü günde 2 gemi yanaşma manevrası, 1 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Dördüncü günde ise 1 gemi yanaşma manevrası gerçekleştirirken, 4 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Tablonun üçüncü gününde Albayrak61 römorkörünün çalışma süresinin gemilerin toplam manevra süresinden fazla olmasının nedeni daha önce de bahsettiğimiz üzere römorkörün petrol terminallerine gelen tankerlere hizmet vermek üzere limandan hareket etmesinden dolayıdır. Römorkörlerin limandan çıkış ve limana giriş süreleri incelendiğinde toplam 5 dakikada bu işlemlerin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Şubat ayı emisyon miktarları Ek 9'da ayrıca gösterilmiştir.

Mart ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 34'te gösterilmiştir.

Tablo 34. Mart ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 128	Yanaşma	20	28,639	4,088	4,008	2,899	1607
	Gemi 189	Yanaşma	25	37,435	5,078	4,865	3,540	2061
	Gemi 31	Yanaşma	20	28,196	4,056	4,130	2,733	1544
	Gemi 26	Kalkış	15	20,777	3,467	2,721	2,158	1147
	Gemi 195	Kalkış	25	35,248	5,047	4,923	3,405	1851
	Gemi 19	Kalkış	30	44,568	6,658	5,888	4,646	2197
	Albayrak 61		125	27,444	6,784	2,400	3,355	1758
	Akbaş1		75	19,151	34,149	1,805	2,519	1422
	2	Gemi 71	Yanaşma	30	46,666	6,363	6,042	4,319
Gemi 194		Kalkış	15	21,087	3,320	2,402	2,309	1115
Gemi 31		Kalkış	15	21,298	3,442	2,942	2,195	1139
Albayrak 61			60	13,173	3,256	1,152	1,610	844
Akbaş1			30	7,660	13,660	0,722	1,008	569
3	Gemi 116	Yanaşma	30	41,558	5,724	5,399	4,228	2381
	Gemi 128	Kalkış	20	27,664	4,793	3,656	3,002	1430
	Gemi 189	Kalkış	15	21,489	3,337	2,462	2,102	1125
	Albayrak 61		40	8,782	2,171	0,768	1,074	563
	Akbaş1		25	6,384	11,383	0,602	0,840	474

Tablo 34'e göre Mart ayının ilk gününde limanda 3 gemi yanaşma ve 3 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. İkinci ve üçüncü günde ise 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası yapmıştır. Mart ayı günlük emisyon değerlerinin tamamı Ek 10'da verilmiştir. Nisan ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 35'te gösterilmiştir.

Tablo 35. Nisan ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 97	Kalkış	30	44,554	6,872	5,245	4,147	2226
	Gemi 134	Kalkış	20	27,250	4,496	3,316	2,880	1441
	Gemi 228	Kalkış	20	28,920	4,625	3,632	2,965	1526
	Albayrak 61		70	15,369	3,799	1,344	1,879	984
2	Gemi 69	Yanaşma	30	45,464	5,803	5,416	4,211	2451
	Albayrak 61		30	6,587	1,628	0,576	0,805	422
	Boztepe		30	14,746	1,358	3,009	0,747	737
3	Gemi 175	Yanaşma	30	42,323	5,815	5,940	3,790	2364
	Gemi 6	Yanaşma	50	73,766	9,200	10,861	7,015	4042
	Gemi 170	Kalkış	20	27,202	4,601	3,925	2,974	1471
	Albayrak 61		100	21,956	5,427	1,920	2,684	1406
	Boztepe		50	24,576	2,264	5,014	1,245	1228

Tablo 35'e göre Nisan ayının ilk gününde limanda 3 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. İkinci günde 1 gemi yanaşma manevrası yapmıştır. Üçüncü günde ise 2 gemi yanaşma, 1 gemi kalkış manevrası yapmış ve bu gemilere Albayrak61 römorkörü ve Boztepe römorkörü eşlik etmiştir. Emisyon miktarlarının tamamı Ek 11'de gösterilmiştir.

Mayıs ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 36'da gösterildiği gibidir.

Tablo 36. Mayıs ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
2	Gemi 141	Yanaşma	20	29,088	3,818	3,951	2,518	1559
	Gemi 142	Kalkış	15	21,247	3,213	2,470	2,195	1043
	Gemi 40	Kalkış	30	40,337	7,003	5,361	4,528	2184
	Albayrak 61		65	14,271	3,528	1,248	1,745	914
	Akbaş1		30	7,660	13,660	0,722	1,008	569
3	Gemi 91	Kalkış	20	28,561	4,408	3,462	2,718	1421
4	Gemi 145	Yanaşma	30	46,249	5,795	6,127	4,497	2455
	Gemi 39	Yanaşma	15	22,094	2,520	3,013	1,995	1186
	Gemi 165	Kalkış	20	29,226	4,657	3,554	2,836	1453
	Albayrak 61		50	10,978	2,714	0,960	1,342	703
	Akbaş1		20	5,107	9,107	0,481	0,672	379

Tablo 36'ya göre Mayıs ayının ilk gününde limanda mavera gerçekleşmemiştir. İkinci günde 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası yapmıştır. Üçüncü günde 1 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Dördüncü günde ise 2 gemi yanaşma manevrası gerçekleştirirken, 1 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir.

Haziran ayı üç günlük gemi hareketine Tablo 37'e göre baktığımızda diğer ayların ilk üç gününe göre daha yoğun geçtiğini söyleyebiliriz. Haziran ayının ilk gününde limanda üçer gemi yanaşma ve kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. İkinci günde 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası yapmıştır. Üçüncü günde ise 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası yapmıştır. Üç günde toplam 12 gemi hareketinin gerçekleştiğini ve bu hareketlere hem Albayrak61 römorkörünün hem de Akbaş1 römorkörünün eşlik ettiğini görmekteyiz. Mayıs ve Haziran ayları emisyon miktarları Ek 12 ve Ek 13'de gösterilmiştir.

Tablo 37. Haziran ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 128	Yanaşma	20	28,639	4,088	4,008	2,899	1607
	Gemi 189	Yanaşma	25	37,435	5,078	4,865	3,540	2061
	Gemi 31	Yanaşma	20	28,196	4,056	4,130	2,733	1544
	Gemi 26	Kalkış	15	20,777	3,467	2,721	2,158	1147
	Gemi 195	Kalkış	25	35,248	5,047	4,923	3,405	1851
	Gemi 19	Kalkış	30	44,568	6,658	5,888	4,646	2197
	Albayrak 61		125	27,444	6,784	2,400	3,355	1758
2	Akbaş1		75	19,151	34,149	1,805	2,519	1422
	Gemi 71	Yanaşma	30	46,666	6,363	6,042	4,319	2326
	Gemi 194	Kalkış	15	21,087	3,320	2,402	2,309	1115
	Gemi 31	Kalkış	15	21,298	3,442	2,942	2,195	1139
	Albayrak 61		60	13,173	3,256	1,152	1,610	844
	Akbaş1		30	7,660	13,660	0,722	1,008	569
3	Gemi 116	Yanaşma	30	41,558	5,724	5,399	4,228	2381
	Gemi 128	Kalkış	20	27,664	4,793	3,656	3,002	1430
	Gemi 189	Kalkış	15	21,489	3,337	2,462	2,102	1125
	Albayrak 61		40	8,782	2,171	0,768	1,074	563
	Akbaş1		25	6,384	11,383	0,602	0,840	474

Temmuz ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 38’de gösterildiği gibidir.

Tablo 38. Temmuz ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 132	Yanaşma	30	44,116	5,947	5,819	4,048	2419
	Gemi 249	Kalkış	15	20,405	3,476	2,883	2,072	1144
	Gemi 13	Kalkış	15	19,288	3,334	2,680	2,225	1077
	Albayrak 61		35	7,684	1,899	0,672	0,939	492
	Akbaş1		35	8,937	15,936	0,842	1,176	664
2	Gemi 159	Yanaşma	20	28,503	4,350	3,984	2,817	1642
	Gemi 92	Yanaşma	30	42,905	6,357	4,946	3,934	2475
	Albayrak 61		50	10,978	2,714	0,960	1,342	703
3	Gemi 92	Kalkış	25	35,372	5,115	4,852	3,401	1943
	Albayrak 61		30	6,587	1,628	0,576	0,805	422
	Akbaş1		5	1,277	2,277	0,120	0,168	95

Tablo 38’e göre Temmuz ayının ilk gününde 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası yapmıştır. İkinci gününde birer gemi yanaşma ve kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Üçüncü günde ise 1 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir.

Ağustos ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 39’da gösterildiği gibidir.

Tablo 39. Ağustos ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 116	Yanaşma	20	27,706	3,816	3,599	2,819	1587
2	Gemi 83	Yanaşma	55	75,969	10,296	10,789	7,285	4461
	Gemi 4	Kalkış	15	20,464	3,515	2,461	2,047	1058
	Albayrak 61		70	15,369	3,799	1,344	1,879	984
	Akbaş1		55	14,044	25,043	1,324	1,847	1043
3	Gemi 144	Yanaşma	30	44,370	5,626	5,383	3,877	2341
	Gemi 13	Kalkış	30	38,576	6,668	5,361	4,450	2155
	Gemi 116	Kalkış	20	27,612	4,722	3,429	2,795	1520
	Albayrak 61		60	13,173	3,256	1,152	1,610	844
	Akbaş1		30	7,660	13,660	0,722	1,008	569

Tablo 39’a göre Ağustos ayının ilk gününde 1 gemi yanaşma manevrası yapmıştır. İkinci gününde birer gemi yanaşma ve kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Üçüncü günde ise 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir.

Eylül ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 40’da gösterildiği gibidir.

Tablo 40. Eylül ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Albayrak 61		10	2,196	0,543	0,192	0,268	141
	Akbaş1		5	1,277	2,277	0,120	0,168	95
2	Gemi 57	Yanaşma	40	63,238	7,813	7,338	5,333	3186
	Albayrak 61		45	9,880	2,442	0,864	1,208	633
3	Gemi 192	Yanaşma	30	44,027	5,370	6,327	3,834	2435
	Albayrak 61		35	7,684	1,899	0,672	0,939	492
	Akbaş1		5	1,277	2,277	0,120	0,168	95

Tablo 40’a göre Ağustos ayının ilk üç günü diğer ayların ilk üç gününe göre daha az yoğun geçmiştir. Bu ayın birinci gününde liman içerisinde hareket olmamıştır ancak petrol

terminallerine gemi yanaşması olduğu için römorkör çıkışı gerçekleşmiştir. İkinci ve üçüncü günde ise sadece birer gemi yanaşma manevrası gerçekleştirmiştir.

Ekim ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 41’de gösterilmiştir.

Tablo 41. Ekim ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Albayrak 61		5	1,098	0,271	0,096	0,134	70
	Akbaş1		5	1,277	2,277	0,120	0,168	95
2	Gemi 55	Yanaşma	50	69,742	9,904	10,014	7,011	3976
	Albayrak 61		50	10,978	2,714	0,960	1,342	703
3	Gemi 216	Yanaşma	30	38,926	6,154	6,330	4,142	2476
	Gemi 140	Yanaşma	30	44,124	5,592	4,828	4,240	2409
	Albayrak 61		60	13,173	3,256	1,152	1,610	844

Tablo 41’e göre Ekim birinci gününde liman içerisinde hareket olmamıştır ancak petrol terminallerine gemi yanaşması olduğu için römorkör çıkışı gerçekleşmiştir. İkinci gününde 1 gemi yanaşma manevrası yaparken, üçüncü günde ise 2 gemi yanaşma manevrası gerçekleştirmiştir.

Kasım ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 42’de gösterilmiştir.

