

# Hava Kirliliğinin Doğal Gaz Kullanımı İle Değişimi, Sakarya İli Örneği

\*<sup>1</sup>Yusuf ÇAY, <sup>2</sup>Emel ÇELİK

<sup>1</sup>Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Sakarya Üniversitesi, Türkiye  
<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

## Özet

Hava kalitesi konusuna tüm dünyada büyük önem verilmektedir. Hava Kirliliği; soluduğumuz dış havada kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), partiküler madde (PM), nitrojen oksitleri (NO<sub>x</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) gibi kirleticilerin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri yapacak düzeylerde olması şeklinde tanımlanabilir. Bu araştırma Sakarya il merkezi için 2007-2014 yılları arasındaki kış sezonu (ekim-kasım-aralık-ocak-şubat-mart) hava kirliliği ölçümlerinde elde edilen SO<sub>2</sub> ve partikül madde PM10) değerleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Son dönemdeki küresel ısınma problemi nedeniyle daha fazla önem arz etmeye başlayan SO<sub>2</sub> ve PM10 emisyonlarının envanterlerinin oluşturulması ve dağılımlarının belirlenmesi, alınacak tedbirler açısından önemli ve gereklidir. Doğal gaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Sakarya İlinde ısınma ihtiyacını karşılamak için kömür, fuel-oil ve mazot kullanılırken 29 Ekim 2003 yılı itibarıyla doğal gaza geçilmiştir. Doğal gazın kullanılmaya başlanmasıyla diğer fosil yakıtların kullanımı azalmıştır. Çalışmanın sonunda, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde (HKDYY) belirtilen, SO<sub>2</sub> için 250 µg/m<sup>3</sup> değerinin doğal gaz kullanımına geçilmeden ve doğal gaz kullanılmaya başlanmasından sonra hiçbir dönemde aşılmadığı görülmüştür. PM10 için yönetmelikte belirtilen 200 µg/m<sup>3</sup> değerinin 2007-2014 kış sezonunda aşılarak 2012 yılında 350µg/m<sup>3</sup> 'e ulaştığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hava kirliliği, doğal gaz, SO<sub>2</sub>, PM10

## Abstract

Air quality issues has important place all over the world. Air contamination can be described as effect of dirty breathing air which includes sulphurdioxide (SO<sub>2</sub>), particular matter (PM), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and ozone (O<sub>3</sub>), on human health and environment has a hazardous level. This investigation is based on datum which obtained from levels of SO<sub>2</sub> and particular matter (PM) between 2007 and 2014 from October months to march months. In Recent times, due to global warming problem, determining the level of PM10 and SO<sub>2</sub> emissions is of great importance for further precautions and is required. In this study, effect of natural gas using on air quality is studied. Heat demand in Sakarya was supplied by coil, Fuel oil and Diesel oil, but exploiting of natural gas has commenced in 29 October 2003. With the beginning of exploiting natural gas, use of solid fuels has decreased. In the end of study, the level of 250 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> which is described in codes of air quality assessment and administration, has never been exceeded neither before or later 29 October 2003. However, the air contamination values which is described for PM10, 200 µg/m<sup>3</sup>, was exceeded to 350µg/m<sup>3</sup> in the year of 2012.

**Key words:** Air Pollution, Natural Gaz, SO<sub>2</sub>, PM10

## 1. Giriş

Çevre; insanların ve diğer canlıların yaşamları boyunca karşılıklı olarak etkileşim içinde bulunduğu, biyolojik, kimyasal, sosyal, ekonomik ve kültürel bütün faaliyetlerini devam ettirdiği bir ortamdır [1,2,3]. Ne yazık ki bütün canlılar için önemli olan çevre, sanayinin dünyada hızla gelişmesine paralel olarak, ham madde ihtiyacının karşılanması için doğal kaynakların tüketilmeye başlanması, üretim atıklarının hızla artması ve insanların bilinçsizce doğaya zarar vermesi sonucunda hızla kirletilmeye, tahrip edilmeye kısacası yok edilmeye

başlanmıştır. Günümüze gelindiğinde ise çevre sorunları ciddi problemler doğurmaya başlamış ve tüm canlı yaşamı için tehlikeli bir hal almıştır [1].

İnsan, çevre, kültür ve ekonomi sürekli birbirleriyle etkileşim halindedirler. Dolayısıyla bu zincirin bir halkasında meydana gelen bir değişim diğerlerini de etkileyecektir. Nitekim dünya genelinde nüfusun artışı, bilim ve teknolojinin hızlı gelişimi sonucunda insanların gereksinimleri artmaktadır. Bu ihtiyaçların giderilmesi için geliştirilen teknolojinin kontrolsüz kullanılmasıyla zarar gören doğal kaynakların, çevreye olan olumsuz etkilerinde de belirli oranda artışlar görülmektedir [4,5,6].

