

İğdır İli Partiküler Kirlilik Düzeyi ve Partiküler Kirliliğin Diğer Kirleticiler ile İlişkileriAysun ALTİKAT*¹

ÖZET: Bu çalışmada İğdir ilinde hava kirleticiler ile atmosferdeki PM₁₀ konsantrasyonu arasındaki korelasyonlar mevsimsel bazda incelenerek etki düzeyleri belirlenmiştir. Veri seti olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan 2016-2017, 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarına ait; SO₂, NO_x, NO, O₃, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarından yararlanılmıştır. Belirtilen tarihler arasında günlük ölçümler dikkate alınarak yapılan çalışmada toplamda 6630 adet veri seti kullanılmıştır. Kirleticilerin PM₁₀ üzerindeki etki düzeylerini belirlemek amacıyla veriler Spearman's korelasyon testlerine tabi tutulmuş ve mevsimsel bazda kirleticiler ile PM₁₀ arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre tüm yıllarda en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu sonbahar ve kış periyotlarında elde edilmiştir. Buna ilaveten, ildeki diğer kirleticilerle kıyaslandığında partiküler kirlilik ile NO_x, NO ve NO₂ kirleticileri arasında daha yüksek oranda doğrusal bir bağıntı olduğu gözlenmiştir. Tüm mevsimlerde atmosferdeki O₃ ile PM₁₀ konsantrasyonu arasında ters orantılı bir değişim belirlenmiştir. Ayrıca, kirleticiler arasında PM₁₀ ve NO_x konsantrasyonlarının tüm yıllar ve mevsimlerde üst limit değerinin üzerinde olduğu belirlenirken O₃ konsantrasyonu ise sadece 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarının kış periyodunda üst sınır değerinin üzerinde seyretmiştir.

Anahtar Kelimeler: Partiküler kirlilik, azot oksitler, kükürt dioksit, troposferik ozon, korelasyon, PM₁₀

Particulate Pollution Level and Relations of Particulate Pollution with Other Pollutants in İğdir

ABSTRACT: In this study, correlations between air pollutants and PM₁₀ concentration in İğdir were examined on a seasonal basis and their effect levels were determined. The data set including SO₂, NO_x, NO, O₃, NO₂ and PM₁₀ concentrations was obtained from the National Air Quality Monitoring Network of the Ministry of Environment and Urbanization for the years 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019. A total of 6630 data sets were used in the study, which was carried out by taking daily measurements into consideration. In order to determine the effect levels of pollutants on PM₁₀, the data were subjected to Spearman's correlation tests and the relationships between pollutants and PM₁₀ on a seasonal basis were examined. According to the results of the research, the highest PM₁₀ concentration was obtained in autumn and winter periods in all years. In addition, there is a higher linear correlation between particulate pollution and NO_x, NO and NO₂ pollutants compared to other pollutants in the province. In all seasons, an inversely proportional change was observed between the concentration of O₃ and PM₁₀ in the atmosphere. In addition, while PM₁₀ and NO_x concentrations among pollutants were determined to be above the upper limit in all years and seasons, O₃ concentration remained above the upper limit only in the winter period of 2017-2018 and 2018-2019.

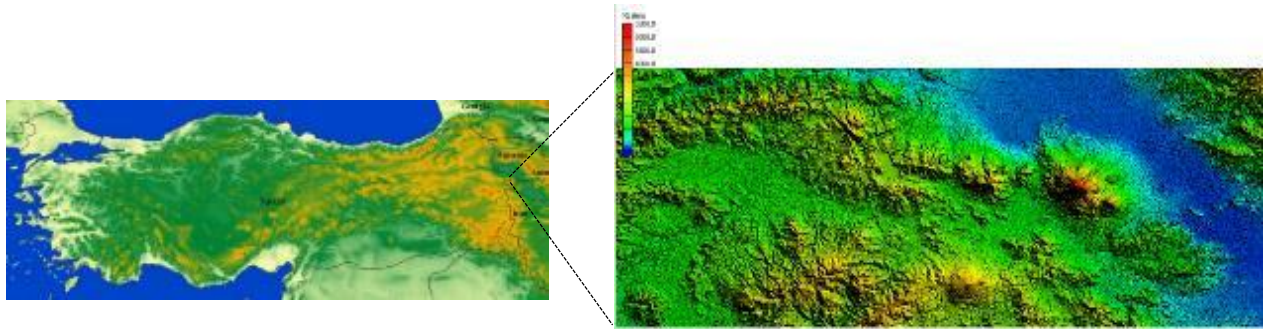
Keywords: Particulate pollution, nitrogen oxides, sulfur dioxide, tropospheric ozone, correlation, PM₁₀

¹ Aysun ALTİKAT (Orcid ID: 0000-0001-9774-2905), İğdir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İğdir, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aysun ALTİKAT, e-mail: aysun.altikat@igdir.edu.tr

GİRİŞ

İğdır, Doğu Anadolu Bölgesi'nin en doğusunda 39'-41' kuzey paralelleri ile 43'-45' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). İlin Ermenistan, Nahcivan ve İran ile sınırı olup yaklaşık 3585 m² yüz ölçümüne sahiptir. Karasal iklim koşullarının gözlemlendiği ilde yıllık ortalama yağış ve ortalama sıcaklık sırasıyla, 256.4 mm ve 11.6°C'dir. Her ne kadar karasal iklim özelliğine sahip olsa da Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerinde görülen şiddetli kara ikliminden etkilenmez. Bunun en önemli nedeni çevresinde bulunan Ağrı Dağı (5137 m) gibi yüksek alanlara göre ilin alçakta (850 m) olmasıdır. Bu coğrafi konum sayesinde ilde mikro-klima özelliği gözlenmektedir.



