

TÜRK BOĞAZLARINDAN GEÇİŞ YAPAN GEMİLERİN EMİSYON ANALİZİ

Emission Analysis Of Ships Passing Through Turkish Straits

Dr. Öğr. Üyesi Devran YAZIR

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Trabzon/TÜRKİYE

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6825-8142>

ÖZET

Hava kirliliği, atmosferdeki yabancı maddelerin canlıların sağlığını olumsuz etkileyecek, onlara zarar verecek yoğunluk ve miktara ulaşmasıdır. Hava kirliliğinin nedenlerinden biri olan gemi bacalarından salınan egzoz gazlarında NO_x, SO_x, CO₂, CO, PM ve VOC kirleticileri bulunmaktadır. Bahsi geçen kirleticiler ozon tabakasında incelmeye, asit yağmurlarına ve sağlık sorunlarına yol açması sebebiyle insan ve çevre üzerinde olumsuz bir etki oluşturmaktadırlar.

Türk Boğazlar Bölgesi; Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nda birleşen, uluslararası deniz trafiğine açık bir suyoludur. Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerden kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarını hesaplayabilmek için, gemilerin ortalama yakıt tüketimleri, makine tipleri, boğazlardan geçiş süreleri dikkate alınmış ve bu gemilerin meydana getirdiği yıllık egzoz emisyonlarının miktarları bulunmuştur. Elde edilen değerler daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarla karşılaştırılmış ve emisyon miktarlarındaki değişim hesaplanmıştır. Bu çalışmada ortaya çıkan değerler Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin önemli miktarda hava kirliliğine sebep olduklarını açığa çıkarmıştır.

Anahtar Kelimeler: Denizcilik, Gemi, Emisyon, Egzoz Gazları, Türk Boğazları.

ABSTRACT

Air pollution is the concentration and amount of foreign matter in the atmosphere that will negatively affect the health of living things and harm them. Exhaust gases emitted from the funnel of vessels, one of the causes of air pollution, contain pollutants (emissions) such as NO_x, SO_x, CO₂, CO, PM and VOC. These pollutants cause adverse effects on the human and environment due to acid rain, ozone depletion and health problems.

Turkish Straits Region: is a waterway that integrates in the Dardanelles the Marmara Sea and the Bosphorus and is open to international sea traffic. In order to calculate the exhaust gas emissions from vessels passing the Turkish Straits, average fuel consumption, the machine types, passing times of the vessels were taken into consideration and the annual exhaust emissions generated by these vessels were determined. The values obtained were compared with previous studies and the change in emission amounts was calculated. The values obtained in this study revealed that ships passing through the Turkish Straits cause a significant amount of air pollution.

Keywords: Maritime, Ship, Emission, Exhaust Gases, Turkish Straits.

1. GİRİŞ

Denizcilik faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için yerleşim yerleri genelde deniz kıyılarına kurulmuştur. Ayrıca coğrafi keşifler yoluyla yeni kıtaların bulunması, hammadde temini noktasında ülkelerin alternatiflerini arttırmış ve yeni ticaret yolları ile pazarların gelişimine katkı sağlamıştır. Dünya taşımacılık sektörünün %83'ü ve Türkiye ithalat ve ihracatının ise yaklaşık %88'ine yakın bir bölümü denizyolu ile yapılmaktadır (IMEAK, 2019). Dünyadaki gemi sayısı 2019 yılında 95.402 adet olup, Türk ticaret filosu dünya ticaret filosunun %1,41'ini oluşturmaktadır (UNCTAD, 2019). 21.yüzyıldan itibaren denizyoluyla yapılan taşımacılık faaliyetleri önem kazanmış, dünya deniz ticaret filosunda bulunan gemi sayısı hızla artmış, gemi gros tonajları giderek büyümüştür. Ayrıca gemi inşa sektöründeki gelişmeler de buna eklenince daha büyük tonajlı gemiler inşa edilmeye başlanılmış, daha güçlü ana ve yardımcı makineler gemilere monte edilmiştir. Daha güçlü makinelerin monte edilmesi ile daha fazla yakıt tüketilmiş ve sonuç olarak gemilerden kaynaklı egzoz gazı emisyon miktarları da artmıştır.

İstanbul Boğazı sınırlarında yapılmış olan Kutluk, (2018) araştırmada Sarıyer, Beşiktaş ve Üsküdar'da bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarının ölçüm değerleri incelenmiştir. İncelemede Beşiktaş bölgesindeki yıllık ortalama NO_x miktarının %9,7'sinin boğaz trafiğinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. SO₂ miktarının yıllık ortalaması analiz edildiğinde boğaz trafiğinin hava kalitesine büyük ölçüde olumsuz

etkisinin olduğu belirlenmiştir (Kutluk, 2018: 285-310). Gemilerin seyir güzergâhına yakın bölgelerdeki hava kalitesinin, diğer bölgelere göre daha fazla olumsuz etkilendiğini söylemek mümkündür. Third IMO GHG Study (2014), uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonlarının dünya üzerindeki toplam emisyonun yaklaşık %2,2'sini oluşturduğunu ve bu emisyonların 2050 yılına kadar %50 ile %250 arasında artabileceğini tahmin etmektedir.