Bilindiği gibi temiz havanın çok açık bir tanımı bulunmamaktadır. Ancak saf havanın bileşimine yabancı olan gazlar ve partiküller atmosferde kirletici olarak bulunurlar. Bu kirletici unsurların fazlaşması 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. Atmosfer kirleticileri birincil kirleticiler ve kimyasal reaksiyonlarla oluşan ikincil kirleticiler olmak üzere kendi içlerinde iki kategoriye ayrılırlar. Söz konusu kirleticilerin zararlı olan konsantrasyon değerleri, uluslararası kuruluşlar ve çeşitli ülkeler tarafından "Hava Kirliliği Standartları " ile belirlenebilmektedir [7].

Hava Kirliliği; soluduğumuz dış havada kükürt dioksit ( $SO_2$ ), partiküler madde (PM), nitrojen oksitleri ( $NO_x$ ) ve ozon ( $O_3$ ) gibi kirleticilerin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri yapacak düzeylerde olması şeklinde tanımlanabilir. Bu kirlilik atmosferde doğal süreçleri bozmakta ve toplum sağlığını olumsuz yönde etkilemekte olup, dünyada son 30 yıldır hava kirliliği düzeyleri düzenli olarak izlenmesine ve mücadele edilmesine rağmen, özellikle büyük metropollerde kirlilik düzeyleri halen güvenli kabul edilen sınırların üzerinde seyretmektedir. Hava kirliliği, dünya genelinde özellikle endüstriyel tesislerden, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanmaktadır. Dünyada hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katlık bir artış beklenmektedir. Özellikle gelişmekte olan bölgelerde hızlı kentleşme ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte kirlilik de artmaktadır[8].

PM'lerin bileşimine bakıldığında birden fazla kirleticiden ibaret olduğu, aerosol, duman, is, yanma ürünleri, toz, deniz tuzu ve polen gibi maddelerden oluştuğu görülmektedir. Aerosol halinde bulunan PM'lerin en yaygın olanını sülfürik asit, sülfat ve nitrat tuzları oluşturmaktadır. Gaz kirleticilerden  $SO_2$  burun ve farenkste elimine edilirken, suda çözünür olmayan gazlardan  $O_3$  ve  $NO_2$  solunum sisteminin derinliklerine ulaşabilmektedir. Karbon Monoksit (CO) ise alveolerkapilermembrandadiffüzyona uğrayarak hemoglobine bağlanmaktadır [8].

Modern yaşamın getirdiği şehirleşmenin bir sonucu olan hava kirliliği, yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de etki alanına sahiptir. Hava kirliliğinin insan sağlığına önemli etkileri olması sebebiyle, hava kalitesi konusuna tüm dünyada büyük önem verilmektedir. Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji belirlemek için, bilimsel topluluk ve ilgili otoritenin her ikisi de atmosferik kirletici konsantrasyonlarını izlemek ve analiz etmek konusuna odaklanmışlardır [9]. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan, Hava

Kalitesi İndeksi (HKİ) denilen sınıflama sistemi ile havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şekilde derecelendirme yapılmaktadır. Dünyanın pek çok ülkesinde indeks hesaplanmasında kullanılan yöntem ve kriterler, kendi ülkelerinde uygulanan hava kalitesi standartlarına uygun şekilde oluşturulmuştur [10].

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksini ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlayarak oluşturulmuştur. 5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partikül maddeler (PM10), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) dur [10].

Ülkemizde ısınma ihtiyacı, kömür, petrol kökenli yakıtlar, doğalgaz ve bazı bölgelerde ise jeotermal kaynaklı enerjiden sağlanmaktadır. Bu alanda en çok tüketilen enerji kaynağı kömür iken son yıllarda yapılan doğalgaz anlaşmaları ve yatırımları ile doğalgaz da önemli ölçüde ısınma ihtiyacını karşılamak için kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde de yoğun kentleşme ile ortaya çıkmış bulunan hava kirliliğini gidermede doğal gazdan faydalanma yoluna gidilmiştir [11]. Bu konudaki olumlu sonuçlar gün geçtikçe kendini göstermektedir.

Doğal gaz günümüzden milyonlarca yıl önce yer kürede yaşamış olan canlı artıklarının yer katmanları arasında, basınç ve sıcaklık altında dönüşüme uğramasıyla ortaya çıkmaktadır. İçerisinde büyük oranda (%70-95) metan (CH<sub>4</sub>), daha az oranda 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) içeren renksiz, kokusuz, havadan hafif ve yüksek enerjili bir gaz yakıttır . Doğal gazın kömür ve fuel-oil ile karşılaştırmalı olarak özellikleri Tablo 1’de görülmektedir [12].

