


KİRLETİCİ PARAMETRELERİN ATMOSFERDEKİ YOĞUNLUKLARINA DAİR SINIR DEĞERLER: ÖRNEK ÇALIŞMA MUŞ İLİNİN HAVA KİRLİLİĞİ

Zinnur YILMAZ^{1*} , Mustafa Bünyamin KARAGÖZOĞLU¹ , Berk KÖKER¹ 
Sefa Furkan SELÇUK¹ 

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 58140, Merkez/Sivas-Türkiye

Öz

Hem iklim değişikliğinin bir girdisi, hem de bir çıktısı durumunda olan hava kirliliği, canlı yaşantısını ve çevresel dengeyi etkileyen önemli bir çevre sorunudur. Hava kirliliği canlı sağlığına ve çevreye olumsuz yönde etki etmektedir. Avrupa’da hava kirletici sınır değerleri son on yıllarda önemli ölçüde düşürülmüş ve bu durum hava kalitesinde iyileşme ile sonuçlanmıştır. Fakat hala hava kirleticilerin değerleri oldukça yüksektir ve hava kalitesiyle olan sorunlar devam etmektedir. Yasal düzenlemelerle belirlenen hava kirleticilere ait ölçülen değerler düzenli ve planlı olarak izlenmeli, canlı sağlığını olumsuz yönde etkilediği zaman acil müdahale mekanizmaları devreye girmelidir. Bu nedenle çalışmada 2012- 2021 yılları arasında Muş ilinin hava kalitesi düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada PM10 ve SO₂ parametrelerin yıl, mevsim, ay, gün ve saatlik değerleri olarak hesaplanmış ve ölçümler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. PM10 (40 µg m⁻³) ve SO₂ (20 µg m⁻³) değerlerinin Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirlenen yıllık ortalama değerleri genellikle aştığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, PM10, SO₂, sınır değer

LIMIT VALUES FOR THE DENSITY OF POLLUTANT PARAMETERS IN THE ATMOSPHERE: SAMPLE STUDY AIR POLLUTION OF MUŞ PROVINCE

Abstract

Air pollution, which is both an input and an output of climate change, is an important environmental problem that affects living life and environmental balance. Air pollution has a negative effect on live health and the environment. Air pollutant limit values in Europe have been significantly reduced in recent decades, resulting in improved air quality. But the values of air pollutants are still quite high and problems with air quality continue. The measured values of air pollutants determined by legal regulations should be monitored regularly and planned, and emergency response mechanisms should be put in place when it adversely affects live health. Therefore, in this study, it is aimed to determine and evaluate the air quality levels of Mus province between 2012 and 2021. In the study, PM10 and SO₂ parameters were calculated as year, season, month and hourly values and measurements were compared with each other. PM10 (40 µg m⁻³) and SO₂ (20 µg m⁻³) were generally found to exceed the annual average values set out in the Air Quality Assessment and Management Regulation.

Keywords: Air Pollution, PM10, SO₂, limit value

*Sorumlu Yazar: Zinnur YILMAZ, zinnuryilmaz@cumhuriyet.edu.tr

1. GİRİŞ

Dünyadaki çevre sorunlarından en önemlilerden biri hava kirliliğidir. Sanayi ve üretime dönük fabrikalarının sayısındaki artış, atık hava ve baca gazı tozunu gidermek için düşük enerji tüketimi ve tek seferde büyük miktarda havayı temizleyebilecek olan filtrelerin kullanılması gerekirken bu özellikleri taşımayan kalitesiz filtrelerin kullanılması en büyük hava kirliliği nedenleri arasındadır. Ayrıca taşıtların fosil yakıtlı araçların yanma sonucunda egzoz emisyonlarından çıkan hidro karbon (HC), azot oksit bileşikleri (NO_x), partikül madde (PM), karbon monoksit (CO) e karbondioksit (CO₂) oluşumuna neden olan duman ve ısınmak amacıyla kullanılan hidrokarbon ve yüksek oranlarda karbon içeren doğal enerji kaynağı olan fosil yakıtlar da havada bulunan oksijenin azalmasına sebep olmaktadır [1–3]. Çünkü tüm fosil yakıtlar yandığında CO₂ açığa çıkarır, böylece iklim değişikliğini hızlandırır. Yanan kömür, petrol ve türevleri, atmosferik partikül maddesine, dumana ve asit yağmuruna katkıda bulunur. Hava kirliliği, atmosferin doğal özelliklerini olumsuz yönde etkileyen fiziksel, kimyasal veya biyolojik ajanla/larla ortamların kirlenmesidir [4]. Ayrıca hava kirliliği, volkanik patlamalar, ormanlarda çıkan yangınlar, yer hareketleri gibi doğal afetlerden oluşabileceği gibi, ulaşım, endüstrileşme, ısınma ile enerji üretimi gibi antropojenik kökenli de oluşabilmektedir. Nüfusun artmasıyla birlikte artan kentleşme ve sanayileşme gibi çevre sorunları da hava kirliliğine katkıda bulunmaktadır [5]. Bu aşamada, hava kalitesi izleme istasyonları ile hava kirliliği modellenmesi için yapılan çalışmalar, oluşabilecek tehlikeleri göstermek ve hızlı bir şekilde müdahale etme de kullanılan önemli araçlardır. Yasal düzenlemelerle kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyon sınır değerleri, bu araçlarla sürekli ve planlı şekilde izlenmeli, kirlilik canlı sağlığını tehdit edecek kritik boyutlara ulaştığında acil bir şekilde müdahale edilmelidir. Türkiye'de 1950'lerde başlayan sanayileşme ile birlikte hava kirliliği, şehirleşmenin de hızlanmasına bağlı olarak önemli bir çevre ve sağlık sorunu haline gelmiş ve ilk kez kirletici verileri 1960'lı yıllarda kayıt altına alınmıştır [6,7]. Türkiye'de hava kirliliğini ölçen istasyonlar yıl içinde Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tavsiye ettiği kirletici limit değerlerini çoğunlukla aşmaktadır.

Hava kirliliği incelenmesinde kullanılmakta olan ‘‘Hava Kalitesi İndeksi’’ kirletici ölçümü yapılan alandaki hava kalitesinin nitelenmesinde kullanılan indekstir. 2015 yılı için Türkiye’de yönetmelikçe izin verilen PM₁₀ sınır değerine göre, 81 şehrin 43 (%53)’ünün; AB’nce izin verilen

hava kalitesi sınır değerine göre ise 19'unun (%33), bu sınır değerlerin altında hava kalitesine sahip olduğu raporlanmıştır [8]. Son yıllarda hem toplumsal sağlık hem de sosyal hayat kalitesi açısından bakıldığında hava kirliliğiyle yapılan mücadeleye rağmen metropollerde hava kalitesini belirleyen kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir [9]. 2020 yılında Türkiye'de hava kirliliği için 72 ilin partikül madde değerlerine (PM10) bakıldığında 45 ilde ulusal sınır değerleri aştığı görülmüştür.

Türkiye'deki hava kirliliği, genellikle ısınmak için kullanılan yakıtlarla ve motorlu araçlarla ilişkilidir. Ayrıca endüstrilerden çıkan emisyonlardaki kirlleticiler de bu kaynaklara eklenmektedir [10]. Hava kalitesini bozan çeşitli hava kirleticileri arasında kükürt dioksit (SO₂), asılı parçacıklar (PM) ve diğer atmosferik kirleticiler gelmektedir. Bu nedenle bu parametrelerin havadaki kütle konsantrasyonlarının araştırılması, kentsel hava kalitesinin izlenmesi için önemlidir [11]. Türkiye'de hava kirliliği genellikle SO₂ ve PM10 parametrelerinin değerlerinin ölçülmesiyle belirlenmektedir [12]. Diğer hava kirleticiler ise ülke genelinde çok az noktada ölçülmektedir.

