

Diễn biến nồng độ bụi PM2.5 ở một số khu vực trung tâm Thành phố Hà Nội và đề xuất một số giải pháp kiểm soát ô nhiễm bụi PM2.5

Nguyễn Thị Huệ^{1,2*}, Hoàng Xuân Hòa^{1,2}, Nguyễn Đức Lương^{1,2}, Mạc Văn Đạt^{1,2}, Nguyễn An Ninh¹, Bùi Như Khải¹, Bùi Quốc Anh¹ Nguyễn Danh Triết¹

¹Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Nhóm nghiên cứu ReCAS, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHOÁ

Bụi PM2.5
Nguồn gây ô nhiễm
Khí thải giao thông
Chất lượng không khí
Vùng phát thải thấp

TÓM TẮT

Nghị quyết số 57/2025/NQ-HĐND của Hà Nội, quy định chi tiết về các tiêu chí, điều kiện và lộ trình thực hiện vùng phát thải thấp trên địa bàn thủ đô căn cứ theo Luật Thủ đô 2024 đã được ban hành. Đây là bước tiến lớn để triển khai mạnh mẽ các giải pháp nhằm giảm ô nhiễm cho khu vực trung tâm của thủ đô. Để giảm thiểu phát thải chất ô nhiễm nói chung và bụi PM2.5 nói riêng cần có các giải pháp đồng bộ, dựa trên các nguyên nhân gây phát thải. Nghiên cứu này đã thực hiện các hoạt động khảo sát, đánh giá hiện trạng ô nhiễm PM2.5 tại một số khu vực trung tâm của thủ đô Hà Nội nhằm tìm ra các nguyên nhân gây ô nhiễm. Dựa trên kết quả này, nghiên cứu đã đề xuất các giải pháp nhằm kiểm soát ô nhiễm bụi PM2.5 tại một số khu vực trung tâm của thành phố Hà Nội.

KEYWORDS

PM2.5
Source of air pollution
Vehicle emissions
Air quality
Low emissions zone

ABSTRACT

Resolution No. 57/2025/NQ-HĐND of Hanoi, which specifies the criteria, conditions, and roadmap for implementing low-emission zones in the capital city according to the 2024 Capital City Law, has been issued. This is a major step forward in strongly implementing pollution reduction solutions in the central area of the capital. To minimize emissions of pollutants in general and PM2.5 dust in particular, comprehensive solutions are needed, based on the causes of emissions. This study surveyed and assessed the current state of PM2.5 dust pollution in several streets in Hanoi's Old Quarter to identify the causes of pollution. Based on these results, the study proposed to PM2.5 pollution control measures.

1. Giới thiệu chung

Nguồn gốc của bụi PM2.5 và nồng độ bụi có thể khác nhau đáng kể giữa các địa điểm do điều kiện khí hậu, nguồn phát thải và phương thức phân tán trong khí quyển. Các nguồn có thể là tự nhiên hoặc nhân tạo [1]. Các nguồn phát tán chủ yếu bao gồm: phương tiện giao thông, quá trình đốt sinh khối từ hoạt động nông nghiệp, nhà máy nhiệt điện, muối biển, phát thải công nghiệp, phát thải tàu thủy và phát thải máy bay. Các hạt PM có hình thái hóa học, lý học và nhiệt động học đa dạng, bay lơ lửng trong không khí, gây ô nhiễm không khí. Theo WHO có khoảng 7 triệu người tử vong mỗi năm do tiếp xúc với không khí ô nhiễm [2][3]. Ô nhiễm không khí là do hỗn hợp các chất như khí, hạt và các thành phần sinh học trong bầu khí quyển của Trái đất. Các tác động độc hại do ô nhiễm hạt gây ra cho con người phụ thuộc vào kích thước, diện tích bề mặt và thành phần hóa học của chúng. PM được phân loại theo kích thước đường kính khí động học bao gồm: PM10 (các hạt có đường kính $\leq 10 \mu\text{m}$); PM2.5 (các hạt có đường kính $\leq 2,5 \mu\text{m}$), còn được gọi là các hạt mịn; và PM0.1 (các hạt có đường kính $\leq 0,1 \mu\text{m}$), được gọi là các hạt siêu mịn, có các tác động khác nhau đến sức khỏe, vì các hạt có liên kết chặt chẽ với kích thước hạt, có thể lắng

động trong phổi và có thể di chuyển qua các tiểu phế quản, vượt qua cơ chế bảo vệ của phổi [4], [5]. Nghiên cứu Gánh nặng bệnh tật toàn cầu (GBD) ước tính rằng PM2.5 là nguyên nhân gây ra 5 triệu ca tử vong hàng năm. PM2.5 được đặc trưng bởi các hạt mịn có diện tích bề mặt lớn. Do kích thước nhỏ, chúng có thể tích tụ nhiều hơn so với PM10, lan truyền trên khoảng cách xa, lưu lại trong bầu khí quyển lâu hơn và di chuyển xa hơn [6]. PM2.5 bao gồm các sơ cấp được phát thải trực tiếp vào khí quyển và các hạt thứ cấp được tạo ra bởi các phản ứng hóa học và quang hóa giữa các hạt sơ cấp [7][8]. Nắm bắt được nguồn phát thải và ảnh hưởng của PM2.5 đến sức khỏe con người là điều kiện cần thiết để phát triển các chiến lược, chính sách hiệu quả để kiểm soát mức độ ô nhiễm và bảo vệ sức khỏe con người [9].

