

Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi

Özcan AYGÜL^{a(*)}, Sedat BAŞTUĞ^b

Yayın Geliş Tarihi

22 Nisan 2020

Yayına Kabul Tarihi

09 Haziran 2020

Elektronik Yayın Tarihi

25 Haziran 2020

Anahtar Kelimeler

Gemi emisyonları

Hava kirliliği

Sera gazları

Kovid-19

Öz

Dünya nüfusunun ve küresel ticaret hacminin artması denizlerdeki gemilerin sayılarında ve trafik yoğunluğunda da artışa sebep olmuştur. Bu durum, gemilerden kaynaklanan egzoz emisyonlarını ve bunların hava kirliliği üzerindeki etkilerini önemli ölçüde arttırmıştır. Bu çalışmanın temel amacı gemilerden kaynaklı egzoz emisyon değerlerinin ve buna bağlı olarak hava kirliliğinin son yıllardaki artışına dikkat çekerek bunların çevreye ve insan sağlığına olan etkilerini ortaya çıkarmaktır. Gemiler hareketlerini sağlayan yüksek güçlü dizel motorlu bir veya birkaç ana ve yardımcı makinelere sahiptirler. Gemi makinelerinde kullanılan fosil yakıtların yanması sonucu çevre ve insan sağlığı açısından zararlı egzoz emisyonları oluşmaktadır. Bu emisyonlardan en önemlileri kükürt oksit (SO_x), azot oksit (NO_x), karbon dioksit (CO₂), karbon monoksit (CO), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), uçucu organik bileşikler (UOB) ve partikül maddeler (PM)'dir. Gemi egzoz emisyonlarından kaynaklanan hava kirlenitçiler ve sera gazları hava kalitesinin azalmasına, küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına neden olurlar. Bununla birlikte limanların yaşam alanlarına yakın olması, burada yaşayan insanların sağlığını ciddi ölçüde etkilemektedir. Emisyonların insanlarda nefes darlığı, astım, solunum yetmezliği, kalp ve damar yolu rahatsızlıkları, akciğer kanseri ve erken doğumlara sebep olduğu görülmüştür. Bu nedenle, deniz trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde yetkililer tarafından havadaki gemi egzoz emisyon değerlerinin sürekli ölçülerek bunların azaltılmasına yönelik gerekli tedbirlerin alınması ve denetimlerin artırılması oldukça önemlidir.

Maritime Transport-Based Air Pollution and Its Effect on Human Health

Article Submitted

22 April 2020

Article Accepted

09 June 2020

Available Online

25 June 2020

Keywords

Ship emissions

Air pollution

Greenhouse gases


Covid-19

Abstract

Increasing the world population and global trade volume also caused an increase in the number of ships and traffic density in the seas. This significantly increased exhaust emissions from ships and their impact on air pollution. The main purpose of this study is to draw attention to the increase of exhaust emission values originating from ships and the air pollution accordingly in recent years and to reveal their effects on the environment and human health. Ships have one or several main and auxiliary machines with high power diesel engines that provide their movements. As a result of combustion of fossil fuels used in ship machinery, harmful exhaust emissions occur in terms of environment and human health. The most important of these emissions are sulphur oxide (SO_x), nitrogen oxide (NO_x), carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), volatile organic compounds (VOC) and particulate matter (PM). Air pollutants and greenhouse gases resulting from ship exhaust emissions decrease air quality, and cause global warming and acid rains. Furthermore, the closeness of the harbors to the human habitats affects the health of the people living in the vicinity of harbours. It is understood that exhaust gases cause many diseases such as shortness of breath, asthma, respiratory failure, cardiovascular diseases, lung cancer and preterm births in humans. For this reason, it is very important to take the necessary measures and increase the controls to reduce them constantly by measuring the ship exhaust emission values in the air by the authorities in the regions where the sea traffic is dense.

^a  Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Bitlis, Türkiye.

^(*) Sorumlu Yazar: Özcan AYGÜL, oaygul@beu.edu.tr.

^b  İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Hatay, Türkiye.

1. Giriş

Denizler üzerinde ekonomik, askeri, kültürel ve endüstriyel amaçlara hizmet eden birçok insani faaliyet gerçekleştirilmektedir. Bunlar içerisinde de şüphesiz ki en önemlisi deniz taşımacılığı ve liman işletmeciliği faaliyetleridir (Öztürk ve Küçükgül, 2008; 656). Bunun en büyük nedeni gemilerle yapılan deniz yolu taşımacılığının diğer taşımacılık türlerine kıyasla çok daha düşük maliyetlerle tek seferde daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olmasıdır (Bayraktutan ve Özbilgin, 2015; 409). Deniz yolu taşımacılığında yükün taşınma ve alıcıya teslim süresi diğer taşıma modlarına göre her ne kadar uzun olsa da şirketler düşük maliyeti sebebiyle deniz yolu taşımacılığını öncelikli olarak tercih ederler (Doğan ve Ateş, 2019; 4). Bu durum deniz yolu taşımacılığını dünyada gerçekleşen uluslararası ticaretin yaklaşık %90'ında söz sahibi yapmakta ve enerji açısından da en verimli taşımacılık modu olarak kabul görmesini sağlamaktadır (Friedrich ve diğerleri, 2007; 20-33). Son yıllarda dünya ticareti ve ekonomisindeki büyüme ve gemi inşa sektöründeki gelişmelerle birlikte dünya deniz ticaret filosundaki gemi sayısı ve hacminde (gros tonaj) ciddi anlamda artışlar gözlemlenmiştir (Uçar, 2014; 1). 2018 yılı itibarıyla bayrak devletlerinin siciline kayıtlı birçok gemi (116.857 adet, 1.361.920 gros ton) uluslararası ticaret faaliyetinde bulunmaktadır (EMSA, 2018).

Sanayinin gelişmesi ve nüfus artışına bağlı olarak dünyadaki kentleşmenin artması ile nüfusun yoğun olduğu şehirlerde hava kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir (Kılıç, 2009; 125). Hava kirliliği; atmosferdeki kirleticilerin canlıların sağlığına, yapı malzemelerine ve çevreye zarar verecek miktar ve sürede havada bulunmasıdır. Hava kirliliğine neden olan kaynaklar iki gruba ayrılabilir. Birinci grup kaynaklar doğal yollarla meydana gelen çöl fırtınaları, yangınlar, volkanik yanardağ patlamaları, bitkilerden atmosfere atılan organik bileşikler, okyanus ve denizlerden atmosfere yayılan sıvı damlacıklar olarak sıralanabilir. Hava kirliliğinde payı doğal kaynaklara göre çok daha yüksek olan yapay kaynaklar ise; tümüyle insani faaliyetler sonucunda oluşan konutlarda ısınma amacıyla kullanılan yakıtlar, sanayi sektörü ve motorlu taşıtlar olmak üzere üç grupta sıralanabilir (Saral, 2011; 35-36). Motorlu taşıtlar içerisinde de gemiler daha büyük hidrokarbonlu yakıt tüketimi yaparak bacalarından atmosfere yaydıkları egzoz gazları ile diğer motorlu taşıtlara göre havanın daha çok kirlenmesine neden olmaktadır (Saraçoğlu, 2010; 2). Bu durum gemileri dünya genelinde hava kirliliğinin önemli derecedeki ana kaynaklarından biri haline getirmiştir (Friedrich ve diğerleri, 2007; 7). Bu makaledeki amaç gemilerden kaynaklı egzoz emisyonların neden olduğu hava kirliliğinin son yıllardaki artış miktarına dikkat çekmek ve bu kirliliğin çevreye ve insan sağlığına olan etkilerini ortaya çıkarmaktır.

Salınım ve yayma anlamlarında kullanılan emisyon terimi, çevre açısından ise fosil yakıtlar ve benzeri maddelerin yakılma süreçleri sırasında açığa çıkan gaz ve partiküllerden oluşmuş hava kirleticileri anlamında kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak da CO₂, SO_x ve NO_x gösterilebilir (Ikonair, 2009). Gemilerdeki ana makine, kazan ve jeneratörler hava kirliliğinde gemi kaynaklı egzoz gazı emisyonlarına neden olan en büyük hava kirleticileridir (Uçar, 2014; 1-2). Gemi makinelerinin dizel motorlarında kullanılan fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan doğaya ve canlıların sağlığına zararlı egzoz gazı emisyonlarından en önemlileri SO_x, NO_x, CO₂, CO, PAH, UOB ve PM'dir (Bailey ve diğerleri, 2004). Gemilerde genel olarak seyir, demirleme, manevra ve liman bölgelerinde Deniz Tipi Ağır Yakıt (Heavy Fuel Oil, HFO), Deniz Tipi Dizel Yakıt (Marine Diesel Oil, MDO), Deniz Tipi Gaz-Öl (Marine Gasoil, MGO), Orta Yakıt (Intermediate Fuel Oil, IFO), Çok Düşük Sülfür Oranlı Yakıt (Very Low Sulphur Fuel Oil, VLSFO) ve Çok Daha Düşük Sülfür Oranlı Yakıt (Ultra Low Sulphur Fuel Oil, ULSFO) gibi emisyonu sebep olan fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Son zamanlarda dünyanın gündeminden düşmeyen yeni tip korona virüs (kovid-19) hastalığı ilk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan eyaletinde ortaya çıkmış ve 2020'nin ilk aylarından itibaren dünyaya hızlıca yayılarak etkisini arttırmıştır. Hastalığın dünya genelindeki ilerleyişi ve şiddetini arttırmasından dolayı Dünya Sağlık Örgütü 11 Mart 2020'de kamuoyuna verdiği brifingde kovid-19'u bölgeler ve gruplar üstü coğrafi bir salgın anlamına gelen pandemi olarak ilan etmiştir (WHO, 2020). Bu salgın olumlu ve olumsuz yönleriyle denizcilik sektörünü de etkiledi. Kovid-19 salgınının olumlu yönlerinden biri de dünya genelinde emisyon değerlerinin düşmesine ve hava kirliliğinin önemli derecede azalmasına neden olmasıdır. Bunun sebebi küresel çaptaki talep eksikliği, talep eksikliğinin bir başka yan etkisi de petrol fiyatlarının düşmesi olmuştur. Kovid-19 salgını nedeniyle dünya genelinde petrol tüketiminin azalması buna karşılık arz fazlasının artması brent petrol varil fiyatını Nisan 2020'nin başlarında on doların altına çekmiştir. Haliyle bu durum gemi yakıtları piyasasını da etkileyerek fiyatların yaklaşık %70 civarlarında azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle bazı şirketler tüm gemilerinde kullandıkları yakıtları tamamen değiştirerek MGO gibi çok daha düşük sülfür oranlı (%0.10) yakıtlara geçiş yaptılar. Bu uygulama neticesinde gemi kaynaklı emisyonların miktarlarında genel anlamda bir azalma beklenmektedir.

