

**T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZİNCAN ŞEHİR MERKEZİNDE MOTORLU TAŞIT EMİSYONLARI
KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ DÜZEYİNİN ARAŞTIRILMASI**

Tevfik Oğuzhan ERGÜDER

Danışman: Prof. Dr. Murat ÇETİN

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ERZİNCAN
2019
Her Hakkı Saklıdır**

Kabul ve Onay Sayfası

Prof. Dr. Murat ÇETİN danışmanlığında, Tevfik Oğuzhan ERGÜDER tarafından hazırlanan bu çalışma 25.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği (3/3) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fikret YÜKSEL

İmza: 

Üye : Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU

İmza: 

Üye : Prof. Dr. Murat ÇETİN

İmza: 

Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun 04 / 07 / 2019 tarih ve 25 / 8 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Erzincan Şehir Merkezinde Motorlu Taşıt Emisyonları Kaynaklı Hava Kirliliği Düzeyinin Araştırılması” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 25.06/2012

(İmza)
Eğüder

Tevfik Oğuzhan ERGÜDER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZİNCAN ŞEHİR MERKEZİNDE MOTORLU TAŞIT EMİSYONLARI KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ DÜZEYİNİN ARAŞTIRILMASI

Tevfik Oğuzhan ERGÜDER

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat ÇETİN

Tüm dünyanın ortak problemi olan hava kirliliği, canlıları direkt veya dolaylı olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Kirlilik düzeyini artıran temel faktörler; düşük kaliteli yakıt kullanımı, düzensiz kentleşme, motorlu taşıt emisyonları, endüstriyel tesis kaynaklı kirleticiler, topoğrafik yapı ve iklimdir. Motorlu taşıtlar yaygın olarak fosil yakıtlardan üretilen benzin, dizel yakıt ve LPG kullanılarak çalıştırılmaktadır. Bu yakıtların özelliklerine bağlı olarak yanma işlemi sonunda atmosfere salınan CO, CO₂, VOC, NO_x, PM gibi emisyonların değerlerindeki artış çevreyi tehdit etmektedir. Erzincan'da 2018 Temmuz verilerine göre, trafiğe kayıtlı toplam 58.767 adet taşıtın %47,3'ünü otomobil, %19'unu kamyonet, %13,7'sini motosiklet, %12,5'ini traktör, %3,3'ünü kamyon, %2,8'ini minibüs, %0,8'ini otobüs, %0,6'sını ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır. Bu verilere göre Erzincan'da yaklaşık 4 kişiye bir motorlu taşıt 8 kişiye bir otomobil düşmektedir. Erzincan şehir merkezinde giderek artan motorlu taşıt sayısına bağlı olarak egzoz emisyon gazlarından kaynaklanan hava kirliliği de artmaktadır. Bu çalışmada, Erzincan il merkezinde motorlu taşıt kaynaklı kirlilik düzeyinin belirlenmesi ve çevreyi tehdit eder düzeye ulaşmadan gerekli önlemlerin alınmasında yapılan araştırmadan faydalanılarak çözümler üretilmesi ve çözüm önerileri sunulmuştur.

2019, 108 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Çevre, Egzoz gazları, Emisyon, Hava kirliliği, Motorlu taşıtlar.

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF AIR POLLUTION CAUSED BY MOTOR VEHICLE EMISSIONS IN ERZINCAN CITY CENTER

Tevfik Oğuzhan ERGÜDER

Erzincan Binali Yıldırım University
Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Murat ÇETİN

Air pollution, a common problem of the whole world, can be affected directly or indirectly by living things. The main factors that increase the level of pollution: using low-quality fuel, irregular urbanization, motor vehicles, pollutants with industrial facilities, topographic structure and climate. Motor vehicles are commonly operated using gasoline, diesel fuel and LPG produced from petroleum fossil fuels. Depending on the properties of these fuels, the increase in the values of CO, CO₂, VOC, NO_x, PM released into the atmosphere at the end of the combustion process threaten the environment. According to July 2018 data in Erzincan a total of 58.767 vehicles registered in traffic, 47.3% of automobiles, 19% of trucks, 13.7% motorcycles, 12.5% tractors, 3.3% trucks, 2.8% minibuses, 0.8% bus and 0.6% special purpose vehicles. According to these figures, approximate 4 motor vehicles per person in Erzincan. Depending on the increasing number of motor vehicles in Erzincan city center, air pollution from exhaust emission gases is also increasing. In order to determine the level of this pollution and to take the necessary measures before reaching the level of threatening the environment, the solutions are produced by using the research and suggestions of these solutions are presented.

2019, 108 pages

Keywords: Environment, Exhaust gases, Emissions, Air pollution, Motor vehicles

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince desteğini esirgemeyen, beni yönlendiren, bu alanda yetiőmemde büyük pay sahibi saygıdeğer hocam; Prof. Dr. Murat ÇETİN'e minnettarım. Yine, bu çalıőmalarımnda katkıları olan ve beni cesaretlendiren hocalarım, Prof. Dr. Ahmet TANDIROğLU'na, Prof. Dr. Fikret YÜKSEL'e, Doç. Dr. Özlem BARAN'a Dr. Öğr. Üyesi Aslıhan KURNUÇ SEYHAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Mevra ASLAN'a teşekkür ederim.

Anketlerin yapılmasında bana destek olan Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Bahçe Kùltürleri Arş. Ens. Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, EKV, İl Özel İdaresi, İl Sağlık Müdürlüğü, Karayolları 164. Şube Şefliği, Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Erzincan Esnaf ve Sanatkârlar Odaları Birliği, TEİAŞ ve SGK personellerine, Erzincan ili esnaflarına ve bugünlere gelmemde maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Tevfik Oğuzhan ERGÜDER
Haziran, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	6
3.1. Motorlu Taşıtların Sınıflandırılması.....	6
3.1.1. Binek Otomobiller	6
3.1.1.1. A Segmenti Binek Otomobiller.....	7
3.1.1.2. B Segmenti Binek Otomobiller.....	7
3.1.1.3. C Segmenti Binek Otomobiller.....	8
3.1.1.4. D Segmenti Binek Otomobiller.....	9
3.1.2. Hafif Hizmet Araçları (Kamyonet- Minibüs).....	9
3.1.3. Ağır Hizmet Araçları (Kamyon, Çekici)	10
3.1.4. Otobüsler.....	10
3.1.5. Motorlu Bisiklet ve Motosikletler	11
3.2. Motorlu Taşıtların Emisyonları ve Emisyon Standartları.....	12
3.2.1. Motorlu Taşıtların Emisyonları.....	12
3.2.1.1. Su (H ₂ O).....	12
3.2.1.2. Karbondioksit (CO ₂)	12
3.2.1.3. Azot (N ₂)	13
3.2.1.4. Karbonmonoksit (CO).....	13
3.2.1.5. Hidrokarbonlar (HC).....	14
3.2.1.6. Azotoksitler (NO _x).....	15
3.2.1.7. Kükürtdioksit (SO ₂)	16
3.2.1.8. Partikül Maddeler.....	16
3.2.2. Egzoz Emisyon Standartları	17

3.3. Motorlu Taşıtlarda Emisyon Kontrol Yöntemleri.....	20
3.3.1. Benzinli Motorlarda Emisyon Kontrol Yöntemleri.....	20
3.3.1.1. Karter Havalandırma Sistemi.....	20
3.3.1.2. Kapalı Çevrim Yakıt Sistemi.....	21
3.3.1.3. Yakıt Buharı Kontrolü.....	22
3.3.1.4. İkinci Hava Püskürtmesi Sistemi (AIR).....	23
3.3.1.5. Basınçlı İkinci Hava Püskürtmesi Sistemi (PAIR).....	24
3.3.1.6. EGR (Egzoz Gazları Resirkülasyonu).....	25
3.3.2. Dizel Motorlarda Emisyon Kontrol Yöntemleri.....	25
3.3.2.1. Common Rail Teknolojisi.....	25
3.3.2.2. EGR (Egzoz Gazları Resirkülasyonu).....	26
3.3.2.3. Dizel Partikül Filtreleri.....	29
3.3.2.4. Oksidasyon Katalisti.....	31
3.3.2.5. De-NO _x Katalisti (NO _x Katalizörü).....	31
3.3.2.6. Seçici Katalitik İndirgeme (SCR).....	34
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
4.1 Erzincan Vilayeti.....	38
4.1.1. Coğrafi Özellikler.....	38
4.1.2. İklim Özellikleri.....	39
4.1.3. Hava Kalitesi.....	41
4.1.4. Motorlu Taşıtların Sayısı.....	40
4.2. Emisyon Hesaplama Yöntemi.....	44
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	47
5.1. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	47
5.1.1. Taşıtların Sahiplerinin Cinsiyetlerine Göre Sınıflandırılması.....	47
5.1.2. Taşıtların Sahiplerinin Yaşlarına Göre Sınıflandırılması.....	48
5.1.3. Taşıtların Sahiplerinin Öğrenim Durumlarına Göre Sınıflandırılması.....	49
5.1.4. Taşıtların Sahiplerinin Çalıştığı Kurumlara Göre Sınıflandırılması.....	50
5.1.5. Taşıtların Sahiplerinin Mesleklerine Göre Sınıflandırılması.....	51
5.1.6. Taşıtların Sahiplerinin Kaçınıcı Taşıtları Olduğuna Göre Sınıflandırılması.....	52
5.1.7. Taşıtların Sahiplerinin Taşıtları Alma Tercihlerinin Değerlendirilmesi.....	53
5.1.8. Taşıtların Türlerine Göre Sınıflandırılması.....	54
5.1.9. Taşıtların Segmentlerine Göre Sınıflandırılması.....	55
5.1.10. Taşıtların Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırılması.....	56

5.1.11. Taşıtların Silindir Hacmi ve Motor Gücüne Göre Sınıflandırılması	57
5.1.12. Taşıtların Marka ve Üretim Yıllarına Göre Sınıflandırılması	59
5.1.13. Taşıtların Yakıt Türlerine Göre Sınıflandırılması	62
5.1.14. Taşıtların Euro Emisyon Standartlarına Göre Sınıflandırılması.....	63
5.2. Taşıt Parkı Oluşturulması	64
5.3. Erzincan İli Yıllık Yakıt Tüketim Miktarı	70
5.4. Erzincan Şehir Merkezi Egzoz Emisyon Miktarlarının Hesaplanması	75
5.4.1. CO Emisyon Miktarı.....	76
5.4.2. HC Emisyon Miktarı.....	81
5.4.3. NO _x Emisyon Miktarı	86
5.4.4. PM Emisyon Miktarı	91
5.4.5. Erzincan İli Toplam Emisyon Miktarı	96
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR	100
EKLER.....	106
Ek-1. Tez çalışması sürecinde yapılan anket formu	106
ÖZGEÇMİŞ	109

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Binek otomobiller	6
Şekil 3.2. A segmenti binek otomobil	7
Şekil 3.3. B segmenti binek otomobil	8
Şekil 3.4. C segmenti binek otomobil	8
Şekil 3.5. D segmenti binek otomobil	9
Şekil 3.6. Hafif hizmet araçları	10
Şekil 3.7. Ağır hizmet araçları	10
Şekil 3.8. Otobüs	11
Şekil 3.9. Motosiklet	11
Şekil 3.10. Benzinli motorların egzoz emisyonları ($\lambda=1$)	12
Şekil 3.11. Karter havalandırma sistemi	20
Şekil 3.12. Kapalı Çevrim Yakıt Sistemi	21
Şekil 3.13. Yakıt Buharı Kontrolü	23
Şekil 3.14. İkinci Hava Püskürtmesi Sistemi (AIR)	23
Şekil 3.15. Common Rail Teknolojisi	26
Şekil 3.16. EGR oranının NO_x emisyonlarına etkisi	28
Şekil 3.17. Seramik partikül filtrelerinin tasarımı	29
Şekil 3.18. Sinterlenmiş metal partikül filtresi	31
Şekil 3.19. NO_x depolama katalizörlü bir egzoz gazı sisteminin şeması	33
Şekil 3.20. Seçici katalitik indirgeme (SCR) sistemi şeması	35
Şekil 3.21. NH_3/NO_x oranına bağlı NO_x dönüşümü	37
Şekil 4.1. Erzincan Vilayeti Coğrafik Haritası	38
Şekil 4.2. Erzincan ili aylık sıcaklık ortalama değerleri	40
Şekil 4.3. Erzincan ili faaliyetlerinin sektörel dağılımı	41
Şekil 4.4. Erzincan ili PM_{10} değişimi	42
Şekil 4.5. Erzincan ili SO_2 değişimi	42
Şekil 4.6. Erzincan ili NO_2 değişimi	43
Şekil 4.7. Erzincan ili CO değişimi	43
Şekil 4.8. Erzincan ili O_3 değişimi	44
Şekil 5.1. Cinsiyet dağılım oranları	47
Şekil 5.2. Yaş dağılım oranları	48
Şekil 5.3. Öğrenim durumu dağılım oranları	49
Şekil 5.4. Kaçınıcı taşıt sahipliği oranları	53
Şekil 5.5. Taşıt alma tercihi oranları	54
Şekil 5.6. Taşıt türü oranları	55
Şekil 5.7. Taşıt segmentleri oranı	56

Şekil 5.8. Taşıtların kullanım amacı oranları	57
Şekil 5.9. Taşıtların silindir hacmi oranları.....	58
Şekil 5.10. Taşıtların motor güçleri oranı	59
Şekil 5.11. Taşıtların üretim yıllarının oranı	62
Şekil 5.12. Yakıt türleri oranı.....	63
Şekil 5.13. Taşıtların sayılarının oranları	69
Şekil 5.14. Taşıtların sınıflarına göre yıllık ortalama kat ettiği mesafe oranları.....	69
Şekil 5.15. Taşıtların sınıflarına göre yıllık ortalama sürat oranları	70
Şekil 5.16. Taşıtların sınıflarına göre yakıt tüketim oranları.....	75
Şekil 5.17. Motorlu taşıtlara göre CO emisyon salınım oranı.....	81
Şekil 5.18. Motorlu taşıtlara göre HC emisyon salınım oranı.....	86
Şekil 5.19. Motorlu taşıtlara göre NO _x emisyon salınım oranı	91
Şekil 5.20. Motorlu taşıtlara göre PM emisyon salınım oranı	96

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Binek Otomobiller için Euro Emisyon Standart sınırları.....	17
Tablo 3.2. Hafif ticari N1-I sınıfı için Euro Standart sınırları	18
Tablo 3.3. Hafif ticari N1-II sınıfı için Euro Standart sınırları	18
Tablo 3.4. Hafif ticari N1-III sınıfı için Euro Standart sınırları.....	18
Tablo 3.5. Ağır ticari araç sınıfı için Euro Standart sınırları	19
Tablo 4.1. Hesaplama da kullanılan Erzincan iline ait iklim özellikleri (Kaya, 2011)....	39
Tablo 4.2. Erzincan il geneli ve şehir merkezi 2019 Mart ayı sonu taşıt sayısı.....	41
Tablo 5.1. Taşıt sahiplerinin cinsiyetleri.....	47
Tablo 5.2. Taşıt sahiplerinin yaş aralıkları.....	48
Tablo 5.3. Taşıt sahiplerinin öğrenim durumları	49
Tablo 5.4. Taşıt sahiplerinin çalıştığı kurumlar	50
Tablo 5.5. Taşıt sahiplerinin meslekleri.....	51
Tablo 5.6. Taşıt sahiplerinin kaçınıcı araçları	52
Tablo 5.7. Taşıt türleri.....	54
Tablo 5.8. Taşıtların segmentleri	55
Tablo 5.9. Taşıtların kullanım amaçları	56
Tablo 5.10. Taşıtların silindir hacimleri.....	57
Tablo 5.11. Taşıtların motor güçleri	58
Tablo 5.12. Taşıt markaları	60
Tablo 5.13. Taşıt üretim yılları	61
Tablo 5.14. Taşıt yakıt türleri.....	62
Tablo 5.15. Taşıtların Euro emisyon standartları.....	63
Tablo 5.16. Motorlu taşıtlar hakkında emisyon hesabı için gerekli değerler.....	64
Tablo 5.17. Taşıt sınıflarına göre yakıt tüketim miktarı (ton/yıl)	70
Tablo 5.18. Toplam yakıt tüketim miktarı	75
Tablo 5.19. Taşıt sınıflarına göre CO salınım miktarı (ton/yıl)	76
Tablo 5.20. Taşıt sınıflarına göre HC salınım miktarı (ton/yıl)	82
Tablo 5.21. Taşıt sınıflarına göre NO _x salınım miktarı (ton/yıl).....	87
Tablo 5.22. Taşıt sınıflarına göre PM salınım miktarı (ton/yıl).....	92
Tablo 5.23. Erzincan ili toplam emisyon miktarı.....	96

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

BG	Beygir Gücü
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbondioksit
H ₂ O	Su
HC	Hidrokarbonlar
N ₂	Azot
NO _x	Azot Oksitler
PM	Partikül Madde
SO ₂	Kükürtdioksit
VOC	Uçucu Organik Madde
λ	Hava Fazlalık Katsayısı

Kısaltmalar

CNG	Sıkıştırılmış Doğal Gaz (Compressed Natural Gas)
EGR	Egzoz Gazları Resirkülasyonu
HKDYY	Türk Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquified Petroleum Gas)
PAIR	Basınçlı İkincil Hava Püskürtmesi Sistemi
SCR	Seçici Katalitik İndirgeme Sistemi (Selective Catalytic Reduction)
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TSK	Türk Silahlı Kuvvetleri

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, Dünya atmosferinde bulunan duman, toz, su buharı, gaz biçimindeki kirleticilerin canlılara ve doğal çevreye üzerinde negatif etkiler edecek ve zarar verecek seviyeye erişmesidir (Çetin ve Demirci, 2016). 19. yüzyıldan sonra artan bir gelişme gösteren bu kirlilik sanayileşme, ormanların tahribatı, motorlu taşıt sayısındaki artışı ile beraber önem kazanmış, zaman içerisinde toplu ölümlere sebep olarak tüm dünyanın ortak sorunu olmuştur. Çevre kirliliğini artıran ana etmenler; kalitesiz yakıt kullanımı, çarpık kentleşme, endüstriyel tesislerin inşası, iklim ve topografik yapıdır.

Dünya’da ve ülkemizde ulaşımda yaygın olarak içten yanmalı motorlar ile hareket eden taşıtlar kullanılmakta olup, bu motorlu taşıtlardan kaynaklanan zararlı egzoz gazlarının hava kirliliğinde önemli bir rolü vardır. Taşıtlar yaygın olarak petrol kökenli fosil yakıtlardan üretilen benzin, dizel ve LPG kullanılarak çalıştırılmakta ve bu yakıtların özelliklerine bağlı olarak yakılması sonucunda atmosfere salınan CO, CO₂, NO_x, PM gibi emisyonların atmosfer üzerindeki artışı hava kirliliğine sebep olmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Erzurum Bölge Müdürlüğü’nden alınan verilere göre; Trafiğe kayıtlı araç sayısı 2018 yılı temmuz ayı sonu itibariyle 22 milyon 731 bin 759 olurken bu rakam Erzincan’da 58 bin 767 olarak açıklanmıştır. Erzincan’daki bu taşıtların%47,3’ünü otomobil, %19’unu kamyonet, %13,7’sini motosiklet, %12,5’ini traktör, %3,3’ünü kamyon, %2,8’ini minibüs, %0,8’ini otobüs, %0,6’sını ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır. Erzincan ili temmuz ayı sonu itibarı ile trafiğe kayıtlı toplam taşıt sayısı 58 bin 767 ile Türkiye il sıralamasında 63. Sırada yer almıştır. Erzincan nüfusu 2017 yılına göre 231.511 olup 2018 nüfusu, tahmini verilere göre 232.900 olarak hesaplanmaktadır. Bu verilere göre Erzincan’da yaklaşık 4 kişiye bir motorlu taşıt 8 kişiye bir otomobil düşmektedir TÜİK (2019). Motorlu taşıt sayısının artması ve şehrin büyümesine bağlı olarak şehrin havasındaki artan zararlı gazların şehirde yaşayan halkın sağlığını tehdit eden düzeye ulaşmadan gerekli önlemlerin alınmasında yapılan araştırmadan faydalanılarak yapılması gereken çözüm önerileri açıklanmıştır.

Motorlu taşıt egzoz emisyonları hesaplarırken, temel olarak emisyon faktörü ve taşıt profili bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Erzincan şehir merkezindeki motorlu taşıtlarla ilgili kullanılan veriler, yapılan anket çalışmasıyla elde edilmiştir. Değişik marka ve model

araçlar baz alınarak 1000 araç sahibine ulaşmak hedeflenmiş, anketler 947 araç sahibinden veri alınarak tamamlanmıştır. Yapılan bu anketler ile ulaşılan veriler ile taşıtların üretim yılı, kullanım amacı, segmenti, kullandığı yakıt cinsi gibi özelliklerine göre sınıflandırılıp; günlük, aylık ve yıllık olarak kat ettikleri mesafeleri, yakıt tüketimleri ve ortalama hızları belirlenmiştir. Toplam araç sayısına göre, her bir taşıt sınıfı için egzoz emisyon faktörleri taşıt hızı, aldığı yol miktarı, yakıt tüketim miktarı gün, ay ve yıl bazında COPERT 5 programı aracılığıyla CORINAIR ve Euro emisyon standartları baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Konu ile benzer çalışmaların literatür incelemesi özetlendiğinde;

Morten Winther, Danimarka'da motorlu taşıtların Copert programı yardımıyla egzoz emisyon envanterini çıkarmıştır (Winther, 2008).

Jose M. Buron vd., İspanya'daki motorlu taşıt emisyonlarının, Copert programını kullanarak veri girişleri ile tahmini olarak hesaplanmasını yapmışlardır (Burón, vd., 2005).

Vitor Gois. Hugo Maciel, Lizbon şehri için, uydu fotoğrafları ve GPS ile alan ölçümlerinden yararlanarak şehir içindeki trafik emisyonlarının ayrıntılı olarak envanterini belirlemişlerdir (Gois, vd., 2004).

Shreya Dey, vd., İrlanda'nın en büyük kentsel alanı olan, en yüksek nüfus araç yoğunluğuna sahip Büyük Dublin Bölgesi (GDA) için Copert programı yardımıyla emisyon hesabı yapmışlardır (Shreya, vd., 2019).

M. Ekström, vd., COPERT III modeli (versiyon 2.1), Göteborg, İsveç'te, üç bölgede çok sayıda araçta yer alan optik uzaktan algılama emisyon ölçümlerinden elde edilebilen bir veri seti kullanarak değerlendirmişlerdir (Ekström, vd., 2004).

Aydın O. vd., Ankara'da Hava Kirliliğinin Mekânsal-zamansal Analizi; Bu çalışmada Ankara şehrinde mekânsal-zamansal Kriging teknikleri kullanılarak yardımcı değişkenlerin de yardımıyla partikül madde konsantrasyon dağılımı, Ankara için modellenmesi üzerinde çalışmalar yapmışlardır (Aydın vd., 2016).

Güven A. vd., Kayseri'de kış mevsimlerinde SO₂ ve PM'nin hava kalitesi korunması yönetmeliğindeki sınır değerleri dikkate alarak değerlendirmede bulunmuşlardır (Güven, vd., 2003).

B. C. Singer, R. A. Harley, Los Angeles şehrinde yaz mevsiminde şehirdeki motorlu taşıtların egzoz emisyonlarını ölçmek için sensörler yerleştirip, CO ve VOC emisyonlarını saptamışlardır (Singer ve Harley, 2000).

M. Valdes, vd., Madrid şehir merkezi için trafik emisyonları envanterinin ortaya çıkarılması için bir metodoloji geliştirmişlerdir (Ariztegui vd., 2004).

E. Ergün Polat, Y. Cuci, Gaziantep ili hava kalitesinin bilimsel olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi hedefiyle şehir merkezinde ortaya çıkan trafik kaynaklı emisyonları hesaplamışlardır (Cuci ve Polat, 2015).

Delphine Lejri, vd., çalışmalarında COPERT IV ve PHEM v11. olmak üzere iki emisyon modeli incelemişlerdir. Emisyon hesaplamaları Paris şehri için 6 dakikalık periyotlardaki yol bölümlerin 3km²'yi kapsayan bölgede yapmışlardır (Lejri, vd., 2018).

Rosalind O'Driscoll, vd., Çalışmalarında şehir içi ve otoyol bölümlerinden oluşan bir test güzergahı üzerinden 39 adet Euro 6 dizel binek araçtan kaynaklanan emisyonları Taşınabilir Emisyon Ölçüm Sistemi (PEMS) verileri kullanarak NO_x ve birincil NO₂ miktarını analiz etmişlerdir (O'Driscoll, vd., 2016).

Salvatore Saija, Daniela Romano, İtalya şehir içindeki motorlu taşıtların Copert programı yardımıyla taşıt sınıf ve sürüş stillerine göre taşıt emisyonlarını saptanması için bir metodoloji ortaya koymuşlardır (Saija ve Romano, 2002).

Pavlos Kassomenos, vd., Yunanistan'ın Atina şehri merkezinde trafik kaynaklı emisyonların günlük olarak (CO, Benzen, NO_x, PM10 ve VOC) değerlerini COPERT programı yardımıyla hesaplamışlardır (Kassomenos, vd., 2006).

Manjula R. Canagaratna, vd., New York'taki motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonları gerçek zamanlı olarak ölçmüşlerdir (Canagaratna vd., 2004).

Dilek Ünsal, vd., çalışmalarında Çorlu İlçesi'nde trafik kaynaklı hava kirleticilerin emisyon envanteri, belirlenmiş cadde ve sokaklar dahilinde hesaplanmışlardır (Ünsal, vd., 2015).

Shida Sun, vd., çalışmalarında Çin'in Shandong eyaletindeki taşıt emisyonlarının mekânsal dağılımlarını haritalamışlardır (Sun, vd., 2016).

Hasan Ali Taha Öztürk, Türkiye'deki İstanbul şehir çevriminde otomobil parkını temsil eden 30 adet otomobilin kullanım şartlarının egzoz emisyon etkileri ve yakıt tüketim

miktarlarının belirlenmesi üzerine deneysel olarak Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan test sonuçları ile kıyaslamıştır (Öztürk, 2010).

İhsan Sert, Balıkesir İl merkezindeki motorlu taşıtların Emission Inventory Guidebook 2006'ya bağlı olarak her bir araç sınıfı için emisyon faktörleri hesaplanmıştır (Sert, 2008).

Xiaowei Song, vd., çalışmalarında, CO, NMVOCs, NO_x, BC, OC, PM_{2.5} ve PM₁₀ 'un Şangay, Jiangsu, Zhejiang ve Anhui için emisyon stoklarını COPERT IV programından faydalanarak emisyon faktörleri hesaplamışlardır (Song, vd., 2016).

Jens Borcken vd., İspanya'daki motorlu taşıt kaynaklı emisyonların COPERT programı yardımıyla hesaplamışlardır (Borcken, vd., 2011).

Daniel (Jian) Sun, vd., çalışmalarında, karayolu trafik emisyonları ile ilgili yapısal çevre faktörleri ve arazi kullanımları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Sun, vd., 2018).

Georgios Fontaras, vd., çalışmalarında, CO₂ ve düzenlenmiş kirletici maddelerin (NO_x, HC, CO, PM) on üç Euro 5 uyumlu binek aracının (yeddi benzin, altı Dizel) emisyonları bir şasi dinamometresinde ölçüp, daha sonra araç emisyon envanteri derlemesi (COPERT ve HBEFA) için kullanılan Avrupa referans modelleri tarafından sağlanan ilgili emisyon faktörleriyle karşılaştırmışlardır (Fontaras, vd., 2014).

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Motorlu Taşıtların Sınıflandırılması

Motorlu taşıtların sınıflandırılması taşıtların uzunluk, boyut, hacim ve fiyat özelliklerine göre yapılmakta olup, yapılan bu sınıflandırılma ile beraber taşıtlar segmentlere ayrılır. Motorlu taşıtların segmentlere göre değerlendirilmesi ülkeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Ülkemizde motorlu taşıt segmentleri Avrupa standartları temel alınarak belirlenir. Motorlu taşıtlar sınıflandırılırken kullanım amaçlarına göre motosikletler, binek otomobiller, hafif hizmet araçları (Kamyonet, Minibüs), ağır hizmet araçları (Kamyon, Otobüs) gibi sınıflara ayrılır. Daha sonra sınıflandırılan bu taşıtlar kendi içerisinde segmentlere ayrılır.

3.1.1. Binek otomobiller

Tasarımı itibariyle sürücüsüyle birlikte en fazla dokuz kişi oturma kapasitesine sahip olup, yolcu taşımak için üretilmiş olan motorlu taşıtlardır (Şekil 3.1). Bu taşıtlar A, B, C, D, E, F, G, J gibi segmentlerden oluşmasına rağmen, bu çalışmada hesaplamalarda kullanılacak ilk dört segment açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Binek otomobiller

3.1.1.1. A segmenti binek otomobiller

Boyutları 3.700 mm'den kısa olan, Avrupa genelinde şehir arabası, ekonomik araba, mini araba olarak da adlandırılan binek otomobil segmentidir. Şehir trafiğine uygun olması sebebiyle tercih edilen bu otomobiller ekonomik açıdan da diğer segmentlere göre daha avantajlıdır. Bu sınıftaki otomobillerin gövdesi küçük olup, diz ve baş mesafesi oldukça az olup, aynı zamanda düşük ağırlıklarıyla da dikkat çekmektedir. Hatchback, MPV ve Cabriolet gibi farklı gövde yapısına sahip olabilen A segmenti otomobillerin en çok tercih edilen modelleri arasında; Hyundai i10, Fiat 500 (Şekil 3.2), Smart Fortwo, Citroen C1, Peugeot 107 gibi modeller vardır.



Şekil 3.2. A segmenti binek otomobil

3.1.1.2. B segmenti binek otomobiller

Boyutları 3.700-4.000 mm arasında olan B segmenti otomobilleri, A segmenti otomobillerle benzerlik gösterirler fakat hacimce biraz daha geniş olmalarından dolayı “küçük aile otomobilleri” olarak da adlandırılır. A segmenti otomobillerinden daha ağır gövde yapıları olmasından dolayı, motor güçleri daha yüksektir.

Hatchback, sedan, station vagon, coupe, cabriolet, roadster, SUV ve MPV gibi farklı gövde yapısına sahip olabilen B segmentinin en popüler otomobil modelleri arasında Honda Jazz, Nissan Micra, Toyota Yaris (Şekil 3.3), Opel Corsa, Volkswagen Polo, Renault Clio gibi modeller yer alır.



Şekil 3.3. B segmenti binek otomobil

3.1.1.3. C segmenti binek otomobiller

Boyutları 4.100-4.600 mm arasında olan C segmenti otomobilleri, ülkemizde ve dünyada en çok üretilip, kullanılan segmenttir. Birçok platformda kompakt sınıf veya orta sınıf diye bilinse de “aile arabası” olarak da adlandırılmaktadır. Hem şehir içi trafikte hem de uzun yolculuklarda performans açısından kullanıcılarını tatmin eden bu otomobiller, boyutları nedeniyle aileler tarafından sıklıkla tercih edilir.

Yüksek satış rakamları yakaladıklarından, otomobil markalarının birbiriyle yarıştığı bir alandır ve bu segmentte uygun fiyatlı araç modeli bulmak çok daha kolaydır. Hatchback, sedan, coupe, cabriolet, roadster, CC, SUV, CUV ve MPV gibi farklı gövde yapısına sahip olabilen C segmentinin en popüler otomobil modelleri arasında Honda Civic (Şekil 3.4), Toyota Corolla, Mazda 3, Mitsubishi Lancer, Ford Focus, Volkswagen Golf, Audi A3, Hyundai i30, Opel Astra, Renault Megane gibi modeller bulunmaktadır.



Şekil 3.4. C segmenti binek otomobil

3.1.1.4. D segmenti binek otomobiller

Boyutları 4.600-4.900 mm arasında olan D segmenti otomobilleri, geniş aile otomobilleri olarak da bilinirler. Üst orta sınıf olarak da adlandırılan geniş yapı, ferah kabinlere sahip bu segment otomobillerinin, C segmentinden farklı olarak, boyutlarının daha geniş olmasının yanı sıra performansları da daha yüksektir. Honda Accord, Toyota Avensis, Mercedes C sınıfı, Volkswagen Passat, Mazda 6 (Şekil 3.5) gibi en popüler D segmenti otomobilleri arasındadır.



Şekil 3.5. D segmenti binek otomobil

3.1.2. Hafif hizmet araçları (kamyonet- minibüs)

Hafif ticari araçlar, yolcu veya eşya taşınmasında kullanılan en az dört tekerlekli motorlu taşıtlardır (Şekil 3.6).

Hafif ticari araçlar sürücü koltuğuna ek olarak sekizden fazla koltuktan oluşan ve maksimum 3.500-7.500 kg arasında kütleye sahip olan araçlardır.

Kendi arasında üç sınıfa ayrılır.

N1-Sınıf I 1.250 kg'dan az kütleye sahiptirler.

N1-Sınıf II 1.250-1.700 kg arasındaki kütleye sahiptirler.

N1-Sınıf III 1.700 kg'dan daha büyük kütleye sahiptirler.



