

DENİZ ULAŞIMINDA KULLANILAN ÇEVRE DOSTU TEKNOLOJİLER ve ÇEVRESEL ETKİLERİN AZALTIKMASI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Levent Bilgili¹, Yağız Yetkin Azizler²

Deniz ulaşımı, tüm dünyada büyük miktarda yolcu ve yük taşımacılığı amacıyla çok aktif ve kapsamlı olarak kullanılmaktadır. Gemiler, çok büyük kapasiteli ulaşım ve nakliye araçları olarak dünyadaki toplam ticarete, turizm amaçlı ve şehir içi taşımacılıkta çok önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte geminin sevki ve iç enerji ihtiyacı amacıyla kullanılan ana ve yardımcı makine kaynaklı gaz emisyonlar, geminin dengesini sağlamak için destek unsuru olarak kullanılan balast suyu, gemi ve insan kaynaklı pis sular ve çeşitli katı atıklar gemi kökenli atık ve emisyonlar olarak sıralanabilir.

Özellikle İstanbul Boğazı gibi çevresinde yoğun nüfus barındıran su yollarında gemi kökenli bu atıkları çok ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Bu çalışmada öncelikle gemi kökenli gaz emisyonları, oluşum süreçleri ve çevresel zararları tanıtılmış olup ardından bu emisyonların azaltılması konusunda yapılmış olan çalışmalar ile teknolojik gelişmeler incelenmiş ve emisyonların azaltılması ile ilgili çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Deniz ulaşımı, Emisyon azaltma tedbirleri, Gemi-çevre etkileşimi, Gemi emisyonları

GİRİŞ

Deniz ulaşımı, bütün ulaşım türleri arasında özellikle taşımacılık alanında en çok kullanılan ulaşım türüdür. Yük gemilerinin diğer nakliye araçlarına kıyasla çok daha büyük olan yük taşıma kapasiteleri nedeniyle gemicilik endüstrisi dünyadaki toplam yük taşımacılığının çok önemli bir kısmını gerçekleştirmektedir. Gemiler, ticari yük taşımacılığının yanı sıra özellikle İstanbul gibi denizle iç içe bir yaşam kültürüne sahip şehirlerde yolcu taşımacılığında da çok önemli roller üstlenmiştir. Deniz ulaşımının küresel ve yerel alanda oynadığı bu vazgeçilmez rollere rağmen, gemilerin gerek limanda bekleme gerekse seyir süreçlerinde çevreye ciddi zarar veren atık ve emisyonlar oluşturduğu da bilinmektedir. Bu atık ve emisyonlar katı, sıvı ve gaz formlarında olabildiği gibi geminin hem üretim, hem operasyon hem de söküm aşamalarında ortaya çıkabilmektedirler. Bu çalışmada gemilerin seyir ve liman süreçlerini kapsayan operasyon aşamasında gemi sevki, manevra ve gemi iç aksamının düzgün çalışabilmesi için kullanılan ana ve yardımcı makine kaynaklı baca gazı emisyonları üzerinde durulmuş ve bu emisyonlar tanıtılarak azaltma yöntemleri üzerine bir inceleme yapılmıştır.

Gemicilik kökenli emisyonlar 1980'lerden itibaren dikkat çekmeye ve 1990'larda özellikle IPCC'nin yetkilendirmesiyle Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)'nün konuya eğilmesiyle birlikte ilk önemli ve kapsamlı çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Aynı dönemde denizcilik endüstrisinin ve gemi kökenli emisyonların gelecek öngörülere de yapılarak emisyon azaltma tedbirleri üzerinde de çalışmalara başlanmıştır.

GEMİ KÖKENLİ BACA GAZI EMİSYONLARI

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD)'nın 2016 yılında yayınladığı son rapora göre gemilerle sağlanan deniz ticareti 2014-2015 yılları arasında 9.843 milyon tondan 10.047 milyon tona yükselmiştir ki bu da yaklaşık 2,07%'lik bir artışa tekabül etmektedir. Aynı raporda dünya denizcilik filosunun 1 Ocak 2015-1 Ocak 2016 tarihleri arasında 3,5% oranında arttığı tahmin edilmiştir [1]. Bir diğer çalışmada ise Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin yayınladığı Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES)'na dayalı olarak 2050 yılında toplam gemi sayısının ve dünya deniz ticaretinin artışı ve dolayısıyla gemiciliğe bağlı emisyonların artışı tahmin edilmiştir. Bu çalışmaya göre 2001 yılında 280 milyon ton olduğu tahmin edilen toplam gemi yakıt

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²Yağız Yetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagizy etkin@gmail.com

tüketimi, 2050 yılında en iyimser senaryoda 402, en kötümser senaryoda ise 725 milyon ton olarak tahmin edilmiştir. Yakıt tüketimindeki bu artış da beraberinde gemi emisyonlarındaki artışı getirecektir [2].

