

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK KULLANILARAK TÜRK BOĞAZLARINDAN TRANSİT
GEÇİŞ YAPAN GEMİLERİN EGZOZ EMİSYON DEĞERLERİNİN
GEOMETRİK İFADELERİ VE GÖSTERİMLERİ

KARDELEN KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MATEMATİK ANABİLİM DALI
MATEMATİK PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. FİLİZ KANBAY

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK MANTIK KULLANILARAK TÜRK BOĞAZLARINDAN TRANSİT
GEÇİŞ YAPAN GEMİLERİN EGZOZ EMİSYON DEĞERLERİNİN GEOMETRİK
İFADELERİ VE GÖSTERİMLERİ**

Kardelen KILIÇ tarafından hazırlanan tez çalışması 10.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Filiz KANBAY
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Filiz KANBAY
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Işım DEMİRİZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih UÇAR
İstanbul Kültür Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez, gemi üretim ve çalışma sisteminde doğaya verilen zararı aza indirmek ve çevreye verilen zararın tahmini hesaplamalarını yapmak için gemi-inşaat, çevre vb. alanlarda çalışan kişilere fayda sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Problemin çözümünde değerli destek ve önerileri için Yıldız Teknik Üniversitesi gemi inşaatı ve gemi makinaları mühendisliği öğretim üyesi Prof. Dr. Nurten Vardar'a; tez konusu seçiminde isteklerimi göz önünde bulunduran, araştırma ve hazırlık sürecinde benden desteğini esirgemeyen, engin bilgi birikimini paylaşarak beni en iyi şekilde yönlendiren Doç. Dr. Filiz Kanbay'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2019

Kardelen KILIÇ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
TRANSİT GEMİLER İÇİN EMİSYON TAHMİNLERİ.....	4
2.1 Türk Boğazları	4
2.2 Kirletici Gazlar	5
2.2.1 CO ₂	5
2.2.2 NO _x	5
2.2.3 SO ₂	5
2.2.4 HC	5
2.2.5 PM.....	5
2.3 Gemi Sayılarının Normalizasyonu	6
2.3.1 Çanakkale Boğazı için Gemi Sayılarının Normalizasyonu	6
2.3.2 İstanbul Boğazı için Gemi Sayılarının Normalizasyonu	7
2.4 Gemilerin Makine Güçleri	8
2.5 Emisyon Faktörleri ve Emisyon Katsayısının Hesaplanması	9

2.5.1	Çanakkale Boğazı'ndan geçen Gemiler için Emisyon Miktarları.....	10	
2.5.1	İstanbul Boğazı'ndan geçen Gemiler için Emisyon Miktarları	17	
2.6	Gemi Sayılarına göre Emisyon Miktarlarının Hesaplanması.....	24	
2.6.1	Çanakkale Boğazı	24	
2.6.2	İstanbul Boğazı.....	27	
2.7	Tahmini Emisyon Miktar Hesaplamalarının Matris ile Gösterimi.....	29	
2.8	Emisyon Aralıklarının Grafiklerle Gösterimi.....	30	
2.8.1	Çanakkale Boğazı	30	
2.8.2	İstanbul Boğazı.....	33	
2.9	3-Boyutlu Yüzey Çizimi İçin Kurallar.....	36	
BÖLÜM 3			
SONUÇ VE ÖNERİLER			47
3.1	Tahmini Emisyon Miktarlarının Kural Grafikleri ve 3-Boyutlu Yüzeyleri ..	47	
3.1.1	Çanakkale Boğazı	48	
3.1.1.1	NO _x	48	
3.1.1.2	SO ₂	49	
3.1.1.3	CO ₂	52	
3.1.1.4	HC.....	54	
3.1.1.5	PM.....	56	
3.1.2	İstanbul Boğazı	58	
3.1.2.1	NO _x	58	
3.1.2.2	SO ₂	60	
3.1.2.3	CO ₂	62	
3.1.2.4	HC.....	64	
3.1.2.5	PM.....	66	
KAYNAKLAR			68
ÖZGEÇMİŞ			70

SİMGE LİSTESİ

CO ₂	Kardondioksit
E _i	Seçilen kirletici maddenin emisyon miktarı
(EF) _i	Seçilen kirletici maddenin emisyon faktörü
grt	Groston
HC	Hidrokarbon
i	Kirletici madde türü
P	Makine gücü
P _{kl}	Makine gücü (Gemi groston ve tipine göre)
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
NO _x	Nitrat bileşikleri
PM	Partikül Madde
SO ₂	Kükürtdioksit
t	Zaman

KISALTMA LİSTESİ

AIS	Automated Information System
ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
IAQ	Indoor Air Quality
TWA	T-Wave Alternans

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Marmara Bölgesi ve Türk Boğazları 4
Şekil 2. 2	Çanakkale Boğazı NO _x emisyon grafiği..... 31
Şekil 2. 3	Çanakkale Boğazı SO ₂ emisyon grafiği 31
Şekil 2. 4	Çanakkale Boğazı CO ₂ emisyon grafiği..... 32
Şekil 2. 5	Çanakkale Boğazı HC emisyon grafiği 32
Şekil 2. 6	Çanakkale Boğazı PM emisyon grafiği..... 33
Şekil 2. 7	İstanbul Boğazı NO _x emisyon grafiği 34
Şekil 2. 8	İstanbul Boğazı SO ₂ emisyon grafiği..... 34
Şekil 2. 9	İstanbul Boğazı CO ₂ emisyon grafiği 35
Şekil 2. 10	İstanbul Boğazı HC emisyon grafiği..... 35
Şekil 2. 11	İstanbul Boğazı PM emisyon grafiği 36
Şekil 3. 1	NO _x MATLAB kural grafiği 48
Şekil 3. 2	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için NO _x emisyon yüzey grafiği..... 48
Şekil 3. 3	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için NO _x emisyon yüzey grafiği..... 49
Şekil 3. 4	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için NO _x emisyon yüzey grafiği..... 49
Şekil 3. 5	SO ₂ MATLAB kural grafiği 50
Şekil 3. 6	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için SO ₂ emisyon yüzey grafiği 50
Şekil 3. 7	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için SO ₂ emisyon yüzey grafiği 51
Şekil 3. 8	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için SO ₂ emisyon yüzey grafiği 51
Şekil 3. 9	CO ₂ MATLAB kural grafiği..... 52
Şekil 3. 10	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği..... 52
Şekil 3. 11	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği 53
Şekil 3. 12	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği..... 53
Şekil 3. 13	HC MATLAB kural grafiği 54
Şekil 3. 14	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği 54
Şekil 3. 15	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği 55
Şekil 3. 16	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği 55
Şekil 3. 17	PM MATLAB kural grafiği 56
Şekil 3. 18	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği..... 56
Şekil 3. 19	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği..... 57
Şekil 3. 20	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği..... 57
Şekil 3. 21	NO _x MATLAB kural grafiği 58
Şekil 3. 22	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için NO _x emisyon yüzey grafiği..... 58
Şekil 3. 23	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için NO _x emisyon yüzey grafiği..... 59

Şekil 3. 24	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için NO _x emisyon yüzey grafiği.....	59
Şekil 3. 25	SO ₂ MATLAB kural grafiği	60
Şekil 3. 26	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için SO ₂ emisyon yüzey grafiği	60
Şekil 3. 27	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için SO ₂ emisyon yüzey grafiği	61
Şekil 3.28	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için SO ₂ emisyon yüzey grafiği	61
Şekil 3. 29	CO ₂ MATLAB kural grafiği.....	62
Şekil 3. 30	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği.....	62
Şekil 3. 31	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği	63
Şekil 3. 32	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği.....	63
Şekil 3. 33	HC MATLAB kural grafiği	64
Şekil 3. 34	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği	64
Şekil 3. 35	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için CO ₂ emisyon yüzey grafiği	65
Şekil 3. 36	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği	65
Şekil 3. 37	PM MATLAB kural grafiği	66
Şekil 3. 38	Tanker ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği.....	66
Şekil 3. 39	Tanker ve dökme yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği.....	67
Şekil 3. 40	Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği.....	67

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Çanakkale Boğazı'ndan geçen farklı gemi tiplerinin sayıları 6
Çizelge 2. 2	Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin normalize edilmiş sayıları 7
Çizelge 2. 3	Çanakkale Boğazı'ndan geçen farklı gemi tiplerinin sayıları 7
Çizelge 2. 4	Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin normalize edilmiş sayıları 8
Çizelge 2. 5	Gemilerin tiplerine göre ana makine güçleri 9
Çizelge 2. 6	Gemilerin tiplerine göre yardımcı makine güçleri 9
Çizelge 2. 7	Gemi türlerine göre emisyon faktörleri 9
Çizelge 2. 8	Gemi tipi ve grostonlarına göre NO _x miktarları..... 10
Çizelge 2. 9	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam NO _x miktarları 11
Çizelge 2. 10	Gemi tipi ve grostonlarına göre SO ₂ miktarları 12
Çizelge 2. 11	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam SO ₂ miktarları..... 12
Çizelge 2. 12	Gemi tipi ve grostonlarına göre CO ₂ miktarları..... 13
Çizelge 2. 13	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam CO ₂ miktarları 14
Çizelge 2. 14	Gemi tipi ve grostonlarına göre HC miktarları 14
Çizelge 2. 15	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam HC miktarları..... 15
Çizelge 2. 16	Gemi tipi ve grostonlarına göre PM miktarları 16
Çizelge 2. 17	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam PM miktarları..... 16
Çizelge 2. 18	Gemi tipi ve grostonlarına göre NO _x miktarları..... 18
Çizelge 2. 19	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam NO _x miktarları 18
Çizelge 2. 20	Gemi tipi ve grostonlarına göre SO ₂ miktarları 19
Çizelge 2. 21	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam SO ₂ miktarları..... 20
Çizelge 2. 22	Gemi tipi ve grostonlarına göre CO ₂ miktarları..... 20
Çizelge 2. 23	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam CO ₂ miktarları 21
Çizelge 2. 24	Gemi tipi ve grostonlarına göre HC miktarları 22
Çizelge 2. 25	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam HC miktarları..... 22
Çizelge 2. 26	Gemi tipi ve grostonlarına göre PM miktarları 23
Çizelge 2. 27	Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam PM miktarları..... 24
Çizelge 2. 28	Gemi tiplerine göre toplam NO _x emisyon miktarları 25
Çizelge 2. 29	Toplam NO _x emisyon miktarı 25
Çizelge 2. 30	Gemi tiplerine göre toplam SO ₂ emisyon miktarları..... 25
Çizelge 2. 31	Toplam SO ₂ emisyon miktarı..... 25
Çizelge 2. 32	Gemi tiplerine göre toplam CO ₂ emisyon miktarları..... 25
Çizelge 2. 33	Toplam CO ₂ emisyon miktarı..... 26
Çizelge 2. 34	Gemi tiplerine göre toplam HC emisyon miktarları 26

Çizelge 2. 35	Toplam HC emisyon miktarı	26
Çizelge 2. 36	Gemi tiplerine göre toplam PM emisyon miktarları	26
Çizelge 2. 37	Toplam PM emisyon miktarı	27
Çizelge 2. 38	Gemi tiplerine göre toplam NO _x emisyon miktarları	27
Çizelge 2. 39	Toplam NO _x emisyon miktarı	27
Çizelge 2. 40	Gemi tiplerine göre toplam SO ₂ emisyon miktarları	27
Çizelge 2. 41	Toplam SO ₂ emisyon miktarı	28
Çizelge 2. 42	Gemi tiplerine göre toplam CO ₂ emisyon miktarları	28
Çizelge 2. 43	Toplam CO ₂ emisyon miktarı	28
Çizelge 2. 44	Gemi tiplerine göre toplam HC emisyon miktarları	28
Çizelge 2. 45	Toplam HC emisyon miktarı	29
Çizelge 2. 46	Gemi tiplerine göre toplam PM emisyon miktarları	29
Çizelge 2. 47	Toplam PM emisyon miktarı	29
Çizelge 2. 48	Çanakkale Boğazı için NO _x level kuralları	37
Çizelge 2. 49	Çanakkale Boğazı için SO ₂ level kuralları	38
Çizelge 2. 50	Çanakkale Boğazı için CO ₂ level kuralları	39
Çizelge 2. 51	Çanakkale Boğazı için HC level kuralları	40
Çizelge 2. 52	Çanakkale Boğazı için PM level kuralları	41
Çizelge 2. 53	İstanbul Boğazı için NO _x level kuralları	42
Çizelge 2. 54	İstanbul Boğazı için SO ₂ level kuralları	43
Çizelge 2. 55	İstanbul Boğazı için CO ₂ level kuralları	44
Çizelge 2. 56	İstanbul Boğazı için HC level kuralları	45
Çizelge 2. 57	İstanbul Boğazı için PM level kuralları	46

**BULANIK MANTIK KULLANILARAK TÜRK BOĞAZLARINDAN TRANSİT
GEÇİŞ YAPAN GEMİLERİN EGZOZ EMİSYON DEĞERLERİNİN
GEOMETRİK İFADELERİ VE GÖSTERİMLERİ**

Kardelen KILIÇ

Matematik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Filiz KANBAY

Gemiler; hızları, sefer süreleri, sahip oldukları ana makine ve yardımcı makine sayıları ve bu makinelerin güçlerine bağlı olarak çevreye egzoz emisyon salınımı yaparlar. Bu çalışmada, Türk Boğazlarından transit geçen gemilerin havaya bıraktığı NO_x , SO_2 , CO_2 , HC ve PM gazlarının yaklaşık miktarları, gemi sayıları; kuru yük, dökme yük ve tanker olmak üzere üç farklı türe göre normalize edilerek, hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler MATLAB Fuzzy uygulamasında 3-boyutlu grafiklerle gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fuzzy, emisyon, gemi, kirletici gazlar, hava kirliliği.

**GEOMETRIC FORMS AND EXPRESSIONS OF THE AMOUNT OF EMISSIONS
EMITTED FROM THE TRANSIT SHIPS PASSING THROUGH THE TURKISH
STRAITS BY USING FUZZY INFERENCE SYSTEM IN MATLAB**

Kardelen KILIÇ

Department of Mathematics

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Filiz KANBAY

Ships release exhaust emission to the environment depend on their speed, expedition time, the number of the main machine and auxiliary machine which they have and the power of their machines. In this study, we calculated the approximative amount of NO_x , SO_2 , CO_2 , HC and PM gases released by ships which are passing through the Turkish Straits. Number of ships normalized according to 3 different types of ships as cargo, bulk carrier and tanker. Results of these calculations shown by 3D graphs in Fuzzy MATLAB.

Keywords: Fuzzy, emission, exhaust, ship, polutants, air pollution.

1.1 Literatür Özeti

Alper Kılıç, Marmara Denizi'nden geçen gemilerin AIS veri tabanındaki hareketlerini baz alarak atmosfere salınan tahmini NO_x , SO_2 , CO_2 , HC ve PM emisyon miktarlarını incelemiştir. Bu ölçümler hava ve çevre kirliliğiyle ilgili yapılacak çalışmalara zemin olabilecek niteliktedir [1]. İstanbul'un Avrupa yakasında yer alan Ambarlı Limanı için, Cengiz Deniz ve Alper Kılıç, bu limana 2 km mesafedeki bölgede etkili olan, gemi kaynaklı gaz emisyonlarını hesaplayarak bu kirleticilere maruz kalan nüfusu, tahmini olarak hesaplamıştır [2]. 2003 yılı verileri baz alınarak Marmara Denizi ve Türk Boğazlarından geçen gemiler için, gemilerin hızı, gücü, kullandıkları yakıt çeşidi faktörleri ile hesaplanan emisyon miktarları, diğer taşıtların emisyon miktarı ve Türkiye genelindeki emisyon miktarı ile karşılaştırılmıştır [3]. Uğur Kesgin ve Nurten Vardar tarafından, Türk Boğazlarındaki yurt içi ve yurt dışı tüm transit, iç hat geçiş ve yolcu transfer gemilerinden kaynaklanan gaz emisyonları; gemilerin hızı, sefer süresi ve kullandığı yakıt tipi dikkate alınarak hesaplanmıştır [4]. Ege Bölgesi'ndeki Çandarlı Körfezi hava sahası içine giren gemiler için 2007 yılının verileri kullanılarak, NO_x , SO_2 , CO_2 , HC , PM emisyonları, gemilerin türlerine ve işletme şekillerine göre sınıflandırarak tahmin edilmiştir [5]. Halil Saraçoğlu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 2007 yılında İzmir Limanı'nda gemi türleri ve çalışma şekilleri göz önüne alınarak ölçülen gemi kaynaklı gaz emisyon miktarlarının havayı önemli ölçüde kirlettiği vurgulanmıştır [6]. Emisyon kontrol alanındaki düzenlemeler için çevresel iyileştirmeyi araştıran, denizcilikte emisyon miktarlarını diğer taşıma yöntemleriyle karşılaştıran çalışmalar yapılmıştır [7]. Bölgesel Hava Kirletici Yönetim Planlarına (Regional Air Pollutant

Management Plans) uygun olarak, farklı gemi türleri için farklı çalışma durumlarında (seyir, manevra, vb.) gemi gücü ile yakıt kullanımı arasındaki ilişki formülize edilmiştir [8]. Övün Işın ve Erdem Uzunsoy yaptıkları çalışmada, bulanık mantık tabanlı bir tahmin yöntemi olan ANFIS kullanarak egzoz emisyonlarını hesaplamak üzere hızlı bilgi girişi ve sonuç hesaplamaları yapacak bir tasarım elde etmişlerdir [9]. Hava kirliliğine sebep olan emisyonların değerlendirilmesi için AIRSHIPS bilgisayar modeli kullanılmıştır [10]. Yunanistan'ın Pire Limanı'ndaki gemi faaliyetlerinden meydana çıkan gaz emisyon miktarları yaklaşık olarak hesaplanmış ve her bir gazın yıllık emisyon miktarlarının çevre ve yerleşik nüfus üzerindeki maddi hasarları tahmin edilmiştir. Bu çalışma, bölgedeki benzer çalışmalara katkı sağlamaktadır [11]. Bazı büyük şehirler baz alınarak, meteorolojik veriler yardımıyla PM'nin hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. PM'nin uydu ve yer ölçümleri arasındaki ilişkisi incelenmiştir [12]. Alper Kılıç ve arkadaşları, 2014 yılında yaptıkları çalışmada Marmara Bölgesi için tüm olası kirleticilerin sebep olduğu hava kirliliğini ve bu kirliliğe maruz kalan nüfus miktarını tahmin etmişlerdir [13]. Filiz Kanbay ve Nurten Vardar İstanbul Boğazi'ndan transit geçen gemilerin sebep olduğu PM miktarını Fuzzy Inference System yardımıyla tahmin etmişlerdir [14]. Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri hakkında da birçok çalışma vardır, örneğin: Avrupa'da yapılan çalışmalardaki ölçümlere göre solunum ve kalp hastalıklarının sebep olduğu ölümlerin, uzun süreli PM maruziyetiyle doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir [15]. Kalp hastaları üzerinde yapılan çalışmalarda, farklı ortamlarda partikül kirliliğinin neden olduğu BC 'a (black carbon) maruz kalma oranları ve TWA artışları gözlenmiştir [16]. Okul saatleri boyunca bahçede ve sınıflardaki hava örnekleri ayrı ayrı incelendiğinde sınıf ortamında tebeşir ve yapı malzemelerinden kaynaklanan PM miktarının dış ortama göre oldukça az olduğu saptanmıştır [17]. Çocukları etkileyen iç mekan hava kalitesinin (IAQ) düşüklüğünden kaynaklanan hastalıklara sebep olan kirletici miktarını değerlendirmek için Lizbon'daki ilkokullarda çalışma yapılmıştır. Havada asılı olan partiküller ve yüksek CO_2 miktarlarından, okul havalandırmalarının yetersiz kaldığı sonucuna varılmıştır [18].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından transit geçen gemilerin belirli gazlar için emisyon değerleri yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda bulunan emisyon miktarlarının; gemi sayıları, tipleri ve grostonlarına göre dağılımının gözlenmesi için yüzeylerle ifade edilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Gemi kaynaklı emisyonların tahmini değerlerini ifade edecek yüzeyler ile, emisyon dağılımının, emisyon miktarlarını etkileyen faktörlere göre değişiminin incelenmesi sağlanacaktır.