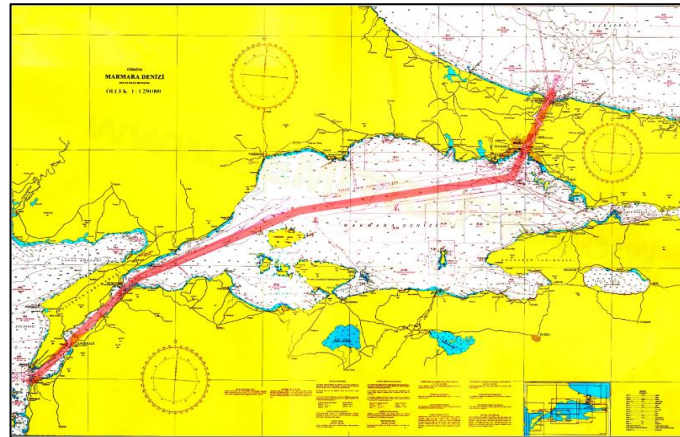
Gemiler manevra ve limanda iken o bölgenin havasını kirlettikleri gibi seyir halinde de rüzgâr etkisi ile başka bölgelerin havasını kirletebilmektedirler. Dünya deniz ticaret filosunun yaklaşık %80'i karaya yakın bölgede bulunmaktadır (ICCT, 2019). Ayrıca deniz taşımacılığında kaynaklanan emisyonların %70'i genellikle liman bölgeleri ve kıyı şeritlerinde oluşmaktadır (Tuna ve Elbir, 2013:1-10). Bu bilgilerden anlaşılacağı üzere gemiler dünyanın hava kalitesi ve kirlilik problemlerinde önemli bir rol üstlenmekte ve kıyı yerleşimlerdeki hava kirliliğinde ise önemli ölçüde bir paya sahiptirler. Gemi kaynaklı egzoz emisyonları denizden karaya, hatta bir kıyadan diğerine taşınabilmektedir. Bu emisyonlar; astıma, solunum yetmezliklerine, kalp ve damar rahatsızlıklarına, akciğer kanserine, erken doğumlara ve en önemlisi ise küresel ısınmaya neden olmaktadır (Kılıç, 2009:124-134).

Dünyada yapılan kirlilik önleyici tedbirler, teknolojinin gelişmesiyle birlikte artmış ve yaptırımlar konusunda uluslararası standartlara uygun olarak tüm gemiler için belirli sertifikalandırmalar getirilmiştir. Gemicilik endüstrisinden kaynaklanan kirliliği düzenleme ve gemicilik kökenli okyanus kirliliğini engelleme fikri ilk olarak 1954 yılında düzenlenen bir konferansta ortaya atılmıştır. Bu konferans, yalnızca petrol kirliliği üzerine yapılmış olup Denizlerin Petrol ile Kirlenmesini Önlemeye İlişkin Uluslararası Sözleşme (OILPOL) ile sonuçlanmıştır. Zaman içinde daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmuş ve bu ihtiyaca paralel olarak IMO'nun bir alt kuruluşu olan Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC) tarafından 2 Ekim 1983'te yürürlüğe girecek şekilde 1973'te hazırlanıp 1978'te çeşitli eklerle genişletilen Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL 73/78) düzenlenmiştir.

Bu yönetmeliğe göre: MARPOL Ek VI da tanımlanacak tüm SO_x kontrol alanlarında %1,5'in üzerinde kükürt içeren deniz yakıtları kullanılamayacağı gibi iç su araçları ve rıhtımdaki gemiler tarafından kükürt miktarı küttelece %0,1'i aşan denizcilik yakıtları ise 01.01.2012 tarihinden itibaren kullanılamamaktadır. Yapılan düzenleme ile yakıt kükürt içeriğinin oranı 01 Ocak 2012'den itibaren %3.50'yi; 01 Ocak 2020'den itibaren ise %0.50'yi aşmaması gerekmektedir.

2. TÜRK BOĞAZLARI ve GEMİ TRAFİĞİ

Türk Boğazları, Karadeniz'i Ege Denizi ve Akdeniz'e; Süveyş Kanalı ve Cebelitarık Boğazı yoluyla da okyanuslara bağlar. Tarihi olarak iç sular rejimine tâbi ve kıyıların tamamı Türk toprakları ile çevrili olan Marmara Denizi'nde birleşen ve tamamen milli boğaz özelliğine sahip olan İstanbul ve Çanakkale Boğazları, Montrö Sözleşmesi doğrultusunda milletlerarası ulaşımda kullanılmaktadır (Duman, 2011). Çanakkale Boğazı 37 deniz mili uzunluğunda ve en dar yeri 0,75 deniz mili, en geniş yeri ise 3,7 deniz mili açıklıktadır. İstanbul Boğazı ise 17 deniz mili uzunluğunda ve uluslararası taşımacılık yapılan sulara oranla çok dar ve bir o kadar da kıvrımlı bir yapısı vardır. Boğaz'ın iki yakasının birbirine en yaklaştığı nokta Anadoluhisarı ile Rumelihisarı arasında 0,37 deniz milidir. Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği'ne göre gemilerin İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından azami geçiş sürati, karaya göre saatte 10 deniz milidir. (1 Deniz Mili = 1852 m).



Şekil 1. Türk Boğazları (Barbaros, 2017).

Tablo 1'e göre boğazlardan geçen gemi sayılarına bakılacak olursa, İstanbul Boğazı'ndan yılda ortalama 41.112 adet gemi geçmekte ve bu gemilerin yıllık ortalama grostonu ise 638 milyon değerinde olmaktadır. Aynı durum Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerde; ortalama 43.759 adet gemi ve 872 milyon grostondur (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik İstatistikleri, 2019).

Tablo 1. Yıllara göre İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından geçen gemilerin sayısı ve tonajı

Yıllar	İstanbul Boğazı		Çanakkale Boğazı	
	Gemi Adedi	Toplam Gros	Gemi Adedi	Toplam Gros
2015	43.544	565.216.784	43.230	777.989.382
2016	42.553	565.282.287	44.035	772.922.682
2017	42.978	599.324.748	44.615	823.460.636
2018	41.103	613.088.166	43.999	849.140.218
2019	41.112	638.892.062	43.759	872.314.222

Kaynak: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik İstatistikleri, 2019.

Tablo 1'de verilen değerlere baktığımızda, yıllara göre boğazlardan geçen gemi sayısında azalma olmasına rağmen, yeni inşa edilen gemilerin büyümesinden kaynaklı gemi tonajlarının arttığı açıkça görülmektedir.

Tablo 2. Tiplerine göre Türk Boğazlarından 2019 yılında geçiş yapan gemi sayısı

Türk Boğazlarından 2019 Yılında Geçiş Yapan Gemiler		
Tip	İstanbul	Çanakkale
Genel Kargo Gemisi	18.637	14.771
Dökme Yük Gemisi	8.811	9.204
Türü Belirtilmemiş Tanker	5.934	6.178
Yolcu Gemisi	250	101
Kimyasal Yük Taşıyan Tanker	2.462	2.996
Gaz Tankeri	561	669
Konteyner Gemisi	2.642	5.238
Ro-Ro Gemisi	266	1.957
Römorkör	270	365
Diğer Gemiler	1.279	2.280
TOPLAM	41.112	43.759

Kaynak: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik İstatistikleri, 2019.

