

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ KAYNAKLI EMİSYONLARIN FARKLI YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

**KAAN ÜNLÜGENÇOĞLU**

**DOKTORA TEZİ  
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. FUAT ALARÇİN**

**İSTANBUL, 2018**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ KAYNAKLI EMİSYONLARIN FARKLI YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Kaan ÜNLÜGENÇOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 25.09.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Fuat ALARÇİN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Fuat ALARÇİN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Nurten VARDAR  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Oğuz Salim SÖĞÜT  
İstanbul Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Cengiz DENİZ  
İstanbul Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

## ÖNSÖZ

---

Bu çalışmada, gemi kaynaklı emisyonların oluşturduğu çevre kirliliğinin farklı yöntemler kullanılarak irdelenmesi yapılmıştır. Ambarlı Limanı ve İstanbul ilinin farklı ilçelerinde yapılan gerçek zamanlı hava ölçümleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda, teorik hesaplamalar ve hesaplamalı akış analizi yaklaşımıyla liman kaynaklı emisyonlar modellenmiştir.

Tez konusunu öneren, desteğini ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. Fuat ALARÇİN' e, değerli fikir ve yönlendirmeleri ile bana her zamana yol gösteren ve örnek almaya çalıştığım Rektörüm Prof. Dr. Bahri ŞAHİN' e şükranlarımı sunarım.

Doktora tez sürecinde kıymetli katkılarıyla çalışmayı zenginleştiren Prof. Dr. Nurten VARDAR' a, Prof. Dr. Cengiz DENİZ' e ve çalışma süresince özverili çaba ve desteklerinden dolayı kıymetli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Görkem KÖKKÜLÜNK' e teşekkürlerimi sunarım. Eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma, ayrıca tez sürecindeki desteklerinden dolayı Prof. Dr. Eyup BAĞCI ve Prof. Dr. Yavuz ERİŞEN' e müteşekkirim.

Değerli arkadaşlarım Ahmet YURTSEVEN, Tarık KOÇAL, Araks EKMEKÇİOĞLU, Burak YILDIZ, Mahmut AVCI, Alper ŞAN ve S. Hakan GÖKSOY' a, İBB Çevre Koruma Müdürlüğü Hava Kalitesi Laboratuvar Sorumlusu Sn. Muhammet DOĞAN'a, Marport Liman İşletmeleri Ticaret ve Sanayi A.Ş. yetkilisi Sn. Hürkan ÇAKAR'a, Ambarlı Liman Başkanı Sn. Ali AKYÜREK'e ve Yıldız Teknik Üniversitesi İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı' ndaki çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; gösterdiği sabır ve yardımları için sevgili eşime ve bütün hayatım boyunca, imkânlar dâhilinde sınırsız ve karşılıksız desteklerini esirgemeyen ve bu çalışmamı ithaf ettiğim çok sevgili aileme sonsuz teşekkürler...

Eylül, 2018

Kaan ÜNLÜGENÇOĞLU

## İÇİNDEKİLER

|                                                    | Sayfa |
|----------------------------------------------------|-------|
| SİMGE LİSTESİ.....                                 | vii   |
| KISALTMA LİSTESİ.....                              | viii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                 | ix    |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                              | xiii  |
| ÖZET .....                                         | xiv   |
| ABSTRACT.....                                      | xvi   |
| BÖLÜM 1                                            |       |
| GİRİŞ.....                                         | 1     |
| 1.1    Literatür Özeti .....                       | 1     |
| 1.2    Tezin Amacı .....                           | 9     |
| 1.3    Hipotez .....                               | 10    |
| BÖLÜM 2                                            |       |
| EMİSYON TAHMİN METODOLOJİSİ .....                  | 11    |
| 2.1    Emisyon Hesaplama Yöntemi-Trozzi.....       | 12    |
| 2.1.1    Yük Faktörleri-Trozzi .....               | 16    |
| 2.2    Emisyon Hesaplama Yöntemi-ENTEC.....        | 17    |
| 2.2.1    Yük Faktörleri.....                       | 18    |
| BÖLÜM 3                                            |       |
| MATERYAL VE METOT.....                             | 19    |
| 3.1    AMBARLI LİMANINA AİT GENEL BİLGİLER.....    | 19    |
| 3.1.1    Ambarlı Limanı Teknik Bilgileri .....     | 20    |
| 3.1.2    Ambarlı Limanı Genel Planı .....          | 20    |
| 3.1.3    Ambarlı Limanı İstatistikî Bilgiler ..... | 21    |
| 3.1.4    MARPORT Terminali .....                   | 22    |

|                                   |                                                                                     |    |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2                               | Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı .....                                                    | 24 |
| 3.2.1                             | NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> Ölçümleri.....                                  | 25 |
| 3.2.2                             | CO Ölçümleri.....                                                                   | 25 |
| 3.2.3                             | SO <sub>2</sub> Ölçümleri .....                                                     | 27 |
| 3.2.4                             | PM 10 / PM 2.5 Ölçümleri .....                                                      | 27 |
| 3.3                               | Web Tabanlı Veri Toplama ve Hesaplama Programı .....                                | 28 |
| 3.3.1                             | Giriş.....                                                                          | 28 |
| 3.3.2                             | Program ara yüz tanıtımı .....                                                      | 29 |
| 3.3.2.1                           | ENTEC çalışma ekranları.....                                                        | 29 |
| 3.3.2.2                           | Trozzi metodu çalışma ekranları .....                                               | 34 |
| 3.3.3                             | Yazılım Çıktıları.....                                                              | 39 |
| 3.3.3.1                           | Gemilerden yayılan toplam egzoz gazı miktarları-Trozzi .....                        | 39 |
| 3.3.3.2                           | Gemilerden yayılan toplam egzoz gazı miktarları-ENTEC .....                         | 40 |
| 3.3.3.3                           | Gemilerin ana makine kaynaklı emisyon miktarları-ENTEC.....                         | 40 |
| 3.3.3.4                           | Gemilerin yardımcı makine kaynaklı emisyon miktarları-ENTEC. 41                     |    |
| <br>BÖLÜM 4                       |                                                                                     |    |
| BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER..... |                                                                                     | 42 |
| 4.1                               | AMBARLI LİMAN BÖLGESİ GÜNLÜK VE SAATLİK ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....   | 42 |
| 4.1.1                             | “Haziran 2017” Emisyon Değerlendirmesi .....                                        | 42 |
| 4.1.1.1                           | SO <sub>2</sub> .....                                                               | 42 |
| 4.1.1.2                           | PM10 .....                                                                          | 43 |
| 4.1.1.3                           | PM2.5 .....                                                                         | 44 |
| 4.1.1.4                           | NO <sub>x</sub> .....                                                               | 44 |
| 4.1.1.5                           | NO .....                                                                            | 45 |
| 4.1.1.6                           | NO <sub>2</sub> .....                                                               | 45 |
| 4.1.1.7                           | CO .....                                                                            | 46 |
| 4.1.2                             | Temmuz 2017” Emisyon Değerlendirmesi .....                                          | 46 |
| 4.1.2.1                           | SO <sub>2</sub> .....                                                               | 46 |
| 4.1.2.2                           | PM10 .....                                                                          | 47 |
| 4.1.2.3                           | PM2.5 .....                                                                         | 48 |
| 4.1.2.4                           | NO <sub>x</sub> .....                                                               | 48 |
| 4.1.2.5                           | NO .....                                                                            | 49 |
| 4.1.2.6                           | NO <sub>2</sub> .....                                                               | 50 |
| 4.1.2.7                           | CO .....                                                                            | 50 |
| 4.1.3                             | “Ağustos 2017” Emisyon Değerlendirmesi.....                                         | 51 |
| 4.1.3.1                           | SO <sub>2</sub> .....                                                               | 51 |
| 4.1.3.2                           | PM10 .....                                                                          | 51 |
| 4.1.3.3                           | PM2.5 .....                                                                         | 52 |
| 4.1.3.4                           | NO <sub>x</sub> .....                                                               | 52 |
| 4.1.3.5                           | NO .....                                                                            | 53 |
| 4.1.3.6                           | NO <sub>2</sub> .....                                                               | 54 |
| 4.1.3.7                           | CO .....                                                                            | 54 |
| 4.2                               | İSTANBUL İLÇELERİ VE AMBARLI LİMAN EMİSYON ÖLÇÜM VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI..... | 55 |

|                                           |                                                                              |     |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.1                                     | Karbon Monoksit (CO) .....                                                   | 55  |
| 4.2.2                                     | Azot Oksitler (NO <sub>x</sub> ) .....                                       | 57  |
| 4.2.2.1                                   | Azot Oksit (NO) .....                                                        | 58  |
| 4.2.2.2                                   | Azot Dioksit (NO <sub>2</sub> ) .....                                        | 60  |
| 4.2.3                                     | Kükürt Dioksit (SO <sub>2</sub> ) .....                                      | 61  |
| 4.2.4                                     | Partiküler Madde (PM) .....                                                  | 64  |
| 4.2.4.1                                   | PM 2.5 .....                                                                 | 65  |
| 4.2.4.2                                   | PM 10 .....                                                                  | 67  |
| 4.3                                       | HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMIĞI İLE AMBARLI LİMANI EMİSYON<br>YAYILIMI ..... | 68  |
| 4.3.1                                     | Sayısal Uygulama Esasları .....                                              | 68  |
| 4.3.2                                     | Matematik Model .....                                                        | 76  |
| 4.3.3                                     | Sonuçlar .....                                                               | 77  |
| <br>BÖLÜM 5                               |                                                                              |     |
| SONUÇ VE ÖNERİLER .....                   |                                                                              | 85  |
| KAYNAKLAR .....                           |                                                                              | 90  |
| <br>EK-A                                  |                                                                              |     |
| TASNİFLİ GEMİ LİSTESİ .....               |                                                                              | 95  |
| <br>EK-B                                  |                                                                              |     |
| UYGULAMA KAYNAK KODLARI .....             |                                                                              | 103 |
| <br>EK-C                                  |                                                                              |     |
| HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM CİHAZI VERİLERİ ..... |                                                                              | 109 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                            |                                                                              | 112 |

## SİMGE LİSTESİ

---

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| K             | Türbülans kinetik enerjisi |
| P             | Basınç değişkeni           |
| U             | x eksenindeki hız bileşeni |
| V             | y eksenindeki hız bileşeni |
| W             | z eksenindeki hız bileşeni |
| $\varepsilon$ | Disipasyon değişkeni       |
| $\tau$        | Kayma gerilmesi bileşeni   |
| $\nu$         | Kinematik viskozite        |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|                  |                                            |
|------------------|--------------------------------------------|
| AIS              | Otomatik Tanımlama Sistemi                 |
| CH <sub>4</sub>  | Metan                                      |
| CO               | Karbon Monoksit                            |
| CO <sub>2</sub>  | Karbon Dioksit                             |
| EEDI             | Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi          |
| GRT              | Gros Tonaj                                 |
| HC               | Hidrokarbon                                |
| HFO              | Heavy Fuel Oil                             |
| HSD              | Yüksek Devirli Dizel Motor                 |
| IMO              | Uluslararası Denizcilik Örgütü             |
| MDO              | Marine Diesel Oil                          |
| ME               | Ana Makine                                 |
| MSD              | Orta Devirli Dizel Motor                   |
| NO               | Azot Oksit                                 |
| NO <sub>2</sub>  | Azot Dioksit                               |
| N <sub>2</sub> O | Azot Protoksit                             |
| NO <sub>x</sub>  | Azot Oksitler                              |
| PM               | Partikül Madde                             |
| PM1              | Aerodinamik çapı 1µm olan Partikül Madde   |
| PM2.5            | Aerodinamik çapı 2,5µm olan Partikül Madde |
| PM10             | Aerodinamik çapı 10µm olan Partikül Madde  |
| ppb              | Milyarda Bir Parçacık                      |
| ppm              | Milyonda Bir Parçacık                      |
| rpm              | Dakikada Devir Sayısı                      |
| SO <sub>2</sub>  | Kükürt Dioksit                             |
| SO <sub>x</sub>  | Kükürt Oksitler                            |
| SSD              | Düşük Devirli Dizel Motor                  |
| TEU              | 20 Feet'lik Konteyner                      |
| VOC              | Uçucu Organik Bileşikler                   |

## ŞEKİL LİSTESİ

|            | Sayfa                                                                                              |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Şekil 2.1  | 25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı gemi tipleri ..... 12 |
| Şekil 2.2  | ENTEC emisyon tahmin metodolojisi ..... 17                                                         |
| Şekil 3.1  | Ambarlı Limanı genel yerleşimi ..... 21                                                            |
| Şekil 3.2  | Ambarlı Limanı yıl bazında konteyner (Bin TEU) elleçleme istatistiği ..... 21                      |
| Şekil 3.3  | Ambarlı Limanı yıl bazında genel yük elleçleme istatistiği ..... 22                                |
| Şekil 3.4  | Marport Terminali kuşbakışı görüntüsü ..... 23                                                     |
| Şekil 3.5  | Marport Terminali yıllara göre konteyner elleçleme kapasiteleri ..... 24                           |
| Şekil 3.6  | Hava kalitesi ölçüm aracı ..... 24                                                                 |
| Şekil 3.7  | AC32M ölçüm cihazı çalışma prensibi ..... 25                                                       |
| Şekil 3.8  | CO12M ölçüm cihazı çalışma prensibi ..... 26                                                       |
| Şekil 3.9  | AF22M ölçüm cihazı çalışma prensibi ..... 27                                                       |
| Şekil 3.10 | MP101M ölçüm cihazı çalışma prensibi ..... 28                                                      |
| Şekil 3.11 | ENTEC ana kullanıcı ekranı ..... 29                                                                |
| Şekil 3.12 | ENTEC metodu emisyon hesap ekranı ..... 30                                                         |
| Şekil 3.13 | Gemi bilgileri ekranı ..... 30                                                                     |
| Şekil 3.14 | Ambarlı Limanından alınmış hava ölçümleri ekranı ..... 31                                          |
| Şekil 3.15 | Ambarlı Liman hava kalitesi ölçümleri sonucunda bulunmuş kritik emisyon değerleri ekranı ..... 31  |
| Şekil 3.16 | Kritik emisyonun belirlendiği gündeki gemi hareketleri ekranı ..... 32                             |
| Şekil 3.17 | Marport Terminalinde gemilere ait rota ve liman giriş-çıkış bilgileri ekranı ..... 32              |
| Şekil 3.18 | Ana ve yardımcı makine yük faktörleri ekranı ..... 33                                              |
| Şekil 3.19 | ENTEC emisyon hesap motorunun çalışma döngüsü ..... 33                                             |
| Şekil 3.20 | Trozzi metodu ana kullanıcı ekranı ..... 34                                                        |
| Şekil 3.21 | Trozzi metodu için emisyon hesap ekranı ..... 35                                                   |
| Şekil 3.22 | Trozzi metodunda kullanılan gemi gros-tonaj göre ana makine güç hesabı ekranı ..... 35             |
| Şekil 3.23 | Trozzi metoduna uygun olarak hazırlanmış gemi bilgileri ekranı ..... 36                            |
| Şekil 3.24 | Trozzi metodu için ana makine ve gemi tipine bağlı yardımcı makine güç katsayısı ekranı ..... 36   |
| Şekil 3.25 | Trozzi metodu için manevra, liman ve seyir süreleri ekranı ..... 37                                |
| Şekil 3.26 | Her bir geminin limana geliş sayısını gösteren emisyon hesap ekranı ..... 37                       |
| Şekil 3.27 | Trozzi metodu için ana ve yardımcı makine yük faktörleri ekranı ..... 38                           |

|            |                                                                                                          |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.28 | Trozzi emisyon hesap metodunun çalışma döngüsü.....                                                      | 38 |
| Şekil 4.1  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik SO <sub>2</sub> emisyon değerleri .....           | 42 |
| Şekil 4.2  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM <sub>10</sub> emisyon değerleri .....          | 43 |
| Şekil 4.3  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM <sub>2.5</sub> emisyon değerleri .....         | 44 |
| Şekil 4.4  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO <sub>x</sub> emisyon değerleri .....           | 44 |
| Şekil 4.5  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO emisyon değerleri .....                        | 45 |
| Şekil 4.6  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO <sub>2</sub> emisyon değerleri .....           | 45 |
| Şekil 4.7  | Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik CO emisyon değerleri .....                        | 46 |
| Şekil 4.8  | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik SO <sub>2</sub> emisyon değerleri .....            | 46 |
| Şekil 4.9  | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM <sub>10</sub> emisyon değerleri .....           | 47 |
| Şekil 4.10 | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM <sub>2.5</sub> emisyon değerleri .....          | 48 |
| Şekil 4.11 | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO <sub>x</sub> emisyon değerleri .....            | 48 |
| Şekil 4.12 | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO emisyon değerleri.....                          | 49 |
| Şekil 4.13 | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO <sub>2</sub> emisyon değerleri .....            | 50 |
| Şekil 4.14 | Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik CO emisyon değerleri .....                         | 50 |
| Şekil 4.15 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik SO <sub>2</sub> emisyon değerleri .....           | 51 |
| Şekil 4.16 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM <sub>10</sub> emisyon değerleri .....          | 51 |
| Şekil 4.17 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM <sub>2.5</sub> emisyon değerleri .....         | 52 |
| Şekil 4.18 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO <sub>x</sub> emisyon değerleri .....           | 52 |
| Şekil 4.19 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO emisyon değerleri .....                        | 53 |
| Şekil 4.20 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO <sub>2</sub> emisyon değerleri .....           | 54 |
| Şekil 4.21 | Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik CO emisyon değerleri .....                        | 54 |
| Şekil 4.22 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Karbon Monoksit emisyonunun karşılaştırılması ..... | 56 |
| Şekil 4.23 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Karbon                                     |    |

|            |                                                                                                                           |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|            | Monoksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....                                                                     | 57 |
| Şekil 4.24 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Azot Oksit emisyonunun karşılaştırılması .....                       | 58 |
| Şekil 4.25 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Azot Oksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....     | 59 |
| Şekil 4.26 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Azot Dioksit emisyonunun karşılaştırılması.....                      | 60 |
| Şekil 4.27 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Azot Dioksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması.....    | 61 |
| Şekil 4.28 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Kükürt Dioksit emisyonunun karşılaştırılması .....                   | 63 |
| Şekil 4.29 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Kükürt Dioksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması ..... | 64 |
| Şekil 4.30 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı PM2.5 emisyonunun karşılaştırılması .....                            | 65 |
| Şekil 4.31 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama PM2.5 emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....          | 66 |
| Şekil 4.32 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı PM10 emisyonunun karşılaştırılması .....                             | 67 |
| Şekil 4.33 | Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama PM10 emisyon değerlerinin karşılaştırılması .....           | 68 |
| Şekil 4.34 | Ambarlı Limanı uydu görüntüsü .....                                                                                       | 71 |
| Şekil 4.35 | Ambarlı Limanı CAD çizimi .....                                                                                           | 71 |
| Şekil 4.36 | Ambarlı Limanı, gemi ve ölçüm hacmi.....                                                                                  | 72 |
| Şekil 4.37 | Ambarlı Limanı atmosfer ortamı.....                                                                                       | 72 |
| Şekil 4.38 | Analizde kullanılan tüm akış hacmi.....                                                                                   | 73 |
| Şekil 4.39 | Tüm akış hacminin çözüm ağı .....                                                                                         | 73 |
| Şekil 4.40 | Atmosfer ortamını temsil eden kubbe hacminin çözüm ağı.....                                                               | 74 |
| Şekil 4.41 | Liman çevresi, gemi ve ölçüm bölgesi çözüm ağı ayrıntısı .....                                                            | 74 |
| Şekil 4.42 | Analizlerde gemi için kullanılan çözüm ağı .....                                                                          | 75 |
| Şekil 4.43 | Hava akışına göre a) 0 derece b) 45 derece c) 135 derece atmosferik kubbe konumları .....                                 | 75 |
| Şekil 4.44 | Sıfır (0) derece 100 m/s serbest akım hızında baca orta kesitindeki skaler hız dağılımı .....                             | 77 |
| Şekil 4.45 | Gemi ve ölçüm cihazı etrafındaki akım hatları görseli.....                                                                | 78 |
| Şekil 4.46 | Baca hızası orta kesitteki a) 0 derece b) 45 derece c) 135 derece açılı konumlardaki egzoz gazı dağılımları .....         | 79 |
| Şekil 4.47 | Tüm çözüm hacmindeki egzoz gazı derişiminin yüzey görünümü.....                                                           | 80 |
| Şekil 4.48 | Gemi ile ölçüm cihazı arasında ölçüm alınan 10 adet kesit plaka görseli...                                                | 80 |
| Şekil 4.49 | 100 m/s rüzgar hızı ve 0° rüzgâr yönünde gemi ve ölçüm cihazı arasındaki kesitlerdeki CO emisyon dağılımları.....         | 81 |
| Şekil 4.50 | 0° rüzgar yönündeki farklı hızlarda farklı emisyonların kesit plakaları üzerindeki değerleri .....                        | 82 |
| Şekil 4.51 | Rüzgar hızına bağlı olarak akış doğrultusuna 45° konumunda hesaplanan emisyon değerleri .....                             | 83 |
| Şekil 4.52 | İki gemili liman yerleşimi görseli.....                                                                                   | 83 |

|            |                                                                                                                       |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.53 | İki gemili model için baca gazı emisyonunun yüzey görünümü .....                                                      | 84 |
| Şekil 4.54 | İki gemili model için rüzgar hızına bağlı olarak akış doğrultusuna 0°<br>konumunda hesaplanan emisyon değerleri ..... | 84 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                                                           | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1 Ana makine gücünün gros tonaja bağlı fonksiyonu .....                                         | 13    |
| Çizelge 2.2 Gemi tipine göre tahmini yardımcı makine/ana makine oranı.....                                | 13    |
| Çizelge 2.3 Gemi tiplerine göre ortalama seyir hızları, manevra ve liman süreleri ....                    | 14    |
| Çizelge 2.4 Seyirde yakıt ve makine tipine göre emisyon faktörleri (gr/kWh).....                          | 15    |
| Çizelge 2.5 Yakıt tipine göre yardımcı makine emisyon faktörleri.....                                     | 15    |
| Çizelge 2.6 Ana makine tipleri ve devir sayıları .....                                                    | 15    |
| Çizelge 2.7 Manevra ve limanda yakıt ve makine tipine göre emisyon faktörleri.....                        | 16    |
| Çizelge 2.8 Farklı işletme modlarında ana ve yardımcı makine yükleri .....                                | 16    |
| Çizelge 2.9 Farklı işletme modlarında ana ve yardımcı makine yükleri .....                                | 18    |
| Çizelge 3.1 Marport Terminali genel özellikleri .....                                                     | 23    |
| Çizelge 3.2 Gemi işletme modlarına göre toplamda yayılan emisyon miktarları-Trozzi .....                  | 39    |
| Çizelge 3.3 Gemi işletme modlarına göre toplamda yayılan emisyon miktarları-Entec .....                   | 40    |
| Çizelge 3.4 Gemi işletme modlarına göre ana makinelere ait egzoz gazı miktarları ..                       | 40    |
| Çizelge 3.5 Gemilerin yardımcı makinelerinden yayılan egzoz gazı miktarları .....                         | 41    |
| Çizelge 4.1 Hava kalitesi ölçüm cihazından toplanan veriler .....                                         | 55    |
| Çizelge 4.2 Deniz taşımacılığı için SOx emisyon sınır değerleri .....                                     | 62    |
| Çizelge 4.3 Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için emisyonların en yüksek değer ve zamanları ..... | 69    |
| Çizelge 4.4 Belirlenen kritik tarihlerde Marport Terminalindeki gemiler .....                             | 70    |

## GEMİ KAYNAKLI EMİSYONLARIN FARKLI YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Kaan ÜNLÜGENÇOĞLU

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fuat ALARÇİN

Dünyadaki yük taşımacılığının büyük bir çoğunluğu deniz yoluyla yapılmaktadır. Diğer taşımacılık türleri olan havayolu, demiryolu ve karayolu taşımacılıklarına kıyasla çevre dostu olarak kabul edilir. Ancak uluslararası ticaret hacminin artması, gemi sayısının artmasına neden olmuştur ve bunun sonucunda da gemi kaynaklı emisyon miktarları artmıştır. Deniz taşımacılığından kaynaklanan emisyonların küresel iklim ve hava kalitesine etkisi yadsınamaz bir gerçektir. Bu gelişmeler ışığında, Avrupa Birliği ve Uluslararası Denizcilik Örgütü' nün özellikle SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM ve CO<sub>2</sub> emisyonlarında yaptığı büyük sınırlandırmalar, denizcilik sektörünün yeni makine teknolojileri ile tanışmasına neden olmuştur. Gemi kaynaklı emisyonların uluslararası standartlar ile sınırlandırılması, ayrıca bu emisyonların ölçülmesi, raporlanması ve doğrulanmasının zorunlu hale getirilmesi, gemilerin emisyon takibi ve değerlendirilmesi açısından denizcilik sektörünün büyük bir revizyona gitmesini zorunlu hale getirmiştir.

Gemi ve liman kaynaklı emisyonların özellikle kıyı kentlerinde yaşayan insanların sağlığını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Bu hava kirliliğinin neden olduğu hastalıklarla ilgili yapılan araştırmalar gösteriyor ki; dünya genelinde yılda yaklaşık 20 bin kişi sadece gemi ve liman kaynaklı emisyonlar nedeniyle akciğer kanserine ve yaklaşık 60 bin kişi de yine bu emisyonlar nedeniyle çeşitli hastalıklara yakalanarak hayatını kaybetmektedir.

Marmara Denizi ve özellikle İstanbul ve çevresindeki limanlar, Türkiye için gemi trafiğinin en yoğun olarak yaşandığı bölgelerdir. Bundan dolayı, bu tez çalışmasında

Marmara bölgesinde bulunan ve yoğun bir deniz ticaretinin yaşandığı Ambarlı Limanı seçilerek; SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonlarının 3 aylık süre ile gerçek zamanlı hava kalitesi ölçümleri Türkiye limanları için ilk defa yapılmıştır. 2017 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarından alınan emisyon verilerinin günlük ortalama değerleri ve ölçüm alınan aylardaki ilgili emisyonu ait en yüksek değerler gösterilmiştir. Aynı zamanda, 3 ay süre ile Ambarlı limanına gelen gemilerin; tipi (türü), inşa yılı, gros tonajı (GRT), ana makine güçleri, devirleri ve yardımcı makine güçleri, limana geliş sayıları ve seyir, manevra ile limanda kalış süreleri dikkate alınarak literatürde yer alan emisyon tahmin yöntemleri kullanılarak, geliştirilen web tabanlı veri toplama yazılımı ile NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CO ve PM emisyonları seyir, manevra ve liman şartlarında teorik olarak hesaplanmıştır.

Daha sonra, hesaplamalı akışkanlar dinamiği Star CCM+ V10.02 ile farklı açılarda konumlandırılmış tek bir gemi ve farklı işletme modundaki iki gemi modelleri kullanılarak, farklı rüzgar hızları için atmosfere yayılan SO<sub>2</sub>, NO, CO ve CO<sub>2</sub> emisyon yayılımları incelenmiştir.

Ayrıca, emisyon değerlerinin karşılaştırılması amacıyla İstanbul ilinin Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçelerinde yer alan ölçüm istasyonlarından 2017 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında alınan gerçek zamanlı hava kalitesi ölçümleri ile Ambarlı liman bölgesinden aynı tarihlerde alınan ölçümler karşılaştırılmıştır.

Son olarak ise; 1 Ocak 2019/2024 tarihleri itibarıyla SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve CO emisyonları için AB Hava Limit değerlerine geçileceğinden, İstanbul ili ilçeleri ve Ambarlı Limanı için bir durum değerlendirmesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gemi, egzoz emisyonu, liman, hava kirleticileri, hava kalitesi ölçümü

**INVESTIGATION OF EXHAUST EMISSIONS FROM SHIPS WITH DIFFERENT METHODS**

Kaan ÜNLÜGENÇOĞLU

Department of Naval Architecture & Marine Engineering  
PhD. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Fuat ALARÇİN

The vast majority of the world's cargo transportation is done by sea. It is considered as much more eco-friendly when compared to airline, railway and highway transportation. However, because of the increasing volume of international trade, the increase in the number of ships has led to a rise in shipborne emission quantities. Emissions that are caused by sea transport have an undeniable impact on global climate and air quality. As a result of these developments, restriction of European Union and International Maritime Organization on the quantities of emission gases, especially of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM, and CO<sub>2</sub>, have forced the maritime sector to meet with the new machine technologies. Shipborne emissions are strictly limited with the international standards, and measurement and verification of these measurements are mandatory which lead the maritime sector to make large revisions about tracking and evaluation of emissions.

Ship and port-induced emissions are known to affect health in a negative way, especially people living in the coastal regions. The studies about the diseases caused by the air pollution show that 20.000 people per year lose their life by lung cancer and about 60.000 people lose their life by carious diseases due to ship and port emissions.

Harbors and ports in Marmara Sea and especially near Istanbul region have the most intense ship traffic in Turkey. Therefore, in this study, Ambarlı Port having a dense sea

traffic has been chosen and air quality measurements on SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 and PM2.5 emissions have been conducted for a period of three months as the first time ever made in Turkey. The daily average and maximum values of the emission data from June, July and August 2017 are shown in this measurement. In the meantime, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CO and PM emissions have been calculated by a web-based software that is collecting data from Ambarlı Port for three months in terms of ship type, gross tonnage (GRT), main engine power, rpm, auxiliary engine power and construction year of the ships using several emission estimation methods available in the literature.

Later on, using Computational Fluid Dynamics (CFD) solver Star CCM+, SO<sub>2</sub>, NO, CO, CO<sub>2</sub> emission distributions to the atmosphere have been simulated for different wind speeds for the cases that one ship positioned in different angles and two ships having different operational modes.

In addition, the air quality measurements made in June, July and August of 2017 from measurement stations located in the provinces of Esenler, Kadıköy and Avcılar have been compared with the measurements taken at the same dates in the Ambarlı port area by means of emission values.

Finally, a case study has been made for the districts of Istanbul and Ambarlı Port as the European Union (EU) air quality values for SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10 and CO emissions will be adopted on 1 January 2019 to 2024.

**Keywords:** Ship, exhaust emissions, port, air pollutants, air quality measurement

#### 1.1 Literatür Özeti

Keskin ve Vardar [1] yaptıkları çalışmada, Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından geçen yaklaşık 88 bin adet geminin ve iç hatlarda çalışan 348 adet yolcu gemisinin ana makinelerini, kullanılan yakıt tiplerini, seyir sürelerini ve gemi hızlarını dikkate alarak NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, VOC ve PM emisyonlarını Trozzi ve Vaccaro [2,3] tarafından geliştirilen metoda göre hesaplamışlardır. Sonuç olarak, İstanbul Boğazında iç hatlarda çalışan yolcu gemileri ve transit geçen gemilerden kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyonları sırasıyla 2.720 ton/yıl ve 4.357 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. İstanbul Boğazından transit geçen gemiler için CO, CO<sub>2</sub>, VOC ve PM emisyonları sırasıyla 407, 175, 132 ve 66 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Çanakkale Boğazı için NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, VOC ve PM emisyonları sırasıyla 8.461, 786, 338, 255 ve 128 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, 1998 yılı için Türk Boğazlarındaki gemi kaynaklı emisyonları hesaplamışlardır.

Deniz ve Kılıç [4] yaptıkları çalışmada, 2005 yılında Ambarlı Limanına gelen gemilerin tipi ve sayısını dikkate alarak ortalama GRT üzerinden Ambarlı limanındaki gemi kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, VOC ve PM emisyonlarını sırasıyla 845, 242, 2.127, 78.590, 504 ve 36 ton/yıl olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, emisyonların yayılımlarını göstermek için gerçek topografik ve meteorolojik verileri kullanarak 2 km<sup>2</sup>'lik liman alanı içerisinde yayılan NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarını sırasıyla 100 µg/m<sup>3</sup> ve 55 µg/m<sup>3</sup> olarak bulmuşlardır.

Deniz vd. [5] Ege Denizi Çandarlı Körfezindeki gemi kaynaklı egzoz emisyonlarını ENTEC 2005 metodolojisini [6] kullanarak hesaplamışlardır. 2007 yılı için 7520 gemi

kullanılarak yaptıkları hesaplamalar sonucunda, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC ve PM emisyonlarını sırasıyla 631, 573, 33.849, 32 ve 57 ton/yıl olarak hesaplamışlardır.

Kılıç ve Deniz [7] 2005 yılı için İzmit körfezine gelen 11645 adet gemiden kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC ve PM emisyonlarını Lavender yöntemi [8] ve ENTEC [6] verilerini kullanarak hesaplamışlardır. Ayrıca bu emisyonları gemi operasyon modları ve gemi tiplerine göre sınıflandırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC ve PM emisyon değerlerini sırasıyla 5.356, 4.305, 254.261, 232 ve 487 ton/yıl olarak hesaplamışlardır.

Saraçoğlu [9] yaptığı yüksek lisans tezinde, İzmir Limanına 2007 yılında gelen gemilerin farklı işletme modlarında meydana getirdikleri ana makine ve jeneratörlerden yayılan egzoz gazı emisyon miktarlarını ENTEC 2005 metodunu [6] kullanarak hesaplamıştır. Toplam emisyon miktarlarını NO<sub>x</sub> için 1.882 ton/yıl, SO<sub>2</sub> için 1.703 ton/yıl, CO<sub>2</sub> için 100.590 ton/yıl HC için 136 ton/yıl ve PM için 211 ton/yıl olarak bulmuştur.

Deniz ve Durmuşoğlu [10] 2003 yılı için Marmara Denizi ve Türk Boğazlarındaki gemi kaynaklı egzoz emisyonlarını Trozzi ve Vaccaro yöntemini kullanarak [2] hesaplamışlardır. Hesaplamalarında; ana makine tipi, operasyon tipi, seyir süreleri ve gemi hızlarını dikkate almışlardır. Sonuç olarak toplam CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, VOC ve PM emisyonlarını sırasıyla 5.451.224, 111.039, 87.168, 20.281, 5.801 ve 4.762 ton/yıl olarak hesaplamışlardır.

Shi [11] yaptığı çalışmasında, deniz taşımacılığının küresel ticaretin hacim olarak yaklaşık %80'ini oluşturduğunu belirtmiştir. Bunun yanında gemi kaynaklı emisyonlarla ilgili Uluslararası Denizcilik Örgütü' nün (IMO) yeni kurallar getirdiğini ve bu emisyonların teknik ve operasyonel kriterlerle azaltılmasının gerektiğini vurgulamıştır. Son olarak dünyanın farklı bölgelerindeki ülkelerin emisyonlarla ilgili yaptıkları düzenlemelerden örnekler vererek market tabanlı emisyon ölçümünün gereklerinden bahsetmiştir.

Rehmatulla ve Smith [12] yaptıkları çalışmalarında, enerji maliyetlerinin işletme giderlerinin yaklaşık %60-70' ini kapsadığını dolayısıyla gemiler ve şirketler açısından enerji verimliliği ve karbon emisyonlarının azaltılmasının öneminden bahsetmiştir. Ayrıca sektörün farklı bileşenlerinin ve farklı tip gemilerin enerji verimliliğinin, Enerji

verimliliği dizayn endeksi (EEDI) arttırılması ve özellikle CO<sub>2</sub> emisyonların azaltılması ile ilgili yeni teknolojilerin uygulama güçlüklerini incelemiştir.

Rehmatulla vd. [13] yaptıkları çalışmalarında, farklı tip ve tonajdaki gemilerin, enerji verimliliği ve düşük karbon salınım teknolojilerinin uygulama alanlarını karşılaştırmışlardır. Ayrıca gemi tipi ve boyutuna göre CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması ile ilgili teknolojileri şaft, tekne gibi hidrodinamik etkiler ve kazan, ana makine gibi makinelerin etkiler olarak karşılaştırmışlardır.

Qiao vd. [14] yaptıkları çalışmalarında, Şangay’ da salınan PM<sub>1</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonlarını farklı hava şartları için Desert Research Institute (DRI) Model2001 karbon analiz cihazını kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Açık havalarda PM<sub>1</sub> emisyonlarının PM<sub>2.5</sub> emisyonlarından daha baskın olduğu görülmüştür. Ayrıca, sisli havalarda da PM<sub>2.5</sub> emisyonlarının arttığı ifade edilmiştir.

Liu vd. [15] yaptıkları çalışmalarında, Çin’ in Dalian şehri, Yellow ve Bo Denizleri kuzey bölgesinde dizel motorla tahrik edilen sekiz farklı açık deniz balıkçı teknesinin gemi üzerinde emisyon ölçümlerini yapmışlardır. Sonuç olarak, 0,5 µm’ dan küçük parçacıkların manevra modunda seyir moduna göre beş kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca mesafe ve yakıt parametreleri baz alınarak ve emisyon faktörleri kullanılarak seyir ve manevra modlarında emisyon hızları belirlenmiştir. Ortalama emisyon oranları ve CO, HC ve PM’nin mesafe bazlı emisyon faktörleri seyir moduyla kıyaslandığında manevra modunda çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Ortalama NO<sub>x</sub> emisyon oranları manevra modu ile kıyaslandığında ise seyir modunda daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Winnes ve Fridell [16] yaptıkları çalışmalarında, gemi kaynaklı emisyonların yakıt olarak HFO kullanıldığı için büyük oranda partikül ve azot oksit emisyonlarından oluştuğunu söylemişlerdir. Ayrıca iki farklı geminin manevra ve seyir durumlarında emisyon ölçümlerini yapmışlardır. Sonuç olarak manevra modunda salınan azot oksit emisyonlarının seyir modunda salınana göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Fakat seçici katalitik indirgeme kullanıldığı durumda seyir modunda salınan azot oksit emisyonlarının manevra moduna göre daha az olduğu gözlenmiştir. PM emisyonlarının

ise ana makinenin ilk çalışma ve durma esnasında uç noktalara ulaştığını belirtmişlerdir.

Xiao vd. [17] Hollanda' nın Rotterdam limanı ve Çin'in Yangtze nehri civarındaki gemi trafiğini Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) kullanarak incelemişlerdir. Ayrıca, farklı tip ve tonajdaki gemileri, hızına ve rotasına göre sınıflandırmışlardır.

Peng vd. [18] yaptıkları çalışmalarında, yedi farklı gemiden seyir ve manevra durumlarında portatif emisyon ölçüm sistemi yardımıyla emisyon ölçümü almışlardır. Sonuç olarak, CO, HC ve PM emisyonlarının manevra durumunda daha az olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, CO, HC, NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları için emisyon faktörlerini sırasıyla, 11,00–84,60 g/kg-yakıt, 22,75–98,88 g/kg-yakıt, 0,72–5,83 g/kg-yakıt ve 0,15–9,53 g/kg-yakıt olarak bulmuşlardır.

Yau vd. [19] yaptıkları çalışmalarında, dünyanın en yoğun limanlarından olan Hong Kong limanında uzakyol sefer yapan gemiler için detaylı bir emisyon envanteri çıkarmışlardır. 2007 yılı için 37.150 sefer gerçekleştiğini ve NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarını sırasıyla 17.097, 8.190, ve 1.035 ton olarak hesaplamışlardır. Ayrıca 2007 yılı için Hong Kong limanındaki NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarının küresel toplam deniz taşımacılığı kaynaklı emisyonların sırasıyla %0,07, %0,05 ve % 0,06' sını oluşturduğunu söylemişlerdir.

Zhang vd. [20] yaptıkları çalışmalarında, Çin'in Bohai denizinin Tuoji adası civarından 60 tane örnek alarak PM<sub>2.5</sub>, organik karbon, element karbon, inorganik elementler ve suda çözünen iyonların analizleri yapılmıştır. PM<sub>2.5</sub> emisyonunun en yüksek konsantrasyonu 73,6  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ile ilkbaharda gözlemlenmiştir. Kış aylarında ise 39,0  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, Tuoji adasındaki yıllık ortalama PM<sub>2.5</sub> emisyonu 0,65  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  olarak tespit edilmiştir.

Papaefthimiou vd. [21] yönetsel durumları geliştirmek, operasyonel masrafları ve çevresel etkileri azaltmak için 16 farklı liman için 17 değerlendirme metodu kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Ayrıca ürün veya servis değerinin çevresel etkilerine (özellikle NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve PM emisyonları) oranı olarak bir eko-verimlilik indikatörü tanımlamışlardır. Hesaplamalarda kargo, konteyner veya yolcu kapasiteleri de hesaba katılmıştır.

Zhand vd. [22] gemi trafik emisyon modeli yardımıyla AIS' den gemi verilerini çekerek gemi emisyon envanteri çalışması yapmışlardır. Nanjing Longtan Konteyner Limanında 2014 yılı için yaptıkları durum çalışmasında PM10, PM2.5, NOx, SOx, CO, HC ve CO<sub>2</sub> emisyon değerlerini sırasıyla, 3,45, 2,76, 196, 2,9, 20,62, 8,1 ve 12.554,3 ton/yıl olarak hesaplamışlardır.

Jalkanen vd. [23] tanımlama ve konum verilerinin kullanıldığı AIS' den alınan veriler yardımıyla Baltık Denizindeki gemi trafiği kaynaklı emisyonları tespit etmişlerdir. Emisyon hesaplamalarında geminin anlık hızıyla tasarım hızı arasındaki ilişkiler ve gemi makinelerinin detaylı teknik verileri kullanılmıştır. Ayrıca dalganın da emisyon ve yakıt sarfiyatı üzerinde etkileri de araştırılmıştır. Yaptıkları çalışmalarında, Ro-Pax tipi gemiler için tahmin edilen ve raporlanan yıllık yakıt sarfiyatı verileri %6 doğrulukla kabul edilmiştir. Sonuç olarak, 2007 yılı için Baltık denizinde seyreden gemilerden kaynaklanan NOx, SOx ve CO<sub>2</sub> emisyonları sırasıyla 400 kt, 138 kt ve 19 Mt olarak hesaplanmıştır.

Aksoyoglu vd. [24] yaptıkları çalışmalarında CAMx (Kapsamlı Hava Kalite Modeli) modeli kullanarak Avrupa'da 2006 yılı için ozon, PM2.5' in birincil ve ikincil komponenti, azot ve kükürt birleşiklerinin kuru ve yağ çöküntülerini mevsimsel olarak tespit etmeye çalışmışlardır. En büyük değişimin yaz mevsiminde olduğu tespit edilmiştir. Gemilerden kaynaklı olarak partikül sülfat oranı Akdeniz'de %60, İngiliz Kanalı ve Kuzey Denizinde %30-35 artmış, ayrıca partikül nitrat oranı da özellikle kuzeyde yani Benelux çevresinde %20 oranında artmıştır. Son olarak da gemilerden kaynaklanan NOx emisyonları özellikle İngiliz Kanalı ve Kuzey denizinde gaz fazından partikül fazına geçen indirgenmiş azotun kuru çözüntüsünün azalmasına bunun sonucunda da kıyı bölgelerinde yağ çöküntülerin artmasına neden olmuştur.

Misra vd. [25] limanlarda yayılan emisyonların dünya genelinde yayılan emisyonların yaklaşık % 3 ünü oluşturduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, Hindistan Chennai Limanındaki emisyon envanterini oluşturma amaçlı çalışma yapmışlar ve sonuç olarak balıkçı limanı ve limandaki diğer unsurları da gözönünde bulundurarak yılda 280.558 ton CO<sub>2</sub> emisyonunun salındığını hesaplamışlardır.

Cullinane vd. [26] Tayvan' ın 3 büyük limanı olan Kaohsiung, Keelung, and Taichung limanlarında 2012 yılında konteyner gemilerinden kaynaklanan emisyonları alt-üst faaliyet tabanlı model kullanarak tahmin etmişlerdir. Kaohsiung üç liman arasında emisyonların en fazla salındığı liman olarak tespit edilmiş ve yaklaşık sayısal değer olarak %58,65 olduğu hesaplanmıştır. Ancak limanlara gelen konteynerler gözönünde bulundurularak hesaplamalar yapıldığında özgül emisyon değeri en az liman olarak da Kaohsiung Limanı tespit edilmiştir.

Murena vd. [27] yaptıkları çalışmalarında gemi kaynaklı emisyonların Napoli' deki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında benzen, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> emisyonlarını 20 Ocak-8 Mart 2016 tarihleri arasında gözlemlemişlerdir. Ölçümler için 40 pasif numune alıcı yerleştirilmiştir ve bunların ortalamaları alınmıştır. Sonuç olarak SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> emisyon konsantrasyonları Avrupa Birliği emisyon yönergelerinde belirtilen değerlerden daha az çıkmıştır. Benzen değeri ise limit değeri 5 µg/m<sup>3</sup> ü geçmiştir.

Yao vd. [28] yaptıkları emisyon envanteri çalışmalarında AIS tabanlı alt üst yaklaşımı kullanarak, gemi emisyon envanterleri, hava kirleticilerin dağılımı ve sera gazları tespit edilmiştir. Gemi emisyonlarının konumsal dağılımı da ısı haritalarında gösterilmiştir. Gemi dağılımları; yolcu gemileri, dökme yük gemileri, konteyner gemileri, tanker gemileri, balık tekneleri ve diğer gemiler olmak üzere oransal olarak sırasıyla %6,59, %5,16, %%52,96, %15,16, %9,16 ve %10,97' dir. CO<sub>2</sub> ise en baskın gaz olarak tespit edilmiştir.

Gonzales vd. [29] yaptıkları çalışmalarında, römorkörler için emisyon envanterini çıkartmak ve karbon ayak izini tahmin etmek için alt-üst metotunu kullanmışlardır. Hesaplamalarında römorkörlerin ana makine ve yardımcı makinelerinin yakıt sarfiyatları hesaplanmıştır. Sonrasında ise yakıt sarfiyatından yola çıkarak emisyonları çevirmişlerdir.

Song [30] yaptığı çalışmada, Şangay Yangshan limanı için AIS verilerini kullanarak faaliyet tabanlı gemi emisyon envanterini CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO ve HC emisyonları için hazırlamıştır. Ayrıca gemi emisyon etkileri için sosyal maliyet değerlendirmesi yapılmıştır. Dokuz emisyon için sosyal maliyet 287 milyon dolar olarak tahmin edilmiştir. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO ve HC emisyonları için

değerler sırasıyla 578.444 ton, 10 ton, 33 ton, 1.078 ton (PM10, PM2.5 kapsayan), 859 ton (sadece PM2.5), 10.758 ton, 5.623 ton, 1.136 ton ve 519 ton olarak tespit edilmiştir. Son olarak, emisyonların sosyal maliyetleri liman gelirlerinin %4,4'ü olarak hesaplanmıştır.

