

# BİLECİK'TE İKLİM ELEMANLARININ HAVA KİRLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Serpil MENTEŞE<sup>[\*]</sup>

Şermin TAĞIL<sup>[\*\*]</sup>

## ÖZ

Hava kirliliği konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasında yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, 2008-2010 döneminde SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> düzeyleri üzerine iklim elemanlarının etkisinin ortaya konmasıdır. Bu kapsamda belirlenen araştırma soruları: i. Bilecik ilinde hava kirliliği parametrelerinden SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> nin zamansal (aylık, yıllık, mevsimlik) değişimi nasıldır? ; ii. Bilecik ilinde iklim koşullarının (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nem ve basınç) hava kirliliği parametreleri (SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>) üzerinde etkisi var mıdır? Bu amaçla Bilecik kentinin 2008-2010 dönemine ait günlük hava kirliliği (SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>) ve meteorolojik faktörlerden hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve basınç verileri kullanılmıştır. Hava kirliliğine neden olan elemanlar ile incelenen meteorolojik faktörler arasındaki ilişki istatistikî yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon ve korelasyon analizleri ile elde edilen sonuçlara göre, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> seviyeleri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişki orta ve zayıf düzeyde bulunmuştur. Her iki hava kirliliği parametresinin de incelenen yıllar arasında azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalmaya rağmen PM<sub>10</sub> 'nin uzun dönemlik sınır değerlerin (UVS) üzerinde seyrettiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Kirliliği, Korelasyon Analizi, İklim elemanları, Bilecik, PM10, Regresyon Analizi, SO2

<sup>[\*]</sup> Arş.Gör. Bilecik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

<sup>[\*\*]</sup> Doç.Dr. Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

## The Effect of Climate Elements on Air Pollution in Bilecik

### ABSTRACT

It is known that, in general, the air pollution concentrations have a close relationship with meteorological factors. The purpose of this study, examine the effect of meteorological factors on the daily  $SO_2$  and  $PM_{10}$  levels for the period 2008-2010. In this context identified research questions i. What is the temporal variation (monthly, annual, seasonal) of  $SO_2$  and  $PM_{10}$  from air pollution parameters in the Bilecik province? ii. Is there climatic conditions (air temperature, wind speed, humidity and pressure) impact on air quality parameters ( $SO_2$  and  $PM_{10}$ )? To answer these research questions, daily air pollution data ( $SO_2$  and  $PM_{10}$ ) and meteorological conditions (air temperature, wind speed, humidity, pressure) data for the period 2008-2010 were analyzed. The relationship between elements that cause air pollution with climatic elements such as temperature, wind speed, humidity and pressure, was analyzed using statistical methods. According to the results obtained through multiple linear regression analysis, for some months there is a moderate and weak level of relation between the  $SO_2$  and  $PM_{10}$  levels and the meteorological factors city. Both air pollution parameters were declined during the study periods. This is despite the decrease was determined still above in the long-term limit values of  $PM_{10}$ .

**Keywords:** Air Pollution, Climate elements, Correlation Analysis, Bilecik, PM10, Regression Analysis,  $SO_2$

### 1. GİRİŞ

Havanın kirlenmesi, insan ve çevreye zarar verecek miktardaki kirleticilerin atmosfere karışması olarak tanımlanabilir (Yazıcı, 2010). Havanın doğal bileşimini değiştirip, kirli hava özelliği kazandıran kirleticilerden kükürt dioksit ( $SO_2$ ) ve partikül madde (PM) ölçülmesi, kirlilik düzeyine karar veremedi Dünya Sağlık Örgütü tarafından yeterli bulunmuş ve her ülkede ölçülmesi önerilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Hava Kalitesini Kontrol Yönetmeliği (HKKY), hava kirliliğinin başladığı düzeyi tanımlayan standartlar ile kirleticilere yönelik hedef sınır değerler belirlemiştir (Doğan ve Kitapçioğlu, 2007). Türkiye’de hava kirliliği ilk kez 1960’lı yıllarda izlenmeye başlanmıştır (Çiçek, Türkoğlu ve Gürgen, 2004). Türkiye genelinde hava kirleticisi parametrelerinden  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  düzeyleri izlenmektedir. Diğer kirleticilerin düzeyi ise ülke

genelinde bilinmemektedir. SO<sub>2</sub> kirliliği; kükürt içeren fosil yakıtların yanması ile şehirselleşimde ve bazı endüstriyel süreçlerin sonucunda bacalardan atılan kirleticilerden; PM kirliliği ise yoğunlukla sanayi bölgelerinden, kısmen de şehirselleşimde fosil yakıtlardan oluşmaktadır (Bayram, 2005).

Hava kirliliği sorunu bölgelerin sahip olduğu coğrafik, demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri ile yakından ilişkilidir. Dolayısı ile hava kirliliğinin birincil kaynak alanlarından biri, fosil yakıtların kullanımı nedeniyle kentlerdir. Kentlerin hem fazla nüfusu barındırdığı, hem de göçlerle nüfusunun arttığı dikkate alınır, gün geçtikçe daha fazla bireyin hava kirliliğinden etkilenir hale gelmesi beklenmektedir (Tağil, 2007).

