



## Şanlıurfa şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin topografik ve iklimatik faktörler etkisinde incelenmesi<sup>1</sup>

### Investigation of particulate matter pollution in Şanlıurfa city under the influence of topographic and climatic factor<sup>2</sup>

Ercan Vural<sup>a\*</sup>  Mehmet Sait Şahinalp<sup>b</sup> 

<sup>a</sup> Adıyaman Üniversitesi, Kahta Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Adıyaman, Türkiye.

<sup>b</sup> Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

ORCID: E.V. 0000-0002-7310-413X; M.S.Ş. 0000-0001-8848-529X

#### BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 12.08.2023

Kabul/Accepted: 10.09.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Coğrafya  
Hava kirliliği  
Partikül madde  
Şanlıurfa  
Şehir

#### Keywords:

Geography  
Air pollution  
Particulate matter  
Şanlıurfa  
Urban

\*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(E. Vural) [ercanvural@adiyaman.edu.tr](mailto:ercanvural@adiyaman.edu.tr)

DOI: 10.17211/tcd.1342144



#### Atıf/Citation:

Vural, E., & Şahinalp, M.S. (2023). Şanlıurfa şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin topografik ve iklimatik faktörler etkisinde incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (84), 53-66.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1342144>

#### ÖZ / ABSTRACT

Yaşamsal bir gereklilik olan hava kalitesi, insanlar ve diğer canlılar için hayati önem taşır. Ancak beşerî etkenlere bağlı olarak hava kalitesi farklı alanlarda ve zamanlarda düşebilir. Özellikle endüstri devrimi, kısa mesafelerdeki kirliliği küresel bir soruna dönüştürmüştür. Endüstriyel faaliyetler, teknolojik gelişme, hızlı nüfus artışı, plansız konut artışı, şehirleşme ve motorlu taşıtların çoğalması gibi beşerî etkenler kirliliğin oluşumunda etkilidir. İnsan faaliyetleri birincil sorumlu olmasına rağmen, alanın topografik, meteorolojik ve klimatolojik özellikleri de kirliliğin yayılmasında ve çökmesinde önemlidir. Bu çalışma, özellikle kış aylarında evsel ısınmadan kaynaklanan fosil yakıt kullanımı ve geçiş mevsimlerinde çöllerden gelen partikül madde kaynaklı kirliliğin Şanlıurfa Şehri'nde incelenmesini amaçlamıştır. Farklı yüksekliklerde ve karakteristik yapıda noktalarda bir yıl boyunca Pazartesi, Çarşamba ve Pazar günleri sabah 10.00-12.00 arası ve akşam güneş battıktan 1 saat sonra ölçümler yapılmıştır. Ölçümler, CEM DT-9880 partikül madde ölçer cihazı ile 2 metre yükseklikten gerçekleştirilmiştir. Ölçümlere göre, şehirde özellikle kuzeybatı, doğu ve güney bölgelerinde yer yer PM2.5 ve PM10 kirliliği saptanmıştır. Evsel ısınmadan kaynaklanan fosil yakıt kullanımı kirliliğin temel nedenidir. Kirlilikle topografik yapı arasındaki ilişki, kirliliğin dağılmasında ve çökmesinde belirgin rol oynarken, iklim ve meteorolojik faktörler sıcaklığın düşmesiyle fosil yakıt tüketimini artırarak kirliliği artırırken, rüzgârın etkisi sınırlıdır. Bulutlulu ve yağış durumunda kirlilik, bulutlu günlerde yere yakın bölgelerde toplanarak atmosfere karışmazken, yağışlı günlerde partikül madde çamurlu yağışla yeryüzüne geri düşmektedir. İnsan faaliyetleri ve doğal faktörler, partikül madde kirliliğini etkileyen en önemli unsurdur.

*Air quality, a vital necessity for humans and other living beings, holds crucial importance. However, due to anthropogenic factors, air quality can decline in various places and times. Especially with the Industrial Revolution, pollution at short distances has evolved into a global issue. Industrial activities, technological advancement, rapid population growth, unplanned urbanization, and the increase in motor vehicles are among the anthropogenic factors affecting pollution. While human activities are primarily responsible, the topographic, meteorological, and climatological characteristics of an area also play a significant role in the dispersion and settling of pollutants. This study aims to examine particulate matter-induced air pollution in Şanlıurfa City, particularly caused by domestic heating using fossil fuels in winter and particle matter originating from nearby and distant deserts during transition seasons. Measurements were taken at various heights and characteristic points within the city on Mondays, Wednesdays, and Sundays, from 10:00 AM to 12:00 PM and in the evening, an hour after sunset, for a year. Measurements were conducted at a height of 2 meters using the CEM DT-9880 particulate matter measurement device. According to the measurements, PM2.5 and PM10 pollution were observed, especially in the northwestern, eastern, and southern parts of the city. The*

<sup>1</sup> Bu çalışma Prof. Dr. Mehmet Sait ŞAHİNALP danışmanlığında Ercan VURAL tarafından hazırlanan ve Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün 21027 numaralı projesi ile desteklenen "Partikül Madde Kaynaklı Hava Kirliliğinin Şehirsel Yaşam Kalitesine Etkisinin İncelenmesi: Şanlıurfa Şehri Örneği" başlıklı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

<sup>2</sup> This study was prepared by Ercan VURAL under the supervision of Prof. Dr. Mehmet Sait ŞAHİNALP and was supported by the Harran University Scientific Research Projects Coordination Office under project number 21027. The study is titled "Examination of the Impact of Particulate Matter-Induced Air Pollution on Urban Quality of Life: A Case Study of Şanlıurfa City."

*main source of pollution was identified as fossil fuel usage for domestic heating. The relationship between pollution and the topographic structure has a significant role in dispersion and settling, while climate and meteorological factors contribute by increasing fossil fuel consumption as temperatures drop, and the impact of wind is limited. During cloudy and rainy conditions, pollution tends to gather near the surface on cloudy days, unable to mix into the atmosphere, while particulate matter pollution during rainy days settles back to the ground as muddy precipitation. Human activities and natural factors are crucial influencers of particulate matter pollution.*

## Extended Abstract

### Introduction

The clean atmosphere consists of nitrogen, oxygen, and other gases. Air pollution has negative effects on humans and the environment, driven by factors like industrialization, urbanization, and population growth. In Turkey, air pollution has become a serious issue, especially since the 1950s, with urban areas experiencing high levels of particulate matter pollution. Using the example of Şanlıurfa, this study explains how pollution is exacerbated by factors like residential heating, desert dust, and industrialization. The impact of physical geographical factors and the adverse effects on living organisms are emphasized.

### Data and Method

In this study, a CEM DT-9880 particulate matter measurement device was employed. The collected particulate matter data underwent interpolation using the Inverse Distance Weighting (IDW) method in ArcGIS software. IDW assigns values to unknown grid cells based on a linearly weighted combination of known grid cell values. Initially, a literature review was conducted, followed by the analysis and compilation of long-term meteorological data obtained from Şanlıurfa Meteorology Directorate. Digital Elevation Model (DEM) data was utilized for topographical analysis, generating relevant maps. This comprehensive study significantly contributes to understanding the relationship between particulate matter pollution and topographic and climatological factors. Furthermore, it serves as a fundamental reference for addressing air quality concerns and contributing to environmental management strategies.

### Results and Discussion

Şanlıurfa city is situated within a geographic range of elevation between 390 m and 890 m. While the southern region of the city is located at lower elevations, the north features elevated hills. The presence of plateaus and plain areas is also observed. Topography influences air pollution, determining its intensity and duration. Particularly, low-lying and concave regions are characterized by intensified air pollution. The Eyyübiye district stands out as a region with the highest particulate matter pollution, while the Karaköprü district exhibits cleaner air conditions. The city's configuration, surrounded by elevated areas to the north, west, and southwest, restricts air movements. This geographical context, particularly during winter and seasonal transitions, hampers the dispersion of particulate matter and dust particles originating from surrounding deserts. In essence, the geographical structure of Şanlıurfa influences air pollution, with pollution being most concentrated in low-lying areas. Şanlıurfa experiences a semi-arid steppe climate with high temperatures during the summer months. The annual average temperature is 18.4°C, with July

being the hottest month (31.9°C) and January the coldest (5.7°C). The demand for residential heating increases during winter months, especially due to the influence of Mount Karacadağ. Temperature inversion exacerbates pollution in low-lying areas. Precipitation plays a significant role in affecting particulate matter pollution; increased rainfall contributes to pollutant removal. Rainfall plays a crucial role in dispersing airborne pollutants and depositing them onto the ground. Raindrops help particulate matter and gas pollutants settle onto the ground surface. Rainy days can lead to a reduction in air pollution levels. Particularly, dust and particulate matter originating from deserts may combine with rain, resulting in muddy precipitation. Rainfall quantity, intensity, and wind patterns influence the dispersion of pollutants. Consequently, the interplay between rainfall and wind is crucial in understanding and mitigating air pollution. The prevailing wind direction in Şanlıurfa is predominantly west-northwest (WNW). The highest wind speed is recorded at 86.449 in the WNW direction, followed by 61.870 in the northwest direction, while the lowest speed of 10.057 is observed in the southwest. The frequency of wind patterns is highest in summer (121.802) and lowest in winter (115.377). Air pollution is particularly pronounced in winter, with western winds playing a cleansing role in the western sector, but leading to higher pollution levels in the southern sector. Particulate matter pollution with particle sizes of 2.5 µm and 10 µm was examined within the study area. Morning and evening measurements indicated peak values of 150 µg/m<sup>3</sup> (morning) and 160 µg/m<sup>3</sup> (evening) for 2.5 µm particulate matter. A similar pattern was observed for 10 µm particulate matter. Pollution tends to increase during colder temperatures due to heightened residential heating. The influence of wind on pollution dispersion is limited, as local sources predominantly contribute to pollution. Topography and buildings also mitigate the effects of wind. Measures such as establishing natural gas infrastructure, using high-quality coal, and implementing traffic regulations are recommended to reduce pollution. Insulation and urban renewal could also be effective. Future urban planning should consider wind patterns and avoid obstructing airflows. Additionally, raising awareness about mask usage during periods of heavy desert dust presence is essential. In Şanlıurfa, during the winter months, particularly from November to February, the drop in temperatures leads to increased fossil fuel usage for heating purposes, resulting in elevated levels of particulate matter pollution. The Eyyübiye district, especially its neighborhoods, experiences significant pollution in connection with this issue. As a consequence, topographical factors significantly impact pollution distribution, with elevated areas surrounding Eyyübiye leading to heightened pollution concentration. Muddy rainfall further contributes to pollution, primarily affecting vehicles and buildings. The role of wind in dispersing pollution is constrained since local sources are the primary contributors. Topography and buildings hinder the influence of wind.

The installation of natural gas infrastructure, the use of high-quality coal, and traffic management are recommended to mitigate pollution. Insulation and urban renewal would also play a vital role. Future urban planning should consider wind flow dynamics, ensuring that streets and building heights do not obstruct the airflow, thereby reducing pollution levels. Moreover, public awareness campaigns regarding mask usage during periods of intense desert dust presence are essential.

