

**KARABÜK'TE DOĞALGAZ KULLANIMININ  
HAVA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**2015  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Nurettin KEMELDERE**

**KARABÜK’TE DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVA KALİTESİ ÜZERİNE  
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Nurettin KEMELDERE**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalında**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Temmuz 2015**

Nurettin KEMELDERE tarafından hazırlanan “KARABÜK’TE DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVAKALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hüseyin KURT

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 22/07/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

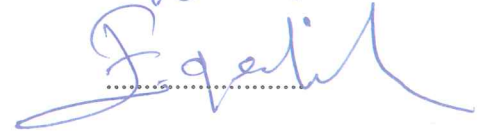
Başkan : Doç. Dr. Kamil ARSLAN (KBÜ)



Üye : Prof. Dr. Hüseyin KURT (KBÜ)



Üye : Yrd.Doç. Dr. Engin GEDİK (KBÜ)

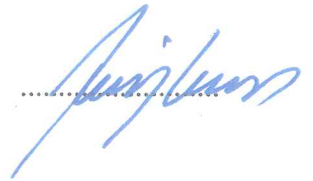


...../...../.....

KBÜ Fen bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

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.”*

Nurettin KEMELDERE

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KARABÜK’TE DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

**Nurettin KEMELDERE**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Hüseyin KURT**

**Temmuz 2015, 53 sayfa**

Bu çalışmada, Karabük’te ısınma amaçlı fosil yakıtlar yerine doğalgaza geçişin başladığı dönemlerde kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve partiküler madde (PM<sub>10</sub>) ölçüm verileri değerlendirilerek, doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 2007-2012 yılları arasındaki SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri, meteorolojik veriler, doğalgaz abone sayısı ve doğalgaz tüketimi birlikte değerlendirilmiştir. Karabük il merkezinde doğalgaz kullanımına hızlı bir geçişin olduğu, bir yıl içerisinde konutların yarıya yakında ısınma amaçlı doğalgaz kullanılmaya başladığı gözlemlenmiştir. Buna göre, 2012 yılındaki PM<sub>10</sub> emisyon değerinde, 2007 yılı ortalama değerine göre yaklaşık % 56.4 oranında, SO<sub>2</sub> emisyon değerinde ise % 72.2 oranında azalma meydana gelmiştir. Dolayısıyla Karabük’te doğalgaz kullanılmaya başlamasıyla birlikte PM<sub>10</sub> emisyon değerinde yaklaşık yarı yarıya, SO<sub>2</sub> değerinde ise 3/4 oranında bir azalma meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Karabük, doğalgaz, hava kalitesi, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>.

**Bilim Kodu** : 914.1.054



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF EFFECT ON THE AIR QUALITY OF NATURAL GAS USING IN KARABUK**

**Nurettin KEMELDERE**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Hüseyin KURT**

**July 2015, 53 pages**

In this study, effects of natural gas use for domestic heating on air pollution were investigated by analyzing particulate matter (PM<sub>10</sub>) and Sulphurdioxide (SO<sub>2</sub>) measurement results when conversation from coal to natural gas took place in Karabük. In accordance with this purpose SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> measurement results, meteorological data, number of natural gas consumers and natural gas consumption data for 2007-2012 term were analyzed together. In the central area of Karabük a rapid conversation to natural gas utilization for domestic heating and conversion to natural gas systems for near half of the residential buildings in just one year were observed. Accordingly, for 2012 %56.4 reductions on PM<sub>10</sub> emission and %72.2 reduction on SO<sub>2</sub> emission have been occurred as against 2007 values. Hence, in Karabük by the use of natural gas for domestic heating PM<sub>10</sub> emission was reduced by fifty percent and SO<sub>2</sub> emission was reduced by 3/4.

**Key Words** : Karabuk, natural gas, air quality index, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>.

**Science Code** : 914.1.054





## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması süresince, yapmış olduğum çalıőmanın planlanmasında ve gerçekleştirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle katkı sağlayan danıőman hocam sayın Prof. Dr. Hüseyin KURT'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin tertip ve düzenlenmesi aşamasında yardımını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Engin GEDİK'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. LİTERATÜR.....	2
BÖLÜM 2 .....	5
GENEL BİLGİLER .....	5
2.1. HAVA KALİTESİ VE İLGİLİ YÖNETMELİKLER.....	13
2.2. HAVA KALİTESİ İNDEKSİ .....	17
2.3. HAVA KALİTESİNİN İZLENMESİ .....	22
BÖLÜM 3 .....	27
MATERYAL VE METOD .....	27
3.1. KARABÜK HAVA KİRLİLİK DURUM ANALİZİ .....	29
BÖLÜM 4 .....	39
SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	39
BÖLÜM 5 .....	49
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	49
KAYNAKLAR .....	51

ÖZGEÇMİŞ ..... 53



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Hava kirletici kaynaklarının şematik olarak gösterilmesi.....	8
Şekil 2.2. Ulusal hava kalitesi açısından görüntülenebilen hava kalitesi indeksi.....	21
Şekil 3.1. Karabük il merkezinde bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumları. ....	28
Şekil 3.2. Karabük coğrafi durumu. ....	30
Şekil 3.3. Kış dönemi ortalama (2011 ekim-2012 Mart arası 6 aylık) SO <sub>2</sub> ölçüm değerlerinin hava kalitesi indeksine göre sınıflandırılması. ....	33
Şekil 3.4. Kış dönemi ortalama (2011 Ekim-2012 Mart arası 6 aylık) PM <sub>10</sub> ölçüm değerlerinin hava kalitesi indeksine göre sınıflandırılması. ....	34
Şekil 3.5. Karabük uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık değerlerinin yıllık ortalaması. ....	37
Şekil 3.6. 1965-2013 yıllarına ait Karabük rüzgar diyagramı.....	38
Şekil 4.1. 2007- 2012 yılları arasındaki aylık SO <sub>2</sub> ve PM <sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının ortalaması.....	39
Şekil 4.2. 2007 – 2012 yılları arasında PM <sub>10</sub> değerindeki aylık değişim.....	40
Şekil 4.3. 2007–2012 yılları arasında SO <sub>2</sub> değerindeki değişim.....	41
Şekil 4.4. 2007–2012 yılları kış dönemi SO <sub>2</sub> değerindeki değişim. ....	42
Şekil 4.5. 2007–2012 yılları kış dönemi PM <sub>10</sub> değerindeki değişim. ....	43
Şekil 4.6. 2007-2012 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	44
Şekil 4.7. 2007-2012 yılları arasındaki Aylık ortalama rüzgar hızı değerleri.....	45
Şekil 4.8. 2007-2014 yılları Aralık ayı abone sayısı. ....	45
Şekil 4.9. 2007-2014 yılları Aralık ayı doğalgaz tüketimi. ....	46
Şekil 4.10. Aralık ayı PM <sub>10</sub> ölçüm değerinin doğalgaz abone sayısı ile değişimi. ....	46
Şekil 4.11. Aralık ayı SO <sub>2</sub> ölçüm değerinin doğalgaz abone sayısı ile değişimi. ....	47
Şekil 4.12. Aralık ayı SO <sub>2</sub> ve PM <sub>10</sub> ölçüm değerinin doğalgaz abone sayısı ile değişimi.....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Deniz seviyesinde temiz havabileşimi . . . . .	6
Çizelge 2.2. Dünya atmosferindeki değişik gazların kütleleri . . . . .	7
Çizelge 2.3. Troposfer tabakasındaki gazın bileşimi . . . . .	7
Çizelge 2.4. Kirletici parametrelerin sağlığa etkileri. . . . .	12
Çizelge 2.5. HKDY Yönetmeliği EK-I A, 2009-2014 yılları geçiş dönemi uzun ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım değerleri . . . . .	15
Çizelge 2.6. HKDY Yönetmeliği EK-I A, 2013-2019 yılları geçiş dönemi uzun ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım değerleri . . . . .	16
Çizelge 2.7. 2012 yılı Avrupa Birliği-Türkiye limit değerlerinin karşılaştırılması .	17
Çizelge 2.8. EPA hava kalitesi indeksi . . . . .	19
Çizelge 2.9. Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları . . . . .	19
Çizelge 2.10. Doğalgazın ısıtmada kullanımında diğer yakıtlarla karşılaştırılması . . . . .	25
Çizelge 2.11. Ton petrol eşdeğeri yakıtların buhar kazanında yanması sonucu ortaya çıkan emisyonlar . . . . .	25
Çizelge 3.1. 2005-2006 döneminde illerin birinci öncelikli sorunları . . . . .	32
Çizelge 3.2. 2007-2008 döneminde illerin birinci öncelikli sorunları . . . . .	32
Çizelge 3.3. 2009-2010 döneminde illerin birinci öncelikli sorunları . . . . .	33
Çizelge 3.4. Karabük il merkezinde 2009-2014 yılları kış dönemi doğalgaz abone sayıları. . . . .	34
Çizelge 3.5. Karabük il merkezinde 2009-2014 yılları kış dönemi doğalgaz tüketim miktarı (m <sup>3</sup> ). . . . .	35
Çizelge 3.6. Karabük 1 istasyonundan alınan 2007-2012 yıllarına ait PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> ölçüm sonuçları. . . . .	35
Çizelge 3.7. Karabük 2007-2014 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri. . . . .	37
Çizelge 3.8. Karabük 2007-2014 yılları arasındaki aylık ortalama rüzgar hızı değerleri. . . . .	38

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve gelişen teknolojiye bağlı olarak sanayileşmedeki büyüme, ihtiyaç duyulan enerji talebini arttırmaktadır. Enerji tüketimi, bir toplumun gelişmişlik seviye göstergesi olması yanında kontrol altında tutulması gereken önemli bir konudur. Mevcut enerjiyi veya enerji kaynaklarını verimli bir şekilde değerlendirmek amacıyla petrol, kömür gibi fosil enerji kaynaklarına alternatif olabilecek temiz ve ucuz enerji kaynakların bulunması, olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması veya ortadan kaldırılması günümüzde üzerinde çalışılan konular arasında yer almaktadır [1].

Hava kirliliği, yaşamı olumsuz yönde etkileyen ve atmosferdeki kirletici maddelerin, normal değerinden daha fazla miktar ve yoğunluğa ulaşması olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifade ile hava kirliliği, atmosfer havasında katı, sıvı ve gaz fazında bulunan kirletici maddelerin canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunması olarak ifade edilebilir. İnsanoğlunun yaşam mücadelesin için bulunduğu çeşitli faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan üretim ve tüketim aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan ve atık olarak ifade edilen maddeler havayı kirleterek, canlı hayatını ve ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Son zamanlarda gündem güne artış gösteren hava kirliliği, canlı yaşamını ciddi bir şekilde tehdit etmekte, birbirinden farklı birçok problemlerle karşı karşıya bırakmaktadır. Dünya nüfusundaki hızlı artış, bunun en temel nedenlerinden birisidir.

Hava kirliliği, kaynaklarına göre ısınmadan, motorlu taşıtlardan ve sanayiden kaynaklanan olmak üzere üçe ayrılabilir. Isınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği, yoğun olarak kullanılan kükürt oranı yüksek ve kalitesiz kömür ve yakma tekniklerinde uygulanan yanlış yöntemler sonucunda meydana gelmektedir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği; nüfus artışına bağlı

olarak bağı olarak, artış gösteren motorlu taşıtlardan çevreye salınan egzoz gazları sonucunda oluşmaktadır. Son olarak da sanayi tesislerinin yapımında yanlış yer tercihi, gerekli çevre koruma önlemlerinin alınmaması, yeterli ve uygun teknolojinin kullanılmaması, enerji tesislerinde düşük kalitede yakıtların kullanılması sonucu ortaya çıkan sanayiden kaynaklanan hava kirliliğidir.

Isınma amaçlı fosil kökenli katı yakıt kullanımı hava kirleticilerinin temel kaynaklarından biridir. Şehirlerdeki hava kirliliği, özellikle ısınma ihtiyacının başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Ayrıca, kükürt oranı yüksek ve kalitesiz kömür kullanılması, uygun olmayan yakma sistemleri ve uygulanan yanlış yakma teknikleri, kış aylarında özellikle ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin temel nedenleri arasındadır. Ülke çapında hava kirliliği düzeyinin belirlenmesi/izlenmesi amacıyla 69 il merkezi ve 7 ilçe merkezinde olmak üzere toplam 171 ölçüm istasyonunda SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerinin ölçümü yapılmaktadır. İstasyonlardan alınan ölçüm sonuçlarına göre 2009-2010 kış döneminde SO<sub>2</sub> ölçüm değeri ortalamalarının en yüksek olduğu il merkezleri sırasıyla Tekirdağ, Bolu, Edirne, Muğla ve Kırıkkale iken PM<sub>10</sub> ölçüm değeri ortalamalarının en yüksek olduğu il merkezleri sırasıyla Iğdır, Karabük, Denizli, Çorum ve Bolu olarak belirlenmiştir [1].

Kömür, petrol ve türevi yakıtlar ve doğalgaz ülkemizde yaygın olarak kullanılan ısınma amaçlı yakıtlardır. Bunlar arasında kömür en fazla tüketilen enerji kaynağı olurken son zamanlarda yapılan doğalgaz yatırımları ve anlaşmaları doğalgazın bu alanda kullanımını cazip hale getirmiştir. Özellikle şehir merkezlerinde kükürt içerikli kömür, petrol ve türevi yakıtlara alternatif olarak çevreye dost olarak bilinen doğalgaz tercih edilmektedir. Ülkemizde yaygınlaşan şehirleşme sonucunda ortaya çıkan hava kirliliğini doğalgaz kullanımı ile azaltma yoluna gidilmiştir [2].

Doğalgaz, yeryüzünün alt katmanlarında yıllar önce dünyamızda var olan canlı atıklarının basınç ve sıcaklık gibi etkenler ile doğal dönüşümleri neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bileşiminde, %70-95 oranında metan (CH<sub>4</sub>), geri kalan kısmında etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), bütan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), azot (N<sub>2</sub>), karbondioksit, (CO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ve helyum (He) bulunan rengi ve kokusu olmayan, havadan daha hafif

ve enerjisi yüksek bir gazdır. Doğalgazın yanması sonucunda oluşan  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  emisyonları ihmal edilebilecek boyutta düşüktür. Azot oksitler, doğalgazın yanmasında oluşan en önemli kirletici emisyonudur. Isınma amaçlı kömür ve diğer fosil kökenli yakıtların yerine doğalgazın kullanılması, önemli oranda zararlı kirletici baca gazı emisyonlarını düşürmektedir [2].

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), atmosfer havasının doğal bileşimini değiştiren kirleticilerden  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  değerlerinin ölçülmesinin kirlilik düzeyine karar verebilmede yeterli olacağını ve her ülkede ölçülmesini tavsiye etmiştir. Ülkemizde, hava kirliliğinin başladığı düzeyi tanımlayan standartlar ile kirleticilere yönelik hedef sınır değerler, DSÖ Avrupa Birliği ve Hava Kalitesini Kontrol Yönetmeliğine (HKKY) göre belirlenmektedir. Türkiye'de, hava kirliliği ilk kez 1960'lı yıllarda izlenmeye başlanmıştır. Türkiye genelinde hava kirletici parametrelerinden  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  düzeyleri izlenmektedir.

## 1.1. LİTERATÜR

Keçebaş vd. Afyon şehir merkezinde bulunan binalarda ısınma amaçlı kullanılan yakıtlara göre atmosfere bırakılan emisyonları belirleyerek, ısınma amaçlı jeotermal enerji ve doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkisini araştırmışlardır[1]. Karapınar, Kahramanmaraş şehir merkezinde doğalgaz kullanmaya başlamadan önceki ve doğalgaz kullanımı başladıktan sonraki hava kirliliğindeki değişimi incelemiştir [2]. Doğalgazın kullanımı arttıkça  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  oranları azalmış, dolayısıyla doğalgaz kullanımı hava kalitesini iyileştirdiği ortaya konulmuştur. Mentşe vd, Bilecik kentinin 2008-2010 dönemine ait günlük hava kirliliği ( $SO_2$  ve  $PM_{10}$ ) ve meteorolojik faktörlerden hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve basınç verilerini kullanarak iklim parametrelerinin hava kirliliğine etkisini araştırmışlardır [3]. Elde edilen sonuçlara göre,  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  seviyeleri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkinin orta ve zayıf düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Turalıoğlu, Erzurum'da yeni açılan yerleşim yerlerinin ve doğalgaz kullanımının kentteki hava kalitesine olan etkilerini tespit etmek amacıyla  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  değerlerinin zamansal ve alansal değişimlerini incelemiştir [4]. Doğalgaz kullanımı sonrası kirletici konsantrasyonlarının düştüğü ve yakıt kaynaklı kirletici olan  $SO_2$  konsantrasyonunun



AB sınır değerine inerken, PM<sub>10</sub> veya duman konsantrasyonunun henüz AB sınır değerine ulaşamadığı görülmüştür. Çay vd. 2007-2014 yılları arasındaki kış sezonu hava kirliliği ölçümlerinden elde edilen SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerini gözönünde bulundurarak Sakarya il merkezindeki hava kirliliğindeki değişimi incelemiştir [5]. Elde edilen sonuçlara göre, doğalgaz kullanımı öncesi ve doğalgaz kullanımı sonrasında SO<sub>2</sub> için HKDY'de ifade edilen sınır değer olan 250 µg/m<sup>3</sup> değerinin hiçbir dönemde aşılmadığı görülmüştür. PM<sub>10</sub> için HKDY'de belirtilen 200 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin 2007-2014 kış sezonunda aşılarak 2012 yılında 350 µg/m<sup>3</sup>'e ulaştığı belirlenmiştir. Turan ve Çelik, Erzurum şehir merkezinde ısınma amaçlı doğalgazın kullanılmaya başladığı geçiş dönemi ile birlikte hava kalitesi parametrelerindeki değişimi değerlendirerek, doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkisini incelemiştir [6]. Erzurum'da doğalgaz kullanımına geçildikten sonra hava kirliliğinde kademeli bir düşüşün olduğu tespit edilmiş, SO<sub>2</sub> ve PM değerleri gözönüne alındığında önceki yıllara nazaran azalmaların meydana geldiği görülmüştür. Kara vd. SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> kirlilik parametrelerinin ölçüldüğü Konya ilinin hava kalitesinin değerlendirmiştir [7]. Çalışmada; kış sezonunda yakıt olarak kömürün yaygın kullanımı SO<sub>2</sub> ve PM nin mevsimsel konsantrasyonlarının arttırdığı, sanayi ve konutlarda ise SO<sub>2</sub> seviyelerinde %85 azalma olduğu belirtilmiştir. Menteşe ve Yarımtepe, Çanakkale şehir merkezinde ısınma ve trafikten kaynaklanan emisyonların meteorolojik koşullara bağlı hava kalitesine etkisini incelemiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar, doğalgaz kullanımına daha önceki yıllarda başlanmış olan İstanbul'da boğaz kıyısındaki hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen ölçüm sonuçları ile karşılaştırmışlardır [8]. Doğalgaz kullanımının özellikle kış aylarında ölçülen SO<sub>2</sub> seviyesini önemli oranda düşürdüğü görülmüştür. Gültürk, doğalgaz kullanımının Sivas'taki hava kirliliği üzerine etkisinin meteorolojik ve Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), Partiküller Madde (PM<sub>10</sub>) ölçüm verileri değerlendirerek, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri ile meteorolojik ölçümler (ısı, nem, yağış ve rüzgar) arasındaki ilişkiyi incelenmiştir [9]. İlkılıç ve Behçet, hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisini incelemiştir [10]. Özdalyan vd., 1998-2000 yılları arasında Karabük şehir merkezinde sürekli olarak yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının hava kirliliğine etkisini incelemiştir [11]. İbret ve Aydınöz, Kastamonu'da kentleşmede yanlış yer tercihinin hava kirliliğine olan etkisini incelemiştir [12]. Yazıcı vd., Denizli şehir merkezinde

ısınma amaçlı yakıt olarak doğalgaz kullanımına geçiş ile hava kirlilik parametrelerindeki (SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>) değişimi incelemiştirlerdir [13]. Doğalgaz kullanılmaya başlanmasıyla birlikte SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerindeki iyileşmeleri HKDY'ndeki değerler ile karşılaştırarak değerlendirmişlerdir.

