

DOI: 10.26650/JGEOG2023-1233378

COĞRAFYA DERGİSİ
JOURNAL OF GEOGRAPHY
2023, (47)

<https://iupress.istanbul.edu.tr/en/journal/jgeography/home>


İğdır Merkez İlçesinde Hava Kalitesi Sorunu ve Yerleşim Uygunluk Analizi

Air Quality Issues and Settlement Suitability Analysis in İğdır Central District

Mücahit COŞKUN¹ , Hüseyin ŞAHİNER² , Onur CANBULAT³ , Ahmet ÖZTÜRK³ 

¹Prof. Dr. Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Karabük, Türkiye

²Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü, Sinop, Türkiye

³Doktora Öğrencisi, Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Karabük, Türkiye

ORCID: M.C. 0000-0002-7881-6742; H.Ş. 0000-0002-3191-1590; O.C. 0000-0002-9269-4219; A.Ö. 0000-0002-4074-0201

ABSTRACT

Air pollution can be a concern during certain seasons, specifically in autumn and winter, in the city center of İğdır owing to the city's geomorphological and climatological features. This study aims to examine the spatial and vertical distribution of air pollution in the atmosphere of the city center of İğdır and identify suitable areas for urban settlement. The results revealed that areas with highest pollution levels were in the city center of İğdır and in the plain area located north of the city. The geographical conditions, specifically in winter, limit convective air movements, cause inversion, and intensify air pollution. Height of the aerosol layer expresses the upper limit that pollutants can reach in the atmosphere. In the city center of İğdır, height of the aerosol layer approximately 1000–1100 m, especially in winter. Furthermore, pollutants are trapped between 850 m, which is the average altitude of the city center of İğdır, and these altitudes causes the pollution to be felt more intensely. A change in the city's settlement plan (horizontally) cannot address this issue in the longterm as the same air pollution problem will occur again. Thus, settlements should be established at least above 1000–1100 meters, which is the upper level of the aerosol layer in winter, to prevent this issue.

Keywords: İğdır, Air Pollution, Settlement, Google Earth Engine

ÖZ

Hava kirliliği sorunu sanayi faaliyetleri olmasa dahi, jeomorfolojik ve klimatolojik özelliklere bağlı olarak belirli mevsimlerde sürekli hale gelebilmektedir. İğdır merkez ilçesi özellikle sonbahar ve kış mevsimlerinde bu sorunun yaşanmasıyla gündeme gelmektedir. Bu sorunun çözümüne odaklanılan araştırmada, alan kapsamı İğdır ili ve merkez ilçesi; konu kapsamı ise hava kirliliği ve şehir yerleşim uygunluğu ile sınırlandırılmıştır. Araştırmanın amacı, çalışma alanında hava kirliliğinin atmosferdeki alansal ve dikey dağılışını ortaya koyarak şehir yerleşimine uygun alanları tespit etmektir. Elde edilen sonuçlara göre, İğdır merkez ilçesinde yerleşmelerin yoğun olduğu alan ve kuzeyindeki ovalık saha, kirliliğin en fazla olduğu yerlerdir. Alandaki coğrafi şartlar; özellikle kış mevsiminde konvektif hava hareketlerini sınırlandırarak inversiyon oluşumuna ve hava kirliliğinin daha yoğun hissedilmesine sebep olmaktadır. Gezegenel sınır tabakasının göstergelerinden biri olan aerosol tabakası yüksekliği, İğdır merkez ilçesinde özellikle kış mevsiminde 1000-1100 m civarındadır. Kirlleticilerin İğdır merkez ilçesinin ortalama yükseltisi olan 850 m ile bu yükseltieler arasına sıkışmasıyla, alanda kirlilik daha yoğun hissedilmektedir. Şehir yerleşim planında yatay olarak yapılacak bir değişiklik, sahip olunan coğrafi özellikler sebebiyle uzun süreçte yine aynı hava kirliliği sorununun yaşanmasına sebep olacaktır. Bu nedenle olası bir plan değişikliğinde yerleşimlerin, en azından kirlitici gazların kış mevsiminde ulaştığı üst seviye olan 1000-1100 m'nin üzerine kurulması aynı sorunların tekrar yaşanmamasını sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: İğdır, Hava Kirliliği, Yerleşim, Google Earth Engine

Submitted/Başvuru: 13.01.2023 • **Revision Requested/Revizyon Talebi:** 16.06.2023 • **Last Revision Received/Son Revizyon:** 17.06.2023 • **Accepted/Kabul:** 20.07.2023



Corresponding author/Sorumlu yazar: Ahmet Öztürk / ahmetozturk2371@gmail.com

Citation/Atf: Coskun, M., Sahiner, H., Canbulat, O., Ozturk, A. (2023). İğdır merkez ilçesinde hava kalitesi sorunu ve yerleşim uygunluk analizi. *Coğrafya Dergisi*. *Coğrafya Dergisi*, 47, 45-59. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1233378>



EXTENDED ABSTRACT

Air pollution is a well-known factor that affects the natural atmosphere when its concentration reaches a certain level. Additionally, a national act, the Air Quality Assessment and Management Regulation, has been introduced to establish minimum levels for smoke, dust, gas, vapor, and aerosol concentrations in the air (URL 1; URL 2). According to a recent report (THHP, 2021), PM10, PM2.5, SO₂, O₃, and NO₂ values from 98% of 175 stations in Turkey were found to exceed the value (20 µg/m³) defined by the World Health Organization. Moreover, the air quality of some cities is more heavily influenced by urbanization, fossil fuel usage, and topographic and meteorological factors (Çiftçi et al., 2013). In Iğdır, geomorphological structures limit the horizontal movement of air parcels and create an inversion layer (Koç, 2018). However, there has been little quantitative analysis of air quality to guide urban growth in Iğdır. This study aims to address the lack of suitability analysis based on air quality and risk mapping in Iğdır. The suitability of urban growth will be analyzed using Google Earth Engine (GEE) data sets (NO₂, SO₂, CO, UV aerosol index [UVAI]), O₃, Formaldehyde (HCHO), and ABL [Aerosol Boundary Layer]) with the Best–Worst Method (BWM).

Iğdır city center is situated at an average altitude of 850 m. The Iğdır Province is depicted in Figure 1. The Iğdır Plain was formed by the Aras River through alluvial deposition. The prevailing wind direction is over the depression of the Iğdır Plain. Figure 3 shows the frequency of annual winds. The geomorphological structure of the city provides benefits in terms of climate and agriculture.

Data for NO₂, SO₂, CO, UVAI, O₃, HCHO, and ABL were obtained from Sentinel-5P TROPOMI (TROPOspheric monitoring instrument) in the GEE data collection. The data is collected by Landsat, MODIS, NOAA AVHRR, and ALOS remote sensing platforms (Amani et al., 2020). First, pollutant data was correlated to the city center via principal component analysis (PCA) to reveal risk fields. PCA is a linear analysis tool used to reduce a large raw data matrix to only its principal components (Tezbaşaran & Gelbal, 2018; Yi & Latch, 2022). Then, the pollutants were analyzed using one of the multivariate analysis techniques, the BWM. The BWM analysis indicated the suitability for urban growth. The closer the BWM result is to zero, the more reliable the data are (Badri Ahmadi et al., 2017).

The concentrations of six different pollutants were distributed throughout Iğdır. The concentration of NO₂ ranged between 0.0000125 and 0.000032 mol/m². Figure 4 shows that the concentration is higher in the northern region of the city center and lower in the southern region, where the elevation is higher. SO₂ production is typically caused by the use of fossil fuels, and the average concentration ranges between 0.0000219–0.000231 mol/m² (Figure 4). High levels of SO₂ were observed in low-lying areas. The distribution of CO concentrations followed a similar pattern to that of NO₂ concentrations, with higher levels in the north and lower levels (0.0207–0.0316 mol/m²) in areas with higher elevation (Figure 4). The city center of Iğdır had higher values of HCHO, while the rest of the region exhibited values between 0.0000708 and 0.000131 mol/m² (Figure 4). Although positive values of the aerosol index resulted in negative health effects, the area of interest did not show positive aerosol index values (–1.23, –0.488), as shown in Figure 4. Tropospheric ozone, which results from reactions with other pollutants in the atmosphere, exhibited a similar trend to NO₂ and CO, being lower at higher elevations. Its concentration ranged between 0.1362–0.1394 mol/m² (Figure 4). Aerosol height varied between 934–3020 m (Figure 10). The plain region of Iğdır represents the lowest aerosol layer height (934–1240 m). Moreover, the height of the aerosol layer defines the highest level of particles in the atmosphere. Low aerosol layer height increases the risk of pollution evolution. Gaseous pollutants were found to be at their maximum during the winter (Figure 11). The highest wind speed in the region is approximately 1.4 m/s. The lack of wind throughout the year increases the air pollution.

Despite its small population, Iğdır suffers greatly from air pollution. The study shows that the city center and northern part of the plain are affected by pollution the most. Furthermore, height of the aerosol layer indicates the atmospheric vertical boundary for the pollutants. Thus, high pressure (917.8 hPa) in the atmosphere causes the pollutants to accumulate in the plain region. Due to the low temperatures (annual average is 12.2°C and lowest is –3.3°C), an inversion layer forms, thus limiting the movement of pollutants in the region. The air pollution risk map shows the highest risk in the northern part of the plain (Figure 13).

Based on this analysis, it can be inferred that a suitable urban growth area can be selected within the altitude range of 1000 to 1500 meters, as depicted in Figure 14. It is recommended that the settlement be located above the highest measured altitude for inversion and the aerosol layer, which is at 1100 meters (as shown in Figure 15).

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, atmosferin doğal yapısını değiştirebilen gaz, partikül vb maddelerin canlı ve cansız varlıkları olumsuz etkileyecek düzeyde bulunmasını ifade eder. Volkanik patlamalar, toz fırtınaları hava kirliliğinin doğal nedenlerindedir. Kentleşme, fosil yakıt kullanımı ve sanayileşme ise insan kaynaklı nedenlere örnek verilebilir. Hava kirliliği, yeryüzünü küresel çapta tehdit eden çevresel faktörlerin başında gelmektedir. Kirlilikten etkilenen birçok insan hayatını yitirmiş veya bu kirliliğe bağlı hastalıklar sebebiyle yaşam kalitesini kaybetmiştir (Argun vd., 2019; Atalay & Neslihanoglu, 2021). Özellikle düşük veya orta gelirli ülkelerde kentleşme ve sanayileşmenin etkisiyle hava kalitesi genel olarak kötüleşmektedir (Koç & Koç, 2018; Sümer, 2014; WHO, 2021). Sağlıklı bir hava kalitesi için, kirlenici yoğunluğunun canlı sağlığını olumsuz etkilemeye başladığı minimum seviyeyi tespit etmek önemlidir. Bu seviyeyi belirlemek amacıyla ulusal ve uluslararası platformlarda hava kalitesi sınır değerleri açıklanmaktadır. Örneğin Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) 2005 yılı hava kalitesi kılavuzunda azot dioksit (NO₂) seviyesi 40 µg/m³ olarak belirlenmiştir (WHO, 2006). Bu değer 2021 yılında, 10 µg/m³ olarak güncellenmiştir (WHO, 2021). DSÖ'nün güncel kılavuzunda NO₂'nin yanında partikül madde 2.5 ve 10 (PM_{2,5}, PM₁₀), ozon (O₃), kükürt dioksit (SO₂) ve karbon monoksit (CO) konsantrasyonları için de sınır değerler verilmektedir (WHO, 2021). Benzer şekilde Türkiye de hava kalitesini iyileştirmek amacıyla, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) yayınlamıştır. Bu yönetmelikte kirlenici maddeler ve konsantrasyon değerleriyle ilgili minimum sınırlar bulunmaktadır (URL 1; URL 2).

