

ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ Ô NHIỄM NH₃ VÀ H₂S TRONG KHÔNG KHÍ TẠI CÁC ĐIỂM CỐNG NGẮN TRIỀU TRÊN LƯU VỰC SÔNG SÀI GÒN

TRẦN THỊ PHI OANH^{1,2,*}, PHAN XUÂN THẠNH^{1,2}

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh

² Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Nghiên cứu đánh giá ô nhiễm khí NH₃ và H₂S tại các cống ngăn triều trong lưu vực sông Sài Gòn, trong bối cảnh đô thị hóa và biến đổi khí hậu. Mẫu khí được thu thập định kỳ tại 6 vị trí quan trắc với 36 mẫu NH₃ và 36 mẫu H₂S trong hai mùa (mùa khô và mùa mưa) từ 2022 đến 2024. Kết quả cho thấy nồng độ NH₃ và H₂S biến động theo mùa, cao hơn rõ rệt vào mùa khô do điều kiện khí hậu và địa hình hạn chế khuếch tán khí. Mô hình AERMOD được sử dụng để mô phỏng phát tán khí, xác định các điểm nóng ô nhiễm và dự báo mức độ lan truyền trong không gian và thời gian. Nghiên cứu đề xuất tăng cường giám sát định kỳ và áp dụng các giải pháp kỹ thuật như cải thiện thông khí và sử dụng mô hình mô phỏng hiện đại nhằm kiểm soát hiệu quả ô nhiễm không khí tại các khu vực cống ngăn triều.

Từ khóa: Ô nhiễm không khí (NH₃ và H₂S); Cống ngăn triều; Lưu vực sông Sài Gòn.

Ngày nhận bài: 8/2/2025; **Ngày sửa chữa:** 4/3/2025; **Ngày duyệt đăng:** 22/3/2025.

An assessment of ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) air pollution Levels at tidal sluice gate locations within the Saigon river basin

Abstract

This study evaluates the pollution levels of ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) gases at tidal sluices within the Saigon River Basin amid the pressures of urbanization and climate change. Gas samples were periodically collected from six monitoring sites, totaling 36 NH₃ samples and 36 H₂S samples across two distinct seasons (dry and rainy) from 2022 to 2024. Results indicate significant seasonal variations in NH₃ and H₂S concentrations, with markedly higher levels during the dry season, attributed to climatic factors and topographical constraints limiting gas dispersion. The AERMOD dispersion model was employed to simulate pollutant spread, identify contamination hotspots, and predict the spatial and temporal distribution of gas emissions. The study recommends enhanced periodic monitoring and the implementation of technical interventions, such as improved ventilation systems and advanced simulation modeling, to effectively control air pollution at tidal sluice locations.

Keywords: Air pollution (NH₃ and H₂S); Tidal sluice gates; Saigon River basin.

JEL Classifications: Q50, Q52, Q56, Q57.

1. GIỚI THIỆU

Trước tốc độ đô thị hóa ngày càng tăng và những tác động rõ nét của biến đổi khí hậu, các công trình kiểm soát ngập như hệ thống cống ngăn triều đã được triển khai rộng rãi trên lưu vực sông Sài Gòn nhằm hạn chế xâm nhập mặn và điều tiết lũ. Tuy nhiên, quá trình vận hành đóng/mở cống theo chế độ triều có thể làm suy giảm lưu lượng dòng chảy tự nhiên, tạo điều kiện tích tụ bùn lắng, chất hữu cơ và hợp chất dinh dưỡng tại khu vực cửa cống, đặc biệt trong điều kiện triều thấp và dòng chảy yếu. Sự tích tụ này dẫn đến hình thành môi trường yếm khí, thúc đẩy quá trình phân hủy kỵ khí chất hữu cơ và phát sinh khí độc như amoniac (NH₃) và hydro sunfua (H₂S), ảnh hưởng

ng nghiêm trọng đến chất lượng không khí và sức khỏe cộng đồng. [1]; [3];[4];[7];[8]

Nghiên cứu tập trung khảo sát, đánh giá hiện trạng và mức độ ô nhiễm khí NH₃ và H₂S, phân tích các yếu tố môi trường - sinh học ảnh hưởng đến quá trình phát thải, và đề xuất các giải pháp kỹ thuật và quản lý nhằm kiểm soát và giảm thiểu ô nhiễm khí tại các khu vực cống ngăn triều trong lưu vực sông Sài Gòn trong hai mùa điển hình (mùa khô và mùa mưa) giai đoạn 2022–2024. Nhóm tác giả tập trung. Đây là một lĩnh vực nghiên cứu còn tương đối mới, chưa được quan tâm đúng mức trong các nghiên cứu môi trường trước đây. Mặc dù ô nhiễm không khí tại khu vực đô thị đã được nghiên cứu rộng rãi, các nghiên cứu chuyên sâu