Tablo 42. Kasım ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 229	Kalkış	25	34,482	5,506	4,890	3,463	1809
	Gemi 27	Kalkış	15	20,442	3,238	2,706	2,260	1118
2	Gemi 174	Yanaşma	20	29,788	3,972	3,958	2,791	1577
	Gemi 60	Kalkış	50	69,525	10,893	8,880	7,282	3834
	Gemi 178	Kalkış	20	28,148	4,488	3,521	2,796	1535
	Gemi 71	Kalkış	20	29,406	4,326	3,104	2,944	1497
	Albayrak 61		110	24,151	5,970	2,112	2,953	1547
	Boztepe		90	44,237	4,075	9,026	2,241	2210
3	Gemi 142	Yanaşma	25	35,029	5,169	5,051	3,524	2107
	Gemi 124	Kalkış	20	27,230	4,826	3,167	2,724	1531
	Gemi 67	Kalkış	15	20,205	3,240	2,757	2,383	1094
	Albayrak 61		40	8,782	2,171	0,768	1,074	563
	Boztepe		15	7,373	0,679	1,504	0,373	368

Tablo 42'ye göre Kasım ayının ilk gününde 1 gemi yanaşma, 1 gemi kalkış manevrası yapmıştır ve hiçbir römorkör bu gemilere eşlik etmemiştir. İkinci gününde 1 gemi yanaşma ve 3 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Üçüncü günde ise 1 gemi yanaşma, 2 gemi kalkış manevrası gerçekleştirmiştir.

Aralık ayı üç günlük emisyon miktarları Tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. Aralık ayı üç günlük emisyon miktarları

Gün	Gemi Kodu ve Römork	Yanaşma-Kalkış	Süre dk	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
1	Gemi 129	Yanaşma	30	43,066	6,123	6,569	4,396	2484
	Gemi 36	Yanaşma	60	83,632	11,489	12,660	8,879	4863
	Gemi 70	Yanaşma	20	28,769	4,111	3,444	2,752	1591
	Gemi 67	Yanaşma	30	41,169	5,756	6,818	4,256	2431
	Gemi 198	Kalkış	15	22,246	3,342	2,613	2,229	1077
	Gemi 89	Kalkış	20	25,765	4,954	4,028	3,023	1479
	Gemi 65	Kalkış	15	20,354	3,518	3,019	2,170	1098
	Albayrak 61		190	41,716	10,311	3,648	5,100	2672
	Boztepe		145	71,271	6,565	14,541	3,610	3560
2	Gemi 26	Yanaşma	30	42,601	6,388	5,858	4,397	2381
	Gemi 67	Kalkış	15	20,205	3,240	2,757	2,383	1094
	Albayrak 61		20	4,391	1,085	0,384	0,537	281
	Boztepe		15	7,373	0,679	1,504	0,373	368
3	Gemi 141	Yanaşma	30	43,632	5,726	5,926	3,776	2338
	Gemi 70	Kalkış	15	19,786	3,286	2,798	2,166	1116
	Albayrak 61		50	10,978	2,714	0,960	1,342	703
	Boztepe		15	7,373	0,679	1,504	0,373	368

Tablo 43'e bakıldığında Aralık ayının ilk gününde 4 gemi yanaşma, 3 gemi kalkış manevrası yapmıştır. İkinci ve üçüncü günde birer gemi yanaşma ve kalkış manevrası gerçekleştirmiştir. Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarının günlük emisyon miktarları sırası ile Ek 14, Ek 15, Ek 16, Ek 17 ve Ek 18'de ayrıca detaylı olarak gösterilmiştir.

3.8. Yıllık Toplam Emisyon Miktarları

Trabzon Limanı'nda meydana gelen yıllık emisyon miktarlarının hesaplanmasında gemi ve liman araçları kaynaklı emisyon miktarlarının toplamı dikkate alınmıştır. Gemi

kaynaklı emisyonların aylık miktarları ve toplamı ile liman araçlarının yıllık emisyon miktarlarının toplamı, Trabzon Limanı'nın yıllık emisyon miktarını bulunmasını sağlamıştır. Önceki bölümde üç günlük miktarları verilen gemi kaynaklı emisyonların aylık verilerinin tamamı Ekler bölümde gösterilmiştir. Tablo 31'de verilen liman araçlarının günlük emisyon miktarlarının yıllık verilere dönüştürülmüş hali ile yıllık toplam emisyon miktarı Tablo 44' te gösterildiği gibidir.

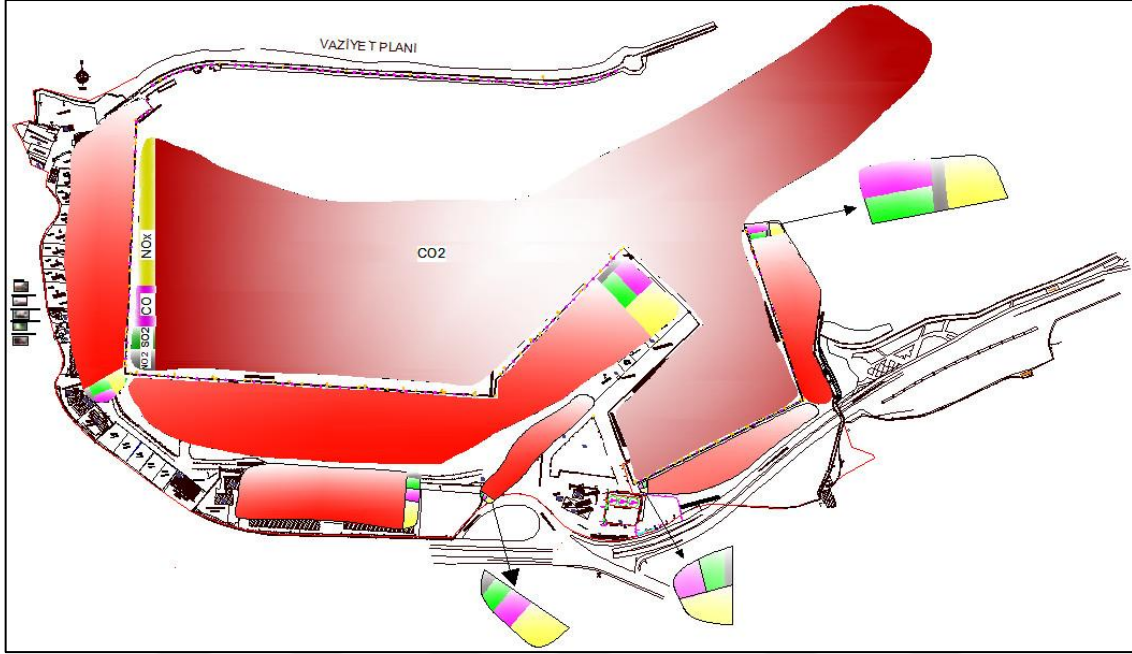
Tablo 44. Yıllık toplam emisyon miktarları

Aylar	NO _x (kg)	CO (kg)	SO ₂ (kg)	NO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)
Ocak	3676,757	962,507	463,090	385,958	211250,514
Şubat	3588,342	953,135	440,845	377,803	204678,110
Mart	5307,266	851,796	707,803	523,449	295801,944
Nisan	4243,562	1019,013	539,575	438,868	241946,300
Mayıs	3540,962	980,562	439,959	373,927	203002,944
Haziran	4046,978	977,446	501,437	421,808	229583,796
Temmuz	3562,346	887,020	449,116	372,957	202345,531
Ağustos	2875,052	655,845	357,173	297,927	162781,098
Eylül	4225,814	1050,277	526,229	440,791	240235,412
Ekim	4167,566	711,746	541,809	421,839	233463,055
Kasım	5389,667	847,242	724,641	532,364	298371,837
Aralık	4942,216	752,929	667,006	488,891	274593,761
Gemiler ve Römorkörler Toplam	49566,527	10649,518	6358,685	5076,581	2798054,303
Limn Araçları Yıllık Toplam	3024,250	1140,581	793,585	253,376	335275,657
Yıllık Genel Toplam	52590,776	11790,099	7152,270	5329,957	3133329,960

Tablo 44'e göre gemilerin ve römorkörlerin neden olduğu emisyonlara bakıldığında NO_x, SO₂, NO₂ ve CO₂ gazlarının en çok salındığı ayın Kasım ayı olduğu göze çarpmaktadır. Bu gazlardan farklı olarak CO gazının en çok salındığı ayın ise Eylül ayı olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 41'de her bir gaz miktarının yoğunluğuna göre liman emisyon haritası oluşturulmuştur. Trabzon Limanı'nın her bir bölgesi için gaz miktarlarının yüzdelerine göre, her gaz için farklı renk kullanılarak haritalama yapılmıştır. Harita üzerinde görülebilmesi zor olan bölümler ayrıca oklar yardımıyla liman bölgesinin dışında gösterilmiştir. Haritalama işlemi yapılırken CO₂ gazı için kırmızı, NO_x gazı için sarı, CO gazı için pembe, SO₂ gazı için yeşil ve NO₂ gazı için gri ana renkleri kullanılmıştır. Ayrıca

her bir bölgedeki gaz yoğunluk miktarlarına göre her bir gaz için belirtilen ana renklerin kodları değiştirilmiştir. Örneğin 1. Bölgede CO₂ gazının renk kodu 179.0.0 iken 2. Bölgede ise yine aynı gazın kodu 215.13.0 olmuştur.



Şekil 41. Her bir gaz miktarına göre Trabzon limanı emisyon haritası

3.9. Model Çalışması Sonucu Oluşan Gaz Dağılımları

Modelleme çalışmaları azot dioksit (NO₂), sülfür dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO), Karbon dioksit (CO₂) ve azot oksit (NO_x) parametreleri için yürütülmüştür. Model çalışması sonucunda oluşan CO gazının günlük, aylık ve yıllık dağılımları sırası ile Şekil 42, Şekil 43 ve Şekil 44'te verilmiştir.

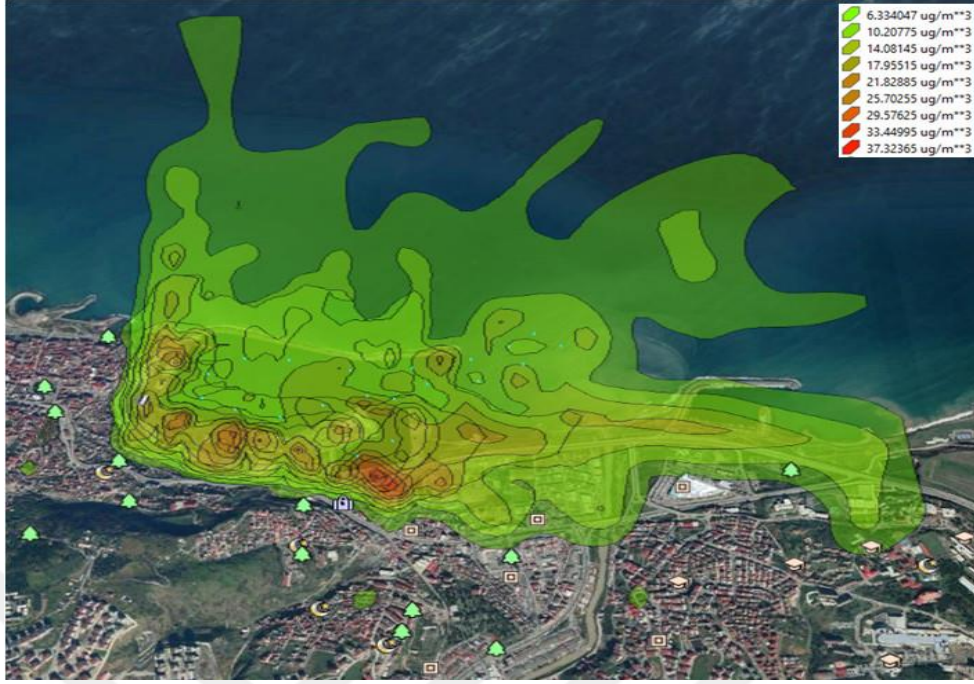
Şekil 42, Şekil 43 ve Şekil 44'de görüldüğü üzere CO gazının kaynaklardan yayıldığı en yoğun olduğu bölgeler kırmızıya yakın tonlarla gösterilirken, kaynaklardan uzaklaştıkça yoğunluğun miktarına bağlı olarak yeşil ve tonları ile gösterilmiştir.