Şekil 3.6.Hafif hizmet araçları

3.1.3. Ağır hizmet araçları (kamyon, çekici)

Eşyaların taşınması için tasarlanmış ağır tonajlı araçlardır. İzin verilen maksimum kütle hafif ticari taşıtların (3.500-7.000 kg) sınırının üstündedir. Bunlar ayrıca çekicileri de kapsamaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Ağır hizmet araçları

3.1.4. Otobüsler

Şehir içi ve şehirlerarası otobüsler olarak ayrılan bu sınıf, sürücü koltuğuna ek olarak sekizden fazla koltuktan oluşan ve hafif ticari araçların (3.500-7.000 kg) limitini aşan kütleyle sahip olan ve yolcuların taşınması için kullanılan taşıtlardır (Şekil 3.8). Şehir içi ve şehirlerarası olarak ayrılan otobüsler aynı zamanda boyutları olarak da midi ve standart olarak iki ayrı grupta incelenmiştir.

Midi 15.000 kg'dan az kütleyle sahiptirler

Standart 15.000-18.000 kg arasındaki kütleyle sahiptirler.



Şekil 3.8. Otobüs

3.1.5. Motorlu bisiklet ve motosikletler

İki veya üç tekerlekli olan sürücü dâhil bir veya iki kişi taşıyabilen taşıttır (Şekil 3.9). Trafikte boyutunun küçük olmasından dolayı rahat hareket ettiği için tercih edilir. Daha çok şehir içindeki boyut ve ağırlıkları küçük olan eşyaların hızlı bir şekilde ulaştırılmasında kullanılır.

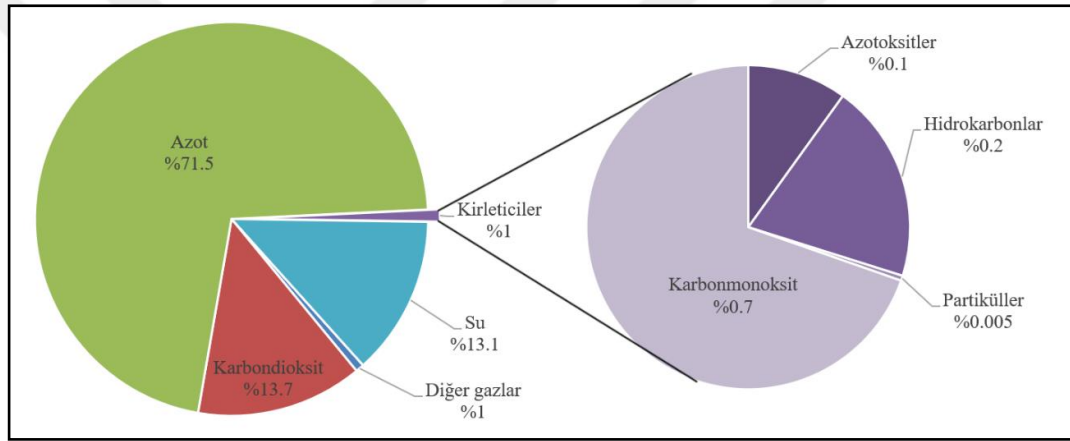


Şekil 3.9. Motosiklet

3.2. Motorlu Taşıt Emisyonları ve Emisyon Standartları

3.2.1. Motorlu taşıt emisyonları

Yanma tepkimesi esnasında, hava/yakıt karışımı oranından dolayı birçok yan ürün meydana gelir. Motor, normal çalışma sıcaklığı ve stokiometrik hava/yakıt oranı ile çalışırken, bu yan ürünlerin zararlı olanları toplam egzoz gazı miktarının yaklaşık %1'idir (Şekil 3.10). Yanma sırasında meydana gelen en önemli kirleticiler şunlardır; Karbonmonoksit (CO), Hidrokarbonlar (HC), Azot oksitlerdir (NO_x). Son teknoloji katalitik konvertörler motor normal çalışma sıcaklığında çalışırken bu gazların %99'unu daha az zararlı olan gazlara dönüştürmektedir (Bosch, 2004).



Şekil 3.10. Benzinli motorların egzoz emisyonları ($\lambda=1$) (Bosch, 2004)

3.2.1.1. Su (H₂O)

Egzoz gazlarının %13,1'ini oluşturan H₂O, yanma reaksiyonu sonunda oluşur. Yanma reaksiyonunda açığa çıkan suyun (H₂O) yüksek bir miktarı çevreden ısı çekerek su buharına dönüşür. Soğuk günlerde buharlaşamayan su egzoz borusundan duman bulutuna dönüşerek dışarı atılır (Bosch, 2004).

3.2.1.2. Karbondioksit (CO₂)

Tam yanmada, yakıtın kimyasal bağlarındaki hidrokarbonlar, egzoz gazının yaklaşık %13,7'sini oluşturan karbon dioksit'e dönüştürülür. Egzozdaki dönüştürülmüş karbon

dioksit miktarı doğrudan bir yakıt tüketimi endeksidir. Bu nedenle karbondioksit salınımını azaltmanın tek yolu yakıt tüketimini azaltmaktır.

Karbondioksit atmosferik havanın doğal bir bileşenidir ve motorlu taşıtların egzozunda bulunan CO₂ bir kirletici olarak sınıflandırılmaz. Ancak bu gaz sera etkisinden ve bu etkinin sebep olduğu küresel iklim değişikliğinden sorumlu maddelerden biridir. 1920'den bu yana sürekli olarak artan atmosferik CO₂, 300 ppm'den yaklaşık 360 ppm'e yükselmiştir. Bu durum, CO₂ emisyonlarını ve yakıt tüketimini azaltma çabalarını hiç olmadığı kadar önemli kılmaktadır (Bosch, 2004).

3.2.1.3. Azot (N₂)

Havada yaklaşık %78 oranında bulunan azot, motor tarafından çekilen havanın birincil bileşenidir. Doğrudan yanma işlemine dahil olmasa da egzoz gazı içindeki en büyük tek bileşen olup, egzoz gazında bulunma oranı yaklaşık %71,5'tir (Bosch, 2004).

3.2.1.4. Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit, hidrokarbon ve azotoksitlere göre motorlu taşıtlar tarafından çevreye daha fazla bırakılan emisyondur. Karbonmonoksit üreten başlıca kirletici kaynaklar arasında motorlu taşıtlar %66 oranla birinci sırada gelmektedir. Hava/yakıt karışımındaki yetersiz oksijenden dolayı karbonun tamamı oksitlenemediğinden ortaya çıkan bir kirleticidir. Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup, havada %0,3 değerinde bulunduğu öldürücüdür. Karbon içeren yakıtların yanması ile ortaya çıkan bu emisyon özellikle benzinli motorların rölantide çalışması sırasında oluşur. Kapalı ortamlarda çalışan içten yanmalı motorlardan yayılan karbonmonoksit ortamda bulunanları zehirler ve öldürür. Yanma süresi boyunca karbonmonoksit yoğunluğu silindirlerde en yüksek düzeyinde olup, bu sürenin devamında atmosferde oksitlenme tamamlanarak kısa zamanda zararsız olan karbondioksit dönüşür. Karbonmonoksitin en az oluşumu hava fazlalık katsayısının (λ) 1/1 olduğu değerlerde olur ve karbonmonoksit içeriği pratik olarak yakıt/hava oranından bağımsızdır. Kararlı bir gaz olan karbonmonoksitin atmosferde kalıcılık süresi iki aydan fazladır. Bütün dünyada karbonmonoksit emisyonu yılda toplam 232 milyon ton olduğu göz önüne alındığında, bu miktarın dünya atmosferi için oluşturduğu sorun daha da belirgin hale gelmektedir.

Dünyadaki karbonmonoksit emisyonunun yaklaşık olarak %70'inden fazlası taşıma sektöründen gelmektedir. Ayrıca tüm dünyada karbonmonoksit oluşumunun aşağı atmosferde kalması halinde ise, bu kararlı gazın her yıl 0.03 ppm artacağı hesaplanmaktadır. Şehir havasında bulunan CO insan sağlığına önemli etkilerde bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi karbon monoksitin kandaki hemoglobin hücrelerinin oksijen taşıma kabiliyetini azaltmasıdır. Zengin hava/yakıt karışımındaki buharlaşmayan yakıt damlacıkları, tamamen yanmayan, zengin karışım cepleri oluşturur. Karbon monoksit bu karışım ceplerindeki hava yetersizliği sebebiyle yakıtın tam yakılamaması sonucu oluşur. Karbon monoksit aşırı hava ile çalışma esnasında da üretilmesine rağmen, yoğunluğu minimum olup, kısa süreli zengin çalışma sürelerinden veya hava/yakıt karışımı içerisindeki tutarsızlıklardan kaynaklanır. Bu gaz kokusuz ve tatsızdır. İnsanlarda kanın oksijeni emmesini engelleyerek boğulmalara sebep olur (Bosch, 2004).

3.2.1.5. Hidrokarbonlar (HC)

Hidrokarbonlar (HC), hidrojeni (H) karbon (C) ile birleştiren tüm kimyasal bileşikler yelpazesi için genel bir tanımdır. HC emisyonları, yanma tepkimesi sırasında hava/yakıt karışımının tamamen yanmasını sağlamak için gerekli miktarda oksijen bulunmasının bir sonucudur. Yanma işlemi ayrıca başlangıçta orijinal yakıt içerisinde bulunmayan yeni hidrokarbon bileşikleri de üretir (genişletilmiş moleküler zincirlerini ayırarak, vb.). Alifatik hidrokarbonlar (alkanlar, alkenler, alkinler ve bunların halkalı türevleri) neredeyse kokusuzdur. Aromatik hidrokarbonlar (benzol, toluol ve polisiklik hidrokarbonlar gibi) fark edilir bir koku yayar. Bazı hidrokarbonlara uzun süre maruz kalınması durumunda kanserojen etki yaptığı kabul edilir. Kısmen oksitlenmiş hidrokarbonlar (aldehitler, ketonlar, vb.) hoş olmayan bir koku yayar. Bu maddeler güneş ışığına maruz kaldığında meydana gelen kimyasal ürünlerin de belirli konsantrasyonlarda uzun süre maruz kalındığında kanserojen olarak işlev gördüğü kabul edilir (Bosch, 2004).

Hidrokarbonların en önemli kaynakları yanma odası etrafındaki boşlukların sıkıştırma zamanı sırasında hava/yakıt karışımı ile dolması, yakıtın absorpsiyonu, yanma sonucu oluşan kalıntıların yağ filmi özelliği göstermesi, silindir içerisinde yanmamış yakıt bulunmasıdır (Sürmen, 1997; Yıldırım ve Gül,1997).

Zengin karışımda tam yanmanın oluşabilmesi için yeterli miktarda O₂ olmadığından HC emisyonları artarken, fakir karışımda ise düşük alev yayılma sürati nedeniyle yakıt tam olarak yanmadan dışarı atıldığından yine HC emisyonları artmaktadır. Bu emisyonların artmasına sebep olan bir diğer neden ise motor freni ve yavaşlama sırasında motora yeterli miktarda hava giremeyeceğinden düşük sıkıştırma ve zengin karışım ile birlikte eksik yanma oluşmasıdır (Stone, 1989).

3.2.1.6. Azotoksitler (NO_x)

Azot oksitler, azot (N) ve oksijenden (O) oluşan kimyasal bileşikler içeren genel bir terimdir. Bu emisyonlar azot içeren havanın yakıldığı tüm yanma işlemlerinde ortaya çıkan ikincil reaksiyonlardan kaynaklanırlar. İçten yanmalı motorların egzoz gazlarında karşılaşılan birincil formları azot oksit (NO) ve azotdioksit'tir (NO₂). Ayrıca dinitrojenmonoksit (N₂O) de konsantrasyonlarında bulunur. Renksiz ve kokusuz olan azot oksit (NO), atmosferik havada oksijen ile tepkimeye girerek azot dioksite (NO₂) dönüştürülür (Bosch, 2004).



Saf NO₂, nüfuz edici kokusu olan zehirli ve kırmızımsı, kahverengi bir gazdır. Çok kirli havalarda bulunan NO₂ konsantrasyonları mukoza zarının tahriş olmasına sebep olabilir. Azot oksitler asit yağmurlarına neden olarak orman hasarlarına katkıda bulunur ve aynı zamanda hidrokarbonlarla kombineli şekilde hareket ederek fotokimyasal sis oluşturur. Daha çok dizel motorlarda meydana gelen bu emisyonlar, buji ile ateşlemeli motorlarda ihmal edilebilecek seviyededir (Bilgin ve Durgun, 1997; Heywood, 1988).

NO_x emisyonlarını makul düzeye indirmek için yanma odası sıcaklığını düşürmek ve yüksek sıcaklıklara erişilen zamanı indirmek, hem de oksijen yoğunluğunu azaltmak gerekmektedir. Hava/yakıt oranının zengin karışıma yakın olduğunda NO_x yoğunluğunun azalmasının sebebi O₂'nin azalması, fakir karışıma yakın olduğunda azalmasının sebebi ise yanma tepkimesinin süresinin uzaması ve en yüksek sıcaklık seviyesinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Motorların ateşleme zamanına müdahale edilmesi, en yüksek sıcaklık seviyesini değiştireceğinden NO_x yoğunluğu da değişir. Stokiyometrik

hava/yakıt oranında ateşleme süresine avans verildikçe yanma sıcaklığı yükseleceğinden NO_x miktarı da önemli derecede artar (Benson ve Whitehouse, 1979; Stone, 1989).

3.2.1.7.Kükürtdioksit (SO₂)

Egzoz gazlarındaki sülfürlü bileşikler -özellikle kükürt dioksit- yakıtlarda bulunan sülfatlar tarafından üretilir. Bu kirletici emisyonların nispeten küçük bir kısmı motorlu taşıtlar tarafından çevreye salınmaktadır. Bu emisyonlar resmi emisyon limitleriyle sınırlandırılmamıştır.

Kükürt, katalitik konvertörler içerisinde tortular oluşturur, aktif kimyasal katmanla reaksiyona girer ve katalizörün egzoz gazlarından diğer kirletici maddeleri çıkarma kabiliyetini engellediğinden, kükürtdioksiti dönüştürmek için bir katalizör kullanılması mümkün değildir. Direkt enjeksiyonlu benzinli motorlarda emisyon kontrolü için kullanılan NO_x depolama katalizörlerinde kükürt kirlenmesi rezerve edilebilse de bu işlem direkt enjeksiyonun sağladığı yakıt ekonomisi üzerinde olumsuz etkileri olan önemli miktarda enerji gerektirir. Keskin kokulu, renksiz ve patlamaz bir gaz olan kükürtdioksit, özellikle dizel yakıtlarda az da olsa bulunmaktadır. Atmosferde yüksek yoğunlukta bulunduğu nefes alma güçlüğü, göz ve mukoza tahrişine sebep olabilir (Bosch, 2004).

3.2.1.8. Partikül maddeler

Partikül maddeler özellikle dizel yakıtın yakılmasıyla atmosfere bırakılır. Benzinli motorlardan gelen partikül emisyon seviyeleri oldukça düşüktür. Bu maddeler eksik yanma sonucu ortaya çıkmaktadır. Egzoz bileşimi yanma işlemi ve motor çalışma koşulunun bir fonksiyonu olarak değişmekle birlikte, bu partiküller temel olarak son derece geniş bir özgül yüzey oranına sahip hidrokarbon zincirlerinden (kurum) meydana gelir. Yanmamış ve kısmen yanmış hidrokarbonlar, aldehitler ile birleştirildikleri kurumda nüfuz edici kokuları ile birikintiler oluştururlar. Aerosol bileşenleri (gazlarda az miktarda dağılmış katı maddeler veya sıvılar) ve kurumlara, yakıtın kükürt içeriğinden kaynaklanan sülfatlara bağlanır (Bosch, 2004). İçten yanmalı motorlarda, motora binen yük miktarına göre değişiklik gösteren hava/yakıt oranına bağlı olarak kurum miktarı ayrıca motor gücünü de sınırlayan bir etkidir. Yanma işlemi başlangıcında ortaya çıkan

karbon miktarının büyük bir kısmı tekrar yakılır. Fakat motora güç vermek amacıyla silindirlerdeki yanma odasına daha fazla yakıt transfer edildiğinde, silindir içerisinde yeterli miktarda oksijen olmadığından egzoz gazlarında bir miktar kurum bulunacaktır. Yanma işlemi sonucunda kurum oluşumu silindirlerin korozyonuna, segman boşluklarının karbon ile dolarak hasar görmesine sebep olmaktadır (Özcumalı, 2007).

3.2.2. Egzoz emisyon standartları

Birçok ülkede benzin ve dizel yakıtlı motorlu taşıtlar için emisyon standartları “Euro” standartları baz alınır. Ülkemizde de bu standartlar baz alınmaktadır. AB ülkelerinde zararlı egzoz gaz emisyonlarının sınırlama ihtiyacı hafif taşıtlar için 1970’li yıllar öncesinde başlarken, ağır taşıtlar için 1980’li yılların sonlarında başlamıştır. Birleşmiş Milletler ve bazı Avrupa ülkelerinin liderliğinde, Avrupa Birliği benzin yakıtlı motorlu taşıtlarda katalitik konvertörlerin kullanımını zorunlu hâle getirmiştir (MEB, 2013).

AB’nin emisyonlara getirdiği sınırlamalardan önce belirli bir emisyon standardı öncesi üretilen motorlara Noneuro (Euro standartları öncesi) motor olarak tanımlanmakta olup, daha sonraki yıllarda getirilen sınırlamalar sonucu 1992-1993 seneleri arasında Euro I, 1995-1996 seneleri arasında Euro II, 2000 senesinde Euro III, 2005 senesinde Euro IV standartlarına geçilmiştir. 2009 senesinde Euro V ve 2014 senesinde ise Euro VI sınırlamasına geçilmiştir. Bu egzoz emisyon standartlarının limitleri taşıt sınıflarına göre Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’te verilmiştir.

Tablo 3.1. Binek Otomobiller için Euro Emisyon Standart sınırları

Otomobil	CO (g/km)		HC (g/km)		NO _x (g/km)		PM (g/km)	
	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel
Euro 1	2,72	2,72	-	-	-	-	-	0,14
Euro 2	2,2	1	-	-	-	-	-	0,08
Euro 3	2,3	0,64	0,2	-	0,15	0,5	-	0,05
Euro 4	1	0,5	0,1	-	0,08	0,2	-	0,025
Euro 5	1	0,5	0,1	-	0,06	0,18	0,005	0,005
Euro 6	1	0,5	0,1	-	0,06	0,08	0,005	0,005

Tablo 3.2. Hafif ticari N1-I sınıfı için Euro Standart sınırları

N1-I	CO (g/km)		HC (g/km)		NO _x (g/km)		PM (g/km)	
	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel
Euro 1	2,72	2,72	-	-	-	-	-	0,14
Euro 2	2,2	1	-	-	-	-	-	0,08
Euro 3	2,3	0,64	0,2	-	0,15	0,5	-	0,05
Euro 4	1	0,5	0,1	-	0,08	0,25	-	0,025
Euro 5	1	0,5	0,1	-	0,06	0,18	0,005	0,005
Euro 6	1	0,5	0,1	-	0,06	0,08	0,005	0,005

Tablo 3.3. Hafif ticari N1-II sınıfı için Euro Standart sınırları

N1-II	CO (g/km)		HC (g/km)		NO _x (g/km)		PM (g/km)	
	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel
Euro 1	5,17	5,17	-	-	-	-	-	0,19
Euro 2	4	1,25	-	-	-	-	-	0,12
Euro 3	4,17	1,25	0,25	-	0,18	0,65	-	0,07
Euro 4	1,81	0,8	0,13	-	0,10	0,33	-	0,04
Euro 5	1,81	0,63	0,13	-	0,075	0,235	0,005	0,005
Euro 6	1,81	0,63	0,13	-	0,075	0,105	0,005	0,005

Tablo 3.4. Hafif ticari N1-III sınıfı için Euro Standart sınırları

N1-III	CO (g/km)		HC (g/km)		NO _x (g/km)		PM (g/km)	
	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel
Euro 1	6,9	6,9	-	-	-	-	-	0,125
Euro 2	5	1,5	-	-	-	-	-	0,17
Euro 3	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,10
Euro 4	2,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,06
Euro 5	2,27	0,74	0,16	-	0,082	0,280	0,005	0,005
Euro 6	2,27	0,74	0,16	-	0,082	0,125	0,005	0,005

Ülkemizde 1993 yılında “Otomotiv Sanayi Çevre Deklerasyonu” ile başlayan egzoz emisyon standartları 1995 yılında Euro 93 standardı uygulanmıştır. 1996 yılında AB gümrük birliği anlaşmasıyla birlikte AB tip onayı mevzuatı çalışmaları başlatılarak

Türkiye’de üretilen taşıtların AB normlarına 5 yıl içerisinde uygun hale getirileceği bildirilmiştir. 1996 yılında ticari taşıtlar için emisyon (ECE R24) programı yayınlanmış ve 2001 yılında tüm dizel taşıtlar Euro I egzoz emisyon standardına uyumlu hale getirilmiştir. 2008 yılında Euro 4 standardı, Ekim 2009’da Euro V, Eylül 2014’te ise Euro VI standardına geçilmiştir (MEB, 2013).

Tablo 3.5. Ağır ticari araç sınıfı için Euro Standart sınırları

Ağır Ticari (Dizel)	CO (g/km)	HC (g/km)	NO_x (g/km)	PM (g/km)
Euro 1	4,5	1,1	8	0,36
Euro 2	4,5	1,1	7	0,15
Euro 3	2,1	0,66	5	0,10
Euro 4	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro 5	1,5	0,46	2	0,02
Euro 6	1,5	0,13	0,5	0,01

3.3. Motorlu Taşıtlarda Emisyon Kontrol Yöntemleri

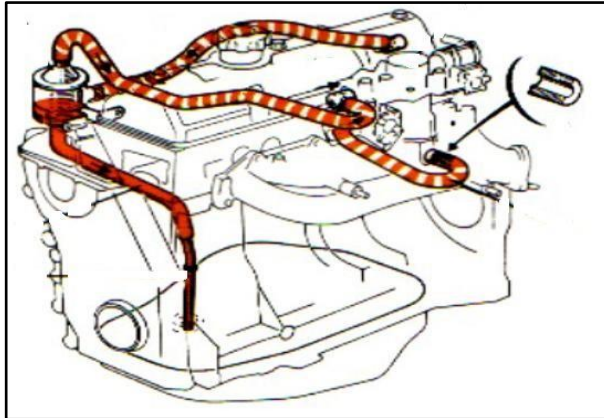
İçten yanmalı motorlar tarafından çevreye salınan egzoz emisyonlarını azaltmak amacıyla kullanılan yöntemler dizel ve benzinli motorlar şeklinde iki ana sınıfta incelenmiştir.

3.3.1. Benzinli motorlarda emisyon kontrol yöntemleri

1. Karter Havalandırma Sistemi
2. Kapalı Çevrim Yakıt Sistemi
3. Yakıt Buharı Kontrolü Sistemi
4. İkinci Hava Püskürtmesi Sistemi (AIR)
5. Basıncılı İkinci Hava Püskürtmesi Sistemi (PAIR)
6. Egzoz Gazları Resirkülasyonu (EGR)

3.3.1.1. Karter havalandırma sistemi

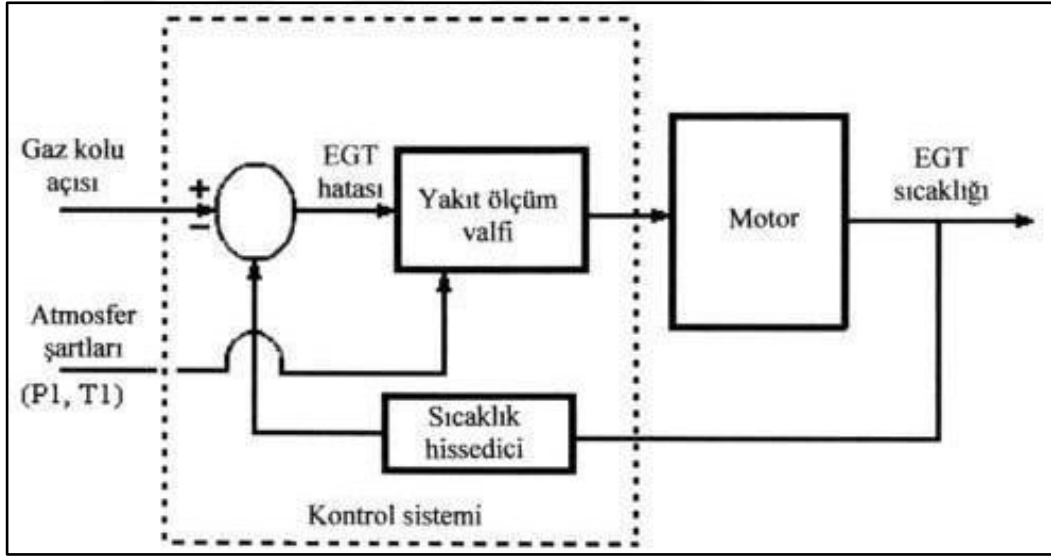
Motor karteri ve yanma odası arasındaki basınç farkları sebebi ile silindir çalışma yüzeyleri ve piston segmanları arasında kayıp gazlar meydana gelir. Kayıp basınç gazları olarak nitelendirilen ve yağ içeren bu gazlar, yanmamış veya yanmış şekilde kartere geçerek motor yağının kalitesini düşürür ve bu durum hem yakıt kaybına sebep olurken hem de çevreye zarar verir. Karter havalandırma sistemi yardımıyla bu gazları emme kontrollü bir şekilde emme hattına geri gönderilir (Şekil 3.11). Ayrıca bu gazlardaki yağ buharlarını havadan ayırarak, krank karterinde bulunan bir kanal aracılığıyla yağ buharlarını krank karterine geri gönderilir (MEB, 2013).



Şekil 3.11. Karter havalandırma sistemi (MEB, 2013)

3.3.1.2. Kapalı çevrim yakıt sistemi

Kapalı çevrim yakıt sistemi egzoz gazındaki zararlı maddeleri azaltmada en önemli yöntemdir. Bu sistemde üç yollu katalitik konvertör (TWC) ısıtmalı oksijen sensörü ya da sönörleri ve EEC IV/ EEC V PCM ya da Motronic modülü bulunmaktadır (Şekil 3.12). Bu sistem zenginden fakire doğru karışım teşkilini düzenler diğer bir ifadeyle egzoz gazındaki oksijen miktarını sürekli olarak düşükten yükseğe doğru değiştirir. Bu ise NO_x 'i azaltmak için oksijen kısıtlaması yapan ve HC ile CO oksidasyonunu içinde oksijen sağlayan katalitik konvertörün %95'lik bir dönüşüm oranı ile çalıştığını göstermektedir. Kapalı çevrim yakıt sistemin üç yollu katalitik konvertör sadece %70'lik bir verimle çalışmaktadır. Bu sistem yaklaşık $\lambda=1$ olacak şekilde dar bir lamda aralığında en iyi yanmayı kontrol etmek üzere karışım teşkilini kontrol eder. Sonuç olarak da çok düşük seviyede ham emisyon açığa çıkar (Ford Teknik Servis Eğitimi, 1996).



Şekil 3.12. Kapalı Çevrim Yakıt Sistemi (Gümüş, 2012)

Isıtmalı oksijen sensörü elektronik kontrol modülüne egzoz gazı içerisindeki atık oksijen seviyesine göre 0.1 ile 0.9 volt arasında elektrik yollar. Voltaj sinyalindeki ani değişim sonucu kontrol modülü zengin ya da fakir karışımı algılar ve ani olarak lamda değerinin 1 civarında kalmasını temin edecek şekilde püskürtülen yakıt miktarını düzeltir ve zengin ve fakir karışımın üç yollu katalitik konvertörde tercih edilen yüksek dönüşüm oranının elde edilmesi sağlar (Ford Teknik Servis Eğitimi, 1996).

3.3.1.3. Yakıt buharı kontrolü

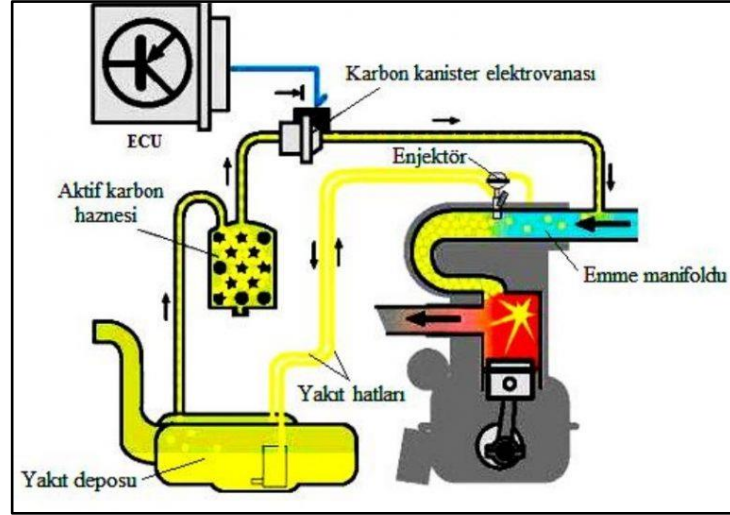
Özellikle sıcak havalardaki ilk hareketlerde ilave yakıt buharı egzoz gazlarında HC ve CO emisyonunu arttırmaktadır. Şekil 3.13'te verilen bu sistem yakıt deposunda oluşan bu buharı bir boru ile emme manifoldu girişine iletip silindir içerisine alınarak yakılmasını sağlar. Motor çalışmadığı zaman ise bu buharı bir yerde toplayarak, Motor çalışınca hava filtresi yardımıyla bu buharı emme kanalına çekip yakmaktadır.

Yakıt depolarını rölanti çalışmasında emme havasına bırakılmaması gerekir. Çünkü zengin olan rölanti karışımının aşırı zenginleşmesi HC ve CO emisyonlarını arttırmaktadır. Yakıt deposuna 0.14 barlık basınç farkında atmosfere açılan emme supaplı bir kapak yerleştirilerek atmosferle ilişkisi kesilir. Tabii yaylı supap hava girişine müsaade ederek deponun deformasyonuna ve parçalanmasına mâni olmaktadır. Yakıt buharının emilmediği hallerde biriktirme iki şekilde yapılabilmektedir:

Aktif karbon absorpsiyonu; aktive edilmiş olan karbonu HC'leri çok iyi absorbe etmektedir. Bir taşıtta 700-800 gr aktif karbon doldurulmuş, genellikle motor yanına yerleştirilen bir kutunun kullanılması yeterli olmaktadır.

Karter hacminde depolama; depodan gelen buharı karter içerisinde depolamak mümkündür. Fakat basınç ve hava hareketleri buhar deposunun kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu nedenle daha çok önceki metot tercih edilir.

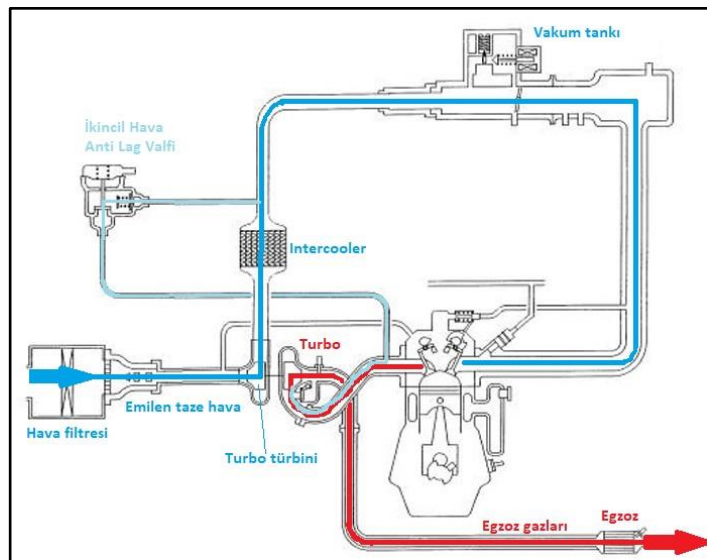
Yakıtın ısınıp genişmesi ve eğimli yolda sıvı yakıtın buhar yollarından geçip aktif karbona veya kartere alınmasını engellemek için bir sıvı-gaz ayırıcı kullanılmalı ve depoda genişleme hacmi bırakılmalıdır. Motorun ilk çalıştırılması sırasında karbon kanister elektro vanası yakıt buharının emme manifolduna gitmesini engelleyerek karışımının zenginleşmesini önlemek için motor sıcaklığı yapımcı firma tarafından önceden belirlenmiş bir eşik derecesine (65 °C civarı) erişinceye kadar kapalı kalır. Motor sıcaklığı belirlenmiş eşik derecesine ulaştığında ECU karbon kanister elektro vanasına sinyalin boş/dolu oranına göre düzenleyerek bir kare dalga sinyali ile yakıt buharının silindir içerisine alınıp yakılmasını sağlar (A. Kaya, 2017).



