

Taşıt Emisyonlarının Mikroyapı Analizi

Bekir GÜNEY^{1,*}, Hanifi KÜÇÜKSARIYILDIZ¹

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yükseokulu, Karaman.

*Sorumlu yazar e-posta: guneyb@kmu.edu.tr. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9764-9313>

e-posta: hanifi@kmu.edu.tr. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5218-3409>

Geliş Tarihi: 19.07.2019;

Kabul Tarihi: 04.11.2019

Öz

Anahtar kelimeler

Emisyon; Mikroyapı;
İnsan Sağlığı; Çevre
Kirliliği.

Dünyada kültürel etkileşim, ekonomik büyüme ve teknolojik ilerlemeler hızla gelişmektedir. Bu gelişmeler insanoğlunun refah seviyesini yükseltmekle birlikte birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Karşılaşılan problemlerden birisi de trafikte seyreden motorlu kara taşıtlarının neden olduğu hava kirliliğidir. Bu çalışmada taşıt egzoz gazlarından kaynaklanan hava kirliliğinden ve etkilerinden, canlıları ve çevreyi korumak amacıyla SEM cihazı ile egzoz gazlarının mikro yapı analizi yapılmıştır. Egzoz gazlarındaki temel kirletici maddeler; karbon monoksit, azot oksitler, hidrokarbonlar, karbon dioksit, kükürt dioksit, kurşun ve bileşikler, aldehitler, is ve partiküllerden meydana gelmektedir. Bu kirletici gazları oluşturan C, O, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Ba, Cr, Fe, Zn ve Pb ana elementlerinin ağırlık oranları bulunmuştur. Ayrıca taşıt emisyonları kaynaklı metal ve ağır metallerin hala çevreyi kirletmeye ve tehdit etmeye devam ettiği deneysel olarak tespit edilmiştir.

Microstructure Analysis of Vehicle Emissions

Abstract

Keywords

Emission;
Microstructure; Human
Health; Environmental
Pollution;

Cultural interaction, economic growth and technological progress have been rapidly developed in the world. Although these developments increase the welfare level of human beings, they also lead to many problems. One of such problems is the air pollution induced by the motor vehicles in traffic. In this study, microstructure analysis of the exhaust gases through SEM instrument has been conducted to protect the living and the environment from the air pollution and its effects which is caused by vehicle exhaust gases. Basic pollutants in exhaust gases consist of carbon monoxide, nitrogen oxides, hydrocarbons, carbon dioxide, sulfur dioxide, lead and compounds, aldehydes, soot and particles. The weight ratios of the main elements C, O, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Ba, Cr, Fe, Zn and Pb in these air-pollutant exhaust gases were determined. Furthermore, it has been experimentally determined that metals and heavy metals from vehicle emissions continue to pollute and threaten the environment.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Küresel ısınma, sanayileşme ve dünya nüfusunun hızla artması dünya düzenini tehdit etmektedir. Dünya genelinde, özellikle endüstriyel tesisler, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketimi ve motorlu taşıtların egzoz atıkları gibi temel hava kirliliğine neden olan insani faaliyetler bu tehdidi meydana getirmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre hava kirliliği dünyanın birçok yerinde son derece tehlikeli ve yüksek boyutlarda seyretmektedir. Son yayınlanan Dünya Sağlık Örgütü'nün verileri, her 10 kişiden 9'unun yüksek düzeyde kirli hava soluduğunu göstermektedir. Bu veriler, bize hava kirliliğinin her yıl 7 milyon insanın

ölümüne neden olduğu bilgisini vermektedir (IntKyn. 1).

Hava kirliliği, havanın doğal bileşiminde bulunan ana maddelerin değişmesi ya da yabancı maddelerin girmesi sonucu insana ve çevreye zarar verecek şekilde bozulması olarak tanımlanabilir. Hava kirliliğine rüzgar, sıcaklık, nem gibi değişik atmosfer olayları sebep olmaktadır.

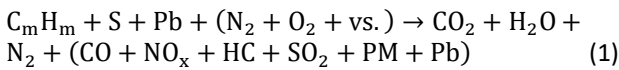
Araç kullanımından kaynaklanan çevre kirliliği dünya gündeminde en ön sıralardadır. İçten yanmalı motorlarda ideal olmayan yanmadan kaynaklanan hava kirletici emisyonlar, son zamanlarda önemli ölçüde azalmasına rağmen dünya çapında artan araç kullanımı nedeniyle hala önemini korumaya devam etmektedir. Taşıt emisyonları, yakıt cinsi, motor

çalışma parametreleri, sıcaklık, iklim ve çevre şartları gibi birçok sebebe bağlıdır (Mafijur 2019, Wallington 2006). Taşıtlardaki emisyon salınım miktarı ateşleme zamanı, yük, hız ve en önemlisi hava/yakıt oranı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlar, kıvılcım ateşlemeli motorlardan daha az gaz, daha yüksek partikül emisyonuna sahiptir. Taşıt kaynaklı hava kirliliğinin temel nedeni motorlu araçlarda yanma esnasında çevreye bırakılan zararlı gazlardır (Ogur and Kariuki 2014).

Günümüzde motorlu araçlarda kullanılan yakıtlar genellikle fosil kaynaklı olup ham petrolden elde edilmektedir. Milyonlarca yıl önce kalıntı olarak bırakılan organik maddelerden elde edilen fosil yakıtlar oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir (Tissot and Welte 1984). Katı veya gaz yanma atıkları, fosil yakıtların ve biyokütlenin eksik şekilde yanması sonucu yaygın meydana gelen maddelerdir. İnsanoğlu araç kullanımı faaliyetleri sayesinde karbonlu partikül emisyonunun %20–25'ine sebep olmaktadır (Cofala et al. 2007). Avrupa'da, karbonlu katı veya gaz yanma atıklarının %70'inden fazlası nakliye sektöründen kaynaklanmaktadır. Katı veya gaz yanma atıklarının bileşimi hava kalitesini, ışınım dengesini ve iklimi önemli ölçüde etkiler (Chow and Watson 2011).

