

Tính toán mô phỏng lan truyền carbon monoxit trong không khí quanh trường bắn bằng mô hình khí tượng AERMOD

Trần Tuấn Việt¹, Trần Ngọc Lam Tuyền¹, Nguyễn Thị Ngọc Phượng¹,
Trần Hải Nam², Nguyễn Tất Thành^{1*}

¹Viện Nhiệt đới môi trường;

²Phòng Khoa học quân sự Quân khu 7.

*Email: thanh.vittep@gmail.com

Nhận bài: 29/8/2022; Hoàn thiện: 05/11/2022; Chấp nhận đăng: 28/11/2022; Xuất bản: 20/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.FEE.2022.237-243>

TÓM TẮT

Trường bắn là nơi huấn luyện, diễn tập bắn đạn thật, hội thi, hội thao, kiểm tra, thử nghiệm vũ khí và hủy các loại bom đạn quá hạn sử dụng. Bên cạnh việc phát sinh các nguồn gây ô nhiễm như nước thải, chất thải rắn, hoạt động của trường bắn cũng phát thải một số chất ô nhiễm không khí, một trong những sản phẩm chính từ quá trình cháy nổ này là carbon monoxit (CO). Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mô phỏng quá trình lan truyền CO trong không khí từ hoạt động của trường bắn trên cơ sở ứng dụng hệ mô hình khí tượng TAPM và mô hình chất lượng không khí AERMOD. Kết quả từ mô hình cho thấy chỉ một số thời điểm ngắn trong năm có nồng độ CO trung bình một giờ cao nhất là 51.193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ở vùng diện tích là 200 m x 200 m ở ngay trong khu vực bắn. Kết quả mô phỏng cũng được ứng dụng xây dựng các kịch bản nhằm kiểm soát và giảm thiểu ô nhiễm không khí phát sinh từ hoạt động này góp phần bảo vệ môi trường không khí xung quanh.

Từ khóa: Lan truyền CO; Kiểm soát ô nhiễm không khí; TAMP; AERMOD.

1. GIỚI THIỆU

Trường bắn là nơi diễn tập bắn đạn thật, hội thi, hội thao, kiểm tra, thử nghiệm vũ khí và hủy các loại bom đạn quá hạn sử dụng. Hệ thống trường bắn của quân đội được xây dựng ở hầu hết các địa phương trong cả nước với mức độ quy mô khác nhau.

Trong quá trình hoạt động huấn luyện, diễn tập bắn đạn thật thì việc phát sinh các chất ô nhiễm ra môi trường. Để ứng phó tốt các sự cố về môi trường chúng ta cần dự đoán trước về mức độ và hướng phát tán của các chất ô nhiễm.

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã dùng mô hình AERMOD để tập trung đánh giá mức độ ô nhiễm và hướng phân tán của khí carbonmonoxit có rất nhiều trong các sản phẩm cháy của thuốc nổ.

Theo các phương trình cháy nổ đã tổng hợp, loại khí sản phẩm chính của các quá trình này là CO₂, CO, H₂, N₂, O₂, và hơi H₂O. Như vậy, chỉ có khí CO được xem là loại khí độc đặc trưng trong hỗn hợp khí của sản phẩm cháy nổ. Do khả năng khuếch tán và di chuyển trong môi trường không khí CO có thể gây nhiều ảnh hưởng đến sức khỏe con người như các bệnh về tim mạch, suy giảm oxy cung cấp cho tim [1].

Trên thế giới và trong nước đã có nhiều nghiên cứu sử dụng mô hình TAPM để nghiên cứu khí tượng bề mặt và theo độ cao. Mô hình gồm 3 thành phần: AERMOD (Mô hình phân tán AERMIC), AERMAP (Công cụ địa hình của AERMOD) và AERMET (Công cụ khí tượng của AERMOD). Từ năm 1991, mô hình AERMOD đã được phát triển bởi Cơ quan Khí tượng và Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ. Một nhóm các nhà khoa học (gọi tắt là AERMIC) đã hợp tác xây dựng mô hình AERMOD. Mô hình AERMOD gồm một loạt các lựa chọn cho việc mô phỏng chất lượng không khí tác động bởi các nguồn thải, xây dựng các lựa chọn phổ biến cho nhiều ứng dụng).