Şekil 3.13. Yakıt Buharı Kontrolü (A. Kaya, 2017)

3.3.1.4. İkinci hava püskürtmesi sistemi (air)

İkinci hava püskürtme sistemi (AIR) motorun ısınması sırasında yaklaşık 80-90 saniye kadar devreye girer. AIR sisteminde taze hava silindir kapağındaki egzoz kanalına direkt olarak püskürtülür ve bu şekilde yanmamış hidrokarbonlar ve karbon monoksit oksijen ile tepkimeye girer, diğer bir ifadeyle yüksek egzoz gazı sıcaklığı ile ikinci yanma meydana gelir (Şekil 3.14). Bu proses sırasında motorun ısınması boyunca egzoz gazı sıcaklığı daha da artar ve katalitik konvertör normal çalışma sıcaklığına daha çabuk ulaşmış olur (Ford Teknik Servis Eğitimi, 1996).



Şekil 3.14. İkinci Hava Püskürtmesi Sistemi (AIR)

AIR sistemi esas olarak elektrikli ikinci pompadan, AIR vakum regülatöründen, hava kontrol valfinden, tek yönlü valften ve ilgili boru ve hortumlardan meydana gelmektedir. Daha eski motorlarda pompa tahrik kayışı ile tahrik edilerek sürekli olarak çalışmaktaydı. Motorun ısınması sırasında ikinci yanma için gereken taze hava egzoz manifolduna kısa bir süre için gönderilmektedir (Yaklaşık 90 saniye), ancak daha sonra atmosfere salınmaktadır. EEC V kontrol sistemli yeni motorlarda sadece kısa bir süre için çalışan elektrikli hava pompası kullanılmaktadır (Ford Teknik Servis Eğitimi, 1996).

3.3.1.5. Basınçlı ikinci hava püskürtmesi sistemi (pair)

Bu sistem daha önce ifade edilen basınçlı hava sistemidir ve sadece EEC IV motor kontrol sistemli motorlarda kullanılmaktadır. PAIR sistemi de taze havayı silindir kapağındaki egzoz kanalına püskürtmektedir. Ancak değişik bir fizik prensibi kullanmaktadır. Burada bir vakum oluşturarak ikinci yanmanın meydana gelmesini sağlamak üzere yeterli miktarda temiz havayı sağlamak için basınçlı egzoz gazları patlatılır.

Egzoz valfi kapandıktan sonra egzoz gazı kolonunun hız enerjisi ile egzoz manifoldu borusunda bir basınç farkı oluşur, bu basıncı farkıyla taze hava basınçlı hava borularının tepesinden dışarı doğru emilir. Basınçlı hava boruları AIR sisteminde olduğu gibi silindir kapağındaki egzoz kanallarının içine kadar girmektedir.

PAIR sistemi iki adet 1. ve 4. silindirler ile 2. ve 3. silindirler arasındaki basınçlı ikinci hava borularından meydana gelmektedir. İki boru basınçlı ikinci hava ünitesine flanş ile bağlanmıştır. Ünite içerisinde her bir borunun ön tarafına bağlı olan tek yönlü valf bulunmaktadır ve egzoz manifoldunda basınç meydana geldiğinde kapanarak sıcak egzoz gazlarının muhafaza içerisinde dolaşmasını engellemektedir. Vakum kontrollü ikinci hava valfi, emme manifoldunda meydana geldiğinde sadece PAIR sistemini devreye sokar, diğer bir ifadeyle rölantide ve kısmi yük altında iken işlem gerçekleşir. Emme manifoldu ile ikinci hava muhafazasındaki ikinci hava valfi arasındaki vakum borusu, EEC IV modülü tarafından PAIR vakum regülatörü devreye sokulduğunda kontrol edilir. PAIR sistemi sadece kapalı çevrim yakıt sistemi ile ve motorun ısınma zamanında devreye girer. Isıtmalı oksijen sensörü çalışma sıcaklığına ulaştığında ve motorda kapalı çevrim yakıt sistemi oluştuğunda, PAIR sistemi EEC IV modülü tarafından devre dışı bırakılır (Ford Teknik Servis Eğitimi, 1996).

3.3.1.6. EGR (egzoz gazları resirkülasyonu)

Bu başlık Dizel Motorlarda Emisyon Kontrol Yöntemleri 3.3.2.2. EGR (Egzoz Gazları Resirkülasyonu) başlığında açıklanmıştır.

3.3.2. Dizel motorlarda emisyon kontrol yöntemleri

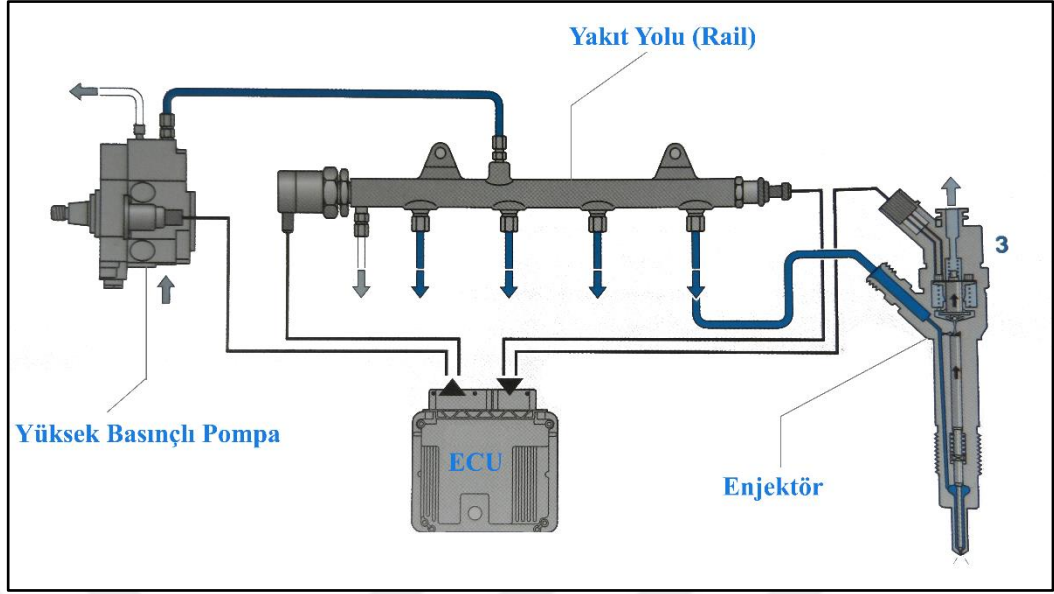
1. Common Rail Teknolojisi
2. EGR (Egzoz Gazları Resirkülasyonu)
3. Partikül Toplama Kutuları
4. Oksidasyon Katalisti
5. De-NO_x Katalisti (NO_x Katalizörü)
6. Seçici Katalitik İndirgeme (SCR)

3.3.2.1. Common rail teknolojisi

Common Rail dizel motorlarda yakıt üzerinde basınç oluşturma ve yakıtın püskürtmesi işlemlerinin birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilmesi için kullanılan ve son yıllarda yeni nesil dizel motorlarında gerçekleştirilen yüksek basınçlı bir yakıt püskürtme sistemidir. Bu sistem sayesinde dizel motorlar daha sessiz çalışıp daha az yakıt tüketirken, egzoz emisyonlarını da azaltmaktadır.

Klasik dizel yakıt püskürtme sistemleri ortalama 900 bar basınç ile yakıtı püskürtürken, Common Rail yakıtı 1600 bar basınca kadar yükselterek, ortak bir yol üzerinden enjektörlere dağıtmaktadır.

Common Rail sistemi motor üzerinde küçük bir değişiklik yapılarak kullanılan enjeksiyon sisteminin yerine kullanılabildiğinden diğer yakıt püskürtme sistemlerine göre oldukça avantajlıdır. Mekanik yakıt enjeksiyon sistemlerinde basınç motor devrine yükselmesine bağlı olmasına rağmen, bu sistemde yakıt püskürtme miktarı ve basıncı diğer motor devrine bağlı değildir. Common Rail sisteminde yakıt yüksek basınç pompasıyla Common Rail’de bulunan hazneye gönderilir (Şekil 3.15). Yüksek basınçtaki yakıtın bu haznede kalmasını sağlayan düzenekler sayesinde, bu sistem motor düşük devirlerde seyrederken de yüksek basınç sağlar (Bosch, 2005).



Şekil 3.15. Common Rail Teknolojisi (Bosch, 2005)

Common Rail teknolojisinde yakıt, enjektörlere “Rail” adı verilen ortak bir hat üzerinden bir yüksek basınç akümülatörü yardımıyla dağıtılır. Rail yüksek basınçlı bir yakıt pompası ile beslenerek, her bir silindirdeki püskürmenin başlangıcı ve bitişi gibi Rail içerisindeki basınç da elektronik kontrol ünitesi yardımıyla kontrol edilir. Püskürme zamanlamasının ayarlanması ve kontrolündeki esneklik bu sisteme büyük bir avantaj sağlamaktadır. Common Rail sistemi ile donatılan dizel motorlarında yakıt ekonomisinde iyileşme, motor gürültüsünde azalma ve NO_x emisyonlarında dikkate değer düzeyde düşme olduğu kanıtlanmıştır (Bosch, 2005).

3.3.2.2. EGR (egzoz gazları resirkülasyonu)

İçten yanmalı motorlarda yanma sonu sıcaklığı yükseldikçe NO_x emisyon miktarı da artmaktadır. Özellikle dizel motorlarda oldukça fazla olan NO_x emisyonlarını azaltmanın en verimli yolu yanma odasındaki sıcaklığın düşük tutulmasıdır. Pratik bir yöntem olmasına rağmen, maksimum ısıl verim elde etmek için sisteme olan ısı girişinin mümkün olan en yüksek sıcaklıkta gerçekleşmesi gerektiğinden, bu metot motorun verimini de düşürmektedir (Kouremenos vd., 2001; Sher, 1998).

Silindir içerisindeki maksimum alev sıcaklığını düşürülmesinin en kolay yöntemi tepkisiz bir gaz kullanarak hava/yakıt karışım oranını seyreltmektir. Bu gaz, tepkime sırasında

herhangi bir enerji salımı yapmadan ortamdaki enerjiyi absorbe ederek düşük alev sıcaklığına sebep olur. Özgül ısısı daha yüksek değere sahip olan gazlar birim kütle başına daha fazla ısı enerjisi absorbe edeceğinden bu gazlardan ortamda özgül ısısı düşük olan gazlara göre daha az bulunması yeterlidir. Hava bir seyreltici gaz olarak uygun olmasına rağmen, tamamen tepkisiz bir gaz olmadığından silindir içerisine hava eklemek hava/yakıt oranını ve yanma karakteristiklerini değiştirir. İçten yanmalı motorlarda kullanılabilir en uygun nitelikteki ve kimyasal tepki göstermeyecek gaz olan egzoz gazı günümüzde EGR sistemine sahip tüm otomobillerde kullanılmaktadır.

Egzoz gazlarının resirkülasyonu işlemi; egzoz gazlarının bir kısmını genellikle gaz kelebeğinin arkasına, emme manifolduna yönlendirilerek gerçekleştirilir. Emme manifolduna gönderilen EGR miktarı, toplam emilen dolgu miktarının %30'u kadar olabilir. EGR gazları bir önceki çevrimden silindir içerisinde kalan art gazlarla da birleşerek maksimum yanma sonu sıcaklığını verimli bir şekilde azaltır. Elektronik kontrol ünitesi (ECU) tarafından EGR debisi kontrol edilir. EGR, toplam emme hava akışının kütleli yüzdesi olarak Denklem 5.1 ile ifade edilir;

$$EGR = [\dot{m}_{EGR} / \dot{m}_{gir}] \times (100) \quad (5.1)$$

Burada \dot{m}_{gir} silindirlere giren toplam kütle akışıdır.

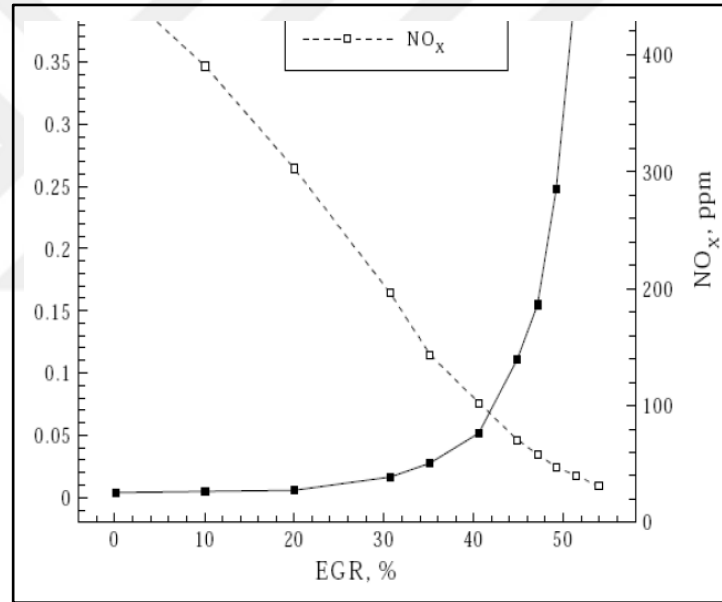
EGR, bir önceki çevrimden kalan egzoz gazlarıyla birleştikten sonra sıkıştırma zamanı süresince silindirde bulunan egzoz gazlarının toplam kesri ise Denklem 5.2 ile hesaplanır.

$$X_{eg} = (EGR/100) \times (1 - x_r) + x_r \quad (5.2)$$

Burada x_r bir önceki çevrimden kalan art gaz kesridir.

EGR işlemi yanma odasındaki maksimum sıcaklığı azaltmanın yanı sıra yanma süresini yavaşlatarak yanma verimini düşürür. EGR miktarı artarken yanmanın yavaşladığı verimsiz çevrim yüzdesinin de arttığı gözlemlenmektedir. EGR miktarının daha da artması durumunda kısmi yanma ve uç bir durum olarak yanmasız çevrimler meydana gelmektedir. Dolayısıyla, EGR ile NO_x emisyonları azaltılırken aynı zamanda artan HC emisyonları ve daha düşük ısıl verim sorunları ile karşılaşmaktadır (Pulkrabek, 2016).

Elektronik kontrol ünitesi, emme ve egzoz şartlarını algılayarak EGR oranı kontrol eder. En düşük NO_x emisyonu, nispeten iyi bir yakıt ekonomisiyle, yaklaşık olarak stokiyometrik yanma esnasında meydana gelir. Bu şartlarda yanma olayı olumsuz olarak etkilenmeden mümkün olan en fazla EGR miktarı kullanılabilir. Maksimum gücün istendiği tam gaz şartlarında ve motor rölantide çalışırken de EGR kullanılmaz. Düşük devirlerde ise çok az miktarda EGR kullanılır. Bu çalışma şartlarında silindirde maksimum miktarda art gaz bulunur ve yanma verimi oldukça yüksektir. Hızlı yanmalı yanma odasına sahip motorlar daha fazla miktarlardaki EGR'yi tolere edebilirler. Dizel motorlarda EGR kullanıldığında ortaya çıkan başka bir problem de egzozdaki katı karbon is partikülleridir. İS, aşındırıcı olarak davranır ve yağlama yağının kalitesini düşürerek, segmanlarda ve supap oturma yüzeylerinde aşınmalara neden olur (Pulkrabek, 2016).



Şekil 3.16. EGR oranının NO_x emisyonlarına etkisi (Pulkrabek, 2016)

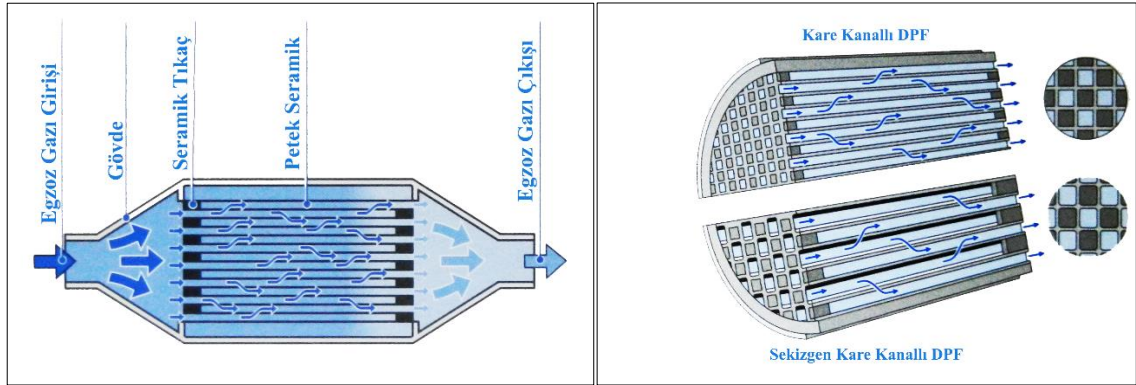
EGR oranının artırılmasıyla NO_x emisyon miktarını azaltılırken; CO, HC ve PM emisyonlarının artmasına sebep olabilir. Şekil 3.16'da EGR oranının %20'den yukarıya çıkarılmasıyla beraber CO ve HC emisyonlarının hızla arttığı görülmektedir. Belirlenen limitlerin dışına çıktığında yanma prosesi giderek kötüleşerek motor veriminin düşmesine ve diğer emisyonların kontrol edilememesine sebep olmaktadır (Hountalas vd., 2006; Lazaro vd., 2002).

3.3.2.3. Dizel partikül filtreleri

Dizel motordan yayılan kurum parçacıkları, dizel partikül filtreleri (DPF) ile egzoz gazından verimli bir şekilde çıkarılabilir. Binek otomobillerde şimdiye kadar kullanılan partikül filtresi gözenekli seramiklerden oluşur. Sinterlenmiş metalden yapılan partikül filtreler geliştirilme aşamasındadır.

Seramik partikül filtreleri; çok sayıda paralel, çoğunlukla kare kanallara sahip olan silisyum karbür veya Cordierite'den yapılmış bir bal peteği yapısından oluşur. Kanal duvarlarının kalınlığı tipik olarak 300-400 mikrometre arasındadır. Bitişik kanallar, egzoz gazını gözenekli seramik duvarlara nüfuz etmeye zorlamak için her iki ucunda seramik fişler ile kapatılır. Kurum parçacıkları duvarlardan geçerken, gözenek duvarlarına difüzyonla (seramik duvarların içinde) taşınırlar (derin yatak filtrasyonu). Filtre kurumu giderek doymuş hale geldikçe, kanal duvarlarının yüzeyinde (giriş kanallarının karşısındaki tarafta) bir kurum tabakası oluşur. Bu, aşağıdaki çalışma aşaması için Yüksek Verimli yüzey filtrasyonu sağlar. Bununla birlikte, aşırı doygunluk önlenmelidir ("rejenerasyon" başlıklı bölüme bakınız). Derin yataklı filtrelerin aksine, duvarlı akışlı filtreler tanecikleri seramik duvarların yüzeyinde depolar (yüzey filtrasyonu).

Kare giriş ve çıkış kanallarının simetrik düzenlemesine sahip filtrelerin yanı sıra seramik "sekiz köşeli yüzeyler" de sunulmaktadır (Şekil 3.17). Bu filtreler, daha büyük sekizgen giriş kanallarına ve daha küçük kare çıkış kanallarına sahiptir. Büyük giriş kanalları, yanmış motor yağından yanmayan kalıntıyı ve katkı külününün depolanabilirliğini önemli ölçüde artırır (Bosch, 2005).



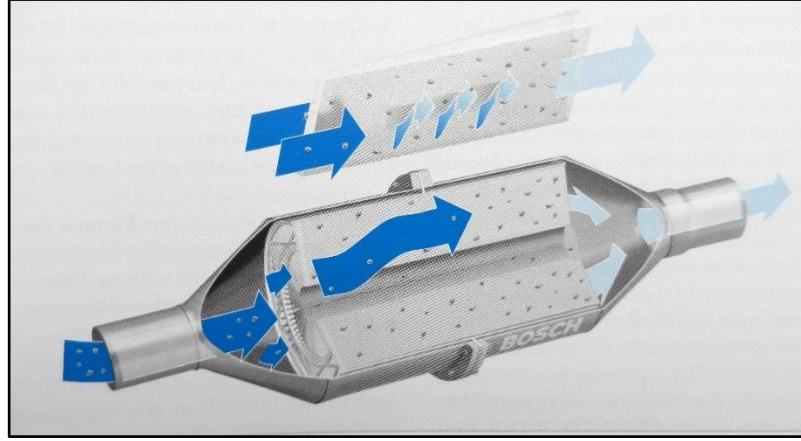
Şekil 3.17. Seramik partikül filtrelerinin tasarımı (Bosch, 2005)

Sinterlenmiş metalden yapılmış partikül filtreleri; yüzeyleri sinterlenmiş metal tozu ile doldurulmuş ağdan oluşan metalik bir taşıyıcı yapıdan oluşur. Filtrenin tasarımı belirli bir geometriye sahip olup, eş merkezli filtre yüzeyleri ve egzoz gazının geçtiği kama şeklindeki filtre cepleri bulunur. Kanatlar arkada kapalı olduğunda, egzoz gazındaki kurum parçacıkları filtre cebinin duvarlarından geçmek zorunda kalarak, gözenek duvarlarında seramik filtrenin yüzeyine benzer şekilde biriktirilir. Hem sinterlenmiş metal hem de seramik filtrelerden oluşan partikül filtreleri, 10 nm'den 1 µm spektrum aralığındaki tüm partiküller için %95'ten fazla tutma verimi sağlar.

Rejenerasyon; partikül filtre malzemesinden (seramik veya sinterlenmiş metal) bağımsız olarak, malzeme zaman zaman biriken parçacıklardan arındırılmalıdır, yani rejenere edilmelidir. Filtrede biriken kurum miktarındaki artış, egzoz gazı geri basıncını kademeli olarak artırır. Bu durum motor verimliliğini azaltarak, ivmelenme gücünün azalmasına sebep olur. Rejenerasyon işlemi yaklaşık olarak her 500 kilometrede bir gerçekleştirilmelidir. Bu rakam, arıtılmamış kurum emisyonuna ve filtre boyutuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (yaklaşık 300 ila 800 kilometre). Bu işlem yaklaşık 10 ile 15 dakika sürer. Kimyasal katkılı sistemler biraz daha az zaman alır. Ayrıca bu süre motor çalışma koşullarına göre de değişkenlik göstermektedir.

Filtreler, filtrede toplanan kurumların yakılmasıyla rejenere edilir. Partiküllerdeki karbon bileşeni, toksik olmayan CO₂ oluşturmak için yaklaşık 600°C'lik bir sıcaklığın üzerindeki egzoz gazında sürekli olarak bulunan oksijen kullanılarak oksitlenebilir (yakılabilir). Normal araç operasyonunda oldukça nadir görülen bu tür yüksek sıcaklıklar sadece motor nominal güçte çalışırken ortaya çıkar. Bu nedenle kurum yanması sıcaklığını düşürmek ve/veya egzoz gazı sıcaklığını yükseltmek için önlemler alınmalıdır. Kurum, oksitleyici olarak NO₂ kullanılarak 300-450°C düşük sıcaklıklarda oksitlenir. Bu yöntem sürekli yenilenen CRT® sisteminde endüstriyel olarak kullanılır.

Seramik filtre ile karşılaştırıldığında, sinterlenmiş metal filtre termal iletkenlik açısından daha avantajlıdır. Kurum, filtrenin bir bölümünde yakıldıktan sonra, meydana gelen reaksiyon ısısı bölgelere kolayca taşınarak kurum tabakası eşit olarak yakılır. Böylece seramik filtrelerde oluşabilecek rejenere olmayan kurum alanlarını önler (Bosch, 2005).



Şekil 3.18. Sinterlenmiş metal partikül filtresi (Bosch, 2005)

3.3.2.4. Oksidasyon katalisti

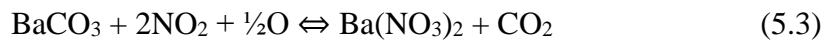
Dizel oksidasyon katalistleri CO, HC ve PM gibi kirletici maddeleri zararsız gazlara oksidasyon yoluyla çeviren en eski yöntemlerden biridir. Bu katalistlerle CO ve HC sistemde kullanılan bir hava pompası yardımıyla temin edilen oksijenle reaksiyona girmesi sağlanarak CO₂ ve H₂O'ya dönüştürülürken ve partikül maddelerin kütlesi de azaltılır. Ancak NO_x emisyonları üzerindeki etkisi oldukça azdır. Rodyum (Rh), platin (Pt), paladyum (Pd) elementlerini ve bunların alaşımları bünyesinde bulunduran bir dizel oksidasyon katalisti dizel partiküllerinin çözülebilir organik bölümünün %90'a kadar azaltır. Bu katalistler CO ve HC emisyonlarının azaltılmasını sağlamanın yanı sıra dizel motorlardaki dumanı düşürürken keskin egzoz kokusunu da ortadan kaldırmaktadır.

3.3.2.5. De-NO_x katalisti (NO_x katalizörü)

NO_x depolama katalizörleri (NSC) azot oksitleri, egzoz gazındaki katalizörün depolama bileşenlerinde sürekli olarak NO_x depolama (yükleme aşaması) ile zengin egzoz gazındaki NO_x'leri periyodik olarak dönüştürme ve kaldırma (rejenerasyon aşaması) olmak üzere iki aşamada azaltır. Çalışma noktasına bağlı olarak, yükleme aşaması 30 ile 300 sn sürerken, rejenerasyonu aşaması 2 ile 10 saniye sürer.

NO_x depolama katalizörü, NO₂ ile güçlü bir şekilde bağlanma eğilimi olan kimyasal bileşiklerle kaplıdır. Ancak bu bağ alkalınlar ve alkalın metallerinin oksitleri ile karbonatları arasındaki bağlardaki gibi kimyasal olarak geri dönüşümlü bir bağ olduğundan ve sıcaklık tepkisi nedeniyle bu katalizörlerde baryum nitrat kullanılan ana

kimyasaldır. Sadece NO₂ doğrudan depolanırken, NO depolanamaz. Bu yüzden egzoz gazındaki NO bileşenleri, bir yukarı akış veya entegre oksidasyon katalizöründe bir platin kaplamanın yüzeyinde oksitlenerek NO₂ oluşturur. Bu reaksiyon, depolama sırasında egzoz gazındaki serbest NO₂ konsantrasyonu azaldığından birkaç aşamada gerçekleşir ve ayrıca daha sonra NO, NO₂ oluşturmak üzere oksitlenir. NO_x depolama katalizöründe, egzoz gazındaki NO₂ katalizör yüzeyindeki bileşiklerle (örneğin baryum karbonat, depolama malzemesi olarak BaCO₃) ve nitratları oluşturmak için ile oksijen (O₂) ile reaksiyona girer.



NO_x depolama katalizörü Denklem 5.3'te görüldüğü gibi azot oksitleri depolar. Depolama, sadece 250 ile 450°C arasında değişen egzoz gazının malzemeye bağlı bir sıcaklık aralığında gerçekleştirilir. Bu sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda NO, NO₂'ye çok yavaş bir şekilde dönüştürülürken, bu sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda ise NO₂ stabil değildir. Akümülatör tipi katalitik konvertörler düşük sıcaklıkta belirli bir depolama kapasitesine (yüzey depolama) sahip olup, bu başlangıç işlemi sırasında düşük sıcaklıklarda üretilen azot oksitleri depolamak için yeterlidir.

Depolanan azot oksitlerin (doygunluk) miktarı arttıkça, ilave azot oksitleri bağlamaya devam etme kabiliyeti azalır. Katalitik konvertörden geçen azot oksitlerin hacmi, depolama fazının sonlandırılması gereken bir dereceye kadar yüklenir. Bu işlem şu şekilde kontrol edilir; model tabanlı bir işlem, dönüştürücü durumunu dikkate alarak depolanan azot oksitlerin hacmini hesaplar ve kalan depolama kapasitesini belirler ve NO_x depolama katalizörünün aşağısındaki bir NO_x sensörü, egzoz gazındaki azot oksit konsantrasyonunu ölçer, böylece mevcut depolama seviyesini belirler.

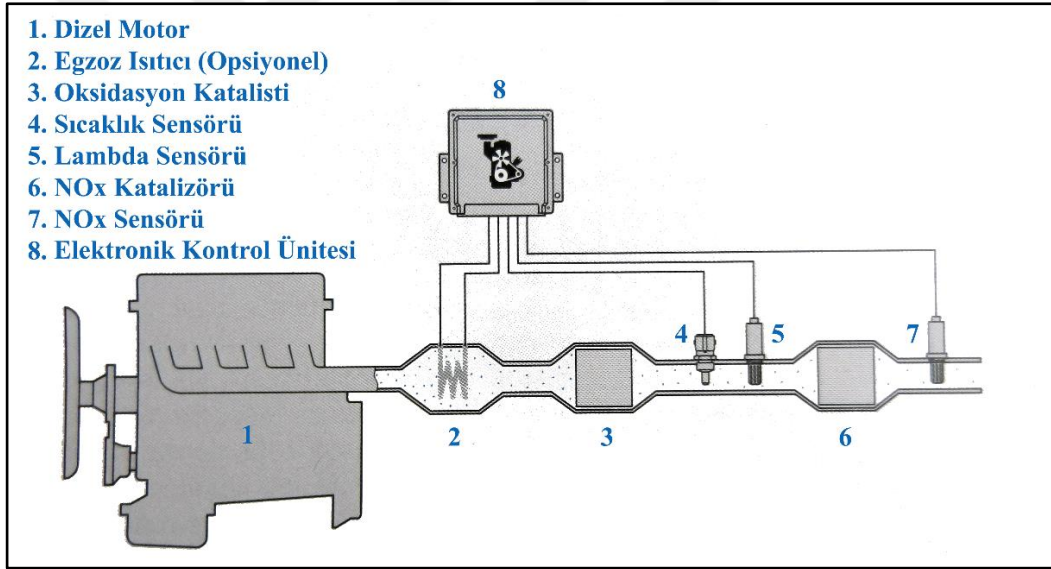
Depolama aşaması sonunda, katalitik konvertör rejenere edilmelidir. Yani depolanan azot oksitler, depolama bileşenlerinden çıkarılmalı ve azot (N₂) ve karbondioksite (CO₂) dönüştürülmelidir. Egzoz gazındaki hava fazlalık katsayı ayarlanarak, NO_x temizleme ve dönüştürme işlemleri ayrı olarak gerçekleştirilir. Kullanılan indirgeyici maddeler, egzoz gazı, yani CO, H₂ ve çeşitli hidrokarbonlarda bulunan maddelerdir. N₂ oluşturmak üzere nitratın (örneğin baryum nitrat, Ba(NO₃)₂) azaltılması ve daha sonra baryum ile birlikte bir karbonat oluşturulması ile oluşur:



Tepkimede de görüldüğü gibi bu işlem sonucunda NO ve CO₂ oluşur ve daha sonra rodyum kaplama üç yollu katalitik konvertörden bilinen şekilde CO kullanarak azot oksitleri N₂ ve CO₂'ye indirger:



Rejenerasyon aşamasının tamamlandığını, model bazlı işlem, NO_x depolama katalizöründe kalan azot oksit miktarını hesaplayarak, Katalitik konvertörün aşağısındaki bir lambda oksijen sensörü, egzoz gazındaki oksijen fazlalığını ölçer ve rejenerasyon bittiğinde "fakir" ile "zengin" arasındaki voltaj değişimi göstererek tespit eder (Bosch, 2005).



Şekil 3.19. NO_x depolama katalizörlü bir egzoz gazı sisteminin şeması (Bosch, 2005)

Dizel motorlarda, enjeksiyon noktasını geciktirerek ve emme havasını kısarak zengin çalışma koşulları ($\lambda=1$) ayarlanabilir. Bu aşamada, motor daha düşük verimle çalışır. Yakıt tüketimini en aza indirmek için, rejenerasyon aşaması, depolama aşamasına kıyasla mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Aracın, fakir karışımdan zengin karışıma geçişi sırasında tamamen sürülebilir kalması, tork, tepki ve gürültünün değişmemesi garanti edilmelidir (Şekil 3.19).