Beşeri faktörler, kirletici emisyon oranlarını ve kaynağını belirlerken; bölgelerin iklimi ve topoğrafyası kirliliğin atmosferde dağılımını etkilemektedir (İlten ve Selici 2008). Bu nedenle son yıllarda şehirlerdeki hava kalitesi ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişki araştırmalara konu olmuştur (Keser, 2002). İklim koşullarının yılın büyük bir bölümünde elverişsiz şartlar göstermesi, topografik özelliklerin uygun olmaması ve beşeri coğrafya etmenleri hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Kopar ve Zengin, 2009). Geçmişte büyük kentlerin sorunu olan hava kirliliği problemi büyük kentlerde fosil yakıtlar yerine doğalgaz kullanımına geçilmesi ile önemli derecede azalmıştır. Fosil yakıtların kullanıldığı küçük şehirlerde ise kirlilik artmıştır. Kentlerin kuruldukları alanların topografik ve iklimik özellikleri dikkate alınmadan kurulan yerleşmeler var olan hava kirliliğini daha da artırmaktadır (Hacısalıhoğlu, 1994, Çukur, Gündüzoğlu ve Aşkın, 2006; İbret ve Aydınöz, 2009).

Literatürde meteorolojik parametrelerin SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonları üzerindeki etkisini belirleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> seviyesi ile meteorolojik koşullar arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çuhadaroğlu ve Demirci, 1997; Eğri, 1997; Sungur ve Gönençgil, 1997; Bouhamra ve Abdul-Wahab, 1999; Özdalyan, Çelik ve Kadı, 2001; Çiçek vd., 2004; Giri, Krishna Murthy and Adhikary, 2008; İlten ve Selici, 2008; Verma ve Desai, 2008; İcağa ve Sabah 2009; Ilıc, Dragana, Nenad ve Dejan, 2010). Çalışmalarda farklı analiz yöntemleri kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler ölçülmüştür.

Doğal gaz kullanımına geçilmesiyle büyük kentlerde hava kirliliğinde nispeten bir gerileme olmasına rağmen, halen ciddi bir sorun olarak görülmektedir (Bayram vd., 2006). Birçok kentte hala hava kirliliği ve diğer faktörler arasındaki ilişkinin tespiti yapılmamıştır. Bu çalışmada fiziki coğrafya faktörlerinden biri olan iklim verilerinin hava kirliliği üzerindeki rolü Bilecik kenti örneği üzerinde

araştırılmıştır. Bu çalışmanın amacı, 2008-2010 dönemlerine ait günlük  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  düzeyleri üzerine seçilmiş bazı iklim elemanlarının (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, basınç ve nem) etkisini istatistikî yöntemlerle incelemektir. Bu kapsamda belirlenen araştırma soruları:

- Bilecik'te hava kirliliği parametrelerinden  $SO_2$  ve  $PM_{10}$ 'nin zamansal (aylık, yıllık, mevsimlik) değişimi nasıldır?
- Bilecik'te iklim koşullarının (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nem ve basınç)  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  üzerinde belirleyici etkisi var mıdır?

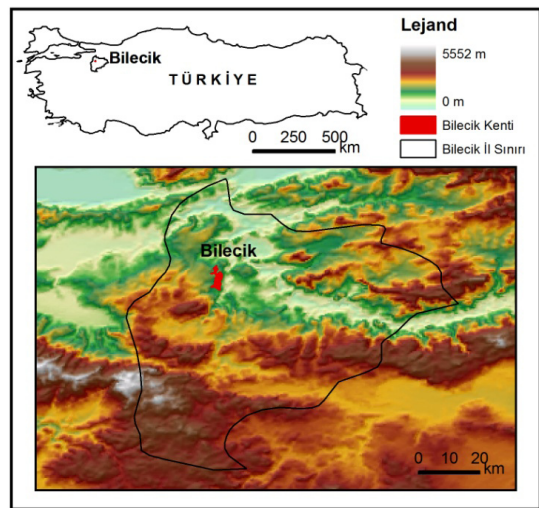
## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı:

Araştırma alanı Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü'nde yer alan Bilecik şehrini kapsamaktadır. Sakarya Nehri, Bilecik ili'nin en önemli akarsuyu olup kuzey-güney yönünde akarak şehri doğu-batı olmak üzere iki parçaya ayırır. Bilecik şehir merkezi, Sakarya Nehri'nin güneybatısında kurulmuştur ve bu ırmağa dökülen Karasu deresi vadisi içerisinde kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmaktadır (Şekil 1). Deniz seviyesinden yüksekliği 500 m'dir. Karasuyun oluşturduğu Karasu boğazı çalışma alanının içinde bulunduğu depresyonu, kuzey-kuzeydoğudan Sakarya havzasına bağlamaktadır.

Bilecik Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü'nden alınan 1975-2010 yılları verilerine göre; Bilecik Şehri'nde ortalama sıcaklık değeri  $12,3^{\circ}C$  dir, en sıcak ay (temmuz) sıcaklık ortalaması  $28,4^{\circ}C$ , hava kirliliğinin yaşandığı kış şartlarında, yıllık en soğuk ay (Ocak) sıcaklık ortalaması  $-0,3^{\circ}C$  dir. Çalışma sahasında yıllık ortalama yağışlar toplam 442,9 mm dir. Bilecik'te batı ve kuzeybatı rüzgârları etkindir. Ortalama rüzgâr hızı 3,4 m/sn dir.