**Tablo 1.** Isıtımda Kullanılan Yakıtların Karşılaştırılması.

	<b>Kömür</b>	<b>Fuel-Oil</b>	<b>Doğal Gaz</b>
Karbon Oranı (%)	77.40	84.58	73.98
Hidrojen Oranı (%)	1.40	10.90	24.57
Kükürt Oranı (%)	1.00	4.00	-
Kül Oranı (%)	8.00	-	-
Nem Oranı (%)	7.00	-	-
Isıl Değeri kJ/kg-kcal/kg	29 600-7 080	39 220-9 380	49 085-11 780
Baca Gazındaki SO <sub>2</sub> Oranı (ppm)	1.64	5.50	-
Hava Fazlalığı	1.40-2.00	1.20-1.30	1.05-1.10

Doğal gaz diğer yakıtlara nazaran çevreyi kirliletmeyen bir yakıttır. Çevreyi kirlileten üç ana faktör (SO<sub>2</sub>, PM ve is) doğal gaz dumanı içerisinde bulunmamaktadır. Doğal gazın en önemli

özelliklerinden birisi de zehirsiz olmasıdır. Doğal gazın solunması halinde zehirleyici ve öldürücü bir etkisi yoktur. Ancak ortamda çok fazla birikmişse teneffüs edilecek oksijen azaldığından dolayı boğulma tehlikesi vardır. Yanma ürünü gazlar ortama yayılırsa, diğer yakıtlarda olduğu gibi içersindeki CO nedeniyle zehirlenebilir [13].

Sakarya ili ısınma ihtiyacı için gerekli olan enerjinin belirli bir bölümünü doğal gazdan karşılamaktadır. Sakarya'nın doğal gazla buluşması çok eski bir tarihe dayanmamaktadır. Doğal gaz ağdaş firması tarafından 2003 Mayıs ayında şehir içi dağıtım projesinin temeli atılmış 29 Ekim 2009 'de yatırım yapılan bölgelere gaz vermeye başlanmıştır. Bugün itibarıyla 1650 km' lik çelik, polietilen ve servis hattı yapılmıştır. 1650 km'ye varan bir yatırım şebekesinin 87.000 abonesi bulunmaktadır. 3.400.000.000 m<sup>3</sup> gaz taşıyan 80.000.000 m<sup>3</sup> gaz satılmaktadır [14].

Yapılan bu çalışmada, Sakarya İli'nin doğalgaz kullanmaya başlamadan önceki ve doğalgaza geçiş ile hava kirlilik parametrelerindeki değişim grafik ve tablolar halinde incelenmiştir. Doğal gaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır ve yapılan araştırmaya göre de sonuç ve önerilerde bulunulmuştur.

## 1. Materyel Ve Yöntem

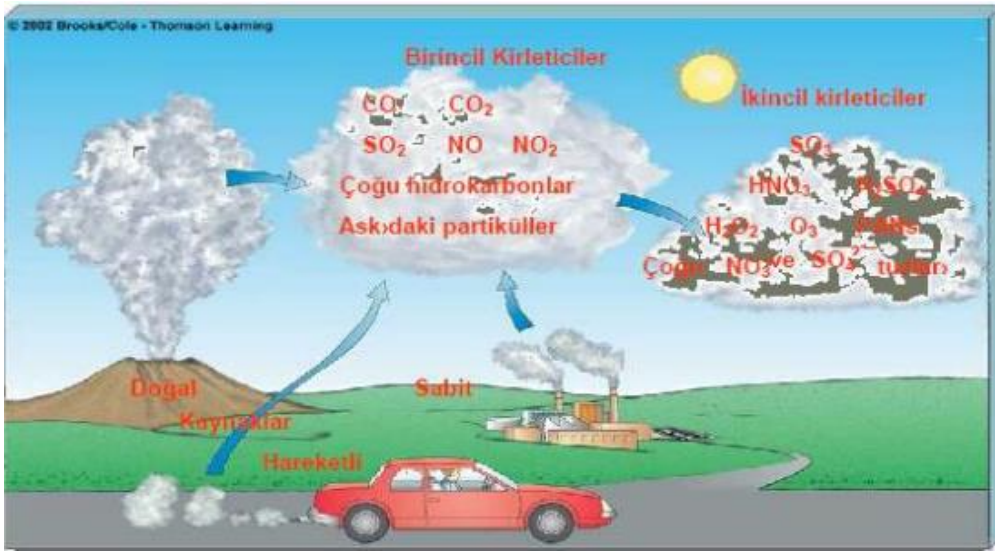
Sakarya İl alanı yönetsel açıdan doğudan Düzce İli ve Bolu Dağı, Güneyden Bilecik'in; Gölpaazarı ve Osmaneli, batıdan Kocaeli'nin; Kandıra, Merkez ve Gölcük ilçeleri, kuzeyden ise Karadeniz ile çevrilidir. Marmara Bölgesi'nin Kuzeydoğu bölümünde yer alan Sakarya ili; 29°, 57' -30°, 53' Doğu Meridyenleri, 40°, 17' -41°, 13' Kuzey paralelleri arasında yer alır. İl topraklarının % 33,6'lık bölümünü dağlar kaplamaktadır. İldeki tek düzenli sıradağ Samanlı Dağları'dır. Bolu'nun güneyinde düzenli ve yüksek sıra dağlar oluşturan Köroğlu Dağları'nın batı uzantısı olan Samanlı Dağları kaplar. Sakarya Ovası'nın doğu ucunda yer alan 1.543 metre yükseltili Keremali Dağı ile güneydeki 1.467 metre yükseltili Karadağ'dır [15].