3.3.2.6. Seçici katalitik indirgeme (scr)

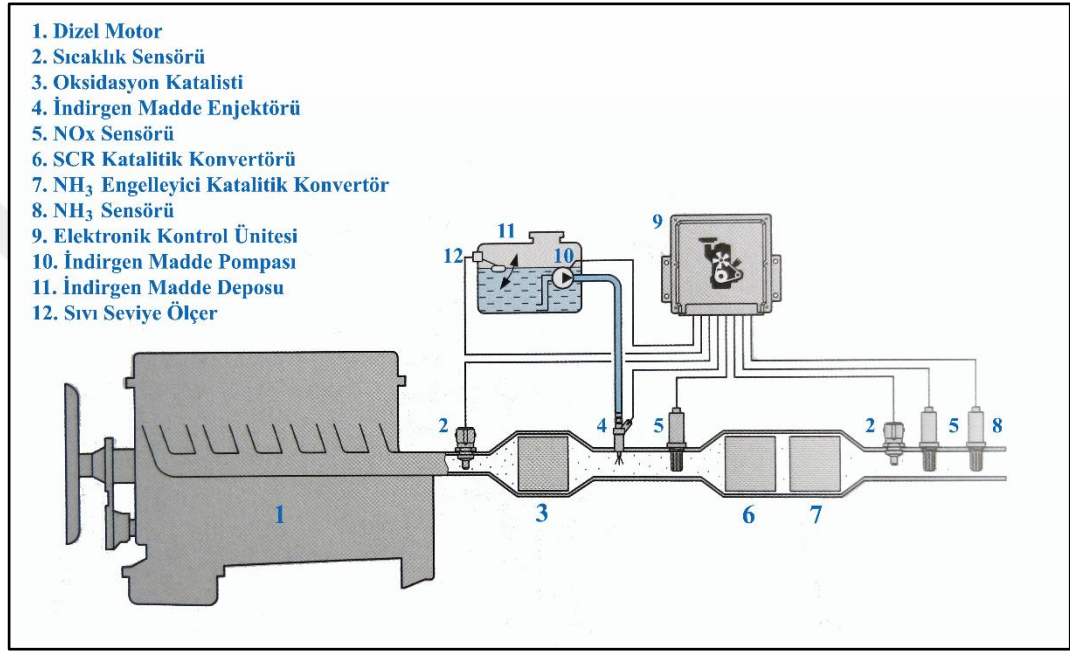
NO_x emisyonlarının Euro 4 egzoz emisyon standardı yürürlüğe girdikten sonra yalnızca motor içerisinde yapılan egzoz emisyon iyileştirilmeleri ile sağlanabilmesi oldukça zorlaşmıştır. 2009 ve 2014 yıllarında Euro 5 ve Euro 6 egzoz standartlarının yürürlüğe girmesiyle birlikte NO_x emisyonları sınırları %60 azaltılırken partikül madde (PM) sınırları ise %80 oranında azaltılmıştır (Trautwein, 2003; Wiesche, 2007). Bu da NO_x emisyonlarının motor dışında egzoz hattında emisyon iyileştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Seçici katalitik indirgeme (SCR) sistemi egzoz hattı üzerinde NO_x emisyonlarını emisyon standartları sınırlarına uydurmak üzere kullanılmaya başlanmıştır (Hug vd., 1993; Koebel vd., 1996).

SCR sistemi temel olarak özel bir katalizör üzerine amonyak ya da üre püskürterek NO_x emisyonlarının reaksiyona girmesini sağlamaktadır (Şekil 3.20). Ayrıca egzoz gazında zararsız emisyon olarak kabul edilen su ve nitrojen oluşturmak için CO ve H₂ de püskürtülebilmektedir. SCR sistemi ile NO_x emisyonlarının azaltılması %90 verime kadar çıkabilmekte iken, uygulama zorluğu ve kontrol işlemleri gibi nedenler bu sistemin maliyetini arttırmaktadır (Challen ve Baranescu, 1999; Jung vd., 2005; Koebel vd., 2000, 1996; Xiaoyan vd., 2008).

NSC işleminin (NO_x depolama katalizörü) aksine, seçici katalitik indirgeme (SCR işlemi) sürekli olarak çalışır ve motor çalışmasına müdahale etmez. NO_x emisyonlarını en aza indirgeyen ve aynı zamanda yakıt tüketimini azaltma imkânı sunan bu işlem özellikle kamyon, otobüs gibi ağır vasıtalarda sıkça kullanılırken, günümüzde artık otomobillerde de kullanılmaya başlandı. Öte yandan, NO_x emisyonunu azaltma ve dönüştürme, NSC işleminde daha yüksek bir yakıt tüketimine sebep olur.

Büyük fırınlarda, seçici katalitik indirgeme, denenmiş ve test edilmiş bir atık gaz denitrifikasyon yöntemi haline gelmiştir. Seçilen indirgeme maddelerini kullanarak oksijen varlığında belirli azot oksitleri (NO_x) azaltmaya dayanır. Burada, " seçici", indirgeyici maddenin, egzoz gazında çok daha büyük miktarlarda bulunan moleküler oksijen yerine azot oksitlerinde bulunan oksijen ile seçici olarak oksitlenmeyi tercih ettiği anlamına gelir. Amonyakın (NH₃) bu durumda oldukça seçici bir indirgeyici madde olduğunu kanıtlamıştır. Bir araba ortamında, gerekli olan amonyak miktarları, kimyasal

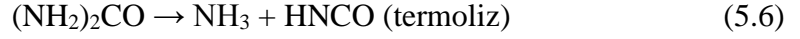
zehirlenmelere yol açacağından dolayı güvenlik sorunlarına yol açacaktır. Bununla birlikte, amonyak üre veya amonyum karbamat gibi toksik olmayan taşıyıcı maddelerden üretilebilir. Üre ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), endüstriyel ölçekte gübre ve yem maddesi olarak üretilir. Biyolojik olarak yeraltı suyuyla uyumlu olan üre aynı zamanda çevre için kimyasal olarak da daha kararlıdır. Üre suda yüksek oranda çözünürdür ve bu nedenden dolayı ölçülmesi kolay bir üre/ su çözeltisi olarak egzoz gazına eklenebilir (Bosch, 2005).



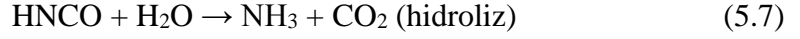
Şekil 3.20. Seçici katalitik indirgeme (SCR) sistemi şeması (Bosch, 2005)

Suda %32,5 üre kütle konsantrasyonunda, donma noktası -11°C 'de sınırlandırılmış bir minimum değere sahiptir: Ötektik bir çözelti oluşur, fakat donarken ayrılmaz. Egzoz gazı içindeki indirgeme maddesini tam olarak ölçmek için bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem donmaya karşı dayanıklıdır. Ana bileşenler, ölçüm fonksiyonunun soğuk çalıştırmadan kısa bir süre sonra başlaması için ısıtılabilir. Üre/su çözeltisi, AdBlue markası altında, öncelikle depolarda ve daha sonra tüm otoyol dolun istasyonlarında bulunur hale gelmiştir. İlk resmi AdBlue pompası 2003 yılının sonunda Stuttgart'ta (Almanya) açılmıştır.

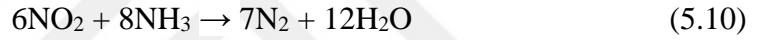
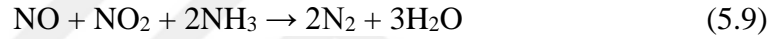
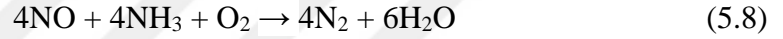
Üre, fiili SCR reaksiyonu başlamadan önce ilk önce amonyağı oluşturur. Bu, birlikte bir hidroliz reaksiyonu olarak adlandırılan iki reaksiyon aşamasında gerçekleşir. İlk önce, termoliz reaksiyonunda NH_3 ve izosiyamik asit oluşur:



Daha sonra izosiyamik asit, hidroliz reaksiyonunda amonyak ve karbon dioksit oluşturmak üzere suyla hidroliz edilir.



Katıların çökmesini önlemek için, ikinci reaksiyon, yeterince yüksek (250 °C'den başlayarak) sıcaklıklar ve uygun katalizörler seçerek hızla gerçekleşmelidir. Modern SCR reaktörleri ayrıca hidrolize katalizörlerin işlevini de üstlenirler, böylece daha önce gerekli olan bir hidrolize katalizör ile dağıtım yapılır. Termohidroliz ile üretilen amonyak, SCR katalitik konvertöründe, aşağıdaki denkleme göre reaksiyona girer:

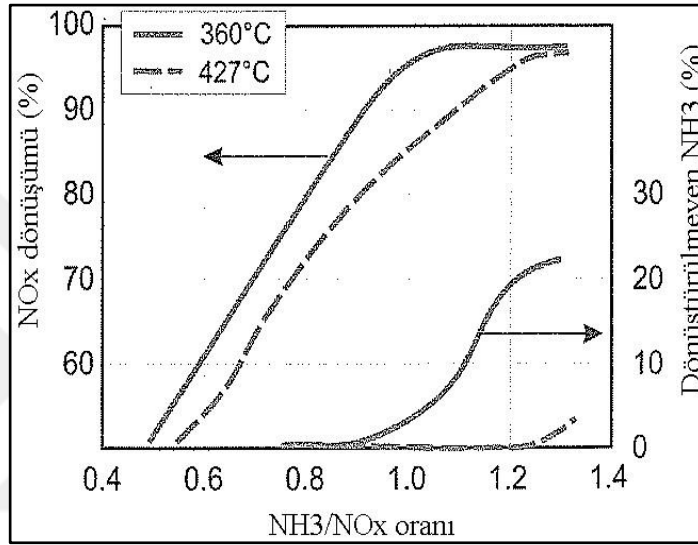


Düşük sıcaklıklarda (<300 °C), dönüşüm esas olarak Denklem 5.9'daki reaksiyon kullanılarak yapılır. Bu nedenle, düşük sıcaklıklarda iyi bir dönüşüm elde etmek için NO₂/NO oranının yaklaşık 1/1 olarak ayarlanması gerekir. Bu şartlar altında 170 °C'den 200 °C'ye başlayan sıcaklıklarda Denklem 5.9'daki reaksiyon gerçekleşebilir. NO_x oluşturmak için NO oksitleme işlemi bir yukarı akış oksidasyon katalizöründe meydana gelir ve bu optimize edilmiş verimin elde edilmesi için gereklidir.

NO_x ile indirgemeye dönüştürülenden daha fazla indirgeyici madde dağıtılsa, NH₃ sızıntısına neden olabilir. NH₃ bir gaz olup, çok düşük bir koku eşliğine (15 ppm) sahiptir. Bu çevreye zarar verebilir, ancak önlenebilir. SCR katalitik dönüştürücüye aşağı akış yönünde ek bir oksidasyon katalizörü yerleştirilerek NH₃ azaltılabilir. Bu bloke edici katalitik dönüştürücü, N₂ ve H₂O oluşturmak için oluşabilecek herhangi bir amonyağı okside eder. Ayrıca, AdBlue miktarının dikkatli bir şekilde uygulanması esastır.

Uygulama için bir anahtar parametre, egzoz gazında mevcut bir NO_x faktörü olarak ölçülen NH₃'ün molar oranı olarak tanımlanan besleme oranı α 'dır. İdeal çalışma koşulları altında (NH₃ sızıntısı yok, sekonder reaksiyon yok, NH₃ oksidasyonu yok), α NO_x

azaltma oranı ile doğru orantılıdır: $\alpha=1$ ' de teorik olarak % 100 NO_x azaltma elde edilebilir. Bununla birlikte pratikte sabit ve hareketli operasyonda %90'lık bir NO_x azalması için <20 ppm'lik bir NH_3 püskürtülmesiyle elde edilebilir. Bu da gereken AdBlue miktarı, kullanılan dizel yakıt miktarının yaklaşık %5'ine tekabül eder. İndirgeyici madde gereksinimi özellikle NO_x emisyonuna ($\text{g}_{\text{NO}_x}/\text{kg}_{\text{dizel}}$) bağlıdır. SCR işlemi ile egzoz gazına AdBlue eklenerek verimlilik optimize edilip, yanma işleminde meydana gelen işlenmemiş daha yüksek NO_x emisyonları telafi edilebilir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. NH_3/NO_x oranına bağlı NO_x dönüşümü (Kröcher, 2007)

Modern SCR katalitik konvertörler ile yukarı akış hidroliz reaksiyonunu düzenlenerek, sadece yaklaşık 250°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda %50'nin üzerinde NO_x dönüşüm oranı elde edilirken, optimize edilmiş dönüşüm oranları ise $250-450^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında elde edilir. Günümüzde de katalitik konvertör araştırmaları, çalışma sıcaklığı penceresini genişletmeye ve özellikle düşük sıcaklıklarda aktiviteyi optimize etmeye odaklanmıştır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Motorlu taşıt egzoz emisyonları hesaplarırken, temel olarak emisyon faktörü ve taşıt profili bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Erzinan şehir merkezindeki taşıtlar için 947 adet anket yapılmıştır. Yapılan anketler ile araç sahipleri bilgisinin yanı sıra, araçların türü, kullanım amacı, silindir hacmi, motor gücü, üretim yılı, markası, modeli, kullanım amacı, aylık ve yıllık kilometre olarak kat ettiği mesafe, ortalama hız ve yakıt tüketimleri belirlenmiştir. Hesaplamalar, Erzinan il merkezindeki toplam motorlu taşıt sayısına yüzde olarak yansıtılmış, belirlenen 7.445'i motosiklet, 25.489'u otomobil, 10.892'si hafif ticari (minibüs, kamyonet), 137'si otobüs olmak üzere toplam 43.963 taşıt; segmenti, yakıt tipi, egzoz emisyon standardına göre sınıflara ayrılıp, emisyon faktörleri taşıt hızı, km, gün, ay ve yıl bazında COPERT 5 programı yardımıyla yapılmıştır.

4.1 Erzinan Vilayeti

4.1.1. Coğrafi özellikler

Erzinan, Doğu Anadolu Bölgesinin Kuzey Batı bölümünde ve Yukarı Fırat havzasında 39 02`- 40 05` kuzey enlemleri ile 38 16`- 40 45` Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğuda Erzurum, Batıda Sivas, Güneyde Tunceli, Güneydoğuda Bingöl, Güneybatıda Elâzığ, Malatya, Kuzeyde Gümüşhane, Bayburt ve Kuzeybatıda Giresun illeri ile komşudur (Şekil 4.1). Kent merkezinin rakımı 1.185 metre ve ilin yüzölçümü 11.903 km²'dir.



Şekil 4.1. Erzinan ili coğrafi haritası

Birinci derecede deprem kuşağı üzerinde bulunan Erzincan kent merkezi, 1939 depreminin ardından şu an bulunduğu yerde tekrar kurulmuştur. En son kayıtlara geçen en önemli deprem Richter ölçeğine göre 6,8 şiddetinde 13 Mart 1992 tarihinde meydana gelmiştir. Erzincan şehrinin yapısını daha çok dağlar ve platolar oluşturmaktadır. Dağlar farklı yönlerde, Güneybatıdan Munzur, Kuzeybatıdan Refahiye Dağları İl sınırları içerisinde belli bir sıra içerisinde yer alır. Doğudan Batıya doğru uzanan Karasu ırmağı ve Kop dağları, il alanını aralarında geniş düz tarım alanları oluşturacak şekilde derinlemesine bölmektedir (T.C. İçişleri Bakanlığı Erzincan Valiliği).

4.2.2. İklim özellikleri

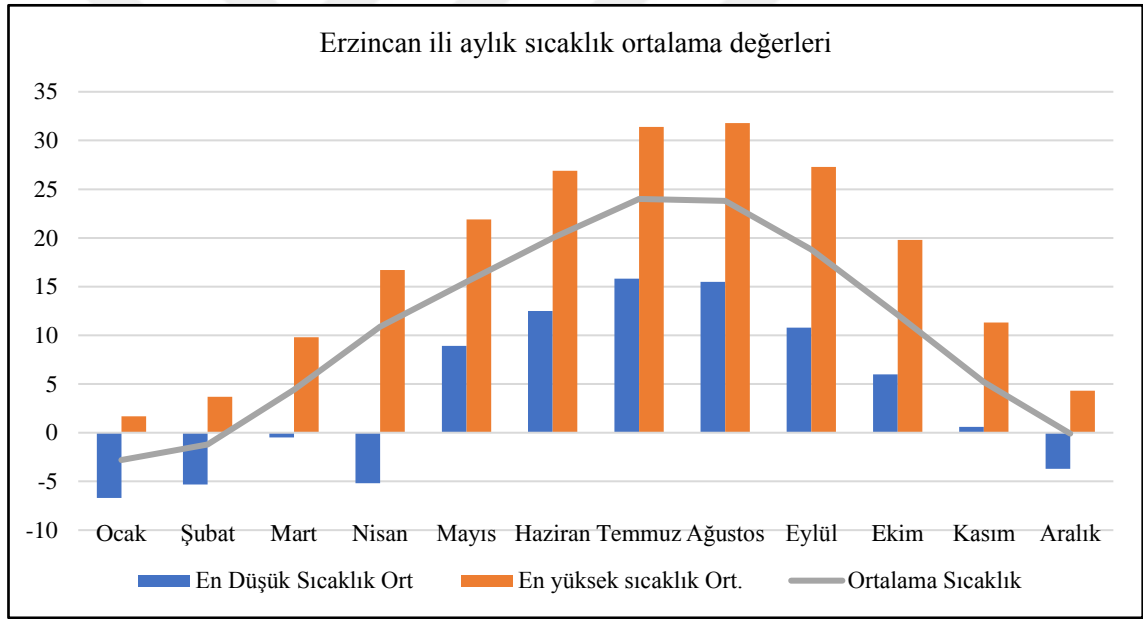
Karasal iklime sahip olan Erzincan'da; yüzey şekilleri, şehir inversiyon tabakasının dağlarla çevrili olması, yer yer değişik karakterli iklimlerin ortaya çıkmasına da sebep olmaktadır. Doğu Anadolu bölgesinde bulunan Elâzığ ve Malatya haricindeki tüm kentlerde daha ılıman bir iklimi sahiptir.

Tablo 4.1. Hesaplamada kullanılan Erzincan iline ait iklim özellikleri (Kaya, 2011)

Aylar	En Düşük Sıcaklık (°C)	En yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Bağıl Nem (%)
Ocak	-6,7	1,7	-2,8	74,4
Şubat	-5,3	3,7	-1,2	72,4
Mart	-0,5	9,8	4,4	66,3
Nisan	-5,2	16,7	10,9	63,5
Mayıs	8,9	21,9	15,5	60,4
Haziran	12,5	26,9	20	56,0
Temmuz	15,8	31,4	24	52,3
Ağustos	15,5	31,8	23,8	54,7
Eylül	10,8	27,3	18,8	56,5
Ekim	6	19,8	12,1	68,9
Kasım	0,6	11,3	5,2	71,2
Aralık	-3,7	4,3	-0,1	74,2
Yıllık	-6,7	31,4	10,9	64,26

16,6 °C'lik yıllık sıcaklık ortalamasına sahip olan Erzincan'ın en soğuk ay olan ocak ayı ortalaması -3,7 °C iken, en sıcak ay olan ağustos ayı ortalamasının da 23,9 °C olarak belirlenmiştir. Erzincan'da çevresindeki diğer illere nazaran daha uzun ve sıcak yaz mevsimi yaşanırken, kış mevsiminde doğudan gelen Sibirya kaynaklı hava kütlelerinin etkisi altında kaldığından oldukça sert bir kış mevsimi yaşanmaktadır.

380,6'lık (kg/m²) yağış ortalamasına sahip olan Erzincan, yıl içerisinde en fazla yağışı ilkbahar mevsiminde 633,1 mm. olarak, en az yağışı ise yaz mevsiminde 206,1 mm. olarak almaktadır. Akarsu çevrelerinde görülen kavak ve söğütlerin dışında kısa ömürlü cılız otsu bitkiler ile kaplıdır. Ormanlar ise Refahiye ve Kemah civarında meşe, gürgen, dişbudak ve sarıçamlardan oluşmaktadır. Kent topraklarının 911.479 hektarı yaklaşık %76,57'si erozyona maruzdur (T.C. İçişleri Bakanlığı Erzincan Valiliği).



Şekil 4.2. Erzincan ili aylık sıcaklık ortalama değerleri

4.2.4. Motorlu taşıt sayısı

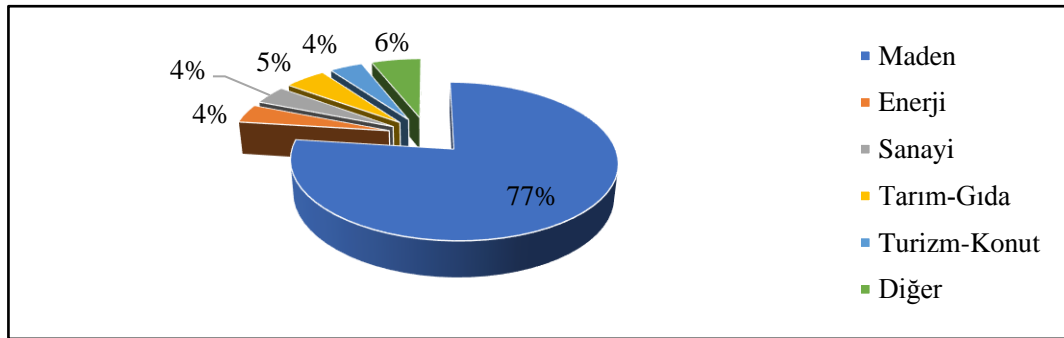
Erzincan ili 2019 Şubat ayı itibariyle taşıt sayıları Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Taşıtların %47'sini oluşturan otomobiller birinci, %19'unu oluşturan kamyonetler ikinci sırada iken %13'ünü oluşturan motosikletler ise üçüncü sırada yer almaktadır. Bu çalışmada Erzincan il merkezindeki 43.963 taşıt hesaba katılmıştır.

Tablo 4.2. Erzincan il geneli ve şehir merkezi 2019 Mart ayı sonu taşıt sayısı

Taşıt Cinsi	İl Geneli	İl Merkezi
Motosiklet	8.100	7.445
Otomobil	28.382	25.489
Minibüs	1.639	1.367
Otobüs	213	137
Kamyonet	11.375	9.525
Kamyon	1.553	1.248
Traktör	7.358	4.422
Çekici	333	276
Tanker	67	54
Diğer	817	700
Toplam	59.837	50.663

4.1.3. Hava kalitesi

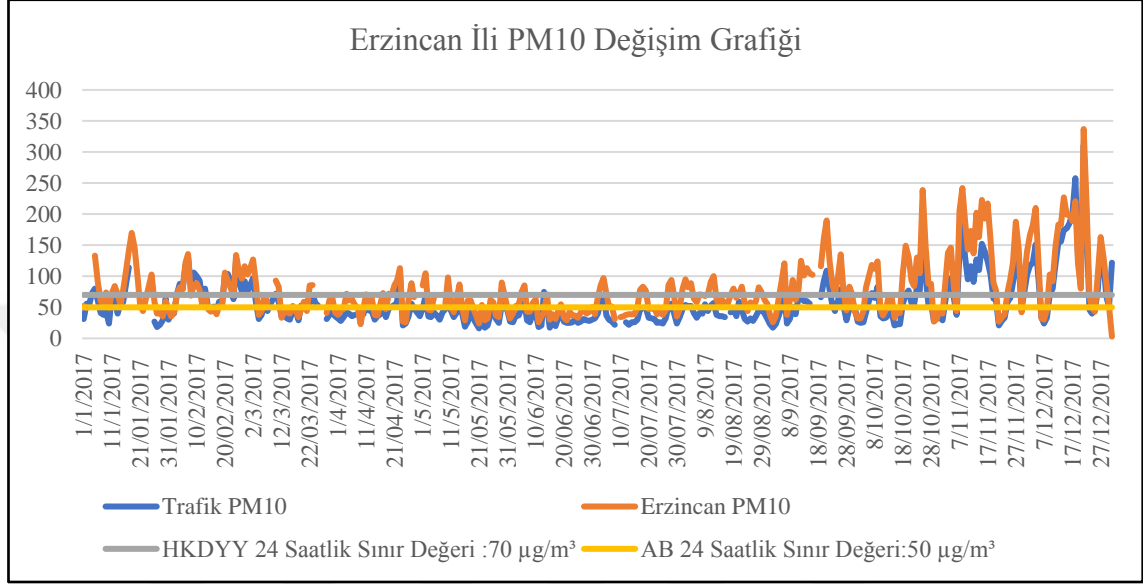
Erzincan İli Merkez İlçesinde, 2006 yılında Doğa Koruma ve Milli Parklar Şube Müdürlüğü Bahçesine, 2016 yılında da Fevzi Paşa Cad. Büyük İş Merkezi önüne Trafik İstasyonu olmak üzere 2 adet online hava kalitesi izleme istasyonu kurulmuştur.



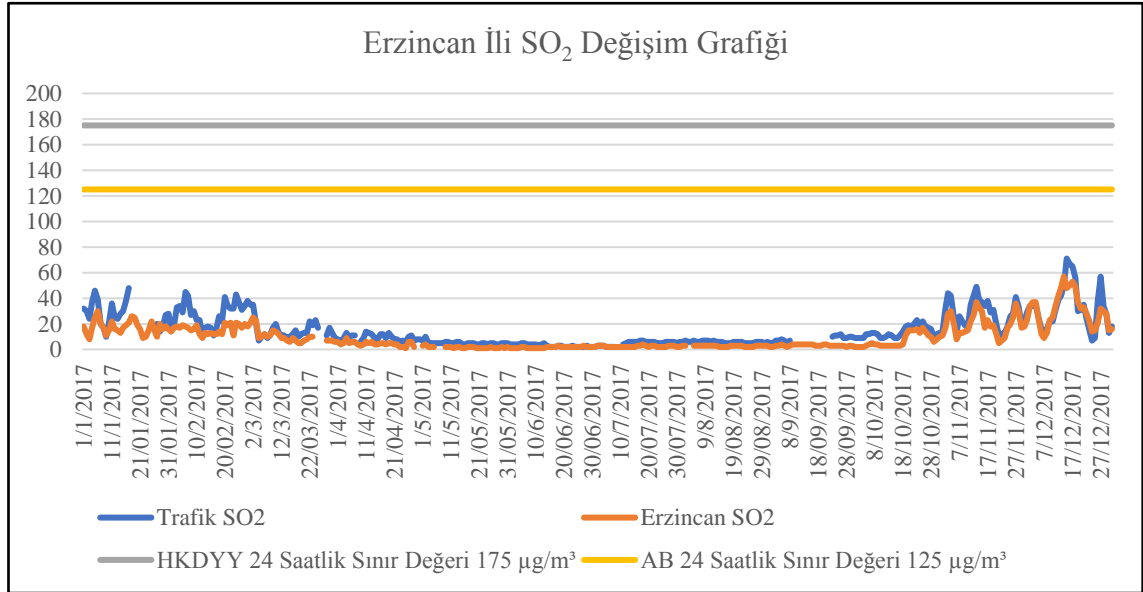
Şekil 4.3. Erzincan ili faaliyetlerinin sektörel dağılımı

Alan olarak kentsel alanı hava kirliliği kaynağı olarak da ısınma ve trafik kaynağını temsil eden istasyonlarda 2006 yılından itibaren PM10, SO₂ ile meteorolojik parametreler (Sıcaklık, Rüzgâr Yönü, Rüzgâr Hızı, Yakıt Türü, Yakıt Kalitesi, Bağıl Nem ve Hava

Basıncı) ölçülmektedir. 2016 yılı şubat ayından itibaren NO, NO₂, NO_x ve O₃ parametrelerinin ölçümleri de yapılmaktadır. Değerlendirmelerde İl Merkezinde bulunan Erzincan ve Trafik HKİ İstasyon verilerinin ortalaması alınmıştır. Bu istasyonlardan elde edilen veriler ise şöyledir.

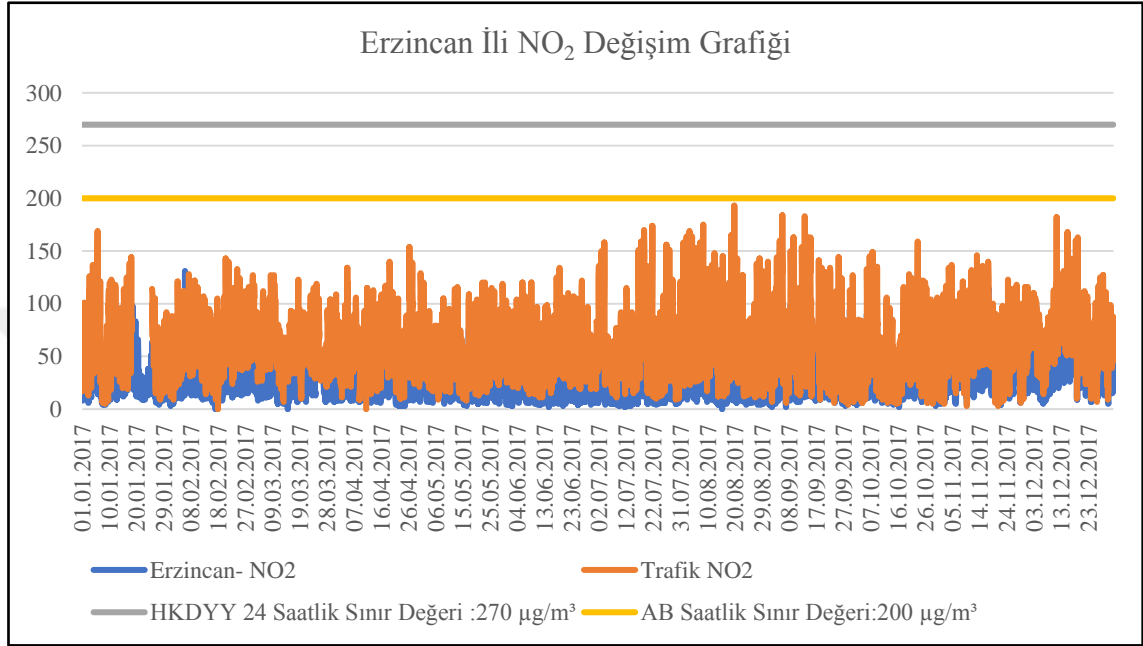


Şekil 4.4. Erzincan ili PM10 değişimi (Çinicioğlu, 2018)

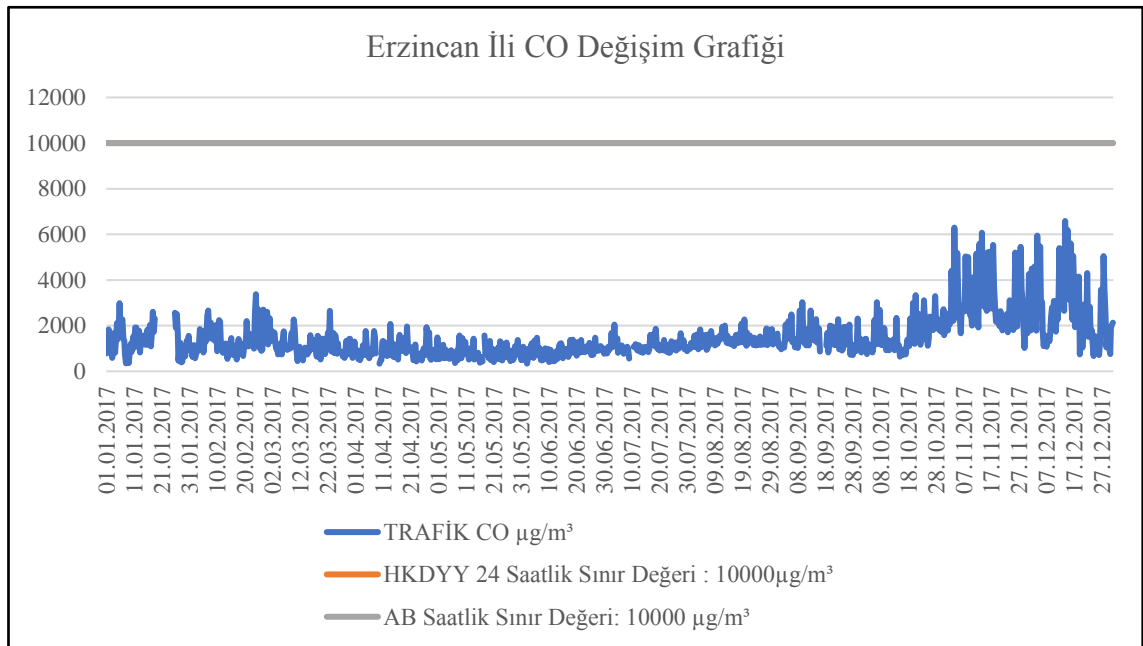


Şekil 4.5. Erzincan ili SO₂ değişimi (Çinicioğlu, 2018)

Partikül Madde (PM10) kirleticisinin Eylül-Nisan'da arttığı ve HKDYY'nin 2017 yılı sınır değerini aştığı, kirleticisinin en yüksek Erzincan HKİ'de ölçüldüğü görülmektedir. Kükürtdioksit (SO₂) kirleticisinin yaz aylarında çok düşük olduğu, Eylül-Nisan döneminde arttığı ancak HKDYY'nin 2017 yılı sınır değerini aşmadığı görülmektedir.

