

6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİ SONRASI SENTINEL-5P UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE AZOT DİOKSİT (NO₂) KİRLİLİĞİ DEĞİŞİMİNİN BELİRLENMESİ: OSMANİYE İLİ

Celal BIÇAKCI¹, Ceren YAĞCI², Kamil KARATAŞ³, Selim Serhan YILDIZ⁴

¹Öğr.Gör., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 80000, Merkez, Osmaniye, celalbicakci@osmaniye.edu.tr

²Dr. Öğr. Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 80000, Merkez, Osmaniye, cerenyagci@osmaniye.edu.tr

³Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Merkez, Aksaray, kkaratas@aksaray.edu.tr

⁴Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 80000, Merkez, Osmaniye, serhan@osmaniye.edu.tr

ÖZET

Hava kirliliği, atmosferdeki su buharı, gaz, toz, duman vb. kirleticilerin canlı ve cansız varlıklara zarar verici miktarda artmasıyla tanımlanabilir. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucunda, üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan atıklar atmosfere karışarak atmosferi kirletmekte ve ekosistemdeki tüm canlıları olumsuz etkilemektedir. ABD Çevre Koruma Ajansı, Azot dioksiti (NO₂) sağlığa ve çevreye zararlı etkileri olan önemli bir kirletici olarak belirtmiştir. Havadaki NO₂ miktarını belirlemek, izlemek ve yönetmek için yapılan çalışmalarda, bilgisayar destekli veri analizi ve görselleştirme araçlarının kullanımı önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür çalışmalarda, uzaktan algılama teknolojisi ile uydu verilerinin kullanılması daha ekonomik, doğru ve hızlıdır. Bu çalışmada, GEE platformunda Sentinel - 5P uydu görüntüleri kullanılarak Osmaniye ilinin 6 Şubat 2023 depremleri öncesi ve sonrası NO₂ kirliliği değişimi belirlenmiştir. 6 Şubat 2023 depremlerinin öncesi için 16 Ocak 2023 – 5 Şubat 2023 tarihleri arasında kapsayan 3 haftalık, sonrası için 6 Şubat 2023 – 26 Şubat 2023 tarihleri arasında kapsayan 3 haftalık olmak üzere toplam 6 haftaya ilişkin NO₂ kirlilik haritası oluşturulmuştur. Bu oluşturulan haritalar CBS ortamına aktarılarak haritalardaki her bir pikselin sahip olduğu NO₂ (mol/m²) değerlerine göre haritalar sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucu elde edilen NO₂ yoğunluğunu gösteren haritalar kullanılarak 6 Şubat 2023 depremleri öncesi ve sonrası NO₂ kirliliği değişimi belirlenmiştir. Osmaniye ilinin 6 Şubat 2023 depremleri öncesinde NO₂ kirliliği açısından ilin güneyinde kirliliğin yoğunlaştığı tespit edilmiştir. 6 Şubat 2023 depremlerinin yaşandığı hafta olan 6-12 Şubat 2023 tarihleri arasında yalnızca belirli alanlarda NO₂ kirliliğinin yoğunlaştığı belirlenmiş olup, kirliliğin yoğun olduğu alan ile arazi kullanımı karşılaştırıldığında Osmaniye ilinin şehir merkezinde ve organize sanayi alanında NO₂ kirliliğinin yoğun olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, deprem ve NO₂ arasında doğrudan bir ilişki olmadığını, ancak dolaylı bağlantıların bulunabileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: hava kirliliği, deprem, google earth engine, azot dioksit

ABSTRACT

DETERMINING THE CHANGE IN NITROGEN DIOXIDE (NO₂) POLLUTION USING SENTINEL-5P SATELLITE IMAGES AFTER THE FEBRUARY 6, 2023 EARTHQUAKES: THE CASE OF OSMANİYE PROVINCE

Air pollution can be defined as the increase of pollutants such as water vapor, gas, dust, and smoke in the atmosphere to levels harmful to living and non-living entities. As a result of various human activities, waste produced during production and consumption processes is released into the atmosphere, leading to atmospheric pollution and adversely affecting all organisms within the ecosystem. The U.S. Environmental Protection Agency has identified nitrogen dioxide (NO₂) as a significant pollutant with harmful effects on health and the environment. In studies to determine, monitor and manage the amount of NO₂ in the air, the use of computer-aided data analysis and visualization tools plays an important role. In such studies, the use of satellite data with remote sensing technology is more economical, accurate and faster. In this study, using Sentinel-5P satellite images on the Google Earth Engine (GEE) platform, the changes in NO₂ pollution before and after the earthquakes in Osmaniye province on February 6, 2023, were determined. A total of 6 weeks of satellite images were utilized, comprising 3 weeks before (January 16, 2023, to February 5, 2023) and 3 weeks after (February 6, 2023, to February 26, 2023) the earthquakes. NO₂ pollution maps for Osmaniye province were generated for each week. These maps were classified based on the NO₂ values (mol/m²) of each pixel in the maps, and subsequently transferred to a Geographic Information System (GIS) environment for analysis. Based on the classification of NO₂ density maps obtained from Sentinel-5P satellite images, changes in NO₂ pollution before and after the earthquakes on February 6, 2023, in Osmaniye province were determined. The relationship between NO₂ pollution changes and land use was examined. Before the earthquakes on February 6, 2023, it was found that NO₂ pollution was concentrated in the southern part of Osmaniye province. During the week of February 6-12, 2023, when the earthquakes occurred, it was determined that NO₂ pollution intensified only at specific areas. When comparing the areas of intense pollution with land use, it was found that NO₂ pollution was intense in the city center and organized industrial zone of Osmaniye province. The results show that there is no direct relationship between earthquake and NO₂, but indirect connections may be found.

