

# Bước đầu khảo sát nồng độ PCNs trong không khí xung quanh ở Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nguyễn Minh Ngọc<sup>1,2</sup>, Nguyễn Duy Đạt<sup>3,\*</sup>, Ngô Thị Thuận<sup>2,4</sup>, Tô Thị Hiền<sup>1,2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Khoa Môi Trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>3</sup>Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm, Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>4</sup>Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Quốc tế, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

## Liên hệ

**Nguyễn Duy Đạt**, Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm, Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: datnd@hcmute.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 31-7-2021
- Ngày chấp nhận: 11-11-2021
- Ngày đăng: 06-02-2022

DOI: 10.32508/stdjet.v4iS11.889



## Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



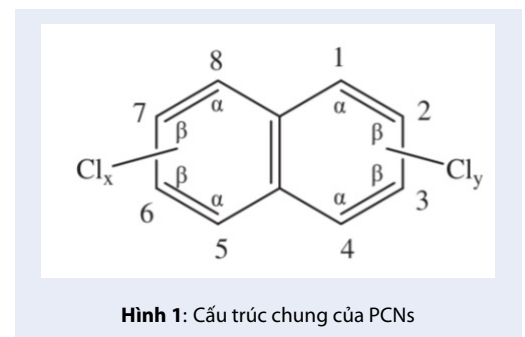
## TÓM TẮT

Polychlorinated Naphthalenes (PCNs) là những hợp chất được Công ước Stockholm đưa vào danh sách các chất hữu cơ khó phân hủy mới. Từ cuối thế kỷ 20, việc sản xuất và sử dụng PCNs dưới bất kỳ hình thức nào đều bị dừng lại do các chất này có tính chất khó phân hủy, độc hại và có khả năng tích lũy sinh học cao, có khả năng gây tác hại đối với môi trường và sức khỏe con người. Hiện nay PCNs được tìm thấy ở khắp nơi trong môi trường, tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về PCNs trong môi trường ở Việt Nam. Do đó, việc thực hiện các khảo sát về sự có mặt của họ chất này ở Việt Nam là điều cần thiết. Trong nghiên cứu này, các mẫu không khí xung quanh được thu thập để khảo sát nồng độ PCNs trong khu đô thị của TP. HCM. 14 mẫu không khí (gồm pha bụi và khí) được thu thập bằng các máy lấy mẫu thể tích lớn, từ 5 địa điểm khác nhau trong thành phố. 75 đồng phân PCNs trong các pha khí và bụi được phân tích theo phương pháp pha loãng đồng vị bằng máy sắc ký khí ghép khối phổ (HRGC/HRMS). Tổng nồng độ PCNs đo được tại 5 địa điểm nằm trong khoảng từ 60,4 pg/m<sup>3</sup> đến 264 pg/m<sup>3</sup> (trung bình 134 pg/m<sup>3</sup>), cao hơn đáng kể so với một số nghiên cứu tương tự trên thế giới. PCNs đo được trong pha khí cao hơn nhiều so với trong bụi và đóng góp chủ yếu lên tổng nồng độ của PCNs. Căn cứ vào kết quả phân tích các đồng phân PCNs, các mẫu đã lấy được chia làm 2 nhóm, nhóm 1 có đặc trưng có sự đóng góp chính của TetraCN, trong khi nhóm 2 lại có sự đóng góp của các đồng phân có số clo thấp (từ 1 đến 3 clo). Kết quả phân tích nguồn cho thấy rằng PCNs trong mẫu không khí ở TP. HCM có nguồn gốc chủ yếu là các quá trình bốc hơi từ các sản phẩm có chứa PCNs và các hoạt động đốt ở nhiệt độ cao sinh ra PCNs.

**Từ khóa:** Polychlorinated naphthalenes (PCNs), không khí xung quanh, GC/MS, nguồn thải, Thành phố Hồ Chí Minh (TP HCM), Việt Nam

## MỞ ĐẦU

Naphthalenes polychlorinated (PCNs) là các hợp chất chứa clo của Naphthalene có công thức hóa học C<sub>10</sub>H<sub>8-(m+n)</sub>Cl<sub>(m+n)</sub>, bao gồm 75 đồng phân được cấu tạo từ 2 vòng benzene (Hình 1). PCNs có 8 đồng đẳng với số nguyên tử clo từ 1 đến 8 được Công ước Stockholm xem là hợp chất hữu cơ bền (POPs) mới vào tháng 12 năm 2015 do nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe con người và môi trường<sup>1</sup>. Danh sách các đồng phân và đồng đẳng của PCNs được thể hiện trong Bảng 1 và các tính chất lý hóa của PCNs được thể hiện trong Bảng 2. Việt Nam cũng là quốc gia ký công ước Stockholm, Thủ tướng Chính phủ Việt Nam đã ban hành Kế hoạch quốc gia thực hiện Công ước Stockholm về các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2030, trong đó có PCNs<sup>2</sup>. Hiện nay, nhiều nghiên cứu khác nhau về sự có mặt, độc tính và đặc điểm của PCNs trong tất cả các mẫu môi trường và các nguồn phát thải đã được tiến hành trên toàn thế giới. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu về ô nhiễm PCNs được thực hiện ở Việt Nam, nơi có tiềm năng ô nhiễm PCNs cao<sup>3</sup>.



Hình 1: Cấu trúc chung của PCNs

PCNs có đầy đủ các đặc trưng của nhóm POPs như tính bền, tích lũy sinh học, có độc tính và có thể lan truyền xa trong môi trường<sup>4</sup>. Theo báo cáo của Công ước Stockholm (2012) thì giá trị thời gian bán phân hủy (half-live) của Di-CNs đến Octa-CNs trong không khí nằm trong khoảng 2,7 – 417 ngày, chứng tỏ các chất này có khả năng lan truyền xa trong không khí<sup>5</sup>. PCNs thường được so sánh với PCBs vì chúng có chung một số đặc tính và ứng dụng trong công nghiệp<sup>6-8</sup>. Một số đồng phân của PCNs có độ

**Trích dẫn bài báo này:** Ngọc N M, Đạt N D, Thuận N T, Hiền T T. **Bước đầu khảo sát nồng độ PCNs trong không khí xung quanh ở Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 4(S11):SI95-SI107.

**Bảng 1: Danh sách các đồng đẳng và đồng phân của PCNs<sup>3</sup>**

Tên đồng đẳng và đồng phân	Vị trí của nguyên tử clo	Tên đồng đẳng và đồng phân	Vị trí của nguyên tử clo	Tên đồng đẳng và đồng phân	Vị trí của nguyên tử clo
MonoCN (2 đồng phân)		TetraCN (22 đồng phân)		CN54	1,2,3,6,7
CN1	1	CN27	1,2,3,4	CN55	1,2,3,6,8
CN2	2	CN28	1,2,3,5	CN56	1,2,3,7,8
DiCN (10 đồng phân)		CN29	1,2,3,6	CN57	1,2,4,5,6
CN3	1,2	CN30	1,2,3,7	CN58	1,2,4,5,7
CN4	1,3	CN31	1,2,3,8	CN59	1,2,4,5,8
CN5	1,4	CN32	1,2,4,5	CN60	1,2,4,6,7
CN6	1,5	CN33	1,2,4,6	CN61	1,2,4,4,8
CN7	1,6	CN34	1,2,4,7	CN62	1,2,4,7,8
CN8	1,7	CN35	1,2,4,8	HexaCN (10 đồng phân)	
CN9	1,8	CN36	1,2,5,6	CN63	1,2,3,4,5,6
CN10	2,3	CN37	1,2,5,7	CN64	1,2,3,4,5,7
CN11	2,6	CN38	1,2,5,8	CN65	1,2,3,4,5,8
CN12	2,7	CN39	1,2,6,7	CN66	1,2,3,4,6,7
TriCN (14 đồng phân)		CN40	1,2,6,8	CN67	1,2,3,5,6,7
CN13	1,2,3	CN41	1,2,7,8	CN68	1,2,3,5,6,8
CN14	1,2,4	CN42	1,3,5,7	CN69	1,2,3,5,7,8
CN15	1,2,5	CN43	1,3,5,8	CN70	1,2,3,6,7,8
CN16	1,2,6	CN44	1,3,6,7	CN71	1,2,4,5,6,8
CN17	1,2,7	CN45	1,3,6,8	CN72	1,2,4,5,7,8
CN18	1,2,8	CN46	1,4,5,8	HeptaCN (2 đồng phân)	
CN19	1,3,5	CN47	1,4,6,7	CN73	1,2,3,4,5,6,7
CN20	1,3,6	CN48	2,3,6,7	CN74	1,2,3,4,5,6,8
CN21	1,3,7	PentaCN (14 đồng phân)		OctaCN (1 đồng phân)	
CN22	1,3,8	CN49	1,2,3,4,5	CN75	1,2,3,4,5,6,7,8
CN23	1,4,5	CN50	1,2,3,4,6		
CN24	1,4,6	CN51	1,2,3,5,6		
CN25	1,6,7	CN52	1,2,3,5,7		
CN26	2,3,6	CN53	1,2,3,5,8		