Şekil 1. Araştırmanın yürütüldüğü bölge

Atmosferdeki kirlenici konsantrasyonunun artması olarak tanımlanan hava kirliliği önlem alınmaması durumunda yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyerek ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Hava kirliliğine neden olan kaynaklar doğal ve yapay kaynaklar olarak sınıflandırılır. Yaşamın doğal döngüsü içerisinde meydana gelen orman yangınları, polenler, rüzgârlar gibi olaylardan kaynaklanan kirlilik doğal kaynaklı, ısınma amaçlı fosil yakıt tüketimi (Gümrukçuoğlu ve Soylu, 2011), egzoz emisyonları (İlek ve Elbir, 2012), yakma tesisleri, enerji santralleri (Özdemir, 2008) gibi faktörlerden meydana gelen kirlilik ise yapay kaynaklı kirlilik olarak tanımlanır.

Yapılan araştırmalarda atmosfer kirlenitçilerinin SO₂ (Qiu ve ark., 2012), NO₂ (Nafstad ve ark., 2003), O₃ (Künzli ve Tager, 2005) ve partiküler madde konsantrasyonları (Zeger ve ark., 2000) olduğu tespit edilmiştir. PM₁₀ 10 µm'den daha düşük çapa sahip partiküler maddelerden oluşan bir kirlenici olup içeriğinde toz, endüstriyel ve trafik kaynaklı emisyonları bulundurur (Liu ve ark., 2004). Buna ilaveten kalp ve solunum yolu rahatsızlıkları nedeniyle ölümcül sağlık problemlerine neden olmasından dolayı partiküler madde en önemli atmosferik kirlenici bileşeni olarak kabul edilmektedir (Harrison ve ark., 2004; Pozzi ve ark., 2005; Chakra ve ark., 2007; Akyüz ve Çabuk, 2009).

Hava kirlilik düzeyine kirlenici gazların yanı sıra meteorolojik faktörler de etkili olmaktadır. Özellikle saatlik, günlük ve haftalık kirlilik konsantrasyonlarındaki değişimin nedenlerinden biri de bölgenin topografik koşulları ve meteorolojik faktörlerindeki değişimdir (Choi ve ark., 2008).

Bu araştırmada İğdır ilinde PM₁₀ konsantrasyonunun yıllar ve mevsimler bazındaki konsantrasyon düzeylerini ve limit aşım sayıları ile PM₁₀'un SO₂, NO_x, NO, O₃ ve NO₂ kirlenitçileri ile olan ilişkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma materyalini 2016-2017-2018 yıllarının tamamı ve 2019 yılının Ocak-Şubat ve Mart ayları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan (ÇŞB, 2019) temin edilen PM₁₀, SO₂, NO_x, NO, NO₂ ve O₃ kirlenitçilerinin günlük ortalama değerleri oluşturmaktadır. Kirlenitçiler ile PM₁₀ arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla verilerin öncelikle nasıl bir dağılım

sergiledikleri belirlenmiştir. Bu amaçla SPSS istatistik programından yararlanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda hem kirleticiler gazların hem de PM₁₀ konsantrasyonlarının nan-parametrik bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu veriler daha sonra korelasyon testlerine tabi tutulmuştur. Verilerin lineer bir dağılım göstermemesi nedeniyle Spearman's korelasyon testi uygulanarak mevsimsel bazda kirleticiler ile PM₁₀ konsantrasyonu arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Testin yorumlanmasında korelasyon katsayıları dikkate alınmıştır. Korelasyon katsayısı 0.5'den küçük olan faktörler arasındaki ilişki zayıf bağıntı olarak kabul edilmiş, bu değer 0.5 – 0.7 arasında ise faktörler arasındaki değişimin orta düzeyde bağıntılı olduğu sonucuna varılmıştır. Korelasyon katsayısının 0.7'den büyük olması durumunda ise faktörler arasında yüksek oranda bağıntı olduğuna karar verilmiştir (Zou ve ark., 2003).