Tseng vd. [31] Tayvan'daki limanlarda temel çevresel risk faktörlerini bulanık analitik hiyerarşi süreci yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirmeleri sonucunda, limanlardaki çevre kirliliği ile ilgili beş temel risk faktörünü belirlemişlerdir. Bunlardan en önemlisini hava kirliliği olarak belirlemişler ve bağıl önemlilik sırasına göre yağ/yakıt sızıntıları, uçucu organik bileşikler (VOC), gemi kaynaklı egzoz emisyonları, gemi karinasındaki zararlı kaplamalar ve gemilerin hatalı yakıt kullanımları olarak sıralamışlardır.

Ramacher vd. [32] limanlardaki gemi kaynaklı NO<sub>x</sub> ve PM10 emisyonlarının Hamburg şehri üzerindeki mekânsal dağılımlarını ve etkilerini incelemişlerdir. Hesaplamalarda TAP (Hava Kirliliği Modeli) modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak da 2013 yılına ait veriler kullanılarak Hamburg şehrinin PM10 ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının mekânsal dağılım haritaları çıkartılmıştır.

Butterfield vd. [33] İngiltere Cornwall bölgesine yerleştirilen Aethalometer cihazı ile kıyıya yakın sefer yapan gemilerin kıyısız alandaki siyah karbon konsantrasyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Siyah karbon PM2.5 emisyonları kütleli konsantrasyonları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, siyah karbon konsantrasyonuna etkisi yıllık 0.1 µg m<sup>-3</sup> olarak hesaplanmıştır.

Buccolieri vd. [34] İtalya Brindisi Limanında Avrupa Birliği kükürt düzenlemeleri sonrasında yerel hava kalitesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak PM10 ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında 2012 yılı için çok az bir miktar azalma hesaplamışlardır. Fakat SO<sub>2</sub> emisyonları için önemli bir miktarda azalma tespit etmişlerdir.

Chen vd. [35] dünyadaki ilk on konteyner limanı ve kuzey Çin'in en büyük limanı olan Tianjin Limanındaki gemi kaynaklı egzoz emisyon envanterini AIS verileri yardımıyla araştırmışlardır. Sonuç olarak SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10, PM2.5, NMVOC ve CO emisyonları sırasıyla 2.93 x 10<sup>4</sup>, 4.13 x 10<sup>4</sup>, 4.03 x 10<sup>3</sup>, 3.72 x 10<sup>3</sup>, 1.72 x 10<sup>3</sup> ve 3.57 x 10<sup>3</sup> ton olarak hesaplanmıştır.

Tzannatos [36] yaptığı çalışmasında 2008-2009 yıllarında 12 aylık periyot için Pire Limanına gelen yolcu gemileri kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonları için bir hesaplama gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak yıllık toplam emisyonların yaklaşık olarak 2600 ton ve bu periyot içindeki toplam dışsal maliyeti de 51 milyon Euro olarak hesaplanmıştır.

Kılıç ve Tzannatos [37] 2006 yılı için Yunanistan' ın Pire Limanı' ndaki konteyner terminaline gelen gemiler kaynaklı egzoz emisyonlarını ve çevreye olan etkilerini analiz etmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, gemilerin manevra sırasında ve limanda saldıkları toplam NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC ve PM emisyonlarını sırasıyla 294, 264, 15.504, 16,5 ve 26,4 ton olarak hesaplamışlardır. Ayrıca emisyon kaynaklı toplam zararın 7,5 milyon Euro olduğunu belirtmişlerdir.

Kocaman vd. [38] tarafından yapılan çalışmada, 2014 yılı için İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından geçen Türk bayraklı kimyasal tankerlerin boğaz geçişleri sırasında açığa çıkardıkları emisyon miktarlarını makine gücü yöntemini kullanarak hesaplamışlardır. Sonuç olarak emisyonları; Çanakkale ve İstanbul Boğazı toplamaları için 3.061,20 ton CO<sub>2</sub>, 51,91 ton SO<sub>2</sub>, 2,47 ton CO, 1,48 ton HC, 89,48 ton NO<sub>x</sub> ve 6,42 ton PM olarak hesaplamışlardır.

Ünlügençoğlu vd. [39] tarafından 2015 yılında gemi dizel makine yardımcı sistemlerinden yakıt, soğutma, yağlama, hava ve kontrol sistemleri üzerinde bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile yapılan çalışma sonucunda en önemli ve işletme açısından en kritik sistemin yakıt sistemi olduğu belirtilmiştir. Yakıt sistemi ile alakalı olan güncel teknolojilerin kullanılması ve en az hata ile yapılan işletmecilik gemi kaynaklı emisyonların azaltılmasını sağlayacak olup bu tez çalışması için de başlangıç teşkil etmiştir.

Ünlügençoğlu vd. [40] tarafından 2018 yılında yapılan çalışmada Ambarlı Limanında; SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarının 3 aylık süre ile gerçek zamanlı hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca aynı hava kalitesi ölçüm cihazı ile aynı tarih aralığında; İstanbul ili Avcılar ilçesi için Hava Kalitesi izleme istasyonundan gerçek zamanlı ölçümler alınmıştır. Alınan bu değerler, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve CO emisyonlarının Avrupa ve Türkiye hava kalitesi limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Sonuçta; Ambarlı Limanı ve

Avcılar ilçesinden alınan SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> emisyon ölçüm değerlerinin Avrupa ve Türkiye hava kalitesi limit değerlerinin altında olduğu gözlemlenmiştir.

## **1.2 Tezin Amacı**

Gemi kaynaklı emisyonların uluslararası standartlar ile sınırlandırılması, ayrıca bu emisyonların ölçülmesi, raporlanması ve doğrulanmasının zorunlu hale getirilmesi, gemilerin emisyon takibi ve değerlendirilmesi açısından denizcilik sektörünün büyük bir revizyona gitmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu açıdan bakıldığında Marmara Denizi ve özellikle İstanbul ve çevresindeki limanlar, Türkiye için gemi trafiğinin en yoğun olarak yaşandığı bölgelerdir. Bu tez çalışmasında, Marmara bölgesinde bulunan ve yoğun bir deniz ticaretinin yaşandığı Ambarlı Limanı seçilerek SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonlarının 3 aylık süre ile gerçek zamanlı hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, 3 ay süre ile Ambarlı Limanına gelen gemilerin; inşa yılı, gros tonajı (GRT), ana makine güçleri, devirleri ve yardımcı makinelerin güçleri, limana geliş sayıları ve seyir, manevra ile limanda kalış süreleri dikkate alınarak literatürde yer alan emisyon tahmin yöntemleri kullanılarak geliştirilen yazılım ile NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CO ve PM emisyonları teorik olarak hesaplanmıştır. Daha sonra, Ambarlı Limanı emisyon yayılımı için Star CCM+ V10.02 programı kullanılarak akış analizi gerçekleştirilmiştir. Son olarak emisyon değerlerinin karşılaştırılması amacıyla İstanbul ilinin Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçelerinde yer alan ölçüm istasyonlarından aynı süre zarfında alınan gerçek zamanlı hava kalitesi ölçümler ile Ambarlı Liman bölgesinden alınan ölçümler karşılaştırılmıştır. Kısaca bu tezin amacı, 1 Ocak 2019/2024 tarihleri itibarıyla SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve CO emisyonları için AB Hava Limit değerlerine geçileceğinden, İstanbul ili ilçeleri ve Ambarlı Limanı için bir durum değerlendirme yapılması ve ek olarak, liman bölgesindeki kirletici emisyonları tahmin ederek, insan sağlığı üzerindeki etkilerini belirleyip azaltılması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Ayrıca salınan emisyonların bölgedeki yaşam alanlarına etkileri belirlenerek sonucunda inşa edilecek liman bölgelerinin tespit edilmesi için bir referans oluşturmaktır.

### **1.3 Hipotez**

Gemi kaynaklı emisyonların özellikle liman bölgelerinde her zaman yüksek değerlerde olduğu bilinen bir gerçektir. Tez çalışması kapsamında hava kalitesi ölçümü yapılan Ambarlı Limanındaki emisyon değerlerini İstanbul ilinin diğer ilçelerinden alınan emisyon değerleriyle karşılaştırıldığında bazı emisyon değerlerinin Ambarlı limanında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedenleri arasında uluslararası ticaret hacminin artması ve gemi dizel motorlarında kullanılan yakıt özellikleri ve Ambarlı Limanına gelen gemilerin yaş ortalamasının ölçüm alınan zaman dilimi için yaklaşık 17 yıl olduğu gösterilebilir. İstanbul ilinin ilçelerinde yapılan hava kalitesi ölçümlerine bakıldığında ise bu durumun farklı günler hatta saatler için keskin bir artış ve azalışa sahip olduğu görülmektedir. Gemi kaynaklı emisyonların insan sağlığı ve çevre üzerine etkilerinin büyüklüğü de yadsınamaz bir gerçektir. Bu açıdan bakıldığında, salınan egzoz gazı emisyonlarının bölgedeki yaşam alanlarına etkileri belirlenecek ve yeni inşa edilecek liman bölgelerinin tespit edilmesi sağlanacaktır.

### EMİSYON TAHMİN METODOLOJİSİ

Gemi taşımacılığı, dünya ticaretinin büyük çoğunluğunu oluşturur ve diğer taşımacılık türlerine kıyasla çevre dostu olarak kabul edilir. Ancak, uluslararası ticaret hacminin genişlemesi ve gemi sayısının artması aynı zamanda gemi kaynaklı emisyon miktarının artmasına sebep olmaktadır. Deniz taşımacılığından kaynaklanan emisyonların küresel iklim ve hava kalitesine etkisi vardır. MARPOL 73/78 Sözleşmesi'ni değiştiren 1997 Kyoto Protokolü ile "Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi için Kurallar" Ek VI Sözleşmesine eklenmiş ve 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe girmiş olup SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarına sınırlamalar getirmiştir.

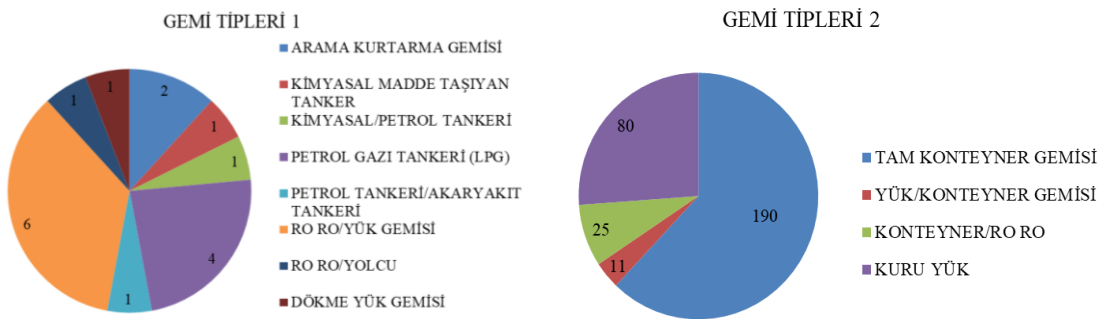
Dünyada gemi kaynaklı emisyonların yüzde 70'inin kıyı bölgelerine 400 km mesafede olduğu, gemi ve liman kaynaklı emisyonların kıyı kentlerinde yaşayan insanların sağlığını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir [41].

Son yıllarda, Dünya ve Avrupa limanları için en fazla önem arz eden konuların başında; çevre, hava kalitesi, atıkların giderilmesi, enerji tüketimi ve gürültü kirliliği gelmektedir. Bu konularda dünya çapındaki gelişmeler, aynı zamanda Türkiye limanlarında da görülmektedir. Başta atıkların kabulü ve ayrıştırılması olmak üzere, çevresel etkiler üzerinde önemle durulan konular olmakla birlikte elleçleme ekipmanlarında elektrik kullanımına geçilmesi ve böylece hava kalitesinin olumsuz etkilenmemesi de sağlanabilmektedir [41].

Bu tez çalışmasında, gemi kaynaklı egzoz gazı emisyon hesabı, gemi aktivitelerine göre emisyon faktörlerinin uygulanmasını içerir. Gemi ana makinesinin işletme moduna, devrine ve kullanılan yakıt tipine bağlı olarak ENTEC emisyon faktörleri kullanılmıştır[42].

Liman emisyonları için, gemilerin işletme modları olan seyir, manevra ve limanda yaydıkları egzoz gazı miktarları analiz edilmiştir. Hesaplamalarda; gemi ana makine tipi, gücü ve yük faktörü, yardımcı makine gücü ve yük faktörü, tüketilen yakıt türü, emisyon faktörü ve her bir işletme modunda harcanan zaman parametreleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada, 25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen gemilerden kaynaklı emisyonların hesaplanması için, literatürde yer alan ENTEC ve Trozzi metotları kullanılmıştır. Ayrıca belirtilen tarihlerde Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi gözlemlenmiş olup gemi tipleri Şekil 2.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı gemi tipleri

## 2.1 Emisyon Hesaplama Yöntemi-Trozzi

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi ile ana ve yardımcı makineleri kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları Trozzi’nin hesaplama metodu ile hesaplanmıştır. İlgili hesaplama metodu için gerekli olan gemilere ait gros tonaj verileri belirtilen tarihlerde Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin takip edilmesi ile bulunmuştur [43]. Her gemiden yayılan egzoz gazı emisyon miktarları geliştirilen “Emisyon Hesaplama” programı ile hesaplanmıştır.

Trozzi’nin önermiş olduğu Çizelge 2.1’ e göre gemilerin tipi, inşa yılı ve gros tonajlarına bağlı olarak ana makine güçleri hesaplanmıştır.

Çizelge 2.1 Ana makine gücünün gros tonaja bağlı fonksiyonu [44]

| Gemi Tipi                | 2010 ve Sonrası             | 2010 Öncesi                 |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ARAMA KURTARMA GEMİSİ    | $59,049 \cdot GT^{0,5485}$  | $44,324 \cdot GT^{0,5300}$  |
| DÖKME YÜK GEMİSİ         | $35,912 \cdot GT^{0,5276}$  | $89,571 \cdot GT^{0,4446}$  |
| KİMYASAL TANKER          | $14,755 \cdot GT^{0,6082}$  | $29,821 \cdot GT^{0,5552}$  |
| KONTEYNER GEMİSİ         | $2,9165 \cdot GT^{0,8719}$  | $1,3284 \cdot GT^{0,9303}$  |
| KURUYÜK                  | $5,56482 \cdot GT^{0,7425}$ | $10,539 \cdot GT^{0,6760}$  |
| PETROL GAZ TANKERİ (LPG) | $14,755 \cdot GT^{0,6082}$  | $29,821 \cdot GT^{0,5552}$  |
| PETROL TANKERİ           | $14,755 \cdot GT^{0,6082}$  | $29,821 \cdot GT^{0,5552}$  |
| RO RO GEMİSİ             | $164,578 \cdot GT^{0,4350}$ | $35,93 \cdot GT^{0,5885}$   |
| RO RO/YOLCU GEMİSİ       | $9,55078 \cdot GT^{0,7570}$ | $1,39129 \cdot GT^{0,9222}$ |
| TAM KONTEYNER GEMİSİ     | $2,9165 \cdot GT^{0,8719}$  | $1,3284 \cdot GT^{0,9303}$  |

Hesaplanan ana makine güçleri, Çizelge 2.2' de belirtilen gemi tiplerine göre katsayılar ile çarpılarak gemilerin yardımcı makine güçleri hesaplanmıştır. Seyir ve manevrada iki, limanda ise bir yardımcı makinenin devrede olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 2.2 Gemi tipine göre tahmini yardımcı makine/ana makine oranı [44]

| Gemi Tipi                | Yardımcı Makine/Ana Makine Oranı |
|--------------------------|----------------------------------|
| ARAMA KURTARMA GEMİSİ    | 0,35                             |
| DÖKME YÜK GEMİSİ         | 0,30                             |
| KİMYASAL TANKER          | 0,30                             |
| KONTEYNER GEMİSİ         | 0,25                             |
| KURUYÜK                  | 0,23                             |
| PETROL GAZ TANKERİ (LPG) | 0,30                             |
| PETROL TANKERİ           | 0,30                             |
| RO RO GEMİSİ             | 0,24                             |
| RO RO/YOLCU GEMİSİ       | 0,16                             |
| TAM KONTEYNER GEMİSİ     | 0,25                             |

Ambarlı Limanı için seyir mesafesi 15 km olarak kabul edilmiştir. Limana geliş ve ayrılış olarak düşünüldüğünde 30 km seyir mesafesi kabul edilmiştir. Gemilerin tiplerine göre

ortalama seyir hızları, manevra ve liman süreleri Trozzi'nin 2013 yılında yapmış olduğu çalışmasından alınmış ve Çizelge 2.3' te gösterilmiştir. Çizelgede, limana yanaşma ve limandan ayrılış olarak belirtilen manevra süreleri hesaplamalarda 2 ile çarpılmıştır.

Çizelge 2.3 Gemi tiplerine göre ortalama seyir hızları, manevra ve liman süreleri [44]

| Gemi Tipi                | Ortalama Seyir Hızı (km/saat) | Manevra Süresi x2 (saat) | Liman Süresi (saat) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| ARAMA KURTARMA GEMİSİ    | 20                            | 1,0                      | 27                  |
| DÖKME YÜK GEMİSİ         | 26                            | 1,0                      | 52                  |
| KİMYASAL TANKER          | 26                            | 1,0                      | 38                  |
| KONTEYNER GEMİSİ         | 36                            | 1,0                      | 14                  |
| KURUYÜK                  | 23                            | 1,0                      | 39                  |
| PETROL GAZ TANKERİ (LPG) | 26                            | 1,0                      | 38                  |
| PETROL TANKERİ           | 26                            | 1,0                      | 38                  |
| RO RO GEMİSİ             | 27                            | 1,0                      | 15                  |
| RO RO/YOLCU GEMİSİ       | 39                            | 0,8                      | 14                  |
| TAM KONTEYNER GEMİSİ     | 36                            | 1,0                      | 14                  |

Ambarlı Limanına gelen gemilerin seyirde oluşturduğu egzoz gazı emisyonlarını hesaplamak için Denklem 2.1' de verilen formül kullanılmıştır [42].

$$E_{seyir} (g) = \frac{D(km)}{v(km/h)} \times \left[ \left( ME(kW) \times LF_{ME}(\%) \right) \times EF(g/kWh) + \left( AE(kW) \times LF_{AE}(\%) \right) \times EF(g/kWh) \right] \quad (2.1)$$

Burada;  $E_{seyir}$ , Seyirde oluşan emisyon (g); D, Manevra yerine kadar olan mesafe (km); V, manevra yerine kadar olan ortalama hız (km/saat); ME, Ana makine gücü (kW);  $LF_{ME}$ , Seyirde ana makine yük faktörü(%); AE, yardımcı makinenin gücü (kW);  $LF_{AE}$ , Seyirde yardımcı makinenin yük faktörü(%); EF, Her gemi türü için, seyirde kullanılan yakıt ve ana makine tipine göre emisyon faktörlerini (gr/kWsaat) ifade eder.

Her gemi türü için seyirde ana makine kaynaklı emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri, kullanılan yakıt ve ana makine tipine, gemi işletme moduna göre ENTEC firmasının 2010 yılındaki çalışmasından kullanılmış olup Çizelge 2.4' de gösterilmiştir. Çizelgede NOx1; 2000 yılı öncesi inşa edilen, NOx2 ise; 2000 yılı ve sonrası gemiler için emisyon faktörü değerini ifade eder.

Çizelge 2.4 Seyirde yakıt ve makine tipine göre emisyon faktörleri (gr/kWh) [42]

| <b>İşletme Modu</b> | <b>Tip</b>           | <b>NOx1</b> | <b>NOx2</b> | <b>SO<sub>2</sub></b> | <b>CO<sub>2</sub></b> | <b>VOC</b> | <b>PM</b> | <b>CO</b> |
|---------------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------|-----------|
| Seyir               | Düşük Devirli - SSD  | 18,1        | 15          | 10,5                  | 620                   | 0,6        | 1,7       | 0,54      |
| Seyir               | Orta Devirli - MSD   | 14          | 11,6        | 11,5                  | 677                   | 0,5        | 0,8       | 0,54      |
| Seyir               | Yüksek Devirli - HSD | 12,7        | 10,5        | 11,5                  | 677                   | 0,2        | 0,8       | 0,54      |

Her gemi türü için, yardımcı makine kaynaklı emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri, seyirde, manevrada ve limanda kullanılan yakıt tipine göre ENTEC firmasının 2010 yılındaki çalışmasından kullanılmış olup Çizelge 2.5’ de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5 Yakıt tipine göre yardımcı makine emisyon faktörleri [42]

|                 | <b>NOx1</b> | <b>NOx2</b> | <b>SO<sub>2</sub></b> | <b>CO<sub>2</sub></b> | <b>VOC</b> | <b>PM</b> | <b>CO</b> |
|-----------------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------|-----------|
| Yardımcı Makine | 13,9        | 11,5        | 6,5                   | 690                   | 0,4        | 0,4       | 0,54      |

Ana makine için kullanılan yakıt tipi HFO (Ağır yakıt), yardımcı makine için kullanılan yakıt tipi MDO (gemi tipi dizel yakıt) olarak kabul edilmiştir. Ana makine devri ve işletme moduna göre emisyon faktörleri belirlenmiştir. Ana Makine devrine göre makine tipleri Çizelge 2.6’ da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 Ana makine tipleri ve devir sayıları

| <b>Ana Makine Devri</b> | <b>Devir Sayısı (n), rpm</b> | <b>Ana Makine Özellikleri</b>                       |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Düşük Devirli - SSD     | n<300                        | İki zamanlı dizel makinesi                          |
| Orta Devirli - MSD      | 300<n<1000                   | Dört zamanlı dizel makinesi                         |
| Yüksek Devirli - HSD    | n>1000                       | Dört zamanlı dizel makinesi,<br>Buhar – Gaz Türbini |

Ambarlı Limanına gelen gemilerin manevra ve limanda oluşturduğu egzoz gazı emisyonlarını hesaplayabilmek için Denklem 2.2 ve 2.3’ te verilen formüller kullanılmıştır. Burada T(h) sırasıyla Çizelge 2.3’ te belirtilen manevra ve limanda geçen sürelerdir, birimi saat olarak verilmiştir [2,6,44].

$$E_{\text{manevra}}(g) = T(h) \times \left[ \left( ME(kW) \times LF_{ME}(\%) \right) \times EF(g/kWh) + \left( AE(kW) \times LF_{AE}(\%) \right) \times EF(g/kWh) \right] \quad (2.2)$$

$$E_{\text{liman}}(g) = T(h) \times \left[ \left( ME(kW) \times LF_{ME}(\%) \right) \times EF(g/kWh) + \left( AE(kW) \times LF_{AE}(\%) \right) \times EF(g/kWh) \right] \quad (2.3)$$

Her gemi türü için, manevra ve limanda ana makine kaynaklı emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri, kullanılan yakıt ve ana makine tipine, gemi işletme moduna göre ENTEC firmasının 2010 yılındaki çalışmasından kullanılmış olup Çizelge 2.7’ de gösterilmiştir [42].

Çizelge 2.7 Manevra ve limanda yakıt ve makine tipine göre emisyon faktörleri (gr/kWh) [42]

| İşleme Modu     | Tip | NOx1 | NOx2 | SO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | VOC | PM  | CO   |
|-----------------|-----|------|------|-----------------|-----------------|-----|-----|------|
| Manevra - Liman | SSD | 14,5 | 12   | 11,6            | 682             | 1,8 | 2,4 | 0,54 |
| Manevra - Liman | MSD | 11,2 | 9,3  | 12,7            | 745             | 1,5 | 2,4 | 0,54 |
| Manevra - Liman | HSD | 10,2 | 8,5  | 12,7            | 745             | 0,6 | 2,4 | 0,54 |

### 2.1.1 Yük Faktörleri-Trozzi

Yük faktörleri, işletme modlarına göre ana ve yardımcı makinelerin yüklerini gösterir. Trozzinin önermiş olduğu ana makine yükleri, seyirde %80, manevra ve limanda % 20 dir. Yardımcı makinelerin yükleri, seyirde %30, manevrada % 50 ve limanda %40’ dır. Çizelge 2.8’ de belirtilen yük faktörleri, işletme modlarına göre yük faktörleri olup Trozzi’ nin 2013 yılında yapmış olduğu çalışmasından kaynak alınmıştır [3,45].

Çizelge 2.8 Farklı işletme modlarında ana ve yardımcı makine yükleri [3,45]

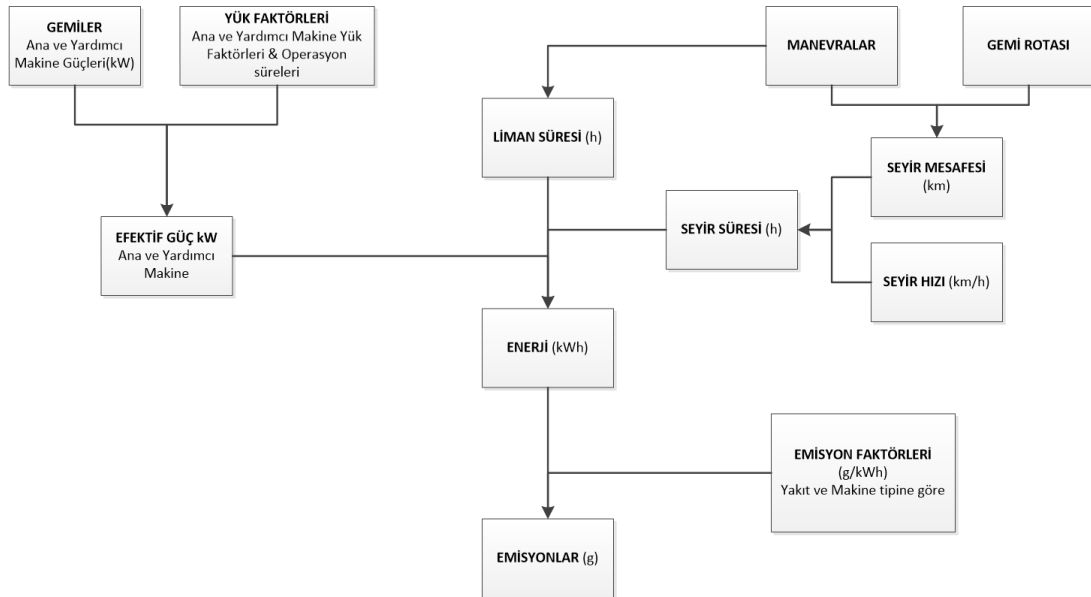
| İşletme Modu | Ana Makine Yüğü | Yardımcı Makine Yüğü |
|--------------|-----------------|----------------------|
| Manevrada    | 0,2             | 0,5                  |
| Limanda      | 0,2             | 0,4                  |
| Seyirde      | 0,8             | 0,3                  |

## 2.2 Emisyon Hesaplama Yöntemi-ENTEC

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi ile ana ve yardımcı makineleri kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları ENTEC hesaplama metodu ile bulunmuştur. İlgili hesaplama metodu için gerekli olan gemilere ait ana ve yardımcı makine gücü ile gemilerin limanda kalış süresi belirtilen tarihlerde Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin takip edilmesi ile bulunmuştur. Gemilere ait teknik veriler ve gemilerin geliş sayısı Ek A listesinde düzenlenerek belirtilmiştir [43]. Gemilerin manevra süreleri, Ambarlı Liman Başkanlığı tarafından verilen; 1 saat limana yanaşırken ve 1 saat limandan ayrılırken, toplam 2 saat olarak kabul edilmiştir. Ayrıca gemilerin seyir süreleri, Ambarlı Liman Başkanlığı tarafından verilen; 0,5 saat limana yanaşırken ve 0,5 saat limandan ayrılırken, toplam 1 saat olarak kabul edilmiştir. Her gemiden yayılan egzoz gazı emisyon miktarları geliştirilen web tabanlı “Emisyon Hesaplama” programı ile hesaplanmıştır.

Her gemi türü için, farklı gemi işletme modlarında ana ve yardımcı makine kaynaklı emisyonların hesabında kullanılan emisyon faktörleri, kullanılan yakıt ve ana makine tipine, gemi işletme moduna göre ENTEC firmasının 2010 yılındaki çalışmasından kullanılmış olup Çizelge 2.4, Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.7’ de gösterilmiştir.

ENTEC emisyon tahmin metodolojisi Şekil 2.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 ENTEC emisyon tahmin metodolojisi [42]

Ambarlı Limanına gelen gemilerin farklı işletme modlarında oluşturduğu egzoz gazı emisyonlarını hesaplayabilmek için Denklem 2.4' te verilen formül kullanılmıştır. Burada T(h) sırasıyla EK A da belirtilen seyir, manevra ve limanda geçen sürelerdir, birimi saattir [2,6,44].

$$E(g) = T(h) \times \left[ \left( ME(kW) \times LF_{ME}(\%) \right) \times EF(g/kWh) + \left( AE(kW) \times LF_{AE}(\%) \right) \times EF(g/kWh) \right] \quad (2.4)$$

### 2.2.1 Yük Faktörleri

Çizelge 2.9' da web tabanlı yazılımda yapılan hesaplamalardaki modülde kullanılan farklı işletme modlarında ana makine ve yardımcı makine yükleri gösterilmiştir. Ana makine yükleri, seyirde %80 ve manevrada %30' dur. Yardımcı makinelerin yükleri, seyirde %50, manevrada %80 ve limanda %50'dir. Çizelgede belirtilen ana makine ve yardımcı makine yükleri, ENTEC modülü hesaplamalarında kullanılmıştır.

Çizelge 2.9 Farklı işletme modlarında ana ve yardımcı makine yükleri

| İşletme Modu | Ana Makine Yüğü | Yardımcı Makine Yüğü |
|--------------|-----------------|----------------------|
| Manevrada    | 0,3             | 0,8                  |
| Limanda      | 0,0             | 0,5                  |
| Seyirde      | 0,8             | 0,5                  |

### MATERYAL VE METOT

Tezin bu bölümünde; Ambarlı Limanı ve Marport Terminaline ait genel bilgiler, hava kalitesi ölçüm cihazı ve web tabanlı veri toplama ve hesaplama yazılımı anlatılmıştır.

#### 3.1 AMBARLI LİMANINA AİT GENEL BİLGİLER

Ambarlı Limanı, Marmara Denzinin kuzey sahilinde, 1991 tarihinde kurulmuş, çeşitli terminal ve liman sahalarından oluşmakta olup, İstanbul ve Marmara Bölgesinin en işlek limanlarındandır. Ayrıca yıllık 2,7 milyon TEU yük elleçlenen Ambarlı tesisleri Dünyanın 48. büyük limanı konumundadır. Ambarlı tesisleri yaklaşık 20 milyon nüfusu barındıran hinterlandı beslemektedir [46].

Liman 2 bölgeye ayrılmıştır. Birinci bölge: Ambarlı Yeni Limanı, akaryakıt terminallerinin batısında bulunmakta olup, kuru yük ve konteyner terminal işletmelerinin bulunduğu bir bölge haline gelmiştir. İkinci bölge ise yakıt platformlarından, mendireklerden ve demirleme şamandıralarından oluşmaktadır. Bölgeler incelendiğinde; [46].

##### 1.Bölgede

- Kumport
- Akçansa
- Marport
- Mardas

##### 2.Bölgede

- Çekisan Mendireği ( BP/Mobil/Shell ) Demirleme Bölgeleri
- BP Amoco palamar şamandırası

- Aygaz Offshore Platformu
- TEAS/Petrol Ofisi Platformu ve palamar şamandırası
- Total Offshore platformu

alanları yer almaktadır.

### 3.1.1 Ambarlı Limanı Teknik Bilgileri

Ambarlı Liman sınırları: 4 değişik koordinatın birleşimi ile sınırları çizilmiştir. Bunlar; [46]

- Enlem.40 59' 15" Kuzey, Boylam.28 32' 30"Doğu
- Enlem.40 57' 12" Kuzey, Boylam 28 32' 30" Doğu
- Enlem.40 58' 20" Kuzey, Boylam.28 43' 30"Doğu
- Enlem.40 54' 32" Kuzey, Boylam 28 43' 37" Doğu

Liman sınırlamalarına bakıldığında, tankerlerin yanaşmaları sadece gündüzleri gerçekleşmektedir. Diğer tüm gemiler 24 saat yanaştırılıp, kaldırılmaktadır. Demirleme bölgeleri incelendiğinde, demirleme alanı liman işletmelerinin batısında bulunmaktadır. Ayrıca, gemilerin özelliklerine göre pilot zorunluluğu belirlenmektedir.

Limana ait demirleme sahaları şu şekilde verilebilir;

A) Tehlikeli Yük Gemileri için Demirleme Sahası:

- 40. 57'.25 Kuzey, 28 35'.30 Doğu, 40 56' 25 Kuzey, 28 35' 30 Doğu
- 40. 57'.0,5 Kuzey, 28 37'.30 Doğu, 40 55' 50 Kuzey, 28 57' 30 Doğu

B) Ro-Ro ve Genel Kargo Gemileri için Demirleme Sahası:

- 40. 57' 0.5 Kuzey, 28 37'.30 Doğu, 40 55' 50 Kuzey, 28 37' 30 Doğu
- 40. 55'.0.5 Kuzey, 28 40'.00 Doğu, 40 57' 30 Kuzey, 28 40' 00 Doğu

Gemilerden, yanaşma programı için Ambarlı Limanı'na 10 mil mesafeden pilot istasyonu ile VHF 12 ve 16 kanallarında temas kurulur.

### 3.1.2 Ambarlı Limanı Genel Planı

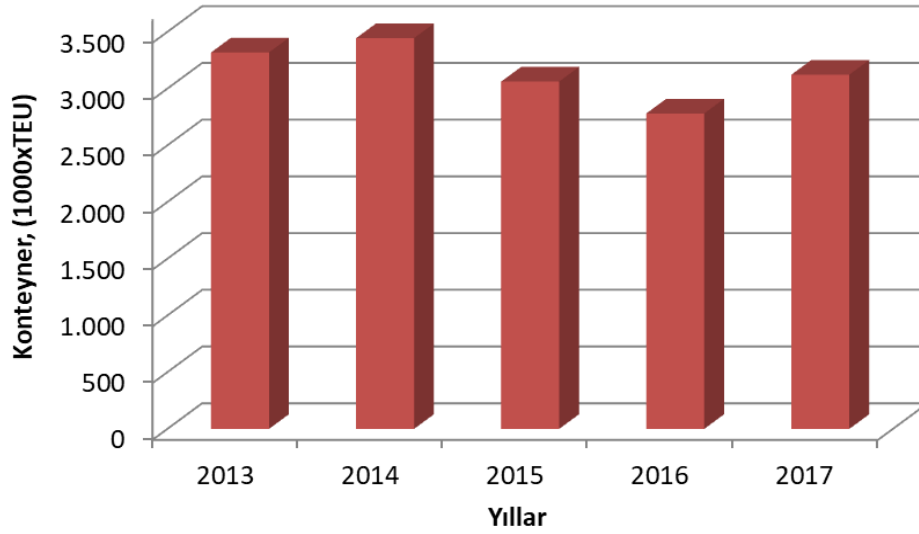
Ambarlı Limanına ait genel yerleşim Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Ambarlı Limanı genel yerleşimi

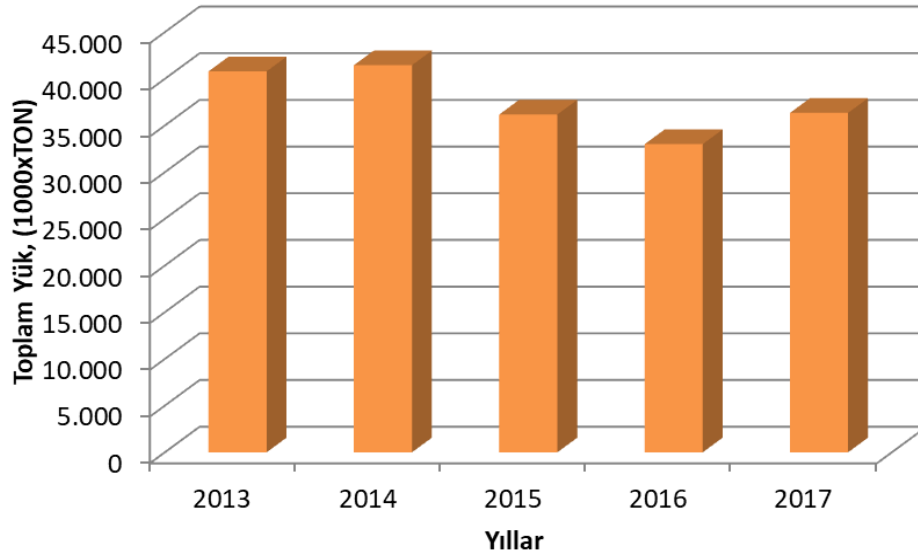
### 3.1.3 Ambarlı Limanı İstatistikî Bilgiler

Ambarlı Limanına ait yıl bazında, konteyner, araç ve genel yük istatistikî bilgileri Şekil 3.2’ de sırasıyla verilmiştir [47].



Şekil 3.2 Ambarlı Limanı yıl bazında konteyner (Bin TEU) elleçleme istatistiği

Şekilde Ambarlı Limanına ait 2013-2017 yılları arasında elleçlenen konteyner sayıları verilmiştir. En yüksek miktar 3490000 TEU olarak 2014 yılında tespit edilmiştir. 2015 ve 2016 yıllarında 2014 yılına göre %11,5 ve %19,7 azalma meydana gelmiştir. 2017 yılında ise bu değer 3122505 TEU olarak verilmiştir [47].



Şekil 3.3 Ambarlı Limanı yıl bazında genel yük elleçleme istatistiği

Şekil 3.3’ te Ambarlı Limanına ait 2013-2017 yılları arasında elleçlenen genel yük miktarları verilmiştir. En yüksek miktar 41456000 Ton ile 2014 yılında tespit edilmiştir [47]. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında 2014 yılına göre yaklaşık olarak sırasıyla %13, %20 ve %12 azalma meydana gelmiştir.

#### 3.1.4 MARPORT Terminali

Bu bölümde, tez çalışmasında egzoz gazı ölçüm cihazının yerleştirildiği Marport Terminalinin genel özelliklerinden bahsedilecektir [48].

1996 yılında, Limar olarak Ambarlı Limanında konteyner terminali olarak kurulmuştur. Ülkemizin sürekli artan konteyner hacmi, saha ve rıhtım kapasitesi sonucunda 2001 yılında Arkas ve Terminal Investment Limited şirketleri tarafından Marport Liman İşletmeleri Sanayi ve Ticaret A.ř. kurulmuştur. Marport Terminali kuşbakışı görüntüsü Şekil 3.4’ de gösterilmiştir.

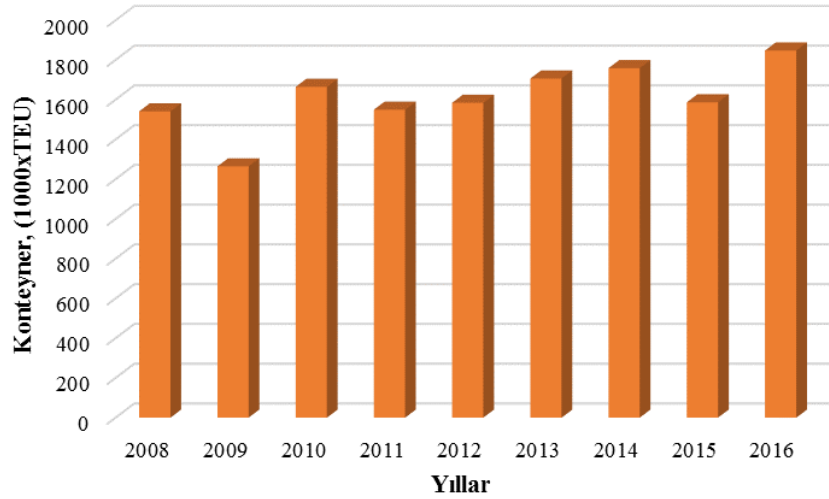


Şekil 3.4 Marport Terminali kuşbakışı görüntüsü

Marport Liman İşletmelerinde 10 adet raylı vinç, 41 adet lastik tekerlekli vinç, 92 Adet Liman içi aktarma aracı ve 7 adet rıhtıma sahip olan Marport 530.000 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Çizelge 3.1' de liman tesisine ait özellikler detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1 Marport Terminali genel özellikleri [48]

| MARPORT LİMAN İŞLETMELERİ               |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| Coğrafi Konum                           | 40'57" Kuzey, 28',40" Doğu |
| Elleçlenen Yük cinsi                    | Konteyner                  |
| <b>Saha</b>                             |                            |
| Toplam Alan                             | 530.000 m <sup>2</sup>     |
| İstifleme Kapasitesi                    | 30.654 TEU                 |
| Elleçleme Kapasitesi                    | 2.300.000 TEU/Yıl          |
| Soğutuculu Konteyner Kapasitesi         | 1.064 (380V)               |
| Ambar                                   | 6.103 m <sup>2</sup>       |
| Ro-Ro Rampası                           | 1 Adet                     |
| Rıhtım İskele Uzunluğu                  | 1.605 m                    |
| Rıhtım                                  | 16.5 m                     |
| <b>Rıhtım Vinçleri</b>                  |                            |
| Raylı Vinç (Ship to Shore Gantry Crane) | 10                         |
| Mobil Vinç (MHC)                        | 5                          |
| <b>Saha Ekipmanı</b>                    |                            |
| Lastik Tekerlekli Vinç (RTG)            | 41                         |
| Konteyner İstif Makinası                | 8                          |
| Boş Konteyner İstif Makinası            | 10                         |
| Çekici                                  | 92                         |



Şekil 3.5 Marport Terminali yıllara göre konteyner elleçleme kapasiteleri [48]

Şekil 3.5’ te Ambarlı Limanında yer alan Marport terminaline ait 2012-2016 yılları arasındaki elleçlenen konteyner miktarları “1000xTEU” olarak verilmiştir. En yüksek miktar 1847000 TEU olarak 2016 yılında, en düşük miktar ise 1264000 TEU ile 2009 yılında tespit edilmiştir.

### 3.2 Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı

Ambarlı Limanı Marport terminaline konulan Hava Kalitesi Ölçüm aracına ait resimler Şekil 3. 6’ de gösterilmiştir. İstanbul Valiliği, Ambarlı Limanı Mülki İdare Amirliği ve Marport Liman İşletmeleri Tic. ve San. A.Ş. ‘den limanlarda hava kalitesi ölçümü ve analizi çalışması kapsamında gerekli izinler alınarak hava kalitesi ölçüm aracı Marport Terminaline konumlandırılmıştır.

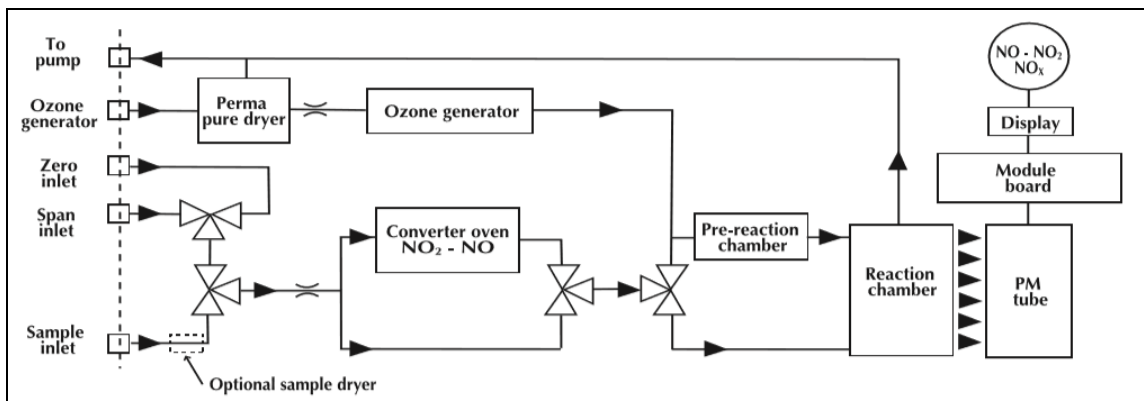


Şekil 3.6 Hava kalitesi ölçüm aracı

### 3.2.1 NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> Ölçümleri

Bu çalışmada, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> ölçümlerinde düşük konsantrasyonlardaki azot oksit gazları için sürekli ölçüm yapabilen Environmental S.A. marka AC32M model ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüm cihazı, 0,1 ppm - 10 ppm çalışma aralığında, 0,1 ppb hassasiyet ile çalışmaktadır. Cihazın, TS EN 14211:2012, ISO 7996:1985 ve US EPA 40 tip onayı mevcuttur [49].

Ölçüm prensibi olarak; yüksek oksitleme kapasitesine sahip ozon moleküllerinin bulundukları ortamda, azot oksidin sergilediği kimyasal lüminesans özelliği kullanılır.



