

## HAVA KALİTE İNDEKSİ İLE METEOROLOJİK PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ÇOKLU REGRESYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

**Can Bülent KARAKUŞ (ORCID: 0000-0002-7373-9960)<sup>1\*</sup>**  
**Sayiter YILDIZ (ORCID: 0000-0002-3382-2487)<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mimarlık, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

*Geliş / Received: 20.11.2018*

*Kabul / Accepted: 12.04.2019*

### ÖZ

Nüfus artışı ve kentleşmeye bağlı olarak ortaya çıkan hava kirliliği, yaşamı oldukça olumsuz etkilemektedir. Hava kirletici parametreler ile meteorolojik faktörler arasında yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada; Sivas kent merkezindeki Hava Kalite İndeksi (HKİ) hesaplanmış ve hava kirliliği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, kent merkezinde bulunan üç adet hava kalitesi izleme istasyonuna ait hava kirletici parametreleri kullanılmıştır. Ayrıca çoklu regresyon yöntemi ile HKİ değerleri ve meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgâr hızı ve bağıl nem) arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Tüm istasyonlara ait PM<sub>10</sub> değerleri genel olarak Kasım-Mart ayları arasında Avrupa üye ülkeleri sınır değerinin üzerindedir. NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve CO değerleri ise sınır değerlerinden daha düşüktür. EPA Hava Kalitesi İndeksi Sınıflandırması'na göre; Sivas kent merkezinde hava kirliliğinin HKİ açısından “İyi” ve “Orta” düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çoklu regresyon analizi kapsamında sıcaklık, rüzgâr hızı ve nem bağımsız değişken ve HKİ bir bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Analiz sonucunda; sıcaklık, rüzgâr hızı ve nem ile HKİ arasında anlamlı bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. I, II ve III no'lu istasyonlar için hesaplanmış olan R<sup>2</sup> değerleri sırasıyla 0.15, 0.62 ve 0.48 olarak belirlenmiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizi ile elde edilen sonuçlara göre, II no'lu istasyon (Başöğretmen) için R<sup>2</sup> değeri 0.62 olarak belirlenmiş, bu istasyonda HKİ ile meteorolojik parametreler arasında orta düzeyde anlamlı (p<0,05) bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Hava Kalite İndeksi, çoklu regresyon yöntemi, meteorolojik parametreler

## DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN AIR QUALITY INDEX AND METEOROLOGICAL PARAMETERS USING MULTIPLE REGRESSION METHOD

### ABSTRACT

Air pollution due to population growth and urbanization affects life quite negatively. It is known that there is a close relationship between air pollutant parameters and meteorological factors. In this study; Air Quality Index (AQI) was calculated in Sivas city center and air pollution was evaluated. In this evaluation, air pollutant parameters of three air quality monitoring stations in the city center were used. In addition, multiple regression method was used to determine the relationship between AQI values and meteorological parameters (temperature, wind speed and relative humidity). PM<sub>10</sub> values for all stations are generally higher than the European Member States' limit values between November and March. NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and CO values are lower than the limit values. According to EPA Air Quality Index Classification; In the city center of Sivas, air pollution was found to be “good“ and “medium“ in terms of AQI. Within the context of multiple regression analysis, temperature, wind speed and humidity were considered as independent variables and AQI was a dependent variable. The analysis

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 346 219 15 60; e-mail / e-posta: bkarakus@cumhuriyet.edu.tr

C. B.KARAKUŞ, S. YILDIZ

revealed that there was a real relationship between temperature, wind speed and humidity and AQI. The calculated  $R^2$  values for the stations I, II and III were determined as 0.15, 0.62 and 0.48, respectively. According to the results obtained by multiple linear regression analysis, the  $R^2$  value for station II (Başöğretmen) was determined as 0.62. At this station, it was concluded that there was a modest ( $p < 0.05$ ) relationship between AQI and meteorological parameters.

**Keywords:** Air Quality Index, multiple regression method, meteorological parameters

## 1. GİRİŞ

Nüfus artışı, yoğun ekonomik aktiviteler, geniş arazi örtüsü ve araç trafiğinden kaynaklı değişimleri içeren ve karmaşık bir süreç olan kentleşme, özellikle gelişmekte olan bölgelerde hava kalitesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır [1]. Kentsel alanlarda meydana gelen hava kirliliği, günlük yaşantımız üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir [2]. Hava kirliliği, dünyanın her yerinde ve her düzeyde bir endişe konusudur. Kentsel bölgelerdeki hava kirliliği ile ilgili endişelerin kaynağı, özellikle de gaz ve parçacıklı iz metaller tarafından ortaya çıkan kirliliktir [3]. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde sanayileşmenin ve kentleşmenin hızlı olması, hava kalitesinin kötüleşmesine ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerin artmasına neden olmuştur [4]. Hava kirliliğinin etkilerine bağlı olarak dünya çapında yapılan epidemiyolojik çalışmalar, gaz kirleticilerinin ve partikül maddelerinin solunum, kardiyovasküler hastalıklar ve kardiyopulmoner mortalite gibi ciddi sağlık etkilerine neden olabilecek potansiyellere sahip olduğunu göstermiştir [5].

Kentin yerleşimi, yeşil ve yapısız alanların varlığını, yapıların geometrisi, binaların termal özellikleri, taşıt trafiği, sabit termal sistemleri ve yerel mikro iklim koşulları hava kalitesi üzerinde oldukça etkili olan faktörlerdir [6]. Meteoroloji, emisyonlar ve atmosferik kimya ile birlikte hava kirliliği olayları için önemli bir katkı maddesi olarak bilinmektedir. Bu nedenle şehirlerdeki hava kalitesi, son yıllarda yapılan çeşitli çalışmalarda istatistiksel olarak çeşitli meteorolojik faktörlerin kombinasyonu ile ilişkilendirilmiştir [7]. Kentsel alanlardaki hava kirliliği, olumsuz meteorolojik koşullara bağlı olarak kirletici emisyonlarındaki ani artışlardan kaynaklanmaktadır [8]. Bu meteorolojik koşullar, atmosferin kirleticileri dağıtma ve diğer alanlardaki kirleticileri taşıma yeteneğinin azaltılmasıyla yakından ilgilidir. Kentsel peyzaj, hava kalitesi üzerinde etkili olabilecek başka bir faktördür; çünkü insan aktiviteleri kentsel peyzaj alanı üzerinde gerçekleşmektedir [9].

İklim değişikliği, hava kalitesini değiştirebilmekte ve insan sağlığına etkilemektedir. Kirletici madde oluşumu ve emisyon dağılımı, yerel meteorolojik faktörlerle yakından ilişkilidir. Bu faktörlerin davranışlarındaki değişiklikler, kirletici seviyeleri ve kirleticiye maruz kalma riskleri üzerinde önemli rol oynamaktadır [10, 11].

Hava kalitesi, hava kirletici konsantrasyon değerlerine bağlı olarak ifade edilebilmektedir. Hava kirliliğine sebep olan en yaygın kirleticiler kükürt dioksit ( $SO_2$ ) ve partikül madde (PM)'dir.  $SO_2$ 'nin temel kaynağı, yüksek kükürt içeren yakıtlar iken PM'nin temel kaynağı ise yanmamış yakıtlar ve yakıt yakma verimsizliğidir [12]. Uluslararası düzeyde birkaç yıldır, hava kalitesi değerlendirme prosedürleri indeksler tarafından ortaya konulmuştur. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından benimsenen ilk index, Kirlilik Standart İndeksi (PSI) idi. 1999 yılında EPA, PSI indeksini iki yeni alt indeks, yer seviyesinde ozon ve ince partikül içeren HKİ ile değiştirdi [13].

