

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ZONGULDAK İLİ EVSEL ISINMA VE MOTORLU TAŞITLARDAN
KAYNAKLANAN HAVA KİRLİTİCİLERİNİN EMİSYON ENVANTERİ YÖNTEMİ
İLE HESAPLANMASI**



ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜBRA YILDIRIM

EKİM 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZONGULDAK İLİ EVSEL ISINMA VE MOTORLU TAŞITLARDAN
KAYNAKLANAN HAVA KİRLETİCİLERİNİN EMİSYON ENVANTERİ YÖNTEMİ
İLE HESAPLANMASI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra YILDIRIM

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Sefa KOCABAŞ

ZONGULDAK
EKİM 2019

KABUL:

Kübra YILDIRIM tarafından hazırlanan “Zonguldak İli Evsel Isınma ve Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri Yöntemi ile Hesaplanması” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 11/10/2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sefa KOCABAŞ

.....
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü

Üye: Prof. Dr. Beyhan PEKEY

.....
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Kadir ÖZDEMİR

.....
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. / / 20....

.....
A1

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Kübra YILDIRIM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ZONGULDAK İLİ EVSEL ISINMA VE MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN HAVA KİRLETİCİLERİNİN EMİSYON ENVANTERİ YÖNTEMİ İLE HESAPLANMASI

Kübra YILDIRIM

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sefa KOCABAŞ

Ekim 2019, 59 sayfa

Bu çalışmada 2019 yılında Zonguldak ilinde konutların ısıtılması ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar envanter yöntemi ile hesaplanmıştır. Emisyonların hesaplanmasında Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından yayımlanan EMEP/EEA 2016 hava kirletici emisyon envanteri kılavuzu kullanılmıştır. Konutların ısıtılmasında kullanılan lavvarlanmış ve lavvarlanmamış kömür kullanımı sonucu ortaya çıkan azot oksit (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşik (NMVOC), kükürt oksit (SO_x) ve partikül madde (PM) emisyonları miktarları ortaya koyulmuştur. Buna göre İl genelinde konutların ısıtılması ile oluşan kirleticilerin kaynağı olarak lavvarlanmamış kömür kullanımı görülmüş, en yüksek kirletici konsantrasyonu SO_x emisyonlarında (7995.36 ton/yıl) gözlenmiştir. Bununla birlikte diğer kirletici emisyonları NO_x emisyonu 1042.45 ton/yıl, NMVOC emisyonu 4301.96 ton/yıl ve PM emisyonu 3590.4 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Zonguldak'ta 2019 yılında evsel ısınmada doğal gaz kullanımının artması ile kirletici emisyonlarının azaldığı görülmüştür.

ÖZET (devam ediyor)

Diğer yandan aynı yöntemle motorlu taşıtlardan kaynaklanan azot oksit (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşik (NMVOC), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM) emisyonları emisyon envanteri yöntemi ile hesaplanmıştır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar il genelinde kullanımda olan taşıtların cinsleri, silindir hacimleri ve kullandıkları yakıt türlerine göre bulunmuştur. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan NO_x NMVOC, CO ve PM emisyonları sırası ile 991.49, 239.26, 1655.17 ve 22.79 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. CO emisyonlarının benzinli ve LPG'li araç kullanımından kaynaklandığı, NMVOC emisyonlarının büyük bir kısmının LPG'li araçlardan kaynaklandığı görülmüştür. NO_x ve PM emisyonlarına ise dizel araçlar yol açmaktadır. Yapılan bu çalışma sonucunda emisyon envanteri yöntemi ile elde edilen veriler Zonguldak hava kalitesi seviyelerinin zamana göre değişiminin değerlendirilmesinde önemli bir katkı sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Emisyon envanteri, Hava kirleticileri, Zonguldak

Bilim Kodu: 615.02.02

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CALCULATION OF AIR POLLUTANT EMISSIONS FROM DOMESTIC HEATING AND MOTOR VEHICLES BY EMISSION INVENTORY METHOD IN ZONGULDAK

Kübra YILDIRIM

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Sefa KOCABAŞ

October 2019, 59 pages

In this study, emissions from domestic heating and motor vehicles were calculated by inventory method in province of Zonguldak in 2019. EMEP/EEA 2016 Air Pollutant Emission Inventory Guidebook is used for calculation of the emissions. Nitrogen oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOC), sulfur oxides (SO_x) and particulate matter (PM) emissions as a result of the use of raw and washed coal in domestic heating, were determined. Accordingly, the use of raw coal was found as the source of pollutants generated by domestic heating throughout the province and the highest pollutant concentration was observed in SO_x emissions (7995.36 tons/year). In the meantime, other pollutant emissions were calculated as NO_x emission 1042.45 tons/year, NMVOC emission 4301.96 tons / year, and PM emissions 3590.4 tons / year. In Zonguldak, it was observed that the pollutant emissions decreased by the increase of natural gas usage in domestic heating in 2019.

ABSTRACT (continued)

On the other hand, nitrogen oxide (NO_x), non-methane volatile organic compound (NMVOC), carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM) emissions from motor vehicles were calculated by the same method. Emissions from motor vehicles in use throughout the province have been found according to the vehicle category, cylinder capacity and fuel types. NO_x, NMVOC, CO and PM emissions from motor vehicles were calculated as 991.49, 239.26, 1655.17 and 22.79 tons/year respectively. It is found that CO emissions were emitted by gasoline and LPG vehicles, and most of NMVOC emissions were emitted by LPG vehicles. NO_x and PM emissions were emitted by diesel vehicles. As a result of this study, the data obtained with the emission inventory method will make an important contribution in the assessment of the change of air quality over time in Zonguldak.

Keywords: Emission inventory, Air pollutants, Zonguldak

Science Code: 615.02.02

TEŞEKKÜR

Bitirmiş olduğum bu çalışmanın her aşamasında yanımda olan, bana yol gösteren, öğrenim hayatımın lisans ve yüksek lisans dönemlerinde akademik bilgi birikimini ve yardımlarını benden esirgemeyen, her daim sorularıma cevap bulabildiğim değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sefa KOCABAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmam sırasında benden desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Özgür ZEYDAN'a teşekkür ederim. Çevre Mühendisi olarak yetişmemde katkıları bulunan Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm hocalarıma minnettarım.

Eğitim hayatımdan boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, beni yetiştiren, büyüten ve bugünlere getiren, düştüğümde beni kaldıran, sen yaparsın diyerek beni yüreklendiren, hayattaki rehberlerim annem Ayşe YILDIRIM ve babam Reşat YILDIRIM'a teşekkür ederim. Çalışmam boyunca her zaman yanımda olan ve beni anlayışla karşılayan, verdiğim emeklerde bana yardımcı olan Beykent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği ve Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde öğrenci olan biricik kardeşim Melike YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışmalarım sırasında yanımda olan ve beni destekleyen tüm dostlarıma ve iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 HAVA KİRLİLİĞİ, ATMOSFERİN YAPISI VE SERA GAZLARI.....	3
2.1 HAVA KİRLİLİĞİNİN TANIMI	3
2.2 ATMOSFERİN YAPISI.....	5
2.3 KİRLETİCİLERİN ATMOSFERDEKİ HAREKETLERİ	7
2.3.1 Dikey Hareketler.....	7
2.3.2 Yatay Hareketler	9
2.4 HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI	9
2.4.1 Doğal Hava Kirliliği Kaynakları.....	10
2.4.2 Antropojenik Hava Kirliliği Kaynakları	10
2.4.3 Alansal Kaynaklar.....	11
2.4.4 Çizgisel Kaynaklar.....	12
2.4.5 Noktasal Kaynaklar.....	12
2.4.6 Sabit Kaynaklar.....	12
2.4.7 Hareketli Kaynaklar	12
2.4.8 Gaz Halinde Kirleticiler.....	13
2.4.9 Partikül Maddeler.....	13

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.5 HAVA KİRLİLİĞİNİN ETKİLERİ.....	13
2.6 İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ.....	14
2.7 KÜRESEL ISINMA	15
2.8 HAVA KİRLİTİCİLER.....	15
2.8.1 Azot Oksitler (NO _x)	15
2.8.2 Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC).....	15
2.8.3 Karbon Monoksit (CO).....	16
2.8.4 Kükürt Oksitler (SO _x)	16
2.8.5 Partikül Maddeler (PM)	16
BÖLÜM 3 EMİSYON ENVANTERİ VE EMİSYON FAKTÖRLERİ.....	17
3.1 EMİSYON ENVANTERİ	17
3.1.1 Hazırlanma Amaçlarına Göre	18
3.1.2 Kapsadıkları Alanlara Göre	18
3.1.3 Kirletici Kaynakları Bakımından.....	18
3.2 EMİSYON FAKTÖRLERİ	18
BÖLÜM 4 LİTERATÜR ÖZETİ.....	21
BÖLÜM 5 MATERYAL VE METOT	29
5.1 ÇALIŞMA ALANININ MEVCUT DURUMU	29
5.1.1 Zonguldak İli Coğrafi ve Topoğrafik Özellikler.....	29
5.1.2 Zonguldak İli İklim Özellikleri ve Meteorolojik Özellikler	30
5.1.3 Zonguldak İlinde Hava Kirliliği.....	31
5.1.3.1 Evsel Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği.....	31
5.1.3.2 Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği.....	33
5.1.3.3 Ulaşımından Kaynaklanan Hava Kirliliği	34
5.2 HESAPLAMALARDA KULLANILAN VERİLER VE ÖZELLİKLERİ	34
5.2.1 Evsel Isınmadan Kaynaklanan Emisyonların Hesabı İçin Kullanılan Veriler.....	34

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

5.2.1 Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonların Hesabı İçin Kullanılan Veriler ...	37
BÖLÜM 6 BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
6.1 EVSEL ISINMADAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN HESAPLANMASI	39
6.2 MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN HESAPLANMASI.....	42
BÖLÜM 7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ	59



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Hava Kirleticiler Maddelerin Kaynağından Alıcısına Ulaşana Kadar Dağılımı	3
Şekil 2.2 Atmosferin Katmanları	6
Şekil 2.3 Kuzey Yarım Kürede Bir Siklonda Yakınsayan Rüzgarların Düşük İrtifa Saat Yönü Tersindeki Spiralleri (Havanın Düşey Doğrultudaki Hareketi Sağdaki Şekilde Gösterilmiştir.)	8
Şekil 2.4 Kuzey Yarım Kürede Bir Antisiklondan Uzaksayan Rüzgarların Saat Yönündeki Spiralleri (Havanın Düşey Doğrultudaki Çökelme Hareketi Sağdaki Şekilde Gösterilmiştir.)	9
Şekil 4.1 Balıkesir İl Merkezi Motorlu Taşıtların Emisyon Miktarları	21
Şekil 4.2 Cd ve Ni Değerlerinin CBS İle Gösterimi	22
Şekil 4.3 Kayseri İl Merkezi Konut Isıtılmasından Kaynaklanan Kirleticiler Dağılımı.	23
Şekil 4.4 Zonguldak İli Yaz ve Kış Mevsimi PM _{2.5} ve PM ₁₀ Değerleri.	24
Şekil 4.5 Gaziantep İli Trafik Kaynaklı Emisyonların Dağılımı.	25
Şekil 4.6 Eskişehir İli Motorlu Taşıtların Emisyonlarının Yıllar Bazında Değişimi.	26
Şekil 4.7 İzmir Kent Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonların Dağılımı.	26
Şekil 4.8 Zonguldak İli Evsel Isınmadan Kaynaklanan Emisyonlar	27
Şekil 4.9 Zonguldak İli Termik Santrallerden Kaynaklanan Emisyonlar	28
Şekil 4.10 Zonguldak İli Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonlar	28
Şekil 5.1 Zonguldak İli Haritası	29
Şekil 6.1 Zonguldak İlinde Kömür ve Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Kirleticiler Emisyon Miktarları.	41
Şekil 6.2 Zonguldak İli Evsel Isınmadan Kaynaklanan Kirleticiler Emisyon Dağılımı.	41
Şekil 6.3 Zonguldak İl Geneli Benzinli Otomobillerden Kaynaklanan Kirleticiler Emisyon Oranları	43
Şekil 6.4 Zonguldak İl Geneli Dizel Otomobillerden Kaynaklanan Kirleticiler Emisyon Oranları	45
Şekil 6.5 Benzin, Dizel ve LPG Kullanan Otomobiller İçin Emisyon Miktarları.	46
Şekil 6.6 Zonguldak İli Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kirleticiler Emisyon Dağılımı	49



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Temiz Havanın Bileşimi	4
Çizelge 5.1 Zonguldak İçin Uzun Yıllar Boyunca Gerçekleşen Sıcaklık Verileri ve Güneşlenme Süreleri (1939-2018).....	30
Çizelge 5.2 Zonguldak İçin Uzun Yıllar Boyunca Gerçekleşen Yağış Verileri	31
Çizelge 5.3 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Evsel Isınmada Kullanılan Katı Yakıtların Cinsi ve Yakıtların Özellikleri.....	32
Çizelge 5.4 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Konutlarda Kullanılan Doğalgaz Miktarı	32
Çizelge 5.5 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Sanayide Kullanılan Katı Yakıtların Cinsi, Yakıtların Özellikleri ve Bu Yakıtların Temin Edildiği Yerler	33
Çizelge 5.6 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Sanayide Kullanılan Doğalgaz Miktarı	33
Çizelge 5.7 Zonguldak İlinde Trafığe Kayıtlı Olan Motorlu Taşıtlar	34
Çizelge 5.8 Zonguldak İli Konut Sayılarının İlçelere Göre Dağılımı	34
Çizelge 5.9 Zonguldak İli Doğalgaz Kullanan Hane Sayıları.....	35
Çizelge 5.10 Taş Kömürü İçin Emisyon Faktörleri	35
Çizelge 5.11 Doğalgaz İçin Emisyon Faktörleri	36
Çizelge 6.1 Evsel Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirleticileri İçin Kullanılan Emisyon Faktörleri ve Zonguldak'taki Emisyon Miktarları.....	40
Çizelge 6.2 Silindir Hacmi 1000-1300 cc Olan Benzinli Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	42
Çizelge 6.3 Silindir Hacmi 1300-1600 cc Olan Benzinli Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	42
Çizelge 6.4 Silindir Hacmi 1600 cc'ün Üstünde Olan Benzinli Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	43
Çizelge 6.5 Silindir Hacmi 1000-1300 cc Olan Dizel Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.	44
Çizelge 6.6 Silindir Hacmi 1300-1600 cc Olan Dizel Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.	44
Çizelge 6.7 Silindir Hacmi 1600 cc'ün Üstünde Olan Dizel Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	45
Çizelge 6.9 Dizel Kamyonet Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	47
Çizelge 6.10 Dizel Minibüs Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	47
Çizelge 6.11 Dizel Otobüs Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	48
Çizelge 6.12 Dizel Otobüs Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	48
Çizelge 6.13 Benzinli Motorsiklet Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.....	48
Çizelge 6.14 İl Geneli Motorlu Araç Sayıları ve Hesaplanan Emisyon Miktarları.	48
Çizelge 6.15 Balıkesir ve Zonguldak İlleri İçin Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.	49

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.16 Kayseri ve Zonguldak İlleri İçin Isınmadan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.	50
Çizelge 6.17 Gaziantep ve Zonguldak İlleri İçin Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.	50
Çizelge 6.18 Kocaeli ve Zonguldak İlleri İçin Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.	51



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: Aktivite İstatistiği
Cd	: Kadmiyum
CFC	: Kloroflorokarbon
CH ₄	: Metan
°C	: Santigrat Derece
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbon Dioksit
E	: Emisyon Miktarı
EF	: Emisyon Faktörü
g	: Gram
Gg	: Gigagram
Gj	: Gigajoule
HC	: Hidrokarbonlar
H ₂ O	: Su Buharı
H ₂ SO ₄	: Sülfürik Asit
kcal	: Kilogram kalori
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
N ₂	: Azot
Ni	: Nikel
NO	: Azot Monoksit
NO ₂	: Azot Dioksit
NO _x	: Azot Oksit

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

N ₂ O	: Diazotmonoksit
NM VOC	: Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler
O ₂	: Oksijen
O ₃	: Ozon
PM	: Partikül Maddeler
S	: Kükürt
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SO ₃	: Kükürt Trioksit
SO _x	: Kükürt Oksit
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler

KISALTMALAR

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINAIR	: Core Inventory of Air Emissions
ÇATES	: Çatalağzı Termik Santrali
EEA	: Avrupa Çevre Ajansı
EMEP	: European Monitoring and Evaluation Program
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gaz
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
ppm	: Milyondaki Parçacık Sayısı
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
TTK	: Türkiye Taş Kömürü Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gaz
USEPA	: Amerikan Çevre Koruma Örgütü
ZİÇDR	: Zonguldak İl Çevre Durum Raporu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Şehirlerin hava kalitesi endüstri, artan nüfus ve hızlı kentleşme nedeniyle bozulmaktadır. Şehir atmosferindeki hava kirliliği, emisyonların miktarlarına ve bunların çevreye iletimine bağlıdır. Emisyonların iletimi sırasında hava kirleticileri iliği atmosferik olaylar ve fotokimyasal reaksiyonlarla dağılmakta veya seyrelmektedir.

Hava kirliliği seviyelerini tespit etmek için pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların temel amacı hava kalitesi standartlarını aşmayacak şekilde kirletici kaynaklardan yayılan emisyonlara müdahale etmek ve kontrol altında tutmaktır. Kirletici kaynaklardan yayılan emisyonlara müdahale etmek için yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulur. Bu yasal düzenlemeleri yapabilmek için de emisyon miktarlarının bilinmesi gerekir. Bunun yanı sıra mevcut emisyon kontrol tekniklerini geliştirmek ve gelecekteki durumu öngörebilmek için de emisyon miktarları kullanılmaktadır. Emisyon envanteri, belirli bir coğrafi alandan birim zamanda atmosfere verilen hava kirleticilerin miktarlarının kaynaklarına göre listesidir. Hava kalitesinin belirlenmesi için kullanılan emisyon envanterleri, yeterli ve güvenilir verilerin bulunması durumunda kolay uygulanabilir olduğundan sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir.

Bu çalışmada Zonguldak'ta evsel ısınma ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirleticilerin miktarlarının emisyon envanteri yöntemi ile hesaplanması amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde hava kirliliğinin tanımı yapılarak, hava kirliliğinin sebepleri ve etkileri anlatılmıştır. Atmosferin yapısı anlatılarak iklim değişikliği ve küresel ısınma konusunda bilgi verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde emisyon envanterleri, envanterlerin hazırlanma çalışmaları ve hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde hava kirletici emisyonların hesaplanması ve emisyon envanterlerinin hazırlanması ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde çalışma alanı olan Zonguldak ilinin mevcut durumu anlatılmış, ilin coğrafi ve topoğrafik özellikleri ile iklim ve meteorolojik özellikleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Ayrıca ilde hava kirliliğinin boyutları ve hava kirliliğine sebep olan faktörler hakkında bilgi verilmiştir. Yine bu bölümde evsel ısınma ve motorlu taşıt emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan veriler ve formüller açıklanmıştır.