TRANSİT GEMİLER İÇİN EMİSYON TAHMİNLERİ

2.1 Türk Boğazları

Türkiye'nin sanayi, ticaret, turizm ve tarım alanlarında en gelişmiş bölgelerinden biri olan Marmara Bölgesi, 11.500 km² 'lik Marmara Denizi'ni çevreler. Marmara Denizi ile Karadeniz'i bağlayan 32 km uzunluğundaki İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi ile Ege Denizi'ni bağlayan 62 km'lik Çanakkale Boğazı, Türk Boğazları olarak isimlendirilir. Marmara Denizi'nin uluslararası deniz yolu üzerinde olmasından dolayı bu boğazlar transit geçiş yapan gemilerin rotasına girerek burada deniz trafiği oluşturur.



Şekil 2.1 Marmara Bölgesi ve Türk Boğazları [19]

2.2 Kirletici Gazlar

Maddelerin doğal yapılarını bozan çevreye zarar veren gazlardır. Bu tezde ele alacağımız kirletici gazlar; NO_x , SO_2 , CO_2 , HC ve PM . Bu gazların insanlara ve çevreye etkileri oldukça fazladır [13].

2.2.1 CO_2

Birincil sera gazı olan karbondioksit, bir karbon ve 2 oksijen atomunun bir araya gelmesiyle oluşur. Bu gaz sanayi, taşımacılık, elektrik gibi insan faaliyetleri sonucunda yayılır [20].

2.2.2 NO_x

Azot ve bir veya birden fazla oksijen atomunun birleşmesiyle oluşan bu bileşikler, uzun süreli maruziyette solunum yetmezliği, kanser ve genetik bozukluklara yol açar. Fazla miktarı kıyı sularındaki besin dengesinde değişikliklere neden olur [13].

2.2.3 SO_2

Kükürt dioksit, insanlarda solunum hastalıklarına, alerjiye sebep olur. Bu gazın çevreye etkisi ise bazı canlı türlerinin yok olup ekosistem çeşitliliğini azaltmasıdır [13].

2.2.4 HC

Uzun süre hidrokarbonlara maruz kalan insanların kalp-damar hastalıklarına yakalanma oranları çok yüksektir [13].

2.2.5 PM

Havada bulunan mikroskobik katı partiküller ve sıvı damlacıkların karışımı olan bu madde, kısa süreli etkisinde gözlerde tahriş, nefes darlığı, öksürük, solunum yollarında tıkanıklık; uzun süreli etkisinde kalp ve solunum hastalıkları, fetüs ve bebek ölümleri gibi sonuçlara sebep olur. Partikül madde, asit yağmurları, toprakta besin tükenmesi, suların asitlik derecesini arttırma gibi çevresel etkilere sahiptir [20]. Sanayi, tarım,

taşımacılık gibi tüm faaliyetlerin içinde deniz taşımacılığı hava kirliliğinin en belirgin sebeplerindendir.

2.3 Gemi Sayılarının Normalizasyonu

2017 verilerine göre Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından geçen 18 farklı türde gemi vardır. Bu çalışmada, ele alınacak tüm gemi türleri; kuru yük (kargo), dökme yük ve tanker türündeki gemilere normalize edilmiştir. 3 farklı gemi tipi için; grostonları göz önüne alınarak, küçük, orta ve büyük gemiler olmak üzere 3 ana grup belirlenmiştir.

2.3.1 Çanakkale Boğazı için Gemi Sayılarının Normalizasyonu

Çizelge 2.1 Çanakkale Boğazı'ndan geçen farklı gemi tiplerinin sayıları [21]

Barç	45	Dökme Yük	6,288
Dökme Yük	6,241		
Çimento Gemisi	2		
Konteyner Gemisi	3,604	Kuru Yük	16,345
Feribot	20		
Genel Kargo Gemisi	12,094		
Canlı Hayvan Gemisi	493		
Yolcu Gemisi	45		
Frigorifik Gemi	89		
Ro-ro Gemi	1,851	Tanker	8,916
Belirsiz Tür Tanker	4,566		
Kimyasal Yük Tankeri	1,943		
LNG Tanker	68		
LPG Tanker	488		

Çizelge 2.1 Çanakkale Boğazı'ndan geçen farklı gemi tiplerinin sayıları (devamı) [20]

Römorkör	256	Diğer	1,235
Araç Taşıyan	404		
Diğer+ Savaş Gemisi	575		
Genel Toplam		32,784	

Çizelge 2.2 Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin normalize edilmiş sayıları

Gemi Tipi	< 999 grt	1000-9999 grt	> 10000 grt	Toplam
Dökme Yük	106	5,509	918	6,534
Kuru Yük	276	14,321	2,388	16,985
Tanker	151	7,812	1,302	9,265

2.3.2 İstanbul Boğazı için Gemi Sayılarının Normalizasyonu

Çizelge 2.3 İstanbul Boğazı'ndan geçen farklı gemi tiplerinin sayıları [20]

Barç	17	Dökme Yük	5,978
Dökme Yük	5,958		
Çimento Gemisi	3		
Konteyner Gemisi	1,937	Kuru Yük	18,051
Feribot	0		
Genel Kargo Gemisi	15,394		
Canlı Hayvan Gemisi	444		
Yolcu Gemisi	238		
Frigorifik Gemi	38		
Ro-ro Gemi	291	Tanker	6,848
Belirsiz Tür Tanker	4,593		
Kimyasal Yük Tankeri	1,393		

Çizelge 2.3 İstanbul Boğazi'ndan geçen farklı gemi tiplerinin sayıları (devamı) [20]

LNG Tanker	571	Tanker	6,848
LPG Tanker			
Römorkör	178	Diğer	558
Araç Taşıyan	36		
Diğer+ Savaş Gemisi	344		
Genel Toplam		31,435	

Çizelge 2.4 İstanbul Boğazi'ndan geçen gemilerin normalize edilmiş sayıları

Gemi Tipi	< 999 grt	1000-9999 grt	> 10000 grt	Toplam
Dökme Yük	64	5,440	582	6,086
Kuru Yük	194	16,426	1,757	18,377
Tanker	74	6,231	667	6,972

2.4 Gemilerin Makine Güçleri

Emisyon tahmininde, Alper Kılıç'ın [1] çalışmasında verilen aşağıdaki (2.1) formülü kullanılacaktır:

$$E_i = t.P.(EF)_i.[Makine Yüki] \quad (2.1)$$

Burada

- t zaman,
- i kirletici madde türü,
- P makine gücü (kW),
- $(EF)_i$ seçilen kirletici maddenin emisyon faktörü,
- $[Makine Yüki]$ makine güç yüzdesi

ile gösterilmiştir [1]. Formülün kullanımında gerekli olacak gemilere ait ana makine ve yardımcı makine güçleri ile emisyon faktörleri yine Alper Kılıç'ın [1] çalışmasından alınarak Çizelge 2.5, Çizelge 2.6, Çizelge 2.7 ile detaylı olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 2.5 Gemilerin tiplerine göre ana makine güçleri [1]

Gemi Türleri	Ana Makine Gücü (kW)					
	<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

Çizelge 2.6 Gemilerin tiplerine göre yardımcı makine güçleri [1]

Gemi Türleri	Yardımcı Makine Gücü (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

2.5 Emisyon Faktörleri ve Emisyon Katsayısının Hesaplanması

Çizelge 2.7 Gemi tiplerine göre emisyon faktörleri (g / kWh) [1]

Gemi Tipleri	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM
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

(2.1) formülü, farklı grosstondaki gemi tiplerinin boğazları geçtiği minimum ve maksimum geçiş süreleri ile (2.2) formuna dönüşür [14].

$$t_{\min} \cdot P_{kl} \cdot (EF)_i \cdot [Makine Yüklü] \leq E_i \leq t_{\max} \cdot P_{kl} \cdot (EF)_i \cdot [Makine Yüklü] \quad (2.2)$$

k : Gemi grosston sınıfı

l : Gemi tipi ($l = 1, 2, 3$; 1:Tanker, 2: Cargo Ship, 3: Bulk Carrier)

2.5.1 Çanakkale Boğazı'ndan Geçen Gemiler için Emisyon Miktarları

Çanakkale Boğazı'nın uzunluğu ve boğaza ait trafik kurallarına göre, boğazı geçiş hızlarının minimum ve maksimum değerlerine bağlı olarak gemilerin tahmini geçiş süreleri;

- Minimum 3.16 saat
- Maksimum 5.28 saat

olarak belirlenmiştir. Buna göre, bir gemi için gemi tiplerine ve grostonlarına bakılarak 5 tür gazın emisyon miktarları, Çizelge 2.8, Çizelge 2.10, Çizelge 2.12, Çizelge 2.14 ve Çizelge 2.16 belirtildiği şekilde yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu katsayılar, Çizelge 2.2'de normalize edilen 3 farklı gemi tipinin 3 ana grubun 2'şer alt grubuna göre sıralanıp her tip gemiden çıkan toplam gaz miktarları tahmin edilmiştir (Çizelge 2.9, Çizelge 2.11, Çizelge 2.13, Çizelge 2.15 ve Çizelge 2.17).

Çizelge 2.8 Gemi tipi ve grostonlarına göre NO_x miktarları

NO _x						
Gemi Tipi	< 999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		> 10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0335	Min. 0.0441	Min. 0.0968	Min. 0.2116	Min. 0.4236	Min. 0.6672
	Max. 0.0559	Max. 0.0737	Max. 0.1617	Max. 0.3536	Max. 0.7078	Max. 1.1148

Çizelge 2.8 Gemi tipi ve grostonlarına göre NO_x miktarları (devamı)

Kuru Yük	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
	0.0384	0.0580	0.1608	0.3700	0.7220	1.4558
Dökme Yük	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
	0.0642	0.0970	0.2687	0.6182	1.2063	2.4324
Dökme Yük	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
	0.0280	0.0403	0.1502	0.1622	0.4575	0.8446
Dökme Yük	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
	0.0467	0.0673	0.2509	0.2710	0.7645	1.4112

Çizelge 2.9 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam NO_x miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	5.0585	756.2016	551.5272
	Med1	6.6591	1263.2004	868.6944
	Med2	8.4409	1653.0192	921.5556
	Max	11.1287	2762.3232	1451.4696
Kuru Yük	Min	10.5984	2302.8168	1724.1360
	Med1	16.0080	3848.0527	2880.6444
	Med2	17.7192	5298.7700	3476.4504
	Max	26.7720	8853.2422	5808.5712
Dökme Yük	Min	2.9680	827.4518	419.9850
	Med1	4.2718	893.5598	701.8110
	Med2	4.9502	1382.2081	775.3428
	Max	7.1338	1492.9390	1295.4816

Çizelge 2.10 Gemi tipi ve grostonlarına göre SO₂ miktarları

SO ₂						
Gemi Tipi	< 999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		> 10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0275	Min. 0.0362	Min. 0.0795	Min. 0.1738	Min. 0.3480	Min. 0.5480
	Max. 0.0460	Max. 0.0606	Max. 0.1328	Max. 0.2904	Max. 0.5814	Max. 0.9157
Kuru Yük	Min. 0.0289	Min. 0.0436	Min. 0.1209	Min. 0.2781	Min. 0.5427	Min. 1.0943
	Max. 0.0483	Max. 0.0729	Max. 0.2020	Max. 0.4647	Max. 0.9068	Max. 1.8284
Dökme Yük	Min. 0.0167	Min. 0.0241	Min. 0.0899	Min. 0.1641	Min. 0.2740	Min. 0.5058
	Max. 0.0280	Max. 0.0403	Max. 0.1503	Max. 0.2742	Max. 0.4578	Max. 0.8451

Çizelge 2.11 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam SO₂ miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	4.1525	621.0540	453.0960
	Med1	5.4662	1037.4336	713.4960
	Med2	6.9460	1357.7256	756.9828
	Max	9.1506	4158.8184	1192.2414
Kuru Yük	Min	7.9764	1731.4089	1295.9676
	Med1	12.0336	2892.8420	2165.4384

Çizelge 2.11 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam SO₂ miktarları (devamı)

Kuru Yük	Med2	13.3308	3982.6701	2613.1884
	Max	20.1204	6654.9687	4366.2192
Dökme Yük	Min	1.7702	495.2591	251.5320
	Med1	2.5546	828.0027	420.2604
	Med2	2.9680	904.0269	464.3244
	Max	4.2718	1510.5678	775.8018

Çizelge 2.12 Gemi tipi ve grostonlarına göre CO₂ miktarları

CO₂						
Gemi Tipi	< 999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		> 10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 1.6716	Min. 2.2030	Min. 4.8307	Min. 10.5653	Min. 21.1514	Min. 33.3106
	Max. 2.7931	Max. 3.6811	Max. 8.0716	Max. 17.6534	Max. 35.3415	Max. 55.6582
Kuru Yük	Min. 1.7327	Min. 2.6178	Min. 7.2535	Min. 16.6861	Min. 32.5612	Min. 65.6566
	Max. 2.8952	Max. 4.3741	Max. 12.1198	Max. 27.8807	Max. 54.4060	Max. 109.7048
Dökme Yük	Min. 0.9906	Min. 1.4265	Min. 5.3198	Min. 9.7084	Min. 16.2071	Min. 29.9179
	Max. 1.6552	Max. 2.3836	Max. 8.8888	Max. 16.2217	Max. 27.0803	Max. 49.9894

Çizelge 2.13 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam CO₂ miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt	1000-9999 grt	>10000 grt
		(Grup 1)	(Grup 2)	(Grup 3)
Tanker	Min	252.4116	37737.4284	27539.1228
	Med1	332.6530	63055.3392	43370.4012
	Med2	421.7581	82536.1236	46014.6330
	Max	555.8461	137908.3608	72466.9764
Kuru Yük	Min	478.2252	103877.3735	77756.1456
	Med1	722.5128	173567.6558	129921.5280
	Med2	799.0752	238961.6381	156787.9608
	Max	1207.2516	399279.5047	261975.0624
Dökme Yük	Min	105.0036	29306.7782	14878.1178
	Med1	151.2090	48968.3992	24859.7154
	Med2	175.4512	53483.5756	27464.6322
	Max	252.6616	89365.3453	45890.2692

Çizelge 2.14 Gemi tipi ve grostonlarına göre HC miktarları

HC						
Gemi Tipi	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		> 10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000-49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0011	Min. 0.0015	Min. 0.0032	Min. 0.0071	Min. 0.0142	Min. 0.0224

Çizelge 2.14 Gemi tipi ve grostonlarına göre HC miktarları (devamı)

Tanker	Max. 0.0019	Max. 0.0025	Max. 0.0054	Max. 0.0119	Max. 0.0238	Max. 0.0374
Kuru Yük	Min. 0.0013	Min. 0.0019	Min. 0.0054	Min. 0.0124	Min. 0.0242	Min. 0.0489
	Max. 0.0022	Max. 0.0033	Max. 0.0090	Max. 0.0207	Max. 0.0405	Max. 0.0816
Dökme Yük	Min. 0.0009	Min. 0.0013	Min. 0.0050	Min. 0.0091	Min. 0.0153	Min. 0.0282
	Max. 0.0016	Max. 0.0022	Max. 0.0084	Max. 0.0153	Max. 0.0255	Max. 0.0470

Çizelge 2.15 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam HC miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	0.1661	24.9984	18.4884
	Med1	0.2265	42.1848	29.1648
	Med2	0.2869	55.4652	30.9876
	Max	0.3775	92.9628	48.6948
Kuru Yük	Min	0.3588	77.3334	57.7896
	Med1	0.5244	128.8890	96.7140
	Med2	0.6072	177.5804	116.7732
	Max	0.9108	296.4447	194.8608
Dökme Yük	Min	0.0954	27.5450	14.0454
	Med1	0.1378	46.2756	23.4090
	Med2	0.1696	50.1319	25.8876
	Max	0.2332	84.2877	43.1460