Karabük'te ısınma amaçlı doğalgaz kullanımına 2009 yılı kış dönemi başlamış olup, kademeli olarak hızlı bir şekilde doğalgaza geçiş gerçekleşmiştir. Yapılan bu çalışmada, Karabük il merkezinde ısınma amaçlı doğalgaz kullanılmaya başladıktan sonraki hava kirlilik parametrelerindeki değişim değerlendirilerek konutlarda ısınma amaçlı doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 2007-2012 yılları arasında Karabük şehir merkezinde hava kalitesi ölçüm istasyonunda ölçülen SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerindeki değişim incelenerek doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkisi belirlenmiştir.

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### Hava Kirliliği

Hava kirliliği, atmosfer havasının doğal bileşiminde bulunmayan bazı maddelerin havanın bileşimine katılması olayı olarak ifade edilebilir. Hava kirliliği olayı sosyolojik, teknik ve ekonomik açıdan karmaşık bir yapı göstermesi nedeniyle ülkeler kendi yapılarına uygun teknik düzenlemeler yapmaktadırlar. Bu düzenlemelerde hava kirliliği, çevre sağlığı yönünden zararsız sınırlar içerisinde tutulmaya çalışılmaktadır [2].

Havakirliliği, diğer ülkelerde de olduğu gibi ülkemizde de önemli bir çevresel sorundur. Bu sorun sık yerleşim bölgelerinin bulunduğu yerlerde, özellikle kış aylarında, tehlike arz edebilmektedir. Ülkemizde kış döneminde bazı şehir merkezlerinde meteorolojik şartlarında etkisiyle hava kirliliği önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kış aylarında ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin temel nedenleri; kükürt oranı yüksek ve kalitesiz kömürün iyileştirilmeden kullanılması, yakma sistemlerinde uygulanan yanlış teknikler ve yakma sistemlerinin düzenli olarak işletme bakımlarının yapılmaması şeklinde sıralanabilir. Özellikle büyükşehirlerde ısınma amaçlı doğalgaz ve kaliteli yakıtların kullanılması sonucunda hava kirliliğinde 1990'lı yıllara göre büyük oranlarda azalmalar meydana gelmiştir. Sanayi tesisleri kurulduğunda yer tercihi, hava kirliliğinin olumsuz etkilerini arttıran diğer bir yanlış uygulamadır.

## Atmosferi Kirleten Maddeler

Temiz havanın çok açık bir tanımı bulunmamakla birlikte atmosfer havasının bileşiminde yabancı gazların bulunmadığı hava olarak ifade edilebilir. Çizelge 2.1’de deniz seviyesindeki temiz havanın bileşimi görülmektedir. Temiz havanın bileşiminde bulunmayan ve hava içerisinde kabul edilebilir sınırı aşan maddelere hava kirletici maddeler denir. Bu kirletici unsurların fazlalaşması ile hava, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeye başlar. Temiz havanın bileşiminde bulunan ve bulunmayan gazlarla partiküllerin, belirli bir konsantrasyon değerinin üzerine çıkması halinde hava kirliliği meydana gelmektedir. Kirleticiler, atmosferde bulunma durumuna bağlı olarak birincil ve ikincil kirleticiler olarak iki gruba ayrılırlar. Birincil kirleticiler, kaynaktan atmosfere doğrudan aktarılan kirleticiler, ikincil kirleticiler ise atmosferde havası bileşiminde bulunan doğal bileşenler ile birincil kirleticiler ve meteorolojik parametreler yardımıyla meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşan kirleticiler olmaktadır. Hava kirliliği emisyon çalışmalarında,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  veya ppm (parts per million) konsantrasyon birimleri kullanılır. Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda bir birimlik kısmına 1 ppm denir ve konsantrasyon birimi olarak bilinir.  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 1 mili gram kirletici/1  $\text{m}^3$  havayı, ppm; 1 birim kirletici/10<sup>6</sup> birim havayı ifade eder.

Çizelge 2.1. Deniz seviyesindeki temiz hava bileşimi [2].

Bileşenler	Kimyasal Formül	Konsantrasyonlar	
		% v/v	ppmv
Daimi Bileşenler			
Azot	N <sub>2</sub>	78,084	
Oksijen	O <sub>2</sub>	20,946	
Argon	Ar	0,934	
Neon	Ne		18,2
Helyum	He		5,2
Kripton	Kr		1,1
Hidrojen	H <sub>2</sub>		0,5
Nitrozoksit	N <sub>2</sub> O		0,3
Ksenon	Xe		0,09
Değişken Gazlar			
Subuharı	H <sub>2</sub> O	0,01-7	
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	0,035	350
Metan	CH <sub>4</sub>		1,5
Karbonmonoksit	CO		0,1
Ozon	O <sub>3</sub>		0,02
Amonyak	NH <sub>3</sub>		0,01
Azotdiosit	NO <sub>2</sub>		0,001
Kükürtdioksit	SO <sub>2</sub>		0,0002

Çizelge 2.2. Dünya atmosferindeki değişik gazların kütleleri [2].

Gaz	Trilyon ton	Gaz	Trilyon ton
Azot (N <sub>2</sub> )	3900	Ozon (O <sub>3</sub> )	0.003
Oksijen (O <sub>2</sub> )	1200	Ksenon (Xe)	0.002
Argon (Ar)	67	Diazot monoksit (N <sub>2</sub> O)	0.002
Su Buharı (H <sub>2</sub> O)	14	Karbonmonoksit (CO)	0.0006
K.dioksit (CO <sub>2</sub> )	2.5	Hidrojen (H <sub>2</sub> )	0.0002
Neon (Ne)	0.065	Amonyak (NH <sub>3</sub> )	0.00002
Kripton (Kr)	0.017	Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	0.000013
Metan (CH <sub>4</sub> )	0.004	Azotmonoksit (NO)	0.000005
Helyum (He)	0.004	Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> )	0.000002
Hidrojen Sülfür (H <sub>2</sub> S)	0.000001		

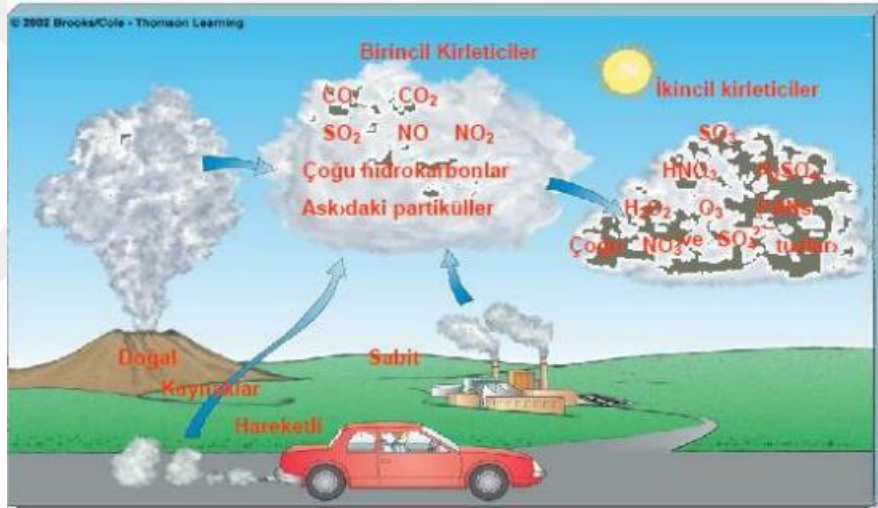
Çizelge 2.3. Troposfer tabakasındaki gazın bileşimi [11].

Gaz	Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (% hacim)
Azot (N <sub>2</sub> )	780.900	78.09
Oksijen (O <sub>2</sub> )	209.500	20.95
Argon (Ar)	9.300	0.93
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	320	0.032
Neon (Ne)	18	0.0018
Helyum (He)	5.2	0.00052
Metan (CH <sub>4</sub> )	1.5	0.00015
Kripton (Kr)	1.0	0.0001
Hidrojen (H <sub>2</sub> )	0.5	0.00005
Ozon (O <sub>3</sub> )	0.02	0.000002
Ksenon (Xe)	0.08	0.000008
Diazotmonoksit (N <sub>2</sub> O)	0.2	0.00002
Karbonmonoksit (CO)	0.1	0.00001
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	0.001	0.0000001
Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	0.001	0.0000001
Azotmonoksit (NO)	0.0006	0.00000006
Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> )	0.0002	0.00000002
Hidrojen Sülfür (H <sub>2</sub> S)	0.0002	0.00000002

Hava kirliliğini ve kontrolünü belirlemek için atılacak ilk adım, Çizelge 2.2’de görülen atmosferin bileşim ve yapısını bilmekle başlar. Bu gazlar, atmosferin dört temel katmanı olan troposfer, stratosfer, mezosfer ve termosferde farklı değer ve miktarlarda bulunabilmektedir. Canlıların çoğunluğunu içinde barındıran tabaka olan troposfer, hava kirlilik kontrolü bakımından en önemli tabakadır. İhtiyaç duyduğumuz ve solumak zorunda olduğumuz havanın bulunduğu troposfer tabakası,

hacimsel olarak %78.09 Azot, % 20.95 Oksijen, %1 Argon, % 0.03 Karbondioksit ve diğer gazlar oluşmaktadır. (Çizelge 2.3).

Hava kirletici maddeler, gazlar ve partiküller olmak üzere iki gruba ayrılır. Genel olarak bu kirleticiler, kükürdioksit, azotoksit, hidrokarbon, karbon monoksit ve karbondioksit gibi gazlardan ve duman, metalik duman, uçucu kül, mist, aerosoller gibi tozlardan oluşmaktadır. Kaynaktan doğrudan çıkarak havayı kirleten bileşenler ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ) bunlara birincil kirleticiler, atmosferde bazı reaksiyonlar sonucu birincil kirleticilerden türeyen kirleticilere de ikincil kirleticiler denir (Şekil 2.1). Bunlara  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ , PAN (Peroksiasitil nitrat), asitler, aldehitler gibi maddeler örnek verilebilir [11].



Şekil 2.1. Atmosferi kirleten kaynaklarının şematik görünümü.

Genel olarak hava kirliliğine neden olan beş önemli birincil kirletici vardır. Bunlar, hava kirliliğine neden olan kirleticilerin yaklaşık % 90'nını oluşturmaktadır.

Önemli birincil kirleticiler;

1. Karbonmonoksit ( $\text{CO}$ )
2. Kükürtoksitleri ( $\text{SO}_x$ )
3. Azotoksitleri ( $\text{NO}_x$ )
4. Hidrokarbonlar ( $\text{HC}$ )
5. Partiküler Madde ( $\text{PM}_{10}$ )

### Kükürtoksitler (SO<sub>x</sub>)

Kükürtoksit kirleticileri, bileşiminde kükürt bulunan petrol, kömür gibi katı ve sıvı yakıtların yanması sonucu oluşan kirleticilerdir. Kükürtoksitler, en çok bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir kirleticidir. Atmosfer havasına karıştıktan sonra atmosferde kalıcılık süresi kırk günü bulabilmektedir. Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), havaya karışan kükürt oksitler içerisinde en önemli paya sahiptir. Kükürtdioksit, özellikle katı ve sıvı yakıtların bileşiminde bulunan kükürdün yanması sonucu açığa çıkan, renksiz, yanmayan ve parlamayan bir gazdır. Hava kirliliği ile ilgili yönetmeliklerdeki standartlar, havaya karışan kükürt dioksit miktarına göre belirlenmektedir [2,10].

### Azotoksitler (NO<sub>x</sub>)

Azotoksitler, havaya karışan en önemli kirletici gazlardan, renksiz, kokusuz bir gaz olup, 1200 °C ve üzeri yüksek sıcaklık altında yanma işlemi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yanma odasında yanma prosesi sürecinde yakma havası bileşimindeki azot ve oksijenin kimyasal reaksiyona girmesi sonucunda yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan azotmonoksit ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan azotdioksit gazlarının toplamından oluşur. Bundan dolayı atmosfer havasına karışan azotoksit, azotmonoksit ve azotdioksitin atmosferik konsantrasyonlarının birleşik değeri ile ifade edilir. Genel olarak azotoksit kaynakları; egzoz gazları, fosil kökenli yakıtların yakılması sonucunda oluşan emisyon ve organik maddeler olarak sıralanabilir. Atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık bir gündür [2,10].

### Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit, mol ağırlığı havanın mol ağırlığına yakın bir gaz olup, renksiz ve kokusuz bir gaz kirleticidir. Kaynaklandığı nokta etrafında homejen dağılmaması, renksiz ve kokusuz olması nedeniyle bulunduğu ortamda varlığı fark edilemez. Fosil yakıtların yakılması, egzoz gazları, orman yangınları genel kaynakları arasında yer alır. Karbonmonoksit, yanma ortamındaki oksijen eksikliği, yanma ortamının tutuşma sıcaklığı düşük olması gibi eksik yanma sonucunda karbondioksit yerine

açığa çıkmaktadır. Atmosferde kolay kolay yokolmaz, atmosferdeki kalıcılık süresi 2- 4 ay arasında değişebilmektedir [2,9,10].

### Hidrokarbonlar (HC)

Daha çok fosil yakıt kökenli katı, sıvı ve gaz yakıtların tam yanma olayının gerçekleşmemesi sonucunda atmosfere bacalardan ve egzozlardan yanmamış yakıt bileşenlerinden oluşan ve hidrokarbon olarak adlandırılan kirleticiler salınır. Hidrokarbonlar, karbon ve hidrojen bileşiği olup organik bir yapıya sahiptir. Çoğunlukla gaz halinde bulunmakla birlikte buhar fazında da bulunabilmektedirler. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi net olarak bilinmemektedir [2,10].

### Partiküler Madde (PM)

Partiküler madde, standart şartlarda atmosferde katı veya sıvı fazda asılı olarak bulunan, 0.1 ile 100 µ arasında değişen boyutlardaki maddeler olarak tanımlanabilir. Partiküller, toz, duman, sis olarak sınıflandırılan, hava kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahip olan kirleticilerdir. Yapılan araştırmalar, orman yangınları sonucunda oluşan partiküler madde emisyonlarının oranı, atmosfere salınan tüm emisyonlar içerisinde %25, kömür yanması sonucunda oluşan partiküler madde emisyon oranının ise %29 olduğunu göstermiştir. Isınma amaçlı yakılan kömür, havadaki partiküler madde miktarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır [2,10].

### Kirletici Parametrelerin İnsan Sağlığı ve Çevreye Etkileri

Şehirlerde artan nüfus ile birlikte artan hava kirliliğine bağlı sağlık problemlerinde önemli ölçüde artış görülmektedir. Hava kirleticileri düşük konsantrasyon oranlarında olmasına rağmen kanserojen etkileri daha büyük olan bileşikler içermesi nedeniyle insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirleticilerin insan sağlığına etkilerinin başında akciğer kanseri, bronşit, eklem romatizması, raşitizm ve çeşitli kalp hastalıkları gibi tehlikeli hastalıklar gelmektedir. Bunların yanı sıra göz yanmaları, görme bulanıklığı, nefes darlığı, iştahsızlık, kan



zehirlenmesi gibi rahatsızlıklara da sebep olabilmektedir. Solunan havanın bileşiminde bulunan zararlı emisyon tozlarının insan vücudunda birikmesiyle iştahsızlık başlar ve bunun sonucunda vücut direnci zayıflayarak hastalık belirtilerinin ortaya çıkması hızlanır. Çeşitli tozların terle bileşmesiyle deri dokusunun üzerindeki deri solunum gözenekleri kapanır ve deri solunumu engellendiğinden vücutta solunum güçlüğü başlar. Solunum güçlüğü çeken insanlarda aşırı derecede yorgunluk ve ihtiyarlama belirtileri görülür. Ayrıca solunan havanın bileşiminde bulunan zehirli maddeler, solunum yoluyla vücuda girmesi sonucunda kana karışır ve kan zehirlenmesine neden olur. Hava kirliliğine neden olan maddelerin çeşitli yollarla insan vücudunu etkilemesiyle insanlarda sinirsel ve ruhsal bozukluklar da meydana gelir. Atmosfer havasına karışan kükürtdioksit ve azotoksitler, asit zerreciklerinin oluşumuna yardımcı olurlar. Atmosferde oluşan nitrik ve sülfürik asitler, atmosfer havası içerisinde asılı bulunan partiküler maddenin üzerine yapışarak, bu partiküllerin solunmasıyla bu asitler doğrudan akciğerlere kadar gidebilmektedir. Akciğerlere kadar ulaşan bu asitli partiküller, akciğerdeki alveolleri etkileyerek kana karışır ve kan hastalıklarına neden olabilir [10].

