

QUAN TRẮC NỒNG ĐỘ VÀ PHÂN TÍCH ĐẶC TÍNH CỦA BỤI MỊN TẠI PHƯỜNG LONG BÌNH, THÀNH PHỐ BIÊN HÒA, TỈNH ĐỒNG NAI

BÙI DUY LINH ^(1,2), HOÀNG ANH LÊ ⁽²⁾, NGHIÊM XUÂN TRƯỜNG ⁽¹⁾, NGUYỄN THANH TUẤN ⁽¹⁾, LÊ BẢO HƯNG ⁽¹⁾, NGUYỄN ĐỨC THẮNG ⁽¹⁾, PHẠM THU HUYỀN ⁽²⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các hạt vật chất, đặc biệt là bụi mịn (các hạt có đường kính động học $\leq 2.5 \mu\text{m}$), ký hiệu $\text{PM}_{2.5}$) trong môi trường không khí ảnh hưởng rất nhiều đến khí hậu Trái đất [1], chúng có thể đem lại những tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái [2] và sức khỏe con người [3]. Tác động của bụi đến chất lượng môi trường và sức khỏe con người phụ thuộc vào kích thước hạt, thành phần hóa lý của chúng. Kích thước hạt bụi có sự phân bố rộng [4], trong đó các nhà khoa học chú ý nhiều đến các hạt bụi $\text{PM}_{2.5}$ bởi chúng có thể xâm nhập sâu vào phổi, di chuyển qua hệ thống hô hấp, tới tim và di chuyển vào mạch máu dẫn đến ảnh hưởng nghiêm trọng đối với sức khỏe con người [5-7]. Theo công bố của tổ chức Y tế Thế giới (WHO), hằng năm có khoảng 4,2 triệu người trên thế giới tử vong do tiếp xúc với không khí bị ô nhiễm [8, 9]. WHO cũng đưa ra ước tính ô nhiễm không khí gây thiệt hại khoảng 5,11 nghìn tỷ USD vào năm 2016 [10].

Bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$ đã được nghiên cứu để tìm hiểu tác động của chúng đối với môi trường và sức khỏe con người. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về bụi $\text{PM}_{2.5}$ chủ yếu tập trung tại hai thành phố lớn, đông dân và ô nhiễm nhất của cả nước là Thành phố Hồ Chí Minh và Hà Nội [11]. Nguồn phát thải bụi $\text{PM}_{2.5}$ được xác định rất đa dạng, tùy thuộc từng địa phương khác nhau, bao gồm các nguồn chính như hoạt động dân sinh, giao thông vận tải, xây dựng, các khu công nghiệp, làng nghề.

Theo thống kê, phường Long Bình, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai là nơi tập trung 2/6 khu công nghiệp lớn của cả thành phố [12]. Địa bàn này có mật độ giao thông lớn với các tuyến đường giao thông huyết mạch chạy qua. Do vậy chất lượng không khí (CLKK) tại khu vực này chắc chắn bị ảnh hưởng và đang có xu hướng ngày càng xấu đi [12]. Nghiên cứu này thực hiện quan trắc nồng độ bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$ tại phường Long Bình nhằm đánh giá diễn biến nồng độ bụi mịn và đánh giá mức độ làm giàu các nguyên tố kim loại có trong mẫu bụi $\text{PM}_{2.5}$ trong thời gian nghiên cứu.