Tablo 2'de Çanakkale ve İstanbul boğazlarından 2019 yılında geçen gemi tipleri gösterilmiştir. Çanakkale Boğazı'nda yıllık ortalama 14.771 adet gemi, İstanbul Boğazı'nda ise yıllık ortalama 18.637 gemi olmak üzere en fazla genel kargo gemisinin seyretmekte olduğu görülmektedir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik İstatistikleri, 2019).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Gemilerden kaynaklı emisyon ve hava kirliliği ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ergin (2011) tarafından yapılan çalışmaya göre Türk denizlerinde ve boğazlarında gemi trafiği, son 50 yıl içinde büyük oranda artmıştır ve İstanbul Boğazı'ndan yılda ortalama 50.000 geminin yerleşim yerlerine 50 metre mesafeden geçtiği düşünüldüğünde, çevre ve insan sağlığının risk altında olduğu bildirilmiştir. Kılıç (2009) çalışmasında Karadeniz ve Akdeniz'de toplamda 1.725 milyon ton NO_x açığa çıkarken, yalnızca Marmara Denizi'nde bu değer üçte biri kadar NO_x açığa çıktığını belirtmiştir. Ayrıca Marmara Denizi'ne komşu bölgelerde bulunan tarım arazileri, yapılar ve yaklaşık olarak 21 milyon insan üzerinde oluşacak zararların da hesaplanabilmesi için dışsal maliyet analizlerinin yapılması gerektiğini ve uygun hava kirliliği modelleri ile oluşacak hava kirliliğinin tahmin edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Türk Boğazlarında gemilerden çıkan egzoz gazı emisyonları üzerine çalışmalar yapmış olan Kesgin ve Vardar (2001) çalışmalarında 1998 yılı içerisinde İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından transit geçiş yapan gemilerin emisyon miktarlarını; 12.818 ton NO_x, 1.194 ton CO, 512.449 ton CO₂, 388 ton VOC, 194 ton PM ve toplam emisyonu İstanbul Boğazı'nda yıllık 353.625 ton ve Çanakkale Boğazı'nda yıllık 347.221 ton olarak bulmuşlardır. Öte yandan gelecekteki emisyonların Türk Boğazlarından geçecek olan gemilerin boyutuna ve türüne bağlı olacağını ve ayrıca, transit geçiş yapan gemilerden açığa çıkan egzoz gazı emisyonlarının, özellikle Rus petrolünün tankerler tarafından Türk Boğazlarından muhtemel taşınması nedeniyle daha yüksek olacağını belirtmişlerdir.

Corbett ve Fischbeck (1997) çalışmalarında azot oksitlerde ölçülebilir bir azalmanın yıllarca gerçekleşmeyeceğini belirtmektedir. Türk Boğazlarını geçen transit gemilerin sayısı son 20 yılda yaklaşık olarak ortalama %5 artmıştır (Anon, 1999). Buna göre, gelecekte, Türk Boğazlarının her ikisinde de emisyon miktarının, yukarıda belirtilen orandaki artan deniz ticaret hacminden dolayı daha yüksek olacağı söylenebilir.

Deniz ve Durmuşoğlu (2008) Marmara Denizi bölgesinde deniz taşımacılığı emisyonlarının tahmin edilmesi çalışmalarında 2003 yılı içerisinde İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından transit ve transit olmayan geçiş yapan gemilerin toplam emisyon miktarlarını; 19.208 ton NO_x, 15.831 ton SO₂, 2.195 ton CO, 938.118 ton CO₂, 713 ton VOC, 841 ton PM olarak bulmuşlardır.

Buhaug vd., (2009) çalışmalarında 1990'dan itibaren, 17 yılda NO_x, SO₂, PM ve sera gazlarının 585 milyon tondan 1096 milyon tona çıktığını belirtmiştir.

Psaraftis ve Kontovas (2009) çalışmalarında 2007'deki CO₂ emisyon toplamının 943,5 milyon ton olduğunu tahmin etmişlerdir.

Pitana vd., (2010) çalışmalarında, Madura Boğazı'nda gemi kaynaklı oluşan egzoz gazlarını otomatik tanımlama sisteminden (AIS) yararlanarak hesaplamış ve NO_x, SO_x, PM, CO ve CO₂ emisyon değerlerini sırasıyla 22.98, 24.57, 1.00, 1724.44, ve 10.78 ton/gün olarak bulmuşlardır.

Tuna ve Elbir (2013) çalışmalarında 2011 yılında İstanbul Boğazı'nda gemi trafiğinden kaynaklanan toplam emisyon miktarlarını yıllık 3.553 ton NO_x, 623 ton SO₂, 461 ton CO, 69 ton PM olarak bulmuşlardır.

Saputra vd., (2013) çalışmalarında Malakka ve Singapur Boğazlarında gemi kaynaklı oluşan egzoz gazlarını otomatik tanımlama sisteminden (AIS) yararlanarak hesaplamış ve NO_x, CO, CO₂, VOC, PM ve SO_x emisyon değerlerini sırasıyla 13715.51 gr/saniye, 25461.525 gr/saniye, 11092.99 gr/saniye, 5858.216 gr/saniye, 415.304 gr/saniye ve 6921.746 gr/saniye bulmuşlardır.

Jalkanen vd., (2014) çalışmalarında 2011 yılı için kapsamlı bir emisyon envanteri oluşturmuş ve Avrupa bölgesindeki toplam gemi emisyonlarını 121 milyon ton CO₂, 3 milyon ton NO_x, 1,2 milyon ton SO_x olarak bulmuşlardır.