## 1. Giriş

İnsanlar ve diğer canlıların yaşadıkları atmosferin yeryüzüne yakın olan bölümü; temiz hava olarak azot, oksijen ve çok az miktarda da diğer gazlardan meydana gelmektedir. Bu gazlar atmosferde %21 oksijen, %78 azot ve %1 olarak da diğer gazlar şeklinde bulunmaktadır (İlkılınc & Behçet, 2006). Atmosferde bulunan bu gazların oranlarının doğal veya beşerî süreçler sonucunda artması veya bu gazların dışında bulunan unsurların var olması temiz havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Havanın kirlenmesi, çevre sorunları içinde yer alan oldukça önemli bir sorundur. Atmosferde toz, gaz, su buharı, duman ve koku şeklinde bulunabilecek her türlü kirlenme faktörlerinin insanlara başta olmak üzere, diğer tüm canlı ve cansız unsurları olumsuz yönde etkileyebilecek düzeye gelmesi (TÇV, 2001; Başar vd., 2005; Kırımhan, 2006; Çakır Sümer, 2014) ve hava kalitesinin düşerek, bitki ve hayvan hayatına zarar verecek düzeyde olması hava kirliliğinin en genel tanımlamalarındandır (Kaya, 2009; Kaya vd., 2009; Çetin vd., 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e; Şevik vd., 2019). Tüm ortamlarda meydana gelen kirlenmelerde sanayi faaliyetlerinin etkin bir rolü bulunmaktadır (Taş & Çakır, 2015:28). Özellikle sanayi devrimi ile başlayan ve fosil yakıt kullanımının artmasına paralel olarak artan hava kirliliği, günümüz dünyasında küresel, bölgesel ve yerel ölçekte yaşanan büyük çevre sorunlarından biri haline gelmiştir (Alkan, 2018).

Hava kirliliğinin pek çok sebebi bulunmaktadır. Plansız şehirleşme, sanayileşme, hızlı nüfus artışı, ısınma ihtiyacı, trafik, sanayi tesislerinin çeşidi, üretimi ve kuruluş yerleri ile arazi kullanım durumu en genel hava kirliliği sebepleridir (İbret & Aydınöz, 2009). Hava kirliliği kaynaklarını ise doğal süreçler ve beşerî süreçler olmak üzere iki ana gruba ayırmak mümkündür (Çakır Sümer, 2014). Küresel ölçekte yaşanan hava kirliliği beşerî faktörler aracılığı ile oluşmakta (volkanik faaliyetleri, orman ve bitki örtüsü yangınları ve toz fırtınaları hariç) sahanın fiziki coğrafya şartları ile de yoğunluğu ve şiddeti değişmektedir. Bir alandaki fiziki coğrafya şartlarından da özellikle topografik yapı, meteorolojik ve klimatolojik faktörlerin hava kirliliği şartlarının gün içinde değişmesinde birinci derecede etkili faktörlerdendir. Kirlilik yaşanan alanın yüksekliği ve çevresinin topografik durumu, klimatolojik faktörlerden sıcaklık, nem, rüzgâr, bulutluluk ve yağış hava kirliliğinin dağılmasında, şiddetinde ve yoğunluğunda oldukça etkilidir.

Türkiye’de hava kirliliği olayları özellikle 1950’li yıllarda başlayan sanayi eğilimleri ve hızlı şehirleşmeye bağlı olarak önemli bir sorun haline gelmeye başlamıştır (Garipağaoğlu, 2006). Türkiye’de 1950’lerde yaşanan hava kirliliği özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirler başta olmak üzere sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu şehirlerde görülmüştür (Bayram & Dikensoy 2006; Elbir vd., 2000; Bayram, 2005). 1950’lerden itibaren Türkiye geneline yayılan hızlı şehirleşme

hareketleri sanayileşmeye, nüfus yoğunluğunun artmasına, kullanılan fosil yakıt türlerinin değişmesine neden olmuştur. Bu etkenler de hava kirliliğinin ülke geneline yayılmasında en önemli sebep olmuştur. Ülkemizdeki ilk ciddi boyutlara ulaşan hava kirliliği sorunu 1970’li yıllarda Ankara’da yaşanmıştır (Keser, 2002:70). Türkiye’de 1990-1995 yılları arasında şehirlerin birçoğunda kış döneminde partikül maddelere bağlı hava kirliliği seviyesi oldukça yüksek seyretmiştir. Türkiye’de 1995-2000 yılları arasında partikül maddelere bağlı yaşanan hava kirliliği görülen şehir sayısı bir önceki döneme göre azalmıştır. 2000-2005 yılları arasında ise Kış dönemi ortalaması sınır değeri aşan şehir bulunmamaktadır (Garipağaoğlu, 2009:6-8). Fakat Türkiye’de özellikle son 10-15 yıl içinde hava kirliliği endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Hatta Türkiye’deki bazı şehirlerin hava kirliliği ölçüm değerleri, AB (Avrupa Birliği) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü)’nün belirlemiş olduğu ölçüm değerlerinin çok üzerinde seyretmektedir (Garipağaoğlu, 2015). Dünya Sağlık Örgütü’nün partikül madde 10 (PM<sub>10</sub>) kirlenici için belirlediği sınır değer günlük ortalama 25 µm/m<sup>3</sup>, yıllık ortalama ise 10 µm/m<sup>3</sup>, partikül madde 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) kirlenicisinde ise sınır değer günlük ortalama 50 µm/m<sup>3</sup>, yıllık ortalama belirlemiş olduğu sınır değer ise 20 µm/m<sup>3</sup>’dir. Ulusal düzeyde Türkiye’de sadece PM<sub>10</sub> kirlenici için sınır değerler belirlenmiştir. Türkiye’de PM<sub>10</sub> kirlenici için belirlenen sınır değerler 2021, 2022 ve 2023 yıllarında aynı değerleri kapsamaktadır. Bu değerler günlük ortalama 50 µm/m<sup>3</sup>, kış döneminde 40 µm/m<sup>3</sup> ve yıllık ortalama ise 40 µm/m<sup>3</sup>’tür (Tablo 1). Türkiye’de 2019 yılında Bursa, Adana, Ankara, İstanbul, Iğdır, Şırnak, Muş, Manisa, Kahramanmaraş, Karabük, Çanakkale, Denizli, Zonguldak, Edirne (Keşan) ve Şanlıurfa’da hava kirlilik seviyesinin yüksek olduğu rapor edilmiştir. (URL 1). Türkiye’de yaşanan şehirselleme hava kirliliği genel olarak SO<sub>2</sub> ve PM değişimlerinin ölçülmesine bağlı olarak belirlenmektedir (Cavkaytar vd., 2013).

**Tablo 1.** Uluslararası ve ulusal düzeyde partikül madde kirlenici sınır değerleri (Kaynak: WHO,2021; Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği).

**Table 1.** International and national limit values for particulate matter pollutants.

Kirlenici Unsurlar	Periyot	Dünya Sağlık Örgütü (WHO)	Türkiye Ulusal Değerler
PM <sub>10</sub>	24 Saat	25 µm/m <sup>3</sup>	50 µm/m <sup>3</sup>
	Yıllık	10 µm/m <sup>3</sup>	40 µm/m <sup>3</sup>
	Kış Dönemi	-	40 µm/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	24 Saat	50 µm/m <sup>3</sup>	-
	Yıllık	20 µm/m <sup>3</sup>	-

Bu çalışmada son yıllarda partikül maddelere bağlı hava kirliliğinin yaşandığı Şanlıurfa şehri örneklem alanı olarak seçilmiştir. Şanlıurfa şehrinin örneklem alanı olarak seçilmesinde kış ayında yaşanan evsel ısınma kaynaklı kirliliğin ve yakın-uzak çevrede bulunan çöllerden gelen toz taşınımlarına bağlı yaşanan kirliliğin dönem dönem artış göstermesi büyük bir etken olmuştur. Şanlıurfa şehrinde son yıllarda yaşanan şehirleşme (yapılaşma), düşük kaliteli fosil yakıt kullanımı, hızlı nüfus artışı, nispeten sanayileşme, trafikteki araç sayısı ve belirli bir zaman dilimindeki araç yoğunluğu sonucunda hava kirliliği seviyesi yüksek seyretmektedir.

Şehirde yaşanan kirliliğin etkileme düzeyini topografik ve klimatolojik faktörler belirlemektedir. Yaşanan bu hava kirliliğinden canlılar, özellikle de insan hayatı olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu bakımdan da Şanlıurfa şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin fiziki coğrafya şartları ile ilişkisi araştırılmış olup mevcut kirliliğin nedenleri ve sonuçları tartışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı ve Sınırları

Çalışma alanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat Bölümü'nde yer alan kuzey-kuzeydoğusunda Diyarbakır, kuzey-kuzeybatısında Adıyaman, batısında Gaziantep, doğusunda Mardin ili güneyinde ise Suriye'ye komşu olan Şanlıurfa ilinin metropoliten ilçelerinin (Haliliye-Eyyübiye-Karaköprü) şehirselleşmiş alanını oluşturmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık olarak 60 km<sup>2</sup>lik bir alanı kaplamaktadır. Çalışma alanında 2021 yılı itibarıyla toplam 87 mahalle bulunmaktadır (Şekil 1). Kuzeyde Karaköprü ilçesi, güneyde Eyyübiye ilçesi, doğuda ise Haliliye ilçesi yer almaktadır. Çalışma alanı kuzeyde Çamlıyayla, batıda Batıkent, güneyde Asya, doğuda ise Akpınar mahallesi ile sınırlanmıştır.

### 2.2. Materyal ve Metot

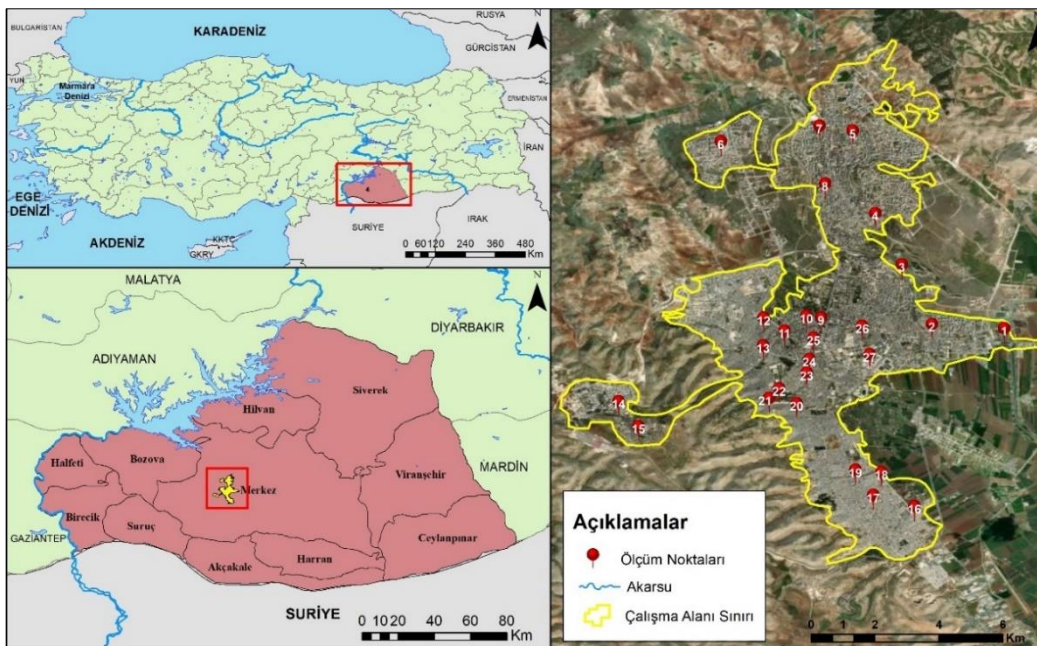
Bu çalışmada Şanlıurfa şehrinin 2021 yılına ait partikül maddelere bağlı hava kirliliğinin yoğunluğu ve şiddetinin topografik ve klimatolojik özellikler kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Şehir içinde farklı karakteristik yapıda ve farklı yüksekliklerde bulunan 27 noktada Ocak 2021-Aralık 2021 tarihleri arasında bir yıl boyunca partikül madde ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler her ayın 1. ve 3. haftası Çarşamba, Cumartesi ve Pazar günleri sabah 10.00-12.00/akşam güneş battıktan 1 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktalarının belirlenmesinde yeşil alan varlığı, gecekondu yoğunluğu, katı yakıt kullanımı, yol kenarı, vadi yatağı, nüfus yoğunluğu, sanayi alanı, merkezi iş alanı, ticaretin

