

Düzce Hava Kalitesi İzleme İstasyonu 2007-2011 Yılları Arası Verilerinin Değerlendirilmesi

[Düzce Air Quality Monitoring Station 2007-2011 between Data Evaluation]

ÖZET

AMAÇ: 2007-2011 yılları arasında Düzce İli'nin hava kalitesini değerlendirmek.

YÖNTEM: Bu kesitsel çalışmada, 2007-2011 yılları arasında Düzce il merkezindeki kükürt dioksit ve partikül madde 10 (PM10) düzeyleri ile rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, rüzgâr yönü, bağıl nem, hava basıncı değerleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığının web sitesinden elde edilerek incelenmiştir. Ölçümler, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ve Avrupa Birliği Sınır Değerleri ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR: Düzce İli 30 Ocak 2007-31 Aralık 2011 tarihleri arasındaki hava kalitesi değerleri incelendiğinde PM10 ortalaması $90,5 \pm 1,9$ (en az 11, en çok 612) bulunmuştur. PM10 için Türkiye uzun vadeli sınır değeri (UVS) olan $78 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ tüm yıllarda aşılmıştır. PM10 değeri ortalaması kış sezonlarında yaz sezonlarına göre daha yüksek bulunmuştur. SO_2 ortalaması $12,5 \pm 0,3$ (en az 1, en çok 56) bulunmuştur. SO_2 değeri için Türkiye UVS ve ortalama yıllık eşik değerler hiçbir yılda aşılmamıştır.

SONUÇ: Düzce'de, özellikle PM10 parametresindeki yüksek değerler nedeniyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hava kirliliği ile ilgili denetimlerinin artırılması gerekmektedir. Uyarı eşiğinin aşıldığı günlerde gerekli önlemler alınmalıdır.

SUMMARY

AIM: To evaluate air quality between the years 2007-2011 in the province of Düzce.

METHOD: In this cross-sectional study, sulfur dioxide, particulate matter levels, wind speed, air temperature, wind direction, relative humidity, air pressure values of Düzce city center obtained from the web page of Ministry of Environment and Planning between 2007-2011 were studied. Obtained measurements were compared with the limit values of Air Quality Protection Regulation and the European Union.

RESULTS: Average PM10 was $90,5 \pm 1,9$ (minimum 11, maximum 612) in Düzce Province from January 30, 2007 to December 2011. For PM10 long-term limit value for Turkey was $78 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ and were exceeded all years. Winter seasons had higher average values of PM10 than summer seasons. The average SO_2 was $12,5 \pm 0,3$ (minimum 1, maximum 56). Long-term limit value and average annual values of Turkey for SO_2 were not exceeded in any year.

CONCLUSION: Düzce Directorate of Environment and Urban Planning should increase the controls in Düzce, especially due to higher values for PM10 parameter related to air pollution. In the days when warning threshold levels exceeded necessary measures must be taken.

Gönderme Tarihi/Date of Submission: 29.05.2012, Kabul Tarihi/Date of Acceptance: 27.07.2012, DOI: 10.5455/pmb.1338276254

Atilla Senih Mayda
Muammer Yılmaz

Düzce Üniversitesi Tıp
Fakültesi Halk Sağlığı AD,
Düzce.

Anahtar Kelimeler:

Düzce, Hava Kalitesi, Kükürt
Dioksit, Partikül Madde.

Key Words:

Düzce, Air Quality, Sulfur
Dioxide, Particulate Matter.

Sorumlu yazar/

Corresponding author:

Muammer Yılmaz
Düzce Üniversitesi Tıp
Fakültesi Halk Sağlığı AD,
Düzce, Türkiye.
muammery76@myynet.com

GİRİŞ

Hava kirliliği, çeşitli kimyasal süreçlerle açığa çıkan gaz ya da parçacık halindeki maddelerin, özellikle yakıt artıklarının atmosferde canlıların yaşamına zarar verecek miktarlarda birikmesi olarak tanımlanmaktadır. Hızlı kentleşme, sanayileşme, motorlu araç sayısının artması, meteorolojik koşullar, ısınmada kullanılan yakıtlar, endüstriyel kuruluşlar ve termik santrallerin yaygınlaşması hava kirliliğinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Fosil yakıtlarının yani petrol ve maden kömürlerinin yanması kirletici birçok etkenin havaya karışmasına neden olmaktadır. Her bir otomobil egzozundan havaya yılda bir ton kirletici verilmektedir (1). Hava kirliliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki insanları etkileyen önemli bir çevre sağlığı sorunudur, özellikle gelişmekte olan ülkelerin megakentlerinin ve dünya nüfusunun dörtte birinin,

hava kirleticilerin sağlıksız konsantrasyonlarına maruz kaldığı tahmin edilmektedir. Dış ortam hava kirliliği yüksek olan şehirlerde yaşayanlarda, temiz havası olan kentsel alanlarda yaşayan nüfusa göre daha fazla kalp hastalığı, solunum problemi ve akciğer kanseri olacaktır. Yarısından fazlası gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere her yıl 1,3 milyon kişi kentsel dış ortam hava kirliliğinden öldüğü tahmin edilmektedir (2).