Çalışmanın altıncı bölümünde Zonguldak ilinde hava kirliliğine sebep olan konutların ısıtılması ve trafik kaynaklı kirleticiler hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından yayımlanan EMEP/EEA 2016 hava kirletici emisyon envanteri kılavuzu kullanılarak derlenmiştir. Evsel ısınmadan kaynaklanan emisyonların hesaplanması için kullanılan konut sayısı verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan temin edilmiştir. Çalışmada konutlarda ısınma amaçlı kullanılan kömür ve doğalgazdan kaynaklanan emisyonlar ayrı ayrı ele alınarak, azot oksit (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşik (NMVOC), kükürt oksit (SO_x) ve partikül madde (PM) emisyon miktarları tespit edilmiştir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesabında ise ilde trafiğe kayıtlı araç sayıları ile ilgili veriler yine Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınarak ilde motorlu taşıtlardan kaynaklanan azot oksit (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşik (NMVOC), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM) emisyonları hesaplanmış ve sonuçlar ile ilgili yorumlar sunulmuştur.

Yedinci ve son bölümde yapılan hesaplamalar açıklanarak gelecekteki çalışmalar için tavsiyelerde bulunulmuştur.

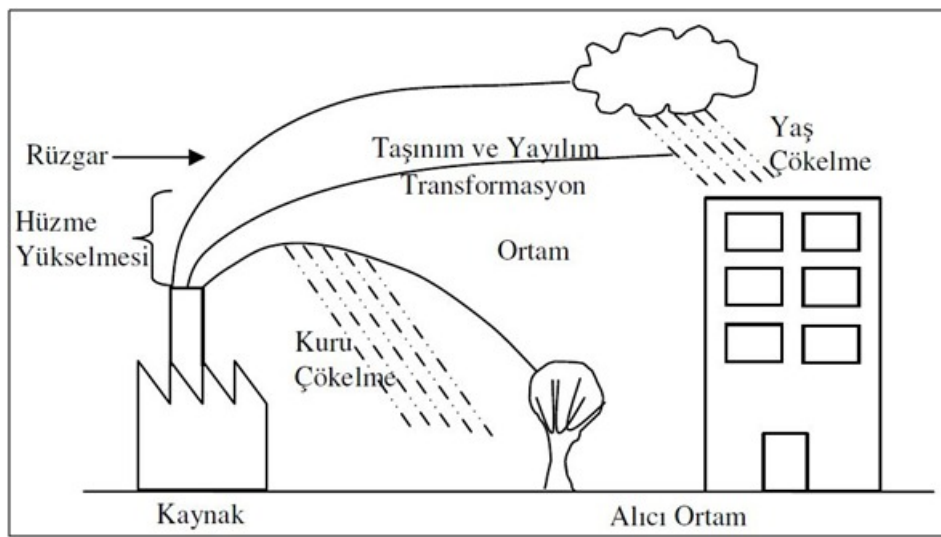
BÖLÜM 2

HAVA KİRLİLİĞİ, ATMOSFERİN YAPISI VE SERA GAZLARI

2.1 HAVA KİRLİLİĞİNİN TANIMI

Katı, sıvı, gaz haldeki maddelerin havanın doğal yapısını deforme ederek insan sağlığına, canlı yaşamına ve ekolojik dengeye zarar verebilecek miktar ve zamanda atmosferde bulunması hava kirliliği olarak tanımlanır. Tanımda söz edilen katı, sıvı, gaz; atmosferin doğal yapısında olmayan maddeler ile atmosferde normalde bulunup standart seviyelerin dışına çıkan maddelerdir (Erdoğan 2012).

Hava kirliliği oluşumunda kirliliği meydana getiren en az bir adet kaynak, kirliliğin taşınmasına sebep olan bir taşıyıcı ortam ve kirlilikten etkilenen en az bir alıcı bulunmaktadır. Kirlilikten etkilenen alıcının algıladığı dış havanın bileşkesi hava kalitesi olarak adlandırılmaktadır (Kunt 2007). Hava kirletici maddelerin kaynağından alıcısına ulaşana kadar dağılımı Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Hava Kirletici Maddelerin Kaynağından Alıcısına Ulaşana Kadar Dağılımı (Kunt 2007).

Hava kalitesi standartlarına uyabilmek için kaynak ve ortam ile ilgili faktörler mühendislik uygulamaları kullanılarak yeniden düzenlenmelidir. Kaynakla ilgili olan faktörler; kullanılan yakıtın türü, yakma teknolojisi ve hava kirliliğini önleme amacıyla kullanılan makine ve yöntemlerdir. Kirletici kaynaklardan havaya salınan kirletici maddelerin kalitesi ve miktarı hava kalitesi açısından önem taşımaktadır. Ortamla ilgili olan faktörler ise kirletici kaynaktan havaya salınan dumanın kütleli davranışını belirlemektedir. Kirleticinin davranışı bölgedeki meteorolojik özelliklere bağlıdır. Aynı zamanda kirleticinin iklimsel ve meteorolojik olayların etkisiyle bozunması, dispersiyonu ve taşınım özellikleri de alıcıya ulaşan konsantrasyonlarını etkilemektedir. Bu nedenle alıcı ortamdaki meteorolojik özellikler bölgedeki hava kalitesinin oluşması ve matematiksel yöntemlerle hava kalitesinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır (Kunt 2014). Alıcılar ise ortamdaki hava kalitesinden etkilenen canlı ve cansız varlıklardır (Zeydan 2008).

Belirli bir mekanda hava kirliliğinden söz edilebilmesi için, kirletici unsurların hangi miktarlarda zararlı olduğunun belirlenmesi gerekir. Bu durumda öncelikle yapılması gereken temiz havanın tarifidir (Taş 2006). Temiz ve kuru havanın tanımı Çizelge 2.1’ de verildiği gibidir. Atmosferde yaklaşık olarak azot (N_2) %78, oksijen (O_2) %21, karbondioksit (CO_2) ve asal gazlar %1 oranında bulunmaktadır (Polat 2016).

Çizelge 2.1 Temiz Havanın Bileşimi (Taş 2006, Zeydan 2008)

Molekül	Hacim (ppm)
Azot (N_2)	780000
Oksijen (O_2)	209400
Argon (Ar)	9300
Karbondioksit (CO_2)	315
Neon (Ne)	18
Helyum (He)	5.2
Metan (CH_4)	1.0 – 1.2
Kripton (Kr)	1.0
Nitröz Oksit (N_2O)	0.5
Hidrojen (H_2)	0.5
Ksenon (X)	0.08
Azotdioksit (NO_2)	0.02
Ozon (O_3)	0.01 – 0.04

Havada bulunan kirleticilerin kirliliğe yol açan miktar limitleri, “hava kirliliği standartları” olarak adlandırılan çeşitli ölçütlerle saptanmaktadır. Hava kirliliği standartları, kalite standartları ve emisyon standartları olarak ikiye ayrılırlar. Kalite standartları hava kirliliğine neden olan kirleticilerin havada bulunması gereken maksimum miktarlarını belirler. Dolayısıyla, hava kirliliği kalite standartları, kirliliğin doğrudan ölçütüdür. Emisyon standartları ise, hava kirliliğine yol açan atıkların, havaya bırakılmasına müsaade edilebilecek maksimum miktarlarını gösterir. Emisyon standartlarının aşılması durumunda, söz konusu atıkları bırakan her faaliyet hava kirliliğine yol açıyor demektir (Taş 2006).

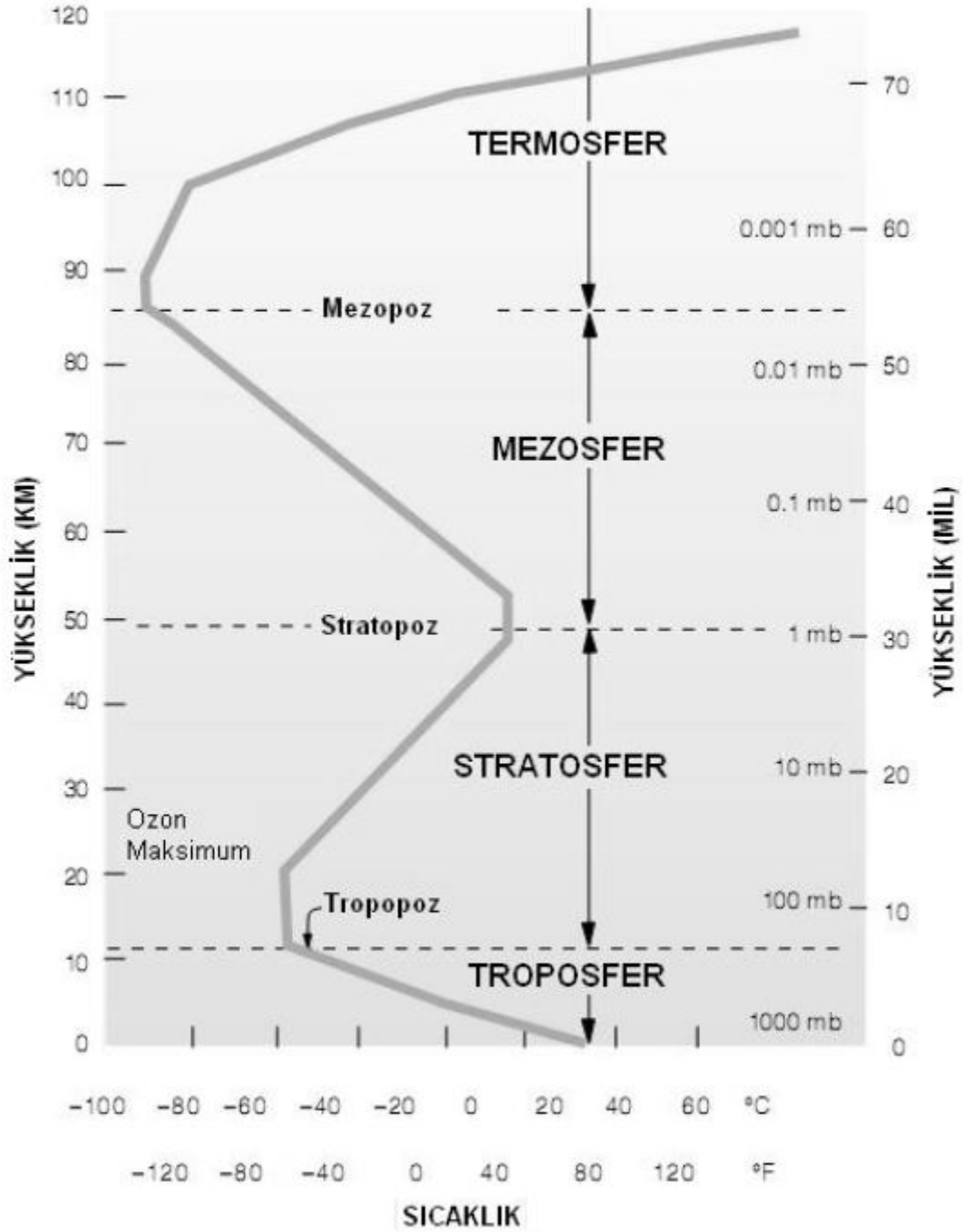
Havada bulunan gazlar 3 grupta incelenmektedir;

1. Miktarları değişmeyen çoğunlukla havada devamlı bulunan gazlar (N_2 , O_2 ve diğer asal gazlar)
2. Devamlı havada bulunup, miktarları azalıp çoğalan gazlar (CO_2 , su buharı, O_3)
3. Her zaman havada bulunmayan kirletici gazlar (Gezer 2018).

2.2 ATMOSFERİN YAPISI

Hava kirliliği ve kontrol çalışmalarını yürütebilmek için atmosferin yapısı bilinmelidir. Atmosfer, yüksekliklerine göre troposfer, stratosfer, mezosfer, termosfer şeklinde dört tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakaların aralarında ise tropopoz, stratopoz mezopoz bulunur (Atlı 2002). Atmosferin katmanları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.

Hava olayları troposfer ve stratosferde oluşur. Troposferin en üst katmanı tropopozdur (Şen 1985). Tropopoz civarında diğer katmanlara kıyasla ozon zenginleşmesi görülür. Ozonca zengin olan bu tabaka, uzaydan ulaşan güneş radyasyonunun morötesi (UV) kısmını filtre etmektedir. Böylece zararlı ışınların ancak pek az bir kısmının yer seviyesine inebilmesine izin veren bu katman, yeryüzündeki yaşam için hayati bir önem taşımaktadır (Atlı 2002).



Şekil 2.2 Atmosferin Katmanları (Zeydan 2008).

Tropopozun yüksekliği kutup bölgesinde 8–10 km, diğer bölgelerde is 17 km'dir. Yeryüzünden itibaren kalınlığı 500 ila 1000 m olan atmosfer tabakasına atmosferik sınır tabaka, sınır tabakanın yeryüzünden itibaren 50–100 m'lik bölümüne atmosferik yüzey tabaka adı verilir. Atmosferik yüzey tabakada oluşan fiziksel ve kimyasal olayların hava kirliliğine dolayısıyla insan yaşamına etkisi önemlidir. Şehir merkezlerindeki hava kirliliği yaklaşık olarak 1000 m'den daha aşağıda olan sınır tabakada oluşur. Bu tabakada rüzgar hızı ve yönü üzerinde yeryüzünün etkisi vardır. Aynı zamanda bu bölgede sıcaklık profili, rüzgar ve türbülans yapısı

üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Troposferde sıcaklık yükseklikle normal olarak azalır ve bir profil meydana getirir. Bu sıcaklık profili kararlılık ve kararsızlık analizlerinde referans profili olarak kullanılır. Büyük ölçekli meteorolojik olaylar bu sıcaklık referans profilinden farklı bir profilin meydana gelmesine neden olurlar. Şayet sıcaklık yükseklikle referans profilinden daha hızlı olarak azalıyorsa; herhangi bir yükseklikte hava parseli kararsızdır. Sıcaklık yükseklikle referans profilinden daha yavaş azalıyorsa hava parseli aşağı doğru ve yukarı doğru olan hareketinde tutuktur. Bu durumda atmosfer kararlıdır. Bu tabakada türbülanslı akım, rüzgar hızı, yüzey pürüzlülüğü ve kararsızlık artar. Bundan dolayı atmosferde kararlılık koşulu kirleticilerin yayılma miktarının hesaplanmasında önemli bir rol oynar (Şen 1985).

2.3 KİRLETİCİLERİN ATMOSFERDEKİ HAREKETLERİ

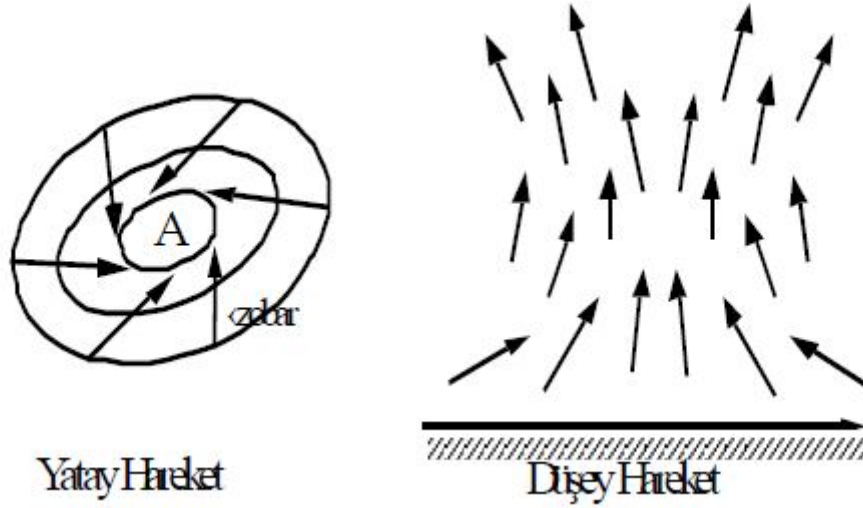
Çeşitli kaynaklardan yayılan bütün hava kirleticileri, meteorolojik şartlara bağlı olarak taşınır, yayılır veya bir bölgede toplanır. Taşınma sırasında kirletici seyrelir ya da fotokimyasal reaksiyonlara uğrar. Çevrim, kirleticilerin yağmur ile atmosferden yıkanması vasıtasıyla, sonuçta bitkiler, yüzey suları, toprak ve diğer malzemeler üzerine çökmesi ya da bazı faktörler etkisi ile ortamdan uzaklaşması ile tamamlanır. Bazı durumlarda kirleticiler rüzgar sebebiyle tekrar atmosfere girebilirler. Kirleticilerin atmosferdeki hareketleri dikey ve yatay yönde hareketler olmak üzere iki şekildedir (Gündoğdu 2006, Bıyık 2010).

2.3.1 Dikey Hareketler

Kirletici maddelerin atmosferdeki dikey hareketleri atmosfer kararlılığı, alçak basınç (siklon hareketi), yüksek basınç (antisiklon hareketi) ve atmosferik durgunluktur. Atmosferin kararlılığını bilmek hava kirliliğine neden olan maddelerin atmosferdeki dağılma miktarlarını belirlemeye yarar. Kirletici maddeler atmosfer ortamında yeterince dikey karışım yapamıyor ise atmosfer kararlıdır denir. Bu durumda kirletici maddeler yüzeye yakın bölgede sıkışıp kalır ve yeterince dağılamazlar. Atmosferin kararlılığını sıcaklığın yükseklik ile değişme miktarı belirlemektedir. Sıcaklığın yükseklikle değişme miktarına bağlı olarak atmosferik kararlılık durumu; kararsız, kararlı, nötr ve inversiyon şeklinde dört tiptir (Gündoğdu 2006, Bıyık 2010).

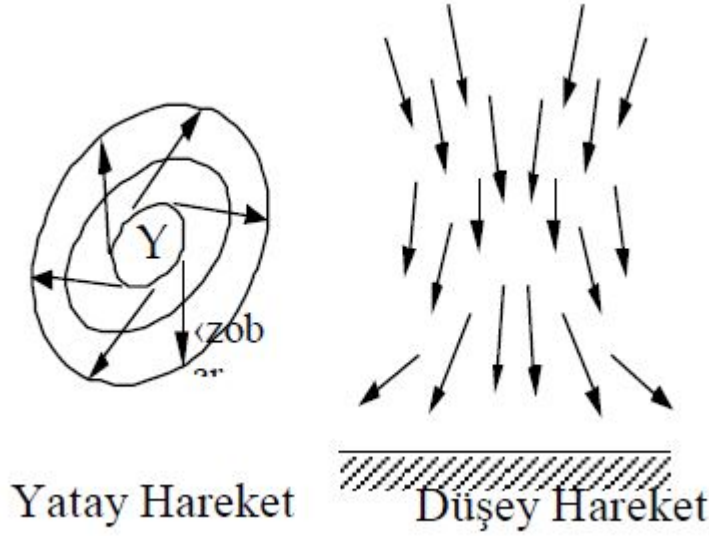
Alçak basınç (siklon hareketi): Bir sıcak hava kütesinin soğuk hava kütesi altına girmesi ile oluşur. Oluşan sıcaklık farkı dolayısıyla altta kalan sıcak hava kütesi yükselme eğilimi gösterir. Sıcak hava kütesi yükselirken düşük irtifalarda yerini çevresinden gelen hava doldurur. Oluşan bu içeri doğru hareket, yakınsayan siklonik bir harekettir ve spiral şeklinde yukarı doğru oluşur

(Şekil 2.3). Bu spiralin yönü kuzey yarım kürede saat yönünün tersinde, güney yarım kürede ise saat yönünde oluşur. Oluşan bu yukarı doğru hareket alt atmosferdeki kirleticileri de yukarı doğru taşıyarak dağıtır. Bu bakımdan alçak basınç sistemi kirleticilerin dağıtılması açısından istenen bir durumdur (Gündoğdu 2006, Bıyık 2010).