**Bảng 2: Các tính chất hóa lý của PCNs<sup>3</sup>**

Đồng đẳng	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ sôi (°C)	Áp suất bay hơi (Pa ở 25°C)	Độ tan trong nước (µg/L)	Hằng số Henry (Pa m <sup>3</sup> /mol)	Log K <sub>ow</sub> (Ca.)	Log K <sub>oa</sub> (Ca.)
Mono-CNs	-2,3-60	260	2,1	924 - 2870	36	3,93 - 3,97	5,93- 6,02
Di-CNs	37-138	285-298	0,17	137 - 474	-	4,20 - 4,63	6,55 - 7,02
Tri-CNs	68-133	Ca.274	0,13	17- 65	-	5,49 -5,50	7,19 - 7,94
Tetra-CNs	115-198	-	0,048	3,7 - 8,2	-	5,14 - 6,10	7,88 - 8,79
Penta-CNs	147-171	Ca.313	4,3 × 10 <sup>-3</sup>	-	11,9	5,67 - 6,49	8,79 - 9,40
Hexa-CN	194	Ca.331	9,5 × 10 <sup>-4</sup>	-	8,8	6,02 - 6,68	9,62 - 10,17
Hepta-CNs	194	Ca.348	3,7 × 10 <sup>-4</sup>	-	-	6,48 - 6,57	10,68 -10,81
Octa-CN	192	440	1,3 × 10 <sup>-4</sup>	0,08	4,8	6,43	11,64

Ca.: giá trị được ước lượng thông qua tính toán

K<sub>ow</sub>: hệ số phân tán octanol và nước (octanol/water partition coefficient)

K<sub>oa</sub>: hệ số phân tán octanol và khí (octanol/air partition coefficient)

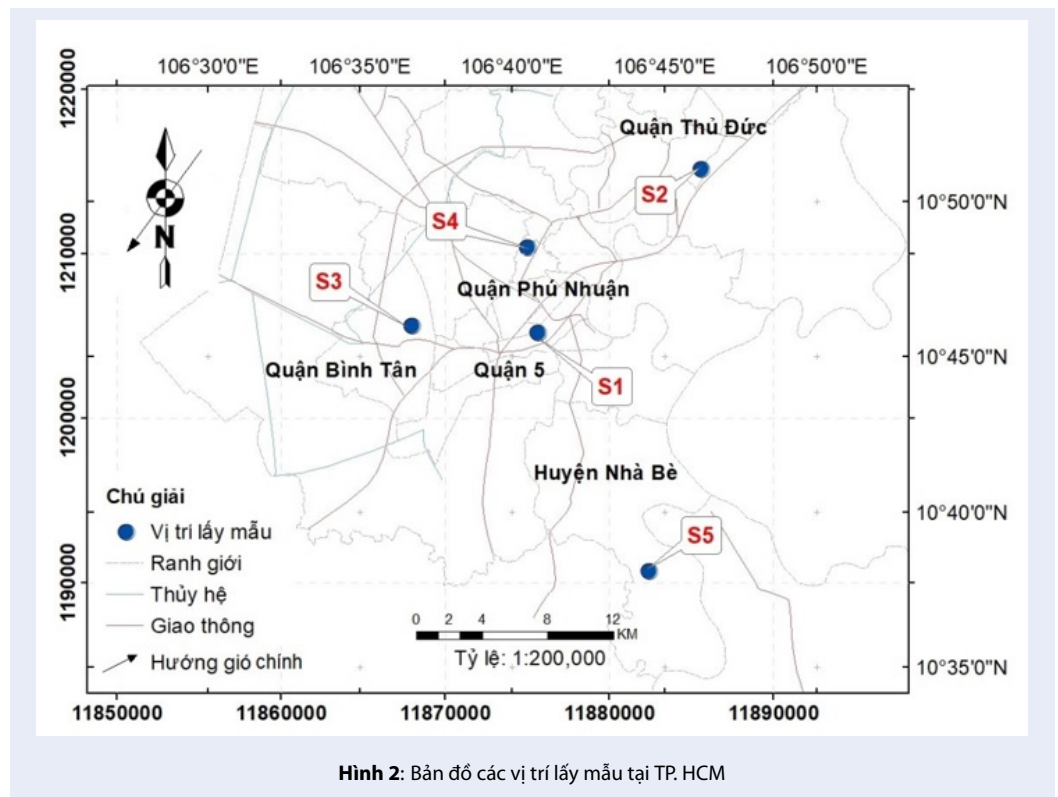
tính sinh hóa tương tự như PCDD/PCDFs (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs) và (Polychlorinated dibenzofurans, PCDFs) và các đồng đẳng của PCBs – là những nhóm POPs độc nhất trong môi trường<sup>9,10</sup>. Nhìn chung, nồng độ của PCNs trong môi trường có thể thấp hơn so với PCBs, dao động từ 1 đến 3 lần<sup>11</sup>. Độc tính của PCNs chủ yếu do các đồng phân có 3 hoặc 4 nguyên tử clo ở các vị trí 2-, 3-, 6- và 7-<sup>12</sup>. Độc tính đương lượng của chất mà độc tính mạnh nhất có thể so sánh với các đồng phân PCBs<sup>13</sup>.

Ngày nay, PCNs có mặt ở khắp nơi và được tìm thấy trong các thành phần môi trường khác nhau từ các khu công nghiệp đến các vùng xa xôi như môi trường vùng cực<sup>14-16</sup>. PCNs đã được bắt đầu sản xuất vào đầu những năm 1900 và được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp như thuốc nhuộm, thuốc diệt nấm trong gỗ, dệt may và các ngành công nghiệp giấy, chất hóa dẻo, phụ gia dầu, vật liệu đúc cho hợp kim và chất bôi trơn cho điện cực graphit<sup>10,17</sup>. PCNs bị cấm sản xuất và thương mại từ cuối thế kỷ 20 do việc nhận ra các tác hại của chúng đối với môi trường và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người. Tuy nhiên, do tính bền vững, hiện nay PCNs có thể đi vào môi trường từ 2 nguồn chính: tồn dư PCNs, sử dụng các sản phẩm cũ có chứa PCBs (vì PCNs là sản phẩm phụ trong quá trình sản xuất PCBs), các sản phẩm phụ từ các hoạt động có liên quan đến việc đốt hay các quá trình ở nhiệt độ cao, tức là các PCNs có thể hình thành trong khí thải ở vùng dòng khí thải giảm nhiệt độ (200 – 600 °C)<sup>15</sup>. Hiện nay, PCNs được phát hiện trong không khí ở khắp mọi nơi với nhiều khoảng nồng độ

khác nhau, từ vài ng/m<sup>3</sup> đến hàng trăm ng/m<sup>3</sup><sup>15</sup>. Chủ yếu PCNs tồn tại trong pha khí nhiều hơn pha bụi do tính chất dễ bay hơi của chúng. Sự có mặt của PCNs trong không khí phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: tính chất nguồn thải, các thông số khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm),...<sup>18</sup>.

Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM) là trung tâm kinh tế trọng điểm lớn nhất, đóng góp GDP cao nhất cả nước, với 41 khu công nghiệp và cụm công nghiệp xung quanh thành phố<sup>19</sup>. Việc tập trung dân cư đông đúc (hơn 9 triệu người) và số lượng công trình xây dựng cùng với sự phân bố các khu công nghiệp nằm bên trong và xung quanh khiến cho TP. HCM phải đối mặt với tình trạng ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Với các đặc điểm hiện có tại TP. HCM, khả năng phát thải PCNs ra ngoài môi trường từ khu dân cư và hoạt động công nghiệp là rất cao. Do đó, việc đánh giá sự có mặt của các hợp chất này trong môi trường ở TP. HCM là rất cần thiết. Hơn nữa, đặc trưng thành phần các đồng phân của nhóm chất này sẽ cho chúng ta thấy các nguồn phát thải nào đóng góp vào sự có mặt của chúng trong môi trường. Từ đó, là cơ sở cho việc đề xuất các biện pháp giảm thiểu phát thải.

