



BİR AFET SONRASI KENTİN ATMOSFERİK İZİ: KAHRAMANMARAŞ'IN YENİDEN İNŞASI SÜRECİNDE HAVA KİRLİLİĞİ DİNAMİKLERİ

Erdi EKREN^{1*}

¹Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş

*Sorumlu yazar: ekren@ksu.edu.tr

Erdi EKREN: <https://orcid.org/0000-0003-1223-3568>

Please cite this article as: Ekren, E. (2025) Bir afet sonrası kentin atmosferik izi: Kahramanmaraş'ın yeniden inşası sürecinde hava kirliliği dinamikleri, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(2), 475-489.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 12 Eylül 2025 / Received 12 September 2025

Düzeltilmelerin gelişi 3 Ekim 2025 / Received in revised form 3 October 2025

Kabul 7 Ekim 2025 / Accepted 7 October 2025

Yayımlanma 27 Ekim 2025 / Published online 27 October 2025

ÖZET: 6 Şubat 2023 depremleri sonrası Kahramanmaraş'ta başlayan yoğun yeniden inşa süreci, kentsel hava kalitesi üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bu çalışma, bu olağanüstü dönemde şehrin iki merkez ilçesindeki toplam on mahallede PM_{2.5}, NO₂ ve O₃ kirleticilerinin mekânsal dağılımını 30 günlük bir periyotta incelemektedir. Google Air Quality API'sinden elde edilen saatlik veriler, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/WHO) kılavuz değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bulgular, PM_{2.5} konsantrasyonlarının mahalleler arasında keskin farklılıklar gösterdiğini ve bazı mahallelerdeki yüksek seviyelerin yeniden inşa faaliyetleriyle ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur. Buna karşın Ozon (O₃) kirliliğinin, mahalle ayrımı gözetmeksizin bölge genelinde yaygın bir sorun olduğu, NO₂ seviyelerinin ise limitlerin altında kaldığı saptanmıştır. Bu sonuçlar, afet sonrası kentsel iyileştirme süreçlerinde halk sağlığının korunması için her kirleticinin kendine özgü dinamiğini dikkate alan, yerel ölçekli ve sürekli hava kalitesi izleme stratejilerinin hayati önem taşıdığını göstermektedir. Bu çalışma, büyük ölçekli yeniden yapılanma süreçlerinin atmosferik etkilerine dair önemli bir bakış açısı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hava kirliliği, deprem, Kahramanmaraş, PM_{2.5}, O₃

THE ATMOSPHERIC FOOTPRINT OF A POST-DISASTER CITY: AIR POLLUTION DYNAMICS DURING THE RECONSTRUCTION OF KAHRAMANMARAŞ

ABSTRACT: The extensive reconstruction process initiated in Kahramanmaraş following the February 6, 2023 earthquakes poses a significant pressure on urban air quality. This study examines the spatial distribution of PM_{2.5}, NO₂, and O₃ pollutants across ten neighborhoods in the city's two central districts over a 30-day period during this unique phase. Hourly data obtained from the Google Air Quality API were compared with World Health Organization (WHO) guideline values. The findings reveal sharp inter-neighborhood variations in PM_{2.5} concentrations, suggesting that elevated levels in certain areas may be linked to reconstruction activities. In contrast, ozone (O₃) pollution was identified as a widespread issue across the entire region, irrespective of neighborhood, while NO₂ levels remained below the limits. These results indicate that to protect public health during post-disaster urban recovery, continuous, localized air quality monitoring strategies that consider the unique dynamics of each pollutant are vital. This research offers a significant perspective on the atmospheric impacts of large-scale reconstruction processes.

Keywords: Air pollution, earthquake, Kahramanmaraş, PM_{2.5}, O₃

GİRİŞ

Hava kirliliği, dünya genelinde milyonlarca erken ölüme neden olan ve insan sağlığını tehdit eden en önemli çevresel risk faktörlerinden biridir (Achebak et al., 2024; Sigsgaard & Hoffmann, 2024). Özellikle Partikül Madde 2.5 (PM_{2.5}), Azot Dioksit (NO₂) ve Ozon (O₃) gibi kirleticilere maruz kalmak, solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler problemler ve çeşitli kronik rahatsızlıklarla doğrudan ilişkilendirilmektedir (Faustini et al., 2013; Jerrett et al., 2013; Turner et al., 2016; Héritier et al., 2018). Bu tehlikelerin boyutunu ve halk sağlığını koruma gerekliliğini kabul eden Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/WHO), hava kirleticileri için toplumların ulaşması gereken kılavuz limit değerler yayımlamıştır (WHO, 2021).

Kentsel alanlar, yoğun insan faaliyetleri nedeniyle hava kirliliğinin en yüksek seviyelere ulaştığı bölgelerdir. Ancak bir şehrin hava kalitesi homojen bir yapı göstermez; aksine, trafik yoğunluğu, arazi kullanım biçimi, nüfus dağılımı ve kentsel coğrafya gibi faktörlere bağlı olarak mahalleler arasında dahi önemli farklılıklar sergileyebilir (Shi et al., 2016; Apte & Manchanda, 2024). Bu nedenle, hava kalitesi politikalarının ve halk sağlığı uyarılarının etkinliği, kirliliğin şehir genelindeki tek bir ortalama değerle değil, mikro ölçekteki bu mekânsal değişkenliğin anlaşılmasıyla artırılabilir.

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen büyük depremlerin ardından kapsamlı bir yeniden inşa sürecine giren Kahramanmaraş şehrinin merkez ilçelerine odaklanmaktadır. Doğal afetler sonrası yürütülen enkaz kaldırma, yıkım ve yoğun inşaat faaliyetleri, atmosfere yüksek miktarda toz ve partikül madde salınımına neden olan olağanüstü emisyon kaynaklarıdır (Turner et al., 2016; Héritier et al., 2018; Konduracka & Rostoff, 2022). Bu durum, özellikle PM_{2.5} konsantrasyonlarında ciddi artışlara yol açarak, afetzedede nüfusun sağlığı için ek bir risk oluşturma potansiyeli taşımaktadır.

Literatürde afet sonrası hava kalitesi değişimlerini inceleyen çalışmalar bulunsa da (Schneider et al., 2021; Adıgüzel, 2023; Akyürek, 2024, Ergin et al., 2024; Kurut, 2024; Ören, 2024) Kahramanmaraş gibi büyük bir yeniden yapılanma sürecindeki bir şehirde, mahalle ölçeğinde hava kalitesi dinamiklerini detaylı olarak analiz eden çalışmalar sınırlıdır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, 6 Şubat 2023 depremleri sonrası yeniden inşa sürecindeki Kahramanmaraş'ın merkez ilçelerinde seçilen mahallelerde PM_{2.5}, NO₂ ve O₃ seviyelerinin mekânsal ve zamansal değişimini incelemek ve bu seviyeleri DSÖ/WHO kılavuz değerleriyle karşılaştırmaktır.

