



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAYSERİ İLİ İÇİN ALANSAL KAYNAKLI EMİSYON
ENVANTERİ**

**Hazırlayan
Dilşad APAYDIN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2014
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAYSERİ İLİ İÇİN ALANSAL KAYNAKLI EMİSYON
ENVANTERİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Dilşad APAYDIN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FBY-11-4369 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2014
KAYSERİ**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Dilşad APAYDIN



'Kayseri İli İçin Alansal Kaynaklı Emisyon Envanteri' adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Dilşad APAYDIN



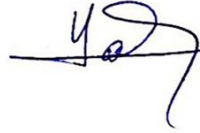
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK



Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ



Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK danışmanlığında Dilşad APAYDIN tarafından hazırlanan “Kayseri İli İçin Alansal Kaynaklı Emisyon Envanteri” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

26.06.2014...

JÜRİ:

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Üye : Prof. Dr. Şenol KARTAL

Üye : Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Filiz Dadaşer Çelik
Şenol Kartal
Yalçın Şevki Yıldız

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 15/07/2014 tarih ve 2014/32-13 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

15.07.2014

Prof. Dr. Kâzım KEŞLİOĞLU

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi ve düzenlenmesi sırasında bana disiplinli çalışmayı öğreterek kıymetli zamanını ve katkılarını benden esirgemeyen, akademisyenlik hayatında benim için rol model olan, günlük hayatta da fikir ve düşüncelerinden yararlandığım ve desteklerini hissettiğim saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK'e, çalışmanın arazi çalışması kapsamında yapılan anket çalışmalarında bana yardımcı olan arkadaşım Hilmi SÖNMEZ' e ve bütün çalışmalarında arkamda duran, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, özellikle de anneme teşekkürlerimi sunarım.

KAYSERİ İLİ İÇİN ALANSAL KAYNAKLI EMİSYON ENVANTERİ

Dilşad APAYDIN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2014

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Kayseri ili için Ekim 2011 - Eylül 2012 dönemine ait alansal kaynaklı emisyonların envanterlenmesidir. Yaklaşık 1,2 milyon nüfusa sahip Kayseri, İç Anadolu Bölgesi'nin önemli illeri arasındadır. Kayseri ilinde özellikle ısınma sezonunda hava kirliliği düzeyleri artmaktadır. Bazı dönemlerde kükürt dioksit (SO_2) ve partiküler madde (PM) düzeyleri yönetmeliklerle belirlenen sınır değerlerin üzerinde gerçekleşmektedir. Buna karşılık, Kayseri'de henüz alansal kaynaklı emisyonların envanterlenmesi konusunda kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada Kayseri ilinin alansal kaynaklı hava kirliliği emisyonları hesaplanarak, bu emisyonların hava kalitesine olan etkileri belirlenmiştir. Envanterleme çalışmasında Kayseri'de hava kalitesi bakımından ölçülen parametreler olan SO_2 ve PM parametreleri yanında, azot oksitler (NO_x) ve karbonmonoksit (CO) gibi farklı kirleticilerin de emisyonları belirlenmiştir. Çalışma, Kayseri kent merkezinde (Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde yer alan 105 mahallede) yürütülmüştür. Mahalleler bazında doğalgaz, yerli kömür ve ithal kömür tüketim düzeyleri belirlenmiştir. Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayınlanan emisyon faktörlerinin kullanımı ile kirletici emisyonları hesaplanmıştır. Sonuçlar, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak görselleştirilmiştir. Kayseri için Ekim 2011 - Eylül 2012 döneminde toplam SO_2 emisyonu 3.023 ton, NO_x emisyonu 1.251 ton, CO emisyonu 9.193 ton, PM emisyonu ise 844 ton olarak hesaplanmıştır. Kayseri için Ekim 2011 - Eylül 2012 döneminde alansal kaynaklı birim alandaki toplam SO_2 emisyonu 8,29 ton/km², birim alandaki toplam NO_x emisyonu 3,43 ton/km², birim alandaki toplam CO emisyonu 25,21 ton/km², birim alandaki toplam PM emisyonu ise 2,32 ton/km² olarak hesaplanmıştır. SO_2 ve PM emisyonlarının %99,8'lik kısmı kömürden kaynaklanmaktadır. NO_x emisyonlarının %54,6'lık kısmı doğalgazdan, CO emisyonlarının ise %97,3'lük kısmı kömürden kaynaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kayseri, alansal kaynaklı hava kirliliği, emisyon envanteri

AREAL SOURCE EMISSION INVENTORY FOR THE PROVINCE OF KAYSERİ

Dilşad APAYDIN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, June, 2014

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ABSTRACT

This study aims to develop an inventory of air pollutants from areal sources for Kayseri for the October 2011 – September 2012 period. Kayseri, with a population of 1.2 million, is one of the largest cities in the Central Anatolia region of Turkey. Air pollution becomes a major problem in the city center during the winter season due to the use of large amounts of fuels for domestic heating. In some periods, sulfur dioxide (SO_2) and particulate matter (PM) concentrations become higher than the limit values set by the Air Pollution Control and Management Regulation. However, no study has been conducted yet into Kayseri to determine the emissions from areal sources. In this study, emissions from areal sources were calculated and the effects of areal sources on the air quality in Kayseri were examined. With this study, emissions of PM and SO_2 as well as nitrogen oxides (NO_x) and carbon monoxide (CO) were determined. The study was conducted in the Kayseri city center (at 105 districts within Kocasinan, Melikgazi and Talas municipalities). For each district, the amount of natural gas, domestic coal, and import coal use were determined. With the use of emission factors published by the European Environmental Agency, emissions were calculated. Results were mapped using Geographical Information Systems. During the October 2011 - September 2012 period, total SO_2 emissions were 3023 ton, NO_x emissions were 1251 ton, CO emissions were 9193 ton and PM emissions were 844 ton. Emission of total SO_2 , NO_x , CO and PM per unit area were calculated for Kayseri for the October 2011 – September 2012 period 8.29 ton/km², 3.43 ton/km², 25.21 ton/km² and 2.32 ton/km² respectively. 99.8% of SO_2 and PM emissions were due to coal. 54.6% of NO_x emissions were due to natural gas. 97.3% of CO emissions were due to coal.

Keywords: Kayseri, areal source air pollution, emission inventory

İÇİNDEKİLER

KAYSERİ İLİ İÇİN ALANSAL KAYNAKLI EMİSYON ENVANTERİ

.....	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	iv
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	v
KABUL VE ONAY SAYFASI	vi
TEŞEKKÜR.....	vi
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Hava Kirliliğinin Tanımı ve Tarihçesi	3
1.2. Hava Kirleticisi Kaynakları, Kirleticiler ve Halk Sağlığına Etkileri.....	5
1.3. Alansal Kaynaklı Hava Kirliliği	6
1.4. Emisyon Envanterleri	7
1.5. Emisyon Envanterleri Konusunda Literatür Özeti	10
1.5.1. Dünyada Yapılan Emisyon Envanteri Çalışmaları.....	10
1.5.2. Türkiye’de Yapılan Emisyon Envanteri Çalışmaları	12
1.6 Kayseri İli Hakkında Genel Bilgiler	14
1.6.1. Kayseri İli’nin Coğrafi Konumu.....	14
1.6.2. Kayseri Kent Nüfusu ve Nüfus Yoğunluk Dağılımı	16
1.6.3. Kayseri İli’nin İklim Özellikleri ve Hava Kirliliği ile İlişkileri.....	17
1.6.4. Kayseri’de Hava Kirliliği.....	19

1.6.5. Kayseri' de Hava Kirliliği ile İlgili Literatür Özeti.....	21
---	----

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı ve Çalışma Dönemi	23
2.2. Kullanılan Veriler ve Özellikleri.....	24
2.3. Emisyonların Hesaplanması.....	26
2.4. Emisyon Haritalarının Oluşturulması	27

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Doğalgaz Tüketiminden Kaynaklanan Emisyonlar	28
3.1.1. Doğalgaz Tüketimi.	28
3.1.2. Doğalgaz Tüketimi Kaynaklı Emisyon Miktarları	30
3.2. Kömür Tüketiminden Kaynaklanan Emisyonlar	31
3.2.1. Yerli Kömür Tüketimi	31
3.2.2. Yerli Kömür Tüketimi Kaynaklı Emisyon Miktarları	33
3.2.3. İthal Kömür Tüketimi	34
3.2.4. İthal Kömür Tüketimi Kaynaklı Emisyon Miktarları.....	36
3.3. Kayseri'de Alansal Kaynaklı Toplam Emisyon Miktarları	37
3.4. Birim Alana Düşen Doğalgaz Tüketimi ve Emisyon Miktarları	39
3.5. Birim Alana Düşen Yerli Kömür Tüketimi ve Emisyon Miktarları	41
3.6. Birim Alana Düşen İthal Kömür Tüketimi ve Emisyon Miktarları.....	43

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	53

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Deniz seviyesindeki temiz ve kuru havanın doğal bileşimi (hacim/hacim)	4
Tablo 1.2. Emisyon hesap yöntemi	8
Tablo 1.3. Alansal kaynaklı kirletici genel emisyon faktörleri.....	9
Tablo 1.4. Kayseri ili için yıllara göre nüfus bilgileri.....	16
Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri	27
Tablo 3.1. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde doğalgaz tüketiminin en yüksek ve en düşük olduğu mahalleler ve doğalgaz tüketim düzeyleri	29
Tablo 3.2. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde yerli kömür tüketiminin en yüksek olduğu mahalleler ve yerli kömür tüketim düzeyleri	33
Tablo 3.3. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde ilçe Kaymakamlıklarınca dağıtılan yerli kömür miktarları ve dağıtım yapılan hane sayıları.....	33
Tablo 3.4. Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi ithal kömür tüketiminin en yüksek olduğu mahalleler ve ithal kömür tüketim düzeyleri.....	36

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kayseri ilinin konumu ve çalışma alanı.....	15
Şekil 1.2. Kayseri ili için aylık ortalama sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızı ve aylık toplam yağış.....	18
Şekil 1.2. Kayseri ili için 1990-2007 dönemi yıllık ve ısınma sezonu ortalama SO ₂ ve PM konsantrasyonları	20
Şekil 2.1. Anket çalışma alanında yer alan mahalleler	24
Şekil 2.2. Kocasinan İlçesi, Fevzi Çakmak Mahallesi'nde yer alan bir bölgede kömür kullanım verilerinin alınması için yapılan ankette seçilen noktalar	26
Şekil 3.1. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalleler bazında doğalgaz tüketimi .	28
Şekil 3.3. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalleler bazında yerli kömür tüketimi	32
Şekil 3.4. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde yerli kömür tüketimi kaynaklı SO ₂ , NO _x , CO ve PM emisyonları	34
Şekil 3.5. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalleler bazında ithal kömür tüketimi	35
Şekil 3.6. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde ithal kömür tüketimi kaynaklı SO ₂ , NO _x , CO ve PM emisyonları	37
Şekil 3.7. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde doğalgaz, yerli ve ithal kömür tüketimi kaynaklı toplam SO ₂ , NO _x , CO ve PM emisyonları.....	38
Şekil 3.8. Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi için mahalleler bazında birim alana düşen doğalgaz tüketimi	39
Şekil 3.9. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde birim alana düşen doğalgaz tüketimi kaynaklı SO ₂ , NO _x , CO ve PM emisyonları	40
Şekil 3.10. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalle bazında birim alana düşen yerli kömür tüketimi	41
Şekil 3.11. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde birim alana düşen yerli kömür tüketimi kaynaklı SO ₂ , NO _x , CO ve PM emisyonları	42
Şekil 3.12. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalle bazında birim alana düşen ithal kömür tüketimi	43

Şekil 3.13. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde birim alana düşen ithal kömür tüketimi kaynaklı SO ₂ , NO _x , CO ve PM emisyonları.....	44
---	----

GİRİŞ

Hava kirliliği, canlıların sağılığını olumsuz yönde etkileyen havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerinde miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır. Hava kirliliği, doğal kaynaklardan çok, yapay kaynaklardan meydana gelmektedir. Fosil yakıtların ısınmada, enerji üretiminde, motorlu taşıtlarda ve endüstriyel üretimde kullanılması atmosfere verilen hava kirleticilerin miktarında artışa neden olmaktadır. Kentlerde görülen en yaygın hava kirleticileri kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), ozon (O_3), partikül madde (PM) ve kurşun (Pb)'dan oluşmaktadır [1]. Hava kirliliğine neden olan kaynaklar ise alansal kaynaklar, çizgisel kaynaklar ve noktasal kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Bu tez çalışmasında kentsel ölçekte alansal kaynaklardan meydana gelen hava kirliliği üzerinde durulacaktır.

Kentlerimizdeki alansal kaynaklar kapsamında değerlendirilen ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği, özellikle kış döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri olan, yukarıda belirtilen hava kirleticileri, soba ve kaloriferlerde odun, kömür, fuel-oil ve doğalgaz yakılması sonucu bacalardan atmosfere salınır. Bu hava kirleticilerinden bazıları atmosferde sınır değerleri aştığı zamanlarda toksik etkiye sahiptirler [2].

Türkiye'de alansal kaynaklı kentsel hava kirliliğinin tipik ilk örnekleri Ankara ve Erzurum'da görülmüştür. Zamanla bu şehirlere Kayseri, Malatya, Erzincan, Eskişehir, Zonguldak illeri de katılmıştır. Kayseri ili de, özellikle ısınma sezonunda (kış sezonu), hava kirletici düzeylerinin yönetmeliklerde yer alan sınır değerleri aştığı iller arasında yer almaktadır. Bu nedenle Kayseri'de hava kirletici kaynakları ve bunların oluşturdukları emisyonlar konusunda çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır [2]. Bu çalışmada Kayseri ili için alansal kaynaklı emisyon envanteri hazırlanarak, bu ihtiyacın kısmen de olsa giderilmesi amaçlanmıştır. Kayseri'de en önemli kirletici kaynağın ısınma kaynaklı yakıt kullanımı olduğu düşünülürse, bu tez çalışmasının

Kayseri’de hava kirliliğinin nedenlerinin anlaşılması konusunda bir katkı sağlaması beklenmektedir. Çalışma Kayseri kent merkezinde yürütülmüştür. Envanterleme çalışması ile Kayseri’de hava kalitesi bakımından ölçülen parametreler olan PM ve SO₂ parametreleri yanında NO_x ve CO gibi farklı kirleticilerin de emisyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında emisyonların mekânsal değişimleri belirlenmiş ve Kayseri kent merkezi için mahalleler bazında kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Bu tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde hava kirliliği konusunda genel bilgiler verilmekte ve bu çalışmanın yürütüldüğü Kayseri ili ve Kayseri ilindeki hava kirliliği problemi üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde çalışmada kullanılan yöntem ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde çalışmada elde edilen bulgular sunulmakta ve son bölümde sonuçların değerlendirilmesi ve önerilere yer verilmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Hava Kirliliğinin Tanımı ve Tarihçesi

Atmosferde bir veya birden fazla kirletici bulunması dolayısıyla, insan, bitki ve hayvan yaşamını devam ettiren atmosferin yaşanırken zevk duyulabilecek kalitenin aşağısında kalması, aynı zamanda kirleticilerin ticari ve kişisel eşyalara zarar veren boyutta olması hava kirliliği olarak adlandırılır [3].

İnsan faaliyetlerinin artmasıyla oluşan hava kirliliği sorunu çok eski tarihlere kadar uzanır. Yakın geçmişe kadar çoğunlukla endüstriyel alanların çevresinde görülen hava kirliliği sorunu, günümüzde yerleşim yerlerinin ve şehirlerin büyümesi ve buna bağlı olarak ısınma amacıyla kullanılan fosil kökenli yakıtların büyük oranda artışıyla birlikte, daha büyük bir sorun haline gelmiştir [2].

20. yüzyılın başlangıcından itibaren doğal hava bileşiminin çeşitli nedenlerle değişmesi sonucu, küresel çevre sorunları olarak adlandırılabilen hava kirliliği sorunları ortaya çıkmıştır [2]. Dünya genelinde, kent merkezlerinde temiz hava alanlarının hızla azalması ve atmosferde kirleticilerin havaya karışım oranlarının hızla değişimi bu endişenin doğruluğunu kanıtlamaktadır. Tarihte dünya genelinde birçok trajik hava kirliliği olayları yaşanmıştır. Örneğin, Belçika'nın 25 km uzunluğundaki Meuse vadisinde, kok fırınları, demir ve sülfürik asit fabrikası ve diğer fabrikalardan kaynaklanan SO₂, ağır metal tozları ve duman inversiyonunun etkisi ile vadide, havada asılı olarak sülfürik asit damlacıkları oluşmuştur. 1-5 Aralık 1930 tarihleri arasında 60 kişiden fazla insan hayatını kaybetmiştir [2]. Amerika Birleşik Devletleri. Donora'daki hava kirliliği olayı ise 31 Ekim 1948 yılında PM ve SO₂ miktarının artışıyla oluşmuştur. Bu tarihten sonra kentte yaşayan insanlarda,

sağlık açısından olumsuz etkilerin yanında ölüm vakaları da görülmüştür. Yine benzer bir örnek oluşturması açısından, İngiltere'nin Londra kentinde 1952 yılında meydana gelen ve 4000 kişinin ölümü ile sonuçlanan hava kirliliği vakası da önemli olaylar arasındadır. Bu olay da hava karışımında PM ve SO₂ miktarlarının aşırı yükselişi ve sonuçlarını göstermektedir [2].

Yukarıda verilen hava kirliliği olaylarının neden olduğu sorunlar ve sonuçları, dünyada hava kirliliği konusunda farkındalığına yol açmış ve bununla beraber havanın doğal bileşiminin bozulmasını engelleyici önlemler alınmaya başlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1971 yılında Temiz Hava Hareketi (Clean Air Act) oluşturulmuş ve hava kirliliği düzeylerini değerlendirmek için altı adet ölçüt hava kirleticisi belirlenmiştir. Bunlar O₃, PM, SO₂, azot dioksit (NO₂) ve CO olarak belirlenmiştir. Bununla beraber, kurşun ve belirlenen 189 adet toksik madde ise tehlikeli hava kirleticileri olarak kayda alınmıştır [4]. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) 'nın belirlediği emisyon sınır değerlerinin amacı da insan sağlığı açısından tarihte görülen bu gibi olayların engellenmesine yöneliktir. Fakat, gelişen ve büyüyen dünyada temiz hava bileşen oranları, yerel ve küresel çapta hızla değişmektedir. Bu değişim ise iklim, bitki örtüsü ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Temiz havanın bileşimi Tablo 1.1'de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Deniz seviyesindeki temiz ve kuru havanın doğal bileşimi (hacim/hacim)
[5]

BİLEŞEN	DERİŞİM	BİLEŞEN	DERİŞİM
Azot (N₂)	% 78,08	Kripton (Kr)	1,1 ppm
Oksijen (O₂)	% 20,94	Hidrojen (H₂)	0,5 ppm
Argon (Ar)	% 0,93	Diazotmonoksit (N₂O)	0,3 ppm
Su buharı (H₂O)	% 0,70	Karbonmonoksit (CO)	0,1 ppm
Karbondioksit (CO₂)	320 ppm	Ozon (O₃)	0,02 ppm
Neon (Ne)	18,2ppm	Amonyak (NH₃)	0,01 ppm
Helyum (He)	5,2 ppm	Azot dioksit (NO₂)	0,0002 ppm

ppm = hacimce milyonda bir

1.2. Hava Kirletici Kaynakları, Kirleticiler ve Halk Sağlığına Etkileri

Hava kirliliğine neden olan faktörler, doğal olaylar ve insan faaliyetleri olmak üzere iki grup altında toplanabilirler. Örneğin, orman yangınları, toz fırtınaları, polen dağılımı, volkan patlamaları gibi doğal olayların etkisiyle büyük miktarda kirletici madde atmosfere yayılır [6]. Ancak hava kirliliği belirtilen bu doğal kaynaklardan çok yapay kaynaklardan meydana gelmektedir.

