

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ İLİ'NDEKİ DİZEL VE DOĞAL GAZ YAKITLI
OTOBÜS VE MİNİBÜSLERİN EMİSYON ENVANTERİ**

SABRİ BERK RECEPOĞLU

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ İLİ'NDEKİ DİZEL VE DOĞAL GAZ YAKITLI
OTOBÜS VE MİNİBÜSLERİN EMİSYON ENVANTERİ

SABRİ BERK RECEPOĞLU

Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Aykan KARADEMİR

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Doç Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT

Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 09.02.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimlerini aktararak her zaman gösterdiği destek ve yardımlarından dolayı sayın Doç. Dr. Şenay Çetin Doğruparmak'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Günden güne etkilerini daha belirgin gördüğümüz iklim değişikliği gerçeği hakkında hem uluslar hem de bireysel olarak alınacak önlemler, gelecek yıllardaki yaşam koşullarımızın belirlenmesindeki en büyük etkiyi oluşturacaktır. İklim değişikliği oluşmasının en önemli sebeplerinden biri olan karayolu taşıtlarından salınan emisyonların önüne geçilebilmesi için egzoz dumanından salınan kirleticilerin ne denli etkili olduklarını ortaya koymak amacıyla yapılan bu envanter çalışmasında Kocaeli ilindeki dizel ve doğalgaz yakıtlı otobüs ve minibüslerden yararlanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan verilerin temin edildiği Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Ocak-2021

Sabri Berk RECEPOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. KÜRESEL ISINMA VE KİRLETİCİ GAZLAR	3
1.1. Sera Gazı Emisyonları ve Trafik Kaynaklı Gazlar	5
1.2.1. Azot Oksitler (NO _x)	6
1.2.2. Karbon monoksit (CO)	8
1.2.3. Hidrokarbonlar ve partiküler maddeler.....	9
1.2.4. Amonyak (NH ₃).....	11
1.2.5. Diazot monoksit (N ₂ O)	12
1.2.6. Kükürt oksit (SO _x)	14
1.2.7. Karbon dioksit (CO ₂)	16
1.2.8. Metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)	18
1.2.9. Metan (CH ₄).....	18
1.2. Türkiye’de Sera Gazı Emisyonları.....	19
1.3. Taşıtlardan Kaynaklanan Egzoz Salınımı	21
1.3.1. Taşıtlar kaynaklı kirleticiler	22
2. ULAŞIMDA KULLANILAN YAKITLAR.....	27
2.1. Benzin	28
2.2. Dizel	29
2.3. Ulaşımında Kullanılan Alternatif Yakıtlar.....	31
2.3.1. Hidrojen	32
2.3.2. Biyodizel.....	33
2.3.3. Elektrik.....	36
2.3.4. LPG	37
2.3.5. Doğalgaz	39
3. IPCC VE EMEP/EEA METODOLOJİLERİ	43
3.1. IPCC.....	43
3.1.1. Kyoto Protokolü.....	44
3.1.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü kapsamında Türkiye’nin konumu.....	47
3.1.3. Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları.....	47
3.2. EMEP/EEA	48
4. MATERYAL METOT	50
4.1. Tier 1 Yöntemi	51
4.2. Tier 1 Yaklaşımı İle Emisyon Hesaplamaları	51
4.3. Çalışma Alanı.....	53

4.4. Kocaeli İli'ndeki Dizel ve Doğalgaz Yakıtlı Otobüs ve Minibüslerin Emisyon Envanteri	54
5. BULGULAR.....	57
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	72
EKLER.....	78
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	104
ÖZGEÇMİŞ	105



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Dünya'nın yıllık sıcaklık değişiklikleri	3
Şekil 1.2.	ABD'de sektörlere göre 2019 yılı emisyon dağılımı.....	5
Şekil 1.3.	ABD'de 2019'da doğrudan salınan sera gazı emisyon miktarları.....	6
Şekil 1.4.	Kocaeli ilinde 2005-2017 yılları arasında PM10 miktarları	11
Şekil 1.5.	Türkiye'de 2005-2017 yılları arasında SO ₂ konsantrasyonları.....	16
Şekil 1.6.	Atmosferdeki CO ₂ emisyonu artışını gösteren Keeling Eğrisi.....	17
Şekil 1.7.	Türkiye'de yıllara göre CO ₂ emisyonu değişimi.....	18
Şekil 1.8.	Türkiye'de 2000-2018 arasındaki metan miktarları	19
Şekil 1.9.	Türkiye'de yıllara göre sera gazı emisyonları	21
Şekil 1.10.	AB'de ulaşım kaynaklı sera gazı emisyon miktarının değişimi	22
Şekil 1.11.	ABD'de fosil yakıt kaynaklı sera gazı emisyonu yıllık değişimi	23
Şekil 1.12.	1983-2018 yılları arası otomobil üretimi	25
Şekil 1.13.	1983-2018 yılları arası kamyon ve otobüs üretimi	25
Şekil 4.1.	Çalışma alanı Kocaeli İli.....	53
Şekil 5.1.	Araç sayılarının hafta içi ve hafta sonu günlerindeki değişimi.....	57
Şekil 5.2.	İlçelere göre dizel yakıt tüketim yüzdeleri.....	60
Şekil 5.3.	İlçelere göre doğalgaz yakıt tüketim yüzdeleri.....	60
Şekil 5.4.	İlçelere göre dizel kaynaklı toplam emisyon dağılımı	65
Şekil 5.5.	İlçelere göre CNG yakıt kaynaklı toplam emisyon dağılımı	65
Şekil 5.6.	Hafta içi ve hafta sonu çalışan araç sayısına göre emisyon miktarları	66

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1.	1990-2011 Arasında sektörlere göre NO _x emisyon miktarları.....	7
Tablo 1.2.	Gazlara göre sera gazı emisyon değerleri.....	20
Tablo 2.1.	Yakıtların yanma verimlerinin karşılaştırılması	42
Tablo 4.1.	Tier 1 emisyon faktörleri	52
Tablo 4.2.	Tier 1 yakıt kategorisine göre sülfür içeriği emisyon faktörü	52
Tablo 4.3.	Tier 1 araç kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketimi	53
Tablo 4.4.	Yakıt türüne göre CO ₂ emisyon faktörü.....	53
Tablo 4.5.	Kocaeli ilçeleri otobüs ve minibüs seferleri hakkında veriler	54
Tablo 5.1.	İlçelerdeki hafta içi ve hafta sonu çalışan araç sayıları	57
Tablo 5.2.	İlçelere ait hafta içi toplam yakıt tüketim değerleri.....	59
Tablo 5.3.	İlçelere ait cumartesi günü toplam yakıt tüketim değerleri	61
Tablo 5.4.	İlçelere ait pazar günü toplam yakıt tüketim değerleri	62
Tablo 5.5.	İlçelerdeki dizel taşıtardan kaynaklı emisyon miktarları.....	64
Tablo 5.6.	İlçelerdeki dizel taşıtardan kaynaklı emisyon miktarları.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi
CNG	: Compressed natural gas (Sıkıştırılmış doğal gaz)
Eşd.	: Eşdeğer
EMEP/EEA	: Air pollutant emission inventory guidebook (Hava kirletici emisyon envanteri kılavuzu)
EPA	: United States Environment Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
EV	: Electric vehicle (Elektrikli araç)
GHG	: Greenhouse gas (Sera gazı)
GWP	: Global warming potential (Küresel ısınma potansiyeli)
HC	: Hidrokarbon
HEV	: Hybrid electric vehicle (Hibrit elektrikli araç)
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli)
LPG	: Liquidified petroleum gas (Sıvılaştırılmış petrol gazı)
LNG	: Liquidified natural gas (Sıvılaştırılmış doğal gaz)
TÜİK:	: Türkiye İstatistik Kurumu
VOC	: Volatile organic compound (Uçucu organik bileşik)
PM	: Partiküler Madde
TWC	: Three way catalytic converter (Üç yollu katalizör)
UNEP	: United Nations Environment Program (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma İş Birliği Örgütü)

KOCAELİ İLİ'NDEKİ DİZEL VE DOĞAL GAZ YAKITLI OTOBÜS VE MİNİBÜSLERİN EMİSYON ENVANTERİ

ÖZET

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2019 Temmuz dönemi motorlu kara taşıtları verilerine göre, Temmuz ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı toplam 23 milyon 86 bin 900 adet taşıtın yüzde 2,1'ini minibüs, yüzde 0,9'unu otobüs oluşturmaktadır ve her geçen yıl bu sayı giderek artmaktadır. Sayının artması beraberinde taşıt kaynaklı oluşan emisyon miktarının da artmasına ve kirliliğe neden olmaktadır, ancak bu tek başına etken değildir. Motorlu taşıtların egzozundan açığa çıkan kirletici konsantrasyonu, trafik yoğunluğu ve sıkışıklığı, dur kalk sıklığı, yakıt tipi, araç yaşı ve atmosferik şartlar gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir.

Bu çalışmada, Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait belediye otobüsleri, özel halk otobüsleri ile minibüslerinden kaynaklanan emisyonların envanterlenmesi amaçlanmıştır. 2017 yılı verilerine göre, İl'de 1797 adet dizel ve 243 adet doğal gaz ile çalışan otobüs ve minibüs bulunmaktadır. Envanterlemede hesaplamalar Kocaeli İlçeleri olan Başiskele, Çayırova, Darıca, Derince, Dilovası, Gebze, Gölcük, İzmit, Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez için ayrı ayrı yapılmıştır. Kullanılan metod EMEP/EEA Tier yaklaşımı olup, değerlendirilen emisyonlar; karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), azot oksit (NOX), diazot monoksit, (N₂O) ve amonyak (NH₃)'tır.

Yapılan envanter çalışması ile ilçelerdeki toplu taşıma araçlarının yol güzergahları ve sefer sayılarına bağlı olarak ortalama yakıt sarfiyatları belirlenmiş, toplu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarlarının yakıt tipine ve ilçelere göre yüzdelerle dilimleri çıkarılmıştır. Emisyon envanteri sonucuna dayanarak dizel ve doğal gaz yakıt tiplerinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Belediye ve Özel Halk Otobüsleri, Hava Kalitesi, Kocaeli, Taşıt Kaynaklı Emisyonlar.

EMISSION INVENTORY OF DIESEL AND NATURAL GAS FUELED BUSES AND MINIBUSES IN KOCAELİ

ABSTRACT

Regarding of the data of Turkey Statistical Institute (TUIK), for the period of July 2019, 2,386,900 vehicles were registered to traffic as of the end of July. 2.1% of the vehicles are minibuses and 0.9% are buses, and these numbers have been increasing every year. Although increase of the vehicles is not the only factor, it causes an increase in the amount of emissions caused by vehicles which creates an effect on air pollution. The concentration of pollutants released from the exhaust of motor vehicles varies depending on many factors such as traffic density and congestion, stop and go frequency, fuel type, vehicle age and atmospheric conditions.

In this study, it was aimed to take inventory of the emissions caused by the municipal buses, private public buses and minibuses of Kocaeli Metropolitan Municipality. According to data of the year 2017, there were 1797 diesel buses and 243 natural gas-fueled buses and minibuses registered in the city. Calculations were made separately for 12 districts of Kocaeli. The method used was EMEP / EEA Tier approach, and the assessed emissions were carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), sulfur dioxide (SO₂), particulate matter (PM₁₀), non-methane volatile organic compounds (NMVOC), nitric oxide (NO_x), nitrous monoxide, (N₂O) and ammonia (NH₃). With the inventory done, the average percentages of the emissions according to the fuel type of the public transportation vehicles in the districts were determined by depending on the considerations of lines such as length of routes, number of services and the average fuel consumptions. Based on the results of emission inventory, the pros and cons of diesel and CNG fuels were evaluated.

As a result of the study, it was determined that emissions from natural gas fueled engines were released in lesser amounts compared to emissions from diesel engines. Also it was found out that some emissions from natural gas engines occur at negligibly low amounts compared to diesel engines. When the fuels are compared with each other, it is concluded that natural gas fuel is a more environmental-friendly type of fuel than diesel.

Keywords: Municipal and Private Public Buses, Air Quality, Kocaeli, Vehicle Sourced Emissions.

GİRİŞ

Sanayi Devriminden itibaren makinelere dayalı üretim ve endüstrinin gelişmesi, dünya düzeninin işleyişi üzerinde çok büyük değişimler meydana getirmiştir. Endüstriyel üretimin artmasıyla makineler insan gücü yerine tercih edilmeye başlamış ve bu da beraberinde pek çok olumlu ve olumsuz etki açığa çıkarmıştır. Şehirlerde yaşayan insan nüfusu artış göstermiş, endüstriyel faaliyetler gittikçe yaygınlaşmış ve buna dayalı olarak hem üretimin devamını sağlamak hem de nüfusun çeşitli ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak fosil yakıtların kullanılması söz konusu olmuştur. Fosil yakıtların kullanım alanları ve kullanım miktarlarındaki artış, atmosfere salınan kirletici gazların artışına; bu gazlara bağlı olarak da sera etkisi oluşumuna sebep olmaktadır. Sera etkisi, atmosfere salınan gazlar sebebiyle dünyanın sıcaklığının artması ve iklim değişikliklerinin görülmesi olarak ifade edilebilir.

Şehirlerde yaşayan nüfusun artışıyla ulaşım ihtiyaçlarına bağlı olarak ulaşım araçlarının artması; yakıtlarından kaynaklanan kirletici emisyonların artışıyla şehirlerdeki hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ulaşım alanında en fazla tercih edilen yol kara yolu ulaşımıdır ve toplu taşıma araçları karayolu ulaşımın önemli bir parçasını oluşturur. Azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), partiküler maddeler (PM), metan (CH₄) ve hidrokarbonlar (HC); taşıt araçlarından kaynaklanan kirleticilerdir (Uyumaz ve diğ., 2017). Taşıt kaynaklı egzozlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının atmosfere salınması çevre ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkiler oluşmasına neden olmaktadır.

Sera etkisi oluşumunda en büyük rolü alan emisyonlardan biri olan CO₂ emisyonunun salınımı; güncel otomotiv teknolojisinde yakıt tüketimine ve kullanılan yakıt özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Fosil yakıtların kaynağı olan petrol rezervleri dünya üzerinde sınırlı bir miktarda yer bulunmaktadır ve rezervlerin yakın gelecekte tükeneceği bilinmektedir. Petrol rezervleri belirli bölgelerde yer almaktadır ve bu yüzden tüm dünya enerji ihtiyacını karşılayabilmek için petrol rezervi işletmecilerine bağımlıdır (Ejder, 2007). Politik ve stratejik faaliyetlerin büyük çoğunluğu enerji ihtiyacının karşılanması çevresinde gelişmektedir. Ülkelerin enerji

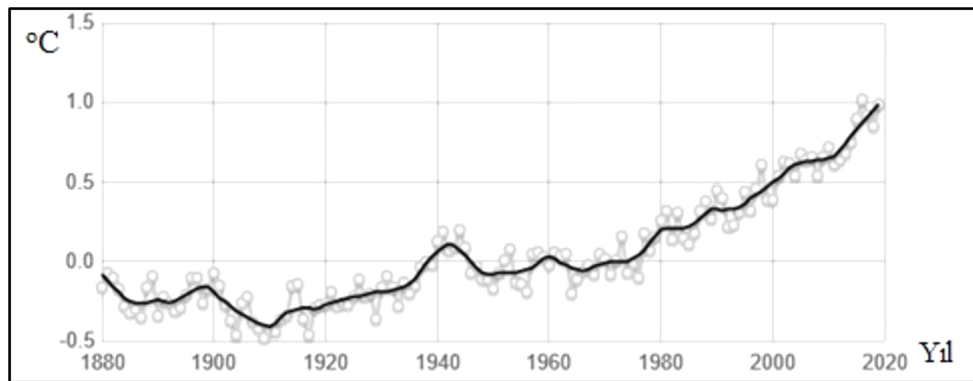
ihtiyacını karşılaması zorunluluğu sebebiyle fosil yakıtlar önemli bir odak noktasıdır. Ayrıca fosil yakıt kökenli kirleticilerin doğaya salınmasıyla oluşan çevre kirliliğinin ve atmosfere salınan emisyonların meydana getirdiği sera etkisinin önüne geçilebilmesi gibi sebeplerle alternatif enerji kaynakları arayışları doğmuştur. Tüm dünyada giderek artan araç sayısı ile egzoz emisyonlarının artışı düşünüldüğünde, taşıt kaynaklı emisyonların azaltılması için kullanılabilir yeni sistemlerin geliştirilmesi, gezegenin yaşanabilir koşullarının sağlanabilmesi için bir zorunluluk haline almaktadır. Bu yüzden alternatif enerji kaynakları günümüzün önemli çalışma alanlarından biri haline gelmiştir.

Bu çalışmada, Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait belediye otobüsleri, özel halk otobüsleri ile minibüslerinden kaynaklanan emisyonların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan Kocaeli İli ilçelerinde ayrı ayrı sefer yapan mevcut dizel ve doğal gaz ile çalışan otobüs ve minibüs sayıları, güzergahlarının uzunlukları ile günlük sefer sayıları temin edilmiştir. 2017 yılı verilerine göre, İl'de 1797 adet dizel, 243 adet doğal gaz ile çalışan otobüs ve minibüs bulunmaktadır. Yakıtla bağlı olarak oluşan emisyon miktarları değiştiğinden il bazında yapılan envanter çalışması literatüre katkı sağlayacaktır.

Envanter çalışmasında taşıtların yakıt sarfiyatları, sayıları, hatların uzunlukları, sefer sayıları gibi bilgiler dikkate alınmış ve hesaplamalar Kocaeli İlçeleri (Başiskele, Çayırova, Darıca, Derince, Dilovası, Gebze, Gölcük, İzmit, Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez) için ayrı ayrı yapılmıştır. Emisyon envanteri için kullanılan metod EMEP/EEA Tier yaklaşımı olup, değerlendirilen emisyonlar; karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), azot oksit (NO_x), diazot monoksit, (N₂O) ve amonyak (NH₃)'tür.

1. KÜRESEL ISINMA VE KİRLLETİCİ GAZLAR

Geçmişten bugüne antropolojik faaliyetlerin artması ve birçok farklı alanda gelişmeye devam etmesi sonucu atmosfere salınan gazların miktarı artış göstermektedir. Bu faaliyetlerle atmosfere salınan gazlar; atmosferin ihtiva ettiği gaz içeriğinin dengesini bozmaktadır. Sanayi faaliyetleri, tarım ve hayvancılık, ulaşım, ısınma ve barınma gibi birtakım faaliyetler için ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması sırasında atmosfere salınan gazlardaki artış; özellikle güneşten gelen zararlı ışınlar karşı kalkan görevi gören ozon tabakasına zarar vermektedir. Karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) gazlarının atmosfere salınımları ve bu gazların atmosferde birikmeleri; uzun vadede sera etkisi oluşmasına en fazla etki eden faktörlerdir. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının atmosferde biriken gazlar sebebiyle atmosfer dışına çıkamayışı ve sıcaklığın yeryüzü ile atmosfer arasında kalması sonucu sera etkisi oluşmaktadır. Sera etkisi sebebiyle de yer tabakada sıcaklık artışı oluşumu meydana gelmektedir. Sıcaklık artışları, iklim özelliklerinin etkilenmesine ve iklim değişikliği yarattığından dünyanın sahip olduğu ekolojik dengede belirgin ölçülerde farklılaşma eğilimi meydana getirmektedir. Dünya üzerinde okyanus ve karalardaki yıllık sıcaklık değişimi Şekil 1.1’de gösterilmiştir:



Şekil 1.1. Dünya'nın yıllık sıcaklık değişiklikleri (URL-1)

IPCC verilerine göre küresel sıcaklık artışının 2°C'yi geçmemesi gerekmektedir (Orhan, 2020). Atmosfer, dünyayı çevreleyen, her biri farklı özelliklere sahip beş katmandan oluşan gaz ve buhar içerikli bir tabakasıdır. Bu tabaka içine çok çeşitli

kirletici türlerinden oluşan birkaç milyar tonluk atık salınımı gerçekleşmektedir. Bu kirleticiler enerji üretimi, ulaşım için fosil yakıtların kullanımı, orman yangınları ve endüstriyel yakma prosesleri ile açığa çıkan kirleticiler atmosfere karışmaktadır. Her türlü yanmanın nihai yan ürünü, renksiz bir gaz olan CO₂ emisyonudur. CO₂ dışında eksik yanma sonucu oluşan karbon monoksit (CO) ve azot oksitler (NO_x) gibi ürünleri de atmosfere salınan kirleticiler arasında yer almaktadır. Bu emisyonların varlığının önemli bir etkisi ise başka bir sera gazı olan ozonun (O₃) üretilmesidir. Enerji tüketimi ile salınan aerosoller ve kükürt dioksit (SO₂) de ayrıca ekosistem ve halk sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olurlar. Stratosferik ozon, atmosferin ilk katmanı olan troposfer ile yerkabuğu arasına ulaşan ultraviyole ve görünür güneş radyasyonunu düzenler. O₃ radyasyonu emme ve yansıtma özelliği güçlü bir sera gazıdır. Yapılan çalışmalarla stratosferdeki O₃'un azaltılması ile yerkabuğu üzerindeki sıcakların düşürülebileceği gösterilmiştir. CH₄ ve NO_x'ler doğal kaynakların yanı sıra tarım, doğal gaz ve büyükbaş hayvancılıkta sığır popülasyonunun artması gibi antropojenik kaynaklar vasıtasıyla salınımları ile etkili sera gazları arasında yer almaktadır. Bu iki gaz aynı zamanda ozon kimyası üzerine etki ederek CO ve NO_x ile birlikte düşük atmosfer ozonunun artışına katkıda bulunmaktadır.

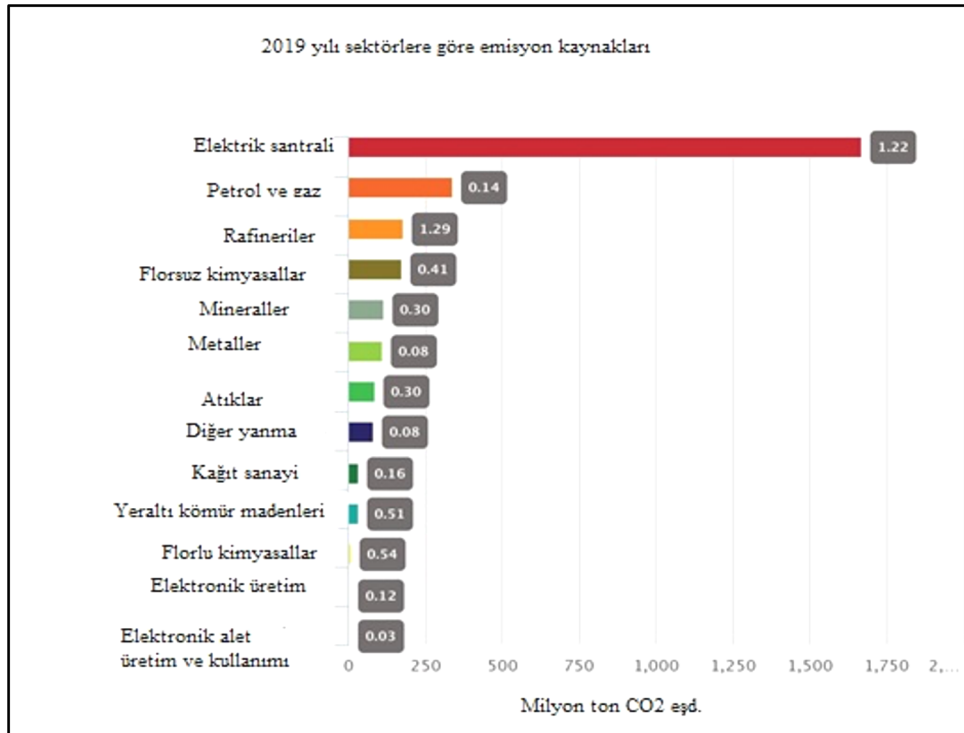
İklim değişikliği özellikle fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan sera gazlarının atmosferde toplanmasından meydana geldiği kabul edilen genel bir kanıdır. İklim değişikliğinin etkileri genel olarak aşağıdaki durumlarla gözlenmektedir:

- Güneşten gelen ısı dalgalarının sıklığı ve frekanslarının artması
- Sellerin ve kuraklıkların artması
- Tatlı su rezervlerinde azalma ve su kalitesindeki düşüş sebebiyle su kıtlığı
- Hava olaylarındaki (kasırga, hortum, dolu) ani değişim ve şiddetli etki
- Gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki farklılığın azalması
- Buzulların erimesi, çölleşmenin artması
- Artan, su seviyesine bağlı olarak kara parçalarının su altında kalması
- Tarım faaliyetlerinin sınırlı sürdürülebilmesi ve verimin düşmesi

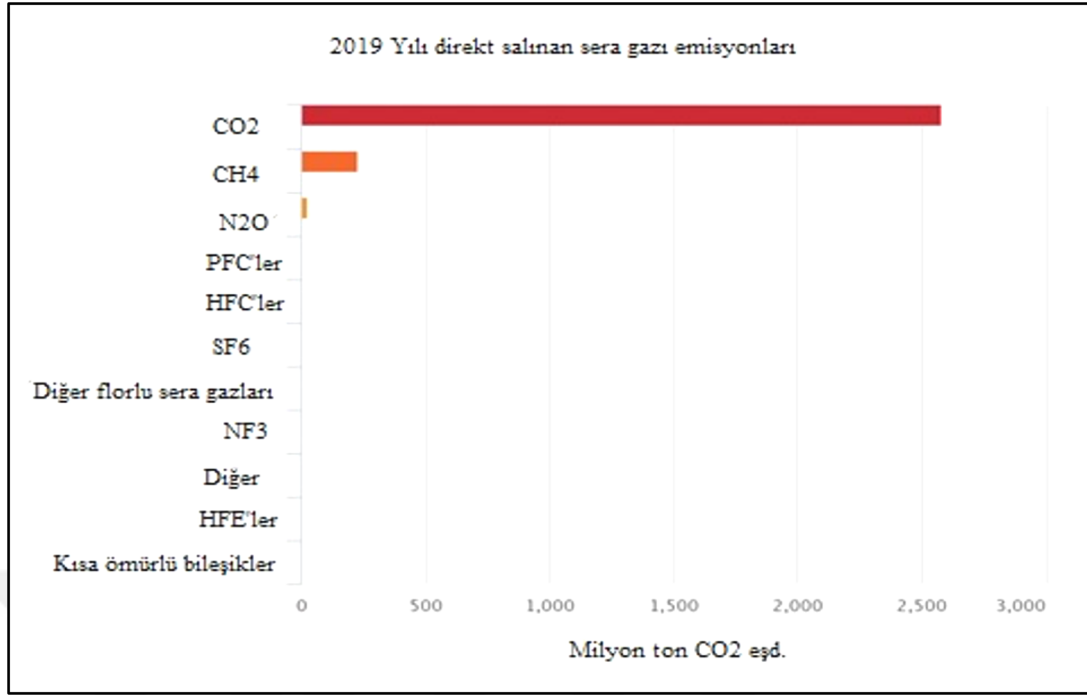
Bugün için küresel ısınmanın başlıca sorumlusunun atmosferde artan karbondioksit miktarı olduğu düşünülmektedir. Her ne kadar yeşil bitkilerin fotosenteziyle ve litosfer yüzeyinde suda çözünmesiyle karbondioksitin atmosferden bertarafı söz konusu olsa da bu mekanizmaların kapasitesinin üzerinde CO₂ salınımı sonucu bu yöntemler yetersiz kalmakta ve karbondioksit gezegen üzerinde sera etkisi yaratmaktadır.

1.1. Sera Gazı Emisyonları ve Trafik Kaynaklı Gazlar

Sera gazı emisyonları CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmaktadır. CO₂ eşdeğeri, bir sera gazının ışıma kuvvetinin CO₂ ile karşılaştırılmasında kullanılan birimdir. CO₂ eşdeğeri verilen sera gazının kütlesi ve onun küresel ısınmaya etki potansiyelinin çarpımıyla elde edilir. EPA verilerine göre CO₂, en büyük miktarlarda salınan sera gazıdır. 2019 yılı için bildirilen 2,58 milyar ton CO₂ eşd. kirleticinin %90,5'i CO₂ emisyonlarıdır. Metan emisyonları, rapor edilen 2019 GHG emisyonlarının yüzde 8,1'ini, diazot monoksit (N₂O) ise yüzde 0,8'i oluşturmaktadır. 2019 yılı için doğrudan sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı ve sera gazı emisyon miktarları Şekil 1.2 ve 1.3 ile gösterilmiştir.:



Şekil 1.2. ABD’de sektörlere göre 2019 yılı emisyon dağılımı (URL-2)



Şekil 1.3. ABD’de 2019’da doğrudan salınan sera gazı emisyon miktarları (URL-2)

1.2.1. Azot Oksitler (NOx)

Atmosferde doğal olarak bulunan azot gazının molekül ağırlığı 28gr/mol’dür. Oksijenle birçok farklı bileşik oluşturabilen azot, atmosferin içeriğinde %78 oranı ile en fazla bulunan gazdır. Hava kirliliği bakımından en önemli azot oksitleri azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂) ve diazot monoksit (N₂O) gazları oluştururlar. Atmosferde nitrik asit oluşturarak asit yağmurlarına neden olurlar ve troposferdeki ozon oluşumunda etkili oldukları için emisyonlarda dikkate alınmaları önem teşkil eder. Fotokimyasal sis oluşumundaki rolleri nedeniyle atmosferdeki anahtar kimyasallardan biri haline gelmektedirler (Cindoruk, 2018). NO renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yanma reaksiyonu ile açığa çıkarlar. Orman yangınları, yıldırım düşmesi, toprak içerisindeki organik maddelerin çürümesi gibi olaylar azot oksidin doğal yollarla ortaya çıkmasını sağlayan kaynaklardır. Ancak NO’nun esas kaynakları enerji üretim sektörü, fosil yakıt yakma sanayi, kimyasal madde sanayi ve taşıt motorları gibi antropojenik kökenlidir. Yani NO emisyonlarının kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtla çalışan tesisler ve organik maddeler olarak ifade edilebilir. Akciğer mukozasında tahribata ve doku hasarlarına yol açarlar. Kandaki hemoglobinle birleşerek vücuda oksijen taşınmasını engellerler. Çevre koşulları altında kararsız

halde bulunurlar ve ortamdaki O₂ kolayca reaksiyona girerek azot dioksit (NO₂) oluştururlar. NO₂ oluşumu Denklem (1.1) ile gösterilmektedir:



NO₂ keskin kokuludur, rengi kırmızıya yakın kahverengi ve zehirli bir gazdır. Koku alma alt sınır değeri 0,5 ppm'dir (Özet, 2020). Akciğerdeki nemle birleşmesiyle oluşan nitrik asit (HNO₃), zamanla ciğerlerde birikerek solunum yolu hastalıklarına sebep olur. Havada bulunan su buharı ile birleşerek nitrik asit oluşturur. Bu asidik yapı çığ, sis, kar ve yağmurun pH seviyesini düşürerek asidifikasyona neden olur ve asit yağışlarını meydana getirir. HNO₃ oluşum reaksiyonu Denklem (1.2) ile ifade edilebilir:



NO_x gazları nedeniyle oluşan asit yağışları, yeryüzüne inerek bitki örtüsü, tarımsal faaliyet alanları, ormanlar, su ekosistemi üzerine etki ederek zarara yol açar; malzemeler üzerinde korozif etki yaratırlar. NO_x'lerin uçucu organik bileşiklerle güneş ışığı yardımıyla reaksiyona girerek kentsel kirli havanın temel bileşenlerinden biri olan ozonu oluşturduğu tepkime Denklem (1.3) ile gösterilmiştir:



NO_x'ler yakıtın eksik yanması ve benzinin depodan veya dolum sırasında buharlaşması ile havaya karışabilirler. TÜİK verilerine göre Türkiye'de NO_x salınım miktarlarının sektörlere göre dağılımı bin ton cinsinden Tablo 1.1'deki gibidir:

Tablo 1.1. 1990-2011 Arasında sektörlere göre NO_x emisyon miktarları (URL-3)

SERAGAZI KAYNAKLARI	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ÇEVİRİM VE ENERJİ SEKTÖRÜ	99,33	138,56	221,96	182,44	212,3	217,99	325,24	467,37	331,35	278,95
SANAYİ SEKTÖRÜ	112,73	124,99	183,87	203,26	233,86	244,04	168,9	167,42	168,79	168,54
ULAŞTIRMA	263,31	344,01	405,1	456,04	425,06	480,92	480,91	480,43	469,65	493,49
DİĞER SEKTÖRLER	153,28	181,95	198,73	207,44	217,07	232,57	294,61	295,19	286,55	318,72
ENDÜSTRİYEL İŞLEMLER	10,94	20,63	22,88	18,3	20,57	15,12	15,25	11,11	20,01	22,35
TARIMSAL FAALİYETLER	4,12	3,83	4,38	4,81	4,55	3,83	3,8	4,41	4,27	4,62
TOPLAM	643,71	813,97	1.036,93	1.072,30	1.113,42	1.194,47	1.288,71	1.425,93	1.280,64	1.286,68

1.2.2. Karbon monoksit (CO)

Karbon ve oksijen atomundan oluşan inorganik bir yapıya sahiptir. Molekül ağırlığı 28,01g/mol olan karbon monoksitin (CO) yapısındaki karbon ve oksijenin arasında üçlü bir bağ vardır. Renksiz, kokusuz, tatsız ve tahriş edici özelliği bulunmayan bir gazdır. Atmosferdeki ömrü iki ila dört ay arasındadır. Fosil yakıtların, odunların, doğal gazın yanmasıyla; endüstriyel emisyonlarla, organik bileşiklerin ve metan olmayan hidrokarbonların yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Zehirli bir gazdır. Solunması durumunda kana geçerek kandaki hemogloblin yapılarıyla birleşir ve oksijen taşınımını hızlı bir şekilde azaltarak zehirlenmeye sebep olur.

Yüksek miktarlarda solunduğunda ölümlerle sonuçlanabilmektedir. Akut zehirlenmelerde yorgunluk, baş ağrısı, mide bulantısı ve kusma, dikkat bozukluğu, baygınlık, koma ve solunum durması gibi belirtilerle kendini gösterir. Özellikle odun ve kömür sobası ile ısınma ihtiyaçlarını karşılamakta olan konutlarda karbon monoksit zehirlenmesi vakalarıyla karşılaşılabilir. Kronik zehirlenmelerde şiddetli baş ağrısı, görme ve denge duyularında bozukluklar, halsizlik ve karın ağrısı gibi belirtiler göstermekte ve uzun süreli maruz kalınması durumunda felç riskini arttırmakta, öğrenme yeteneğini zayıflatmakta ve uyku düzensizliklerine sebep olmaktadır

İçten yanmalı motorlarda tam gerçekleşmeyen yanma reaksiyonu sonucunda CO₂ beraberinde CO ve bazı diğer emisyonlar da egzoz ile salınmaktadır. En önemli CO kaynakları otomobiller, kamyon ve otobüs gibi büyük vasıtalar ile fosil yakıt kaynaklı makinelerin kullanıldığı tesislerdir. Buna dayanarak CO'nun büyük çoğunluğunun araçların egzozundan açığa çıktığı söylenebilir. Yoğun araç trafiğinin olduğu bölgelerde, kapalı otoparklarda ve bina çıkıntılarının altında birikme eğilimi göstermektedir.

CO emisyonları, yakıt ile hava karışımının yanmasına ve yakıttaki karbon içeriğine bağlıdır. Yanma reaksiyonu sırasında yakıtta bulunan karbon, havada bulunan oksijen ile oksitlenir ve duruma bağlı olarak CO ve CO₂ oluşturur. Yakıtta bulunan ve CO₂'e dönüştürülemeyen karbon egzozda CO halini alır.