Havadaki partikül madde insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen en önemli kirleticilerden biridir. Partikül madde (PM), katı ve sıvı damlacıkların karışımından oluştuğu gibi havada farklı boyutlarda olabilmektedir. PM10'daki "10", aerodinamik çapları 10 µm'den küçük olan toz parçacıklarını belirtmektedir [13]. PM10, kimyasal bileşiklerin karmaşık bir karışımıdır ve hem birincil hem de ikincil kökenli olabilir: birincil PM10 doğrudan kaynaklardan yayılırken ikincil PM10, esas olarak SO₂, NO_x, NH₃ ve VOC'ler dahil olmak üzere (öncü) gazların emisyonlarının kimyasal reaksiyonlarından, yoğunlaşmasından ve pıhtılaşmasından oluşmaktadır [14]. Kentsel alanlarda, karayolu taşımacılığı ve ısıtma tesisleri, PM10 emisyonuna katkıda bulunan ana unsurlar olarak bilinmektedir [15]. Birçok Avrupa ülkesinde evsel ısıtma için artan kalitesiz yakıt kullanımının da önemli bir partikül madde kaynağı olduğu kanıtlanmıştır [16]. PM10, solunum sorunlarına, bronşite, astım, akciğer veya kalp sorunlarına, göz, boğaz ve burun tahrişlerine neden olurken ve üst ve alt solunum sistemi hastalıkları arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. PM10 ve çapı 10 mikrometreden küçük diğer tanecikler akciğerlere ulaşarak iltihaplanmaya ya da insanları çok olumsuz etkileyecek kalp ve akciğer hastalıklarına neden olabilirler [16–19].

SO₂, genellikle fosil yakıtlar ile biyokütle yanması ve kükürt içeren cevherlerin eritilmesi gibi antropojenik faaliyetlerden ve ayrıca endüstri için yapılan uygulamalar, ısınmak için kullanılan

yakıtlar, enerji elde edebilmek için termik santraller ve belli bir miktar da dizel yakıtlı araçların kullanımından kaynaklanmaktadır [20, 21]. SO₂'nin yaklaşık %60'ının kömür yakılmasıyla oluştuğu hesaplanmıştır. SO₂, insanlar için doğrudan zehirleyicidir; temel olarak solunum fonksiyonlarını etkiler. SO₂ tahriş edici özelliğinden dolayı insan organları ve bitki örtüsü için tehdit oluşturduğu gibi canlılarda solunum sistemini ve akciğerlerin fonksiyonlarına ile gözlerde tahrişe neden olabilmektedir [22, 23]. Sülfürik asit ve sülfat formuna dönüşmesi durumunda insan sağlığını dolaylı olarak tehdit edebilir. Ayrıca ormansızlaşmaya neden olan asit yağmurunun ana bileşeni olarak da bilinmektedir [24].

2009 yılından itibaren Türkiye'de hava kirleticilerinin sınır değerleri kademeli olarak düşürülmeye başlanmıştır. PM10 için 2009 yılında günlük 300 µg m⁻³ ve yıllık 150 µg m⁻³ olan sınır değerler öncelikle 2014 yılına kadar eşit miktarlarda düşürülmüştür. 2014 yılından 2019'a kadar uygulanan tolerans payları sıfırlanarak PM10, DSÖ'nün tavsiye ettiği sınır değerler ile denkleştirilmiştir. 2019 yılından itibaren ülkemizdeki PM10 sınır değerleri günlük ve yıllık süreler için sırasıyla 50 µg m⁻³ ve 40 µg m⁻³ olarak uygulanmaktadır. Ülkemizde hava kirliliği ve kontrolü izlenmesi kapsamında 2008 yılında Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) yürürlüğe girmiştir. HKDYY'ye göre 24 saatlik ortalama PM10, izin verilebilir sınır değerinin yılda 35 kereden fazla aşılması istenmez. DSÖ ise 2021 yılının son aylarında yaptığı açıklamayla PM10 sınır değerini 24 saatlik ortalama 45 µg m⁻³ 'ü önerirken, yıllık ortalama değer 15 µg m⁻³ öngörülmüştür [25]. HKDYY'ye göre SO₂ için 24 saatlik ortalama sınır değeri ise 20 µg m⁻³'tür. HKDYY'de verilen PM10 ve SO₂ için sınır değerlerin yıllara göre değişimi aşağıda Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Türkiye için yıllara göre PM10 ve SO₂ sınır değerleri [26, 27].

| Parametre (µg m ⁻³). | Zaman | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|----------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PM10 | 24 saat | 180 | 140 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 50 | 50 |
| | 1 yıl | 96 | 78 | 60 | 56 | 52 | 48 | 44 | 40 | 40 | 40 |
| SO ₂ | 24 saat | 310 | 280 | 250 | 225 | 200 | 175 | 150 | 125 | 125 | 125 |
| | 1 yıl | 36 | 28 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

Bu çalışmada 2012- 2021 yılları arasında Muş ilinin hava kalitesi düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada PM10 ve SO₂ parametrelerin yıl, mevsim, ay, gün ve saatlik değerleri olarak hesaplanmış ve ölçümler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Muş ili, son yıllarda hava kirliliğinden çok ciddi boyutlarda etkilenmektedir. Bu bağlamda HKDYY'ne göre Muş'ta hava kirleticileri ile ilgili SO₂ ve PM10 verileri analiz edildiğinde (özellikle PM10 için) normal değer oldukça üstünde seyrettiği görülmektedir.

Bu çalışmada aşağıdaki belirlenen araştırma sorularına cevap aranmaktadır.

- Muş'ta hava kirliliği parametrelerin zamansal (saatlik, günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık) değişimi nasıldır?
- Muş'ta hava kirliliği oluşturan parametrelerin HKDYY'de izin verilebilir sınır değerleri ile yıllar arasında ölçümler arasındaki ilişki nedir?
- Muş'ta hava kirliliği oluşturan parametrelerin değerlerinin yıllara göre eğilim yönü nedir?

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Muş ili, 39 29' ve 38 29' kuzey enlemleriyle 41 06' ve 41 47' doğu boylamlarında ve Doğu Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Muş, yüzölçümü 8196 km² ile Türkiye'nin yüzölçümü olarak yüzde 1,1'ini kaplamaktadır [28]. 1941-2021 arasında Muş'un ortalama hava sıcaklığı 9.8 °C, ortalama güneşlenme süresi 6.5 saat, ortalama yağışlı gün sayısı 98.2 ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise 762.5 mm.'dir [29].

Bu çalışma için hava kirletici parametrelerin verileri T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesinden alınmıştır [30]. Araştırmada, PM10 ve SO₂ değişkenlerinin yıllara, mevsimlere, aylara, günlere ve saatlere göre değerlerinin değişimi irdelenmiştir. Mevsimsel açıdan yapılan değerlendirmede, kış sezonu 1 Ekim–31 Mart, yaz sezonu 1 Nisan–30 Eylül arasındaki değerleri kapsamaktadır. PM10 ve SO₂ için yapılan ölçümler HKDYY'de verilen sınır değerler bazında 2021 yılı için geçerli olan en düşük sınır değerler dikkate alınmış ve karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Yıllara göre hava kirletici değerleri