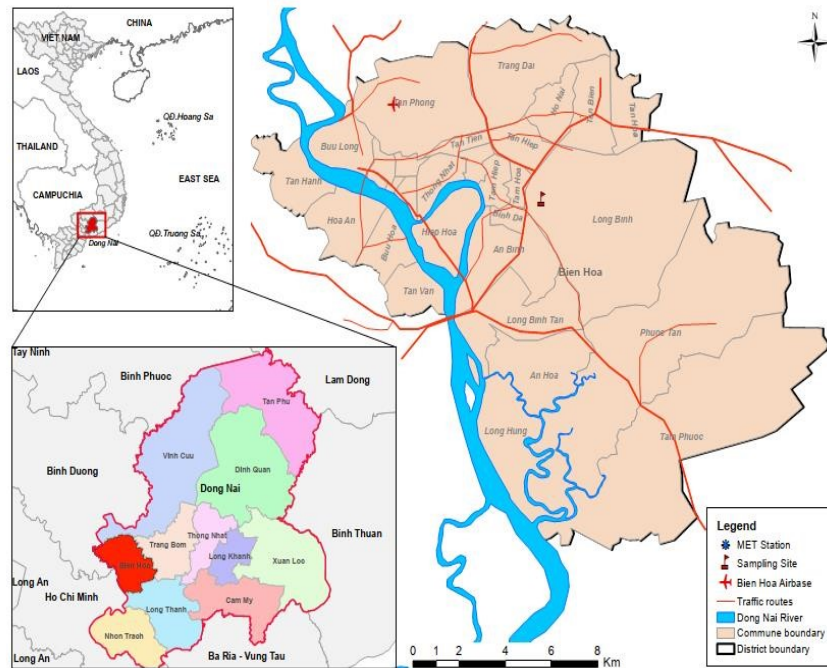
2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng: Bụi $\text{PM}_{2.5}$ và nồng độ kim loại nặng trong bụi mịn của môi trường không khí tại phường Long Bình, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai.

2.2. Quan trắc mẫu bụi $\text{PM}_{2.5}$

Hình 1 trình bày vị trí quan trắc mẫu bụi $\text{PM}_{2.5}$ được thu thập tại phường Long Bình, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai ($10^{\circ}56'34,7''\text{N}$; $106^{\circ}52'30,6''\text{E}$). Thiết bị quan trắc mẫu bụi được đặt trên nóc nhà, mái bằng, cách tính lộ khoảng 70 m, ở độ cao khoảng 12 m so với mặt đất. Khu vực xung quanh không có các vật che chắn gây ảnh hưởng đến tầm quan trắc. Mẫu bụi $\text{PM}_{2.5}$ được lấy bằng máy lấy mẫu bụi

thể tích lớn TE-1000DBLX (*Tisch Environment, Inc.*), tốc độ dòng khí hút vào 200 L/phút. Giấy lọc Quartz (đường kính $\phi = 102 \text{ mm}$) được sử dụng để thu mẫu. Thời gian đặt máy lấy mẫu $\text{PM}_{2.5}$ bắt đầu từ ngày 15/10/2021 đến ngày 25/10/2021. Thời gian lấy một mẫu là 24h, từ 23h30 hôm trước đến 23h30 ngày hôm sau (bỏ qua sai số do thời gian thay giấy lọc, khoảng 10 phút). Các thiết bị được tiến hành kiểm chuẩn, đảm bảo QA/QC tại phòng thí nghiệm của Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga.



Hình 1. Bản đồ vị trí quan trắc mẫu bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$ tại phường Long Bình, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Xác định nồng độ bụi $\text{PM}_{2.5}$

Giấy lọc được đưa về phòng thí nghiệm sẽ được tiến hành xử lý sấy ở nhiệt độ 110°C . Sau đó tiến hành cân trên thiết bị cân trọng lượng Mettler Toledo XS 205. Qua đó xác định nồng độ bụi $\text{PM}_{2.5}$ của từng ngày theo công thức (1):

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

Trong đó:

C: Nồng độ bụi $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

M_1 : Khối lượng giấy lọc trước khi lấy mẫu (μg);

M_2 : Khối lượng giấy lọc sau khi lấy mẫu (μg);

V: Tổng thể tích khí đi qua bộ thu mẫu trong suốt thời gian lấy mẫu (m^3).

