



Original Article

Effects of Thermal Power Plant Emissions on the Air Quality in Cam Pha City

Pham Thi Thu Ha^{1,*}, Pham Chi Linh², Do Manh Dung², Duong Ngoc Bach¹

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

²Vinacomin - Informatics, Technology, Environment Joint Stock Company,
B15, Dai Kim New Urban Area, Dai Kim, Hoang Mai, Hanoi, Vietnam

Received 19 August 2023

Revised 21 October 2023; Accepted 27 November 2023

Abstract: The study assesses the emissions from the chimneys of Cam Pha, Mong Duong 1 and Mong Duong 2 thermal power plants and compares the concentrations of TSP, SO₂, and NO_x with national and local standards on industrial emissions (QCVN 22:2009/BTNMT, QCDP 5:2020/QN). We also apply AERMOD VIEW 10.2.1 software to simulate the pollutant dispersions in order to evaluate the effects of this emission on the air quality in Cam Pha city. The results show that there are several times that the emission concentrations of all three parameters of TSP, NO_x, and SO₂ were higher than the standard values, with the maximum frequencies of exceeding standard were 2,79%, 25,92%, and 8%, respectively. The maximum levels of exceeding standard were 4,29 times for TSP, 4,04 times for NO_x, and 7,17 times for SO₂. The research results also indicate that the hourly average concentration of NO₂ can get up to 2.7 times higher than the local standard QCDP 4:2020/QN on ambient air quality. The simulation results of pollutant dispersions showed that the area in the west-northwest of Mong Duong 1 and 2 thermal power plants has concentrations of SO₂ and NO₂ (hourly average) exceeding the current allowable standards.

Keywords: Thermal power, air pollution, modeling, Cam Pha city.

* Corresponding author.

E-mail address: thuhaee@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuces.4999>

Nghiên cứu ảnh hưởng từ phát thải của các nhà máy nhiệt điện đến chất lượng không khí xung quanh tại thành phố Cẩm Phả

Phạm Thị Thu Hà^{1,*}, Phạm Chi Linh², Đỗ Mạnh Dũng², Dương Ngọc Bách¹

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,

334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin,

Tòa nhà B15 khu đô thị mới Đại Kim, Đại Kim, Hoàng Mai, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 19 tháng 8 năm 2023

Chỉnh sửa ngày 21 tháng 10 năm 2023; Chấp nhận đăng ngày 27 tháng 11 năm 2023

Tóm tắt: Bài báo đưa ra một số kết quả nghiên cứu về đánh giá sự phát thải từ ống khói cụm Nhà máy Nhiệt điện Cẩm Phả, Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1 và Mông Dương 2 thông qua so sánh hàm lượng các chất ô nhiễm TSP, SO₂ và NO_x với các quy chuẩn quốc gia và địa phương về khí thải công nghiệp (QCVN 22:2009/BTNMT, QCVN 5:2020/QN), và ứng dụng phần mềm AERMOD VIEW 10.2.1 để mô phỏng lan truyền các chất ô nhiễm nhằm đánh giá ảnh hưởng của sự phát thải này tới chất lượng không khí (CLKK) xung quanh tại thành phố Cẩm Phả. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cả 3 thông số bụi TSP, NO_x và SO₂ vẫn có một số giờ có nồng độ phát thải vượt quy chuẩn cho phép, với tần suất vượt chuẩn cao nhất tương ứng là 2,79%, 25,92% và 8%. Mức độ vượt chuẩn cao nhất có giá trị là 4,29 lần đối với TSP, 4,04 lần đối với NO_x và 7,17 lần đối với SO₂. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng có nơi nồng độ NO₂ trung bình giờ vượt 2,7 lần so với quy chuẩn địa phương QCVN 4:2020/QN về chất lượng môi trường không khí xung quanh. Kết quả mô phỏng lan truyền ô nhiễm đã chỉ ra khu vực trải rộng phía Tây-Tây Bắc Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1, 2 có nồng độ khí SO₂ và khí NO₂ (trung bình giờ) vượt quy chuẩn cho phép hiện hành.

Từ khóa: Nhiệt điện, ô nhiễm không khí (ÔNKK), mô hình hóa, thành phố Cẩm Phả.