Meteorolojik değişkenlik ve gözlenen kirletici seviyeleri arasındaki ilişkilerin anlaşılması, sağlam kirlilik projeksiyonlarının geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Basit doğrusal regresyon analizleri, ortalama kirletici davranışları hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır [14]. Hava kalitesi ve meteoroloji istasyonlarına ait parametrik değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkiler, regresyon analizi ile ortaya konulabilmektedir. Bu analizler, gerçekte ölçülen değerler ile konsantrasyon tahminleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır [7].

Birçok araştırmacı, regresyon analizine dayalı olarak meteorolojik parametreler ile hava kalite parametreleri ve HKİ arasındaki ilişkileri ortaya koymak için çalışma yapmıştır. Kyrkilis ve diğ. [15]; Yunanistan'ın Atina kentinde 1983-1999 periyodu için 4 farklı istasyondan ölçülen  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  and  $PM_{10}$  parametrelerini kullanarak HKİ geliştirmişlerdir. Ganesh ve diğ. [16];  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  and  $SO_2$  parametrelerini dikkate alarak HKİ'yi hesaplamak için regresyon modeli kullanmışlardır. Kartal ve Özer [17], Kayseri ili için çoklu regresyon analizi kullanarak rüzgâr hızı ve yönü, nispi nem oranı, hava sıcaklığı, yağış miktarı ve bulut örtüsü miktarı gibi meteorolojik parametreler ile  $SO_2$  ve duman gibi hava kirletici parametreleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Çuhadaroğlu ve Demirci [18], Trabzon ilinde bazı meteorolojik faktörlerin hava kirliliği üzerindeki etkisini göstermek için istatistiksel bir yazılım olan SPSS programını kullanarak  $SO_2$  ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Chaloulakou ve diğ., [19], yapay sinir ağı ve çoklu doğrusal regresyon modellerini kullanarak iki yıllık bir dönem boyunca Yunanistan'ın Atina kentinde meteorolojik değişkenler ile  $PM_{10}$  kirletici parametresi arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Jamal ve Nodehi

## ÇOKLU REGRESYON YÖNTEMİ KULLANILARAK HAVA KALİTE İNDEKSİ İLE METEOROLOJİK PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ

[20] tarafından yapılan bir çalışmada, yapay sinir ağı ve çoklu doğrusal regresyon modelleri kullanılarak İran'ın Tahran kentindeki bir sonraki günün HKİ değeri meteorolojik parametrelere bağlı olarak tahmin edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; (i) Sivas kent merkezindeki hava kirliliğini hava kalitesi parametreleri ve HKİ açısından değerlendirmek, (ii) çoklu regresyon yöntemi kullanılarak meteorolojik parametreler ile HKİ arasındaki ilişkiyi belirlemektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Sivas, Anadolu yarımadasının ortasında, İç Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Kızılırmak bölümünde yer alır. 36° ve 39° doğu boylamları ile 38° ve 41° kuzey enlemleri arasında kalır. 28.488 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin toprak bakımından Konya'dan sonra ikinci büyük ilidir. Sivas ilinin büyük bir kesimi yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve karlı geçen karasal İç Anadolu ikliminin etkisinde kalmaktadır. Fakat kuzeyde Karadeniz, doğuda Doğu Anadolu yüksek bölge ikliminin etkileri bulunmaktadır.

Sivas kentinde kurulu üç adet hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır (Şekil 1). Sivas Meteoroloji İstasyonu, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> olmak üzere iki parametre bazında ölçüm yapmakta ve ısınmadan kaynaklı hava kalitesini ortaya koymaktadır. Söz konusu istasyon Altıntabak Mahallesi'nde bulunan Meteoroloji İl Müdürlüğü kampüsü içerisinde yer almaktadır. Merkez İlçesi Örtülüpınar Mahallesi Hoca Ahmet Yesevi Caddesi üzerinde bulunan Sivas İstasyon Kavşağı Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ile Merkez İlçesi Demircilerardı Mahallesi Sait Paşa Caddesi üzerinde bulunan Başöğretmen Atatürk Ortaokulu bahçesinde yer alan Sivas Başöğretmen Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ulaşımdan kaynaklanan kirliliğin tespiti amacıyla kurulmuş olup; bu istasyonlarda PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> ve CO kirleticileri ölçülmektedir. Söz konusu istasyonların ölçtüğü parametreler [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinden anlık olarak takip edilebilmektedir [21].

Çalışmanın temel verilerini bu istasyonlar tarafından ölçülmüş olan hava kirletici parametrelerine ait kirletici konsantrasyon değerleri ve Sivas Meteoroloji İl Müdürlüğü tarafından temin edilmiş olan meteorolojik parametreler oluşturmaktadır. Söz konusu istasyonlar tarafından ölçülmüş olan hava kalitesi kirletici konsantrasyonları 2016-2018 yılları arasında olup, bu değerler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan aylık ortalama olarak temin edilmiştir. "Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları" dikkate alınarak belirtilen tarihlere ait olan söz konusu parametrelerin 1 saatlik, 8 saatlik ve 24 saatlik ortalama değerleri dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında kullanılmış olan meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem) de 2016-2018 yılları arasında aylık ortalama değerler olarak temin edilmiştir.



Şekil 1. Hava kalitesi izleme istasyonlarının dağılımı

C. B.KARAKUŞ, S. YILDIZ

Çalışma yönteminin temeli iki aşamadan oluşmaktadır. Birincisi, EPA tarafından geliştirilmiş ve önerilmekte olan formül yardımıyla tüm istasyonlar için belirtilen zaman aralığına ait HKİ değerlerinin hesaplanması ve hesaplanan bu HKİ değerlerinin EPA Hava Kalitesi İndeksi Sınıflandırması'na göre değerlendirilmesidir. İkincisi ise, çoklu regresyon yöntemi kullanılarak meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgar hızı, nem) ile hesaplanmış olan HKİ değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

### HKİ Hesaplama Yöntemi

Hava kalitesi indeksi (HKİ), hava kirliliğine bağlı sağlık riski düzeyini ifade etmek için kullanılan bir terim olup, hava kalitesini basit ve anlaşılabilir bir şekilde açıklamaktadır [22, 24]. HKİ, insan sağlığına ilişkin olarak farklı bileşenlerin hava kalitesi hakkında düzgün bir şekilde rapor vermek için kullanılan kantitatif bir ölçüdür [23]. HKİ değeri, bir bölgedeki her bir kirletici için ayrı ayrı hesaplanır ve her bir kirletici için hesaplanan en yüksek HKİ, o güne ait HKİ değerini oluşturmaktadır [24].