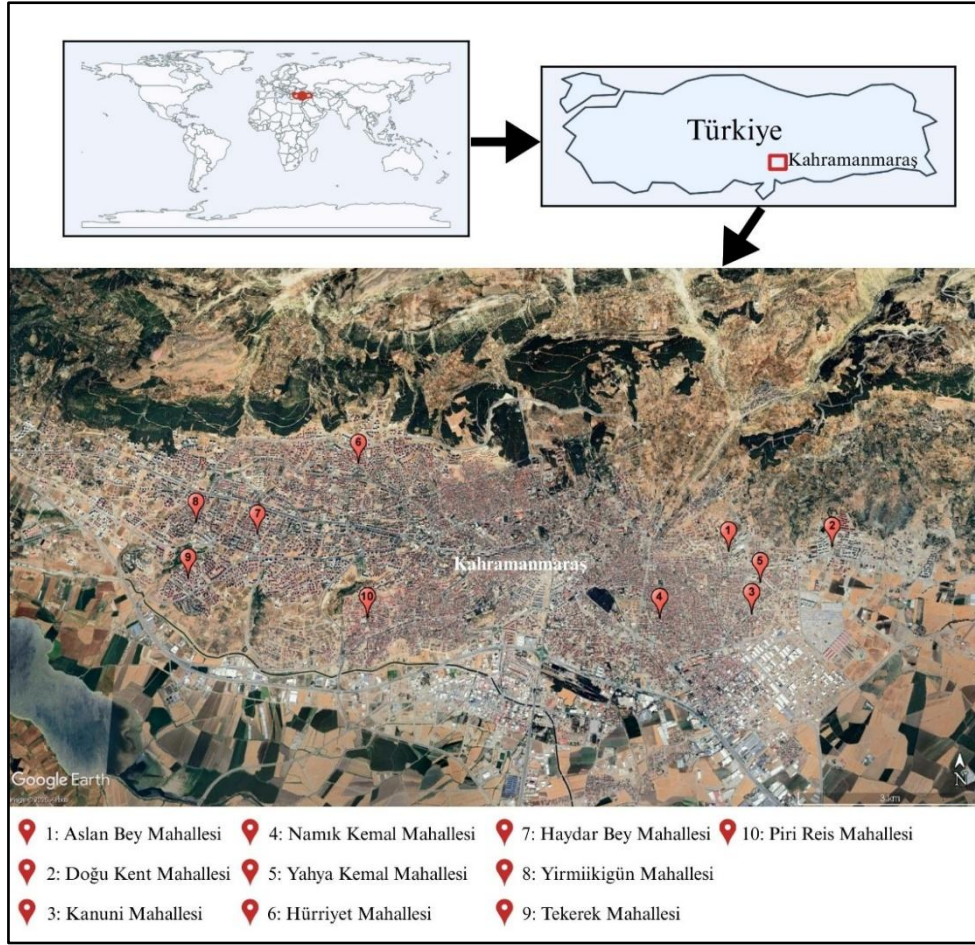
MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı ve tasarım

Bu çalışma, Kahramanmaraş ili sınırlarındaki Onikişubat ve Dulkadiroğlu ilçelerinde, her birinde beşer mahalle seçilerek (toplam 10 mahalle) yürütülmüştür. Seçilen mahalleler ve ölçüm bilgileri alınan koordinatlar Tablo 1'de konumları ise Şekil 1'de verilmiştir. Mahalleler Kahramanmaraş'ın nüfus bakımından en kalabalık mahalleleri olması nedeniyle seçilirken bu mahallelerdeki koordinatlar ise mahallelerin en yoğun noktalarından seçilmiştir. Çalışma, son 30 güne ait saatlik kirlilik verilerinin derlenmesi, kalite süzgecinden geçirilmesi ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/WHO) 2021 kısa vadeli eşikleriyle karşılaştırılması üzerine kurgulanmıştır. Google Maps Air Quality API'nin History uç noktası kullanılarak her mahalle için saatlik veri elde edilmiştir. API'nin tarihsel uç noktası, tek bir lokasyon için en fazla 30 günlük (saatlik) veri sağlayacak şekilde tasarlanmıştır (Air Quality API, 2025).

Tablo 1. Çalışma Kapsamında Seçilen Mahalleler ve Koordinatlar

İlçeler	Mahalleler	Koordinatlar
Dulkadiroğlu	Aslan Bey Mahallesi	37.584031461848284, 36.961345019345586
	Doğu Kent Mahallesi	37.58470280766962, 36.98155343366285
	Kanuni Mahallesi	37.57440862349024, 36.96515349529459
	Namık Kemal Mahallesi	37.57369146141762, 36.947481036968654
	Yahya Kemal Mahallesi	37.57919277583356, 36.9671567071778
Onikişubat	Hürriyet Mahallesi	37.598150954249064, 36.88883744608816
	Haydar Bey Mahallesi	37.58683530590866, 36.86952078836928
	Yirmiikigün Mahallesi	37.58863696163287, 36.8574116419301
	Tekerek Mahallesi	37.579871594408196, 36.85657855266739
	Piri Reis Mahallesi	37.573833759498235, 36.891489959802215



Veri kaynağı ve veri toplama

Veri toplama, Air Quality API – history:lookup uç noktasına HTTP POST istekleri yapılarak gerçekleştirilmiştir: <https://airquality.googleapis.com/v1/history:lookup>. İstek gövdesinde lokasyon (LatLng), zaman aralığı ve çıktıda kirletici konsantrasyonlarının yer almasını sağlayan extraComputations alanı yer almıştır. Saatlik kayıtlar sayfalama ile döndüğünden, maksimum 168 saat/sayfa sınırına (7 gün) uygun biçimde ardışık sayfalar nextPageToken ile alınmıştır. Zaman aralığı, uç noktanın desteklediği biçimde hour-based parametreyle 720 saat (son 30 gün) olarak istenmiştir; bazı durumlarda 720 saatlik çağrılarda API'den geçersiz argüman hatası alınması durumunda, 700 saat ile yeniden denenip tüm sayfalar birleştirilmiştir. API'nin ilgili alanları ve sınırları teknik dokümantasyondaki biçimiyle kullanılmıştır (ör. pageSize maks. 168, hours 1–720, extraComputations ile POLLUTANT_CONCENTRATION, yanıt içinde saatlik hoursInfo ve pollutants listeleri) (Air Quality API, 2025).

API erişim anahtarı, proje kökünde .env dosyasında GOOGLE_MAPS_AIR_QUALITY_API_KEY değişkeniyle saklanmış ve çalışma zamanında yüklenmiştir. Tüm istekler için yanıt JSON'u ayrıştırılarak zaman damgası (UTC, RFC3339) ile kirletici konsantrasyonları (değer ve birim) çıkarılmıştır.

Kirleticiler ve birim dönüşümleri

Çalışma kapsamında PM_{2.5}, NO₂ ve O₃ olmak üzere üç kirletici incelenmiştir. API yanıtındaki konsantrasyon birimleri µg/m³, mg/m³, ppb veya ppm biçiminde gelebileceğinden, tüm değerler µg/m³'e dönüştürülmüştür. Dönüşümler şu kurallarla yapılmıştır (Jerrett et al., 2013; Crouse et al., 2015; Turner et al., 2016):

- µg/m³ → µg/m³: değişiklik yok; mg/m³ → µg/m³: ×1000.
- Gazlar (NO₂, O₃) için 25 °C ve 1 atm varsayımıyla:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \text{ppb} \times \frac{M}{24.45}$$

Burada M kirleticinin mol kütleleridir (NO₂: 46.0055 g/mol; O₃: 48.00 g/mol). (Eşdeğer dönüşüm, NIOSH 2014'ün birim dönüşüm formülüne dayanmaktadır) (Jerrett et al., 2013; Crouse et al., 2015; Turner et al., 2016).

Zaman standardizasyonu ve örnekleme

Her lokasyon için saatlik zaman serileri önce UTC'de hizalanmış ve çalışma penceresini kapsayan tam saatlik bir eksene yeniden örneklenmiştir (eksik saatler NaN olarak bırakılmıştır). Günlük hesaplamalarda gün sınırlarının hava kirliliği ve maruziyet değerlendirmesiyle uyumlu olması için zaman damgaları yerel saat dilimine (Europe/Istanbul) dönüştürülmüş ve tüm günlük işlemler yerel saate göre yapılmıştır.

API'den geriye dönük 720 saatlik (30 gün) veri talep edilmiş olsa da, başlangıç ve bitiş saatleri nedeniyle günlük istatistiklerin (ör. DSÖ/WHO limit aşım sayısı) hesaplanmasında, bu periyoda tam olarak sığan 29 takvim günü analize dahil edilmiştir.