1. Mở đầu

Trong tình hình phát triển xã hội hiện nay, nhu cầu sử dụng điện là tất yếu trong cuộc sống. Hiện nay nhiệt điện than có mặt trên 77 quốc gia với công suất tăng gần gấp đôi so với giai đoạn 2000 [1]. Theo số liệu thống kê năm 2019, ở Việt Nam tổng công suất điện cả nước đạt 54.880 MW, trong đó nhiệt điện than 20.200 MW chiếm 36,1% [1].

Tỉnh Quảng Ninh là một trong những vùng khai thác than lớn nhất cả nước. Song hành với đó, hoạt động nhiệt điện than tại khu vực này

cũng phát triển mạnh nhờ nguồn cung cấp than tại chỗ dồi dào. Đồng thời, Quảng Ninh là một trong những địa phương có tốc độ đô thị hóa cao nhất cả nước, là tỉnh thành duy nhất có đến 04 thành phố. Trong đó, thành phố Cẩm Phả là khu vực tập trung nhiều nhà máy nhiệt điện nhất tỉnh Quảng Ninh với 03 nhà máy nhiệt điện lớn gồm Nhà máy Nhiệt điện Cẩm Phả (ĐCP), Nhiệt điện Mông Dương 1 (MD1) và Nhiệt điện Mông Dương 2 (MD2).

Với đặc thù của nguồn thải công nghiệp nhiệt điện chạy than là nguồn thải cao, lượng phát thải rất lớn, liên tục có khả năng lan truyền phát tán

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: thuhaee@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4999>

chất ô nhiễm đi xa, có thể là nguy cơ làm suy giảm CLKK tại địa phương, gây ảnh hưởng tới sức khỏe cộng đồng và chất lượng cuộc sống của người dân sống xung quanh khu vực các nhà máy nhiệt điện. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng từ các nhà máy nhiệt điện đến CLKK xung quanh tại thành phố Cẩm Phả. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp thêm thông tin cho các nhà quản lý trong việc hoạch định chính sách và đưa ra những giải pháp phù hợp nhằm giảm thiểu ÔNKK tại địa phương.

2. Cơ sở số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở số liệu

- Dữ liệu nguồn thải và phát thải thu thập từ hệ thống quan trắc tự động, liên tục và kết nối, truyền dẫn số liệu về Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ninh [2].

- Dữ liệu môi trường nền thu thập từ khảo sát thực địa.

- Dữ liệu khí tượng trong vòng 12 tháng năm 2021 được thu thập tại Trạm quan trắc môi trường không khí xung quanh khu vực Cẩm Phả [3]. Các thông số khí tượng được thu thập gồm có: nhiệt độ, độ ẩm, khí áp, vận tốc gió và hướng gió. Các thông số khí tượng bổ sung được mô phỏng tính toán từ mô hình WRF. Bộ số liệu khí tượng thu thập được xử lý qua công cụ WPS (WRF Preprocessing System) và phần mềm AERMET View để tạo tập tin khí tượng bề mặt và cao không định dạng phù hợp với phần mềm AERMOD View. Bộ cơ sở dữ liệu khí tượng với số liệu định dạng theo từng giờ trong ngày (24/24 giờ) trong 365 ngày (năm 2021) bao gồm các thông số khí tượng như: nhiệt độ, độ ẩm, khí áp, bức xạ, vận tốc gió, hướng gió, lượng mưa, độ che phủ mây,...

2.2. Phương pháp so sánh quy chuẩn

Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp nhiệt điện QCVN 22:2009/BTNMT đối với một số thông số ô nhiễm trong khí thải, bụi của nhà máy nhiệt điện than để so sánh với quy chuẩn cho phép [4].

Kết quả quan trắc khí thải và bụi của các nhà máy nhiệt điện được đánh giá theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp nhiệt điện QCVN 22:2009/BTNMT và so sánh với nồng độ tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong khí thải công nghiệp nhiệt điện. Nồng độ tối đa cho phép của từng thông số phụ thuộc vào công suất của nhà máy và đặc trưng vùng, khu vực tiếp nhận.

$$C_{\max} = C \times K_p \times K_v$$

Trong đó:

C_{\max} : nồng độ tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong khí thải công nghiệp nhiệt điện (mg/Nm^3);

C: nồng độ của các thông số ô nhiễm trong khí thải công nghiệp nhiệt điện quy định trong QCVN 22:2009/BTNMT;

K_p : hệ số công suất;

K_v : hệ số vùng, khu vực.

