

Nghiên cứu kích thước và hàm lượng bụi dải hạt PM_{10} trong không khí xung quanh ở Hà Nội vào mùa mưa 2019

Nguyễn Việt Phong¹, Vũ Văn Tú²

Tóm tắt:

* **Thông tin chung:** Nghiên cứu kích thước và hàm lượng PM_{10} trong không khí xung quanh nhằm đánh giá đặc điểm vật lý của bụi ngày càng được quan tâm trong công tác giám sát môi trường. Đây là các chỉ số quan trọng trong đánh giá nguy cơ ảnh hưởng của bụi đến sức khỏe cộng đồng.

* **Phương pháp:** Nghiên cứu sử dụng phương pháp cắt ngang; các kỹ thuật theo thông tư 24/2017/TT-BTNMT; kiểu quan trắc: Nghiên cứu môi trường nền; mẫu 24h; cỡ mẫu: 14 mẫu bụi; theo qui chuẩn Việt Nam.

* **Kết quả:** Bụi PM_{10} thu được có tỉ lệ hạt trong dải kích thước từ 4,7 -10 μm chiếm tỉ lệ 51,4 %; bụi có dải kích thước 3,3-4,7 μm chiếm tỉ lệ 14,3 %; bụi có dải kích thước 2,1-3,3 μm chiếm tỉ lệ 13,4 %; bụi có dải kích thước 1,1-2,1 μm chiếm 10,2 % và bụi có dải kích thước 0,4-1,1 μm chiếm tỉ lệ 10,8 %; hàm lượng bụi PM_{10} đã nghiên cứu nằm trong khoảng 110 - 241 $\mu g/m^3$.

* **Kết luận:** Hàm lượng bụi PM_{10} xác định được trong không khí xung quanh đang ở mức giới hạn. Cần có biện pháp tích cực giám sát và kiểm soát bụi để tăng cường bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng.

* **Từ khóa:** Bụi PM_{10} , bụi phân tầng, bụi mùa mưa, môi trường Hà Nội, ô nhiễm không khí xung quanh.

Survey on sizes and contents of ambient air born PM_{10} in Hanoi during rainy season in 2019

Nguyễn Việt Phong¹, Vũ Văn Tú²

Abstract:

* **Background:** Measurement of ambient air born PM_{10} concentration and size in order to evaluate the physical properties of dust has been used frequently for environmental monitoring. This is the important index for public health risk assessment.

* **Methodology:** A cross sectional method was applied with the technics followed Circular 24/2017/TT-BTNMT; monitoring methods was field sampling measurement, continuously 24 hours; the sample size was 14 followed Vietnamese regulations.

* **Results:** The PM_{10} ranged from 4.7 to 10.0 μm accounted for 51.4 %, from 3.3-4.7 μm accounted

for 14.3 %; from 2.1-3.3 μm accounted for 13.4 %; from 1.1-2.1 μm accounted for 10.2 % and particle ranged from 0.4-1.1 μm accounted for 10.8 %. Besides, PM10 average concentration was found to be 110 - 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

* **Conclusions:** The airborne ambient particulate matter (PM10) concentration was in the range of the limit value. Monitoring and control of particulate matter should be conducted to increase environmental and public health protection.

* **Key words:** PM10 dust, Stage dust, rain season dust, Ha Noi environment, ambient air pollution.

Tác giả:

1. Viện Khoa học và công nghệ môi trường (Trường Đại học Bách khoa Hà Nội)

2. Viện Công nghệ môi trường (Viện Hàn lâm khoa học Việt Nam)

1. Đặt vấn đề:

Vấn đề ô nhiễm môi trường và chất lượng không khí đang ngày càng được cộng đồng quan tâm. Các nước trong khu vực như Thái Lan... cũng đã quan trắc bụi PM₁₀ (tiêu phân có đường kính $d_p \leq 10 \mu\text{m}$) trong không khí xung quanh bằng phương pháp trọng lượng từ năm 1995¹. Trong những năm gần đây, do tốc độ phát triển cũng như đô thị hóa của các thành phố lớn như Hà Nội tăng nhanh, kéo theo đó, nguy cơ ô nhiễm môi trường đô thị – nhất là môi trường không khí – ngày càng trầm trọng. Vì vậy, việc liên tục đi sâu nghiên cứu, tìm hiểu về đặc điểm kích thước các dải hạt và tính chất hóa học của chúng để bổ sung, cập nhật cho dữ liệu quan trắc môi trường, xác định rõ nguồn phát sinh, nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe cũng như biện pháp kiểm soát bụi là một trong những yêu cầu cấp thiết nhằm đánh giá nguy cơ ảnh hưởng của bụi để góp phần bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng².