EPA'nın önerdiği HKİ (Tablo 1), 0-500 arasında değişebilen bir ölçeğe sahiptir. Buradaki amaç; kirlilik konsantrasyonunu 0 ile 500 arasında bir sayıya dönüştürmektir. 0, 50, 100, 150,... 500 arasındaki HKİ değerleri "kesme noktaları" olarak adlandırılır (Tablo 2). Her bir HKİ kırılma noktası, tanımlanmış bir kirlilik konsantrasyonuna karşılık gelir. HKİ aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir [24, 25]:

$$HKİ = [(I_{hi} - I_{low}) / (BP_{hi} - BP_{low})] * (C_p - BP_{low}) + I_{low}$$

$$Nihai\ HKİ = \max (HKİ_1, HKİ_2, HKİ_3, \dots, HKİ_n)$$

Burada; HKİ=Hava Kalite İndeksi,  $C_p$ : Kirletici Konsantrasyonu,  $BP_{hi}$ : Kirletici konsantrasyonundan daha büyük veya kirletici konsantrasyonuna eşit kırılma noktası,  $BP_{low}$ : Kirletici konsantrasyonundan küçük veya kirletici konsantrasyonuna eşit kırılma noktası,  $I_{hi}$ :  $BP_{hi}$ 'ye karşılık gelen HKİ,  $I_{low}$ :  $BP_{low}$ 'a karşılık gelen HKİ'dir.

**Tablo 1.** EPA hava kalitesi indeksi sınıflandırması [24]

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101-150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

**Tablo 2.** Ulusal hava kalitesi indeksi kesme (kırılma) noktaları [26]

İndeks	HKİ	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

## ÇOKLU REGRESYON YÖNTEMİ KULLANILARAK HAVA KALİTE İNDEKSİ İLE METEOROLOJİK PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

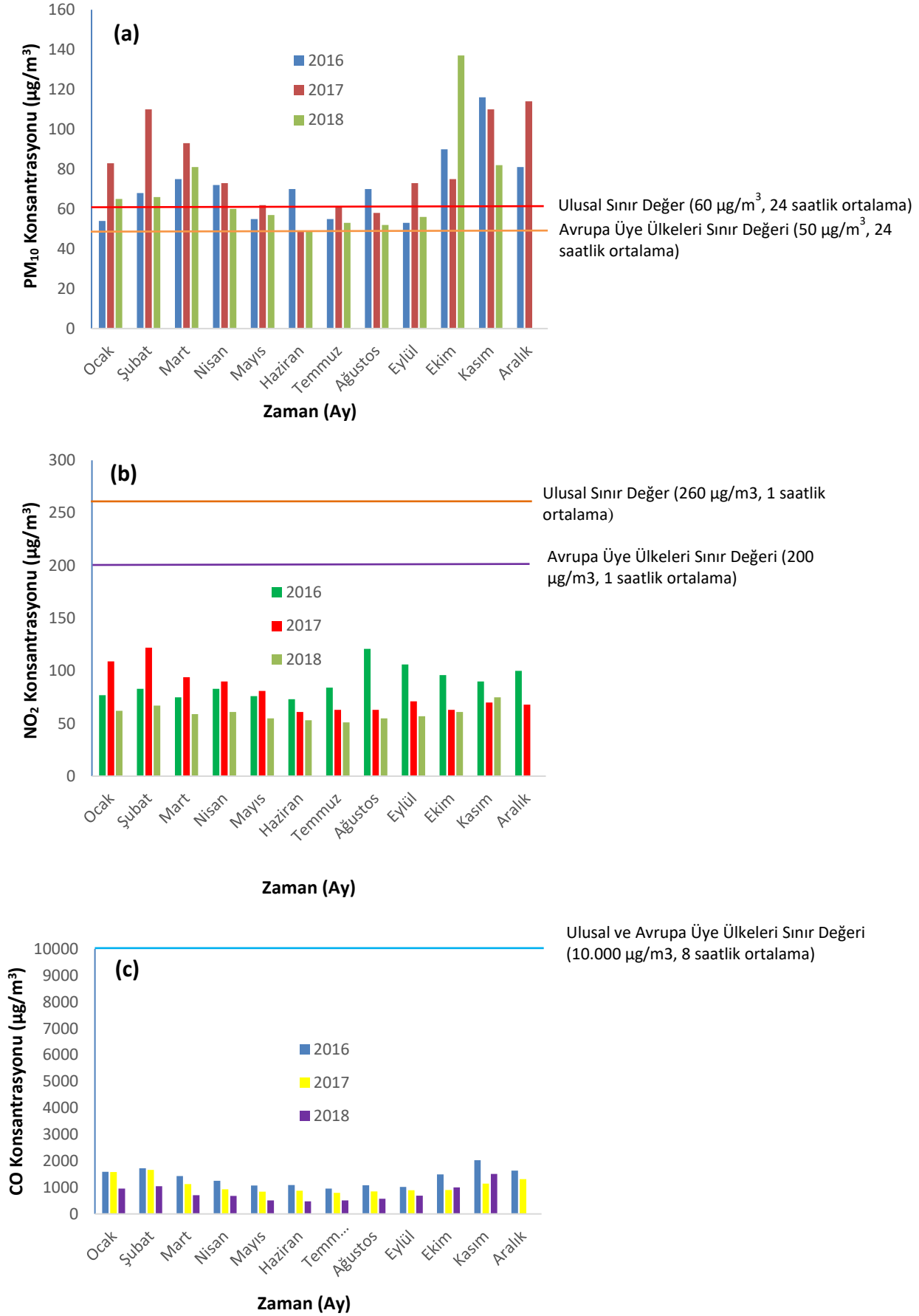
İlk aşamada; tüm istasyonlar tarafından ölçülmüş olan kirletici konsantrasyon değerleri (Şekil 2, 3, 4) Avrupa Birliği (AB) çevre mevzuatıyla tam uyumlu olan “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği [27]” kapsamında değerlendirilmiştir. Sivas İstasyon Kavşağı İstasyonu ile ilgili bir değerlendirme yapıldığında; 2016 yılının tüm aylarında PM<sub>10</sub> değerlerinin Avrupa üye ülkeleri sınır değerini aştığı görülmektedir. 2016 yılının Ocak, Mayıs, Temmuz ve Eylül ayları dışındaki diğer tüm aylarda PM<sub>10</sub> değerleri ulusal sınır değer olan 60 µg/m<sup>3</sup>'ü aşmıştır. 2017 yılının Haziran ve Ağustos ayları dışındaki diğer tüm aylarda PM<sub>10</sub> değerleri Avrupa üye ülkeleri ve ulusal sınır değerlerini aşmıştır. Haziran ayındaki PM<sub>10</sub> değeri, her iki yönetmelik değerinin altında iken Ağustos ayındaki PM<sub>10</sub> değeri Avrupa üye ülkeleri sınır değerini aşmıştır. 2018 yılında ise, PM<sub>10</sub> değeri Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim ve Kasım aylarında hem ülkemizde hem de AB üye ülkelerde uygulanan sınır değerleri aşmıştır. En yüksek PM<sub>10</sub> değeri 2018 yılının Ekim ayında gözlenirken, en düşük PM<sub>10</sub> değeri 2017 ve 2018 yılının Haziran ayında gözlenmiştir (Şekil 2a). NO<sub>2</sub> ve CO değerleri tüm yıllarda ilgili yönetmelik parametre sınır değerlerinin altında kalmıştır. En yüksek NO<sub>2</sub> değerleri; 2016 yılının Ağustos ve Eylül aylarında, 2017 yılının Ocak ve Şubat aylarında ve 2018 yılının Kasım ve Şubat aylarında gözlenmiştir. En yüksek CO değerleri ise, her üç yıl için de genel olarak Ekim, Kasım, Ocak ve Şubat aylarında gözlenmiştir (Şekil 2b, 2c).

