

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CEBELİTARIK BOĞAZI'NIN GEMİ KAYNAKLI EMİSYON  
DEĞERLERİNİN TAHMİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Yağmur KARADAMAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Matematik Anabilim Dalı

Matematik Programı

Danışman

Doç. Dr. Filiz KANBAY

Aralık, 2019

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

**CEBELİTARİK BOĞAZI'NIN GEMİ KAYNAKLI EMİSYON  
DEĞERLERİNİN TAHMİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Yağmur KARADAMAR tarafından hazırlanan tez çalışması 27.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı, Matematik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Filiz KANBAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

**Jüri Üyeleri**

Doç. Dr. Filiz KANBAY, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Işım DEMİRİZ, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi M. Fatih UÇAR, Üye

İstanbul Kültür Üniversitesi

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Danışmanım Doç. Dr. Filiz KANBAY sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Cebelitarık Boğazı'nın Gemi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Tahmini Üzerine Bir Çalışma başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Yağmur KARADAMAR

İmza



*Aileme  
ve  
biricik eşime*

## TEŐEKKÜR

---

Bütün alıŐma sűrecimde değerli zamanını, yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen saygıdeğer danıŐmanım Doç. Dr. Filiz KANBAY'a, değerli bilgi ve önerileri ile çalıŐmama destek sağlayan Yıldız Teknik Őniversitesi Gemi İnaaatı ve Gemi Makinaları Műhendislięi öğretim üyesi Prof. Dr. Nurten VARDAR'a sonsuz teŐekkűrlerimi sunarım.

Yağmur KARADAMAR



# İÇİNDEKİLER

<b>SİMGE LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>KISALTIMA LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	3
1.3 Hipotez .....	3
<b>2 ÖN BİLGİLER</b>	<b>4</b>
2.1 Hava Kirliliği ve Etkileri.....	4
2.2 Hava Kirleticileri.....	5
2.3 Cebelitarık Boğazı .....	6
2.4 Cebelitarık Boğazı'ndan Transit Geçen Gemi Sayılarının Normalizasyonu.....	7
<b>3 CEBELİTARIK BOĞAZI'NDAN TRANSİT GEÇEN GEMİLERDEN YAYILAN EMİSYON MİKTARININ TAHMİNİNE YÖNELİK METOT</b>	<b>9</b>
3.1 Kullanılacak Formüller.....	9
3.2 Formüllerin Matrislerle İfadesi.....	12
<b>4 MATLAB(FIS) EDİTÖRÜ İLE EMİSYON TAHMİNİ</b>	<b>15</b>
4.1 NO <sub>x</sub> Emisyon Tahmini .....	15
4.2 SO <sub>2</sub> Emisyon Tahmini.....	19
4.3 CO <sub>2</sub> Emisyon Tahmini .....	23
4.4 HC Emisyon Tahmini .....	27
4.5 PM Emisyon Tahmini.....	31
<b>5 SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>35</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	<b>36</b>
<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR</b>	<b>39</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

$CO$	Karbon Monoksit
$CO_2$	Karbon Dioksit
$EF_i$	Emisyon ve Gemi Türüne Göre Emisyon Çarpanı
$HC$	Hidrokarbon
$N_2$	Azot
$NO_x$	Nitrojen Oksit
$O_3$	Ozon
$p$	Yardımcı Makine Gücü
$P$	Makine Gücü
$SO_2$	Kükürt Dioksit
$t_{max}$	Maksimum Süre
$t_{min}$	Minimum Süre
$y^{-1}$	$\frac{1}{yıl}$

## KISALTIMA LİSTESİ

---

ANFIS	Adaptive Network Fuzzy Inference System
EPA	Environmental Protection Agency
FIS	Fuzzy Inference System
grt	Grosston
km	Kilometre
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
m	Metre
MATLAB	Matrix Laboratory
max	Maksimum
min	Minimum
PAN	Peroksi Asetilen Nitrat
PBN	Peroksibenzol Nitrat
PM	Partikül Madde



## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 2.1</b>	Cebelitarık Boğazı.....	7
<b>Şekil 2.2</b>	Boğazlardan geçen gemi tiplerine göre gemi sayıları dağılımı.....	7
<b>Şekil 4.1</b>	Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için $E_{NO_x}$ değerleri.....	15
<b>Şekil 4.2</b>	$NO_x$ için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları.....	17
<b>Şekil 4.3</b>	$NO_x$ için elde edilen toplam emisyon seviyeleri.....	17
<b>Şekil 4.4</b>	$NO_x$ için elde edilen kural editörü çıktıları.....	18
<b>Şekil 4.5</b>	Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan $NO_x$ emisyon miktarları.....	18
<b>Şekil 4.6</b>	Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için $E_{SO_2}$ değerleri.....	19
<b>Şekil 4.7</b>	$SO_2$ için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları.....	21
<b>Şekil 4.8</b>	$SO_2$ için elde edilen toplam emisyon seviyeleri.....	21
<b>Şekil 4.9</b>	$SO_2$ için elde edilen kural editörü çıktıları.....	22
<b>Şekil 4.10</b>	Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan $SO_2$ emisyon miktarları.....	22
<b>Şekil 4.11</b>	Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için $E_{CO_2}$ değerleri.....	23
<b>Şekil 4.12</b>	$CO_2$ için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları.....	25
<b>Şekil 4.13</b>	$CO_2$ için elde edilen toplam emisyon seviyeleri.....	25
<b>Şekil 4.14</b>	$CO_2$ için elde edilen kural editörü çıktıları.....	26
<b>Şekil 4.15</b>	Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan $CO_2$ emisyon miktarları.....	26
<b>Şekil 4.16</b>	Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için $E_{HC}$ değerleri.....	27
<b>Şekil 4.17</b>	HC için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları.....	29
<b>Şekil 4.18</b>	HC için elde edilen toplam emisyon seviyeleri.....	29
<b>Şekil 4.19</b>	HC için elde edilen kural editörü çıktıları.....	30
<b>Şekil 4.20</b>	Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan HC emisyon miktarları.....	30
<b>Şekil 4.21</b>	Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için $E_{PM}$ değerleri.....	31
<b>Şekil 4.22</b>	PM için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları.....	33
<b>Şekil 4.23</b>	PM için elde edilen toplam emisyon seviyeleri.....	33
<b>Şekil 4.24</b>	PM için elde edilen kural editörü çıktıları.....	34
<b>Şekil 4.25</b>	Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan PM emisyon miktarları.....	34

## TABLO LİSTESİ

---

<b>Tablo 2.1</b> Grosstonlarına göre gemi sayıları.....	8
<b>Tablo 3.1</b> Gemi türleri ve makine güçleri.....	9
<b>Tablo 3.2</b> Gemi ve kirletici türüne göre emisyon faktörleri (g/kWh).....	10
<b>Tablo 3.3</b> Gemi türleri ve makine güçleri (P:ana makine gücü, p: yardımcı makine gücü).....	11
<b>Tablo 3.4</b> MATLAB (FIS) kural editörü için gerekli bilgilerin tablosu.....	14



## Cebelitarık Boğazı'nın Gemi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Tahmini Üzerine Bir Çalışma

Yağmur KARADAMAR

Matematik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Filiz KANBAY

Bu çalışmada MATLAB(FIS) editörü kullanılarak, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemilerden yayılan  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $HC$  ve  $PM$  emisyon miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan tahmini emisyon miktarları yüzeyler olarak ifade edilmiştir ve bu yüzeyler verilerin analiz edilmesine olanak sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Emisyon, Matlab, Cebelitarık Boğazı, analiz, gemi.

## **A Study On Estimation Of Emission Rates Released By Ships Passing Through The Strait Of Gibraltar**

Yağmur KARADAMAR

Department of Mathematics

Master Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Filiz KANBAY

In this study, by using FIS( Fuzzy Inference System) editor in MATLAB, the rates of emissions: Nitrogen Oxide( $NO_x$ ), Sulfur Dioxide( $SO_2$ ), Carbon Dioxide( $CO_2$ ), Hydro Carbon( $HC$ ), Particulate Matter( $PM$ ) released by the transit vessels passing through the Strait of Gibraltar are estimated. The estimated rates are expressed as surfaces and the surfaces allow the analysis of data.

**Keywords:** Emissions, Matlab, Strait of Gibraltar, analysis, ship.

## 1.1 Literatür Özeti

Havadaki gazların etkileri küresel, bölgesel ve yerel olarak üç kategoride incelenmiştir. Örneğin, tüm dünyayı ve ozonun tükenmesini etkileyen sera etkisi küresel etkilerindedir. Dünyadaki bazı bölgeleri etkileyen asit yağmuru, hava kirliliğinin bölgesel ölçekte etkilerinden biridir. Hava kirliliğinin yerel ölçekteki etkileri ise, yerleşim ve sanayi bölgelerinde görülebilir [1].

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, birçok farklı hava kirliliği kaynağı vardır. Bu kaynaklar endüstriyellemenin yoğunluğuna ve motorlu taşıtların fazlalığına bağlı olarak değişmektedir. Dünyayı çeşitli nedenlerle etkisi altına alan hava kirleticilerin emisyonları atmosferdeki sıvı, gaz ve partiküller olarak bilinen yüzlerce bileşiği içerir. Bu bileşiklerdeki en önemli hava kirleticileri; azot oksitler ( $NO_x$ ), kükürt oksitler ( $SO_2$ ), karbon dioksit ( $CO_2$ ), hidrokarbonlar ( $HC$ ) ve partiküllü madde ( $PM$ ) olarak bilinen uçucu organik bileşiklerdir. Yüksek sıcaklıklarda işlem gören kaynaklar (içten yanmalı motorlar, enerji ve endüstri santralleri vb.)  $NO_x$  emisyonu üretir ve bu emisyonlar  $NO_x$  emisyonlarının %95'ini oluşturur [2].  $NO_x$  emisyonlarının insan hayatı üzerinde zararlı etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Öyle ki; İngiltere'de her yıl 40-50 bin kişinin kalp, solunum ve diğer hastalıklardan hayatını kaybetmesine  $NO_x$  emisyonlarının neden olduğu düşünülmektedir [3]. EPA tarafından 2017 yılında hava kirliliğinin ve küresel ısınma tehdidinin boyutlarını ortaya koyan raporlar sunulmuştur.  $NO_x$  emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için birçok önlem alınmakta ve çeşitli politika ve kanunlar oluşturulmaktadır. Belirlenen bu politikaların uygulanması, 2005 yılında belirlenen  $NO_x$  emisyonlarının üçte ikisinin 2030 yılında azaltılabileceğini göstermiştir [4].