Şekil 42. CO gazı günlük dağılımı



Şekil 43. CO gazı aylık dağılımı

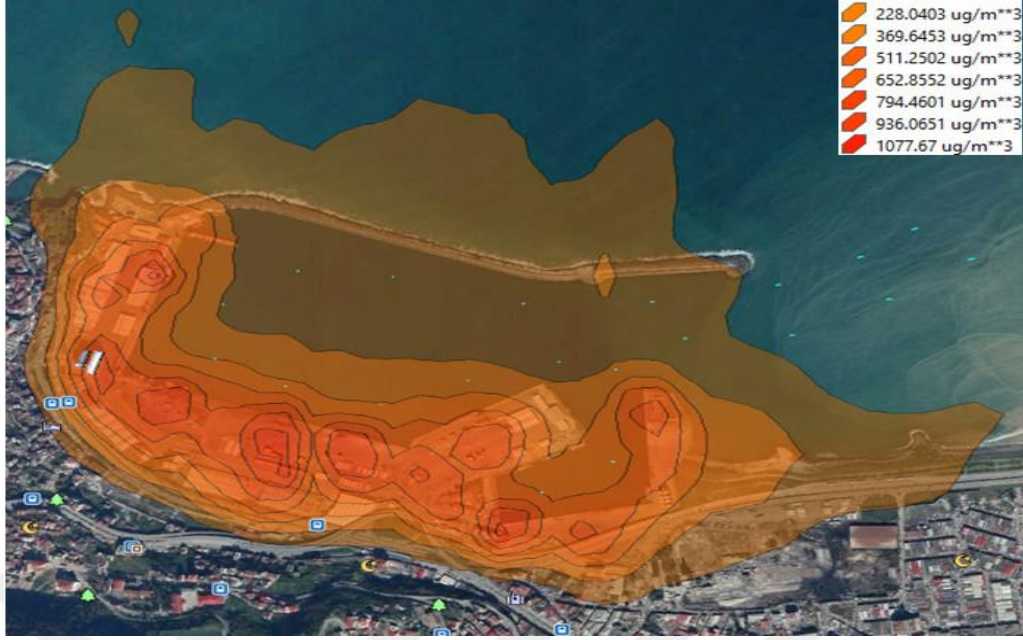


Şekil 44. CO gazı yıllık dağılımı

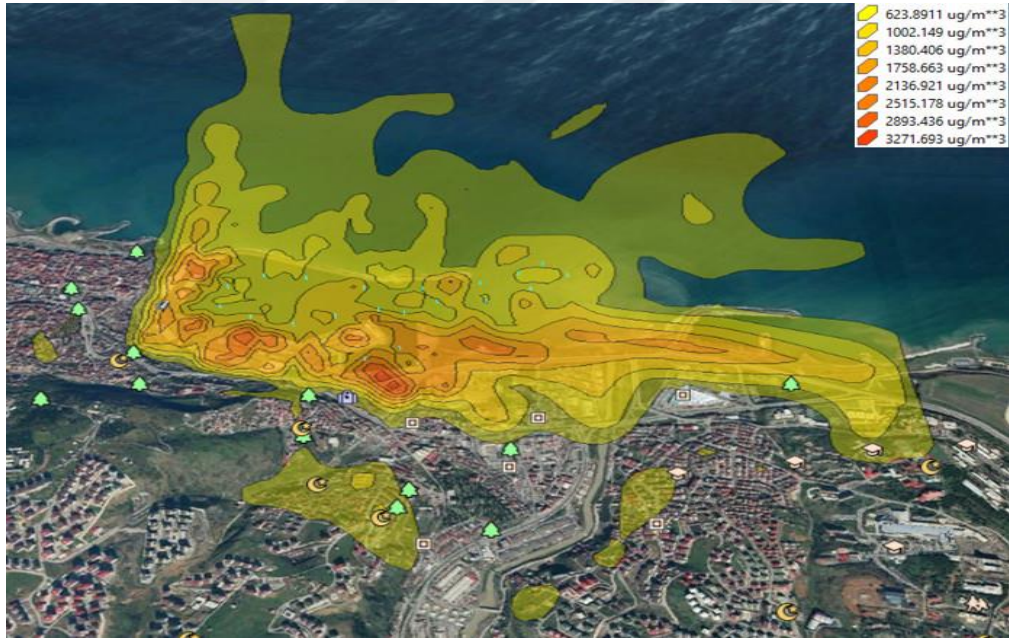
Model çalışması sonucunda oluşan CO₂ gazının günlük, aylık ve yıllık dağılımları sırası ile Şekil 45, Şekil 46 ve Şekil 47’de gösterildiği gibidir.



Şekil 45. CO₂ gazı günlük dağılımı



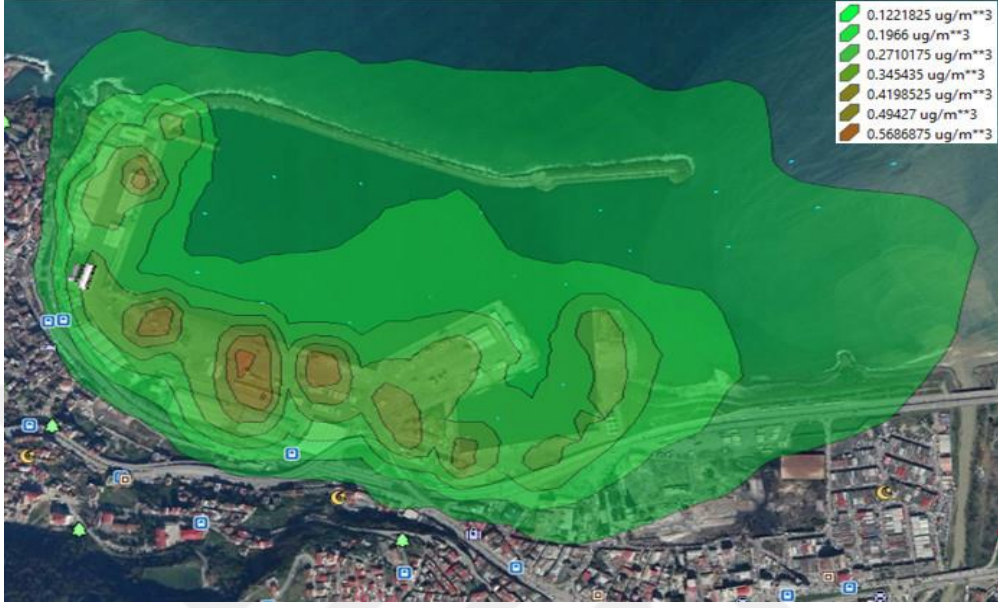
Şekil 46. CO₂ gazı aylık dağılımı



Şekil 47. CO₂ gazı yıllık dağılımı

Şekil 45 ve Şekil 46 görüldüğü üzere CO₂ gazının kaynaklardan yayıldığı en yoğun olduğu bölgeler kırmızıya yakın koyu tonlarla gösterilirken, kaynaklardan uzaklaştıkça yoğunluğun miktarına bağlı olarak turuncu ve tonları ile gösterilmiştir. Şekil 47’de ise yıllık dağılımda, sarı ve tonları ile kullanılmıştır. Model çalışması sonucunda oluşan NO₂

gazının günlük, aylık ve yıllık dağılımları sırası ile Şekil 48, Şekil 49 ve Şekil 50'de verilmiştir.



Şekil 48. NO₂ gazı günlük dağılımı

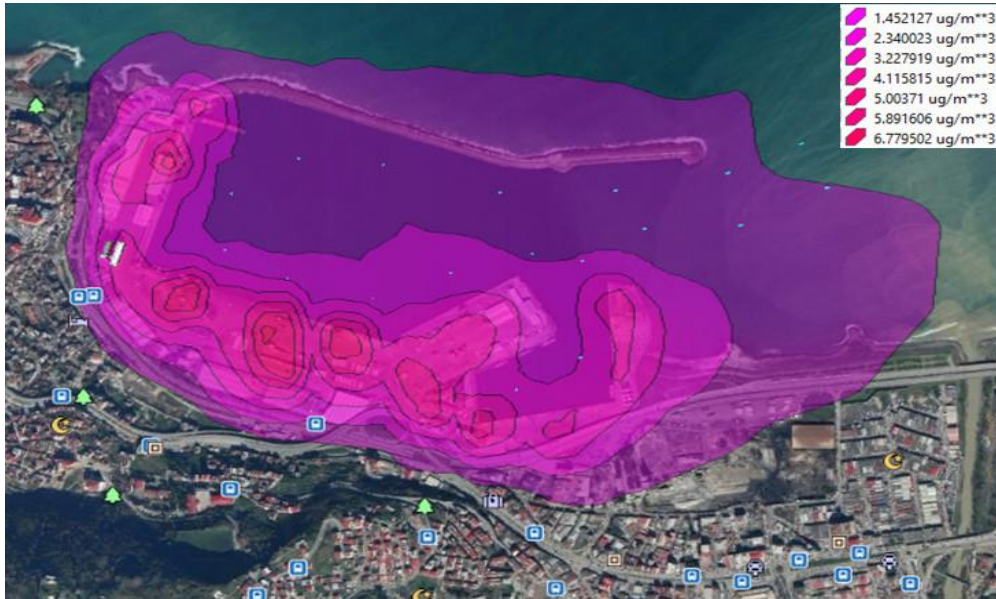


Şekil 49. NO₂ gazı aylık dağılımı



Şekil 50. NO₂ gazı yıllık dağılımı

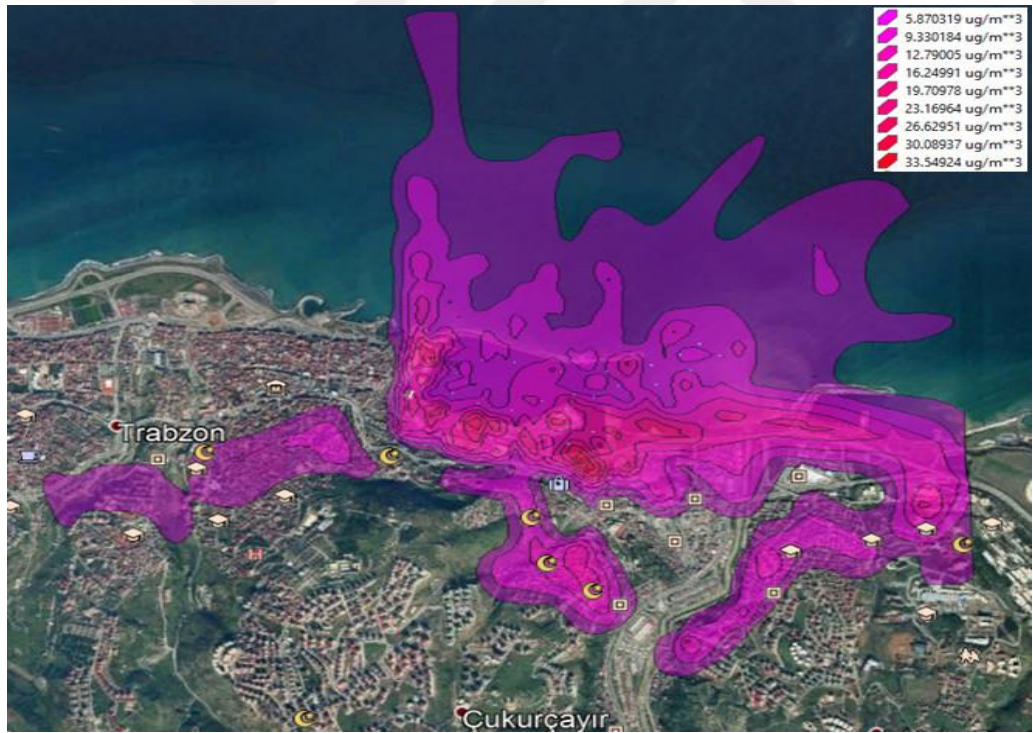
Şekil 48, Şekil 49 ve Şekil 50'de görüldüğü üzere NO₂ gazının kaynaklardan yayıldığı en yoğun olduğu bölgeler kırmızıya yakın tonlarla gösterilirken, kaynaklardan uzaklaştıkça yoğunluğun miktarına bağlı olarak yeşil ve tonları ile gösterilmiştir.