Şekil 3.7 AC32M ölçüm cihazı çalışma prensibi [49]

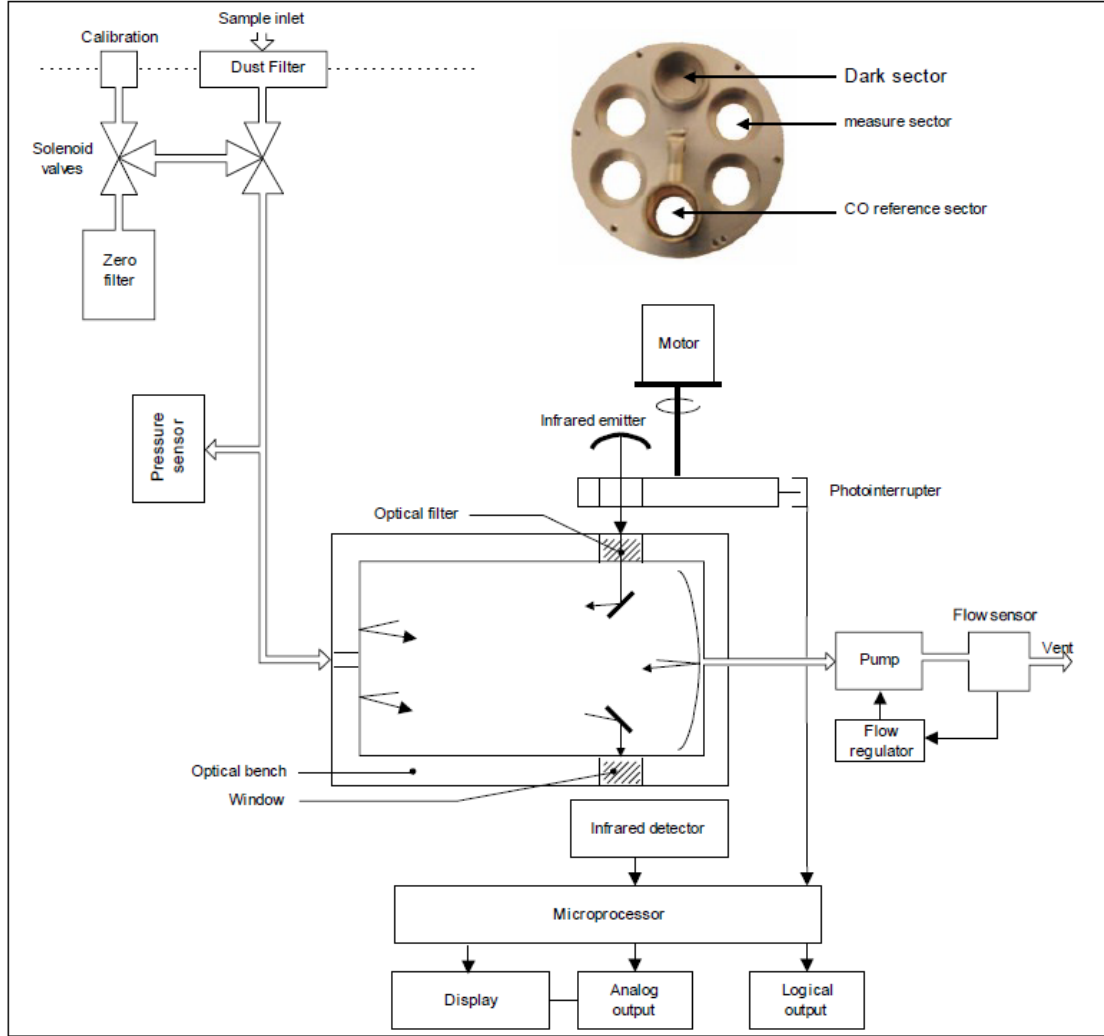
Şekil 3.7' de ölçüm cihazının çalışma prensibinin şematik diyagramı gösterilmiştir. Kemilüminesan ışımayla NO molekülleri, ozon jeneratöründe üretilen ozon molekülleri ile reaksiyona girerek oksitlenir ve nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>) ve oksijen (O<sub>2</sub>) gazlarını oluşturmaktadır. Bu reaksiyon, yoğunluğu örneklenen NO ile orantılı olarak ışık üretir. Işık yayılımı ölçümü foto-multiplier ile yapılır. Foto-multiplier tarafından yaratılan elektrik sinyali, mikroişlemci tarafından yükseltilir ve sayısallaştırılır.

Toplam NO<sub>x</sub> miktarı için, alınan numune öncelikle NO<sub>2</sub>-NO dönüştürücüsü yardımıyla NO<sub>2</sub> gazlarını NO gazlarına dönüştürür. Ortaya çıkan reaksiyon ve toplam NO<sub>x</sub> konsantrasyonu direkt olarak doğru orantılıdır [49].

### 3.2.2 CO Ölçümleri

Bu çalışmada, CO ölçümleri için Beer-Lambert kanununa göre kızılötesi emilim prensibi üzerine çalışan Environmental S.A. marka CO12M model ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Ölçüm cihazı, 10 ppm - 1200 ppm çalışma aralığında, 0,1 ppm hassasiyet ile çalışmaktadır. Cihazın, TS EN 14626:2012, TS 11959 ISO 4224 ve US EPA 40 tip onayı mevcuttur [50].

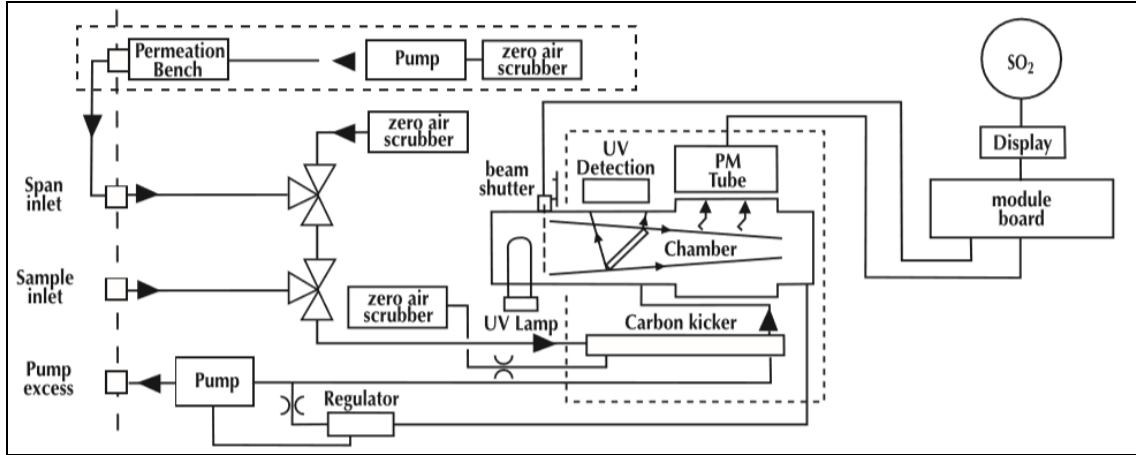


Şekil 3.8 CO12M ölçüm cihazı çalışma prensibi [50]

Şekil 3.8’ de ölçüm cihazının çalışma prensibinin şematik diyagramı gösterilmiştir. CO örnek konsantrasyonu, bir numune CO hücresi (referans giriş) ve diğer tarafında boş bir hücre ile doldurulmuş çok hücreli bir korelasyon çarkı boyunca akarken, emilen kızıl ötesi ışığın miktarını ölçerek belirlenir. Çark dönerken, ışık demeti alternatif olarak CO hücresi ve boş hücre içinden geçerek optik dedektöre ulaşmadan önce bir enterferans optik filtresinden geçer. Numune CO içeriyorsa, referans ışık huzmesi, ölçümü gerçekleştirir ve sayısal değerini verir [50].

### 3.2.3 SO<sub>2</sub> Ölçümleri

Bu çalışmada SO<sub>2</sub> ölçümleri, Ultraviyole (UV) floresans ölçümü prensibine göre çalışmakta olan Environmental S.A. marka AF22M model ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm cihazı, 1 ppm – 10 ppm çalışma aralığında, 0,1 ppb hassasiyet ile çalışmaktadır. Cihazın, EN 14212:2012, TS ISO/FDIS 10498/2004 ve 40 CFR tip onayı mevcuttur [51].



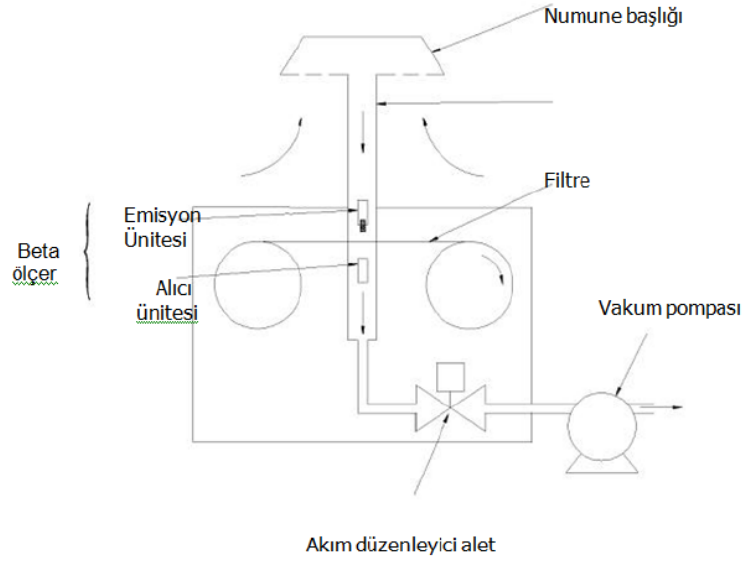
Şekil 3.9 AF22M ölçüm cihazı çalışma prensibi [51]

AF22M ölçüm cihazına ait çalışma prensibinin şematik diyagramı Şekil 3.9’ da verilmiştir. Hava numunesi, devrenin sonunda bulunan pompa aracılığı ile teflon tüpe ve oradan da cihazın girişinde bulunan 0.5 µm gözenekli teflon filtreye gelerek tozlardan arındırılır. Daha sonra numune, karbon kaynağı üzerinde aromatik hidrokarbonlardan ayrıştırılır ve ayrıştırılmış hava numunesi tepkime odasına ulaşır. Tepkime odasına ulaşan hava numunesi 214 nm’ye odaklanmış morötesi ışınlarla radyasyona tabii tutulur. Bu dalga boyunu absorplayan kükürt dioksit molekülleri, morötesi spektrumda özel bir floresan ortaya çıkarır. Ortaya çıkan bu floresan ışık PM tüpü (photomultiplier tube) tarafından okunur [51].

### 3.2.4 PM 10 / PM 2.5 Ölçümleri

Bu çalışmada PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> ölçümleri, çevre ve çalışma ortamı havasındaki 10, 2.5 ve 1 mikronun altında olan toz parçacıklarını ölçen Environmental S.A. marka MP101M model ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm prensibi, ortam havasında bulunan tanecikli madde kütlesinin ölçülmesi ile ilgili beta ışınlarının tanecikli madde tarafından absorpsiyonu esasına dayalı bir yöntemi kapsar. Cihaz, 0-10000 µg/m<sup>3</sup> ölçüm

aralığında,  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ölçüm hassasiyetine sahiptir. Ölçüm cihazının TS ISO 10473, TSE CEN/TS 16450:2013 ve US EPA 40 CFR tip onayı mevcuttur [52].



Şekil 3.10 MP101M ölçüm cihazı çalışma prensibi [52]

Şekil 3.10' da PM10 ve PM2.5 ölçüm düzeneği gösterilmiştir. Ortam havasında toz konsantrasyonunun tespiti, pompa yardımı ile sabit bir hava akış hızında havanın bilinen bir hacmi emilerek filtreler üzerinde toplanması ve filtreye tutulan beta ışınlarının absorpsiyonunun ölçülmesi ile tayin edilir.

### 3.3 Web Tabanlı Veri Toplama ve Hesaplama Programı

#### 3.3.1 Giriş

Teorik hesaplamalar için geliştirilen web tabanlı veri toplama ve hesaplama programı; gerçek zamanlı olarak Ambarlı Limanında yapılan emisyon ölçümleri sırasındaki gemi aktiviteleri dikkate alınarak iki farklı hesaplama metoduna göre geliştirilen algoritmaları temel almaktadır. Bu yöntemlerden birincisi, ENTEC firmasının Avrupa ülkeleri için 2010 yılında yayınladığı envanter kullanılarak yapılan hesap metodu, ikincisi ise Trozzi vd. tarafından önerilen emisyon hesap metodudur.

Geliştirilen program web tabanlı olarak uzak bir bilgisayarda kullanıcı ara yüzü ile internete açık formda geliştirilmiştir. Program; web ara yüzü için PHP (Hypertext

Preprocessor) ve veri tabanı yönetimi için PDO (PHP Data Objects) programlama dilleri ile kodlanmıştır.

Program verimli kaynak kullanımı sağlaması için hesaplarda herhangi bir güncelleme olmaması halinde tek sefer çalışıp sonuç verilerini, veri tabanında depolayacak şekilde yazılmıştır. Değişiklik gerektiği zaman veri tabanına kullanıcı tarafından erişim sağlanıp veri eklenebilir veya çıkartılabilir. Program her bir metot için ayrı çalışma sayfaları ihtiva eder. Ek B' de yazılımın açık kodları verilmiştir.

### 3.3.2 Program ara yüz tanıtımı

Program her bir hesaplama türü için alt sayfalardan oluşan çalışma ekranlarını içermektedir.

#### 3.3.2.1 ENTEC çalışma ekranları



Şekil 3.11 ENTEC ana kullanıcı ekranı

Şekil 3.11' de ENTEC metoduna ait kullanılan programın ana kullanıcı ekranı gösterilmektedir. Bu ekranda kullanıcı bilgisi, alt menü bilgileri, toplam gemi adedi, toplam emisyon adedi ve her bir emisyon türü için toplam emisyon değerleri görülebilmektedir.

**Emission Table** The emission table!

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries Search:

| Status | Type | IMO     | Ship Name     | Nox     | So2     | Co2      | Voc     | PM      | CO      |
|--------|------|---------|---------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| MANV   | MSD  | 8725656 | 40 LET POBEDY | 0.07546 | 0.07039 | 4.63498  | 0.00771 | 0.01194 | 0.00342 |
| MANV   | MSD  | 8215649 | ADNAN H       | 0.02323 | 0.01745 | 1.31994  | 0.00171 | 0.0025  | 0.001   |
| MANV   | SSD  | 9139634 | AHS ST. GEORG | 0.36058 | 0.23524 | 17.37677 | 0.02949 | 0.03779 | 0.01369 |
| MANV   | MSD  | 9145138 | AJOS          | 0.01147 | 0.01108 | 0.71389  | 0.00123 | 0.00192 | 0.00053 |
| MANV   | MSD  | 8218380 | AKASYA 1      | 0.05448 | 0.0471  | 3.25197  | 0.00498 | 0.00759 | 0.00242 |
| MANV   | MSD  | 8125155 | AKIN          | 0.03632 | 0.0314  | 2.16798  | 0.00332 | 0.00506 | 0.00161 |
| MANV   | SSD  | 9349552 | AL HILAL      | 0.62483 | 0.55082 | 35.93071 | 0.07846 | 0.10308 | 0.02838 |
| MANV   | MSD  | 9326940 | ALIDA         | 0.21455 | 0.20198 | 14.9009  | 0.02022 | 0.02998 | 0.01119 |
| MANV   | SSD  | 9127459 | ALLEGRI       | 0.56876 | 0.4315  | 26.93578 | 0.06386 | 0.08447 | 0.0213  |
| MANV   | SSD  | 9391804 | ALPHA         | 0.04316 | 0.03584 | 2.49922  | 0.00479 | 0.00621 | 0.00197 |

Showing 1 to 10 of 969 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 97 Next

Şekil 3.12 ENTEC metodu emisyon hesap ekranı

Şekil 3.12' de ENTEC metodunda her bir gemi için ayrı olarak egzoz gazı emisyonlarının hesabı gösterilmektedir. Şekilde gemi adı, IMO numarası, gemi ana makinesinin devir sayısına göre tipi, işletme modu ve emisyon değerleri verilmektedir.

**Emission**

Welcome, K. Unlugencoglu

GENERAL

ENTECC 2010

Dashboard

Ships

Ambarli Emissions

Ship Report

TROZZI

Other

**Ship Reports**

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries Search:

| IMO Number | Ship Name    | Ship Year | Ship Length | Ship GT | M/E Power | M/E RPM | AE Power | Type | Tipi                  |
|------------|--------------|-----------|-------------|---------|-----------|---------|----------|------|-----------------------|
| 0          | KIYEM 5      | 1990      | 23.00       | 88      | 2000      | 300     | 100      | SSD  | ARAMA KURTARMA GEMISI |
| 7361635    | DENİZ        | 1974      | 98          | 2952    | 1200      | 900     | 199      | MSD  | KURUYUK               |
| 7364338    | ANTAKYA      | 1974      | 80          | 1369    | 1610      | 450     | 165      | MSD  | KURUYUK               |
| 7364429    | TURANLAR - 2 | 1975      | 71.00       | 969     | 840       | 350     | 40       | SSD  | KURUYUK               |
| 7407219    | MEHMET AKIN  | 1976      | 73.21       | 1562    | 1208      | 370     | 100      | SSD  | KURUYUK               |
| 7520712    | MIRAÇ-3      | 1977      | 74.05       | 1361    | 1610      | 450     | 165      | MSD  | KURUYUK               |
| 7531369    | NAZLIKIZ     | 1978      | 121         | 6355    | 3952      | 180     | 255      | SSD  | KURUYUK               |
| 7634197    | AREL         | 1978      | 9129        | 1543    | 3920      | 755     | 256      | MSD  | KURUYUK               |
| 7638105    | ARD          | 1980      | 91.29       | 2902    | 3920      | 755     | 256      | MSD  | KURUYUK               |
| 7808097    | AYNACIOGLU-I | 1981      | 69.4        | 998     | 840       | 350     | 40       | SSD  | KURUYUK               |

Showing 1 to 10 of 323 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 33 Next

Şekil 3.13 Gemi bilgileri ekranı

Şekil 3.13' de ölçüm yapılan zaman diliminde Ambarlı limanına gelen 323 adet gemi bilgilerinin düzenlenmiş hallerini gösteren ekran bilgisi verilmiştir. Bu şekilde geminin; IMO numarası, adı, inşa yılı, boyu, gros-tonajı, ana makine gücü ve devir sayısı, yardımcı makine gücü ve ana makine devir sayısına göre tipi verilmiştir.

**Emission**

Welcome, K. Unlugencoglu

**GENERAL**

ENTEC 2010

- Dashboard
- Ships
- Ambarli Emissions
- Ship Report
- TROZZI
- Other

**Ambarli Port Hourly Emission Table** You can view all the data here!

Due to big data, page may be loaded late!

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries

Search:

| Date       | Time  | So2 | Pm10 | co    | no   | no2  | nox  | pm25 |
|------------|-------|-----|------|-------|------|------|------|------|
| 01.06.2017 | 01:00 | 4.2 | 59   | 461.4 | 26.4 | 49.5 | 75.9 | 32.3 |
| 01.06.2017 | 02:00 | 3.9 | 41.8 | 444.7 | 21.7 | 33.3 | 55   | 38.5 |
| 01.06.2017 | 03:00 | 4.7 | 40.8 | 460.1 | 24.8 | 47.6 | 72.4 | 34.8 |
| 01.06.2017 | 04:00 | 5.4 | 34.3 | 442.2 | 28.8 | 52.4 | 81.2 | 27.8 |
| 01.06.2017 | 05:00 | 7.5 | 39.8 | 460.6 | 26.8 | 46.9 | 73.6 | 29   |
| 01.06.2017 | 06:00 | 6.3 | 29.8 | 426   | 22.1 | 36.6 | 58.8 | 33.3 |
| 01.06.2017 | 07:00 | 7.1 | 35.8 | 444.5 | 19.2 | 32.5 | 51.7 | 24.8 |
| 01.06.2017 | 08:00 | 6.6 | 31.5 | 425.4 | 35.3 | 53.6 | 88.9 | 19   |
| 01.06.2017 | 09:00 | 6.8 | 41.8 | 406   | 23.5 | 42.2 | 65.7 | 27.5 |
| 01.06.2017 | 10:00 | 7.4 | 48.3 | 459.9 | 27.5 | 39.9 | 67.3 | 15.3 |

Showing 1 to 10 of 2,146 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 215 Next

Şekil 3.14 Ambarlı Limanından alınmış hava ölçümleri ekranı

Şekil 3.14’ te Ambarlı limanında yapılmış gerçek zamanlı hava ölçümleri sonucunda saatlik olarak SO<sub>2</sub>, PM10, PM2.5, CO, NO, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyon değerleri µg/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir. Emisyon ölçüm değerleri 25 Mayıs 2017 ile 22 Ağustos 2017 tarihleri aralığı için verilmiştir.

**Critical Emissions** Critical emission dates!

Print Copy Excel CSV PDF

Search:

| Emission | Critical Date | Time  | Value |
|----------|---------------|-------|-------|
| co       | 25.05.2017    | 07:00 | 848.8 |
| co       | 08.06.2017    | 07:00 | 979.6 |
| co       | 30.07.2017    | 05:00 | 832   |
| co       | 09.08.2017    | 03:00 | 717.9 |
| no       | 31.05.2017    | 03:00 | 94    |
| no       | 12.06.2017    | 03:00 | 99.2  |
| no       | 08.07.2017    | 23:00 | 99.4  |
| no       | 15.08.2017    | 10:00 | 97    |
| no2      | 25.05.2017    | 20:00 | 92    |
| no2      | 25.06.2017    | 04:00 | 98.8  |

Showing 1 to 10 of 28 entries

Previous 1 2 3 Next

Şekil 3.15 Ambarlı Liman hava kalitesi ölçümleri sonucunda bulunmuş kritik emisyon değerleri ekranı

Şekil 3.15’ de 25 Mayıs 2017 ile 22 Ağustos 2017 tarihleri aralığında Ambarlı limanında yapılan emisyon ölçümleri sonucunda elde edilen kritik emisyon değerleri ekranı

gösterilmiştir. Şekilde, kritik gün ve saat ile bu andaki emisyon türü ve değeri verilmektedir.

Critical Ships Critical ships and dates! -- Under Construction! The results may not be as expected.

Print Copy Excel CSV PDF

Search:

| Ship Name      | M/E KW | Berthing         | Departure        | Critical Emission | Value |
|----------------|--------|------------------|------------------|-------------------|-------|
| BERNARD A      | 9041   | 07.06.2017 12:30 | 08.06.2017 08:35 | co                | 979.6 |
| BERNARD A      | 9041   | 12.06.2017 00:45 | 12.06.2017 16:55 | pm25              | 94    |
| DIANE A        | 13280  | 14.06.2017 08:15 | 15.06.2017 09:50 | pm10              | 99.8  |
| DIANE A        | 13280  | 15.08.2017 20:40 | 16.08.2017 17:55 | nox               | 99.9  |
| JEAN-PIERRE A  | 12640  | 30.05.2017 20:00 | 31.05.2017 02:20 | no                | 94    |
| LOUISA SCHULTE | 15785  | 07.06.2017 15:48 | 08.06.2017 01:50 | so2               | 9.9   |
| MICHEL A       | 13280  | 08.06.2017 08:30 | 08.06.2017 15:20 | co                | 979.6 |
| MICHEL A       | 13280  | 16.08.2017 19:45 | 17.08.2017 11:30 | nox               | 99.9  |
| MSC KATYAYNI   | 54814  | 08.07.2017 10:00 | 08.07.2017 23:00 | no                | 99.4  |
| ROSELINE A     | 9480   | 06.06.2017 20:45 | 07.06.2017 14:20 | so2               | 9.9   |

Showing 1 to 10 of 18 entries

Previous 1 2 Next

Şekil 3.16 Kritik emisyonun belirlendiği gündeki gemi hareketleri ekranı

Şekil 3.16' da kritik emisyonun belirlendiği gündeki gemi hareketleri ekranı verilmiştir. Bu şekilde geminin adı, ana makine gücü, limana varış-kalkış zamanları, kritik emisyon türü ve değeri gösterilmiştir.

Welcome, K. Unlugencoglu

GENERAL

ENTEC 2010

Dashboard

Ships

Ambarli Emissions

Ship Report

TROZZI

Other

Ship Reports

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries

Search:

| Ship Name       | Arrival          | Departure        | Berthing         | Port From             | Port To              |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| ALLEGRI         | 05.06.2017 09:30 | 07.06.2017 05:45 | 05.06.2017 22:25 | TRBOR-BORUSAN LIMANI  | BGVAR-VARNA          |
| ALLEGRI         | 12.06.2017 12:00 | 13.06.2017 10:30 | 12.06.2017 20:40 | ROSOC-CONSTANTA SOCEP | TRBOR-BORUSAN LIMANI |
| ALLEGRI         | 02.07.2017 19:00 | 04.07.2017 10:30 | 03.07.2017 18:45 | TRBOR-BORUSAN LIMANI  | BGVAR-VARNA          |
| ALLEGRI         | 11.07.2017 05:15 | 12.07.2017 07:30 | 11.07.2017 08:20 | ROSOC-CONSTANTA SOCEP | TRBOR-BORUSAN LIMANI |
| ALLEGRI         | 01.08.2017 03:50 | 01.08.2017 21:35 | 01.08.2017 04:15 | TRMRD-MARDAS          | BGVAR-VARNA          |
| ALLEGRI         | 09.08.2017 10:45 | 10.08.2017 14:05 | 09.08.2017 14:00 | ROSOC-CONSTANTA SOCEP | TRBOR-BORUSAN LIMANI |
| ARCANGELO       | 11.06.2017 14:20 | 12.06.2017 08:20 | 11.06.2017 15:45 | TRBOR-BORUSAN LIMANI  | BGVAR-VARNA          |
| ARCANGELO       | 19.06.2017 13:00 | 20.06.2017 13:25 | 19.06.2017 14:30 | ROSOC-CONSTANTA SOCEP | TRBOR-BORUSAN LIMANI |
| ASIATIC LIBERTY | 27.05.2017 12:00 | 28.05.2017 19:55 | 27.05.2017 18:48 | BGVAR-VARNA           | TRKMX-KUMPORT        |
| ASIATIC LIBERTY | 01.06.2017 19:00 | 04.06.2017 11:15 | 02.06.2017 18:00 | BGVAR-VARNA           | TRKMX-KUMPORT        |

Showing 1 to 10 of 264 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 26 Next

Şekil 3.17 Marport Terminalinde gemilere ait rota ve liman giriş-çıkış bilgileri ekranı

Şekil 3.17’ de 25 Mayıs 2017 ile 22 Ağustos 2017 tarihleri aralığında, teorik hesaplamalarda kullanılan Marport Terminalinden aktivitesi olan tüm gemiler için rota bilgilerini, liman varış-kalkış ve limanda kalma sürelerini gösteren ekran verilmiştir.

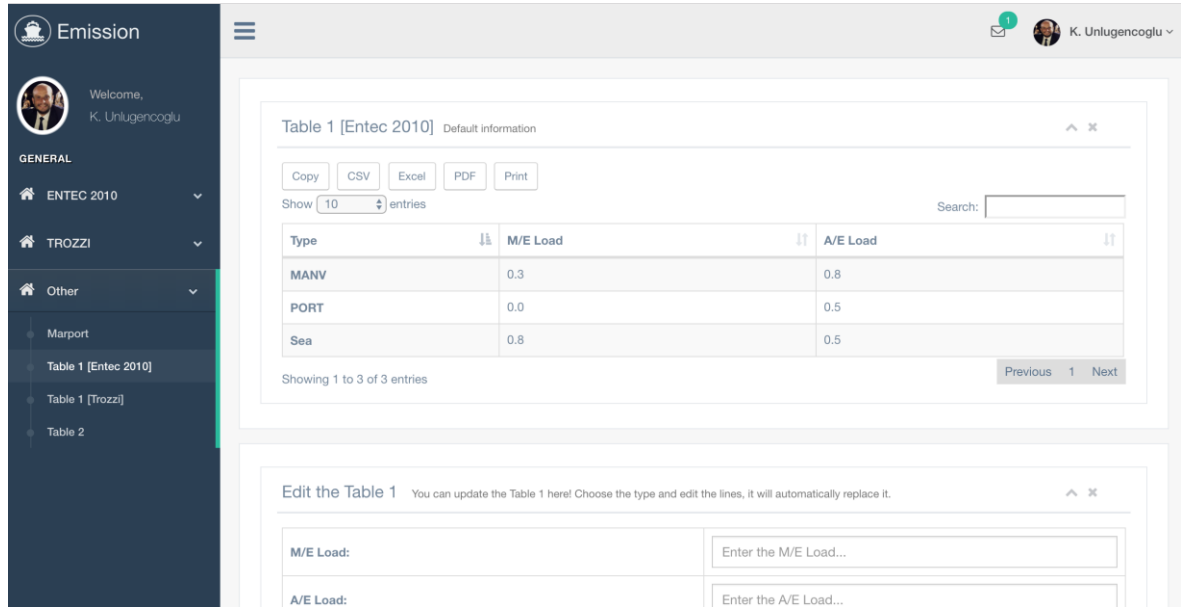


Table 1 [Entec 2010] Default information

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries Search:

| Type | M/E Load | A/E Load |
|------|----------|----------|
| MANV | 0.3      | 0.8      |
| PORT | 0.0      | 0.5      |
| Sea  | 0.8      | 0.5      |

Showing 1 to 3 of 3 entries Previous 1 Next

Edit the Table 1 You can update the Table 1 here! Choose the type and edit the lines, it will automatically replace it.

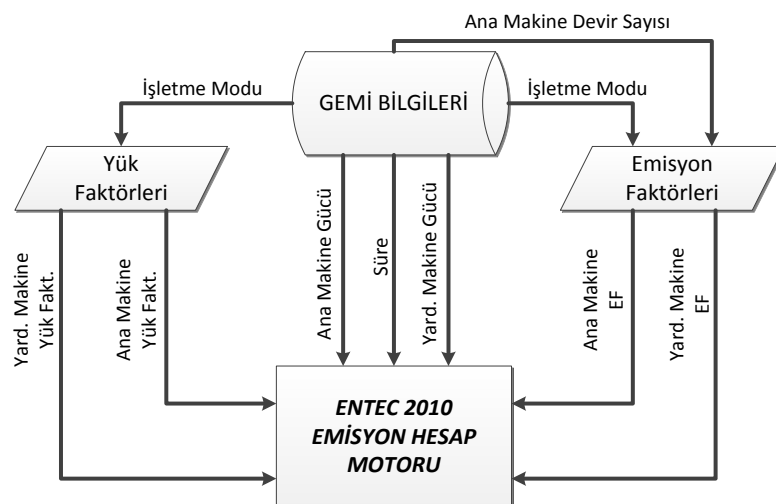
M/E Load: Enter the M/E Load...

A/E Load: Enter the A/E Load...

Şekil 3.18 Ana ve yardımcı makine yük faktörleri ekranı

Şekil 3.18’ de manevra, liman ve seyir modları için; ana ve yardımcı makine yük faktörlerini gösteren ekran verilmiştir. ENTEC metodu hesaplamalarında bu değerler kullanılmıştır.

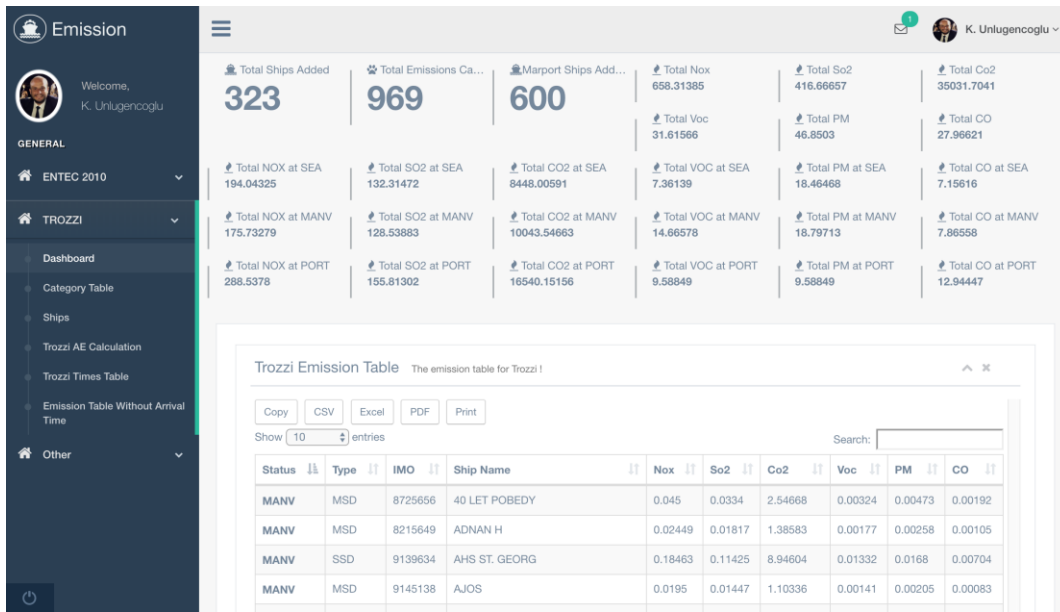
### ENTEC çalışma döngüsü



Şekil 3.19 ENTEC emisyon hesap motorunun çalışma döngüsü

Şekil 3.19' da ENTEC metoduna göre emisyon değerlerini hesaplayan emisyon hesap motorunun çalışma döngüsü şematik olarak gösterilmiştir. Hesap motoru, gemi bilgileri veri tabanından; zaman, ana ve yardımcı makine güç değerlerini alır. Yük faktörleri, gemi bilgileri veri tabanından; geminin seyir, liman ve manevra durumunu kullanarak, ana ve yardımcı makine yük faktörlerini hesap motoruna gönderir. Emisyon faktörleri, gemi bilgileri veri tabanından; geminin seyir, liman ve manevra durumu ile geminin ana makine devir sayısını kullanarak ana ve yardımcı makine emisyon faktörlerini hesap motoruna gönderir. Hesap motoru, her bir geminin; liman, seyir ve manevra şartlarındaki NOx, SO<sub>2</sub>, PM, VOC, CO ve CO<sub>2</sub> emisyon değerlerini hesaplayarak emisyonları kaydeder.

### 3.3.2.2 Trozzi metodu çalışma ekranları



Şekil 3.20 Trozzi metodu ana kullanıcı ekranı

Şekil 3.20' de Trozzi metodu için kullanılan programın ana kullanıcı ekranı gösterilmektedir. ENTEC metodu için kullanılan ana ekran bilgi türlerinin aynalarına bu ekrandan da ulaşılabilir.

Trozzi Emission Table The emission table for Trozzi !

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries Search:

| Status | Type | IMO     | Ship Name     | Nox     | So2     | Co2      | Voc     | PM      | CO      |
|--------|------|---------|---------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| MANV   | MSD  | 8725656 | 40 LET POBEDY | 0.045   | 0.0334  | 2.54668  | 0.00324 | 0.00473 | 0.00192 |
| MANV   | MSD  | 8215649 | ADNAN H       | 0.02449 | 0.01817 | 1.38583  | 0.00177 | 0.00258 | 0.00105 |
| MANV   | SSD  | 9139634 | AHS ST. GEORG | 0.18463 | 0.11425 | 8.94604  | 0.01332 | 0.0168  | 0.00704 |
| MANV   | MSD  | 9145138 | AJOS          | 0.0195  | 0.01447 | 1.10336  | 0.00141 | 0.00205 | 0.00083 |
| MANV   | MSD  | 8218380 | AKASYA 1      | 0.04476 | 0.03322 | 2.53313  | 0.00323 | 0.00471 | 0.00191 |
| MANV   | MSD  | 8125155 | AKIN          | 0.04539 | 0.03369 | 2.56897  | 0.00327 | 0.00478 | 0.00194 |
| MANV   | SSD  | 9349552 | AL HILAL      | 0.48413 | 0.36206 | 28.35002 | 0.04222 | 0.05323 | 0.0223  |
| MANV   | MSD  | 9326940 | ALIDA         | 0.39581 | 0.34817 | 26.87527 | 0.03344 | 0.04848 | 0.02031 |
| MANV   | SSD  | 9127459 | ALLEGRI       | 0.78565 | 0.48618 | 38.06844 | 0.05669 | 0.07148 | 0.02995 |
| MANV   | SSD  | 9391804 | ALPHA         | 0.02753 | 0.02082 | 1.6101   | 0.00247 | 0.00312 | 0.00127 |

Showing 1 to 10 of 969 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 97 Next

Şekil 3.21 Trozzi metodu için emisyon hesap ekranı

Şekil 3.21’ de Trozzi metoduyla yapılan emisyon hesaplarını gösteren ekran verilmiştir. Bu ekranda NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM, VOC, CO ve CO<sub>2</sub> emisyon değerleri, 25 Mayıs 2017 ile 22 Ağustos 2017 tarihleri aralığında Ambarlı limanına gelen her bir gemi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca ekranda geminin adı, IMO numarası, işletme modu ve ana makine devir sayısına bağlı olarak tipi verilmiştir.

Emission

Welcome, K. Unlugencoglu

GENERAL

ENTEC 2010

TROZZI

Dashboard

Category Table

Ships

Trozzi AE Calculation

Trozzi Times Table

Emission Table Without Arrival Time

Other

Category Table Default information

Copy CSV Excel PDF Print

Show 10 entries Search:

| Ship Category           | 2010 and Beyond   | Before 1997 and Between 1997-2010 |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| ARAMA KURTARMA GEMISI   | 59.049*GT^0.5485  | 44.324*GT^0.5300                  |
| DOKME YUK GEMISI        | 35.912*GT^0.5276  | 89.571*GT^0.4446                  |
| KIMYASAL TANKER         | 14.755*GT^0.6082  | 29.821*GT^0.5552                  |
| KONTEYNER GEMISI        | 2.9165*GT^0.8719  | 1.3284*GT^0.9303                  |
| KURUYUK                 | 5.56482*GT^0.7425 | 10.539*GT^0.6760                  |
| PETROL GAZI TANKERI LPG | 14.755*GT^0.6082  | 29.821*GT^0.5552                  |
| PETROL TANKERI          | 14.755*GT^0.6082  | 29.821*GT^0.5552                  |
| RO RO                   | 164.578*GT^0.4350 | 35.93*GT^0.5885                   |
| RO RO/YOLCU             | 9.55078*GT^0.7570 | 1.39129*GT^0.9222                 |
| TAM KONTEYNER GEMISI    | 2.9165*GT^0.8719  | 1.3284*GT^0.9303                  |

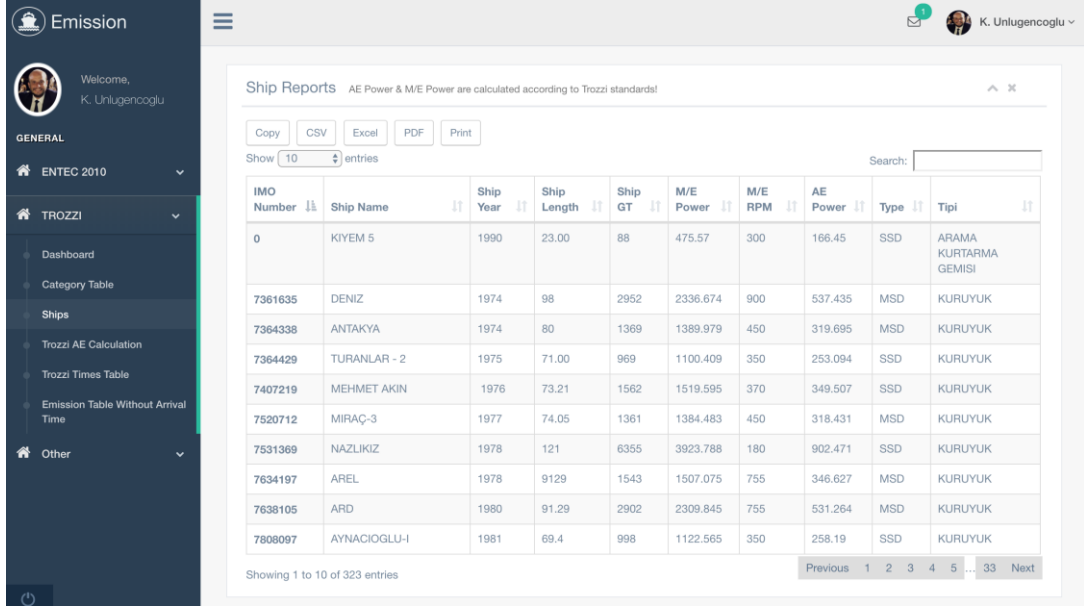
Showing 1 to 10 of 10 entries

Previous 1 Next

Şekil 3.22 Trozzi metodunda kullanılan gemi gros-tonaj göre ana makine güç hesabı ekranı

Şekil 3.22’ de Trozzi metoduyla yapılan hesaplamalarda kullanılan gemiler için gros-tonajlarına göre ana makine gücü hesap formüllerini gösteren ekran verilmiştir.

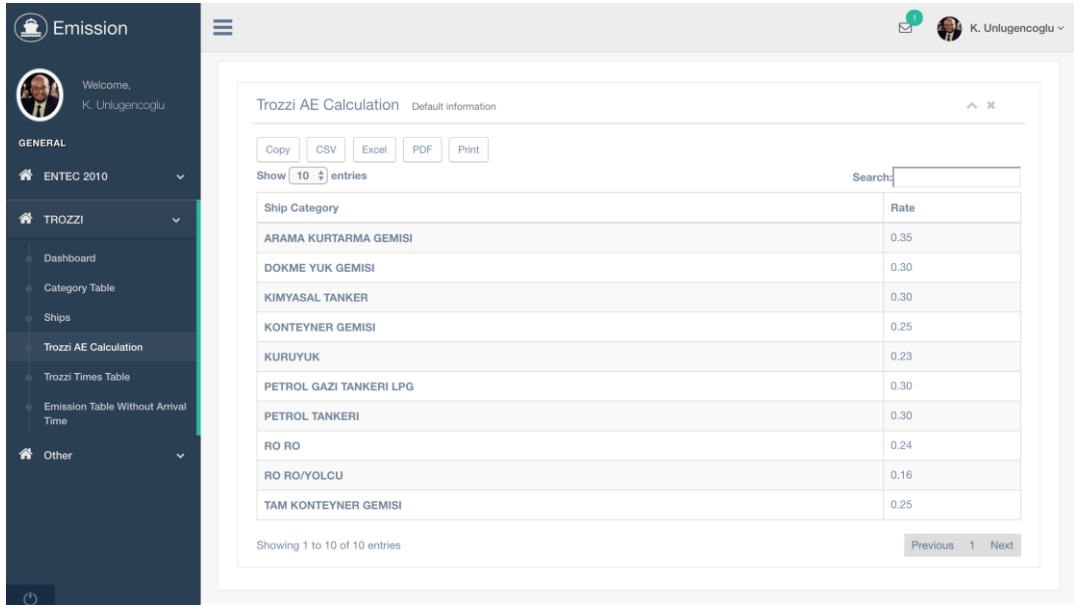
Şekilde, gemi inşa yılına bakılarak, 2010 yılı öncesi ve sonrası için gemi tipi ve gros tonajlar dikkate alınıp ana makine güçleri hesaplanmıştır.



| IMO Number | Ship Name     | Ship Year | Ship Length | Ship GT | M/E Power | M/E RPM | AE Power | Type | Tipi                  |
|------------|---------------|-----------|-------------|---------|-----------|---------|----------|------|-----------------------|
| 0          | KIYEM 5       | 1990      | 23.00       | 88      | 475.57    | 300     | 166.45   | SSD  | ARAMA KURTARMA GEMİSİ |
| 7361635    | DENİZ         | 1974      | 98          | 2952    | 2336.674  | 900     | 537.435  | MSD  | KURUYUK               |
| 7364338    | ANTAKYA       | 1974      | 80          | 1369    | 1389.979  | 450     | 319.695  | MSD  | KURUYUK               |
| 7364429    | TURANILAR - 2 | 1975      | 71.00       | 969     | 1100.409  | 350     | 253.094  | SSD  | KURUYUK               |
| 7407219    | MEHMET AKIN   | 1976      | 73.21       | 1562    | 1519.595  | 370     | 349.507  | SSD  | KURUYUK               |
| 7520712    | MİRAÇ-3       | 1977      | 74.05       | 1361    | 1384.483  | 450     | 318.431  | MSD  | KURUYUK               |
| 7531369    | NAZLIKIZ      | 1978      | 121         | 6355    | 3923.788  | 180     | 902.471  | SSD  | KURUYUK               |
| 7634197    | AREL          | 1978      | 9129        | 1543    | 1507.075  | 755     | 346.627  | MSD  | KURUYUK               |
| 7638105    | ARD           | 1980      | 91.29       | 2902    | 2309.845  | 755     | 531.264  | MSD  | KURUYUK               |
| 7808097    | AYNACIOĞLU-I  | 1981      | 69.4        | 998     | 1122.565  | 350     | 258.19   | SSD  | KURUYUK               |

Şekil 3.23 Trozzi metoduna uygun olarak hazırlanmış gemi bilgileri ekranı

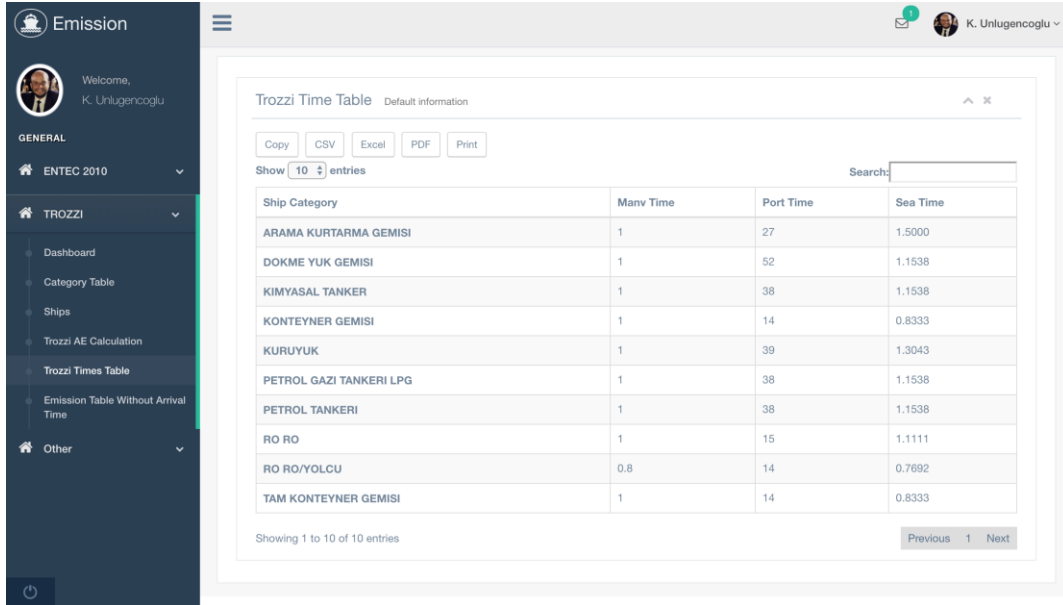
Şekil 3.23' de Trozzi metoduna göre yapılan emisyon hesaplamalarında kullanılan gemilerin adı, inşa yılı, boyu, gros-tonajı, ana makine gücü ve devri, yardımcı makine gücü ve ana makine devir sayısına bağlı olarak tipi bilgilerini gösterir ekran verilmiştir. Bu ekrandan ENTEC metodundan farklı olarak ana ve yardımcı makine güçleri Trozzi metoduna göre Şekil 3.22 ve Şekil 3.24' teki verilere göre hesaplanmıştır.



| Ship Category           | Rate |
|-------------------------|------|
| ARAMA KURTARMA GEMİSİ   | 0.35 |
| DOKME YUK GEMİSİ        | 0.30 |
| KİMYASAL TANKER         | 0.30 |
| KONTEYNER GEMİSİ        | 0.25 |
| KURUYUK                 | 0.23 |
| PETROL GAZI TANKERİ LPG | 0.30 |
| PETROL TANKERİ          | 0.30 |
| RO RO                   | 0.24 |
| RO RO/YOLCU             | 0.16 |
| TAM KONTEYNER GEMİSİ    | 0.25 |

Şekil 3.24 Trozzi metodu için ana makine ve gemi tipine bağlı yardımcı makine güç katsayısı ekranı

