

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI

**Xác định nguồn phát sinh và tỷ lệ phân bố
nguồn thải của các hợp chất hữu cơ nhóm PAHs
trên bụi mịn và BTEX trong không khí từ mô hình
CMB**

Thuộc đề tài: “**NGHIÊN CỨU MỨC ĐỘ Ô NHIỄM, ĐẶC
TRƯNG HÓA HỌC VÀ NGUỒN GỐC CỦA CÁC HỢP CHẤT HỮU
CƠ (PAHS, BTEX) TRONG KHÔNG KHÍ KHU VỰC ĐÔ THỊ TẠI
MỘT SỐ TỈNH VÙNG KINH TẾ TRỌNG ĐIỂM BẮC BỘ**”.

Mã số: TNMT.2023.562.06

Chủ nhiệm đề tài: TS. Phạm Thị Hồng Phương

I. TỔNG QUAN	6
II. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN	8
1. Thu thập dữ liệu	8
1.1. Thu thập và tiền xử lý dữ liệu mẫu	8
1.2. Thu thập và tiền xử lý dữ liệu nguồn phát thải	19
2. Mô hình CMB	21
2.1. Giới thiệu mô hình	21
2.2. Tiền xử lý dữ liệu đầu vào	23
2.3. Cài đặt cấu hình mô hình CMB	26
III. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH	31
1. Xác định nguồn PAH sử dụng mô hình CMB.....	31
2. Xác định nguồn BTEX sử dụng mô hình CMB	38
IV. KẾT LUẬN	43
V. TÀI LIỆU THAM KHẢO	45
VI. PHỤ LỤC	47
1. Kết quả chạy mô hình CMB với PAH	47
2. Kết quả chạy mô hình CMB với BTEX	56

Danh mục hình vẽ

Hình 1. Chín trạm đo được lấy mẫu tại Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh.....	9
Hình 2. Nồng độ PAH đo được tại 3 điểm lấy mẫu tại Hải Phòng từ ngày 13 đến ngày 15 tháng 7, 2025.	11
Hình 3. Nồng độ PAH đo được tại 3 điểm lấy mẫu tại Hưng Yên từ ngày 10 đến ngày 12 tháng 7, 2025	12
Hình 4. Nồng độ PAH đo được tại 3 điểm lấy mẫu tại Quảng Ninh từ ngày 2 đến ngày 8 tháng 7, 2025	14
Hình 5. Nồng độ BTEX đo được tại 3 khu vực Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh.	18
Hình 6. Ví dụ về cấu trúc và định dạng dữ liệu đầu vào cho mô hình EPA-CMB ..	23
Hình 7. Các bước cài đặt cấu hình để chạy mô hình CMB đối với PAH.....	28
Hình 8. Các bước cài đặt cấu hình để chạy mô hình CMB đối với BTEX	29
Hình 9. Nguồn PAH đóng góp theo chất tại Hải Phòng.....	34
Hình 10. Nguồn PAH đóng góp theo chất tại Hưng Yên.....	35
Hình 11. Nguồn PAH đóng góp theo chất tại Quảng Ninh	36
Hình 12. Các cặp tỉ lệ PAH đối với các nguồn phát thải.....	37
Hình 13. Nguồn BTEX đóng góp theo chất tại Hải Phòng	40
Hình 14. Nguồn BTEX đóng góp theo chất tại Hưng Yên	41
Hình 15. Nguồn BTEX đóng góp theo chất tại Quảng Ninh	42

Danh mục bảng biểu

Bảng 1. Thông tin trạm đo đặc, loại mẫu, tọa độ đối với PAH.....	10
Bảng 2. Thông tin trạm đo đặc, loại mẫu, tọa độ và ký hiệu mẫu đối với BTEX... ..	16
Bảng 3. Hồ sơ nguồn phát thải PAH được sử dụng cho mô phỏng mô hình CMB8.2	20
Bảng 4. Hồ sơ nguồn phát thải BTEX được sử dụng cho mô phỏng mô hình CMB8.2	21

Danh mục phụ lục

Phụ lục 1. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hải Phòng Background.....	47
Phụ lục 2. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hải Phòng Residential	48
Phụ lục 3. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hải Phòng Background.....	49
Phụ lục 4. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hưng Yên Background.....	50
Phụ lục 5. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hưng Yên Residential	51
Phụ lục 6. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hưng Yên Transportation	52
Phụ lục 7. Kết quả chạy CMB đối với trạm Quảng Ninh Background	53
Phụ lục 8. Kết quả chạy CMB đối với trạm Quảng Ninh Residential	54
Phụ lục 9. Kết quả chạy CMB đối với trạm Quảng Ninh Transporatation	55
Phụ lục 10. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Background (Chiều)	56
Phụ lục 11. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Background (Tối)	57
Phụ lục 12. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Background (Sáng).....	58
Phụ lục 13. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Residential (Chiều).....	59
Phụ lục 14. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Residential (Tối).....	60
Phụ lục 15. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Residential (Sáng)	61
Phụ lục 16. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Transportation (Chiều)	62
Phụ lục 17. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Transportation (Tối)	63
Phụ lục 18. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Transportation (Sáng).....	64
Phụ lục 19. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Background (Chiều)	65
Phụ lục 20. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Background (Tối)	66
Phụ lục 21. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Background (Sáng)	67
Phụ lục 22. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Residential (Chiều)	68
Phụ lục 23. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Residential (Tối)	69
Phụ lục 24. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Residential (Sáng)	70
Phụ lục 25. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Transportation (Chiều)	71
Phụ lục 26. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Transportation (Tối)	72
Phụ lục 27. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Transportation (Sáng).....	73
Phụ lục 28. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Background (Chiều)	74
Phụ lục 29. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Background (Tối)	75
Phụ lục 30. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Background (Sáng)	76

Phụ lục 31. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Residential (Chiều)	77
Phụ lục 32. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Residential (Tối)	78
Phụ lục 33. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Residential (Sáng).....	79
Phụ lục 34. Kết quả chạy CMB với trạm Quảng Ninh Transporatation (Chiều).....	80
Phụ lục 35. Kết quả chạy CMB với trạm Quảng Ninh Transporatation (Tối)	81
Phụ lục 37. Kết quả chạy CMB với trạm Quảng Ninh Transporatation (Sáng).....	82

I. TỔNG QUAN

Các nghiên cứu tại nhiều đô thị châu Á cho thấy PAHs và BTEX trong không khí chủ yếu bắt nguồn từ giao thông, đốt than và đốt sinh khối, nhưng cơ cấu nguồn cụ thể thay đổi mạnh theo từng khu vực và mùa, và thường được phân tích bằng các mô hình thu nhận (receptor model) như CMB (Chemical Mass Balance). Ở Seoul (Hàn Quốc), mô hình CMB chỉ ra xăng dầu (gasoline, diesel vehicles) là nguồn chính của PAHs trong không khí đô thị, bên cạnh than và sinh khối (Jung et al. 2015; Lee and Kim 2007), các nghiên cứu tại Ấn Độ và nhiều nước châu Á khác cũng cho thấy PAHs gắn chặt với đốt than, đốt sinh khối và giao thông, đồng thời nhấn mạnh vai trò của CMB trong tách nguồn PAHs trên PM_{2.5} /PM₁₀ (Saha et al. 2017; Yadav et al. 2020).

Đối với BTEX, nhiều nghiên cứu ở Trung Quốc và các đô thị châu Á khác cho thấy khí thải giao thông, công nghiệp hóa dầu và sử dụng dung môi (sơn, in offset, in ống đồng) là các nguồn chi phối, và nguồn gốc BTEX thường được xác định bằng CMB hoặc các mô hình receptor tương tự (Song et al. 2007; Zeng et al. 2019; Abbasi et al. 2020).

Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu hiện có tập trung ở Trung Quốc, Hàn Quốc, Ấn Độ..., còn dữ liệu cho Việt Nam vẫn rất hạn chế; đồng thời, nhiều nghiên cứu ở khu vực này phải sử dụng hồ sơ nguồn phát thải (source profile) xây dựng cho bối cảnh Trung Quốc hoặc Ấn Độ thay vì bộ hồ sơ riêng phù hợp với điều kiện nhiên liệu và hoạt động đốt tại Việt Nam. Trong bối cảnh đó, việc thực hiện nghiên cứu “Xác định nguồn phát sinh và tỷ lệ phân bố nguồn thải của các hợp chất hữu cơ nhóm PAHs trên bụi mịn và BTEX trong không khí bằng mô hình CMB” là cần thiết để (i) cung cấp bức tranh định lượng đầu tiên về cơ cấu nguồn PAHs và BTEX tại khu vực nghiên cứu ở Việt Nam, và (ii) làm cơ sở cho các nghiên cứu mở rộng trong tương lai nhằm thu thập thêm các chất chỉ thị và xây dựng bộ hồ sơ nguồn phát thải đặc thù cho Việt Nam, thay thế dần việc phụ thuộc vào hồ sơ nguồn của các nước khác trong khu vực.

Trong báo cáo này, chúng tôi trình bày các công việc được thực hiện để xác định nguồn phát sinh và tỷ lệ phân bố nguồn thải của các chất hữu cơ nhóm PAHs

trên bụi mìn và BTEX trong không khí bằng mô hình CMB. Đầu tiên, việc thu thập phân tích dữ liệu được trình bày trong mục II.1, tiếp theo việc tiền xử lý dữ liệu và cấu hình mô hình CMB được trình bày trong mục II.2. Kết quả của mô hình được trình bày trong mục III cho việc xác định nguồn phát thải. Phần thảo luận những hạn chế của nghiên cứu và cách khắc phục được trình bày trong mục IV, tài liệu tham khảo được trình bày trong mục V và cuối cùng phụ lục kết quả chạy mô hình CMB được trình bày ở mục VI.

II. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

1. Thu thập dữ liệu

1.1. Thu thập và tiền xử lý dữ liệu mẫu

Hình 1 trình bày vị trí các điểm lấy mẫu tại ba tỉnh/thành phố gồm Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh, với tổng cộng chín điểm đo, mỗi địa phương bố trí ba điểm đại diện cho các đặc trưng phát thải khác nhau. Tại Hưng Yên, các điểm đo được phân bố ở khu vực Công viên Nam Hòa, Đường Lê Lai, P. Lê lợi, khu dân cư phường An Tảo và nút giao Nguyễn Văn Linh – Trần Quang Khải, phản ánh đủ các bối cảnh từ sinh hoạt dân cư, khu thương mại – dịch vụ đến trực giao thông chính. Ở Hải Phòng, ba điểm đo được đặt tại Công viên Bạch Đằng, khu dân cư phường Bình Hàn và vòng xuyến Ngọc Châu, nơi có mật độ hoạt động giao thông cao và là các khu vực đô thị điển hình của thành phố. Tại Quảng Ninh, ba điểm lấy mẫu tập trung tại khu vực công viên phường Bạch Đằng, khu vực dân cư phường Hồng Hà và ven biển Hạ Long, là những khu vực chịu ảnh hưởng đồng thời của giao thông, du lịch – dịch vụ và hoạt động ven bờ. Việc bố trí các điểm lấy mẫu theo cấu trúc tương tự giữa ba tỉnh giúp phản ánh sự khác biệt không gian về chất lượng không khí và tạo cơ sở tốt cho các phân tích đánh giá nguồn phát thải trong các phần tiếp theo của báo cáo.



Hình 1. Chín trạm đo được lấy mẫu tại Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh

1.1.1. Thu thập dữ liệu PAH

Tại mỗi vị trí, hai loại bụi PM₁₀ và PM_{2.5} đều được thu thập theo chu kỳ 24 giờ và được lấy mẫu lặp lại trong ba ngày liên tiếp (Quảng Ninh đo trong 7 ngày liên tiếp) để bảo đảm tính đại diện và độ ổn định của dữ liệu. Với tổng cộng chín điểm đo (mỗi địa phương ba điểm), việc lấy mẫu đồng nhất giữa các khu vực cho phép thu thập bộ dữ liệu so sánh đáng tin cậy về sự biến động nồng độ bụi theo không gian và thời gian. Thông tin chi tiết về các điểm lấy mẫu bụi PM₁₀ và PM_{2.5} được trình bày trong Bảng 1.

Kết quả phân tích hàm lượng PAH tại Hải Phòng trong ba ngày từ 13 đến 15 tháng 7 (Hình 2) cho thấy tổng nồng độ PAH có xu hướng tăng dần từ điểm nền (Background) đến khu dân cư (Residential) và cao nhất tại khu vực chịu ảnh hưởng giao thông (Traffic). Ở cả ba ngày đo, cấu trúc PAH khá ổn định giữa các điểm, với sự hiện diện đồng thời của các hợp chất có khói lượng phân tử thấp như Nap, Acy, Ace và nhóm PAH khói lượng trung bình – cao như Phe, Fla, Pyr, Chr, BaA và BaP.

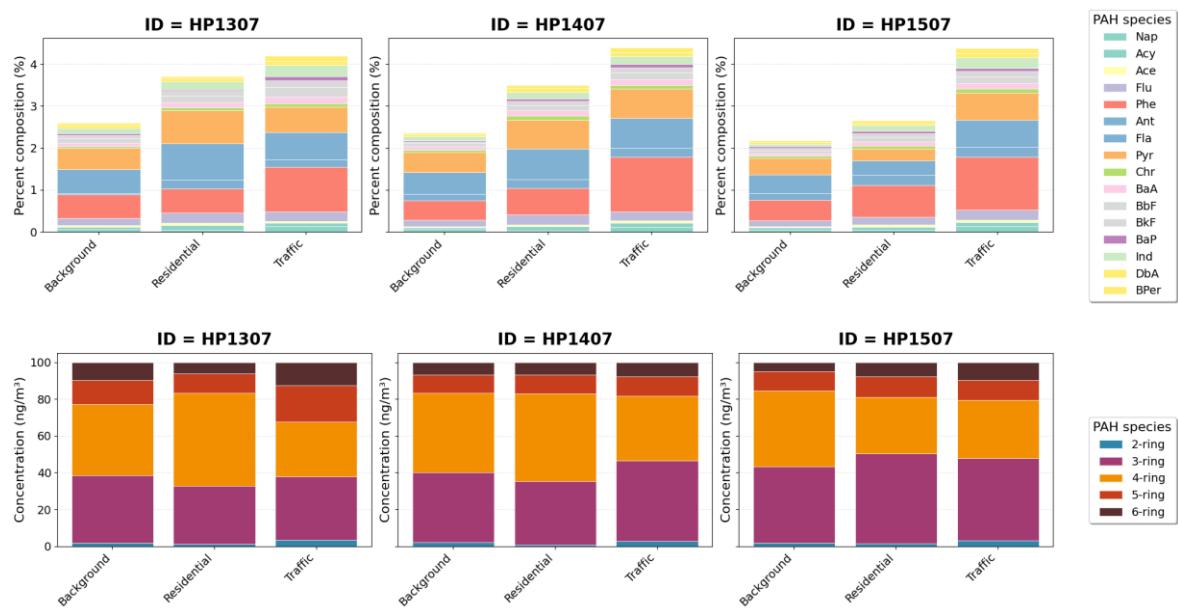
Trong đó, các hợp chất thuộc nhóm Phe, Fla và Pyr chiếm tỷ lệ nổi bật hơn, đóng góp phần lớn vào tổng nồng độ tại cả ba loại địa điểm.

Bảng 1. Thông tin trạm đo đặc, loại mẫu, tọa độ đối với PAH

Vị trí đo đặc	Loại Mẫu	Tọa độ
Công viên lán bè, Phường Bạch Đằng, TP.Hạ Long	PM _{2.5} (24h)	N:20°57'06.01'', E:107°05'26.1''
	PM ₁₀ (24h)	
Nhà dân số 37, Đường Nguyễn Văn Cừ, Phường Hồng Hà, TP. Hạ Long	PM _{2.5} (24h)	N:20°56'42.02'', E:107° 7'19.19''
	PM ₁₀ (24h)	
Ngã tư QL18 và đường Lê Thanh Nghị, Phường Hồng Hà, TP. Hạ Long	PM _{2.5} (24h)	N:20°56'28.098'', E:107°7'24.732''
	PM ₁₀ (24h)	
Công viên Nam Hòa, Đường Lê Lai, P. Lê lợi, TP Hưng Yên	PM ₁₀ (24h)	N:20°39'10.895'', E:106°3'20.596''
	PM _{2.5} (24h)	
Nhà dân số 56 Nguyễn Đức Cảnh, phường An Tảo, TP. Hưng Yên	PM ₁₀ (24h)	N:20°40'18.882'', E:106°3'34.553''
	PM _{2.5} (24h)	
Ngã tư giao thông, giao giữa đường Nguyễn Văn Linh và Trần Quang Khải, TP. Hưng Yên	PM ₁₀ (24h)	N:20°40'15.522'', E:106°3'33.18''
	PM _{2.5} (24h)	
Công viên Bạch Đằng, Đường Đoàn Kết, Phường Quang Trung, TP. Hải Phòng	PM ₁₀ (24h)	N:20°56'32.385'', E:106°20'22.255''
	PM _{2.5} (24h)	
Nhà dân số 25 Đường Nguyễn Tri Phương, phường Bình Tân, TP. Hải Phòng	PM ₁₀ (24h)	N:20°56'54.151'', E:106°20'17.437''
	PM _{2.5} (24h)	
Nút giao thông vòng xuyên Ngọc Châu, giao Đường Thanh Niên, Trần Hưng Đạo, phường Trần Phú, TP. Hải Phòng	PM ₁₀ (24h)	N:20°56'15.108'', E:106°20'13.875''
	PM _{2.5} (24h)	

So sánh theo thời gian cho thấy tổng nồng độ PAH ngày 15/7 (ID = HP1507) cao hơn so với ngày 13/7 và 14/7, đặc biệt tại vị trí giao thông, phản ánh sự biến động nhất định về hoạt động ngoài trời và điều kiện môi trường trong ba ngày lấy mẫu. Tuy nhiên, xu hướng tăng từ điểm nền → dân cư → giao thông đều được duy trì nhất

quán trong cả ba ngày, cho thấy mức độ ảnh hưởng của hoạt động giao thông đến nồng độ PAH là rõ rệt và ổn định theo thời gian. Nhìn chung, dữ liệu ba ngày đo cung cấp bức tranh tương đối đầy đủ về sự phân bố không gian – thời gian của PAH tại Hải Phòng trong đợt lấy mẫu giữa tháng 7, đồng thời làm cơ sở quan trọng cho các bước phân tích tiếp theo về đặc trưng nguồn và phân bố PAH theo loại hình hoạt động.



