

# Türkiye’de Havadaki PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> Düzeyindeki Değişimler, 2005-2015

## Particulate Matter and Sulphur Dioxide Trends in Turkey, 2005-2015

✉ Tacettin İNANDI,<sup>a</sup>  
 ✉ Mehtap CANCİĞER ELTAŞ,<sup>a</sup>  
 ✉ Beyza KERMAN<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Halk Sağlığı AD,  
 Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi  
 Tıp Fakültesi,  
 Hatay

Received: 27.09.2017  
 Received in revised form: 23.02.2018  
 Accepted: 01.03.2018  
 Available online: 05.09.2018

Correspondence:  
 Tacettin İNANDI  
 Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi  
 Tıp Fakültesi,  
 Halk Sağlığı AD, Hatay,  
 TÜRKİYE/TURKEY  
 inandit@gmail.com

Bu çalışma 19. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi  
 (15-19 Mart, Antalya)’nde sözel bildiri olarak  
 sunulmuştur.

**ÖZET Amaç:** Hava kalitesi sağlığımızı belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Günümüzde dünya nüfusunun %92’si havanın kirli olduğu bölgelerde yaşamaktadır. Kirli hava, dünyada ölüm nedenleri arasında 4. sırada yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye genelinde PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> eğimlerini ve değerlerini yer ve zaman özellikleri bakımından incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Araştırmada 2005-2007 yıllarında ölçüm yapmaya başlayan, 2015 yılına kadar ölçüme devam eden ve bir yılın en az %75’inde ölçüm yapan istasyonların verileri <http://www.havaizleme.gov.tr/sunucusundan> 24 saatlik ortalamalar şeklinde, Excel dosyası olarak 2016 yılında indirildi. **Bulgular:** Yıllara göre ölçüm yapan istasyon sayısı 12 ile 72 arasındaydı. Yıllara göre ortalama PM<sub>10</sub> değerleri 46 µg/m<sup>3</sup> ile 84 µg/m<sup>3</sup> arasında değişti. Ölçüm yapılan toplam günlerin %54,2’sinde PM<sub>10</sub> için limit aşımı gerçekleşti. SO<sub>2</sub> için günlük limit değeri, 10 yılda toplam günlerin %23,0’ında aşıldı. Verilerin alındığı 2005-2015 arasında, yıllar itibarıyla hem PM<sub>10</sub> hem de SO<sub>2</sub> değerlerinde azalma eğilimi gözlemlendi. Bununla birlikte PM<sub>10</sub> açısından ölçülen değerler DSÖ limit değerlerin üzerindeydi. Yaz aylarının PM<sub>10</sub> grafiğinde değerler Ekim-Mart dönemini yansıtan grafiğe göre daha düşük seyretti. Yaz mevsimine doğru gelindiğinde SO<sub>2</sub> ortalama değeri giderek azaldı ve Haziran-Ağustos aylarında düşük değerlerde seyretti. Bölgeler açısından ele alındığında değerlendirilen ölçüm yılları boyunca, en düşük ortalama PM<sub>10</sub> 48 µg/m<sup>3</sup> değeri ile Karadeniz’de, en yüksek PM<sub>10</sub> değeri olan 71 µg/m<sup>3</sup> ise Ege Bölgesi’nde gözlemlendi. SO<sub>2</sub> ortalama değeri 13 µg/m<sup>3</sup> ile en yüksek Ege Bölgesi’nde, en düşük değer 6 µg/m<sup>3</sup> ile Marmara Bölgesi’nde gözlemlendi. **Sonuç:** PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri 10 yıllık sürede düşme eğilimindedir. PM<sub>10</sub> kirliliği SO<sub>2</sub>’ye göre daha belirgindir. Toplam günlerin yarısından fazlasında kirli hava solunmuştur. Halk sağlığı açısından mevcut hava kalitesi uygun değildir.

**Anahtar Kelimeler:** PM<sub>10</sub>; hava kirliliği; SO<sub>2</sub>

**ABSTRACT Objective:** Air quality is one of the most important factors to determine our health. Today, 92.0% of the world’s population lives in places where the air is polluted. Polluted air is fourth reason in terms of death. The aim of this study is to evaluate PM<sub>10</sub> SO<sub>2</sub> values and trends by characteristics of place and time. **Material and Methods:** The data of stations starting to measure in the survey between 2005-2007 and continuing to be measured until 2015 and measuring at least 75% of a year were downloaded from the website of <http://www.havaizleme.gov.tr/> in the form of Microsoft Excel file, in 2016. Downloaded values were the 24 hour averages. **Results:** The number of measuring stations by the years was between 12 and 72. The median PM<sub>10</sub> values by the years changed between 46µg/m<sup>3</sup> and 84µg/m<sup>3</sup> and the median value of ten years was 54µg/m<sup>3</sup>. The PM<sub>10</sub> values exceeded the limit value in 54.2% of all the days. The median SO<sub>2</sub> value was 8µg/m<sup>3</sup> for ten years. Daily values for SO<sub>2</sub> exceeded in 23.0% of total days for the 10 years. There is a decreasing trend in the values of both PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> from 2005 to 2015. However, the values measured in terms of PM<sub>10</sub> were above the WHO limit values. The decreasing trends in winter seasons were higher than in the summer seasons regarding to PM<sub>10</sub>. Towards summer, the SO<sub>2</sub> median value gradually decreased and remained at its lowest level in June-August. The lowest median PM<sub>10</sub> is observed in the Black Sea Region with 48 µg/m<sup>3</sup>, while the highest PM<sub>10</sub> value is 71 µg/m<sup>3</sup> in the Aegean Region during the measurement years evaluated in terms of regions. The highest SO<sub>2</sub> median value was in the Aegean with 13 µg/m<sup>3</sup> and the lowest was in Marmara with 6 µg/m<sup>3</sup>. **Conclusion:** There is a decreasing trend for PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> values for ten years. The pollution of PM<sub>10</sub> is more prominent than SO<sub>2</sub>. Population was exposed to polluted air in more than the half of the all days. The current air quality is not suitable for public health.