Bilecik şehrinin nüfusunda çeşitli dönemlerde artış ve azalmalar yaşanmıştır. 1935-2010 dönemleri arasında Bilecik şehrinin nüfusu sürekli olarak artış



Şekil 1. Çalışma alanının konum haritası.

göstermiştir. 1935 te 24.114 olan ilin toplam nüfusu 2010 yılında 78.258 e yükselmiştir. 2010 yılında 78.258 olan nüfus 2011 yılında 65.459 a gerilemiştir. Bilecik şehrinde 1935 yılından 1985 yılına kadar olan dönemde kırsal nüfus kentsel nüfustan fazladır. 1985 yılından 2011 yılına kadar olan dönemde ise kentsel nüfus, kırsal nüfusu geçmiştir. Bu da Bilecik kentinin göç aldığı bir göstergesidir.

Bilecik ilindeki en önemli endüstri faaliyetler taş ve toprağa dayalı endüstri; gıda, içki ve yem endüstrisi; ipelik ve dokuma endüstrisi; kimya, plastik ve kâğıt endüstrisi; metal eşya, makine ve yem endüstrisi ile küçük imalathanelerdir (Özgür, 1990). Bilecik, Türkiye'nin seramik ve porselen merkezi konumundadır. Bilecik'in en önemli ihracat ürününü de mermer oluşturmaktadır.

## 2.2. Malzeme:

Bilecik kentinin 2008-2010 dönemine ait günlük hava kirliliği verileri ( $SO_2$  ve  $PM_{10}$ ), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan bilgisayar ortamından elde edilmiştir. 2008-2010 dönemlerindeki meteorolojik koşullara (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nem ve basınç) ait veriler ise Bilecik Meteoroloji İstasyonu'ndan günlük olarak, bilgisayar ortamında alınmıştır. Günlük meteoroloji ve hava kirliliği kayıtları aylık verilere dönüştürülmüştür.

## 2.3. Yöntem:

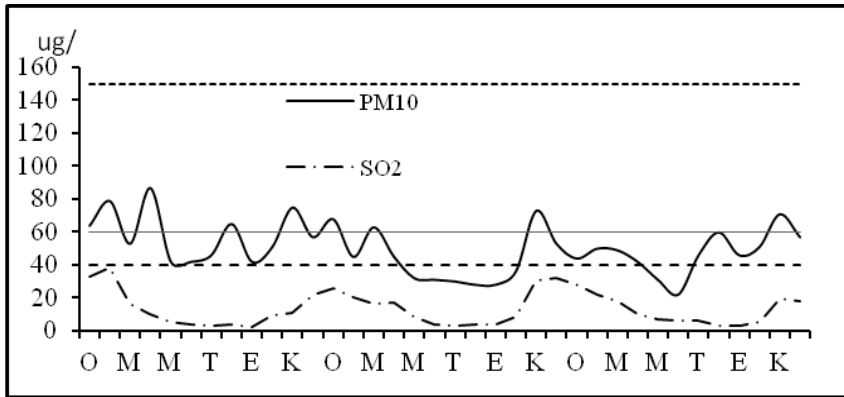
Meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, basınç, nem) ve hava kirliliği parametreleri ( $PM_{10}$ - $SO_2$ ) günlük ve aylık olarak toplanmış, betimsel ve kestirisel istatistik teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Analizler yapılırken kirlilik parametreleri ( $SO_2$ - $PM_{10}$ ) bağımlı değişken, meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem) ise bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişken arasında ilişkinin bulunup bulunmadığı, eğer bir ilişki varsa bu ilişkinin derecesi, çoklu regresyon analizi ve korelasyon analizi ile saçılım grafikleri ile tespit edilmeye çalışılmıştır.

Hava kirliliği parametrelerinin ( $SO_2$  ve  $PM_{10}$ ) zaman içindeki değişimi incelenirken Türk Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği ( $PM_{10}$ :  $150 \mu g/m^3$ ;  $SO_2$ :  $150 \mu g/m^3$ ), Avrupa Birliği ( $PM_{10}$ :  $40 \mu g/m^3$ ;  $SO_2$ :  $20 \mu g/m^3$ ), Dünya Sağlık Örgütü ( $PM_{10}$ :  $20 \mu g/m^3$ ;  $SO_2$ :  $50 \mu g/m^3$ ) ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı ( $PM_{10}$ :  $50 \mu g/m^3$ ;  $SO_2$ :  $80 \mu g/m^3$ ) tarafından belirlenen uzun vadeli sınır değerler ile karşılaştırılmıştır (Çiçek vd., 2004, Doğan ve Kitapçioğlu, 2007; Dünya Sağlık Örgütü [WHO], 2005; Oftedal vd., 2008).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> in 2008-2010 dönemlerine ait aylara ve yıllara göre değişimi Şekil 2 de gösterilmiştir. Uzun yıllık SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> değişimi incelendiğinde her iki kirleticinin de azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Bu azalış eğilimi PM<sub>10</sub> de %99 güven düzeyinde (r:-0.147; p≤.001) ; SO<sub>2</sub> de ise %95 güven düzeyinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (r:-0.076 p≤.05). SO<sub>2</sub>'deki düşme, sadece Bilecik'te değil Türkiye genelinde de gözlenmiştir (Tağıl, 2007). Bunun nedeninin yüksek standartlı kömür kullanımı, kömür zenginleştirme ve yakma sistemlerindeki ilerleme olduğu düşünülmektedir (Bayram, 2005). Ayrıca Bilecik ilinde doğalgaz kullanımına geçilmesinin bu azalış üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Yıllık ortalama SO<sub>2</sub> değerleri incelendiğinde hem Avrupa Birliği (SO<sub>2</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>) hem de Dünya Sağlık Örgütü (SO<sub>2</sub>: 50 µg/m<sup>3</sup>) sınır değerlerini hiç geçmediği saptanmıştır. PM<sub>10</sub> de ise yıllar itibari ile belirgin bir değişim tespit edilmemiştir (2008: 57 µg/m<sup>3</sup>; 2009: 44 µg/m<sup>3</sup>; 2010: 47 µg/m<sup>3</sup>). Ancak, 2008-2010 rasat döneminde PM<sub>10</sub> nin Avrupa Birliği (PM<sub>10</sub>: 40 µg/m<sup>3</sup>) ve Dünya Sağlık Örgütü (PM<sub>10</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>) sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