DSÖ verileri, küresel nüfusun %99'unun kılavuzlarda belirtilen sınır değerleri aşan veya yüksek düzeyde kirlenici içeren hava soluduğunu göstermektedir (WHO, 2021; URL 3). Türkiye'de ise Temiz Hava Hakkı Platformu (THHP), 175 istasyon özelinde bazı kirlenicileri (PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, O₃ ve NO₂) kapsayan bir araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda; bu istasyonların %98'inde, özellikle yıllık PM₁₀ değerinin DSÖ'nün belirlediği seviyenin (20 µg/m³) üstünde olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma kapsamında Türkiye'deki illerin yarısından fazlasının, HKDYY kapsamında ilan edilen ulusal sınırları aştığı tespit edilmiştir (THHP, 2021). 2021'de Türkiye, sadece yıllık PM_{2,5} ortalaması dikkate alınarak yapılan bir çalışmada 117 ülke içerisinde, en fazla konsantrasyona sahip 46. ülke olmuştur. Avrupa ülkeleri dikkate alındığında ise 6. sırada yer almaktadır (IQAir, 2021).

Hava kirliliği; sahip olunan doğal ve beşeri özellikler sebebiyle bazı illerde daha yoğun yaşanır (Çiftçi vd., 2013). Kirlenici konsantrasyonu bakımından diğerlerinden ayrılan illerin başında Iğdır gelmektedir. PM₁₀'da ilk üç ve O₃'te ilk sekiz il içerisinde yer alan Iğdır, 2016-2020 yılları arası PM₁₀ ortalaması değerlendirildiğinde Türkiye'deki en kirli il konumundadır (THHP, 2021). Bununla birlikte 2021'de yıllık 66,2 µg/m³ PM_{2,5} değeri ile Avrupa'da ilk sırada yer almıştır (IQAir, 2021).

Iğdır ili yüksek jeomorfolojik birimlerle çevrilidir. Bu topoğrafik yapı, yatay hava hareketlerini engellemekte, özellikle kış mevsiminde sıcaklık terselmesinin oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Böylece sahada kirlenici gaz yoğunluğu artış gösterir (Koç, 2018; Sahin vd., 2020). Yaşanılan bu durum doğrudan kirliliğin kaynağı olmasa da, kirlenicilerin ortamda bulunma süresini ve miktarını etkiler. Bu koşullar Iğdır merkez ilçesinde; kirlenici yoğunluklarının tespitini, sebeplerinin araştırılmasını, yatay ve dikey dağılımlarının belirlenmesini gerekli kılmıştır. Ayrıca literatürde Iğdır ili için bu coğrafi koşulların sebep olduğu sorunları içeren bir yerleşim uygunluk analizi bulunmamaktadır. Bu eksiklik, araştırmanın ortaya çıkmasına sebep olan motivasyonlardan biridir.

Araştırmada Iğdır merkez ilçesine ait NO₂, SO₂, CO, O₃, Ultraviyole Aerosol İndeksi (UVAI), Formaldehit (HCHO) ve Aerosol Tabakası Yüksekliği (ATY) haritaları ve bunların bileşimini içeren risk haritası oluşturulmuştur. Kirlenici gaz özellikleri dikkate alındığında; NO₂ yoğunlukla fosil yakıt kullanımı, egzoz emisyonları, termik santraller ve sanayi faaliyetleri sonucunda oluşan bir gazdır. Kısa ve uzun sürelerde maruz kalınması halinde solunum yollarıyla ilgili sağlık problemlerine sebep olabilir (Castagna vd., 2022; Cindoruk, 2018). SO₂ evsel ve endüstriyel amaçla yakılan kömür, metal eritme ve dizel yakıtlı taşıtların kullanımı sonucu ortaya çıkmaktadır. Renksiz, asidik ve keskin kokulu olan bu gaz; kanda çözünmesi ve solunum yollarını etkilemesi nedeniyle insan sağlığına zararlıdır (Akyürek vd., 2013; Argun vd., 2019). CO ise doğal yangın veya evsel karbon kaynaklı yakıtların yetersiz yanması sonucu açığa çıkan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Akut ve kronik zehirlenmeye sebep olabilir (Eraybar vd., 2021; Mutlu, 2018). Emici Aerosol İndeksi (AAI) olarak da adlandırılan UV Aerosol İndeksi; atmosferdeki volkanik kül, toz ve duman gibi ultraviyole radyasyonu emen aerosollerin varlığını ölçen bir indekstir (Graaf vd., 2005; URL 4). O₃ uçucu organik bileşiklerin ve azot oksitlerin (NO_x) fotokimyasal oksidasyonu sonucu açığa çıkan ikincil bir kirlenicidir. Maruz kalınması insan sağlığını olumsuz etkiler. Ayrıca plastik ve boya gibi maddelere

de zarar verebilir (Li vd., 2019; Özcan vd., 2008; Schultz vd., 1999). HCHO renksiz, keskin kokulu, toksik bir gazdır. Ahşap mobilya, döşeme ve boya gibi malzemelerin yapımı, kullanımı ve onarımıyla havaya karışmaktadır. Çoğunlukla sanayi faaliyetleriyle ortaya çıkar ve atmosferde girdiği reaksiyonlarla troposferik ozon oluşumuna sebep olur (Guo vd., 2021; Vazquez Santiago vd., 2021). Düşük konsantrasyonlarda dahi göz, burun, boğaz kızarıklığı veya deride tahrişe sebep olan HCHO, kanser riski de oluşturmaktadır (Wag vd., 2021; Zhang vd., 2020; Zorlu & Tıkansak Karadayı, 2020). Sağlık başta olmak üzere, birçok alanda oluşturduğu riskler sebebiyle bahsedilen bu kirleticiler araştırmaya dahil edilmiştir.

Araştırma kapsamında, Iğdır il geneli için kirletici faktörlerin dikkate alındığı yerleşim uygunluk analizi yapılmıştır. Uygunluk analizleri, kullanım için elverişli alanların tespitini amaçlamaktadır. Yer seçimi konusunda uygulanması özellikle 1980'lerden sonra artmıştır. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) en yaygın olarak kullanılan analiz metotlarından (Aydoğdu & Bakırcı, 2021; Chen, 2014; Parry vd., 2018; Taşdemir & Kaya, 2015). Tarımsal alan, habitat uygunluk ve doğal afetlere karşı şehir gelişimi için yer seçimi gibi farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Değerliyurt, 2014; Kazemi & Akinci, 2018; Ozsahin vd., 2022; Utami vd., 2021). Çalışmada ise ÇKKV yöntemlerinden biri olan Best-Worst Metodu (BWM) kirleticiler dikkate alınarak, doğru yerleşim alanlarını tespit etmek için uygulanmıştır. Kirletici gazlara ait veriler Google Earth Engine (GEE) veri setlerinden temin edilmiş, ArcMap 10.4 ortamında düzenlenen yükselti ve arazi kullanım verileri metoda dahil edilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

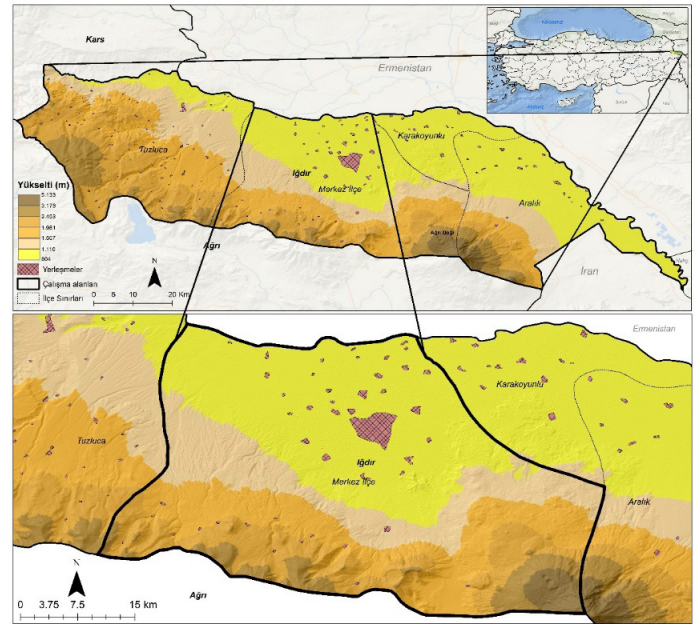
Araştırmanın temel amacı, hava kirliliği konusunda Iğdır merkez ilçesinin maruz kaldığı tehlikeleri tespit etmek ve il genelinde yerleşime uygun alanları belirleyerek kalıcı bir çözüm önerisi sunmaktır.

2.1. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü'nde yer alan Iğdır ilinin kuzey ve kuzeydoğusunda Aras Nehri'nin oluşturduğu Ermenistan sınırı bulunur. Doğusunda Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti, güneydoğusunda ise İran yer alır. Kuzeybatısında Kars ve güneybatısında Ağrı ili ile komşudur. Iğdır merkez ilçesinin batısında Tuzluca, doğusunda Karakoyunlu ve Aralık ilçeleri yer alır. Merkez ilçe yaklaşık olarak 39° 55' kuzey enlemi ve 44° 02' doğu boylamındadır (Şekil 1). Merkez

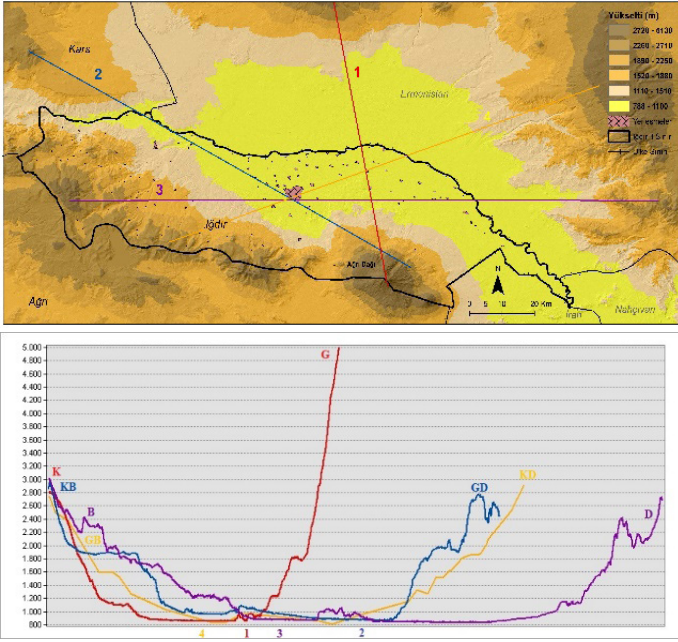
ilçenin kurulu olduğu alan, ortalama 850 m yükseltiye sahiptir. Yükselti, merkez ilçenin kuzeyindeki Iğdır Ovası'na ve güneydoğudaki ova uzantısına (Dil Ovası) doğru azalır. Güney ve batıdaki dağlık alanlara doğru ise artmaktadır. Büyük Ağrı Dağı (5137 m) sahanın en yüksek bölümünü oluşturur. Karasu-Aras Dağları, volkanik alanlara ek olarak araştırma sahasında engebeyi arttıran diğer önemli yükseltilerdir. Kızılca (2887 m), Durak (2811 m), Zor (3196 m), Köroğlu (2895 m) ve Pamuk (2639 m) Dağları bu dağ sırasının önemli yükseltileridir (Karaoğlu & Çelim, 2018; Kaya, 2015).