**Keywords:** PM<sub>10</sub>; air pollution; SO<sub>2</sub>

**H**ava kalitesi sağlığın en güçlü belirleyicilerinden biridir. Öte yandan Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre dünya nüfusunun %92'si kirli hava solumaktadır.<sup>1</sup> Kirli hava nedeni ile her yıl milyonlarca insan ölmekte ve daha fazlasının da yaşamı olumsuz etkilenmektedir.<sup>1</sup> DSÖ 2012 verilerine göre, dış ortam hava kirliliği her yıl 6,5 milyon insanın ölümüne neden olmaktadır. Dünya Bankası, hava kirliliğinin dünya üzerindeki ölümler için dördüncü sıradaki risk faktörü olduğunu bildirmektedir.<sup>2</sup>

Kirli hava en yaygın çevresel kanserojen ve büyük bir halk sağlığı sorunu olarak görülmektedir.<sup>3</sup> Hava kirliliği ile ilişkili, çok sık görülen ve ölümcül olabilen bir hastalık kronik obstrüktif akciğer hastalığıdır (KOAİ). KOAİ için temel risk faktörü sigara olsa da, dış ortam hava kirliliğinin hem hastalığın ortaya çıkışında hem de seyrinde önemli etkileri vardır.<sup>1,4,5</sup> Hastane kabulleri üzerinde hava kirliliğinin etkilerini araştıran çalışmalarda ise, partiküler madde (PM) çeşitlerinden olan PM<sub>10</sub> düzeylerindeki artışa bağlı olarak 65 yaş ve üzerinde astım ve KOAİ'a bağlı hastane kabullerinde artış saptanmıştır.<sup>6,7</sup>

Yapılan araştırmalarda, farklı hava kirleticilerine maruz kalmanın kalp ve damarlar üzerine olumsuz etkilere yol açtığı ortaya konmuştur. Kalp ritminde bozukluklar, iskemik kalp hastalıkları, kalp yetmezliği ve kalp krizi bu sonuçlar arasında olabilmektedir.<sup>8</sup>

Hava kirliliği bileşenleri arasında, atmosfere yayılan cıva ve kurşun gibi ağır metaller de bulunur. Toprağa iletilene dek havada kalan ağır metallerin birçoğu insan vücudu ve özellikle çocuklar için nörotoksiktir. Çocuklukta kurşuna maruz kalmak; bilişsel fonksiyonlarda azalmaya, daha ileride sözel bellek etkilenmesine, saldırganlığa, davranış sorunlarına (örneğin depresyon ve uyku bozuklukları) ve artan anti-sosyal, ihmalkâr davranışlara neden olmaktadır. Cıva, beyinde ve sinir sisteminin gelişmesinde ciddi düzeyde hasara yol açabilen güçlü bir nörotoksindir. Rahimde metil cıvaya maruz kalmak, bir bebeğin beyninin ve sinir sisteminin gelişmesini olumsuz etkileyerek, zaman içinde bilişsel dü-

şünme, hafıza, dikkat, dil, ince motor beceriler ve görsel-uzamsal beceriler üzerinde etkiler sergileyebilmektedir.<sup>9</sup>

Kanser, KOAİ ve kalp damar hastalıklarının yanı sıra astım, üreme sağlığı fonksiyonlarında bozulma da kirli havanın diğer etkilerindedir.

Hava kirliliğinin sağlığa olumsuz etkilerinin ortaya çıkmasında kişilerin özellikleri önem taşır. Çocuklar, yaşlılar ve kronik hastalığı olanlar kirli havadan daha çok etkilenir. Bu durumlara düşük sosyal statü (evsizler gibi), sağlık kuruluşuna ulaşmama (ör. afet durumları), sigara/alkol alışkanlığı, beslenme bozuklukları gibi etmenlerin eklenmesi ile hava kirliliğinin sağlığa etkileri daha şiddetli olmaktadır. Bu etkilerin oluşmasındaki diğer faktörler de kirleticilerin boyutları ve maruziyet süresidir. Bu nedenle farklı zaman dilimleri için farklı üst sınır değerler konur. Süre dilimi kısaltıldıkça izin verilen sınır değer de yükselir. Öte yandan sınır değerlerin zararsız olduğu yorumu da yapılmamalıdır. Sınır değerler erişilmemesi gereken değerlerdir.

