



## Bartın Limanı Gemi Emisyonları Envanterinin Oluşturulması ve Liman Emisyonlarının Çevresel Maliyetinin Hesaplanması

Aydın Tokuşlu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Türk Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Ankara, Türkiye

E-Posta: aydintokuslu78@gmail.com

**Gönderim 01.05.2020; Kabul 21.09.2020**

**Özet:** Bu çalışmada, 2018 yılında Bartın limanını ziyaret eden gemilerin ortaya çıkardığı egzoz gazı emisyonları hareket modlarına (seyir, manevra ve liman) hesaplanmış ve gemilerin 230 ton SO<sub>x</sub>, 551 ton NO<sub>x</sub>, 28 ton PM, 30.347 ton CO<sub>2</sub> ve 21 ton VOC olmak üzere toplam 31.177 ton emisyon salınımı gerçekleştirdiği ölçülmüştür. Limanı en çok ziyaret eden kuru yük gemilerinin %89 oran ile en çok emisyon salınımına sebep olduğu tespit edilmiştir. Emisyon sıralamasında kuru yük gemilerini, yolcu/ro-ro/kargo gemileri (%5) ve kimyasal taşıyan gemiler (%3) takip etmektedir. Gemi emisyonlarının en çok seyir modu (%87) esnasında ortaya çıktığı analiz edilmiştir. Liman modundaki emisyonlar %12'lik bir oran ile seyir modunu takip etmektedir. Gemilerin salınım yaptığı emisyonların çevresel maliyeti 17,3 milyon dolar olarak hesaplanmış ve çevresel maliyet gemi başına 48.068 dolar olduğu görülmüştür. Bu çalışma Karadeniz bölgesindeki Bartın limanı gemi emisyonlarının tahmin edildiği ilk çalışmadır. Bartın limanı emisyonlarının il genelinde ihmal edilmeyecek seviyede olduğu görülmüştür. Bu kapsamda liman alanında insan sağlığını tehdit eden SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları dikkatlice izlenmeli ve emisyonları azaltacak tedbirler vakit geçirilmeksizin alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Bartın limanı, emisyon, liman, çevre kirliliği, hava kirliliği

### Creating an Inventory of Ship Emissions of the Port of Bartın and Calculating the Environmental Cost of Port Emissions

**Received 01.05.2020; Accepted 21.09.2020**

**Abstract:** In this study, the exhaust gas emissions generated from ships visiting the Bartın port in 2018 were calculated according to operational modes (cruise, manoeuvre and port), and a total of 31,177 tons, including 230 tons of SO<sub>x</sub>, 551 tons of NO<sub>x</sub>, 28 tons of PM, 30,347 tons of CO<sub>2</sub> and 21 tons of VOC were measured. It was observed that the general cargo vessels (95%), which visited the port the most, were the ones that emitted the most emission and were responsible for 89% of the emissions. General cargo ships are followed by passenger/ro-ro/cargo ships (5%) and chemical ships (3%) in emission ranking. It was analysed that ship emissions occur mostly during cruise mode (87%). Emissions in port mode follow it with a rate of 12%. The total environmental cost of emissions from ships was estimated as \$17.3 million and the environmental cost was found to be \$48.068 per ship. This study is the first study to estimate ship emissions of the port of Bartın in the Black Sea region. It has been observed that the Bartın port emissions are at a level that cannot be neglected throughout the province. In this context, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> and PM emissions that threaten human health in the port area should be carefully monitored and measures to reduce emissions should be taken immediately.

**Key Words:** Bartın port, emission, port, environmental pollution, air pollution

### GİRİŞ

Artan enerji ihtiyacı ile birlikte ülkelerin gereksinim duyduğu ihtiyaç maddeleri artmakta, bu ihtiyaç maddelerini karşılamak için ülkeler tarafından gemi taşımacılığı sıklıkla tercih edilmektedir. Uluslararası deniz ticareti, diğer taşımacılık çeşitlerine (tır, uçak, tren vb.) göre en az karbondioksit emisyonu salınımı yapmasının yanında, küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının %3,3'ünden sorumludur [1]. Gemilerin ortaya çıkardığı baca gazı emisyonlarından CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyonları, küresel antropojenik emisyonların yaklaşık %2, %11 ve %4'ünü oluşturmaktadır [2]. Bu oran ihmal edilmemesi gereken seviyededir. Uluslararası deniz taşımacılığı dünya ticaretinin %90'ını karşılamaktadır [3]. Küreselleşen dünyada enerji ve ham madde ihtiyacının artış göstermeye devam etmesi sebebiyle deniz ticareti önemini korumaya devam etmektedir [4]. Türkiye'nin ticari limanları ülkenin en önemli ekonomik faaliyetlerinin yürütüldüğü merkezlerdir. Türkiye'de hali hazırda 69 adet ticari liman bulunmaktadır ve yıllık ortalama 70.000 adet yerli ve yabancı gemi bu limanları kullanmaktadır. 2018 yılına ait Türkiye limanlarının gemiler tarafından kullanım yoğunluğu Tablo 1'de gösterilmiştir [5].

