

Şehir otobüslerinin gerçek dünya koşullarında motor çalışma şartlarının ve NOx emisyonlarının incelenmesi

Ayda Bal, Hülya Semercioğlu, Eyüp Fatih Ay, Şeref Soylu*

Sakarya Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
54187 Esentepe/Sakarya

Özet

Avrupa kara taşımacılığında emisyon standartlarının gelişimi ile son 40 yılda emisyon değerlerinin %90'dan fazla azalım göstermesine rağmen gelişmiş ülkelerin çoğunda hala şehir içi nüfusu, ulaşımdan kaynaklı emisyonlardan zarar görmektedir. Bu zararın en önemli sebeplerinden biri tip onay test çevrimlerinin taşıtın gerçek dünya koşullarıyla uyum göstermemesidir. Bundan dolayı şehir içi caddelerinde salınan taşıt emisyonlarının miktarı emisyon standartlarındaki azalmalar ile paralellik göstermemektedir. Bu çalışmada taşınabilir emisyon ölçüm sistemleri kullanılarak Sakarya şehir merkezinde gerçek dünya koşullarında şehir içi otobüslerinin motor çalışma parametreleri ve egzoz katalizörlerinin (SCR) verimi araştırılmıştır. Motor hızı-yükü ve NOx emisyonlarına ilişkin koşullarda taşıt operasyon haritası hazırlanmış ve haritanın kritik bölgeleri belirlenmiştir. Haritanın düşük yük ve düşük hız koşullarında daha çok çalışmasından dolayı bu noktaların emisyonlar açısından önemli olduğu belirlenmiştir. Tüm çalışma bölgelerinde ise SCR sisteminin ortalama NOx konsantrasyonlarını %65-75 oranında minimize ettiği ortaya çıkmıştır. Bu bölgeler yakıt ekonomisi, emisyonların belirlenmesi ve minimize edilmesi konusunda şehir içi otobüs üreticileri için çok önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Şehir otobüsü, hibrid otobüs, motor karakteristikleri, emisyonlar, PEMS

*e-mail:ssoylu@sakarya.edu.tr

1.GİRİŞ

Genel olarak nüfusun yoğun olduğu bölgelerde çalışan şehir içi otobüsleri, Türkiye’de toplumun ulaşım ihtiyaçlarını karşılamada taşıtların temelini oluşturmaktadır. Şehir içi otobüsleri bu yoğun bölgelerde partikül madde (PM), azot oksitler (NOx), karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonlar (HC) gibi insan sağlığına zararı çok fazla olan emisyonları havaya vermektedir [1.2]. Havadaki emisyonların insanlara ulaşmadan önce zararsız konsantrasyon seviyesinde olacak şekilde seyreltilmesi için yeterli zaman bulunmamaktadır. Maalesef bu durumun birçok hastalığa neden olduğu yapılan araştırma çalışmaları sonucunda literatürden bilinmektedir [3.4.5]. Tüm bu olumsuz etkilerden dolayı son 40 yılda emisyon değerlerini %90’ dan fazla azaltmak için yasalar ve standartlar yayınlanmıştır. Avrupa’da bu emisyon standartlarının karşılanmasına yönelik ağır ticari taşıtların motorları piyasaya sürülmeden önce laboratuvarlarda tip onay test çevrimlerine göre test edilmektedir. Fakat buna rağmen gelişmiş ülkelerin çoğunda hala şehir içi nüfusu ulaşımdan kaynaklı emisyonlardan zarar görmektedir [6.7]. Bu zararın en önemli nedenlerden biri tip onay test çevrimlerinin taşıtın gerçek dünya koşullarıyla uyum göstermemesidir [8]. Bundan dolayı şehir içi caddelerde oluşan taşıt emisyonlarının miktarı yayınlanan emisyon yasaları ile paralel olarak azalmamaktadır [9].

Şehir içi otobüsler genellikle güç kaynağı olarak dizel motorları kullanmaktadır ve motorun temel yanma ürünleri olarak çevre havasına CO₂, H₂O ve N₂ vermektedirler. Temel sera gazı olan CO₂’nin miktarı ulaşım aktivitelerinde yakıt kullanımı ile orantılı olarak artış göstermektedir ve bu artış yaklaşık olarak kullanılan yakıt miktarınının 3 katıdır. Temel yanma ürünleri olan CO₂, H₂O ve N₂ emisyonları kaçınılmazdır fakat bununla birlikte lokal kirleticiler olarak bilinen insan sağlığına ve çevre kirliliğine neden olan CO, HC, NOx, ve PM emisyonları önlenmelidir. Şehir içi otobüslerden kaynaklanan lokal kirleticilerin emisyonlarının yanma teknolojilerine, emisyon katalizörlerine, yakıt miktarına, yaşına ve ayrıca otobüs kullanım koşullarına bağlı olduğu yapılan araştırma çalışmaları ile belirlenmiştir [10.11]. Özellikle otobüs kullanım koşulları emisyonlara önemli derecede etki etmektedirler. Emisyonların miktarı sık sık tekrarlanan ivmelenme, yavaşlama, düşük hız, farklı yol eğimi gibi yol koşulları ve trafik şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir. Şehir operasyon koşulları her şehirde farklılık göstermektedir bundan dolayı kullanılan tip onay test çevrimleri bu koşulları temsil edememektedir. Bu nedenle ağır ticari taşıtlar için Euro 6 emisyon düzenlemeleri çevrim dışı ve gerçek dünya emisyonlarını belirleyebilen taşınabilir emisyon ölçüm sistemlerinin kullanılması (PEMs) gerektiğini vurgulamaktadır[12].