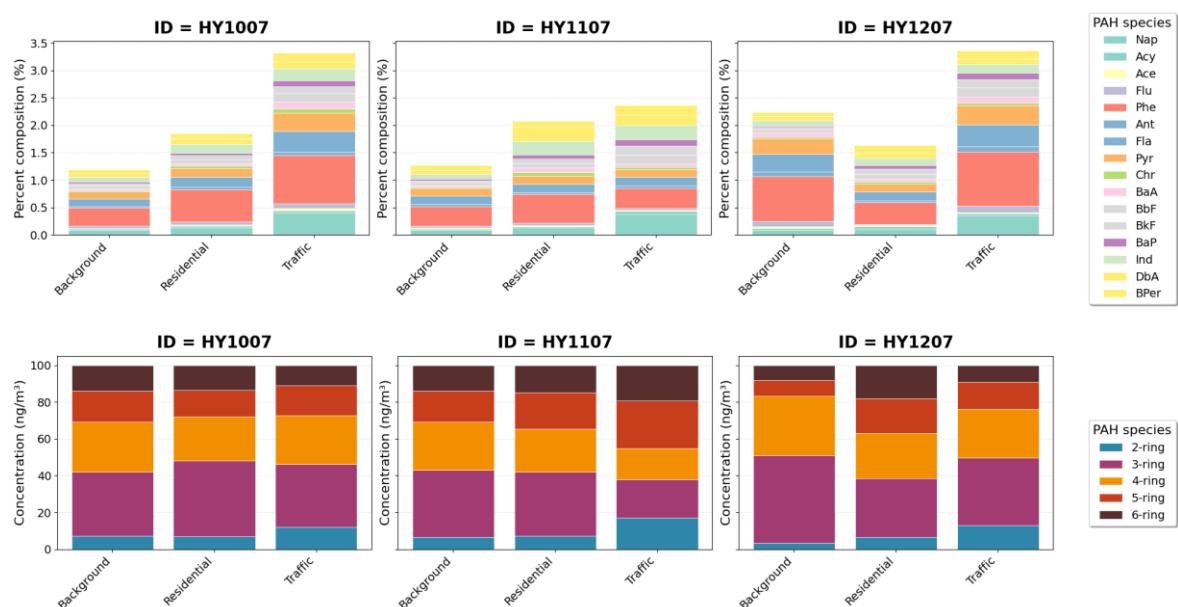
Hình 2. Nồng độ PAH đo được tại 3 điểm lấy mẫu tại Hải Phòng từ ngày 13 đến ngày 15 tháng 7, 2025.

Kết quả phân tích PAH tại Hưng Yên (Hình 3) trong ba ngày lấy mẫu từ 10 đến 12 tháng 7 cho thấy xu hướng chung tương tự như ở Hải Phòng, khi tổng nồng độ PAH đều tăng dần từ điểm nền, đến khu dân cư và cao nhất tại vị trí giao thông. Sự phân bố các hợp chất PAH theo loại cũng tương đối ổn định giữa ba nhóm điểm, với sự hiện diện của cả PAH vòng thấp và vòng cao, và các hợp chất như Phe, Fla và Pyr tiếp tục chiếm tỷ trọng lớn trong tổng nồng độ.

Tuy nhiên, so với Hải Phòng, mức độ biến động theo thời gian và giữa các điểm đo ở Hưng Yên thể hiện rõ hơn. Ở cả ba ngày, nồng độ PAH tại điểm nền (Background) của Hưng Yên nhìn chung thấp hơn đáng kể so với điểm nền tại Hải Phòng, phản ánh mức độ hoạt động dân sinh và giao thông thấp hơn. Tại nhóm dân cư (Residential), nồng độ PAH tăng nhưng vẫn duy trì ở mức trung bình, không có sự tăng đột biến theo ngày như quan sát ở Hải Phòng. Riêng tại các điểm giao thông

(Traffic), dù vẫn đạt giá trị cao nhất trong ba loại hình điểm đo, tổng nồng độ PAH tại Hưng Yên thấp hơn so với các điểm giao thông tương ứng ở Hải Phòng, cho thấy ảnh hưởng giao thông tại khu vực này có cường độ thấp hơn.

Ngoài ra, sự khác biệt rõ rệt giữa ba ngày đo cũng nhỏ hơn so với Hải Phòng: tổng nồng độ PAH tại Hưng Yên chỉ biến đổi nhẹ giữa ngày 10/7 và 12/7, với ngày 12/7 ghi nhận mức cao nhất nhưng không có sự tăng mạnh như ngày 15/7 tại Hải Phòng. Nhìn chung, dữ liệu PAH tại Hưng Yên cho thấy cường độ phát thải thấp hơn và mức độ dao động theo thời gian ổn định hơn, trong khi vẫn duy trì cấu trúc PAH và xu hướng không gian giống với các khu vực đô thị khác.



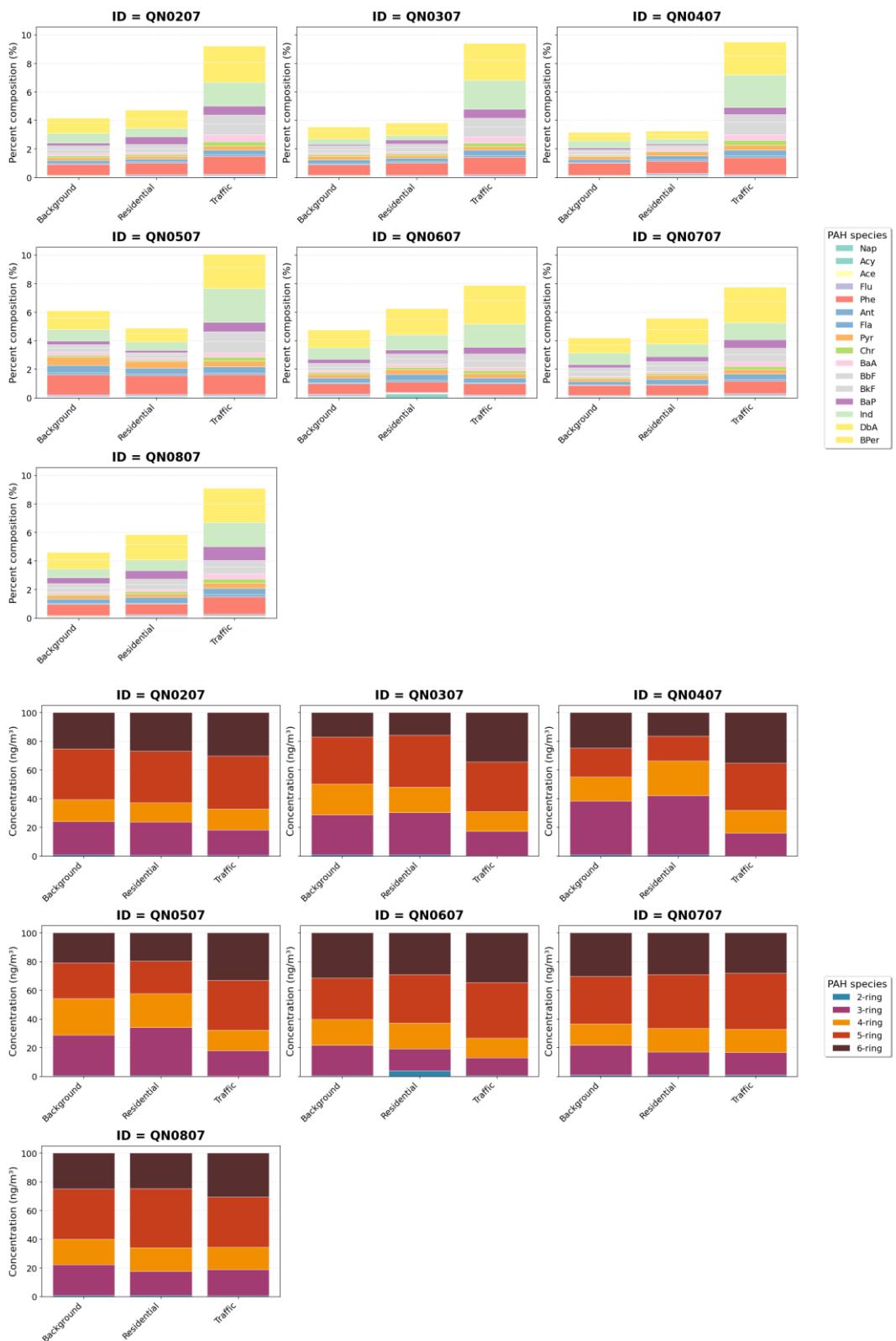
Hình 3. Nồng độ PAH đo được tại 3 điểm lấy mẫu tại Hưng Yên từ ngày 10 đến ngày 12 tháng 7, 2025

Kết quả phân tích PAH tại Quảng Ninh (Hình 4) trong giai đoạn lấy mẫu từ ngày 2 đến 8 tháng 7 cho thấy xu hướng chung tương tự như ở Hải Phòng và Hưng Yên, khi tổng nồng độ PAH luôn tăng từ điểm nền, đến khu dân cư và đạt giá trị cao nhất tại các điểm chịu ảnh hưởng giao thông. Cấu trúc thành phần PAH giữa các ngày cũng tương đối ổn định, với sự góp mặt của cả nhóm PAH phân tử thấp (Nap, Acy, Ace) và nhóm phân tử cao (Phe, Fla, Pyr, BaA, BbF, BaP, BPPer), tương tự hai khu vực còn lại.

Tuy nhiên, Quảng Ninh thể hiện mức nồng độ PAH cao hơn rõ rệt, đặc biệt tại các điểm giao thông. Một số ngày như 02/7, 04/7 và 05/7 ghi nhận tổng nồng độ PAH

tại điểm giao thông vượt mức $8-10 \text{ ng/m}^3$, cao hơn đáng kể so với Hải Phòng và vượt xa Hưng Yên, nơi giá trị tại điểm giao thông chủ yếu dao động quanh $3-4 \text{ ng/m}^3$. Ngay cả tại các điểm nền, nồng độ PAH tại Quảng Ninh cũng cao hơn hai khu vực còn lại, phản ánh ảnh hưởng đồng thời của hoạt động giao thông, dân cư, du lịch và đặc thù đô thị ven biển – cảng biển của Hạ Long.

Về mức độ biến động theo ngày, Quảng Ninh thể hiện sự dao động mạnh hơn so với Hưng Yên nhưng lại tương đương với Hải Phòng. Các ngày 02/7, 04/7 và 05/7 có nồng độ PAH cao vượt trội tại điểm giao thông, trong khi các ngày 03/7, 06/7 và 07/7 duy trì mức trung bình. Điều này cho thấy tác động của hoạt động giao thông – du lịch tại khu vực này biến đổi theo ngày mạnh hơn so với Hưng Yên, nơi xu hướng ổn định hơn, nhưng tương đồng với Hải Phòng, nơi các ngày có hoạt động giao thông cao cũng gây biến động đáng kể.



Hình 4. Nồng độ PAH đo được tại 3 điểm lấy mẫu tại Quảng Ninh từ ngày 2 đến ngày 8 tháng 7, 2025

1.1.2. Thu thập dữ liệu BTEX

Thông tin chi tiết về các điểm lấy mẫu BTEX được trình bày trong Bảng 2. Tại mỗi vị trí, nồng độ BTEX đều được thu thập theo 3 chu kỳ - chu kỳ 1 từ 7h-9h, chu kỳ 2 từ 14h30-16h30, chu kỳ 3 từ 20h-22h, và được lấy mẫu lặp lại trong ba ngày liên tiếp (Quảng Ninh đo trong 7 ngày liên tiếp).

Kết quả đo BTEX tại ba tỉnh Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh (Hình 5) cho thấy xu hướng chung tương tự nhau, khi nồng độ BTEX đều tăng dần từ điểm nền (Background), tới khu dân cư (Residential) và cao nhất tại khu vực giao thông (Traffic). Cấu trúc BTEX giữa các thời điểm đo (sáng-trưa-chiều-tối) cũng giữ tính ổn định, với sự góp mặt đồng thời của bốn hợp chất benzene, toluene, ethylbenzene và xylene, trong đó toluene và nhóm xylene thường chiếm tỷ trọng lớn nhất ở cả ba địa phương.

Xét theo thời gian trong ngày, cả ba khu vực đều thể hiện quy luật khá giống nhau: nồng độ BTEX thường thấp nhất vào buổi sáng và tăng dần vào buổi chiều và buổi tối, đặc biệt tại các điểm giao thông. Tại điểm nền, sự chênh lệch giữa ba thời điểm trong ngày tương đối nhỏ, cho thấy đóng góp BTEX nền ít bị chi phối bởi biến động ngắn hạn của hoạt động giao thông. Ngược lại, tại các điểm dân cư và giao thông, nồng độ BTEX buổi chiều và buổi tối cao hơn rõ rệt so với buổi sáng; trong đó các điểm giao thông ở Hải Phòng và đặc biệt là Quảng Ninh ghi nhận mức tăng rất mạnh vào các khung giờ chiều-tối, phản ánh sự gia tăng lưu lượng phương tiện và các hoạt động đô thị trong các thời điểm này. Ở Hưng Yên, mặc dù biên độ thay đổi ngày-dêm nhỏ hơn, xu hướng “sáng thấp – chiều/tối cao” vẫn được duy trì nhất quán ở cả ba loại vị trí.

Tuy nhiên, mức độ và biên độ biến động của BTEX giữa ba tỉnh lại có sự khác biệt rõ rệt. Tại Hải Phòng, nồng độ BTEX cao hơn đáng kể so với Hưng Yên và tương đương hoặc thấp hơn một chút so với các giá trị cao nhất tại Quảng Ninh. Các điểm giao thông ở Hải Phòng ghi nhận nồng độ BTEX dao động từ khoảng 150–175 µg/m³, thể hiện tác động mạnh của lưu lượng phương tiện tại các trục đường nội đô đông đúc. Trong khi đó, điểm nền và dân cư của Hải Phòng cũng cao hơn đáng kể so với Hưng Yên, cho thấy cường độ phát thải đô thị lớn hơn.

Bảng 2. Thông tin trạm đo đặc, loại mẫu, tọa độ và ký hiệu mẫu đối với BTEX

Vị trí đo đặc	Loại Mẫu	Tọa độ
Công viên lán bè, Phường Bạch Đằng, TP. Hạ Long	VOCs (7h-9h)	N:20°57'06.01'', E:107°05'26.1''
	VOCs (14h30-16h30)	
	VOCs (20h-22h)	
Nhà dân số 37, Đường Nguyễn Văn Cừ, Phường Hồng Hà, TP. Hạ Long	VOCs (7h-9h)	N:20°56'42.02'', E:107° 7'19.19''
	VOCs (14h30-16h30)	
	VOCs (20h-22h)	
Ngã tư QL18 và đường Lê Thanh Nghị, Phường Hồng Hà, TP. Hạ Long	VOCs (7h-9h)	N:20°56'28.098'', E:107°7'24.732''
	VOCs (14h30-16h30)	
	VOCs (20h-22h)	
Công viên Nam Hòa, Đường Lê Lai, P. Lê lợi, TP Hưng Yên	VOCs (7h-9h)	N:20°39'10.895'', E:106°3'20.596''
	VOCs (14h30-16h30)	
	VOCs (20h-22h)	
Nhà dân số 56 Nguyễn Đức Cảnh, phường An Tảo, TP. Hưng Yên	VOCs (7h-9h)	N:20°40'18.882'', E:106°3'34.553''
	VOCs (14h30-16h30h)	
	VOCs (20h-22h)	
Ngã tư giao thông, giao giữa đường Nguyễn Văn Linh và Trần Quang Khải, TP. Hưng Yên	VOCs (7h-9h)	N:20°40'15.522'', E:106°3'33.18''
	VOCs (14h30-16h30h)	
	VOCs (20h-22h)	
Công viên Bạch Đằng, Đường Đoàn Kết, Phường Quang Trung, TP. Hải Phòng	VOCs (7h-9h)	N:20°56'32.385'', E:106°20'22.255''
	VOCs (14h30-16h30h)	
	VOCs (20h-22h)	
Nhà dân số 25 Đường Nguyễn Tri Phương, phường Bình Tân, TP. Hải Phòng	VOCs (7h-9h)	N:20°56'54.151'', E:106°20'17.437''
	VOCs (14h30-16h30h)	
	VOCs (20h-22h)	
Nút giao thông vòng xuyến Ngọc Châu, giao Đường Thanh Niên, Trần Hưng Đạo, phường Trần Phú, TP. Hải Phòng	VOCs (7h-9h)	N:20°56'15.108'', E:106°20'13.875''
	VOCs (14h30-16h30h)	
	VOCs (20h-22h)	

Tại Hưng Yên, nồng độ BTEX duy trì ở mức thấp hơn rõ rệt. Ở cả ba điểm đo, giá trị BTEX nền và khu dân cư chỉ nằm trong khoảng 20–60 µg/m³, và ngay cả tại điểm giao thông, mức tăng cũng không lớn bằng hai tỉnh còn lại. Điều này phản ánh đặc trưng đô thị quy mô nhỏ hơn, mật độ giao thông thấp hơn và hoạt động dân sinh – thương mại ít sôi động hơn so với Hải Phòng và Quảng Ninh.