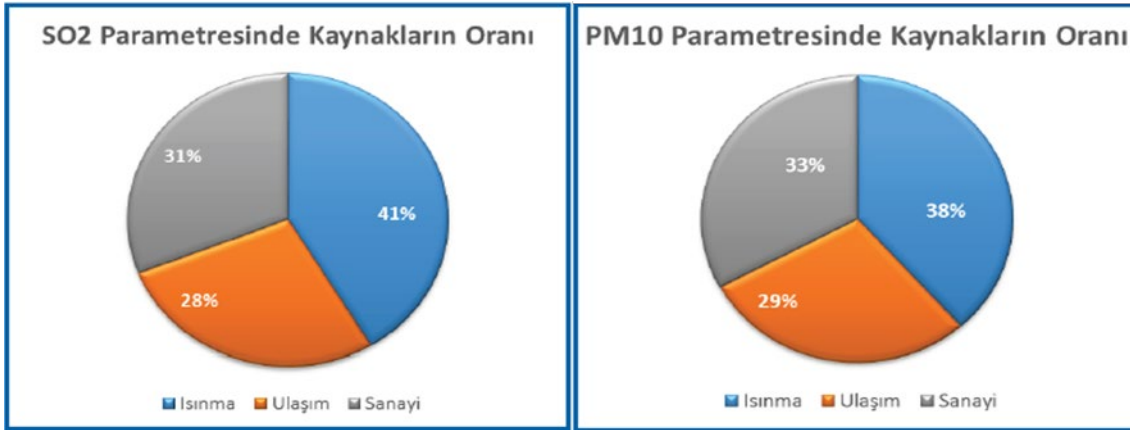
\*İlgili E-posta/ Corresponding E-mail: aydintokuslu78@gmail.com

Limanlar genellikle kıyıdaki şehir merkezlerine yakın alanlara kurulmakta, o bölgenin imkanlarından (ulaşım, iş gücü, altyapı vb.) faydalanarak, o bölgeye ekonomik katkıda bulunmaktadır. Sanayinin çok gelişmediği Bartın limanı da aynı amaçlarla şehir merkezinde kurulmuştur. Limanlar ev sahipliği yaptığı gemiler sebebiyle sanayi tesisleri gibi en önemli emisyon kirliliği kaynaklarıdır ve liman bölgesinde yaşayan insanların sağlıklarını tehdit etmektedir. Limandaki gemilerin yanında limanda çok sayıda taşıma amaçlı kullanılan tırlar, kamyonlar, lokomotifler, yük elleçleme makineleri, traktörler vb. gibi araç gereçler de ayrı bir emisyon kaynaklarıdır [6]. Emisyon kaynaklı hava kirliliğinin neden olduğu hastalıkların başında solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler hastalıklar, astım, bronşit, erken ölüm (özellikle çocuklarda), prematüre doğum ve akciğer kanseri gelmektedir. Bu alanda yapılan çeşitli epidemiyolojik çalışmalar, dizel egzoz gazı emisyonlarının kanser riskini artırdığını ve hava kirliliği kaynaklı kanser riskinin %70'inden sorumlu olduğunu ortaya koymuştur [7-9]. Gemi dizel makinelerinden insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek emisyonlar arasında kükürt oksitler (SOx), azot oksitler (NOx) ve partiküler maddeler (PM) gelmektedir. Gemi kaynaklı emisyonlar literatürde [4,10-21] yoğun olarak incelenmiş ve gemi egzoz gazı emisyonlarının bölgedeki insanların sağlığını önemli derecede etkilediği, insanların yaşam kalitesini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

**Tablo 1.** Türkiye limanlarının kullanım yoğunluğu [5]

Liman Başkanlığı	Toplam Uğrayan Gemi Sayısı					
	Türk Bayraklı		Yabancı Bayraklı		Toplam	
	Gemi sayısı	Gros tonaj	Gemi sayısı	Gros tonaj	Gemi sayısı	Gros tonaj
Aliağa	1.775	11.527.292	3.466	77.830.908	5.241	89.358.200
Ambarlı	1.869	20.242.928	2.214	82.489.972	4.083	102.732.900
Antalya	404	2.566.454	335	4.883.362	739	7.449.816
Bandırma	905	1.854.430	703	3.748.951	1.608	5.603.381
Bartın	97	157.208	263	922.816	360	1.080.024
Bodrum	1.644	567.532	382	1.172.119	2.026	1.739.650
Botaş	201	2.778.079	634	37.878.178	835	40.656.257
Çanakkale	1.020	1.155.353	133	1.818.226	1.153	2.973.579
Çeşme	1.631	5.283.016	467	1.077.057	2.098	6.360.073
Gemlik	1.612	9.985.753	2.320	53.545.266	3.932	63.531.019
Güllük	1.240	1.868.680	423	3.452.073	1.663	5.320.754
İskenderun	1.576	6.704.508	3.215	60.409.715	4.791	67.114.223
İstanbul	1.860	3.402.363	529	7.781.510	2.389	11.183.874
İzmir	740	5.595.426	1.307	25.814.563	2.047	31.409.989
İzmit	4.323	21.723.998	5.665	122.040.416	9.988	143.764.413
Karabiga	830	1.492.289	473	9.077.045	1.303	10.569.334
Karadeniz Ereğlisi	542	2.210.330	369	6.396.326	911	8.606.656
Mersin	940	9.278.514	3.373	76.248.369	4.313	85.526.883
Samsun	1.156	3.398.982	1.932	11.120.464	3.088	14.519.446
Taşucu	184	182.747	808	5.066.640	992	5.249.387
Tekirdağ	1.068	5.434.899	1.413	37.810.874	2.481	43.245.773
Trabzon	267	839.848	412	2.789.429	679	3.629.277
Tuzla	2.091	17.019.202	1.041	11.057.220	3.132	28.076.422
Yalova	973	7.485.746	513	8.542.163	1.486	16.027.909
Toplam	38.219	148.495.100	34.141	668.302.426	72.360	816.797.526

Bartın ili hava kirliliği kaynakları ısınma, ulaşım ve sanayi sektörüdür. Bartın ili hava kalitesi analiz raporuna (2010-2016) göre, insan sağlığına doğrudan zararlı etkisi bulunan emisyonlardan SO<sub>2</sub> ve PM emisyonlarının kaynakları (Şekil 1) sırasıyla birinci olarak ısınma, ikinci olarak sanayi ve sonra ise ulaşım sektöründen gelmektedir [22]. Bartın ilinde doğalgaz kullanımının yaygın olmaması, bölgede zengin kömür yataklarının bulunması sebebiyle evsel ısınma amacıyla yüksek oranda kömür tüketilmektedir ve ısınma emisyonunun başlıca kaynağı kömür kullanımınıdır. Bartın ili hava kalitesi analiz raporunda emisyon hesaplamasında sadece kara yollarından kaynaklanan emisyonlar ulaşım emisyonlarına eklenmiş olup, deniz yolu emisyonları bu hesaplama dahil edilmemiştir.