PEMs seyir halindeki emisyonları ölçebilmesinden ve kolaylıkla kurulabilmesinden dolayı gerçek dünya koşullarındaki ölçümler için en avantajlı yöntem olarak görülmektedir. PM ve diğer gaz emisyonlarının ölçümü için farklı üreticilerin yapmış oldukları çeşitli PEMS sistemleri piyasada mevcuttur. Thomas D. Durbin ve arkadaşları [13] tarafından yürütülen 5 farklı üreticinin ürettiği PEMS ile yapılan bir araştırma çalışmasında ölçüm tekniklerinin ve operasyonlarının üreticiler arasında farklılık gösterdiği belirtilmektedir. Bu nedenle üretim için standartlaştırılmış yasaların gelişimine ihtiyaç olduğu ve bu ihtiyacın karşılanması gerektiği tavsiye edilmektedir. PEMS ve yardımcı sistemleri ile taşıtların kullanım koşulları, yolun etkileri, motor yanma teknolojileri, emisyon katalizörlerinin (SCR, EGR vb gibi) performansı, motorun operasyon karakteristikleri ve egzoz emisyonlarının incelenmesi mümkündür. Bu sistemler taşıt lokasyonu, çevre sıcaklığı ve nemi, yakıt tüketimi, motor hızı ve yükü ve ayrıca taşıt hızı için saniyelik datarlar toplamaktadır. Bu sebeple PEMS kullanarak belirli bir güzergahta taşıt optimizasyonu yapılabilir. Yerel yönetimler için global ve lokal emisyonları minimize ederek belirli bir güzergaha uygun otobüs seçimi yapmada PEMS çok büyük bir avantaj sağlamaktadır.

PEMS'in diğer bir avantajı, Euro regülasyonlarının istediği ulaştırma kaynaklı emisyonların hava kalitesine etkileri belirlenirken, büyük oranda doğruluk sağlayan PEMS ile hesaplanan emisyon faktörleri bu olumsuz etkileri doğru bir şekilde belirlemiş olmaktadır [14.15.16]. Ayrıca belirli güzergahlarda alternatif yakıtlara sahip taşıtlarda yakıt tüketimi ve emisyon bakımından taşıtların optimize edilmesi için PEMS taşıt üreticilerine fırsat sağlamaktadır. Örneğin hibrid taşıtların gerçek dünya emisyon performansı PEMS kullanılarak test edilebilmektedir.

Taşıtların sınıfları için envanter hazırlanması, emisyon faktörlerinin geliştirilmesi ve taşıtların gerçek dünya emisyonlarının incelenmesi için literatürde yayınlamış farklı araştırma çalışmaları bulunmaktadır [17]. İsveç'te AVL MTC tarafından yapılan İsveç Ulusal Programı -2006 çalışması ESC ve ETC' ye uyarlanmış FIGE test çevrimini kullanan şasi dinamometresinde ve sonuçların mukayesesini sağlamak için PEMS ile 2 farklı üreticiden temin edilen Euro 3 otobüslerinde yapılmıştır. PEMS güzergahı şehir içi, kırsal ve ana yoldan oluşmaktadır [9].

Daha sonra gerçekleştirilen programın devamı olarak İsveç Ulusal Programı -2007 için test programı, üç farklı imalatçıya ait Euro IV-V şehir otobüsü üzerinde yapılan yol testine ek olarak şasi dinamometresi testini kapsamaktadır. Otobüslerin testleri, 2006'da yapılan programda kullanılan PEMS güzergahında ve ekstra olarak kırsal yol olarak bilinen güncel bir otobüs güzergahında tamamlanmıştır. Testler, otobüslerin hepsi her iki durakta bir 30 saniye durdurularak sanki otobüse yolcu biniyormuş şeklinde tamamlanmıştır ve böylece emisyon sonuçlarında %35lik rölanti emisyonları oluşmuştur. PEMS güzergahı için NO_x değerleri sırasıyla 3 test için 4,57g/km(EGR, oksidasyon kat.), 2,13g/km (SCR, DPF) ve 1,95g/km (SCR, DPF) şeklindedir. Gerçek sürüş koşullarında oluşan emisyonların belirlenmesini sağlayan otobüs güzergahında ise sırasıyla 7,27g/km, 10,72 g/km ve 3,41g/km şeklinde yüksek oranda artış göstermektedir [9]. Değerlendirmeler sonucunda otobüslerin kullanmış olduğu güzergah ile belirlenmiş PEMS güzergahı arasında farklılıklar olduğu ve taşıtın kullanım koşullarına göre emisyon değerlerinde değişiklikler meydana geldiği görülmektedir.

Avrupa'da emisyon standartlarına uygun şekilde emisyon ölçüm sistemlerinin kullanılması, emisyon faktörlerinin hesaplanması ve beklenen standartları karşılayıp karşılayamadığını belirleyen Mobil Emisyon Laboratuvarları (MEL) bulunmaktadır. Buna bağlı olarak PEMS ve diğer ölçüm sistemleriyle karşılaştırma yapabilmek için MEL ile ilgili farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Thomas D ve arkadaşları Stockton'un şehir içi yolunda ve oto yolunda farklı hız koşullarına sahip bölgelerde üç sertifika sınıfı bulunan 1996-2005 model motorlar ile donatılmış beş kamyonunda MEL kullanılarak çalışma gerçekleştirmiştir. Emisyon sonuçları, model yılı, mesafe ve test hızıyla değişebilen filonun ortalama EMFAC-2007 emisyon faktörleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları emisyonların taşıt/motor sertifika standartları, yaşı ve özel emisyon unsurları ile bağlı olduğunu göstermektedir. 2003 ve 2005 gibi modern teknoloji taşıtların EMFAC faktörleri diğer taşıtlardan daha düşük olurken tüm cadde ve bölgelerdeki her taşıt hızı için çıkan değerlerin EMFAC faktörlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan NO_x emisyonları yeni model yılları ve çok sıkı motor sertifika standartları için azalmalar göstermektedir. En yüksek emisyon sertifika seviyesiyle en eski taşıt olan 1996 model kamyon neredeyse bütün sürüş koşulları için en yüksek NO_x emisyon değerine sahiptir [18].

Rölanti, şehir içi(sıkışık trafik), otoyol ve kırsal koşullarda MEL ile David R. Cocker ve arkadaşları tarafından bir çalışma gerçekleştirilmiştir [10]. Yapılan çalışmada şehir içi (sıkışık trafik) koşullarında NOx emisyonlarının yüksek oranda olduğu görülmektedir. Bu çalışmaya benzer şekilde K.C. Johnson ve arkadaşları tarafından PEMS ve MEL arasındaki farklılık için çalışma yapılmıştır. Bu çalışma sonuçları değerlendirilirken 2007 yılında kabul edilen NTE NOx-2007 standardı olan 2,68 g/Kw-h değeri temel alınmıştır. NOx için PEMS dataları MEL datalarından daha yüksek ve genellikle PEMS ile MEL ölçüm değerleri arasındaki fark %5'tir. Genel olarak değerler NTE NOx 2007 standart değerinden %8 oranında değişiklik göstermektedir. MEL değeri ise 3,58 g/Kw-h şeklindedir.