Durmaz vd., (2016) tarafından bir feribottan yayılan emisyonların deneysel olarak incelemesi yapılmış ve yıllık olarak feribottan yayılan emisyonları 97 ton NO_x, 0.77 ton SO₂, 6.2 ton CO, 4467.3 ton CO₂ ve 5.6 ton HC olarak belirlemişlerdir. Ayrıca gemi kaynaklı emisyonların Marmara Denizi bölgesindeki hava kalitesi ve toplum sağlığına etkilerinin oldukça fazla olduğu sonucuna varmışlardır.

Yaman ve Çaka (2016) çalışmalarında özellikle Karadeniz Bölgemizdeki liman ve yaşama yerlerinde bulunan atık alım tesislerinin sayı olarak yetersiz olduğunu ve buna yönelik ilgili kurumların denetimlerinin etkisiz kaldığını belirtmiş, ayrıca bu bağlamda atık alım tesislerinin kurulumunun tüm kıyılarımızdaki liman ve yaşama yerlerini kapsayacak bir biçimde ve ilgili mevzuata uygun hale getirilmesi gerektiğini ve bu konudaki denetimlerin en üst seviyeye çıkarılmasının önem arz etmekte olduğunu vurgulamışlardır.

Chen vd., (2016) çalışmalarında 2014 yılı içerisinde Tianjin limanında gemi kaynaklı oluşan egzoz gazlarını otomatik tanımlama sisteminden (AIS) yararlanarak hesaplamış ve SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, NMVOC ve CO miktarlarını sırasıyla; 2.93x10⁴, 4.13x10⁴, 4.03x10³, 3.72x10³, 1.72x10³ ve 3.57x10³ ton olarak bulmuşlardır.

Güney ve Küçüksarıyıldız (2019) çalışmalarında egzoz emisyonlarının element yapısını incelemiş ve yanma sonunda çevreye saldırdığı emisyon değerlerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda; emisyon elementlerinin, zararlı emisyon değerlerinin her ne kadar azaltılsa da hala yok edilemediği, araçlarda ideal yanmayı temin edecek yanma sisteminin oluşturulamadığı, hava kirleticilerin hala atmosferi kirletmeye devam ettiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada ise 2019 yılında Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin ortalama geçiş süresi, ortalama yakıt tüketimleri ve gemi kaynaklı oluşan emisyon miktarlarının hesaplaması yapılarak Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin önemli miktarda hava kirliliğine sebep oldukları tespit edilmiştir.

4. YÖNTEM ve UYGULAMA

Gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin hesaplanmasında atmosfere salınan egzoz gazı emisyon miktarı önemlidir. IMO, EPA gibi çeşitli örgütler ve kuruluşlar emisyon envanterleri oluşturmaktadırlar. Emisyon envanterleri, gemi kaynaklı emisyonlar hakkında yapılan çalışmalarda önem arz etmektedir. Gemilerden kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında farklı yöntemler vardır ve başlıca iki şekilde incelenirler:

1. TDA (Top Down Approach) Yöntemi: Gemilerin yakıt miktarlarına bağlı olarak yapılan emisyon hesaplaması.
2. ABBA (Activity Based or Bottom Up Approach) Yöntemi: Gemi hareketlerine ve makine gücüne bağlı olarak yapılan emisyon hesaplaması yöntemidir.

Top Down Approach emisyon hesaplama yönteminin temeli, gemilerin ne kadar yakıt yaktığıdır. Diğer bileşenler geminin cinsi, grostonu, çalıştığı gün sayısı, geminin bu süre içinde çalışan makinesi veya makinelerinin tipi, bu makinelerin kullandığı yakıt tipi, tükettiği yakıtın cinsi ve miktarıdır. Bu hesaplama yönteminde işletme şartlarına göre tüketilen yakıt miktarları, yük faktörlerine göre değişmektedir. Activity Based or Bottom Up Approach yönteminde ise her bir geminin emisyonları, seyirde, manevrada ve rıhtımda ayrı ayrı hesaplanır. Çünkü her bir işletme modunda her bir geminin ana makine gücü ve jeneratörlerinin gücü; yük faktörlerine göre ve kullanılan yakıt cinsine göre değişkenlik göstermektedir.

Tablo 3'te, egzoz gazı emisyonlarının miktarını hesaplamak için kullanılan seyir halindeki gemilerin makine tiplerine göre emisyon faktörleri Kg/Ton yakıt cinsinden olmak üzere gösterilmiştir.

Tablo 3. Seyir halindeki gemilerin emisyon faktörleri (Kg/ton yakıt)

Makine Tipleri	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	VOC	PM
Yüksek Devirli Dizel Mak.	57	10	7,4	3170	2,4	1,2
Orta Devirli Dizel Mak.	57	54	7,4	3170	2,4	1,2
Düşük Devirli Dizel Mak.	87	54	7,4	3170	2,4	7,6

Kaynak: Trozzi ve Vaccaro, 1998.

Dünya deniz ticaret filosunun yaklaşık olarak %66'lık bir kısmı yavaş devirli dizel makine, %32'lik bir kısmı orta devirli dizel makine ve %2'lik kısmı diğer tip makine kullanmaktadır (Davies ve Plant, 2000). Türk Boğazları içinde bu veriler aynı varsayılmış ve sınırlı kullanımlarından dolayı buhar ve gaz türbinli makineler bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Gemi tiplerinin günde ortalama kaç ton yakıt tükettikleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Gemi tiplerine göre ortalama yakıt tüketimi (Ton / Gün)

Gemi Tipleri	Ortalama Yakıt Tüketimi (Ton/Gün)
Dökme Yük Gemisi	33,8
Tanker Gemisi	41,15
Genel Kargo Gemisi	21,27
Konteyner Gemisi	65,88
Ro-Ro Gemisi	32,28
Yolcu Gemisi	70,23

Kaynak: Trozzi ve Vaccaro, 1998.

Bu çalışmada toplam harcanan yakıt miktarları esas alınarak yapılan emisyon hesaplama metodu olan TDA (Top Down Approach) yöntemi kullanılmış ve oluşan egzoz gazı salınımlarını hesaplamak için Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilen T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın 2019 yılı Türk Boğazları geçiş istatistikleri ile, Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterilen Trozzi ve Vaccaro'nun 1998 yılında yapmış olduğu çalışma verilerinden yararlanılmıştır.