Geçtiğimiz yıllarda yapılan bir çalışmaya göre gemi makineleri içten yanma prosesi sonucunda 450 civarında farklı gaz emisyon üretmektedir [3]. Bununla birlikte bu emisyonların sadece belli başlı olanları incelemeye değer miktarda üretilir. Bunlar azot oksitler, kükürt oksitler, parçacıklı madde, karbondioksit, karbon monoksit, metan ve nitröz oksittir. Bu gazlar, gemi makineleri tarafından yüksek miktarda üretilmelerinin yanısıra insan sağlığına ve çevreye de en büyük oranda zarar veren gazlardır. Duman formunda üretilen diğer emisyonlar arasında en önemlileri olarak ağır metaller sayılabilir ki bu emisyonlar gaz emisyon olarak kabul edilmezler. Metan ve nitröz oksit de diğer gaz emisyonlarla kıyaslandıklarında az miktarda üretilirler fakat küresel ısınmaya ciddi katkıları olduğu bilindiğinden kendilerine hesaplamalarda yer bulmaktadırlar.

Azot oksitler (NO_x), çeşitli oranlarda azot ve oksijen içeren bileşiklere verilen genel bir addır. NO_x üretimi tümüyle içten yanma sürecinde gerçekleştiğinden üretilen NO_x miktarı yanma sıcaklığına, oksit konsantrasyonuna ve yakıt tipine bağlıdır [3]. Azot oksitler insan sağlığına ve tarım arazilerine zararlı olduğu bilinen yer seviyesi ozonu oluşumdan etkilidir. Azot oksitlerin ayrıca tarım verimliliğinin düşmesine ve hava kirliliğine yol açan asit yağmurlarının oluşmasında da etkili oldukları bilinmektedir [3, 4, 5]. Bir diğer çalışmada ise azot oksitlerin küresel ısınmaya karbondioksitten daha fazla etkisi olduğundan bahsedilmiştir [6]. Kükürt oksitlerin (SO_x) oluşumu ise tamamen yakıt içeriğindeki kükürt oranına bağlıdır [7, 8]. Kükürt oksitler ayrıca azot oksitlerle reaksiyona girerek asit yağmurlarının oluşmasına neden olur ve küresel soğuma üzerinde pozitif etkileri vardır [3, 9]. Parçacıklı madde, gemi makineleri tarafından yanma sürecinde üretilen çok çeşitli parçacıklara verilen genel bir addır. Yakıt tipi ve yanma karakteristiği parçacıklı madde oluşumu üzerinde etkiye sahiptir. Parçacıklı madde (PM), is, kül, metaller, oksitler, su ile karışmış haldeki sülfat ve yakıt parçacıklarından oluşur ve hem küresel ısınmaya hem de küresel soğumaya etkisi vardır [10, 11, 12, 13]. Karbondioksit (CO_2), fosil bazlı yakıtların yanma süreçleri sonucunda kaçınılmaz olarak oluşan bir son üründür ve küresel ısınmaya ciddi pozitif katkıları vardır [9]. Bunun yanında okyanus asitliğinin artmasına da etkileri olduğu bilinmektedir [14]. Karbon monoksit (CO) de karbon dioksit gibi karbon bazlı fosil yakıtların yanması sonucu oluşur ve ileri derecede toksik bir gazdır. Küresel ısınmaya ve yer seviyesi ozonu oluşumuna pozitif katkıları olduğu bilinmektedir [9, 15]. Metan (CH_4) ve nitröz oksit (N_2O) de Kyoto Protokolü'ne göre sera gazı olarak kabul edilmiştir [16]. Gemi kökenli baca gazı emisyonları, küresel NO_x , SO_x , CO_2 , CH_4 , N_2O ve PM emisyonlarını sırasıyla 15%, 5-8%, 2,6%, 0,3% 6,1% ve 15%'inden sorumlu olsalar da [2, 17, 18, 19] toplam gemi emisyonlarının 70%'inin karaya 400 km uzaktaki bölgede oluşmasından [20] dolayı önemsenmesi gereken bir konu haline gelmiştir. Tablo 1 çeşitli denizcilik aktivitelerinin havaya olan etkilerini özetlemektedir.