Sivas Başöğretmen İstasyonu ile ilgili bir değerlendirme yapıldığında; tüm yılların Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında PM<sub>10</sub> değerleri Avrupa üye ülkeleri ve ulusal sınır değerlerinin altında kalmıştır. Her iki yönetmelik sınır değerlerinin ağırlıklı olarak aşıldığı yıl 2017 yılıdır (özellikle sonbahar ve kış aylarında). En yüksek PM<sub>10</sub> değeri 2016 yılının Kasım ayında gözlenirken, en düşük PM<sub>10</sub> değeri 2018 yılının Haziran ayında gözlenmiştir. 2017 ve 2018 yıllarının Ekim ve Kasım aylarındaki PM<sub>10</sub> değerleri her iki yönetmelik değerini aşmıştır. PM<sub>10</sub> değerleri 2016 yılının Ekim, Kasım ve Aralık aylarında; 2017 yılının Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında ve 2018 yılının Şubat, Mart, Ekim ve Kasım aylarında Avrupa üye ülkeleri ve ulusal sınır değerleri aşmıştır (Şekil 3a). NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri tüm yıllarda ilgili yönetmelik parametre sınır değerlerinin altında kalmıştır. En yüksek NO<sub>2</sub> değerleri; 2017 yılının Şubat ayında ve 2018 yılının Kasım ayında gözlenmiştir. En düşük NO<sub>2</sub> değerleri ise, her üç yıl için de genel olarak Haziran ve Temmuz aylarında gözlenmiştir. En yüksek SO<sub>2</sub> değerleri, 2016 yılının Kasım ayında ve 2017 yılının Ocak ayında gözlenmiştir. Her üç yıl için de SO<sub>2</sub> değerlerinin yüksek olduğu aylar genel olarak Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır (Şekil 3b, 3c).

Sivas Meteoroloji İstasyonu ile ilgili bir değerlendirme yapıldığında; tüm yılların Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında PM<sub>10</sub> değerleri Avrupa üye ülkeleri ve ulusal sınır değerlerinin altında kalmıştır. En yüksek PM<sub>10</sub> değeri 2017 yılının Aralık ayında gözlenirken, en düşük PM<sub>10</sub> değeri 2017 yılının Haziran ayında gözlenmiştir. Tüm yıllar için Kasım ayında PM<sub>10</sub> değeri Avrupa üye ülkeleri ve ulusal sınır değerlerin üzerinde yer almıştır. PM<sub>10</sub> değerlerinin büyük çoğunluğu genel olarak ulusal sınır değerinin altında kalmıştır (Şekil 4a). SO<sub>2</sub> değerleri tüm yıllarda ilgili yönetmelik parametre sınır değerlerinin altında kalmıştır. En yüksek SO<sub>2</sub> değerleri, 2017 yılının Kasım ve Aralık aylarında gözlenmiştir. Her üç yıl için de SO<sub>2</sub> değerlerinin yüksek olduğu aylar genel olarak Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır (Şekil 4b, 4c).

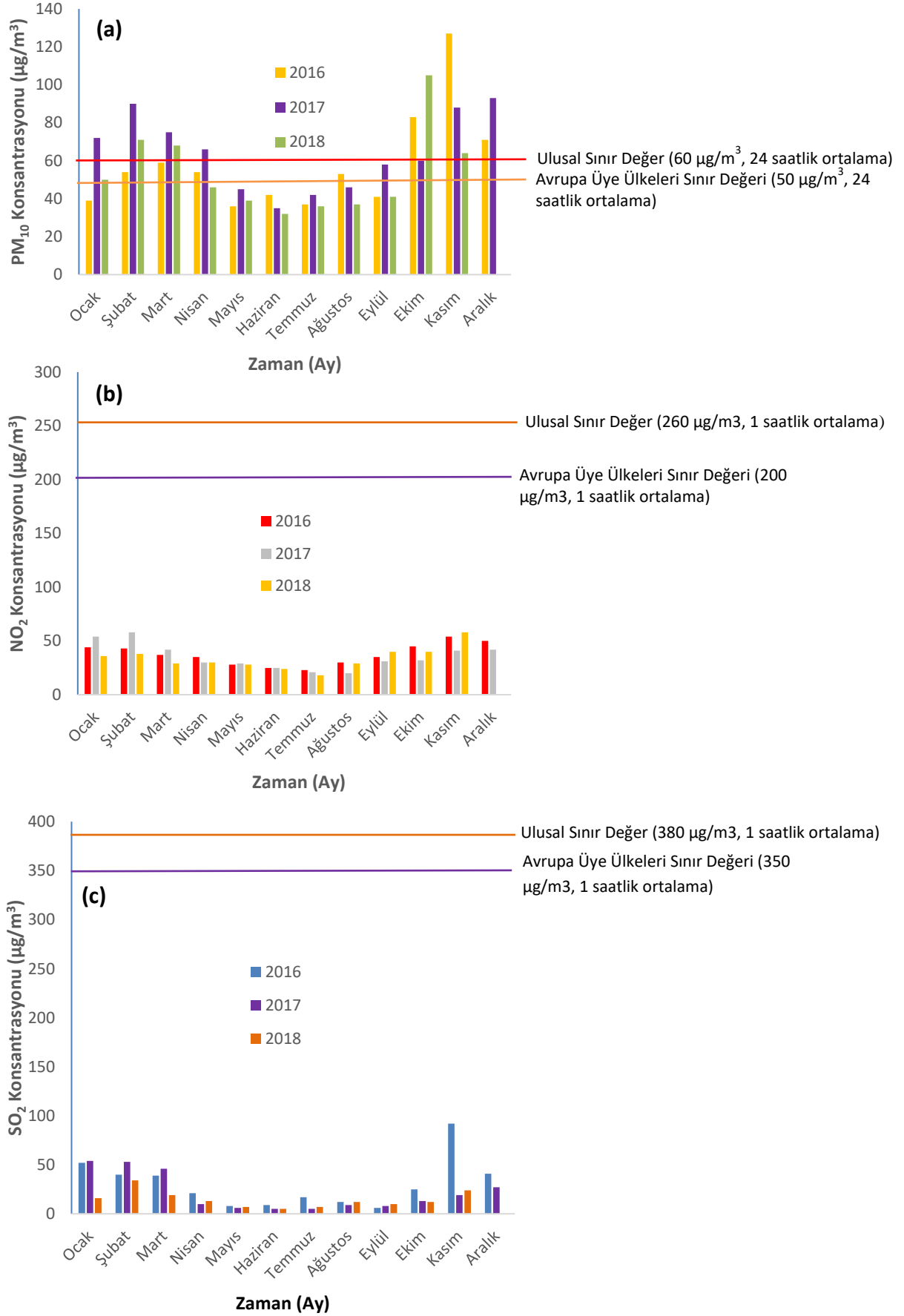
İkinci aşamada ise; ilgili istasyonlara ait tüm kirletici parametrelerinin konsantrasyon değerleri kullanılarak EPA tarafından önerilmiş olan HKİ hesaplama formülü yardımıyla her bir istasyona ait tüm parametreler için 2016-2018 yılları arasındaki HKİ değerleri (Tablo 3) hesaplanmıştır. Daha sonra her bir istasyona ait tüm parametreler için hesaplanmış olan HKİ değerleri dikkate alınarak nihai HKİ değerleri belirlenmiştir. Sivas İstasyon Kavşağı istasyonuna ait nihai HKİ değerleri sırasıyla 2016 yılında 49 ile 81 arasında, 2017 yılında 45 ile 80 arasında ve 2018 yılında ise 45 ile 92 arasında değişmiştir. Sivas Başöğretmen istasyonuna ait nihai HKİ değerleri sırasıyla 2016 yılında 33 ile 87 arasında, 2017 yılında 32 ile 70 arasında ve 2018 yılında ise 30 ile 76 arasında değişmiştir. Sivas Meteoroloji istasyonuna ait nihai HKİ değerleri sırasıyla 2016 yılında 31 ile 64 arasında, 2017 yılında 27 ile 72 arasında ve 2018 yılında ise 37 ile 62 arasında değişmiştir.

