

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



NGUYỄN DUY THÀNH

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ VI NHỰA
VÀ MỘT SỐ HỢP CHẤT LIÊN QUAN TÍCH TỤ TRONG
VỆM XANH TẠI KHU VỰC VEN BIỂN QUẢNG NINH

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG
Mã số: 9520320

HÀ NỘI – 2024

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ -
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học:

1. Người hướng dẫn khoa học 1: PGS. TS. Đỗ Văn Mạnh, Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
2. Người hướng dẫn khoa học 2: GS. TS. Trịnh Văn Tuyên, Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Phản biện 1: PGS.TS. Văn Hữu Tập

Phản biện 2: PGS.TS. Bùi Thị Kim Anh

Phản biện 3: GS.TS. Nguyễn Mạnh Khải

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi 9 giờ 00', ngày 06 tháng 12 năm 2024.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Vi nhựa (microplastic - MPs) là các hạt nhựa có kích thước từ 1 đến 5000 μm và chúng có kích thước tương đồng như động vật phù du hoặc cá con và có thể bị chìm, lắng trong bùn hoặc lớp trầm tích, hay lơ lửng trong nước biển tùy thuộc vào mật độ của polymer, tuổi và mức độ bám bẩn do môi trường gây ra. Do đó, các sinh vật biển như động vật phù du, hai mảnh vỏ và cá khi ăn nhầm MPs sẽ được lưu trữ trong các tế bào hoặc mô. Bên cạnh đó các chất phụ gia như BPA, PAEs và PBDEs đã được phát hiện trong các môi trường khác nhau như nước, trầm tích và sinh vật sống, sự hiện diện của chúng có liên quan mật thiết đến mức độ ô nhiễm MPs. Khi phân hủy, các chất phụ gia như BPA, PAEs và PBDEs có thể rò rỉ từ chất thải nhựa siêu nhỏ, gây ra mối đe dọa đáng kể về môi trường và sinh thái đối với lưu vực tiếp nhận. Mặt khác, các chất phụ gia có khả năng tác động đến con người thông qua chuỗi thức ăn và quá trình khuếch đại sinh học.

Sự hiện diện của MPs ở các vùng ven biển, đặc biệt là tích tụ trong các loài sinh vật biển của Việt Nam cũng được quan sát thấy trong một vài nghiên cứu gần đây. Mặc dù có báo cáo nghiên cứu được thu thập từ một số loài khác nhau trên các khu vực biển nhưng nghiên cứu về sự tích tụ trong đối tượng vẹm xanh (*Perna viridis*) vẫn chưa thấy công trình nào công bố tại Việt Nam. Ngoài ra, vẹm xanh là loại động vật hai mảnh vỏ được sử dụng làm thực phẩm rất rộng rãi ở Việt Nam nói chung, trên địa phận tỉnh Quảng Ninh nói riêng, do vậy sự cần thiết tiến hành nghiên cứu về khả năng tích lũy MPs và một số hóa chất như BPA, PAEs và PBDEs trong vẹm xanh và kết quả nghiên cứu thu được được trình bày trong luận án này sẽ là căn cứ cơ sở khoa học để đánh giá được sự tích lũy giữa một số hóa chất (BPA, PAEs và

PBDEs) với vi nhựa giữa hóa chất và MPs trong mẫu trầm tích và trong vẹm xanh tại một số điểm ven biển tỉnh Quảng Ninh.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

- Nghiên cứu xác định được mật độ, kích thước, thành phần MPs tích tụ trong loài vẹm xanh (*Perna viridis*), nước biển và trầm tích. Bên cạnh đó nghiên cứu cũng đã xác định được nồng độ một số hóa chất (BPA, PAEs và PBDEs) liên quan MPs.

- Nghiên cứu xác định được chỉ số tích tụ, chỉ số rủi ro của MPs và các chất hữu cơ dựa trên các chỉ số độc tính hóa học của polymers, tải lượng PLI, tích tụ sinh học - trầm tích và đánh giá mối tương quan giữa MPs với một số chất hữu cơ BPA, PAEs và PBDEs.