Kirleticilerin boyutu ile suda çözünme oranlarına bağlı olarak da sağlığa olumsuz etkileri vardır. Büyük partiküller nazofarenksi geçemezken PM<sub>2,5</sub> boyutunun altında boyuta sahip ajanlar akciğer dokusuna geçebilmektedir. Eğer bireyde solunum sistemi rahatsızlığı varsa, sınır değerlerin altındaki kirliliklerde de önemli sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir.

Hava kirliliğinin insanlar üzerine etkisi doğrudan etki ile sınırlı değildir. Hava; çevrede bulunan su, toprak ve gıda gibi diğer temel öğeleri de kirleterek sağlığımızı ve tüm yaşamı olumsuz etkiler.

PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> sağlık ve çevre üzerinde zararlı etkilere neden olur.<sup>1</sup> Hava kirliliğinin sağlık üzerine yarattığı olumsuz sonuçlar, zaman geçtikçe daha açık bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), 2013 yılında dış ortam hava kirliliğini grup 1 kanserojen olarak sınıflandırmış, başka bir anlatımla insanlarda kansere yol açtığına ilişkin yeterli bilimsel kanıt olduğu kararına varmıştır.<sup>3</sup> Kirli havanın bir bileşeni olan, havada asılı durabilen parçacık maddelerin de tek başına grup 1 kanserojen olduğu bildirilmiştir.<sup>3</sup>

Kirli havanın akciğer kanserine yol açtığı konusunda yeterli deliller varken, mesane kanseri ile arasında da pozitif bir korelasyon gözlenmektedir.<sup>10</sup>

Hava kalitesinin önemli göstergelerinden biri olan partiküler madde (PM), havadaki parçacıkları belirtir ve bileşenleri, organik toz, havadaki bakteri, inşaat tozu, kömür parçacıklarıdır.<sup>11</sup> PM<sub>2,5</sub>, 2,5 mikron ve altındaki, PM<sub>10</sub> ise, 10 mikron ve altındaki tüm küçük parçacıkları içerir.<sup>11</sup> Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) dış havanın diğer ana kirleticilerinden biridir ve atmosferdeki başlıca kaynağı fosil yakıtlardır.<sup>1</sup>

Bu çalışmanın amacı 2005-2015 yılları arasında Türkiye genelinde ölçüm yapan istasyonlardaki PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerlerindeki değişimi yer ve zaman özellikleri bakımından incelemektir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Tanımlayıcı nitelikteki bu çalışmanın verileri Türkiye genelinde rutin ölçüm yapan hava kalitesi izlem istasyonlarından elde edildi. Araştırmaya yalnızca 2005-2007 yıllarında ölçüm yapmaya başlayan ve bir yılın en az %75'inde ölçüm yapan istasyonlar dahil edildi.<sup>12</sup> İstasyonların ölçüm süresi en düşük 9, en yüksek 11, ortalama 10 yıldır. Çalışma için veriler <http://www.havaizleme.gov.tr/sunucusundan> 24 saatlik ortalamalar şeklinde yıl yıl raporlandıktan sonra Microsoft Excel dosyası olarak indirildi. Sonrasında Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) dosyası olarak birleştirilerek, Sürüm 22'de analiz edildi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevre Referans Laboratuvarı yetkilileri tarafından verilerdeki eksi değerlerin ci-

hazlardaki kalibrasyonun kaymasından kaynaklandığı bildirildi. Bu nedenle eksi değerler hatalı kabul edilerek çalışmaya dahil edilmedi. Veriler, Kolmogorov Smirnov testinde normal dağılımdan önemli ölçüde ayrıldığı için (p<0,001) tanımlayıcı istatistik olarak ortanca, en küçük ve en büyük değer kullanıldı. DSÖ günlük limit değerleri olan PM<sub>10</sub> için 50 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> için 20 µg/m<sup>3</sup>e göre limit aşım sayıları hesaplandı. Limit aşımı değerlerinin yıl, ay ve bölgelere dağılımında ki kare analizi yapıldı.

## BULGULAR

Bölgelere göre istasyon sayısı ve PM<sub>10</sub> değerlerine bakıldığında, 6 istasyon ile en az istasyon sayısının Akdeniz, 19 istasyon ile en çok istasyon sayısının Marmara'da olduğu görülmektedir (Tablo 1). En düşük ortanca PM<sub>10</sub> 48 µg/m<sup>3</sup> değeri ile Karadeniz'de, en yüksek PM<sub>10</sub> değeri olan 71 µg/m<sup>3</sup> ise Ege Bölgesi'nde gözükmektedir. Limit aşım yüzdesi de %77,1 ile en sık Ege Bölgesi'nde görülmüştür, bunu %70,7 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi izlemektedir (Tablo 1).

Ortanca PM<sub>10</sub> değerleri en düşük Haziran ayında 44 µg/m<sup>3</sup>, en yüksek Aralık ayında 76 µg/m<sup>3</sup>tür. Benzer şekilde günlük limit aşım yüzdesi de, % 38,8 ile en düşük Haziran ve % 70,2 ile en yüksek Aralık ayındadır. Ölçüm yapılan ayların her birinde ölçüm yapan istasyon sayısı 81'dir (Tablo 2).