về phát thải khí độc tại khu vực cống ngăn triều, nơi có đặc thù môi trường và cơ chế vận hành riêng biệt vẫn còn hạn chế. Tính mới của đề tài nằm ở việc phân tích chuyên sâu hiện trạng ô nhiễm khí độc hại NH_3 và H_2S tại các điểm giao thoa giữa công trình kiểm soát ngập và môi trường nước đô thị. Việc đánh giá mức độ ô nhiễm khí tại các điểm cống ngăn triều là cần thiết nhằm nhận diện rủi ro môi trường và xây dựng cơ sở khoa học cho các chiến lược quản lý không khí và sức khỏe môi trường. [1];[2];[5];[6];[7];[8]

2. CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu phục vụ nghiên cứu đánh giá mức độ ô nhiễm khí NH_3 và H_2S tại các điểm cống ngăn triều trên lưu vực sông Sài Gòn được xây dựng từ quá trình thu thập mẫu chất lượng không khí tại hiện trường và kết quả phân tích trong phòng thí nghiệm. Dữ liệu được ghi nhận tại nhiều điểm quan trắc khác nhau, bao gồm thông tin về tọa độ địa lý, thời gian lấy mẫu, cùng các chỉ tiêu liên quan đến nồng độ NH_3 và H_2S trong không khí. Công tác xử lý số liệu được thực hiện bằng phần mềm Microsoft Excel nhằm tổ chức, phân tích và chuẩn hóa dữ liệu phục vụ cho các bước mô phỏng tiếp theo. Mô hình AERMOD được áp dụng để mô phỏng sự phát tán của NH_3 và H_2S tại các vị trí cống ngăn triều, dựa trên bộ dữ liệu thu thập trong cả hai mùa khô và mùa mưa, tại 6 điểm lấy mẫu thuộc lưu vực sông Sài Gòn, trong khoảng thời gian từ năm 2022 đến năm 2024. Tổng số mẫu đã thu thập được 36 mẫu khí NH_3 và 36 mẫu khí H_2S . Kết quả mô phỏng góp phần đánh giá mức độ ô nhiễm không khí theo không gian và thời gian, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp quản lý chất lượng không khí hiệu quả trong khu vực đô thị chịu ảnh hưởng của hệ thống cống ngăn triều. Kết quả giúp đánh giá mức độ ô nhiễm và đề xuất giải pháp quản lý không khí phù hợp cho khu vực đô thị. [4];[5];[6];[7];[8]

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu bao gồm các bước thu thập và phân tích mẫu kết hợp với mô hình hóa phát tán nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm không khí do NH_3 và H_2S tại các cống kiểm soát triều trên lưu vực sông Sài Gòn. Mẫu không khí được lấy định kỳ tại các vị trí cống ngăn triều trong

cả hai mùa (mùa khô và mùa mưa) nhằm đảm bảo tính đại diện về mặt thời gian và không gian. Các chỉ tiêu ô nhiễm NH_3 và H_2S được phân tích trong phòng thí nghiệm theo các phương pháp tiêu chuẩn. Dữ liệu thu được sau đó được xử lý và thống kê bằng phần mềm Microsoft Excel để đánh giá mức độ và xu hướng ô nhiễm theo từng khu vực và thời điểm quan trắc. Bên cạnh đó, mô hình phát tán khí AERMOD được áp dụng để mô phỏng sự lan truyền của NH_3 và H_2S từ các nguồn không khí xung quanh phát thải tại cống ngăn triều, qua đó hỗ trợ xác định phạm vi ảnh hưởng và các điểm nóng ô nhiễm không khí trong khu vực nghiên cứu.

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

Tất cả các mẫu không khí được thu thập định kỳ vào hai mùa đặc trưng trong năm: mùa khô (tháng 3 và tháng 4) và mùa mưa (tháng 10 và tháng 11), tại 6 điểm lấy mẫu thuộc lưu vực sông Sài Gòn, trong khoảng thời gian từ năm 2022 đến năm 2024. Tổng số mẫu đã thu thập được 36 mẫu khí NH_3 và 36 mẫu khí H_2S . Các điểm lấy mẫu được lựa chọn tại những khu vực có nguy cơ ô nhiễm cao, chịu ảnh hưởng từ các hoạt động sinh hoạt, công nghiệp và giao thông đường thủy. Công tác lấy mẫu, bảo quản mẫu và phân tích được thực hiện theo hướng dẫn của các phương pháp phân tích đã được phê duyệt trong các quy định kỹ thuật hiện hành, nhằm đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy trong việc xác định sự hiện diện cũng như nồng độ của các chất ô nhiễm NH_3 và H_2S trong điều kiện khí hậu thực tế. Các phương pháp phân tích được áp dụng tuân thủ nghiêm ngặt theo hướng dẫn của Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) [8], đồng thời phù hợp với các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành như TCVN 5293:1995 và phương pháp MASA 701.[7];[8]. Việc phân tích mẫu khí được thực hiện tại phòng thí nghiệm của Công ty Cổ phần Đầu tư phát triển môi trường Đại Việt, theo giấy chứng nhận VIMCERTS 066 (bổ sung thông số), căn cứ theo Quyết định số 321/QĐ-BTNMT ngày 12/02/2019 của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tin chi tiết về vị trí các điểm lấy mẫu được trình bày tại Bảng 1 và Hình 1.