Birçok araştırmacı emisyonların tahmini ve etkileri üzerine çalışmalar yapmıştır. Örneğin; Alper Kılıç, 2009 yılında Marmara Denizi'nde deniz taşımacılığında oluşan

emisyona yönelik araştırmalar yapmıştır [5]. Bir geminin manevra halindeyken ve iskelede dururken yaydığı emisyonlar hesaplanmış ve yılda 294 ton  $NO_x$ , 264 ton  $SO_2$ , 15504 ton  $CO_2$ , 16,5 ton  $HC$  ve 26,4 ton  $PM$  emisyonu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, Akdeniz'e komşu bölgelerdeki benzer çalışmaların yanı sıra, doğu bölgelerindeki gemi egzoz emisyonlarının kapsamlı ve doğru bir şekilde tanımlanmasına da katkıda bulunmuştur [6]. Türkiye'nin en büyük limanlarından biri olan İzmir'de gemi bazlı metodoloji kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve 2007 yılı verilerine göre, limandaki gemilerden kaynaklanan toplam emisyonların  $NO$  için 1923 ton  $y^{-1}$ ,  $SO_2$  için 140,1405 ton  $y^{-1}$ ,  $CO_2$  için 82753 ton  $y^{-1}$ ,  $CO$  için 165 ton  $y^{-1}$  olduğu tahmin edilmiştir [7]. Marmara Denizi'nin ana limanlarından biri olan Ambarlı Limanı'ndaki gemilerden yayılan egzoz gazı emisyonları 2005 yılında elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam emisyonun azot oksitler için 845 ton  $y^{-1}$ , kükürt dioksit için 242 ton  $y^{-1}$  ve karbon için 2127 ton  $y^{-1}$  olduğu tahmin edilmiştir [8]. Bir geminin seyir halinde meydana getirdiği emisyonları, gemilerin karakteristik boyutları ile emisyon metotları arasındaki ilişkiyi kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu emisyonlar; gemi yaşam döngüsü perspektifinde incelenmiştir. Ayrıca, NE Atlantik bölgesi Tokyo Bay Area, Tiren Denizi, Türk Boğazları, Marmara Denizi ve Danimarka'daki limanlar için de emisyon tahmini çalışmaları yapılmıştır [9-15]. 2007 yılında 7520 gemiden  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $HC$  ve  $PM$  emisyonları tahmin edilmiş ve ağır yakıt kullanan bu gemilerden kaynaklanan emisyonların çevreye ve insan sağlığına zararlı etkileri saptanmıştır [16]. Marmara Denizi ve Türk Boğazlarındaki gemilerden çıkan egzoz gazı emisyonları 2003 yılında elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Ana motor tipleri, yakıt eşitleri, çalışma süreleri ve gemi hızları hesaba katılarak bu gemilerde ortaya çıkan toplam emisyonların  $CO_2$  için 5.451,224 ton  $y^{-1}$ ,  $NO_x$  için 1.111,039 ton  $y^{-1}$ ,  $SO_2$  için 87.168 ton  $y^{-1}$ ,  $CO$  için 20.281 ton  $y^{-1}$ ,  $VOC$  için 5801 ton  $y^{-1}$ ,  $PM$  için 4.762 ton  $y^{-1}$  olarak hesaplanmıştır [17]. Farklı yakıt karışımları (izopropanol içeren benzinli su makroemlsiyonları) kullanan tek silindirli kıvılcım ateşlemeli bir motorun performans ve emisyon özelliklerini ortaya çıkarmak için bulanık mantık temelli bir tahmin yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca  $CO$ ,  $CO_2$  ve  $HC$ 'ler gibi yanma reaksiyonu ile oluşan gaz emisyonlarının bazı

parametrik özelliklerini belirlemek için ANFIS (Uyarlanabilir Nerofuzzy Çıkarım Sistemi) kullanılmıştır [18].

## **1.2 Tezin Amacı**

Cebelitarık Boğazı'ndan transit olarak geçen gemilerin seyir esnasında değişiklik gösteren hız, makine gücü gibi değişkenleri göz önüne alarak; gemi tipi ve grosstonlarına göre çevreye salmış olduğu  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $HC$  ve  $PM$  gazlarının tahmini emisyon miktarlarını hesaplamaktır.

## **1.3 Hipotez**

Hız, makine gücü, hava koşulları, gemi tipi, gemi grosstonu gibi büyüklüklere bağlı olarak değişen emisyon miktarlarının hesabını bir fuzzy problem olarak ele alıp; MATLAB(FIS) kullanarak elde edilen tahmini miktarları yüzeyler ile ifade ederek sonuçların bu değişkenlere göre değişimini ortaya koymaktır.

## 2.1 Hava Kirliliği ve Etkileri

Hava kirliliği; atmosferde insan, bitki, hayvan yaşamı ile çevrenin kalitesine zarar veren bir veya birden fazla kirleticinin varlığı olarak tanımlanabilir. Bu kirleticiler gaz ( $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $HC$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $PM$ ) ve toz (duman, metalik duman, uçucu kül, sis, aerosoller) kirleticiler olmak üzere iki alt grupta toplanabilir. Bunların dışında, ozon ( $O_3$ ) ve  $PAN$  ve  $PBN$  gibi fotokimyasal oksidanlar da ikincil hava kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Hava kirletici kaynakları, doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olarak iki grupta toplanabilir. Doğal hava kirletici kaynakları; volkanik patlamalar, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanuslar ve denizde yaşayan çeşitli bitkiler olarak gösterilebilir. Ana antropojenik kaynaklar ulaşım (uçaklar, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler) ve sanayi (termik santraller, endüstriyel işlem yapılan tesisler, katı atık yakma tesisleri ve ısıtma) sektöründe ortaya çıkan kaynaklardır. Genel olarak, hava kirletici gazların etkileri yerel, bölgesel ve küresel olarak üç kategoride incelenmiştir [1]. Örneğin; dünyayı etkisi altına alan ve çeşitli zararları keşfedilmiş sera etkisi ve ozon tabakasının incilmesi küresel etkilerdir. Dünyadaki belirli bölgeleri etkileyen asit yağmurları, hava kirliliğinin bölgesel ölçekte etkilerindedir. Hava kirliliğinin yerel ölçekte etkisi ise; yerleşim ve sanayi bölgelerinde ortaya çıkan hava kirliliği şeklindedir. İnsanların ve diğer canlıların sağlığını korumak amacıyla hava kalitesi için bazı sınır değerler belirlenmiştir. Bu sınır değerler, ortamdaki kısa ve uzun vadeli olumsuz etkileri önlemek için atmosferdeki hava kirleticilerinin değişen zararlı etkileri göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Toksik hava kirleticileri veya hava zehirleri olarak da bilinen tehlikeli hava kirleticileri, kansere, üreme problemlerine, doğum kusurlarına ve ciddi sağlık problemlerine neden olduğu düşünülen kirleticilerdir. Bu kirleticilere uzun süre ve yüksek düzeylerde maruz kalmak, solunum sisteminin olumsuz şekilde



etkilenmesinden, erken ölüme kadar geniş yelpazede etkilere neden olmaktadır [19].

## 2.2 Hava Kirleticileri

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, farklı hava kirliliği kaynakları vardır. Bu kaynaklar endüstriyel seviyenin yoğunluğuna ve motorlu taşıtların varlığına bağlı olarak değişmektedir. Sanayiden, motorlu taşıtlardan ve ısınma amacıyla kullanılan yakıtlardan kaynaklanan hava kirletici emisyonları atmosferdeki gazlar, sıvılar ve partiküller olarak bilinen yüzlerce bileşiği içerir. En önemli hava kirleticileri; karbon monoksit ( $CO$ ), karbondioksit ( $CO_2$ ), partikül madde ( $PM$ ), azot oksitler ( $NO_x$ ), kükürt oksitler ( $SO_2$ ) ve hidrokarbonlar ( $HC$ ) olarak bilinen uçucu organik bileşiklerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda  $NO_x$  ve hidrokarbonların yeryüzünde ozon oluşumuna neden olduğu saptanmıştır [4].

### 2.2.1 $NO_x$

Genel tanımlama olarak  $NO_x$  emisyonları; atmosferin küresel ısınmasına ve metanın bozulmasına katkıda bulunan ozon ve asit yağmurlarının oluşumunandeden olur. Denizcilikte kullanılan yakıtların yanmasıyla gemide  $NO_x$  emisyonları üretilir [20].

### 2.2.2 $SO_2$

$SO_2$  saydam ve keskin kokusu olan bir gazdır. Sülfürik asit, sülfüröz asit ve sülfat partikülleri gibi zararlı bileşikler oluşturmak için diğer maddelerle kolayca reaksiyona girebilirler.  $SO_2$  gazına kısa süre bile maruz kalmak nefes almayı zorlaştırarak solunum sistemine ciddi zararlar verir. Özellikle astım hastaları ve küçük yaştaki çocuklar bu zararlardan en çok etkilenen gruplardır. Yüksek konsantrasyonlardaki  $SO_2$  gazı yapraklara zarar vererek ağaçların büyümesine engel olur. Enerji santrallerinde ve diğer endüstriyel tesislerde fosil yakıtların yanması, yüksek kükürt içerikli yakıt kullanan gemiler, lokomotifler ve diğer araçlar  $SO_2$  emisyonun miktarını en çok artıran kaynaklardır [21].

### **2.2.3 CO<sub>2</sub>**

CO<sub>2</sub> gazı; katı atıkların, fosil yakıtların (doğal gaz, kömür vs.), biyolojik materyallerin ve ağaçların yanması ile bazı kimyasal reaksiyonların sonucu olarak atmosfere karışan bir gazdır. Biyolojik karbon döngüsünün bir parçası olan bitkiler tarafından absorbe edilerek atmosferden uzaklaştırılır [22]. Karbon salınımı; atmosferde asit oluşumunu tetikleyerek asit yağmurlarının canlılara zarar vermesine, buzulların erimesine ve ayrıca küresel ısınma sürecinin hızlanmasına neden olur.

### **2.2.4 HC**

Ozon oluşumuna neden olduğu bilinen HC emisyonunun solunum rahatsızlıklarına sebep olduğu düşünülmektedir [23].

### **2.2.5 PM**

Havada bulunan katı partiküller ve sıvı damlacıkların karışımı için kullanılan bir terimdir. Bazı parçacıkları, toz, kir, kurum veya duman gibi çıplak gözle görülebilecek kadar büyük veya koyu renkli; bazı parçacıkları da sadece bir elektron mikroskobu kullanılarak tespit edilebilecek kadar küçüktür [24].

## **2.3 Cebelitarık Boğazı**

Cebelitarık Boğazı, Atlantik Okyanusu ile Akdeniz ile Avrupa ve Afrika kıtaları arasında, en dar noktası 14,4 kilometre olan bir bağlantı noktasıdır. Bu coğrafi durum, boğazın stratejik bir kıtalararası yerleşim bölgesi olarak kabul edilmesine, kuzeyden güneye kıyılara ulaşım için zorunlu bir rota ve deniz trafiği için doğudan batıya zorunlu bir yol olarak görülmesine neden olmuştur. Adını Tarık Bin Ziyad'dan alan boğaz, 60 km uzunluğunda ve 44 km genişliğinde, en derin yeri ise -426 m'dir [25].



**Şekil 2.1** Cebelitarık Boğazı [26]

Algeciras Körfezi ve Kuzey Afrika çevresindeki şehirleşmiş bölgeleri içeren Cebelitarık Boğazı'nın merkezi, en fazla deniz trafiğine sahip boğazlardan biri olduğu için, uluslararası taşımacılıkta büyük bir potansiyel oluşturur [26].

## 2.4 Cebelitarık Boğazı'ndan Geçen Gemi Sayılarının Normalizasyonu

Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemi sayıları 73.978 'dir [27]. Bu sayıların gemi tipi ve grosstonlarına göre dağılımını yapmak için Şekil 2.2'de verilen sonuçlar kullanılmıştır [28].

	Gibraltar		Bosporus		Suez	
	No. Transits	DWT	No. Transits	DWT	No. Transits	DWT
Tanker	19%	32%	18%	46%	16%	24%
Container	22%	28%	5%	5%	39%	45%
Dry Cargo	44%	34%	73%	46%	31%	25%
Gas Tanker	4%	4%	2%	2%	3%	3%
Other	3%	0.2%	1%	0.2%	2%	0.3%
Passenger/RoRo	8%	2%	2%	1%	9%	3%

**Şekil 2.2** Boğazlardan geçen gemi tiplerine göre gemi sayıları dağılımı [28]

Böylece Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemi sayıları Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü'ndeki 2016 verileri ile karşılaştırılıp normalize edilerek aşağıdaki tablo oluşturulmuştur [29].