Tablo 1 Denizcilik Aktivitelerinin Havaya Olan Etkileri [21]

Aktivite/Etki	Yerel Hava Kirliliği	Gürültü	Titreşim	Koku	Küresel Hava Kirliliği
Manevra	X	X	X		X
Yükleme/Boşaltma	X	X	X	X	X
Limanda Bekleme	X	X	X		X
Tarama	X	X			X
Kara Trafığı	X	X	X		X
Yasal Olmayan Çöp Boşaltımı	X	X		X	X
Altyapı İnşa/Bakım	X	X	X		X
Yakıt Çökeltileri				X	
Siyah/Gri Su Boşaltımı				X	
Yük Dağıtımı	X	X	X	X	X
Endüstriyel İşlemler	X	X	X	X	X
Sızıntılar				X	
Seyir	X	X	X		
Boya/Metal Temizleme	X			X	
Söküm/İmha	X	X		X	X

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²Yağz Yetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagizyeten@gmail.com

BACA GAZI EMİSYONLARININ AZALTMA TEDBİRLERİ ve ULUSLARARASI KURALLAR

Gemi Emisyonlarıyla İlgili Uluslararası Kurallar ve Gemi Enerji Harcamı

Gem emisyonlarının önemli bir kısmının karaya yakın yerlerde ve özellikle de insan yerleşiminin çok yoğun olduğu bölgelerde gerçekleştiği dikkate alınırsa bu emisyonların azaltılması oldukça önemli bir konu haline gelmektedir. Gemi emisyonlarının insan sağlığına ve çevreye olan etkilerinin yanısıra emisyonların yakıt tüketiminden kaynaklandığı düşünüldüğünde azaltma tedbirlerinin birincil olarak yakıt tasarrufu üzerine odaklandığı görülmektedir. Yakıt tasarrufunun sağlanması sonucunda emisyon azalımı da ikincil sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla beraber IMO'nun getirdiği kurallar ve düzenlemeler sonucunda doğrudan emisyon azaltımına yönelik tedbirler ve teknolojiler de geliştirilmektedir.

IMO, gemi kökenli kirliliklerin düzenlenmesi için 1978 Protokolü ile Değişik, 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78)'yi yürürlüğe koymuştur. Sözleşme içeriğindeki Düzenleme 12 ozon tabakasını incelten maddeleri; Düzenleme 13 azot oksitleri; Düzenleme 14 kükürt oksitleri; Düzenleme 15 uçucu organik bileşikler ve Düzenleme 16 gemide yakın işlemlerini standarda bağlamaktadır. Düzenleme 12'ye göre ozon tabakasını incelten maddeler tümüyle yasaklanmış olup sadece yeni kurulan sistemlerde hidrokloroflorokarbon (HCFC) salınımına 1 Ocak 2020'ye kadar izin verilmiştir. Düzenleme 13'ün özeti Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2 MARPOL 73/78 Düzenleme 13'e Göre Gemilerde Azot Oksit Salınım Limitleri [22]

Düzenleme	NO _x Limiti	RPM
130 kW'tan güçlü ve 1 Ocak 2000-1 Ocak 2011 arası imal edilmiş dizel makineler	17 g/kWh	n<130
	45 x n-0,2 g/kWh	130<n<2000
	9,8 g/kWh	n>2000
130 kW'tan güçlü ve 1 Ocak 2011'den sonra imal edilmiş dizel makineler	14,4 g/kWh	n<130
	44 x n-0,23 g/kWh	130<n<2000
	7,7 g/kWh	n>2000
130 kW'tan güçlü ve 1 Ocak 2016'dan sonra imal edilmiş dizel makineler	3,4 g/kWh	n<130
	9 x n-0,2 g/kWh	130<n<2000
	3 g/kWh	n>2000

Düzenleme 14'ün özeti ise Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3 MARPOL 73/78 Düzenleme 14'e Göre Gemilerde Kükürt Oksit Salınım Limitleri [23]