Atmosfere salınan karbondioksitin atmosferdeki dönüşüm ürünleri olan sülfid ( $SO_3$ ) ve sülfatlar ( $SO_4$ ) yayılma yoluyla toz taneciklerine dönüşerek kendi aralarında veya başka taneciklerle birleşerek büyür ve çökelirler. Karbondioksit, atmosferin çok yüksek tabakalarına kadar çıkarak rüzgarın etkisiyle çok uzaklara taşınabilmektedir. Bu süreçte karbondioksit, hava bileşiminde bulunan nem veya su zerrecikleri ile kimyasal reaksiyona girerek asit oluşumuna neden olur. Karbondioksit, ilk önce sülfüroz aside dönüşür ( $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$ ), daha sonra da tehlikeli bir asit olan sülfürik aside dönüşmektedir ( $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ ). Bu dönüşümler, asit yağmurlarının oluşumunda önemli bir etkidir [10].

Havanın bileşiminde bulunan karbondioksit ve partiküler madde seviyelerindeki artış, akciğer fonksiyonunun bozulmasına, bu fonksiyon bozukluğuna bağlı ölüme neden olabilmektedir. Hava kirleten gazlar içerisinde, canlılara verdiği zarar bakımından karbondioksit gazı ilk sırada yer almaktadır. Atmosfer havası bileşiminde bulunan kükürt bileşikleri, yüksek konsantrasyonlarda solunduğu zaman kükürtdioksitin büyük bir kısmı üst solunum yollarında tutularak bronşit ve diğer akciğer

hastalıklarının başlamasına neden olur. Solunan hava bileşiminde bulunan karbondioksit teneffüs edildiğinde akciğerlerde bulunan nem ile birleşerek sülfüroz aside ve daha sonrasında ise sülfürük aside dönüşmektedir. Bu asitler, solunum yollarını tahriş ederek solunum yolu ve solunum organları hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olur. Solunan hava içerisinde bulunan karbondioksit gazının konsantrasyonu ve maruz kalma süresine bağlı olarak solunum organlarına verdiği zararın derecesi insanın ölümüne bile sebep olabilmektedir [10].

Bileşiminde karbonmonoksit bulunan hava solunduğunda, hava içerisindeki oksijen taşıma kapasitesi azalır. Bu durum, kanda taşınan oksijen miktarını engelleyerek kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana getirmek suretiyle insan sağlığını olumsuz etkiler. Karbonmonoksit, kana karışıp hemoglobine bağlandığı zaman kandaki oksijenin yerini alır. Bunun sonucunda, kalp ve sinirsel davranış problemleri ortaya çıkmaktadır. Karbonmonoksit, zehirleyici bir gaz olduğundan dolayı vücuda solunum yoluyla girip kana karıştığında, kandaki alyuvarlar tarafından absorbe edilir ve kan oluşum mekanizması bozar. Karbonmonoksit içeren havanın çok az miktarda solunması bile baş dönmesi, bulantı ve görmede bulanıklık meydana getirir ve çok miktarda solunduğunda ise öldürücü etki gösterebilmektedir [10]. Çizelge 2.4'te kirlenici parametrelerin sağlığa etkileri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kirlenici parametrelerin sağlığa etkileri.

<b>Kirlenici</b>	<b>Ana Kaynağı</b>	<b>Sağlık Etkisi</b>
Kükürtdioksit	Fosil yakıt yanması	Solunum yolu hastalıkları
Azotoksitler	Taşıt emisyonları, Yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, asit yağmurları
Partikül Madde	Sanayi, yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, kalp problemleri, solunum yolu hastalıkları, bebek ölüm oranlarında artış
Karbonmonoksit	Eksik yanma ürünü, taşıt emisyonları	Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşıma kapasitesinde azalma, ölüm
Ozon	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin(VOC) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, göz ve burunda iritasyon, astım, vücut direncinde azalma

## 2.1. HAVA KALİTESİ VE İLGİLİ YÖNETMELİKLER

Hava kalitesi, canlılara ve çevreye etki eden hava kirliliğinin bir göstergesidir. Hava kalite standartlarının amacı, her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan hava kirleticileri kontrol altına alarak canlılara ve çevreye zararlı olacak seviyeye ulaşan konsantrasyonlardan korumaktır.

Ülkemizde, diğer tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi hava kalitesinin iyileştirilebilmesi için çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bunlardan bazıları sanayi, ısınma ve trafik kaynaklı kirleticileri kontrolüne yönelik, bir kısmı da solunan havanın kalitesine yöneliktir düzenlemelerdir. Hava kirliliğinin kontrolüne yönelik düzenlemeler ile hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için belirlenmiş hava kalitesi hedeflerini sağlamak amaçlanmaktadır.

Katı, sıvı ve gaz kirleticilerin atmosfer havasına karışmasından dolayı ortam hava kalitesinin ne olması gerektiği ulusal ve uluslararası standartlarda belirtilmiştir. Gelişmiş ülkeler tarafından kabul görmüş bu standart hava kirliliği değerleri ülkemizde de kabul edilmiştir. Ülkemizde, hava kalitesi ile ilgili çalışmalar, 2008 yılına kadar 02.11.1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. 2008 yılından itibaren ise hava kalitesi yönetimine ilişkin usul ve esaslar Avrupa Birliği çevre mevzuatıyla tam uyumlu olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDY) ile belirlenmektedir. HKDY Yönetmeliği yürürlüğe girmesiyle birlikte HKKY Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır. HKDY Yönetmeliğinin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır. Bu Yönetmelik ile temel olarak 13 kirleticiye (SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, ....) dair, insan sağlığı ve çevrenin korunabilmesi için sağlanması gerekli olan limit değerler belirlenmiştir.

Nihai olarak AB ülkelerindeki hava kalitesi değerlerine ulaşılması hedeflenen bu Yönetmelikte; 2014 yılına kadar mevcut hava kalitesi sınır değerlerinin kademeli olarak azaltılması; 2014 yılından itibaren de tedbir alma yükümlülükleriyle beraber yine kademeli olarak ana hedefin yakalanması öngörülmektedir [14].

İnsan sağlığı ve çevrenin korunabilmesini teminen ülkemizde hava kalitesi sınır değerleri her yıl azalmakta dolayısıyla mevcut hava kalitesinin iyileştirilmesi için atılması gerekli adımların önemi her geçen yıl daha da artmaktadır. Mevzuatımıza göre bir alanda, öncelikle hava kalitesinin mevcut durumu tespit edilmeli, iyileştirme gerekiyor ise kirliliğin boyutuna göre yerel ölçekte temiz hava ve eylem planları geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Çizelge 2.5'te 2009-2014 yılları Çizelge 2.6'da ise 2013-2019 yıllarına ait HKDY Yönetmeliği EK-I A geçiş dönemi uzun ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım değerleri, Çizelge 2.7'de ise 2012 yılı Avrupa Birliği- Türkiye limit değerleri karşılaştırma tablosu verilmiştir [14].

Çizelge 2.5. HKDY Yönetmeliği EK-I A, 2009-2014 yılları geçiş dönemi uzun ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım değerleri [14].

	Ortalama süre	2008 Yılı Sınır değer [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] [CO mg/m <sup>3</sup> ]	Sınır değerinin yıllık azaltımı	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Uyarı Eşiği
Kükürtdioksit SO <sub>2</sub>	Saatlik	900	Azaltım öngörülmemiştir.						HKDY Yönetmeliği EK-I (AB Limit değerleri + tolerans payı)	İlk seviye: 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ İkinci seviye: 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Üçüncü seviye: 1.100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Dördüncü seviye: 1.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır.)
	KVS	400	Sınır değer 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	370	340	310	<b>280</b>	250		
	UVS Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart)	250	Sınır değer 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	225	200	175	<b>150</b>	125		
	Hedef Sınır Değer (Yıllık Aritmetik Ortalama)	60	Azaltım öngörülmemiştir.							
	Hedef Sınır Değer (Kış Sezonu Ort.)	120	Azaltım öngörülmemiştir.							
	UVS	150	Azaltım öngörülmemiştir.							
	UVS	60	Sınır değer 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	52	44	36	<b>28</b>	20		
Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	KVS	300	Azaltım öngörülmemiştir.							
	UVS	100	Sınır değer 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	92	84	76	<b>68</b>	60		
Partikül Madde (PM <sub>10</sub> )	KVS	300	Sınır değer 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	260	220	180	<b>140</b>	100		İlk seviye: 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ İkinci seviye: 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Üçüncü seviye: 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Dördüncü seviye: 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır.)
	UVS- kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart)	200	Sınır değer 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	178	156	134	<b>112</b>	90		
	UVS	150	Sınır değer 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	132	114	96	<b>78</b>	60		
Kurşun (Pb)	UVS	2	Sınır değer 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olana kadar yıllık eşit azaltım	1,8	1,6	1,4	<b>1,2</b>	1		
Karbonmonoksit (CO)	KVS	30	Sınır değer 10 mg/m <sup>3</sup> olana kadar yıllık eşit azaltım	26	22	18	<b>14</b>	10		
	UVS	10	Azaltım öngörülmemiştir.							

Çizelge 2.6. HKDY Yönetmeliği EK-I A, 2013-2019 yılları geçiş dönemi uzun ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım değerleri [14].

Kirlenici	Ortalama süre	SINIR DEĞER $\mu\text{g}/\text{m}^3$							UYARI EŞİĞİ
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
SO <sub>2</sub>	Saatlik - insan sağlığının korunması için-	500	500	470	440	410	380	350	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölgede" veya en azından 100 km <sup>2</sup> 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	24 saatlik - insan sağlığının korunması için-	250	250	225	200	175	150	125	
	yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Mart'a kadar) - ekosistemin korunması-	20	20	20	20	20	20	20	
NO <sub>2</sub>	saatlik - insan sağlığının korunması için-	---	300	290	280	270	260	250	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km <sup>2</sup> 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	yıllık - insan sağlığının korunması için-	60	60	56	52	48	44	40	
NO <sub>x</sub>	yıllık - vejetasyonun korunması için-	---	30	30	30	30	30	30	---
PM <sub>10</sub>	24 saatlik - insan sağlığının korunması için-	100	100	90	80	70	60	50	---
	yıllık - insan sağlığının korunması için-	60	60	56	52	48	44	40	
Pb	yıllık - insan sağlığının korunması için-	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	---
Benzen	yıllık - insan sağlığının korunması için-	10	10	10	10	9	8	7	---
CO	maksimum günlük 8 saatlik ortalama - insan sağlığının korunması için-	16	16	14	12	10	10	10	---

\*Arsenik(As), Kadmiyum(Cd), Nikel(Ni) ve Benzo(a)piren kirlenicileri için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde hedef değerler ve hedef değere ulaşılacak tarih bulunmaktadır.

\* Ozon(O<sub>3</sub>) kirlenicisi için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde bilgilendirme ve uyarı eşiği ile hedef değer ve uzun vadeli hedef bulunmaktadır.

Çizelge 2.7. 2012 yılı Avrupa Birliği-Türkiye limit değerlerinin karşılaştırılması [14].

KİRLLETİCİ	Avrupa Birliği-Limit Değerleri			Türkiye Limit Değerleri	
	Süre	Limit Değer (µg/m <sup>3</sup> )	Aşma Sayısı	Süre	Sınır Değer (µg/m <sup>3</sup> )
SO <sub>2</sub>	saat	350	24 kez/yıl	saat	900
	24 saat	125	3 kez/yıl	24 saat	280
	kış dönemi	20 (ekosistem)	-	kış dönemi	250
	yıl	20 (ekosistem)	-	yıl	150 (insan sağlığı) 28 (ekosistem)
NO <sub>2</sub>	saat	200	18 kez/yıl	24 saat	300
	yıl	40	-	yıl	68
NO <sub>x</sub>	yıl	30 (ekosistem)	-	-	-
PM <sub>10</sub>	24 saat	50	35 kez/yıl	24 saat	140
	yıl	40	-	yıl	78
Pb	yıl	0.5	-	yıl	1,2
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	yıl	5	-	-	-
CO	8 saat	10.000	-	24 saat	14.000
O <sub>3</sub>	8 saat	120 (hedef değer)	25 gün/yıl	-	-
	saat	180 (bilgi eşiği) 240 (uyarı eşiği)	-	-	-

## 2.2. HAVA KALİTESİ İNDEKSİ

Hava kirliliği, yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de önemli bir etkiye sahiptir. Canlı hayatı üzerinde önemli etkileri olması nedeniyle, hava kalitesi konusuna bir çok ülke büyük önem vermektedir. Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji belirlemek için, bilimsel topluluk ve ilgili otoritenin her ikisi de atmosferik kirlenici konsantrasyonlarını izlemek ve analiz etmek konusuna odaklanmışlardır. Otoritelerin hava kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi konusunda sorumluluklarının yanı sıra, halk sağlığını doğrudan etki eden bir konu olması sebebiyle, kamuoyuna iletişim araçları vasıtasıyla hava kirliliği güncel bilgilerini sunması da sorumlulukları arasındadır. Ancak farklı kirlenicilere ait ölçümleri anlamak bu konuda çalışan bir bilim insanı için mümkün olsa bile genel halk ve yerel

otoriteler için oldukça zor olmaktadır. Bu sebeple, hava kirliliğinin/hava kalitesinin durumunu kamuoyuna açıklarken halkın kolayca anlayabileceği bir sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan, Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) denilen bu sınıflama sistemi ile havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şeklinde derecelendirme yapılmaktadır. Dünyanın pek çok ülkesinde indeks hesaplanmasında kullanılan yöntem ve kriterler, kendi ülkelerinde uygulanan hava kalitesi standartlarına uygun şekilde oluşturulmuştur [14].

Ülkelerin hava kalitesinin iyileştirilmesi konularındaki başarıları, yerel ve ulusal hava kirliliği problemleri ve kirlilik azaltmadaki gelişmeler konusunda doğru bir şekilde bilgilendirilmiş bireylerin desteğine bağlıdır. Herhangi bir yerdeki kirletici seviyelerini belirlemek için uygun bir yöntemin geliştirilmesi önemlidir. Bu yöntem, vatandaşın hava kirliliği düzeyi hakkında daha doğru ve anlaşılabilir bir biçimde bilgi sağlarken, aynı zamanda ilgili kurumların toplum sağlığını korumak için önlem almalarını gerekli kılmaktadır [14].

Belirlenen standart değerler, gerek uyarıcı ve anlaşılabilir olması gerekse de kullanımı açısından yaygın olarak bir indekse çevrilerek sunulabilmektedir. Belli bir yerdeki hava kalitesinin karakterize etmede ülkelerin kendi sınır değerlerine dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılmasının yapıldığı bu indeks Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) olarak tanımlanmaktadır. İndeks belirli kategorilerde farklı tanım ve renkler kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirletici için ayrı ayrı düzenlenmektedir [14].

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksini ulusal mevzuat ve sınır değerlerine adapte ederek geliştirilmiştir (Çizelge 2.8). EPA'nın tanımına göre de HKİ günlük hava kalitesi için bir indekstir. EPA mevzuatta belirtilen 5 temel kirletici değerlerini toplayıp ortak bir değerlendirme yaptıktan sonra hava kalitesi indeksini; i) partiküler madde, ii) karbonmonoksit, iii) kükürtdioksit, iv) azotdioksit ve v) ozon olarak belirlemektedir. Ulusal hava kalite indeksi Çizelge 2.9'da görülmektedir [14].



Çizelge 2.8. EPA hava kalitesi indeksi [14].

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
<i>Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..</i>	<i>..hava kalitesi koşulları..</i>	<i>..bu renkler ile sembolize edilir..</i>	<i>..ve renkler bu anlama gelir.</i>
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıda insan için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Çizelge 2.9. Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları [14].

İndeks	HKİ	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120 <sup>L</sup>	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100 <sup>L</sup>
Hassas	101 – 150	251-500 <sup>L</sup>	201-500	10001-16000 <sup>L</sup>	161-180 <sup>B</sup>	101-260 <sup>U</sup>
Sağlıksız	151 – 200	501-850 <sup>U</sup>	501-1000	16001-24000	181-240 <sup>U</sup>	261-400 <sup>U</sup>
Kötü	201 – 300	851-1100 <sup>U</sup>	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520 <sup>U</sup>
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

L: Limit Değer  
B: Bilgi Eşiği  
U: Uyarı Eşiği

Çizelge 2.9'dan da görülebileceği gibi hava kalitesi indeksi, hava kalitesinin ölçüldüğü bölgelerde; iyi, orta, sağlıksız, kötü veya zararlı şeklinde bilgiler vermektedir. Şekil 2.2'den de görülebileceği gibi ulusal hava kalitesi izleme şebekesi üzerinden anlık olarak herkesin görebileceği ve anlayabileceği bir biçimde her ildeki hava kalitesi indeks görüntüsü alınabilmektedir. Hava kalitesi indeksi, farklı hava kalitesi ile birlikte genel halk sağlığı üzerine etkisini, hava kirliliği seviyesini,

sağlıksız seviyeye yükseldiğinde alınması gereken kademeleri de belirlemektedir. Hava kalitesi indeksi, insanın sağlığını hava kirliliğinden nasıl koruması gerektiği konusunda kişilere yol gösterir. İndeks değeri arttıkça hava kirliliği oranı da artmaktadır. Bu değer, 100'ün üzerinde olduğu zaman hava kalitesinin sağlık açısından kötü, 300'ün üzerinde olduğunda ise hava kalitesinin sağlık açısından artık zararlı olduğu anlamı çıkarılır [14]. Bu ifadeler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

İyi: Hava kalitesi indeksinin 0-50 aralığında bir değerde olduğu durumu göstermektedir. Sağlık açısından durumun iyi olduğunu ve hava kirliliği etkisinin küçük olduğu bilinir.