**Tablo 2.1** Grosstonlarına göre gemi sayıları [29]

<b>Transit Geçen Toplam Gemi Sayıları</b>				
<b>Gemi Türleri</b>	<b>&lt;999 grt (Grup 1)</b>	<b>1000-9999 grt (Grup 2)</b>	<b>&gt;9999grt (Grup 3)</b>	<b>Toplam Gemi Sayıları</b>
Tanker	170	15313	1531	17014
Kuru Yük	547	49270	4926	54743
Dökme Yük	22	1992	199	2213

# CEBELİTARIK BOĞAZI'NDAN TRANSİT GEÇEN GEMİLERDEN YAYILAN EMİSYON MİKTARLARININ TAHMİNİNE YÖNELİK METOT

## 3.1 Kullanılacak Formüller

Tahmini emisyon miktarlarını hesaplamak için Alper Kılıç'ın [5] çalışmasındaki

$$E_i = t \cdot P \cdot (EF)_i \cdot [Engine Load] \quad (3.1)$$

formülü kullanılacaktır. Burada  $E_i$  ilgili emisyonun çalışma türüne göre toplamını,  $t$  zamanı,  $P$  gemilerin makine güçlerini,  $(EF)_i$  emisyon ve gemi türüne göre emisyon çarpanını,  $[Engine Load]$  ise makinelerin çalışma türlerindeki yüzdelerini belirtmektedir.

Çalışma süresince 4 jeneratör kullanıldığı; ana makine gücünün % 80, yardımcı makine gücünün % 75 olduğu varsayılmıştır. Gerekli ana ve yardımcı makine güçleri ile emisyon faktörleri Alper Kılıç'ın [5] makalesinden aşağıdaki şekilde ele alınmıştır.

**Tablo 3.1** Gemi türleri ve makine güçleri

P	Ana Makine Güçleri (kW)					
Grosstonlar Gemi Türleri	<500 grt	500- 999 grt	1000-4999 grt	5000-9999 grt	10000- 49999 grt	>50000 grt
Dökme Yük	550	750	2700	5000	8800	17000
Kuru Yük	810	1181	3366	7516	13932	31471
Tanker	751	1003	2160	4854	10376	15997

**Tablo 3.1** Gemi türleri ve makine güçleri (Devamı)

Grosstonları Gemi Türleri	Yardımcı Makine Güçleri(kW)					
	<500 grt	500- 999 grt	1000-4999 grt	5000-9999 grt	10000- 49999 grt	>50000 grt
Dökme Yük	20	40	175	300	380	500
Kuru Yük	56	96	241	615	1396	1914
Tanker	52	65	153	300	425	761

**Tablo 3.2** Gemi ve kirletici türüne göre emisyon faktörleri (g/kWh)

$(EF)_r$ Gemi Türleri	Emisyon Faktörleri				
	$(EF)_{NO_x}$	$(EF)_{SO_2}$	$(EF)_{CO_2}$	$(EF)_{HC}$	$(EF)_{PM}$
	$r = 1$ için	$r = 2$ için	$r = 3$ için	$r = 4$ için	$r = 5$ için
Dökme Yük	17.7	10.6	627	0.59	1.61
Kuru Yük	14.9	11.2	672	0.50	1.15
Tanker	14.0	11.5	699	0.47	1.27

Cebelitarık Boğazi'ndan transit geçen gemi sürelerinin belirlenmesi için Marine Traffic sitesi'nden yararlanılmıştır [30]. Boğazdan transit geçen gemilerin hızları ve boğazın uzunluğu dikkate alınarak; gemi geçiş süreleri  $t_{max} = 5$  saat ve  $t_{min} = 2$  saat olarak kabul edilmiştir. Problem birçok farklı değişkene bağlı

olduğundan hesaplamalar F. Kanbay ve N. Vardar'ın [14] çalışmasındaki aşağıda verilen formül kullanılarak yapılmıştır:

$$t_{min} \cdot P_{im} \cdot (EF)_r \cdot [Engine\ load] \leq E_r \leq t_{max} \cdot P_{im} \cdot (EF)_r \cdot [Engine\ load] \quad (3.2)$$

i: gemi türü (i=1, 2, 3; 1: Tanker, 2: Kuru Yük, 3: Dökme Yük)

m: gemi grosstonları (m=1 için <999grt, m=2 için 1000-9999grt, m=3 için >9999grt)

r: kirletici türü

Buradaki ana makine ve yardımcı makine güçleri [14] den Tablo 3.3'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.3** Gemi türleri ve makine güçleri (P: ana makine gücü, p: yardımcı makine gücü)

P	Makine Güçleri (kW)					
	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>9999grt (Grup 3)	
Grosston  Gemi Türü	<500 grt	500-999 grt	1000-4999 grt	5000-9999 grt	10000-49999 grt	>50000 grt
	Alt	Alt	Alt	Alt	Alt	Alt
	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
Tanker	751 ≤ P <sub>11</sub> ≤ 1003		2160 ≤ P <sub>12</sub> ≤ 4854		10376 ≤ P <sub>13</sub> ≤ 15997	
Kuru Yük	810 ≤ P <sub>21</sub> ≤ 1181		3366 ≤ P <sub>22</sub> ≤ 7516		13932 ≤ P <sub>23</sub> ≤ 31471	
Dökme Yük	550 ≤ P <sub>31</sub> ≤ 750		2700 ≤ P <sub>32</sub> ≤ 5000		8800 ≤ P <sub>33</sub> ≤ 17000	

**Tablo 3.3** Gemi türleri ve makine güçleri (P: ana makine gücü, p: yardımcı makine gücü) (Devamı)

		Yardımcı Makine Güçleri				
Grosston Gemi Türü	<500 grt	500-999 grt	1000-4999 grt	5000- 9999 grt	10000-49999 grt	>5000 grt
	Tanker	52≤p <sub>11</sub> ≤65		153≤p <sub>12</sub> ≤300		425≤p <sub>31</sub> ≤761
Kuru Yük	56≤p <sub>21</sub> ≤96		241≤p <sub>22</sub> ≤615		1396≤p <sub>32</sub> ≤1914	
Dökme Yük	20≤p <sub>31</sub> ≤40		175≤p <sub>32</sub> ≤300		380≤ p <sub>33</sub> ≤500	

Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemi sayıları Bölüm 2'de verilmişti. Tablo2.1 'de verilen gemi tip ve sayıları, Tablo 3.3 'teki alt grup sayılarını belirlemek için yetersizdir. Bu sayıların belirsizliği problemin bir bulanık mantık problemi olarak ele alınmasını gerektirir.

### 3.2 Formüllerin Matrislerle İfadesi

Bu bölümde, yapılacak işlemlerin algoritmasının matrisel gösterilimi verilecektir [14]. Her bir gemi türü için grosstonlarına göre ilgili emisyon miktarları

$$A_m = [ (\alpha_m)_{ij} ]_{3 \times 4} \quad (3.3)$$

şeklinde verilen üç matris (m=1, 2, 3) ve Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemilerin Tablo (2.1) de verilen normalize edilmiş sayıları ile oluşturulan

$$S = (S_{im})_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 170 & 15313 & 1531 \\ 547 & 49270 & 4926 \\ 22 & 1992 & 199 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

matrisi ile ifade edilecektir.

Daha sonra, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen tüm gemilerin; gemi türlerine ve grosstonlarına göre dağılımlarının toplam emisyon miktarları



$$B_m = [(B_m)_{ij}]_{3 \times 4} = [S_{im} \cdot (\alpha_m)_{ij}]_{3 \times 4} \quad (3.5)$$

matrisleri ile tanımlanacaktır.

Burada;  $m$  gemi grosstonlarını ( $m = 1$  için  $< 999grt$ ,  $m = 2$  için  $1000 - 9999grt$ ,  $m = 3$  için  $> 9999grt$ );  $i = 1,2,3$  gemi türlerini ( $i = 1$  Tanker;  $i = 2$  Kuru Yük;  $i = 3$  Dökme Yük);  $j = 1,2,3,4$  emisyon seviye düzeylerini ( $j = 1$  min;  $j = 2$  med1;  $j = 3$  med2;  $j = 4$  max) göstermektedir.

$$N = [n_{ij}]_{3 \times 4} = \sum_{k=1}^3 B_k \quad (3.6)$$

$$T = [t_{lj}]_{1 \times 4} = [ \sum_{k=1}^3 n_{k1} \quad \sum_{k=1}^3 n_{k2} \quad \sum_{k=1}^3 n_{k3} \quad \sum_{k=1}^3 n_{k4} ]_{1 \times 4} \quad (3.7)$$

şeklinde verilmiş  $N$  ve  $T$  matrisleri ile;

$$1. \text{ Seviye} \quad t_{11} \leq E_r \leq t_{12} \quad (3.8)$$

$$2. \text{ Seviye} \quad t_{12} \leq E_r \leq t_{13} \quad (3.9)$$

$$3. \text{ Seviye} \quad t_{13} \leq E_r \leq t_{14} \quad (3.10)$$

(3.8), (3.9), (3.10) da verilen aralıklar ile tanımlanan emisyon seviyeleri elde edilecektir.

Gemi türlerine ve çeşitlilik gösteren grosstonlarına, hız farklılıklarına, seyir esnasındaki hava ve trafik koşullarına bağlı olarak değişen emisyon miktarlarının tahmini için; problem bir fuzzy problemi olarak ele alınacak ve MATLAB(FIS) editörü ile çözüm araştırılacaktır. Bu amaçla Mamdani türünde üyelik fonksiyonları kullanılacaktır. İlgili emisyon türleri ve gemi dağılımlarına göre üyelik fonksiyonları şekillendirilerek kural editörü ile toplam emisyon miktarları yüzeylerle ifade edilecektir. Aşağıdaki tabloda kural editörüne girilecek seviyeleri oluşturmaya yönelik tablo sunulmuştur.

**Tablo 3.4** MATLAB(FIS) kural editörü için gerekli bilgilerin tablosu

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Cargo Ship Min	Cargo Ship Med	Cargo Ship Max	Bulk Carrier Min	Bulk Carrier Med	Bulk Carrier Max	Total Seviye
X			X			X			
X			X				X		
X			X					X	
X				X		X			
X				X			X		
X				X				X	
X					X	X			
X					X		X		
X					X			X	
	X		X			X			
	X		X				X		
	X		X					X	
	X			X		X			
	X			X			X		
	X			X				X	
	X				X	X			
	X				X		X		
	X				X			X	
		X	X			X			
		X	X				X		
		X	X					X	
		X		X		X			
		X		X			X		
		X		X				X	
		X			X	X			
		X			X		X		
		X			X			X	

## MATLAB (FIS) EDİTÖRÜ İLE EMİSYON TAHMİNİ

### 4.1 $NO_x$ Emisyon Tahmini

Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemilerden yayılan toplam  $NO_x$  emisyon miktarının tahmini için (3.2) formülü kullanılarak bir gemi için elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda gemi türü ve grosstonuna göre verilebilir:

$E_{NO_x}$ (ton/year)						
Gemi Türü	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>9999grt (Grup 3)	
	<500 Grt Alt Grup 1-1	500-999 Grt Alt Grup 1-2	1000-4999 Grt Alt Grup 2-1	5000-9999 Grt Alt Grup 2-2	10000-49999 Grt Alt Grup 3-1	>50000 Grt Alt Grup 3-2
Tanker	Min 0.021 Max 0.053	Min 0.027 Max 0.069	Min 0.061 Max 0.153	Min 0.194 Max 0.334	Min 0.268 Max 0.670	Min 0.422 Max 1.055
Kuru Yük	Min 0.024 Max 0.061	Min 0.037 Max 0.092	Min 0.102 Max 0.254	Min 0.234 Max 0.585	Min 0.457 Max 1.142	Min 0.921 Max 2.303
Dökme Yük	Min 0.017 Max 0.044	Min 0.025 Max 0.064	Min 0.095 Max 0.237	Min 0.103 Max 0.257	Min 0.289 Max 0.724	Min 0.535 Max 1.336