1.1. Taşıtlarda Yanma

Kirlilikte en önemli rolü yanma olayları oynamaktadır. Araçlarda kullanılan fosil yakıtlar yakılarak enerjiye dönüştürülmektedir. Yakıtlar temelde hidrojen (H₂) ve karbondan (C) meydana gelir. Bu elemanlar ideal yanma ortamında doğrudan havanın oksijeni ile reaksiyona girerek su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂) veya havadaki azot gazını (N₂) meydana getirir. Bu ürünler insan ve çevre sağlığına doğrudan zararlı maddeler değildir. Ancak pratikte ideal şartların sağlanamamasına bağlı olarak yanmanın tam olmaması nedeniyle egzoz gazları içerisinde yanma sonucu aşağıdaki reaksiyonlar meydana gelir.



Hava kirliliği çalışmaları, motorlu araçlardan çıkan egzoz gazlarındaki bazı bileşenlerin atmosfer gazlarıyla reaksiyona girerek kirlilettiği maddeler oluşturduğunu göstermektedir. Bu egzoz gazlarının bileşimini, sülfür dioksit, nitrojen dioksit, karbon monoksit, karbon dioksit, hidrokarbonlar ve partiküller oluşturmaktadır (Wallington 2006, Ogur

and Kariuki 2014, Martin et al. 2012). Taşıtlardaki kirlilettiği emisyonun en büyük kaynağı motor içinde, yanma sonucu oluşan egzoz gazlarıdır. Hidrokarbon (HC) emisyonunun yaklaşık %60'ı ve karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürtdioksit (SO₂), partikül madde (PM) ve kurşun bileşiklerinin (Pb) tümü yanma sonucu kimyasal reaksiyonla oluşarak egzoz gazları ile atmosfere atılmaktadır (Kutlar vd. 1988).

1.2. Bazı Kirlilettiği Emisyonlar ve Etkileri

1.2.1. Karbon monoksit (CO)

Tamamlanmamış yanma sonucu oluşan karbon monoksit emisyonları, hava-yakıt oranı λ'nın 1'den küçük olduğu zengin karışımların yanmasından kaynaklanır. Bu tür karışımlarda, karbonun tamamını karbon dioksit'e dönüştürmek için yeterli oksijen yoktur. Kimyasal kinetik etkiler nedeniyle zayıf şartlar altında az miktarda karbon monoksit de çevreye yayılır. Motordaki CO emisyonları, silindire giren yakıt ve havanın tamamında homojen karışımı ayarlayarak kontrol edilir (Faiz al. 1996, Mutlu ve Arslan 2018). Dizel motorlar sürekli yüksek hava-yakıt oranına sahip içten yanmalı motorlardır. Bu yüzden dizel motorlarda CO oluşumu minimum düzeydedir. Bununla birlikte, dizel motordaki damlacıklar çok büyükse veya yanma odasında yetersiz türbülans ya da yetersiz yakıt -hava karışımı oluşmuşsa CO üretilir (Resitoğlu vd. 2015). Karbon monoksit renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. Kanın oksijen taşıma kapasitesini azalttığı için beyinde, kalpte ve diğer dokularda fonksiyon bozukluğu meydana getirir. Doğmamış veya yeni doğan çocuklar ve kalp hastalığı olan insanlar bu kirliletticiden dolayı büyük tehlike altındadır. Sağlıklı insanlar bile karbon monoksit'e maruz kalması nedeniyle boğulma, baş ağrısı, yorgunluk, refleks zayıflığı, konsantrasyon bozukluğu ve zihin bulanıklığı yaşayabilir (Raub 1999, Kampa and Castanas 2008, Walsh 2011, Strauss et al. 2004).

1.2.2. Hidrokarbonlar (HC)

Hidrokarbonlar parafinler, alkenler ve aromatikler gibi binlerce türden oluşur (Hiroyuki et al. 2011). HC emisyonları, silindir duvarının yakınında meydana gelen yetersiz sıcaklık nedeniyle yanmamış yakıtlardan oluşmaktadır. Bu noktada, hava-yakıt karışımı sıcaklığı silindirin merkezinden önemli ölçüde düşüktür (Correa and Arbilla 2008). Silindirden çıkan yanmamış hidrokarbonlar egzozdaki 600 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda

reaksiyona girerek hidrokarbon emisyonu yaymaya devam ediyor (Faiz al. 1996). Hidrokarbonlar diğer kirletici emisyonlarla birlikte yer seviyesindeki ozon oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Araç, emisyonların yaklaşık % 50'sinin oluşumuna sebebiyet vermektedir. Hidrokarbonlar potansiyel olarak toksiktir, solunum yolu tahrişi ve kansere neden olurlar. Kötü kokulu, solunum yollarını tahriş edici ve bayıltma etkileri vardır (Diaz-Sanchez 1997, Krzyzanowski et al. 2005).

1.2.3. Azot oksitler (NO_x)

Motor silindirlerinde yaklaşık 1.600 °C'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklar azotun oksijenle reaksiyona girmesine ve NO_x emisyonları üretmesine sebep olur. Bu nedenle, NO_x oluşumunun ana sebebi yanmadaki oksijen sıcaklığı ve konsantrasyonudur (Resitoğlu et al. 2015). Azot oksitler (NO, NO_2, NO_x vb.) emisyonları yanma odasında azot oksidasyonu ve atmosferik azotun yüksek sıcaklık oksidasyonu olmak üzere iki şekilde meydana gelir (Wallington 2006). NO, NO_x 'in % 85-95'ini oluşturur. Atmosferik havada yavaş yavaş NO_2 'ye dönüşür. NO ve NO_2, NO_x olarak bir araya toplanırken, bu iki kirletici arasında bazı belirgin farklılıklar vardır. NO renksiz ve kokusuz bir gaz iken, NO_2 keskin kokulu kırmızımsı kahverengi bir gazdır (Chong et al. 2010, Hoekman and Robbins 2012, Kelen 2014). Araçlardan kaynaklanan azot oksitler, büyük miktarda çevre ve sağlık tehlikesi meydana getirirler. NO_x emisyonları, dünyadaki çoğu büyük şehirde önemli problem haline gelen asitleşmeye, ozon oluşumuna, besin zenginleştirmeye ve duman oluşumuna sebep olur (Grewe et al. 2012). Atmosferde, NO_x emisyonları troposferik ozon ve başka toksik kirleticileri oluşturmak için diğer kirleticilerle kimyasal olarak reaksiyona girer. NO ve NO_2 toksik olarak kabul edilir, ancak NO_2, NO 'dan beş kat daha fazla toksisite seviyesine sahiptir. Aynı zamanda insan akciğer hastalıklarını doğrudan etkiler. NO_2 akciğerleri tahriş edebilir ve grip gibi solunum yolu enfeksiyonuna sebep olabilir. NO_x emisyonları, küresel iklim değişikliği ve tarımsal verimliliğin azalmasına sebep olan, karasal ve sulu ekosistemleri etkileyebilen asit yağmuru oluşumunda öncü rol oynamaktadır. Ayrıca azot dioksit ve havadaki nitrat, atmosferde görünürlüğü bozan kirletici bulanıklığa sebep olmaktadır (Kagawa 2002, Hoef et al. 2012).