2.2.2. Phương pháp xử lý và tổng hợp dữ liệu

Trong nghiên cứu Đánh giá mức độ ô nhiễm NH_3 và H_2S trong không khí tại các điểm cống ngăn triều trên lưu vực sông Sài Gòn, sử dụng phần mềm Microsoft Excel xuyên suốt trong quá trình thực hiện để xử lý và tổng hợp dữ liệu một cách hiệu quả. Dữ liệu thu thập được từ thực địa,

Bảng 1: Vị trí lấy mẫu chất lượng không khí

TT	Vị trí	Kí hiệu	Tọa độ VN 2000	
			X (m)	Y (m)
1	Cây Khô	K1	1180370	683729
2	Phú Định	K2	1184465	677321
3	Mương Chuối	K3	1179800	689123
4	Phú Xuân	K4	1183756	690373
5	Tân Thuận	K5	1189549	688163
6	Bến Nghé	K6	1190825	686245

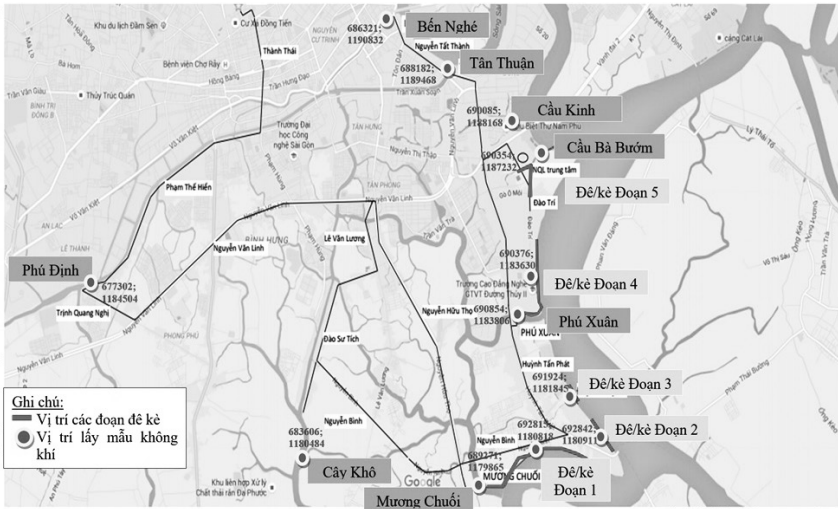
trong phòng phân tích được nhập vào Excel dưới dạng bảng, sử dụng các hàm để tính toán, xử lý dữ liệu như giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và phạm vi dao động của các thông số, phân tích xu hướng.