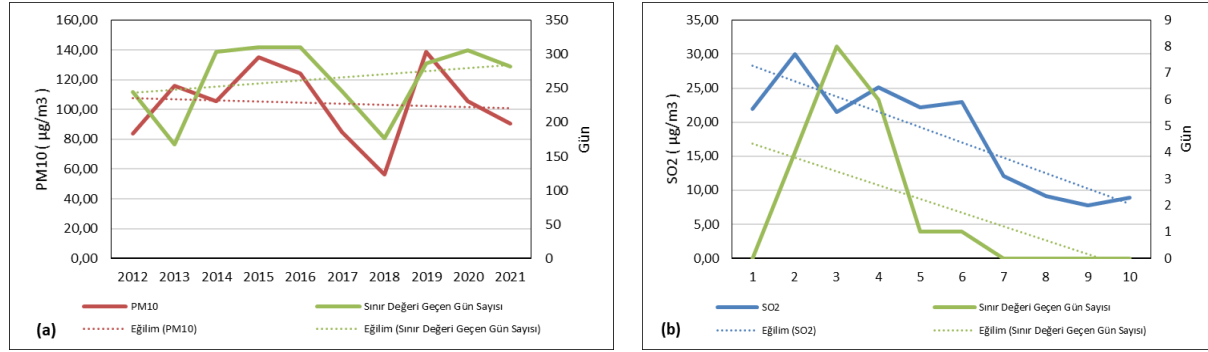
Araştırmada 1 Ocak 2012-31 Aralık 2021 tarihleri arasındaki 3653 gün boyunca 24 saatlik ölçüm değerleri baz alınmıştır. PM10 için 3199 gün (%87.6) ve SO₂ için 3359 gün (%91.9) ölçüm değerleri kullanılmıştır. Muş Hava Kalitesi İzleme İstasyonu 2012- 2021 tarihleri arasındaki hava kalitesi saatlik PM10 ve SO₂ değerlerinin yıllara göre ortalama değerleri hesaplanarak Çizelge 2’de verilmiştir. PM10 parametresi için en yüksek ölçüm değeri 2019 yılında kaydedilmiştir. 2012-2021 yılları arası PM10’in ortalaması ise 103.30± 64.89 µg m⁻³ (en az-en çok 4.52-573.85 µg m⁻³) olarak hesaplanmıştır. Ortalama SO₂ değerleri ise 2012 yılında 21.93±21.20 ve 2021’de 8.95±4.12 µg m⁻³ ölçülmüştür. SO₂ parametresi için ise en yüksek ölçüm değeri 2013 yılın da kaydedilmiş olup, 2012-2021 yılları arası SO₂’in ortalaması 17.55±23.91 µg m⁻³ (en az-en çok 0.63-223.95 µg m⁻³) olarak bulunmuştur.

Çizelge 2. Muş’ta PM10 ve SO₂ parametresinin yıllara göre değerleri.

| Yıl | PM10 | | | | SO ₂ | | | |
|------|--------------|--------------|--|--------------------------------|-----------------|--------------|--|--------------------------------|
| | Ort ± ss | Min-max | Sınır Değeri Aşan Gün Sayısı – Yılda Kirli Gün (%) | Veri Tamlığı (Saat olarak - %) | Ort ± ss | Min-max | Sınır Değeri Aşan Gün Sayısı – Yılda Kirli Gün (%) | Veri Tamlığı (Saat olarak - %) |
| 2012 | 83.80±42.76 | 7.08- 200.98 | 245- 74.2 | 87.6 | 21.93±21.20 | 2.51- 124.72 | 0 - 0 | 98.4 |
| 2013 | 116.17±92.37 | 21.99-573.85 | 168 - 82.8 | 52.5 | 29.94±31.26 | 1.58-216.03 | 4 - 1.9 | 55.0 |
| 2014 | 105.36±59.36 | 28.44-460.43 | 304 - 92.7 | 85.3 | 21.48±32.74 | 0.63-199.74 | 8 - 2.4 | 90.6 |
| 2015 | 135.04±70.58 | 28.39-483.79 | 310 - 90.9 | 88.4 | 25.08±33.15 | 0.85-223.95 | 6 - 1.7 | 91.7 |
| 2016 | 124.42±72.80 | 31.35-482.38 | 310 - 95.7 | 80.4 | 22.17±28.91 | 1.62-128.80 | 1 - 0.3 | 82.3 |
| 2017 | 85.06±50.18 | 14.52-290.91 | 246 - 74.1 | 79.6 | 22.92±26.41 | 1.13-128.34 | 1 - 0.3 | 84.7 |
| 2018 | 56.41±32.59 | 4.52-196.73 | 177 - 51.2 | 80.6 | 12.14±15.93 | 1.32-79.47 | 0 – 0 | 87.5 |
| 2019 | 138.56±76.57 | 15.08-392.55 | 286 - 91.4 | 79.7 | 9.13±6.65 | 3.01-36.30 | 0 – 0 | 99.2 |
| 2020 | 105.72±44.01 | 20.63-314.70 | 306 - 89.2 | 91.2 | 7.74±4.59 | 3.76-29.05 | 0 – 0 | 99.0 |
| 2021 | 90.65±52.12 | 16.38-427.90 | 282 - 83.2 | 84.2 | 8.95±4.12 | 4.78-27.84 | 0 – 0 | 86.2 |

Sivas ili için yapılan 2016-2020 yıl arasında üç hava kalitesi izleme istasyonunun değerlendirildiği benzer bir çalışmada PM10 konsantrasyon değerlerinin 2017 - 2020 yılları arasında azaldığı raporlanmıştır [31]. Muş için yapılan bu çalışmada PM10 ve SO₂ için hesaplanan ortalama değerlerinin yıllara göre değişimi ve eğilim analizi Şekil 1’de gösterilmektedir. PM10 parametresi

için 2012-2021 yılları arasında havadaki konsantrasyonunda azalma, yönetmelikle belirlenen sınır değeri geçen gün sayısında artma, SO₂ parametresi için ise konsantrasyon ve yönetmelikle belirlenen sınır değeri geçen gün sayısında azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 1. PM10 (a) ve SO₂ (b) değerlerinin yıllara göre değişimi ve eğilim analizi

Türkiye'de yıllık ortalama PM10 ve SO₂ konsantrasyon seviyeleri ile meteorolojik faktörlerin etkilerinin incelemek amacıyla yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde bu çalışmada elde edilen konsantrasyon seviyeleri ile aşağıda sunulan çalışmalarda elde edilen konsantrasyon seviyeleri arasında bir benzerlik olduğu görülmektedir.

2001-2003 tarihleri arasında Bursa ili için yapılan çalışmada, ölçüm periyodu boyunca ölçülen ortalama PM10 ve SO₂ konsantrasyonları sırasıyla $98.0 \pm 220.0 \mu\text{g m}^{-3}$ ve $40.0 \pm 35.0 \mu\text{g m}^{-3}$ [32]; İç Anadolu Bölgesinin değerlendirildiği başka bir çalışmada ise 2007-2013 tarihleri arasında ölçülen PM10 konsantrasyonlarının ölçüm periyodu boyunca yıllık ortalama değerlerini $78.0 \pm 26.0 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak bulunmuştur [33]. Benzer diğer bir çalışmada ise çalışma da ise, SO₂ konsantrasyon seviyelerini $6.6-49.7 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak bulmuşlardır [34]. Ayrıca Dünya genelinde 2008-2012 yılları arasında 1600 şehirde yapılan çeşitli çalışmalarda elde edilen PM10 konsantrasyon değerlerinin $9.0-100.0 \mu\text{g m}^{-3}$ arasında değişim gösterdiği vurgulanmıştır [35].

3.2. Mevsimlere göre hava kirletici değerleri

Dış ortam havasında kirleticilerin konsantrasyonları hava kirliliği açısından temel bir durum göstergesidir. Atmosferik şartlar, kirleticilerin dağılmasında ve taşınmasında önemli rol oynamaktadır ve Özellikle yükseklik, rüzgar hızı ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmektedir.

İlave olarak bağıl nem ve basınç gibi meteorolojik faktörler de, atmosferdeki kimyasal reaksiyonların oluşumunu ve hızını etkilemekte ve bu da kirletici konsantrasyonlarının değişimine neden olmaktadır [36,37]. SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının maksimum değerleri genellikle hava sıcaklığının düşük olduğu mevsimlerde elde edilmektedir. Yakıt tüketimi hava sıcaklığına bağlı olduğu için sıcaklık bir kirlilik kontrol parametresi olarak kabul edilmektedir [38].