Hava kirliliğinin hem kısa hem de uzun süreli maruz kalmaya bağlı sağlık etkileri görülür. Örneğin, astımlılarda, tek bir günde yüksek ozon konsantrasyonu astım krizi için artmış risktir. Oysa, yüksek partikül madde düzeyine kronik olarak maruz kalan bireyler artmış kronik solunum hastalığı, akciğer kanseri ve kardiyovasküler hastalık riski altındadır (2).

Farklı grupların bireyleri farklı şekillerde hava kirliliğinden etkilenir. Daha ciddi sağlık etkileri zaten

hasta olan insanlar arasında görülmektedir. Buna ek olarak, daha düşük gelir ve sağlık hizmetlerine sınırlı erişim olan çocuklar ve yaşlılar gibi hassas toplulukların hava kirliliğinin olumsuz etkilerine daha duyarlıdır (2).

Hava kirliliği ile ilgili ilk belirlemelerin 1200'lü yıllara kadar uzandığı belirtilmektedir. Pensilvanya ve Londra'da, 1948 ve 1952 yıllarında akut hava kirliliğinin birçok kişinin hastalanmasına ve ölümüne neden olduğu bilinmektedir (3,4). Ülkemizde hava kirliliğinin 1950'li yıllarda nüfus artışı ve hızlı kentleşme ile birlikte gündeme geldiği, bunun sonucunda kömür ve petrole talebin arttığı ve başta İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük kentlerde olmak üzere şiddetli hava kirliliği olayları yaşandığı bildirilmektedir (5). Hava kirliliğinin azaltılması amacıyla 06 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY), sıkı ve bağlayıcı hava kalitesi hedefleri ortaya koymuştur. Ülkemizde, hava kalitesi sınır değerlerinden çok daha düşük olan Avrupa Birliği (AB) hava kalitesi limit değerlerine ulaşmak hedeflenmektedir (6).

Hava kirliliğine neden olan kaynaklara bakıldığında; başta endüstri (termik santraller, çimento, demir-çelik endüstrisi vs) olmak üzere, konutlarda yakılan fosil yakıtlar (kömür, kalorifer yakıtı vs, kış sezonu hava kirliliğinin %80'den sorumlu) ve trafikten kaynaklanan egzoz emisyonunun sorumlu olduğu görülmektedir (7,8). Hava durumu gibi hava kalitesi de gün gün veya saat saat değişmektedir. Hava kalitesi ile ilgili bilgiler kolay ve anlaşılabilir olmalıdır. Hava kalitesi ve hava kirliliği hakkında basit bilgilerle halkın bilgilendirilmesi ve sağlıklarını nasıl koruyacaklarını öğrenmeleri için hesaplanan hava kalitesi indeksi verilmelidir. Hava kalitesi indeksinin temeli; bilgilerin halka kolay ve anlaşılır olarak ulaştırılmasıdır. Hava kalitesi indeksi (HKİ), hava kalitesinin günlük olarak rapor edilmesi için kullanılan bir indekstir. Yaşadığımız bölgenin havasının ne kadar temiz veya kirli olduğu ve ne tür sağlık etkilerinin oluşabileceği konusunda bilgi verir. Hava kalitesi indeksi, farklı hava kalitesi ile birlikte genel halk sağlığı üzerine etkisini, hava kirliliği seviyesini, sağlıksız seviyeye yükseldiğinde alınması gereken kademeleri de belirler (9). Hava kirliliğine sebep olan 5 temel kirlenici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partikül madde 10 (PM10), kükürt dioksit (SO₂), karbon monoksit, azot dioksit ve ozondur (10). Havanın doğal bileşimini değiştirip, kirli hava özelliği kazandıran kirlenicilerden, SO₂ ve PM10 ölçümü, kirlilik

düzeyine karar verirken, Dünya Sağlık Örgütü tarafından yeterli bulunarak bütün dünya ülkelerine önerilmiştir (10,11).

SO₂ renksiz bir gazdır. 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başlarında SO₂ duman partikülleri ile birlikte sanayileşmiş şehirlerde kış aylarında ortaya çıkan dumanlı sisin sorumlusu idiler. SO₂ atmosfere ulaştıktan sonra sülfat ve sülfirik asit olarak oksitlenir. Diğer kirleniciler ile birlikte büyük mesafeler üzerinden taşınabilecek damlalar veya katı partiküller oluşturur. SO₂ ve oksidasyon ürünleri kuru ve nemli depozisyonlar (asitli yağmur) sayesinde atmosferden uzaklaştırılır (9). Kükürtlü fosil yakıtların yakılması sonunda açığa çıkar, özellikle termik santraller olmak üzere, fosil yakıtlar kullanan evsel ısıtma ve diğer sanayiden atılır. Egzozdan da bir miktar atılır (10). SO₂ kirliliğinin mortalite üzerindeki etkilerini araştıran geriye dönük çalışmalarda, SO₂ artışları ile mortalite oranları arasında pozitif bir ilişki gözlenmiştir (12).