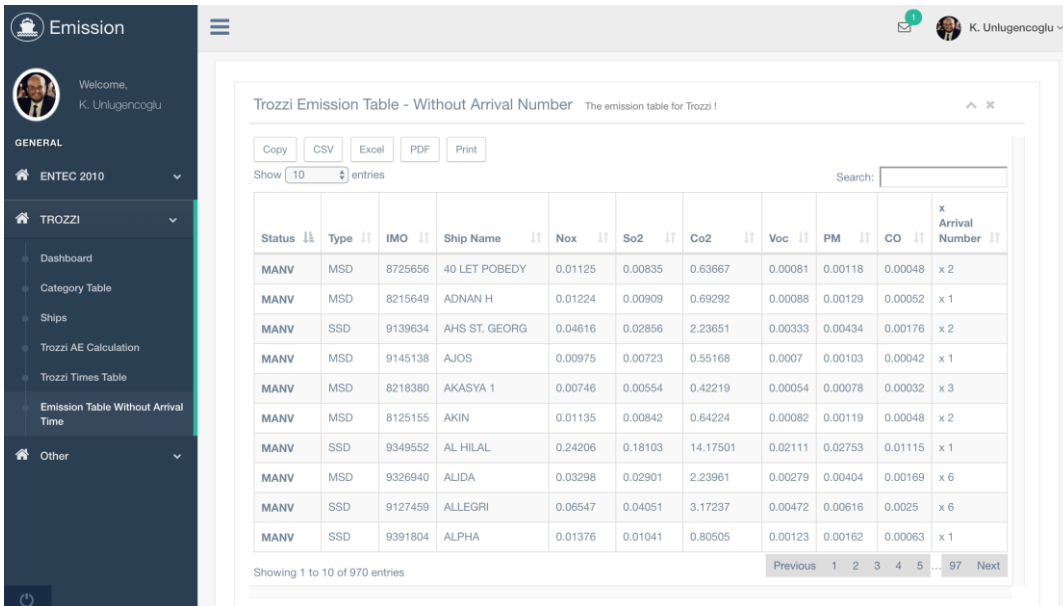
Şekil 3.24’ te ana makine gücü ve gemi tipine bağlı olarak yardımcı makine güç katsayılarını gösteren ekran verilmiştir. Gemi tipine ve grostonajına göre hesaplanan ana makine gücü, yine gemi tipine bağlı yardımcı makine güç katsayısıyla çarpılıp yardımcı makine gücü bulunmuştur.



| Ship Category           | Manv Time | Port Time | Sea Time |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|
| ARAMA KURTARMA GEMISI   | 1         | 27        | 1.5000   |
| DOKME YUK GEMISI        | 1         | 52        | 1.1538   |
| KIMYASAL TANKER         | 1         | 38        | 1.1538   |
| KONTEYNER GEMISI        | 1         | 14        | 0.8333   |
| KURUYUK                 | 1         | 39        | 1.3043   |
| PETROL GAZI TANKERİ LPG | 1         | 38        | 1.1538   |
| PETROL TANKERİ          | 1         | 38        | 1.1538   |
| RO RO                   | 1         | 15        | 1.1111   |
| RO RO/YOLCU             | 0.8       | 14        | 0.7692   |
| TAM KONTEYNER GEMISI    | 1         | 14        | 0.8333   |

Şekil 3.25 Trozzi metodu için manevra, liman ve seyir süreleri ekranı

Şekil 3.25’ de kullanılan gemi türlerine göre manevra, liman ve seyir sürelerini gösteren ekran verilmiştir. ENTEC metodundan farklı olarak liman süreleri, Trozzi metodunda gemi tipine bağlı olarak kabul edilmiştir.



| Status | Type | IMO     | Ship Name     | Nox     | So2     | Co2      | Voc     | PM      | CO      | x Arrival Number |
|--------|------|---------|---------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|------------------|
| MANV   | MSD  | 8725656 | 40 LET POBEDY | 0.01125 | 0.00835 | 0.63667  | 0.00081 | 0.00118 | 0.00048 | x 2              |
| MANV   | MSD  | 8215649 | ADNAN H       | 0.01224 | 0.00909 | 0.69292  | 0.00088 | 0.00129 | 0.00052 | x 1              |
| MANV   | SSD  | 9139634 | AHS ST. GEORG | 0.04616 | 0.02856 | 2.23651  | 0.00333 | 0.00434 | 0.00176 | x 2              |
| MANV   | MSD  | 9145138 | AJOS          | 0.00975 | 0.00723 | 0.55168  | 0.0007  | 0.00103 | 0.00042 | x 1              |
| MANV   | MSD  | 8218380 | AKASYA 1      | 0.00746 | 0.00554 | 0.42219  | 0.00054 | 0.00078 | 0.00032 | x 3              |
| MANV   | MSD  | 8125155 | AKIN          | 0.01135 | 0.00842 | 0.64224  | 0.00082 | 0.00119 | 0.00048 | x 2              |
| MANV   | SSD  | 9349552 | AL HILAL      | 0.24206 | 0.18103 | 14.17501 | 0.02111 | 0.02753 | 0.01115 | x 1              |
| MANV   | MSD  | 9326940 | ALIDA         | 0.03298 | 0.02901 | 2.23961  | 0.00279 | 0.00404 | 0.00169 | x 6              |
| MANV   | SSD  | 9127459 | ALLEGRI       | 0.06547 | 0.04051 | 3.17237  | 0.00472 | 0.00616 | 0.0025  | x 6              |
| MANV   | SSD  | 9391804 | ALPHA         | 0.01376 | 0.01041 | 0.80505  | 0.00123 | 0.00162 | 0.00063 | x 1              |

Şekil 3.26 Her bir geminin limana geliş sayısını gösteren emisyon hesap ekranı

Şekil 3.26' da hesaplamalarda kullanılan gemilerin her biri için emisyon hesaplamaları ve limana geliş sayılarını gösteren ekran verilmiştir. Şekilde, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyon verileri Trozzi metoduna göre 25 Mayıs 2017 ile 22 Ağustos 2017 tarihleri aralığında Ambarlı limanına gelen her bir gemi için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

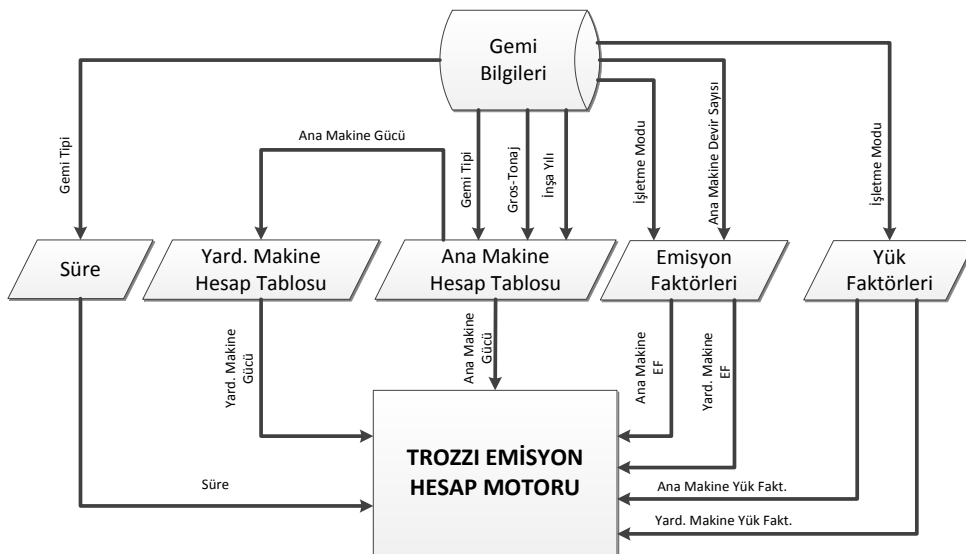
The screenshot shows the 'Emission' software interface. On the left is a sidebar with a user profile and navigation menu. The main area displays 'Table 1 [TROZZI] Default information'. Below the table title are buttons for 'Copy', 'CSV', 'Excel', 'PDF', and 'Print'. A 'Show 10 entries' dropdown and a 'Search:' field are also present. The table has three columns: 'Type', 'M/E Load', and 'A/E Load'. It contains three rows of data: MANV, PORT, and Sea. Below the table, it says 'Showing 1 to 3 of 3 entries' and has 'Previous', '1', and 'Next' navigation buttons. Below the table is an 'Edit the Table 1' section with input fields for 'M/E Load', 'A/E Load', and 'Type' (with radio buttons for Sea, MANV, and PORT).

| Type | M/E Load | A/E Load |
|------|----------|----------|
| MANV | 0.2      | 0.5      |
| PORT | 0.2      | 0.4      |
| Sea  | 0.8      | 0.3      |

Şekil 3.27 Trozzi metodu için ana ve yardımcı makine yük faktörleri ekranı

Şekil 3.27' de Trozzi metodunda kullanılan manevra, liman ve seyir modları için; ana ve yardımcı makine yük faktörlerini gösteren ekran verilmiştir.

### Trozzi Metodu çalışma döngüsü



Şekil 3.28 Trozzi emisyon hesap metodunun çalışma döngüsü

Şekil 3.28’ de Trozzi metoduna göre her bir geminin emisyon değerlerini hesaplayan, hesap motorunun şematik çalışma döngüsü verilmiştir. Gemi işletme moduna göre verilen zaman çizelgesi, gemi bilgileri çizelgesinden; gemi türünü kullanarak hesap yapmaktadır. Yardımcı makine hesap çizelgesi, ana makine çizelgesinden; ana makine gücünü kullanarak yardımcı makine gücünü hesaplamaktadır. Sonrasında, ana makine hesap çizelgesi, gemi bilgileri veri tabanından; geminin türünü, gros-tonajını ve inşa yılını kullanarak ana makine gücünü hesaplamaktadır. Gemi bilgileri veri tabanından; geminin liman, seyir ve manevra durum bilgisi ile gemi ana makine devir sayısını kullanarak ana ve yardımcı makine emisyon faktörleri belirlenir. Yük faktörleri, gemi bilgileri veri tabanından; geminin işletme modunu kullanarak ana ve yardımcı makine yük faktörlerini hesap motoruna gönderir. Hesap motoru, her bir geminin; liman, seyir ve manevra şartlarındaki NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM, VOC, CO ve CO<sub>2</sub> emisyon değerlerini hesaplayarak emisyonları kaydeder.

### 3.3.3 Yazılım Çıktıları

#### 3.3.3.1 Gemilerden yayılan toplam egzoz gazı miktarları-Trozzi

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi ile ana ve yardımcı makinelerinden oluşan NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları Trozzi metodu ile hesaplanmıştır. Her gemiden yayılan toplam egzoz gazı emisyon miktarları geliştirilen “Emisyon Hesaplama” programı ile hesaplanarak gemi işletme modlarına göre Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Gemi işletme modlarına göre toplamda yayılan emisyon miktarları-Trozzi

| Egzoz gazı emisyon çeşitleri | Toplam egzoz gazı miktarları, ton/3ay, Trozzi |           |          |          |
|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|----------|----------|
|                              | Seyirde                                       | Manevrada | Limanda  | Toplam   |
| NO <sub>x</sub>              | 194,04                                        | 175,73    | 288,54   | 658,31   |
| SO <sub>2</sub>              | 132,31                                        | 128,54    | 155,81   | 416,66   |
| CO <sub>2</sub>              | 8448,01                                       | 10043,55  | 16540,15 | 35031,71 |
| VOC                          | 7,36                                          | 14,66     | 9,59     | 31,61    |
| PM                           | 18,46                                         | 18,8      | 9,59     | 46,85    |
| CO                           | 7,16                                          | 7,87      | 12,95    | 27,98    |

### 3.3.3.2 Gemilerden yayılan toplam egzoz gazı miktarları-ENTEC

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi ile ana ve yardımcı makinelerinden oluşan NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları ENTEC metodu ile hesaplanmıştır. Her gemiden yayılan toplam egzoz gazı emisyon miktarları geliştirilen “Emisyon Hesaplama” programı ile hesaplanarak gemi işletme modlarına göre Çizelge 3.3’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Gemi işletme modlarına göre toplamda yayılan emisyon miktarları-Entec

| Egzoz gazı emisyon çeşitleri | Toplam egzoz gazı miktarları, ton/3 ay, Entec |           |         |          |
|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|---------|----------|
|                              | Seyirde                                       | Manevrada | Limanda | Toplam   |
| NO <sub>x</sub>              | 224,54                                        | 170,52    | 143,74  | 538,8    |
| SO <sub>2</sub>              | 153,27                                        | 144,62    | 78,25   | 376,14   |
| CO <sub>2</sub>              | 9397,52                                       | 9627,91   | 8306,6  | 27332,03 |
| VOC                          | 8,57                                          | 19,73     | 4,81    | 33,11    |
| PM                           | 22,64                                         | 26,23     | 4,81    | 53,68    |
| CO                           | 8,05                                          | 7,55      | 6,5     | 22,1     |

### 3.3.3.3 Gemilerin ana makine kaynaklı emisyon miktarları-ENTEC

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi ile ana makine kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları ENTEC metodu ile hesaplanmıştır. Her gemi ana makinesinden yayılan egzoz gazı emisyon miktarları geliştirilen web tabanlı “Emisyon Hesaplama” programı ile hesaplanarak gemi işletme modlarına göre Çizelge 3.4’ te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Gemi işletme modlarına göre ana makinelere ait egzoz gazı miktarları

| Egzoz gazı emisyon çeşitleri | Ana makine kaynaklı egzoz gazı miktarları, ton/3ay |           |
|------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|
|                              | Seyirde                                            | Manevrada |
| NO <sub>x</sub>              | 210,80                                             | 126,52    |
| SO <sub>2</sub>              | 145,83                                             | 120,83    |
| CO <sub>2</sub>              | 8608,19                                            | 7.102,06  |
| VOC                          | 8,12                                               | 18,26     |
| PM                           | 22,18                                              | 24,77     |
| CO                           | 7,43                                               | 5,57      |

### 3.3.3.4 Gemilerin yardımcı makine kaynaklı emisyon miktarları-ENTEC

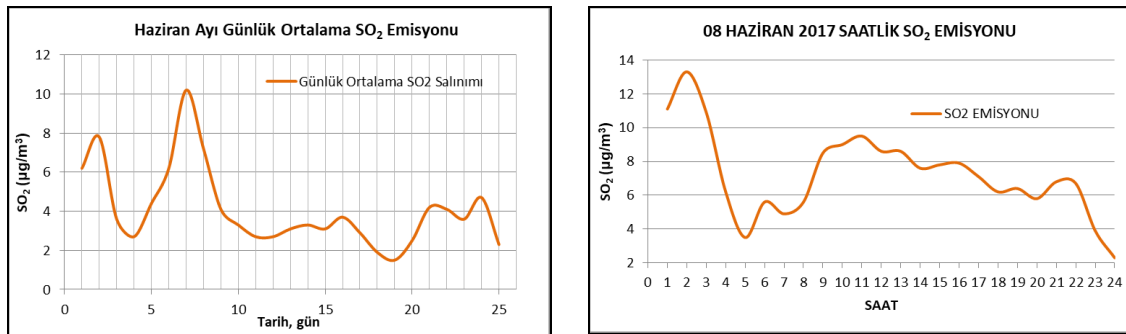
25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Ambarlı Limanına gelen 323 farklı geminin 1032 hareketi ile yardımcı makine kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları ENTEC metodu ile hesaplanmıştır. Her gemi yardımcı makinesinden yayılan egzoz gazı emisyon miktarları geliştirilen web tabanlı “Emisyon Hesaplama” programı ile hesaplanarak gemi işletme modlarına göre Çizelge 3.5’ te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Gemilerin yardımcı makinelerinden yayılan egzoz gazı miktarları

| Egzoz gazı<br>emisyon<br>çeşitleri | Yardımcı makine kaynaklı egzoz gazı miktarları, ton/3ay |           |         |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|---------|
|                                    | Seyirde                                                 | Manevrada | Limanda |
| NO <sub>x</sub>                    | 13,74                                                   | 44,00     | 143,74  |
| SO <sub>2</sub>                    | 7,44                                                    | 23,79     | 78,25   |
| CO <sub>2</sub>                    | 789,33                                                  | 2525,85   | 8306,60 |
| VOC                                | 0,44                                                    | 1,47      | 4,82    |
| PM                                 | 0,46                                                    | 1,47      | 4,82    |
| CO                                 | 0,62                                                    | 1,98      | 6,50    |

**BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER**

Tezin bu kısmında; Ambarlı Liman Bölgesinden gerçek zamanlı olarak alınan günlük ve saatlik SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 ve PM2.5 emisyonlarının ölçüm sonuçları 2017 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için değerlendirilmiştir. Ayrıca İstanbul ilinin Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçelerinden alınan gerçek zamanlı emisyon değerleri ve Ambarlı Limanı ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Son kısımda ise hesaplamalı akışkanlar dinamiği Star CCM+ V10.02 programı ile birlikte Ambarlı Liman Bölgesinde tek bir gemi ve farklı işletme modundaki iki gemi için ayrı ayrı yayılımlar modellenmiştir.

**4.1 AMBARLI LİMAN BÖLGESİ GÜNLÜK VE SAATLİK ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ****4.1.1 “Haziran 2017” Emisyon Değerlendirmesi****4.1.1.1 SO<sub>2</sub>**

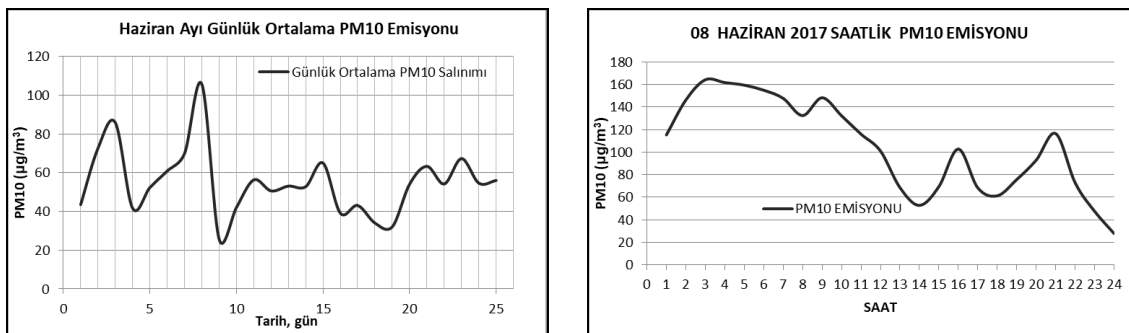
Şekil 4.1 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik SO<sub>2</sub> emisyon değerleri

Şekil 4.1' de 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama SO<sub>2</sub> emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ölçüldüğü kritik tarih olarak belirlenen 8 Haziran gününün saatlik değerleri gösterilmiştir.

Yapılan saatlik ölçümler sonucunda en yüksek SO<sub>2</sub> emisyon değerinin olduğu 8 Haziran günü, Haziran ayı ölçümlerinde kritik gün olarak belirlenmiştir. Hava kalitesi ölçüm cihazının yerleştirildiği Ambarlı Limanı Marport terminalinde 01:00 ve 02:30 saatleri arasında bir adet gemi kalkış manevrasının mevcut olduğu görülmüştür. 8 Haziran günü için saat 02:00' da 13,3 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülen SO<sub>2</sub> emisyon değeri gün içerisindeki en yüksek değerdir. Emisyon değerinin en düşük ölçüldüğü 04:00 ile 06:00 saatleri arasında herhangi bir gemi manevrasına rastlanılmamış ve Marport terminalinde bir adet geminin limanda olduğu tespit edilmiştir. 8 Haziran gününün SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması 7,2 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Belirtilen saatlerde SO<sub>2</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının altında olduğu görülmüştür.

8 Haziran günü 07:30 – 11.00 saatleri arasında iki adet gemi yanaşma ve bir adet gemi kalkış manevraları gözlemlenmiştir. Saat 14:30 ile 17:30 arasında iki adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevraları gerçekleşmiştir. Belirtilen saatlerde SO<sub>2</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca 8 Haziran günü Marport terminalinde hareketi olan beş geminin limanda kalış süreleri toplamı 30 saattir. Haziran ayı içerisinde yapılan 25 günlük ölçüm sonucunda SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ay ortalaması 4,08 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

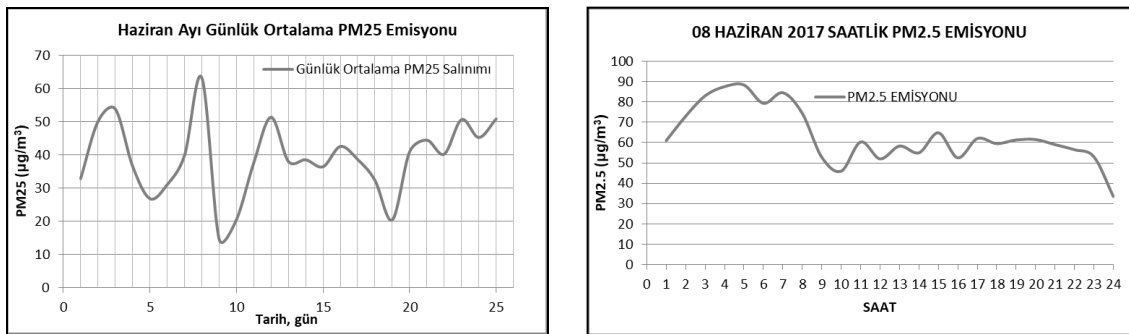
#### 4.1.1.2 PM10



Şekil 4.2 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM10 emisyon değerleri

Şekil 4.2' de 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama PM10 emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde en yüksek PM10 emisyon değerinin ölçüldüğü 8 Haziran gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 8 Haziran gününün PM10 emisyon değerinin ortalaması  $105,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

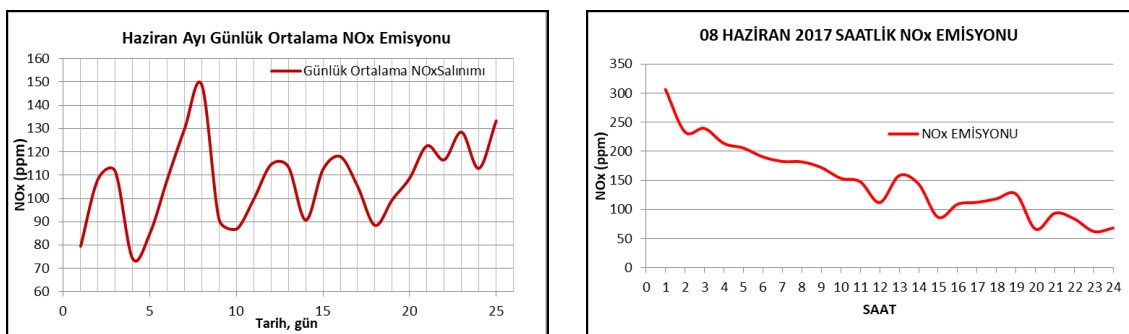
#### 4.1.1.3 PM2.5



Şekil 4.3 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM2.5 emisyon değerleri

Şekil 4.3' te 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama PM2.5 emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde en yüksek PM2.5 emisyon değerinin ölçüldüğü 8 Haziran gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 8 Haziran gününün PM2.5 emisyon değerinin ortalaması  $63,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.1.4 NOx

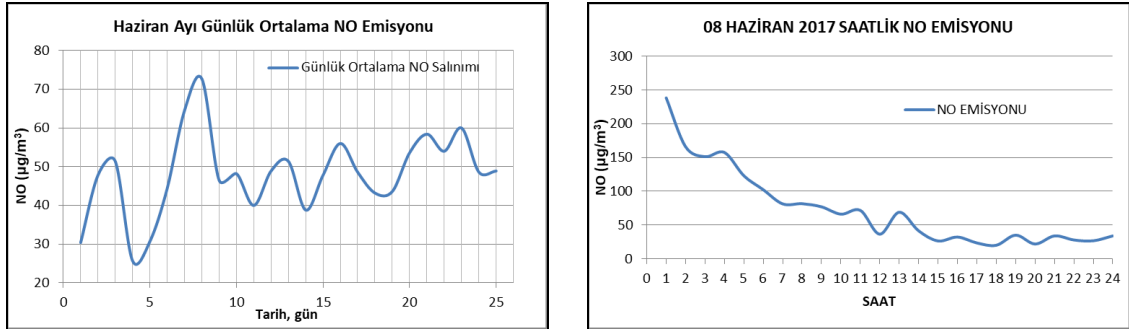


Şekil 4.4 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NOx emisyon değerleri

Şekil 4.4' de 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NOx emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi

ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde en yüksek NO<sub>x</sub> emisyon değerinin ölçüldüğü 8 Haziran gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 8 Haziran gününün NO<sub>x</sub> emisyon değerinin ortalaması 148,7 ppm olarak ölçülmüştür.

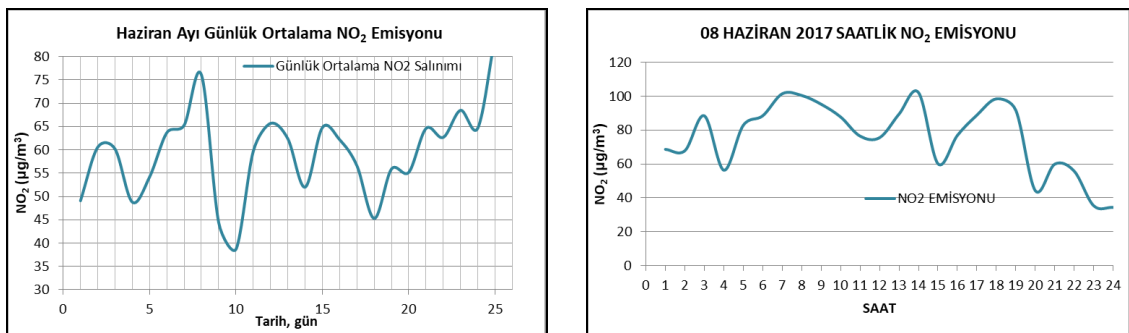
#### 4.1.1.5 NO



Şekil 4.5 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO emisyon değerleri

Şekil 4.5' te 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NO emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde en yüksek NO emisyon değerinin ölçüldüğü 8 Haziran gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 8 Haziran gününün NO emisyon değerinin ortalaması 72,7 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.1.6 NO<sub>2</sub>

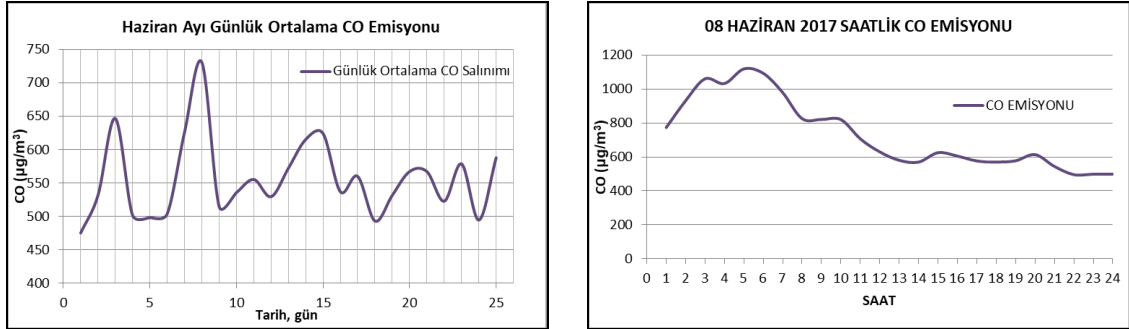


Şekil 4.6 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO<sub>2</sub> emisyon değerleri

Şekil 4.6' da 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NO<sub>2</sub> emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde kritik tarih olarak belirlenen 8 Haziran

günü NO<sub>2</sub> emisyonunun saatlik değerleri gösterilmiştir. 8 Haziran gününün NO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması 76,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.1.7 CO

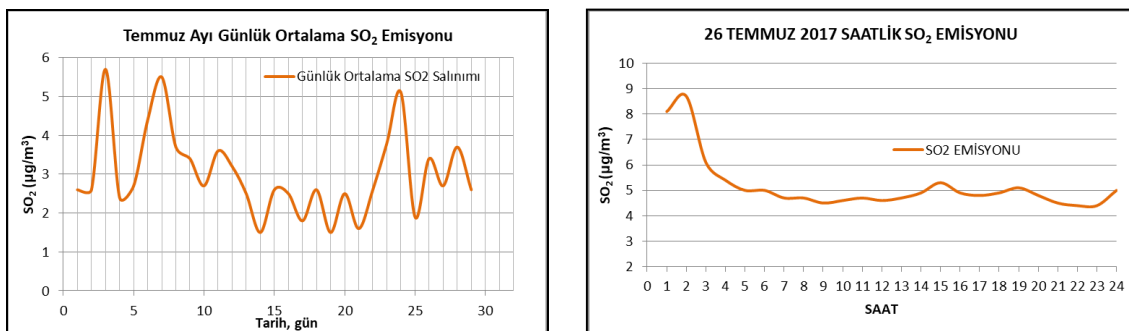


Şekil 4.7 Haziran ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik CO emisyon değerleri

Şekil 4.7' de 2017 yılı Haziran ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama CO emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Haziran ayı içerisinde en yüksek CO emisyon değerinin ölçüldüğü 8 Haziran gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 8 Haziran gününün CO emisyon değerinin ortalaması 731,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.2 Temmuz 2017" Emisyon Değerlendirmesi

##### 4.1.2.1 SO<sub>2</sub>

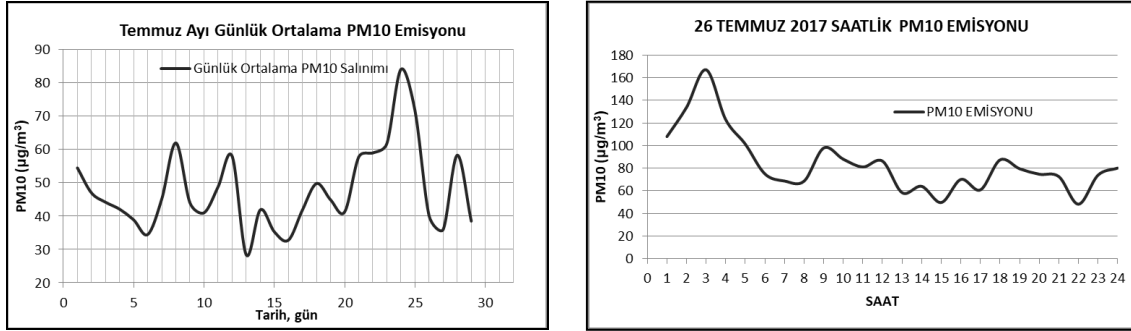


Şekil 4.8 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik SO<sub>2</sub> emisyon değerleri

Şekil 4.8' de 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama SO<sub>2</sub> emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde SO<sub>2</sub> emisyon değerinin kritik olduğu

gün olan 26 Temmuz tarihinin saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması 5,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.2.2 PM10



Şekil 4.9 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM10 emisyon değerleri

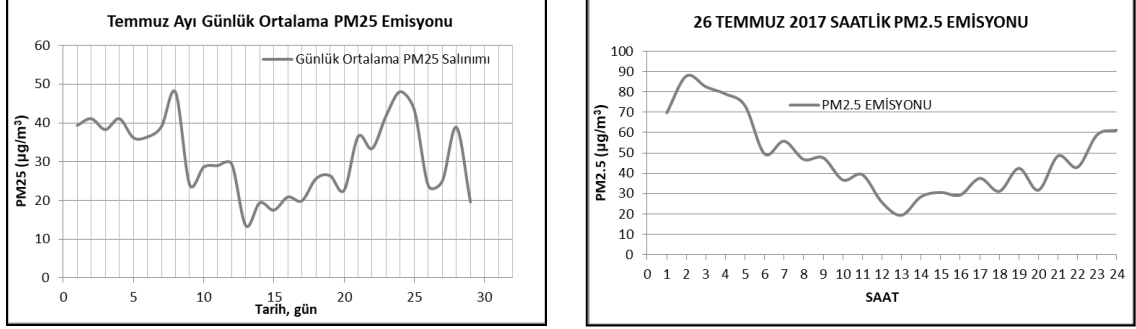
Şekil 4.9’ da 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama PM10 emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde kritik PM10 emisyon değerinin ölçüldüğü 26 Temmuz gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün PM10 emisyon değerinin ortalaması 84,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

Yapılan saatlik ölçümler sonucunda en yüksek PM10 emisyon değerinin olduğu 26 Temmuz günü, Temmuz ayı ölçümlerinde kritik gün olarak belirlenmiştir. Hava kalitesi ölçüm cihazının yerleştirildiği Ambarlı Limanı Marport Terminalinde 01:00 ve 03:40 saatleri arasında bir adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevralarının mevcut olduğu görülmüştür. 26 Temmuz günü için saat 03:00’ da 167,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülen PM10 emisyon değeri gün içerisindeki en yüksek değerdir. PM10 emisyon değerinin gün ortalamasının altında ölçüldüğü 06:00 ile 08:00 saatleri arasında herhangi bir gemi manevrasına rastlanılmamış ve Marport terminalinde iki adet geminin limanda olduğu tespit edilmiştir.

26 Temmuz günü 08:00 – 10.00 saatleri arasında bir adet gemi yanaşma ve bir adet gemi kalkış manevraları gözlemlenmiştir. Belirtilen saatlerde PM10 emisyon değerinin gün ortalamasının üzerinde olduğu görülmüştür. Saat 13.00-22.00 arasında herhangi bir gemi manevrası gerçekleşmemiş olup belirtilen saatlerdeki PM10 emisyon ölçüm değerleri gün ortalamasının altındadır. 22:30 ile 23:30 saatleri arasında bir adet gemi

yanaşma manevrası gerçekleşmiş olup belirtilen saatlerde PM10 emisyon değerleri artış eğilimi göstermiştir. Temmuz ayı içerisinde yapılan 29 günlük ölçüm sonucunda PM10 emisyon değerinin ay ortalaması  $47,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

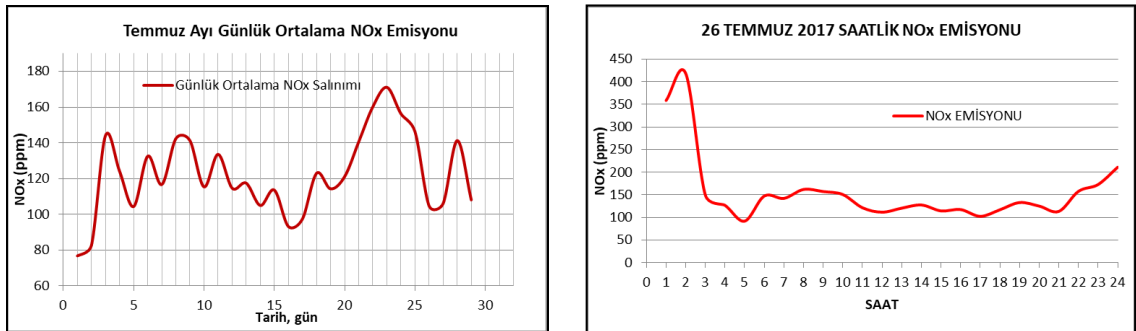
#### 4.1.2.3 PM2.5



Şekil 4.10 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM2.5 emisyon değerleri

Şekil 4.10' da 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama PM2.5 emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde kritik PM2.5 emisyon değerinin ölçüldüğü 26 Temmuz gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün PM2.5 emisyon değerinin ortalaması  $48,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.2.4 NOx



Şekil 4.11 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NOx emisyon değerleri

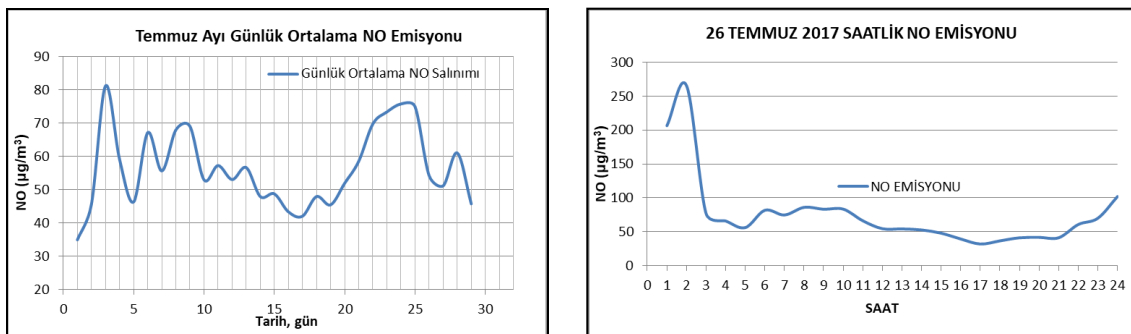
Şekil 4.11' de 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NOx emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde kritik NOx emisyon değerinin ölçüldüğü

26 Temmuz gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün NOx emisyon değerinin ortalaması 156,3 ppm olarak ölçülmüştür.

Yapılan saatlik ölçümler sonucunda en yüksek NOx emisyon değerinin olduğu 26 Temmuz günü, Temmuz ayı ölçümlerinde kritik gün olarak belirlenmiştir. Hava kalitesi ölçüm cihazının yerleştirildiği Ambarlı Limanı Marport Terminalinde 01:00 ve 03:40 saatleri arasında bir adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevralarının gerçekleştiği görülmüştür. 26 Temmuz günü için saat 02:00’ da 418,3 ppm olarak ölçülen NOx emisyon değeri gün içerisindeki en yüksek değerdir. NOx emisyon değerinin gün ortalamasının altında ölçüldüğü 04:00 ile 07:00 saatleri arasında herhangi bir gemi manevrasına rastlanılmamış ve Marport terminalinde iki adet geminin limanda olduğu tespit edilmiştir.

26 Temmuz günü 08:00 – 10.00 saatleri arasında bir adet gemi yanaşma ve bir adet gemi kalkış manevraları gözlemlenmiştir. Saat 22:30 ile 23:30 arasında bir adet gemi yanaşma manevrası gerçekleşmiştir. Belirtilen saatlerde NOx emisyon değerinin gün ortalamasının üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca 26 Temmuz günü Marport terminalinde hareketi olan beş geminin limanda kalış süreleri toplamı 46 saattir. Temmuz ayı içerisinde yapılan 29 günlük ölçüm sonucunda NOx emisyon değerinin ay ortalaması 122,37 ppm olarak hesaplanmıştır.

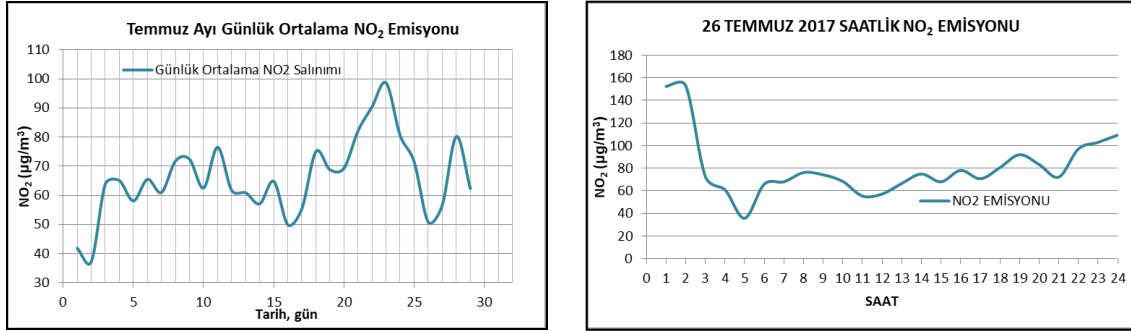
#### 4.1.2.5 NO



Şekil 4.12 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO emisyon değerleri  
Şekil 4.12’ de 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NO emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde kritik NO emisyon değerinin ölçüldüğü

26 Temmuz gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün NO emisyon değerinin ortalaması  $75,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

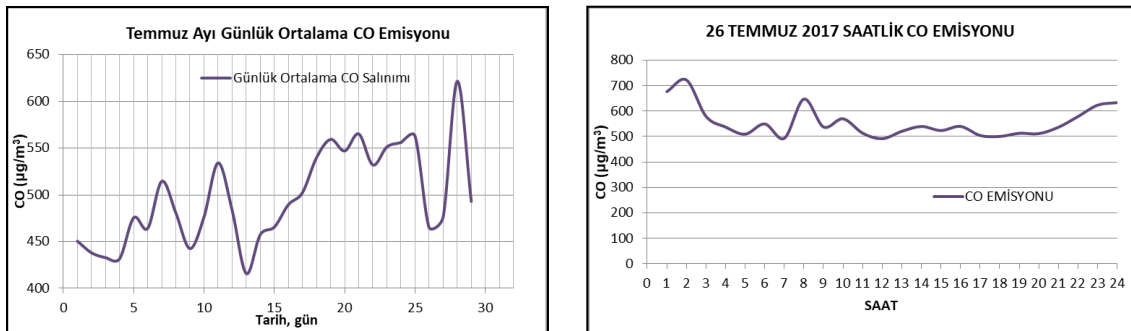
#### 4.1.2.6 NO<sub>2</sub>



Şekil 4.13 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO<sub>2</sub> emisyon değerleri

Şekil 4.13' de 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NO<sub>2</sub> emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde kritik NO<sub>2</sub> emisyon değerinin ölçüldüğü 26 Temmuz gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün NO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması  $80,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.2.7 CO

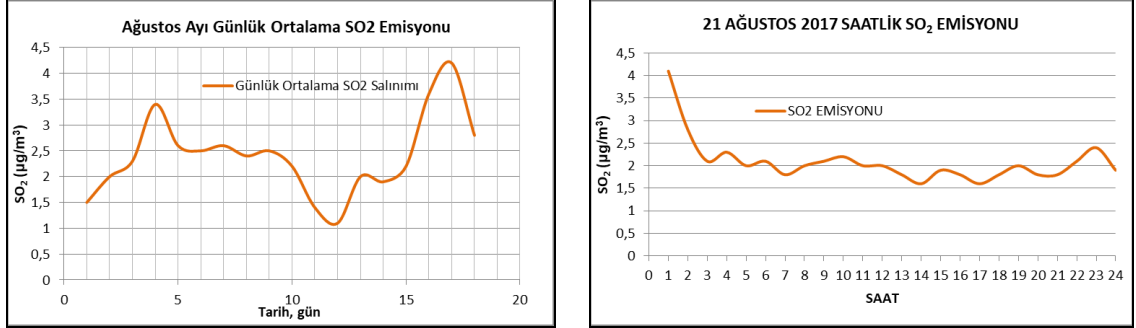


Şekil 4.14 Temmuz ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik CO emisyon değerleri

Şekil 4.14' de 2017 yılı Temmuz ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama CO emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Temmuz ayı içerisinde kritik CO emisyon değerinin ölçüldüğü 26 Temmuz gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 26 Temmuz gününün CO emisyon değerinin ortalaması  $556,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.3 “Ağustos 2017” Emisyon Değerlendirmesi

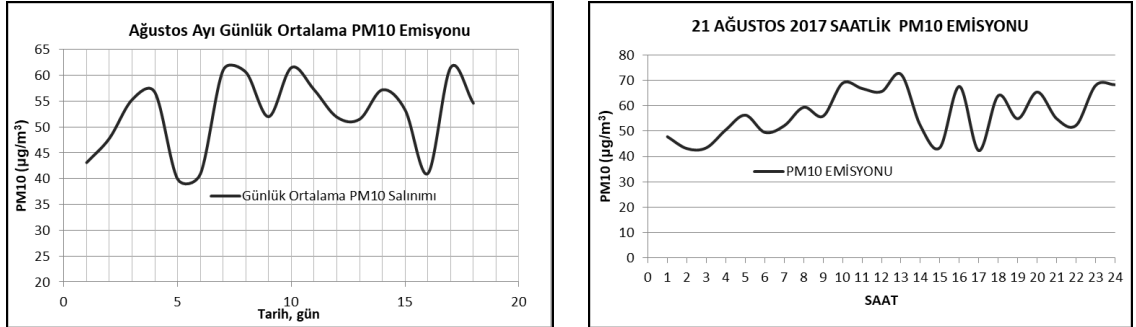
##### 4.1.3.1 SO<sub>2</sub>



Şekil 4.15 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik SO<sub>2</sub> emisyon değerleri

Şekil 4.15’ de 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama SO<sub>2</sub> emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ölçüldüğü 21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması 2,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

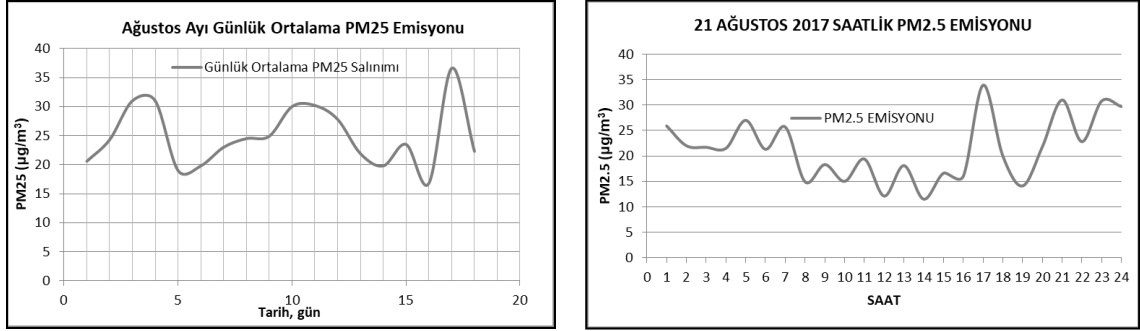
##### 4.1.3.2 PM10



Şekil 4.16 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM10 emisyon değerleri

Şekil 4.16’ da 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama PM10 emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik PM10 emisyon değerinin ölçüldüğü 21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün PM10 emisyon değerinin ortalaması 56,9 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

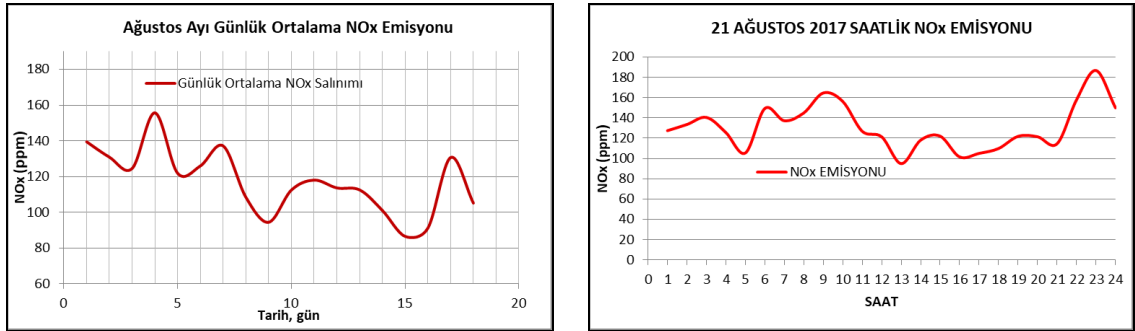
#### 4.1.3.3 PM2.5



Şekil 4.17 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik PM2.5 emisyon değerleri

Şekil 4.17' de 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama PM2.5 emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik PM2.5 emisyon değerinin ölçüldüğü 21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün PM2.5 emisyon değerinin ortalaması  $21,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.3.4 NOx



Şekil 4.18 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NOx emisyon değerleri

Şekil 4.18' de 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NOx emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik NOx emisyon değerinin ölçüldüğü 21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün NOx emisyon değerinin ortalaması 130,7 ppm olarak ölçülmüştür.