yoğun olduğu alanlar ve doğalgaz kullanılmayan alanlar olarak sınıflandırılmış ve ölçüm noktaları bu kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Tablo 2). Ölçüm günlerinin belirlenmesinde haftanın ilk günü ve hafta ortası seçilmiştir. Bunun en temel etkeni insan faaliyetlerinin yoğunluğudur. Hafta sonunun seçilmesinde ise kirlilik seviyesinin hafta içinde olduğu gibi insan faaliyetleri sonucunda gerçekleşip gerçekleşmediğinin tespit edilmesidir. Partikül madde ölçümü CEM DT-9880 partikül madde ölçer cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 1). Ölçüm yapılırken cihaz yaklaşık olarak 2 m yüksekte tutulmuş ve 21 sn boyunca cihazın havayı içine absorbe etmesi beklenmiştir. Partikül madde 2.5 ve 10 boyutundaki partikül madde ölçümü yapılmıştır. İnsan sağlığı başta olmak üzere, hayvan ve bitki sağlığına önemli derecede etki etmesi özellikle bu iki boyutun ölçülmesinde etkili olmuştur. Elde edilen partikül madde verileri günlük (sabah-akşam) olmak üzere ArcGIS yazılımında IDW (Inverse Distance Weighting-Ters Mesafe Ağırlıklı) yöntemiyle enterpolasyona tabii tutulmuştur.



**Fotoğraf 1.** Ölçümlerde kullanılan CEM DT 9880 marka partikül madde ölçer.

**Photo 1.** CEM DT 9880 brand particulate matter meter used in measurements.



**Şekil 1.** Çalışma alanının lokasyon haritası.

**Figure 1.** Location map of the Study area.

**Tablo 2.** Ölçüm yapılan noktaların rakım ve alan niteliği.**Table 2.** Altitude and area characteristics of the measured points.

Mahalle ve İlçe		Rakım(m)	Alanın Niteliği
1	Karşıyaka Mh. (Haliliye)	474	Yeşil Alan
2	Karşıyaka Mh. (Haliliye)	475	Gece Kondu Alanı
3	Ertuğrul Gazi Mh. (Haliliye)	507	Yeşil Alan
4	Doğukent Mh. (Karaköprü)	589	Yoğun yüksek konut alanları
5	Şenevler Mh. (Karaköprü)	595	Yoğun yüksek konut alanları
6	Seyrantepe Mh. (Karaköprü)	748	Yoğun nüfus ve yoğun konut alanları
7	Akpıyar Mh. (Karaköprü)	581	Vadi Yatağı
8	Akpıyar Mh. (Karaköprü)	563	Yol Kenarı
9	İpekyol Mh. (Haliliye)	507	Yoğun trafik alanı
10	İpekyol Mh. (Haliliye)	517	İki veya üç katlı konut alanı
11	Bağlarbaşı Mh. (Haliliye)	536	Doğalgaz kullanım sınırı
12	Devteyşti Mh. (Haliliye)	550	Yoğun nüfus ve konut alanı ve doğalgaz olmayan alan
13	Süleymaniye Mh. (Eyyübiye)	502	Vadi yatağı ve doğalgaz olmayan alan
14	Batıkent Mh. (Eyyübiye)	671	Sanayi sitesi alanı
15	Batıkent Mh. (Eyyübiye)	646	Yoğun konut alanı
16	Asya Mh. (Eyyübiye)	446	Devlet Hastanesi önü, doğalgaz olmayan alan
17	Hayati Harrani Mh. (Eyyübiye)	463	Tek katlı- iki katlı konut alanı, doğalgaz olmayan alan
18	Asya Mh. (Eyyübiye)	454	Yol kenarı
19	Süleymanşah Mh. (Eyyübiye)	457	Tek katlı-iki katlı konut alanı, doğalgaz olmayan alan
20	Tepe Mh. (Eyyübiye)	511	Tek katlı-iki katlı konut alanı, doğalgaz olmayan alan
21	Yakubiye Mh. (Eyyübiye)	551	Etrafına göre yüksek alan (Urfa Kalesi)
22	Göl Mh. (Eyyübiye)	493	Balıkligöl önü-Yeşil alan- yoğun trafik
23	Camikebir Mh. (Eyyübiye)	494	Merkezi iş alanı-insan yoğunluğu-ticari yoğunluk alanı
24	Yusufpaşa (Eyyübiye)	499	Merkezi iş alanı-insan yoğunluğu-ticari yoğunluk alanı
25	Bamyasuyu Mh. (Haliliye)	500	Merkezi iş alanı-insan yoğunluğu-ticari yoğunluk alanı
26	Yenişehir Mh. (Haliliye)	509	Yol kenarı
27	Paşabağı Mh. (Haliliye)	476	Ticari yoğun alan

IDW enterpolasyon yöntemi verilerin ağırlıklı ortalamasını temel alan bir enterpolasyon yöntemidir (Vural, 2021). Yumuşatılmış ve hızlı sonuç alınması gereken durumlarda kullanılan bir yöntem olan IDW matematiksel işlemler ile sonuç üretebilmektedir (Toros vd., 2018). IDW yöntemi, biz dizi numune noktasının doğrusal ağırlıklı bir kombinasyonunu kullanarak hücresel değerlerini belirler. IDW yönteminde bilinen hücresel verilerden hareketle bilinmeyen hücresel verilere değer atanmaktadır. Tahmin edilen değerler, komşu civarındaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalmaktadır (Taylan & Damçayırı, 2016).

Çalışmada önce literatür çalışması yapılmış, sonrasında Şanlıurfa Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilen Şanlıurfa'ya ait uzun yılları kapsayan meteorolojik veriler analiz edilmiş ve derlenmiştir. Topografik yapı için sahanın DEM verisi kullanılmış ve ilgili haritalar oluşturulmuştur.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Şanlıurfa şehrinde hava kirliliğini etkileyen topografik özellikler

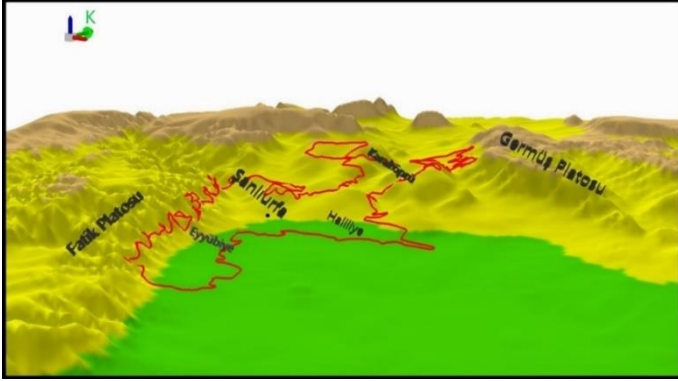
Şanlıurfa şehrinde yükselti basamakları 390 m ile 790 m arasında değişmektedir. Şehrin güneyinde 390-490 m arasında değişiklik gösteren yer yer 790 m'ye kadar çıkan yükselti basamakları görülürken kuzeye doğru çıkıldıkça yükselti artmakta 890 m lere kadar çıkmaktadır. Şehrin kuzeydoğusu, kuzeybatısı ve güneybatısında platolar, güneydoğusunda ise Harran Ovası düzlüğü yer almaktadır. Şehrin genel olarak kuzeyinde Maşuk (790 m) Anzel (890 m), Ağırardan (690 m) ve Kızılkaya (690 m); kuzeydoğusunda Pipiri (790 m), Aliseydo (790

m), Sırtvani (790 m) ve Yağlıtaş (790 m) tepesi yer alırken, güneybatısında ise Çoban (690 m), Yıldız (690 m), Beşmağara (690 m), Kanlı (690 m) ve Ağacli (790 m) tepeleri yer almaktadır. Şehir bu tepeler arasında gelişmektedir (Şekil 2). Çalışma alanında Karaköprü ilçesi kuzeyde, Eyyübiye ilçesi güneyde, her ikisinin arasında da Haliliye ilçesi yer almaktadır (Şekil 2 ve Şekil 3).

Topografik özellikler hava kirliliğini doğurucu etki eden bir faktör değil, sadece mevcut kirliliğin şiddetini ve ortamda kalma süresini etkileyen bir faktördür (Şengün & Kıranşan, 2012). Çalışma alanında da özellikle hava kirliliğinin en yoğun olduğu alanlar morfolojik olarak yükseltisi az olan ve çukurda kalan alanlardır. Şehirde hava kirliliğinin en fazla olduğu alanlar Eyyübiye ilçesi sınırları içinde kalan mahallelerde görülmektedir. Genel olarak partikül madde kaynaklı kirlilik en yüksek Karakoyunlu ve Hayati Harrani mahallelerinde (Eyyübiye) görülmüştür. Daha sonra partikül madde kaynaklı kirlilik Haliliye ilçesi sınırları içinde yer alan Süleymaniye mahallesinde yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu durum hem sabah ölçümlerinde hem de akşam ölçümlerinde benzer şekilde seyretmiştir. Partikül madde kaynaklı kirliliğin seviyesinin en düşük olduğu alanları ise genel olarak Karaköprü ilçesi sınırları içinde yer alan mahallelerde görülmüştür. Kirlilik seviyesinin en düşük Seyrantepe ve Akpıyar mahallerinde (Karaköprü) görülmüştür. Kirliliğin özellikle Eyyübiye ilçesi mahallelerinde yoğun bir şekilde görülmesinin en temel nedeni yükseltinin bu alanda diğer yerlere göre az olması ve nispeten çukur alanda yer almasıdır. Yükseltinin az olması ve çukur alanda yer alması rüzgar ve hava akımlarının kesintiye uğramasına neden olmaktadır.