Şekil 2.3 Kuzey Yarım Kürede Bir Siklonda Yakınsayan Rüzgarların Düşük İrtifa Saat Yönü Tersindeki Spiralleri (Havanın Düşey Doğrultudaki Hareketi Sağdaki Şekilde Gösterilmiştir.) (Gündoğdu 2006).

Yüksek basınç (antisiklon hareketi): Yüksek basınç durumu alçak basınç durumunun tersine bir soğuk hava kütesinin bir sıcak hava kütesi üzerine çıkması ile oluşur. Yukarıda kalan soğuk hava kütesi aşağı doğru hareket etme eğilimi gösterir. Aşağı inerken yerini çevresinden gelen hava doldurur. Bu durumda oluşan aşağı doğru hareket dışarı doğru bir spiral şeklini alır (Şekil 2.4). Bu hava hareketine antisiklon hareketi de denilmektedir. Hareket aşağı doğru olduğu için böyle bir basınç sisteminin bulunduğu bölgede atmosfere bırakılan kirleticiler yukarı doğru yükselmez. Bunun için hava kirliliği açısından istenmeyen bir durumdur (Gündoğdu 2006, Bıyık 2010).



Şekil 2.4 Kuzey Yarım Kürede Bir Antisiklondan Uzaksayan Rüzgarların Saat Yönündeki Spiralleri (Havanın Düzey Doğrultudaki Çökelme Hareketi Sağdaki Şekilde Gösterilmiştir.) (Gündoğdu 2006).

Atmosferik durgunluk (blokcking): Bir antisiklonun doğuya doğru hareketini geçici bir süre için durdurması ve birkaç gün süreyle durgunluk oluşturması olayıdır. Durgunluk oluşturan antisiklonlara müsait topografik yapıları bölgeler, hava kirliliği için ciddi potansiyel taşımaktadır (Gündoğdu 2006, Bıyık 2010).

2.3.2 Yatay Hareketler

Emisyon kaynağından çıkan kirleticilerin atmosferdeki yatay hareketleri, kirleticinin çıkış noktasındaki rüzgarın hızına bağlıdır. Bölgenin coğrafik ve topoğrafik yapısı rüzgar hızına ve doğal olarak kirleticinin yatay hareketine etki etmektedir (Gündoğdu 2006, Bıyık 2010).

2.4 HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilir. Hava kirleticiler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman huzmesi ya da bulutu halinde taşınırken, bir taraftan da seyrelerek, çökelerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak uzaklaşarak kaybolurlar. Bir kirletici maddenin kaynaktan yayınlandığı andan havada yok oluncaya geçen sürenin en iyi ölçüsü kirleticinin yarılanma ömrüdür. Bir kirleticinin atmosferdeki yarılanma ömrü, ilk yayınlandığı andaki miktarının yarıya düşmesine kadar geçen zamandır. En sık rastlanan hava kirleticilerin saat veya gün mertebesinde yarılanma ömrüne sahip oldukları

bilinmektedir. Bu da bize bu maddelerin atmosferde oldukça hızlı ve etkin uzaklaştırma mekanizmalarına sahip olduklarını göstermektedir (Özaslan 2008).

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar, kaynağın türüne göre antropojenik (insan etkisiyle oluşan) veya doğal olarak sınıflandırılabilir (Öztürk 2006).

2.4.1 Doğal Hava Kirliliği Kaynakları

İnsan faaliyetlerinin neden olmadığı, tamamen doğal faaliyetler neticesinde meydana gelen kirliliktir. Doğal hava kirleticiler volkanlar, biyojenik kirleticiler, orman yangınları, deniz ve okyanus yüzeyinde meydana gelen buharlaşmalar şeklinde sıralanabilir. Yanardağ patlamaları yoluyla, magma tabakasından gelen zengin ve çeşitli gazlar atmosfere katılırlar. Volkanlar atmosfere önemli miktarlarda kükürt dioksit ve partikül madde yayan bir kaynak olma özelliğine sahiptirler. Biyojenik kirleticiler uçucu organik bileşikler, sporlar, polenler, mantarlar gibi maddeler olup, atmosfere yılın değişik dönemlerinde salınan kirleticilerdir. Daha çok bitkisel kaynaklı olan biyojenik kirleticiler çeşitli mikroorganizma faaliyetleri sonucu da atmosfere ulaşmaktadır. Orman yangınlarının asılı partikül madde olarak en önemli durağan kaynaklardan olduğu ve diğer doğal yangınlarla birlikte atmosfere önemli miktar ve yoğunlukta kirletici gaz ve tozları salıverdiği bilinmektedir. Okyanus spreyleri, okyanuslar ve denizler üzerinde tuz spreyleri şeklinde meydana gelirler. Buharlaşma ve rüzgarlarla atmosfere transfer edilirler. Okyanus ya da denizlerden kaynaklanan çeşitli anyon ve katyonlar en çok dikkat çeken kirleticilerdir. Çeşitli ortamlardan buharlaşma yoluyla atmosfere salınan kirleticiler bir başka dikkat çeken kirleticiler grubunu oluşturmaktadır. Orman alanlarının fotokimyasal reaksiyonlar esnasında buharlaşma özelliğine sahip hidrokarbonları atmosfere salıvermesi ve eser gazların önemli bir kısmının okyanus ve büyük su yüzeylerinden atmosfere transfer olması buharlaşma yolu ile atmosfere salınan kirleticilere verilebilecek örneklerdir (Öztürk 2006).

2.4.2 Antropojenik Hava Kirliliği Kaynakları

İnsan faaliyetleri sonucu meydana gelen ve doğal faaliyetlerin hiç etkisinin olmadığı kirliliktir. Yapay kaynaklar arasında en etkili olanlar motorlu taşıtlar, sanayi kuruluşları ve konutların ısıtılması olarak sınıflandırılabilirler. Şehir ortamlarında sayısı hızla artan motorlu taşıtlar, atmosfere saldıkları egzoz gazları nedeniyle en önemli kirletici kaynaklar arasında sayılmaktadır. Karasal tüm motorlu araçlar, deniz taşıtları ve uçaklar kullandıkları petrol ve

türevlerinin yanması sırasında atmosfere saldıkları çeşitli gaz ve toz yapıdaki kirleticiler ile ortam havasının kalitesini etkilemektedirler. Motorlu araçların, atmosfere egzoz olarak attıkları en önemli emisyonlar CO, NO_x ve HC'lardır. Karasal taşıtların karayolları üzerinde hareketleri sırasında, sürtünmeden kaynaklanan aşınma sonucu çok miktarda lastik tozu ve fren balatalarından kaynaklanan ağır metaller atmosfere karışmaktadır. Bunların yanı sıra benzinli araçlardan atmosfere atılan kurşun da önemli bir kirleticidir. Sanayi kuruluşları, çeşitli gaz ve toz kirleticileri ile atmosfere salınım yapmakta ve hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Sanayi kuruluşları üretim sırasında kullandıkları enerjiyi elde ederken veya üretimini yaptıkları maddelerin üretimi sırasında ortaya çıkan gaz ve toz yapıdaki kirleticilerle havayı kirletmektedir. Sanayi kuruluşları elektrik enerjisi dışında kendi enerjilerini elde etmek için kok kömürü, linyit, fuel-oil kullanarak, bunların yanması sonucu oluşan değişik yapıdaki atıkları bacalardan dışarıya vererek hava kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca hammaddelerin işlenmesinden ürünün elde edilmesine kadar süren işlemler dizisi içerisinde açığa çıkan gaz ve tozlar da havaya karışmaktadır. Çevreyi kirleten sanayi kuruluşları arasında, başta enerji sektöründeki güç santralleri olmak üzere, demir çelik ve metal endüstrisi, toprak sanayi, petrokimya, kimya sanayileri, maden ocakları, kağıt endüstrisi, tekstil endüstrisi, lastik endüstrisi ve cam endüstrisi en önemli kaynaklar arasında bulunmaktadır. Bir diğer ana kirletici olan konutlar, çeşitli katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan gaz ve toz kirleticileri bacaları yoluyla atmosfere salan kirletici kaynaklardır. Yakıt olarak kullanılan kömür ve petrolün yakılması hava kirliliği açısından önemlidir. Ayrıca yakıtın kalitesi de oluşacak kirlilik miktarını doğrudan etkilemektedir (Öztürk 2006).

Kaynak yapısı ve mekansal dağılımı göz önüne alındığında hava kirleticileri noktasal, çizgisel ve alansal olarak sınıflandırılabilirler (Akyürek 2012).

2.4.3 Alansal Kaynaklar

Bu grupta en önemli kaynak konutların ısıtılmasıdır. Türkiye'de son yıllarda büyükşehirlerde doğalgaz kullanımı hızla artmakta ve kükürt değeri az, kalori değeri yüksek olan tamamen ithal veya ithal yerli kömür karışımı yakıt kullanılmaktadır. Isıtmada kullanılan diğer yakıt cinsleri de fuel-oil, motorin, kerosin, gaz ve odundur. Konut ısıtılmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır (Akyürek 2012).

2.4.4 Çizgisel Kaynaklar

Bu tür hava kirliliği ulaştırma kaynaklıdır. Hava kirletici emisyonlar yoğun trafiğin yaşandığı ana cadde, kavşak ve karayolları etrafında önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Yer seviyesindeki bu emisyonların dispersiyonu da güç olmaktadır. Motorlu taşıtların neden olduğu kirletici emisyonlar aracın yaşına ve çalışma devrine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca motor sıcaklığına ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak da emisyon miktarları değişmektedir. Araçta kullanılan yakıtın kalitesi de emisyonlar üzerinde etkili olmaktadır (Akyürek 2012).

2.4.5 Noktasal Kaynaklar

Bu gruptaki kaynaklar fabrikalar, sanayi ve enerji santralleridir. Bu işletmelerde üretim yapmak için gerekli olan enerjiyi sağlamak için kullanılan yakıttan atmosfere kirletici çıkmaktadır. Ayrıca noktasal olarak katı atıkların fırınlarda ve açık arazide yanması sonucu kirlenme oluşmaktadır. Yine benzin, boya maddeleri ve kuru temizleme çözeltileri gibi organik maddelerin buharlaşmasından noktasal olarak kirlilik meydana gelmektedir (Akyürek 2012).

Kaynağın hareketine göre yapılan sınıflandırma ise hareketli kaynaklar ve sabit kaynaklar olarak yapılır (Özen 2006).

2.4.6 Sabit Kaynaklar

Katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması ile veya herhangi bir üretim prosesi esnasında oluşan kirleticilerin bir baca yardımı ile atmosfere emisyonunun yapıldığı kaynakları içermektedir (Özen 2006).

2.4.7 Hareketli Kaynaklar

Kara, deniz ve hava taşıtlarının egzozlarıdır (Özen 2006).

Hava kirleticileri, kirleticilerin fiziksel durumuna göre gazlar (inorganik ve organik) veya partikül maddeler (katı veya sıvı) olarak gruplandırılır (Coşkun 2008).

2.4.8 Gaz Halinde Kirleticiler

Her türlü yanma faaliyeti, sanayi tesisleri ve doğal kaynakların her biri gaz halindeki kirleticilerin kaynaklarıdır. Gaz halindeki kirleticiler inorganik ve organik olabilir.

İnorganik Gazlar: Azot oksitler, kükürt oksitler, diğer anorganikler (Florür, klorür, amonyak vb.)

Organik Gazlar: Hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar ve diğer organikler (Benzen, Benzo- α -pyrene) (Coşkun 2008).

2.4.9 Partikül Maddeler

Toz, duman, metalik duman (füme), uçucu kül, mist ve aerosollerdir (Coşkun 2008).

2.5 HAVA KİRLİLİĞİNİN ETKİLERİ

Hava kirliliğinin özellikle insan sağlığı olmak üzere; görüş mesafesi, bitkiler ve hayvan sağlığı üzerinde pek çok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Şehirlerde ulaşım, ısınma veya endüstriyel faaliyetler sebebiyle artan enerji ihtiyacı daha fazla yanmayı gerektirmektedir. Bu sebeple şehirlerdeki ısı ortalaması, kırsal alanlardakine oranla çok daha fazladır. Havayı ısıtan enerji ve ısı artışı; nemçeker maddelerin çoğalması, bulutların oluşmasına ve dolayısıyla yağış miktarlarında artışa neden olmaktadır. Şehirlerin üzerinde meydana gelen kirli hava, morötesi ışınlarının azalarak güneş ışığının yok olmasına sebep olur. Kirlilik nedeniyle solunum yoluna bağlı olarak kendini gösteren zararlı etkilerin birçoğu insanların yanı sıra hayvanlarda da kendini gösterirken, bitkilerde de büyümelerini engelleyici hatta öldürücü etkilere neden olabilmektedir. Asit yağmurları ile toprağa karışan kirleticiler bitki dokusunda tahribata neden olduğu gibi toprağın verimini de azaltarak tarımsal üretimde de düşmeye yol açmaktadır. Kükürt içerikli yakıtların yakılmasıyla oluşan kükürt oksitler atmosferde mevcut bulunan nem ile etkileşime girerek sülfürik asidi oluşturmaktadır. Oluşan sülfürik asit yapıların taş ve metal kısımlarına ve makinelere zarar verir. Ayrıca eşyaların yıpranmasına ve ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Ayrıca hava kirliliğinin, sanatsal ve mimari yapılar üzerinde de tahrip edici ve bozucu etkisi vardır. Hava kirliliğinin temel küresel etkileri; atmosferdeki karbondioksit birikim miktarının artması ile beraber sera etkisi adıyla anılan dünyanın ısınmasının bir sonucu olarak ozon tabakasının incilmesi ve morötesi ışınların zararlı etkilerinin ortaya çıkmasıdır.

Atmosferdeki CO₂ miktarının artması; yakıt kullanımı sonucunda CO₂ oluşumunun çoğalmasına, ormanların ve bitki örtüsünün tahrip edilmesi nedeniyle oluşan CO₂'in fotosentez süreci içinde işlenememesine bağlıdır. Dünyanın ısınmasında atmosferdeki karbondioksit miktarının artması en önemli rolü oynar. Isınmadaki artışın dünya ikliminin değişmesine yol açarak; kutuplardaki buzulların erimesiyle deniz seviyesinin yükselmesine ve önemli oranda tarım toprağının sular altında kalmasına neden olması beklenmektedir. Bu ısınmanın önlenmesi büyük ölçüde fosil yakıtların tüketiminin azaltılmasına, enerji altyapısının yenilenebilir enerjileri kullanımına uygun duruma getirilmesine bağlıdır. Güneşin morötesi ışınlarını emme yeteneğine sahip olan ozon tabakasının incelmesindeki temel etkeni kloroflorokarbon bileşiminin atmosfere yayılmasıdır. Ozonun ışın tutma faaliyeti oksijenin ozona, ozonun ise parçalanarak oksijene dönüşmesi, morötesi ışınların kullanılması ile gerçekleşebilmektedir. Ozon yoğunluğunun morötesi ışınlarını absorbe etme görevini yerine getiremeyecek kadar azalması, ozon tabakasının delinmesi olarak tanımlanmaktadır. Delinme ile anlatılmak istenen gerçek bir delik değil de daha çok bir incelmeye oluşumudur (Güler 2018).

2.6 İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Uzun zamanda her gün meydana gelen hava faaliyetleri iklim, kısa zamanda meydana gelen atmosfer koşulları ise hava durumu olarak tanımlanır. Bölgedeki ortalama sıcaklık, yağış ve rüzgar profilleri bölgenin iklimini etkileyen hava olaylarıdır (Pekin 2006).

İklim değişikliği iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler olarak tanımlanabilir. İklim değişikliği, doğal iç süreçler ve dış zorlama etmenleri ile atmosferin bileşimindeki ya da arazi kullanımındaki sürekli insan kaynaklı değişiklikler nedeniyle oluşabilir. İç süreç ve etmenler, doğrudan iklim sisteminin içerisinde gelişir. İklim değişikliğinin potansiyel iç nedenleri, atmosferin bileşimindeki ve yerkürenin yüzey özelliklerindeki doğal ya da insan kaynaklı önemli değişiklikleri içerir. Dış etmenlerin etkisiyle meydana gelen değişiklikler ise iklim sistemden bağımsız gelişir. Dış nedenler yer kabuğundaki hareketler ile güneş ve dünya arasındaki ilişkilerdeki değişikliklerden etkilenirler (Topçu 2008).

2.7 KÜRESEL ISINMA

Küresel ısınma atmosferde sera gazlarının (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC vb.) konsantrasyonlarının artmasıyla birlikte bu moleküllerin güneş ışınlarını hapsederek yeryüzü sıcaklığını artırmaları olarak tanımlanabilir. Küresel ısınma sadece dünyanın her bölgesinde sıcaklığın giderek artması olayı değil, Dünyanın bir bölgesinde kavurucu sıcakların başlamasıyla orman yangınlarının hızla yayılması, çölleşmenin artması, hatta insan yaşamını bile tehlikeye sokacak düzeye ulaşması, diğer yandan aynı anda yeryüzünün bir başka bölgesinde aşırı yağışların etkisiyle her tarafın sularla kaplanması, sel felaketlerinin görülmesi, aşırı erozyon gibi doğa felaketlerinin yaşanması olayıdır. IPCC'ye göre, 19. yüzyılın sonundan günümüze kadar dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığı $0.3-0.6\text{ }^\circ\text{C}$ arasında artmıştır ve bu artışın 21. yüzyılda $1-3.5\text{ }^\circ\text{C}$ arasında olacağı tahmin edilmektedir (Uzel 2015).

2.8 HAVA KİRLETİCİLER

2.8.1 Azot Oksitler (NO_x)

Azot oksitlerin atmosferik ömrü kısadır ve ozon oluşumunu etkilerler. Uçaklardan kaynaklanan NO_x 'ler atmosferdeki CH_4 konsantrasyonunu azaltırlar. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan NO_x 'ler motor içindeki yanma faaliyeti nedeniyle meydana gelen çok yüksek ısı etkisi ile havanın içerisindeki azotun ve oksijenin reaksiyonu ile oluşur. Azot oksitlerin içerisinde en fazla NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının salınımı ile NO 'nun bir kısmı NO_2 'ye ve diğer NO_x 'lere dönüşmektedir. Sonuç olarak azot oksit oluşumu motor içi sıcaklıktan etkilenir ve sıcaklık arttıkça oluşumu artar (Topçu 2008).