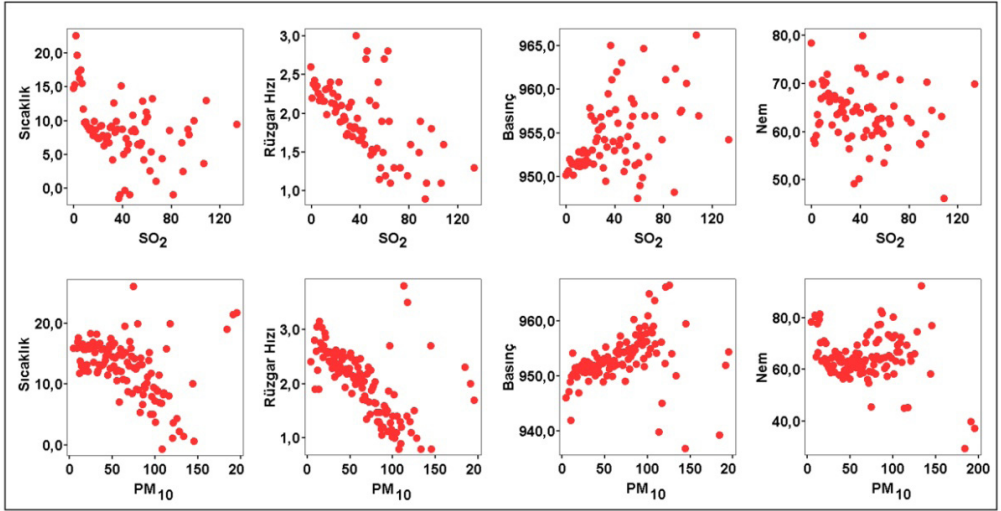


Şekil 2. PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>'nin aylık ve yıllık değişimi (2008-2010).

Kirleticilerin aylar arasında değişimi incelendiğinde ise Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında belirgin bir artış; Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise belirgin bir azalış gözlenmiştir (Şekil 2). Aylara bağlı olarak SO<sub>2</sub> değişimi %99 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur (p≤.001). PM<sub>10</sub> değişimi ise %95 güven düzeyinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (p=0.040). Daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edildiği gibi PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> deki artış ve azalışın yaklaşık olarak aynı aylarda olduğu gözlenmiştir (Başar vd., 2005; Bayram, 2005;

Aydın, 2006; Taş, 2006; İbret ve Aydınöz, 2009; Menteşe, 2011). Aylık ortalama  $PM_{10}$  değerleri incelendiğinde; Dünya Sağlık Örgütü'nce kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan  $40 \mu g/m^3$  sınır değerini incelenen dönem içinde geçtiği tespit edilmiştir. Sadece 2009 Mayıs-Eylül döneminde söz konusu sınır değeri geçmemiştir (Şekil 2).

Hava kirleticileri ( $SO_2$  ve  $PM_{10}$ ) ile sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve bağıl nem arasında ilişki korelasyon ve regresyon analizleri ile tespit edilmiş ve saçılım grafikleri ile ilişkinin yönü gösterilmiştir (Şekil 3). Hem  $PM_{10}$  hem de  $SO_2$  ile ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı ve basınç arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ; Tablo 1). Nem ile kirleticiler arasında ise %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.  $SO_2$  ile ortalama sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında negatif; basınç ve nem ile pozitif ilişki belirlenmiştir (Tablo 1). Ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve nem değişkenleri ile  $SO_2$  arasında yüksek düzeyde ve anlamlı bir ilişki vardır ( $p < 0.001$ ). Ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve nem değişkenleri,  $SO_2$  deki toplam varyansın yaklaşık % 59'unu açıklamaktadır (Tablo 2). Yani  $SO_2$  deki değişimin % 41'i ise ele alınmayan değişkenlere bağlıdır. Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre, yordayıcı değişkenlerin  $SO_2$  üzerindeki göreceli önem sırası; rüzgâr hızı, basınç, ortalama sıcaklık ve nemdir.



Şekil 3.  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ile sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve nem arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafikleri.