Veri kalite süzgeci (≥18 saat kuralı)

Bir gün (yerel takvim günü) içinde geçerli saatlik ölçüm sayısı < 18 ise, o güne ait ilgili kirletici verisi geçersiz kabul edilmiştir (Chen et al., 2022; Fassò et al., 2022). Bu kural şu iki amaçla uygulanmıştır:

- Günlük istatistiklerin güvenilirliği,
- Saatlik grafiklerde eksik ve düzensiz örneklemeyle ilgili anlamsız kırılmaların önlenmesi (bu günler grafikte boşluk olarak görünür). Kural, kirletici başına ve lokasyon bazında uygulanmıştır.

Türev metrikler ve DSÖ (WHO) eşliğine göre aşım tanımları

DSÖ/WHO karşılaştırma metriği ve geçerlilik kuralı: PM_{2.5} ve NO₂ için değerlendirmeler, yerel güne (Europe/Istanbul) göre hesaplanan 24 saatlik günlük ortalama; O₃ için ise günlük maksimum 8 saatlik ortalama (MDA8) üzerinden yapılmıştır. Bir günün “geçerli” sayılması için ilgili kirleticiye ait ≥18 saat saatlik gözlem bulunması şart koşulmuş; bu eşliği sağlayamayan günler hem analizlerden hariç tutulmuş hem de görselleştirmelerde boşluk olarak bırakılmıştır. Aşım gün sayıları, bu günlük metriklerin DSÖ/WHO 2021 kısa vadeli kılavuz değerlerini (PM_{2.5}: 15 µg/m³, NO₂: 25 µg/m³, O₃ (MDA8): 100 µg/m³) aşım

aşmadığına göre hesaplanmıştır (WHO, 2021). Tanımlayıcı istatistiklerde raporlanan “medyan” değerler yalnızca tipik düzeyi özetlemek amacıyla verilmiş olup, aşım değerlendirmesinde kullanılmamıştır.

Kullanılan eşikler ve metrikler aşağıda verilmiştir (WHO, 2021):

- PM2.5: Günlük 24 saatlik ortalama; 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eşiği.
- NO₂: Günlük 24 saatlik ortalama; 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eşiği.
- O₃: Günlük maksimum 8 saatlik ortalama (MDA8); 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eşiği.

Hesaplama ayrıntıları aşağıda verilmiştir:

- PM2.5 ve NO₂ için saatlik diziler, yerel saate göre günlük (24 saat) ortalamaya özetlenmiş; <18 saat dolu gözlem içeren günler bu özetten hariç tutulmuştur.
- O₃ için saatlik dizi üzerinde 8 saatlik hareketli ortalama hesaplanmış; gün bazında bu serinin günlük maksimumu (MDA8) alınmıştır. <18 saat dolu gözlem içeren günler yine hariç tutulmuştur.
- Her lokasyon ve kirletici için aşım günü sayısı, “ilgili günlük metrik > DSÖ/WHO eşiği” koşulunu sağlayan geçerli günlerin toplamı olarak raporlanmış; ayrıca geçerli gün sayısı belirtilmiştir.

Tanımlayıcı istatistikler ve sıralama

Yorumlamayı desteklemek üzere, mahalle × kirletici bazında saatlik serilerden medyan, %95 yüzdellik, tepe değer ve tepe saat bilgileri çıkarılmıştır. Medyan, aşırı uç değerlere duyarsızlığı nedeniyle tipik seviyeyi temsil etmek için kullanılmış olup istatistiksel anlamlılık testi yapılmamıştır.

Görselleştirme

Zaman serisi görselleştirmeleri ilçe bazında üretilmiştir. Her ilçede belirlenen beş mahallenin PM2.5 ve NO₂ için saatlik çizgileri ile O₃ için saatlik çizgiye ek olarak 8 saatlik ortalama kesik çizgi yer almıştır. Referans amaçlı, grafiğe DSÖ/WHO eşiğini gösteren yatay kesik çizgi eklenmiştir. <18 saat kuralı ile elenen günler çizgilerde boşluk olarak bırakılmıştır. Özet amaçlı olarak, her mahallenin aşım gün sayıları (PM2.5, NO₂, O₃) yan yana çubuk grafik ile sunulmuştur.

Okuyucunun, zaman serisi grafiklerinde gösterilen anlık saatlik değerlerin DSÖ referans çizgisini geçmesinin, o gün için bir 'limit aşımı' olarak sayıldığı anlamına gelmediğini dikkate alması önemlidir. Bir günün limit aşımı olarak tanımlanması, yalnızca 'Türev metrikler' bölümünde açıklandığı gibi, PM2.5 ve NO₂ için 24 saatlik ortalamanın veya O₃ için günlük maksimum 8 saatlik ortalamanın ilgili DSÖ/WHO eşiğini geçmesiyle belirlenmiştir.

Yazılım ve çoğaltılabilirlik

Tüm veri çekme, işleme ve görselleştirme adımları Python ile yürütüldü (Windows, Python 3.13). Kullanılan paketler: requests (HTTP), pandas (veri işlemleri, yeniden örnekleme), numpy (sayısal işlemler), matplotlib (grafikler) ve python-dotenv (API anahtarını .env'den okuma). API anahtarı .env dosyasında GOOGLE_MAPS_AIR_QUALITY_API_KEY olarak

saklanmış ve çalışma sırasında load_dotenv() ile içeri alınmıştır. Kod, her lokasyon için tüm sayfaları toplayıp tek bir saatlik eksende birleştirmiş; saat dilimi dönüşümleri ve günlük özetler yerel saat üzerinden yapılmıştır. Air Quality API'nin history ucu ve yapısal alanları/limitleri Google geliştirici dokümantasyonunda tanımlandığı şekliyle kullanılmıştır (Air Quality API, 2025).

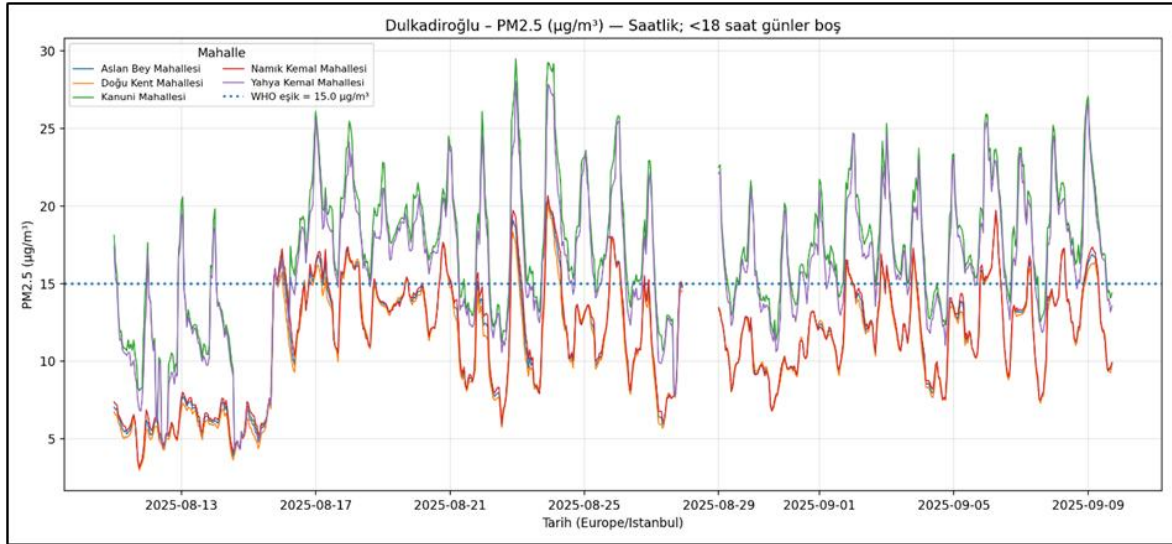
Sınırlılıklar

Elde edilen kirlilik değerleri, Google'ın birleştirilmiş model/kaynaklarına dayanan API yanıtlarından türetilmiştir; yerel yerinde ölçüm ağıyla bağımsız saha doğrulaması yapılmamıştır. API'nin veri kapsamı, uzamsal çözünürlüğü ve birim dönüşümleri (özellikle gazlar için 25 °C, 1 atm varsayımı) sonuçların belirsizliğine katkı sağlayabilir. Birim dönüşümünde kullanılan 24.45 sabiti, standart koşul varsayımına dayanır.