Şekil 1: Iğdır İli lokasyon haritası.

Figure 1: Iğdır Province location map.

Iğdır ilinin bulunduğu alan, Aras Nehri'nin oluşturduğu depresyonlardan biridir. Taşınan alüvyonlarla birlikte Iğdır Ovası oluşmuştur. Ovalık alan Batı Ova, Doğu Ova ve Dil Ovası olmak üzere üç farklı bölümden oluşur. Çöküntü alanına yerleşmiş bu ovalık saha, sınır ötesinde Ermenistan topraklarında da devam etmektedir. Sınır, ovalık alanı yaklaşık iki eşit parçaya böler. İl merkezi Batı Ova'nın güneyine kuruludur. Arazinin yer şekilleri genel olarak incelendiğinde; Iğdır ilinin, Aras Nehri'nin oluşturduğu KB-GD istikametinde uzanan bir depresyon içerisinde kurulu olduğu dikkat çekmektedir. Eğim %1-10 arasında değişir. Yükselti batıdan doğuya ve güneyden kuzeye doğru azalırken, ülke sınırları dışındaki dağlık alanlara doğru tekrar artmaktadır (Şekil 2). Sahip olunan bu jeomorfolojik yapı Iğdır iline iklim, tarım ürünleri gibi konularda avantaj sağlarken; araştırmaya konu olan hava kirliliğini de etkileyen temel unsurdur (Güçük vd., 2019; Kibar vd., 2014).



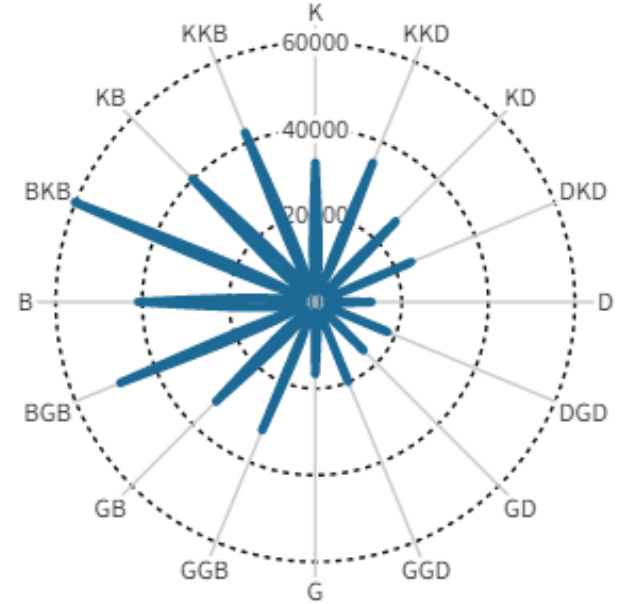
Şekil 2: Iğdır ilinin farklı uzanış yönlerine göre hazırlanmış yer şekli profilleri. (Tabandaki sayılar ilgili renkteki profil üzerinde şehir merkezinin bulunduğu yeri ifade etmektedir).

Figure 2: Landform profiles prepared according to different extension directions of Iğdır province. (The numbers on the base represent the location of the city center on the profile in the relevant color).

Iğdır ili jeomorfolojik özelliklerinin etkisine paralel olarak çevresine göre daha sıcak ve kurak bir makro klima iklime sahiptir. Komşu illerinden Kars'ta yıllık 4.7°C , Ağrı'da ise 6.2°C ortalama sıcaklıklar görülürken; Iğdır'ın yıllık ortalama sıcaklığı 12.2°C 'dir. Yıllık toplam yağış tutarı, Kars'ta 506.8 mm, Ağrı'da 524.9 mm iken; Iğdır'ın toplam yağışı 259.9 mm'dir. Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 25.9°C , ocak ayı ise -3.3°C 'dir. En yağışlı ay 46.9 mm ile Mayıs, en kurak ay 9.8 mm ile Ağustosur. Haziran sonunda başlayan kurak iklim şartları eylül sonuna kadar devam etmektedir (Çelik vd., 2018; Karaoğlu, 2011; Yaltı & Aksu, 2019). Bozkır, araştırma sahasının ana bitki örtüsünü oluşturmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) uzun yıllar tüm parametreler bültenine göre kış mevsimi, nispi nem oranının en yüksek olduğu zaman dilimidir. Bu mevsimde ortalama %69.8 olan nispi nem, aralık ayında en yüksek değere (% 71.8) ulaşmaktadır. Yıllık ortalama nispi nem değeri %59'dur. Kış mevsiminde daha yüksek basınç değerleri görülmekle birlikte yıllık ortalama değer 917.8 hPa'dır. Üzerine kurulu olduğu depresyon alanının uzanış doğrultusu olan KB-GD istikameti, aynı zamanda hâkim rüzgar yönünü oluşturmaktadır. Yıl içerisinde en fazla rüzgâr KB yönünden eser (Şekil 3). 1.2 m/s gibi düşük bir yıllık ortalama rüzgar hızına sahip Iğdır ilinde, ilkbahar ve yaz mevsiminde artan rüzgar hızı diğer mevsimlerde

azalmaktadır. Hava kirliliğinin en yoğun şekilde hissedildiği kış mevsiminde 0.9 m/s olan rüzgar hızı, ilkbaharda 1.4 m/s ile maksimum hıza ulaşır.

2.2. Veri setleri ve yöntem



Şekil 3: Iğdır merkez ilçesi yıllık rüzgâr gülü diyagramı.

Figure 3: Annual wind rose diagram in Iğdır central district.

Araştırma kapsamında çeşitli uydu görüntülerinden elde edilen veriler analiz edilerek haritalanmıştır. Çalışmada kullanılan NO_2 , SO_2 , CO, UVAI, O_3 , HCHO ve ATY verileri, GEE veri kataloğu Sentinel koleksiyonu içerisindeki Sentinel-5P TROPOMI'den (Tropospheric Monitoring Instrument) temin edilmiştir (URL 5). 2010 yılında tanıtılan Google Earth Engine (GEE), petabayt ölçeğinde büyük veri setlerini depolamak ve işlemek üzere tasarlanmış coğrafi veri işleme platformudur. GEE, bilimsel araştırmalar için veri teminini kolaylaştırmasının yanı sıra; hazır işlenmiş veri imkânı da sağlayan bir bulut bilişim programıdır. Bünyesinde sosyal, demografik, arazi kullanım, iklim, vejetasyon ve sayısal yükselti modeli gibi geniş kapsamlı veri türlerini barındırmaktadır. Bu veriler Landsat, MODIS, NOAA, AVHRR, ALOS gibi çeşitli uzaktan algılama platformlarını içerir (Amani vd., 2020; Mutanga & Kumar, 2019; Tamiminia vd., 2020). Sentinel-5P, Avrupa Birliği Uzay Ajansı'nın (European Space Agency/ ESA) yeryüzü gözlem programı olan Copernicus'un uydusudur. TROPOMI cihazı, Sentinel-5P'nin gaz konsantrasyonlarını ölçen çok bantlı sensörünü ifade eder (URL 6; URL7). Verilerin tamamı 1113.2 metre çözünürlükte olup, verilerden NO_2 , SO_2 , CO, HCHO gazları mol/m^2 , ATY ise metre birimindedir. UVAI, ozon

absorbsiyonun çok az olduğu UV spektral aralığında gerçekleşen Rayleigh saçılmasındaki dalga boyuna bağlı değişikliklere dayalı olarak hesaplanır. Bu indeksin pozitif değeri ultraviyole emici aerosolün (UVAI) varlığını göstermektedir (URL8; URL9; URL10; URL11; URL12; URL13; URL14;).

Araştırmada TROPOMI'den elde edilen veriler, Iğdır merkez ilçesi ve il genelinde kesilerek ArcMap 10.4 programında haritalanmıştır. Öncelikle merkez ilçe için düzenlenen veriler, Principal Component Analysis (PCA) yöntemi ile çakıştırılmış ve kirleticiler açısından riskli alanlar belirlenmiştir. PCA, yaygın olarak kullanılan çok değişkenli doğrusal analiz yöntemidir (Ersungur vd., 2007). Çok sayıda ham veri matrisini, birbirinden bağımsız olarak az sayıda anlamlı bileşene indirgemeye imkân sağlar (Tezbaşaran & Gelbal, 2018; Yi & Latch, 2022). Gerçekleştirilen indirgeme sonucu yorum yapma imkânını artırırken, bilgi kaybını minimize etmesi bakımından da kullanışlı bir tekniktir (Jolliffe & Cadima, 2016). Araştırmada PCA, ArcMap programının *Principal Components* aracı kullanılarak uygulanmıştır. Sonrasında NO₂, SO₂, CO, UVAI, O₃, HCHO, ATY, arazi kullanım ve yükselti parametreleri kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Best-Worst Metodu (BWM) ile il ölçeğinde yerleşim uygunluk analizi yapılmıştır. Yöntem, en önemli ve en az öneme sahip parametrelerin uzman tarafından belirlenmesi ve bu iki kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırmasına dayanır (Rezaei, 2015, 2016). Bu aşamada belirlenen 9 parametre içerisinde uzman görüşü ile ATY en iyi, arazi kullanım faktörü ise en kötü parametre olarak belirlenmiş ve parametreler ikili karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. BWM'de tutarlılık oranı sıfıra ne kadar yakınsa, yapılan karşılaştırmalar aynı oranda güvenilir demektir (Badri Ahmadi vd., 2017). Yöntem sonucu tutarlılık oranı 0.091 olarak tespit edilmiştir. Sonuçta elde edilen ağırlık değerlerine göre uygun yerleşim alanları sınıflandırılarak haritalanmıştır.