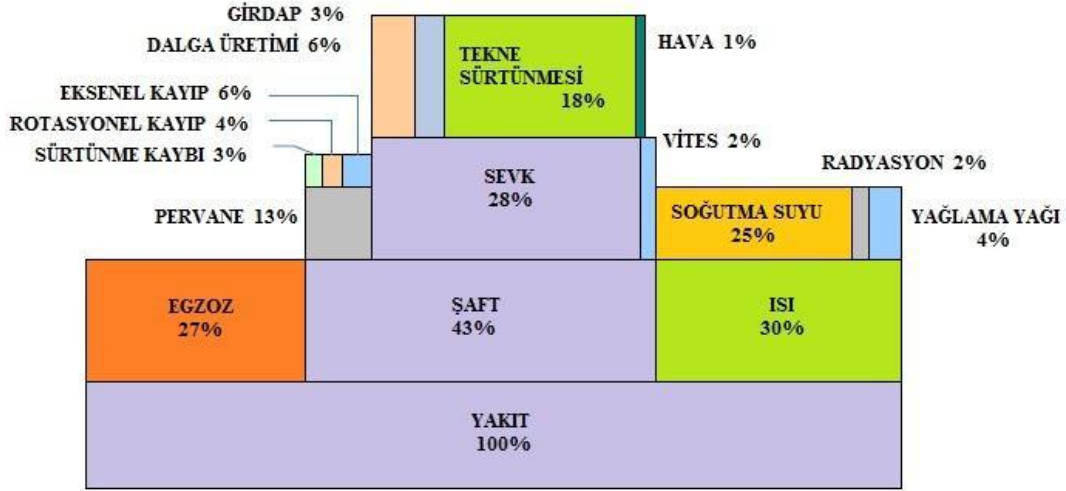
ECA* Harici Bölgelerde Yakıt Kükürt İçeriği Limit	ECA Bölgelerinde Yakıt Kükürt İçeriği Limiti
1 Ocak 2012'ye kadar 4,5% m/m	1 Temmuz 2010'a kadar 1,5% m/m
1 Ocak 2012'den sonra 3,5% m/m	1 Temmuz 2010'dan sonra 1% m/m
1 Ocak 2020'den sonra 0,5% m/m	1 Ocak 2015'ten sonra 0,1% m/m

*Emisyon Kontrol Alanı: Baltık Denizi, Kuzey Denizi ve ABD, Kanada ve Karayip Denizi'ni içeren özel bölgeler.

Emisyon azaltıcı tedbirler Tablo 2 ve Tablo 3'teki limitler göz önünde bulundurularak geliştirilir. Limitler ve dolayısıyla tedbirler, Şekil 1'de açıklanan ve gemi enerji kaynağının seyir esnasında hangi sistemler tarafından kullanıldığı bilgisine dayalı olarak düzenlenir.

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²YağzYetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagizy etkin@gmail.com



Şekil 1 Gemide Üretilen Enerjinin Harcamı

Emisyon azaltıcı teknolojilerin geliştirilmesi, satın alınması ve kullanılması süreçlerinde Tablo 4’te özetlenen soruların üretici ve kullanıcı tarafından sorulması ve tatmin edici yanıtların alınması gerekmektedir.

Tablo 4 Emisyon Kontrol Araçlarının Seçim Kriterleri [15]

Kriter	Kısa Bilgi
Maliyet Verimliliği	Araçlar hedefe en düşük maliyetle ulaşabiliyor mu?
Uzun Vadeli Etki	Araçların etkisi zaman içinde artış/azalma gösteriyor mu?
Dinamik Verimlilik	Araçlar emisyon azaltma sürecinde devamlı bir etkiye sahip mi?
Yan Faydalar	Araçlar emisyon azaltma haricinde başka yararlar sağlıyor mu?
Net Değer	Araçların kullanımı gelir/gider dağılımına nasıl etki ediyor?
Güvenilirlik	Hedefe ulaşma konusunda araca duyulan güven ne boyutta?
Esneklik	Araç hedeflerin ve durumun değişmesi gibi durumlara ucuz ve hızlı bir şekilde uyum sağlayabilme yetisine sahip mi?
Belirsizlik Durumunda Maliyet	Yanlış bilgilendirme ve kullanım durumunda aracın neden olacağı kayıp miktarı ne boyutta?
Bilgi Gereksinimleri	Aracın kullanımı için gerekli bilgi ve bu bilgiye ulaşma maliyeti ne düzeyde?

Emisyon Azaltma Tedbirleri

Emisyon azaltma tedbirleri hedef aldıkları sürece göre kendi içlerinde beş ana başlıkta incelenebilir.