Trong nghiên cứu này, các mẫu không khí xung quanh được thu thập vào mùa khô tại 5 vị trí (Hình 2) bằng phương pháp lấy mẫu chủ động để đánh giá sự có mặt cũng như tìm hiểu đặc trưng của PCNs trong không khí ở TP. HCM. Nồng độ, sự phân bố các đồng phân và đồng đẳng, nguồn của PCNs trong không khí được đánh giá tại các vị trí lấy mẫu. Nghiên cứu này sẽ cung cấp thông tin cần thiết để hiểu rõ hơn các đặc điểm



của PCNs trong không khí ở TP. HCM, là cơ sở cho các nghiên cứu trong tương lai để hạn chế sự có mặt của các hợp chất này trong môi trường ở Việt Nam.

## PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Lấy mẫu

Năm vị trí thu mẫu PCNs trong không khí được thể hiện trong Hình 2 và đặc điểm của các vị trí lấy mẫu bụi và khí để phân tích PCNs được mô tả như sau:

- S1: Sân thượng của tòa nhà 5 tầng, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, nằm ở trung tâm thành phố (Quận 5). Đây là nơi có các trục đường giao thông quan trọng, nơi có trường học, trung tâm thương mại, phương tiện giao thông và dân cư đông đúc.
- S2: Sân thượng lầu 5 của tòa nhà trung tâm, Trường Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM. Vị trí này nằm ở ngay nút giao thông Ngã tư Thủ Đức, sát bên nhà máy nước, xung quanh là khu dân cư, hướng Tây Bắc là khu chế xuất Linh Trung.
- S3: Sân thượng lầu 4 của nhà dân trên đường Trương Phước Phan, Quận Bình Tân. Xung quanh vị trí này có nhiều công ty sản xuất, nhà hòa thiêu Bình Hưng Hòa, nhà máy đốt rác thải y tế và rác thải công nghiệp.

- S4: Sân thượng lầu 4 của nhà dân trên đường Bùi Văn Thềm, Quận Phú Nhuận. Vị trí này gần sân bay Tân Sơn Nhất, xung quanh đây là các khu dân cư, nằm trên trục đường chính hướng ra Quận Gò Vấp, có mật độ xe tham gia giao thông cao, thường kẹt xe vào giờ cao điểm trong ngày.
- S5: Sân thượng lầu 4 của nhà dân trên đường Huỳnh Tấn Phát, Huyện Nhà Bè. Vị trí này có nhiều khu công nghiệp, các nhà máy sản xuất xăng dầu, tổng kho xăng dầu, nằm trên trục đường chính nối liền từ Quận 7 sang Huyện Nhà Bè, có khá nhiều xe chờ hàng lớn.

Mười bốn mẫu (3 mẫu/vị trí, trừ vị trí S2 chỉ lấy 2 mẫu) được thu thập vào mùa khô (tháng 3 đến tháng 4 năm 2018) tại các vị trí lấy mẫu bằng máy lấy mẫu không khí lưu lượng lớn (PS1, Tish, USA) với tốc độ lấy mẫu 225 L/phút. Mỗi mẫu được thu thập trong 2 ngày với tổng thể tích khoảng 600 m<sup>3</sup>. PCNs trong pha khí được hấp phụ bởi một bộ lọc gồm 3 lớp đan xen PUF/XAD-2/PUF (được gọi là lớp lọc sandwich), trong đó có chứa 10g XAD-2 và 1 TE-1010-4 PUF (dài 3 inch, Tisch Environmental). Bụi tổng (TSP) được thu thập bằng giấy lọc sợi thủy tinh (GFF, Advantec, Nhật Bản). Trước khi lấy mẫu, XAD-2 và PUF được làm sạch bằng chiết Soxhlet với Toluene trong 24 giờ, sau đó thổi khô bằng khí nitơ ở 50<sup>0</sup>C trong tủ sấy chân

không để loại bỏ Toluene. Giấy lọc sợi thủy tinh được làm sạch bằng cách nung ở 350 °C trong 6h để loại bỏ hết các chất hữu cơ và được cân sau khi để ổn định ở nhiệt độ 25°C và độ ẩm < 40%. Sau khi lấy mẫu, GFF và bộ lọc thu pha khí được gói riêng trong giấy nhôm và được bảo quản ở nhiệt độ <5°C cho đến khi phân tích. Các thông số khí tượng trong lúc lấy mẫu bao gồm: nhiệt độ môi trường xung quanh, độ ẩm tương đối (RH), tốc độ gió và hướng gió ở từng vị trí lấy mẫu được ghi lại.

### Xử lý và phân tích mẫu

Lớp lọc và GFF sau khi lấy mẫu được xử lý riêng lẻ để đánh giá sự hiện diện của PCNs trong pha khí và bụi. Mẫu được thêm các chất nội chuẩn (Internal standards – ISs) <sup>13</sup>C10-PCN đã biết nồng độ bao gồm <sup>13</sup>C10-CN2, -CN6, -CN42, CN27, -CN52, -CN67, -CN73, -CN75 (Cambridge Isotope Laboratories, Inc.) và được chiết Soxhlet bằng DCM (Dichloromethane) trong 24 giờ. Sau đó, mẫu chiết được giảm thể tích bằng thiết bị cô quay chân không. Quá trình làm sạch mẫu và phân tích mẫu được thực hiện theo các nghiên cứu đã công bố trước đây<sup>18</sup>. Tóm lại, mẫu được làm sạch bằng cột silica nhiều lớp kết hợp với cột than hoạt tính (CAPE, South Poland) và được phân tích 75 đồng phân PCNs (từ MonoCN đến OctaCN) bằng máy sắc ký khí ghép đầu dò khối phổ HRGC/LRMS (Agilent 6890-5973N). Trước khi phân tích, 1 ng chất chuẩn thu hồi (recovery standard – RS) <sup>13</sup>C10-CN64 được cho vào để xác định hiệu suất thu hồi của các chất nội chuẩn.

Trong nghiên cứu này, thứ tự rửa giải của các đồng phân PCNs được xác định dựa trên phân tích dung dịch chuẩn gốc PCNs (ECN-5558 và ECN-2622), hỗn hợp Halowax 1014 và mẫu tro bay và sau đó được so sánh với các báo cáo trong các nghiên cứu trước đây vì không có dung dịch chuẩn có đủ 75 đồng phân PCNs. Việc định lượng đồng phân PCNs được thực hiện bằng cách dùng hệ số đáp ứng tương đối (RRFs – Relative response factors) của một chất nằm trong nhóm đồng phân (có cùng số nguyên tử clo hay cùng m/z) để tính toán cho cả nhóm. Hệ số đáp ứng RRF được tính theo công thức (1) thể hiện mối quan hệ giữa diện tích peak ( $A_x$ ) và khối lượng chất cần xác định ( $m_x$ ) và diện tích ( $A_{IS}$ ) và khối lượng ( $m_{IS}$ ) các chất nội chuẩn tương ứng. Giá trị RRF sử dụng tính toán là trung bình ( $\overline{RRF}$ ) của 5 giá trị RRFs được tính từ việc phân tích 5 dung dịch hiệu chuẩn (calibration standards – CSs), có chứa đầy đủ thành phần các chất cần phân tích (đại diện), ISs, RS. Từ giá trị  $\overline{RRF}$  đã biết, ta có thể tính được khối lượng chất cần xác định ( $m_x$ ) dựa vào các thông số đã biết còn lại trong công

thức (1), trong đó  $m_{IS}$  chính là lượng ISs cho vào ban đầu.

$$\overline{RRF} = \frac{A_x \times m_{IS}}{A_{IS} \times m_x} \quad (1)$$

Hiệu suất thu hồi của các chất nội chuẩn được dùng để đánh giá độ thất thoát của các chất cần phân tích trong suốt quá trình trích mẫu, và làm sạch mẫu. Hiệu suất thu hồi của các chất nội chuẩn được tính toán dựa vào khối lượng chất nội chuẩn trong mẫu trước khi tiêm vào máy GC/MS. Trong khi khối lượng chất nội chuẩn trước khi tiêm lại được tính toán dựa vào  $\overline{RRF}'$ .  $\overline{RRF}'$  là mối quan hệ trung bình giữa A và m của chất nội chuẩn và chuẩn thu hồi trong CSs và được tính toán theo công thức (2). Khối lượng ISs ( $m_{IS}$ ) sẽ được tính toán khi biết  $\overline{RRF}'$ ,  $A_{IS}$ ,  $A_{RS}$  và  $m_{RS}$  cho vào trước khi phân tích.

$$\overline{RRF}' = \frac{A_{IS} \times m_{RS}}{A_{RS} \times m_{IS}} \quad (2)$$