Quy chuẩn kỹ thuật địa phương về CLKK xung quanh tỉnh Quảng Ninh QCĐP 4:2020/QN, thông qua các thông số được quy định để đánh giá CLKK xung quanh khu vực chịu ảnh hưởng từ hoạt động phát thải khí thải, bụi từ các nhà máy nhiệt điện than tại thành phố Cẩm Phả [5].

Ngày 21/7/2020, Ủy ban nhân dân tỉnh Quảng Ninh ra Quyết định số 2476/QĐ-UBND về việc ban hành quy chuẩn kỹ thuật địa phương về môi trường trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh. Do vậy, tác giả đã tính toán và so sánh kết quả quan trắc khí thải, bụi của các nhà máy nhiệt điện với quy chuẩn kỹ thuật địa phương về khí thải công nghiệp đối với bụi và các chất vô cơ tỉnh Quảng Ninh QCĐP 5:2020/QN. Nồng độ tối đa cho phép của từng thông số phụ thuộc vào lưu lượng nguồn thải và đặc trưng vùng, khu vực tiếp nhận [6].

Đối với các nhà máy nhiệt điện tại thành phố Cẩm Phả có lưu lượng nguồn thải $P > 100,00$ nên $K_p = 0,8$; Khu vực các nhà máy nhiệt điện thuộc khu vực nội thị đô thị loại II nên $K_v = 0,8$.

$$C_{\max} = C \times K_p \times K_v$$

Trong đó:

C_{\max} : nồng độ tối đa cho phép của bụi và các chất vô cơ trong khí thải công nghiệp (mg/Nm^3);

C: nồng độ của bụi và các chất vô cơ quy định QCDP 5:2020/QN;

K_p : hệ số lưu lượng nguồn thải;

K_v : hệ số vùng, khu vực.

2.3. Phương pháp mô hình hóa

Phương pháp mô hình hóa toán học ứng dụng trong môi trường không khí được trình bày chi tiết trong [7, 8-10]. Để ứng dụng phương pháp này trong việc mô phỏng quá trình lan truyền chất ô nhiễm phát thải từ ống khói cụm nhà máy ĐCP, MD1 và MD2, phần mềm AERMOD VIEW version 10.2.1 đã được lựa chọn trong nghiên cứu này. Mô hình AERMOD (The ASM/EPA Regulatory Model) được phát triển dựa trên mô hình AERMIC bởi cơ quan khí tượng và Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ. Mô hình AERMOD là một hệ thống tích hợp bao gồm ba phần:

- Mô hình phân tán (AERMIC) là mô hình trạng thái ổn định tính toán phân tán các chất gây ÔNKK phát thải từ các nguồn công nghiệp.

- Mô đun xử lý khí tượng (AERMET): xử lý các số liệu khí tượng bề mặt và cao không.

- Mô đun xử lý địa hình (AERMAP): xử lý dữ liệu địa hình trong miền tính và điểm tiếp nhận.

$$\{x_r; y_r; z\} = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\bar{u}\sigma_{zs}} \cdot F_y \cdot \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h_{es}+2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) \right] \quad (1)$$

Nồng độ các chất ô nhiễm tại bề mặt của nguồn phát thải điểm được tính theo công thức (1).

Trong đó:

$C_s(x,y,z)$: nồng độ chất ô nhiễm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Q: lượng phát thải chất ô nhiễm (g/s);

u: tốc độ gió (m/s);

Z_{ieff} : độ cao lớp xáo trộn hiệu quả (m);