2. Đối tượng, thiết bị & phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng:

Hàm lượng theo kích thước bụi PM₁₀ trong không khí xung quanh ở Hà Nội vào mùa mưa 2019.

2.2. Thiết bị:

+ Máy lấy mẫu không khí: Minivol (Air metrics – USA); 5 lít/phút.

+ Máy lấy mẫu không khí: Gelman – Andersen (USA) 6 tầng, tốc độ 28,3 lít/phút.

+ Filter: 47 mm Quartz; tốc độ lấy mẫu: 5 lít/phút; thời gian lấy mẫu: 24h³.

+ Cân mẫu: Cân Mettler XP26 (Thụy Sĩ), độ chính xác 10⁻⁶, cân tối đa 22g (max).

2.3. Phương pháp:

+ Nghiên cứu sử dụng phương pháp cắt ngang. Kỹ thuật theo các phương pháp qui định của thông tư 24/2017/TT-BTNMT^{3, 4}.

+ Kiểu quan trắc: Nghiên cứu môi trường nền [4].

+ Địa điểm nghiên cứu: phố Lê Quý Đôn – Q. Hai Bà Trưng – Hà Nội (tọa độ: B.21° 01' 28" 07, Đ.105° 06' 05" 90).

+ Thời gian lấy mẫu: vào mùa mưa; mẫu 24h từ ngày 16/6/2019 đến ngày 29/6/2019.

+ Cỡ mẫu: 14 mẫu bụi; lấy mẫu liên tục 24h/

ngày trong 14 ngày áp dụng theo thông tư 24/2017/TT-BTNMT về quan trắc môi trường do Bộ Tài nguyên và môi trường và so sánh, đánh giá theo qui chuẩn Việt Nam (QCVN 05:2013/BTNMT) về chất lượng không khí xung quanh.

3. Kết quả nghiên cứu

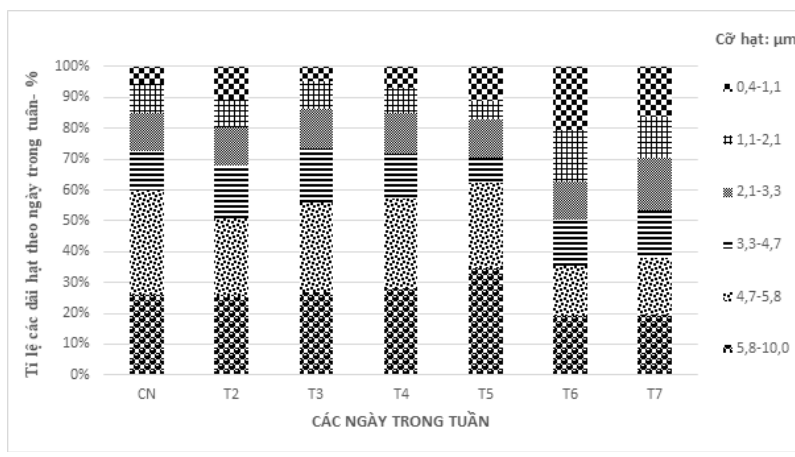
3.1. Kết quả xác định tính chất vật lý của bụi (tỉ lệ % trọng lượng các phân dải hạt của bụi PM₁₀) bằng mẫu phân tầng Andersen:

Lấy 7 mẫu phân tầng (song song với Minivol - PM₁₀); bằng phương pháp trọng lượng, đã xác định được tỉ lệ % khối lượng 6 dải kích thước hạt của bụi PM₁₀ (bảng 1).