2.8.2 Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC)

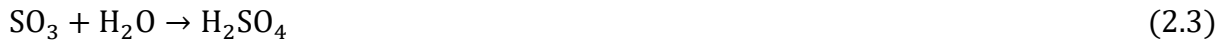
Propan, bütan, etan bileşikleri metan dışı uçucu organik bileşiklerdir. Atmosferdeki ömürleri kısadır ve konsantrasyonları bölgesel olarak değişiklik gösterir. NO_x ile bir araya geldiklerinde, troposferik ozon ve fotokimyasal oksitleyici maddelerin oluşumuna neden olurlar. Motorlu taşıtlardan, sanayi faaliyetlerinden, biyokütle yakılmasından ve organik solventlerden kaynaklanmaktadır (Pekin 2006).

2.8.3 Karbon Monoksit (CO)

CO emisyonları yanma faaliyetleri neticesinde meydana gelir. Dolaylı sera gazıdır. Yanma olaylarında ara gaz olan CO, ortamdaki oksijenin yetersiz olduğu yanma faaliyetlerinde eksik yanma sonucu meydana gelen ara üründür. Tam yanma olayının meydana gelmesi için ortamda yeterince oksijen bulunmalıdır. Oksijenin yetersiz olduğu durumlarda ise CO emisyonları yüksek değerlere ulaşır (Topçu 2008).

2.8.4 Kükürt Oksitler (SO_x)

Kükürt dioksit, renksiz, boğucu ve suda hemen çözünen bir gazdır. Fosil yakıtların yanması ile meydana gelir. Havada hemen oksidasyona uğramaktadır. Kükürt dioksitin oksidasyonu iki aşamada gerçekleşmektedir. Oksidasyon aşamaları Denklem 2.1, 2.2 ve 2.3'te gösterilmektedir.



Kükürt trioksit, renksiz ve her koşulda suda hemen çözünen bir gazdır. Su buharı ile asit oluşturduğu için atmosferde kalış süresi oldukça kısadır (Sert 2008).

2.8.5 Partikül Maddeler (PM)

Havada askıda kalabilen katı ve sıvılardan oluşan kirleticilerdir. Çapı 10 µm'den büyük olan partiküller çok iri partiküller, çapı 10 µm'den küçük, 2,5 µm'den büyük olan partiküller iri partiküller (PM₁₀), çapı 2,5 µm'den küçük olan partiküller ince partiküller (PM_{2,5}), çapı 0,1 µm'den küçük olan partiküller ise süper ince partiküller olarak isimlendirilir (Zeydan 2014).

Rüzgar erezyonu, volkan faaliyetleri, orman yangınları, yakma işlemleri, endüstriyel faaliyetler ve motorlu taşıt emisyonları aracılığı ile atmosfere katılırlar (Sert 2008).

BÖLÜM 3

EMİSYON ENVANTERİ VE EMİSYON FAKTÖRLERİ

3.1 EMİSYON ENVANTERİ

Emisyon envanteri, belirli bir coğrafi alandan birim zamanda atmosfere verilen hava kirleticilerin miktarlarının kaynaklarına göre listesidir (Polat 2016). 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”nde emisyon envanteri sınırları belirlenmiş herhangi bir bölgede, hava kirletici kaynaklardan belli bir zaman aralığında atmosfere verilen kirleticilerin listesi, miktarı ve bunların toplam kirlilik içindeki paylarını gösteren bilgiler olarak tanımlanmıştır (SKHKKY 2009).

Bir emisyon envanteri hazırlanması için ideal metodoloji belirli bir bölge için belirli zamanda farklı kaynaklardan atmosfere atılan emisyonların direkt olarak ölçülmesidir. Ancak böyle bir uygulama pratikte uygulanabilir değildir. Çeşitli kaynaklardan yayılan emisyonların yayılımı gereği de direkt ölçümler yoluyla bir miktar belirlemesi yapılamamaktadır. Bu nedenle emisyon ve kaynaklarıyla ilişkili verilerin toplanarak istatistiksel değerlendirilmelerinin yapıldığı yaklaşımlar yaygın olarak uygulanmakta ve daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Çolak 2012).

Emisyon envanterlerinin amacı, hava kirletici kaynakların belirlenerek bu kaynaklardan havaya salınan kirletici miktarının tespit edilmesidir. Aynı zamanda emisyon envanterleri emisyon miktarındaki değişimlerin zaman içinde takip edilmesini de sağlar. Havaya salınan bu kirleticilerin miktarının belirlenmesi, kirleticilerin atmosferdeki miktarını azaltma eylem planlarında hava kalitesinde ne oranda iyileşme sağlanacağı konusunda yerel yönetimlere ve bu konuyla ilgili araştırma yapanlara yardımcı olmaktadır. Hava kalitesi modelleme çalışmalarında da büyük katkı sağlayan bu envanterler “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” çerçevesinde hava kalitesinin belirlenmesinde hızlı ve

ucuz bir yöntem olarak önerilmektedir (Apaydın 2014). Emisyon envanterlerini aşağıdaki şekilde gruplandırmak mümkündür.

3.1.1 Hazırlanma Amaçlarına Göre

Emisyon envanterleri hazırlanma amaçlarına göre üç gruba ayrılabilir. Bunlar hızlı ve basit envanterler, detaylı envanterler ve spesifik envanterlerdir. Kaynak ve sürenin kısıtlı olduğu durumlarda hızlı ve basit envanterler, kaynak ve sürenin yeterli olduğu durumlarda detaylı envanterler ve özel bir kaynak ve belirli kirleticiler için yapılan envanterler ise spesifik envanterlerdir (Kaya 2010).

3.1.2 Kapsadıkları Alanlara Göre

Emisyon envanterleri kapsadıkları alanlara göre küresel, bölgesel ve yerel olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Küresel emisyon envanterleri birkaç ülkeyi veya kıtayı kapsarken, bölgesel envanter bir ülke büyüklüğünde olabilir. Yerel envanter ise şehir veya endüstri tesislerini kapsamaktadır (Kaya 2010).

3.1.3 Kirletici Kaynakları Bakımından

Emisyon envanterleri noktasal, çizgisel ve alansal olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Noktasal kaynaklar genellikle fabrika, sanayi tesisi gibi tek başlarına yüksek oranda emisyon üretirler. Çizgisel kaynaklar daha çok ulaşım araçlarındaki emisyonları kapsar. Alansal envanter ise tek başlarına oldukça düşük emisyon meydana getiren fakat bir araya geldiklerinde ciddi miktarda emisyon oluşturan evsel ısınma gibi kaynaklardır.

Emisyon envanteri planlama aşaması, veri toplama aşaması, veri analizi aşaması ve raporlama aşaması olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır (Kaya 2010).

3.2 EMİSYON FAKTÖRLERİ

Emisyon faktörü birim ürün veya birim yakıt başına oluşan kirletici kütlesini ifade eden katsayılara denir (Apaydın 2014). “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”nde ise, herhangi bir faaliyetten veya ekipmandan kaynaklanan belirli kirleticinin

birim değerdeki ortalama emisyon miktarı emisyon faktörü olarak tanımlanmıştır (SKHKKY 2009). Emisyon faktörleri kirletici kütlesinin bu kirleticiyi atmosfere veren kaynağın birim aktivitesine (ağırlık, hacim, mesafe veya süre bazında) bölünmesiyle belirlenmektedir (Polat 2016). Emisyon miktarını hesaplamak için kullanılan formül Denklem 3.1’de gösterilmiştir.

$$E = A \times F \quad (3.1)$$

E: Emisyon miktarı

A: Emisyonu oluşturan aktivite istatistiği

EF: Emisyon faktörü

Değişik ulusal ve uluslar arası organizasyonlar tarafından hazırlanan çok sayıda emisyon faktörleri veritabanı bulunmaktadır. Bunlar içerisinde en çok kullanılan üç tanesi aşağıdaki gibi sıralanabilir:

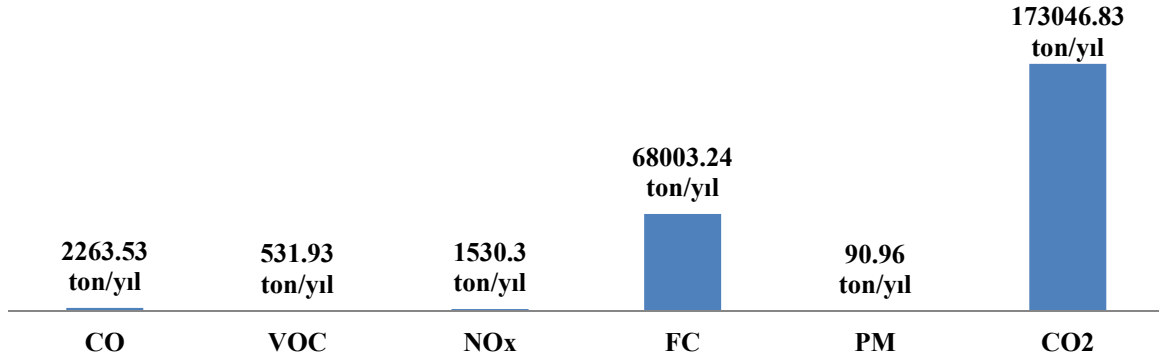
- EMEP/ CORINAIR Emission Inventory Guidebook: Avrupa Çevre Ajansı tarafından hazırlanmıştır.
- AP-42 Compilation of Air Pollution Emission Factors: Amerikan Çevre Örgütü tarafından hazırlanmıştır.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli bünyesinde hazırlanmıştır (Kaya 2010).



BÖLÜM 4

LİTERATÜR ÖZETİ

Balıkesir ilinde yapılan bir çalışmada il merkezindeki motorlu taşıt sayıları, araçların yıllık km olarak aldıkları mesafe, ortalama hız ve yakıt tüketim verileri belirlenerek, EMEP-CORINAIR Emission Inventory Guidebook 2006 kılavuzuna göre emisyon faktörleri hesaplanmıştır. Daha sonra her bir araç sınıfı için hava kirletici emisyon miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre Balıkesir il merkezinde 2007 yılında egzoz emisyonları 2263.53 ton/yıl CO, 531.93 ton/yıl VOC, 1530.30 ton/yıl NO_x, 68003.24 ton/yıl FC, 90.96 ton/yıl PM, 173046.83 ton/yıl CO₂ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1) (Sert 2008).

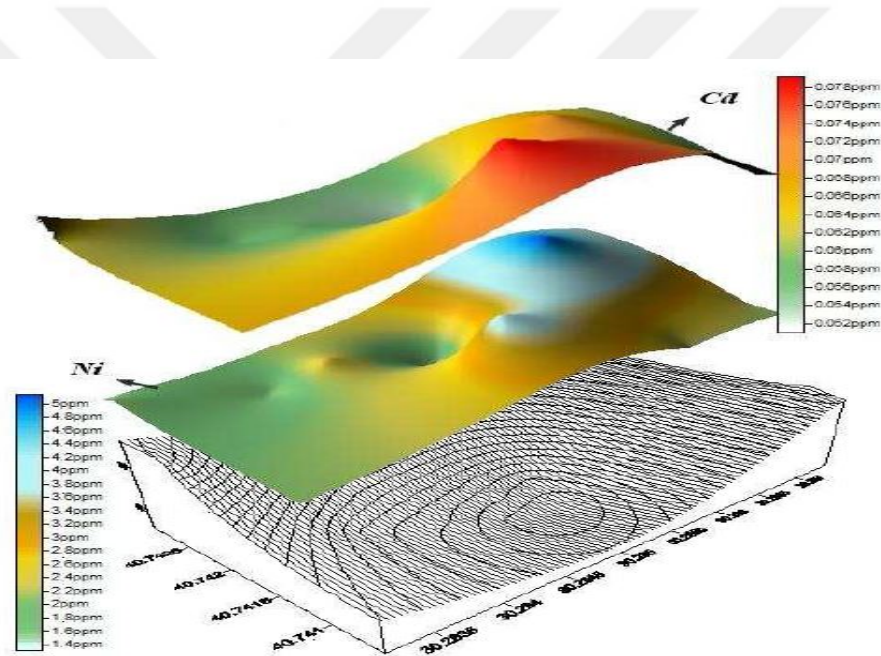


Şekil 4.1 Balıkesir İl Merkezi Motorlu Taşıtların Emisyon Miktarları.

Antalya-Serik bölgesinde yapılan bir çalışmada bölgede meydana gelen orman yangınının hava kirliliğine olan etkisi emisyon envanteri yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmada orman alanındaki biyokütle ve yanan alandan ayrı ayrı örnekler alınmış ve emisyon faktörleri de buna göre seçilmiştir. Çalışmada alandaki biyokütle ve yanan alandan kaynaklanan kirletici emisyonları hesaplanmış, biyokütle örneğine göre yapılan emisyon ölçümlerinin daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Kaya 2010).

Sakarya ilinde yapılan bir çalışmada D-100 karayolundaki motorlu taşıt yoğunluğundan kaynaklanan hava kirletici egzoz emisyonlarının yol kenarındaki bitkiler üzerindeki etkileri araştırılmış ve bulunan sonuçlar coğrafi bilgi sistemleri yazılımı kullanılarak haritalanmıştır.

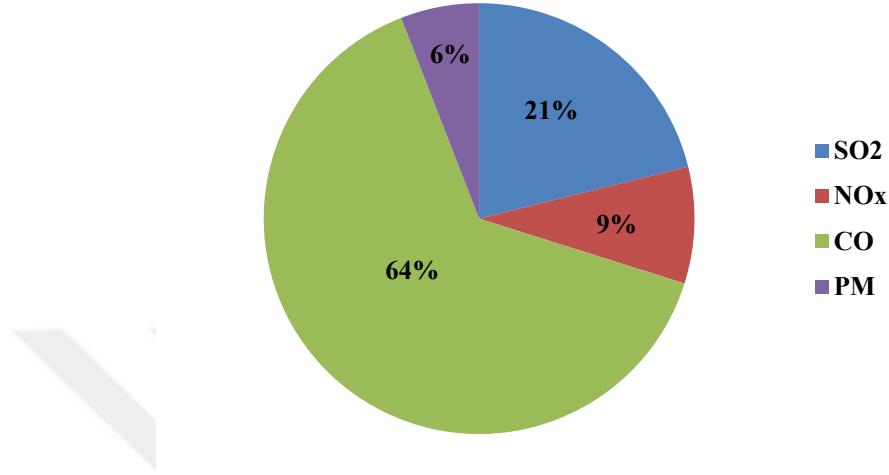
Emisyonlar hesaplanırken emisyon envanteri yöntemi kullanılmış olup seçilen bölgede araç geçişleri izlenerek taşıt sayıları ve taşıt türleri belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda günde 0.18 ton kadmiyum (Cd) ve 1.27 ton nikel (Ni) emisyonunun meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışma alanından alınan bitki örnekleri incelenerek yıkanmış bitki örnekleri üzerinde Cd değerinin 0.047-0.106 ppm, Ni değerlerinin ise 1.102-5.17 ppm aralığında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca CBS yazılımı ile haritalama yapılmış ve yola yakın bitkilerdeki emisyon miktarının daha fazla olduğu açıklanmıştır (Şekil 4.2) (Çolak 2012).



Şekil 4.2 Cd ve Ni Değerlerinin CBS İle Gösterimi (Çolak 2012).

Kayseri ilinde yapılan bir envanterleme çalışmasında kent merkezindeki 105 mahallede doğalgaz, yerli ve ithal kömür tüketim miktarları belirlenerek Avrupa Çevre Ajansı emisyon faktörleri kullanılarak her bir mahalledeki hava kirletici emisyon miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca CBS sistemleri kullanılarak yapılan hesaplar haritalanmıştır. Hesaplamalara göre Kayseri il merkezi için Ekim 2011 - Eylül 2012 döneminde 3.023 ton SO₂, 1.251 ton NO_x, 9.193 ton CO, 844 ton PM emisyonu yayıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.3). Ayrıca Ekim 2011 - Eylül 2012 döneminde alansal kaynaklı SO₂ emisyonu 8,29 ton/km², NO_x emisyonu 3,43 ton/km², CO emisyonu 25,21 ton/km², PM emisyonu ise 2,32 ton/km² olarak hesaplanmıştır.

Hesaplama sonuçlarına göre SO₂ ve PM emisyonlarının %99,8'lik kısmı kömürden, NO_x emisyonlarının %54,6'lık kısmı doğalgazdan, CO emisyonlarının ise %97,3'lük kısmının kömürden kaynaklandığı bulunmuştur (Apaydın 2014).

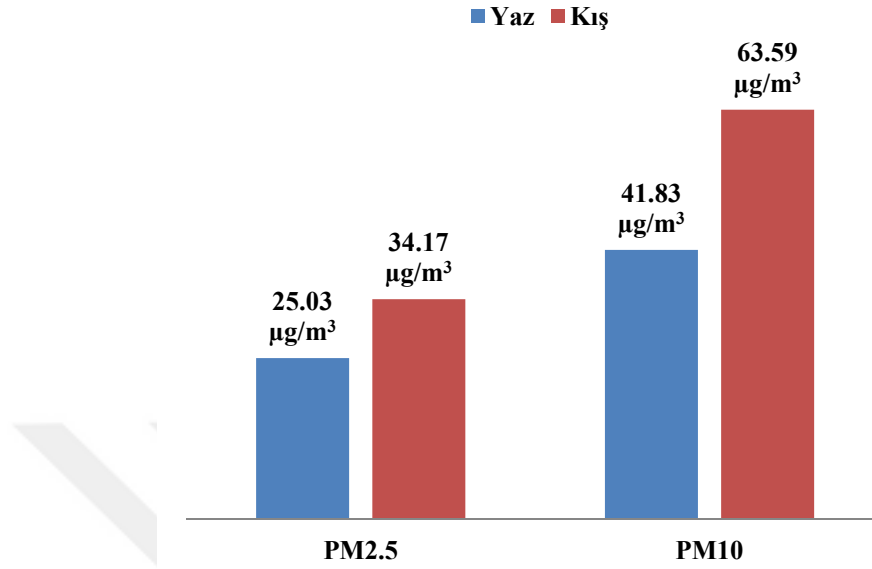


Şekil 4.3 Kayseri İl Merkezi Konut Isıtılmasından Kaynaklanan Kirletici Dağılımı.