1.2.3. Hidrokarbonlar ve partiküler maddeler

Hidrokarbonlar (HC), fosil yakıtların eksik yanması sonucu veya araçlara yakıt dolumu sırasında yakıtın buharlaşması ile havaya karışırlar. Yakıt içeriğinin %1-1,5 kadar bir kısmını HC'lar oluşturmaktadır. Motorların yanma odası içinde bulunan çok küçük hacimli bölgelere, hava ve atık gazlar girmesi ve alevin bu bölgelere ilerleyememesi sebebiyle, bu bölgeler yanmamış HC oluşumuna için uygun ortam sağlamaktadır. HC emisyonları mukozada tahrişe yol açarlar, toksik özelliğe sahiptirler ve uzun yıllardan beri kanserojen olarak kabul edilmişlerdir.

Partikül madde (PM) emisyonları gaz fazındaki ağır hidrokarbonların aşırı zengin karışım bölgelerinde yüksek sıcaklık altında yoğunlaşarak birleşmesiyle meydana gelmektedir. Atmosferdeki partiküller doğal ve antropojenik kaynaklardan gelmektedir. Doğal kaynaklar volkanik partiküller, toprak kaynaklı tozlar, deniz ve okyanuslardan kaynaklanan sülfat ve nitrat içeren deniz tuzu tortuları ile rüzgarla taşınan tozdur (Süren, 2007).

Fosil yakıtların yanması, tarım, trafik ve endüstriyel işlemler gibi faaliyetler de PM'lerin antropojenik kaynaklarını oluşturur. Doğrudan partikül salınımına neden olan kaynaklar birincil partikülleri oluşturur. Birincil partikülleri oluşturan kaynaklarda açığa çıkan emisyonlar, atmosferde gaz halindeki kükürt dioksit, azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerle reaksiyona girerek partikül fazına dönüşebilmektedir. Bu tür partiküller ise ikincil partikül adını almaktadır. İkincil partiküller, kükürt içeren trafik ve endüstriyel yakıtların yanmasından kaynaklı olarak NO_x'lerin ve SO₂'nin atmosferik dönüşümünün ürünleridir.

Partikül maddeler; katı parçacıklar, duman veya is olarak da isimlendirilebilir. Trafik kökenli partikül maddeler, dizel motorlarda düşük kükürtlü yakıt kullanılması ve yakıt pompasının doğru ayarlanması ile büyük ölçüde önlenir. Solunumla vücuda alındığında akciğere kadar giderek yerleşebilen bu parçacıklar bronşları tahriş ettiği için insan sağlığına zararlıdır. Partikül maddeler çapları bakımından tehlike sınıflandırmasına tabidirler. Partiküllerin çapı küçüldükçe çevre ve sağlık açısından yaratmış olduğu risk artmaktadır.

Çapı 2,5µm'den küçük olan PM'ler "ince", 2,5µm çapından büyük olanlar ise "kaba" olarak adlandırılır (Süren, 2007). İnce ve kaba partiküller arasındaki ayrım çok önemlidir çünkü bu partikül boyutları farklı mekanizmalarla atmosferden uzaklaştırılırlar, farklı kimyasal bileşimlere ve farklı özelliklere sahiptirler. Ayrıca solunum yolundaki birikme eğilimleri bakımından önemli ölçüde farklılık gösterirler. 10µm'den büyük partikül maddelerin yaşam süresi, boyutu nedeniyle hızlı bir şekilde uzaklaştırılabilmesine bağlı olarak genellikle birkaç saatle sınırlıdır.

Partiküllerin genellikle küresel olduğu varsayılır ancak bu yalnızca kümelenmemiş sıvı partiküller için geçerlidir. Partikül şekli ve fazı, ışınma özelliklerini ve sağlık üzerindeki etkilerini farklı şekillerde gösterirler. İnce partiküller (PM_{2,5}), kükürt dioksit ve nitrojen dioksit gibi emisyonların yoğunlaşmasıyla oluşan ikincil kirleticilerdir. Bazı PM_{2,5} türleri arasında dizel egzoz partikülleri, odun dumanı, kömür, asbest, kireç taşı gibi mineral tozları ve metal tozları ve dumanları bulunur. PM_{2,5} akciğerde yer alan alveol isimli hava keseciklerinin içine kadar ulaşabilecek boyuta sahiptir. Alveollere ulaşan PM_{2,5} bu yapıların içerisinde birikerek ve bazı durumlarda kana karışarak canlılar için ciddi bir tehdit unsuru oluşturmaktadırlar.

Boyutları veya belirli kimyasalların varlığı gibi bilgiler dışında hangi partikül özelliklerinin toksik etkilerden en çok sorumlu olduğu hakkında net bir görüş bulunmamaktadır. Çünkü PM, farklı konumlardaki pek çok farklı kaynaktan farklı kimyasal içerikli olarak atmosfere salınmaktadır. Bu sebeple ölçümleri kütle ile yapılmaktadır. Partikül madde türlerini ölçmedeki karmaşıklık ve zorluklar nedeniyle PM bileşenlerinin toksisitesini araştıran sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu araştırmalara göre partiküllerin toksisitesini etkileyebilecek birçok farklı bileşeni ortaya koymaktadır. Karbon, krom, demir, potasyum nikel, çinko, sülfat ve nitrat gibi birçok farklı yapı; partiküllerin oluşturacağı zararlı etkide rol oynayabilmektedir.

Türkiye'nin endüstri merkezinde konumlanmış olan İstanbul'da 1980'li yıllardan günümüze birçok sefer kritik seviyelere ulaşan hava kirliliği problemleri devamlılığını sürdürmektedir. İstanbul'daki hava kirliliğinin ana sebeplerinden birisi de yerel insan-kaynaklı emisyonların partikül madde seviyesinin %60'ını oluşturmasıdır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın (ÇŞB) raporuna göre 2015 kış ayında İstanbul ilinde partikül madde konsantrasyonları birçok günde ÇŞB partikül madde standardı olan

70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin üzerinde ölçülmüştür. Kocaeli ilinde ise 2005-2017 yılları arasında yapılan ölçümlerle saptanan PM₁₀ değerleri Şekil 1.4'te belirtilmiştir.



Şekil 1.4. Kocaeli ilinde 2005-2017 yılları arasında PM₁₀ miktarları(µg/m³) (URL-4)

1.2.4. Amonyak (NH₃)

İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan NH₃ emisyonları üç yollu katalizör (TWC) sistemi içeren buji ateşlemeli motorlarda ortaya çıkan bir emisyonudur. Geleneksel dizel teknolojisi ile çalışan motorlarda bu emisyonların oluşum kimyası görülmez. Yapılan çalışmalarda araç motorlarından kaynaklanan amonyak emisyonlarının çoğunlukla hafif hizmet tipi benzinli araçlar tarafından meydana getirildiği belirlenmiştir (Thiruvengadam ve diğ., 2016). EPA'nın 2010 yılı emisyon standartlarının belirlenmesinin ardından TWC sistemi dahil edilmiş doğal gaz motorlu ağır hizmet tipi araçların sayısının giderek artışının ve NO_x kontrol sonrası arıtma sistemleri için bir indirgeyici olarak NH₃ (sulu üre enjeksiyonu yoluyla) kullanan dizel motorların NH₃ emisyonuna katkıda bulunduğu söylenebilir. Motorlar NO_x emisyonlarının egzoz borusunda daha düşük oluşumu için çoğunlukla yakıt açısından zengin bölgede çalışırlar. TWC sistemindeki amonyak, yüksek egzoz sıcaklıklarının varlığında CO, su buharı ve HC'ları içeren ikincil bir reaksiyon yolu nedeniyle oluşmaktadır. TWC'de en iyi NO_x azaltım performansı ile elde edilen hafif zengin hava-yakıt oranları sırasında NH₃ emisyonlarının pik yaptığı saptanmıştır. Gaz fazındaki NH₃, sülfürik asidi (H₂SO₄) ve nitrik asidi sırasıyla amonyum sülfat ve nitratlar oluşturmak üzere kolayca nötrale ettiği için ikincil inorganik PM oluşumunun öncüsü olmaktadır. Temiz alternatif yakıt teknolojisinin kullanımına yönelik ekonomik teşvikler ve zorunluluklar, doğal gazla çalışan araçların ulaşım ve atık toplama gibi şehir içi araç görevlerine daha fazla girmesini sağlamıştır. Bu nedenle

doğal gazlı ağıt hizmet tipi araçlardan NH₃ emisyon oranlarının dikkate alınması önem taşımaktadır. Seçici katalitik indirgeme (SCR) donanımlı dizel motorlardan gelen NH₃ emisyonları, SCR katalizöründe üre dozlama ve NH₃ depolamanın optimize edilmesiyle kontrol edilir. Bununla birlikte, SCR son işlem sistemlerinin çalışmasındaki verimsizlikler, yüksek NH₃ emisyonlarına neden olabilmektedir.

1.2.5. Diazot monoksit (N₂O)

En önemli azot oksitleri içinde yer alır. N₂O'in daha çok ulaşımda fosil yakıtların kullanılması, tarım arazilerinde sentetik ve doğal gübre kullanımı, nitrik asit üretimi, atık su arıtımı, atık yakılması gibi insan kaynaklı faaliyetler sonucu ortaya çıktığı söylenebilir. Azot ve oksijenin 250°C sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girmesinden meydana gelirler. Atmosferde oldukça az bulunan bir gaz olan N₂O, EPA'nın 2014 verilerine göre sera etkisine yaklaşık %8 civarında katkı sağlamıştır. Dünyadaki mevcut N₂O'in yaklaşık %90'ının toprakta oluştuğu kabul edilir. Sanayileşme öncesindeki değeri yaklaşık 270ppb iken, 2005 yılında atmosferdeki değerinin 319ppb'ye ulaştığı hesaplanmıştır. Atmosferdeki konsantrasyonu 1750 yılından beri %16 artmış olan N₂O'in 1980 yılından itibaren büyüme hızı sabittir (IPCC, 2017). Stratosferde güneş ışığının fotolitik etkisiyle yapının bileşenlerine ayrılması sonucu N₂O atmosferden giderilmektedir.

2018 yılında N₂O, insan faaliyetlerinden kaynaklanan tüm ABD sera gazı emisyonlarının yaklaşık yüzde 6,5'ini oluşturmuştur. N₂O azot döngüsünün bir parçası olarak atmosferde doğal olarak bulunur. Tarımsal faaliyetler, yakıt kullanımı, atık su yönetimi ve endüstriyel süreçlerle atmosferdeki N₂O miktarını günden güne artırmaktadır. Ortamdan uzaklaştırılmaz veya kimyasal reaksiyonlarla bertaraf edilmezlerse atmosferde ortalama ömürleri 150 yılı bulmaktadır (Bıyık ve Civelekoğlu, 2018). Karbondioksit için atmosferde bu süre 100 yıldır. 1 birim N₂O'in atmosferde meydana gelen ısınmaya etkisi, 1 birim karbondioksit ile karşılaştırıldığında neredeyse 300 kat fazladır.

Küresel olarak, tüm N₂O emisyonlarının yaklaşık yüzde 40'ı insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Sentetik ve organik gübrelerin uygulanması gibi tarımsal uygulamalar ve tarımsal atıkların yakılması gibi çeşitli toprak yönetimi faaliyetlerinden önemli ölçüde N₂O emisyonu meydana gelmektedir. 2018'deki toplam

ABD N₂O emisyonlarının yaklaşık yüzde 77,8'ini oluşturan tarımsal toprak faaliyetleri, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük N₂O emisyon kaynağı olarak belirlenmiştir. Diğer N₂O oluşturan kaynaklar şu şekilde sıralanabilir:

- Fosil yakıtlar yakıldığında azot oksitler açığa çıkar. Yanan yakıtlardan yayılan N₂O miktarı ise, yakıtın türüne ve yanma teknolojisine, bakım ve işletim uygulamalarına bağlıdır.

- Sentetik ticari gübre yapımında kullanılan nitrik asit gibi kimyasalların üretimi sırasında ve naylon gibi elyaf yapımında kullanılan sentetik ürünlerin üretiminde N₂O yan ürün olarak ortaya çıkar.

- N₂O ayrıca, genellikle üre, amonyak ve protein formunda bulunan nitrojenin nitrifikasyonu ve denitrifikasyonu sırasında evsel atık suyun arıtılmasından da üretilmektedir.

Azot oksit emisyonları, nitrojenin atmosfer, bitkiler, hayvanlar ve toprakta ve suda yaşayan mikroorganizmalar arasındaki doğal sirkülasyonu olan nitrojen döngüsü ile ilişkili birçok kaynak yoluyla doğal olarak meydana gelir. Azot, nitrojen döngüsü boyunca N₂O dahil çeşitli kimyasal biçimler alır. Doğal N₂O emisyonları esas olarak toprak ve okyanuslardaki nitrifikasyon ve denitrifikasyon süresince oluşur ve atmosfere yayılır (Kılıç ve Şimşek, 2009). N₂O, belirli bakteri türleri tarafından absorbe edildiğinde ya da ultraviyole ışınları, radyasyon veya kimyasal reaksiyonlarla yok edildiğinde atmosferden uzaklaştırılması mümkündür.

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki azot oksit emisyonlarının 1990 ile 2018 arasında nispeten sabit kaldığı saptanmıştır. Karayolu taşıtları için emisyon kontrol standartlarının bir sonucu olarak, mobil yanmadan kaynaklanan azot oksit emisyonları 1990'dan 2018'e yüzde 63,7 oranında azalmış, tarımsal topraklardan kaynaklanan azot oksit emisyonları ise 1990 ile 2018 yılları arasında yaklaşık yüzde 7 oranla artış göstermiştir. Bunun başlıca nedeni azotlu gübre kullanımının artması olarak belirtilmektedir.

N₂O emisyonlarını azaltmak için birtakım önlemler alınması mümkündür. Azot oksit, yakıtın yanmasının bir yan ürünü olduğundan motorlu taşıtlarda ve ikincil kaynaklarda yakıt tüketimini azaltmak, emisyonları azaltabilir. Binek araçlarından egzozlarından

salınan kirletici içeriği azaltmak için katalitik dönüştürücüler kullanılması gibi çeşitli uygulamalar ile N₂O emisyonlarını azaltmak mümkündür. Tarımsal faaliyetler açısından da azot bazlı gübre uygulamaları azaltılarak ve bu gübrelerin daha verimli uygulanmasını sağlayarak emisyonların azaltılmasına katkıda bulunulabilmektedir. Endüstriyel faaliyetlerde fosil yakıt yakma yoluyla salınan kirleticiler için, tesislerin teknolojik gelişmelerle sürdürülebilirliğe yatkın çalışması ve tesislerde kullanılan yakıtın değiştirilmesi yöntemleri uygulanabilir.

1.2.6. Kükürt oksit (SO_x)

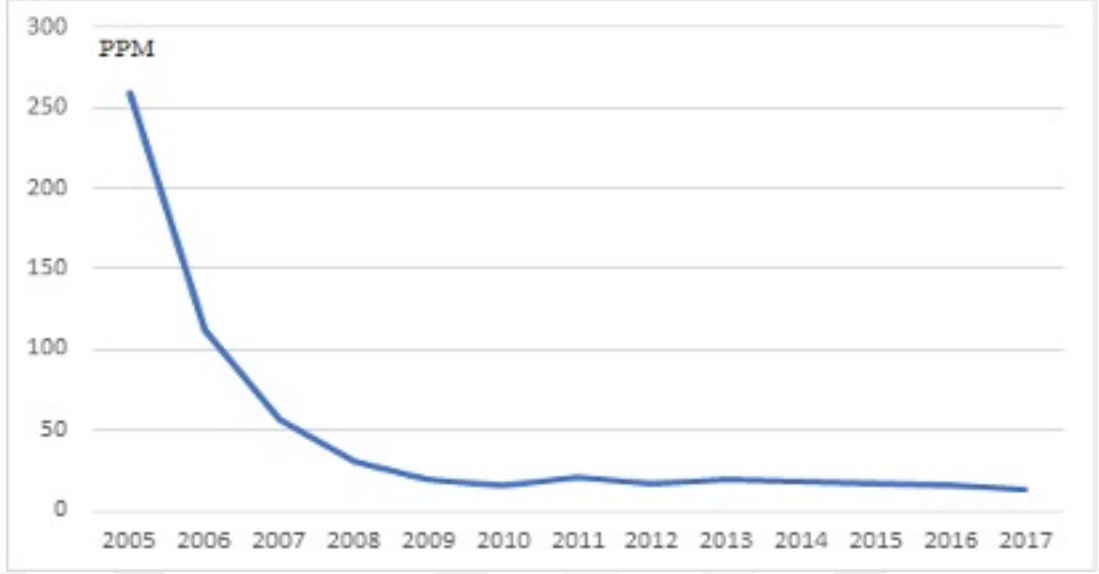
Kükürt doğada bulunan ve petrol, kömür gibi fosil yakıt kaynaklarının yapısında yer alan bir elementtir. Çoğunlukla demir, bakır, kurşun ve çinko gibi metallerle sülfür yapısında bulunurlar. Kükürt dioksitler (SO₂) volkanik patlamalardan meydana gelen gazlarla, kükürt içeren kömürlerin yanmasıyla, endüstriyel üretimin gelişmiş olduğu şehirlerdeki fabrika bacalarından çıkan dumanlarla ve içten yanmalı motorlara sahip araçların egzoz gazlarıyla atmosfere salınmaktadır. SO₂ renksiz, ekşi kokulu, yanmaz, boğucu bir gazdır. -10°C sıcaklıkta renksiz bir sıvı olarak yoğunlaşır. Suda oldukça fazla çözünebilir bir gazdır ve bu özelliğinden dolayı sülfürik asit üretiminde kullanılmaktadır. Atmosferdeki en zararlı kirleticilerden biri olan SO₂ in mevcudiyeti, meteorolojik koşullara bağlı olarak farklılık gösterir. Sisli havalarda konsantrasyonun arttığı, yağışlı havalarda ise konsantrasyonun düştüğü gözlemlenen SO₂'nin atmosferdeki oranının 24 saatlik ortalamasının 300µg/m³ (0.1 ppm)'in üzerinde çıkması halinde halk sağlığı açısından tehlike arz ettiği kabul edilmiştir. Bu oran 900-1000 µg/m³ 'ün üzerine çıktığı durumlarda hayati tehlike oluşturmaktadır. Atmosferdeki konsantrasyonu 785µgr/m³ seviyesine ulaştığında tadı, 1305µgr/m³ seviyesine ulaştığında ise kokusu algılanmaya başlayan SO₂, başka hava kirleticileri unsurların oluşmasına da katkıda bulunur (Başlayıcı, 2014). Fotokimyasal veya katalitik olarak kükürt trioksit, sülfürik asit veya sülfatları oluşturabilmektedir. Kükürt trioksit yapısı nemli havada sülfürik asite dönüşmektedir. Sülfürik asit oluşum mekanizması Denklem (1.4) ve (1.5) ile verilmiştir:



Havadaki SO₂ konsantrasyonunun artması asit yağmurları görülmesine neden olmaktadır. Su buharı ile birleşerek oluşturduğu sülfirik asidin insan sağlığı ve bitki örtüsü üzerinde zararlı etkileri bulunmaktadır. Asit yağmurlarının hem çevreye ve ekosisteme hem de insan üretimi malzeme ve yapılara zararları bulunmaktadır. Asit yağışları özellikle yeşil bitkilerin yapraklarına zarar verir. Bitki yaprakları üzerindeki yer alan ve bitkilerin fotosentez reaksiyonlarını gerçekleştirmesini sağlayan klorofil yapılarına etki ederek fotosentez reaksiyonlarının gerçekleşmesine engel olurlar. Klorofil yapıları parçalandığı için fotosentez gerçekleştirme özelliğini kaybeden yapraklar bitkinin hayatını sürdürebilmesi için gerekli besinleri üretemez hale gelirler. Bu sebeple bitki örtüsü üzerinde uzun vadede yüksek tahribat oluştururlar. Ayrıca H₂SO₄ yapılar üzerinde korozyon etkisi oluşmasına da neden olmaktadır. Binalar, heykeller ve kayalar üzerinde fiziksel olarak etki ederler ve renk değişimlerine neden olurlar. Demir, çelik ve çinko gibi metallerde görülen aşınma SO₂ kirliliği nedeniyle artış gösterir. Nem, sıcaklık ve atmosferdeki partikül maddeler ise kükürt oksitlerin korozyon etkilerini artırmalarına katkıda bulunurlar. Ek olarak H₂SO₄ insanlar ve hayvanlar tarafından doğrudan solunduğunda metabolizmada tahribat yaratır.

Taşıtlardan kaynaklanan SO₂ emisyonları, yakıtın ihtiva ettiği kükürttan ve motordaki yağlama yağından kaynaklanarak açığa çıkarlar. SO_x emisyonları motorda sülfirik asit oluşumuna sebep olur ve yağlama yağının özelliğini kaybederek motorda aşınımın artmasına yol açar. Emisyon değerleri ülkelere göre değişmektedir. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkeleri başta olmak üzere pek çok ülke SO₂ emisyon değerlerini kademeli olarak düşürmek için aralarında uluslararası anlaşmalar düzenlemektedir. Dizel yakıtındaki sülfür içeriği 2000 yılında 350ppm iken 2005 yılında 50ppm'e düşürülmüştür 2005 yılından itibaren sülfürsüz dizel ve benzin yakıtları (<10 ppm) mevcut iken 2009 yılından itibaren bunların kullanımı zorunlu hale getirilmiştir.

Fosil yakıtların yakılmasından enerji üretilmeye başlanmasından 1970'li yıllara kadar SO₂ emisyonları üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır. EPA 1970 ve 2006 yılları arasında yapılan çalışmalarla atmosfere salınan yıllık SO₂ miktarının 31 milyon ton CO₂ eşd.'den 15 milyon ton CO₂ düzeyine indirmeyi başarmıştır. Türkiye'deki SO_x konsantrasyonlarının 2005-2017 yılları arasındaki değişimi Şekil 1.5 ile gösterilmiştir:

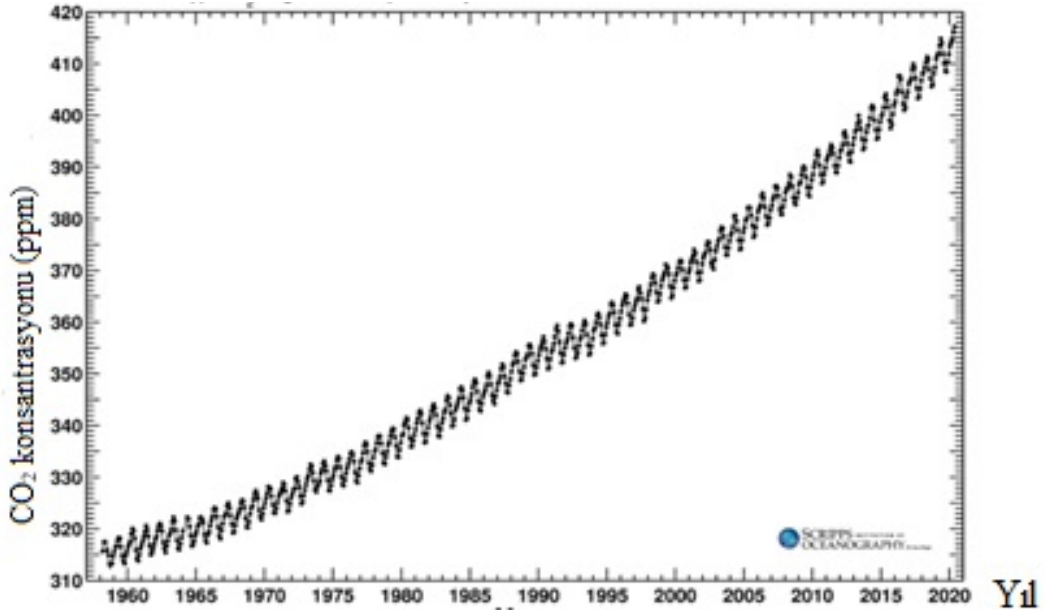


Şekil 1.5. Türkiye’de 2005-2017 yılları arasında SO₂ konsantrasyonları (URL-5)

1.2.7. Karbon dioksit (CO₂)

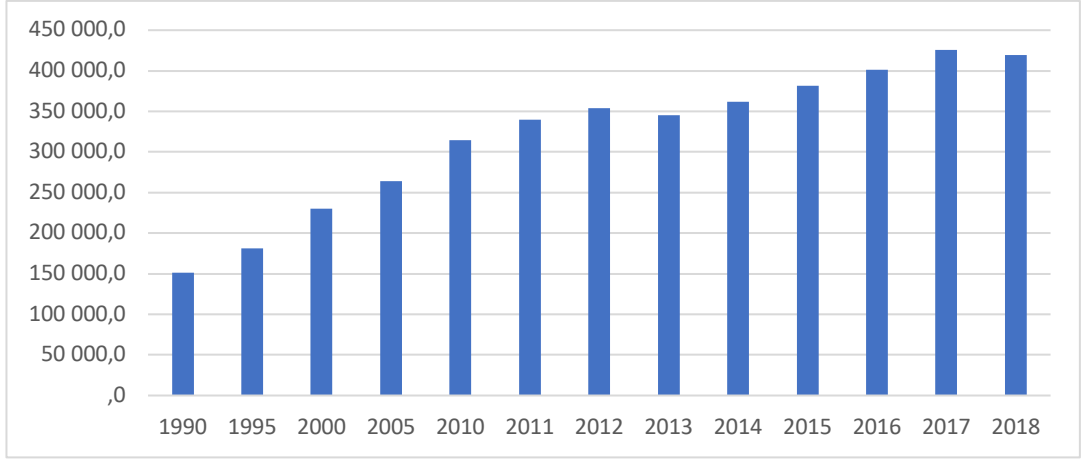
Karbondioksit (CO₂) atmosferde biriken ve küresel ısınmaya etki eden birincil sera gazıdır. Karbon doğadaki organik bileşiklerin temel yapıtaşlarından ve bitkilerin besin ve enerji ürettiği fotosentez reaksiyonunun temel bileşenlerinden biridir. Doğada bir döngü halinde bulunmaktadır. Havadaki CO₂ dünyanın okyanuslarında, nehirlerinde ve göllerinde karbonik asit ile dengede olduğundan, önemli miktarda karbon da hidrosferde depolanır. Karbon döngüsü dengelendiğinde, fotosentez yoluyla atmosferden uzaklaştırılan karbon, organizma ölünceye kadar biyosferde bulunur; bu noktada karbon, mineralizasyonla atmosfere geri döndürülür veya yeryüzünde daha kararlı bir biçimde depolanır. CO₂, atmosferik gazların %1'inden daha azını oluşturur. Bununla birlikte, atmosferde CO₂ ve diğer gazlar arasında hassas bir denge vardır. CO₂ bu döngüde bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından üretilmekte ve tüketilmektedir. CO₂ saydam bir gazdır, güneş ışınlarının dünyaya geçişine izin verir fakat ısının dünyadan uzaklaşmasına izin vermez. Bu yüzden sera etkisi yaratan gazların başında gelmektedir. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu, sanayi devriminden itibaren gittikçe artış göstermektedir. Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızla artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca CO₂ bertarafını sağlayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki CO₂ miktarının son 160 bin yılın en yüksek düzeyine ulaşmasına yol açmıştır. Atmosferdeki konsantrasyonunun 2100 yılında 540-970 ppm aralığında olacağı öngörülmektedir (Topçu, 2008). Atmosfere karışan CO₂ 'in %80-85 kadarı

fosil yakıtlardan, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroorganizmaların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır. CO₂ emisyonlarına ilişkin endişeler, küresel karbon döngüsündeki dengesizliklerden kaynaklanmaktadır. Öncül nedenleri ormansızlaşma ve kömür gibi fosil yakıtların yakılması olan CO₂ emisyonlarının yapılan ölçümlerinde, artışlarının devam ettiği görülmektedir. Hawaii'de bulunan Mauna Lao Gözlemevi'nde yapılan ölçümlere göre atmosferdeki güncel CO₂ miktarı 414,20ppm düzeyindedir. Aynı gözlemeviden 1958 yılından itibaren yapılmakta olan CO₂emisyonu ölçümlerini gösteren Keeling Eğrisi Şekil 1.6 ile gösterilmiştir:



Şekil 1.6. Atmosferdeki CO₂ emisyonu artışını gösteren Keeling Eğrisi (URL-6)

Mauna Lao Gözlemevi'nde gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarına göre, atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun iki katına çıkması halinde küresel sıcaklığın 3°C artacağı hesaplanmıştır. Bu sonuç, CO₂ küresel ısınmadaki etki derecesinin ne kadar yüksek olduğu konusunda bir fikir vermektedir. Küresel ısınmaya karşı alınacak önlemlerin başında CO₂ salınımının azaltılması gelmekte ve bu hususta uluslararası düzeyde olağanüstü çabalar harcanmaktadır. Türkiye' 1990 ve 2018 yılları arasında salınımı yapılan CO₂ miktarı Şekil 1.7 ile verilmiştir:



Şekil 1.7. Türkiye’de yıllara göre CO₂ emisyonu değişimi (Mt CO₂ eşd.) (URL-5)

CO₂ emisyonları 2018 yılında 419,2 Mt CO₂ eşd. miktarda atmosfere salınmıştır. Bunun yaklaşık 360 Mt CO₂ eşd. kadarı yakıt yanması sebebiyle ortaya çıkmıştır. 2018 yılında toplam CO₂ emisyonlarının %35,5’i elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,8’i enerji sektöründen, %13,9’u endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,3’ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır.

1.2.8. Metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)

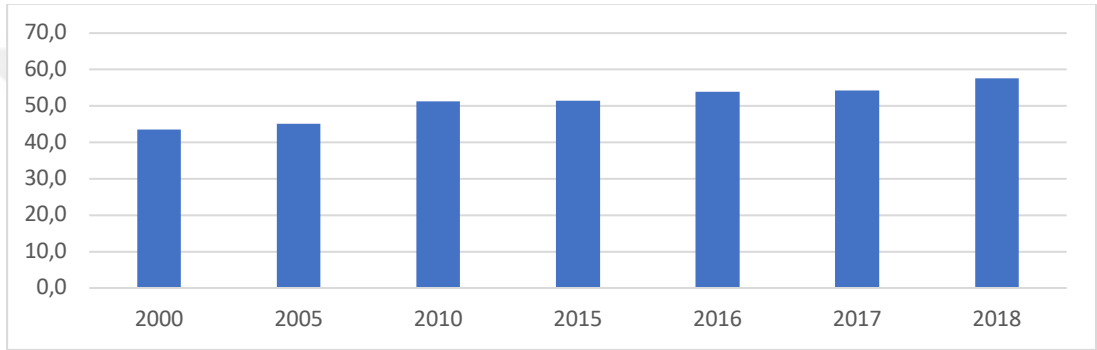
NMVOC gazları, propan, bütan ve etan gibi bileşikleri içermektedir. Bu bileşikler, NO_x ile beraber, atmosferin troposfer katmanındaki ozonun ve diğer fotokimyasal oksitleyicilerin oluşmasında rol alırlar. NMVOC emisyonları temel olarak ulaşımdan, endüstriyel faaliyetlerden, organik maddelerin yakılmasından ve organik solventlerin endüstri dışı tüketiminden kaynaklanmaktadır. Konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve buldukları konuma çeşitlilik gösterir.

1.2.9. Metan (CH₄)

Karbondioksit göre çok daha etkili bir sera gazıdır. Atmosferdeki miktarı 1750’li yıllarda 700ppb değerinde olan metan (CH₄) konsantrasyonunun 2019 yılı değeri 1863ppb kadardır. Günümüzde ise konsantrasyonu 1876,9ppb’ye kadar ulaşmıştır. Organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir.

Metan, doğal gazın temel elemanıdır. IPCC, atmosfere katılan CH₄ miktarının yarısından fazlasının insan faaliyetleri sonucu gerçekleştiğini belirtmektedir. Pirinç

tarlaları, hayvancılık, katı atık depolama alanları, petrol ve doğal gaz üretimi, kömür madenciliği, karayolu taşıtları gibi insan kaynaklı faaliyetler ve bataklıklar gibi düşük oksijenli ortamlardan atmosfere salınırlar. Giderilmediği takdirde atmosferde 12 yıl süreyle kalabilmektedir. Atmosferdeki yıkımı hidroksil radikali (OH) ile girdiği oksidasyon tepkimesi ile gerçekleşir ve atmosferdeki CH₄'ın %90'ı bu yolla giderilir. Oksidasyon tepkimeleri sonunda karbondioksit dönmüştür. Diğer giderim mekanizmaları ise topraktaki mikroorganizmaların CH₄'ı bünyelerine almaları ile gerçekleşmektedir. Türkiye'deki CH₄ gazı emisyonlarının 2000 ila 2018 yılları arasındaki değişimi Şekil 1.8'de gösterilmiştir:



Şekil 1.8. Türkiye’de 2000-2018 arasındaki metan miktarları (Mt CO₂ eşd.) (URL-5)

1.2. Türkiye’de Sera Gazı Emisyonları

Sera gazı emisyon envanter sonuçlarına göre, 2018 yılı sera gazı emisyonu toplamı bir önceki yıla göre %0,5 azalarak 520,9 milyon ton (Mt) CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. 2018 yılı emisyonlarında CO₂ eşd. olarak en büyük payı %71,6 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %12,5 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,5 ile tarımsal faaliyetler ve %3,4 ile atıklar takip etmiştir. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu miktarı ise 1990 yılında 4 ton CO₂ eşd., iken 2017 yılında 6,5 ton CO₂ eşd. ve 2018 yılında 6,4 ton CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır.

Toplam CO₂ emisyonlarının 2018 yılında %35,5'i elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,8'i enerji sektöründen, %13,9'u endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,3'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır. CH₄ emisyonlarının %63,1'i tarım, %20,3'ü atıklar, %16,6'sı enerji ve %0,03'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörlerinden; N₂O emisyonlarının ise %70,1'i tarım,

%15,7'si atık, %9,5'i enerji ve %4,7'si de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmıştır.