Mô hình TAPM là một mô hình thuộc Tổ chức Nghiên cứu Công nghiệp và Khoa học của Úc – Common Wealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Mô hình này được dùng để mô phỏng điều kiện khí tượng và nồng độ ô nhiễm không khí trong không gian 3 chiều. Đây cũng là hai chức năng chính của mô hình. Các điều kiện khí tượng được sử dụng theo dạng mô hình Eulerian với các chức năng tính toán gió, nhiệt độ, áp suất,... và tính toán độ ổn định khí quyển. Mô hình này được sử dụng ở nhiều nơi, sử dụng các dữ liệu địa hình, loại đất và cây trồng, nhiệt độ mặt nước biển và phân tích các điều kiện khí tượng quy mô chung cho rất nhiều quốc gia, khu vực trên thế giới [2, 3]. Từ tháng 8 năm 2010, TAPM có sẵn khí tượng cho toàn cầu (ngoại trừ khu vực 2 cực). Vì vậy mô hình có thể sử dụng như một công cụ hỗ trợ khí tượng cho các mô hình lan truyền chất ô nhiễm không khí, đặc biệt là file khí tượng đầu vào cho mô hình AERMOD.

Nghiên cứu này đặt mục tiêu mô phỏng quá trình lan truyền CO từ hoạt động bắn đạn thật tại TBBB thuộc TB3 và Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí nhằm đánh giá tác động đến môi trường không khí xung quanh và đưa ra các đề xuất kiểm soát và giảm thiểu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giả thiết và tính toán số liệu đầu vào mô hình

Trường bắn quốc gia khu vực 3 (TB3)

TB3 chỉ tính toán cho khu vực huấn luyện, diễn tập của TBBB. Khu vực này do đặc thực tế thực hiện trong vòng 3 giờ đợt diễn tập của 1 tiểu đoàn bộ binh tấn công và Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí. Lượng đạn sử dụng khảo sát và giả định như sau:

+ Lượng đạn thực tế cho diễn tập trong 3 giờ “Bắn đạn thật trong chiến đấu tiên công khu vực 102 cho cBB1,2,3: 1.701 viên K56, 108 viên K53, 27 viên B41, 36 cối 60 và 1.500g thuốc nổ TNT.

+ Lượng đạn giả định 1 năm có khoảng 5 đợt diễn tập Tiểu đoàn bộ binh và trong thời gian trường bắn hoạt động cao điểm trong 10 tháng/12 tháng (300 ngày), ngày nào cũng có luyện tập bắn đạn thật: Giả định (50 lượt tập x 9 viên AK) +(50 lượt tập x 9 viên K54).

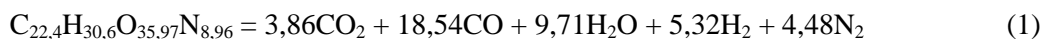
Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí (huyện Thạch Thất, Hà Nội)

Khu vực Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí sử dụng lượng đạn được giả định như sau:

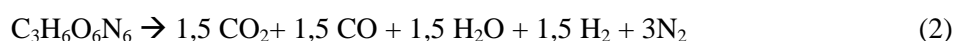
+ Lượng đạn thực tế cho huấn luyện trong 3 giờ: 1.800 viên K56.

+ Lượng đạn giả định 1 năm có khoảng 3 đợt huấn luyện, mỗi đợt 2 ngày.

Các loại đạn súng bộ binh K56, K51, K53 sử dụng loại thuốc phóng Nitroxenlulo (NC) chủ yếu là Pirocxilin chứa 12,98% Nitơ với khối lượng lần lượt là 1,6 g, 0,25 g, 3,2 g [4]. Phương trình số (1) thể hiện phản ứng biến đổi nổ của thuốc phóng [5]:



Đạn súng chống tăng (B41), đạn cối (cối 60): Bỏ qua sự tác động của thuốc phóng, thuốc cháy, chỉ xét tới các sản phẩm nổ từ thuốc nổ. Đạn B41 chứa 320 g thuốc nổ A-IX-1 có 96% Hexogen [4] và cối 60 chứa 500 g TNT [4] có phản ứng nổ lần lượt theo phương trình số (2) và (3) như sau [6]:



Tại khu vực tuyến bắn, lượng phát thải CO được tính từ lượng thuốc phóng bị cháy sinh ra; tại khu vực bia bắn, lượng phát thải CO được tính từ lượng thuốc nổ bị cháy sinh ra.