Şekil 4.1 Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için  $E_{NO_x}$  değerleri

Şekil 4.1 'de verilen sonuçların (3.3) formülü ile ifade edilen matrisel gösterimleri aşağıdaki şekildedir:

**m = 1** (< 999 grt) için

$$A_1 = [(\alpha_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.021 & 0.027 & 0.053 & 0.069 \\ 0.024 & 0.037 & 0.061 & 0.092 \\ 0.017 & 0.025 & 0.044 & 0.064 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.1)$$

**m = 2** (1000-9999 grt) için

$$A_2 = [(\alpha_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.061 & 0.134 & 0.153 & 0.334 \\ 0.102 & 0.234 & 0.254 & 0.585 \\ 0.095 & 0.103 & 0.237 & 0.257 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.2)$$

**m = 3** (>9999 grt) için

$$A_3 = [(\alpha_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.268 & 0.422 & 0.670 & 1.055 \\ 0.457 & 0.921 & 1.142 & 2.303 \\ 0.289 & 0.535 & 0.724 & 1.136 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.3)$$

(4.1) (4.2) (4.3) de tek gemi için bulunmuş sonuçlar, tüm gemi sayıları için oluşturulmuş (3.4) matrisi ve (3.5) formülü kullanılarak, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen tüm gemilerin  $NO_x$  miktarları aşağıdaki tüm gemilere ait toplam emisyon miktarlarının grosstonlara göre dağılımını ifade eden matrisler ile ifade edilir:

$$B_1 = [(\beta_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 3.57 & 4.59 & 9.01 & 11.73 \\ 13.128 & 20.239 & 33.367 & 50.324 \\ 0.374 & 0.55 & 0.968 & 1.408 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.4)$$

$$B_2 = [(\beta_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 934.093 & 2051.942 & 2342.889 & 5114.542 \\ 5025.54 & 11529.18 & 12514.58 & 28822.95 \\ 189.24 & 205.176 & 472.104 & 511.944 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.5)$$

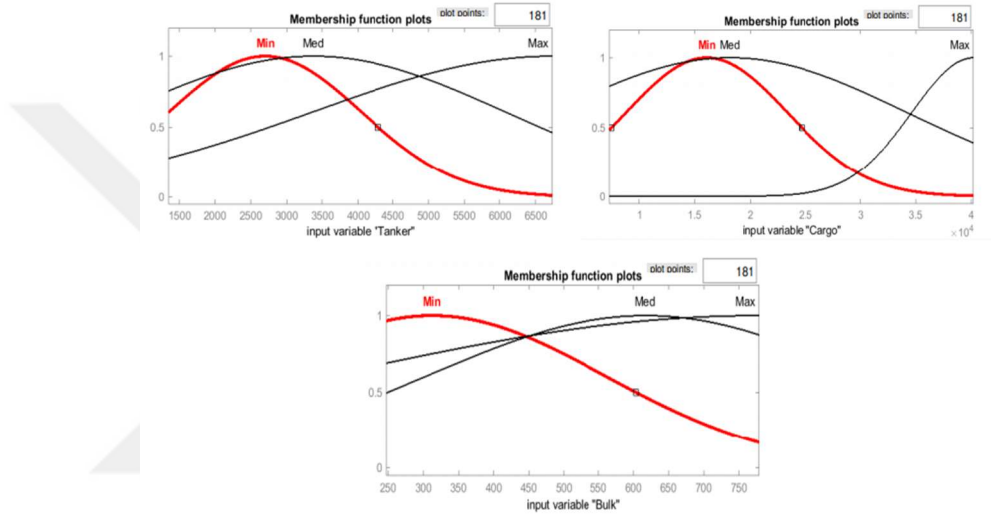
$$B_3 = [(\beta_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 410.308 & 646.082 & 1025.77 & 1615.205 \\ 2251.182 & 4536.846 & 5625.49 & 11344.578 \\ 57.511 & 106.465 & 144.076 & 265.864 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.6)$$

Bu durumda (3.6) ve (3.7) formülleriyle gemi türlerine göre emisyon miktarlarını ve toplam emisyon miktarlarını gösteren  $N$  ve  $T$  matrisleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$N = [n_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 1347.971 & 2702.614 & 3377.669 & 6741.477 \\ 7289.85 & 16086.265 & 18173.437 & 40217.852 \\ 247.125 & 312.191 & 617.148 & 779.216 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.7)$$

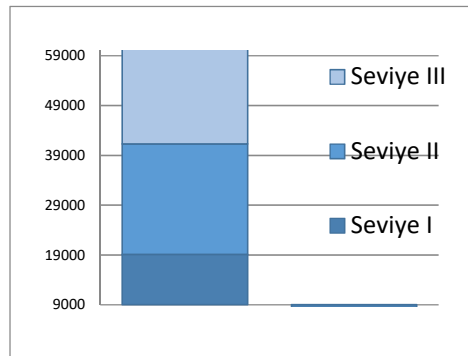
$$T = [t_{ij}]_{1 \times 4} = [8884.946 \quad 19101.07 \quad 22168.254 \quad 47738.545]_{1 \times 4} \quad (4.8)$$

Birçok değişkene bağlı olarak hesapladığımız emisyon miktarları bir fuzzy (bulanık mantık) problemi olarak ele alındığından MATLAB(FIS) ile Mamdani üyelik fonksiyonları oluşturulmalıdır. Bu amaçla Mamdani türünde üyelik fonksiyonları gemi türleri ve grosston dağılımlarına göre aşağıdaki şekilde şekillendirilir:



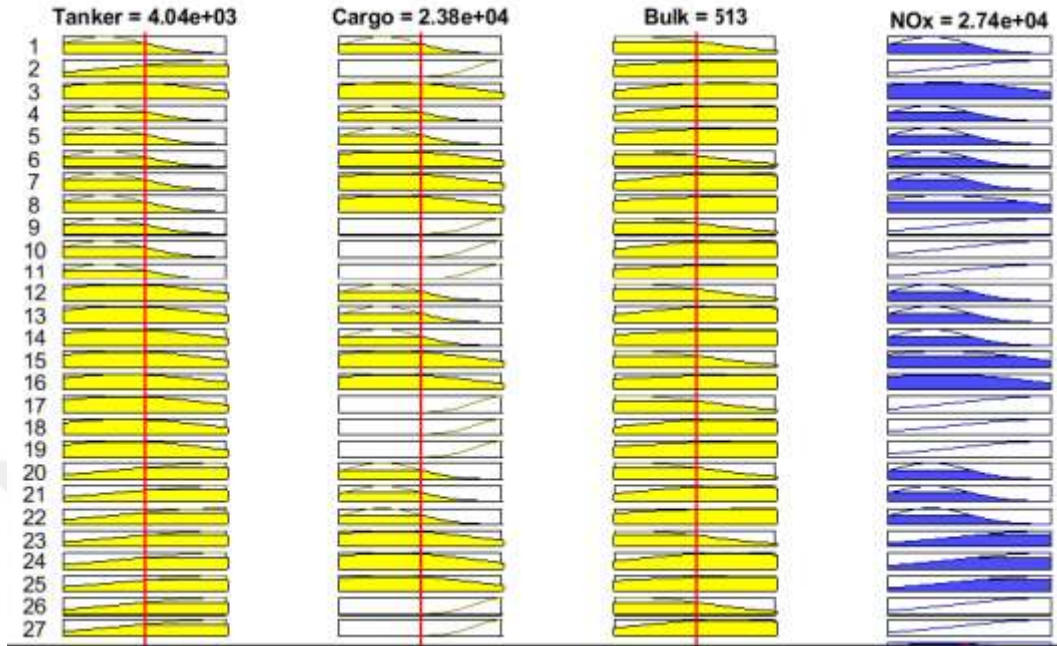
**Şekil 4.2**  $NO_x$  için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları

(3.8), (3.9), (3.10) ile verilen seviyeler aşağıdaki grafik ile gösterilebilir:

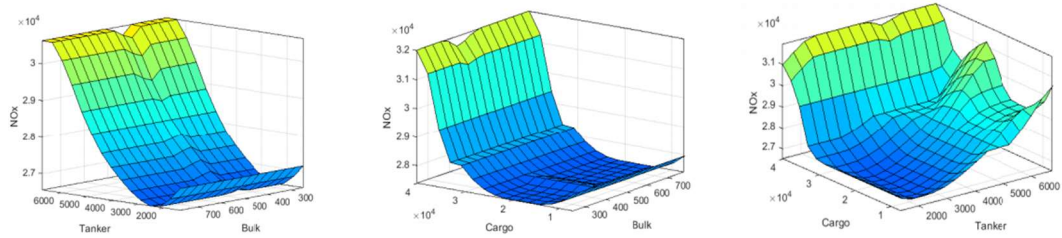


**Şekil 4.3**  $NO_x$  için elde edilen toplam emisyon seviyeleri

Tablo (3.4) de verilen koşullar altında elde edilen kurallar, kural editörüne girilerek aşağıdaki hale gelir.



Şekil 4.4  $NO_x$  için elde edilen kural editörü çıktıları



Şekil 4.5 Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan  $NO_x$  emisyon miktarları

## 4.2 SO<sub>2</sub> Emisyon Tahmini

$E_{SO_2}$ (ton/year)						
Gemi Türü	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>9999grt (Grup 3)	
	<500 Grt AltGrup 1-1	500-999 Grt AltGrup 1-2	1000-4999 Grt AltGrup 2-1	5000-9999 Grt AltGrup 2-2	10000-49999 Grt AltGrup 3-1	>50000 Grt AltGrup 3-2
	Tanker	Min 0.017 Max 0.044	Min 0.023 Max 0.057	Min 0.050 Max 0.126	Min 0.110 Max 0.275	Min 0.220 Max 0.550
Kuru Yük	Min 0.018 Max 0.046	Min 0.028 Max 0.069	Min 0.076 Max 0.191	Min 0.176 Max 0.440	Min 0.343 Max 0.859	Min 0.693 Max 1.731
Dökme Yük	Min 0.011 Max 0.027	Min 0.015 Max 0.038	Min 0.057 Max 0.142	Min 0.104 Max 0.259	Min 0.173 Max 0.434	Min 0.320 Max 0.800

Şekil 4.6 Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için  $E_{SO_2}$  değerleri

Şekil 4.6 'da verilen sonuçların (3.3) formülü ile ifade edilen matrissel gösterimleri aşağıdaki şekildedir:

$m = 1$  (< 999 grt) için

$$A_1 = [(\alpha_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.017 & 0.023 & 0.044 & 0.057 \\ 0.018 & 0.028 & 0.046 & 0.069 \\ 0.011 & 0.015 & 0.027 & 0.038 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.9)$$

$m = 2$  (1000-9999 grt) için

$$A_2 = [(\alpha_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.050 & 0.110 & 0.126 & 0.275 \\ 0.076 & 0.176 & 0.191 & 0.440 \\ 0.057 & 0.104 & 0.142 & 0.259 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.10)$$

$m = 3$  (>9999 grt) için

$$A_3 = [(\alpha_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.220 & 0.347 & 0.550 & 0.867 \\ 0.343 & 0.693 & 0.859 & 1.731 \\ 0.173 & 0.320 & 0.434 & 0.800 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.11)$$