Çalışma alanı olarak Türk Boğazlarının seçilme nedeni ise Türk Boğazlarının trafik yoğunluğu, coğrafi yapısı ve Boğazlar bölgesine yakın bulunan şehirlerde görülen nüfus fazlalığıdır. Çalışmaya Marmara Denizi bölgesi dahil edilmemiş, yalnızca İstanbul ve Çanakkale Boğazı sınırlarında bir hesaplama yapılmıştır.

- ✓ Bir geminin Çanakkale Boğazı'ndan ortalama geçiş süresi (ÇBOGS): ÇBOGS= 37 / 10 (Uzunluk / Sürat) Deniz Mili = 3,7 saat = 3 saat 42 dakika
- ✓ Bir geminin İstanbul Boğazı'ndan ortalama geçiş süresi (İBOGS): İBOGS= 17 / 10 (Uzunluk / Sürat) Deniz Mili = 1,7 saat = 1 saat 42 dakika



Yukarıda bir geminin Çanakkale Boğazı'ndan ortalama geçiş süresi 3 saat 42 dakika ve İstanbul Boğazı'ndan ortalama geçiş süresi 1 saat 42 dakika bulunmuştur. Bu hesaplamalarda Çanakkale ve İstanbul Boğazlarının uzunlukları sırasıyla 37 deniz mili ve 17 deniz mili olarak, ortalama sürat ise karaya göre saatte 10 deniz mili olarak alınmıştır.

Tablo 5. Tiplerine göre Çanakkale ve İstanbul Boğaz geçişlerinde bir gemi için harcanan yakıt miktarları (ton)

Birim: Ton	Çanakkale Boğazı	İstanbul Boğazı
Dökme Yük Gemisi	5,21	2,39
Tanker Gemisi	6,34	2,91
Genel Kargo Gemisi	3,27	1,50
Konteyner Gemisi	10,15	4,66
Ro-Ro Gemisi	4,97	2,28
Yolcu Gemisi	10,82	4,97

Tablo 4'te verilmiş olan değerler doğrultusunda, tiplerine göre Çanakkale ve İstanbul Boğaz geçişlerinde bir gemi için harcanan yakıt miktarları ton cinsinden hesaplanmış ve Tablo 5'te verilmiştir. Diğer gemi tiplerinin harcanan yakıt miktarı, ortalama olarak Çanakkale Boğazı'nda 6,79 ton ve İstanbul Boğazı'nda 3,11 ton olarak hesaplanmıştır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerine göre, 2019 yılında İstanbul Boğazı'ndan 41.112 adet ve Çanakkale Boğazı'ndan 43.759 adet gemi geçmiştir. 2019 yılında Türk Boğazlarından geçiş yapan toplam gemi sayısının ton cinsinden yakıt tüketimi, gemi tiplerine göre hesaplanmış ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. 2019 yılı Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin, tiplerine göre toplam yakıt tüketimi (ton)

Birim: Ton	Çanakkale Boğazı	İstanbul Boğazı
Dökme Yük Gemisi	47.952,84	21.058,29
Tanker Gemisi	62.404,62	26.064,87
Genel Kargo Gemisi	48.301,17	27.955,50
Konteyner Gemisi	53.165,70	12.311,72
Ro-Ro Gemisi	9.701,44	606,48
Yolcu Gemisi	1.092,82	1.242,50
Diğer Gemiler	17.959,55	4.817,39
Toplam	240.578,14	94.056,75

Tablo 6'da 2019 yılında Çanakkale Boğazı'ndan geçen toplam 43.759 geminin 240.578,14 ton ve aynı yıl İstanbul Boğazı'ndan geçen 41.112 geminin ise 94.056,75 ton yakıt tükettiği görülmektedir.

Tablo 7. Çanakkale Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin 2019 yılı egzoz emisyon değerleri (ton)

Birim: Ton	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	VOC	PM
Dökme Yük Gemisi	3.628,11	2.537,65	347,75	148.970,2	112,78	258,94
Tanker Gemisi	4.721,53	3.302,45	452,55	193.866,1	146,77	336,98
Genel Kargo Gemisi	3.654,46	2.556,09	350,28	150.052,4	113,6	260,82
Konteyner Gemisi	4.022,51	2.813,52	385,56	165.164,5	125,04	287,09
Ro-Ro Gemi	734	513,39	70,35	30.138,49	22,81	52,39
Yolcu Gemisi	82,67	57,82	7,92	3.394,94	2,57	5,9
Diğer Gemiler	1.358,81	950,41	130,24	55.793,11	42,23	96,98
Toplam	18.202,09	12.731,33	1.744,65	747.379,8	565,8	1.299,1

Çanakkale Boğazı'ndan geçen orta ve yavaş devirli dizel makine ile çalışan gemilerin egzoz emisyon değerlerinin toplamı Tablo 7'de gösterilmiştir. Çanakkale Boğazı'nda en fazla hava kirliliğine sebep olan gemi tipinin 4.721,53 ton NO_x, 3.302,45 ton SO₂, 452,55 ton CO, 193.866,10 ton CO₂, 146,77 ton VOC ve 336,98 ton PM değeri ile tanker olduğu görülmektedir.

Tablo 8. İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin 2019 yılı egzoz emisyon değerleri (ton)

Birim: Ton	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	VOC	PM
Dökme Yük Gemisi	1.593,26	1.114,4	152,71	65.419,66	49,52	113,71
Tanker Gemisi	1.972,06	1.379,35	189,02	80.973,09	61,31	140,75
Genel Kargo Gemisi	3.283,35	1479,4	202,72	86.846,55	65,74	150,95
Konteyner Gemisi	3.277,34	651,53	89,28	38.247,57	28,96	66,49
Ro-Ro Gemisi	568,11	32,09	4,4	1.884,06	1,43	3,27
Yolcu Gemisi	85,4	65,75	9	3.859,94	2,91	6,71
Diğer Gemiler	1.119,1	254,93	34,93	14.965,67	11,33	26,01
Toplam	11.898,62	4.977,45	682,06	292.196,5	221,2	507,89

