



Original Article

# Heavy Metal Concentration in Airborne Particles at Nursery Schools in Hanoi and Health Risk Assessment

Tran Dinh Trinh\*, Nguyen Thi Thuy Men

*Faculty of Chemistry, VNU University of Science, 19 Lê Thanh Tong, Hanoi, Vietnam*

Received 03 September 2018

Revised 29 November 2018; Accepted 25 December 2018

**Abstract:** Indoor air quality is increasingly important as people spend more and more time on indoor activities. A sampling campaign was conducted to sample airborne particles at nursery schools in Hanoi in May and June, 2018. The sampling strategy was performed both in the presence and in the absence of children in classrooms. Heavy metals and trace elements (Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, As, Mn, Cr, Hg, Fe...) were quantified using ICP-MS method. Emission sources of heavy metals were estimated using statistical analyses such as factor analysis while cancer risk assessment was conducted using chronic daily intake (CDI) and slop factor (SF). In the presence of children, indoor concentrations of heavy metals and trace elements ranged from 1.7-3.2 ng/m<sup>3</sup> (Cd) to 1,588-3,238 ng/m<sup>3</sup> (Zn), while the corresponding values obtained when the rooms were empty, ranged from 0.6-0.9 to 746.2-2,011 ng/m<sup>3</sup>. Indoor/outdoor ratios of the studied elements varied from school to school and ranged from 0.25 to 2.88, implying the presence of indoor emission sources. The calculated cancer risks ranged from 4.8x10<sup>-6</sup> to 5.0x10<sup>-4</sup>, higher than the limit values set by USEPA, implying a significant health risk to young children.

**Keywords:** Indoor air quality, heavy metals, ICP-MS, health risk, young children, Hanoi.

\*Corresponding author.

Email address: [trinhtd@vnu.edu.vn](mailto:trinhtd@vnu.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4783>



# Nghiên cứu xác định nồng độ và đánh giá rủi ro phơi nhiễm kim loại nặng từ các hạt bụi trong không khí tại các trường mầm non trên địa bàn Hà Nội

Trần Đình Trinh\*, Nguyễn Thị Thúy Mên

*Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 19 Lê Thánh Tông, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 03 tháng 09 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 29 tháng 11 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 12 năm 2018

**Tóm tắt:** Chất lượng không khí trong nhà ngày càng được quan tâm do con người dành nhiều thời gian hơn cho các hoạt động ở trong nhà. Các mẫu bụi hô hấp được thu thập tại các trường mầm non trên địa bàn Hà Nội trong tháng 5 và 6 năm 2018. Mẫu bụi được lấy đồng thời trong lớp học và ngoài sân trường tại các thời điểm trong giờ học và buổi tối. Nồng độ của các kim loại nặng (Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, As, Mn, Cr, Hg, Fe...) trong các mẫu bụi được xác định bằng phương pháp ICP-MS. Việc đánh giá rủi ro phơi nhiễm và rủi ro ung thư các kim loại nặng đối với trẻ em được ước tính thông qua các mô hình của USEPA và WHO. Kết quả thu được cho thấy, nồng độ của các kim loại nặng trong các hạt bụi trong lớp học khi có mặt của trẻ em nằm trong khoảng từ 1,7-3,2 ng/m<sup>3</sup> (Cd) đến 1588-3238 ng/m<sup>3</sup> (Zn), trong khi giá trị này thay đổi từ 0,6-0,9 đến 746,2-2011 ng/m<sup>3</sup> khi không có người trong phòng học. Tỷ lệ I/O của các nguyên tố tại các trường học là khác nhau giữa các trường học và dao động từ 0,25 đến 2,88, cho biết có thể được phát thải từ các nguồn trong nhà. Rủi ro ung thư tính toán được dao động từ 4,8.10<sup>-6</sup> đến 5,0.10<sup>-4</sup> (cao hơn nhiều so với giới hạn cho phép của cơ quan môi trường Mỹ), chỉ ra rằng rủi ro gây ung thư đối với trẻ em là lớn.

**Từ khóa:** Chất lượng không khí trong nhà, kim loại nặng, ICP-MS, rủi ro phơi nhiễm, trẻ em, Hà Nội.

## 1. Giới thiệu

Không khí trong nhà đóng vai trò quan trọng vì con người dành nhiều thời gian của họ

ở trong nhà hơn, do đó chất lượng không khí trong nhà tác động trực tiếp đến sức khỏe của con người, đặc biệt là trẻ em vì thời gian trẻ ở trong nhà là nhiều hơn và trọng lượng cơ thể trẻ thấp hơn người lớn nên lượng bụi hít vào so với trọng lượng cơ thể là nhiều hơn so với người lớn. Hơn nữa, hệ thống miễn dịch cũng như hệ hô hấp của trẻ em chưa hoàn thiện nên có nguy cơ bị nhiễm độc cao hơn [1, 2].

