



Original Article

## Evaluation of Mass Concentration and Size Distribution of Fine Particles (PM<sub>2.5</sub>) in Bien Hoa City, Dong Nai Province

Bui Duy Linh<sup>1,2</sup>, Hoang Anh Le<sup>1,\*</sup>, Nghiem Xuan Truong<sup>2</sup>,  
Nguyen Viet Thanh<sup>1</sup>, Nguyen Thi Nang<sup>2</sup>, Nguyen Ngoc Hung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Department of Chemistry and Environment, Vietnam-Russian Tropical Center

63 Nguyen Van Huyen, Nghia Do, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

Received 09 January 2022

Revised 08 March 2022; Accepted 08 March 2022

**Abstract:** Air pollution is one of the most concerning environmental issues, in which fine inhalable particles (PM<sub>2.5</sub>, with diameters that are generally 2.5 micrometers and smaller) concentration plays a key part. Bien Hoa city contains and locates close to several large industrial zones that might create sources of PM<sub>2.5</sub> polluting the local air quality. This study monitors and evaluates PM<sub>2.5</sub> concentration trends in Bien Hoa airport of Dong Nai province. PM samples are analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) to recognize the surface pattern and size distributions are analyzed by ImageJ software. Ten samples of PM<sub>2.5</sub> were obtained from sampling collected in October 2021. The results show that 24-h PM<sub>2.5</sub> mass concentrations were from 15.2 µg/m<sup>3</sup> - 50.4 µg/m<sup>3</sup> with an average of 28.2 µg/m<sup>3</sup>; median of 24.1 µg/m<sup>3</sup>; and standard deviation of 12.2 µg/m<sup>3</sup>. The values are lower than the Vietnam National Technical Regulation on Ambient Air Quality (QCVN 05:2013/BTNMT) but far higher than the recommended values of the World Health Organization (WHO). SEM and image results indicate the distributions of the particles of 2.0 - 2.5 µm are minor, where the majority are particles with aerodynamic diameter ≤ 1.0 µm.

**Keywords:** Air pollution; Fine particulate matters; PM<sub>2.5</sub>; Size distribution, Bien Hoa, Dong Nai.

\* Corresponding author.

E-mail address: [leha@vnu.edu.vn](mailto:leha@vnu.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnu.ees.4862>

# Đánh giá nồng độ và phân bố cấp hạt trong bụi mịn (PM<sub>2.5</sub>) khu vực thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai

Bùi Duy Linh<sup>1,2</sup>, Hoàng Anh Lê<sup>1,\*</sup>, Nghiêm Xuân Trường<sup>2</sup>,  
Nguyễn Việt Thanh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Năng<sup>2</sup>, Nguyễn Ngọc Hưng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Phân viện Hóa - Môi trường, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga  
63 Nguyễn Văn Huyền, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 09 tháng 01 năm 2022

Chỉnh sửa ngày 08 tháng 3 năm 2022; Chấp nhận đăng ngày 08 tháng 3 năm 2022

**Tóm tắt:** Chất lượng không khí (CLKK) là chủ đề được quan tâm nhất trong giai đoạn hiện nay, trong đó đáng chú ý là nồng độ bụi mịn PM<sub>2.5</sub>. Thành phố Biên Hòa là nơi phân bố và tiếp giáp với nhiều khu công nghiệp lớn ở các tỉnh thành lân cận. Do vậy nguồn ô nhiễm bụi mịn PM<sub>2.5</sub> có tác động lớn đến chất lượng không khí địa phương. Nghiên cứu này thực hiện quan trắc và đánh giá diễn biến nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> tại khu vực sân bay Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. Các mẫu bụi được phân tích hình thái bề mặt bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscopy, SEM) và phân tích phân bố kích thước hạt bằng phần mềm ImageJ. Kết quả thu thập được 10 mẫu bụi PM<sub>2.5</sub> trong tháng 10 năm 2021. Giá trị trung bình ngày nồng độ PM<sub>2.5</sub> dao động từ 15,2 µg/m<sup>3</sup> - 50,4 µg/m<sup>3</sup>; giá trị trung bình: 28,2 µg/m<sup>3</sup>; trung vị: 24,1 µg/m<sup>3</sup>; độ lệch chuẩn: 12,2 µg/m<sup>3</sup>. Mức nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> như vậy thấp hơn giá trị giới hạn trong QCVN 05:2013/BTNMT, nhưng lại cao hơn rất nhiều so với ngưỡng khuyến cáo của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO). Kết quả chụp ảnh SEM và phân tích ảnh mẫu bụi PM<sub>2.5</sub> cho thấy tỷ lệ phân bố cấp độ hạt từ 2,0 - 2,5 µm là rất ít, chủ yếu là phân cấp hạt bụi siêu mịn có đường kính động học ≤ 1,0 µm.