2.2.3. Mô hình phát tán khí AERMOD

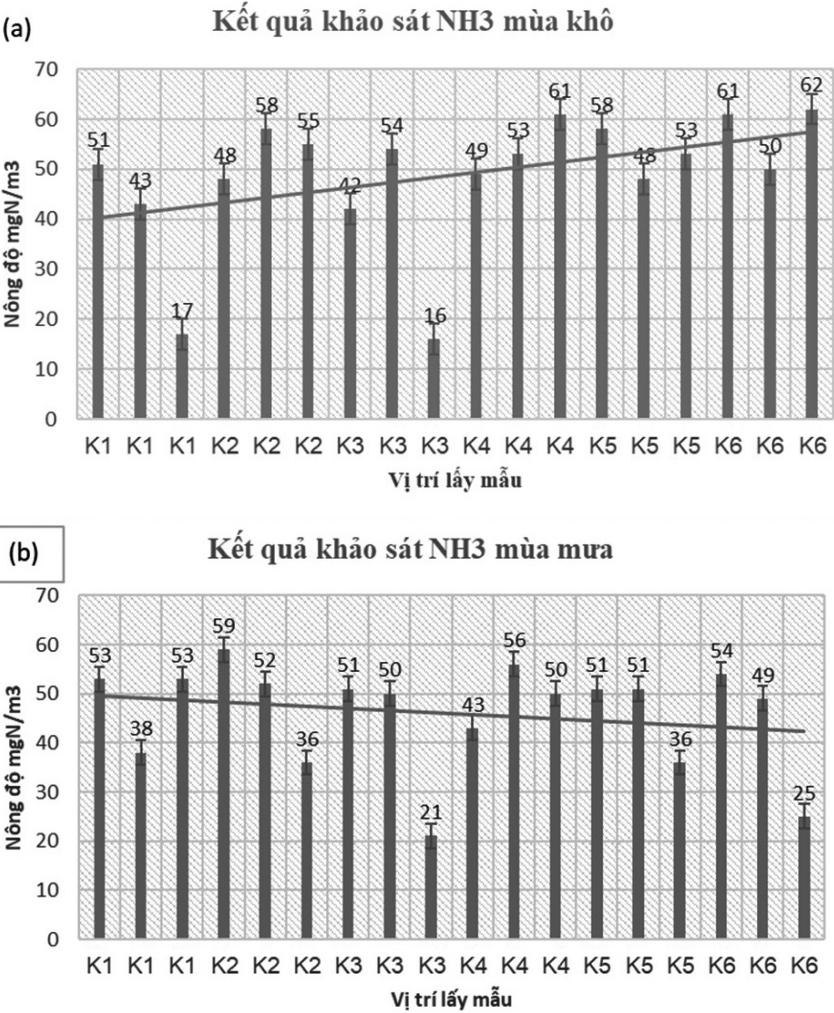
AERMOD là mô hình khuếch tán khí ổn định do Cục Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) và Cơ quan Khí tượng Quốc gia phát triển từ năm 1991 thông qua nhóm AERMIC. Mô hình này chính thức được EPA đưa vào sử dụng từ ngày 09/12/2015, thay thế cho mô hình ISC3 (ngoại trừ xử lý lắng đọng). AERMOD có khả năng mô phỏng phát tán khí với độ phân giải cao trong không gian 2D hoặc 3D, hỗ trợ đánh giá trực quan ảnh hưởng của khí thải đến khu vực khảo sát. Một điểm nổi bật của mô hình là khả năng mô tả lớp biên khí quyển (PBL) theo phương đứng, sử dụng các tham số “hiệu quả” để phản ánh đặc tính không đồng nhất của PBL theo chiều cao (Cimorelli et al., 2005). Nhóm nghiên cứu tiến hành thu thập, tổng hợp và xử lý các tập dữ liệu đầu vào cần thiết phục vụ cho mô hình tính toán phát tán AERMOD, bao gồm: Các thông số khí tượng như: hướng và tốc độ gió, nhiệt độ không khí, độ ẩm được lấy tại hiện trường khi thu thập mẫu không khí,... Các thông số khí tượng được xác định dựa trên phân loại Pasquill nhằm phản ánh chính xác mức độ pha trộn thẳng đứng trong khí quyển tại khu vực mô phỏng. Sử dụng mô hình số độ cao (Digital Elevation Model – DEM) với độ phân giải phù hợp nhằm mô tả chi tiết đặc điểm địa hình có ảnh hưởng đến sự phân tán và khuếch tán chất lượng không khí.

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT (Hình 1, 2, 3 4)

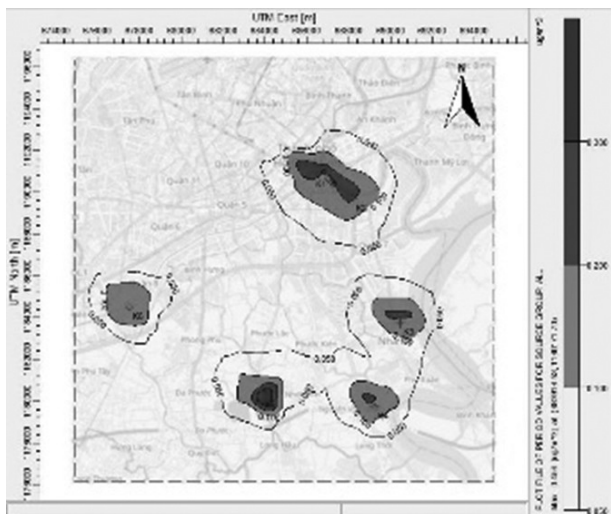
Kết quả khảo sát nồng độ khí NH₃ tại các điểm lấy mẫu trong