Havadaki partikül madde insan sağlığını etkileyen en önemli kirlenicilerden biridir. Partikül boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi direkt olarak bağlantılıdır. Partikül çapı küçüldükçe, yüzey alanı artmakta ve partiküllerin olumsuz etkileri artmaktadır. Solunum yollarına alınan PM'in 10 µm'den büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmakta, 10 mikrondan küçük kısmı ise bronşlarda birikirken, 1-2 mikron çapındakiler alveollerde toplanmakta, 0,5 mikron çapındaki partiküller, özellikle 0,1 µm çapında olanlar alveollerden intrakapiller aralığa diffüze olmaktadır. Alveolo-kapiller bariyeri geçen partiküller başta kardiyak fonksiyonlar olmak üzere diğer sistemleri olumsuz etkileyebilmektedir (12). Partikül madde, içinde pek çok organik ve inorganik kirlenici ile kanserojen özellikte arsenik, kromat, asbest, nikel, kadmiyum gibi ağır metalleri içerdiğinden SO₂'den daha önemlidir (10,13).

Türkiye'de yapılan çalışmalarda, endüstriyel kirliliğin yoğun olduğu kentlerdeki kardiyorespiratuar ölüm oranlarının, kirliliğin az olduğu kentlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (14). Hava kirliliği düzeyindeki düşüşlerin mortaliteye etkisini araştıran bir çalışmada, siyah duman düzeyindeki %70'lik düşme sonucu, travma dışı genel ölümlerde %5,7'lik, respiratuar ölümlerde %15,5'lik, kardiyovasküler ölümlerde %10,3'lük bir azalma gözlenmiştir. Diğer yandan, hava kirliliğinin hastalık morbiditesi üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda PM10 düzeylerindeki artışa bağlı olarak 65 yaş ve üzerinde astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalıklarına bağlı hastane kabullerinde artış olduğu görülmüştür (12).

Birçok il gibi Düzce’de de hava kirliliği önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu nedenle bu çalışmada 2007-2011 yılları arasında Düzce İli’nin hava kalitesi düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Veriler T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi’nden alınmıştır (15). Bu web sitesinde Düzce İstasyonu verileri 2007 yılı başından beri yayınlanmaktadır. Araştırmanın bağımlı değişkenleri; bu siteden elde edilen PM10 ve SO₂ iken bağımsız değişkenleri; sezon, yıl ve aydır. Kış sezonu 1 Ekim – 31 Mart tarihleri arasındaki değerleri kapsamaktayken yaz sezonu 1 Nisan – 30 Eylül arasındaki değerleri kapsamaktadır. Ölçümler HKDYY ve AB sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Verilerin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Ortalamaların yıllara ve sezona göre farklılık gösterip göstermediği iki ortalama arasındaki farkın önem kontrolü ve varyans analizi testleri ile analiz edilmiştir. Varyans analizinde farklılık çıktığında farklılığın hangi yıldan kaynaklandığını anlamak için post-hoc analizler yapılmıştır. Araştırmanın istatistiksel analizlerinde bir paket program kullanılmıştır.

HKİ değerleri 6 kategoriden oluşmaktadır: SO₂ için bir saatlik ortalama 0-50 µg/m³; 1 (Çok İyi), 51–199 µg/m³; 2 (İyi), 200-399 µg/m³; 3 (Yeterli), 400-899 µg/m³; 4 (Orta), 900-1499 µg/m³; 5 (Kötü) ve >1500 µg/m³; 6 (Çok Kötü) olarak sınıflandırılır. PM10 için ise 24 saatlik ortalama; 0-25µg/m³; 1 (Çok İyi), 26-69µg/m³; 2 (İyi), 70-109µg/m³; 3 (Yeterli), 110-139µg/m³; 4 (Orta), 140-599µg/m³; 5 (Kötü) ve >600µg/m³; 6 (Çok Kötü) olarak sınıflandırılır (9).

HKDYY’ne göre SO₂ 24 saatlik ortalama uyarı eşiği değerleri şöyledir: İlk seviye 500 µg/m³, ikinci seviye 850 µg/m³, üçüncü seviye 1.100 µg/m³ ve

dördüncü seviye 1.500 µg/m³. PM10 24 saatlik ortalama uyarı eşiği değerleri ise şöyledir: İlk seviye 260 µg/m³, ikinci seviye 400 µg/m³, üçüncü seviye 520 µg/m³ ve dördüncü seviye 650 µg/m³ (6).

Türkiye 2012 SO₂ saatlik sınır değeri 900 µg/m³, AB sınır değeri 350 µg/m³’tür. Türkiye 2012 yılı SO₂ 24 saatlik sınır değeri 280 µg/mm³ ve AB SO₂ 24 saatlik sınır değeri 125 µg/mm³’tür. Türkiye SO₂ kış sezonu ortalama hedef sınır değer 150 µg/mm³, yıllık aritmetik ortalama 60 µg/mm³, hedef sınır değer kış sezonu ortalama 120 µg/mm³’tür. SO₂ için AB kış dönemi ve yıllık ekosistem sınır değerleri 20 µg/mm³’tür. SO₂ AB sınır değerleri; bir saatlik değer: 350 µg/m³, 24 saatlik değer: 125 µg/m³’tür (6,9).

PM10 için Türkiye’de 2012 yılı için belirlenen Kısa Vadeli Sınır Değerleri (KVS)140 µg/mm³, kış sezonu ortalaması 112 µg/mm³ ve UVS yıllık ortalaması 78 µg/mm³’tür. PM10 için AB 24 saatlik sınır değeri 50 µg/mm³’tür ve AB yıllık ortalama limit değeri ise 40 µg/mm³’tür (6,9).