**Từ khóa:** Ô nhiễm không khí (ÔNKK); Bụi mịn; PM<sub>2.5</sub>; Phân bố cấp hạt, Biên Hòa, Đồng Nai.

## 1. Mở đầu

Chất lượng không khí (CLKK) xung quanh được đánh giá dựa vào sáu thông số cơ bản, bao gồm: bụi (TSP, PM<sub>10</sub> và PM<sub>2.5</sub>), CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> và Pb trong các nghiên cứu và chương trình quản lý nhà nước; Trong đó nồng độ bụi mịn PM<sub>2.5</sub> luôn là thông số quan trọng, được quan tâm và chú ý nhất. Bụi mịn PM<sub>2.5</sub> là hạt vật chất có đường kính ≤ 2,5 µm, có khả năng di chuyển

rất xa nguồn phát thải theo quỹ đạo phức tạp [1], phụ thuộc tính chất lý-hóa của hạt [2-4] và các điều kiện khí tượng, địa hình khác nhau [3, 5-7]. Loại bụi mịn này hình thành từ các hạt bụi vật chất thông thường hoặc từ các hạt sol khí như cacbon, sunphua, nitơ và các hợp chất kim loại khác lơ lửng trong khí quyển [8]. Do tính chất hạt có kích thước nhỏ nên chúng có thể xâm nhập sâu vào phổi qua hệ thống hô hấp, tới tim và di chuyển vào mạch máu dẫn đến ảnh hưởng

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: leha@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4862>

nghiêm trọng đối với sức khỏe con người [3, 5, 6, 9, 10]. Theo công bố của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), hàng năm có khoảng 4,2 triệu người trên thế giới tử vong do tiếp xúc với môi trường không khí bị ô nhiễm [11].

Đối với bụi PM<sub>2.5</sub>, nguồn và tính chất vật lý (kích thước, hình dạng) của những hạt bụi mịn đã được nghiên cứu để tìm hiểu về tác động của chúng đến môi trường và sức khỏe con người. Gần đây, các nhà khoa học còn phát hiện ra những tác động của các hạt sol khí phụ thuộc rất nhiều vào kích thước hạt của nó, hạt càng nhỏ càng có mức tác động lớn [2, 12]. Kích thước hạt đóng một vai trò quan trọng đối với tốc độ lắng đọng của các hạt hoặc sol khí khi được hít vào các vùng khác nhau của hệ thống hô hấp [13]. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về ô nhiễm không khí (ÔNKK) chủ yếu được triển khai ở hai thành phố lớn và có mức ÔNKK cao nhất nước là Hà Nội và Hồ Chí Minh [5, 6, 14, 15]. Tuy nhiên rất ít các nghiên cứu về hình thái và phân bố cấp hạt. Các nghiên cứu phân cấp hạt bụi thường sử dụng thiết bị lấy mẫu phân tầng Cascade Impactor (Tisch Environment, Inc.) [16] hoặc Nanosampler II (Kanomax Japan Inc.) [17]. Theo đó các cấp độ kích thước hạt bụi được lấy mẫu đồng thời theo cấp bậc phân loại định sẵn của nhà sản xuất. Xu thế hiện nay các nhà khoa học trên thế giới đã và đang có nhiều nghiên cứu chuyên sâu hơn bằng cách sử dụng các công nghệ hiện đại như chụp ảnh mẫu bụi bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscopy, SEM) để cho kết quả chính xác, tin cậy ở mức cao hơn [4, 18-20].

Thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai là nơi tập trung rất nhiều các khu công nghiệp lớn nhỏ khác nhau, nằm giáp ranh với các thành phố lớn như thành phố Hồ Chí Minh, Bình Dương (Hình 1) nên CLKK chắc chắn bị ảnh hưởng [15, 21, 22]. Trong thời gian gần đây, nhiều dự án đã và đang tiến hành với mục tiêu tẩy độc chất độc màu da cam tại khu vực sân bay Biên Hòa cũng phần nào làm phát tán bụi và sol khí vào môi trường với các kích thước lớn nhỏ khác nhau [14]. Nghiên cứu này trình bày chương trình quan trắc bụi mịn PM<sub>2.5</sub> tại khu vực sân bay Biên Hòa để đánh giá diễn biến nồng độ bụi mịn trong thời

gian nghiên cứu. Các mẫu bụi mịn PM<sub>2.5</sub> được phân tích bằng phương pháp chụp ảnh SEM xem xét hình thái hạt bụi, và dùng phần mềm ImageJ để xác định sự phân bố cấp hạt trong mẫu bụi PM<sub>2.5</sub>. Nghiên cứu cho chúng ta thấy được mức độ biến động nồng độ bụi mịn PM<sub>2.5</sub> cũng như một số tính chất vật lý khác của chúng tại khu vực nghiên cứu (thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai). Đây cũng là dữ liệu, cơ sở khoa học góp phần thực hiện xây dựng Kế hoạch quản lý chất lượng môi trường không khí cấp tỉnh theo Công văn 3051/BTNMT-TCMT do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành vào 7/6/2021.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Thiết kế lấy mẫu bụi PM<sub>2.5</sub>

Các mẫu bụi PM<sub>2.5</sub> được thu thập trong khuôn viên sân bay quân sự thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. Tọa độ vị trí đặt thiết bị lấy mẫu là: 10°57'22,6"N - 106°49'06,2"E (Hình 1). Thiết bị lấy mẫu được đặt ở độ cao khoảng 10m so với mặt đất. Khoảng thời gian lấy mẫu liên tục từ 15/10/2021 đến 25/10/2021, là thời điểm được xem là mùa mưa tại khu vực nghiên cứu.

Mẫu bụi PM<sub>2.5</sub> được thu nhận bằng máy lấy mẫu bụi thể tích lớn TE-1000DBLX (Tisch Environment, Inc.), tốc độ dòng khí hút vào 200 L/phút, chất liệu giấy lấy lọc Quartz (đường kính  $\phi = 102$  mm). Chương trình lấy mẫu được bắt đầu từ khoảng 6h00 sáng ngày 15/10/2021 đến 7h00 ngày 25/10/2021. Thời gian lấy mẫu được đảm bảo là 24 h cho mỗi mẫu bụi PM<sub>2.5</sub>. Sau khi thu mẫu, giấy lọc được bảo quản trong hộp đựng petri thủy tinh chuyên dụng, chuyển về phòng thí nghiệm và xử lý sấy ở nhiệt độ 110°C trước khi cân bằng thiết bị cân trọng lượng Mettler Toledo XS205. Các thiết bị được kiểm định thường xuyên và bảo quản tại Phân viện Hóa - Môi trường, Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga. Nồng độ bụi trung bình một ngày đêm (24 h) được tính bằng công thức (1) như sau:

$$C = \frac{M_2 - M_1}{V} \quad (1)$$

Trong đó:

C: Nồng độ bụi trung bình một ngày đêm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );

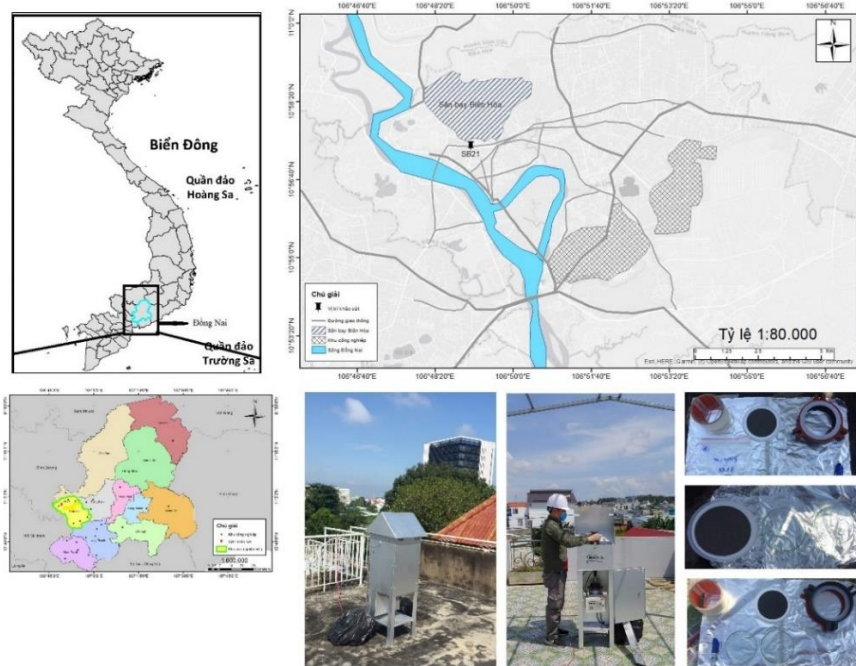
$M_1$ : Khối lượng giấy lọc trước khi lấy mẫu ( $\mu\text{g}$ );