Các thông số chạy mô hình được tính toán kết quả trình bày trong bảng 1:

Bảng 1. Thông tin đầu vào chạy mô hình AERMOD.

Thời gian	Tổng lượng CO thoát ra tuyến bản (g)	Tổng lượng CO thoát ra khu bia bản (g)	Khu vực tuyến bản Dài (m) x Rộng (m)	Khu vực bia bản Dài (m) x Rộng (m)	Tọa độ tâm tuyến bản (WGS 84)	Tọa độ tâm bia bản (WGS 84)
<i>Trường bắn quốc gia khu vực 3 (TB3)</i>						
1 năm	137.539,9	33.597,5	500x150	800x600	10°50'45.6"N 107°26'37.3"E	10°50'23.0"N 107°26'60.0"E
Liên tục 3 giờ	1.591,4	6.719,5				
<i>Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí</i>						
1 năm	8.965,7	-	45x40	-	20°58'29.36"N 105°31'0.27"E	-
Liên tục 3 giờ	1.494,3	-				

2.2. Thiết lập mô hình TAMP khí tượng

Dữ liệu đầu vào là các dữ liệu quan trắc khí tượng toàn cầu cho các khu vực khác nhau trên thế giới, bao gồm: dữ liệu lưới cao độ địa hình toàn cầu, dữ liệu thảm thực vật, các loại đất, chỉ số diện tích lá (LAI), nhiệt độ bề mặt nước biển, khí tượng qui mô toàn cầu, thông tin về khu vực cảng mô phỏng như tọa độ, vị trí, địa hình, nhiệt độ trung bình các năm, diện tích mặt đất và nước, loại đất, phần trăm thực vật,... Các bước thiết lập và chạy mô hình khí tượng TAPM như sau:

- Bước 1: Cài đặt mô hình khí tượng TAPM;
- Bước 2: Khai báo dữ liệu đầu vào cho mô hình;
- Bước 3: Chạy mô hình và xuất kết quả.

2.3. Thiết lập bộ tiền xử lý khí tượng AERMET

Dữ liệu đầu vào được thu thập từ dữ liệu quan trắc khí tượng toàn cầu, bao gồm: hướng gió, vận tốc gió, nhiệt độ không khí, độ ẩm, áp suất khí quyển, lượng mưa, độ che phủ của mây, bức xạ mặt trời, độ cao xáo trộn. Các bước thiết lập như sau:

- Bước 1: Khai báo dữ liệu đầu vào cho mô hình:
 - + Dữ liệu khí tượng bề mặt;
 - + Dữ liệu khí tượng không gian.
- Bước 2: Chạy module;
- Bước 3: Xuất kết quả.

2.4. Thiết lập mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD

Các dữ liệu đầu vào cho mô hình AERMOD được chuẩn bị trong các tập tin đọc dữ liệu của mô hình. Sau đây là các dữ liệu thông tin cần thiết bao gồm: Vị trí của miền tính (tọa độ) và khoảng thời gian mô phỏng; Kích thước miền tính và độ phân giải (kích thước ô lưới); Dữ liệu kết quả mô phỏng khí tượng; Dữ liệu địa hình khu vực nghiên cứu; Dữ liệu tải lượng phát thải chất ô nhiễm từ các nguồn. Các bước cụ thể thiết lập AERMOD như sau:

- Bước 1. Thiết lập ô lưới và khu vực tính toán mô phỏng;
- Bước 2: Khai báo 02 tệp khí tượng cao không và bề mặt từ mô hình TAPM hoặc từ bộ tiền xử lý khí tượng AERMET;

- Bước 3: Xử lý địa hình khu vực nghiên cứu;
- Bước 4: Chọn thông số mô phỏng;
- Bước 5: Chạy mô hình;
- Bước 6: Xuất kết quả.