Dünya ticaret filosundaki gemiler, ticari faaliyetlerini sıklıkla daha önceden belirlenmiş aynı rotalar üzerinden gerçekleştirmekte olduklarından, gemi kaynaklı egzoz gazı emisyonları bu rotalar üzerinde yoğunlaşmış durumdadırlar (Deniz ve Kılıç, 2010; 107). Corbett ve arkadaşlarının 1999 yılında yaptıkları çalışmaya göre, gemiler

zamanlarının %55'ini limanda yük elleçlenmesinde, %25'ini de alargada demirli veya drift halinde olmak üzere toplam zamanlarının yaklaşık %80'ini karaya yakın halde geçirmektedirler. Geriye kalan %20'lik kısmını ise seyir halinde kıyılardan uzakta açık denizlerde geçirirler (Friedrich ve diğerleri, 2007; 24). Ancak 1999'dan 2020 yılına kadar geçen süreçte limanlarda yük istif alanları, silo, depo, antrepo gibi yük alanlarının genişlemesi ve teknolojinin de gelişmesiyle hem bu bölgelerde hem de rıhtımlarda yük elleçlenmesinde kullanılan araç ve ekipmanların yeniden tasarlanarak kullanılması yüklerin daha hızlı ve daha büyük tonajlarda gemilere yüklenip-boşaltılmasına imkan sağlamıştır. Bu durum gemilerin limanlarda rıhtım ve demirleme bölgesindeki bekleme sürelerini kısaltmıştır. Bu durumdan istisna olarak covid-19 salgını nedeniyle ülkelerin limanlarda aldığı önlemler gemilerin liman alanlarında bekleme sürelerinin uzamasına neden olmuştur. Şirketler limanlardaki sıkışıklıklara maruz kalmamak, bekleme sürelerini azaltmak ve virüs bulaşma ihtimali yüksek geçiş yollarında (Süveyş kanalı gibi) insan temasından kaçınmak gibi sebeplerden dolayı gemilerini kullandıkları genel rotalardan saptırarak alternatif rotalar üzerinden (örneğin Ümit Burnu'ndan dönerek) günlük ekonomik yakıt ile daha düşük hızda seyirle sefer sürelerini artırma yoluna gitmişlerdir.

Limanlar genel olarak; gemilerin durak yeri olan korunaklı alan, gemideki yük ve yolculara yönelik yük elleçlemesi, kumanya, su, yakıt, kılavuzluk ve römorkaj gibi hizmetlerin verildiği tesisler olarak tanımlanabilir (Yıldırım, 2018; 28). Limanlar, ekonomik işlev, altyapı sistemi, coğrafi alan ve ticaret arasında birleştirilmiş çok boyutlu bir sistem olup ülkelerin ekonomik ve sosyal yönden kalkınmasındaki endüstriyel ve ticari ana araçlarından birisidir. Liman sektörü, serbest ticaret ülkelerinin taahhütleri ve küreselleşme bağlamında, ekonomik, teknolojik, çevresel ve deniz taşımacılığının gelişimindeki kısıtlama ve gelişmelerden ve ülkelerdeki sosyoekonomik değişikliklerden etkilenir. Günümüzde limanlar özellikle 2011'den bu yana birbirleriyle iş birliği halinde olup uluslararası düzeyde kurdukları liman lojistik zinciri ağları ile tamamen müşteriye hizmet odaklı çalışmakta ve müşteri memnuniyetini gözeterek kapıdan kapıya hizmet vermektedirler (Hlali ve Hammami, 2017; 120-124).

Gemilerin zamanlarının çoğunu geçirdiği liman alanları, gemi kaynaklı egzoz gazı emisyonlarının neden olduğu hava kirliliğinin en yoğun olduğu bölgeler olmakta ve yakınlarında yaşayan canlı topluluklarının hava kalitesini de tehdit etmektedirler. Özellikle de bölgedeki halkın sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri endişe yaratmaktadır. Liman kaynaklı emisyonların neden olduğu hava kirliliği insanlarda astım, solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler hastalık, akciğer kanseri ve premature ölüm vakalarında artışa neden olmuştur (Bailey ve diğerleri, 2004; 3). Corbett ve arkadaşları Amerikan Kanser Derneği'nden aldıkları verileri kullanarak gemi emisyonlarının neden olduğu ölüm oranları üzerine bir tahminleme yapmışlardır. Bu çalışma ile dünyada 2002 yılında akciğer kanseri ve göğüs hastalıklarından kaynaklı 19000 ile 64000 arasında ölümlerin partikül maddelerden dolayı gerçekleştiği bildirilmiştir (Corbett ve diğerleri, 2007; 8514). Ayrıca insan sağlığına zararlı olan nikel, vanadyum, siyah karbon ve polisiklik aromatik hidrokarbonların da gemilerin faaliyetleri sonucunda yayıldığı görülmüştür (Aardenne ve diğerleri, 2013; 38). Hava kirliliğinin çevresel etkileri düşünüldüğünde küresel boyuttaki sera etkisi ve atmosferdeki ozon tabakasının incelenmesi sebebiyle canlıların güneşten gelen zararlı ışınlarla daha fazla maruz kalmasına, iklim değişikliklerinin yaşanmasına ve küresel ısınmaya neden olmaktadır (Uçar, 2014; 2). Ayrıca gemi emisyonlarının ekosistem ve hava kalitesi üzerinde asitleşme, ötrofikasyon ve yer seviyesinde ozon (O₃) oluşumuna katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Aardenne ve diğerleri, 2013; 38-39).

Birleşmiş milletlerin 1948 yılında kurmuş olduğu Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization, IMO), deniz taşımacılığında kaynaklı kirliliği önlemek amacıyla Türkiye'nin de taraf olduğu Marpol 73/78 sözleşmesini oluşturarak yürürlüğe koymuştur. Bu sözleşmenin gemilerden kaynaklı hava kirliliğini önlemeye yönelik 23 düzenlemeden oluşan Ek-VI bölümü Mayıs 2005'te yürürlüğe girmiştir. Özellikle Ek-VI'daki 12, 13, 14 ve 15. düzenlemeler ozon tabakasını inceltici maddeler, NO_x, SO_x, PM ve UOB gibi gemi kaynaklı emisyonlar ile ilgili sınırlamaları içermektedir (Durmaz, 2015; 19-20). Türkiye MARPOL 73/78 sözleşmenin I, II ve V. eklerine taraf olmakla beraber diğer III, IV ve VI. eklerine taraf olmak için gerekli çalışmalar devam etmektedir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

2. Yöntem

Gemi kaynaklı egzoz emisyonlarına ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Literatürler; Google Akademik, Scopus, Sciencedirect, Web of Science, Ebscohost Research Database, Wiley Online Library, Jstor, Ieee Xplore Digital Library ve YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanlarında taratılarak elde edilmiştir. Bu veri tabanlarının arama motorlarından, öncelikle "gemi emisyonlarının etkileri" anahtar kelime grubu giriş yapılarak taratıldığında 1500-1600 sayıları arasında akademik yayın ile karşılaşmıştır. Bu sayı çok fazla olduğu için kelime grupları biraz daha özelleştirilerek veri tabanlarından gemi emisyonlarının su ve toprağa olan etkileri gibi diğer etkileri hariç tutularak, sadece hava kirliliğine, kalitesine ve insan sağlığına olan etkileri taratılmış olup yaklaşık 230 makale ve tez gibi akademik yayınlara ulaşılmıştır. Bu ulaşılmış olan 230 adet yayınlara gerek konu başlıkları ve gerekse bazılarının

özetlerine bakılarak çalışılacak makale konusu hakkında direkt alakasına göre elenerek bu sayı 50 akademik yayına kadar düşürülmüştür. En son elde edilen yayınlar incelenerek gemi emisyon gazları ve bu gazların ayrı ayrı hava kirliliğine ve insan sağlığına olan etkileri incelenerek makale için derleme çalışması yapılmıştır. Daha sonra internet arama motorları vasıtasıyla Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO), ABD Çevre Koruma Birimi (US Environmental Protection Agency, EPA) ve ABD İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) gibi kurumların web adreslerinden gemi emisyon gazları ile ilgili sektör raporlarına ulaşılmıştır. Ayrıca denizcilik şirketlerinde aktif olarak çalışan 35-40 yaş aralığındaki yönetici, enspektör, uzakyol kaptan, uzakyol başmühendis ve uzakyol birinci zabıt 6 kişi ile telefon ve sosyal medya aracılığıyla iletişime geçilerek gemilerde emisyonların azaltılmasına yönelik alınan önlemler ve bu yönde yapılan çalışmalar hakkında bilgi edinilmiştir.

3. Hava Kirleticileri

Hava kirleticileri iki grupta incelenebilir. Birinci grupta CO₂, CO, SO_x, NO_x, hidrokarbonlar (HC), hidrojen florür (HF), hidrojen kükürt (H₂S), metan (CH₄), kloroflorokarbon (CFC) ve toz halindeki partikül maddeler bulunmaktadır. Süreç olarak havada sonradan oluşan O₃, SO₃ (kükürt trioksit), H₂SO₄ (sülfürik asit), asitler ve fotokimyasal oksidantlar ikinci gruba dahil edilmektedir (Saraçoğlu, 2010; 6-7).

Tablo 1. Bazı önemli hava kirleticiler ve sağlık üzerine etkileri.

Hava kirleticileri	Ana kaynakları	Sağlığa etkisi
Azot oksitler (NO _x)	Taşıt emisyonları, Yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, Asit yağmurları
Kükürt dioksit (SO ₂)	Fosil yakıt yanması, Taşıt emisyonları	Solunum yolu hastalıkları, Asit yağmurları
Karbon monoksit(CO)	Eksik yanma ürünü, Taşıt emisyonları	Kandaki hemogloblin ile birleşerek oksijen taşınma kapasitesinde azalma, Ölüm
Partikül madde (PM)	Sanayi, Taşıt emisyonları, Fosil yakıt yanması, Tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, Kalp problemleri, Solunum yolu hastalıkları, Bebek ölüm oranlarında Artış
Ozon (O ₃)	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (UOB) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, Göz ve burunda iritasyon, Astım, Vücut direncinde azalma

Kaynak: TMMOB, 2018; 12-13.