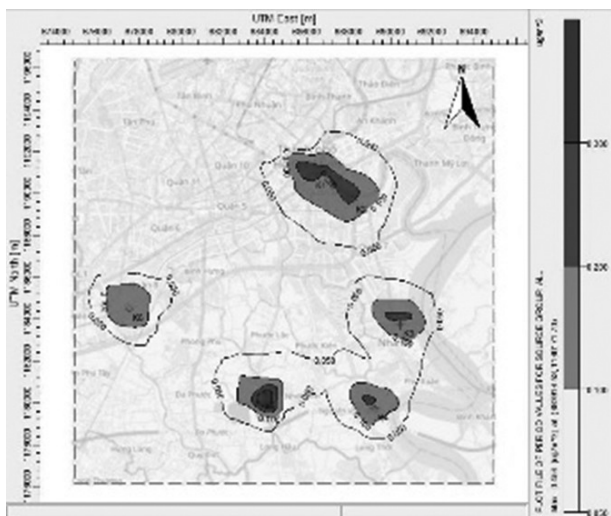
Hình 1: Bản đồ vị trí lấy mẫu chất lượng không khí



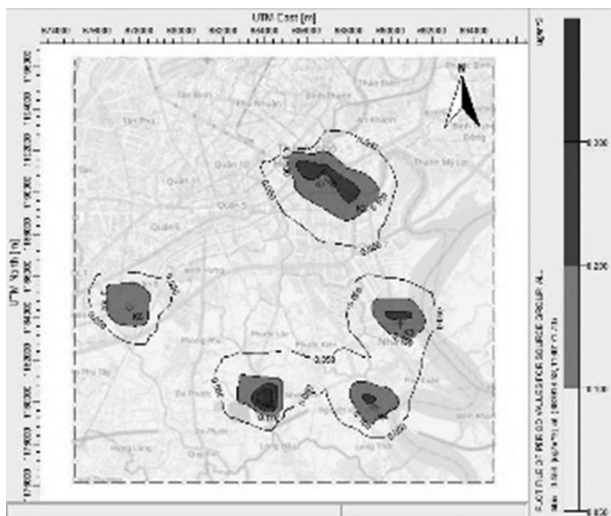
Hình 1: Nồng độ NH₃ vào mùa khô (a) và mùa mưa (b)



Hình 2: Bản đồ lan truyền khí NH_3 trung bình năm 2022 từ mô hình AERMOD



Hình 3: Bản đồ lan truyền khí NH_3 trung bình năm 2023 từ mô hình AERMOD



Hình 4: Bản đồ lan truyền khí NH_3 trung bình năm 2024 từ mô hình AERMOD

hai mùa (mùa khô K1–K6 và mùa mưa K1'–K6') cho thấy, sự biến động rõ rệt theo mùa, phản ánh ảnh hưởng mạnh mẽ của các yếu tố khí tượng và đặc điểm địa hình đến sự phân bố và lan truyền khí ô nhiễm. Trong mùa khô, nồng độ NH_3 dao động từ 16 đến 62 mgN/m^3 và có xu hướng tăng dần từ K1 đến K6, cho thấy, khả năng tích tụ cao hơn do điều kiện thời tiết khô ráo, nhiệt độ cao và thông khí hạn chế. Ngược lại, mùa mưa ghi nhận nồng độ dao động từ 21 đến 59 mgN/m^3 , với xu hướng giảm nhẹ từ K1 đến K6, phản ánh ảnh hưởng của hiện tượng rửa trôi và pha loãng do mưa lớn. Một số vị trí có biến động lớn giữa hai mùa như K1' (tăng mạnh vào mùa mưa), K3' và K6' (giảm sâu vào mùa mưa) cho thấy sự chi phối mạnh của điều kiện địa phương như dòng khí, dòng chảy và nguồn thải cục bộ. Đặc biệt, các vị trí K2 và K5 duy trì nồng độ cao trong cả hai mùa, có thể là “điểm nóng” phát thải NH_3 cần được quan trắc và điều tra thêm. [1];[2];[3];[5];[7]

Bản đồ lan truyền NH_3 trung bình năm được xây dựng từ mô hình AERMOD đã thể hiện rõ khả năng mô phỏng chính xác quá trình phát tán khí NH_3 theo không gian và thời gian, qua đó phản ánh mức độ ô nhiễm tại từng khu vực về nguồn thải góp phần nâng cao độ chính xác trong công tác dự báo và đánh giá chất lượng không khí. Mô hình AERMOD phân tích sự chênh lệch nồng độ NH_3 giữa các vị trí lấy mẫu mà còn xác định xu hướng tích tụ theo mùa, đồng thời làm rõ vai trò của các yếu tố môi trường như nhiệt độ, lượng mưa, địa hình và khả năng thông khí cục bộ trong việc chi phối sự phát tán khí ô nhiễm. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ, nhằm góp phần xây dựng các chính sách kiểm soát và quản lý ô nhiễm không khí một cách hiệu quả và bền vững. [1];[2];[4];[5];[7] (Hình 5, 6, 7, 8)