2.5. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Để thực hiện hiệu chỉnh và kiểm định mô hình AERMOD, nghiên cứu này sử dụng kết quả kết quả quan trắc các chất ô nhiễm không khí ngày 16 và 17/9/2020 do đề tài quan trắc trong trường bản TB3 tại tọa độ: 107°26'41,0''E ; 10°51'01,9''N, vào các thời điểm 6, 7, 8, 9, 10 giờ (Thời gian đo trong lúc “Bắn đạn thật trong chiến đấu tiến công khu vực 102 cho cBB1,2,3 và lúc không có bắn đạn thật).

Các công thức thống kê có thể được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình với P_i là giá trị mô phỏng và O_i là giá trị quan trắc:

Sai số mô phỏng, %:

$$S = \frac{100 * |P_i - O_i|}{O_i} \quad (4)$$

Giá trị $-15\% \leq S \leq 15\%$ thì kết quả mô phỏng gần giống với điều kiện thực tế [7].

Kết quả kiểm định mô hình mô phỏng chất lượng không khí AERMOD ngày 16-17/9/2020 (bảng 2) có sai số giữa kết quả mô phỏng và kết quả quan trắc là -3,84%. Vì vậy, mô hình AERMOD có thể mô phỏng tốt sự lan truyền ô nhiễm không khí từ các trường bắn của Việt Nam.

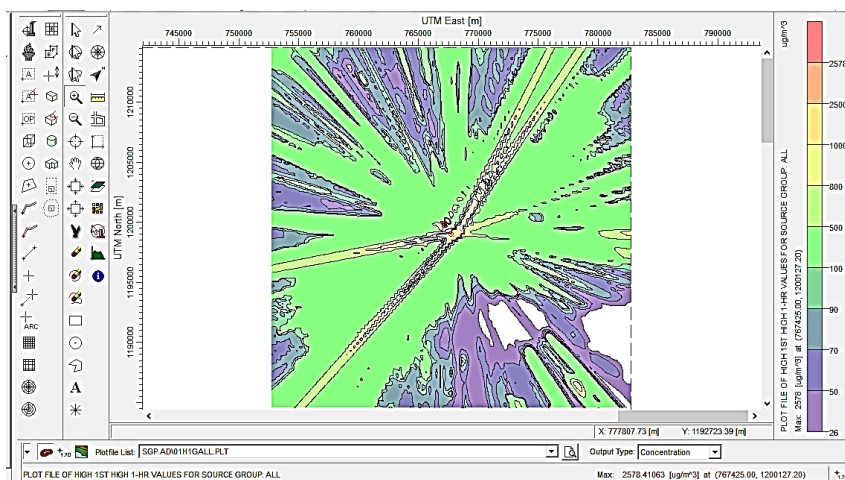
Bảng 2. Nồng độ CO trung bình 1 giờ tại TBBB thuộc TB3 và khu dân cư huyện Xuân Lộc, Đồng Nai.

Vị trí lấy mẫu	Kết quả O_i (mg/m^3)	Kết quả theo mô hình P_i (mg/m^3)	Sai số mô phỏng (%)
Khu vực vị trí cách tâm bắn 100 m theo hướng gió	54.2	53.7	0.92
Khu vực vị trí cách tâm bắn 200 m theo hướng gió	35.9	34.5	3.90
Khu vực vị trí cách tâm bắn 500 m theo hướng gió	4.4	4.2	4.55
Khu vực vị trí cách tâm bắn 1000 m theo hướng gió	4.3	4	6.98
Khu vực vị trí cách tâm bắn 2000 m theo hướng gió	3.5	3.6	2.86
Sai số mô phỏng TB			3.84

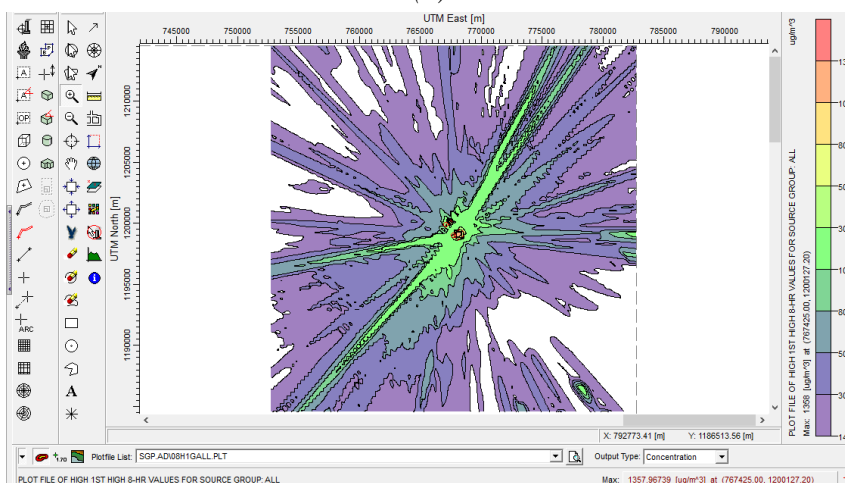
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trường bắn quốc gia khu vực 3 (TB3)