**Tablo 1.** PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> in yordanmasına ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları

Değişkenler		PM <sub>10</sub>	Sıcaklık	Rüzgâr Hızı	Basınç	Nem
PM <sub>10</sub>	Pearson r	1	-,181(**)	-,400(**)	,222(**)	,003
	p		,000	,000	,000	,931
Sıcaklık	Pearson r	-,181(**)	1	,135(**)	-,321(**)	-,656(**)
	p	,000		,000	,000	,000
Rüzgâr hızı	Pearson r	-,400(**)	,135(**)	1	-,211(**)	-,167(**)
	p	,000	,000		,000	,000
Basınç	Pearson r	,222(**)	-,321(**)	-,211(**)	1	,085(**)
	p	,000	,000	,000		,005
Nem	Pearson r	,003	-,656(**)	-,167(**)	,085(**)	1
	p	,931	,000	,000	,005	
		SO <sub>2</sub>	Sıcaklık	Rüzgâr Hızı	Basınç	Nem
SO <sub>2</sub>	Pearson r	1	-,424(**)	-,229(**)	,242(**)	,024
	p		,000	,000	,000	,479
Sıcaklık	Pearson r	-,424(**)	1	,135(**)	-,321(**)	-,656(**)
	p	,000		,000	,000	,000
Rüzgâr Hızı	Pearson r	-,229(**)	,135(**)	1	-,211(**)	-,167(**)
	p	,000	,000		,000	,000
Basınç	Pearson r	,242(**)	-,321(**)	-,211(**)	1	,085(**)
	p	,000	,000	,000		,005
Nem	Pearson r	,024	-,656(**)	-,167(**)	,085(**)	1
	p	,479	,000	,000	,005	

(\*\*) Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır

Ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve nem değişkenlerine göre PM<sub>10</sub> nin açıklanmasına ilişkin analiz sonuçlarına göre; PM<sub>10</sub> ile ortalama sıcaklık ve rüzgâr arasında negatif; basınç ve nem ile pozitif ilişki olduğu görülmektedir (Tablo1). Ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve nem değişkenleri ile PM<sub>10</sub> arasında orta düzeyde ve anlamlı bir ilişki vardır, (R=0,47; p<.001). Ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve nem değişkenleri, PM<sub>10</sub> deki toplam varyansın yaklaşık % 47 sini açıklamaktadır (Tablo 2). PM<sub>10</sub> deki değişimin % 53 ü ise bu çalışmada incelenmeyen farklı bağımsız değişkenlere bağlıdır. Standardize edilmiş regresyon katsayısına göre, yordayıcı değişkenlerin PM<sub>10</sub> üzerindeki göreceli önem sırası; rüzgâr hızı, basınç, ortalama sıcaklık ve nemdir.

Meteorolojik parametreler ile kirlilik arasındaki ilişkinin aylara bağlı değişimi incelendiğinde anlam düzeyi yüksek ilişkilerin şubat ve mart aylarında kurulduğu görülür (Tablo 2). Her ayda iklim parametrelerinden rüzgâr hızı ile kirleticiler arasında ters orantılı bir ilişki vardır (Tablo 2). Sıcaklık ile kirleticiler arasında belirli bir ilişki saptanamamakta, sıcaklığın arttığı bazı dönemlerde kirlilik oranları düşerken bazı dönemlerde ise yükselmektedir. Örneğin, Mart ayında sıcaklık ile kirlilik parametreleri arasında pozitif ilişki görülmekle birlikte, bu durum sıcaklık



artışı ile değil, rüzgâr hızının düşmesi ile ilgili olmalıdır. Bu, sıcaklık dışındaki diğer parametrelerin de etken olduğunu göstermektedir. Bağıl nemin yüksek olduğu dönemlerde genelde kirleticiler azalmakta düşük olduğu dönemlerde ise artmaktadır. Şubatta, rüzgâr hızı ile bağıl nem, martta ise rüzgâr hızı ile sıcaklığın belirleyici bağımsız değişkenler olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 2.** PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>'nin aylık regresyon analizi sonuçları.

AYLAR	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	df	F	p	
SO <sub>2</sub>	Ocak	0,60	0,36	0,33	4,00	11,97	0,000
	Şubat	<b>0,74</b>	0,54	0,52	4,00	23,00	0,000
	Mart	<b>0,69</b>	0,47	0,45	4,00	18,47	0,000
	Nisan	0,61	0,37	0,34	4,00	11,90	0,000
	Mayıs	0,61	0,37	0,34	4,00	11,90	0,000
	Haziran	0,51	0,26	0,20	4,00	4,04	0,007
	Temmuz	0,51	0,26	0,20	4,00	4,04	0,007
	Ağustos	0,49	0,24	0,14	4,00	2,33	0,078
	Eylül	0,61	0,37	0,33	4,00	7,76	0,000
	Ekim	0,52	0,27	0,20	4,00	4,16	0,006
	Kasım	0,64	0,41	0,38	4,00	13,43	0,000
Aralık	0,53	0,28	0,24	4,00	8,34	0,000	
Toplam	0,59	0,35	0,35	4,00	113,17	0,000	
PM	Ocak	0,58	0,34	0,30	4,00	10,53	0,000
	Şubat	<b>0,85</b>	0,71	0,70	4,00	44,36	0,000
	Mart	<b>0,85</b>	0,71	0,70	4,00	44,36	0,000
	Nisan	0,55	0,30	0,26	4,00	7,16	0,000
	Mayıs	0,55	0,30	0,26	4,00	7,16	0,000
	Haziran	0,52	0,27	0,23	4,00	6,46	0,000
	Temmuz	0,52	0,27	0,23	4,00	6,46	0,000
	Ağustos	0,80	0,64	0,62	4,00	32,64	0,000
	Eylül	0,55	0,31	0,27	4,00	8,58	0,000
	Ekim	0,62	0,38	0,35	4,00	12,19	0,000
	Kasım	0,70	0,49	0,46	4,00	19,26	0,000
Aralık	0,70	0,49	0,46	4,00	19,26	0,000	
Toplam	0,47	0,22	0,22	4,00	71,03	0,000	