BULGULAR

Partikül Madde 2.5 (PM2.5) Konsantrasyonları

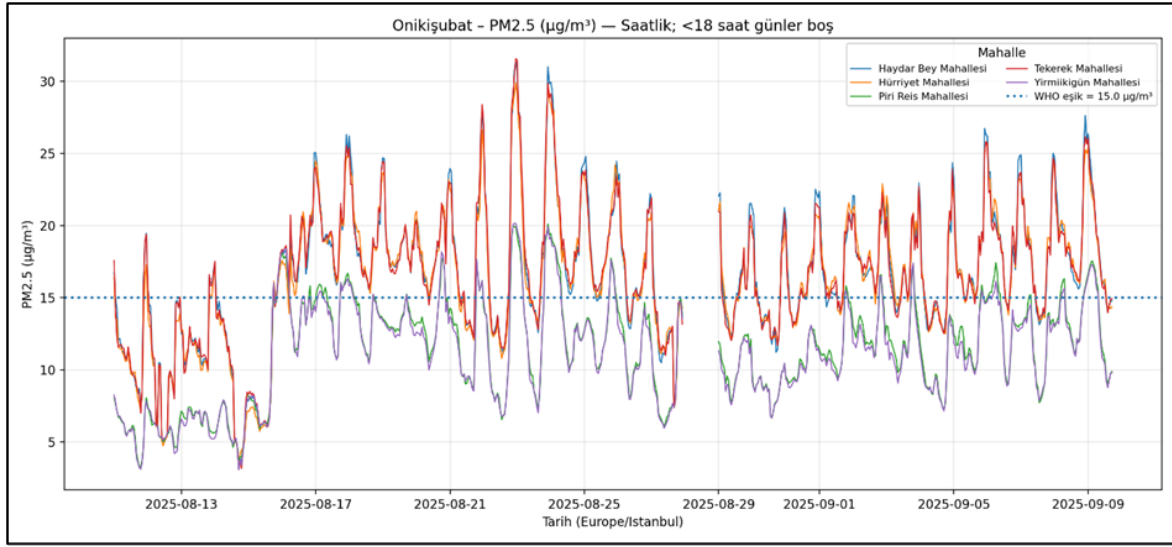
Araştırmanın en belirgin bulgusu, PM2.5 kirliliğinin mahalleler arasında gösterdiği keskin farklılıklardır. Dulkadiroğlu ilçesinde yapılan saatlik ölçümler, özellikle Kanuni ve Yahya Kemal mahallelerinin hava kalitesi açısından diğerlerinden olumsuz yönde ayrıştığını ortaya koymuştur. Bu iki mahallede PM2.5 seviyeleri, analiz periyodunun büyük bir kısmında Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/WHO) kılavuz değerinin üzerinde seyrederken, Aslan Bey ve Doğu Kent gibi mahallelerde kirliliğin önemli ölçüde daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2). Bu durum, PM2.5 kaynaklarının oldukça yerel etkilere sahip olduğunu ve kısa mesafelerde dahi hava kalitesinin ciddi oranda değişebildiğini göstermektedir.



Şekil 2. Dulkadiroğlu İlçesine Bağlı Beş Mahallenin 10 Ağustos – 9 Eylül 2025 Tarihleri Arasındaki Saatlik PM2.5 Konsantrasyonları (µg/m³).

Benzer bir mekânsal dağılım Onikişubat ilçesi için de tespit edilmiştir. İlçenin güney ve batı kesimlerinde yer alan Tekerek ve Hürriyet mahallelerinde ölçülen PM2.5 değerleri, 29 günlük periyodun 22 gününde DSÖ/WHO limitlerini aşan günlük ortalamalarla dikkat çekmektedir. Buna karşılık, Piri Reis ve Yirmiüçgün mahallelerinde ise neredeyse hiç limit aşımının

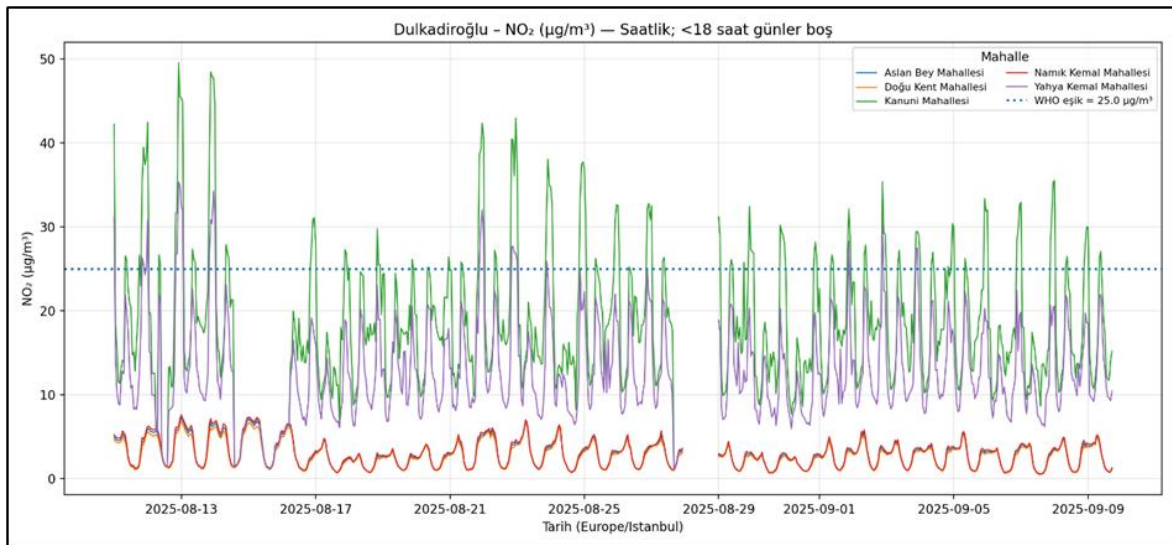
yaşanmadığı, dolayısıyla daha temiz bir havaya sahip oldukları saptanmıştır (Şekil 3). Bu bulgu, Dulkadiroğlu ilçesindeki gözlemleri destekler nitelikte olup, kentsel hava kirliliğiyle mücadelede mahalle ölçeğinde stratejilerin önemini vurgulamaktadır.