Yıllara göre ölçüm yapan istasyon sayıları ve PM<sub>10</sub> değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Yıllara göre ölçüm yapan istasyon sayısı 12 ile 72 arasında değişirken, en düşük sayı 2005 yılındadır. Ortanca PM<sub>10</sub> değerleri 46 µg/m<sup>3</sup> ile 84 µg/m<sup>3</sup> arasında değiş-

**TABLO 1:** Bölgelere göre istasyon sayısı ve PM<sub>10</sub> değerleri (µg/m<sup>3</sup>).

Bölgeler	İstasyon Sayısı	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ortanca	En Küçük-En Büyük	Limit Aşımı	
					Gün Sayısı	%
Karadeniz	17	38808	48	1-1075	18195	46,9
Akdeniz	6	13946	59	3-995	8577	61,5
Doğu Anadolu	13	27575	51	2-995	13838	50,2
Ege	9	25900	71	4-896	19959	77,1
Güneydoğu Anadolu	7	12624	70	8-1086	8930	70,7
İç Anadolu	10	26102	49	1-995	12751	48,9
Marmara	19	44306	48	1-4184	20324	45,9

**TABLO 2:** PM<sub>10</sub> değerlerinin aylara göre dağılımı (µg/m<sup>3</sup>)

Aylar	Ortanca	En Küçük- En Büyük	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Limiti Aşımı	
				Gün Sayısı	%
Ocak	72	3-1075	15575	10719	68,8
Şubat	67	2-995	14646	9683	66,1
Mart	60	1-995	16304	9946	61,0
Nisan	51	1-627	15929	8086	50,8
Mayıs	46	1-995	16315	7065	43,3
Haziran	44	2-4184	15820	6135	38,8
Temmuz	46	2-3788	15927	6062	41,8
Ağustos	48	1-4068	15802	7209	45,6
Eylül	47	2-792	15182	6742	44,4
Ekim	51	1-737	16076	8150	50,7
Kasım	73	3-748	15627	10902	69,8
Aralık	76	2-783	16058	11275	70,2

mekte olup, 10 yılın ortanca değeri ise 54 µg/m<sup>3</sup>tür. Ölçüm yapılan toplam günlerin %54,2'sinde limit aşımı gerçekleşmiştir (Tablo 3).

İstasyon bazında en sık limit aşımı yaşanan iller Tablo 4'te sunulmuştur. Buna göre %94,8 ile ilk sırayı Batman alırken bunu Bursa, Denizli ve Siirt %90 üzerindeki limit aşım değerleri ile izlemektedir. Ölçüm yapılan gün sayıları bu istasyonlar için 310 ile 2841 arasında değişmektedir.

Nisan-Eylül aylarında PM<sub>10</sub> ortancalarının yıllara göre grafiğine bakıldığında tüm bölgelerde

düşüş görülmektedir (Şekil 1). Ege ve Marmara Bölgesi'nde ilk birkaç yıl düşüşten sonra yatay seyrettiği gözlenmektedir. Yıllara göre düşüş eğilimi kış aylarında da gözlenmektedir (Şekil 2). Yaz aylarının grafiğinde değerler Ekim-Mart dönemini yansıtan grafiğe göre daha düşük seyretmektedir.

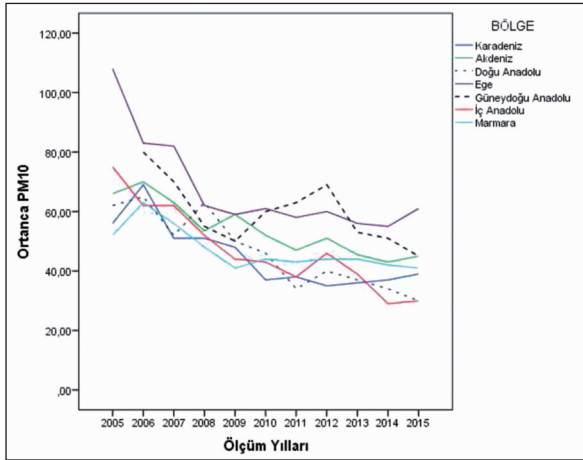
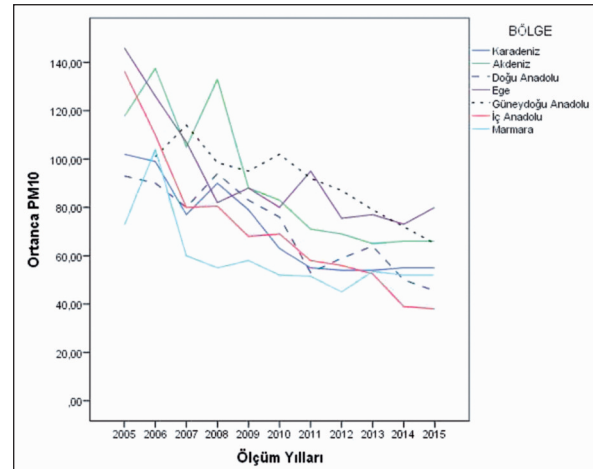
**SO<sub>2</sub>:** En yüksek SO<sub>2</sub> ortanca değeri 2005 yılında 24 µg/m<sup>3</sup> değeriyle görülmektedir. En düşük ortanca değerler ise 2012 ve 2014 yıllarında 6 µg/m<sup>3</sup> ile gözlenmektedir. On yıl boyunca görülen SO<sub>2</sub> ortanca değeri 8 µg/m<sup>3</sup>tür. SO<sub>2</sub> için 20 µg/m<sup>3</sup> günlük