Çizelge 2.16 Gemi tipi ve grostonlarına göre PM miktarları

PM						
Gemi Tipi	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>10000 grt (Grup 3)	
	<500 Grt (Grup 1-1)	500-999 Grt (Grup 1-2)	1000-4999 Grt (Grup 2-1)	5000-9999 Grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 Grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0030	Min. 0.0040	Min. 0.0087	Min. 0.0191	Min. 0.0384	Min. 0.0605
	Max. 0.0050	Max. 0.0066	Max. 0.0146	Max. 0.0320	Max. 0.0642	Max. 0.1011
Kuru Yük	Min. 0.0029	Min. 0.0044	Min. 0.0124	Min. 0.0285	Min. 0.0557	Min. 0.1123
	Max. 0.0049	Max. 0.0074	Max. 0.0207	Max. 0.0477	Max. 0.0931	Max. 0.1877
Dökme Yük	Min. 0.0025	Min. 0.0036	Min. 0.0136	Min. 0.0249	Min. 0.0416	Min. 0.0768
	Max. 0.0042	Max. 0.0061	Max. 0.0228	Max. 0.0416	Max. 0.0695	Max. 0.1283

Çizelge 2.17 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam PM miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	0.4530	67.9644	49.9968
	Med1	0.6040	114.0552	78.7710
	Med2	0.7550	149.2092	83.5884
	Max	0.9966	249.9840	131.6322
Kuru Yük	Min	0.8004	177.5804	133.0116
	Med1	1.2144	296.4447	222.3228

Çizelge 2.17 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam PM miktarları (devamı)

Kuru Yük	Med2	1.3524	408.1485	268.1724
	Max	2.0424	683.1117	448.2276
Dökme Yük	Min	0.2650	74.9224	38.1888
	Med1	0.3816	125.6052	63.8010
	Med2	0.4452	137.1741	70.5024
	Max	0.6466	229.1744	117.7794

2.5.2 İstanbul Boğazı'ndan geçen Gemiler için Emisyon Miktarları

İstanbul Boğazı'nın uzunluğu ve boğaz trafik kurallarına göre, boğazı geçiş hızlarının minimum ve maksimum değerlerine bağlı olarak gemilerin tahmini geçiş süreleri;

- Minimum 1.54 saat
- Maksimum 2.42 saat

olarak belirlenmiştir. Buna göre gemi tiplerine ve grostonlarına bakılarak 5 tür gazın emisyon miktarları Çizelge 2.18, Çizelge 2.20, Çizelge 2.22, Çizelge 2.24 ve Çizelge 2.26 belirtildiği şekilde yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu katsayılar, Çizelge 2.2'de normalize edilen 3 farklı gemi tipinin 3 ana grubun 2'şer alt grubuna göre sıralanıp her tip gemiden çıkan toplam gaz miktarları tahmin edilmiştir (Çizelge 2.19, Çizelge 2.21, Çizelge 2.23, Çizelge 2.25 ve Çizelge 2.27).

Çizelge 2.18 Gemi tipi ve grostonlarına göre NO_x miktarları

NO _x						
Gemi Tipi	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0163	Min. 0.0215	Min. 0.0472	Min. 0.1031	Min. 0.2065	Min. 0.3251
	Max. 0.0256	Max. 0.0338	Max. 0.0741	Max. 0.1621	Max. 0.3244	Max. 0.5109
Kuru Yük	Min. 0.0187	Min. 0.0283	Min. 0.0784	Min. 0.1803	Min. 0.3518	Min. 0.7095
	Max. 0.0294	Max. 0.0445	Max. 0.1232	Max. 0.2833	Max. 0.5529	Max. 1.1149
Dökme Yük	Min. 0.0136	Min. 0.0196	Min. 0.0732	Min. 0.0790	Min. 0.2230	Min. 0.4116
	Max. 0.0214	Max. 0.0308	Max. 0.1150	Max. 0.1242	Max. 0.3504	Max. 0.6468

Çizelge 2.19 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam NO_x miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	1.2062	294.1032	137.7355
	Med1	1.5910	461.7171	216.3746
	Med2	1.8944	642.4161	216.8417
	Max	2.5012	1010.0451	340.7703
Kuru Yük	Min	3.6278	1287.7984	618.1126
	Med1	5.4902	2023.6832	971.4453
	Med2	5.7036	2961.6078	1246.5915

Çizelge 2.19 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam NO_x miktarları (devamı)

Kuru Yük	Max	8.6330	4653.4858	1958.8793
Dökme Yük	Min	0.8704	398.2080	129.7860
	Med1	1.2544	429.7600	203.9328
	Med2	1.3696	625.6000	239.5512
	Max	1.9712	675.6480	376.4376

Çizelge 2.20 Gemi tipi ve grostonlarına göre SO₂ miktarları

SO₂						
Gemi Tipi	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000-49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0134	Min. 0.0177	Min. 0.0387	Min. 0.0847	Min. 0.1696	Min. 0.2671
	Max. 0.0211	Max. 0.0278	Max. 0.0609	Max. 0.1331	Max. 0.2665	Max. 0.4197
Kuru Yük	Min. 0.0141	Min. 0.0213	Min. 0.0589	Min. 0.1355	Min. 0.2645	Min. 0.5333
	Max. 0.0221	Max. 0.0334	Max. 0.0926	Max. 0.2130	Max. 0.4156	Max. 0.8380
Dökme Yük	Min. 0.0082	Min. 0.0118	Min. 0.0438	Min. 0.0793	Min. 0.1335	Min. 0.2465
	Max. 0.0128	Max. 0.0185	Max. 0.0689	Max. 0.1257	Max. 0.2098	Max. 0.3873

Çizelge 2.21 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam SO₂ miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt	1000-9999 grt	>10000 grt
		(Grup 1)	(Grup 2)	(Grup 3)
Tanker	Min	0.9916	241.1397	113.1232
Tanker	Med1	1.3098	379.4679	177.7555
	Med2	1.5614	527.7657	178.1557
	Max	2.0572	829.3461	279.9399
Kuru Yük	Min	2.7354	967.4914	464.7265
	Med1	4.1322	1521.0476	730.2092
	Med2	4.2874	2225.7230	937.0081
	Max	6.4796	3498.7380	1472.3660
Dökme Yük	Min	0.5248	238.2720	77.6970
	Med1	0.7552	374.8160	122.1036
	Med2	0.8192	431.3920	143.4630
	Max	1.1840	683.8080	225.4086

Çizelge 2.22 Gemi tipi ve grostonlarına göre CO₂ miktarları

CO ₂						
Gemi Tipi	<999 grt		1000-9999 grt		>10000 grt	
	(Grup 1)		(Grup 2)		(Grup 3)	
	<500 grt	500-999 grt	1000-4999 grt	5000-9999 grt	10000-49999 grt	>50000 grt
	(Grup 1-1)	(Grup 1-2)	(Grup 2-1)	(Grup 2-2)	(Grup 3-1)	(Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.8147	Min. 1.0737	Min. 2.3542	Min. 5.1489	Min. 10.3080	Min. 16.2337

Çizelge 2.22 Gemi tipi ve grostonlarına göre CO₂ miktarları (devamı)

Tanker	Max. 1.2802	Max. 1.6871	Max. 3.6995	Max. 8.0912	Max. 16.1982	Max. 25.5100
Kuru Yük	Min. 0.8445	Min. 1.2758	Min. 3.5349	Min. 8.1319	Min. 15.8684	Min. 31.9972
	Max. 1.3270	Max. 2.0048	Max. 5.5549	Max. 12.7787	Max. 24.9361	Max. 50.2814
Dökme Yük	Min. 0.4828	Min. 0.6952	Min. 2.5926	Min. 4.7317	Min. 7.8984	Min. 14.5803
	Max. 0.7587	Max. 1.0925	Max. 4.0741	Max. 7.4350	Max. 12.4118	Max. 22.9118

Çizelge 2.23 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam CO₂ miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	60.2878	14669.0202	6875.4360
	Med1	79.4538	23051.5845	10804.1994
	Med2	94.7348	32082.7959	10827.8779
	Max	124.8458	50416.2672	17015.1700
Kuru Yük	Min	163.8330	58064.2674	27880.7788
	Med1	247.5052	91244.7874	43812.7277
	Med2	257.4380	133574.5894	56219.0804
	Max	388.9312	209902.9262	88344.4198
Dökme Yük	Min	30.8992	14103.7440	4596.8688
	Med1	44.4928	22163.1040	7223.6676
	Med2	48.5568	25740.4480	8485.7346
	Max	69.9200	40446.4000	13334.6676

Çizelge 2.24 Gemi tipi ve grostonlarına göre HC miktarları

HC						
Gemi Tipi	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
Tanker	Min. 0.0005	Min. 0.0007	Min. 0.0016	Min. 0.0035	Min. 0.0069	Min. 0.0109
	Max. 0.0009	Max. 0.0011	Max. 0.0025	Max. 0.0054	Max. 0.0109	Max. 0.0172
Kuru Yük	Min. 0.0006	Min. 0.0009	Min. 0.0026	Min. 0.0061	Min. 0.0118	Min. 0.0238
	Max. 0.0010	Max. 0.0015	Max. 0.0041	Max. 0.0095	Max. 0.0186	Max. 0.0374
Dökme Yük	Min. 0.0005	Min. 0.0007	Min. 0.0024	Min. 0.0045	Min. 0.0074	Min. 0.0137
	Max. 0.0007	Max. 0.0010	Max. 0.0038	Max. 0.0070	Max. 0.0117	Max. 0.0216

Çizelge 2.25 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam HC miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	0.0370	9.9696	4.6023
	Med1	0.0518	15.5775	7.2703
	Med2	0.0666	21.8085	7.2703
	Max	0.0814	33.6474	11.4724
Kuru Yük	Min	0.1164	42.7076	20.7326
	Med1	0.1746	67.3466	32.6802

Çizelge 2.25 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam HC miktarları (devamı)

Kuru Yük	Med2	0.1940	100.1986	41.8166
	Max	0.2910	156.0470	65.7118
Dökme Yük	Min	0.0320	13.0560	4.3068
	Med1	0.0448	20.6720	6.8094
	Med2	0.0448	24.4800	7.9734
	Max	0.0640	38.0800	12.5712

Çizelge 2.26 Gemi tipi ve grostonlarına göre PM miktarları

PM						
Gemi Tipi	<999 grt (Grup 1)		1000-9999 grt (Grup 2)		>10000 grt (Grup 3)	
	<500 grt (Grup 1-1)	500-999 grt (Grup 1-2)	1000-4999 grt (Grup 2-1)	5000-9999 grt (Grup 2-2)	10000- 49999 grt (Grup 3-1)	>50000 grt (Grup 3-2)
	Tanker	Min. 0.0015 Max. 0.0023	Min. 0.0019 Max. 0.0030	Min. 0.0042 Max. 0.0067	Min. 0.0093 Max. 0.0146	Min. 0.0187 Max. 0.0294
Kuru Yük	Min. 0.0014 Max. 0.0022	Min. 0.0021 Max. 0.0034	Min. 0.0060 Max. 0.0095	Min. 0.0139 Max. 0.0218	Min. 0.0271 Max. 0.0426	Min. 0.0547 Max. 0.0860
Dökme Yük	Min. 0.0012 Max. 0.0019	Min. 0.0017 Max. 0.0028	Min. 0.0066 Max. 0.0104	Min. 0.0120 Max. 0.0190	Min. 0.0200 Max. 0.0310	Min. 0.0370 Max. 0.0580

Çizelge 2.27 Gemi tipi ve grostonlarına göre toplam PM miktarları

Gemi Tipleri	Groston	<999 grt (Grup 1)	1000-9999 grt (Grup 2)	>10000 grt (Grup 3)
Tanker	Min	0.1110	26.1702	12.4729
	Med1	0.1406	41.7477	19.6098
	Med2	0.1702	57.9483	19.6098
	Max	0.2200	90.9726	30.8821
Kuru Yük	Min	0.2716	98.5560	47.6147
	Med1	0.4074	156.0470	74.8482
	Med2	0.4268	228.3214	96.1079
	Max	0.6596	358.0868	151.1020
Dökme Yük	Min	0.0768	35.9040	11.6400
	Med1	0.1088	56.5760	18.0420
	Med2	0.1216	65.2800	21.5340
	Max	0.1792	103.3600	33.7560

2.6 Gemi Sayılarına göre Emisyon Miktarlarının Hesaplanması

2.6.1 Çanakkale Boğazı

Her gemi tipi için alt gruplara göre min, med1, med2 ve max değerleri toplanır. Med değeri, med1 ve med2 değerlerinin ortalaması olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2.28, Çizelge 2.30, Çizelge 2.32, Çizelge 2.34 ve Çizelge 2.36).

Gemilerin toplam emisyon miktarları, 5 farklı gaz türü için gemi tiplerine bakılmaksızın ayrı ayrı tahmin edilmiştir (Çizelge 2.29, Çizelge 2.31, Çizelge 2.33, Çizelge 2.35 ve Çizelge 2.37).

Çizelge 2.28 Gemi tiplerine göre toplam NO_x emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	1312.79	2138.55	2360.79	2583.02	4224.92
Kuru Yük	4037.55	6744.71	7768.83	8792.94	14688.59
Dökme Yük	1250.40	1599.64	1881.07	2162.50	2795.55

Çizelge 2.29 Toplam NO_x emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
6600.74	10482.90	13538.46	21709.06

Çizelge 2.30 Gemi tiplerine göre toplam SO₂ emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	1078.30	1756.40	1939.03	2121.65	5360.21
Kuru Yük	3035.35	5070.31	5839.75	6609.19	11041.31
Dökme Yük	748.56	1250.82	1311.07	1371.32	2290.64

Çizelge 2.31 Toplam SO₂ emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
4862.22	8077.53	10102.16	13331.95

Çizelge 2.32 Gemi tiplerine göre toplam CO₂ emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	65528.96	106758.39	117865.45	128972.51	210931.18
Kuru Yük	182111.74	304211.70	350380.18	396548.67	662461.82

Çizelge 2.32 Gemi tiplerine göre toplam CO₂ emisyon miktarları (devamı)

Dökme Yük	44289.90	73979.32	77551.49	81123.66	135508.28
------------------	----------	----------	----------	----------	-----------

Çizelge 2.33 Toplam CO₂ emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
291930.60	484949.41	606644.84	1008901.28

Çizelge 2.34 Gemi tiplerine göre toplam HC emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	43.65	71.58	79.16	86.74	142.04
Kuru Yük	135.48	226.13	260.54	294.96	492.22
Dökme Yük	41.69	69.82	73.01	76.19	127.67

Çizelge 2.35 Toplam HC emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
220.82	367.53	457.89	761.92

Çizelge 2.36 Gemi tiplerine göre toplam PM emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	118.41	193.43	213.49	233.55	382.61
Kuru Yük	311.39	519.98	598.83	677.67	1133.38
Dökme Yük	113.37	189.78	198.95	208.12	347.60

Çizelge 2.37 Toplam PM emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
543.17	903.19	1119.34	1863.59

2.6.2 İstanbul Boğazı

Her gemi tipi için alt gruplara göre min, med1, med2 ve max değerleri toplanır. Med değeri, med1 ve med2 değerlerinin ortalaması olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2.38, Çizelge 2.40, Çizelge 2.42, Çizelge 2.44 ve Çizelge 2.46).

Gemilerin emisyon miktarları, 5 farklı gaz türü için gemi tiplerine bakılmaksızın ayrı ayrı tahmin edilmiştir (Çizelge 2.39, Çizelge 2.41, Çizelge 2.43, Çizelge 2.45 ve Çizelge 2.47).

Çizelge 2.38 Gemi tiplerine göre toplam NO_x emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	433.04	679.68	770.42	861.15	1353.32
Kuru Yük	1909.54	3000.62	3607.26	4213.90	6621.00
Dökme Yük	528.86	634.95	750.73	866.52	1054.06

Çizelge 2.39 Toplam NO_x emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
2871.41	4315.25	5941.58	9028.37

Çizelge 2.40 Gemi tiplerine göre toplam SO₂ emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	355.25	558.53	633.01	707.48	1111.34
Kuru Yük	1434.95	2255.39	2711.20	3167.02	4977.58

Çizelge 2.40 Gemi tiplerine göre toplam SO₂ emisyon miktarları (devamı)

Dökme Yük	316.49	497.67	536.67	575.67	910.40
------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Çizelge 2.41 Toplam SO₂ emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
2106.70	3311.60	4450.18	6999.33

Çizelge 2.42 Gemi tiplerine göre toplam CO₂ emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	21604.74	33935.24	38470.32	43005.41	67556.28
Kuru Yük	86108.88	135285.02	162668.06	190051.11	298636.28
Dökme Yük	18731.51	29431.26	31853.00	34274.74	53850.99

Çizelge 2.43 Toplam CO₂ emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
126445.14	198651.52	267331.26	420043.55

Çizelge 2.44 Gemi tiplerine göre toplam HC emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	14.61	22.90	26.02	29.15	45.20
Kuru Yük	63.56	100.20	121.21	142.21	222.05
Dökme Yük	17.39	27.53	30.01	32.50	50.72

Çizelge 2.45 Toplam HC emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
95.56	150.63	203.85	317.97

Çizelge 2.46 Gemi tiplerine göre toplam PM emisyon miktarları

Gemi Tipleri	Min	Med1	Med	Med2	Max
Tanker	38.75	61.50	45.49	29.47	122.07
Kuru Yük	146.44	231.30	278.08	324.86	509.85
Dökme Yük	47.62	74.73	80.83	86.94	137.30

Çizelge 2.47 Toplam PM emisyon miktarı

Min	Med1	Med2	Max
232.82	367.53	441.26	769.22

2.7 Tahmini Emisyon Miktar Hesaplamalarının Matris ile Gösterimi

Her bir boğaz için, 5 farklı gaz türünün ayrı ayrı tahmini emisyon miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar matrislerle gösterildiğinde; satırlar sırasıyla (i=1) tanker, (i=2) kuru yük ve (i=3) dökme yük olacak şekilde,

$S = [s_{ij}]_{3 \times 4}$ normalize edilmiş gemi sayılarının matrisi;

$A_m = [(\alpha_m)_{ij}]_{3 \times 4}$, gemi türleri ve grostonlara göre (2.1) denkleminde bir gemi için hesaplanan (j=1 min, j=2 med1, j=3 med2, j=4 max) tahmini emisyon miktarlarını gösteren matris;

$$m=1, < 999 \text{ grt için} \quad A_1 = [(\alpha_1)_{ij}]_{3 \times 4} \quad (2.3)$$

$$m=2, 1000 - 9999 \text{ grt için} \quad A_2 = [(\alpha_2)_{ij}]_{3 \times 4} \quad (2.4)$$

$$m=3, >10000 \text{ grt için} \quad A_3 = \left[(\alpha_3)_{ij} \right]_{3 \times 4} \quad (2.5)$$

$B_m = \left[(\beta_m)_{ij} \right]_{3 \times 4}$, matrisin uygulandığı boğazdan geçen tüm gemilerin, gemi tipleri ve grostonlarına göre (j=1 min, j=2 med1, j=3 med2, j=4 max) tahmini emisyon miktarlarını gösteren matris;

$$B_m = \left[(\beta_m)_{ij} \right]_{3 \times 4} = \left[s_{im} \cdot (\alpha_m)_{ij} \right]_{3 \times 4} \quad (2.6)$$

olarak hesaplanmıştır.

$$N = \left[n_{ij} \right]_{3 \times 4}, \quad (N = B_1 + B_2 + B_3) \quad (2.7)$$

(j=1 min, j=2 med1, j=3 med2, j=4 max) gemi türlerine göre toplam emisyon miktarlarını gösteren matris;

$$T = \left[t_{ij} \right]_{1 \times 4} = \left[\sum_{k=1}^3 n_{k1} \sum_{k=1}^3 n_{k2} \sum_{k=1}^3 n_{k3} \right]_{1 \times 4} \quad (2.8)$$

$$\text{Level I,} \quad t_{11} \leq E_{\text{gaztürü}} \leq t_{12} \quad (2.9)$$

$$\text{Level II,} \quad t_{12} \leq E_{\text{gaztürü}} \leq t_{13} \quad (2.10)$$

$$\text{Level III,} \quad t_{13} \leq E_{\text{gaztürü}} \leq t_{14} \quad (2.11)$$

gemi türlerine bakılmaksızın (j=1 min, j=2 med1, j=3 med2, j=4 max) grafiklerin çiziminde kullanılan seviyelerini (level I, level II, level III) belirleyen matris olarak tanımlanmıştır [14].