Trong khi đó, Quảng Ninh thể hiện mức độ biến động mạnh nhất giữa các thời điểm và cũng ghi nhận các giá trị BTEX cao nhất trong toàn bộ đợt khảo sát. Đặc biệt tại các ngày 03/7, 04/7 và 05/7, nồng độ BTEX tại điểm giao thông vượt ngưỡng 200–250 µg/m³, cao hơn cả Hải Phòng và vượt xa Hưng Yên. Điều này phản ánh đặc trưng phát thải phức tạp hơn của khu vực Hạ Long, chịu ảnh hưởng đồng thời từ giao thông, hoạt động du lịch, khu dịch vụ – thương mại và mật độ di chuyển trong mùa cao điểm. Ngoài ra, ngay cả điểm nền tại Quảng Ninh cũng cao hơn đáng kể so với Hưng Yên, cho thấy đóng góp nền từ hoạt động đô thị – cảng biển.



Hình 5. Nồng độ BTEX đo được tại 3 khu vực Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh.

1.2. Thu thập và tiền xử lý dữ liệu nguồn phát thải

1.2.1. Thu thập dữ liệu nguồn phát thải PAH

Trong nghiên cứu này, việc lựa chọn bộ source profile PAH phù hợp đóng vai trò đặc biệt quan trọng đối với hiệu quả và độ tin cậy của mô hình CMB. Do Việt Nam hiện chưa có bộ nguồn PAH đặc trưng được xây dựng đầy đủ cho các loại hình phát thải phổ biến, việc tham khảo các nghiên cứu quốc tế có đặc điểm tương đồng về năng lượng, nhiên liệu và hoạt động đô thị là cần thiết. Ba nghiên cứu chính từ Trung Quốc, Hàn Quốc và Ấn Độ được sử dụng làm cơ sở cho việc lựa chọn profile trong nghiên cứu này.

Tại Trung Quốc, nghiên cứu của Li và cộng sự (2021) công bố bộ đặc trưng nguồn PAH gắn với PM_{2.5} từ nhiều loại quá trình đốt cháy, bao gồm đốt than dân dụng, sinh khối, đốt mỏ và lò hơi nhỏ. Các source profile này có giá trị tham khảo cao cho Việt Nam do đặc tính nhiên liệu sinh khối, điều kiện đốt và quy mô thiết bị đốt khá tương đồng. Bộ dữ liệu cũng cung cấp tỷ lệ chi tiết giữa các PAH vòng thấp và vòng cao – một yếu tố quan trọng trong mô hình CMB (Li, Wang, and Guo 2021).

Nghiên cứu của Lee & Kim (2007) tại Hàn Quốc lại cung cấp bộ profile chi tiết cho các nguồn giao thông và công nghiệp đô thị, bao gồm phương tiện chạy xăng, diesel, nhà máy điện than, lò coke, đốt khí tự nhiên và sinh hoạt. Đây là các loại nguồn phổ biến tại các đô thị lớn ở Việt Nam, đặc biệt là hệ thống giao thông hỗn hợp. Những profile giao thông từ nghiên cứu này thường được xem là đáng tin cậy trong các bài toán CMB tại châu Á do đã được kiểm chứng trong nhiều nghiên cứu khác nhau (Lee and Kim 2007).

Trong khi đó, bộ profile từ nghiên cứu của Yadav và cộng sự (2020) tại Ấn Độ có vai trò bổ sung quan trọng, đặc biệt đối với các nguồn đặc trưng như đốt rác thải rắn, đốt sinh khối hỗn hợp và khí thải giao thông trong điều kiện đô thị mật độ cao. Việt Nam có cấu trúc nguồn đốt rác và sinh khối tương đối giống Delhi, đặc biệt ở khu vực ngoại thành và nông thôn, nên các profile này có thể sử dụng để đại diện cho các nguồn tương ứng trong mô hình CMB (Yadav et al. 2020).

Tổng hợp ba nghiên cứu cho thấy các nguồn chính gồm giao thông, đốt sinh khối, đốt than, đốt rác và một số hoạt động công nghiệp nhẹ đều có profile tương đồng với cấu trúc nguồn PAH tại Việt Nam. Tuy nhiên, việc áp dụng trực tiếp cần

cân nhắc đến sự khác biệt về công nghệ đốt, chất lượng nhiên liệu và điều kiện môi trường. Sau khi chạy đánh giá thử nghiệm tất cả các bộ dữ liệu nguồn phát thải của PAH, chúng tôi lựa chọn sử dụng bộ nguồn phát thải của Ấn Độ (Yadav et al. 2020). Dữ liệu nguồn phát thải của Ấn Độ được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Hồ sơ nguồn phát thải PAH được sử dụng cho mô phỏng mô hình CMB8.2

Source	Flu	Phe	Ant	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	InP	DahA	BghiP
CLRSD	0.064	0.001	0.001	0.236	0.045	0.074	0.062	0.065	0.121	0.089	0.137	0.105
CLPP	0.168	0.061	0.039	0.086	0.147	0.162	0.088	0.033	0.064	0.062	0.024	0.066
BBWOOD	0.036	0.001	0.001	0.082	0.035	0.051	0.055	0.061	0.401	0.091	0.101	0.085
BBPDDY	0.189	0.493	0.085	0.091	0.032	0.035	0.031	0.021	0.011	0.005	0.002	0.005
TRPET	0.002	0.022	0.006	0.324	0.058	0.051	0.071	0.071	0.147	0.149	0.003	0.097
TRDIE	0.103	0.039	0.061	0.134	0.121	0.076	0.013	0.002	0.245	0.203	0.002	0.002
TRCNG	0.232	0.143	0.012	0.373	0.066	0.134	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.035
WASTE	0.066	0.433	0.079	0.173	0.051	0.046	0.063	0.013	0.031	0.021	0.001	0.023
LPG	0.058	0.002	0.001	0.293	0.042	0.094	0.047	0.068	0.168	0.056	0.098	0.073
NRDDIE	0.172	0.505	0.062	0.131	0.017	0.027	0.023	0.017	0.014	0.014	0.002	0.016

1.2.2. Thu thập dữ liệu nguồn phát thải BTEX

Đối với BTEX, vì Việt Nam hiện vẫn thiếu các hồ sơ nguồn nội địa đủ chi tiết cho BTEX/VOCs và nhiều nguồn phát thải công nghiệp – đô thị Việt Nam có tính chất rất gần giống với môi trường công nghiệp đô thị Trung Quốc, nên nhóm nghiên cứu đã lựa chọn hồ sơ từ nghiên cứu của Shen và cộng sự (2018) tại thành phố Vũ Hán, Trung Quốc làm tham chiếu chính (Shen et al. 2018). Nghiên cứu của Shen và cộng sự (2018) tại thành phố Vũ Hán, Trung Quốc, cung cấp bộ nguồn hồ sơ hóa học (source profiles) chi tiết cho 86 hợp chất VOC thu từ quá trình công nghiệp điển hình bao gồm nhà máy chế hóa dầu, sơn phủ, sản xuất điện tử và bay hơi nhiên liệu xăng. Hơn nữa, nghiên cứu này đo đạc trực tiếp tại hiện trường, phân tích bằng GC–MS/FID và báo cáo tỷ lệ rõ ràng giữa các nhóm alkanes/aromatics/oxygenated VOCs, từ đó cung cấp nền tảng vững chắc để điều chỉnh và áp dụng vào mô hình phân tích nguồn tại Việt Nam. Dữ liệu nguồn phát thải của BTEX được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Hồ sơ nguồn phát thải BTEX được sử dụng cho mô phỏng mô hình CMB8.2

Sources	TOL	BEN	ETH	XYL
Petrochemical industry	0.2919	0.1283	0.2625	0.3172
Auto coating	0.0332	0.0102	0.34	0.6166
Air-conditional coating	0.066	0.0062	0.3664	0.5615
Offset printing	0.9447	0.0284	0.0119	0.015
Gravure printing	0.6316	0.0904	0.1019	0.1761
Gas station-A92	0.4975	0.2098	0.088	0.2047
Gas station-A95	0.7672	0.1214	0.0233	0.0881
Gas station-A98	0.6375	0.1949	0.0412	0.1264
Gas station-diesel	0.4511	0.1563	0.0849	0.3077

2. Mô hình CMB

2.1. Giới thiệu mô hình

Các mô hình tiếp nhận đóng vai trò quan trọng trong phân tích nguồn ô nhiễm không khí nhờ khả năng sử dụng đặc tính hóa học và vật lý của các hợp chất đo được tại nguồn phát thải và tại điểm tiếp nhận để nhận diện và định lượng mức đóng góp của các nguồn đến nồng độ quan trắc tại môi trường. Theo Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (Watson et al. 1997), các đặc tính hóa học được sử dụng phải thỏa mãn ba điều kiện cơ bản: (1) thành phần của các chất được phân bố với tỷ lệ khác nhau giữa các loại nguồn, giúp phân biệt nguồn này với nguồn khác; (2) tỷ lệ đặc trưng của từng nguồn có tính ổn định tương đối theo không gian và thời gian; và (3) sự biến đổi của các tỷ lệ này trong quá trình vận chuyển từ nguồn đến điểm đo là không đáng kể hoặc có thể xấp xỉ hợp lý bằng các giả định thống kê phù hợp (Watson et al. 1997).

Trong số các mô hình tiếp nhận phổ biến, có ba nhóm phương pháp được sử dụng rộng rãi: mô hình cân bằng khối lượng hóa học (Chemical Mass Balance – CMB), phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis – PCA hay factor analysis), và hồi quy tuyến tính bội (Multiple Linear Regression – MLR). Các mô hình này đã được tổng hợp và thảo luận trong các công trình kinh điển của Henry và cộng sự (Henry et al., 1984) và Hopke (1991). Trong đó, mô hình CMB được xem là mô hình nền tảng của các phương pháp tiếp nhận, vì mọi mô hình khác, bao gồm

PCA và MLR, đều dựa trên nguyên lý cân bằng khối lượng của CMB (Watson et al. 1997; Hopke 1991).

Mô hình CMB dựa trên giả thuyết rằng nồng độ của mỗi chất (species) tại điểm đo có thể được biểu diễn như tổng tuyển tính của mức đóng góp từ các nguồn, với hệ số tỷ lệ là phân số của chất đó trong phát thải của từng nguồn (source profiles). Nói cách khác, mô hình giải một hệ phương trình tuyến tính dưới dạng:

$$y_i = \sum_k X_{ik} s_k + \varepsilon_i$$

trong đó y_i là nồng độ đo được, X_{ik} là tỷ lệ của species i trong nguồn k , s_k là đóng góp của nguồn k đến điểm đo, và ε_i là sai số tổng hợp (Watson et al. 1997). Các hồ sơ nguồn (source profiles) mô tả tỷ lệ phần trăm hoặc phân số của từng hợp chất trong phát thải của mỗi loại nguồn, trong khi dữ liệu receptor cung cấp nồng độ tương ứng đo tại hiện trường. Cả hai loại dữ liệu được gắn với các ước lượng bất định (uncertainties), phản ánh sai số đo đặc, biến động của nguồn, và giới hạn của phương pháp phân tích.

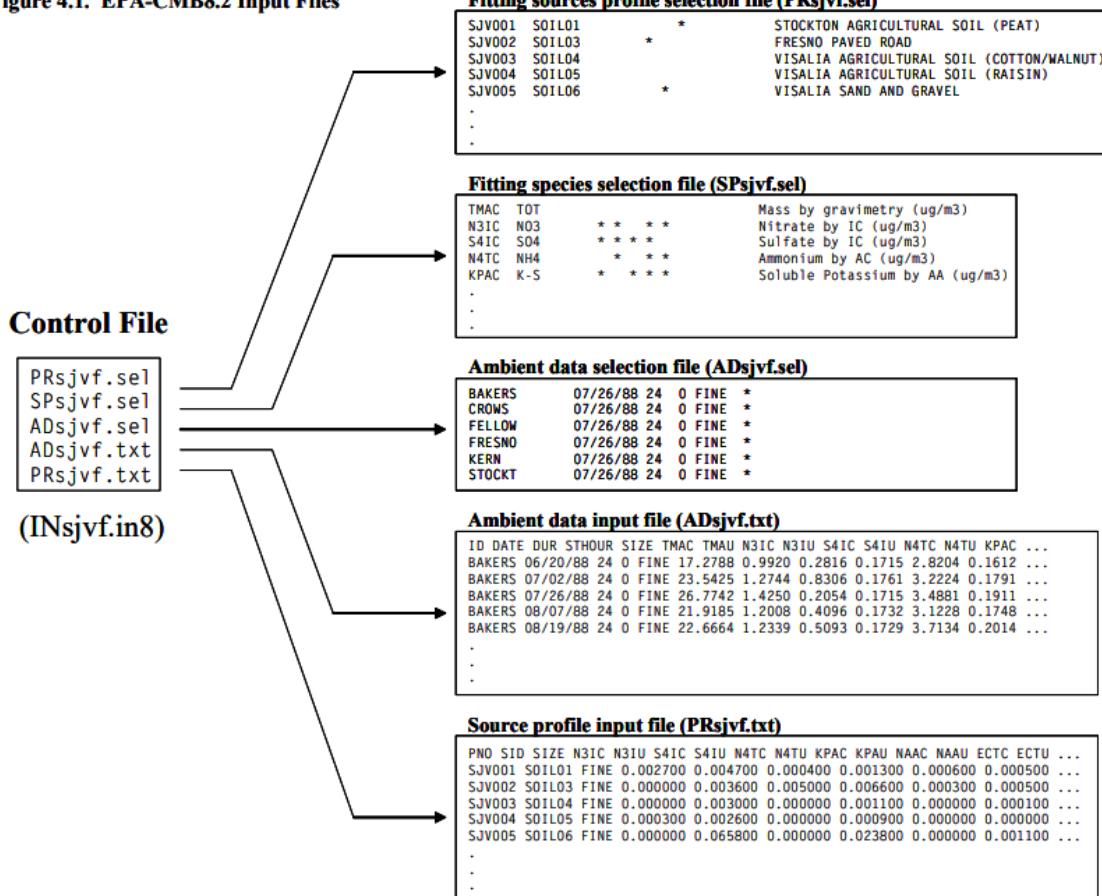
Trong lời giải của mô hình, CMB sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu có trọng số (weighted least squares), trong đó mỗi species được gán trọng số ngược với độ bất định của nó. Species có độ bất định cao sẽ đóng vai trò nhỏ hơn trong việc xác định nghiệm của hệ phương trình, giúp giảm thiên lệch do sai số lớn trong dữ liệu. Các độ bất định đầu vào đồng thời được sử dụng để tính toán độ bất định của mức đóng góp nguồn đầu ra, qua lan truyền sai số của toàn bộ hệ thống (Watson et al. 1997).

Kết quả của mô hình bao gồm: (1) đóng góp của từng nguồn vào nồng độ của từng species tại điểm đo; và (2) độ bất định tương ứng của các đóng góp đó. Nhờ cơ sở toán học minh bạch, tính tuyến tính dễ diễn giải, và khả năng tách nguồn dựa trên “dấu vân tay hóa học”, mô hình CMB đã trở thành một trong những công cụ quan trọng nhất trong giám sát và quản lý chất lượng không khí, đặc biệt đối với các nhóm hợp chất có nguồn gốc đa dạng như bụi mịn, hợp chất hữu cơ bán bay hơi, hay các hợp chất thơm đa vòng (PAHs) (Watson et al. 1997; Henry et al. 1984; Hopke 1991).

2.2. Tiền xử lý dữ liệu đầu vào

Trước khi chạy mô hình, dữ liệu phát thải và dữ liệu nguồn phát thải cần được tiền xử lý đúng với cấu trúc và định dạng được quy định bởi EPA-CMB. Ví dụ về danh sách các tệp dữ liệu đầu vào và cấu trúc, định dạng của chúng được thể hiện trong Hình 6. Chúng ta có thể tối ưu quá trình cài đặt thông qua việc chuẩn bị 5 tệp dữ liệu đầu vào như Hình 6. Tuy nhiên, chỉ có 2 tệp quan trọng nhất là bắt buộc để chạy mô hình đó là tệp dữ liệu hiện trường (AD*.txt/csv) và tệp dữ liệu nguồn (PR*.txt/csv), các tệp dữ liệu có thể được lược bỏ và người dùng có thể tùy chỉnh các cài đặt thủ công. Chi tiết việc chuẩn bị dữ liệu phát thải PAH và BTEX được trình bày trong mục 2.2.1 và chuẩn bị dữ liệu nguồn cho PAH và BTEX được trình bày trong mục 2.2.2

Figure 4.1. EPA-CMB8.2 Input Files



Hình 6. Ví dụ về cấu trúc và định dạng dữ liệu đầu vào cho mô hình EPA-CMB

2.2.1. Tiền xử lý dữ liệu hiện trường PAH và BTEX

Để chạy mô hình CMB một cách chính xác, bước quan trọng đầu tiên là chuẩn bị tệp dữ liệu hiện trường (ambient data file) theo đúng định dạng mà EPA-CMB8.2 chấp nhận. Theo hướng dẫn của EPA, dữ liệu ambient có thể được lưu dưới dạng CSV, DBF, TXT hoặc WKS, trong đó định dạng CSV và DBF được ưu tiên vì dễ xử lý trong các phần mềm bảng tính và cơ sở dữ liệu. Ngược lại, định dạng WKS tạo ra tệp kích thước lớn và khiến thời gian đọc/ghi trong mô hình kéo dài, nên không được khuyến khích. Nếu sử dụng định dạng TXT, cần bảo đảm tệp không dùng ký tự tab, mà phải phân tách bằng dấu cách đơn.