Keywords: air pollution, earthquake, google earth engine, nitrogen dioxide

1. GİRİŞ

Azot dioksit (NO₂), Amerika Birleşik Devletleri Temiz Hava Yasası (CAA) uyarınca, ABD Çevre Koruma Ajansı'nın (US EPA) insan sağlığını ve kamu refahını korumak amacıyla belirlemesi ve düzenli olarak gözden geçirmesi gereken hava kirleticilerinden biridir (Hesterberg vd., 2009). NO₂, keskin bir kokuya sahip olup, yüksek yoğunluklarda zehirli bir kırmızımsı kahverengi renge bürünür. Fosil yakıtların yüksek sıcaklıklarda yakılması ve diğer doğal olaylar NO₂ emisyonlarına yol açarken, motorlu taşıtlar, termik santraller ve endüstriyel tesisler NO₂'nin başlıca kaynakları arasında yer alır (WHO, 1980). Ayrıca, doğal afetlerde hem dolaylı hem de doğrudan yollarla hava kirliliği üzerinde etkili olabileceğinden, doğal afetler öncesinde ve sonrasında NO₂ emisyonlarının kontrolü ve izlenmesi, hava kalitesinin korunması ve toplumsal sağlığın devamlılığı açısından kritik bir öneme sahiptir (Sekine ve Shinohara, 2017).

Pandemi ve depremler, NO₂ seviyelerini dolaylı yollarla etkileyen iki farklı olaydır. Pandemi, insan faaliyetlerinin azalmasına bağlı olarak NO₂ seviyelerini düşürürken, depremler ise yerel ve geçici NO₂ artışlarına neden olabilir (Shah vd., 2019; Virghileanu vd., 2020; Ghasempour vd., 2021). Bu olaylar, çevresel etkileri açısından farklı mekanizmalara sahip olmalarına rağmen, hava kirliliği üzerindeki etkileri bağlamında incelenmeye değerdir. Bu sebeple her iki durumda da NO₂ değişimlerinin analizi çeşitli bilimsel çalışmalarla incelenmiş ve dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir.

Potts vd. (2021), Birleşik Krallık'ta Covid-19 karantina önlemleri nedeniyle antropojenik faaliyetlerdeki azalmaların hava kalitesine etkisini inceleyerek, NO_x emisyonlarının %20 oranında düştüğünü tespit etmişlerdir. Heintzelman vd. (2021) ise ABD'deki 11 şehirde NO₂ seviyelerini analiz etmiş ve kapanma tedbirleri sırasında bu seviyelerin %11 ile %65 arasında azaldığını, bu düşüşün araç trafiğindeki azalma ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmaya benzer şekilde, Türkiye'de Baysan vd. (2021) yılında yaptığı çalışmada Mart, Nisan ve Mayıs aylarında alınan sıkı önlemler sonucunda, NO₂ seviyelerinde kayda değer bir düşüş gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar, pandemi sürecinin hava kalitesi üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyarken kalabalık nüfus hareketliliği ile hava kirliliği arasındaki ilişkiyi de ortaya koymuştur (Sümsüli ve Kalkan, 2022).

Birçok çalışmada, büyük depremler öncesinde, sırasında ve sonrasında aktif fay hatlarından salınan gazlar (radon, karbondioksit, metan, karbon monoksit, ozon, azot oksitler, kükürt dioksit, vb.) değerlendirilmiştir (Zhou vd., 2016; Jing vd., 2019; Jing ve Singh, 2021; Cui vd., 2023, Şahin ve Kaynak, 2024). Deprem ile NO₂ ilişkisi incelendiğinde, birçok depremde NO₂ artışı gözlemlenmiştir (Ganguly, 2016; Shah vd., 2019; Jing ve Singh, 2019). NO₂ artışının, aktif fay boyunca gerilme değişimi nedeniyle serbest kalan azottan kaynaklandığı düşünülmektedir (Walia vd., 2009).

Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde pandemi ve deprem durumunda da NO₂ değişimlerinin analizi için uydu verileri ve uzaktan algılama yöntemleri önemli bir araç olarak kullanıldığı görülmektedir (Walia vd., 2009; Virghileanu vd., 2020; Ghasempour vd., 2021; Makineci, 2022; Shami vd., 2022; Sümsüli ve Kalkan, 2022; Garajeh vd., 2023). Nimbus-7, ERS-2, ENVISAT, MetOP ve Sentinel-5P, hava kalitesinin izlenmesi için sıklıkla kullanılan uydular arasında yer almaktadır (Ghasempour vd., 2021).