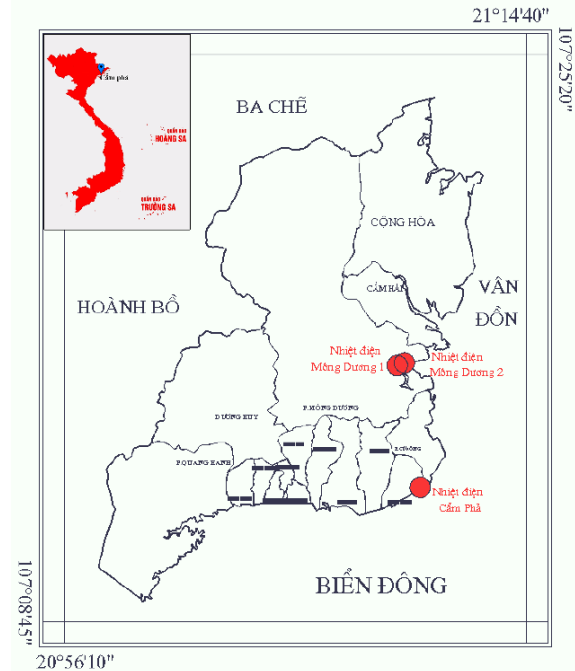
σ_{zs} : hệ số khuếch tán (m);

h_{es} : độ cao hiệu dụng ống khói (m);

F_y : hàm phân phối xác suất.

- Trong nghiên cứu này, kịch bản tính toán phát thải của các nhà máy được thiết lập với điều kiện hoạt động liên tục và không gián đoạn hay

Mô hình AERMOD áp dụng được cho các vùng nông thôn, thành thị, địa hình bằng phẳng, phức tạp và các loại nguồn thải khác nhau như nguồn điểm, nguồn đường, nguồn điện,... [8-10].



Hình 1. Vị trí 03 nhà máy nhiệt điện tại thành phố Cẩm Phả.

thay đổi công suất trong suốt giai đoạn tính toán mô phỏng.

- Tích hợp dữ liệu địa hình trong quá trình tính toán mô phỏng lan truyền các chất ô nhiễm trong lớp khí quyển sát đất.

- Điều kiện mô phỏng quá trình phát tán khí thải trong môi trường không khí từ các nguồn thải công nghiệp (ống khói) được thực hiện với những giả thiết như sau:

- + Các trạng thái ổn định, vận tốc gió và chế độ rối không thay đổi theo thời gian, đặc trưng của chúng là các giá trị trung bình trong 1 giờ;

- + Dòng chảy đồng nhất, vận tốc gió và chế độ rối không thay đổi theo không gian;

+ Các chất ô nhiễm có tính trơ, không có phản ứng hóa học, sinh học, bản chất tự nhiên của khí thải sẽ không thay đổi trong suốt quá trình tính toán, bỏ qua những tác nhân đồng hoá khí thải hay phân rã - tổng hợp khí thải;

+ Có sự phản xạ tuyệt đối của bề mặt đất đối với luồng khói, không có hiện tượng mặt đất hấp phụ chất ô nhiễm.

Bảng 1. Đặc tính ống khói của 03 nhà máy nhiệt điện than tại thành phố Cẩm Phả [11-13]

STT	Ký hiệu		Cao độ địa hình (m)	Cao độ ống khói (m)	Bán kính (m)	Lưu tốc (m/s)
1	Nhà máy nhiệt điện Cẩm Phả	OK1	3	155	2,5	6,63
2		OK2	3	155	2,5	7,72
3		OK3	3	155	2,5	11,58
4		OK4	3	155	2,5	6,10
5	Nhà máy nhiệt điện Mông Dương 1	OK5	7	200	2,3	10,65
6		OK6	7	200	2,3	23,00
7		OK7	7	200	2,3	12,10
8		OK8	7	200	2,3	12,99
9	Nhà máy nhiệt điện Mông Dương 2	OK9	7	208	2,5	10,07
10		OK10	7	208	2,5	41,03

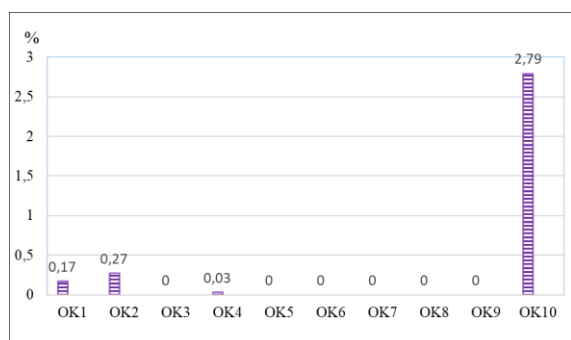
Ghi chú : OK - Ống khói.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Đánh giá tính tuân thủ hoạt động phát thải khí của các nhà máy nhiệt điện than tại thành phố Cẩm Phả

Kết quả tần suất vượt chuẩn của khí thải và bụi trung bình giờ trong năm 2021 của 10 ống khói tại 03 máy nhiệt điện được trình bày trong các Hình 2, 3, 4.