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: [trinhtd@vnu.edu.vn](mailto:trinhtd@vnu.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4783>

Các nghiên cứu gần đây đã ngày càng tập trung vào các hạt bụi có kích thước nhỏ ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_1$  và các hạt siêu nhỏ) và thành của chúng vì đây là những tác nhân quan trọng bậc nhất ảnh hưởng đến sức khỏe của con người và môi trường. Bảng 1 tổng kết một số kết quả nghiên cứu về nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  trong không khí trong nhà tại các địa điểm khác nhau trên thế giới. Từ các số liệu đã công bố có thể nhận thấy rằng nồng độ bụi hô hấp  $PM_{2.5}$  tại các nước khác nhau thì có giá trị khác nhau và có một xu hướng là tại các nước phát triển như Mỹ, Châu Âu, nồng độ các hạt  $PM_{2.5}$  trong nhà thường thấp hơn so với các nước đang phát triển như Trung Quốc, Ấn Độ.

Nguồn phát thải kim loại nặng trong không khí trong nhà được chia thành hai loại là trong nhà và ngoài trời. Các nguồn phát thải trong nhà có thể tạo ra do các hoạt động của con người khi ở trong nhà như việc nấu nướng, hút thuốc, đốt hương, các sản phẩm tiêu dùng, vật liệu xây dựng và trang trí. Nguồn phát thải ngoài trời bao gồm phát thải giao thông, bụi đường phố, các hoạt động xây dựng, khí thải

công nghiệp, đốt sinh khối [3]. Kim loại nặng từ lâu đã được chứng minh là chất gây ô nhiễm nghiêm trọng trong môi trường do độc tính và sự không phân hủy của chúng. Các nghiên cứu trước đây đã báo cáo rằng các kim loại nặng như Pb và Cd có khả năng gây ung thư và gây ra một số tác dụng phụ đối với sức khỏe con người như tim mạch, hệ thần kinh, các bệnh về máu và xương [4]. Các kim loại nặng trên các hạt bụi có thể xâm nhập vào cơ thể con người thông qua đường hô hấp, đường ăn uống và tiếp xúc qua da [5]. Chất lượng không khí tại thành phố Hà Nội ngày càng giảm sút do quá trình đô thị hóa và mật độ dân số ngày càng tăng. Mặc dù vậy, chưa có nghiên cứu cụ thể nào về nồng độ kim loại nặng trong các hạt bụi trong không khí trong nhà và ảnh hưởng của chúng tới sức khỏe của con người tại thành phố này. Vì vậy mục tiêu chính của nghiên cứu này là xác định nồng độ một số kim loại nặng, tìm ra các nguồn phát thải và đánh giá rủi ro phơi nhiễm kim loại nặng, nguy cơ ung thư đối với trẻ nhỏ - đối tượng dễ bị tác động nhất bởi ô nhiễm không khí tại các trường mầm non tại Hà Nội.

Bảng 1. So sánh nồng độ khối lượng  $PM_{2.5}$  trong không khí trong nhà tại các nơi trên thế giới ( $\mu g/m^3$ ).

TT	Tác giả	Vị trí	Nồng độ $PM_{2.5}$ trong nhà ( $\mu g/m^3$ )	TLTK
1	Keeler và cộng sự	Michigan, Mỹ	8,0–16,4	[6]
2	Li và cộng sự	Trung Quốc	$125 \pm 51$	[7]
3	Adgate và cộng sự	Mỹ	1,3 - 130	[8]
4	Cao và cộng sự	Hong Kong	39,6 – 73,6	[9]
5	Fromme và cộng sự	Đức	12,7 – 19,8	[10]
6	Coombs và cộng sự	Ohio, Mỹ	25 - 62	[11]
7	Branco và cộng sự	Bồ Đào Nha	20,5 – 26,5	[12]
8	Yang và cộng sự	Hàn Quốc	101.25–115.25	[13]
9	Goyal và Khare	Ấn Độ	71–359.9	[14]
10	Branis và cộng sự	Cộng Hòa Séc	24,03	[15]
11	Trần và cộng sự	Cộng Hòa Pháp	11,9-63,5	[16]

TLTK: Tài liệu tham khảo

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Hóa chất

Các loại hóa chất sử dụng trong nghiên cứu này đều là hóa chất siêu tinh khiết dành cho phân tích lượng vết bằng phương pháp ICP. Cụ thể, các dung dịch  $HNO_3$  (65% Merck Supra-

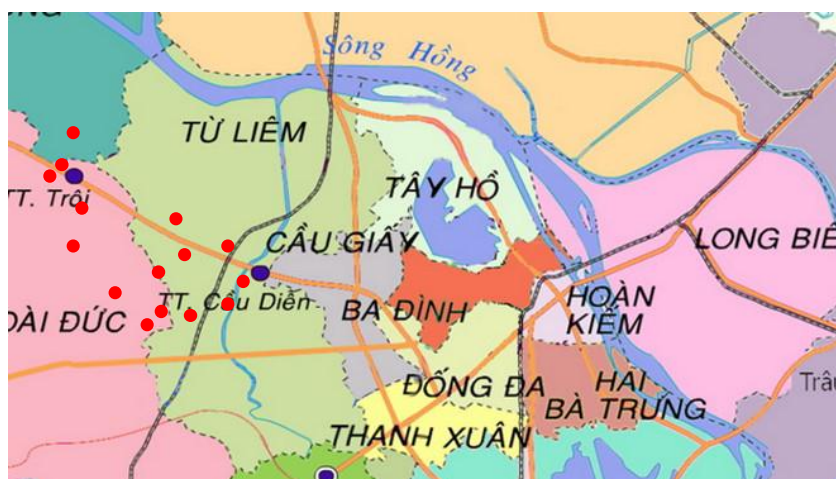
pure) và  $H_2O_2$  (30% Sigma-Aldrich TraceSelect Ultra) được sử dụng để hòa tan mẫu bụi và chuyển các kim loại vào dung dịch; dung dịch chất chuẩn 33 nguyên tố TraceCERT (Sigma-Aldrich) được sử dụng để lập đường chuẩn đo nồng độ các kim loại trong dung dịch. Các chất chuẩn NIST 1684 (National Institute of Standards and Technology, USA) và NIST