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İstasyonları Web Sitesi’nde yayınlanmakta olan Düzce İli Hava Kalitesi 24 saatlik ölçüm ortalama SO₂ değerleri arasında -23µg/mm³ değeri, hava sıcaklığı değerleri arasında olan 114 °C değerinin olduğu görülmüştür. Düzce Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’nden bu iki değer için ölçüm hatası olduğu bilgisi alınmıştır. Bu rakamlar, ortalamalar alınırken ve diğer analizler yapılırken çıkarılmıştır.

BULGULAR

Tablo 1’de 10 Ocak 2007-31 Aralık 2011 tarihleri arasındaki Düzce İli Hava Kalitesi 24 saatlik ölçüm ortalama değerleri gösterilmiştir. PM10 24 saatlik ortalama değerleri toplam 1817 günün 1594’ünde (%87,7) ölçülmüştür. PM10 ortalaması 90,5±1,9 µg/mm³ (en az 11, en çok 612). SO₂ ortalaması 1817 günün 1229 gününde (%67,6) ölçülmüş olup ortalaması 12,5±0,3 µg/mm³’tür (en az 1, en çok 56)

Tablo 1. Düzce İli Hava Kalitesi 24 saatlik ölçüm ortalama değerleri (10 Ocak 2007 - 31 Aralık 2011).

Parametreler	Sayı	En Az	En Çok	Ortalama	StandartHata
PM10	1594	11	612	90,5	1,9
SO ₂	1229	1	56	12,5	0,3
Hava Sıcaklığı	1417	-7	31,7	16,5	0,3
Rüzgar Yönü	1628	11	1070	136,0	1,5
Rüzgar Hızı	1646	0	823	7,0	1,4
Nem	1435	23	96	70,8	0,3
Hava Basıncı	1628	963	1027	1002,6	0,2

Tablo 2. PM10 değerine bağlı olarak yıllara göre hava kalitesinin değişimi.

Yıl	Çok iyi	İyi	Yeterli	Orta	Kötü-Çok kötü	Toplam
2007	24 (%7,9)	129 (%42,6)	79 (%26,1)	28 (%9,2)	43 (%14,2)	303 (%100,0)
2008	4 (%1,8)	102 (%47,0)	47 (%21,7)	17 (%7,8)	47 (%21,7)	217 (%100,0)
2009	16 (%4,5)	200 (%56,0)	70 (%19,6)	13 (%3,6)	58 (%16,2)	357 (%100,0)
2010	20 (%5,6)	219 (%61,2)	48 (%13,4)	15 (%4,2)	56 (%15,6)	358 (%100,0)
2011	15 (%4,2)	193 (%53,8)	61 (%17,0)	24 (%6,7)	66 (%18,4)	359 (%100,0)
Toplam	79 (%5,0)	843 (%52,9)	305 (%19,1)	97 (%6,1)	270 (%16,9)	1594 (%100,0)

Tablo 2’de Düzce ili PM10 değerine göre HKİ’nin yıllara göre değişimi gösterilmiştir. Toplamda 1817 gün çalışmaya dâhil edilmiştir. Ölçümlerin yapılmadığı gün sayısı 223’tür. İzlenen gün sayısı 1594 gündür. Hava kalitesi çok iyi olan gün sayısı 79 (%5,0), iyi 843 (%52,9), yeterli 305 (%19,1), orta 97 (%6,1), kötü 270 (%16,9); olarak izlenmiştir.

En kötü değer (66 gün) %18,4’lük bir değer ile 2011 yılında izlenmiştir. En iyi değer ise (24 gün) %7,9’luk bir değer ile 2007 yılında izlenmiştir.

Düzce ili PM10 24 saatlik ölçüm ortalamalarına göre 10 Ocak 2007 - 31 Aralık 2011 tarihleri arasında uyarı seviyelerinin aşılmadığı gün sayısı 1739’dur (%95,7). Birinci uyarı seviyesinin aşıldığı gün sayısı 70 (%3,9), ikinci uyarı seviyesinin aşıldığı gün sayısı 5 (%0,3), üçüncü uyarı seviyesinin aşıldığı gün sayısı 3’tür (%0,2). Toplamda 78 gün (%4,3) uyarı seviyeleri aşılmıştır.

SO₂ saatlik Türkiye 2012 sınır değeri 900µg/mm³’tür. AB sınır değeri 350 µg/mm³’tür. Düzce’de 10 Ocak 2007-31 Aralık 2011 tarihleri arasında saatlik sınır değerler aşılmamıştır. Türkiye 2012 yılı SO₂ 24 saatlik sınır değeri 280 µg/mm³ ve Avrupa birliği SO₂ 24 saatlik sınır değeri 125 µg/mm³ olup, bu değerlerin hiç aşılmadığı görülmüştür. Aynı

şekilde SO₂ için belirlenen Türkiye kış sezonu ortalama hedef sınır değer, yıllık aritmetik ortalama, hedef sınır değer kış sezonu ortalama değerleri aşılmamıştır.