1.2.4. Partikül Madde (PM)

Partikül madde, mikroskobik parçacıklar ve küçük sıvı damlacıklarından meydana gelir. Egzoz gazındaki partikül madde emisyonları yanma işleminden kaynaklanmaktadır. Partikül madde, kısmen yanmış yakıt, kısmen yanmış yağlama yağı, yakıt yağının kül içeriği, silindir yağlama yağı veya sülfatlar ve suyun çok küçük parçacıklarının topaklanmasından meydana gelir (Maricq 2007). Partikül parçacıklarının çoğu, hidrokarbonların yakıt ve yağlama yağında eksik yanmasından kaynaklanır. Deneysel bir çalışmada, ağır hizmet dizel motorunun tipik parçacık bileşimi; % 41 karbon, % 7 yanmamış yakıt, % 25 yanmamış yağ, % 14 sülfat ve su, % 13 kül ve diğer bileşenler olarak sınıflandırılmıştır (Kittelson 1998). Başka bir çalışmada, PM'nin elementel karbon (% 31), sülfatlar ve nem (% 14), yanmamış yakıt (% 7), yanmamış yağlama yağı (% 40) ve geri kalanının metaller olabileceği bildirilmiştir (Agarwal 2007).

Küçük boyutlarından dolayı partikül maddeler, vücudun doğal savunmaları olan burun ve üst solunum sistemlerinde tutunamazlar. Yani, hapsedilecekleri ve tahrişe neden olabilecekleri akciğerlerin derinliklerine giderler. Partikül maddeye maruz kalma, astımı veya hassas solunum yolları olan kişilerde hırıltı ve benzeri semptomlara neden olabilir. PM, toksik hava kirleticiler için bir gösterge olarak görev yapabilir. Bu parçacıkların solunması erken ölüm, astım, akciğer kanseri ve diğer kardiyovasküler hastalıklar gibi önemli sağlık problemlerine neden olabileceği tespit edilmiştir (Englert 2004, Michael and Kleinman 2000).

Trafik emisyonlarından kaynaklanan partikül maddenin kimyasal bileşimleri bölgelere, şartlara, araca, kullanılan yakıt ve zamana göre değişmektedir. Bu maddelerin sağlığa etkilerinin değerlendirilmesinde büyük belirsizlikler bulunmaktadır. Bu yüzden emisyon maddelerinin özelliklerinin kapsamlı karakterizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır.

1.2.5. Kükürt dioksit (SO_2)

Kükürt dioksit motor yakıtındaki kükürt'ün bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Motorlarda kükürt içeren yakıt yakıldığında kükürt dioksit açığa çıkar. Dizel yakıtı olan motorindeki kükürt seviyesi % 0,05'in altına, benzinde ise % 0,03'ün altına düşürülerek kullanılmaktadır. SO_2 ve asidik aerosoller ozon etkisi meydana getirmektedir (Utell 1994). Atmosferdeki kükürt oksitler en yaygın olarak; SO_2, H_2SO_4 ve inorganik sülfatlar formlarında bulunur. Renksiz ve güçlü kokuya sahiptir. SO_2 direkt olarak solunum

sisteminde tahriş edici etki gösterir. Solunan yüksek konsantrasyondaki kükürt dioksitin % 90'dan fazlası üst solunum yollarından absorbe olur. Bunun sonucu olarak, bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalık semptomları meydana gelir. Sülfür dioksit maruziyeti hava geçişlerini kısıtlar, astım hastaları ve yetişkinlerin akciğerlerinden daha fazla çalışması gereken küçük çocukların akciğerlerinde problemler oluşturur.

1.2.6. Kurşun ve Bileşikleri (Pb)

Kurşun; benzinin tutuşmaya karşı göstermiş olduğu direncin bir göstergesi olan oktan sayısını artırmak amacıyla benzine katılan bir katkıdır. Ancak benzine kurşun ilavesi AB, USA ve ülkemizde yasaklanmıştır. Bu nedenle halkın dış mekan kurşun kirliliğine maruz kalmasında önemli bir düşüş vardır. Kurşun zehirlenmesi zihinsel yeteneği azaltabilir, kan, sinir ve organlara zarar verebilir ve kan basıncını artırabilir. Kurşunun vücutta birikmesi beslenme ve solunum sistemlerinde zararlı etkilere sebep olabilir. Dünya çapında hızla artan araç kullanımından kaynaklanan kirliliğin doğal çevreye ve insan sağlığına verdiği tehlike çok boyutludur. Hava kirliliğinin azaltılması için fiziko-kimyasal özelliklerinin araştırılması, motor performansının iyileştirilmesi, yakıt verimliliği ve filtreleme stratejileri önem kazanmaktadır. Bu amaçla çalışmamızda, dizel, benzinli ve LPG yakıtlı olmak üzere 10'ar adet aracın emisyon değerleri Emisyon Test Cihazında ölçülmüştür. Egzoz emisyonlarının elementel analizi SEM, moleküler yapı analizi FTIR cihazı yardımıyla yapılmıştır. Tespit edilen emisyon gazlarının atmosfer gazları ile reaksiyona girerek ortaya çıkardığı ürünler araştırılmıştır. Elde edilen değerler Avrupa Birliği (AB) komisyonunun emisyon standartları ile kıyaslanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Emisyon Test Çalışması