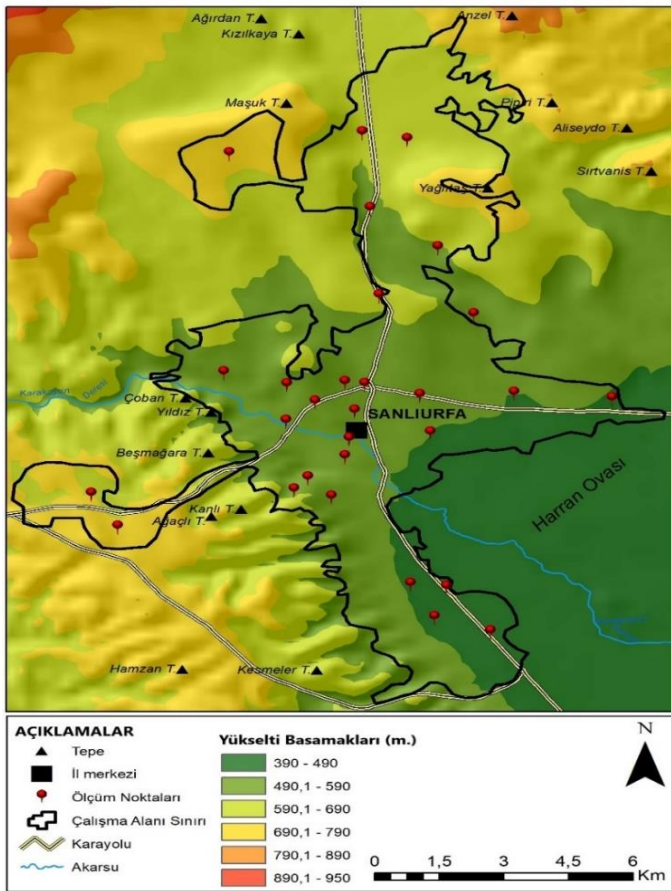
Bu nedenle de partikül madde kirliliği bu alanlarda çöküp kalmakta ve kolay bir şekilde dağılamamaktadır. Karaköprü ilçesi sınırları içinde yer alan mahallelerde ise kirlilik seviyesinin az olmasının en temel nedeni ise çevresine göre yükseltilerinin fazla olması dolayısıyla da rüzgar ve hava akımlarının güçlü olmasına etki etmektedir. Bu nedenle de mevcut partikül madde kaynaklı kirlilik dağılabilmektedir.

Şanlıurfa şehrinin, özellikle kuzeyi, batısı ve güneybatısı topografik olarak yükseltileri fazla olan alanlarla ile çevrilidir. Şehir, Germüş ve Fatik Platosu ile Harran Ovası'nın kesişim noktasında bulunduğundan hava akımlarına özellikle kuzeyi, batısı ve güneybatısı kapalı durumdadır (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2. Şanlıurfa şehri ve yakın çevresinin 3D görünümü.

Figure 2. 3D view of the city of Şanlıurfa and its immediate surroundings.



Şekil 3. Şanlıurfa şehri ve yakın çevresinin topografik yapısı.

Figure 3. Topographic structure of Şanlıurfa city and its immediate surroundings.

Özellikle kış mevsiminde evsel ısınma kaynaklı ve mevsim geçişlerinde ise Afrika Kıtası'ndan yer alan Büyük Sahra Çölü, Suriye'de ve Irak'ta yer alan çöllerden gelen partikül madde ve tozların şehrin topografik yapısı nedeniyle dispersiyonu zor olmaktadır. Çünkü şehrin kuzeydoğusu, kuzeybatısı ve güneybatısında yüksek alanlar bulunurken, güneydoğusunda ise Harran Ovası düzlüğü yer almaktadır. Bu nedenle de mevcut kirlilik, hava akışının olmadığı dönemlerde uzun süre şehir üzerinde kalmaktadır. Özellikle de şehrin güneyinde yer alan Eyyübiye ilçe sınırları içinde kalan alanlarda kirliliğin yoğun olduğu çıplak gözle dahi görülebilmektedir (Fotoğraf 2).



Fotoğraf 2. Şanlıurfa şehrinde görülen hava kirliliği sorunu.

Photo 2. Air pollution problem in Şanlıurfa city.

3.2. Şanlıurfa şehrinde hava kirliliğini etkileyen başlıca klimatolojik faktörler

Katı, sıvı ve gaz atıklarının kirlettiği ortak alanın hava olması iklimle doğrudan bağlantılıdır. İklim bir alandaki hava kirliliğinin süresini ve yoğunluğu belirleyen en önemli unsurlardandır. Herhangi bir bölgedeki hava kirliliği konsantrasyonu, sadece kirliliğini meydana getiren kaynaklardan gelen kirlilik miktarına değil; aynı zamanda bölgenin o andaki meteorolojik şartlarına da bağlılık göstermektedir (Kunt & Dursun, 2018:56). Kaynağından çıkan ve atmosfere ulaşan kirlenici unsurların yayılmasında, dağılmasında ve çökmesinde iklim ve meteorolojik özelliklerin etkisi fazladır. Atmosferdeki kirlenicilerin yoğunluğu ve şiddeti lokal iklim modelleri, atmosferik sirkülasyon özellikleri, rüzgâr ve iklim değişiminin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Ebi & McGregor, 2008; Menezes vd., 2018:378).

3.2.1. Sıcaklık

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin genelinde görüldüğü gibi Şanlıurfa şehrinde de yarı kurak özelliklere sahip Step iklimi görülmektedir. Özellikle yaz mevsiminde tropikal hava kütlelerinin etkili olması nedeniyle bölgede aşırı yüksek sıcaklıklar görülmektedir (Şahinalp, 2006:49). Şanlıurfa şehrinin yıllık sıcaklık ortalaması 18.4°C'dir. Şanlıurfa şehrinde ortalama aylık sıcaklık değerleri ise Temmuz ayında en yüksek değere ulaşmaktadır. Temmuz ayında 31.9°C, en düşük aylık ortalama sıcaklık ise Ocak ayında 5.7°C'dir. Şanlıurfa şehrinde görülen en yüksek sıcaklık Temmuz ayında 46.8°C, en düşük sıcaklık ise Ocak ayında -10,6°C olarak gerçekleşmiştir. Mevsimlik ortalama sıcaklıklar, ilkbahar mevsiminde 16.2°C, yaz mevsiminde 30.4°C, sonbahar mevsiminde 19.9°C ve kış mevsiminde de 6.73°C şeklinde gerçekleşmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Şanlıurfa şehri'nin uzun yıllar sıcaklık ortalaması ile en yüksek ve en düşük sıcaklıkları (1929-2021) (Kaynak: MGM, 2021).**Table 3.** Long-term average temperature and highest and lowest temperatures of Şanlıurfa city (1929-2021) (Resource: MGM, 2021).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
<b>Ortalama Sıcaklık (°C)</b>	5.6	7.1	10.9	16.2	22.3	28.1	32.0	31.6	27.2	20.6	13.1	7.6	<b>18.5</b>
<b>En Yüksek Sıcaklık (°C)</b>	21.6	25.5	29.5	36.4	40.4	44.1	46.8	46.2	43.9	37.8	30.8	26.0	<b>46.8</b>
<b>En Düşük Sıcaklık (°C)</b>	-10.6	-12.4	-7.3	-3.2	2.5	8.3	15.0	16.0	10.0	1.9	-6.0	-6.4	<b>-12.4</b>

Ülkemizde hava sıcaklığının 18 °C'nin altına düştüğü mevsimlerde ısınma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Şahin, 1989: 28; Koç, 1998:325; Garipağaoğlu, 2008:695; Özşahin vd., 2016:87; Duman, 2017:58). Bu durum da evsel ısınma kaynaklı hava kirliliğinin payını/oranını artırmaktadır.

Şanlıurfa ilinin aylara göre ortalama sıcaklık değerinin yaklaşık olarak 32 °C'ye çıktığı görülmektedir. Şanlıurfa ili için sıcaklık ortalamalarının en yüksek olduğu ayların Temmuz ve Ağustos olduğu görülmektedir (Tablo 3). İlin kuzeydoğusuna doğru Karacadağ volkanik kütlesinin var olması sıcaklık değerlerinin çevresine göre düşük olmasına neden olmaktadır. Aralık-Ocak-Şubat aylarında il geneli ortalama sıcaklığı -1.8 °C ile 6.2 °C arasında değişiklik göstermektedir. Mart ayında ilkbaharın gelişyle birlikte sıcaklık değerleri yükselmektedir. Sıcaklık değerleri bu aylarda 0.2 °C ile 18.2 °C arasında değişmektedir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında şehirde en yüksek sıcaklıklar görülmektedir. Ortalama sıcaklık değerleri bu dönemde 20.2 °C ile 32.2 °C arasında değişmektedir. Şehrin güneyi kuzeyine göre daha sıcaktır. Bunun temel nedeni şehirde güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükseltinin artması gelmektedir. Fakat bunun dışında belirli dönemlerde şehrin yüksekte kalan bölümü güneyine göre daha sıcak olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ise sıcaklık terselmesi olayı ile açıklanmaktadır. Sıcaklık terselmesinin yaşandığı dönemlerde çukurda veya alçakta kalan alanlarda hava kirliliği oldukça yoğun bir şekilde görülmektedir. Eylül-Ekim-Kasım aylarında ise şehir genelinde mevsime bağlı olarak sıcaklık değerlerinde düşme görülmektedir. Sıcaklık değerleri bu dönemde 4.2 °C ile 26.2 °C arasında değişmektedir. Şehir genelinde sıcaklık değerlerinde yükseltiye ve enleme bağlı olarak kısa mesafelerde sıcaklık değişimleri görülmektedir.

Şehir geneli itibariyle yapılan değerlendirmede ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklar göz önünde bulundurulduğunda özellikle kış ve sonbahar mevsiminde yer yer eksi değerlere düşen sıcaklıklar ısınma ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Isınma ihtiyacının ortaya çıkması ile de birlikte kullanılan fosil yakıt tüketimi artış göstermekte, böylelikle de hava kirliliği ortaya çıkmaktadır.

Partikül madde kirliliği etkileyen bir diğer önemli klimatolojik faktör yağıştır. Yağış miktarındaki ve şiddetindeki değişim, atmosferde bulunan partikül madde başta olmak üzere diğer kirlenici unsurların ortadan kalkmasına veya dağılmasına imkân tanımaktadır. Havada bulunan partikül maddenin seviyesi, yağış sıklığı ve şiddeti arttıkça azalmaktadır (Fang vd., 2011; Penrod

vd., 2014; Allen vd., 2016; Doherty & Connor, 2018:54).