2584 lần lượt được dùng để xác định hiệu suất thu hồi các kim loại trong các hạt bụi trong không khí xung quanh và không khí trong nhà khi sử dụng phương pháp ICP-MS đã được thiết lập trong nghiên cứu này. Nước cất siêu tinh khiết có độ cách điện 18 M $\Omega$ .cm được sử dụng để pha loãng dung dịch và lập đường chuẩn.

## 2.2. Chiến dịch lấy mẫu

Để nghiên cứu ảnh hưởng của các kim loại nặng đối với trẻ nhỏ chúng tôi thực hiện chiến dịch lấy mẫu tại 15 trường mầm non trong hai tháng (5 – 6/2018) tại các khu vực khác nhau trên địa bàn Hà Nội (hình 1). Các trường mầm non được lựa chọn sao cho mang tính đại diện về vị trí địa lý (nằm trên các quận khác nhau), về khoảng cách với các trục giao thông chính (gần đường giao thông), về đặc trưng các trường (trường quốc lập và được xây dựng hoặc sửa chữa trong những năm gần đây). Các mẫu

được lấy đồng thời ở trong và bên ngoài lớp học tại 2 thời điểm: Trong giờ học (có mặt trẻ nhỏ), kéo dài 8 giờ mỗi ngày, từ 8 giờ sáng đến 16 giờ chiều và ngoài giờ học (12h) – tất cả các buổi tối (không có người trong lớp). Mục đích của việc lấy mẫu trong giờ học (có mặt của trẻ nhỏ) và buổi tối (không có người trong lớp học) là để đánh giá được ảnh hưởng của các hoạt động trong lớp học và nguồn phát thải trong nhà đến nồng độ các kim loại nặng và các hạt bụi trong nhà [16]. Các thiết bị sử dụng để thu mẫu bụi trong không khí là MiniVol Model 5.0 –TAS (Mỹ), được sử dụng để lấy các hạt PM<sub>2.5</sub> đã được chuẩn tốc độ dòng trước khi tiến hành thu mẫu. Cuối cùng, mỗi trường được lấy 4 mẫu bụi (2 mẫu bụi trong nhà và 2 mẫu ngoài trời), tương ứng với các khoảng thời gian là trong giờ học và buổi tối. Tổng số mẫu bụi hô hấp lấy từ các trường mầm non là 60.



Hình 1. Các điểm lấy mẫu (chấm màu đỏ) tại Hà Nội.

## 2.3. Chuẩn bị và phân tích mẫu

Các mẫu được thu trên giấy lọc Teflon (đường kính 47 mm, kích thước lỗ 2 $\mu$ m) vì Teflon không hút ẩm và trơ về mặt hóa học. Mẫu được chuyển vào ống phá mẫu teflon chịu nhiệt và áp suất cao dưới tác dụng của hỗn hợp dung dịch phá mẫu HNO<sub>3</sub> và H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> theo tỉ lệ là 4/1 về thể tích để chuyển kim loại vào dung dịch. Sau đó, các mẫu được đưa vào lò vi sóng

để phân hủy ở 200°C. Sau quá trình hòa tan các hạt bụi vào dung dịch, các mẫu được chuyển sang đo trên máy ICP-MS với các quy trình tiêu chuẩn như được trình bày trong phần tiếp theo.

## 2.4. Đảm bảo và kiểm soát chất lượng các kết quả phân tích

Các dung dịch mẫu trắng (chỉ chứa nước cất siêu tinh khiết) được đo lặp lại sau mỗi dãy

phân tích (10 mẫu) để định lượng tín hiệu nền và/hoặc khả năng nhiễm bản mẫu. Rủi ro nhiễm bản của các mẫu trắng và các mẫu giấy lọc trắng trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường cho phép chúng tôi đánh giá giới hạn phát hiện của thiết bị (IDL) và giới hạn phát hiện của phương pháp (MDL). Các kết quả phân tích mẫu trắng cho thấy, các giấy lọc trắng trong phòng thí nghiệm và tại hiện trường có mức độ nhiễm bản bởi các kim loại nhỏ hơn 10% hàm lượng của chúng trong mẫu bụi được lấy.

Độ chính xác của các phép đo được kiểm tra thường xuyên bằng cách phân tích một lượng chính xác các chất tiêu chuẩn có chứa các nguyên tố trong mẫu bụi hô hấp trong không khí xung quanh (NIST 1648) và trong nhà (NIST 2584) của Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Mỹ. Hầu hết các nguyên tố được phân tích đều cho tỷ lệ thu hồi rất tốt (từ 85 đến 113%).