Dizel, benzinli ve gaz yakıtlı binek araçlara ait emisyon ölçümleri, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Otomotiv Atölyesi'nde yapılmıştır. Emisyon testleri rast gele seçilmiş 10'ar adet LPG, benzin ve dizel yakıtlı binek otomobiller üzerinde

yapılmıştır. Otomobiller kararlı rejim durumunda (85-90 °C sıcaklıkta), yönetmelikte belirtilen devirlerde ve oda sıcaklığında teste tabi tutulmuştur. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 11 Mart 2017 tarih ve 30004 sayılı Resmi Gazetede "Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Bu Yönetmeliğin amacı, trafikte seyreden motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazlarının neden olduğu hava kirliliğinden ve etkilerinden, canlıları ve çevreyi korumak amacıyla egzoz gazı kirleticilerinin azaltılmasını sağlamak ve ölçümler yaparak kontrol etmek üzere gerekli usul ve esasları belirlemektir. Çalışma kapsamında deney araçlarının emisyonları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 30 Kasım 2013 tarih ve 28837 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü İle Benzin Ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği"nde belirtilen egzoz gazları ölçülmüştür (IntKyn. 2). Bu yönetmeliğe göre yakıt türlerine göre emisyon sınır değerleri şöyledir:

2.1. 1. Dizel motorlar için;

Yönetmeliğe göre dizel motorların emisyon değeri ölçülürken en son üç serbest ivme devrinin aritmetik ortalamasındaki değer sınır değeri aşıyorsa, taşıtlar "başarısız" kabul edilir. İlgili taşıt muayeneden geçemez. Model yılı 1979 ve öncesi olan dizel motorlu araçlar bu ölçümden "muaf"tır. Çizelge 1'de dizel motorlar için sınır değerler verilmiştir.

Çizelge 1. Trafikte kullanılmakta olan dizel motorlu taşıtlarda absorpsiyon katsayısı sınır değerleri

Sınır Değerler	Absorbsiyon Katsayısı*
Normal emişli dizel motorlarda (Turbosuz)	2,5 m ⁻¹
Aşırı doldurmalı (Turbolu)	3,0 m ⁻¹
2011 model ve daha yüksek modellerde	1,5 m ⁻¹

* **Absorbsiyon Katsayısı:** Duman koyuluğunu gösteren ve egzoz gazı içinden geçen ışığın soğurması ile ölçülen katsayıdır (IntKyn. 2).

2.1.2. Benzinli ve LPG'li Motorlar için;

LPG / LNG / CNG'ye sahip çift yakıtlı araçlarda egzoz ölçümü her iki yakıt içinde yapılır ve ölçüm değerleri tablodaki limit değerleri sağlaması gerekmektedir. Çizelge 2'de benzinli ve LPG'li araçlar için ölçülecek egzoz gazı ve sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. Trafikte kullanılmakta olan benzin motorlu taşıtlarda karbonmonoksit sınır değerleri

Sınır Değerler	Karbonmonoksit %CO (Hacimsel)
Egzoz sisteminde katalitik dönüştürücü ve benzeri emisyon kontrol donanımı olmayan taşıtlar	

Rölantide	
1975 ve öncesi Modeller	En fazla 6
1976 -1986 arası Modeller	En fazla 4,5
1987 ve sonrası Modeller	En fazla 3,5
Egzoz sisteminde katalitik dönüştürücü ve benzeri emisyon kontrol donanımı olan taşıtlar	
Rölantide ($n < 2000 \text{ min}^{-1}$)	
Taşıt imalatçısının belirlediği CO miktarı yoksa	En fazla 0,5
2003 model ve daha yüksek modeller	En fazla 0,3
Yüksek Rölantide ($n \geq 2000 \text{ min}^{-1}$)	
Taşıt imalatçısının belirlediği CO miktarı yoksa	En fazla 0,3
2003 model ve daha yüksek modeller	En fazla 0,2

2.2. Mikroyapı Çalışması

Mikroyapı analizi Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi, Malzeme Karakterizasyon Laboratuvarında, enerji dağıtıcı spektrometre (EDS) ile donatılmış, alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazıyla yapılmıştır. Ayrıca numune kompozisyonunda mevcut olan hem serbest hem de karmaşık bağ yapılı moleküllerin spektrumları, titreşim frekansları vasıtasıyla fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (Bruker Vertex 70 ATR-FTIR) cihazı yardımıyla tespit edilmiştir.

Test araçlarına ait egzoz emisyonları bir cam yüzeyde biriktirilmiştir. Numunelerin SEM

cihazından alınan görüntüleri EDS analizleri yardımıyla taşıt emisyonundaki kirletici maddelerin kimyasal kompozisyonu yorumlanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Test Araçlarındaki Emisyon Ölçüm Değerleri

Benzin yakıtlı otomobillere ait veriler Çizelge 3'te gösterilmiştir. Söz konusu araçlar üzerinde yapılan ölçümlere göre Karbondioksit'in (CO) minimum değeri 0.010, maksimum değeri 0.680 ve ortalama değeri 0,139 olarak bulunmuştur. Bu değerler binek otomobiller için AB Emisyon Standartları'na göre uygundur.