Şekil 51. NO_x gazı günlük dağılımı



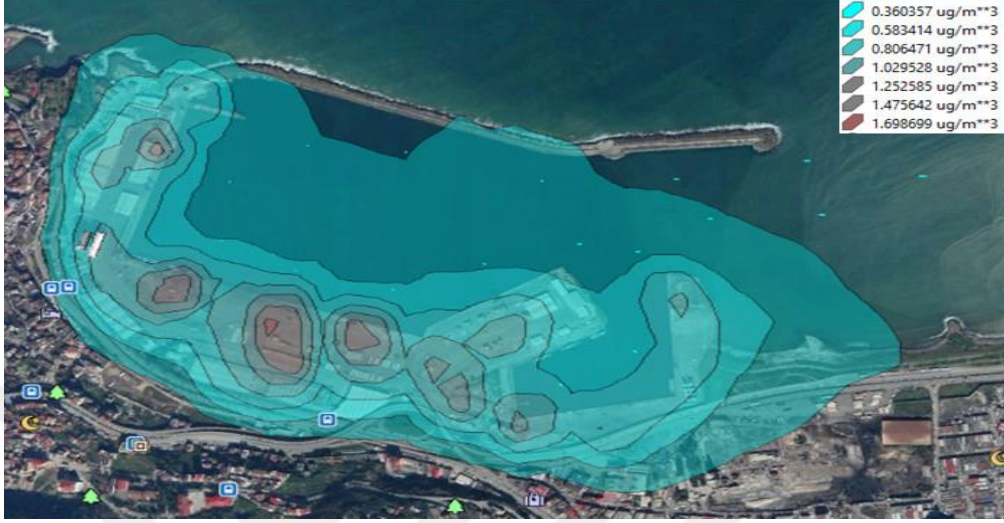
Şekil 52. NO_x gazı aylık dağılımı



Şekil 53. NO_x gazı yıllık dağılımı

Şekil 51, Şekil 52 ve Şekil 53'te görüldüğü üzere NO_x gazının kaynaklardan yayıldığı en yoğun olduğu bölgeler kırmızıya yakın koyu tonlarla gösterilirken, kaynaklardan uzaklaştıkça yoğunluğun miktarına bağlı olarak mor ve tonları ile

gösterilmiştir. Model çalışması sonucunda oluşan SO₂ gazının günlük, aylık ve yıllık dağılımları sırası ile Şekil 54, Şekil 55 ve Şekil 56'da verilmiştir.



Şekil 54. SO₂ gazı günlük dağılımı



Şekil 55. SO₂ gazı aylık dağılımı



Şekil 56. SO₂ gazı yıllık dağılımı

Şekil 54, Şekil 55 ve Şekil 56'da görüldüğü üzere SO₂ gazının kaynaklardan yayıldığı en yoğun olduğu bölgeler kırmızıya yakın koyu tonlarla gösterilirken, kaynaklardan uzaklaştıkça yoğunluğun miktarına bağlı olarak turkuaz renk ve tonları ile gösterilmiştir.

Model çalışmasının sonucunda, gaz dağılımlarında etkili olan rüzgâr hızı ve yönlerini incelediğimizde; belirtilen ölçüm istasyonu verilerine göre; rüzgâr hızı yıllık ortalama 1,8 m/s'dir. Aylara göre rüzgâr hızı 1,5 m/s ile 1,9 m/s arasında değişmektedir. Bölgede birinci derece hâkim rüzgâr yönü, 3477 esme sayısı ile güneybatı (SW), ikinci derece hakim yön, 3035 esme sayısı ile güney (S) ve üçüncü derece hakim yön, 2527 esme sayısı ile güney-güneybatı (SSW)'dır.

4. İRDELEME

Türkiye’de de özellikle son yıllarda görülen ulaştırma faaliyetlerindeki artış ve hızlı şehirleşme, hava kirliliğinin artmasında son derece etkili olmuştur. Özellikle ısınma amacıyla yakılan yakıtların neden olduğu emisyonlarının atmosfere atılması, kullanılan yakıtın yüksek oranda kükürt ve karbon içermesi, ısınma sistemlerinde yanmanın ideal yanma oranının gerçekleşmemesi gibi etmenler özellikle kış aylarında kentlerin büyük bir bölümünde hava kirliliğine neden olmaktadır. Belli başlı devasa şehirlerin dışında son yıllarda Bayburt, Trabzon, Kütahya gibi nüfusun daha az olduğu ve endüstrileşmenin yoğun olmadığı şehirlerde de hava kirliliğinde artışlar görülmektedir. Özellikle kış aylarında hava kirliliği en yüksek şehirlere baktığımızda Trabzon şehrinin hava kirliliği en yüksek kentler arasında olması dikkat çekicidir. Hava kirliliğinin göstergelerinden olan SO₂, CO ve NO_x değerleri incelendiğinde, Trabzon kentinde ciddi seviyede ısınmadan kaynaklı hava kirliliği olduğu görülmektedir (Türk vd., 2008).

Isınma kaynaklı hava kirliliğinin kayda değer bir şekilde etkili olduğu Trabzon ilinde, bu kirliliğe ek olarak ve ciddi miktarlarda motorlu taşıtlar ve liman kaynaklı hava kirliliklerinin de katılması sonucunda şehirde meydana gelen hava kirliliği yaşam kalitesinin düşürebilmektedir. Özellikle son yıllarda meydana gelen motorlu araç sayılarındaki artış ve şehre gelen gemi sayısındaki değişiklikler, limanın şehir merkezinde olduğu gerçeği de ortaya koyulduğunda, hava kirliliğini tetikleyen unsurlar olarak tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında incelenen Trabzon Limanı’na gelen gemi sayısı ve limanda elleçlenen yıllık yük miktarları incelendiğinde, belli yıllar istisna olmak üzere son yıllarda genel bir artış olduğu tespit edilmiştir. Deniz Ticareti Genel Müdürlüğünden açıklanan rakamlara göre Trabzon’a 2014 yılında 792 gemi, 2015 yılında 764 gemi ve 2016 yılında 812 geminin uğradığı tespit edilmiştir. Bu gemilerin ağırlıkları dikkate alındığında 2014 yılında uğrayan gemilerin toplam ağırlığın 4.180.276 groston, 2015 yılında uğrayan gemilerin toplam ağırlığının 3.622.207 groston ve 2016 yılında uğrayan gemilerin toplam ağırlığının ise 4.128.246 groston olduğu tespit edilmiştir. Belirtilen bu rakamlara sadece liman içerisine girip manevra yapan gemiler değil, liman içerisine girmeden uğrayan gemiler de dâhil edildiği için 2017 yılında ölçüm yapılan gemi sayısından daha fazla gemi gözükmemektedir.

Trabzon Limanı'nda yukarıda belirtilen yıllarda elleçlenen yük miktarlarına bakıldığında, 2014 yılında 2.811.921 ton, 2015 yılında 3.398.805 ton ve 2016 yılında 3.453.348 ton yük elleçlendiği tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda limanda elleçlenen yük miktarlarının düzenli olarak arttığını rahatça söyleyebiliriz. Bu artış limanda hizmet veren elleçleme araçlarının daha çok çalışmalarına ve dolayısıyla daha çok emisyon meydana getirmelerine neden olmaktadır. Emisyon ölçümlerinin gerçekleştirildiği 2017 yılına baktığımızda ise limanda 3.827.241 ton yükün elleçlendiği liman idaresi tarafından tutulan verilerde belirtilmiştir.

Trabzon Limanı'nda son 13 yıllık sürede, yapılan 45 milyon dolar yatırımla kalite yükseltilmiş, yatırımlar sayesinde limanda konteyner gemi trafiğinin sağlandığını gözlenmektedir. Limanda kömür ithalatı ilk sırayı almaktadır. Trabzon başta olmak üzere Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'ya uzanan bir kömür süreci bulunmaktadır. Trabzon Limanı'nın, özelleştirilmesinden önce devlet yatırımlarının yetersiz olmasından ötürü konteyner gemi trafiği yapılamıyordu. Dolayısıyla ihracatçılar, ihracatlarını İstanbul, İzmir, Mersin limanlarından yapmaktaydılar. Trabzon Limanı'nın gerek fiziki gerekse hizmet araçlarıyla yapısının değiştirilerek kalitesinin yükseltildiği açıkça gözlenmektedir.

Trabzon Limanı ayrıca bölgenin iki ucu arasında hububat aktarma istasyonu görevini üstlenmiştir. Trabzon'dan işlenmiş mamul birçok ürün konteynerlerle yüzdenden fazla ülkeye ihraç edilmektedir. İthalatta ise ilk sırada kömür gelmektedir. Trabzon Limanı ayrıca belli dönemlerde un ve buğday ithal edilmek görevini üstlenerek bölgedeki fabrikalara hizmet sağlamaktadır. Rusya, Ukrayna, Kazakistan ve Türkmenistan gibi bölge ülkelerinden gelen belli başlı ürünler Trabzon Serbest Bölgesi'nde, Trabzon Liman İşletmeciliği A.Ş tarafından bir takım işlemlerden geçirilmek suretiyle Kanada'ya ve Amerika'ya gönderilmektedir. Dolayısıyla Trabzon Limanı bir nevi Batı ve Doğu arasındaki aktarma istasyonu olarak da görev yapmaktadır.

Trabzon Limanı kruvazör turizmi için önemli bir uğrak noktası haline gelebilecek potansiyele sahiptir. 2015 yılında yaklaşık 40 kadar kruvazör gemi limana gelmiştir. Aynı yıl 15 bin civarında da yolcu giriş çıkışı yapıldığı tespit edilmiştir. Sümela Manastırı'nın restorasyonunun bir an önce tamamlanıp hizmete açılmasıyla tekrar hareketliliğinin yakalanacağı tahmin edilmektedir.

Yapılan çalışmada, Trabzon Limanı'nda emisyon ölçümü yapılan, Tablo 11 ve Tablo 12'de bir kısmı verilen ve tamamı Ek 1'de gösterilen 253 geminin fiziksel özellikleri ve bu gemilerin manevra süreleri incelendiğinde, ağırlığı en fazla olan geminin 33.218 groston,

18.886 net ton ve 57.318 dwt ile 76 kodlu gemi olduğu açıkça görülmektedir. Ağırlığı en az olan gemi ise 1.109 groston, 333 net ton ve 1.265 dwt ile 54 kodlu gemi olduğu belirlenmiştir. Gemilerin boyları ve genişlikleri incelendiğinde, boyu en uzun ve eni en geniş olan geminin 189,99 m boy uzunluğu ve 32,26 m en genişliği ile 199 kodlu gemi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 94 kodlu geminin de boy uzunluğunun 199 kodlu gemi ile aynı olduğu fakat en genişliği olarak 28,3 m ile daha dar olduğu anlaşılmaktadır. Emisyon ölçümleri yapılan gemilerin makine güçlerine baktığımızda, Gemi 182 ve Gemi 196'nın 16.800 kw makine gücü ile ilk sırada olduklarını, 153 kodlu geminin ise 373 kw makine gücü ile en düşük makine gücüne sahip olduğunu görmekteyiz. Limana gelen gemilerin ağırlık, boy, en ve makine gücü ortalamalarına baktığımızda ise; ağırlık ortalamalarının; 6.500 groston, 3.203 net ton ve 9.450 dwt olduğu, boy ve en ortalamalarının sırası ile; 117,43 m ve 17,04 m olduğu, makine gücü ortalamasının ise 3.242 kw olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen ve Ek 1'de sunulan fiziksel özellikler doğrultusunda gemi yanaşma manevra sürelerini incelediğimizde en uzun manevra süresinin 80 dakikalık süre ile 2 kodlu gemiye ait olduğu görülmektedir. Bu gemiyi 70 dakikalık ve 65 dakikalık manevra süreleri ile 33 ve 94 kodlu gemiler izlemektedir. Yanaşma manevra süresi en kısa olan gemiler ise 15 dakikalık manevra süresi ile 39, 54 ve 142 kodlu gemilerdir. Gemilerin kalkış manevrası sürelerine baktığımızda, en uzun yanaşma manevrası süresine sahip olan 2 kodlu geminin ölçüm yapılan zaman aralığı içerisinde kalkış yapmadığı için kalkış manevrası süresi tespit edilememiştir. Diğer gemilere baktığımızda ise en uzun kalkış manevrası süresinin 75 dakika ile 40 kodlu gemiye ait olduğunu görmekteyiz. Ancak bu gemi 11 kez kalkış manevrası gerçekleştirmiş ve ortalama 30 dakikada kalış yaparken, 16 Nisan tarihinde yapmış olduğu kalkış işleminde teknik aksaklıklardan dolayı 75 dakikalık sürede kalkışı gerçekleştirmiştir. Bu gemi dışında diğer kalkış manevrası sürelerini incelediğimizde 133 kodlu geminin 55 dakikalık manevra süresi ile ikinci sırada olduğunu, 107, 227 ve 251 kodlu gemilerin 50 dakikalık kalkış manevrası süreleri ile üçüncü sırayı aldıklarını görmekteyiz. Kalkış manevrası en kısa olan gemilerin, ortalama 10 dakika kalkış süresi ile 54 ve 141 kodlu gemiler olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte 141 kodlu geminin 20 Haziran tarihinde kalkış manevrasını 5 dakikalık bir sürede gerçekleştirdiğini de görmekteyiz. Belirtilen bilgiler doğrultusunda manevra sürelerinin gemilerin fiziksel özellikleri ile doğru orantılı olarak değiştiğini net bir şekilde söyleyebiliriz.