**TABLO 3:** Yıllara göre ölçüm yapan istasyon sayıları ve PM<sub>10</sub> değerleri (µg/m<sup>3</sup>).

Ölçüm yılları	İstasyon Sayısı	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ortanca	En küçük- En büyük	Limit Aşımı	
					Gün Sayısı	%
2005	12	2840	71	1-656	2027	71,4
2006	30	9673	84	5-748	8265	85,4
2007	49	15190	69	1-4184	10869	71,6
2008	37	11535	60	4-1075	7173	62,2
2009	46	14980	57	3-909	8666	57,9
2010	71	23006	55	3-783	12656	55,0
2011	64	20897	50	2-1086	10191	48,8
2012	64	21043	52	1-631	10833	51,5
2013	68	23233	49	2-627	11204	48,2
2014	72	24318	46	2-1567	10510	43,2
2015	66	22546	46	2-667	10180	45,2
Genel	53	189261	54	1-4184	102574	54,2

**TABLO 4:** Pm<sub>10</sub> için en yüksek limit aşım gün yüzdesi olan istasyonlar.

İstasyon	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ortanca	En Küçük-En büyük	Limit Aşım Gün Sayısı	%
Batman	310	110	31-388	294	94,8
Bursa	704	85	24-507	644	91,5
Denizli Bayramyeri	2624	84	15-468	2379	90,7
Siirt	2059	93	15-1086	1857	90,2
Adıyaman	311	80	19-396	271	87,1
Manisa	2198	76	18-434	1884	85,7
Osmaniye	1689	78	16-537	1357	80,3
Afyon	2841	78	5-643	2264	79,7
Sakarya	2074	67	19-363	1629	78,5
Hakkâri	543	79	7-414	423	77,9

**ŞEKİL 1:** Nisan-Eylül aylarında PM<sub>10</sub> Ortancalarının Yıllara Göre Grafiği.**ŞEKİL 2:** Ekim-Mart aylarında PM<sub>10</sub> Ortancalarının Yıllara Göre Grafiği.

limit değeri 10 yılda toplam günlerin %23'ünde (42972 gün) aşılmıştır (Tablo 5).

Aylara göre bakıldığında SO<sub>2</sub> ortancası en yüksek kış aylarındadır ve bunda da en fazla Ocak ayında (19 µg/m<sup>3</sup>) gözlenmiştir. On yıldaki Ocak aylarındaki toplam günlerin %48,6'sında günlük limit aşılmıştır. Yaz mevsimine doğru gelindiğinde SO<sub>2</sub> ortanca değeri giderek azalmış ve Haziran-Ağustos aylarında en düşük değere (4 µg/m<sup>3</sup>) inmiştir (Tablo 6).

Bölgeler açısından ele alındığında SO<sub>2</sub> ortanca değeri 13 µg/m<sup>3</sup> ile en yüksek Ege Bölgesi'ndedir ve onu 9 µg/m<sup>3</sup> ile Doğu Anadolu Bölgesi takip etmektedir. En düşük değer 6 µg/m<sup>3</sup> ile Marmara Böl-

gesi'nde gözlenmiştir. Günlük limit aşım yüzdesi yine en yüksek Ege Bölgesi'nde (%37,0) en düşük Marmara (%15,8) Bölgesi'ndedir (Tablo 7).

İstasyon bazında en sık SO<sub>2</sub> için limit aşımı yaşanan iller Tablo 8'te sunulmuştur. Buna göre %73,2 ile ilk sırayı Batman alırken bunu Afyon, Hakkâri ve Karabük %60 civarında limit aşım değerleri ile izlemektedir. Ölçüm yapılan gün sayıları bu istasyonlar için 346 ile 3263 arasında değişmektedir.

Yıllara göre Nisan-Eylül SO<sub>2</sub> ortancalarının grafiğine bakıldığında tüm bölgelerde ilk yıllarda düşüş olmakta fakat sonraki yıllarda önemli bir değişim gözlenmemektedir (Şekil 3). Ekim-Mart döne-

**TABLO 5:** Yıllara göre ölçüm yapılan istasyon sayıları ve SO<sub>2</sub> değerleri (µg/m<sup>3</sup>).

Ölçüm yılları	İstasyon Sayısı	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ortanca	En küçük- En büyük	Limit Aşımı	
					Gün Sayısı	%
2005	12	2852	24	1-37123	1581	55,4
2006	30	9904	23	1-71044	5280	53,3
2007	48	14372	12	1-37297	5284	36,8
2008	47	11349	9	1-711	3148	27,7
2009	46	14191	9	1-471	3544	25,0
2010	71	23108	7	1-870	4527	19,6
2011	64	21036	8	1-396	4580	21,8
2012	64	21496	6	1-1073	3138	14,6
2013	68	22906	7	1-554	4085	17,8
2014	72	23651	6	1-410	4005	16,9
2015	66	21788	7	1-401	3800	17,4
Genel	53	186653	8	1-71044	42972	23,0