Việc kiểm soát chất lượng (QC) dựa trên sự pha loãng các chất chuẩn đa nguyên tố NIST chứa một lượng chính xác các nguyên tố dạng vết (400 ppt) trong axit  $\text{HNO}_3$  và được phân tích sau mỗi dãy đo (gồm 5 mẫu). Độ ổn định của máy là chấp nhận được khi độ chênh lệch giữa giá trị chuẩn và giá trị đo được không vượt quá 8%.

Cuối cùng, 25 nguyên tố (Al, Ag, As, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, V và Zn) được chọn do kết quả đầy đủ của chúng về IDL và MDL, tỷ lệ thu hồi và nồng độ đủ lớn của chúng trong các hạt bụi không khí.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Nồng độ các kim loại nặng tại các trường mầm non trên địa bàn Hà Nội

Do khối lượng các hạt bụi lấy được tương đối ít và đòi hỏi phải có cân phân tích có độ chính xác cao (độ phân giải phải đạt  $\mu\text{g}$  đến  $\text{ng}$ ) và phải có phòng thí nghiệm chuẩn đáp ứng độ ổn định nhiệt độ, độ ẩm, độ rung, dòng điện để cân giấy lọc trước và sau khi lấy mẫu, trong khi

chúng tôi chưa có các điều kiện đó nên các kết quả về nồng độ khối lượng các hạt bụi trong và ngoài trường học không được đề cập đến trong bài viết này. Tuy vậy, cần chú ý rằng các kết quả thu được về nồng độ kim loại nặng trong các hạt  $\text{PM}_{2.5}$  trong không khí không bị ảnh hưởng bởi việc thiếu số liệu nồng độ khối lượng  $\text{PM}_{2.5}$ . Bên cạnh đó, chúng tôi sẽ công bố về nồng độ khối lượng và các thông số ảnh hưởng trên một công bố khác với sự hợp tác của các đối tác quốc tế.

Đối với các mẫu thu được trong nhà: Kết quả cho thấy Zn, Fe là 2 nguyên tố có nồng độ cao hơn nhiều so với các nguyên tố khác. Nồng độ Zn trung bình trong giờ học và ngoài giờ học lần lượt là  $2234 \text{ ng/m}^3$  (khoảng nồng độ tại các trường là  $46,3\text{-}205 \text{ ng/m}^3$ ) và  $1515 \text{ ng/m}^3$  (khoảng nồng độ tại các trường là  $746\text{-}2011 \text{ ng/m}^3$ ); nồng độ Fe trong giờ học, ngoài giờ học lần lượt là  $795,2 \text{ ng/m}^3$  (khoảng nồng độ tại các trường là  $94,2\text{-}1297 \text{ ng/m}^3$ ) và  $237,4 \text{ ng/m}^3$  (khoảng nồng độ tại các trường là  $45,8\text{-}397,9 \text{ ng/m}^3$ ). Trong khi đó, nồng độ Cd là thấp nhất, trong giờ học và ngoài giờ học lần lượt là  $2,2 \text{ ng/m}^3$  và  $0,7 \text{ ng/m}^3$  (Bảng 2).

Tương tự kết quả thu được trong nhà, Zn, Fe là 2 nguyên tố có nồng độ cao hơn nhiều so với các nguyên tố khác đối với không khí ngoài trời (Bảng 3). Nồng độ Zn trong giờ học và ngoài giờ học lần lượt là  $2250 \text{ ng/m}^3$  (khoảng nồng độ tại các trường là  $1440\text{-}2976 \text{ ng/m}^3$ ) và  $1697 \text{ ng/m}^3$  (nồng độ tại các trường là  $742,3\text{-}3308 \text{ ng/m}^3$ ); nồng độ Fe ngoài trời tại thời điểm trong giờ học và ngoài giờ học lần lượt là  $1332 \text{ ng/m}^3$  và  $218,6 \text{ ng/m}^3$ . Bên cạnh đó, nồng độ Cd có giá trị thấp nhất tương ứng là  $3,5 \text{ ng/m}^3$  và  $2,8 \text{ ng/m}^3$ .

Kết quả so sánh hàm lượng các kim loại nặng trong bụi không khí trong nhà tại các trường mầm non trong nghiên cứu này và các nghiên cứu khác được thực hiện tại các trường mầm non của các nước trong khu vực cho thấy: Tùy theo kim loại và vị trí lấy mẫu mà nồng độ của chúng có thể so sánh được cho đến khác nhau đáng kể giữa các nghiên cứu (Bảng 4).