Artan sıcaklık, rüzgâr hızında değişkenliğe ve dolayısı ile kirleticilerin yoğunlaşmasını engellediğinden hava kirliliğinin etkisinin azalmasına neden olmuştur (Banerjee, Singh ve Srivastava, 2011). Şöyle ki yapılan korelasyon analizi göstermektedir ki, sıcaklık ile diğer bağımsız değişkenler arasında anlamlı ilişki vardır ( $p \leq 0,001$ ; Tablo 3). Sıcaklık arttıkça rüzgâr hızı artmakta, basınç düşmekte ve nem de azalmaktadır. Çalışma alanında rüzgâr hızı arttıkça kirletici konsantrasyonu belirgin şekilde azalmıştır. Yapılan incelemeler göstermektedir ki, rüzgâr

hızının düşük olduğu dönemlerde UVS değerlerinin üzerinde olan kirletici konsantrasyonu, rüzgâr hızının artması ile belirgin şekilde azalmakta ve UVS değerlerinin altında kalmaktadır. Bulgular, rüzgâr hızının düşmesinin kirleticilerin dağılımını engellediğinin ve bu nedenle hava kirliliğinin arttığına bir göstergesidir. Yine yüksek basınç şartları hava kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Basınç ile sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında negatif, nem ile ise pozitif yönlü anlamlı bir ilişki vardır. Diğer bir deyişle, yüksek basınç şartları çevreden havanın bölgeye girmesini engellemekte ve dolayısı ile kirletici konsantrasyonunu artırmaktadır. Bağlı nem aylık ortalama kış mevsiminde maksimum olmaktadır ve bu nedenle, hava kirleticileri ve nem oranı arasında güçlü bir ilişki beklenmektedir. Benzer sonuç Çuhadaroğlu ve Demirci (1997) ile İlten ve Selici (2008) tarafından da belirlenmiştir.

**Tablo 3.** Sıcaklık, Rüzgâr Hızı, Basınç ve Nem ile Hava Kirliliği Parametreleri (SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>; µg/m<sup>3</sup>) Arasındaki Aylık ve Yıllık Korelasyon

AYLAR		SO <sub>2</sub>					PM <sub>10</sub>				
		PM <sub>10</sub>	Sıcaklık	Rüzgâr hızı	Basınç	Nem	SO <sub>2</sub>	Sıcaklık	Rüzgâr hızı	Basınç	Nem
Ocak	Pearson r	0,41**	0,20	-0,16	0,01	-0,43**	0,41**	-0,06	-0,52**	0,11	0,03
	p	0,000	0,066	0,124	0,919	0,000	0,000	0,567	0,000	0,302	0,792
Şubat	Pearson r	0,73**	0,10	-0,39**	0,48**	-0,54**	0,73**	0,20	-0,45**	0,60**	-0,51**
	p	0,000	0,369	0,000	0,000	0,000	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000
Mart	Pearson r	0,32**	0,42**	-0,27*	0,26*	-0,57**	0,32**	0,36**	-0,26*	-0,05	-0,33**
	p	0,004	0,000	0,010	0,017	0,000	0,004	0,001	0,023	0,650	0,003
Nisan	Pearson r	0,18	0,10	-0,53**	0,03	-0,22*	0,18	0,50**	-0,27*	-0,05	-0,34**
	p	0,139	0,377	0,000	0,783	0,040	0,139	0,000	0,023	0,688	0,003
Mayıs	Pearson r	0,04	-0,13	-0,08	-0,48**	0,20	0,04	0,39**	0,05	-0,16	-0,32**
	p	0,717	0,252	0,487	0,000	0,091	0,717	0,000	0,665	0,129	0,002
Haziran	Pearson r	-0,30	-0,07	-0,24	-0,39**	0,31*	-0,30	0,36**	0,17	0,20	-0,48**
	p	0,053	0,609	0,085	0,004	0,027	0,053	0,001	0,139	0,079	0,000
Temmuz	Pearson r	0,09	0,25	-0,18	0,01	0,31*	0,06	0,51**	-0,18	-0,46**	-0,15
	p	0,670	0,052	0,151	0,957	0,014	0,670	0,000	0,098	0,000	0,154
Ağustos	Pearson r	-0,06	-0,16	0,07	-0,25	-0,23	-0,06	0,74**	-0,19	-0,46**	-0,03
	p	0,728	0,360	0,692	0,148	0,178	0,728	0,000	0,089	0,000	0,805
Eylül	Pearson r	0,59**	0,56**	-0,17	0,01	-0,47**	0,59**	0,52**	-0,22*	-0,24*	-0,32**
	p	0,000	0,000	0,202	0,957	0,000	0,000	0,000	0,047	0,030	0,004
Ekim	Pearson r	0,53**	0,26	-0,25	0,16	-0,44**	0,53**	-0,07	-0,60**	0,09	0,17
	p	0,000	0,064	0,081	0,267	0,001	0,000	0,515	0,000	0,414	0,113
Kasım	Pearson r	0,37**	-0,04	-0,20	0,08	-0,30	0,37	-0,09	-0,61**	0,52**	-0,03
	p	0,000	0,724	0,063	0,477	0,007	0,000	0,398	0,000	0,000	0,757
Aralık	Pearson r	0,60**	0,29**	-0,29**	0,06	-0,33**	0,60**	0,22*	-0,61**	0,26*	-0,18
	p	0,000	0,005	0,005	0,543	0,001	0,000	0,040	0,000	0,013	0,084
Yıllık	Pearson r	0,47**	-0,42**	-0,23**	0,24**	0,02	0,47**	-0,18**	-0,40**	0,22**	0,00
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000	0,000	0,931