Çalışmada, Tablo 13 ve 14'te bir kısmı verilen ve tamamı Ek 1'de sunulan Tanker kodlu gemilerin liman sahasına girmediğini önceki bölümlerde belirtmiştir. Bu Tankerler limandan römorkör hizmeti alarak liman sahası dışında bulunan istasyonlara yanaşma ve kalkış işlemi gerçekleştirmektedirler. Tankerlere eşlik edecek olan römorkörler liman sahası içerisinde çıkış yapacakları ve işlem bitince geri dönecekleri için tankerlerin manevra başlama zamanları ve manevraların ne kadar sürdüğü tespit edilmiştir. Belirtilen süreler incelendiğinde tanker manevralarının, liman sahasına giriş yapan gemi manevralarından çok daha uzun sürede gerçekleştiği açıkça görülmektedir. Tanker 1, 230 dakikalık yanaşma manevra süresi ile en uzun süreye, Tanker 31 ise, 45 dakikalık yanaşma manevrası süresi ile en kısa süreye sahiptir. Kalkış manevra süreleri gemilerde olduğu gibi tankerlerde de kalkış manevra sürelerinden daha kısa sürmektedir. Tanker 24, 190 dakikalık kalkış manevrası süresi ile en uzun, Tanker 30, 20 dakikalık kalkış manevrası süresi ile en kısa süreye sahiptir.

Yapılan çalışmada gemilerin ana makine ve jeneratörlerinden yanaşma manevrası sırasında hangi gazdan dakikada kaç kg emisyon oluştuğunu incelediğimizde, Ek 6'da da görüldüğü üzere jeneratörlerden yayılan en yüksek NO_x miktarının 0,269 kg ile 57 numaralı gemide, en düşük miktarın ise 0,139 kg ile 98 numaralı gemide olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,057 kg ile 126 ve 186 numaralı gemilere, en düşük miktarın ise 0,042 kg ile 178 numaralı gemiye ait olduğu belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,027 kg ile 83 numaralı gemiye, en düşük miktarın 0,014 kg ile 10 ve 127 numaralı gemilere ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,033 kg ile 158 numaralı gemide, en düşük miktarının 0,022 kg ile 12 numaralı gemide ve CO₂ gazının en yüksek miktarının 10,183 kg ile 192 numaralı gemide, en düşük miktarının ise 8,071 kg ile 125 numaralı gemide olduğunu görmekteyiz. Jeneratörlerden yanaşma manevrası sırasında yayılan gazın dakikada yayılan miktarlarının % 96,83'ü CO₂ gazından oluşurken, % 2,13'ü NO_x, % 0,52'si CO, % 0,21'i SO₂ ve % 0,28'i NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Yapılan incelemenin devamında yine Tablo 28 ve Ek 6'da görüldüğü üzere gemilerin yanaşma manevrası sırasında ana makinelerinden yayılan en yüksek NO_x miktarının 1,399 kg ile 220 numaralı gemide, en düşük miktarın ise 1,093 kg ile 101 numaralı gemide olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,170 kg ile 22 numaralı gemiye, en düşük miktarın ise 0,117 kg ile 151 numaralı gemiye ait olduğu

belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,213 kg ile 96 numaralı gemiye, en düşük miktarın 0,142 kg ile 87 numaralı gemiye ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,129 kg ile 155 numaralı gemide, en düşük miktarının 0,100 kg ile 175 numaralı gemide ve CO₂ gazının en yüksek miktarının 77,512 kg ile 106 numaralı gemide, en düşük miktarının ise 66,572 kg ile 122 numaralı gemide olduğunu görmekteyiz. Ana makinelerden yanaşma manevrası sırasında yayılan gazın dakikada yayılan miktarlarının % 97,71'i CO₂ gazından oluşurken, % 1,69'u NO_x, % 0,19'u CO, % 0,23'ü SO₂ ve % 0,15'i NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Çalışmada, Tablo 29'da bir kısmı verilen ve Ek 7'de tamamı sunulan, gemilerin ana makine ve jeneratörlerinden kalkış manevrası sırasında hangi gazdan dakikada kaç kg emisyon oluştuğunu incelediğimizde, jeneratörlerden yayılan en yüksek NO_x miktarının 0,297 kg ile 91 numaralı gemide, en düşük miktarın ise 0,165 kg ile 134 numaralı gemide olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,64 kg ile 3 numaralı gemiye, en düşük miktarın ise 0,49 kg ile 10 numaralı gemiye ait olduğu belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,030 kg ile 121 numaralı gemiye, en düşük miktarın 0,017 kg ile 148 numaralı gemiye ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,034 kg ile 1 numaralı gemide, en düşük miktarının 0,024 kg ile 34 numaralı gemide ve CO₂ gazının en yüksek miktarının 12,106 kg ile 50 numaralı gemide, en düşük miktarının ise 10,145 kg ile 231 numaralı gemide olduğunu görmekteyiz. Jeneratörlerden kalkış manevrası sırasında yayılan gazın dakikada yayılan miktarlarının % 97,05'i CO₂ gazından oluşurken, % 2'si NO_x, % 0,48'i CO, % 0,2'si SO₂ ve % 0,25'i NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Gemilerin kalkış manevrası sırasında ana makinelerinden yayılan gaz miktarlarını incelediğimizde; en yüksek NO_x miktarının 1,287 kg ile 231 numaralı gemide, en düşük miktarın ise 1,029 kg ile 216 numaralı gemide olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,196 kg ile 22 numaralı gemiye, en düşük miktarın ise 0,148 kg ile 152 numaralı gemiye ait olduğu belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,200 kg ile 216 numaralı gemiye, en düşük miktarın 0,122 kg ile 132 numaralı gemiye ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,134 kg ile 145 numaralı gemide, en düşük miktarının 0,101 kg ile 1 numaralı gemide ve CO₂ gazının en

yüksek miktarının 68,434 kg ile 121 numaralı gemide, en düşük miktarının ise 57,726 kg ile 216 numaralı gemide olduğunu görmekteyiz. Ana makinelerden kalkış manevrası sırasında yayılan gazın dakikada yayılan miktarlarının % 97,53'ü CO₂ gazından oluşurken, % 1,78'i NO_x, % 0,26'sı CO, % 0,24'ü SO₂ ve % 0,18'i NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Yapılan çalışmada, Tablo 30'da gösterilen, römorkörlerin ana makine ve jeneratörleri kaynaklı emisyon miktarlarını incelediğimizde; jeneratörleri kaynaklı en yüksek NO_x miktarının 0,058 kg ile Albayrak61 römorköründe, en düşük miktarın ise 0,029 kg ile Akbaş1 römorköründe olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,053 kg ile Akbaş1 römorkörüne, en düşük miktarın ise 0,027 kg ile Albayrak61 römorkörüne ait olduğu belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,004 kg ile Boztepe römorkörüne, en düşük miktarın 0,003 kg ile Akbaş1 römorkörüne ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,009 kg ile Akbaş1 römorköründe, en düşük miktarının 0,007 kg ile Boztepe römorköründe ve CO₂ gazının en yüksek miktarının 3,371 kg ile Albayrak61 römorköründe, en düşük miktarının ise 3,233 kg ile Akbaş1 römorköründe olduğunu görmekteyiz. Römorkörlerin jeneratörlerinden yayılan gazın dakikada yayılan miktarlarının % 97,28'i CO₂ gazından oluşurken, % 1,30'u NO_x, % 1,07'si CO, % 0,10'u SO₂ ve % 0,23'ü NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Römorkörlerin ana makineleri kaynaklı en yüksek NO_x miktarının 0,445 kg ile Boztepe römorköründe, en düşük miktarın ise 0,162 kg ile Albayrak61 römorköründe olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,402 kg ile Akbaş1 römorkörüne, en düşük miktarın ise 0,015 kg ile Boztepe römorkörüne ait olduğu belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,096 kg ile Boztepe römorkörüne, en düşük miktarın 0,016 kg ile Albayrak61 römorkörüne ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,024 kg ile Akbaş1 römorköründe, en düşük miktarının 0,018 kg ile Boztepe römorköründe ve CO₂ gazının en yüksek miktarının 21,214 kg ile Boztepe römorköründe, en düşük miktarının ise 10,692 kg ile Albayrak61 römorköründe olduğunu görmekteyiz. Römorkörlerin ana makinelerinden yayılan gazın dakikada yayılan miktarlarının % 97'si CO₂ gazından oluşurken, % 1,69'u NO_x, % 0,90'ı CO, % 0,27'si SO₂ ve % 0,12'si NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Çalışmanın kara kısmı olan ve Tablo 31'de gösterilen, limanda hizmet veren elleçleme araçlarının çalışma sürelerinin ve emisyon miktarlarını incelediğimizde; günde

en çok çalışan aracın 627,7 dakikalık çalışma süresi ile linde aracının olduğunu görmekteyiz. En az çalışan araç ise 4,9 dakikalık süresi ile vidanjördür.