BẢNG 1: KẾT QUẢ MẪU PHÂN TẦNG ANDERSEN - XÁC ĐỊNH TỈ LỆ TRỌNG LƯỢNG (%) THEO 6 DẢI HẠT CỦA BỤI PM₁₀ TRONG KHÔNG KHÍ TẠI HÀ NỘI - VÀO MÙA MƯA 2019

Ngày lấy mẫu	16/6/2019 (1)	17/6/2019 (2)	18/6/2019 (3)	19/6/2019 (4)	20/6/2019 (5)	21/6/2019 (6)	22/6/2019 (7)							
Nhiệt độ	31,7 (°C)	29,9	30,4	31,8	33,1	33,5	32,4							
Kích thước hạt	Trọng lượng	Tỉ lệ	Trọng lượng	Tỉ lệ	Trọng lượng	Tỉ lệ	Trọng lượng	Tỉ lệ						
	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%						
µm	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%						
5,8-10	23,5	26,0	18,5	25,5	37,7	26,7	40,9	28,0	39,2	34,7	30,4	19,1	28,0	19,6
4,7-5,8	30,4	33,6	18,3	25,2	41,2	29,2	42,8	29,2	31,2	27,6	26,3	16,5	26,1	18,3
3,3-4,7	11,5	12,8	12,3	17,0	24,6	17,4	21,0	14,4	9,1	8,1	23,6	14,8	21,8	15,3
2,1-3,3	11,3	12,5	9,2	12,7	18,3	13,0	19,4	13,2	14,1	12,5	20,2	12,7	24,6	17,3
1,1-2,1	8,5	9,4	6,5	9,0	12,7	9,0	12,1	8,2	7,0	6,2	26,3	16,5	18,8	13,2
0,4-1,1	5,1	5,7	7,6	10,5	6,5	4,6	10,0	6,9	12,4	11,0	32,9	20,6	23,1	16,2
Bụi PM ₁₀	90,3	100,0	72,3	100	141,0	100,0	146,2	100,0	112,9	100,0	159,7	100,0	142,4	100,0
Max	30,4	33,6	18,5	25,5	41,2	29,2	42,8	29,2	39,2	34,7	32,9	20,6	28	19,6
Min	5,1	5,7	6,5	9	6,5	4,6	10	6,9	7	6,2	20,2	12,7	18,8	13,2
STDEV	9,8	10,8	5,3	7,3	13,8	9,8	14,2	9,7	13,2	11,6	4,6	2,9	3,3	2,3
AVG	15,1	16,7	12,1	16,7	23,5	16,7	24,4	16,7	18,8	16,7	26,6	16,7	23,7	16,7

Hình 1: Xác định tỉ lệ % trọng lượng các dải của bụi PM₁₀ - ngày trong tuần (CN=Chủ nhật; T=thứ)



KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

(ngày 20/6) chiếm 34,7 % (Max). Tỷ lệ % thấp nhất là dải hạt 0,4-1,1 μm , thứ ba (ngày 18/6) chiếm 4,6 % (Min). Trung bình trọng lượng bụi của mỗi dải hạt cho các ngày trong tuần đều chiếm 16,7 %. Bảng 1 cho thấy: Trọng lượng bụi tính theo tỷ lệ % ở các dải hạt trong mẫu tương đối thuận với kích thước hạt (trừ dải có kích thước 0,4-1,1 μm có tỷ lệ % nhỏ hơn so với dải hạt 1,1-2,1 μm). Hạt có kích thước 4,7-10,0 μm chiếm tỷ lệ 51,4 % (D50) trong mẫu bụi PM_{10} . Cụ thể là: bụi PM_{10} thu được có tỷ lệ hạt 5,8 -10,0 μm và 4,7-5,8 μm đều chiếm tỷ lệ 25,7 % (với Max tương ứng: 34,7 % và 33,6 %; Min tương ứng: 19,1 % và 16,5 %; độ lệch chuẩn tương ứng: 5,3 % và 6,2 %). Bụi có kích thước 3,3-4,7 μm chiếm tỷ lệ 14,3 % (Max: 17,4 %; Min: 8,1 %; độ lệch chuẩn: 3,1 %); bụi

có kích thước 2,1-3,3 μm chiếm tỷ lệ 13,4 % (Max: 17,3 %, Min: 12,5 %; độ lệch chuẩn: 1,7 %); bụi kích thước 1,1-2,1 μm chiếm 10,2 % (Max: 16,5 %, Min: 6,2 %; độ lệch chuẩn: 3,5 %) và bụi 0,4-1,1 μm chiếm tỷ lệ 10,8 % (Max: 20,6 %, Min: 4,6 %; độ lệch chuẩn: 5,8 %).