Şekil 3. Onikişubat İlçesine Bağlı Beş Mahallenin 10 Ağustos – 9 Eylül 2025 Tarihleri Arasındaki Saatlik Pm2.5 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

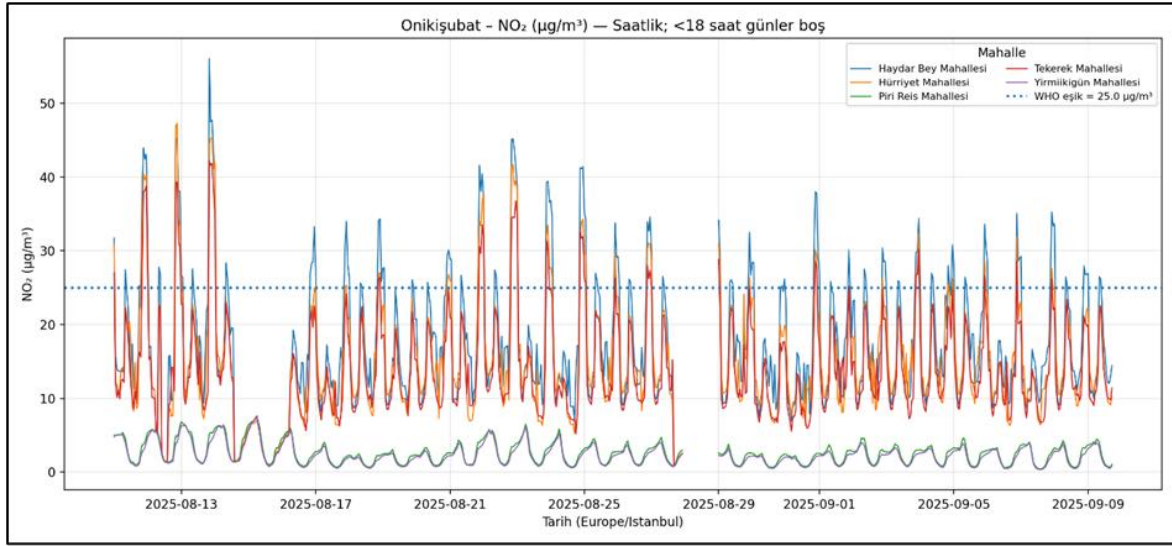
Azot Dioksit (NO_2) Konsantrasyonları

PM2.5'in aksine, Azot Dioksit (NO_2) seviyeleri incelenen periyot boyunca bölge genelinde önemli bir sorun teşkil etmemiştir. Dulkadiroğlu ilçesine bağlı mahallelerde yapılan ölçümlerde, saatlik NO_2 konsantrasyonları çoğunlukla düşük seviyelerde kalmıştır. Medyan değerler açısından Kanuni ($16.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Yahya Kemal ($11.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mahallelerinde diğerlerine kıyasla daha yüksek seviyeler gözlemlense de, bu durum DSÖ/WHO'nun 24 saatlik ortalama limiti olan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün aşılmasına neden olmamıştır. Nitekim, Kanuni Mahallesi'nde 29 günlük periyotta yalnızca bir gün limit aşımı yaşanmış, diğer tüm mahallelerde ise hiçbir aşım kaydedilmemiştir. Bu durum Şekil 4'te de açıkça görülmektedir.



Şekil 4. Dulkadiroğlu İlçesine Bağlı Beş Mahallenin 10 Ağustos – 9 Eylül 2025 Tarihleri Arasındaki Saatlik NO_2 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

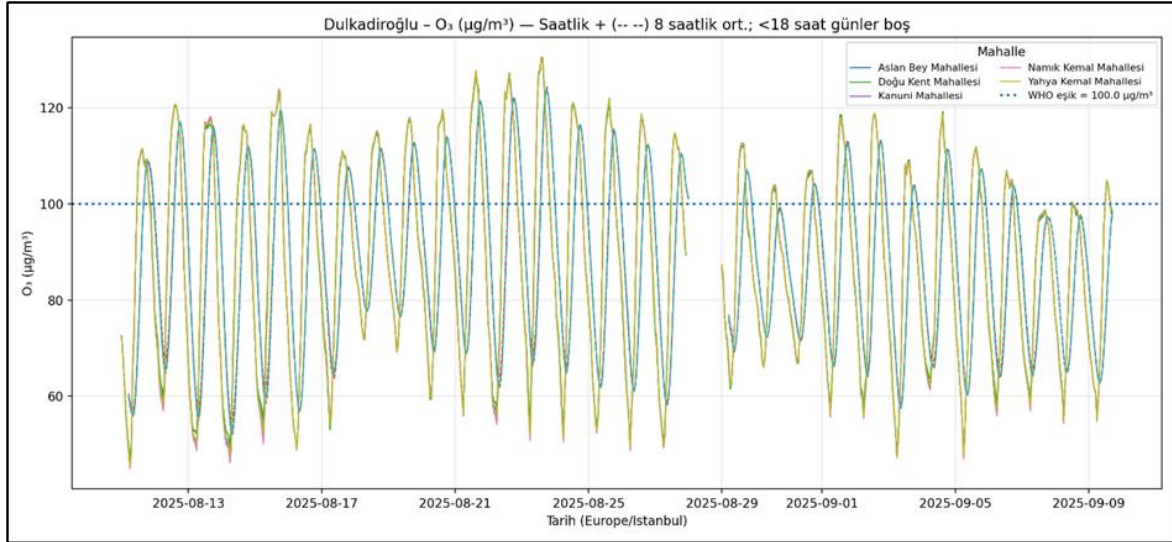
Onikişubat ilçesindeki NO₂ profili, Dulkadiroğlu ile büyük bir paralellik göstermektedir. Haydar Bey (medyan 14.5 µg/m³) ve Hürriyet (medyan 13.2 µg/m³) mahalleleri, diğerlerine göre bir miktar daha yüksek NO₂ konsantrasyonlarına sahip olsalar da, ilçedeki hiçbir mahallede 29 günlük gözlem süresi boyunca WHO'nun 24 saatlik kılavuz değeri aşılmamıştır. Şekil 5'te gösterildiği gibi, tüm mahallelerdeki NO₂ seviyeleri limit değerinin oldukça altında kalmıştır. Bu bulgu, incelenen dönemde trafik ve endüstriyel kaynaklı NO₂ kirliliğinin bölgede yaygın bir risk oluşturmadığına işaret etmektedir.



Şekil 5. Onikişubat İlçesine Bağlı Beş Mahallenin 10 Ağustos – 9 Eylül 2025 Tarihleri Arasındaki Saatlik NO₂ Konsantrasyonları (µg/m³).