2.3.2. Phương pháp phân tích thành phần hóa học trong mẫu bụi

Mẫu bụi thu thập (*giấy lấy mẫu + bụi*) được cắt nhỏ và đưa vào dung dịch 6ml $\text{HNO}_3 + 3\text{ml H}_2\text{O}_2$ để phân hủy mẫu. Phá mẫu với tổng thời gian là 35 phút, ở nhiệt độ 180°C bằng thiết bị lò vi sóng MLS - Ethos up. Sau khi phá mẫu, dung dịch được làm nguội và pha loãng tới 20ml bằng nước deion. Tiến hành lọc mẫu qua màng lọc $0,45\mu\text{m}$ để thu phần dịch mẫu. Thành phần hóa học (bao gồm 11 KLN: As, Pb, Mn, Fe, Cd, Cr, Zn, Co, Al, Cu, và Ni) trong bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$ được phân tích trên máy ICP-MS/ICAP RQ.

Quá trình chuẩn bị mẫu và phân tích kim loại tuân thủ theo các yêu cầu trong phương pháp của EPA Hoa Kỳ, bao gồm IO-3.1 (<https://www.epa.gov/esam/epa-io-inorganic-compendium-method-io-31-selection-preparation-and-extraction-filter-material>) và IO-3.5 (<https://www.epa.gov/esam/epa-io-inorganic-compendium-method-io-35-determination-metals-ambient-particulate-matter-using>).

2.3.3. Xác định hệ số làm giàu

Hệ số làm giàu (*enrichment factor - EF*) được xác định (cho phép dự đoán nguồn gây ô nhiễm) dựa trên công thức (2):

$$EF = \frac{\left(\frac{E}{R}\right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{E}{R}\right)_{\text{Crust}}} \quad (2)$$

Trong đó:

EF: Hệ số làm giàu;

$[E]_{\text{sample}}$: Đại diện cho phần tử trong mẫu khí;

$[R]_{\text{Sample}}$: Là yếu tố được lấy để so sánh trong mẫu khí;

$[E]_{\text{Crust}}$: Đại diện cho phần tử được xem xét trong nền tự nhiên;

$[R]_{\text{Crust}}$: Yếu tố được lấy trong nền tự nhiên được chọn làm giá trị tham chiếu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diễn biến nồng độ bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$

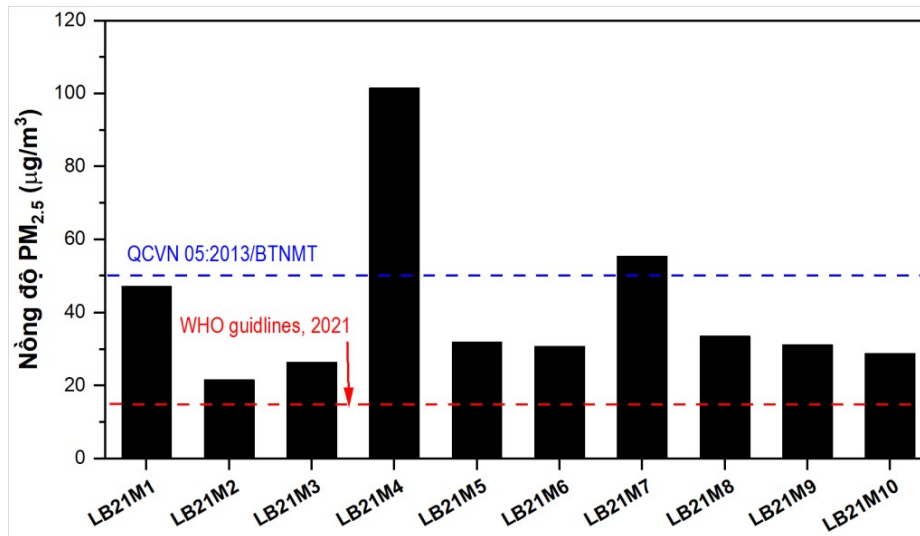
Trong thời gian quan trắc, thu được 10 mẫu bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$. Kết quả cân trọng lượng bụi mịn 24-h $\text{PM}_{2.5}$ được liệt kê trong Bảng 1. Theo đó nồng độ $\text{PM}_{2.5}$ tại khu vực này trong khoảng thời gian quan trắc có mức dao động lớn, từ $26,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $101,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, giá trị (trung bình $\pm$ SD) là $40,9 \pm 23,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bảng 1. Kết quả nồng độ bụi mịn $\text{PM}_{2.5}$ tại phường Long Bình