Dünyada genelindeki hava kirlilik miktarının yaklaşık yarısını motorlu taşıtlardan yayılan egzoz gazları oluşturmaktadır. Dünya deniz ticaret filosundaki gemiler, makinelerinde fosil yakıt kullanımı ve yakıt sarfiyatının çok fazla olması sebebiyle atmosfere salınan yıllık egzoz gazı miktarlarında en büyük paya sahiptirler. Bu durum motorlu taşıtlar içinde bulunan gemileri hava kirliliğinde en ön sıraya taşımaktadır (Uçar, 2014; 5).

3.1. Gemi kaynaklı egzoz gazı emisyonları ve insan sağlığına etkileri

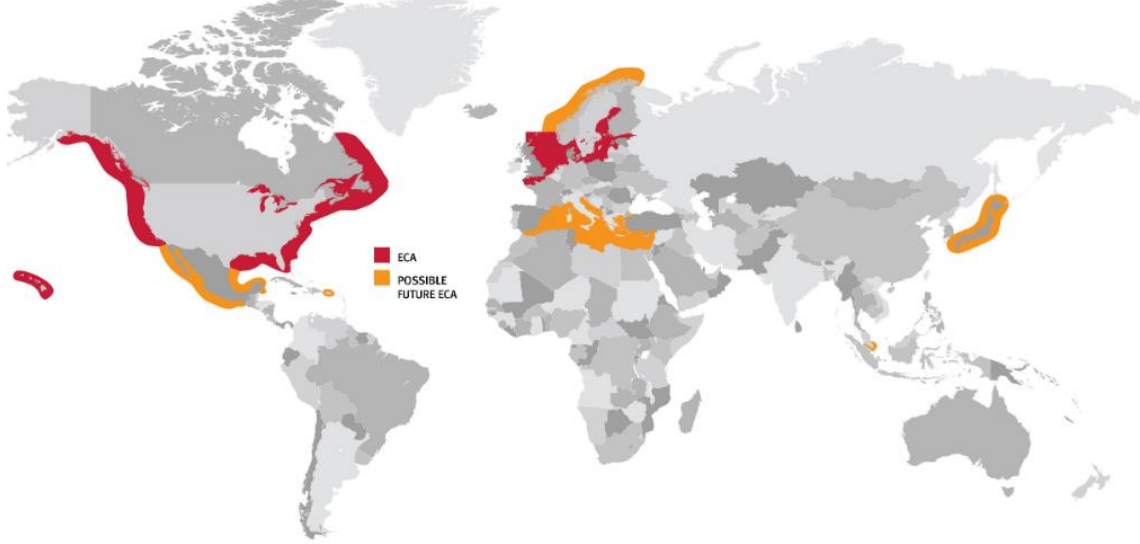
Zamanla küresel ticaret hacminin artması bu ticaretteki taşımacılığın %90'ını gerçekleştiren gemilerin sayısında, büyüklüğünde ve hızında artış ihtiyacı doğurmuştur. Bunun sonucunda daha fazla miktarda yük taşıyan çok daha hızlı ve bu hıza uygun güçte dizel makinelere sahip gemiler inşa edilmiştir. Günümüz tersanelerinde teknolojinin de yardımıyla gemiler özellikle dijital yazılımlı seyir ekipmanları ile donatılarak çok daha kapsamlı bir şekilde tasarlanarak inşa edilmeye devam edilmektedirler. Dünyada halen deniz taşımacılığı faaliyetinde bulunan 100 groston üzeri gemilerin yaklaşık %95'i yüksek güçlü dizel motorlara sahip ana ve yardımcı makinelerden oluşurlar (Saraçoğlu 2010; 25).

3.1.1. Kükürt oksitler (SO_x)

Kükürt oksitler içerisinde en fazla kirleticisi olanı renksiz, kokusuz ve suda çözünebilir olan SO₂ (kükürt dioksit) gazıdır (Bayat, 2011; 56-59). SO₂ gazı petrol, kömür ve doğalgaz gibi yüksek oranda karbon içeren fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan yanıcı olmayan zehirli bir gazdır (Soysal ve Demiral, 2007; 222). Atmosferde 40 gün kadar kalabilen SO₂ gazının yaklaşık %80'inin sanayi sektöründeki faaliyetler sonucu oluştuğu öngörülmektedir. Bu faaliyetlerin başında ise kükürt oranı yüksek yakıt kullanımıyla elektrik üretimi yapan termik santraller gelmektedir. Bu gazın atmosfere salınım oranlarına bakıldığında en büyük katkısı Kuzey Amerika ve Avrupa'nın sağladığı bildirilmiştir (Saraçoğlu, 2010; 9). Gemilerin ana ve yardımcı makinelerinde dizel motorlarında kullanılan fosil yakıtların yanması sonucu SO₂ gazı açığa çıkmaktadır (Cooper, 2003; 3821-3822). Gemilerde kullanılan fosil yakıtların içeriğinde kükürt oranının yüksek olması küresel hava kirliliğinde gemileri önemli bir SO₂ emisyonu

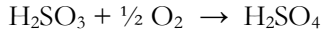
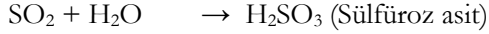
kaynağı haline getirmiştir. Dünyada fosil yakıtların yanmasından kaynaklı toplam SO₂ emisyonlarının yaklaşık %3-4'ü gemilerden kaynaklanmaktadır (Sinha ve diğerleri, 2003; 2147). MARPOL 73/78 Ek-VI'nın 14. düzenlemesi gemilerden kaynaklı SO_x emisyonu ile ilgili sınırlamaları içermektedir. IMO tarafından deniz yakıtlarındaki kükürt oranlarına ilişkin 1 Ocak 2020 tarihinden itibaren geçerli olan yeni sınırlandırmalar getirilmiştir. Buna göre IMO tarafından belirlenmiş olan Emisyon Kontrol Alanları'nın (Emission Control Areas, ECAs) dışındaki bölgelerde taşımacılık yapan gemilerin kullandıkları yakıt içerisindeki kükürt miktarı oranının %0.50'yi aşmayacağı belirlenmiştir. Emisyon kontrol alanları içerisindeki kükürt oranı ise 01 Ocak 2015 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiş olan ve halen gemilerin kullanmakta olduğu %0.10'dur (IMO, 2020).

Şekil 1. Dünyadaki mevcut ECA'lar ve gelecekte bu alanlara dâhil olması mümkün olabilecek ECA'lar.



Kaynak: <https://mapsroom.com/pin/2303>.

SO_x emisyonları sebebiyle özellikle gemilerin zamanlarının çoğunu geçirdiği liman bölgeleri ve çevresinde yaşayan insanlarda kükürt oksitlerden kaynaklı üst solunum yolu rahatsızlıklarının arttığı görülmüştür (Alves ve Ferraz, 2005; 44). Atmosfere yayılan SO₂ ve SO₃ gazları, havada veya yere indikten sonra su ile bir takım kimyasal tepkimeler gerçekleştirerek asit yağmurlarının oluşumuna neden olan asitleri meydana getirmektedirler.



veya



Bu asitler solunum vasıtasıyla içeri girdikleri solunum yolu ve organlarına zarar vererek ciddi hastalıklara neden olur (Uçar, 2014; 8-9). Üst solunum yolu duvarlarını zedeleyerek hava akışına olan direnci azaltan SO₂'nin solunum sisteminde koruyucu görevi üstlenen tüyüklere de zarar verdiği bildirilmiştir (Bayat, 2011; 59). SO₂ gazının yetişkin ve çocuklarda astım ve akciğer enfeksiyonu risklerini arttırabileceği ifade edilmiştir (Soysal ve Demiral, 2007; 222). Kükürt oksitli kirleticilerin atmosferdeki varlığının sona ermesi yağışlarla yaklaşık 43 günü bulmaktadır (Saraçoğlu, 2010; 10).

3.1.2. Azot oksitler (NO_x)

Atmosferde azotlu bileşiklerden azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), diazot oksit (N₂O) ve amonyak (NH₃) gaz olarak, amonyum (NH₄⁺) ve nitrat (NO₃⁻) ise tuz olarak bulunmaktadır. Bunlardan NO ve NO₂ en önemli kirletici gazlardır (Kırımhan, 2006; 55). NO_x'ler fosil yakıtların yüksek sıcaklıkta (1200°C) yanması sonucu meydana gelirler (Atımtay ve diğerleri, 2010; 84). En önemli oluşum kaynakları ise elektrik üretim santralleri ve motorlu taşıtlardır. Sanayileşme ve motorlu taşıtların artması atmosfere yayılan NO_x gazı miktarında da artışa sebep olmaktadır (Han ve Naehar, 2006; 113-114). Gemilerde kullanılan yakıtların dizel motorlarda yanmasıyla silindirlerdeki sıcaklık 1500°C ve üzerine ulaşmaktadır. Bu sıcaklıkta silindir içindeki yanma havasında bulunan azot ve oksijen kimyasal tepkimeye uğrayarak NO_x'lerin oluşmasına sebep olurlar. Böylelikle gemi bacalarından atmosfere salınan NO_x'lerin %5'i NO₂, geri kalanı ise azot monoksittir. Atmosferde kalma süresi ortalama bir gün kadardır (Saraçoğlu, 2010; 19). NO; kokusuz, renksiz ve zehirli bir gazdır. NO₂ ise azot monoksitin havada oksijen ile kimyasal tepkimeye girmesiyle meydana gelen kahverengi-kırmızı karışımı bir renge sahip yakıcı ve kötü kokulu olan zehirli bir gazdır. NO₂ atmosferde suyla tepkimeye girerek nitrik asidi (HNO₃), nitrik asit ise asit yağmurlarının oluşmasına etki etmektedir (Ün, 2014; 49). Azot oksitler suda çözünmezler ve özellikle NO₂ bu özelliğiyle