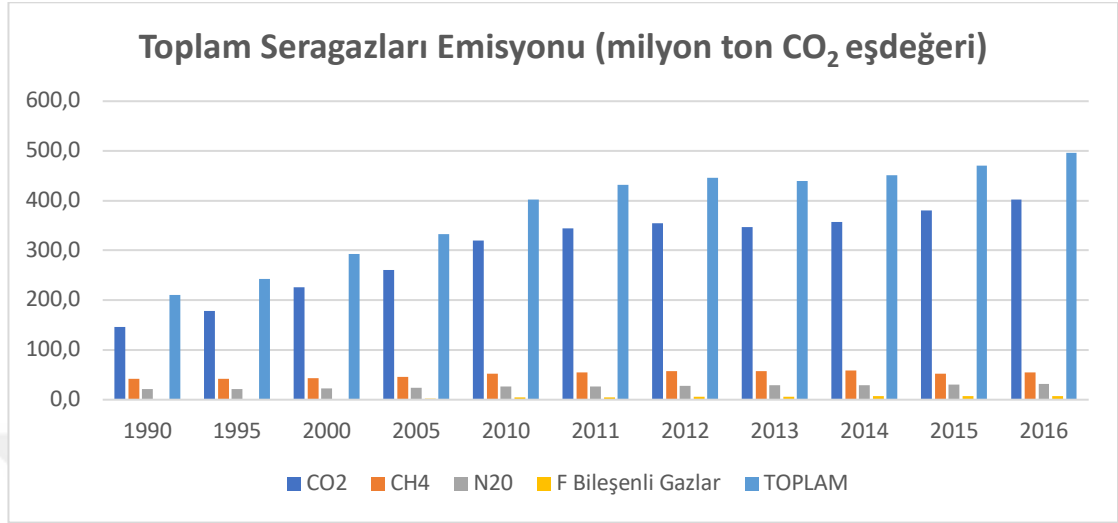
Enerji sektörü emisyonları 2018 yılında, 1990 yılına göre %167,3 artarken bir önceki yıla göre %1,8 azalarak 373,1 Mt CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 1990 yılına göre %185,5, bir önceki yıla göre ise %2,5 artarak 65,2 Mt CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir. Tarım sektörü emisyonları 2018 yılında, 1990 yılına göre %41,5 oranında, bir önceki yıla göre ise %3,2 artarak 64,9 Mt CO₂ eşd. miktarında ölçülmüştür. Atıklardan kaynaklanan emisyonlar 1990 yılına göre %60,3 artış göstermiş; bir önceki yıla göre ise %2,1 artarak 17,8 Mt CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. 1990-2018 yılları arasında gazlara göre sera gazı emisyonları Tablo 1.2'de gösterilmiştir:

Tablo 1.2. Gazlara göre sera gazı emisyon değerleri (Milyon ton CO₂ eşd.) (URL-3)

Yıl	Toplam	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-gazları
1990	219,4	151,5	42,4	24,8	0,6
2000	298,8	229,8	43,6	24,7	0,7
2005	337,1	264,2	45,2	26,1	1,7
2010	398,9	314,4	51,3	29,6	3,6
2011	427,8	339,5	53,7	30,7	4,0
2012	447,3	353,7	57,1	31,8	4,7
2013	439,3	345,2	55,5	33,8	4,8
2014	458,4	361,7	57,3	34,3	5,1
2015	472,6	381,3	51,4	35,0	4,9
2016	497,7	401,2	53,9	37,4	5,2
2017	523,8	425,3	54,2	38,8	5,4
2018	520,9	419,2	57,6	38,9	5,2

Yapılan hesaplamalarla elde edilen verilere göre tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sera gazı emisyonları hatırı sayılır ölçülerde artış gösterdiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu artışla birlikte özellikle şehirlerde ve endüstriyel faaliyetin gelişmiş olduğu bölgelerde hava kalitesinin gittikçe düştüğü ve yer yer halk sağlığı üzerinde kalıcı hasarlara yol açma riski taşıdığı söylenebilir. Atmosferdeki emisyonların artışının bir sonucu olarak sera etkisinin gelişimi sebebiyle ekolojik düzende yaşanan değişiklikler; birçok alanda sosyoekonomik etkilere meydana getirecektir. Doğal kaynakları ve tarımsal faaliyetleri ise doğrudan etkileyecek olan iklim değişikliği sebebiyle ülkemizin sahip olduğu zengin olanakların kısıtlanması gibi olumsuz etkilere maruz kalacaktır. Bu nedenlerle emisyon azaltımı ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle hareket etme için gerekli adımların atılması ülkemizin ve dünyanın gelecek nesillerin devamı için benimsemesi gereken esas yöntem olacaktır.

Türkiye’deki sera gazı emisyonlarının 1990 ile 2016 yılları arasındaki değişimi Şekil 1.9 ile gösterilmiştir.



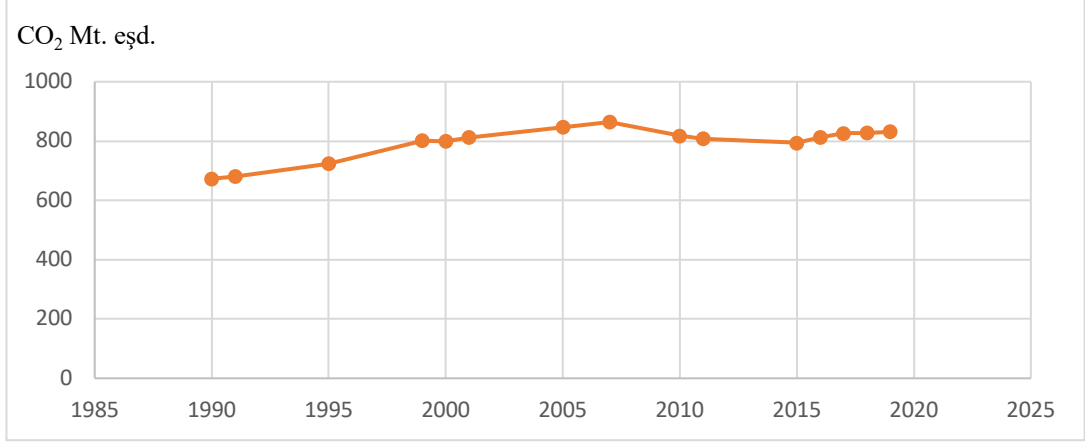
Şekil 1.9. Türkiye’de yıllara göre sera gazı emisyonları (URL-4)

1.3. Taşıtlardan Kaynaklanan Egzoz Salınımı

Karayolu ulaşım araçlarının başlıca enerji kaynağı petrol ürünü olan fosil yakıtlardır. Bu tür yakıtlar enerji elde etmek için girdikleri yanma reaksiyonu sonucunda atmosfere salınan emisyonlar ve çeşitli atıklar meydana getirirler. Gelişen teknoloji ve ulaşım için oluşturulan karayolu ağının dünya üzerinde önemli ölçüde yayılmış olduğu göz önüne alındığında; karayolu taşıtlarından kaynaklanan emisyon ve kirlenici salınımının hem ulusal hem de uluslararası boyutlarda ele alınması gerektiği söylenebilir.

Dünya üzerinde enerji ihtiyacını karşılamak üzere en çok tercih edilen kaynak fosil yakıtlardır. Petrol ve kömür, enerji verimliliği açısından verimli yakıt tercihleri olarak ifade edilebilirler. Ancak yanma reaksiyonları sonucu karbon monoksit, karbondioksit ve hidrokarbonlar gibi emisyonlar açığa çıkardıkları için çevre ve halk sağlığı açısından tehlikeli ürünler meydana getirirler.

Karayolu taşıtlarında petrol türevi yakıtlar kullanılır. Kullanılan petrol ürünü yakıtlardan, yanma reaksiyonları sonucunda ulaşım için ihtiyaç duyulan enerji karşılanır. Ancak bunun yanı sıra reaksiyonlar sonucu oluşan emisyonlar ve diğer atıklar halk sağlığı üzerinde tehlikeli etkiler yaratırlar. Avrupa’da ulaşım kaynaklı sera gazı emisyon miktarının yıllara göre değişimi Şekil 1.10’da gösterilmiştir:



Şekil 1.10. AB’de ulaşım kaynaklı sera gazı emisyon miktarının değişimi (URL-7)

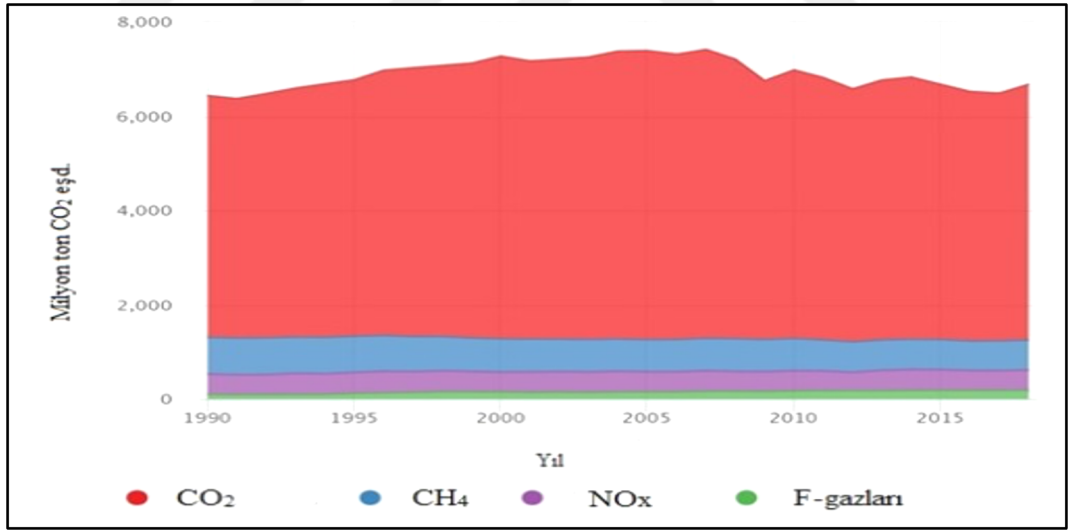
Bu veriler ışığında 1990 ve 2019 yılları arasında Avrupa’da ulaşım kaynaklı meydana gelen sera gazı emisyonu ortalaması 795Mt CO₂ eşd. miktarındadır. AB ülkelerinde GHG emisyonları bakımından genel bir azalma görülmesine karşın ulaşım sektörü bu azalma eğiliminin dışında kalmaktadır. Bu nedenle genel emisyon salınımına önemli bir katkıda bulunan ulaşım sektörü, emisyon azaltma hedeflerinin karşılanması için harekete geçilmesi gereken ciddi bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

1.3.1. Taşıt kaynaklı kirleticiler

Taşımacılık için yakıtların üretimi ve kullanımı, karbondioksitin yanı sıra metan ve azot oksitler de dahil olmak üzere önemli sera gazı emisyonlarına da neden olur. Bu emisyonlar, özellikle bazı araç ve yakıt türleri için dikkat edilmesi gereken unsurlar olarak öne çıkmaktadırlar. Ayrıca, taşıt araçlarının klimaları için soğutucu akışkanların kullanılması gibi diğer yönleri ile de önemli ölçüde sera gazı salınımlarına neden olmaktadır. Miktar olarak daha küçük olsalar da bu emisyonlar çevre üzerinde yarattıkları ciddi etkiler nedeniyle önemlidir. Konvansiyonel araçlar için CO₂ dışı sera gazı emisyonları, toplam araç emisyonlarının yaklaşık dörtte biri kadar etki eder, ancak alternatif yakıtlı araçlar için bu katkının yüzde 1 ila 57 aralığında çok daha düşük olduğu söylenebilir. Bir CH₄ molekülü, bir CO₂ molekülünün yaklaşık 23 katı etkiye sahiptir. Bunun yanında bir N₂O molekülü ise bir CO₂ molekülünden yaklaşık 296 kat fazla etki eder. Ancak egzoz salınımlarında miktar olarak salınımı en fazla olan kirletici CO₂ olduğundan en etkili kirletici olarak ifade edilebilir.

Fosil yakıtların yanmasından kaynaklı olan CO₂ emisyonunun, EPA verilerine göre ABD’deki küresel ısınma potansiyeli (GWP) ağırlıklı emisyonların yüzde 76’sını

oluşturarak sera gazlarına en büyük katkıyı sağlayan kirletici özelliğini taşımaktadır. 2018 yılında ABD’de sera gazı emisyonları toplamda 6,677 milyon ton karbondioksit eşdeğeri olarak miktarda atmosfere salınmıştır. Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlar ABD’de 1990 yılından 2018'e yüzde 6,2 artarak bu dönemde ulusal emisyonlardaki artışın çoğundan sorumlu hale gelmiştir. Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları 2005 yılında 708,8 Mt CO₂ eşdeğeri, ve 2010'da 319,2 Mt CO₂ eşdeğeri miktarlarda ölçülmüştür. Yani CO₂ emisyonlarının salınımı 2005 ile 2018 arasında yaklaşık yüzde 12,3 ve 2010 ile 2018 arasında ise yüzde 6,0 düşüş göstermektedir. 2017'den 2018'e, bu emisyonlar %3,1 artış gösterirken bu artışın sebebi 2018 kışının daha soğuk, yaz mevsiminin ise daha sıcak geçmesin sebepleriyle ısınma ve soğutma ihtiyacı ile bu ihtiyaçların karşılanması için daha fazla elektrik kullanımı gibi birçok faktörün söz konusu olması gösterilmektedir. ABD üzerinde salınan emisyonların eğilimlerini etkileyen ana faktör fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlardaki değişikliklerdir. ABD’deki fosil yakıt kaynaklı sera gazı emisyonlarının yıllara göre değişimi Şekil 1.11’de gösterilmiştir:



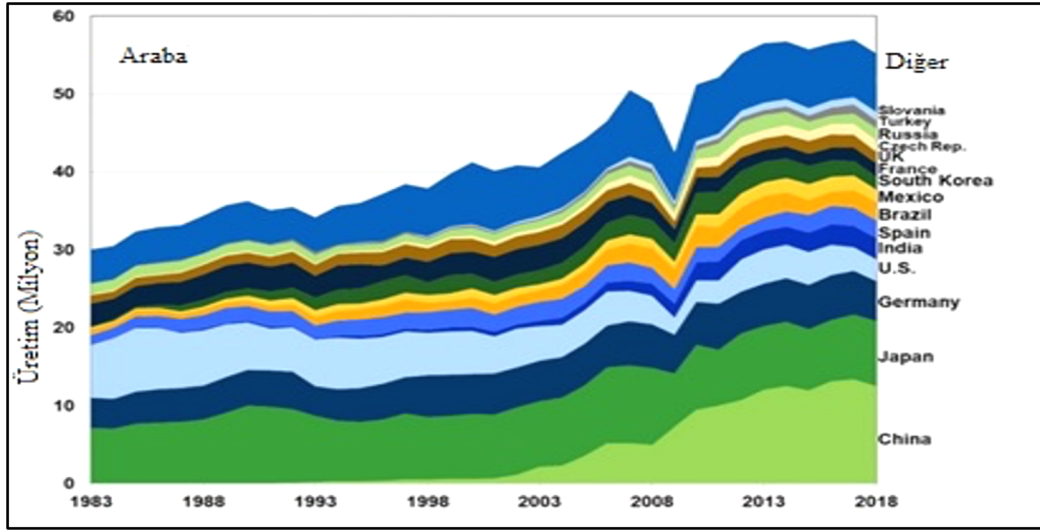
Şekil 1.11. ABD’de fosil yakıt kaynaklı sera gazı emisyonu yıllık değişimi (URL-8)

Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki değişiklikler, nüfus ve ekonomik büyüme, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar, piyasa eğilimleri, teknolojik değişiklikler, enerji yakıt seçenekleri ve mevsimsel sıcaklıklar dahil olmak üzere birçok uzun ve kısa vadeli faktörden etkilenmektedir. Yıllık bazda, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki toplam fosil yakıt tüketimi ve karışımı, öncelikle genel ekonomik koşullar, genel enerji fiyatları, farklı yakıtların birim fiyatı, hava koşulları ve fosil

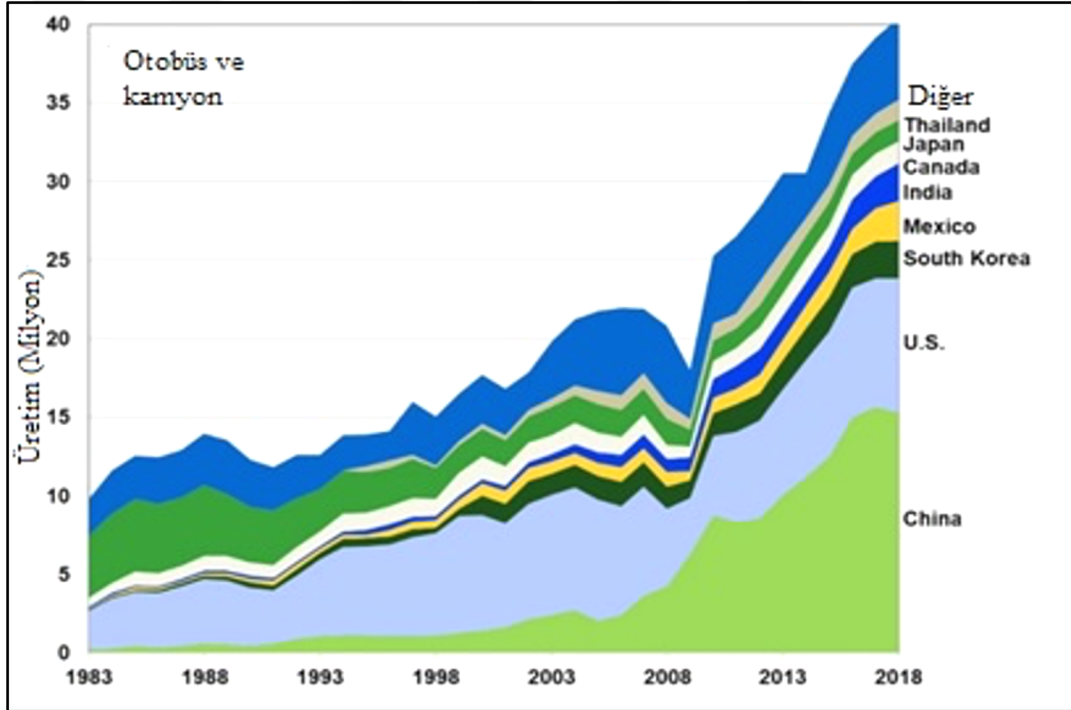
olmayan alternatiflerin mevcudiyetindeki değişikliklere dayalı olarak dalgalanmaktadır. Elektrik enerjisi için kömür tüketimi, kömürün ve alternatif kaynakların görelı fiyatı, yakıtları değiştirme yeteneği ve kömür piyasalarındaki uzun vadeli eğilimler gibi bir dizi faktörden etkilenir. Benzer şekilde, daha sıcak geçen kış mevsimlerinde ısınmaya ihtiyaç duyulan günlerdeki sıcaklık derecelerinde azalma görülür. Buna bağlı olarak konut ve ticari sektörlerdeki ısıtma yakıtı ve elektrik talebinin azalması gözlemlenir. Bu azalma da azalan yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonlarda bir düşüş gözlenmesini sağlar.

Geçtiğimiz beş yıl içinde fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonlarındaki değişim yönü, geçmişten günümüze kadar bu kaynaktan gelen emisyonların en büyük payını oluşturan elektrik enerjisi sektöründen ciddi anlamda etkilenmiştir. Elektrik üretmek için tüketilen yakıt türleri son yıllarda değişerek emisyonların salınım miktarlarında farklılıklar meydana getirmiştir. Doğal gaz ve yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin artması ve kömürden üretimin azalması nedeniyle emisyonlar 2017 ile 2018 yılları arasında yüzde 1,2 artmıştır. Elektrik enerjisi üretimi için kömür tüketiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonları 2014'ten bu yana yüzde 26,5, 2005'ten bu yana yüzde 42 oranlarında azalmıştır. Bu farklılık, büyük ölçüde elektrik üretmek için daha az karbondioksit içeren doğal gaz kullanımına geçilmesine ve elektrik üretimindeki hızlı artışa bağlanabilir. Son yıllarda elektrik enerjisi sektöründe yenilenebilir enerji kullanımı. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi 2014'ten 2018'e yüzde 32,6 ve doğal gaz üretimi yüzde ise 32,2 artmıştır. Toplam elektrik enerjisi üretimi 2014'ten 2017'ye yüzde 1,5 azalmış, ancak 2017'den 2018'e yüzde 3,4 artış göstermiştir. Kömür kaynaklı elektrik üretimindeki düşüş ve doğal gaz/yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimindeki artış, toplam CO₂ miktarında yüzde 14'lük bir düşüş sağlanmıştır.

Ulaşım sektöründe petrol kullanımı, özellikle 2018 yılında fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan en büyük CO₂ emisyon kaynağını oluşturmaktadır. Petrol kullanımının artması; doğrudan karayolu ulaşımı için artan taşıt sayısı ile orantılıdır. Trafikteki aktif araç sayısı, geçmişten günümüze kadar artış göstermiştir. 1983 ve 2018 yılları arasında dünyadaki araba üretimi ile kamyon ve otobüs üretiminin değişimi Şekil 1.12 ve 1.13 ile gösterilmiştir:



Şekil 1.12. 1983-2018 yılları arası otomobil üretimi (Boundy ve Davis, 2020)



Şekil 1.13. 1983-2018 yılları arası kamyon ve otobüs üretimi (Boundy ve Davis, 2020)

Taşımacılık için petrol tüketiminden kaynaklanan emisyonlar 2014 yılından beri yüzde 5,8 artış göstermiştir. Hafif hizmet araçlarının yakıt ekonomisi bir diğer önemli faktördür. 1990 ve 2004 yılları arasında yeni hafif hizmet tipi araç yakıt ekonomisindeki düşüş, 1990'da yeni araç satışlarının yaklaşık yüzde 30'undan 2004'te yüzde 48'e yükselen hafif hizmet kamyonlarının artan pazar payını yansıtıyordu. 2005'ten başlayarak, ortalama yeni araç yakıt ekonomisi artmaya başlarken, hafif

hizmet tipi VMT, dönemin çoğunda sadece mütevazı bir şekilde büyümüş ve CO₂ emisyonlarının artış oranını yavaşlatmıştır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), azaltılmamış emisyonlara sahip olanlar ve atmosferik CO₂ konsantrasyonlarının 450 ve 550ppm olarak stabilize edildiği durumlar da dahil olmak üzere gelecekteki sera gazı emisyon senaryolarının potansiyel küresel sıcaklık etkilerini incelemiştir. 2007 yılının başında atmosferdeki değer 383ppm seviyesinde ölçülmüştür. Atmosferik konsantrasyonların 450ppm'de stabilize edilmesi, 2100'e kadar 1-2°C'lik bir ortalama sıcaklık değişikliği anlamına gelirken, 550ppm'de CO₂ konsantrasyonlarının stabilize edilmesi 1,5-3°C'lik bir artış anlamına gelmekte olduğu belirtilmektedir. Bu arada, azalmayan “Emisyon Senaryoları (SRES) Özel Raporu” yüksek emisyon durumu, 2100 yılına kadar 5°C'nin üzerinde bir ortalama sıcaklık artışına neden olacağına dair sonuçlar göstermektedir.

2. ULAŞIMDA KULLANILAN YAKITLAR

Organik maddelerin başkalaşımı ile oluşmuş ve gözenekli kayalar içerisinde yeraltında depolanmış sıvı haldeki hidrokarbonlar ham petrol olarak adlandırılır. Benzin ve dizel yakıtları, ham petrolün damıtılması ile elde edilen ürünler olup, içten yanmalı motorlarda sıklıkla tercih edilen yakıtların başında gelmektedir. Benzinin yoğunluğu 780kg/m^3 'tür. 40°C - 200°C sıcaklıklarda elde edilir. Motorin yani dizel ise yaklaşık 850kg/m^3 yoğunluğa sahiptir ve 200°C - 425°C kaynama sıcaklıklarında elde edilmektedir. Benzin ve motorin, karbon ve hidrojen dışında sülfür, asfalt ve su da içerebilmektedir. Bu içerikler hem taşıtın motorunda hem de çevre üzerinde zararlı etkiler gösterirler.

Taşıt araçlarının yakıt özellikleri dikkate alındığında dizel yakıtların benzine göre daha az çevre kirliliği yarattığı söylenebilir. Benzinli motorlarda daha yüksek oranda karbon monoksit ve hidrokarbonlar görülürken dizel motorlarda daha yüksek miktarlarda azot oksitler ve partiküler maddeler açığa çıkmaktadır. Karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), hidrokarbonlar (HC), partikül maddeler (PM), kükürt oksitler (SO_x) ve kurşun bileşikleri; dizel ve benzinli motorlardan kaynaklanan kirleticilerin başında gelmektedir. Önlem alınmamış bir dizel motorunda egzoz emisyonu, gerekli önlemler alınmış bulunan benzin motoruna kıyasla daha azdır (Dönmez ve diğ., 2009). Doğal gaz ise, diğer fosil yakıtlardan daha az maliyetli ve daha temiz bir yakıt türüdür. Diğer fosil yakıtlara oranla çok daha az kirlilik oluşturmaktadır ve gelecekte daha fazla tercih edilmesi beklenmektedir.

Her iki yakıt türü de güvenli olarak nitelendirilseler de taşıma ve depolanma safhalarının dikkatle ve özenle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu adımların herhangi birinde yaşanan kazalar sonucu çevreye yayılmaları halinde toprak ve su kaynaklarının ciddi zarar görmesine, doğal yaşam canlılarının ölümlerine neden olurlar. Ayrıca doğaya yayılmaları halinde bertarafı oldukça zordur.

2.1. Benzin

Petrolden imal edilen ve hidrokarbonlardan oluşan, kullanımı en yaygın fosil yakıt türlerinden biridir. Kapalı formülü C_nH_m ile ifade edilir. Petrolün bulunmasından sonra ilk rafineri işlemleri ile elde edilen yakıtlardandır. İhtiva ettiği karbon sayısı ham petrolün içeriğine göre değişiklik gösterir. 4 ila 12 arasında değişen karbon sayısı, farklı fiziksel ve kimyasal özellikler taşıyan hidrokarbon grupları tarafından oluşturulmaktadır; yakıtın özellikleri, verimi ve yanma sonucu oluşan emisyonları bu hidrokarbon gruplarına göre farklılık gösterir. Ham petrolden farklı sıcaklıklarda farklı ürünler elde edilmektedir. 150 °C'ye kadar benzin, 150-250 °C arasında gaz yağı, jet yakıtı ve kerosen, 250-350 °C sıcaklıkta dizel ve 350 °C'den sonra ise ağır yağlar ham petrolden elde edilen ürünlerdir. Benzinin bileşiminde bulunan hidrokarbonlar ise şunlardır:

- Parafinler (n-alkanlar) C_nH_{2n+2}
- İzo-parafinler (alkenler)
- Olefinler
- Naftenler (sikloalkanlar) C_nH_{2n}
- Aromatik hidrokarbonlar

Bu hidrokarbon gruplarından izo-parafinler yakıtın vuruntu direncini arttırdığı için benzin içerisindeki izo-parafinin olabildiğince yüksek oranda bulunması tercih edilmektedir (Çakmak ve Özcan, 2018). Parafinler ise benzin yapısında miktarının en düşük oranda bulunması istenen hidrokarbon gruplarıdır. Bunun nedeni en çok kullanılan parafinlerden biri olan heptanın oktan sayısının sıfır olmasıdır. Bir diğer yandan benzinin oktan sayısının düşük olması motorların sıkıştırma oranını düşürmektedir. Benzin motorlarındaki düşük sıkıştırma oranı nedeniyle benzin yakıtlı motorlardan dizel motorlara göre daha düşük verim alınmaktadır. OECD ülkelerinde karayolu taşımacılığı %69 oranında benzinin yakıt olarak kullanımı ile sağlanmaktadır. Buji ateşlemeli motorlarda benzinin yakıt olarak tercih edilmesini sağlayan en etkili özelliklerden biri, benzinin ısı değeri yüksek olmasıdır. Benzinin yanma ürünleri içerisinde fazla miktarlarda hidrokarbon bileşikleri bulunur. Ayrıca yakıt sisteminden buharlaşma yoluyla da hidrokarbon bileşikleri salınımı gerçekleşmektedir. Benzin motorları dizel motorlara göre birim güç başına çevreye daha çok karbondioksit gazı bırakmaktadır. Her ne kadar istenirse de petrolün

yapısında bulunan azot ve sülfür de hidrokarbonların beraberinde benzinin yapısına katılabilmektedir.

2.2. Dizel

Ham petrolün 200-380 °C dereceler arasında damıtılmasında elde edilen ürünleridir. Dizel yakıtları ayrıca mazot ve motorin isimleriyle bilinmektedir. Özgül ağırlığı 0,89kg/dm³. Yapısında 8-16 arasında karbon bulunduran hidrokarbonlardan oluşmaktadır. İçeriklerinde hidrokarbonlar dışında %1 oranında kükürt, %0,02 oranında kül ve çok düşük miktarda azot bulundurabilirler (Polat, 2011). OECD ülkelerinde karayolu taşımacılığında kullanılan yakıtlar içerisinde %30 oranla dizel yakıtı ikinci sırada bulunmaktadır.

Setan sayısı dizel yakıtın tutuşma meyilinin ve tutuşma gecikmesinin bir ölçüsüdür (Haşimoğlu ve İcingür, 2000). En düşük setan sayısı 40 olmalıdır. Genellikle ağır hizmet araçlarında kullanılmasına rağmen son yıllarda hafif ticari ve binek araçlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Dizel motorların benzin motorlarına oranla daha ağır olmasının oluşturduğu dezavantaj, ağır hizmet araçlarında sağladığı verimli güç çıkışı ile daha olumlu karşılanmaktadır. Motorinin ısıl etkinliği yüksektir. Benzinli motorlara oranla çok daha az yakıt harcarlar. Bu sayede benzinden çok daha ekonomik bir yakıt olma özelliğini taşır. Yakıtın kimyasal kompozisyonu motor performansı ve emisyonlarını önemli oranda etkiler (Ejder, 2007).

Dizel motorları yüksek hızlı, orta hızlı ve düşük hızlı olarak imal edilmektedir. Yüksek hızlı dizeller binek taşıtlarında, orta hızlı dizeller yük taşıtlarında ve düşük hızlı dizeller ağır iş makinelerinde kullanılmaktadırlar. Bu motorlarda kullanılan motorinlerin özellikleri birbirinden farklılık göstermektedir. Dizel yakıtla çalışan motorlar benzinli motorlardan daha dayanıklıdırlar ve elektriksel bir ateşlemeye ihtiyaç duymazlar. Dolayısıyla benzinli motorlara oranla daha az sorunla karşılaşma potansiyeline sahiptirler. Geniş hız aralıklarında motor torku sabit kaldığından, ağır vasıtalarda kullanılmaya uygundur. Benzinli motorlardan daha uyumludurlar ve işletim kolaylığına sahiptirler. Dizel motorlarında yakıt ile havanın yanma reaksiyonu sonucunda CO₂, H₂O, SO₂ ve N₂ gibi yanma ürünleri açığa çıkar. Eğer yakıt çevrim sonucu tam olarak yanmamış ise CO, H₂, NO gibi ürünler de meydana gelir. Yakıttan tam enerji alabilmek için yakıtın tamamının yanması gerekmektedir. Bunun için yeterli

miktarda oksijene, dolayısıyla havaya gerek vardır. Dizel motorlarında karışım doğrudan silindir içinde olduğundan hava ile yakıtın karışması tamamlanmadan yanma reaksiyonu başlar. Bu durum ise egzozda yanmamış gazların bulunmasına neden olmaktadır. Motorda meydana gelecek olan yanmanın tam olarak gerçekleşip gerçekleşmeyeceği yanmanın gerçekleştiği yanma odasındaki hava miktarına bağlıdır. Termodinamik hesaplarda hesaplamaları kolaylaştırmak amacı ile yakıt 1kg olarak kabul edilir. Bu 1kg'lık yakıtın tam olarak yanması için gerekli olan hava ise hava fazlalık katsayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Dizel yakıtının kullanıldığı motorlar tüketimi bakımından birçok yakıttan daha cazip özelliklere sahiptir. Bunun başlıca sebebi ise dizel motorların yüksek sıkıştırma oranına sahip olmasıdır. Ayrıca LPG ve CNG hariç tutulursa dizel yakıtının maliyeti diğer yakıt türlerine oranla daha ekonomiktir. Emisyon değerlerinde hidrokarbon ve karbon monoksit emisyonları açısından problem teşkil etmemektedir. Dizel motorlarından kaynaklanan en önemli iki emisyon; partikül madde (PM) ve azot oksit (NO_x) emisyonlarıdır. Dizel motorlarının hava fazlalığı ile çalışmaları benzin motorlarına göre NO_x oluşturma potansiyellerini arttırmaktadır. Benzin motorlarından atmosfere atılan bir ton egzoz gazının 18,42kg'ı NO_x iken, dizel motorlarında bu miktar 123,71kg'a ulaşmaktadır. Çünkü dizel motorları tüm çalışma koşullarında fakir karışımlar ile çalışmaktadır. Fakir karışım oranları sebebiyle karbon monoksit emisyonları düşük olmaktadır. Oksijenin ortamda fazlasıyla mevcut bulunmasına bağlı olarak NO_x emisyonları ortaya çıkar. Oksijen miktarının fazlalığının yanında sıcaklık değerlerinin 1700°C üzerinde olduğu durumda NO_x oluşumu için koşullar sağlanmaktadır. Bu noktada motor içi sıcaklıkların düşürülmesi NO_x azaltımı için en etkin yol olarak görünmektedir. Dizel motorlarda difüzyon yanma esnasında oluşan NO_x ve PM emisyonları arasında ters orantı bulunmaktadır ve her biri için yanma işleminin optimizasyonu mümkün değildir. Dolayısıyla düşük PM için etkili kılınan yüksek derecede yakıt verim oranlı motorlar yüksek NO_x üretimine sebep olmaktadır. Fakat etkin bir egzoz kontrol sistemi olan SCR sistemli kombinasyonlarda dizel yakıt verim oranı azaltılmaksızın çok düşük NO_x emisyon potansiyeli başarılmaktadır. (Soylu, 2009).

Yanma odasında oluşan maksimum basınç benzinli motorlara göre iki kat yüksektir. Dolayısıyla dizel motorlar daha sesli ve titreşimli bir çalışma sağlarlar. Maksimum

yanma basıncının çok yüksek olması nedeniyle dizel motorlar yüksek basınca dayanıklı malzemeden imal edilmiştir. Yakıt enjeksiyon sistemlerinin kusursuz şekilde çalışması gerekmektedir. Bu yüzden dizel motorlu araçlar dikkatli periyodik bakım ve servis işlemleri gerektirir. Yüksek sıkıştırma oranını sağlamak için tahrik kuvveti yüksek olmalıdır. Bunun için de yüksek çalışma kapasitesine sahip marş motoru ve aküye ihtiyaç duyarlar. Tüm bu özellikleri dikkate alındığında dizel yakıtlı motorların benzin yakıtlı motorlara göre daha yüksek maliyetli oldukları söylenebilir. Ayrıca motorin, yanma sonu ürünleri bakımından benzinden çok daha yüksek is ve kül ihtiva etmektedir

2.3. Ulaşımında Kullanılan Alternatif Yakıtlar

Taşıt araçlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını ele almak için, bazıları ticari olarak temin edilebilen ve diğerleri hala geliştirme aşamasında olan çok çeşitli teknolojiler mevcuttur. Son teknoloji ile üretilen yeni nesil alternatif yakıtlı araçların kullanıcılara sunulması, sera gazı emisyonlarını azaltma konusunda önemli bir adımdır. Fakat motorlu taşıt sektörünün genel sirkülasyonu göz önüne alındığında, emisyon salınımını azaltmak için hedef alınan eski tip motorlara sahip araçların yerlerini yeni nesil araçların alması uzun vadede gerçekleşir. Bu nedenle yeni nesil motorlara sahip araçların var olan araç filosuna katılımının hızı yavaştır. Biyodizel ve hidrojen gibi bazı alternatif yakıt teknolojileri, yakıt dolumu sistemi altyapısı eksikliği ile karşı karşıyadır. Bu karmaşıklıklar, teknolojik, ekonomik, sosyal ve politik faktörlerin bir kombinasyonunu içerdiği için yeni araç ve yakıt türlerinin ortaya çıkışını karmaşık hale getirmektedir. Bir diğer alternatif yakıt yürü olan elektrikli araçlar ise kısa sürüş menzilleri ve uzun yakıt dolumu süreleri gibi önemli handikaplara sahiptir.

Fosil yakıtlar, dünya üzerinde en çok tercih edilen enerji kaynakları olarak ifade edilir. Fosil yakıtların tercih edilme sebeplerinin başında verimli ve diğer kaynaklara göre ucuz sayılan bir enerji kaynağı olması gelmektedir. Ancak verimliliklerinin yanında yanma reaksiyonu ile açığa çıkardıkları atıklar ekolojik düzene zarar vermekte ve tüm canlılar için tehlike arz etmektedir. Oluşan atıklar temiz su kaynaklarının ve doğanın kirlenmesine neden olurken; emisyon ve partiküler maddeler ise havaya karışarak hava kirliliği meydana getirmesiyle insan ve diğer canlıların sağlığına ciddi anlamda zararlı etkide bulunurlar. Fosil yakıtlar, çevre kirliliğine sebep olmaları yanı sıra, dünya

üzerinde sınırlı bir miktarda rezervlere sahiptirler ve bu rezervler günden güne azalmaya devam etmektedir. Ayrıca petrol rezervleri, dünya üzerinde belirli coğrafi bölgelerde buldukları için enerji ihtiyacının karşılanması konusunda rezervleri bulunan ülkelere bağımlılık yaşanması günümüz şartları açısından hem ekonomik hem de stratejik anlamda olumsuz bir özellik olarak sayılabilir (Tektanıl, 2008). Bu şartlar altında, rezervlerinin sona ereceği bilgisine dayanarak ve yaşanan dünyaya daha duyarlı bir yaklaşım benimsemek amacıyla alternatif yakıt arayışları ortaya çıkmıştır.