Şekil 1. Bartın ili hava kirliliği kaynakları [22]

Hava kirliliği açısından Bartın, Türkiye'nin en kirli şehirleri arasındadır [23]. Hava kirliliği raporuna göre PM ve SO<sub>2</sub> emisyonları oranında yılda ortalama 60/70 gün ulusal limit değer aşılmıştır (Tablo 2). Bartın ilinde hava kalitesi izleme istasyonunun bir adet olduğu ve şehir merkezinde konuşlandırıldığı düşünüldüğünde yapılan ölçümlerin (liman emisyonları vd.) tüm şehri kapsayacak seviyede olmayacağı görülmektedir. Ölçüm istasyonlarının artırılmasının insan sağlığı ile direk bağlantılı emisyonların daha ayrıntılı olarak hesaplanmasına ve bunun sonucuna göre gerekli tedbirlerin alınmasına fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Bartın ili kirlenici emisyonlar [23]

Kirlenici Emisyon	Ulusal Yıllık Limit Değeri (µg/m <sup>3</sup> )	Bartın İli Yıllık Limit Değeri (µg/m <sup>3</sup> )	Sınır Değeri Aşılan Gün Sayısı
PM <sub>2,5</sub>	10	24,11	47
PM <sub>10</sub>	44	46	79
SO <sub>2</sub>	20	12	0
NO <sub>2</sub>	40	29	0
NO <sub>x</sub>	30	54	Belirtilmemiş
CO	10	Belirtilmemiş	0
O <sub>3</sub>	120	Belirtilmemiş	0

Bartın limanındaki gemi emisyonlarının incelendiği bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Liman emisyonları da Bartın şehrinin ana kirlilik kaynaklarından biri olması sebebiyle bu açıdan incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Bartın limanındaki gemi emisyonlarının incelenmesi, Bartın limanı emisyon envanterinin oluşturulması, gemi emisyonlarının çevresel maliyetinin hesaplanarak liman emisyonlarının şehir emisyonları içindeki yerinin tespit edilmesidir. Yapılan çalışma ile literatürdeki bu boşluk doldurulmuş olunacaktır. Ortaya çıkan sonuçlar, Karadeniz bölgesinin ve Türkiye çevresi limanlarının emisyonlarının hesaplanmasına faydalı bir katkı sunacaktır. Bu çalışma, sadece gemilerden kaynaklanan liman emisyonları üzerine odaklanmış olup, diğer şehir emisyonları (konut ısınması, ulaşım, endüstri) incelenmemiştir.

## MATERYAL VE METOT

### **Bartın Limanı**

Bartın limanı, Bartın çayının Karadeniz'e döküldüğü kısımda Bartın şehir merkezine 11 km mesafede yer almakta olup, Batı Karadeniz bölgesinde Amasra ve Zonguldak illeri ile komşu konumdadır (Şekil 2). Bartın limanı, Bartın Belediye Başkanlığı tarafından işletilmektedir. Liman bölgesinin kara alanı 29.500 mt<sup>2</sup> olup, limanda 10.000 tona kadar yükleme boşaltma yapılabilmektedir. Limanda 480 metre boyunda bir adet rıhtım bulunmaktadır. Limanın yıllık 1.000 adet gemi konaklama ve 2.000.000 ton yük elleçleme imkânı bulunmakla beraber hali hazırda kapasitesinin %50'si ile çalışmaktadır. Liman kuru yük gemilerine, dökme yük gemilerine, kimyasal taşıyan gemilere, konteyner gemilerine, yolcu/ro-ro/kargo gemilerine ve feribotlara ev sahipliği yapabilmektedir. Bartın Limanı'nda yük ve yolcu taşımacılığı hem ulusal hem de uluslararası limanlar arasında yapılmaktadır. Limana genellikle Karadeniz kıyısındaki ülkelerden (Rusya, Ukrayna, Bulgaristan, Romanya) yükler gelmekte ve aynı şekilde ihraç malları da bu ülkelere gönderilmektedir [24].



Şekil 2. Bartın Limanı [24]

### **Emisyon Hesaplama Metodu**

Gemi egzoz gazı emisyonlarının analiz edilmesinde literatürde sıklıkla kullanılan analiz metodolojilerinin başında Carlo Trozzi ve Rita Vaccaro isimli İtalyan akademisyenlerin hazırladığı metodoloji gelmektedir. Trozzi ve Vaccaro metodolojisi, gemi hareketlerine (gemi tipi, gemi sürati, tonajı, makine tipi, seyir süresi) dayalı bir analiz metodolojisidir. Trozzi ve Vaccaro metodolojisinde [25-27] oluşturulan gemi baca gazı emisyonları analiz formülü (Eşitlik 1) aşağıda gösterilmiştir.

$$E_i = \sum_{jklm} E_{ijklm} \quad (\text{Eşitlik 1})$$
$$E_{ijklm} = S_{jkm}(GT) * t_{jklm} * F_{ijlm}$$
$$S_{jkm}(GT) = C_{jkm}(GT) * P_m$$

$E_i$  : Toplam baca gazı emisyonu

$E_{ijklm}$  : Geminin m hareket moduna göre l makine tipi ve k gemi tipine göre kullanılan j tipi yakıtın toplam i kirlilik emisyonu (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PM, VOC)