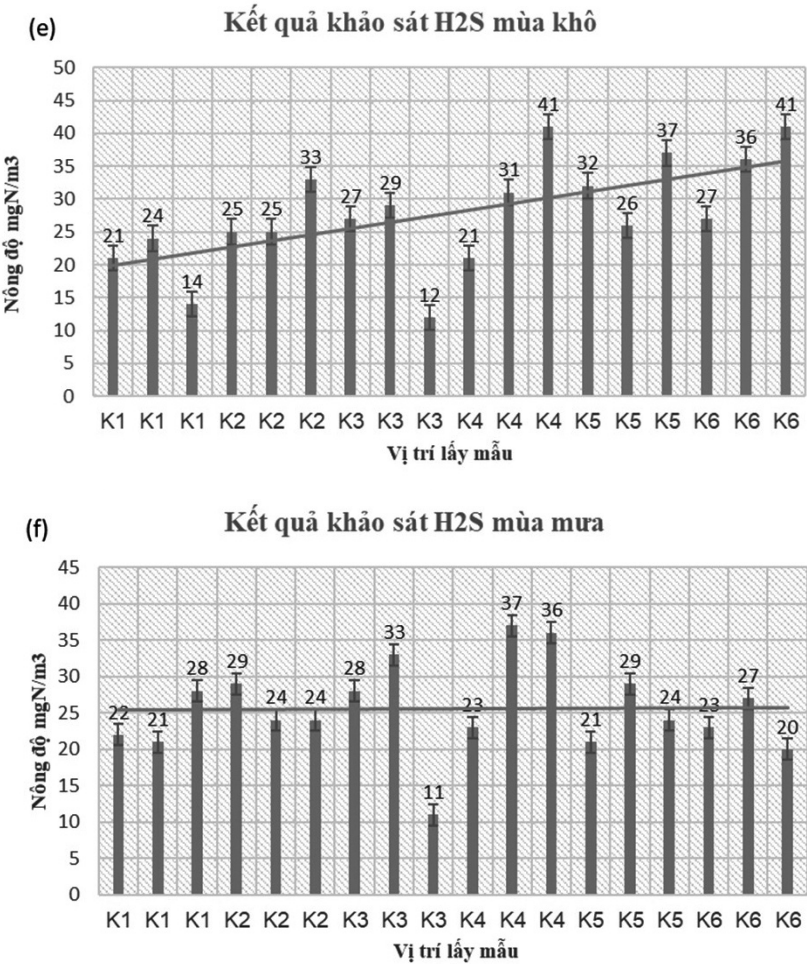
Kết quả khảo sát nồng độ H_2S cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa hai mùa (mùa khô K1–K6 và mùa mưa K1'–K6'). Trong mùa mưa, nồng độ H_2S dao động trong khoảng từ 11 đến 37 mg/Nm^3 với sự phân bố không đồng đều giữa các điểm quan trắc. Các vị trí như K4' và K2' ghi nhận giá trị cao bất thường, trong khi K3' lại có giá trị rất thấp (11 mg/Nm^3), khả năng là do ảnh hưởng của lượng mưa lớn làm loãng và rửa trôi khí H_2S tại mặt đất. Điều kiện môi trường ẩm ướt trong mùa mưa nhìn chung đã hạn chế quá trình phát tán khí H_2S thông qua việc hòa tan vào nước và giảm khuếch tán trong không khí. Ngược lại, trong mùa khô, nồng độ H_2S tăng đáng kể, đặc biệt tại các điểm K1, K2 và K3 với giá trị lên tới 41 mg/Nm^3 . Đường xu hướng tuyến tính thể hiện rõ sự gia tăng đều theo không gian, phản ánh khả năng tồn tại của một hoặc nhiều nguồn phát thải cố định nằm ở đầu khu vực khảo sát. Nhiệt

độ cao cùng độ ẩm thấp trong mùa khô đã góp phần thúc đẩy quá trình khuếch tán và tích tụ khí H₂S gần bề mặt đất. [1];[2];[3];[5];[6];[7]