Ülkemizde trafikten kaynaklanan kirletici emisyonların azaltılması amacıyla çeşitli projeler uygulanmaktadır. Bunlardan biri de İstanbul ilinde trafik yoğunluğunun ve yoğunluktan kaynaklanan emisyonların azaltılmasına yönelik geliştirilen Marmaray Projesidir. Yapılan bir çalışmada Marmaray projesinin emisyonlara olan etkisi araştırılmıştır. Hesaplamalarda IPCC tarafından sunulan TIER 1 ve TIER 2 yaklaşımları kullanılmıştır. Çalışmada atmosfere salınan CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC gazlarının azalmasına Marmaray Projesinin katkısı incelenmiştir. Yapılan hesaplarla salınan CO₂ salınımının Marmaray Projesi sayesinde günde 530 ton ile 3780 ton azalacağı ispatlanmıştır (Yanarocak 2007).

Zonguldak bölgesinde yapılan bir çalışmada ilde kış ve yaz mevsimleri için ayrı ayrı PM_{2,5}, PM_{2,5-10} ve PM₁₀ şeklinde konsantrasyonlar hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre PM_{2,5} konsantrasyonu 29.38 µg/m³, PM_{2,5-10} konsantrasyonu 23.85 µg/m³ ve PM₁₀ konsantrasyonu 53.72 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca PM_{2,5} için kış mevsimi konsantrasyonu 34.17 µg/m³, yaz mevsimi konsantrasyonu 25.03 µg/m³, PM₁₀ için kış mevsimi konsantrasyonu 63.59 µg/m³, yaz mevsimi konsantrasyonu 41.83 µg/m³ olarak bulunmuştur (Şekil 4.4). Yapılan çalışma neticesinde kış mevsimi PM konsantrasyonlarının yaz mevsiminden daha yüksek olduğu ve

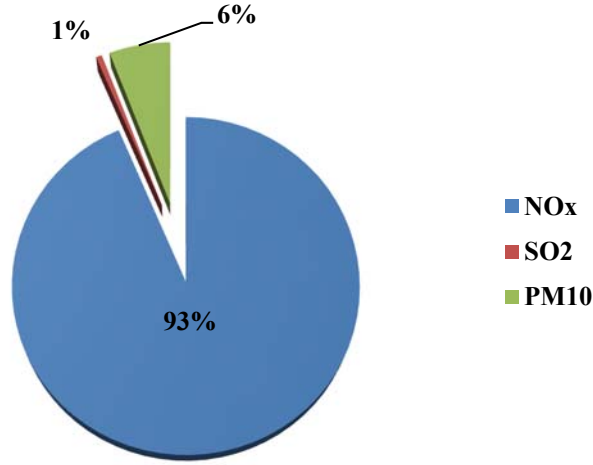
ısınma faaliyetlerinin ilde PM kirletici konsantrasyonlarını artırdığı tespit edilmiştir (Süren 2007).



Şekil 4.4 Zonguldak İli Yaz ve Kış Mevsimi PM_{2.5} ve PM₁₀ Değerleri.

Yine Zonguldak bölgesinde yapılan bir çalışmada 1998-2002 yıllarında kış mevsimleri için SO₂ ve PM konsantrasyonları istatistiksel modeller kullanılarak hesaplanmıştır. 1998-1999 ve 1999-2000 yıllarındaki meteorolojik veriler ve ölçülen konsantrasyonlar kullanılarak 2000-2001 ve 2001-2002 yıllarına ait konsantrasyonlar tahmin edilmiştir. Model sayesinde yapılan tahminler ölçülen değerler ile karşılaştırılarak tahmin değerlerinin 2000-2001 kış mevsiminde düşük performansa, 2001-2002 kış mevsiminde ise yüksek performansa sahip olduğu gözlenmiştir (Aydın 2006).

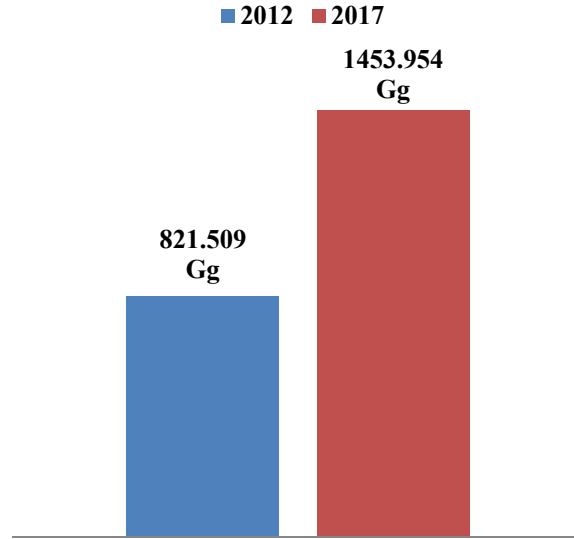
Gaziantep ilinde yapılan bir çalışmada il merkezinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonlar hesaplanmaya çalışılmıştır. Hesaplamalarda aktivite verileri ve emisyon faktörleri kullanılmıştır. Hesaplamalar için ilde mevcut araç sayıları, araçların kullandıkları toplam yakıt miktarları, araçların seyir ettiği güzergahların uzunlukları gibi veriler kullanılarak motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar hesaplanmış ve ilde trafik kaynaklı kirlilik haritası oluşturulmuştur. Haritaya göre yorum yapılarak ilde motorlu taşıt kaynaklı emisyonların şehir merkezi ve OSB bölgelerinde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Gaziantep'te motorlu taşıtlardan kaynaklanan NO_x emisyonu 452.51 ton/yıl, SO₂ emisyonu 2.76 ton/yıl ve PM₁₀ emisyonu 28.52 ton/yıl olarak bulunmuştur (Şekil 4.5) (Polat 2016).



Şekil 4.5 Gaziantep İli Trafik Kaynaklı Emisyonların Dağılımı.

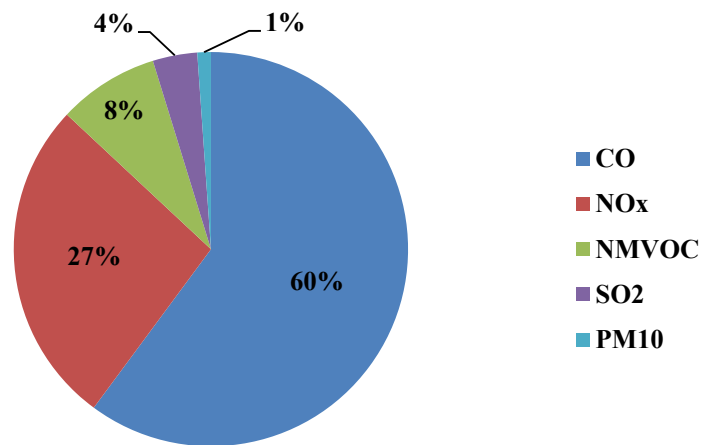
Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hava kirliliği üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada Türkiye’ de ulaşımdan kaynaklanan emisyonların sera gazlarının artışına olan etkileri araştırılmıştır. Emisyonların hesaplanması için IPCC emisyon faktörleri ve Tier yaklaşımları kullanılmıştır. Çalışmada CO₂, NO_x, CO, CH₄, NMVOC, N₂O ve SO₂ emisyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda sera gazı emisyonlarında artış olduğu ve bu artışın yakıt tüketimlerinin artmasına bağlı olduğu ileri sürülmüştür. Ulaştırma sektöründe en büyük kirliliğin karayolu ulaşımından kaynaklandığı gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada ömrünü tamamlamış araçların trafikten çekilmesi, daha az yakıt tüketen yeni nesil araçların kullanımının teşvik edilmesi, toplu taşıma araçlarının kullanımının artırılması gibi önerilerde de bulunulmuştur (Pekin 2006).

Eskişehir ilinde yapılan bir çalışmada ilde 2012 ve 2017 yılları arasında ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar CH₄, CO₂ ve N₂O için emisyonlar yakıt tüketim verileri ve IPCC Tier 1 yaklaşımı yardımıyla yapılmıştır. Ayrıca motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların teknoloji, nüfus ve yakıt miktarı ile doğru orantılı olduğu ileri sürülmüştür. 2012 yılından ulaşımdan kaynaklanan emisyonun 821.509 Gg değerinden 2017 yılında %77 artışla 1453.954 Gg değerine yükseldiği gözlenmiştir (Şekil 4.6). Ayrıca motorinin, benzin ve LPG’ ye göre daha fazla CO₂ emisyonuna neden olduğu tespit edilmiştir (Türkay 2018).



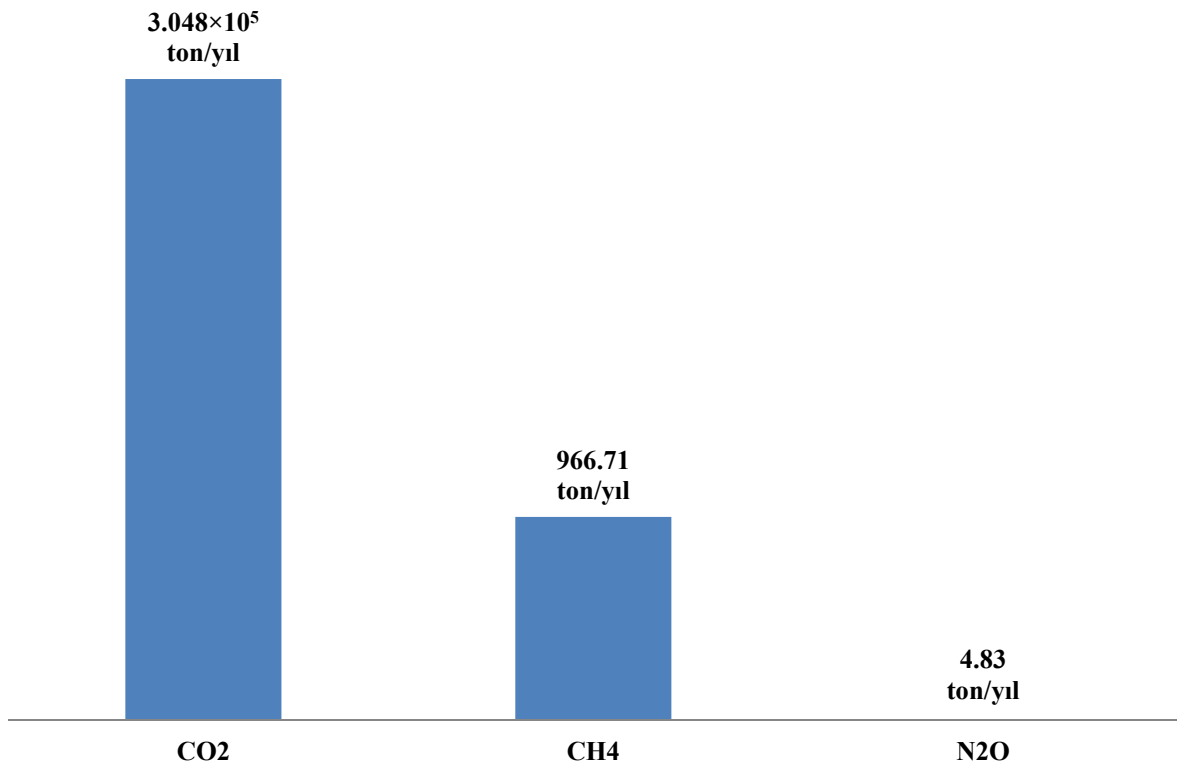
Şekil 4.6 Eskişehir İli Motorlu Taşıtların Emisyonlarının Yıllar Bazında Değişimi.

İzmir’de yapılan bir çalışmada şehir merkezindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar hesaplanmıştır. Emisyonlar hesaplanırken merkezdeki toplam araç sayıları ve araçların kullandıkları yakıt türü dikkate alınmıştır. Emisyon faktörleri kullanılarak yapılan hesaplarda İzmir şehir merkezinde 2007 yılında motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarlarının 5607 ton CO, 2502 ton NO_x, 772 ton NMVOC, 340 ton SO₂ ve 104 ton PM₁₀ olduğu bulunmuştur (Şekil 4.7). Ayrıca CO, NO_x ve NMVOC emisyonlarının daha çok motorlu taşıtlardan, SO₂ emisyonlarının otobüs ve kamyonlardan, PM emisyonlarının ise minibüs, kamyonet ve motosikletlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Elbir vd. 2010).



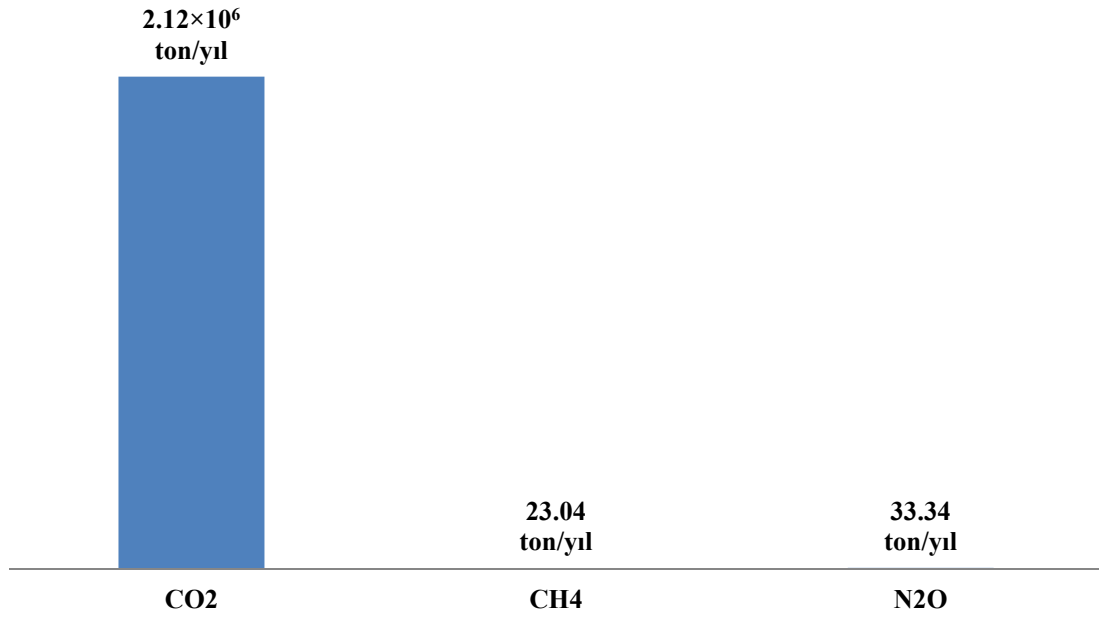
Şekil 4.7 İzmir Kent Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonların Dağılımı.

Zonguldak bölgesinde yapılan bir envanterleme çalışmasında ilde konutlardan, endüstriyel faaliyetlerden ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda USEPA, IPCC, CORINAİR tarafından sunulan emisyon faktörleri kullanılmıştır. Konutlar ve termik santrallerden kaynaklanan emisyon miktarları bulunurken kullandıkları yakıt türü göz önünde bulundurulmuştur. Motorlu taşıt emisyonları için ise motorlu araç sayıları ve araçlarda kullanılan yakıt türüne göre sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde ilde konutlardan kaynaklanan emisyon miktarları CO₂ için 3.048×10^5 , CH₄ için 966.71, N₂O için 4.83 ton/yıl bulunmuştur (Şekil 4.8) (Zeydan 2008).



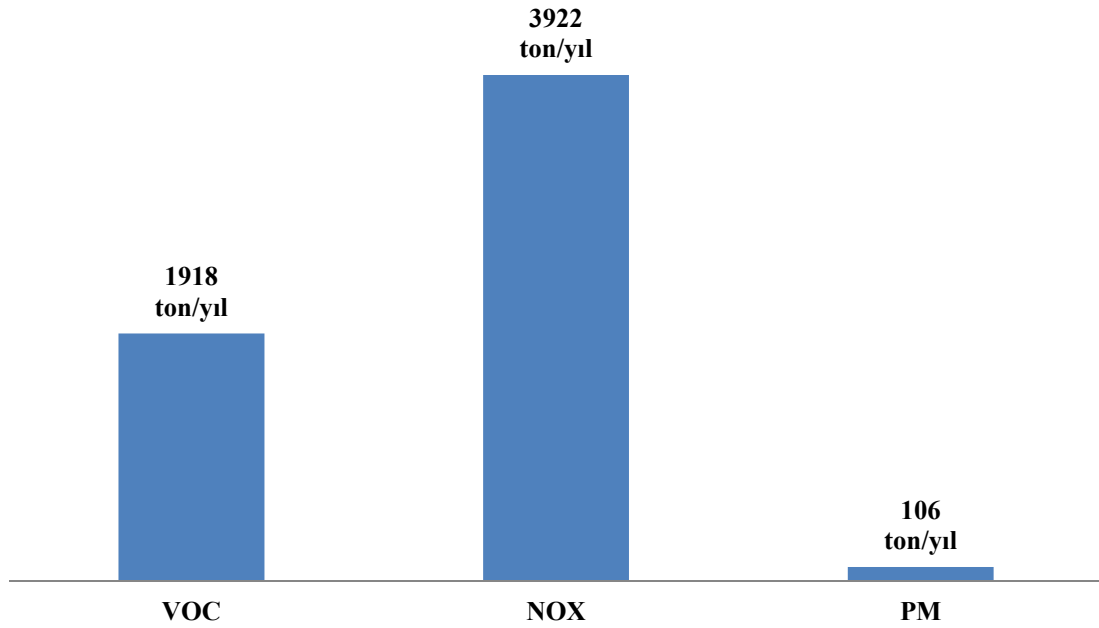
Şekil 4.8 Zonguldak İli Eysel Isınmadan Kaynaklanan Emisyonlar.

İlde termik santrallerden kaynaklanan emisyonlar CO₂ için 2.12×10^6 , CH₄ için 23.04, N₂O için 33.34 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9) (Zeydan 2008).



Şekil 4.9 Zonguldak İli Termik Santrallerden Kaynaklanan Emisyonlar

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları ise VOC için 1918, NO_x için 3922 ve PM için 106 ton/yıl'dır (Şekil 4.10). Aynı zamanda çalışmada hesaplanan emisyonların her biri için VOC/NO_x oranları bulunarak hesaplanan bu oranın ozon oluşumuna etkisi incelenmiş ve havadaki ozon konsantrasyonunu artırdığı tespit edilmiştir (Zeydan 2008).



Şekil 4.10 Zonguldak İli Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonlar

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOT

5.1 ÇALIŞMA ALANININ MEVCUT DURUMU

5.1.1 Zonguldak İli Coğrafi ve Topoğrafik Özellikler

Zonguldak, Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Karadeniz'e batı ve kuzeyden kıyısı olan bir ildir. 3309 km²'lik yüzölçümüyle Türkiye topraklarının binde altısını kaplar. Karadeniz kıyılarından başlayan il toprakları kuzeyden Karadeniz, kuzeydoğudan Bartın, doğudan Karabük, güneyden Bolu, batıdan Düzce illeriyle çevrilidir (Şekil 5.1). Zonguldak, Merkez İlçe, Alaplı, Çaycuma, Devrek, Gökçebey, Kdz. Ereğli, Kilimli ve Kozlu ilçelerinden oluşmuştur (ZİÇDR 2018). TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre Zonguldak toplam il nüfusu 599698'dir (TÜİK/ADNKS 2018).