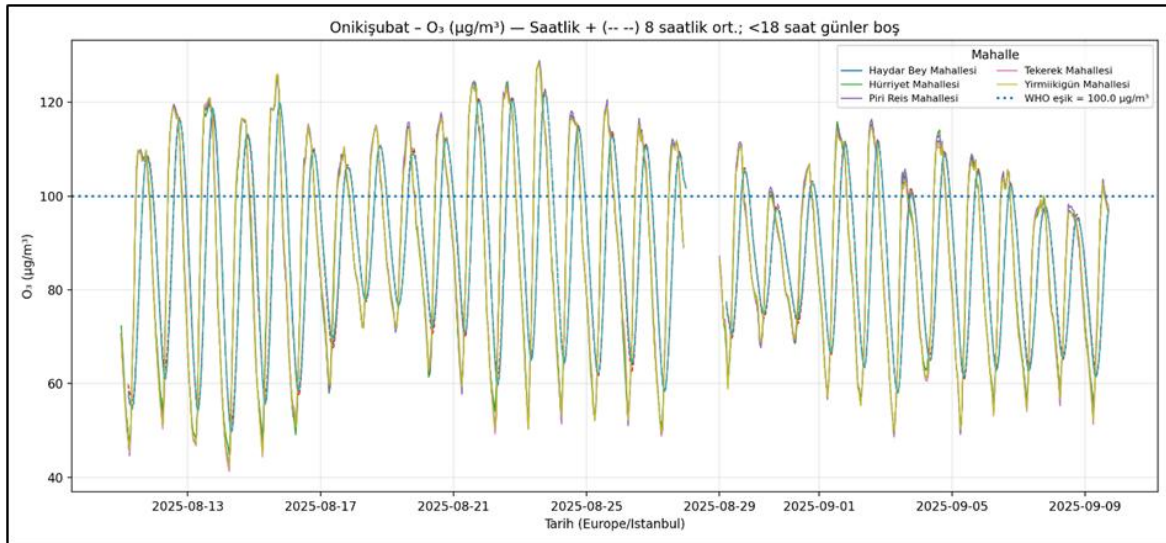
Ozon (O₃) Konsantrasyonları

Diğer iki kirleticiden farklı olarak, Ozon (O₃) kirliliğinin mahalleler arasında belirgin bir mekânsal farklılık göstermediği, aksine bölge genelinde yaygın ve homojen bir sorun olduğu tespit edilmiştir. Dulkadiroğlu ilçesine bağlı beş mahallenin tamamında, O₃ seviyelerinin birbirine çok yakın profiller çizdiği ve DSÖ/WHO tarafından belirlenen 8 saatlik maksimum ortalama 100 µg/m³ limitini sıkça aştığı görülmektedir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, incelenen 29 günün 25'inde tüm mahallelerde limit aşımı yaşanmıştır. Bu durum, O₃'ün yerel kaynaklardan ziyade, daha geniş bir coğrafyayı etkileyen bölgesel atmosferik hareketlerle taşınan ikincil bir kirletici olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 6. Dulkadiroğlu İlçesine Bağlı Beş Mahallenin 10 Ağustos – 9 Eylül 2025 Tarihleri Arasındaki Saatlik O₃ Konsantrasyonları ve 8 Saatlik Hareketli Ortalamaları (µg/m³).

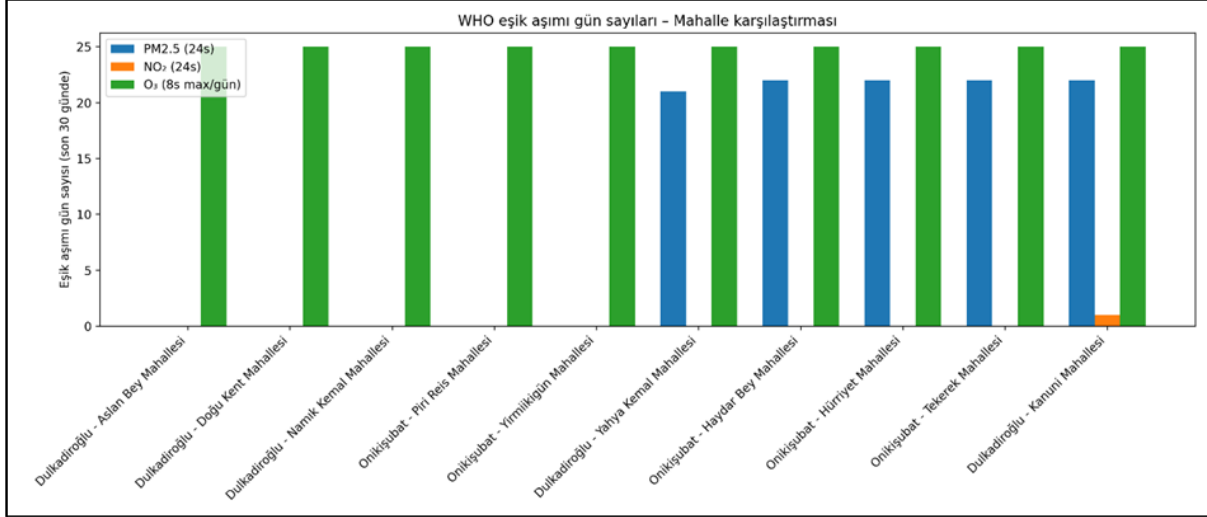
Aynı homojen yapı Onikişubat ilçesi için de geçerlidir. İlçedeki beş mahallenin O₃ profilleri neredeyse ayırt edilemeyecek kadar benzer olup, Dulkadiroğlu ilçesindeki gibi, 29 günlük periyodun 25'inde DSÖ/WHO kılavuz değerini aşmıştır (Şekil 7). Mahalleler arasındaki medyan O₃ değerlerinin (88.8 - 89.0 µg/m³) birbirine bu denli yakın olması, PM2.5'te gözlemlenen yerel farklılıkların aksine, O₃ kirliliğiyle mücadelenin daha geniş ölçekli ve bölgesel stratejiler gerektirdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 7. Onikişubat İlçesine Bağlı Beş Mahallenin 10 Ağustos – 9 Eylül 2025 Tarihleri Arasındaki Saatlik O₃ Konsantrasyonları ve 8 Saatlik Hareketli Ortalamaları (µg/m³).

İncelenen üç kirleticiye ait bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, Kahramanmaraş'taki hava kirliliği profiline kirletici türüne göre önemli ölçüde farklılaştığı sonucuna varılmaktadır. Şekil 8'de sunulan özet grafik, bu durumu çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır. PM2.5 kirliliği, mahalleler arasında en keskin ayrışmayı gösteren, oldukça yerel bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Dulkadiroğlu'ndaki Kanuni ve Yahya Kemal ile Onikişubat'taki Tekerek ve Hürriyet mahalleleri, bu kirleticiye en fazla maruz kalan yerleşimlerdir. Buna karşın NO₂, incelenen dönemde bölge genelinde ciddi bir tehdit oluşturmamıştır. Ozon kirliliği ise tam tersi

bir profil çizerek, mahalle ayrımı gözetmeksizin tüm yerleşim yerlerini neredeyse eşit derecede etkileyen yaygın ve bölgesel bir sorun olduğunu kanıtlamıştır. Bu durum, hava kalitesi yönetimi stratejilerinin her bir kirleticinin kendine özgü mekânsal dağılım dinamikleri dikkate alınarak geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 8. On Mahallenin Tamamı İçin PM2.5 (24s ort.), NO₂ (24s ort.) ve O₃ (günlük maks. 8s ort.) Kirleticilerinin 29 Günlük Periyotta DSÖ/WHO Kılavuz Değerlerini Aştığı Toplam Gün Sayısı.

TARTIŞMA

Bu çalışma, Kahramanmaraş'ta iki ilçe (Onikişubat, Dulkadiroğlu) içinde seçilen 10 mahalle için 10 Ağustos 2025 – 9 Eylül 2025 tarihlerine ait saatlik PM2.5, NO₂ ve O₃ verilerini değerlendirerek DSÖ/WHO (2021) kısa vadeli kılavuzlarıyla karşılaştırmıştır. Bulgular, O₃'te yaygın ve belirgin bir yaz sonu aşımı (tüm mahallelerde 29 günde 25 gün ≈ %86.2 MDA8 > 100 µg/m³), PM2.5'te mahalleler arası keskin farklılaşma (ör. Kanuni, Haydar Bey, Hürriyet, Tekerek: 22/29; Yahya Kemal: 21/29 gün aşım; bazı mahalleler 0/29), NO₂'de ise aşımın yok denecek kadar az olduğunu (yalnızca Kanuni: 1/29 gün) göstermiştir. Bu üç örüntü, deprem sonrası döneme odaklanan bölgesel literatürle birlikte düşünüldüğünde, mevsimsellik, yerel kaynak/saha koşulları ve yöntem farklarının hava kalitesi değerlendirmesinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Ozon (O₃) için bulgular, geç yaz–erken sonbahar döneminde fotokimyasal ozon üretiminin baskın olduğunu düşündürmektedir: saatlik O₃ medyanlarının mahalleler arasında yakın seyrettiği (≈ 88–89 µg/m³), ancak günlük MDA8 düzeyinde neredeyse her gün eşik aşıldığı bir profil gözlenmiştir. Ergin ve ark. (2024) tarafından yapılan ve deprem sonrasında ilk aylarını (Şubat–Nisan 2023) inceleyen çok merkezli çalışmada Kahramanmaraş istasyonlarında O₃ düzeylerinin düşük raporlanması, yaz mevsim dinamiklerinin dışında kalan bir dönemin incelenmesine bağlanabilir; aynı makalede istatistiksel testler çoğu kirletici için anlamlı mevsimsel/dönemsel farkları göstermektedir. Bu çalışmadaki MDA8-aşımının yaygınlığı bu nedenle söz konusu çalışmayla çelişmek yerine mevsimsel olarak tamamlayıcıdır: orada kış sonu–ilkbahar başı; burada yaz sonu fotokimyasalın tepelediği bir dönem söz konusudur.