3.2. Kết quả nghiên cứu hàm lượng bụi PM_{10}

Sau khi xác định được tỷ lệ các dải hạt dưới 10 μm của bụi khu vực nghiên cứu với 7 mẫu phân tầng, áp dụng tỷ lệ trọng lượng phân tầng các dải hạt thu được cho 14 mẫu (Minivol) đã lấy, ta có số liệu về đặc điểm vật lý (kích thước phân giải hạt của bụi PM_{10}) cho toàn bộ mẫu nghiên cứu như sau:

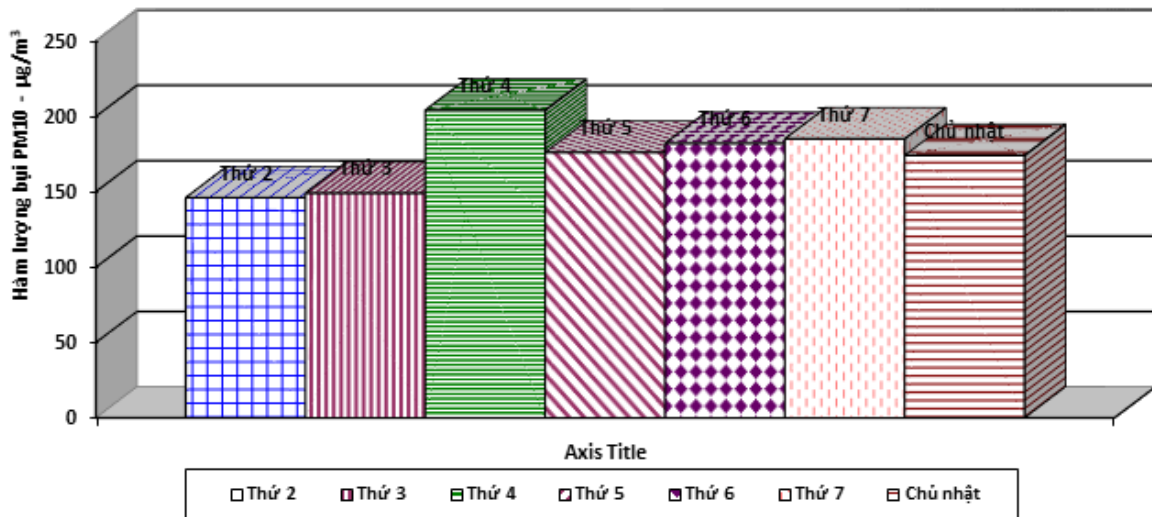
BẢNG 2: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU HÀM LƯỢNG PHÂN GIẢI BỤI PM_{10} TRONG KHÔNG KHÍ BẰNG MẪU MINIVOL (MÙA MƯA 2019 - TẠI HÀ NỘI)

TT (n=14)	Ngày lấy mẫu	T ($^{\circ}\text{C}$)	Hệ số Thể tích	Hàm lượng PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CỖ HẠT BỤI (μm)					
					5,8- 10,0	4,7- 5,8	3,3- 4,7	2,1- 3,3	1,1- 2,1	0,4- 1,1
1	16/6	31,7	0,79	183	48	61	23	23	17	10
2	17/6	29,9	0,84	141	36	36	24	18	13	15
3	18/6	27,2	0,92	211	56	62	37	27	19	10
4	19/6	30,4	0,82	219	61	64	32	29	18	15
5	20/6	31,8	0,79	203	70	56	16	25	13	22
6	21/6	33,1	0,76	241	46	40	36	31	40	50
7	22/6	33,5	0,75	226	44	41	35	39	30	37
8	23/6	32,4	0,77	110	29	37	14	14	10	6
9	24/6	26,7	0,94	157	40	40	27	20	14	16
10	25/6	29,3	0,85	196	52	57	34	25	18	9
11	26/6	31,6	0,79	133	37	39	19	18	11	9
12	27/6	32,3	0,77	161	56	44	13	20	10	18
13	28/6	33,6	0,74	130	25	21	19	17	21	27
14	29/6	33,5	0,75	121	24	22	19	21	16	20

II. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

TT (n=14)	Ngày lấy mẫu	T (°C)	Hệ số Thể tích	Hàm lượng PM ₁₀ (µg/m ³)	CỖ HẠT BỤI (µm)					
					5,8- 10,0	4,7- 5,8	3,3- 4,7	2,1- 3,3	1,1- 2,1	0,4- 1,1
AVG		31,4		173,8	44,6	44,3	24,9	23,4	17,9	18,9
Max		33,6		241	70	64	37	39	40	50
Min		26,7		110	24	21	13	14	10	6
STDEV		2,3		43	13,7	13,9	8,6	6,6	8,3	12,2

Kết quả tại bảng 2 cho thấy: hàm lượng bụi PM₁₀ đã nghiên cứu trong 14 ngày nằm trong khoảng 110 - 241 µg/m³ với trung bình của bụi PM₁₀ tại điểm đã lấy mẫu ở Hà Nội là 173 µg/m³; độ lệch chuẩn: 43 µg/m³.



Hình 2: Biểu đồ trung bình hàm lượng bụi PM₁₀ theo các ngày trong tuần (µg/m³)

Bảng 3: Hàm lượng bụi quan trắc ở Hà Nội (2010 - 2018)

Năm	Hàm lượng bụi PM ₁₀ (µg/m ³)	Hàm lượng bụi PM _{2,5} (µg/m ³)	Hàm lượng bụi do một trạm quan trắc đo bằng phương pháp laser ở Hà Nội cho thấy ¹¹ : từ 2010 đến 2018, tất cả 16/16 mẫu bụi đều có hàm lượng vượt giới hạn của qui chuẩn QCVN 05:2013/BTNMT . Trong đó, PM ₁₀ có hàm lượng (Min-Max) là 151,8-169,7 µg/m ³ với độ lệch chuẩn: 6,4 µg/m ³ . Còn hàm lượng bụi PM _{2,5} (Min-Max) là 55,2-81,8 µg/m ³ với độ lệch chuẩn: 9,7 µg/m ³ .
2017	-	55,2	
2018	152,9	59,9	
2010	169,7	80,6	
2011	154,7	81,8	
2012	151,8	60,1	
2013	163,8	75,6	
2014	158,3	68,1	
2015	160,3	67,0	
2016	-	61,0	

4. Bàn luận

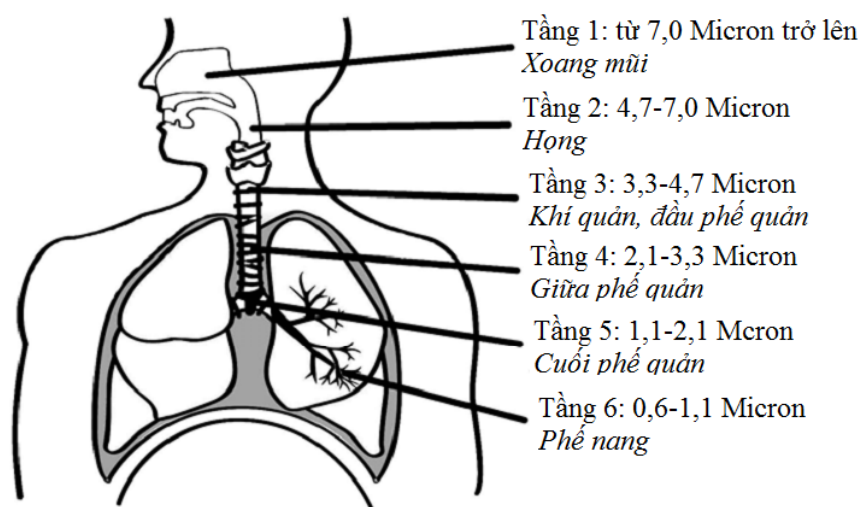
Theo hình 1, hạt kích thước 4,7-10,0 μm chiếm tới 51,4 % (D50). Diễn biến tỉ lệ theo các ngày trong tuần, từ cao xuống thấp là: thứ năm>thứ tư>thứ 3>thứ 2>thứ 7> thứ sáu; với độ lệch chuẩn: 10,6 %. Như vậy sự biến động của bụi D50 trong mẫu nghiên cứu theo các ngày trong tuần lên đến 20,6 %. Sự biến động hàm lượng cỡ hạt này thường liên quan trực tiếp đến các hoạt động như xây dựng, giao thông. Độ biến động của dải hạt kích thước 4,7-5,8 μm và dải 0,4-1,1 μm là lớn nhất (6,2 % và 5,8 %); độ biến động của dải kích thước hạt 2,1-3,3 μm là nhỏ nhất (1,7 %). Tuy bụi D50 nằm vào dải hạt lớn hơn, nhưng bụi này thường chỉ lắng đọng ở đường hô hấp trên, đa số sẽ bị tẩy bằng dịch tiết của cơ thể, không xâm nhập được sâu vào đường hô hấp, nên nguy cơ gây ảnh hưởng đến sức khỏe không cao.