Trong những năm gần đây, Hà Nội liên tục được ghi nhận là một trong những đô thị có mức độ ô nhiễm không khí nghiêm trọng nhất khu vực Đông Nam Á. Theo báo cáo diễn biến chất lượng môi trường không khí của Bộ Tài nguyên và Môi trường, trong thời gian qua, tình trạng ô nhiễm môi trường không khí tại Hà Nội có chiều hướng gia tăng, có những thời điểm, chỉ số chất lượng môi trường không khí (giá trị AQI) đã lên đến mức xấu [10]. Hà Nội được coi là một trong những thủ đô nhiễm nhất trên thế giới. Bụi và cộng sự [11] đã nghiên cứu đặc

*Liên hệ tác giả: huent@huce.edu.vn

Nhận ngày 21/01/2026, sửa xong ngày 10/02/2026, chấp nhận đăng ngày 12/02/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2026.1229>

điểm, phân đoạn hóa học vô cơ, phân bố nguồn và đánh giá rủi ro sức khỏe tiềm ẩn của PM2.5 trong không khí tại Hà Nội. Nồng độ PM2.5 trung bình 24 giờ quan sát được trong nghiên cứu này cao hơn đáng kể so với hướng dẫn của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO). Kết quả thu được cho thấy các nguồn chính của PM2.5 là phát thải giao thông và bụi vô trái đất, đốt than và nguồn công nghiệp. Le và cộng sự [12] đã nghiên cứu khảo sát thực nghiệm để ước tính lượng phát thải chất ô nhiễm không khí (PM10 và PM2.5) từ việc đốt rơm rạ sau thu hoạch tại Hà Nội trong năm 2020. Điểm nóng nằm rõ nhất ở phía Đông Nam của thành phố, tương ứng với khu vực có diện tích canh tác cây trồng lớn nhất. Phát thải từ đốt rơm rạ sau thu hoạch đã góp phần gây ô nhiễm không khí cục bộ của Hà Nội và các khu vực xung quanh, bao gồm cả các khu vực không canh tác và không đốt. Nguyễn và cộng sự [13] đã nghiên cứu tác động của việc phong tỏa do đại dịch Covid-19 đối với PM2.5 và các nguyên tố vi lượng trong PM2.5 tại Hà Nội. Kết quả cho thấy nồng độ PM2.5 đã giảm 55,9 % so với số liệu trước đó. Bên cạnh đó, nồng độ PM2.5 tại các điểm lấy mẫu đã giảm 41,8 % trong thời gian phong tỏa. Hơn nữa, có mối tương quan nghịch giữa chiều cao lớp biên khí quyển và nồng độ trung bình ngày của PM2.5 tại Hà Nội.

Để xứng danh là trung tâm văn hóa, thành phố du lịch, cần có những đánh giá hiện trạng chất lượng không khí xung quanh khu vực phố cổ và đề xuất các giải pháp để nâng cao chất lượng không khí. Nhằm cung cấp thêm các cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc thực hiện các giải pháp nâng cao chất lượng không khí xung quanh phố cổ, mục tiêu chính của nghiên cứu này bao gồm: (1). Đánh giá hiện trạng ô nhiễm bụi PM2.5 tại một số khu phố quận Hoàn Kiếm; (2). Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ bụi PM2.5; (3). Đề xuất một số giải pháp giảm thiểu ô nhiễm bụi PM2.5 tại khu vực phố cổ.

2. Thực trạng ô nhiễm bụi PM2.5 tại một số khu phố xung quanh

2.1. Địa điểm đo đạc bụi PM2.5

Nghiên cứu được thực hiện tại quận Hoàn Kiếm (cũ) - khu vực trung tâm đô thị với mật độ giao thông và hoạt động kinh tế - xã hội cao. Năm địa điểm được lựa chọn đo đạc, bao gồm: quảng trường Đông Kinh Nghĩa Thục (S1), vườn hoa Lý Thái Tổ (S2), phố Đào Duy Từ (S3), Ủy ban nhân dân quận Hoàn Kiếm (cũ) (S4) và Bốt Hàng Đậu (S5). Các địa điểm này có đặc điểm không gian và mức độ ảnh hưởng giao thông khác nhau phù hợp cho việc so sánh nồng độ PM2.5 theo vị trí đo trong cùng một khu vực đô thị trung tâm.

2.2. Đánh giá hiện trạng ô nhiễm bụi PM2.5

Nhìn chung, nồng độ PM2.5 trung bình tại các điểm S1, S2, S3,

S4, S5 lần lượt là 62,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 46,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 31,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 29,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 44,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Như vậy tại điểm đo S1 giá trị PM2.5 là cao nhất, trong khi giá trị thấp nhất là tại điểm đo S4. Xu hướng biến động của PM2.5 tương đồng giữa các địa điểm, chỉ khác mức độ và biên độ dao động. Tại các điểm đo, các tháng mùa đông cho nồng độ chất ô nhiễm cao nhất với giá trị trung bình từ 28,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ đến 68,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ngược lại vào mùa hè, nồng độ PM2.5 cho giá trị thấp nhất trong năm với giá trị trung bình từ 19,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ đến 33,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Qua phân tích, ghi nhận tháng sạch nhất năm là tháng 7, khi các giá trị trung bình tại các điểm đo đạt ở mức chất lượng không khí trung bình (theo thang đo AQI Vietnam [14]). Thậm chí, một số ngày đạt được giá trị không khí có chất lượng tốt ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - ngưỡng khuyến nghị của Tổ chức y tế Thế giới). Sự biến thiên theo tháng này tương đồng với các kết quả nghiên cứu trước đó về nồng độ PM2.5 trong giai đoạn 2016 - 2017 được nhắc đến trong nghiên cứu Thụy Ly và cộng sự [15]. Chi tiết về nồng độ PM2.5 tại các điểm đo được thể hiện trong phụ lục 1.

Kết quả phân tích, cùng với các nghiên cứu khác cho thấy Hà Nội là một trong những thủ đô ô nhiễm nhất khu vực Đông Nam Á cùng với Jakarta của Indonesia, trong khi Bangkok của Thái Lan và Bắc Kinh của Trung Quốc [16] có chất lượng không khí tốt hơn.

Như vậy, kết quả cho thấy khu vực phố cổ có thể được xếp vào nhóm khu vực đô thị có mức ô nhiễm PM2.5 cao, tiệm cận với các điểm nóng ô nhiễm trên thế giới, thay vì chỉ nằm ở mức trung bình như khi xét trên quy mô quốc gia.



Hình 1. Vị trí các trạm đo tại khu vực phố cổ, Hà Nội.

Bảng 1. Thông tin các địa điểm đo.