3. Điểm mới của luận án

- Đã định lượng được số lượng, hình dạng, kích thước, thành phần MPs và một số chất hữu cơ đặc trưng tích tụ trong loài vẹm xanh, nước biển và trầm tích biển ở vùng biển ven bờ tỉnh Quảng Ninh.

- Đã xác định được mối tương quan giữa MPs với một số chất hữu cơ liên quan và mức độ tích tụ, rủi ro của MPs và các hóa chất đi kèm dựa trên các chỉ số độc tính hóa học của polymer, tải lượng PLI, tích tụ sinh học - trầm tích.

- Bước đầu có thể xác định được vẹm xanh là một trong những loài 2 mảnh vỏ phù hợp làm chỉ thị sinh học cho đánh giá tình trạng phơi nhiễm MPs và các hóa chất liên quan (được đưa vào trong quá trình sản xuất nhóm chất dẻo hoá, định hình, cháy chậm, bền màu...) trong môi trường biển ven bờ của Việt Nam.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Chương 1 gồm 28 trang, đã nêu được tính cấp thiết của hướng luận án nghiên cứu như nghiên cứu về lĩnh vực MPs và các hóa chất liên

quan tới sản xuất nhựa tích tụ trong đối tượng hai mảnh vỏ, đặc biệt là vẹm xanh, đối tượng sử dụng làm thực phẩm cho con người tại Việt Nam cho đến nay còn mới và rất ít những nghiên cứu đề cập. Hơn nữa, nghiên cứu này hướng tới thực hiện trên phạm vi không gian rộng và trải dài trên toàn vùng ven biển Quảng Ninh.

Phản Tổng quan còn khái quát được những nghiên cứu về ô nhiễm MPs và hóa chất kèm theo tích tụ trong môi trường nước biển, trầm tích và hai mảnh vỏ trên thế giới cũng tại Việt Nam, đã đánh giá được những tồn tại, khó khăn và nhận định rồi đưa ra những vấn đề cần hướng tới giải quyết trong luận án này.

Ngoài ra, vấn đề rủi ro của MPs và hóa chất tích tụ trong động vật hai mảnh vỏ cũng được nêu cụ thể. Hầu hết các hóa chất được sử dụng để sản xuất polymer nhựa đều có nguy cơ gây tổn hại tới môi trường, hệ sinh thái khi thải ra trong quá trình sản xuất, sử dụng và thải bỏ sản phẩm nhựa dẫn đến một rủi ro tiềm ẩn của các MPs là khả năng tích lũy của chúng trong cơ thể của các sinh vật biển. Các sinh vật hai mảnh vỏ (sò, hào, ngao và vẹm xanh) rất hữu ích để đánh giá sự tích tụ sinh học của MPs do vai trò quan trọng của chúng đối với chức năng hệ sinh thái.

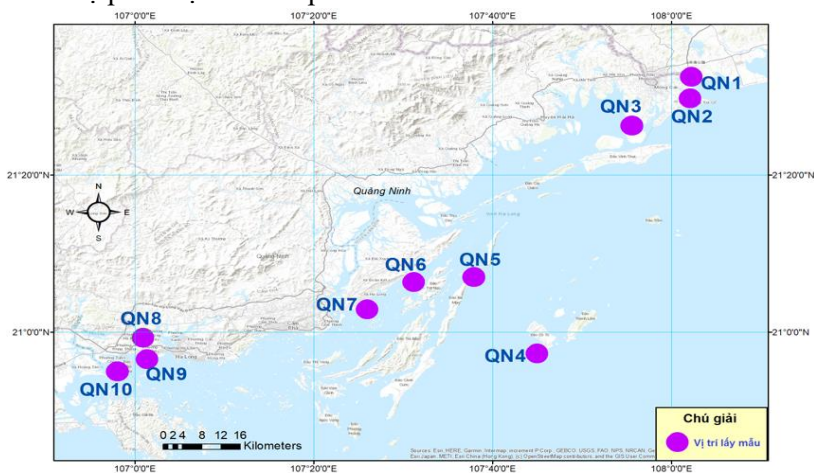
Đặc thù về điều kiện tự nhiên và kinh tế xã hội trên khu vực nghiên cứu cũng đã được chỉ rõ, với những đánh giá nhận định cụ thể và gắn với những nội dung nghiên cứu mà luận án cần giải quyết.