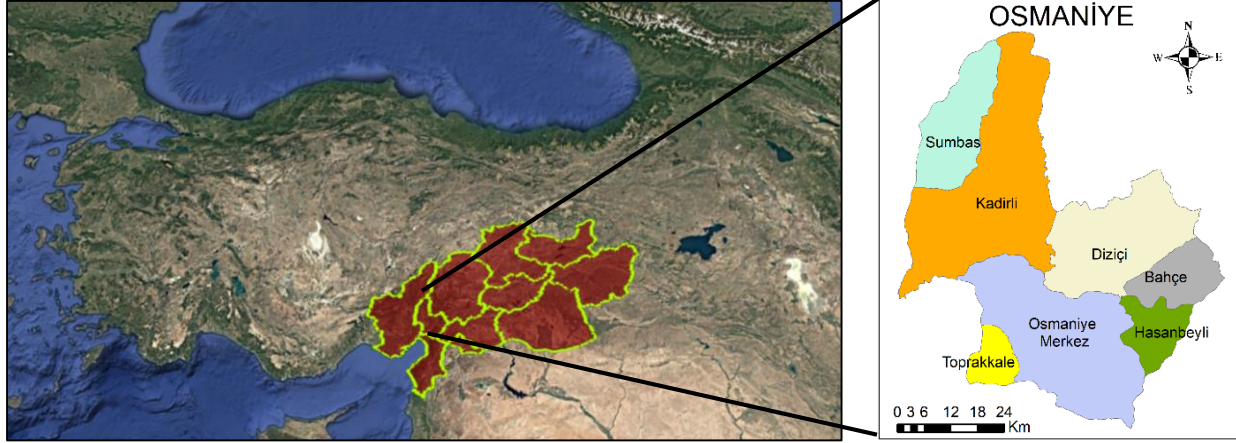
Virghileanu vd. (2020) çalışmasında, Coronavirüs (Covid-19) salgını sırasında Sentinel-5P Uydu görüntüleri ile Avrupa bölgesinde ki NO₂ kirliliğini izlemiştir. Ghasempour vd. (2021), Türkiye'deki COVID-19 pandemisi öncesinde ve sırasında hava kirleticilerin Google Earth Engine (GEE) platformunda Sentinel-5P uydu verilerine dayalı analizini gerçekleştirmiştir. Garajeh vd. (2023) çalışmasında, 2018-2019 yıllarına ilişkin İran'ın Arak şehrinde kirleticilerini (CO, NO₂, SO₂ ve O₃) izlemek için GEE platformunda Sentinel-5P uydu verilerinin uygunluğunu değerlendirmiştir. Makineci (2022) çalışmasında, Ocak 2020 – Mayıs 2021 arasında İstanbul İli Merkez İlçelerindeki NO₂ ve CO emisyonlarının yersel istasyon bazlı analizlerini ve Sentinel-5P uydu verilerine dayalı analizlerini incelemiştir. Shami vd. (2021) çalışmasında, GEE platformunda Sentinel-5 verileri kullanılarak COVID-19 pandemisi süresince İran'daki CO ve NO₂ değişimi incelemiştir. Sümsüli ve Kalkan (2022) çalışmalarında, Sentinel-5P uydu görüntüleri kullanarak 2019 sonu, 2020 ve 2021 yıllarına ilişkin Marmara Bölgesindeki troposferik NO₂ değerlerinin karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmiştir. Literatürde yer alan birçok çalışmada GEE platformu kullanılarak Sentinel-5P uydu verileri ile NO₂ değişim analizleri başarılı olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, GEE platformunda Sentinel-5P uydu görüntüleri kullanılarak Osmaniye ilinin 6 Şubat 2023 depremleri öncesi ve sonrası NO₂ kirliliği değişimi belirlenmiştir. NO_x gibi gaz parametrelerinin atmosferdeki ömrü, radikallerle olan reaksiyonlar ve ıslak/kuru çökeltme ile ilişkili olarak günler veya bir hafta aralığında olabilir (Harrison, 2018). Bu nedenle 6 Şubat 2023 depremlerinin öncesi için 16 Ocak 2023 – 5 Şubat 2023 tarihleri arasını kapsayan 3 haftalık, sonrası için 6 Şubat 2023 – 26 Şubat 2023 tarihleri arasını kapsayan 3 haftalık olmak üzere toplam 6 haftaya ilişkin uydu görüntüsü kullanılmıştır. Her bir hafta yönelik Osmaniye iline ilişkin toplam NO₂ yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Hazırlanan yoğunluk haritaları kullanılarak 6 Şubat 2023 depremleri öncesi ve sonrası NO₂ kirliliği

değişimi belirlenmiştir. NO₂ kirliliği değişimi ile arazi kullanımı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Elde edilen bulgularla, deprem ve NO₂ arasındaki konumsal öngörüler elde edilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden etkilenen Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Adana, Adıyaman, Osmaniye, Hatay, Kilis, Malatya ve Elazığ illeri ağır hasar almıştır (AFAD, 2023). Depremden etkilenen 11 ilden biri olan Osmaniye ili çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Osmaniye ili 3.767 km² alanı ile Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda yer almaktadır. İlin doğusunda Gaziantep, güneyinde Hatay, batısında Adana, kuzeyinde Kahramanmaraş illeri yer almaktadır. İl merkezi deniz seviyesinden 118 m yüksekliktedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (ADNS) verilerine göre 31.12.2023 tarihi itibarıyla Osmaniye ilinin nüfusu 557.666 olup nüfusun en fazla olduğu ilçe 280.068 ile merkez ilçedir. Osmaniye ili nüfusunun %76,94'ü il merkezinde ve ilçelerin merkezinde yaşamaktadır (TÜİK, 2024).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından 2017 yılında fırlatılan Sentinel-5P uydusu, hava kalitesi, ozon izleme, UV radyasyonu, iklim izleme ve tahmini için atmosferik ölçümler sağlamaktadır (Sümsüli ve Kalkan, 2022). Sentinel-5P uydusu, spektrometre algılayıcısıyla (TROPOMI) birlikte Ağustos 2019 tarihinden itibaren yakın kızılötesi bant ile nadir doğrultusunda günlük veri toplamaktadır. TROPOMI, CH₄, NO₂, O₃, CO, formaldehit, SO₂ ve aerosoller gibi çok sayıda gazı haritalama yeteneğine sahiptir (Makineci, 2022). Bu çalışmada Çizelge 1'de gösterilen tarih aralıklarına ilişkin haftalık Sentinel-5P uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu uydu görüntülerinin çözünürlükleri 1113 m, elde edilen NO₂ değerleri mol/m² dir (Earth engine data catalog, 2024).