Ký hiệu	S1	S2	S3	S4	S5
Địa điểm đo	Quảng trường Đông Kinh Nghĩa Thục	Vườn hoa Lý Thái Tổ	Phố Đào Duy Từ	UBND phường Hoàn Kiếm	Bốt Hàng Đậu
Thời gian đo	6/12/2023 - 11/4/2024	1/1/2023 - 29/2/2024	1/12/2024 - 31/3/2025	1/1/2023 - 31/1/2024	13/12/2023 - 27/11/2024
Mật độ phương tiện ước tính	25000 xe/ngày. đêm	25000 xe/ngày. đêm	15000 xe/ngày. đêm	25000 xe/ngày. đêm	25000 xe/ngày. đêm
Đặc điểm khu phố	Không gian mở, một bên là bờ hồ, một bên là khu vực dịch vụ	Không gian mở, nhiều cây xanh	Phố cổ, đường hẹp, nhà phố san sát	Đường hẹp, nhiều cây xanh	Không gian bán mở, giao cắt nhiều tuyến
Trạm xe bus (bán kính 300m)	2 trạm	4 – 6 trạm	8 - 10 trạm	3 trạm	5 trạm
Mật độ dân cư	Ít dân cư, tập trung khách du lịch	Không gian công cộng, cơ quan nhà nước, ít dân cư	Mật độ dân cư sinh sống cao	Chủ yếu cơ quan nhà nước, ít dân cư	Ít dân cư sinh sống
Kinh tế - xã hội	Khu vực du lịch, dịch vụ ăn uống	Văn hóa, du lịch	Dịch vụ nhỏ lẻ, lưu trú	Hành chính, dịch vụ	Giao thông, dịch vụ nhỏ lẻ

Bảng 2. Nồng độ PM2.5 trung bình tại một số thủ đô.

Khu vực / Quốc gia	PM2.5 trung bình năm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	So với WHO ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
S1	62,3 (mùa đông xuân)	12,5 lần
S2	46,1 (cả năm)	9,2 lần
S3	31,7 (mùa đông xuân)	6,3 lần
S4	29,6 (cả năm)	5,9 lần
S5	44,3 (cả năm)	8,9 lần
Hà Nội	45 (năm 2024)	9 lần
Jakarta/Indonesia	43,8 (năm 2023)	9 lần
Bắc Kinh/Trung Quốc	34,1 (năm 2023)	7 lần
Bangkok/Thái Lan	21,7 (năm 2023)	4.4 lần

2.3. Biến thiên nồng độ PM2.5 theo mùa

Biểu đồ về sự phân bố nồng độ PM2.5 theo mùa được thể hiện trong hình 2 dưới đây.

Sự biến động nồng độ PM2.5 theo thời gian trong năm có mối liên hệ chặt chẽ với các điều kiện khí tượng. Trong các tháng cuối năm (tháng 11 – 12) và đầu năm (tháng 1 – 3), khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của mùa đông – xuân, đặc trưng bởi nhiệt độ thấp, độ ẩm không khí thấp, tốc độ gió nhỏ và thường xuyên xuất hiện hiện tượng nghịch nhiệt. Các điều kiện này làm hạn chế quá trình khuếch tán chất ô nhiễm, dẫn đến sự tích tụ bụi mịn trong tầng không khí gần mặt đất, làm cho nồng độ PM2.5 tại các điểm đo đạt giá trị cao.

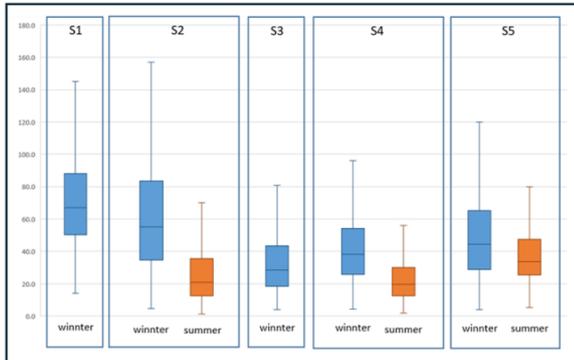
Ngược lại, trong giai đoạn giữa năm (tháng 6 – 8), điều kiện khí tượng đặc trưng bởi nhiệt độ cao, bức xạ mặt trời mạnh, đối lưu mạnh do tốc độ gió cao và lượng mưa lớn đã góp phần tăng cường quá trình pha loãng và rửa trôi các hạt bụi trong khí quyển. Do đó, nồng độ PM2.5 tại tất cả các điểm đo giảm rõ rệt, giá trị PM2.5 giảm xuống khoảng 20

– 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cho thấy không chỉ mức ô nhiễm thấp hơn mà phân bố nồng độ cũng ổn định hơn. Ảnh hưởng của yếu tố khí tượng này cũng được khẳng định tại các nghiên cứu tương tự [17][18][19].

Dữ liệu cho thấy nồng độ PM2.5 trong mùa đông cao hơn rõ rệt so với mùa hè tại các địa điểm có đủ số liệu đo cả năm. Cụ thể, tại S2, PM2.5 mùa đông đạt 68.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cao hơn 3 lần so với mùa hè với giá trị 20.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tương tự, tại S4, nồng độ PM2.5 giảm từ 38.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ trong mùa đông xuống 19.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vào mùa hè. Đáng chú ý, tại S5, PM2.5 mùa đông có giá trị 50.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cao hơn mùa hè (33.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), tuy mức chênh lệch này nhỏ hơn so với các địa điểm khác.

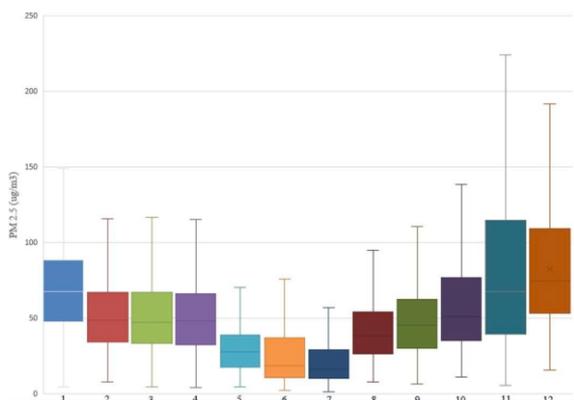
Xét trong mùa đông, S2 và S1 ghi nhận nồng độ PM2.5 cao nhất (lần lượt 68.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ và $\mu\text{g}/\text{m}^3$), trong khi S3 có giá trị thấp nhất (28.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Điều này cho thấy, mặc dù cùng chịu ảnh hưởng của điều kiện mùa đông, mức độ ô nhiễm PM2.5 giữa các địa điểm vẫn có sự khác biệt đáng kể. Trong mùa hè, nồng độ PM2.5 tại các địa điểm nghiên cứu đều giảm đáng kể và có xu hướng hội tụ hơn. Giá trị trung vị tại S2 và S4 lần lượt là 20.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ và 19.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, trong khi S5 ghi nhận giá trị

cao hơn tương đối ($33.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sự thu hẹp chênh lệch giữa các địa điểm trong mùa hè cho thấy vai trò chi phối mạnh của lượng mưa và điều kiện khuếch tán khí quyển, làm suy giảm ảnh hưởng của các nguồn phát thải cục bộ so với mùa đông.