Sakarya 'da bir adet hava kalitesi izleme istasyonu mevcuttur. Bu istasyon il merkezinde bulunmaktadır. Bu istasyonda ölçülen hava değerlerinin aritmetik ortalaması Sakarya için hava kalitesini vermektedir.

Hava kirliliği kentlerde halen doğal çevre ve insan sağlığına zarar veren önemli bir problemdir. Bölgesel hava kirliliği, nedenleri ve sonuçları açısından yaşanan küresel ısınma problemi ile de birebir örtüşmektedir [16].

Türkiye'de özellikle kış sezonunda bazı şehir merkezlerinde meteorolojik şartlara da bağlı olarak hava kirliliği görülmektedir. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; düşük vasıflı yakıtların iyileştirilme işlemine tabi tutulmadan kullanılması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan yakma sistemleri işletme bakımlarının düzenli olarak yapılmaması şeklinde sıralanabilir. Ancak ısınmada doğal gazın ve kaliteli yakıtların kullanılması sonucu özellikle büyük şehirlerde hava kirliliğinde 1990'lı yıllara göre azalma olmuştur. Şehirleşme ile sanayi tesislerinin yakın çevresindeki bölgelerdeki konutlaşmaların artması hava kirliliğinin olumsuz etkilerini artırmaktadır. Kömüre dayalı

termik santrallerde kullanılan yerli linyitlerin yüksek kükürt oranı ve bazı tesislerde arıtma sistemlerinin olmaması nedeniyle kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) emisyonları problem oluşturmaktadır. Çevre Mevzuatının kirletici vasfı yüksek tesisler olarak nitelendirdiği enerji üretim tesisleri için mevzuatta özel emisyon sınır değerleri bulunmaktadır. Söz konusu tesislerin kurulması ve işletilmesi için gerekli izinler, tesisten çıkan emisyonlar ve tesisin etki alanı içerisinde hava kirliliğinin tespitine ilişkin usul ve esaslar Çevre Mevzuatında belirlenmiştir. Katı, sıvı ve gaz yakıt kullanan bu tesisler için ilgili baca gazı sınır değerlerinin sağlanması yanında tesis etki alanlarında hava kalitesi sınır değerlerinin de sağlanması gereklidir. Bu nedenlerle söz konusu tesislerden kaynaklanan özellikle toz, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve azotoksit (NOX) emisyonlarının giderilmesi ve azaltılması konusundaki tekniklerinin uygulanması gereklidir. Bu azaltım tekniklerinin hayata geçirilmesi ve yaygın olarak kullanılabilmesi içinde Çevre Mevzuatında bazı değişiklikler yapılmıştır. Şehirlerde yaşanan hava kirliliğine, artan motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazları da katkı sağlamaktadır [17] (Şekil 1).



Şekil 1. Hava kirlenme kaynaklarının şematik olarak gösterilmesi

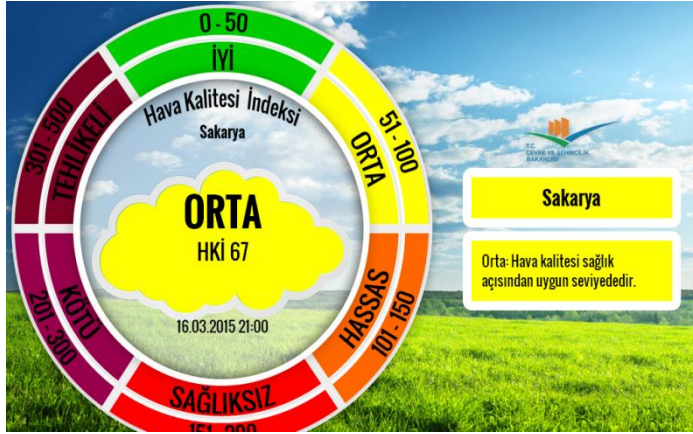
Hava Kalitesi İndeksi, hava kalitesinin günlük olarak rapor edilmesi için kullanılan bir indekstir. HKİ, 0-500 aralığında düzenlenmiş bir skala olarak düşünülebilir. HKİ değeri yükseldikçe hava kirliliğinin yükseldiği ve sağlık riskinin de arttığı düşünülmelidir. HKİ'nin amacı, yaşadığımız bölgedeki hava kalitesi ile sağlığımızı ilişkilendirmemiz için yardımcı olmaktır. Kolay anlaşılabilir diye HKİ skalası 6 kategoriye bölünmüştür [18].