Çizelge 1. Sentinel-5P uydu görüntülerinin tarihleri

Sıra No	Tarih	Zaman
1	16.01.2023 – 22.01.2023	Deprem öncesi
2	23.01.2023 – 29.01.2023	Deprem öncesi
3	30.01.2023 – 05.02.2023	Deprem öncesi
4	06.02.2023 – 12.02.2023	Deprem sonrası
5	13.02.2023 – 19.02.2023	Deprem sonrası
6	20.02.2023 – 26.02.2023	Deprem sonrası

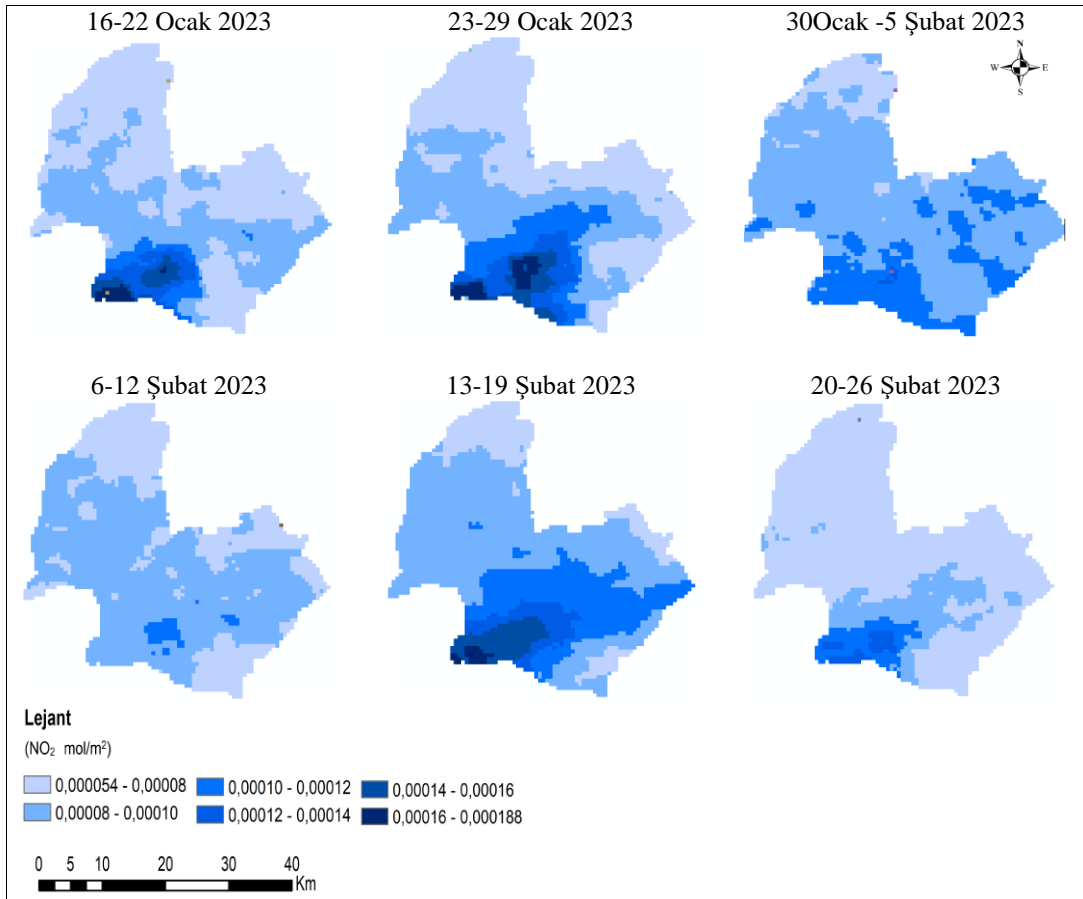
GEE, büyük ölçekli coğrafi analiz için tasarlanmış bulut tabanlı bir platformdur. Farklı uydu görüntüleri ile çevresel değişikliklerin takip edilmesine ve ölçülmesini sağlamaktadır (Sameh vd., 2024). GEE kod editörüne gerekli kodlar yazılarak "COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_NO2" veri seti kullanılmış ve Osmaniye ili için Tablo 1'de verilen tarih aralıklarına ilişkin haftalık ortalama NO₂ değerleri elde edilerek haritalanmıştır. Elde edilen haritalar CBS ortamına aktararak her bir pikselin sahip olduğu (NO₂ mol/m²) değerine göre sınıflandırılmıştır.

Yerleşim alanı ve sanayi alanı ile NO₂ yoğunluğunu ilişkilendirmek için küresel boyutta mekânsal veriyi sunan, açık kaynaklı konumsal veri platformu olan OpenStreetMap (OSM)'den yararlanılmıştır (Goodchild ve Glennon, 2010). OSM'nin sunmuş olduğu düzenlenebilir verilerin içeriği: detaylar, düğümler, yollar ve ilişkiler olarak ifade edilebilir. OSM, 2023 yılı Ekim ayı itibarıyla, 50 bin aylık aktif kullanıcıya veri sunmaktadır (MapBox, 2023). OSM'nin sunduğu veriler bir 'anahtar:değer' (key:value) etiketleme sistemine dayanır. Konumsal veriler için çeşitli anahtarlar (örn. 'highway', 'building') ve bu anahtarlarla ilişkilendirilen değerler (örn. 'highway=primary', 'building=yes') kullanılır (Memduhoğlu, 2024). Bu çalışmada NO₂ yoğunluğu ile kentsel alanları ilişkilendirmek amacıyla OSM'den Osmaniye il merkezine ait bina verileri temin edilmiştir. Bina verileri ile NO₂ yoğunluk haritaları çakıştırılarak yerleşim alanı ve sanayi alanı ile NO₂ ilişkisi irdelenmiştir.