Hình 2. Phân bố nồng độ PM2.5 theo mùa tại địa điểm nghiên cứu.

Biến thiên nồng độ PM2.5 theo tháng có những điểm đáng chú ý. Dưới đây là biểu đồ biến thiên nồng độ PM2.5 tại trạm S2.

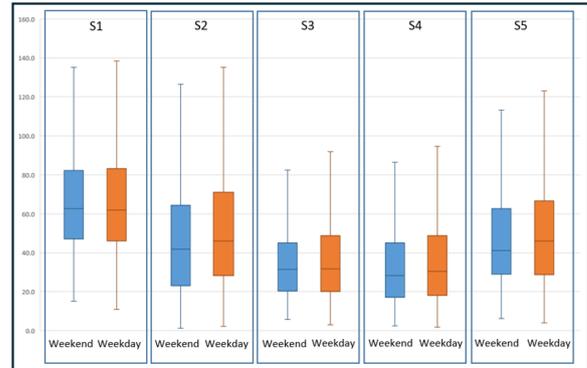


Hình 3. Diễn biến nồng độ PM2.5 tại trạm S2 theo tháng.

Các tháng 5, 6, 7 là các tháng mùa hè, nhờ điều kiện khí tượng thuận lợi mà nồng độ PM2.5 có xu hướng giảm. Tuy nhiên vào tháng 5, nồng độ PM2.5 có những ngày tăng cao, đỉnh điểm lên đến $134.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vào tháng 10, có một số ngày nồng độ PM2.5 tăng mạnh, lên đến $189.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mặc dù chưa bị tác động của yếu tố khí tượng như hiện tượng nghịch đảo nhiệt. Những ngày này được ghi nhận có sự ảnh hưởng của hiện tượng đốt rơm rạ từ khu vực ngoại thành, ảnh hưởng trực tiếp đến khu vực nội thành, do sự lan truyền chất ô nhiễm trong không khí [12].

2.4. Biến thiên nồng độ PM2.5 theo ngày trong tuần và cuối tuần

Sự biến thiên nồng độ PM2.5 theo ngày trong tuần và cuối tuần tại các điểm đo được thể hiện ở hình 4 dưới đây.



Hình 4. Phân bố nồng độ PM2.5 theo ngày trong tuần và cuối tuần tại địa điểm nghiên cứu.

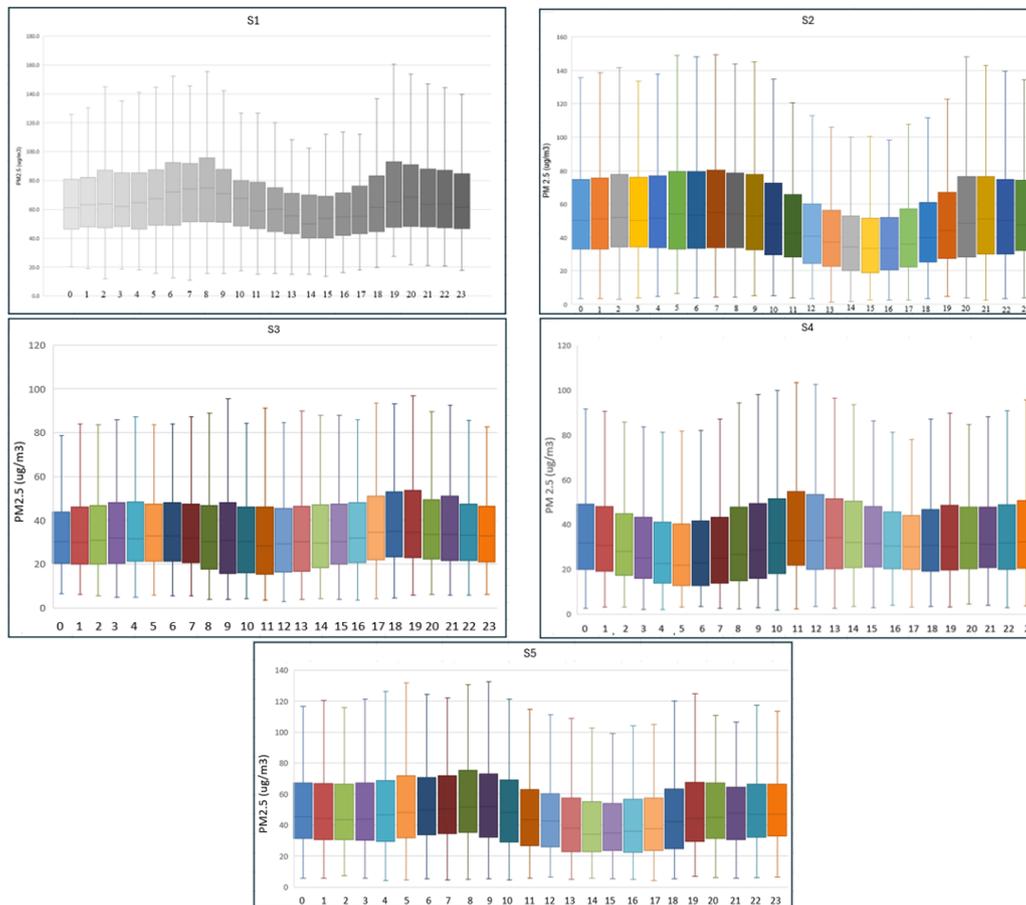
Điều đặc biệt cho sự phân bố nồng độ tại các điểm đo này là sự chênh lệch không rõ ràng giữa ngày trong tuần và ngày cuối tuần. Tại S1, S3 giá trị trung bình giữa các ngày trong tuần và cuối tuần gần như bằng nhau. Hiện tượng này có thể được lý giải bởi đặc thù kinh tế xã hội của 2 khu vực này. Đây là nơi có hoạt động du lịch diễn ra mạnh mẽ, giao thông và sinh hoạt đô thị không giảm vào cuối tuần, thậm chí có xu hướng gia tăng. Vào các ngày cuối tuần, lượng người dân và khách du lịch tập trung đông, kéo theo sự gia tăng các hoạt động dịch vụ, đặc biệt là hàng quán ăn uống sử dụng nhiên liệu đốt (như than, bếp gas), các món ăn được ưa thích là xào, rán, nướng, góp phần làm phát thải thêm bụi mịn PM2.5 [20], bù trừ cho sự sụt giảm giao thông thông thường.