BULGULAR ve TARTIŞMA

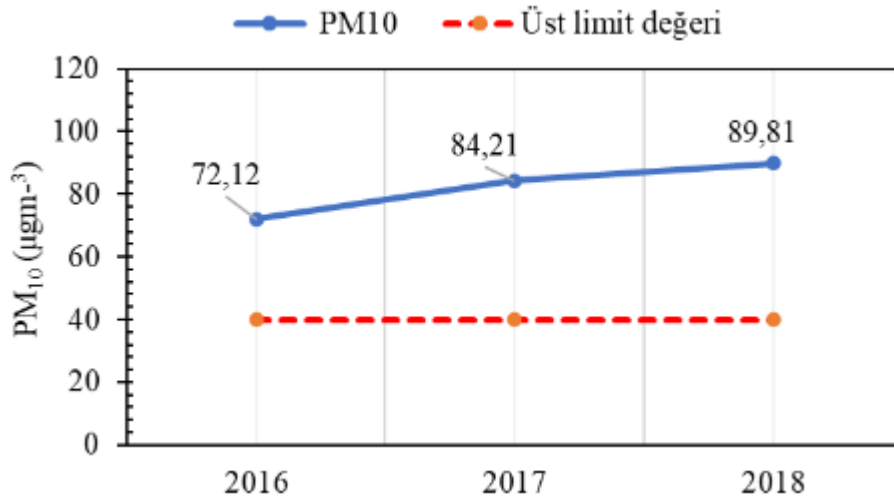
İlkbahar Periyoduna İlişkin Sonuçlar

İlkbaharda il genelinde atmosferde bulunan SO₂, NO_x, NO, O₃, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının yıllar bazında aylık ortalama değerleri ve üst limit aşım sayıları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde tüm yıllarda atmosferdeki PM₁₀ ve NO_x konsantrasyonlarının üst limit değerinin oldukça üzerinde seyrettiği görülmektedir. Bununla birlikte; SO₂, NO₂, NO ve O₃ değerlerinin kabul edilen sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. İlkbahar döneminde PM₁₀ ve NO_x konsantrasyonları Mart ayından Mayıs ayına doğru azalma eğilimine girmiştir. Bu eğilim O₃ dışında diğer kirleticilerde de belirlenmiştir. İlkbahar döneminde PM₁₀ konsantrasyonunun yıllar bazında ortalama değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'den de anlaşılacağı gibi ilkbahar periyodunda gözlemlenen PM₁₀ konsantrasyonu yıllar bazında sürekli artış göstermiş ve sınır değeri olan 40 µgm⁻³'ün üzerinde seyretmiştir.

İlkbahar döneminde hava kirleticiler ile PM₁₀ konsantrasyonu arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde; ilkbahar döneminde araştırmaya konu olan tüm yıllarda PM₁₀ konsantrasyonu ile O₃ arasında negatif yönlü bir bağıntı belirlenmiştir. Buna ilaveten O₃ dışında kalan tüm kirleticiler ile PM₁₀ konsantrasyonu arasında ise doğru orantılı korelasyonların olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 2016 ve 2017 yıllarında PM₁₀ ile NO_x arasında doğru orantılı güçlü bir korelasyonun olduğu yine Çizelge 2'den anlaşılmaktadır.

Çizelge 1. İlkbahar periyodunda kirleticiler konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM ₁₀ (µgm ⁻³)	SO ₂ (µgm ⁻³)	NO ₂ (µgm ⁻³)	NO _x (µgm ⁻³)	NO (µgm ⁻³)	O ₃ (µgm ⁻³)
2016	Mart	96.43	10.84	23.98	30.23	6.25	55.59
	Nisan	70.46	5.21	20.08	24.50	4.41	60.70
	Mayıs	49.47	2.70	15.78	19.12	3.33	61.29
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	73	0	0	24		0
2017	Mart	121.38	12.95	35.88	23.76	8.53	34.32
	Nisan	75.32	7.09	24.24	15.41	5.50	41.93
	Mayıs	55.93	5.95	14.65	9.54	3.30	48.53
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	81	0	0	8		0
2018	Mart	117.89	20.56	61.11	36.66	9.26	30.99
	Nisan	90.63	18.07	70.71	42.17	10.40	32.93
	Mayıs	60.91	19.50	51.66	39.59	19.36	27.05
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	62	0	0	63		0

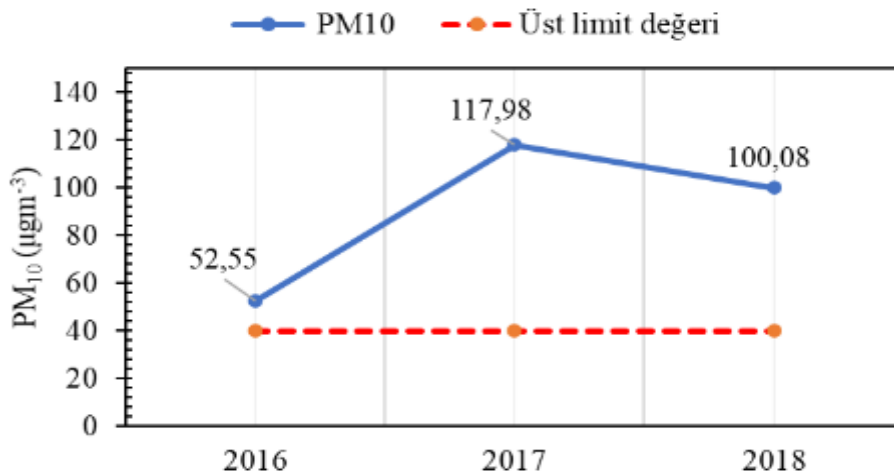
Şekil 1. İlkbahar dönemine ait PM₁₀ konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 2. İlkbahar dönemi Spearman's testine ait korelasyon katsayıları