### Kiểm soát và đảm bảo chất lượng quy trình phân tích (QA/QC)

Các mẫu trắng (chuẩn bị cùng lúc với mẫu thử) được xử lý và phân tích đồng thời với các mẫu hiện trường. Một số đồng phân đã được tìm thấy trong bộ lọc pha khí như CN1, CN2, CN5, CN33/34/37, CN44/47, CN46 với những mức độ khác nhau, từ 9,01 pg đến 20,2 pg mỗi bộ lọc (chứa PUF + XAD-2). Tuy nhiên, không tìm thấy bất kỳ đồng phân nào của PCNs trong các giấy lọc. Hiệu suất thu hồi của các chất nội chuẩn như sau: Mono-CN 40 ± 3%, Di-CN 61±7,2%, Tetra-CN 77±9,1%, Penta-CN 89±11%, Hexa-CN 93±7,6%, Hepta-CN 95±5,4%, Octa-CN 100±12%. Độ lệch chuẩn tương đối (RSD) đều dưới 10%. Giới hạn phát hiện phương pháp (MDL) nằm trong khoảng từ 5,9 x 10<sup>-3</sup> pg/m<sup>3</sup> đến 34,8 x 10<sup>-3</sup> pg/m<sup>3</sup> tương ứng cho CN2 đến CN75.

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### Đặc điểm về nồng độ PCNs tại TP.HCM

Các thông số khí tượng bao gồm tốc độ gió, nhiệt độ, độ ẩm tương đối (RH), lượng mưa và nồng độ TSP của các mẫu khác nhau được thu thập tại 5 vị trí vào mùa khô được trình bày trong Bảng 3. Hướng gió chính được ghi nhận trong quá trình lấy mẫu là hướng đông bắc, nhiệt độ dao động trong khoảng 28 – 33,5 °C, độ ẩm dao động trong khoảng 35 – 81%. Nồng độ TSP trung bình tại các điểm lấy mẫu là 56,5±13,4 μg/m<sup>3</sup>. Nồng độ TSP được đo ở vị trí trung tâm thành phố cao hơn đáng kể so với giá trị được đo ở vùng ven, cụ thể S1 là 70,7±7,6 μg/m<sup>3</sup>, S3 là 68,3±15 μg/m<sup>3</sup>, S4 là 53,5±10 μg/m<sup>3</sup>, S5 là 51,1±3,2 μg/m<sup>3</sup> và thấp nhất là

S2 là  $37,8 \pm 13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cho thấy xu hướng ở những nơi có mật độ giao thông dày đặc và những nơi có nhiều hoạt động công nghiệp sinh nhiệt (đốt) thì nồng độ TSP càng cao. Nồng độ bụi được đo tại TP.HCM trong nghiên cứu này cao hơn so với tiêu chuẩn chất lượng không khí xung quanh<sup>20</sup> nhưng vẫn thấp hơn so với báo cáo của Houyin và cộng sự<sup>21</sup> ở vùng đô thị (Bắc Kinh, Trung Quốc,  $179,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và nằm trong cùng phạm vi được báo cáo trên toàn thế giới bởi một số nghiên cứu, chẳng hạn như  $55 - 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ở khu vực Nagoya, Nhật Bản. Ngoài ra, một số nghiên cứu đã báo cáo kết quả nồng độ TSP đo được thấp hơn nồng độ trung bình quan sát được trong nghiên cứu này như  $5,08 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  đối với báo cáo của Odabasi và cộng sự ở Cộng hòa Séc<sup>22</sup>,  $20 - 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  đối với báo cáo của Barmpadimos và cộng sự ở khu vực Illmitz, Áo<sup>23</sup>.

Tổng nồng độ (pha khí và bụi) của PCNs được đo tại 5 vị trí được trình bày trong Hình 3. Một kết quả đáng chú ý là PCNs đo được trong nghiên cứu này chủ yếu nằm trong pha khí, PCNs trong bụi chiếm thành phần không đáng kể ( $0 - 0,3\%$ ). Kết quả này cho thấy nồng độ PCNs trong pha bụi thấp hơn nghiên cứu khác<sup>18</sup>. Nồng độ PCNs trung bình ở các vị trí lấy mẫu là  $141 \pm 58,4 \text{ pg}/\text{m}^3$ . Nhìn chung, ở vị trí gần với trung tâm thành phố hơn thì nồng độ PCNs cao hơn các vị trí khác. So sánh nồng độ PCNs ở từng địa điểm lấy mẫu, ở vị trí S1 có tổng nồng độ PCNs cao nhất ( $220 \pm 39,6 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), tiếp theo là S5 có nồng độ cao thứ hai ( $178 \pm 24,8 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), sau đó là S3 ( $124,1 \pm 32,1 \text{ pg}/\text{m}^3$ ) và S2 ( $71,9 \pm 0,36 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), cuối cùng thấp nhất là mẫu ở S4 ( $59,0 \pm 2,21 \text{ pg}/\text{m}^3$ ). Trong các vị trí lấy mẫu, hai mẫu lấy tại vị trí S2 và S4 không có sự chênh lệch nồng độ đáng kể. Khoảng dao động càng lớn thì địa điểm lấy mẫu càng có nhiều nguồn PCNs và không thường xuyên. Tuy nhiên, sự dao động các nồng độ lấy mẫu còn phụ thuộc vào hướng gió cụ thể tại các vị trí lấy mẫu và vị trí nguồn thải.

Bảng 4 so sánh các kết quả thu được từ nghiên cứu này và các kết quả được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây trên toàn thế giới. Nồng độ PCNs được đo tại TP.HCM cao hơn hẳn so với báo cáo của Zhu và cộng sự trong không khí ở Bắc Kinh, Trung Quốc ( $6,77 - 25,9 \text{ pg}/\text{m}^3$ )<sup>23</sup> và nằm trong khoảng nồng độ được báo cáo trên toàn thế giới bởi một số nghiên cứu ở khu vực Đông Á bao gồm Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc đối với 63 PCNs của Hogarh và cộng sự<sup>16</sup>, hay ở Thổ Nhĩ Kỳ của Odabasi và cộng sự<sup>22</sup>. Mặt khác, báo cáo của Wang và cộng sự cho Lưu vực sông Châu Giang, Trung Quốc có mức dao động PCNs mạnh ( $6,4 - 832 \text{ pg}/\text{m}^3$ )<sup>24</sup> lại cao hơn hẳn so với nghiên cứu này.

## Sự phân bố các đồng đẳng và đồng phân của PCNs

Sự đóng góp của 8 đồng đẳng (có từ 1 đến 8 nguyên tử clo trong phân tử) của PCNs lên tổng nồng độ PCNs trong các mẫu không khí được thể hiện trong Hình 4. Dựa vào Hình 4, ta có thể thấy được 2 nhóm mẫu có đặc trưng các đồng đẳng khác nhau. Nhóm 1 bao gồm các mẫu lấy lại S1 và S5, nhóm 2 bao gồm các mẫu lấy tại vị trí S2, S3 và S4.

Nhóm thứ nhất gồm các mẫu lấy tại S1 và S5 với sự đóng góp nhiều nhất là TetraCN, TriCN, tiếp theo sau là MonoCN và DiCN. Cụ thể, ở S1 chiếm nhiều nhất là TetraCN (55,8%), tiếp theo là TriCN (21,1%), DiCN (10,6%) và MonoCN (10,5%). Đối với S5, đóng góp cao nhất cũng là TetraCN (62,9%), MonoCN (14,8%), TriCN (12,5%), DiCN (6,9%). Kết quả này có thể nói lên hai vị trí này có thể có các nguồn thải PCNs tương tự nhau, có cùng đặc trưng giống nhau.