(\*\*)Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (\*)Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır

Birçok araştırmada da meteorolojik faktörler ile hava kirliliği arasında ilişki araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar şunu göstermektedir ki; çalışılan yerin konumu ve oraya özgü meteorolojik faktörlere bağlı olarak farklı sonuçlar doğurmaktadır. İlten ve Selici (2008) de Balıkesir’de yapmış oldukları çalışmada SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ile

meteorolojik değişkenler arasında yüksek korelasyon belirlemiştir. Benzer bir diğer çalışma olan Turalıoğlu, Nuhoglu ve Bayraktar (2005) de SO<sub>2</sub> ile soğuk hava, düşük rüzgâr hızı, yüksek basınç arasında yüksek ilişki; nem ile ise düşük düzeyde ilişki tespit etmiştir. Taşdemir, Cindoruk ve Esen (2005) ise Bursa’da yaptığı çalışmasında meteorolojik faktörler ve hava kirliliği arasında zayıf ilişki tespit etmiştir. Trabzon şehrinde hava kirletici parametreleri (PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>) ile meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem) arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelenmiş ve iki parametre arasında orta ve zayıf derecede ilişki bulunmuştur (Çuhadaroğlu ve Demirci, 1997). Çiçek vd., (2004) Ankara’da hava kirliliği parametreleri (PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>) ile meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgar hızı, bağıl nem) arasındaki ilişkiyi çoklu regresyon analizi ile incelemiş ve hava kirliliği parametreleri ile meteorolojik parametreler arasında orta düzeyde ilişki tespit etmiştir. Bir başka çalışmada Elazığ şehrinde hava kirletici parametreleri ile meteorolojik faktörler (rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem ve atmosfer basıncı) arasındaki ilişki regresyon analizi ile incelenmiş ve orta ve zayıf düzeyde ilişki bulunmuştur (Akpınar, Akpınar ve Öztop, 2009).

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada Bilecik şehrinde iklim elemanlarının (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nem ve basınç) hava kalitesi (PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>) üzerindeki etkisi ve hava kirliliği parametrelerinin zamansal değişimi istatistikî yöntemler kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Bilecik’te kış şartlarının başlamasıyla birlikte ısınma için kullanılan yakıtlar ve araçların egzozlarından çıkan gazlar nedeniyle hava kirliliği artış göstermektedir.

PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> deki değişimin yaklaşık %50 sini meteorolojik faktörler açıklamaktadır. Hava kirleticileri ile iklim elemanları arasındaki ilişkiler değerlendirildiğinde, sıcaklık ve rüzgâr hızı ile orta; bağıl nem ve basınç ile ise düşük düzeyde ilişki saptanmıştır. İncelenen dönem içinde kirleticiler KVS değerlerinin üzerine çıkmamaktadır. Ancak PM<sub>10</sub> yılın büyük bir kesiminde UVS değerlerinin üzerinde seyretmektedir.

Kirlilik kaynaklarının ve emisyonların arazi ve atmosfer ile etkileşimlerini kapsayan bir anlayış, uygun hava kirliliği yönetimi planları ve eylem stratejilerin geliştirilmesinde çok önemlidir. Bu konuda bilgi eksikliği hava kirliliği yönetimi ile ilgili yanlış karar alınmasına ve kaynakların boşa akmasına neden olabilecektir. Bridgman vd. (2002) de yapmış oldukları çalışmalarında emisyonlarla atmosfer arasındaki etkileşimin stratejik planlamadaki önemini vurgulamıştır.