C. B.KARAKUŞ, S. YILDIZ



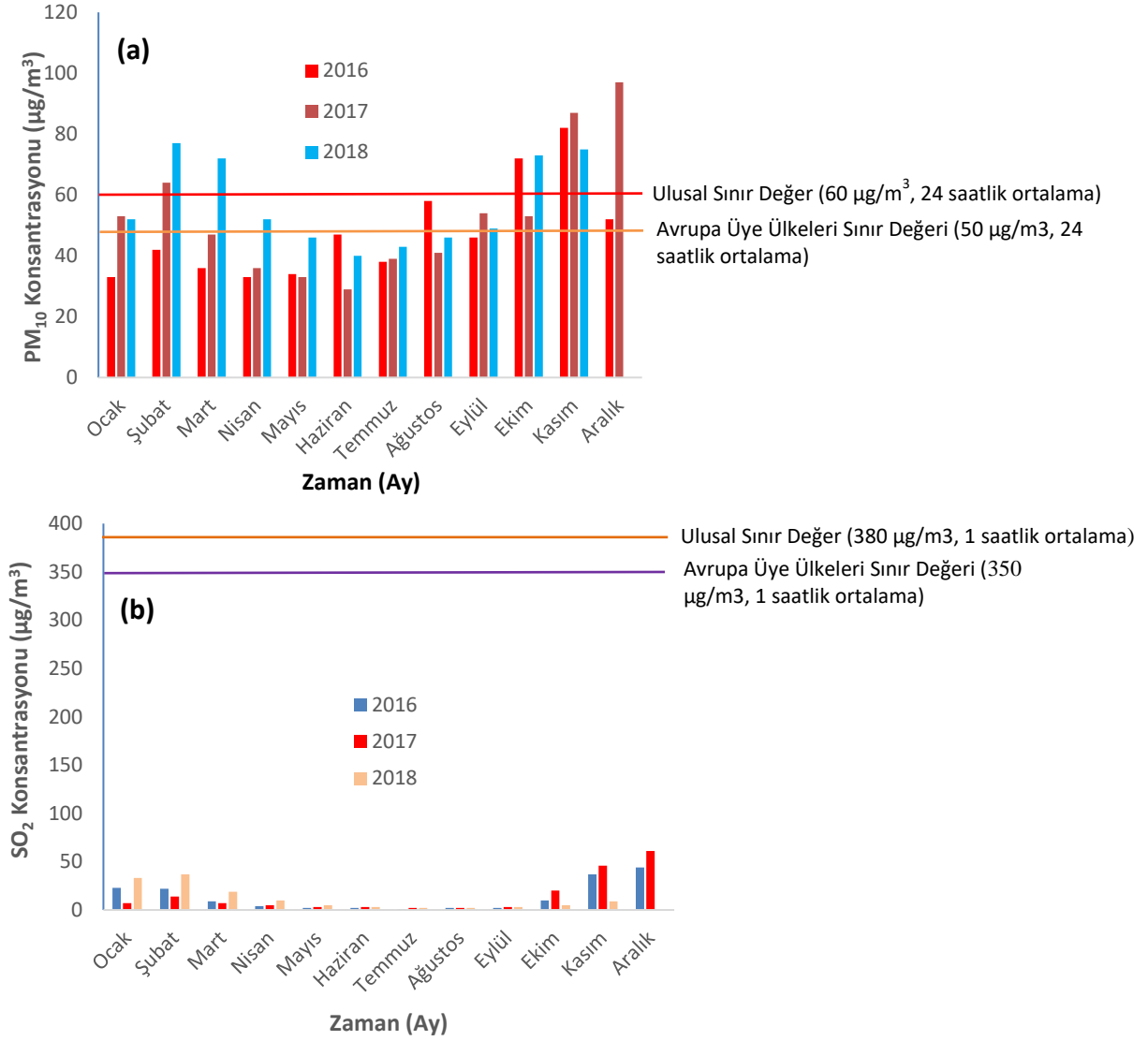
Şekil 2. İstasyon kavşağı istasyonuna ait (a) PM<sub>10</sub>, (b) NO<sub>2</sub> ve (c) CO konsantrasyonlarının zamansal değişimi

ÇOKLU REGRESYON YÖNTEMİ KULLANILARAK HAVA KALİTE İNDEKSİ İLE METEOROLOJİK PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ



Şekil 3. Başöğretmen istasyonuna ait (a) PM<sub>10</sub>, (b) NO<sub>2</sub> ve (c) SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının zamansal değişimi

C. B.KARAKUŞ, S. YILDIZ

Şekil 4. Meteoroloji istasyonuna ait (a) PM<sub>10</sub> ve (b) SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının zamansal değişimi

Genel olarak bakıldığında; 2016-2018 yılları arasında her üç istasyona ait kirletici parametrelerinin mevsimsel olarak değişimleri incelendiğinde; kış mevsiminde (Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat) kirletici konsantrasyonlarında belirgin bir artış görülürken yaz mevsiminde (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) ise kirletici konsantrasyonlarında belirgin bir azalış gözlenmiştir (Şekil 2, 3, 4). Daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edildiği gibi PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>'deki artış ve azalışın yaklaşık olarak aynı dönemlerde olduğu gözlenmiştir [28, 29].

Her üç istasyon için de yapılan değerlendirme sonucunda; indeks kirleticisinin PM<sub>10</sub> parametresi olduğu belirlenmiştir. Belirlenmiş olan nihai HKİ değerleri de EPA Hava Kalitesi İndeksi Sınıflandırması (Tablo 2) esas alınarak oluşturulan Ulusal HKİ'ye göre değerlendirilmiştir. Tüm istasyonlar için HKİ değerlerinin aylık ortalamaları dikkate alındığında; 2016-2018 yılları arasında Sivas İstasyon Kavşağı istasyonuna ait HKİ sınıfı "Orta" kategorisindedir. Sivas Başöğretmen istasyonuna ait HKİ sınıfı 2016 yılında "İyi", 2017 yılında "Orta" ve 2018 yılında "İyi" kategorisindedir. Sivas Meteoroloji istasyonu ait HKİ sınıfı ise 2016-2018 yılları arasında yılında "İyi", kategorisi ile temsil edilmiştir (Tablo 3).