Tablo 2. Hava Kalite İndeksi Karşılaştırma Tablosu

Hava Kalitesi İndeksi	SO <sub>2</sub> 1 saatlik ortalama (µgr/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> 24 saatlik ortalama (µgr/m <sup>3</sup> )	CO 24 saatlik ortalama (µgr/m <sup>3</sup> )	O 1 saatlik ortalama (µgr/m <sup>3</sup> )	PM10 24 saatlik ortalama (µgr/m <sup>3</sup> )
1 (çok iyi)	0-50	0-45	0-1,9	0-35	0-25
2 (iyi)	51-199	46-89	2,0-7,9	36-89	26-69
3 (yeterli)	200-399	90-179	8,0-10,9	90-179	70-109
4 (orta)	400-899	180-299	11,0-13,9	180-239	110-139
5 (kötü)	900-1499	300-699	14,0-39,9	240-359	140-599
6 (çok kötü)	>1500	>700	>40,0	>360	>600

**Tablo 3.** Sakarya İlinde (2013) Yılında Kullanılan Doğalgaz Miktarı

Yakıtın Kullanıldığı Yer	Abone Sayısı	Tüketim Miktarı (m <sup>3</sup> )
Konut	109.488	98.053.434

**Şekil 2.** Sakarya ili hava kalitesi indeksi [4].**Tablo 4.** SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> için geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri [20]

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Sınır Değerinin Yıllık Azalması	Uyarı Eşiği (verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır)
SO <sub>2</sub>	Saatlik	900 µg/m <sup>3</sup>		
	-KVS- 24 saatlik % 95/yıl - insan sağlığının korunması için	400 µg/m <sup>3</sup>	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 200 µg/m <sup>3</sup> (sınır değerinin %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	
	Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart) -insan sağlığının korunması için	250 µg/m <sup>3</sup>	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 125 µg/m <sup>3</sup> (sınır değerinin %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	
	Hedef sınır Değer (Yıllık aritmetik ortalama)	60 µg/m <sup>3</sup>		İlk seviye 500 µg/m <sup>3</sup>
	Hedef sınır Değer Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart)	120 µg/m <sup>3</sup>		İkinci seviye 850 µg/m <sup>3</sup>
	-UVS yıllık -insan sağlığının korunması için	150 µg/m <sup>3</sup>		Üçüncü seviye 1100 µg/m <sup>3</sup>
	-UVS yıllık -hassas hayvanların, bitkilerin ve nesnelerin korunması için	60 µg/m <sup>3</sup>	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 20 µg/m <sup>3</sup> (sınır değerinin %33'ü) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	Dördüncü seviye 1500 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	-KVS- 24 saatlik % 95/yıl - insan sağlığının korunması için	300 µg/m <sup>3</sup>		İlk seviye 260 µg/m <sup>3</sup>

Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart) -insan sağlığının korunması için	<b>200 µg/m<sup>3</sup></b>	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 90 µg/m <sup>3</sup> (sınır değerinin % 45'i) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	İkinci seviye <b>400 µg/m<sup>3</sup></b>
-UVS yıllık -insan sağlığının korunması için	<b>150 µg/m<sup>3</sup></b>	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 60 µg/m <sup>3</sup> (sınır değerinin % 40'i) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	Üçüncü seviye <b>520 µg/m<sup>3</sup></b> Dördüncü seviye <b>650 µg/m<sup>3</sup></b>

\* PM10, asılı partikül madde-siyah duman olarak ölçülebilir. Siyah duman değerlendirilmesi ve gravimetrik birimlere çevrimi için, hava kirliliğini ölçme metodları ve anket teknikleri üzerine çalışan OECD grubunun standartlaştırdığı metod (1964), referans metod olarak alınır.

Esas hava kirliliğine neden olan SO<sub>2</sub> ve PM10 miktarlarının sınır değerleri, değerlendirme ve uyarı eşikleri Tablo 3'de gösterilmektedir. Buradaki PM10 ifadesi, arsenik, kadmiyum, nikel ve benzo(a)piren element ve bileşiklerinin toplam miktarını göstermektedir. PM10 içerisinde insan sağlığını ciddi şekilde tehdit edici ve ölümlere sebebiyet verebilecek bileşikler bulunmaktadır. Hava kirliliğini önleme çabaları sonucu canlı ve insan sağlığını ciddi derecede tehdit eden bu bileşiklerin değerleri zamanla Dünya Sağlık Örgütü'nün öngördüğü değerlere getirilebilir [ 19].