Gemi Dizaynı

Gemi dizaynı, gemi inşa endüstrisinin en önemli konusudur ve diğer bütün süreçler ve donanım, gemi tekne dizaynı üzerinden hesaplanır. Bu yüzden gemi, dizayn aşamasında ne kadar verimli tasarlanırsa ileride verimlilik konusunda sorun çıkarması da o kadar zorlaşır.

Teorik olarak bir gemi ne kadar büyükse verimliliği de o kadar büyük olur. Daha büyük gemiler, küçük olanlara kıyasla 4-5% civarında bir verimlilik artışı sağlar. Gemi stabilitesinin sağlanması konusunda çok önemli bir rol oynayan balast suyunun olabilecek en düşük seviyede tutulması geminin su altında kalan alanını azaltarak direnci azaltır ve 7% civarında bir yakıt tasarrufu sağlar [15]. Üst yapının optimizasyonu da hava direncini azaltacağından 2-5% oranında bir tasarruf sağlayacaktır [9]. Tekne altında bir hava yastığı oluşturularak tekne ile su yüzeyi arasında bir bölge oluşturmak ve böylece sürtünmeyi azaltarak feribotlarda 3.5%, tankerlerde ise 15% civarında bir tasarruf sağlanabilmektedir.

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²YağzYetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagizyeten@gmail.com

Gemi Sevki

Gemi sevk sistemi esas olarak pervane ve şafttan meydana gelir ancak tek başına pek bir anlam ifade etmez. Sevk sisteminin verimlilik artışı gemi dizaynı ve makinesinin verimliliğine bağlıdır.

Ortak eksenli zıt hareketli pervane sistemi, tek şafta bağlı biri önde diğeri arkada olacak şekilde yerleştirilen iki pervaneden meydana gelir ve rotasyonel hareket sonucunda kaybolan enerjinin bir kısmı geri alınabileceğinden 6-20% oranında bir enerji tasarrufu sağlayabilmektedir [9]. Geminin baş kısmına yerleştirilen ve gemi ölçülerine göre boyutları hesaplanan bir paraşüt, rüzgarın arkadan estiği durumlarda açılarak rüzgar enerjisinin gemi sevkine katkı sunmasını sağlar ve bu sayede 20% oranında enerji tasarrufu elde edilebildiği ölçülmüştür. Bir diğer yöntem ise gemi üzerine yerleştirilen ve kendi eksenleri çevresinde dönerek gemiye yandan gelen rüzgarları bu dönme hareketi sayesinde arkaya itip rüzgar enerjisini gemi sevkine katkı olarak kullanan Flettner rotoru sistemidir. Bu sistem sayesinde uygun hava şartlarında ve uygun gemilerde 30% civarında bir ek itiş elde edilebilmektedir [15].

Gemi Makinesi

Enerji tasarrufu söz konusu olduğunda gemi makineleri üzerinde en çok çalışılmış ve incelenmiş konudur. Makine üzerine geliştirilen teknolojiler diğer tüm tedbirlerden daha yüksek miktarda tasarruf sağlayabilmektedir.

Yardımcı makinelerde dizel yakıtla birlikte yakıt hücrelerinin kullanıldığı hibrit sistemler genel verimlilikte 2% civarında bir artış sağlasa da NO_x ve PM emisyonlarında 60%; CO₂ emisyonunda ise 30% civarında azalma sağlayabilmektedir [15]. Makine yanma odasına su püskürtülerek yanma sıcaklığı düşürülür ve bu sayede 30-40% civarında bir NO_x azalması sağlanır [3]. Egzoz gazı çevrimi (EGR), en sık kullanılan yöntemlerden birisidir ve çevrim sürecinde egzoz gazının bir kısmı filtreden geçirilir, soğutulur ve makine besleme havası olarak yeniden kullanılır. Bu sayede yanma odası sıcaklığı düşürülür ve NO_x emisyonlarında 35% civarında bir azalma gözlenebilir [24]. Seçkili katalitik indirgeme yönteminde (SCR) ise NO_x emisyonları su ve azot moleküllerine ayrılarak azot oksit emisyonlarında 90-95% arasında bir azalma sağlanabilir [25]. Egzoz gazı çıkışına yerleştirilen yıkayıcılar (scrubbers) sayesinde kükürt oksit emisyonlarında 94%'e varan oranlarda azalma sağlanabilir. Yıkayıcıya giren egzoz gazı tatlı ve tuzlu su ile karıştırılarak kükürt oksitler nötralize edilir [3, 26].