Nhóm thứ hai gồm các mẫu lấy tại S2, S3 và S4 với sự đóng góp nhiều hơn của các đồng đẳng có phân tử khối nhẹ có từ 1 đến 3 nguyên tử clo (MonoCN, DiCN, TriCN). Cụ thể ở S2, chiếm nhiều nhất là MonoCN (48,6%) sau đó là DiCN (40,0%), cuối cùng là TriCN (6,7%). Đối với S3, MonoCN chiếm phần trăm cao nhất (47,1%), tiếp theo là DiCN (40,0%) và sau đó là TriCN với (6,9%). Tương tự, ở S4 có đóng góp cao nhất là MonoCN (50,9%), DiCN (30,6%) và TriCN (11,3%). Các đồng phân MonoCN, DiCN và TriCN là các đồng phân rất nhẹ trong không khí và ít gây độc hại đối với con người. Dạt và cộng sự<sup>27</sup> chỉ ra rằng, khí thải sau xử lý của nhà máy đốt chất thải rắn chủ yếu chứa các đồng đẳng có số clo thấp. Liu và cộng sự<sup>28</sup> đã tổng hợp đặc điểm các nguồn thải công nghiệp ở Trung Quốc và chỉ ra rằng, hầu hết các mẫu khí thải từ các ống khói nhà máy đều có sự đóng góp chủ yếu của các đồng đẳng có số clo thấp (từ 1 đến 3 nguyên tử clo). Thành phần đồng đẳng hay sự xuất hiện của các đồng đẳng chứa nhiều hay ít clo trong phân tử phát thải từ các nguồn đốt thường liên quan chặt chẽ đến thành phần clo trong nguyên liệu đốt và công nghệ xử lý khí thải được trang bị. Do đó từ kết quả đo được ta có thể nói các vị trí này có các nguồn thải liên quan đến các quá trình đốt, có đặt trưng gần giống nhau.

Hình 5 thể hiện tỷ lệ đóng góp của các đồng phân PCNs lên tổng nồng độ của nhóm đồng đẳng. Đối với đồng đẳng MonoCN, đồng phân CN2 có nồng độ cao hơn CN1 ở tất cả các mẫu thu thập được (Hình 5a). Đối với đồng đẳng DiCN, CN3 là đồng phân có nồng độ cao nhất, có tỷ lệ đóng góp trong khoảng 27% - 38% lên tổng nồng độ của đồng đẳng có 2 clo này. Sự đóng góp chủ yếu của CN3 lên đồng đẳng DiCN cũng

**Bảng 3: Các thông số khí tượng và nồng độ bụi (TSP) được đo tại 5 vị trí (01, 02, 03 là các lần lấy mẫu tại mỗi vị trí)**

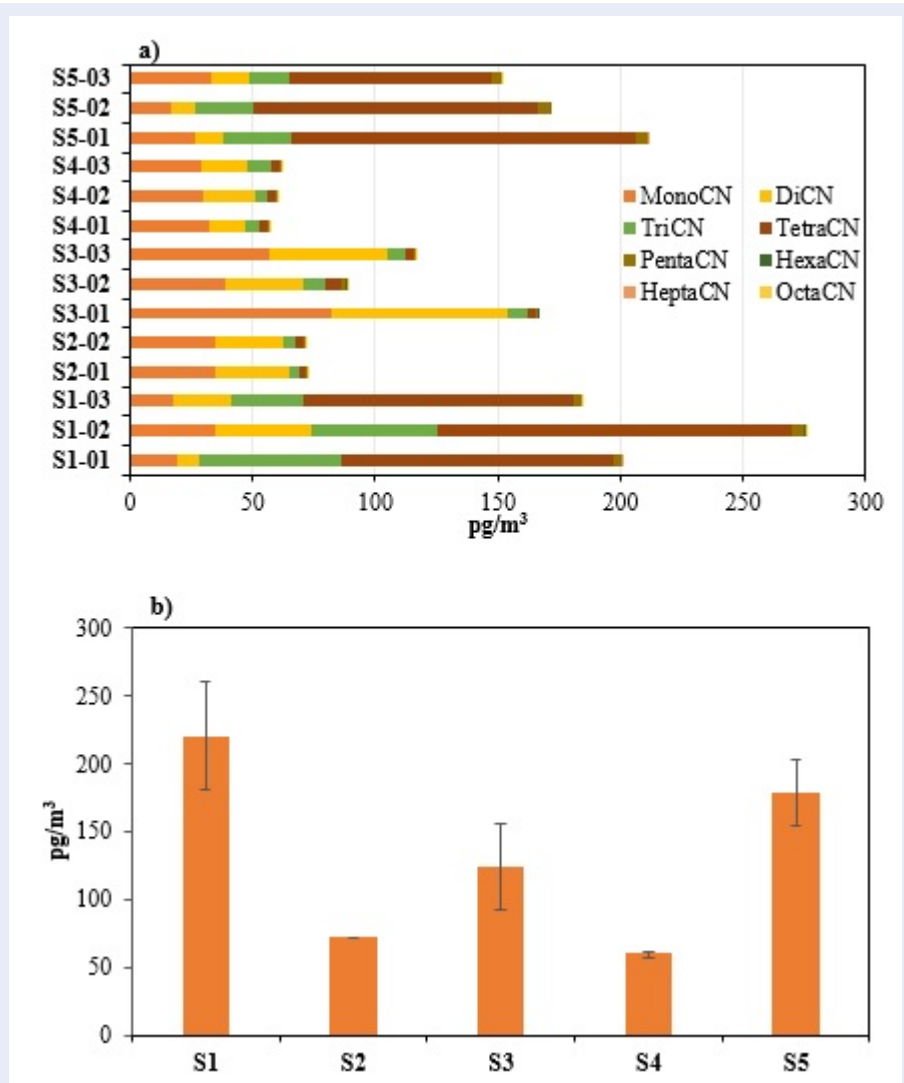
Mẫu	Hướng gió	Tốc độ gió (m/s)	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm (%)	Lượng mưa (mm)	TSP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
S1-01	ĐB	0,5 – 3,5	28,1 – 32,5	46 – 55	0	52
S1-02		1,2 – 4,2	28 – 33	40 – 73	0	46
S1-03		0,8 – 4,7	26 – 31	50 – 75	0	51
S2-01	ĐB	0,1 – 3,6	28,2 – 42,0	35 – 68	0	28,8
S2-02		0 – 3,4	28,1 – 34,6	38 – 81	0,1	46,8
S3-01	ĐB	1 – 3,5	27,7 – 32,3	42 – 64	0	52,9
S3-02		0,5 – 3,6	28 – 32,5	43 – 56	0	69,3
S3-03		0,5 – 3,2	28,2 – 32,5	40 – 63	0	82,6
S4-01	ĐB	1,2 – 3,8	26,5 – 32	38 – 66	0	41,7
S4-02		0,4 – 2,5	28,3 – 31,5	45 – 65	0	60
S4-03		0,5 – 2,6	28,1 – 32,5	42 – 55	0	49,5
S5-01	ĐB	0,2 – 2,8	28,4 – 32	43 – 72	0	51,1
S5-02		1,2 – 3,7	28 – 31,7	51 – 71	0	55,8
S5-03		0,5 – 3,5	27,8 – 33,5	47 – 55	0	49,5

**Bảng 4: So sánh Nồng độ PCNs đo được trong nghiên cứu này với các nghiên cứu trên thế giới**

Khu vực nghiên cứu	Năm	Phương pháp lấy mẫu	Loại mẫu không khí	Số PCNs đã phân tích	Nồng độ ( $\text{pg}/\text{m}^3$ )	Tài liệu tham khảo
Izmir, Thổ Nhĩ Kỳ	2004–2005	PAS <sup>a</sup>	Pha khí	32	5,2–162 (mùa hè) 3,7–229 (mùa đông)	<sup>22</sup>
Nhật Bản Trung Quốc Hàn Quốc	2008	PAS	Pha khí	63	$9,5 \pm 1,5$ $61 \pm 6$ $16 \pm 2,4$	<sup>25</sup>
Lưu vực sông Châu Giang, Trung Quốc	2010	PAS	Pha khí	36	6,4–832	<sup>24</sup>
Ghana, Tây Phi	2010	PAS	Pha khí	63	27–95	<sup>16</sup>
Venice, Ý	2009–2012	AAS <sup>b</sup>	Pha khí + bụi	6	89	<sup>26</sup>
Bắc Kinh, Trung Quốc	2013–2014	AAS	Pha khí + bụi	49	6,77–25,90	<sup>23</sup>
Đào viên, Đài Loan	2017	AAS	Pha khí + bụi	73	45,2–172	<sup>18</sup>
TP.HCM, Việt Nam	2018	AAS	Pha khí + bụi	75	60,4 – 264	Nghiên cứu này