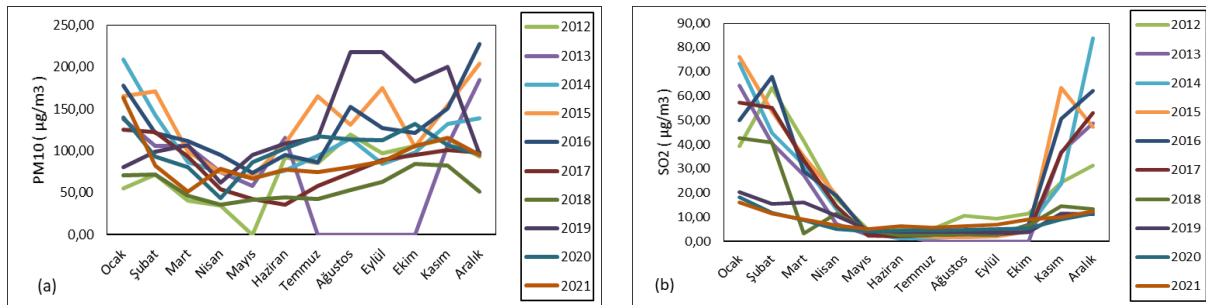
Ankara için (1997-2017 yılları arası) yapılan bir araştırmada PM₁₀ değerlerinin aylık davranışına bakıldığında, kış ayları ortalamalarının diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu hesaplanmıştır [39]. Mevsimlere göre 24 saatlik ortalama PM₁₀ değerleri incelendiğinde; kış için en yüksek değer 161.14 µg m⁻³ ile 2013-2014, en düşük değer ise 46.76 µg m⁻³ ile 2011-2012, yaz için en yüksek değer 136.47 µg m⁻³ ile 2018-2019, en düşük değer ise 47.09 µg m⁻³ ile 2017-2018 sezonunda bulunmuştur. SO₂ değerleri incelendiğinde ise kış için en yüksek değer 47.94 µg m⁻³ ile 2013-2014, en düşük değer ise 10.43 µg m⁻³ ile 2020-2021 iken yaz için en yüksek değer 8.71 µg m⁻³ ile 2011-2012, en düşük değer ise 4.09 µg m⁻³ ile 2013-2014 sezonunda saptanmıştır (Çizelge 3). Doğalgazın Muş'a 2016 yılında gelmesi ve kullanımının yaygınlaşması, kışın ısınma amacıyla katı yakıtların kullanımının azalması ile 2016 yılından sonra kış mevsimi için ölçülen SO₂ değerlerinde hızlı bir düşüş görülmektedir.

Çizelge 3. Muş'ta PM₁₀ ve SO₂ parametresinin mevsimlere göre değerleri (µg m⁻³).

| Dönem | PM ₁₀ | | SO ₂ | |
|-----------|------------------|------------|-----------------|------------|
| | Kış Sezonu | Yaz Sezonu | Kış Sezonu | Yaz Sezonu |
| 2011-2012 | 46.76 | 87.62 | 34.20 | 8.71 |
| 2012-2013 | 111.24 | 76.03 | 32.99 | 4.47 |
| 2013-2014 | 161.14 | 85.98 | 47.94 | 4.09 |
| 2014-2015 | 134.35 | 123.01 | 46.12 | 4.92 |
| 2015-2016 | 136.47 | 106.70 | 41.12 | 5.10 |
| 2016-2017 | 142.47 | 59.50 | 43.40 | 4.74 |
| 2017-2018 | 81.65 | 47.09 | 30.36 | 4.43 |
| 2018-2019 | 84.13 | 136.47 | 14.45 | 5.18 |
| 2019-2020 | 133.08 | 102.62 | 10.89 | 4.71 |
| 2020-2021 | 104.66 | 77.85 | 10.43 | 6.38 |

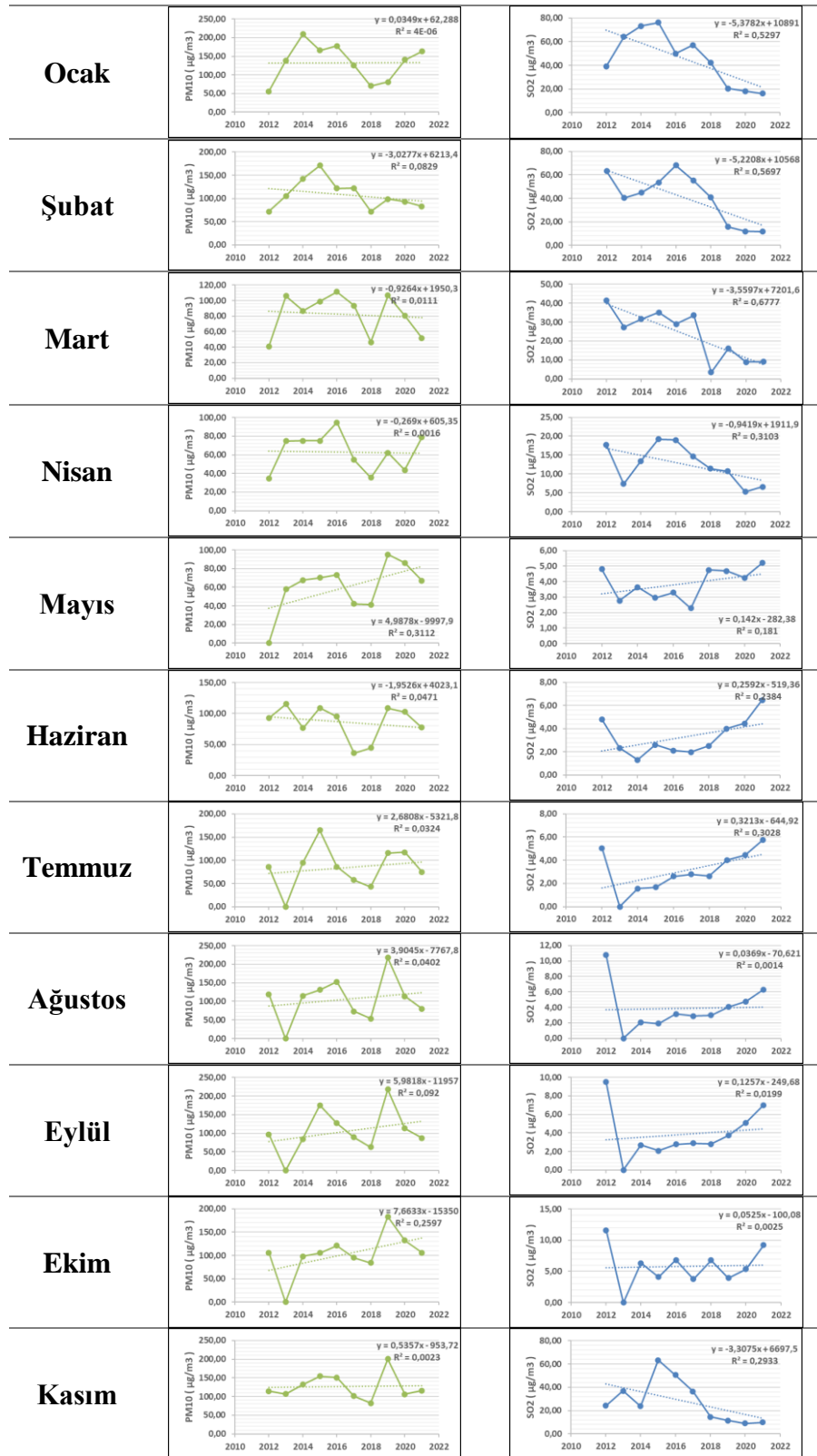
3.3. Aylara göre hava kirletici değerleri