Sera gazı emisyonlarının atmosfere salınımının bir sonucu olarak küresel ısınmanın varlığının göz önünde bulundurulmasıyla alternatif yakıtlar üzerinde önemli çalışmalar yapılmaktadır. Günümüz teknolojisinde araçların motorları üzerinde yapılan çalışmaların; motordan salınan karbondioksit miktarlarını azaltma temelini esas alarak yapıldığı söylenebilir. Bu bağlamda alternatif yakıt olarak hidrojen, etanol, biyodizel, propan (LPG), elektrik ve doğalgaz gibi kaynakların geleneksel yakıtlar yerine tercih edilmesi mümkün olabilir.

2.3.1. Hidrojen

Hidrojen, tüm moleküller içinde hacim olarak en düşük, ancak ağırlık olarak herhangi bir yakıtın en yüksek enerji içeriğine sahiptir. Atmosferde gaz ve suda sıvı olarak bulunur. Hidrojenin yüksek enerji içeriği nedeniyle, yakıt hücrelerinde (FC) ve roketlerde yakıt olarak kullanılır (Manoharan ve diğ., 2019).

Elektrik gibi hidrojen de yüksek miktarlarda enerji verme yeteneğine sahip bir enerji kaynağıdır. Araçlarda hidrojen depolaması, yakıt hücreli araçlar tasarlanırken dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Etanol, mısır ve diğer ekinlerden elde edilebilmektedir. Benzin ve dizele kıyasla daha az sera gazı emisyonu salınımına neden olur.

Yakıt hücresi, kimyasal gazların ve oksidanların reaktan olarak kullanılmasına izin vererek elektrik üretebilen elektrokimyasal bir cihazdır. Anotlar ve elektrolitler ile yakıt hücresi, elektrik üretmek için reaktifteki katyon ve anyonu ayırır. Yakıt pilleri, çevreye zararlı olmayan ve kimyasal reaksiyonun bir ürünü olarak su üreten reaktanları kullanır. Hidrojen en verimli enerji taşıyıcılarından biri olduğu için, yakıt hücresi elektrikli arabayı çalıştırmak için doğru akım (DC) gücü üretebilir. Hidrojen yakıt

hücresini akülerle ve kontrol sistemini stratejilerle entegre ederek sürdürülebilir bir hibrit otomobil üretilebilir.

Fosil yakıtların en önemli dezavantajlarından biri olan emisyonlar açısından ele alındığında hidrojen sıfır zararlı emisyon oluşturur. Ancak bir diğer yandan hidrojenin ısınma değeri petrolden üç kat daha yüksektir. Ayrıca hidrojen, petrol rafinasyonundan yaklaşık üç kat daha pahalı olan insan yapımı bir yakıt olduğu için yüksek bir üretim maliyeti vardır (URL-9).

Hidrojenin gelecekte yakıt olarak kullanım açısından yüksek potansiyele sahiptir. 2030 yılına kadar yakıt pillerinin maliyetinin, yapılan teknolojik iyileştirmelere ve artan kullanılabilirliğe bağlı olarak içten yanmalı motorlarla (ICE) rekabet edeceği tahmin edilmektedir. Toplu hidrojen kullanımının karşılaştığı ana engellerden biri de verimli depolamadır. Düşük hidrojen yoğunluğu nedeniyle, geleneksel fosil yakıtlar kadar kolay depolanamaz. Hidrojen, depolanması için sıkıştırma, soğutma veya bunların bir kombinasyonunu gerektirir. Hidrojen depolamanın en uygun şekli, özellikle sıkıştırılmış tanklarda muhafaza yöntemidir.

2.3.2. Biyodizel

Dizel yakıt yerine kullanılabilen biyodizel, ekonomik bakımdan, atık bertarafı ve ekolojik düzene sağladığı katkı gibi etkileriyle sürdürülebilir bir yakıt kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Biyodizel, bitki veya hayvansal yağların basit bir alkol ve bir katalizörle elde edilen uzun zincirli yağ asitlerinin mono-alkil esterlerini içeren bir alternatif yakıt türüdür (Lajo Bertran, 2009). Sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlarda dizel yakıtı yerine kullanılabilirler. Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilirler. Biyodizel, petrol kökenli dizele göre çok daha az kirletici salınımına neden olur. Birçok sıvı yağ ve katı yağ kaynağından üretilebilirler. Biyodizel hammaddeleri, menşelerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Bitkisel yağlar: Hindistan cevizi, pamuk, mısır, kanola, zeytin, yerfıstığı, susam, soya fasulyesi, ayçiçeği, kolza, palmiye bitkisi
- Kabuklu Yemişler: Badem, kaju, fındık, şamfıstığı, ceviz
- Diğer tüketilebilir yağlar: Üzüm çekirdeği, amarant, kayısı, argan, enginar, limon çekirdeği, hardal, haşhaş tohumu, kinoa, buğday tohumu, ebeğümeci

- Tüketilemeyen yağlar: Yosun, jojoba, geyik boynuzu ağacı, kauçuk ağacı, kapok ağacı, Hint kayın ağacı

- Atık kızartma yağları, hayvansal yağlar ve biyolojik kökenli yağlar

Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan (kanola, keten, pamuk, soya fasulyesi, yer fıstığı, kolza, hindistan cevizi ve palmiye bitkilerinden), kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve her türlü biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyon sonucunda oluşan ve yakıt olarak kullanılan yağ asidi metil esterlerdir (Altınsoy, 2007). Diğer bir ifade ile biyodizel, bitkisel yağ asidi esterlerinin metanol veya etanol gibi basit alkollerle transesterifiye edilmesiyle oluşturulan ile elde edilen mono alkil esterlerdir (Tillem, 2005). Dizel motorlar için biyoyakıt, gazlaştırma ve sentez, piroliz veya hidrotermal sıvılaştırma kullanılarak lignoselülozik biyokütleden de üretilebilir. Ancak "biyodizel" terimi yalnızca yenilenebilir lipit kaynaklarından türetilen yakıtlar için geçerlidir.

Bitkisel yağların minimum işleme tabi tutularak motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanılabilmesi düşünülmüştür. Yapılan çalışmalarda termik verimlerinin dizel yakıtı eşit veya daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Utlu, TMMOB). Ancak motorda tam yanmanın gerçekleşmediği belirlenmiştir ve bu durum bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanımını konusundaki en önemli dezavantajdır ortaya koymuştur. Bitkisel yağların motorda doğrudan yakıt olarak kullanılması motorda aşağıdaki sorunların meydana gelmesine neden olur:

- Enjektör memesinde karbon birikimi
- Motorda aşırı miktarda tortu oluşumu
- Motor yağının seyrelmesi
- Piston segmanı yapışması
- Silindir gömleğinin aşınması
- Bitkisel yağın polimerleşmesinden dolayı yağlamada oluşan aksaklıklar

Tam yanmanın gerçekleşmemesi sebebiyle oluşan sorunların yanı sıra ısı veriminin düşüklüğü, ateşleme kalitesinin düşüklüğü ve soğuk havalarda ilk çalışmanın zor gerçekleşmesi gibi diğer dezavantajlar nedeniyle bitkisel yağlar dizel motorlarında doğrudan kullanılamazlar. Özellikle bölünmüş yanma odalı dizel motorlarında doğrudan kullanılmaları çok büyük sorun teşkil etmektedir. Bu dezavantajları ortadan

kaldırmak için bitkisel yağlar dizel yakıtı yakın özellikler gösterebilmeleri amacıyla ısı ve kimyasal işlemlere uğratarak kullanılırlar (Haşimoğlu ve İcingür, 2000). Bitkisel yağlar çeşitli kimyasal işlemler sonucunda esterleştirilmiş biyodizel olarak anılan ve dizel motorda kullanıldığında bitkisel yağ kullanımının yol açtığı problemleri ciddi oranda azaltan alternatif yakıt elde edilir.

Biyodizel, biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki bir alternatif yakıttır. Biyomotorin, ya da yağ mazotu isimleriyle de anılmaktadır. Kullanımında CO emisyonu %50, partikül madde %30 azalmaktadır. Ayrıca asit yağmurlarının ana nedeni olan egzoz emisyonundaki kükürt oksitleri ve sülfatlar biyodizel kullanımında tamamen ortadan kalkmaktadır. Petrodizele göre %95 daha az hidrokarbon salınımına neden olmaktadır.

Egzoz emisyonlarından açığa çıkan PAH ve NPAH aromatik yapıları daha azdır. Her yıl yaklaşık 420 milyon ton CO₂ emisyonu içten yanmalı motorlu taşıtların kullanılması sebebiyle atmosfere gönderilmektedir. Dünya'nın ısınmasına ve sera etkisine sebep olan emisyonların salındığı geleneksel yakıtların aksine biyodizelin yanması sonucu ortaya çıkan CO₂ bitkiler tarafından tutularak karbon döngüsüne katılacak düzeydedir. Karbon ve oksijen, bitkiler tarafından fotosentetik reaksiyon mekanizması ile ayrılır ve oksijen tekrar atmosfere salınır. Yani biyodizel, hammaddesi olan bitkilerce doğal yöntemlerle döngüye dahil edilmektedir.

Biyodizel, organik yapısı sayesinde biyolojik olarak bozunabilir. Biyodizeli oluşturan C₁₆-C₁₈ metil esterleri doğada hızla parçalanıp bozunma özelliğine sahiptir. Su kaynaklarına karışması halinde yaklaşık 28 gün kadar bir süre içinde %95'i tamamen bozunur. Petrodizel ise bu süre zarfında yalnızca %40 oranında bozunmakta ve kalan %60 ise uzun yıllar boyunca bozunmadan kalmaktadır. Biyodizel sudaki canlılara karşı herhangi bir zarar teşkil etmez. Buna karşılık bir litre ham petrolün su kaynağına karışması halinde bir milyon litre suda toksik etki meydana gelir.

Biyodizel kullanımı, tarımsal faaliyetler için de avantajlı bir tercih haline gelmektedir. Yakıt elde etmek amacıyla organik tarımın yaygınlaşması, yağ bitkilerinin üretiminin artırılmasına bağlı olarak gıda sektörüne de katkı sağlar. Tarımın artmasını sağlayarak toprak verimliliği üzerinde de olumlu etkileri bulunur. Çiftçiler için en büyük mali gider olan enerjiyi kendilerinin üretmesine olanak tanıyarak sürdürülebilir nitelikte bir

tarım kültürünü de beraberinde getirmektedir. Yağlık tohumun yağlık çekirdeklerinin dışındaki kısmı ve biyoyakıt üretiminden geriye kalan organik atıkların hayvan yemi olarak kullanımı hayvancılık alanına da katkıda bulunur. Bu yönleriyle biyodizel, tarımsal faaliyetlerin sanayi ve enerjiye entegrasyonu ile sözleşmeli tarıma yol açması özellikleriyle ülkelerin tarımlarında etkili olmuştur.

2.3.3. Elektrik

Doğrudan elektrik şebekesinden ve diğer araç dışı elektrik güç kaynaklarından elde edilen elektrik, halihazırda geliştirilmiş bir altyapı aracılığıyla kolayca ulaşılabilen, oldukça verimli bir enerji kaynağıdır. Elektrik, tamamen elektrikli ve plug-in hibrit elektrikli araçların (PHEV'ler) şarj edilebilir pillerinde depolanır ve bu araçların çalışması sırasında benzinli veya dizel motorlu araçlardan önemli ölçüde daha az emisyon açığa çıkar.

Elektrik, ABD'de 1992 yılında Enerji Politikası Yasası kapsamında alternatif bir yakıt olarak kabul edilmiştir. Elektrik, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, rüzgar enerjisi, hidroelektrik ve güneş enerjisi gibi çeşitli enerji kaynaklarından üretilebilir ve hidrojen olarak veya piller içinde depolanabilir. Plug-in elektrikli araçlar (PEV'ler), araç dışı elektrik güç kaynaklarından (genellikle elektrik şebekesi) elektrik çekerek, enerjiyi pillerde depolama yeteneklerine sahiptirler (URL-9). Henüz yaygın olarak bulunmamasına rağmen, yakıt hücreli elektrikli araçlar, araçtaki hidrojenle elektrik üretmektedir.

Plug-in hibrit elektrikli araçlar (PHEV) ve tamamen elektrikli araçlar (EV) için plug-in elektrikli araçlar (PEV) ifadesi kullanılır. PEV'lere güç sağlamak için araçlar, doğrudan şebekeden ve diğer araç dışı elektrik güç kaynaklarından elektrik çekerek akülerini şarj edebilirler. Hibrit elektrikli araçlar ise benzin gibi sıvı yakıtlarla beslenir ancak frenleme sırasında kaybedilen enerjiyi yeniden yakalamak için küçük piller kullanır. Bu sayede yakıt ekonomisini artırır. PHEV'ler, güç için dahili elektriği kullanabilir, bu da onları bir PEV olarak sınıflandırır, ancak sıvı yakıtları da kullanabilir ve gerekirse bir HEV'ye benzer şekilde çalışabilmektedirler. PEV'lerde, yerleşik şarj edilebilir piller, bir veya daha fazla elektrik motoruna güç sağlamak için enerji depolarlar. Bu piller, rejeneratif frenleme olarak bilinen, şebekeden gelen elektrik ve frenleme sırasında yeniden yakalanan enerji kullanılarak şarj edilir.

Yalnızca elektrikle çalışan araçlar egzoz emisyonu üretmez, ancak elektrik üretimiyle ilişkili yukarı akım emisyonları mevcuttur. Gaz-elektrik hibritlerinde elektrik, daha düşük hızlar ile hareketleri başlatmak ve durdurmak için benzinin yerini alır. Benzer şekilde, PHEV'ler araca daha uzun mesafelerde güç sağlamak için elektrik kullanır ve araç tamamen akü gücüyle çalışırken sıfır emisyon yayar. Hibrit elektrikli araçlar bir bataryada depolanan enerjiyi kullanan bir içten yanmalı motor ve bir elektrik motoru ile çalıştırılır. Araç, içten yanmalı motoru çalıştırmak için benzinle doldurulur ve akü prize takılarak değil rejeneratif frenleme yoluyla şarj edilir.

PHEV'ler, bir bataryada depolanan enerjiyi kullanan bir içten yanmalı motor ve bir elektrik motoru ile çalıştırılır. PHEV'ler tamamen elektrikli (veya şarjı azaltan) modda çalışabilir. Tam elektrikli modda çalışmayı sağlamak için PHEV'ler, şarj etmek amacıyla bir elektrik güç kaynağına takılabilen daha büyük bir pil gerektirir. Yalnızca elektrikle bir miktar yol kat edebilir fakat bir süre sonra geleneksel bir hibrit gibi yalnızca benzinle çalışırlar. Bataryalı elektrikli araçlar olarak da adlandırılan EV'ler, aracın şarj ekipmanına takılmasıyla şarj edilen bir bataryaya sahiptir. EV'ler her zaman tamamen elektrikli modda çalışır ve araç kullanıcılarının günlük ihtiyaçlarını rahatça karşılayacak kadar mesafe gidebilirler.

Elektriğin yakıt maliyeti daha düşük olsa da bir elektrikli aracın satın alma fiyatı, geleneksel benzinle çalışan arabalara kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. Ayrıca, günümüzde kullanılan elektriğin büyük bir kısmının fosil yakıt kaynaklarından elde edilmesi ve oluşan karbon ayak izi hususu dikkate alındığında elektriğin yakıt olarak kullanımı hakkında farklı görüşler ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

2.3.4. LPG

Dünya üzerinde en yaygın olarak kullanılan alternatif yakıt türüdür. Araç yakıtı olarak kullanıldığından otogaz olarak da isimlendirilmektedir. Ülkemizde binek araçlarında oldukça yaygın olarak kullanılmakta olan bir yakıt çeşididir. Trafikte yer alan araç filosunun yaklaşık %25'ini LPG yakıtlı araçlar oluşturmaktadır. LPG'nin ucuz olması, temiz yanması ve daha az egzoz emisyonları açığa çıkarması, en çok tercih edilen alternatif yakıt durumuna gelmesindeki en büyük etkenler olarak gösterilebilir. LPG ülkemizde %30 oranda propan ve %70 oranında bütan karışımından oluşmaktadır (Çelik ve diğ., 2006). Propan düşük egzoz emisyonu verir, ani yanması sonucunda

daha az miktarda zararlı bileşikler ortaya çıkar. Bu özelliği nedeni ile daha kolay sıvılaştırılarak depolanabilmektedir. Propan, doğalgaz üretimi ve petrol arıtma işleminin bir yan ürünüdür. Orta derecede basınç ile sıvılaştırılabilen üç karbonlu bir alkan gazdır (C_3H_8). Renksiz ve kokusuzdur. Ayrıca toksik özelliği bulunmaz. Gaz kaçaqlarının tespit edilmesi için sonradan kokulandırılmaktadır. Sıvılaştırılmış propan, gaz halindeki propan'dan 270 kat daha fazla enerji yoğunluğuna sahiptir, bu nedenle sıvı olarak depolanması ve taşınması pratik ve ekonomik hale gelir. $21^{\circ}C$ sıcaklıkta 110Pa basınç altında sıvılaşması mümkündür. LPG'nin metana göre çok daha kolay sıvılaştırılması özelliği, LPG'yi metan gazından bir adım öne taşımaktadır. Oktan sayısı 103-105 arasındadır. Yani LPG oktan sayısı bakımından yüksek değerlere sahiptir.CO, HC ve NO_x emisyonları LPG yakıtlı taşıtlarda benzine oranla daha düşük seviyelere indirilebilmektedir. Kullanılan LPG dönüşüm sisteminin yapısına ve kullanılan elektronik kontrol donanımına bağlı olarak taşıtın emisyon seviyeleri değişim göstermektedir. Karbüratörlü taşıtlara LPG dönüşüm sistemi uygulandığında kirletici emisyonlar önemli ölçüde azalmaktadır.

LPG benzinli motorlarda, doğal gaz ise hem benzinli hem de dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilir. LPG yakıt sisteminin doğal gaz yakıt sistemine göre yapısal farklılıkları bulunmaktadır. Sıvılaştırılmış petrol gazının (LPG) alternatif yakıt olarak kullanılabilmesi için depolama koşullarına dikkat edilmesi gerekmektedir. 2-5 bar basınçta, oda sıcaklığında ve 30-60 litrelik çelik tanklarda depo edilirler. Günümüzde LPG yakıtı araçlarda çelik depolarda ve basınç altında depolanmaktadır. Basınç altında depolanan LPG sıvı halde otomobil motorlarında ve evlerde mutfak tüpü olarak kullanılmaktadır. Buji ateşlemeli motorlarda kullanılan benzin ile LPG arasında farklılıklar vardır. Gaz yakıtlarda karışım hazırlama kolaylaşmakta, motora ani gaz verme durumlarında hava-yakıt karışımı daha düzgün silindire gitmektedir. Sıvı yakıtlara göre LPG silindir içerisinde daha geniş alana yayılarak daha homojen yapı oluşturmaktadır (Yaman, 2004). Ancak dönüşüm sistemleri doğru uygulanmadığında beklenen oranda iyileşmeler sağlanması yerine daha kötü emisyon değerlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle araçlardaki dönüşüm sistemi kurulumu dikkatle yapılmalıdır. Benzin ve motorin yakıtlı araçlarla kıyaslandıklarında yakıt fiyatları açısından oldukça ekonomiktir. Yanma reaksiyonları ile kurşun ya da hidrokarbon gibi zararlı atıklar oluşturmadığı

için motorun yanma odasını kirletmez, temiz bir yanma sağlarlar. Taşıttaki entegre yakıt sistemi ile ilgili arıza riskini düşürür ve araçta bulunan ateşleme bujisinin ve motor yağının ömrünü uzatır. LPG sistemleri yakıtın akması veya buharlaşması gibi riskler barındırmaz. Bu sayede oldukça temiz bir yakıt türüdür. Çelik tanklarda ve boru hatlarıyla taşınmaları gerçekleştirilmektedir.

LPG yakıt sistemlerinin olumlu yönleri kadar olumsuz yönleri de mevcuttur. LPG yakıt sisteminin araçlara uygulanması için ek maliyet gerektirmektedir. Binek araçlara uygulanan LPG sistemlerinde yakıtın depolanacağı tüplerin sahip olduğu hacim sebebiyle bagaj hacmi küçülmektedir. NO_x emisyon problemleri oluşturabilmektedir. Canlılar üzerinde toksik etki yaratmamasına rağmen ortamdaki LPG miktarının artması sonucu boğuculuk tehlikesi açığa çıkabilir. Düşük sıcaklıkta buharlaşması nedeni ile insan vücuduna teması söz konusu olursa, ciddi deri yanıkları oluşturur. Isı arttıkça basıncı artarak kritik bir sıcaklık ve basınçta içinde bulunduğu tankın patlamasına neden olabilir. LPG'nin en önemli yetersizliği ise petrole göre kütleli olarak %11, hacimsel olarak %33 az enerji bulundurmasıdır. Setan sayısı düşük olduğu için dizel motorlarında kullanılmaya uygun değildir.

2.3.5. Doğalgaz

Yaygın olarak kullanılan sıvı yakıtların yerine alternatif yakıt arayışı, ekolojik durum, temin edilebilirlik ve maliyetlerine bağlı olan güncel gelişmeler tarafından yönlendirilmektedir. Doğalgaz küçük canlıların milyonlarca yıl süren çürümeleri sonucu oluşan bir fosil yakıt türüdür. Yapısında %80-90 oranında metan bulundurmasının yanında etan, propan, bütan, karbondioksit ve azot içeren yüksek kalorili bir gaz yakıttır. İhtiva ettiği tortu türüne bağlı olarak doğalgaz da daha ağır hidrokarbonlar ve hidrojen sülfür, nitrojen, karbon dioksit, argon ve eser miktarlarda diğer bileşikler gibi çeşitli safsızlıklar içerir.

Doğalgaz 250 bar basınç altında sıkıştırılarak çelik ve basınca dayanıklı tüplerde ve normal atmosfer basıncında -160 °C sıcaklıkta soğuk sıvı olarak depo edilmektedir (Diler,2006). Sıkıştırma yöntemiyle elde edilen yapı CNG (sıkıştırılmış doğal gaz) ve sıvılaştırılmış yapı ise LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) adını alır. Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) işleyiş biçimine göre LPG ile benzer özellikler göstermektedir. Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) ise daha farklı sistemler kullanılarak otomobil ve büyük

araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır. İçeriğinde metanın yüksek oranda bulunması doğal gazın yanma verimini artıran en önemli etkenlerden biridir. Aynı zamanda yapısında metanın yoğun olması sebebiyle birçok Avrupa ülkesinde doğalgaz, metan olarak adlandırılır. Doğal olarak bulunan en temiz fosil yakıttır. Havadan daha hafiftirler. Kolay yanma sağlarlar ve yüksek ısı verirler. Ayrıca yakıt dolumu kolay ve temiz bir şekilde gerçekleştirilebildiği ve daha az bakım maliyeti gerektirdiği için kullanıcı dostu bir yakıt türü olarak nitelendirilebilir.

Doğalgazın ticari olarak kullanılmaya başlaması 1900'lü yılların başlarına kadar uzanmaktadır. Geçtiğimiz yüzyılda yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Rezervleri tıpkı ham petrol gibi yer altında veya okyanus tabanlarında yer almaktadır. Rusya, Kuzey Afrika, Kuzey Amerika ve Ortadoğu zengin doğalgaz yataklarına sahiptir. Doğal gaz, tek başına veya beraberindeki ham petrol rezervuarlarında bulunabilmektedir. Rezervlere açılan kuyular yoluyla ulaşılan doğalgaz, kuyulardan kendi basıncı ile yeryüzüne çıkmaktadır. Bu yönüyle ham petrolden ayrılır. Diğer fosil yakıtlara göre daha kolay ve daha az maliyetle elde edilirler. Ekstraksiyondan sonra sadece kurutma ve bazı durumlarda kükürt gidermeyi gerektirirler (Merkisz ve diğ., 2016). Oldukça az rafinasyon işlemine ihtiyaç duyarak boru hatlarına gönderilirler. Kullanım amaçlarına göre ana iletim, dağıtım, bağlantı gibi isimlerle isimlendirilen değişik hacimlerde ve basınçlara sahip boru hatları ile taşınımları yapılır ve bu boru hatları ile taşınımları kolayca gerçekleştirilir.

Enerji üretiminde, kimya sektöründe ve evsel ihtiyaçların karşılanmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Havadan hafif olması nedeniyle atmosferde çabucak yayılarak dağılır. Bu özelliğiyle patlama ya da yanma riski diğer fosil yakıtlara oranla oldukça düşüktür (Merkisz ve diğ., 2016). Doğalgaz diğer yakıtların aksine birincil enerji kaynağıdır. Kaynaktan çıktığı haliyle yakıt dolum noktasına gelerek araca ikmal yapılan tek yakıt türüdür. Bundan dolayı maliyeti oldukça düşüktür. Yakıt sistemleri çok sıkı standartlar dahilinde uygulamaktadır. Taşıtlar için doğalgaz yakıt tüpleri, benzin depolarından çok daha dirençli yapılmaktadır. Bu sayede doğalgaz yakıt tüpleri büyük kazalarda bile sağlam kalabilen bir yapıya ve senelerce kullanılacak uzun bir ömre sahiptirler. Yakıt dolumu esnasında dolum işlemi otomatik olarak sona erdiğinden, aşırı doldurma veya dökülme riski taşımazlar. Dolum sistemi tamamen yalıtılmış olduğundan, dolum sırasında atmosfere yakıt kaçağı

gerçekleşmemektedir. Yakıt dolum işlemi kolay ve temizdir. Doğalgaz yakıtlı taşıtlarda yakıt kökenli kaza ve yangın olasılığı, geleneksel yakıtlı taşıtlara oranla çok daha düşüktür. Bu yönleriyle doğalgazın güvenli bir motor yakıtı olduğu söylenebilir. Doğalgazlı yakıtlarla çalışan araçların sayısı giderek artış göstermektedir. Doğal gazlı taşıtlar, benzinin yakıt ekonomisini karşılar veya geçer. Yeni teknolojiyle donatılan doğal gaz motorları, halen kullanılmakta olan dizel motorları kadar verimlidir.

Doğalgazın oktan sayısı yüksektir. Bu sayede motorda yüksek termik verim elde edilir. Hafif ve orta hizmet taşıt filolarında kullanıldığında, ozon oluşturan kimyasal emisyonlarını önemli düzeyde düşürme potansiyeline sahiptir. Doğalgaz taşıtlarda kullanıldığında, partikül emisyonlarında geleneksel dizel yakıtlı motorlara oranla %65-90 azalma, ağır hizmet tipi kamyonlarda ve otobüslerde kullanımında ise dizel motorların en fazla bilinen problemlerinden biri olan NO_x salınımlarında 2/3 kadar azalma sağlamaktadır. Ayrıca doğalgazdan petrol kökenli yakıtlara oranla %25 daha az CO₂ emisyonu salınımı gerçekleşmektedir. Partikül oluşmaması ve doğalgazın yağ içermemesi motor ömrünü uzatmaktadır. Bu da araçların bakım maliyetlerini ve emisyonları düşürdüğünden doğalgazın temiz bir yakıt olduğu söylenebilir. Doğalgazın petrol ürünü yakıtların yerini alması sağlanarak atmosfere salınan emisyonların azaltılmasına katkıda bulunabilir. Bu yaklaşım özellikle kentsel bölgelerde gittikçe artan ve halk sağlığını ciddi ölçüde etkileyen kirleticilerin azaltılmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için atılacak en önemli adımlardan biri olarak sayılabilir.

Doğalgazın olumlu tarafları olduğu kadar olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Doğalgaz yakıt dolum istasyonlarının kurulması yüksek maliyetler gerektirmektedir. Her ne kadar kaynaktan çıkarılması ve düşük rafinasyon gereksinimi açısından ham petrole göre ekonomik olsa da taşınmaları diğer yakıtlara göre daha pahalıdır. Yüksek basınçlı ve düşük sıcaklıklı kompresörlere gereksinim duyarlar. Düşük buharlaşma sıcaklıkları sebebiyle sıvılaştırılmaları zor olduğundan taşınımı ve depolanması sorun teşkil etmektedir. Ayrıca taşınımı için gereken boru hatlarının oluşturulması da ek bir maliyete sebep olmaktadır. Boru hattı ile taşınımı ve dağıtımı yapılamayan kullanım yerlerine LNG (sıvılaştırılmış doğalgaz) ve CNG (sıkıştırılmış doğal gaz) olarak özel tüplerle ve tankerler aracılığıyla iletimleri yapılmaktadır. Kısaca yakıtın kaynaktan temin edilip kullanıcıya ulaştırılması için gerekli altyapının

oluşturulabilmesi yüksek maliyetli bir yatırım gerektirmektedir. Depolanması sırasında dökülme ve sızıntı riski bulunmaktadır. Sızıntı olduğunda sızıntının gerçekleştiği ortam havalandırılmazsa, küçük bir kıvılcım ile yanma veya patlama riski taşır. Metanın olası bir sızıntı probleminde havaya karışması durumunda sera etkisine sağlayacağı katkı, metanın atmosferdeki ömrünün uzun olması sebebiyle karbondioksite oranla 20 kat fazla olacaktır. Doğalgaz yakıtlı taşıtlar, diğer motor yakıtı türlerine oranla daha yüksek fiyatlara satılmaktadır. Diğer bir belirleyici faktör olan dönüşüm maliyetleri de dizelerde biraz daha fazla olmak üzere pahalıdır. Karakteristiklerine de bağlı olarak taşıt performansını bir miktar düşürmektedir.

LPG ve doğal gaz güvenli motor yakıtlarıdır. Havadan hafif olmaları nedeni ile çabucak yayılarak dağılır. Benzinden farklı olarak açık havada patlama riski barındırmazlar. Benzin ve motorinden farklı olarak havada sadece sınırlı bir konsantrasyon aralığında yanabilmektedirler. Tablo 2.1 yakıtların yanma özellikleri verilmiştir:

Tablo 2.1. Yakıtların yanma verimlerinin karşılaştırılması (Duvarcı, 2011)

Yakıtların Karşılaştırılması	Doğalgaz	Benzin	LPG	Motorin
Yanma verimi	92	90	90	90
Oktan sayısı	95-105	95-100	89	95
Tutuşma sıcaklığı (°C)	600	440	418	225
Hava karışım oranları (%)	4-16	1,3-7,6	2-8,7	0,3-10
Kalorifik değerleri (kcal/kg)	11150	7676	11000	11200

3. IPCC VE EMEP/EEA METODOLOJİLERİ

3.1. IPCC

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından geliştirilmiştir. Panelin ilk görevi iklim değişikliğinin sosyal ve ekonomik etkileri hakkında bilimsel verilere dayanarak kapsamlı incelemeler yapmak ve olası bir uluslararası iklim mücadele sözleşmesine dahil edilmek için potansiyel mücadele stratejileri ve unsurları belirleyerek bu konular hakkında tavsiyelerde bulunmaktır. Panel, Birleşmiş Milletler ve Dünya Meteoroloji Örgütü'ne üye ülkelerden oluşan, Türkiye'nin de içinde olduğu 195 üye ülke tarafından belirlenmiş bağımsız süreçlere göre çalışmalarını sürdürmektedir. IPCC bilim insanları, değerlendirme raporları için her yıl yayımlanan binlerce makaleyi inceleyip iklim değişikliğinin etkenlerinin, etkilerinin ve gelecekteki olası riskleri hakkında bilinenlerin kapsamlı özetini sunmak amacıyla vakitlerini gönüllü olarak ayırırlar. Dünyanın dört bir yanından uzmanlar ve hükümetlerin yaptığı açık ve şeffaf bir inceleme ile objektif ve eksiksiz bir değerlendirme sağlayarak çeşitli görüş ve uzmanlıkları yansıtmak sürecin önemli bir parçasıdır. IPCC kendi araştırmasını yürütmemektedir. Değerlendirmeleriyle farklı alanlardaki bilimsel uzlaşmanın gücünü ortaya koyar ve daha fazla araştırma yapılması gereken noktaları belirtir. Panelin metodoloji alanındaki çalışmaları, üye ülkeler için rehber niteliği taşımakta olup ülkelerin sera gazı emisyon envanterlerinin hazırlanabilmeleri için ihtiyaç duydukları verileri sağlamaktadır. 1988'den bu yana çalışmalarını sürdüren IPCC, dünya çapında yayınlanan en kapsamlı bilimsel raporlar olma niteliklerinde raporlar yayınlamaktadır. Ayrıca Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), Hükümetler ve uluslararası kuruluşların belirli bilimsel ve teknik konularla ilgili bilgi taleplerine yanıt niteliği olarak bir dizi metodoloji raporları, özel ve teknik raporlar da yayınlamıştır. Hazırlanan raporlar müzakerelerde temel referans kaynakları olarak kullanılmaktadırlar. Panel tarafından her 5 ila 7 yılda bir yayınlanan Değerlendirme Raporları; iklim sisteminin günümüzdeki durumu hakkındaki güncel verilere ışık tutarak basınla ve karar vericilerle paylaşılmaktadır. İlk rapor 1990 yılında yayınlanmış; sonrakiler ise 1996,

2001, 2007 ve 2014 yıllarında yayınlanarak birbirini takip etmiştir. 5. Değerlendirme Raporu (AR5), 2007 yılında hazırlanmaya başlamış ve 2014 yılında yayınlanmak için onaylanmıştır. Yaklaşık 900 bilim insanının katılımıyla hazırlanmış olan rapor 30 bin sayfadan oluşmaktadır ve daha çok politikacılarla karar vericilere yönelik kapsamda hazırlanmıştır. Panel 6. Değerlendirme Raporu (AR6) için 3 özel rapor hazırlama kararı almıştır. 2021 yılında çalışmalarını sonlandıracak olan bu üç çalışma grubunun katkılarıyla raporun 2022 yılında yayınlanması kararlaştırılmıştır.

IPCC, BMİDÇS altında, karar vericilere ve diğer ilgili kişilere iklim değişikliği konusunda tarafsız bilgi sağlanması amacıyla kurulduğundan; insan kaynaklı iklim değişikliği konusunda mevcut bilginin geliştirilmesine, geliştirilen bilginin yayılmasına ve iklim değişikliğinin önlenmesi için yapılması gereken çalışmaların temellerinin belirlenmesine yapmış olduğu katkılardan dolayı 2007 Nobel Barış Ödülüne layık görülmüştür (URL-10).

IPCC'nin 1990 yılında yayınladığı rapor, iklim değişikliğini bilimsel olarak ifade etmiştir. 1992 Rio Zirvesi'yle önemli bir adım atılarak "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" kabul edilmiştir ve sözleşme 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. 1997 yılında Kyoto'da yapılan 3. Taraflar Konferansı'nda hazırlanan Protokol'le birlikte dünya genelinde, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre sera gazları emisyon miktarlarının belli seviyelere çekilmesine ilişkin önemli bir adım atılmıştır (URL-11). İklim değişikliği kavramıyla özdeşleşen Kyoto Protokolü 14 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girerek sera gazı emisyon artışlarına kısıtlamalar getirmiştir.