Bu araştırma Sakarya il merkezin için 2007-2014 yılları arasındaki kış sezonu(ekim-kasım-aralık-ocak-şubat-mart) hava kirliliği ölçümlerinde elde edilen SO<sub>2</sub> ve partikül madde (PM) değerleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Araştırma Sakarya İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Sakarya Ağdaş Doğal gaz A.Ş ve Sakarya Belediyesi ile ortak bir çalışmadır. Çalışmada, bölgede mevcut bina sayısı ve ısıtma amaçlı kullanılan yıllık yakıt miktarları belirlenmiş ve havaya salınan SO<sub>2</sub> ve PM10 emisyon miktarları kullanılmıştır.

### 3. Bulgular

Çalışma kapsamında Sakarya İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan veriler derlenerek Sakarya il merkezi için 2007-2014 yılları arası kış sezonu hava kirliliği profili çıkarılmıştır.

**Tablo 5.**2007-2014 yılları arasında ölçülen kış sezonu SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) değerleri

KIŞ SEZONU	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	Kış sezonu ortalaması
2007-2008	5,45	8,62	15,47				<b>9,85</b>
2008-2009	6,81	16,18	15,76	24,25	19,98	11,22	<b>15,70</b>
2009-2010	5,72	16,09	12,80	18,99	16,08	11,97	<b>13,61</b>
2010-2011	4,62	8,39	16,65	21,13	18,31	18,32	<b>14,57</b>
2011-2012	3,88	8,15	14,37	19,98	17,42	17,92	<b>14,57</b>
2012-2013	10,84	21,93	36,47	10,97	17,47	18,26	<b>19,32</b>
2013-2014	10,45	22,55	<b>39,35</b>	24,05	14,86	17,97	<b>21,54</b>

Tablo 5 de 2007-2014 yıllarındaki SO<sub>2</sub> ölçüm değerleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde, SO<sub>2</sub> emisyonlarının maksimum değerine 2013-2014 Aralık 39,35 µg/m<sup>3</sup> ayında ulaştığı görülmektedir. Bu değer HKDYY'nin belirttiği 250 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin daha aşağısında olduğu görülmektedir.

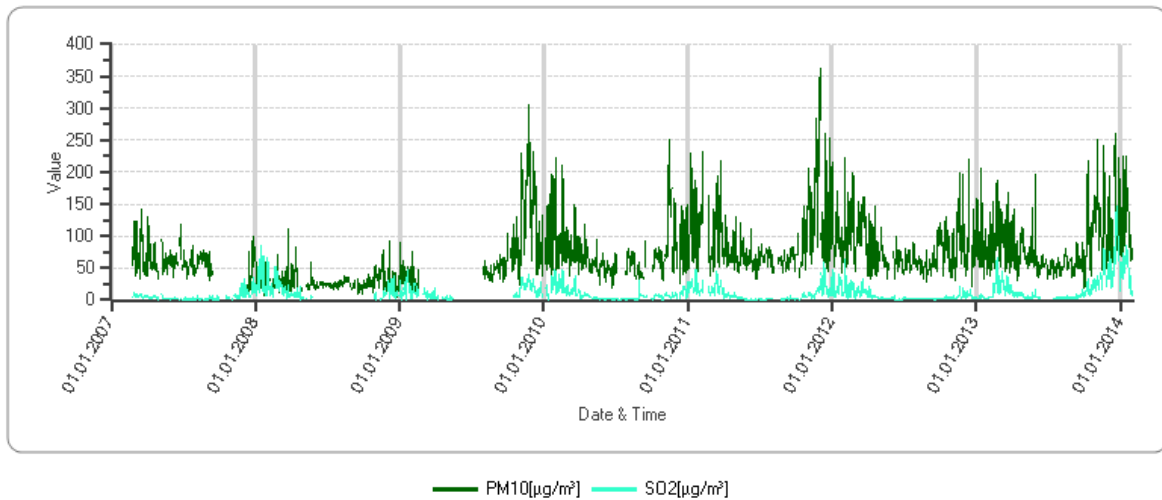
**Tablo 6.** 2007-2014 yılları arasında ölçülen kış sezonu PM10 (µg/m<sup>3</sup>) değerleri

KIŞ SEZONU	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	Kış sezonu ortalaması
2007-2008	26,87	38	38,91	32,16	32	30,34	<b>33,05</b>
2008-2009	16,75	94,68	66,43	34,98	21,83	19,48	<b>42,36</b>
2009-2010	32,71	135,83	96,38	68,16	49,60	46,18	<b>71,48</b>
2010-2011	69,22	<b>143,31</b>	113,46	106,81	84,05	95,58	<b>102,07</b>
2011-2012	80,37	132,47	72,87	107,98	97,92	109,87	<b>100,25</b>
2012-2013	92,89	111,72	63,03	91,66	102,51	102,61	<b>94,07</b>
2013-2014	87,69	124,05	113,62	100,26	107,88	94,44	<b>104,65</b>

Tablo 6 de 2007-2014 yıllarındaki PM10 ölçüm değerleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde, PM10 emisyonlarının maksimum değerine 2010-2011 Aralık ayında 143,31 µg/m<sup>3</sup> 'e ulaştığı görülmektedir. Bu değer HKDY'nin belirttiği 200 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin altında olduğu görülmektedir.