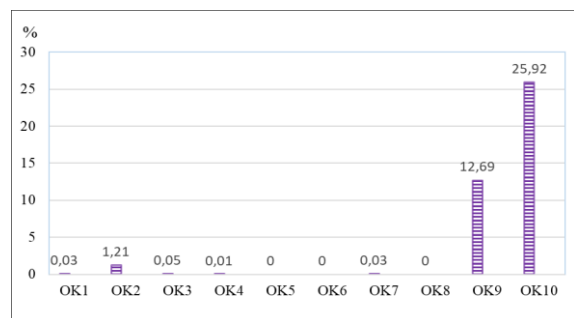
3.1.1. Đối với thông số Bụi tổng (TSP)



Hình 2. Tần suất vượt chuẩn phát thải bụi tổng năm 2021.

Từ Hình 2 nhận thấy, phát thải bụi TSP trung bình giờ từ OK1, OK2, OK4 và OK10 vẫn có một số giờ có nồng độ phát thải vượt quy chuẩn cho phép, đặc biệt là OK10 có tần suất vượt chuẩn cao nhất là 2,79% với mức độ vượt chuẩn cao nhất là 3,52 lần Tuy nhiên, mức độ vượt chuẩn cao nhất lại xuất hiện tại OK2 với giá trị là 4,29 lần.

3.1.2. Đối với thông số NO_x



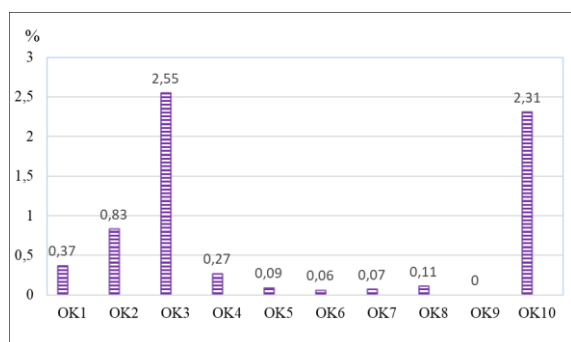
Hình 3. Tần suất vượt chuẩn phát thải NO_x năm 2021.

Đáng chú ý nồng độ khí NO_x phát thải từ OK10 tại Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 2

khá cao, tần suất vượt chuẩn là 25,92%, mức phát thải NO_x cao nhất gấp 4,04 lần so với QCDP 5:2020/QN.

Với lượng phát thải khí lớn như vậy, CLKK xung quanh khu vực cũng bị ảnh hưởng.

3.2.3. Đối với thông số SO_2



Hình 4. Tần suất vượt chuẩn phát thải SO_2 năm 2021.

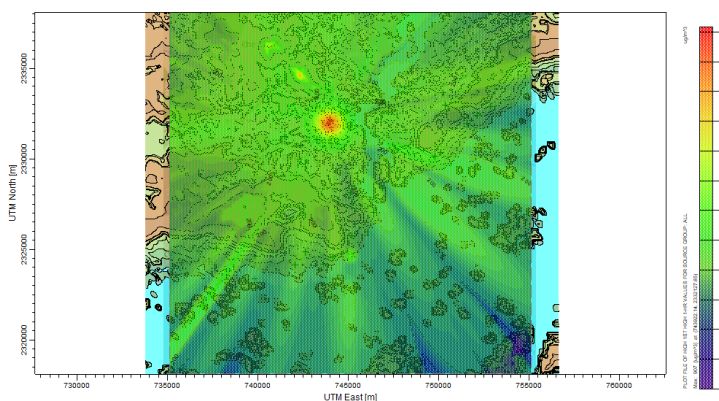
Từ Hình 4 nhận thấy, chỉ có nồng độ khí SO_2 trung bình giờ phát thải từ OK9 tại Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 2 đạt quy chuẩn cho phép. Tần suất vượt chuẩn của 9 ống khói còn lại

dao động từ 0,06% - 2,55%. Mức phát thải khí SO_2 cao nhất tại OK2, vượt chuẩn 7,17 lần so với quy chuẩn cho phép.