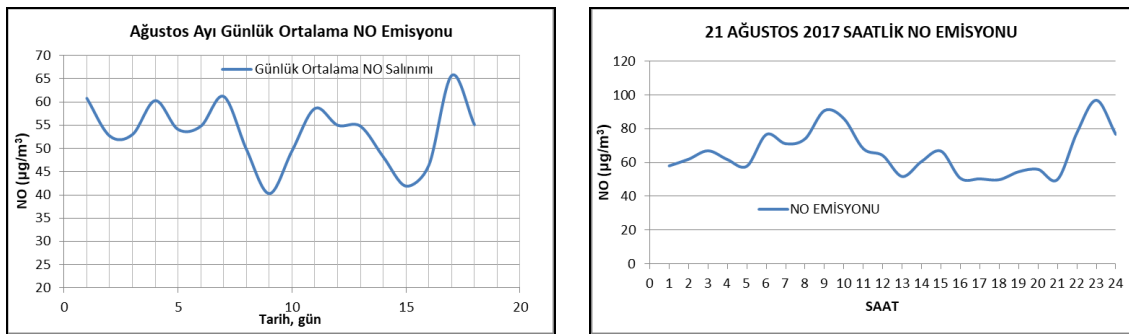
Yapılan saatlik ölçümler sonucunda en yüksek NOx emisyon değerinin olduğu 21 Ağustos günü, Ağustos ayı ölçümlerinde kritik gün olarak belirlenmiştir. Hava kalitesi

ölçüm cihazının yerleştirildiği Ambarlı Limanı Marport Terminalinde gece 02:00 ve 04:00 saatleri arasında bir adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevraları gerçekleşmiştir. Aynı şekilde 08:00 – 10.00 saatleri arasında bir adet gemi yanaşma ve bir adet gemi kalkış manevraları gözlemlenmiştir. Belirtilen saatlerde NO<sub>x</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının üzerinde olduğu görülmüştür. 21 Ağustos gününün NO<sub>x</sub> emisyon değerinin ortalaması 130,7 ppm olarak ölçülmüştür.

Aynı şekilde 21 Ağustos günü 13:00 ile 15:00 saatleri arasında bir adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevraları gerçekleşmiş olup, NO<sub>x</sub> emisyon değerleri artış eğilimi göstermiştir. 21:00 ve 23:00 saatleri arasında bir adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevralarının mevcut olduğu görülmüştür. Belirtilen saatlerde NO<sub>x</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının üzerinde ve artış eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. 21 Ağustos günü için saat 23:00’ da 186,7 ppm olarak ölçülen NO<sub>x</sub> emisyon değeri gün içerisindeki en yüksek değerdir.

Ayrıca 21 Ağustos günü Marport terminalinde hareketi olan altı geminin limanda kalış süreleri toplamı 61 saattir. 21 Ağustos gününün 24 saatlik ölçümleri incelendiğinde, NO<sub>x</sub> emisyon değerinin gün içerisinde 100 ppm in altına düşmediği ve ayın diğer günlerine nazaran yoğun bir liman süresi yaşandığı gözlemlenmiştir. Ağustos ayı içerisinde yapılan 18 günlük ölçüm sonucunda NO<sub>x</sub> emisyon değerinin ay ortalaması 117,25 ppm olarak hesaplanmıştır.

#### 4.1.3.5 NO

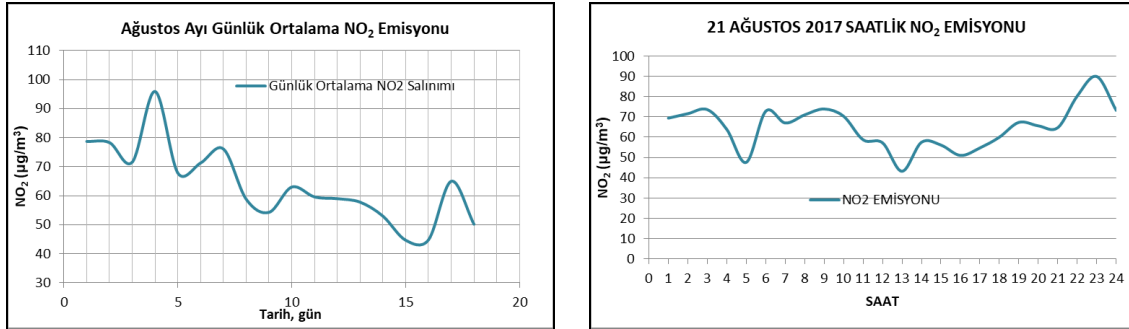


Şekil 4.19 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO emisyon değerleri

Şekil 4.19’ da 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NO emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi

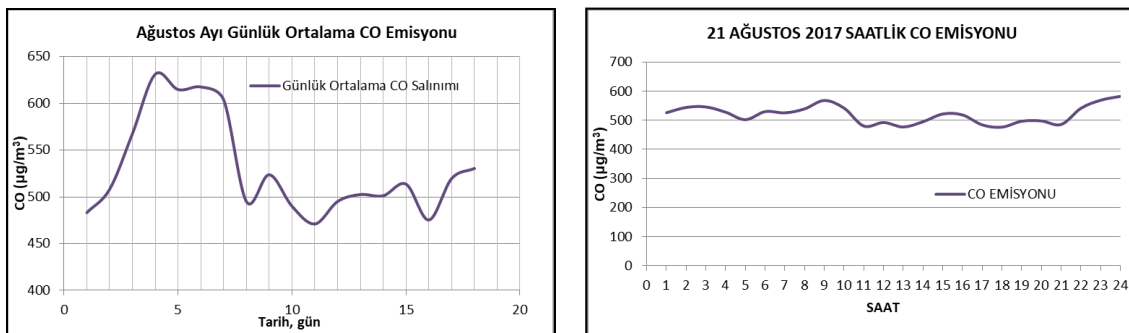
ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik NO emisyon değerinin ölçüldüğü 21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün NO emisyon değerinin ortalaması  $65,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.3.6 NO<sub>2</sub>



Şekil 4.20 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik NO<sub>2</sub> emisyon değerleri Şekil 4.20' de 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama NO<sub>2</sub> emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik NO<sub>2</sub> emisyon değerinin ölçüldüğü 21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün NO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.1.3.7 CO



Şekil 4.21 Ağustos ayı günlük ortalama ve kritik gün için saatlik CO emisyon değerleri Şekil 4.21' de 2017 yılı Ağustos ayı içerisinde Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı ölçülen günlük ortalama CO emisyon değerleri verilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; Ağustos ayı içerisinde kritik CO emisyon değerinin ölçüldüğü

21 Ağustos gününün saatlik değerleri gösterilmiştir. 21 Ağustos gününün CO emisyon değerinin ortalaması 519,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1 Hava kalitesi ölçüm cihazından toplanan veriler

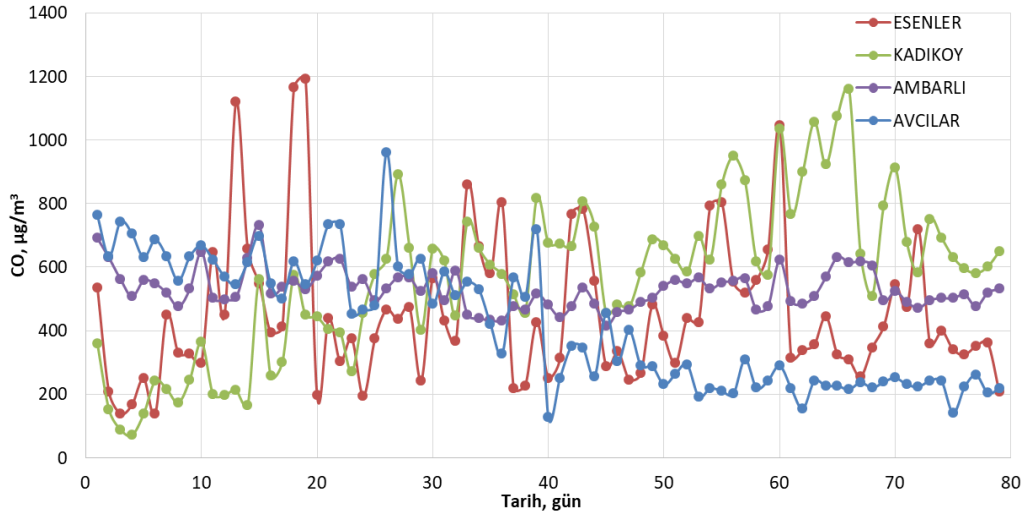
|                 | SO <sub>2</sub>          | PM10                     | CO                       | NO                       | NO <sub>2</sub>          | NO <sub>x</sub> | PM2.5                    |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
|                 | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | ppm             | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| <b>TOPLAM</b>   | 280,8                    | 4.051,4                  | 41.894,8                 | 4.172,5                  | 4.947,4                  | 9.112           | 2.592,6                  |
| <b>ORTALAMA</b> | 3,5544                   | 51,2835                  | 530,3139                 | 52,8165                  | 62,6253                  | 115,3418        | 32,8178                  |

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında, Ambarlı Limanına yerleştirilen hava kalitesi ölçüm cihazından alınan günlük emisyon değerleri incelendiğinde, cihazın arıza durumu, bakım ve kalibrasyonunun yapıldığı günler haricinde 79 günlük toplam ve ortalama ölçüm değerleri Çizelge 4.1’ de gösterilmiştir. Ayrıca, Ek C’ de de 24 saatlik ölçüm değerleri görülmektedir.

## 4.2 İSTANBUL İLÇELERİ VE AMBARLI LİMAN EMİSYON ÖLÇÜM VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

### 4.2.1 Karbon Monoksit (CO)

Karbonmonoksit, gemi dizel motorlarında eksik yanma reaksiyonu sonucu oluşan bir hava kirleticisidir. CO gazı emisyonu, yüksek güçlü dizel motorlarında, düşük güçlü dizel motorlarına göre daha azdır. Bunun nedeni yüksek güçlü dizel motorlarında yanma sonu sıcaklığının fazla olmasıdır. Aynı zamanda CO gazı miktarı, gemi manevra sırasında dizel motorunun gücünün azalmasından dolayı artar [9,53].



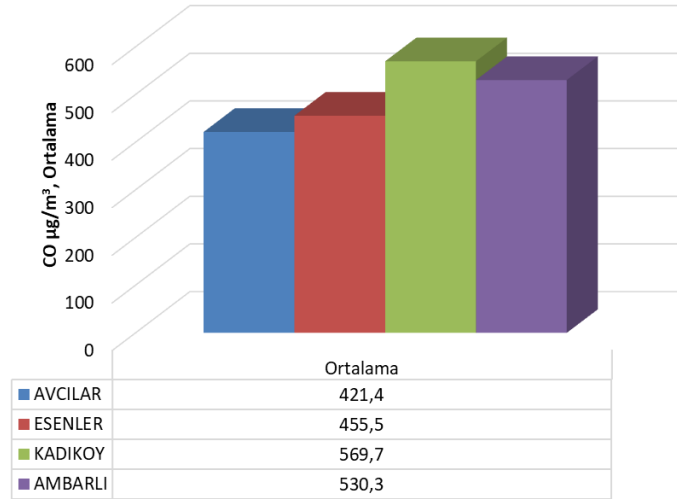
Şekil 4.22 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı karbon monoksit emisyonunun karşılaştırılması

Şekil 4.22’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan karbon monoksit emisyon ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Bu 3 ilçenin 2017 yılı nüfusları; Avcılar, Esenler ve Kadıköy için sırasıyla; 435.682, 454.569 ve 451.453’ dür [56].

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında; Avcılar bölgesinde CO emisyonunun en yüksek değeri 19.06.2017 tarihinde  $959,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 10.07.2017 tarihinde  $127,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Esenler bölgesinde CO emisyonunun en yüksek değeri 12.06.2017 tarihinde  $1192,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 30.05.2017 tarihinde  $138,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Kadıköy bölgesinde CO emisyonunun en yüksek değeri 09.08.2017 tarihinde  $1159,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 28.05.2017 tarihinde  $71,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Ambarlı Limanında ise, CO emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $731,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 15.07.2017 tarihinde  $415,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Yukarıdaki değerlere bakıldığında; en yüksek değerlerin birbirine yakın olduğu fakat en düşük değerlerin Ambarlı Liman bölgesinde diğer ilçe bölgelerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin; Ambarlı Liman bölgesinde deniz taşımacılığı kaynaklı egzoz emisyonları olduğu söylenebilir.



Şekil 4.23 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Karbon Monoksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan emisyon ölçümlerinin 25.05.2017-22.08.2017 tarihleri arasındaki ortalama CO emisyon değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Karbon monoksitin ortalama değerleri; Avcılar, Esenler, Kadıköy ve Ambarlı Liman Bölgesi için sırasıyla; 421,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 455,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 569,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 530,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

#### 4.2.2 Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>)

Azot oksitler (NO<sub>x</sub>); dizel motorlarından salınan azot oksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) emisyonları ile diğer azot-oksijen birleşimlerinin genel adı olarak adlandırılır. NO<sub>x</sub> gazları atmosferde reaksiyona girerek ozonu oluşturur. Ayrıca fotokimyasal dumanın en başlıca sebeplerindendir [57,58].

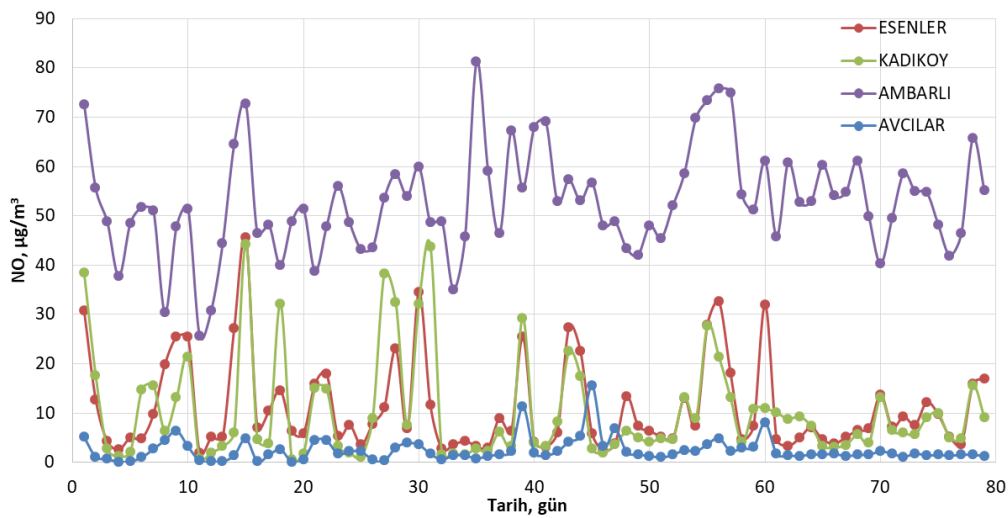
Azot oksitler; dizel motorun yanma odası içerisinde, yanma safhasında oksijen ve azotun reaksiyonundan meydana gelir ve NO<sub>x</sub> oluşumu büyük oranlarda silindir içerisindeki sıcaklığa bağlıdır. Bu yüzden, NO<sub>x</sub> emisyonları motor yüküne bağlıdır. Ayrıca, motorun ilk çalışmasında ve kısmi yüklerde nispeten daha azdır [58,59].

Kokusuz ve renksiz bir gaz olan azot oksitler, tüm fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkmaktadır. Gerek atmosferdeki konsantrasyonu, gerekse özelliği nedeni ile insan

sağlığına birçok olumsuz etkileri mevcuttur. Azot oksitler; canlılar için zehirlidir, göz ve kulak rahatsızlığı yapar, sinir sistemini etkiler [60,61].

IMO tarafından 1973 yılında kabul edilen Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme (MARPOL) Ek VI Belgesinde NO<sub>x</sub> sınırlandırılmalarından bahsedilmektedir. 1 Ocak 2000 tarihinden sonra inşa edilen makine devir sayısı 130 d/dk' dan küçük olan gemilerin emisyon limiti 17,0 g/kWh (Tier I) ve 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren de 14,4 g/kWh'a (Tier II) çekilmiştir. 1 Ocak 2016 yılından sonra yürürlüğe giren Tier III düzenlemesinde ise NO<sub>x</sub> emisyonlarının sınır değeri Tier I düzenlemesinde öngörülen NO<sub>x</sub> değerinin yaklaşık olarak %80 oranında azaltılmasını öngörmektedir. Devir sayısı 130-1999 d/dk arasındaki gemi dizel motorları için ise bu değerler Tier I, Tier II ve Tier III için sırası ile  $45.n^{-0,2}$  g/kWh,  $44.n^{-0,23}$  g/kWh ve  $9.n^{-0,2}$  g/kWh olarak belirlenmiştir. Burada n gemi dizel motorunun devir sayısını ifade eder [58,62].

#### 4.2.2.1 Azot Oksit (NO)



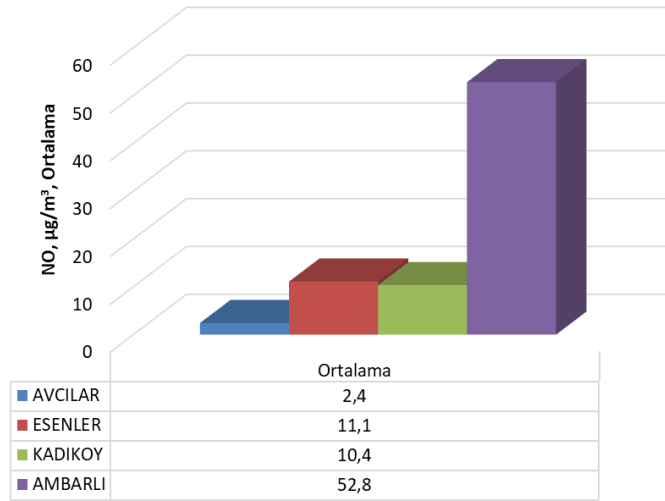
Şekil 4.24 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Azot Oksit emisyonunun karşılaştırılması

Şekil 4.24' de İstanbul'un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan azot oksit emisyon ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında; Avcılar bölgesinde NO emisyonunun en yüksek değeri 15.07.2017 tarihinde  $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 28.05.2017 tarihinde  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Esenler bölgesinde NO emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $45,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 04.06.2017 tarihinde  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Kadıköy bölgesinde NO emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $44,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 12.06.2017 tarihinde  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Ambarlı Limanında ise, NO emisyonunun en yüksek değeri 05.07.2017 tarihinde  $81,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 04.06.2017 tarihinde  $25,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Şekilden görüldüğü üzere, NO emisyonları Ambarlı Liman bölgesinde, diğer ölçüm alınan ilçelere göre oldukça yüksektir. Bunun en büyük nedeni MARPOL Ek VI' da belirtilen Tier I ve Tier II kuralına uygun gemi dizel motoru olan gemilerin limana uğrama sayısının fazlalığıdır.



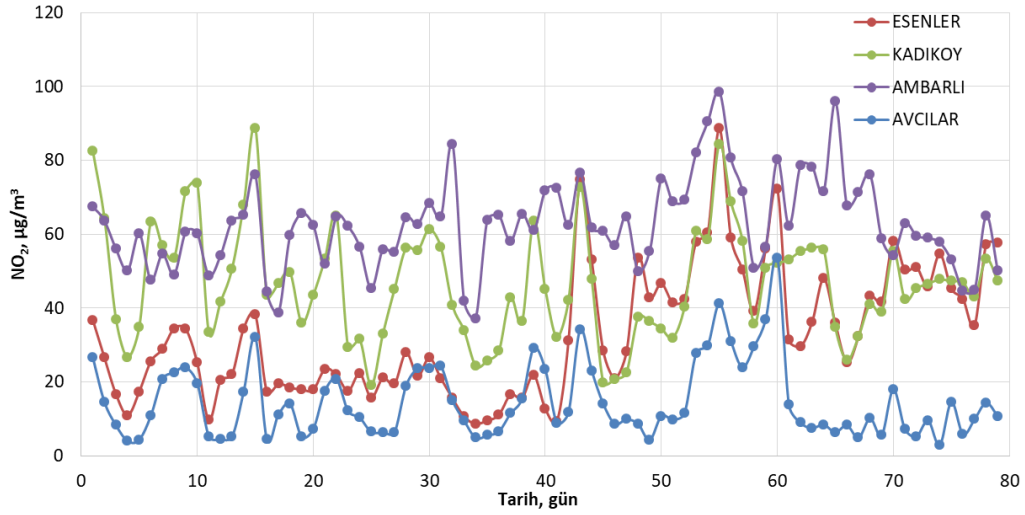
Şekil 4.25 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Azot Oksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.25' de İstanbul'un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan emisyon ölçümlerinin 25.05.2017-22.08.2017 tarihleri arasındaki ortalama NO emisyon değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Azot oksitin ortalama değerleri; Avcılar, Esenler, Kadıköy ve Ambarlı Liman

Bölgesi için sırasıyla; 2,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 11,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 10,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 52,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Şekilden görüldüğü üzere, en yüksek ortalama NO emisyon değeri, gemi kaynaklı emisyonlar nedeniyle Ambarlı Liman bölgesidir.

#### 4.2.2.2 Azot Dioksit ( $\text{NO}_2$ )

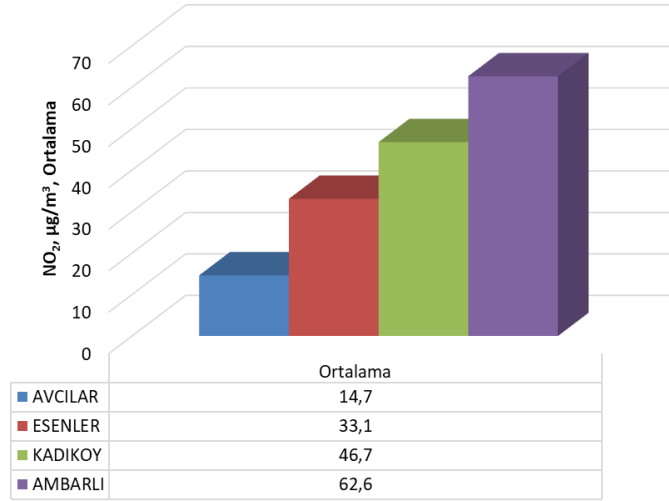


Şekil 4.26 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Azot Dioksit emisyonunun karşılaştırılması

Şekil 4.26' da İstanbul'un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan azot dioksit emisyon ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında; Avcılar bölgesinde  $\text{NO}_2$  emisyonunun en yüksek değeri 30.07.2017 tarihinde 53,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 17.08.2017 tarihinde 2,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Esenler bölgesinde  $\text{NO}_2$  emisyonunun en yüksek değeri 25.07.2017 tarihinde 88,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 04.07.2017 tarihinde 8,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Kadıköy bölgesinde  $\text{NO}_2$  emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde 88,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 18.06.2017 tarihinde 19,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Ambarlı Limanında ise,  $\text{NO}_2$  emisyonunun en yüksek değeri 25.07.2017 tarihinde 98,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 04.07.2017 tarihinde 37,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.27 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Azot Dioksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.27’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan emisyon ölçümlerinin 25.05.2017-22.08.2017 tarihleri arasındaki ortalama NO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Azot dioksitin ortalama değerleri; Avcılar, Esenler, Kadıköy ve Ambarlı Liman Bölgesi için sırasıyla; 14,7 µg/m<sup>3</sup>, 33,1 µg/m<sup>3</sup>, 46,7 µg/m<sup>3</sup> ve 62,6 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

#### 4.2.3 Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>)

Kara ve deniz tipi taşıtların kirletici emisyonların en yaygın olanı kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)’ dir. Kükürt, katı yakıtların içerisinde organik ve inorganik olarak iki şekilde bulunur. İnorganik kükürt; sülfat halinde toprakta bulunur, organik kükürt ise yakıtın yanmasından sonra SO<sub>2</sub>’ ye dönüşerek atmosfere atılmaktadır [61,63].

Dizel motorlarında kullanılan birçok yakıt, az bir miktarda da olsa kükürt içerir. Gemi dizel motorlarında ise bu oran kara taşıtlarına göre oldukça yüksektir. Bu kükürt salındığında asit yağmurlarına neden olur. Bazı dizel yakıtlar 5000 ppm’ e kadar kükürt içerebilirler, ancak ABD ve diğer ülkelerde kükürt oranı çeşitli seviyelere kadar sınırlandırılmıştır [57,58].

Dizel yakıtın içerisindeki kükürt seviyesi, kükürt oksit emisyonları ile ilgili sınırlandırmalarla, istenilen seviyelere kadar düşürüldüğü zaman, dizel motorlar için

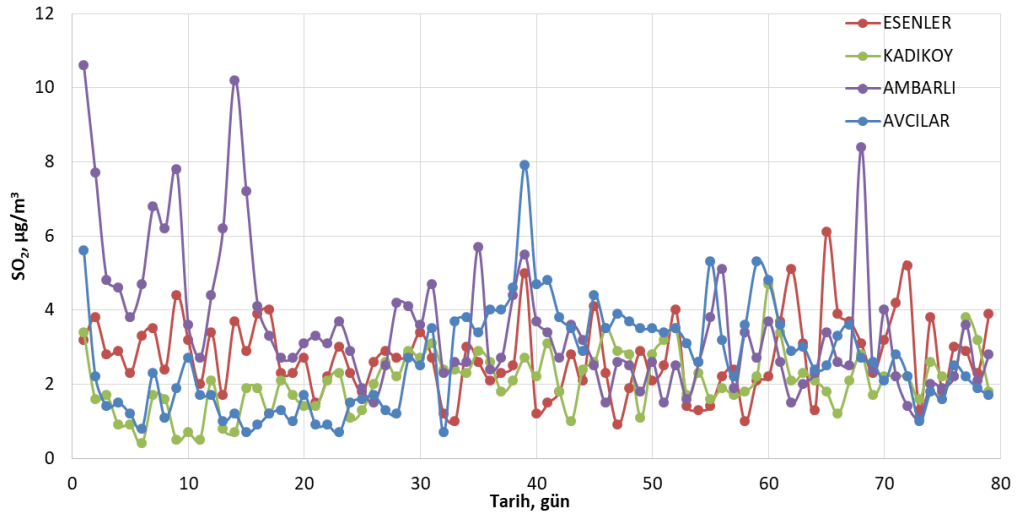
yeni bir problem ortaya çıkmaktadır. Dizel yakıtın içerisindeki kükürt seviyesi azaltıldığında, yakıtın yağlama özelliği de azalmaktadır. Böylelikle, yakıt pompası ve enjektörler zarar görmektedir [58,64]. Ayrıca, motor silindir gömleğinde aşınma ve bazı filtrelerde basınç artışına neden olmaktadır. Yağlama sorununu çözebilmek için, düşük sülfürlü yakıtın içerisine katkı maddeleri ilave edilmektedir [57,58].

Çizelge 4.2’ de Emisyon kontrol alanı içerisinde ve dışarısındaki SOx emisyonlarının limitleri verilmiştir. Emisyon alanları dışında günümüzde uygulanan limit, dünya genelinde ticaret yapan gemilerin dizel motorlarında kullanılan yakıtın içerisindeki kükürt oranının %3,50’ den az olmasıdır. Bu değer; 1 Ocak 2020 itibari ile %0,50’ ye düşecektir. Emisyon kontrol alanlarında günümüzde, yakıtın içerisindeki kükürt sınır değeri ise %0,10 ile sınırlandırılmıştır [65].

Çizelge 4.2 Deniz taşımacılığı için SOx emisyon sınır değerleri [65]

| Emisyon Kontrol Alanları (ECA)<br>dışındaki SOx limitleri |      | Emisyon Kontrol Alanları (ECA)<br>içerisindeki SOx limitleri |       |
|-----------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------|-------|
| 1 Ocak 2012 öncesi                                        | %4,5 | 1 Temmuz 2010 öncesi                                         | %1,5  |
| 1 Ocak 2012 ve sonrası                                    | %3,5 | 1 Temmuz 2010 ve sonrası                                     | %1,0  |
| 1 Ocak 2020 ve sonrası                                    | %0,5 | 1 Ocak 2015 ve sonrası                                       | %0,10 |

Nüfusun hızlı artışı ve motorlu taşıtların kullanımının yaygınlaşması, düzensiz kentleşme ve plansız endüstrileşmeyle birlikte hava kirliliği birçok yerleşim yerlerinde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Son olarak Kükürt oksitlerin zararlarından bahsedecek olursak; bitkilerin yapraklarını sarartmakta, mermer yapıları aşındırmakta, demir ve çeliğe korozyon etkide bulunmakta, güneş ışınlarını azaltmakta, insanların üst solunum yolları ve akciğerlerini tahrip etmektedir [61,66].

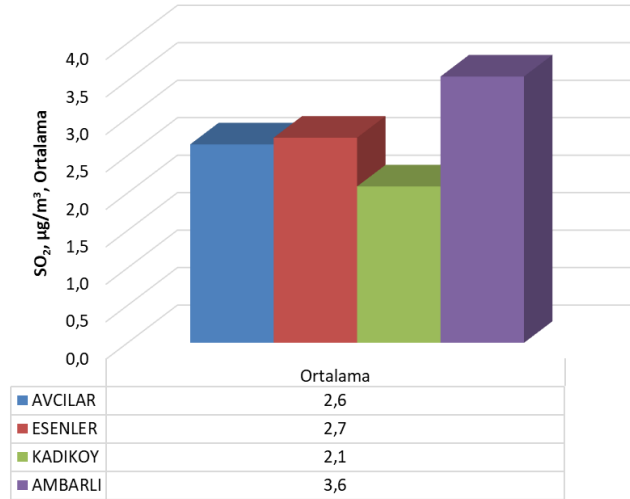


Şekil 4.28 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı Kükürt Dioksit emisyonunun karşılaştırılması

Şekil 4.28’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan kükürt dioksit emisyon ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında; Avcılar bölgesinde  $SO_2$  emisyonunun en yüksek değeri 09.07.2017 tarihinde  $7,9 \mu g/m^3$ , en düşük değeri ise 16.06.2017 tarihinde  $0,7 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür. Esenler bölgesinde  $SO_2$  emisyonunun en yüksek değeri 08.08.2017 tarihinde  $6,1 \mu g/m^3$ , en düşük değeri ise 17.07.2017 tarihinde  $0,9 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür. Kadıköy bölgesinde  $SO_2$  emisyonunun en yüksek değeri 30.07.2017 tarihinde  $4,7 \mu g/m^3$ , en düşük değeri ise 30.05.2017 tarihinde  $0,4 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür.

Ambarlı Limanında ise,  $SO_2$  emisyonunun en yüksek değeri 25.05.2017 tarihinde  $10,6 \mu g/m^3$ , en düşük değeri ise 16.08.2017 tarihinde  $1,1 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.29 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama Kükürt Dioksit emisyon değerlerinin karşılaştırılması

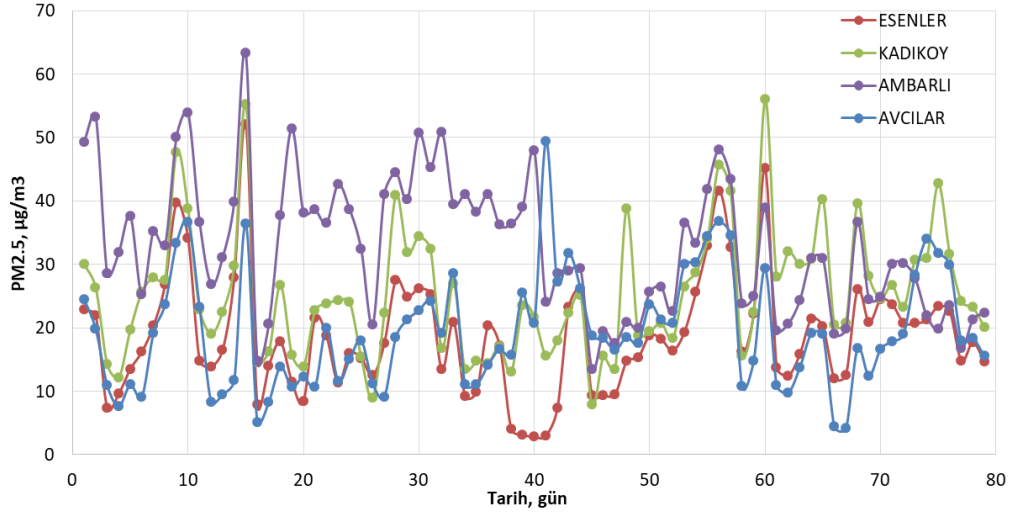
Şekil 4.29’ da İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan emisyon ölçümlerinin 25.05.2017-22.08.2017 tarihleri arasındaki ortalama SO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Kükürt dioksitin ortalama değerleri; Avcılar, Esenler, Kadıköy ve Ambarlı Liman Bölgesi için sırasıyla; 2,6 µg/m<sup>3</sup>, 2,7 µg/m<sup>3</sup>, 2,1 µg/m<sup>3</sup> ve 3,6 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.

Şekilden görüldüğü üzere, Ambarlı Liman bölgesinde SO<sub>2</sub> emisyonları diğer ilçelere nazaran daha yüksektir. Bunun nedenine bakıldığında gemi dizel motorlarında kullanılan dizel yakıtların içerisindeki kükürt içeriğinin kara dizel motorlarında kullanılan dizel yakıtı göre daha yüksek olmasının olduğu söylenebilir.

#### 4.2.4 Partiküler Madde (PM)

Partiküler madde, hava içerisinde askıda bulunan partiküllerin çeşitli ve kompleks karışımlarının içeriğinden oluşur ve boyutları değişkenlik gösterir. Örneğin PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> aerodinamik çapları 2,5 µm ve 10 µm’ dir [67,68].

#### 4.2.4.1 PM 2.5

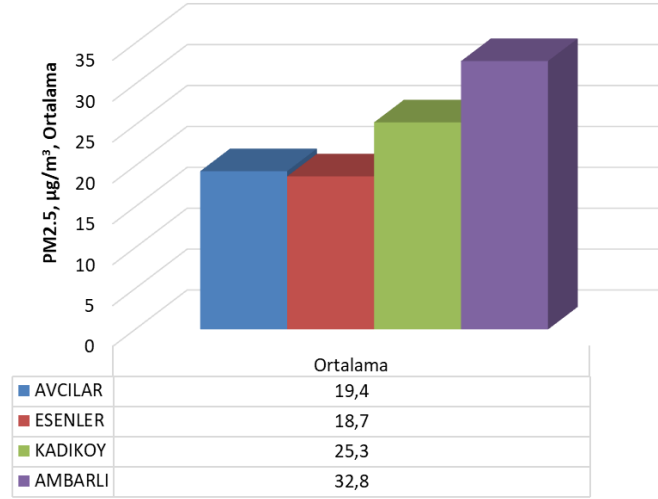


Şekil 4.30 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı PM2.5 emisyonunun karşılaştırılması

Şekil 4.30' da İstanbul'un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan PM2.5 emisyon ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında; Avcılar bölgesinde PM2.5 emisyonunun en yüksek değeri 11.07.2017 tarihinde  $49,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 10.08.2017 tarihinde  $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Esenler bölgesinde PM2.5 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $52,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 10.07.2017 tarihinde  $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Kadıköy bölgesinde PM2.5 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $55,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 15.07.2017 tarihinde  $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Ambarlı Limanında ise, PM2.5 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $63,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 15.07.2017 tarihinde  $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

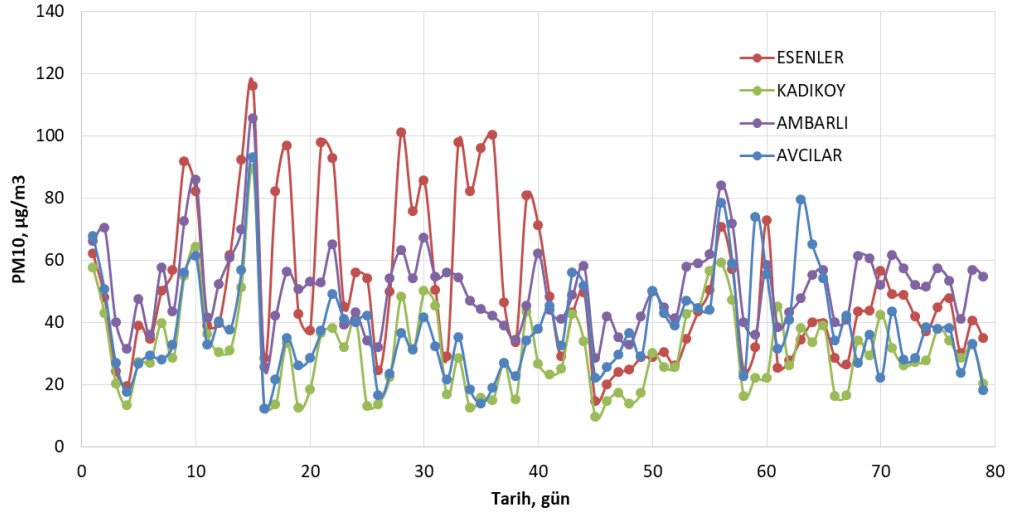


Şekil 4.31 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama PM2.5 emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.31’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan emisyon ölçümlerinin 25.05.2017-22.08.2017 tarihleri arasındaki ortalama PM2.5 emisyon değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. PM2.5 ortalama değerleri; Avcılar, Esenler, Kadıköy ve Ambarlı Liman Bölgesi için sırasıyla; 19,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 18,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 25,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 32,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

PM2.5 emisyon değerlerinin ortalamasına bakıldığında; Ambarlı Liman bölgesinde diğer ilçelere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin gemi dizel motorlarında kullanılan ağır yakıt olduğu söylenebilir.

#### 4.2.4.2 PM 10

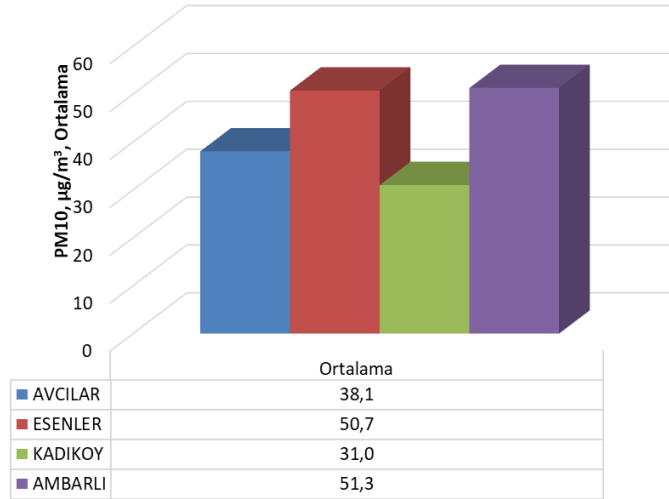


Şekil 4.32 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı PM10 emisyonunun karşılaştırılması

Şekil 4.32’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan PM10 emisyon ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında; Avcılar bölgesinde PM10 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 09.06.2017 tarihinde  $12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Esenler bölgesinde PM10 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 15.07.2017 tarihinde  $14,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Kadıköy bölgesinde PM10 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $89,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 15.07.2017 tarihinde  $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Ambarlı Limanında ise, PM10 emisyonunun en yüksek değeri 08.06.2017 tarihinde  $105,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük değeri ise 09.06.2017 tarihinde  $25,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.33 Esenler, Kadıköy, Avcılar ilçeleri ve Ambarlı Limanı ortalama PM10 emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.33’ de İstanbul’un Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından [54,55] alınan veriler ile Ambarlı Limanında hava kalitesi ölçüm cihazı ile yapılan emisyon ölçümlerinin 25.05.2017-22.08.2017 tarihleri arasındaki ortalama PM10 emisyon değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. PM10 ortalama değerleri; Avcılar, Esenler, Kadıköy ve Ambarlı Liman Bölgesi için sırasıyla; 38,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 50,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 31,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 51,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Şekilden görüldüğü üzere, PM10 emisyonları Ambarlı Liman bölgesinde ve Esenler bölgesinde oldukça yüksektir. Bilindiği üzere; PM emisyonları, kükürt oksit emisyonlarına da bağlı olduğundan, karasal bölgelerde de yüksek oranda ölçülebilir [69].

#### 4.3 HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE AMBARLI LİMANI EMİSYON YAYILIMI

##### 4.3.1 Sayısal Uygulama Esasları

Bu tez çalışmasında, 25.05.2017–22.08.2017 tarihleri arasında, gerçek zamanlı emisyon ölçüm, Ambarlı Limanının 1. Bölgesinde yer alan Marport Terminalinde yapılmıştır. Ambarlı Limanının birinci bölgesi olan Ambarlı Yeni Limanı, akaryakıt terminallerinin batısında bulunmakta olup, kuru yük ve konteyner terminal işletmelerinin bulunduğu bir bölgedir. İkinci bölge ise yakıt platformlarından, mendireklerden ve demirleme şamandıralarından oluşmaktadır.

Tezin bu aşamasında, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile Ambarlı Limanının emisyon yayılımı incelenmiştir. Hesaplama yapılırken 25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında gerçek zamanlı ölçülen emisyon verilerinin Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için en yüksek olduğu değerler, tarihler ve saatler belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için emisyonların en yüksek değer ve zamanları

| Emisyonlar      | Kritik Tarihler | Saat  | Değer (µg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|-----------------|-------|----------------------------|
| CO              | 25.05.2017      | 07:00 | 849                        |
| CO              | 08.06.2017      | 05:00 | 1119                       |
| CO              | 30.07.2017      | 05:00 | 832                        |
| CO              | 09.08.2017      | 03:00 | 718                        |
| NO              | 29.05.2017      | 06:00 | 152                        |
| NO              | 08.06.2017      | 01:00 | 238                        |
| NO              | 26.07.2017      | 02:00 | 265                        |
| NO              | 15.08.2017      | 10:00 | 97                         |
| NO <sub>2</sub> | 25.05.2017      | 20:00 | 92                         |
| NO <sub>2</sub> | 23.06.2017      | 23:00 | 134                        |
| NO <sub>2</sub> | 26.07.2017      | 02:00 | 153                        |
| NO <sub>2</sub> | 08.08.2017      | 20:00 | 250                        |
| NO <sub>x</sub> | 29.05.2017      | 06:00 | 221                        |
| NO <sub>x</sub> | 08.06.2017      | 01:00 | 307                        |
| NO <sub>x</sub> | 26.07.2017      | 02:00 | 418                        |
| NO <sub>x</sub> | 08.08.2017      | 20:00 | 337                        |
| PM10            | 26.05.2017      | 01:00 | 103                        |
| PM10            | 08.06.2017      | 03:00 | 164                        |
| PM10            | 26.07.2017      | 03:00 | 167                        |
| PM10            | 14.08.2017      | 11:00 | 100                        |
| PM2.5           | 28.05.2017      | 17:00 | 87                         |
| PM2.5           | 12.06.2017      | 17:00 | 94                         |
| PM2.5           | 10.07.2017      | 01:00 | 105                        |
| PM2.5           | 11.08.2017      | 24:00 | 58                         |
| SO <sub>2</sub> | 25.05.2017      | 12:00 | 18                         |
| SO <sub>2</sub> | 16.06.2017      | 21:00 | 17                         |
| SO <sub>2</sub> | 05.07.2017      | 08:00 | 16                         |
| SO <sub>2</sub> | 11.08.2017      | 16:00 | 26                         |

25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri arasında Marport Terminaline gelen gemiler takip edilmiştir. Takip edilen bu gemilerden kritik tarihlerde limanda veya manevrada olan

gemiler Çizelge 4.4’ de gösterilmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde, Çizelge 4.4’ ten “Gemi 4” seçilmiştir ve belirlenen geminin liman emisyonları modellenmiştir.

Çizelge 4.4 Belirlenen kritik tarihlerde Marport Terminalindeki gemiler

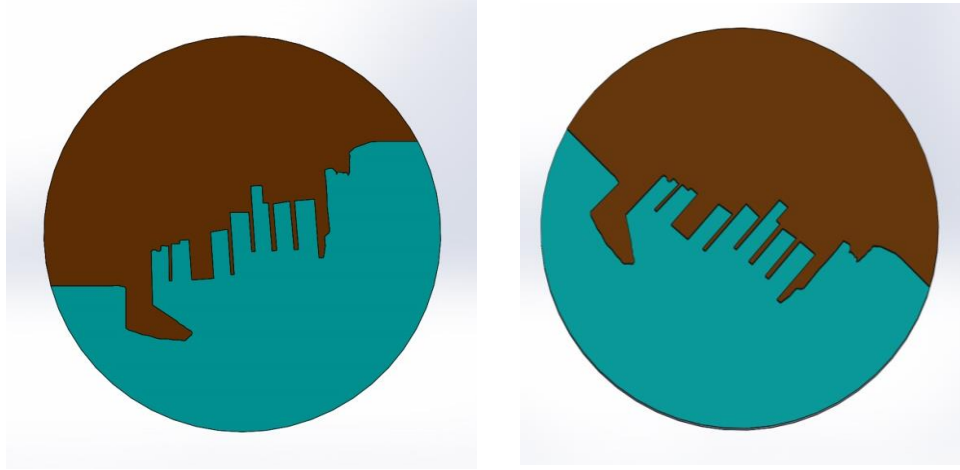
| Gemi Adı | ME (kW) | Yanaşma Zamanı   | Kalkış Zamanı    | Kritik Emisyon  | Değer, (µg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|---------|------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|
| Gemi 1   | 9041    | 12.06.2017 00:45 | 12.06.2017 16:55 | PM2.5           | 94                          |
| Gemi 2   | 13280   | 08.06.2017 17:15 | 09.06.2017 02:00 | PM10            | 164                         |
| Gemi 3   | 24840   | 25.07.2017 02:25 | 26.07.2017 01:45 | NO              | 265                         |
| Gemi 3   | 24840   | 25.07.2017 02:25 | 26.07.2017 01:45 | NO <sub>2</sub> | 153                         |
| Gemi 3   | 24840   | 25.07.2017 02:25 | 26.07.2017 01:45 | NO <sub>x</sub> | 418                         |
| Gemi 4   | 14280   | 08.06.2017 10:00 | 08.06.2017 16:10 | NO              | 238                         |
| Gemi 4   | 14280   | 08.06.2017 10:00 | 08.06.2017 16:10 | NO <sub>x</sub> | 307                         |
| Gemi 5   | 10000   | 28.05.2017 17:20 | 29.05.2017 07:20 | NO              | 152                         |
| Gemi 5   | 10000   | 28.05.2017 17:20 | 29.05.2017 07:20 | NO <sub>x</sub> | 221                         |
| Gemi 5   | 10000   | 28.05.2017 17:20 | 29.05.2017 07:20 | PM2.5           | 87                          |
| Gemi 6   | 15785   | 07.06.2017 15:48 | 08.06.2017 01:50 | NO              | 238                         |
| Gemi 6   | 15785   | 07.06.2017 15:48 | 08.06.2017 01:50 | NO <sub>x</sub> | 307                         |
| Gemi 7   | 29231   | 25.05.2017 13:18 | 26.05.2017 06:10 | SO <sub>2</sub> | 18                          |
| Gemi 8   | 10000   | 08.08.2017 20:00 | 09.08.2017 09:40 | NO <sub>2</sub> | 250                         |
| Gemi 8   | 10000   | 08.08.2017 20:00 | 09.08.2017 09:40 | NO <sub>x</sub> | 337                         |
| Gemi 9   | 9581    | 26.07.2017 03:40 | 27.07.2017 03:10 | PM10            | 167                         |
| Gemi 9   | 9581    | 26.07.2017 03:40 | 27.07.2017 03:10 | NO              | 265                         |
| Gemi 9   | 9581    | 26.07.2017 03:40 | 27.07.2017 03:10 | NO <sub>2</sub> | 153                         |
| Gemi 9   | 9581    | 26.07.2017 03:40 | 27.07.2017 03:10 | NO <sub>x</sub> | 418                         |
| Gemi 10  | 10500   | 13.08.2017 06:42 | 14.08.2017 11:40 | PM10            | 100                         |
| Gemi 11  | 28880   | 28.05.2017 16:00 | 29.05.2017 13:40 | PM2.5           | 87                          |

Çalışmaya öncelikle Ambarlı limanı uydu görüntüsünün elde edilmesi ile başlanmıştır.