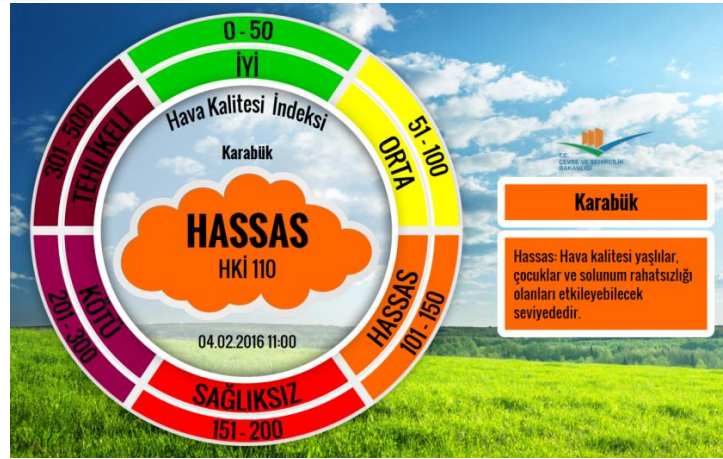
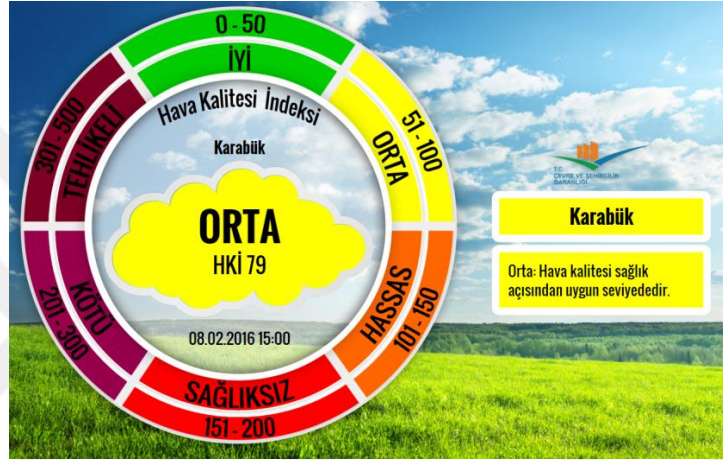
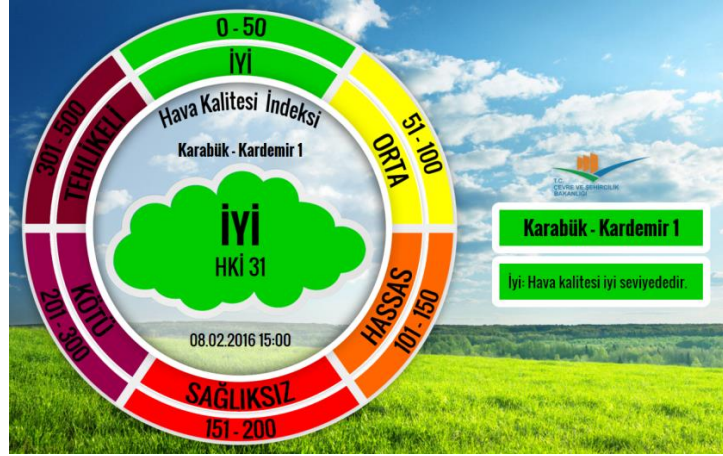
Orta: Hava kalitesi indeksinin 51-100 aralığında bir değerde olduğu durumu göstermektedir. Hava kalitesinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer aldığını ifade eder. Hassas insanlarda bazı kirlleticilerin olumsuz etki göstermesi nedeniyle ozona karşı oldukça hassas olan kişilerde solunum rahatsızlığı belirtileri görülebilir.

Hassas: Hava kalitesi indeksinin 101-150 aralığında olduğu durumu ifade eder. Akciğer hastası gibi hassas kişilerin sağlıkları risk altında olup olumsuz etkileri açık bir biçimde görülür. Genel olarak sağlıklı kişiler, bu aralıkta önemli bir etki altında olmazlar.

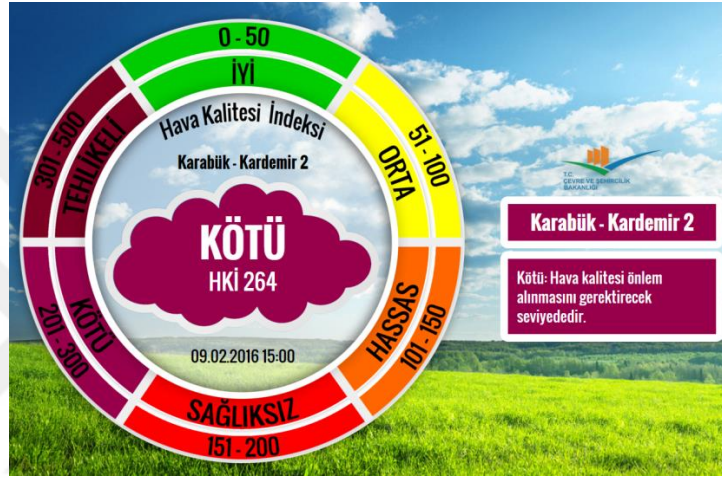
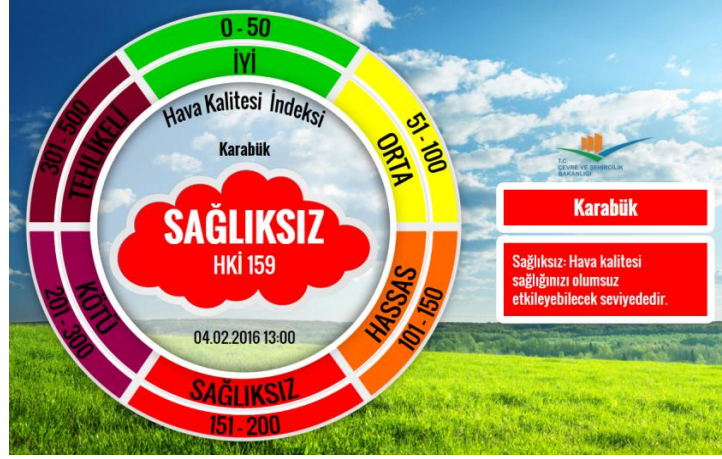
Sağlıksız: Hava kalitesi indeksinin 151-200 aralığında olduğu durumu ifade eder. Sağlıklı bir kişide bile sağlık problemlerinin görülmeye başladığı aralıktır. Hava kalitesi indeksinin bu aralığında, hassas kişilerde ciddi sağlık sorunlarının başlaması muhtemeldir.

Kötü: Hava kalitesi indeksinin 201-300 arasında olduğu durumu ifade eder. Hava kalitesi indeksinin bu aralıkta olması, insan sağlığı açısından alarm durumunu gösterir. Sağlığı yerinde bir kişide ciddi sağlık problemleri görülebildiği aralıktır.

Tehlikeli: Hava kalitesi indeksinin 300'ü aştığı durumu ifade eder. Bu durumda acil sağlık ikazları başlar. Bu ortama maruz kalan tüm gruplar olumsuz yönde etkilendiğinden kişilerin risk altında olduğu aralıktır.



Şekil 2.2. Ulusal hava kalitesi ağından görüntülenebilen hava kalitesi indeksi [14].



Şekil 2.2. (devam ediyor).

### 2.3. HAVA KALİTESİNİN İZLENMESİ

Artan popülasyon ve sanayileşmenin bir sonucu olarak hava kirliliği en önemli çevre sorunlarından birisidir. Yaşadığımız coğrafyada hava kirliliği genel olarak ısınma, sanayi ve motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, büyük şehirlerde çarpık kentleşme, topografik yapı, atmosferik ve meteorolojik şartlar, bina ve nüfus sıklığı gibi etkenler hava kirliliğinin artmasında önemli etkilere sahiptir. Kirletici konsantrasyonunun sınır değerlerini geçtiği durumlarda, kirleticilerin canlılar ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri başlar. Canlıların ve çevrenin olumsuz yönde etkilenmemesi için en kısa sürede kirlilik seviyesinin belirlenerek eyleme geçilmesi gereklidir. Bundan dolayı hava kalitesinin doğru bir şekilde belirlenmesi önemli olup, bunun için yapılabilecekler aşağıda sıralanmıştır.

1. Konu ile ilgili mevzuat ve yönetimin geliştirilmesi,
2. Kişilerin sağlıklı bir ortamda yaşamlarını sürdürebilmeleri gerekli tedbirlerin alınması,
3. İnsanların bilgilendirilmesi,
4. Avrupa Birliği Hava Kalitesi Direktiflerinde belirtilen yükümlülüklerin yerine getirilebilmesi,
5. Düzenli ve güvenilir ölçümlerin yapılabilmesi.

### Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı

Hava kirliliği ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılması, tüm şehirlerimizde konu ile ilgili yasal politikaların geliştirilmesi gerekir. Bu politikalar kapsamında şehirlerin hava kalitesinin bir önceki yılın değerlerinden daha iyi seviyelere getirilebilmek için, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlara ek olarak, çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından kurulan istasyonların Bakanlığa devri, 2014 ve 2015 yıllarında kurulan 20 yeni istasyon ile Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı toplamda 195 sabit ve 4 adet mobil istasyona genişletilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait olan 4 tane hareketli hava kalitesi ölçüm aracı da sisteme entegre durumda olup, kirlilik problemi yaşanan bölgelerde belirli bir süre ölçüm yaparak, mevcut hava kalitesi durumunun raporlanması amacıyla kullanılmaktadır.

Bu ölçüm istasyonlarının tümünde kükürdioksit (SO<sub>2</sub>) ve Partikül Madde (PM<sub>10</sub>) parametreleri bazılarında ek olarak Azotoksitler (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), Karbonmonoksit (CO) ve Ozon (O<sub>3</sub>) da tam otomatik olarak ölçülmektedir. Ölçüm istasyonlarında toplanan ölçüm verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait özel bir ağ (VPN) üzerinden GSM modemler aracılığıyla Bakanlık Çevre Referans Laboratuvarı Veri İşletim Merkezine aktararak izlenmekte ve [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinde eşzamanlı olarak yayınlanmaktadır. Saatlik ortalamalar şeklinde istasyonlardan alınan veriler incelenerek doğrulama çalışmaları yapılmakta olup söz konusu verilerle aylık ve yıllık raporlar hazırlanarak yayınlanmaktadır. Kirleticilerden insanların olumsuz yönde etkilenmemesi için en kısa sürede kirlilik seviyesinin belirlenerek eyleme geçilmesi büyük önem taşımaktadır. Sağlıklı çözümler

üretebilmek için sağlıklı ölçümler yapmak gerekir; bu da ancak tam otomatik cihazlarla, sürekli olarak hava kalitesinin izlenmesi ile mümkündür [14].

### Karabük'te Hava Kirliliğine Karşı Alınan Önlemler

Ülkemizde özellikle kış aylarında şehir merkezlerinde meteorolojik faktörlerin etkisiyle hava kirliliği önemli bir problem haline gelmektedir. Kış aylarında etkili olan hava kirliliğine, düzensiz ve hızlı kentleşme, düşük kaliteli yakıt kullanımı, taşıt trafiğinin yoğunlaşması, sanayi bölgelerinin şehirlerle iç içe olması, endüstriyel gaz atıkları için filtre sisteminin benimsenmemiş olması gibi etkenler neden olmaktadır. Şehirleşmenin neden olduğu hava kirliliği özellikle ısıtma sistemleri, yakma tekniği ve yakıt kalitesinden kaynaklanmakta diğer yandan nüfus patlaması, yanlış yerleşim, aşırı taşıt gibi etkenler bu kirliliği hızlandırmaktadır. Hava kirliliğinin kış aylarında belirli bölgelerimizde HKDY yönetmeliğinde belirtilen sınır değerleri aşması, kirliliğin insan yaşamını tehdit edecek duruma geldiğini göstermektedir. Hava kirliliğinin etkisini azaltabilmek için yönetmelikte kısa dönemde alınabilecek önlemler ve uzun dönemde uygulanacak önlemler öngörülmüştür. Kısa dönemde kirletici kaynakların denetimi ve kontrol altına alınması, havayı kirletmesi bakımından temiz yakıtların kullanımının sağlanması yönünde adımlar atılmıştır. Uzun dönemde ise daha az kirlilik oluşturacak teknolojilerin geliştirilmesi, temiz yakıt kullanımının özendirilmesi ve yakıtlara uygun daha yüksek verimli yeni yakma sistemlerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

Özellikle büyük şehirlerde kükürt içerikli kömür ve fuel-oil yerine çevre dostu ve kömüre göre havayı kirletme oranı oldukça düşük olan doğalgaz alternatif yakıt olarak kullanılmaya başlanmış, bu konuda olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Çizelge 2.10'da doğalgazın kömür ve fuel-oil ile karşılaştırılması görülmektedir. Kömür ve fuel-oilin yakılması sonucu ortaya çıkan kükürdioksit, doğalgazın bileşiminde kükürt bulunmadığından dolayı doğalgazın yanmasında ortaya çıkmaz.

Doğalgaz çevreyi kirletmeyen bir yakıt olup, ısınmada kullanılan kömür ve fuel-oil gibi diğer yakıtlara göre emisyon değerleri oldukça düşüktür. Havayı kirleten üç ana faktör kükürdioksit ve is doğalgaz dumanı içerisinde bulunmamakta, PM ise yok



denilecek düzeyde olmaktadır. Bu avantajlarından dolayı ısınma amaçlı doğalgaz kullanımını hava kalitesi açısından da oldukça önemli bir konu haline gelmiştir.. Çizelge 2.11’de 1 ton eşdeğer petrole (1 TEP) denk olan kömür, fuel-oil ve doğalgaz için bazı emisyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.10. Doğalgazın ısıtmada kullanımında diğer yakıtlarla karşılaştırılması [6].

	Kömür	Fuel- oil	Doğalgaz
Karbon oranı (%)	77,4	84,58	73,98
Hidrojen oranı (%)	1,4	10,90	24,57
Kükürt oranı (%)	1,0	4,00	-
Kül oranı (%)	8,0	-	-
Nem oranı (%)	7,0	-	-
Hava fazlalık katsayısı	1,4 - 2	1,2 - 1,3	1,05- 1,1

Çizelge 2.11. 1 Ton petrol eşdeğeri yakıtların buhar kazanında yanması sonucu ortaya çıkan emisyonlar [2].

Yakıt emisyonları	Kömür	Fuel oil	Doğalgaz
PM (kg)	100	1,8	0,1-0,3
Kükürtoksitler (kg)	29,2	20	-
Karbonmonoksit (kg)	1,5	0,7	0,3
Azotoksitler (kg)	11,3	8,2	2,3-4,3

Ülkemizde özellikle kış sezonunda bazı şehir merkezlerinde etkili olan hava kirliliği Karabük il merkezinde düşük vasıflı yakıt kullanımı, sanayinin şehir merkezi ile iç içe olması, topoğrafya ve meteorolojik durumlara bağlı olarak zaman zaman etkisini göstermektedir. Geçmiş yıllarda Karabük bu özelliği ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporuna göre hava kirliliğinin 1. öncelikli sorun olduğu iller listesinde yer almıştır. Ancak son yıllarda ısınma amaçlı doğalgazın kullanılması ve sanayide de baca gazı emisyonlarının teknolojik arıtma yöntemleri ile kontrol altına alınması sonucunda Karabük şehir merkezi hava kalitesinde iyileşme olmuştur. Bu yoğun hava kirliliğinin önüne geçmek amacıyla 2009 yılında doğalgaz alt yapı çalışmaları başlamış ve Ekim 2009 itibari ile konutlarda ısınma amaçlı doğalgaz kullanılmaya başlamıştır.

Karabük'te hava kalitesinin kontrolü konusunda, 2005 yılından itibaren Karabük İstasyonunda, 2013 yılının Ocak ayından itibaren ise Kardemir A.Ş.'ye ait Kardemir-1 ve Kardemir-2 istasyonlarında ölçüm yapılmaya başlanmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Ulusal Hava Kalitesi Ağından Karabük istasyonu ile birlikte Kardemir'e ait iki adet istasyonunun verileri takip edilmektedir. Kardemir-1 ve Kardemir-2 hava kalitesi ölçüm istasyonları Kardemir fabrika sahası içerisinde bulunmakta ve 24 saat süreyle PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO parametrelerinin ölçümü yapılmaktadır. Şehir merkezinde bulunan Karabük hava kalitesi ölçüm istasyonunda ise 24 saat zaman aralığında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> parametreleri ölçülmektedir.