Yıllar	SO ₂	NO ₂	NO _x	NO	O ₃
2016	0.458**	0.673**	0.692**	0.575**	-0.466**
2017	0.447**	0.684**	0.714**	0.610**	-0.498**
2018	0.114	0.327**	0.218*	-0.114	-0.218*

Yaz Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Yaz periyodunda kirlenici konsantrasyonlarının aylık değişimleri ve sınır değeri aşım sayıları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ilkbahar periyodunda olduğu gibi limit aşımı sadece PM₁₀ ve NO_x konsantrasyonlarında belirlenmiştir. PM₁₀ konsantrasyonunun 2016 yılının yaz periyodunda 60 defa limit değeri olan 40 µgm⁻³'ün üzerinde olduğu tespit edilirken, bu değer 2017 ve 2018 yıllarında 91 ve 90 olarak gözlenmiştir. NO_x konsantrasyonunda ise 2017 yılında limit değeri aşılmazken 2016 yılında 2, 2018 yılında ise 10 defa üst sınır konsantrasyonu olan 30 µgm⁻³ değerinin üzerinde ölçüm kaydedilmiştir. Yaz periyodunda PM₁₀ ve NO_x dışında kalan tüm kirlenicilerin konsantrasyon değerleri tüm yıllarda sınır değerleri altında seyretmiştir. Üç yıl süreyle atmosferdeki PM₁₀ konsantrasyonunun ortalama değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde değerlerin tüm yıllarda üst sınır değeri olan 40 µgm⁻³'ün üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 2. Yaz dönemine ait PM₁₀ konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 3. Yaz periyodunda kirleticici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM ₁₀ (µgm ⁻³)	SO ₂ (µgm ⁻³)	NO ₂ (µgm ⁻³)	NO _x (µgm ⁻³)	NO (µgm ⁻³)	O ₃ (µgm ⁻³)
2016	Haziran	57.61	3.12	16.52	20.05	3.54	64.48
	Temmuz	42.82	2.84	13.23	16.83	3.60	68.14
	Ağustos	57.22	3.05	16.95	21.14	4.19	57.65
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	60	0	0	2	-	0
2017	Haziran	102.25	6.71	16.08	9.67	2.50	52.72
	Temmuz	116.95	5.17	14.91	8.94	2.26	56.59
	Ağustos	134.74	6.40	16.58	10.33	3.08	53.83
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	91	0	0	0	-	0
2018	Haziran	68.10	11.89	28.76	19.90	7.91	60.30
	Temmuz	146.51	8.54	12.56	7.24	1.44	65.13
	Ağustos	85.62	9.60	13.05	7.00	0.89	49.73
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	90	0	0	10	-	0

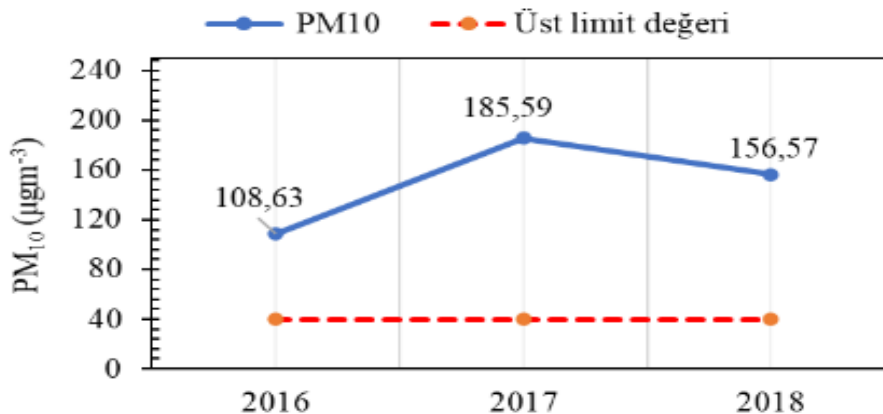
Yaz periyodu için yapılan korelasyon testi sonuçları incelendiğinde hava kirleticileri ile PM₁₀ konsantrasyonu arasında ilkbahar dönemi ile kıyaslandığında daha zayıf bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu periyotta PM₁₀ ile kirleticiler arasındaki en yüksek korelasyon 2016 ve 2017 yılları için NO₂ ve NO_x kirleticilerinde gözlenmiştir. Buna ilaveten 2018 yılının yaz döneminde PM₁₀ konsantrasyonu ile kirleticiler arasında güçlü bir bağlantı bulunmamıştır.