2.8 Emisyon Aralıklarının Grafiklerle Gösterimi

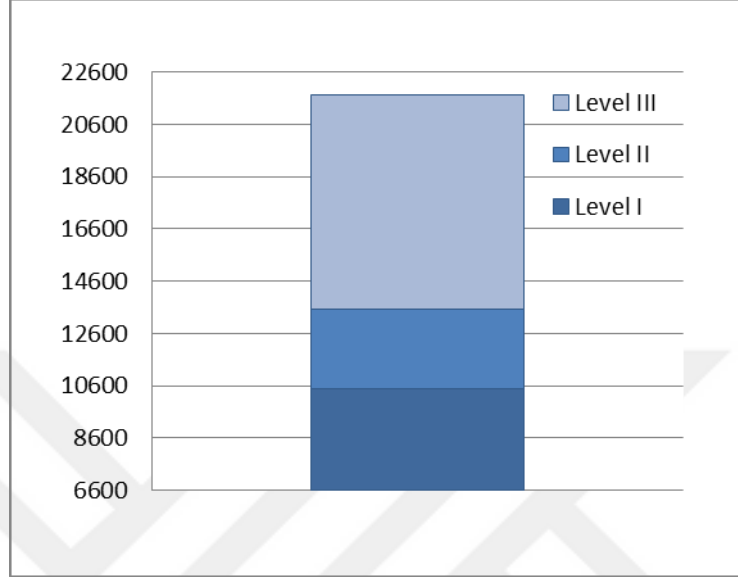
2.8.1 Çanakkale Boğazı

Çizelge 2.29, Çizelge 2.31, Çizelge 2.33, Çizelge 2.35 ve Çizelge 2.37'de bulunan değerler kullanılarak leveller belirlenip grafikler çizilmiştir (Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6).

Level I ; $6600.74 \leq E_{NO_x} \leq 10482.90$ (2.12)

Level II ; $10482.90 \leq E_{NO_x} \leq 13538.46$ (2.13)

Level III ; $13538.46 \leq E_{NO_x} \leq 21709.06$ (2.14)

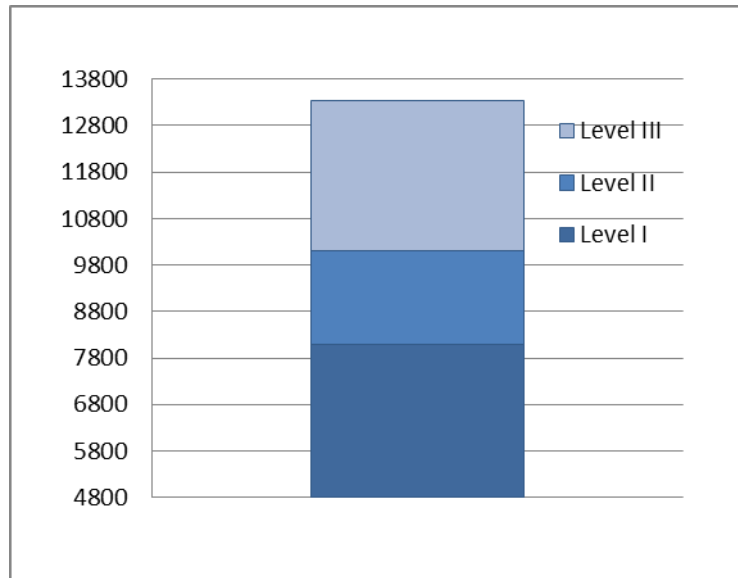


Şekil 2.2 Çanakkale Boğazı NO_x emisyon grafiği

Level I ; $4862.22 \leq E_{SO_2} \leq 8077.53$ (2.15)

Level II ; $8077.53 \leq E_{SO_2} \leq 10102.16$ (2.16)

Level III ; $10102.16 \leq E_{SO_2} \leq 13331.95$ (2.17)

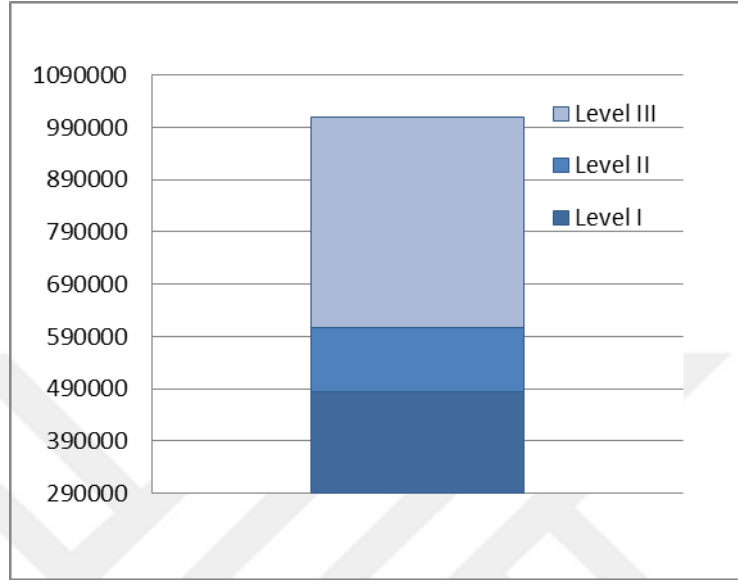


Şekil 2.3 Çanakkale Boğazı SO₂ emisyon grafiği

Level I ; $291930.60 \leq E_{CO_2} \leq 484949.41$ (2.18)

Level II ; $484949.41 \leq E_{CO_2} \leq 606644.84$ (2.19)

Level III ; $606644.84 \leq E_{CO_2} \leq 1008901.28$ (2.20)

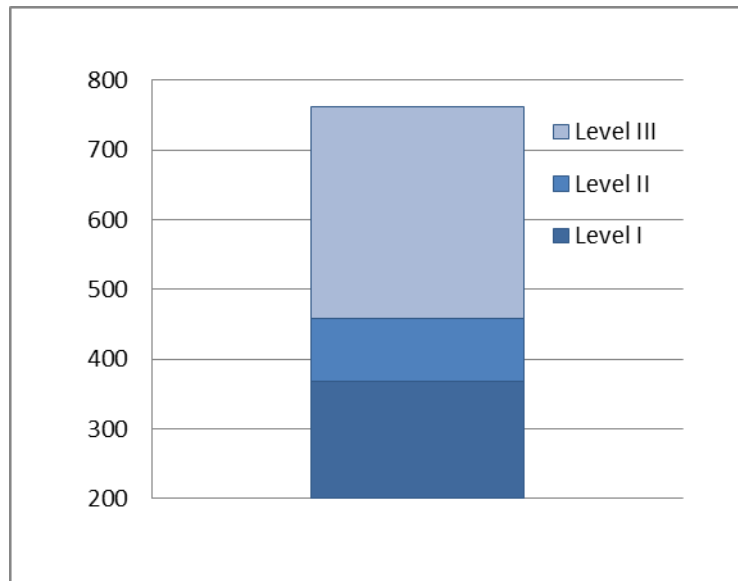


Şekil 2.4 Çanakkale Boğazı CO₂ emisyon grafiği

Level I ; $220.82 \leq E_{HC} \leq 367.53$ (2.21)

Level II ; $367.53 \leq E_{HC} \leq 457.89$ (2.22)

Level III ; $457.89 \leq E_{HC} \leq 761.92$ (2.23)

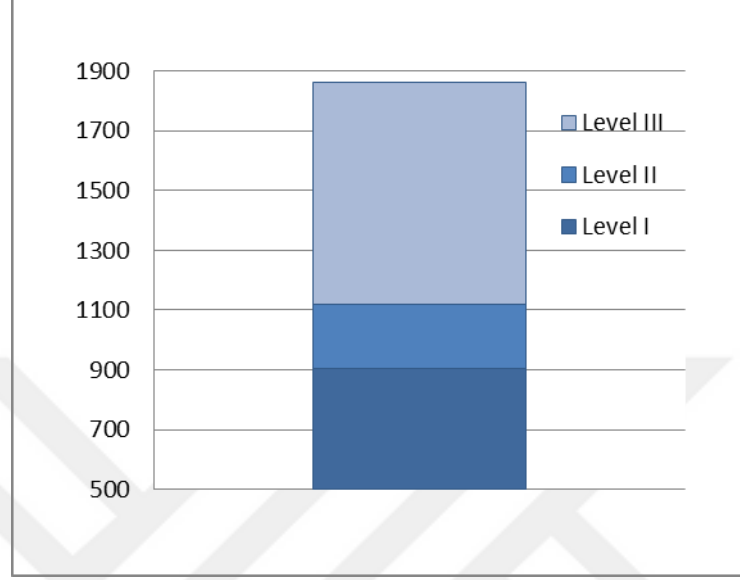


Şekil 2.5 Çanakkale Boğazı HC emisyon grafiği

$$\text{Level I ; } 543.17 \leq E_{PM} \leq 903.19 \quad (2.24)$$

$$\text{Level II ; } 903.19 \leq E_{PM} \leq 1119.34 \quad (2.25)$$

$$\text{Level III ; } 1119.34 \leq E_{PM} \leq 1863.59 \quad (2.26)$$



Şekil 2.6 Çanakkale Boğazı PM emisyon grafiği

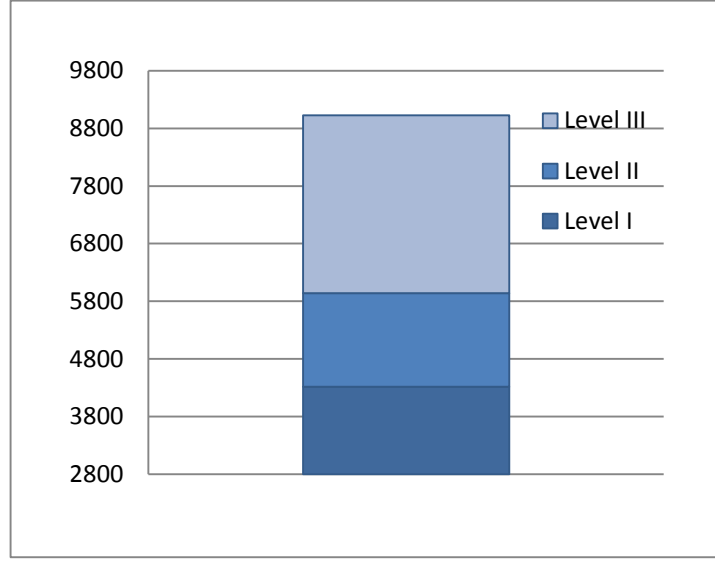
2.8.2 İstanbul Boğazı

Çizelge 2.39, Çizelge 2.41, Çizelge 2.43, Çizelge 2.45 ve Çizelge 2.47'de bulunan değerler kullanılarak leveller belirlenip grafikler çizilmiştir (Şekil 2.7, Şekil 2.8, Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve Şekil 2.11).

$$\text{Level I ; } 2871.41 \leq E_{NO_x} \leq 4315.25 \quad (2.27)$$

$$\text{Level II ; } 4315.25 \leq E_{NO_x} \leq 5941.58 \quad (2.28)$$

$$\text{Level III ; } 5941.58 \leq E_{NO_x} \leq 9028.37 \quad (2.29)$$

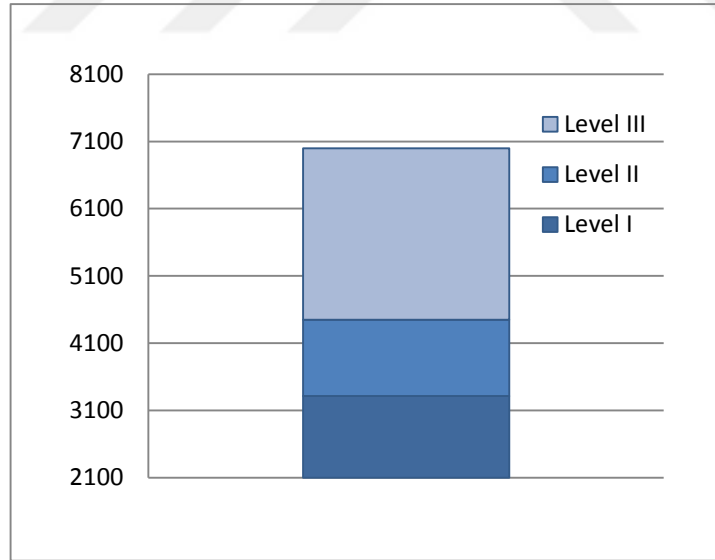


Şekil 2.7 İstanbul Boğazı NO_x emisyon grafiği

$$\text{Level I ; } 2106.70 \leq E_{SO_2} \leq 3311.60 \quad (2.30)$$

$$\text{Level II ; } 3311.60 \leq E_{SO_2} \leq 4450.18 \quad (2.31)$$

$$\text{Level III ; } 4450.18 \leq E_{SO_2} \leq 6999.33 \quad (2.32)$$

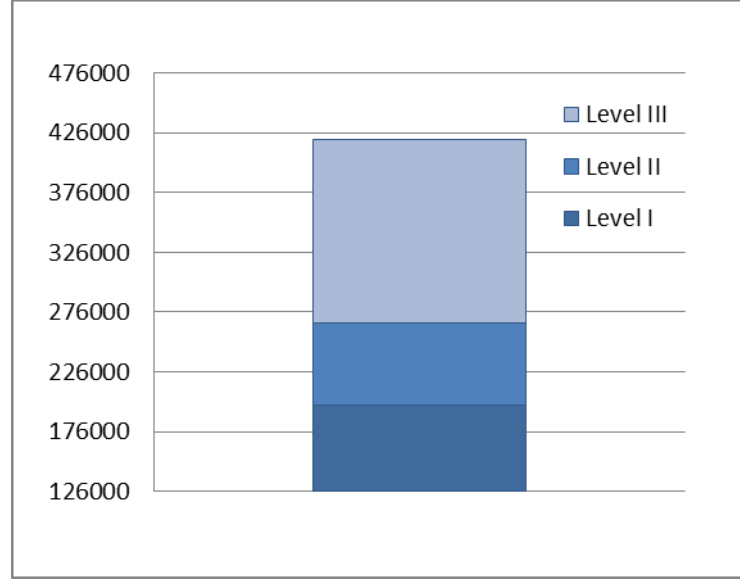


Şekil 2.8 İstanbul Boğazı SO₂ emisyon grafiği

$$\text{Level I ; } 126445.14 \leq E_{CO_2} \leq 198651.52 \quad (2.33)$$

$$\text{Level II ; } 198651.52 \leq E_{CO_2} \leq 267331.26 \quad (2.34)$$

$$\text{Level III ; } 267331.26 \leq E_{CO_2} \leq 420043.55 \quad (2.35)$$

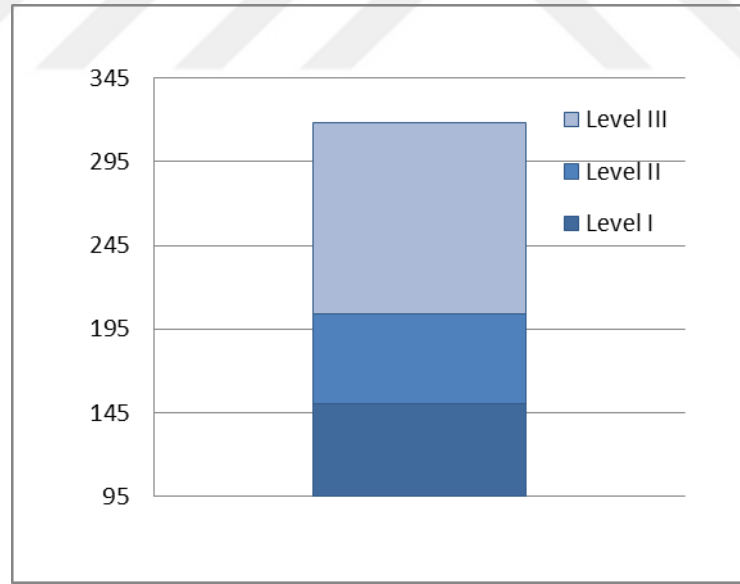


Şekil 2.9 İstanbul Boğazı CO₂ emisyon grafiği

Level I ; $95.56 \leq E_{HC} \leq 150.63$ (2.36)