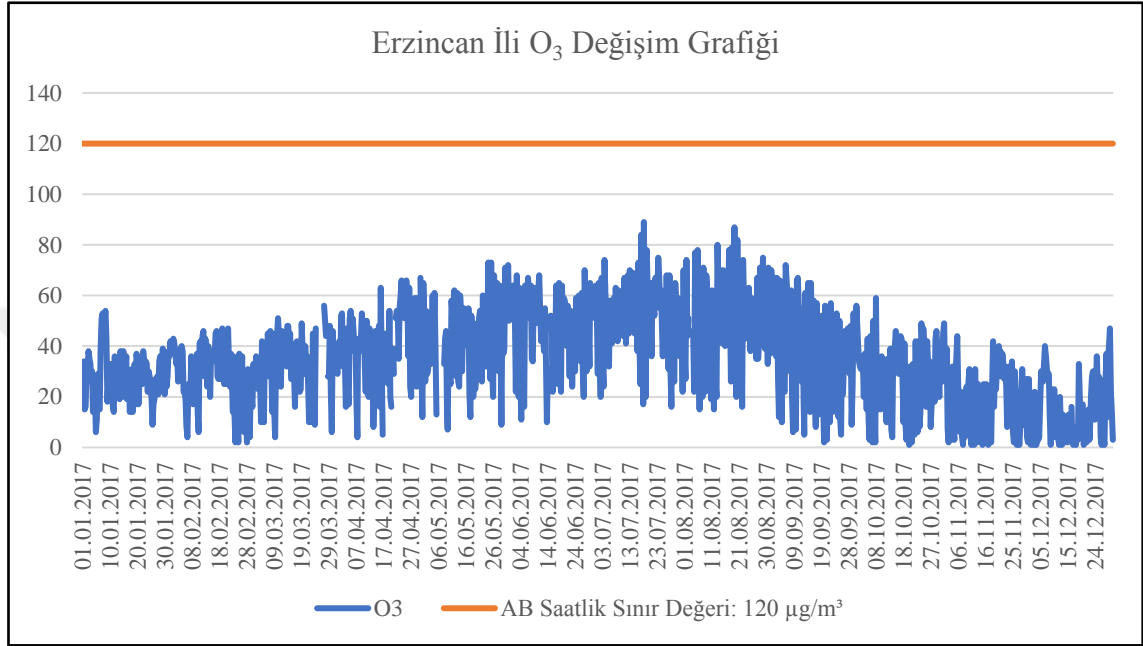


Şekil 4.6. Erzincan ili NO₂ değişimi (Çinicioğlu, 2018)



Şekil 4.7. Erzincan ili CO değişimi (Çinicioğlu, 2018)

Azotdioksit ve Karbonmonoksit kirleticilerinin kış döneminde yükseldiği, NO₂'de Trafik HKİ verilerinin daha yüksek olduğu ancak genelde HKDYY'nin 2017 yılı sınır değerinin aşılmadığı görülmektedir. Ozon (O₃) kirleticisinin yaz döneminde yükseldiği, HKDYY-AB sınır değerinin aşılmadığı görülmektedir (Çinicioğlu, 2018).



Şekil 4.8. Erzincan ili O₃ değişimi (Çinicioğlu, 2018)

4.2. Emisyon Hesaplama Yöntemi

Motorlu taşıtlar tarafından atmosfere salınan emisyonlar, sıcak emisyonlar, soğuk emisyonlar ve buharlaşma sonucu oluşmaktadır. Sıcak emisyonlar motor sıcaklığının çalışma sıcaklığına ulaştığı anda oluşan emisyonlar iken, soğuk emisyonlar ise motorun çalışma sıcaklığına ulaşınca kadar oluşan emisyonlardır.

Bu çalışmada CORINAIR dikkate alınarak COPERT 5 programı yardımıyla emisyonlar; yakıt deposu, motor ve yakıt sistemlerinden buharlaşması sonucu oluşan emisyonlar da dikkate alınarak hesaplanmıştır (Ahlvik vd., 1997).

$$E_{\text{Sıcak}_{k,s,a}} = N_{k,s,a} \times M_{s,a} \times f_{\text{sıcak,yıllık,k,s,a}} \quad (6.1)$$

$$E_{\text{Soğuk}} = \beta \times N \times f_{\text{sıcak}} \times (f_{\text{soğuk}}/f_{\text{sıcak}} - 1) \quad (6.2)$$

$$E_{\text{Buhar}_s} = 365 \times b_s (f_{\text{buhar}} + X + I) + R \quad (6.3)$$

$$E_{\text{top}} = \sum_{\text{yseh}} E_{\text{Sıcak}_s} + \sum_s E_{\text{Soğuk}_s} + \sum_s E_{\text{Buhar}_s} \quad (6.4)$$

Sıcak emisyonlar Denklem 6.1 ile hesaplanırken, soğuk emisyonlar Denklem 6.12 ile, buharlaşma emisyonları ise Denklem 6.3 ile hesaplanmış olup, toplam emisyon hesaplama Denklem 6.4 ile bulunmuştur. Burada;

E_{top} : Hesaplanan toplam emisyon miktarı

$E_{\text{Sıcak}}$: Motorun çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonraki çevreye bıraktığı emisyonlar

$E_{\text{Soğuk}}$: Motorun çalışma sıcaklığına ulaşmadan önceki çevreye bıraktığı emisyonlar

E_{Buhar} : Yakıtın egzoz dışındaki (yakıt deposu vb.) buharlaşmasından kaynaklanan emisyonlar

N: Taşıt sayısı

M: Yıllık Ortalama Mesafe

y: Yakıt tipi (benzin, dizel, LPG vb.)

s: Taşıt sınıfı

e: Euro sınıfları

h: Taşıtların ortalama süratleri

k: Kirletici emisyonlar (HC, CO, NO_x ve PM)

a: Yol cinsi (şehir içi, şehir dışı, otoban)

f: Emisyon faktörü

β : Taşıt sınıfına göre motor sıcaklığının çalışma sıcaklığına gelinceye kadar kat ettiği yol

b: Taşıt sınıfları içerisindeki benzinli taşıt sayısı

X: Karbüratör benzinli taşıtların ortalama sıcak ve ılık ıslanma emisyon faktörü

I: Yakıt enjeksiyonlu benzinli araçların ortalama sıcak ve ılık ıslanma emisyon faktörü

R: Sıcak ve ılık çalışma kayıplarını göstermektedir (Ahlvik vd., 1997).



5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

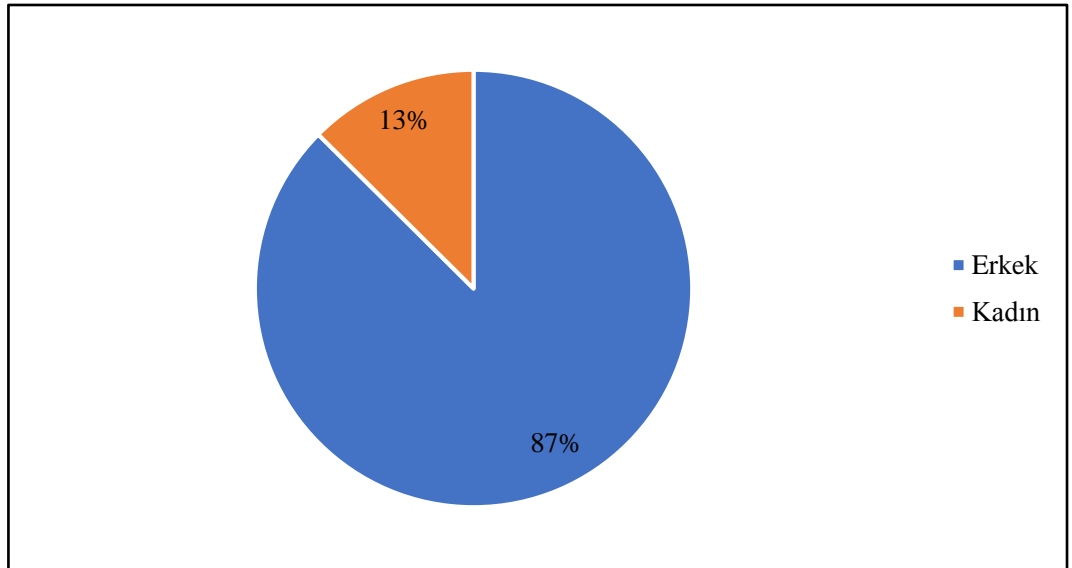
Çalışma sırasında 947 anket yapılmış olup, anketler sonucunda taşıt sahipleri ve taşıtları hakkında ulaşılan cinsiyet, yaş, öğrenim durumu, meslek, taşıt türü, emisyon standardı gibi bilgiler 14 başlık altında incelenmiştir.

5.1.1. Taşıt sahiplerinin cinsiyetlerine göre sınıflandırılması

Yapılan anketler sonucunda 828'i erkek, 119'u kadın olmak üzere toplam 947 taşıt sahibine ulaşılmıştır. Toplam 947 taşıt sahibinin %87'sini erkek, %13'ünü ise kadınlar oluşturmaktadır.

Tablo 5.1. Taşıt sahiplerinin cinsiyetleri

Cinsiyet	Sayı
Erkek	828
Kadın	119
Toplam	947



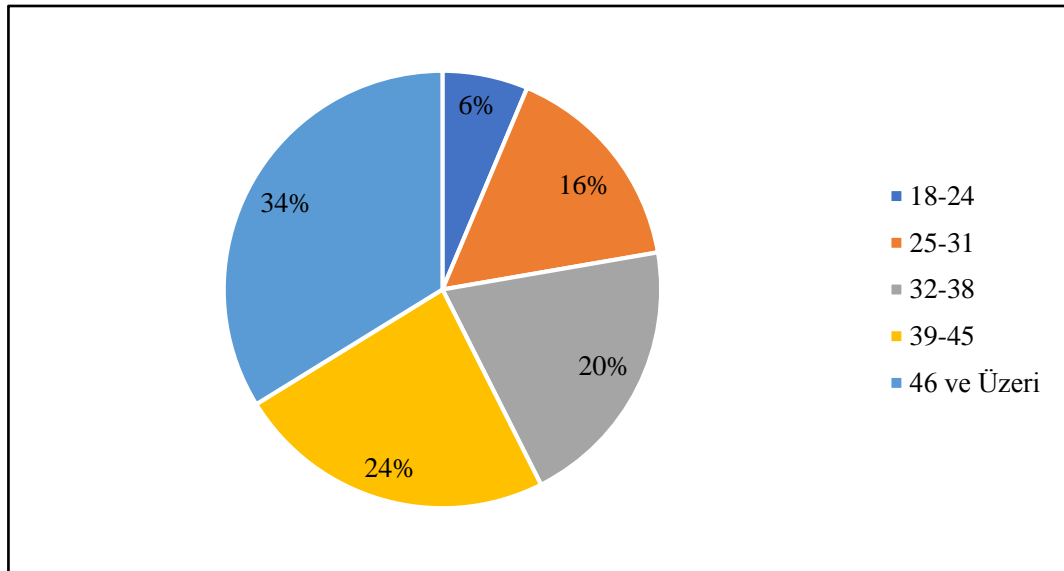
Şekil 5.1. Cinsiyet dağılım oranları

5.1.2. Taşıt sahiplerinin yaşlarına göre sınıflandırılması

Yaş grupları Tablo 5.2'deki gibi gruplandırılmış olup, 18-24 yaş aralığında 60 kişi, 25-31 yaş aralığında 151 kişi, 32-38 yaş aralığında 192, 39-45 yaş aralığında 224, 46 ve üzeri ise 320 kişiye ulaşılmıştır. Toplam 947 kişi içerisinde yaş dağılımları şu şekildedir; 18-24 yaş arasını oluşturanlar toplamın %6'sı, 25-31 yaş arasını oluşturanlar toplamın %16'sı, 32-38 yaş arasını oluşturanlar toplamın %20'si, 39-45 yaş arasını oluşturanlar toplamın %24'ünü oluştururken, 46 yaş ve üzerindeki yaş grubunu oluşturanlar ise toplamın %34'üne tekabül etmektedir.

Tablo 5.2. Taşıt sahiplerinin yaş aralıkları

Yaş Aralıkları	Sayı
18-24	60
25-31	151
32-38	192
39-45	224
46 ve Üzeri	320
Toplam	947



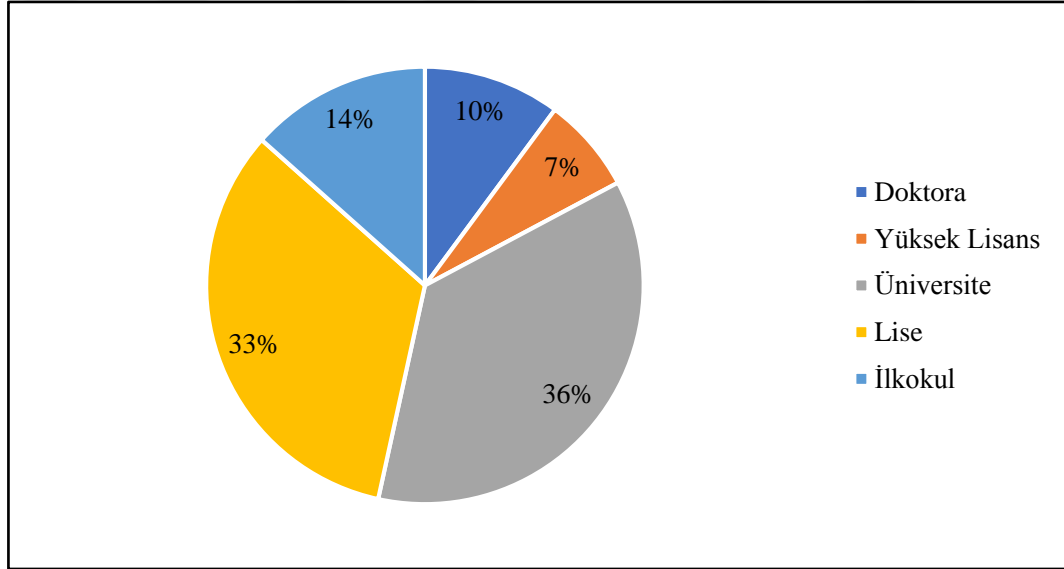
Şekil 5.2. Yaş dağılım oranları

5.1.3. Taşıt sahiplerinin öğrenim durumlarına göre sınıflandırılması

Anketlerle ulaşılan toplam 947 kişiden Tablo 5.3'te görüldüğü gibi doktora mezunu sayısı 96 kişi, yüksek lisans mezunu sayısı 67 kişi, üniversite mezunu sayısı 343 kişi, lise mezunu sayısı ise 314 kişi olup, ilkokul mezunu ise sayısı 127 kişiden oluşmaktadır. Şekil 5.3'te doktora mezunları toplamın %10'unu, yüksek lisans mezunları toplamın %7'sini, üniversite mezunları toplamın %36'sını, lise mezunları toplamın %33'ünü oluştururken, ilkokul mezunları ise toplamın %14'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 5.3. Taşıt sahiplerinin öğrenim durumları

Öğrenim Durumu	Sayı
Doktora	96
Yüksek Lisans	67
Üniversite	343
Lise	314
İlkokul	127
Toplam	947



Şekil 5.3. Öğrenim durumu dağılım oranları

5.1.4. Taşıt sahiplerinin çalıştığı kurumlara göre sınıflandırılması

Erzincan'daki tüm kurumlar gezilip anket yapılmış olup, ulaşılan kişilerde özelde çalışanların sayısı %30 ile ilk sırada yer alırken Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi çalışanlar %15 ile ikinci sırada olup ardından %14 ile Millî Eğitim Bakanlığı çalışanlar ise üçüncü sırada gelmektedir. Taşıt sahiplerini çalıştıkları kurumlara göre dağılımının sayısı Tablo 5.4'te görülmektedir.

Tablo 5.4. Taşıt sahiplerinin çalıştığı kurumlar

Satır Etiketleri	Sayı
Erzincan Bahçe Kültürleri Arş. Ens. Müd.	18
Erzincan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	16
Erzincan DSİ 82. Şube Müdürlüğü	22
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi	141
Erzincan Belediyesi	28
Erzincan Esnaf ve Sanatkarlar Odaları Birliği	7
Erzincan Kentiçi Ulaşım	96
Erzincan İl Müftülüğü	9
Erzincan İl Özel İdaresi	32
Erzincan İl Sağlık Müdürlüğü	25
Erzincan Karayolları 164. Şube Şefliği	22
Erzincan Milli Eğitim Müdürlüğü	131
Özel	284
Erzincan SGK	10
Erzincan Sosyal Hizmet Merkezi	2
Erzincan Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı	7
Erzincan Şeker Fabrikası	1
Erzincan Tarım ve Orman İl Müdürlüğü	20
Erzincan TEİAŞ	32
TSK	2
Belirtilmemiş	42
Toplam	947

5.1.5. Taşıt sahiplerinin mesleklerine göre sınıflandırılması

Yapılan anketlerle ulaşılan mesleklerde serbest meslek yapanların sayısı %22 ile ilk sırada yer alırken akademisyenler ve öğretmenler %13 ile ikinci sırada olup, ardından %10 ile otobüs şoförleri ise üçüncü sırada gelmektedir. Ulaşılan tüm meslekler Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5. Taşıt sahiplerinin meslekleri

Satır Etiketleri	Sayı
Akademisyen	127
Aşçı	1
Bahçıvan	1
Bilgisayar İşletmeni	1
Eczacı	1
Elektrik Elektronik Müh.	7
Elektrik Teknisyeni	12
Elektronik Teknikeri	2
Emekli	20
Er	1
Genel Sekreter	1
Güvenlik Görevlisi	1
Harita Teknikeri	6
İmam Hatip	1
İnşaat Mühendisi	1
İnşaat Teknikeri	5
İşçi	43
Laborant	1
Makine Mühendisi	5
Memur	79
Mimar	3
Muhasebeci	4
Mühendis	11
Otobüs Şoförü	98
Otomotiv Teknikeri	1

Tablo 5.5. devamı Taşıt sahiplerinin meslekleri

Öğrenci	14
Öğretmen	127
Sekreter	2
Serbest	211
Stajyer	1
Şoför	52
Taksi Şoförü	47
Tekniker	1
Teknisyen	30
Uzman Çavuş	1
Yönetici	4
Zabıta	2
Ziraat Mühendisi	12
Belirtilmemiş	10
Toplam	947

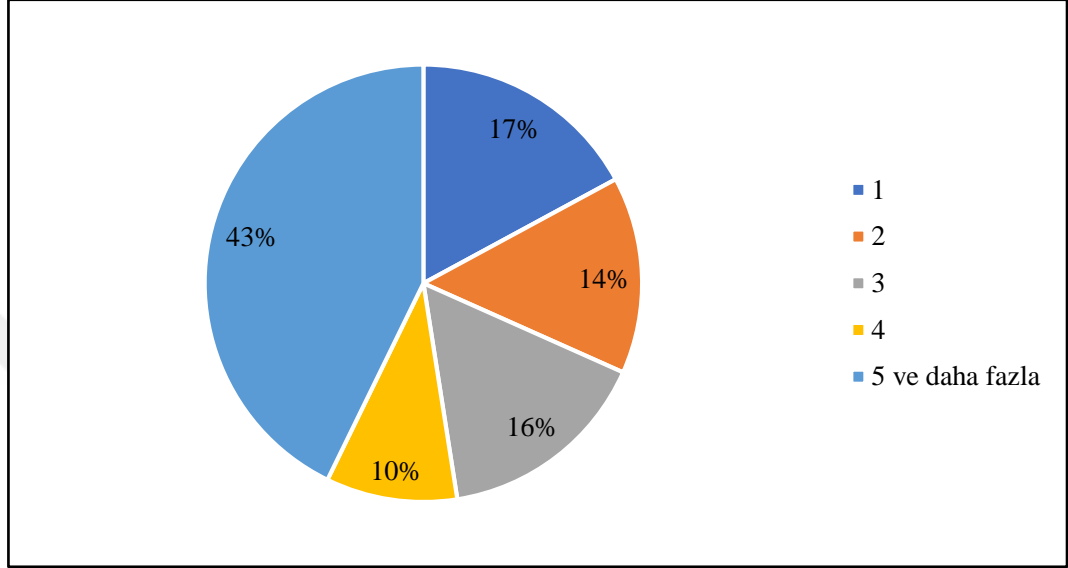
5.1.6. Taşıt sahiplerinin kaçınıcı taşıtı olduğuna göre sınıflandırılması

Ulaşılan 947 kişi içerisinde 5'ten fazla araç değişimi yapanların sayısı diğerlerine oranla oldukça fazladır. Bu da Erzincan'da taşıt sahiplerinin taşıtlarını sıkça değiştirdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 5.6. Taşıt sahiplerinin kaçınıcı araçları

Kaçınıcı Araç	Sayı
1	162
2	138
3	150
4	92
5 ve daha fazla	405
Toplam	947

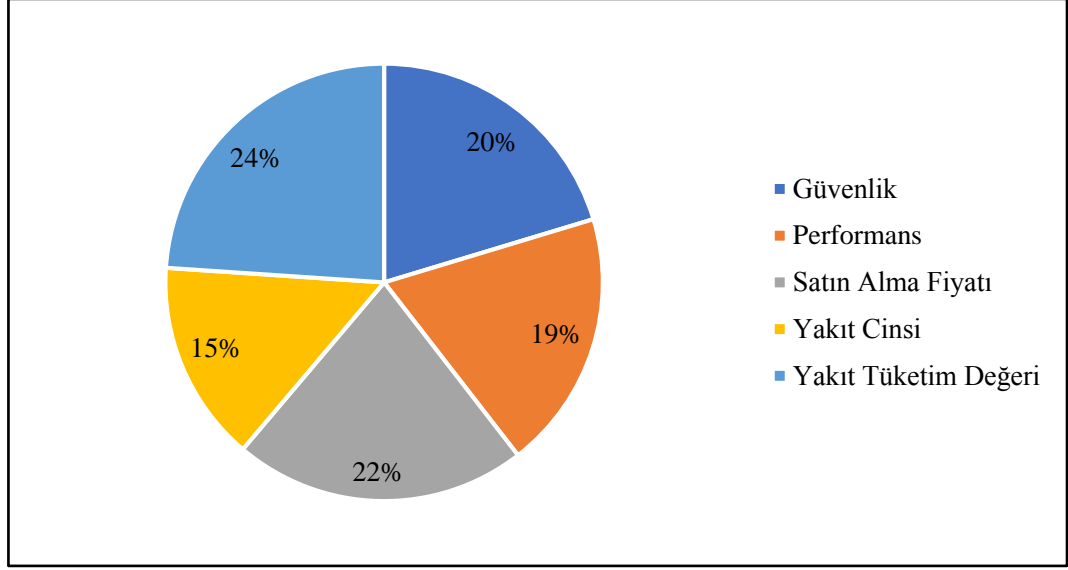
Şekil 5.4'te görüldüğü gibi ilk aracına sahip sayısı toplamın %17'sini, ikinci aracına sahip olanların sayısı toplamın %14'ünü, üçüncü aracına sahip olanlar toplamın %16'sı, dördüncü aracına sahip olanlar toplamın %10'unu oluştururken 5'ten fazla taşıta sahip olanların sayısı ise toplamın %43'ünü oluşturmaktadır.



Şekil 5.4. Kaçınıcı taşıt sahipliği oranları

5.1.7. Taşıt sahiplerinin taşıt alma tercihlerinin değerlendirilmesi

Erzincan ilinde ulaşılan 947 araç sahibine yöneltilen sorularla taşıt alma tercihlerinde Şekil 5.5'te görüldüğü üzere %24 oranla yakıt tüketim değeri birinci sırada, %22 oranla aracın satın alma fiyatı ikinci sırada, %20 oranla aracın güvenliği üçüncü sırada, %19 oranla aracın performansı dördüncü ve %15 oranla yakıt cinsi beşinci olmasıyla birlikte, Türkiye'deki otomobil ve yakıt fiyatlarındaki artışın taşıt sahiplerine de yansıdığı görülmektedir.



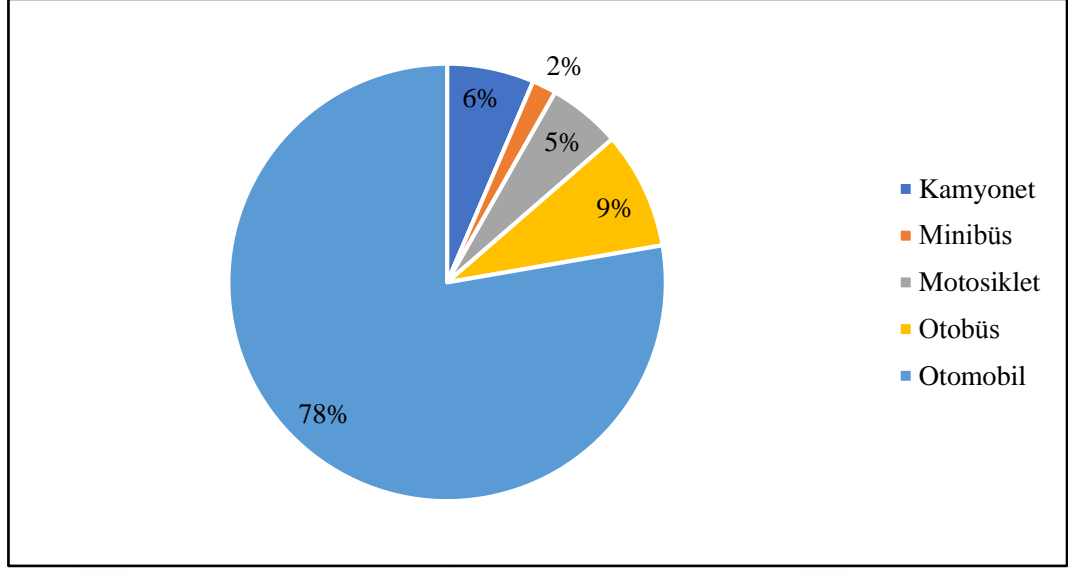
Şekil 5.5. Taşıt alma tercihi oranları

5.1.8. Taşıtların türlerine göre sınıflandırılması

Yapılan anketlerle Tablo 5.7’de görüldüğü gibi 61 tane kamyonet, 17 tane minibüs, 51 tane motosiklet, 82 tane otobüs ve 736 tane otomobil olmak üzere toplam 947 taşıta ulaşılmış olup, kamyon ve diğer ağır yük araçları şehir merkezinden geçmek yerine çevre yolunu kullandığından kamyonlar ve diğer ağır yük araçları değerlendirilmeye alınmamıştır. Ulaşılan 947 taşıtın toplamının Şekil 5.6’da görüldüğü gibi %78’i otomobil, %9’u otobüs, %6’sı kamyonet, %5’i motosiklet, %2’si ise minibüstür.

Tablo 5.7. Taşıt türleri

Taşıt Türleri	Sayı
Kamyonet	61
Minibüs	17
Motosiklet	51
Otobüs	82
Otomobil	736
Toplam	947



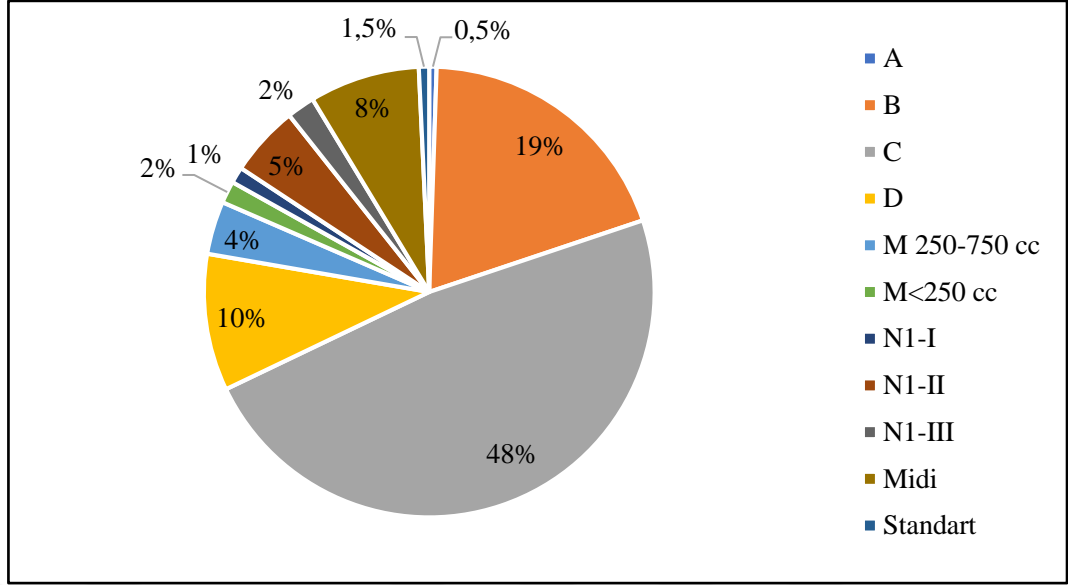
Şekil 5.6. Taşıt türü oranları

5.1.9. Taşıtların segmentlerine göre sınıflandırılması

Anketlerle ulaşılan toplam 947 taşıt segmentlerine göre sınıflandırılmış olup, sayıları Tablo 5.8’de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Taşıtların segmentleri

Taşıt Segmenti	Sayı
M <250 cc	15
M (250-750 cc)	36
A	4
B	184
C	455
D	93
N1-I	11
N1-II	48
N1-III	19
Midi	75
Standart	7
Toplam	947



Şekil 5.7. Taşıt segmentleri oranı

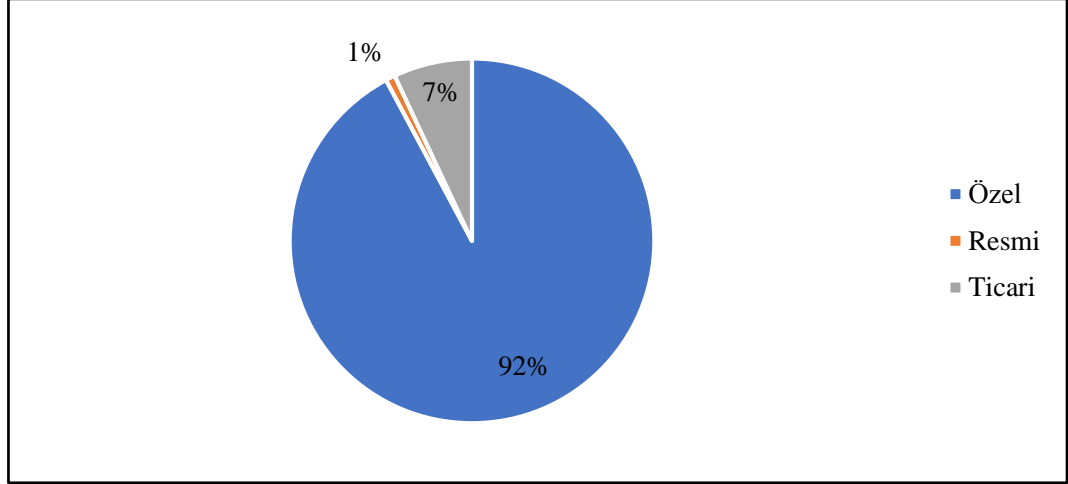
Bölüm 3'teki başlık altında incelenen segmentlere göre taşıtlar sınıflandırıldığında; toplam motosikletlerin %77'si M 250-750 cc sınıfında olup %33'ü M<250 sınıfındadır. Toplam otomobillerin %61'ini oluşturan C sınıfının birinciliğinin ardından, %26 ile B sınıfı ikinci, %12 ile D sınıfı üçüncü olurken, %1 ile A sınıfı ise dördüncü sırada gelmektedir. Hafif ticari araç sınıfında ise N1-II sınıfının oranı %64, N1-III sınıfının oranı %24 iken, N1-I sınıfının oranı ise %14'tür. Otobüs sınıfının da %93'ü midi olup, %7'si standarttır. Tüm sınıfların birbirlerine göre oranı ise Şekil 5.7'de verilmiştir.

5.1.10. Taşıtların kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması

Ulaşılan 947 adet taşıtın Tablo 5.9'da görüldüğü üzere 873 tane özel amaçla kullanılan taşıtlar birinci sırada, 66 tane ticari amaçla kullanılan taşıtlar ikinci sırada yer alırken 8 tane resmi amaçla kullanılan taşıtlar ise üçüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 5.9. Taşıtların kullanım amaçları

Kullanım Amacı	Sayı
Özel	873
Resmi	8
Ticari	66
Toplam	947



Şekil 5.8. Taşıtların kullanım amacı oranları

Ulaşılan toplam taşıtın Şekil 5.8’de de görüldüğü üzere %92’si özel amaç ile kullanılan taşıtlar birinci sırada, %7’si ticari amaç ile kullanılan taşıtlar ikinci sırada yer alırken, %1’i ise resmi amaç ile kullanılmakta olan taşıtlar ise üçüncü sırada yer almaktadır.

5.1.11. Taşıtların silindir hacmi ve motor gücüne göre sınıflandırılması

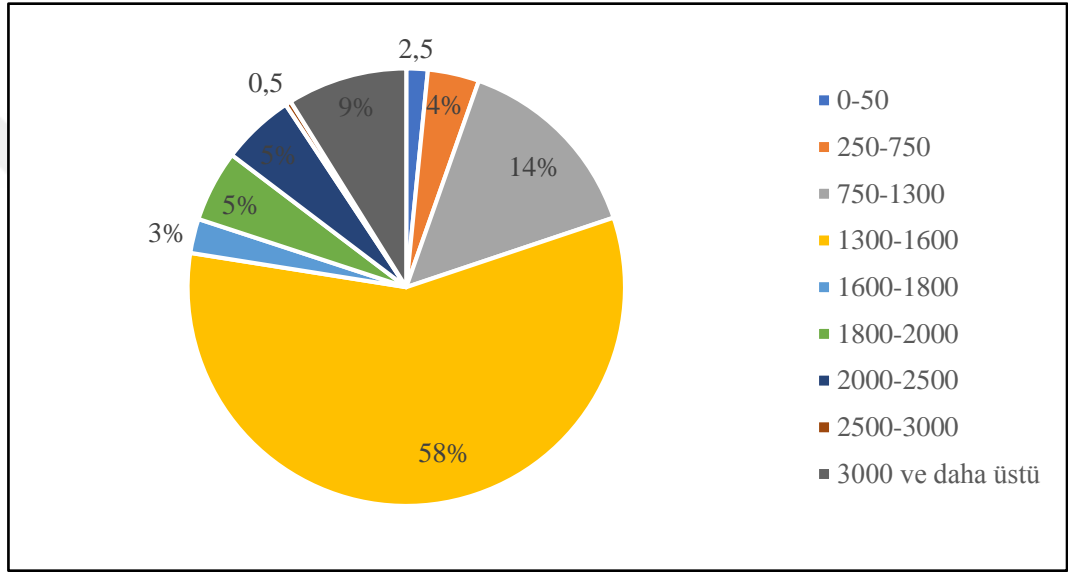
Anketlerle ulaşılan 947 taşıtın silindir hacimlerine göre sınıflandırılması Tablo 5.10’da verilmiştir. Türkiye’de ve Dünya’da motorlu taşıt emisyonları ve yakıt tüketim miktarının bir sorun haline gelmesiyle birlikte emisyonların azaltılması daha küçük hacimli motorlar üretilmeye başlanmış olup, büyük silindir hacmine sahip motorların azaldığı görülmektedir. Tabloya bakıldığında 1300 cc ile 1600 cc arasındaki motor hacmi en çok tercih edilen hacim bandına girmektedir. Bu motor hacimlerine sahip taşıtlar hem performans açısından hem de yakıt tüketimi açısından ve aynı zamanda Türkiye’deki motorlu taşıt vergilerinin fiyatlandırılmasından dolayı daha çok tercih edilmiştir.