**TABLO 6:** SO<sub>2</sub> değerlerinin aylara göre dağılımı (µg/m<sup>3</sup>).

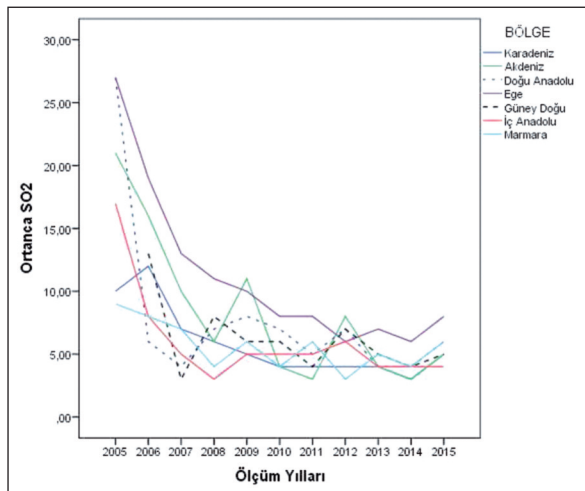
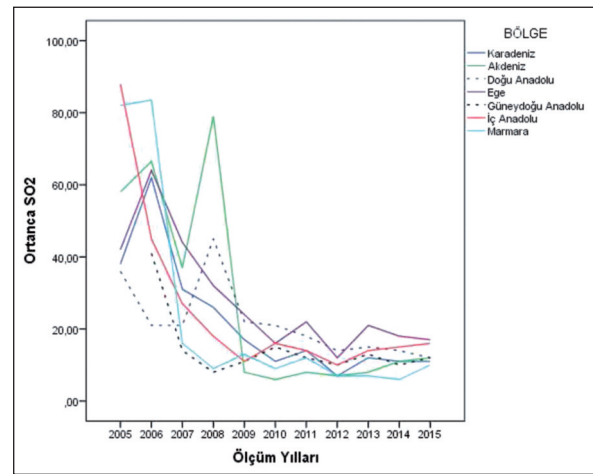
Aylar	Ortanca	En Küçük- En Büyük	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Limit Aşımı	
				Gün Sayısı	%
Ocak	19	1-33258	15982	7764	48,6
Şubat	18	1-6499	14614	6636	45,4
Mart	15	1-590	16130	6146	38,1
Nisan	10	1-37297	16074	3676	22,9
Mayıs	5	1-7273	16029	1273	7,9
Haziran	4	1-16342	15095	727	4,8
Temmuz	4	1-23626	15442	645	4,2
Ağustos	4	1-31541	15138	807	5,3
Eylül	5	1-6423	14848	705	4,7
Ekim	6	1-71044	15500	1678	10,8
Kasım	12	1-18770	15539	5353	34,4
Aralık	18	1-6649	16262	7562	46,5

**TABLO 7:** Bölgelere göre istasyon sayısı ve SO<sub>2</sub> değerleri (µg/m<sup>3</sup>)

Bölgeler	İstasyon Sayısı	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ortanca	En Küçük-En Büyük	Limit Aşımı	
					Gün Sayısı	%
Karadeniz	17	37709	7	1-37297	8133	21,6
Akdeniz	6	12873	7	1-36191	2661	20,7
Doğu Anadolu	13	27858	9	1-9906	6906	24,8
Ege	9	26134	13	1-71044	9674	37,0
Güneydoğu Anadolu	7	12731	8	1-5740	2537	19,9
İç Anadolu	10	26281	8	1-33258	6251	23,8
Marmara	19	43067	6	1-37123	6810	15,8

**TABLO 8:** SO<sub>2</sub> için en yüksek limit aşım gün yüzdesi olan istasyonlar.

İstasyon	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ortanca	En Küçük-En büyük	Limit Aşım Gün Sayısı	%
Batman	346	26,5	6-849	267	73,2
Afyon	2893	28	1-535	2187	66,6
Hakkâri	639	60	3-1073	476	65,1
Karabük	3263	23	1-7273	2168	59,4
Bolu	2114	18	1-478	1451	56,7
Edirne	3222	21	1-13648	2048	56,2
Zonguldak	1448	16	1-5253	1011	55,4
Muğla	2512	19	1-3619	1612	55,2
Tekirdağ	1176	16	1-37123	793	54,3
Isparta	2508	16	1-328	1476	50,5

**ŞEKİL 3:** Nisan-Eylül aylarında SO<sub>2</sub> Ortancalarının Yıllara Göre Grafiği.**ŞEKİL 4:** Ekim-Mart aylarında SO<sub>2</sub> Ortancalarının Yıllara Göre Grafiği.

mini yansıtan grafikte ilk yıllarda bölgeler arasında geniş farklar varken 2009'dan itibaren fark azalarak eğilim daha sabit bir hale gelmiştir (Şekil 4).

## TARTIŞMA

Çalışmanın amacı hava kalitesindeki eğimi belirlemek olduğu için seçilen istasyonlardaki ölçümlerin süresi en az 9 yıldır ve bir yılın %75'inden fazla ölçüm yapılmış olması dikkate alınmıştır. Veri kalitesini sağlamak amacı ile eksi değerler de silinmiştir. Yine de istasyon ölçümlerinin arızalarına ilişkin bir bilgiye erişilemediğinden, verilerimizde bir miktar hatalı ölçüm olabilir.