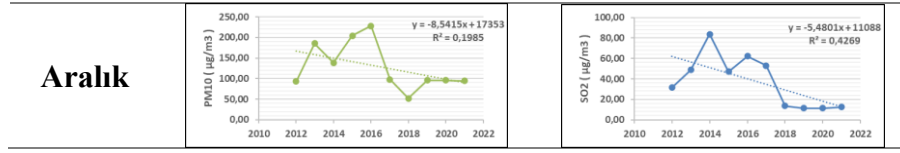
Aylara göre ortalama PM10 değerleri incelendiğinde en yüksek değer 2016 yılı Aralık ayında $228.10 \mu\text{g m}^{-3}$, en düşük değer ise $34.73 \mu\text{g m}^{-3}$ ile 2012 yılı Mart ayında bulunmuştur. SO₂ değerleri incelendiğinde ise en yüksek değer 2014 yılı Aralık ayında $83.67 \mu\text{g m}^{-3}$, en düşük değer ise $1.31 \mu\text{g m}^{-3}$ ile 2014 yılı Haziran ayında saptanmıştır (Şekil 2). 2012-2021 yılları arası aylık ortalama PM10 ve SO₂ değerlerine bakıldığında sırasıyla en yüksek değerler Kasım ($126.48 \mu\text{g m}^{-3}$) – Ocak ($44.52 \mu\text{g m}^{-3}$), en düşük değerler ise Nisan ($64.81 \mu\text{g m}^{-3}$) – Haziran ($3.18 \mu\text{g m}^{-3}$) aylarında hesaplanmıştır. Erzurum’da yapılan bir çalışmada PM10 için en yüksek aylık değer Ocak, en düşük değer Mayıs ayında, SO₂ için en yüksek ortalama değer Şubat, en düşük değer ise Haziran ayında kaydedildiği raporlanmıştır [40]. Hindistan’da 2016-2019 yılları için yapılan bir çalışmada ise en yüksek PM10 değerinin Ocak ($125.09 \mu\text{g m}^{-3}$), en düşük değer ise Temmuz ayında ($41.35 \mu\text{g m}^{-3}$), SO₂ için ise en yüksek değer Kasım ayında ($16,58 \mu\text{g m}^{-3}$), en düşük değerinde Ekim ayında ($8,05 \mu\text{g m}^{-3}$) ölçüldüğü tespit edilmiştir [41].



Şekil 2. PM10 (a) ve SO₂ (b) değerlerinin aylara göre değişimi.

Hava kirleticilerin aylara göre değerlerinin yıllara göre eğimlerine bakıldığında SO₂'nin PM10'a göre daha doğrusal olduğu sonucuna varılmaktadır. 2012 ve 2021 yılları arasında SO₂ için en yüksek eğilim değerinin, Mart aylarında, negatif (düşüş) şekilde ($R^2=0.6777$), PM10'de ise Mayıs aylarında, pozitif (artış) şekilde ($R^2=0.3112$) ulaşıldığı tespit edilmiştir (Şekil 3). Aylara göre ortalama PM10 ve SO₂ değerleri incelendiğinde ise hava sıcaklığının az olduğu aylarda kirletici parametre değerleri hava sıcaklığının fazla olduğu aylara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir.



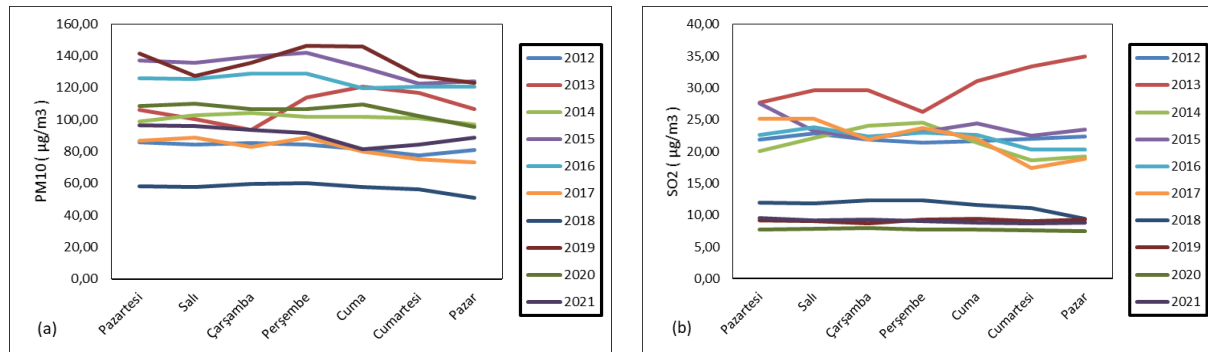


Şekil 3. Muş'ta PM10 ve SO₂ parametresinin aylara göre değerleri ($\mu\text{g m}^{-3}$) ve yıllara göre eğimleri

3.4. Günlere göre hava kirletici değerleri

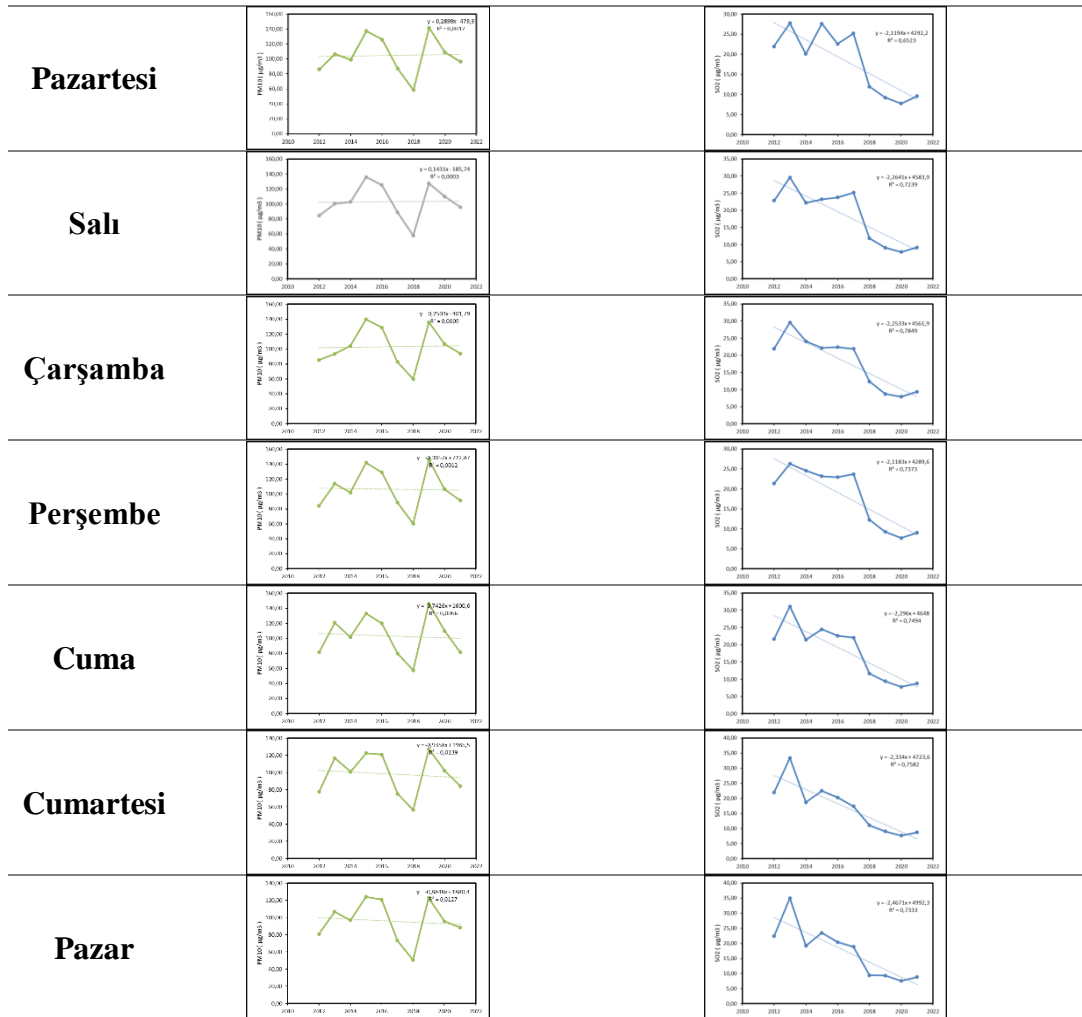
1 Ocak 2012-31 Aralık 2021 tarihleri arasında günlere göre PM10 ve SO₂ değerleri incelendiğinde; ortalama PM10'un en yüksek olduğu gün 146.11 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2019 yılı Salı günleri, en düşük olduğu gün 50.79 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2018 yılının Pazar günleri iken; ortalama SO₂'ünün en yüksek olduğu gün 35.00 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2013 yılı Pazar günleri, en düşük 7.55 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2020 yılı için yine Pazar günleri olduğu hesaplanmıştır. 2012-2021 yılları arası genel PM10'ın ortalamasına bakıldığında ise en yüksek Perşembe (106.31 $\mu\text{g m}^{-3}$), en düşük Pazar (95.66 $\mu\text{g m}^{-3}$) iken SO₂ için en yüksek değer Salı (17.84 $\mu\text{g m}^{-3}$), en düşük değer ise Cumartesi (16.33 $\mu\text{g m}^{-3}$) günlerinde ölçüldüğü hesaplanmıştır (Şekil 4). Muş'ta PM10 ve SO₂ parametresi konsantrasyon değerlerinin hafta içi, hafta sonuna göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Çin'in Xiangyang kentinde yapılan çalışmada 1 Mart 2018'den 28 Şubat 2019'a kadar her iki kirletici için hafta içi günlerinde (PM10=108.64 $\mu\text{g m}^{-3}$ – SO₂= 14.14 $\mu\text{g m}^{-3}$) haftasonuna göre (PM10=104.70 $\mu\text{g m}^{-3}$ – SO₂= 13.47 $\mu\text{g m}^{-3}$) yüksek çıktığı tespit edilmiştir [42]. Yine Çin'de yapılan başka bir çalışmada ise 2015-2016 yıllarında 336 şehrin ortalama PM2.5, PM10, SO₂, NO₂ ve CO konsantrasyonlarına bakılmış ve bu çalışmada, PM2.5, PM10, SO₂, NO₂ ve CO konsantrasyonlarının hafta içi özellikle Pazartesi ve Cuma günleri en yüksek olurken, en düşük konsantrasyon değerlerinin Pazar günü olduğu tespit edilmiştir [43].