Belirtilen araçlar kaynaklı günlük emisyon miktarlarına baktığımızda en yüksek NO_x miktarının 1,859 kg Komatsu Wa 430 aracında, en düşük miktarın ise 0,007 kg ile vidanjörde olduğu görülmektedir. CO miktarlarına baktığımızda, en yüksek miktarın 0,469 kg ile Kalmar 33 Ton aracına, en düşük miktarın ise 0,003 kg ile Vapis Jeneratör-1'e ait olduğu belirlenmiştir. SO₂ miktarlarını incelediğimizde en yüksek miktarın 0,594 kg ile Komatsu Wa 430 aracına, en düşük miktarın 0,002 kg ile yine vidanjöre ait olduğu tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan son iki gazın emisyon miktarlarına baktığımızda, NO₂ gazının en yüksek miktarının 0,150 kg ile Kalmar 33 Ton aracında, en düşük miktarının 0,001 kg ile çöp kamyonunda ve CO₂ gazının en yüksek miktarının 221,080 kg ile Liebherr aracında, en düşük miktarının ise 0,711 kg ile vidanjörde olduğunu görmekteyiz. Liman yük elleçleme araçlarından yayılan gazın günlük yayılan miktarlarının % 98,46'sı CO₂ gazından oluşurken, % 0,88'i NO_x, % 0,33'ü CO, % 0,23'ü SO₂ ve % 0,07'si NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Gemiler ve römorkörler kaynaklı emisyon miktarlarını çalışma sürelerine bağlı olarak ay bazında incelediğimizde, Ocak ayında, Ek 8'de de görüldüğü üzere gemi ve römorkörlerin toplam 4945 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca Ocak ayında toplam 216.738 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,46'sı CO₂ gazından oluşurken, % 1,69'u NO_x, % 0,44'ü CO, % 0,21'i SO₂ ve % 0,17'si NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Ek 9'da da görüldüğü üzere Şubat ayında gemi ve römorkörlerin toplam 4885 dakika çalıştıkları görülmektedir. Bununla birlikte Şubat ayında toplam 210.038 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,44'ü CO₂ gazından oluşurken, % 1,70'i NO_x, % 0,45'i CO, % 0,20'si SO₂ ve % 0,17'si NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Mart ayında, Ek 10'da görüldüğü üzere gemi ve römorkörlerin toplam 6710 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca Mart ayında toplam 303.192 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,56'sı CO₂ gazından oluşurken, % 1,75'i NO_x, % 0,28'i CO, % 0,23'ü SO₂ ve % 0,17'si NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Nisan ayına baktığımızda ise; Ek 11'e göre, bu ayda gemi ve römorkörlerin toplam 5595 dakika çalıştıkları görülmektedir. Bununla birlikte Nisan ayında toplam 248.187 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,48'i CO₂ gazından oluşurken, % 1,70'i NO_x, % 0,41'i CO, % 0,21'i SO₂ ve % 0,17'si NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Mayıs ayında, Ek 12’de görüldüğü üzere gemi ver römorkörlerin toplam 4905 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca bu ayda toplam 208.338 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,43’ü CO₂ gazından oluşurken, % 1,69’u NO_x, % 0,47’si CO, % 0,21’i SO₂ ve % 0,17’si NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Ek 13’de de görüldüğü üzere Haziran ayında gemi ver römorkörlerin toplam 5360 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Bununla birlikte Haziran ayında toplam 235.531 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,47’si CO₂ gazından oluşurken, % 1,71’i NO_x, % 0,41’i CO, % 0,21’i SO₂ ve % 0,18’i NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Temmuz ayında, Ek 14’de görüldüğü üzere gemi ve römorkörlerin toplam 4745 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca bu ayda toplam 207.616 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,46’sı CO₂ gazından oluşurken, % 1,71’i NO_x, % 0,42’si CO, % 0,21’i SO₂ ve % 0,18’i NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Ağustos ayına baktığımızda ise; Ek 15’e göre, bu ayda gemi ver römorkörlerin toplam 3720 dakika çalıştıkları görülmektedir. Bununla birlikte Ağustos ayında toplam 166.967 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,49’u CO₂ gazından oluşurken, % 1,72’si NO_x, % 0,39’u CO, % 0,21’i SO₂ ve % 0,17’si NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Eylül ayına baktığımızda; Ek 16’e göre, bu ayda gemi ver römorkörlerin toplam 5660 dakika çalıştıkları görülmektedir. Bununla birlikte Eylül ayında toplam 246.478 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,46’sı CO₂ gazından oluşurken, % 1,71’i NO_x, % 0,42’si CO, % 0,21’i SO₂ ve % 0,17’si NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Ekim ayında ise Ek 17’ye göre; gemi ver römorkörlerin toplam 4980 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Bununla birlikte Ekim ayında toplam 239.306 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,55’i CO₂ gazından oluşurken, % 1,74’ü NO_x, % 0,29’u CO, % 0,22’si SO₂ ve % 0,17’si NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Kasım ayında, Ek 18’de görüldüğü üzere gemi ver römorkörlerin toplam 6595 dakika çalıştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca bu ayda toplam 305.865 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,55’i CO₂ gazından oluşurken, % 1,76’sı NO_x, % 0,27’si CO, % 0,23’ü SO₂ ve % 0,17’si NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Aralık ayına baktığımızda ise; Ek 19’a göre, bu ayda gemi ver römorkörlerin toplam 6177 dakika çalıştıkları görülmektedir. Bununla birlikte Aralık ayında toplam 281.444 kg gaz salınımı gerçekleşmiştir. Bu emisyon miktarlarının % 97,56’sı CO₂ gazından oluşurken, % 1,75’i NO_x, % 0,26’sı CO, % 0,23’ü SO₂ ve % 0,17’si NO₂ gazlarından oluşmaktadır. Ayrıca gemilerin ve römorkörlerin her ay için emisyon miktarına ne kadar katkı yaptıklarını ayrı

ayrı araştırdığımızda; toplam gaz miktarının yaklaşık % 80'nin gemiler kaynaklı meydana geldiğini görmekteyiz.

Yapılan çalışmada, Tablo 44'de verilen, limanda deniz ve kara araçları kaynaklı bir yıllık toplam emisyon miktarları incelediğimizde; 3.210.193 kg gaz salınımının meydana geldiğini görmekteyiz. Bu emisyonların % 89,39'u deniz araçlarından kaynaklanırken, %10,60'ı kara araçlarından kaynaklanmaktadır. Bunu yanı sıra toplam emisyon miktarının % 97,60'ı CO₂ gazından oluşurken, % 1,63'ü NO_x, % 0,36'sı CO, % 0,22'si SO₂ ve % 0,16'sı NO₂ gazlarından oluşmaktadır.

Model çalışması sonucunda Şekil 41'de gösterilen CO gazının günlük dağılımını incelediğimizde, gazın yayıldığı gün içerisinde yoğun olarak liman içerisinde ve 200-300 m uzaklıktaki yerleşim yerlerini etkilediğini görmekteyiz. Bu alan yaklaşık olarak 1,5 km²'lik bir bölgeyi içerisine almaktadır. Şekil 42'de gösterilen aylık dağılıma baktığımızda ise, gazın etki mesafesinin arttığını ve etki alanının genişlediğini görmekteyiz. Bu alan yaklaşık olarak 3 km²'lik bir bölgeden oluşurken, gazın deniz yönünde yaklaşık 1,3 km uzağa kadar yayıldığı tespit edilmiştir. CO gazının en geniş yayılma alanına sahip olduğunu gördüğümüz, Şekil 43'de gösterilen yıllık dağılıma baktığımızda ise, gazın yaklaşık 10 km²'lik bir alanda etkili olduğu görmekteyiz. Ayrıca gazın deniz yönünde yaklaşık 3 km, kara yönünde ise yaklaşık 1 km mesafeye kadar yayıldığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada Şekil 44 ve Şekil 45'de verilen CO₂ gazının günlük ve aylık dağılımlarına baktığımızda, CO gazının günlük ve aylık etki alanıyla neredeyse aynı etki alanına sahip olduğunu görmekteyiz. Şekil 46'da verilen yıllık dağılımda ise durumun biraz daha farklı olduğu anlaşılmaktadır. CO₂ gazının yıllık dağılımda yaklaşık olarak 15 km²'lik bir alanı etkilediği tespit edilmiştir. Bununla beraber, gazın deniz yönünde yaklaşık 4 km, kara yönünde ise yaklaşık 2 km mesafeye kadar yayıldığı görülmektedir.

Bu çalışma sonucunda Şekil 47'de gösterilen NO₂ gazının günlük dağılımını incelediğimizde, gazın yayıldığı gün içerisinde yaklaşık olarak 2,5 km²'lik bir bölgeyi etkisi altına aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca gazın deniz yönünde yaklaşık 1,5 km ve kara yönünde yaklaşık 1 km mesafeye kadar yayıldığı anlaşılmaktadır. Şekil 48'de gösterilen aylık dağılıma baktığımızda ise, etki alanı yaklaşık olarak 4 km²'lik bir bölgeden oluşurken, gazın deniz yönünde yaklaşık 1,5 km uzağa kadar yayıldığı tespit edilmiştir. Şekil 49'da gösterilen yıllık dağılıma baktığımızda ise, gazın yaklaşık 24 km²'lik bir alanda etkili olduğu görmekteyiz. Ayrıca gazın deniz yönünde yaklaşık 3 km, kara yönünde ise yaklaşık 2,5 km mesafeye kadar yayıldığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada Şekil 50, Şekil 51 ve Şekil 52’de verilen NO_x gazının günlük, aylık ve yıllık dağılımlarına baktığımızda, NO₂ gazının günlük, aylık ve yıllık etki alanıyla neredeyse aynı etki alanına sahip olduğunu görmekteyiz.

Model çalışması sonucunda incelediğimiz en son gaz olan Şekil 54’te gösterilen SO₂ gazının günlük dağılımını incelediğimizde, gazın yayıldığı gün içerisinde, CO gazında olduğu gibi, yoğun olarak liman içerisinde ve yaklaşık 300 m uzaklıktaki yerleşim yerlerini etkilediğini görmekteyiz. Bu alan neredeyse 1,5 km²’lik bir bölgeyi içerisine almaktadır. Şekil 54’de gösterilen aylık dağılıma baktığımızda ise, gazın etki mesafesinin arttığını ve etki alanının genişlediğini görmekteyiz. Bu alan yaklaşık olarak 2,5 km²’lik bir bölgeden oluşurken, gazın deniz yönünde yaklaşık 1,2 km uzağa kadar yayıldığı tespit edilmiştir. SO₂ gazının en geniş yayılma alanına sahip olduğunu gördüğümüz, Şekil 55’de gösterilen yıllık dağılıma baktığımızda ise, gazın yaklaşık 16 km²’lik bir alanda etkili olduğunu görmekteyiz. Ayrıca gazın deniz yönünde yaklaşık 2,5 km, kara yönünde ise yaklaşık 1,75 km mesafeye kadar yayıldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çernobil nükleer reaktöründeki patlamadan en üst seviyede etkilenmiş olan Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli liman kentlerinden birisi olan Trabzon'un daha yaşanabilir bir şehir haline gelebilmesi için gereken en önemli hamlelerden birisi, şehirde taşıt ve sanayi kaynaklı hava kirliliğini en aza indirmektir. Hava kirliliğinin azaltmaya çalışırken, ilk olarak şehir merkezinde bulunan ve birçok emisyon kaynağı içeren limandan başlamak gerekmektedir. Gemiler yüksek güçlü ana makineleri, aktif olarak kullanılan jeneratörleri ve ağır yakıt kullanmaları nedeni ile limanlardaki önemli hava kirleticilerdir. Ayrıca gemilere hizmet veren römorkörlerin ve diğer elleçleme araçlarının şehrin havasına yapmış oldukları etki küçümsenmeyecek derecede önemlidir.

Bu çalışmada Trabzon Liman Bölgesinde yıllık emisyon ölçümleri yapılmış ve hava kirliliğine etkileri değerlendirilmiştir. Gemi kaynaklı emisyonlarla ilgili daha önce yapılmış olan uluslararası kabul görmüş küresel, bölgesel, yerel ölçekli çalışmalarda kullanılan yöntemler ve sonuçlar incelenmiştir.

Emisyon değerlerini etkileyecek faktörlerden bir tanesi harcanan yakıt miktarıdır. Yakıt miktarının fazla veya az oluşu aynı oranda emisyon değerlerini arttırmakta ve ya azaltmaktadır. Makinenin ürettiği güce göre harcayacağı yakıt miktarı da değişmektedir. Bundan dolayı farklı güçlerdeki makineler için emisyon değerleri de farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmada yanaşma manevrası sırasında, kalkış manevrasına istinaden emisyon miktarlarının daha fazla olmasının sebebi gemilerin genel olarak yüklü halde yanaşıp, yüksüz bir şekilde kalkış yapıyor olmalarındandır. Çünkü gemi yüklü iken ana makinenin üretmesi gereken güç miktarı artacağından, makinenin harcayacağı yakıt miktarı da artmaktadır.

Gemilerin ana makinelerinin ürettiği güce göre yakıt miktarlarının artmasının ve buna bağlı olarak emisyon miktarlarının değişmesinin en önemli ispatını römorkörlerden elde edilen emisyon sonuçlarına baktığımızda açıkça görmekteyiz. Römorkörlerden daha yüksek güçlerde makinelere sahip olan gemiler limanda manevra sırasında makineyi düşük yüklerde kullandıklarından birçok geminin emisyon değerleri römorkörlerin emisyon değerlerinden daha düşük çıkmaktadır. Römorkörler ise genel olarak tam yükte çalıştıkları için emisyon miktarları fazla olmaktadır. Römorkörlerin emisyon miktarlarının fazla olmasının bir diğer sebebi de gemilere manevra yaptırırken

makineyi anlık yüklemelerle kullanmalarından” dolaydır. Bu anlık yüklemeler sırasında art yanmalar oluşarak emisyon değerlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Yapılan çalışmada jeneratörler kaynaklı emisyon miktarlarına baktığımızda, kalkış manevrası esnasında emisyon miktarlarının daha yüksek olduğunu görmekteyiz. Ana makinelerde olduğu gibi jeneratörlerde de harcanan yakıt miktarı arttıkça emisyon miktarları da artmaktadır. Kalkış manevrası sırasında jeneratörlerin harcadıkları yakıt miktarlarının fazla olmasının en önemli nedenlerinden birisi; ırgat veya balast pompası gibi jeneratörden beslenen ekipmanların kalkış sırasında etkin bir şekilde kullanılmasından dolaydır.