Hava kalitesi limit değerleri için DSÖ, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin ulusal değerleri bu-

lunmaktadır.<sup>13,14</sup> Ulusal değerlerimiz yıllar itibarı ile giderek azalan hedefler şeklindedir.<sup>13</sup> Bu yaklaşım kirli havanın halk sağlığı üzerine etkisini göstermesi bakımından zayıflıklar içerir. Hem yıllar içindeki değişimi görebilmek, hem de halk sağlığına etkileri anlayabilmek bu yaklaşımla güçtür. Çalışmamızda DSÖ'nün limitlerini kullanmayı tercih ettik.

**PM<sub>10</sub> Eğimi:** Veriler 11 yıllık dönem boyunca PM<sub>10</sub>'da düşme eğilimini desteklemektedir. Bu düşüş eğilimi yaz aylarında daha düz seyir gösterirken kış aylarında inişli çıkışlı seyretmektedir. Türkiye'de PM<sub>10</sub> değerlerindeki değişimi göstermeyi amaçlayan bir yayına ulaşılamamış olmakla birlikte, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı hava kalite-

tesine ilişkin düzenli bültenler yayınlamaktadır. Ama bu bültenlere bakarak da eğilimleri anlamak - istasyon sayılarının yıllara göre değişmesi ve her yıl için ayrı limit değerler alınması nedeni ile - güçtür.

Dünyadaki PM<sub>10</sub> değerlerine baktığımızda genel olarak gelişmiş ülkelerde azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Avrupa'da yapılan bir çalışmada ise, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> emisyonları, 2002 ile 2011 yılları arasında sırasıyla % 14 ve %16 oranında azalmıştır. PM prekürsör emisyonları 2002 ile 2011 yılları arasında azalmaya devam etmiş olarak görülmektedir.<sup>15</sup>

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada 1988-1995 yılları arasında PM<sub>10</sub> düzeylerinde yıllık %3 ila %3,8'lik bir düşüş gözlenmiştir.<sup>16</sup> Wisconsin'de Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu tarafından sağlanan verilerin kullanıldığı, ozon ve PM<sub>10</sub> eğilimlerinin değerlendirildiği bir çalışmada 1990'lı yıllarda PM<sub>10</sub> seviyelerinin düşüşte olduğu bulunmuş, ancak azalan ozon ve PM<sub>10</sub> düzeylerine rağmen, bu kirleticilerin etkilediği solunum ve kardiyovasküler hastalık yükünün halen devam etmekte olduğu sonucuna varılmıştır.<sup>17</sup> Atina ve Selanik şehirlerinde 2001-2010 yılları arasında PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> düzeylerini inceleyen çalışmada PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> düzeylerinde 2001'den bu yana %18, 2008'den bu yana %98 düşüş olduğu gözlenmiştir.<sup>18</sup>

PM<sub>10</sub> değerlerindeki azalma eğiliminin nedenleri arasında kentlerde kullanılan yakıt türünün değişmesi, cadde ve sokakların düzenli olarak temizliği ve kuru alanların sulanması ve çimlendirilmesi, baca bakımı, toplu ısınma sistemlerine geçiş gibi nedenler olabilir. Bu dönemde Türkiye'de doğalgaz tüketimi 2004'te yaklaşık 22 milyar m<sup>3</sup> iken 2015'te yaklaşık 48 milyar m<sup>3</sup>'e çıkmıştır.<sup>19</sup>

Aynı döneme ilişkin kömür tüketim oranı yılda 10 bin tondan 30 bin tona çıkmıştır.<sup>20</sup> Parçacık madde düzeyini etkileyen bir diğer etken ise özellikle Türkiye'nin güney bölgelerine Afrika'dan gelen toz bulutlarıdır.<sup>21-23</sup> Elimizdeki verilere dayanarak PM<sub>10</sub> değerlerindeki azalma eğiliminin nedenlerini açıklamak güçtür.

PM<sub>10</sub> değerlerinde azalma eğilimi olsa da Türkiye'deki mevcut durum DSÖ'nün sınır değerlerinin çok üzerindedir ve halk sağlığını tehdit eden bir sorundur.

**SO<sub>2</sub> Eğimi:** Çalışmamızda incelediğimiz on bir yıllık dönemde SO<sub>2</sub> değerlerinde de yıllar ilerledikçe düşüş eğilimi gözlenmektedir. Çin ve Doğu Asya'daki kükürt dioksit eğilimlerini konu alan bir çalışmada; ekonominin hızla gelişmesi ile birlikte enerji santrallerinden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları 2000 yılından 2005 yılına kadar artış göstermektedir. Yine aynı çalışmada Japonya'daki ulaşımın çok olduğu kentsel bölgelerde SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirtilmiştir.<sup>24</sup> Seçilmiş bazı Asya şehirlerini inceleyen bir çalışmada, 1993-2008 yılları arasında SO<sub>2</sub> değerlerinin düşme eğiliminde olduğu, ancak önemli sayıda şehrin hala limit değerleri karşılayamadığı bildirilmektedir.<sup>25</sup>

2002-2011 döneminde, AB Üye Devletleri, SO<sub>2</sub> emisyonlarını % 50 oranında azaltarak SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yaklaşık üçte bir oranında düşmesine neden olmuştur.<sup>15</sup>

**Sınırlılıklar:** İstasyonların ölçüm sürecine ilişkin bilgiye erişilememesi ve bu bilgilere dayalı verilerin ayıklanamamış olması önemli bir sınırlılıktır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