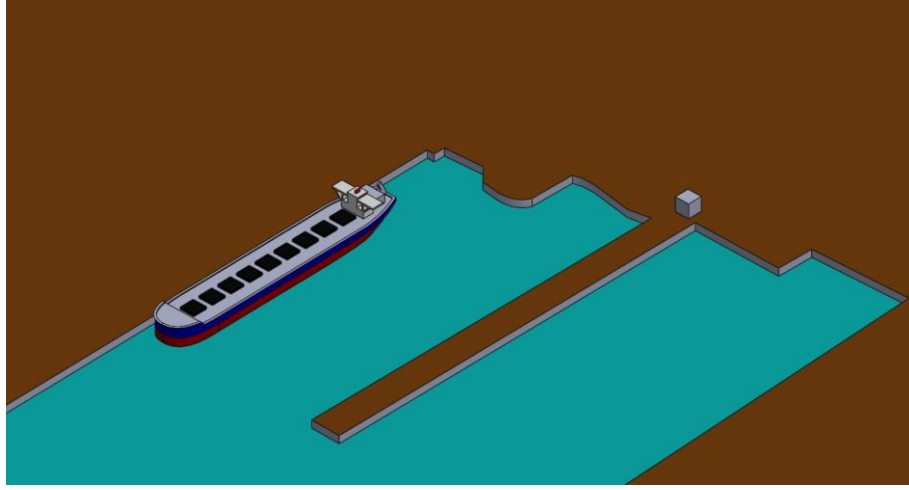
Şekil 4.34 Ambarlı Limanı uydu görüntüsü

Şekil 4.34’ te Ambarlı Limanı ve çevresini gösteren uydu görüntüsü verilmiştir. Çalışmada kullanılan ölçümler Ambarlı Limanında bulunan Marport terminalinin bir iskelesine yerleştirilen hava kalitesi ölçüm cihazından alınmıştır.



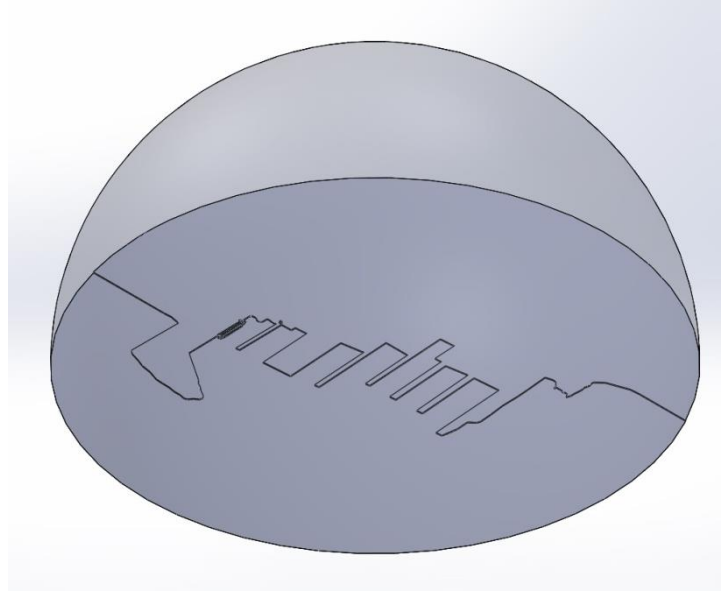
Şekil 4.35 Ambarlı Limanı CAD çizimi

Şekil 4.35’ te Ambarlı Limanı ve çevresinin bilgisayar destekli tasarım programı ile hazırlanmış üç boyutlu çizimi verilmiştir. Çizim gerçek boyutlara oranla 1/1000 ölçek ile hazırlanmıştır.



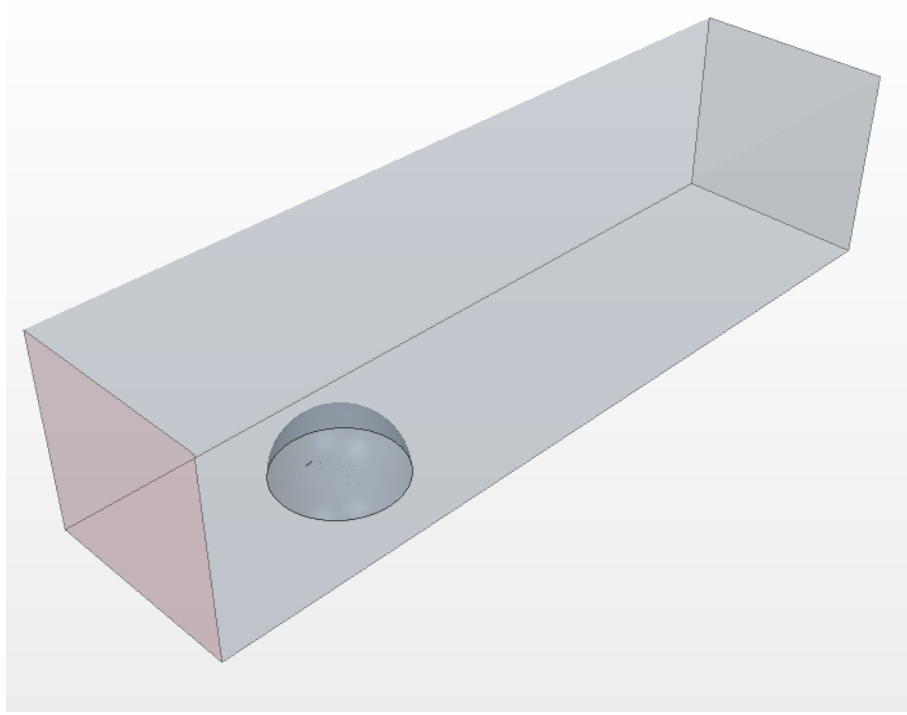
Şekil 4.36 Ambarlı Limanı, gemi ve ölçüm hacmi

Şekil 4.36’ da Ambarlı Limanı CAD çiziminde, limanda bulunan model bir gemi ve ölçüm istasyonu gösterilmiştir. Şekildeki gemi, limana ölçüm yapılan tarih aralığında gelmiş “Gemi 4” ün 1/1000 ölçekli boyutlarını yansıtacak şekilde oluşturulmuştur.



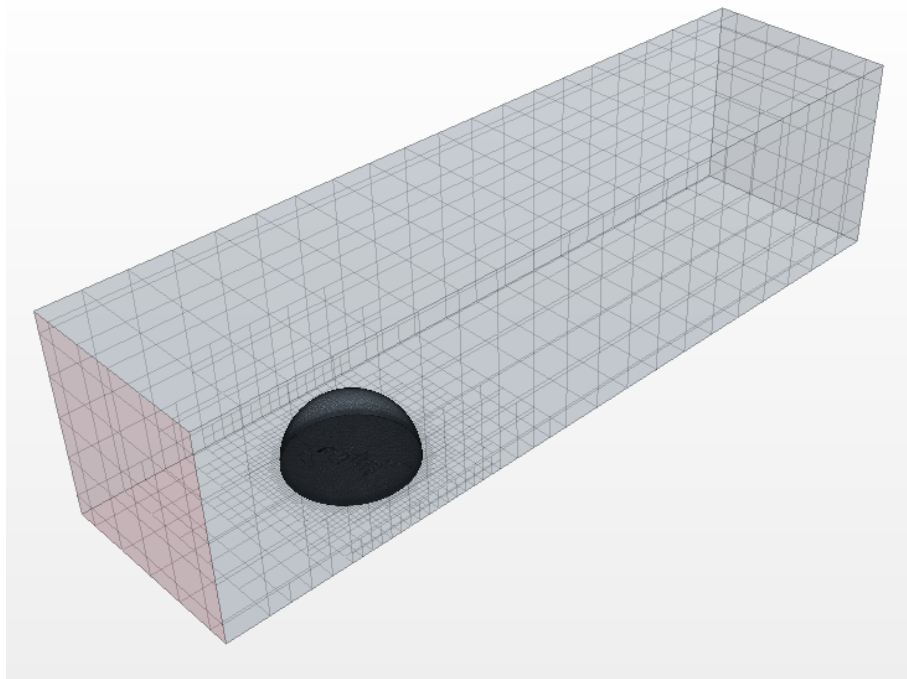
Şekil 4.37 Ambarlı Limanı atmosfer ortamı

Şekil 4.37’ de Ambarlı Liman bölgesinin yarım küre şeklinde modellenen atmosfer ortamı gösterilmiştir. Özellikle farklı yönlerden alınan rüzgâr hızlarını modele uygulamak için ideal bir geometri olarak yarım küre tercih edilmiştir.



Şekil 4.38 Analizde kullanılan tüm akış hacmi

Şekil 4.38’ de hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizinde kullanılan tüm akış hacmi gösterilmiştir. Akış hacmi atmosfer ortamı olarak modellenen kubbeyi içine alan çok daha büyük bir hacmi ifade etmektedir.



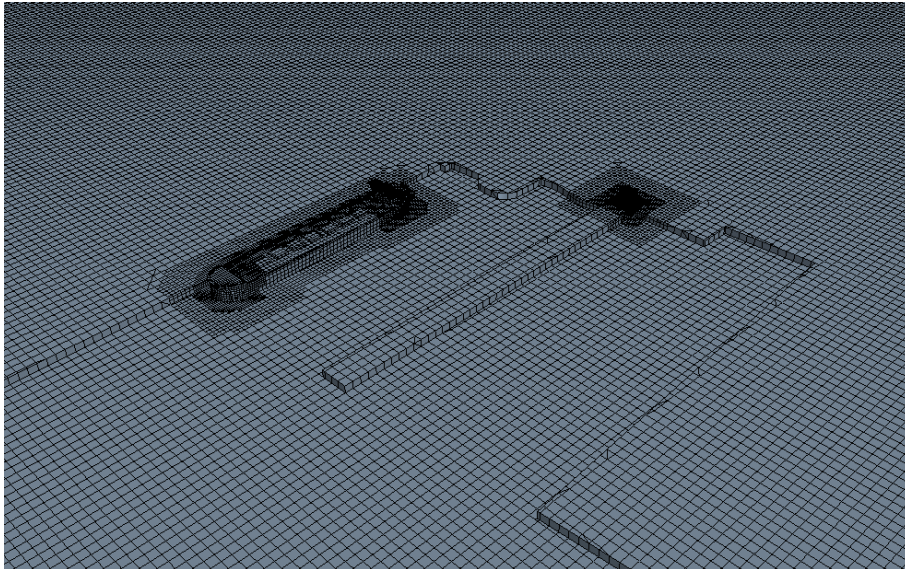
Şekil 4.39 Tüm akış hacminin çözüm ağı

Şekil 4.39’ da hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizlerinde kullanılan tüm akış hacmi için kullanılan çözüm ağı gösterilmiştir.



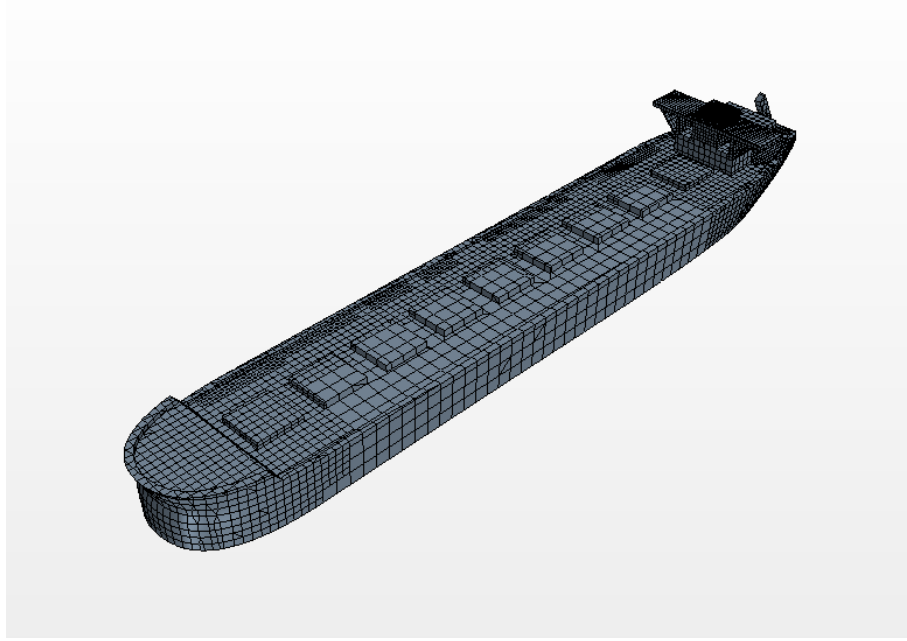
Şekil 4.40 Atmosfer ortamını temsil eden kubbe hacminin çözüm ağı

Şekil 4.40’ da analizlerde kullanılan atmosfer ortamını temsil eden kubbe hacminin çözüm ağı görseli verilmiştir.



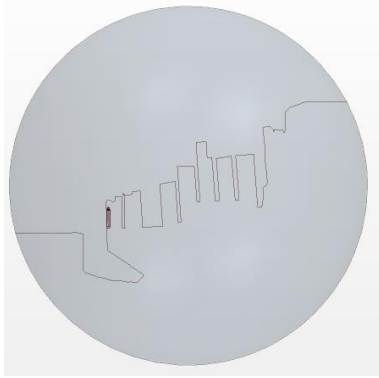
Şekil 4.41 Liman çevresi, gemi ve ölçüm bölgesi çözüm ağı ayrıntısı

Şekil 4.41’ de analizlerde kullanılan çözüm ağının liman çevresi, gemi ve ölçüm bölgeleri için ayrıntılı görseli verilmiştir.

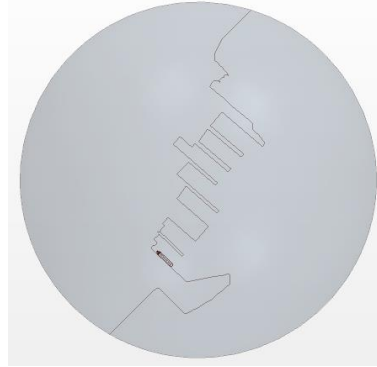


Şekil 4.42 Analizlerde gemi için kullanılan çözüm ağı

Şekil 4.42’ de analizlerde gemi için kullanılan çözüm ağı görseli verilmiştir. Tüm hesaplama bölgesi dikkate alındığında toplamda 3886819 adet hexahedral çözüm ağı elemanı kullanılmıştır.



a)



b)



c)

Şekil 4.43 Hava akışına göre a) 0 derece b) 45 derece c) 135 derece atmosferik kubbe konumları

Şekil 4.43' de liman bölgesinde, gemi ve ölçüm istasyonunu kapsayan atmosfer ortamını temsil eden kubbe hacim bölgesinin, hava akışına göre üç farklı açı ile konumları gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada, üç farklı konuma göre model hızı 25 m/s, 50 m/s, 75 m/s ve 100 m/s olarak dört farklı hava hızında analizler gerçekleştirilmiştir.

#### 4.3.2 Matematik Model

Çalışmada kullanılan üç boyutlu, zamana bağlı, sıkıştırılamaz ve türbülanslı akışı ifade eden denklemler aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.1)$$

Denklem 4.1' de akış hacminde çözülen problem için kütle korunumuna bağlı süreklilik denklemi verilmiştir.

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u^2 + p - \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho uv - \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho uw - \tau_{xz}) = \rho f_x \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho uv - \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v^2 + p - \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho vw - \tau_{yz}) = \rho f_y \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho uw - \tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vw - \tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w^2 + p - \tau_{zz}) = \rho f_z \quad (4.4)$$

Denklem 4.2, 4.3 ve 4.4 'de sırasıyla x, y ve z eksenlerindeki momentum korunum denklemleri verilmiştir.

$$\frac{\partial k}{\partial t} + U_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \varepsilon + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ (\nu + \nu_T / \sigma_k) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (4.5)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + U_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ (\nu + \nu_T / \sigma_\varepsilon) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] \quad (4.6)$$

Denklem 4.5 ve 4.6' da çözülen problemde tercih edilen k-epsilon türbülans modelini modelleyen türbülans kinetik enerjisi ve disipasyon değişkeni denklemleri verilmiştir.

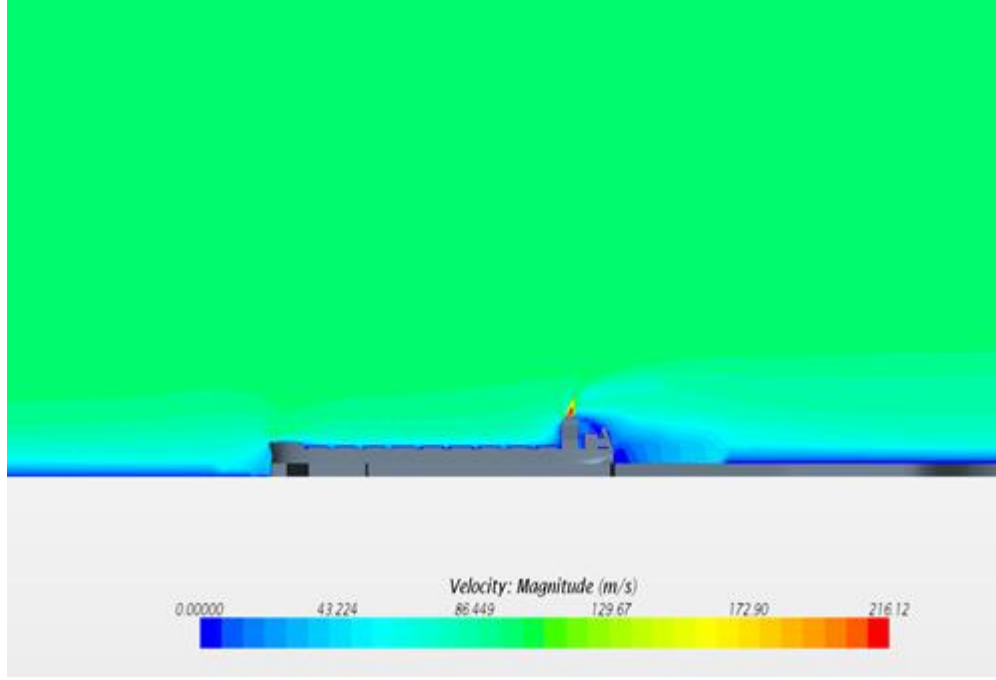
$$\nu_T = C_\mu k^2 / \varepsilon \quad (4.7)$$

Denklem 4.7' de türbülans denklemlerinde kullanılan türbülans viskozitesi ifadesi verilmiştir.

$$C_{\varepsilon 1}=1.44 \parallel C_{\varepsilon 2}=1.92 \parallel C_{\mu}=0.09 \parallel \sigma_k=1.0 \parallel \sigma_{\varepsilon}=1.3 \quad (4.8)$$

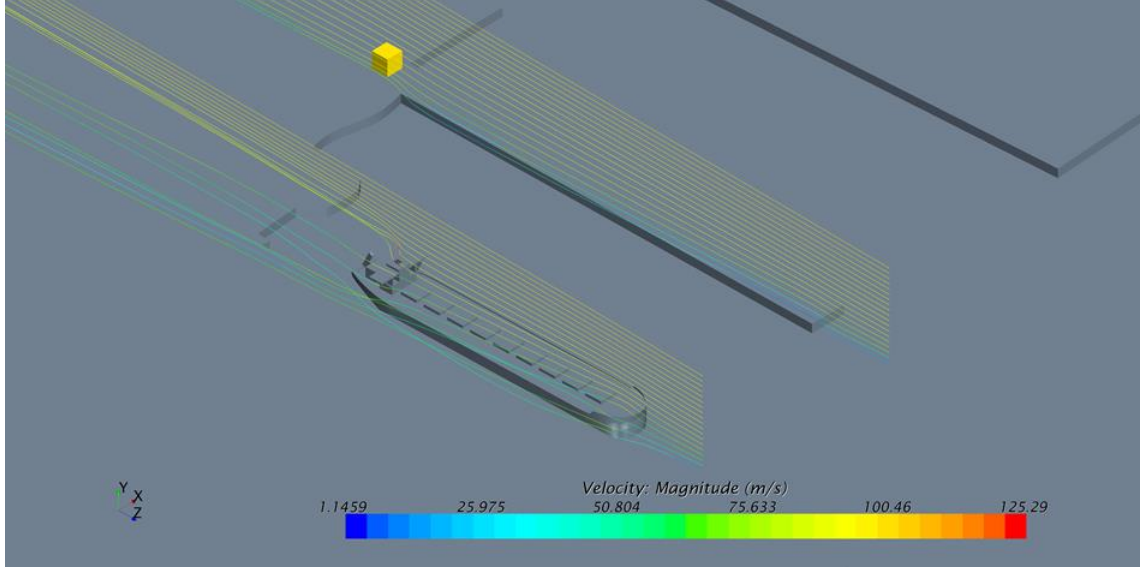
Denklem 4.8' de türbülans denklemlerinde kullanılan sabitler verilmiştir.

#### 4.3.3 Sonuçlar



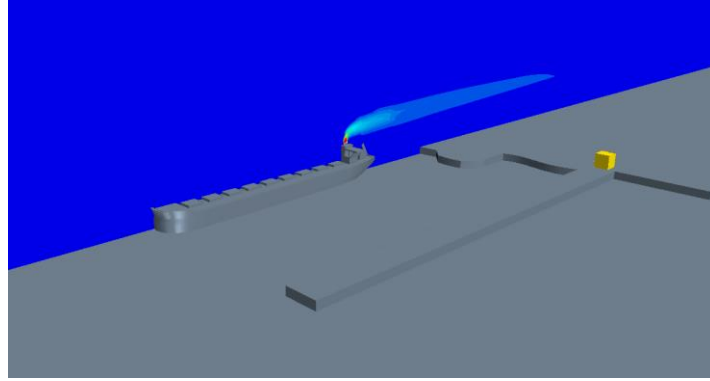
Şekil 4.44 Sıfır (0) derece 100 m/s serbest akım hızında baca orta kesitindeki skaler hız dağılımı

Şekil 4.44' de hava akımına karşı 0 derece açı ile konumlandırılmış modelde; 100 m/s akım hızında, baca orta kesit hizasında, tüm çözüm hacminde skaler hız dağılımı gösterilmiştir. Özellikle gemi üst yapısının etkisi ile gemi kış bölgesinde hava akımı yönünden ölü bir bölgenin oluştuğu, üst yapının bir basamak gibi davranarak hava akımının bu basamak üzerinden sekme yaptığı görülmektedir. Hava akımındaki bu sekme noktasında egzoz gazının gemiden yayılması, emisyonun daha uzak noktalara dağılmasına yardımcı olmaktadır.

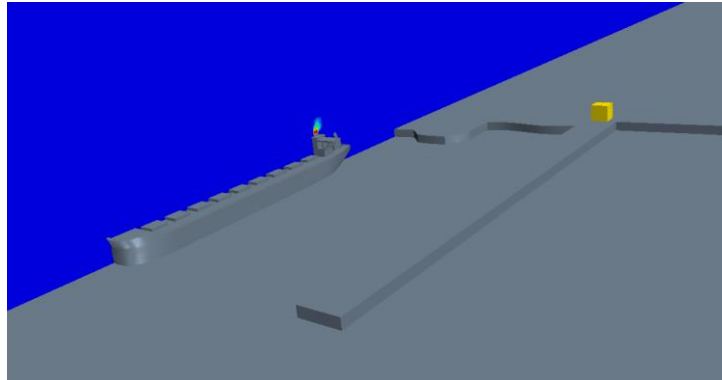


Şekil 4.45 Gemi ve ölçüm cihazı etrafındaki akım hatları görseli

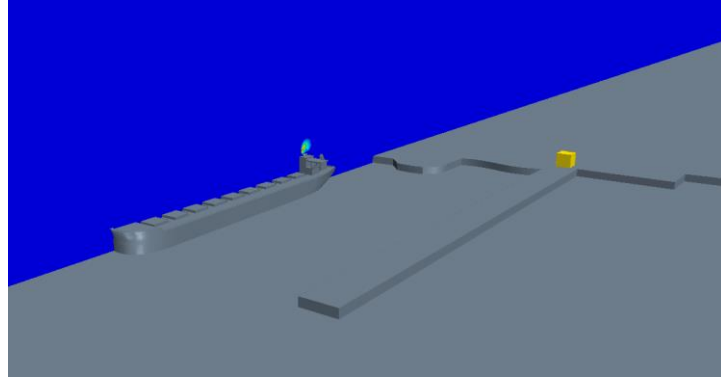
Şekil 4.45’ te çözüm ağı içerisinde gemi ve ölçüm cihazı etrafındaki akım hatları görseli verilmiştir. Emisyon kaynağı olan baca etrafında akım hatlarının karmaşıklılaştığı ve rüzgârın daha girdaplı bir akış oluşturarak emisyonu dağıttığı görülebilmektedir.



a)



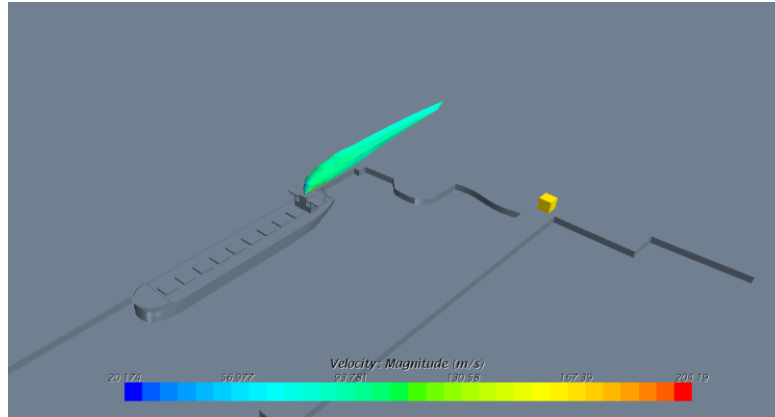
b)



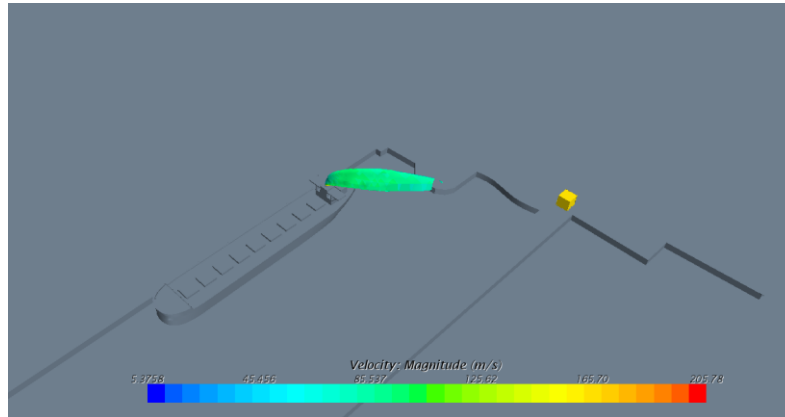
c)

Şekil 4.46 Baca hizası orta kesitteki a) 0 derece b) 45 derece c) 135 derece açılı konumlardaki egzoz gazı dağılımları

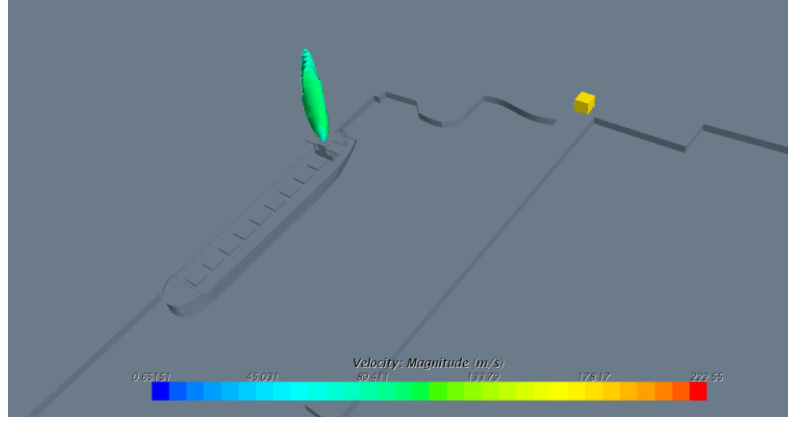
Şekil 4.46' da baca hizası orta kesitte tüm çözüm hacminde skaler egzoz gazı derişiminin dağılımları gösterilmiştir. Seçilen gemi boyu doğrultusundaki kesit üzerinde egzoz dağılımı 0 dereceli konumda en iyi şekilde görölmektedir. Diğer açılı konumlarda kesitin hava akımı doğrultusunda olmaması nedeniyle egzoz gazı yalnız baca çıkışında farkedilmektedir.



a) 0° rüzgar yönü



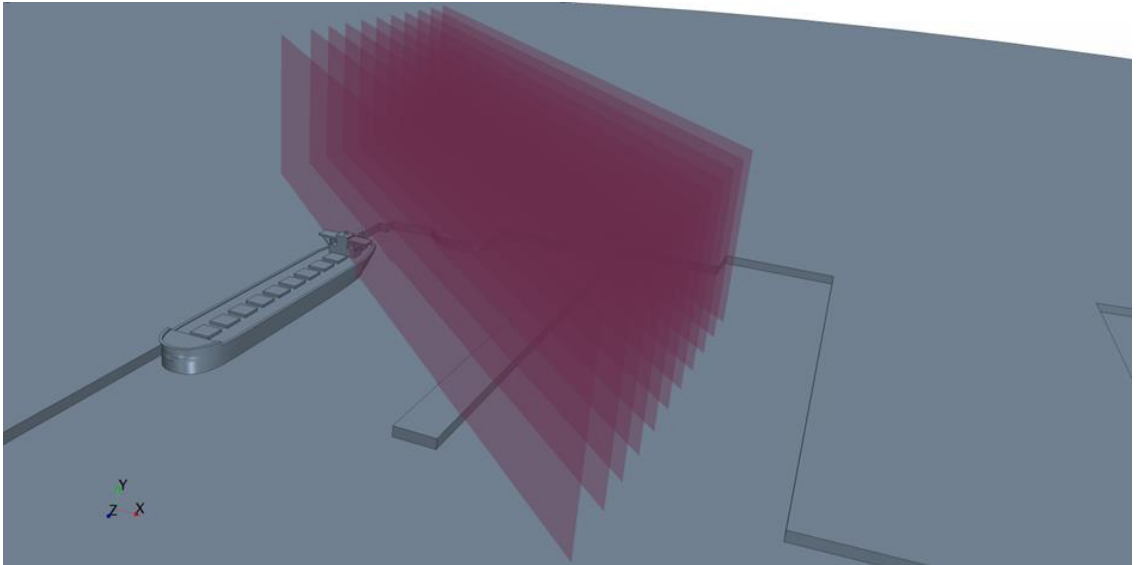
b) 45° rüzgar yönü



c) 135° rüzgar yönü

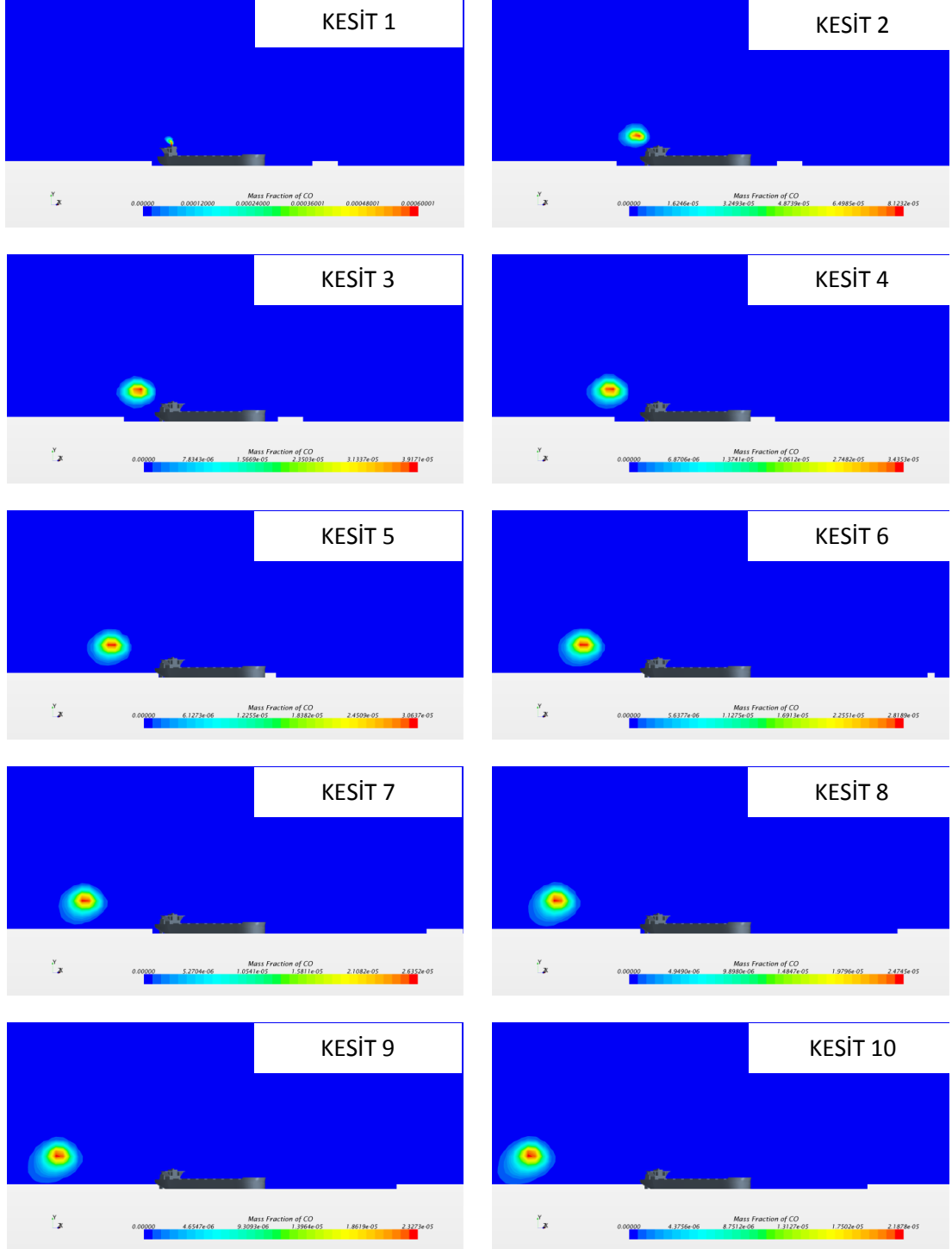
Şekil 4.47 Tüm çözüm hacmindeki egzoz gazı derişiminin yüzey görünümü

Şekil 4.47’ de tüm çözüm hacminde hesaplanan egzoz gazı hacimsel derişiminin yüzey olarak görünümü verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere, ölçüm bölgesine yalnızca hava akış doğrultusuna 45° açıyla konumlandırılmış modelde ölçüm bölgesinde ölçümler alınabilmektedir.



Şekil 4.48 Gemi ile ölçüm cihazı arasında ölçüm alınan 10 adet kesit plaka görseli

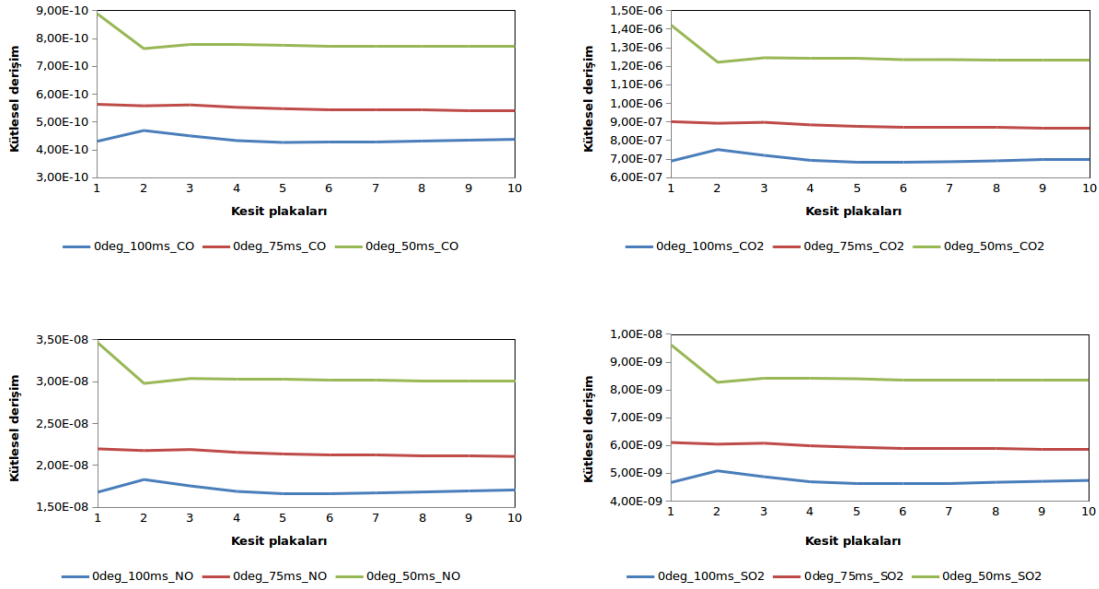
Şekil 4.48’ de gemi ile ölçüm noktası arasında 90° açı ile eklenmiş 10 adet kesit plakanın görseli verilmiştir. Emisyon kaynağı olan gemi bacası ile ölçümlerin yapıldığı hacimsel bölge arasında emisyon dağılımlarının mesafe ile değişimlerini incelemek için eşit aralıklar ile 10 adet kesit plaka eklenmiş ve bu kesitler üzerinde emisyon dağılımları incelenmiştir.



Şekil 4.49 100 m/s rüzgar hızı ve 0° rüzgâr yönünde gemi ve ölçüm cihazı arasındaki kesitlerdeki CO emisyon dağılımları

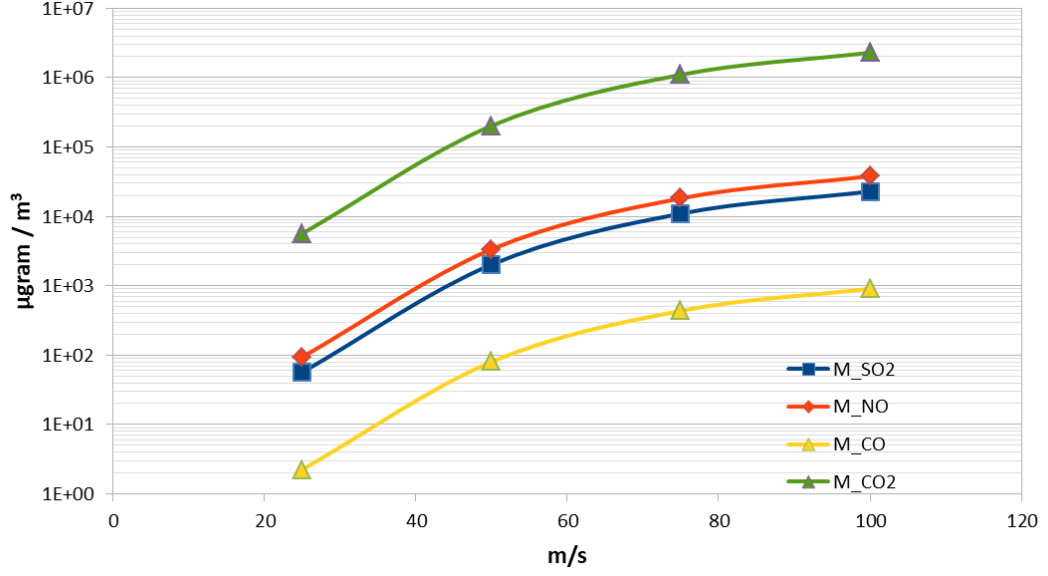
Şekil 4.49’ da 100m/s rüzgâr hızında ve 0° rüzgâr yönünde gemi ve ölçüm cihazı arasındaki kesitlerden alınan CO emisyonu dağılımı verilmiştir. Kesit plakaları gemi bacası ile ölçüm cihazı arasına eşit uzaklıklarda eklenmiştir. Her bir kesit bacadan başlayarak ölçüm cihazına yaklaşmaktadır. Kesit plakaları hava akış doğrultusuna belirli

bir açı ( $47^\circ$ ) ile bulunduklarından dolayı emisyon izi ölçüm cihazına yaklaşan plakalar üzerinde gemi bacasından uzaklaştığı görülebilmektedir. Ayrıca emisyon gemi bacasından çıktığı andan itibaren yol aldıkça iz alanın arttığı ve genişlediği gözlemlenmiştir.



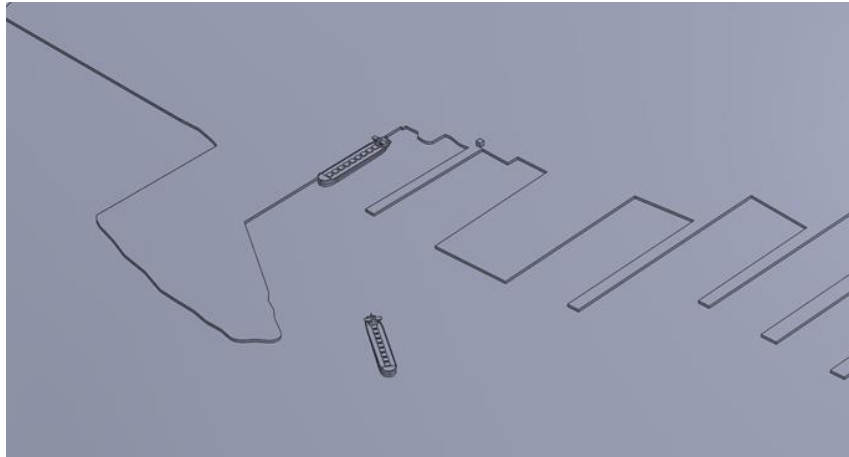
Şekil 4.50  $0^\circ$  rüzgar yönündeki farklı hızlarda farklı emisyonların kesit plakaları üzerindeki değerleri

Şekil 4.50' de  $0^\circ$  rüzgar yönündeki üç farklı hızda (100 m/s, 75 m/s ve 50 m/s) dört farklı emisyon (CO, CO<sub>2</sub>, NO ve SO<sub>2</sub>) için gemi bacası ile ölçüm cihazı arasındaki on kesit plakasından okunan ortalama kütleli derişimler verilmiştir. Tüm derişim grafikleri incelendiğinde her hız için kendi aralarında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir. Ayrıca en yüksek kütleli derişimin CO<sub>2</sub> derişimi olduğu, en düşük derişimin CO derişimi olduğu görülebilmektedir. Düşük hızlarda emisyon kaynağından çıktığında en yüksek kütleli debiye sahip ve kaynaktan çok kısa bir mesafe sonra azalır, ölçüm cihazına kadar sabite yakın yatay seyretmektedir. Ancak ölçekli kesit görüntülerine de dikkat edilirse kütleli derişim aynı kalırken, gemi kaynağından uzaklaştıkça emisyonun kapladığı alan artmakta, bu da emisyonun seyrelererek yayıldığını göstermektedir.



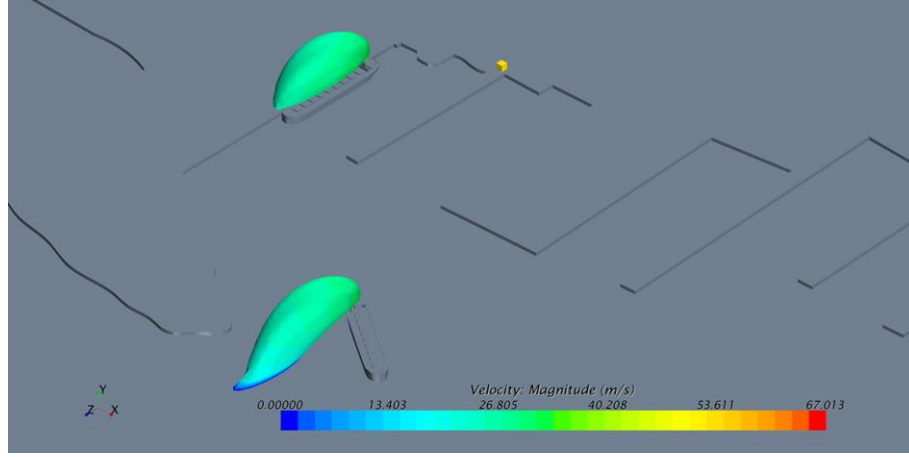
Şekil 4.51 Rüzgar hızına bağlı olarak akış doğrultusuna 45° konumunda hesaplanan emisyon değerleri

Şekil 4.51' de rüzgar hızına bağlı olarak hava akış doğrultusuna 45° açıyla konumlandırılmış olan modelde yapılan ölçümler ışığında dört farklı emisyon türü için  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak verilen değerler gösterilmiştir. Eğriler emisyon değerleri ekseninde logaritmik olarak ele alınmıştır. Logaritmik olarak incelendiğinde, tüm emisyon türleri için eğrilerin eğiliminin aynı olduğu ve değerlerin birbirinden farklı olduğu görülebilmektedir. Eğrilerden de görüldüğü üzere, hava hızının artışı ile emisyon değerleri logaritmik olarak azalarak artış göstermektedir.