Bảng 1 cho thấy: có 48,6 % trọng lượng bụi thuộc dải xâm nhập được vào đường hô hấp dưới. Đặc biệt, có 10,2 % là bụi xâm nhập được vào cuối phế quản và 10,8 % xâm nhập được vào tận phế nang.

Bụi này có nguy cơ tích lũy và gây ảnh hưởng lớn đến sức khỏe cộng đồng, nhất là gây nên các bệnh đường hô hấp⁶ như viêm phổi, tắc nghẽn, bụi phổi, xơ hóa, ung thư phổi.

Số liệu nghiên cứu (hình 2) cho thấy: hàm lượng PM_{10} vào đầu tuần là thấp nhất; sau đó có xu thế tăng dần đến thứ tư (là cao nhất), rồi giảm dần trong thời gian còn lại của tuần. Trong đó, hàm lượng bụi PM_{10} vào cuối tuần cao hơn đầu tuần.

Tuy nhiên, hạt có kích thước nhỏ (2,5 μm) mới là bụi có khả năng xâm nhập sâu vào đường hô hấp dưới (hình 3) – đến tận phế nang và có thể đi qua cả hàng rào máu não. Vì vậy, nguy cơ gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe cộng đồng của dải hạt này là rất đáng lo ngại. Diễn biến tỉ lệ của bụi này như sau (hình 1): Thứ 6>thứ 7>thứ 2>thứ 5>thứ 4>chủ nhật>thứ 3. Các hoạt động liên quan trực tiếp đến sự gia tăng của dải hạt này thường là: đốt cháy xăng dầu (động cơ xe-máy, lò đốt diesel); đốt rác thải; đốt than, củi, rơm, rạ... Thực tế cũng cho thấy: mật độ giao thông đô thị thường cao hơn vào những ngày làm việc cuối tuần.



Hình 3: Sơ đồ khả năng xâm nhập của bụi vào phổi theo kích thước hạt [6]

Theo Tổ chức Y tế thế giới (WHO): Các ảnh hưởng đến sức khỏe do tiếp xúc với bụi - trong cả ngắn hạn (giờ, ngày) và dài hạn (tháng, năm) - bao gồm: Bệnh về hô hấp và tim mạch (làm nặng thêm bệnh hen suyễn, hô hấp và tăng tỉ lệ nhập viện); tử vong do các bệnh tim mạch, hô hấp và ung thư phổi⁷.

Có những bằng chứng về ảnh hưởng của phơi nhiễm ngắn hạn với PM₁₀ đến đường hô hấp. Nhưng bằng chứng về hậu quả của việc tiếp xúc lâu dài với PM_{2,5} làm tăng tỷ lệ tử vong là rõ ràng và nghiêm trọng hơn. Vì vậy PM_{2,5} (dài hạt dưới) có nguy cơ gây ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng cao hơn dài hạt trên của PM₁₀. Ước tính, tiếp xúc với 10 µg/m³ bụi PM₁₀ thì nguy cơ đóng góp vào tỷ lệ tử vong tăng 0,2% - 0,6%⁸.