### 3.2.2. Yağış

Yağışlar havadaki kirlenici maddelerin dağılmasında ve çökmesinde büyük rol oynamaktadır. Özellikle yağışlar hemen her boyuttaki partikül maddelerin veya gaz halindeki kirlenici maddelerin su damlacıkları vasıtasıyla yeryüzüne inmesini sağlamaktadırlar (İncecik, 1994; Kara, 2012:74). Bu bakımdan yağışlı havalarda yağışın türüne ve şiddetine göre hava kirliliği değerleri de azalmaktadır. Özellikle partikül madde gibi havada uzun süre asılı halde kalabilen toz ve diğer unsurlar toprağa inebilmektedir. Yıllık yağış miktarının yüksek olması ve yağışlı gün sayısının fazla olması hava kirliliğinin yeryüzüne çökmesinde önemli bir faktördür. Şanlıurfa ilinin yakın ve uzak çevresinde bulunan Suriye ve İran'da bulunan çöller ile Sahra çölü gibi yanı sıra irili ufaklı diğer çöllerden il ve şehir atmosferine toz parçacıkları gelmektedir. Bu toz parçacıkları özellikle bölge ve il genelinde yağmur ile birleşip çamurlu yağışlara neden olmaktadır (Doğan Rastgeldi, 2014:114). Çalışma alanında da özellikle geçiş mevsimlerinde (ilkbahar ve sonbahar) çamurlu yağışlar görülmekte, insan ve beşerî yapılar olumsuz yönde etkilenmektedir.

Ortalama yağışlı gün sayısı bakımında Ocak ayının 12 gün ile en çok, Ağustos ayının ise 0.2 gün ile en az yağışlı güne sahip olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı ise 73.5'tir (Tablo 4). Yağışın şiddeti bakımında da yıllık ortalamanın üzerinde 7 ayın olduğu görülmektedir. En şiddetli yağışlar Aralık ve Ocak ayında gerçekleşmektedir. Yağışın türü ve miktarı havadaki kirlenici maddelerin (gaz, partikül, vb.) atmosferden yeryüzüne inmesine olumlu yönde etki etmektedir. Çalışma alanında da ortalama yağışların ve kirliliğin en fazla olduğu mevsimin kış olması atmosferdeki kirlenici unsurların nispeten yeryüzüne inmesine imkân tanırken dönem dönem yağış ile kirlenici unsurun birleşmesi sonucunda çamurlu yağışların oluşmasına neden olmaktadır.

Partikül madde kirliliğinin dispersiyonunun önemli bir diğer iklim elemanı ise rüzgârlardır. Hava kirliliğinin ve mevcut kirliliğin tespit edilmesinde rüzgâr hızı ve rüzgâr yönünün özellikleri oldukça önemli parametrelerdir (Bozyazı Daylan & İncecik, 2002:56). Kirlenici maddelerin yerel rüzgârlarla taşınması, onların dağılmasını ve yoğunluklarının azalmasını sağlamaktadır (Türkeş, 1996:214). Herhangi bir kaynaktan atmosfere ulaşan kirlenici maddelerin çeşitli hava hareketleri ile yakın ve uzak çevreye taşınmaktadır.

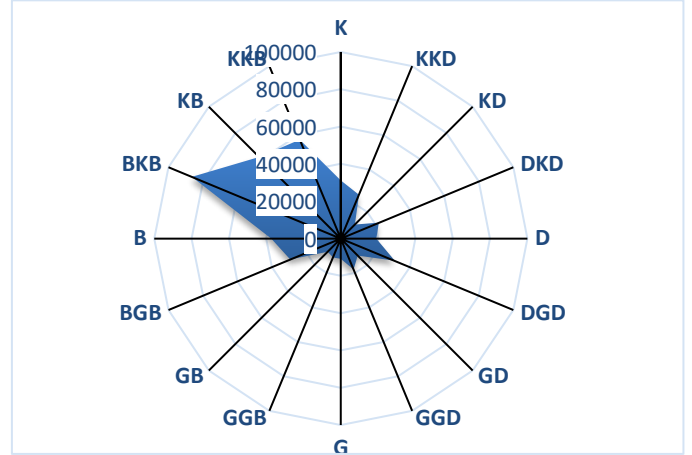
**Tablo 4.** Şanlıurfa şehri'nin ortalama yağış miktarı (mm) ve ortalama yağışlı gün sayısı (1960-2021) (Kaynak: MGM, 2021).**Table 4.** Average rainfall (mm) and average number of rainy days in Şanlıurfa City (1960-2021) (Resource: MGM, 2021).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	85.7	71.4	64.1	46.8	28.1	3.6	0.6	0.8	3.3	27.4	46.0	77.4	455.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.0	10.6	10.3	8.8	6.1	1.4	0.3	0.2	0.8	4.8	7.5	10.7	73.5
Yağış Şiddeti (mm)	7.1	6.7	6.2	5.3	4.6	2.5	2	4	4.1	5.7	6.1	7.2	5.1

### 3.2.3. Rüzgar

Şanlıurfa şehrinin hâkim rüzgâr yönü batı sektörlü olup batı kuzey batı (BKB) şeklindedir. En fazla esme sayısı 86.449 ile batı kuzey batı yönünde gerçekleşirken bunu 61.870 ile kuzeybatı yönü takip etmektedir. En az esme sayısı ise 10.057 ile güneybatı yönünde gerçekleşmektedir. Şehirde rüzgâr esme sayıları mevsimsel olarak 121.802 ile en fazla yaz mevsiminde, 115.377 ile de en az ise kış mevsiminde esiş göstermiştir (Tablo 5 ve Şekil 4). Çalışma alanında en fazla kirlilik kış mevsiminde yaşanmıştır. En az kirlilik ise yaz mevsiminde meydana gelmiştir.

Rüzgârın esiş yönü de hava kirliliğinin dağılmasında ve çökmesinde oldukça önemli bir unsurdur. Şehrin hâkim rüzgâr yönü batı kuzey batıdır (Şekil 4). Çalışma alanında batı sektörlü rüzgâr akımı üzerinde olan mahallelerde kirlilik seviyesinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bunun aksine güney sektörlü rüzgâr akımı üzerinde olan mahallelerde ise kirlilik seviyesinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.** Şanlıurfa şehri'nin hâkim rüzgâr yönü diyagramı.**Figure 4.** Diagram of the prevailing wind direction in Şanlıurfa city.**Tablo 5.** Şanlıurfa Şehri'nin Aylık ve Yıllık Rüzgâr Esme Sayıları ve Rüzgâr Esme Yönleri (Kaynak: MGM, 2021).**Table 5.** Monthly and annual wind blowing number and wind blowing directions of Şanlıurfa city (Resource: MGM, 2021).

Aylar-Yön	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
K	3211	2645	2589	1965	2545	2925	2574	2410	2156	2601	2705	2799	31125
KKD	2929	1972	2142	1741	2043	2095	1844	1684	1666	2205	2369	2705	25395
KD	1202	1038	1056	796	904	618	550	588	613	934	1095	1098	10492
DKD	3349	2612	2250	1829	1586	864	893	910	969	1701	1979	3076	22018
D	3238	2529	2449	1796	1070	357	488	720	561	1063	1634	3048	18953
DGD	4122	3679	3115	3019	2155	771	1421	2172	1746	2229	2891	3987	31307
GD	1187	1202	1148	1321	907	437	871	1007	935	1164	1269	1392	12840
GGD	1517	1552	1894	1999	1422	721	1160	1477	1417	1690	1680	1476	18005
G	786	822	1007	960	1031	603	852	923	939	1108	943	847	10821
GGB	577	700	879	824	1019	916	931	1392	1317	996	896	622	11069
GB	491	623	811	1011	998	913	983	1017	1006	995	693	516	10057
BGB	1156	1559	2145	2673	3072	3344	3058	3576	3559	2319	1687	1328	29476
B	1766	2038	2678	3686	3875	4165	4149	4085	4024	3089	2126	1555	37236
BKB	5378	5572	6884	7413	8266	9326	9239	8065	8008	6721	6258	5319	86449
KB	4834	4234	4999	4565	4891	4945	5421	4979	5824	6501	5773	4904	61870
KKB	4100	3557	4129	3356	4675	6861	6855	5647	4703	4641	4274	4528	57326
Toplam	3984	36334	40175	38954	40459	39861	41289	40652	39443	39957	38272	39200	474439



### 3.2.4. Şanlıurfa şehrinde yaşanan partikül madde kirliliği

Çalışma alanında, 2.5 µm boyutundaki partikül maddelerin sabah ölçümleri ortalamalarında en yüksek 150 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 4 µg/m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Akşam ölçüm ortalamasında ise en yüksek 160 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir (Şekil 5).

Sabah ölçümlerinde Aralık ayında en yüksek 150 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 24 µg/m<sup>3</sup>; Ocak ayında en yüksek 140 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 10 µg/m<sup>3</sup>; Şubat ayında da en yüksek 140 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 27 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Mart ayında en yüksek partikül madde değeri 100 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 10 µg/m<sup>3</sup>; nisan ayında en yüksek 90 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 4 µg/m<sup>3</sup>; mayıs ayında da en yüksek 60 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 5 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Haziran ayında partikül madde miktarında en yüksek değer 70 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 5 µg/m<sup>3</sup>; Temmuz ayında en yüksek 5 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 60 µg/m<sup>3</sup>; Ağustos ayında da en yüksek 60 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 8 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Partikül madde kirliliğinde Eylül ayında en yüksek 50 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 10 µg/m<sup>3</sup>; Ekim ayında 50 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 11 µg/m<sup>3</sup>; Kasım ayında da en yüksek partikül madde ortalaması 70 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 11 µg/m<sup>3</sup>dir. Genel olarak çalışma alanında kış mevsiminde artan partikül madde kirliliğinin ilkbahar mevsiminden itibaren düşüşe geçtiği yaz mevsiminde ise en düşük seviyede olduğu görülmektedir. Partikül madde kirliliği sonbahar mevsiminden itibaren tekrar artışa geçmektedir (Şekil 5).

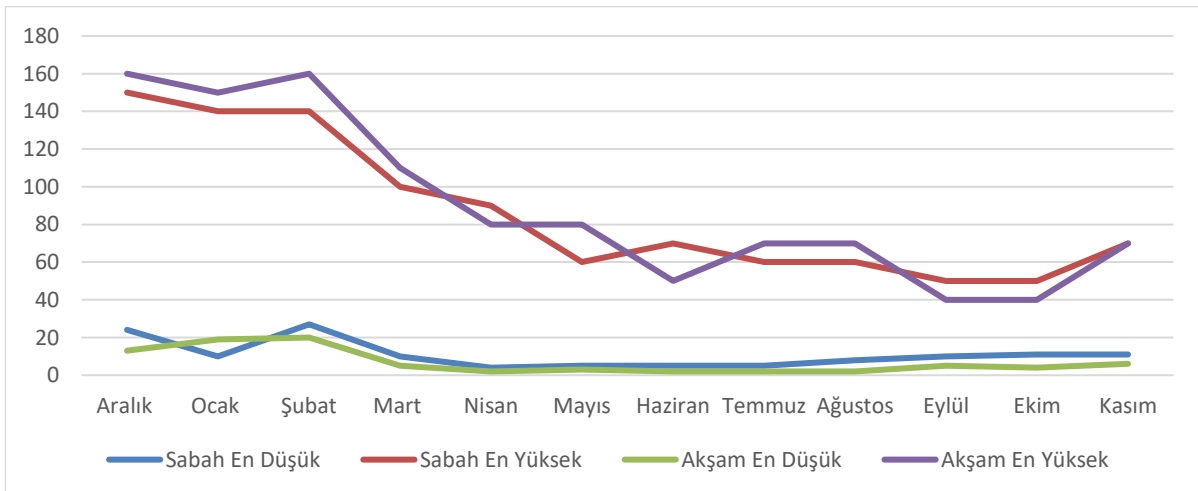
Akşam ölçümlerinde ise Aralık ayında en yüksek 160 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 13 µg/m<sup>3</sup>; ocak ayında en yüksek partikül madde miktarı 150 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 19 µg/m<sup>3</sup>; Şubat ayında ise en yüksek 160 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 20 µg/m<sup>3</sup>dir. Çalışma alanında Mart ayında en yüksek partikül madde miktarı 110 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 5 µg/m<sup>3</sup>; Nisan ayında en yüksek partikül madde miktarı 80 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup>; Mayıs ayında ise en yüksek partikül madde miktarı 80 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 3 µg/m<sup>3</sup>tür. Haziran ayında en yüksek partikül madde miktarı 50 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 2 µg/m<sup>3</sup>; Temmuz ayında en yüksek partikül madde miktarı 70 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup>tür. Ağustos ayında en yüksek partikül madde 70 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

Eylül ayında en yüksek partikül madde miktarı 40 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 5 µg/m<sup>3</sup>; Ekim ayında en yüksek 40 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 4 µg/m<sup>3</sup>; Kasım ayında ise en yüksek partikül madde miktarı 70 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 6 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür (Şekil 6).