Deprem ve NO₂ yoğunluğunun ilişkilendirilmesi amacıyla Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından 2013 yılında yayınlanarak hizmete sunulan "Türkiye Diri Fay Haritası" kullanılmıştır. Fay haritası ile NO₂ yoğunluk haritaları çakıştırılarak fay hattındaki NO₂ yoğunluğunun zamansal değişimi irdelenmiştir.

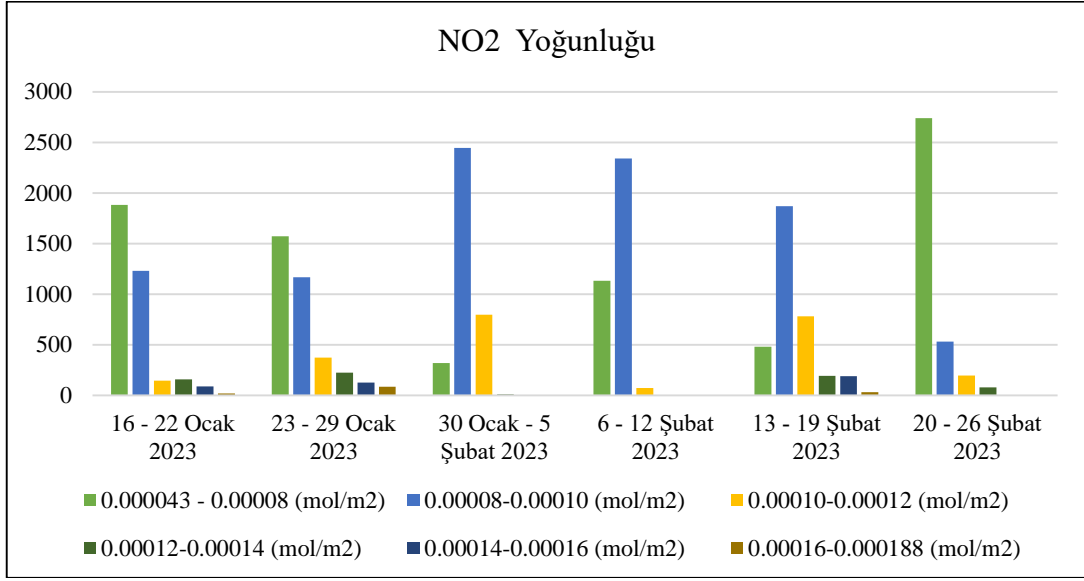
4. BULGULAR

Çalışmada kullanılan NO₂ verisi GEE platformunda Sentinel-5P uydusundan elde edilmiştir. Elde edilen 6 adet NO₂ yoğunluk haritaları (mol/m²) CBS ortamında her bir pikselin sahip olduğu NO₂ (mol/m²) değerine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen haritalar Şekil 2'de gösterilmiştir.



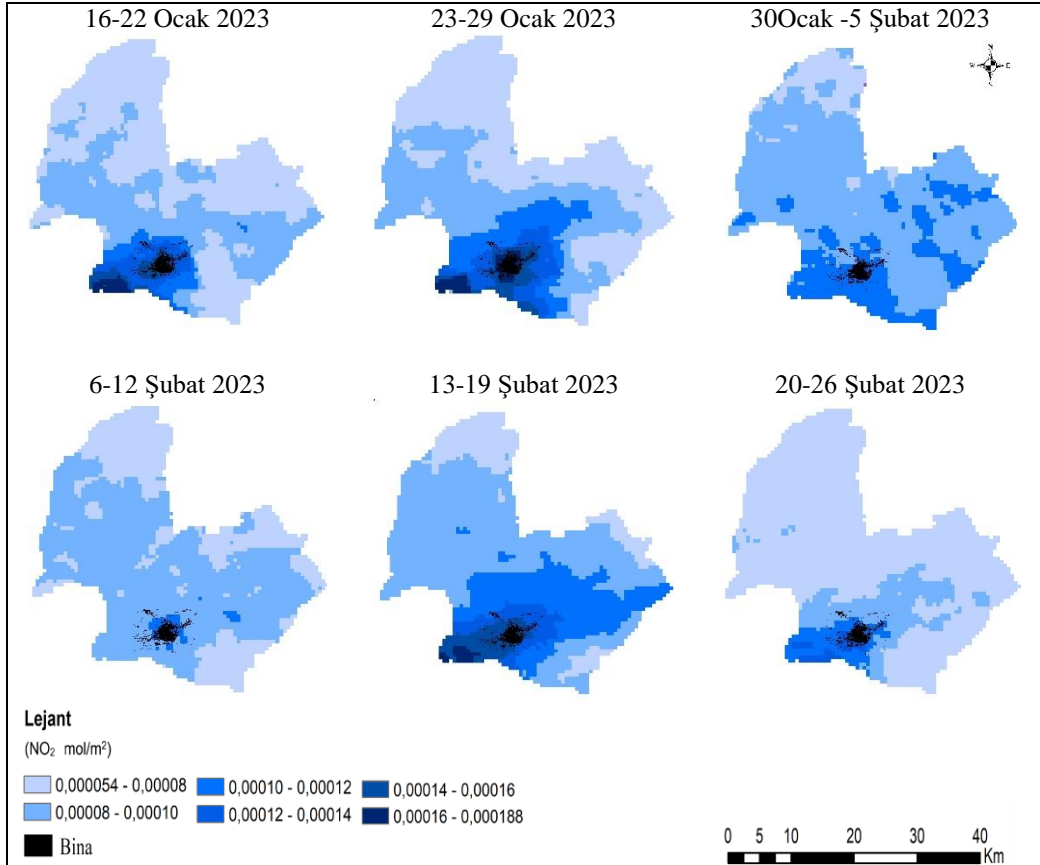
Şekil 2. Osmaniye ili NO₂ yoğunluğu haritaları.