Makine gücü ve diğer fiziksel özellikleri neredeyse aynı olan gemilerde emisyon miktarlarının farklı olmasının birçok sebebi vardır. Bunlardan bir tanesi ve en önemlisi yakıt sistemi üzerindeki ekipmanların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması ve uygun şekilde işletilmemeleridir. Çünkü ana makine ve jeneratörlerde yakıt hava karışım oranı, yanma kalitesini ve dolayısıyla emisyon değerlerini etkilemektedir. Zamanında ve gerekli şekilde yapılmayan bakımlardan dolayı yanma kalitesi düşeceğinden art yanmalar oluşacaktır ve bu yanmalar emisyon miktarında artışa neden olmaktadır. Ayrıca işletmeden kaynaklı olarak, yakıtın iyi bir filtreleme yapılmadan ve uygun viskozite sağlanmadan ana makineye verilmesi yanma kalitesini etkilemektedir. Özellikle hava kirliliği ile ilgili çalışmalarda önemli bir yer tutan hesaplama çalışmalarına bakıldığında bahsedilen durumlar yeterli şekilde tespit edilemediğinden gerçeğe yakın sonuçlar elde edilememektedir. Ayrıca yapılan diğer çalışmalarda limanda hizmet veren araç ve ekipmanlardan kaynaklı emisyonların dikkate alınmayışının, liman kaynaklı emisyon çalışmaları için büyük bir eksiklik olduğunu, liman araçlarının neden olduğu emisyon miktarına baktığımızda açıkça görmekteyiz.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü (SKHKK) Yönetmeliği’nde NO₂ ve SO₂ için saatlik sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir. Gemilerden kaynaklanan SO₂ miktarının düşük çıkmasının en önemli nedeni gemilerin liman bölgesine girdiklerinde ağır yakıttan (fuel oil) hafif yakıtı (dizel oil) geçmelerindedir.

Her ne kadar sınır değerler aşılmamış olarak görülse de Trabzon Liman bölgesinin şehrin en yoğun yerinde olduğunu ve kirletici gazların uzak mesafelere kadar taşındığını dikkate alacak olursak elde edilen değerler insan sağlığı açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Trabzon ilinin 2017 yılı hava kirliliği raporu incelendiğinde, limanın bulunduğu meydan bölgesi istasyonu kirlilik verileri doğrultusunda, liman kaynaklı

emisyonların kış ayları olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yaklaşık % 16 oranında, diğer aylarda ise yaklaşık % 23 oranında çevreye olumsuz etki ettiği tespit edilmiştir. Bu oranlar doğrultusunda liman çevresinde bulunan canlıların son derece risk altında olduğu net bir şekilde söylenebilir.

Hava kirliliği, sadece kirleticinin kaynaktan yayılmasıyla sınırlı olmayıp, alıcı çevre ve insana ulaşması ve olumsuz etkiler göstermesi sebebiyle hava kirliliğinin yerel etkilerini en aza indirmek için kaynakların bulunacağı bölgelerin seçiminde o bölgeye ait nüfus yoğunluğu ve meteorolojik şartlar da dikkate alınmalıdır.

Gemilerden kaynaklı emisyonları azaltmak için öncelikli olarak MARPOL Ek-VI gereğince uygulanması gereken emisyon azaltımı tedbirlerini harfiyen uygulamak gerekmektedir. Bu tedbirleri şu şekilde gruplandırabiliriz; Yakıt kalitesinin iyileştirilmesi ile SO_x emisyonlarının azaltımı, yanma sistemlerinin iyileştirilmesi ile NO_x, emisyonlarının azaltımı, enerji verimliliği tedbirleri ile CO₂ emisyonlarının azaltımı. SO_x ve NO_x emisyonlarının azaltımı için yakıt kalitesi ve yanma sisteminin değiştirilmesi gibi teknik tedbirler alınması gerekirken, CO₂ emisyonunun azaltımı için operasyonel önlemler alınması gerekmektedir. CO₂ emisyonunun azaltımına yönelik operasyonel enerji tasarrufu için yapılabilecekler; Trim optimizasyonu, hava durumuna göre rota belirleme, tekne temizliği, pervane temizleme, pervane boyası, yenilenebilir enerji kullanımı, LNG yakıt kullanımı, pervane değişimi vb. Bunların dışında yapım aşamasında alınacak birçok önlem ile birlikte de CO₂ gazı salınımı azaltılabilmektedir.

Gaz salınımını en aza indirme yöntemi olarak yeni geliştirilen alternatif yakıtların kullanımı değerlendirilebilir. Daha az karbon içeren yakıtların gemilerde kullanılmasıyla birlikte emisyon miktarları asgari miktarda tutulabilmektedir. Bu şekilde Emisyon miktarları gemilerin fiziksel özelliklerine, makine özelliklerine ve yaşlarına göre en alt seviyelere düşürülebilmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasıyla emisyon oranlarındaki azalma miktarları, IMO'nun Emisyon Kontrol Alanlarında uygulamaya sokacağı emisyon miktarlarına uygun hale gelebilecektir.

Belirtilen yöntemlere alternatif olarak, gemilerde denetimli kontrol sistemlerinin uygulanması harcanan yakıt miktarını ve emisyonları azaltmak amacıyla kullanılacak bir yöntemdir. Gemilerde emisyonu neden olan bölgelerin, bu sistem içerisindeki veriler göz önünde bulundurularak verim ve performans açısından ileri düzeyde izlenmesinin ve kontrolünün imkânı sağlanmaktadır. Bu sistemlerin uygulanması gemi üzerinde en uygun çalışma performansının yanı sıra yakıtın da daha verimli kullanılmasını da sağlayacaktır.

Trabzon Limanı sahilinden enerji (cold ironing) kullanımı konusunda ülkenin en önemli limanlarından birisidir. Ayrıca limanda taşıma kapasitesi en yüksek olan vinçler elektrik enerjisi ile çalışmaktadırlar. Ancak dizel yakıtlarla çalışan ve emisyon ölçümleri yapılan elleçleme ekipmanlarının ölçüm sonuçlarına baktığımızda, her birinin kayda değer bir emisyon kaynağı olduğunu görmekteyiz. Bu araçların da alternatif enerji kaynakları kullanılarak çalışır hale getirilmesi, limandaki hava kirliliğini önemli derecede azaltacaktır.

Ülkemizde birçok limanda sahilinden enerji (cold ironing) kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışan elleçleme ekipmanları bulunmamaktadır. Bu konuda birçok limandan ileri seviyede olan Trabzon Limanı'ndan dahi binlerce ton zararlı gaz her yıl havaya salınırken, bahsedilen olanakların bulunmadığı limanlardan kaynaklı emisyon miktarının hava kalitesini çok daha fazla etkileyebileceği tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmanın benzeri çalışmalar ülkemizin diğer limanlarına da uygulanarak elde edilen emisyon miktarlarına göre önlemler alınması sağlanabilir.

Gemilerde emisyon ölçümlerinin daha sağlıklı ve kesin sonuçlar verebilecek şekilde yapılabilmesi için, limanlarımıza giriş yapan gemilerin bacalarında emisyon ölçüm standartlarına uygun olarak ölçüm delikleri açılması gerekmektedir. Bu sayede hem ölçüm işlemleri daha kolay yapılacak hem de bu tarz çalışmalar daha kolay ve daha kesin sonuçlar vererek gerçekleşecektir. Ayrıca gemiler gelecekte bütün dünyayı neredeyse ECA bölgesi haline getirmeyi ve MARPOL Ek VI'nın dünyanın her yerinde uygulanmasını planlayan IMO'nun getirecek olduğu denetlemelere de hazır hale gelecektir.

Bu çalışma doğrultusunda geçmiş yıllarda limana gelen gemi sayıları ve elleçlenen yük miktarları verileri kullanılarak, regresyon analizi yöntemi ile gelecek yıllara yönelik emisyon tahminlemesi yapılabilir. Böylelikle gelecekte oluşabilecek daha büyük hava kirliliği tehditlerinin önüne geçmek için önlemler alınması sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- Algantürk, S., D., 2008. Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliği Hakkında Yasal Düzenlemeler ve Değerlendirilmeler, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7, 14, 65-73.
- Bailey, D., Plenys, T., Solomon, G.,M., Campbell, T.,R., Feuer, G.,R., Masters, J. ve Tonkonogy, B., 2004 .Harboring Pollution Strategies to Clean Up U.S. Ports, Natural Resources Defense Council, USA, 78 s.
- Başar, P., Okyay, P., Ergin, F., Coşan, S. ve Yıldız, A., 2005. Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği/1997-2004, ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 6,3, 11-15.
- Başer S., 2008. Hava Kirliliğinin Tarihsel Gelişimi, Türkiye Klinikleri Pulmonary Medicine -Special Topics, 1, 2, 1-4.
- Başhan, V., Çakır, M. ve Sönmez, H., İ., 2018. Bir Dökme Yük Gemisi Kreyn Operasyonunun Maliyet Etkinliği ve Emisyon Analizi, Journal of ETA Maritime Science, 6, 1 , 27-36.
- Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, F., E., Kargın, M. ve Bülbül, B., 2006. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu, Dicle Tıp Dergisi, 33, 2, 105-12.
- Bernstein, J., A., Alexis, N., Bacchus. H., Bernstein, I., L., Fritz, P., Horner, E. ve Reijula, K., 2008. The Health Effects of Nonindustrial Indoor Air Pollution, Journal of Allergy and Clinical Immunology, 121, 3, 585-591.
- Brunekreef, B. ve Holgate, S., T., 2002. Air Pollution and Health. The Lancet, 360, 9341, 1233-1242.
- Catrrall, R., W., 1997. Chemical Sensors, Oxford University Press, New York.
- Chen, D., Zhao, Y., Nelson, P., Li, Y., Wang, X., Zhou, Y. ve Guo, X., 2016. Estimating Ship Emissions Based on AIS Data for Port of Tianjin, Atmospheric Environment, 145, 10-18.
- Corbett, J., J., Winebrake, J., J., Green, E., H., Kasibhatla, P., Eyring, V. ve Lauer, A., 2007. Mortality From Ship Emissions: A Global Assessment, Environmental Science and Technology, 41, 24, 8512-8518.
- Çapraz, Ö., 2013. İstanbul'da 2007-2012 Yılları Arasında Hava Kirliliğinin Ölümler Üzerindeki Etkisinin Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ç.Ş.B., 2017. Trabzon İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Trabzon, 115 s.
- D.T.O., 2015. Deniz Sektör Raporu, İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası, İstanbul, 352 s.
- Dallarosa, J., Teixeira, E., C., Meira, L. ve Wiegand, F., 2008. Study of The Chemical Elements and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Atmospheric Particles of PM₁₀ and PM_{2.5} in the Urban and Rural Areas of South Brazil, Atmospheric Research, 89, 76–92.
- Dalsoren, S., B., Eide, M.,S., Endresen, O., Mjelde, A., Gravir, G. ve Isaksen, I., S., A., 2009. Update on Emissions and Environmental Impacts From the International Fleet of Ships: The Contribution From Major Ship Types and Ports, Atmospheric Chemistry and Physics, 9, 6, 2171-2194
- Dragović, B., Tzannatos, E., Tselentis, V., Meštrović, R. ve Škurić, M., 2018. Ship Emissions and Their Externalities in Cruise Ports, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 61, 289-300.
- E.M.E.P., 2012. Centre on Emission Inventories and Projections, Emission Data Reported Under the LRTAP Convention and NEC Directive, 40 s.
- Ergenoğlu, T., Hazar, M., Beydağı, H., Bozkurt, A., İ. ve Mendeş B., 2001. Hava Kirliliğinin Aerobik Kapasite ve Solunum Fonksiyonlarına Etkisi, Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi, 21, 292- 295.
- European Environment Agency, 2017. Airquality in Europe: 2017 Report, Copenhagen, 73.
- Fierler, H., 2008. The Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants: Obligation and Implementation, 4, 3-12.
- Gautam, S., Prusty, B., K. ve Patra, A., K., 2012. Pollution Due to Particulate Matter From Mining Activities, Recycling and Sustainable Development, 5, 1, 53 – 58.
- Güler, Ç., 1997. Çevre Sağlığı, Halk Sağlığı Temel Bilgiler Kitabı, Ankara, 2, 225-263.
- Gülmez Y., Günay O. ve Cerit A., G., 2016. Kruvaziyer Gemilerin Karbon Salımı Tahmini: Kuşadası Liman Bölgesi İçin Sistem Dinamikleri Yaklaşımı, III. Ulusal Deniz Turizmi Sempozyumu, Şubat, İzmir, Bildiriler Kitabı: 474-485.
- Hueglin, C., Gehrig, R., Baltensperger, U., Gysel, M., Monn, C. ve Vonmont, H., 2005. Chemical Characterisation of PM_{2.5}, PM₁₀ and Coarse Particles at Urban, Near-city and Rural Sites in Switzerland, Atmospheric Environment, 39, 637–651.
- Institute for Health Metrics and Evaluation, 2014. Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study, Washington, 40 s.