Tablo 3’de yıllara göre SO₂ ve PM10 değerlerinin ortalamaları gösterilmektedir. Sadece 2007 yılında AB limit ekosistem değeri olan 20 µg/mm³ değeri aşılmıştır. PM10 için AB 24 saatlik sınır değeri 50 µg/mm³’tür ve bu değer yılta en fazla 35 kere aşılabileceği öngörülmüştür. PM10 için AB yıllık ortalama limit değeri ise 40 µg/mm³’tür. PM10 için Türkiye’de 2012 yılı için belirlenen KVS değeri 140 µg/mm³, kış sezonu ortalaması 112 µg/mm³ ve UVS değeri yıllık ortalaması 78 µg/mm³’tür. Buna göre AB yıllık ortalama limit değeri PM10 için Düzce’de 2007–2011 yıllarının tümünde aşılmıştır. Yine Türkiye’de 2012 yılı için belirlenen PM10 UVS değeri olan 78 µg/mm³ le karşılaştırıldığında 2007–2011 yıllarının tümünde sınır değerler aşılmıştır.

Yıllara göre SO₂ ortalamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Farklılığın hangi yıllardan meydana geldiğini anlamak için yapılan post-hoc analiz sonucunda 2008–2009 yılları arasındaki SO₂ ortalamalarının benzer olduğu diğer bütün farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir (F=405.7, p<0.001).

Tablo 3. Yıllara göre SO₂ ve PM10 değerlerinin ortalamaları(µg/mm³).

Yıllar	SO ₂	PM10
	Ortalama ± Standart hata (en küçük - en büyük, n sayısı)	Ortalama ± Standart hata (en küçük - en büyük, n sayısı)
2007	27,0 ± 0,2 (0,0 - 55, n=299)	92,4 ± 4,6 (11,0-612,0,n=303)
2008	13,0 ± 1,4 (0,0 - 56,0, n=101)	107,2 ± 5,9 (12,0-419,0,n=217)
2009	11,9 ± 1,0 (0,0 - 45,0, n=125)	87,1 ± 4,1 (17,0-421,0,n=357)
2010	7,7 ± 0,3 (0,0-28,0,n=344)	80,2 ± 3,4 (13,0-387,0,n=358)
2011	4,9 ± 0,3 (0,0-35,0,n=360)	92,1 ± 3,9 (16,0-403,0,n=359)

Tablo 4. Yıllara göre PM10 24 saatlik ortalaması AB sınır değerinin ($50 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) aşıldığı gün sayısı.

Yıllar	PM10 Düzce 24 saatlik ortalama değerleri				Toplam
	50 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'nin altında		50 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'nin üstünde		
	Sayı	%	Sayı	%	
2007	68	22,4	235	77,6	303
2008	56	25,8	161	74,2	217
2009	149	41,7	208	58,3	357
2010	145	40,5	213	59,5	358
2011	109	30,4	250	69,6	359
Toplam	527	33,1	1067	66,9	1594

Yıllara göre PM10 ortalamaları arasındaki farklılık da istatistiksel olarak anlamlıdır. Farklılığın hangi yıllardan ileri geldiğini anlamak için yapılan post-hoc analiz sonucunda farklılığın 2008–2009, 2009–2010 yılları arasındaki farklılıktan kaynaklandığı görülmüştür ($F=4.5$, $p=0.001$).

Tablo 4'de Yıllara göre PM10 24 saatlik AB sınır değeri olan $50 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değerinin aşıldığı gün sayısı gösterilmektedir. Yıllar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($\chi^2=42.9$, $p<0.001$).

Yıllara göre PM10 24 saatlik Türkiye 2012 sınır değeri olan $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değerinin aşıldığı gün sayısı toplam 1328 gündür. Yıllar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir ($\chi^2=7.1$, $p=0.133$). 2007 yılında toplam 303 gün ölçüm yapılmıştır; $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'in altında 24 saatlik ortalama PM10 değeri olan günlerin sayısı 261 (%86,1); $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün üzerinde değer olan gün sayısı ise 42 (%13,9) bulunmuştur. 2008 yılında toplam 217 gün ölçüm yapılmıştır; $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün altında 24 saatlik ortalama PM10 değeri olan günlerin sayısı 170 (%78,3); $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün üzerinde değer olan gün sayısı ise 47 (%21,7) bulunmuştur. 2009 yılında toplam 357 gün ölçüm yapılmıştır; $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün altında 24 saatlik ortalama PM10 değeri olan günlerin sayısı 301 (%84,3); $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün üzerinde değer

olan gün sayısı ise 56 (%15,7) bulunmuştur. 2010 yılında toplam 358 gün ölçüm yapılmıştır; $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün altında 24 saatlik ortalama PM10 değeri olan günlerin sayısı 303 (%84,6); $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün üzerinde değer olan gün sayısı ise 55 (%15,4) bulunmuştur. 2011 yılında toplam 359 gün ölçüm yapılmıştır; $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün altında 24 saatlik ortalama PM10 değeri olan günlerin sayısı 293 (%81,6); $140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'ün üzerinde değer olan gün sayısı ise 66 (%18,4) bulunmuştur.

Tablo 5'de 2007–2011 yılları arasında sezona göre PM10 24 saatlik ortalamaları gösterilmiştir. Kış ve yaz sezonu ortalamaları arasındaki fark 2007 yılında istatistiksel olarak anlamlı değil iken diğer bütün yıllarda ve 2007–2011 yıllarında sezonlar arasındaki ortalama farkları istatistiksel olarak anlamlıdır.