Tệp ambient gồm hai phần chính: dòng tiêu đề (header) và các dòng dữ liệu mẫu. Dòng tiêu đề phải chứa 5 trường đầu tiên cố định: mã trạm (ID), ngày lấy mẫu, thời lượng lấy mẫu, giờ bắt đầu và kích thước hạt; các trường này phải tuân theo giới hạn số ký tự của mô hình. Theo sau đó là các cặp trường dữ liệu cho từng species, mỗi cặp gồm giá trị nồng độ và giá trị bất định tương ứng. Các mã species trong tiêu đề phải trùng hoàn toàn (bao gồm kiểu chữ) với các mã trong tệp chọn species (SP*.sel) và tệp hồ sơ nguồn (PR*.*), vì mô hình sử dụng chính dòng tiêu đề này để gán nhãn species trong toàn bộ quá trình chạy và trong báo cáo kết quả.

Ở phần dữ liệu, mỗi dòng đại diện cho một mẫu quan trắc, bắt đầu bằng thông tin trạm, ngày, thời lượng, giờ bắt đầu và phân loại kích thước hạt (ví dụ: FINE, COARSE, PM_{2.5}, VOC...). Trường nồng độ tổng (total mass) và bất định tổng bắt buộc được đặt ở cột 6 và 7, nhưng giá trị này không được dùng làm species trong quá trình fitting. Từ cột thứ 8 trở đi là các cặp species-uncertainty. Mỗi nồng độ sử dụng để fitting bắt buộc phải có bất định dương, nếu không mô hình sẽ báo lỗi. Các giá trị thiếu phải được gán bằng -99, và khi species bị đánh dấu thiếu thì mô hình sẽ tự loại species đó khỏi quá trình tính toán cho mẫu tương ứng.

Tệp ambient cũng quyết định thứ tự xuất hiện của mẫu trong cửa sổ chọn mẫu của mô hình và thứ tự xuất hiện trong báo cáo chính (Main Report). EPA-CMB8.2 cho phép số lượng mẫu rất lớn, chỉ giới hạn bởi bộ nhớ máy tính, điều này giúp mô hình áp dụng hiệu quả cho các dữ liệu đa species theo giờ hoặc theo ngày.

Việc thiết lập đúng cấu trúc tệp ambient là điều kiện bắt buộc để mô hình nhận dạng species, đọc đúng giá trị bất định, và vận hành ổn định theo đúng thuật toán bình phương tối thiểu có trọng số của CMB. Phần dữ liệu chính bao gồm một dòng cho mỗi mẫu, sắp xếp theo cấu trúc cố định mà mô hình yêu cầu. Cụ thể, mỗi dòng dữ liệu của một mẫu được định dạng theo các trường sau:

- Trường 1 – Site ID: mã trạm quan trắc, tối đa 12 ký tự.
- Trường 2 – Sampling date: ngày lấy mẫu, tối đa 8 ký tự.
- Trường 3 – Sample duration: thời lượng lấy mẫu (giờ), tối đa 2 ký tự.
- Trường 4 – Sample start hour: giờ bắt đầu lấy mẫu, tối đa 2 ký tự.
- Trường 5 – Size fraction: phân loại kích thước hạt (ví dụ: FINE, COARSE, PM_{2.5}, VOC), tối đa 6 ký tự.
- Trường 6 – Total mass concentration: giá trị nồng độ tổng, có thể ở dạng số nguyên, số thực hoặc dạng khoa học.
- Trường 7 – Uncertainty of total mass: bất định tương ứng với nồng độ tổng, cùng định dạng với Field 6.
- Trường 8 + 2n – Species concentration: nồng độ của từng chất, nơi n = 0, 1, 2, ... tương ứng với từng species.
- Trường 9 + 2n – Species uncertainty: bất định của species tương ứng, cùng định dạng với nồng độ.

2.2.2. Tiền xử lý dữ liệu nguồn PAH và BTEX

Tương tự như dữ liệu hiện trường, các tệp dữ liệu nguồn cũng cần phải được xử lý trước khi chạy mô hình. Các tệp hồ sơ nguồn có thể được lưu dưới dạng CSV, DBF, TXT hoặc WKS, trong đó CSV và DBF là thuận tiện nhất để chuẩn bị. Nếu dùng định dạng TXT thì phải bảo đảm tệp không dùng tab để phân tách. Trong một số trường hợp, EPA-CMB8.2 sẽ tự tạo tệp hồ sơ nguồn ở dạng TXT để sử dụng trong tính toán. Phần mở rộng tệp là yếu tố để phần mềm nhận diện định dạng.

Tệp hồ sơ nguồn gồm một dòng tiêu đề chứa tên các trường và mã loài (tối đa 6 ký tự), theo sau là dữ liệu cho từng nguồn. Hai trường đầu tiên là mã nguồn và tên viết tắt, trường thứ ba là phân đoạn kích thước, còn các trường tiếp theo là giá trị phần khối lượng của từng loài và độ không chắc chắn tương ứng (theo cặp). Tên mã loài

phải hoàn toàn trùng khớp với mã trong tệp lựa chọn nguồn và tệp dữ liệu môi trường để mô hình sử dụng được. Các giới hạn đối với từng trường được quy định như sau:

- Trường 1: Số hò sơ hoặc mã nguồn (tối đa 6 ký tự).
- Trường 2: Tên viết tắt của nguồn (tối đa 8 ký tự).
- Trường 3: Phân đoạn kích thước hạt (tối đa 6 ký tự).
- Trường 4+2n: Tỷ phần của từng loài trong khói lượng sơ cấp của nguồn phát thải (định dạng số thực hoặc số mũ), với $n = 0, 1, 2, \dots$
- Trường 5+2n: Độ không chắc chắn của tỷ phần loài trong khói lượng sơ cấp của nguồn phát thải (cùng định dạng với Trường 4), với $n = 0, 1, 2, \dots$

Các giá trị hò sơ nguồn được biểu diễn dưới dạng phân số của tổng khói lượng, không phải phần trăm. Tệp hò sơ nguồn không có trường nồng độ tổng vì tất cả các giá trị đã được chuẩn hóa theo tổng khói lượng. Các giá trị thiếu có thể được thay thế bằng ước tính tốt nhất kèm độ không chắc chắn lớn, hoặc gán -99 nếu không dùng làm loài fitting. Độ không chắc chắn phải lớn hơn 0; các giá trị mặc định nhỏ (0.0001–0.01) thường được dùng cho các loài có hàm lượng rất thấp. Trường hợp loài có giá trị bằng 0 nhưng độ không chắc chắn lớn hơn 0, độ không chắc chắn này biểu thị giới hạn định lượng thấp nhất. Những giá trị 0 như vậy có thể đóng vai trò chỉ thị nguồn khi loài đó chỉ xuất hiện ở một số nguồn khác.

2.3. Cài đặt cấu hình mô hình CMB

Để vận hành mô hình CMB một cách chính xác và ổn định, cần thực hiện đầy đủ các bước cấu hình dữ liệu đầu vào theo hướng dẫn của EPA (EPA, 2020). Trước hết, toàn bộ dữ liệu nồng độ đo tại điểm tiếp nhận (receptor concentrations) phải được chuẩn bị dưới dạng các species phù hợp, bảo đảm mỗi species có giá trị trung bình đại diện và được gắn với độ bất định phản ánh sai số đo đạc hoặc biến động thực tế của dữ liệu. Các dữ liệu này phải được tổ chức theo mã species nhất quán với cấu trúc yêu cầu của mô hình.

Tiếp theo, cần xây dựng hò sơ nguồn (source profiles), bao gồm tỷ lệ phân bố của từng species trong phát thải của từng loại nguồn. Hò sơ nguồn phải dựa trên dữ liệu thực nghiệm tin cậy và được chuẩn hóa đúng định dạng của CMB, trong đó mỗi

species trong profile phải có độ bất định tương ứng để mô hình có thể sử dụng trong tính toán trọng số và tính sai số đầu ra.

Sau khi hoàn thiện dữ liệu species và profile, bước tiếp theo là lựa chọn danh sách species đưa vào mô hình. Các species cần đáp ứng các điều kiện đặc trưng của mô hình receptor: có khả năng phân biệt nguồn, ổn định trong phát thải, và ít chịu ảnh hưởng bởi biến đổi hóa học trong quá trình vận chuyển. Đồng thời cần loại bỏ các species bị thiếu dữ liệu, độ bất định quá lớn, hoặc có tỷ lệ xuất hiện thấp khiến mô hình không đủ thông tin để phân tích.

Tiếp đó, các tệp dữ liệu phải được cấu hình theo đúng định dạng input của CMB8.2, bao gồm tệp dữ liệu receptor, tệp profile, và tệp cấu hình chạy mô hình. Các mã species, mã nguồn, đơn vị, và thứ tự các cột phải hoàn toàn nhất quán giữa các tệp. Đặc biệt, mỗi species và mỗi nguồn phải được gán đúng mã ký tự (species code và source code) theo chuẩn của mô hình.

Cuối cùng, trước khi chạy mô hình, cần thiết lập các tham số kiểm soát như lựa chọn nguồn được đưa vào (enabled sources), mức độ bất định cho phép, và các giới hạn kiểm định như ngưỡng chi-square, t-statistic, hay phân tích collinearity. Khi tất cả các cấu hình đã được hoàn thiện, mô hình CMB có thể được thực thi để ước lượng mức đóng góp của từng nguồn và các bất định tương ứng.

2.3.1. Cấu hình cho mô hình với dữ liệu PAH

Các bước cấu hình cho mô hình CMB đối với dữ liệu PAH được thể hiện dưới đây. Đầu tiên dữ liệu nguồn phát thải PAH và dữ liệu phát thải PAH tại các trạm ở Hưng Yên, Hải Phòng và Quảng Ninh được tải vào mô hình (Hình 7a). Tiếp theo, cài đặt các tùy chọn đối với số lần chạy mô hình, độ bất định tối đa, đơn vị, ... như Hình 7b. Sau khi cài đặt các tùy chọn cho mô hình và dữ liệu, tiếp theo chọn các trạm dữ liệu đầu vào để chạy mô hình như Hình 7c, ở đây, tất cả các trạm được đo trong quá trình lấy mẫu đều được sử dụng cho mô hình, tổng cộng 9 bản ghi cho 3 loại trạm môi trường nền (background - BG), dân sinh (residential - RS) và giao thông (transporation - TR) tại 3 khu vực Hưng Yên (HY), Hải Phòng (HP) và Quảng Ninh (QN). Sau khi chọn dữ liệu các trạm, tiếp theo lựa chọn các chất để đưa vào mô hình như Hình 7d. Danh sách các chất có thể sử dụng là tập giao giữa các chất được đo ở trạm và danh sách các chất có trong nguồn phát thải được trình bày ở mục 1.2.1. Ví

du, danh sách các chất có thể sử dụng được bao gồm Ant, Pyr, Chr, BaA, BbF, BkF và BaP nếu sử dụng bộ dữ liệu nguồn phát thải của Delhi (Yadav et al. 2020). Cuối cùng sau khi lựa chọn các chất, các nguồn phát thải cần được lựa chọn, trong báo cáo này bốn nguồn phát thải được lựa chọn bao gồm quá trình đốt than từ nhà máy nhiệt điện, đốt than từ khu dân cư, xăng chạy xe và xe chạy dầu từ nguồn giao thông (Hình 7e).

a) Chọn dữ liệu đầu vào

b) Chọn các cài đặt cơ bản

c) Chọn dữ liệu trạm

d) Chọn các chất phát thải (species)

e) Chọn các nguồn phát thải (sources)

Hình 7. Các bước cài đặt cấu hình để chạy mô hình CMB đối với PAH

2.3.2. Cấu hình cho mô hình với dữ liệu BTEX

The screenshot shows five panels illustrating the setup process:

- a) Chọn dữ liệu đầu vào (Select Input Files):** Shows the 'SELECT INPUT FILES' dialog with sections for 'CONTROL FILE', 'REQUIRED INPUT FILES' (Ambient Data and Source Profiles), and 'OPTIONAL SELECTION FILES' (Ambient Data, Species, and Source Profiles).
- b) Chọn các cài đặt cơ bản (Set Options for Current Session):** Shows the 'SET OPTIONS FOR CURRENT SESSION' dialog with settings for Iteration Delta, Minimum Source Projection, Decimal Places Displayed, Measurement Units, and Output File Format.
- c) Chọn dữ liệu trạm (Ambient Data Samples):** Shows a table of ambient data samples from various sites and dates, including columns for SITE, DATE, DUR/START/SIZE, TMAC, THAC, TOLC, TOLU, BENZ, ETAC.
- d) Chọn các chất phát thải (species):** Shows the 'FITTING SPECIES ARRAYS' dialog with species listed: Toluene, Benzene, Ethylbenzene, and Xylenes.
- e) Chọn các nguồn phát thải (sources):** Shows the 'FITTING SOURCES ARRAYS' dialog with sources listed: PETRO, AUTO COATING, ACC, AIR-CONDITIONAL COATING, IN OFFSET PRINTING, and GAS95.

Hình 8. Các bước cài đặt cấu hình để chạy mô hình CMB đối với BTEX

Tương tự như việc cấu hình dữ liệu PAH, việc cấu hình cho dữ liệu BTEX được thể hiện trong Hình 8. Điều khác biệt ở đây bao gồm số mẫu dữ liệu được lấy 3 lần mỗi ngày cho 3 loại trạm, số lượng các chất được lấy mẫu bao gồm Benzene, Toluene, Ethylbenzene và Xylene. Để chạy mô hình CMB cho BTEX, bộ nguồn phát thải BTEX của Trung Quốc – 2018 đã được sử dụng (Shen et al. 2018). Trong đó, các nguồn phát thải được sử dụng gồm có Ngành hóa dầu (petrochemical industry), sơn phủ ô tô (auto coating), sơn phủ điều hòa (air-conditional coating), in offset (offset printing), in ống đồng (gravure printing), trạm xăng RON 92 (Gas station-92),

trạm xăng RON 95 (Gas station-95), trạm xăng RON 98 (Gas station-98), trạm bán nhiên liệu diesel (Gas station-diesel).

III. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

1. Xác định nguồn PAH sử dụng mô hình CMB

Kết quả mô hình CMB cho thấy cả ba tỉnh đều chịu ảnh hưởng đồng thời từ nhiều nhóm nguồn PAH, trong đó đốt sinh khối (biomass burning), đốt gỗ/than (biomass fuel – wood), waste burning và giao thông là các đóng góp nổi bật. Ở cả ba khu vực, nhóm PAH trọng lượng phân tử thấp (fluorene, phenanthrene, anthracene) thường được mô hình gán tỷ lệ cao cho biomass burning hoặc wood burning, trong khi các PAH trọng lượng phân tử cao như benzo[a]pyrene hay benzo[k]fluoranthene có khuynh hướng liên quan đến giao thông, diesel hoặc unknown. Xu hướng này nhất quán giữa các tỉnh, nhưng mức độ đóng góp có sự khác biệt theo không gian và loại hình khu vực (background – residential – traffic).

Tại Hải Phòng, khu background cho thấy sự pha trộn giữa giao thông, đốt rác và một tỷ lệ không nhỏ từ biomass burning, đặc biệt đối với phe, ant và fluoren (Hình 9). Tuy không phải mùa đốt rơm rạ, nhưng sự hiện diện của biomass PAH là phù hợp với đặc điểm đô thị – ven biển của Hải Phòng, nơi đốt rác thải, đốt củi/than quy mô hộ gia đình hoặc các hoạt động đốt tia nhỏ lẻ vẫn diễn ra quanh năm. Khu residential của Hải Phòng có tỷ lệ waste burning tăng mạnh ở nhiều hợp phần PAH, phản ánh đặc trưng các khu dân cư ven sông/ven kênh nơi đốt rác sinh hoạt còn phổ biến. Trong khi đó, tại khu traffic, dấu hiệu của giao thông xăng/dầu thể hiện rõ hơn ở các PAH phân tử cao như chrysene, benzo[a]anthracene và benzo[k]fluoranthene.

Hưng Yên thể hiện mô hình nguồn đặc trưng hơn cho khu vực nông thôn – ven đô: biomass burning và biomass fuel – wood đóng góp rất lớn ở cả background và residential (Hình 10). Đây là kết quả phù hợp với thực tế địa phương, nơi nhiều hộ gia đình vẫn sử dụng củi hoặc than cho đun nấu và đốt rác nhỏ lẻ ngoài trời quanh năm. Mặc dù tháng 7 không phải mùa đốt rơm rạ, nhưng biomass PAH trong mô hình phản ánh tất cả các hình thức đốt vật liệu hữu cơ, không chỉ rơm rạ, nên tỷ lệ cao là hợp lý. Khu traffic của Hưng Yên lại có dấu hiệu giao thông xăng/diesel rõ rệt hơn, thể hiện ở benzo[b]fluoranthene, chrysene và benzo[a]pyrene. Nhìn tổng thể, Hưng Yên có đóng góp biomass cao nhất trong ba tỉnh.

Tại Quảng Ninh, kết quả CMB ghi nhận sự kết hợp phức tạp hơn giữa waste burning, giao thông, biomass burning và một tỷ lệ đáng kể thuộc nhóm unknown. Điều này phản ánh tính chất đa dạng của Quảng Ninh, nơi có đồng thời đô thị ven biển, hoạt động du lịch, tàu thuyền, làng nghề và công nghiệp khai thác (Hình 11). Nhóm unknown xuất hiện nhiều trong các PAH phân tử cao (đặc biệt tại background và residential), cho thấy khả năng tồn tại các nguồn phát thải không điển hình: đốt phế liệu, đốt dầu tàu thuyền, hoạt động lò hơi công nghiệp nhỏ lẻ hoặc pha trộn nhiều nguồn khó phân tách bằng CMB. Khu traffic của Quảng Ninh có sự chi phối mạnh của giao thông xăng/diesel đối với các PAH cao vòng, nhưng waste burning vẫn chiếm tỷ lệ lớn tại một số hợp phần, cho thấy nguồn đốt chất thải tại các khu công nghiệp và bãi tập kết ven biển có thể đóng vai trò đáng kể.