Çizelge 3. Benzin yakıtlı test araçlarına ait emisyon verileri

Model Yılı	Yakıt Cinsi	Düşük Devir (min^{-1})	Yüksek Devir (min^{-1})	Lambda	CO miktarı (% Hacimce)
2008	Benzin	690	3040	0,990	0,070
2008	Benzin	780	3140	1,000	0,250
2010	Benzin	750	2840	1,000	0,680
2010	Benzin	640	3040	0,990	0,220
2011	Benzin	600	2560	1,000	0,030
2012	Benzin	730	3340	0,990	0,040
2013	Benzin	790	2810	0,970	0,040
2014	Benzin	780	3050	0,990	0,020
2014	Benzin	850	2910	0,990	0,030
2018	Benzin	1120	2720	0,990	0,010
	Ortalama	773	2945	0,991	0,139

Teste tabi tutulan LPG yakıtlı otomobillere ait veriler Çizelge 4'te gösterilmiştir. LPG yakıtı ile çalışan araçların minimum CO miktarı 0.010, maksimum CO miktarı 3.610 ve ortalama CO miktarı 0.60 olarak

tespit edilmiştir. Teste tabi tutulan araçlar 2008 yılı ve sonrasında trafiğe çıkmıştır. Bu ortalama değer AB Emisyon Standartları'na göre uygundur.

Çizelge 4.LPG yakıtlı test araçlarına ait emisyon verileri

Model Yılı	Yakıt Cinsi	Yüksek Devir (min ⁻¹)	Lambda	CO miktarı (% Hacimce)
2008	Lpg	2910	0,930	1,840
2008	Lpg	4350	1,020	0,070
2008	Lpg	2320	1,000	0,080
2008	Lpg	2720	1,000	0,010
2010	Lpg	3330	1,000	0,170
2011	Lpg	2420	1,000	0,150
2012	Lpg	2770	1,000	0,010
2012	Lpg	2910	1,000	0,030
2012	Lpg	3060	1,190	3,610
2013	Lpg	2670	1,000	0,060
Ortalama		2946	1,01	0,60

Dizel yakıtlı araçların ölçümü yönetmeliğe göre yapılmıştır. Yönetmelik dizel yakıtlı araçlar için egzoz gazlarındaki koyuluk değerini esas almaktadır. Bu araçlarda 3 ölçüm yapıp ortalaması alınarak, ortalama değere bakılmaktadır. Dizel yakıtlı araçların egzoz ölçüm değerleri Çizelge 5'te gösterilmiştir. Dizel yakıtlı araçların egzoz ölçümü sonucunda ortalama koyuluk değeri 0.577 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5: Dizel yakıtlı test araçlarına ait emisyon verileri

Model Yılı	Koyuluk Limit Değeri	Koyuluk Ortalama (m ⁻¹)	Koyuluk 1.Ölçüm	Koyuluk 2.Ölçüm	Koyuluk 3.Ölçüm
2006	3.000	2.630	2.870	2.830	2.190
2007	2.500	0.230	0.220	0.130	0.350
2008	3.000	0.290	0.130	0.140	0.610
2011	1.500	0.350	0.290	0.280	0.470
2012	1.500	0.370	0.290	0.520	0.290
2013	1.500	0.750	0.810	0.980	0.470
2014	1.500	1.080	0.490	1.250	1.510
2015	1.500	0.010	0.010	0.010	0.010
2015	1.500	0.050	0.000	0.040	0.120
2017	1.500	0.010	0.000	0.000	0.020
Ortalama	1.900	0.577	0.511	0.618	0.604

Test araçlarından ölçülen emisyon değerleri AB emisyon standartlarının altında çıkmıştır. Binek otomobiller için AB emisyon standartları Çizelge 6'da verilmiştir. Ancak, araç emisyonlarının durumu ve bunların doğal çevre üzerindeki etkilerinin

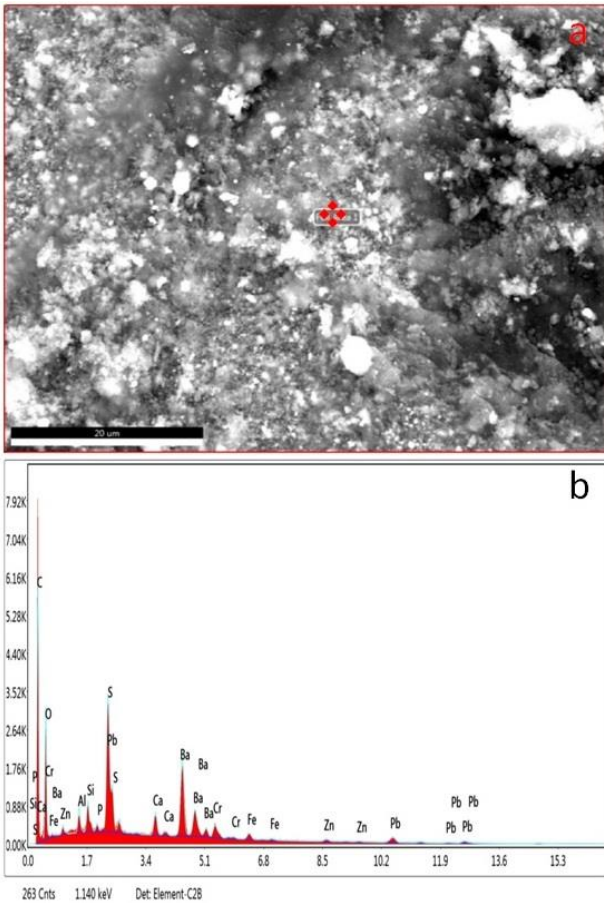
hassasiyetle göz önüne alınması gerekmektedir. İdeal olan insan ve çevreye en az zarar veren emisyon seviyesini yakalamaktır.

Çizelge 6.Binek otomobiller için AB emisyon standartları

Standart	Tarih	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
g/km						
Benzinli Araçlar						
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09	1.0	0.10	-	0.06	0.005
Euro 6	2014.09	1.0	0.10	-	0.06	0.005
Dizel Araçlar						
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	0.14
Euro 2	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2	1996.01	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09	0.50	-	0.23	0.18	0.005
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005