PM10 ve SO_2 değerlerinin hava sıcaklığı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, nem, hava basıncı, yıl ve aylar ile ilişkisi incelendiğinde, PM10 değerinin; SO_2 , hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, hava basıncı değerleri ile arasında anlamlı bir ilişki olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. SO_2 değerinin; PM10, hava sıcaklığı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, nem, hava basıncı, yıl ve ay değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu ($p<0.05$) görülmüştür.

Tablo 5. 2007–2011 Yılları arasında sezona göre PM10 24 saatlik ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$).

Yıllar	PM10 Düzce 24 saatlik ortalamaları				İstatistik
	Kış Sezonu	Ölçüm sayısı	Yaz Sezonu	Ölçüm sayısı	
2007	102,3±6,2	131	85,0±6,6	172	t=1.9, p=0.064
2008	161,6±11,1	92	67,1±2,8	125	t=9.4, p<0.001
2009	124,6±6,9	178	49,9±1,3	179	t=10.5, p<0.001
2010	111,7±5,9	177	49,3±1,1	181	t=10.3, p<0.001
2011	129,4±6,7	178	55,4±1,2	181	t=10.9, p<0.001
Toplam	123,4±3,2	759	60,8±1,6	838	t=18.0, p<0.001

PM10 yıllara göre aylık ortalamaları incelendiğinde; 2007 yılında şubat ayı ortalaması $34,4 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak en düşük ölçülmüşken, nisan ayında $240 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değeriyle en yüksek değeri ölçülmüştür. 2008 yılının kasım ayı ortalaması $48,6 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak en düşük, şubat ayında $229,8 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değeriyle en yüksek değeri ölçülmüştür. Ekim ve kasım aylarının değerleri ölçülmemiştir. 2009 yılının temmuz ayı ortalaması $40,8 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak en düşük, kasım ayında $180,3 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değeriyle en yüksek değeri ölçülmüştür. 2010 yılının haziran ayı ortalaması $39,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak en düşük, kasım ayında $187,4 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değeriyle en yüksek değeri ölçülmüştür. 2011 yılının şubat ayı ortalaması $11,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olarak en düşük, aralık ayında $188,7 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değeriyle en yüksek değeri ölçülmüştür.

TARTIŞMA

Düzce İli kent merkezinde 2007-2011 yıllarında elde edilen hava kalitesi ölçüm değerleri incelendiğinde; PM10 için AB yıllık ortalama limit değeri PM10 için Düzce'de 2007-2011 yıllarının tümünde aşılmıştır. SO₂ için sadece 2007 yılında AB limit ekosistem değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değeri aşılmış, SO₂ saatlik Türkiye 2012 sınır değeri ve AB sınır değeri Düzce'de 10 Ocak 2007-31 Aralık 2011 tarihleri arasında aşılmamıştır. Erzurum ilinde yapılan 2003-2006 yılları arasındaki araştırmanın sonuçları ile bu araştırmanın sonuçları karşılaştırıldığında; Düzce ilinde 2007-2011 yılları arasındaki PM10 değerinin Erzurum ilindeki gibi yüksek olduğu; Aralık ve Ocak ayı karşılaştırıldığında ise Düzce ilinin aylık PM10 ortalama değerinin, Erzurum'daki çalışmanın değerlerinden çok yüksek olduğunu görebiliriz. SO₂ düzeylerine bakıldığında ise; Erzurum'daki SO₂ düzeylerinden kış sezonunda sınır değerini aşmasına rağmen Düzce ilinde aşılmadığını gözlenmektedir (13). Bu çalışmaya göre ortalama SO₂ değerlerinin hava kirliliğinin ciddi boyutlarda olduğu İzmir ilindeki 2007 de yapılan çalışmadaki SO₂ değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. PM10 değerlerine bakıldığında ise 1995 yılına kadar olan ortalama PM10 seviyeleri bizim çalışmamızdaki (2007-2011 yılları arasındaki) ortalama PM10 değerlerinden yüksek görülüyor iken 1995 yılından sonraki PM10 değerleri bizim çalışmamızdaki değerlerden daha düşüktür (16).

Düzce ili hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre Düzce ili için PM10 değerlerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Çevre ve Orman Bakanlığı Temiz Hava Eylem Planına göre PM10 hava kalitesinde Düzce gibi yüksek olduğu iller Iğdır, Karabük,

Denizli, Çorum, Bolu, Batman, Kahramanmaraş, Siirt, Van ve Mardin'dir (17).

Aydın İli kent merkezinde yapılan bir çalışmada; 1997-2003 yıllarında elde edilen tüm hava kirliliği ölçüm değerleri incelendiğinde, her ne kadar sınır değerler aşılsa da kış aylarında (Ekim-Mart) özellikle Ocak ayında meteorolojik koşullar nedeni ile hava kirliliği parametrelerinde belirgin artışlar saptanmıştır (18). Bu çalışmada ise Düzce'de 10 Ocak 2007- 31 Aralık 2011 tarihleri arasında SO₂ için yıllara göre bu sınır değerler aşılmamıştır ancak PM10 için Düzce'de 2007-2011 yıllarının tümünde sınır değerler aşılmıştır. Özellikle kış aylarında bu değerlerin daha fazla aşıldığı görülmüştür. Düzce ili için kış ve yaz sezonu ortalamaları arasındaki fark 2007 yılında istatistiksel olarak anlamlı değil iken diğer bütün yıllarda ve 2007-2011 yıllarında sezonlar arasındaki ortalama farkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Malatya'da yapılan bir çalışmada da özellikle kış aylarında kirliliğin arttığı görülmüştür (19).