$S_{jkm}(GT)$  : Gemi gros tonajına göre k tipi geminin m seyir moduna göre j tipi kullanılan yakıt miktarı

$t_{jklm}$  : Geminin m hareket moduna göre l makine tipi ve k gemi tipine göre kullanılan j tipi yakıtın günlük seyir süresi

$F_{ijlm}$  : Geminin m hareket moduna göre l makine tipi ve kullanılan j tipi yakıtın oluşturduğu i kirlilik emisyonunun ortalama emisyon faktörü

$C_{jkm}(GT)$  : Gemi gros tonajına göre k gemi tipine göre tam güçte tükettiği günlük j tipi kullanılan yakıt miktarı

$P_m$  : Geminin m hareket moduna göre kullandığı yakıt miktarının, tam yükteki yakıt miktarına oranı

Trozzi ve Vaccaro emisyon analiz metodolojisine <sup>[25]</sup> göre, gemilerin tiplerine ve tonajlarına göre harcayacakları günlük yakıt tüketimi Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Gemilerin günlük yakıt tüketimi <sup>[25]</sup>

Gemi Tipi	Günlük Ortalama Yakıt Tüketimi (Ton)	Gemi Tonajına Göre Günlük Yakıt Tüketimi (Ton)( $C_{jkm}(GT)$ )
Dökme Yük Gemisi	33,80	$C_{jk} = 20,186 + 0,00049 * \text{Gemi Tonajı}$
Tanker	41,15	$C_{jk} = 14,685 + 0,00079 * \text{Gemi Tonajı}$
Kuru Yük Gemisi	21,27	$C_{jk} = 9,8197 + 0,00143 * \text{Gemi Tonajı}$
Konteyner	65,88	$C_{jk} = 8,0552 + 0,00235 * \text{Gemi Tonajı}$
Yolcu / Ro-Ro / Kargo	32,28	$C_{jk} = 12,834 + 0,00156 * \text{Gemi Tonajı}$
Yolcu Gemisi	70,23	$C_{jk} = 16,904 + 0,00198 * \text{Gemi Tonajı}$
Römorkörler	14,35	$C_{jk} = 5,6511 + 0,01048 * \text{Gemi Tonajı}$
Diğer (Askeri, Hizmet Tekneleri vb.)	26,40	$C_{jk} = 9,7126 + 0,00091 * \text{Gemi Tonajı}$
Tüm Gemiler Ortalama	32,78	$C_{jk} = 16,263 + 0,001 * \text{Gemi Tonajı}$

Gemilerin hareket modlarına (seyir, manevra, liman) göre emisyon faktörleri Tablo 4-5-6'da gösterilmiştir. Dünya denizcilik filosu gemilerinin makine özellikleri incelendiğinde, ticaret filosu genel olarak, %66 oranında ağır devirli dizel makinelerden, %32 oranında orta devirli dizel makinelerden ve %2 oran ile yüksek devirli dizel makinelerden, stim türbinli ve gaz türbinli makinelerden oluşmaktadır <sup>[28-30]</sup>. Bartın limanını ziyaret eden gemilerin makine özelliklerine erişemediğimiz için, yaptığımız analizde literatürdeki bu oranlar referans alınarak, limandaki gemilerin %66 oranında ağır devirli dizel makinelere, %32 oranında orta devirli dizel makinelere ve %2 oranında yüksek devirli dizel makinelere sahip olduğu kabul edilerek emisyon analizi yapılmıştır.

**Tablo 4.** Seyir modu emisyon faktörü (kg kirlilik/ton yakıt) <sup>[26]</sup>

Makine Tipi	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	VOC	PM	SO <sub>x</sub>
Yüksek Devirli Dizel	60	3.200	1,0	0,52	10
Orta Devirli Dizel	57	3.200	2,4	1,2	10
Ağır Devirli Dizel	87	3.200	2,4	7,6	54
Gaz Türbini	18	3.200	0,3	0,01	10

**Tablo 5.** Manevra modu emisyon faktörü (kg kirlilik/ton yakıt) <sup>[26]</sup>

Makine Tipi	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	VOC	PM	SO <sub>x</sub>
Yüksek Devirli Dizel	54	3.200	1,5	0,52	10
Orta Devirli Dizel	51	3.200	3,6	1,2	10
Ağır Devirli Dizel	78	3.200	3,6	7,6	54
Gaz Türbini	18	3.200	0,3	0,01	10

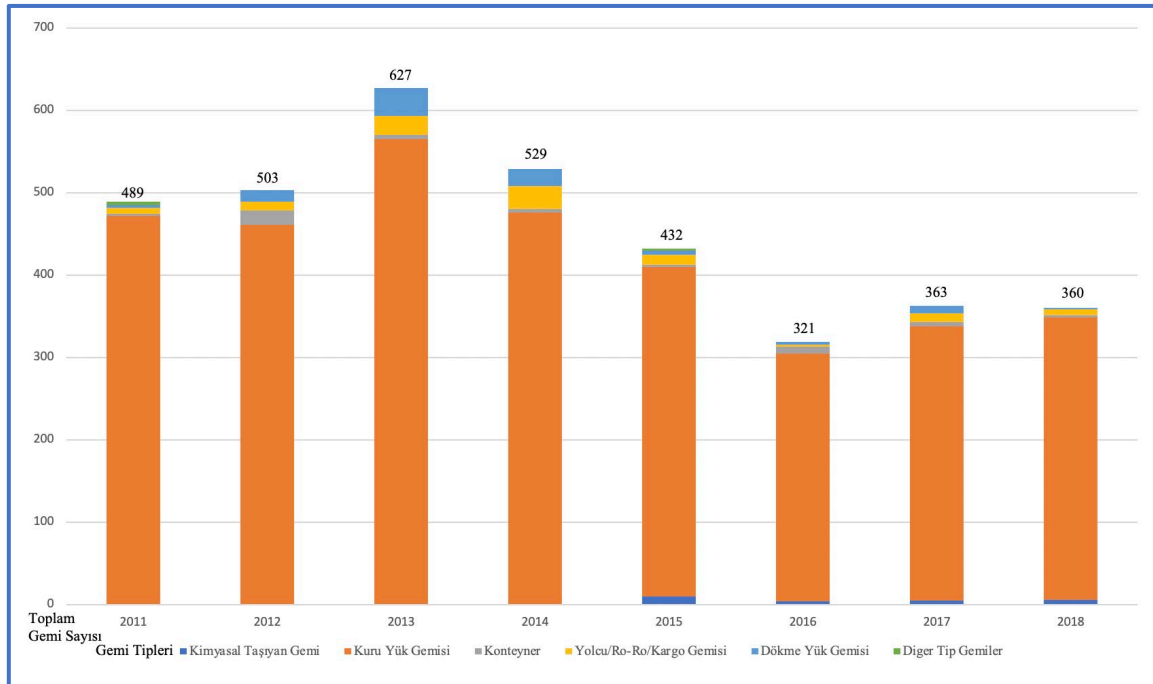
**Tablo 6.** Liman modu emisyon faktörü (kg kirlilik/ton yakıt) <sup>[26]</sup>