(4.9) (4.10) (4.11) de tek gemi için bulunmuş sonuçlar, tüm gemi sayıları için oluşturulmuş (3.4) matrisi ve (3.5) formülü kullanılarak, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen tüm gemilerin  $SO_2$  miktarları aşağıdaki tüm gemilere ait toplam emisyon miktarlarının grosstonlara göre dağılımını ifade eden matrisler ile ifade edilir:

$$B_1 = [(\beta_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 2.89 & 3.91 & 7.48 & 9.69 \\ 9.85 & 15.32 & 25.162 & 37.743 \\ 0.242 & 0.33 & 0.594 & 0.836 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.12)$$

$$B_2 = [(\beta_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 765.65 & 1684.43 & 1929.44 & 4211.075 \\ 3744.52 & 8671.52 & 9410.57 & 21678.80 \\ 113.544 & 207.168 & 282.864 & 515.928 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.13)$$

$$B_3 = [(\beta_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 336.82 & 531.257 & 842.05 & 1327.377 \\ 1689.618 & 3413.718 & 4231.434 & 3333.906 \\ 34.427 & 63.68 & 86.366 & 159.2 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.14)$$

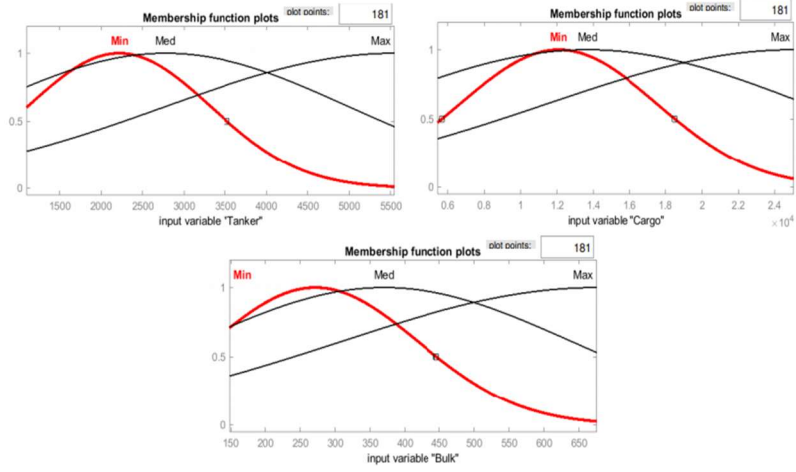
Bu durumda (3.6) ve (3.7) formülleriyle gemi türlerine göre emisyon miktarlarını ve toplam emisyon miktarlarını gösteren N ve T matrisleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$N = [n_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 1105.36 & 2219.597 & 2778.97 & 5548.142 \\ 5443.988 & 12100.558 & 13667.166 & 25050.449 \\ 148.213 & 271.178 & 369.824 & 675.964 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.15)$$

$$T = [t_{ij}]_{1 \times 4} = [6697.561 \quad 14591.333 \quad 16815.96 \quad 31274.555]_{1 \times 4} \quad (4.16)$$

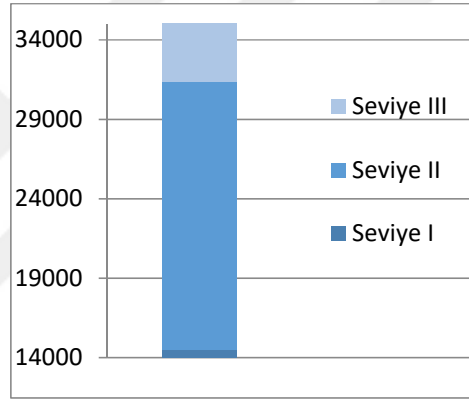
Birçok değişkene bağlı olarak hesapladığımız emisyon miktarları bir fuzzy (bulanık mantık) problem olarak ele alındığından MATLAB(FIS) ile Mamdani üyelik fonksiyonları oluşturulmalıdır. Bu amaçla Mamdani türünde üyelik fonksiyonları gemi türleri ve grosston dağılımlarına göre aşağıdaki şekilde şekillendirilir:





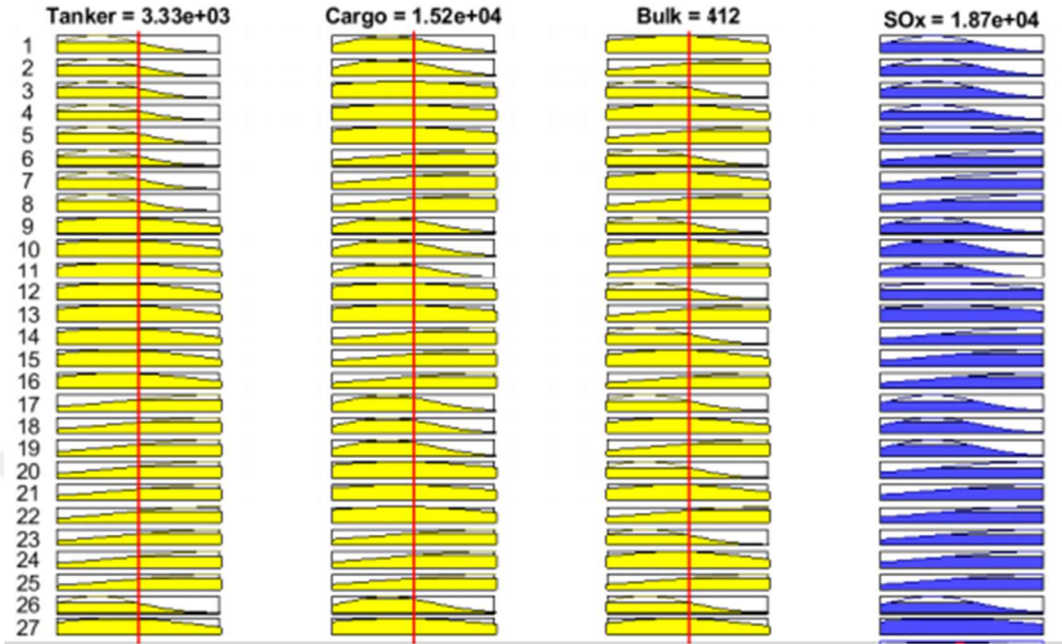
**Şekil 4.7**  $SO_2$  için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları

(3.8), (3.9), (3.10) ile verilen seviyeler aşağıdaki grafik ile gösterilebilir:

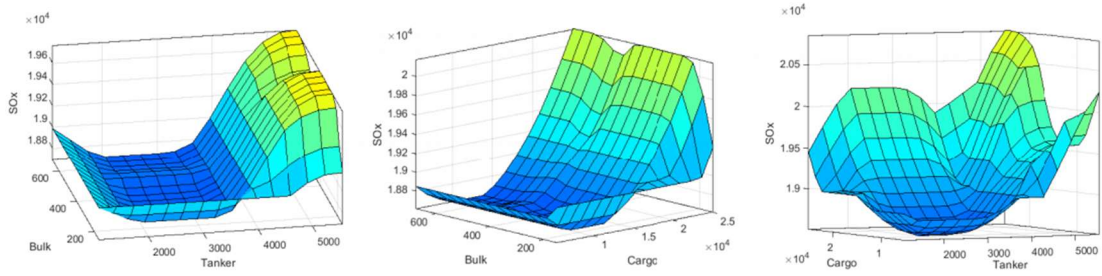


**Şekil 4.8**  $SO_2$  için elde edilen toplam emisyon seviyeleri

Tablo (3.4) de verilen koşullar altında elde edilen kurallar, kural editörüne girilerek aşağıdaki hale gelir.



Şekil 4.9  $SO_2$  için elde edilen kural editörü çıktıları



Şekil 4.10 Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan  $SO_2$  emisyon miktarları

### 4.3 CO<sub>2</sub> Emisyon Tahmini

$E_{CO_2}$ (ton/year)						
Gemi Türü	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>9999grt (Grup 3)	
	<500 Grt AltGrup 1-1	500-999 Grt AltGrup 1-2	1000-4999 Grt AltGrup 2-1	5000-9999 Grt AltGrup 2-2	10000-49999 Grt AltGrup 3-1	>50000 Grt AltGrup 3-2
	Tanker	Min 1.058 Max 2.645	Min 1.394 Max 3.486	Min 3.057 Max 7.643	Min 6.686 Max 16.717	Min 13.386 Max 33.467
Kuru Yük	Min 1.096 Max 2.742	Min 1.657 Max 4.142	Min 4.591 Max 11.477	Min 10.561 Max 26.402	Min 20.608 Max 51.521	Min 41.554 Max 103.89
Dökme Yük	Min 0.627 Max 1.567	Min 0.903 Max 2.257	Min 3.367 Max 8.417	Min 6.144 Max 15.36	Min 10.257 Max 25.644	Min 18.935 Max 47.338

**Şekil 4.11** Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için  $E_{CO_2}$  değerleri

Şekil 4.11 'de verilen sonuçların (3.3) formülü ile ifade edilen matrisel gösterimleri aşağıdaki şekildedir.

**m = 1** (< 999 grt) için

$$A_1 = [(\alpha_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 1.058 & 1.394 & 2.645 & 3.486 \\ 1.096 & 1.657 & 2.742 & 4.142 \\ 0.627 & 0.903 & 1.567 & 2.257 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.17)$$

**m = 2** (1000-9999 grt) için

$$A_2 = [(\alpha_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 3.057 & 6.686 & 7.643 & 16.717 \\ 4.591 & 10.561 & 11.477 & 26.402 \\ 3.367 & 6.144 & 8.417 & 15.360 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.18)$$

$m = 3$  (>9999 grt) için

$$A_3 = [(\alpha_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 13.386 & 21.083 & 33.467 & 52.707 \\ 20.608 & 41.554 & 51.521 & 103.89 \\ 10.257 & 18.935 & 25.644 & 47.338 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.19)$$

(4.17) (4.18) (4.19) de tek gemi için bulunmuş sonuçlar, tüm gemi sayıları için oluşturulmuş (3.4) matrisi ve (3.5) formülü kullanılarak, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen tüm gemilerin  $CO_2$  miktarları aşağıdaki tüm gemilere ait toplam emisyon miktarlarının grosstonlara göre dağılımını ifade eden matrisler ile ifade edilir:

$$B_1 = [(\beta_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 179.86 & 236.98 & 449.65 & 592.62 \\ 599.512 & 906.379 & 1499.874 & 2265.674 \\ 13.794 & 19.866 & 34.474 & 49.654 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.20)$$

$$B_2 = [(\beta_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 46811.84 & 102382.71 & 117037.25 & 255987.42 \\ 226198.57 & 520340.47 & 565471.79 & 1300826.54 \\ 6707.064 & 12238.848 & 16766.664 & 30597.12 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.21)$$

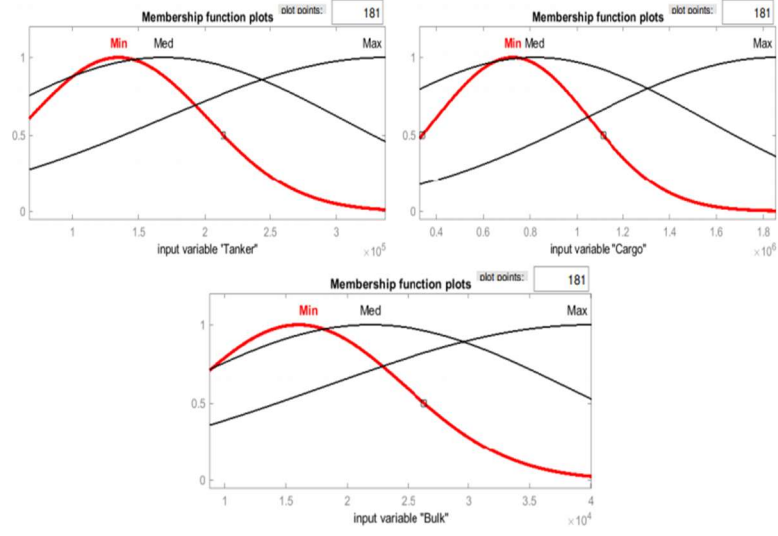
$$B_3 = [(\beta_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 336.82 & 531.257 & 842.05 & 1327.377 \\ 1689.618 & 3413.718 & 4231.434 & 3333.906 \\ 34.427 & 63.68 & 86.366 & 159.2 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.22)$$