Kirlilik kaynakları açısından hava kirliliği, alansal kaynaklar, çizgisel kaynaklar ve noktasal kaynaklar olarak sınıflandırılabilir [6]. Isınma kaynaklı hava kirliliği, alansal hava kirlilik kaynakları içerisinde incelenir. Isınma kaynaklı hava kirliliği, kış aylarında fosil yakıtların yakılması sonucu bacalardan atmosfere salınmaktadır. Kentleşme, nüfus yoğunluğu ve kentin topografik ve meteorolojik koşullarına uygun olmayan bir biçimde oluşturulması ise kirliliği arttıran önemli etkenler arasındadır. Kentlerdeki ısınma sistemi, kullanılan yakıt türleri ve yakma teknolojileri bu sorunun büyümesine etki eden diğer faktörlerdir [6].

Çizgisel kaynaklar kapsamında ise kara, hava ve deniz taşıtları dikkate alınır. Çizgisel kaynaklardan meydana gelen emisyonlar hesaplanırken araçlar hem tükettikleri yakıt türlerine hem de ağırlıklarına göre sınıflandırılırlar [7]. Teknolojinin ilerlemesi ve ulaşımın gelişmesiyle çizgisel kaynaklardan oluşan hava kirliliği son yıllarda büyük artış göstermektedir. Bu kaynaklardan kaynaklanan kirlilik, araçların özellikleri ve tükettikleri yakıt türleri ile ilişkilidir [7].

Sanayi tesislerinden atmosfere verilen yanma kökenli hava kirletici miktarlarının hesaplanması ise noktasal kaynaklar kapsamında yapılır. Her bir sanayi kuruluşunda enerji temini için kullanılan yakıt türleri ve miktarları yapılan hesaplarda esas alınır. Sanayi tesislerinde kullanılan yakıtlar genelde linyit, fuel-oil, LPG ve odundur. Bu nedenle atmosfere verilen emisyon miktarları ve yoğunlukları fazladır.

Yukarıda belirtilen, doğal ve insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan maddeler, doğal hava bileşimini bozarlar. Yapay kirlilik kaynakları yanma reaksiyonlarının bir sonucu olarak havaya sıklıkla karşılaşılan hava kirleticilerin salınımını gerçekleştirirler. Bu hava kirleticiler, partikül maddeler (tozlar ve aerosoller), kükürtlü maddeler, organik maddeler, azotlu maddeler, karbon monoksit, halojenler ve radyoaktif maddeler şeklinde sıralanmaktadır [3].

Kentsel hava kirleticiler partikül halinde hava kirleticiler ve gaz halindeki hava kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Partikül şeklindeki hava kirleticileri havada bulunan toz, aerosoller ve kurşun zerreciklerini temsil eder. Gaz halindeki kirleticiler ise SO₂ yanında NO_x, CO, O₃ şeklinde bulunmaktadır. Bu maddelerin atmosferde hangi formlarda bulundukları ve insanlara olumsuz etkileri aşağıda kısaca açıklanmaktadır [8].

SO₂ genelde konutlarda ısınma, endüstride, enerji eldesinde kullanılan kömür ve akaryakıtların yanması sonucu ortaya çıkan baca gazlarında yoğun olarak bulunmaktadır. NO_x, özellikle motorlu taşıtların egzoz gazlarında yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bu bileşikler solunum yoluna zarar verici özelliklere sahiptir. Havada bulunma şekilleri ise genelde NO₂ ve az miktarlarda NO şeklindedir [8]. CO renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. Yakıt ürünlerinin yanması sonucu oluşan baca gazlarında %2, egzoz gazlarında %5-10 arasında bulunmaktadırlar. CO sınır değerleri aşıldığında kanda hemoglobin ile bağlanarak karboksi-hemoglobin oluşturur ve kanın O₂ taşıma yeteneğini azaltır. O₃ havada normal şartlarda çok az bulunur. Kirlenme nedenleri sonucunda havada sadece O₃ değil O₄, O₅, O₆ şeklinde de bulunur. Havada izin verilen maksimum değeri 0,25 ppm'dir. Yakıt artıkları, çimento külleri gibi maddeler partikül maddeleri temsil etmektedirler. Havada aerosoller ve tozlar şeklinde bulunurlar. Havada asılı kalarak kalıcı bölgesel hava kirliliklerine sebep olurlar. Kurşun, insan sağlığına toksik etkide bulunur ve yüksek konsantrasyonları kansere sebep olmakla birlikte yağ dokularında birikme özelliğine sahiptir [9].

Yukarıda belirtilen bu hava kirleticilerin dünyada ve Türkiye'de birçok olumsuz etkisine rastlanmıştır. Ulaşım ve sanayi başta olmak üzere 1950 yılından sonra kentlerin yoğun göç alış, hızlı ve plansız kentleşme, bilinçsiz ve kalitesiz yakıt kullanımı kirleticilerin atmosferdeki oranını hızla artırmıştır.

1.3. Alansal Kaynaklı Hava Kirliliği

Bu tez çalışmasının konusu olan alansal kaynaklı hava kirliliği, konut, toplu konut, kooperatif, site, okul, üniversite, hastane, resmi daireler, işyerleri, sosyal dinlenme tesisleri, sanayi ve benzeri yerlerde ısınma amaçlı kullanılan yakma tesislerinden kaynaklanan, baca gazlarından is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol gibi havaya atılan kirleticilerin oluşturduğu kirliliktir [10].

Alansal kaynaklı kirletici emisyonlarını belirlemede konut ısıtmaya ait faaliyet verileri anahtar niteliği taşımakta olup, doğru sonuca ulaşmada ve güvenilir bir emisyon envanteri oluşturmada yardımcı niteliktedir. Bu bilgiler,

- Yakıt yakma ekipman tipi
- Yakıt tipi
- Yanmış yakıt miktarı
- Tipik bir 24 saatlik bir süre içinde yakıt kullanımı ve dağılımı
- Yakıt kullanımında mevsimsel değişimleri

içermektedir [7].

Bütün bu bilgiler, havaya salınan emisyon türü ve miktarını belirlemede büyük önem taşımaktadır.

1.4. Emisyon Envanterleri

Havaya salınan kirletici değerlerinin, belirli bir bölgede yaşayan nüfusun ısınma, trafik veya endüstriyel kaynaklı olarak kullanımının sonucunda, belirlenen dönem esasıyla kirletici türüne göre hesaplanmasıyla oluşan rapora emisyon envanteri denir [11]. Emisyon envanteri, belirli bir coğrafi alanda havaya boşaltılan başlıca hava kirleticilerin miktarlarını (ton/yıl) ve kirlilik kaynaklarını içeren çalışmanın bütünüdür. Diğer bir ifadeyle, bir bölgede hava kirlenmesine yol açan kaynaklardan atmosfere birim zamanda verilen kirletici madde miktarlarının belirlenmesi emisyon envanteri adını almaktadır.

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 [10].

Emisyon envanteri hesaplanırken, yakıt tüketim bilgisi ve her bir kirletici için geliştirilmiş emisyon faktörü değeri kullanılır. Tablo 1.2’de hesaplama yöntemi açıklanmaktadır.

Tablo 1.2. Emisyon hesap yöntemi [7]

$E_{KİRLETİCİ} = AR_{YAKIT TÜKETİMİ} \times EF_{KİRLETİCİ}$
$E_{KİRLETİCİ}$ = Kirletici Emisyon Miktarı
$AR_{YAKIT TÜKETİMİ}$ = Yakıt Tüketim Aktivitesi Miktarı
$EF_{KİRLETİCİ}$ = Kirletici Türüne göre Emisyon Faktörü

Emisyon faktörü birim ürün veya birim yakıt başına oluşan kirletici kütlesini ifade eden katsayılara denir [11]. Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından yayınlanan EMEP/EEA Emisyon Envanteri Rehberi’nde, kullanılan yakıt türüne göre emisyon faktörleri bulunmaktadır. Yanma, sanayi ve diğer kaynakların tümü için hava envanter örneklerini ortaya koyan bu rapor, yakıt ve yakma türlerine göre sınıflandırılmış olup kaynağa uygun emisyon faktörlerini kategorizasyonunu yaparak, tablolar halinde sunmuştur. Tablo 1.3’de bu rehberde yayınlanan evsel ısınma kaynaklı kirleticilerin emisyon faktörleri verilmiştir. Tablo 1.3’de verilen emisyon faktörleri hava kirletici emisyonların miktarlarını hesaplamada anahtar rolü oynamaktadır. Tablonun detaylarında kazan ve soba olarak yakma sistemlerine göre emisyon faktörlerinin değişimi söz konusudur.

Emisyon envanterleri hazırlanırken çalışmanın içeriğinde bulunması gereken bilgiler ve belirlenmesi gereken veri elemanları aşağıdaki gibidir [12]:

- Kimyasal ve fiziksel olarak kirletici türlerin tespiti,
- Çalışmanın hangi coğrafi bölgeyi kapsayacağı (ülke, şehir, havza vb. gibi),
- Kurumsal sorumlulukların tespiti,
- Kirletici serilerin plan ve sıralaması,
- Zamanın belirlenmesi (çalışmanın hangi dönem ve periyotta gerçekleşeceği),
- Çalışma sınırları içinde emisyonu neden olan faaliyet yer ve proseslerin belirlenmesi,

- Emisyon faktörleri ve seçilme rasyonellerinin kararı,
- Belirsizlikler,
- QA/QC (kalite uygunluk ve kontrol),
- Yeniden hesaplamalarla doğruluk tespiti.

Tablo 1.3. Alansal kaynaklı kirletici genel emisyon faktörleri [7]

EMİSYON KAYNAK	Evsel Kullanım		Evsel Kullanım		Evsel Kullanım	
YAKIT TÜRÜ	Doğalgaz		Kömür		Diğer Likit Yakıtlar	
Kirletici Türü	Emisyon Faktörü	Birimi	Emisyon Faktörü	Birimi	Emisyon Faktörü	Birimi
NO _x	57	g/GJ	110	g/GJ	68	g/GJ
CO	31	g/GJ	4600	g/GJ	46	g/GJ
NMVOC	10,5	g/GJ	484	g/GJ	15,5	g/GJ
SO _x	0,5	g/GJ	900	g/GJ	140	g/GJ
TSP	0,5	g/GJ	444	g/GJ	6	g/GJ
NH ₃	0	g/GJ	0,3	g/GJ	0	g/GJ
PM ₁₀	0,5	g/GJ	404	g/GJ	3,7	g/GJ
PM _{2.5}	0,5	g/GJ	398	g/GJ	3,7	g/GJ
Pb	0,984	mg/GJ	130	mg/GJ	15,5	mg/GJ
Cd	0,515	mg/GJ	1,5	mg/GJ	1,5	mg/GJ
Hg	0,234	mg/GJ	5,1	mg/GJ	0,03	mg/GJ
As	0,0937	mg/GJ	2,5	mg/GJ	0,9	mg/GJ
Cr	0,656	mg/GJ	11,2	mg/GJ	15,5	mg/GJ
Cu	0,398	mg/GJ	22,3	mg/GJ	7,9	mg/GJ
Ni	0,984	mg/GJ	12,7	mg/GJ	240	mg/GJ
Se	0,0112	mg/GJ	1	mg/GJ	0	mg/GJ
Zn	13,6	mg/GJ	220	mg/GJ	8,5	mg/GJ

Resmi emisyon envanter raporlarında emisyon envanter çalışmalarında kullanılacak olan tüm analiz yöntem ve sonuçları, emisyon faktörleri dökümanite edilerek ilgili kurumlar tarafından saklanmalıdır.

Tüketim bilgileri ile ilgili verileri toplayan ve düzenleyen kurumlar, coğrafi kapsam sınırları içerisinde bilgileri derlemeye özen göstermelidir. Aynı zamanda bu çalışmalarda, doğru rehber olabilmek açısından verilerin birbirini doğrulaması çok önemlidir. Doğruluğu arttırmak için resmiyetin olması zorunludur. Veri derlerken öncelikler ve referanslar dikkate alınmalıdır. Uzman tahminleri ve sektörel uzmanların çalışmaları yapmasının gerekliliği de değişmeyen unsurlar arasında yer almaktadır.

1.5. Emisyon Envanterleri Konusunda Literatür Özeti

Kentsel hava kirliliğinin değerlendirilmesi konusunda dünyada ve ülkemizde pek çok çalışma yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalardan özellikle kentsel emisyon envanterlerinin hazırlanması ile ilgili olan çalışmalara odaklanılmakta ve literatürde yer alan çalışmalar iki grupta açıklanmaktadır: (1) Dünyada yapılan emisyon envanteri çalışmaları (2) Türkiye’de yapılan emisyon envanteri çalışmaları.

1.5.1. Dünyada Yapılan Emisyon Envanteri Çalışmaları

Dünyanın çeşitli bölgelerinde kentsel hava kirliliği değerlendirilmesi amacıyla çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmında emisyon envanteri hazırlanması söz konusudur. Bu çalışmalarda alansal, çizgisel ve noktasal kaynaklı emisyonlar incelenmiş ve raporlanmıştır. Bu çalışmalar aşağıda sunulmaktadır.

Sturm vd. [14] kentsel hava kirliliği sorununun anlaşılması ve hava kalitesi izleme amacıyla Date-Gratz projesiyle Avusturya’da bulunan Gratz şehri için hava kirletici emisyonlarının envanterini çıkarmışlardır.

Stress vd. [15] 2000 yılı için Asya genelinde, emisyon envanteri hazırlamışlardır. Bu çalışmada atmosferik modelleme ve hava kalitesi izleme istasyonları verileri yardımıyla, havaya salınan SO₂, NO_x, CO₂, CO, metan (CH₄), metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC_s), siyah karbon ve organik karbon miktarlarını belirlemişlerdir.

Mitra vd. [16] trafik, sanayi ve evsel ısınmada fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucu oluşan kirleticilerinin karakterizasyonunu ortaya koymuşlar, yanma ürünlerinin ölçüm teknikleri konusunda tavsiyelerde bulunmuşlardır.

Zhang ve Morawska [17] Amerika Birleşik Devletleri'nde Piscataway'de gerçekleştirilen çalışmada, fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucu oluşan, PM emisyonlarının ölçümünü, hava kalitesi düzenleme ve kontrol çalışmalarını ve sınır değerlerini açıklamışlardır. Fosil yakıtların yanma kaynakları olan trafik, sanayi ve evsel ısınma kirletici emisyon faktörlerini derlemişlerdir. Emisyon faktörlerinin ölçüm yöntemlerini ortaya koymuşlardır.

Gurjara vd. [18] 1990-2000 dönemi için Hindistan'ın Delhi bölgesinde, emisyon envanter çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada daha çok ısınma kaynaklı SO₂, ulaşım kaynaklı NO_x, CO, NMVOC_s, NO₂ ve PM, enerji santrallerinden yayılan CO₂ ve tarımsal kaynaklı CH₄'ün 10 gün boyunca izlenen yaklaşık emisyon değerleri, EMEP/CORINAIR 2001 emisyon faktörlerinin kullanılması ile bulunmuştur.

Mohan vd. [19] Gurjara vd. [18]'nin Delhi için hazırladığı emisyon envanteri çalışmasının süzgeçten geçirilmesini ve bu çalışmadaki hava kirleticileri doğrulama kriterlerinin aydınlatılmasını sağlamıştır. SO₂, NO_x, CO ve PM hava kirleticilerinin 1990, 1996, 2000 yıllarında emisyonlarının değişimini incelemişlerdir.

Judith vd. [20] PM_{2.5} kaynaklı siyah karbon ve organik karbonun ısınma, ulaşım, tarımsal yanma teknolojilerinden kaynaklanan emisyon oranlarını ortaya koyarak, emisyon envanteri hazırlamışlardır.

Juda-Rezler vd. [21] Orta ve Doğu Avrupa şehirlerinde 2006 kış sezonunda kentsel bazda PM konsantrasyonlarının analizi ve envanterlemesini yapmak için temsili olarak Polonya örneği üzerinde çalışmışlardır. Kış aylarında hava kirliliğinin çok yoğun olduğu ülkenin kuzey ve güneyinde yer alan diğer ülkeleri de etkilediği görülmüş ve bu dönemde hava kirletici PM₁₀ aerosollerinin miktarı belirlenmiştir.

Zheng vd. [22] Çin'in Pearl Nehri Deltası'nda zamansal ve mekansal değişimleri içeren emisyon envanteri hazırlamışlardır. 2006 yılı hava kirliliği değerlerini belirlemek için

yapılan çalışmada SO₂, NO_x, CO, PM₁₀, PM_{2.5} ve VOC emisyon değerleri ortaya konulmuştur.

Zhao vd. [23] Çin’de kömür yakan elektrik santralleri, demir-çinko ve diğer endüstrilerin yakma kazanlarından, ısınma ve ulaşım kaynaklı yakıtlardan ve diğer yanma içermeyen proseslerden gelen bütün emisyonların SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, siyah karbon ve organik karbon değerlerini, miktar ve büyüklüklerini içeren emisyon envanterini hazırlamışlardır. 2001- 2002 yıllarında Mumbai bölgesinde yapılan envanter çalışmalarında Hindistan’ın kullanılan endüstriyel yakıt verilerinden yararlanılmıştır.

Behera vd. [24] kentsel hava kirleticilerin emisyon envanterlerinin coğrafi bilgi sistemleri destekli olarak geliştirilme yöntemlerini ve uygulanan metotları anlatmıştır. Bu çalışma aynı zamanda hava kirliliği dağılımının haritalar üzerinde gösterimini ve sayısal verilerin haritalarla gösterimini örneklemiştir.

Fujita vd. [25] Kaliforniya’nın güney kıyı hava havzası bölgesinde, 1987 yılı için CO, NMVOC_s ve NO_x konsantrasyonları karşılaştırılarak emisyon envanteri oluşturulmuştur. Sonucunda o dönemde belirlenen hava kalitesi model tahminlerinin Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu’ndan alınan verilerle benzer farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

Xiao vd. [26] Shanghai dahil 24 şehir merkezinin bulunduğu Yangtze Nehri Deltası’nda yapılan çalışmada, birincil hava kirleticilerden SO₂, NO_x, PM, NMVOC_s, amonyak emisyonlarının 2010 yılı için tahmini değerlerini belirlemişlerdir. Aynı zamanda, bu emisyon kaynaklarının oransal olarak sınıflandırması yapılmıştır.