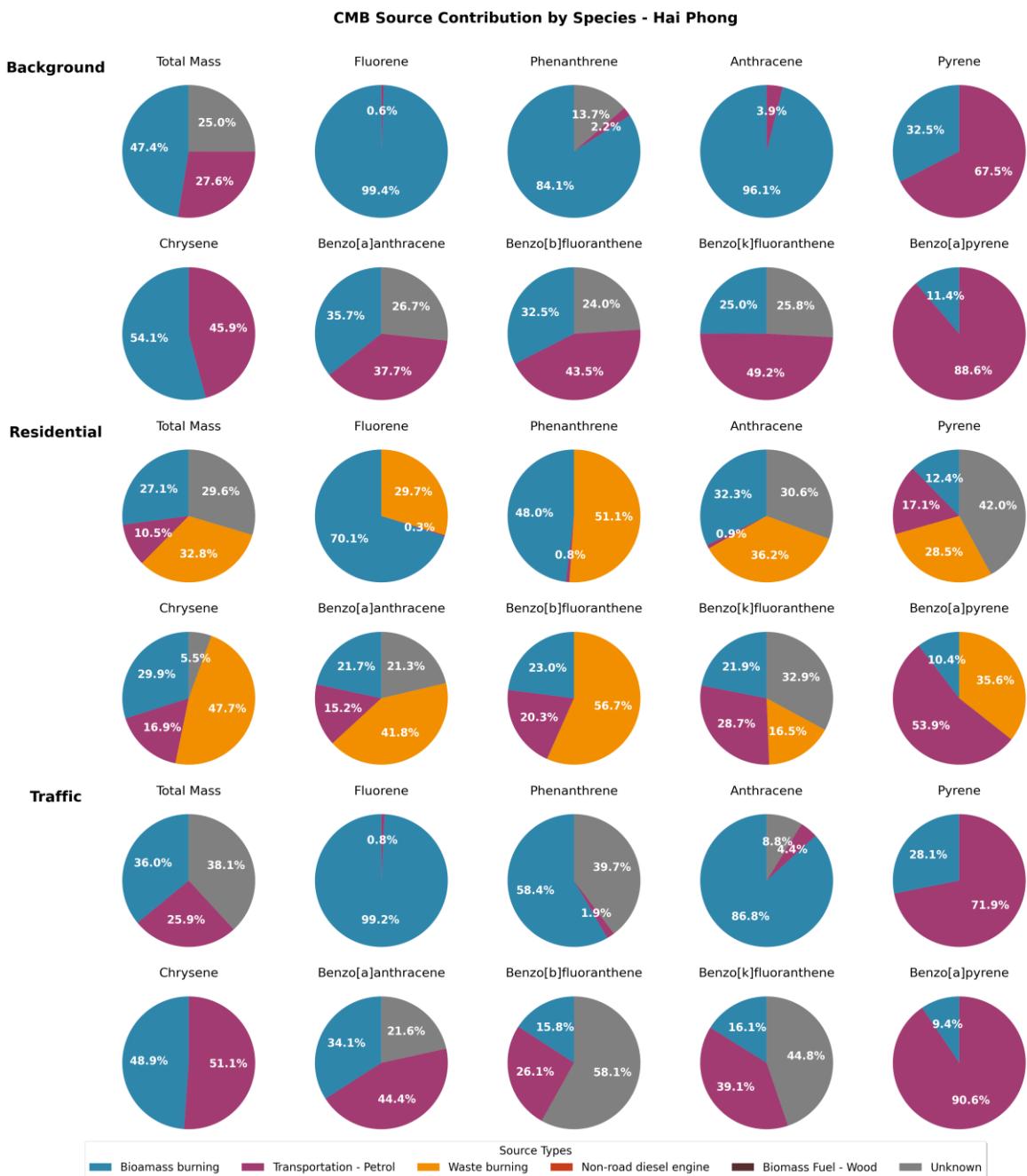
Một điểm chung quan trọng giữa ba tỉnh là sự hiện diện ổn định của biomass/waste burning trong tháng 7, dù không trùng với mùa đốt rơm rạ. Điều này được giải thích bởi việc hồ sơ biomass trong CMB đại diện cho nhiều loại hình đốt vật liệu hữu cơ: đốt rác, củi, gỗ, than, vật liệu vườn, phế thải, những hoạt động diễn ra quanh năm ở cả thành thị và nông thôn. Đồng thời, PAH từ các nguồn này có dấu vân tay rất đặc trưng, dễ được mô hình nhận diện và phân loại.

Nhìn chung, sự khác biệt giữa ba tỉnh thể hiện rõ rệt trong cấu trúc nguồn PAH: Hải Phòng có sự pha trộn cân bằng giữa giao thông, biomass, waste; Hưng Yên mang đặc trưng mạnh của biomass/waste gắn với sinh hoạt hộ gia đình; còn Quảng Ninh thể hiện mô hình phức hợp với sự góp mặt đáng kể của unknown và waste burning, phù hợp với bối cảnh đô thị – ven biển – công nghiệp đan xen. Kết hợp lại, các kết quả này cung cấp cái nhìn nhất quán về sự đa dạng không gian của nguồn PAH ở đồng bằng Bắc Bộ trong mùa hè.

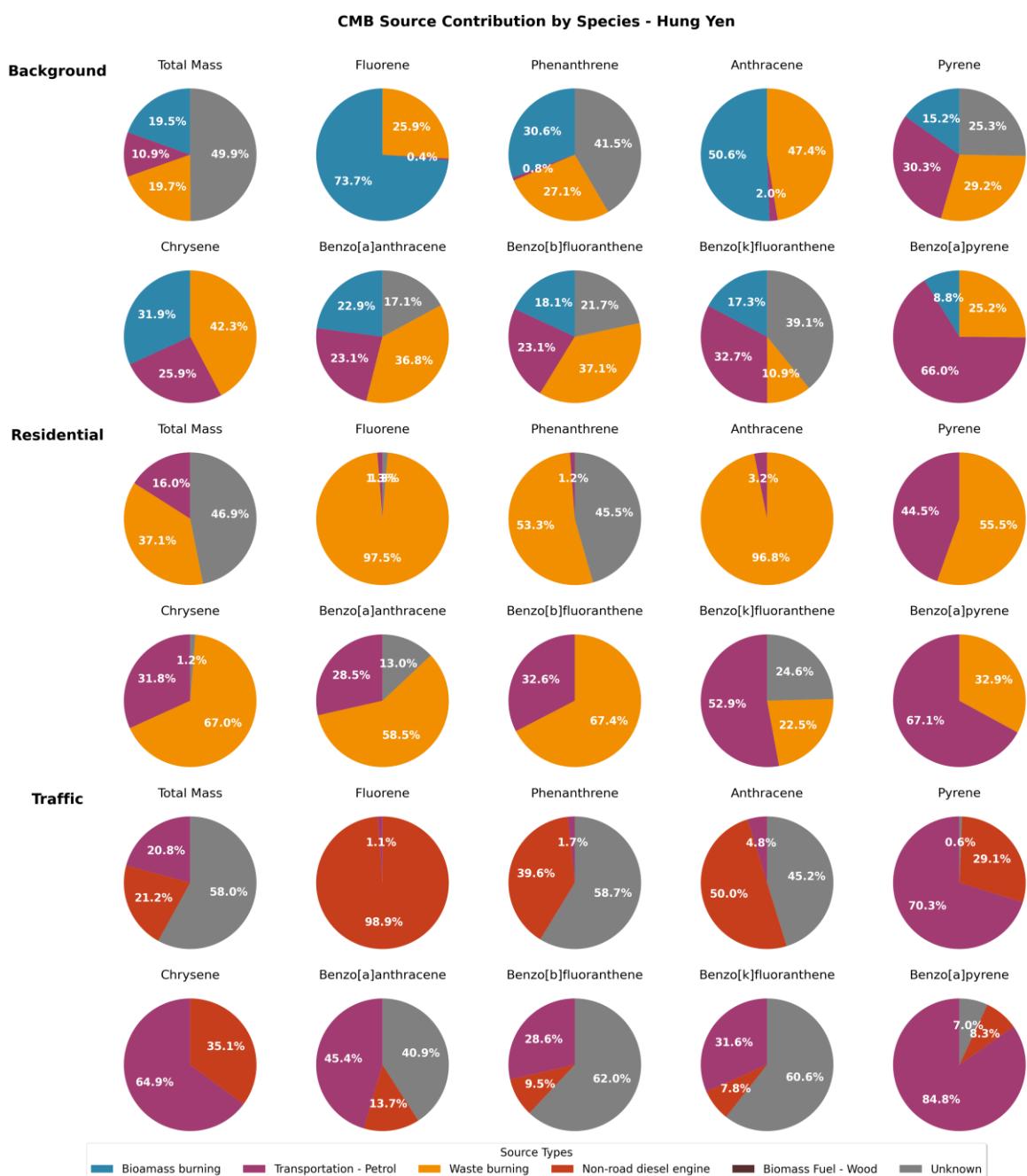
Một điểm cần lưu ý quan trọng trong cả ba tỉnh là tỷ lệ “unknown” xuất hiện trong nhiều hợp phần PAH, đặc biệt ở nhóm PAH trọng lượng phân tử cao và trong khu vực background–residential. Mặc dù phần lớn các nguồn chính như biomass burning, waste burning hay giao thông đã được mô hình phân giải tốt, vẫn còn một phần khối lượng PAH mà mô hình không thể gán cho bất kỳ hồ sơ nguồn nào có sẵn. Điều này thể hiện rõ trong các hình về total mass, nơi tỷ lệ unknown dao động từ khoảng 10% đến gần 60% ở một số khu vực.

Sự tồn tại của nhóm unknown phản ánh hai vấn đề mang tính hệ thống. Thứ nhất, các địa phương như Hải Phòng, Hưng Yên và Quảng Ninh có nhiều hoạt động đốt nhỏ lẻ, lò hơi công nghiệp quy mô nhỏ, hoạt động sửa chữa – bảo trì phương tiện, đốt dầu tàu thuyền, hoặc hỗn hợp nhiều nguồn phức tạp, vốn không có sẵn hồ sơ nguồn chuẩn để mô hình nhận dạng. Thứ hai, nghiên cứu hiện sử dụng bộ hồ sơ nguồn PAH của Ấn Độ, vốn có điều kiện nhiên liệu, hành vi đốt và cấu trúc nguồn có thể khác biệt so với Bắc Bộ Việt Nam. Điều này dẫn đến mô hình CMB không thể ánh xạ hoàn toàn các đặc trưng PAH địa phương vào các hồ sơ hiện có, từ đó làm tăng tỷ lệ unknown.

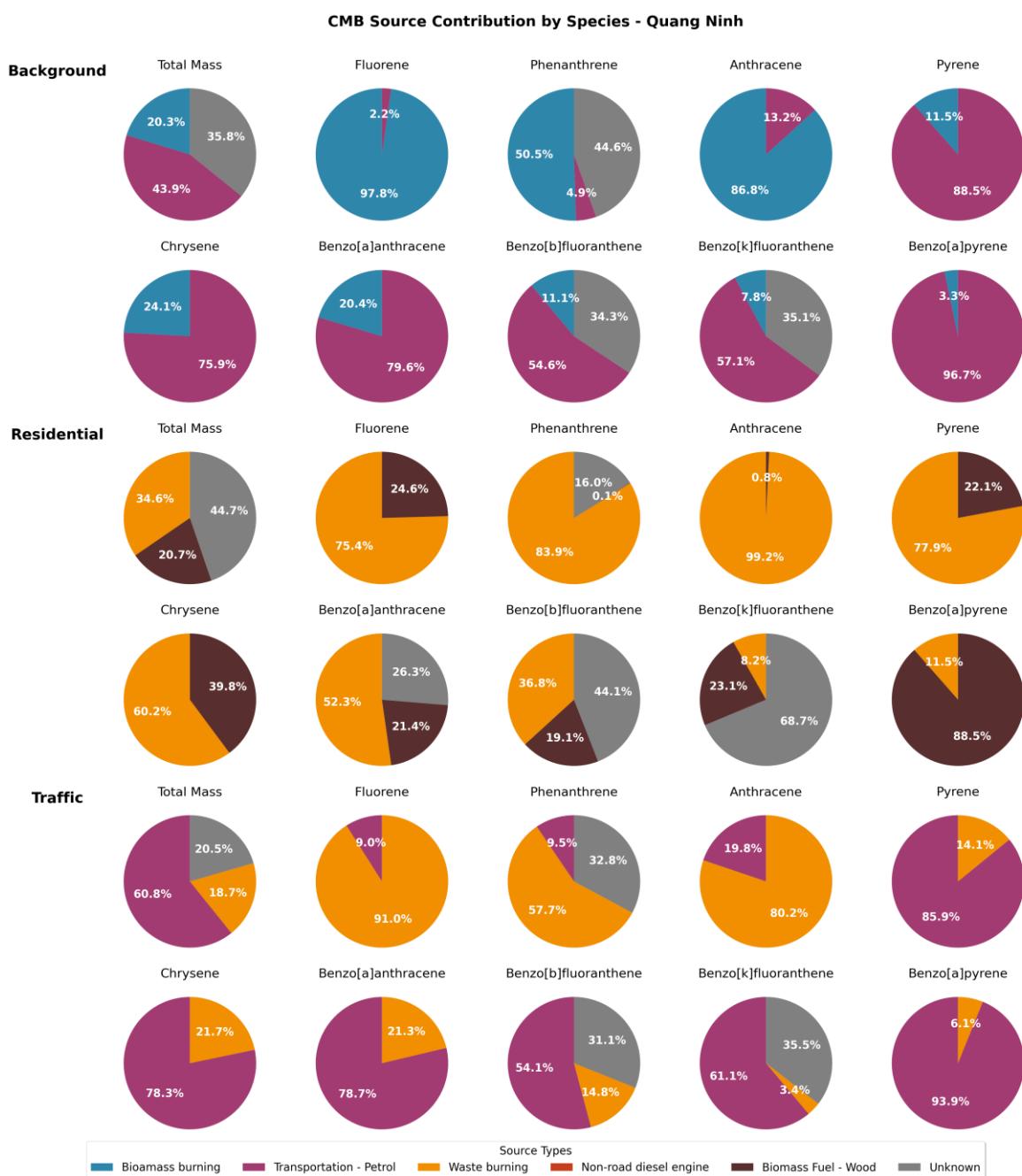
Vì vậy, mặc dù mô hình đã cho thấy nguồn đóng góp chi phối khá rõ đối với nhiều PAH cụ thể, tổng khối lượng (total mass) vẫn còn một phần đáng kể không được giải thích đầy đủ, trở thành một hạn chế của nghiên cứu. Điều này cho thấy nhu cầu cấp thiết phải xây dựng bộ hồ sơ nguồn PAH đặc thù cho Việt Nam – bao gồm hồ sơ đốt rác sinh hoạt, đốt than tổ ong, đốt dầu máy tàu thủy, lò hơi công nghiệp nhỏ lẻ, và đốt phế liệu – để cải thiện khả năng phân giải của mô hình trong tương lai.



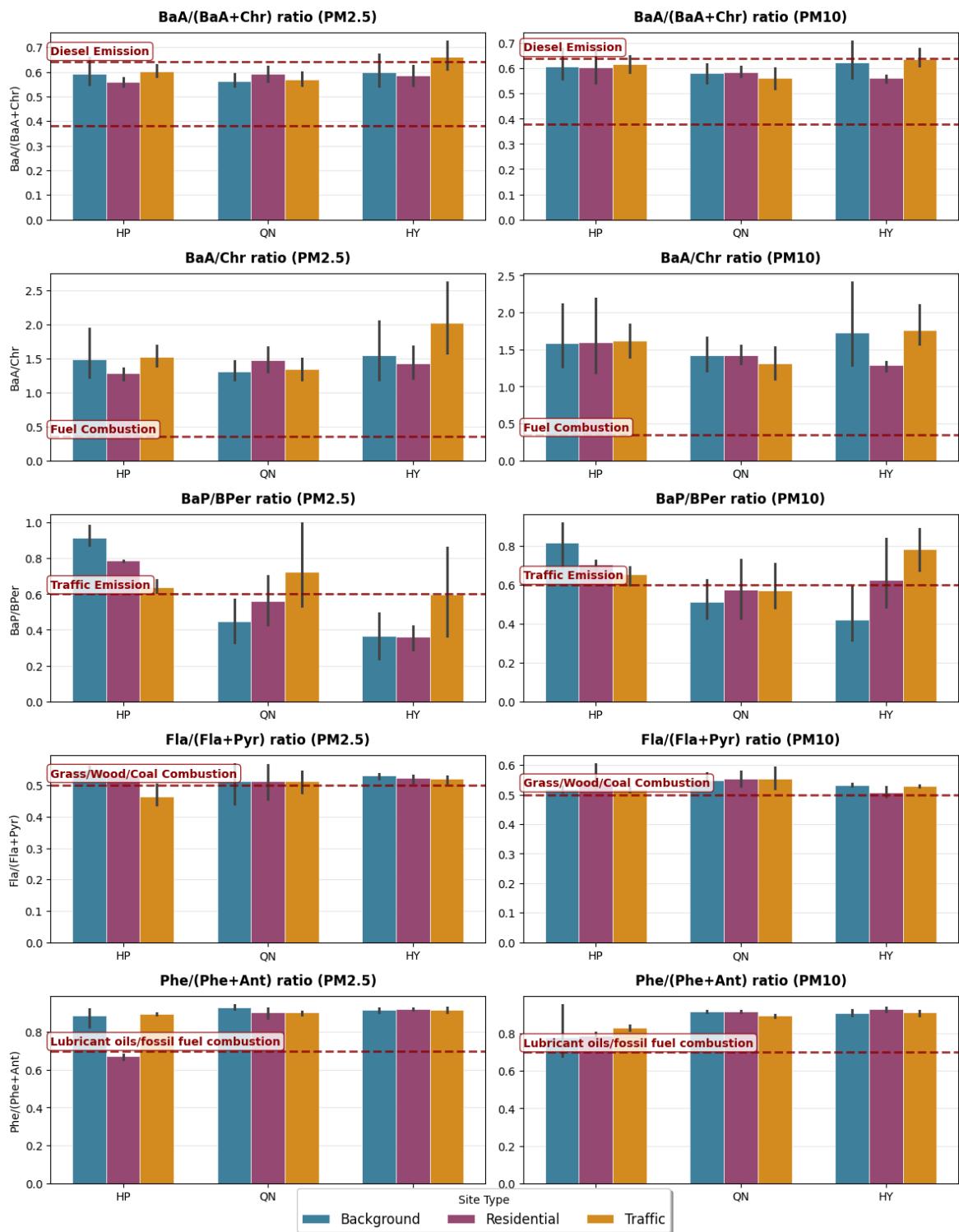
Hình 9. Nguồn PAH đóng góp theo chất tại Hải Phòng



Hình 10. Nguồn PAH đóng góp theo chất tại Hưng Yên



Hình 11. Nguồn PAH đóng góp theo chất tại Quảng Ninh



Hình 12. Các cặp tỉ lệ PAH đối với các nguồn phát thải

2. Xác định nguồn BTEX sử dụng mô hình CMB

Kết quả mô hình CMB cho thấy mỗi tỉnh có một đặc trưng phát thải BTEX khác nhau, phản ánh rất rõ bối cảnh kinh tế – đô thị – công nghiệp của từng khu vực. Ở Hải Phòng, các hợp phần BTEX nhìn chung chịu chi phối mạnh mẽ từ nguồn giao thông, đặc biệt là các trạm xăng A92, vốn đóng góp gần như tuyệt đối cho toluene và benzene ở mọi khung giờ và mọi loại hình khu vực (Hình 13). Trong khi đó, auto coating chỉ đóng vai trò thứ yếu, chủ yếu góp phần vào tổng nồng độ (total mass) và một phần trong xylene. Điểm đáng chú ý ở Hải Phòng là sự xuất hiện rõ nét hơn của nguồn in ấn (offset và gravure), đặc biệt trong khu dân cư và khu vực giao thông vào một số thời điểm trong ngày. Mặc dù tỷ lệ không lớn, nhưng sự hiện diện đều đặn này cho thấy hoạt động in công nghiệp nhỏ lẻ tại đô thị có thể ảnh hưởng cục bộ đến BTEX.