$M_2$ : Khối lượng [giấy lọc + bụi  $\text{PM}_{2.5}$ ] sau khi lấy mẫu ( $\mu\text{g}$ );

V: Tổng thể tích dòng khí lấy mẫu trong suốt thời gian lấy mẫu ( $\text{m}^3$ ).

## 2.2. Phân tích cấu trúc và phân bố cấp hạt

Các mẫu bụi  $\text{PM}_{2.5}$  được phân tích cấu trúc vật liệu và phân tích ảnh SEM bằng thiết bị Hitachi S-4800 Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM-Scanservice) tại Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Ảnh SEM tiếp tục được xử lý để phân tích phân bố kích thước hạt bằng phần mềm ImageJ.



Hình 1. Vị trí và một số hình ảnh quan trắc bụi mịn tại sân bay Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai.

Bảng 1. Nồng độ bụi mịn  $\text{PM}_{2.5}$  tại sân bay Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai

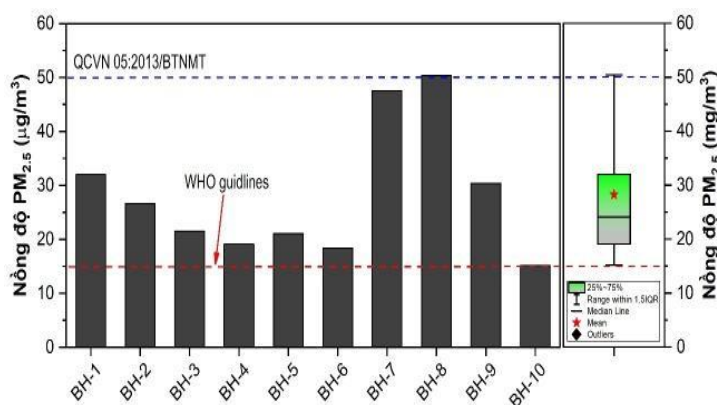
TT	Kí hiệu mẫu	Ngày lấy mẫu	Nồng độ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Giá trị thống kê ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	BH-1	15-16/10/2021	32,0	Trung bình: 28,2 Trung vị: 24,1 Độ lệch chuẩn: 12,2
2	BH-2	16-17/10/2021	26,7	
3	BH-3	17-18/10/2021	21,5	
4	BH-4	18-19/10/2021	19,1	
5	BH-5	19-20/10/2021	21,1	
6	BH-6	20-21/10/2021	18,4	
7	BH-7	21-22/10/2021	47,6	
8	BH-8	22-23/10/2021	50,4	
9	BH-9	23-24/10/2021	30,4	
10	BH-10	24-25/10/2021	15,2	

### 3. Kết quả và thảo luận

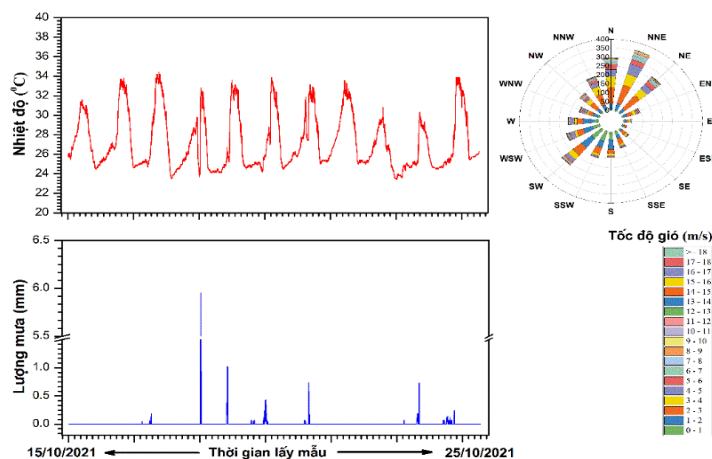
#### 3.1. Diễn biến nồng độ bụi mịn tại sân bay Biên Hòa