Gemi Operasyonu

Gemi operasyonu bir geminin yaşam döngüsünde en uzun süreyi kapsayan aşama olmasından dolayı en çok miktarda emisyon oluşan aşamadır. Bununla beraber doğrudan operasyon sürecine müdahale ederek emisyonların azaltılması için çok az seçenek vardır. Bu yüzden emisyonların azaltılması için öncelikli olarak diğer sistemlerin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Gemi tekne yüzeyinin düzenli temizliğinin yapılması gemi verimliliğinde 3% civarında bir artış sağlar. Gemi hızının düşürülmesi de özellikle CO₂ emisyonlarının azaltılmasında kullanılan en geleneksel yöntem olup hızdaki 1 knot düşüş salınan CO₂ emisyonunu 11% civarında azaltmaktadır. Gemi hızının yarı yarıya düşürülmesi ise CO₂ emisyonunda 70% oranında bir azalma meydana getirebilir. Yüklemin düzgün yapılarak gemi triminin optimum halde tutulması da 5% oranında bir verimlilik artışı sağlayabilir [15].

Gemi Yakıtı

Kullanılan yakıt türü, içerdiği elementler nedeniyle gemi emisyonlarına doğrudan etki eder. Daha saf ve rafine yakıtlar kullanmak emisyonları azaltacaktır.

Yakıttaki kükürt oranının 2,7%'den 1,5%'a düşürülmesi PM emisyonlarını 18%; 0,5%'e düşürülmesi ise 20%'den fazla azaltacaktır. Biyoyakıt kullanımı SO_x ve PM emisyonlarını 50%'den fazla azaltabilir [3, 27]. Sıvılaştırılmış doğalgazın (LNG) gemilerde yakıt olarak kullanılması CO₂ ve NO_x emisyonlarını 25% ve 90% oranında azaltır [15].

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²YağzYetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagizy etkin@gmail.com