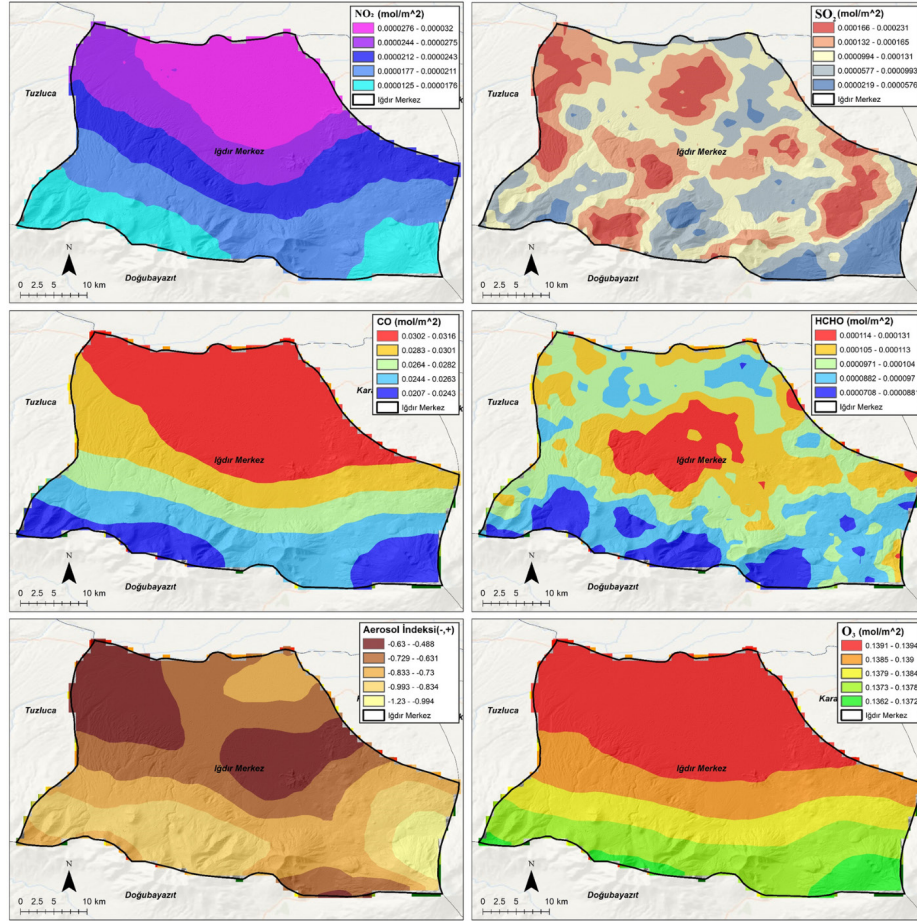
3. BULGULAR

Araştırma sahasında uydu verilerine bağlı olarak hava kirliliğine sebep olan altı kirletici gaz incelenmiştir. Hazırlanan haritalarda kirletici yoğunluğunun en fazla olduğu alanların, ilin yer şekli uzanışı ve yükselti değerleri ile bağlantılı olduğu dikkat çekmektedir. KB-GD uzanışlı depresyon ve yükselti değerlerinin az olduğu alanlar, hava kirliliğinin en yoğun hissedildiği sahalardır. Çalışma alanında yıllık NO₂ ortalama değerleri 0.0000125-0.000032 mol/m² arasında değişmektedir (Şekil 4). Daha çok trafik ve sanayi kaynaklı ortaya çıkan bu kirletici, merkez ilçenin kuzeyindeki ovalık alanda en yüksek değerlere sahipken, yükseltinin arttığı güney bölümde değerler azalmaktadır.

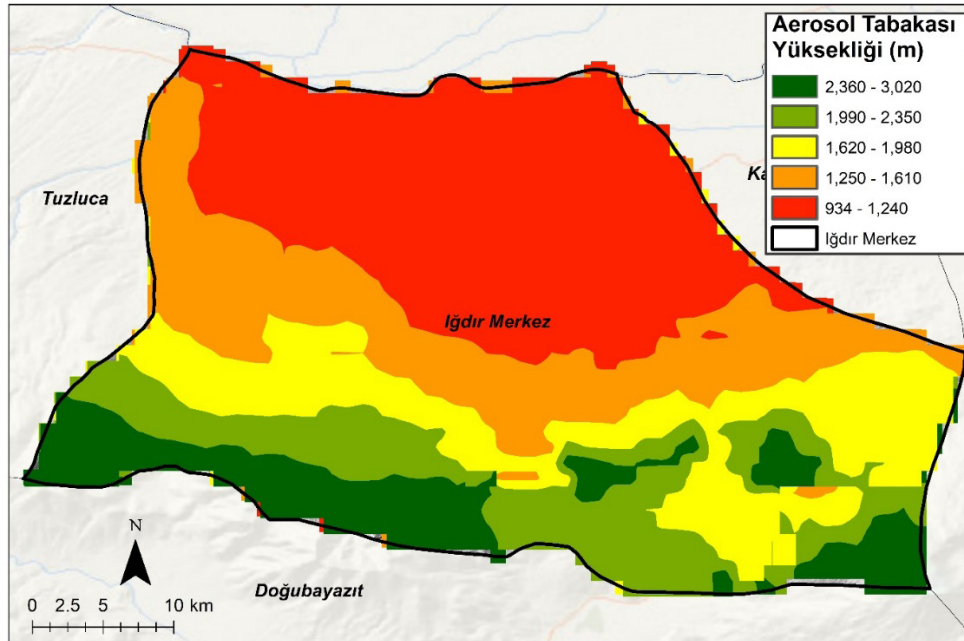
Çoğunlukla fosil yakıt kullanımı ve taşıt emisyonlarına bağlı olarak oluşan SO₂'nin araştırma sahasındaki yıllık ortalama değerleri 0.0000219-0.000231 mol/m² arasındadır (Şekil 4). SO₂ yoğunluğunun en fazla olduğu alanlar incelendiğinde, alçak ovalık alanlar ve dağ eteklerinin daha yüksek değerlere sahip olduğu görülür. Yükseltinin artışı kirletici yoğunluğunun azalmasında önemli bir etkidir. Hava kirliliğine sebep olan gazlardan biri olan CO'nun sahadaki konsantrasyon değerleri 0.0207-0.0316 mol/m² arasındadır (Şekil 4). Iğdır merkez ilçesinin kuzeyindeki depresyon alanı kirliliğinin en yoğun olduğu bölgedir. Güneydeki dağlık sahalara doğru kirletici değerleri azalmaktadır. Araştırma sahasındaki HCHO değerleri 0.0000708-0.000131 mol/m² arasındadır (Şekil 4). Iğdır merkez ilçesinde yerleşmelerin yoğun olduğu arazi, değerlerin en yüksek seviyeye ulaştığı alandır. Literatürdeki ilgili çalışmalar da bahsedilen topoğrafya ve hava kirliliği arasındaki bu ilişkiyi takiben kirleticilerin merkez ilçenin yerleşmelerinde yoğunlaştığına dikkat çekmiştir (Argun, 2019; Güçük, 2019; Koç ve Koç, 2018; Şahin vd., 2020).

Aerosol indeksi troposferik ozon oluşumunun öncü bir göstergesidir. Artı değerler insan sağlığını olumsuz etkileyecek düzeyi ifade eder. Merkez ilçenin kurulu olduğu saha ve bu sahanın KB bölümü aerosol değerlerinin en yüksek olduğu alanlardır. İndeks değerleri -1.23, -0.488 arasında değişmektedir (Şekil 4). Merkez ilçenin tamamında artı indeks değerlerine rastlanmamaktadır. Troposferik ozon, diğer kirletici gazların atmosferde tepkimeye girmesiyle oluşan ikincil kirletici gazlardandır. Örneğin kara yolu trafiğinden kaynaklı (NO_x, uçucu organik bileşikler gibi) kirleticilerin, troposferik ozon oluşumuna sebep olduğu bilinmektedir (Yang vd., 2022). Diğer kirleticiler gibi hava kalitesini ve insan sağlığını olumsuz etkiler. Çalışma sahasında O₃ değerleri 0.1362-0.1394 mol/m² arasındadır (Şekil 4). Kirliliğinin en yoğun yaşandığı alan merkez ilçenin kuzey bölümüdür. Güneydeki engebeli sahalara doğru O₃ değerleri azalmaktadır.

Çalışma alanına ait aerosol tabakası yüksekliği verileri incelendiğinde değerlerin 934-3020 m arasında değiştiği görülür (Şekil 5). Merkez ilçenin içerisinde bulunduğu depresyonun kuzey kısmını oluşturan ovalık alan, aerosol tabakası yüksekliğinin en düşük olduğu sahadır. Değerler burada 934-1240 m arasındadır. Bu saha, hava kirliliğinin de en yoğun şekilde hissedileceği noktadır. Merkez ilçenin ortalama yükseltisinin 850 m olduğu düşünüldüğünde, kirleticilerin yer yüzeyi ile yer yüzeyinden maksimum 300-400 m atmosfer yüksekliği arasında yoğunlaşacağı görülmektedir. Güneydeki dağlık alanlara doğru ise aerosol tabakası yüksekliği artmaktadır.



Şekil 4: Iğdır merkez ilçesine ait yıllık ortalama kirlenici değerleri.
 Figure 4: Annual average pollutant values of the central district of Iğdır.



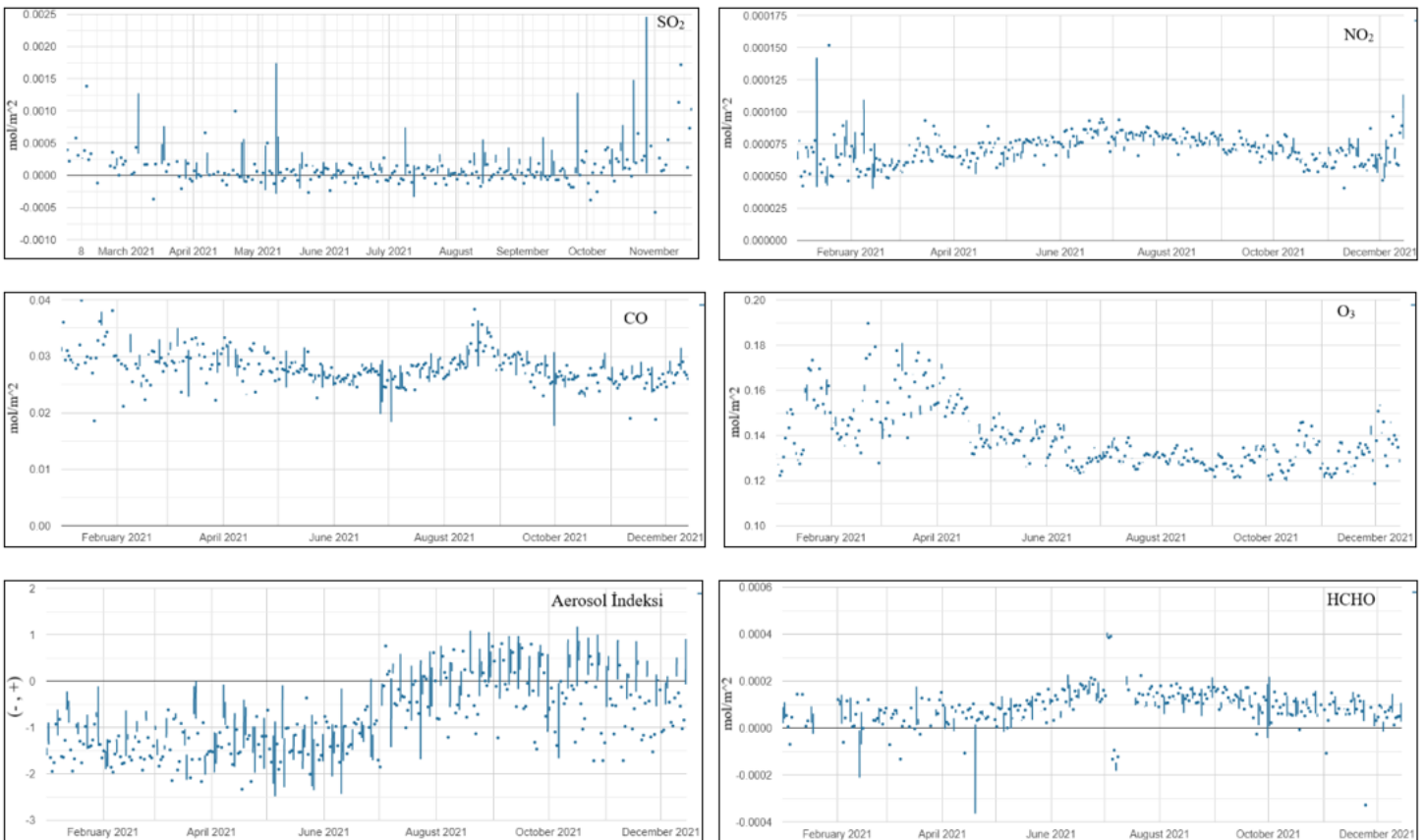
Şekil 5: Iğdır merkez ilçesine ait yıllık ortalama aerosol tabakası yüksekliği seviyeleri.
 Figure 5: Annual average aerosol layer height levels of the central district of Iğdır.