Çalışma alanında 2.5 µm boyutundaki kirliliğin alansal ve zamansal dağılımına bakıldığında ise özellikle şehrin kuzeybatısında, güneyinde ve doğusunda sabah ve akşam ölçümlerinin ortalamasında kirliliğin diğer alanlara göre yüksek olduğu görülmektedir. Şehrin kuzeyinde ise kirliliğin her ay düşük olduğu görülmektedir. Kirliliğin özellikle kış mevsiminde artışa geçtiği bunun dışında da Mart ve Nisan aylarında nispeten yükseldiği ve diğer aylarda da düşük olduğu görülmektedir. Kirliliğin belirli noktalarda özellikle kış mevsiminde yüksek çıkması evsel ısınma da kullanılan katı fosil yakıt ile yakından ilişkisi olduğu görülmüştür. Bunun dışında nispeten lineer olarak görülen kirlilikler ise motorlu taşıtlardan kaynaklı partikül madde kirliliğinin olduğu görülmüştür. Özellikle mevsim geçişlerinde görülen partikül madde kirliliğinde ise çöl tozu taşınımının yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 6).

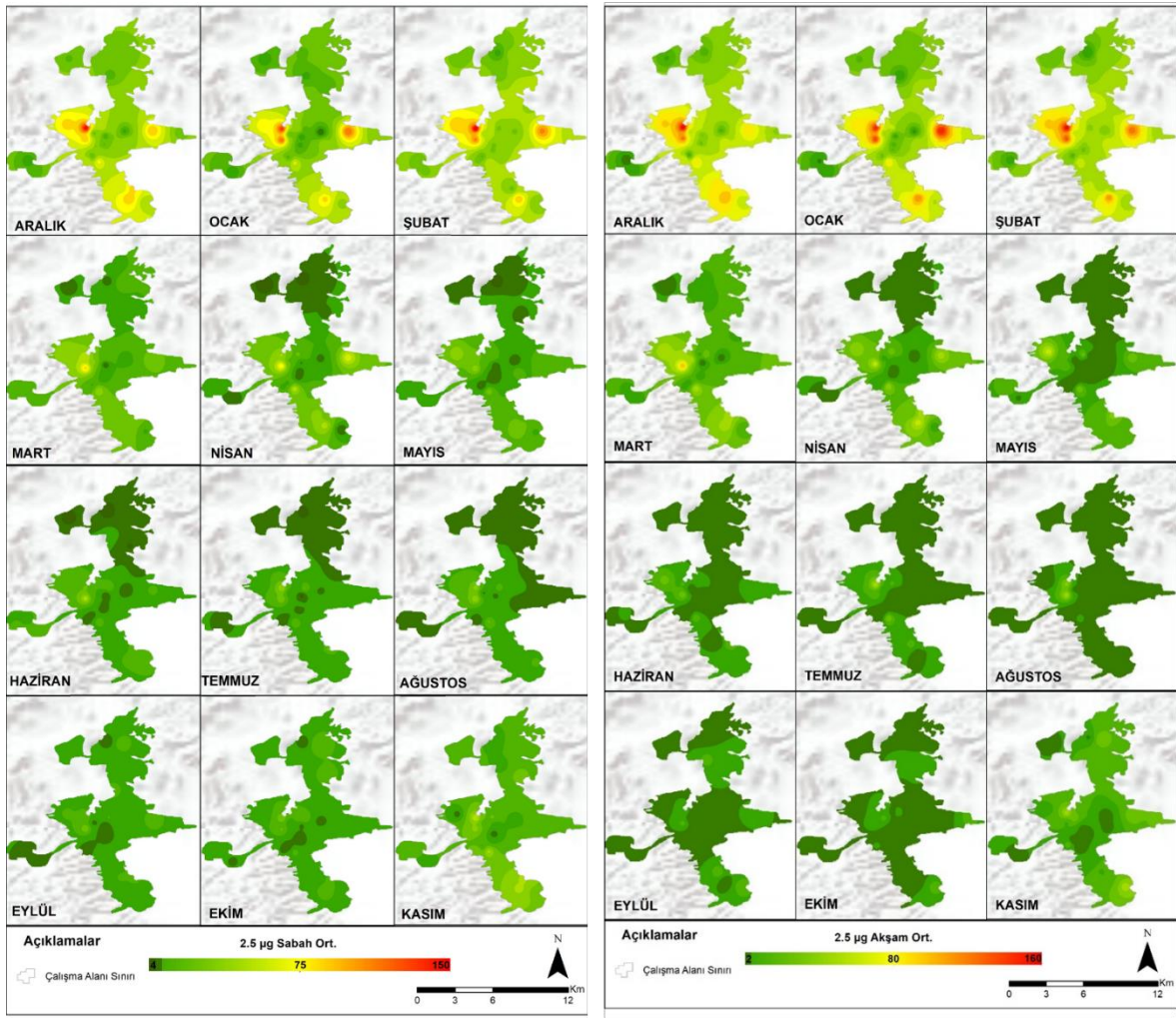
Çalışma alanında, 10 µm boyutundaki partikül maddelerin sabah ölçümleri ortalamalarında en yüksek 45 µm/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µm/m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Akşam ölçüm ortalamasında ise en yüksek 55 µm/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µm/m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir (Şekil 7).

Sabah ölçümlerinde Aralık ayında en yüksek 30 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µg/m<sup>3</sup>; Ocak ayında en yüksek 45 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 3 µg/m<sup>3</sup>; Şubat ayında da en yüksek 45 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 3 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Mart ayında en yüksek partikül madde değeri 35 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 2 µg/m<sup>3</sup>; Nisan ayında en yüksek 30 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 2 µg/m<sup>3</sup>; Mayıs ayında da en yüksek 30 µg/m<sup>3</sup>, en düşük 1 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Haziran ayında partikül madde miktarında en yüksek değer 20 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µg/m<sup>3</sup>; Temmuz ayında en yüksek 15 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µg/m<sup>3</sup>; Ağustos ayında da en yüksek 20 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Partikül madde kirliliğinde Eylül ayında en yüksek 15 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µg/m<sup>3</sup>; Ekim ayında 20 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 1 µg/m<sup>3</sup>; Kasım ayında da en yüksek partikül madde ortalaması 25 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup>dir.



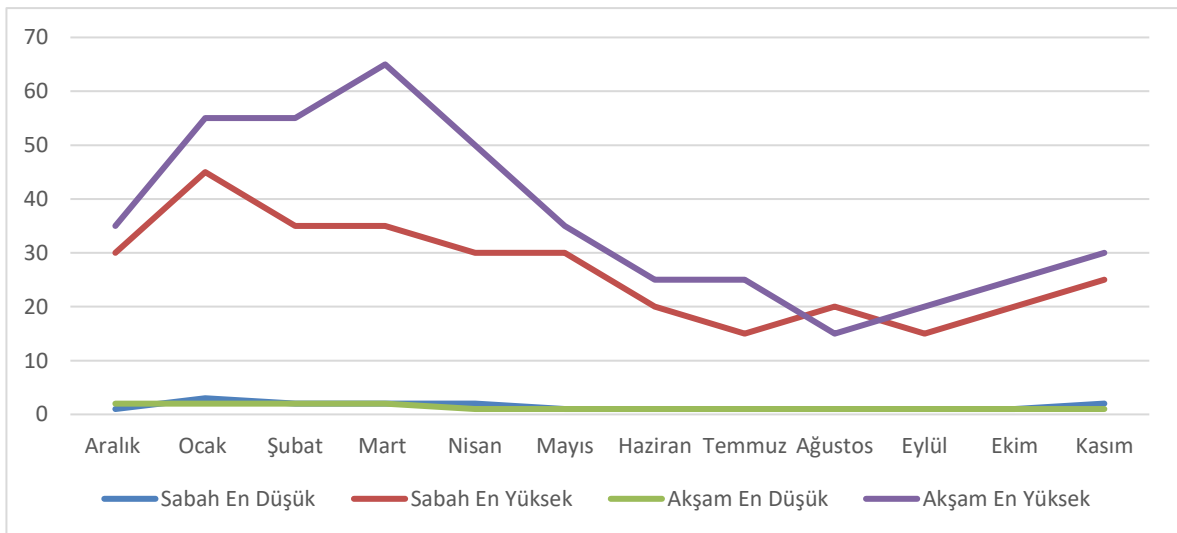
Şekil 5. 2.5 µm Boyutundaki Partikül Maddelerin Sabah ve Akşam Ölçümlerindeki En Düşük ve En Yüksek Değerleri.

Figure 5. 2.5 µm size particulate matter lowest and highest values in morning and evening measurements.



Şekil 6. Çalışma alanında 2.5 µm boyutundaki kirliliğin aylara göre alansal dağılışı (sabah solda-akşam-sağda).

Figure 6. Areal distribution of 2.5 µm pollution in the study area by months (morning left- evening right).



Şekil 7. 10 µm Boyutundaki Partikül Maddelerin Sabah ve Akşam Ölçümlerindeki En Düşük ve En Yüksek Değerleri.

Figure 7. Minimum and maximum values of 10 µm size particulate matter in morning and evening measurements.

Genel olarak çalışma alanında kış mevsiminde artan partikül madde kirliliğinin ilkbahar mevsiminden itibaren düşüşe geçtiği yaz mevsiminde ise en düşük seviyede olduğu görülmektedir. Partikül madde kirliliği sonbahar mevsiminden itibaren tekrar artışa geçmektedir (Şekil 7).