3.1.1. Kyoto Protokolü

BMİDÇS, iklim değişikliğine karşı verilen mücadele üzerinde önemli bir mihenk taşı olmuştur. Sözleşmenin en yetkili organı olan Taraflar Konferansı (Conference of the Parties-COP) ilk oturumunu 1995 yılında Berlin'de gerçekleştirmiştir. BMİDÇS'nin eki olarak kabul edilen uluslararası bir anlaşma olan Kyoto Protokolü ise atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklim özellikleri üzerinde değişim eğilimleri yaratmayacak seviyelerde kalmasını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. 16 Mart 1998 ile 15 Mart 1999 tarihleri arasında imzaya açılan protokol, imza açılış tarihinden bir sene önce Japonya'nın Kyoto şehrinde gerçekleştirilen 3. Taraflar Konferansı (COP 3) sırasında

benimsenmiştir. Protokol ile ilgili detaylı kurallar bütünü ise 2001 yılında Fas'ın Marakeş kentinde yapılan 7. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Protokol, sanayileşmiş devletlerin sera gazı salımlarını “stabilize etmeleri” doğrultusunda bağlayıcılığı bulunmayan bir yükümlülük barındıran BMİDÇS'den farklı olarak sanayileşmiş ülkelere bağlayıcı sera gazı azaltım yükümlülüğü öngörmüştür (URL-12). Gelişmiş ülkelerin 2000 yılındaki sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için İDÇS'nin yetersiz olduğu kabul edildiği için yükümlülüklerin daha sıkı hale getirilmesi ve yasal bağlayıcı bir belgeye dayalı amacıyla Kyoto Protokolüne ihtiyaç duyulmuştur. İklim değişikliğine sebep olan başlıca 6 adet sera-gazı bulunmaktadır. Bunlar CO₂, CH₄ (metan), N₂O (diazot monoksit), HFC (hidrofloro-karbon), PFC (Per-floro-karbon), SF₆ (kükürt hekza florit)'dir. Bunların içinde en önemlisi toplam sera-gazı miktarı içindeki %82'lik payı ile CO₂ gazıdır.

Protokole göre; Ek-I listesinde yer alan ülkeler, 2008-2012 birinci taahhüt dönemi sonunda toplam sera gazı emisyonlarını ortalama olarak 1990 yılı seviyesinin en az %5,2 altına indirme yükümlülüğünü kabul etmişlerdir (Öztürk, 2019). Bunun yanında bazı ülkeler için farklı oranlarda emisyon indirgeme hedefleri belirlenmiştir. Avrupa Birliği (AB) için ortalama olarak %8, ABD için %7, Japonya için %6 ve Rusya için %0 emisyon azaltım hedefleri koyulmuştur. Protokolün yürürlüğe girebilmesi için protokolü onaylayan ülkelerin 1990'daki atmosfere saldıkları karbon miktarının yeryüzündeki toplam emisyonun %55'i olması şartının gerçekleştirilmesi gerektiği şartı koşulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nin protokolü onaylamaması sebebiyle yürürlüğe giremeyen Kyoto Protokolü, Rusya Federasyonu'nun protokolü 2004 yılında kabul etmesiyle birlikte 16 Şubat 2005 tarihinde fiili olarak yürürlüğe alınmıştır. 141 ülke ve Avrupa Birliği tarafından benimsenmiş olan protokol, sera gazı emisyonunun azaltılması amacıyla sanayileşmiş ülkelere bağlayıcı hedefler koymaktadır. BMİDÇS, emisyonun azaltılması için teşvik edici uygulamalar, Protokol ise zorlayıcı yaptırımlar öngörmektedir. Protokolde “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi doğrultusunda farklı yükümlülükler belirlenerek aşağıdaki listeler oluşturulmuştur:

Ek-A Listesi: Küresel ısınmaya sebep olan sera gazları ve bu gazların azaltılmaya çalışılan emisyonlarının kaynaklandığı sektörler hakkında açıklamaların yer aldığı listedir (Mataracı, 2016).

Ek-B Listesi: Sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan ve emisyon azaltım ya da kontrollü artış yükümlülüğü bulunan ülkelerin 2008–2012 yılları arasında ulaşmaları gereken emisyon azaltım oranları verilmiştir.

Protokol kapsamında, EK-B Listesi'nde yer alan ülkelerin sera gazı salınımlarının toplamını, 2008-2012 yılları arasındaki birinci taahhüt döneminde, 1990 yılındaki seviyenin %5 altına düşürmek hedeflenmiştir. Bu hedefe uygun olarak ülkeler farklı oranlarda azaltım yükümlülükleri almışlardır. Gelişmekte olan ülkeler için gönüllülük esasıyla emisyon azaltım hedefi belirtme hakkı tanınmıştır. 2005 yılı, Ek-B listesinde yer alan taraf ülkelerin belirlenmiş emisyon azaltım oranları ile ilgili gelişmelerin belgelerle belirtileceği yıl olarak belirlenmiştir. Buna dayanarak aynı yıl, elde edilen veriler ışığında ikinci taahhüt döneminin çalışmalarına başlanması hedeflenmiştir. İlerleyen dönemde iklim politikalarının belirlenmesi amacıyla, 2007 yılında Bali'de gerçekleştirilen 13. Taraflar Konferansı sonucunda oluşturulan Bali Yol Haritası ve daha sonra, 2009 yılında Kopenhag'da düzenlenen 15. Taraflar Konferansı'nda ikinci taahhüt dönemi için taraflar uzlaşmamış; 2012 yılında Doha'da düzenlenen 18. Taraflar Konferansı'nda uzlaşmaya vararak, Protokol'ün 2020 yılına kadar devam etmesi kararı almışlardır. Böylece, ikinci taahhüt dönemi 2013-2020 yılları olarak belirlenmiştir. Protokolün ikinci taahhüt dönemini oluşturan "Doha Değişikliği" ile Ek-B listesinde bulunan tarafların emisyonlarını ilk taahhüt döneminden farklı olarak 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması kararlaştırılmıştır. Yürürlüğe girebilmesi için, 144 taraf ülke tarafından kabul edilmesi gereken Kyoto Protokolü'ne getirilen Doha Değişikliği 10 Aralık 2019 tarihi itibarıyla, 135 ülke tarafından kabul edilmiş olup, yürürlüğe girmemiştir. ABD, Japonya, Rusya ve Yeni Zelanda ikinci taahhüt döneminde yer almamışlardır. Bu bağlamda, iklim değişikliğiyle mücadele, Avrupa Birliği ile bazı küçük gelişmiş ülkelerin salınım azaltımı konusundaki taahhütlerine bırakılmıştır (Türkeş ve diğ., 2000). Protokol'e taraf olan, EK-B dışındaki diğer ülkelerin sera gazı salım azaltımı konusunda sayısal yükümlülükleri bulunmamaktadır.

3.1.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü kapsamında Türkiye'nin konumu

BMİDÇS'nin 1992 yılında kabul edilen metninde Türkiye, OECD üyesi olması nedeniyle hem Ek-I hem de Ek-II listelerinde yer almıştır. Bu durum Türkiye'nin gelişmiş ülkeler gibi değerlendirilerek emisyon azaltımı konusunda benzer sorumluluklar almasını gerekli kılacağından, Ek-II listesinden çıkarılıncaya kadar BMİDÇS imzalanmamıştır.

Türkiye, 1995 yılında Almanya'nın başkenti Berlin'de gerçekleştirilen 1. Taraflar Konferansı'ndan itibaren Ek-II listesinden çıkarılma talebini yinelemiştir. 2001 yılında Fas'ın Marakeş kentinde düzenlenen 7. Taraflar Konferansı'nda Türkiye'nin Ek-II listesinden çıkarılmasına ve özel şartları tanınarak Ek-I listesinde yer almasına karar verilmiştir. Bu özel şartların tanınmasının ardından 24 Mayıs 2004 tarihinde BMİDÇS'ye, 26 Ağustos 2009 tarihinde ise Kyoto Protokolü'ne taraf olunmuştur. Protokol kabul edildiğinde BMİDÇS tarafı olmayan Türkiye, Protokolün Ek-B listesine dahil edilmemiştir. Dolayısıyla, ülkemizin sayısallaştırılmış emisyon sınırlandırma ya da azaltım taahhüdü bulunmamaktadır. Ayrıca Türkiye, BMİDÇS müzakereleri altında kendine özgü bir konuma sahiptir. Bu kapsamda Türkiye, Ek-I kapsamında olup da geçiş ekonomisi olmayan ve "özel şartları" Taraflar Konferansı kararlarıyla kabul edilmiş olan tek ülkedir. Protokol'e taraf olan, Ek-B listesi dışındaki diğer ülkeler, Ek-dışı ülkeler olarak adlandırılmakta olup, bunların sera gazı emisyon azaltımı konusunda sayısal yükümlülükleri bulunmamaktadır.

3.1.3. Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları

Sera gazlarının azaltımını gerçekleştirmenin ülkeler açısından oluşturduğu maliyet, iklim değişikliği ile mücadelede ülkeler için önemli bir odak noktası haline gelmektedir. Sera gazlarının oluşum kaynakları gözetilmeksizin antropojenik kaynaklardan meydana gelen emisyonların azaltımının en az maliyetle gerçekleştirilmesi ülkeler için esas hedeflenen yaklaşımdır. Emisyonların birim azaltım maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermekle birlikte Kyoto Protokolü'nde belirlenmiş esneklik mekanizmaları bulunmaktadır.

- Emisyon Ticareti: Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesi ile düzenlenmiş olan bu mekanizma, Ek-I ülkeleri arasında emisyon ticaretini mümkün kılmaktadır. Ek-I

listesinde yer alan herhangi bir taraf ülke, Ek-B’de belirlenmiş olan emisyon azaltım miktarının bir bölümünün ticaretini yapabilir. Yani taahhüt ettiği emisyon miktarından daha fazla miktarda azaltım yapmayı başarmış olan üye ülke, yapmış olduğu azaltımdaki ilave miktarı başka bir Ek-I ülkesine satabilmektedir.

- Ortak Uygulama Mekanizması: Protokolün 6. Maddesi ile düzenlenen bu mekanizma Ek-I ülkeleri arasında gerekli şartların sağlanması koşuluyla, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasını veya sera gazlarının yutaklar yoluyla uzaklaştırılmasını amaçlayan projelerden elde edilen “Emisyon Azaltma Kredisi” (Emission Reduction Unit) kazanır ve kazanılan bu krediler toplam hedeften düşülür.

- Temiz Kalkınma Mekanizması: Protokolün 12. Maddesi ile belirlenen temiz kalkınma mekanizması, Ek-I ve Ek-I dışı ülkeler arasında uygulanmak üzere düzenlenmiştir. Bu mekanizma ile Ek-I Dışı ülkelerin sürdürülebilir kalkınma ilkesi doğrultusunda sera gazı azaltımına katkıda bulunmaları amaçlanmaktadır. Mekanizmanın prensibi, Ek-I listesinde yer alan tarafların emisyon azaltım taahhüdünü gerçekleştirmek için Ek-I dışı ülkelerde yapacakları proje faaliyetleri sonucunda “Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredisi” (Certified Emission Reductions) elde etmeleri üzerine işlemektedir.

3.2. EMEP/EEA

Birleşmiş Milletler Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution-CLRTAP) 13.11.1979 tarihinde yürürlüğe girmiş, ülkemiz sözleşmeye 1983 yılında, sözleşmenin veri raporlama yükümlülüğü getiren EMEP Protokolüne ise 1985 yılında taraf olmuştur. Sözleşmenin temel amacı uzun menzilli sınır ötesi hava kirliliğini de kapsayacak şekilde hava kirliliğinin sınırlanması, azaltılması ve önlenmesidir (Gürtepe ve Köksal 2014).

EMEP/EEA hava kirleticisi emisyon envanteri kılavuzu (eski adıyla EMEP CORINAIR emisyon envanteri kılavuzu) hem antropojenik hem de doğal emisyon kaynaklarından emisyonların tahmin edilmesi konusunda rehberlik sağlar. Ülkeler tarafından emisyon envanterlerinin UNECE Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Konvansiyonu ve AB Ulusal Emisyon Tavanları Direktifi'ne raporlanmasını kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Kılavuz, 2006 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Ulusal

Sera Gazı Envanterleri Kılavuzları ile uyumludur ve tamamlayıcı niteliktedir. Ayrıca, veri kullanılabilirliğini ve kaynağın önemini dikkate alarak, envanter derleyicilerinin en uygun metodolojik seçimi yapmalarına yardımcı olmak için karar ağaçları sağlayan IPCC Yönergeleri örneğini izlemeye devam etmektedir (URL-13).



4. MATERYAL METOT

Kocaeli İli ilçelerinde ayrı ayrı sefer yapan mevcut dizel ve doğal gaz ile çalışan otobüs ve minibüs sayıları, güzergâhlarının uzunlukları ile günlük sefer sayıları Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Ulaşım Park A.Ş Kocaeli'de çevreci ve konforlu yeni nesil otobüsleriyle toplu taşımayı sürdürmek ve ulaşımda kaliteyi arttırmak amacıyla her geçen yıl araç sayısını arttırmaktadır. Bu otobüsler ile emisyon miktarlarının aşağıya çekilmesi hedeflenmektedir (URL-14). Bu çalışmada kullanılan veriler 2017 yılı verileri olup, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen dosyalardaki istatistiki bilgiler incelendiğinde 1797 adet dizel, ulaşım parka ait 243 adet doğal gaz ile çalışan otobüs ve minibüs bulunduğu görülmüş ve o yıldaki kayıtlı araç sayılarına göre hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler değerlendirilerek, EMEP/EEA Tier 1 yaklaşımı ile karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), azot oksit (NO_x), diazot monoksit, (N₂O) ve amonyak (NH₃) ve için emisyon hesabı yapılmıştır (URL-13).

En yaygın basit metodolojik yaklaşım insan faaliyetlerinin gerçekleştiği kapsamdaki bilgileri (faaliyet verileri) birim aktivite başına emisyonları veya giderimi ölçen katsayılarla birleştirmektir. Enerji sektöründe faaliyet verilerini yakıt tüketimi parametresi oluşturmaktadır ve tüketilen birim yakıt başına salınan karbondioksit miktarı ise emisyon faktörünü meydana getirmektedir. Temel denklem bazı durumlarda emisyon faktörlerinden başka tahmin parametrelerini içerecek şekilde değiştirilebilir. Emisyon miktarlarını belirlemek için kullanılan eşitlik Denklem (4.1) ile aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\text{Emisyonlar} = \text{Faaliyet verileri (AD)} \times \text{Emisyon Faktörleri (EF)} \quad (4.1)$$

Denklemde verilen emisyon faktörleri, gerçekleşen faaliyet sonrası açığa çıkacak kirletici emisyon miktarını tahmin etmek için sektörel olarak çeşitli bilimsel çalışmalar sonrasında geliştirilmiş ve literatüre girmiş çarpan sayılardır. Emisyon hesaplarının belirsizliğini aktivite verisi ve emisyon faktöründeki belirsizlik etkilemektedir. Bu

sebeple emisyon envanterleri daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak adına her yıl geliştirilerek güncellenmektedir (Gürtepe ve Köksal 2014).

Emisyonları hesaplama metotları “Tier” olarak ifade edilen ve üç farklı seviyede yaklaşımı izleyen bölümlere ayrılmıştır. Her bir Tier, bir metodolojik karmaşıklık düzeyini temsil eder. Burada seviyeyi belirleyen faktörler faaliyet ve teknoloji detaylarıdır. Tier 1 metodu temel yöntemdir. Genel olarak daha az veri içeren basit bir yöntemken, Tier 2 metodu orta seviyede, Tier 3 metodu ise daha karmaşık yapıda olan ve detaylı veri gereksinimi bulunan bir yöntemdir. Tier 2 ve Tier 3 uzmanlık gerektiren yöntemlerdir. Bu iki yöntem temel olarak aynı mantıkla kullanılmakla birlikte daha karmaşık ve nispeten daha küçük belirsizliklerden kaynaklanan verilerin hesaba katılmasıyla gerçekleştirilir.

4.1. Tier 1 Yöntemi

Ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyon hesabı için en sık tercih edilen temel yöntemdir. Açığa çıkan kirletici gazların emisyon hesaplamaları yapılırken dikkate alınması gereken birçok parametre bulunmaktadır. Araçta kullanılan yakıt tipi, motor yanma teknolojisi, araçların çalışma koşulları, araç yaşı ve özellikleri gibi önemli pek çok farklı parametreler hakkında detaylı veriler çoğu ülkede bulunmamaktadır. Bu etkenler dikkate alınmaksızın yapılan Tier 1 hesaplamaları ile çalışmada yaklaşık sonuç vermesi planlanan bir hesaplama yöntemi izlenmiştir.

4.2. Tier 1 Yaklaşımı İle Emisyon Hesaplamaları

Ulaşım sektöründen kaynaklanan bütün emisyon değerlerinin hesabı, yakıtın yanması esasına dayanarak kurulmuştur. Bu yöntemde kullanılan yanma teknolojisi hesaplamalara dahil edilmemektedir. Yöntem top-down yöntemi olup, x kadar kullanılan yakıtla orantılı olarak y kadar emisyon çıkacaktır mantığına dayanmaktadır (Pekin, 2006). Yani motorda yanmaya uğrayan yakıtı ve motorun yaktığı birim yakıt miktarı başına açığa çıkarmış olduğu emisyon miktarını esas almaktadır. Tier 1 yöntemine göre tüketilen yakıt miktarı ve emisyon faktörü verilerine göre emisyon miktarı hesaplanmaktadır. Hesaplamalar için kullanılan yöntem Eşitlik (4.2) ile ifade edilmektedir:

$$E = FC \times EF \quad (4.2)$$

E: emisyon miktarı (kg)

FC: Tüketilen yakıt miktarı (ton)

EF: emisyon faktörü (kg/ton)

Emisyon değerleri hesaplanırken kullanılacak olan emisyon faktörü değerleri EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 isimli veri tabanından alınmış ve Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Tier 1 emisyon faktörleri (URL-13)

Yakıt Tipi	CO (g/kg yakıt)	NMVOC (g/kg yakıt)	NO _x (g/kg yakıt)	PM10 (g/kg yakıt)	N ₂ O (g/kg yakıt)	NH ₃ (g/kg yakıt)	CO ₂ (kg/kg yakıt)
Dizel	7,58	1,92	33,37	0,94	0,051	0,013	3,140
CNG	5,7	0,26	13	0,02	n.a	n.a	2,750

Ağır hizmet araçları için SO₂ emisyonları hesaplanmasında yakıt türüne göre belirlenmiş olan emisyon faktörleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Tier 1 yakıt tipine göre tipik sülfür içeriği emisyon faktörü (URL-13)

Yakıt Tipi	SO ₂ (1 ppm = 10 ⁻⁶ g/g yakıt)
Dizel	8 ppm
Doğal Gaz (CNG)	-

SO₂ emisyonları hesaplanırken yakıttaki tüm kükürdün SO₂ yapısına dönüşmüş olduğu varsayılır ve Formül (4.3) ile hesaplamaları gerçekleştirilir:

$$E_{SO_2} = 2 \times k \times FC \quad (4.3)$$

E_{SO₂} = Yakıttaki SO₂ emisyonu miktarı (g)

k = Yakıttaki ağırlıkla ilintili sülfür içeriği (g/g yakıt)

FC = Yakıt tüketimi

Tier 1 düzeyi emisyon değeri hesaplamaları için kilometre başına tipik yakıt tüketim değerleri ve karbondioksit emisyon faktörü ise Tablo 4.3 ve 4.4’te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Tier 1 araç kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketimi (URL-13)

Yakıt Tüketimi	Ortalama (g/km)
Dizel	240
Doğalgaz	500

Tablo 4.4. Yakıt türüne göre CO₂ emisyon faktörü (URL-13)

Yakıt Türü	(kg CO ₂ /kg yakıt)
Dizel	3.140
LPG	3.017
Doğalgaz	2.750

4.3. Çalışma Alanı

Marmara bölgesinde yer alan Kocaeli ili 2018 itibarıyla 1.906.391 kişilik nüfusa sahiptir. 3505 km² yüzölçümüne sahip olan il, Asya ile Avrupa kıtaları arasında önemli bir konumda yer almaktadır. İstanbul, Sakarya, Yalova ve Bursa'ya komşu olan şehir gelişmiş sanayi sektörü ile ülkemizin önemli kentlerinden biri haline gelmektedir. Yüzölçümü bakımından Türkiye'nin altıncı küçük ili olan Kocaeli; İstanbul'a ve çevresindeki diğer büyükşehirlere olan yakınlığı, sınırları içinde barındırdığı üniversiteler ve sanayi sektörünün barındırdığı istihdam potansiyeli ile dinamik bir nüfus dağılımına sahiptir. Marmara Denizi ve Karadeniz'e kıyıları bulunan ilin 12 adet ilçesi mevcuttur. Özellikle şehirde yer alan üniversitelerde öğrenim görmekte olan öğrencilerin de katkısıyla, gelişmiş toplu taşıma ağı ile ulaşım yaygın olarak tercih edilmektedir. Şekil 4.1. ile çalışmanın yapıldığı Kocaeli ili gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı Kocaeli İli (URL-14)

Çalışma Kocaeli ilinin Başiskele, Çayırova, Darıca, Derince, Dilovası, Gebze, Gölcük, İzmit, Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez ilçelerini içermektedir. İlçelerde trafiğe katılan toplu taşıma yapan taşıtların yakıt sarfiyatları, yakıt özellikleri ve güzergah mesafeleri dikkate alınmış ve hesaplamalar Kocaeli ilçeleri için ayrı ayrı yapılmıştır.

4.4. Kocaeli İli'ndeki Dizel ve Doğalgaz Yakıtlı Otobüs ve Minibüslerin Emisyon Envanteri

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiş verilere göre her bir ilçedeki sefer yapan mevcut dizel ve doğal gaz ile çalışan araç sayıları, güzergah uzunlukları ile günlük sefer sayıları Tablo 4.5'te verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler 2017 yılı verileri olup, verilen dosyalardaki istatistiki bilgiler incelendiğinde 1797 adet dizel, Ulaşım Park'a ait 243 adet doğal gaz ile çalışan otobüs ve minibüs bulunduğu görülmüş ve o yıldaki kayıtlı araç sayılarına göre hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler değerlendirilerek, EMEP/EEA Tier 1 yaklaşımı ile karbon monoksit (CO), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), azot oksit (NO_x), partiküler madde (PM₁₀), diazot monoksit, (N₂O), amonyak (NH₃), karbon dioksit (CO₂) ve kükürt dioksit (SO₂) için emisyon hesabı yapılmıştır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan bütün emisyon değerlerinin hesabı, yakıtın yanması üzerine kurulmuş durumdadır. Tier 1 yönteminde kullanılan yanma teknolojisi hesaba katılmamaktadır.

Tablo 4.5. Kocaeli ilçeleri otobüs ve minibüs seferleri hakkında veriler (KBB, 2017)

İLÇE	Güzergah Uzunluğu (km)	Sefer Sayısı (sefer/gün)	Güzergah Sayısı
BAŞISKELE	629	1586	31
ÇAYIROVA	700	1000	20
DARICA	450	2678	15
DERİNCE	500	1224	13
DİLOVASI	700	2345	12
GEBZE	465	5432	4
GÖLCÜK	565	2347	5
İZMİT	756	5678	30
KANDIRA	345	1234	45
KARAMÜRSEL	543	2345	23
KARTEPE	654	1345	16
KÖRFEZ	231	1457	31
TOPLAM	6538	28671	245

Kocaeli'nin tüm ilçelerinde mevcut otobüs ve minibüs hatlarında çalışan araçların yakıt tipleri belirlenmiş, her bir hatta çalışan araç sayısı, hatlardaki günlük gidiş ve

dönüş sefer sayıları ile hatların gidiş ve dönüş sefer mesafesi verileri ışığında her bir hatta kat edilen günlük mesafe uzunlukları hesaplanmıştır. Hatlarda günlük çalışan araç sayıları ile gidiş ve dönüş sefer sayıları hafta içi ve hafta sonu günlerinde değişiklik göstermektedir. Bu sebeple hesaplamalar hafta içi günleri ile cumartesi ve pazar günleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Her bir ilçedeki hatlara ait veriler ve verilerden elde edilen günlük toplam kat edilen mesafe uzunluklarıyla ilgili sonuçlar Ek-1’de verilen tablolarda gösterilmiştir;

- Başiskele ilçesinde yer alan otobüs ve minibüs hatlarının 19 tanesi dizel yakıtlı, 6 tanesi ise CNG yakıtlı motorlarla çalışmaktadır. İlçedeki hatlarla ilgili hafta içi ve hafta sonu günlerine ait veriler Ek-A Tablo A.1 ve A.2’de belirtilmiştir.
- Çayırova ilçesinde mevcut 9 hatta dizel yakıtlı araçlar, 5 hatta ise CNG yakıtlı araçlar çalışmaktadır. İlçedeki günlük toplam kat edilen mesafe uzunluğu Ek-A Tablo A.3 ve A.4’te gösterilmiştir.
- Darıca ilçesindeki araçlarla ilgili veriler Ek-A Tablo A.5 ve A.6’da gösterilmiştir.
- Derince ilçesinde dizel yakıtla çalışan 2 adet hat bulunmakta olup CNG ile çalışan araç bulunmamaktadır. İlçede mevcut hatlarda günlük çalışan araç sayısı verisine ulaşamamıştır. İlgili veriler Ek-A Tablo A.7 ve A.8’de gösterilmiştir.
- Dilovası ilçesinde hafta içi çalışan 14 hat bulunmakta olup günlük 54 araç hatlarda faaliyet göstermektedir. Cumartesi ve pazar günleri çalışan araç sayısı ve sefer sıklıkları azalmakta olup ilgili verilerle hesaplanan günlük kat edilen mesafe uzunlukları Ek-A Tablo A.9 ve A.10’da gösterilmiştir.
- Gebze ilçesindeki 38 otobüs ve minibüs hattı ile ilgili veriler ve günlük kat edilen toplam mesafeler Ek-A Tablo A.11 ve A.12’de belirtilmiştir.
- Gölcük ilçesiyle ilgili veriler Ek-A Tablo A.13 ve A.14’te gösterilmiştir.
- En fazla otobüs ve minibüs hattı bulunan İzmit ilçesinde günlük kat edilen mesafe uzunluğu hafta içi günleri için 135358,8km, cumartesi ve pazar günleri için 103232,7km ve 101082,2km olarak hesaplanmıştır. Sefer sayıları ile ilgili veriler Ek-A Tablo A.15 ve A.16’da belirtilmiştir.
- Kandıra ilçesinde dizel yakıtlı araçlarla hafta içi günlük 7869km yol kat edilirken CNG yakıtlı araçlarla 4354km mesafe yol alınmaktadır. Cumartesi günlerinde 6160km ve 4039km olan bu mesafeler, pazar günleri ise 5997km ve 3934km olarak

hesaplanmıştır. Ek-A Tablo A.17 ve A.18’de Kandıra ilçesindeki hatlarla ilgili hesaplamalar belirtilmiştir.

- Karamürsel ilçesiyle ilgili veriler Ek-A Tablo A.19 ve A.20’de gösterilmiştir.
- Kartepe ilçesindeki toplam kat edilen mesafe uzunlukları hafta içi günleri için 43334km hesaplanırken cumartesi ve pazar günleri için 4924,451km ve 3595km olarak bulunmuştur. İlçedeki seferlerle ilgili veriler Ek-A Tablo A.21 ve A.22’de verilmiştir.
- Körfez ilçesinde 18 hatta dizel ve 5 hatta CNG yakıtlı araçların çalıştığı ilçedeki hafta içi kat edilen günlük toplam mesafe uzunluğu 32761,4km olarak hesaplanmıştır. 22987,79 ve 815875,3km uzunlukları ise cumartesi ve pazar günleri için hesaplanan günlük toplam mesafe uzunluğudur. Ek-A Tablo A.23 ve A.24’te ilçedeki hatlarla ilgili veriler gösterilmiştir.

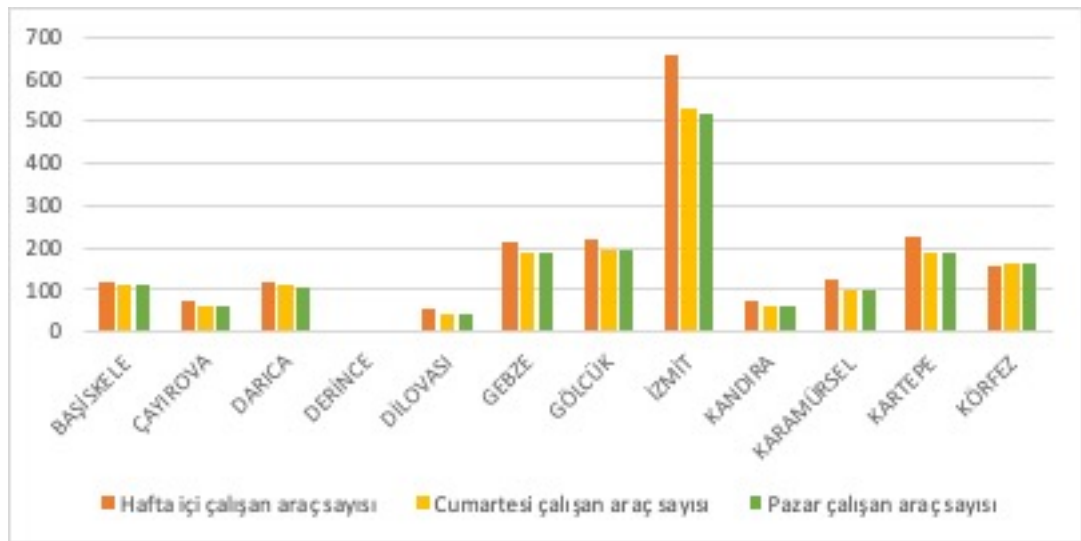
5. BULGULAR

İlçelerdeki her bir otobüs ve minibüs hattında günlük kat edilen mesafe uzunlukları belirlenmiş ve ilçelerdeki kat edilen günlük mesafe uzunlukları dizel ve doğalgaz yakıt tiplerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. İlçelerdeki hafta içi ve hafta sonu günlerinde çalışan araç sayıları Tablo 5.1’de verilmiştir:

Tablo 5.1. İlçelerdeki hafta içi ve hafta sonu çalışan araç sayıları (KBB, 2017)

İLÇE	Hafta içi çalışan araç sayısı	Cumartesi çalışan araç sayısı	Pazar çalışan araç sayısı
BAŞISKELE	118	114	114
ÇAYIROVA	76	61	60
DARICA	119	110	107
DERİNCE	-	-	-
DİLOVASI	54	45	42
GEBZE	215	187	187
GÖLCÜK	219	191	191
İZMİT	657	527	515
KANDIRA	76	63	61
KARAMÜRSEL	123	102	102
KARTEPE	225	190	190
KÖRFEZ	158	165	163
Toplam	2040	1755	1732

Araç sayılarının hafta içi ve hafta sonundaki değişimi Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Araç sayılarının hafta içi ve hafta sonu günlerindeki değişimi

Çalışan araç sayıları bakımından hafta içi ve hafta sonu değerleri karşılaştırıldığında hafta sonu bazı hatlardaki çalışan araç sayısı artarken, bazı hatlardaki araç sayısının azaldığı gözlenmiştir. İlçelerde hafta içi çalışan araçlar incelendiğinde 1797 adet dizel yakıtlı ve 243 adet CNG yakıtlı araç olmak üzere toplam 2040 otobüs ve/veya minibüsün bulunduğu belirlenmiştir. Hafta sonu çalışan araç sayıları incelendiğinde ise çalışan araç sayısının cumartesi günü için 1755, pazar günü 1732'ye düştüğü belirlenmiştir.

Körfez ilçesi hariç tüm ilçelerde hafta içi çalışan araç sayısı hafta sonu günlerine göre daha fazladır. İzmit ilçesinde hafta içi çalışan araç sayısı 657 iken bu sayı cumartesi günleri için 527'ye, pazar günleri için ise 515'e düşmektedir. Körfez ilçesinde bulunan üç toplu taşıma hattında çalışmakta olan araç sayısının ise hafta sonu çalışan sayısının hafta sonu günlerinde artmaktadır. İlçede hafta içi çalışan araç sayısı 158 iken bu sayı cumartesi günleri 165'e, pazar günleri ise 163'e çıkmaktadır.

Tablolardaki verilerle elde edilen günlük toplam mesafe uzunlukları ile Tier 1 araç kategorisine göre belirlenmiş ortalama yakıt tüketim değerlerine göre ilçelerdeki günlük ortalama yakıt tüketim miktarları hesaplanmıştır. Ağır hizmet araçları için belirlenen ortalama yakıt tüketim miktarı dizel için 240g/km iken doğalgaz için 500gm/km değerlerindedir.

Her bir ilçedeki günlük kat edilen mesafe uzunluklarının bu değerlerle çarpılmasıyla yakıt tüketim miktarları elde edilmiş ve hesaplamalar hafta içi, cumartesi ve pazar günleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.2, 5.3 ve 5.4 ile gösterilmiştir.

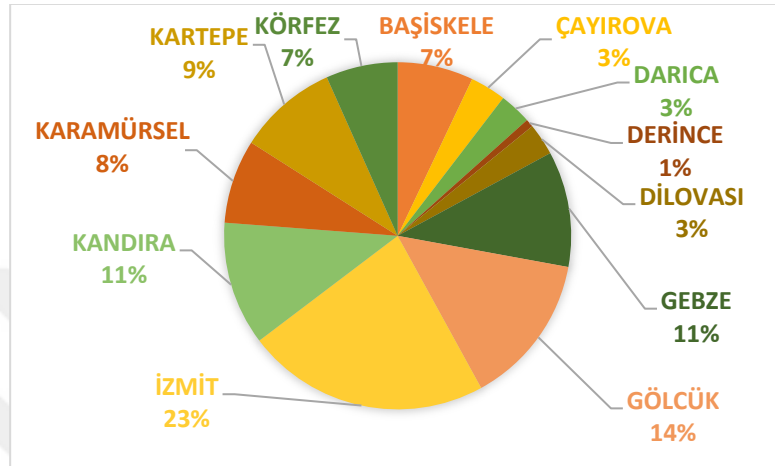
Hesaplamalarla elde edilen sonuçlara göre hafta içi günlerinde tüm ilçeler arasında en çok yakıt tüketimi 27331kg dizel ve 10741kg doğalgaz yakıt ile İzmit ilçesinde gerçekleşmektedir. En düşük dizel yakıt tüketimi 261kg ile Derince ilçesinde gerçekleşmekte olup en düşük doğalgaz yakıt tüketimi 1526kg ile Gölcük ilçesinde gerçekleşmektedir.

Tüm ilçelerin tamamında ise hafta için günlerindeki yaklaşık yakıt tüketim miktarının 95 ton dizel yakıt ve 35 ton doğalgaz olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Yani Kocaeli ilinde hafta içi toplam günlük yakıt tüketim miktarı yaklaşık 130 tondur.