Şekil 4. PM10 (a) ve SO₂ (b) değerlerinin günlere göre değişimi.

Hava kirleticilerin gün değerlerinin yıllara göre eğimlerine bakıldığında SO₂'nin PM10'a göre daha doğrusal bir trend izlediği sonucuna varılmaktadır. 2012'den 2021 yılına gelindiğinde, SO₂ için en yüksek eğilim değeri, R²=0.7849 ile Çarşamba (negatif-düşüş), PM10'de ise R²=0.0139 ile Cumartesi (negatif-düşüş) günlerinde hesaplanmıştır. Günlere bakıldığında SO₂'nin daima negatif ve birbirine yakın trendde olduğu (R²=0.6523-0.7849 arasında), PM10'da ise çok düşük derecede bir ilişkinin olduğu görülmektedir (R²=0.0003-0.0139 arasında) (Şekil 5).

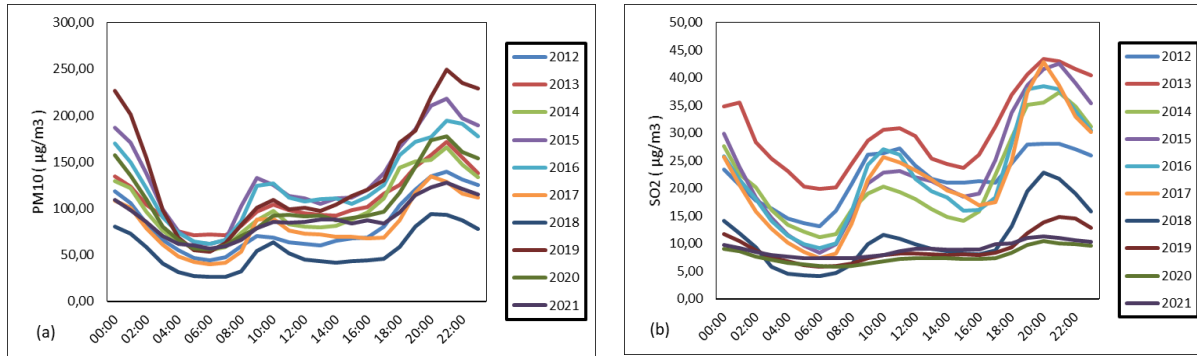


Şekil 5. Muş'ta PM10 ve SO₂ parametresinin günlere göre değerleri (µg m⁻³) ve eğimleri

3.5. Saatlere göre hava kirletici değerleri

Sıcaklık, hava kirliliği ile en sıkı bağlantısı olan parametredir. Bundan dolayı özellikle gün içindeki ani sıcaklık değişimleri ile ısınma dönemi arasındaki en yüksek ve en düşük sıcaklıklar, hava sıcaklığının 0 °C'nin altına düştüğü günlerin sayısı çok önemlidir. Havanın sıcaklığı, yapılarda ısınmak için kullanılan yakıtların yanma zamanlarını ve seviyelerini belirleyerek, direk yakıt miktarını belirlemekte, bu durumda hava kirliliğine etki etmektedir. Türkiye'de hava sıcaklığı 18 °C'nin altına indiği zaman ısınmak için yanma olayı başlamaktadır. Bundan dolayı yanma dönemini gösteren 18 °C'nin altındaki aylık, mevsimsel ve günlük sıcaklıklar son derece önemli olmaktadır [44,45].

Saatlere göre ortalama PM10 değerleri incelendiğinde; en yüksek değer 249.12 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2019 yılı 21:00, en düşük saatlik değer ise 26.05 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2018 yılı için 06:00 saatlerinde ölçüldüğü hesaplanmıştır. SO₂ değerleri için en yüksek değer 43.41 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2013 yılı 20:00, en düşük değer ise 4.19 $\mu\text{g m}^{-3}$ ile 2018 yılı 06:00 saatlerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). 2012-2021 yılları arası genel PM10'in ortalamasına bakıldığında en yüksek değer 21:00 (164.90 $\mu\text{g m}^{-3}$), en düşük değer ise 06:00 (52.95 $\mu\text{g m}^{-3}$); SO₂ için en yüksek değer 20:00 (27.82 $\mu\text{g m}^{-3}$), en düşük değer ise 06:00 (9.07 $\mu\text{g m}^{-3}$) saatlerinde ölçüldüğü hesaplanmıştır.



Şekil 6. PM10 (a) ve SO₂ (b) değerlerinin saatlere göre değişimi.

Türkiye'de yapılan araştırmalarda ölçüm periyodu boyunca hesaplanan PM10 konsantrasyonlarının 24 saatlik ortalama değerleri dikkate alındığında EU Direktifi ve HKDYY'de belirtilen 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ sınır değerini 81 ilden 72 il, Japonya Çevresel Kalite Standartları'nda belirtilen 100 $\mu\text{g m}^{-3}$ sınır değerini ise 81 ilden 68 ilin aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca PM10

konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri dikkate alındığında ise 81 ilden 67 il DSÖ tarafından belirlenen $40 \mu\text{g m}^{-3}$ sınır değerinin üstünde kaldığı araştırma bulgularının sonuçları olarak karşımıza çıkmaktadır [35].