Makine Tipi	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	VOC	PM	SO <sub>x</sub>
Yüksek Devirli Dizel	28	3.200	28,9	1,5	10
Orta Devirli Dizel	23	3.200	23,1	1,2	10
Ağır Devirli Dizel	35	3.200	23,1	1,2	54
Gaz Türbini	6	3.200	1,9	1,1	10
Yardımcı Makineler	63	3.200	1,9	1,1	10

Gemilerin ana makine ve yardımcı makine kullanım oranları, seyir esnasında yaptığı hareket modlarına (seyir, manevra, liman) göre değişmektedir. Gemiler seyir modunda ana makinelerini kullanırken, manevra ve liman modunda ana makinelerini düşük devirde kullanarak, yardımcı makinelerini tam yükte kullanmaktadırlar [4]. Bu sebeple gemilerin ortaya çıkardığı emisyonların büyük çoğunluğu, gemiler seyir modundayken ve ana makinelerini kullanırken meydana gelir. Hesaplama ana makine yük faktörleri seyir safhası için %80, manevra safhası için %40 ve yardımcı makine yük faktörleri seyir safhası için %75, manevra safhası için %75, liman safhası için %75 olarak kullanılmıştır [25]. Gemi tipi, tonaj, hız gibi metodolojide kullanılacak bilgilere www.fleetmon sitesinden erişilmiştir. Bartın limanında manevra alanına kadar gemilerin yaptıkları seyir mesafesi 30 nm olarak alınmıştır. Gemilerin manevra ve liman sürelerine ulaşamadığı için literatürde gemi tiplerine göre belirlenmiş standart süreler kullanılmıştır [31]. Tüm gemilerin manevra süresi 1 saat olarak, liman süresi tanker ve kimyasal gemiler için 38 saat, konteyner ve yolcu/ro-ro/kargo gemileri için 14 saat, kuru yük gemileri için 52 saat, dökme yük gemisi ve diğer tip gemiler için 27 saat olarak kabul edilmiş ve hesaplama katılmıştır.

### Limandaki Gemi Hareketleri

2011-2018 yılları arasında Bartın limanını ziyaret eden gemilere ait dağılım Şekil 3'te gösterilmiştir [5]. Limana uğrayan gemi sayısı en çok 2013 yılında gerçekleşmiş ve 627 adet gemi limanda ağırlanmıştır. 2013 yılından sonra limana uğrayan gemi sayısında düşüş yaşanmaktadır ve bu düşüşün 2019 yılı ve sonrasında da devam edeceği değerlendirilmektedir. Bartın limanına yıllık ortalama 450 gemi uğramaktadır. Limanda genel olarak, kuru yük gemisi (%95), dökme yük gemisi (%1), konteyner (%1), kimyasal taşıyan gemiler (%1), yolcu/ ro-ro/kargo gemisi (%1) ve diğer tip gemiler (çekiciler, araştırma gemisi vb) (%1) olmak üzere altı tip gemi ağırlanmaktadır. Limana gelen gemilerin çoğunluğunu kuru yük gemileri oluşturmaktadır.



Şekil 3. Bartın limanı gemi hareketleri [5]