Şekil 4-6 da aylık SO<sub>2</sub> ve PM10 değerleri görülmektedir. Burada 2007-2008 kış döneminde 2008 yılı ortalaması ve 2014 SO<sub>2</sub> yükselme göstermiştir.

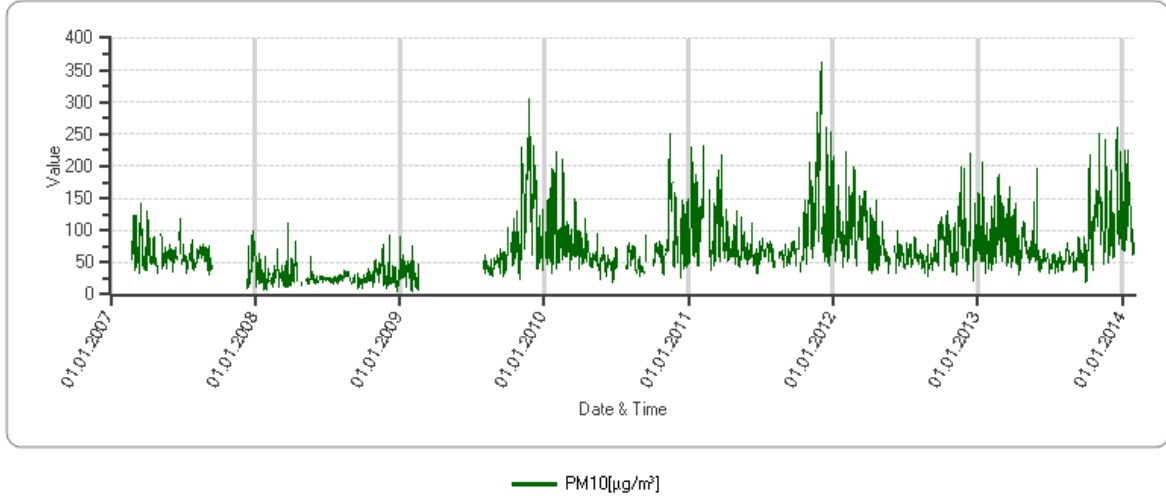
İstasyon:Sakarya Periyodik:01.01.2007 00:00 - 31.01.2014 00:00 Rapor Türü:AVG