<sup>a</sup> AAS = lấy mẫu chủ động

<sup>b</sup> PAS = lấy mẫu thụ động

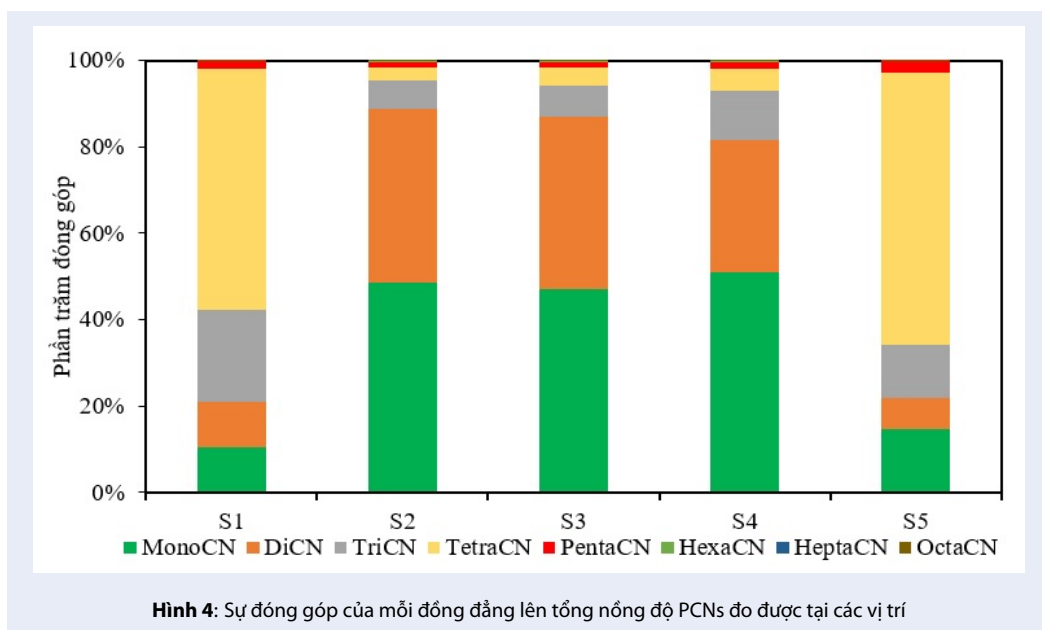


Hình 3: Tổng nồng độ PCNs a) trong mỗi mẫu đo được tại các vị trí lấy mẫu và b) nồng độ trung bình tại mỗi điểm lấy mẫu

được báo cáo cho mẫu không khí lấy tại các khu vực khác nhau ở Taoyuan, Đài Loan. Đồng đẳng TriCN được đóng góp chủ yếu bởi CN24/14 ở hầu hết các mẫu, trong khi CN23 lại có đóng góp lớn ở các mẫu thuộc nhóm 1 (S1 và S5). Trong các nghiên cứu trước đây Die và cộng sự<sup>29</sup> và Lee và cộng sự<sup>30</sup> chỉ ra rằng đồng phân CN24/14 là đồng phân đặc trưng phát thải từ quá trình đốt than đá và gỗ. Điều này cũng gợi ý rằng sự có mặt của PCNs trong mẫu thu thập được có sự đóng góp từ nguồn đốt này. Một điều ngạc nhiên là đồng phân CN25/26/13 vốn là đồng phân đặc trưng cho sự phát thải từ các nguồn đốt trong công nghiệp lại có đóng góp thấp trong nghiên cứu này so với các nghiên cứu khác<sup>31</sup>, cho thấy sự đóng góp không lớn của các nguồn công nghiệp trong mẫu

đã thu thập. Đối với đồng đẳng TetraCN và PentaCN, các đồng phân CN33/34/37, CN52/60 là những đồng phân đóng góp chủ yếu lên các đồng đẳng của chúng. Ngoài ra, kết quả còn cho thấy sự đóng góp khác nhau của các đồng phân ở 2 nhóm vị trí lấy mẫu. Điều này lại một lần nữa xác nhận sự khác nhau trong nguồn gốc PCNs thu được ở 2 nhóm trên (Hình 5b). Đối với các đồng đẳng có 6 và 7 nguyên tử clo (Hexa- và Hepta-CN), CN66/67 là đồng phân đóng góp chủ yếu của đồng đẳng HexaCN, trong khi CN73 là đồng phân chủ yếu của đồng đẳng HeptaCN trong tất cả các mẫu thu được (Hình 5c). Sự đóng góp chủ yếu của 2 đồng phân này lên 2 đồng đẳng của chúng cũng được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây<sup>18,29</sup>.

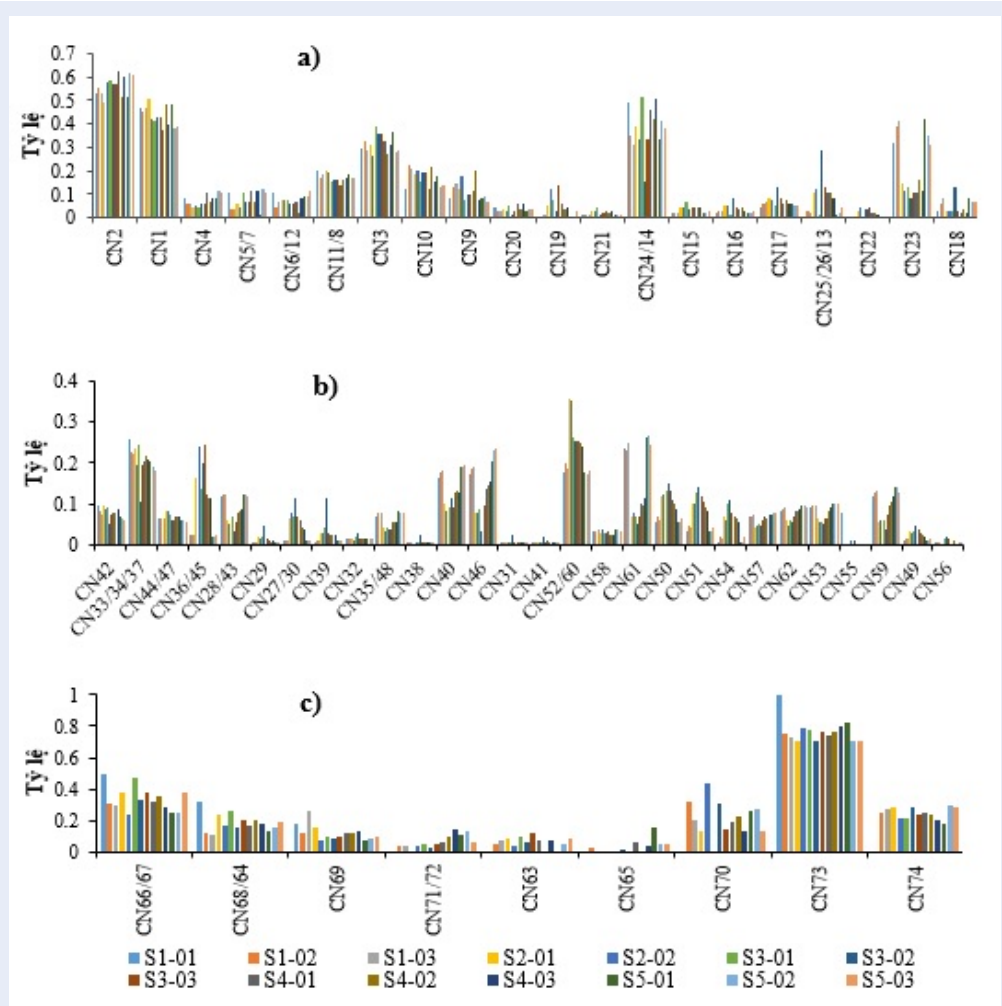




**Bảng 5:** Tỷ lệ của một số đồng phân PCN đặc trưng có thể hỗ trợ cho việc xác định nguồn thải

Mẫu	(CN45/36)/ CN42	CN54/ (CN53/55)	(CN66/67)/ (CN71/72)	CN73/CN74	ΣPCNs liên quan nguồn đốt/ΣPCNs
S1-01	0,2	0,0	na	na	0,08
S1-02	0,3	0,2	7,0	3,0	0,09
S1-03	0,4	0,1	6,5	2,7	0,09
S2-01	1,7	1,1	na	2,4	0,04
S2-02	2,7	0,9	6,2	3,7	0,06
S3-01	1,5	1,8	8,4	3,5	0,02
S3-02	4,0	1,7	12,6	2,5	0,14
S3-03	3,3	1,2	7,9	3,3	0,05
S4-01	1,5	1,1	5,3	2,9	0,08
S4-02	1,4	0,8	3,7	3,2	0,06
S4-03	1,3	0,6	2,0	3,9	0,06
S5-01	0,3	0,1	2,3	4,7	0,10
S5-02	0,3	0,1	1,9	2,4	0,10
S5-03	0,4	0,2	6,2	2,4	0,11
Bay hơi từ các sản phẩm	<1	<0,8	<2,5	<0,4	<0,11

na: không có kết quả vì các đồng phân này không phát hiện



**Hình 5:** Tỷ lệ đóng góp của các đồng phân trên tổng nồng độ các đồng phân trong đồng đẳng của nó (a) Mono-, Di- và Tri-CNs; (b) Tetra- và Penta-CNs; (c) Hexa- và Penta-CNs