## SONUÇLAR

### Liman Emisyonları

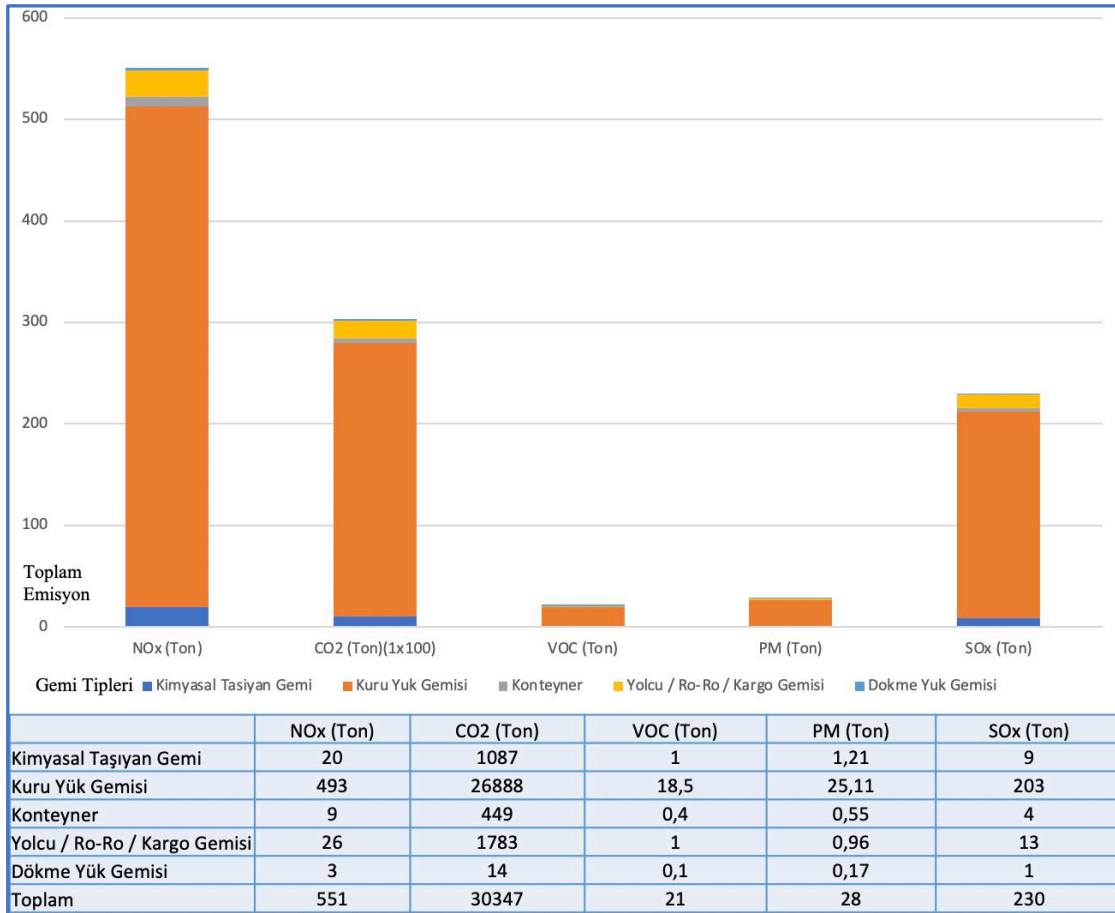
Bartın limanını 2011-2018 yılları arasında ziyaret eden gemilerin ortaya çıkardıkları emisyon miktarları Tablo 7'de gösterilmiştir. Gemilerden en çok emisyon salınımı, limanı ziyaret eden gemi sayıları ile doğru orantılı olarak en fazla 2013 yılında ortaya çıkmıştır ve 2013 yılını sırasıyla 2014, 2012 ve 2011 yılları takip etmektedir. İncelenen tüm yıllarda limana uğrayan en fazla gemi tipi kuru yük

gemileri olduğu için tüm yıllarda ortaya çıkan egzoz gazı emisyonlarının %93'ünden bu gemiler sorumludur. Kuru yük gemilerini sırasıyla, dökme yük gemileri, yolcu/ro-ro/kargo gemileri ve konteyner gemileri izlemektedir.

**Tablo 7.** Bartın limanını 2011-2018 yılları arasında ziyaret eden gemilerin ortaya çıkardıkları emisyon miktarları

Yıllara Göre Emisyon Miktarları	Bartın Limanını Ziyaret Eden Gemi Sayısı	NO <sub>x</sub> (Ton)	CO <sub>2</sub> (Ton)	VOC (Ton)	PM (Ton)	SO <sub>x</sub> (Ton)
2011	489	733	40.213	28	37	303
2012	503	815	44.369	31	42	337
2013	627	1.006	55.302	38	51	415
2014	529	853	47.395	32	43	355
2015	432	681	37.576	26	35	285
2016	321	504	27.362	19	26	209
2017	363	579	31.845	22	30	241
2018	360	551	30.347	21	28	230

Yapılan bu çalışmada, Bartın limanını 2018 yılında ziyaret eden gemiler detaylı olarak incelenmiş olup, 2018 yılında limanı ziyaret eden 360 adet geminin ortaya çıkardığı egzoz gazı emisyonları hareket modlarına (seyir, manevra ve liman) göre hesaplanmıştır. Limana uğrayan gemiler 2018 yılında 230 ton SO<sub>x</sub>, 551 ton NO<sub>x</sub>, 28 ton PM, 30.347 ton CO<sub>2</sub> ve 21 ton VOC olmak üzere toplam 31.177 ton emisyon salınımı gerçekleştirmiştir. Gemi tiplerine göre yıllık emisyonlar Şekil 4'te sunulmuştur.



**Şekil 4.** Gemi tiplerine göre yıllık emisyonlar

Limanı en çok ziyaret eden gemi kuru yük gemisi (%95) olduğu için doğal olarak emisyonların çoğunluğunu bu gemiler ortaya çıkarmıştır. Kuru yük gemileri limandaki emisyonların %89'undan sorumludur. Kuru yük gemilerini, yolcu/ro-ro/kargo gemileri (%5) ve kimyasal taşıyan gemiler (%3) takip etmektedir. Yapılan analiz ile elde edilen sonuçlar, [12,14,17,34] tarafından yapılan çalışmalarla uyumludur ve incelenen limanlarda da kuru yük gemileri en çok emisyon salınımına sahip gemi tipleridir. Gemilerin hareket modlarına (seyir, manevra, liman) göre emisyon salınımları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Hareket modlarına göre emisyon salınımları

Gemiler manevra sahasına yaklaşmadan önce 30 mil seyir yaptığı için, emisyonlar seyir modunda daha fazla ortaya çıkmaktadır. Seyir modunu liman modu takip etmekte olup, limandaki yükleme boşaltma faaliyetlerinin uzun sürmesi sebebiyle liman modu emisyonları, manevra modu emisyonlarından daha fazladır. Seyir modu emisyonları tüm emisyonların %87'sini, liman modu emisyonları %12'sini ve manevra modu emisyonların %1'ini oluşturmaktadır. Bartın limanındaki emisyonların, diğer liman emisyonlarıyla karşılaştırması Tablo 8'de sunulmuştur. Bu karşılaştırma sonuca göre limana uğrayan gemi sayısında Bartın limanı küresel ölçekte küçük ölçekli bir limandır.