Tablo 8’de İstanbul Boğazı’ndan geçen orta ve yavaş devirli dizel makine ile çalışan gemilerin egzoz emisyon değerlerinin toplamı verilmiştir. İstanbul Boğazı’nda en fazla hava kirliliğine sebep olan gemi tipinin 3.283,35 ton NO_x, 1479,4 ton SO₂, 202,72 ton CO, 86.846,55 ton CO₂, 65,74 ton VOC ve 150,95 ton PM değeri ile genel kargo olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin 2019 yılı toplam egzoz emisyon değerleri (ton)

Birim: Ton	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	VOC	PM
Dökme Yük Gemisi	5.221,37	3.652,05	500,46	214.389,9	162,3	372,65
Tanker Gemisi	6.693,59	4.681,8	641,57	274.839,2	208,08	477,73
Genel Kargo Gemisi	6.937,81	4.035,49	553	236.899	179,34	411,77
Konteyner Gemisi	7.299,85	3.465,05	474,84	203.412,1	154	353,58
Ro-Ro Gemisi	1.302,11	545,48	74,75	32.022,55	24,24	55,66
Yolcu Gemisi	168,07	123,57	16,92	7.254,88	5,48	12,61
Diğer Gemiler	2.477,91	1.205,34	165,17	70.758,78	53,56	122,99
Toplam	30.100,71	17.708,78	2.426,71	1.039.576	787	1.806,99

Tablo 9’da 2019 yılı içerisinde İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından geçiş yapan gemilerin toplam NO_x, SO₂, CO, CO₂, VOC ve PM değerleri, gemi tiplerine göre hesaplandı ve toplam egzoz emisyon değerleri ayrıca belirtildi. Tablo 9’u incelediğimizde NO_x, SO₂, CO, CO₂, VOC ve PM emisyon değerlerinin sırasıyla 6.693,59 ton, 4.681,8 ton, 641,57 ton, 274.839,2 ton, 208,08 ton ve 477,73 ton ile en yüksek olduğu gemi tipinin tanker olduğu görülmektedir.

5. BULGULAR ve İRDELEME

Emisyon faktörü; herhangi bir faaliyetten veya ekipmandan kaynaklanan belirli bir kirleticinin birim değerdeki (hacim, zaman, alan vb.) ortalama emisyon miktarıdır.

Trozzi ve Vaccaro’nun (1998), egzoz gazı emisyon miktarını hesaplamak için kullanılan emisyon faktörleri ve gemi tiplerinin günlük ortalama yakıt tüketimi üzerine yapmış olduğu çalışmalar, bu çalışmadaki hesaplamalarda kullanılmıştır.

Gemi tipleri; dökme yük, tanker, genel kargo, konteyner, Ro-Ro, yolcu ve diğer gemiler olarak sınıflandırılmış olup, 2019 yılında Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin toplam ortalama tükettikleri yakıt miktarları, her gemi tipine göre ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 6’da gösterilmiştir. Hesaplamalar doğrultusunda Çanakkale Boğazı’nda en fazla yakıt tüketiminin 62.404,62 ton ile tanker gemilerinde, İstanbul Boğazı’nda 27.955,50 ton ile genel kargo gemilerinde olduğu bulunmuştur.

Çanakkale Boğazı’ndan geçen gemilerin egzoz emisyon miktarlarının toplamı hesaplanmış ve değerlere bakıldığında Çanakkale Boğazı’nda en fazla hava kirliliğine sebep olan gemi tipinin 4.721,53 ton NO_x, 3.302,45 ton SO₂, 452,55 ton CO, 193.866,1 ton CO₂, 146,77 ton VOC ve 336,98 ton PM ile tanker olduğu görülmüştür. İstanbul Boğazı’ndan geçen gemilerin egzoz emisyon miktarlarının toplamı hesaplanmış ve değerlere bakıldığında İstanbul Boğazı’nda en fazla hava kirliliğine sebep olan gemi tipinin 3.283,35 ton NO_x, 1479,4 ton SO₂, 202,72 ton CO, 86.846,55 ton CO₂, 65,74 ton VOC ve 150,95 ton PM ile genel kargo olduğu görülmektedir.

Hesaplamalarda yakıt tüketimleri ve egzoz emisyonları yavaş devirli ve orta devirli dizel makinelerle göre sınıflandırılmış, %2’lik bir kısmı oluşturan diğer makine tipleri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

2019 yılı içerisinde Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin toplam emisyon miktarları; 30.100,71 ton NO_x, 17.708,78 ton SO₂, 2.426,71 ton CO, 1.039.576 ton CO₂, 787 ton VOC ve 1.806,99 ton PM olarak hesaplanmıştır. En yüksek NO_x değeri 7.299,85 ton ile konteyner gemilerinde, en yüksek SO₂ değeri 4.681,8 ton, CO değeri 641,57 ton, CO₂ değeri 274.839,2 ton, VOC değeri 208,08 ton ve PM değeri 477,73 ton olmak üzere tanker gemilerinde bulunmuştur.

Türk Boğazlarında gemilerden çıkan egzoz gazı emisyonları üzerine çalışmalar yapmış olan Kesgin ve Vardar (2001), 1998 yılı içerisinde İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından transit geçiş yapan gemilerin emisyon miktarlarını; 12.818 ton NO_x, 1.194 ton CO, 512.449 ton CO₂, 388 ton VOC, 194 ton PM ve toplam emisyonu İstanbul Boğazı’nda yıllık 353.625 ton ve Çanakkale Boğazı’nda yıllık 347.221 ton bulmuşlardır. Kesgin ve Vardar (2001), 1998 yılı verilerine göre bu çalışmada; NO_x miktarında %134 artış, CO miktarında %103 artış, CO₂ miktarında %102 artış, VOC miktarında %102 artış, PM miktarında %830

artış olduğu görülmektedir. NO_x, CO, CO₂ ve VOC miktarında yaklaşık 2 kata yakın bir artış olmasına karşın PM miktarında 8 kata kadar bir artış olmasının nedeni, hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörlerinin farklı alınması olarak düşünülmüş ve bu çalışmada PM katsayısı 7,6 alınmıştır. Yıllar arasındaki emisyon miktarındaki bu artış, yıllara göre gemi tonajlarındaki artışla doğru orantılıdır. Emisyon değerlerindeki bu değişimler, Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerden kaynaklı hava kirliliğindeki artış ve durumun ciddiyetini göstermektedir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