**Đánh giá dự đoán các nguồn của PCNs trong không khí tại TP. HCM**

Để làm rõ nguồn phát thải của các PCNs trong các mẫu không khí, nghiên cứu này sử dụng các tỷ lệ chuẩn đoán để phân biệt nguồn của PCNs từ các quá trình bay hơi của các sản phẩm chứa PCNs và các nguồn đốt phát thải PCNs. Liu và cộng sự<sup>28</sup> đã so sánh một số tỷ lệ PCN đặc trưng các đồng phân bao gồm (CN45/36)/CN42, CN54/(CN53/55), (CN66/67)/(CN71/72), CN73/CN74 (như liệt kê trong Bảng 5) giữa các quá trình đốt khác nhau và các sản phẩm có chứa PCNs (bao gồm sản phẩm chứa PCNs và PCBs). Kết quả chỉ ra rằng các tỷ lệ này chỉ thay đổi ở một mức độ hạn chế trong phát thải từ các nguồn nhiệt khác nhau, nhưng rất khác nhau giữa các nguồn nhiệt sử dụng trong công nghiệp và các sản phẩm có chứa PCNs (bao gồm

sản phẩm chứa PCNs và PCBs). Nói chung, các tỷ lệ thu được đối với các quá trình nhiệt cao hơn đáng kể so với các tỷ lệ của sản phẩm có chứa PCNs. Tỷ lệ (CN45/36)/CN42, CN54/(CN53/55), (CN66/67)/(CN71/72), CN73/CN74 lần lượt thấp hơn 1, 0,8, 2,5 và 0,4, tương ứng với các nguồn liên quan đến các sản phẩm chứa PCNs, do đó nếu PCNs bay hơi từ các sản phẩm trên, không xuất phát từ nguồn nhiệt, thì các tỷ lệ trên sẽ nhỏ hơn các giá trị tương ứng. Kết quả này có thể hữu ích để phân biệt sự phát thải PCNs từ các quá trình nhiệt và sự bay hơi từ việc sử dụng các sản phẩm chứa PCNs trong quá khứ. Lee và cộng sự<sup>30</sup> đã sử dụng tỷ lệ các PCN đặc trưng cho nguồn đốt và ΣPCN như một chỉ số để phân biệt giữa các nguồn bay hơi (<0,11) và khí thải từ quá trình đốt (> 0,5). Các PCN liên quan đến quá trình đốt cháy được sử dụng trong công thức trên bao

gồm CN-17, CN- 25/26/13, 27/30, 35, 36/45, 39, 50, 51, 52/60, 54 và 66/67. Bảng 5 so sánh tỷ lệ của một số đồng phân PCN đặc trưng và tỷ lệ  $\Sigma$ PCNs liên quan nguồn đốt/ $\Sigma$ PCNs của các mẫu được thu thập trong nghiên cứu này và kết quả được báo cáo bởi Liu và cộng sự<sup>28</sup>, Lee và cộng sự<sup>30</sup>. Kết quả cho thấy hai tỷ lệ (CN45/36)/CN42, CN54/(CN53/55) cũng chia các mẫu ra thành 2 nhóm giống như sự đóng góp của các đồng đẳng ở Hình 4. Nhóm 1 gồm các mẫu lấy ở vị trí S1 và S5, có các tỷ lệ (CN45/36)/CN42, CN54/(CN53/55) lần lượt <1 và <0,8, cho thấy rằng các PCNs thu được ở các vị trí này có nguồn gốc liên quan đến bay hơi từ các sản phẩm chứa PCNs. Trong khi giá trị các tỷ lệ này ở nhóm 2 gồm S2, S3, S4 cho thấy PCNs thu được liên quan đến các nguồn đốt hơn (các tỷ lệ trên lần lượt lớn hơn 1 và 0,8). Mặc khác, hai tỷ lệ (CN66/67)/(CN71/72), CN73/CN74 tính cho nhóm 2 lần lượt lớn hơn giá trị 2,5 và 0,4, cho thấy các đồng phân có nhiều clo (6 và 7 clo) nhìn chung được phát thải từ các nguồn đốt. Tuy nhiên, tỷ lệ  $\Sigma$ PCNs liên quan nguồn đốt/ $\Sigma$ PCNs lại thấp hơn 0,1 (trừ mẫu S3-02), điều này cho thấy một cách toàn diện rằng PCNs trong các mẫu không khí lấy tại Tp.HCM có nguồn gốc nghiêng về sự bay hơi của các PCNs từ việc sử dụng các sản phẩm chứa PCNs nhiều hơn là nguồn đốt hay các quá trình công nghiệp có sử dụng nguồn nhiệt. Như vậy, từ các kết quả quan trắc có thể kết luận nguồn gốc của PCNs trong không khí ở TP. HCM chủ yếu đến từ quá trình bay hơi của PCNs từ các sản phẩm chứa PCNs.

## KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, sự có mặt của PCNs trong không khí ở Tp.HCM được bước đầu khảo sát thông qua việc lấy mẫu không khí ở 5 vị trí trong ở các khu vực khác nhau. Nhìn chung, PCNs chủ yếu tồn tại trong pha khí, PCNs trong bụi chiếm một phần không đáng kể. So với các quốc gia khác thì nồng độ PCNs trong không khí ở TP. HCM thuộc loại trung bình và cao, nằm trong khoảng nồng độ được báo cáo bởi các nghiên cứu tương tự ở các nước trên thế giới. Nguồn của PCNs trong các mẫu lấy được ở 5 vị trí có thể khác nhau, nhìn chung thì nguồn gốc của PCNs thu được ở TP. HCM lại nghiêng về sự bốc hơi của PCNs từ các sản phẩm chứa chúng nhiều hơn. Theo đặc trưng của PCNs thu được, các mẫu lấy được chia làm 2 nhóm. Nhóm 1 gồm S1, S5 có thể có nguồn gốc nghiêng về sự bay hơi của PCNs từ các sản phẩm chứa chúng, trong khi các mẫu lấy được ở nhóm 2 gồm S2, S3, S4 lại có phần nghiêng về các nguồn thải liên quan đến nhiệt độ cao, hay đốt nhiều hơn. Đây là nghiên cứu đầu tiên và sơ khởi về PCNs trong không khí ở TP. HCM và Việt Nam nói chung, cho thấy bước đầu thành công trong việc lấy mẫu và phân tích PCNs, một hợp chất

hữu cơ bền mới nổi, vẫn chưa có phương pháp chuẩn để phân tích.

## 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: 104.04-2019.35, tên đề tài “Nghiên cứu sự phân bố, nguồn thải và bước đầu đánh giá nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe con người của các hợp chất hữu cơ bền bao gồm Polychlorinated Naphthalenes (PCNs), và Polychlorinated Biphenyls (PCBs) và hợp chất hữu cơ đa vòng thơm (Polycyclic aromatic hydrocarbons) trong không khí ở Thành Phố Hồ Chí Minh”. Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn bạn Trần Anh Thư, CSV Khoá 2014 của Khoa Môi Trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ trong việc lấy mẫu không khí.

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam đoan rằng không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo “Bước đầu khảo sát nồng độ PCNs trong không khí xung quanh ở Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam”.

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Tác giả Ngô Thị Thuận lên kế hoạch, trực tiếp lấy mẫu, viết và chỉnh sửa bản thảo. Tác giả Nguyễn Duy Đạt lên kế hoạch lấy mẫu, phân tích mẫu, xử lý số liệu viết bản thảo. Tác giả Nguyễn Minh Ngọc hỗ trợ xử lý số liệu. Tác giả Tô Thị Hiền hỗ trợ lấy mẫu, chỉnh sửa bản thảo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Secretariat of the Stockholm Convention, Stockholm Convention - The initial 12 POPs. 2008; Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/296/Default.aspx>.
2. Quybid/296 1598/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ và Thủ tướng chính phủ Con Quê Thủ tướng chính phủ/ConvStockholm vớng chính ph nhikhholm vớng chính phủ;.
3. Dat ND. Review on polychlorinated naphthalenes (pcns): properties, sources, characteristics of emission and atmospheric level. Journal of Technical Education Science. 2020;59:1–13.
4. Crookes MJ, Howe PD. Environmental hazard assessment: halogenated naphthalenes. Report TSD/13, Department of the Environment, London. 1993;.
5. Blankenship AL, et al. Relative potencies of individual polychlorinated naphthalenes and halowax mixtures to induce Ah receptor-mediated responses. Environ. Sci. Technol. 2000;34:3153–3158. Available from: <https://doi.org/10.1021/es9914339>.
6. IPCS (International Program on Chemical Safety). Chlorinated Naphthalenes: Concise International Chemical Assessment Document. 2001;.
7. World Health Organization, Geneva, Switzerland. IPCS (International Program on Chemical Safety)., 2003. Polychlorinated Biphenyls: Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 55. World Health Organization, Geneva, Switzerland;.