Ngày lấy mẫu	Ký hiệu mẫu	Nồng độ bụi $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Giá trị thống kê ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
16/10/2021	LB21M1	47,2	Trung bình: 40,9 Trung vị: 31,6 Độ lệch chuẩn: 23,6
17/10/2021	LB21M2	21,6	
18/10/2021	LB21M3	26,4	

Ngày lấy mẫu	Ký hiệu mẫu	Nồng độ bụi PM _{2.5} (µg/m ³)	Giá trị thống kê (µg/m ³)
19/10/2021	LB21M4	101,6	
20/10/2021	LB21M5	32,0	
21/10/2021	LB21M6	30,8	
22/10/2021	LB21M7	55,4	
23/10/2021	LB21M8	33,6	
24/10/2021	LB21M9	31,2	
25/10/2021	LB21M10	28,8	

Hình 2 cho thấy sự khác biệt khá lớn của nồng độ bụi PM_{2.5} theo ngày (24-h). Kết quả cho thấy đa phần các mẫu thu thập được đều thấp hơn giá trị giới hạn được quy định trong QCVN05:2013/BTNMT (50 µg/m³) [13]. Tuy nhiên có 2 mẫu (LB21M7 và LB21M4) có giá trị vượt quá giá trị giới hạn lần lượt là 1,1 và 2,0 lần. Giá trị trung bình trong đợt quan trắc là 40,85 µg/m³, cao bằng nồng độ trung bình CLKK trong quý I năm 2018 tại Thành phố Hồ Chí Minh [14]. Điều cần chú ý là CLKK xấu hơn rất nhiều so với giá trị giới hạn trung bình ngày được WHO khuyến nghị vào năm 2021 là 15 µg/m³ [15]. Như vậy CLKK xung quanh tại phường Long Bình, thành phố Biên Hòa hiện nay nếu so sánh với quy chuẩn quốc gia thì vẫn nằm trong giới hạn cho phép nhưng nếu so sánh với khuyến nghị của WHO thì nồng độ PM_{2.5} trong khu vực đã ở mức độ có ảnh hưởng đối với sức khỏe con người.



Hình 2. Nồng độ trung bình ngày của bụi PM_{2.5} tại khu vực nghiên cứu

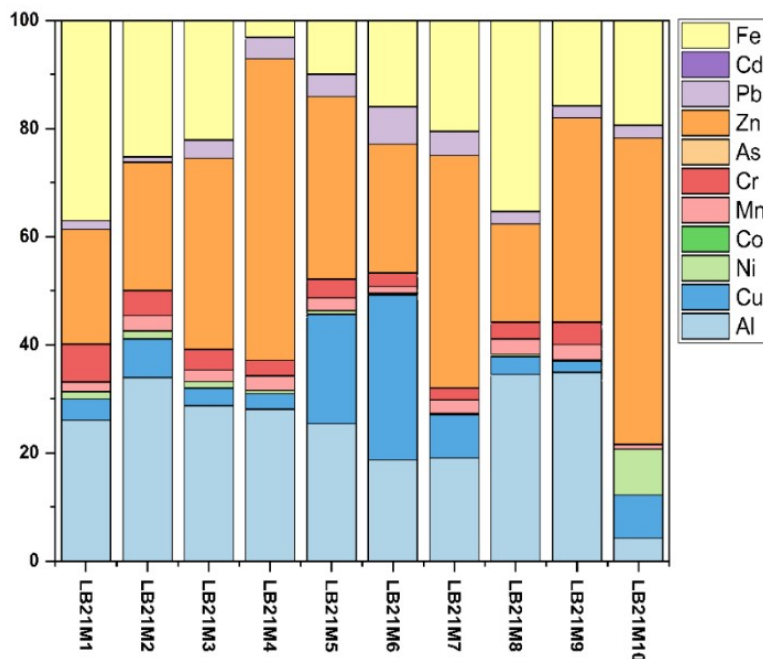
3.2. Nồng độ kim loại nặng phân bố trong bụi mịn

Nồng độ trung bình các nguyên tố được biểu diễn dưới Bảng 2 và tỷ lệ (%) nồng độ được biểu diễn ở Hình 3. Kết quả phân tích cho thấy nồng độ KLN Fe, Zn, Cu, Al là các nguyên tố chiếm ưu thế (Bảng 2).