Ayrıca H. Christopher Frey ve arkadaşları elektrikli taşıt, % 85 etonollü benzin karışımı taşıt, yakıt hücreli taşıt, hibrid elektrik taşıt ve sıkıştırılmış doğal gazlı taşıt gibi alternatif yakıt teknolojilerinin gerçek dünya koşullarında emisyon oluşumuna etkisinin nasıl olduğunu belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir[8]. Çalışma sonuçlarına göre hibrid taşıtların gerçek dünya koşullarında NOx emisyonlarını diğer taşıtlardan %30–50 oranında azalttığı belirlenmiştir, NOx emisyonları için hafif ticari dizel taşıtların sıralamada en üstte olduğu hafif ticari benzinli taşıtların bunu takip ettiği görülmektedir. Ayrıca %85 etonollü benzin karışımı, benzinliye nazaran CO emisyonlarını %15-20'e kadar ve sıkıştırılmış doğal gaz ise (CNG), %50'den fazla HC emisyonlarını azaltabildiği belirtilmiştir.

Bu çalışmanın amacı ise gerçek dünya koşullarında gerçekleştirilen ölçümler ile motor çalışma koşullarının egzoz sıcaklıklarına dolaylı olarak da egzoz katalizörlerinin NOx giderim performansına etkilerini incelemektir.

2. METODOLOJİ

Sakarya Büyükşehir Belediyesi'ne ait belediye otobüslerinin kullanmış olduğu hatlardan seçilen SAÜ Kampus-Çarşı hattında testler gerçekleştirilmiştir. Testlerde TEMSA Avenue Euro 4 konvansiyonel otobüsünde Şekil 2.1.'de görülen SENSOR INC. tarafından üretilen ve seyir hali emisyon ölçümlerinde kullanılan SEMTECH DS PEMS ile ölçümler yapılmış ve ölçüm sonuçlarından çıkan motor performansı, konum ve emisyon dataları analiz edilmiştir.



Şekil 2.1. PEMS cihazının görünümü

2.1. Test güzergahı

Otobüsün test edildiği güzergahın toplam mesafesi 22 km olup, tur süresi yaklaşık 60 dakika ve durak sayısı 24 dür. SAÜ Kampus-Çarşı güzergahının uydu görüntüsü Şekil 2.2 ve Şekil 2.3 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: SAÜ Kampus-Çarşı güzergahı uydu görüntüsü



Şekil 2.3: Çarşı-SAÜ Kampus güzergahı uydu görüntüsü

Güzergahın emisyon değerlerinin hesaplanabilmesi için 2 farklı kullanım koşulu aşağıda verildiği gibi belirlenmiş ve datalar toplanmıştır. Dizel taşıtlarda NO_x emisyonlarının azaltılmasında kullanılan SCR teknolojisinin performansını görebilmek için SCR sistemi devredeyken ve devreden çıkarıldığında emisyon datalarının toplanması gerektiği düşünülmüştür.

- Test4-SCR devredeyken flow-metreden alınan gaz (T4 SAÜ Kampus-Çarşı)
- Test14- SCR devreden çıkarıldığında alınan gaz (T14 SAÜ Kampus-Çarşı) şeklinde ölçümler yapılmıştır.

2.2. Taşıt özellikleri

Testlerde taşıt olarak Temsa Avenue Euro 4 konvansiyonel şehir içi otobüsü kullanılmıştır. Taşıtta 6 silindri ve 6,7 L motor hacmine sahip Cummins ISBe4 250B modeli içten yanmalı dizel motoru bulunmaktadır. Taşıt gücü, maksimum 2500 rpm motor hızında 184kW değerine ulaşmaktadır.

2.3. Test sistemi

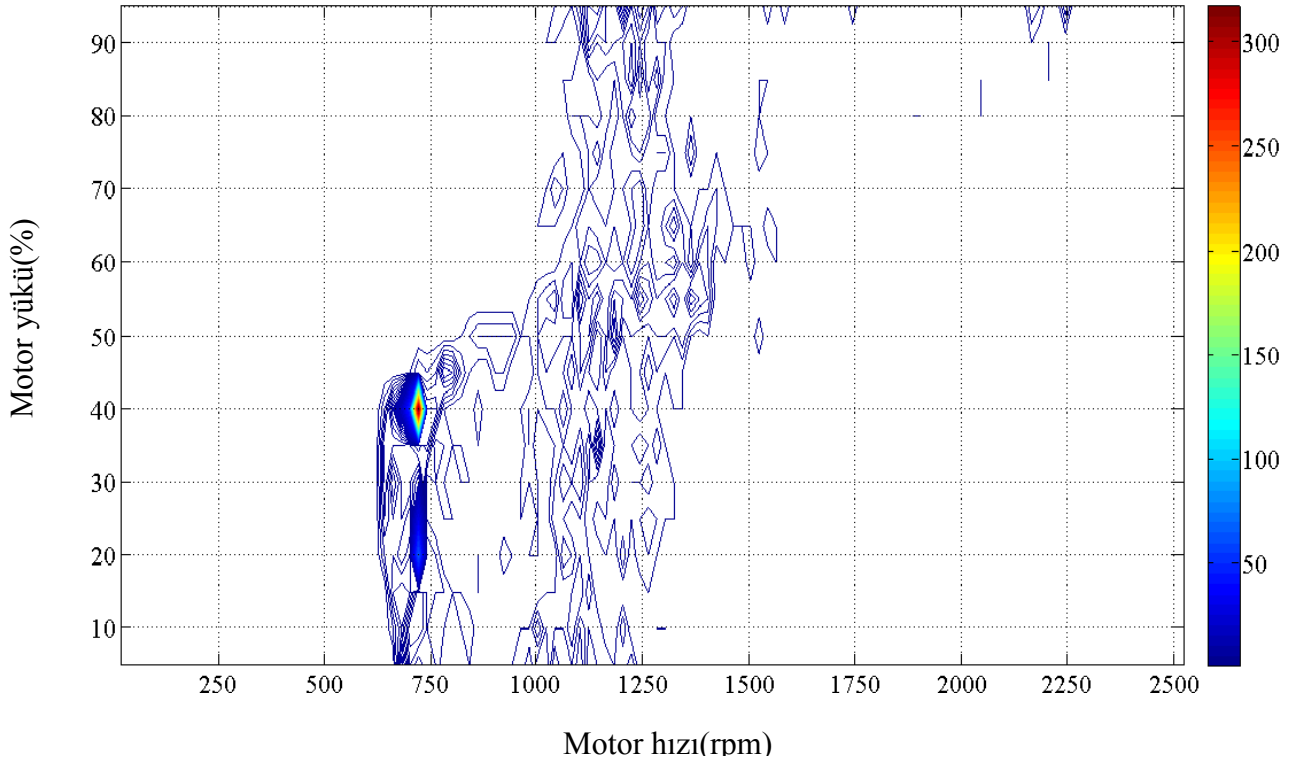
SEMTECH DS cihazında NO ve NO₂ emisyonlarının ölçmek için morötesi absorpsiyon teknolojisi (NDUV), CO ve CO₂'i için kızılötesi absorpsiyon teknolojisi (NDIR) ve THC emisyonları için alev iyonlaştırma detektörü (FID) bulunmaktadır. Taşıttan çıkan egzoz debisinin ölçülmesi için egzoz borusunun çıkışına eklenen ilave boru ile SENSORS INC. tarafından üretilen flow-metre otobüsün tavanına yerleştirilmiştir. Ayrıca SEMTECH DS çevre sıcaklık ve nem sensörü ile donanımlıdır. Güzergahın enlemi, boylamı, yüksekliği, mesafesi ve taşıtın hızı küresel konumlandırma sistemi(GPS) kullanılarak saniyelik veriler şeklinde belirlenmiştir.