Từ những nhận định trên nghiên cứu sinh đã đưa ra được mục tiêu và nội dung nghiên cứu phù hợp với điều kiện thực tế và gắn với các vấn đề đã được nhận định trong phần tổng quan tài liệu.

CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Chương 2 gồm 26 trang, trình bày chi tiết về lựa chọn đối tượng nghiên cứu trong luận án là loài vẹm xanh, nước biển và trầm tích ở vùng ven

biển Quảng Ninh (Hình 2.1) và quy trình phân tích MPs sử dụng trong nghiên cứu này dựa trên phương pháp của Teng, J và cs., và Munno và cs., sau khi đã được điều chỉnh, thiết lập phù hợp với điều kiện phòng thí nghiệm và sử dụng phương pháp kỹ thuật phân tích μ -FTIR ở chế độ phản xạ ATR để phân tích MPs.



Hình 2.1. Vị trí lấy mẫu nghiên cứu

Trong chương này cũng đã trình bày chi tiết phương pháp phân tích thành phần hóa chất (BPA, PAEs và BPDEs) tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích. Quy trình được tham khảo phương pháp chiết xuất tiêu chuẩn US.EPA Method 3540C và làm sạch tiêu chuẩn US.EPA Method 3630C.

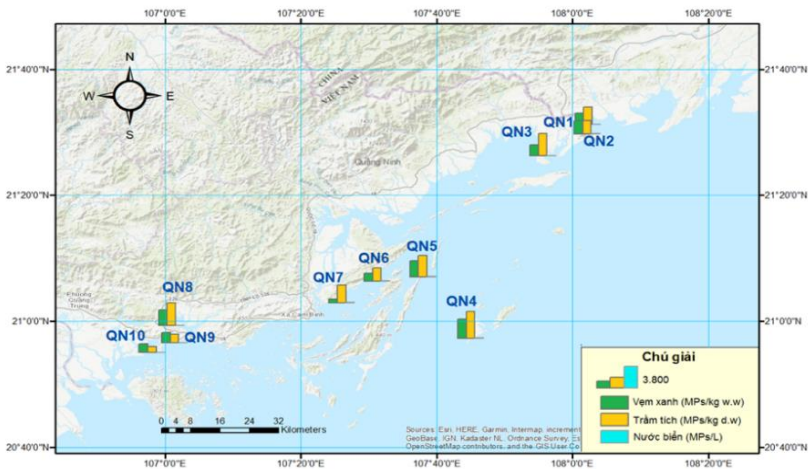
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc tính vi nhựa tích tụ trong vẹm xanh, nước biển và trầm tích

3.1.1. Xác định mật độ vi nhựa

Mật độ MPs trong các mẫu vẹm xanh tại 10 vị trí nghiên cứu dao động từ 4 đến 78 MPs/cá thể, giá trị trung bình là $22,26 \pm 16,05$

MPs/cá thể. Về trọng lượng mô, mật độ MPs cũng có sự dao động rất lớn từ 0,37 đến 18,24 MPs/g w.w, giá trị trung bình là $3,41 \pm 2,97$ MPs/g w.w. Điểm đáng chú ý, mật độ MPs được ghi nhận ở mức lớn nhất nhất tại vị trí QN4 ($34,75 \pm 28,03$ MPs/cá thể và $5,43 \pm 4,21$ MPs/g w.w) đây là vị trí lấy mẫu tại khu vực bãi biển du lịch nổi tiếng của đảo Cô Tô. Trong khi đó, mật độ MPs thấp nhất được ghi nhận ở từng cá thể và mô mềm nằm trong các mẫu được thu thập tại điểm QN3 ($14,38 \pm 5,60$ MPs/cá thể) và QN7 ($1,10 \pm 0,53$ MPs/g).