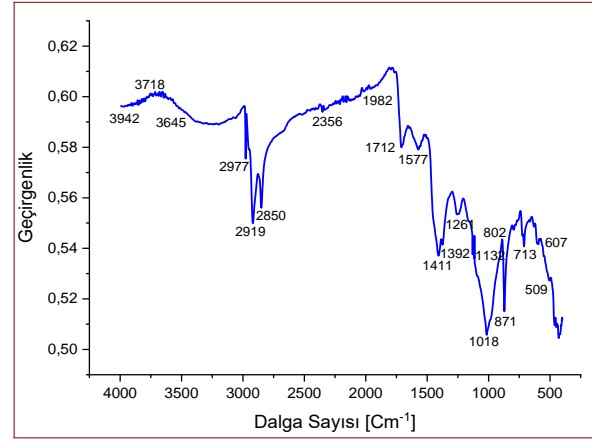
3.2. Mikroyapı Analizi

Taşıt emisyonlarından kaynaklanan kirleticilerin kimyasal bileşimleri bölgelere, şartlara, araca, kullanılan yakıtta ve zamana göre değişmektedir. Bu maddelerin değerlendirilmesinde büyük belirsizlikler bulunmaktadır. Bu yüzden emisyon maddelerinin özelliklerinin kapsamlı karakterizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Cam yüzeyde biriktirilen taşıt egzozundan elde edilen numuneye ait SEM migrografi Şekil 1.a'da gösterilmiştir. Migrografın işaretli noktasından alınan EDS analizi yardımıyla emisyon materyalinin elementel kompozisyonunun C, O, Al, Si, P, S, Ca, Ba, Cr, Fe, Zn, Br, Pb gibi 12 elementten meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 1.b).



Şekil 1: Egzoz Emisyonunun (a) SEM Migrografi, x20, (b) EDS Analizi

Emisyon numunesinin yapısındaki yer alan O-H, C-O, C-H, S-O, N-O bağlarına ait pik değerleri Şekil 8'de gösterilmiştir. Bağ yapılarının daha doğru tayin edilebilmesi için FTIR spektrumları oda sıcaklığında alınmıştır.



Şekil 2: Egzoz Numunesinin FT-IR Pikleri

Şekil 2 incelendiğinde 3942, 2977 cm⁻¹ aralığındaki pikler yapıda O-H gerilmelerini göstermektedir. Bu göstere H₂O molekülünün varlığını işaret etmektedir. 3718, 3645, 2356, 2330, 1712 cm⁻¹ aralığındaki pikler yapıda O-C gerilmelerinin göstergesidir. Bu da yapıda CO₂ moleküllerinin varlığına işaret etmektedir. 1982, 1577 cm⁻¹ arasındaki pikler ise CO moleküllerinin varlığını göstermektedir. 356, 1018 713, 607, 509 cm⁻¹ arasındaki pikler H-C gerilmelerinin göstergesidir. Bu da HC moleküllerinin varlığı göstermektedir. 1411, 1373, 1132 cm⁻¹ arasındaki pikler S-O gerilmelerini göstermektedir. Buda SO₂ molekülünün varlığını göstermektedir. 1132, 871, 802 cm⁻¹ aralığındaki pikler N-O gerilmelerinin varlığını göstermektedir. Bu durumda yapıda NO_x serbest ve karışık bağ yapılı moleküllerin var olduğunu göstermektedir. FTIR ölçümleri değerlendirildiğinde EDS analizi ile tespit edilen elementel yapılarla uyumlu olarak moleküler bağ yapılarının mevcut olduğu ortaya konmuştur.

Çalışmada analizi yapılan taşıt emisyon maddesi ile önceki çalışmalarda kullanılan emisyon maddelerinin ağırlıkça oranları Çizelge 7'de verilmiştir (Hao et al. 2019, Wu et al. 2003, Song et al. 2014, Marcos et al. 2010). Tablodaki verilere göre % 42,31 oranıyla elementel ve organik karbon en yüksek oranda tespit edilmiştir. Devamında % 20,3 oranıyla oksijen tespit edilmiştir. Oksijenin bu denli yüksek oluşu hem yanma kaynaklı hem de ortam atmosferinden transfer olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Diğer elementler sırasıyla; Baryum: % 19, Kurşun: % 6,69, Kükürt: % 4,08, Kalsiyum: % 1,63, Alüminyum: % 1,39, Krom: %1,39, Silisyum: % 1,37, Demir: % 0,92, Çinko: % 0,55, Fosfor: % 0,37, Brom: % 0,34 ağırlıklarında tespit edilmiştir.

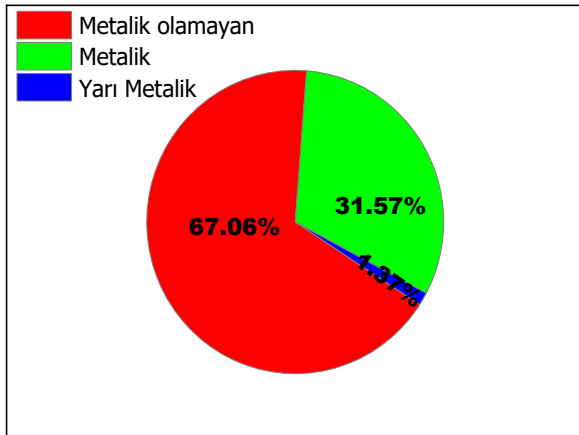
Egzoz gazı EDS analizinde ağırlıkça % 42,31 Karbon (C) tespiti yapılmıştır. Yüksek orandaki C eğer ideal yanma şartları sağlanabilseydi tamamen yanarak çevreye zarar vermeyecekti. Ancak araç içerisindeki

ve çevredeki ideal olmayan yanma şartlarından dolayı emisyon ölçümlerinden de anlaşıldığı gibi CO emisyonuna sebep olmaktadır.