Tại các điểm đo S2, S4, S5 có khác biệt tương đối nhỏ giữa ngày trong tuần và ngày cuối tuần. Các ngày trong tuần có nồng độ PM2.5 cao hơn các ngày cuối tuần. Sự khác biệt này phản ánh vai trò chi phối của giao thông cơ giới và hoạt động hành chính – dịch vụ vào các ngày làm việc, trong khi vào cuối tuần, lưu lượng phương tiện và cường độ hoạt động đô thị tại các khu vực này có xu hướng giảm.

Kết quả cho thấy ảnh hưởng của đặc điểm kinh tế - xã hội ảnh hưởng rất lớn đến việc phát thải PM2.5. Tại các khu vực có hoạt động du lịch, thương mại và dịch vụ diễn ra liên tục, phân bố nồng độ PM2.5 giữa ngày trong tuần và cuối tuần không có sự khác biệt. Ngược lại, nơi hoạt động giao thông mang tính đi lại thường nhật chiếm ưu thế, nồng độ PM2.5 trong ngày làm việc cao hơn so với cuối tuần. Phản ánh sự ảnh hưởng của các phương tiện giao thông tới nồng độ ô nhiễm bụi PM2.5, theo Quang và cộng sự [21].

2.5. Biến thiên nồng độ PM2.5 trong 24 giờ

Nồng độ PM2.5 thể hiện rõ rệt sự biến thiên giữa khung giờ cao điểm và thấp điểm. Diễn biến nồng độ trong 24 giờ được thể hiện ở hình 5 như sau:



Hình 5. Biến thiên nồng độ PM2.5 theo giờ trong ngày.

Phân tích biểu đồ boxplot theo giờ trong ngày cho thấy hầu hết các địa điểm nghiên cứu đều có xu thế biến động nồng độ PM2.5 tương đối giống nhau. Cụ thể, giá trị trung bình PM2.5 có xu hướng tăng vào 2 khung giờ cao điểm là 6 – 8h sáng và 18 – 20h tối. Điều này có thể lý giải vì đây là hai khung giờ cao điểm, lưu lượng phương tiện gia tăng đáng kể, kéo theo phát thải từ động cơ đốt trong và quá trình mài mòn lốp xe và mặt đường, góp phần làm tăng nồng độ bụi trong không khí [21].

Ngược lại, giá trị trung bình PM2.5 thấp nhất được ghi nhận trong khoảng thời gian từ 11–16h, khi cường độ giao thông giảm tương đối so với giờ cao điểm. Đồng thời, điều kiện khí tượng trong giai đoạn này, bao gồm nhiệt độ cao hơn và sự phát triển mạnh của lớp biên khí quyển, góp phần tăng cường khả năng khuếch tán và pha loãng các chất ô nhiễm, dẫn đến nồng độ PM2.5 giảm xuống.

3. Đề xuất các giải pháp giảm thiểu phát thải bụi PM2.5 tại khu vực phố cổ

3.1. Nguyên nhân gây ra ô nhiễm bụi PM2.5

Qua phân tích về sự biến động nồng độ giữa mùa đông và mùa hè, giữa ngày trong tuần và ngày cuối tuần, giữa các giờ trong ngày, chúng ta thấy được các yếu tố ảnh hưởng đến ô nhiễm bụi PM2.5 tại khu vực phố cổ bao gồm hoạt động giao thông vận tải, hoạt động du

lịch dịch vụ, yếu tố khí tượng và đốt rơm rạ. Hoạt động giao thông vận tải chi phối rất nhiều đến nồng độ PM2.5 tại khu vực Hà Nội. Các nghiên cứu [22][23][24][25] đã chỉ rõ giao thông là nguồn gây ô nhiễm chính cho thủ đô Hà Nội.

3.2. Các giải pháp giảm thiểu phát thải bụi PM2.5 tại khu vực phố cổ

3.2.1. Thắt chặt tiêu chuẩn khí thải và công nghệ động cơ

Biện pháp kiểm soát tại nguồn mang tính quyết định để loại bỏ bụi PM2.5. Cần thiết lập các "hàng rào" kỹ thuật nhằm đảm bảo chỉ những phương tiện có công nghệ động cơ tiên tiến, ít gây ô nhiễm mới được phép lưu thông. Cần áp dụng các tiêu chuẩn khí thải cao, nâng cấp từ các tiêu chuẩn cũ lên tiêu chuẩn khí thải cao có thể giúp giảm tới 99 % lượng bụi PM2.5 và NOx phát thải từ ống xả của các phương tiện [26]. Tại các thành phố của Đức, việc thực hiện vùng phát thải thấp giai đoạn 1 và 2 đã giúp thay thế khoảng 50.000 xe diesel cũ bằng xe xăng đạt chuẩn Euro 4 trở lên, giúp giảm nồng độ bụi đáng kể [27]. Theo Nghị quyết số 57/2025/NQ-HĐND [28] của Hà Nội, quy định chi tiết về các tiêu chí, điều kiện và lộ trình thực hiện vùng phát thải thấp trên địa bàn thủ đô căn cứ theo Luật Thủ đô 2024. Khu vực phố cổ nằm trong vành đai 1 của thành phố, là lựa chọn ưu tiên để thực hiện các quy định về vùng phát thải thấp. Nghị quyết nêu rõ toàn bộ xe ô tô sử

dụng nhiên liệu hóa thạch muốn lưu thông trong vùng phát thải thấp phải đáp ứng tiêu chuẩn khí thải mức 4 theo Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia (QCVN 85:2025/BNNMT) [29]. Đối với xe mô tô và xe gắn máy chạy xăng, việc lưu thông sẽ bị hạn chế theo các khung giờ/thời điểm nhất định. Ngoài các khung giờ cấm, phương tiện phải đáp ứng được các quy chuẩn khí thải theo lộ trình do Chính phủ hoặc Thành phố ban hành mới được vào khu vực này. Khuyến khích và dần bắt buộc sử dụng các loại xe không phát thải (bao gồm xe thuần điện (PEV, BEV), xe điện dùng pin nhiên liệu (PFCEV, FCEV) và xe chạy bằng hydro), xe thân thiện môi trường (bao gồm xe chạy khí CNG, các dòng xe Hybrid ((MHEV, FHEV, SHEV) và xe Hybrid có sạc ngoài (PHEV)).