Çizelge 4. Yaz dönemi Spearman's testine ait korelasyon katsayıları

Yıllar	SO ₂	NO ₂	NO _x	NO	O ₃
2016	0.103	0.675**	0.664**	0.380**	-0.534**
2017	0.148	0.468**	0.460**	0.388**	-0.129
2018	0.062	-0.054	0.011	0.065	0.191

Sonbahar Dönemine Ait Sonuçlar

Sonbahar dönemindeki kirleticici konsantrasyonlarında ilkbahar ve yaz dönemlerine göre artış meydana gelmiştir (Çizelge 5). Bu artış sınır aşım sayısına da yansımıştır. Sonbaharda en yüksek kirleticici konsantrasyonları Kasım ayında tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz periyotlarında olduğu gibi üst sınır aşımı sadece PM₁₀ ve NO_x konsantrasyonlarında gözlenmiştir. Sonbaharda PM₁₀ konsantrasyonunun üç yıllık periyottaki değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Yıllık bazdaki değişimler incelendiğinde sonbahar dönemindeki en yüksek konsantrasyon değeri 2017 yılında elde edilmiştir. Buna ilaveten tüm yıllardaki PM₁₀ konsantrasyonu üst limit değerinin çok üzerinde seyretmiştir.

Şekil 3. Sonbahar dönemine ait PM₁₀ konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 5. Sonbahar periyodunda kirletici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM ₁₀ (µgm ⁻³)	SO ₂ (µgm ⁻³)	NO ₂ (µgm ⁻³)	NO _x (µgm ⁻³)	NO (µgm ⁻³)	O ₃ (µgm ⁻³)
2016	Eylül	49.66	3.18	19.58	25.58	5.99	43.64
	Ekim	82.55	4.49	33.18	29.33	17.65	16.85
	Kasım	193.69	12.02	33.52	53.89	41.61	3.07
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	74	0	0	51		0
2017	Eylül	158.89	5.07	18.35	11.71	3.76	42.29
	Ekim	146.44	6.70	19.25	17.10	12.84	29.10
	Kasım	251.44	25.22	27.05	30.97	27.06	22.52
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	87	0	0	14		0
2018	Eylül	105.40	11.98	19.45	11.15	2.35	44.08
	Ekim	140.85	8.66	27.87	22.17	12.07	39.73
	Kasım	223.46	20.10	35.23	66.42	32.02	16.32
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	90	0	0	36		0

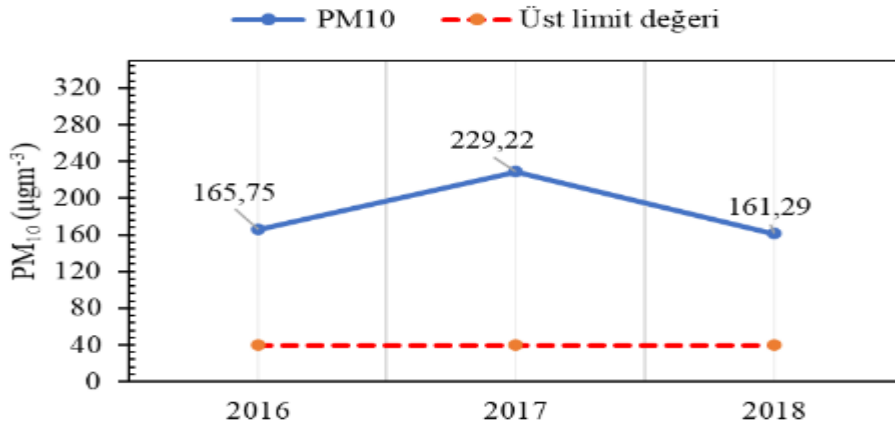
Sonbahar dönemi için yapılan korelasyon testi sonuçlarına göre PM₁₀ değişimi ile SO₂, NO_x, NO₂ ve NO değişimleri arasında doğru orantılı yüksek bir ilişki olduğu Çizelge 6'dan anlaşılmaktadır. İlkbahar ve yaz periyotlarında olduğu gibi sonbaharda da PM₁₀ ile O₃ arasında ters yönlü bir ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 6. Sonbahar dönemi Spearman's testine ait korelasyon katsayıları

Yıllar	SO ₂	NO ₂	NO _x	NO	O ₃
2016	0.703**	0.496**	0.696**	0.774**	-0.602**
2017	0.595**	0.856**	0.855**	0.756**	-0.372**
2018	0.598**	0.737**	0.785**	0.760**	-0.564**