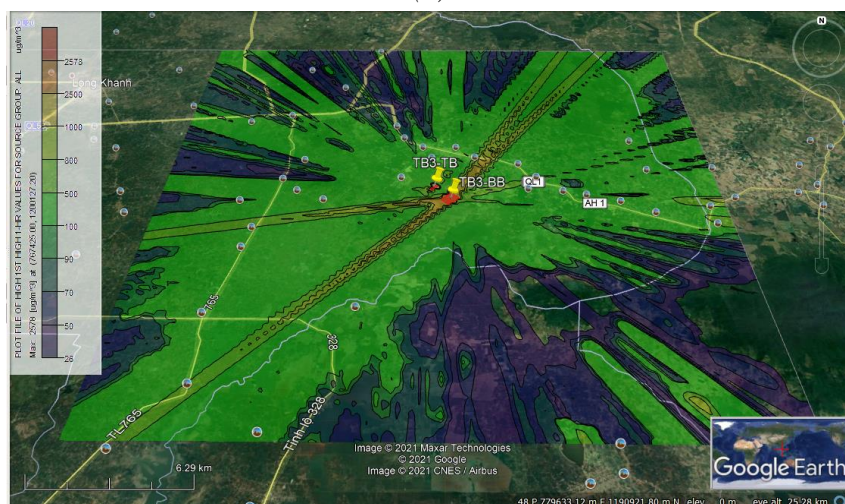
Trong khi đó, kết quả đo đạc ngay tại vị trí 100 m và 200 m cách khu vực diễn tập tại TBBB theo hướng gió cho thấy tại thời điểm tần suất bắn cao nhất nồng độ CO (trung bình 1 giờ) dao động trong khoảng 35.100 – 54.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kết quả này phản ánh nồng độ CO thực tế trong không gian diễn tập “Bắn đạn thật trong chiến đấu tiến công khu vực 102 cho cBB1,2,3”. Các vị trí xa hơn từ 500 m – 2.000 m theo hướng gió nồng độ CO đã giảm dần về khoảng 2.700 – 4.700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Điều này cho thấy, các khoảng không gian quá nhỏ, dữ liệu khí tượng, vi khí hậu áp vào mô hình AERMOD gặp trở ngại sai số. Tuy nhiên ở khoảng không gian lớn hơn, như trong nghiên cứu này là từ 500 m cách vị trí nguồn thải, mô hình AERMOD mô phỏng phát thải CO cho kết quả phù hợp với dữ liệu đo đạc thực tế.



(a)



(b)



(c)

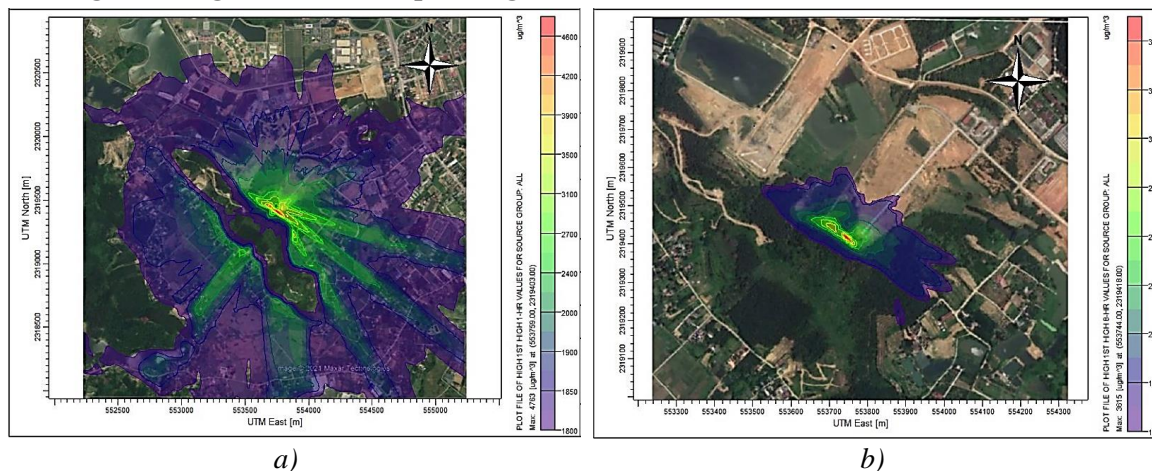
Hình 1. Giá trị CO trung bình 1 giờ và 8 giờ phát thải từ hoạt động diễn tập tại TB3 trên mô hình (a, b) và biểu đồ CO trung bình 1 giờ biểu diễn trên google earth khu vực TB3 (c).