## BÖLÜM 3

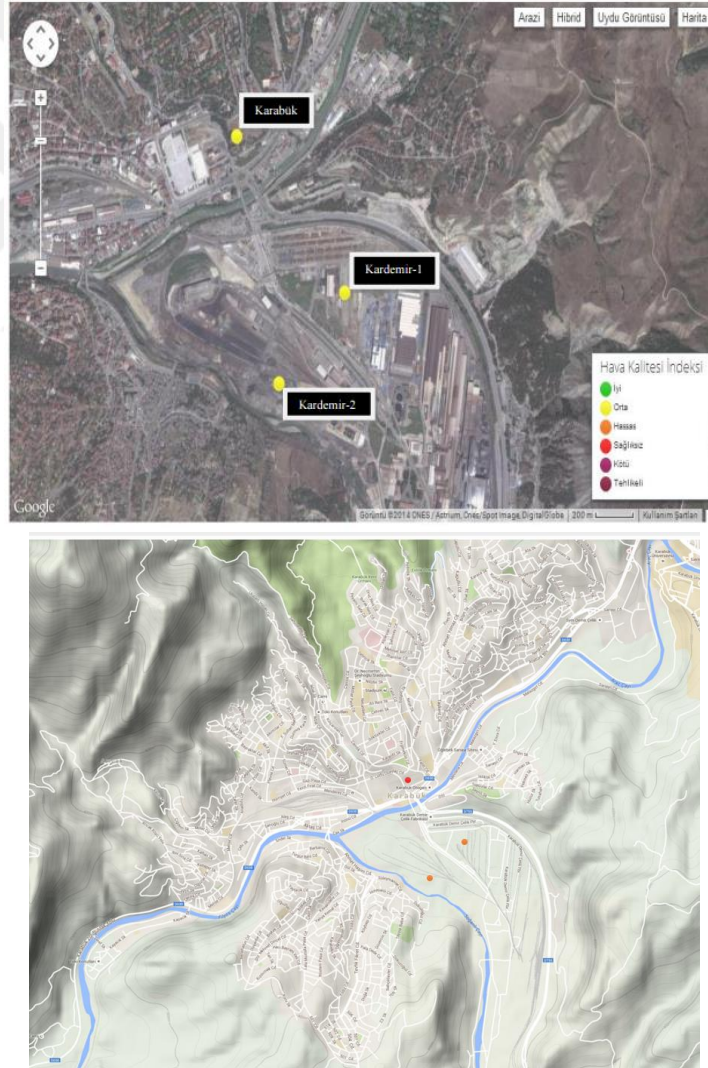
### MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri dikkate alınarak Karabük şehir merkezi için 2008-2012 yılları arasında ısınmanın ihtiyaç olduğu ekim-kasım-aralık-ocak-şubat-mart aylarında ısınma amaçlı doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Havanın doğal bileşimini değiştirip, kirli hava özelliği kazandıran kirleticilerden SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerinin ölçülmesi, kirlilik düzeyine karar verebilmede Dünya Sağlık Örgütü tarafından yeterli bulunmuş ve her ülkede ölçülmesi önerilmiştir [3]. Türkiye genelinde hava kirletici parametrelerinden SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> düzeyleri online olarak izlenmektedir. Son yıllarda sıkça duymaya başladığımız küresel ısınma problemi nedeniyle alınacak tedbirler açısından SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarının envanterlerinin oluşturulması ve dağılımlarının belirlenmesi önemli ve gereklidir. Bu amaç için PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirleticilerinin değerleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ulusal hava kalitesi izleme ağından, meteorolojik veriler ise Karabük Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi izleme istasyonunda PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri tam otomatik cihazlar ile ölçülmektedir. PM<sub>10</sub> (BAM-1020, Met One Instruments) ve SO<sub>2</sub> (The Europe Monitor ML-9850) ölçüm cihazlarının kalibrasyonu ve bakımı, bakanlıkça belirlenen firmalar tarafından aylık olarak yapıldığı, cihaz kalibrasyonlarına göre, ölçülen konsantrasyon değerlerinin hata payının altında olduğu belirtilmiştir.

Karabük'te hava kalitesi düzeyinin belirlenmesi konusunda 2005 yılında Karabük şehir merkezinde Karabük hava kalitesi ölçüm istasyonu kurularak SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarının ölçümü yapılmaya başlanmış, ölçüm verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından 24 saat boyunca online olarak takip edilebilmektedir. Şekil 3.1'de Karabük il merkezinde bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının yerleri harita üzerinde görülmektedir. Ölçüm istasyonlarından elde edilen datalar, GSM modemler aracılığıyla hem Bakanlık Çevre Referans

Laboratuvarında yer alan merkez bilgisayarına, hem de her istasyonun bağı bulunduğu İl Müdürlüklerindeki veri toplama bilgisayarlarına aktarılarak takip edilmektedir. Hava kalitesi ölçüm verileri, Çevre Referans Laboratuvarında değerlendirilerek, saatlik ortalamaları bakanlık internet adresinde yayınlanmaktadır.

Karabük hava kalitesi ölçüm istasyonlarından şehir merkezinde bulunan Karabük istasyonu  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  parametreleri ölçüm değerleri ve Karabük Meteoroloji Müdürlüğünden alınan sıcaklık, nem, basınç gibi meteorolojik veriler alınarak Karabük'te doğalgaz kullanılmaya başlamadan önceki ve doğalgaz kullanılmaya başladıktan sonraki dönemin hava kirliliği değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. Karabük il merkezinde bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumları.

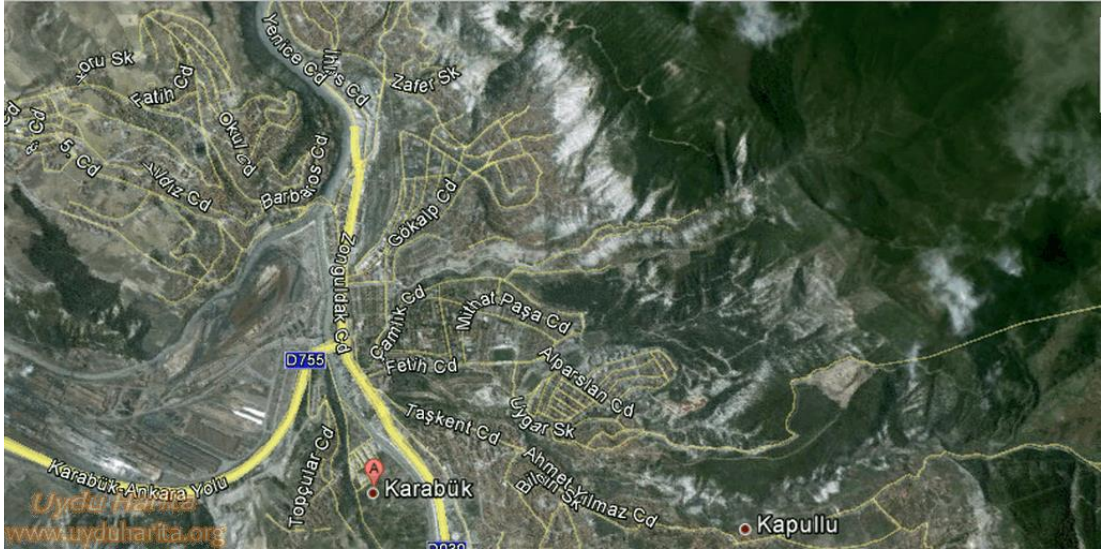
### 3.1. KARABÜK HAVA KİRLİLİK DURUM ANALİZİ

#### Karabük Coğrafi Durumu

Karabük, Ülkemizin Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan bir yerleşim merkezidir. Araç ve Soğanlı Çaylarının birleşimiyle oluşan Filyos çayının oluşturduğu vadilerin arasındaki platolardan meydana gelen engebeli bir coğrafi yapıya sahiptir. Kuzeyde Bartın (80 km), kuzeydoğu ve doğuda Kastamonu (120 km), güneydoğuda Çankırı (195 km), güneybatıda Bolu (130 km), batıda Zonguldak (170 km) illeriyle komşudur. Ankara'ya 230 km, İstanbul'a 400 km. uzaklıktadır. Karabük İli, Batı Karadeniz Bölgesi'nde 40° 50<sup>l</sup> ve 40° 15<sup>l</sup> kuzey boylamı, 32° 15<sup>l</sup> ve 32° 20<sup>l</sup> doğu enlemleri arasında yer alır. Karabük'ün yüzölçümü 4.109 km<sup>2</sup> olup, şehir merkezinin rakımı 254 m'dir.

Karabük, yüksekliği 2000 m'yi geçmeyen kıvrım dağlar olan Kuzey Anadolu Dağları ile çevrilidir. Karabük'ün kuzeyinde batıya doğru uzanan geniş bir dağlık alan bulunmaktadır. Karabük'ün güney batısında Keltepe, Yenidağ ve Karadağ, güneyde Aladağlar (1040 m), güneydoğuda ise Çakmak Dağları uzanmaktadır. Keltepe 1999 m. yüksekliği ile Batı Karadeniz Bölgesi'nin en yüksek noktasıdır (Şekil 3.2).

Ağır sanayi şehri olan Karabük, Yenişehir mahallesi ve fabrika planlanırken Karabük şehir planı yabancı bir uzmana çizdirilmiş ve 1950 yılına kadar bu plana uyulmuştur. Şehrin ortasında 1950'li yıllarda özel haddehaneler kurulmuş, şehir merkezinin yerleşim planı çarpık bir şehirleşmeye dönüşmüştür. Bu çarpık, düzensiz ve hızlı şehirleşme, düşük kaliteli yakıt kullanımı, sanayinin şehir merkezi ile iç içe olması, endüstriyel gaz atıkları için filtre sisteminin benimsenmemiş olması gibi etkenler Karabük'te hava kirliliğini etkileyen parametreler olarak sayılabilir. Çarpık, düzensiz ve hızlı şehirleşmenin neden olduğu hava kirliliği özellikle ısıtma sistemleri, yakma tekniği ve yakıt kalitesinden kaynaklanmakta, diğer yandan nüfus artışı, yanlış yerleşim, aşırı taşıt gibi etkenler bu kirliliği hızlandırmaktadır. Hava kirliliğinin kış aylarında özellikle şehir merkezinde HKDY yönetmeliğinde belirtilen uyarı kademelerini aşması kirlenme boyutunun insan yaşamını tehdit edecek sınırlara geldiğini göstermektedir.



Şekil 3.2. Karabük coğrafi durumu.

Karabük şehir merkezi, rakımı 254 m olan, etrafı 1000- 2000 m yüksekliğinde dağlar ile çevrili çukur olarak tanımlanabilir. Karabük şehir merkezinin etrafının bir çanak şeklinde sıra dağlar ile çevrili olması, şehir merkezindeki hava hareketini ve rüzgar oluşumunu sınırlamaktadır. Bu durum, kış aylarında ısınma amaçlı tüketilen vasıfsız yakıtların yakılması neticesinde bacalardan çıkan emisyonun ve kirlı havanın şehir merkezi dışına rüzgarın etkisi ile yayılmasını engellemekte, şehir merkezi üzerinde tabaka halinde yoğunlaşmasına ve bunun sonucu olarak hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, Karabük'ün coğrafi konumu ve topografik yapısından

kaynaklı inversiyon (terselme) problemi nedeniyle kirli havanın dağılamaması problemi de bulunmaktadır.

Karabük şehir merkezinin yanlış yerleşiminden dolayı hava kirliliğine etkisi olduğu açıktır. Şehirlerin coğrafi yapısını veya konumunu değiştirmek mümkün olmadığına göre hava kirliliğinin önlenmesi için çağdaş, bilimsel çözümler üretmek gerekmektedir. Son yıllarda konutlarda ısınma amaçlı kaliteli yakıtların ve doğalgazın kullanılmaya başlamasıyla ve sanayide baca gazı emisyonlarının teknolojik arıtma yöntemleri ile kontrol altına alınması sonucunda Ülkemizde olduğu gibi Karabük'te eskiye nazaran hava kalitesinde iyileşme olduğu görülmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporlarına göre; Karabük, 2005-2006, 2007-2008, 2009-2010 ve 2011-2012 yıllarında birinci öncelikli çevre sorununun hava kirliliği olduğu iller arasında yer almıştır (Çizelge 3.1-3.3) Bu rapora göre, hava kirliliği Karabük'ün çözülmesi gereken birinci öncelikli çevre sorunudur. Yine Şekil 3.3 ve 3.4'te, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2011-2012 Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporuna göre, 2011-2012 kış döneminde (Ekim 2011-Mart 2012) hava kalitesi indeksi sınıflandırılmasına göre SO<sub>2</sub> ölçüm değerlerinin kış dönemi ortalaması çok iyi, PM<sub>10</sub> ölçüm değerlerinin kış dönemi ortalaması ise iyi olarak değerlendirilmiştir. Bu durum Karabük'te 29 Ekim 2009 tarihinden itibaren ısınma amaçlı doğalgaz kullanımının başlaması ve çok hızlı bir şekilde yaygınlaşması ile açıklanabilir.



Çizelge 3.1. 2005-2006 döneminde illerin birinci öncelikli sorunları [15].

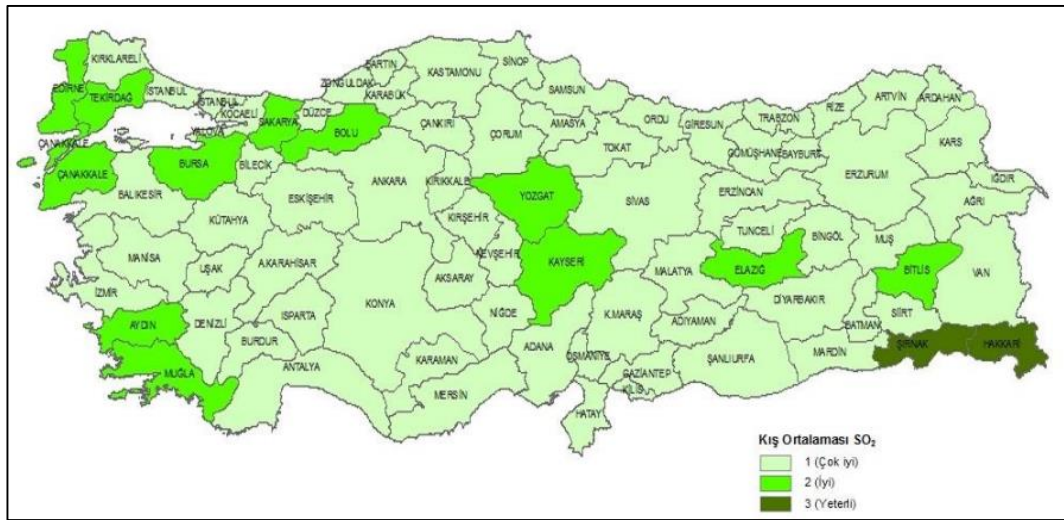
Hava Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Su kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Atıkların 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Gürültü Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Görsel Kirliliğin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Erozyonun 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Plansız Kentleşmenin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller
Adıyaman Ağrı Ankara Burdur Çorum Denizli Diyarbakır Elazığ Erzurum Gaziantep Hatay İğdır Isparta K.maraş Karabük Kars Kayseri Kırıkkale Kütahya Malatya Mardin Sivas Yozgat Zonguldak	Aksaray Amasya Aydın Balıkesir Batman Bilecik Bolu Bursa Çankırı Düzce Edirne Erzincan Eskişehir Gümüşhane İstanbul İzmir Kastamonu Kırklareli Konya Mersin Muğla Niğde Sakarya Şanlıurfa Tekirdağ Uşak Yalova	Adana A.karahisar Ardahan Artvin Bayburt Bingöl Bitlis Çanakkale Giresun Hakkari Kırşehir Kilis Muş Neşehir Ordu Osmaniye Rize Samsun Siirt Şırnak Tokat Trabzon Tunceli	Antalya	Sinop	Karaman	Bartın Kocaeli Manisa Van

Çizelge 3.2. 2007-2008 döneminde illerin birinci öncelikli sorunları [15].

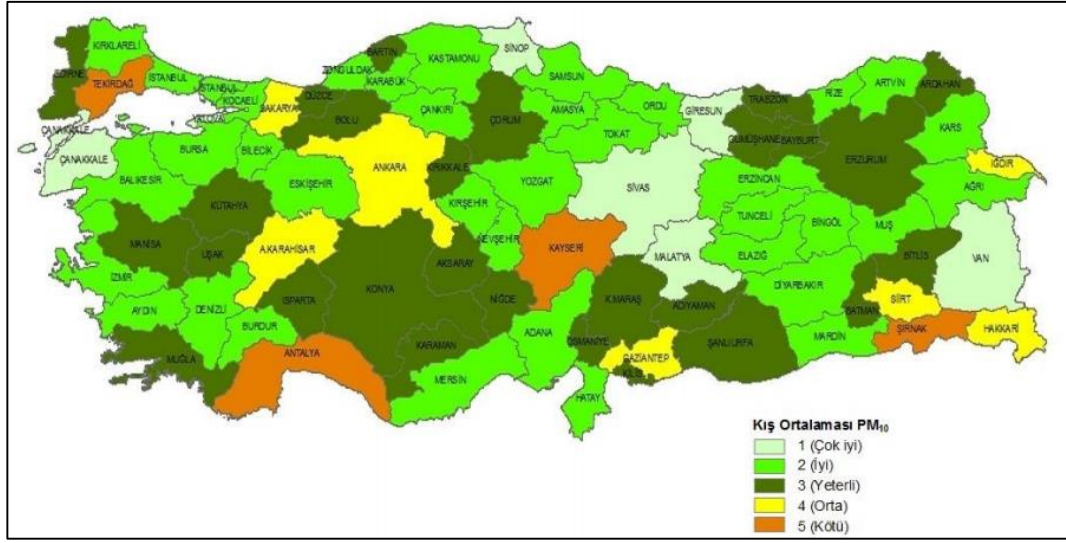
Hava Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Su kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Atıkların 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Plansız Kentleşmenin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller
Adıyaman Ağrı Ankara Balıkesir Batman Çorum Denizli Diyarbakır Elazığ Erzurum Gaziantep Hatay İğdır K.maraş Karabük Kars Kayseri Kırıkkale Konya Kütahya Sivas Yozgat	Aksaray Amasya Aydın Bayburt Bilecik Bursa Çanakkale Çankırı Edirne Erzincan Eskişehir Gümüşhane İstanbul Kastamonu Kırklareli Manisa Mardin Niğde Rize Sakarya Samsun Şanlıurfa Tekirdağ Trabzon Uşak Van Yalova Zonguldak	Afyonkarahisar Antalya Ardahan Artvin Bingöl Bitlis Bolu Burdur Duzce Giresun Hakkâri Isparta İzmir Kırşehir Kilis Mersin Muş Neşehir Ordu Osmaniye Siirt Sinop Şırnak Tokat Tunceli	Adana Bartın Karaman Kocaeli Malatya Muğla

Çizelge 3.3. 2009-2010 döneminde illerin birinci öncelikli sorunları [15].

Hava Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu iller	Su Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Toprak Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Atıkların 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Gürültü Kirliliğinin 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Doğal Çevrenin Tahribatının 1. Öncelikli Sorun Olduğu İller
Adana Adıyaman Afyonkarahisar Aksaray Ankara Ardahan Bartın Bayburt Bitlis Çorum Denizli Edirne Elazığ Gaziantep İğdır Isparta Kahramanmaraş Karabük Kars Kastamonu Kırkkale Kilis Kocaeli Konya Kutahya Manisa Mardin Muğla Osmaniye Sivas Tokat Yalova Zonguldak	Amasya Artvin Aydın Balıkesir Batman Bilecik Bingöl Bursa Çanakkale Çankırı İstanbul Karaman Kırklareli Malatya Mersin Niğde Rize Sakarya Samsun Tekirdağ Van Yozgat	Hatay	Ağrı Antalya Bolu Diyarbakır Düzce Erzincan Erzurum Giresun Gümüşhane Hakkari İzmir Kayseri Kırşehir Muş Nevşehir Ordu Siirt Sinop Şanlıurfa Şırnak Trabzon Tunceli Uşak	Eskişehir	Burdur



Şekil 3.3. Ekim 2011- Mart 2012arası 6 aylık SO<sub>2</sub> ölçüm değerlerinin hava kalitesi indeksine göre sınıflandırılması [15].