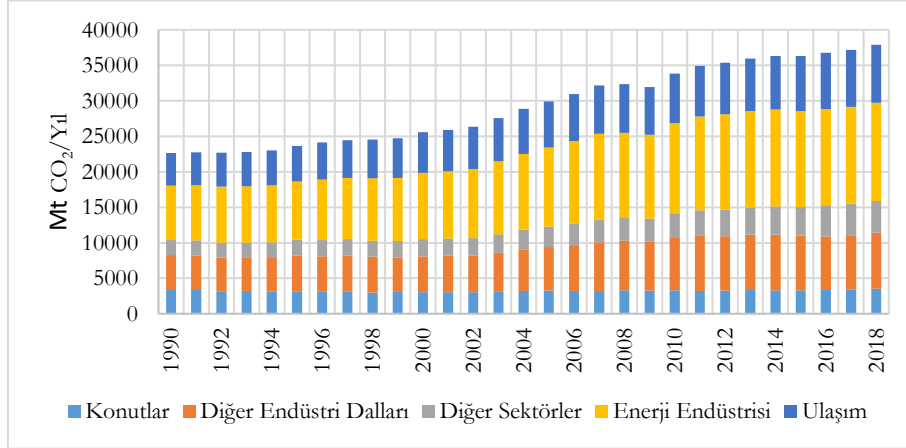
solunum yolunda en ücra köşelere kadar inerek akciğerlerde kanamalara (Bayram ve diğerleri, 2006; 106), ilerleyen safhalarda ise kronik akciğer rahatsızlıklarına ve astıma sebep olmaktadır (Soysal ve Demiral, 2007; 222-223). Ayrıca havada azot oksit oranının yoğun olduğu ortamlarda bulunan insanlarda, bu gazı kısa süreliğine maruz kalınması durumunda boğazda ve gözlerde tahriş, mide bulantısı, göğüs kafesinde sıkışma ve baş ağrıları görülmektedir. Uzun süreli maruziyette ise şiddetli öksürük, nefes darlığı ve vücuttaki dokulara yeterli oksijen gitmemesi olarak da bilinen siyanoz rahatsızlığı oluşmakta, hatta ölümler görülebilmektedir (Reşitoğlu, 2018; 212).

3.1.3. Karbon dioksit (CO₂)

Karbon dioksit gazı havadan yaklaşık bir buçuk kat daha ağır olan rengi, kokusu ve tadı olmayan zehirsiz boğucu özellikte bir gazdır. Katı ve gaz halinde bulunabilen CO₂ gazına düşük sıcaklıklardaki katı hal görünümünden dolayı, kuru buz da denilmektedir (Yalçın, 2009; 216). Yanıcı olmayan CO₂ gazı havada çok az bulunmasına rağmen (%0.03) solunum açısından hayati önem taşımaktadır (Tezcan ve diğerleri, 2011; 45). Atmosfere yayılan CO₂ gazının yaklaşık %80-85'i sanayide kullanılan petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması ile oluşur. Geri kalan %15-20'sini ise canlıların solunumu ve mikroskobik canlıların faaliyetleri oluşturmaktadır. Volkanik yanardağ ve maden sularından az da olsa CO₂ gazı atmosfere karışmaktadır (Saraçoğlu, 2010; 8).

Atmosferimizin ışık geçirgenliği ve ısı kaybını önleme gibi özellikleri vardır. Güneşten gelen kızıl ötesi ışınlar atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve böylelikle yeryüzü bu ışınları emerek ısınmaya başlar. Bu ışınlar ısınan yeryüzünden tekrar yukarı doğru yayılmaya başlar. Atmosferdeki su buharı, CO₂ gibi güneş ışınlarını tutabilme yeteneğine sahip gazlar yeryüzünden yayılan bu ışınları tutarak, ısı kaybını önler ve böylelikle dünyanın daha fazla ısınmasını sağlar. Atmosferden geçmekte olan güneş ışınlarını emme ve tutma kabiliyetine sahip olan gazlara sera gazları, bu ışınları emme ve tutma faaliyetleri sonucu yeryüzünü ısıtma etkisine de sera etkisi denilmektedir (Özmen, 2009; 42). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü Ek-A kısmında karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidrofluorokarbonlar (HFCs), perfluorokarbonlar (PFCs) ve kükürt heksaflorür (SF₆) olmak üzere 6 adet sera gazı bildirilmiştir (Birleşmiş Milletler, 1997). Atmosferde ısıyı en fazla tutabilme kabiliyetine sahip olan CO₂ gazı küresel toplam sera gazları içerisindeki %76'lık payı ile (%16 CH₄, %6 N₂O ve %2 florlu gazlar) büyük önem arz etmektedir (IPCC, 2014; 6).

Şekil 2. Atmosfere salınan yıllık CO₂ miktarlarının fosil yakıt kullanan sektörlere göre dağılımı(milyon ton).



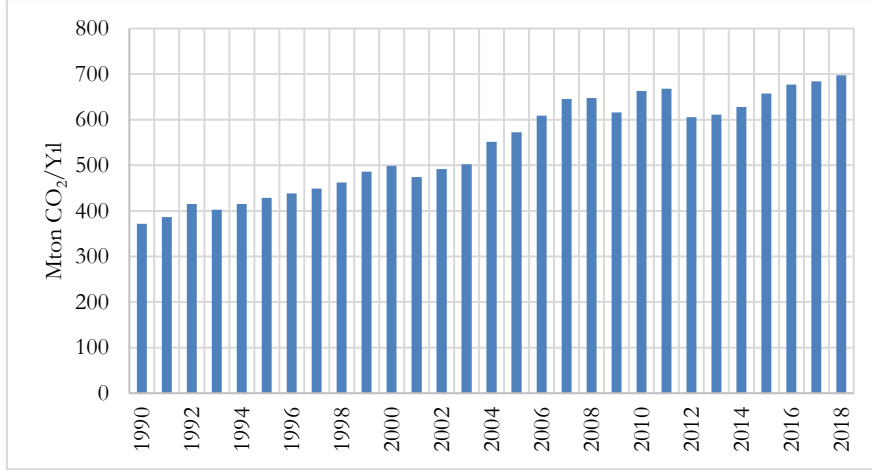
Kaynak: European Commission, 2019;33.

Günümüzde başta enerji endüstrisi olmak üzere diğer endüstri dalları, ulaşım, konutlar ve diğer sektörlerin faaliyetlerinde ciddi anlamda artışlar olmuştur. Fosil yakıt kullanan bu sektörlerin faaliyetleri nedeniyle havaya salınan CO₂ gazı miktarında da artışlar görülmektedir (European Commission, 2019). Böylece artan sera etkisi ile hava sıcaklığı mevsim normallerinin üzerine çıkmakta ve küresel ısınma oluşmaktadır. Havadaki CO₂ gazı miktarının azaltılmasıyla yeteri kadar önlem alınmazsa hava sıcaklığının her yıl düzenli olarak artacağı ve 21. Yüzyıl sonlarında ortalama 2-5°C arasında bir sıcaklık artışına sebep olacağı tahminlerinde bulunulmuştur. Eğer bu senaryo gerçekleşirse mevsimlerde sıcaklıklar artacak, iklim değişiklikleri yaşanacak ve kutuplardaki buzullar eriyerek denizlerin su seviyesi artacaktır. Böyle bir durumda kıyı kesimlerinin çoğunun sular altında kalacağı düşünülmektedir (Saraçoğlu, 2010; 22). Avrupa Komisyonu Küresel Atmosfer Araştırmaları Emisyon Veri tabanının (Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR) yayınladığı dünya ülkelerinin CO₂ ve sera gazları emisyonları 2019 raporunda, fosil yakıt kullanarak atmosfere CO₂ gazı salınımında bulunan sektörler 5 gruba ayrılmıştır (Şekil 2). Bu sektörler içerisinde en büyük payı enerji endüstrisinden sonra ulaşım sektörleri almıştır. Uluslararası deniz yolu taşımacılığı kaynaklı 2018 yılında atmosfere salınan CO₂ gazı miktarı 697,49 milyon

ton civarındadır (Şekil 3 ve Tablo 2). Bu durum, ulaşım sektörü faaliyetiyle havaya salınan CO₂ miktarında en büyük rolü deniz yolu taşımacılığının üstlendiğini göstermektedir (European Commission, 2019).

Günümüzde yürürlükte olan kanunlarda deniz yolu taşımacılığı yapan gemilerden kaynaklı CO₂ emisyonları ile ilgili belirlenmiş zorunlu kanun maddesi bulunmamaktadır. Fakat Amerika Birleşik Devletleri, Güney Kaliforniya eyaletinin Los Angeles ve Long Beach limanlarının 20 mil mesafedeki kara sularında seyir halindeki gemilerin hızı için 12 knot sınırlaması getirmiştir (Sharma, 2006; A231).

Şekil 3. Uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı yıllık CO₂ emisyon miktarları (milyon ton).



Kaynak: European Commission, 2019;34

Yine EDGAR veri tabanından alınarak 2019 yılında yayınlanan raporda dünya ülkelerinin 2018 yılında sebep olduğu 37,887 milyar ton CO₂ gazının atmosfere salındığı bildirilmiştir (Tablo 2). Karbon salınımıyla dünyayı en çok kirleten ilk 5 ülke sırasıyla Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya'dır. Sanayi faaliyetlerinin yüksek olduğu Çin 2018 yılında 11,255 milyar ton karbon salınımıyla dünyayı en çok kirleten ülke konumunda olurken, Türkiye'nin bu kirletmedeki emisyon payı 417,05 milyon ton olmuştur. Avrupa Birliği ülkeleri (EU28) ise toplamda 3,457 milyar ton karbon salınımıyla dünya sıralamasında Çin ve ABD'den sonra 3. olarak yerini almıştır (European Commission, 2019).

Tablo 2. Atmosfere salınan yıllık CO₂ miktarlarının ülkelere göre dağılımı(milyon ton).