3.2.2. Chiến lược làm mới xe và chuyển đổi phương tiện

Mục tiêu của nhóm này là thay đổi cấu trúc phương tiện giao thông của thành phố bằng cách đào thải dần xe cũ và ưu tiên xe xanh. Theo Nghị quyết số 57/2025/NQ-HĐND thành phố Hà Nội, cần có biện pháp kiểm soát đầu tư mới. Các cơ quan và tổ chức sẽ không được đầu tư mới hoặc đăng ký mới (có kiểm soát) đối với các phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch khi cần thay thế các phương tiện cũ đã hết hạn lưu thông. Đồng thời cấm các loại xe gây ô nhiễm cao như xe tải chạy dầu diesel có khối lượng toàn bộ theo thiết kế trên 3.500 kg; cấm xe mô tô, xe gắn máy sử dụng nhiên liệu hóa thạch tham gia kinh doanh vận tải trên các nền tảng ứng dụng công nghệ (xe ôm công nghệ) hoạt động trong vùng phát thải thấp. Ưu tiên lưu thông các phương tiện không phát thải khí thải và xe sử dụng năng lượng sạch được phép lưu thông tự do mà không chịu các hạn chế về thời gian hay khu vực trong vùng phát thải thấp. Đồng thời chính quyền cần có cam kết ban hành các chính sách ưu đãi, hỗ trợ cụ thể để khuyến khích người dân và doanh nghiệp chuyển đổi sang các loại hình phương tiện xanh.

Đối với xe bus chạy trong khu vực phố cổ, cần chuyển đổi 100 % sang xe điện. Tại London, việc chuyển đổi này đã mang lại hiệu quả đáng kể [1]. Bên cạnh đó cần khuyến khích sử dụng xe đạp, xe đạp điện để chung chuyển giữa các đầu mối giao thông công cộng như trạm xe bus...

3.2.3. Quy hoạch giao thông và hạ tầng đô thị

Đây là sự chuẩn bị quan trọng về mặt không gian và hạ tầng kỹ thuật để việc triển khai vùng phát thải thấp trở nên khả thi.

Xây dựng mô hình đô thị TOD (Transit-Oriented Development - Phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng) là mô hình quy hoạch đô thị hiện đại, tập trung xây dựng các khu dân cư, thương mại sầm uất quanh các điểm trung chuyển công cộng (ga metro, bến xe buýt) để khuyến khích người dân sử dụng phương tiện công cộng, giảm phụ thuộc xe cá nhân, giảm ùn tắc và hướng đến phát triển bền vững. Khu vực phố cổ cần được quy hoạch phát triển theo định hướng giao thông công cộng (TOD), đảm bảo hạ tầng giao thông đường bộ đủ điều kiện để tổ chức giao thông một cách khoa học. Xây dựng các trạm xe bus. Các tuyến đường sử dụng giao thông công cộng tiếp cận gần với khu vực phố cổ, tạo các trạm chung chuyển giữa vùng lõi và vùng ngoài.

Bên cạnh đó cần xây dựng hạ tầng cho xe điện: tập trung phát triển hệ thống trạm sạc điện công cộng và đặc biệt là xây dựng hạ tầng thu gom, xử lý pin xe điện sau khi thải bỏ để đảm bảo an toàn môi trường và phòng cháy chữa cháy. Để triển khai rộng rãi các trạm sạc phục vụ xe điện cần khuyến khích đầu tư của khối tư nhân. Mỗi bãi đỗ xe bao quanh vùng lõi đều có trạm sạc xe điện, tạo thuận lợi cho người dân và khách du lịch.

Thêm nữa, cần kết nối đa phương thức, bố trí hợp lý các điểm dừng đỗ, điểm trung chuyển để kết nối thuận tiện giữa vận tải hành khách công cộng với các phương tiện cá nhân. Ngoài ra, cần mở rộng không gian đi bộ và phát triển hệ thống xe đạp công cộng gắn liền với các khu danh lam thắng cảnh, bảo tồn

3.2.4. Biện pháp quản lý

Sử dụng công nghệ và các biện pháp hành chính để quản lý, giám sát và xử lý vi phạm trong khu vực phố cổ, khi xây dựng mô hình vùng phát thải thấp.

Biện pháp đầu tiên là sử dụng các camera giao thông giám sát bằng trí tuệ nhân tạo (AI). Hệ thống camera thông minh được tích hợp công nghệ AI để nhận diện phương tiện, giám sát hành vi người tham gia giao thông và tự động đánh giá chất lượng không khí tại các điểm chốt.

Để nâng cao hiệu quả quản lý phương tiện ra vào vùng lõi, cần số hóa quản lý phương tiện như sử dụng màu nền biển số hoặc dán thẻ QR tích hợp vào hệ thống thu phí điện tử (ETC) để phân loại nhanh phương tiện ra vào. Kết nối dữ liệu giữa hệ thống đăng kiểm, cơ quan thuế và công an các cấp.

Mở rộng kênh tiếp nhận phản hồi từ dân cư, thiết lập đường dây nóng và tích hợp tính năng báo cáo vi phạm qua các ứng dụng như VNeID hoặc iHanoi để người dân cùng giám sát. Cùng với đó có các biện pháp cưỡng chế thi hành như tăng cường tuần tra trực tiếp và áp dụng các biện pháp xử phạt hành chính nghiêm khắc đối với các phương tiện không đáp ứng tiêu chuẩn mà vẫn lưu thông trong vùng phát thải thấp. Truyền thông để xây dựng văn hóa giao thông, nâng cao ý thức sử dụng phương tiện công cộng và hạn chế xe cá nhân thông qua các chiến dịch tuyên truyền sâu rộng.

Việc thực hiện đồng bộ 4 nhóm giải pháp này nhằm mục tiêu cuối cùng là cải thiện chỉ số chất lượng không khí (AQI) nói riêng và chỉ số bụi PM2.5 nói chung của Hà Nội và khu vực phố cổ, vốn đang được đánh giá thường xuyên vượt qua ngưỡng an toàn theo quy chuẩn quốc gia.