Từ chuỗi số liệu phát thải được quan trắc tự động tại các ống khói của 3 nhà máy nhiệt điện trong một năm 2021 nhận thấy các số liệu phát thải cao vượt quy chuẩn thường là các số liệu đo được tại các thời gian đo gần nhau. Do vậy, nguyên nhân của sự phát thải cao vượt quy chuẩn có thể là do vào một số thời điểm các nhà máy hoạt động với công suất lớn hơn dẫn đến gia tăng sự phát thải, hoặc có thể do hệ thống xử lý bụi và khí thải của các nhà máy gặp trục trặc.

3.2. Kết quả mô phỏng lan truyền

Nghiên cứu này đã thiết lập kịch bản tính toán, mô phỏng lan truyền các chất ô nhiễm phát thải từ tổ hợp các ống khói nhà máy nhiệt điện MD1, MD2 và ĐCP. Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy khi hoạt động của các nhà máy nhiệt điện diễn ra bình thường, nồng độ bụi TSP, khí SO_2 và khí NO_2 trung bình ngày tại các khu vực xung quanh nhà máy đều nằm trong quy chuẩn cho phép hiện hành (QCDP 4:2020/QN).



Hình 5. Nồng độ TSP trung bình giờ (cao nhất).

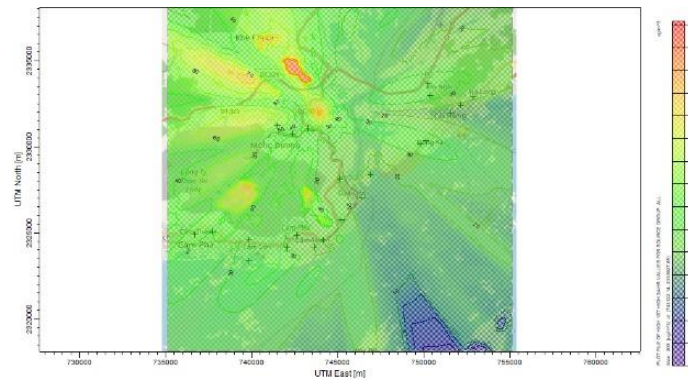
Tuy nhiên, tại một số vị trí nồng độ bụi TSP trung bình giờ xấp xỉ và vượt quy chuẩn cho phép hiện hành như khu vực trường Trung học Cơ sở Mông Dương nồng độ bụi TSP trung bình giờ vượt quy chuẩn 1,2 lần (QCDP 4:2020/QN; TSP trung bình giờ: $300\mu\text{g}/\text{m}^3$). Đáng chú ý nồng độ khí SO_2 và khí NO_2 trung bình giờ tại

hiều nơi trong khu vực xung quanh nhà máy đều vượt quy chuẩn cho phép, vùng phân bố ô nhiễm khí độc trải rộng ở phía Tây-Tây Bắc Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1, Mông Dương 2. Nhiều khu vực dân cư xung quanh nhà máy có nồng độ khí SO_2 , NO_2 vượt quy chuẩn hiện hành, một số khu vực nhạy cảm như tại Ủy ban

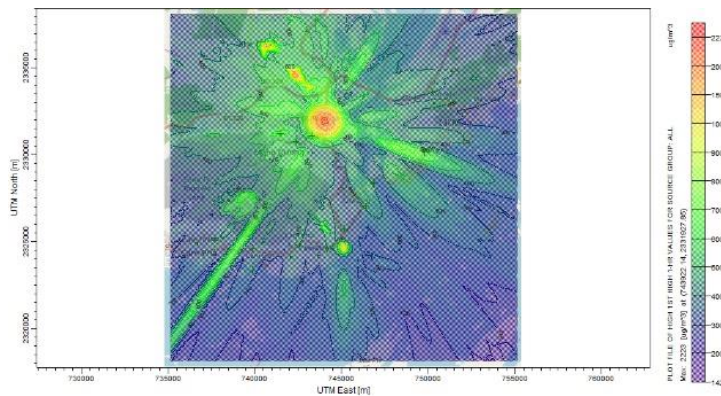
nhân dân xã Đông Xá, Ủy ban nhân dân phường Mông Dương, Tiểu học Đông Xá và Trung học Cơ sở Mông Dương, nồng độ khí SO_2 vượt quy chuẩn cho phép tương ứng từ 1,3; 1,7; 1,8 và 1,9 lần (QCĐP 4:2020/QN; SO_2 trung bình giờ: $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tương ứng nồng độ khí NO_2 vượt quy chuẩn cho phép từ 1,7; 1,8; 1,9 và 2,2 lần (QCĐP 4:2020/QN; NO_2 trung bình giờ: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Các khu vực dân cư lân cận và vùng đồi núi phía Tây Bắc, Tây-Tây Bắc của cụm nhà máy nhiệt điện Mông Dương 1,2 chịu nhiều tác động hơn so với các khu vực khác.