**Bảng 2. Nồng độ các kim loại nặng trong nhà tại các trường mẫu giáo tại Hà Nội (ng/m<sup>3</sup>)**

	GTNN	GTLN	GTTB	Độ lệch
Trong giờ học				
Cu	46,3	205,0	102,0	61,7
Pb	25,8	1341	69,0	47,7
Cd	1,7	3,2	2,2	0,6
Zn	1588	3238	2234	641,4
Ni	7,0	65,9	30,7	25,0
Mn	12,8	35,2	21,5	8,7
Cr	6,0	89,9	35,0	33,1
Hg	18,9	81,1	51,3	27,0
As	0,8	28,0	11,3	10,2
Mg	43,5	2166	1164	985
Fe	94,2	1297	795,2	440,8
Ngoài giờ học				
Cu	71,9	200,2	139,1	48,5
Pb	17,8	62,9	35,8	17,9
Cd	0,6	0,9	0,7	0,1
Zn	746,2	2011	1515	514,3
Ni	0,0	73,0	40,8	28,4
Mn	3,0	34,7	17,6	12,2
Cr	3,4	49,9	19,0	19,4
Hg	1,9	117,0	54,9	45,0
As	0,6	8,3	4,6	3,0
Mg	737,3	1301	890,3	232,2
Fe	45,8	397,9	237,4	176,0

GTNN, GTLN, GTTB: Lần lượt là giá trị lớn nhất, giá trị nhỏ nhất và giá trị trung bình

**Bảng 3. Nồng độ các kim loại nặng trong mẫu bụi ngoài trời ở các trường mẫu giáo tại Hà Nội (ng/m<sup>3</sup>)**

	GTNN	GTLN	GTTB	Độ lệch
Trong giờ học				
Cu	18,6	230,9	89,1	83,8
Pb	26,3	94,0	49,4	27,3
Cd	0,6	7,1	3,5	3,2
Zn	1440	2976	2250	658,0
Ni	0,3	91,3	29,5	37,4
Mn	1,0	45,8	21,1	18,1
Cr	31,5	220,0	96,3	72,4
Hg	0,6	111,3	39,2	43,0
As	6,0	41,5	21,6	15,5
Mg	1517	4103	2702	1039
Fe	193,2	2883	1332	1231
Ngoài giờ học				
Cu	14,4	127,5	60,9	56,3
Pb	5,7	79,7	44,3	35,2
Cd	0,7	6,4	2,8	2,3
Zn	742,3	3308	1697	1143
Ni	0,3	36,0	17,1	16,0
Mn	3,4	45,5	25,7	17,3
Cr	4,0	38,8	20,5	14,6
Hg	6,6	64,2	20,3	24,7
As	1,4	6,7	3,1	2,1
Mg	439,5	1778	920,1	552,4
Fe	43,5	403,9	218,6	163,1

GTNN, GTLN, GTTB: Lần lượt là giá trị lớn nhất, giá trị nhỏ nhất và giá trị trung bình

**Bảng 4. So sánh nồng độ các kim loại nặng (ng/m<sup>3</sup>) trong bụi không khí trong nhà tại các trường mầm non giữa các nghiên cứu trong khu vực**

Nguyên tố	Hồng Kông	Trung Quốc <sup>1</sup>	Malaysia	Trung Quốc <sup>2</sup>	Hà Nội (nghiên cứu này)
Cu	247	-	30,2	74,2	102
Pb	200	254	31,2	176	69,0
Cd	8,5	0,23	-	-	2,2
Zn	2294	145	149	463	2234
Ni	-	-	-	36,2	30,7
Mn	224	-	-	565	21,5
Cr	-	11,9	16,9	160	35,0
Hg	-	-	-	-	51,3
As	-	-	-	14,5	11,3
Mg	-	-	-	-	1164
Fe	-	4801	4225	-	795
TLTK	[17]	[18]	[1]	[19]	

TLTK: Tài liệu tham khảo

### 3.2. Đánh giá nguồn phát thải

#### 3.2.1. Tỷ lệ nồng độ trong nhà/ngoài trời của các kim loại nặng (I/O)

Tỷ lệ I/O thường được sử dụng để chỉ ra nguồn phát thải các chất gây ô nhiễm trong nhà. Trong bài báo này, chúng tôi tính toán tỷ lệ I/O cho các kim loại nặng và kết quả được trình bày trong bảng 5. Tỷ lệ I/O đối với các kim loại khác nhau chính là tỷ số giữa nồng độ trong nhà của kim loại nghiên cứu và nồng độ của chính nó ngoài trời được lấy trong cùng khoảng thời gian (trong giờ học và buổi tối khi không có người trong lớp).

Bảng 5. Tỷ số I/O giữa các nguyên tố

Nguyên tố	Tỷ số I/O trong giờ học	Tỷ số I/O ngoài giờ học
Cu	1,14	2,28
Pb	1,40	0,81
Cd	0,63	0,25
Zn	0,99	0,89
Ni	1,04	2,39
Mn	1,02	0,68
Cr	0,36	0,93
Hg	1,31	2,70
As	0,52	0,87
Fe	0,60	0,90

Kết quả chỉ ra rằng tỷ số I/O của Pb trong giờ học là lớn nhất (1,4), gợi ý rằng nguồn phát thải Pb chủ yếu là nguồn trong lớp học, có thể là sự phát thải từ các đồ chơi, bút màu,... Tỷ số I/O của các nguyên tố (Cu, Hg, Ni) trong giờ học và ngoài giờ học đều lớn hơn 1 nên có thể thấy 3 nguyên tố này đều có nguồn phát thải

chủ yếu ở trong lớp học, có thể là sự phát thải từ các vật dụng sử dụng trong lớp như bàn ghế, quạt, điều hòa, sơn tường,... hoặc từ các hoạt động diễn ra trong lớp học.