3.2.5. Các giải pháp khác

Hoạt động du lịch tại khu vực phố cổ làm gia tăng ô nhiễm vào các ngày cuối tuần như tăng mật độ phương tiện giao thông, dịch vụ ăn uống nấu nướng sử dụng nhiều nhiên liệu đốt, các món ăn như xào rán, nướng gây phát tán bụi PM2.5. Thành phố cần có các quy định và biện pháp phù hợp. Trước hết cần vận động và hỗ trợ các hộ kinh doanh chuyển đổi triệt để nhiên liệu sử dụng để đun nấu, chuyển từ

bếp than tổ ong, bếp củi sang bếp điện, bếp từ. Yêu cầu các nhà hàng, đặc biệt là các quán đồ nướng, lắp đặt hệ thống lọc tĩnh điện (Electrostatic Precipitator - ESP) hoặc màng lọc than hoạt tính để giữ lại bụi mịn và mùi trước khi xả ra môi trường. Thành phố có thể quy hoạch khu vực ẩm thực tập trung: Thay vì để các quán nướng vỉa hè tự phát, có thể quy hoạch vào các khu vực có hệ thống xử lý khí thải chung hiện đại.

Bên cạnh các biện pháp thực hiện cho vùng phát thải thấp, chú trọng về nguồn gây ô nhiễm giao thông, cần quan tâm đến các nguồn tác động khác để có biện pháp phù hợp. Do ô nhiễm môi trường không khí chịu tác động của các nguồn ô nhiễm tầm xa, xuyên biên giới hoặc từ các vùng lân cận nên cần có các giải pháp đồng bộ giữa các đơn vị hành chính của thành phố và giữa thành phố với các tỉnh lân cận. Việc đốt rơm rạ là vấn nạn ô nhiễm của toàn thành phố Hà Nội, cao điểm diễn ra vào tháng 5 và tháng 10. Chính quyền cần có các biện pháp hướng dẫn kỹ thuật xử lý rơm rạ thay cho việc đốt. Như xử lý vi sinh, hỗ trợ ngân sách cung cấp chế phẩm vi sinh để phân hủy rơm rạ tại ruộng thành phân bón hữu cơ. Khuyến khích thu gom rơm làm thức ăn chăn nuôi, trồng nấm hoặc sản xuất viên năng lượng. Đầu tư máy cuốn rơm quy mô nhỏ phù hợp với đặc thù đồng ruộng miền Bắc. Vận động người dân ký cam kết không đốt rơm rạ và tăng cường thanh tra, xử phạt theo Nghị định 45/2022/NĐ-CP. Tuyên truyền, giáo dục tác hại của khói mù qua các kênh trực tuyến và hội nhóm nông dân địa phương.

Khu vực phố cổ nói riêng và nội thành Hà Nội nói chung, bên cạnh chịu ảnh hưởng cục bộ một số tháng do hoạt động đốt rơm rạ, còn chịu ảnh hưởng thường xuyên bởi các hoạt động công nghiệp từ các tỉnh lân cận, các khu công nghiệp vệ tinh. Giải pháp giảm thiểu ô nhiễm từ các khu công nghiệp cần thực hiện đồng bộ, theo Quyết định số 2530/QĐ-TTg về phê duyệt lộ trình quốc gia về khắc phục ô nhiễm và quản lý chất lượng không khí giai đoạn 2026–2030.

Hà Nội là thành phố đang phát triển. Việc xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông đô thị, chỉnh trang đường phố, xây dựng khu dân cư không tránh được việc phát tán bụi từ hoạt động xây dựng. Cần có giải pháp đồng bộ của chính quyền về quy trình thi công, xây dựng, giám sát xe ra vào công trường, bắt buộc các biện pháp che chắn bụi... hoàn trả mặt bằng giao thông sau khi đào đắp.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã thực hiện các hoạt động khảo sát, đánh giá hiện trạng bụi PM2.5 tại khu vực phố cổ. Kết quả cho thấy tại hầu hết các tuyến phố đều có nồng độ ô nhiễm bụi PM2.5 vượt ngưỡng QCVN 05:2023/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh. Nồng độ bụi cao nhất được ghi nhận vào các tháng cuối năm do chịu ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng. Bên cạnh đó ô nhiễm còn chịu tác động của các hoạt động đốt rơm rạ, hoạt động công nghiệp do ô nhiễm có tính lan truyền xuyên biên giới. Việc so sánh nồng độ bụi giữa giờ cao điểm – giờ thấp điểm, giữa ngày trong tuần và cuối tuần cho thấy tác động của giao thông là rất lớn, cùng với hoạt động du lịch dịch vụ. Đặc trưng của khu vực phố cổ là hoạt động du lịch,

dịch vụ diễn ra thường xuyên vào các ngày trong tuần, đặc biệt là các ngày cuối tuần. Dù xây dựng tuyến phố đi bộ, không chịu ảnh hưởng của giao thông nhưng nồng độ bụi PM2.5 vẫn cao vào các ngày cuối tuần. Điều này cho thấy hoạt động nấu nướng, ăn uống là nguồn đóng góp ô nhiễm đáng kể cho khu vực này. Để giảm phát thải bụi PM2.5, khu vực phố cổ nói riêng và thành phố Hà Nội nói chung cần có các giải pháp đồng bộ. Theo Nghị quyết số 57/2025/NQ-HĐND của Hà Nội, quy định chi tiết về các tiêu chí, điều kiện và lộ trình thực hiện vùng phát thải thấp trên địa bàn thủ đô căn cứ theo Luật Thủ đô 2024. Nghị quyết này cho thấy động thái mạnh mẽ của chính quyền về việc giảm ô nhiễm cho khu vực nội đô, đặc biệt là khu vực phố cổ, vùng lõi trung tâm, nơi diễn ra các hoạt động du lịch, cần được bảo tồn các giá trị văn hóa và xây dựng điển hình về một thủ đô xanh, sạch, đẹp. Ngoài các giải pháp về giao thông cho vùng phát thải thấp, cần có các giải pháp hạn chế phát thải bụi từ các hoạt động công nghiệp, đốt rơm rạ, xây dựng cơ sở hạ tầng... Xây dựng các giải pháp cục bộ cho khu vực dịch vụ ăn uống cũng là yếu tố đáng quan tâm cho phố cổ. Các kết quả của nghiên cứu này có thể góp phần cung cấp thêm các cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc đánh giá thực trạng ô nhiễm tại khu vực phố cổ nói riêng, thành phố Hà Nội nói chung và nêu bật ý nghĩa của các giải pháp giải pháp nhằm giảm thiểu phát thải bụi PM2.5 tại khu vực phố cổ.