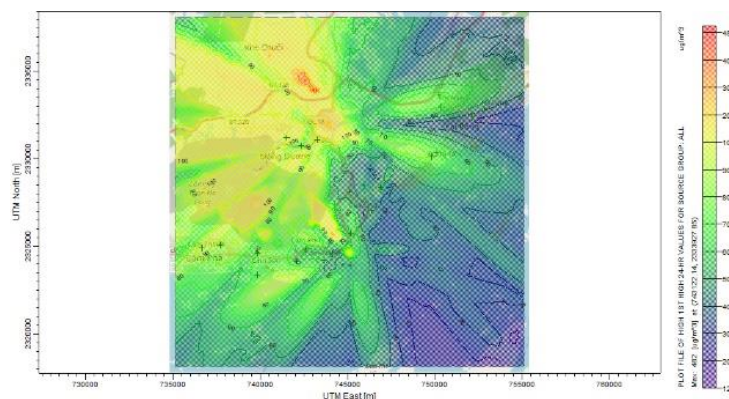
Kết quả mô phỏng lan truyền bụi và khí độc được trình bày trong các bản đồ ô nhiễm từ Hình 5 đến Hình 10.



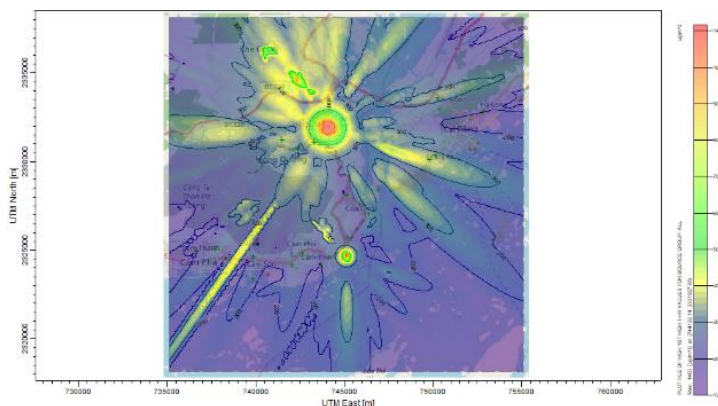
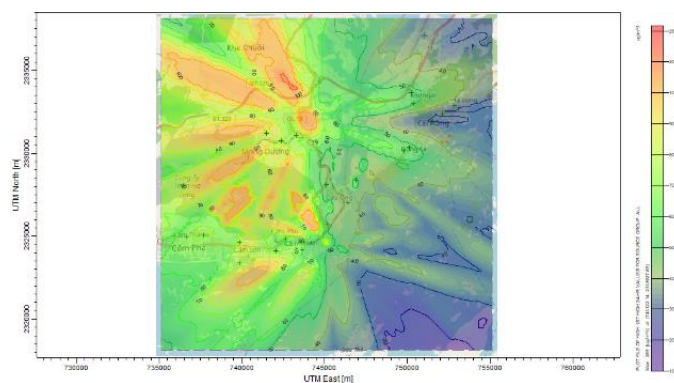
Hình 6. Nồng độ TSP trung bình ngày (cao nhất).



Hình 7. Nồng độ SO_2 trung bình giờ (cao nhất).



Hình 8. Nồng độ SO_2 trung bình ngày (cao nhất).

Hình 9. Nồng độ NO_2 trung bình giờ (cao nhất).Hình 10. Nồng độ SO_2 trung bình ngày (cao nhất).