Trong thời gian lấy mẫu, tổng số có 10 mẫu bụi mịn PM<sub>2.5</sub> được thu thập và kết quả cân trọng lượng được liệt kê trong Bảng 1. Theo đó các kết quả nồng độ PM<sub>2.5</sub> tại khu vực này có khoảng dao động là 15,2 µg/m<sup>3</sup> - 50,4 µg/m<sup>3</sup>. Như vậy trong quá trình quan trắc chỉ có duy nhất mẫu BH-8 (ngày 23-24/10/2021) có giá trị vượt quá giá trị giới hạn trung bình ngày (50 µg/m<sup>3</sup>) trong QCVN 05:2013/BTNMT [23]. Mức ô nhiễm này thấp hơn nhiều so với các khu vực đô thị trong cả nước ở giai đoạn 2016-2019, với mức ô nhiễm vượt ngưỡng QCVN 05:2013/BTNMT từ 1,1 -

2,2 lần, thậm chí ở những đợt ÔNKK nghiêm trọng có thể vượt ngưỡng chuẩn đến 3 lần [14]. Mặc dù vậy rất đáng lo ngại khi tất cả các mẫu trên đều có nồng độ cao hơn, lên đến 3,5 lần giá trị giới hạn trung bình ngày (15 µg/m<sup>3</sup>) được khuyến nghị mới nhất bởi WHO năm 2021 [12]. Các giá trị thống kê về trung bình (28,2 µg/m<sup>3</sup>) và trung vị (24,1 µg/m<sup>3</sup>) cũng đều cao hơn khuyến nghị của WHO. Các giá trị thống kê ở Hình 2 cũng cho thấy rõ về bức tranh diễn biến nồng độ bụi mịn trong không khí xung quanh khu vực sân bay Biên Hòa, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. Nếu so sánh với giá trị giới hạn của quốc gia là 50 µg/m<sup>3</sup> thì CLKK khu vực này chưa có vấn đề nghiêm trọng. Tuy nhiên đối chiếu với khuyến nghị của WHO (15 µg/m<sup>3</sup>) thì CLKK khu vực đã không còn an toàn, trong lành.



Hình 2. Diễn biến nồng độ bụi tại sân bay Biên Hòa.



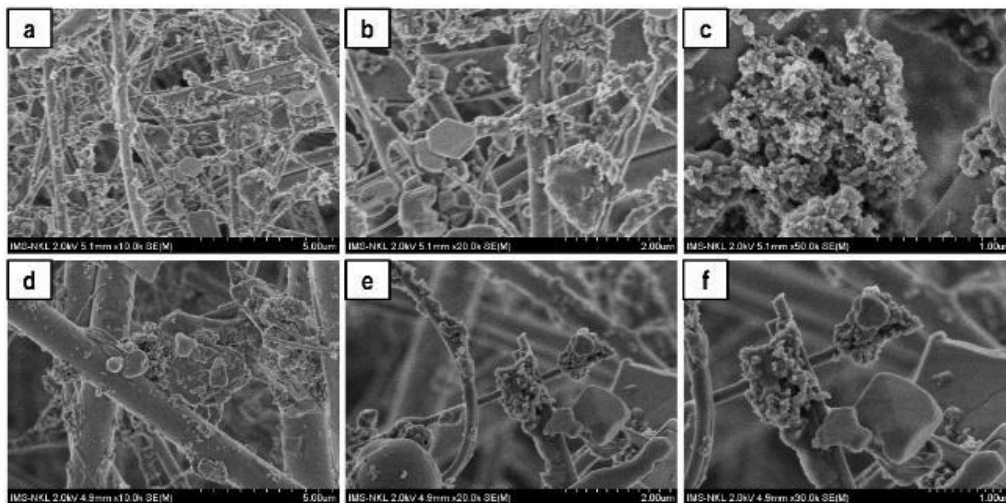
Hình 3. Diễn biến điều kiện khí tượng tại sân bay Biên Hòa trong thời gian lấy mẫu.