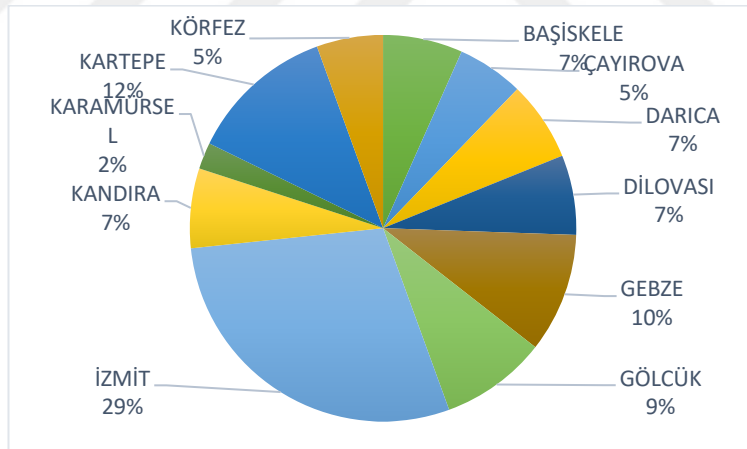
Tablo 5.2. İlçelere ait hafta içi toplam yakıt tüketim değerleri (KBB, 2017)

HAFTA İÇİ GÜNLÜK									
İLÇE	GÜZERGAH SAYISI	ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI (Dizel)	GİDİŞ KM	DÖNÜŞ KM	GİDİŞ SEFER SAYISI	DÖNÜŞ SEFER SAYISI	GÜNLÜK TOPLAM KM	Dizel 240 g/km	kg Dizel
BAŞİSKELE	19	103	357	371	600	601	22203	5328720	5329
ÇAYIROVA	9	62	169	151	519	507	16684	4004225	4004
DARICA	8	99	121	138	695	707	25718	6172320	6172
DERİNCE	2	-	77	80	12	12	1085	260514	261
DİLOVASI	8	37	150	150	289	289	13067	3135979	3136
GEBZE	29	183	666	639	1273	1234	50685	12164322	12164
GÖLCÜK	38	206	505	495	1581	1579	38768	9304408	9304
İZMİT	61	587	1094	1097	3592	3632	113878	27330657	27331
KANDIRA	31	66	804	803	247	252	7869	1888466	1888
KARAMÜRSEL	21	112	468	467	951	955	41206	9889470	9889
KARTEPE	25	198	556	549	854	855	36628	8790697	8791
KÖRFEZ	18	144	451	452	592	593	28129	6751053	6751
TOPLAM	269	1797	5417	5391	11205	11216	395920	95020830	95021
İLÇE	GÜZERGAH SAYISI	ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI (CNG)	GİDİŞ KM	DÖNÜŞ KM	GİDİŞ SEFER SAYISI	DÖNÜŞ SEFER SAYISI	GÜNLÜK TOPLAM KM	CNG 500 g/km	kg CNG
BAŞİSKELE	6	15	154	152	77	74	3969	1984612	1985
ÇAYIROVA	5	14	105	105	74	77	3232	1616000	1616
DARICA	6	20	194	187	121	124	5480	2740000	2740
DERİNCE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DİLOVASI	6	17	232	230	76	75	5600	2800000	2800
GEBZE	9	32	327	310	140	139	8119,2	4059600	4060
GÖLCÜK	8	13	161	146	86	59	3051	1525573	1526
İZMİT	26	70	643	633	390	342	21481	10740549	10741
KANDIRA	6	10	376	360	40	41	4354	2177039	2177
KARAMÜRSEL	2	11	99	99	39	39	3886	1942757	1943
KARTEPE	11	27	315	293	121	116	6706	3353070	3353
KÖRFEZ	5	14	199	167	63	64	4632	2316000	2316
TOPLAM	90	243	2804	2682	1227	1150	70510	35255202	35255

Yakıt tüketiminin ilçelere göre dağılımı Şekil 5.2 ve 5.3 ile gösterilmiştir. İlçelere göre yakıt tüketim dağılımı incelendiğinde en büyük paya İzmit ilçesinin sahip olduğu görülmektedir. Bu fazlalık İzmit'te çalışan araç sayısının, güzergahların ve araçların kat ettiği günlük mesafenin diğer ilçelere göre daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Derince ilçesine ait doğalgazlı araç kaydı bulunmamaktadır.



Şekil 5.2. İlçelere göre dizel yakıt tüketim yüzdeleri



Şekil 5.3. İlçelere göre doğalgaz yakıt tüketim yüzdeleri

İzmit ilçesi dizel yakıt tüketiminin %23'ünün, doğalgaz yakıt tüketiminin ise %29'unun gerçekleştiği ilçedir. En düşük dizel yakıt tüketiminin gerçekleştiği ilçeler %1 ile Derince ve %3'lük oran ile Çayırova, Darıca ve Dilovası ilçeleridir. Doğalgaz yakıt tüketiminin en düşük gerçekleştiği ilçe %2 ile Karamürsel; hemen ardından ise %5'lik oran ile Körfez ilçesidir.

Tablo 5.3. İlçelere ait cumartesi günü toplam yakıt tüketim değerleri (KBB, 2017)

CUMARTESİ GÜNLÜK									
İLÇE	GÜZERGAH SAYISI	ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI (Dizel)	GİDİŞ KM	DÖNÜŞ KM	GİDİŞ SEFER SAYISI	DÖNÜŞ SEFER SAYISI	GÜNLÜK TOPLAM KM	Dizel 240 g/km	kg Dizel
BAŞİSKELE	19	99	357	371	552	555	20633	4951920	4952
ÇAYIROVA	9	52	168,53	150,675	513	500	16416	3939888	3940
DARICA	8	96	121	138	629	635	23306	5593440	5593
DERİNCE	2	-	76,660	79,555	7	0	304,43	73063	73
DİLOVASI	8	33	150,21	150	244	231	11204	2689032	2689
GEBZE	29	170	666	639	1260	1193	49029	11766960	11767
GÖLCÜK	38	179	505	495	1401	1399	36748	8819527	8820
İZMİT	61	470	1094	1097	2887	2530	83293	19990320	19990
KANDIRA	31	53	804	803	164	168	6160	1478400	1478
KARAMÜRSEL	21	96	468	466,5	735	741	28880	6931320	6931
KARTEPE	25	170	556	549,3	781	784	33830	8119270	8119
KÖRFEZ	18	154	451,24	452,194	519	305	18430	4423390	4423
TOPLAM	269	1572	5418	5391	9692	9041	328236	78776530	78777

İLÇE	GÜZERGAH SAYISI	ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI (CNG)	GİDİŞ KM	DÖNÜŞ KM	GİDİŞ SEFER SAYISI	DÖNÜŞ SEFER SAYISI	GÜNLÜK TOPLAM KM	CNG 500 g/km	kg CNG
BAŞİSKELE	6	15	154	152	77	74	3969	1984500	1985
ÇAYIROVA	5	9	105	105	57	58	2314	1157000	1157
DARICA	6	14	194	187	81	82	4065	2032500	2033
DERİNCE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DİLOVASI	6	12	232	230	60	58	4364	2182000	2182
GEBZE	9	17	327	310	83	72	5379,3	2689650	2690
GÖLCÜK	8	12	161	146	81	52	2686	1343073	1343
İZMİT	26	57	643	633	347	301	19940	9970000	9970
KANDIRA	6	10	376	360	37	38	4040	2019890	2020
KARAMÜRSEL	2	6	99,4	99	27	27	2613,5	1306750	1307
KARTEPE	11	20	314,84	293,297	90	86	4924,4	2462226	2462
KÖRFEZ	5	11	199	167	62	63	4557	2278500	2279
TOPLAM	90	183	2804	2682	1002	911	58852	29426089	29426

İlçelerde cumartesi günleri kat edilen mesafe uzunluklarına dayanarak elde edilen günlük yakıt tüketim miktarlarına göre 19990 kg dizel ve 9970 kg doğalgaz ile İzmit en yüksek tüketimin olduğu ilçedir. Yalnızca yedi adet gidiş seferi bulunan ve dizel tüketim miktarı 73 kg olan Derince ile 1157kg doğalgaz tüketimi bulunan Çayırova ilçeleri de cumartesi günleri en düşük yakıt tüketiminin gerçekleştiği ilçelerdir. Cumartesi günleri yaklaşık 79 ton dizel ve 29 ton doğalgaz tüketimi gerçekleştiren Kocaeli'nin toplam yakıt tüketim miktarı 108 tona düşmektedir.

Tablo 5.4. İlçelere ait pazar günü toplam yakıt tüketim değerleri (KBB, 2017)

PAZAR GÜNLÜK									
İLÇE	GÜZERGAH SAYISI	ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI (Dizel)	GİDİŞ KM	DÖNÜŞ KM	GİDİŞ SEFER SAYISI	DÖNÜŞ SEFER SAYISI	GÜNLÜK TOPLAM KM	Dizel 240 g/km	kg Dizel
BAŞİSKELE	19	99	357	371	477	488	17989	4317360	4317
ÇAYIROVA	9	52	168,53	150,675	488	478	15387,3	3692952	3693
DARICA	8	96	121	138	624	627	23072	5537280	5537
DERİNCE	2	-	76,660	79,555	6	6	528	126720	127
DİLOVASI	8	33	150,21	150	244	246	11369,3	2728632	2729
GEBZE	29	170	665,93	638,664	1173	1143	46352	11124480	11124
GÖLCÜK	38	179	505	495	1246	1242	36630	8791114	8791
İZMİT	61	461	1094	1097	2590	2606	82837	19880796	19881
KANDIRA	31	51	804	803	167	170	5997	1439340	1439
KARAMÜRSEL	21	96	468	466,5	699	703	27985,3	6716472	6716
KARTEPE	25	170	556	549,3	668	669	28958	6949915	6950
KÖRFEZ	18	154	451,24	452,194	436	438	21183,6	5084074	5084
TOPLAM	269	1561	5418	5391	8818	8816	318288	76389134	76389
İLÇE	GÜZERGAH SAYISI	ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI (CNG)	GİDİŞ KM	DÖNÜŞ KM	GİDİŞ SEFER SAYISI	DÖNÜŞ SEFER SAYISI	GÜNLÜK TOPLAM KM	CNG 500 g/km	kg CNG
BAŞİSKELE	6	15	154	152	60	60	3085	1542500	1543
ÇAYIROVA	5	8	105	105	50	50	2084	1042000	1042
DARICA	6	11	194	187	62	61	3172	1586000	1586
DERİNCE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DİLOVASI	6	9	232	230	48	45	3166	1583000	1583
GEBZE	9	17	327	310	71	71	4324,5	2162250	2162
GÖLCÜK	8	12	161	146	18	16	1038	519000	519
İZMİT	26	54	643	633	293	260	18246	9122870	9123
KANDIRA	6	10	376	360	36	37	3934,08	1967039	1967
KARAMÜRSEL	2	6	99,4	99	23	23	2244,73	1122367	1122
KARTEPE	11	20	314,84	293,297	64	61	3594,71	1797354	1797
KÖRFEZ	5	9	199	167	48	48	3391	1695500	1696
TOPLAM	90	171	2805	2682	773	732	48280	24139880	24140

Pazar günleri 19881kg dizel ve 9123kg doğalgaz tüketilen İzmit'in hafta içi ve cumartesi günlerindeki gibi en yüksek tüketimin gerçekleştiği ilçe olduğu saptanmıştır. En düşük yakıt tüketimi 127kg dizel ile Derince, 519kg doğalgaz ile Gölcük ilçelerindedir. Pazar günü tüketilen yaklaşık 100 ton yakıtın 76 tonu dizel, 24 tonu ise doğalgazdır.

İlçelere göre toplu taşıtlardan oluşan emisyon miktarlarını hesaplamak için hafta içi yakıt tüketim değerleri baz alınmıştır. Emisyon miktarları belirlenirken; yakıt türüne göre her bir kirletici için belirlenmiş emisyon faktörleri ile yakıt tüketim miktarları çarpılmış ve emisyon değerleri kg/gün cinsinden elde edilmiştir. Her iki yakıt türü için belirlenen günlük yakıt tüketim miktarları ise, EMEP/EEA tarafından verilen araç kategorisine göre km başına tipik yakıt tüketim değerleri ile çarpılarak bulunmuştur.

Emisyon hesaplamalarında izlenen yol Başiskele ilçesine ait verilerle aşağıda örneklendirilmiştir.

Dizel araçlar için:

Dizel yakıtlı araçların günlük toplam mesafesi: 22203 km/gün.

Ortalama yakıt tüketimi: $22203 \text{ km/gün} \times 240 \text{ g/km} = 5328720 \text{ g/gün} = 5329 \text{ kg/gün}$

CO emisyonu;

$5329 \text{ kg/gün} \times 7,58 \text{ g/kg} = 40393,82 \text{ g/gün} = 40,3 \text{ kg/gün}$ CO emisyon salınımı miktarı elde edilir.

NMVOC emisyonu;

$5329 \text{ kg/gün} \times 1,92 \text{ g/kg} = 10231,68 \text{ g/gün} = 10,2 \text{ kg/gün}$ NMVOC emisyon salınım miktarı elde edilir.

PM₁₀ emisyonu;

$5329 \text{ kg/gün} \times 0,94 \text{ g/kg} = 5009,26 \text{ g/gün} = 5,009 \text{ kg/gün}$ PM₁₀ açığa çıkar.

CNG yakıtlı araçlar için:

CNG yakıtlı araçların günlük toplam mesafesi: 3969 km/gün.

Ortalama yakıt tüketimi: $3969 \text{ km/gün} \times 500 \text{ g/km} = 1984500 \text{ g/gün} = 1985 \text{ kg/gün}$

CO emisyonu;

$1985 \text{ kg/gün} \times 5,7 \text{ g/kg} = 11314,5 \text{ g/gün}$ CO = 11,3 kg/gün CO emisyonu açığa çıkar.

NMVOC emisyonu;

$1985 \text{ kg/gün} \times 0,26 \text{ g/kg} = 516,1 \text{ g/gün}$ NMVOC = 0,52 kg/gün NMVOC açığa çıkar.

PM₁₀ emisyonu;

$1985 \text{ kg/gün} \times 0,02 \text{ g/kg} = 39,7 \text{ g/gün}$ PM₁₀ = 0,04 kg/gün PM₁₀ açığa çıkar.

Her iki yakıt türü için 12 ilçedeki kirletici miktarları hesaplanmış ve sonuçlar araçların yakıt türlerine göre Tablo 5.5 ve 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.5. İlçelerdeki dizel taşıtlardan kaynaklı emisyon miktarları (KBB, 2017)

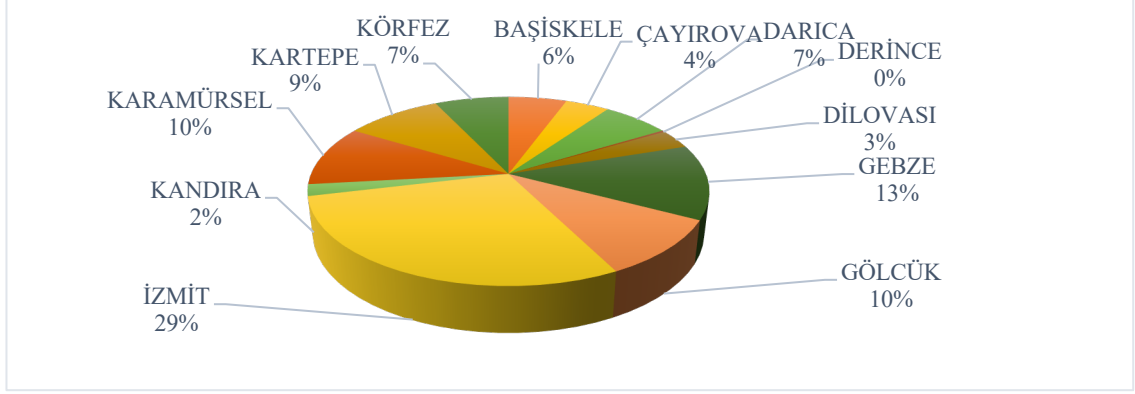
İLÇE	CO kg/ gün	NMVOC kg/gün	NO _x kg/gün	PM10 kg/gün	N ₂ O kg/gün	NH ₃ kg/gün	CO ₂ kg/gün	SO ₂ kg/gün
BAŞISKELE	40	10	178	5	0,27	0,07	16732	0,09
ÇAYIROVA	30	8	134	4	0,20	0,05	12573	0,06
DARICA	47	12	206	6	0,31	0,08	19381	0,10
DERİNCE	2	1	9	0	0,01	0,00	818	0,00
DİLOVASI	24	6	105	3	0,16	0,04	9847	0,05
GEBZE	92	23	406	11	0,62	0,16	38196	0,19
GÖLCÜK	71	18	310	9	0,47	0,12	29216	0,15
İZMİT	207	52	912	26	1,39	0,36	85818	0,44
KANDIRA	14	4	63	2	0,10	0,02	5930	0,03
KARAMÜRSEL	75	19	330	9	0,50	0,13	31053	0,16
KARTEPE	67	17	293	8	0,45	0,11	27603	0,14
KÖRFEZ	51	13	225	6	0,34	0,09	21198	0,11
TOPLAM	720	183	3171	89	4,85	1,24	298365	1,52

Tablo 5.6. İlçelere göre CNG yakıtlı taşıt kaynaklı emisyon miktarları (KBB, 2017)

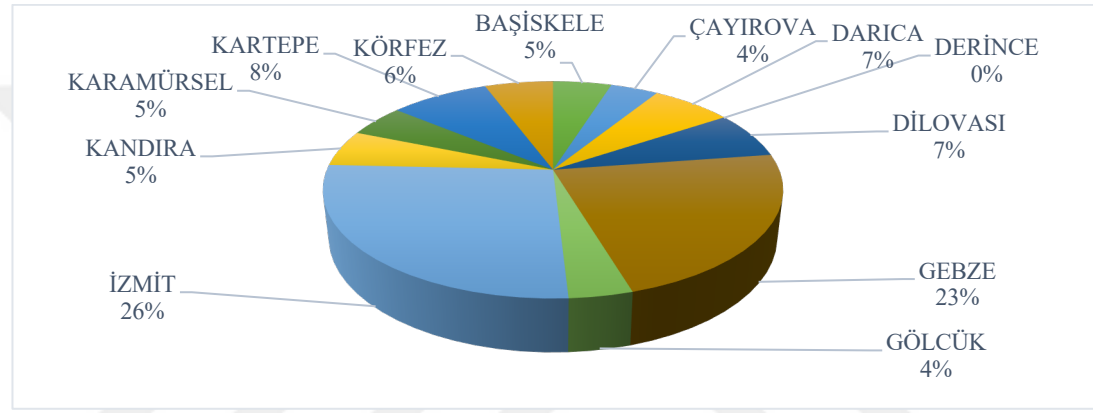
İLÇE	CO kg/gün	NMVOC kg/gün	NO _x kg/gün	PM10 kg/gün	N ₂ O kg/gün	NH ₃ kg/gün	CO ₂ kg/gün	SO ₂ kg/gün
BAŞISKELE	11	0,52	26	0,04	n.a	n.a	5458	-
ÇAYIROVA	9	0,42	21	0,03	n.a	n.a	4444	-
DARICA	16	0,71	36	0,05	n.a	n.a	7535	-
DERİNCE	-	-	-	-	-	-	-	-
DİLOVASI	16	0,73	36	0,06	n.a	n.a	7700	-
GEBZE	23	1,05	53	0,08	n.a	n.a	11164	-
GÖLCÜK	9	0,40	20	0,03	n.a	n.a	4195	-
İZMİT	61	2,79	140	0,21	n.a	n.a	29537	-
KANDIRA	12	0,57	28	0,04	n.a	n.a	5987	-
KARAMÜRSEL	11	0,51	25	0,04	n.a	n.a	5343	-
KARTEPE	19	0,87	44	0,07	n.a	n.a	9221	-
KÖRFEZ	13	0,60	30	0,05	n.a	n.a	6369	-
TOPLAM	200	9,17	458	0,71	n.a	n.a	96952	-

n.a.: ihmal edilebilir

Tablolar incelendiğinde toplu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların büyük çoğunun dizel yakıt kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen değerlere göre CO emisyonlarının %76'sı dizel %24'ü CNG, NMVOC emisyonlarının %95'i dizel %5'i CNG, NO_x emisyonlarının %86'sı dizel %14'ü CNG, PM₁₀ emisyonlarının %99'u dizel %1'i CNG, CO₂ emisyonlarının ise %73'ü dizel %27'si CNG yakıt tipi kaynaklı olarak açığa çıkmaktadır. Hesaplamalar sonucu günlük salınan emisyonların ilçelere yüzdelik dağılımları ise Şekil 5.4 ve 5.5.'te verilmiştir.



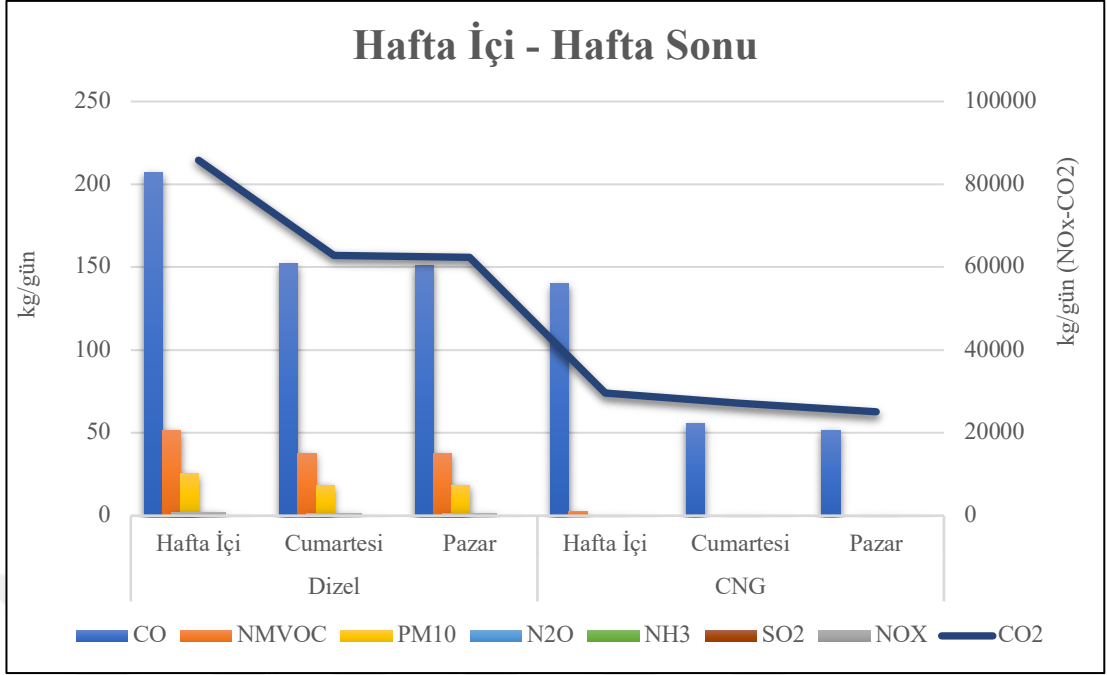
Şekil 5.4. İlçelere göre dizel yakıt kaynaklı toplam emisyon dağılımı



Şekil 5.5. İlçelere göre CNG yakıt kaynaklı toplam emisyon dağılımı

İlçelerdeki dizel yakıt tüketimine bağlı oluşan toplam emisyon açısından %29'luk oranla en yüksek paya sahip ilçe İzmit'tir. Gebze ilçesindeki emisyon miktarları ise %13'lük paya sahiptir. %2'lik oranla en düşük paya sahip ilçe ise Kandıra'dır. CNG yakıt tüketimine bağlı oluşan toplam emisyon açısından ise, %26'lık oranla yine İzmit ilçesi en yüksek paya sahiptir. Gebze ilçesi için bu pay %23 orandadır. %4'lük oranla en düşük paylar ise Gölçük ve Çayırova ilçelerine aittir. İzmit ve Gebze ilçelerindeki yakıt kaynaklı emisyon salınımı her iki yakıt türü açısından en yüksek oranlara sahiptir.

Çalışma kapsamında, hafta içi-hafta sonu çalışan araç sayılarındaki farkın en yüksek olduğu ilçenin İzmit olması sebebiyle hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi sadece İzmit ilçesi için yapılmış ve sonuçlar Şekil 5.6'da gösterilmiştir:



Şekil 5.6. Hafta içi ve hafta sonu çalışan araç sayısına göre emisyon miktarları

Hafta içi çalışan araç sayısının fazla olması sebebiyle daha fazla emisyon açığa çıkmaktadır. Dizel yakıt açısından oluşan emisyon miktarlarında cumartesi ve pazar günleri için değişiklik söz konusu değilken, CNG yakıt açısından pazar gününün en az emisyon oluşan gün olduğu anlaşılmıştır. Her iki yakıt türünün tüketimi ile açığa çıkan emisyonların çok büyük bir kısmını CO₂ ve CO emisyonları oluşturmaktadır. CNG yakıtlı araçlarda en fazla salınımı yapılan emisyonların CO₂ ve CO emisyonları olduğu görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan envanter çalışması sonucunda emisyon miktarları incelendiğinde, Kocaeli İli'nde dizel motorlu toplu taşıma araçlarından kaynaklanan emisyonlardan en çok etkilenen ilçelerin %29 oranla İzmit ve %13 oranla Gebze olduğu; doğal gaz motorlu taşıtlardan en çok etkilenen ilçelerin ise %26 oranla İzmit ve %23 oranla Gebze olduğu gözlenmiştir. İlçelerin tamamında ortaya çıkan emisyon miktarları dizel yakıtlı toplu taşıma araçlarında 3171kg/gün NO_x, 720kg/gün CO, 89kg/gün PM10, 4,85kg/gün N₂O ve 1,24kg/gün NH₃, 183kg/gün NMVOC 298ton/gün CO₂, 1,52kg/gün SO₂; CNG yakıtlı toplu taşıma araçlarında ise 452kg/gün NO_x, 200 kg/gün CO, 0,71kg/gün PM10, 9,17kg/gün NMVOC, 100ton/gün CO₂ olarak hesaplanmıştır. Tier 1 emisyon faktörlerine göre, CNG yakıtlı araçlardan kaynaklanan N₂O ve NH₃ emisyonları ihmal edilebilir seviyede iken SO₂ emisyonları oluşmamaktadır. Araç sayılarına bağlı olarak CNG yakıtlı araçlardan kaynaklı günlük CO₂ miktarının, dizel yakıtlı araçlarla kıyaslandığında 1/3 oranda açığa çıktığı belirlenmiştir. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016'ya göre Tier 1 emisyon faktörleri dizel yakıtlı araçlar için 3,140 kg CO₂/kg yakıt iken CNG yakıtlı araçlar için 2,750 kg CO₂/kg yakıt şeklindedir. Ancak bu CNG yakıtlı araçlardan daha az CO₂ çıkacağı anlamına gelmemektedir. Çünkü her iki tip yakıt için yakıt tüketimleri farklıdır. Klavuza göre ortalama 1 km de 240 gr dizel yakıt tüketilirken, 500 gr CNG yakıt tüketilmektedir. Bu da açığa çıkacak CO₂ miktarını arttırmaktadır. Buna karşılık PM10, NO_x ve NMVOC emisyonları dizel yakıtlı araçlara kıyasla oldukça düşüktür. Açığa çıkan emisyon içerikleri arasındaki bu fark; CO₂ açısından olmasa da diğer kirleticiler açısından CNG yakıtlı araçların dizel yakıtlı araçlara kıyasla daha temiz bir yakıt olduğunu göstermektedir.

Kocaeli Sera Gazı Envanteri ve İklim Değişikliği İnisyatifi Projesi ile hazırlanan eylem planı incelendiğinde, 2015 yılı verilerine göre Türkiye'de karayolundan kaynaklı CO₂ salımlarının %77'sinin dizel yakıttan, %9'unun benzinden, %13'ünün LPG'den, %1'inin ise doğalgaz (CNG) ve biyoyakıttan kaynaklandığı görülmüştür. Kocaeli genelinde de ulaşım kaynaklı salımların, toplam salımların önemli bir

bölümünü (%15) oluşturduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Karayolu ulaşımından kaynaklı salımlar %98,4'lük bir paya sahipken, su yolu için %1,2, demiryolu için %0,3 ve havayolu için %0,1 olarak verilmiştir (Sayman ve diğ., 2018). Bu nedenle karayolu ulaşımından kaynaklı salımların azaltılması son derece önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapılan bu çalışma kapsamında ayrıca, hafta içi-hafta sonu çalışan araç sayılarındaki farkın en yüksek olduğu ilçe İzmit olarak belirlenmiştir. İlçe için elde edilen verilere göre, dizel kaynaklı emisyon salınımı hafta içi ve hafta sonu günleri arasında belirgin bir fark gözlenmezken, CNG kaynaklı emisyonlar değerlendirildiğinde cumartesi ve pazar günleri hafta içi günlerine oranla daha az emisyon salındığı belirlenmiştir.

Çalışma yapılan verilerin ait olduğu 2017 yılı için Kocaeli ilindeki trafiğe kayıtlı araç sayısı TÜİK verilerine göre 355770'tir. Bu araçların 8059'u minibüs, 7312'si otobüs 68012'si kamyonet ve 22511'i kamyon türlerinden oluşmaktadır. Bu araçlar Kocaeli ilindeki araçların yaklaşık %30'unu oluşturur. Bu araçlarda gerekli yakıt dönüşümü yapılarak CNG yakıt sistemine geçilirse, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016'ya göre Tier 1 emisyon faktörleri ile hesaplama yapıldığında NO_x salınımının %20 ve PM₁₀ salınımının %95 ve NMVOC salınımının %72 oranlarında düşük gerçekleşmesi sağlanabilir. Çalışma kapsamında değerlendirilen 1797 dizel motorlu aracın doğal gaz yakıtlı araçlara dönüştürülmesi yaklaşımla günlük 198 ton CNG yakıt tüketimi gerçekleşir. N₂O ve NH₃ kirleticilerinin ihmal edilebilir düzeylerde salınımı ve SO₂ salınımının ortadan kaldırılması sağlanabilir. Ayrıca ortaya çıkan NO_x emisyonlarında %18, PM₁₀ emisyonlarında %98, NMVOC emisyonlarında ise %74,2 oranlarında düşüş sağlanabilir. Bu da şehir içi hava kalitesinin artırılması için oldukça önemli bir durumdur. Çünkü özellikle partikül maddeler halk sağlığı açısından son derece tehlikelidir. Partikül madde salınımı dünya çapında önemli bir sorun haline gelmiştir. Çapları küçüldükçe toksisitesi artan partikül maddeler ağır metaller ve organik maddeleri içeren toksik hava kirleticilerini taşıyabilirler (Süren, 2007). Solunum yoluyla vücuda girerek ciğerlere kadar ulaşır ve ölümlerle sonuçlanabilecek etkiler meydana getirebilir.

Diler ve arkadaşları tarafından 2008'de yapılan çalışmada, Ankara ve İstanbul illeri'nde çalışmakta olan dizel ve doğalgaz yakıtlı otobüslerin 100 km mesafede

ortaya çıkarmış oldukları CO₂ emisyonu miktarları IPCC, 1996'ya göre 1 MJ enerjiye denk gelen yakıt miktarı göz önüne alınarak hesaplanmış ve sırasıyla 1,28 kg ve 0,93 kg olarak bulunmuştur. Her iki şehir için doğal gaz yakıtlı otobüslerin daha az yakıt maliyeti ve yakıt tüketimi gerçekleştirdiği saptanmıştır (Diler ve ark., 2008).

CNG avantajları yanında dezavantajlara da sahip bir yakıt türüdür. CNG emisyon açısından dizele göre daha az kirletici yayan bir yakıt olması yanında çok fazla dolun istasyonunun olmaması ve kurulmasının pahalı olması, sızıntı durumunda riskli oluşu, taşıt performansını düşürebilmesi, depolama sırasında dökülme vs. sorunların olabilmesi gibi dezavantajlara da sahiptir (Tektanıl, 2008). Ayrıca bir taşıtın emisyon kaynakları egzoz borusu yanında, benzin deposu, kartel havalandırma, karbüratör, fren balataları ve lastiklerdir. Bunun dışında aracın yaşı, motorun çalışma devri ve sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve basıncı gibi parametrelere de bağlıdır. Motorların işletme şartları da emisyon oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir (Elbir vd., 2010). Bu nedenle toplu taşımacılıktan kaynaklanan kirleticiler düşünüldüğünde akla sadece yakıt türü gelmemelidir. Sadece yakıt türüne bağlı değişimler değil, alternatif taşıma türlerinin de mutlaka düşünülmesi kentlerin yararınadır.

Bursa İklim Değişikliği Eylem Planı Projesi Envanter Raporu incelendiğinde, 2014 yılı verilerine göre Bursa İli'nin 7 ayrı ilçesinde otobüs ve minibüs hatlarında toplam 2299 adet dizel yakıtlı araç çalıştığı görülmüştür. 7 ilçenin toplamında çalışan araçların kat ettikleri günlük toplam mesafe 239.886 km olup, ildeki günlük dizel yakıt tüketim miktarı 26 bin tondur (BBB, 2015). Bu verilerden yola çıkarak EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016'ya göre Tier 1 emisyon faktörleri ile hesaplama yapıldığında 1921kg/gün NO_x, 436kg/gün CO, 54kg/gün PM₁₀, 3kg/gün N₂O, 0,748kg/gün NH₃, 180ton/gün CO₂ açığa çıktığı belirlenmiştir. Veriler Kocaeli İli'nin verileriyle kıyaslandığında, Bursa'daki dizel yakıtlı araç sayısının %21 daha fazla olduğu ancak Bursa'daki günlük kat edilen mesafenin Kocaeli'nden %39 daha az olmasından dolayı Bursa'da toplu taşıma kaynaklı emisyon miktarlarının Kocaeli'ne göre daha düşük seviyelerde olduğu görülmüştür.

Dünyanın karşı karşıya olduğu en büyük tehlikelerden biri hava kirliliği dışında sera gazlarının etkisiyle gündün güne artmakta olan küresel ısınmadır. Küresel ısınmanın etkileri tüm dünya üzerinde olduğu gibi ülkemizde de daha ciddi boyutlarda

hissedilmeye başlanmıştır. Özellikle büyük şehirlerde daha fazla hissedilen; sıcaklık artışına bağlı kuraklık, hava kalitesinin bozulması ve halk sağlığı üzerindeki zararlı etkilerle kendini göstermektedir. Tüm bunlara atmosferdeki kirletici gazların artışı neden olmaktadır. CO₂ gazı küresel ısınmaya neden olan gazların en etkilisidir. Gelişen teknoloji ve sanayileşmeyle fosil yakıtların çok fazla kullanılması sebebiyle atmosfere salınan emisyonlar, sera etkisinin artışında çok önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle fosil yakıtların yerine tercih edilebilecek alternatif kaynak arayışı içine girilmesi kaçınılmaz olmuştur. Geleneksel yakıtlı araçlara kıyasla alternatif yakıtlı araçlar kentsel alanlarda hava kalitesinin iyileştirilmesinde önemli ölçüde katkıda bulunacaktır (Tzeng ve diğ., 2005).

Alternatif yakıtlarla ilgili atılan adımların hızlanması ve otomotiv sektörünün öncü firmalarının ortaya koyduğu çalışmaları da göstermektedir ki yakın bir gelecekte fosil yakıtlı araçların yerlerini elektrikli araçlar almaya başlayacaktır. Elektrik enerjisi ile çalışan araç teknolojisinin gelişmesi ve üretim maliyetlerinin düşmesiyle birlikte elektriğin araç yakıtı olarak kullanılması sürdürülebilirlik açısından ciddi bir ilerleme adımı olarak ifade edilebilir. Elektrikli araçlar ile taşıtlardan salınan egzoz emisyonlarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Ancak dünya üzerindeki elektriğin büyük bir kısmı fosil yakıt kaynaklı olarak üretilmektedir. Yani araçlarda kullanılacak elektriğin üretildiği kaynaklardan emisyon salınımı devam etmektedir. Öte yandan elektrikli araçların üretim prosesleri, montaj ve batarya üretimleri esnasında da emisyon salınımları gerçekleştiğinden elektrikli araçların sıfır emisyon salınımı sağladığı söylenemez (Çitlenbek, 2020).

Yapılan çalışmalarda elektrikli araçların dizel ve benzinli eşdeğer araçlara göre 3 kat daha az karbondioksit emisyonu yaydığı saptanmıştır. En kötü senaryoda bataryası Çin'de üretilen ve Polonya'ya taşınan bir elektrikli araç dizel yakıtlı araçlardan %22 ve benzinli araçlardan %28 daha az karbondioksit salınımına neden olur. En iyi senaryoda ise bataryası İsveç'te üretilen ve İsveç'e taşınan elektrikli araç dizel yakıtlı araçtan %80 ve benzinli araçtan %81 daha az karbondioksit salınımı oluşturur (Dornier, 2020). Teorik olarak ihtiyaç duyulan elektriğin tamamının sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmesi durumunda, elektrikli araçların ve araçlardaki bataryaların üretim prosesleri dışında çevreye yapmış oldukları emisyon salınımı sifıra yakın olacaktır.