Şekil 3.4. Ekim 2011- Mart 2012 arası 6 aylık PM<sub>10</sub> ölçüm değerlerinin hava kalitesi indeksine göre sınıflandırılması [15].

Karabük doğalgaz dağıtım firması Kargaz'dan alınan kış dönemine ait aylık abone sayıları ve gaz tüketimleri Çizelge 3.4 ve 3.5'de verilmiştir. 2009 yılının Aralık ayında abone sayısı 22 iken 2010 yılının Aralık ayında 3042, 2011 yılının Aralık ayında 11607, 2012 yılının Aralık ayında 17101, 2013 yılının Aralık ayında 21109, 2014 yılının Aralık ayında ise 21269 abone doğalgaz kullanmaya başlamıştır. Bu değerlere göre Karabük'te doğalgaz kullanımına geçişin hızlı bir şekilde gerçekleştiği söylenebilir. Bu durumunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığının değerlendirme raporundan da görüldüğü gibi il merkezi genelinde hava kalitesini olumlu yönde etkilediği gözükmektedir. Çizelge 3.6'da Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Karabük 1 istasyonundan 2007-2012 yılları kış dönemine ait PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ölçüm değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Karabük il merkezinde 2009-2014 yılları kış dönemi doğalgaz abone sayıları.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ekim		760	5096	11446	17152	20679
Kasım		2070	8772	15243	19896	21758
Aralık	22	3042	11607	17101	21109	21269
Ocak		81	3447	12883	17891	21544
Şubat		120	3721	13137	18089	21619
Mart		154	3862	13271	17993	21806



Çizelge 3.5. Karabük il merkezinde 2009-2014 yılları kış dönemi doğalgaz tüketim miktarı (m<sup>3</sup>).

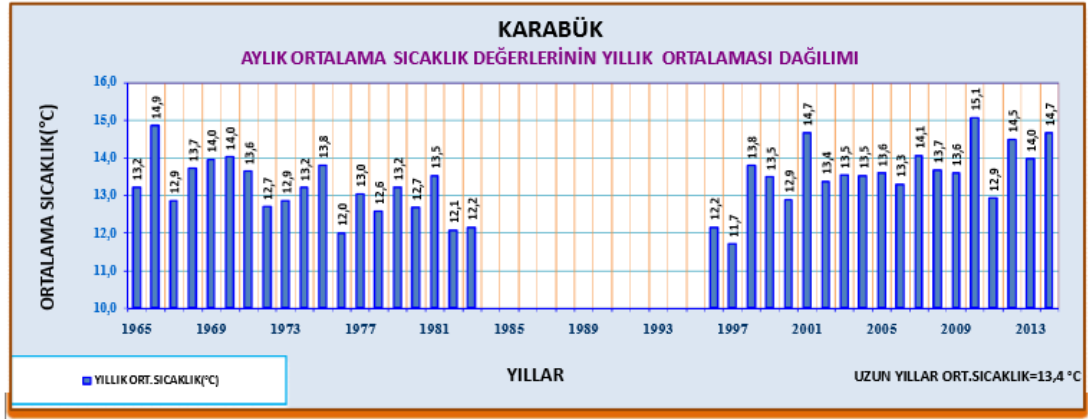
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ekim		19.860,96	108.445,98	197.257,31	432.800,34	617.386,56
Kasım		227.812,56	950.566,94	588.509,06	1.795.494,75	1.506.574,88
Aralık	4.021,03	416.524,38	3.100.441,75	2.623.810,25	3.259.048,50	3.019.064,75
Ocak		17.878,55	692.022,38	3.164.036,50	3.811.051,75	5.557.844,00
Şubat		22.962,95	898.862,94	3.551.574,00	3.803.346,25	4.388.752,00
Mart		24.498,98	760.087,25	3.608.630,25	2.681.659,50	3.140.212,00

Çizelge 3.6. Karabük istasyonundan alınan 2007-2012 yıllarına ait PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ölçüm sonuçları.

2007-2008 yılı PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> değerleri (µg/m <sup>3</sup> )		Karabük Ölçüm İstasyonu
Ekim	PM <sub>10</sub>	128
	SO <sub>2</sub>	26
Kasım	PM <sub>10</sub>	171
	SO <sub>2</sub>	50
Aralık	PM <sub>10</sub>	196
	SO <sub>2</sub>	56
Ocak	PM <sub>10</sub>	184
	SO <sub>2</sub>	56
Şubat	PM <sub>10</sub>	147
	SO <sub>2</sub>	45
Mart	PM <sub>10</sub>	141
	SO <sub>2</sub>	34
2008-2009 yılı PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> değerleri (µg/m <sup>3</sup> )		Karabük Ölçüm İstasyonu
Ekim	PM <sub>10</sub>	90
	SO <sub>2</sub>	22
Kasım	PM <sub>10</sub>	148
	SO <sub>2</sub>	47
Aralık	PM <sub>10</sub>	169
	SO <sub>2</sub>	45
Ocak	PM <sub>10</sub>	198
	SO <sub>2</sub>	45
Şubat	PM <sub>10</sub>	146
	SO <sub>2</sub>	39
Mart	PM <sub>10</sub>	124
	SO <sub>2</sub>	45

Çizelge 3.6. (devam ediyor).

2009-2010 yılı PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> değerleri (µg/m <sup>3</sup> )		Karabük Ölçüm İstasyonu
Ekim	PM <sub>10</sub>	104
	SO <sub>2</sub>	28
Kasım	PM <sub>10</sub>	157
	SO <sub>2</sub>	29
Aralık	PM <sub>10</sub>	178
	SO <sub>2</sub>	57
Ocak	PM <sub>10</sub>	153
	SO <sub>2</sub>	53
Şubat	PM <sub>10</sub>	133
	SO <sub>2</sub>	44
Mart	PM <sub>10</sub>	115
	SO <sub>2</sub>	31
2010-2011 yılı PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> değerleri (µg/m <sup>3</sup> )		Karabük Ölçüm İstasyonu
Ekim	PM <sub>10</sub>	75
	SO <sub>2</sub>	6
Kasım	PM <sub>10</sub>	125
	SO <sub>2</sub>	29
Aralık	PM <sub>10</sub>	104
	SO <sub>2</sub>	30
Ocak	PM <sub>10</sub>	85
	SO <sub>2</sub>	31
Şubat	PM <sub>10</sub>	58
	SO <sub>2</sub>	28
Mart	PM <sub>10</sub>	47
	SO <sub>2</sub>	21
2011-2012 yılı PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> değerleri (µg/m <sup>3</sup> )		Karabük Ölçüm İstasyonu
Ekim	PM <sub>10</sub>	37
	SO <sub>2</sub>	11
Kasım	PM <sub>10</sub>	70
	SO <sub>2</sub>	30
Aralık	PM <sub>10</sub>	98
	SO <sub>2</sub>	26
Ocak	PM <sub>10</sub>	55
	SO <sub>2</sub>	16
Şubat	PM <sub>10</sub>	57
	SO <sub>2</sub>	15
Mart	PM <sub>10</sub>	43
	SO <sub>2</sub>	17

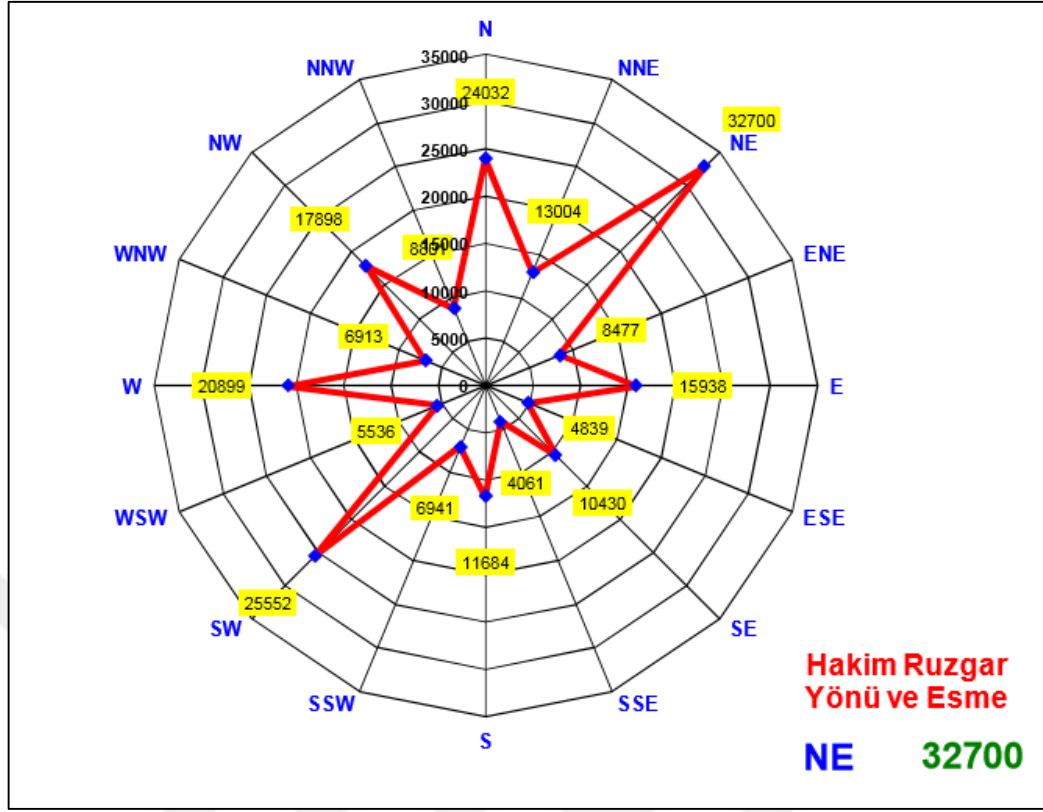


Şekil 3.5. Karabük uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık değerlerinin yıllık ortalaması.

Şekil 3.5’de uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık değerlerine göre Karabük il merkezi yıllık ortalama sıcaklık değerinin 13,4 °C olduğu görülmektedir. Çizelge 3.7’de ise Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğü tarafından ölçülen 2007-2014 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Karabük 2007-2014 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri.

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2007	3.1	4.4	8.3	10.0	19.5	22.7	25.5	25.4	20.4	15.3	7.4	3,7
2008	-0.5	2.9	10.4	14.8	16.3	21.5	24.0	25.6	19.7	14.4	8.9	3,4
2009	3.2	5.7	7.3	12.2	16.8	22.3	23.5	22,3	18.3	16.4	8.0	6,7
2010	4.3	7.8	8.9	13.1	18.4	21.8	25.3	28.1	21.8	13.2	11.3	6,8
2011	3.4	4.9	7.8	10.9	16.6	20.4	25.9	23.9	20.9	12.4	4.3	3,7
2012	2.4	1.8	5.0	15.6	19.0	24.5	26.9	23.8	22.1	17.2	9.9	5,7
2013	4.2	8.1	9.4	14.3	20.6	22.2	24.3	24.9	18.6	12.2	8.8	0,1
2014	4.5	6.9	9.6	14.4	18.0	21.1	25.6	26.0	19,6	14,0	8,2	0,2



Şekil 3.6. 1965-2013 yıllarına ait Karabük rüzgar diyagramı.

1965-2013 yılları arasında Karabük il merkezi hakim rüzgar yönü ve esme sayısı Şekil 3.6’da verilmiş olup, hakim rüzgar yönünün kuzey doğu ve güney batı, esme sayısının ise 32700 ve 25552 olduğu görülmektedir. Çizelge 3.8’de ise 2007-2014 yıllarına ait aylık ortalama rüzgâr hızları verilmiştir.

Çizelge 3.8. Karabük 2007-2014 yılları arasındaki aylık ortalama rüzgar hızı değerleri.

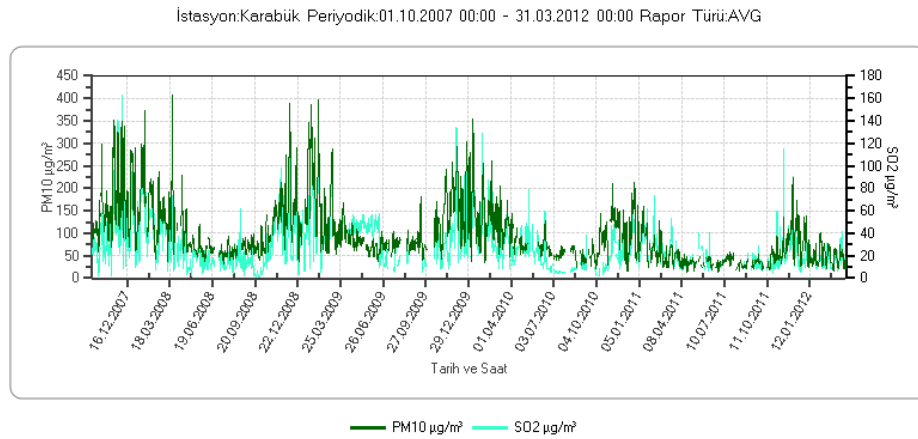
Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2007	1.5	1.7	1.9	2.1	1.9	2.1	2.2	2.1	2.0	1.4	0.9	0.8
2008	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	0.7	0.7	0.7
2009	0.8	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.7	0.6	0.8
2010	0.7	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.2	0.8	0.7	0.9
2011	0.8	1.1	1.1	1.2	1.1	1.4	1.7	1.6	1.4	1.1	0.8	0.9
2012	1,1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.6	1.8	1.7	1.4	1.0	0.8	1.0
2013	1.0	1.2	0.7	1.3	1.5	1.4	1.7	1.7	1.6	1.2	0.8	0.9
2014	0.9	0.9	1.2	1.4	1.4	1.4	1.8	1.6	1.6	1.1	1.0	0.9

## BÖLÜM 4

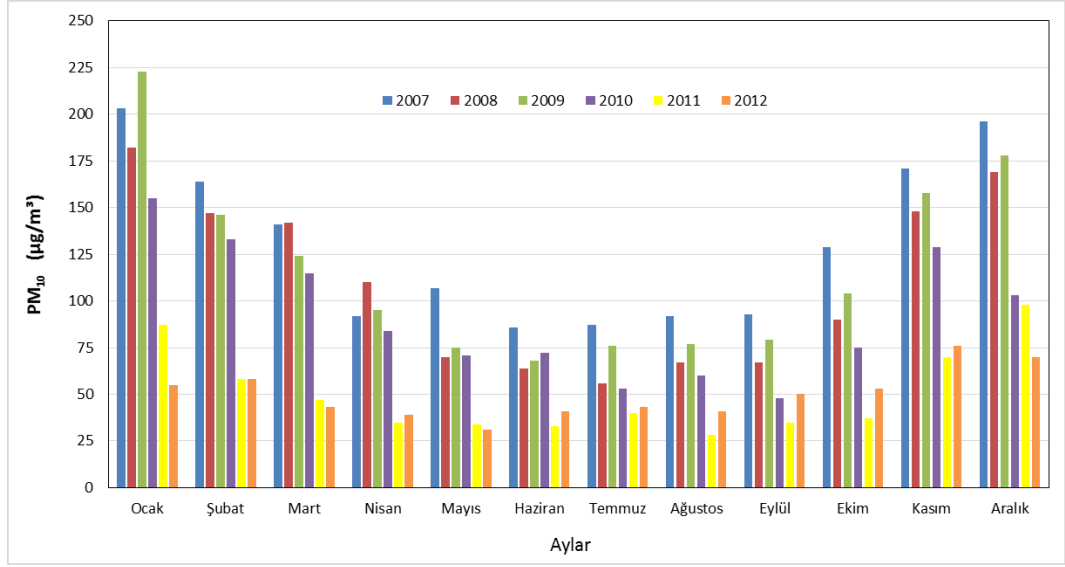
### SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, 2007-2012 yılları arasında Karabük'te doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Karabük il merkezinde doğalgaz 29.09.2009 tarihinden itibaren kullanılmaya başlamıştır. Bundan dolayı doğalgaz kullanımının başlangıcından 2 yıl öncesi ile 2 yıl sonrası değerlendirmeye dahil edilmiştir. Hava kalitesinin değerlendirilmesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Karabük Ölçüm İstasyonundan alınan SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri ile Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğünden alınan meteorolojik veriler birlikte ele alınarak yapılmıştır.

Şekil 4.1'de 2007-2012 yılları arasında Karabük ilinde ölçülen SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerleri görülmektedir. Şekilden de açık bir biçimde görülebileceği gibi 2007 ve 2008 yıllarında özellikle kış ayları ısıtma sezonunun olduğu dönemlerde hem SO<sub>2</sub> hem de PM<sub>10</sub> değerleri yüksek çıkmıştır. Söz konusu yıllarda gerek ısıtma gerekse endüstriyel tesislerde fosil kökenli yakıtların kullanılması kirletici maddelerin yüksek çıkmasında önemli bir etken olmuştur. 2010'dan sonra doğalgaza geçiş sürecinde bu değerlerde azalma görülmüş olup ölçüm sonuçlarına yansımıştır.

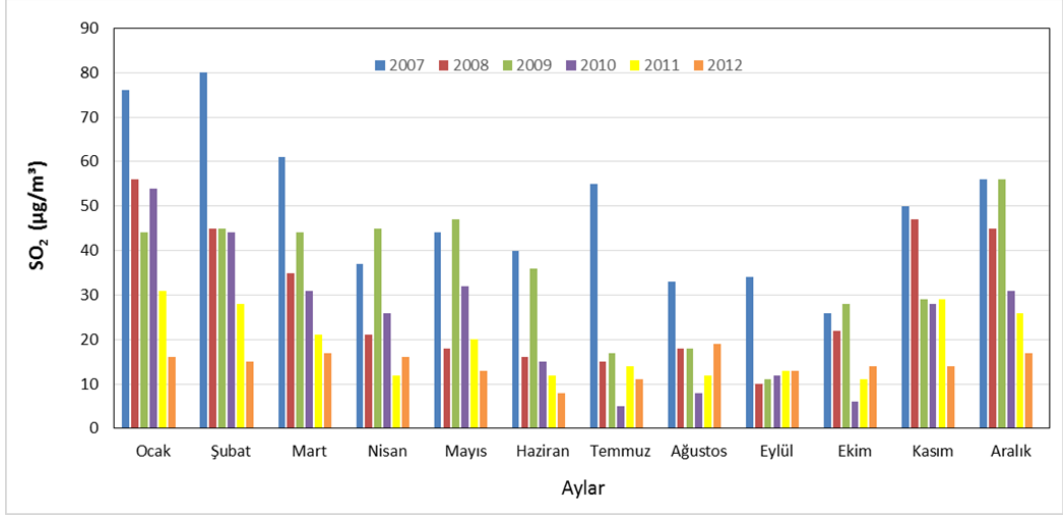


Şekil 4.1. 2007- 2012 yılları arasındaki aylık SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının ortalaması.