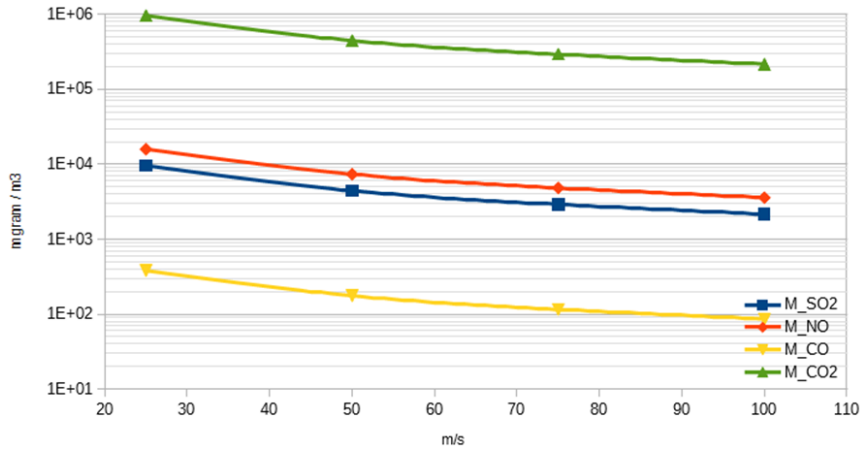
Şekil 4.52 İki gemili liman yerleşimi görseli

Şekil 4.52' de ikinci bir analiz modeli ile çalışılmıştır. Bu modelde bir gemi limanda iken, diğer gemi ise manevra pozisyonundadır.



Şekil 4.53 İki gemili model için baca gazı emisyonunun yüzey görünümü

Şekil 4.53’ te biri limanda diğeri ise manevrada olmak üzere, iki geminin olduğu egzoz gazı emisyonunun yüzey görünümü verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi seyir halinde olan geminin salmış olduğu egzoz gazı emisyonu hacmi liman durumundaki gemiye göre çok daha büyüktür.



Şekil 4.54 İki gemili model için rüzgar hızına bağlı olarak akış doğrultusuna 0° konumunda hesaplanan emisyon değerleri

Şekil 4.54’ te iki gemili model için ölçüm cihazı hacminde hesaplanan emisyon değerleri verilmiştir. Eğriler incelendiğinde, tüm emisyon eğrilerinde benzer bir eğilim olduğu görülebilmektedir. Ancak 0° konumunda olduğu için önceki tek gemi modeli emisyon eğrilerinden farklı olarak elde edilmiştir. Eğrilere göre rüzgar hızındaki artış ile birlikte emisyon değerlerinde azalma olduğu görülmektedir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Globalleşen dünya şartlarında, büyüyen ticaret hacmi ve bu ticaretin büyük bir kısmının denizyoluyla yapılması sonucunda gemi ve liman kaynaklı emisyonlarda artış meydana gelmiştir. Bu artışın sebep olduğu küresel iklim değişikliklerini azaltmak amacıyla Avrupa Birliği ve Uluslararası Denizcilik Örgütü tarafından Özel Emisyon Alanları oluşturulmuş ve özellikle NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM ve CO<sub>2</sub> emisyonlarına sınırlandırmalar getirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, 25.05.2017 – 22.08.2017 tarihleri aralığında Ambarlı Limanına gelen 323 adet farklı geminin gerçekleştirdiği 1032 adet hareketi için literatürde mevcut yöntemler ile geliştirilen web tabanlı veri toplama ve hesaplama programı yardımıyla farklı gemi işletme modlarında (seyir, manevra ve liman) NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CO ve PM emisyonları hesaplanmıştır. Ayrıca belirtilen tarihlerde Ambarlı Limanı Marport terminaline yerleştirilen hava kalitesi ölçüm cihazı ile SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonları gerçek zamanlı olarak ölçülerek hava içerisindeki emisyon miktarları tespit edilmiştir. Yine aynı tarih aralığında İstanbul ili Esenler, Kadıköy ve Avcılar ilçeleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından gerçek zamanlı ölçümler alınmıştır. Hem Ambarlı Limanından hem de İstanbul ili Esenler, Avcılar ve Kadıköy ilçelerinden alınan gerçek zamanlı hava kalitesi değerleri karşılaştırılmıştır. Sonrasında ise, hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı Star CCM+ V10.02 yardımıyla farklı açılarda konumlandırılmış tek bir gemi ve farklı işletme modundaki iki gemi modelleri kullanılarak, farklı rüzgar hızları için atmosfere yayılan SO<sub>2</sub>, NO, CO ve CO<sub>2</sub> emisyon yayılımları incelenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda;

- Trozzi yöntemi ile yapılan hesaplamalarda; NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları seyir, manevra ve liman modlarının toplamında sırasıyla; 658,31 ton/3ay, 416,66 ton/3ay, 35031,71 ton/3ay, 31,61 ton/3ay, 46,85 ton/3ay ve 27,98 ton/3ay olarak,
- Entec yöntemi ile yapılan hesaplamalarda; NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları seyir, manevra ve liman modlarının toplamında sırasıyla; 538,80 ton/3ay, 376,14 ton/3ay, 27332,03 ton/3ay, 33,11 ton/3ay, 53,68 ton/3ay ve 22,10 ton/3ay olarak,
- Entec yöntemi ile yapılan hesaplamalarda ana makine kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları seyir modunda sırasıyla; 210,80 ton/3ay, 145,83 ton/3ay, 8608,19 ton/3ay, 8,12 ton/3ay, 22,18 ton/3ay ve 7,43 ton/3ay olarak,
- Entec yöntemi ile yapılan hesaplamalarda ana makine kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları manevra modunda sırasıyla; 126,52 ton/3ay, 120,83 ton/3ay, 7102,06 ton/3ay, 18,26 ton/3ay, 24,77 ton/3ay ve 5,57 ton/3ay olarak,
- Entec yöntemi ile yapılan hesaplamalarda yardımcı makine kaynaklı NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC, PM ve CO emisyonları seyir, manevra ve liman modlarının toplamında sırasıyla; 201,48 ton/3ay, 109,48 ton/3ay, 11621,78 ton/3ay, 6,73 ton/3ay, 6,75 ton/3ay ve 9,1 ton/3ay olarak hesaplanmıştır.

Hesaplama sonuçlarına bakıldığında; toplam emisyon değerleri, Trozzi yöntemi ile yapılan hesaplamalarda daha yüksek mertebelerde seyretmektedir. Bunun başlıca nedenine bakıldığında Entec yöntemi ile yapılan hesaplamalarda gemilerin ana ve yardımcı makine güçleri ve liman süreleri gerçek değerler yardımıyla hesaplanmıştır. Ancak Trozzi yönteminde ise ana makine gücü gemi tipine bağlı olarak gros tonajın bir fonksiyonu olarak ampirik bir formül yardımıyla hesaplanmıştır. Yardımcı makineler ise yine gemi tipine göre ana makine gücünün bir fonksiyonu olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, manevra ve liman süreleri, ortalama seyir hızları için gemi tiplerine bağlı olarak Trozzi tarafından önerilen değerler alınmıştır. Entec yönteminde ise manevra ve seyir

süreleri tüm gemiler için kabul edilmiş, liman süreleri ise gerçek zamanlı takip edilmiştir.

Bir diğer yapılan analiz çalışmasında ise; 2017 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında Ambarlı Liman Bölgesinde gerçek zamanlı olarak ölçülen günlük ortalama SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyon değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre; her ay için kritik emisyon değerleri belirlenip o güne ait emisyon verileri her bir emisyon için saatlik olarak gösterilmiştir. Örneğin; en yüksek SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ölçüldüğü 8 Haziran günü incelendiğinde, hava kalitesi ölçüm cihazının yerleştirildiği Ambarlı Limanı Marport terminalinde 01:00 ve 02:30 saatleri arasında gemi kalkış manevrası gözlemlenmiştir. Emisyon değerinin en düşük olarak ölçüldüğü saat 04:00 ile 06:00 arasında herhangi bir gemi manevrasına rastlanmamış ve Marport terminalinde bir adet geminin limanda olduğu tespit edilmiştir. Belirtilen saatte SO<sub>2</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının altında olduğu görülmüştür. Aynı şekilde 8 Haziran günü 07:30 – 11.00 arasında 2 adet gemi yanaşma ve 1 adet gemi kalkış manevralarının olduğu tespit edilmiştir. Saat 14:30 ile 17:30 arasında 2 adet gemi kalkış ve 1 adet gemi yanaşma manevrası gerçekleşmiştir. 8 Haziran gününün SO<sub>2</sub> emisyon değerinin ortalaması 7,2 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Temmuz ayı için ise; en yüksek emisyon değerinin ölçüldüğü 26 Temmuz gününün gününün NO<sub>x</sub> emisyon değerinin ortalaması 156,3 ppm' dir. Hava kalitesi ölçüm cihazının yerleştirildiği Ambarlı Limanı Marport terminalinde gece 01:00 ve 03:40 saatleri arasında bir adet gemi kalkış ve bir adet gemi yanaşma manevraları gerçekleşmiştir. 26 Temmuz günü için saat 02:00 da 418,3 ppm olarak ölçülen NO<sub>x</sub> emisyon değeri gün içerisindeki en yüksek değerdir. NO<sub>x</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının altında ölçüldüğü 04:00 ile 07:00 saatleri arasında herhangi bir gemi manevrasına rastlanılmamış ve Marport terminalinde iki adet geminin limanda olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde 26 Temmuz günü 08:00 – 10.00 saatleri arasında bir adet gemi yanaşma ve bir adet gemi kalkış manevraları gözlemlenmiştir. Saat 22:30 ile 23:30 arasında bir adet gemi yanaşma manevrası gerçekleşmiştir. Belirtilen saatlerde NO<sub>x</sub> emisyon değerinin gün ortalamasının üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca 26 Temmuz günü Marport terminalinde hareketi olan beş geminin limanda kalış süreleri toplamı 46 saattir. Ağustos ayı içerisinde yapılan ölçümlerde belirlenen kritik gün olan 21 Ağustos

tarihinde Marport terminalinde hareketi olan altı geminin limanda kalış süreleri toplamı 61 saat olarak tespit edilmiştir. 21 Ağustos gününün 24 saatlik ölçümleri incelendiğinde, NO<sub>x</sub> emisyon değerinin gün içerisinde 100 ppm in altına düşmediği ve ayın diğer günlerine nazaran yoğun liman süresinin bu değer üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Ambarlı Limanında yapılan gerçek zamanlı ölçümlerle, İstanbul ili Esenler, Avcılar ve Kadıköy ilçelerinde yapılan gerçek zamanlı hava kalitesi ölçümleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma neticesinde; NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonlarının Ambarlı Limanında belirtilen diğer ilçelere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. NO ve NO<sub>2</sub> emisyonlarına bakıldığında, Ambarlı Liman Bölgesinde diğer ilçelere göre daha yüksek oldukları görülmüştür. Bunun sebebi olarak, gemi dizel motorlarının, kara dizel taşıtlarına göre çok daha yüksek NO<sub>x</sub> salınımına sahip olmaları söylenebilir. Aynı şekilde SO<sub>2</sub> emisyon değerinin de Ambarlı Liman Bölgesinde yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise kara taşıtlarında kullanılan dizel yakıtı göre, gemilerde kullanılan dizel yakıt içerisindeki kükürt oranının daha yüksek olmasıdır. Neticesinde de liman bölgelerimizde SO<sub>x</sub> emisyon oranları artmaktadır.

İnsan Sağlığı ve Ekosistemin Korunması İçin Hava Kalitesi Sınır Değerlerine bakıldığında (AB ve Türkiye için) [70], PM<sub>10</sub> emisyonunda uygulanan limitler AB için 24 saat sürede 50 µg/m<sup>3</sup> ve Türkiye için de 2017 yılı sınır değeri 24 saat sürede 50+20 µg/m<sup>3</sup> tür. Yapılan ölçümlere bakıldığında özellikle Esenler ilçesinde ölçüm yapılan 3 ay içerisinde 24 saatlik ölçüm sürelerinde sınır değerin belirli günlerde aşıldığı tespit edilmiştir. Ancak ortalama değerlere bakıldığında tüm ilçeler ve Ambarlı Limanı için, PM<sub>10</sub> emisyonunun Türkiye limit değerlerinin altında ve 1 Ocak 2019 yılı itibarıyla geçerli olacak AB limit değeri olan 50 µg/m<sup>3</sup> sınırında olduğu gözlemlenmiştir. NO<sub>2</sub> emisyonu için sınır değerler incelendiğinde, Ambarlı Limanı ve Kadıköy ilçesi için yıllık limit değeri olan 40 µg/m<sup>3</sup> ün (AB limit değeri) üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun sebepleri arasında Kadıköy ilçesinin yoğun trafik geçişinin yaşandığı İstanbul Boğazına yakınlığı ve bünyesinde barındırdığı Haydarpaşa Limanı olarak gösterilebilir. Ayrıca ölçüm yapılan süre içerisinde Ambarlı Limanına gelen gemilerin inşa yılı ortalamasının 2000 olması ve Uluslararası Denizcilik Örgütü kurallarına göre 2000 ve 2011 yılı ve öncesinde yapılan

gemilerden salınan NO<sub>x</sub> emisyonlarının yüksek olması gösterilebilir. SO<sub>2</sub> ve CO emisyonlarına bakıldığında ise limitler dâhilinde olduğu görülmektedir.

Son olarak yapılan hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizinde farklı açılarda konumlandırılmış tek bir gemi ve farklı işletme modundaki iki gemi modelleri kullanılarak, farklı rüzgar hızları için atmosfere yayılan SO<sub>2</sub>, NO, CO ve CO<sub>2</sub> emisyon yayılımları incelenmiştir. Analiz sonucunda; rüzgar hızına bağlı olarak hava akış doğrultusuna 45 derece açıyla konumlandırılmış olan modelde yapılan ölçümlerde, dört farklı emisyon türü için µg/m<sup>3</sup> olarak verilen değerlerde, tüm emisyon türleri için eğrilerin eğiliminin aynı olduğu ve sırasıyla en yüksek değerin CO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub> ve CO emisyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hava hızının artışı ile, emisyon değerleri logaritmik olarak azalarak artış gösterdiği görülmüştür.

Sonuç olarak; Ambarlı Limanının lojistik öneme sahip en büyük limanları arasında olması, liman kapasitesinin yıllar içerisinde artması ve konum olarak şehir merkezine yakınlığı düşünüldüğünde gemi kaynaklı egzoz gazı emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerini arttırmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ileride inşa edilecek liman bölgeleri tespit edilirken insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerine dikkat edilmelidir. Bunun dışında, meteorolojik veriler dikkate alınarak nem ve sıcaklık parametrelerine bağlı olarak limana yanaşma ve ayrılma için bir takvim oluşturulabilir. Ayrıca, gemilerin limanda kalış sürelerinin kısaltılması için, yükleme ve tahliye esnasında kullanılan teknolojilerin inovatif sistemler ile yer değiştirmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Keskin, U. ve Vardar, N., (2001). "A study on exhaust gas emissions from ships in Turkish Straits", *Atmospheric Environment*, 35:1863-1870.
- [2] Trozzi, C. ve Vaccaro, R., (1998). "Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships". *Techne Report MEET. (Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport) RF98*.
- [3] Trozzi, C. ve Vaccaro, R., (1999). "Actual and future air pollutant emissions from ships". In: Sturm, P.J. (Ed.), *Report of the Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics of Technical University Graz. 8th International Symposium Transport and Air Pollution including COST 319 Final Conference. Graz, Austria*, 403-415.
- [4] Deniz, C. ve Kılıç, A., (2010). "Estimation and Assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey", *Environmental Progress&Sustainable Energy*, 29(1):107-115.
- [5] Deniz, C., Kılıç, A., Cıvkaroglu, G., (2010). "Estimation of shipping emissions in Candarli Gulf, Turkey", *Environmental Monitoring and Assessement*, 171:219–228.
- [6] ENTEC (2005). *Preliminary assignment of ship emissions to European Countries, final report*. UK: ENTEC.
- [7] Kılıç, A. ve Deniz, C., (2010). "Inventory of Shipping Emissions in Izmit Gulf, Turkey", *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 29(2):221-232.
- [8] Lavender, K., Reynolds, G., Webster, A., (2006). "Emission inventory guidebook", UK: *Lloyds Register of Shipping*, V3.4
- [9] Saraçoğlu, H., (2010). *İzmir Limanına gelen gemilerin oluşturduğu Egzoz gazı emisonlarının incelenmesi ve çevresel etkileri*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [10] Deniz, C. ve Durmuşoğlu, Y., (2008). "Estimating shipping emissions in the region of the Sea of Marmara, Turkey", *Science of the total environment*, 390: 255-261.
- [11] Shi, Y., (2016). "Reducing greenhouse gas emissions from international shipping: Is it time to consider market-based measures?" *Marine Policy*, 64:123–134.

- [12] Rehmatulla, N. ve Smith, T., (2015). "Barriers to energy efficient and low carbon shipping", *Ocean Engineering*, 110:102–112.
- [13] Rehmatulla, N., Calleya, J., Smith, T., (2017). "The implementation of technical energy efficiency and CO<sub>2</sub> emission reduction measures in shipping", *Ocean Engineering*, 139:184–197.
- [14] Qiao, T., Zhao, M., Xiu, G., Yu, J., (2016). "Simultaneous monitoring and compositions analysis of PM<sub>1</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Shanghai: Implications for characterization of haze pollution and source apportionment", *Science of the Total Environment*, 557–558:386–394.
- [15] Liu, Y., Ge, Y., Tan, J., Fu, M., Shah, A.N., Li, L., Ji, Z., Ding, Y., (2018). "Emission characteristics of offshore fishing ships in the Yellow Bo Sea, China", *Journal of Environmental Sciences*, 65:83–91.
- [16] Winnes, H. ve Fridell, E., (2010). "Emissions of NO<sub>x</sub> and particles from manoeuvring ships", *Transportation Research Part D*, 15:204–211.
- [17] Xiao, F., Ligteringen, H., Gulijk, C.V., Ale, B., (2015). "Comparison study on AIS data of ship traffic behavior", *Ocean Engineering*, 95:84–93.
- [18] Peng, Z., Ge, Y., Tan, J., Fu, M., Wang, X., Chen, M., Yin, H., Ji, Z., (2016). "Emissions from several in-use ships tested by portable emission measurement system", *Ocean Engineering*, 116:260–267.
- [19] Yau, P.S., Lee, S.C., Corbett, J.J., Wang, C., Cheng, Y., Ho, K.F., (2012). "Estimation of exhaust emission from ocean-going vessels in Hong Kong", *Science of the Total Environment*, 431:299–306.
- [20] Zhang, F., Chena, Y., Tiana, C., Wang, X., Huang, G., Fang, Y., Zong, Z., (2014). "Identification and quantification of shipping emissions in Bohai Rim, China", *Science of the Total Environment*, 497–498:570–577.
- [21] Papaefthimiou, S., Sitzimis, I., Andriosopoulos, K., (2017). "A methodological approach for environmental characterization of ports", *Maritime Policy & Management*, 44(1):81–93.
- [22] Zhang, Y., Gu, Wang, W., Peng, Y., Wu, X., Feng, X., (2017). "Inland port vessel emissions inventory based on Ship Traffic Emission Assessment Model–Automatic Identification System", *Advances in Mechanical Engineering*, 9(7): 1–9.
- [23] Jalkanen, J.P., Brink, A., Kalli, J., Pettersson, H., Kukkonen, J., Stipa, T., (2009). "A modelling system for the exhaust emissions of marine traffic and its application in the Baltic Sea area", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9: 9209–9223.
- [24] Aksoyoglu, S., Baltensperger, U., Prévôt, A.S.H., (2016). "Contribution of ship emissions to the concentration and deposition of air pollutants in Europe", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16:1895–1906.
- [25] Misra, A., Panchabikesan, K., Gowrishankar, S.K., Ayyasamy, E., Ramalingam, V., (2017). "GHG emission accounting and mitigation strategies to reduce the

- carbon footprint in conventional port activities – a case of the Port of Chennai”, *Carbon Management*, 8(1):45-56
- [26] Cullinane, K., Tseng, P.H., Wilmsmeier, G., (2016). “Estimation of container ship emissions at berth in Taiwan”, *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(5):466-474.
  - [27] Murena, F., Prati, M.V., Quaranta, F., (2018). “Assessment of the impact of ship emissions on the air quality in Naples”, *Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources*, 1037-1041.
  - [28] Yao, X., Mou, J., Chen, P., Zhang, X. (2016). “Ship Emission Inventories in Estuary of the Yangtze River Using Terrestrial AIS Data”, *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(4)-633-640.
  - [29] Gonz’alez, C., P’erez-Labajos, C.A., Oria, J., Andr’es, M.A., (2015). “Methodology bottom-up for estimation of the Air Emissions Inventory and carbon footprint for tugboats”, *Journal Of Maritime Research*, 12(2):103–108.
  - [30] Song, S., (2014). “Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port”, *Atmospheric Environment*, 82:288-297.
  - [31] Tseng, W.J., Ding, J.F., Chang, K.H., (2017). “Evaluating key environmental risk factors for pollution at international ports in Taiwan”, *Brodogradnja/Shipbuilding*, 68(1):1-15.
  - [32] Ramacher, M., Karl, M., Aulinger, A., Bieser, J., Matthias, V., Quante, M., (2016). “Modelling the emissions from ships in ports and their impact on air quality in the metropolitan area of Hamburg”, *Geophysical Research Abstracts*, 18.
  - [33] Butterfield, D.M. ve Quincey, P., (2017). “An Investigation into the Effects of Off-Shore Shipping Emissions on Coastal Black Carbon Concentrations”, *Aerosol and Air Quality Research*, 17: 218–229.
  - [34] Buccolieri, R., Cesari, R., Dinoi, A., Maurizi, A., Tampieri, F., Sabatino, S.D., (2016). “Impact of ship emissions on local air quality in a Mediterranean city’s harbour after the European sulphur directive”, *International Journal of Environment and Pollution*, 59(1):30-42.
  - [35] Chen, D., Zhao, Y., Nelson, P., Li, Y., Wang, X., Zhou, Y., Lang, J., Guo, X., (2016). “Estimating ship emissions based on AIS data for port of Tianjin, China”, *Atmospheric Environment*, 145:10-18.
  - [36] Tzannatos, E., (2010). “Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece”, *Atmospheric Environment*, 44:400-407.
  - [37] Kilic, A. and Tzannatos, E., (2014). “Ship Emissions and Their Externalities at the Container Terminal of Piraeus – Greece”, *International Journal of Environmental Research*, 8(4):1329-1340.
  - [38] Kocaman Y., Bilgili L., Çelebi U.B., Ünlügençoğlu K., (2016). “Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlerin Emisyon Ölçümü”, *GMO Shipmar* 2016.

- [39] Demirel H., Ünlügençoğlu K., Alarcin F., Balin A., (2015). "Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Proses For Error Detection of Auxilary Systems of Ship Main Diesel Engines", International Journal Of Maritime Engineering, 157:105-111.
- [40] Ünlügençoğlu, K., Kökkülünk, G., Alarcin, F., (2018). "Ambarlı Limanı Hava Kalitesinin Avrupa ve Türkiye Sınır Değerleri Açısından Değerlendirilmesi" Transist İstanbul Ulaşım Kongresi.
- [41] TSE, Standard, Vol. 653, Nisan 2017, Ekonomik ve Teknik Dergi, <https://statik.tse.org.tr/upload/tr/dosya/icerikyonetimi/7844/20062017101007-2.pdf>, 12.05.2018.
- [42] ENTEC (2010). UK Ship Emissions Inventory, Final Report, [https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat15/1012131459\\_21897\\_Final\\_Report\\_291110.pdf](https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat15/1012131459_21897_Final_Report_291110.pdf), 06.11.2017.
- [43] <http://www.equasis.org/EquasisWeb/public/HomePage>, 10.10.2017.
- [44] Trozzi, C., De Lauretis, R., (2013). EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, International Navigation, National Navigation, National Fishing. 1-40.
- [45] ENTEC (2002). European Commission Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Final Report.
- [46] <http://www.mardas.com.tr/Armatorluk/mardas.aspx?id=131&lang=tr>, 06.05.2018.
- [47] [https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik\\_yuk.aspx](https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_yuk.aspx), 06.05.2018.
- [48] [http://www.marport.com.tr/marport\\_hakkinda/tanitim.html](http://www.marport.com.tr/marport_hakkinda/tanitim.html), 06.05.2018.
- [49] <http://www.environnement-sa.com/products-page/en/air-quality-monitoring-en/ac32m-analyzer-oxides-nitrogen-no-nox-no2-2/>, 08.06.2018.
- [50] [http://www.environnement.it/public/articoli/47/Files/CO12M\\_2014.pdf](http://www.environnement.it/public/articoli/47/Files/CO12M_2014.pdf), 08.06.2018.
- [51] [http://www.envirolab.rs/pdf/af22m\\_uk.pdf](http://www.envirolab.rs/pdf/af22m_uk.pdf), 08.06.2018.
- [52] [http://www.environnement.it/public/articoli/51/Files/mp101m\\_cpm\\_real-time-particulate\\_monitor\\_en\\_1116.pdf](http://www.environnement.it/public/articoli/51/Files/mp101m_cpm_real-time-particulate_monitor_en_1116.pdf), 08.06.2018.
- [53] Sinha, P., Hobbs, P.V., Yokelson, R.J., Christian, T.J., Kirchstetter, T.W., Bruintjes, R., (2003). "Emissions of trace gases and particles from two ships in the southern Atlantic Ocean", 37(15): 2139-2148.
- [54] <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> (Erişim Tarihi: 14.07.2018)
- [55] <http://mthmm.csb.gov.tr/>, 14.07.2018.
- [56] <https://www.nufusu.com/ilceleri/istanbul-ilceleri-nufusu>, 22.07.2018.
- [57] Pulkrabek, W.W., (2004). Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Second Edition, Pearson Prentice-Hall, New Jersey.

- [58] Kökkülünk, G., (2010). Su Buharı Enjeksiyonlu Bir Dizel Motorunda Egzoz Gazları Geri Dolaşımının (EGR) Performans ve Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [59] Ferguson, C.R. ve Kirkpatrick, A.T., (2001). Internal Combustion Engines Applied Thermosciences, Second Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
- [60] Hasaıcebi, A., (2002). İstanbul Atatürk Havalimanı Pat Sahasında HC ve CO Emisyonlarının Ölçüm ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [61] Kılıç, İ., (2015). Kara ve Deniz Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması: Türkiye için Durum Değerlendirmesi, UDHB, Denizcilik Uzmanlık Tezi, Ankara.
- [62] İlkışık, M.F., (2012). Marpol Birleştirilmiş 2011 Baskısı, Baskı Mas Matbaacılık A.Ş., İstanbul.
- [63] Uçar, F.O. (2014). Samsun ili Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri, Denizcilik Uzmanlık Tezi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.
- [64] Caprotti, R., (1999). "Harm Free Use of Diesel Additives", Automotive Engineering International, 107:84-88.
- [65] IMO, MARPOL Annex VI, Regulation 14.
- [66] Taşdemir, Y. (2002). "Bursa'da kükürt dioksitten kaynaklanan hava kirliliği". Ekoloji Çevre Dergisi, 11(42):12-15.
- [67] Poschl, U., (2005), "Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects", Angewandte Chemie International Edition, 44:7520-7540.
- [68] Varınca, K.B., Güneş, G., Ertürk, F., Hava Kirlleticilerinin insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerine etkileri, <http://www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin020.pdf>, 02.07.2018.
- [69] Kılıç, A., (2014). Marmara Bölgesi' ndeki Deniz Ve Hava Taşımacılığında Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Oluşturulması ve Hava Kirliliğinin Modellenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [70] <https://cevrekoruma.ibb.gov.tr/Dokumanlar/hava/limitdegerler.pdf>, 06.09.2018.

## TASNİFLİ GEMİ LİSTESİ

| Gemi No | Geliş Sayısı | GRT   | İnşa Yılı | Tam Boy, m | Ana Makine Gücü, kW | Ana Makine Devri, rpm | Yardımcı Makine Gücü, kW | Seyir Süresi, h | Manevra Süresi, h | Liman Süresi, h |
|---------|--------------|-------|-----------|------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1       | 2            | 2466  | 1985      | 114,02     | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 14              |
| 2       | 1            | 2795  | 1983      | 95,61      | 1471                | 700                   | 300                      | 1               | 2                 | 14              |
| 3       | 2            | 10384 | 1998      | 149        | 11520               | 123                   | 1800                     | 1               | 2                 | 18              |
| 4       | 1            | 1995  | 1996      | 88,49      | 1276                | 900                   | 65                       | 1               | 2                 | 14              |
| 5       | 3            | 1343  | 1984      | 80,15      | 1610                | 450                   | 165                      | 1               | 2                 | 12              |
| 6       | 2            | 2498  | 1984      | 98,06      | 1610                | 800                   | 165                      | 1               | 2                 | 14              |
| 7       | 1            | 75579 | 2008      | 305,4      | 68382               | 100                   | 3600                     | 1               | 2                 | 27              |
| 8       | 6            | 9962  | 2005      | 134,4      | 3012                | 500                   | 515                      | 1               | 2                 | 17              |
| 9       | 6            | 15120 | 1997      | 168,78     | 9541                | 123                   | 265                      | 1               | 2                 | 20              |
| 10      | 1            | 3712  | 2008      | 126,83     | 3960                | 181                   | 398                      | 1               | 2                 | 14              |
| 11      | 1            | 5313  | 2009      | 115,46     | 3840                | 600                   | 390                      | 1               | 2                 | 15              |
| 12      | 1            | 2879  | 1979      | 108,04     | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 14              |
| 13      | 3            | 1369  | 1974      | 80         | 1610                | 450                   | 165                      | 1               | 2                 | 12              |
| 14      | 2            | 15122 | 1990      | 166,7      | 9946                | 123                   | 560                      | 1               | 2                 | 19,5            |
| 15      | 2            | 2902  | 1980      | 91,29      | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 14              |
| 16      | 2            | 1543  | 1978      | 91,29      | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 12              |
| 17      | 3            | 1908  | 1983      | 81,62      | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 14              |
| 18      | 1            | 1957  | 1985      | 87,95      | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 14              |
| 19      | 3            | 1927  | 1983      | 81,62      | 3920                | 755                   | 256                      | 1               | 2                 | 14              |
| 20      | 2            | 4090  | 2002      | 100,6      | 2980                | 750                   | 395                      | 1               | 2                 | 15              |
| 21      | 1            | 25391 | 2004      | 207,4      | 21560               | 99                    | 1300                     | 1               | 2                 | 22              |
| 22      | 7            | 26061 | 2003      | 195,6      | 24850               | 91                    | 1200                     | 1               | 2                 | 22              |
| 23      | 2            | 15334 | 2008      | 166,2      | 11120               | 428                   | 1620                     | 1               | 2                 | 20              |
| 24      | 3            | 9996  | 2007      | 139,2      | 9600                | 500                   | 2000                     | 1               | 2                 | 17              |
| 25      | 4            | 10308 | 2006      | 149        | 10500               | 127                   | 570                      | 1               | 2                 | 20              |
| 26      | 2            | 10308 | 2007      | 148,53     | 10500               | 127                   | 570                      | 1               | 2                 | 20              |
| 27      | 4            | 10308 | 2007      | 148,53     | 10500               | 127                   | 570                      | 1               | 2                 | 20,5            |

|    |    |        |      |        |       |      |      |   |   |      |
|----|----|--------|------|--------|-------|------|------|---|---|------|
| 28 | 2  | 2966   | 1993 | 98,75  | 7829  | 750  | 336  | 1 | 2 | 14   |
| 29 | 2  | 998    | 1981 | 69,4   | 840   | 350  | 40   | 1 | 2 | 10   |
| 30 | 1  | 25391  | 2003 | 207,3  | 21560 | 99   | 965  | 1 | 2 | 22   |
| 31 | 1  | 40741  | 2009 | 258,89 | 36560 | 104  | 2100 | 1 | 2 | 26   |
| 32 | 1  | 82794  | 2005 | 300,1  | 68520 | 104  | 2128 | 1 | 2 | 32   |
| 33 | 2  | 34610  | 2003 | 235,6  | 28880 | 104  | 980  | 1 | 2 | 25   |
| 34 | 11 | 17687  | 2009 | 184    | 9041  | 108  | 780  | 1 | 2 | 23,5 |
| 35 | 1  | 7891   | 2009 | 119,95 | 5970  | 176  | 333  | 1 | 2 | 16   |
| 36 | 2  | 7893   | 2008 | 119,95 | 5970  | 176  | 333  | 1 | 2 | 16   |
| 37 | 2  | 6362   | 1997 | 121,4  | 5300  | 514  | 319  | 1 | 2 | 11   |
| 38 | 1  | 16162  | 2007 | 161,3  | 12640 | 127  | 1760 | 1 | 2 | 20   |
| 39 | 2  | 27093  | 2002 | 210    | 24840 | 91   | 1250 | 1 | 2 | 24   |
| 40 | 1  | 35991  | 2007 | 231    | 31920 | 104  | 1400 | 1 | 2 | 26   |
| 41 | 2  | 21092  | 2008 | 182,5  | 13280 | 127  | 740  | 1 | 2 | 21   |
| 42 | 2  | 40855  | 2013 | 228    | 21160 | 102  | 1950 | 1 | 2 | 24   |
| 43 | 5  | 2658   | 1985 | 90     | 3280  | 210  | 180  | 1 | 2 | 14   |
| 44 | 9  | 794    | 1986 | 58,27  | 791   | 338  | 72   | 1 | 2 | 10   |
| 45 | 1  | 2516   | 1974 | 113,92 | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 46 | 3  | 69809  | 2014 | 270,9  | 27060 | 78   | 1800 | 1 | 2 | 27   |
| 47 | 1  | 1908   | 1977 | 81     | 440   | 1000 | 100  | 1 | 2 | 14   |
| 48 | 1  | 5166   | 2005 | 139,6  | 3840  | 600  | 390  | 1 | 2 | 15   |
| 49 | 1  | 5223   | 2007 | 137,25 | 3840  | 600  | 390  | 1 | 2 | 15   |
| 50 | 1  | 4962   | 1992 | 139    | 2993  | 500  | 240  | 1 | 2 | 15   |
| 51 | 1  | 26936  | 2009 | 211,9  | 21870 | 99   | 2720 | 1 | 2 | 24   |
| 52 | 8  | 17687  | 2008 | 184    | 13281 | 127  | 888  | 1 | 2 | 13,5 |
| 53 | 2  | 94440  | 2015 | 299,9  | 41400 | 105  | 2600 | 1 | 2 | 32   |
| 54 | 2  | 73157  | 2001 | 300,4  | 68520 | 104  | 2800 | 1 | 2 | 27   |
| 55 | 1  | 111249 | 2008 | 350    | 65880 | 100  | 3060 | 1 | 2 | 32   |
| 56 | 4  | 95793  | 2014 | 299,95 | 47430 | 78   | 4345 | 1 | 2 | 32   |
| 57 | 3  | 72884  | 2010 | 300    | 57200 | 74   | 2800 | 1 | 2 | 27   |
| 58 | 2  | 72884  | 2010 | 300    | 57200 | 74   | 2800 | 1 | 2 | 27   |
| 59 | 3  | 95793  | 2015 | 299,95 | 47430 | 78   | 4345 | 1 | 2 | 32   |
| 60 | 2  | 96424  | 2015 | 300    | 41400 | 105  | 2600 | 1 | 2 | 32   |
| 61 | 1  | 95793  | 2015 | 299,95 | 47430 | 78   | 4345 | 1 | 2 | 32   |
| 62 | 1  | 2415   | 2011 | 86     | 2000  | 750  | 129  | 1 | 2 | 14   |
| 63 | 2  | 15120  | 1997 | 168,80 | 11060 | 127  | 560  | 1 | 2 | 17   |
| 64 | 3  | 16129  | 2002 | 160,5  | 12640 | 127  | 1140 | 1 | 2 | 20   |
| 65 | 4  | 94623  | 2016 | 299,9  | 41400 | 105  | 2600 | 1 | 2 | 32   |
| 66 | 2  | 93702  | 2016 | 300    | 36870 | 80   | 2584 | 1 | 2 | 32   |
| 67 | 2  | 94623  | 2017 | 299,9  | 41400 | 105  | 2600 | 1 | 2 | 32   |
| 68 | 2  | 65531  | 2001 | 280    | 43100 | 100  | 1983 | 1 | 2 | 26   |
| 69 | 3  | 41358  | 2009 | 262    | 36160 | 105  | 2400 | 1 | 2 | 24   |
| 70 | 8  | 17687  | 2007 | 184    | 13280 | 127  | 888  | 1 | 2 | 10,5 |
| 71 | 4  | 2952   | 1974 | 98     | 1200  | 900  | 199  | 1 | 2 | 14   |

|     |    |        |      |        |       |      |      |   |   |      |
|-----|----|--------|------|--------|-------|------|------|---|---|------|
| 72  | 12 | 634    | 1989 | 62,45  | 790   | 350  | 100  | 1 | 2 | 3    |
| 73  | 1  | 2879   | 1986 | 108,4  | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 74  | 11 | 17687  | 2008 | 184    | 13280 | 127  | 888  | 1 | 2 | 21,5 |
| 75  | 1  | 5684   | 2007 | 139,72 | 3840  | 600  | 390  | 1 | 2 | 15   |
| 76  | 4  | 6378   | 1999 | 121,89 | 5280  | 510  | 638  | 1 | 2 | 11   |
| 77  | 2  | 9931   | 2005 | 147,8  | 9730  | 428  | 570  | 1 | 2 | 17   |
| 78  | 1  | 9935   | 2007 | 140,67 | 9000  | 514  | 515  | 1 | 2 | 17   |
| 79  | 1  | 970    | 1980 | 70,01  | 840   | 350  | 40   | 1 | 2 | 10   |
| 80  | 8  | 30047  | 2002 | 207,9  | 24840 | 91   | 1260 | 1 | 2 | 16,5 |
| 81  | 1  | 9981   | 2006 | 134,4  | 8400  | 500  | 1112 | 1 | 2 | 17   |
| 82  | 2  | 884    | 1996 | 69,00  | 791   | 338  | 72   | 1 | 2 | 10   |
| 83  | 4  | 32968  | 2007 | 212,84 | 28880 | 104  | 1890 | 1 | 2 | 24,5 |
| 84  | 1  | 113973 | 2011 | 349    | 68644 | 100  | 4000 | 1 | 2 | 32   |
| 85  | 1  | 2988   | 1994 | 92,8   | 2650  | 600  | 270  | 1 | 2 | 14   |
| 86  | 1  | 2678   | 2008 | 89,3   | 3280  | 210  | 180  | 1 | 2 | 14   |
| 87  | 1  | 3338   | 1991 | 104    | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 88  | 1  | 27681  | 2004 | 221,6  | 21560 | 99   | 1300 | 1 | 2 | 24   |
| 89  | 3  | 9601   | 1992 | 149,5  | 7980  | 148  | 570  | 1 | 2 | 7,5  |
| 90  | 6  | 736    | 1971 | 63,00  | 791   | 338  | 72   | 1 | 2 | 10   |
| 91  | 3  | 26195  | 2011 | 210,49 | 21770 | 108  | 1509 | 1 | 2 | 24   |
| 92  | 9  | 1598   | 1984 | 84,21  | 1208  | 370  | 100  | 1 | 2 | 12   |
| 93  | 2  | 1588   | 1980 | 81,2   | 1208  | 370  | 100  | 1 | 2 | 12   |
| 94  | 1  | 142295 | 2012 | 366,52 | 68450 | 174  | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 95  | 10 | 18335  | 2000 | 175    | 14325 | 105  | 1250 | 1 | 2 | 10   |
| 96  | 13 | 18327  | 2006 | 175,47 | 14280 | 105  | 1320 | 1 | 2 | 7,5  |
| 97  | 1  | 2705   | 2007 | 93,62  | 1499  | 775  | 230  | 1 | 2 | 14   |
| 98  | 3  | 27786  | 2006 | 221,62 | 21770 | 108  | 1015 | 1 | 2 | 24   |
| 99  | 2  | 17665  | 2005 | 94,72  | 11060 | 127  | 888  | 1 | 2 | 19   |
| 100 | 1  | 4150   | 2004 | 94,74  | 2880  | 600  | 228  | 1 | 2 | 15   |
| 101 | 1  | 25406  | 2004 | 207,4  | 21735 | 91   | 1505 | 1 | 2 | 22   |
| 102 | 2  | 94684  | 2015 | 299,98 | 41400 | 105  | 2600 | 1 | 2 | 32   |
| 103 | 10 | 2321   | 2007 | 80,8   | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 104 | 1  | 2426   | 1986 | 108,4  | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 105 | 4  | 15345  | 2007 | 168    | 10080 | 124  | 1360 | 1 | 2 | 20   |
| 106 | 2  | 10546  | 1993 | 149    | 10000 | 425  | 950  | 1 | 2 | 13   |
| 107 | 39 | 1853   | 1989 | 83     | 440   | 1000 | 100  | 1 | 2 | 14   |
| 108 | 1  | 2466   | 1980 | 114,02 | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 109 | 1  | 2061   | 1985 | 87,99  | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 110 | 2  | 21092  | 2008 | 182,5  | 12640 | 127  | 740  | 1 | 2 | 21   |
| 111 | 9  | 17687  | 2007 | 184    | 12640 | 127  | 888  | 1 | 2 | 7,5  |
| 112 | 2  | 9981   | 2006 | 134,4  | 8400  | 500  | 1112 | 1 | 2 | 17   |
| 113 | 3  | 25361  | 2001 | 207,4  | 19810 | 108  | 1036 | 1 | 2 | 22,5 |
| 114 | 6  | 21092  | 2012 | 182,4  | 15785 | 105  | 740  | 1 | 2 | 21   |
| 115 | 1  | 3338   | 1979 | 93,81  | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |

|     |    |        |      |        |       |     |      |   |   |      |
|-----|----|--------|------|--------|-------|-----|------|---|---|------|
| 116 | 4  | 14062  | 2001 | 154,52 | 11060 | 127 | 888  | 1 | 2 | 16,5 |
| 117 | 3  | 14193  | 2004 | 155    | 11060 | 127 | 888  | 1 | 2 | 16   |
| 118 | 1  | 9962   | 2004 | 134    | 8400  | 500 | 800  | 1 | 2 | 17   |
| 119 | 4  | 4998   | 1986 | 115    | 2993  | 500 | 240  | 1 | 2 | 15   |
| 120 | 2  | 88     | 1990 | 23,00  | 2000  | 300 | 100  | 1 | 2 | 1    |
| 121 | 4  | 14241  | 1999 | 158    | 10010 | 127 | 880  | 1 | 2 | 20   |
| 122 | 4  | 5124   | 1996 | 105    | 3089  | 210 | 216  | 1 | 2 | 15   |
| 123 | 4  | 5255   | 2001 | 99,97  | 4192  | 170 | 280  | 1 | 2 | 15   |
| 124 | 10 | 9991   | 1997 | 139,1  | 10000 | 425 | 470  | 1 | 2 | 17   |
| 125 | 1  | 142295 | 2014 | 366,5  | 68450 | 174 | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 126 | 1  | 10384  | 1997 | 149    | 11638 | 128 | 1000 | 1 | 2 | 18   |
| 127 | 1  | 46009  | 2002 | 281    | 51722 | 102 | 5220 | 1 | 2 | 24   |
| 128 | 2  | 40855  | 2013 | 228,8  | 21160 | 102 | 1950 | 1 | 2 | 24   |
| 129 | 12 | 18321  | 2008 | 175    | 15785 | 105 | 1260 | 1 | 2 | 15   |
| 130 | 4  | 14236  | 2002 | 154,54 | 10061 | 127 | 782  | 1 | 2 | 19   |
| 131 | 1  | 4902   | 1992 | 111,6  | 2993  | 500 | 240  | 1 | 2 | 15   |
| 132 | 1  | 1941   | 1992 | 111,6  | 1248  | 375 | 181  | 1 | 2 | 14   |
| 133 | 5  | 14063  | 1998 | 155    | 9989  | 127 | 932  | 1 | 2 | 16   |
| 134 | 3  | 35835  | 2008 | 225    | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 20,5 |
| 135 | 3  | 35835  | 2008 | 223,5  | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 22   |
| 136 | 2  | 35835  | 2009 | 223,5  | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 27   |
| 137 | 2  | 35835  | 2008 | 225    | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 17,5 |
| 138 | 2  | 35835  | 2009 | 225    | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 25,5 |
| 139 | 3  | 35835  | 2009 | 225    | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 24,5 |
| 140 | 2  | 35835  | 2008 | 223,5  | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 16   |
| 141 | 4  | 35835  | 2008 | 223,5  | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 21   |
| 142 | 1  | 25406  | 2004 | 207,51 | 21500 | 99  | 1036 | 1 | 2 | 20   |
| 143 | 1  | 153153 | 2017 | 353,02 | 54960 | 80  | 2850 | 1 | 2 | 26   |
| 144 | 4  | 80942  | 1998 | 299    | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 46   |
| 145 | 4  | 80609  | 2001 | 300    | 65880 | 100 | 2730 | 1 | 2 | 16   |
| 146 | 3  | 80942  | 1998 | 299    | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 27   |
| 147 | 4  | 80942  | 1998 | 285,8  | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 28   |
| 148 | 2  | 80942  | 1998 | 299    | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 28   |
| 149 | 3  | 80609  | 2001 | 300    | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 18,5 |
| 150 | 2  | 80942  | 1998 | 299    | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 20   |
| 151 | 3  | 80609  | 2001 | 299,92 | 65880 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 27   |
| 152 | 1  | 4953   | 2002 | 140    | 2993  | 500 | 240  | 1 | 2 | 15   |
| 153 | 2  | 94416  | 2015 | 299,97 | 41400 | 105 | 2600 | 1 | 2 | 32   |
| 154 | 4  | 12827  | 1999 | 153,6  | 13220 | 127 | 880  | 1 | 2 | 5    |
| 155 | 1  | 12827  | 2000 | 153,6  | 13220 | 127 | 880  | 1 | 2 | 20   |
| 156 | 8  | 17687  | 2006 | 184    | 11060 | 127 | 888  | 1 | 2 | 12   |
| 157 | 4  | 25414  | 2005 | 207,46 | 20930 | 108 | 2050 | 1 | 2 | 22,5 |
| 158 | 1  | 25414  | 2005 | 207,46 | 10000 | 450 | 905  | 1 | 2 | 15,5 |
| 159 | 5  | 14067  | 2004 | 145,56 | 11060 | 127 | 780  | 1 | 2 | 16,5 |