İstasyon bölgelerinde PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri düşme eğilimindedir. Ancak mevcut düzey hala DSÖ sınır değerlerinin çok üzerindedir. DSÖ ve Dünya Bankasının hava kirliliği üzerine 2016'da yayımladığı raporlarla birlikte ele alındığında, Türkiye'de de kirli havanın başta gelen ölüm ve hastalık nedenleri arasında olduğu sonucu çıkartılabilir. Bir başka ifade ile istasyon bölgelerinde hava kirliliği önemli bir halk sağlığı sorunudur.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının her yıl farklı limit değerler üzerinden yayımladığı bültenler zaman içindeki değişimi göstermek bakımından yetersizdir. Türkiye'de eğilimleri izlemeye yönelik çalışmalar ise azdır. Bültenlerin değişmeyen limit değerlere göre sunulması ve arada 5-10 yıllık dö-



nemleri gösteren raporlar verilmesi yararlı olabilir. Bakanlığın istasyonların arıza kaydı bilgilerini internet üzerinden paylaşması araştırmacılar için çok değerli olacaktır.

### Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite

üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Tasarım:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Denetleme/Danışmanlık:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Analiz ve/veya Yorum:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Kaynak Taraması:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Makalenin Yazımı:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Eleştirel İnceleme:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Tacettin İnandı, Mehtap Canciğer Eltaş, Beyza Kerman.

## KAYNAKLAR

- World Health Organization (WHO). Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. Geneva: World Health Organization; 2016. p.p.32-3.
- World Bank Group. The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. Washington, DC: World Bank Group; 2016. p.1.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). Volume 109. Agents Classified by the IARC Monographs. 2016. p.1.
- Ko FW, Hui DS. Air pollution and chronic obstructive pulmonary disease. *Respirology* 2012;17(3):395-401.
- Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Loft S, Sørensen M, et al. Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2011;183(4):455-61.
- Samet JM, Dominici F, Currier FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000;343(24):1742-9.
- Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, et al. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(10 Pt 1):1860-6.
- World Health Organization . Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide: report on a WHO working group. Bonn, Germany 13-15 January 2003; p.17-8.
- Health and Environment Alliance. Air Pollution and Health in Turkey Facts, Figures and Recommendations. Belgium HEAL; 2015. p.3.
- IARC Publications. IARC Scientific Publications No.161. Chapter 9. Household air pollution. In: Straif K, Cohen A, Samet J, eds. *Air Pollution and Cancer* 2013. Geneva: WHO Press; 2013. p.101.
- Air Quality Communication Workshop. Overview of Particle Air Pollution 2012. p.3.
- Colette A, Granier C, Hodnebrog Ø, Jakobs H, Maurizi A, Nyiri A, et al. Air quality trends in Europe over the past decade: a first multi-model assessment. *Atmos Chem Phys* 2011;11:11657-78.
- Temiz Hava Hakkı Platformu. [The air pollution in Turkey: Black Report] Türkiye'de Hava Kirliliği: Kara Rapor 2016. p.27-8.
- World Health Organisation. Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Global update. Geneva: WHO Press; 2005. p.9.
- Guerreiro CBB, Foltescu V, de Leeuw F. Air quality status and trends in Europe. *Atmos Environ* 2014;98:376-84.
- Darlington TL, Kahlbaum DF, Heuss JM, Wolff GT. Analysis of PM10 trends in the United States from 1988 through 1995. *J Air Waste Manag Assoc* 1997;47(10):1070-8.
- Daggett DA, Myers JD, Anderson HA. Ozone and particulate matter air pollution in Wisconsin: trends and estimates of health effects. *WMJ* 2000;99(8):47-51.
- Aleksandropoulou V, Lazaridis M. Trends in öpopulation exposure to particulate matter in urban areas of Greece during the last decade. *Sci Total Environ* 2017;581-582:399-412.
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu [Natural Gas Market Sector Report 2015] Ulusal Doğalgaz Tüketim Raporu, Ankara 2016; p.50.
- Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. [Lignite Sector Report 2015] Linyit Sektör Raporu, Ankara: 2016; p.34.
- Krasnov H, Katra I, Friger M. Increase in dust storm related PM10 concentrations: a time series analysis of 2001-2015. *Environ Pollut* 2016;213:36-42.
- Barnpadimos I, Keller J, Oderbolz D, Hueglin C, Prévôt ASH. One decade of parallel fine (PM2.5) and coarse (PM10-PM2.5) particulate matter measurements in Europe: trends and variability. *Atmospheric Chem* 2012;12:3189-203.
- Pey J, Querol X, Alastuey A, Forastiere F, Stafoggia M. African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001-2011: PM10 concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology. *Atmos Chem Phys* 2003;13: 1395-410.
- Lu Z, Streets DG, Zhang Q, Wang S, Carmichael GR, Cheng YF, et al. Sulfur dioxide emissions in China and sulfur trends in East Asia since 2000. *Atmos Chem Phys* 2010;10:6311-31.
- Clean Air Initiative for Asian Cities Center. Sulfur dioxide (SO2) status and trends in Asia. CAI-Asia Factsheet No.5. Pasig City, Philippines: CAI; 2010. p.2-3.