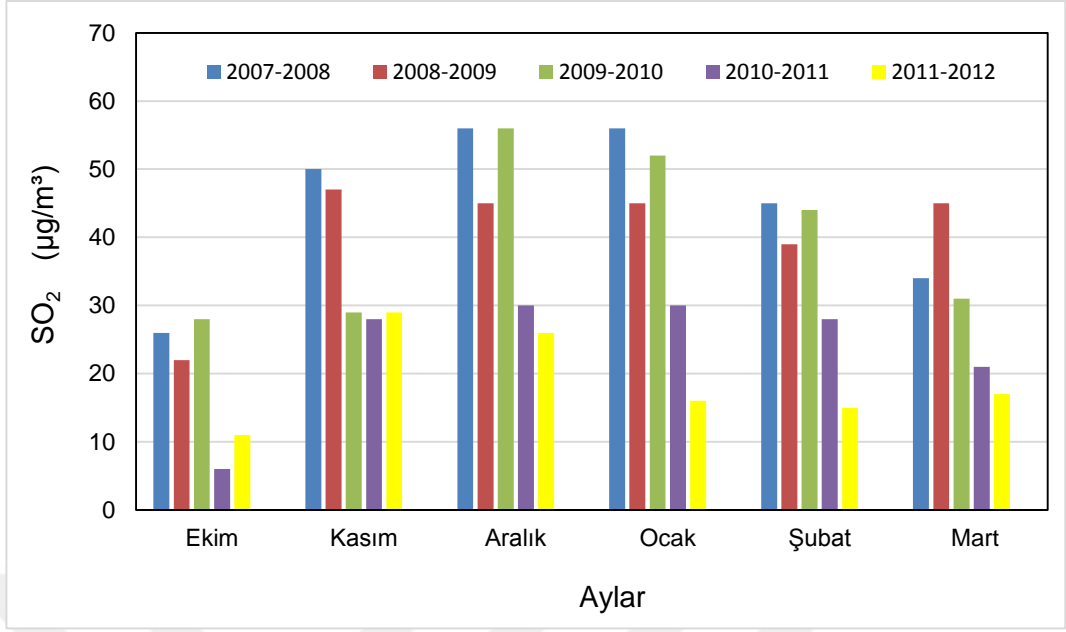
Şekil 4.2. 2007 – 2012 yılları arasında PM<sub>10</sub> değerindeki aylık değişim.

Şekil 4.2’de 2007–2012 yılları arasında PM<sub>10</sub> değerindeki aylık değişimler görülmektedir. Şekilden de açık bir biçimde görülebileceği gibi 2007’den 2009 yılına kadar yüksek olan PM<sub>10</sub> emisyon değerleri 2010 yılından itibaren düşmeye başlamıştır. Grafikte yıllık ortalama PM<sub>10</sub> emisyon değerleri 2007 yılında yaklaşık olarak 130 µg/m<sup>3</sup> iken 2008 ve 2009 yıllarında sırasıyla 109 ve 116.5 µg/m<sup>3</sup> olmuştur. Bu değerler 2010 yılı Ocak ayından sonra düşmeye başlamıştır. Doğalgazın 2009 yılından itibaren kullanılmaya başlaması ve az sayıda abonenin olması PM emisyon değerlerindeki düşüş miktarının da az olmasına neden olmuştur. 2010 yılından sonraki dönemlerde bu düşüşlerin hızlı bir şekilde gerçekleştiği grafikten açık bir biçimde görülebilmektedir. Grafığe göre PM<sub>10</sub> emisyon değerleri 2007 yılı ortalama değerine göre yaklaşık % 56.4 oranında düşüş göstererek 2012 yıllık ortalama değeri 50.6 µg/m<sup>3</sup> olmuştur.



Şekil 4.3. 2007–2012 yılları arasında SO<sub>2</sub> değerindeki değişim.

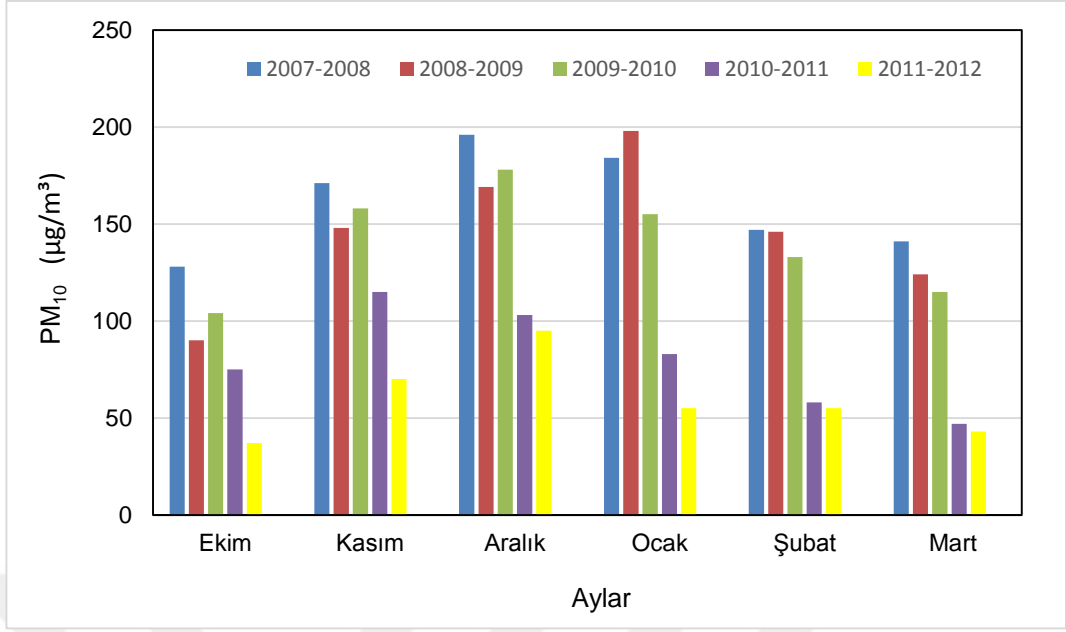
Şekil 4.3’de aylara göre 2007–2012 yılları arasında SO<sub>2</sub> değerindeki aylık değişimler görülmektedir. Şekilden de açık bir biçimde görülebileceği gibi 2007’den 2009 yılına kadar yüksek olan SO<sub>2</sub> emisyon değerleri 2010 yılından itibaren düşmeye başlamıştır. Burada yıllık ortalama SO<sub>2</sub> emisyon değerleri 2007 yılında yaklaşık olarak 49 µg/m<sup>3</sup> iken 2008 ve 2009 yıllarında sırasıyla 28.8 ve 34.5 µg/m<sup>3</sup> olmuştur. Bu değerler 2010 yılı Ocak ayından sonra düşmeye başlamıştır. Doğalgazın 2009 yılından itibaren kullanılmaya başlaması ve az sayıda abonenin olması SO<sub>2</sub> emisyon değerlerindeki düşüş miktarının da az olmasına neden olmuştur. 2010 yılından sonraki dönemlerde bu düşüşlerin hızlı bir şekilde gerçekleştiği grafikten açık bir biçimde görülebilmektedir. Grafiğe göre SO<sub>2</sub> emisyon değerleri 2007 yılı ortalama değerine göre yaklaşık % 72.2 oranında düşüş göstererek 2012 yıllık ortalama değeri 13.6 µg/m<sup>3</sup> olmuştur.



Şekil 4.4. 2007–2012 yılları kış dönemi SO<sub>2</sub> değerindeki değişim.

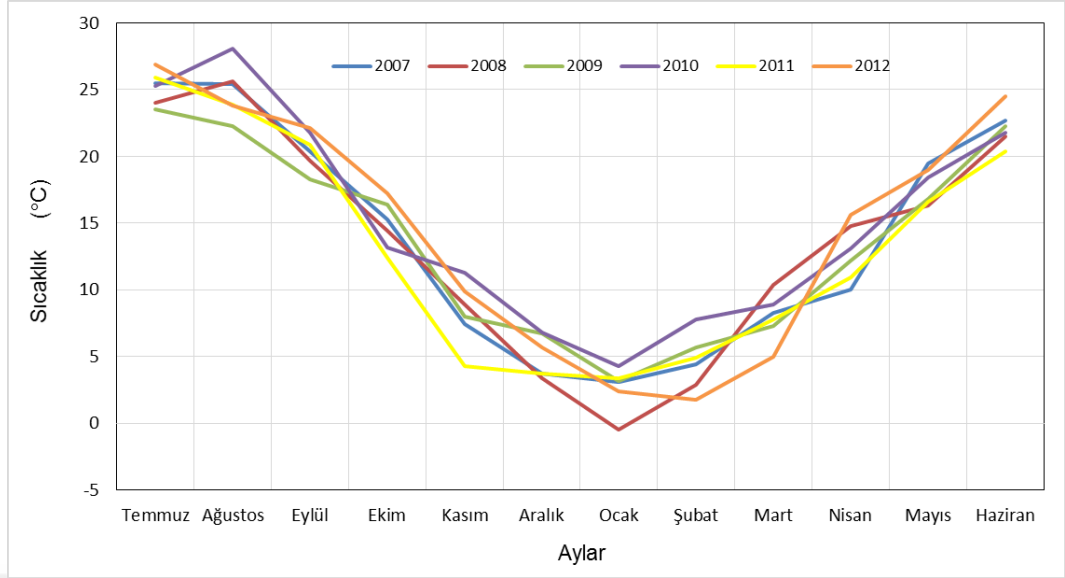
Şekil 4.4’de 2007–2012 yılları arasında kış dönemine (Ekim-Mart ayları arası) ait SO<sub>2</sub> aylık ortalama değerlerindeki değişimler görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi tüm yıllarda Ekim ayında başlayan ısıtma sezonu ile birlikte SO<sub>2</sub> emisyon miktarlarındaki artışlar Ocak ayına kadar devam etmiştir. Aralık ve Ocak aylarında maksimum seviyelerine ulaşan SO<sub>2</sub> değerleri ısıtma sezonunun Ocak ve Mart ayları arasında azalma eğiliminde olmuştur. Ayrıca, SO<sub>2</sub> emisyonlarının 2007-2008 dönemi kış dönemi ortalama değeri 44.5µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanırken, en yüksek değerinin Aralık ve Ocak aylarında 56 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçüldüğü görülmektedir. 2008-2009 döneminde SO<sub>2</sub> emisyon oranlarında kısmen azalmalar görülmesine rağmen 2009-2010 kış dönemi Aralık ve Ocak aylarında tekrar bir artış söz konusudur. Bu durumun meteorolojik şartlardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte şehirde 2009 yılından itibaren doğalgaz kullanımının başlamasıyla birlikte SO<sub>2</sub> emisyon oranlarının 2010-2011 kış dönemi ortalaması 23.8 µg/m<sup>3</sup> değerine düşmüştür. Doğalgaz kullanımının yaygınlaşması ile birlikte 2011-2012 döneminde bu değer daha da aşağılara düştüğü ve bu düşüşün doğalgaz kullanımının olmadığı 2007-2008 dönemi ısıtma sezonu ortalaması ile karşılaştırıldığında yaklaşık %57.3 dolaylarında olduğu görülmektedir. Doğalgaz kullanımı SO<sub>2</sub> kirletici miktarının büyük oranda azalmasında etkili olmuştur.





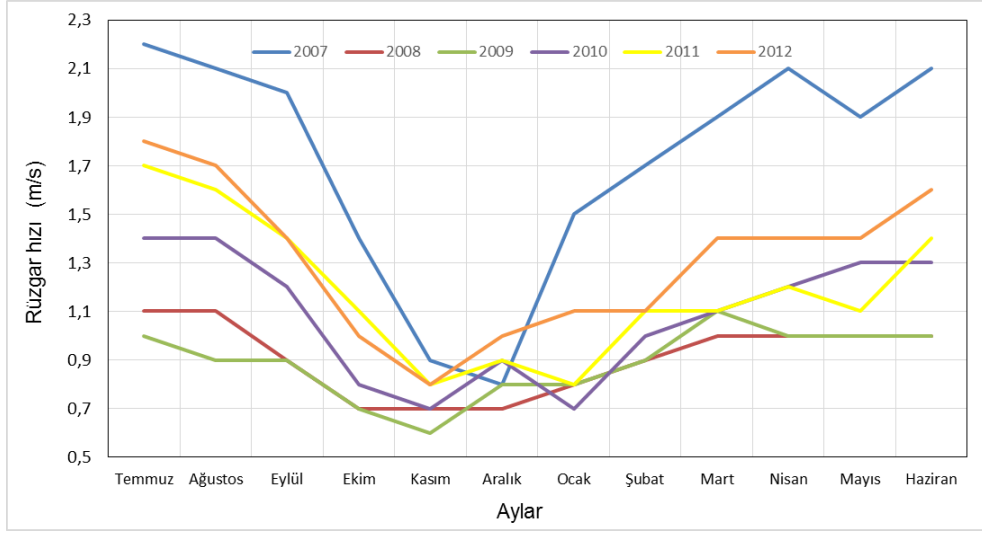
Şekil 4.5. 2007–2012 yılları kış dönemi PM<sub>10</sub> değerindeki değişim.

Şekil 4.5’de 2007–2012 yılları arasında kış dönemi PM<sub>10</sub> değerindeki değişimler görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi genel olarak tüm yıllarda Ekim ayında başlayan ısıtma sezonu ile birlikte PM<sub>10</sub> emisyon miktarlarındaki artışlar Ocak ayına kadar devam etmiştir. PM<sub>10</sub> emisyon değerleri 2008-2009 dönemi Ocak ayında 198 µg/m<sup>3</sup> olarak en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu değer HKDY’nin belirttiği 200 µg/m<sup>3</sup> sınır değerine çok yaklaştığı görülmektedir. Isıtma sezonu en yüksek ortalama değeri ise fosil kökenli yakıtların kullanıldığı 2007-2008 döneminde yaklaşık 161.16 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte şehirde 2009 yılından itibaren doğalgaz kullanımının başlamasıyla birlikte PM<sub>10</sub> emisyon oranlarının 2010-2011 döneminde ısıtma sezonu ortalaması 80.16 µg/m<sup>3</sup> değerine düşmüştür. Doğalgaz kullanımının yaygınlaşması ile birlikte 2011-2012 kış döneminde bu değer daha da aşağılara düştüğü ve bu düşüşün doğalgaz kullanımının olmadığı 2007-2008 dönemi ısıtma sezonu ortalaması ile karşılaştırıldığında yaklaşık % 63.2 dolaylarında olduğu görülmektedir. Doğalgaz kullanımı PM<sub>10</sub> kirlenici miktarının büyük oranda azalmasında etkili olmuştur.



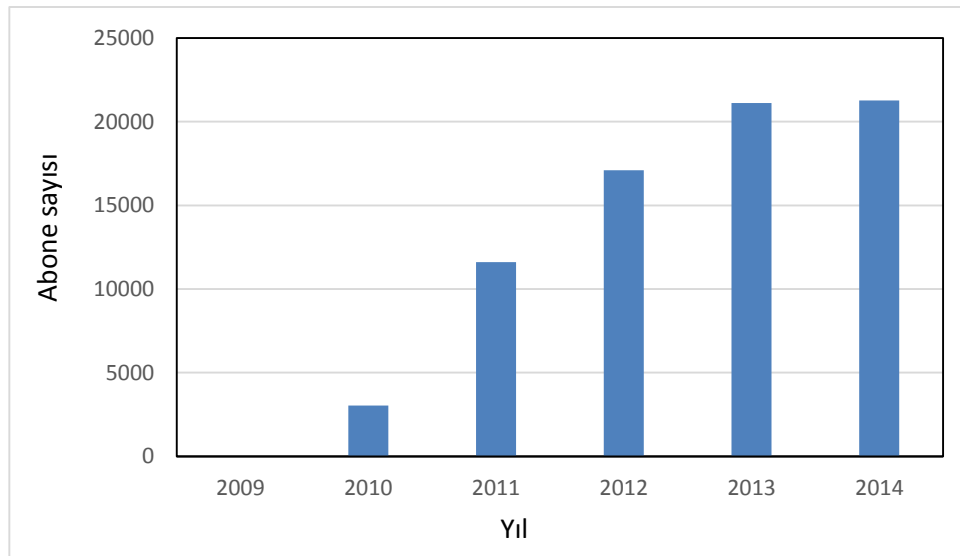
Şekil 4.6. 2007-2012 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri.

Şekil 4.6’da aylara göre 2007-2012 yılları arasında değişen ortalama sıcaklık değerleri görülmektedir. Hava sıcaklığının ısıtma sezonlarında diğer aylara göre daha düşük olduğu açık bir biçimde şekilden görülmektedir. Kullanılan yakıt miktarı üzerinde hava sıcaklığı değişiminin önemli bir etkisi olduğu aşikârdır. Şekilden de görülebileceği gibi 2007-2012 yılları arasında ısıtma sezonunda gerek doğalgaz kullanımından öncesi gerekse doğalgaz kullanımı sonrasındaki periyotlarda hava sıcaklıkları değişiminde önemli bir artış ya da azalış meydana gelmemiştir. Örnek olarak en düşük sıcaklık değeri 2008 yılında Ocak ayında meydana gelirken, 2012 yılının Ocak, Şubat Mart dönemi de diğer yıllara göre bir miktar daha soğuk geçmiştir. Şekil 4.7’de ise 2007-2012 yıllarına ait aylık ortalama rüzgar hızı görülmektedir. 2007 yılında diğer yıllara göre rüzgar hızının etkisi belirgin bir şekilde hissedilmiş, 2008 ve 2009 yıllarında ise rüzgar hızının etkisi diğer yıllara göre azalmıştır. Rüzgar hızındaki bu azalma 2008 ve 2009 yıllarındaki hava kirliliği parametrelerinin de etkisini hissettirmiştir.