**Şekil 4.** 2007-2014 SO<sub>2</sub> ve PM10 kış ayı değerleri

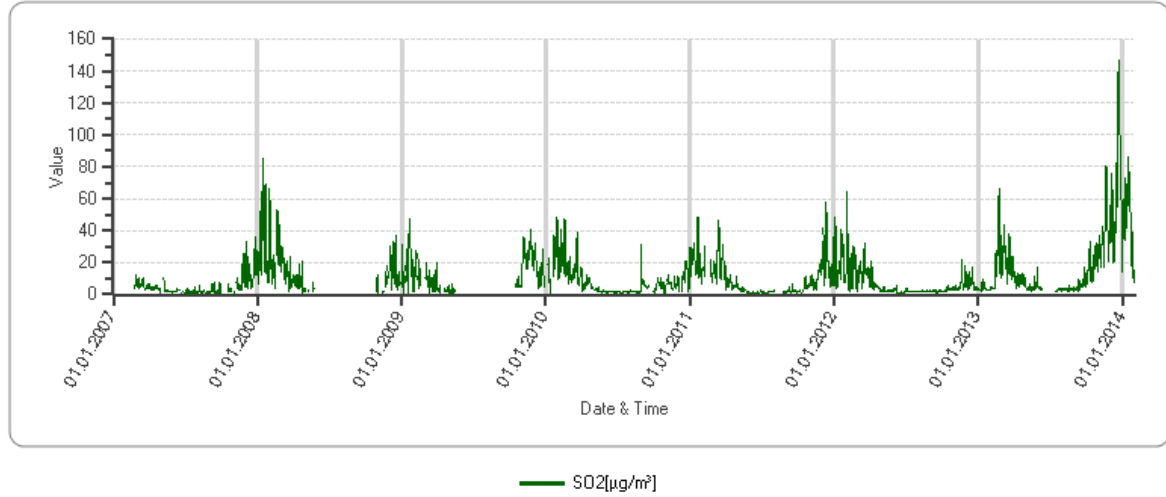


İstasyon:Sakarya Periyodik:01.01.2007 00:00 - 31.01.2014 00:00 Rapor Türü:AVG



Şekil 5. 2007-2014 PM10 kış ayı değerleri

İstasyon:Sakarya Periyodik:01.01.2007 00:00 - 31.01.2014 00:00 Rapor Türü:AVG

Şekil 6. 2007-2014 SO<sub>2</sub> kış ayı değerleri

#### 4. Sonuç

Bazı aylarda partikül madde miktarının müsaade edilen sınır değeri aştığı görülmüşse de sezon ortalaması göz önüne alındığında 2010-2011 ve 2011-2012 kış sezonu hariç diğer sezonlarda  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sınır değeri aşılmamıştır. Sakarya da, hava kalitesi yönetmeliğinde belirtilen SO<sub>2</sub> sınır değerine göre, geçen yıllarda kükürt dioksit sınırı aşılmamıştır.

Hava kirliliğindeki bu azalmayı devam ettirmek için temiz bir enerji olan doğal gazın konut ve endüstri ısınmasında kullanımı artırılmalıdır. Sakarya da hava kirliliğinin boyutlarını belirlemek için başka bir çalışma olarak İl Sağlık Müdürlüğü ve İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün periyodik olarak yaptığı ölçümler kullanılarak değerlendirilebilir.

## Kaynaklar

- [1] Seçgin F, Yalvaç G, Çetin T. “İlköğretim 8. Sınıf Öğrencilerinin Karikatürler Aracılığıyla Çevre Sorunlarına İlişkin Algıları”, International Conference on New Trends in Education and Their Implications, 11-13 November, 2010 ,Antalya-Turkey, ISBN: 978 605 364 104 9.Sayfa:391-398.
- [2]Daştan H. “Çevre Koruma Bilinci ve Duyarlılığının Oluşmasında Eğitimin Yeri ve Önemi”, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara: Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1999.
- [3]Kazım Y.,Şengün S ve Mehmet Y. Çevre Bilimi ve Eğitimi, Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, 2008.
- [4]Özer U. Environmental Philosophy Within The Relationships Of Humanity, Environment, Culture And Economy. Man and the Environment Conference Proceedings, 1, 318-321,1991.
- [5]Yılmaz A, Morgil , Aktuğ P. ve Göbekli İ. Ortaöğretim ve Üniversite Öğrencilerinin Çevre, Çevre Kavramları ve Sorunları Konusundaki Bilgi ve Öneriler. H. Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 156-162,2002.
- [6]Aydıncı C. Çevre kirliliğinin nedenleri ve etkileri. Çevre ve İnsan, 37, 37-41,1997.
- [7]Şahin N.F, Cerrah L , Saka A, Şahin B, Yüksek Öğretimde Öğrenci Merkezli Çevre Eğitimi Dersine Yönelik Bir Uygulama, GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 3 ,113-128,2003.
- [8]Bayram H, Dörtbudak Z, Evyapan Fişekçi F, Kargın M, Bülbül B, ““Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu” Paneli Ardından. Dicle Tıp Dergisi, Cilt:33, Sayı:2, (105-112),2006.
- [9]Kyrkilis G, Chaloulakou A, Kassomenos P. A. Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. Environment International, 33, 670-690,2007.
- [10]<http://www.havaizleme.gov.tr/>
- [11]Gültekin,A.H, Örgün Y.,Doğal Gaz Ve Çevre, Çevre Dergisi, Ekim-Kasım-Aralık, Sayı:9, 1993
- [12]Çay Y., Yıldız A, “Fosil Kaynaklı Yakıtların Neden Olduğu Hava Kirliliğinin Doğalgaz Kullanımı ile Değişimi, Van İli Örneği” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi
- [13]Küçükalyalı R , Doğal Gaz-LPG Tesisatı ve Bacalar, Isısan Çalışmaları No:345, 2003.
- [14]Ağdaş Doğal Gaz A.Ş. <http://www.agdas.org/>
- [15]<http://www.satso.org.tr>
- [16]GümrükçüoğluM., SoyluS., Adapazarı’nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi , TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi , Antalya, 2011.
- [17]Ay E.F., Balta M., Çolak M.,Semercioğlu H. Hava Kirliliği ve Modellemesi, Sakarya,2010.
- [18]<http://www.havaizleme.gov.tr>
- [19]Çay Y, Yıldız A, . Fosil Kaynaklı Yakıtların Neden Olduğu Hava Kirliliğinin Doğal Gaz Kullanımı İle Değişimi, Van İli Örneği. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No: 4, 2011 (45-52).
- [20]Yazıcı H, Akçay M, Çay Y , Sekmen Y, Yılmaz İ.T., Gölcü M. Hava Kirliliğinin Doğalgaz Kullanımı İle Değişimi, Denizli İli Örneği. Selçuk Üniversitesi ISSN 1302/6178, Teknik-Online Dergi .2010.Cilt 9, Sayı:3.