Bu durumda (3.6) ve (3.7) formülleriyle gemi türlerine göre emisyon miktarlarını ve toplam emisyon miktarlarını gösteren N ve T matrisleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

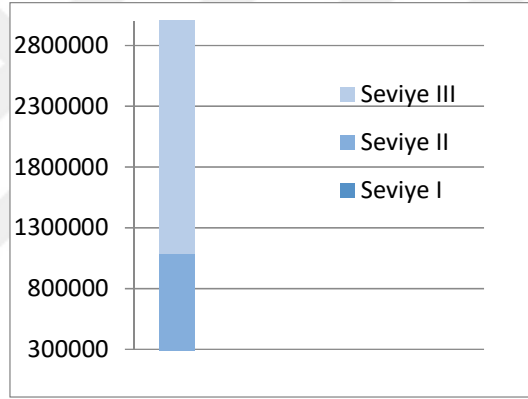
$$N = [n_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 67485.667 & 134897.771 & 168724.886 & 337274.458 \\ 328313.09 & 725941.853 & 820764.11 & 1854884.35 \\ 8762.001 & 16026.779 & 21904.294 & 40067.036 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.23)$$

$$T = [t_{ij}]_{1 \times 4} = [404560.75 \quad 876866.40 \quad 1011393.29 \quad 2232225.84]_{1 \times 4} \quad (4.24)$$

Birçok değişkene bağlı olarak hesapladığımız emisyon miktarları bir fuzzy (bulanık mantık) problem olarak ele alındığından MATLAB(FIS) ile Mamdani üyelik fonksiyonları oluşturulmalıdır. Bu amaçla Mamdani türünde üyelik fonksiyonları gemi türleri ve grosston dağılımlarına göre aşağıdaki şekilde şekillendirilir:

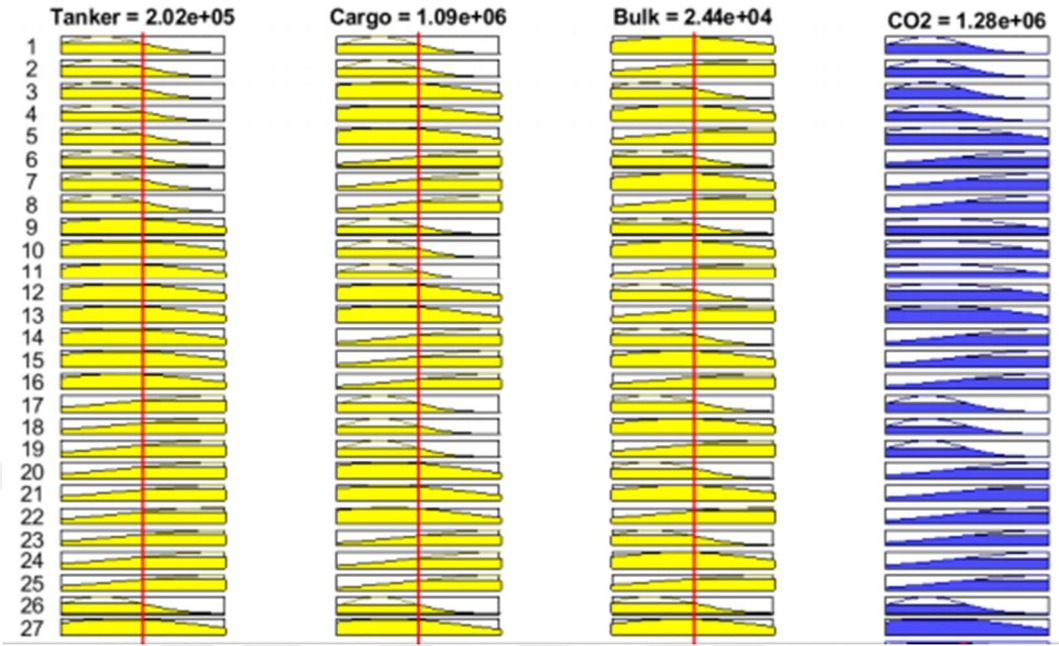


**Şekil 4.12**  $CO_2$  için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları (3.8), (3.9), (3.10) ile verilen seviyeler aşağıdaki grafik ile gösterilebilir:

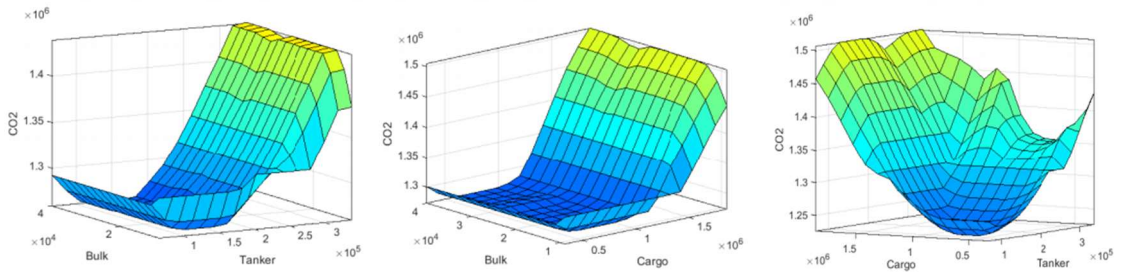


**Şekil 4.13**  $CO_2$  için elde edilen toplam emisyon seviyeleri

Tablo (3.4) de verilen koşullar altında elde edilen kurallar, kural editörüne girilerek aşağıdaki hale gelir.



Şekil 4.14  $CO_2$  için elde edilen kural editörü çıktıları



Şekil 4.15 Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan  $CO_2$  emisyon miktarları

#### 4.4 HC Emisyon Tahmini

$E_{HC}$ (ton/year)						
Gemi Türü	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>9999grt (Grup 3)	
	<500 Grt Alt Grup 1-1	500-999 Grt Alt Grup 1-2	1000-4999 Grt Alt Grup 2-1	5000-9999 Grt Alt Grup 2-2	10000-49999 Grt Alt Grup 3-1	>50000 Grt Alt Grup 3-2
Tanker	Min 0.00071 Max 0.00177	Min 0.00093 Max 0.00234	Min 0.00205 Max 0.00513	Min 0.00450 Max 0.0112	Min 0.0090 Max 0.0225	Min 0.0142 Max 0.0354
Kuru Yük	Min 0.00082 Max 0.00204	Min 0.00123 Max 0.00308	Min 0.00341 Max 0.00853	Min 0.00785 Max 0.01964	Min 0.0153 Max 0.0383	Min 0.0309 Max 0.0773
Dökme Yük	Min 0.00059 Max 0.00147	Min 0.00084 Max 0.00212	Min 0.00316 Max 0.00792	Min 0.00578 Max 0.01445	Min 0.0096 Max 0.0241	Min 0.0178 Max 0.0445

Şekil 4.16 Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için  $E_{HC}$  değerleri

Şekil 4.16 'da verilen sonuçların (3.3) formülü ile ifade edilen matrisel gösterimleri aşağıdaki şekildedir:

$m = 1$  (< 999 grt) için

$$A_1 = [(\alpha_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.00071 & 0.00093 & 0.00177 & 0.00234 \\ 0.00082 & 0.00123 & 0.00204 & 0.00308 \\ 0.00059 & 0.00084 & 0.00147 & 0.00212 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.25)$$

$m = 2$  (1000-9999 grt) için

$$A_2 = [(\alpha_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.00205 & 0.00450 & 0.00513 & 0.0112 \\ 0.00341 & 0.00785 & 0.00853 & 0.01964 \\ 0.00316 & 0.00578 & 0.00792 & 0.01445 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.26)$$

$m = 3$  (>9999 grt) için

$$A_3 = [(\alpha_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.0090 & 0.0142 & 0.0225 & 0.0354 \\ 0.0153 & 0.0309 & 0.0383 & 0.0773 \\ 0.0096 & 0.0178 & 0.0241 & 0.0445 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.27)$$

(4.25) (4.26) (4.27) de tek gemi için bulunmuş sonuçlar, tüm gemi sayıları için oluşturulmuş (3.4) matrisi ve (3.5) formülü kullanılarak, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen tüm gemilerin HC miktarları aşağıdaki tüm gemilere ait toplam emisyon miktarlarının grosstonlara göre dağılımını ifade eden matrisler ile ifade edilir:

$$B_1 = [(\beta_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.1207 & 0.1581 & 0.3009 & 0.3978 \\ 0.4485 & 0.6728 & 1.1159 & 1.6847 \\ 0.0129 & 0.0185 & 0.0323 & 0.0466 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.28)$$

$$B_2 = [(\beta_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 31.3916 & 60.9085 & 78.5556 & 171.5056 \\ 168.0107 & 386.7695 & 420.2731 & 967.6628 \\ 6.2947 & 11.5137 & 15.7766 & 28.7844 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.29)$$

$$B_3 = [(\beta_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 14.6976 & 21.7402 & 34.4475 & 54.1974 \\ 75.3678 & 152.2134 & 188.6658 & 380.7798 \\ 1.9104 & 3.5422 & 4.7959 & 8.8555 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.30)$$

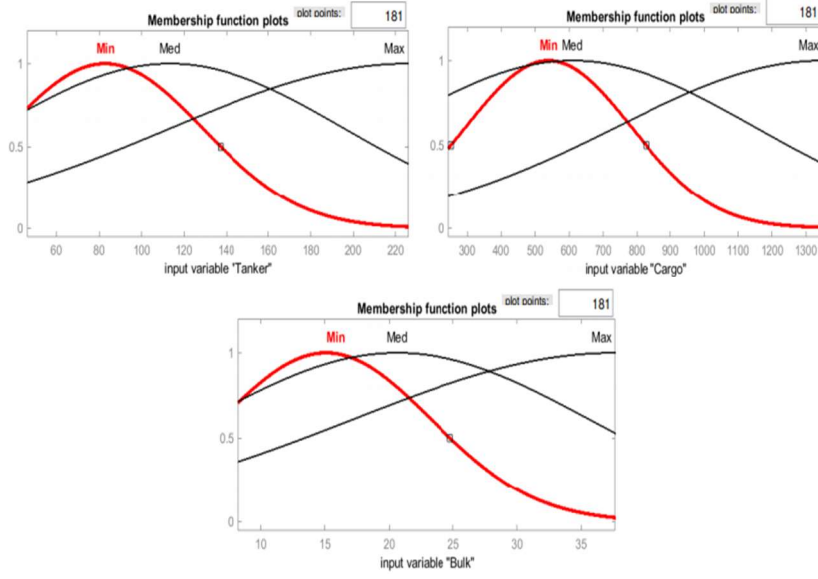
Bu durumda (3.6) ve (3.7) formülleriyle gemi türlerine göre emisyon miktarlarını ve toplam emisyon miktarlarını gösteren N ve T matrisleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$N = [n_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 46.2099 & 82.8068 & 113.304 & 226.1008 \\ 243.827 & 539.6557 & 610.0548 & 1350.1273 \\ 8.218 & 15.0744 & 20.6048 & 37.6865 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.31)$$