SONUÇ

Gemi emisyonları küresel emisyonlar baz alındığında toplam emisyon üretiminin görece oldukça az bir kısmını oluşturmaktadır. Bununla beraber bu emisyonların çok yüksek oranda yerleşim yerlerine yakın bölgelerde salındığı düşünülürse emisyon azaltım tedbirlerine başvurulması çok önemlidir. Küresel ısınma ve diğer çeşitli şekillerde zararlı çevresel etkileri olan gemi baca gazı emisyonları, insan sağlığı açısından da büyük tehdit arz etmektedir. Özellikle İstanbul gibi çok yoğun nüfuslu ve deniz taşımacılığı ile hem boğaz yoluyla transit geçiş yapan gemiler hem de şehir içi taşımacılık yapan vapurlar vasıtasıyla aktif bir şekilde içiçe olan şehirlerde gemi emisyonlarının azaltılması için ciddi önlemler alınmalıdır. Türk bayraklı olmayan ve bu yüzden devletin denetlemesi mümkün olmayan transit geçiş yapan gemilerin emisyonlarının azaltılması ancak dolaylı yoldan sağlanabileceğinden Türk Boğazlar Sistemi ve Marmara Denizi'nin ECA bölgesi ilan edilmesi için gerekli adımlar daha etkin bir şekilde atılmalı ve Şehir Hatları gibi şehir içi taşımacılığının kilit unsurlarının envanterindeki gemilerde çeşitli modifikasyonlar yapılmalı, yeni alınacak gemilerin de IMO kriterlerine uygunluğu araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] UNCTAD, 2016. Review of Maritime Transport-2016, ISBN 978-92-1-112904-5.
- [2] Eyring, V., Köhler, H.W., Lauer, A., Lemper, B., 2005. Emissions from international shipping: 2. Impact of future technologies on scenarios until 2050, Journal of Geophysical Research, Vol. 110, D17306.
- [3] Andreoni, V., Miola, A., Peujo, A., 2008. Cost effectiveness analysis of the emission abatement in the shipping sector emissions, European Commission Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability, ISBN 978-92-79-11280.
- [4] MEPC, 2005. Prevention of air pollution from ships. Reduced shipping emissions of air pollution-Feasible and cost effective options, International Maritime Organization (IMO), Marine Environment Protection Committee (MEPC), 53rd Session, 7 April.
- [5] Kågesson, P., 1999. Economic instruments for reducing emissions from sea transport, Air Pollution and Climate Series, No.11/T&E Report 99/7, Solna, İsveç.
- [6] Henningsen, R.F., 2000. Study of greenhouse gas emissions from ships, Final report to the International Maritime Organization, MARINTEK, Trondheim, Norveç.
- [7] Lyyränen, J., Jodiniemi, J., Kauppinen, E., Joutsensaari, J., 1999. Aerosol characterization in medium-speed diesel engines operating with heavy fuel oils, Journal of Aerosol Science, Vol. 30, No. 6, pp. 777-784.
- [8] Flagan, R., Seinfeld, S., 1998. Fundamentals air pollution engineering, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- [9] AEA Energy & Environment, 2008. Greenhouse gas emissions from shipping: Trends, projections and abatement potential, Final report to the Committee on Climate Change, Restricted Commercial, ED 43808, Issue Number 4, 3 September.
- [10] Haglind, F., 2008. A review on the use of gas and steam turbine combined cycles as prime movers for large ships. Part III:Fuels and emissions, Energy Conversion and Management, Vol. 49, pp. 3476-3482.
- [11] Endresen, Ø., Sørgard, E., Sundet, J.K., Dalsøren, S.B., Isaksen, I.S.A., Berglen, T.F., Gravir, G., 2003. Emission from international sea transportation and environmental impact, Journal of Geophysical Research, Vol. 108, 4650.
- [12] Eyring, V., Stevenson, D.S., Lauer, A., Dentener, F.J., Butler, T., Collins, W.J., Ellingsen, K., Gauss, M., Hauglustaine, D.A., Isaksen, I.S.A., Lawrence, M.G., Richter, A., Rodriguez, J.M., Sanderson, M., Strahan, S.E., Sudo, K., Szopa, S., van Noije, T.P.C., Wild, O., 2007. Multi-model simulations of the impact of international shipping on atmospheric chemistry and climate in 2000 and 2030, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 7, pp. 757-780.
- [13] Lauer, A., Eyring, V., Hendricks, J., Jöckel, P., Lohmann, U., 2007. Effects on ocean-going shipping on aerosols and clouds, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 7, pp. 5061-5079.
- [14] Tyrrell, T., 2008. Calcium carbonate cycling in future oceans and its influence on future climates, Journal of Plankton Research, Vol. 30, No. 2, pp. 141-156.
- [15] Miola, A., Ciuffo, B., Marra, M., Giovine, E., 2010. Analytical framework to regulate air emissions from maritime transport, European Commission Joint Research Center Institute for Environment and Sustainability.
- [16] Kyoto Protocol, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- [17] Corbett, J.J., Köhler, H.W., 2003. Updated emissions from ocean shipping, Journal of Geophysical Research, Vol. 108, D20, pp. 1-13.

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²Yağz Yetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagizy etkin@gmail.com

- [18] IMO, 2014. Third IMO GHG Study, Executive Summary and Final Report.
- [19] 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, Vol. 10, pp. 9689-9704.
- [20] Corbett, J.J., Fischbeck, P.S., Pandis, S., 1999. Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships, Journal of Geophysical Research, Vol. 104, pp. 3457-3470.
- [21] Miola, A., Paccagnan, V., Mannino, I., Massarutto, A., Perujo, A., Turvani, M., 2009. External costs of transportation case study: Maritime transport, EU-Report, Scientific and Technical Research Series, ISSN 1018-5593, Lüksemburg.
- [22] [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx)
- [23] [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)
- [24] ENTEC, 2005. Service contract on ship emissions: Assignment, abatement and market-based instruments, Task 2a-Shore Side Electricity Final Report, August.
- [25] EEB, 2004. Air pollution from ships. A briefing document by: The European Environmental Bureau, The European Federation for Transport and Environment (T&E), Seas at Risk (SAR), The Swedish NGO Secretariat and Acid Rain.
- [26] Trozzi, C., Vaccaro, R., 1998. Methodologies for estimating future air pollutant emissions from ships, Techn Report MEET RF98.
- [27] ENTEC, 2005a. Service contract on ship emissions: Assignment, abatement and market-based instruments, Task 2c-SO₂ Abatement Final Report, August.

¹Levent Bilgili, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, leventbilgili1661@gmail.com

²Yağz Yetkin Azizler, İstanbul Şehir Hatları A.Ş., İstanbul, Türkiye, yagzyetkin@gmail.com