Emisyonların azaltılmasında, kişisel motorlu taşıtları kullanmak yerine kısa mesafeler için bisiklet ve uzun mesafeler için toplu taşıma hatlarının kullanılması oldukça önemlidir. Ulaşım kaynaklı kirletici gazların salınımını azaltmak ve şehir içi hava kalitesinin iyileştirilmesi için raylı sistemlerle ulaşım hatlarının planlanması sürdürülebilir ve çevreci yaklaşım açısından daha önemli bir adımdır. Araçlarda kullanılan fosil yakıtların oluşturduğu emisyonu azaltmak için; düşük emisyonlu yakıtları tercih etmek, yakıt tüketimlerinin azaltılması aşamasında yeni motor teknolojilerinin uygulanması, taşıt teknolojilerindeki gelişmeler, örneğin; daha küçük boyutlu ve düşük ağırlıklı taşıtların geliştirilmesi, bu işlemler için hafif malzemelerin kullanımı, aerodinamik özelliklerde ve lastik performansında iyileştirmeler ve trafik akışının düzenlenmesine yönelik alınacak önlemler uygulanabilir (Bıyık ve Civelekoğlu, 2018).

Yapılan envanter çalışmaları incelendiğinde, ülkeye özgü emisyon faktörlerinin geliştirilmesi konusunda akademik çalışmaların yapılmasının ve sayıca artırılmasının, envanterlerin gerçeğe yakınlık oranını arttıracak bir unsur olduğu kanaatine varılmıştır. Bu çerçevede ulusal ölçekte ve il bazında yapılacak çalışmalar literatüre son derece yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Abeydeera L., Mesthrige J., Samarasinghalage T., Global Research on Carbon Emissions: A Scientometric Review, *Sustainability*, DOI:10.3390/su11143972.

Altınsoy A. Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye'deki Kaynaklarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 222268.

Atmaca Ç., Sevimoğlu O., Şehir Kaynaklı Sera Gazı Emisyonunun Belirlenmesi: Kocaeli İli Örneği, 2020, DOI: 10.21597/jist.669651.

Başlayıcı S., Baca Gazındaki Düşük So₂' Nin Kalsine Dolomit Kullanılarak Tutulması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014, 363697.

Baykara M., Understanding The Sources And The Extend of Atmospheric Particulate Matter Problem Over Turkey Using Mesoscale Chemical Transport Model, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018, 538190.

BBB, 2015., Bursa Büyükşehir Belediyesi İçin Kurumsal ve Kentsel Karbon Ayakizi Envanteri ile Bursa İklim Değişikliği Eylem Planı Projesi Envanter Raporu, Bursa, 2015.

Bıyık Y., Civelekoğlu G., Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, DOI:10.30516/bilgesci.427359.

Boettcher C. Garg A., Mbuthi P., Oliver S., Quadrelli R., Randles C., Rodrigues de Souza R., Singh A., Strogies M., Tadya K., Uvarova N., Watterson J., Weitz M., Davidson Yamba F., Yu S., Zhu S., Chapter Four Fugitive Emissions, Editors: Gomez D., Irwing W., *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Overview*, Kyoto, 1-15, 2019.

Boundy R., Davis S., *Transportation Energy Data Book*, 38th ed, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, 2020.

Can Ş., Marport Liman İşletmeleri Sera Gazı Emisyon Envanter Raporu 2017, http://www.marport.com.tr/files/Marport_tr/iso/Seragazi_Emisyon_Envanter_Raporu_2017.pdf (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2020)

Caux S, Lachaize J., Fadel M., Schott P., Nicod L., Energy Management Of Fuel Cell System And Supercaps Elements, *Triennial World Congress*, Prag, Çek Cumhuriyeti, 2005.

Cindoruk S., Havadaki NO ve NO2 Parametrelerinin Marmara Temiz Hava Merkezi Ölçümleri Kapsamında İncelenmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2018, 7(2), 600-611.

Çakmak A., Özcan H., Benzin İçin Oksijenli Yakıt Katkıları, *Politeknik Dergisi*, 2018, 21(4), 831-840.

Çelik M., Aktaş A., Özdalyan B., Gerçek Yol Şartlarında LPG ve Benzinle Çalışan İki Taşıtın Emisyon Bakımından Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2006, 11(1), 45-54.

Çitlenbek C., Elektrikli Araçlar Ne Kadar Çevreci, 2020, <http://tehad.org/2020/08/26/elektrikli-araclar-ne-kadar-cevreci/> (Ziyaret tarihi: 12 Şubat 2021).

Deniz O., İçten Yanmalı Motorlar Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği, Otomotiv Anabilim Dalı, İstanbul, 2008 <https://ders.im/dokuman/motorlar-yildiz-teknik-universitesi> (Ziyaret tarihi: 15 Ekim 2020).

Diler A., Şehir İçi Toplu Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslerde Doğal Gaz Kullanımının Karbon Dioksit Emisyonlarına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 223117.

Diler A., Tektanıl M., Soruşbay C., Ergeneman M., Doğalgaz Yakıtlı Otobüslerin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, Hatay, 22-25 Ekim 2008.

Dinç C., Methodology Development For the Construction Of A Driving Cycle In Order To Determine The Exhaust Emissions Of Road Vehicles, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013, 333028.

Doğan H.E., LPG Dönüşümü Yapılmış Bir Dizel Motorunda Azotoksit Oluşumunun Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013, 350449.

Dornier P., How Clean Are Electric Cars?, 2020, <https://www.transportenvironment.org/news/how-clean-are-electric-cars> (Ziyaret tarihi: 12 Şubat 2021).

Dönmez D., Semercioğlu H., Cömert Ö.M., Üzmez G., Dizel Motorla Çalışan Belediye Otobüslerinin İncelenmesi ve Emisyon Envanterlenmesi, Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya, 2009, <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/dizel-motor-ile-calisan-bel-otobusleri-incelemesi.pdf> (Ziyaret tarihi: 15 Aralık 2019).

Durmaz M., Bir Feribottan Yayılan Egzoz Emisyonlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 421083.

Duvarcı S., Araçlarda Doğalgaz Kullanımı İZGAZ, https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/bef1da12b755d52_ek.pdf (Ziyaret tarihi: 19 Mayıs 2020).

Ejder S.B., Etanol-Dizel, Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 222365.

Elbir, T., Bayran A., Kara, M., Altıok, H., Seyfioğlu, R., Ergün, P., Güngör, S., İzmir Ket Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi, 2010, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **12**(1), 1-17.

Ercan T., Tatari Ö., A Hybrid Life Cycle Assessment Of Public Transportation Buses With Alternative Fuel Options, *Int J Life Cycle Assess*, DOI:10.1007/s11367-015-0927-2.

Gültepe Mataracı G., Yeşil Liman Yaklaşımı ve Liman İşletmelerinde Sürdürülebilirlik, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 445079.

Gürtepe, Ç.İ., Köksal, C.E., 2014, Ulusal Hava Kirleticileri Emisyon Envanteri, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2014, **3**(1), 22-18.

Hamzaoğlu O., 2016 Yılı Kocaeli Hava Kirliliği Raporu, Kocaeli, <http://kocaelidayanisma.org> (Ziyaret tarihi: 11 Ocak 2021).

Haşimoğlu C., İçingür Y., Dizel Motorlarında Azot Oksit (NOx) Kontrol Yöntemleri, *Selçuk-Teknik Online Dergisi*, 2000, **1**(2), 1-16.

Kabacıoğlu N., Sanayi Kuruluşlarında Sera Gazı Salınımları ve Sera Gazı Hesaplama Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012, 301636.

Kılıç İ., Şimşek E., Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Gaz Emisyonları ve Çevresel Etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2009, **14**(2), 151-160.

KBB Toplu Taşıma Hatlarına Ait Güzergah Verileri, *Kocaeli Büyükşehir Belediyesi*, Kocaeli, 2017.

Kumari R., Attri A., Gurjar B., Impact of CNG on Emissions of PAHs and PCDDs/Fs From the Road Transportation In Delhi, *Atmospheric Pollution Research*, 2011, **2**(3), 394-399.

Lajo Bertran B., Biodiesel Cost Analysis In Spain and Turkey, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 291990.

Lowell D., Parsley W., Bush C., Zupo D., Comparison of Clean Diesel Buses to CNG Buses, <https://www.osti.gov/servlets/purl/829622> (Ziyaret tarihi: 3 Kasım 2020).

Manoharan Y., Hosseini S., Butler B., Alzhahrani H., Senior B., Ashuri T., Krohn Hydrogen Fuel Cell Vehicles; Current Status and Future Prospect, *Applied Sciences*, 2019, DOI:10.3390/app9112296.

McGlynn G., Crist P., Fulton L., Crass M., Good Practice Greenhouse Abatement Policies: Transport, OECD Environment Directorate and International Energy Agency, <https://www.oecd.org/environment/cc/2345641.pdf> (Ziyaret tarihi: 15 Eylül 2020).

Mercan M., Karakaya E., Sera Gazı Salımının Azaltımında Alternatif Politikaların Ekonomik Maliyetlerinin İncelenmesi: Türkiye İçin Genel Denge Analizi, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2013, **25**(42), 123-159.

Merkisz J., Fuc P., Lijewski P., Pielecha J., Actual Emissions From Urban Busses Powered With Diesel And Gas Engines, *Transportation Research Procedia*, 2016, **14**, 3070-3078.

Orhan A.E., Çimento Üretiminde Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2018, 527208.

Özet H., Büyükkacı B., Altın Geri Dönüşüm Prosesindeki Azot Oksit Emisyonunun Düşürülmesi, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2020, **8**(3), 565-571.

Öztürk M., Öztürk A., BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliğiyle Mücadele Çabaları, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2019, DOI: 10.25287/ohuiibf.494667.

Pekin M.A., Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 223124.

Pettersson F., Maddison D., Acar S., Söderholm P., Convergence of Carbon Dioxide Emissions: A Review of the Literature, *20th Ulvön Conference on Environmental Economics*, Ulvön, 18-20 Haziran 2013.

Pita P., Winyuchakrit P., Limmeechokchai B., Analysis of Factors Affecting Energy Consumption And CO2 Emissions in Thailand's Road Passenger Transport, *Heliyon*, 2020, **6**(10), E05112.

Polat S., Alternatif Motorlar ve Yakıtlar, Hitit Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, 2011, <http://web.hitit.edu.tr/dosyalar/materyaller/hicriyavuz@hititedutr100220177M4X6H7J.pdf> (Ziyaret tarihi:5 Aralık 2020).

Sayman Ü. R., Akpulat O, Baş D., Odabaş G., Kocaeli Sera Gazı Envanteri ve İklim Değişikliği Eylem Planı, 2018, Kocaeli.

Soruşbay C., Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Karbondioksit Emisyonlarının Çevreye Etkisi ve Kontrolü, *Mühendis ve Makine*, 2007, **48**(564), 22-26.

Soylu Ş., Toplu Taşımada Kullanılan Otobüslerden Kaynaklanan Emisyonların Analizi, Seyir Çevrimlerinin Oluşturulması ve Emisyon Yayılımlarının Modellenmesi, Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, 2009, <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/hybridbus/files/hibrit-otobus-santez-rapor-ay6.pdf> (Ziyaret tarihi: 14 Aralık 2020).

Süren P., Zonguldak Kent Merkezi Atmosferik Partikül Madde Kirliliğinin; PM_{2,5} ve PM₁₀ Boyut Dağılımı, Kaynak ve Metalik Kompozisyon Temelinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir 2007, 177952.

Tektanlı M., Toplu Taşımadaki Doğalgazlı Otobüslerin Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 246771.

Thiruvengadam A., Besch M., Carder D., Oshinuga A., Pasek R., Hogo H., Gautam M., Unregulated greenhouse gas and ammonia emissions from current technology heavy-duty vehicles, *Journal of the Air & Waste Management Association*, DOI: 10.1080/10962247.2016.1158751.

Tillem İ., Dizel Motorlar İçin Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2005, 197005.

Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları, *Tesisat Dergisi*, 2000, **52**, 84-100.

Topçu L., Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 251721.

Tzeng G., Lin C., Opricovic S., Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Busses For Public Transportation, *Energy Policy*, 2005, **33**(11), 1373-1383.

Utlu, Z., Biyodizel Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Atık Kızartma Yağlarının Değerlendirilmesi, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, https://www.emo.org.tr/ekler/04f2c31e6703464_ek.pdf (Ziyaret Tarihi: 19.12.2020).

Uyumaz A., Boz F., Yılmaz E., Solmaz H., Polat S., Taşıt Egzoz Emisyonlarının Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı*, 2017, **1**(1), 15-24.

URL-1: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2020).

URL-2: <https://www.epa.gov/ghgreporting/ghgrp-reported-data> (Ziyaret tarihi: 21 Aralık 2020).

URL-3: https://tuikweb.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=1019 (Ziyaret tarihi: 10 Ekim 2020).

- URL-4: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/hava-kalitesinde-pm10-ve-so2-ortalamalari-i-85734> (Ziyaret tarihi:7 Ekim 2020).
- URL-5: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2018-33624> (Ziyaret tarihi: 6 Kasım 2020).
- URL-6: <https://keelingcurve.ucsd.edu/> (Ziyaret tarihi:27 Aralık 2020).
- URL-7: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases-7/assessment> (Ziyaret tarihi:27 Aralık 2020).
- URL-8: <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change> (Ziyaret tarihi:15 Eylül 2020).
- URL-9: <https://afdc.energy.gov/fuels/> (Ziyaret tarihi: 3 Kasım 2020).
- URL-10: <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%C4%B1%20Kurulu%C5%9Flar/IPCC%20TR.pdf> (Ziyaret tarihi:20 Ekim 2020).
- URL-11: <http://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa> (Ziyaret tarihi:20 Ekim 2020).
- URL-12: <http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa> (Ziyaret tarihi: 20 Ekim 2020).
- URL-13: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019> (Ziyaret tarihi: 25 Eylül 2020).
- URL-14: <https://www.ulasimpark.com.tr/> (Ziyaret tarihi:25 Eylül 2020).
- URL-15: İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı Sera Gazı Envanteri 2015, <https://www.iklim.istanbul/wp-content/uploads/seragazieventeri.pdf> (Ziyaret tarihi 22 Eylül 2020).
- URL-16: Which Alternative Fuel Technology is Best For Transit Busses?, http://traffic21.heinz.cmu.edu/wp-content/uploads/sites/23/2020/02/Alternative-Fuels-Policy-Brief-Buses_WEB.pdf (Ziyaret tarihi: 3 Kasım 2020).
- URL-17: Natural Gas Vehicle Basics, https://www.texasgasservice.com/media/Global%20Media/CNG/natural_gas_basics.pdf (Ziyaret tarihi: 3 Aralık 2020).
- URL-18: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf (Ziyaret tarihi 25 Ekim 2020).
- URL-19: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (Ziyaret tarihi: 10 Ekim 2020).



EKLER

EK-A

Tablo A.1. Başiskele ilçesindeki hafta içine ait sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
621	14 NOLU	4	20	23	17	15	685
622	14 NOLU	12	20	24	53	56	2404
623	14 NOLU	16	20	23	63	60	2640
624	14 NOLU	5	20	23	25	31	1213
625	14 NOLU	2	19	20	11	10	409
641	54 NOLU	2	21	21	11	11	462
642	54 NOLU	4	23	23	28	28	1288
643	54 NOLU	2	20	20	12	12	480
644	54 NOLU	4	21	21	27	27	1134
611	71 NOLU	17	14	14	121	121	3388
612	71 NOLU	6	14	14	44	44	1232
613	71 NOLU	2	15	15	13	14	405
614	71 NOLU	2	21	21	16	14	630
615	71 NOLU	2	15	15	32	31	945
616	71 NOLU	1	18	18	0	0	0
631	93 NOLU	5	18	18	26	25	918
632	93 NOLU	6	22	22	37	38	1650
633	93 NOLU	5	16	16	31	29	960
634	93 NOLU	6	20	20	33	35	1360
19	Toplam	103	357	371	600	601	22203
CNG Yakıtlı							
600	BELEDİYE	3	23	26	17	17	839
630	BELEDİYE	3	27	29	14	13	753
635	BELEDİYE	3	29	28	13	13	741
640	BELEDİYE	2	26	23	10	9	465
645	BELEDİYE	1	18	17	7	7	248
650	BELEDİYE	3	30	29	16	15	923
6	Toplam	15	154	152	77	74	3969
Genel Toplam		118	511	523	677	675	26172

Tablo A.2. Başiskele ilçesindeki hafta sonu günlerine ait sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPLAM KM	PAZ. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZAR TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
621	14 NOLU	4	16	16	688	4	14	14	602	17650
622	14 NOLU	12	52	54	2336	12	43	45	1940	61440
623	14 NOLU	22	57	60	2520	22	53	54	2302	67724
624	14 NOLU	4	19	19	817	4	15	15	645	29610
625	14 NOLU	2	11	9	389	2	9	9	351	10478
641	54 NOLU	2	11	11	462	2	9	10	399	11886
642	54 NOLU	3	28	28	1288	3	24	23	1081	33074
643	54 NOLU	2	12	12	480	2	11	11	440	12400
644	54 NOLU	3	27	27	1134	3	22	22	924	29064
611	71 NOLU	14	92	92	2576	14	70	70	1960	83608
612	71 NOLU	4	44	45	1246	4	30	31	854	31304
613	71 NOLU	2	13	13	390	2	12	12	360	10410
614	71 NOLU	2	15	15	630	2	15	15	630	16380
615	71 NOLU	2	32	31	945	2	30	29	885	24450
616	71 NOLU	-	-	-	-	-	-	-	-	-
631	93 NOLU	5	26	24	900	5	25	24	882	23760
632	93 NOLU	6	35	37	1584	6	35	36	1562	42592
633	93 NOLU	5	30	28	928	5	29	28	912	24800
634	93 NOLU	5	32	34	1320	5	31	32	1260	35080
19	Toplam	99	552	555	20633	99	477	480	17989	565710
CNG Yakıtlı										
600	BELEDİYE	3	17	17	839	3	17	17	838,626	21804,28
630	BELEDİYE	3	14	13	753	3	9	9	502,4759	19071,26
635	BELEDİYE	3	13	13	741	3	8	9	484,4095	18759,8
640	BELEDİYE	2	10	9	465	2	9	8	416,5244	12001,78
645	BELEDİYE	1	7	7	248	1	7	7	248,1456	6451,785
650	BELEDİYE	3	16	15	923	3	10	10	595,0446	23342,95
6	Toplam	15	77	74	3969	15	60	60	3085	101432
	Genel Toplam	114	629	629	24602	114	537	540	21074,23	667142

Tablo A.3. Çayırova ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	H.İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
551	164 NOLU	6	14,087	6,613	79	74	1602,235
552	164 NOLU	6	6,93	10,718	78	73	1322,954
553	164 NOLU	10	14,67	11,379	75	65	1839,885
556	164 NOLU	5	26,648	19,273	31	30	1404,278
557	164 NOLU	8	22,702	19,343	56	56	2354,52
558	164 NOLU	4	9,788	10,041	53	57	1091,101
561	164 NOLU	1	21,294	20,044	6	7	268,072
562	164 NOLU	10	35,212	35,212	49	51	3521,2
563	164 NOLU	12	17,208	18,052	92	94	3280,024
9	Toplam	62	168,5	151	519	507	16684,27
CNG Yakıtlı Araçlar							
550	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	28	28	18	19	1036
560	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	15	15	14	14	420
565	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	20	20	14	15	580
570	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	20	20	14	15	580
580	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	22	22	14	14	616
5	Toplam	14	105	105	74	77	3232
14	Genel Toplam	76	273,539	255,675	593	584	19916,27

Tablo A.4. Çayırova ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPLAM KM	PAZ. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZ. TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
551	164 NOLU	6	79	74	1602,235	6	83	79	1691,648	41836,94
552	164 NOLU	6	78	73	1322,954	6	78	73	1322,954	34396,8
553	164 NOLU	9	75	65	1839,885	9	70	64	1755,156	47667,55
556	164 NOLU	5	31	30	1404,278	5	17	17	780,657	35263,99
557	164 NOLU	8	56	56	2354,52	8	57	57	2396,565	61301,61
558	164 NOLU	4	53	57	1091,101	4	50	50	991,45	28169,32
561	164 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	5897,584
562	164 NOLU	10	49	51	3521,2	10	46	49	3345,14	91199,08
563	164 NOLU	4	92	94	3280,024	4	87	89	3103,724	84928,02
9	Toplam	52	513	500	16416,2	52	488	478	15387,3	430661
CNG Yakıtlı										
550	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	8	8	448	2	8	8	448	24584
560	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	14	14	420	1	7	7	210	10500
565	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	14	15	580	2	14	15	580	15080
570	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	14	15	580	2	14	14	560	15040
580	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	7	6	286	1	7	6	286	14696
5	Toplam	9	57	58	2314	8	50	50	2084	79900
14	Genel Toplam	61	570	558	18730,2	60	538	528	17471,29	510561

Tablo A.5. Darıca ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
501	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	40	20	25	237	237	10665
502	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	30	19	24	178	183	7774
503	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	16	12	15	126	133	3507
504	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	3	15	13	30	30	840
506	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	1	14	14	12	11	322
507	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	4	9	7	57	57	912
508	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	1	20	25	11	11	495
509	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	4	12	15	44	45	1203
8	Toplam	99	121	138	695	707	25718
CNG Yakıtlı							
490	ULAŞIMPARK A.Ş.	5	18	17	31	31	1085
500	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	38	28	17	16	1094
510	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	21	17	24	25	929
515	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	29	27	16	19	977
525	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	13	18	30	30	930
530	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	75	80	3	3	465
6	Toplam	20	194	187	121	124	5480
14	Genel Toplam	119	315	325	816	831	31198

Tablo A.6. Darıca ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPLAM KM	PAZ. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZ. TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
501	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	40	243	243	10935	40	240	240	10800	278100
502	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	23	135	138	5877	23	135	138	5877	194536
503	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	20	135	142	3750	20	133	137	3651	91956
504	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	3	28	28	784	3	28	28	784	21616
506	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	1	12	11	322	1	12	11	322	8372
507	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	3	35	33	546	3	35	33	546	22248
508	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	1	0	0	0	1	0	0	0	10890
509	S.S.ÖZ DARICA MİN VE ÖHO KOOP	5	41	40	1092	5	41	40	1092	30834
8	Toplam	96	629	635	23306	96	624	627	23072	658552
CNG Yakıtlı										
490	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	15	15	525	2	15	15	525	25970
500	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	17	16	1094	3	17	16	1094	28444
510	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	13	12	477	2	13	12	477	22346
515	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	16	19	977	2	6	7	363	24174
525	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	17	17	527	1	8	8	248	22010
530	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	3	3	465	1	3	3	465	12090
6	Toplam	14	81	82	4065	11	62	61	3172	135034
14	Genel Toplam	110	710	717	27371	107	686	688	26244	793586

Tablo A.7. Derince ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
148	115 NOLU	-	45,554	47,372	11	11	1022,186
149	115 NOLU	-	31,106	32,183	1	1	63,289
2	Toplam		76,6607	79,555	12	12	1085,475

Tablo A.8. Derince ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPL. KM	PAZ. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZAR TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
148	115 NOLU	-	6	0	273,324	-	5	5	464,63	23964
149	115 NOLU	-	1	0	31,106	-	1	1	63,289	1581,148
2	Toplam		7	0	304,43	-	6	6	528	25545,15

Tablo A.9. Dilovası ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
301	195 NOLU	6	28	28	46	45	2548
302	195 NOLU	13	28	28	114	114	6384
303	195 NOLU	7	20	20	48	48	1920
304	195 NOLU	1	23	23	11	11	506
306	195 NOLU	3	9	9	18	18	324
307	195 NOLU	3	11,4	11	20	20	448
308	195 NOLU	2	23	23	14	14	644
309	195 NOLU	2	7,81	8	18	19	292,58
8	Toplam	37	150,2	150	289	289	13066,58
CNG Yakıtlı							
300	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	58	59	16	17	1931
305	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	60	56	4	5	520
310	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	25	26	19	18	943
315	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	32	32	12	11	736
320	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	32	32	18	17	1120
325	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	25	25	7	7	350
6	Toplam	17	232	230	76	75	5600
14	Genel Toplam	54	382,2	380	365	364	18666,58

Tablo A.10. Dilovası ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ. ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPL. KM	PAZ. ÇALLŞ. ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZAR TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
301	195 NOLU	6	43	44	2436	6	43	44	2436	65800
302	195 NOLU	12	98	98	5488	12	98	98	5488	162400
303	195 NOLU	6	45	45	1800	6	45	45	1800	49440
304	195 NOLU	1	7	7	322	1	7	7	322	12420
306	195 NOLU	3	15	15	270	3	15	15	270	8208
307	195 NOLU	2	15	0	171	2	15	15	336	10870
308	195 NOLU	2	12	13	575	2	12	13	575	16468
309	195 NOLU	1	9	9	142,29	1	9	9	142,29	7005,92
8	Toplam	33	244	231	11204,3	33	244	246	11369,3	332612
CNG Yakıtlı										
300	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	16	17	1931	2	9	9	1053	48450
305	ULAŞIMPARK A.Ş.	0	0	0	0	0	0	0	0	11440
310	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	15	14	739	3	15	14	739	23702
315	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	4	3	224	1	4	3	224	17088
320	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	18	17	1120	2	13	12	800	28480
325	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	7	7	350	1	7	7	350	9100
6	Toplam	12	60	58	4364	9	48	45	3166	138260
14	Genel Toplam	45	304	289	15568,29	42	292	291	14535,29	470872

Tablo A.11. Gebze ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
400	141 NOLU	5	70	65	17	17	2295
401	141 NOLU	23	66	66	48	50	6468
402	141 NOLU	23	65	65	119	140	16835
399	145 NOLU	3	25	25	8	8	400
427	145 NOLU	2	65	65	7	5	780
403	167 NOLU	2	8,8	8,69	20	21	358,49
404	167 NOLU	3	14	12,8	15	15	402
406	167 NOLU	7	10	10	61	60	1210
407	167 NOLU	4	8	7	64	60	932
408	167 NOLU	2	10	9	24	25	465
409	167 NOLU	6	8	6	80	75	1090
411	167 NOLU	4	8	7	62	57	895
412	167 NOLU	4	12,9	12,7	28	0	361,2
413	167 NOLU	20	16	10	175	175	4550
414	167 NOLU	7	12	10	58	58	1276
416	167 NOLU	9	10	9	95	87	1733
417	167 NOLU	7	13	10	69	71	1607
418	167 NOLU	7	9	11	57	61	1184
419	167 NOLU	2	6	4	47	47	470
421	167 NOLU	2	12,5	11	14	12	307
422	167 NOLU	10	14	11	81	68	1882
496	173 NOLU	1	65	66	2	2	262
498	173 NOLU				0	0	0
499	173 NOLU	8	8,132	8,974	14	14	239,484
397	173 NOLU	3	24,6	23,5	10	7	410,5
396	195 NOLU	1	25	25	2	2	100
423	198 NOLU	12	28	28	49	53	2856
424	198 NOLU	1	40	40	4	4	320
426	198 NOLU	5	12	12	43	40	996
29	Toplam	183	666	639	1273	1234	50685
CNG Yakıtlı							
405	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	90,8	85,7	1	1	176,5
410	ULAŞIMPARK A.Ş.	7	28	28	34	31	1820
415	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	16	16	8	8	256
420	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	11	10	16	16	336
425	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	18	18	9	9	324
430	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	23	19	16	14	634
435	ULAŞIMPARK A.Ş.	5	84	80	13	13	2132
440	ULAŞIMPARK A.Ş.	6	28	26	28	31	1590
480	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	27,7	27,2	15	16	850,7
9	Toplam	32	327	310	140	139	8120
38	Genel Toplam	215	992,4	949	1413	1373	58804

Tablo A.12. Gebze ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HA T NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ. ARAÇ SAYIS I	CMT. GİDİŞ SEFER SAYIS I	CMT. DÖNÜ Ş SEFER SAYISI	CUMARTES İ TOPLAM KM	PAZ. ÇALIŞ. ARAÇ SAYIS I	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYIS I	PAZ. DÖNÜ Ş SEFER SAYISI	PAZAR TOPLA M KM	AYLIK TOPLA M KM
Dizel Yakıtlı										
400	141 NOLU	5	17	17	2295	5	17	17	2295	59670
401	141 NOLU	23	48	48	6336	23	43	46	5874	166716
402	141 NOLU	23	116	134	16250	23	111	127	15470	433810
399	145 NOLU	1	6	6	300	1	6	6	300	10000
427	145 NOLU	3	7	5	780	3	7	5	780	20280
403	167 NOLU	2	20	0	176	2	20	21	358,49	8955,76
404	167 NOLU	2	11	0	154	2	11	11	294,8	9741,6
406	167 NOLU	7	57	56	1130	7	57	56	1130	31140
407	167 NOLU	4	64	60	932	4	50	47	729	23826
408	167 NOLU	2	24	25	465	2	24	25	465	12090
409	167 NOLU	6	74	70	1012	6	74	70	1012	28028
411	167 NOLU	4	62	57	895	4	50	47	729	22938
412	167 NOLU	4	24	0	309,6	4	24	0	309,6	9184,8
413	167 NOLU	20	199	199	5174	20	172	172	4472	119392
414	167 NOLU	7	47	47	1034	7	47	47	1034	32208
416	167 NOLU	9	85	80	1570	9	85	80	1570	44406
417	167 NOLU	7	64	63	1462	7	64	63	1462	41202
418	167 NOLU	7	54	58	1124	7	54	58	1124	30544
419	167 NOLU	2	47	47	470	2	41	41	410	12100
421	167 NOLU	2	14	12	307	2	14	12	307	7982
422	167 NOLU	10	75	63	1743	10	75	63	1743	48376
496	173 NOLU	1	2	2	262	1	2	2	262	6812
498	173 NOLU		24	24	0		24	24	0	0
499	173 NOLU	0	14	14	239,484	0	14	14	239,484	6226,584
397	173 NOLU	3	7	7	336,7	3	13	13	625,3	10955
396	195 NOLU	1	2	2	100	1	2	2	100	2600
423	198 NOLU	10	49	53	2856	10	38	42	2240	73024
424	198 NOLU	1	4	4	320	1	4	4	320	8320
426	198 NOLU	4	43	40	996	4	30	28	696	25296
29	Toplam	170	1260	1193	49029	170	1173	1143	46352	1305824
CNG Yakıtlı										
405	ULAŞIMPAR K A.Ş.	0	11	0	998,8	0	0	0	0	5880,6
410	ULAŞIMPAR K A.Ş.	4	17	16	924	4	16	15	868	43624
415	ULAŞIMPAR K A.Ş.	2	8	8	256	2	8	8	256	6656
420	ULAŞIMPAR K A.Ş.	0	0	0	0	0	0	0	0	7392
425	ULAŞIMPAR K A.Ş.	2	9	9	324	2	9	9	324	8424
430	ULAŞIMPAR K A.Ş.	2	8	7	317	2	8	7	317	15216
435	ULAŞIMPAR K A.Ş.	2	8	8	1312	2	8	8	1312	52152
440	ULAŞIMPAR K A.Ş.	3	15	16	836	3	15	16	836	38324
480	ULAŞIMPAR K A.Ş.	2	7	8	411,5	2	7	8	411,5	20361,4
9	Toplam	17	83	72	5379,3	17	71	71	4324,5	198030
38	Genel Toplam	187	1343	1265	54408	187	1244	1214	50676,1	1503854

Tablo A.13. Gölcük ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
715	128 NOLU	8	7,5	7,5	93	93	1395
716	128 NOLU	8	10	10	64	64	1280
717	128 NOLU	8	9	9	76	76	1368
718	128 NOLU	8	7,5	7,5	80	80	1200
676	142 NOLU	3	6,585	6,928	61	61	824,293
677	142 NOLU	2	8,097	8,402	18	19	305,384
678	142 NOLU	2	6,979	7,077	21	21	295,176
711	20&52 NOLU	7	8,5	8,5	65	65	1105
712	20&52 NOLU	7	8,5	8,5	65	65	1105
713	20&52 NOLU	12	8,5	8,5	104	104	1768
714	20&52 NOLU	5	8,5	8,5	31	31	527
721	39 NOLU	18	27,737	26,128	85	88	4656,909
722	39 NOLU	2	30,183	29,276	16	13	863,516
731	39 NOLU	11	8,638	8,687	120	120	2079
732	39 NOLU	4	6,933	9,309	59	57	939,66
733	39 NOLU	1	8,542	8,542	7	7	119,588
701	41 NOLU	21	20,319	20,663	94	101	3996,949
702	41 NOLU	21	22,762	23,809	65	57	2836,643
681	46 NOLU	4	8,222	8,621	64	64	1077,952
682	46 NOLU	3	9,031	8,887	29	29	519,622
683	46 NOLU	3	5,878	5,767	67	67	780,215
684	46 NOLU	3	5,423	5,61	23	23	253,759
671	65 NOLU	8	14	13	69	70	1876
651	70 NOLU	7	22	22	31	27	1276
652	70 NOLU	7	25	25	33	36	1725
656	70 NOLU	8	17	17	63	63	2142
662	70 NOLU	2	22	22	12	12	528
666	70 NOLU	1	10	10	9	9	180
655	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	21	21	6	5	231
741	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	14,437	11,291	4	3	91,621
742	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	9,356	9,264	8	8	148,96
743	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	21,944	17,048			0
744	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	20,223	20,346	2	3	101,484
745	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	-	-	4	4	0
746	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	19,498	20,012	5	6	217,562
747	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	8,357	7,908	7	7	113,855
748	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	11,866	8,165	7	7	140,217
692	İHSANİYE-İZMİT İHALELİ	2	25	25	14	14	700
38	Toplam	205	505,01	494,74	1581	1579	38768,36
CNG Yakıtlı							
665	BELEDİYE	1	13,50715	16,2058	7	7	207,9907
670	BELEDİYE	2	11,58979	11,46667	13	13	299,734
680	BELEDİYE	1	23,54219	22,60924	4	4	184,6057
695	BELEDİYE	2	23,74051	23,01627	13	12	584,8219
720	BELEDİYE	1	13,63894	7,56983	13	0	177,3062
730	BELEDİYE	1	14,89908	9,04675	13	0	193,688
740	BELEDİYE	0	28,74426	25,79569	0	0	0
405	ULAŞIMPARK A.Ş.	5	31	30	23	23	1403
8	Toplam	13	160,6619	145,7103	86	59	3051,146
46	Genel Toplam	218	665,6719	640,4503	1667	1638	41819,51