Şekil 5.1 Zonguldak İli Haritası .

5.1.2 Zonguldak İli İklim Özellikleri ve Meteorolojik Özellikler

Bol yağışlı bir iklime sahip olan Zonguldak ılıman Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Her mevsimi yağışlı ve ılık olan Zonguldak'ta kurak mevsime rastlanılmamaktadır. En fazla yağış sonbahar ve kış mevsimlerinde görülür. İlde mevsimler ve gece-gündüz arasında önemli bir sıcaklık farkı bulunmamaktadır. Denizden iç kesimlere doğru gidildikçe, iklim biraz daha sertleşir. Yıllık ortalama sıcaklıklarda il genelinde önemli bir farklılaşma yoktur. Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ilin en fazla güneşli günlerinin yaşandığı aylardır. Yine bu aylar arasında deniz sıcaklığı ortalama 20 °C düzeyindedir (ZİÇDR 2018). Yıllık ortalama sıcaklık ise 13.6 °C'dir. İle ait sıcaklık verileri ve güneşlenme süresi Çizelge 5.1'de gösterilmektedir (MGM 2018).

Çizelge 5.1 Zonguldak İçin Uzun Yıllar Boyunca Gerçekleşen Sıcaklık Verileri ve Güneşlenme Süreleri (1939-2018) (MGM 2018).

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)
Ocak	6.1	9.2	3.4	2.2	24.1	-7.7
Şubat	6.2	9.5	3.4	2.8	26.7	-8.0
Mart	7.4	10.9	4.5	3.9	31.7	-6.4
Nisan	11.2	14.9	8.0	5.4	33.6	-2.1
Mayıs	15.4	18.8	12.1	6.9	36.7	3.0
Haziran	19.6	23.0	15.8	9.4	40.5	8.8
Temmuz	21.9	25.1	18.0	10.2	39.5	11.2
Ağustos	21.9	25.3	18.2	9.5	39.8	10.0
Eylül	18.7	22.4	15.4	7.4	36.2	5.9
Ekim	15.1	18.6	12.2	5.0	35.9	1.8
Kasım	11.6	15.2	8.8	3.4	29.9	-3.2
Aralık	8.3	11.5	5.6	2.3	28.1	-7.4
Yıllık	13.6	17.0	10.5	68.4	40.5	-8.0

Yıllık yağış ortalamasının 1217.8 mm olduğu Zonguldak'ta, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre Aralık ayında 152.8 mm ve Ekim ayında 145.8 mm olmak üzere en çok yağış bu aylarda görülür. (MGM 2018). İç kesimlere doğru yağışlar azalır ve kar yağışı şeklinde gözlenir (ZİÇDR 2018). İle ait yağış verileri Çizelge 5.2'de gösterilmektedir (MGM 2018).

İlde etkili rüzgar yönü güneydoğu yönündedir. Kuzeybatı (karayel) yönünde esen rüzgarlar ise ilde diğer etkili rüzgar şeklidir. En düşük nispi %70, ortalama nispi nem %75'tir (ZİÇDR 2018).

Çizelge 5.2 Zonguldak İçin Uzun Yıllar Boyunca Gerçekleşen Yağış Verileri (MGM 2018).

Aylar	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)
Ocak	18.1	137.5
Şubat	15.9	97.4
Mart	15.3	98.0
Nisan	12.1	63.9
Mayıs	10.8	53.6
Haziran	8.7	71.3
Temmuz	6.7	67.8
Ağustos	6.9	83.7
Eylül	8.5	103.8
Ekim	12.4	145.8
Kasım	13.8	142.2
Aralık	17.5	152.8
Yıllık	146.7	1217.8

5.1.3 Zonguldak İlinde Hava Kirliliği

Zonguldak, ülke bazında hava kirliliğinin yaşandığı iller arasında birinci öncelikli illerdedir. İlde hava kirliliği problemi evsel ısınma, sanayi tesisleri ve ulaşım kaynaklıdır. İlde Merkezde 1 adet, Çatalağzı Beldesinde 3 adet (2 Adet Çatalağzı Termik Santrali, 1 adet Eren Enerji Elektrik Üretim A.Ş. tarafından kurulmuştur.) ve Kdz. Ereğli ilçesinde 2 adet (Biri Erdemir T.A.Ş., diğeri Kdz. Ereğli Belediyesi tarafından kurulmuştur.) olmak üzere toplam 6 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır. İldeki istasyonlardan Merkezde ve Kdz. Ereğli ilçesinde bulunan (Kdz. Ereğli Belediyesine ait) 2 adet istasyon Ulusal Hava Kalitesi İzleme Sistemine entegre edilmiştir (ZİÇDR 2018).

5.1.3.1 Evsel Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü ve özel işletmelere ait kömür ocaklarında üretilen kömürlerde uçucu madde ve kül oranının yüksek olması duman ve partikül madde kirliliğinin daha fazla olmasına neden olmaktadır. İlde daha çok yerli kömür kullanımı teşvik edilmekte olsa da üretilen kömürlerin büyük çoğunluğunun hiçbir işleme tabi tutulmadan (eleme, yıkama, zenginleştirme vb.) ocaktan çıkartıldığı gibi kullanılması kirliliğin artmasına neden olmaktadır (ZİÇDR 2018). Zonguldak'ta 2017 yılında evsel ısınmada kullanılan katı

yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri Çizelge 5.3'te gösterilmektedir. İl genelinde konutlarda kullanılan doğalgaz miktarı ise Çizelge 5.4'te gösterilmiştir (ZİÇDR 2018).

Çizelge 5.3 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Evsel Isınmada Kullanılan Katı Yakıtların Cinsi ve Yakıtların Özellikleri (ZİÇDR 2018).

Yakıtın Cinsi	Yakıtın Özellikleri				
	Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
İthal Kömür	En Az 6400 Kcal/g (-200 Tolerans)	%12-31 (+2 Tolerans)	En Çok %0,9 (+0,1 Tolerans)	En Çok %10 (+1 Tolerans)	En Çok %16 (+2 Tolerans)
Yerli Kömür	En Az 4800 Kcal/kg (-200 Tolerans)	-	En Çok %2	En Çok %25	En Çok %25
Sosyal Yardımlaşma Vakfı Kömürü	En Az 4800 Kcal/kg (-200 Tolerans)	-	En Çok %2	En Çok %25	En Çok %25

Çizelge 5.4 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Konutlarda Kullanılan Doğalgaz Miktarı (ZİÇDR 2018).

Yakıtın Kullanıldığı Yer	Tüketim Miktarı (m ³)	Isıl Değeri (kcal/kg)
Konut	49.570.248	9208,50

Zonguldak için hava kirliliğinin önemli bir sorun olmasının bir diğer nedeni de ildeki kentleşmenin plansız olmasıdır. Dağlar denize paralel olduğundan, ildeki kirli hava il üstünde sıkışmaktadır. Kış mevsiminin uzun sürmesi sebebiyle yakıt kullanımının uzun sürmesi de kirliliği artırıcı etki göstermektedir.

Ayrıca yakma tesislerinin binalarda tekil olması, kalitesiz yakıt kullanılması, binalarda tam olarak ısı yalıtımının olmaması, kazan ateşçilerinin eğitimsiz ve bilinçsiz olması, baca temizliğinin düzenli yapılmaması, yakma saatlerine düzenli olarak uyulmaması, hava sıcaklığının düşük olması sebebiyle fazla yakıt kullanılması, ısınma amaçlı yakıt olarak kömür kullanımına devam edilmesi, doğalgaz çalışmalarının tam olarak tamamlanmaması Zonguldak'ta hava kirliliğine olumsuz etki eden önemli problemlendir (ZİÇDR 2018).

5.1.3.2 Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği

Zonguldak'ta maden sanayinin fazla olması (kömür üretim, kırma-eleme tesisleri), maden atıkları stok sahaları, lavuar tesisleri, termik santraller, demir çelik fabrikası, kağıt fabrikası gibi sektörlerin faaliyetleri sebebiyle sanayiden kaynaklanan hava kirliliği oldukça fazladır. Ayrıca sanayi tesislerinin şehir merkezine ve yerleşim yerlerine yakın olması da ilde hava kirliliği açısından büyük problem oluşturmaktadır.

İlde bulunan sanayi kuruluşlarına ait (TTK Genel Müdürlüğü, ÇATES-B Termik Santrali, Eren Enerji Termik Santrali, Erdemir vb.) tesislerin ve lojman binalarının kent merkezlerinde bulunması ve bunların yakıt olarak fazla miktarda kömür kullanması hava kirliliğini artırıcı etki yaratmaktadır (ZİÇDR 2018). Zonguldak'ta 2017 yılında sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi, yakıtların özellikleri ve bu yakıtların temin edildiği yerler Çizelge 5.5'te gösterilmektedir. İl genelinde sanayide kullanılan doğalgaz miktarı ise Çizelge 5.6'da gösterilmiştir (ZİÇDR 2018).

Çizelge 5.5 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Sanayide Kullanılan Katı Yakıtların Cinsi, Yakıtların Özellikleri ve Bu Yakıtların Temin Edildiği Yerler (ZİÇDR 2018).

Yakıtın Cinsi	Temin Edildiği Yer	Tüketim Miktarı (ton)	Yakıtın Özellikleri				
			Alt Isıl Değeri (kcal/g)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
Yerli Kömür	TTK Müesseseleri	832.042	En Az 4800 Kcal/kg (-200 Tolerans)	-	-	-	-
İthal Kömür	Rusya, ABD, Kolombiya vb.	6.191.629	En Az 6500 Kcal/kg (-500 Tolerans)	%36 (+ Tolerans)	En Çok %1 (+0,1 Tolerans)	-	-

Çizelge 5.6 Zonguldak İlinde 2017 Yılında Sanayide Kullanılan Doğalgaz Miktarı (ZİÇDR 2018).

Yakıtın Kullanıldığı Yer	Tüketim Miktarı (m ³)	Isıl Değeri (kcal/kg)
Sanayi	35.545.510	9219.76

5.1.3.3 Ulaşımdan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Zonguldak'ta hava kirliliğine olumsuz etki eden bir diğer faktör de motorlu taşıtlardır. Motorlu taşıt emisyonlarının ilde hava kirliliğini artırmasının sebebi şehir merkezinin dar bir alana toplanması ve çevre yolunun bulunmamasıdır (Zeydan 2008). İlde trafiğe kayıtlı olan araç sayıları Çizelge 5.7'de gösterilmektedir (TÜİK 2019).

Çizelge 5.7 Zonguldak İlinde Trafiğe Kayıtlı Olan Motorlu Taşıtlar (TÜİK 2019).

Araç Cinsi	Motorlu Kara Taşıt Sayısı
Otomobil	95169
Minibüs	4504
Otobüs	1899
Kamyonet	26277
Kamyon	6221
Motosiklet	10850
Diğerleri	10144
Toplam	155064

5.2 HESAPLAMALARDA KULLANILAN VERİLER VE ÖZELLİKLERİ

5.2.1 Evsel Isınmadan Kaynaklanan Emisyonların Hesabı İçin Kullanılan Veriler

Zonguldak ilindeki toplam konut sayısı 190667'dir. Konut sayılarının ilçelere göre dağılımı Çizelge 5.8'de gösterilmektedir (TÜİK 2019).

Çizelge 5.8 Zonguldak İli Konut Sayılarının İlçelere Göre Dağılımı (TÜİK 2019).

İlçe	Hane (Konut Sayısı)
Alaplı	12887
Çaycuma	28886
Devrek	21448
Ereğli	53133
Gökçebey	7109
Kilimli	11680
Kozlu	15232
Merkez	40292
Toplam	190667

İlde doğalgaz kullanan konut sayısı 55049'dur. Doğalgaz kullanan hane sayılarının ilçelere göre dağılımı ve yıllar bazında değişimi Çizelge 5.9'da gösterilmektedir (Akmercan Batıkargaz Doğalgaz 2019).

Çizelge 5.9 Zonguldak İli Doğalgaz Kullanan Hane Sayıları (Akmercan Batıkargaz Doğalgaz 2019).

İlçe	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Genel Toplam
Çaycuma	33	2175	3207	1547	1296	951	135	9344
Çaydeğirmeni						321	33	354
Devrek				1411	3179	3348	295	8233
Gökçebey			78	343	1018	397	62	1898
Kilimli				118	1363	1131	81	2693
Kozlu			1204	3507	1959	1587	249	8506
Merkez		971	6295	6244	4784	5228	499	24021
Genel Toplam	33	3146	10784	13170	13599	12963	1354	55049

Kömür kullanan konut sayısı ise 135618'dir.

Emisyon miktarlarının hesaplanmasında Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından yayımlanan EMEP/EEA 2016 Hava Kirletici Emisyon Envanteri Kılavuzunda belirtilen Tier 1 metodu kullanılmıştır. Evsel ısınmada taş kömürünün yanması için kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 5.10'da gösterilmektedir (EMEP/EAA 2016).

Çizelge 5.10 Taş Kömürü İçin Emisyon Faktörleri (EMEP/EAA 2016).

Kirletici	Emisyon Faktörü(g/GJ)
NO _x	110
SO _x	900
PM ₁₀	404
NM VOC	484

Evsel ısınmada doğalgazın yanması için kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 5.11'de gösterilmektedir (EMEP/EEA 2016).

Çizelge 5.11 Doğalgaz İçin Emisyon Faktörleri (EMEP/EAA 2016)

Kirletici	Emisyon Faktörü (g/GJ)
NO _x	51
SO _x	0.3
PM ₁₀	1.2
NMVOC	1.9

Emisyon faktörlerinin birimi g/GJ olduğu için kullanılan yakıtların enerji miktarlarını hesaplamak gerekir. Enerji miktarı, tüketilen yakıt miktarının yakıtın alt ısı değeri ile çarpımına eşittir (Zeydan 2008). Enerji miktarını hesaplamak için kullanılan formül Denklem 5.1’de gösterilmektedir.

$$\text{Enerji Miktarı} = \text{Tüketilen Yakıt Miktarı} \times \text{Yakıtın Alt Isıl Değeri} \quad (5.1)$$

Alt ısı değeri lavvarlanmış kömürler için 6400 kcal/kg, lavvarlanmamış kömürler için 4800 kcal/kg, doğalgaz için 9208,50 kcal/kg alınmıştır (ZİÇDR 2018). Kömür kullanan 135618 konutun %26’sının lavvarlanmış kömür kullandığı ve yıllık tüketim ortalamalarının 3 ton olduğu; %74’ünün lavvarlanmamış kömür kullandığı ve yıllık tüketim ortalamalarının 3 ton olduğu kabul edilmiştir. Doğalgaz kullanan konutlarda yıllık doğalgaz tüketim miktarı ise 49.570.248 m³’tür (ZİÇDR 2018).

Lavvarlanmış kömür, lavvarlanmamış kömür ve doğalgaz için elde edilen enerji değerleri ile emisyon faktörlerinin çarpımları sonucunda çalışma alanındaki azot oksit (NO_x), kükürt oksit (SO_x), partikül madde (PM₁₀) ve metan dışı uçucu organik bileşik (NMVOC) emisyon miktarları bulunmuştur. Emisyonların hesabında kullanılan formül Denklem 5.2’de verildiği gibidir.

$$\text{Emisyon Miktarı} = \text{Enerji Miktarı} \times \text{Emisyon Faktörü} \quad (5.2)$$

5.2.1 Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonların Hesabı İçin Kullanılan Veriler

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında il genelindeki araç sayıları göz önünde bulundurulmuştur. İl genelindeki araç sayıları Türkiye İstatistik Kurumu'ndan temin edilmiştir. Araçların yıllık ortalama seyahat mesafesi 10000 km/yıl olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından yayımlanan EMEP/EEA 2016 hava kirletici emisyon envanteri kılavuzunda belirtilen Tier 2 metodu incelenerek derlenmiştir. EMEP/EEA 2016 hava kirletici emisyon envanteri kılavuzu motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesaplanması için araçta kullanılan yakıt türü ve motor silindir hacimlerine göre ayrı ayrı emisyon faktörleri seçilmesini öngörmektedir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

Emisyon Miktarı

$$= \text{Araç Sayısı} \times \text{Yıllık Ortalama Seyahat Mesafesi} \\ \times \text{Emisyon Faktörü}$$

(5.3)



BÖLÜM 6

BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 EVSEL ISINMADAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN HESAPLANMASI

Denklem 5.1 kullanılarak kömür ve doğalgaz için enerji miktarları hesaplanmış ve sonuçlar Denklem 6.1, 6.2 ve 6.3'te gösterilmiştir.

Lavvarlanmış kömür için enerji miktarının hesaplanması:

$$\begin{aligned} \text{Enerji Miktarı} &= 135618 \text{ konut} \times (\%26) \times 3 \frac{\text{ton}}{\text{konut} \times \text{yıl}} \times 6400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times 4.186 \\ &\times 10^{-6} \frac{\text{GJ}}{\text{kcal}} \times \frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} \\ &= 2833943 \frac{\text{GJ}}{\text{yıl}} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Lavvarlanmamış kömür için enerji miktarının hesaplanması:

$$\begin{aligned} \text{Enerji Miktarı} &= 135618 \text{ konut} \times (\%74) \times 3 \frac{\text{ton}}{\text{konut} \times \text{yıl}} \times 4800 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times 4.186 \times 10^{-6} \frac{\text{GJ}}{\text{yıl}} \\ &\times \frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} = 6049378 \frac{\text{GJ}}{\text{yıl}} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Doğalgaz için enerji miktarının hesaplanması:

$$\begin{aligned} \text{Enerji Miktarı} &= 49570248 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \times 9208,50 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times \frac{0,67\text{kg}}{1\text{m}^3} \times 4.186 \times 10^{-6} \frac{\text{GJ}}{\text{kcal}} \\ &= 1280218 \frac{\text{GJ}}{\text{yıl}} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Denklem 5.2 kullanılarak kömür ve doğalgaz için emisyon miktarları hesaplanmış ve Azot oksit (NO_x) için hesaplamalar Denklem 6.4, 6.5 ve 6.6'da gösterilmiştir.