Aste vd. [27] 1999-2010 periyodunda evsel ısınmada enerjinin korunumu ve çevreye olan etkilerini konu almıştır. Bu çalışmada ısınma kaynaklı yakıt tüketiminde, doğalgaz tüketiminin hava kirletici emisyonlarına etkisi ve katkısı analiz edilmiştir. NO_x emisyonları ise ulusal bazda detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

1.5.2. Türkiye’de Yapılan Emisyon Envanteri Çalışmaları

Türkiye’nin bazı illerinde fosil kaynaklı yakıtların ısınma kaynaklı olarak kullanımı sonucu oluşan hava kirleticilerinin envanterlenmesi çalışmaları yapılmıştır. Bazı illerde

ise, hava kirletici kaynakları trafik, sanayi ve ısınma şeklinde tümüyle incelenmiş ve raporlanmıştır. Bu çalışmaların sonucu olarak hava kalitesi belirleme ve kent hava kalitesi izleme ağları kuran illerin yanı sıra, hava kirletici parametreleri üzerinde zaman ve mekânsal olarak farklılıkları açıklayan çalışmalar da yapılmıştır.

Taşdemir [28] Bursa ilinde kış sezonunu SO₂ konsantrasyonundan kaynaklanan kirliliğin kentsel ve kırsal değerlerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada ölçümler 1999 yılı sonuna kadar ilk üç yıl Bursa şehir merkezinde, son bir yıl da yarı-kırsal temsil eden Uludağ Üniversitesi kampüsünde yapılmıştır.

Elbir vd. [29] Ege Bölgesi'nin bölgesel ölçekte tüm önemli hava kirletici kaynaklarını (ısınma, trafik, sanayi) resmi istatistiklere ve bilimsel ölçüm sonuçlarına göre envanterlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla Ege Bölgesi hava kalitesi belirleme çalışmaları için örnek teşkil edecek detaylarda oluşturmuşlardır.

Elbir ve Müezzinoğlu [30] İzmir ilinde önemli birincil hava kirleticilerden SO₂, NO_x ve PM₁₀'nun kaynaklarını ısınma, trafik ve endüstriyel olarak sınıflandırmışlardır. Buna göre toplam emisyon değerlerine hangi kaynağın, hangi oranda kirletici olarak katkı sağladığını ve oranlarını belirlemişlerdir.

Elbir [31] İzmir ilinin Calmet meteorolojik model ve puf dağılım modeliyle sanayi ve evsel ısınma kaynaklı SO₂ emisyon dağılımını tahmin etmek için çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, İzmir ilçeleri arasında hava kalitesi izleme ağı kurmuş ve ilçeler arası hava kalitesi dağılımının belirlenmesine katkı sağlamıştır.

Odabaş [32] Adapazarı ilçesinde 2007 yılındaki ısınma kaynaklı emisyonların analizi ve envanterlenmesini yapmıştır. Bu çalışmada yakma sistemlerinin özellikleri, sayıları ve yakıt tipleri belirlenerek evsel ısınma amaçlı yakıt tüketimi sonucu atmosfere salınan kirletici tipi ve miktarlarını hesaplamıştır.

Çetin vd. [11] Kocaeli ili'nde NO_x emisyonunun içinde bulunduğu kentsel hava kirletici emisyon envanter çalışmasını, analizini ve envanterlemesini yapmışlardır. Tüm önemli hava kirletici kaynaklarını (ısınma, trafik, sanayi) resmi istatistiklere ve bilimsel ölçüm sonuçlarına göre envanterlemişlerdir.

Altuğ [33] Eskişehir kent merkezi konut ısıtılmasından kaynaklanan emisyonların envanterini çıkarmıştır.

Döğeroğlu [34] Eskişehir emisyon envanter çalışması kapsamında ısınma, sanayi ve trafik kaynaklı kirleticilerin emisyon kaynaklarına göre dağılımlarını göstermiştir. Bu çalışmada emisyon tahminleri yaklaşımları ve emisyon faktörlerinin kirlilik kaynağına göre farklı kullanımlarını değerlendirmiştir. Kentsel hava emisyon envanter çalışması için Eskişehir ili örneğini kullanmıştır. Tüm kaynakların emisyon değerlerini gösteren bu çalışma ile hava emisyon envanter hazırlama aşamalarını ortaya koymuştur.

Gümrükçüoğlu ve Soylu [35] Adapazarı'nda ısınma kaynaklı emisyon envanterleri hazırlamış ve çalışma aşamasında coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanarak, küresel ısınma problemi oluşturan CO₂ ve NO_x hava kirleticileri miktarını belirlemişlerdir. Alınacak tedbirlerin ortaya konması için ısınma kaynaklı hava emisyon envanter çalışması yapmışlardır.

Öztürk ve Döğeroğlu [36] Eskişehir'in Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerini kapsayan kentsel alanda konut ısıtılması, trafik ve sanayi tesislerindeki yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonların, hava kirliliğine katkısını belirlemişlerdir.

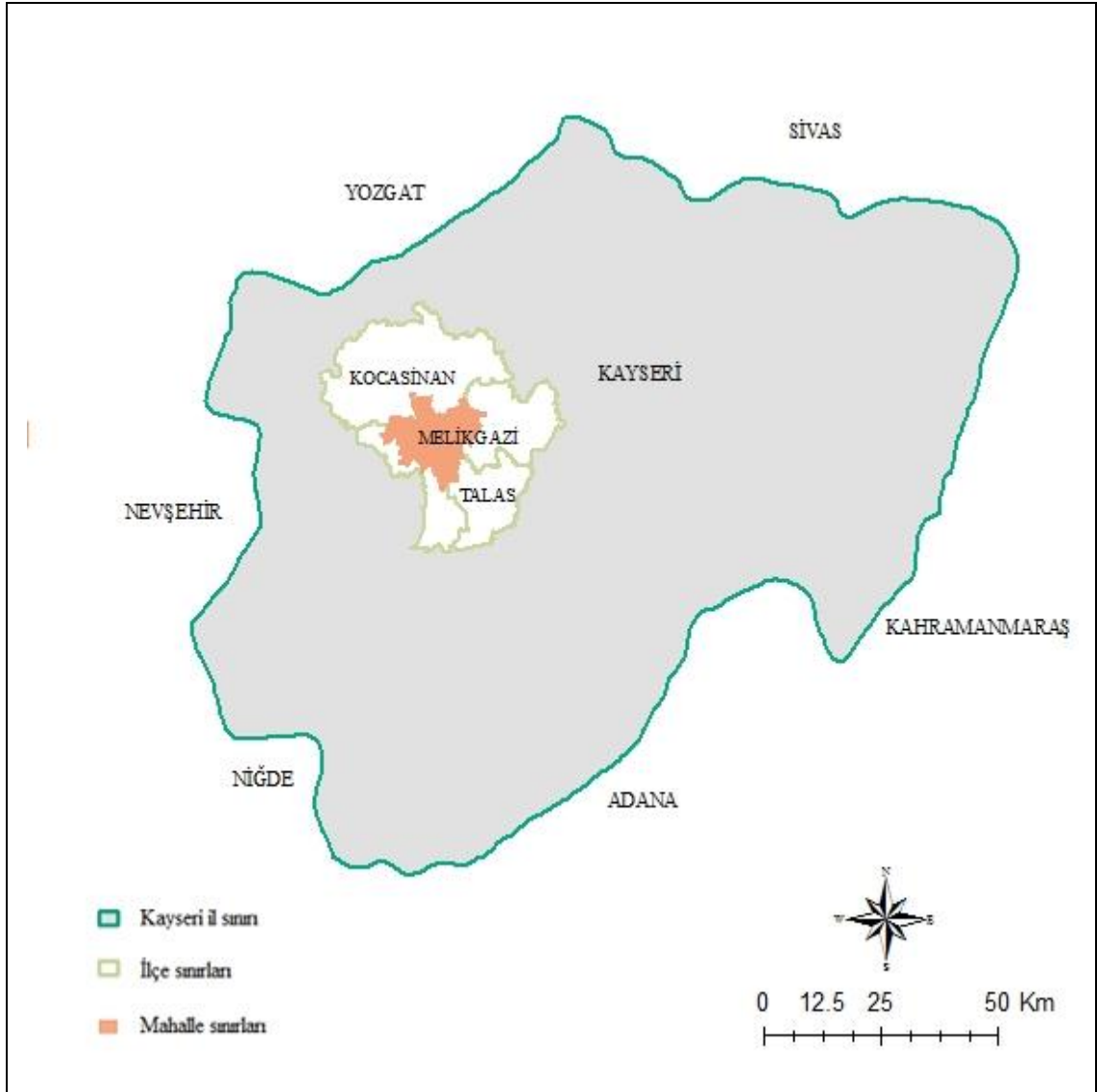
1.6. Kayseri İli Hakkında Genel Bilgiler

Bu bölüm, Kayseri İli'nin coğrafi konumunu, kent nüfusu ve nüfus yoğunluk dağılımlarını, kentin iklim özellikleri ve hava kirliliği ile ilişkilerini ve kente ait hava kirliliği ve bu alanda yapılan çalışmaları kapsamaktadır.

1.6.1. Kayseri İli'nin Coğrafi Konumu

Kayseri İç Anadolu'nun güneydoğusunda orta Kızılırmak bölümünde yer alır. 38 derece 18 dakika ile 37 derece 45 dakika kuzey enlemleri; 36 derece 58 dakika ile 34 derece 56 dakika doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Kuzeyden Yozgat, kuzeydoğudan Sivas, güneyden Adana, güneydoğudan Kahramanmaraş, batıdan Nevşehir ve güneybatıdan Niğde illeri ile çevrilidir [37].

Kayseri ili kent merkezi Şekil 1.1'de gösterildiği gibi Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinin büyük bölümünü kapsamaktadır.



Şekil 1.1. Kayseri ilinin konumu ve çalışma alanı

Kayseri, güneyden ve kuzeyden yüksek dağların ve tepelerin sınırladığı topoğrafik bir çanak içerisinde yer alır. Bu kent, ana eksen Ankara-Sivas karayolu boyunca doğu-batı istikametinde, daha az yerleşmiş olan ikinci eksen Erkilet-Talas olmak üzere kuzey-güney yönünde büyümüştür. İlk yerleşim bölgesi güneyindeki dağların yamaçlarına doğru olmuş yakın geçmişte kuzeye düzlüklere doğru kaymıştır. Bu kentin gerek nüfusunun gerekse sanayisinin gelişmesi ile sanayi şehir içinde kalmıştır. Aynı zamanda ilin etrafının yüksek dağlar ve tepelerle çevrili olması hava sirkülasyonunun büyük oranda engellemektedir [37].

1.6.2. Kayseri Kent Nüfusu ve Nüfus Yoğunluk Dağılımı

Kayseri ili son yıllarda yoğun miktarda göç alan şehirler arasındadır. Gelişen ve büyüyen, sanayi anlamında büyük firmaların ev sahibi Kayseri ili, iş anlamında istihdam ortamı yaratarak göç hızını artıran şehirler arasında yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan güncel verilerden, 2012 yılı itibariyle toplam nüfusu 1.274.968 olan Kayseri şehrinin 16 ilçesi bulunmaktadır. Nüfusun %85'i şehirde, %15'i kırsal alanda yaşamaktadır. Şehirleşme ve sanayileşmenin artmasıyla bu oran dönemsel olarak değişmektedir. Toplam yüzölçümü 16.917 km² olan kentin, 2012 yılı itibariyle nüfus yoğunluğu 75 kişi/km²'dir [38].

Yukarıda da belirtildiği gibi son yıllarda kente ait demografik veriler, kentin nüfusunun hızla arttığını göstermektedir. Şehirleşmenin daha bariz bir şekilde artışının görüldüğü son 6 yılda, nüfus 1.165.088'den 1.274.968'e yükselmiştir. Bu artışın yıllara göre dağılımını gösteren Kayseri iline ait genel nüfus bilgileri, aşağıdaki Tablo 1.2'de gösterilmektedir. 2007 ve 2012 yılları arasında nüfus %9,4 artmıştır. 1975'de nüfus yoğunluğu 68 kişi/km² iken, bu değer 2012 yılında 75 kişi/km²'ye yükselmiştir.

Tablo 1.4. Kayseri ili için yıllara göre nüfus bilgileri [38]

YIL	İL NÜFUSU (TOPLAM)	NÜFUS YOĞUNLUĞU (kişi/km ²)
2007	1.165.088	68
2008	1.184.386	69
2009	1.205.872	71
2010	1.234.651	72
2011	1.255.349	74
2012	1.274.968	75

1.6.3. Kayseri İli'nin İklim Özellikleri ve Hava Kirliliği ile İlişkileri

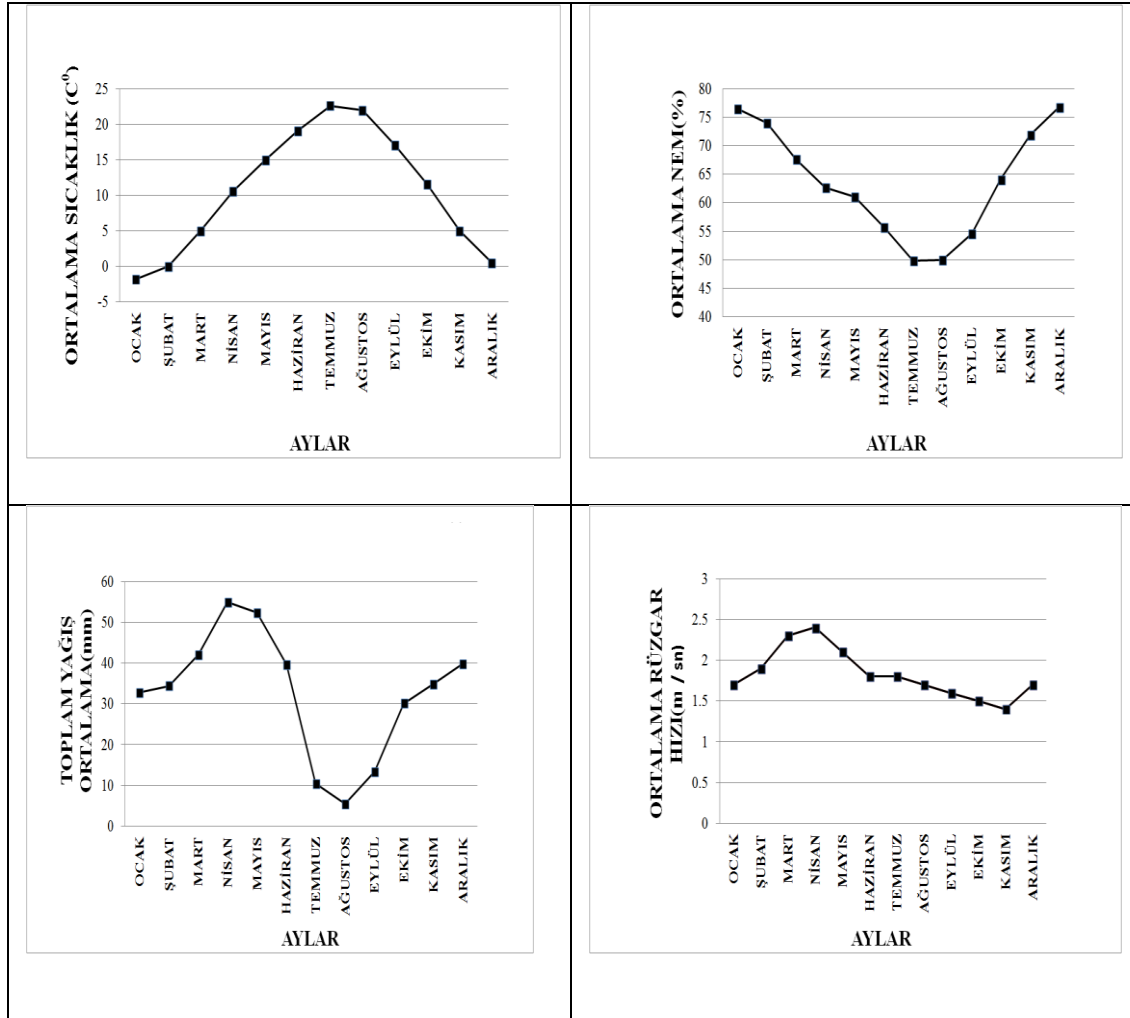
İlin tüm bölümlerinde genel olarak bozkır iklimi hâkimdir. Yazlar sıcak ve kurak geçerken, kışlar yağışlı ve soğuk geçer. Kış dönemlerinde gece boyu sıcaklıklar 0 °C'nin altında seyreder.

Kayseri ili dağlarla çevrili bir bölgede bulunmaktadır. Ortalama yüksekliği 1057 m iken, Erciyes Dağı, ülkemizin en yüksek ikinci dağı özelliğiyle Kayseri kentinde bulunur ve ilin iklimine de etki eden bir faktördür. Bunlarla beraber, genel anlamda topografik özelliklerin etkisiyle, kent hava sirkülasyonunun kolay gerçekleşemediği bir bölgededir [39].

Kente ait inversiyonun yüksek olduğu kış aylarında 40 yılın göstergelerine bakıldığında, kış aylarında günlük ortalama sıcaklığın 0,5°C iken, yaz aylarında kentte günlük ortalama sıcaklığın 21,2°C olduğu görülmektedir. Bu havzaya düşen yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 400 mm dir. Yıllık ortalama bağıl nem ise %64'tür [40].

Hava kirliliği ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişki, havadaki temel kirleticilerin atmosferde kalma süreleri ve atmosfere olan etkisiyle değerlendirilebilir. Hava kirliliğine etki eden meteorolojik veriler arasında sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, yağış, bağıl nem gibi parametreler bulunmaktadır [39]. Rüzgâr hızı, mevsimsel sıcaklık gibi parametrelerle havada kalma süreleri ve kirletici etkileri değişen temel hava kirleticiler, mevsimsel meteorolojik değerlerin değişimi ile farklılık gösterirler.

Kayseri ili için aylık ortalama sıcaklık, toplam yağış, ortalama rüzgâr hızı ve ortalama bağıl nem değerleri Şekil 1.2'de verilmiştir. Bu şekiller Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilmekte olan 17196 numaralı büyük klima istasyonundan alınan 1960-2012 dönemine ait izleme verileriyle hazırlanmıştır. İlde en sıcak ay 22,6°C ortalama sıcaklık ile Temmuz ayı olurken, en soğuk ay ise -1,8°C ortalama sıcaklık ile Ocak ayıdır. Nisan ayı ortalama rüzgâr hızlarının en yüksek olduğu aydır (2,4 m/sn). İlde yıllık ortalama yağış miktarı 390 mm olurken, en yüksek yağış Nisan ayında, en düşük yağış ise Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Ortalama bağıl nem miktarı ise % 76,8 ile en yüksek Aralık ayında, % 49,9 ile en düşük Ağustos ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 1.2. Kayseri ili için aylık ortalama sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızı ve aylık toplam yağış

Hava kirleticileri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiler daha önce bazı çalışmalarda incelenmiştir. Kartal ve Özer [40], Kayseri'deki hava kirliliği ve kirletici konsantrasyonlarından duman ve SO_2 'nin meteorolojik parametrelerle ilişkisini 1983-1984 dönemi boyunca iki kış döneminde incelemişlerdir. Bu çalışma SO_2 ve duman konsantrasyonlarıyla sıcaklık arasında güçlü bir ilişki olduğunu, rüzgar hızı ve bağıl nem ile arasında ise son derece zayıf bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Dadaşer Çelik ve Kırmacı [39], SO_2 ve PM düzeyleri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkileri 1990-2007 dönemi için incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre SO_2 ve PM düzeylerinin en güçlü olarak aylık ortalama sıcaklık düzeyleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında SO_2 ve PM düzeyleri ile aylık ortalama nem miktarları arasında orta derecede güçlü pozitif bir ilişki bulunmuştur. Hava kirliliğini etkileyen

diğer faktörlerden olan rüzgâr hızı ve aylık toplam yağış miktarı ile SO₂ ve PM düzeyleri arasındaki ilişkinin ise son derece zayıf olduğu belirlenmiştir.