PM fraksiyonları ve mekânsal örüntü için Adıgüzel (2023) tarafından gerçekleştirilen ve deprem sonrası yıkım/demolasyon etkisini doğrudan sahadan ölçen çalışmada (Haziran–Ağustos 2023) şehir genelinde PM_{2.5} ve PM₁₀'un çok yüksek raporlandığı, özellikle Şazi Bey (Ebrar sitesi çevresi) ve bazı merkez/doğu kesimlerde aşırı düzeylerin görüldüğü bildirilmiştir; yeşil alanlara yakın örneklerde değerler görece düşüktür. Bu bulgular, yıkım kaynaklı kaba ve ince parçacıkların mekânsal yoğunlaşmasını işaret eder. 2025 yaz sonunu kapsayan bu çalışmada ise PM_{2.5} aşım günleri mahalleler arası belirgin ayrışma göstermiştir: Kanuni, Haydar Bey, Hürriyet, Tekerek (22/29) ve Yahya Kemal (21/29) yüksek; buna karşılık Aslan Bey, Doğu Kent, Namık Kemal, Piri Reis, Yirmiikigün (0/29) düşüktür. Deprem sonrası çalışmanın işaret ettiği “kaynak ve saha koşulu” duyarlılığı ile bu çalışmadaki mahalle temelli ayrışma birlikte ele alındığında, yerel toz yeniden süpürülmesi (resuspension), şantiye/altyapı faaliyetleri, trafik desenleri, yüzey örtüsü (yeşil alan varlığı) ve topoğrafya gibi etmenlerin hâlen PM_{2.5}'te belirleyici olabileceği anlaşılmaktadır; ancak bu iki veri kümesi farklı yıllar ve farklı bağlamlar olduğu için mutlak düzey karşılaştırmasına gidilmemelidir.

Deprem sonrası dönemde PM₁₀ ve SO₂ için Ören (2024) tarafından gerçekleştirilen ulusal izleme istasyonlarıyla deprem öncesi/sonrası dönemi kıyaslayan çalışmada Onikişubat'ta PM₁₀ ortalamalarının deprem sonrası anlamlı biçimde arttığı, buna karşın SO₂'nin düşük seyrettiği ve aşım gözlenmediği raporlanmıştır. Bu bulgu bileşimi, 2025 tarihli bu çalışmada NO₂'nin düşük/aşısız (sadece 1 gün) çıkmasıyla yönsel olarak tutarlıdır: yanma kaynaklı kısa vadeli NO₂/SO₂ baskınlığından çok, PM fraksiyonlarının (özellikle PM₁₀/PM_{2.5}) mekânsal/operasyonel süreçlere (yıkım, toz, inşaat, yol) daha duyarlı olduğunu ima eder. Ancak burada kullanılan eşik seti TR/AB düzenlemeleri iken, bu çalışmada DSÖ/WHO 2021 kılavuzları esas alınmıştır; bu nedenle aşım gün sayıları doğrudan karşılaştırılmamalı, yalnızca yönsel uyum/farklılıklar tartışılmalıdır.

NO₂'nin zayıf sinyali ile ilgili hem deprem sonrası çok merkezli çalışmada (NO₂'de anlamlı farkların sınırlı oluşu) hem de istasyon temelli karşılaştırmada (SO₂'de aşım olmaması, NO₂/NO_x'te karışık ama çoğunlukla düşük düzeyler) görülen tablo, bu 30 günlük çalışma perspektifinde NO₂ aşımının yok denecek kadar az olmasıyla paraleldir. Bu, yaz sonu dönemde karışım yüksekliği ve fotokimyasal süreçlerin NO₂'yi düşürürken O₃'ü güçlendirebilmesine, ayrıca bölgedeki ısıtma maruziyetinin dönem dışı oluşuna işaret edebilir. Yine de NO₂/NO_x değerlendirmesinde metrik uyumu önemlidir: bu değerlendirme 24 saatlik ortalama–DSÖ/WHO 2021 üzerinden yapılırken, diğer çalışmalarda günlük ortalama ve TR/AB sınırları da kullanılmıştır.

Literatürdeki diğer çalışmalardaki yöntem farkları ve çalışmaların sınırlılıkları değerlendirildiğinde ise deprem odaklı iki çalışma resmî istasyon ölçümleri (veya portatif cihaz + IDW) kullanırken, bu çalışmada Google Air Quality API'den türetilmiş saatlik tahmin/füzyon verileri kullanılmış, ≥ 18 saat veri şartı ile günler geçerli sayılmış ve O₃ için MDA8, PM_{2.5}/NO₂ için 24 saatlik ortalama metrikleri uygulanmıştır. Bu tercihlerin iki sonucu vardır: (a) zamansal çözünürlük yüksek olduğu için eşik-aşımı gün sayısı güvenilir biçimde türetilmiştir; (b) veri kaynağı doğrudan saha ölçümü değil, çoklu kaynak füzyonu olduğundan mutlak düzeyler istasyon ölçümleriyle birebir karşılaştırılmamalıdır. Ayrıca 30 günlük (yaz sonu) süre, mevsimler arası genellemeye izin vermez; PM₁₀'u kapsam dışı bırakmamız, kaba parçacık kaynaklarının değerlendirilmesini sınırlamaktadır. Buna karşılık mahalle ölçeğinde saatlik boşluk kuralı (≥ 18 saat) ve MDA8 metodolojisi, kısa dönemli maruziyetin tutarlı ve görsel olarak da açık bir fotoğrafını sunmuştur.

SONUÇ

Bu çalışmanın sonuçları, afet sonrası kentsel hava kalitesi yönetiminin, hem ozon gibi yaygın ve mevsimsel kirleticilere yönelik bölgesel stratejiler hem de PM2.5 gibi faaliyet-odaklı yerel kirleticilere yönelik mahalle bazlı müdahaleler gerektiren çok yönlü bir yaklaşım olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Politika ve uygulama çıkarımları açısından yaz sonu O₃ aşımının yaygınlığı, şehir ölçeğinde öncüllere (VOC/NO_x) yönelik stratejileri—özellikle sıcak/aydınlık günlerde trafik ve solvent/VOC yönetimi, gölgeleme/serinletme ve ısı dalgası eylem planları ile entegre—gündeme taşımaktadır. PM2.5 “sıcak noktaları” (Kanuni, Haydar Bey, Hürriyet, Tekerek, Yahya Kemal) için toz kontrolü, şantiye yönetimi, yol–zemin temizliği, düşük emisyonlu trafik düzenlemeleri ve yeşil altyapı (ağaçlandırma, geçirgen yüzeyler vb.) önceliklendirilmelidir. Deprem sonrası makalelerde vurgulanan enkaz ve toz yönetimi (özellikle doğu/merkez kesimler) bugün daha sınırlı olabilir; ancak süregelen inşaat ve yol çalışmaları yerel PM2.5 yükünü hâlâ artırabilir.