2.4. Test özellikleri

Seyir hali emisyon ölçümleri başlatılmadan önce PEMS sistemi yaklaşık 1 saat kadar ısıtılmış ve ölçümlerin güvenilirliğini sağlayabilmek için her test başlamadan önce kalibrasyon yapılmıştır. Kalibrasyon işlemleri gerçekleştirildikten sonra taşıt seyir halindeyken emisyon, çevre ve yakıt/motor dataları saniyelik olarak toplanmıştır. Adapazarı Büyük Şehir Belediyesine ait otobüslerin SAÜ Kampus- Çarşı güzergahındaki gerçek dünya koşullarını sağlayabilmek için taşıt her durakta 5 saniye durdurulup taşıta yolcuların bindiği varsayılarak test gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

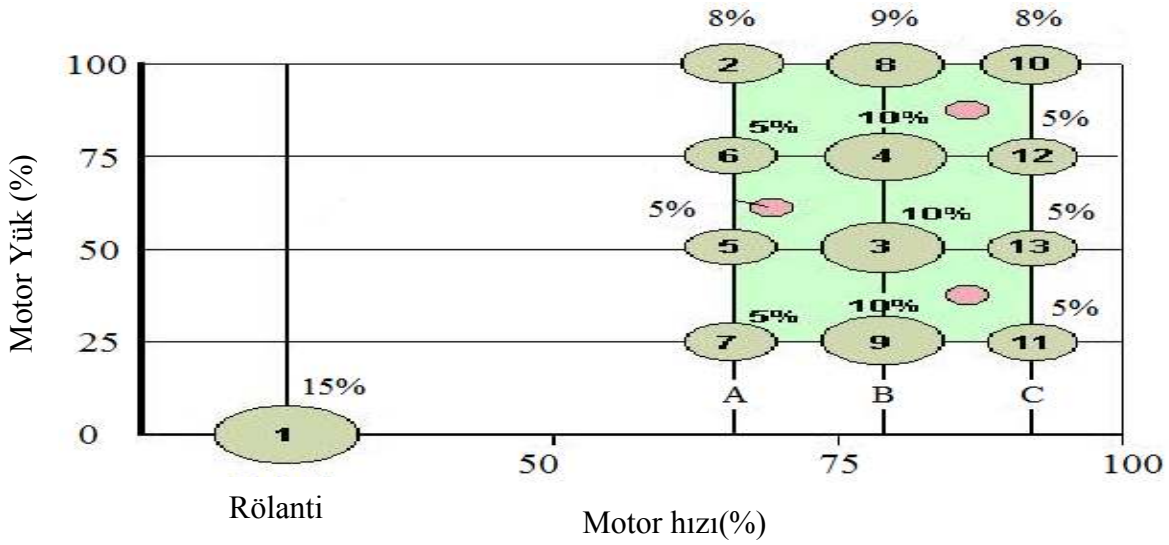
Belirlenen güzergahta seyir hali emisyon ölçümleri tamamlandıktan sonra elde edilen motor hızı-yükü, taşıt hızı, egzoz sıcaklıkları, NOx emisyon dataları incelenerek sonuçlar analiz edilmiştir. Emisyon değerleri incelenmeden önce taşıtın güzergahtaki sürüş karakterizasyonunu belirleyebilmek için motor hızı-motor yükü grafiği Şekil 3.1 'de görüldüğü gibi incelenmiştir.



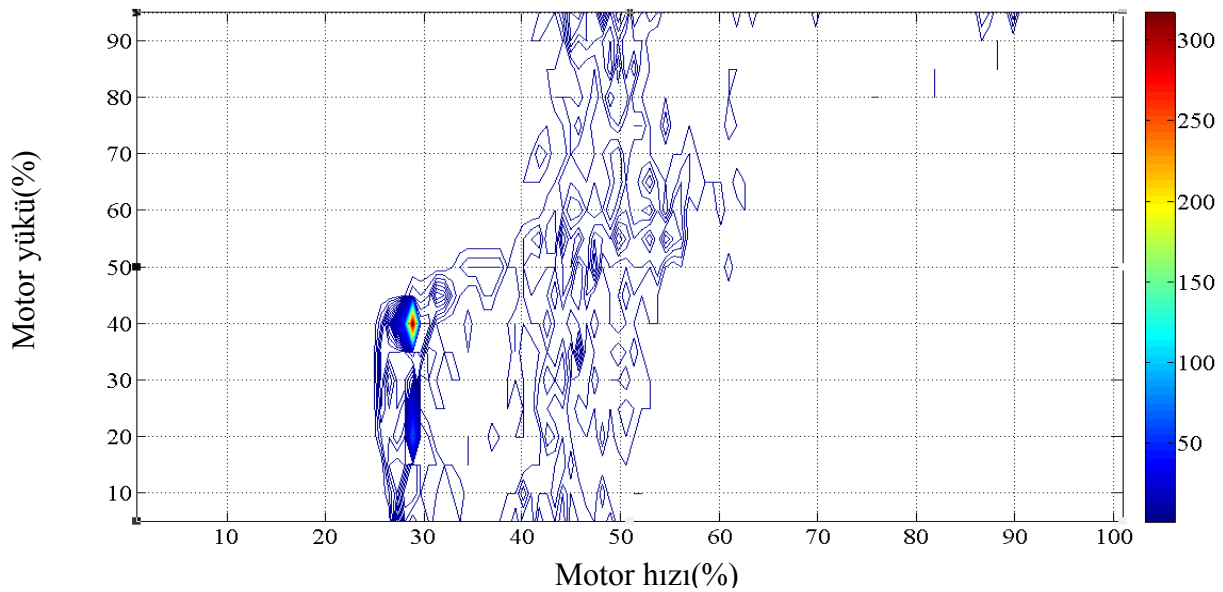
Şekil 3.1. Test 4 SAÜ Kampus-Çarşı için motor hızı (rpm)-yükü(%) grafiği