Kış Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Araştırmada beklenen bir sonuç olarak kış periyodunda elde edilen kirletici konsantrasyonları diğer periyotlara göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 7). Buna ilaveten kirleticiler arasında PM₁₀, NO_x ve O₃ konsantrasyonları sınır değerleri üzerinde seyretmiştir. Çizelge 7'den de anlaşılacağı gibi PM₁₀ konsantrasyonları tüm yıllarda neredeyse her gün sınır değeri olan 40 µgm⁻³'ün çok üzerinde seyretmiştir. Diğer periyotlardan farklı olarak O₃ konsantrasyonu da 2018-2019 yıllarını kapsayan aylarda sınır değerinin üzerine çıkmıştır. Kış periyodunda yıllar bazında PM₁₀ konsantrasyonunun ortalama değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde diğer mevsimlere göre kış periyodundaki ortalama PM₁₀ konsantrasyonunun çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 4. Kış dönemine ait PM₁₀ konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 7. Kış periyodunda kirlenici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM ₁₀ (µgm ⁻³)	SO ₂ (µgm ⁻³)	NO ₂ (µgm ⁻³)	NO _x (µgm ⁻³)	NO (µgm ⁻³)	O ₃ (µgm ⁻³)
2016-17	Aralık	172.45	25.03	59.41	47.15	19.97	17.81
	Ocak	144.59	31.42	46.88	27.35	6.07	42.49
	Şubat	180.21	27.72	60.76	36.46	9.40	39.23
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	89	0	0	60		0
Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM ₁₀ (µgm ⁻³)	SO ₂ (µgm ⁻³)	NO ₂ (µgm ⁻³)	NO _x (µgm ⁻³)	NO (µgm ⁻³)	O ₃ (µgm ⁻³)
2017-18	Aralık	312.94	38.60	43.26	45.54	33.34	22.18
	Ocak	205.53	34.92	47.60	35.17	16.11	24.10
	Şubat	169.19	31.98	56.22	37.37	13.40	26.47
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	89	0	0	76	0	14

Çizelge 7. Kış periyodunda kirlenici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları (devam)

	PM ₁₀ (µgm ⁻³)	SO ₂ (µgm ⁻³)	NO ₂ (µgm ⁻³)	NO _x (µgm ⁻³)	NO (µgm ⁻³)	O ₃ (µgm ⁻³)	
2018-19	Aralık	160.92	9.90	39.52	64.48	23.03	17.07
	Ocak	203.95	33.17	51.25	74.86	25.21	40.80
	Şubat	119.01	29.85	39.78	51.30	10.14	54.83
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	90	0	0	87	0	51

Bu periyottaki PM₁₀ konsantrasyonunun diğer kirlenici ile olan ilişkisi Çizelge 8’de verilmiştir. Çizelgedeki korelasyon katsayıları incelendiğinde özellikle 2017 yılında PM₁₀ ile NO_x ve NO kirlenicileri arasında çok yüksek oranda doğru orantılı bir ilişkinin olduğu gözlenmektedir. Buna ilaveten diğer periyotlarda olduğu gibi bu periyotta da PM₁₀ değeri ile atmosferdeki O₃ oranı ile negatif yönlü bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 8. Kış dönemi Spearman’s testine ait korelasyon katsayıları

	SO ₂	NO ₂	NO _x	NO	O ₃
2016	0.302**	0.499**	0.582**	0.397**	-0.303**
2017	0.617**	-0.228*	0.788**	0.902**	-0.428**
2018	0.033	0.583**	0.651**	0.450**	-0.199

Atmosferde bulunan Ozon (O₃), azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO) ve PM₁₀ insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilen kirlenici arasında yer almaktadır (Fleming ve ark., 2005). Azotoksitler çeşitli yanma prosesleri sonucu ortaya çıkar ve atmosferdeki diğer bileşiklerle reaksiyona girerek; nitrozaminler, propenal, hidrazinler, aminler ve üretan gibi çok daha zararlı ikincil kirlenicilerin oluşumuna sebep olurlar. Ayrıca azotoksit serbest radikal reaksiyonlarının da bir bileşimidir. Atmosferdeki bir diğer kirlenici olan kükürt dioksit asit yağmurunun başlıca sebebidir (Doğruparmak ve Özbay, 2011). Partiküler madde kaynaklı hava kirliliği solunum ve kalp hastalıklarına sebep olarak ölümlere yol açabilir (Cakmak ve ark., 2007; Kappos ve ark., 2004)

Atmosferdeki kirlenicilerin birbirleriyle olan ilişkilerini incelemek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır. Örneğin; Doğruparmak ve Özbay (2011) kirlenici arasındaki korelasyonları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; NO₂-O₃, NO_x-CO, NO_x-NMHC ve NO_x-SO₂ kirlenicileri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırma sonucunda en yüksek korelasyon değerinin 0.87 ile NO₂-O₃ arasında olduğunu; NO_x-CO, NO_x-NMHC ve NO_x-SO₂ kirlenicileri arasındaki korelasyon katsayılarının ise sırasıyla; 0.56, 0.51 ve 0.69 değerlerini aldığını belirtmişlerdir.