Tablo 5.10. Taşıtların silindir hacimleri

Silindir Hacmi (cc)	Sayı
0-250	15
250-750	36
750-1300	137
1300-1600	546

Tablo 5.10. devamı Taşıtların silindir hacimleri

1600-1800	24
1800-2000	50
2000-2500	51
2500-3000	4
3000 ve daha üstü	84
Toplam	947



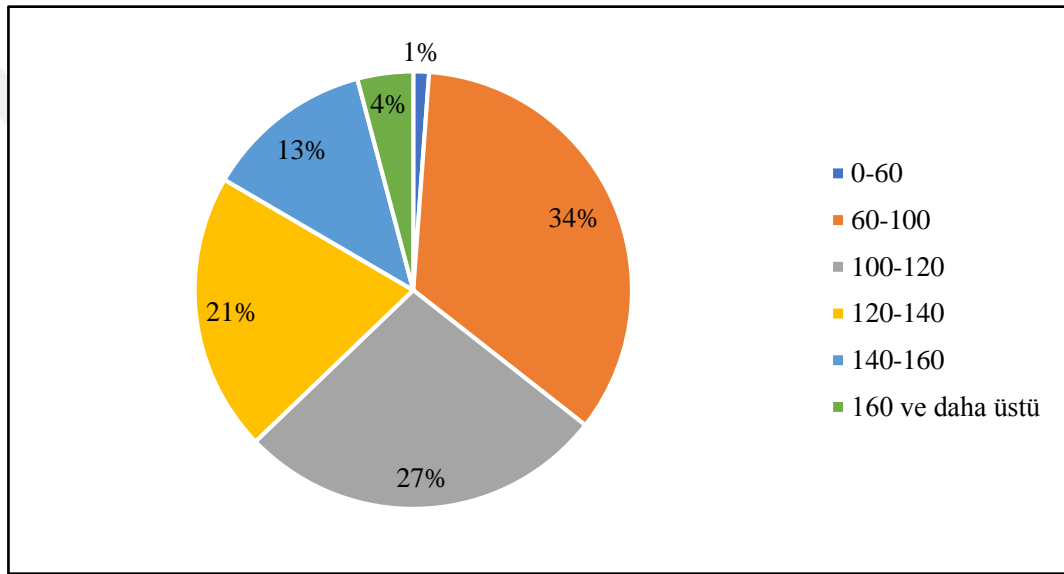
Şekil 5.9. Taşıtların silindir hacmi oranları

Tablo 5.11. Taşıtların motor güçleri

Motor Gücü (BG)	Sayı
0-60	36
60-100	311
100-120	258
120-140	195
140-160	118
160 ve daha üstü	39
Toplam	947

Toplam 947 taşıtın değerlendirildiği bu başlıkta %34 oranla 60-100 BG arası taşıtların birinci olduğunu, %27 oranla 100-120 BG arası taşıtların ikinci olduğunu, %21 oranla 120-140 BG arası taşıtların üçüncü olduğu görülürken, %13 oranla 140-160 BG arası taşıtların dördüncü olduğu Şekil 5.10'da görülmektedir.

Motor güçlerine göre bakıldığında ise 60 BG ile 120 BG arasındaki taşıtların oldukça fazla olduğunu görmekteyiz. Başlık 5.1.7'de bahsedilen taşıt alma tercihlerinin oranlarının da etkisi olduğunu kanıtlar nitelikteki bu sonuçlar yakıt tüketimi sebebiyle belirtilen bantta yoğunlaşmıştır.



Şekil 5.10. Taşıtların motor güçleri oranı

5.1.12. Taşıtların marka ve üretim yıllarına göre sınıflandırılması

Ulaşılan 947 taşıtın markalara göre dağılımı Tablo 5.12'de verilmiştir. Volkswagen markasının satış rakamlarına bakıldığında oldukça yüksek olmasıyla birlikte anketlerde de 121 adet taşıtla birinci sırayı alırken, Toyota 96 adet taşıtla ikinci sırada, Renault, Fiat ve Ford 91 adet taşıtla üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'deki markalara göre otomobil satış rakamlarına bakıldığında da hemen hemen aynı oranda çıkan bu durum Erzincan şehrine de yansımaktadır.

Tablo 5.12. Taşıt markaları

Marka	Sayı
Alfa Romeo	1
Audi	5
Bisan	7
BMC	7
BMW	16
Chevrolet	12
Citroen	8
Dacia	18
Fiat	91
Ford	91
Honda	30
Hyundai	28
Isuzu	2
Iveco	2
Jeep	2
Kanuni	4
Kia	6
Kuba	2
Lada	4
Land Rover	1
Mazda	14
Mercedes-Benz	25
Mitsubishi	7
Mondial	11
Nissan	14
Opel	64
Otokar	74
Peugeot	17
Renault	91
Seat	6
Skoda	24

Tablo 5.12. devamı Taşıt markaları

Ssang Yong	1
Suzuki	7
Tofaş	25
Toyota	96
TVS	3
Vespa	4
Volkswagen	121
Volvo	4
Yamaha	2
Genel Toplam	947

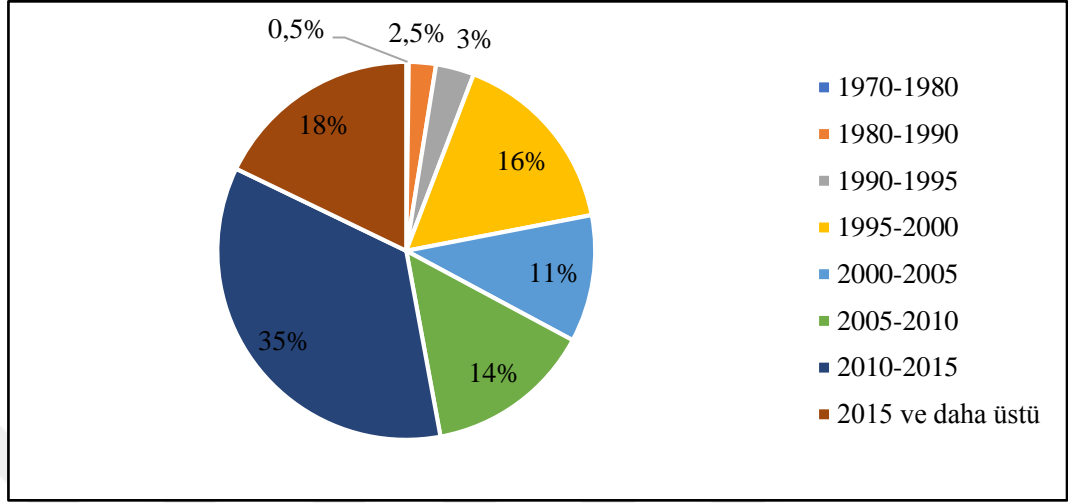
Taşıtların model yılları Tablo 5.13’te görülmektedir. En az 1970-1980 yılları arasında sadece 2 adet taşıt bulunurken en çok taşıt 2010-2015 yılları arasında bulunmaktadır. Bunun en önemli nedenleri arasında hem taşıt bakım masrafları hem de taşıt fiyatları bulunmaktadır.

Tablo 5.13. Taşıt üretim yılları

Üretim Yılı	Sayı
1970-1980	2
1980-1990	22
1990-1995	31
1995-2000	153
2000-2005	102
2005-2010	136
2010-2015	332
2015 ve daha üstü	169
Toplam	947

Şekil 5.11’e bakıldığında %35 orana sahip 2010-2015 model arası taşıtlar birinci sırada, %18 orana sahip 1995-2000 model arası ve 2015 ve daha üzeri taşıtlar ikinci sırada, %14

orana sahip 2005-2015 model arası taşıtlar üçüncü olurken, %10 orana sahip 2000-2005 model arası taşıtlar dördüncü olmuştur.



Şekil 5.11. Taşıtların üretim yıllarının oranı

5.1.13. Taşıtların yakıt türlerine göre sınıflandırılması

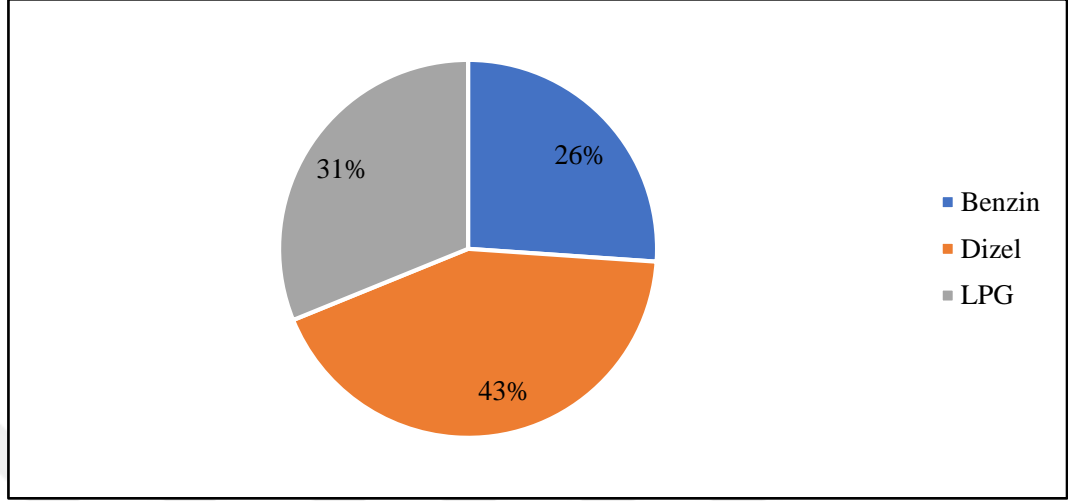
Ulaşılan taşıtların yakıt türlerine göre dağılımı Tablo 5.14'te gösterilmiştir. Taşıtların yakıt türlerine bakıldığında hem yakıt fiyatının uygunluğu hem de daha tüketim sağladığından dolayı dizel motorların tercih edildiği görülmektedir. Dizel taşıtlar 405 tane ile birinci sırada, LPG'li taşıtlar 295 tane ile ikinci sırada yer alırken, benzinli araçlar ise 247 tane ile üçüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 5.14. Taşıtların yakıt türleri

Yakıt Cinsi	Sayı
Benzin	247
Dizel	405
LPG	295
Toplam	947

Şekil 5.12'de de görüldüğü gibi %43 orana sahip dizel yakıtlı taşıtlar birinci sırada, %31 orana sahip LPG'li taşıtlar ikinci sırada, %26 orana sahip benzin yakıtlı taşıtlar üçüncü sırada yer almaktadır. Benzin fiyatlarının her geçen gün arttığı dünyada ve ülkemizde benzinli taşıtların giderek düşeceği ve ilerleyen yıllarda alternatif yakıtlı (elektrikli,

hibrid gibi) taşıtların fosil kökenli yakıt kullanan taşıtların yerini alacağı öngörülmektedir.



Şekil 5.12. Yakıt türleri oranı

5.1.14. Taşıtların Euro emisyon standartlarına göre sınıflandırılması

Başlık 3.2’de bahsedilen Euro emisyon standartlarına göre değerlendirilen 947 taşıtın dağılımı Tablo 5.15’te gösterilmiştir. Taşıtların modelleri baz alınarak oluşturulan bu tabloda Euro 5 ve Euro 6 emisyon standardına sahip çevre için daha az tehdit oluşturan taşıtların fazlalığı dikkat çekmektedir.

Tablo 5.15. Taşıtların Euro emisyon standartları

Euro Standardı	Sayı
ECE 15/01	2
ECE 15/03	1
ECE 15/04	35
Euro 1	61
Euro 2	109
Euro 3	104
Euro 4	140
Euro 5	290
Euro 6	205
Toplam	947

5.2. Taşıt Parkı Oluşturulması

Anketlerden elde edilen veriler 6. Bölümde verilen Erzincan ili için motorlu taşıt sayılarına oranlanmasıyla elde edilen sayılar Tablo 5.16'da verilmiştir. Bu değerler COPERT 5 programına girilerek 6. Bölümdeki metodoloji ile egzoz emisyon hesaplamaları yapılmıştır.

Tablo 5.16. Motorlu taşıtlar hakkında emisyon hesabı için gerekli değerler

Taşıt Türü	Sayı	Yıllık Ort. Mesafe (km)	Ort. Sürat (km/h)
Motosiklet	7.445	3.440,00	47,14
Benzin	7.445	3.440,00	47,14
M <250 cc	2.779	3.960,00	46,13
Euro Öncesi	145	4.080,00	45,00
Euro 1	145	4.200,00	44,00
Euro 2	145	4.200,00	25,00
Euro 3	437	4.240,00	54,67
Euro 4	729	3.960,00	44,80
Euro 5	1.178	3.600,00	47,50
M 250-750 cc	4.666	3.223,33	47,56
Euro Öncesi	145	3.600,00	45,00
Euro 1	437	3.600,00	44,67
Euro 2	875	4.340,00	44,17
Euro 3	875	2.840,00	48,17
Euro 4	875	3.020,00	48,50
Euro 5	1.459	2.888,57	49,14
Otomobil	25.489	10.898,14	56,02
Benzin	9.443	10.265,86	57,13
A Sınıfı	37	3.600,00	50,00
Euro 4	37	3.600,00	50,00
B Sınıfı	1.967	7.398,50	58,44
Euro 1	37	4.800,00	80,00

Tablo 5.16. devamı Motorlu taşıtlar hakkında emisyon hesabı için gerekli değerler

Euro 2	37	3.600,00	80,00
Euro 3	55	4600,00	50,00
Euro 4	183	10.560,00	62,00
Euro 5	677	7.092,83	60,21
Euro 6	328	8.085,71	52,14
Euro 6+	650	7.614,29	53,57
C Sınıfı	3.961	11.847,17	56,69
Euro 1	37	6.000,00	40,00
Euro 2	37	7.200,00	60,00
Euro 3	329	6.411,43	52,86
Euro 4	584	9.535,00	55,00
Euro 5	809	17.662,73	57,73
Euro 6	650	8.405,45	56,89
Euro 6+	655	8.693,33	57,50
D Sınıfı	860	8.582,22	57,04
Euro 1	37	1.200,00	80,00
Euro 2	73	2.400,00	55,00
Euro 4	256	7.902,86	62,86
Euro 5	256	8.057,14	54,29
Euro 6	142	11.100,00	53,33
Euro 6+	96	11.850,00	52,50
Dizel	8.388	11955,92	55,02
A Sınıfı	37	1.800,00	90,00
Euro 5	37	1.800,00	90,00
B Sınıfı	2.643	10.010,18	55,05
Euro 3	37	10.800,00	60,00
Euro 4	448	11.408,57	58,21
Euro 5	678	9.232,73	55,55

Tablo 5.16. devamı Motorlu taşıtlar hakkında emisyon hesabı için gerekli değerler

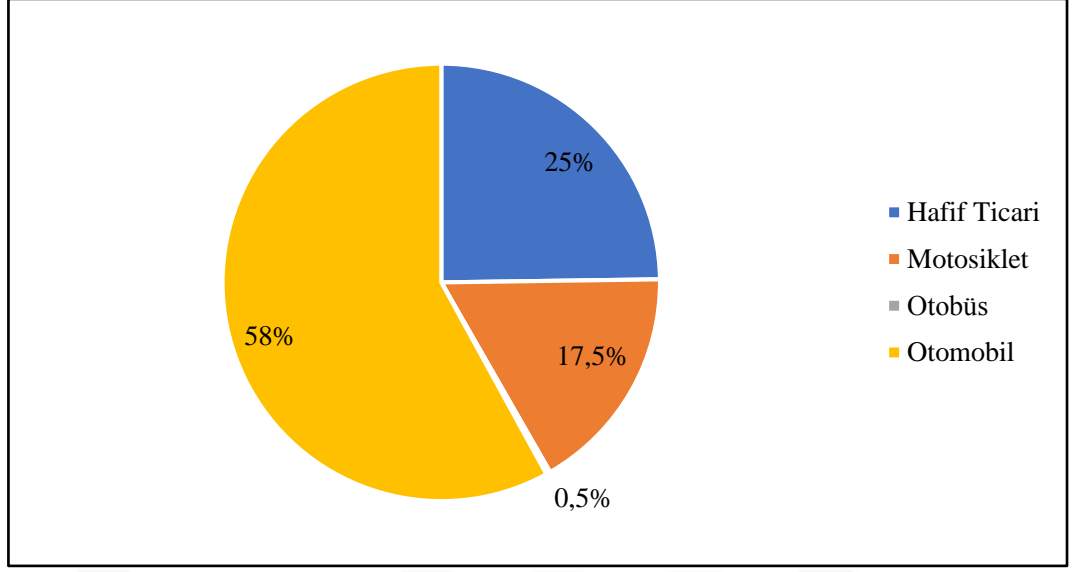
Euro 6	500	7.200,00	53,33
Euro 6+	980	13.440,00	40,00
C Sınıfı	5.087	12.552,56	54,42
Euro 2	173	4.800,00	30,00
Euro 3	248	5.432,00	56,67
Euro 4	1.023	11.126,40	57,20
Euro 5	1.750	12.072,00	54,39
Euro 6	1.150	15.181,82	52,12
Euro 6+	743	15.753,75	55,17
D Sınıfı	621	12.811,76	58,94
Euro 3	37	10.800,00	50,00
Euro 5	365	10.140,00	57,20
Euro 6	146	16.800,00	64,00
Euro 6+	73	21.600,00	60,00
LPG	10.313	10.439,73	56,11
A Sınıfı	34	4.770,00	50,00
Euro 4	34	4.770,00	50,00
B Sınıfı	4.111	9.917,53	56,07
Euro Öncesi	275	8.005,71	59,64
Euro 1	611	8.770,00	50,83
Euro 2	358	7.912,94	55,88
Euro 3	584	9.385,71	56,79
Euro 4	400	12.352,00	53,67
Euro 5	983	7.400,00	57,50
Euro 6	900	30.133,33	67,33
C Sınıfı	4.642	10.593,99	56,20
Euro Öncesi	300	15.636,92	53,08
Euro 1	390	8.422,35	54,71

Tablo 5.16. devamı Motorlu taşıtlar hakkında emisyon hesabı için gerekli değerler

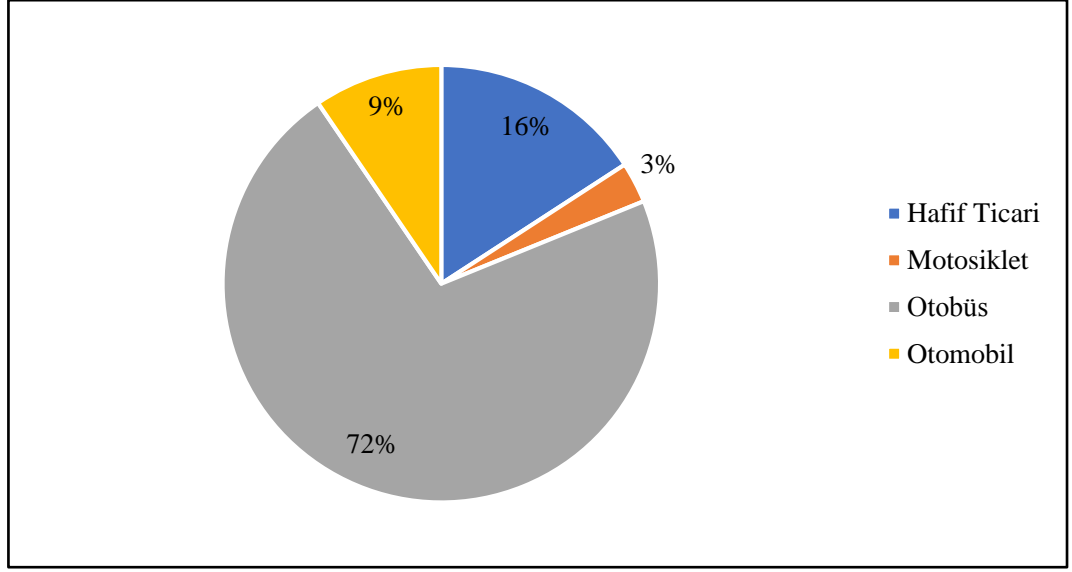
Euro 2	450	7.704,00	60,01
Euro 3	677	8.530,43	48,26
Euro 4	875	10.898,18	58,64
Euro 5	850	13.585,00	54,64
Euro 6	1.100	13.400,00	66,67
D Sınıfı	1.560	11.021,22	56,12
Euro Öncesi	92	10.440,00	60,00
Euro 1	192	16.050,00	56,25
Euro 2	22	10.845,45	57,73
Euro 3	804	6.384,00	50,00
Euro 4	250	7.704,00	60,00
Euro 5	200	12.600,00	45,00
Hafif Ticari	10.892	18.113,85	53,27
Dizel	10.892	18.113,85	53,27
N1-I	2.215	9.741,82	40,45
Euro 2	946	8.832,00	58,00
Euro 3	334	6.600,00	35,00
Euro 5	511	15.600,00	23,33
Euro 6+	424	4.800,00	25,00
N1-II	6.491	14.240,00	57,19
Euro 2	576	15.600,00	70,00
Euro 3	975	14.140,00	53,33
Euro 4	826	11.233,85	50,38
Euro 5	2.211	16.418,18	54,55
Euro 6	921	19.800,00	57,50
Euro 6+	982	11.400,00	85,00
N1-III	2.186	32.747,37	50,79
Euro Öncesi	369	25.200,00	50,00

Tablo 5.16. devamı Motorlu taşıtlar hakkında emisyon hesabı için gerekli değerler

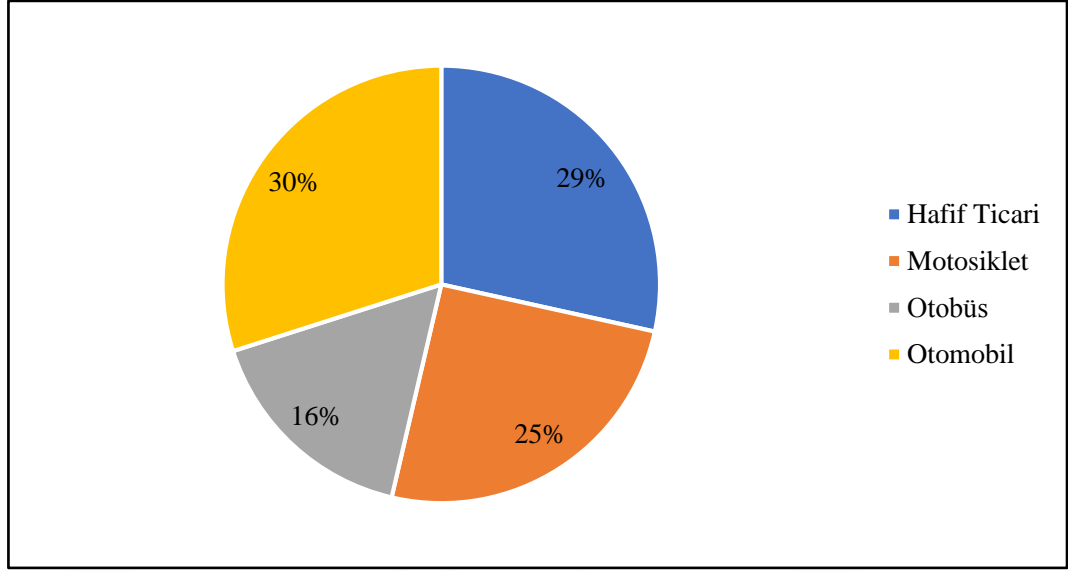
Euro 1	195	3.000,00	50,00
Euro 2	195	16.200,00	45,00
Euro 3	195	12.600,00	90,00
Euro 5	950	39.133,33	45,56
Euro 6	204	84.000,00	25,00
Euro 6+	78	72.000,00	60,00
Otobüs	137	81.936,59	30,73
Dizel	137	81.936,59	30,73
Midi	130	82.080,00	30,80
Euro II	7	80.400,00	30,00
Euro III	12	80.400,00	30,00
Euro IV	27	65.760,00	34,00
Euro V	48	87.777,78	31,48
Euro VI	45	80.400,00	30,00
Standart	7	80.400,00	30,00
Euro III	5	80.400,00	30,00
Euro IV	2	80.400,00	30,00
GENEL TOPLAM	43.963	17.241,97	53,12



Şekil 5.13. Taşıt sayılarının oranları



Şekil 5.14. Taşıtların sınıflarına göre yıllık ortalama kat ettiği mesafe oranları



Şekil 5.15. Taşıtların sınıflarına göre yıllık ortalama sürat oranları

5.3. Erzincan İli Yıllık Yakıt Tüketim Miktarı

Taşıtların sınıflarına göre yakıt tüketim miktarları Tablo 5.17’de verilmiş olup, motosikletler toplam yaklaşık 335 ton, benzinli binek otomobiller toplam yaklaşık 6.423 ton/yıl yakıt tüketirken, dizel binek otomobiller toplam 4.510 ton/yıl, LPG’li binek otomobiller ise 5.956 ton/yıl yakıt tüketerek, toplam 16.889 ton/yıl tüketim gerçekleştirmiştir. Hafif ticari taşıtlar yılda toplam 12.217 ton yakıt tüketirken, otobüsler ise yılda 2.024 ton yakıt tüketmiştir. Erzincan ili için yakıt türlerine göre toplam yaklaşık 6.758 ton/yıl benzin, 5.956 ton/yıl LPG ve 18.750 ton/ yıl dizel yakıt tüketilmiştir.

Tablo 5.17. Taşıtların sınıflarına göre yakıt tüketim miktarı (ton/yıl)

Taşıtların Sınıfları	Sıcak	Soğuk	Buharlaştırma	Toplam
Motosikletler	334,95		0,13	335,08
Benzin	334,95		0,13	335,08
M <250 cm³	104,59		0,04	104,63
Euro Öncesi	6,98		0,00	6,98
Euro 1	6,50		0,00	6,50
Euro 2	6,86		0,00	6,86
Euro 3	17,48		0,01	17,49

Tablo 5.17. devamı Taşıt sınıflarına göre yakıt tüketim miktarı (ton/yıl)

Euro 4	27,09		0,01	27,10
Euro 5	39,68		0,01	39,70
M 250-750 cm³	230,36		0,10	230,45
Euro Öncesi	9,41		0,00	9,41
Euro 1	25,90		0,01	25,91
Euro 2	57,15		0,02	57,17
Euro 3	36,76		0,02	36,78
Euro 4	38,97		0,02	38,99
Euro 5	62,17		0,03	62,20
Binek Otomobiller	15.549,33	1.339,31	0,26	16.888,90
Benzin	5.888,47	534,16	0,26	6.422,90
A Sınıfı	6,87	0,81	0,00	7,68
Euro 4	6,87	0,81	0,00	7,68
B Sınıfı	1.239,46	115,85	0,07	1.355,38
Euro 1	11,09	1,08	0,00	12,16
Euro 2	7,57	0,78	0,00	8,35
Euro 3	16,12	1,54	0,00	17,66
Euro 4	121,16	11,29	0,01	132,46
Euro 5	301,06	28,07	0,02	329,14
Euro 6	169,89	15,87	0,01	185,77
Euro 6+	612,58	57,23	0,03	669,84
C Sınıfı	3.758,87	341,19	0,17	4.100,22
Euro 1	18,09	1,76	0,00	19,85
Euro 2	18,48	1,83	0,00	20,31
Euro 3	153,77	14,68	0,01	168,46
Euro 4	431,85	39,17	0,02	471,04
Euro 5	1.095,41	99,02	0,05	1.194,48
Euro 6	934,40	84,56	0,04	1.019,00
Euro 6+	1.106,87	100,16	0,05	1.207,09
D Sınıfı	883,26	76,32	0,03	959,61
Euro 1	4,02	0,39	0,00	4,41

Tablo 5.17. devamı Taşıt sınıflarına göre yakıt tüketim miktarı (ton/yıl)

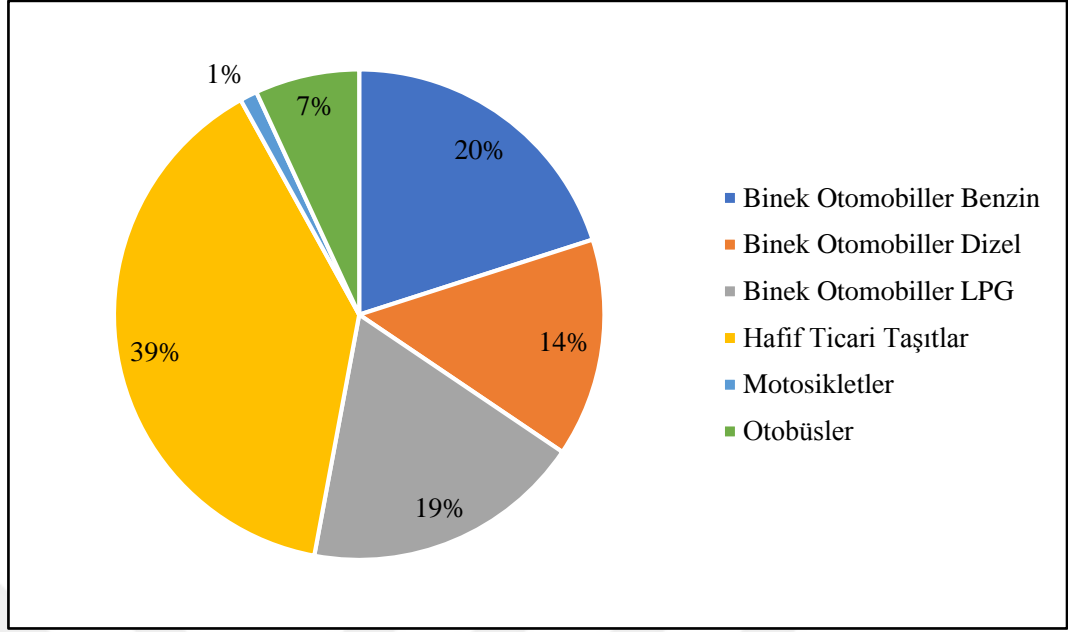
Euro 2	16,98	1,58	0,00	18,56
Euro 4	204,83	17,81	0,01	222,65
Euro 5	218,02	18,77	0,01	236,79
Euro 6	318,19	27,35	0,01	345,55
Euro 6+	121,23	10,42	0,00	131,65
Dizel	4.232,89	277,11		4.510,00
A Sınıfı	1,87	0,12		1,99
Euro 5	1,87	0,12		1,99
B Sınıfı	1.312,37	85,92		1.398,28
Euro 3	15,82	1,04		16,86
Euro 4	248,23	16,25		264,48
Euro 5	473,42	30,99		504,41
Euro 6	151,29	9,90		161,19
Euro 6+	423,61	27,73		451,34
C Sınıfı	2.488,43	162,91		2.651,33
Euro 2	42,75	2,80		45,54
Euro 3	53,82	3,52		57,34
Euro 4	453,26	29,67		482,94
Euro 5	851,48	55,74		907,23
Euro 6	550,68	36,05		586,73
Euro 6+	536,43	35,12		571,55
D Sınıfı	430,23	28,17		458,39
Euro 3	21,79	1,43		23,22
Euro 5	196,30	12,85		209,15
Euro 6	129,13	8,45		137,58
Euro 6+	83,01	5,43		88,45
LPG	5.427,97	528,03		5.956,00
A Sınıfı	8,79	0,85		9,64
Euro 4	8,79	0,85		9,64
B Sınıfı	2.324,33	226,11		2.550,44
Euro Öncesi	156,21	15,20		171,41

Tablo 5.17. devamı Taşıt sınıflarına göre yakıt tüketim miktarı (ton/yıl)

Euro 1	251,07	24,42	275,50
Euro 2	154,68	15,05	169,73
Euro 3	297,38	28,93	326,31
Euro 4	397,52	38,67	436,20
Euro 5	88,08	8,57	96,65
Euro 6	979,38	95,27	1074,66
C Sınıfı	2.379,95	231,52	2.611,47
Euro Öncesi	299,56	29,14	328,70
Euro 1	166,01	16,15	182,16
Euro 2	146,29	14,23	160,52
Euro 3	227,95	22,18	250,13
Euro 4	519,39	50,53	569,92
Euro 5	186,53	18,15	204,67
Euro 6	834,22	81,15	915,37
D Sınıfı	714,90	69,55	784,45
Euro Öncesi	68,15	6,63	74,78
Euro 1	168,26	16,37	184,63
Euro 2	12,97	1,26	14,23
Euro 3	283,90	27,62	311,51
Euro 4	76,37	7,43	83,80
Euro 5	105,26	10,24	115,50
Hafif Ticari Taşıtlar	11.465,89	750,63	12.216,52
Dizel	11.465,89	750,63	12.216,52
N1-I	1.311,61	85,87	1.397,48
Euro 2	441,91	28,93	470,84
Euro 3	135,67	8,88	144,55
Euro 5	589,17	38,57	627,74
Euro 6+	144,86	9,48	154,34
N1-II	5.471,33	358,19	5.829,52
Euro 2	469,54	30,74	500,28
Euro 3	738,84	48,37	787,21

Tablo 5.17. devamı Taşıt sınıflarına göre yakıt tüketim miktarı (ton/yıl)

Euro 4	512,15	33,53	545,68	
Euro 5	2.070,34	135,54	2.205,87	
Euro 6	1.034,16	67,70	1.101,86	
Euro 6+	646,30	42,31	688,61	
N1-III	4.682,95	306,58	4.989,53	
Euro Öncesi	576,65	37,75	614,40	
Euro 1	32,29	2,11	34,40	
Euro 2	183,20	11,99	195,19	
Euro 3	128,39	8,41	136,80	
Euro 5	2.128,88	139,37	2.268,25	
Euro 6	1.230,33	80,55	1.310,88	
Euro 6+	403,22	26,40	429,61	
Otobüsler	2.023,47		2.023,47	
Dizel	2.023,47		2.023,47	
Midi	1.878,18		1.878,18	
Euro II	298,70		298,70	
Euro III	316,52		316,52	
Euro IV	227,47		227,47	
Euro V	307,07		307,07	
Euro VI	728,42		728,42	
Standart	145,29		145,29	
Euro III	105,52		105,52	
Euro IV	39,77		39,77	
GENEL TOPLAM	29.373,65	2.089,94	0,26	31.463,85



Şekil 5.16. Taşıt sınıflarına göre yakıt tüketim oranları

Erzincan ili için Toplam yakıt tüketim miktarları Tablo 5.18’de verilmiştir.