Level II ; $150.63 \leq E_{HC} \leq 203.85$ (2.37)

Level III ; $203.85 \leq E_{HC} \leq 317.97$ (2.38)

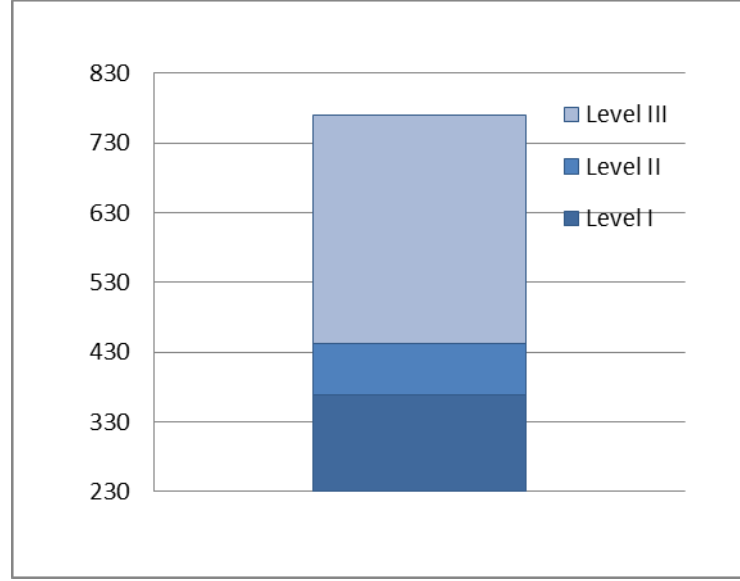


Şekil 2.10 İstanbul Boğazı HC emisyon grafiği

Level I ; $232.82 \leq E_{PM} \leq 367.53$ (2.39)

Level II ; $367.53 \leq E_{PM} \leq 441.26$ (2.40)

Level III ; $441.26 \leq E_{PM} \leq 769.22$ (2.41)



Şekil 2.11 İstanbul Boğazı PM emisyon grafiği

2.9 3-Boyutlu Yüzey Çizimi İçin Kurallar

MATLAB Fuzzy’de yüzey kuralları; Çanakkale Boğazı için, Çizelge 2.28, Çizelge 2.30, Çizelge 2.32, Çizelge 2.34 ve Çizelge 2.36’da İstanbul Boğazı için, Çizelge 2.38, Çizelge 2.40, Çizelge 2.42, Çizelge 2.44 ve Çizelge 2.46’da gösterilen min, med ve max değerlerinden; Çizelge 2.48, Çizelge 2.49, Çizelge 2.50, Çizelge 2.51, Çizelge 2.52, Çizelge 2.53, Çizelge 2.54, Çizelge 2.55, Çizelge 2.56 ve Çizelge 2.57’de işaretlenen değerler toplanarak levellerin belirlenmesiyle oluşturulmuştur.

Çizelge 2.48 Çanakkale Boğazı için NO_x level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			I
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.49 Çanakkale Boğazı için SO₂ level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			I
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			II
		X	X				X		II
		X	X					X	III
		X		X		X			III
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.50 Çanakkale Boğazı için CO₂ level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			I
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.51 Çanakkale Boğazı için HC level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			I
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	III
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.52 Çanakkale Boğazı için PM level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			I
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	III
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.53 İstanbul Boğazı için NO_x level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			II
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.54 İstanbul Boğazı için SO₂ level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			II
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		II
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.55 İstanbul Boğazı için CO₂ level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			II
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		II
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.56 İstanbul Boğazı için HC level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			II
X				X			X		II
X				X				X	II
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	II
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			II
		X		X			X		II
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

Çizelge 2.57 İstanbul Boğazı için PM level kuralları

Tanker Min	Tanker Med	Tanker Max	Kuru Yük Min	Kuru Yük Med	Kuru Yük Max	Dökme Yük Min	Dökme Yük Med	Dökme Yük Max	Toplam Level Aralığı
X			X			X			I
X			X				X		I
X			X					X	I
X				X		X			I
X				X			X		II
X				X				X	III
X					X	X			III
X					X		X		III
X					X			X	III
	X		X			X			I
	X		X				X		I
	X		X					X	I
	X			X		X			II
	X			X			X		II
	X			X				X	III
	X				X	X			III
	X				X		X		III
	X				X			X	III
		X	X			X			I
		X	X				X		I
		X	X					X	II
		X		X		X			III
		X		X			X		III
		X		X				X	III
		X			X	X			III
		X			X		X		III
		X			X			X	III

SONUÇ VE ÖNERİLER

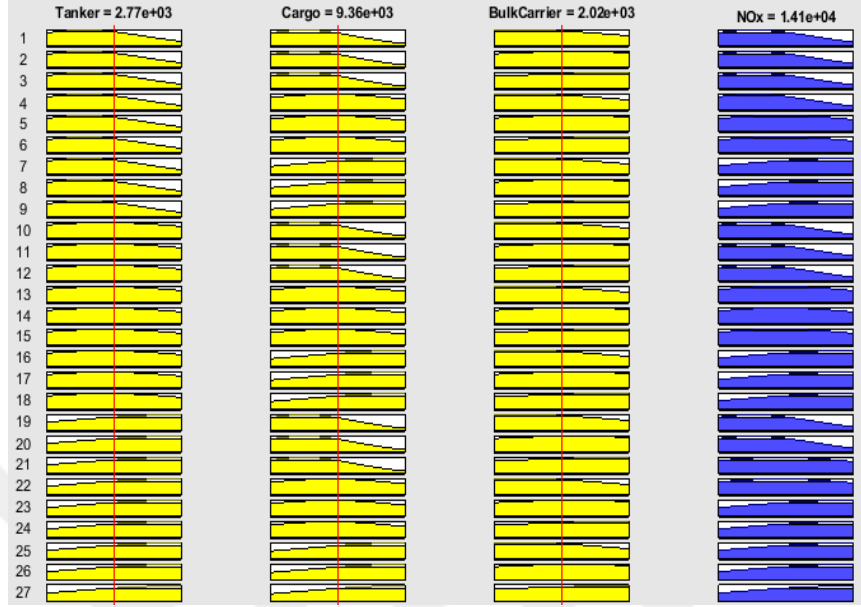
3.1 Tahmini Emisyon Miktarlarının Kural Grafikleri ve 3-Boyutlu Yüzeyleri

Yaklaşık emisyon tahmini gemilerin geçiş hızları, seyir süreleri, grostonlara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği için ele alınan problem, bir bulanık mantık problemi olarak kabul edilmiştir. Bu bölümde Matlab(FIS) altında Mamdani tipinde üyelik fonksiyonları tanımlanmış, bu fonksiyonlara göre Çizelge 2.48, 2.49, 2.50, 2.51, 2.52, 2.53, 2.54, 2.55, 2.56, 2.57 ile tanımlanan kurallar aşağıda belirtilen kural grafiklerine dönüştürülmüştür. Bu kurallara bağlı olarak tahmini emisyon değerleri aşağıda ifade edilen yüzeylerle gösterilmiştir.

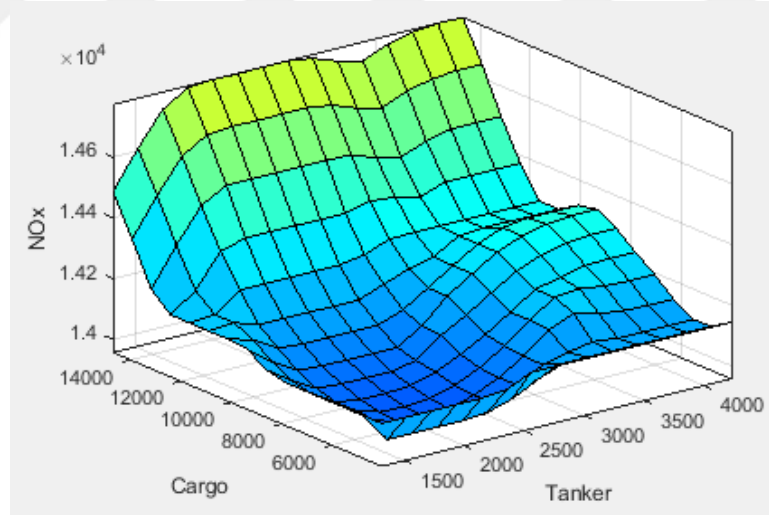
Konu olan gazlar için ilgili grafikler yukarıda bahsedilen değişkenlere bağlı olarak gaz emisyon tahmini seviyelerinin dağılımını basit olarak gözlemlememize olanak sağlar. Üç farklı gemi tipine göre seyir hızı ve groston dağılımları ile elde edilen tahmini emisyon değerlerinin yüzey gösterilimlerinden; kuru yük gemilerinin boğazlardan geçişleri esnasında çıkarmış olduğu emisyon miktarlarının tanker ve dökme yük gemilerinin çıkardıkları emisyon miktarlarından daha yüksek seviyede olduğu görülmektedir.

3.1.1 Çanakkale Boğazı

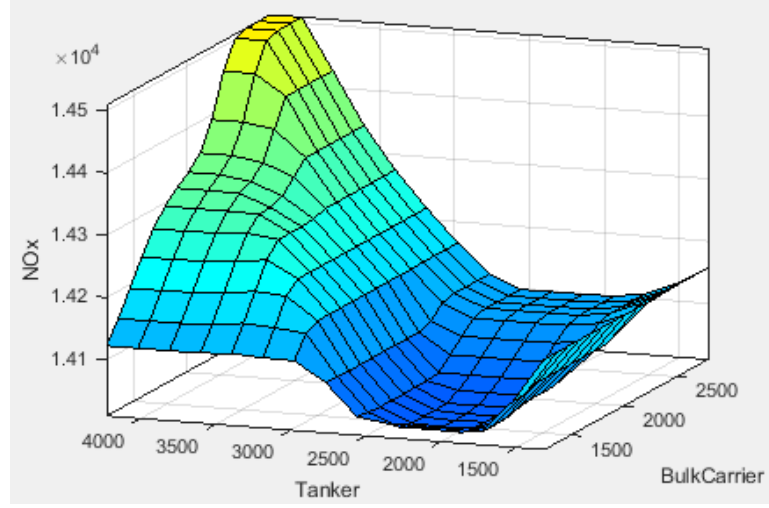
3.1.1.1 NO_x



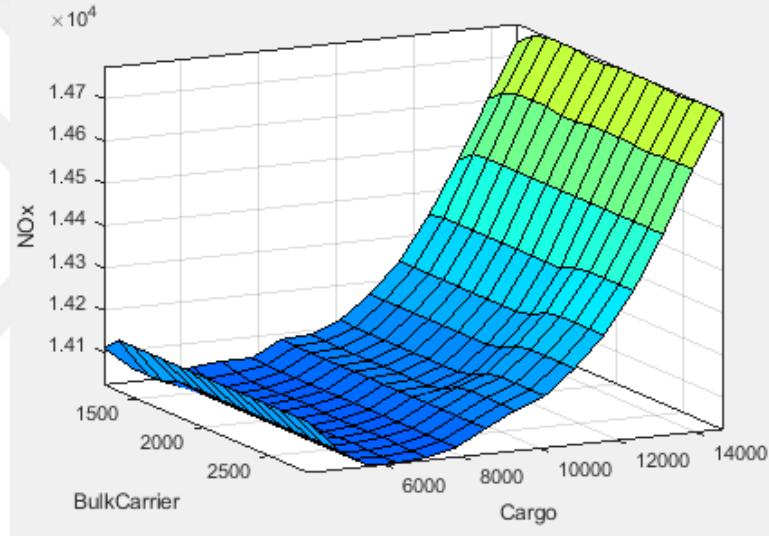
Şekil 3.1 NO_x MATLAB kural grafiği



Şekil 3.2 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için NO_x emisyon yüzey grafiği

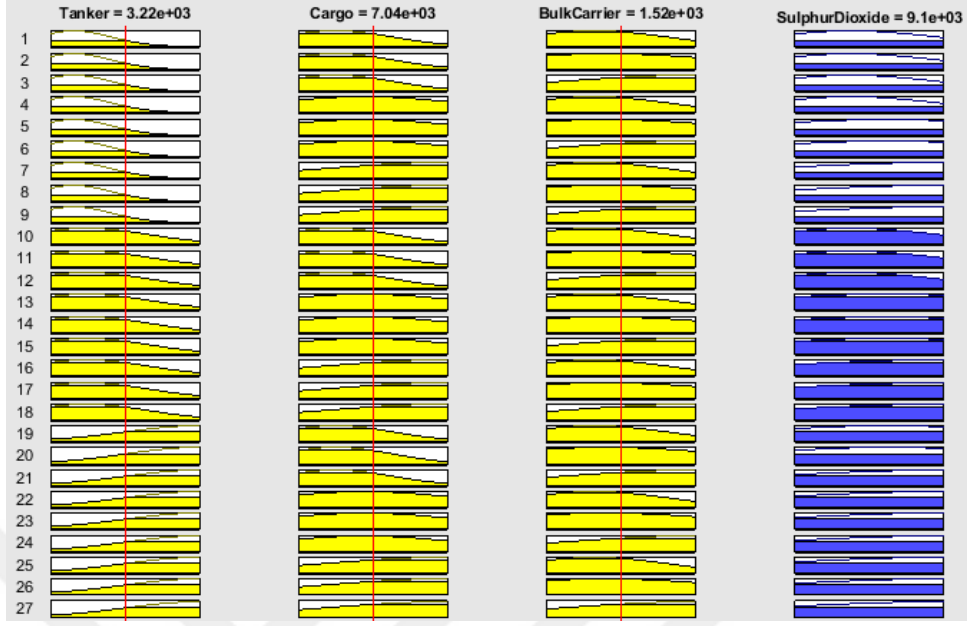


Şekil 3.3 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için NO_x emisyon yüzey grafiği

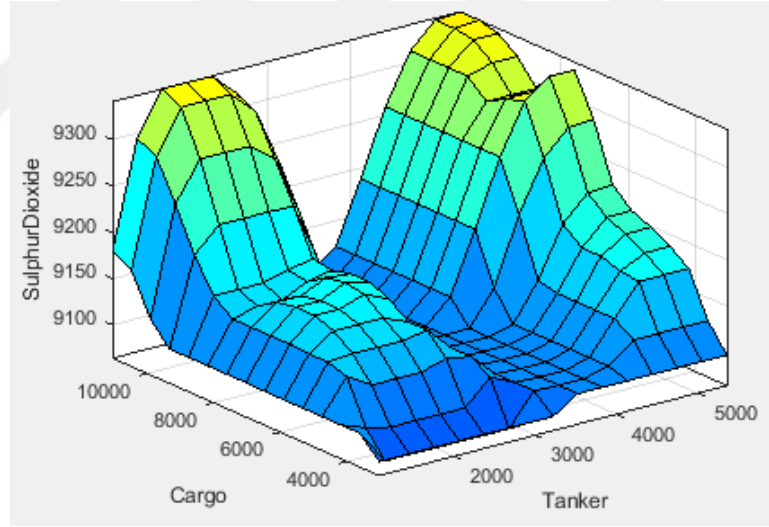


Şekil 3.4 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için NO_x emisyon yüzey grafiği

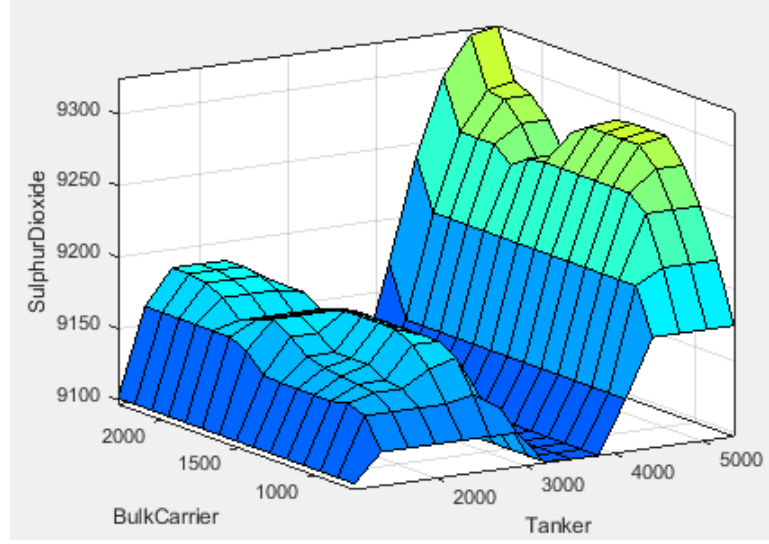
3.1.1.2 SO₂



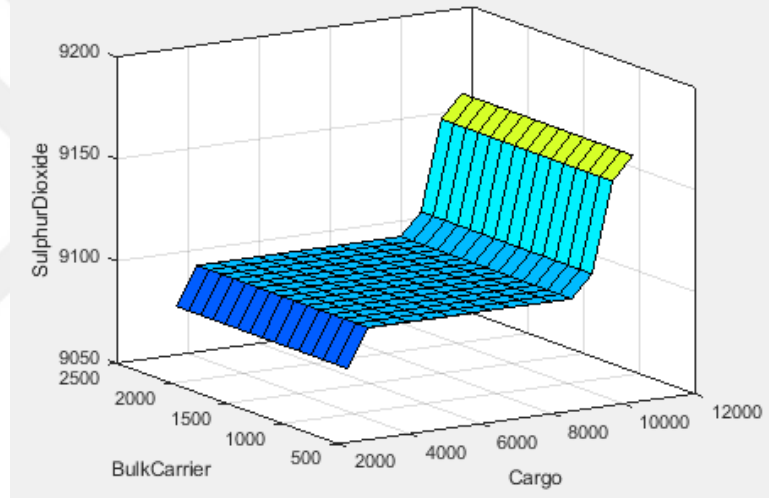
Şekil 3.5 SO₂ MATLAB kural grafiği



Şekil 3.6 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için SO₂ emisyon yüzey grafiği