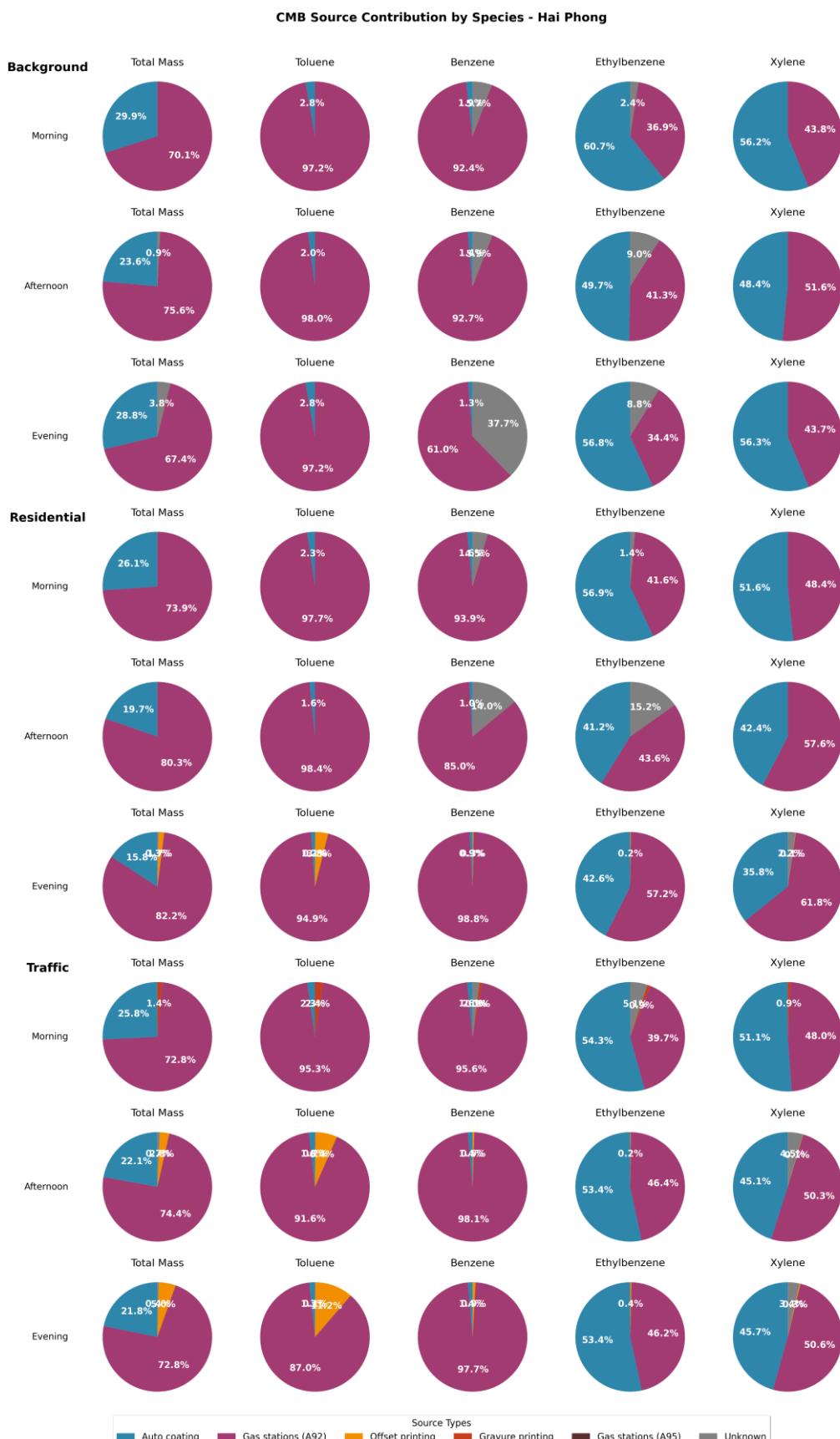
Hưng Yên thể hiện cơ cấu nguồn rất thuần nhất và ổn định (Hình 14). Các trạm xăng A92 gần như hoàn toàn chi phối toàn bộ BTEX, đặc biệt là toluene và benzene, thường đạt trên 95–99% trong tất cả các nhóm khu vực. Auto coating chỉ đóng góp cho total mass nhưng hầu như không ảnh hưởng đến các hợp phần BTEX riêng lẻ. Một vài thời điểm xuất hiện dấu hiệu của ngành in, nhưng tỷ lệ rất thấp, không tạo thành nguồn đáng kể. Kết quả này phù hợp với đặc điểm của một tỉnh thiên về dân cư và tiêu thụ công nghiệp, nơi hoạt động in ấn và sơn phủ tồn tại nhưng không ở quy mô lớn, trong khi mạng lưới cây xăng nhỏ lẻ lại khá dày đặc.

So với Hải Phòng và Hưng Yên, Quảng Ninh thể hiện cơ cấu nguồn BTEX đa dạng hơn, phản ánh sự pha trộn giữa đô thị ven biển, du lịch và hoạt động cảng, dịch vụ (Hình 15). Trong tất cả các nhóm thời gian và khu vực, trạm xăng A92 vẫn chi phối toluene và benzene, tương tự hai tỉnh còn lại. Tuy vậy, điều đáng chú ý là đóng góp từ auto coating tại Quảng Ninh xuất hiện với mức độ ổn định và khá cao, đặc biệt ở xylene và total mass. Mặc dù Hải Phòng và Hưng Yên cũng có tỷ lệ auto coating đáng kể, Quảng Ninh cho thấy biên độ dao động rộng hơn giữa các thời điểm trong ngày, phù hợp với bối cảnh địa phương nơi các hoạt động sơn sửa thiết bị, bảo dưỡng tàu thuyền, hoặc cơ sở dịch vụ ven biển có thể diễn ra với tần suất cao. Ngoài sự hiện diện rõ nét của auto coating, Quảng Ninh còn nổi bật bởi nhóm nguồn không xác định (unknown), đặc biệt trong benzene và ethylbenzene tại khu background và khu dân

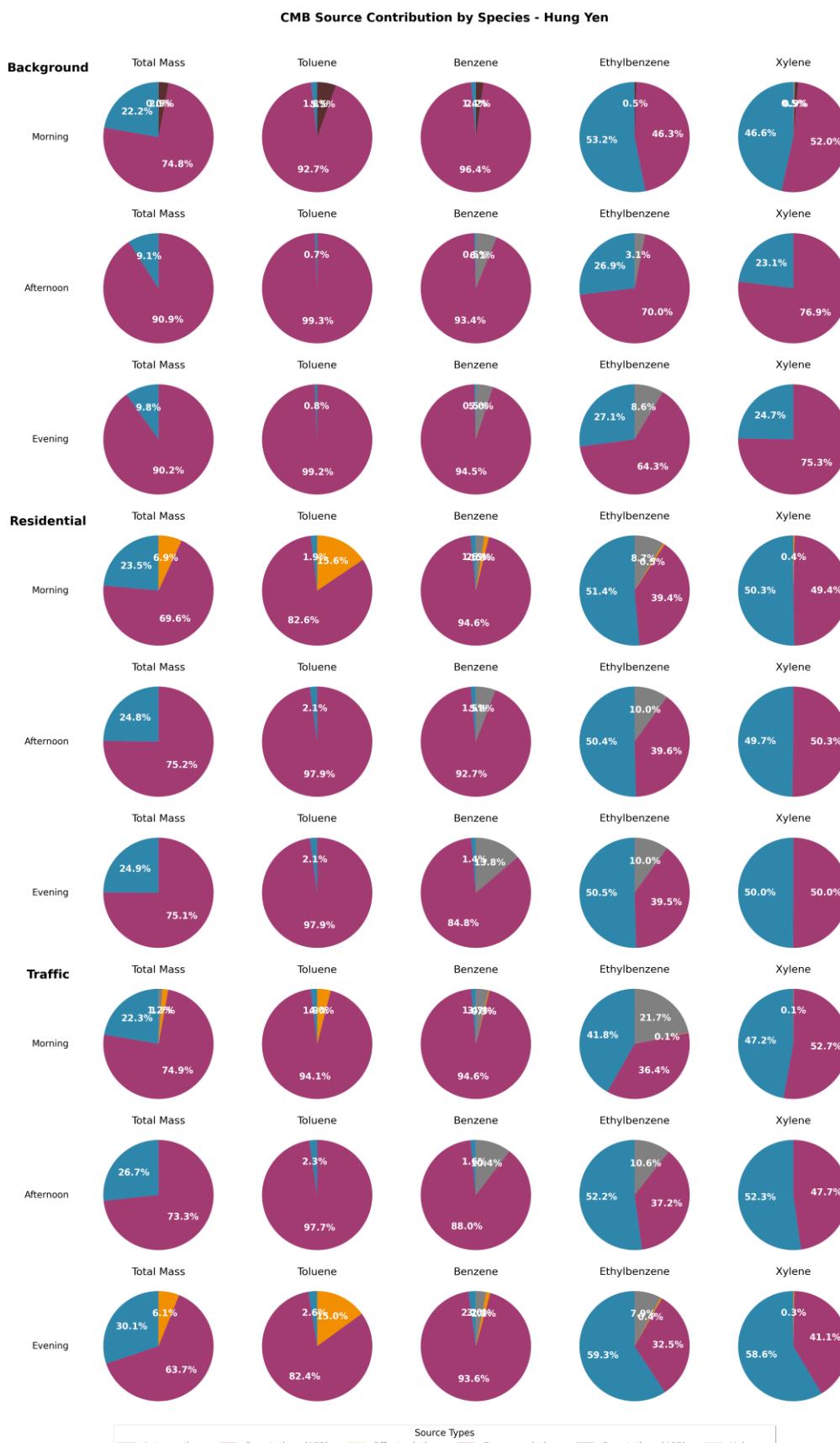
cư vào buổi tối. Điều này gợi ý sự tồn tại của các nguồn hỗn hợp đặc trưng của tỉnh ven biển, chẳng hạn như bay hơi nhiên liệu từ tàu thuyền, dung môi trong dịch vụ du lịch, hoặc các hoạt động công nghiệp nhỏ lẻ không có hồ sơ phát thải rõ ràng, khiến mô hình CMB khó phân tách hoàn toàn. Khác với Hải Phòng và Hưng Yên, ngành in gần như không hiện diện tại Quảng Ninh hoặc chỉ xuất hiện ở mức rất thấp, phù hợp với đặc thù kinh tế địa phương.

So sánh cả ba tỉnh cho thấy một đặc điểm chung nổi bật là trạm xăng (A92) luôn là nguồn chi phối mạnh nhất đối với toluene và benzene. Tuy nhiên, mỗi địa phương lại có một “dấu vân tay nguồn phát thải” khác nhau phản ánh đặc thù kinh tế – đô thị riêng. Hải Phòng nổi bật với sự hiện diện của ngành in (offset và gravure) trong một số thời điểm, bên cạnh vai trò trung tâm của nguồn giao thông. Hưng Yên, mặc dù vẫn chịu sự chi phối áp đảo của trạm xăng, nhưng cũng ghi nhận đóng góp đáng kể và ổn định từ hoạt động in ấn, đặc biệt tại khu dân cư và giao thông, cho thấy sự phô biến của các cơ sở in bao bì nhỏ lẻ trong khu vực. Quảng Ninh lại thể hiện cơ cấu nguồn đa dạng hơn, với sự kết hợp giữa giao thông, auto coating và các nguồn không xác định liên quan đến hoạt động ven biển hoặc dịch vụ du lịch – điều không thấy rõ ở hai tỉnh còn lại.

Những khác biệt này cho thấy BTEX trong khu vực đồng bằng Bắc Bộ không chỉ phản ánh mức độ giao thông mà còn chịu ảnh hưởng từ các ngành kinh tế đặc trưng của từng địa phương. Trong khi Hải Phòng và Hưng Yên có xu hướng phát thải gắn với hoạt động thương mại – dịch vụ và in ấn đô thị, Quảng Ninh lại phản ánh tính chất hỗn hợp của một tỉnh vừa có du lịch, cảng biển, vừa có các hoạt động công nghiệp ven bờ.

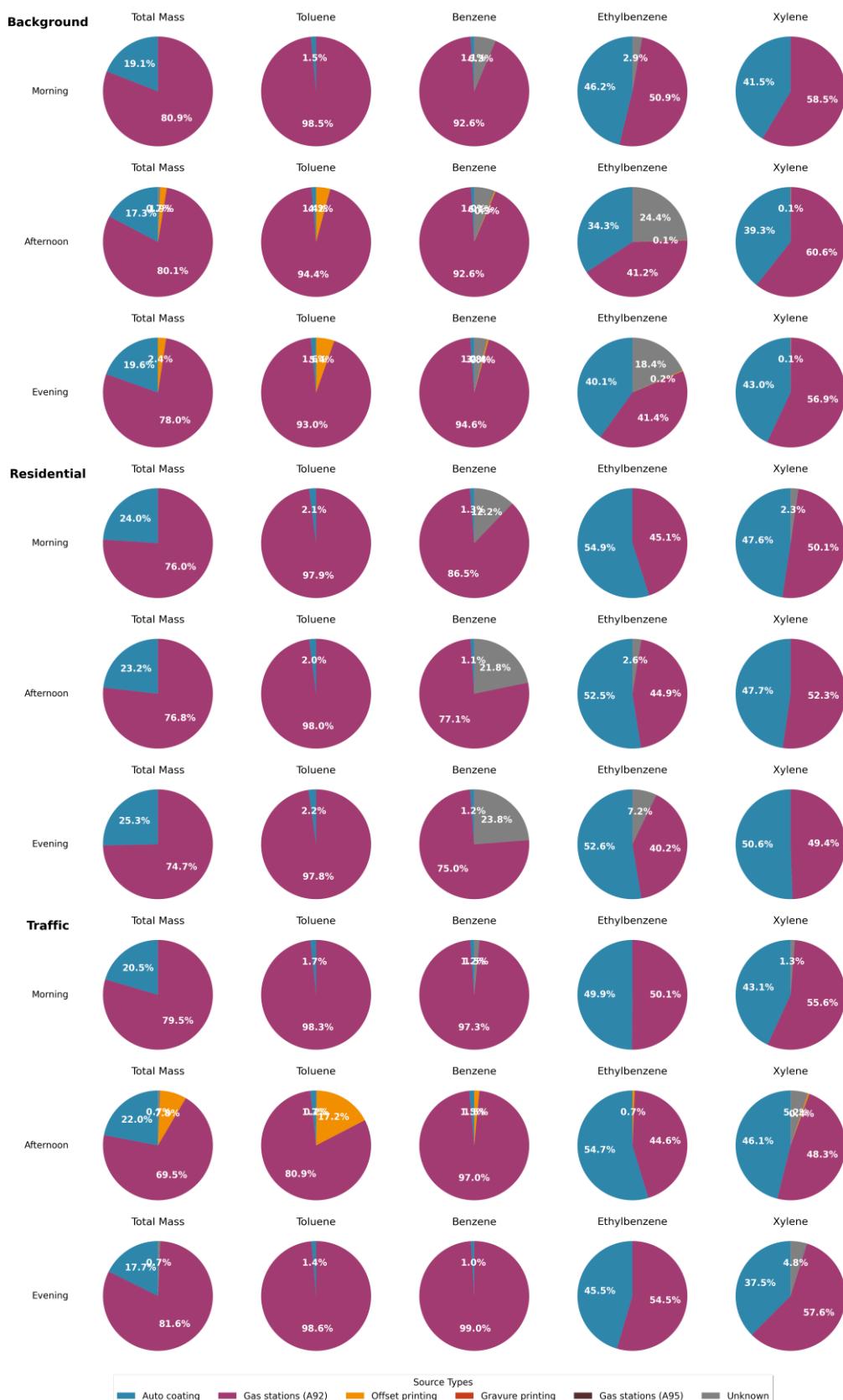


Hình 13. Nguồn BTEX đóng góp theo chất tại Hải Phòng



Hình 14. Nguồn BTEX đóng góp theo chất tại Hưng Yên

CMB Source Contribution by Species - Quang Ninh



Hình 15. Nguồn BTEX đóng góp theo chất tại Quảng Ninh

IV. KẾT LUẬN

Kết quả mô hình CMB cho thấy cấu trúc nguồn PAH tại ba tỉnh Hải Phòng, Hưng Yên và Quảng Ninh có những đặc điểm vừa giống nhau vừa mang tính địa phương rõ rệt. Trong nhiều hợp phần PAH, đặc biệt là Fluorene, Phenanthrene, Anthracene và Chrysene, đốt sinh khói và đốt chất thải nỗi lên là các nguồn đóng góp chi phối, ngay cả trong tháng 7, thời điểm không phải mùa đốt rơm rạ. Điều này gợi ý rằng các nguồn đốt nhỏ lẻ (như đốt rác sinh hoạt, đốt gỗ để nấu ăn hoặc các lò hơi công nghiệp quy mô nhỏ) vẫn diễn ra thường xuyên trong khu dân cư và ven đô, tạo ra mức PAH nền cao quanh năm. Giao thông xăng (petrol transportation) chỉ đóng vai trò thứ yếu trong hầu hết các hợp phần PAH, ngoại trừ một số PAH trọng lượng phân tử cao gắn với dầu mỡ bôi trơn. Một điểm đáng chú ý là tỷ lệ “unknown” trong tổng khối lượng PAH vẫn còn khá lớn, dao động từ 10–60% tùy vị trí, phản ánh sự tồn tại của các nguồn phát thải hỗn hợp mà mô hình không thể phân giải khi dùng bộ hồ sơ nguồn từ Ấn Độ. Điều này thể hiện hạn chế quan trọng của nghiên cứu: thiếu hồ sơ nguồn phát thải đặc thù cho Việt Nam, vốn ảnh hưởng trực tiếp đến độ tin cậy trong phân giải nguồn PAH.