Kirletici gazların yıl içindeki değişim miktarları incelendiğinde, literatürdeki çalışmaları destekleyecek şekilde (Altıkat, 2019; 2020; Koç ve Koç, 2018); NO₂, SO₂, O₃ ve CO'nun kış mevsimine ait aylarda maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 6). Sanayi faaliyetleri, ısınma ve trafikten kaynaklı emisyonların bu kirlilikte etkisi büyüktür. Ancak araştırma sahasının sahip olduğu coğrafi özellikler kirliliği oluşturan asıl etkidir. Çevresinde yükselti 5000 m'nin üzerine çıkmasına rağmen, Iğdır merkez ilçesi 850 m ortalama yükseltiye sahip bir depresyon içerisinde yer alır. Kış mevsiminde basınç ve nem değerleri en yüksek seviyeye ulaşır. Yüksek basınç ve nemlilik havayı daha kararlı hale getirerek kirleticilerin atmosferde yükselmesini, dolayısıyla kirliliğin azalmasını engeller. Yine kış mevsiminde sıcaklık ortalamalarının eksi değerlere düşmesi, yükselmeyi sağlayacak konvektif atmosfer hareketlerini sınırlandırır. Kış mevsiminde 0.9 m/s olan rüzgar hızı, en yüksek olduğu ilkbahar döneminde 1.4 m/s'dir. Iğdır merkez ilçesine ait ortalama rüzgâr hızı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerinde yer alan Beaufort rüzgâr ölçeğine göre en yüksek değere sahip olduğu zaman diliminde bile esinti kategorisinde yer almaktadır. Bu durum da şehirde oluşan kirliliğin dağılımını engellemektedir. Sahip olunan iklimsel ve

jeomorfolojik özellikler, özellikle kış mevsiminde oluşacak sıcaklık terselmesi (inversiyon) şartlarına zemin hazırlar. Merkez ilçeyi çevreleyen dağlık alanlarda aşırı soğuma sonucunda ağırlaşan soğuk hava, depresyon alanına doğru hareket edecektir. Oluşacak bu inversiyon durumunun, konvektif hareketlerin artacağı ilkbahar aylarına kadar sürmesi beklenir.

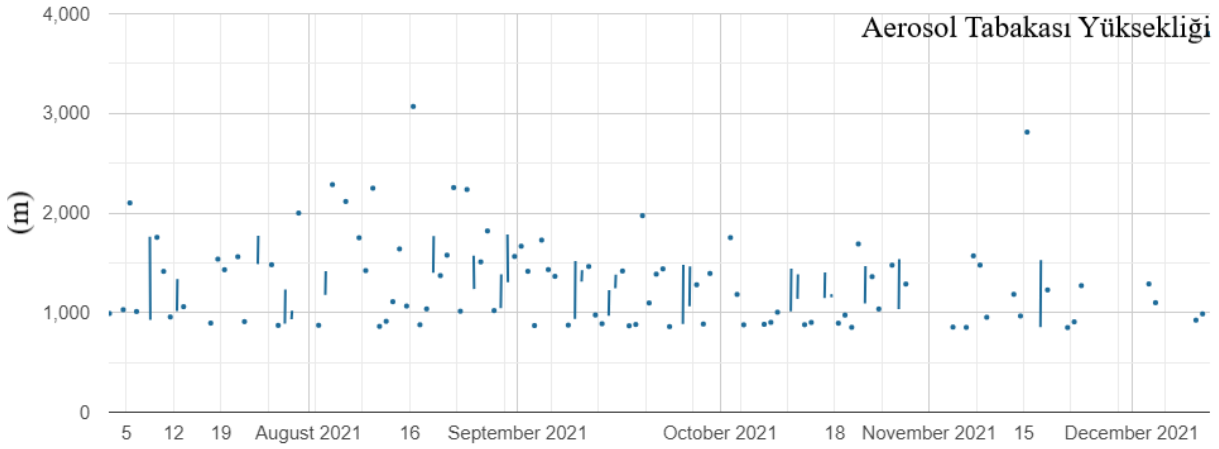
HCHO ve aerosol indeksi değerleri ise yaz mevsiminde daha yüksektir. Bu durum yaz mevsiminde yaşanan güneş enerjisi miktarındaki artış ve fotokimyasal süreçlerle alakalıdır. Çünkü HCHO doğal ya da antropojenik oluşumunun dışında, artan ultraviyole miktarına bağlı olarak yaşanan reaksiyon süreçleriyle de meydana gelmektedir.

Aerosol tabakası yüksekliği, hava kirliliği araştırmalarındaki en önemli parametrelerdendir. Bunun sebebi gezegensel sınır tabakası olarak ifade edilen, kirleticilerin atmosferde ulaşacağı yaklaşık üst sınırı göstermesidir. Araştırma sahasında aerosol tabakası yüksekliği, yaz aylarında konvektif hareketlere bağlı olarak 2000 m'yi aşıya da; yılın genelinde 900-1500 m arasında değişmektedir. Hava kirliliğinin daha yoğun hissedildiği kış mevsiminde ise üst sınır 1000-1100 m'lere kadar düşer (Şekil 7).



Şekil 6: Iğdır merkez ilçesinde kirletici gaz miktarlarının yıl içindeki değişimi.

Figure 6: Changes in polluting gas amounts in the central district of Iğdır during the year.



Şekil 7: Iğdır merkez ilçesinde aerosol tabakası yüksekliğinin yıl içindeki değişimi.

Figure 7: Change in aerosol layer height in the central district of Iğdır during the year.

4. SONUÇLAR

Hava kirliliği çoğunlukla insan faaliyetleri sonucunda oluşan ve süresi uzadığında sağlık açısından olumsuz durumların yaşanmasına sebep olan olaylardır. Iğdır merkez ilçesi, nüfusu fazla olmamasına rağmen bu durumu sıkça yaşayan alanlardan biridir. Araştırma, hava kirliliği analizi ve şehir yerleşim uygunluk analizi üzere iki parçadan oluşmaktadır. Hava kirliliği analizlerinde, Sentinel 5P Tropomi uydusuna ait NO₂, SO₂, CO, O₃, HCHO, aerosol indeksi ve aerosol tabakası yüksekliği verileri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda genel olarak merkez ilçede yerleşmelerin yoğun olduğu arazi ve bu alanın kuzeyindeki ovalık bölge kirliliğin en yoğun yaşandığı sahadır. Hazırlanan NO₂, CO, O₃, aerosol indeksi haritalarında bu durum açıkça gözlemlenmektedir. Yine bu haritalarda kirleticilerin mekânsal dağılımında, Iğdır ilinin içinde bulunduğu depresyonun uzanış şekli olan KB-GD yönü dikkat çekmektedir. Bu benzerlik sahada jeomorfolojik özellikler ve kirliliğin mekânsal dağılımı arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Yani jeomorfolojik yapı kirleticilerin dağılımını yönlendirmektedir. Bu benzerliği kirleticilerin atmosferdeki dikey dağılımının yaklaşık üst sınırını gösteren aerosol tabakası yüksekliği haritasında da görmek mümkündür. HCHO ve SO₂'nin yüksek değerlere ulaştığı alanların dağılışı ise diğer kirleticilere göre daha homojendir.

Araştırma sahasında hava kirliliğini yönlendiren ikinci önemli etken, iklim elemanlarının sahip olduğu özellikler ve özellikle kış mevsiminde yaşanacak inversiyon şartlarına uygun yapıdır. Kuzeybatı, sahadaki hâkim rüzgâr yönüdür. Arazideki KB-GD yönlü uzanış şekli, normal şartlar altında rüzgârın kanalize olabileceği bir oluk oluşturmaktadır. Ancak Iğdır'da yıllık ortalama 1.2 m/s, kış mevsiminde 0.9 m/s ve ilkbaharda ise 1.4 m/s rüzgâr hızı görülmektedir. Kış mevsimi en düşük, ilkbahar

ise en yüksek rüzgâr hızı ortalamasını ifade eder. Bu iki değer de düşük rüzgâr hızı anlamına gelmektedir. Beaufort sıkalasına göre esinti kategorisine karşılık gelir. Yani rüzgârın kirliliği dağıtıcı etkisi çok zayıftır. Bu durumu oluşturan etken ise depresyon alanına geniş ölçekte bakıldığında, sahanın hem Türkiye hem de Ermenistan tarafında yüksek dağlarla çevrili olmasıdır. Benzer şekilde sahanın sahip olduğu jeomorfolojik özellikler, iklim elemanlarından birine etki ederek hava kirliliğinin yaşanmasına sebep olmaktadır. Kış mevsiminde 917.8 hPa ile en yüksek basınç değerleri görülmektedir. Yüksek basınç şartları kirleticilerin atmosferde yükselerek seyrelmesini, dolayısıyla kirliliğin azalmasını engellemektedir. Kış mevsimi ve aylar içerisinde aralık ayı % 71.8 nispi nem oranıyla en nemli zaman dilimidir. Nemlilikte atmosfer kararlılığını arttırdığı için atmosferdeki dikey yükselişleri sınırlandırır. Yıllık ortalama sıcaklık 12.2 °C, kış mevsimi ortalama sıcaklığı ise -3.3 °C'dir. Bu sıcaklık ortalamaları da kirleticilerin dikey olarak yükselişini sağlayacak konvektif atmosfer hareketlerini tetiklemekten oldukça uzaktır. Özellikle kış aylarında araziye çevreleyen yüksek dağlık alanlarda soğuyan havanın çökmesiyle meydana gelen inversiyon olayı, sınır tabakası yükseltisini azaltarak kirliliğin dağılmasını uzun süre engellemektedir. İversiyonun oluşumunda da jeomorfolojik özellikler temel etkindir.