Tablo A.14. Gölcük ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HA T NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALI Ş. ARA Ç SAYI SI	CMT. GİDİŞ SEFE R SAYI SI	CMT. DÖNÜ Ş SEFE R SAYIS I	CUMARTE Sİ TOPLAM KM	PAZAR ÇALIŞA N ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFE R SAYI SI	PAZ. DÖNÜ Ş SEFE R SAYIS I	PAZAR TOPLA M KM	AYLIK TOPLA M KM
Dizel Yakıtlı										
715	128 NOLU	8	71	71	1065	8	64	64	960	34740
716	128 NOLU	8	57	57	1140	8	60	60	1200	32840
717	128 NOLU	8	64	64	1152	8	61	61	1098	34596
718	128 NOLU	8	68	68	1020	8	63	63	945	30330
676	142 NOLU	2	61	61	824,293	2	41	41	554,033	20891,1
677	142 NOLU	2	18	19	305,384	2	17	17	280,483	7890,1
678	142 NOLU	1	21	21	295,176	1	17	16	231,875	7548
711	20&52 NOLU	6	51	51	867	6	51	51	867	27778
712	20&52 NOLU	6	51	51	867	6	51	51	867	27778
713	20&52 NOLU	14	79	79	1343	14	72	72	1224	44030
714	20&52 NOLU	4	25	25	425	4	23	23	391	13226
721	39 NOLU	14	119	121	6462,191	14	102	102	5494,23	126365
722	39 NOLU	2	9	7	476,579	2	7	6	386,937	20724
731	39 NOLU	10	120	120	2079	10	102	102	1767,15	53430,3
732	39 NOLU	2	59	57	939,66	2	59	57	939,66	24431,1
733	39 NOLU	1	7	7	119,588	1	7	7	119,588	3109,28
701	41 NOLU	19	96	103	4078,913	19	100	106	4222,17	104535
702	41 NOLU	20	64	57	2813,881	20	60	54	2651,40	73336,7
681	46 NOLU	4	58	58	976,894	4	48	48	808,464	27285,6
682	46 NOLU	0	29	29	519,622	0	29	29	519,622	13510,1
683	46 NOLU	3	0	0	0	3	0	0	0	17164,7
684	46 NOLU	3	23	23	253,759	3	23	23	253,759	6597,73
671	65 NOLU	6	61	61	1647	6	42	42	1134	46834
651	70 NOLU	7	30	27	1254	7	25	23	1056	32692
652	70 NOLU	7	31	34	1625	7	30	32	1550	44300
656	70 NOLU	8	53	53	1802	8	41	41	1394	53516
662	70 NOLU	2	12	12	528	2	9	9	396	13464
666	70 NOLU	1	8	8	160	1	0	0	0	4280
655	GÖLCÜK KÖY HATTI	1	6	5	231	1	0	0	0	5544
741	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	4	3	91,621	0	4	3	91,621	2382,14
742	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	8	8	148,96	0	7	7	130,34	3835,72
744	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	2	2	81,138	0	2	2	81,138	2557,2
745	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	4	4	0	0	3	3	0	0
746	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	5	6	217,562	0	4	4	158,04	5537,56
747	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	6	6	97,59	0	3	3	48,795	2797,58
748	GÖLCÜK KÖY HATTI	0	7	7	140,217	0	5	6	108,32	3581,84
692	İHSANİYE-İZMİT İHALELİ	2	14	14	700	2	14	14	700	18200
38	Toplam	179	1401	1399	36748,03	179	1246	1242	32630	991660
CNG Yakıtlı										
665	BELEDİYE	1	7	7	207,9907	1	7	7	207,990	5407,75
670	BELEDİYE	2	13	13	299,734	2	13	13	299,734	7793,08
680	BELEDİYE	2	4	4	184,6057	2	0	0	0	4430,53
695	BELEDİYE	2	13	12	584,8219	2	7	6	304,281	14644,2
720	BELEDİYE	1	13	0	177,3062	1	13	0	177,306	4609,96
730	BELEDİYE	1	13	0	193,688	1	13	0	193,688	5035,88
740	BELEDİYE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
405	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	18	16	1038	3	18	16	1038	35018
8	Toplam	12	81	52	2686,146	12	18	16	1038	35018
46	Genel Toplam	191	1482	1451	39434,17	191	1317	1284	34850,6	106859

Tablo A.15. İzmit ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
871	111 NOLU	1	39	39	2	3	195
872	111 NOLU	1	36	36	2	2	144
873	111 NOLU	1	29	29	1	1	58
291	119 NOLU	6	34	34	9	9	605,331
269	120 NOLU	-	28	28	7	7	394,919
267	125 NOLU	1	16	18	5	3	134
268	125 NOLU	4	16	16	31	30	981,61
866	140 NOLU	1	40	40	5	4	363,046
22	5 NOLU	11	8	9	64	79	1223
23	5 NOLU	24	12	12	78	93	1966,5
24	5 NOLU	8	20	20	80	76	3120
33	5 NOLU	30	14	14	236	226	6468
42	5 NOLU	2	4	4	19	0	76
43	5 NOLU	6	19	19	29	29	1102
44	5 NOLU	7	11	11	50	57	1177
46	5 NOLU	4	11	11	32	40	756
51	5 NOLU	8	6	7	39	10	304
52	5 NOLU	2	9	8	11	11	187
53	5 NOLU	30	15	15	186	196	5730
56	5 NOLU	12	10	11	82	87	1733,5
55	5 NOLU	-	-	-	-	-	0
59	5 NOLU	12	16	16	83	86	2619,5
63	5 NOLU	6	15	14	41	41	1184,9
66	5 NOLU	3	16	16	16	15	480,5
73	5 NOLU	3	10	10	41	41	820
76	5 NOLU	2	23	23	6	6	270
81	5 NOLU	16	20	20	84	87	3420
82	5 NOLU	30	20	20	205	207	8240
83	5 NOLU	-	-	-	22	18	0
88	5 NOLU	25	20	20	115	123	4641
92	5 NOLU	13	19	19	87	87	3306
94	5 NOLU	14	17	16	81	84	2730
95	5 NOLU	3	14	13	15	13	374,7
96	5 NOLU	19	15	13	94	101	2725,1
101	5 NOLU	7	17	17	37	42	1343
103	5 NOLU	7	15	16	32	36	1056

Tablo A.16. İzmit ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (Devam) (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
111	5 NOLU	18	21	21	112	113	4725
113	5 NOLU	1	18	18	2	2	71,6
118	5 NOLU	17	18	18	96	97	3474
120	5 NOLU	3	30	30	10	11	630
121	5 NOLU	23	22	22	121	124	5390
123	5 NOLU	3	28	28	7	7	385
126	5 NOLU	22	21	21	105	108	4473
130	5 NOLU	1	31	31	2	2	124
133	5 NOLU	10	23	23	61	61	2806
134	5 NOLU	24	21	21	121	121	4961
138	5 NOLU	23	21	21	109	111	4620
140	5 NOLU	4	23	23	12	12	540
141	5 NOLU	18	16	16	92	92	2944
143	5 NOLU	4	22	22	20	20	860
147	5 NOLU	15	15	15	82	83	2475
26	55 NOLU	24	19	20	88	82	3334,166
27	55 NOLU	12	11	11	63	59	1354,624
28	55 NOLU	12	11	12	80	85	1928,275
29	55 NOLU	2	15	15	10	11	306,644
57	6 NOLU	5	5	5	126	126	1134
64	6 NOLU	7	8	9	78	78	1326
87	6 NOLU	10	10	10	130	135	2650
91	6 NOLU	10	11	11	131	135	2926
229	İZMİT KÖY HATTI	-	29	29	-	-	-
298	İZMİT KÖY HATTI	-	36	36	7	7	509,824
61	Toplam	587	1094	1097	3592	3632	113878
CNG Yakıtlı							
11	BELEDİYE	4	17	17	45	2	795,71
16	BELEDİYE	3	12	12	23	22	533,2243
61	BELEDİYE	2	15	12	17	15	435,1989
62	BELEDİYE	1	9	6	11	11	170,6059
65	BELEDİYE	3	18	16	20	21	688,3127
67	BELEDİYE	1	29	29	6	0	175,0471
S3	BELEDİYE	1	15	15	1	1	30
D1	BELEDİYE	1	15	15	4	0	60
D4	BELEDİYE	1	15	15	1	1	30
S1	BELEDİYE	1	15	15	1	1	30
S2	BELEDİYE	1	15	15	1	1	30

Tablo A.17. İzmit ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (Devam) (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
CNG Yakıtlı							
10	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	15	20	15	15	525
13	ULAŞIMPARK A.Ş.	5	25	25	30	31	1525
25	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	14	14	30	32	868
70	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	27	26	13	13	689
80	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	18	19	18	20	704
85	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	25	24	7	7	343
90	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	33	32	16	18	1104
105	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	27	27	11	11	594
115	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	28	26	9	9	486
116	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	24	24	9	9	432
124	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	21	21	11	11	462
135	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	26	26	17	17	884
145	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	25	24	17	17	833
200	ULAŞIMPARK A.Ş.	11	80	78	33	33	5214
250	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	81	79	24	24	3840
26	Toplam	70	643	633	390	342	21481
87	Genel Toplam	657	1736,731	1730,337	3982	3974	135358,8

Tablo A.18. İzmit ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPL. KM	PAZ. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZ. TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
871	111 NOLU	1	2	3	195	1	3	3	234	5148
872	111 NOLU	1	3	3	216	1	2	2	144	3888
873	111 NOLU	1	1	1	58	1	0	0	0	1392
291	119 NOLU	3	9	9	605,331	3	5	5	336,295	15200,53
269	120 NOLU		7	7	394,919		5	5	282,085	10042,23
267	125 NOLU	5	5	3	134	5	4	3	118	3452
268	125 NOLU	27	30	30	965,61	27	29	29	933,423	25393,49
866	140 NOLU	1	4	4	322,68	1	4	4	322,68	9277,732
22	5 NOLU	10	52	69	1037	10	50	67	1003	30986
23	5 NOLU	10	0	0	0	10	0	0	0	43263
24	5 NOLU	16	80	86	3320	16	75	76	3020	81320
33	5 NOLU	16	135	125	3640	16	127	118	3430	156436
42	5 NOLU	1	17	0	68	1	9	0	36	1880
43	5 NOLU	4	23	23	874	4	19	19	722	27436
44	5 NOLU	13	56	63	1309	13	46	47	1023	30558
46	5 NOLU	4	32	40	756	0	0	0	0	18144
51	5 NOLU	8	81	78	1032	8	81	78	1032	10816
52	5 NOLU	2	10	10	170	2	10	10	170	4794
53	5 NOLU	6	123	126	3735	6	123	126	3735	141000
56	5 NOLU	12	83	86	1733	12	57	57	1168,5	43940
55	5 NOLU				0				0	0
59	5 NOLU	10	82	86	2604	10	74	77	2340,5	67518
63	5 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	26067,8
66	5 NOLU	3	16	15	480,5	3	16	15	480,5	12493
73	5 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	18040
76	5 NOLU	2	6	6	270	2	7	7	315	7110
81	5 NOLU	12	63	65	2560	12	60	61	2420	85200
82	5 NOLU	25	161	163	6480	20	142	145	5740	205720
83	5 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	5 NOLU	21	113	117	4485	21	92	94	3627	118326
92	5 NOLU	11	62	62	2356	11	64	64	2432	82308
94	5 NOLU	10	78	79	2598,1	10	64	64	2118,4	69493
95	5 NOLU	2	15	13	374,7	2	8	7	200,7	9394,2
96	5 NOLU	15	73	71	2017,4	15	67	64	1836,1	67659,2
101	5 NOLU	4	22	22	748	4	22	22	748	32538
103	5 NOLU	5	23	26	761	5	25	28	823	26400

Tablo A.19. İzmit ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (Devam) (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPL. KM	PAZ. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZ. TOPLAM KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
111	5 NOLU	18	85	86	3591	18	75	73	3108	117348
113	5 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	1575,2
118	5 NOLU	15	90	91	3258	15	89	90	3222	89388
120	5 NOLU	3	10	11	630	3	10	11	630	16380
121	5 NOLU	19	88	91	3938	19	94	97	4202	134860
123	5 NOLU	3	7	7	385	3	7	7	385	10010
126	5 NOLU	18	84	87	3591	18	86	89	3675	112938
130	5 NOLU	1	2	0	62	1	2	2	124	3100
133	5 NOLU	5	38	0	874	5	30	30	1380	66240
134	5 NOLU	22	111	0	2275,5	22	103	103	4223	122139
138	5 NOLU	21	88	0	1848	21	103	105	4368	114072
140	5 NOLU	4	12	0	270	4	12	12	540	13500
141	5 NOLU	13	79	0	1264	13	83	83	2656	72608
143	5 NOLU	2	5	0	107,5	2	7	7	301	19737
147	5 NOLU	9	64	0	960	9	54	54	1620	59610
26	55 NOLU	10	69	69	2707,284	10	59	59	2314,924	83396,07
27	55 NOLU	7	47	47	1044,904	7	44	43	966,71	33824,96
28	55 NOLU	10	64	64	1494,4	10	62	62	1447,7	48306,25
29	55 NOLU	1	5	5	145,975	1	5	5	145,975	7330,068
57	6 NOLU	6	126	126	1134	6	112	112	1008	29232
64	6 NOLU	2	78	78	1326	2	18	20	324	32472
87	6 NOLU	10	130	135	2650	10	120	120	2400	68400
91	6 NOLU	10	131	135	2926	10	120	120	2640	75504
229	İZMİT KÖY HATTI	-	-	-	0	-	-	-	0	0
298	İZMİT KÖY HATTI	-	7	7	509,824	-	5	5	364,16	12964,1
61	Toplam	470	2887	2530	83293	461	2590	2606	82836,65	2837569
CNG Yakıtlı										
11	BELEDİYE	4	47	45	2	4	75	73	3108	117348
16	BELEDİYE	3	45	23	22	3	75	73	3108	117348
61	BELEDİYE	1	32	17	15	1	75	73	3108	117348
62	BELEDİYE	1	22	11	11	1	75	73	3108	117348
65	BELEDİYE	1	41	20	21	1	75	73	3108	117348
67	BELEDİYE	1	6	6	0	1	75	73	3108	117348
S3	BELEDİYE	0	0	0	0	0	75	73	3108	117348
D1	BELEDİYE	1	0	0	0	1	75	73	3108	117348
D4	BELEDİYE	0	0	0	0	0	75	73	3108	117348
S1	BELEDİYE	0	0	0	0	0	75	73	3108	117348
S2	BELEDİYE	0	0	0	0	0	75	73	3108	117348

Tablo A.20. İzmit ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (Devam) (KBB, 2017)

HA T NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ ARAÇ SAYIS I	CMT. GİDİŞ SEFER SAYIS I	CMT. DÖNÜ Ş SEFER SAYISI	CMT. TOPLA M KM	PAZ. ÇALIŞ ARAÇ SAYIS I	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYIS I	PAZ. DÖNÜ Ş SEFER SAYISI	PAZ. TOPLA M KM	AYLIK TOPLA M KM
CNG Yakıtlı										
10	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	7	7	245	1	7	7	245	12530
13	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	17	17	850	3	17	17	850	36950
25	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	16	17	462	2	16	17	462	20944
70	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	13	13	689	3	12	11	610	17756
80	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	18	20	704	3	18	19	685	18266
85	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	7	7	343	2	7	7	343	8918
90	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	16	18	1104	3	16	18	1104	28704
105	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	11	11	594	1	6	6	324	14904
115	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	9	9	486	2	8	8	432	12528
116	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	9	9	432	2	9	9	432	11232
124	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	11	11	462	1	5	5	210	11508
135	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	17	17	884	3	17	16	858	22932
145	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	17	17	833	2	16	16	784	21560
200	ULAŞIMPARK A.Ş.	10	33	33	5214	10	33	33	5214	135564
250	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	24	24	3840	4	24	24	3840	99840
26	Toplam	57	347	301	19940	54	293	260	18245,74	548955,9
87	Genel Top.	527	3234	2831	103232,7	515	2883	2866	101082,4	3386525

Tablo A.21. Kandıra ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
850	112 NOLU	2	70	70	5	3	560
851	112 NOLU	3	50	50	4	5	450
852	112 NOLU	3	20	20	3	3	120
831	147 NOLU	2	18	18	2	2	72
832	147 NOLU	2	18	18	2	2	72
833	147 NOLU	2	26	26	2	2	104
834	147 NOLU	1	20	20	2	2	80
835	147 NOLU	1	8	8	2	2	32
838	147 NOLU	1	0	0	2	2	0
839	147 NOLU	1	0	0	2	2	0
857	153 NOLU	1	65	65	2	2	260
859	153 NOLU	1	65	65	2	2	260
811	49 NOLU	3	37,5	37,5	4	9	487,5
812	49 NOLU	11	5	5	76	76	760
813	49 NOLU	5	5	5	56	54	550
818	49 NOLU	4	22	22	29	30	1298
819	49 NOLU	9	25	25	30	31	1525
820	49 NOLU	1	17,828	17,787	4	4	142,46
821	49 NOLU	1	0	0	1	1	0
822	49 NOLU	1	0	0	1	1	0
824	KANDIRA KÖY HATTI	1	14,642	14,605	1	1	29,247
825	KANDIRA KÖY HATTI	1	18,493	18,431	1	1	36,924
826	KANDIRA KÖY HATTI	1	22,423	22,349	1	2	67,121
841	KANDIRA KÖY HATTI	1	45,004	44,934	1	1	89,938
842	KANDIRA KÖY HATTI	1	42,116	42,045	2	2	168,322
843	KANDIRA KÖY HATTI	1	42,392	42,351	1	1	84,743
844	KANDIRA KÖY HATTI	1	0	0	1	1	0
845	KANDIRA KÖY HATTI	1	0	0	2	2	0
847	KANDIRA KÖY HATTI	1	39,192	39,132	1	1	78,324
888	KANDIRA KÖY HATTI	1	54,413	54,393	4	4	435,224
891	KANDIRA KÖY HATTI	1	52,908	52,896	1	1	105,804
31	Toplam	66	804	803	247	252	7869
CNG Yakıtlı							
800	ULAŞIMPARK A.Ş.	8	53	52	35	35	3675
800C	ULAŞIMPARK A.Ş.	0	74,91	74,4	0	0	0
800K	ULAŞIMPARK A.Ş.	0	74,91	74,4	0	0	0
805	BELEDİYE	1	53,80227	40,43176	2	3	228,8998
806	BELEDİYE	1	74,89408	75,1654	3	3	450,1784
807	BELEDİYE	0	44	44	-	-	0
6	Toplam	10	375,5	360,3	40	41	4354,078
37	Genel Toplam	76	1179,427	1163,82	287	293	12222,69

Tablo A.22. Kandıra ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SEFER SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPL. KM	PAZ. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZ. TOPL. KM	AYLIK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı										
850	112 NOLU	4	5	3	560	4	5	3	560	14560
851	112 NOLU	4	4	4	400	4	3	3	300	11300
852	112 NOLU	3	0	0	0	3	0	0	0	2640
831	147 NOLU	1	1	1	36	1	1	1	36	1728
832	147 NOLU	0	1	1	36	0	0	0	0	1656
833	147 NOLU	1	1	1	52	1	1	1	52	2496
834	147 NOLU	1	1	1	40	1	1	1	40	1920
835	147 NOLU	1	1	1	16	1	0	0	0	736
838	147 NOLU	1	1	1	0	0	0	0	0	0
839	147 NOLU	1	1	1	0	0	0	0	0	0
857	153 NOLU	1	1	1	130	1	1	1	130	6240
859	153 NOLU	1	1	1	130	1	1	1	130	6240
811	49 NOLU	2	4	9	487,5	2	4	9	487,5	12675
812	49 NOLU	7	32	32	320	7	32	32	320	18000
813	49 NOLU	4	37	37	370	4	37	37	370	13580
818	49 NOLU	4	30	30	1320	4	30	30	1320	33836
819	49 NOLU	8	30	31	1525	8	30	31	1525	39650
820	49 NOLU	0	4	4	142,46	0	4	4	142,46	3703,96
821	49 NOLU	0	0	0	0	0	4	4	0	0
822	49 NOLU	0	0	0	0	0	4	4	0	0
824	KANDIRA KÖY HATTI	1	0	0	0	1	0	0	0	643,434
825	KANDIRA KÖY HATTI	0	1	1	36,924	0	0	0	0	886,176
826	KANDIRA KÖY HATTI	1	0	0	0	1	0	0	0	1476,662
841	KANDIRA KÖY HATTI	1	1	1	89,938	1	0	0	0	2158,512
842	KANDIRA KÖY HATTI	1	2	2	168,322	1	2	2	168,322	4376,372
843	KANDIRA KÖY HATTI	1	1	1	84,743	1	3	3	254,229	2542,29
844	KANDIRA KÖY HATTI	1	1	1	0	1	1	1	0	0
845	KANDIRA KÖY HATTI	1	1	1	0	1	1	1	0	0
847	KANDIRA KÖY HATTI	0	0	0	0	0	0	0	0	1723,128
888	KANDIRA KÖY HATTI	1	1	1	108,806	1	1	1	108,806	10010,15
891	KANDIRA KÖY HATTI	1	1	1	105,804	1	1	0	52,908	2645,112
31	Toplam	53	164	168	6160	51	167	170	5997,225	197423
CNG Yakıtlı										
800	ULAŞIMPARK A.Ş.	7	32	32	3360	7	31	31	3255	94080
800C	ULAŞIMPARK A.Ş.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
800K	ULAŞIMPARK A.Ş.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
805	BELEDİYE	1	2	3	228,8998	1	2	3	228,8998	5951,395
806	BELEDİYE	1	3	3	450,1784	1	3	3	450,1784	11704,64
807	BELEDİYE	1	0	0	0	1	0	0	0	0
6	Toplam	10	37	38	4039,078	10	36	37	3934,078	111736
37	Genel Toplam	63	201	206	10198,58	61	203	207	9931,3	309159

Tablo A.23. Karamürsel ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
781	127 NOLU	9	30	30	14	16	900
782	127 NOLU	9	17	17	26	28	918
783	127 NOLU	1	16	16	3	3	96
751	2 NOLU	33	41,619	43,253	99	99	8402,328
752	2 NOLU	9	44,162	46,395	26	25	2308,087
753	2 NOLU		46	46	6	6	552
771	2 NOLU	3	53,926	56,226	3	3	330,456
772	2 NOLU	20	31,702	32,025	331	329	21029,59
796	2 NOLU		15,568	14,18	0	0	0
761	27 NOLU	15	7	7	210	210	2940
762	27 NOLU	4	7	7	48	50	686
763	27 NOLU		7,56	7,74	127	128	1950,84
764	27 NOLU	2	10	10	11	11	220
766	27 NOLU		9,7346	7,0618	4	4	67,1856
756	41 NOLU	1	55	55	1	1	110
749	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	1	13,791	10,642	5	5	122,165
791	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	1	4,706	3,951	11	11	95,227
792	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	1	3,886	3,112	9	9	62,982
793	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	1	14,153	13,388	5	5	137,705
794	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	1	7,783	7,015	10	10	147,98
797	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	1	31,228	33,563	2	2	129,582
21	Toplam	112	468	466,5	951	955	41206,12
CNG Yakıtlı							
755	ULAŞIMPARK A.Ş.	6	53	53	21	21	2226
750	ULAŞIMPARK A.Ş.	5	46,44443	45,75082	18	18	1659,515
2	Toplam	11	99,4	99	39	39	3885,515
23	Genel Toplam	123	567,263	565,3026	990	994	45091,64

Tablo A.24. Karamürsel ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALIŞ ARAÇ SAYISI	CMT. GİDİŞ SFR. SAYISI	CMT. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	CMT. TOPLA M KM	PAZAR ÇALIŞA N ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFER SAYISI	PAZ. DÖNÜŞ SEFER SAYISI	PAZAR TOPLA M KM	AYLIK TOPL. KM
Dizel Yakıtlı										
781	127 NOLU	9	14	16	900	9	14	16	900	23400
782	127 NOLU	9	26	28	918	9	26	28	918	23868
783	127 NOLU	1	3	3	96	1	3	3	96	2496
751	2 NOLU	33	85	86	7257,373	33	81	81	6874,63	213115
752	2 NOLU	9	25	25	2263,925	9	25	25	2263,92	59834
753	2 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	12144
771	2 NOLU	3	3	3	330,456	3	3	3	330,456	8592
772	2 NOLU	20	174	174	11088,5	20	174	174	11088,5	507005
796	2 NOLU	-	2	2	59,496	-	2	2	59,496	238
761	27 NOLU	7	221	221	3094	7	221	221	3094	77056
762	27 NOLU	2	22	22	308	2	22	22	308	16324
763	27 NOLU		103	104	1583,64	-	73	73	1116,9	48320
764	27 NOLU	2	11	11	220	2	11	11	220	5720
766	27 NOLU		4	4	67,1856	-	4	4	67,1856	1746,8
756	41 NOLU	1	0	0	0	1	0	0	0	2420
749	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	0	5	5	122,165	0	2	2	48,866	3029,7
791	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	0	10	10	86,57	0	10	10	86,57	2441,3
792	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	0	10	10	69,98	0	10	10	69,98	1665,5
793	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	0	5	5	137,705	0	6	6	165,246	3635,4
794	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	0	10	10	147,98	0	10	10	147,98	3847,5
797	KARAMÜRSEL KÖY HATTI	0	2	2	129,582	0	2	2	129,582	3369,1
21	Toplam	96	735	741	28880,5	96	699	703	27985,3	102026
CNG Yakıtlı										
755	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	9	9	954	2	9	9	954	52788
750	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	18	18	1659,5	4	14	14	1290,73	42409
2	Toplam	6	27	27	2613,5	6	23	23	2244,7	95197
23	Genel Toplam	102	762	768	31494	102	722	726	30230	1115464

Tablo A.25. Kartepe ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
223	132 NOLU	5	27	27	17	16	891
209	47&58&129 NOLU				3	2	0
241	47&58&129 NOLU	5	28	28	11	12	644
242	47&58&129 NOLU	5	29,5	29,5	25	24	1445,5
243	47&58&129 NOLU	10	29	29	35	35	2030
261	47&58&129 NOLU	5	30	30	45	45	2700
262	47&58&129 NOLU	6	30	30			0
221	60&117 NOLU	11	36,556	36,71	24	24	1758,384
211	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	16	19,6	17,3	91	90	3340,6
212	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	14	18,1	15,3	88	88	2939,2
213	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	11	13,3	13,3	47	47	1250,2
214	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	9	14,5	14,5	54	56	1595
215	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	11	15,1	15,1	70	69	2098,9
216	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	11	17,5	17,5	55	55	1925
218	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	9	21,1	20,8	47	47	1969,3
299	66 & 80 &107 NOLU (80 NOLU)	2	23,8	23,8	12	13	595
251	68 NOLU	19	25	25	55	55	2750
281	84&133 NOLU	8	29	29	29	29	1682
282	84&133 NOLU	1	29	29	3	4	203
287	84&133 NOLU	9	29,034	27,682	33	33	1871,628
289	84&133 NOLU				1	1	0
201	98 NOLU	15	26	26	19	44	1638
202	98 NOLU	15	20	20	41	29	1400
203	98 NOLU		22	22	43	31	1628
286	KARTEPE KÖY HATTI	1	22,68	22,852	6	6	273,192
25	Toplam	198	555,77	549,344	854	855	36627,9
CNG Yakıtlı							
204	BELEDİYE	3	24,37636	22,82899	13	12	590,8406
205	BELEDİYE	2	22,22662	17,17849	11	10	416,2777
210	BELEDİYE	4	25,67458	24,58441	18	17	880,0774
220	BELEDİYE	2	18,04062	17,18393	9	8	299,837
235	BELEDİYE	2	29,84749	26,0388	7	6	365,1652
240	BELEDİYE	3	32,10936	33,568	15	16	1018,728
245	BELEDİYE	1	24,45146	20,71527	4	4	180,6669
255	BELEDİYE	3	34,20558	33,62862	16	16	1085,347
260	BELEDİYE	2	29,82655	25,7527	8	7	418,8813
265	BELEDİYE	3	36,35189	34,41923	12	12	849,2534
280	BELEDİYE	2	37,73435	37,39884	8	8	601,0655
11	Toplam	27	314,8449	293,2973	121	116	6706,141
36	Genel Toplam	225	870,6149	842,6413	975	971	43334,04

Tablo A.26. Kartepe ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HA T NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALI Ş ARAÇ SAYI SI	CMT. GİDİŞ SEFE R SAYI SI	CMT. DÖNÜ Ş SEFER SAYIS I	CUMARTE Sİ TOPLAM KM	PAZAR ÇALIŞA N ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFE R SAYI SI	PAZ. DÖNÜ Ş SEFER SAYIS I	PAZAR TOPLA M KM	AYLIK TOPLA M KM
Dizel Yakıtlı										
223	132 NOLU	5	16	16	864	5	13	13	702	22734
209	47&58&129 NOLU		0	0	0		0	0	0	0
241	47&58&129 NOLU	5	11	12	644	5	8	8	448	16352
242	47&58&129 NOLU	5	25	24	1445,5	5	23	23	1357	37406
243	47&58&129 NOLU	10	42	42	2436	10	30	30	1740	53012
261	47&58&129 NOLU	5	43	43	2580	5	34	34	2040	68640
262	47&58&129 NOLU	5			0	5			0	0
221	60&117 NOLU	11	23	23	1685,118	11	23	23	1685,11	45424,9
211	66&80&107 NOLU	14	79	79	2915,1	14	67	67	2472,3	84268
212	66&80&107 NOLU	12	77	77	2571,8	12	65	65	2171	74148
213	66&80&107 NOLU	8	44	44	1170,4	8	36	36	957,6	31760,4
214	66&80&107 NOLU	8	50	50	1450	8	42	42	1218	40426
215	66&80&107 NOLU	10	64	64	1932,8	10	60	60	1812	53665,4
216	66&80&107 NOLU	9	51	51	1785	9	45	45	1575	49070
218	66&80&107 NOLU	8	48	48	2011,2	8	41	41	1717,9	50782,8
299	66&80&107 NOLU	1	3	3	142,8	1	3	3	142,8	13661,2
251	68 NOLU	15	46	46	2300	15	46	46	2300	69700
281	84&133 NOLU	0	29	29	1682	0	28	28	1624	43616
282	84&133 NOLU	9	0	2	58	9	0	0	0	4582
287	84&133 NOLU	9	32	32	1814,912	9	31	31	1758,19	48322,0
289	84&133 NOLU		0	0	0		0	0	0	0
201	98 NOLU	20	0	0	0	20	0	0	0	36036
202	98 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	30800
203	98 NOLU		93	94	4114		71	72	3146	50336
286	KARTEPE KÖY HATTI	1	5	5	227,66	1	2	2	91,064	6647,67
25	Toplam	170	781	784	33830,29	170	668	669	28957,9	931390
CNG Yakıtlı										
204	BELEDİYE	3	13	12	590,8406	3	10	9	449,224	15078,6
205	BELEDİYE	2	11	10	416,2777	2	6	6	236,430	10463,5
210	BELEDİYE	0	0	0	0	0	0	0	0	19361,7
220	BELEDİYE	2	9	8	299,837	2	7	6	229,38	7655
235	BELEDİYE	2	7	6	365,1652	2	5	4	253,392	9270,75
240	BELEDİYE	3	15	16	1018,728	3	10	11	690,341	25830,1
245	BELEDİYE	2	4	4	180,6669	2	0	0	0	4336
255	BELEDİYE	1	10	9	644,7134	1	10	9	644,713	26456,5
260	BELEDİYE	2	8	7	418,8813	2	5	4	252,143	10557,4
265	BELEDİYE	1	5	6	388,2748	1	5	6	388,274	20236,6
280	BELEDİYE	2	8	8	601,0655	2	6	6	450,799	15327,1
11	Toplam	20	90	86	4924,451	20	64	61	3594,70	164573
Genel Toplam		190	871	870	38754,74	190	732	730	32553	1095964

Tablo A.27. Körfez ilçesindeki araçların hafta içi sefer bilgileri (KBB, 2017)

HAT NO	İŞLETMECİ	HAFTA İÇİ ÇALIŞAN ARAÇ SAYISI	GİDİŞ SEFER MESAFESİ KM	DÖNÜŞ SEFER MESAFESİ KM	H.İÇİ GİDİŞ SEFER SAYISI	H.İÇİ DÖNÜŞ SEFER SAYISI	HAFTA İÇİ GÜNLÜK TOPLAM KM
Dizel Yakıtlı							
151	10 NOLU	14	17,16	20,547	55	55	2073,885
152	10 NOLU	33	29,798	29,842	162	169	9870,574
153	10 NOLU	9	27,464	27,485	24	24	1318,776
154	10 NOLU	19	29,85	29,844	87	88	5223,222
155	10 NOLU	0	27,464	27,482	0	0	0
159	10 NOLU	5	24,2	24,19	15	15	725,85
161	10 NOLU	4	8,56	8,6	28	28	480,48
165	10 NOLU	2	8,83	8,86	12	11	203,42
169	10 NOLU	9	7,33	7,37	38	36	543,86
176	108 NOLU	2	45	45	2	2	180
177	108 NOLU	2	40	54	2	2	188
178	108 NOLU	2	55	55	2	2	220
179	108 NOLU	0	13,1762	13,39156			0
181	19&22 NOLU	8	9,429	10,219	61	44	1024,805
182	19&22 NOLU	3	9,818	11,28	14	25	419,452
183	19&22 NOLU	2	9,818	11,28	17	15	336,106
191	19&22 NOLU	23	33,261	33,879	60	66	4231,674
192	19&22 NOLU	7	55,086	33,924	13	11	1089,282
18	Toplam	144	451,2442	452,1936	592	593	28129,39
CNG Yakıtlı							
163	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	32	32	15	16	992
170	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	39	28	16	16	1072
175	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	39	28	15	15	1005
190	ULAŞIMPARK A.Ş.	4	53	40	16	16	1488
250C	ULAŞIMPARK A.Ş.	1	36	39	1	1	75
5	Toplam	14	199	167	63	64	4632
23	Genel Toplam	158	650,2442	619,1936	655	657	32761,39

Tablo A.28. Körfez ilçesindeki araçların hafta sonu sefer bilgileri (KBB, 2017)

HA T NO	İŞLETMECİ	CMT. ÇALI Ş ARAÇ SAYI SI	CMT. GİDİŞ SEFE R SAYI SI	CMT. DÖNÜ Ş SEFER SAYIS I	CUMARTE Sİ TOPLAM KM	PAZAR ÇALIŞA N ARAÇ SAYISI	PAZ. GİDİŞ SEFE R SAYI SI	PAZ. DÖNÜ Ş SEFER SAYIS I	PAZAR TOPLA M KM	AYLIK TOPLA M KM
Dizel Yakıtlı										
151	10 NOLU	14	56	0	960,96	14	52	52	1960,76	51468,9
152	10 NOLU	38	132	0	3933,336	38	121	126	7365,65	239750
153	10 NOLU	9	22	0	604,208	9	14	14	769,286	31760
154	10 NOLU	19	74	74	4417,356	19	70	70	4178,58	132103
155	10 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	10 NOLU	5	13	13	629,07	5	12	12	580,68	18388,2
161	10 NOLU	4	25	25	429	4	14	14	240,24	11909
165	10 NOLU	0	0	0	0	0	0	0	0	4475,24
169	10 NOLU	9	32	32	470,4	9	30	31	448,37	13802,4
176	108 NOLU	2	2	2	180	2	1	1	90	4500
177	108 NOLU	2	2	2	188	2	2	2	188	4888
178	108 NOLU	2	2	2	220	2	1	1	110	5500
179	108 NOLU	0			0	0			0	0
181	19&22 NOLU	9	60	50	1076,69	9	46	38	822,056	26343,2
182	19&22 NOLU	8	21	29	533,298	8	9	17	280,122	10854,7
183	19&22 NOLU	10	14	12	272,812	10	5	5	105,49	8150,93
191	19&22 NOLU	18	54	54	3625,56	18	49	46	3188,22	106724,
192	19&22 NOLU	5	10	10	890,1	5	10	9	856,176	27456,7
18	Toplam	154	519	305	18430,79	154	436	438	21183,6	698075,
CNG Yakıtlı										
163	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	15	16	992	2	11	11	704	25216
170	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	16	16	1072	3	15	15	1005	27738
175	ULAŞIMPARK A.Ş.	2	15	15	1005	2	14	14	938	25996
190	ULAŞIMPARK A.Ş.	3	16	16	1488	2	8	8	744	37200
250C	ULAŞIMPARK A.Ş.	0	0	0	0	0	0	0	0	1650
5	Toplam	11	62	63	4557	9	48	48	3391	117800
23	Genel Toplam	165	581	368	22987,79	163	484	486	24574,6	815875,

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Doğruparmak Ş., **Recepöđlu S.B.**, Kocaeli İlinde Dizel ve Doğal Gaz Motoru İle Çalışan Minibüs ve Otobüslerin Emisyon Envanteri, *Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, Hilton Hotel, İstanbul, 21-22.12.2019.



ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini Prof. Faik Somer Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2014 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2018 yılından itibaren Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir. 2015 yılından beri Köpek Irkları ve Kinoloji Federasyonu'nda görev yapmaktadır.