1.6.4. Kayseri’de Hava Kirliliği

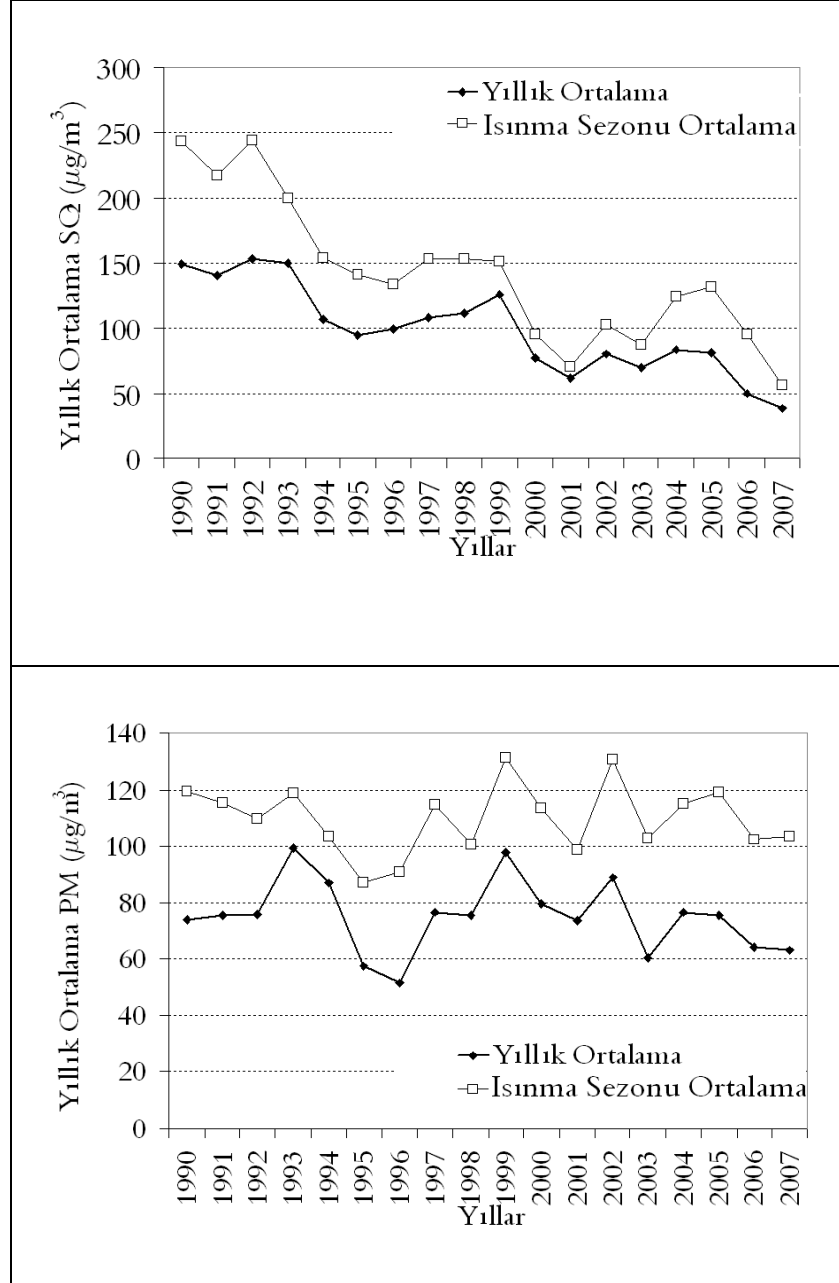
Isınma sezonu olarak adlandırılan kış döneminde, diğer illerde de görülen ısınma kaynaklı hava kirliliği ilde özellikle, trafiğin, yerli katı yakıtların ve fosil kaynaklı yakıtların tüketildiği, nüfusun yoğun olduğu bölgelerde gözle görülür bir biçimde kendini gösterir. Kış sezonundaki sıcaklık düşüşleriyle birlikte durgun rüzgarsız bir hava olduğunda hava kirliliği artarak, solunan havada rahatsız edici bir hal alır.

Isınmada fosil kökenli katı yakıt kullanımı hava kirleticilerin önemli bir kaynağıdır. Kentlerimizdeki hava kirliliği özellikle ısınma döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Isınmada, kalitesi düşük kömür kullanılması, uygun yakma sistemlerinin kullanılmaması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan kazanların işletme bakımlarının düzenli yapılmaması kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel nedenlerindendir [41].

Kayseri ilinde hava kirliliği, ısınma ve sanayi amaçlı yakıtlardan ve trafikten kaynaklanmakta olup, kirletici düzeylerinin belirlenmesi amacıyla kentte belirlenen 3 bölgede hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlardan sanayi bölgesi, sanayiden kaynaklanan noktasal kaynaklı hava kirliliği ölçümlerini yaparken, Hürriyet bölgesi trafik kaynaklı hava kirliliğini temsili ölçümlerini yapar. Isınma kaynaklı emisyonların ölçümü amaçlı kurulan istasyon ise, Melikgazi İlçesi’nin Alpaslan Mahallesi’ndeki Melikgazi Hastanesi bahçesinde bulunmaktadır. Bu istasyonda SO₂ ve PM₁₀ emisyonlarının ölçümü yapılmaktadır.

Endüstrileşmenin yüksek olduğu Kayseri kentinde, iç ve dış göçlerin artması nedeniyle şehirleşme de hızla artış göstermiştir. Bu nedenle son yıllarda diğer şehirleşme ve endüstrinin yüksek olduğu illerdeki gibi, hava kirliliği probleminin gelecekte sorun olmaya devam edecek düzeylerde seyrettiği görülmektedir. Kayseri 2005-2006 yılları arasında hava kirliliğinin en yüksek düzeylerde görüldüğü ısınma sezonu (kış) döneminde, SO₂ değerleri bakımından Türkiye’deki iller sıralamasında beşinci, PM değerleri bakımından ise bu dönemde ikinci sırada yer almıştır [13]. Şekil 1.2’de

Kayseri ili 1990-2007 dönemi yıllık ortalama SO₂ ve PM düzeyleriyle, 1990-2007 dönemi ısınma sezonu ortalama düzeyleri gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Kayseri ili için 1990-2007 dönemi yıllık ve ısınma sezonu ortalama SO₂ ve PM konsantrasyonları [39]

Kayseri ilinde, 1990-2007 dönemi için ortalama SO₂ düzeyi 98 µg/m³ ve ortalama PM düzeyi 75 µg/m³ olduğu ve hava kirliliği düzeylerinin en yüksek kış aylarında görüldüğü ortaya çıkmaktadır [39].

Kayseri’de son yıllarda kente diğer kentlerden olan göç miktarının artmasıyla beraber ilçe ve köylerden kente dönüş, ısınma kaynaklı hava kirliliği ve özellikle SO₂ ve PM düzeylerinin artışına sebep olan diğer etmenlerdendir. Yukarıda belirtilen nedenlerin yanında ilde kalitesiz, bilinçsiz ve yardım amaçlı dağıtılan kömür kullanımı da, kentsel hava kirliliğinin sınır değerleri aşmasına neden olmuştur.

Sanayi ve trafik kaynaklı hava kirliliği de kentin hava kirleticilerinin miktarını artıran önemli etmenlerdendir. Kayseri ili sanayi bölgesinin büyüklüğü ve fabrika sayısının fazlalığı nedeniyle son yıllarda endüstrilerden kaynaklı hava kirliliği, havaya salınan emisyonların, baca yüksekliklerinin, zararlı proseslerin havaya direk salınımının önlenmesi şeklinde önlemler alınması ve mevzuat gereği İl Çevre Müdürlükleri’nce kontrolü sayesinde sınır değerlerini korumaktadır. Noktasal kaynaklı endüstriyel hava kirlilik kontrollerinin yanı sıra çizgisel kaynaklı trafik kaynaklı hava kirliliği ise egzoz ölçüm sertifikalarını Bakanlık tarafından alan kuruluşlarla egzoz emisyon ölçümleri, filtrelendirme vb. şeklindeki kontrollerle sağlanmaktadır.

1.6.5. Kayseri' de Hava Kirliliği ile İlgili Literatür Özeti

Kayseri ilinde hava kirleticilerin miktar ve dağılımlarını belirleyerek yapılan envanter çalışmaları, şimdiye kadar geline dönem içinde sadece PM₁₀ ve SO₂ ile sınırlı kalmıştır. Belirlenen bu birkaç parametre dışında, kentsel hava kirliliği açısından önem arz eden hava kirletici miktarları belirlenmemiştir. Bu durum Kayseri için kentsel hava kalitesi belirleme ve izleme açısından güncel bir hava emisyon envanteri çalışmasının gerekliliğini göstermektedir. Kayseri için yapılmış olan hava kirliliği çalışmaları, sınırlı olsa da hava kirliliği sorununu ortaya koymuştur.

Kartal ve Özer [40] Kayseri'deki hava kirliliği ve kirletici konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerle ilişkisini ortaya koymuşlardır. Mevsimsel meteorolojik parametrelerle ısınma kaynaklı hava kirleticilerden olan ve kış aylarında yoğun görülen duman ve SO₂'nin, Kayseri ilindeki miktarlarını 1983-1984 kış dönemi için incelemişlerdir.

Özkan vd. [42] Kayseri il merkezi hava kirliliği genel değerlendirmesini yapmışlardır. Bu çalışma kentin hava kalitesinin düşüşüyle dikkat çeken kirlilik problemiyle beraber,

son zamanlarda Kayseri'deki hava kirlilik sebepleri ve kirleticileri hakkında genel bilgiler vermişlerdir.

Dadaşer Çelik ve Kırmacı [39] Kayseri ili kent merkezindeki hava kirliliği değişimlerini SO₂ ve PM cinsinden değerlendirmişlerdir. Kayseri ili kış sezonu (ısınma sezonu) döneminde SO₂ ve PM değerlerini on sekiz yıllık dönemde (1990-2007) istatistiksel olarak ortaya koymuşlardır.

Özdoğan ve Dadaşer Çelik [43] 2008- 2012 yılları arasındaki beş yıllık periyotta, SO₂ ve PM emisyonlarının kentte Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetme Yönetmeliği, Avrupa Komisyonu ve WHO emisyon sınır değerlerinin aşımına ait durum değerlendirmesi yaparak, bu hava kirleticilerin yıllık ortalama emisyon değerlerini ve ısınma sezonundaki değerlerini ortaya koymuştur. SO₂'nin sınır emisyon değerlerini aşmadığı ancak, PM'nin değişken ve sınır değeri aştığı dönemlerin görüldüğü bulgusu çalışmanın sonuçlarındandır.

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı ve Çalışma Dönemi

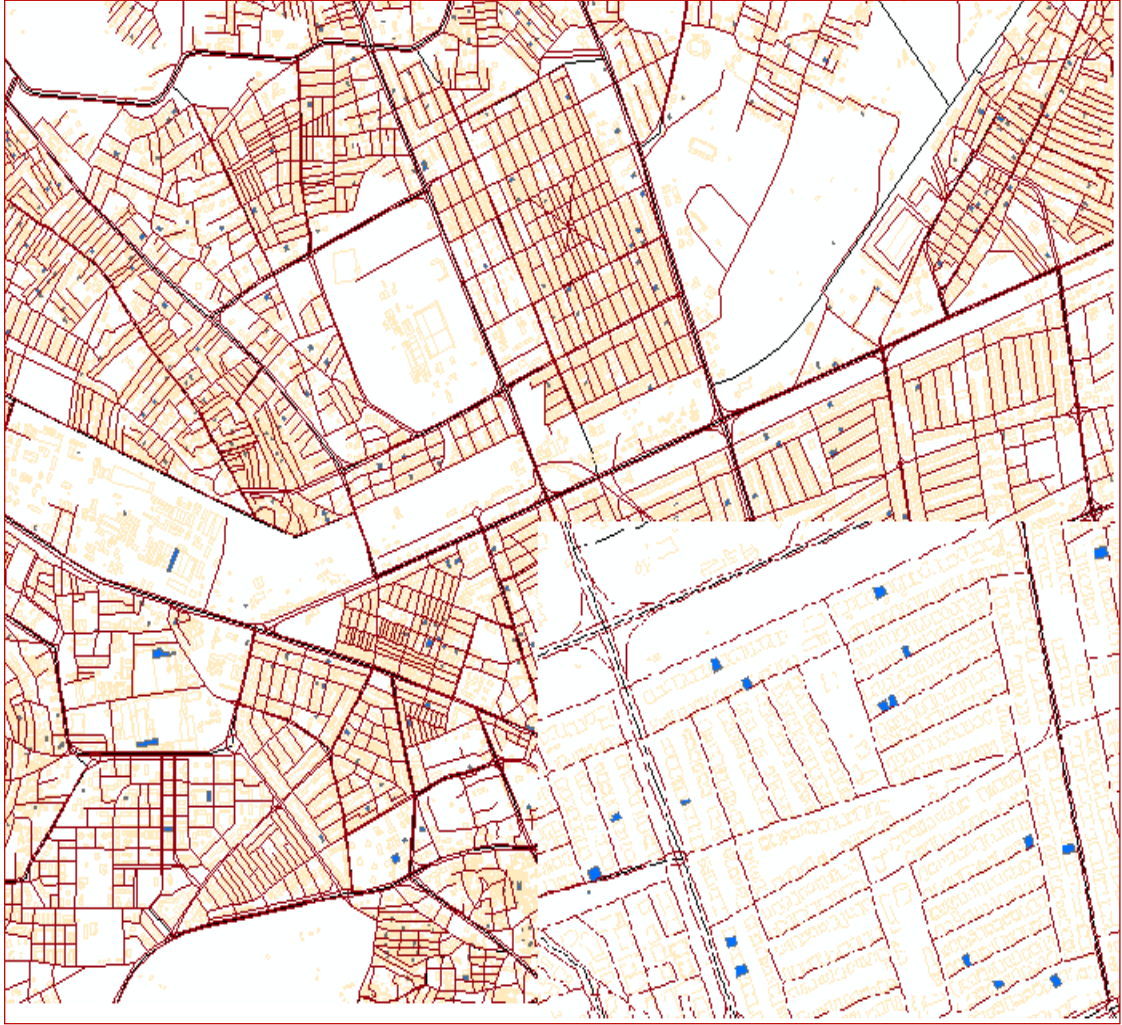
Alansal kaynaklı hava kirletici emisyonlarının belirlenmesini içeren bu çalışma Kayseri ili kent merkezinde yürütülmüştür. Kayseri kent merkezi Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinden oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında Kocasinan ilçesinden 53 mahalle, Melikgazi ilçesinden 46 mahalle, Talas ilçesinden ise 6 mahalle olmak üzere kent merkezinde yer alan toplam 105 mahalle çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1.1 ve 2.1). Çalışma alanı yerleşim alanlarının çok yoğun olduğu bölgeleri kapsamaktadır. Çalışma alanı içinde endüstriyel tesisler bulunsa da, çok az sayıdadır. Organize Sanayi Bölgesi çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Kocasinan ilçesinde çalışma için seçilen mahallelerin toplam yüzölçümü 343 km², Melikgazi ilçesinde 355 km², Talas ilçesinde 259 km²'dir. Çalışma alanı olarak seçilen üç ilçe içerisinde, Melikgazi ilçesi kentsel yerleşimin en yüksek olduğu ilçe olarak Kayseri kenti toplam nüfusunun yaklaşık %40'lik kısmını barındırmaktadır. Kocasinan ilçesi nüfusun % 29'unu, Talas ilçesi ise %9'luk kısmını içermektedir.

Çalışma Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemini kapsayan 1 yıllık dönem için yürütülmüştür. Bu şekilde 2011 – 2012 kış döneminin bir bütün olarak incelenmesi mümkün olmuştur. Yakıt tüketimleri ve birim alan başına düşen emisyonların haritalaması Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinin büyük bölümünü içine aldığı 105 mahallede gerçekleşmiştir. Şekil 2.1'de bu mahalleler ve sınırları gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan birinci grup veriler, doğalgaz kullanım verileridir. Bu veriler doğalgaz dağıtım şirketi olan Kayserigaz'dan temin edilmiştir. 2003 yılında "HSV Kayseri Doğalgaz Dağıtım Pazarlama ve Ticaret A.Ş." olarak 30 yıl geçerli dağıtım lisansı alan şirket, 2008 yılında Kayserigaz "Kayseri Doğalgaz Dağıtım Pazarlama ve Ticaret A.Ş." olarak ismi değiştirilmiştir ve bu tarihten beri Kayseri kentinde doğalgaz dağıtım faaliyetlerini sürdürmektedir. Kayserigaz'dan alınan doğalgaz tüketim verileri Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi için haneler bazında ve aylık toplam olarak temin edilmiştir. Veriler daha sonra mahalleler bazında yıllık toplam değerler halinde düzenlenmiştir.

Çalışmada kullanılan ikinci grup veriler yerli kömür tüketim verileridir. Kayseri ili sınırları içerisinde yerli kömür satışı Mahalli Çevre Kurulu'nun 2009/15760 no'lu kararına göre yasaklanmıştır. Ancak yerli kömür Kayseri ili ilçe Kaymakamlıkları altında yer alan, Sosyal Yardımlaşma Vakfı aracılığı ile ihtiyaç sahiplerine dağıtılmaktadır. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde ısınma sezonunda dağıtılan kömür miktarları İlçe Kaymakamlıklarından temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan son grup veri, ithal kömür tüketim verilerini kapsamaktadır. Kayseri'de kullanılan ithal kömür düzeylerine ait hali hazırda mevcut bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bu nedenle haneler bazında ithal kömür kullanım düzeyleri kentsel ölçekte yürütülen anket çalışması ile belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle çalışma alanı üzerinde rassal (tesadüfi) örnekleme metodu ile 1042 nokta belirlenmiştir. Şekil 2.2'de Kocasinan İlçesi sınırları içerisinde yer alan Fevzi Çakmak Mahallesi'nde bir bölgede seçilen noktalar gösterilmektedir. Bu noktalardan haneler bazında, Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemine ait kömür tüketim verileri, anket yöntemi kullanılarak temin edilmiştir. Yıllık bazda tüketimi bulmak için, her bir mahallede Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemine ait hane başı ortalama ithal kömür tüketim miktarları hesaplanmıştır. Her mahallede bulunan toplam hane sayısından doğalgaz ve yerli kömür tüketen hane sayılarının çıkarılmasıyla ithal kömür tüketen hane sayıları belirlenmiştir. Bu iki değer çarpılmasıyla her bir mahalle için toplam ithal kömür tüketim düzeyleri ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 2.2. Kocasinan İlçesi, Fevzi Çakmak Mahallesi'nde yer alan bir bölgede kömür kullanım verilerinin alınması için yapılan ankette seçilen noktalar

2.3. Emisyonların Hesaplanması

Emisyon sonuçlarının doğruya en yakın şekilde hesaplanmasında, emisyon faktörü seçimi önemlidir. Emisyon faktörü, bir konutta yıllık olarak tüketilen yakıt miktarı ve türü göz önüne alınarak ortalama emisyon miktarını hesaplamaya yardımcı olan birim yakıt başına oluşan kirletici kütlesini ifade eden katsayılardır [7].