Yapılan birçok çalışmada kirlenici konsantrasyonlarının aylık ve mevsimsel bazdaki değişimleri incelenmiş ve kirlenici konsantrasyonlarındaki değişimin özellikle meteorolojik faktörlere bağlı olarak

değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Örneğin Bralic ve ark., (2012) atmosferdeki kirleticilerin mevsimsel bazda değişimlerini inceledikleri araştırmalarında konsantrasyon seviyelerinin meteorolojik faktörlerden etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda özellikle sıcaklığın yüksek ve yağışın az olduğu yaz mevsimindeki SO₂ konsantrasyonunun diğer mevsimlere göre daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Srinivas ve Purushotham (2013), hava kalite indeksinin belirlenmesine yönelik yaptıkları araştırmada kış periyodundaki kirlitici konsantrasyonlarının yaz periyoduna göre çok daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Aher ve ark., (2014) kirlitici konsantrasyonlarının gündüz ve gece arasında farklılıklar gösterdiğini, atmosferdeki kirlilik düzeyinin gündüz saatlerinde geceye göre daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Atmosferdeki partiküler madde (PM₁₀) düzeyi ile diğer kirleticiler arasındaki ilişkinin incelendiği bir diğer çalışmada ise PM₁₀ değeri ile SO₂, NO₂ ve CO değerleri arasında doğrusal bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Buna ilaveten PM₁₀ ve O₃ arasında ise ters yönlü bir bağıntı olduğu tespit edilmiştir (Markovic, ve ark., 2007).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, yukarıda bahsedilen literatürle paralellik arz etmektedir. Araştırmada özellikle kış periyodunda diğer periyotlarla kıyaslandığında PM₁₀ düzeyinde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca; PM₁₀ ile NO_x, NO ve SO₂ kirlitici konsantrasyonları arasında doğru, O₃ konsantrasyonu arasında ise negatif yönlü bir korelasyon tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada İğdır ilinde PM₁₀ konsantrasyonu ile SO₂, NO₂, NO_x, NO ve O₃ hava kirleticileri arasındaki ilişkiler korelasyon testlerine tabi tutularak 2016-2019 yılları arasında mevsimsel bazda incelenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü tüm periyotlarda atmosferdeki PM₁₀ konsantrasyonu 2016-2016, 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarının tamamında 40 µgm⁻³ olan üst sınır değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Azotoksitlerin (NO_x) konsantrasyon değerlerinde de PM₁₀ kadar olmasa da üst limit değeri olan 30 µgm⁻³ aştığı tarihler tespit edilmiştir. Genel anlamda PM₁₀ ve NO_x kirleticilerin dışında diğer kirlitici konsantrasyonları üst sınır değerinin altında seyretmişlerdir. İğdır ilindeki partiküler kirlilik düzeyinin mevsimsel olarak değişimleri incelendiğinde sonbahar ve kış periyotlarında çok daha yüksek konsantrasyonlara ulaşıldığı araştırmada elde edilen bir diğer sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmada PM₁₀ ile NO₂, NO ve NO_x kirleticileri arasında yüksek oranda doğru orantılı bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Buna ilaveten PM₁₀ ile O₃ konsantrasyonları arasında ise negatif yönlü bir bağıntının olduğu söylenebilir. Azot oksitlerin termik santral bulunmayan bölgelerde genellikle trafik kaynaklı olduğu bilinmektedir. Sınır taşımacılığının çok yoğun olduğu ve ağır tonajlı araçların sürekli giriş çıkış yaptığı ilde azot oksit kirliliğinin yüksek olması beklenen bir durumdur. Özellikle sonbahar sezonunda trafik en yoğun dönemini yaşamakta ve dolayısıyla azot oksit miktarında diğer mevsimlere kıyasla artış gözlenmektedir. Azot oksit seviyesine bağlı olarak PM₁₀ miktarındaki artış birbirleriyle reaksiyon oluşturmalarından ziyade aynı ekseninde emisyon kaynağına sahip olduklarını göstermektedir. Ciddi rüzgâr erozyonu bulunan ilde trafik ile beraber partikül madde kirliliği de artış göstermektedir. Yine ozon ile partikül madde ilişkisinde, troposferik ozonun yüksek sıcaklık ve nispeten rüzgârsız hava ile arttığı bilinmekte (NO ile reaksiyonu sonucu), ozon artışı ile gözlenen PM₁₀ düşüşünün de tahmini doğru çıkarır tarzda rüzgâr erozyonunun az olduğu dönemlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak İğdır ili partiküler madde kirliliğinin yakıt tüketiminden ziyade rüzgâr erozyonu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. 2017 öncesi kalitesiz yakıt tüketimine bağlanan ve doğal gaz dönüşümü ile büyük oranda azalacağı düşünülen PM₁₀ kirliliği 2017'den beri hızla gerçekleşen ve ilin neredeyse