Theo mô phỏng (hình 1c), phát thải CO từ khu vực TBBB có thể lan truyền ra xa đến khu vực đường Quốc lộ 1A cách 4,02 km theo hướng Đông Bắc của trường bắn. Tuy nhiên, nồng độ CO rất thấp so với quy chuẩn cho phép nên trường bắn không ảnh hưởng đến chất lượng không khí xung quanh. Thực tế rằng, các khu vực đông dân cư giá trị CO trong không khí còn bị ảnh hưởng bởi khí thải từ các phương tiện giao thông, và các hoạt động bắn từ các trường bắn khác thuộc TB3 tại một số thời điểm trong năm (tần suất thấp hơn TBBB). Kết quả này phù hợp với đo đạc CO trong không khí xung quanh tại các vị trí khu dân cư xung quanh trường bắn (huyện Xuân Lộc, Đồng Nai) năm 2020 [8] của nhiệm vụ bảo vệ môi trường do Viện Nhiệt đới môi trường thực hiện (bảng 3).

Bảng 3. Nồng độ CO trung bình 1 giờ tại TBBB thuộc TB3 và khu dân cư huyện Xuân Lộc, Đồng Nai.

Thời gian	CO khu dân cư quanh TB3 [8] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				CO cao nhất theo kết quả mô hình tại TBBB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO vị trí 2.000m cách TBBB theo hướng gió lúc có bắn đạn thật ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Cách TBBB 2.000m về phía Tây	Cách TBBB 7.000m về phía Bắc	Cách TBBB 13.000m về phía Đông	Cách TBBB 12.000m về phía Nam		
2/2020	4.200	4.600	5.300	4.500	5.558	2.800
5/2020	3.500	3.200	3.900	3.700		
6/2020	3.300	3.100	4.200	3.300		
8/2020	3.400	3.300	3.900	3.700		
10/2020	3.120	3.020	3.440	3.230		
11/2020	3.050	3.140	3.320	3.220		

Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí



Hình 2. Giá trị CO trung bình 1 giờ (a) và trung bình 8 giờ (b) phát thải từ hoạt động huấn luyện tại Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí.

Phân bố nồng độ CO trung bình 1 giờ dao động từ 1.760 - 4.762 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, giá trị lớn nhất đạt là 4.762 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hầu như rất thấp so với QCVN 05/2013/BTNMT (quy định CO $\leq 30.000\mu\text{g}/\text{m}^3$) cho khu vực xung quanh trường bắn. Phát thải CO cao nhất từ vị trí tuyến bắn, tuy nhiên, càng ra xa nồng độ CO càng giảm. Về phía Đông Nam có khu dân cư Xóm Mới cách Trường bắn khoảng 1km, tại đây nồng độ CO dao động từ 1.900 - 2.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, về phía Nam và Tây Nam có khu dân cư Đồng Xuân (cách Trường bắn khoảng 1,4km) và khu dân cư Đồng Chăm (cách Trường bắn khoảng 1km) giá trị nồng độ CO dao động từ 1.800 - 2.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ đều thấp hơn quy chuẩn cho phép nên không gây ảnh hưởng sức khỏe người dân ở các khu vực này.