|     |    |        |      |        |       |     |      |   |   |      |
|-----|----|--------|------|--------|-------|-----|------|---|---|------|
| 160 | 3  | 7532   | 2007 | 126,79 | 8000  | 514 | 900  | 1 | 2 | 13   |
| 161 | 1  | 7532   | 2007 | 127    | 8000  | 514 | 900  | 1 | 2 | 13   |
| 162 | 1  | 30024  | 2002 | 207,9  | 21735 | 91  | 1260 | 1 | 2 | 18,5 |
| 163 | 2  | 75579  | 2008 | 305    | 68382 | 100 | 3600 | 1 | 2 | 27   |
| 164 | 1  | 10925  | 1996 | 151,4  | 9570  | 450 | 1058 | 1 | 2 | 19   |
| 165 | 2  | 9966   | 2003 | 147,87 | 9730  | 500 | 515  | 1 | 2 | 17   |
| 166 | 4  | 6310   | 1996 | 100,8  | 4500  | 500 | 405  | 1 | 2 | 11   |
| 167 | 4  | 6285   | 1995 | 100,8  | 6000  | 500 | 405  | 1 | 2 | 11   |
| 168 | 48 | 1720   | 1985 | 94     | 737   | 350 | 158  | 1 | 2 | 4    |
| 169 | 3  | 6310   | 1996 | 101    | 4500  | 500 | 405  | 1 | 2 | 11   |
| 170 | 1  | 1562   | 1976 | 73,21  | 1208  | 370 | 100  | 1 | 2 | 12   |
| 171 | 3  | 14062  | 2002 | 154,43 | 11060 | 127 | 888  | 1 | 2 | 15   |
| 172 | 2  | 4631   | 1999 | 113,8  | 4274  | 170 | 400  | 1 | 2 | 15   |
| 173 | 1  | 4970   | 1994 | 139,95 | 2993  | 500 | 240  | 1 | 2 | 15   |
| 174 | 2  | 11925  | 1998 | 149,6  | 11520 | 123 | 888  | 1 | 2 | 20   |
| 175 | 1  | 5716   | 2009 | 139,99 | 3840  | 600 | 390  | 1 | 2 | 15   |
| 176 | 4  | 17687  | 2007 | 184    | 13280 | 127 | 888  | 1 | 2 | 14,5 |
| 177 | 5  | 15334  | 2008 | 166,15 | 11200 | 428 | 1620 | 1 | 2 | 20   |
| 178 | 1  | 25580  | 2002 | 207,4  | 19610 | 108 | 2000 | 1 | 2 | 22   |
| 179 | 3  | 7852   | 2009 | 140,5  | 8400  | 500 | 800  | 1 | 2 | 14   |
| 180 | 3  | 1361   | 1977 | 74,05  | 1610  | 450 | 165  | 1 | 2 | 12   |
| 181 | 1  | 3493   | 1991 | 74,05  | 2000  | 800 | 371  | 1 | 2 | 14   |
| 182 | 1  | 9981   | 2006 | 139,2  | 9600  | 514 | 515  | 1 | 2 | 17   |
| 183 | 2  | 54304  | 2004 | 294,1  | 41040 | 104 | 1980 | 1 | 2 | 10   |
| 184 | 1  | 143521 | 2012 | 365,5  | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 185 | 2  | 24836  | 2000 | 217    | 23040 | 500 | 1036 | 1 | 2 | 21   |
| 186 | 2  | 143521 | 2012 | 365,8  | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 187 | 5  | 54771  | 2005 | 294,1  | 49410 | 100 | 1980 | 1 | 2 | 16   |
| 188 | 1  | 25219  | 1998 | 216    | 25000 | 428 | 1036 | 1 | 2 | 8,5  |
| 189 | 4  | 32060  | 2007 | 210,85 | 21735 | 91  | 1260 | 1 | 2 | 25   |
| 190 | 4  | 50963  | 2007 | 275    | 39970 | 104 | 2380 | 1 | 2 | 16   |
| 191 | 5  | 29181  | 1996 | 202    | 16860 | 91  | 1360 | 1 | 2 | 8    |
| 192 | 4  | 40108  | 2002 | 257,9  | 36450 | 102 | 2380 | 1 | 2 | 26   |
| 193 | 2  | 54304  | 2004 | 294,1  | 41130 | 94  | 1980 | 1 | 2 | 16   |
| 194 | 3  | 28892  | 1994 | 202,8  | 19670 | 91  | 3480 | 1 | 2 | 5,5  |
| 195 | 1  | 151559 | 2010 | 366,1  | 68520 | 104 | 3500 | 1 | 2 | 40   |
| 196 | 1  | 39812  | 2001 | 258    | 36450 | 102 | 1700 | 1 | 2 | 26   |
| 197 | 1  | 151559 | 2010 | 365,5  | 68520 | 104 | 3500 | 1 | 2 | 40   |
| 198 | 2  | 153115 | 2010 | 365,5  | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 50   |
| 199 | 1  | 40631  | 1999 | 260    | 32400 | 102 | 1036 | 1 | 2 | 26   |
| 200 | 6  | 27103  | 1987 | 177,6  | 13440 | 95  | 1240 | 1 | 2 | 14   |
| 201 | 1  | 8656   | 2004 | 137,42 | 5920  | 173 | 500  | 1 | 2 | 23,5 |
| 202 | 1  | 151559 | 2010 | 366,1  | 68520 | 104 | 3500 | 1 | 2 | 48   |
| 203 | 4  | 28397  | 1995 | 200,2  | 16260 | 98  | 1292 | 1 | 2 | 8    |

|     |   |        |      |        |       |      |      |   |   |      |
|-----|---|--------|------|--------|-------|------|------|---|---|------|
| 204 | 1 | 151559 | 2009 | 366,1  | 68520 | 104  | 3500 | 1 | 2 | 50   |
| 205 | 1 | 140096 | 2012 | 366    | 68520 | 104  | 4000 | 1 | 2 | 39,5 |
| 206 | 4 | 64054  | 1996 | 274,4  | 54814 | 104  | 1755 | 1 | 2 | 14   |
| 207 | 3 | 61870  | 2011 | 270    | 39970 | 104  | 2380 | 1 | 2 | 11,5 |
| 208 | 1 | 37398  | 1993 | 243    | 24500 | 102  | 1100 | 1 | 2 | 26   |
| 209 | 2 | 29181  | 1995 | 202    | 16860 | 91   | 1180 | 1 | 2 | 24   |
| 210 | 1 | 52191  | 1988 | 294,2  | 45700 | 94   | 2200 | 1 | 2 | 25   |
| 211 | 4 | 64054  | 1996 | 274,67 | 54840 | 94   | 1775 | 1 | 2 | 13   |
| 212 | 4 | 53208  | 2000 | 294    | 41130 | 94   | 2100 | 1 | 2 | 17   |
| 213 | 3 | 30280  | 1996 | 201,4  | 28880 | 104  | 1760 | 1 | 2 | 12   |
| 214 | 3 | 66399  | 2008 | 277,3  | 51480 | 94   | 2300 | 1 | 2 | 16,5 |
| 215 | 2 | 143521 | 2011 | 365,5  | 68520 | 104  | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 216 | 1 | 143521 | 2012 | 365,5  | 68520 | 104  | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 217 | 1 | 2401   | 1982 | 89     | 1248  | 1500 | 133  | 1 | 2 | 14   |
| 218 | 2 | 21092  | 2011 | 182,98 | 13280 | 127  | 740  | 1 | 2 | 21   |
| 219 | 4 | 10546  | 1993 | 149    | 10000 | 450  | 905  | 1 | 2 | 16   |
| 220 | 1 | 4949   | 2006 | 83     | 2426  | 360  | 191  | 1 | 2 | 15   |
| 221 | 7 | 6355   | 1978 | 121    | 3952  | 180  | 255  | 1 | 2 | 16   |
| 222 | 3 | 27733  | 2000 | 198,6  | 23897 | 108  | 1250 | 1 | 2 | 16,5 |
| 223 | 1 | 4291   | 2015 | 82,2   | 14000 | 750  | 3500 | 1 | 2 | 15   |
| 224 | 2 | 21092  | 2011 | 182,5  | 15820 | 105  | 750  | 1 | 2 | 21   |
| 225 | 1 | 142295 | 2012 | 366,5  | 68530 | 97   | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 226 | 1 | 26061  | 2002 | 195,6  | 22480 | 91   | 1200 | 1 | 2 | 22   |
| 227 | 1 | 1896   | 1984 | 77,53  | 440   | 1000 | 100  | 1 | 2 | 7    |
| 228 | 2 | 21092  | 2008 | 182,5  | 13280 | 127  | 740  | 1 | 2 | 21   |
| 229 | 3 | 35975  | 2007 | 231    | 31920 | 104  | 1400 | 1 | 2 | 10   |
| 230 | 2 | 41078  | 2007 | 231    | 31920 | 104  | 1760 | 1 | 2 | 24   |
| 231 | 1 | 36007  | 2007 | 231    | 31920 | 104  | 1760 | 1 | 2 | 7,5  |
| 232 | 1 | 2441   | 1981 | 108,4  | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 233 | 1 | 2466   | 1981 | 114    | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 234 | 3 | 2874   | 1991 | 91     | 1100  | 740  | 212  | 1 | 2 | 14   |
| 235 | 2 | 40168  | 2007 | 257,9  | 36450 | 102  | 2380 | 1 | 2 | 26   |
| 236 | 1 | 2068   | 1986 | 108,4  | 3920  | 755  | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 237 | 1 | 4422   | 2006 | 100,91 | 2880  | 600  | 292  | 1 | 2 | 15   |
| 238 | 5 | 10308  | 2001 | 149    | 10500 | 127  | 709  | 1 | 2 | 18   |
| 239 | 9 | 10308  | 2002 | 149    | 10500 | 127  | 468  | 1 | 2 | 18   |
| 240 | 1 | 14201  | 1985 | 154,86 | 4355  | 600  | 523  | 1 | 2 | 20   |
| 241 | 2 | 2696   | 1985 | 92     | 1780  | 900  | 270  | 1 | 2 | 14   |
| 242 | 1 | 4970   | 2008 | 128,2  | 2993  | 500  | 240  | 1 | 2 | 15   |
| 243 | 4 | 10396  | 1992 | 146,7  | 8800  | 431  | 677  | 1 | 2 | 18   |
| 244 | 1 | 3173   | 2006 | 98,92  | 3000  | 600  | 365  | 1 | 2 | 14   |
| 245 | 3 | 16129  | 2003 | 160,5  | 12640 | 127  | 1530 | 1 | 2 | 20   |
| 246 | 1 | 2938   | 1996 | 89,5   | 1200  | 900  | 199  | 1 | 2 | 14   |
| 247 | 3 | 73899  | 2009 | 286,5  | 45765 | 102  | 5428 | 1 | 2 | 27   |

|     |    |        |      |        |       |     |      |   |   |      |
|-----|----|--------|------|--------|-------|-----|------|---|---|------|
| 248 | 4  | 11153  | 1998 | 147,98 | 9480  | 127 | 580  | 1 | 2 | 20   |
| 249 | 7  | 15120  | 1997 | 168,78 | 9581  | 123 | 560  | 1 | 2 | 19   |
| 250 | 2  | 35835  | 2009 | 225    | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 15,5 |
| 251 | 3  | 35835  | 2009 | 223,3  | 29231 | 104 | 2055 | 1 | 2 | 26   |
| 252 | 2  | 36087  | 2009 | 228,5  | 28880 | 104 | 2224 | 1 | 2 | 26   |
| 253 | 1  | 2120   | 1986 | 92,1   | 3920  | 755 | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 254 | 1  | 22914  | 2008 | 186,34 | 16980 | 108 | 2100 | 1 | 2 | 21   |
| 255 | 4  | 28927  | 2007 | 222,17 | 25270 | 104 | 1680 | 1 | 2 | 23   |
| 256 | 1  | 41331  | 2010 | 262,06 | 31640 | 102 | 1596 | 1 | 2 | 24   |
| 257 | 2  | 39941  | 2002 | 259,8  | 36480 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 26   |
| 258 | 2  | 40487  | 2008 | 261,4  | 42210 | 102 | 1400 | 1 | 2 | 26   |
| 259 | 3  | 39941  | 2007 | 260    | 36480 | 104 | 1400 | 1 | 2 | 26   |
| 260 | 9  | 10308  | 2009 | 149    | 10500 | 127 | 570  | 1 | 2 | 22   |
| 261 | 1  | 1814   | 1980 | 81,21  | 1200  | 900 | 199  | 1 | 2 | 14   |
| 262 | 1  | 142295 | 2013 | 366,5  | 68450 | 174 | 4000 | 1 | 2 | 40   |
| 263 | 2  | 23289  | 2010 | 187,3  | 16980 | 108 | 322  | 1 | 2 | 21   |
| 264 | 1  | 4179   | 2008 | 100,3  | 2998  | 600 | 560  | 1 | 2 | 15   |
| 265 | 1  | 2798   | 2004 | 96,3   | 2040  | 800 | 400  | 1 | 2 | 14   |
| 266 | 6  | 2990   | 1998 | 99,63  | 3920  | 755 | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 267 | 4  | 7852   | 2010 | 140,5  | 9000  | 514 | 600  | 1 | 2 | 14   |
| 268 | 1  | 2805   | 1996 | 89,77  | 1800  | 900 | 139  | 1 | 2 | 14   |
| 269 | 2  | 69809  | 2014 | 270,9  | 27060 | 78  | 1605 | 1 | 2 | 27   |
| 270 | 3  | 18870  | 2017 | 169,95 | 14325 | 105 | 1760 | 1 | 2 | 13,5 |
| 271 | 1  | 40542  | 2009 | 261,09 | 36480 | 104 | 1300 | 1 | 2 | 26   |
| 272 | 2  | 4086   | 1999 | 100,57 | 3960  | 181 | 398  | 1 | 2 | 15   |
| 273 | 4  | 35581  | 2005 | 222,52 | 28880 | 104 | 1040 | 1 | 2 | 8,5  |
| 274 | 7  | 15120  | 1997 | 168,77 | 9581  | 123 | 560  | 1 | 2 | 28,5 |
| 275 | 1  | 5667   | 2013 | 118    | 3840  | 600 | 390  | 1 | 2 | 15   |
| 276 | 2  | 969    | 1975 | 71,00  | 840   | 350 | 40   | 1 | 2 | 10   |
| 277 | 6  | 32968  | 2007 | 212,84 | 24814 | 104 | 1890 | 1 | 2 | 21,5 |
| 278 | 8  | 2930   | 2013 | 83,12  | 1200  | 900 | 199  | 1 | 2 | 14   |
| 279 | 8  | 2930   | 2014 | 83,12  | 1200  | 900 | 199  | 1 | 2 | 14   |
| 280 | 5  | 2930   | 2015 | 83,12  | 1200  | 900 | 199  | 1 | 2 | 14   |
| 281 | 8  | 2930   | 2016 | 83,12  | 1200  | 900 | 199  | 1 | 2 | 14   |
| 282 | 3  | 70704  | 2015 | 270,93 | 37680 | 72  | 3000 | 1 | 2 | 27   |
| 283 | 13 | 31540  | 2013 | 208,2  | 9600  | 514 | 1000 | 1 | 2 | 10   |
| 284 | 6  | 29004  | 2008 | 193,3  | 9063  | 514 | 1119 | 1 | 2 | 10   |
| 285 | 14 | 29004  | 2005 | 193    | 9063  | 514 | 1620 | 1 | 2 | 10   |
| 286 | 7  | 29004  | 2006 | 193    | 9063  | 514 | 1620 | 1 | 2 | 10   |
| 287 | 4  | 26469  | 2002 | 193    | 9063  | 514 | 1620 | 1 | 2 | 10   |
| 288 | 5  | 26469  | 2002 | 193    | 9063  | 514 | 1620 | 1 | 2 | 10   |
| 289 | 3  | 14193  | 2001 | 155,6  | 11060 | 127 | 782  | 1 | 2 | 20   |
| 290 | 6  | 14193  | 2004 | 155,6  | 11060 | 127 | 782  | 1 | 2 | 14   |
| 291 | 3  | 17964  | 2008 | 182,53 | 12600 | 428 | 1055 | 1 | 2 | 18,5 |

|     |    |        |      |        |       |     |      |   |   |      |
|-----|----|--------|------|--------|-------|-----|------|---|---|------|
| 292 | 2  | 17665  | 2005 | 177,75 | 11060 | 127 | 782  | 1 | 2 | 13   |
| 293 | 4  | 10925  | 1998 | 151,49 | 9730  | 428 | 1058 | 1 | 2 | 19   |
| 294 | 1  | 2516   | 1981 | 113,88 | 3920  | 755 | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 295 | 1  | 2516   | 1981 | 114    | 3920  | 755 | 256  | 1 | 2 | 14   |
| 296 | 4  | 17687  | 2009 | 184    | 11060 | 108 | 780  | 1 | 2 | 11   |
| 297 | 2  | 66452  | 2005 | 279,9  | 54720 | 74  | 2800 | 1 | 2 | 27   |
| 298 | 3  | 28007  | 2008 | 221,73 | 21770 | 108 | 1015 | 1 | 2 | 24   |
| 299 | 4  | 6434   | 2004 | 133,58 | 5964  | 514 | 515  | 1 | 2 | 12   |
| 300 | 1  | 942    | 1979 | 73,05  | 745   | 428 | 85   | 1 | 2 | 10   |
| 301 | 7  | 14193  | 2001 | 154,53 | 11060 | 127 | 782  | 1 | 2 | 17   |
| 302 | 12 | 16488  | 2006 | 172,7  | 11060 | 127 | 782  | 1 | 2 | 14   |
| 303 | 1  | 145136 | 2016 | 368    | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 22   |
| 304 | 1  | 145136 | 2016 | 368    | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 24   |
| 305 | 1  | 144651 | 2015 | 368    | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 34   |
| 306 | 1  | 144651 | 2015 | 368    | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 24   |
| 307 | 2  | 144651 | 2015 | 368    | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 24   |
| 308 | 1  | 145136 | 2017 | 368    | 68520 | 104 | 4000 | 1 | 2 | 22   |
| 309 | 1  | 994    | 1978 | 65,63  | 840   | 350 | 40   | 1 | 2 | 4    |
| 310 | 1  | 1939   | 1982 | 88     | 3920  | 755 | 256  | 1 | 2 | 10   |
| 311 | 18 | 2547   | 1980 | 98     | 3920  | 755 | 256  | 1 | 2 | 10   |
| 312 | 2  | 40030  | 2009 | 260,1  | 36560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 18   |
| 313 | 2  | 39906  | 2006 | 263    | 36560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 19   |
| 314 | 2  | 39912  | 2009 | 260,1  | 36560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 18   |
| 315 | 2  | 41331  | 2006 | 263    | 27120 | 97  | 2640 | 1 | 2 | 22   |
| 316 | 2  | 40030  | 2008 | 260,01 | 63560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 22   |
| 317 | 2  | 40741  | 2009 | 258,9  | 45660 | 104 | 2380 | 1 | 2 | 21   |
| 318 | 1  | 40030  | 2008 | 260,1  | 36560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 20   |
| 319 | 2  | 40030  | 2008 | 260,1  | 36560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 18   |
| 320 | 2  | 39906  | 2007 | 260,01 | 36560 | 104 | 1400 | 1 | 2 | 17,5 |
| 321 | 2  | 40741  | 2009 | 259,9  | 45660 | 104 | 2380 | 1 | 2 | 22   |
| 322 | 2  | 39906  | 2007 | 260,62 | 36560 | 104 | 1400 | 1 | 2 | 18   |
| 323 | 1  | 39906  | 2007 | 261    | 36560 | 104 | 2100 | 1 | 2 | 16   |

## UYGULAMA KAYNAK KODLARI

**KOD 1**

```
<div class="x_content">
  <table id="datatable-buttons" class="table table-striped table-bordered">
    <thead>
      <tr>
        <th>IMO Number</th>
        <th>Ship Name</th>
        <th>Ship Year</th>
        <th>Ship Length</th>
        <th>Ship GT</th>
        <th>M/E Power</th>
        <th>M/E RPM</th>
        <th>AE Power</th>
        <th>Type</th>
        <th>Tipi</th>
      </tr>
    </thead>
    <tbody>
      <form method="post" action="?delship">
        <?php
          $sql = 'SELECT * FROM ships';

          $q = $conn->prepare($sql);
          $q->execute();
          $q->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
          while ($r = $q->fetch()) {
            echo "<tr>
              <th scope='row'>".$r["imo"]."</th>
              <td>".$r["sname"]."</td>
              <td>".$r["syear"]."</td>
              <td>".$r["slength"]."</td>
              <td>".$r["gt"]."</td>
```

```
 <td>".$r["mepower"]."</td>  <td>".$r["merpm"]."</td>  <td>".$r["aepower"]."</td>  <td>".$r["metype"]."</td>  <td>".$r["tipi"]."</td>  </tr>"; } ?> </form> </tbody> </table> </div> | | | | |
```

## **KOD 2 – Gerekli Verilerin Tablolardan Alınması**

```

$sql = "SELECT * FROM table2 WHERE type = '".$type.'" AND status = 'Sea' ";
$q = $conn->prepare($sql);
$q->execute();
$q->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
while ($r = $q->fetch()) {
    if($shipyear <=2000){$nox=$r["Nox1"];}else{$nox=$r["Nox2"];}
    $so2=$r["So2"];
    $co2=$r["Co2"];
    $voc=$r["Voc"];
    $pm=$r["PM"];
    $co=$r["CO"];
}
$sqlman = "SELECT * FROM table2 WHERE type = '".$type.'" AND status = 'MANV' ";
$qman = $conn->prepare($sqlman);
$qman->execute();
$qman->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
while ($rman = $qman->fetch()) {
    if($shipyear <=2000){$noxman=$rman["Nox1"];}else{$noxman=$rman["Nox2"];}
    $so2man=$rman["So2"];
    $co2man=$rman["Co2"];
    $vocman=$rman["Voc"];
    $pmman=$rman["PM"];
    $coman=$rman["CO"];
}
$sql2 = "SELECT * FROM table2 WHERE status = 'AE' ";
$q2 = $conn->prepare($sql2);
$q2->execute();
$q2->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
while ($r2 = $q2->fetch()) {

```

```

if($shipyear <=2000){$AEnox=$r2["Nox1"];}else{$AEnox=$r2["Nox2"];}
$AEso2=$r2["So2"];
$AEco2=$r2["Co2"];
$AEvoc=$r2["Voc"];
$AEpm=$r2["PM"];
$AEco=$r2["CO"];

```

### **KOD 3 – Alınan Verilerin Formüle Yerleştirilip Hesaplanması**

```

$semsnoxSEA =
$seatetime* (($mepower*$meload[0]*$nox)+($aepower*$aeload[0]*$AEnox*2)); //Sea
$semsnoxMANV =
$semanvtime* (($mepower*$meload[1]*$nox)+($aepower*$aeload[1]*$AEnox*2));
//MANV
$semsnoxPORT = $seporttime* (($aepower*$aeload[2]*$AEnox*1)); //PORT

```

```

$semsso2SEA =
$seatetime* (($mepower*$meload[0]*$so2)+($aepower*$aeload[0]*$AEso2*2)); //Sea
$semsso2MANV =
$semanvtime* (($mepower*$meload[1]*$so2)+($aepower*$aeload[1]*$AEso2*2));
//MANV
$semsso2PORT = $seporttime* (($aepower*$aeload[2]*$AEso2*1)); //PORT

```

```

$semsco2SEA =
$seatetime* (($mepower*$meload[0]*$co2)+($aepower*$aeload[0]*$AEco2*2)); //Sea
$semsco2MANV =
$semanvtime* (($mepower*$meload[1]*$co2)+($aepower*$aeload[1]*$AEco2*2));
//MANV
$semsco2PORT = $seporttime* (($aepower*$aeload[2]*$AEco2*1)); //PORT

```

```

$semsvocSEA =
$seatetime* (($mepower*$meload[0]*$voc)+($aepower*$aeload[0]*$AEvoc*2)); //Sea
$semsvocMANV =
$semanvtime* (($mepower*$meload[1]*$voc)+($aepower*$aeload[1]*$AEvoc*2));
//MANV
$semsvocPORT = $seporttime* (($aepower*$aeload[2]*$AEvoc*1)); //PORT

```

```

$semspmSEA =
$seatetime* (($mepower*$meload[0]*$pm)+($aepower*$aeload[0]*$AEpm*2)); //Sea
$semspmMANV =
$semanvtime* (($mepower*$meload[1]*$pm)+($aepower*$aeload[1]*$AEpm*2));
//MANV
$semspmPORT = $seporttime* (($aepower*$aeload[2]*$AEpm*1)); //PORT

```

```

$semscoSEA =
$seatetime* (($mepower*$meload[0]*$co)+($aepower*$aeload[0]*$AEco*2)); //Sea
$semscoMANV =
$semanvtime* (($mepower*$meload[1]*$co)+($aepower*$aeload[1]*$AEco*2));

```

```
//MANV
$emscoPORT = $porttime*(($aepower*$aeload[2]*$AEco*1)); //PORT
```

#### **KOD 4 – Hesapların Veri Tabanına Kaydedilmesi**

```
if(!empty($seatime)) {
    $sqlsea = "INSERT INTO
emissions(status,type,imo,shipname,nox,so2,co2,voc,pm,co)VALUES ('SEA','" . $type .
"," . $imo . "," . $shipname . "," . $emsnoxSEA . "," . $emsso2SEA . "," .
$emsco2SEA . "," . $emsvocSEA . "," . $emspmSEA . "," . $emscoSEA . "')";
    $conn->query($sqlsea);
}
if(!empty($manvtime)) {
    $sqlmanv = "INSERT INTO
emissions(status,type,imo,shipname,nox,so2,co2,voc,pm,co)VALUES ('MANV','" . $type .
"," . $imo . "," . $shipname . "," . $emsnoxMANV . "," . $emsso2MANV . "," .
$emsco2MANV . "," . $emsvocMANV . "," . $emspmMANV . "," . $emscoMANV .
"')";
    $conn->query($sqlmanv);
}
if(!empty($porttime)) {
    $sqlPORT = "INSERT INTO
emissions(status,type,imo,shipname,nox,so2,co2,voc,pm,co)VALUES ('PORT','" . $type .
"," . $imo . "," . $shipname . "," . $emsnoxPORT . "," . $emsso2PORT . "," .
$emsco2PORT . "," . $emsvocPORT . "," . $emspmPORT . "," . $emscoPORT . "')";
    $conn->query($sqlPORT);
}

if($_SESSION["shipcounter"]!=1){
    $sqladdship = "INSERT INTO
ships(imo,sname,syear,slength,gt,mepower,merpm,aepower,metype)VALUES (".$imo .
"," . $shipname . "," . $shipyear . "," . $shiplenght . "," . $shipgt . "," . $mepower .
"," . $merpm . "," . $aepower . "," . $type . ")";
    $conn->query($sqladdship);
}else{
    $_SESSION["shipcounter"] = 0;
}
}
```

#### **KOD 5 – Hesaplanan Değerlerin Veri Tabanından Çekilip Ana Sayfaya Yazdırılması**

```
<table id="datatable-buttons" class="table table-striped table-bordered">
<thead>
<tr>
<th>Status</th>
<th>Type</th>
<th>IMO</th>
<th>Ship Name</th>
<th>Nox</th>
<th>So2</th>
```

```

        <th>Co2</th>
        <th>Voc</th>
        <th>PM</th>
        <th>CO</th>
    </tr>
</thead>
<tbody>
<form method="post" action="?delems">
<?php
    $sql = 'SELECT * FROM emissions';
    $q = $conn->prepare($sql);
    $q->execute();
    $q->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
    while ($r = $q->fetch()) {

        echo "<tr>
        <th scope='row'>".$r["status"]."</th>
        <td>".$r["type"]."</td>
        <td>".$r["imo"]."</td>
        <td>".$r["shipname"]."</td>
        <td>".round(($r["nox"]*(1/pow(10,6))),5)."</td>
        <td>".round(($r["so2"]*(1/pow(10,6))),5)."</td>
        <td>".round(($r["co2"]*(1/pow(10,6))),5)."</td>
        <td>".round(($r["voc"]*(1/pow(10,6))),5)."</td>
        <td>".round(($r["pm"]*(1/pow(10,6))),5)."</td>
        <td>".round(($r["co"]*(1/pow(10,6))),5)."</td>

        </tr>";
    }

    ?>
</form>
</tbody>
</table>

```

#### **KOD 6 - uzak Veri tabanı ile bağlantı Kurarak Veri Depolama ve Çekme İşlemlerini Gerçekleştiren Kodların Çalışmasını Sağlayan Kod Bloğu**

```

try {
    $conn = new PDO("mysql:host=$servername;port=3306;dbname=emission",
    $username, $password);
    $conn->exec("set names utf8");
    // set the PDO error mode to exception
    $conn->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE, PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
    $portconn = new PDO("mysql:host=$servername;port=3306;dbname=shipdata",
    $username, $password);

```

```
$portconn->exec("set names utf8");  
// set the PDO error mode to exception  
$portconn->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE, PDO::ERRMODE_EXCEPTION);  
}  
catch(PDOException $e)  
{  
    echo "Connection failed: " . $e->getMessage();  
}
```

## HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM CİHAZI VERİLERİ

| Tarih      | Zaman | SO <sub>2</sub>   | PM10              | CO                | NO                | NO <sub>2</sub>   | NO <sub>x</sub> | PM2.5             |
|------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| gün        | saat  | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | ppm             | µg/m <sup>3</sup> |
| 25.05.2017 | 24:00 | 10,6              | 66,1              | 690,8             | 72,6              | 67,5              | 140             | 49,3              |
| 26.05.2017 | 24:00 | 7,7               | 70,4              | 629,3             | 55,6              | 63,7              | 119,1           | 53,3              |
| 27.05.2017 | 24:00 | 4,8               | 39,9              | 561,9             | 48,8              | 56                | 104,7           | 28,5              |
| 28.05.2017 | 24:00 | 4,6               | 31,5              | 506,8             | 37,7              | 50,2              | 87,9            | 31,9              |
| 29.05.2017 | 24:00 | 3,8               | 47,4              | 557,2             | 48,5              | 60,2              | 108,7           | 37,6              |
| 30.05.2017 | 24:00 | 4,7               | 36,1              | 548,1             | 51,7              | 47,6              | 99,2            | 25,2              |
| 31.05.2017 | 24:00 | 6,8               | 57,6              | 518,3             | 51                | 54,6              | 105,2           | 35,2              |
| 01.06.2017 | 24:00 | 6,2               | 43,5              | 475,4             | 30,4              | 49,1              | 79,5            | 32,9              |
| 02.06.2017 | 24:00 | 7,8               | 72,6              | 531,8             | 47,8              | 60,6              | 108,3           | 50,1              |
| 03.06.2017 | 24:00 | 3,6               | 85,9              | 647,2             | 51,4              | 60,2              | 111,6           | 53,9              |
| 04.06.2017 | 24:00 | 2,7               | 41,7              | 502,2             | 25,7              | 48,8              | 74,3            | 36,7              |
| 05.06.2017 | 24:00 | 4,4               | 52,3              | 498,5             | 30,7              | 54,2              | 85              | 26,9              |
| 06.06.2017 | 24:00 | 6,2               | 60,9              | 504,2             | 44,4              | 63,7              | 108,1           | 31,1              |
| 07.06.2017 | 24:00 | 10,2              | 69,9              | 626,3             | 64,5              | 65,3              | 129,8           | 39,9              |
| 08.06.2017 | 24:00 | 7,2               | 105,7             | 731,1             | 72,7              | 76,1              | 148,7           | 63,3              |
| 09.06.2017 | 24:00 | 4,1               | 25,7              | 515,2             | 46,5              | 44,4              | 90,9            | 14,7              |
| 10.06.2017 | 24:00 | 3,3               | 42,1              | 536,1             | 48,2              | 38,7              | 86,9            | 20,6              |
| 11.06.2017 | 24:00 | 2,7               | 56,3              | 555,7             | 40                | 59,7              | 99,7            | 37,7              |
| 12.06.2017 | 24:00 | 2,7               | 50,6              | 529,9             | 48,9              | 65,7              | 114,6           | 51,4              |
| 13.06.2017 | 24:00 | 3,1               | 53,1              | 572,6             | 51,4              | 62,4              | 113,6           | 38,1              |
| 14.06.2017 | 24:00 | 3,3               | 52,8              | 615,7             | 38,8              | 52                | 90,7            | 38,6              |
| 15.06.2017 | 24:00 | 3,1               | 65                | 624,6             | 47,8              | 64,8              | 112,5           | 36,5              |
| 16.06.2017 | 24:00 | 3,7               | 39,1              | 537,3             | 56                | 62,2              | 118             | 42,6              |
| 17.06.2017 | 24:00 | 2,9               | 43,1              | 560,4             | 48,6              | 56,6              | 105,2           | 38,7              |
| 18.06.2017 | 24:00 | 1,9               | 34                | 493,4             | 43,2              | 45,3              | 88,5            | 32,4              |
| 19.06.2017 | 24:00 | 1,5               | 32,1              | 532               | 43,6              | 55,9              | 99,5            | 20,5              |
| 20.06.2017 | 24:00 | 2,5               | 54,1              | 567,6             | 53,6              | 55,2              | 108,7           | 41                |
| 21.06.2017 | 24:00 | 4,2               | 63,3              | 567,5             | 58,4              | 64,6              | 122,6           | 44,5              |
| 22.06.2017 | 24:00 | 4,1               | 54,2              | 523,1             | 54                | 62,7              | 116,6           | 40,3              |

|            |       |     |      |       |      |      |       |      |
|------------|-------|-----|------|-------|------|------|-------|------|
| 23.06.2017 | 24:00 | 3,6 | 67,3 | 579   | 60   | 68,5 | 128,5 | 50,7 |
| 24.06.2017 | 24:00 | 4,7 | 54,6 | 494,9 | 48,6 | 64,7 | 112,9 | 45,3 |
| 25.06.2017 | 24:00 | 2,3 | 56   | 588,3 | 48,9 | 84,4 | 133,3 | 50,9 |
| 03.07.2017 | 24:00 | 2,6 | 54,5 | 450,6 | 35   | 41,9 | 76,8  | 39,4 |
| 04.07.2017 | 24:00 | 2,6 | 47   | 438,1 | 45,7 | 37,2 | 82,7  | 41,1 |
| 05.07.2017 | 24:00 | 5,7 | 44,2 | 432,9 | 81,2 | 63,9 | 144,1 | 38,3 |
| 06.07.2017 | 24:00 | 2,4 | 42,1 | 431,7 | 59,1 | 65,1 | 124,1 | 41,1 |
| 07.07.2017 | 24:00 | 2,7 | 38,9 | 475,6 | 46,4 | 58,1 | 104,4 | 36,2 |
| 08.07.2017 | 24:00 | 4,4 | 34,5 | 464,3 | 67,2 | 65,5 | 132,6 | 36,4 |
| 09.07.2017 | 24:00 | 5,5 | 45,2 | 514,7 | 55,7 | 61   | 116,7 | 39,1 |
| 10.07.2017 | 24:00 | 3,7 | 62   | 480,7 | 68   | 71,8 | 142,4 | 47,9 |
| 11.07.2017 | 24:00 | 3,4 | 44   | 442,6 | 69,1 | 72,4 | 141,3 | 24,1 |
| 12.07.2017 | 24:00 | 2,7 | 41   | 476,4 | 53   | 62,5 | 115,4 | 28,6 |
| 13.07.2017 | 24:00 | 3,6 | 48,8 | 534,3 | 57,3 | 76,5 | 133,6 | 29   |
| 14.07.2017 | 24:00 | 3,2 | 58   | 483,6 | 53,1 | 61,7 | 114,7 | 29,4 |
| 15.07.2017 | 24:00 | 2,5 | 28,4 | 415,9 | 56,7 | 60,9 | 117,5 | 13,5 |
| 16.07.2017 | 24:00 | 1,5 | 41,9 | 457,6 | 48   | 57,1 | 105   | 19,4 |
| 17.07.2017 | 24:00 | 2,6 | 35,3 | 465,6 | 48,8 | 64,8 | 113,6 | 17,5 |
| 18.07.2017 | 24:00 | 2,5 | 32,8 | 489,6 | 43,4 | 49,9 | 93,2  | 20,9 |
| 19.07.2017 | 24:00 | 1,8 | 41,9 | 502,5 | 42,1 | 55,4 | 97,5  | 19,9 |
| 20.07.2017 | 24:00 | 2,6 | 49,8 | 540   | 48   | 75   | 123   | 25,6 |
| 21.07.2017 | 24:00 | 1,5 | 44,9 | 559,5 | 45,5 | 68,8 | 114,3 | 26,4 |
| 22.07.2017 | 24:00 | 2,5 | 41,3 | 547   | 52   | 69,3 | 121,2 | 22,6 |
| 23.07.2017 | 24:00 | 1,6 | 57,8 | 565,3 | 58,6 | 82,1 | 140,6 | 36,5 |
| 24.07.2017 | 24:00 | 2,6 | 59   | 532,1 | 69,8 | 90,4 | 160,2 | 33,4 |
| 25.07.2017 | 24:00 | 3,8 | 61,8 | 551,4 | 73,4 | 98,6 | 171,1 | 41,9 |
| 26.07.2017 | 24:00 | 5,1 | 84,1 | 556,2 | 75,8 | 80,6 | 156,3 | 48,1 |
| 27.07.2017 | 24:00 | 1,9 | 71,6 | 563   | 75   | 71,5 | 146,2 | 43,4 |
| 28.07.2017 | 24:00 | 3,4 | 40,1 | 465,1 | 54,3 | 50,8 | 104,7 | 23,8 |
| 29.07.2017 | 24:00 | 2,7 | 36   | 476,3 | 51,2 | 56,6 | 106,1 | 25   |
| 30.07.2017 | 24:00 | 3,7 | 58,3 | 621,6 | 61,1 | 80,2 | 141,3 | 38,9 |
| 31.07.2017 | 24:00 | 2,6 | 38,5 | 493   | 45,8 | 62,3 | 108,1 | 19,6 |
| 01.08.2017 | 24:00 | 1,5 | 43,1 | 483,2 | 60,8 | 78,7 | 139,5 | 20,6 |
| 02.08.2017 | 24:00 | 2   | 47,8 | 508,2 | 52,7 | 78,3 | 130,9 | 24,3 |
| 03.08.2017 | 24:00 | 2,3 | 55,3 | 567,8 | 53   | 71,6 | 124,6 | 31   |
| 08.08.2017 | 24:00 | 3,4 | 56,7 | 631,3 | 60,3 | 95,9 | 155,7 | 31   |
| 09.08.2017 | 24:00 | 2,6 | 39,9 | 614,9 | 54,1 | 67,8 | 121,9 | 19   |
| 10.08.2017 | 24:00 | 2,5 | 40,9 | 617,7 | 54,8 | 71,3 | 126   | 19,8 |
| 11.08.2017 | 24:00 | 8,4 | 61,4 | 603,9 | 61,2 | 76,1 | 137,2 | 36,6 |
| 12.08.2017 | 24:00 | 2,4 | 60,6 | 495   | 49,8 | 58,8 | 108,5 | 24,5 |
| 13.08.2017 | 24:00 | 4   | 52   | 523,8 | 40,3 | 54,3 | 94,5  | 24,9 |
| 14.08.2017 | 24:00 | 2,2 | 61,5 | 490   | 49,5 | 63   | 112,5 | 30   |
| 15.08.2017 | 24:00 | 1,4 | 57,2 | 471,1 | 58,6 | 59,6 | 118,1 | 30,2 |
| 16.08.2017 | 24:00 | 1,1 | 51,9 | 495,2 | 55   | 59   | 113,7 | 27,8 |
| 17.08.2017 | 24:00 | 2   | 51,5 | 502,6 | 54,8 | 57,8 | 112,6 | 21,9 |

|                 |       |               |                |                 |                |                |                 |                |
|-----------------|-------|---------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 18.08.2017      | 24:00 | 1,9           | 57,2           | 501,3           | 48,2           | 53             | 101,1           | 19,8           |
| 19.08.2017      | 24:00 | 2,2           | 53,3           | 513,7           | 41,9           | 44,7           | 86,6            | 23,5           |
| 20.08.2017      | 24:00 | 3,6           | 41             | 475,3           | 46,4           | 44,8           | 91,2            | 16,8           |
| 21.08.2017      | 24:00 | 2,1           | 56,9           | 519,7           | 65,7           | 65             | 130,7           | 21,3           |
| 22.08.2017      | 24:00 | 2,8           | 54,6           | 530,5           | 55,1           | 50,2           | 105,2           | 22,3           |
| <b>TOPLAM</b>   |       | <b>280,8</b>  | <b>4.051,4</b> | <b>41.894,8</b> | <b>4.172,5</b> | <b>4.947,4</b> | <b>9.112</b>    | <b>2.592,6</b> |
| <b>ORTALAMA</b> |       | <b>3,5544</b> | <b>51,2835</b> | <b>530,3139</b> | <b>52,8165</b> | <b>62,6253</b> | <b>115,3418</b> | <b>32,8178</b> |

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Kaan ÜNLÜGENÇOĞLU  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 03.10.1983, Adana  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : kunlu@yildiz.edu.tr

### ÖĞRENİM DURUMU

| Derece    | Alan                        | Okul/Üniversite    | Mezuniyet Yılı |
|-----------|-----------------------------|--------------------|----------------|
| Doktora   | Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. | Y.T.Ü              | 2018           |
| Y. Lisans | Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. | Y.T.Ü              | 2012           |
| Lisans    | Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. | Y.T.Ü              | 2007           |
| Lise      | Fen Bilimleri               | ATO Anadolu Lisesi | 2001           |

### İŞ TECRÜBESİ

| Yıl          | Firma/Kurum                       | Görevi               |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|
| 2009 - Halen | Yıldız Teknik Üniversitesi        | Öğretim Görevlisi    |
| 2008 - 2009  | RMK Marine Gemi Yapım San. A.Ş.   | SGAK Satınalma Müh.  |
| 2007 - 2008  | Arkas Denizcilik ve Nakliyat A.Ş. | Uzakyol Vardiya Müh. |

## **YAYINLARI**

### **Makale**

1. Aydın Z., Savas O., Parlak A., Keskin I., Ünlügençoğlu K., (2016). "Effects of Fuel Contamination to Marine Lubricant on Friction Behaviors between Piston Ring and Cylinder Liner", ACTA PHYSICA POLONICA A, 129:617-620.
2. Demirel H., Ünlügençoğlu K., Alarcin F., Balin A., (2015). "Application Of Fuzzy Analytic Hierarchy Proses For Error Detection Of Auxilary Systems Of Ship Main Diesel Engines", International Journal Of Maritime Engineering, 157:105-111.
3. Ünlügençoğlu K., Alarçin F., (2013). "Development and Application of Simulator Algorithm in Accordance With Ship Main Engine Auxiliary Systems", Journal of Maritime Transport and Engineering, 2:61-73.
4. Özüm S., Şener B., Ünlügençoğlu K., (2010). "Resistance prediction of a high speed craft by using CFD", Ovidius University Annual Scientific Journal Mechanical Engineering Series, XII(TOM 1), Constanta, Romania.
5. Ünlügençoğlu K., Özüm S., Göksoy S. H., (2010). "Quality Management in the Shipbuilding Sector", Ovidius University Annual Scientific Journal Mechanical Engineering Series, XII(TOM 1), Constanta, Romania.

### **Bildiri**

1. Ünlügençoğlu, K., Kökkülünk, G., Alarçin, F., (2018). "Ambarlı Limanı Hava Kalitesinin Avrupa ve Türkiye Sınır Değerleri Açısından Değerlendirilmesi" Transist İstanbul Ulaşım Kongresi.
2. Bilgili L., Koyun Yılmaz Ş., Ünlügençoğlu K., Mert T., Çelebi U.B., Ekinçi S., (2017). "Risk Based Ship Waste and Emission Management System", 19th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region (MESAEP), 345-345, 4-6 Ekim 2017, Roma, ITALYA.
3. Demirel H., Ünlügençoğlu K., Su M.E., Elçiçek H., Alarçin F., (2016). "Modeling, Simulation and Analysis of a Nonlinear Half Model Ship Main Engine System Using

Bond Graph Modeling Approach", 61<sup>st</sup> The IIER International Conference, Osaka, Japan.

4. Kocaman Y., Bilgili L., Çelebi U.B., Ünlügençoğlu K., (2016). "Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlerin Emisyon Ölçümü", GMO Shipmar.

5. Bilgili L., Ünlügençoğlu K., Çelebi U.B., (2012). "An Investigation on Effective Ballast Water Treatment System Management to Prevent Marine Pollution Caused by Shipping", Global Conference on Global Warming.

6. Turan, E., Koçal, T., Ünlügençoğlu K., (2010). "Welding Technologies in Shipbuilding Industry", International Science and Technology Conference (ISTEC 2010), October 27-29, Famagusta, Turkish Republic of Northern Cyprus.

7. Koçal T., Yıldız B., Ünlügençoğlu K., (2010). "Mechatronics Engineering Education and Its Importance of Turkey", International Conference on New Horizons in Education-2010 (INTE 2010), Famagusta, June 23-25, Turkish Republic of Northern Cyprus.

8. Ünlügençoğlu K., Yıldız B., Koçal T., (2010). "Yıldız Technical University Marine Engineering Operations Department and Its Position in Maritime Education of Turkey", International Conference on New Horizons in Education-2010 (INTE 2010), June 23-25, Famagusta, Turkish Republic of Northern Cyprus.

9. Ünlügençoğlu K., Yıldız B., Turan, E., (2010). "Engine Room Simulator and Importance of Applied Maritime Education", International Science and Technology Conference (ISTEC 2010), October 27-29, Famagusta, Turkish Republic of Northern Cyprus.

#### **Kitap**

1. Bilgili L., Ünlügençoğlu K., Çelebi U.B., (2013). Effective Ship Ballast Water Treatment System Managemen, in: Causes Impacts and Solutions to Global Warming, Dinçer, İ., Çolpan, Ö.C., Kadioğlu, F., Eds., Springer-Verlag , New York, 975-984.

2. Ünlügençoğlu K., Bilgili L., Çelebi U.B., (2013). Causes, Impacts and Solutions to Global Warming - Chapter 52 - Effective Ship Ballast Water Treatment System Management, Springer.

### **Proje**

1. "Deniz taşıtlarında kullanılan farklı yağların segman-silindir çifti yüzeylerindeki tribolojik özelliklerine etki eden parametrelerin incelenmesi", BAP Arastırma Projesi, 2013-10-02-KAP02, Araştırmacı, 2016

2. "Gemilerde Dümen Donanımının Isı Değiştirici Olarak Kullanılmasına Yönelik Dümen Tasarımı Ve Optimizasyonu", BAP Diğer, 2011-10-01-KAP02, Araştırmacı, 2013