Elde edilen 6 adet NO₂ yoğunluğu (mol/m²) haritalarına ilişkin her bir sınıfın piksel sayıları CBS ortamında belirlenmiş ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



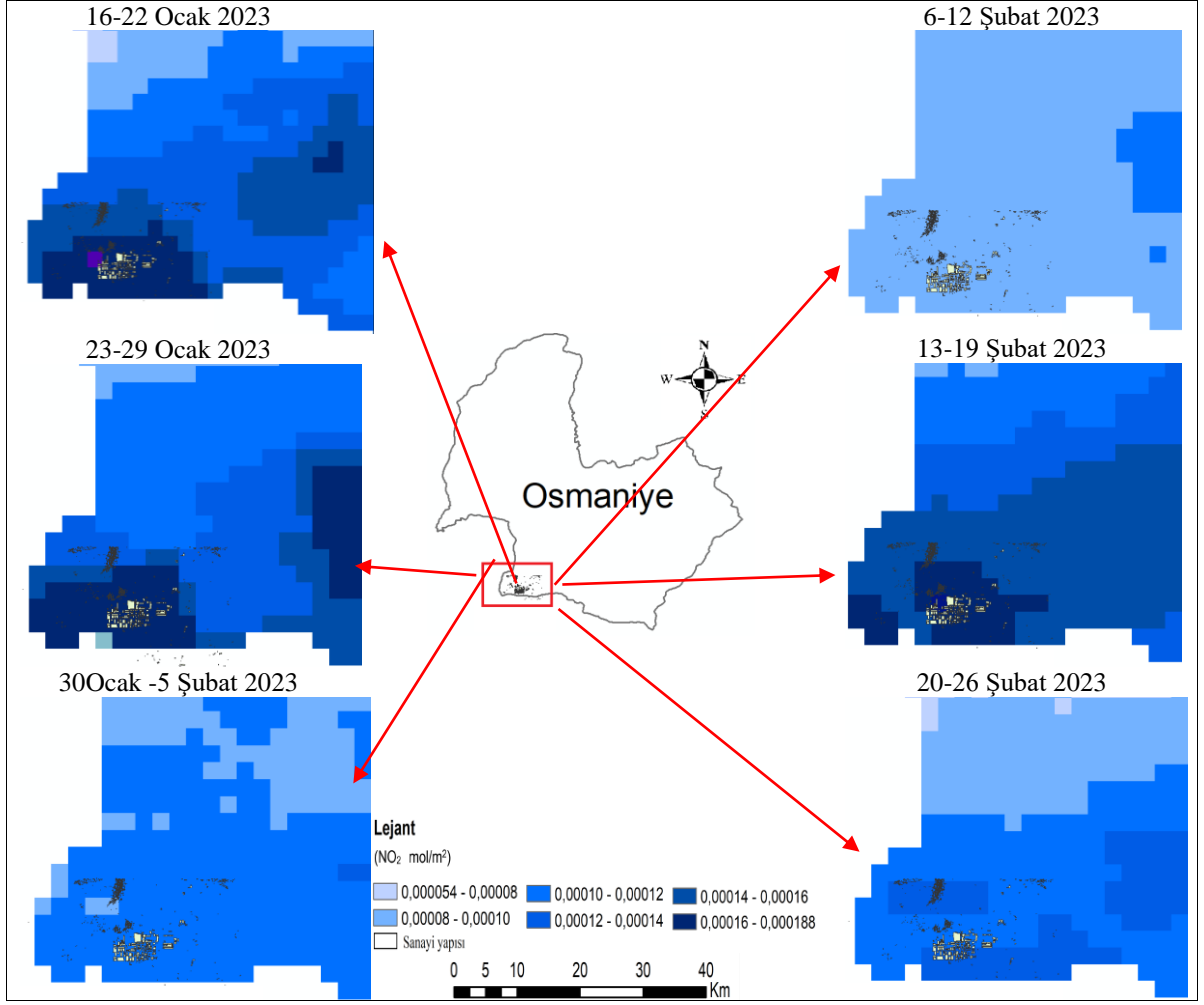
Şekil 3. NO₂ haritalarına ilişkin her bir sınıfın piksel sayıları

Arazi kullanımı ile NO₂ yoğunluğunu ilişkilendirmek amacıyla şehir merkezinde bulunan binalar NO₂ haritaları üzerine eklenerek kentsel alandaki NO₂ yoğunluğunun değişimi belirlenmiştir (Şekil 4).