Nguyên tố Cd có tỷ lệ I/O là thấp nhất (0,25), gợi ý rằng nguồn phát thải của nó chủ yếu là từ ngoài trời. Tỷ lệ I/O của các nguyên tố (As, Cd, Cr, Fe, Zn) trong giờ học và ngoài giờ học đều nhỏ hơn 1 cho thấy nguồn phát thải của chúng chủ yếu là từ ngoài trời, có thể là sự phát thải đường phố, từ các phương tiện giao thông, các công trình xây dựng...

#### 3.2.2. Tương quan giữa các kim loại nặng trong mẫu bụi không khí

Hệ số tương quan Pearson được thiết lập để đánh giá mối liên hệ giữa các nguồn phát thải khác nhau của các kim loại nặng (Bảng 6). Trong các lớp học, các nguyên tố kim loại có hệ số tương quan lớn với nhau và với nhiều nguyên tố như: As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn ( $R^2 > 0,85$ ). Điều này cho thấy chúng có thể có cùng nguồn gốc phát thải trong nhà hoặc từ các hạt bụi ngoài trời đã thâm nhập vào và đã lắng xuống cùng nhau, tạo nên thành phần chung của các hạt bụi trong nhà [20]. Đối với không khí ngoài trời, Cu, Mn, Ni, Zn có hệ số tương quan lớn nhất nhau (0,80), gợi ý rằng chúng có chung nguồn gốc phát thải giao thông: Từ sự ăn mòn của các bộ phận xe cơ giới, đặc biệt là má phanh [2]. Cũng giống như các mẫu trong nhà thì Cd, Hg đều có mối tương quan âm với hầu hết các kim loại khác. Ngoài ra Cr, As, Fe (trừ As, Cd) có mối tương quan âm hoặc kém tương quan với các nguyên tố khác. Điều này cũng cho thấy chúng có nguồn gốc phát thải khác so với các nguyên tố còn lại trong các mẫu bụi mẫu.

Bảng 6. Hệ số tương quan giữa các nguyên tố

	Cu	Pb	Cd	Zn	Ni	Mn	Cr	Hg	As	Fe
	Trong nhà									
Cu	1									
Pb	0,52	1								
Cd	-0,68	-0,76	1							
Zn	0,96	0,51	-0,81	1						

Ni	0,92	0,76	-0,90	0,93	1						
Mn	0,91	0,25	-0,60	0,95	0,78	1					
Cr	0,68	0,01	-0,51	0,81	0,56	0,92	1				
Hg	0,16	0,08	0,33	-0,13	0,01	-0,15	-0,48	1			
As	0,97	0,39	-0,69	0,98	0,88	0,98	0,84	-0,05	1		
Fe	0,97	0,58	-0,81	0,97	0,97	0,88	0,67	0,07	0,95	1	
Ngoài trời											
Cu	1										
Pb	0,41	1									
Cd	0,15	-0,16	1								
Zn	0,88	0,56	-0,33	1							
Ni	0,80	0,69	-0,35	0,97	1						
Mn	0,85	0,76	-0,11	0,92	0,97	1					
Cr	-0,11	0,36	0,11	-0,17	-0,20	-0,13	1				
Hg	-0,49	0,10	-0,91	-0,01	0,08	-0,12	-0,14	1			
As	-0,47	-0,65	0,41	-0,73	-0,86	-0,82	0,45	-0,34	1		
Fe	-0,40	-0,82	0,63	-0,74	-0,86	-0,78	0,03	-0,49	0,87	1	

3.3. Đánh giá rủi ro sức khỏe

Chất ô nhiễm đi vào cơ thể chủ yếu qua ba con đường (ăn uống, hít thở và hấp thụ qua da). Trong khuôn khổ nghiên cứu này, chúng tôi chỉ tập trung đánh giá phơi nhiễm và đánh giá rủi ro ung thư đối với trẻ em qua con đường hô hấp vì đây là đối tượng chịu tác động của ô nhiễm không khí nghiêm trọng hơn các đối tượng khác.

Đánh giá rủi ro phơi nhiễm được xác định theo công thức (1):

$$Pi = \sum C_{mi,t_i}(m) \tag{1}$$

Đối với trẻ em:  $t_i$  là 8/24 (thời gian phơi nhiễm trong lớp học/ngày). Từ các thông số và công thức (1) xác định được rủi ro phơi nhiễm đối với trẻ em.

Lượng chất ô nhiễm thường xuyên hít vào cơ thể trong một ngày CDI (ng/kg/ngày) được xác định theo công thức sau [20]:

$$CDI\left(\frac{ng}{kg \cdot ngày}\right) = \frac{C\left(\frac{ng}{m^3}\right) \cdot IR\left(\frac{m^3}{ngày}\right) \cdot E(ngày)}{BW(kg) \cdot 3(năm) \cdot 365\left(\frac{ngày}{năm}\right)} \tag{2}$$

trong đó C là nồng độ kim loại trong không khí trong lớp học (ng/m<sup>3</sup>); với trẻ em từ 3 đến 6 tuổi thì tốc độ hít thở IR là 1,26 m<sup>3</sup>/giờ; trọng lượng cơ thể trung bình (BW) của trẻ em Việt Nam từ 3 đến 6 tuổi là 13,6 kg [21]. E (ngày) là số ngày phơi nhiễm các kim loại nặng đối với trẻ nhỏ, được xác định bằng tích của số ngày trẻ đến trường (5/tuần) và số tuần đi học trong 1

năm (40 tuần) trong thời gian học là 3 năm tại trường mầm non. Tổng số ngày trong 3 năm nghiên cứu được xác định bằng tích của số năm (3) và số ngày trong 1 năm (365).