Türkiye’de alansal kaynaklı emisyonlar için türetilmiş özel emisyon faktörlerinin bulunmaması nedeniyle, çok sayıda Avrupa ülkesinin ortak veri tabanı olan EEA tarafından yayınlanan emisyon faktörleri kullanılmıştır [7] (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri [7]

Yakıt	Isıtma Tipi	PM (kg/ton)	SO ₂ (kg/ton)	NO _x (kg/ton)	CO (kg/ton)
Doğalgaz	Küçük boyutlu kazanlar ≤50 kW	0,02	0,02	3,45	1,48
Kömür (Antrasit)	Orta boyutlu kazanlar 50 kW -1 MW	5,04	17,98	4,28	53,5
Kömür (Linyit)	Soba	9,03	35,93	2,01	100,32

Tablo 2.1’de verilen emisyon faktörleri kullanılarak, Kayseri ili envanterinde dikkate alınan mahallelerin kirletici emisyonları tüketilen yakıt miktarlarıyla ilişkilendirilmiş ve emisyonlar bu şekilde hesaplanmıştır. EEA’dan temin edilen bu emisyon faktörlerinin, kullanılan yakıt miktarları ile çarpılmasıyla yıllık havaya salınan kirletici miktarları kirletici türüne göre tespit edilmiştir (Tablo 1.2).

2.4. Emisyon Haritalarının Oluşturulması

Emisyonların hesaplanmasından sonra seçilen bölgelerin kirlilik haritaları oluşturulması son aşamadır. Sonuçlar ve envanterin son kısmı olarak seçilen mahallelerde anket verilerinden alınan bilgiler, Kayserigaz’dan alınan doğalgaz tüketim verileri ve Kaymakamlıklardan alınan döneme ait yardım kömürleri miktarlarıyla birleştirilmiştir. Bu veriler yukarıda belirtilen emisyon faktörleriyle çarpılarak, tablo halinde mahalle adı, doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyonlar, kömür kullanımından kaynaklanan emisyonlar şeklinde ayrılarak, yıllık kirletici emisyon değerleri kaydedilmiştir. Veri tabanı için Microsoft Excel, verilerin haritalanması için ise bir Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı olan ArcGIS programı kullanılmıştır.

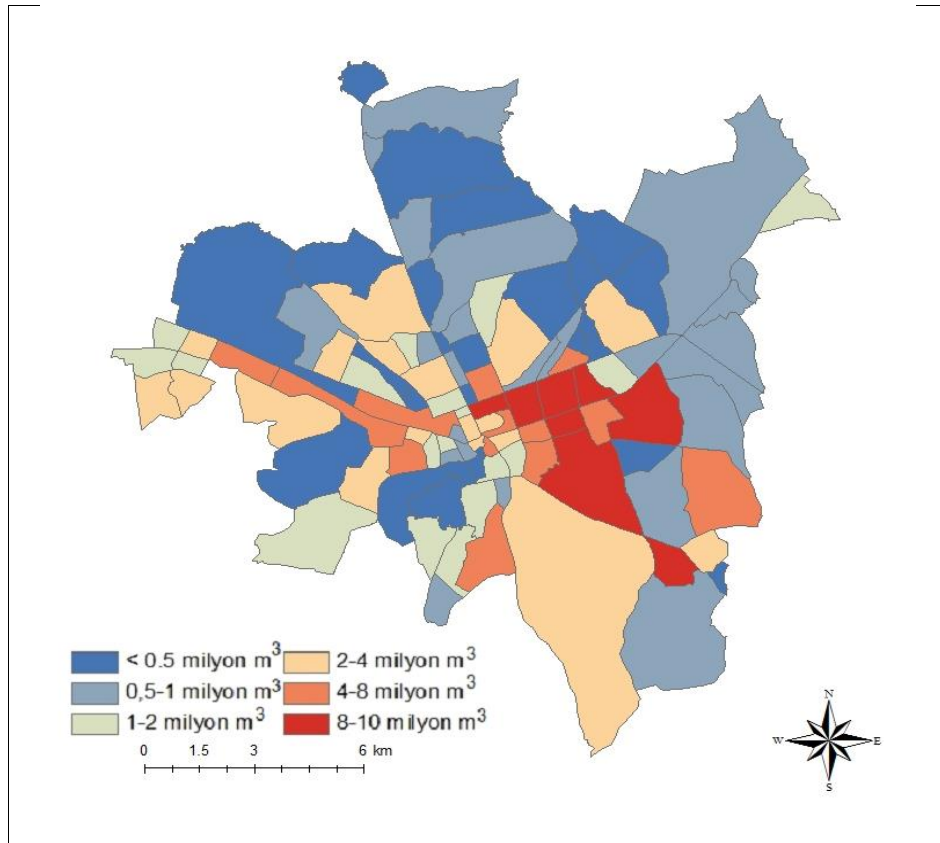
3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Doğalgaz Tüketiminden Kaynaklanan Emisyonlar

3.1.1. Doğalgaz Tüketimi

Kayseri ili için mahalleler bazında doğalgaz tüketim düzeyleri, Kayserigaz'dan alınan verilerin düzenlenmesiyle elde edilmiştir. Mahallerin doğalgaz tüketim verilerinin toplamaları, doğalgaz tüketiminin mahalle bazında dağılım haritalarının sayısal kısmına temel oluşturmuştur. Mahalleler bazındaki alansal kaynaklı doğalgaz tüketim miktarlarının, kentte 105 mahalledeki dağılımı Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalleler bazında doğalgaz tüketimi

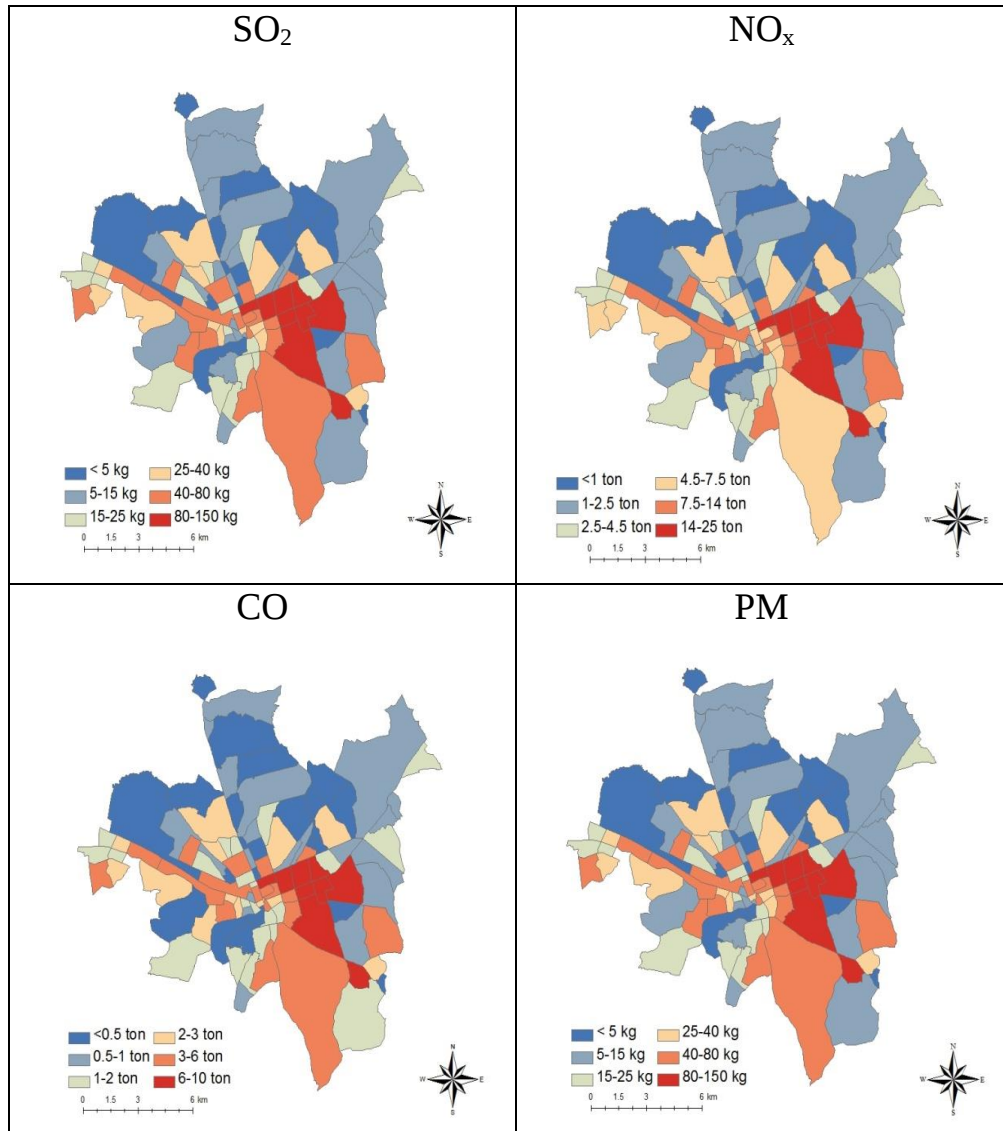
Mahalleler bazında Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde toplam doğalgaz tüketimi 0 milyon m³ ile 10,2 milyon m³ arasında değişim göstermiştir. Doğalgaz tüketiminin en yoğun olduğu mahalleler, Şekil 3.1'deki haritada gösterildiği gibi Köşk, Alpaslan, Mimarsinan, Fevzi Çakmak ve Bahçelievler mahalleleridir. Doğalgaz tüketiminin en düşük olduğu mahalleler ise, Erkilet Mehmet Akif Ersoy ve Osmangazi mahalleleriyle, Hilal, Fevzioğlu, Talatpaşa, Karacaoğlu, Küçükali ve Han mahalleleridir. Boztepe ve Tanpınar mahallelerinde ise doğalgaz tüketimi olmamıştır. Bu mahallerin doğalgaz tüketim miktarları Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Kayseri’de seçilen 105 mahallede toplam 233.937.451 m³ (164.692 ton) doğalgaz tüketilmiştir. Bu oran toplam yakıt tüketiminin % 50,3’üne denk gelmektedir.

Tablo 3.1. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde doğalgaz tüketiminin en yüksek ve en düşük olduğu mahalleler ve doğalgaz tüketim düzeyleri

MAHALLE	EN YÜKSEK DOĞALGAZ TÜKETİMLERİ (m ³)	MAHALLE	EN DÜŞÜK DOĞALGAZ TÜKETİMLERİ (m ³)
Köşk	10.274.098	Hilal	883.079
Alpaslan	9.609.524	Osmangazi	457.299
Bahçelievler	9.144.503	Karacaoğlu	413.859
Mimarsinan	8.664.464	Küçükali	353.556
Fevzi Çakmak	8.193.388	Han	122.090
Yenidoğan (Talas)	8.133.877	Mehmet Akif Ersoy	102.362
Fatih	7.753.144	Talatpaşa	53.352
Erciyesevler	7.268.889	Fevzioğlu	25.283
Yıldırım Beyazıt	6.704.191	Boztepe	0
Melikgazi	5.892.045	Tanpınar	0

3.1.2. Doğalgaz Tüketimi Kaynaklı Emisyon Miktarları

Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde, doğalgaz tüketimi kaynaklı SO_2 , NO_x , CO ve PM emisyonları, doğalgaz tüketim değerlerinin ve uygun emisyon faktörlerinin (Tablo 2.1) kullanılmasıyla belirlenmiştir. Bu sayısal sonuçlardan yakıt türünün hava kirletici emisyonlarının miktarına etkisinin doğrudan olduğu görülmüş, mahalleler bazındaki doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyonların miktarları Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde SO_2 ve PM emisyonları 0 kg ile 179 kg, NO_x emisyonları 0 ton ile 30,8 ton, CO emisyonları ise 0 ton ile 13,2 ton aralığında değişim göstermiştir. 105 mahalle için doğalgaz tüketimi kaynaklı toplam SO_2 ve PM emisyonları 3,2 ton, NO_x emisyonu 568 ton, CO emisyonu ise 243 tondur.



Şekil 3.2. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde doğalgaz tüketimi kaynaklı SO_2 , NO_x , CO ve PM emisyonları

3.2. Kömür Tüketimden Kaynaklanan Emisyonlar

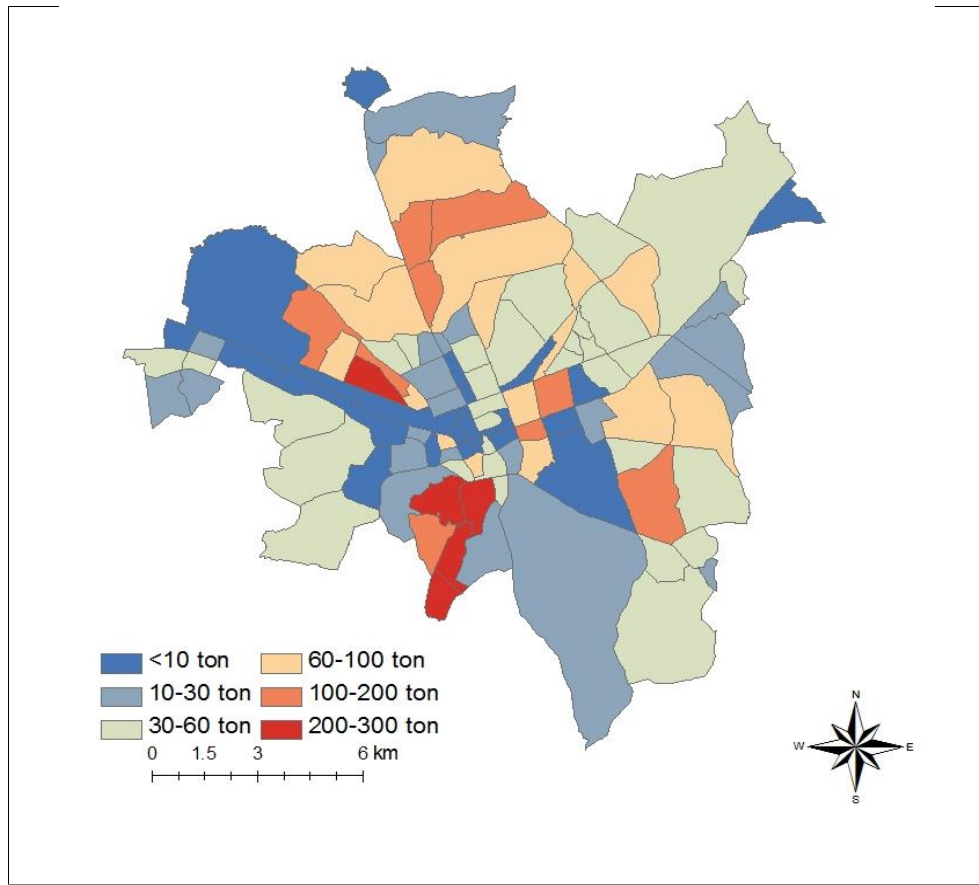
Kayseri ili mahallelerinde kömür tüketim düzeyleri yerli ve ithal kömür olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi yerli kömür tüketim verileri Kaymakamlıklarca dağıtılan yardım kömürlerinin miktarlarını kapsamaktadır. İthal kömür tüketim verileri ise anket çalışması ile tespit edilen hane başı kömür kullanım verileri ve ithal kömür kullanan hane sayısının kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Bu çalışmada yapılan hesaplar sonucunda, Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde seçilen 105 mahallede, Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde toplam yerli kömür tüketimi 5.505 ton iken, toplam ithal kömür tüketimi 156.960 ton olarak belirlenmiştir. Bu durum yerli kömürün toplam yakıt kullanımının %1,68'ini, ithal kömürün ise %47,9'unu oluşturduğunu göstermektedir.

3.2.1. Yerli Kömür Tüketimi

Kayseri ili mahallelerinde yerli kömür tüketim sayısal verileri, Kocasinan, Melikgazi ve Talas Kaymaklıklarından temin edilmiştir. Mahallelerin yerli kömür tüketim verilerinin toplamaları, yerli kömür tüketiminin mahalle bazında dağılım haritalarının sayısal kısmına temel oluşturmuştur. Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi yakıt tüketimleri değerlendirildiğinde, toplam yerli kömür tüketiminin 5.505 ton olduğu bulunmuştur. Bu miktarın toplam kömür tüketiminin yaklaşık %4'lük kısmına denk geldiği görülmüştür. Hesaplamalar sonucunda Kayseri için seçilen Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde seçilen 105 mahallede, toplam yakıt tüketimlerinde yerli kömür, %1,68 oranında paya sahip olduğu bulunmuştur.

Yerli kömür tüketim miktarlarının, 105 mahalle için dağılımı Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Mahalleler bazında Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde toplam yerli kömür tüketimleri 0 ton ile 276 ton arasında değişim göstermiştir. Yerli kömür tüketiminin en yoğun olduğu mahalleler Şekil 3.3'deki haritada gösterildiği gibi Sancaktepe, Boztepe, Yavuz, Karacaoğlu, Battalgazi, Selçuklu, Osmanlı, Danişmendgazi mahalleleridir. Bu mahallelerin gelir seviyelerinin düşük olması yardım olarak sağlanan yerli kömürün daha fazla kullanılmasına neden olmuştur.



Şekil 3.3. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalleler bazında yerli kömür tüketimi

Türkiye'de yürütülen kömür yardımlarının dağıtılması çalışmalarında, yerli kaynaklarımızdan elde edilen düşük ısılı linyit kömürler dağıtılmaktadır. CO ve SO₂ emisyonları açısından çok daha yüksek değerlere neden olan yerli kömürler, havaya salınan emisyonların istenmeyen düzeydeki kısmını oluşturmaktadır. Sancaktepe, Boztepe, Yavuz, Karacaoğlu, Battalgazi, Selçuklu, Osmanlı, Danişmendgazi mahallelerinde yerli kömürün yüksek oranda tüketilmesi aynı zamanda bu mahallelerde toplam kömür tüketiminin de yüksek olduğunu göstermektedir. Kaymakamlıklarca Sosyal Yardımlaşma Vakıfları tarafından temin edilen yerli kömür, ihtiyaç sahiplerinin talepleriyle en az 1 ton, en çok 2 ton civarında ihtiyaç sahiplerine dağıtılmaktadır.

Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde, en çok yerli kömür tüketiminin olduğu mahalleler ve yerli kömür tüketim miktarları Tablo 3.2'de yer almaktadır. İlçe bazında toplam dağıtılan yardım kömürü miktarları ve bu yardımlardan yararlanan hane sayıları Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde yerli kömür tüketiminin en yüksek olduğu mahalleler ve yerli kömür tüketim düzeyleri

MAHALLE	YERLİ KÖMÜR TÜKETİMLERİ (ton)
Karacaoğlu	276
Danişmendgazi	258
Battalgazi	257
Osmanlı	239
Yavuz	227
Sancaktepe	191
Boztepe	179
Selçuklu	158

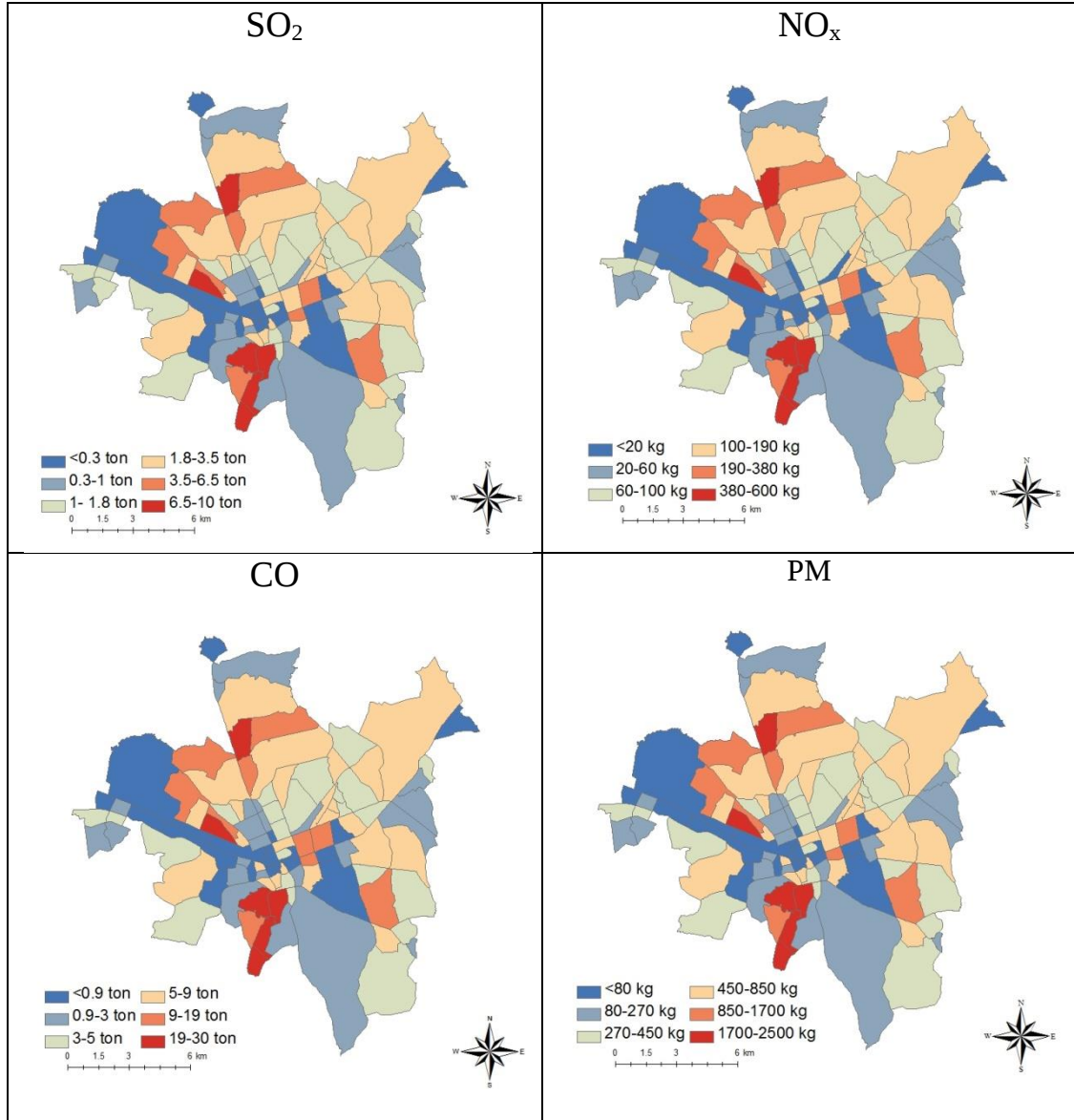
Tablo 3.3. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde ilçe Kaymakamlıklarınca dağıtılan yerli kömür miktarları ve dağıtım yapılan hane sayıları

İLÇELER	DAĞITILAN YERLİ KÖMÜR MİKTARI (ton)	YERLİ KÖMÜR DAĞITILAN HANE SAYILARI
Melikgazi	3.500	2.777
Kocasinan	3.500	2.622
Talas	492	246

3.2.2. Yerli Kömür Tüketimi Kaynaklı Emisyon Miktarları

Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde, yerli kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonlarının mahalleler bazında dağılımı Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Bu dönemde mahaller bazında SO₂ emisyonları 0 ton ile 9,9 ton, NO_x emisyonları 0 kg ile 564 kg, CO emisyonları 0 ton ile 27,6 ton ve PM emisyonları ise 0 kg ile 2500 kg aralığında

değişim göstermiştir. 105 mahalle için yerli kömür tüketimi kaynaklı toplam SO₂ emisyonu 198 ton, NO_x emisyonu 11 ton, CO emisyonu 552 ton ve PM emisyonu ise 49 tondur.

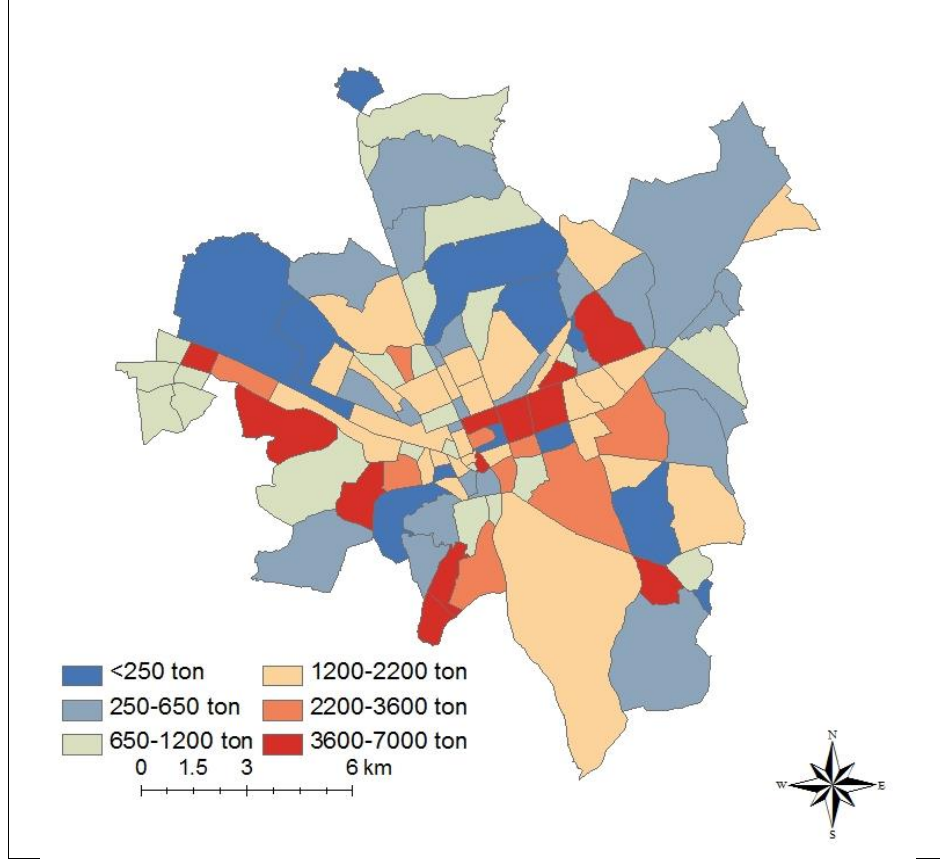


Şekil 3.4. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde yerli kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonları

3.2.3. İthal Kömür Tüketimi

Kayseri ili mahallelerinde ithal kömür tüketim sayısal verileri, Kocasinan, Melikgazi ve Talas İlçeleri'nde yapılan anketlerin sonuçları ve ithal kömür tüketen hane sayılarının kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Mahallerin ithal kömür tüketim verileri, ithal kömür tüketiminin mahalle bazında dağılım haritalarının sayısal kısmına temel oluşturmuştur.

Mahalle bazındaki ithal kömür tüketimi miktarlarının, kentte toplam 105 mahalledeki dağılımı Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalleler bazında ithal kömür tüketimi

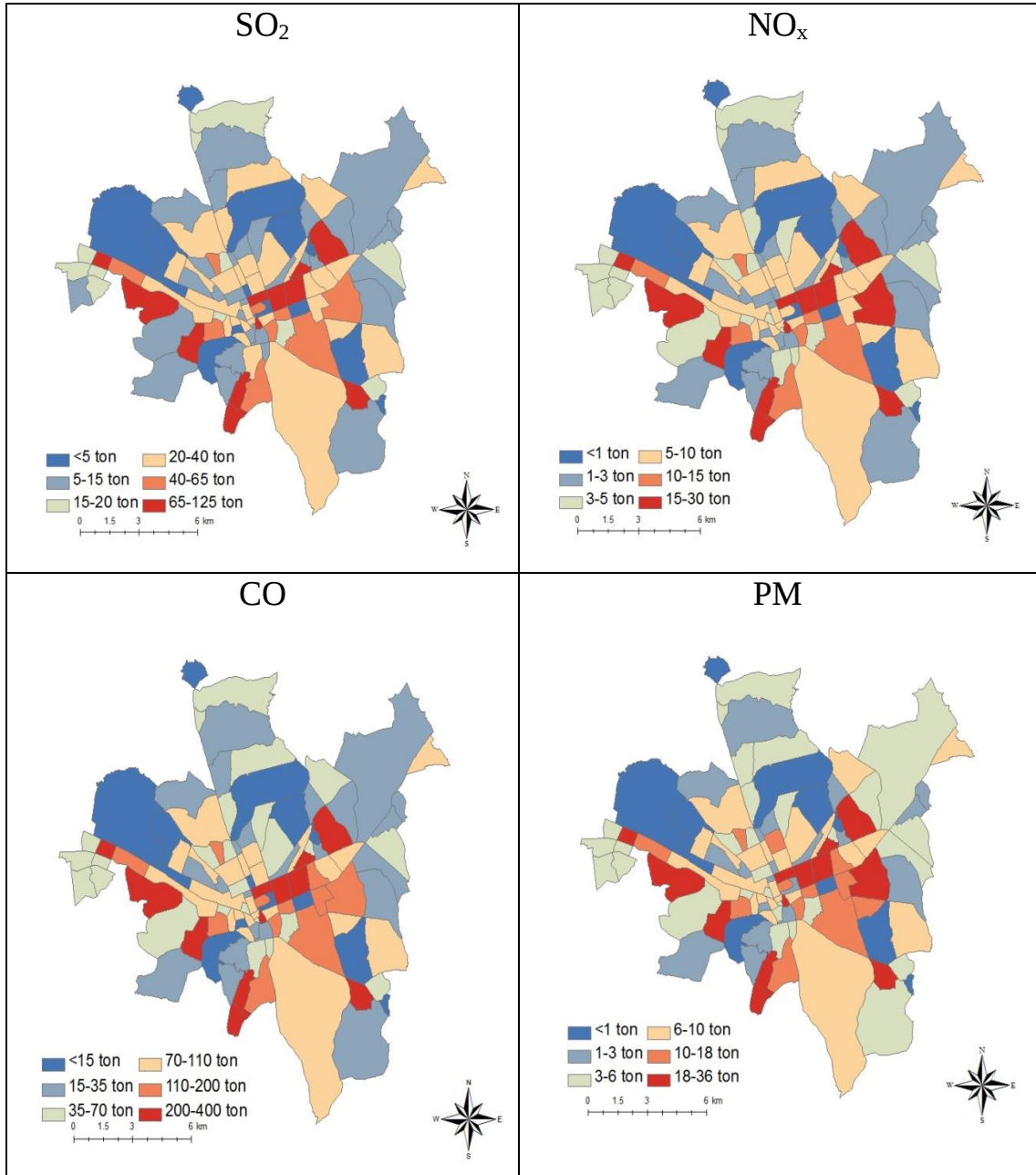
Mahalleler bazında Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde toplam ithal kömür tüketimleri 12,65 ton ile 6.691 ton arasında değişim göstermiştir. Bu değer aralıklarında ithal kömür tüketiminin en yoğun olduğu mahalleler Şekil 3.5'de verilen haritada gösterildiği gibi Selimiye, Esentepe, Yeniköy, Osmanlı, Danişmendgazi, Fatih, Fevzi Çakmak, Mimarşinan, Cumhuriyet ve Bahçelievler mahalleleridir. Genellikle yukarıda belirtilen mahallelerde gelir seviyelerinin düşük olduğu haneler daha yoğun şekilde ikamet etmektedir. Bu durumla bağlantılı olarak, daha yüksek emisyonlar, özellikle ısınma sezonu boyunca yoğun şekilde havaya salınmaktadır. Kayseri'de seçilen 105 mahallede toplam 156.960 ton ithal kömür tüketilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama olarak hane başına 1,2 ton ithal kömür kullanıldığını ortaya çıkarmıştır. İthal kömür tüketiminin en çok olduğu 10 mahalle ve ithal kömür tüketim miktarları Tablo 3.4'de gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi ithal kömür tüketiminin en yüksek olduğu mahalleler ve ithal kömür tüketim düzeyleri

MAHALLE	İTHAL KÖMÜR TÜKETİMİ (ton)
Fatih	6.690
Selimiye	6.227
Osmanlı	5.628
Mimarsinan	5.152
Fevzi Çakmak	5.146
Esentepe	4.848
Bahçelievler	4.562
Cumhuriyet	4.376
Yeniköy	4.240
Danişmendgazi	4.175

3.2.4. İthal Kömür Tüketimi Kaynaklı Emisyon Miktarları

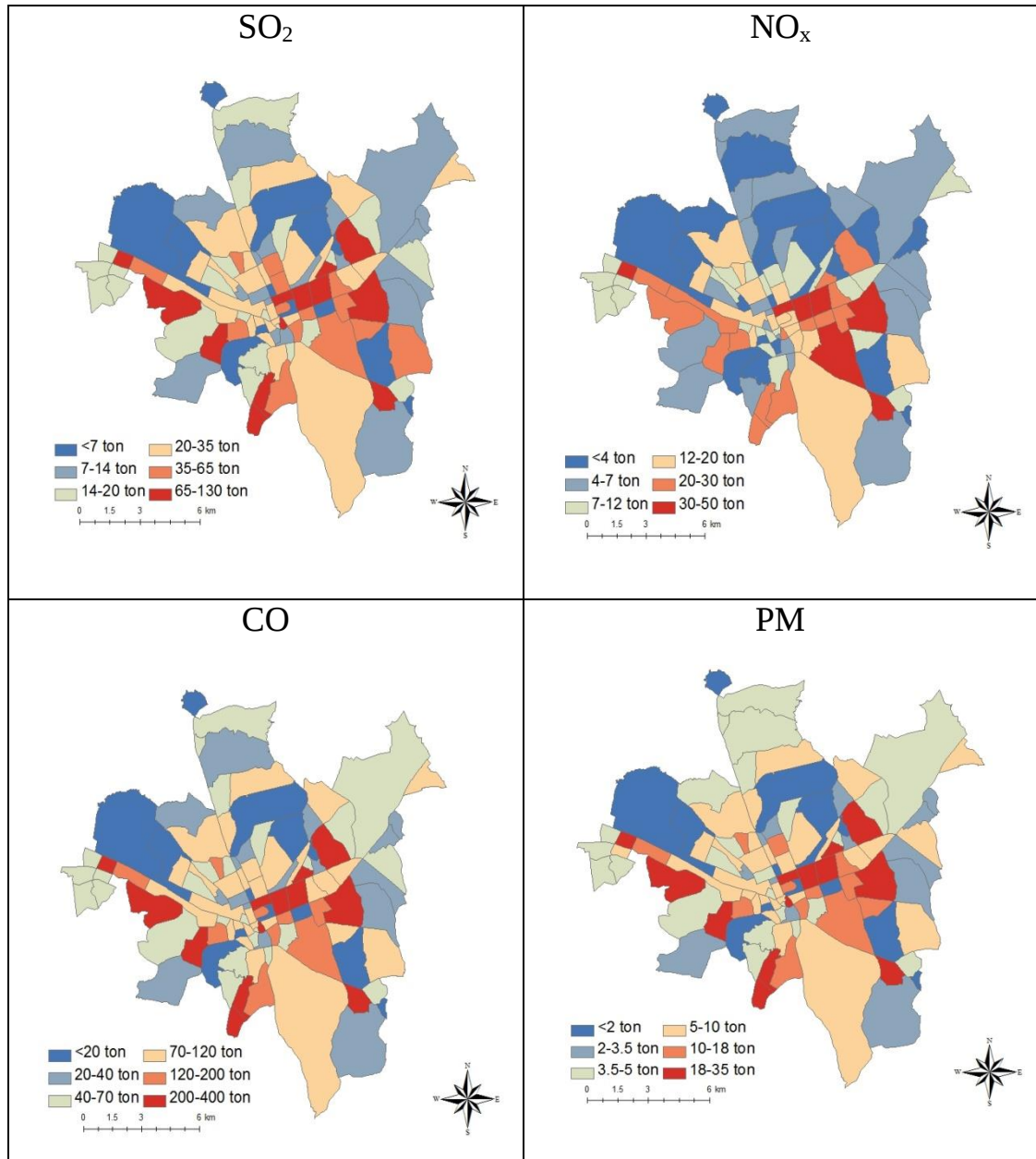
Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde, ithal kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonların mahalleler bazında dağılımı Şekil 3.6'da gösterilmiştir. SO₂ emisyonları 0,2 ile 120,2 ton, NO_x emisyonları 0,5 ile 28,6 ton, CO emisyonları 0,6 ile 357 ton, PM emisyonları ise 0,6 ile 33,7 ton aralığında değişim göstermiştir. 105 mahalle için ithal kömür tüketimi kaynaklı toplam SO₂ emisyonu 2.822 ton, NO_x emisyonu 672 ton, CO emisyonu 8.397 ton ve PM emisyonu ise 791 tondur.



Şekil 3.6. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde ithal kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonları

3.3. Kayseri'de Alansal Kaynaklı Toplam Emisyon Miktarları

Çalışmanın gerçekleştirildiği Kayseri kent merkezi mahallelerinde Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi boyunca özellikle ısınma amacıyla tüketilen yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar hesaplanmıştır ve sonuçlar mahalleler bazında Şekil 3.7'de sunulmaktadır.