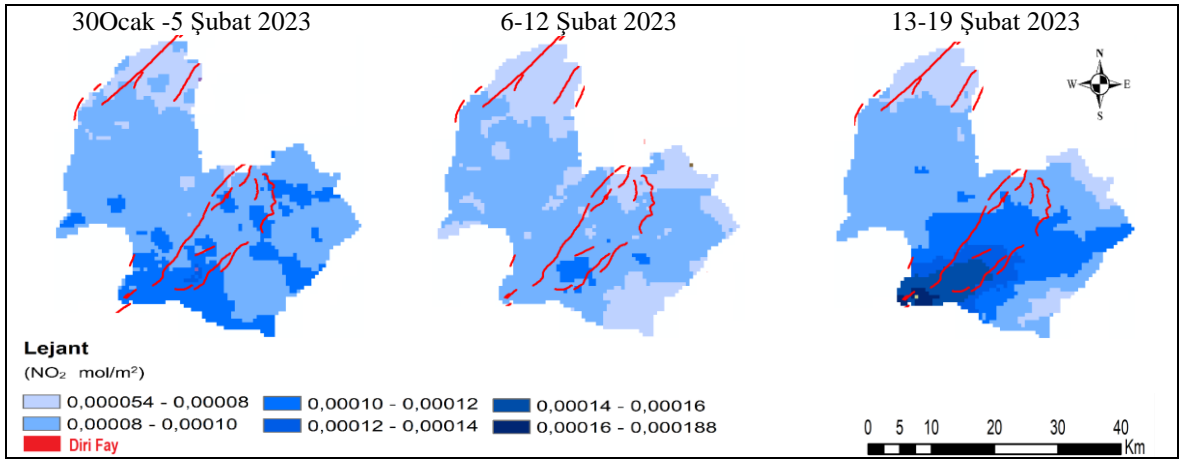
Şekil 4. NO₂ yoğunluğu ve merkez ilçe yerleşim alanı

Depremde, sanayi bölgelerindeki NO₂ yoğunluğunun değişimini değerlendirmek amacıyla deprem öncesi, deprem haftası ve deprem sonrası haftalarına ilişkin NO₂ haritalarına Osmaniye organize sanayi bölgesine ilişkin bina verileri OSM'den alınarak NO₂ yoğunluk haritaları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Osmaniye organize sanayi bölgesi NO₂ yoğunluğu

Deprem ile NO₂ ilişkisini değerlendirmek amacıyla deprem öncesi, deprem zamanı ve deprem sonrası haftalarına ilişkin NO₂ haritalarına aktif fay hatları eklenerek Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Deprem öncesi, deprem zamanı ve deprem sonrasına ilişkin NO₂ yoğunluğu haritaları ve aktif faylar.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Sentinel-5P uydu verileri kullanarak 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinde Osmaniye ili için havada bulunan NO₂ gaz yoğunluğunun zamansal değişiminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla GEE platformundan elde edilen Sentinel-5P verileri ile Osmaniye ilinin gaz yoğunluğu (mol/m²) elde edilerek CBS ortamında arazi kullanımı ve fay hattı güzergâhında ki gaz yoğunluğunun zamansal değişimi belirlenmiştir. Osmaniye ili için oluşturulan NO₂ yoğunluğu haritaları incelendiğinde, deprem öncesi yoğunluğun ilin güneyinde olduğu, depremlerin gerçekleştiği haftada gaz yoğunluğunun azaldığı ve deprem sonrası tekrar gaz yoğunluğunun arttığı anlaşılmıştır. Osmaniye ili merkez ilçede, deprem öncesi yerleşim alanlarında yüksek miktarda NO₂ gazı bulunduğu belirlenmiştir. Depremlerin olduğu hafta, NO₂ gazı üreten faaliyetler büyük ölçüde durmasına rağmen, şehir merkezindeki NO₂ seviyesi yine yüksek değerlere sahiptir. Osmaniye ili sınırları içerisinde bulunan organize sanayi bölgesindeki NO₂ gazı yoğunluğu deprem öncesi ve deprem sonrası fazla miktarda olduğu tespit edilmiş olup, depremlerin gerçekleştiği hafta ciddi bir azalış gözlenerek en düşük seviyelere ulaşmıştır. Fay hatları ile NO₂ ilişkisini değerlendirmek amacıyla deprem öncesi, deprem zamanı ve deprem sonrası haftalarına ilişkin NO₂ haritaları değerlendirildiğinde fay hatlarının gaz yoğunluğuna etkisi tespit edilememiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, NO₂ kirliliğinin izlenmesinde Sentinel-5P uydu görüntülerinin kullanılabilir olduğunu, deprem ve NO₂ arasındaki zamansal yoğunluk ilişkisinin hızlı bir şekilde incelenebileceğini etkin bir şekilde ortaya koymuştur. NO₂ gazı, atmosferde sürekli olarak düşük seviyelerde bulunur. Fakat gerçekleştirilen bu çalışmada, özellikle insan faaliyetlerinin yoğun olduğu yerleşim alanlarında ve sanayi alanlarında NO₂ gazının daha yoğun olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, fay hatları ile NO₂ arasında doğrudan bir ilişki olmadığını, depremlerle bağlantıların bulunabileceğini göstermektedir. Depremlerin gerçekleştiği süreçlerde araç trafiği, endüstriyel faaliyetler, fosil yakıt kullanımı vb. faaliyetlerin azalmasının NO₂ seviyelerinin düşmesine neden olmaktadır.

KAYNAKLAR

AFAD, 2023. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/kahramanmarasta-meydana-gelen-depremler-hk-basin-bulteni-26> [Erişim tarihi: 10.06.2024].

Baysan, C., Yavaş, S. P. ve Çöl, M., 2021. Change in Air Pollution and Human Mobility Trends During COVID-19 Lockdown Measures in Turkey. *The Anatolian Journal of Family Medicine*, 4(2): 170-177.

Cui, Y., Zheng, C., Jiang, L., Huang, J., Sun, F., Zou, Z. ve Du, J., 2023. Variations of Multiple Gaseous Emissions Associated with the Great Sumatra Earthquakes in 2004 And 2005. *Chemical Geology*, 618: 121311.

Earth Engine Data Catalog, 2024. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_NO2#bands [Erişim tarihi: 05.07.2024].

Ganguly, N. D., 2016. Atmospheric Changes Observed During April 2015 Nepal Earthquake. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 140: 16-22.