Cần chú ý rằng đợt lấy mẫu này diễn ra vào tháng 10/2021 là giai đoạn hạn chế mọi hoạt động trong tình trạng dịch bệnh COVID-19 đang diễn ra phức tạp, do vậy mức độ đóng góp của các nguồn ô nhiễm có phần giảm mạnh so với điều kiện bình thường. Nhật ký lấy mẫu và số liệu từ trạm khí tượng trong sân bay Biên Hòa ghi nhận trong thời gian lấy mẫu, nhiệt độ giao động trong khoảng từ 23,4 °C - 34,4 °C (Hình 3a), thông thường ban ngày nắng ráo nhưng chiều tối có mưa nhỏ (Hình 3b), hướng gió thịnh hành là Bắc-Đông Bắc và Tây-Tây Nam (Hình 3c). Điều kiện khí tượng cho thấy CLKK khu vực nghiên cứu có thể bị ảnh hưởng bởi hoạt động của các địa phương lân cận, đặc biệt các thành phố tập trung mật độ khu công nghiệp, sản xuất công nghiệp và giao thông vận tải lớn như

thành phố Hồ Chí Minh, Bình Dương (Hình 1, Hình 3c và [22]).

### 3.2. Cấu trúc phân cấp hạt trong mẫu bụi $PM_{2.5}$

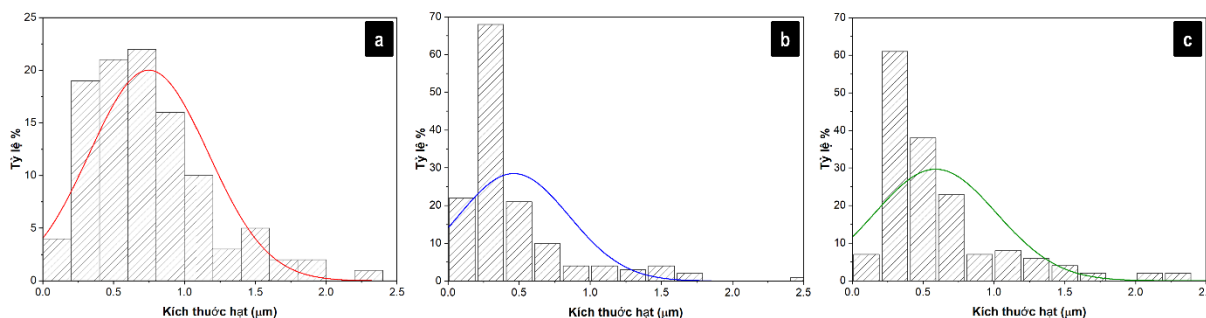
Hình 4 là các ảnh chụp đặc trưng về hình thái bề mặt của mẫu vật bụi mịn  $PM_{2.5}$  thu nhận được tại sân bay Biên Hòa, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. Các hạt bụi có mật độ tập trung cao, phân bố khá đồng đều trên bề mặt giấy lọc và nằm xen kẽ các cấu trúc sợi của giấy lọc dạng Quartz (Hình 4a, 4b, 4d, 4e). Cấu trúc bề mặt khi chụp mẫu ở độ phóng đại cao hơn (Hình 4c, 4f) cho thấy có thể dự đoán được số hạt bụi có kích thước nhỏ dạng siêu mịn (*ultrafine particles*) chiếm ưu thế, tỷ lệ hạt là rất cao.



Hình 4. SEM hình thái bề mặt mẫu bụi mịn  $PM_{2.5}$ .

Hình 5 trình diễn phân bố cấp độ hạt trong các mẫu bụi mịn  $PM_{2.5}$  thu nhận được sau khi chụp ảnh SEM và xử lý bằng phần mềm ImageJ. Kết quả cho thấy mặc dù mẫu thu nhận là bụi mịn  $PM_{2.5}$  nhưng cấp độ hạt có đường kính động học trong khoảng 2,0-2,5  $\mu\text{m}$  chiếm tỷ lệ rất ít. Phân bố cấp độ hạt 1,0-2,0  $\mu\text{m}$  cũng chiếm tỷ lệ không cao. Cấp độ hạt chủ yếu là những hạt bụi siêu mịn (*ultrafine particles*) có đường kính động học  $\leq 1,0 \mu\text{m}$ . Điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả chụp hình thái bề mặt của mẫu vật bụi mịn  $PM_{2.5}$  đã đề cập ở trên (Hình 4). Bước đầu có thể

nhận định rằng hàm lượng bụi mịn  $PM_{2.5}$  ở khu vực này có đóng góp chủ yếu từ nguồn phát tán từ xa, bên ngoài địa bàn nghiên cứu. Những hạt bụi siêu mịn như vậy có khả năng phát tán rất xa nguồn phát thải và di chuyển đến khu vực nghiên cứu [6, 15]. Tuy nhiên để có bằng chứng khoa học một cách rõ ràng hơn, xác thực hơn thì chúng ta vẫn cần các nghiên cứu bổ sung như phân tích nguồn đóng góp (bằng cách phân tích hàm lượng nguyên tố, ion trên mẫu bụi) và sử dụng các phần mềm truy tìm quỹ đạo di chuyển các chất ÔNKK dưới dạng mô hình nơi tiếp nhận (*receptor models*).