Hava kirliliğine sebep olan gaz yoğunluklarının yıl içerisindeki dağılışı incelendiğinde NO₂, SO₂, CO ve O₃ miktarlarının kış mevsiminde arttığı gözlemlenmektedir. Bu durum sınır tabakası yüksekliğinin azalmasına sebep olan iklim şartları ve inversiyon oluşumu ile alakalıdır. Nitekim sınır tabakasının yaklaşık üst sınırını gösteren aerosol tabakası yüksekliği konvektif hareketlerin arttığı yaz mevsiminde 2000 m'nin üzerine çıkarken, kış mevsiminde 1000 m'nin altına kadar düşmektedir. Bu durum da hava kirliliğinin daha yoğun yaşanmasına sebep olur. HCHO ve aerosol indeksi değerleri artan ultraviyole miktarına bağlı

olarak yaz mevsiminde yüksek değerlere ulaşmaktadır. Aerosol indeksi, yaz mevsiminde artı değerler gösterse de genel ortalamada insan sağlığını olumsuz etkileyecek miktara ulaşmamaktadır. Uydu verilerine bağlı olarak oluşturulan hava kirliliği risk haritasında en yüksek riske sahip olan alan, merkez ilçenin kuzey bölümünde yer alan ovalık sahadır (Şekil 8). Genel olarak topografik özellikler ve iklim elemanlarının yıl içerisinde gösterdiği değişimler, hava kirliliğinin araştırma sahasında yoğun olarak yaşanmasına sebep olan temel etkenlerdir.

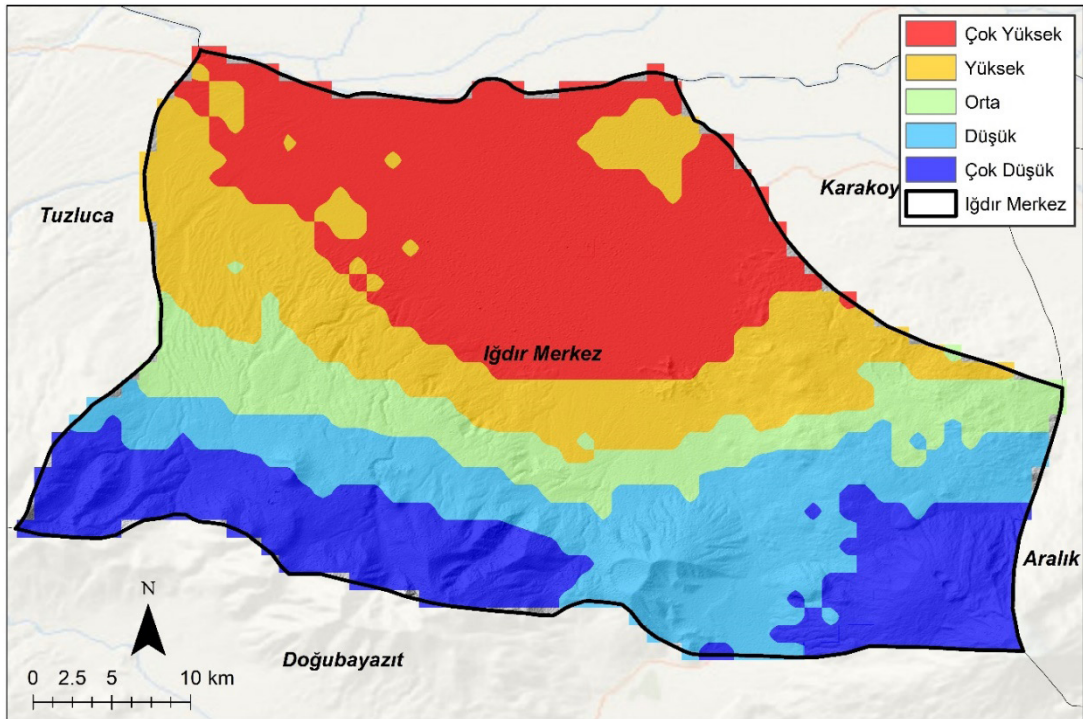
Araştırmanın ikinci bölümünü oluşturan yerleşim uygunluk analizinde, sahaya ait hava kirliliği parametreleri ve jeomorfolojik özellikler kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda kirliliğin en yoğun yaşandığı ovalık alan ve yükseltinin çok arttığı dağlık kesimler yerleşmeye uygun olmayan araziler olarak göze çarpar. Yerleşmeye en uygun alanlar ise topoğrafik olarak yaklaşık 1000-1500 m yükselti aralığına denk gelen sahalardır (Şekil 9). Bu sonuç yapılan hava kirliliği analizleri ve aerosol tabakası yüksekliği verileriyle örtüşmektedir. Şehrin yerleşim alanlarının ovanın farklı bölümlerine doğru kaydırılmasında şu sonuca dikkat edilmelidir: Sahanın coğrafi şartları, kirliliğin yeryüzü ile belirli yükseltiler arasında sıkışmasına sebep olmaktadır.

Ovalık alan üzerinde kurulacak her yerleşimin insan faaliyetlerine bağlı olarak açığa çıkaracağı gazlar, zamanla şu andaki yerleşim alanının yaşadığı kirlilik sorununu doğuracaktır.

Çünkü sahada yaşanan kirlilik, sahip olunan jeomorfolojik özellikler ve iklim elemanlarının yapısına bağlı olarak oluşmaktadır. Bu coğrafi etkenler; özellikle kış aylarında yaşanan inversiyon, gezegensel sınır tabakası ve aerosol tabakası yüksekliğini 1000-1100 m ile sınırlandırmaktadır (Şekil 10). Bu nedenle kirli hava kış mevsiminde, Iğdır merkez ilçesinin ortalama yükseltisi olan 850 m ile 1100 m arasında sıkışmaktadır. Olası bir şehir yerleşim planı değişikliğinde, yerleşim alanlarının en azından inversiyon ve aerosol tabakası yükseltisinin üst sınırı olan 1100 m üzerine kurulması sahip olunan coğrafi özelliklere daha uygun olacaktır.

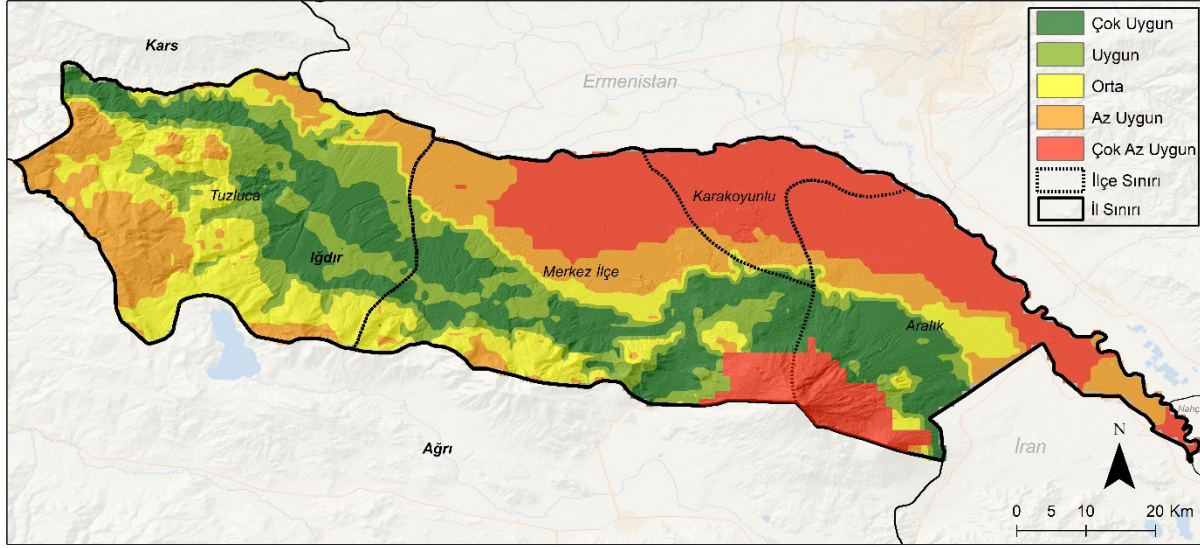
Benzer bir durum yaklaşık B-D uzantılı bir depresyon içerisinde yer alan Karabük il merkezinde de görülmektedir. Önemli bir demir-çelik sanayi şehri olan Karabük, kış mevsiminde yaşanan inversiyon sebebiyle hava kirliliğini yoğun olarak yaşamaktadır. İnsanlar imkanları ölçüsünde yerleşmelerini yükseltinin daha fazla olduğu Safranbolu ilçesi yönüne taşıyarak hem kirlilik alanından mesafe olarak uzaklaşmakta hem de bu sayede inversiyon tabakasının üstüne çıkarak hava kirliliğine daha az maruz kalmaktadır.

Sonuç olarak, coğrafi şartlar belirli doğa olaylarının yaşanmasına sebep olur. Heyelan, deprem, sel gibi doğa olayları geçmişten günümüze sürekli yaşanmaktadır. Hava kirliliğini



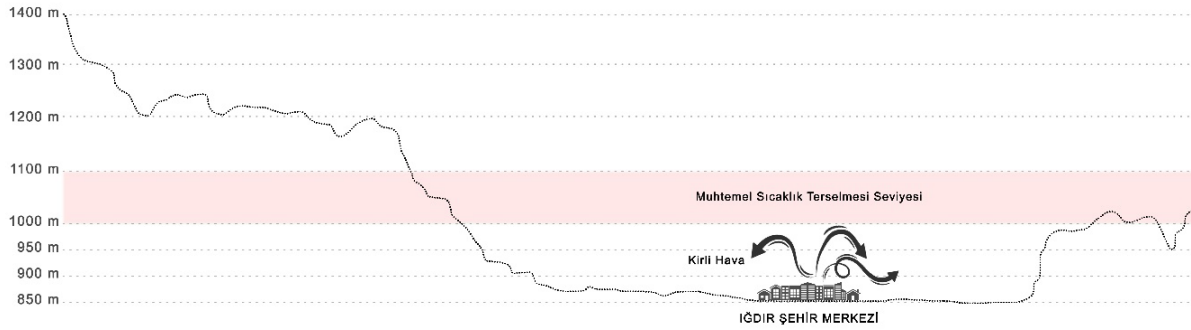
Şekil 8: Uydu verilerine bağlı olarak oluşturulan hava kirliliği risk haritası.

Figure 8: Air pollution risk map created based on satellite data.



Şekil 9: Iğdır iline ait yerleşim uygunluk analizi.