Nguy cơ gây ung thư sẽ được xác định bằng việc lấy hệ số mức độ nguy hại của chất ô nhiễm nghiên cứu nhân với CDI [22].

Từ các công thức 1 và 2, ta tính toán được mức độ phơi nhiễm của trẻ em đối với nguyên tố Zn là lớn nhất (744,7 ng/m<sup>3</sup>), nhỏ nhất là Cd (0,73 ng/m<sup>3</sup>), tương ứng với lượng chất ô nhiễm thường xuyên hít vào cơ thể trong 1 ngày đối với trẻ em, chỉ số CDI của nguyên tố Zn cao nhất là 780,9 ng/m<sup>3</sup>/ngày, nhỏ nhất đối với Cd là 0,77 ng/m<sup>3</sup>/ngày (Bảng 7).

Bảng 7. Đánh giá rủi ro phơi nhiễm

Nguyên tố	Nồng độ (ng/m <sup>3</sup> )	Mức độ phơi nhiễm (ng/m <sup>3</sup> )	CDI (ng/m <sup>3</sup> /ngày)
Cu	102	34	35,6
Pb	69	23	24,1
Cd	2,2	0,73	0,77
Zn	2234	744	781
Ni	30,7	10,2	10,7
Mn	21,5	7,2	7,5
Cr	35	11,6	12,2
Hg	51,3	17,1	17,9
As	11,3	3,8	4,0
Fe	795	265	278



Rủi ro ung thư của trẻ em đối với Cd là nhỏ nhất  $4,8.10^{-6}$ , lớn nhất là đối với Cr, với giá trị là  $5.10^{-4}$ . Kết quả được thể hiện ở bảng 8.

Bảng 8. Đánh giá rủi ro ung thư đối với trẻ em

Nguyên tố	Hệ số (mg/m <sup>3</sup> /ngày)	Rủi ro ung thư
As	15	$59.10^{-6}$
Cd	6,3	$4,8.10^{-6}$
Cr	41	$5,0.10^{-4}$
Ni	0,84	$9,0.10^{-6}$

Các kết quả từ bảng 8 cho thấy mức độ rủi ro ung thư của trẻ em. Bên cạnh đó, các giá trị đánh giá rủi ro ung thư của As, Cd, Ni, Cr trong các mẫu không khí trong nhà đều cao hơn rất nhiều so với giới hạn cho phép ( $>1 \times 10^{-6}$ ) theo tiêu chuẩn của EPA, Mỹ [20]. Đặc biệt, rủi ro ung thư của Cr lớn nhất (gấp 500 lần so với giá trị cho phép). Vì vậy, crom là nguyên tố có mức độ gây ung thư rất lớn với trẻ em sống trong môi trường không khí tại Hà Nội.

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu các kim loại nặng từ các hạt bụi trong không khí trong nhà và không khí xung quanh tại các trường mầm non trên địa bàn Hà Nội cho thấy sự hiện diện của trẻ em tại trường học và hoạt động trong lớp học làm thay đổi tương đối lớn nồng độ các kim loại nặng trong không khí trong nhà. Các mẫu bụi trong nhà có nồng độ kim loại nặng tương đối lớn và một số trường hợp lớn hơn ngoài trời, đặc biệt 02 nguyên tố là Fe và Zn có nồng độ cao hơn nhiều so với các nguyên tố khác (giá trị trung bình trong lớp học là 2234 ng/m<sup>3</sup> với Zn và 795 ng/m<sup>3</sup> với Fe), trong khi Cd có nồng độ thấp nhất trong không khí trong nhà, với nồng độ khoảng 3 ng/m<sup>3</sup>.

Tỷ số I/O trong giờ học của các nguyên tố (Cu, Pb, Ni, Mn, Hg) đều lớn hơn 1, gợi ý rằng sự phát thải của chúng chủ yếu là từ các nguồn trong nhà. Các nguyên tố As, Cd, Cr, Fe, Zn cho chỉ số I/O nhỏ hơn 1, cho thấy chúng có nguồn gốc phát thải từ ngoài trời. Các kết quả

thu được cũng phù hợp với phân tích tương quan Peterson; theo đó các nguyên tố Cu, Mn, Ni, Zn có cùng nguồn phát thải là giao thông, trong khi các nguyên tố As, Cd, Hg Cr, Fe không sinh ra từ cùng nguồn phát thải.

Nồng độ các hạt bụi hô hấp trong nhà và thành phần các nguyên tố kim loại, đặc biệt các kim loại nặng phụ thuộc không chỉ vào khoảng cách với các nguồn phát thải, hướng gió, điều kiện thời tiết mà còn phụ thuộc vào các nguồn thải trong nhà, cấu trúc và tình trạng của tòa nhà... Các thông số này sẽ được chúng tôi phát triển nghiên cứu trong thời gian tới.