Tiếp xúc mãn với PM_{2,5} có liên quan đến sự gia tăng nguy cơ mắc bệnh tim-phổi, tỷ lệ tử vong tăng 6-13% cho mỗi 10 µg/m³ PM_{2,5}⁹. Các nhóm đặc biệt dễ bị tổn thương là: những người có tiền sử bệnh phổi hoặc bệnh tim, người già và trẻ em. Ví dụ, tiếp xúc với bụi ảnh hưởng đến sự phát triển của phổi ở trẻ em (chức năng phổi yếu, hoặc kém phát triển dài hạn). Đặc biệt là: chưa có bằng chứng về mức độ an toàn tiếp xúc hoặc giới hạn dưới (hàm lượng tiếp xúc không gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe).

Cũng theo WHO, năm 2005, ước lượng PM_{2,5} ở khu vực Việt Nam là 35 µg/m³⁷. Năm 2010 chỉ số ước lượng này đã là 45 µg/m³¹⁰.

Bên cạnh đó, số liệu của một trạm quan trắc tự động ở Hà Nội thể hiện (bảng 3): Từ 2010 đến 2018, hàm lượng cả bụi PM₁₀ và PM_{2,5} khá ổn định ở mức trên giới hạn cho phép (vượt 1,2-63,6%).

5. Kết luận và khuyến nghị

So với qui chuẩn Việt Nam (QCVN 05:2013/BTNMT) về không khí xung quanh, có 9 trong số 14 mẫu bụi 24h (chiếm 64,3%) đã nghiên cứu chứa hàm lượng bụi PM₁₀ cao hơn mức cho phép (150 µg/m³). Có 2 trong số 14 mẫu bụi 24h (chiếm 14,3%) chứa hàm lượng bụi PM_{2,5} cao hơn mức cho phép (50 µg/m³). Vì vậy, nên tiếp tục tăng số lượng, chỉ tiêu mẫu nghiên cứu, giám sát bụi trong không khí xung quanh ở Hà Nội và các đô thị để có cơ sở dữ liệu đầy đủ hơn cho công tác xây dựng, thực hiện các giải pháp bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng.

Cần sớm có biện pháp tăng cường kiểm soát các hoạt động liên quan đến bụi dải D50 vì hạt có kích thước dưới 5 µm là bụi hô hấp (nguy cơ gây bệnh cao) để kịp thời cải thiện môi trường và sức khỏe cộng đồng.

Tài liệu tham khảo

1. Nghiên Trung Dũng, Hoàng Xuân Cơ, Đặng Kim Chi (2004), Nghiên cứu mức độ ô nhiễm bụi PM₁₀ và thành phần nguyên tố của nó trong mùa khô tại Hà Nội, Tạp chí Hóa học và ứng dụng, Số 8/2004, tr. 27.
2. Newzealand Ministry of Environment (2009), Good Practice Guide for Air Quality Monitoring and Data Management 2009; p. 6.
3. Bộ Tài Nguyên và Môi trường (2017), Quy định quy trình kỹ thuật quan trắc môi trường không khí xung quanh, Thông tư 24/2017/TT-BTNMT; 1/9/2017; tr. 9.
4. Bộ Tài Nguyên & Môi trường (2013), QCVN 05:2013/BTNMT; công báo 793; 2013, tr.16.
5. Australian/Newzealand standard (2003), Methods

- 9,6: Determination of suspended and analysis of ambient air AS/NZS 3580,9,6:2003; p. 2.
6. Thermo Scientific, (2009): Six and Two Stage Viable Samplers Part Number 100072-00 29.Oct 2009, 8.
7. World Health Organization, Health effects of particulate matter (2013), ISBN 978 92 890 0001, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, p. 6.
8. Air quality guidelines, global update (2005), Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2006 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>, accessed 28 October 2012); p. 6.
9. Pope CA III et. al (2002), Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, Journal of the American Medical Association, 2002, 287(9): 1132–1141.
10. Aaron van Donkelaar et. Al (2010), Environmental Health Perspectives, volume 118 – number 6 - June 2010, Global Estimates of Ambient Fine Particulate Matter Concentrations from Satellite-Based Aerosol Optical Depth Development and Application, p. 851.
11. Lê Hoàng Anh và cộng sự, (2018), Ô nhiễm bụi PM tại một số thành phố ở Việt Nam - Biến động theo không gian, thời gian của PM₁₀ và PM_{2,5}, Tạp chí Môi trường, số chuyên đề IV năm 2018, tr. 4