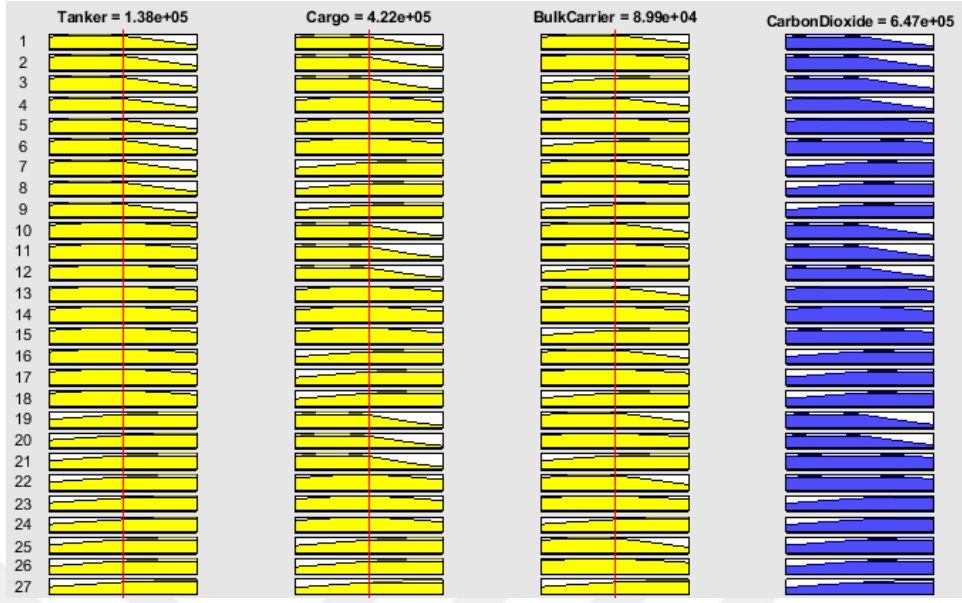


Şekil 3.7 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için SO₂ emisyon yüzey grafiği

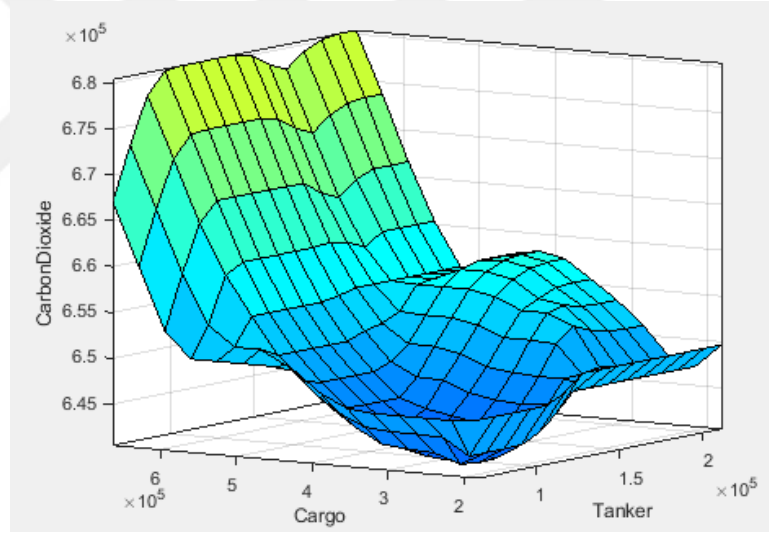


Şekil 3.8 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için SO₂ emisyon yüzey grafiği

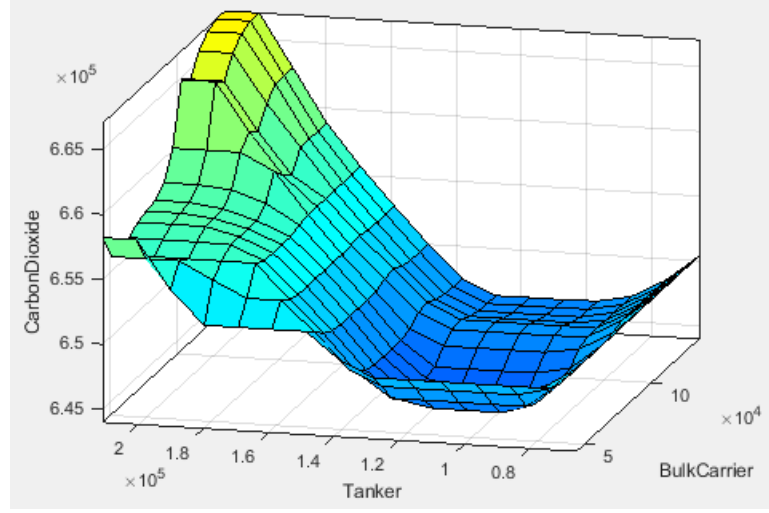
3.1.1.3 CO₂



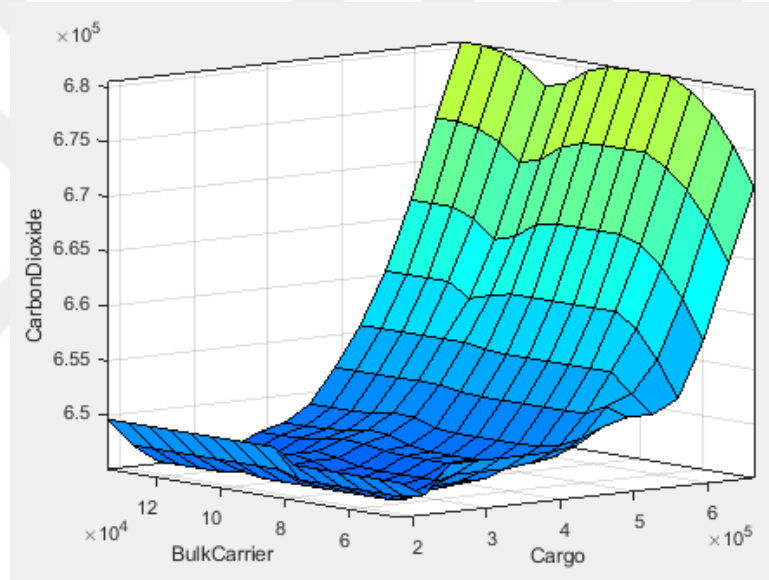
Şekil 3.9 CO₂ MATLAB kural grafiği



Şekil 3.10 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için CO₂ emisyon yüzey grafiği

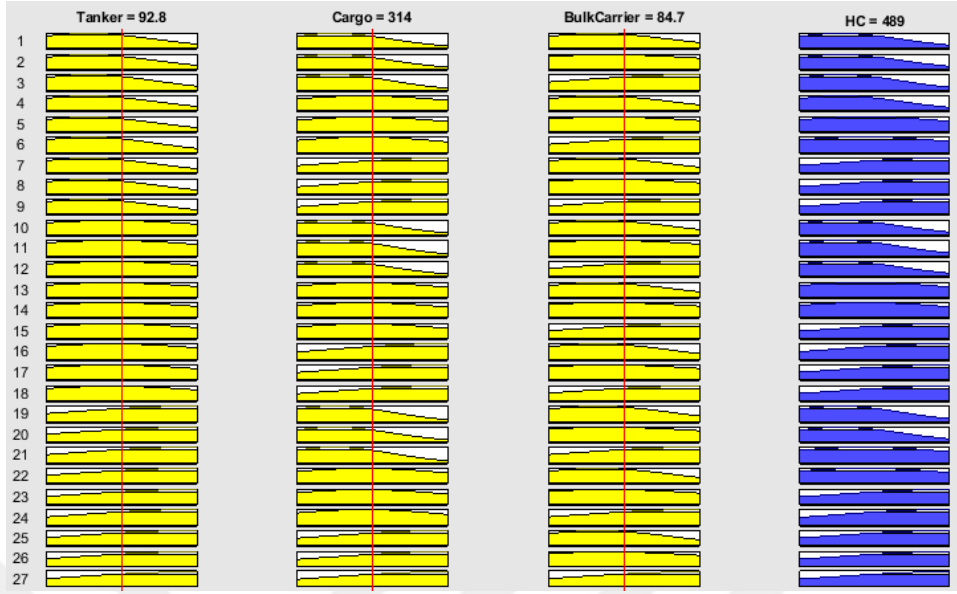


Şekil 3.11 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için CO₂ emisyon yüzey grafiği

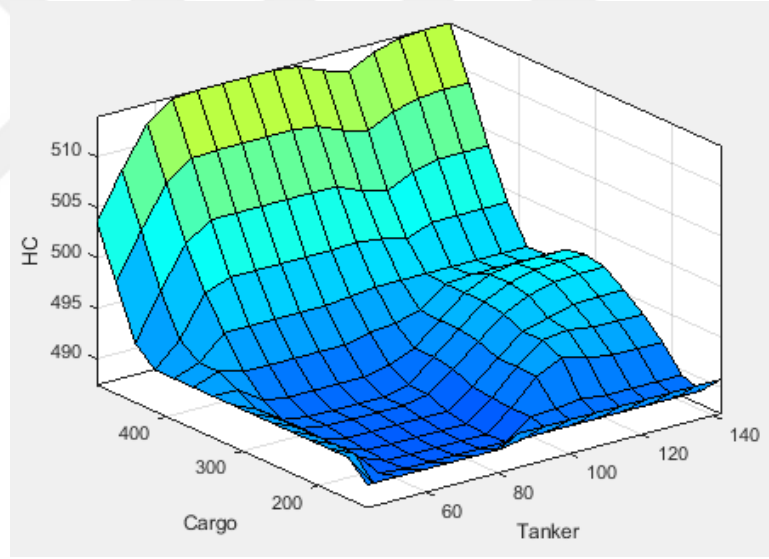


Şekil 3.12 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için CO₂ emisyon yüzey grafiği