Çanakkale'de 1991-2001 yılları arasında yapılan çalışmada; kış dönemlerinde her bir ayın günlük SO₂ değeri ve PM değeri ortalama verileri ile diğer ayların SO₂ değeri ve PM değeri ortalamaları arasında yapılan varyasyon analizlerinde en fazla kirliliğin Ocak aylarında olduğu görülmüştür (20). Erzurum ili kent merkezindeki 2003-2006 yılları arasındaki hava kirliliği araştırmasında kış mevsiminde en büyük SO₂ ve PM10 değeri; en yüksek Ocak, daha sonra Aralık ayında görülmüştür (13). Bu çalışmada ise PM10 değerlerine bakıldığında en fazla kirliliğin Kasım aylarında olduğu görülmektedir. Çanakkale'de yapılan çalışmada aylara göre PM10 ortalama değerleri değerlendirildiğinde; kirliliğin Ekim ayından itibaren arttığı, en fazla artışın Ocak ayında olduğu ve Şubat ayından itibaren azalmaya başladığı görülmüştür (20). Bizim çalışmamızda da aynı şekilde Ekim ayında başlayan artışın, şubat ayından itibaren azalmaya başladığı ve en fazla artışın Kasım ayında olduğu görülmüştür. Ancak 2007 Nisan ayındaki $240,0$ değeri dikkat çekmekle birlikte bu aydaki yüksek ortalama değerinin nedeni hakkında bir yorum getirilememiştir.

Çanakkale'de yapılan çalışmada SO₂ ölçüm sonuçları KVS ($400 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) değerlerinin aşıldığı günler bulunmakta olup, bu değerler hastanelerde fazla hasta yatışı ve aşırı ölüm hızına neden olan kirlilik değerleri olduğu görülmüştür (20). Bizim çalışmamızda ise SO₂ için yıllık UVS (insan sağlığının korunması için) $150 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olup bu değer 2007-2011 yılları arasında Düzce'de aşılmadığı görülmüştür ve PM10 kadar halk sağlığı açısından risk oluşturmamaktadır (21). PM10 24

saatlik ortalaması Türkiye sınır değerinin ($140 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) aşıldığı gün sayısı 2007'de %13,9 iken 2008'de %21,7'ye çıkmış, 2009 da %15,7'ye düşmüş, 2010'da %15,4'e ve 2011'de tekrar %18,4'e çıkmıştır. 2007–2011 yıllarının toplamda ölçüm yapılan 1594 günün 266'sında (%16,7) bu değer aşılmıştır. En yüksek iki yüzdeden birinin 2011 yılında olduğu görülüp nedeninin son bir yıldır Düzce'nin büyük bir bölümünü kapsayan yol çalışmalarının olabileceği düşünülmektedir. 2008'deki yüksekliğin ise taşıt egzoz gazı emisyonları ile ilişkisi olabileceği düşünülmektedir (20).

PM10 ve SO₂ değerlerinin hava sıcaklığı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, nem, hava basıncı, yıl ve aylar ile ilişkisi incelendiğinde, PM10 değerinin SO₂ hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, hava basıncı değerleri ile arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Erzurum ilinde yapılan bir çalışmada da düşük sıcaklık ve rüzgâr hızı, yüksek basınç ve nemin SO₂ ve PM10 yüksekliğinde etkisinin olduğu gösterilmiştir (22).

Erzurum ili kent merkezindeki yapılan araştırmada 2003–2006 yılları arasında PM10 değeri ortalamasının hiç sınır değeri aşmadığını ve SO₂ değerinin ise 2003'den 2006 yılına doğru gittikçe düşerek sınır değerinin altına indiği görülmüştür. Bu durum Erzurum'da yaygınlaşan doğalgaz kullanımına bağlanmıştır (13). Çanakkale'de ise 1991-2001 yılları arasında yapılan çalışmada 1991-1992 ve 1993–1994 kış dönemlerinde kirliliğin yüksek olduğu görülmüştür. 11 Nisan 1997 tarihli toz kömürü kullanımını yasaklama kararının ardından PM10 değerinde herhangi düşüş gösterilememiştir (20). Düzce ilinde 2005 yılından itibaren başlayan doğalgaz kullanımı, 2008 yılında toplam 14.132 doğalgaz abonesine, 01 Haziran 2011 tarihi itibarıyla 55.049 aboneye ulaşmıştır (17, 23). 2008 ve 2011 yılları arasında artan doğalgaz kullanımına rağmen PM10 değerlerinin sınır değerleri aştığı ve PM10 değerinin 2011 yılında 2010 yılına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma Düzce İli 30 Ocak 2007-31 Aralık 2011 tarihleri arasındaki hava kalitesini değerlendirmek amacıyla planlanmıştır. Veriler T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi'nden alınmıştır (15). Yapılan analizler sonucunda PM10 ortalaması $90,5 \pm 1,9 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (en az 11, en çok 612) bulunmuştur. Bu sonuca göre; Türkiye için PM10 uzun vadeli sınır değeri (UVS)

olan $78 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ tüm yıllarda aşılmıştır. SO₂ ortalaması $12,5 \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (en az 1, en çok 56) bulunmuştur. SO₂ değeri için Türkiye için uzun vadeli sınır değeri $150 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ve ortalama yıllık eşik değer $60 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ olup bu değerler hiçbir yılda aşılmamıştır.