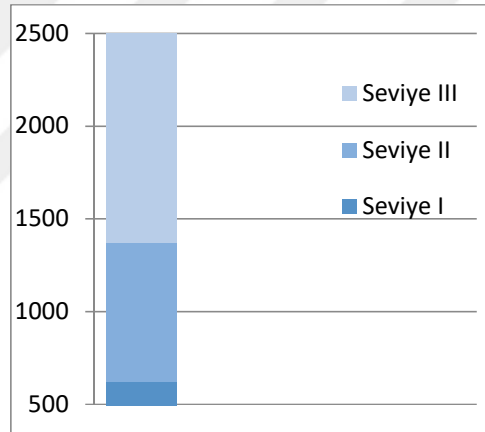
$$T = [t_{ij}]_{1 \times 4} = [298.2549 \quad 637.5369 \quad 743.9636 \quad 1613.9146]_{1 \times 4} \quad (4.32)$$

Birçok değişkene bağlı olarak hesapladığımız emisyon miktarları bir fuzzy (bulanık mantık) problem olarak ele alındığından MATLAB(FIS) ile Mamdani üyelik fonksiyonları oluşturulmalıdır. Bu amaçla Mamdani türünde üyelik fonksiyonları gemi türleri ve grosston dağılımlarına göre aşağıdaki şekilde şekillendirilir:



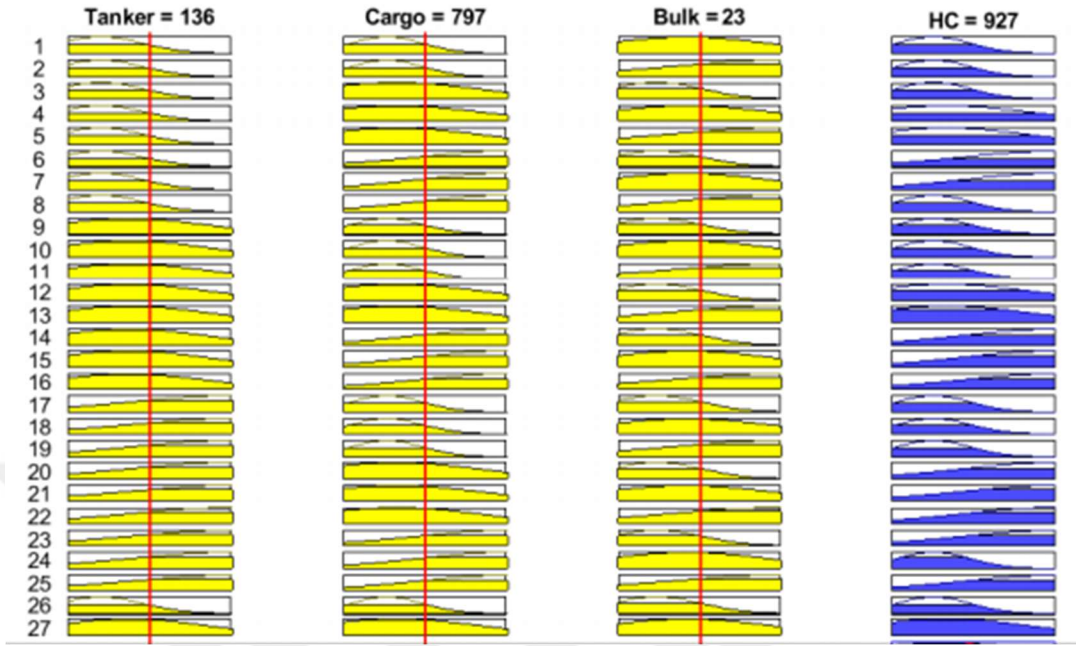


**Şekil 4.17** HC için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları (3.8), (3.9), (3.10) ile verilen seviyeler aşağıdaki grafik ile gösterilebilir:

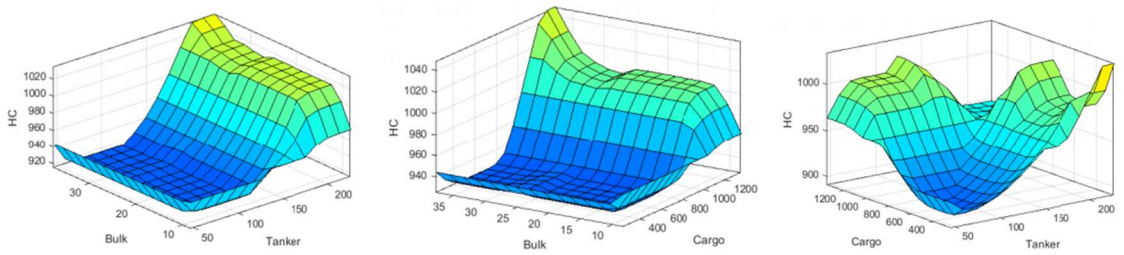


**Şekil 4.18** HC için elde edilen toplam emisyon seviyeleri

Tablo (3.4) de verilen koşullar altında elde edilen kurallar, kural editörüne girilerek aşağıdaki hale gelir.



Şekil 4.19 HC için elde edilen kural editörü çıktıları



Şekil 4.20 Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan HC emisyon miktarları

#### 4.5 PM Emisyon Tahmini

$E_{PM}$ (ton/year)						
Gemi Türü	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>9999grt (Grup 3)	
	<500 Grt Alt Grup 1-1	500-999 Grt Alt Grup 1-2	1000-4999 Grt Alt Grup 2-1	5000-9999 Grt Alt Grup 2-2	10000-49999 Grt Alt Grup 3-1	>50000 Grt Alt Grup 3-2
	Tanker	Min 0.0019 Max 0.0048	Min 0.0025 Max 0.0063	Min 0.0055 Max 0.0138	Min 0.0121 Max 0.0303	Min 0.0243 Max 0.0608
Kuru Yük	Min 0.0018 Max 0.0046	Min 0.0028 Max 0.0070	Min 0.0078 Max 0.0196	Min 0.0180 Max 0.0451	Min 0.0352 Max 0.0881	Min 0.0711 Max 0.1777
Dökme Yük	Min 0.0016 Max 0.0040	Min 0.0023 Max 0.0057	Min 0.0086 Max 0.0216	Min 0.0150 Max 0.0390	Min 0.026 Max 0.065	Min 0.048 Max 0.122

Şekil 4.21 Gemi türlerine ve grosstonlarına göre bir gemi için  $E_{PM}$  değerleri

Şekil 4.21 'de verilen sonuçların (3.3) formülü ile ifade edilen matrisel gösterimleri aşağıdaki şekildedir:

$m = 1$  (< 999 grt) için

$$A_1 = [(\alpha_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.0019 & 0.0025 & 0.0048 & 0.0063 \\ 0.0018 & 0.0028 & 0.0046 & 0.0070 \\ 0.0016 & 0.0023 & 0.0040 & 0.0057 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.33)$$

$m = 2$  (1000-9999 grt) için

$$A_2 = [(\alpha_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.0055 & 0.0121 & 0.0138 & 0.0303 \\ 0.0078 & 0.0180 & 0.0196 & 0.0451 \\ 0.0086 & 0.0150 & 0.0216 & 0.0390 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.34)$$

$m = 3$  (>9999 grt) için

$$A_3 = [(\alpha_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.0243 & 0.0383 & 0.0608 & 0.0957 \\ 0.0352 & 0.0711 & 0.0881 & 0.1777 \\ 0.026 & 0.048 & 0.065 & 0.122 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.35)$$

(4.33) (4.34) (4.35) de tek gemi için bulunmuş sonuçlar, tüm gemi sayıları için oluşturulmuş (3.4) matrisi ve (3.5) formülü kullanılarak, Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen tüm gemilerin *PM* miktarları aşağıdaki tüm gemilere ait toplam emisyon miktarlarının grosstonlara göre dağılımını ifade eden matrisler ile ifade edilir:

$$B_1 = [(\beta_1)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 179.86 & 236.98 & 449.65 & 592.62 \\ 599.512 & 906.379 & 1499.874 & 2265.674 \\ 13.794 & 19.866 & 34.474 & 49.654 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.36)$$

$$B_2 = [(\beta_2)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 46811.841 & 102382.718 & 117037.259 & 255987.421 \\ 226198.57 & 520340.47 & 565471.79 & 1300826.54 \\ 6707.064 & 12238.848 & 16766.664 & 30597.12 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.37)$$

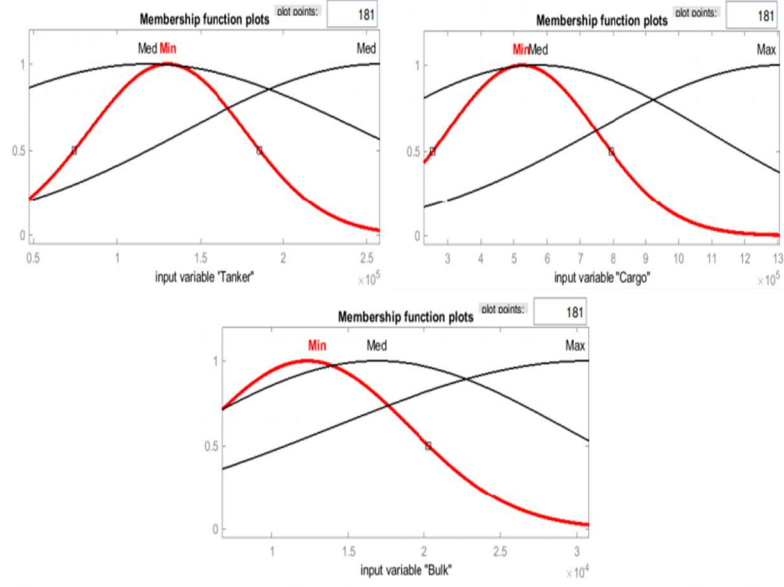
$$B_3 = [(\beta_3)_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 336.82 & 531.257 & 842.05 & 1327.377 \\ 1689.618 & 3413.718 & 4231.434 & 3333.906 \\ 34.427 & 63.68 & 86.366 & 159.2 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.38)$$

Bu durumda (3.6) ve (3.7) formülleriyle gemi türlerine göre emisyon miktarlarını ve toplam emisyon miktarlarını gösteren *N* ve *T* matrisleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

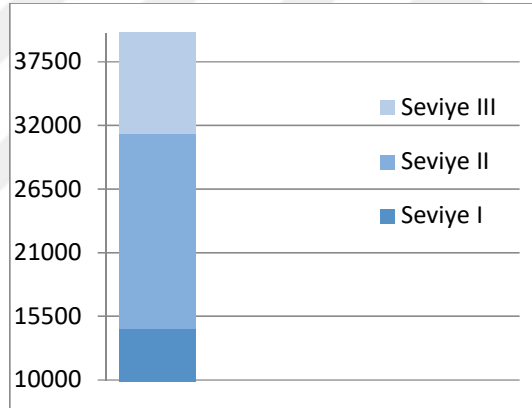
$$N = [n_{ij}]_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 47328.521 & 130150.955 & 118328.959 & 257907.418 \\ 228487.7 & 524660.567 & 571203.098 & 1306426.12 \\ 6755.285 & 12322.394 & 16887.504 & 30805.974 \end{bmatrix}_{3 \times 4} \quad (4.39)$$

$$T = [t_{ij}]_{1 \times 4} = [282571.51 \quad 667133.91 \quad 706419.56 \quad 1595139.51]_{1 \times 4} \quad (4.40)$$

Birçok değişkene bağlı olarak hesapladığımız emisyon miktarları bir fuzzy (bulanık mantık) problem olarak ele alındığından MATLAB(FIS) ile Mamdani üyelik fonksiyonları oluşturulmalıdır. Bu amaçla Mamdani türünde üyelik fonksiyonları gemi türleri ve grosston dağılımlarına göre aşağıdaki şekilde şekillendirilir:

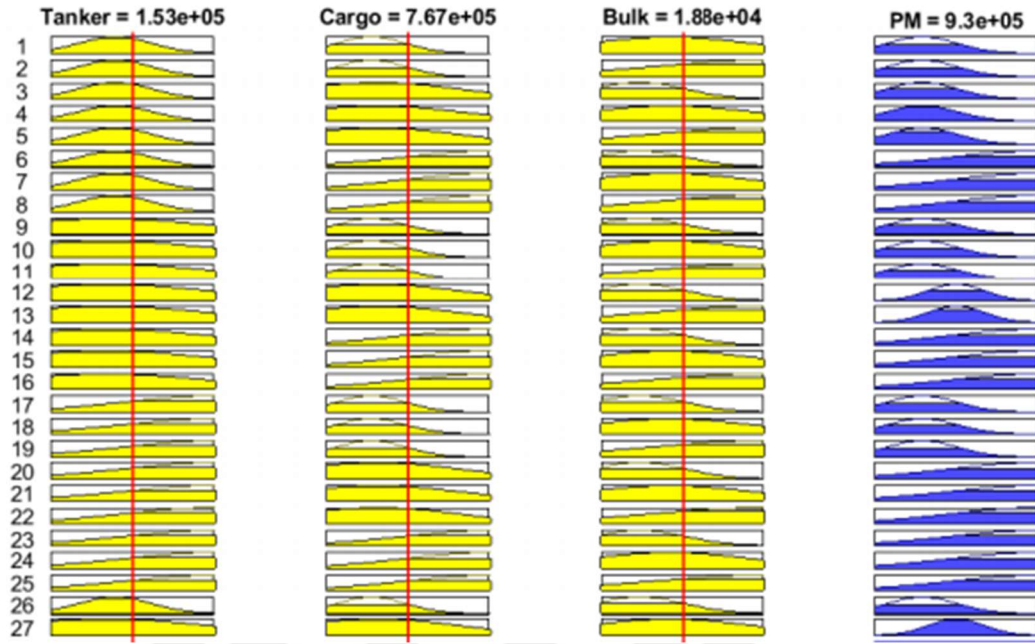


**Şekil 4.22** PM için elde edilen Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları (3.8), (3.9), (3.10) ile verilen seviyeler aşağıdaki grafik ile gösterilebilir:

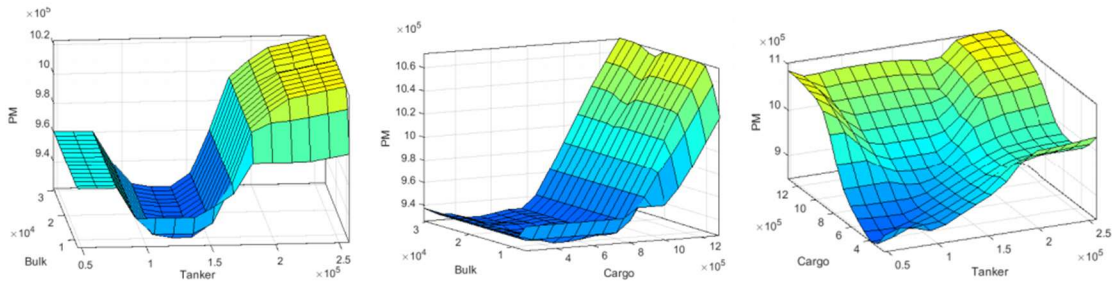


**Şekil 4.23** PM için elde edilen toplam emisyon seviyeleri

Tablo (3.4) de verilen koşullar altında elde edilen kurallar, kural editörüne girilerek aşağıdaki hale gelir.



Şekil 4.24 PM için elde edilen kural editörü çıktıları



Şekil 4.25 Tanker, kuru yük ve dökme yük gemilerinin grosstonlarına göre hesaplanan PM emisyon miktarları

# 5

## SONUÇ VE ÖNERİLER

---

Gemilerin hız, makine gücü, hava koşulları, gemi tipi ,gemi grosstonu gibi büyüklüklerine bağlı olarak değişen emisyon miktarlarının, gemi dağılım sayılarının kesin olarak bilinmemesi durumunda dahi hesaplamalarını yapmak üzere, problem bir fuzzy problemi olarak ele alınmıştır. MATLAB(FIS) editörü kullanılarak Cebelitarık Boğazı'ndan transit geçen gemilerden yayılan  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $HC$  ve  $PM$  emisyon miktarları hesaplanmış ve sonuçlar yüzeyler ile ifade edilmiştir. Şekil 4.5, Şekil 4.10, Şekil 4.15, Şekil 4.20, Şekil 4.25 den elde edilen verilere göre kuru yük gemilerinin, tanker ve dökme yük gemilerine kıyasla daha fazla emisyon çıkarmış oldukları tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma çok parametreye bağlı değişen hesaplamalarda MATLAB(FIS) editörünün kullanılabilirliğini göstermiştir.

- [1] A. Müezzinoğlu, Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yayın No: 0908.87. DK. 006.042, İzmir, 1987.
- [2] M. Booth, J. M. Marriott and K.J. Rivers, Diesel fuel quality in an environmentally-conscious world, Institution Mechanical Engineers, second seminar, MEP, 4556, 1993.
- [3] N. Parish, C. Davies, J. Fitzpatrick vd., "Air quality -Fourth Report of Session 2015-16", House of Commons, 27 April 2016, London
- [4] A. Collette, C. Granier, Q. Hodneborg vd, "Future air quality in Europe: a multi-model assessment of projected exposure to ozone", Atmos. Chem. Phys., 12, 10613-10630, 2012.
- [5] A. Kılıç, Marmara Denizinde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları, BA FBE Dergisi, 11(2) (2009), 124-134.
- [6] A. Kilic. and E. Tzannatos, "Ship Emissions and Their Externalities at the Container Terminal of Piraeus", Bandirma Maritime Faculty, Balıkesir University, Int. J. Environ. Res., 8(4):1329-1340, ISSN: 1735-6865, Autumn 2014.
- [7] H. Saraçoğlu, C. Deniz, A. Kılıç, "An Investigation on the Effects of Ship Sourced Emissions in Izmir Port, Turkey", Department of Marine Engineering, Istanbul Technical University, The Scientific World Journal, Article ID:218324, pp.8, 2013.
- [8] C. Deniz, A. Kılıç, Estimation and Assessment of Shipping Emissions in the Region of Ambarlı Port, İstanbul Technical University, 2009, Turkey
- [9] L. Bilgili, U. B. Celebi, G. B. Alkan, S. B. Caglak and G. Koralturk, Comparison of different ship emission estimation methodologies for annual emission footprint and reduction techniques of a bulk carrier, Fresenius Environmental Bulletin, 1498-1510, 2014.
- [10] L. Bilgili and U. B. Celebi, Emission estimation of cargo ships according to ship main dimensions and annual emission footprint calculation, Fresenius Environmental Bulletin, 1054-1062, 2015.



- [11] L. Bilgili, U. B. Celebi, S. Chatzinikolaou and N. Ventikos, Painting and operation emission estimation of a ship from a life cycle perspective, *Fresenius Environmental Bulletin*, 183–187, 2017.
- [12] U. Kesgin and N. Vardar, A study on Exhaust gas Emissions from Ships in Turkish Straits, *Atmospheric Environment*, 35, 1863–1870, 2001.
- [13] F. Kanbay And N. Vardar, "A fuzzy methodology on surface representation of greenhouse gas estimation," *International Conference on Pure and Applied Mathematics (ICPAM 2018)*, vol.1, no.1, Van, Turkey, pp.156, 2018.
- [14] F. Kanbay And N. Vardar, "On A Fuzzy Application of the Particulate Matters Estimation," *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, vol.15, pp.133-143, 2018.
- [15] F. Kanbay, "A Fuzzy Approach to the Emission Estimation," *Mathematical Modeling*, vol.4, pp. 136-138, 2018.
- [16] C. Deniz, A. Kılıç, G. Cıvkaroğlu, Estimation of shipping emissions in Candarli Gulf, Turkey, *Environ Monit Assess* 171:219–228 DOI10.1007/s10661-009-1273-2, 2010.
- [17] C. Deniz, Y. Durmuşoğlu, "Estimating Shipping emissions in the region of the Sea of Marmara, Turkey", Department of Marine Engineering, Maritime Faculty, Istanbul Technical University, *Science of The Total Environment* 390 255 – 261, 2008.
- [18] O. Isin, E. Uzunsoy, "Predicting the Exhaust Emissions of a Spark Ignition Engine Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System", *Arab J Sci Eng* 38:3485-3493 DOI 10.1007/s13369-013-0637-7, 2013.
- [19] "Hava kirliliği," European Environment Agency, 09-Oct-2017. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/tr/themes/air/intro>. [Accessed: Jan-2020].
- [20] "Basic Information about NO<sub>2</sub>," EPA, 08-Sep-2016. [Online]. Available: [https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What is NO<sub>2</sub>](https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What is NO2). [Accessed: Jan-2020].
- [21] "Sulfur Dioxide Basics," EPA, 02-Apr-2019. [Online]. Available: [https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what is so<sub>2</sub>](https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what is so2). [Accessed: Jan-2020].

- [22] "Overview of Greenhouse Gases," EPA, 11-Apr-2019. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>. [Accessed Jan-2020].
- [23] "Fact Sheet: Revisions to the Occupational Safety and Health Administration Hazard Communication Standards (HCS)," EPA, 06-Jun-2017. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/epcra/fact-sheet-revisions-occupational-safety-and-health-administration-hazard-communication>. [Accessed: Jan-2020].
- [24] "Particulate Matter (PM) Basics," EPA, 14-Nov-2018. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>. [Accessed: Jan-2020].
- [25] J. Wright, "Strait of Gibraltar," NASA, 29-Mar-2015. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/content/strait-of-gibraltar>. [Accessed: Jan-2020].
- [26] Inovagora and Telmedia, Strait of Gibraltar - Partners - European Straits Initiative (english version). [Online]. Available: <http://www.europeanstraits.eu/Partners/Strait-of-Gibraltar>. [Accessed: Jan-2020].
- [27] "Inicio," SalvamentoMarítimo.[Online]. Available: <http://www.salvamentomaritimo.es/> [Accessed: Jan-2020].
- [28] Regional Marine Pollution Emergency Response Centre For The Meditterian Sea (REMPEC), Study of Maritime Traffic Flows in the Meditterian Sea, Final Report – Unrestricted Version. [Online]. Available: [http://www.rempec.org/admin/store/wyswiglmg/file/Prevention/Maritime%20Study%20of%20Maritime%20Traffic%20Flows%20in%20the%20MedSea\\_Unrestricted.pdf](http://www.rempec.org/admin/store/wyswiglmg/file/Prevention/Maritime%20Study%20of%20Maritime%20Traffic%20Flows%20in%20the%20MedSea_Unrestricted.pdf) [Accessed: Jan-2020]
- [29] T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2016 Yılı Türk Boğazları Gemi Geçiş İstatistikleri, [https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi\\_gecis.aspx](https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx) [Accessed: May-2018].
- [30] "Global Ship Tracking Intelligence: AIS Marine Traffic," MarineTraffic. [Online]. Available: <https://www.marinetraffic.com/>. [Accessed: Jan-2020].

İletişim Bilgisi: yagmurdiker@hotmail.com

## Konferans Bildirileri

1. Y. Diker and F. Kanbay, "A Fuzzy Approximation on the Estimating NO<sub>x</sub> Emission," International Conference on Computational methods in Applied Sciences, İstanbul, Turkey, pp.1, 2019.