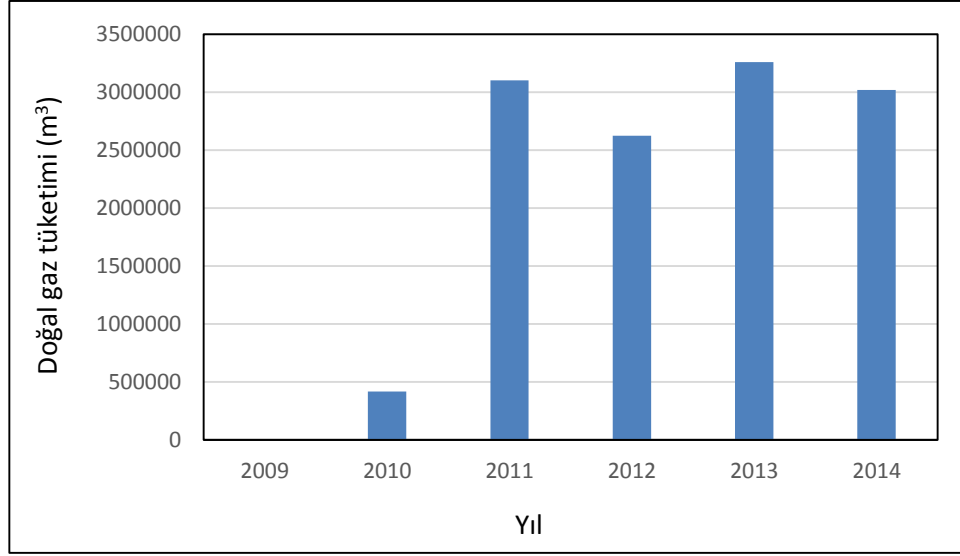


Şekil 4.7. 2007-2012 yılları arasındaki Aylık ortalama rüzgar hızı değerleri.

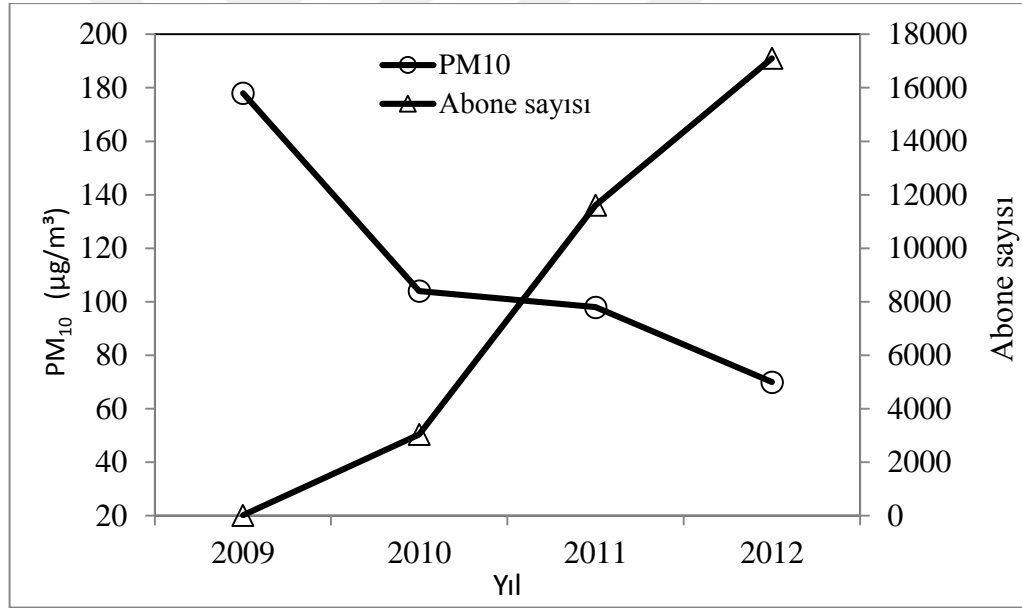
Şekil 4.8 ve 4.9’da 2009-2014 yılları Aralık ayındaki abone sayıları ve aboneler tarafından tüketilen doğalgaz miktarı görülmektedir. Karabük il merkezinde doğalgaz, 22 abone ile 29 Ekim 2009 tarihinden itibaren kullanılmaya başlamıştır. Şekillerden de görüldüğü gibi Karabük’te doğalgaza geçişin hızlı bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. 2010-2013 yıllarında abone sayısı sürekli olarak artarken 2013 yılından sonra artış azalmaya başlamıştır. Bu durum, 2013 yılı itibariyle Karabük il merkezinde doğalgaza geçişin %90 civarında olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.8. 2007-2014 yılları Aralık ayı abone sayısı.



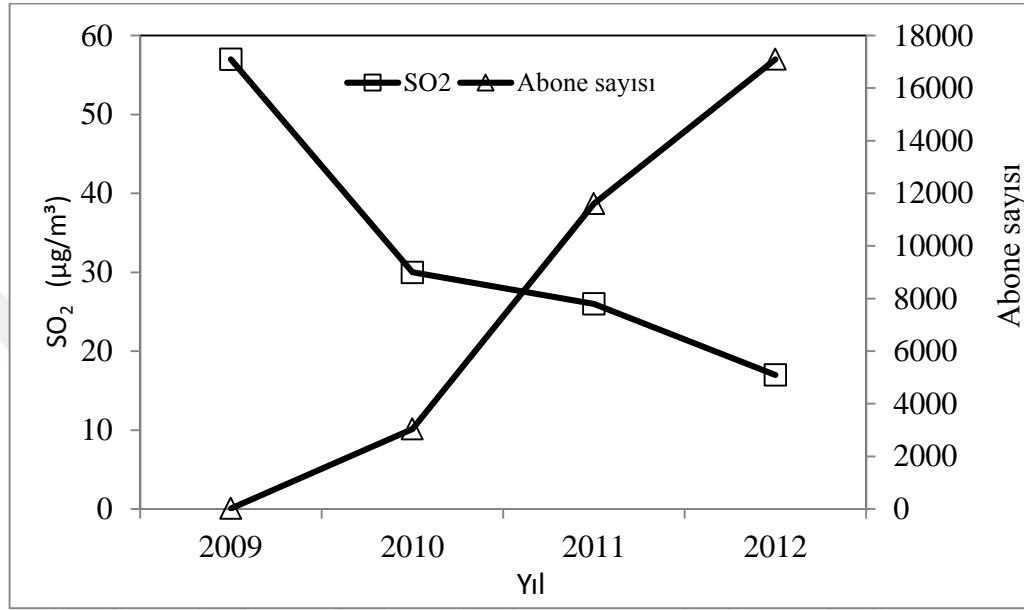
Şekil 4.9. 2007-2014 yılları Aralık ayı doğalgaz tüketimi.



Şekil 4.10. Aralık ayı PM<sub>10</sub> ölçüm değerinin doğalgaz abone sayısı ile değişimi.

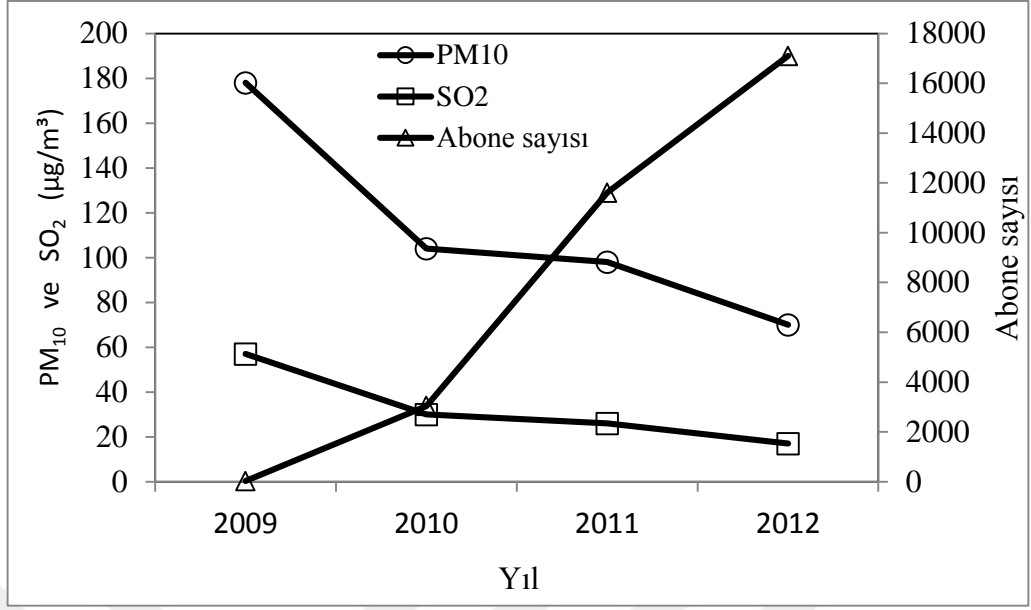
Şekil 4.10'da 2009-2012 yılları arasında Aralık ayı PM<sub>10</sub> emisyon değerlerinin abone sayısına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Şekilden de açık bir biçimde görülebileceği gibi doğalgaz abone sayısının artmasıyla birlikte PM<sub>10</sub> emisyon oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. 2009 yılında doğalgaz abonesi sıfır olan şehirde PM<sub>10</sub> emisyon değeri 178 µg/m<sup>3</sup> iken bu değer 2010 yılında doğalgaz abone sayısının yaklaşık 3050 dolaylarına çıkmasıyla birlikte 104 µg/m<sup>3</sup> seviyelerine

düşmüştür. 2012 yılında ise yaklaşık 17100 dolaylarında olan abone sayısı ile birlikte şehirde doğalgaz kullanımı artmış ve bu artış doğrudan PM<sub>10</sub> emisyon değerlerinde düşüslere neden olmuştur. 2012 yılı PM<sub>10</sub> emisyon değerlerindeki düşüş 2009 yılı ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %60.6 oranında olmuştur.



Şekil 4.11. Aralık ayı SO<sub>2</sub> ölçüm değerinin doğalgaz abone sayısı ile değişimi.

Şekil 4.11’de 2009-2012 yılları arasında Aralık ayı SO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin abone sayısına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Şekilden de açık bir biçimde görülebileceği gibi doğalgaz abone sayısının artmasıyla birlikte SO<sub>2</sub> emisyon oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. 2009 yılında doğalgaz abonesi sıfır olan şehirde SO<sub>2</sub> emisyon değeri 57 µg/m<sup>3</sup> iken bu değer 2010 yılında doğalgaz abone sayısının yaklaşık 3050 dolaylarına çıkmasıyla birlikte 30 µg/m<sup>3</sup> seviyelerine düşmüştür. 2012 yılında ise yaklaşık 17100 dolaylarında olan abone sayısı ile birlikte şehirde doğalgaz kullanımı artmış ve bu artış doğrudan SO<sub>2</sub> emisyon değerlerinde düşüslere neden olmuştur. 2012 yılı SO<sub>2</sub> emisyon değerlerindeki düşüş 2009 yılı ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak % 70.1 oranında olmuştur.



Şekil 4.12. Aralık ayı SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm değerinin doğalgaz abone sayısı ile değişimi.

Şekil 4.12’de ise 2009-2012 yılları Aralık ayı abone sayısı ile SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerinde değişim birlikte gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi doğalgaz kullanılmaya başladıktan sonraki 2010 yılındaki PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerlerindeki azalma, 2009 yılına göre %41,6 ve %42,3 olmuştur.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Karabük'te ısınma amaçlı fosil yakıtlar yerine doğalgaza geçişin başladığı dönemlerde kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve partiküler madde (PM<sub>10</sub>) ölçüm verileri değerlendirilerek, doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Karabük il merkezinde doğalgaz 29 Ekim 2009 tarihinden itibaren kullanılmaya başlamıştır. Bundan dolayı doğalgaz kullanımının başlangıcından 2 yıl öncesi ile 2 yıl sonrası değerlendirmeye dahil edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda 2007-2012 yılları arasındaki SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri, meteorolojik veriler, doğalgaz abone sayısı ve doğalgaz tüketimi birlikte değerlendirilmiştir. 2012 yılındaki PM<sub>10</sub> emisyon değerinde 2007 yılı ortalama değerine göre yaklaşık % 56.4 oranında, SO<sub>2</sub> emisyon değerinde ise 2007 yılı ortalama değerine göre yaklaşık % 72.2 oranında azalma meydana gelmiştir. Dolayısıyla Karabük'te doğalgaz kullanılmaya başlamasıyla birlikte PM<sub>10</sub> emisyon değerinde yaklaşık yarı yarıya, SO<sub>2</sub> değerinde ise 3/4 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Bu durum Çevre ve Şehircilik Bakanlığı hava kalitesi değerlendirme raporlarına yansımıştır. Şekil 3.3 ve 3.4'de Ekim 2011 ile Mart 2012 döneminde Karabük ili hava kalitesi PM<sub>10</sub> emisyon değeri bakımından iyi, SO<sub>2</sub> emisyonu bakımından çok iyi olarak ifade edilmiştir. Bu sonuçlar, Karabük'te doğalgaz kullanımına geçişin hızlı bir şekilde gerçekleşmesi sonucu ulaşılmıştır. Doğal kullanılmaya başlanıldığı 2009 yılının Aralık ayında abone sayısı 22 iken, 2010 yılı Aralık ayında 3042, 2011 Aralık ayında 11607, 2012 Aralık ayında ise 17101'e ulaşmıştır. 2011 yılında Karabük il merkezindeki konutların yaklaşık %50'si doğalgaz kullanmaya başlamıştır. 2011 yılında kömür tüketiminin yarı yarıya azalması, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarına da aynı oranlarda yansiyarak hava kalitesinde ciddi bir iyileşme meydana gelmiştir.

Şehirlerin coğrafi yapısını veya konumunu değiştirmek mümkün değildir. Hava kirliliğini önlemek ve azaltmak için gaz çağdaş, bilimsel çözümler üretmek

gerekmektedir. Karabük il merkezi de kuruluş itibariyle coğrafi yapısı ve konumu bakımından hava kirliliğini olumsuz yönde etkileyecek şekildedir. Bu nedenle bu çalışmadaki değerlendirme sonuçlarına göre Karabük'ün hava kalitesini iyileştirmek için konutlarda ısınma amaçlı fosil yakıtlar yerine doğalgaz kullanılması çağdaş bir çözüm olduğu gözükmemektedir.





## KAYNAKLAR

1. Keçebaş, A., Kayfeci, M., ve Gedik, E., “Afyonkarahisar’da ölçülen sülfür dioksit ve partikül madde değişimleri üzerine değerlendirme”, *Mühendis ve Makina*, 51 (610): 14-19 (2010).
2. Karapınar, Ç., “Kahramanmaraş’ta doğalgaz kullanımının hava kalitesi üzerindeki etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş (2012).
3. Menteşe, S. ve Tağıl, Ş., “Bilecik’te iklim elemanlarının hava kirliliği üzerine etkisi”, *Balikesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15 (28): 3-16 (2012).
4. Turalıoğlu, F. S., “Şehirleşme ve Doğalgaz kullanımının Erzurum hava kalitesine etkisi”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (2): 41-45 (2011).
5. Çay, Y. ve Çelik, E., “Hava kirliliğinin doğalgaz kullanımı ile değişimi, Sakarya ili örneği”, *3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Valencia – Spain, 1495-1504 (2015).
6. Turan, T. ve Yalçın Çelik, B., “Erzurum ilinde hava kirliliğindeki değişim”, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (1): 65-68 (2012).
7. Kara, G., Aydın, M. E. ve Tekin, İ., “Konya ili hava kalitesinin değerlendirilmesi”, *IV. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 323-332 (2010).
8. Menteşe, S. ve Can Yarımtepe, C., “Çanakkale ili hava kalitesinin kirlilik türlerine göre karşılaştırmalı olarak incelenmesi”, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 1: 66 – 74 (2012).
9. Gültürk, E., “Sivas ilinde doğalgaz kullanımının meteorolojik ölçümler ve hava kirliliği üzerine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Afyon (2009).
10. İlkılıç, C. ve Behçet, R., “Hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisi”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 5 (1): 66-72 (2006).
11. Özdalyan, B., Çelik, M. B. ve Kadı, İ., “Karabük’te hava kirliliği ve çözüm önerileri”, *Teknoloji*, 3-4: 51-56 (2001).
12. İbret, B. Ü. ve Aydınöz, D., “Şehirleşmede yanlış yer seçiminin hava kirliliği üzerine olan etkisine bir örnek: Kastamonu şehri”, *İstanbul Üniversitesi*

*Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, İstanbul, 18: 71-88 (2009).

13. Yazıcı, H., Akçaya, M., Çay, Y., Sekmen, Y., Yılmaz, İ. T., Gölcü, M., “Hava kirliliğinin doğalgaz kullanımı ile değişimi, Denizli ili örneği”, *Selçuk Üniversitesi Teknik-Online Dergi*, 9 (3): 205-215 (2010).
14. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları, “Hava İzleme”, <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> (2015).
15. T.C. Şehircilik ve Çevre Bakanlığı, “İl Çevre Durum Raporları”, <https://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=sayfaicerikhtml&IcId=691&detId=692&ustId=691> (2015).

## ÖZGEÇMİŞ

Nurettin KEMELDERE, 1983 yılında Çankırı’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Karabük’te tamamladı. 2000 yılında Safranbolu Lisesinden mezun oldu. 2001 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Uşak Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde öğrenimine başladı ve 2005 yılında mezun oldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans programına başladı ve 2015 yılında eğitimini tamamladı. 2011 yılından bu yana Karabük Kargaz Doğalgaz Dağıtım A.Ş.’de çalışmaktadır.

### **ADRES BİLGİLERİ:**

Adres : Emek Mah. Özlem Sitesi E Blok D:4  
Safranbolu/Karabük  
Tel : (506) 418 8704  
e-posta : kemeldere@hotmail.com