Figure 9: Settlement suitability analysis of the province of Iğdır.



Şekil 10: Iğdır'da kış mevsiminde olası inversiyon ve aerosol tabakası yükseltisi üst sınırı.

Figure 10: The upper limit of possible inversion and aerosol layer elevation in Iğdır in winter.

yönlendiren inversiyon ve gezegensel sınır tabakasının oluşumu da bu doğal süreçlerdendir. Dikkat edilmesi gereken durum, yaşam ve faaliyet alanları belirlenirken coğrafi şartların oluşturacağı riskleri önceden tespit etmek ve en doğru şekilde davranmaktır.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Günümüzde nüfus artışına bağlı olarak, sanayileşmiş olsun ya da olmasın, şehirler özellikle kış aylarında hava kirliliği sorunu yaşamaktadır. Rüzgârlar yatay hava hareketleriyle, ısınmaya bağlı konvektif yükselimler ise dikey hava akımlarıyla hava kirliliğini azaltmaktadır. Ancak Iğdır ili gibi belirli jeomorfolojik ve iklimik özelliklere sahip alanlarda, kirliliğin azalmasını sağlayan bu doğal süreçler sekteye uğrayabilir. İnversiyon dikey hava akımlarını, yer şekilleri ise rüzgâr hızını ve yönünü etkileyerek hava kirliliğinin daha yoğun hissedilmesine

sebeplendirir. Yer istasyonu ölçümleri ve uydu gözlemleriyle hem hava kirliliğini oluşturan gazların hem de iklim elemanlarının takibi yapılabilmektedir. Hava kirliliği parametreleri ile iklim elemanlarının birlikte takibi, yaşanan sorunun sebeplerinin doğru teşhisine olanak sağlayacaktır. Özellikle uydu verileri geniş alanlarda noktasal ve alansal yoğunluk-dağılımı kısa sürede tespit edilmesine imkân tanır. Bu nedenle yapılacak her türlü araştırmaya daha fazla dahil edilmesi gerekmektedir. Bu veriler, yer istasyonu ölçümleriyle yapılan analiz ve çalışmalara doğruluk karşılaştırması imkânı da sunmaktadır. Bazı veri türlerinde bulutlu günlerin veri kaybına sebep olması, zaman aralıklarındaki sınırlılıklar, araştırmaları olumsuz etkilese de sağladığı geniş veri kütüphanesi problem yaşanan her alanda yapılacak bilimsel araştırmalara kaynak oluşturmaktadır.

Araştırmanın alan kapsamıyla ilgili literatür incelendiğinde (Altıkat, 2019), Iğdır ilinde meteorolojik verilerle ilişkili PM 10

karakteristikleri çalışmasında, bir yıllık süreçte meteorolojik parametrelerin PM 10 değişimleri üzerindeki etkisini mevsimsel olarak incelemiştir. Kış ve sonbaharda hava basıncı ve rüzgâr hızı, ilkbaharda nem ve rüzgâr yönü, yaz mevsiminde rüzgâr yönü ve rüzgâr hızının PM 10 dağılımını en fazla etkileyen iklim elemanları olduğunu tespit etmiştir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde PM 10 miktarlarının daha fazla olması araştırmanın diğer bulgularındandır. PM 10 miktarı ve diğer atmosfer kirleticileri arasındaki ilişkiyi incelediği diğer bir çalışmasında (Altıkat, 2020), Iğdır'da kış ve sonbaharın yine hava kirliliğinin en yoğun yaşandığı mevsimler olduğunu tespit etmiştir. NO_x, NO, NO₂ kirleticileri PM 10 ile en yüksek korelasyona sahip gazlardır. Bu iki çalışma araştırmanın hava kirliliğinin kış mevsiminde daha çok yaşanacağı, rüzgâr hızı, atmosfer basıncı gibi meteorolojik parametrelerin sahada yaşanan kirlilik üzerinde etkili olduğu bulgularını desteklemektedir. Güçük vd. 2019, Iğdır'da 2014-2019 yılları arasında saatlik PM 10 değişimini inceledikleri araştırmalarında topoğrafik ve meteorolojik özelliklerin PM 10 yoğunluğu üzerinde etkili olduğunu ve akşam saatlerinde yoğunlukta artışlar yaşandığını dile getirmişlerdir. Argun vd., 2019; Iğdır'da topoğrafya, iklim özellikleri, şehirleşme ve ulaşımın hava kirliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kent yerleşiminin ovalık alan üzerinde yanlış bir yayılım gösterdiği, sanayi, ulaşım ve yerleşmelerden kaynaklanan hava kirliliğinin topoğrafik engellerden dolayı dağılmadığı, kış mevsiminde hava kirliliğinin inversiyon oluşumu sebebiyle en yüksek seviyeye ulaştığı, PM 10 düzeyinin ulusal sınır seviyesinin çok üzerinde olduğu, yıllık ortalama 1.2 m/s olan rüzgâr hızının kirliliği dağıtacak seviyede güce sahip olmadığı araştırmanın önemli bulgularındandır. Koç ve Koç, 2018, Iğdır'da hava kirliliği ve iklim parametreleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında fosil yakıt kullanımına bağlı olarak artan SO₂ miktarı ve sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, nem arasındaki bağlantıları ortaya koymuşlardır. Araştırmaya göre, kış mevsimi hava kirliliğinin en yoğun yaşandığı zaman dilimidir. Topografik faktörler ve arazi kullanımı hem hava kirliliğini hem de iklim elemanlarını etkilemektedir. Iğdır'ın etrafı dağlarla çevrili bir depresyon içerisinde yer alması kirliliği artırmaktadır. Sıcaklıkların artmaya başladığı ilkbahar aylarıyla birlikte hava kirliliği azalmaktadır. Sıcaklık, bağıl nem ve hava basıncı partikül madde miktarı ile yakın ilişkilidir. Rüzgâr hızı ise kirliliğin dağılımında önemli bir faktördür. Ayrıca yerleşim alanlarında yapılan binaların rüzgâr hızını azalttığı için hava kirliliğinin artmasına sebep olduğu dile getirilmektedir. Yapılacak binaların rüzgâr koridoru oluşturacak şekilde inşa edilmesi araştırmanın önerileri arasındadır.

Şahin vd., 2020, Iğdır'da hava kirliliği sorununu çok kriterli karar verme yöntemiyle ele aldıkları çalışmalarında; yer istasyonu verilerini kullanarak ilçeleriyle birlikte il merkezinin

hava kalitesi özelliklerini değerlendirmişlerdir. Araştırmaya göre il merkezi kirliliğinin en yoğun yaşandığı alandır. Sıcaklıkların azalışı kirliliği artırmaktadır. Ayrıca düşük rüzgâr hızı ve rüzgârın önüne engel oluşturan binalar kirliliğinin alandan uzaklaşmasını olumsuz etkilemektedir. Koç ve Koç 2018, araştırmasında olduğu gibi bu araştırmada da bina yapımında rüzgâr geçişlerini sağlayacak koridorların oluşturulması önerilmektedir. Özellikle sisli ve durgun hava şartlarında aşırı nemli havanın SO₂'nin H₂SO₄'e dönüşmesine imkân sağlayacağı, bu durumun ise hava kalitesini daha da düşüreceği dile getirilmektedir. Alan yazındaki çalışmalar, genel olarak sanayi faaliyetleri ve yerleşmelerin oluşturduğu hava kirliliği üzerinde iklim şartlarının ve topoğrafyanın önemli etkisi olduğu üzerinde durmaktadır. Topografik şartların da iklim elemanlarını yönlendirdiği dile getirilmektedir. Şehir yerleşim planlarının topoğrafya ve iklim parametrelerine uygun olarak planlanması ortak öneriler içerisinde yer almaktadır. Literatürdeki önerilere ek olarak, özellikle kış mevsiminde yoğun hava kirliliğinin yaşandığı zaman dilimlerinde kirliliğe sebep olan kaynakların (üretim alanları, fosil yakıt kullanımı vb.) denetimli kullanımının sağlanması ve halkın bu konuda bilgilendirilmesi gerekmektedir. Risk düzeyinin yüksek olduğu yerleşim alanlarında ve özellikle yoğun kirliliğin yaşandığı günlerde önleyici sağlık tedbirlerinin alınması yaşanılacak sorunları azaltacaktır. Ayrıca doğalgaz kullanımının il genelinde teşvik edilerek, buna bağlı alt yapı çalışmalarıyla yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Yapılan bu çalışma, coğrafi özellikler açısından alan yazındaki araştırmalarla bazı ortak bulgulara sahip olsa da; kirleticilerin atmosferdeki dikey dağılımının tahmini ve yerleşim alanlarının seçimi konularında literatüre fayda sağlayacaktır. İl genelinde yapılan yerleşim uygunluk analizi sonuçlarının, ilerleyen yıllarda yapılacak olası yerleşim planlamalarına katkı yapacağı düşünülmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Veri Toplama- O.C., A.Ö.; Veri Analizi/Yorumlama- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Yazı Taslağı- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Son Onay ve Sorumluluk- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of Study- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Data Acquisition- O.C., A.Ö.; Data Analysis/Interpretation- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Drafting Manuscript- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Critical Revision of Manuscript- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.; Final Approval and Accountability- M.C., H.Ş., O.C., A.Ö.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Akyürek, Ö., Arslan, O., & Karademir, A. (2013). SO ve PM10 Hava kirliliği Parametrelerinin CBS İle Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği. *TMMOB Coğraf Bilgi Sistemleri Kongresi*, Ankara, 1–12.
- Altıkat, A. (2020). Iğdır İli partiküler kirlilik düzeyi ve partiküler kirliliğin diğer kirlenmeler ile ilişkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 878–887. <https://doi.org/10.21597/jist.630541>
- Altıkat, A. (2019). Mikroklima Özelliğine Sahip İklim Koşullarında Meteorolojik Verilerle İlişkili Partiküler Kirlilik (PM10) Karakteristikleri: Iğdır Örneği. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(3), 1315–1328. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.490505>
- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q., ve Brisco, B. (2020). Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5326–5350. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3021052>
- Argun, Y. A., Tırınk, S., & Bayram, T. (2019). Effect of Urban Factors on Air Pollution of Iğdır. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(4), 126–130. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.561588>
- Atalay, İ. E., & Neslihanoglu, S. (2021). Türkiye'deki İllerin Partikül Madde (PM10) Miktarının Değerlendirilmesi ve R Programlama Dili ile Görselleştirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(222), 354–361. <https://doi.org/10.21324/dacd.882682>
- Aydoğdu, M., & Bakırcı, M. (2021). LUCIS Modeliyle Tekirdağ Şehrinin Yerleşme Uygunluk Analizi. *Journal of Geography*, 0(42). <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-814846>
- Badri Ahmadi, H., Kusi-Sarpong, S., & Rezaei, J. (2017). Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method. *Resources, Conservation and Recycling*, 126, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.020>
- Castagna, A., Mascheroni, E., Fustinoni, S., & Montiroso, R. (2022). Air pollution and neurodevelopmental skills in preschool- and school-aged children: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 136, 104623. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104623>
- Chen, J. (2014). GIS-based multi-criteria analysis for land use suitability assessment in City of Regina. *Environmental Systems Research* 2014 3:1, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/2193-2697-3-13>
- Cindoruk, S. S. (2018). Havadaki No ve No2 Parametrelerinin Marmara Temiz Hava Merkezi Ölçümleri Kapsamında İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 600–611. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.443194>
- Çelik, M. A., Kopar, İ., Bayram, H. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi'nin Mevsimlik Kuraklık Analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Eylül*, 22(3), 1741–1761.
- Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S., & Kunt, F. (2013). Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya'da hava hirliliğine etkisi. *European Journal of Science and Technology*, 1(1), 19–24.
- Değerliyurt, M. (2014). Settlement Suitability Analysis of Local Ground Characteristics in Iskenderun: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 120, 637–644. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.02.144>
- Eraybar, S., Yüksel, M., Atmaca, S., Aygün, H., Engindeniz, Z., Kaya, H., & Bağlı, B. S. (2021). Karbonmonoksit Zehirlenmesinde Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Acil Servis İşleyişindeki Yeri. *Anatolian Journal of Emergency Medicine*, 4(4), 138–142. <https://doi.org/10.54996/anatolianjem.843363>
- Feng, X., Wei, S., & Wang, S. (2020). Temperature inversions in the atmospheric boundary layer and lower troposphere over the Sichuan Basin, China: Climatology and impacts on air pollution. *Science of The Total Environment*, 726, 138579. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138579>
- Graaf, M. De, Stammes, P., Torres, O., & Koelemeijer, R. B. A. (2005). Absorbing Aerosol Index: Sensitivity analysis, application to GOME and comparison with TOMS. *J. Geophys. Res.*, 110, 1–19. <https://doi.org/10.1029/2004JD005178>
- Guo, Y., Wang, S., Zhu, J., Zhang, R., Gao, S., Saiz-Lopez, A., & Zhou, B. (2021). Atmospheric formaldehyde, glyoxal and their relations to ozone pollution under low- and high-NOx regimes in summertime Shanghai, China. *Atmospheric Research*, 258, 105635. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105635>
- Guo, Q., Wu, D., Yu, C., Wang, T., Ji, M., & Wang, X. (2022). Impacts of meteorological parameters on the occurrence of air pollution episodes in the Sichuan basin. *Journal of Environmental Sciences*, 114, 308–321. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.09.006>
- Güçük, C., Şahin, E., Bektaş, M., Aras, E., Çinicioğlu, R., & Domaç, Z. (2019). *Evaluation of PM10 behaviour in Iğdır*. 1(1), 1–11.
- Hu, M., Wang, Y., Wang, S., Jiao, M., Huang, G., & Xia, B. (2021). Spatial-temporal heterogeneity of air pollution and its relationship with meteorological factors in the Pearl River Delta, China. *Atmospheric Environment*, 254, 118415. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118415>
- IQAir. (2021). *2021 World Air Quality Report Region & City PM2.5 Ranking*. Erişim adresi: <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2021-en.pdf>.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065). <https://doi.org/10.1098/RSTA.2015.0202>
- Karaoğlu, M. & Çelime Ş. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi ve Iğdır'ın jeolojisi ve toprak özellikleri. *Journal of Agriculture*, 1(1), 14–26.
- Karaoğlu, M. (2011). Ziraî meteorolojik açıdan Iğdır iklim etüdü. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 1(1), 97–104.
- Kaya, F. (2015). Iğdır İlinin idari coğrafya analizi. *Journal of International Social Research*, 8(41), 703. <https://doi.org/10.17719/jisr.20154115051>