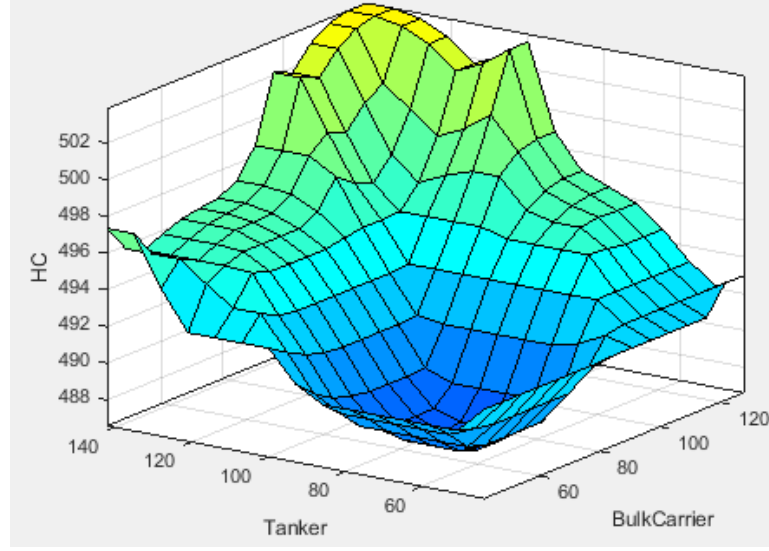
3.1.1.4 HC



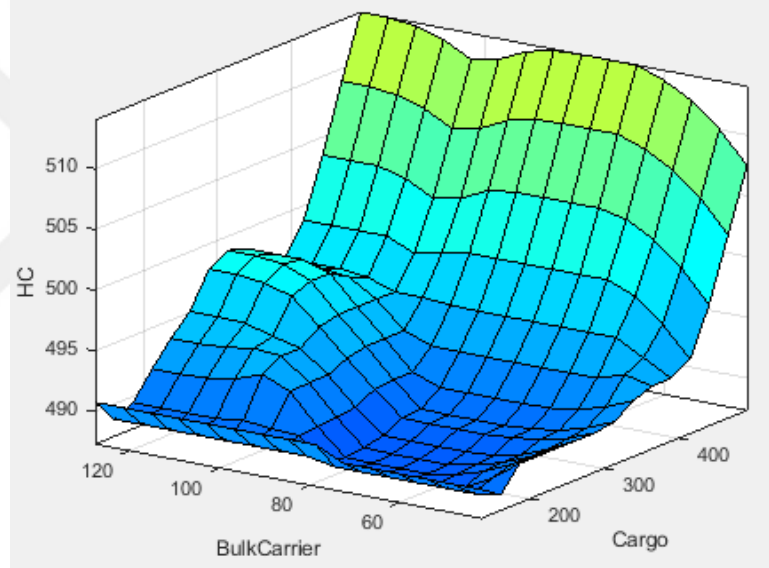
Şekil 3.13 HC MATLAB kural grafiği



Şekil 3.14 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği

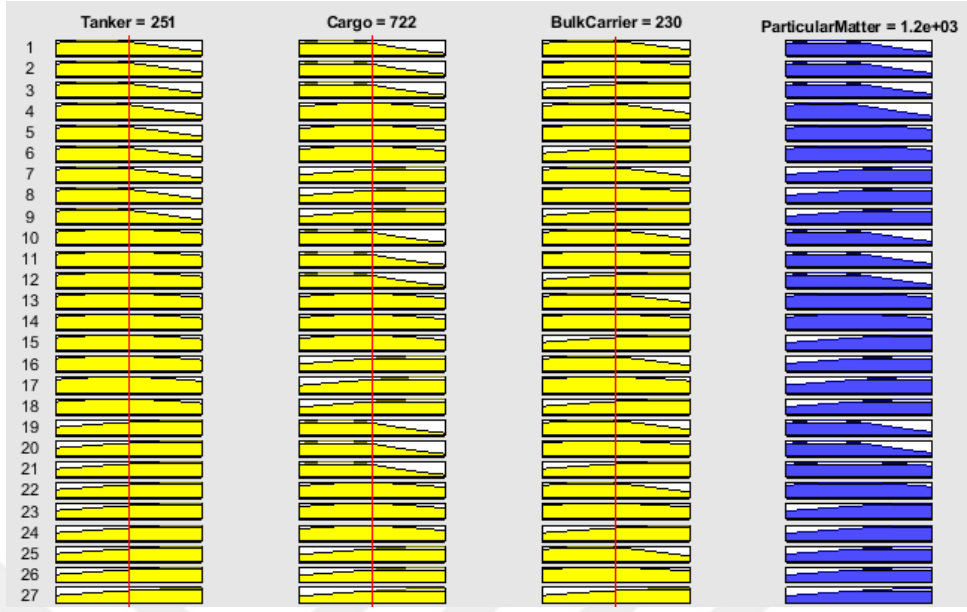


Şekil 3.15 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği

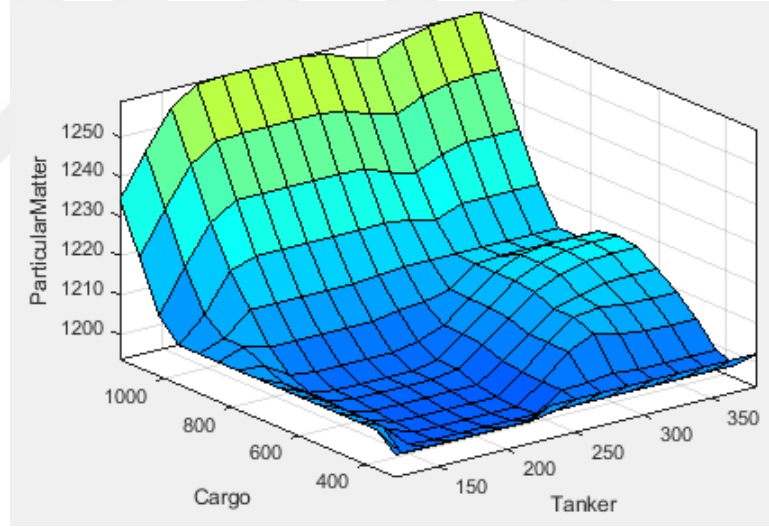


Şekil 3.16 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği

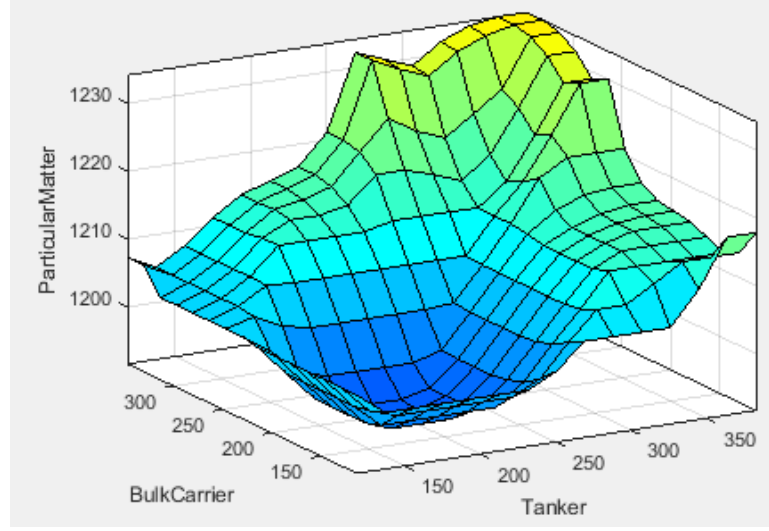
3.1.1.5 PM



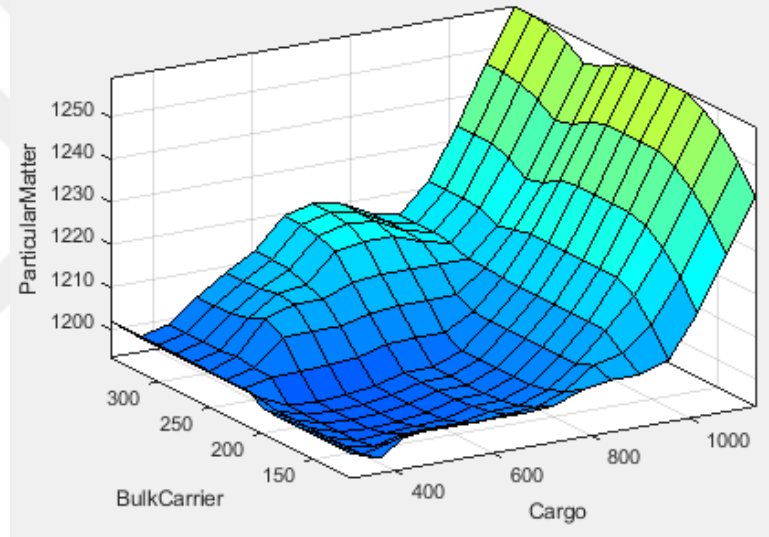
Şekil 3.17 PM MATLAB kural grafiği



Şekil 3.18 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği



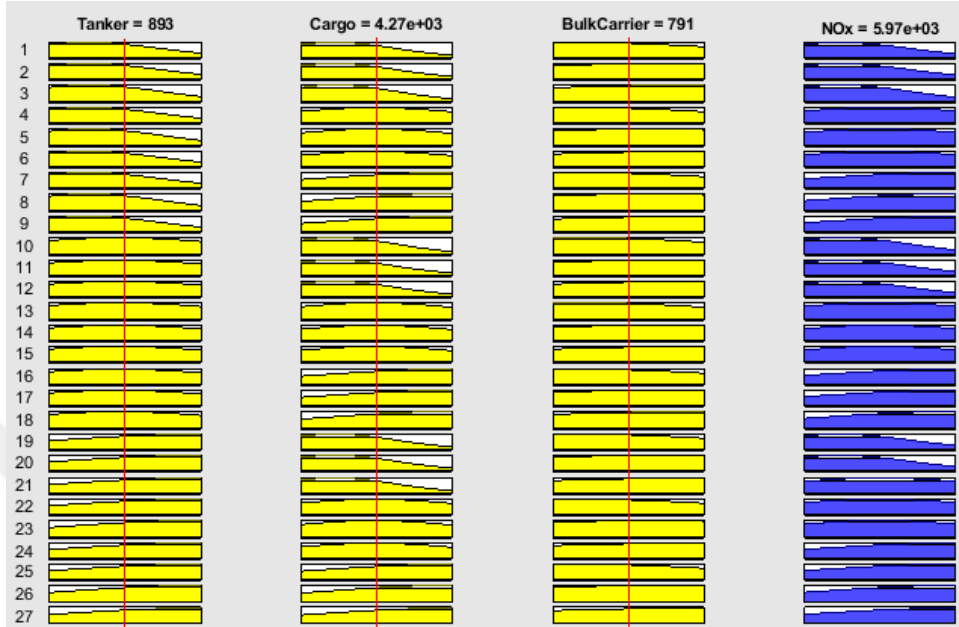
Şekil 3.19 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği



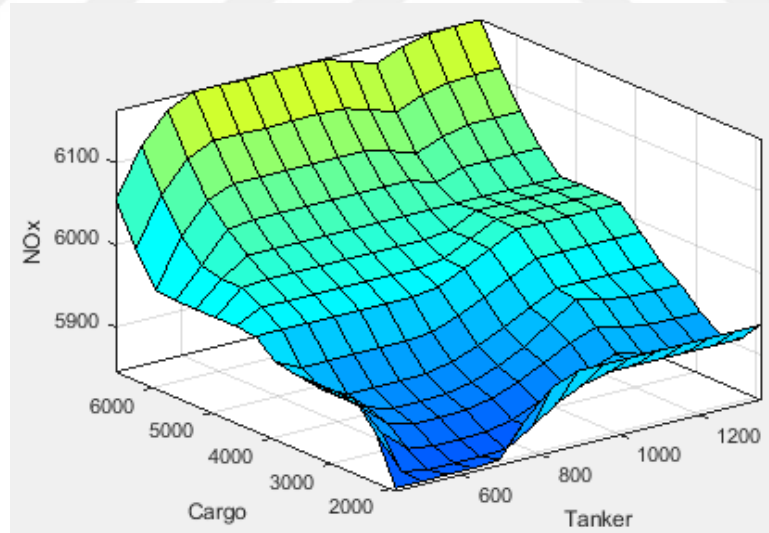
Şekil 3.20 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği

3.1.2 İstanbul Boğazı

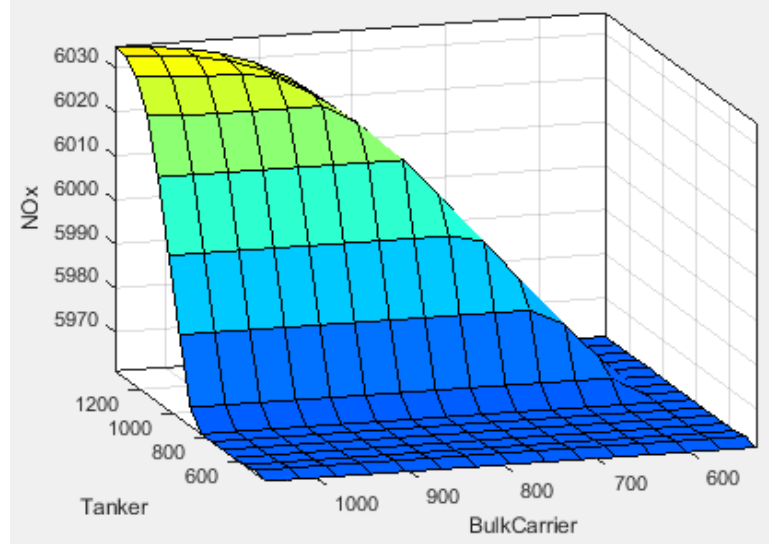
3.1.2.1 NO_x



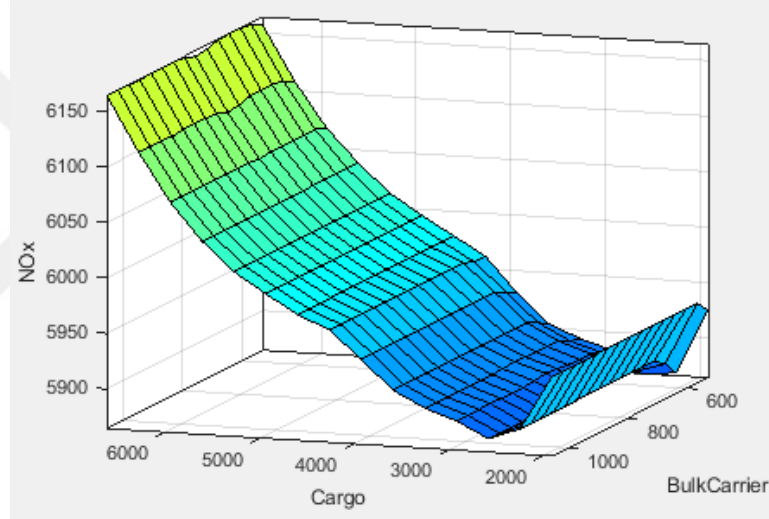
Şekil 3.21 NO_x MATLAB kural grafiği



Şekil 3.22 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için NO_x emisyon yüzey grafiği

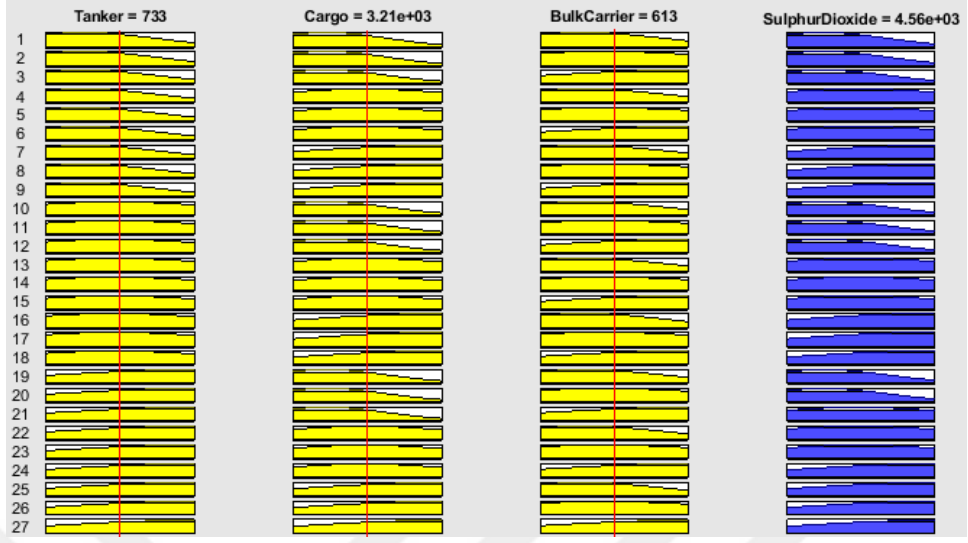


Şekil 3.23 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için NO_x emisyon yüzey grafiği

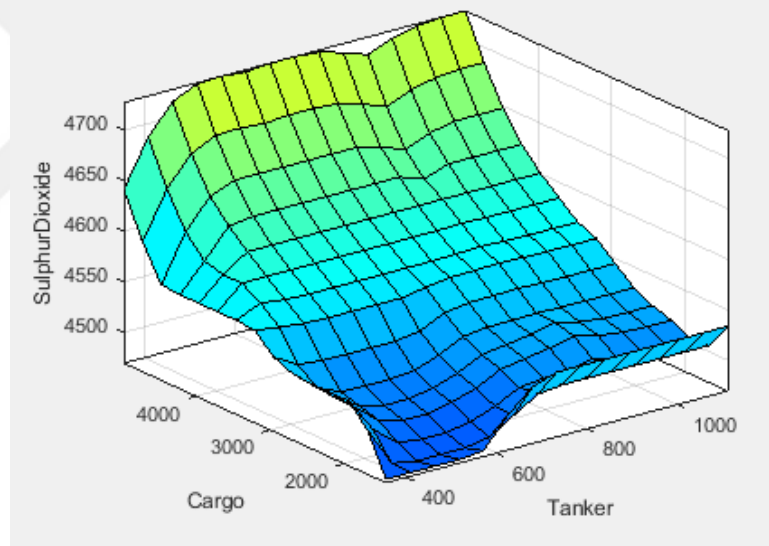


Şekil 3.24 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için NO_x emisyon yüzey grafiği

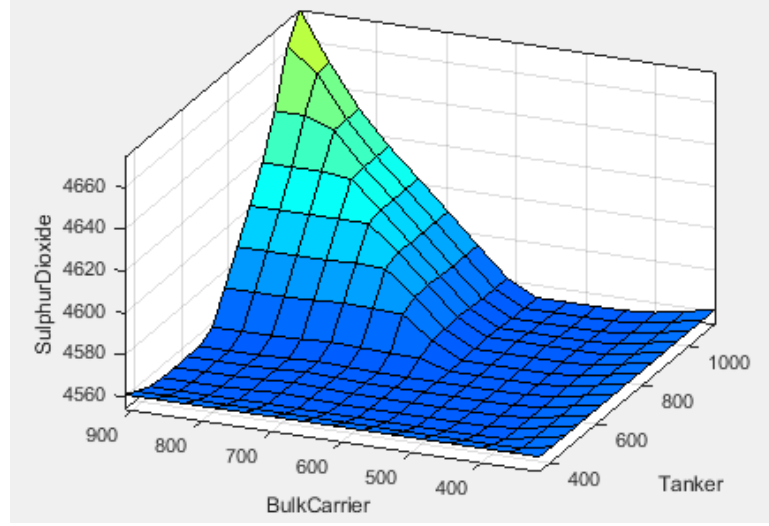
3.1.2.2 SO₂



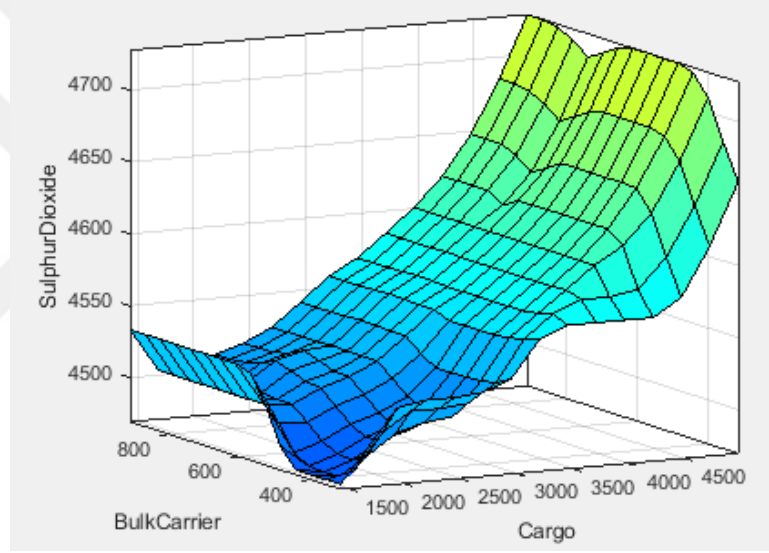
Şekil 3.25 SO₂ MATLAB kural grafiği



Şekil 3.26 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için SO₂ emisyon yüzey grafiği

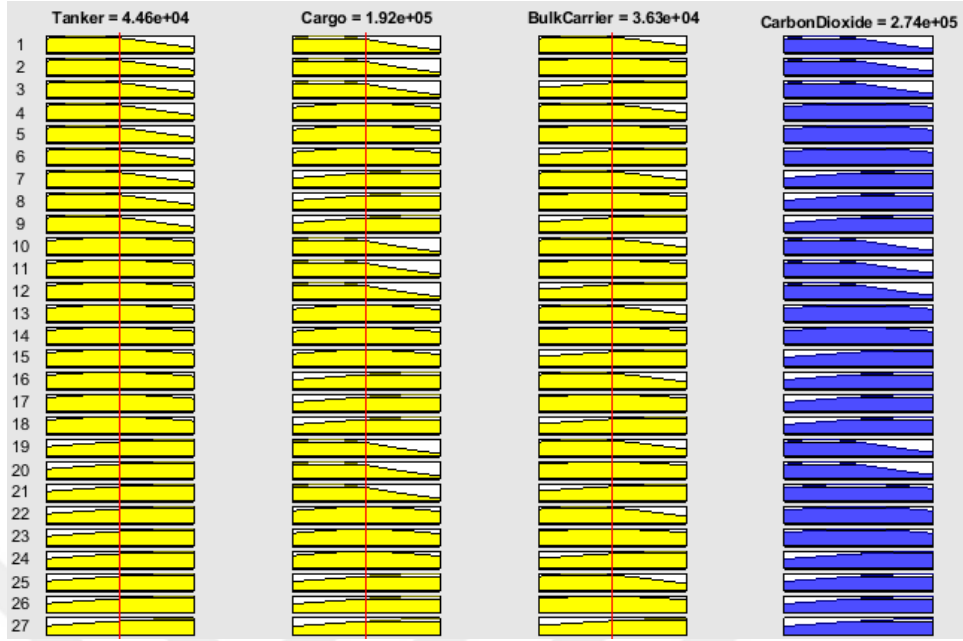


Şekil 3.27 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için SO₂ emisyon yüzey grafiği

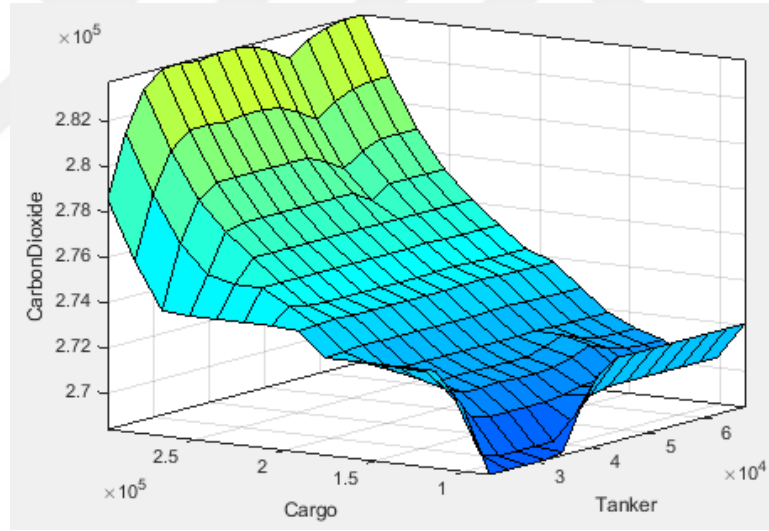


Şekil 3.28 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için SO₂ emisyon yüzey grafiği

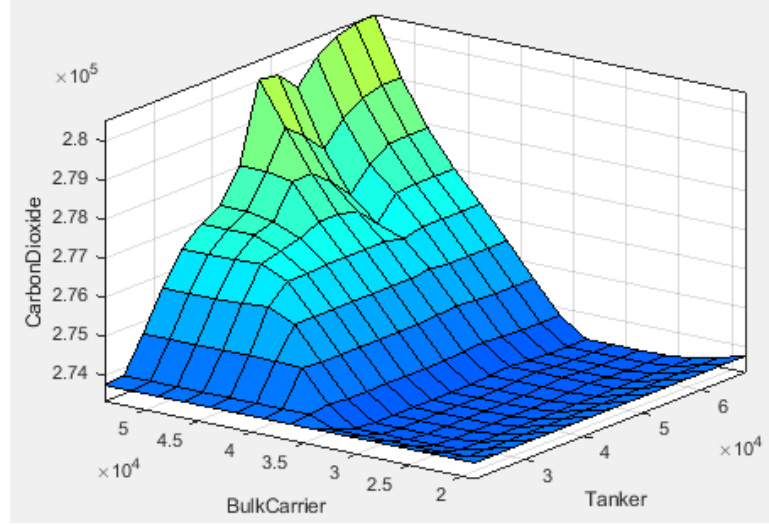
3.1.2.3 CO₂



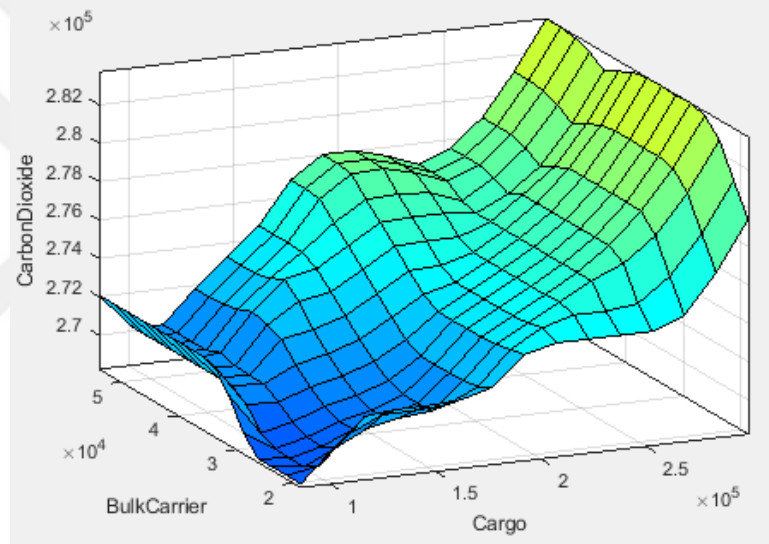
Şekil 3.29 CO₂ MATLAB kural grafiği



Şekil 3.30 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için CO₂ emisyon yüzey grafiği