4. SONUÇ

Bu çalışmada Muş ili hava kalitesinin değişimi, 2012-2021 yılları arasında PM10 ve SO₂ parametrelerindeki değişikliklere bakılarak incelenmiştir. Çalışmadan çıkan sonuçlar;

- PM10 değerlerinin HKDYY’de belirlenen yıllık ortalama $40 \mu\text{g m}^{-3}$ değerinin her yıl aştığı; SO₂ için belirlenen yıllık $20 \mu\text{g m}^{-3}$ değerini 2012 yılından 2017 yılına kadar her yıl aştığı, 2018 yılından itibaren ise bu sınır değeri aşmadığı görülmüştür. Çalışmada PM10 ve SO₂ değerlerinin yıllar içerisinde bazen artış bazen de düşüş gösterdiği, genelde her iki parametrede azalma trendine girdiği görülmektedir.
- Çalışmada 24 saatlik ortalama PM10 sınır değerlerinin en çok 2015 ve 2016 yıllarında 310 (ölçüm yapılan gün sayısına oranı: %90.9- %95.7) gün ile aşıldığı en az ise 2013 yılında 168 (ölçüm yapılan gün sayısına oranı: %82.8) gün ile aşıldığı görülmektedir.
- Muş ili için 2012-2021 yıllarında hava kirletici parametrelerine bakıldığında ortalama PM10 için mevsim olarak Kış, ay olarak Ocak, gün olarak Perşembe, saat olarak 21:00, SO₂ için ise mevsim olarak Kış, ay olarak Ocak, gün olarak Salı ve saat olarak 20:00’de ölçülen değerlerin en yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. PM10 ve SO₂ en yüksek değerleri

| Yıl | PM10 | | | | SO ₂ | | | |
|-----------|--------|---------|-----------|-------|-----------------|--------|-----------|-------|
| | Mevsim | Ay | Gün | Saat | Mevsim | Ay | Gün | Saat |
| 2012 | Kış | Ağustos | Pazartesi | 21:00 | Kış | Şubat | Salı | 20:00 |
| 2013 | Kış | Aralık | Cuma | 21:00 | Kış | Ocak | Pazar | 20:00 |
| 2014 | Kış | Ocak | Çarşamba | 21:00 | Kış | Aralık | Perşembe | 21:00 |
| 2015 | Kış | Aralık | Perşembe | 21:00 | Kış | Ocak | Pazartesi | 21:00 |
| 2016 | Kış | Aralık | Perşembe | 21:00 | Kış | Şubat | Salı | 20:00 |
| 2017 | Kış | Ocak | Salı | 20:00 | Kış | Ocak | Pazartesi | 20:00 |
| 2018 | Kış | Ekim | Perşembe | 20:00 | Kış | Ocak | Çarşamba | 20:00 |
| 2019 | Yaz | Ağustos | Perşembe | 21:00 | Kış | Ocak | Cuma | 21:00 |
| 2020 | Kış | Ocak | Salı | 21:00 | Kış | Ocak | Çarşamba | 20:00 |
| 2021 | Kış | Ocak | Pazartesi | 21:00 | Kış | Ocak | Pazartesi | 20:00 |
| 2012-2021 | Kış | Ocak | Perşembe | 21:00 | Kış | Ocak | Salı | 20:00 |

- Mevsimlere göre PM10 (2011-12 ve 2018-19 hariç) ve SO₂ değerleri kış, yaz sezonuna göre yüksek olduğu; PM10 değerleri en yüksek sırasıyla Kasım ayında 126.48 µg m⁻³; Ocak ayında 124.24 µg m⁻³; Aralık ayında 123.76 µg m⁻³; SO₂ değerleri ise en yüksek sırasıyla Ocak ayında 44.52 µg m⁻³; Şubat ayında 39.16 µg m⁻³ ve Aralık ayında 36.35 µg m⁻³ olarak bulunmuştur.
- Muş ili için 2012-2021 yıllarında hava kirletici parametrelerine bakıldığında ortalama PM10 için mevsim olarak Yaz, ay olarak Nisan, gün olarak Pazar, saat olarak 06:00, SO₂ için ise mevsim olarak Yaz, ay olarak Haziran gün olarak Cumartesi ve saat olarak 06:00'de ölçülen değerlerin en düşük olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 5).
- PM10 ve SO₂ değerlerindeki yıl/yıllar içinde dalgalanmanın sebebi özellikle kış aylarında ısınma amaçlı kömür tüketimidir. Yaz aylarında kömür tüketimi olmamasından dolayı PM10 ve SO₂ değerleri azalmaktadır. Ayrıca doğalgazın Muş'a 2016 yılında gelmesi ve kullanımının yaygınlaşmasından dolayı 2016 yılından sonra kış mevsimi için ölçülen SO₂ değerlerinde hızlı bir düşüş gerçekleşmiştir.

Çizelge 5. PM10 ve SO₂ en düşük değerleri

| Yıl | PM10 | | | | SO ₂ | | | |
|-----------|--------|---------|-----------|-------|-----------------|---------|-----------|-------|
| | Mevsim | Ay | Gün | Saat | Mevsim | Ay | Gün | Saat |
| 2012 | Yaz | Nisan | Cumartesi | 06:00 | Yaz | Mayıs | Perşembe | 06:00 |
| 2013 | Yaz | Mayıs | Çarşamba | 05:00 | Yaz | Haziran | Perşembe | 06:00 |
| 2014 | Yaz | Mayıs | Pazar | 06:00 | Yaz | Haziran | Cumartesi | 06:00 |
| 2015 | Yaz | Mayıs | Pazar | 06:00 | Yaz | Temmuz | Çarşamba | 06:00 |
| 2016 | Yaz | Mayıs | Cuma | 06:00 | Yaz | Haziran | Cumartesi | 06:00 |
| 2017 | Yaz | Haziran | Pazar | 06:00 | Yaz | Haziran | Cumartesi | 06:00 |
| 2018 | Yaz | Nisan | Pazar | 06:00 | Yaz | Haziran | Pazar | 06:00 |
| 2019 | Kış | Nisan | Pazar | 06:00 | Yaz | Eylül | Çarşamba | 06:00 |
| 2020 | Yaz | Nisan | Pazar | 06:00 | Yaz | Mayıs | Pazar | 07:00 |
| 2021 | Yaz | Mart | Cuma | 06:00 | Yaz | Mayıs | Pazar | 06:00 |
| 2012-2021 | Yaz | Nisan | Pazar | 06:00 | Yaz | Haziran | Cumartesi | 06:00 |

Kaynaklar

- [1] Ustun, S., Uzun, R.O., Çorumlu, V., ve Çetin, A., Alternatif Yakıt Karıştırılan Fosil Yakıtlı Bir Motorun Duman Koyuluklarının Karşılaştırılması. *Current Academic Studies in Engineering Sciences*, Ivpe, 1205–1211, 2019.
- [2] Griffin, R.D., *Alternative Energy*. CQ Researcher. 2 (25), 573–596, 2018.
- [3] Stephenson, M., *Energy and Climate Change, An Introduction to Geological Controls, Interventions and Mitigations*. Elsevier, 2018.
- [4] WHO, Health topics, Air pollution. World Health Organization, 2022.
- [5] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Hava Kirliliği Raporu-2018. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2019.
- [6] Garipağaoğlu, N., Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 9 57–77, 2006.
- [7] Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Gürgen, G., Ankara’da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 14 (2), 1–18, 2004.
- [8] Zencirci, S.A., Işıklı, B., Hava Kirliliği. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*. 2 (2), 24–36, 2017.
- [9] Mage, D., Ozolins, G., Peterson, P., Webster, A., Orthofer, R., Vandeweerd, V., ve diğ., Urban Air Pollution in Megacities of The World. *Atmospheric Environment*. 30 (5), 681–686, 1996.
- [10] The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), *OECD Environmental Outlook to 2050*. OECD Publishing, 2012.
- [11] Sezer Turalıoğlu, F., Nuhoğlu, A., Bayraktar, H., Impacts of Some Meteorological Parameters on SO₂ and TSP Concentrations İn Erzurum, Turkey. *Chemosphere*. 59 (11), 1633–1642, 2005.
- [12] Cavkaytar, Ö., Soyer, Ö.U., Şekerel, E., Türkiye’de Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Sağlık Sorunları. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*. 2 (4), 105–111, 2013.
- [13] Kim, K.-H., Kabir, E., Kabir, S., A Review on The Human Health İmpact of Airborne Particulate Matter. *Environment International*. 74 136–143, 2015.
- [14] Hooyberghs, J., Mensink, C., Dumont, G., Fierens, F., Brasseur, O., A Neural Network Forecast for Daily Average PM10 Concentrations İn Belgium. *Atmospheric Environment*. 39 (18), 3279–3289, 2005.