İnsan sağlığını, doğayı, tarımı ve ekosistemi olumsuz etkileyen kirletici gazlar ve iklim değişikliklerine neden olan sera gazları ile ilgili olarak IMO ve AB tarafından alınan tedbir ve yasaklar deniz ticaretinde faaliyet gösteren kimselerin alternatif çözümlere yönelmesini zorunlu kılmaktadır.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'nin çok sayıda limanı bulunmakta ve bu limanlar birçok yabancı bayraklı gemiye de hizmet vermektedir. Bu sebeple, yabancı gemilerden kaynaklı yüksek miktarda sera gazı salınımı olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Türk Boğazları, konumu ve iş olanakları sebebiyle önem arz etmektedir. Bu nedenle, boğazların olduğu kentlerin nüfus yoğunluğu artmakta ve şehirlerde ki hava kirliliğinden her geçen gün daha fazla insan etkilenmektedir. Boğazların bulunduğu kentlerdeki limanlar genelde şehir merkezine yakın bir konumda bulunmaktadır. Bu durum bu kentlerde yaşayan insanların, gemilerden kaynaklanan hava kirliliğine direkt maruz kalmasına sebebiyet vermektedir. Gemilerin özellikle CO₂ emisyonu fazlalığı yaratması bu kentlerde sera etkisinin daha fazla görünmesine yol açmaktadır. Sonuç olarak su kaynakları zamanla azalacak ve tüm canlılar bu durumdan olumsuz etkilenecektir. Son yıllar da yapılan ölçümler de CO₂ emisyonlarından sonra havayı en fazla NO_x ve SO₂ emisyonları kirletmişlerdir. NO_x emisyonu insanlarda özellikle solunum yolu hastalıklarına sebep olurken, gemi emisyonları arasında insan ve diğer canlılara verilen zarar bakımından ilk sırada yer alan SO₂ emisyonları özellikle akciğerde ciddi hastalıklara neden olmaktadır.

Bu çalışmada 2019 yılı içerisinde Türk Boğazlarından geçiş yapan gemilerin toplam emisyon miktarları; 30.100,71 ton NO_x, 17.708,78 ton SO₂, 2.426,71 ton CO, 1.039.576 ton CO₂, 787 ton VOC ve 1.806,99 ton PM olarak hesaplanmıştır. Emisyon miktarlarına gemi tipine göre bakıldığında boğazlarımızda NO_x, SO₂, CO, CO₂, VOC ve PM emisyon değerlerinin sırasıyla 6.693,59 ton, 4.681,8 ton, 641,57 ton, 274.839,2 ton, 208,08 ton ve 477,73 ton ile en yüksek olduğu gemi tipinin tanker olduğu görülmektedir. Tanker tipi gemilerinin daha fazla emisyon yayması, ortalama yakıt tüketimleri ve yıllık geçiş yapan gemilerin tonajları ile doğru orantılıdır.

Türk Boğazlarından geçen gemilerden kaynaklı baca gazı emisyonlarını azaltmak için ilk olarak gemilerde kullanılan yakıt kalitesinin artırılması gerekmektedir. Eğer gemilerde temiz yakıt kullanılır ise yakıtın yanma verimi artacağı için gemilerden kaynaklı baca gazı emisyonları da azalacaktır. Egzoz gazı temizleme ünitelerinin kullanımının yaygınlaşması ve daha da geliştirilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Bu sayede gemilerden kaynaklı egzoz gazı emisyonları azaltılabilecektir. Gemilerde yakıt enjeksiyon sistemleri geliştirilmeli veya günümüzde son teknoloji olan Common Rail tipi yakıt enjeksiyon sistemleri gemilere takılmalıdır. Elektromanyetik bir kontrole sahip olan bu sistem, yakıt için daha iyi bir yanma sağlayarak verimini arttırmakta ve yakıtın yanması ile açığa çıkan emisyon miktarlarını büyük ölçüde düşürmektedir.

KAYNAKÇA

Alpaslan M.; Tekinay A., Sağlam M. (2003). "Çanakkale Boğazı'na Ait Bazı Meteorolojik Parametreler ve Bunların Yöre Balıkçılığına Etkileri", E.Ü. Su Ürünleri Dergisi.

Aygül, Ö., Baştuğ, S. (2020). "Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi", Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi. 1 (1): 26-40.

Ayhan, V. (2009). "Bir Dizel Motoruna Buhar Enjeksiyonunun NO_x ve İS Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması" Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Barbaros, S., (2017). Tarihi Gelişim İçerisinde Türk Boğazları'nın Önemi ve Statüsü-1 <https://bahriyeenstitusu.org/2017/06/24/tarihi-gelisim-icerisinde-turk-bogazlarinin-onemi-statusu-1/>, Erişim Tarihi: 05.05.2020

Buhaug, O., Corbet, J.J. ve Endresen, O. (2009). "Second IMO GHG Study", International Maritime Organization (IMO), London, UK.