- Kazemi, H., & Akinci, H. (2018). A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). *Ecological Engineering*, 116, 1–6. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2018.02.021>
- Kibar, H., Kibar, B., & Sürmen, M. (2014). Sıcaklık ve yağış değişiminin Iğdır İlinde bitkisel türün deseni üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 11(1), 11–24.
- Koç, A. (2018). Kentsel Alan Kullanımlarının Zamansal Değişimlerinin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkisi The Effect of Time-Changing of Urban Areas on Air Pollution. *Kent Akademisi Dergisi*, 11(4), 609–617.
- Koç, A., & Koç, Ç. (2018). An Assessment Through Relationship Between Air Pollution and Climatic Parameters in City of Iğdır. *Kent Akademisi Dergisi*, 11(1), 1–10.
- Li, K., Jacob, D. J., Liao, H., Shen, L., Zhang, Q., & Bates, K. H. (2019). Anthropogenic drivers of 2013–2017 trends in summer surface ozone in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(2), 422–427. <https://doi.org/10.1073/pnas.1812168116>
- Mutanga, O., & Kumar, L. (2019). Google earth engine applications. *Remote Sensing*, 11(5), 11–14. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- Mutlu, A. (2018). Sanayi Kaynaklı Karbonmonoksit Salınımlarının Aermod Dağılım Modeli ile İncelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(2), 275–286. <https://doi.org/10.17482/uumfd.398123>
- Özcan, H. K., Şahin, Ü., Bayat, C., & Uçan, O. N. (2008). İstanbul İli Troposferik Ozon (O₃) Konsantrasyonlarının Hücresel Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Modellenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 21(2), 239–245.
- Ozsahin, E., Ozdes, M., Smith, A. C., & Yang, D. (2022). Remote Sensing and GIS-Based Suitability Mapping of Termite Habitat in the African Savanna: A Case Study of the Lowveld in Kruger National Park. *Land 2022, Vol. 11, Page 803*, 11(6), 803. <https://doi.org/10.3390/LAND11060803>
- Parry, J. A., Ganaie, S. A., & Sultan Bhat, M. (2018). GIS based land suitability analysis using AHP model for urban services planning in Srinagar and Jammu urban centers of J&K, India. *Journal of Urban Management*, 7(2), 46–56. <https://doi.org/10.1016/J.JUM.2018.05.002>
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega (United Kingdom)*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega (United Kingdom)*, 64, 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001>
- Sahin, F., Kara, M. K., Koc, A., & Sahin, G. (2020). Multi-criteria decision-making using GIS-AHP for air pollution problem in Iğdır Province/Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36215–36230. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09710-3>
- Schultz, M. G., Jacob, D. J., Wang, Y., Logan, J. A., Atlas, E. L., Blake, D. R., Blake, N. J., Bradshaw, J. D., Browell, E. V., Fenn, M. A., Flocke, F., Gregory, G. L., Heikes, B. G., Sachse, G. W., Sandholm, S. T., Shetter, R. E., Singh, H. B., ve Talbot, R. W. (1999). On the origin of tropospheric ozone and NO_x over the tropical South Pacific. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 104(D5), 5829–5843. <https://doi.org/10.1029/98JD02309>
- Sümer, G. Ç. (2014). Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 13(13), 37–37. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.232135>
- Şahin, F., Işık, G., Şahin, G., & Kara, M. K. (2020). Estimation of PM₁₀ levels using feed forward neural networks in Iğdır, Turkey. *Urban Climate*, 34, 100721. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100721>
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164(January), 152–170. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- Taşdemir, İ., & Kaya, Ş. (2015). Yerleşim Alanı Uygunluk Analizi: Lucis Model. *Türkiye Ulusal Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama Birliği VII.Sempozyumu*. Erişim adresi: https://www.academia.edu/42615417/YERLEŞİM_ALANI_UYGUNLUK_ANALİZİ_LUCIS_MODEL
- Tezbaşaran, E., & Gelbal, S. (2018). Temel Bileşenler Analizi ve Yapay Sinir Ağı Modellerinin Ölçek Geliştirme Sürecinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 225–252.
- THHP. (2021). *Kara Rapor 2021 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri*. Erişim adresi: <https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2021/09/KaraRapor2021.pdf>
- URL 1. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/uat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- URL 2. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: <https://havakalitesi.ibt.gov.tr/Icerik/mevzuat>
- URL 3. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- URL 4. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFFL_L3_AER_AI#description
- URL 5. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-5p>
- URL 6. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P#:~:text=The%20mission,our%20health%20and%20our%20climate
- URL 7. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-5p>
- URL 8. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFFL_L3_NO2#description
- URL 9. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFFL_L3_SO2#bands

- URL 10. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_CO#description
- URL 11. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_O3#description
- URL 12. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_AER_LH?hl=en#bands
- URL 13. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_HCHO
- URL 14. (2022, 6 Haziran). Erişim adresi: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_AER_AI#description
- Utami, W., Rahmat, A., Sialagan, B. H., Exaudia, S., & Turnip, A. L. (2021). Settlement Suitability Analysis Based on the Catastrophic Eruption of Sinabung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 884(1), 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/884/1/012056>
- Vazquez Santiago, J., Inoue, K., & Tonokura, K. (2021). Diagnosis of ozone formation sensitivity in the Mexico City Metropolitan Area using HCHO/NO₂ column ratios from the ozone monitoring instrument. *Environmental Advances*, 6, 100138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100138>
- Wag, J., Huang, K., Feng, G., & Song, J. (2021). Analysis of winter formaldehyde and volatile organic compound pollution characteristics of residential kitchens in severe cold regions of northeast China. *Indoor and Built Environment*, 30(8), 1226–1243. <https://doi.org/10.1177/1420326X20937462>
- Wallace, J., Corr, D., & Kanaroglou, P. (2010). Topographic and spatial impacts of temperature inversions on air quality using mobile air pollution surveys. *Science of The Total Environment*, 408(21), 5086–5096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.020>
- Wen, W., Ma, X., Tang, Y., Wei, P., Wang, J., & Guo, C. (2020). The impacts of meteorology on source contributions of air pollution in winter in Beijing, 2015–2017 changes. *Atmospheric Pollution Research*, 11(11), 1953–1962. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.07.029>
- WHO. (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: World Health Organization. Erişim adresi: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- WHO. (2006). *Air Quality Guidelines Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Copenhagen. Erişim adresi: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107823/9789289021920-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yaltı, S., & Aksu, H. (2019). Drought analysis of Iğdır Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7, 2227. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2227-2232.3004>
- Yang N., Yang L., Xu F., Han X., Liu B., Zheng N., Li Y., Bai Y., Li L., & Wang J. (2022). Vehicle Emission Changes in China under Different Control Measures over Past Two Decades. *Sustainability*, 14(24), 16367. <https://doi.org/10.3390/su142416367>
- Yi, X., & Latch, E. K. (2022). Nonrandom missing data can bias Principal Component Analysis inference of population genetic structure. *Molecular Ecology Resources*, 22(2), 602–611. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13498>
- Zhang, Z. F., Zhang, X., Zhang, X. ming, Liu, L. Y., Li, Y. F., & Sun, W. (2020). Indoor occurrence and health risk of formaldehyde, toluene, xylene and total volatile organic compounds derived from an extensive monitoring campaign in Harbin, a megacity of China. *Chemosphere*, 250, 126324. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126324>
- Zorlu, K., & Tikansak Karadayı, T. (2020). İç Mekân Hava Kalitesinde Yapı Malzemelerinin Rolü. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 193–211.