8. Birnbaum LS. 5th international PCB workshop - Summary and implication. *Environment International*. 2010;36:814–818. PMID: 20728937. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.011>.
9. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting; Available from: <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11121000-Iyakushokuhinkyoku-Soumuka/0000093533.pdf>.
10. Falandysz J. Polychlorinated naphthalenes: an environmental update. *Environ. Pollut.*, 101, 77-90. 1998; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00023-2).
11. Plassche EJ, et al. Polychlorinated naphthalenes. Dossier prepared for the third meeting of the UN-ECE Ad-hoc Expert Group meeting on POPs. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Directorate-General for Environmental Protection. 2002;.
12. Tian Z. Concentration and distribution of PCNs in ambient soil of a municipal solid waste incinerator. *Sci. Total Environ*. 2014;491:75–79. PMID: 24457132. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.130>.
13. Fernandes A, et al. Polychlorinated naphthalenes (PCNs) in food and humans. *Environ. Int*. 2017;104:1–13. PMID: 28391007. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.015>.
14. Die Q, et al. Seasonal and spatial distributions of atmospheric polychlorinated naphthalenes in Shanghai, China. *Chemosphere*. 2016;144:2134–2141. PMID: 26583296. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.017>.
15. Bidleman TF, Helm PA, Braune BM, Gabrielsen GWJSotTE. Polychlorinated naphthalenes in polar environments-a review. 2010;408:2919–2935. PMID: 19892388. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.013>.
16. Hogarh JN, et al. Atmospheric polychlorinated naphthalenes in Ghana. *Environ. Sci. Technol*. 2012;46:2600–2606. PMID: 22288375. Available from: <https://doi.org/10.1021/es2035762>.
17. Labunska I, Brigden K, Santillo D, Johnston P, Walters A. Characterisation of wastewater discharges from chloralkali plants and associated chlorinated chemical production facilities in Spain. Greenpeace Research Laboratories Technical Note (12/2008), University of Exeter, Exeter. 2008;.
18. Dat ND, et al. Characteristics of atmospheric polychlorinated naphthalenes (PCNs) collected at different sites in northern Taiwan. *Environ. Pollut*. 2018;237:186–195. PMID: 29482024. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.041>.
19. Báo cáo chính trị của Ban Chấp hành Đảng bộ thành phố khóa X tại Đại hội Đại biểu Đảng bộ thành phố Hồ Chí Minh lần thứ XI, nhiệm kỳ 2020 - 2025;.
20. Chang Y. China needs a tighter PM2.5 limit and a change in priorities. *Environ. Sci. Technol*. 2012;46:7069–7070. PMID: 22716938. Available from: <https://doi.org/10.1021/es3022705>.
21. Houyin Z, et al. Microscopic morphology and size distribution of residential indoor PM10 in Beijing City. *Ind. Built. Environ*. 2005;14:513–520. Available from: <https://doi.org/10.1177/1420326X04059280>.
22. Odabasi M, et al. Investigation of seasonal variations and sources of atmospheric polychlorinated naphthalenes (PCNs) in an urban area. *Atmos. Pollut. Res*. 2012;3:477–484. Available from: <https://doi.org/10.5094/APR.2012.055>.
23. Barmpadimos I, et al. One decade of parallel fine (PM 2.5) and coarse (PM 10-PM 2.5) particulate matter measurements in Europe: trends and variability. *Atm. Chemi. Phys*. 2012;12:3189–3203. Available from: <https://doi.org/10.5194/acp-12-3189-2012>.
24. Zhu Q, et al. Gas and particle size distributions of polychlorinated naphthalenes in the atmosphere of Beijing, China. *Environ. Pollut*. 2016;212:128–134. PMID: 26840526. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.065>.
25. Wang Y, et al. Polychlorinated naphthalenes (PCNs) in the surface soils of the Pearl River Delta, South China: distribution, sources, and air-soil exchange. *Environ. Pollut*. 2012;170:1–7. PMID: 22750244. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.06.008>.
26. Hogarh JN, et al. Passive air monitoring of PCBs and PCNs across East Asia: a comprehensive congener evaluation for source characterization. *Chemosphere*. 2012;86:718–726. PMID: 22113058. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.046>.
27. Gregoris E, et al. Gas-particle distributions, sources and health effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and polychlorinated naphthalenes (PCNs) in Venice aerosols. *Science of the Total Environment*. 2014;476:393–405. PMID: 24486495. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.036>.
28. Dat ND. Reduction of polychlorinated naphthalenes (PCNs) emission from municipal waste incinerators in Taiwan: Recommendation on control technology. *Chemosphere*. 2020;252:126541. PMID: 32217411. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126541>.
29. Helm PA, Bidleman TF. Current combustion-related sources contribute to polychlorinated naphthalene and dioxin-like polychlorinated biphenyl levels and profiles in air in Toronto, Canada. *Environ. Sci. Technol*. 2003;37:1075–1082. PMID: 12680657. Available from: <https://doi.org/10.1021/es200860a>.
30. Lee SC. Polychlorinated naphthalenes in the global atmospheric passive sampling (GAPS) study. *Environ. Sci. Technol*. 2007;41:2680–2687. PMID: 17533824. Available from: <https://doi.org/10.1021/es062352x>.
31. Liu G, et al. Sources of unintentionally produced polychlorinated naphthalenes. *Chemosphere*. 2014;94:1–12. PMID: 24112659. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.021>.

# Preliminary investigation on the occurrence of PCNS in ambient air of Ho Chi Minh City, Vietnam

Nguyen Minh Ngoc<sup>1,2</sup>, Nguyen Duy Dat<sup>3,\*</sup>, Ngo Thi Thuan<sup>2,4</sup>, To Thi Hien<sup>1,2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Faculty of Environmental Science, University of Science, District 05, Vietnam National University- Ho Chi Minh City, Viet Nam.

<sup>2</sup>Vietnam National University, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam.

<sup>3</sup>Faculty of Chemical and Food Technology, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>4</sup>Department of Environmental Engineering, International University, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam.

## Correspondence

**Nguyen Duy Dat**, Faculty of Chemical and Food Technology, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: datnd@hcmute.edu.vn

## History

- Received: 31-7-2021
- Accepted: 11-11-2021
- Published: 06-02-2021

DOI : 10.32508/stdjet.v4iS11.889



## Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## ABSTRACT

Polychlorinated Naphthalenes (PCNs) were included as the new Persistent Organic Pollutants (POPs) under the Stockholm Convention and forced to terminate the production and use in any application due to their toxicity, bioaccumulation, persistence and adverse effects to the environment and humans. However, no study on the occurrence of PCNs in the environment in Vietnam has been conducted so far. Therefore, it is necessary to carry out an investigation on the presence of these pollutants in Vietnam. In this study, ambient air samples were collected at 5 different sites in the urban area of Ho Chi Minh City to investigate the occurrence of PCNs. Fourteen air samples (both gas and particulate phases) were collected using large volume samplers. Totally, 75 PCNs in gas and particulate phases were analyzed using HRGC/HRMS following isotope dilution method. Total concentrations of PCNs measured at five sites ranged from 60.4 pg/m<sup>3</sup> to 264 pg/m<sup>3</sup> (mean 134 pg/m<sup>3</sup>), which was significantly higher than those reported by similar studies around the world. The result also indicated that gaseous PCNs predominated in total atmospheric concentration (99.7 – 100%); while particulate PCNs only contributed minor fraction. Based on the characteristics of the analyzed PCNs, the samples were divided into 2 groups, group 1 is characterized by TetraCN as the main contributor, while group 2 is dominated by low-chlorine homologues (1 to 3 chlorines). The results also revealed that the PCNs in the air samples in HCMC were mainly derived from evaporation of PCNs from products containing PCNs and combustion-related sources. However, evaporation of PCNs from products containing PCNs seemed to be the dominant source.

**Key words:** Polychlorinated naphthalenes (PCNs), ambient air, GC/MS, emission source, Ho Chi Minh City (HCMC), Vietnam

**Cite this article :** Ngoc N M, Dat N D, Thuan N T, Hien T T. **Preliminary investigation on the occurrence of PCNS in ambient air of Ho Chi Minh City, Vietnam.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology;* 4(S11):SI95-SI107.