Hình 5. Phân bố cấp độ hạt trong bụi mịn PM<sub>2.5</sub>.

#### 4. Kết luận

Bụi mịn PM<sub>2.5</sub> được quan trắc tại khu vực sân bay Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. Với tổng số 10 mẫu bụi mịn thu được trong 10/2021, kết quả cho thấy nồng độ PM<sub>2.5</sub> dao động trong khoảng từ 15,2 μg/m<sup>3</sup> - 50,4 μg/m<sup>3</sup>. Giá trị này thấp hơn so với giá trị giới hạn trong QCVN 05:2013/BTNMT, nhưng lại cao hơn rất nhiều so với ngưỡng khuyến cáo của Tổ chức Y tế thế giới (WHO). Kết quả chụp ảnh SEM và phân tích cấu trúc cấp độ hạt của mẫu bụi PM<sub>2.5</sub> cũng cho thấy tỷ lệ phân bố cấp độ hạt chủ yếu là phân cấp hạt bụi siêu mịn (*ultrafine particles*) có đường kính động học ≤ 1,0 μm.

Trong các nghiên cứu tiếp theo cần thực hiện việc phân tích thành phần hóa học (bao gồm các nguyên tố và ion bám dính) của bụi PM<sub>2.5</sub> để xác định nguồn đóng góp và quỹ đạo di chuyển của bụi PM<sub>2.5</sub> bằng công cụ mô hình hóa như mô hình Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model (HYSPLIT).

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài “Đánh giá hàm lượng kim loại nặng trong bụi mịn tại thành phố Biên Hòa - tỉnh Đồng Nai” thuộc Phân viện Hóa - Môi trường, Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] D. Heinrich, W. K. Stephan, K. Ulrich, Epidemiological Analyses of the Relationship Between Environmental Pollution and Asthma, *Toxicology Letters*, Vol. 102, 1998, pp. 307-316, [https://doi.org/10.1016/s0378-4274\(98\)00322-1](https://doi.org/10.1016/s0378-4274(98)00322-1).
- [2] J. Nan, D. Zhe, X. Yuanqian, Y. Fei, Y. Shasha, Z. Ruiqin, T. Xiaoyan, Characterization of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Source Profiles of Fugitive Dust in Zhengzhou, China, *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 18, 2018, pp. 314-329, <https://doi.org/10.4209/aaqr.2017.04.0132>.
- [3] K. R. Bashiri, S. J. J. W. Yongjie, Z. Lulu, C. Tianqi, Z. Yang, Z. Yuanxun, Quantification of the Sources of Long-Range Transport of PM<sub>2.5</sub> Pollution in the Ordos Region, Inner Mongolia, China, *Environmental Pollution*, Vol. 229, 2017, pp. 1019-1031, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.093>.
- [4] R. R. Leal, E. P. Hilda, D. A. Moller, Characterization of Inorganic Atmospheric Particles in Air Quality Program with SEM, TEM and XAS, *Revista Mexicana De Fisica*, Vol. 53, 2007, pp. 102-107, <https://doi.org/10.1017/S143192760606140X>.
- [5] H. A. Le, H. X. Co, L. T. Linh, D. M. Cuong, Seasonal Variation of Black Carbon and PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at Tam Dao National Park, *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, Vol. 29, 2013, pp. 122-126 (in Vietnamese).
- [6] H. A. Le, N. T. Huong, N. H. Phuc, Influence of Traffic and Wind Speed on the PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> Levels at Truong Chinh Street, Hanoi, *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, Vol. 31, 2015, pp. 186-192 (in Vietnamese).
- [7] L. B. Thuy, M. Yutaka, V. V. Tuan, S. Kazuhiko, N. T. Thuy, P. C. Thuy, N. T. Dung, N. I. Hung, K. Yuta, N. T. Hien, The Effects of Meteorological Conditions and Long-range Transport on PM<sub>2.5</sub> Levels in Hanoi Revealed from Multi-site Measurement Using Compact Sensors and Machine Learning Approach, *Journal of Aerosol*