Ülkeler	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2018 Dünya (%)
Küresel Toplam	22637.13	25600.66	29911.66	33836.35	36311.98	37179.65	37887.22	100.00
Çin	2397.51	3672.12	6264.76	9126.94	10820.80	11087.01	11255.88	29.71
ABD	5063.86	5915.63	5946.61	5555.44	5225.39	5128.44	5275.48	13.92
EU28	4408.53	4121.66	4250.76	3922.47	3492.04	3524.98	3457.28	9.13
Hindistan	594.85	986.62	1210.76	1750.56	2286.82	2445.88	2621.92	6.92
Rusya	2355.39	1599.77	1623.00	1664.67	1694.50	1688.41	1748.35	4.61
Japonya	1149.37	1241.54	1276.87	1197.42	1227.73	1219.69	1198.55	3.16
Almanya	1018.06	871.07	837.33	816.40	786.44	787.95	752.65	1.99
İran	204.51	351.73	468.25	570.04	623.25	694.47	727.81	1.92
Uluslararası Deniz Taşımacılığı	371.80	498.58	572.17	663.23	657.32	683.81	697.49	1.84
Güney Kore	270.45	483.57	516.32	597.73	638.78	675.44	695.36	1.84
Suudi Arabistan	172.85	264.17	339.63	478.23	608.80	631.74	624.99	1.65
Kanada	454.70	557.73	579.61	565.85	589.78	595.02	594.20	1.57
Uluslararası Hava Taşımacılığı	258.94	355.82	422.78	457.66	529.69	559.25	564.61	1.49
Endonezya	162.75	294.95	360.19	418.28	489.34	531.97	557.53	1.47
Brezilya	228.63	364.39	381.16	445.25	529.67	506.90	500.09	1.32
Meksika	290.47	397.06	448.58	479.21	487.73	507.40	495.78	1.31
Güney Afrika	312.46	345.23	433.19	464.87	477.51	472.47	477.25	1.26
Türkiye	149.96	227.41	246.00	309.08	365.16	414.57	417.05	1.10

Kaynak: European Commission, 2019.

Bilimsel gözlemlerle 1900'lü yılların başında havadaki yoğunluğu 290 ppm olan CO₂ gazının 2006 yılında 381 ppm seviyelerinde olduğu görülmüştür. Böylelikle CO₂ gazının havadaki güvenli üst sınır yoğunluğu olan 350 ppm'in geçilmiş olduğu anlaşılmıştır. Bu şekilde devam edildiği takdirde 21. yüzyılın sonlarına doğru bu rakamın 500 ppm'e kadar çıkacağı ön görülmektedir (Tezcan ve diğerleri, 2011; 45). Şubat 2020 tarihindeki verilere göre (NASA, 2020) havadaki CO₂ gazı yoğunluğunun 413 ppm olduğu bildirilmiştir.

Karbon dioksit vücudumuzda genel olarak solunum faaliyeti sonucu oluşmaktadır. Solunum yolu ile vücuda alınan oksijenle yer değiştiren karbondioksit tekrar akciğerler tarafından vücuttan dışarı atılmaktadır. Ayrıca solunan havanın içerisinde oksijen ile birlikte az miktarda CO₂ gazının bulunduğu unutulmamalıdır. Bu gazın normal seviyelerde solunması vücutta her hangi bir olumsuzluğa neden olmaz, ancak yüksek miktarlarda solunması sonucu boğucu etki yaratarak oksijen yetersizliğine bağlı olarak boğulmalara (asfiksi) neden olur (Soysal ve Demiral, 2007; 222).

3.1.4. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit, organik materyallerin ortamda oksijenin veya yanma sıcaklığının yetersiz olmasından dolayı eksik yanması sonucu CO₂ gazı yerine oluşan tatsız, kokusuz, renksiz ve zehirli bir gazdır. Kapalı ortamlardaki en önemli CO gazı kaynakları gazlı ısıtıcılar (şofben, kombi), bacasız gaz ocakları ve tütün mamulleri dumanıdır (Bernstein ve diğerleri, 2008; 586-587). Evlerde yakılan mangal ateşleri ile bacaların kirliliği CO gazı zehirlenmelerine ve bundan dolayı da ölümlere yol açmaktadır. Ayrıca konutlar gibi kapalı ortamların havasına dışarıdan giren ekzoz dumanları ile havalandırma sorunu olan ocaklardan yayılan dumanlar da bir diğer CO kaynaklarıdır (Atımtay ve diğerleri, 2010; 40). CO gazının molekül ağırlığı havanınkinden neredeyse eşit denilecek ölçüdedir. Bu nedenle havada iki aydan fazla bir süre askıda kalabilir ve her ortamda bulunabilir. Dünyanın yıllık karbon monoksit salınım miktarının %70 ini ulaşım araçları oluşturmaktadır. Birincil hava kirleticiler arasında olan CO gazı gemilerin dizel motorlarında fosil yakıtların kullanımıyla oluşmaktadır. Yüksek güçlü dizel motorlara sahip gemiler diğer gemilere göre daha az CO emisyonu oluştururlar. Bunun nedeni yüksek güçlü dizel motorlarda yanma sonu sıcaklığının düşük güçlü dizel motorlara göre daha yüksek olmasıdır. Böylece yanma işleminde sıcaklığın yüksek olmasıyla, yanmamış karbonların sayısında azalma görülmektedir (Saraçoğlu, 2010; 9).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) sektör raporuna göre (WHO, 2000; 75) karbon monoksitin havadaki yoğunluğu 0.05-0.12 ppm (0.06-0.14 mg/m³) arasında olduğu bildirilmiştir. DSÖ'nün 2000 yılında yayınladığı rapora göre şehir içi trafikte 8 saatlik ortalama CO yoğunluğu 17 ppm'in altında olduğu görülmüştür. Fakat bu zaman diliminde kısa süreliğine de olsa yoğunluğun pik yaparak 53 ppm'e kadar çıktığı görülmüştür. Havalandırmanın yetersiz olduğu yer altlarında, kapalı otoparklarda, kara yolu tünellerinde, kapalı buz pistlerinde ve diğer kapalı mekânlarda bu değerler birkaç saatlik zaman diliminde 100 ppm (115 mg/m³) değerine ulaştığı görülmüştür. Gaz ocaklarının kullanıldığı evlerde yapılan ölçümlerde CO gazı yoğunluğunun 53-100 ppm'e kadar çıktığı görülmüştür. Ayrıca sigara dumanına maruz bırakılan konutlarda, ofislerde, taşıtlarda ve restoranlarda yapılan 8 saatlik ölçümlerde ise ortalama CO yoğunluğu 20-40 ppm (23-46 mg/m³) olarak tespit edilmiştir (WHO, 2000; 75).

Tablo 3. CO gazına maruziyet limit değerleri.

Süre	CO yoğunluğu
15 dakika	90 ppm
1 saat	30 ppm
8 saat	9 ppm
24 saat	6 ppm

Kaynak: WHO, 2015; 47.

Karbon monoksit gazının yoğun olduğu ortamlarda bulunan bireylerin kanlarında zamanla karboksihemoglobin sayılarında artış gözlemlenir. Kanda bu hücrelerin artması ve ortamdaki CO gazına maruz kalma süresine de bağlı olarak bireyde baş ağrısı, mide bulantısı, baş dönmesi, nefes darlığı ve yorgunluk belirtileri görülmektedir. Ortamda CO gazına uzun süre maruz kalınması durumunda ise CO zehirlenmeleri ve ölümler görülebilmektedir. Ayrıca CO gazının kapalı ortamdaki diğer kirleticilere (NO₂, SO₂ gibi) oranla konjestif kalp yetmezliği nedeniyle hastaneye kaldırılan yaşlılarda hastalığın en güçlü belirleyicisi olduğu bildirilmiştir (Bernstein ve diğerleri, 2008; 586-587). İşçiler için 8 saatlik bir vardiyada CO gazına maksimum maruz kalma değeri DSÖ tarafından 9 ppm (10 mg/m³) olarak belirlenmiştir (WHO, 2015; 47). Bu limit değer ABD İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA) tarafından 35

ppm (OSHA, 2020), Türkiye’de ise Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Güvenliği Merkezi (İSGÜM) tarafından 50 ppm olarak bildirilmiştir (Dürşen ve Yasun, 2012; 10). Farklı sürelerde CO gazına maruziyet limit değerleri Tablo 3’de, CO gazı yoğunluğuna göre ortamda bulunma süresi ve vücuttaki değişimler ise Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. CO gazı yoğunluğuna göre ortamda bulunma süresi ve vücuttaki değişimler.

Havadaki CO yoğunluğu	Solunum süresi ve etkileri
35 ppm	8 saate göre çalışma ortamlarındaki maksimum seviye
200 ppm	2-3 saat içinde hafif baş ağrısı, halsizlik, baş dönmesi, bulantı
400 ppm	1-2 saat maruz kalındığında yoğun baş ağrısı 3 saatten sonra yaşamsal tehdit oluşumu
800 ppm	45 dakika maruz kalındığında halsizlik, bulantı ve sarsılma-kasılmalar, 2 saat maruz kalırsa bilinç kaybı, 3 saatte ise ölüm
1600 ppm	20 dakika içerisinde baş ağrısı, halsizlik, bulantı. 1 saat içerisinde ölüm
3200 ppm	5-10 dakika maruz kalındığında baş ağrısı, halsizlik ve bulantı, 25-30 dakika içerisinde ölüm
6400 ppm	1-2 dakika içerisinde baş ağrısı, halsizlik ve bulantı, 10-15 dakika içerisinde ölüm.
12800 ppm	1-3 dakika içerisinde ölüm

Kaynak: OSHA, 2020.

3.1.5. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)

Genel yapı olarak karbon ve hidrojenden oluşan bir kimyasal bileşik olan hidrokarbonların bir tipi de polisiklik aromatik hidrokarbonlardır. Bunlar organik bileşiklerin ortamda yeterli oksijen veya sıcaklığın bulunmaması sebebiyle tam yanmaması sonucu oluşurlar. Saf haldeki PAH’lar renksiz, beyaz veya açık sarı renkte olup hoş bir kokuya sahiptirler. Doğada 100’den fazla PAH türü olduğu bilinmektedir, ancak ABD Çevre Koruma Birimi (US EPA) tarafından bunlardan sadece 16’sı canlılar için kirletici tayin edilmiştir (Alver ve diğerleri, 2012; 46).

Bazı PAH’lar kanserojen, mutajen ve teratojen olarak bilinir ve bu nedenle de insan sağlığı için ciddi tehdit oluştururlar (Abdel-Shafy ve Mansour, 2016; 114). PAH’ların hidrofobik yapısı sebebiyle sudaki çözünürlükleri azdır. Molekül yapıları arttıkça toksik ve kanserojenik etkileri de artmaktadır. PAH’ın ana kaynaklarını doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Orman yangınları ve volkanik patlamalar doğal kaynaklı olanlara örnektir. İnsan kaynaklı olanlar ise fosil yakıt kullanan motorlu taşıtlar, sigara dumanı ve endüstriyel kaynaklardır. Alüminyum demir-çelik fabrikaları, çimento fabrikaları, çöplerin yakılması, asfalt üretimi, kömür katranı ve petrol rafineleri endüstriyel kaynaklara örnektir. Sigara dumanı miktar açısından diğer kaynaklara göre her ne kadar az olsa da insan sağlığına olan etkileri en fazla düzeydedir (Alver ve diğerleri, 2012; 46).