Tài liệu tham khảo

- [1]. S. M. Almeida et al., “Ambient particulate matter source apportionment using receptor modelling in European and Central Asia urban areas,” *Environmental Pollution*, vol. 266, p. 115199, 2020.
- [2]. World Health Organization. (2025). Air quality, energy and health.
- [3]. World Health Organization. (2024, 24 October). Ambient (outdoor) air pollution
- [4]. L. Morawska, Z. Ristovski, E. R. Jayaratne, D. U. Keogh, and X. Ling, “Ambient nano and ultrafine particles from motor vehicle emissions: Characteristics, ambient processing and implications on human exposure,” *Atmos Environ*, vol. 42, no. 35, pp. 8113–8138, 2008
- [5]. H. gon Ryou, J. Heo, and S.-Y. Kim, “Source apportionment of PM10 and PM2. 5 air pollution, and possible impacts of study characteristics in South Korea,” *Environmental pollution*, vol. 240, pp. 963–972, 2018.
- [6]. L. Wang et al., “Effects of PM2.5 exposure on reproductive system and its mechanisms,” *Chemosphere*, vol. 264, p. 128436, 2021.
- [7]. R. B. Schlessinger, “The health impact of common inorganic components of fine particulate matter (PM2. 5) in ambient air: a critical review,” *Inhal Toxicol*, vol. 19, no. 10, pp. 811–832, 2007
- [8]. J. B. Burkholder et al., “The essential role for laboratory studies in atmospheric chemistry,” 2017, ACS Publications
- [9]. M. Manousakas et al., “Assessment of PM2. 5 sources and their corresponding level of uncertainty in a coastal urban area using EPA PMF 5.0 enhanced diagnostics,” *Science of the Total Environment*, vol. 574, pp. 155–164, 2017.
- [10]. https://moh.gov.vn/tin-lien-quan/-/asset_publisher/vjYyM7O9aWnX/content/o-nhiem-khong-khi-len-muc-xau-nguy-co-gia-tang-benh-tim-mach-ot-quy?utm_source=chatgpt.com
- [11]. H. Bui, D. Nguyen, N. Mai, Q. Bui, V. Nguyen, and D. Mac, “Chemical characterization, source apportionment, and human health risk assessment of PM2.5 in an urban area in Hanoi, Vietnam,” *Air Qual Atmos Health*, vol.

- 16, pp. 1–15, Oct. 2022, doi: 10.1007/s11869-022-01266-0.
- [12]. H. Anh Le, D. Phuong, and L. Linh, “Emission inventories of rice straw open burning in the Red River Delta of Vietnam: Evaluation of the potential of satellite data,” *Environmental Pollution*, vol. 260, p. 113972, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.envpol.2020.113972.
- [13]. N. Mai, H. Bùi, N. Khai, T. Nguyen, V. Vu, and H. Pham, “Impact of Covid-19 partial lockdown on PM2.5, SO2, NO2, O3, and trace elements in PM2.5 in Hanoi, Vietnam,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, Jun. 2022, doi: 10.1007/s11356-021-13792-y.
- [14]. <https://www.iqair.com/vi/vietnam>
- [15]. B. T. Ly et al., “The effects of meteorological conditions and long-range transport on PM2.5 levels in Hanoi revealed from multi-site measurement using compact sensors and machine learning approach,” *J Aerosol Sci*, vol. 152, p. 105716, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jaerosci.2020.105716.
- [16]. [iqair.com/world-air-quality-report](https://www.iqair.com/world-air-quality-report)
- [17]. C. Hai and N. T. Oanh, “Effects of local, regional meteorology and emission sources on mass and compositions of particulate matter in Hanoi,” *Atmos Environ*, vol. 78, May 2012, doi: 10.1016/j.atmosenv.2012.05.006.
- [18]. T. T. Trinh, T. T. Trinh, T. T. Le, T. D. H. Nguyen, and B. M. Tu, “Temperature inversion and air pollution relationship, and its effects on human health in Hanoi City, Vietnam,” *Environ Geochem Health*, vol. 41, no. 2, pp. 929–937, 2019, doi: 10.1007/s10653-018-0190-0.
- [19]. B. T. Ly et al., “The effects of meteorological conditions and long-range transport on PM2.5 levels in Hanoi revealed from multi-site measurement using compact sensors and machine learning approach,” *J Aerosol Sci*, vol. 152, p. 105716, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jaerosci.2020.105716.
- [20]. Long K. Tran et al., “The impact of incense burning on indoor PM2.5 concentrations in residential houses in Hanoi, Vietnam,” *Building and Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108228>
- [21]. Tran Ngoc Quang et al., “Motorcyclists have much higher exposure to black carbon compared to other commuters in traffic of Hanoi, Vietnam,” <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118029>
- [22]. *Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội (2024). Kế hoạch Quản lý Chất lượng Môi trường Không khí Thành phố Hà Nội đến năm 2030, định hướng đến năm 2035. Hà Nội: UBND Thành phố Hà Nội*
- [23]. ICA - Japan International Cooperation Agency (2024). *The Project for Capacity Development on Air Quality Management in Hanoi: Final Report. Hanoi: JICA Vietnam Office*
- [24]. Thuy, N. T., et al. (2023). "Source Apportionment of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in Hanoi, Vietnam, Using Receptor Models". *Environmental Science and Pollution Research*, 30(12), 15420-15435.
- [25]. Luong, L. M., et al. (2024). "Secondary Inorganic Aerosols and Their Precursors from Road Traffic Emissions in a Southeast Asian Megacity". *Atmospheric Environment*, 312, 120-135..
- [26]. “The emergence of soot-free bus technology” (ICCT, 2017/2021)
- [27]. Wei Jiang, et al. (2017). “Impacts of low emission zones in Germany on air pollution levels,” *Transportation Research Procedia* 25:3374-3386. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.217
- [28]. Nghị quyết số 57/2025/NQ-HĐND của Hà Nội
- [29]. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia (QCVN 85:2025/BNNMT)