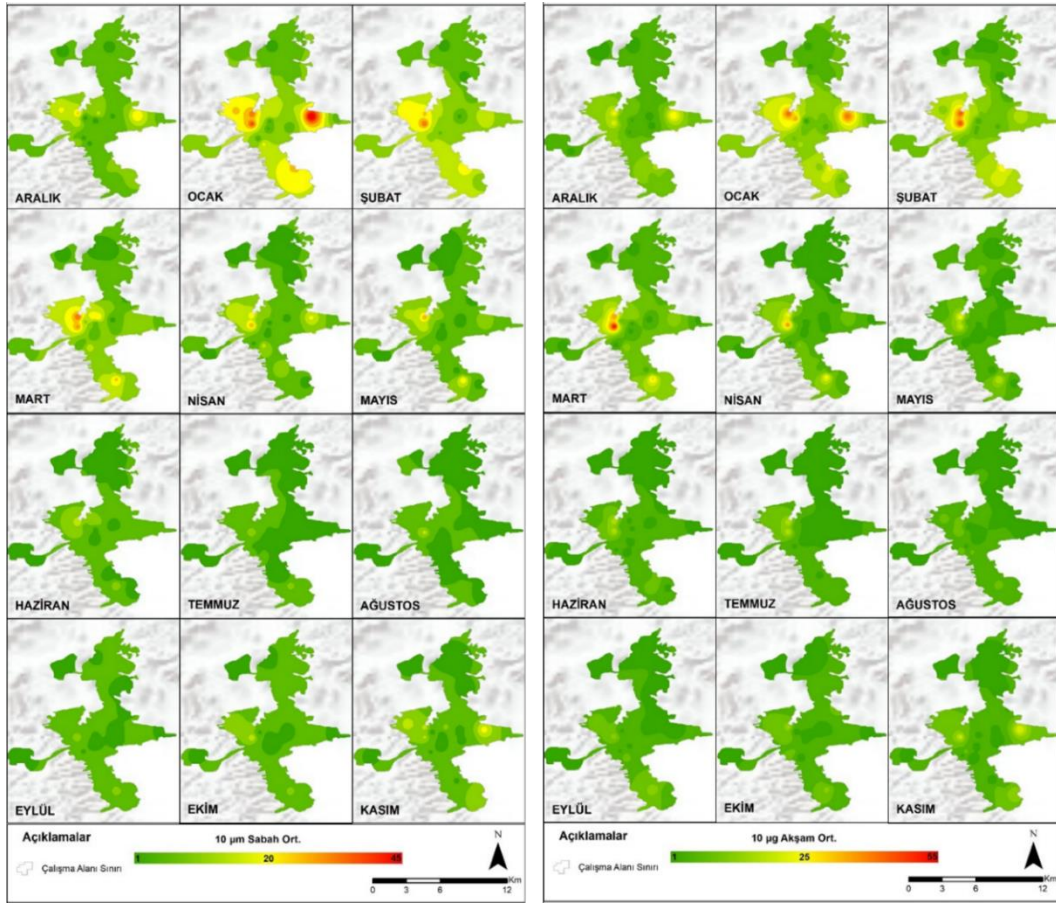
Akşam ölçümlerinde ise Aralık ayında en yüksek 35 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup>; Ocak ayında en yüksek partikül madde miktarı 55 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup>; Şubat ayında ise en yüksek 55 µg/m<sup>3</sup>, en düşük ise 2 µg/m<sup>3</sup>dir.

Çalışma alanında Mart ayında en yüksek partikül madde miktarı  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Nisan ayında en yüksek partikül madde miktarı  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Mayıs ayında ise en yüksek partikül madde miktarı  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Haziran ayında en yüksek partikül madde miktarı  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Temmuz ayında en yüksek partikül madde miktarı  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Ağustos ayında en yüksek partikül madde  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Eylül ayında en yüksek partikül madde miktarı  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Ekim ayında en yüksek  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Kasım ayında ise en yüksek partikül madde miktarı  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür (Şekil 7).

Çalışma alanında  $10 \mu\text{m}$  boyutundaki partikül madde kirliliğine bakıldığında ise, sabah ve akşam ölçümlerinde benzer alanlarda kirliliğin yüksek çıktığı görülmektedir. Sabah ölçümlerinde en yüksek partikül madde  $45 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{m}/\text{m}^3$  iken akşam ölçümlerinde ise en yüksek  $55 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , en düşük ise  $1 \mu\text{m}/\text{m}^3$  olarak görülmektedir. Çalışma alanının kuzeybatısı, doğusu ve nispeten güneyinde  $10 \mu\text{m}$  boyutunda kirliliğin yüksek olduğu görülmektedir.  $10 \mu\text{m}$  boyutundaki partikül maddelerin çıkış kaynaklarının  $2.5 \mu\text{m}$  boyutundaki partiküllere göre sınırlı olması özellikle evsel ısınmada katı fosil yakıt kullanımının olduğu göstermektedir. Ayrıca Mart, nisan ve mayıs aylarında nispeten partikül madde kirliliğinin diğer alanlara göre yüksek olmasında çöl tozu taşınımının etkisinin fazla olduğunu görülmektedir (Şekil 8).

Çalışma alanında sıcaklık değerlerinin düştüğü dönemlerde ısınma kaynaklı yaşanan partikül madde kirliliğinde artış meydana gelmiştir. Sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı ve ısınma dönemlerinin bittiği dönemlerde ise partikül madde kirliliğinde önemli derecede düşüş meydana gelmiştir. Yağışların arttığı kış mevsiminde partikül madde kaynaklı kirliliğinde yaşanmasıyla çalışma alanında özellikle çamurlu yağışlara neden olmaktadır. Bunun dışında kış mevsiminde yağışların fazla olması partikül maddelerin yeryüzünde çökmesine etki etmektedir. Çalışma alanında partikül madde kirliliğinden elde edilen değerler ile rüzgâr faktörü ilişkilendirildiğinde, sahada yaz mevsiminde esme sayılarının yüksek olduğu bu kapsamda da partikül maddelerin dağıldığı, kış mevsiminde ise en düşük esme sayılarının olduğu ve bu nedenle de partikül maddelerin dağılamadığı tespit edilmiştir.

İklim faktörleri dışında çalışma alanının bulunduğu topografik şartlarda kirliliğin şiddetinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle çalışma alanının güneyi, güneybatısı ve doğusunun çevresine göre yüksekte kalması kirliliğin bu alanlarda yığılmasına neden olmaktadır. Eyyübiye ilçesinin çalışma alanı içinde kalan bölümünün genelinde hava kirliliği seviyeleri oldukça yüksek seyretmektedir. Mahalle özelinde ise Hayati Harrani ve Karakoyunlu (Eyyübiye) mahalleleri ve çevresinde kirliliğin yoğun şekilde yaşandığı görülmektedir. En az kirlilik ise Karaköprü ilçesinin çalışma alanı içinde kalan bölümünde yaşanmıştır.



Şekil 8. Çalışma alanında  $10 \mu\text{m}$  boyutundaki kirliliğin aylara göre alansal dağılışı (sabah solda-akşam-sağda).

Figure 8. Areal distribution of  $10 \mu\text{m}$  pollution in the study area by months (morning left-evening right).

Çalışma alanından elde edilen partikül madde verileri ile Dünya Sağlık Örgütü ve Türkiye ulusal sınır değerler kıyaslandığında, Şanlıurfa şehrinde PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> kirletici seviyelerinin yüksek olduğu görülmüştür. Türkiye’de PM<sub>2.5</sub> için herhangi bir sınır değeri belirlenmediği için bu kapsamda karşılaştırma yapılamamıştır.

#### 4. Sonuç

Sıcaklığın düştüğü Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında partikül madde kirliliğinin sahada yüksek olduğu görülmektedir. Şanlıurfa şehrinde özellikle sıcaklığın azaldığı dönemlerde ısınma ihtiyacının artmasına bağlı olarak yaşanan fosil yakıt kullanımı kış mevsiminde belirli alanlarda büyük oranda Eyyübiye ilçesi sınırları içinde kalan mahallelerde ciddi anlamda kirliliğe neden olmaktadır. Eyyübiye ilçesinin büyük bölümünde ısınma amaçlı katı yakıt kullanımı bu kirliliğin artmasındaki en önemli etkidir. Eyyübiye ilçesinin topografik olarak çukur alanda kalması ve çevresinin de yüksek alanlarla çevrili olması kirliliğin özellikle bu alanlarda toplanmasına ve değerlerin yüksek olmasına etki etmiştir. Özellikle çalışma alanının doğusunda Karşıyaka (Haliliye) mahallesinde, batısında Akabe (Eyyübiye) ve Devteyşi (Haliliye) mahallelerinde ve güneyinde de Hayati Harrani ve Karakoyunlu mahallelerinde (Eyyübiye) partikül maddelere bağlı oluşan kirlilik seviyesinin yüksek olduğu görülmektedir. Karaköprü ilçesinin plato üzerinde olması ve sürekli olarak rüzgâr sirkülasyonunun olması kirliliğin dağılmasına belirleyici bir etken olmuştur. Ayrıca Karaköprü ilçesinin büyük bölümünde ısınma amacıyla doğalgaz kullanımı da kirlilik seviyesinin bu alanlarda düşük olmasındaki diğer bir etkidir. Haliliye ise Karaköprü ile Eyyübiye ilçeleri arasında bir geçiş alanındadır. Bu nedenle Haliliye ilçesinin kuzeyinde (Karaköprü ilçesine yakın bölümü) kirlilik seviyesi düşük, güneyinde ise (Eyyübiye ilçesine yakın bölümü) yüksek çıkmıştır.

Çalışma alanında yağışlı günlerde partikül madde ile birleşen yağmur, çamurlu yağışlara neden olmaktadır. Çamurlu yağışlar en fazla araç ve bina yüzeyleri ile şehir içindeki bitkilere zarar vermektedir. Yağışın artış gösterdiği aylarda partikül madde miktarında da artış görülmektedir. Şehirde oluşan çamurlu yağışların etkisi en fazla araçlarda ve binaların dış cephelerinde deformasyona neden olmaktadır. Şanlıurfa şehrinde hâkim rüzgâr yönünün batı sektörlü olması ve hâkim rüzgâr yönünün batı kuzey batı şeklinde olması kirliliğin dağılmasında etki eden bir faktör olmamıştır. Genel olarak partikül madde kirliliğinin katı fosil yakıtlardan kaynaklı olduğu ve bu nedenle de yer yüzüne yakın yerlerde olduğu düşünüldüğünde rüzgârı kesen bina, cadde ve sokak varlığı rüzgârın etkisini yitirmesine neden olmaktadır. Çalışma alanında iki morfolojik birimin görülmesi (plato ve ova) ve şehrin 3 tarafının plato alanları ile çevrili olması mevcut kirliliğin şehir üzerinde çok fazla etrafa dağılmadan kalmasına neden olmaktadır. Şehrin güneyde kalan kısmının çevresine göre nispeten çukurda kalması kirliliğin o alanın üzerine çökmesine neden olmaktadır.

Fosil yakıtların ve çöl tozlarının dışında trafik yoğunluğu da özellikle ana ulaşım akslarında partikül madde kirliliği oluşturmuştur. Fakat oluşan partikül madde kirliliği, fosil yakıt ve çöl tozlarının oluşturduğu kirlilikten nispeten daha azdır. Bu nedenle özellikle bazı kavşak noktalarında partikül madde seviyesi yüksek çıkmıştır.