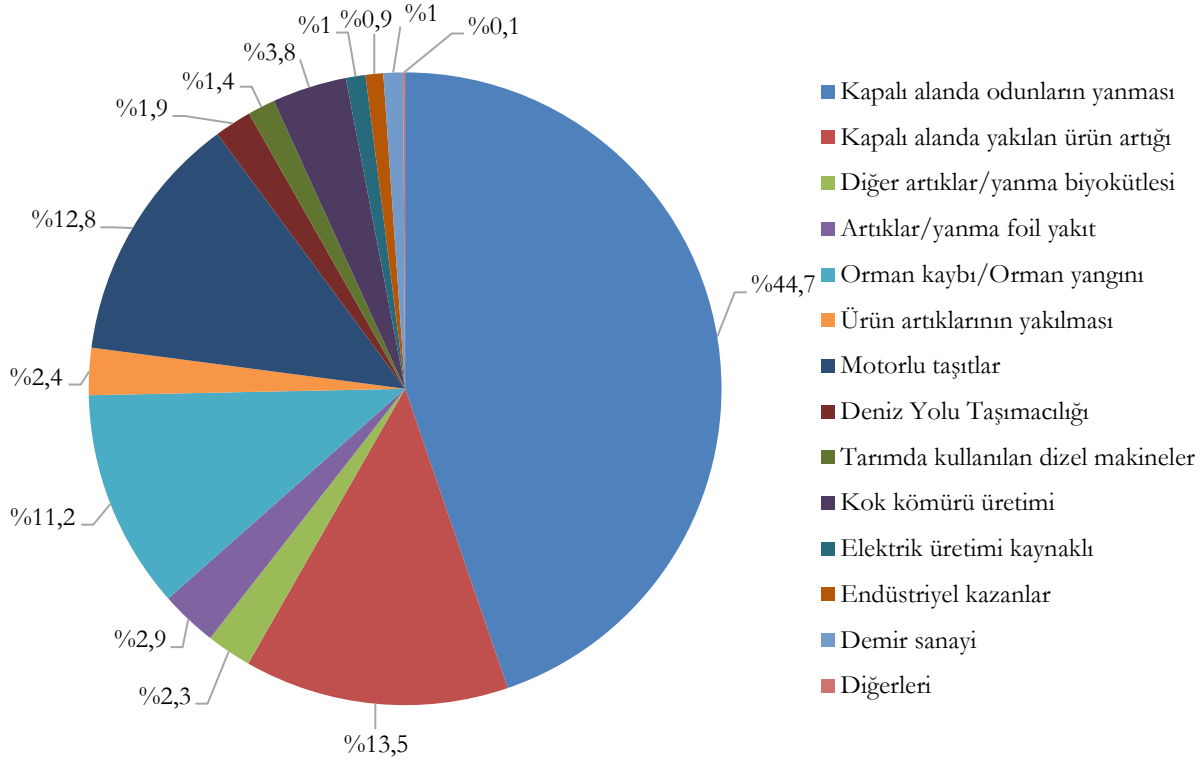
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar havada, suda, toprakta ve gıdalarda bulunurlar. Benzo (a) piren gibi havada düşük buhar basıncına sahip PAH’lar partikül maddelere tutunarak katı fazda, naftalin gibi daha yüksek buhar basıncına sahip olanlar ise buhar şeklinde gaz fazında bulunurlar. PAH’lar yağlardan, endüstriyel atıklardan ve gemilere yakıt transferleri sırasında oluşan kazalardan su kaynaklarına geçebilirler (Abdel-Shafy ve Mansour, 2016; 111). Havadaki PAH’ların en büyük kaynağı ise egzoz gazları, kömür sobaları ve endüstride katranların kaynatılmasıyla havaya karışan katran buharlarıdır. Dumanlama usulü olarak da bilinen odun veya kömür ateşi ile ızgarada pişmiş etlerde PAH oluşumu gözlenmiştir. Trafikğin yoğun olduğu büyük şehirlerde ise motorlu taşıtların egzozlarından çıkan gazlar havadaki PAH yoğunluğunu arttıran bir diğer etken olmuştur. Bu bölgelerde trafikte yakın yol kenarlarında yetişen sebze ve bitkiler de PAH seviyelerinin yüksek olduğu görülmüştür (Ünal ve Bayhan, 1993; 273-276). Ayrıca buğday, çavdar ve mercimek gibi bazı tahılların da PAH sentezlediği bildirilmiştir (Abdel-Shafy ve Mansour, 2016; 114).

Çin’de 2007 yılında yapılan bir araştırma sonucunda (Shen ve diğerleri, 2013; 7) 16 PAH türünün Dünya atmosferindeki emisyonu 504 Gg (504 bin ton) olarak ölçüldüğü bildirilmiştir. Bu da o zamanki dünya nüfusuna göre kişi başına 76 gr düştüğü anlamına gelmektedir. Deniz yolu taşımacılığı kaynaklı emisyon miktarı ise o yılki toplam emisyonun (504 Gg) %1.9’u olarak (şekil 4) gösterilmiştir.

PAH’lar insan vücuduna sigara ve besinler yoluyla olmak üzere ayrıca da hava kirliliğinden dolayı solunum ve deriden temas yoluyla da giriş yapabilmektedirler. PAH’lar tümör başlatma ve geliştirme özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Solunum ve deri yoluyla vücuda giren PAH’lar ilerleyen zamanlarda vücutta akciğer, deri, safra kesesi

ve kolon kanseri ile birlikte bazılarında da tümör oluşumuna neden olmaktadır (Nursal ve Yurttagül, 1998; 50-55).

Şekil 4. 2007 yılı küresel PAH miktarlarının emisyon kaynaklarına göre dağılımları.



Kaynak: Shen ve diğerleri, 2013; 9.

Bulgaristan'da yapılan bir araştırmada (Tabacova ve Balabaeva, 1993; 29-30) hamilelikte son 3 ayına girmiş 305 kadın üzerinde PAH'ların ve kurşunun etkileri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre PAH'ların yoğun olduğu yerleşim alanlarında yaşayan hamilelerin diğer bölgelerdeki hamilelere göre sürekli düşük yapma, toksemi ve anemi daha yaygın olarak görülmüştür. Antrasen, benzo (a) piren gibi PAH'ların kısa süreli maruziyeti sonucu insanlarda ve hayvanlarda deride alerjik reaksiyona neden olduğu bildirilmektedir. Yüksek PAH içeren ortamlarda çalışan sokak satıcıları, madencilik, mekanik ve petrol arıtma işçilerinde göz tahrişi, bulantı, kusma ve ishal gibi semptomlar görülmüştür. Ayrıca uzun süreli PAH maruziyeti sonucunda bağışıklık fonksiyonunda azalma, katarakt, böbrek ve karaciğer hasarı, solunum problemleri ve astım gibi rahatsızlıklar görülmektedir. Belirli bir PAH olan Naftalin büyük miktarlarda solunduğunda veya yutulduğunda kırmızı kan hücreleri olan alyuvarların parçalanmasına neden olabilir (Abdel-Shafy ve Mansour, 2016; 115).

3.1.6. Uçucu organik bileşikler (UOB)

Organik bileşikler, içeriğinde bir hidrojen ve karbon atomunu en az içeren kimyasal bileşiklerdir. Bunlar uçucu, yarı uçucu ve uçucu olmayan bileşikler diye 3 grupta adlandırılmaktadır. Uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compounds, VOC) kaynama sıcaklıkları 50-260°C arasında değişim gösterdiği için iç ortam havasında buhar fazında bulunurlar (Alyüz ve Veli, 2006; 110). DSÖ ise uçucu organik bileşikleri tanımlarken kaynama sıcaklıklarını 50-100°C arasında değişen olarak göstermiştir. Uçucu organik bileşiklerin 300 den fazla türü bulunmaktadır. İnsan sağlığı ve çevre açısından en riskli olanları benzen, etilbenzen, stiren, toluen, ksilenler, triklorometan, tetraklorometan ve tribromometan bileşikleridir (Güzel ve diğerleri, 2018; 278-283). Uçucu organik bileşiklerin kaynaklarını insani faaliyet kaynaklı ve doğal kaynaklı olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. UOB'ler insani faaliyet kaynaklı olarak fosil yakıtların yanma işlemi ve motorlu taşıtlara yakıt transferi esnasında yakıtın buharlaşması sonucu atmosfere yayılmaktadırlar. Bu insani faaliyet kaynaklar da sabit ve hareketli kaynaklar olarak ikiye ayrılır. Sabit kaynakları endüstriyel tesisler ve yerleşim alanlarında ısınmada kullanılan fosil yakıtlar, boyalar ve kimyasal çözücüler olarak belirtebiliriz. Hareketli kaynaklar ise fosil yakıt kullanarak yük ve yolcu taşımacılığı yapan motorlu taşıtları gösterebiliriz. Motorlu taşıtlar şehirlerdeki uçucu organik bileşiklerin %35 ini oluşturmaktadırlar (Aydın, 2013; 30-31).

Fosil yakıtların hem gemilere transferleri esnasında hem de yakıt tanklarında buldukları süre zarfında buharlaşması sebebiyle atmosfere UOB emisyonu gerçekleşmektedir (Saraçoğlu, 2010; 22-23). Sulak yerler, bataklıklar, kanalizasyonlar, çürüyen gübre alanları ve atık sular gibi doğal kaynaklarda oluşan oksidasyon ile atmosfere UOB salınımı olmaktadır. Bu şekilde doğal yollardan biyolojik faaliyetler ile atmosfere yılda 1,15 milyar ton kadar UOB salınımı olmaktadır (Aydın, 2013; 31). Uçucu organik bileşiklerin küresel ısınma, fotokimyasal ozon oluşumu, stratosferik ozon tüketimi ve koku rahatsızlığı gibi çevre sorunları ile birlikte insan sağlığı açısından da oluşturduğu riskler gün be gün artmaktadır. UOB'ler fiziksel yapıları sebebiyle vücuttaki lipit zarlarından rahatlıkla geçebilmekte ve organlara dağılımı çok rahat bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu nedenle de akut ve kronik sağlık etkileri olmaktadır (Güzel ve diğerleri, 2018; 284). Düşük miktarlarda UOB maruziyetinde kişilerde astım ve solunum yolu rahatsızlıkları görülmüştür. Yüksek oranlı maruziyet durumunda ise vücudun merkezi sinir sistemlerinde narkoz etkisi yarattığı görülmüştür. Yapılan bazı deneylerde UOB dozlarına bağlı olarak kişilerde baş ağrısı, uyuşukluk ve yorgunluk gözlemlenmiştir. Ayrıca bazı UOB'lerin yüksek dozları kanser riskini on misli artırdığı bildirilmiştir (Alyüz ve Veli, 2006; 112).