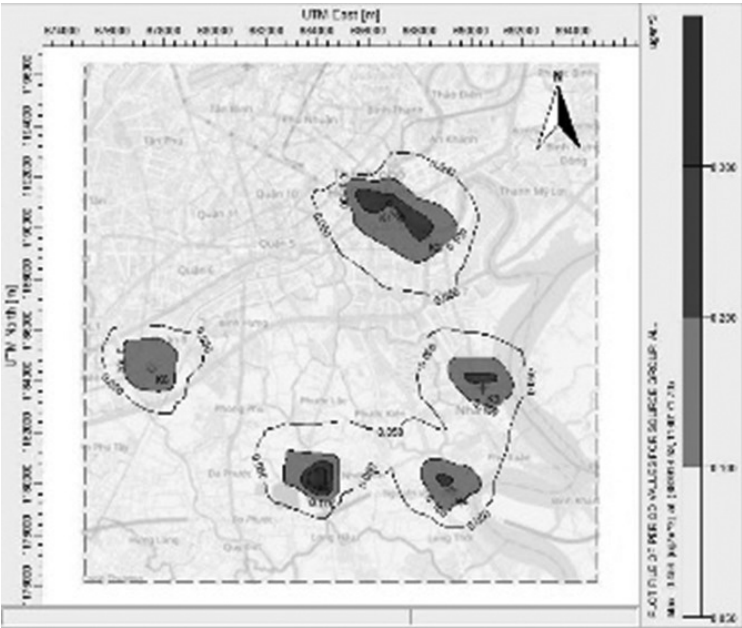
Để mô phỏng lan truyền khí H₂S, mô hình AERMOD được sử dụng nhằm phân tích sự khuếch tán khí trong không khí, dựa trên các yếu tố như đặc điểm nguồn phát thải tại các nguồn thải có thể nằm tại các vị trí đầu khu vực (như K1, K2), nơi nồng độ H₂S có xu hướng tăng dần theo chiều gió và khoảng cách, thể hiện đặc điểm lan truyền theo dạng. Mùa khô được đánh giá là điều kiện ổn định giúp kiểm soát hướng lan truyền khí và giảm biến động, cũng như xác định các khu vực có hoạt động công nghiệp hoặc phân hủy hữu cơ mạnh. Xây dựng bản đồ phân bố nồng độ H₂S theo mùa sẽ giúp xác định chính xác các khu vực chịu ảnh hưởng lớn, từ đó đề xuất vùng đệm và biện pháp quản lý môi trường phù hợp. Cuối cùng, nên tiến hành đánh giá rủi ro môi trường – sức khỏe dựa trên dữ liệu mô phỏng nồng độ H₂S. [1];[2];[3];[4];[5];[6];[7]

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nồng độ NH₃ tại khu vực nghiên cứu có sự phân bố không đều và biến đổi mạnh theo mùa, chịu ảnh hưởng rõ rệt của các yếu tố khí tượng và địa hình. Cần tăng cường công tác giám sát định kỳ, đặc biệt tại các điểm có nồng độ cao ổn định như K2, K5 và K6 nhằm xác định chính xác nguồn phát sinh và đánh giá mức độ lan truyền. Đề xuất tích hợp mô hình AERMOD trong các nghiên cứu đánh giá chất lượng không khí để mô phỏng chính xác mức độ lan truyền NH₃ theo thời gian. Đồng thời, cần thu thập và bổ sung các thông số khí tượng thực đo cùng dữ liệu nguồn thải cụ thể vào mô hình nhằm nâng cao độ chính xác trong dự báo và hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý ô nhiễm không khí bền vững. [1];[2];[4];[5];[7]



Hình 5: Nồng độ H₂S vào mùa khô (e) và mùa mưa (f)



Hình 6: Bản đồ lan truyền khí H₂S trung bình năm 2022 từ mô hình AERMOD

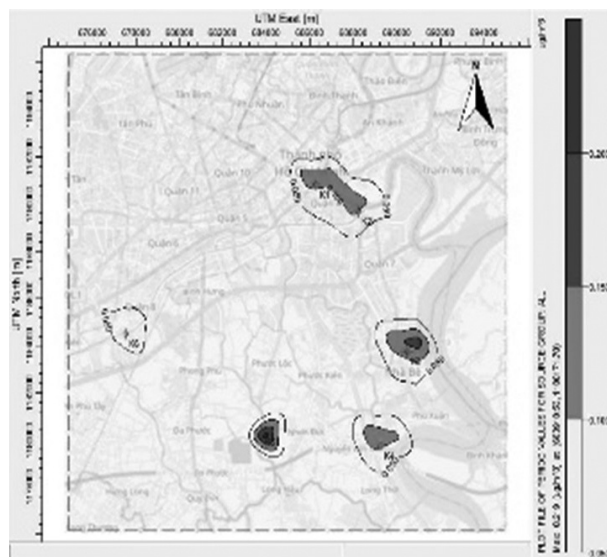
Kết quả khảo sát và mô phỏng lan truyền khí H_2S cho thấy sự phân hóa rõ rệt theo mùa, phản ánh mối liên hệ chặt chẽ giữa điều kiện khí tượng – địa hình và sự phát tán chất ô nhiễm trong môi trường không khí. Việc tích hợp mô hình lan truyền khí AERMOD với dữ liệu viễn thám và GIS không chỉ giúp xác định nguồn và phạm vi ảnh hưởng của H_2S một cách chính xác, mà còn mở ra hướng tiếp cận hiệu quả trong giám sát, cảnh báo và quản lý chất lượng không khí khu vực. Trong bối cảnh đô thị hóa và công nghiệp hóa ngày càng gia tăng, việc ứng dụng các công cụ mô phỏng hiện đại kết hợp dữ liệu từ xa đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng các giải pháp kiểm soát ô nhiễm không khí bền vững và hướng tới phát triển môi trường an toàn, thích ứng với biến đổi khí hậu. [1];[2];[3];[4];[5];[6];[7]