Taşıtlardan ve sabit kaynaklardan kaynaklanan CO ve NO<sub>x</sub> kirleticileri arasında bir ilişkinin olması muhtemeldir ve bu iki kirletici arasında lineer bir bağıntı mevcuttur. Her iki kirletici de aynı kaynaktan çıktığı için NO<sub>x</sub> konsantrasyonu arttıkça CO konsantrasyonu da artmaktadır. SO<sub>2</sub> ile NO, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirleticileri arasında kış mevsiminde diğer mevsimlere oranla daha yakın bir ilişki bulunmakta olup aynı mevsimde CO'nun da bu kirleticilerle ilişkisi yüksektir [30]. Belirtilen zaman aralığında her üç istasyona ait kirleticiler arasında ilişkiler yüksek olup, kirletici konsantrasyonlarındaki artışlar birbirine paralellik göstermiştir (Şekil 2, 3, 4).



**Tablo 3.** Hava kalitesi izleme istasyonları için aylık olarak hesaplanmış olan HKİ değerleri

İstasyon Adı	Yıl	Parametre	Aylık HKİ Değerleri											
			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sivas İstasyon Kavşağı (I Nolu)	2016	PM <sub>10</sub>	50	57	61	59	51	58	51	58	49	68	81	64
		NO <sub>2</sub>	38	42	37	42	38	36	42	62	53	48	44	50
		CO	15	16	14	11	10	10	9	10	9	14	19	16
		Nihai HKİ Değeri	50	57	61	59	51	58	51	62	53	48	44	50
		HKİ Sınıfı	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	İyi	İyi
	2017	PM <sub>10</sub>	65	78	70	60	54	45	54	52	60	61	78	80
		NO <sub>2</sub>	54	62	47	44	41	30	31	31	35	31	35	34
		CO	15	16	10	9	8	8	7	8	8	8	10	13
		Nihai HKİ Değeri	65	78	70	60	54	45	54	52	60	61	78	80
		HKİ Sınıfı	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
	2018	PM <sub>10</sub>	56	56	64	53	52	45	49	48	51	92	64	
		NO <sub>2</sub>	30	33	29	30	27	26	25	27	28	30	37	
		CO	9	10	7	6	5	5	5	5	7	9	15	
		Nihai HKİ Değeri	56	56	64	53	52	45	49	48	51	92	64	
		HKİ Sınıfı	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta	Orta	
Sivas Başöğretmen (II Nolu)	2016	PM <sub>10</sub>	36	50	53	50	33	39	34	49	38	65	87	59
		NO <sub>2</sub>	22	21	18	17	13	12	11	14	17	22	26	25
		SO <sub>2</sub>	27	21	20	11	4	4	9	6	3	13	50	21
		Nihai HKİ Değeri	36	50	53	50	33	39	34	49	38	65	87	59
		HKİ Sınıfı	İyi	İyi	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta
	2017	PM <sub>10</sub>	59	68	61	56	42	32	39	43	52	53	67	70
		NO <sub>2</sub>	26	28	21	14	14	12	10	9	15	16	20	21
		SO <sub>2</sub>	29	29	24	4	3	1	1	4	4	6	10	14
		Nihai HKİ Değeri	59	68	61	56	42	32	39	43	52	53	67	70
		HKİ Sınıfı	Orta	Orta	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta	Orta	Orta
	2018	PM <sub>10</sub>	46	59	57	43	36	30	33	34	38	76	55	
		NO <sub>2</sub>	18	19	14	14	13	11	8	14	20	20	28	
		SO <sub>2</sub>	9	17	10	6	3	1	3	6	4	6	13	
		Nihai HKİ Değeri	46	59	57	43	36	30	33	34	38	76	55	
		HKİ Sınıfı	İyi	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta
Sivas Meteoroloji (III Nolu)	2016	PM <sub>10</sub>	31	39	33	31	31	44	35	52	43	59	64	48
		SO <sub>2</sub>	11	11	4	1	0	0	0	0	0	4	20	23
		Nihai HKİ Değeri	31	39	33	31	31	44	35	52	43	59	64	48
		HKİ Sınıfı	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta	İyi
	2017	PM <sub>10</sub>	49	55	44	33	31	27	36	38	50	49	67	72
		SO <sub>2</sub>	3	7	3	1	1	1	0	0	1	10	24	33
		Nihai HKİ Değeri	49	55	44	33	31	27	36	38	50	49	67	72
		HKİ Sınıfı	İyi	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta
	2018	PM <sub>10</sub>	48	62	59	48	43	37	40	43	45	60	61	
		SO <sub>2</sub>	17	20	10	4	1	1	0	0	1	1	4	
		Nihai HKİ Değeri	48	62	59	48	43	37	40	43	45	60	61	
		HKİ Sınıfı	İyi	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta

### Çoklu Regresyon Analizi

Çoklu regresyon analizinin amacı bir bağımlı değişkenin varyasyonlarını açıklamak için aynı anda iki veya daha fazla bağımsız değişkeni tanımlamaktır. Bu çalışmada sıcaklık, rüzgar hızı ve nem bağımsız değişken ve HKİ bir bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Çoklu regresyon analizi, HKİ ile üç bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi ve mevcut olan ilişkilerin anlamlılık düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Regresyon analizleri için Excel 2010 kullanılmıştır. Çalışılan değişkenlere ait istatistiksel değerler Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** 2016-2018 yılları arasında incelenen değişkenlerin istatistikleri [31]

	Sıcaklık	Rüzgâr hızı	Nem	I Nolu HKİ	II Nolu HKİ	III Nolu HKİ
Ortalama	10.96	58.94	1.09	58.314	49.771	45.914
Maksimum	23.4	79.4	1.5	92	87	72
Minimum	-4.1	36.6	0.7	44	30	27
Ortanca	11.9	57.1	1.1	56	50	44
Varyasyon	70.141	129.44	0.045	116.39	196.82	138.37
Standart Sapma	8.37	11.37	0.21	10.78	14.02	11.76
Çarpıklık	-0.256	0.315	-0.115	1.303	0.615	0.394
Basıklık	-0.989	-0.776	-0.736	1.865	-0.080	-0.695

Modelin onayı, F testi, t testi ve korelasyon katsayıları dikkate alınarak yapılmıştır. Modelin istatistiksel sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 5’e göre; bu testte güven seviyesi % 95 seçildiğinden kritik t değeri  $\pm 1.66$  olarak elde edilmiştir. Tablo 5’de görüldüğü gibi, I ve III Nolu istasyon verileri için de hesaplanan t değerleri tablolanmış t değerlerinden daha küçüktür. II Nolu istasyon için ise hesaplanan t değerleri tablolanmış t değerlerinden büyüktür. Ayrıca üç istasyon için hesaplanan F değeri tablolanmış F değerinden büyük çıkmıştır. Bu durumda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki vardır sonucu çıkarılmıştır. I ve III no’lu istasyonlar için  $R^2$  değerleri sırasıyla 0.15 ve 0.48 olarak bulunmuş olup, elde edilen bu  $R^2$  değerlerine göre I ve III no’lu istasyonlara ait HKİ ve meteorolojik parametreler arasında düşük düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir. HKİ ve meteorolojik parametreler arasındaki en güçlü ilişki II no’lu istasyonda gözlenmiş olup bu ilişki orta düzeyde anlamlı ( $R^2=0.62$ ,  $p<0,05$ ) bulunmuştur.