3.1.7. Partikül madde (PM)

Partikül maddeler, havada askıda bulunan ve katı partikül ile sıvı damlacıkların bir karışımı olan parçacıklardır. Gözle görünür ebatlarda olduğu gibi gözle görülemeyecek kadar da küçük ebatlarda olabilen ve ebat aralığı çok geniş olan partiküllerdir (Atımtay ve diğerleri, 2010; 82). PM'ler çaplarının büyüklüğüne göre adlandırılmakta olup hacimsel olarak üç gruba ayrılırlar; çapı 2.5-10 μm aralığında olanlara kaba partiküller, çapı 2.5 μm 'den küçük olanlara ince partiküller ve çapı 0.1 μm 'den küçük olanlara ise çok ince partiküller adı verilmektedir. Ayrıca partikül maddeler kirletici kaynaklardan doğrudan atmosfere salınıyorsa birincil partiküller, eğer atmosferde diğer kirletici gazların kimyasal reaksiyonları sonucu oluşuyorsa ikincil partiküller ismini alırlar. Partikül madde kaynakları antropojenik ve doğal kaynaklar olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Endüstriyel faaliyetler, inşaat ve yıkım işleri, metal, mineral ve petrokimya işleme, motorlu taşıtlar, tarımsal faaliyetler, elektrik idarelerinden kaynaklı yakıt yanmaları, evlerde ısınma veya yemek pişirme için yakılan yakıtlar, ağaç ürünleri işleme, biyokütle yanması, odunların yakılması, kara yollarından kaynaklanan tozlar, tarımsal ve evsel atıkların bertaraf edilmesi başlıca antropojenik kaynakları arasında gösterilmektedir. Volkanik patlamalar, orman yangınları, deniz spreyleri ve toz fırtınaları ise partikül maddelerin doğal kaynakları arasında gösterilmektedir (US EPA, 2009).

Şekil 5. Partikül madde ve boyutları.



Kaynak: Temiz Hava Hakkı Platformu, 2019; 9.

2003 yılından 2018 yılına kadar yaklaşık on beş yıl atmosferdeki PM seviyeleri uydu gözlemleriyle analiz edilmiştir. Buna göre 2003 yılında Türkiye'nin havasındaki partikül madde oranı Avrupa'ya göre %5.6 fazla iken 2018 yılında bu oran %33.4'e çıktığı görülmüştür. Son on beş yılda Avrupa atmosferindeki PM seviyesinin %14.2 azaldığı Türkiye'nin ise %8.4 oranında arttığı görülmüş ve zamanla aradaki farkın açılarak devam ettiği görülmektedir (TMMOB, 2018; 30-31). DSÖ tarafından havada bulunan 2.5 μm çapındaki partikül maddelerin yıllık ortalama sınır değerleri 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilmiştir (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2019; 11). 2016 yılı verilerine göre (Ritchie ve Roser, 2017) Türkiye'nin havasındaki PM_{2.5}'lerin oranı 37.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmüştür.

Partikül maddeler boyutlarına göre insanlarda çoğunlukla solunum yolu ve kalp damar yolu rahatsızlıklarına sebep olmaktadır. Partikül maddelerin boyutları küçüldükçe yüzey alanı genişler ve insan sağlığına olan zararları da artar. PM_{2.5}'ler akciğer alveollerine rahatça yerleşip burada kan dolaşımına girerek kalpte ritim bozukluklarına, astım, nefes darlığı ve kronik bronşite sebebiyet vermektedir (Saraçoğlu, 2010; 17). Ayrıca uçucu kül, kurum ve motorlu

taşıtların egzozlarından çıkan partikül maddelerin uzun sürelerde solunmasıyla kansere neden olduğu bildirilmiştir (Pope III ve diğerleri, 2002; 1141).

Tablo 5. Dünya sağlık örgütü partikül madde kılavuz sınır değerleri.

Ortalama sınır değer	PM _{2.5}	PM ₁₀
Yıllık	10 µg/m ³	20 µg/m ³
24 saatlik	25 µg/m ³	50 µg/m ³

Kaynak: Temiz Hava Hakkı Platformu, 2019; 11.

4. Sonuç ve öneriler

Dünyada sürekli artan nüfusa bağlı olarak mallara olan talep büyümekte dolayısıyla küresel ticaret hacmi de genişlemektedir. Ölçek ekonomisi üstünlüğünden dolayı en çok tercih edilen taşıma modu olarak kabul edilen deniz yolu taşımacılığında gemi arzları da sürekli büyümektedir. Bu gelişmeler doğrultusunda gemi tonaj ve hızlarının artmasına bağlı olarak fosil yakıt tüketimi sonucu atmosfere salınan hava kirletici gaz ve partiküllerde de yükselme gözlemlenmektedir. Gemilerin yükleme, boşaltma, bekleme ve ikmal faaliyetleri için kullandığı limanların çoğu nüfusun yoğunlaştığı sanayi ve ticaret merkezlerinde bulunmaktadır. Gemi kaynaklı kirlenmenin etkilerinin daha çok liman ve demirleme bölgelerinde hissedildiği göz önüne alındığında bu durumun irdelenmesi önem teşkil etmektedir. Fosil yakıt tüketimine bağlı gemi kaynaklı emisyonların rüzgâr ve diğer hava olaylarıyla taşınımı başta liman şehirlerinde olmak üzere kıyı kentlerinde yaşayanların da sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu emisyonların neden olduğu en önemli sağlık problemleri olarak nefes darlığı, solunum yetmezliği, astım, akciğer kanseri, üst solunum yolu ve kalp-damar yolu rahatsızlıkları ile erken doğumlar ön plana çıkmaktadır. Bu hastalıkların tedavisi hem ekonomik kayıplara, bunlara bağlı ölümler ise hem ekonomik hem de iş gücü kaybına sebep olmaktadır.

Gemi emisyonlarının azaltılmasına yönelik uzun vadede çözüm olabilmesi için, gemilerde yaygın olarak kullanılmakta olan fosil yakıtlara alternatif enerji kaynağı olarak gelişen teknoloji ile birlikte daha az kirletici özelliğe sahip LNG, LPG, güneş enerjisi, elektrik ve hidrojen ile çalışan gemi makineleri geliştirilmelidir. Geliştirilen bu makinelerin özellikle gemi inşa sanayinde teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması bayrak devletleri tarafından sağlanmalıdır. Özellikle geleceğin gemi yakıtı olarak düşünülen LNG ile ilgili çıkarılıp işlenmesi, depolanması, gemilere ikmal ve ikmal noktalarının yaygınlaştırılması gibi kullanılabilirliği ile ilgili daha çok eksiklik ve sorunlar gözükmektedir. IMO tarafından 1 Ocak 2020 tarihinden itibaren yakıtlardaki kükürt oranlarıyla ilgili yürürlüğe giren yeni sınırlandırmalar sebebiyle denizcilik şirketleri gemi kaynaklı emisyonların önüne geçebilmek için çözüm arayışı içine girmişlerdir. Bu sebeple kısa vadeli çözümler içerisinde öncelikle enerji verimliliği yüksek ana ve yardımcı makineler ile birlikte VLSFO, ULSFO ve MGO gibi sülfür oranı düşük yakıtların kullanımı tercih edilmelidir. Ana ve yardımcı makinelerde kullanılan yakıt filtrelerinin düzenli aralıklarla değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca Egzoz gazı arıtma sistemleri, bulut odası arıtma, katalizli dizel partikül filtresi ve dizel partikül filtresi gibi yöntemlerden bir veya birkaçının gemilerde kullanımının başlanmasına geçilmelidir. Sektör çalışanları ve şirket yöneticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde bu yöntemlerden egzoz emisyonlarının azaltılmasında en etkili olanı scrubber sistemler olarak da bilinen egzoz gazı arıtma sistemleri olduğu lakin işletim giderlerinin çok yüksek olması sebebiyle armatörlerin bu sistemlerin gemilere taktırılmasına pek yanaşmadığı bilgisine ulaşılmıştır.

Büyük tonajlı ve yakıt tüketimi fazla olan gemilerde scrubber sistemlerinin bacalara monte edilmesi ve ölçüm cihazları ile emisyonların kontrol edilmesi emisyon azalımı açısından önemlidir. Ancak gemilerde hâlihazırda kullanılmakta olan bu sistemlerde baca gazı temizliği için deniz suyu kullanılmakta ve temizleme işlemleri sonrasında içeriğinde hidrokarbon, ağır partiküller gibi tehlikeli maddeler içeren atık yıkama suları denizlere basılmaktadır. Bu duruma karşı acil önlem alınarak emisyon kaynaklı hava kirliliğinin deniz kirliliğine dönüşmesine engel olunmalıdır. Henüz buna yönelik IMO'nun bulduğu çözüm (MEPC, 2015) bu atık yıkama sularının denizlere basılması yerine sahil tesislerine verilmesi önerisidir. Bu scrubber sistemlerinin işletim maliyetlerinin düşürülmesi, atık yıkama sularının denizlere basılmasının önüne geçilerek limanlarda yetkilendirilmiş kurum ve kuruluşlarca evrak karşılığında teslim edilmesinin zorunlu hale getirilmesi ile bu sistemler daha verimli kılınmış olup çevreye ciddi fayda sağlayacağı düşünülmektedir. 2020 yılı nisan ayı başlarından itibaren covid-19 salgınının piyasaları etkilemesi sebebiyle gemi yakıt fiyatlarında da çok fazla düşüş görülmüştür. Bu sebeple armatörler gemilerde işletme maliyeti yüksek olan scrubber sistemlerin monte edilmesi yerine tamamen MGO gibi düşük sülfür oranlı (0.10) yakıtların kullanımına geçiş yapmayı tercih etmektedirler. Fakat ilerleyen zamanlarda gemi yakıt fiyatlarının tekrardan artması, armatörleri kullandıkları yakıtları tekrardan gözden geçirmeye sevk edebilir. Böyle bir durumda scrubber sistemlerin gemilere montajı önemini arttırarak tekrardan gündeme gelecektir. Son olarak eklemek gerekirse gemi kaynaklı emisyonların azaltılabilmesi için ulusal ve uluslararası düzeyde kanun, yönetmelik ve düzenlemelerin günün

gereklerine göre sürekli düzenlenmesi, bu mevzuatlar çerçevesinde Liman Devleti Kontrolleri (PSC) sıklıkla ve ciddiyetle yapılarak kurallara uymayanlara karşı ağır yaptırımların uygulanması gerekmektedir.