Garajeh, M.K., Laneve, G., Rezaei, H., Sadeghnejad, M., Mohamadzadeh, N. ve Salmani, B., 2023. Monitoring Trends of CO, NO₂, SO₂, and O₃ Pollutants Using Time-Series Sentinel-5 Images Based on Google Earth Engine. *Pollutants*, 3(2): 255-279.

Ghasempour, F., Sekertekin, A. ve Kutoglu, S. H., 2021. Google Earth Engine Based Spatio-Temporal Analysis of Air Pollutants Before and During The First Wave COVID-19 Outbreak Over Turkey via Remote Sensing. *Journal of Cleaner Production*, 319: 128599.

Harrison, R.M., 2018. Urban Atmospheric Chemistry: A Very Special Case For Study. *npj Climate and Atmospheric Science*, 1(1): 20175.

Heintzelman, A., Filippelli, G. ve Lulla, V., 2021. Substantial Decreases in U.S. Cities' GroundBased NO₂ Concentrations During COVID-19 from Reduced Transportation. *Sustainability*, 13(16): 9030.

Hesterberg, T.W., Bunn, W.B., McClellan, R.O., Hamade, A.K., Long, C.M. ve Valberg, P.A., 2009. Critical Review of The Human Data on Short-Term Nitrogen Dioxide (NO₂) Exposures: Evidence for NO₂ No-Effect Levels. *Critical reviews in toxicology*, 39(9): 743-781.

Jing, F., Singh, R.P. ve Shen, X., 2019. Land Atmosphere Meteorological Coupling Associated with the 2015 Gorkha (M 7.8) and Dolakha (M 7.3) Nepal Earthquakes. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1):1267-1284.

- Jing, F. ve Singh, R.P.**, 2021. Changes in Tropospheric Ozone Associated with Strong Earthquakes and Possible Mechanism. *IEEE J-STARS*, 14: 5300–5310.
- Goodchild, M.F. ve Glennon, J.A.**, 2010. Crowdsourcing Geographic Information for Disaster Response: A Research Frontier. *International Journal of Digital Earth*, 3(3): 231–241.
- Makineci, H. B.**, 2022. İstanbul İli Merkez İlçelerindeki NO₂ ve CO Emisyonlarının Uzaktan Algılama ve Yersel İstasyon Verileri Kullanılarak İncelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 4(2): 62-74.
- MapBox**, The OpenStreetMap data model. <https://labs.mapbox.com/mapping/osm-data-model/> [Erişim tarihi: 05.06.2024].
- Memduhoğlu, A.**, 2024. 6 Şubat Depremlerinden Etkilenen Şehirlere Ait Openstreetmap Verilerinin Niceliksel ve Semantik Analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(4):1-1.
- Potts, D., Marais, E.A., Boesch, H., Pope R.J., Lee, J., Drysdale, W., Chipperfield, M.P., Kerridge, B., Siddans, R., Moore, D.P. ve Remedios, J.**, 2021. Diagnosing Air Quality Changes in the UK During the COVID-19 Lockdown Using TROPOMI and GEOS-Chem. *Environmental Research Letters*, 16(5): 054031.
- Sameh, S., Zarzoura, F. ve El-Mewafi, M.**, 2024. Spatio-temporal Analysis Mapping of Air Quality Monitoring in Cairo using Sentinel-5 satellite data and Google earth engine. *Mansoura Engineering Journal*, 49(1): 3.
- Sekine, Y. ve Shinohara, N.**, 2017. Disasters and their Impacts on Air Quality in The Human Living Environment. *Rethinking Resilience, Adaptation and Transformation in a Time of Change*, 65-71.
- Shah, M., Tariq, M.A. ve Naqvi, N.A.**, 2019. Atmospheric Anomalies Associated With Mw> 6.0 Earthquakes in Pakistan and Iran During 2010–2017. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 191: 105056.
- Shami, S., Ranjgar, B., Bian, J., Khoshlahjeh Azar, M., Moghimi, A., Amani, M. ve Naboureh, A.**, 2022. Trends of CO and NO₂ Pollutants in Iran During COVID-19 Pandemic Using Timeseries Sentinel-5 Images in Google Earth Engine. *Pollutants*, 2(2): 156-171.
- Sünsüli, M. ve Kalkan, K.**, 2022. Sentinel-5P Uydu Görüntüleri ile Azot Dioksit (NO₂) Kirliliğinin İzlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 4(1): 1-6.
- Şahin, Ü. A. ve Kaynak, B.**, 2024. Questioning Whether There was A Short-Term Interaction Between The 6 February 2023 Earthquakes And Air Quality Parameters in Türkiye. *Chemosphere*, 347: 140616.
- TÜİK**, 2024. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684> [Erişim tarihi: 05.06.2024].
- Vîrghileanu, M., Săvulescu, I., Mihai, B. A., Nistor, C. ve Dobre, R.**, 2020. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery Over Europe During the Coronavirus Pandemic Outbreak. *Remote Sensing*, 12(21): 3575.
- Walia, V., Yang, T. F., Hong, W. L., Lin, S. J., Fu, C. C., Wen, K. L. ve Chen, C. H.**, 2009. Geochemical Variation Of Soil–Gas Composition for Fault Trace and Earthquake Precursory Studies Along the Hsincheng Fault in NW Taiwan. *Applied Radiation and Isotopes*, 67(10): 1855-1863.
- WHO**, 1980. Glossary on Air Pollution, Copenhagen: WHO Regional Publications.
- Zhou, X.C., Chen, Z. ve Cui, Y.J.**, 2016. Environmental Impact of CO₂, Rn, Hg Degassing From The Rupture Zones Produced by Wenchuan Ms 8.0 Earthquake in Western Sichuan, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 38 (5): 1067–1082.