Bảng 2. Nồng độ các nguyên tố kim loại nặng trong bụi PM_{2.5}

Nguyên tố	Al	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	As	Zn	Pb	Cd	Fe
Nồng độ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,33 $\pm 0,14$	0,12 $\pm 0,14$	0,01 $\pm 0,01$	0,001 $\pm 0,001$	0,03 $\pm 0,01$	0,05 $\pm 0,03$	0,001 $\pm 0,001$	0,41 $\pm 0,16$	0,04 $\pm 0,03$	0,001 $\pm 0,001$	0,27 $\pm 0,18$

Các nguyên tố thuộc nhóm có nồng độ cao (nhóm 1) bao gồm: Fe, Zn, Cu, Al nồng độ trung bình nhóm này dao động từ $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hai trong bốn nguyên tố thuộc nhóm này có nguồn gốc tự nhiên như nguồn xây dựng hoặc bụi đất, dầu đốt (Al, Fe) [16]. Nồng độ Cu được xác định thấp nhất trong 4 nguyên tố thuộc nhóm này. Cu thường được tạo ra từ quá trình làm giàu bởi các ngành công nghiệp kim loại màu [16]. Trong nghiên cứu này sự xuất hiện của Zn có nồng độ trung bình cao nhất, nguyên tố này thuộc nhóm nguyên tố có nguồn gốc nhân tạo, được xác định từ quá trình bào mòn lốp xe, phát thải từ động cơ diesel, hoạt động công nghiệp [17]. Điều này chứng tỏ hoạt động giao thông và công nghiệp tại khu vực nghiên cứu đã gây ra ảnh hưởng đến CLKK.



Hình 3. Tỷ lệ đóng góp (%) nồng độ kim loại nặng trong bụi mịn PM_{2.5}

Nồng độ trung bình của nhóm 2 khoảng $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bao gồm các nguyên tố Ni, Mn, Pb và Cr. Nồng độ trung bình nhóm có nồng độ thấp (nhóm 3) là sự có mặt của các nguyên tố As, Co và Cd. Nhóm này mặc dù có nồng độ thấp nhưng lại là các nguyên tố có nguồn gốc nhân tạo và thường là các nguyên tố có độc tính cao gây ảnh hưởng tới sức khỏe con người [17].

3.3. Xác định giá trị nguồn làm giàu của các nguyên tố trong bụi $PM_{2.5}$

Trong nghiên cứu của nhóm tác giả Ya-Qin Ji và các cộng sự (2006) đã chỉ ra Al là nguyên tố có tính chất hóa học tương đối ổn định và cũng là nguyên tố tham chiếu được sử dụng rộng rãi với độ chính xác cao nhất [18]. Chính vì vậy, nhóm tác giả sử dụng nguyên tố Al làm nguyên tố tham chiếu để tính toán mức độ làm giàu của con người tác động đến môi trường.

Các giá trị của hệ số làm giàu (*enrichment factor - EF*) càng cao thì mức độ làm giàu càng cao. Các nguồn làm giàu được đánh giá qua các giá trị được thể hiện như dưới Bảng 3 [19]:

Bảng 3. Bảng xác định giá trị nguồn làm giàu

Giá trị EF	Nguồn làm giàu
$EF < 1$	Các nguyên tố không được làm giàu
$1 < EF < 10$	Các nguyên tố được làm giàu vừa phải
$10 < EF < 20$	Các nguyên tố được làm giàu bởi các hoạt động của con người
$EF > 20$	Các nguyên tố được làm giàu cao và bị ô nhiễm nghiêm trọng

Từ Bảng 2 về nồng độ trung bình KLN kết hợp với các yếu tố của KLN có sẵn trong bụi trái đất được xác định Al_{clust} : 6,83 và các nguyên tố của lớp vỏ được xác định trong nghiên cứu của Ya-Qin Ji và các cộng sự (2006) [18] tính theo công thức (2) được kết quả hệ số làm giàu Bảng 4.