- Science, Vol. 152, 2021, pp. 105716, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105716>.
- [8] A. Hajime, Global Air Quality and Pollution, Science, Vol. 302, 2003, pp. 1716-1719, <https://doi.org/10.1126/science.1092666>.
- [9] L. Huiming, Q. Xin, W. Qin'geng, Heavy Metals in Atmospheric Particulate Matter: A Comprehensive Understanding is Needed for Monitoring and Risk Mitigation, Environmental Science & Technology, Vol. 47, 2013, pp. 13210-13211, <https://doi.org/10.1021/es404751a>.
- [10] L. Xiangdong, J. Ling, K. Haidong, Air Pollution: A Global Problem Needs Local Fixes, Nature, Vol. 570, 2019, pp. 437-439, <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01960-7>.
- [11] C. J. Eun, L. D. Won, S. S. Hong, A. H. Hyun, K. Y. Chul, Low-fluence Q-switched Nd: YAG Laser for the Treatment of Melasma in Asian Patients, Journal of Cosmetic Dermatology, Vol. 17, 2018, pp. 1053-1058, <https://doi.org/10.1111/jocd.12760>.
- [12] WHO, WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide: World Health Organization, 2021.
- [13] M. Arhami, M. C. Minguillón, A. Polidori, J. J. Schauer, R. J. Delfino, C. Sioutas, Organic Compound Characterization and Source Apportionment of Indoor and Outdoor Quasi-ultrafine Particulate Matter in Retirement Homes of the Los Angeles Basin, Indoor Air, Vol. 20, 2010, pp. 17-30, <https://doi.org/10.1111/j.16000668.2009.00620.x>.
- [14] MONRE, Environmental Status of Vietnam in the 2016 - 2020 Period, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), 2021 (in Vietnamese).
- [15] T. T. Hien, D. H. Huy, P. A. Dominutti, N. D. T. Chi, J. R. Hopkins, M. Shaw, G. Forster, G. Mills, H. A. Le, D. Oram, Comprehensive Volatile Organic Compound Measurements and Their Implications for Ground-level Ozone Formation in the Two Main Urban Areas of Vietnam, Atmospheric Environment, Vol. 269, 2022, pp. 118872, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118872>.
- [16] L. H. Anh, O. N. T. Kim, Integrated Assessment of Brick Kiln Emission Impacts on Air Quality, Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 171, 2010, pp. 381-394, <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1285-y>.
- [17] P. C. Thuy, H. A. Le, L. H. Tuyen, N. T. Dung, Size Distribution and Contribution of Particles From Rice Straw Open Burning to the Atmosphere in Hanoi, Vietnam Journal of Science and Technology, Vol. 58, 2020, pp. 94-94, <https://doi.org/10.15625/2525-2518/58/5A/15212>.
- [18] R. Roberto, Morphological Description of Microplastic Particles for Environmental Fate Studies, Marine Pollution Bulletin, Vol. 171, 2021, pp. 112716, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112716>.
- [19] N. Tuvjargal, L. Enkhtsetseg, D. Shagjjamba, Z. Purev, Morphological Study of PM<sub>2.5</sub> by SEM-EDS in Ulaanbaatar, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 704, 2019, pp. 012012, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/704/1/012012>.
- [20] R. L. Roberto, C. C. Martin, M. R. Daniel, C. A. Octavio, Radioactive Particles in Samples of PM<sub>10</sub> by SEM-EDS, Microscopy and Microanalysis, Vol. 27, 2021, pp. 3364-3365, <https://doi.org/10.1017/S1431927621011569>.
- [21] T. T. Hien, D. H. Huy, Determination of Heavy Metals in Airborne Particles Matter by Stripping Voltammetry, Science & Technology Development, Vol. 14, 2011, pp. 29-40 (in Vietnamese).
- [22] L. T. T. Thao, N. T. Q. Hung, Building Research and Adjustment Zoning to Receiving Industrial Emission in Dong Nai Province, Journal of Agricultural Science and Technology (Nong Lam University), Vol. 2, 2016, pp. 66-76 (in Vietnamese).
- [23] MONRE, QCVN 05:2013/BTNMT: National Technical Regulation on Ambient Air Quality, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), 2013 (in Vietnamese).