Çizelge 7. Egzoz emisyonunun kimyasal kompozisyonu

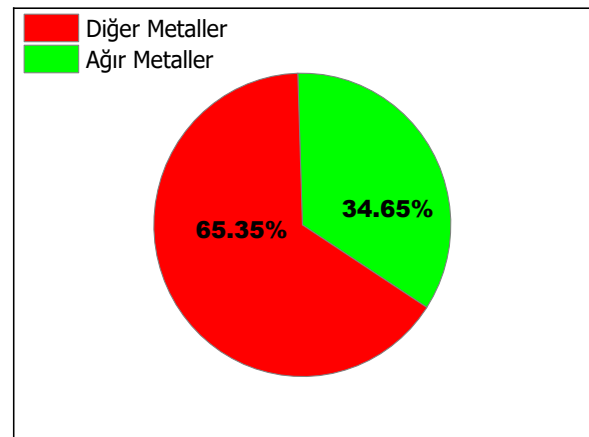
Element	Bu çalışma % Ağılık	(Hao al. 2019) % Ağılık	(Wu al. 2003) % Ağılık	(Song al. 2014) % Ağılık	(Chaparro al. 2010) % Ağılık
C	42.31	45,96	16,8	20,8	63,78
O	20.3				17,14
Al	1.39	2,77	0,474	0,069	0,67
Si	1.37		1,00	0,19	1,65
P	0.37	0,24			0,27
S	4.08	16	4,19	1,63	3,81
Ca	1.63	1,85	0,35	0,12	3,50
Ba	19	0,04			
Cr	1.39	0,01			0,02
Fe	0.92	2,14	0,42	0,16	0,50
Zn	0.55	0,19			0,30
Pb	6.69	0,03	0,274	0,038	
Na		1,48	0,56	0,14	0,26
Mg		2,29	0,17	0,033	0,13
K		0,48	2,26	0,15	0,08
Ti		0,04			0,04
Mn		0,03	0,013	0,019	0,05
Cu		0,02	0,034		0,11
Br	0,34	0,004			
Hg		0,03			
Cl			0,43	0,38	
Co			0,037		
Sc			0,014		
Cu			0,013		

Numuneden tespit edilen S, Ba, P, K, Pb, Br ve Zn gibi elementler motorlardaki yakıtlardan, yağlayıcılardan ve temizlik maddelerinden kaynaklanan tipik zehirlerdir (Andersson al. 2007). Elementler metalik, metalik olmayan ve yarı metalik olarak üç kategoriye ayrılır. EDS sonuçlarına göre metalik elementlerin (Al, Ca, Cr, Fe, Zn, Ba ve Pb) kütle miktarı % 31,57, metalik olmayan elementlerin (C, O, P, S ve Br) kütle miktarı % 67,06 ve yarı metalik elementin (Si) kütle miktarı Grafik 1’de görüldüğü gibi % 1,37 bulunmuştur.



Grafik 1: Elementlerin Kütle Miktarları

Metaller de ağır metal ve diğer metal elementler olarak iki sınıfa ayrılır. Ağır metallerin (Cr, Fe, Zn, Al ve Pb) kütle miktarı % 34,65 ve diğer metallerin (Ca, ve Ba) kütle miktarı Grafik 2’de görüldüğü gibi % 65,35 bulunmuştur.



Grafik 2: Metallerin Kütle Miktarları

Özgül ağırlığı 5 g/cm³’ten daha yüksek olan metaller ağır metal olarak adlandırılır. Bunlar arasında; kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60 kadar metal vardır. İlerleyen teknoloji nedeniyle metaller ve ağır

metallerin hayatımızdaki etkisi artmıştır. Metallerin hayat içerisindeki denge düzeninde kimyasal bileşimlerde bulunması önemlidir. Ancak insan faaliyetleri ile bozulan denge sayesinde konsantrasyonlar değişmektedir. Ortaya çıkan bu sıra dışı olay öncelikle meslek hastalıklarına sebep olmaktadır. Daha sonra hava, toprak ve su gibi yer altı ve yer üstü kaynaklarını kirleterek çevre problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağır metallerin en istenilmeyen tarafı vücuttan atılamamaları nedeniyle çeşitli dokularda (yağ dokusu, kemik vb.) depolanmalarıdır. Bu durum da hastalıkların ilk evresi olarak bilinir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada egzoz emisyonlarının elementel yapısı incelenerek yanma sonunda çevreye saldırdığı emisyon değerleri araştırılmıştır. Çalışma sonunda; emisyon elementlerinin, zararlı emisyon değerlerinin her ne kadar azaltılsa da hala yok edilemediği, araçlarda ideal yanmayı temin edecek yanma sisteminin oluşturulamadığı, hava kirleticilerin hala atmosferi kirletmeye devam ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca egzoz gazı EDS analizinde ağırlıkça % 42,31 Karbon (C) tespiti yapılmıştır. Yüksek orandaki C ideal olmayan yanma şartlarından kaynaklanmaktadır. Bu durum emisyon ölçümlerinden de anlaşıldığı gibi CO emisyonuna sebep olmaktadır. Dolayısıyla ideal yanmanın sağlanması için taşıtlarda gerekli periyodik bakım-ayarlarının zamanında ve düzenli bir şekilde yapılması önerilmektedir.

Taşıt egzoz gazlarından alınan numune mikrografında işaretli noktasından alınan EDS analizi yardımıyla emisyon materyalinin elementel kompozisyonunun C, O, Al, Si, P, S, Ca, Ba, Cr, Fe, Zn, Br, Pb gibi 12 elementten meydana geldiği tespit edilmiştir.

Diğer yandan taşıt emisyonları sebebiyle yayılan metal ve ağır metallerin hala çevreyi kirletmeye ve insan sağlığını tehdit etmeye devam ettiği deneysel olarak tespit edilmiştir.

5. Kaynaklar

- Agarwal, A.K., 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress Energy and Combustion Science*, **33**, 233-271.
- Andersson, J., Antonsson, M., Eurenus, L., Olsson, E. and Skoglundh, M., 2007. Deactivation of diesel oxidation catalysts: Vehicle-and synthetic ageing correlations. *Applied Catalysis B: Environmental*, **72**, 71-81.