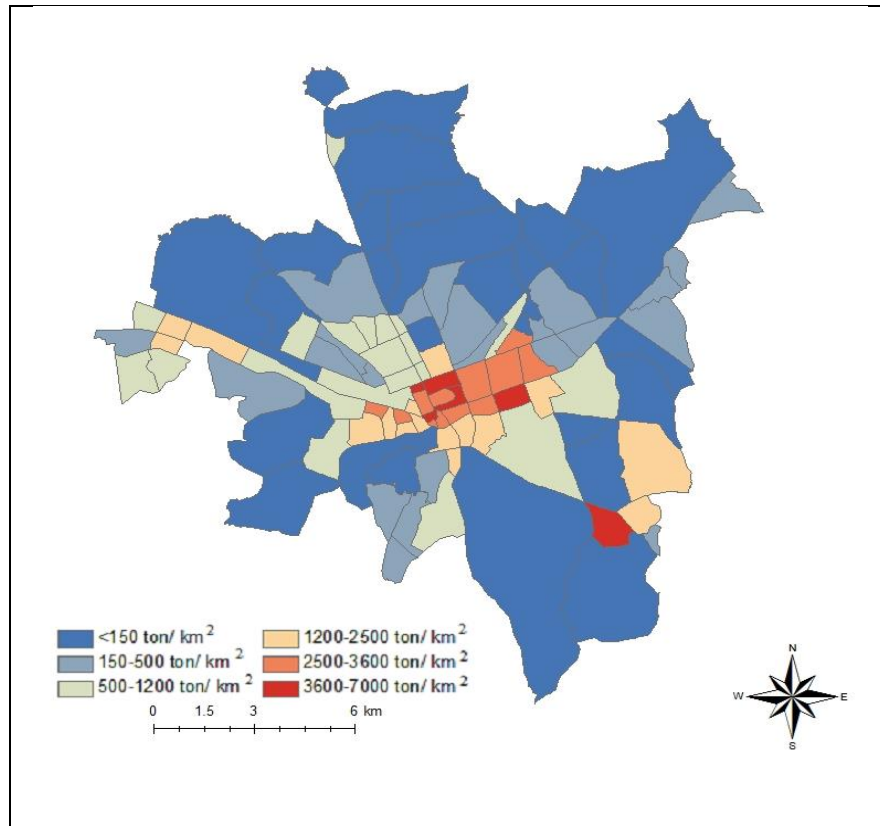
Şekil 3.7. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde doğalgaz, yerli ve ithal kömür tüketimi kaynaklı toplam SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonları

Kayseri'de Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi boyunca alansal kaynaklı tüketimlerden, doğalgaz, yerli kömür ve ithal kömür tüketimlerinden kaynaklı emisyonların toplamı, Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi alansal kaynaklı toplam emisyon miktarını göstermektedir. En yaygın kentsel hava kirleticilerden SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonlarının toplamı, alansal kaynaklı, mahalle bazlı mekânsal dağılımı gösteren haritaların veri kaynağı olmuştur.

Şekil 3.7'de Kayseri'de Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemindeki alansal kaynaklı tüketim sonucu oluşan emisyon miktarları gösterilmiştir. Kentte bu dönemde belirlenen toplam emisyonlardan minimum ve maksimum değerler verilmiştir. Bu değerlerden SO₂ 1,7 ton ile 2 ton, NO_x 0,2 ton ile 58,1 ton, CO 5 ton ile 371,2 ton, PM ise 0,46 ton ile 34 ton aralığında değişiklik göstermiştir. Kayseri için toplam SO₂ emisyonu 3.023 ton, NO_x emisyonu 1.251 ton, CO emisyonu 9.193 ton, PM emisyonu ise 844 ton olarak hesaplanmıştır. SO₂ emisyonlarının ve PM emisyonlarının % 99,8'lik kısmı kömür tüketiminden kaynaklanmaktadır. NO_x emisyonlarının % 54,6'lık kısmı doğalgaz tüketiminden, CO emisyonlarının ise %97,3'lük kısmı kömür tüketiminden kaynaklanmaktadır.

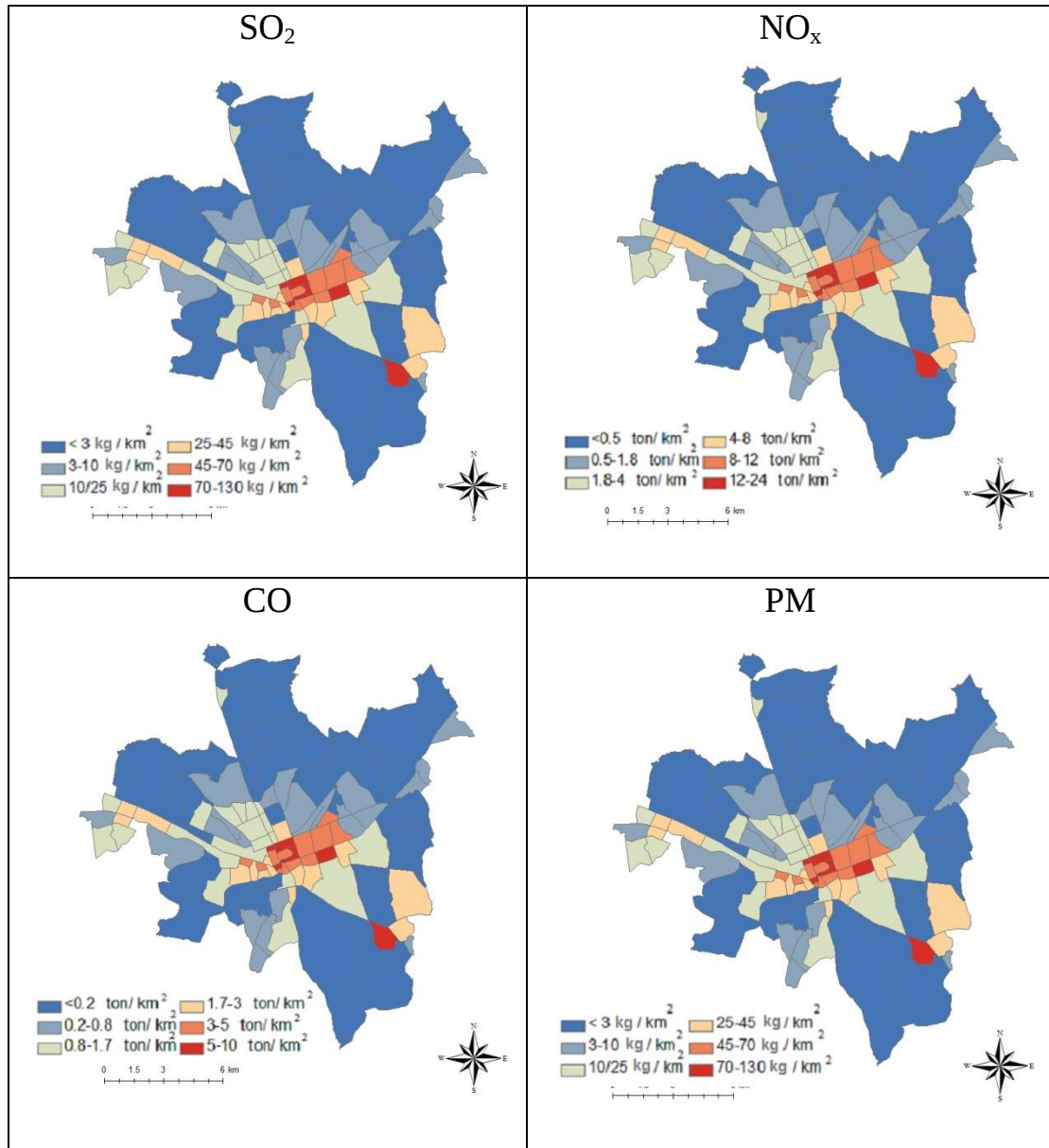
3.4. Birim Alana Düşen Doğalgaz Tüketimi ve Emisyon Miktarları

Mahalleler bazında doğalgaz tüketiminin, kentte birim alan başına düşen miktarları Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi için mahalleler bazında birim alana düşen doğalgaz tüketimi

Birim alan başına düşen doğalgaz tüketimi 452 ton/km^2 olarak hesaplanmıştır. Kayseri için ortalama doğalgaz kullanımı $451,6 \text{ ton/km}^2$ 'dir. Şekil 3.9'da mahallelerde birim alan başına düşen doğalgaz tüketimi kaynaklı SO_2 , NO_x , CO ve PM emisyonları gösterilmektedir. SO_2 ve PM emisyonları 0 ton/km^2 ile $0,13 \text{ ton/km}^2$, NO_x emisyonları 0 ton/km^2 ile $22,5 \text{ ton/km}^2$, CO emisyonları ise 0 ton/km^2 ile $9,6 \text{ ton/km}^2$ aralığında değişim göstermiştir.

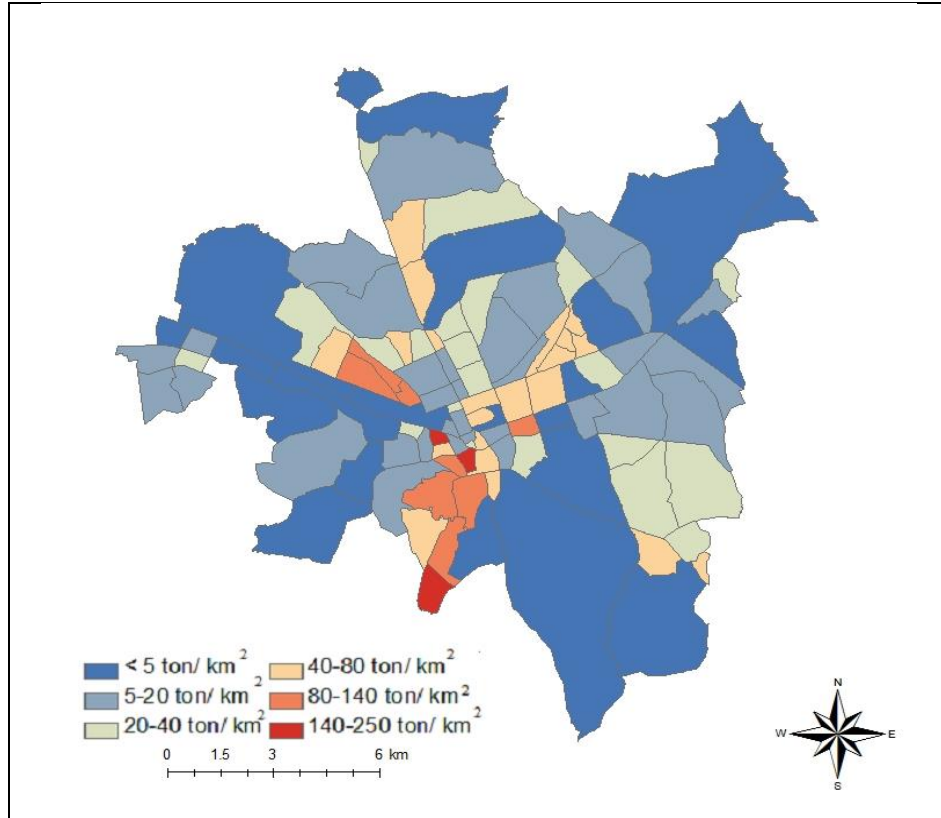


Şekil 3.9. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde birim alana düşen doğalgaz tüketimi kaynaklı SO_2 , NO_x , CO ve PM emisyonları

Kayseri için doğalgaz tüketimi kaynaklı birim alana düşen SO₂ ve PM emisyonları 0,01 ton/km², NO_x emisyonu 1,56 ton/km², CO emisyonu ise 0,67 ton/km² dir.

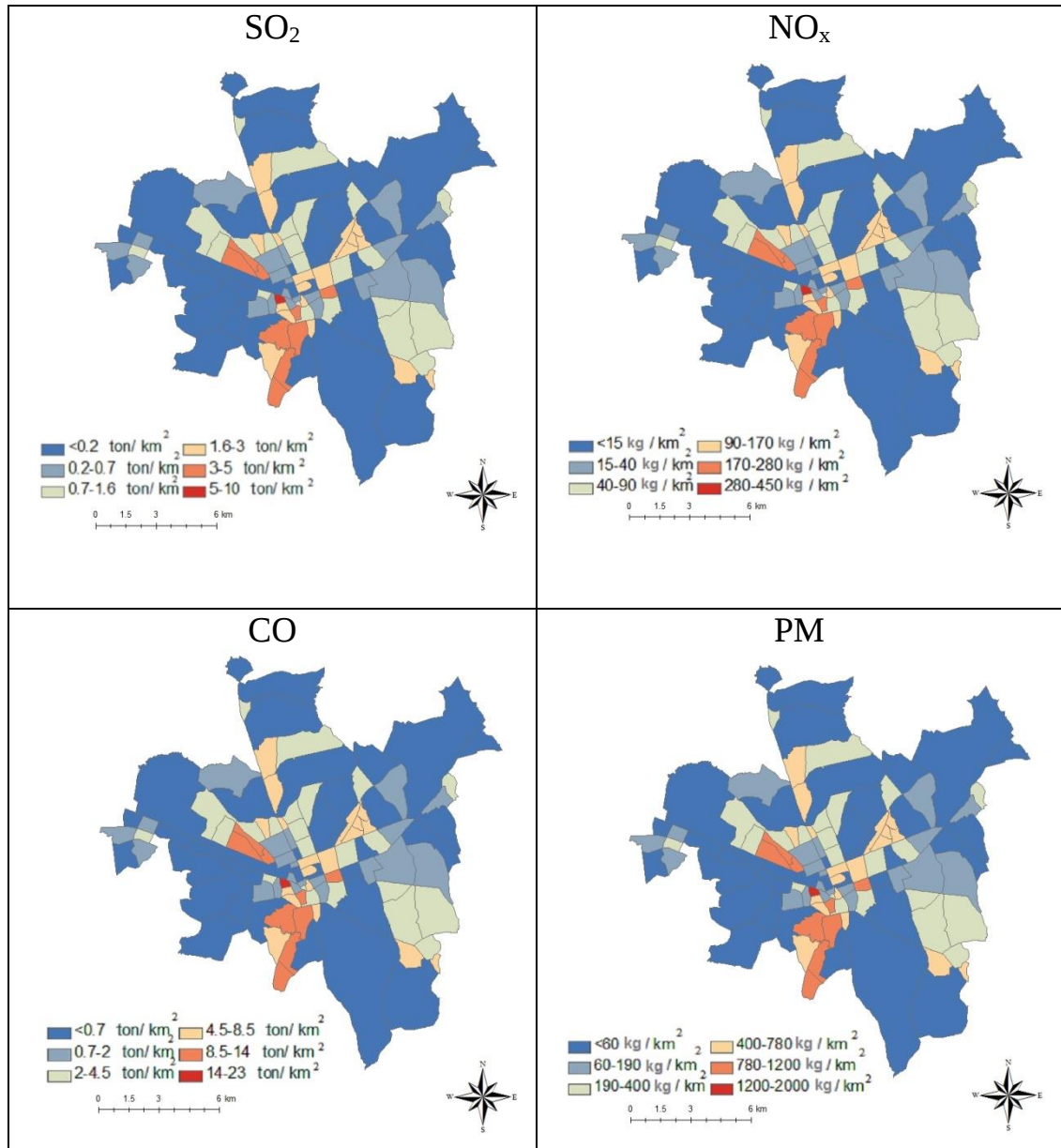
3.5. Birim Alana Düşen Yerli Kömür Tüketimi ve Emisyon Miktarları

Mahalleler bazında yerli kömür tüketiminin, kentte birim alan başına düşen miktarları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalle bazında birim alana düşen yerli kömür tüketimi

Birim alan başına düşen yerli kömür tüketimi 15 ton/km² olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.10'a göre, birim alana düşen yerli kömür tüketiminin belirli mahallelerde daha yoğun olduğu görülmektedir. Bu durum Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde Sancaktepe, Boztepe, Yavuz, Karacaoğlu, Battalgazi, Selçuklu, Osmanlı, Danişmendgazi gibi mahallelerin daha çok yardım kömürü aldığını göstermektedir.



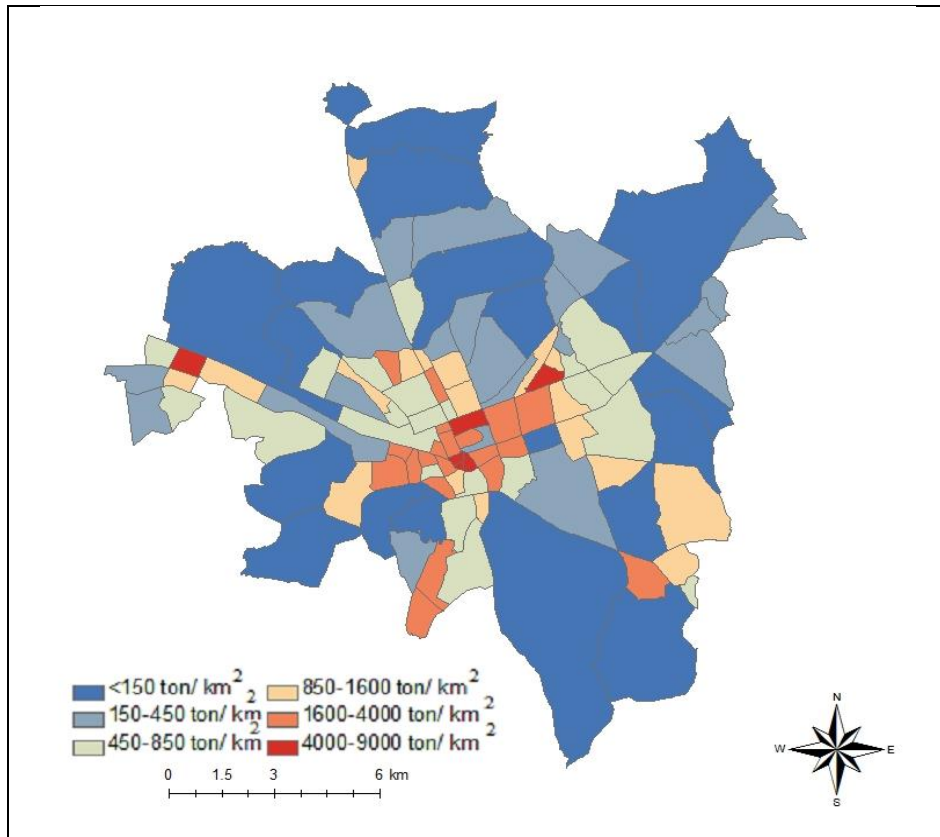
Şekil 3.11. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde birim alana düşen yerli kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonları

Şekil 3.11'de mahalleler bazında birim alana düşen yerli kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM'nin, Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemindeki emisyon miktarları gösterilmektedir. Kentte bu dönemde belirlenen emisyonlardan minimum ve maksimum değerler verilmiştir. SO₂ emisyonları 0 ton/km² ile 8 ton/km², NO_x emisyonları 0 ton/km² ile 0,45 ton/km², CO emisyonları 0 ton/km² ile 22,5 ton/km², PM emisyonları ise 0 ton/km² ile 0,2 ton/km² aralığında değişiklik göstermiştir.

Kayseri için yerli kömür tüketimi kaynaklı birim alana düşen SO_2 emisyonu 0,54 ton/km², NO_x emisyonu 0,03 ton/km², CO emisyonu 1,51 ton/km², PM emisyonu ise 0,14 ton/km² dir.