Tablo 5.18. Toplam yakıt tüketim miktarı

Taşıt Cinsi	Yakıt Türü	Tüketim Miktarı ton/yıl
Motosikletler	Benzin	335
Hafif Ticari Taşıtlar	Dizel	12.217
Otobüsler	Dizel	2.023
	Benzin	6.423
	Dizel	4.510
	LPG	5.956
Binek Otomobil Toplam		16.889
GENEL TOPLAM		31.464

5.4. Erzincan Şehir Merkezi Egzoz Emisyon Miktarlarının Hesaplanması

Erzincan şehir merkezinde motorlu taşıt kaynaklı emisyonların hesaplanmasında COPERT 5 programı kullanılarak bu emisyonlar Bölüm 6’daki emisyon hesaplama yöntemiyle bu bölümde hesaplanmış olup, 4 başlık halinde sunulmuştur. Hesaplamalarda tanker, kamyon gibi ağır vasıtalar şehir merkezi dışındaki çevre yolunu kullandığından

ve traktörler şehir merkezinde çok fazla bulunmadığından bu taşıt türleri çalışmada değerlendirilmeye alınmamıştır. Ayrıca minibüs ve kamyonetler tek bir sınıf altında toplanmış olup, hafif ticari taşıtlar olarak değerlendirilmiştir.

5.4.1. CO emisyon miktarı

Erzincan şehir merkezinde motosikletler için CO emisyon miktarı toplam yaklaşık 91 ton/yıl, binek otomobiller için toplam yaklaşık 1.860 ton/yıl, hafif ticari taşıtlar için yaklaşık 525 ton/yıl, otobüsler için yaklaşık 202 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Binek otomobillerde CO emisyonu 1.409 ton/yıl ile en fazla LPG'li taşıtlarda görülmektedir. Bunun sebebi LPG yakıtı kullanan taşıtların fazla olmasının yanı sıra bu yakıtı kullanan taşıtlar daha çok düşük Euro emisyon standardına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Benzin yakıtını kullanan binek otomobiller gerek sayısının azlığı gerekse daha yüksek Euro sınıfına dahil olmalarından dolayı yılda yaklaşık 336 ton ile ikinci sırada gelmektedir. Dizel yakıtı kullanan binek otomobillerde ise daha verimli yanma sonucu 114 ton/yıl CO emisyonu miktarı ile üçüncü sırada yer almaktadır. Hafif ticari taşıtların kat ettiği mesafe otomobillere göre oldukça fazla olmasında rağmen dizel yakıtı kullanmalarından dolayı yaklaşık 525 ton/yıl CO emisyon miktarına sahiptir. Aynı şekilde otobüsler de yaklaşık 202 ton/yıl CO emisyon miktarına sahiptir. Erzincan şehir merkezi için toplam CO emisyon miktarı yaklaşık 2.678 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.19'da tüm taşıt sınıflarına ait CO emisyonu salınım miktarları gösterilmiştir.

Tablo 5.19. Taşıt sınıflarına göre CO salınım miktarı (ton/yıl)

Taşıt Sınıfları CO Emisyonu	Sıcak	Soğuk	Toplam
Motosikletler	91,36		91,36
Benzin	91,36		91,36
M <250 cm³	41,92		41,92
Euro Öncesi	8,84		8,84
Euro 1	6,98		6,98
Euro 2	2,91		2,91
Euro 3	5,09		5,09
Euro 4	7,16		7,16
Euro 5	10,95		10,95

Tablo 5.19. devamı Taşıt sınıflarına göre CO salınım miktarı (ton/yıl)

M 250-750 cm³	49,43		49,43
Euro Öncesi	11,68		11,68
Euro 1	17,28		17,28
Euro 2	8,69		8,69
Euro 3	3,12		3,12
Euro 4	3,41		3,41
Euro 5	5,25		5,25
Binek Otomobiller	1.690,68	169,06	1.859,74
Benzin	317,38	19,04	336,41
A Sınıfı	0,47		0,47
Euro 4	0,47		0,47
B Sınıfı	79,41		79,41
Euro 1	4,14		4,14
Euro 2	1,16		1,16
Euro 3	2,23		2,23
Euro 4	7,75		7,75
Euro 5	19,79		19,79
Euro 6	9,53		9,53
Euro 6+	34,80		34,80
C Sınıfı	203,66	19,04	222,70
Euro 1	5,96	19,04	25,00
Euro 2	2,33		2,33
Euro 3	19,80		19,80
Euro 4	20,92		20,92
Euro 5	58,44		58,44
Euro 6	43,80		43,80
Euro 6+	52,41		52,41
D Sınıfı	33,83		33,83
Euro 1	0,95		0,95
Euro 2	1,56		1,56
Euro 4	8,12		8,12

Tablo 5.19. devamı Taşıt sınıflarına göre CO salınım miktarı (ton/yıl)

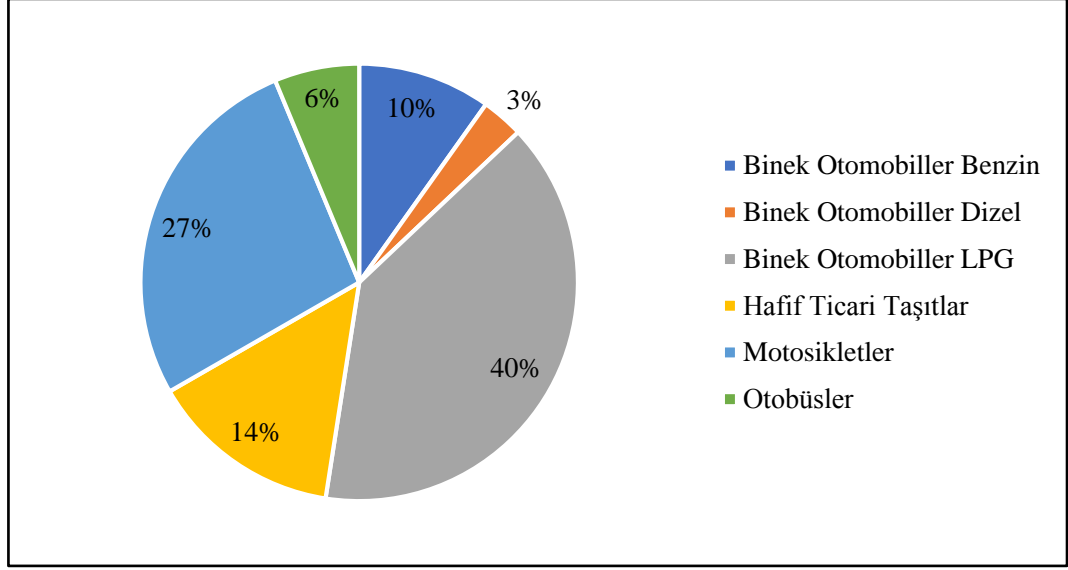
Euro 5	8,33		8,33
Euro 6	10,73		10,73
Euro 6+	4,1398		4,14
Dizel	100,02	14,43	114,45
A Sınıfı	0,04	0,01	0,05
Euro 5	0,04	0,01	0,05
B Sınıfı	29,92	4,32	34,24
Euro 3	0,48	0,07	0,55
Euro 4	5,98	0,86	6,84
Euro 5	8,64	1,25	9,88
Euro 6	3,90	0,56	4,46
Euro 6+	10,92	1,58	12,50
C Sınıfı	63,02	9,09	72,11
Euro 2	7,49	1,08	8,57
Euro 3	1,77	0,25	2,02
Euro 4	11,20	1,61	12,81
Euro 5	15,83	2,28	18,11
Euro 6	13,54	1,95	15,50
Euro 6+	13,19	1,90	15,10
D Sınıfı	7,04	1,02	8,05
Euro 3	0,64	0,09	0,73
Euro 5	2,65	0,38	3,03
Euro 6	2,28	0,33	2,61
Euro 6+	1,47	0,21	1,68
LPG	1.273,28	135,60	1.408,88
A Sınıfı	1,04		1,04
Euro 4	1,04		1,04
B Sınıfı	524,83	34,47	559,3014
Euro Öncesi	81,70	34,47	116,17
Euro 1	132,22		132,22
Euro 2	56,49		56,49

Tablo 5.19. devamı Taşıt sınıflarına göre CO salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 3	86,25		86,25
Euro 4	42,21		42,21
Euro 5	10,11		10,11
Euro 6	115,85		115,85
C Sınıfı	523,85	60,91	584,76
Euro Öncesi	144,38	60,91	205,29
Euro 1	88,47		88,47
Euro 2	55,19		55,19
Euro 3	58,30		58,30
Euro 4	58,72		58,72
Euro 5	20,12		20,12
Euro 6	98,68		98,68
D Sınıfı	223,56	40,22	263,78
Euro Öncesi	34,06	14,37	48,43
Euro 1	90,36		90,36
Euro 2	4,83		4,83
Euro 3	75,48		75,48
Euro 4	9,03		9,03
Euro 5	9,79	25,85	35,64
Hafif Ticari Taşıtlar	458,67	66,15	524,83
Dizel	458,67	66,15	524,83
N1-I	49,82	7,18	57,00
Euro 2	30,62	4,42	35,03
Euro 3	5,27	0,76	6,03
Euro 5	11,18	1,61	12,79
Euro 6+	2,75	0,40	3,14
N1-II	176,18	25,41	201,59
Euro 2	56,58	8,16	64,74
Euro 3	77,05	11,11	88,16
Euro 4	42,20	6,09	48,29
Euro 5	0,20	0,03	0,23

Tablo 5.19. devamı Taşıt sınıflarına göre CO salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 6	0,09	0,01	0,10
Euro 6+	0,07	0,00	0,08
N1-III	232,68	33,56	266,24
Euro Öncesi	192,49	27,76	220,26
Euro 1	3,85	0,56	4,41
Euro 2	22,31	3,22	25,53
Euro 3	13,58	1,96	15,54
Euro 5	0,21	0,03	0,24
Euro 6	0,17	0,02	0,19
Euro 6+	0,056	0,00	0,06
Otobüsler	202,32		202,32
Dizel	202,32		202,32
Midi	181,12		181,12
Euro II	47,70		47,70
Euro III	51,56		51,56
Euro IV	20,05		20,05
Euro V	48,37		48,37
Euro VI	13,44		13,44
Standart	21,20		21,20
Euro III	17,68		17,68
Euro IV	3,52		3,52
GENEL TOPLAM	2.443,04	235,21	2.678,25



Şekil 5.17. Motorlu taşıtlara göre CO emisyon salınım oranı

Şekil 5.17’de görüldüğü gibi CO emisyon miktarı en fazla binek otomobillerde görülürken, en az hafif ticari taşıtlarda görülmektedir. Dizel yakıtı kullanan taşıtlar daha fazla yol kat etmesine rağmen benzinli ve LPG’li taşıtlara göre daha az CO emisyon salınımı yapmıştır.

5.4.2. HC emisyon miktarı

Erzincan şehir merkezi için toplam HC emisyon miktarı yaklaşık 458 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Motosikletlerde HC emisyon miktarı toplam yaklaşık 14 ton/yıl, binek otomobillerde toplam yaklaşık 290 ton/yıl, hafif ticari taşıtlarda toplam yaklaşık 122 ton/yıl, otobüslerde is toplam yaklaşık 32 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Özellikle yanmamış yakıtın atmosfere bırakılması sonucunda ortaya çıkan bu emisyon LPG yakıtını kullanan taşıtlarda oldukça fazla görülmektedir. Bunun sebebi LPG’nin benzin ve dizel yakıtı göre uçucu özelliğinin fazla olmasıdır. Benzinli binek otomobillerde HC salınımının yaklaşık 29 ton/yıl çıkmasının sebebi gerek benzinde yapılan iyileştirmeler olsun gerekse de benzin yakıtı kullanan taşıtların daha çok yeni model olması yani Euro sınıfının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Dizel yakıtlı binek otomobillerde 7 ton/yıl olarak hesaplanan bu emisyon dizel otomobillerde yanma veriminin ne kadar verimli olduğunu göstermektedir. Taşıtların sınıflarına göre HC salınım miktarları Tablo 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20. Taşıt sınıflarına göre HC salınım miktarı (ton/yıl)

Taşıt Sınıfları HC Emisyonu	Sıcak	Soğuk	Buharlaştırma	Toplam
Motosikletler	14,15		0,30	14,45
Benzin	14,15		0,30	14,45
M <250 cm³	4,61		0,08	4,69
Euro Öncesi	0,68		0,005	0,68
Euro 1	0,68		0,005	0,68
Euro 2	0,40		0,005	0,40
Euro 3	0,57		0,01	0,59
Euro 4	0,93		0,02	0,95
Euro 5	1,36		0,03	1,39
M 250-750 cm³	9,5411		0,2133	9,7544
Euro Öncesi	1,3298		0,0076	1,3374
Euro 1	2,1325		0,0219	2,1544
Euro 2	2,4189		0,0443	2,4631
Euro 3	0,985		0,038	1,023
Euro 4	1,0534		0,0396	1,093
Euro 5	1,6216		0,0619	1,6835
Binek Otomobiller	254,03	29,92	5,67	289,62
Benzin	20,85	2,92	5,67	29,44
A Sınıfı	0,05		0,01	0,06
Euro 4	0,05		0,01	0,06
B Sınıfı	5,42		1,49	6,91
Euro 1	0,82		0,02	0,84
Euro 2	0,21		0,01	0,22
Euro 3	0,11		0,02	0,13
Euro 4	0,81		0,14	0,95
Euro 5	0,84		0,37	1,20
Euro 6	0,53		0,20	0,73
Euro 6+	2,11		0,73	2,83
C Sınıfı	12,84	2,92	3,56	19,31
Euro 1	1,21	2,92	0,02	4,14
Euro 2	0,42		0,02	0,44

Tablo 5.20. devamı Taşıt sınıflarına göre HC salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 3	0,91	0,17	1,08
Euro 4	2,26	0,41	2,67
Euro 5	2,51	0,99	3,50
Euro 6	2,39	0,90	3,29
Euro 6+	3,13	1,06	4,19
D Sınıfı	2,54	0,62	3,16
Euro 1	0,18	0,01	0,19
Euro 2	0,30	0,02	0,31
Euro 4	0,84	0,15	0,99
Euro 5	0,37	0,15	0,52
Euro 6	0,60	0,21	0,81
Euro 6+	0,25	0,08	0,33
Dizel	5,71	1,54	7,25
A Sınıfı	0,00	0,00	0,00
Euro 5	0,00	0,00	0,00
B Sınıfı	1,55	0,42	1,97
Euro 3	0,11	0,03	0,14
Euro 4	0,95	0,26	1,20
Euro 5	0,22	0,06	0,27
Euro 6	0,07	0,02	0,09
Euro 6+	0,20	0,05	0,26
C Sınıfı	3,77	1,02	4,79
Euro 2	0,74	0,20	0,94
Euro 3	0,39	0,11	0,49
Euro 4	1,75	0,47	2,22
Euro 5	0,39	0,11	0,50
Euro 6	0,25	0,07	0,32
Euro 6+	0,25	0,07	0,31
D Sınıfı	0,39	0,11	0,50
Euro 3	0,25	0,07	0,32
Euro 5	0,07	0,02	0,09

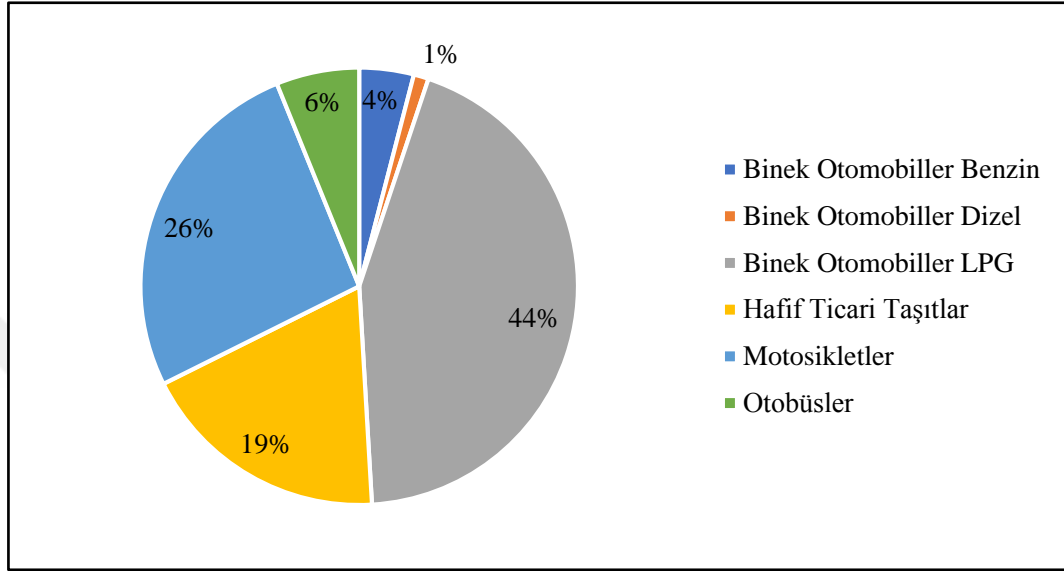
Tablo 5.20. devamı Taşıt sınıflarına göre HC salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 6	0,04	0,01	0,06
Euro 6+	0,03	0,01	0,04
LPG	227,47	25,46	252,93
A Sınıfı	0,05		0,05
Euro 4	0,05		0,05
B Sınıfı	76,66	6,03	82,69
Euro Öncesi	43,95	6,03	49,98
Euro 1	19,65		19,65
Euro 2	2,23		2,23
Euro 3	1,94		1,94
Euro 4	2,32		2,32
Euro 5	0,53		0,53
Euro 6	6,02		6,02
C Sınıfı	115,51	12,69	128,20
Euro Öncesi	92,48	12,69	105,17
Euro 1	10,38		10,38
Euro 2	1,87		1,87
Euro 3	1,43		1,43
Euro 4	3,13		3,13
Euro 5	1,10		1,10
Euro 6	5,13		5,13
D Sınıfı	35,25	6,74	41,98
Euro Öncesi	22,13	3,04	25,16
Euro 1	10,12		10,12
Euro 2	0,17		0,17
Euro 3	1,79		1,79
Euro 4	0,47		0,47
Euro 5	0,57	3,70	4,27
Hafif Ticari Taşıtlar	96,15	26,02	122,18
Dizel	96,15	26,02	122,18
N1-I	14,30	3,87	18,17

Tablo 5.20. devamı Taşıt sınıflarına göre HC salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 2	11,96	3,24	15,19	
Euro 3	2,05	0,55	2,60	
Euro 5	0,24	0,06	0,30	
Euro 6+	0,06	0,02	0,07	
N1-II	46,31	12,53	58,85	
Euro 2	19,93	5,39	25,32	
Euro 3	20,87	5,65	26,52	
Euro 4	5,28	1,43	6,71	
Euro 5	0,13	0,03	0,16	
Euro 6	0,06	0,02	0,08	
Euro 6+	0,04	0,01	0,05	
N1-III	35,54	9,62	45,16	
Euro Öncesi	22,36	6,05	28,41	
Euro 1	1,41	0,38	1,79	
Euro 2	7,97	2,16	10,13	
Euro 3	3,55	0,96	4,52	
Euro 5	0,13	0,04	0,17	
Euro 6	0,09	0,02	0,11	
Euro 6+	0,03	0,01	0,04	
Otobüsler	31,81		31,81	
Dizel	31,81		31,81	
Midi	28,05		28,05	
Euro II	12,32		12,32	
Euro III	10,90		10,90	
Euro IV	1,11		1,11	
Euro V	1,36		1,36	
Euro VI	2,36		2,36	
Standart	3,76		3,76	
Euro III	3,56		3,56	
Euro IV	0,20		0,20	
GENEL TOPLAM	396,14	55,94	5,97	458,07

Şekil 5.18’de görüldüğü gibi benzinli ve dizel otomobiller en az HC salınımı yapmaktadır. Benzinli taşıtların yıl içerisinde daha az yol kat etmesi ve sayılarının az olması, dizel otomobillerin ise daha verimli yanma gerçekleştirmesi buna en büyük etkindir.



Şekil 5.18. Motorlu taşıtlara göre HC emisyon salınım oranı

5.4.3. NO_x emisyon miktarı

Erzincan şehir merkezi için NO_x emisyon miktarı toplam yaklaşık 6.519 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Daha çok dizel yakıt kullanan taşıtlarda atmosfere bırakılan bu emisyonlar 3.963 ton/yıl ile yıl içerisinde hem kat ettiği mesafenin hem de sayı olarak fazla olması sebebiyle hafif ticari taşıtlarda en fazla orana sahiptir. Hafif ticari taşıtların ardından fazla sayıda olan 992 ton/yıl ile dizel binek otomobiller ikinci sırada gelirken otobüsler ise üçüncü sırada gelmektedir. Buji ile ateşlemeli motorlarda ihmal edilebilecek düzeyde olan NO_x emisyonları benzinli motosikletler için 5 ton/yıl ve binek otomobiller için 77 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Taşıtların sınıflarına göre NO_x emisyon miktarları Tablo 5.21’de verilmiştir.

Tablo 5.21. Taşıt sınıflarına göre NO_x salınım miktarı (ton/yıl)

Taşıt Sınıfları NO _x Emisyonu	Sıcak	Soğuk	Toplam
Motosikletler	4,58		4,58
Benzin	4,58		4,58
M <250 cm³	3,16		3,16
Euro Öncesi	0,19		0,19
Euro 1	0,23		0,23
Euro 2	0,16		0,16
Euro 3	0,55		0,55
Euro 4	0,81		0,81
Euro 5	1,23		1,23
M 250-750 cm³	1,42		1,42
Euro Öncesi	0,17		0,17
Euro 1	0,47		0,47
Euro 2	0,33		0,33
Euro 3	0,12		0,12
Euro 4	0,13		0,13
Euro 5	0,21		0,21
Binek Otomobiller	1.665,19	38,73	1.703,92
Benzin	76,01	0,93	76,94
A Sınıfı	0,19		0,19
Euro 4	0,19		0,19
B Sınıfı	19,46		19,46
Euro 1	1,37		1,37
Euro 2	0,57		0,57
Euro 3	0,56		0,56
Euro 4	2,32		2,32
Euro 5	3,35		3,35
Euro 6	2,29		2,29
Euro 6+	9,00		9,00
C Sınıfı	47,63	0,93	48,56
Euro 1	1,81	0,93	2,74
Euro 2	1,15		1,15

Tablo 5.21. devamı Taşıt sınıflarına göre NOx salınım miktarı (ton/yıl)

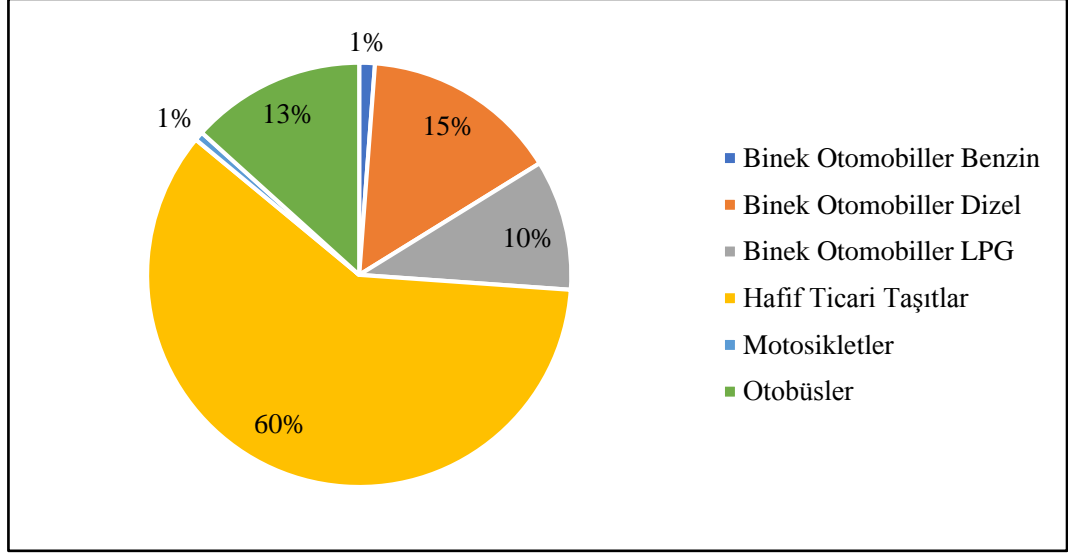
Euro 3	4,43		4,43
Euro 4	7,36		7,36
Euro 5	10,24		10,24
Euro 6	9,89		9,89
Euro 6+	12,75		12,75
D Sınıfı	8,72		8,72
Euro 1	0,35		0,35
Euro 2	0,75		0,75
Euro 4	2,43		2,43
Euro 5	1,56		1,56
Euro 6	2,57		2,57
Euro 6+	1,07		1,07
Dizel	955,56	36,49	992,05
A Sınıfı	0,70	0,03	0,73
Euro 5	0,70	0,03	0,73
B Sınıfı	298,39	11,40	309,78
Euro 3	5,59	0,21	5,81
Euro 4	57,07	2,18	59,25
Euro 5	126,98	4,85	131,83
Euro 6	34,64	1,32	35,96
Euro 6+	74,10	2,83	76,93
C Sınıfı	579,61	22,14	601,75
Euro 2	13,34	0,51	13,85
Euro 3	18,95	0,72	19,67
Euro 4	104,57	3,99	108,56
Euro 5	229,14	8,75	237,89
Euro 6	122,48	4,68	127,15
Euro 6+	91,15	3,48	94,63
D Sınıfı	76,86	2,94	79,80
Euro 3	5,72	0,22	5,94
Euro 5	39,53	1,51	41,04

Tablo 5.21. devamı Taşıt sınıflarına göre NOx salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 6	21,20	0,81	22,00
Euro 6+	10,41	0,40	10,81
LPG	633,62	1,31	634,93
A Sınıfı	0,16		0,16
Euro 4	0,16		0,16
B Sınıfı	215,85	0,00	215,85
Euro Öncesi	139,96	0,00	139,96
Euro 1	36,47		36,47
Euro 2	7,91		7,91
Euro 3	9,40		9,40
Euro 4	7,92		7,92
Euro 5	1,21		1,21
Euro 6	12,98		12,98
C Sınıfı	322,40	0,00	322,40
Euro Öncesi	260,31	0,00	260,31
Euro 1	23,67		23,67
Euro 2	7,40		7,40
Euro 3	7,52		7,52
Euro 4	9,68		9,68
Euro 5	2,74		2,74
Euro 6	11,06		11,06
D Sınıfı	95,22	1,31	96,52
Euro Öncesi	58,24	0,00	58,24
Euro 1	23,91		23,91
Euro 2	0,66		0,66
Euro 3	9,28		9,28
Euro 4	1,35		1,35
Euro 5	1,77	1,31	3,07
Hafif Ticari Taşıtlar	3.816,77	145,77	3.962,53
Dizel	3.816,77	145,77	3.962,53
N1-I	279,47	10,67	290,15

Tablo 5.21. devamı Taşıt sınıflarına göre NOx salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 2	100,19	3,83	104,02
Euro 3	34,35	1,31	35,66
Euro 5	125,42	4,79	130,21
Euro 6+	19,51	0,75	20,25
N1-II	1.876,76	71,68	1.948,44
Euro 2	187,53	7,16	194,70
Euro 3	245,46	9,37	254,84
Euro 4	137,23	5,24	142,47
Euro 5	849,77	32,45	882,22
Euro 6	346,38	13,23	359,61
Euro 6+	110,38	4,22	114,60
N1-III	1.660,53	63,42	1.723,95
Euro Öncesi	240,37	9,18	249,55
Euro 1	12,87	0,49	13,36
Euro 2	72,47	2,77	75,24
Euro 3	42,62	1,63	44,25
Euro 5	870,36	33,24	903,60
Euro 6	360,39	13,76	374,15
Euro 6+	61,45	2,35	63,80
Otobüsler	848,27		848,27
Dizel	848,27		848,27
Midi	758,75		758,75
Euro II	254,59		254,59
Euro III	216,91		216,91
Euro IV	105,14		105,14
Euro V	155,10		155,10
Euro VI	27,00		27,00
Standard	89,52		89,52
Euro III	71,13		71,13
Euro IV	18,39		18,39
GENEL TOPLAM	6.334,81	184,50	6.519,31



Şekil 5.19. Motorlu taşıtlara göre NO_x emisyon salınım oranı

Şekil 5.19’da görüldüğü gibi benzinli binek otomobillerin ve motosikletlerin NO_x emisyon salınımları ihmal edilebilecek düzeydedir. Hafif ticari taşıtların gerek sayı gerekse de yıllık kat ettiği mesafelerinin fazla olması %60’lık bir oranla birinci sıraya ulaşmasını sağlamış olup, dizel binek otomobiller %15’lik bir oranla ikinci olurken, otobüsler ise %13’lük oranla üçüncü olmuştur. Dizel taşıtların diğerlerine oranla daha fazla NO_x emisyonu bıraktığı görülmektedir.

5.4.4. PM emisyon miktarı

Erzincan şehir merkezi için PM emisyon miktarı yaklaşık 155 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. NO_x emisyonu gibi daha çok dizel motorlarda ortaya çıkan bu emisyon da dizel yakıtı kullanan taşıtlarda daha fazla atmosfere salınmıştır. Bu emisyonların oluşmasındaki en önemli etken silindir içerisinde yeterli hava bulunamaması sonucu yakıtın tam olarak yanmayarak egzoz gazına karışmasıdır.

Motosikletlerde yaklaşık 1 ton/yıl, benzinli binek otomobillerde yaklaşık 3 ton/yıl olarak hesaplanan bu emisyon, LPG yakıtı kullanan binek otomobillerde yaklaşık 4 ton/yıl olarak hesaplanırken, dizel yakıtlı binek otomobillerde ise yaklaşık 18 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hafif ticari taşıtlarda yaklaşık 116 ton/yıl olarak hesaplanan bu emisyon otobüslerde ise yaklaşık 13 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.22’de taşıt sınıflarına göre PM emisyon miktarları gösterilmiştir.