Trong tương lai, việc mở rộng lấy mẫu bổ sung thêm dải PAH đầy đủ, đặc biệt các PAH trọng lượng phân tử cao và các dấu vết đặc trưng cho đốt than/đốt dầu, cùng với xây dựng bộ hồ sơ nguồn PAH địa phương (cho đốt rác, đốt gỗ, lò hơi công nghiệp, tàu thủy, phương tiện giao thông, và đốt phế liệu) là cần thiết để cải thiện độ chính xác của mô hình. Việc bổ sung các hồ sơ này không chỉ giúp giảm tỷ lệ nguồn unknown mà còn nâng cao khả năng đánh giá chính xác rủi ro ô nhiễm không khí do PAH tại khu vực đồng bằng Bắc Bộ.

Đối với BTEX, mô hình CMB cho thấy trạm xăng A92 là nguồn đóng góp chi phối nhất cho toluene và benzene ở cả ba tỉnh, trong khi ethylbenzene và xylene thể hiện sự khác biệt rõ giữa các địa phương. Hải Phòng chịu ảnh hưởng đáng kể từ ngành in (offset/gravure printing), phản ánh đặc thù công nghiệp dịch vụ, đô thị. Hưng Yên lại có cơ cấu nguồn đơn giản hơn, với sự thống trị gần như hoàn toàn của nguồn trạm xăng, phù hợp với đặc điểm giao thông, thương mại địa phương. Quảng Ninh thể hiện cơ cấu nguồn đa dạng nhất, với sự đóng góp đáng kể từ auto coating và nhóm

unknown, phù hợp với đặc trưng kinh tế cảng biển và hoạt động sửa chữa – bảo dưỡng thiết bị, tàu thuyền. Một lần nữa, nhóm unknown xuất hiện trong nhiều thời điểm, cho thấy mô hình vẫn chưa phân giải hết các nguồn BTEX thực tế.

Do nghiên cứu hiện chỉ đo một số hợp phần BTEX cơ bản và sử dụng hồ sơ nguồn BTEX của Trung Quốc, lượng nguồn không xác định vẫn chiếm tỷ lệ đáng kể trong một số hợp phần và thời điểm. Điều này nhấn mạnh nhu cầu cấp thiết phải mở rộng lấy mẫu thêm các hợp chất VOC quan trọng (như styrene, isopropylbenzene, n-hexane, MTBE...) và xây dựng bộ hồ sơ nguồn VOC/BTEX đặc thù Việt Nam, bao gồm hồ sơ trạm xăng địa phương, hồ sơ ngành in, sơn công nghiệp, sửa chữa xe máy – ô tô, và hồ sơ VOC từ tàu thuyền ven biển. Các bước cải thiện này sẽ nâng cao đáng kể hiệu suất mô hình và giúp hiểu rõ hơn đặc trưng phát thải VOC/BTEX theo không gian và thời gian tại khu vực nghiên cứu.

V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abbasi, Fariba, Hasan Pasalari, Juana Maria Delgado-Saborit, Ata Rafiee, Alireza Abbasi, and Mohammad Hoseini. 2020. “Characterization and Risk Assessment of BTEX in Ambient Air of a Middle Eastern City.” *Process Safety and Environmental Protection* 139. Elsevier: 98–105.
- Henry, Ronald C, Charles W Lewis, Philip K Hopke, and Hugh J Williamson. 1984. “Review of Receptor Model Fundamentals.” *Atmospheric Environment (1967)* 18 (8). Elsevier: 1507–1515.
- Hopke, Philip K. 1991. *Receptor Modeling for Air Quality Management*. Vol. 7. Elsevier.
- Jung, Da Bin, Ye Seul Cho, In Sun Kim, Ji Yi Lee, and Yong Pyo Kim. 2015. “Impact of Energy Consumption in Northeast Asia to the Particulate PAHs Levels and Composition at Seoul.” *Aerosol and Air Quality Research* 15 (6). Springer: 2190–2199.
- Lee, J Y, and Y P Kim. 2007. “Source Apportionment of the Particulate PAHs at Seoul, Korea: Impact of Long Range Transport to a Megacity.” *Atmospheric Chemistry and Physics* 7 (13). Copernicus Publications Göttingen, Germany: 3587–3596.
- Li, Xinghua, Zihao Wang, and Tailun Guo. 2021. “Emission of PM2. 5-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Biomass and Coal Combustion in China.” *Atmosphere* 12 (9). MDPI: 1129.
- Saha, Mahua, Dusmant Maharana, Rina Kurumisawa, Hideshige Takada, Bee Geok Yeo, Andrea C Rodrigues, Badal Bhattacharya, et al. 2017. “Seasonal Trends of Atmospheric PAHs in Five Asian Megacities and Source Detection Using Suitable Biomarkers.” *Aerosol and Air Quality Research* 17 (9). Springer: 2247–2262.
- Shen, Longjiao, Ping Xiang, Shengwen Liang, Wentai Chen, Ming Wang, Sihua Lu, and Zuwu Wang. 2018. “Sources Profiles of Volatile Organic Compounds (VOCs) Measured in a Typical Industrial Process in Wuhan, Central China.” *Atmosphere* 9 (8). MDPI: 297.

- Song, Yu, Min Shao, Ying Liu, Sihua Lu, William Kuster, Paul Goldan, and Shaodong Xie. 2007. "Source Apportionment of Ambient Volatile Organic Compounds in Beijing." *Environmental Science & Technology* 41 (12). ACS Publications: 4348–4353.
- Watson, John G, Norman F Robinson, Charles Lewis, Thomas Coulter, Judith C Chow, Eric M Fujita, D H Lowenthal, Teri L Conner, Ronald C Henry, and Robert D Willis. 1997. "Chemical Mass Balance Receptor Model Version 8 (CMB8) User's Manual." *Prepared for US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, by Desert Research Institute, Reno, NV.*
- Yadav, Anurag, Sailesh N Behera, Pavan K Nagar, and Mukesh Sharma. 2020. "Spatio-Seasonal Concentrations, Source Apportionment and Assessment of Associated Human Health Risks of PM_{2.5}-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Delhi, India." *Aerosol and Air Quality Research* 20 (12). Springer: 2805–2825.
- Zeng, Pei, Hai Guo, Hairong Cheng, Zuwu Wang, Lewei Zeng, Xiaopu Lyu, Lingxi Zhan, and Zhen Yang. 2019. "Aromatic Hydrocarbons in Urban and Suburban Atmospheres in Central China: Spatiotemporal Patterns, Source Implications, and Health Risk Assessment." *Atmosphere* 10 (10). MDPI: 565.

VI. PHỤ LỤC

1. Kết quả chạy mô hình CMB với PAH

Phụ lục 1. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hải Phòng Background

FITTING STATISTICS:

R SQUARE 0.93 % MASS 75.0
CHI SQUARE 1.90 DEGREES FREEDOM 7
FIT MEASURE 0.80

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE	EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
YES BBPDDY BIOPADDY	0.59853	0.07679	7.79454		
YES TRPET TRANSPET	0.34918	0.05260	6.63902		
			0.94771		

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: FINE

1.3+- 0.0

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	BIOPAD	TRANSP
TMAC	0.947	1.2633	0.474	0.276
FLUC	0.113	0.0833	1.358	0.008
PHEC	0.302	0.3500	0.843	0.022
ANTC	0.052	0.0433	1.175	0.048
PYRC	0.167	0.1333	0.409	0.848
CHRC	0.038	0.0367	0.571	0.484
BAAC	0.039	0.0533	0.359	0.379
BBFC	0.043	0.0567	0.327	0.437
BKFC	0.037	0.0500	0.251	0.495
BAPC	0.057	0.0367	0.179	1.398

Phụ lục 2. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hải Phòng Residential

FITTING STATISTICS:

R SQUARE 0.88 % MASS 70.4
CHI SQUARE 6.22 DEGREES FREEDOM 6
FIT MEASURE 0.69

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
YES BBPDY	BIOPADDY	0.77235	0.24764	3.11887
YES TRPET	TRANSPET	0.29874	0.09611	3.10822
YES WASTE	WASTE	0.93524	0.30065	3.11070

2.00634				

SOURCE NAME

	CALCULATED	MEASURED	BIOPAD	TRANSP	WASTE
TMAC	2.006	2.8500	0.271	0.105	0.328
FLUC	0.208	0.1867	0.782	0.003	0.331
PHEC	0.792	0.4133	0.921	0.016	0.980
ANTC	0.141	0.2033	0.323	0.009	0.363
PYRC	0.328	0.5667	0.124	0.171	0.286
CHRC	0.085	0.0900	0.300	0.169	0.478
BAAC	0.089	0.1133	0.218	0.153	0.421
BBFC	0.104	0.0900	0.266	0.235	0.655
BKFC	0.049	0.0733	0.221	0.289	0.166
BAPC	0.081	0.0467	0.182	0.940	0.621

Phụ lục 3. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hải Phòng Background

FITTING STATISTICS:					
R SQUARE	0.90	% MASS	61.8		
CHI SQUARE	2.34	DEGREES FREEDOM	7		
FIT MEASURE	0.74				
SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:					
SOURCE	EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
-----	-----	-----	-----	-----	-----
YES BBPDDY BIOPADDY	0.92443	0.15549	5.94512		
YES TRPET TRANSPET	0.66461	0.11065	6.00622		
-----	-----	-----	-----	-----	-----
	1.58904				
SOURCE NAME	SPECIES	CALCULATED	MEASURED	BIOPAD	TRANSP
TMAC	1.589	2.5700	0.360	0.259	
FLUC	0.176	0.1233	1.417	0.011	
PHEC	0.470	0.7800	0.584	0.019	
ANTC	0.082	0.0900	0.873	0.044	
PYRC	0.299	0.2333	0.361	0.922	
CHRC	0.066	0.0600	0.539	0.564	
BAAC	0.068	0.0867	0.341	0.444	
BBFC	0.075	0.1800	0.159	0.262	
BKFC	0.066	0.1200	0.162	0.393	
BAPC	0.107	0.0733	0.139	1.332	

Phụ lục 4. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hưng Yên Background

FITTING STATISTICS:					
R SQUARE	0.88	% MASS	50.1		
CHI SQUARE	2.73	DEGREES FREEDOM	6		
FIT MEASURE	0.69				
SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:					
SOURCE					
EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat	

YES BBPDY BIOPADDY	0.19658	0.10804	1.81946		
YES TRPET TRANSPET	0.10979	0.03673	2.98921		
YES WASTE WASTE	0.19821	0.11268	1.75910		

		0.50458			
SOURCE NAME					
SPECIES	CALCULATED	MEASURED	BIOPAD	TRANSP	WASTE
TMAC	0.504	1.0067	0.195	0.109	0.197
FLUC	0.050	0.0367	1.012	0.006	0.356
PHEC	0.185	0.3167	0.306	0.008	0.271
ANTC	0.033	0.0300	0.557	0.022	0.522
PYRC	0.087	0.1167	0.153	0.305	0.294
CHRC	0.021	0.0133	0.517	0.420	0.686
BAAC	0.022	0.0267	0.236	0.238	0.379
BBFC	0.026	0.0333	0.183	0.234	0.375
BKFC	0.014	0.0233	0.177	0.334	0.111
BAPC	0.024	0.0167	0.129	0.966	0.368

Phụ lục 5. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hưng Yên Residential

FITTING STATISTICS:					
R SQUARE	0.94	% MASS	53.1		
CHI SQUARE	2.29	DEGREES FREEDOM	7		
FIT MEASURE	0.73				
SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:					
SOURCE	EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
-----	-----	-----	-----	-----	-----
YES TRPET	TRANSPET	0.15173	0.02771	5.47507	
YES WASTE	WASTE	0.35301	0.04737	7.45206	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
		0.50475			
SOURCE NAME	SPECIES	CALCULATED	MEASURED	TRANSP	WASTE
TMAC	0.504	0.9500	0.160	0.372	
FLUC	0.023	0.0233	0.013	1.000	
PHEC	0.156	0.2867	0.012	0.533	
ANTC	0.028	0.0233	0.039	1.197	
PYRC	0.110	0.0933	0.526	0.655	
CHRC	0.023	0.0233	0.331	0.697	
BAAC	0.026	0.0300	0.293	0.600	
BBFC	0.033	0.0267	0.403	0.833	
BKFC	0.015	0.0200	0.538	0.229	
BAPC	0.033	0.0233	0.957	0.470	

Phụ lục 6. Kết quả chạy CMB đối với trạm Hưng Yên Transportation

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.83	% MASS	42.0
CHI SQUARE	1.11	DEGREES FREEDOM	7
FIT MEASURE	0.79		

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
----------	------	-------------------------	---------	-------

YES TRPET	TRANSPET	0.58096	0.16700	3.47881
-----------	----------	---------	---------	---------

YES NRDDIE	NONRDDIE	0.59384	0.22434	2.64704
------------	----------	---------	---------	---------

1.17479

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	TRANSP	NONRDD
---------	------------	----------	--------	--------

TMAC	1.174	2.7967	0.208	0.212
------	-------	--------	-------	-------

FLUC	0.103	0.0833	0.014	1.226
------	-------	--------	-------	-------

PHEC	0.312	0.7567	0.017	0.396
------	-------	--------	-------	-------

ANTC	0.040	0.0733	0.048	0.502
------	-------	--------	-------	-------

PYRC	0.265	0.2667	0.705	0.292
------	-------	--------	-------	-------

CHRC	0.045	0.0333	0.888	0.481
------	-------	--------	-------	-------

BAAC	0.043	0.0733	0.459	0.138
------	-------	--------	-------	-------

BBFC	0.054	0.1433	0.287	0.095
------	-------	--------	-------	-------

BKFC	0.051	0.1300	0.317	0.078
------	-------	--------	-------	-------

BAPC	0.093	0.1000	0.853	0.083
------	-------	--------	-------	-------

Phụ lục 7. Kết quả chạy CMB đối với trạm Quảng Ninh Background

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.84	% MASS	64.2
CHI SQUARE	5.06	DEGREES FREEDOM	7
FIT MEASURE	0.67		

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
----------	------	-------------------------	---------	-------

YES BBPDY	BIOPADDY	0.58081	0.08061	7.20505
-----------	----------	---------	---------	---------

YES TRPET	TRANSPET	1.25550	0.14552	8.62767
-----------	----------	---------	---------	---------

1.83632

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	BIOPAD	TRANSP
---------	------------	----------	--------	--------

TMAC	1.836	2.8614	0.203	0.439
------	-------	--------	-------	-------

FLUC	0.112	0.0671	1.636	0.037
------	-------	--------	-------	-------

PHEC	0.313	0.5657	0.506	0.049
------	-------	--------	-------	-------

ANTC	0.056	0.0414	1.192	0.182
------	-------	--------	-------	-------

PYRC	0.459	0.1943	0.272	2.092
------	-------	--------	-------	-------

CHRC	0.084	0.0671	0.303	0.952
------	-------	--------	-------	-------

BAAC	0.091	0.0900	0.207	0.808
------	-------	--------	-------	-------

BBFC	0.107	0.1629	0.111	0.546
------	-------	--------	-------	-------

BKFC	0.101	0.1557	0.078	0.572
------	-------	--------	-------	-------

BAPC	0.190	0.1543	0.041	1.195
------	-------	--------	-------	-------

Phụ lục 8. Kết quả chạy CMB đối với trạm Quảng Ninh Residential

FITTING STATISTICS:

R SQUARE 0.85 % MASS 55.2
CHI SQUARE 3.63 DEGREES FREEDOM 7
FIT MEASURE 0.67

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
----------	------	-------------------------	---------	-------

YES BBWOOD BIOWOOD	0.71418	0.17024	4.19522
--------------------	---------	---------	---------

YES WASTE WASTE	1.19512	0.15625	7.64872
-----------------	---------	---------	---------

			1.90930
--	--	--	---------

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	BIOWOO	WASTE
---------	------------	----------	--------	-------

TMAC	1.909	3.4571	0.207	0.346
------	-------	--------	-------	-------

FLUC	0.104	0.0871	0.295	0.906
------	-------	--------	-------	-------

PHEC	0.518	0.6171	0.001	0.839
------	-------	--------	-------	-------

ANTC	0.095	0.0657	0.011	1.437
------	-------	--------	-------	-------

PYRC	0.265	0.2129	0.275	0.971
------	-------	--------	-------	-------

CHRC	0.091	0.0771	0.472	0.713
------	-------	--------	-------	-------

BAAC	0.085	0.1157	0.216	0.527
------	-------	--------	-------	-------

BBFC	0.114	0.2043	0.192	0.369
------	-------	--------	-------	-------

BKFC	0.059	0.1886	0.231	0.082
------	-------	--------	-------	-------

BAPC	0.323	0.2157	1.328	0.172
------	-------	--------	-------	-------

Phụ lục 9. Kết quả chạy CMB đối với trạm Quảng Ninh Transporatation

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.91	% MASS	79.5
CHI SQUARE	2.96	DEGREES FREEDOM	6
FIT MEASURE	0.76		

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE(ng/m ³)	Std Err	Tstat
YES TRPET	TRANSPET	3.47352	0.40544	8.56726
YES WASTE	WASTE	1.06750	0.16015	6.66560

4.54101

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	TRANSP	WASTE
TMAC	4.541	5.7143	0.608	0.187
FLUC	0.077	0.0671	0.104	1.050
PHEC	0.538	0.8014	0.095	0.577
ANTC	0.105	0.0857	0.243	0.984
PYRC	1.309	0.2186	5.144	0.845
CHRC	0.225	0.1700	1.040	0.289
BAAC	0.255	0.2257	0.891	0.241
BBFC	0.313	0.4543	0.542	0.148
BKFC	0.260	0.4029	0.611	0.034
BAPC	0.543	0.4000	1.276	0.083

2. Kết quả chạy mô hình CMB với BTEX

Phụ lục 10. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Background (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	99.1
CHI SQUARE	0.08	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	9.83749	3.34120	2.94430
YES GAS92	GAS92	31.55907	6.35859	4.96322

41.39656

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	41.396	41.7567	0.236	0.756
TOLC	16.027	15.6100	0.021	1.006
BENC	6.721	7.1433	0.014	0.927
ETHC	6.121	6.7267	0.497	0.413
XYLC	12.525	12.2767	0.494	0.526

Phụ lục 11. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Background (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	100.2
CHI SQUARE	0.01	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	32.56023	10.85707	2.99899
YES GAS92	GAS92	126.58709	21.90900	5.77786

159.14731

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	159.147	158.7514	0.205	0.797
TOLC	64.058	62.9857	0.017	1.000
BENC	26.890	27.3086	0.012	0.973
ETHC	22.210	21.8843	0.506	0.509
XYLC	45.989	46.5729	0.431	0.556

Phụ lục 12. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Background (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	100.5
CHI SQUARE	0.06	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	8.67998	2.70229	3.21209
YES GAS92	GAS92	20.35564	3.27949	6.20695

29.03562

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	29.035	28.8800	0.301	0.705
TOLC	10.415	9.9400	0.029	1.019
BENC	4.359	4.6233	0.019	0.924
ETHC	4.742	4.8600	0.607	0.369
XYLC	9.518	9.4567	0.566	0.441

Phụ lục 13. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Residential (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.98	% MASS	103.1
CHI SQUARE	1.37	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	33.82120	10.59082	3.19344
YES GAS92	GAS92	138.11209	21.35776	6.46660

171.93329

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	171.933	166.8400	0.203	0.828
TOLC	69.833	62.3500	0.018	1.102
BENC	29.320	34.0833	0.010	0.850
ETHC	23.653	27.8800	0.412	0.436
XYLC	49.125	42.5267	0.490	0.665

Phụ lục 14. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Residential (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	99.7
CHI SQUARE	0.03	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	24.23607	10.40061	2.33025
NO	OPRINT	2.68263	21.10871	0.12709
NO	GAS92	125.91067	30.03565	4.19204

152.82938

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	152.829	153.3233	0.158	0.017	0.821
TOLC	65.979	66.0300	0.012	0.038	0.949
BENC	26.739	26.5500	0.009	0.003	0.995
ETHC	19.352	19.0500	0.433	0.002	0.582
XYLC	40.758	41.6933	0.358	0.001	0.618

Phụ lục 15. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Residential (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	101.9
CHI SQUARE	0.06	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	29.05319	7.24445	4.01041
YES GAS92	GAS92	82.04417	14.06649	5.83260

111.09737

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	111.097	109.0667	0.266	0.752
TOLC	41.781	39.6700	0.024	1.029
BENC	17.509	18.3267	0.016	0.939
ETHC	17.097	17.3467	0.569	0.416
XYLC	34.708	33.7233	0.531	0.498

Phụ lục 16. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Transportation (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	99.3
CHI SQUARE	0.10	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	47.93902	18.59734	2.57774
NO	OPRINT	5.96028	35.65894	0.16715
NO	GAS92	161.14774	46.78427	3.44449

215.04704

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	215.047	216.5433	0.221	0.028	0.744
TOLC	87.393	87.5367	0.018	0.064	0.916
BENC	34.467	34.0833	0.014	0.005	0.992
ETHC	30.551	29.3533	0.555	0.002	0.483
XYLC	62.635	65.5700	0.451	0.001	0.503

Phụ lục 17. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Transportation (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	99.6
CHI SQUARE	0.08	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	42.83573	16.47726	2.59969
NO	OPRINT	9.72604	30.43477	0.31957
NO	GAS92	142.97231	46.52435	3.07306

195.53409

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	195.534	196.3267	0.218	0.050	0.728
TOLC	81.739	81.8233	0.017	0.112	0.869
BENC	30.708	30.2633	0.014	0.009	0.991
ETHC	27.261	26.4267	0.551	0.004	0.476
XYLC	55.824	57.8133	0.457	0.003	0.506

Phụ lục 18. Kết quả chạy mô hình với trạm Hải Phòng Transportation (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	100.9
CHI SQUARE	0.27	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	32.43348	7.90010	4.10545
NO	GPRINT	1.78734	33.37328	0.05356
NO	GAS92	91.67151	30.67869	2.98812

125.89233

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GPRINT	GAS92
TMAC	125.892	124.8167	0.260	0.014	0.734
TOLC	47.812	47.3467	0.023	0.024	0.963
BENC	19.725	20.1333	0.016	0.008	0.955
ETHC	19.276	20.3133	0.543	0.009	0.397
XYLC	39.078	37.0233	0.540	0.009	0.507

Phụ lục 19. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Background (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	100.4
CHI SQUARE	0.05	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	2.04341	1.72965	1.18140
YES GAS92	GAS92	20.55559	3.54899	5.79195

22.59900

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	22.599	22.5133	0.091	0.913
TOLC	10.294	9.9867	0.007	1.024
BENC	4.333	4.6167	0.005	0.934
ETHC	2.503	2.5833	0.269	0.700
XYLC	5.467	5.3267	0.237	0.790

Phụ lục 20. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Background (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	101.6
CHI SQUARE	0.09	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
NO	AUTOC	2.19602	2.04546	1.07361
NO	GAS92	20.19388	4.70338	4.29348

22.38990

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	22.389	22.0333	0.100	0.917
TOLC	10.119	9.5333	0.008	1.054
BENC	4.259	4.4833	0.005	0.945
ETHC	2.523	2.7600	0.271	0.644
XYLC	5.487	5.2567	0.258	0.786

Phụ lục 21. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Background (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	100.0
CHI SQUARE	0.00	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	3.34118	2.00283	1.66823
NO	GAS92	11.25016	5.00340	2.24850
NO	GAS95	0.43473	4.73413	0.09183

15.02606

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92	GAS95
TMAC	15.026	15.0333	0.222	0.748	0.029
TOLC	6.041	6.0400	0.018	0.927	0.055
BENC	2.447	2.4467	0.014	0.965	0.022
ETHC	2.136	2.1233	0.535	0.466	0.005
XYLC	4.401	4.4233	0.466	0.521	0.009

Phụ lục 22. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Residential (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	102.1
CHI SQUARE	0.54	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	38.10183	10.08782	3.77701
YES GAS92	GAS92	115.80640	18.02574	6.42450

153.90822

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	153.908	150.7400	0.253	0.768
TOLC	58.878	57.4233	0.022	1.003
BENC	24.684	26.2000	0.015	0.927
ETHC	23.145	25.7133	0.504	0.396
XYLC	47.199	41.4033	0.567	0.573

Phụ lục 23. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Residential (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	101.7
CHI SQUARE	0.59	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
----------	------	---------------------------------	---------	-------

YES AUTO	AUTO	37.01596	10.62792	3.48290
----------	------	----------	----------	---------

YES GAS92	GAS92	111.64989	18.15798	6.14880
-----------	-------	-----------	----------	---------

148.66585

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTO	GAS92
---------	------------	----------	------	-------

TMAC	148.665	146.1667	0.253	0.764
------	---------	----------	-------	-------

TOLC	56.774	52.3267	0.023	1.062
------	--------	---------	-------	-------

BENC	23.801	27.6000	0.014	0.849
------	--------	---------	-------	-------

ETHC	22.410	24.9033	0.505	0.395
------	--------	---------	-------	-------

XYLC	45.678	41.3367	0.552	0.553
------	--------	---------	-------	-------

Phụ lục 24. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Residential (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	101.5
CHI SQUARE	0.88	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	22.88467	6.39353	3.57935
YES OPRINT	OPRINT	6.74093	11.31587	0.59571
YES GAS92	GAS92	67.70190	15.68913	4.31521

97.32750

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	97.327	95.9100	0.239	0.070	0.706
TOLC	40.809	40.6967	0.019	0.156	0.828
BENC	14.628	15.0033	0.016	0.013	0.947
ETHC	13.818	15.1300	0.514	0.005	0.394
XYLC	28.070	25.0800	0.563	0.004	0.553

Phụ lục 25. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Transportation (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	103.8
CHI SQUARE	0.88	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	45.43764	10.45478	4.34611
YES GAS92	GAS92	124.98759	19.27177	6.48553

170.42523

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	170.425	164.2067	0.277	0.761
TOLC	63.689	57.2733	0.026	1.086
BENC	26.685	29.7867	0.016	0.880
ETHC	26.447	29.5967	0.522	0.372
XYLC	53.601	47.5500	0.589	0.538

Phụ lục 26. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Transportation (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	101.5
CHI SQUARE	0.68	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	48.58810	12.58174	3.86179
NO	OPRINT	9.83487	20.99017	0.46855
NO	GAS92	102.84410	31.68609	3.24572

161.26707

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	161.267	158.9033	0.306	0.062	0.647
TOLC	62.069	61.9267	0.026	0.150	0.826
BENC	22.351	23.0500	0.022	0.012	0.936
ETHC	25.687	27.8800	0.593	0.004	0.325
XYLC	51.159	46.0467	0.651	0.003	0.457

Phụ lục 27. Kết quả chạy mô hình với trạm Hưng Yên Transportation (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.98	% MASS	98.8
CHI SQUARE	1.54	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	31.27180	12.47980	2.50579
NO	OPRINT	2.36413	21.43048	0.11032
NO	GAS92	105.19012	29.53450	3.56160

138.82607
SOURCE NAME
SPECIES CALCULATED MEASURED AUTOC OPRINT GAS92
TMAC 138.826 140.4500 0.223 0.017 0.749
TOLC 55.603 55.3367 0.019 0.040 0.946
BENC 22.455 23.3133 0.014 0.003 0.947
ETHC 19.917 25.4300 0.418 0.001 0.364
XYLC 40.850 36.3700 0.530 0.001 0.592

Phụ lục 28. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Background (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.97	% MASS	99.3
CHI SQUARE	3.03	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	8.72654	4.18890	2.08325
NO	OPRINT	0.94957	7.78312	0.12200
NO	GAS92	40.47213	10.88945	3.71664

50.14824

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	50.148	50.5014	0.173	0.019	0.801
TOLC	21.321	21.1600	0.014	0.042	0.952
BENC	8.607	9.1643	0.010	0.003	0.927
ETHC	6.539	8.6500	0.343	0.001	0.412
XYLC	13.679	11.5271	0.467	0.001	0.719

Phụ lục 29. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Background (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.98	% MASS	100.2
CHI SQUARE	1.78	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES	AUTOC	10.23367	4.12474	2.48105
NO	OPRINT	1.23838	7.47061	0.16577
NO	GAS92	40.83911	10.08495	4.04951

52.31116

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	OPRINT	GAS92
TMAC	52.311	52.2257	0.196	0.024	0.782
TOLC	21.827	21.7100	0.016	0.054	0.936
BENC	8.707	9.0557	0.012	0.004	0.946
ETHC	7.088	8.6857	0.401	0.002	0.414
XYLC	14.688	12.7743	0.494	0.001	0.654

Phụ lục 30. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Background (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	101.3
CHI SQUARE	0.09	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	8.98741	3.39027	2.65095
YES GAS92	GAS92	38.19873	6.16042	6.20067

47.18614

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	47.186	46.5686	0.193	0.820
TOLC	19.302	18.2757	0.016	1.040
BENC	8.105	8.6543	0.011	0.926
ETHC	6.417	6.6071	0.462	0.509
XYLC	13.360	13.0314	0.425	0.600

Phụ lục 31. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Residential (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.98	% MASS	104.6
CHI SQUARE	1.34	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTO	AUTO	45.61366	13.21136	3.45261
YES GAS92	GAS92	150.64497	23.84636	6.31732

196.25864

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTO	GAS92
TMAC	196.258	187.6271	0.243	0.803
TOLC	76.460	59.3600	0.026	1.263
BENC	32.070	40.9786	0.011	0.771
ETHC	28.765	29.5386	0.525	0.449
XYLC	58.962	57.7500	0.487	0.534

Phụ lục 32. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Residential (Tôi)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.97	% MASS	106.7
CHI SQUARE	2.11	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
----------	------	---------------------------------	---------	-------

YES AUTOC	AUTOC	48.75624	12.27217	3.97291
-----------	-------	----------	----------	---------

YES GAS92	GAS92	143.75923	22.00842	6.53201
-----------	-------	-----------	----------	---------

192.51547

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
---------	------------	----------	-------	-------

TMAC	192.515	180.5086	0.270	0.796
------	---------	----------	-------	-------

TOLC	73.138	53.9386	0.030	1.326
------	--------	---------	-------	-------

BENC	30.658	40.2214	0.012	0.750
------	--------	---------	-------	-------

ETHC	29.227	31.4886	0.526	0.402
------	--------	---------	-------	-------

XYLC	59.490	54.8600	0.548	0.536
------	--------	---------	-------	-------

Phụ lục 33. Kết quả chạy mô hình với trạm Quảng Ninh Residential (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	104.2
CHI SQUARE	0.57	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
----------	------	---------------------------------	---------	-------

YES AUTOC	AUTOC	36.36932	9.47838	3.83708
YES GAS92	GAS92	115.46446	17.57798	6.56870

151.83377

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
---------	------------	----------	-------	-------

TMAC	151.833	145.7328	0.250	0.792
TOLC	58.651	48.4286	0.025	1.186
BENC	24.595	27.9971	0.013	0.865
ETHC	22.526	22.1629	0.558	0.458
XYLC	46.060	47.1443	0.476	0.501

Phụ lục 34. Kết quả chạy CMB với trạm Quảng Ninh Transporatation (Chiều)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	99.3
CHI SQUARE	0.23	DEGREES FREEDOM	1

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTO	AUTO	55.13953	16.61164	3.31933
YES OPRINT	OPRINT	19.44654	31.10582	0.62517
YES GAS92	GAS92	174.00822	41.49503	4.19347

248.59430

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTO	OPRINT	GAS92
TMAC	248.594	250.2713	0.220	0.078	0.695
TOLC	106.770	106.9571	0.017	0.172	0.809
BENC	37.621	37.0914	0.015	0.015	0.984
ETHC	34.291	32.5186	0.577	0.007	0.471
XYLC	69.910	73.7043	0.461	0.004	0.483

Phụ lục 35. Kết quả chạy CMB với trạm Quảng Ninh Transporatation (Tối)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	99.3
CHI SQUARE	0.06	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	41.43325	14.19382	2.91911
YES GAS92	GAS92	191.56245	30.11282	6.36149

232.99570

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	232.995	234.6129	0.177	0.817
TOLC	96.677	96.0900	0.014	0.992
BENC	40.612	40.4543	0.010	0.993
ETHC	30.944	30.0200	0.469	0.562
XYLC	64.760	68.0486	0.375	0.576

Phụ lục 36. Kết quả chạy CMB với trạm Quảng Ninh Transporatation (Sáng)

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	100.2
CHI SQUARE	0.01	DEGREES FREEDOM	2

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE

EST CODE	NAME	SCE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES AUTOC	AUTOC	32.56023	10.85707	2.99899
YES GAS92	GAS92	126.58709	21.90900	5.77786

159.14731				

SOURCE NAME

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	AUTOC	GAS92
TMAC	159.147	158.7514	0.205	0.797
TOLC	64.058	62.9857	0.017	1.000
BENC	26.890	27.3086	0.012	0.973
ETHC	22.210	21.8843	0.506	0.509
XYLC	45.989	46.5729	0.431	0.556