Şekil 3.1 'de görüldüğü gibi T4 SAÜ Kampus-Çarşı güzergahı için motor çalışma koşullarının düşük yük ve düşük hız aralığını oluşturan 600-1000 rpm motor hız aralığı ve % 0-50 motor yük aralığını oluşturan bölge 1153 saniye olarak belirlenmiştir. Güzergahın tamamının 2407 saniyede tamamlanmasından dolayı toplam seyahat süresinin %48'i gibi büyük bir bölümünü bu çalışma koşulları oluşturmaktadır. Bu bölge çoğunlukla negatif ve pozitif ivmelenmeleri içeren dur-kalk zamanlarını oluşturmaktadır. Toplam seyahat süresinin % 25' ini ise 1000-2500 rpm motor hız aralığı ve % 0-50 motor yük aralığındaki bölge oluşturmaktadır. Yüksek yük ve hızı temsil eden 1000-2500 rpm motor hız aralığı ve % 50-100 motor yük aralığının olduğu bölge sadece 645 saniye olarak belirlenmiştir. Bu çalışma koşulları ise toplam seyahat süresinin %27'sini oluşturmaktadır.

Ağır ticari taşıtların motorlarının piyasaya sürülmeden önce motor dinamometresinde yapılan tip onay testlerinde Şekil 3.2’de verilen Avrupa Sabit Çevrimi (ESC) kullanılmaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen gerçek sürüş koşulları ise Şekil 3.3’de görüldüğü gibi gerçekleşmektedir. Şekillerdeki farklılıklar incelendiğinde ESC sürüş çevrimine göre rölanti zamanından sonra % 60 motor hızına kadar emisyon değerleri standartlarda belirtilmemektedir. Oysa bu çalışmada görülmüştür ki gerçek sürüş koşullarında %60 motor hızına kadar olan bölge toplam seyahatin %95’ini oluşturmaktadır. Sonuç olarak ESC çevrimi ile gerçek sürüş koşullarındaki dataların paralellik göstermediği ortaya çıkmaktadır.

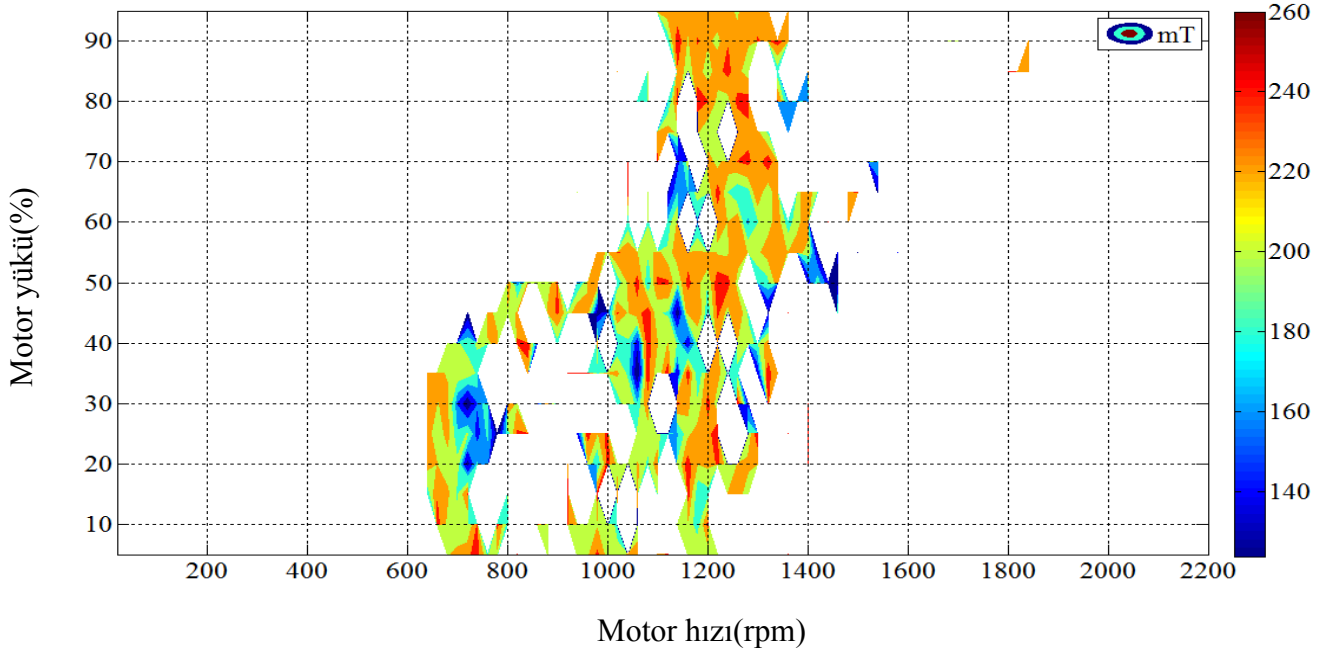


Şekil 3.2: ESC sürüş çevrimi ile hazırlanmış taşıt tip onay testi[19].