Table 8. Liman emisyonlarının karşılaştırması

Limaneler	Limana Uğrayan Gemi Sayısı	NO <sub>x</sub> (ton/yıl)	CO <sub>2</sub> (ton/yıl)	PM (ton/yıl)	SO <sub>x</sub> (ton/yıl)
Ambarlı Limanı, Türkiye [12]	5.432	845	78.590	36	242
Oslo Limanı, Norveç [13]	3.004	759	56.289	18	260
İzmir Limanı, Türkiye [17]	2.806	1.923	82.753	165	1.405
Oakland Limanı, ABD [32]	1.916	2.591	133.005	67	289
Şangay Limanı, Çin [15]	1.280	397	-	221	56
Yangşan Limanı, Çin [18]	6.518	10.758	578.444	859	1.136
Las Palmas Limanı, İspanya [33]	3.183	4.237	208.697	338	1.420
Zonguldak Limanı, Türkiye [34]	615	820	45.700	44	350
Ereğli Limanı, Türkiye [35]	708	1.281	67.639	70	505
Bartın Limanı, Türkiye [Bu çalışma]	360	551	30.347	28	230

### Emisyonların Çevresel Maliyetleri

2018 yılında Bartın limanında gemilerin salınım yaptığı emisyonların çevresel maliyeti 17,3 milyon dolar olarak hesaplanmıştır ve bu çevresel maliyet gemi başına 48.068 dolardır (Tablo 9). Bunun anlamı limana gelen gemiler egzoz emisyonları ile gemi başına 48.068 dolarlık çevresel hava kirliliği zararına sebebiyet vermektedir ve bu maliyet emisyonların atmosferden ve çevreden temizlenmesi, çevresel tahribatının giderilmesi için harcanması gereken paradır. Bartın limanı çevresel maliyetini, diğer limanların çevresel maliyetleri ile karşılaştırdığımızda, Trabzon limanının 2018 yılı çevresel maliyetinin



32 milyon dolar <sup>[36]</sup>, Kaohsiung limanının çevresel maliyetinin yıllık 123 milyon dolar <sup>[37]</sup>, Pire, Santorini, Mikonos, Korfu ve Katakolo gibi Yunanistan limanlarına uğrayan yolcu gemilerin emisyonlarının maliyetini 24,25 milyon € olarak <sup>[38]</sup> hesaplandığı görülmüştür. Yangın limanının sosyal maliyeti ve limanın eko-verimliliği analiz edilmiş <sup>[18]</sup> ve limanın sosyal maliyetinin 287 milyon dolar ve eko-verimlilik performansının 36.528 dolar olduğu analiz edilmiştir. Çevresel maliyet karşılaştırmasının sonucunda da Bartın limanının küçük ölçekli bir liman olduğu ortaya çıkmaktadır.

**Table 9.** Bartın limanı emisyonlarının çevresel maliyeti

Gemi Emisyonları		NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	VOC	PM	SO <sub>x</sub>	Toplam Çevresel Maliyet
<b>Çevresel Maliyet</b> <sup>[39]</sup>	<b>Birim</b>	4.992	26	1.390	375.888	13.960	-
		\$/ton	\$/ton	\$/ton	\$/ton	\$/ton	
<b>Toplam Emisyonu</b>	<b>Liman</b>	551	30.347	21	28	230	-
		ton	ton	ton	ton	ton	
<b>Toplam Maliyet</b>	<b>Çevresel</b>	2.750.592\$	789.022\$	29.190\$	10.524.864\$	3.210.800\$	17.304.468\$

## KAYNAKLAR

- [1] Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endersen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H., Mjelde, A., Palsson, C., Wanqing, W., Winebrake, J.J., Yoshida, K., 2009, Updated study on greenhouse gas emissions from ships. Second IMO GHG Study. London, UK: International Maritime Organization.
- [2] Endresen, O., Sorgard, E., Sundet, J.K., Dalsoren, S.B., Isaksen, I.A., Berglen, T.F., Gravir, G., 2003, Emission from international sea transportation and environmental impact. Journal of Geophysical Research, 108 (17), 28-29.
- [3] UNCTAD, 2019, Review of Maritime Transport 2018. New York. October 2018. [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf).
- [4] Tokuşlu, A., 2019, İstanbul Boğazi'nda Gemi Kaynaklı Hava Emisyonlarının Analizi ve Etkilerinin Ortaya Konulması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.
- [5] Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü (KEGM), 2019, Liman İstatistikleri, web sayfası: [https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik\\_gemi.aspx](https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_gemi.aspx), erişim tarihi: 21.12.2019.
- [6] Natural Resources Defense Council (NRDC), 2004, Harboring Pollution: Strategies to Clean up U.S. Ports. New York, USA: The Natural Resources Defense Council.
- [7] California Air Resources Board (CARB), 1998, Draft Diesel Exposure Assessment, A-7.
- [8] Mauderly J.L., 1992, Diesel exhaust, Environmental Toxicants: Human Exposures and Their Health Effects, ed. M Lippman (New York: Van Nostrand Reinhold).
- [9] Ulfvarson, U., Alexandersson, R., Dahlgvist, M., Elkolm, U., Bergstrom, B., 1991, Pulmonary function in workers exposed to diesel exhausts: The effect of control measures," American Journal of Industrial Medicine, Vol. 19, 3 (1991): 283–289.
- [10] Alver, F., Sarac, B.A., Şahin, U.A., 2018, Estimating of shipping emissions in the Samsun Port from 2010-2015. Atmospheric Pollution Research, 9 (2018) 822-828, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.02.003>
- [11] Goldsworthy, L., Goldsworthy, B., 2015, Modelling of ship engine exhaust emissions in ports and extensive coastal waters based on terrestrial AIS data; An Australian case study, Environmental Modelling & Software 63 (2015) 45-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.09.009>.
- [12] Deniz, C., Kilic, A., 2009, Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey, Environ. Prog. Sustain. Energy 107-115. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.10373>.
- [13] Lopez-Aparicio, S., Tønnesen, D., Thanh, T.N., Neilson, H., 2015, Shipping emissions in a Nordic port: Assessment of mitigation strategies, Transportation Research Part D 53 (2017) 205–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.021>.
- [14] Popa, C., Filorin, N., 2014, Shipping Air Pollution Assessment. Study Case on Constanta Port, 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014. doi:10.5593/sgem2014/b42/s19.067