Bảng 4. Bảng giá trị EF trung bình

	Al	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	As	Zn	Pb	Cd	Fe
EF (n=10)	1,00	1609,5	543,4	9,40	10,94	132,7	0,02	2490,2	606,7	0,32	2,53

Kết quả Bảng 4 kết hợp với so sánh giá trị ở bảng xác định nguồn làm giàu (Bảng 3) cho thấy 7/10 nguyên tố tại khu vực nghiên cứu đã chịu tác động bởi nguồn nhân sinh (con người). Trong đó có Cu, Ni, Cr, Zn và Pb là nhóm nguyên tố bị làm giàu nghiêm trọng và mạnh mẽ nhất. Đặc biệt là Pb, Ni và Cr là nguyên tố được nhóm nghiên cứu xếp ở nhóm nguyên tố có nồng độ trung bình (nhóm 2), tuy nhiên lại là nguyên tố có giá trị EF cao và thuộc nhóm nguyên tố bị ảnh hưởng bởi con người.

4. KẾT LUẬN

Tổng cộng có 10 mẫu bụi mịn $PM_{2.5}$ được quan trắc tại phường Long Bình, thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai trong tháng 10/2021. Kết quả cho thấy nồng độ bụi $PM_{2.5}$ dao động trong khoảng từ $21,6 \mu g/m^3$ - $101,59 \mu g/m^3$, và có sự biến đổi của nồng độ bụi khá lớn theo ngày. Nồng độ KLN trong các mẫu bụi được chia làm 3 nhóm trong đó nhóm chiếm nồng độ cao bao gồm các nguyên tố Fe, Zn, Cu, Al; nồng độ trung bình nhóm này dao động từ $0,12 \mu g/m^3$ - $0,41 \mu g/m^3$. Nghiên cứu đã xác định 7/10 nguyên tố kim loại nặng có trong bụi mịn $PM_{2.5}$ chịu tác động gia tăng do con người, trong đó Zn được xác định là nguyên tố chịu tác động mạnh nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adams P. J., et al., *General circulation model assessment of direct radiative forcing by the sulfate-nitrate-ammonium-water inorganic aerosol system*, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2001, **106**(D1):1097-1111. DOI: 10.1029/2000JD900512
2. Clark C. M., et al., *Estimated losses of plant biodiversity in the United States from historical N deposition (1985-2010)*, Ecology, 2013, **94**(7):1441-1448. DOI: 10.1890/12-2016.1
3. Dockery D. W., *Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution*, Environmental health perspectives, 2001, **109**(suppl 4):483-486. DOI: 10.1289/ehp.01109s4483
4. Hien T. T., et al., *Distribution characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons with particle size in urban aerosols at the roadside in Ho Chi Minh City, Vietnam*, Atmospheric Environment, 2007, **41**(8):1575-1586. DOI:10.1016/j.atmosenv.2006.10.045
5. Le H. A., et al., *Seasonal variation of black carbon and PM_{2.5} and PM₁₀ at Tam Dao national park*, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 2013, **29**(3S):122-126.
6. Le H. A., N. T. Huong, and N. H. Phuc, *Influence of traffic and wind speed on the PM₁₀, PM_{2.5} levels at Truong Chinh street, Hanoi*, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 2015, **31**(2S):186-192.
7. Khuzestani R. B., et al., *Quantification of the sources of long-range transport of PM_{2.5} pollution in the Ordos region, Inner Mongolia, China*, Environmental pollution, 2017, **229**:1019-1031. DOI:10.1016/j.envpol.2017.07.093
8. Choi J. E., et al., *Low-fluence Q-switched Nd: YAG laser for the treatment of melasma in Asian patients*, 2018, **17**(6):1053-1058. DOI: 10.1111/jocd.12760
9. WHO, *Fact sheet: Ambient (outdoor) air pollution*, 2021.
10. Mai H. Đ., *Ô nhiễm không khí, hoàn thiện pháp luật Việt Nam về bảo vệ môi trường*, 2020. DOI:10.25073/2588-1167/vnuls.4281
11. Hien T. T., Chi N. D. T., Huy D. H., Le H. A., Oram D. E., Forster G. L., Mills G. P., Baker A. R., *Soluble trace metals associated with atmospheric fine particulate matter in the two most populous cities in Vietnam*, Atmospheric Environment: X 15, 100178, 2022. DOI:10.1016/j.aeaoa.2022.100178
12. Nguyen T. Hung, I. I. K., Đàng T. L. Anh, *Geography modeling air pollution in Dong Nai province, Vietnam*, Environment, Sustainability, 2020, **13**(2):166-174. DOI:10.24057/2071-9388-2019-44
13. MONRE, *QCVN 05:2013/BTNMT: National technical regulation on ambient air quality*. Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), Vietnam, 2013.
14. Nguyen Thi Anh Thu, L. B., *Cập nhật hiện trạng chất lượng không khí Quý I năm 2018*. Hà Nội, Việt Nam, 05/2018.
15. WHO. *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*, 2021