Düzce'de özellikle PM10 parametresindeki yüksek değerler nedeniyle Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün hava kirliliği ile ilgili denetimlerinin artırılması gerekmektedir. Uyarı eşığının aşıldığı günlerde gerekli önlemler alınmalıdır. Düzce'de tespit edilen yüksek PM10 değerlerinin nedeni araştırılmalıdır. Yüksek PM10 değerlerinin Karbon gibi kansere neden olan bir madde mi yoksa başka diğer maddelerden mi kaynaklandığının belirlenmesi için ayrıntılı ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Güler Ç, Vaizoğlu SA. Hava kirliliği. Eds.: Güler Ç, Akın L. In: Halk Sağlığı Temel Bilgiler. Ankara. Hacettepe Yayınları, 2006, s. 540-555.
2. Public Health and Environment (PHE), Health impacts. http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/en/index.html [Erişim Tarihi: 05.04.2012].
3. Çobanoğlu Z. Hava kirliliği. Ankara. Özkan Matbaacılık, 2000, s. 2-154.
4. Topbas M, Çan G, Kapucu M. Effects of local decisions on air pollution in Trabzon, Turkey during 1994-2000. Turk J Public Health 2004; 2: 80-84.
5. Enerji sektöründen kaynaklanan hava kirliliği. Ulusal Çevre Eylem Planı. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 1997.
6. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. <http://www2.cevreorman.gov.tr/yasa/yonetmelik.asp>, [Erişim Tarihi 03.02.2012].
7. Özer U, Aydın R, Akçay H. Air pollution profile of Turkey. Chemistry International. 1997; 19: 190-191.
8. Elbir T, Muezzinoglu A, Bayram A. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. Environ Int. 2000; 26: 5-10.
9. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sıkça sorulan sorular, Hava kalitesi indexi. <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>, [Erişim Tarihi: 05.02.2012].
10. Akdur R, Çöl M, Işık A, İdil A, Durmuşoğlu M, Tunçbilek A. Halk Sağlığı. Ankara. Antip AŞ Tıp Kitapları ve Bilimsel Yayınlar, 1998, s. 85-87.

TAF Preventive Medicine Bulletin, 2013: 12(1)

- 11 Air Quality Guidelines For Europe. World Health Organization Regular Office for Europe Copenhagen. Second Edition: WHO Regional Publications, European Series. No: 91. <http://www.euro.who.int/document/e87950.pdf> [Erişim Tarihi: 03.02.2012].
- 12 Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını Önleme ve Kontrol Programı, Türkiye'nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım. T.C.Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara. 2010, s. 83-87.
- 13 Beyhun NE, Vançelik S, Acemoğlu H, Koşan Z, Güraksın A. Erzurum İli Kent Merkezinde 2003-2006 Yılları Arasında Hava Kirliliği. TAF Prev Med Bull. 2008; 7(3): 237-242.
14. Doğan F. İl merkezlerindeki dumanlı sanayi sıklığı ile göğüs hastalıklarından ölüm hızlarının artış ilişkisi üzerine bir araştırma. Ege Tıp Dergisi. 1992; 31: 299-302.
- 15 T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı. <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>, [Erişim Tarihi: 24.12.2011].
- 16 Doğan F, Kitapçioğlu G. İzmir ilinde hava kirliliğinin yıllar itibariyle karşılaştırılması. Ege Tıp Dergisi. 2007; 46(3): 129 -133.
- 17 T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Temiz Hava Eylem Planı(2010-2013) Nisan 2010. http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/EylemPlan/Temiz_Hava_Eylem_Planı.pdf [Erişim Tarihi: 05.04.2012].
- 18 Başar P, Okyay P, Ergin F, Coşan S, Yıldız A. Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği. ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi. 2005; 6(3): 11–15.
- 19 Eğri M. 1996-1997 kış döneminde Malatya il merkezi hava kirliliği parametrelerine meteorolojik koşulların etkisi. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 1997; 4: 265-269.
- 20 Uysal İ. Çanakkale'de 1991-2001 Yılları Arasında Hava Kirliliği Sorunu. Ekoloji Çevre Dergisi. 2002; 45(11): 18-23.
- 21 Yücel E, Öztürk M, Doğan F. Kütahya'da Hava Kirliliği Sorunu. Ekoloji Çevre Dergisi. 1995; 15: 40-44.
- 22 Turalioğlu FS, Nuhoğlu A, Bayraktar H. Impact of some meteorological parameters on SO2 and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. Chemosphere. 2005; 59: 1633-1642.
- 23 Doğalgaz cihazları sanayicileri ve işadamları derneği, Doğalgaz abone durumu-01. haziran 2011. <http://www.dosider.org/?p=5&i=7>, [Erişim Tarihi 05.04.2012].