4. Kết luận

Dựa trên việc phân tích, xử lý các số liệu khí thải, nhìn chung tại cả 03 nhà máy nhiệt điện vẫn có một số giờ có nồng độ phát thải vượt quy chuẩn cho phép, với tần suất vượt chuẩn cao nhất tương ứng là 2,79% đối với bụi TSP, 25,92% đối với NO_x tại MD2 và 8% đối với SO_2 tại MD1. Mức độ vượt chuẩn cao nhất có giá trị là 4,29, 4,04 và 7,17 lần tương ứng với bụi TSP, NO_x và SO_2 . Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng nồng độ NO_2 trung bình giờ có nơi vượt 2,7 lần so với quy chuẩn địa phương QCVN 4:2020/QN về chất lượng môi trường không khí xung quanh.

Qua kết quả mô phỏng ÔNKK từ ống khói cụm nhà máy nhiệt điện ĐCP, MD1 và MD2 cho thấy: tại một số vị trí, nồng độ bụi TSP trung bình giờ xấp xỉ và vượt quy chuẩn cho phép hiện hành. Đáng chú ý nồng độ khí SO_2 và khí NO_2

trung bình giờ tại nhiều nơi trong khu vực xung quanh nhà máy đều vượt quy chuẩn cho phép đặc biệt vùng phân bố ô nhiễm khí độc trải rộng ở phía Tây-Tây Bắc nhà máy MD1, MD2. Nhiều khu vực dân cư xung quanh nhà máy và khu vực nhạy cảm như trường học cần chú ý nồng độ khí SO_2 , NO_2 đã vượt quy chuẩn cho phép hiện hành.

Như vậy, khuyến cáo nhà máy có giải pháp nâng cao hiệu suất hệ thống xử lý khí thải (SO_2 ; NO_2), có các quy định cụ thể triển khai ứng phó kịp thời khi hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố cũng như cải tiến công nghệ lò đốt và sử dụng nhiên liệu thân thiện môi trường.

Tài liệu tham khảo

- [1] N. C. Nam, Coal Thermal Power in the World and Vietnam: Current Status - Development Trend,

- Electronic Environmental Industry Magazine, 2020, <https://congnghiepmoitruong.vn/nhiet-dien-than-the-gioi-va-viet-nam-hien-trang-xu-the-phat-trien-4852.html> (accessed on: May 14th, 2023) (in Vietnamese).
- [2] Automatic Air Quality Monitoring Station in Cam Pha Area, Meteorological Monitoring Data Set of Quang Ninh Province, 2021 (in Vietnamese).
- [3] Natural Resources and Environment Monitoring Center - Department of Natural Resources and Environment of Quang Ninh Province, Automatic and Continuous Emission Monitoring Data Set, 2021 (in Vietnamese).
- [4] Ministry of Natural Resources and Environment, National Technical Regulation on Emission of Thermal Power Industry QCVN 22:2009/BTNMT, 2009 (in Vietnamese).
- [5] People's Committee of Quang Ninh Province, Quang Ninh Environmental Technical Regulation on Ambient Air Quality QCDP 4:2020/QN, 2020 (in Vietnamese).
- [6] People's Committee of Quang Ninh Province, Quang Ninh Environmental Technical Regulation on Industrial Emission of Inorganic Substances and Dusts QCDP 5:2020/QN, 2020 (in Vietnamese).
- [7] P. N Ho, D. K. Loan, T. T. Thanh, Air Environment Fundamentation, Education Publishing House, Hanoi, 2009 (in Vietnamese).
- [8] A. J. Cimorelli, Akula Venkatram, AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization, 2005.
- [9] Environmental Protection Agency, AERMOD: Description of Model Formulation, 2004.
- [10] Venkata, Comparison of AERMOD and ISCST3 Model for Particulate Emissions from Ground Level Sources, Texas A&M University, 2009.
- [11] Cam Pha Thermal Power Plant, Technical Parameters and Characteristics of the Chimney of Cam Pha Thermal Power Plant, 2022 (in Vietnamese).
- [12] Mong Duong 1 Thermal Power Plant, Technical Parameters and Characteristics of the Chimney of Mong Duong 1 Thermal Power Plant, 2022 (in Vietnamese).
- [13] Mong Duong 2 Thermal Power Plant, Technical Parameters and Characteristics of the Chimney of Mong Duong 2 Thermal Power Plant, 2022 (in Vietnamese).