- İlek F. ve Elbir, T., 2012. İzmir Körfezi'nde Toplu Taşıma Yapan Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirlenmelerin Kent Atmosferindeki Dağılımlarının EPA-ISCST3 Modeli ile Belirlenmesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 1, 2-9.
- İlkılıç, C., Behçet, R., Aydın, S. ve Aydın, H., 2009. NO_x Formation in Diesel Engines and Control Methods, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Mayıs, Karabük.
- İlkişik, M., F., 2005. MARPOL 73/78 birleştirilmiş çeviri, Deniz Ticaret Odası, İstanbul, 68, 2.
- İncekaya, Y., Feyzi, H., Bayraktar, S., Ali, İ., Topuz, C., Karacalar, S. ve Turgut, N., 2017. Karbonmonoksit Zehirlenmesi ve Hiperbarik Oksijen Tedavisi, Okmeydanı Tıp Dergisi, 33, 2, 114-118.
- Kabatas, B., 2011. Gemi İzlerinin Saptanması ve Atmosferdeki Gemi İzlerinin Mikro Fiziksel Özelliklerinin Modis Verisi İle Hesaplanması, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kampa, M. ve Castanas, E., 2008. Human Health Effects of Air Pollution, Environmental Pollution, 151, 2, 362-367.
- Kara, P. ve Günay, E., 2013. Çernobil Kazası ve Etkileri, Lokman Hekim Journal of History of Medicine and Folk Medicine, 3, 2, 32-36.
- Karakaya, E. ve Özçağ, M., 2003. Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, VII. ODTÜ İktisat Konferansı, Ankara.
- Karl, M., Geyer, B., Bieser, J., Matthias, V., Quante, M., Jalkanen, J., P. ve Fridell, E., 2017.. Impact of a Nitrogen Emission Control Area (NECA) for Ship Traffic on the Future Air Quality in the Baltic Sea Region, EGU General Assembly Conference Abstracts, Nisan, Avusturya, 5500 s.
- Khalil, M., A., K., Butenhoff, C., L. ve Harrison, R., M., 2018. Ozone Balances in Urban Saudi Arabia, Climate and Atmospheric Science, 1,1, 27.
- Kılıç, A., 2009. Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11, 2, 124-134.
- Kılıç, A., 2014. Marmara Bölgesi'ndeki Deniz ve Hava Taşımacılığında Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Oluşturulması ve Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, İ., 2015. Kara ve Deniz Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması: Türkiye İçin Durum Değerlendirmesi, Uzmanlık Tezi, U. D. V. H Bakanlığı, Ankara.
- Koç, Y., 2010. Kurtarma Yardım İlişkilerinde Kılavuz Kaptanın Hukuki Rolü, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Koçak, K., 2000. Kaos ve Atmosferin Davranışı, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 391, 94-97.
- Kouravand, S. ve Kermani, A., M., 2018. Investigation on Influence of Wet FGD to Reduction of SO_x From the Flue Gases due to Combustion of Mazut in Boilers, Russian Agricultural Sciences, 44, 4, 385-391.
- Kumar, A., Singh, S., K., Sinha, S. ve Shukla, M., K., 2004. Effect of EGR on the Exhaust Gas Temperature and Exhaust Opacity in Compression Ignition Engines. Sadhana, 29, 3, 275-284.
- Langner, C. ve Klemm, O., 2011. A Comparison of Model Performance Between AERMOD and AUSTAL 2000, Journal of the Air and Waste Management Association, 61, 6, 640-646.
- Lee, D., H., Lee, I., K., Jin, S., H., Steffes, M. ve Jacobs, D., R., 2007. Association Between Serum Concentrations of Persistent Organic Pollutants and Insulin Resistance Among Nondiabetic Adults: Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002, Diabetes Care, 30, 1, 622-628.
- Lee, J., Lee, J., Lim, J., Tarhan, T., Liu, H. W. ve Aggarwal, S., G., 2018. Comparison of Measurement Capability with 100 µmol/mol of Carbon Monoxide in Nitrogen, Metrologia, 55.
- M.G.M., 2016. Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler, Ankara, 129 s.
- Matsukura, H., Udommahuntisuk, M., Yamato, H. ve Dinariyana, A., A., B., 2010. Estimation of CO₂ Reduction for Japanese Domestic Container Transportation Based on Mathematical Models, J Mar Sci Tech-Japan, 15, 34-43.
- Miola, A., Ciuffo, B., Giovine, E. ve Marra, M., 2010. Regulating Air Emissions From Ships: the State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Options, JRC Reference Reports, 63 s.
- Murena, F., Mocerino, L., Quaranta, F. ve Toscano, D., 2018. Impact on Air Quality of Cruise Ship Emissions in Naples, Italy, Atmospheric Environment, 187, 70-83.
- OECD, 2014. The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport, OECD Publishing, Paris, 79 s.
- Özcumalı, R., U., 2015. Biyodizelin Bir Gemi Dizel Motorunun Egzoz Emisyon Karakteristiklerine Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, M., 2017. Ulaşım Kaynaklı Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri, Türkiye Çevre Koruma Vakfı, Ankara, 31 s.

- Öztürk, N. ve Küçükgül, E., Y., 2008. Deniz Ticareti ve Limanlardan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi ve MARPOL EK VI, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Ekim, Hatay.
- Pekşen, H., Pekşen, D., Y. ve Ölçer, A., 2014. Cold Ironing Yöntemi; Marport Limanı Uygulaması, Journal of ETA Maritime Science, 2, 11-30.
- Qin, Z., Yin, J. ve Cao, Z., 2017. Evaluation of Effects of Ship Emissions Control Areas: Case Study of Shanghai Port in China, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 26, 11, 50-55.
- Radu, D. ve Grandidier, L., 2012. Shore Connection Technology: Environmental Benefits and Best Practices, Schneider Electric, Temmuz, 23 s.
- Sanayi Genel Müdürlüğü, 2014. Türkiye 81 İl Sanayi Durum Raporu, Ankara, 556 s.
- Saraçoğlu, H., 2010. İzmir Limanına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Schoenbaum, T.J. ve Langston, J.C., 2002. An All Hands Evolution: Port Security in the Wake of September 11th, Symposium, United States.
- Secretariat of the Stockholm Convention, 2010. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) as Amended in 2009, Geneva: United Nations Environment Programme, 6-8.
- Shatalov, V., Breivik, K., Berg, T., Dutchak, S. ve Pacyna, J., 2005. Persistent Organic Pollutants, Norwegian Meteorological Institute, 135-136.
- Singh, V., P. ve Yadava, R., N., 2003. Water Resources System Operation: Proceedings of the International Conference on Water and Environment, Eylül, Bhopal, India.
- Song, S., 2014. Ship Emissions Inventory, Social Cost and Eco-Efficiency in Shanghai Yangshan Port, Atmospheric Environment, 82, 288-297.
- Song, S., K. ve Shon, Z., H., 2014. Current and Future Emission Estimates of Exhaust Gases and Particles From Shipping at the Largest Port in Korea, Environ Sci Pollut Rcs, 21, 10, 6612-6622
- Sonsuz, B., Kargioğlu, A., F., Şıpka, M., Oruç, M., M., Hepşen, Ö., Selvi, E., Mustak, H., Kargı, H. ve Karafazlıoğlu, M., 2011. Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi, Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Sakarya.
- Soysal, A. ve Demiral, Y., 2007. Kapalı ortam hava kirliliği, T.S.K. Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6, 3, 221-226.

- Sungur, K., A. ve Gönençgil, B., 1997. Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 6, 337-345.
- Toprak, S., 2014. Kömür Madenlerinde Oluşan Gazların Özellikleri ve Etkileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, Ankara.
- Türk, A., Y., Kavraz, M. ve Türk, M., H., 2008. Trabzon Kentinde Hava Kirliliği Ve İnsan Sağlığına Etkileri, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Ekim, Hatay, Türkiye, Bildiriler Kitabı, 810-821.
- Uçar, F., 2014. Samsun İli Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri, U. D. V. H. Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- URL-1, <http://cevreonline.com/hava-kirliligi/>, 12 Haziran 2018.
- URL-2, <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2016/makaleler/tasimacilik-ve-halk-sagligi>, 15 Haziran 2018.
- URL-3, <https://www.denizhaber.com.tr/yazi/yuk-gemi-liman-iliskisi-401.htm>, 20 Haziran 2018.
- URL-4, <http://www.demkocevre.com/emisyon/>, 15 Temmuz 2018.
- URL-5, <http://www.demkocevre.com/imisyon/>, 15 Temmuz 2018.
- URL-6, <https://merlab.metu.edu.tr/tr/system/Belgeler/TanitimBrosurleri/KORL.pdf>, 27 Temmuz 2018.
- URL-7, <http://gidaarge.akdeniz.edu.tr/cihazlar.i42.gaz-kromatografisi-gc->, 27 Ağustos 2018.
- URL-8, <https://potkam.arel.edu.tr/cihazlar/fouirer-transform-infrared-spektrofotometre-ftir->, 28 Temmuz 2018.
- URL-9, <http://sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/49147/28647/enstr%C3%BCmantal-gc-hplc.pdf>, 28 Temmuz 2018.
- URL-10, <https://www.mgm.gov.tr/site/yardim1.aspx?Enverziyon>, 15 Ağustos 2018.
- URL-11, <http://trabzon.gov.tr/2015-2023-trabzon-il-plani-taslak-raporu>, 18 Ağustos 2018.
- URL-12, <http://trabzonport.com.tr/Hakkimizda.aspx>, 20 Ağustos 2018.
- URL-13, <http://www.sehirler.net/resim-trabzon-resimleri-81-trabzon-limani-6679.htm>, 23 Mayıs 2012.

- URL-14, <https://www.testo.com/tr-TR/testo-350-maritime/p/0563-3503>, 23 Ağustos 2018.
- URL-15, <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/2.5.9913105.pdf>, Trabzon, 1 Eylül 2018.
- URL-16, <http://www.chembio.com.tr/donusum-tablolari->, Birimlerin Dönüşümleri, 3 Eylül 2018.
- URL-17, <http://haliccevre.com/wp-content/uploads/2017/10/Gaz-ve-Buharların-Öcülmesine-İlişkin-Örnek-Hesaplamalar.pdf>, 5 Eylül 2018.
- URL-18, <http://www.yesilaski.com/dosya/emisyon-imisyon-raporlama-egitim-notlari.pdf>, 6 Eylül 2018.
- Uzunali, D., 2004. Air Pollution Maps Based on the Data Collected Between 1998 and 2002 for the Center of Trabzon City, Yüksek Lisan Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Wiseman, C., L., S. ve Zereini, F., 2014. Characterizing Metal(loid) Solubility in Airborne PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ in Frankfurt. Germany Using Simulated Lung Fluids, Atmospheric Environment, 89, 282-289.
- Woodyard, D., 2009. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines, Butterworth-Heinemann, UK, 928 s.
- Yeşilyurt, C. ve Akcan, N., 2001. Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, T.C., Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Ankara.
- Yılmaz, T., 2015. Ağır Metallerin (kurşun, çinko, bakır ve kadmiyum) Bazı Karayosunu Türlerinin Klorofil İçeriği Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö. ve Bircan, H., 2006. İstatistiğe Giriş, Aktif Yayınevi, Erzurum, 5. Baskı, 321 s.

ÖZGEÇMİŞ

02.11.1986 tarihinde Trabzon'un Yomra ilçesinde doğdu. Liseyi Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2009 yılında İstanbul Zeyport Liman İşletmeciliği Gemtac S.S. Gemi Tali Acenteleri Deniz Motorlu Taşıyıcılar Kooperatifi'nde acente memuru olarak çalıştı ve aynı yıl lisans eğitimini tamamladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2010 yılında başladığı yüksek lisans eğitimini 2012 yılında tamamladı. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 2011-2017 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Abdullah Kanca Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.