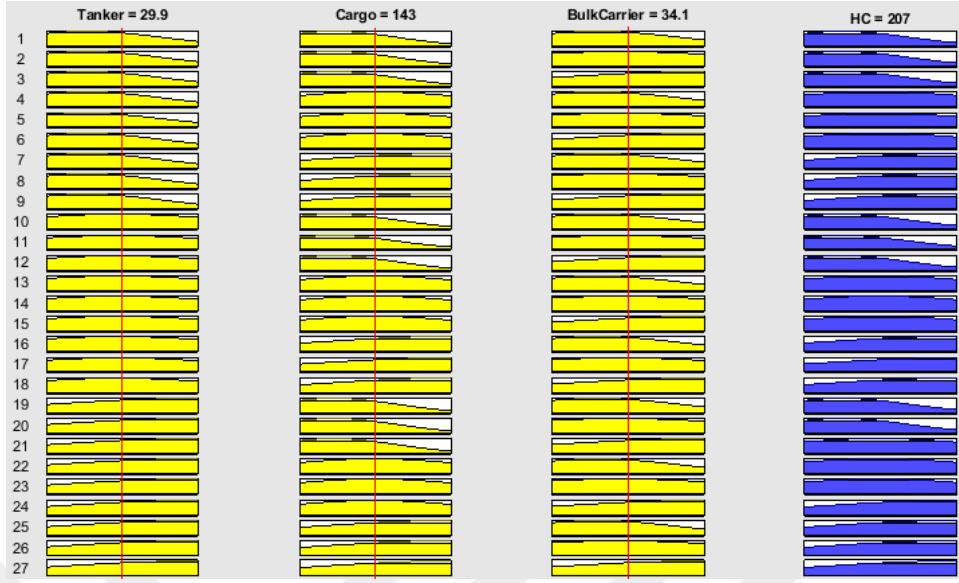


Şekil 3.31 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için CO₂ emisyon yüzey grafiği

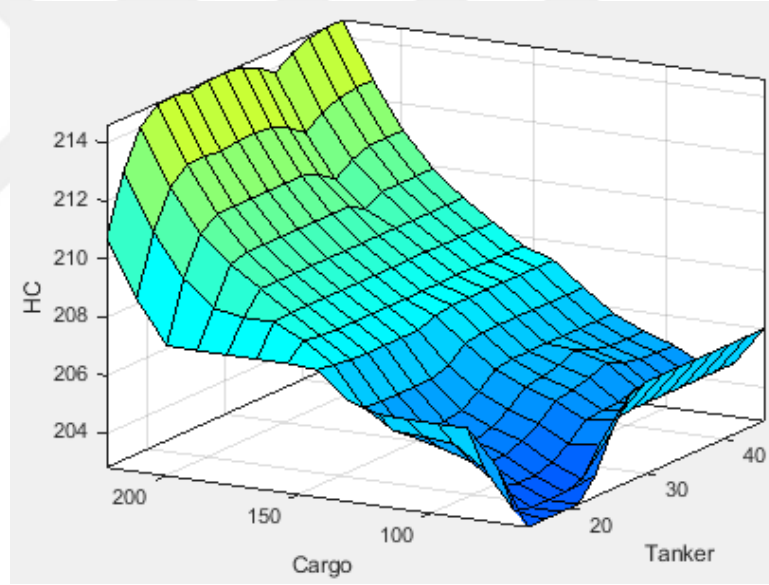


Şekil 3.32 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için CO₂ emisyon yüzey grafiği

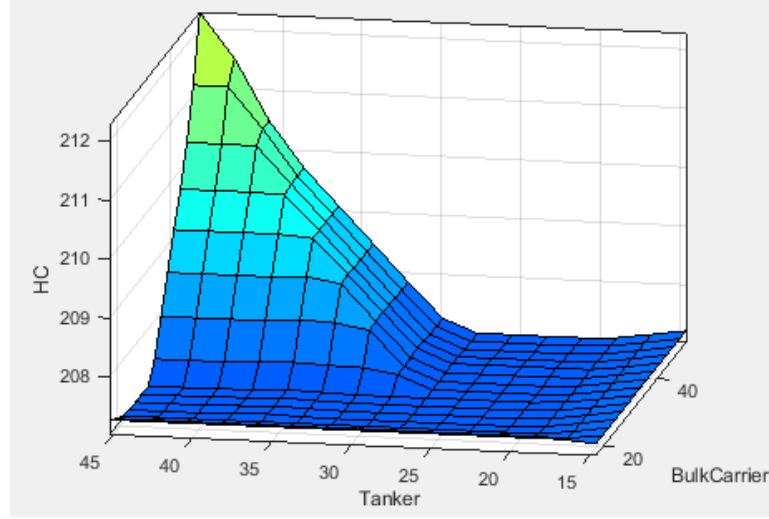
3.1.2.4 HC



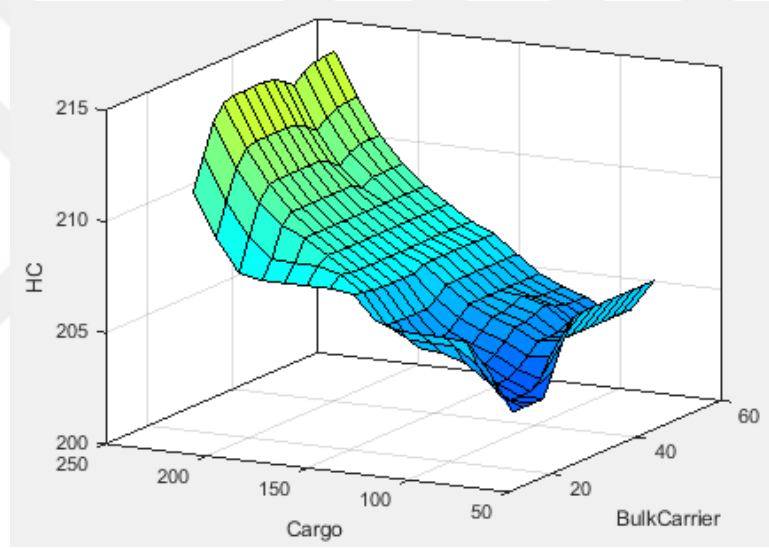
Şekil 3.33 HC MATLAB kural grafiği



Şekil 3.34 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği

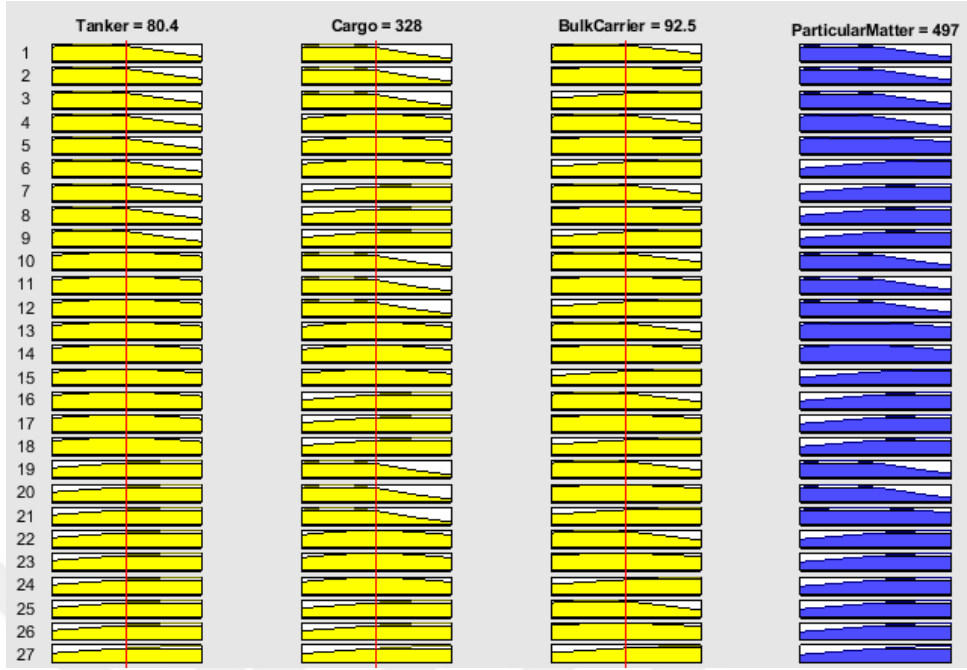


Şekil 3.35 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği

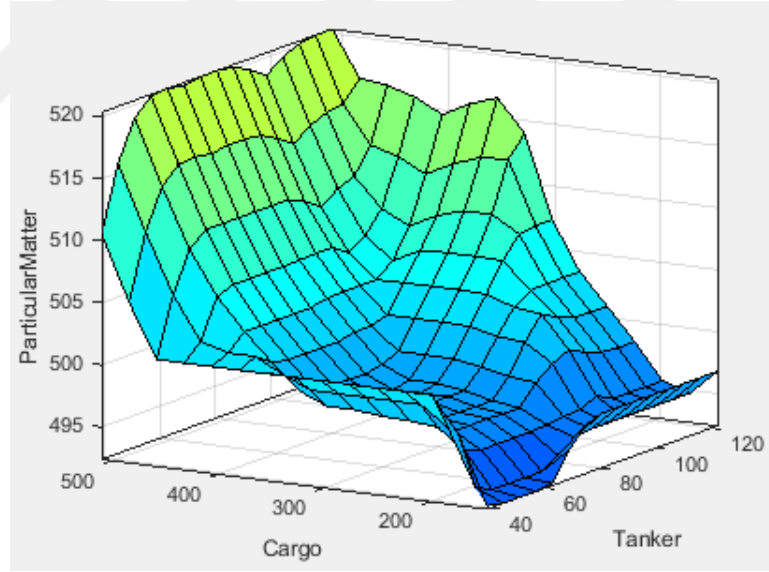


Şekil 3.36 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için HC emisyon yüzey grafiği

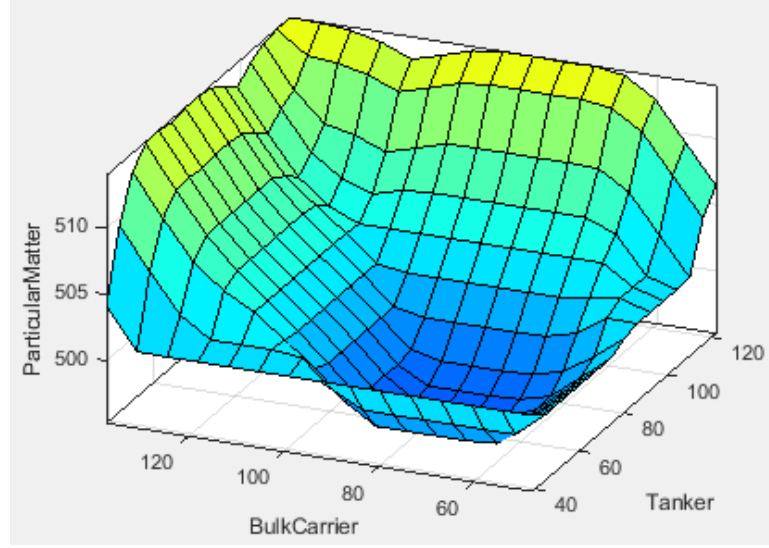
3.1.2.5 PM



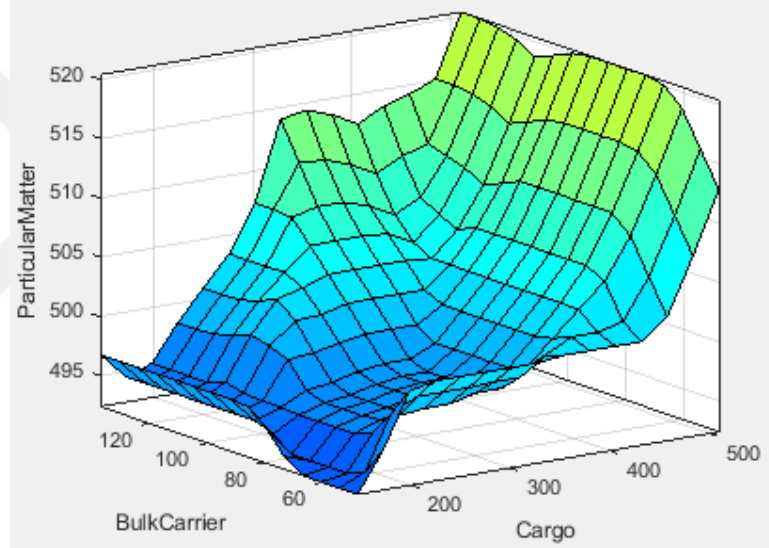
Şekil 3.37 PM MATLAB kural grafiği



Şekil 3.38 Tanker ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği



Şekil 3.39 Tanker ve dökme yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği



Şekil 3.40 Dökme yük ve kuru yük tipi gemiler için PM emisyon yüzey grafiği

KAYNAKLAR

- [1] Kılıç, A., (2009). "Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları", BAÜ FBE Dergisi, 11(2):124-134.
- [2] Deniz, C. ve Kılıç, A., (2009). "Estimation and Assesment of Shipping Emissions in the Region of Ambarlı Port, Turkey", Environmental Progress & Sustainable Energy, 29(1):107-115.
- [3] 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.
- [4] Kesgin, U. ve Vardar N., (2001). "A study on exhaust gas emissions from ships in Turkish Straits", Atmospheric Environment, 35:1863-1870.
- [5] Deniz, C. vd., (2010). "Estimation of shipping emissions in Candarlı Gulf, Turkey", Environ Monit Assess, 171:219-228.
- [6] Saraçoğlu, H. vd., (2013). "An Investigation on the Effects of Ship Sourced Emissions in Izmir Port, Turkey", Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal, 3:1-8.
- [7] Cullinane, K. ve Bergqvist, R., (2014). "Emission control areas and their impact on maritime transport", Transportation Research Part D, 28:1-5.
- [8] Trozzi, C. ve Vaccaro, R., (1999). "Actual and Future Air Pollutant Emissions from Ships", Transport and Air Pollution and Cost 319-Final Conference, INRETS, 31 May-2 June 1999, Graz, Austria.
- [9] Isın, O. ve Uzunsoy E., (2013). "Predicting the Exhaust Emissions of a Spark Ignition Engine Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System", Arab J Sci Eng, 38:3485-3493.
- [10] Trozzi, C. vd., (1999). "AIR SHIPS: Computer Model for Air Pollutant Emissions Estimates in Port and in Navigation", The International Workshop on Harbour, Maritime & Industrial Logistics Modelling and Simulation, 16-18 September 1999, Geona, Italy.

- [11] Kılıç, A. ve Tzannatos, E., (2014). "Ship Emissions and Their Externalities at the Container Terminal of Piraeus-Greece", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(4):1329-1340.
- [12] Gupta, P. vd., (2006). "Satellite remote Sensing of Particulate MAter and Air Quality Assessment over Global Cities", *Atmospheric Environment*, 40:5880-5892.
- [13] Kılıç, A. vb., (2014). "Marmara Bölgesi'ndeki Hava Kirliliğinin Modellenmesi Kirlilik Azaltımı ve Maruziyet Analizi", *BAÜ FBE Dergisi*, 16(1):27-46.
- [14] Kanbay F. ve Vardar N., (2018). "On A Fuzzy Application of the Particulate Matters Estimation", *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 15(7):133-143.
- [15] Pelucchi, C. vd., (2009). "Long-term Particulate Matter Exposure and Mortality: A Review of European Epidemiological Studies", *BMC Public Health*, 9:453-460.
- [16] Zanobetti, A. vd., (2009). "T-Wave Alternans, Air Pollution and Traffic in High-Risk Subjects", *Journal of the American College of Cardiology*, 104:665-670.
- [17] Fromme, H. vd., (2008). "Chemical and Morphological Properties of Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2.5}) in School Classrooms and Outdoor Air", *Atmospheric Environment*, 42:6597-6605.
- [18] Almeida, S. vd., (2011). "Children Exposure to Atmospheric Particles in Indoor of Lisbon Primary Schools", *Atmospheric Environment*, 45:7594-7599.
- [19] Google Haritalar, Marmara Bölgesi, <https://www.google.com/maps>, 12 Ocak 2019.
- [20] United States Environmental Protection Agency, PM Pollution, <https://www.epa.gov/pm-pollution>, 20 Ocak 2019.
- [21] Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, Türk Boğazları Gemi Geçiş İstatistikleri, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx, 28 Mart 2018.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kardelen KILIÇ
Doğum Tarihi ve Yeri : 03.10.1992 , Gazimağusa
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : kardelenklc@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Matematik	Yıldız Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Matematik	Yıldız Teknik Üniversitesi	2016
Lise		Gazimağusa Türk Maarif Koleji	2010

YAYINLARI

Bildiri

- 1.** Kılıç, K. ve Kanbay, F., (2018). "A Fuzzy Approach to the Estimation of PM Levels", 1st International Conference on Mathematical Advances and Applications, 11-13 Mayıs 2018, İstanbul.