tamamına yayılan doğal gaz dönüşümüne rağmen azalmamış ve zaten ısınma kaynaklı yakıt tüketiminin söz konusu olmadığı yaz sezonunda da artmaya ve sınır değeri aşmaya devam etmiştir. İğdır ilinin hava kalitesinin artışı için rüzgâr erozyonunun önlenmesine yönelik acil eylem planı yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aher SB, Dobhal BS, Awasthi RS, 2014. Spatial and Temporal Variations of SO₂, NO_x, PM₁₀ and TSPM Concentration in Ambient Air of Jalna City, India. *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology*, 7(3): 571-579.
- Akyüz M, Çabuk H, 2009. Meteorological Variations of PM_{2.5}/PM₁₀ Concentrations and Particle-Associated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Atmospheric Environment of Zonguldak, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 170:13-21.
- Bralic M, Buljac M, Peris N, Buzuk M, Dabic P, Brinic S, 2012. Monthly and Seasonal Variations of NO₂, SO₂ and Black-smoke Located Within the Sport District in Urban Area, City of Split. Croatia, *Croatica Chemica Acta*, 85 (2): 139–145.
- Cakmak S, Dales RE, Vidal CB, 2007. Air Pollution and Mortality in Chile: Susceptibility Among the Elderly. *Environmental Health Perspectives*, 115,524.
- Chakra ORA, Joyeux M, Nerriere E, Strub MP, Zmirou-Navier D, 2007. Genotoxicity of Organic Extracts of Urban Airborne Particulate Matter: An Assessment Within a Personal Exposure Study. *Chemosphere*, 66: 1375-1381.
- Choi YS, Ho CH, Chen D, Noh YH, Song CK, 2008. Spectral Analysis of Weekly Variation in PM₁₀ Mass Concentration and Meteorological Conditions over China. *Atmospheric Environment*, 42: 655-666.
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), 2019. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı. <http://mobil.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>. Erişim Tarihi: 15 Eylül 2019.
- Doğruparmak ŞÇ, Özbay B, 2011. Investigating Correlations and Variations of Air Pollutant Concentrations under Conditions of Rapid Industrialization – Kocaeli (1987–2009). *CLEAN – Soil, Air, Water*, 39(7): 597–604.
- Fleming J, Stern R, Yamartino RJ, 2005. A New Air Quality Regime Classification Scheme for O₃, NO₂, SO₂ and PM₁₀ Observations Sites. *Atmospheric Environment*, 39, 6121 – 6129.
- Gümrükçüoğlu M, Soylu S, 2011. Adapazarı'nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 31 Ekim – 04 Kasım, Antalya.
- Harrison RM, Jones AM, Lawrence RG, 2004. Major Component Composition of PM₁₀ and PM_{2.5} from Roadside and Urban Background Sites. *Atmospheric Environment*, 38, 4531-4538.
- İlek F, Elbir T, 2012. İzmir Körfezi'nde Toplu Taşıma Yapan Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirleticilerinin Kent Atmosferindeki Dağılımlarının EPA-ISCST3 Modeli ile Belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, Sayı: 12-1, 2-9.
- Kappos AD, Bruckmann P, Eikmann T, Englert N, Heinrich U, Hoppe P, 2004. Health Effects of Particles in Ambient Air, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207, 399.
- Künzli N, Tager IB, 2005. Air Pollution: From Lung to Heart. *Environmental Research*, 99: 344-354.
- Liu Y, Park RJ, Jacob DJ, Li Q, Kilaru V, Sarnat JA, 2004. Mapping Annual Mean Ground-Level PM_{2.5} Concentrations Using Multiangle Imaging Spectroradiometer Aerosol Optical Thickness over the Contiguous United States. *Journal of Geophysical Research*, 109, 1-10.
- Markovic DM, Markovic DA, Jovanic A, Lazic L, Mijic Z, 2007. Determination of O₃, NO₂, SO₂, CO and PM₁₀ Measured in Belgrade Urban Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 145:349-359.
- Nafstad P, Haheim L, Oftedal B, Gram F, Holme I, Hjermann I, 2003. Lung Cancer and Air Pollution: A 27 Year Follow Up of 16 209 Norwegian Men. *Thorax*, 58:1071-1076.
- Özdemir F, 2008. Türkiye Geneline Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).

- Pozzi R, Berardis BD, Paoletti L, Guastadisegni C, 2005. Winter urban air particles from Rome (Italy): effects on the monocytic-macrophagic RAW 264.7 cell line. *Environmental Reserach*, 99(3):344-54.
- Qiu H, Yu IT, Tian L, Wang X, Tse LA, Tam W, 2012. Effects of Coarse Particulate Matter on Emergency Hospital Admissions for Respiratory Diseases: A Timeseries Analysis İn Hong Kong. *Environmental Health Perspectives*, 120: 572-576.
- Srinivas J, Purushotham AV, 2013. Determination of Air Quality Index Status in Industrial Areas of Visakhapatnam, India. *Research Journal of Engineering Sciences*, Vol. 2(6), 13-24.
- Zeger SL, Thomas D, Dominici F, Samet JM, Schwartz J, Docker YD, 2000. Exposure Measurement Error in Time-Series Studies of Air Pollution: Concepts and Consequences. *Environmental Health Perspectives*, 108: 419-426.
- Zou KH, Tuncali K, Silverman SG, 2003. Correlation and Simple Linear Regression. *Radiology*, 227(3):617-22.