Lavvarlanmış kömür için NO_x emisyon miktarının hesaplanması:

$$NO_x = 2833943 \frac{GJ}{yil} \times 110 \frac{g}{GJ} \times \frac{1ton}{1000000g} = 311.73 \frac{ton}{yil} \quad (6.4)$$

Lavvarlanmamış kömür için NO_x emisyon miktarının hesaplanması:

$$NO_x = 6049378 \frac{GJ}{yil} \times 110 \frac{g}{GJ} \times \frac{1ton}{1000000g} = 665.43 \frac{ton}{yil} \quad (6.5)$$

Doğalgaz için NO_x emisyon miktarının hesaplanması:

$$NO_x = 1280218 \frac{GJ}{yil} \times 51 \frac{g}{GJ} \times \frac{1ton}{1000000g} = 65.29 \frac{ton}{yil} \quad (6.6)$$

Toplam NO_x emisyon miktarının hesaplanması:

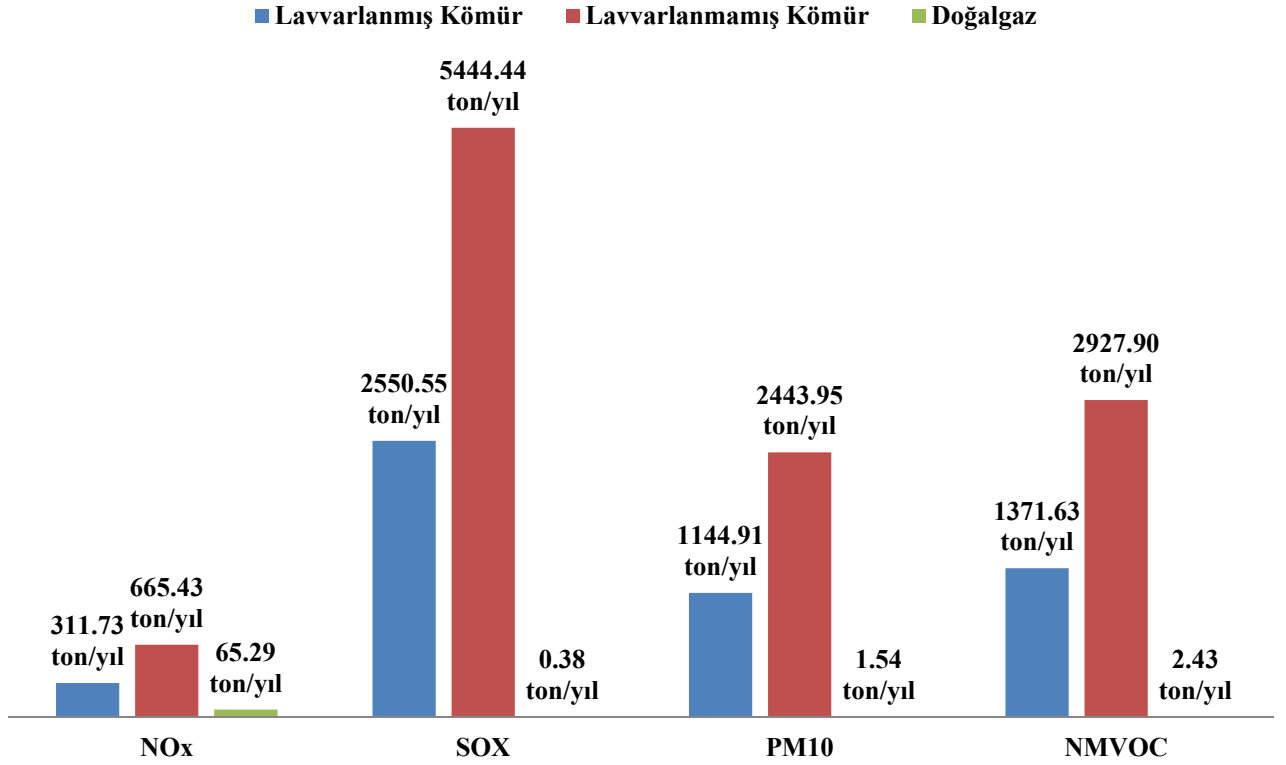
$$NO_x = 311.73 \frac{ton}{yil} + 665.43 \frac{ton}{yil} + 65.29 \frac{ton}{yil} = 1042.45 \frac{ton}{yil} \quad (6.7)$$

Diğer kirleticiler için de benzer hesaplama yöntemi kullanılmış olup sonuçlar Çizelge 6.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1 Eysel Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirleticileri İçin Kullanılan Emisyon Faktörleri ve Zonguldak'taki Emisyon Miktarları.

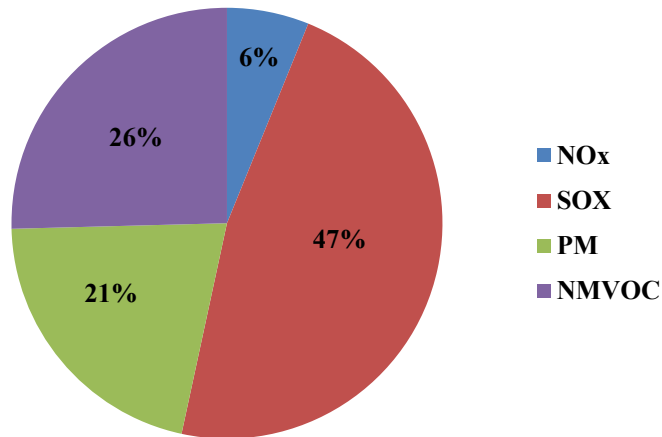
Kirletici	Kömür için Emisyon Faktörü (g/GJ)	Doğalgaz İçin Emisyon Faktörü (g/GJ)	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
			Lavvarlanmış Kömür	Lavvarlanmamış Kömür	Doğalgaz	Toplam
NO _x	110	51	311.73	665.43	65.29	1042.45
SO _x	900	0.3	2550.55	5444.44	0.38	7995.37
PM ₁₀	404	1.2	1144.91	2443.95	1.54	3590.40
NMVOC	484	1.9	1371.63	2927.90	2.43	4301.96

Yapılan hesaplara göre Zonguldak ilinde konutlarda kömür kullanımından kaynaklanan kirletici emisyon miktarının doğalgaz kullanımından kaynaklanan kirletici emisyon miktarından daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir. Ayrıca lavvarlanmamış kömür kullanımından kaynaklanan kirlilik, lavvarlanmış kömür kullanımından kaynaklanan kirlilikten daha fazladır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Zonguldak İlinde Kömür ve Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Kirletici Emisyon Miktarları.

Zonguldak il genelinde evsel ısınmadan kaynaklanan kirletici emisyon miktarının belirlenmesi için hesabı yapılan dört kirletici için en yüksek miktarın SO_x emisyonlarına ait olduğu tespit edilmiştir. SO_x'i sırasıyla NMVOC, PM ve NO_x izlemektedir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Zonguldak İli Evsel Isınmadan Kaynaklanan Kirletici Emisyon Dağılımı.

6.2 MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN HESAPLANMASI

Motor silindir hacmi 1000-1300 cc arasında olan benzinli otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

Denklem 5.3 kullanılarak silindir hacmi 1000-1300 cc arasında olan euro 1 motor sınıfı benzinli otomobiller için örnek CO emisyon miktarı hesaplaması Denklem 6.8’de gösterildiği gibidir. Diğer bütün hesaplamalar benzer şekilde yapılmıştır.

$$CO = 764 \text{ Araç} \times 10000 \frac{\text{km}}{\text{araç} \times \text{yıl}} \times 4.88 \frac{\text{g}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000000 \text{ g}} = 37.28 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \quad (6.8)$$

Çizelge 6.2 Silindir Hacmi 1000-1300 cc Olan Benzinli Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	764	4.88	0.467	0.426	0.0022	37.28	3.57	3.25	0.02
Euro 2	97	2.42	0.206	0.229	0.0022	2.35	0.20	0.22	0.002
Euro 3	278	2.07	0.089	0.090	0.0011	5.75	0.25	0.25	0.003
Euro 4	637	0.69	0.048	0.056	0.0011	4.39	0.30	0.36	0.007
Euro 5	1960	0.69	0.048	0.056	0.0014	13.52	0.94	1.10	0.03
Euro 6	964	0.69	0.048	0.056	0.0014	6.65	0.46	0.54	0.01
Toplam	4700					69.94	5.72	5.72	0.07

Motor silindir hacmi 1300-1600 cc arasında olan benzinli otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 6.3 Silindir Hacmi 1300-1600 cc Olan Benzinli Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

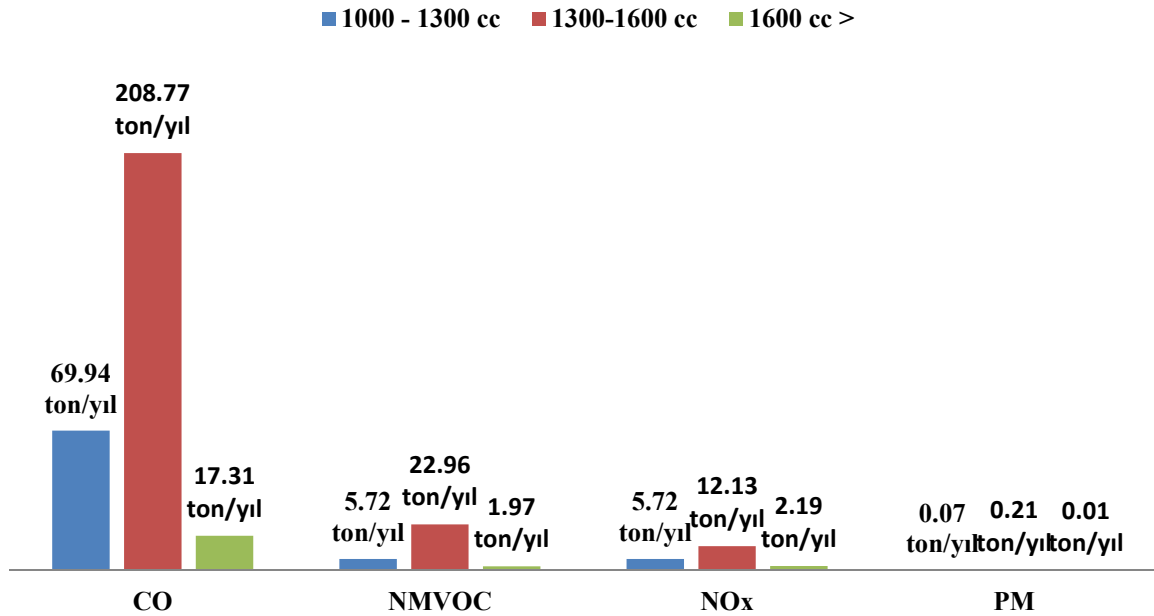
Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	2072	3.92	0.530	0.485	0.0022	81.22	10.98	10.05	0.04
Euro 2	1103	2.04	0.251	0.255	0.0022	22.50	2.77	2.81	0.02
Euro 3	2512	1.82	0.119	0.097	0.0011	45.72	2.99	2.44	0.03
Euro 4	2272	0.62	0.065	0.061	0.0011	14.09	1.48	1.38	0.02
Euro 5	4861	0.62	0.065	0.061	0.0014	30.13	3.16	2.96	0.07
Euro 6	2437	0.62	0.065	0.061	0.0014	15.11	1.58	1.49	0.03
Toplam	15257					208.77	22.96	12.13	0.21

Motor silindir hacmi 1600 cc'ün üstünde olan benzinli otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 6.4 Silindir Hacmi 1600 cc'ün Üstünde Olan Benzinli Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	346	3.41	0.43	0.467	0.0022	11.80	1.49	1.61	0.007
Euro 2	121	1.67	0.196	0.242	0.0022	2.02	0.24	0.29	0.003
Euro 3	143	1.50	0.088	0.091	0.0011	2.14	0.12	0.13	0.001
Euro 4	67	0.53	0.048	0.059	0.0011	0.35	0.03	0.04	0.0007
Euro 5	131	0.53	0.048	0.059	0.0014	0.69	0.06	0.08	0.002
Euro 6	59	0.53	0.048	0.059	0.0014	0.31	0.03	0.03	0.0008
Toplam	867					17.31	1.97	2.19	0.01

Benzinli otomobiller için yapılan hesaplamalarda tüm kirleticiler için en yüksek oranın 1300-1600 cc motor silindir hacmine sahip otomobillerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 6.3). Bu oranın yüksek olmasında il genelinde 1300-1600 cc motor silindir hacimli araç sayısının diğer silindir hacimli araç sayılarına göre daha fazla olması etkili olmaktadır.



Şekil 6.3 Zonguldak İl Geneli Benzinli Otomobillerden Kaynaklanan Kirletici Emisyon Oranları.

Motor silindir hacmi 1000-1300 cc arasında olan dizel otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 6.5 Silindir Hacmi 1000-1300 cc Olan Dizel Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 4	807	0.092	0.014	0.58	0.0314	0.74	0.11	4.68	0.25
Euro 5	3444	0.049	0.010	0.55	0.0021	1.69	0.34	18.94	0.72
Euro 6	152	0.040	0.010	0.45	0.0015	0.06	0.01	0.68	0.002
Euro 6	257	0.040	0.010	0.35	0.0015	0.10	0.02	0.90	0.004
Toplam	4660					2.59	0.48	25.20	0.98

Motor silindir hacmi 1300-1600 cc arasında olan dizel otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 6.6 Silindir Hacmi 1300-1600 cc Olan Dizel Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

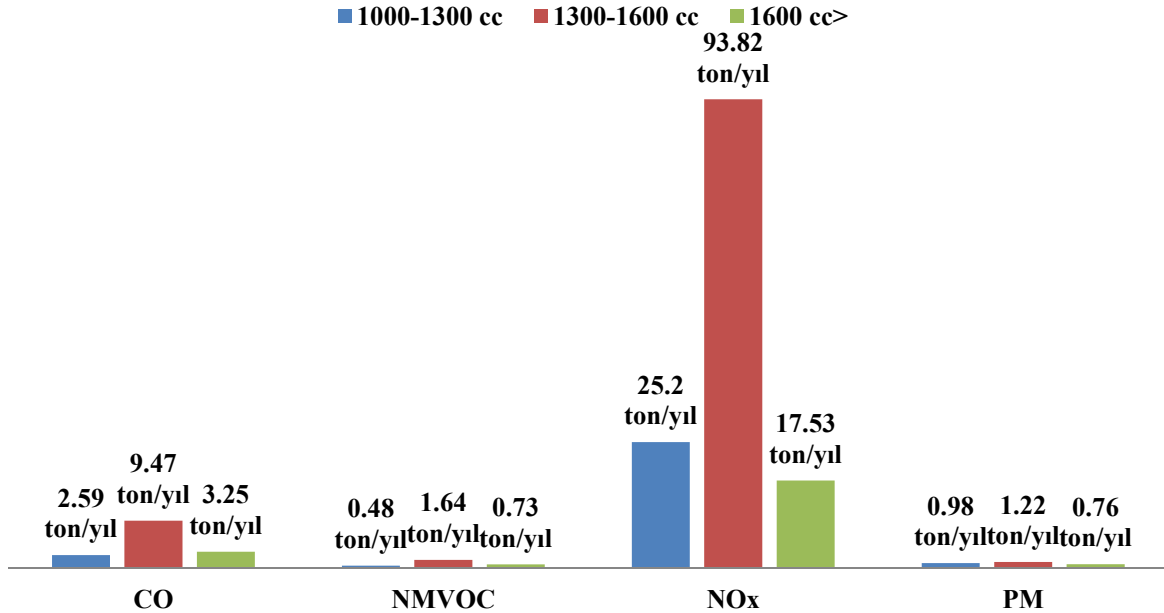
Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	173	0.414	0.047	0.690	0.0842	0.72	0.08	1.19	0.14
Euro 2	6	0.296	0.035	0.716	0.0548	0.02	0.002	0.04	0.003
Euro 3	28	0.089	0.02	0.773	0.0391	0.02	0.006	0.22	0.01
Euro 4	2459	0.092	0.014	0.58	0.0314	2.26	0.34	14.26	0.77
Euro 5	11423	0.040	0.0080	0.55	0.0021	4.57	0.91	62.83	0.24
Euro 6	1819	0.049	0.0080	0.45	0.0015	0.89	0.14	8.18	0.03
Euro 6	2028	0.049	0.0080	0.35	0.0015	0.99	0.16	7.10	0.03
Toplam	17936					9.47	1.64	93.82	1.22

Motor silindir hacmi 1600 cc’ün üstünde olan dizel otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.7 Silindir Hacmi 1600 cc'ün Üstünde Olan Dizel Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	324	0.414	0.070	0.690	0.0842	1.34	0.23	2.23	0.27
Euro 2	112	0.296	0.10	0.716	0.0548	0.33	0.11	0.80	0.06
Euro 3	549	0.089	0.037	0.77	0.0391	0.49	0.20	4.23	0.21
Euro 4	628	0.092	0.014	0.58	0.0314	0.58	0.09	3.64	0.20
Euro 5	1116	0.040	0.0080	0.55	0.0021	0.45	0.09	6.14	0.02
Euro 6	63	0.049	0.0080	0.45	0.0015	0.03	0.005	0.28	0.0009
Euro 6	61	0.049	0.0080	0.35	0.0015	0.03	0.005	0.21	0.0009
Toplam	2853					3.25	0.73	17.53	0.76

Dizel otomobiller için yapılan hesaplamalarda tüm kirleticiler için en yüksek oranın 1300-1600 cc motor silindir hacmine sahip otomobillerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 6.4). Bu oranın yüksek olmasında il genelinde 1300-1600 cc motor silindir hacimli araç sayısının diğer silindir hacimli araç sayılarına göre daha fazla olması etkili olmaktadır.



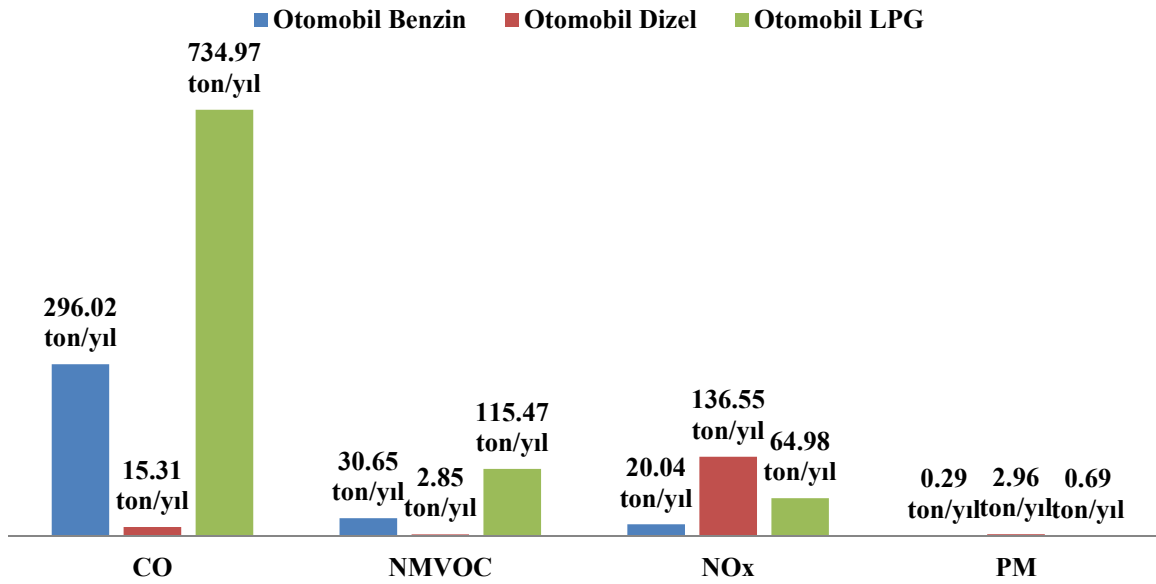
Şekil 6.4 Zonguldak İl Geneli Dizel Otomobillerden Kaynaklanan Kirletici Emisyon Oranları.