Từ các kết quả tính toán về rủi ro mắc ung thư do tiếp xúc với không khí trong nhà tại các trường mầm non trên địa bàn Hà Nội cho thấy rủi ro gây ung thư của các kim loại nặng đối với trẻ em là tương đối cao, đặc biệt Crom có tiềm năng gây ung thư mạnh đối với trẻ nhỏ, với mức độ rủi ro lên đến hơn 100 lần so với tiêu chuẩn EPA, Hoa Kỳ.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 104.99-2016.67.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] M.T. Latif, S.M. Yong, A. Saad, N. Mohamad, N.H. Baharudin, M.B. Mokhtar, N.M. Tahir, Composition of heavy metals in indoor dust and their possible exposure: a case study of preschool children in Malaysia, *Air Quality, Atmosphere and Health*. 7 (2014) 181-193.
- [2] B.K.K. Perihan, Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: Estimation of the health risk, *Environment International*. 50 (2012) 47-55.
- [3] A. Kamkar, B. Noudoost, G. Bidhendi et al., Monitoring of heavy metals in raw milk of vet husbandries in industrial regions of Isfahan Province of Iran, *Asian J Chem*. 22 (2010) 7927-7931.
- [4] F.M. Darus, R.A. Nasir, S.M. Sumari et al., Heavy metals composition of indoor dust in nursery schools building, *Procedia Soc Behav Sci*. 38 (2012) 169-175.

- [5] W.W. Nazaroff, Indoor particle dynamics, *Indoor Air*. 14 (2004) 175–183.
- [6] G.J. Keeler, J.T. Dvonch, F.Y. Yip et al., Assessment of personal and community-level exposures to particulate matter among children with asthma in Detroit, Michigan, as part of Community Action Against Asthma (CAAA), *Environ. Health Perspect.* 110 (2002) 173–181.
- [7] T. Li, S. Cao, D. Fan et al., Household concentrations and personal exposure of PM<sub>2.5</sub> among urban residents using different cooking fuels, *Science of the Total Environment*. 548–549 (2016) 6–12.
- [8] J.L. Adgate, G. Ramachandran, G.C. Pratt et al., Longitudinal variability in outdoor, indoor, and personal PM<sub>2.5</sub> exposure in healthy non-smoking adults, *Atmospheric Environment*. 37 (2003) 993–1002.
- [9] J.J. Cao, S.C. Lee, J.C. Chow et al., Indoor/outdoor relationships for PM<sub>2.5</sub> and associated carbonaceous pollutants at residential homes in Hong Kong, *Indoor Air*. 15 (2005) 197–204.
- [10] H. Fromme, D. Twardella, S. Dietrich et al., Particulate matter in the indoor air of classrooms-exploratory results from Munich and surrounding area, *Atmos. Environ.* 41 (2007) 854–866.
- [11] K.C. Coombs, G.L. Chew, C. Schaffer et al., Indoor air quality in green-renovated vs. non-green low-income homes of children living in a temperate region of US (Ohio), *Total Environ.* 554–555 (2016), 178–185.
- [12] P.T.B.S. Branco, M.C.M. Alvim-Ferraz, F.G. Martins, S.I.V. Sousa, Indoor air quality in urban nurseries at Porto city: particulate matter assessment, *Atmos. Environ.* 84 (2014), 133–143.
- [13] W.H. Yang, J. Sohn, J.W. Kim, B. Son, and J. Park, Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea, *J. Environ. Manage.* 90 (2009) 348–354.
- [14] R. Goyal, M Khare, Indoor-outdoor concentrations of RSPM in classroom of a naturally ventilated school building near an urban traffic roadway, *Atmos. Environ.* 43 (2009) 5989–6120.
- [15] M. Branis, J. Safranek, A Hytychova, Exposure of children to airborne particulate matter of different size fractions during indoor physical education at school, *Build. Environ.* 44 (2009) 1246–1252.
- [16] D.T. Tran, L.Y. Alleman, P. Coddeville, J.C. Galloo, Elemental characterization and source identification of size resolved atmospheric particles in French classrooms, *Atmospheric Environment*. 54 (2012) 250–259.
- [17] T.Y. Susanna, U. Tong, C.L. Kin, Are nursery schools and kindergartens safe for our kids? The Hong Kong study, *The Science of the Total Environment*. 216 (1998) 217–225.
- [18] L. Xinwei, Z. Xiaolan, Y. L. Loretta, C. Hao, Assessment of metals pollution and health risk in dust from nursery schools in Xi'an, China, *Environmental Research*. 128 (2014) 27–34.
- [19] H. Zhangxiong, W. Dejun, Y. Jinsong, L. Xingqi, Heavy Metal Pollution in Settled Dust Associated with Different Urban Functional Areas in a Heavily Air-Polluted City in North China, *Environmental Research and Public health*. 13 (2016) 50–63.
- [20] D.T. Tran, L.Y. Alleman, P. Coddeville, J.C. Galloo, Indoor-outdoor behavior and sources of size-resolved airborne particles in French classrooms, *Building and Environment*. 81 (2014) 183–191.
- [21] U.S. EPA, Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report), U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011.
- [22] S.I.V. Sousa, C. Ferraz, M.C.M. Alvim-Ferraz, L.G. Vaz, A.J. Marques and F.G. Martins, Indoor air pollution on nurseries and primary schools: impact on childhood asthma – study protocol, *BMC Public Health*. 12 (2012) 435.