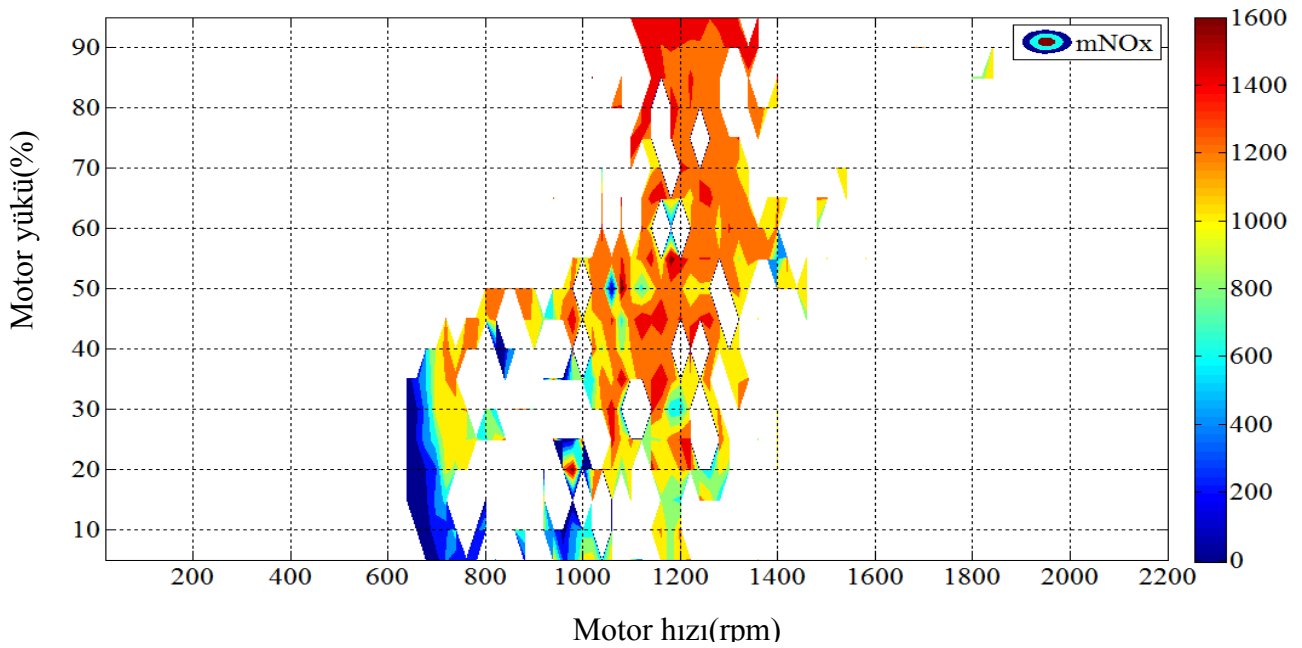


Şekil 3.3: Test 4 SAÜ Kampus-Çarşı için motor hızı (%) -yükü (%) grafiği

Dizel emisyonlarının belirlenmesinde motor hızı-yükü ve sıcaklık önemli parametrelerdir. Motor hızı ve yükünde meydana gelen değişiklikler motorda NOx oluşumunu etkileyebilmektedir. Şekil 3.4a 'da SCR sisteminin devre dışı bırakıldığı T14 güzergahındaki motor hızı-yükü-egzoz sıcaklığı görülebilmektedir. Buna bağlı olarak oluşan motor hızı-yükü- NOx emisyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.4b'de incelenebilmektedir.



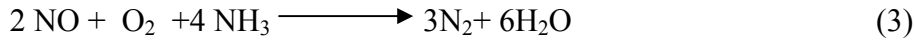
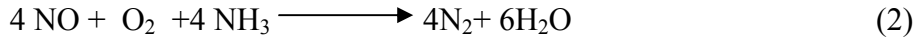
Şekil 3.4a:T14 SAÜ Kampus-Çarşı (SCR' sız) güzergahındaki motor hızı- yükü-egzoz sıcaklığı grafiği



Şekil 3.4b: T14 SAÜ Kampus-Çarşı (SCR' sız) güzergahındaki motor hızı- yükü-NOx grafiği

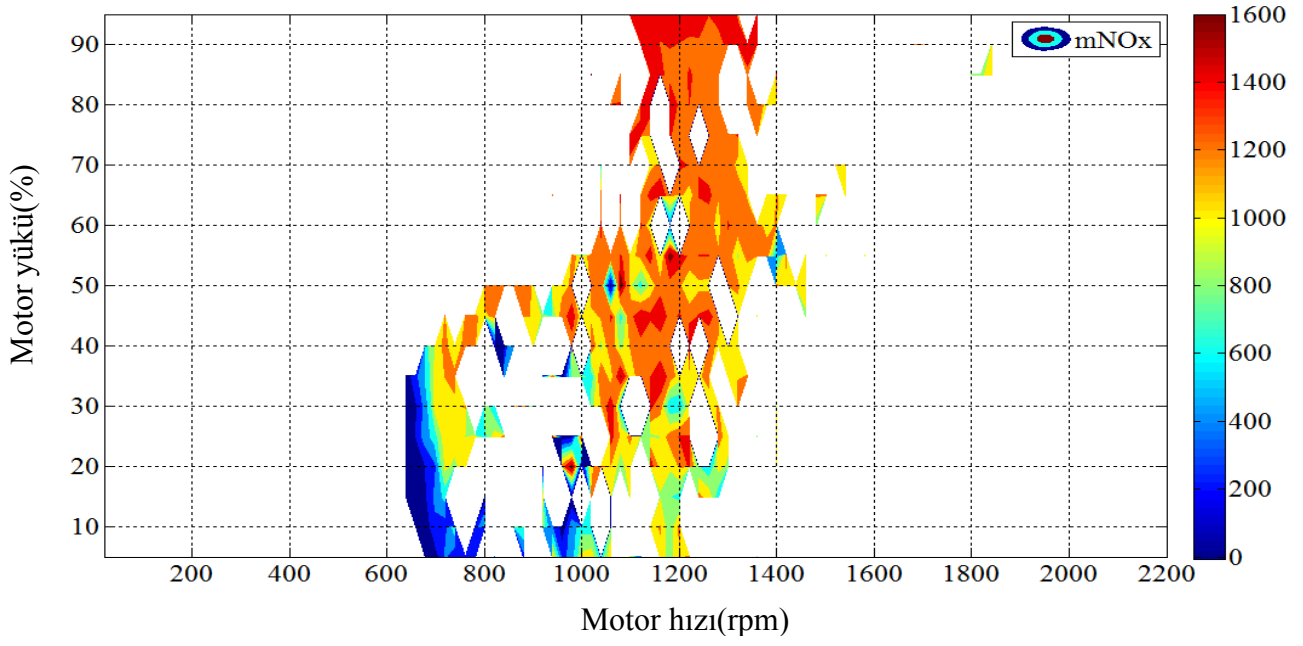
Dizel motorlarda NO_x emisyonlarının oluşumu sıcaklığa ve O₂ miktarına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 3.4a ve 3.4b şekilleri incelendiğinde yüksek yük ve yüksek hız koşullarında yoğun olarak egzoz sıcaklıklarının maksimum 240-260°C'ye ve NO_x emisyonları maksimum 1400-1600 ppm kadar yükseldiği görülmektedir.