## KAYNAKÇA

- Akpınar, E.K. Akpınar, S ve Öztop, H. F. (2009). Statistical Analysis of Meteorological Factors And Air Pollution at Winter Months in Elazığ, Turkey. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 3 (1), 7-16.
- Aydın, Ö. (2006). Havadaki SO<sub>2</sub> ve PM Konsantrasyonunun İstatistiksel Yöntemler İle Modellenmesi: Zonguldak Şehir Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi: Zonguldak.
- Banerjee T. Singh.S.B and Srivastava R.K. (2011). Development and Performance Evaluation of Statistical Models Correlating Air Pollutants and Meteorological Variables at Pantnagar, India, *Atmospheric Research* 99 (2011) 505–517.
- Başar, P. Okyay, P. Ergin, F. Coşan, S. ve Yıldız A. (2005). Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği / 1997-2004. *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 6(3), 11 – 15.
- Bayram, H. (2005). Türkiye’de Hava Kirliliği Sorunu: Nedenleri, Alınan Önlemler ve Mevcut Durum. *Toraks Dergisi*, 6(2),159-165.
- Bayram, H. Dörtbudak, Z. Fişekçi, E.F. Kargin, M. ve Bülbül, B. (2006). Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu. *Dicle Tıp Dergisi*, 33 (2), 105-112.
- Bridgman, H.A. Davies, T.D. Jickells, T. Hunova, I. Tovey, K. Bridges K. and Surapiith V. (2002). Air pollution in the Krusne Hory region, Czech Republic during the 1990s. *Atmospheric Environment*, 36, 3375-3389.
- Bouhamra, W.S. and Abdul-Wahab, S.A. (1999). Description of outdoor air quality in typical residential area in Kuwait. *Environmental Pollution*, 105 (2), 221-229.
- Çiçek, İ. Türkoğlu, N. ve Gürgen, G. (2004). Ankara’da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (2), 1-18.
- Çuhadaroğlu, B. ve Demirci, E. (1997). Insuence of Some Meteorological Factors on Air Pollution in Trabzon City. *Energy and Building*, 25, 179-184.
- Çukur, H. Gündüzoğlu, G. ve Aşkın, Y. (2006). İzmir-Buca’da Morfo-Klimatik Özelliklerin Sıcaklık Terselmesi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkilerinin CBS İle Sorgulanması. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Sempozyumu, İstanbul.
- Doğan, F. ve Kitapçoğlu, G. (2007). İzmir İlinde Hava Kirliliğinin Yıllar İtibariyle Karşılaştırılması. *Ege Tıp Dergisi*, 46 (3), 129-133.
- Eğri, M. (1997). 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi. *Turgut Özalp Tıp Dergisi*, 4(3), 265-269.

- Giri, D. Krishna Murthy, V. and Adhikary, P.R. (2008). The Influence of Meteorological Conditions on PM10 Concentrations in Kathmandu Valley. *Int. J. Environ. Res.*, 2(1), 49-60.
- Hacısalıhoğlu, İ.Y. (1994). Karabük'te Hava Kirliliği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 29, 475-494
- İlic, I.Z. Dragana, T.Z. Nenad, M.V. and Dejan, M.B. (2010). Investigation of the Correlation Dependence Between SO<sub>2</sub> Emission Concentration and Meteorological Parameters: Case Study—Bor (Serbia). *Journal of Environmental Science and Health*, 45, 901–907.
- İbret, B.Ü. ve Aydınözü, D. (2009). Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkinse Bir Örnek: Kastamonu Şehri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 18, 71-88.
- İçağa, Y. ve Sabah, E. (2009). Statistical Analysis of Air Pollutants and Meteorological Parameters in Afyon, Turkey. *Environ. Model Assess.*, 14, 259–266.
- İlten, N. ve Selici, T. (2008). Investigating the Impacts of Some Meteorological Parameters on Air Pollution in Balıkesir, Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 140, 267–277.
- Keser, N. (2002). Kütahya'da Hava Kirliliğine Etki Eden Topografik ve Klimatik Faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 5, 69-100.
- Kopar, İ. ve Zengin, M. (2009). Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 51-68.
- Menteşe, S. (2011). Zonguldak'ta Hava Kirliliği (PM<sub>10</sub>&SO<sub>2</sub>) ve Solunum Yolu Hastalıkları İlişkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi: Balıkesir.
- Oftedal, B. Brunekreef, B. Nystad, W. Madsen, C. Walker, S.E. and Nafstad, P. (2008). Residential Outdoor Air Pollution and Lung Function in Schoolchildren. *Epidemiology*, 19(1), 129-137.
- Özdalyan, B. Çelik, M.B. ve Kadı, İ. (2001). Karabük'te Hava Kirliliği Ve Çözüm Önerileri. *Teknoloji Dergisi*, Sayı:3/4, 51-56.
- Özgür, E.M. (1990). Bilecik Coğrafyası. Basılmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi: Ankara.
- Sungur, K. ve Gönençgil, B. (1997). Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 6, 337-345.

- Tağıl, Ş. (2007). Balıkesir’de Hava Kirliliğinin Solunum Yolu Hastalıklarının Mekânsal Dağılışı Üzerine Etkisini Anlamada Jeo-İstatistik Teknikler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (1), 37-56.
- Taş, F. (2006). Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi: Ankara.
- Taşdemir, Y., Cindoruk, S.D. ve Esen, F. (2005). Monitoring of Criteria Air Pollutants in Bursa, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 110, 227–241.
- Turalioğlu, F.S., Nuhoğlu, A. ve Bayraktar, H. (2005). Impacts of Some Meteorological Parameters on SO<sub>2</sub> and TSP Concentrations in Erzurum, Turkey. *Chemosphere*, 59, 1633–1642.
- Verma, S.S. ve Desai, B. (2008). Effect of Meteorological Conditions on Air Pollution of Surat City. *J. Int. Environmental Application & Science*, 3 (5): 358-367.
- WHO (2005). Air Quality Guidelines Global Update. WHO Regional Office for Europe Report No. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, WHO, Copenhagen.
- Yazıcı, H. Akçay, M. Çay, Y. Sekmen, Y. Yılmaz, İ. T. ve Gölcü, M. (2010). Hava Kirliliğinin Doğal Gaz Kullanımı İle Değişimi, Denizli İli Örneği. *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergisi*, 9(3), 205-215.