Tablo 5.22. Taşıt sınıflarına göre PM salınım miktarı (ton/yıl)

Taşıt Sınıfları PM Emisyonu	Sıcak	Soğuk	Toplam
Motosikletler	0,57		0,57
Benzin	0,57		0,57
M <250 cm³	0,23		0,23
Euro Öncesi	0,06		0,06
Euro 1	0,02		0,02
Euro 2	0,01		0,01
Euro 3	0,03		0,03
Euro 4	0,08		0,08
Euro 5	0,02		0,02
M 250-750 cm³	0,34		0,34
Euro Öncesi	0,05		0,05
Euro 1	0,06		0,06
Euro 2	0,08		0,08
Euro 3	0,05		0,05
Euro 4	0,08		0,08
Euro 5	0,02		0,02
Binek Otomobiller	22,24	3,40	25,65
Benzin	3,53		3,53
A Sınıfı	0,01		0,01
Euro 4	0,01		0,01
B Sınıfı	0,92		0,92
Euro 1	0,02		0,02
Euro 2	0,01		0,01
Euro 3	0,01		0,01
Euro 4	0,08		0,08
Euro 5	0,20		0,20
Euro 6	0,12		0,12
Euro 6+	0,48		0,48
C Sınıfı	2,21		2,21
Euro 1	0,02		0,02
Euro 2	0,03		0,03

Tablo 5.22. devamı Taşıt sınıflarına göre PM salınım miktarı (ton/yıl)

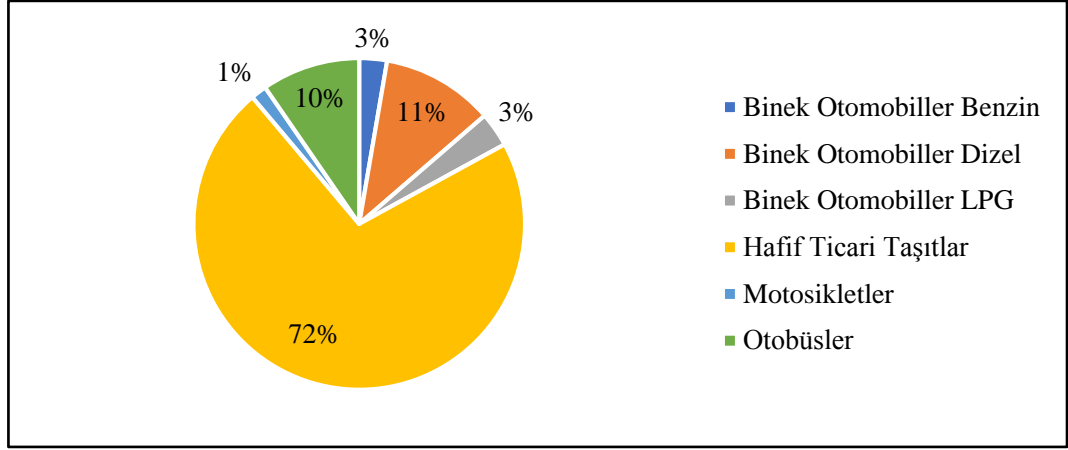
Euro 3	0,09		0,09
Euro 4	0,23		0,23
Euro 5	0,60		0,60
Euro 6	0,54		0,54
Euro 6+	0,70		0,70
D Sınıfı	0,39		0,39
Euro 1	0,00		0,00
Euro 2	0,02		0,02
Euro 4	0,08		0,08
Euro 5	0,09		0,09
Euro 6	0,14		0,14
Euro 6+	0,06		0,06
Dizel	14,32	3,40	17,72
A Sınıfı	0,00	0,00	0,00
Euro 5	0,00	0,00	0,00
B Sınıfı	4,48	1,07	5,55
Euro 3	0,23	0,05	0,28
Euro 4	3,32	0,79	4,11
Euro 5	0,50	0,12	0,61
Euro 6	0,12	0,03	0,14
Euro 6+	0,33	0,08	0,40
C Sınıfı	9,34	2,22	11,56
Euro 2	0,83	0,20	1,02
Euro 3	0,76	0,18	0,94
Euro 4	6,08	1,44	7,52
Euro 5	0,90	0,21	1,11
Euro 6	0,40	0,09	0,49
Euro 6+	0,39	0,09	0,48
D Sınıfı	0,49	0,12	0,61
Euro 3	0,23	0,05	0,28
Euro 5	0,15	0,04	0,19

Tablo 5.22. devamı Taşıt sınıflarına göre PM salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 6	0,07	0,02	0,08
Euro 6+	0,04	0,01	0,05
LPG	4,40		4,40
A Sınıfı	0,01		0,01
Euro 4	0,01		0,01
B Sınıfı	1,86		1,86
Euro Öncesi	0,18		0,18
Euro 1	0,37		0,37
Euro 2	0,24		0,24
Euro 3	0,18		0,18
Euro 4	0,24		0,24
Euro 5	0,05		0,05
Euro 6	0,60		0,60
C Sınıfı	1,90		1,90
Euro Öncesi	0,35		0,35
Euro 1	0,25		0,25
Euro 2	0,22		0,22
Euro 3	0,13		0,13
Euro 4	0,32		0,32
Euro 5	0,11		0,11
Euro 6	0,51		0,51
D Sınıfı	0,63		0,63
Euro Öncesi	0,08		0,08
Euro 1	0,26		0,26
Euro 2	0,02		0,02
Euro 3	0,17		0,17
Euro 4	0,05		0,05
Euro 5	0,06		0,06
Hafif Ticari Taşıtlar	93,79	22,29	116,08
Dizel	93,79	22,29	116,08
N1-I	8,20	1,95	10,15

Tablo 5.22. devamı Taşıt sınıflarına göre PM salınım miktarı (ton/yıl)

Euro 2	6,19	1,47	7,66
Euro 3	1,37	0,33	1,70
Euro 5	0,54	0,13	0,67
Euro 6+	0,10	0,02	0,12
N1-II	27,36	6,50	33,87
Euro 2	10,36	2,46	12,82
Euro 3	11,39	2,71	14,10
Euro 4	4,19	1,00	5,18
Euro 5	0,79	0,19	0,98
Euro 6	0,38	0,09	0,47
Euro 6+	0,25	0,06	0,31
N1-III	58,22	13,84	72,06
Euro Öncesi	50,13	11,92	62,04
Euro 1	0,67	0,16	0,83
Euro 2	3,78	0,90	4,68
Euro 3	2,08	0,49	2,57
Euro 5	0,82	0,20	1,02
Euro 6	0,56	0,13	0,69
Euro 6+	0,18	0,04	0,23
Otobüsler	12,54		12,54
Dizel	12,54		12,54
Midi	10,94		10,94
Euro II	4,12		4,12
Euro III	4,35		4,35
Euro IV	0,82		0,82
Euro V	1,34		1,34
Euro VI	0,32		0,32
Standard	1,60		1,60
Euro III	1,45		1,45
Euro IV	0,15		0,15
GENEL TOPLAM	129,15	25,70	154,84



Şekil 5.20. Motorlu taşıtlara göre PM emisyon salınım oranı

Şekil 5.20’de görüldüğü gibi dizel yakıtı kullanan taşıtların oranları benzinli ve LPG’li taşıtlara oranla daha fazla PM emisyonu ürettiği görülmektedir. %72 oranla dizel yakıtı kullanan ve yıl içerisinde diğer sınıflara göre daha fazla yol kat eden hafif ticari taşıtlar birinci sırada yer alırken, dizel yakıtı kullanan binek otomobiller %11 oranla ikinci sırayı almıştır. Otobüslerin ise %8 oranla üçüncü sırada yer aldığı görülmektedir. Benzin ve LPG yakıt kullanan binek otomobillerin %3, motosikletlerin ise %1 oranla diğer taşıtlara oranla oldukça az PM salınımı yaptığı hesaplanmıştır.

5.4.5. Erzincan ili toplam emisyon miktarı

Erzincan ili için hesaplanan toplam emisyon miktarları Tablo 5.23’te gösterilmiştir.

Tablo 5.23. Erzincan ili toplam emisyon miktarı

Taşıtlar Cinsi	Yakıt Cinsi	CO ton/yıl	HC ton/yıl	NO _x ton/yıl	PM ton/yıl
Motosikletler	Benzin	91,36	14,45	4,58	0,57
Hafif Ticari Taşıtlar	Dizel	524,83	122,18	3.962,53	116,08
Otobüsler	Dizel	202,32	31,81	848,27	12,54
	Benzin	336,41	29,44	76,94	3,53
	Dizel	114,45	7,25	992,05	17,72
	LPG	1.408,88	252,93	634,93	4,40
Binek Otomobil Toplam		1.859,74	289,62	1.703,92	25,65
GENEL TOPLAM		2.678,25	458,07	6.519,31	154,84

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, motorlu taşıt kaynaklı hava kirliliği hesaplaması CORINAIR metodoloji kullanılarak yapılmıştır. Gerekli olan veriler anket yoluyla temin edilip, emisyon envanteri oluşturularak Erzincan şehir merkezinde hava kirliliğine sebep olan taşıtlar sınıflara ayrılıp, her bir sınıfın yıllık ortalama kat ettiği mesafe, ortalama sürat, ortalama yakıt tüketimi ve COPERT 5 programı yardımıyla emisyon hesaplamaları yapılmıştır.

Yapılan anketlere göre motosikletler yılda ortalama 3.440 km, benzinli binek otomobiller yılda ortalama 10.266 km, dizel binek otomobiller yılda ortalama 11.956 km, LPG'li otomobiller yılda ortalama 10.440 km yol yapmaktadır. Tüm binek otomobiller toplam yılda ortalama 10.898 km yol yapmıştır. Hafif ticari taşıtlar içerisindeki minibüsler yılda ortalama 29.082 km yol yaparken, kamyonetler ise yılda ortalama 15.057 km yol yapmaktadır. Bu sınıfın ortalaması alındığında hafif ticari taşıtlar yılda ortalama 18.114 km yol yapmaktadır. Otobüsler ise yılda ortalama 81.937 km yol yapmaktadır. Bu değerler incelendiğinde Erzincan şehir merkezinde ortalama yıllık en fazla yolu otobüsler yapmaktadır. Otobüslerin ardından yıllık ortalama yol ile minibüsler ve kamyonetler izlemektedir

Binek otomobiller yılda ortalama 56,02 km/h sürata sahip olup, binek otomobillerin ardından yılda ortalama 54,71 km/h sürata sahip minibüsler, 52,87 km/h sürata sahip kamyonetler, yılda ortalama 47,14 km/h sürata sahip motosikletler ve 30,73 km/h sürata sahip otobüsler izlemektedir.

En fazla yakıt tüketim miktarı yılda 12.217 ton olarak hesaplanan hafif ticari taşıtlar tarafından tüketilmiştir. Toplam 16.889 ton yakıt harcayan binek otomobillerde ise dağılım şu şekildedir; benzinli binek otomobiller toplam yaklaşık 6.423 ton/yıl yakıt tüketirken, dizel binek otomobiller toplam 4.510 ton/yıl, LPG'li binek otomobiller ise 5.956 ton/yıl yakıt tüketmiştir. Motosikletler yılda 335 ton yakıt tüketirken, otobüsler ise yılda 2.023 ton yakıt tüketimi gerçekleştirmiştir.

Erzincan şehir merkezinde hesaplanan motosikletler için toplam CO emisyon miktarı yaklaşık 91 ton/yıl, binek otomobiller için toplam CO emisyon miktarı yaklaşık 1.860 ton/yıl, hafif ticari taşıtlar için yaklaşık 525 ton/yıl, otobüsler için yaklaşık 202 ton/yıl

olarak hesaplanmıştır. Binek otomobillerde CO emisyonu 1.409 ton/yıl ile en fazla LPG'li taşıtlarda görülmektedir. Benzin yakıtını kullanan binek otomobiller yılda yaklaşık 336 ton ile ikinci sırada gelmektedir. Dizel yakıtı kullanan binek otomobillerde ise 114 ton/yıl CO emisyonu miktarı ile üçüncü sırada yer almaktadır. Hafif ticari taşıtlar yaklaşık 525 ton/yıl CO emisyon miktarına sahiptir. Otobüsler ise yaklaşık 202 ton/yıl CO emisyon miktarına sahiptir. Erzincan şehir merkezi için toplam CO emisyon miktarı yaklaşık 2.678 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Toplam HC emisyon miktarı Erzincan şehir merkezi için yaklaşık 458 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Motosikletlerde HC emisyon miktarı toplam 14 ton/yıl binek otomobillerde toplam yaklaşık 253 ton/yıl, hafif ticari taşıtlarda toplam yaklaşık 122 ton/yıl, otobüslerde ise toplam yaklaşık 32 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Benzinli binek otomobillerde HC salınımının yaklaşık 29 ton/yıl, dizel binek otomobillerde 7 ton/yıl, LPG'li binek otomobillerde ise yaklaşık 253 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Erzincan şehir merkezi için NO_x emisyon miktarı toplam yaklaşık 6.519 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu emisyonlar 3.963 ton/yıl ile yıl içerisinde hafif ticari taşıtlarda en fazla orana sahiptir. Hafif ticari taşıtların ardından 1.704 ton/yıl ile binek otomobiller ikinci sırada, 848 ton/ yıl ile otobüsler üçüncü sırada gelmektedir. Motosikletler için 5 ton/yıl, benzinli binek otomobiller için 77 ton/yıl, LPG'li binek otomobiller için ise 635 ton/yıl olarak hesaplanan NO_x emisyonu, dizel binek otomobillerde ise 992 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

PM emisyon miktarı Erzincan şehir merkezi için toplam yaklaşık 155 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Motosikletlerde 0,6 ton/yıl, benzinli binek otomobillerde yaklaşık 4 ton/yıl olarak hesaplanan bu emisyon, LPG yakıtı kullanan binek otomobillerde yaklaşık 4 ton/yıl olarak hesaplanırken, dizel yakıtlı binek otomobillerde ise yaklaşık 18 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hafif ticari taşıtlarda yaklaşık 116 ton/yıl olarak hesaplanan bu emisyon otobüslerde ise yaklaşık 13 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Erzincan şehir merkezindeki motorlu taşıtlardan kaynaklı emisyonların azaltılması için;

1. Toplu taşıma kullanımının yaygınlaştırılması için teşvik edici düzenlemelerin yapılması.

2. Toplu taşımada kullanılan taşıtların Euro emisyon standartlarının yükseltilmesi veya CNG, hibrid, elektrik gibi alternatif yakıtla çalışan toplu taşıma araçlarının kullanılması.
3. Toplu taşıma araçlarında sürekli dur-kalkın önlenmesi için durak sayılarının azaltılması veya ana caddelerde toplu taşıma araçları için ayrı bir şerit düzenlenmesi.
4. Trafik işaretlerinin trafiğin akışını engellemeyecek (yeşil dalga sistemi vb.) şekilde düzenlenmesi.
5. Şehirde hava kirliliğine daha az sebep olan yeni taşıtların trafikte dolaşması için vergi teşviki gibi teşviklerle halkın bu taşıtlara yönelmesinin sağlanması.
6. Trafikteki araçların düzenli bakımlarının yaptırılması için gerekli kontrol ve denetimlerin artırılması.
7. Motorlu taşıt kütlelerini artıracak gereksiz eşyaların araçlardan alınması.
8. Şehir merkezinde özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgede yeşil alan, park, bahçe sayısının artırılması.
9. Özel otomobil kullanımında kısıtlamalar getirilmesi veya bunların doluluk oranlarının artırılması.
10. Erzincan şehir merkezi düz bir yapıya sahip olduğundan şehir içi ulaşımda bisiklet kullanımının artırılması teşvik edilerek, bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması gibi önlemler alınabilir.
11. Tüm bu düzenlemelerin başarıya ulaşması için taşıt emisyonları ve atıkları konusunda toplumsal bilinç düzeyinin geliştirilmesi ve sürdürülebilirliğini sağlayacak eğitim faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Agarwal, D., Kumar, S., Avinash, S., and Agarwal, K. (2011) “Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) On Performance, Emissions, Deposits and Durability Of a Constant Speed Compression Ignition Engine”, *Applied energy*, 88(8): 2900-290.
- Ahlvik, P., Eggleston, S., Gorißen, N., Hassel, D., Hickman, A.-J., Joumard, R., and Zierock, K.-H. (1997) “COPERT II Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport Methodology and Emission Factors”. *European Environment Agency*.
- Akihama, K., Y.Takatori, Inagaki, K., Sasaki, S., and Dean, A. M. (2001) “Mechanism Of The Smokeless Rich Diesel Combustion By Reducing Temperature”. SAE paper no. 2001-01-0655, *Society of automotive Engineers Inc.*, Warrendale, PA.
- Ariztegui J., Casanova J. and Valdes M., (2004) “A structured methodology to calculate traffic emissions inventories for city centres”, *Science of The Total Environment*, 334–335.
- Anonim, (2008) “Anti Lag Sistemi (ALS) nasıl çalışır? Turbo boşluğunu nasıl önler?”. <https://www.sekizsilindir.com/>
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Anonim, Ağır Hizmet Araçları.
www.chapter8shop.com
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Anonim, Binek Otomobiller.
www.motoringresearch.com
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Anonim, D sınıfı binek otomobil.
www.mazdaofsouthcharlotte.com
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Anonim, EU: Cars and Light Trucks.
www.dieselnet.com
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Anonim, A sınıfı binek otomobil.
www.whichcar.com.au
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Aydın, O., Raja, N. B., Türkoğlu, N., ve Çiçek, İ. (2016) “Ankara’da Hava Kirliliğinin Mekânsal-zamansal Analizi”, *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, Ankara.

- Benson, R. S. and Whitehouse, N. D. (1979) "Internal Combustion Engines", *Pergamon Press*, Newyork.
- Behçet, R, ve İlkılıç, C. (2006) "Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Ve Çevre Üzerindeki Etkisi" *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*.
- Bilgin, A. ve Durgun, O. (1997) "Taşıt Motorlarında Kirletici Oluşum Mekanizmaları ve Önlenmesi", *5.Yanma Sempozyumu*, Kirazlıyayla /Bursa Türkiye.
- Bosch, Robert GmbH. (2004). "Gasoline-Engine Management 2nd Edition".
- Bosch, Robert GmbH. (2005). "Emission-Control Technology for Diesel Engines".
- Borken, J., Steller, H., Merétei, T., and Vanhove, F. (2007). "Global and Country Inventory of Road Passenger and Freight Transportation: Fuel Consumption and Emissions of Air Pollutants in Year 2000." *Transportation Research Record*, 2011, 127–136.
- Burón J. M., Aparicio F., Izquierdo Ó., Gómez Á. and López I., (2005) "Estimation of the input data for the prediction of road transportation emissions in Spain from 2000 to 2010 considering several scenarios", *Atmospheric Environment*, Cilt 39, Sayı 30.
- Canagaratna M. R., Jayne J. T., Ghertner D. A., Herndon S., Shi Q., Jimenez J. L., Silva P. J., Williams P., Lanni T., Drewnick F., Demerjian K. L., Kolb C. E. and Worsnop D. R., (2004), Chase Studies of Particulate Emissions from in-use New York City Vehicles, *Aerosol Science and Technology*, 38, 555-573
- Challen, B. and Baranescu, R. (1999) "Diesel Engine Reference Book 2nd ed." *Butterworth-Heinemann*, Oxford, 479480.
- Cuci, Y. ve Polat E. (2015). Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2), 1-11
- Çetin, M. (2010) "Türkiye'de Motorlu Taşıt Profilleri, Mevcut ve Gelecek Sera Gazı Emisyonları Potansiyeli", *11th International Combustion Symposium* , Bosna Hersek.
- Çetin, M., ve Demirci, O.K. (2016) "Erzincan'da Doğal Gaz Kullanımının Hava Kalitesine Etkisi". *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (cilt 9), 08-18.
- Çinicioğlu R. (2018) "Erzincan İli Uzun Dönem Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçları Değerlendirme". *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çed. İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Doğu Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü*.
- Lejri D., Can A., Schiper N. and Leclercq L., (2018) "Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*,

- Dey S, Caulfield B., and Ghosh B. (2019) “Modelling uncertainty of vehicular emissions inventory: A case study of Ireland” *Journal of Cleaner Production*, 213, 1115-1126.
- Fontaras G., Franco V., Dilara P., Martini G. and Manfredi U., (2014) “Development and review of Euro 5 passenger car emission factors based on experimental results over various driving cycles”, *Science of The Total Environment*, 468–469.
- Ford resmi sitesi, Hafif Hizmet Araçları.
www.ford.co.uk
Son erişim tarihi: 07.05.2019.
- Ford Servis Teknik Eğitimi (1996) “Benzinli Motor Kontrol Sistemleri 29/G Emisyon Kontrolü”.
- Gümüş, M. (2012) “Kapalı Çevrim Yakıt Sistemi”. <http://www.otoguncel.com/>
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Gois V., Neves N. J., Freire M., Maciel H., Torres P., Muchaxo J. and Nogueira L. (2004) “Web mapping solutions for the development of Emission Inventory Models”, *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo Lisbon*, Portugal
- Harley Davidson resmi sitesi ,Motosiklet.
www.harley-davidson.com
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Heywood, B. J. (1988) “Internal Combustion Engine Fundamentals”. *McGrawHill*, Newyork.
- Honda resmi sitesi, C sınıfı binek otomobil.
www.honda.com.tr
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Hountalas, D. T., Mavrapoulos, G. C., and Binder, K. B. (2006) “Effect Of Exhaust Gas Recirculation (EGR) Temperature For Various EGR Rates On Heavy Duty DI Diesel Engine Performance and Emission”. *Energy*, 33, 272-283.
- Hug, H. T., Mayer, A., and Hartenstein, A. (1993) “Off-highway Exhaust Gas Aftertreatment: Combining Urea-SCR, Oxidation Catalysis and Traps”, *SAE Technical Paper Series 930363*, Detroit, Mart, 1–5.
- Jung, S. M., Demoulin, O., and Grange, P. (2005) “The Study Of a Synergetic effect Over a H-Zsm-5/V2o5 Hybrid Catalyst On SCR Reaction”. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 94-98.
- Kassomenos P., Karakitsios S. and Papaloukas C., (2006) “Estimation of daily traffic emissions in a South-European urban agglomeration during a workday.

- Evaluation of several “what if” scenarios”, *Science of The Total Environment*, 370, 2–3.
- Kaya, A. (2017) “Bilgi Karbon Kanister Valfi (Elektronik Kontrollü Yakıt Buharı Geri Kazanımı)”.
Kaya, M. (2011). “Erzincan İklim ve Meteoroloji Verileri”. 34.
- Koebel, M., Elsener, M., and Kleemann, M. (2000) “Urea-SCR: a Promising Technique To Reduce NO_x Emissions From Automotive Diesel Engines”. *Catalysis Today*, 59:, 335-345.
- Koebel, M., Elsener, M., and Marti, T. (1996). “NO_x-reduction in diesel exhaust gas with urea and selective catalytic reduction”. *Combustion Science and Technology* 121: 85–102.
- Kouremenos, D A, Hountalas, D T, Binder, K B, Raab, A. and Schnabel, M H. (2001) “Using Advanced Injection Timing and EGR to Improve DI Diesel Engine Efficiency at Acceptable No and Soot Level”. *Society of Automotive Engineers Inc.*, Warrendale, PA, SAE paper no. 2001-01-0199.
- Kröcher, O. (2007) “Aspects of Catalyst Development For Mobile Urea-SCR Systems-From Vanadia-Titania Catalysts To Metal-Exchanged Zeolites, In: P. Granger and V.I. Parvulescu, ditors, Studies in Surface Science and Catalysis. Past and Present in De NO_x Catalysis. From Molecular Modelling to Chemical Engineering”, *Elsevier*, 171:, 261–289.
- Lazaro J.L., , Garcia-Bernad, C., Perez, J., Galindo, H., Climent, and F.J., Arnau. (2002) “Cooled EGR Modulation: a Strategy to Meet EURO IV Emission Standards in Automotive DI Diesel Engines”. *Society of Automotive Engineers Inc.*, Warrendale, PA SAE paper no. 2002-01-1154.
- Lejri D., Arnaud Can, Nicole Schiper, and Ludovic Leclercq. (2018) “Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale”. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 588-603.
- Ekström M., Sjödin Å., and Andreasson K. (2004) “Evaluation of the COPERT III emission model with on-road optical remote sensing measurements”. *Atmospheric Environment*, 38(38), 6631-6641.
- Majewski, W. A., and Khair, M. K. (2006). “Diesel Emissions and Their Control”. *Green Press*, 416-418.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2013). “Motorlu Araçlar Teknolojisi Emisyon Azaltıcı Sistemler”. Ankara.
- O'Driscoll R., ApSimon H. M., Oxley T., Molden N., Stettler E. J. M. and Thiyagarajah A. (2016) “A Portable Emissions Measurement System (PEMS) study of NO_x

and primary NO₂ emissions from Euro 6 diesel passenger cars and comparison with COPERT emission factors”, *Atmospheric Environment*, 145, 81-91.

Olympiou, G. and Efstathiou, A. M. (2011) “Industrial NO_x Control Via H₂-SCR On a Novel Supported-Pt Nanocatalyst” *Chemical Engineering Journal*, 170: 2., 424-432.

Özcumalı, R. U. (2007) “Biyodizelin Bir Gemi Dizel Motorunun Egzoz Emisyon Karakteristiklerine Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi”. (Yüksek Lisans Tezi), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Öztürk T. A. H., (2010), “İstanbul Şehir Çevriminin ABD ve Avrupa Test Çevrimleri İle Emisyon Faktörleri Ve Yakıt Tüketimi Açısından Deneysel Olarak Karşılaştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Pulkrabek and Willard W. (2016) “İçten Yanmalı Motorlar Mühendislik Temelleri” *Güven Bilimsel Yayınevi*.

Saija S. and Romano D., (2002) “A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy”, *Atmospheric Environment*, 36, 3.

Sert İ., (2008) “Balıkesir İlk Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması”, (Yüksek Lisans Tezi), *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.

Sher E. (1998) “Handbook Of Air Pollution From Internal Combustion Engines. Pollutant Formation and Control” *Academic Press*, Boston, 312-315.

Singer B. C. and Harley R. A., (2000) “A fuel-based inventory of motor vehicle exhaust emissions in the Los Angeles area during summer 1997”, *Atmospheric Environment*, Cilt 34, Sayı 11.

Sun D., Zhang K., and Shen S. (2018). “Analyzing spatiotemporal traffic line source emissions based on massive didi online car-hailing service data”. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 699-714.

Sun S., Jiang W., and Gao W. (2016).” Vehicle emission trends and spatial distribution in Shandong province, China, from 2000 to 2014”, *Atmospheric Environment*, 147, 190-199.

Setra resmi sitesi, Otobüs.

www.setra.de

Son erişim tarihi: 07.05.2019

Sinzenich, H., Wehler, K., and Müller, R. (2014). Engine Technology-Selective Catalytic Reduction: Exhaust aftertreatment for reducing nitrogen oxide emissions. Retrieved from www.mtu-online.com

Soruşbay, C. (2011). Egzoz Gazları Emisyonu. 2. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, İstanbul.

- Stone, R. (1989) “Motor Vehicle Fuel Economy”. *Macmillan Educational Ltd.*, Houndsmills.
- Sürmen, A. (1997) “Buji ile Ateşlemeli Motorlarda HC emisyonlarının Oluşumu ve Alev Geçişi Sonrası Davranımının Matematik Modeli” *5.Yanma Sempozyumu*, Kirazlıyayla/BursaTürkiye.
- T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI Erzincan Valiliği.
www.erzincan.gov.tr
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- Trautwein, W. P. (2003) “AdBlue as a Reducing Agent For The Decrease Of NOX Emissions From Diesel Engines Of Commercial Vehicles” *DGMK Research Report*, 616-1, Hamburg.
- Toyota resmi sitesi, B sınıfı binek otomobil.
www.toyota.com.tr
Son erişim tarihi: 07.05.2019
- TÜİK (2019) Trafığe Kayıtlı Araç Sayısı. Erzurum Bölge Müdürlüğü.
- Uyumaz, A., Boz, F., Yılmaz, E., Solmaz, H., ve Polat, S. (2017) “Taşıt Egzoz Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*: 15-24.
- Ünsal D., Erdoğan H. K., Bahçacı B., Bulut M., Söyler G., Cokay B., Fıçıcı M. ve Lokman H., (2015)“Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması: Çorlu İlçesi Örneği”, *6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, İzmir.
- Wiesche, S. A. Der. (2007) “Numerical Heat Transfer and Thermal Engineering Of Adblue (SCR) Tanks For Combustion Engine Emission Reduction”. *Applied Thermal Engineering*, 27, 11–12, 1790–1798.
- Winther M., (2008) “New national emission inventory for navigation in Denmark”, *Atmospheric Environment*, Cilt 42, Sayı 19.
- Xiaowei Song, Yongpei Hao, Chen Zhang, Jiaoting Peng, and Xiaodong Zhu. (2016) “Vehicular emission trends in the Pan-Yangtze River Delta in China between 1999 and 2013”, *Journal of Cleaner Production*, Volume 137, 1045-1054.
- Xiaoyan, S., Yumbo, Y., Hong, H., Shijin, S., Hongyi, D., and Rulong, L. (2008) “Combination of Biodiesel-EthanolDiesel Fuel Blend and SCR Catalyst Assembly To Reduce Emissions From a Heavy-Duty Diesel Engine”, *Journal of Environmental Sciences*, 20:, 172-182.
- Yıldırım, M., ve Gül, Z. (1997) “Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Segman Boşluğu Hidrokarbonlarının Çok Boyutlu Matematik Modeli”, *5.Yanma Sempozyumu*, Kirazlıyayla/BursaTürkiye.

EKLER

Ek-1. Tez çalışması sürecinde yapılan anket formu

ANKET FORMU

Bu anket formu Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü'nde yürütülmekte olan **“Erzincan Şehir Merkezinde Motorlu Taşıt Emisyonları Kaynaklı Hava Kirliliği Düzeyinin Araştırılması”** başlıklı yüksek lisans tez çalışması için yapılmaktadır. Sizlerden edinilecek bilgiler tamamen bilimsel amaçlı kullanılacaktır. Katkılarınız bizim için önemlidir. Değerli katkılarınız için teşekkür ederiz.

Prof. Dr. Murat ÇETİN
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü (Tez Danışmanı)

Tevfik Oğuzhan ERGÜDER
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Öğrencisi

1- Lütfen size uygun cevabı işaretleyiniz.

KİŞİSEL BİLGİLER						
1	Cinsiyetiniz	Kadın ()			Erkek ()	
2	Yaşınız	18-24 ()	25-31 ()	32-38 ()	39-45 ()	46 ve Üstü ()
3	Öğrenim Durumunuz	İlkokul ()	Lise ()	Üniversite ()	Y. Lisans ()	Doktora ()
4	Çalıştığınız Kurum					
5	Mesleğiniz					

2- Şu an kullanmakta olduğunuz araç kaçınıcı aracınız?

1. () 2. () 3. () 4. () 5. ve daha üzeri ()

3- Araç satın alırken tercihinizde önceliğiniz aşağıdakilerden hangisidir? (Not: Birden çok şık cevaplandırılabilir.)

A) Performans B) Güvenlik C) Yakıt Cinsi D) Yakıt Tüketim Değeri E) Satın Alma Fiyat

4- Kullanmakta olduğunuz aracınızın Türünü belirtiniz.

Otomobil ()	Minibüs ()	Otobüs ()	Kamyonet ()	Motosiklet ()
-----------------	----------------	---------------	-----------------	-------------------

5- Kullanmakta olduğunuz aracınızın Silindir Hacmini ve Motor Gücünü belirtiniz.

..... cm³.....HP veyakW

6- Kullanmakta olduğunuz aracınızın Markası ve Modelini (Yılı) belirtiniz.

.....

7- Kullanmakta olduğunuz aracınızın Yakıt Cinsini belirtiniz.

Benzin ()	Motorin ()	LPG ()	Diğer
----------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------

8- Aracınızın Kullanım Amacını belirtiniz.

Özel ()	Ticari ()	Resmi ()	Diğer
--------------------	----------------------	---------------------	-----------------------

9- Kullanmakta olduğunuz aracınızın ortalama Kat Ettiği Mesafeyi belirtiniz.

	Şehir içi (km)	Kırsal (km)	Şehirlerarası (km)
Günde	..... km	..... km	..... km
Ayda	..... km	..... km	..... km
Yılda	..... km	..... km	..... km

10- Kullanmakta olduğunuz aracınızın ortalama Yakıt Tüketim Miktarını belirtiniz.

	Şehir içi (lt)	Kırsal (lt)	Şehirlerarası (lt)
Günde	..... lt	..... lt	..... lt
Ayda	..... lt	..... lt	..... lt
Yılda	..... lt	..... lt	..... lt

11- Kullanmakta olduğunuz aracınızın ortalama Yakıt Tüketim Bedelini belirtiniz.

	Şehir içi (₺)	Kırsal (₺)	Şehirlerarası (₺)
Günde ₺ ₺ ₺
Ayda ₺ ₺ ₺
Yılda ₺ ₺ ₺

12- Kullanmakta olduğunuz aracınızın ortalama Hız Limitinizi belirtiniz.

Şehir İçi	..... km/h
Kırsal	..... km/h
Şehirlerarası	..... km/h

13- Kullanmakta olduğunuz aracınızın Katalog Yakıt Tüketim Değerini belirtiniz.

..... lt/100 km

14. Bir depo yakıtla ortalama kaç kilometre yapıyorsunuz? km/depo

15. Yeni bir araç alacak olsanız aynı aracın yenisini almayı tercih eder misiniz?

Evet ()

Hayır ()

*Bu araştırma anketi tez çalışması amacı ile tarafımızca düzenlenmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum'da tamamladı. 2012 yılında başladığı Erzurum Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü 2017 yılında bitirdi. 2017 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