Taşıtta NO_x emisyonlarının kontrol altına alınması için taşıtta egzoz katalizörü olarak maksimum 550 m yükseklikte ve 4200 rpm motor hızlarında çalışabilen seçici katalitik indirgeyici (SCR) kullanılmaktadır. SCR sisteminin genel çalışma prensibi bir indirgeyicinin katalizörden egzoz akışına karşı enjekte edilmesi şeklindedir. Katalizörde NO_x, enjekte edilen üre indirgeyicisinin parçalara bölünerek sıcak egzoz akışına enjekte edilmesiyle oluşan amonyak (NH₃) ile azot (N₂) ve suya (H₂O) indirgenmektedir. NH₃, piyasada genel adı Adblue olarak bilinen yüksek sıcaklıklarda üreden hidroliz ile oluşmaktadır. NO_x emisyonlarının N₂ ve H₂O'ya indirgeme reaksiyonları;

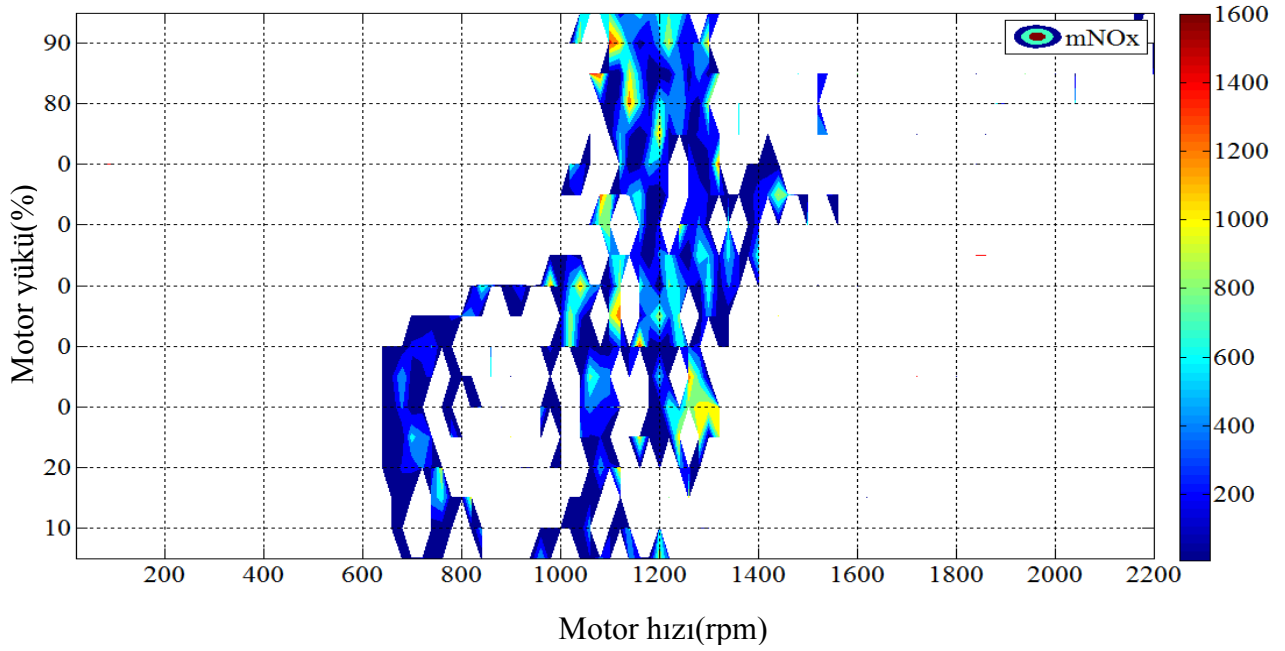


şeklinde gerçekleşmektedir.

Egzoz katalizörü (SCR) için motor hızı-motor yükü ve egzoz gaz sıcaklığı önemli parametredir. Taşıtta meydana gelen motor koşullarında bağlı olarak değişen sıcaklıklar SCR sisteminin devreye girmesini ve sıcaklık ayrıca NO_x dönüşüm verimini dolaylı olarak etkilemektedir. Şekil 3.5a ve b'de SCR sisteminin devreden çıkarıldığı T-14 SAÜ Kampus-Çarşı ve SCR sisteminin devrede olduğu T4 SAÜ Kampus-Çarşı güzergahında NO_x emisyonlarındaki değişiklikler görülmektedir.



Şekil 3.5a:T14 SAÜ Kampus-Çarşı(SCR' sız) güzergahındaki motor hızı-yükü-NOx grafiği



Şekil 3.5b:T4 SAÜ Kampus-Çarşı (SCR'lı) güzergahındaki motor hızı-yükü-NOx grafiği

Şekil 3.5a'da T-14 testi için NOx emisyon değerleri maksimum 1600 ppm civarında iken Şekil 3.5b'de T-4 testinde bu değer 1200 ppm olarak görülmektedir.

Bu karşılaştırmanın sonucunda SCR sistemi devre dışındayken yüksek yük ve yüksek hız koşullarında %28'lik seyahat süresi için ortalama NOx konsantrasyonu 1333 ppm'den SCR sisteminin devrede olduğunda %27'lik seyahat süresinde 431 ppm'e düşürebilmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda SCR sisteminin ortalama NOx konsantrasyonlarını %68 oranında azaltabildiği görülmektedir. Toplam seyahat süresinin %45'ini oluşturan düşük yük ve düşük hız çalışma koşullarında SCR devre dışı olması durumunda NOx konsantrasyonu ortalama 774 ppm iken SCR sistemi devrede olduğunda bu konsantrasyon seyahat süresinin %48'i için 196 ppm'e düşmektedir. Bu sonuçlar SCR sisteminin ortalama NOx emisyonlarını %75 oranında azaltılığını göstermektedir.