- Chaparro, M.A.E., Marie, D.C., Gogorza, C., Navas, A. and Sinito, A.M., 2010. Magnetic studies and scanning electron microscopy-X-ray energy dispersive spectroscopy analyses of road sediments, soils and vehicle-derived emissions. *Studia Geophysica et Geodaetica*, **54**, 633-650.
- Chong, J.J., Tsolakis, A., Gill, S.S., Theinnoi, K. and Golunski, S.E., 2010. Enhancing the NO₂/NO_x ratio in compression ignition engines by hydrogen and reformat combustion, for improved aftertreatment performance. *International Journal of Hydrogen Energy*, **35**, 8723-8732.
- Chow, J.C. and Watson, J.G., 2011. Air quality management of multiple pollutants and multiple effects. *Air Quality Management of Multiple Pollutants*, **45**, 26-32.
- Cofala, J., Amann, M., Klimont, Z., Kupiainen, K. and Hoglund-Isaksson, L., 2007. Scenarios of global anthropogenic emissions of air pollutants and methane until 2030. *Atmospheric Environment*, **41**, 8486-8499.
- Correa, S.M. and Arbilla, G., 2008. Carbonly emissions in diesel and biodiesel exhausts. *Atmospheric Environment*, **42**, 769-775.
- Diaz-Sanchez, D., 1997. The role of diesel exhaust particles and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease. *Allergy*, **52**, 52-56.
- Elliott, M.A., Nebel, G.J. and Rounds, F.G., 2012. The composition of exhaust gases from diesel, gasoline and propane powered motor coaches. *Journal of the Air Pollution Control Association*, **5**, 103-108.
- Englert, N., 2004. Fine particles and human health-a review of epidemiological studies. *Toxicology Letters*, **149**, 235-242.
- Faiz, A., Weaver C.S. and Walsh P.W., 1996. *Air pollution from motor vehicles: standards and technologies for controlling emissions*. The World Bank, 1-266.
- Grewe, V., Dahmann, K., Matthes, S. and Steinbrecht, W., 2012. Attributing ozone to NO_x emissions: implications for climate mitigation measures. *Atmospheric Environment*, **59**, 102-107.
- Hao, Y., Deng, S., Yang, Y., Song, W., Tong, H. and Qiu, Z., 2019. Chemical composition of particulate matter from traffic emissions in a road tunnel in xi'an, China. *Aerosol and Air Quality Research*, **19**, 234-246.
- Hoeft, I., Steude, K., Wrage, N. and Veldkamp, E., 2012. Response of nitrogen oxide emissions to grazer

- species and plant species composition in temperate agricultural grassland. *Agriculture. Ecosystems-Environment*, **151**, 34-43.
- Hoekman, S.K. and Robbins, C., 2012. Review of the effects of biodiesel on NO_x emissions. *Fuel Processing Technology*, **96**, 237-249.
- Hiroyuki, Y., Misawa, K., Suzuki, D., Tanaka, K., Matsumoto, J., Fujii, M. and Tanaka, K., 2011. Detailed analysis of diesel vehicle exhaust emissions: nitrogen oxides, hydrocarbons and particulate size distributions. *Proceedings of the Combustion Institute*, **33**, 2895-2902.
- Kagawa, J., 2002. Health effects of diesel exhaust emissions-a mixture of air pollutants of worldwide concern. *Toxicology*, **181-182**, 349-353.
- Kampa, M. and Castanas, E., 2008. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, **151**, 362-367.
- Kelen, F., 2014. Motorlu taşıt emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri. *Journal of The Institute of Natural and Applied Sciences*, **19**, 80-87.
- Kittelson, D.B., 1998. Engines and nanoparticles: a review. *Journal of Aerosol Science*, **29**, 575-588.
- Krzyzanowski, M., Kuna-Dibbert, B. and Schneider, J., 2005. *Health effects of transport-related air pollution*. WHO, 30-205.
- Kutlar, O.A., Ergeneman, M., Arslan, H. ve Mutlu, M. 1998. *Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler*. Birsen Yayınevi, 10-96.
- Mafijur, M., Mohammad Rasul, Hassan, N.M.S. and Uddin, M.N., 2019. Investigation of exhaust emissions from a stationary diesel engine fuelled with biodiesel. *Energy Procedia*, **160**, 791-797.
- Maricq, M.M., 2007. Chemical characterization of particulate emissions from diesel engines: a review. *Journal of Aerosol Science*, **38**, 1079-1118.
- Michael, R.A. and Kleinman, M.T., 2000. Incidence and apparent health significance of brief airborne particle excursions. *Aerosol Science and Technology*, **32**, 93-105.
- Mutlu, İ. ve Arslan, M., 2018. Biyoalkollerin içten yanmalı motorlarda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi üzerine bir derleme. 14th International Combustion Symposium, 1-10.
- Ogur, E.O, and Kariuki, S.M., 2014. Effect of car emissions on human health and the environment. *International Journal of Applied Engineering Research*, **9**, 11121-11128.
- Raub, J.A., 1999. Health effects of exposure to ambient carbon monoxide. *Chemosphere: global change. Science*, **1**, 331-351.
- Resitoğlu, İ.A., Altınışik, K. and Keskin, A., 2015. The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Clean Technologies and Environmental Policy*, **17**, 15-27.
- Song, S., Wu, Y., Zheng, X., Wang, Z., Yang, L., Li, J. and Hao, J., 2014. Chemical characterization of roadside PM_{2.5} and black carbon in Macao during a summer campaign. *Atmospheric Pollution Research*, **5**, 381-387.
- Strauss, S., Wasil, J.R. and Earnest, G.S., 2004. Carbon monoxide emissions from marine outboard engines. *Society of Automotive Engineers*, **13(4)**, 2127-2137.
- Tissot P. and Welte D.H., 1984. *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag Telos, 50-702.
- Utell, M.J., 1994. Public Health Risks From Motor Vehicle Emissions. *Annu Rev Public Health*, **15**, 157-178.
- Wallington, T.J., Kaiser E.W. and Farrell J.T., 2006. Automotive fuels and internal combustion engines: a chemical perspective. *Chemical Society Reviews*, **35**, 335-347.
- Walsh, M.P., 2011. Mobile source related air pollution: effects on health and the environment. *Encyclopedia of Environ Health*, **3**, 803-809.
- Wu, Y., Hao, J., Fu, L., Hu, J., Wang, Z. and Tang, U.W., 2003. Chemical characteristics of airborne particulate matter near major roads and at background locations in Macao, China. *Science of the Total Environment*, **317**, 159-172.

İnternet kaynakları

1. <https://www.who.int/air-pollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health>, (19.07.2019)
2. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/11/20131130-13.htm>, (19.07.2019)