- [15] Unal, Y.S., Toros, H., Deniz, A., Incecik, S., Influence of Meteorological Factors and Emission Sources on Spatial and Temporal Variations of PM10 Concentrations İn Istanbul Metropolitan Area. *Atmospheric Environment*. 45 (31), 5504–5513, 2011.
- [16] Nava, S., Lucarelli, F., Amato, F., Becagli, S., Calzolari, G., Chiari, M., ve diğ., Biomass Burning Contributions Estimated by Synergistic Coupling of Daily And Hourly Aerosol Composition Records. *Science of The Total Environment*. 511 11–20, 2015.
- [17] T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri. <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-ced/ced-birimi/hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Fl%C4%B1k-etkileri.html#:~:text=Hava%20kirleticilerinin%20%C3%A7evreye%20ve%20insan,hastal%C4%B1klara%20ba%C4%9Fl%C4%B1%20hastane%20ba%C5%9Fvurular%C4%B1n%C4%B1%20art%C4%B1maktad%C4%B1r.> (Erişim Tarihi: 13.03.2023).
- [18] Turgut, D., Temiz, İ., Time Series Analysis and Forecasting for Air Pollution in Ankara: A Box-Jenkins Approach. *Alphanumeric Journal*. 3 (2), 131–138, 2015.
- [19] Babin, S., Burkom, H., Holtry, R., Tabernero, N., Davies-Cole, J., Stokes, L., ve diğ., Medicaid Patient Asthma-Related Acute Care Visits and Their Associations with Ozone and Particulates İn Washington, DC, From 1994-2005. *International Journal of Environmental Health Research*. 18 (3), 209–221, 2008.
- [20] Tecer, L.H., Tomac, N., Karaca, F., Kaplan, A., Tuncer, T., Aydin, H., The Evaluation of The Effect of Air Pollution on The Health Status of Children in Zonguldak City, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution*. 39 (3–4), 352–364, 2009.
- [21] Thi Nguyen, H., Kim, K.-H., Evaluation of SO₂ Pollution Levels between Four Different Types of Air Quality Monitoring Stations. *Atmospheric Environment*. 40 (36), 7066–7081, 2006.
- [22] Akyürek, Ö., Trabzon Kent Merkezi için Hava Kirliliği ile Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012.
- [23] Pandey, J.S., Kumar, R., Devotta, S., Health risks of NO₂, SPM and SO₂ in Delhi (India). *Atmospheric Environment*. 39 (36), 6868–6874, 2005.
- [24] Park, S.U., In, H.J., Kim, S.W., Lee, Y.H., Estimation of Sulfur Deposition in South Korea. *Atmospheric Environment*. 34 (20), 3259–3269, 2000.
- [25] WHO, Air Quality Guidelines for Europe. World Health Organization. Regional Office for Europe, 2000.
- [26] Zeydan, Ö., Assessment of Particulate Matter (PM10) Pollution in Turkey in 2019. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 11 (1), 106–118, 2021.
- [27] Resmi Gazete, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2022.

- [28] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Muş'un Coğrafi Yapısı. T.C. Muş Valiliği, 2022.
- [29] MGM, Muş ili Meteorolojik Veriler. Muş - Resmi İstatistikler., 2022
- [30] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi, 2022.
- [31] Yılmaz, Z., Karagözoğlu, M.B., Statistical Analysis of The Temporal Change of PM10 Levels in The City of Sivas (Turkey). *Air Quality, Atmosphere & Health.*, 2022
- [32] Tasdemir, Y., Cindoruk, S.S., Esen, F., Monitoring of Criteria Air Pollutants in Bursa, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment.* 110 (1), 227–241, 2005
- [33] Özel, G., Cakmakyapan, S., A New Approach to the Prediction of PM10 Concentrations in Central Anatolia Region, Turkey. *Atmospheric Pollution Research.* 6 (5), 735–741, 2015.
- [34] Bozkurt, Z., Üzmez, Ö.Ö., Döğeroğlu, T., Artun, G., Gaga, E.O., Atmospheric concentrations of SO₂, NO₂, ozone and VOCs in Düzce, Turkey Using Passive Air Samplers: Sources, Spatial and Seasonal Variations and Health Risk Estimation. *Atmospheric Pollution Research.* 9 (6), 1146–1156, 2018.
- [35] Sari, M.F., Esen, F., PM10 ve SO₂ Konsantrasyonları ve Meteorolojik Parametrelerin Konsantrasyonlar Üzerine Etkileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.* 8 (2), 689–697, 2019.
- [36] Zafra, C., Ángel, Y., Torres, E., ARIMA Analysis of The Effect of Land Surface Coverage on PM10 Concentrations in A High-Altitude Megacity. *Atmospheric Pollution Research.* 8 (4), 660–668, 2017.
- [37] Bahrami Asl, F., Leili, M., Vaziri, Y., Salahshour Arian, S., Cristaldi, A., Oliveri Conti, G., ve diğ., Health Impacts Quantification of Ambient Air Pollutants Using Airq Model Approach İn Hamadan, Iran. *Environmental Research.* 161 114–121, 2018.
- [38] Kartal, S., Özer, U., Determination and Parameterization of Some Air Pollutants as a Function of Meteorological Parameters in Kayseri, Turkey. *Journal of the Air & Waste Management Association.* 48 (9), 853–859, 1998.
- [39] Akdi, Y., Okkaoğlu, Y., Gölveren, E., Yücel, M.E., Estimation and Forecasting of PM10 Air Pollution in Ankara Via Time Series and Harmonic Regressions. *International Journal of Environmental Science and Technology.* 17 (8), 3677–3690, 2020.
- [40] Koşan, Z., Kavuncuoğlu, D., Çalıkoğlu, E.O., Bilge Yerli, E., Evaluation of Air Pollution by PM10 and SO₂ Levels İn Erzurum Province, Turkey: Descriptive Study. *Journal of Surgery and Medicine,* 2, 265-268, 2018.



[41] Das, A.V., Basu, S., Environmental and Air Pollution Factors Affecting Allergic Eye Disease in Children and Adolescents in India. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (11), 5611, 2021.

[42] Xue, W., Zhan, Q., Zhang, Q., Wu, Z., Spatiotemporal Variations of Particulate and Gaseous Pollutants and Their Relations to Meteorological Parameters: The Case of Xiangyang, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17 (1), 136, 2020.

[43] Li, R., Wang, Z., Cui, L., Fu, H., Zhang, L., Kong, L., ve diğ., Air Pollution Characteristics in China During 2015–2016: Spatiotemporal Variations and Key Meteorological Factors. *Science of The Total Environment*. 648 902–915, 2019.

[44] Garipağaoğlu, N., *Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası*: İstanbul, 2011.

[45] Şahin, C., *Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri*. Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi. 1 (1), 27–45, 1989.