- (Accessed on: 12 March 2022)]; Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. Guttikunda S. J. S.a.w.p.s., *Urban particulate pollution source apportionment*, 2009, p. 16-2009.
 17. Thủy N. T. T., *Nghiên cứu mức độ và phân đóng góp của các dạng nguồn thải chính tới nồng độ bụi NaNo trong không khí*, 2019.
 18. Ya-Qin Ji T. Z., *Application of the enrichment factor to analyze the pollution of elements in soil dust in China*, 2006.
 19. Fei Li J. Y., Yongchang wei, Jingjing Zeng, et al., *PM_{2.5}-bound heavy metals from the major cities in China: Spatiotemporal distribution, fuzzy exposure assessment and health risk management*, Journal of Cleaner Production, 2021. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.124967

SUMMARY

EVALUATION OF PM_{2.5} MASS CONCENTRATION AND ITS CHEMICAL PROPERTIES ON LONG BINH WARD, BIEN HOA CITY, DONG NAI PROVINCE

Air pollution is one of the environmental problems, especially pollution caused by fine particulate matter PM_{2.5}. the air quality is affected by many industrial parks distributed in Bien Hoa city, and also by neighbouring areas such as Binh Duong province and Ho Chi Minh city. This study evaluated the distribution of PM_{2.5} concentrations, which were collected in Long Binh ward, Bien Hoa city, Dong Nai province, and its chemical properties. PM_{2.5} samples were analyzed for the chemical composition of 11 metal elements (As, Pb, Mn, Fe, Cd, Cr, Zn, Co, Al, Cu, Ni) by ICP - MS/ICAP RQ equipment. The results were collected from 10 samples of PM_{2.5} in October 2021. The average daily value of PM_{2.5} concentration ranges from 21.6 µg/m³ to 101.6 µg/m³, with the average value is 40.9 µg/m³ ± 23.6 µg/m³. The results of the analysis of 11 metals showed that the average concentration of Fe, Zn, Cu, Al in this group ranged from 0.12 µg/m³ - 0.41 µg/m³. Through the calculation of the enrichment coefficient, it was also determined that 7/10 elements have been strongly affected by human activities.

Keywords: Bụi mịn, PM_{2.5}, kim loại nặng, hệ số làm giàu, Biên Hòa, Đồng Nai.

Nhận bài ngày 12 tháng 8 năm 2022

Phản biện xong ngày 17 tháng 10 năm 2022

Hoàn thiện ngày 01 tháng 11 năm 2022

⁽¹⁾ Phân viện Hóa - Môi Trường, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

⁽²⁾ Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội

Liên hệ: **Bùi Duy Linh**

Phân viện Hóa - Môi trường, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

63 Nguyễn Văn Huyền, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: 0389383388; Email: buiduylinh1105@gmail.com