Kaynakça

- Aardenne, J.V., Colette, A., Degraeuwe, B., Hammingh, P., Viana, M. ve Vlieger, I.D. (2013). The impact of international shipping on European air quality and climate forcing. Kopenhag.
- Abdel-Shafy, H.I ve Mansour, M.S. (2016) A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation, Egyptian Journal of Petroleum, 25(1), 107–123.
- Alver, E., Demirci A. ve Özçimder, M. (2012). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3 (1): 45-52.
- Alves, C.A. ve Ferraz, C.A. (2005). Effects of air pollution on emergency admissions for chronic obstructive pulmonary diseases in Oporto, Portugal. International Journal of Environment and Pollution, 23(23), 42-64. <https://doi.org/10.1504/IJEP.2005.006395>.
- Alyüz, B. ve Veli, S. (2006). İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 109-116.
- Atımtay, A., Bayram, H., Can, A., Çımrın, A.H., Demiral, B., Elçi, M. A., Emri, S., Ertaş, S., Evyapan, F., Güllü, G., Karaca, M., Karlıkaya, C., Öztürk, A. B., Sofuoğlu, S., Şahin, M., Tecer, L. H. ve Yüksel, H. (2010). Türkiye'nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım. Erkoç, Y., Çom, S., Keskinçilic, B., Göktaş, E. and Gündoğan, A. Ankara. Anıl Matbaacılık.
- Aydın, B.Ö. (2013). İç Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşiklerin Derişimlerinin Belirlenmesi ve Maruziyet Risklerinin Değerlendirilmesi (Doktora Tezi). Kocaeli Üniversitesi.
- Bailey, D., Plenys, T., Solomon, G.M., Campbell, T.R., Feurer, G.R., Masters, J. ve Tonkonogy, B. (2004). Harboring Pollution Strategies to Clean Up U.S. Ports. New York.
- Bayat, B. (2011). Hava Kirliliği ve Kontrolü, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi, 135(1), 55-59.
- Bayraktutan, Y., ve Özbilgin, M. (2015). Uluslararası ve yurtiçi ticarete taşıma türlerinin payı: Bir analitik hiyerarşi prosesi (AHP) uygulaması. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(2), 405-436.
- Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, F. E., Kargın, M., ve Bülbül, B. (2006). “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu” Paneli Ardından. Dicle Tıp Dergisi, 33(2), 105-112.
- Bernstein, J.A., Alexis, N., Baccubus, H., Bernstein, L., Fritz, P., Horner, E., Li, N., Mason, S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A. ve Tarlo, S.M. (2008). The Health Effects of Nonindustrial Indoor Air Pollution, Journal of Allergy and Clinical Immunology 121(3), 585-91.
- Birleşmiş Milletler, (1997). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolü, Kyoto.
- Cooper, D.A. (2003). Exhaust emissions from ships at berth. Atmospheric Environment, 37 (27) 3817–3830. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00446-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00446-1).
- Corbett, J.J., Winebrake, J.J., Green, E.H., Kasibhatla, P., Eyring, V. ve Lauer, A. (2007). Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. Environmental Science and Technology, 41(24), 8512-8518. <https://doi.org/10.1021/es071686z>.
- Deniz, C., ve Kilic, A. (2010). Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey. Environmental progress & sustainable energy, 29(1), 107-115.
- Doğan, H., ve Ateş, A. (2019). Ambarlı Limanı, Van Gölü Ve Kapıköy Sınır Kapısı Arasında Gerçekleştirilen İntermodal Taşımacılık Uygulamalarının Ekonomik Analizi. IV. Ulusal Liman Kongresi “Küresel Eğilimler-Yerel Stratejiler”. İzmir. <https://doi.org/10.18872/0.2019.9>.
- Durmaz, M. (2015). Bir Feribottan Yayılan Egzoz Emisyonlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Durşen, M., ve Yasun, B. (2012). Yeraltı Madenlerinde Bulunan Zararlı Gazlar ve Metan Drenajı, İsgüm, Ankara.
- European Maritime Safety Agency (EMSA). (2018). The World Merchant Fleet in 2018 Statistics from Equasis.
- European Commission. (2019). EDGAR, Fossil CO2 and GHG emissions of all world countries, 2019 report, Lüksemburg. <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019&dst=CO2emi&sort=des8>.
- Friedrich, A., Heinen, F. ve Kodjak, D. (2007). Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. The International Council on Clean Transportation.
- Güzel, B., Canlı, O. ve Olgun, E. Ö. (2018). Sularda Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlığa Etkileri. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(2), 277-290.
- Han, X., ve Naehar, L. P. (2006). A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. Environment international, 32(1), 106-120.

- Hlali, A., ve Hammami, S. (2017). Seaport Concept and Services Characteristics: Theoretical Test. The Open Transportation Journal, 11(1). Doi: [10.2174/1874447801711010120](https://doi.org/10.2174/1874447801711010120).
- IPCC, C. C. (2014). Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
- Ikonair. (2009). Büyükşehirlerde Hava Kalitesi Yönetiminin Geliştirilmesi Projesi. <http://ikonair.cob.gov.tr/ikonair/AnaSayfa/Sorular.aspx?sflang=tr>.
- IMO. (2020). Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14. Erişim Şubat 11, 2020, [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).
- Kılıç, A. (2009). Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2), 124-134.
- Kırımhan, S. (2006). Hava Kirliliği ve Kontrolü. Ankara. Turhan Kitabevi Ofset Matbaacılık Tesisleri.
- Mapsroom. (2020). Emission Control Areas. Erişim Şubat 09, 2020, <https://mapsroom.com/pin/2303/>.
- Marine Environmental Protection Committee (MEPC). (2015). Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems. IMO:Londra. <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/MEPC.259%2868%29.pdf>.
- NASA. (2020). Global Climate Change. Carbon Dioxide. Erişim Şubat 05, 2020, <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>.
- Nursal, B., ve Yurttagül, M. (1998). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar. Beslenme ve Diyet Dergisi, 27(1), 50-55.
- OSHA. (2020). Safety and Health Topics / Maritime Industry. Erişim Mart 02, 2020, <https://www.osha.gov/dts/maritime/macosh/>.
- Özmen, M.T. (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 453(1), 42-46.
- Öztürk, N. ve Küçükgül, E.Y. (2008). Deniz Ticareti ve Limanlardan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi ve Marpol Ek VI. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu (655-669). Hatay.
- Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., ve Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287(9), 1132-1141.
- Reşitoğlu, İ. A. (2018). Dizel Motorlarda Yanma Sonucu Oluşan NOx Emisyonları ve SCR Teknolojisi. 14th International Combustion Symposium (INCOS2018) 212-216. Karabük.
- Ritchie, H., ve Roser, M. (2017). Our World in Data. Air pollution. Erişim Mart 10, 2020, <https://ourworldindata.org/outdoor-air-pollution>.
- Saraçoğlu, H. (2010). İzmir Limanına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Saral, A. (2011). Hava Kirliliği Nedir, Ülkemizdeki Durumdan Kesitler, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi, 135(1), 34-41.
- Sharma, D. C. (2006). Ports in a storm. *Environmental Health Perspectives*, 114(4), A222-A231. <https://doi.org/10.1289/ehp.114-a222>.
- Sinha, P., Hobbs, P.V., Yokelson, R.J., Christian, T.J., Kirchstetter, T.W. ve Bruinjtjes, R. (2003). Emissions of trace gases and particles from two ships in the southern Atlantic Ocean, *Atmospheric Environment*, 37(15), 2139-2148. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00080-3](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00080-3).
- Shen H., Huang Y., Wang R., Zhu D., Li W., Shen G., Wang B., Zhang Y., Chen Y., Lu Y., Chen H., Li T., Sun K., Li B., Liu W., Liu J. ve Tao S. (2013). Global Atmospheric Emissions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons From 1960 To 2008 And Future Predictions, *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6415-24. doi: 10.1021/es400857z.
- Soysal, A. ve Demiral, Y. (2007). Kapalı Ortam Hava Kirliliği. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6(3), 221-226.
- Tabacova, S., ve Balabaeva, L. (1993). Environmental pollutants in relation to complications of pregnancy. *Environmental Health Perspectives*, 101(suppl 2), 27-31. doi:10.1289/ehp.93101s227.
- Temiz Hava Hakkı Platformu. (2019). Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri Kara Rapor. İstanbul.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020). MARPOL 73/78. Erişim Şubat 08, 2020, <https://imo.uab.gov.tr/marpol-73-78>.
- Tezcan, A., Atılğan, A. ve Öz, H. (2011). Seralarda Karbondioksit Düzeyi, Karbondioksit Gübrelemesi ve Olası Etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 6 (1), 44-51.
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası. (2018). Hava Kirliliği Raporu 2018. Ankara.
- Uçar, O.F. (2014). Samsun İli Limanlarına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri (Denizcilik Uzmanlık Tezi). T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.

- US EPA. (2009). Integrated science assessment (ISA) for particulate matter (Final Report, Dec 2009). <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=216546#tab-3>.
- Ün, Ü. T. (2014). Doğal kaynaklar ve çevre kirliliği. In: Öğütveren, Ü.B. (Ed.) Çevre Sorunları ve Politikaları. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2554, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1524, 44–64. Eskişehir.
- Ünal, P., ve Bayhan, A. (1993). Gıdalarda Bulunan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar, Gıda Dergisi, 18(4), 273-277.
- WHO. (2000). Air Quality Guidelines for Europe Second Edition. Kopenhag. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf.
- WHO. (2015). Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Bonn. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf.
- WHO. (2020). WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020. Cenova. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>.
- Yalçın, M. G. (2009). Kapadokya Bölgesinde Karbondioksitin Salınım Problemleri ve Gerekli Tedbirler. 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı. Nevşehir.
- Yıldırım, M. U. (2018). Liman Hizmet Tarifelerinin Dünyadaki Uygulamalarının İncelenmesi ve Türkiye Açısından Değerlendirilmesi (Denizcilik Uzmanlık Tezi). T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.