Şanlıurfa şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin etkisinin en aza indirilebilmesinde doğalgaz olmayan mahallelerde altyapı kurularak tüm mahallelerin doğalgaza geçmesi sağlanmalıdır. Doğalgaz altyapısı kurulana kadar ki süreçte katı yakıtlarda kalitesi yüksek kömür ve türevleri tercih edilmelidir. Belirli bir standardın altında is, kül vb. özellikleri olan kömürler yasaklanmalıdır. Bu kapsamda belediye ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü’nün daha çok kontroller yapması gerekmektedir. Fosil yakıtlardan kaynaklı kirliliğin yanı sıra az da olsa motorlu taşıtlardan kaynaklı kirlilik de görülmektedir. Özellikle trafik yoğunluğunun fazla olduğu güzergâhlarda akıllı kavşak sistemleri getirilerek trafikte bekleyen araç sayısının azaltılması gerekmektedir. Ayrıca eski binaların kentsel dönüşüm kapsamında yenilenerek ısı yalıtımlarının yapılması büyük önem arz etmektedir. Isı yalıtımı sayesinde kışın ısı kaybı en aza inecek ve yüksek kalorili katı fosil yakıt kullanımı en aza indirilecektir. Buna ek olarak ileride yapılacak imar planlarında cadde ve sokak sistemlerinin rüzgâr akımlarını kesmeyecek şekilde tasarlanması ve çok yüksek katlı binalara izin verilmemesi kirlilik seviyesinin azaltılmasında önemli bir adım olacaktır. Şanlıurfa şehrinde çöl tozlarının yoğun olarak görüldüğü dönemlerde insanların maske kullanması için sık sık uyarılarda bulunulması gerekmektedir. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından PM<sub>10</sub> ölçümü saatlik olarak yapılmaktadır. Fakat PM<sub>2.5</sub> için herhangi bir sınır değeri belirlenmemiş ve bu kirletici için ölçüm yapılmamaktadır. PM<sub>2.5</sub> kirleticisinin Türkiye genelinde saatlik ölçümü yapılması ve ulusal ölçekte sınır değeri belirlenmesi gerekmektedir.

**Çıkar Çatışması/Conflict of Interest :** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. *The authors declare that there is no conflict of interest.*

**Yazar Katkısı/Author contribution :** Çalışma konusu seçimi ve kavramsal çerçeve E.V. ve M.S.Ş. tarafından yapılmıştır. Sahada ölçümler E.V. tarafından yapılmış ve elde edilen veriler E.V. tarafından haritalandırılmıştır. M.S.Ş. danışmanlığında E.V. tarafından çalışma yazılmış ve yorumlanmıştır. *The study topic selection and conceptual framework were made by E.V. and M.S.Ş. Field measurements were made by E.V. and the data obtained were mapped by E.V. the study was written and interpreted by E.V. under the supervision of M.S.Ş.*

#### Kaynakça

- Alkan, A. (2018). Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı kentlere bir örnek: Siirt, *SBE Dergisi*, 7(2), 641-666.
- Allen, R., J., Landuyt, W. & Rumbold, S. T., (2016). An increase in aerosol burden and radiative effects in a warmer world. *Nat Climate Change*, 6, 269-274. [doi:10.1038/NCLIMATE2827](https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2827)
- Başar, P., Okyay P, Ergin, F., Coşan, S & Yıldız, A. (2005). Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği/1997-2004. *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 6(3), 11-15.
- Bayram, H. (2005). Türkiye’de hava kirliliği sorunu. *Toraks Dergisi*, 6, 159-165.
- Bozyazı, Daylan E., & İncecik, S. (2002). İstanbul’da coğrafi bilgi sistemleri ile hava kalitesinin incelenmesi. *İTÜ Dergisi*, 1(2), 51-62.

- Cavkaytar, Ö., Uysaş, S. Ö. & Şekerel, B. E. (2013). Türkiye’de hava kirliliğinden kaynaklanan sağlık sorunları. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 105-111.
- Çetin, M., Adıgüzel, F., Kaya, O. & Şahap, A. (2018e). Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydın. *Environment. Development and Sustainability*, 20(1), 361-375. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9885-5>
- Çetin, M., Şevik, H. & Yiğit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environ Monit Assess*, 190, 404. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6783-3>
- Çetin, M., Şevik, H., Cantürk, U. & Çakır, C. (2018d). Evaluation of the recreational potential of Kutahya urban forest. *Fresen Environ Bull*, 27(5), 2629-2634.
- Çetin, M., Şevik, H., Yiğit, N., Özel, H. B., Arıcak, B. & Varol, T. (2018a). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresen Environ Bull*, 27(5), 3206-3211.
- Çetin, M., Zeren, İ., Şevik, H., Çakır, C. & Akpınar, H. (2018c). A study on the determination of the natural park’s sustainable tourism potential. *Environ Monitor Assess*, 190(3), 167. [Doi: 10.1007/s10661-018-6534-5](https://doi.org/10.1007/s10661-018-6534-5)
- Doğan Rastgeldi, T. (2014). *Şanlıurfa ili ve çevresini etkileyen atmosferik toz kaynaklarının araştırılması ve çevresel etki potansiyelinin irdelenmesi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doherty, R. M. & O’Connor, M. F. (2018). Climate change impacts on air pollution in northern Europe. In Rais Akhtar and Cosimo Palagiano (Eds.), *Climate Change and Air Pollution*, (pp. 49-67). Springer.
- Duman, C. (2017). *Bursa Kenti’nin hava kalitesini etkileyen coğrafi faktörler ve kirleticilerin zaman içerisindeki değişimi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ebi, K. L. & McGregor, G. (2008). Climate change, tropospheric ozone and particulate matter and health impacts. *Environ Health Perspect*, 116 (11), 1449. [Doi: 10.1289/ehp.11463](https://doi.org/10.1289/ehp.11463)
- Elbir, T., Müezzinoğlu, A. & Bayram, A. (2000). Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environ Int*, 26, 5-10. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(00\)00071-4](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(00)00071-4)
- Fang, Y., Fiore, A. M., Horowitz, L. W., Gnanadesikan, A., Held, I., Chen, G., Vecchi, G. & Levy, H. (2011). The impacts of changing transport and precipitation on pollutant distributions in a future climate. *J Geophys Res*, 116 (D18). <https://doi.org/10.1029/2011JD015642>
- Garipağaoğlu, N. (2006). Türkiye’de hava kirliliği sorununun coğrafi bölgelere göre dağılımı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, (9), 57-77.
- Garipağaoğlu, N. (2008). Çorum’un hava kalitesinin yıl içindeki değişimi ve yanma döneminin değerlendirilmesi [Sempozyum]. *Uluslararası Osmanlı’dan Cumhuriyete Çorum Sempozyumu*, 23-25 Kasım 2007, (ss.685-702), Çorum, Türkiye.
- Garipağaoğlu, N. (2008, Ekim 16-17). *Türkiye şehirlerinin hava kalitesinin zamanla değişimine bağlı bir sınıflandırma* [Sempozyum]. 5. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- Garipağaoğlu, N. (2015). *Türkiye ortam sorunları coğrafyası*. Yeditepe Yayınları.
- İbret, B. Ü. & Aydınöz, D. (2009). Şehirleşme yanlıştır yer seçiminin hava kirliliği üzerine olan etkisine bir örnek: Kastamonu şehri. *Coğrafya Dergisi*, (18), 71-88.
- İlkılınc, C. & Behçet, R. (2006). Hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisi. *Doğu Anadolu Bölgeleri Araştırmaları*, 5(1), 66-72.
- İncecik, S., Şen, O., Kadioğlu, M. & Alp, K. (1994, Mart 23-25). İstanbul’da Hava Kirliliğinin Yüzeysel Su Kaynakları Üzerindeki Potansiyel Etkileri [Sempozyum]. 1. *Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye.
- Kara, G. (2012). Kentsel hava kirleticilerine meteorolojinin etkisi: Konya örneği. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (3), 73-86.
- Kaya, L. G. (2009). Assessing forests and land with carbon storage and sequestration amount by trees in the State of Delaware, USA. *Sci Res Essays*, 4(10), 1100-1108.
- Kaya, L. G., Çetin, M. & Doygun, H. (2009). A holistic approach in analyzing the landscape potential: Porsuk Dam Lake and its environs, Turkey. *Fresenius Environ Bull*, 18(8), 1525-1153.
- Keser, N. (2002). Kütahya’da hava kirliliğine etki eden topografik ve iklimik faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (5), 69-100.
- Kırımhan, S. (2006). *Hava kirliliği ve kontrolü*. Turhan Kitabevi.
- Koç, T. (1999). Kuzeybatı Anadolu’nun ısıtma ihtiyacı özellikleri. *Balikesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(3), 24-45.
- Kunt, F., & Dursun, Ş. (2018). Konya merkezinde hava kirliliğine bazı meteorolojik faktörlerin etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 54-61.
- Menezes, A. J., Margonari, C., Santos, B. R. & Confalonieri, U. (2018). Air Pollution, Climate Change and Human Health in Brazil. In Rais Akhtar and Cosimo Palagiano (Eds.), *Climate Change and Air Pollution The Impacts on Human Health in Developed and Developing Countries*. (pp. 375-403). Springer.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ. & Pektezel, H. (2016). Keşan’da (Edirne) hava kirliliği. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (36), 83-100.
- Penrod, A., Zhang, Y., Wang, K., Wu, S. Y. & Leung, L. (2014). Impacts of future climate and emission changes on us air quality. *Atmos Environ*, 89, 533-547. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.01.001>

- Sümer Çakır, G. (2014). Hava kirliliği kontrolü: Türkiye’de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemelerin ve örgütlenmelerin incelenmesi. *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 7(13), 37-56.
- Şahin, C. (1989). Hava kirliliği ve hava kirliliğini etkileyen doğal çevre faktörleri. *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 194-208.
- Şahinalp, M. S. (2006). Şanlıurfa şehri’nin kuruluşuna etki eden etmenler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 41(1), 105-127.
- Şengün, T. & Kıranşan, K. (2012). Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde çöl tozlarının hava kalitesine üzerine etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (59), 59-68.
- Şevik, H, Özel, H. B., Çetin, M., Özel, H. U. & Erdem, T. (2019). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Qual Atmos Health*, 12, 189-195.
- Taş, B, & Çakır, M. (2015). İşçehisar ilçesinde mermer sanayisi ve çevre sorunları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(34), 25-42.
- Taylan, D. E. & Damçayırı, D. (2016). Isparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile tahmini. *İMO Teknik Dergi*, 27(3), 7551-7559.
- TÇV (Türkiye Çevre Vakfı) (2001). *Ansiklopedik çevre sözlüğü*, TÇV Yayını.
- Temiz Hava Hakkı Platformu. (2020). *Kara Rapor Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri*.  
<https://www.temizhavahakki.com/wpcontent/uploads/2020/09/KARA-RAPOR-2020-BU%CC%88LTENV3-web.pdf>
- Toros, H., Bağış, S. & Gemici, Z. (2018). Ankara’da hava kirliliği mekansal dağılımının modellenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 20-53.
- Türkeş, M. (1996). Kent ve bölge planlamasında topografyaya bağlı yerel rüzgarlar. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 5, 213-227.
- Vural, E. (2021). Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinin CBS kullanarak hava kalitesinin mekansal değişiminin incelenmesi (2007-2019). *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 124-135.