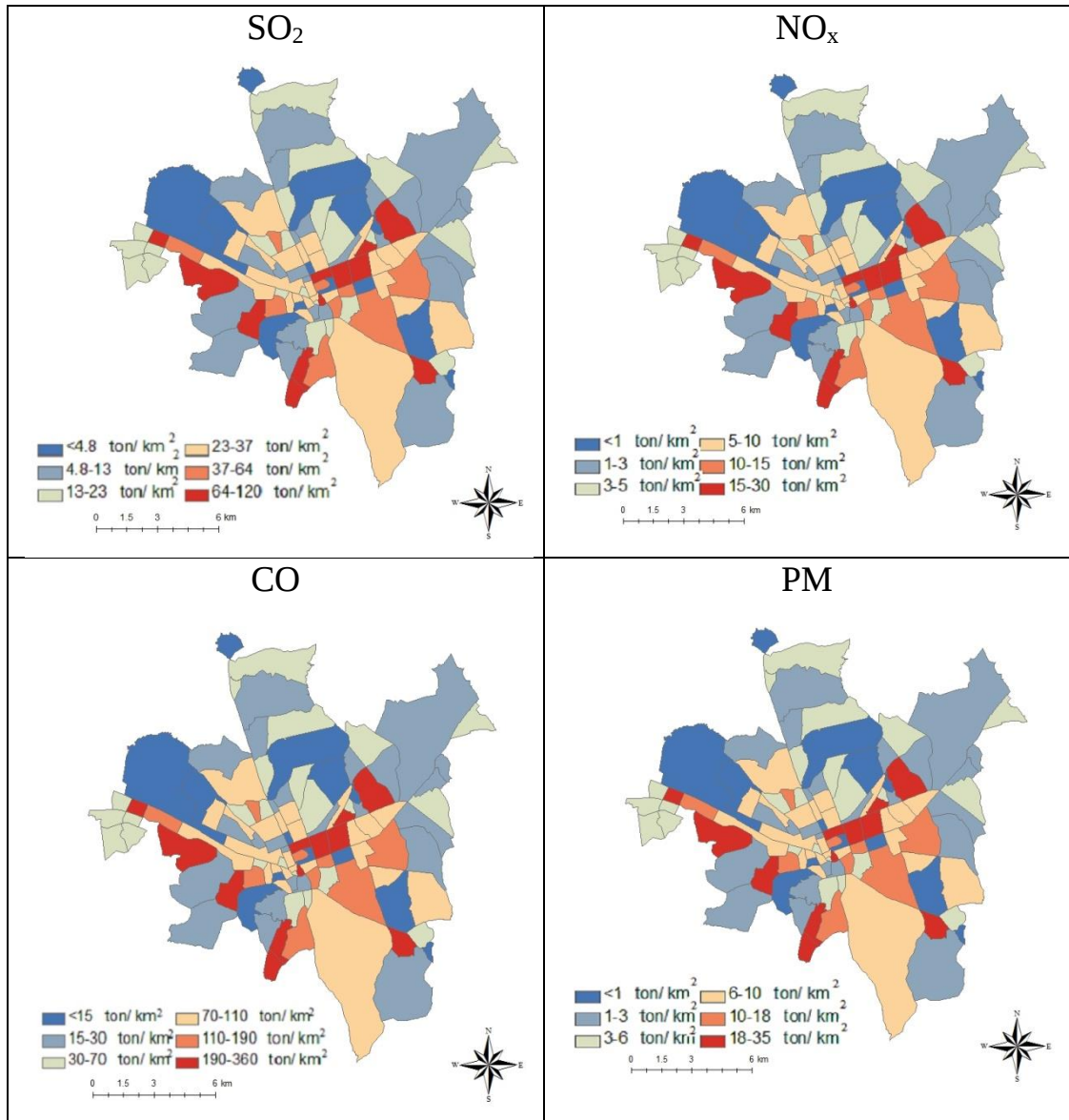
3.6. Birim Alana Düşen İthal Kömür Tüketimi ve Emisyon Miktarları

Mahalleler bazında ithal kömür tüketiminin, kentte birim alan başına düşen miktarları Şekil 3.12'de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde mahalle bazında birim alana düşen ithal kömür tüketimi

Birim alan başına düşen ithal kömür tüketimi 430 ton/km² olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.12'de verilen nüfusun daha yoğun olduğu mahallelerde birim alan başına düşen ithal kömür tüketiminin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum şehir merkezinde yerleşimin daha yoğun olduğunu, kent merkezindeki mahalle alanlarının küçük olduğu için, birim alan başına ithal kömür tüketiminin yüksek çıktığının nedenidir. Aynı zamanda doğalgaz tüketiminin yıllar geçtikçe artmasına karşın, kentte hala ithal kömür tüketiminin yoğun şekilde devam ettiği görülmektedir.



Şekil 3.13. Ekim 2011 – Eylül 2012 döneminde birim alana düşen ithal kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM emisyonları

Şekil 3.13'de mahallelerin birim alana düşen ithal kömür tüketimi kaynaklı SO₂, NO_x, CO ve PM'nin, Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemindeki emisyon miktarları gösterilmiştir. Kentte bu dönemde belirlenen emisyonlardan minimum ve maksimum değerler verilmiştir. Bu değerlerden SO₂ 0,2 ton/km² ile 120,2 ton/km², NO_x 0,05 ton/km² ile 28,6 ton/km², CO 0,6 ton/km² ile 358 ton/km², PM ise 0,06 ton/km² ile 33,7 ton/km² aralığında değişim göstermiştir. Kayseri için ithal kömür tüketimi kaynaklı birim alana düşen SO₂ emisyonu 7,74 ton/km², NO_x emisyonu 1,84 ton/km², CO emisyonu 23,03 ton/km², PM emisyonu ise 2,17 ton/km² dir.

4.BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı Kayseri kent merkezinde Ekim 2011 – Eylül 2012 dönemi için, alansal kaynaklı emisyonların hesaplanması ve bu emisyonların dağılımlarının mahalleler bazında gösterilmesidir. Öncelikle çalışma alanı olarak seçilen ve nüfusun daha yoğun yerleşkesi haline gelen Kocasinan, Melikgazi ve Talas İlçeleri mahallelerine ait veriler elde edilmiştir. Doğalgaz tüketim miktarlarının belirlenmesi için Kayserigaz verilerinden yararlanılmıştır. Yerli kömür tüketim miktarlarının belirlenmesi için, Kaymakamlıkların yardım kömür verileri kullanılmıştır. İthal kömür tüketim miktarlarının belirlenmesi için ise kent merkezi genelinde anketler uygulanmıştır. Elde edilen yakıt tüketim verilerinin uygun emisyon faktörleri ile çarpılmasıyla kirletici emisyonları hesaplanmıştır.

Emisyon envanterlerinin amacı, hava kirleticilerin miktarlarının saptanması ve böylece hava kirliliğinin engellenmesi ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerilerinin üretilmesini sağlamaktır. Böyle bir çalışma Kayseri ilinde ilk defa gerçekleştirilmiştir. Kayseri kentinde tüketilen yakıt tür ve miktarları belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri (ArcGIS) programlarıyla mahalleler bazında oluşan kirletici emisyonların görselleştirilmiştir. Alansal kaynaklı mahalle yakıt tüketim miktarları ve emisyon değerleri hesaplanarak oluşan bu çalışmanın Kayseri kentindeki hava kirliliği problemlerine çok daha anlamlı yaklaşımlarda bulunmak için güncel ve etkin bir kent emisyon rehberi olacağı düşünülmektedir.

Kayseri’de Ekim 2011 – Eylül 2012 yıllık döneminde, toplam doğalgaz tüketimi 1.646.912 ton olarak hesaplanmıştır. Yine aynı dönemde, toplam yerli kömür tüketiminin 5.505 ton olduğu ithal kömür tüketiminin ise, 156.960 ton olduğu hesaplanmıştır.

Hesaplamalar sonucunda Kayseri için seçilen Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde seçilen 105 mahallede, toplam yakıt tüketimlerinde yerli kömür % 1,68 oranında paya sahipken, ithal kömür ve doğalgaz sırasıyla % 47,9 ve % 50,3 oranında paya sahiptir. Kayseri için yıllık toplam SO₂ emisyonları 3.023 ton, toplam NO_x emisyonları 1.251 ton, toplam CO emisyonları 9.193 ton, toplam PM emisyonları ise 844 ton olarak hesaplanmıştır. Kayseri için doğalgaz tüketimi kaynaklı birim alana düşen SO₂ ve PM emisyonları 0,01 ton/km², NO_x emisyonu 1,56 ton/km², CO emisyonu ise 0,67 ton/km² dir. Yerli kömür tüketimi kaynaklı birim alana düşen SO₂ emisyonu 0,54 ton/km², NO_x emisyonu 0,03 ton/km², CO emisyonu 1,51 ton/km², PM emisyonu ise 0,14 ton/km² dir. İthal kömür tüketimi kaynaklı birim alana düşen SO₂ emisyonu 7,74 ton/km², NO_x emisyonu 1,84 ton/km², CO emisyonu 23,03 ton/km², PM emisyonu ise 2,17 ton/km² dir.

Bu çalışmada en büyük belirsizlik kaynakları, kullanılan emisyon faktörlerinin uygunluğu, anket çalışmasındaki alansal kaynaklı tüketim miktarlarının tespitinde halkın beyanına başvurulması (söylenilen yakıt tüketim miktarların doğruluk derecesi açısından) ve doğalgaz ve kömür dışında kullanılan yakıtlar hakkındaki bilginin yetersiz olması şeklinde sıralanabilir.

Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri EEA tarafından yayınlanmış olan EMEP/EEA Emisyon Envanteri Rehberi'nden alınmıştır. Emisyon faktörlerinin yerel özelliklere uygun olarak geliştirilmiş olması istenen durumdur. Ancak Türkiye'ye özel emisyon faktörlerinin henüz bulunmaması EEA tarafından geliştirilen değerlerin kullanımını gerekli kılmıştır. EEA tarafından geliştirilen emisyon faktörlerinin güvenilir olması ve dünyada pek çok bölge için daha önce kullanılmış olması bu konudaki belirsizliği azaltmaktadır.

Kentte ithal kömür tüketim miktarına ait veri mevcut olmaması, halkın beyanına dayanan verilerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama olarak hane başına 1,2 ton ithal kömür kullanıldığını ortaya çıkarmıştır. Elde edilen sonuçların standart sapması düşüktür. Bu durum kentte kömür kullanım düzeylerinin haneler bazında büyük bir değişim göstermediğini ifade etmektedir.

Son olarak Kayseri'de doğalgaz ve kömür haricinde odun, talaş gibi bazı yakıtların kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca nadir de olsa araç lastiği, paçavralar gibi normalde

yakıt niteliği taşımayan maddelerin de zaman zaman yakıldığı görölmüştür. Ancak bu yakıtların kaç hane tarafından ve ne düzeyde kullanıldığına dair bilgiye ulaşmak mümkün değildir. Bu maddelerin kullanım oranlarının doğalgaz ve kömüre göre çok düşük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmada ihmal edilebilir olduğuna karar verilmiştir.

Kentte hava kalitesinin artırılması ve hava kirliliği ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılması için, Kayseri’de hava kalitesi izleme istasyon sayısının artırılması ve alansal kaynaklı emisyonları ölçen istasyonların kömür kullanımının yoğun olduğu mahallelerde de kurulması gerekmektedir. Halkın yakıt tüketimi konusunda bilinçlendirilmesi (kaliteli yakıt tüketimine teşvik), doğalgaz tüketiminin yaygınlaştırılması ve yardım kömürlerinin kalitesinin artırılması da hava kalitesini iyileştirmeye yönelik öneriler arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

1. Bayram H., 2005. Türkiye’de Hava Kirliliği Sorunu: Nedenleri, Alınan Önlemler ve Mevcut Durum, **Toraks Dergisi**, 6(2): 159-165.
2. Kırımhan S., Mart 2006. Hava Kirliliği ve Kontrolü. Turhan Kitabevi, Ankara, 400s.
3. Müezzinoğlu A., 2000. Hava kirliliğinin ve kontrolünün esasları. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 328s.
4. Çobanoğlu N., Pekcan S., Aslan A. ve Kiper N., 2005. Solunan Havada Tehlikeler, **Astım Alerji İmmünoloji** 3(2): 77-85.
5. Elkoca E., 2003. Hava Kirliliği ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri, **Ziraat Fakültesi Dergisi**, 34(4): 367-374.
6. Karpuzcu M., 2007. Çevre Kirlenmesi Kontrolü. Kubbealtı Yayınevi, 388 s.
7. EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, 2009. European Environmental Agency.
8. İncik S., 1994. Hava Kirliliği. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 26-41 s.
9. Köksal S., Hava Kirlenmesi,
10. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2005. Bakanlık, Çevre ve Orman Bakanlığı,
11. Çetin Ş., Ayberk S. ve Karademir A., 2004. Kocaeli ili'nde konutlardan kaynaklanan NO_x Emisyon Envanteri, **Fen ve Mühendislik Dergisi**, 6(3): 113-123.
12. Can A., Emisyon Envanteri Nasıl Hazırlanır, T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Tarım ve Çevre İstatistikleri Dairesi Başkanlığı Çevre İstatistikleri Grubu, 2009.
13. Anonim (2010), 1990-2007 dönemi için aylık ortalama SO₂ ve PM değerleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

14. Sturm P.J., Sudy Ch., Almbauer R.A ve Meinhardt J., 1999. Updated urban emission inventory with a high resolution in time and space for the city of Graz, **The Science of the Total Environment**, **235** (1-3): 111-118.
15. Streets D.G., Bond T.C., Carmichael G.R., Fernandes S.D., Fu Q., He D., Klimont Z., Nelson S.M., Tsai N.Y., Wang M.Q., Woo J.-H. ve Yarber K.F., 2003. An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, **Journal of Geophysical Research**, **108**(21): 1984-2012.
16. Mitra A.P., Morawska Lidia., Sharma Chhemendra. ve Jim, Z., 2001. Chapter two: methodologies for characterisation of combustion sources and for quantification of their emissions, **Chemosphere**, **49**(9): 903-922.
17. Zhang Junfeng ve Morawska Lidia., 2002. Combustion sources of particles: 2. Emission factors and measurement methods, **Chemosphere**, **49**(9): 1059-1074.
18. Gurjara B.R., van Aardenne J.A., Lelieveld J. ve Mohanb M., 2004. Emission estimates and trends (1990–2000) for megacity Delhi and implications, **Atmospheric Environment**, **38**(33): 5663-5681.
19. Mohan Manju, Dagar Lalit ve Gurjar B. R., 2006. Preparation and Validation of Gridded Emission Inventory of Criteria Air Pollutants and Identification of Emission Hotspots for Megacity Delhi, **Environmental Monitoring and Assessment**, **130**(1-3): 323-339.
20. Judith C., Chow John G., Watson John G., Lowenthal Douglas H., Chen L.-W. Antony ve Nehzat, M., 2011. PM_{2.5} source profiles for black and organic carbon emission inventories, **Atmospheric Environment**, **45**(31): 5407-5414.
21. Juda-Rezler K., Magdalena Reizer ve Oudinet, J.-P., 2011. Determination and analysis of PM₁₀ source apportionment during episodes of air pollution in Central Eastern European urban areas: The case of wintertime 2006, **Atmospheric Environment**, **45**(36): 6557-6566.
22. Zheng J., Zhang L., Che W., Zheng Z. ve Yin S., 2009. A highly resolved temporal and spatial air pollutant emission inventory for the Pearl River Delta region,

- China and its uncertainty assessment, **Atmospheric Environment**, **43**(11):5112-5122.
23. Zhao Y., Nielsen C. P., Lei Y., McElroy M. B. ve Hao J., 2011. Quantifying the uncertainties of a bottom-up emission inventory of anthropogenic atmospheric pollutants in China, **Atmospheric Chemistry and Physics**, **11**(5): 2295-2308.
 24. Behera S. N., Sharma Mukesh ve Shukla, D. O. a. S. P., 2011. Development of GIS-aided Emission Inventory of Air Pollutants for an Urban Environment, India.
 25. Fujita E. M., Croes B. E., Bennett C. L., Douglas R. L., Frederick, Lurmann W. ve Main, H. H., 27 november 2012. Comparison of Emission Inventory and Ambient Concentration Ratios of CO, NMOG, and NO_x in California's South Coast Air Basin, **Journal of the Air & Waste Management Association**, **42**(3): 264-276.
 26. Fu Xia., Wang S., Zhao B., Xing J., Cheng Z., Liu H. ve Hao J., 2010. Emission inventory of primary pollutants and chemical speciation in 2010 for the Yangtze River Delta region, China, **Atmospheric Environment**, **70**(39-50).
 27. Aste N., Adhikari R.S., Compostella J. ve Claudio, D. P., 2013. Energy and environmental impact of domestic heating in Italy: Evaluation of national NO_x emissions, **Energy Policy**, **53**(353-360).
 28. Taşdemir Y., 12 Temmuz 1999. Winter Season SO₂ Measurements in Bursa and Comparison with Rural and Urban Area Values, **Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences**, **25**(279-287).
 29. Elbir T., Müezzinoğlu A., Bayram A., Seyfioğlu R. ve Demircioğlu H., Mayıs 2001. Ege Bölgesi Hava Kirleticisi Emisyon Envanteri, **Fen ve Mühendislik Dergisi**, **3**(2): 21-27.
 30. Elbir T. ve Müezzinoğlu A., 2004. Estimation of emission strengths of primary air pollutants in the city of Izmir, Turkey, **Atmospheric Environment**, **38**(13): 1851-1857.

31. Elbir T., 2003. Comparison of model predictions with the data of an urban air quality monitoring network in Izmir, Turkey, **Atmospheric Environment**, **37** (15): 2149-2157.
32. Odabaş Bülent B., Haziran 2009. Adapazarı İlçesinde 2007 Yılındaki Isınma Kaynaklı Emisyonların Analizi ve Envanterlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
33. Altuğ H., 2 Nisan 2008. *Eskişehir Kent Merkezi Yanma Kaynaklı Emisyon Envanteri Çalışması*, İkinci İletişim Platformu Toplantısı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
34. Döğeroğlu T., 2010. Emisyon Envanteri Çalışmaları Belirsizlikler ve QA / QC, Eskişehir.
35. Gümrükçüoğlu M. ve Soylu S., 2011. Adapazarı'nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 31 Ekim - 04 Kasım, Antalya
36. Öztürk E. S. ve Döğeroğlu T., 2011. Eskişehir için 2010 Yılı Emisyon Envanteri, *Proje Fuarı 2011*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
37. Ceran M., 2011. Kayseri 2011 yılı Çevre Durum Raporu, İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Kayseri.
38. TÜİK, 2012. yıllara göre il nüfus bilgileri, Ankara.
39. Dadaşer Çelik F. ve Kırmacı K., 2011. Kayseri ili kent merkezinde kükürtdioksit ve partiküler madde değerlerindeki değişimlerin incelenmesi:1990-2007, **Ekoloji**, **79**(3):83-92.
40. Kartal Ş. ve Özer U., 2011. Determination and Parameterization of Some Air Pollutants as a Function of Meteorological Parameters in Kayseri, Turkey, **Journal of the Air & Waste Management Association**, **48**(9): 853-859.

41. Keebaş A., Gedik E. ve Kayfeci M., 2010. Fosil Yakıtların Kullanımından Kaynaklanan Hava Kirliliği Üzerine Jeotermal Enerji ve Doğalgaz Kullanımının Etkisi: Afyon Örneği, **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 7(3): 23-30.
42. Özkan O., Solmaz A., Azgın ř. T. ve Varinli F., 2008. Kayseri il merkezi hava kirliliği genel değerlendirmesi, *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu,02-06 Kasım 2008, Konya*
43. Özdoğan G. ve Dadaşer elik F., 2013. Investigation of Sulfur Dioxide and Particulate Matter Levels in Kayseri, Turkey from 2008 to 2012, *International Conference on Environmental Science end Technology 2013*, Nevşehir,
44. Kartal ř., 1985. Kayseri'deki hava kirliliği ve kirletici konsantrasyonların meteorolojik parametrelerle ilişkisi. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Dilşad APAYDIN

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 21 Eylül 1987, Kayseri

Medeni Durumu: Bekâr

email: 4011931114@erciyes.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	2014
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü	2011
Lise	Kayseri Sümer Lisesi	2004

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Apaydın, D. ve Dadaşer-Çelik, F. Inventory of Emissions From Area Sources in Kayseri, Turkey, The 2nd International Conferance on Environmental Science and Technology - 2014 (ICOEST'2014) Symposium, Side-Antalya, Turkey, 2014