Từ kết quả hình 2 có thể kết luận nồng độ CO trung bình 8 giờ dao động từ 1.758 - 3.615 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ thấp hơn so với giới hạn cho phép trung bình 8 giờ của QCVN 05/2013/BTNMT cho CO là 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vì vậy, trong quá trình huấn luyện bắn đạn thật, nồng độ CO không vượt quy chuẩn, không gây ảnh hưởng đến chất lượng không khí xung quanh và các khu dân cư gần trường bắn.

4. KẾT LUẬN

Kết quả cho thấy mô hình AERMOD kết hợp mô hình khí tượng TAPM có thể được ứng dụng mô phỏng tốt sự lan truyền ô nhiễm CO từ trường bắn của Việt Nam. Dữ liệu đo đạc thực tế và mô phỏng từ mô hình cho thấy lượng CO sinh ra do các hoạt động bắn đạn thật tại khu vực TBBB thuộc TB3 và khu vực Trường bắn súng bộ binh kết hợp thử nghiệm vũ khí ở mức rất thấp và không làm nồng độ CO tại các khu vực dân cư quanh trường bắn tăng cao vượt giá trị cho phép của QCVN 05:2013/BTNMT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (US.EPA), <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#Effects> (truy cập ngày 28/7/2021).
- [2]. Peter Hurley, Peter Manins, Sunhee Lee, Rhonda Boyle, Yuk Leung Ng, Piyaratne Dewundage, “Year-long, high-resolution, urban airshed modelling: verification of TAPM predictions of smog and particles in Melbourne, Australia”, Atmospheric Environment 37, 1899-1910, (2003).
- [3]. Peter Hurley, Mary Edwards and Ashok Luhar, “Evaluation of TAPM V4 for several meteorological and air pollution datasets”, Air Quality & Climate Change, 43-3, 19-24, (2009).
- [4]. Cục Quân Khí /Tổng cục Kỹ thuật, “Sổ tay Hướng dẫn sử dụng súng pháo, khí tài, đạn dược ở Trung đoàn và lữ đoàn pháo mặt đất”, NXB Quân đội nhân dân, 2009 (Lưu hành nội bộ).
- [5]. Ngô Văn Giao, “Tính chất thuốc phóng và nhiên liệu tên lửa”, Học viện Kỹ thuật quân sự, (2005).
- [6]. Phạm Hiền, Phạm Quốc Hùng, Ngô Thế Khuê (dịch), “Thuốc phóng thuốc nổ”, Học Viện Kỹ thuật quân sự, (1987).
- [7]. Ho Quoc Bang, Alain Clappier, Golay François, “Air pollution forecast for Ho Chi Minh City, Vietnam in 2015 and 2020”, Air Quality, Atmosphere & Health, Vol. 4, Issue 2, pp 145-158, (2011).
- [8]. Viện Nhiệt đới môi trường, “Quan trắc và phân tích môi trường vùng đất liền 2 và lắng đọng a xít khu vực miền Trung”, Nhiệm vụ Bộ Quốc Phòng, (2020).

ABSTRACT

Carbon monoxide transmission simulation in the ambient at Vietnam National Military Training Center No.3 and infantry shooting range combines weapons testing by AERMOD model

Vietnam National Military Training Center No.3 (TB3) and Infantry shooting range combine weapons testing (Thach That district, Ha Noi) are places for military training, live-fire drills, competitions, sports festivals, testing of weapons and destruction of expired bombs. Besides generating pollution sources such as wastewater, and solid waste, the operation of the training center also cause some air pollutants, one of the main products from the combustion process is carbon monoxide (CO). This study was carried out to simulate the CO spread in the air from the live-fire training at TB3 and Infantry shooting range, combining weapons testing using the TAPM meteorological model system and the AERMOD air quality model. The results from the model show that the highest 1h-average CO concentration in the area around TB3 was 5,558 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, which was similar to the previous monitoring results in this area. This set of parameters is applied to calculate the infantry shooting range combined with weapon testing, showing that the highest 1h-average CO concentration value was 4,762 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ at the firing line position lower than QCVN 05/2013/ BTNMT. The research data also proved that CO from live-fire training was not enough to cause air pollution around nearby residential areas.

Keywords: CO spread; Air pollution control; TB3; Infantry Shooting Range combined with weapons testing; TAMP; AERMOD.