Toplam seyahat süresinin %28'ini oluşturan düşük yük ve yüksek hız bölgesinde SCR sistemi devre dışındayken NOx konsantrasyonlarının ortalama değeri 600 ppm dir. SCR sistemi devredeyken yapılan testte ise %25'lik seyahat süresi için ortalama değer 194 ppm düşmektedir. Bu değerler SCR sisteminin ortalama NOx konsantrasyonunu %68 oranında azalttığını göstermiştir.

4. SONUÇ

Ağır ticari taşıtların motorlarının piyasaya sürülmeden önce motor dinamometresinde yapılan tip onay testlerinde kullanılan sürüş çevrimine göre rolanti zamanından sonra % 60 motor hızına kadar emisyon değerleri standartlarda belirtilmemektedir. Oysa bu çalışmada görülmüştür ki gerçek sürüş koşullarında %60 motor hızına kadar olan bölge toplam seyahatin %95'ini oluşturmaktadır. Sonuç olarak ESC çevrimi ile gerçek sürüş koşullarındaki dataların paralellik göstermediği ortaya çıkmaktadır.

Seyir hali emisyon ölçümleri, politika yapıcılarının ulaştırmadan kaynaklanan emisyonlar için koymuş oldukları standartlardaki gelişmeler sonucunda üzerinde durulmaya başlanan önemli bir konu olmuştur. Bu çalışmada SAÜ Kampus-Çarşı hattında yapılan seyir hali emisyon ölçüm sonuçlarının analiz edilmesiyle taşıtın toplam seyahat süresinin %48'ini düşük yük ve hız koşullarında , %25'ini düşük yük ve yüksek hız koşullarında ve %27'sini ise yüksek yük ve yüksek hız koşullarında gerçekleştirdiği görülmüştür. Bu bölgelerde SCR sisteminin ortalama NOx konsantrasyonlarını %65-75 oranında giderdiği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TEMSA AR&GE ve Sanayi Bakanlığı tarafından finansal destek sağlanan “Hibrit Otobüs Seyir Hali Emisyonlarının Ölçüm ve Modellenmesi SANTEZ Projesi” dahilinde gerçekleştirilmiştir

REFERANSLAR

1. Seref Soylu, Estimation of Turkish Road Transport Emissions, *Energy Policy*, Volume 35, Issue 8, Pages 4088-4094, 2007.
2. Soylu S., Gümrükçüoğlu M., Bal A., Şentürk G., Aydınlar B., “Examination of urban transport characteristics and its emissions - Adapazari case study”, (Poster no: 064) ETTAP09 17th Transport and Air Pollution Symposium - 3rd Environment and Transport Symposium - June 2-4, 2009 Toulouse
3. WHO, 2003. Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone, and nitrogen dioxide. Report on a WHO Working Group, Germany, 2003. /www.who.int/en
4. WHO, 2005a. Air quality guidelines for Europe; second edition Copenhagen. WHO Regional Office for Europe, WHO Regional Publications. European series; No 91. www.euro.who.int/air/activities/20050223_4
5. WHO, 2005b. Health effects of transport-related air pollution. WHO Regional Office for Europe Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen , Denmark
6. Duclaux, O. 3D-air quality model evaluation using the Lidar technique. *Atmospheric Environment*, 2002- 36(32), 5081-5095.
7. Colville, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F. The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment* 2001-35, 1537–1565.

8. H .Christopher Frey, Haibo Zhai, Nagui M. Roupail. Regional On-Road Vehicle Runnin Emissions Modeling and Evaluation for Conventional and Alternative Vehicle Technologies. *Environmental Science & Technology* 2009- 43, 8449–8455
9. Lennart Erlandsson, Jacob Almen, Hakan Johansson. Measurement of emissions from heavy duty vehicles meeting Euro IV/V emission levels by using on-board measurement in real life operation. *16th International Symposium 'Transport and Air Pollution' 2008*
10. David R .Cocker, Sandip D . Shah, Kent Johnson, J . Wayne Miller, Joseph M. Norbeck. Development and Application of a Mobile Laboratory for Measuring Emissions from Diesel Engines. 1. Regulated Gaseous Emissions. *Environmental Science & Technology* 2004- 38, 2182-2189
11. James Lents, Alper Unal, Nizamettin Mangir, Mauricio Osses, Sebastian Tolvett, Onder Yunusoglu. A study of the emissions from diesel vehicles operating in Istanbul, Turkey.
12. Regulation (EC) No 595/2009 of the European Parliament and of the Council *18 June 20097*
13. Thomas D . Durbin , Kent Johnson , Evaluation and Comparison of Portable Emissions Measurement Systems and Federal Reference Methods for Emissions from a Back-Up Generator and a Diesel Truck Operated on a Chassis Dynamometer. *Environmental Science & Technology* 2007-41, 6199-6204
14. K.C. Johnson ,T.D. Durbin , D.R. Cocker, W.J. Miller , D.K. Bishnu , H. Maldonado , N. Moynahan , C. Ensfield , C.A. Laroo . On-road comparison of a portable emission measurement system with a mobile reference laboratory for a heavy-duty diesel vehicle. *Atmospheric Environment* 43 (2009) 2877–2883
15. Theodore Younglove, George Scora, ve Matthew Barth 'Designing on-road vehicle test programs for effective vehicle emission model development. *Revised for Transportation Research Record*
16. Jos Dings, Aat Peterse .EURO 5 and 6 emissions standards for cars and vans. *European Federation for Transport and Environment* 2006

17. Gümrukçüođlu M., Soylu Ő, Monitoring of urban transport sourced pollutants by using GIS, *5th International Conference on Geographic Information Systems*, 2-5 July 2008, Istanbul-Turkey
18. Thomas D. Durbin, Kent Johnson, J. Wayne Miller, Hector Maldonado, Don Chernich. Emissions from heavy-duty vehicles under actual on-road driving conditions. *Atmospheric Environment* 42 (2008) 4812–4821
19. <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/>