- Chen, D., Zhao, Y., Nelson, P., Li, Y., Wang, X., Zhou, Y. ve Guo, X. (2016). "Estimating ship emissions based on AIS data for port of Tianjin, China". *Atmospheric environment*, 145:10-18.
- Corbett J.J., Lack D.A., Winebrake J.J., Harder S., Silberman J.A., Gold M. (2010). "Arctic shipping emissions inventories and future scenarios", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10 (19):9689-9704.
- Daniel A., Carmen R.M. (2016). "Bridge-based sensing of NOx and SO2 emissions from ocean-going ships". *Atmospheric Environment*, 136:54-60.
- Davies M.E., Plant G., "Study on the economic, legal, environmental and practical implications of a European Union system to reduce ship emissions of SO2 and NOx".
- Deniz C., Durmuşoğlu Y. (2008). "Estimating shipping emissions in the region of the Sea of Marmara, Turkey, *Science of The Total Environment* 390:255-261.
- Didem S.A. (2008). "Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliği Hakkında Yasal Düzenlemeler ve Değerlendirmeler, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(14):65-73.
- Durmaz M., Kalender, S., Ergin S. (2016). "Bir Feribottan Yayılan Emisyonların Deneysel Olarak İncelenmesi" *GİDB Dergi*, 3-12.
- Durmaz, M. (2015). "Bir Feribottan Yayılan Egzoz Emisyonlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Fakültesi.
- Ergin, S., Durmaz, M., Kalender, S.S. (2019). "An experimental investigation on the effects of fuel additive on the exhaust emissions of a ferry". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 233(4):1000-1006.
- Eryüzlü, H. (2019). "Dünya Deniz Ticareti ve Türkiye Dış Ticareti İlişkileri: Ekonometrik Bir Analiz", *The Journal of Social Science*, 3:152-162.
- Güney, B, Küçüksarıyıldız, H. (2019). "Taşıt Emisyonlarının Mikroyapı Analizi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3):884-893.
- ICCT (The International Council on Clean Transportation) (2017). "Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth".
- İMEAK Deniz Ticaret Odası (2019). "Deniz Sektörü Raporu", İstanbul.
- Jalkanen, J. P., Johansson, L. And Kukkonen, J. (2014). "A comprehensive inventory of the ship traffic exhaust emissions in the Baltic Sea from 2006 to 2009". *Ambio*, 43(3):311-324.
- Kılıç A., Kum S., Ünal A., Kındap A. (2014). "Marmara Bölgesi' ndeki Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Kirlilik Azaltımı ve Maruziyet Analizi". *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, Cilt 16(1):27-46.
- Kılıç, A. (2009). "Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları". *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 11(2):124-134.
- Kılıç, A. (2014). "Marmara Bölgesi'ndeki Deniz ve Hava Taşımacılığında Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Oluşturulması ve Hava Kirliliğinin Modellenmesi", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kılıç, İ. (2015). "Kara ve Deniz Konteyner Taşımacılığında Egzoz Gazı Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması: Türkiye İçin Durum Değerlendirmesi", *Denizcilik Uzmanlık Tezi*, Ankara.
- Kutluk E. (2018). "İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemilerin Oluşturduğu Trafik Yükünün Çevresel Etkileri: Ro-Ro Gemileri Üzerinde Bir İnceleme", *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi* 6:285-310.
- Lino, P., Maione, B., Rizzo, A. (2007). "Nonlinear modelling and control of a common rail injection system for diesel engines. *Applied mathematical modelling*", 31(9):1770-1784
- Morten W., Jesper H., Marlene S., Erik S., Ómar F.E, Hans K. (2014). "Emission inventories for ships in the arctic based on satellite sampled AIS data", *Atmospheric Environment*, 91:1-14.

Nautical Chart at GeoHack-Dardanelles, Map Tech.

Pekşen N.H., Pekşen D.Y. ve Ölçer A. (2014). “Cold Ironing Yöntemi; Marport Limanı Uygulaması”, Journal of ETA Maritime Science, 2(1):11-30.

Peters, G.P., Nilssen T.B., Lindholt L., Eide M.S., Glomsrød S., Eide L.I., Fuglested J.S. (2011). “Future emissions from oil, gas, and shipping activities in the Arctic”. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 11(2):4913-4951.

Pitana, T., Kobayashi E. and Wakabayashi N. (2010). “Estimation of exhaust emissions of marine traffic using Automatic Identification System data (case study: Madura Strait area, Indonesia)”, Oceans'10 IEEE Sydney.

Psaraftis, H.N. ve Kontovas C.A. (2009). “CO₂ emission statistics for the world commercial fleet”, WMU Journal of Maritime Affairs 8:1-25.

Saputra, H., Maimun, A., & Koto, J. (2013). “Estimation and distribution of exhaust ship emission from marine traffic in the straits of Malacca and Singapore using Automatic Identification System (AIS) data”. Jurnal Mekanikal, 36(2).

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik İstatistikleri 2019, http://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx, Erişim Tarihi:02.05.2020

Taşdemir Y. (2002). “Bursa’da Kükürtdioksitten Kaynaklanan Hava Kirliliği”, Ekoloji Çevre Dergisi, 11(42):2-15.

Taşlıgil N. (2013). “İstanbul Boğazı’nın Ulaşım Coğrafyası Açısından Önemi”, Marmara Coğrafya Dergisi, 0(10).

Trozzi, C., Vaccaro, R., (1999). “Actual and future air pollutant emissions from ships”, In: Sturm, P.J. (Ed.), Report of the Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics of Technical University Graz. 8th International Symposium Transport and Air Pollution including COST 319 Final Conference.

Trozzi, C., Vaccaro, R. (1998). “Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships”, Techne Report MEET (Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport), RF98.

Tuna, G. ve Elbir, T. (2013). “Kanal İstanbul Projesi Sonrası İstanbul Boğazı’nda Gemi Trafiklerinden Kaynaklanan Hava Kalitesinde Beklenen Değişimlerin İncelenmesi”, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2:1-10.

Turkish Shipowners Association (Türk Armatörler Birliği) (2019). UNCTADT “Review of Maritime Transport 2019” Raporu.

Uçar, F.O. (2014). “Samsun İli Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri”, Denizcilik Uzmanlık Tezi, Ankara.

UNCTAD (2019). Merchant fleet by flag of registration and by type of ship, annual.

Ünal, N. (2017). “Denizyolu Taşımacılığının Türkiye Ekonomisi Üzerine Etkileri: Ampirik Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Vinken, G. C. M., Boersma K. F., Donkelaar A., Zhang L. (2013). “Constraints on ship NO_x emissions in Europe using GEOS-Chem and OMI satellite NO₂ observations”, Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 13(7):19351-19388.

Yaman, K., Çaka, C. (2016). “Türk Limanlarında Gemilerden Kaynaklanan Deniz Kirliliğini Önleme Konvansiyonu Kapsamında Atık Alım Tesisi Kurulması, İşletimi ve Yönetimi”, In 3rd International Symposium on Environment and Morality (ISEM2016) 4-6 Nov 2016 Alanya / Antalya-Turkey.