Từ những phân tích trên, có thể kết luận, nồng độ NH_3 và H_2S trong không khí chịu ảnh hưởng mạnh bởi điều kiện thời tiết theo mùa. Để quản lý hiệu quả nguồn ô nhiễm, cần thiết phải tiến hành giám sát định kỳ tại các vị trí có nồng độ cao, đồng thời tích hợp các yếu tố hỗ trợ như nhiệt độ, độ ẩm, hướng và tốc độ gió nhằm làm rõ hơn cơ chế phát tán và lan truyền khí trong môi trường không khí. Các thông tin này sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng giải pháp quản lý và giảm thiểu ô nhiễm hiệu quả, bền vững.

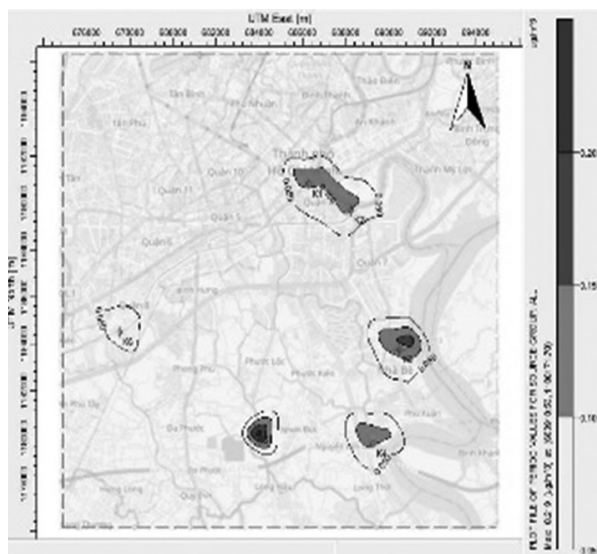
Lời cảm ơn: Trân trọng cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. B. Alföldy E, et al cộng sự, “Measurements of air pollution emission factors for marine transportation in SECA, Atmos”. Meas. Tech., 6, 2013, 1777–1791.
2. Zarate E, et al. Air quality modeling over Bogota Colom-bia: combined techniques to estimate and evaluate emission inventories. Atmos Environ. 2007;41(29):6302-6318;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.03.011>.
3. Lê Việt Thắng và cộng sự “Kiểm kê khí thải và mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí phục vụ xây dựng kế hoạch quản lý chất lượng không khí tỉnh Trà Vinh (Việt Nam) giai đoạn 2022-2025”. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường, 2010, 8(1):873-887.
4. Vũ Hoàng Ngọc Khuê và cộng sự “Tính toán phát thải khí và ứng dụng hệ mô hình TAPM – AERMOD mô phỏng ô nhiễm không khí từ hệ thống cảng bến cảng tại Thành phố Hồ Chí Minh”. Tạp chí phát triển khoa học & công nghệ: Chuyên san Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 2, số 2, 2018.



Hình 7: Bản đồ lan truyền khí H_2S trung bình năm 2023 từ mô hình AERMOD



Hình 8: Bản đồ lan truyền khí H_2S trung bình năm 2024 từ mô hình AERMOD

5. Bùi Tá Long và cộng sự, “Mô hình hóa ô nhiễm không khí trong điều kiện địa hình phức tạp trường hợp nguồn thải điểm” Tạp chí phát triển KH&CN, Tập 10, số 01 -2007.
6. Đỗ Quang Trung và cộng sự, “Nghiên cứu đặc trưng các chỉ tiêu hóa lý của bùn thải đô thị trước và sau khi phân hủy kỵ khí”. Tạp chí Khí tượng thủy văn, số tháng 04- 2019, trang 34-45, 2019.
7. The United States Environmental Protection Agency (EPA) maintains and approves test methods.
8. QCVN 05:2023/BTNMT (Quy chuẩn quốc gia về chất lượng không khí).
9. TCVN 5293:1995 (Chất lượng không khí - phương pháp indophenol xác định hàm lượng amoniac).