Gelecek çalışmalarda çok mevsimli (en az dört 30 günlük pencere), meteoroloji ile eşleştirilmiş (sıcaklık, kısa dalga ışınımı, rüzgâr, karışım yüksekliği) ve istasyon verileriyle çapraz doğrulanmış bir tasarım; ayrıca PM10 dâhil kirlenici setinin genişletilmesi, kaynak ayırımı (ör. pozitif matris faktörizasyonu) ve mekânsal modelleme (IDW/kriging/kimyasal ulaşım modelleri) ile birleştirildiğinde, hem ozon fotokimyası hem de parçacık kaynaklarının katkısı daha net ayrıştırılacaktır. Üç dış çalışmanın farklı dönem ve metriklerle ortaya koyduğu bulgularla birlikte düşünüldüğünde, Kahramanmaraş'ta mevsimsel–operasyonel ayrışmanın kuvvetli olduğu, buna bağlı olarak kirlilik yönetiminin de zamana ve mekâna duyarlı planlanması gerektiği açıktır.

Sonuç olarak, yaz sonu süresince saptadığımız yaygın O₃ aşımı ve PM2.5'te mahalleler arası ayrışma, deprem sonrası dönemleri inceleyen çalışmalarla zaman faktörü, metrik ve veri kaynağı farkları nedeniyle bire bir karşılaştırılamasa da yönsel olarak tutarlı bir çerçeve sunmaktadır. O₃ yaz fotokimyasıyla kent genelinde öne çıkarken, PM fraksiyonları yerel faaliyetlere duyarlıdır; NO₂ ise bu dönemde ikincil düzeydedir. Bu tablo, kısa vadede O₃ için VOC/NO_x yönetimi ve sıcak günlere özgü uyarı–yanıt protokollerinin, PM2.5 içinse toz bastırma, şantiye ve yol–yüzey yönetimi ile mikro-yeşil altyapı gibi hedefli, mekâna duyarlı müdahalelerin önceliklendirilmesini gerektirir. Mahalle ölçeğinde yürütülen bu çalışma izleme–analiz hattı karar süreçlerini destekleyecek niteliktedir; ancak daha geniş genellemeler için çok mevsimli tekrarlar, meteorolojiyle normalizasyon, PM10'un eklenmesi ve resmî istasyon verileriyle kalibrasyon gibi adımlar atılmalıdır.

YAZAR KATKILARI

Bu makalede tek yazar görev almıştır.

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Bu çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar herhangi bir çıkar çatışması belirtmemiştir.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

KAYNAKLAR

- Achebak, H., Garatachea, R., Pay, M., Jorba, O., Guevara, M., García-Pando, C. P., & Ballester, J. (2024). Geographic sources of ozone air pollution and mortality burden in Europe. *Nature Medicine*, 30, 1732-1738. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-02976-x>.
- Adıgüzel, F. (2023). 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık 7.7 mw. ve Elbistan 7.6 mw.) depremleri sonrası Kahramanmaraş şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 83, 35-43. <https://doi.org/10.17211/tcd.1354765>.
- Air Quality API, (2025). <https://developers.google.com/maps/documentation/air-quality/reference?hl=tr>.
- Akyürek, Ö. (2024). Orman yangını sonrası oluşan hasarın ve hava kirletici parametrelerin izlenmesi: Çanakkale yangını örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10(1), 103-112. <https://doi.org/10.21324/dacd.1355463>.
- Apte, J., & Manchanda, C. (2024). High-resolution urban air pollution mapping. *Science*, 385, 380-385. <https://doi.org/10.1126/science.adq3678>.
- Chen, R., Jiang, Y., Hu, J., Chen, H., Li, H., Meng, X., Ji, J. S., Gao, Y., Wang, W., Liu, C., Fang, W., Yan, H., Chen, J., Wang, W., Xiang, D., Su, X., Yu, B., Wang, Y., Xu, Y., Wang, L., Li, C., Chen, Y., Bell, M., Cohen, A., Ge, J., Huo, Y., & Kan, H. (2022). Hourly air pollutants and acute coronary syndrome onset in 1.29 million patients. *Circulation*, 145, 1749-1760.
- Crouse, D. L., Peters, P., Hystad, P., Brook, J., Donkelaar, A. V., Martin, R., Villeneuve, P., Jerrett, M., Goldberg, M., Pope, C., Brauer, M., Brook, R., Robichaud, A., Ménard, R., & Burnett, R. (2015). Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ exposures and associations with mortality over 16 years of follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environmental Health Perspectives*, 123, 1180-1186.
- Ergin, Y., Demiray, G., Ergin, B. B. & Ekuklu, G., (2024). 2023 Kahramanmaraş depremi sonrası etkilenen bazı illerde hava kalitesi değerlerinin karşılaştırılması. *Afet ve Risk Dergisi*, 7(3), 697-712. <https://doi.org/10.35341/afet.1421763>.
- Fassò, A., Rodeschini, J., Moro, A., Shaboviq, Q., Maranzano, P., Cameletti, M., Finazzi, F., Golini, N., Ignaccolo, R., & Otto, P. (2022). Agrimonia: a dataset on livestock, meteorology and air quality in the Lombardy region, Italy. *Scientific Data*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02034-0>.
- Faustini, A., Rapp, R., & Forastiere, F. (2013). Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. *European Respiratory Journal*, 44, 744-753. <https://doi.org/10.1183/09031936.00114713>.
- Google Earth (2021). <https://earth.google.com/web/>, Erişim Tarihi: 10.09.2025.
- Héritier, H., Vienneau, D., Foraster, M., Eze, I. C., Schaffner, E., Hoogh, K. D., Thiesse, L., Rudzik, F., Habermacher, M., Köpfli, M., Pieren, R., Brink, M., Cajochen, C., Wunderli, J., Probst-Hensch, N., & Röösli, M. (2018). A systematic analysis of mutual effects of

- transportation noise and air pollution exposure on myocardial infarction mortality: a nationwide cohort study in Switzerland. *European Heart Journal*, 40, 598–603. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy650>.
- Jerrett, M., Burnett, R., Beckerman, B., Turner, M., Krewski, D., Thurston, G., Martin, R., Donkelaar, A. V., Hughes, E., Shi, Y., Gapstur, S., Thun, M., & Pope, C. (2013). Spatial analysis of air pollution and mortality in California. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188 5, 593-9. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0609OC>.
- Konduracka, E., & Rostoff, P. (2022). Links between chronic exposure to outdoor air pollution and cardiovascular diseases: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2971-2988. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01450-9>.
- Kurut, A. O. (2024). *Afet bölgesinde yer alan kentlerde PM10 ve SO2 düzeylerindeki değişimlerin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Nikolopoulou, M. & Steemers, K. (2003) Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35:95–101.
- NIOSH, (2014). National Institute for Occupational Safety and Health. *Conversion calculator (DHHS (NIOSH) Publication No. 2004–101: Safety Checklist Program for Schools)*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2004-101/calc.html>.
- Ören, S. (2024). Hatay ve Kahramanmaraş merkezli meydana gelen depremler sonrasında dış ortam hava kalitesinde PM10 ve SO2 düzeyleri ve değişimleri. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 104-115.
- Schneider, S., Lee, K., Santos, G., & Abbatt, J. (2021). Air quality data approach for defining wildfire influence: Impacts on PM2.5, NO2, CO, and O3 in Western Canadian Cities. *Environmental Science and Technology*, <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04042>
- Shi, Y., Lau, K., & Ng, E. (2016). Developing street-level PM2.5 and PM10 land use regression models in high-density Hong Kong with urban morphological factors. *Environmental Science and Technology*, 50 15, 8178-87. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01807>.
- Sigsgaard, T., & Hoffmann, B. (2024). Assessing the health burden from air pollution. *Science*, 384, 33-34. <https://doi.org/10.1126/science.abo3801>.
- Turner, M., Jerrett, M., Pope, C., Krewski, D., Gapstur, S., Diver, W., Beckerman, B., Marshall, J., Su, J. G., Crouse, D. L., & Burnett, R. (2016). Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193 10, 1134-42. <https://doi.org/10.1164/rccm.201508-1633OC>.
- WHO, (2021). *Global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.