LPG kullanan otomobil sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.8 LPG’li Otomobil Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	6756	3.57	0.723	0.414	0.0022	241.19	48.84	27.97	0.15
Euro 2	10643	2.48	0.342	0.180	0.0022	263.95	36.40	19.16	0.23
Euro 3	4057	1.79	0.120	0.090	0.0011	72.62	4.87	3.65	0.04
Euro 4	5747	0.62	0.10	0.056	0.0011	35.63	5.75	3.22	0.06
Euro 5	15054	0.62	0.10	0.056	0.0011	93.33	15.05	8.43	0.16
Euro 6	4556	0.62	0.10	0.056	0.0011	28.25	4.56	2.55	0.05
Euro 6	46813					734.97	115.47	64.98	0.69

Benzin, dizel ve LPG kullanan otomobiller için yapılan emisyon hesabında CO ve NMVOC emisyonlarının daha çok LPG kullanan otomobillerden, NO_x ve PM emisyonlarının ise daha çok dizel otomobillerden kaynaklandığı görülmüştür (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Benzin, Dizel ve LPG Kullanan Otomobiller İçin Emisyon Miktarları.

Dizel Kamyonet sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 6.9 Dizel Kamyonet Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	2213	0.577	0.141	1.22	0.117	12.77	3.12	27.00	2.59
Euro 2	838	0.577	0.149	1.22	0.117	4.83	1.25	10.22	0.98
Euro 3	2807	0.473	0.094	1.03	0.0783	13.28	2.64	28.92	2.20
Euro 4	5677	0.375	0.035	0.831	0.0409	21.29	1.99	47.17	2.32
Euro 5	12307	0.075	0.035	1.15	0.0010	9.23	4.31	141.53	0.12
Euro 6	883	0.075	0.035	0.96	0.0009	0.66	0.31	8.48	0.008
Toplam	24725					62.06	13.62	263.32	8.22

Dizel minibüs sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 6.10 Dizel Minibüs Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	371	0.657	0.193	3.37	0.129	2.44	0.72	12.50	0.48
Euro 2	1073	0.537	0.123	3.49	0.061	5.76	1.32	37.45	0.65
Euro 3	915	0.584	0.115	2.63	0.0566	5.34	1.05	24.06	0.52
Euro 4	850	0.047	0.005	1.64	0.0106	0.40	0.04	13.94	0.09
Euro 5	1076	0.047	0.005	0.933	0.0106	0.50	0.05	10.04	0.11
Euro 6	103	0.047	0.005	0.180	0.0005	0.05	0.005	0.18	0.0005
Toplam	4388					14.49	3.18	98.20	1.85

Dizel otobüs sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.11 Dizel Otobüs Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	186	1.02	0.326	5.31	0.201	1.90	0.61	9.88	0.37
Euro 2	203	0.902	0.207	5.50	0.104	1.83	0.42	11.16	0.21
Euro 3	195	0.972	0.189	4.30	0.0881	1.89	0.37	8.38	0.17
Euro 4	343	0.071	0.008	2.65	0.0161	0.24	0.03	9.09	0.05
Euro 5	776	0.071	0.008	1.51	0.0161	0.55	0.06	11.72	0.12
Euro 6	172	0.071	0.008	0.291	0.0008	0.12	0.01	0.50	0.001
Toplam	1875					6.53	1.50	50.73	0.92

Dizel kamyon sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.12'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.12 Dizel Otobüs Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları.

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)				Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM	CO	NMVOC	NO _x	PM
Euro 1	1295	1.55	0.449	7.52	0.297	20.07	5.81	97.38	3.85
Euro 2	1577	1.38	0.29	7.91	0.155	21.76	4.51	124.74	2.44
Euro 3	791	1.49	0.278	6.27	0.13	11.78	2.20	49.59	1.03
Euro 4	676	0.105	0.010	3.83	0.0239	0.71	0.07	25.89	0.16
Euro 5	1594	0.105	0.010	2.18	0.0239	1.67	0.16	34.75	0.38
Euro 6	200	0.105	0.010	0.422	0.0012	0.21	0.02	0.844	0.002
Toplam	6133					56.20	12.77	333.19	7.86

Benzinli motorsiklet sayıları, kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplanan emisyon miktarları Çizelge 6.13'te gösterilmektedir.

Çizelge 6.13 Benzinli Motorsiklet Sayıları, Emisyon Faktörleri ve Emisyon Miktarları

Motor Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Faktörleri (g/km)			Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
		CO	NMVOC	NO _x	CO	NMVOC	NO _x
Euro 1	1124	13.6	1.08	0.445	152.86	12.14	5.00
Euro 2	582	7.17	0.839	0.317	41.73	4.88	1.84
Euro 3	9076	3.03	0.465	0.194	275.00	42.20	17.16
Toplam	10782				469.59	59.22	24.45

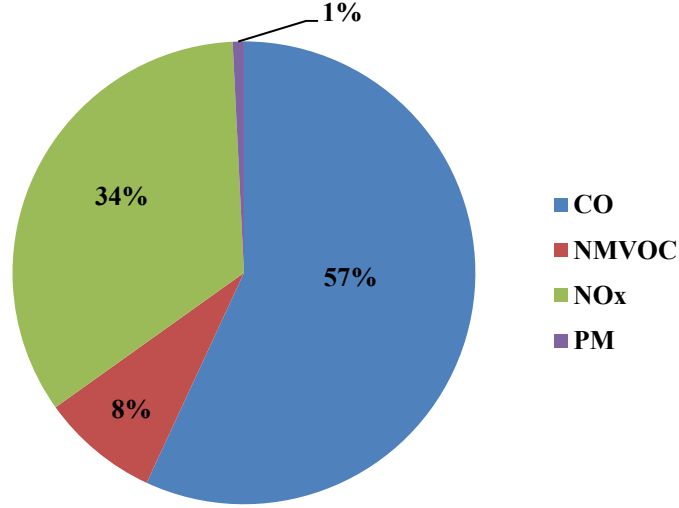
İl genelindeki motorlu araçlardan kaynaklanan kirletici emisyonları Çizelge 6.14'te gösterilmektedir.

Çizelge 6.14 İl Geneli Motorlu Araç Sayıları ve Hesaplanan Emisyon Miktarları.

Araç Tipi	Araç Sayısı	Emisyon Miktarları (ton/yıl)			
		CO	NMVOC	NO _x	PM
Otomobil Benzin	20824	296.02	30.65	20.04	0.29
Otomobil Dizel	25449	15.31	2.85	136.55	2.96
Otomobil LPG	46813	734.97	115.47	64.98	0.69
Kamyonet Dizel	24725	62.06	13.62	263.32	8.22
Minibüs Dizel	4388	14.49	3.18	98.20	1.85
Otobüs Dizel	1875	6.53	1.50	50.73	0.92
Kamyon Dizel	6133	56.20	12.77	333.19	7.86
Motorsiklet	10782	469.59	59.22	24.45	-
Toplam	140989	1655.17	239.26	991.49	22.79

İl genelinde toplam 140989 araçtan salınan CO emisyonu 1655.17 ton/yıl, NMVOC emisyonu 239.26 ton/yıl, NO_x emisyonu 991.49 ton/yıl ve PM emisyonu 22.79 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Zonguldak il genelinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyon miktarının belirlenmesi için hesabı yapılan dört kirletici için en yüksek miktarın CO

emisyonlarına ait olduğu tespit edilmiştir. CO'ı sırasıyla NO_x, NMVOC ve PM izlemektedir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Zonguldak İli Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kirletici Emisyon Dağılımı.

Yapılan çalışma ile bulunan sonuçlar Balıkesir il merkezinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesaplanması için yapılan bir çalışma ile kıyaslanmıştır. Balıkesir il merkezi için yapılan çalışmada il merkezindeki otomobil, minibüs, kamyonet, otobüs, kamyon ve motosiklet sayıları temin edilerek, otomobillerin yılda 16033 km, minibüslerin 28626 km, kamyonetlerin 25127 km, otobüslerin 24762 km, kamyonların 22629 km, motosikletlerin 5274 km yol katettikleri tespit edilmiş ve emisyonlar hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarına göre Balıkesir il merkezinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan CO emisyonu 1769.70 ton/yıl, NO_x emisyonu 1425 ton/yıl, PM emisyonu 80.89 ton/yıl olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçlar çalışma ile kıyaslandığında benzer sonuçlar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6.15).

Çizelge 6.15 Balıkesir ve Zonguldak İlleri İçin Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.

İller	Araç Sayısı	Bir Yılda Alınan Yol (km)	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
			CO	NO _x	PM
Balıkesir	71291	20408	1769.79	1425	80.89
Zonguldak	140989	10000	1655.17	999.49	22.79

Kayseri il merkezinde konutların ısıtılmasından kaynaklanan emisyonların hesaplanması amacı ile yapılan bir çalışmada Kayseri il merkezindeki 105 mahalle için konutların yıllık doğalgaz, yerli kömür ve ithal kömür kullanım miktarları tespit edilmiştir. Buna göre 105 mahallede yıllık doğalgaz tüketim miktarı 233.937.451 m³ (164692 ton), yerli kömür tüketim miktarı 5505 ton, ithal kömür tüketim miktarı 156960 ton olarak bulunmuştur. Her bir yakıt kategorisi için emisyonlar ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçta ısınmadan kaynaklanan toplam SO₂ emisyonu 3023 ton/yıl, NO_x emisyonu 1251 ton/yıl, CO emisyonu 9193 ton/yıl, PM emisyonu 844 ton/yıl olarak bulunmuştur. Sonuçlar çalışma ile kıyaslandığında çalışma sonuçlarını desteklediği görülmüştür (Çizelge 6.16).

Çizelge 6.16 Kayseri ve Zonguldak İlleri İçin Isınmadan Kaynaklanan Emisyon Miktarları

İller	Doğalgaz Tüketimi (m ³ /yıl)	Yerli Kömür Tüketimi (ton/yıl)	İthal Kömür Tüketimi (ton/yıl)	Emisyon Miktarları (ton/yıl)	
				NO _x	PM
Kayseri	233.937.451	5505	156960	1251	844
Zonguldak	49.570.248	301071	105782	1042.45	3590.40

Gaziantep'te yapılan bir çalışmada il genelindeki toplam 371206 motorlu taşıttan kaynaklanan emisyonlar hesaplanmıştır. Emisyon miktarları araç sayısının, aracın aldığı yol ve aracın her km başına harcadığı yakıt miktarı ile çarpımı sonucu hesaplanmıştır. Araçların yıllık katettikleri mesafe 707,6 km kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda ilde motorlu taşıtlardan kaynaklanan NO_x emisyonu 452,51 ton/yıl, SO₂ emisyonu 2,76 ton/yıl ve PM emisyonu 28,52 ton/yıl olarak bulunmuştur. Sonuçlar yapılan çalışmayı destekler niteliktedir (Çizelge 6.17).

Çizelge 6.17 Gaziantep ve Zonguldak İlleri İçin Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.

İller	Araç Sayısı	Yıllık Alınan Yol (km)	Emisyon Miktarları (ton/yıl)	
			NO _x	PM
Gaziantep	371206	707,6	452.51	28.52
Zonguldak	140989	10000	991.49	22.79

Kocaeli ilinde yapılan bir çalışmada motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların yıllar bazında değişimi incelenmiştir. Aracın katettiği mesafe ildeki ana yollar için ayrı ayrı ölçülmüş ve hesaplama buna göre yapılmıştır. Ana yollarda günlük seyahat eden araç sayısı 2003 yılında 269662 araç, 2004 yılında 296423 araç, 2005 yılında 295454 araç olarak sayılmıştır. Yapılan emisyon

hesabında 2003 yılı için toplam PM emisyonu 199 ton, NO_x emisyonu 3860 ton, CO emisyonu 3086 ton, VOC emisyonu 786 ton, 2004 yılı için toplam PM emisyonu 155 ton, NO_x emisyonu 4036 ton, CO emisyonu 3763 ton, VOC emisyonu 818 ton, 2005 yılı için toplam PM emisyonu 150 ton, NO_x emisyonu 4029 ton, CO emisyonu 3769 ton, VOC emisyonu 811 ton olarak hesaplanmıştır. Sonuçların yapılan çalışma ile benzer olduğu görülmüştür (Çizelge 6.18).

Çizelge 6.18 Kocaeli ve Zonguldak İlleri İçin Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Miktarları.

İller	Yıllar	Araç Sayısı	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
			PM	NO _x	CO
Kocaeli	2003	269662	199	3860	3086
	2004	296423	155	4036	3763
	2005	295454	150	4029	3769
Zonguldak	2019	140989	22.79	991.49	1654.57



BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Zonguldak il genelindeki 2019 yılında konutların ısıtılmasından ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirletici emisyon miktarları emisyon envanteri yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Konutların ısıtılmasından kaynaklanan kirletici emisyonlar hesaplanırken lavvarlanmış kömür, lavvarlanmamış kömür ve doğalgaz için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre evsel ısınmadan kaynaklanan NO_x emisyonu 1042.45 ton/yıl, NMVOC emisyonu 4301.96 ton/yıl, SO_x emisyonu 7995.36 ton/yıl ve PM emisyonu 3590.4 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlara göre doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyonların, kömür kullanımından kaynaklanan emisyonlardan daha az olduğu gözlenmiştir. Ayrıca lavvarlanmış kömür emisyonlarının, lavvarlanmamış kömür emisyonlarından daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

İl genelinde 1300-1600 cc motor silindir hacmine sahip otomobil sayısı daha fazla olduğundan hem benzin hem dizel kullanan araçlarda 1300-1600 cc silindir hacimli otomobillerden kaynaklanan emisyon miktarlarının daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ildeki otomobiller için CO ve NMVOC emisyonlarının daha çok LPG kullanan otomobillerden, NO_x ve PM emisyonlarının ise daha çok dizel otomobillerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. İl genelinde trafiğe kayıtlı toplam 140989 motorlu araçtan salınan CO emisyonu 1654.57 ton/yıl, NMVOC emisyonu 239.26 ton/yıl, NO_x emisyonu 991.49 ton/yıl ve PM emisyonu 21.81 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada emisyon envanteri yöntemi ile hesaplanan kirletici emisyonları gelecekte Zonguldak ili hava kalitesi ile ilgili yapılacak araştırmalar için önemli bir veri sağlamıştır. Kömür emisyonlarına göre daha az kirletici emisyonu sebep olan doğalgaz kullanımı teşvik edilmeli ve gerekli altyapı çalışmaları bir an önce tamamlanmalıdır. Lavvarlanmamış kömür kullanımına karşı gerekli yaptırımlar uygulanmalı ve lavvarlanmış kömür kullanımı teşvik edilmelidir.



KAYNAKLAR

- Akyürek Ö** (2012) Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Trabzon, 77 s.
- Apaydın D** (2014) Kayseri İli İçin Alansal Kaynaklı Emisyon Envanteri. *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 47 s.
- Atlı A** (2002) Hava Kirliliği Dağılımının Belirlenmesinde ISCST3 Model Programının Kullanımı: AÇS Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 92 s.
- Aydın Ö** (2006) Havadaki SO₂ ve PM Konsantrasyonunun İstatistiksel Yöntemler ile Modellenmesi: Zonguldak Şehir Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 78 s.
- Bıyık İ** (2010) Hava Kirliliğinin Yapay Zeka Teknikleri ile Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul, 70 s.
- Coşkun A** (2008) Şehir Atmosferinde Taşıt Emisyonlarından Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, 110 s.
- Çolak M** (2012) Ulaşımdan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gösterilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, 51 s.
- EMEP/EEA.** (05.10.2019) *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*. Adres: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
- Elbir T, Bayram A, Kara M, Altıok H, Seyfioğlu R, Ergün P ve Şimşir S** (2010) İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1): 1-17.
- Erdoğan E** (2012) Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 152 s.
- Gezer E** (2018) Diyarbakır İlinde Farklı Bölgelerden Toplanan Bitkilerdeki Antioksidan Parametreler Kullanılarak Hava Kirliliğinin İzlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tunceli, 40 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Güler Y** (2018) Türkiye’de Çimento Sektörü Kaynaklı Karbondioksit Emisyonları. *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 101 s.
- Gündoğdu M E** (2006) Meteorolojik Parametrelerin Hava Kirliliğine Etkilerinin Yapay Sinir Ağları Modeli ile İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 92 s.
- Kaya M** (2010) Orman Yangınları ve Hava Kirliliği: Serik-Antalya Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 57 s.
- Kunt F** (2007) Hava Kirliliğinin Yapay Zeka Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 88 s.
- Kunt F** (2014) Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri Kullanılarak Konya İl Merkezi Hava Kirliliği Modellenmesi, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 132 s.
- MGM.** (04.10.2019) *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. Adres: <https://www.mgm.gov.tr/>
- Özaslan Ü** (2008) Kocaeli Kentinde Hava Kirliliğine Neden Olan İnorganik Gaz Kirleticilerin Düzeylerinin Dağılımlarının ve Kaynaklarının Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 58 s.
- Özen M** (2006) Karayolu Ulaşımının Hava Kirliliğine Etkileri ve Çözüm Önerileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara, 81 s.
- Öztürk G** (2006) Düzce İlinde Trafikten Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 64 s.
- Pekin M A** (2006) Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 95 s.
- Polat E E** (2016) Gaziantep’in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 77 s.
- Sert İ** (2008) Balıkesir İl Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 94 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- SKHKKY** (06.10.2019) *Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*. Adres: <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.13184&MevzuatIliski=0&>
- Süren P** (2007) 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, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 149 s.
- Şen O** (1985) Ayrımsız Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarını Kullanarak Geliştirilen Hava Kirliliği Analiz Yönteminin İzmir İline Uygulanması. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 76 s.
- Taş F** (2006) Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi için Değerlendirme. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, 84 s.
- Topçu L** (2008) Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 89 s.
- TÜİK.** (07.10.2019) *Türkiye İstatistik Kurumu*. Adres: <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>
- Türkay M** (2018) Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonunun (Karbon Ayak İzinin) Hesaplanması: Eskişehir İli Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, 99 s.
- Uzel G** (2015) Türkiye ve Bursa'da Tarımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları Ekonomisi ve Politika Önerileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Bursa, 122 s.
- Yanarocak R K** (2007) Marmaray Projesinin Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 80 s.
- Zeydan Ö** (2008) Zonguldak Bölgesi Sera Gazı Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 107 s.
- Zeydan Ö** (2014) Zonguldak Bölgesi PM₁₀ Konsantrasyonu Dağılımının Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 166 s.
- ZİÇDR.** (03.10.2019) *Zonguldak İl Çevre Durum Raporu*. Adres: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/zonguldak_2017_cdr-20180917152751.pdf



ÖZGEÇMİŞ

Kübra YILDIRIM 1991 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2010 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde öğrenim görmeye hak kazandı. 2015 yılında mezun oldu. 2016 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

E-posta: kubra.yldrm1991@gmail.com