- [15] Yang, D.Q., Kwan, S.H., Lu, T., Fu, Q.Y., Cheng, J.M., Streets, D.G., Wu, Y.M., Li, J.J., 2007, An emission inventory of marine vessels in Shanghai in 2003, *Environ. Sci. Technol.* 41, 5183-5190. <http://dx.doi.org/10.1021/es061979c>.
- [16] Lonati, G., Cernuschi, S., Sidi, S., 2010, Air quality impact assessment of at-berth ship emissions: Case-study for the project of a new freight port, *Science of the Total Environment* 409 (2010) 192–200. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.08.029.
- [17] Saraçoğlu, H., Deniz, C., Kilic, A., 2013, An investigation on the effects of ship sourced emissions in Izmir port, Turkey, *Sci. World J.* 2013 <http://dx.doi.org/10.1155/2013/218324>.
- [18] Song, S., 2014, Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port, *Atmos. Environ.* 82, 288-297. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.006>.
- [19] Mersin, K., Bayırhan, İ., Gazioğlu, C., 2019, Review of CO<sub>2</sub> Emission and Reducing Methods in Maritime Transportation, *Thermal Sciences*, 1-8.
- [20] Bayırhan, İ., Mersin, K., Tokuşlu, A., Gazioğlu, C., 2019, Modelling of Ship Originated Exhaust Gas Emissions in the Strait of Istanbul (Bosphorus). *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 6 (3), 238-243. DOI: 10.30897/ijegeo.641397.
- [21] Mersin, K., 2020, A New Method for Calculating Fuel Consumption by Using Speed Loss Function, *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)*, 7(1): 64-67. DOI: 10.30897/ijegeo
- [22] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇSB), 2017, Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkez Müdürlüğü, Bartın İli Hava Kalitesi Analiz Raporu (2010-2016), 98s.
- [23] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2019, Hava Kirliliği Raporu 2018.
- [24] Karadeniz, V., 2010, A Sample to The Estuary Ports: The Port of Bartın, *The Journal of International Social Research* Volume: 3 Issue: 12 Summer 2010.
- [25] Trozzi, C., Vaccaro, R., 1998, Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships. European Commission Under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme Technical Report, Roma, Italy:Techne.
- [26] Trozzi, C., Vaccaro, R., 2006, Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships: a 2006 update. *Environment & Transport 2th International Scientific Symposium including 15th conference Transport and Air Pollution, Proceedings* 108, 425, 12-14 June 2006, Reims, France.
- [27] Trozzi, C., 2010, Emissions estimate methodology for maritime navigation, *Techne Consulting Report*, San Antonio, Texas:Techne.
- [28] Corbett, J.J., Fishbeck, P.S., 1997,. Emissions from ships. *Science*, 5339, 823-824.
- [29] Davies, M.E., Plant, G., Cosslett, C., Harrop, O., Petts, J.W., 2000,. Final Report for European Commission Contract: Study on the Economic, Legal, Environmental and Practical Implications of a European Union System to Reduce Ship Emissions of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>. England: BMT Murray Fenton Edon Liddiard Vince Limited.
- [30] Entec, 2002, European Commission Final Report: Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community. England: Windsor House Gadbrook Business Centre.
- [31] Entec, 2005, European Commission, Directorate General Environment Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Task 1 - Preliminary Assignment of Ship Emissions to European Countries, Final Report, August 2005
- [32] Environ International Corporation (EIC), 2012, Port of Oakland, Seaport Air Emissions Inventory, Novato, California November 5, 2013.
- [33] Tichavska, M., Tovar, B., 2015, Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port, *Transportation Research Part A* 78 (2015) 347–360. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.021>.
- [34] Tokuşlu, A., 2020, Estimating Exhaust Gas Emissions from Ships on Port of Zonguldak, *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, Vol. 3(2): 49-55.
- [35] Tokuşlu, A., 2020, Analyzing the Shipping Emissions in Port of Ereğli and Examining the Contribution of SO<sub>x</sub> Emissions Reduction to the Port Emissions, *Journal of Environmental and Natural Studies*, Vol. 2 (1), 23-33.
- [36] Tokuşlu, A., 2020, Assessing the Environmental Costs of Port Emissions: The Case of Trabzon Port, *J. Int. Environmental Application & Science*, Vol. 15(2): 127-134.

- [37] Berechman, J., Tseng, P.H., 2010, Estimating the environmental costs of port related emissions: The case of Kaohsiung, *Transportation Research Part D* 17 (2012) 35–38. doi:10.1016/j.trd.2011.09.009.
- [38] Maragkogianni, A., Papaefthimiou, S., 2015, Evaluating the social cost of cruise ships air emissions in major ports of Greece, *Transportation Research Part D*. 36 (2015), 10-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.014>
- [39] Lee, P.T.W., Hu, K.C., Chen, T., 2010, External costs of domestic container transportation: short-sea shipping versus trucking in Taiwan, *Transport Reviews* 30, 315-335.