Beyazıt ve Bali [32], Sivas kent merkezi ile ilgili yapılan çalışmada  $SO_2$  ve PM kirleticileri ile sıcaklık ve nisbi nem parametreleri arasında kuvvetli ilişki tespit etmişlerdir. Demirci ve Çuhadaroğlu [33], Trabzon’daki  $SO_2$  ve PM konsantrasyonları ile rüzgar hızları arasında zayıf bir ilişki bulmuşlardır. Çiçek vd. [34], Ankara’da hava kirliliği parametreleri ( $PM_{10}$  ve  $SO_2$ ) 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. Akpınar vd. [35], Elazığ şehrinde hava kirleticisi parametreleri ile meteorolojik faktörler (rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem ve atmosfer basıncı) arasındaki ilişkiyi regresyon analizi ile incelemiş ve orta ve zayıf düzeyde ilişkiler ortaya koymuştur. Yılmaz [36], 2006-2015 yılları arasında Bolu ilinde iklim parametrelerinin (sıcaklık, yağış miktarı, nisbi nem, rüzgâr hızı ve atmosfer basıncı)  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  düzeyleri üzerindeki etkisinin ortaya konulmasını amaçlamış,  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  düzeyi ile iklim koşulları (sıcaklık, rüzgâr hızı, nisbi nem ve yağış) arasındaki ilişkileri orta, düşük ve zayıf düzeyde olarak belirlemiştir. Turaloğlu vd. [37], Erzurum’da yaptıkları çalışmada rüzgâr hızı, soğuk hava ve yüksek basınç ile  $SO_2$  düzeyi arasında yüksek düzeyde, nem ile  $SO_2$  düzeyi arasında ise düşük düzeyde bir ilişki saptamıştır. Yapılan çalışmanın daha önceki yapılan çalışmalardan farkı, HKİ ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişki ortaya koymak olup bu çalışmanın regresyon analizi sonuçlarının daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara benzerlik gösterdiği görülmüştür.

**Tablo 5.** İstatistiksel sonuçlar

Bağımsız değişkenler	Bağımlı değişken	R <sup>2</sup>	Ayarlı R <sup>2</sup>	Standartlanmamış Katsayılar	Standart Hata	Hesaplanmış F değeri	Tablananmış F değeri	Sign .	Hesaplanmış t değeri	Tablananmış t değeri	Sig.
Sıcaklık	I Nolu HKİ	0.15	0.07	-0.0351	0.3885	1.89	0.55	0.00	-0.090	± 1.66	0.928
Rüzgar hızı				0.2156	0.2670				0.807		0.425
Nem				-10.764	9.905				-1.086		0.285
Sıcaklık	II Nolu HKİ	0.62	0.58	-1.3692	0.3391	16.79	0.55	0.00	-4.036	± 1.66	0.0003
Rüzgar hızı				-0.7732	0.2331				-3.316		0.0023
Nem				-31.364	8.6472				-3.627		0.0010
Sıcaklık	III Nolu HKİ	0.48	0.43	-0.1805	0.3316	9.61	0.55	0.00	-0.544	± 1.66	0.590
Rüzgar hızı				-0.2357	0.2279				-1.033		0.309
Nem				-39.127	8.4554				-4.627		0.623

#### 4. SONUÇLAR

Özellikle kentsel alanlarda hava kirliliğinin günlük yaşantımız üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Sivas kentinde de hava kirliliğinin kirletici parametrelerine dayalı ortaya konulması, insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Sivas kentinde özellikle kış aylarının başlamasıyla birlikte ısınma için kullanılan yakıtlar ve araçların egzozlarından çıkan gazlar nedeniyle hava kirletici konsantrasyonları ve buna bağlı olarak da hava kirliliği artış göstermektedir. Bu değerlerin yüksek olmasında yakıt olarak fosil enerji kaynaklarının (kömür, fuel-oil, vb.) kullanılması ve araç trafiğinden kaynaklanırlılık etkili olmaktadır. Özellikle ısınmadan kaynaklı kirliliğin tespit edilmesi amacıyla kurulmuş olan Sivas Meteoroloji istasyonu tarafından kaydedilen PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri belli aylarda yüksek değerlerde gözlenmiştir. Bunun temel sebebi ise; Sivas kentinde günümüz itibarıyla hala kömür ve fuel-oil gibi yakıtların kullanılması ve ulaşımdan kaynaklı kirlilik gösterilebilir. Ayrıca yanmamış yakıtlar ve yakıt yakma verimsizliği de bu artışın temel sebebi olabilmektedir.

Bu çalışma, Sivas kent merkezindeki hava kirliliğini hava kalitesi parametreleri ve HKİ açısından değerlendirmekte, çoklu regresyon yöntemi yardımıyla da meteorolojik parametreler ile HKİ arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Çalışma kapsamında; sıcaklık, rüzgar hızı ve nem bağımsız değişken ve HKİ bir bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Çoklu regresyon analizi, HKİ ile üç bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılmıştır. Analiz sonucunda sıcaklık, rüzgâr hızı ve nem ile HKİ arasında “anlamlı bir ilişki vardır” sonucuna varılmıştır. I ve III no’lu istasyonlar için HKİ ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişki düşük düzeyde iken, II no’lu istasyonda gözlenmiş olup bu ilişki orta düzeyde anlamlı ( $R^2= 0.62$ ,  $p<0,05$ ) bulunmuştur. Çalışmada uygulanan regresyon analizi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; zamansal olarak meteorolojik faktörlerde meydana gelen değişimlere bağlı olarak HKİ değerlerinde de değişim gözlenmesi beklenen bir durumdur. Regresyon analizi yardımıyla hava kirleticileri ve HKİ ile meteorolojik parametreler arasında ilişki kurularak meteorolojik parametrelerin hava kirleticilerini ve HKİ’yi ne şekilde etkileyebileceği öngörülebilmektedir. Bu kapsamda kent genelinde de hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin minimize edilmesi dikkate alınması gereken bir konudur.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan verilerin “Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı”ndan temin edilmesini sağlayan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkililerine teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- [1] HOPKE, P.K., COHEN, D.D., BEGUM, B.A., BISWAS, S.K., NI, B. PANDIT, G.G., SANTOSO, M. CHUNG, Y.S., DAVY, P., MARKWITZ, A., “Urban Air Quality In The Asian Region”, Sci. Total Environ., 404, 103–112, 2008.
- [2] NARASHID, R.H., MOHD, W.M.N.W., “Air Quality Monitoring Using Remote Sensing And GIS Technologies”, In Science and Social Research (CSSR), International Conference on (pp. 1186-1191). IEEE, December 2010.
- [3] AZAD, A.K., KITADA, T., “Characteristics of the Air Pollution In the City of Dhaka, Bangladesh In Winter”, Atmospheric Environment, 32 (11), 1991-2005, 1998.
- [4] WONG, C.M., VICHIT-VADAKAN, N., VAJANAPOOM, N., OSTRO, B., THACH, T. Q., CHAU, P. Y., PEIRIS, J.S., “Part 5. Public Health And Air Pollution In Asia (PAPA): A Combined Analysis of Four Studies of Air Pollution And Mortality”, Research Report (Health Effects Institute), 154, 377-418, 2010.
- [5] CHATTOPADHYAY, S., GUPTA, S., SAHA, R.N., “Spatial and Temporal Variation of Urban Air Quality: A GIS Approach”, Journal of Environmental Protection, 1(03), 264, 2010.
- [6] SLINI, T., KARATZAS, K., PAPADOPOULOS, A., “Regression Analysis And Urban Air Quality Forecasting: An Application For The City of Athens”, Global Nest, 4(2-3), 153-162, 2002.
- [7] AKPINAR, S., ÖZTOP, H.F., AKPINAR, E.K., “Evaluation of Relationship Between Meteorological Parameters And Air Pollutant Concentrations During Winter Season in Elazığ, Turkey”, Environmental Monitoring And Assessment, 146(1-3), 211-224, 2008.
- [8] LATINI, G., GRIFONI, R., PASSERINI, G., “Influence of Meteorological Parameters On Urban And Suburban Air Pollution”, Paper presented at the 10th International Conference on Modelling Monitoring and Management of Air Pollution, Segovia, Spain, July 2002.

*ÇOKLU REGRESYON YÖNTEMİ KULLANILARAK HAVA KALİTE İNDEKSİ İLE METEOROLOJİK PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ*

- [9] HAN, L., ZHOU, W., LI, W., MESHESHA, D. T., LI, L., ZHENG, M., “Meteorological and Urban Landscape Factors On Severe Air Pollution in Beijing”, Journal of the Air & Waste Management Association, 65(7), 782-787, 2015.
- [10] JACOB, D.J., WINNER, D.A., “Effect of Climate Change On Air Quality”, Atmos. Environ., 43, 51–63, doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.051, 2009.
- [11] TAI, A.P.K., MICKLEY, L.J., JACOB, D.J., “Correlations Between Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) And Meteorological Variables In The United States: Implications For The Sensitivity of PM<sub>2.5</sub> To Climate Change”, Atmos. Environ., 44, 3976–3984, doi:10.1016/j.atmosenv.2010.06.060, 2010.
- [12] İÇAĞA, Y., SABAH, E., “Statistical Analysis of Air Pollutants And Meteorological Parameters in Afyon, Turkey”, Environmental Modeling & Assessment, 14(2), 259-266, 2009.
- [13] LANZAFAME, R., MONFORTE, P., PATANÈ, G., STRANO, S., Trend Analysis of Air Quality Index in Catania from 2010 to 2014. Energy Procedia, 82, 708-715, 2015.
- [14] PORTER, W.C., HEALD, C.L., COOLEY, D., RUSSELL, B., “Investigating The Observed Sensitivities of Air-Quality Extremes To Meteorological Drivers Via Quantile Regression”, Atmospheric Chemistry and Physics, 15(18), 10349-10366, 2015.
- [15] KYRKILIS, G., CHALOULAKOU, A., KASSOMENOS, P.A., “Development of An Aggregate Air Quality Index for An Urban Mediterranean Agglomeration: Relation To Potential Health Effects”, Environment International, 33, 670-676, 2007.
- [16] GANESH, S.S., MODALI, S.H., PALREDDY, S.R., ARULMOZHIVARMAN, P., “Forecasting Air Quality Index Using Regression Models: A Case Study On Delhi And Houston”. In Trends In Electronics and Informatics (ICEI), International Conference on (pp. 248-254). IEEE. 2017.
- [17] KARTAL, S., ÖZER, U., “Determination And Parameterization of Some Air Pollutant As A Function of Meteorological Parameters In Kayseri, Turkey”, Journal of the Air & Waste Management, 48, 853–858, 1998.
- [18] ÇUHADAROĞLU, B., DEMİRCİ, E., “Influence of Some Meteorological Factors On Air Pollution In Trabzon City”, Energy Buildings, 25, 179–184, 1997.
- [19] CHALOULAKOU, A., GRIVAS, G., SPYRELLIS, N., “Neural Network And Multiple Regression Models for PM<sub>10</sub> Prediction In Athens: A Comparative Assessment”, Journal of the Air & Waste Management Association 53, 1183–1190, 2003.
- [20] JAMAL, A., NODEHI, R.N., “Predicting Air Quality Index Based On Meteorological Data: A Comparison of Regression Analysis, Artificial Neural Networks And Decision Tree”, Journal of Air Pollution And Health, 2(1), 2017.
- [21] ÇEVRE DURUM RAPORU (ÇDR), “Sivas ili Çevre Durum Raporu”, T.C. Sivas Valiliği yayını, Sivas. 2016.
- [22] MONTEIRO, A., VIEIRA, M., GAMA, C., MIRANDA, A.I., “Towards An Improved Air Quality Index”, Air Quality, Atmosphere & Health. 10(4), 447-55, 2017.
- [23] FENG, Q., WU, S., DU, Y., XUE, H., XIAO, F., BAN, X., ET AL., “Improving Neural Network Prediction Accuracy for PM<sub>10</sub> Individual Air Quality Index Pollution Levels”, Environmental Engineering Science, 30(12), 725-732, 2013.
- [24] ANONİM., Web sitesi. <https://www.epa.gov/technical-air-pollution-resources.2013>. Erişim tarihi: 05.07.2018.
- [25] FANG, C., LIU, H., LI, G., SUN, D., MIAO, Z., “Estimating The Impact of Urbanization On Air Quality In China Using Spatial Regression Models”, Sustainability, 7(11), 15570-15592, 2015.
- [26] ANONİM., Web sitesi. <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>. Erişim tarihi 18.03.2019.
- [27] ANONİM., 2008, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 06.06.2008 Tarih ve 26898 Sayılı Resmi Gazete.
- [28] TAŞ, F., “Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme.Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi”, Gazi Üniversitesi: Ankara, 2006.
- [29] MENTEŞE, S., “Zonguldak’ta Hava Kirliliği (PM10&SO2 ) ve Solunum Yolu Hastalıkları İlişkisi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi: Balıkesir, 2011.
- [30] TAŞDEMİR, Y., ERBAŞLAR, T., “Bursa Atmosferinde Ölçülen Klasik Hava Kirlleticilerin Birbirleri İle Olan İlişkileri”, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 12(2), 2007.
- [31] DMİGM, “Sivas İli Meteorolojik Verileri”, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü, Dijital Data, Ankara, 2018.
- [32] BEYAZIT, N., BALI, U., “Sivas’ta Hava Kirliliği Ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkinin Araştırılması”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 551-559, 1996.

C. B.KARAKUŞ, S. YILDIZ

- [33]DEMİRÇİ, E., CUHADAROĞLU, B., “Statistical Analysis Of Wind Circulation And Air Pollution In Trabzon”, Energy and Buildings, 31, 49-53, 2001.
- [34]ÇİÇEK, İ., TÜRKOĞLU, N., GÜRGEN, G., “Ankara’da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi”, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14 (2), 1-18, 2004.
- [35]AKPINAR, E.K., AKPINAR, S., ÖZTOP, H.F., “Statistical Analysis of Meteorological Factors And Air Pollution at Winter Months in Elazığ, Turkey”, Journal of Urban and Environmental Engineering, 3(1), 7-16, 2009.
- [36]YILMAZ, A., “İklim Parametrelerinin Hava Kirliliği Parametreleri Üzerine Etkisi: Bolu İli Örneği”, Journal of Current Researches on Social Sciences, 7(2), 413-436, 2017.
- [37]TURALIOĞLU, F.S., NUHOĞLU, A., BAYRAKTAR, H., “Impacts of Some Meteorological Parameters on SO<sub>2</sub> and TSP Concentrations in Erzurum, Turkey”, Chemosphere, 59, 1633-1642, 2005.