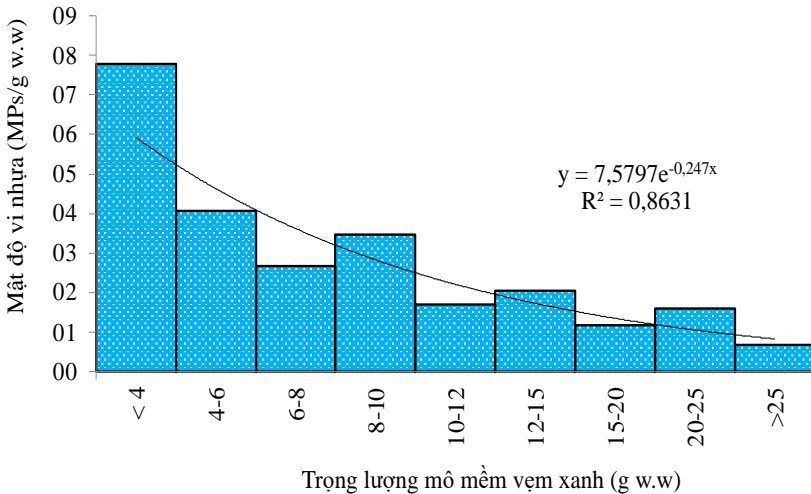
Hình 3.1. Mật độ MPs tích tụ trong vệt xanh, nước biển và trầm tích vùng biển Quảng Ninh

Kết quả phân tích MPs trong mẫu nước biển dao động từ 43,33 đến 146,67 MPs/L, QN7 ($146,67 \pm 4,41$ MPs/L) là nơi có mật độ MPs trong nước biển bề mặt cao nhất trong khi QN3 ($43,33 \pm 3,34$ MPs/L) có mật độ MPs trong nước biển bề mặt thấp nhất. Kết quả phân tích MPs trong các mẫu trầm tích ở 10 địa điểm có mật độ MPs dao động từ 1700 đến 7600 MPs/kg d.w. Thực tế ghi nhận đối với mẫu trầm tích thu được tại điểm QN4 có mật độ MPs cao nhất ($7600,00 \pm 655,74$

MPs/kg) tại khu vực bãi tắm du lịch đảo Cô Tô giá trị này phản ánh đúng mức tương quan (Hình 3.1).

Kết quả tính toán tương quan Pearson và tương quan tuyến tính cho kết quả không có mối tương quan tương quan thấp hoặc tương quan nghịch giữa mật độ MPs trong nước và trầm tích ($r = -0,3227$, $p > 0,05$; $a = -0,0056$, $R^2 = 0,1041$) cũng như giữa vẹm xanh và nước ($r = -0,3350$, $p > 0,05$; $a = -13,163$, $R^2 = 0,1122$) trong khi mối tương quan được quan sát ở mức trung bình giữa mật độ MPs trong trầm tích và vẹm xanh ($r = 0,4825$, $p > 0,05$; $a = 0,3297$, $R^2 = 0,2328$).

Đối với mẫu vẹm xanh, tại 10 vị trí lấy mẫu, chiều dài, chiều rộng và trọng lượng mô mềm của vẹm xanh lần lượt là: 4,80 - 13,50 cm (Trung bình: $8,48 \pm 1,56$ cm); 2,60 - 5,90 cm (Trung bình: $3,81 \pm 0,66$ cm) và 2,37 - 35,56 g w.w (Trung bình: $8,45 \pm 6,14$ g w.w) được thể hiện tại Hình 3.2.



Hình 3.2. Phân bố MPs theo trọng lượng mô mềm của vẹm

Kết quả tính toán phương sai một chiều cho kết quả không có sự khác biệt về mật độ MPs trong vẹm xanh tại các vị trí lấy mẫu, theo

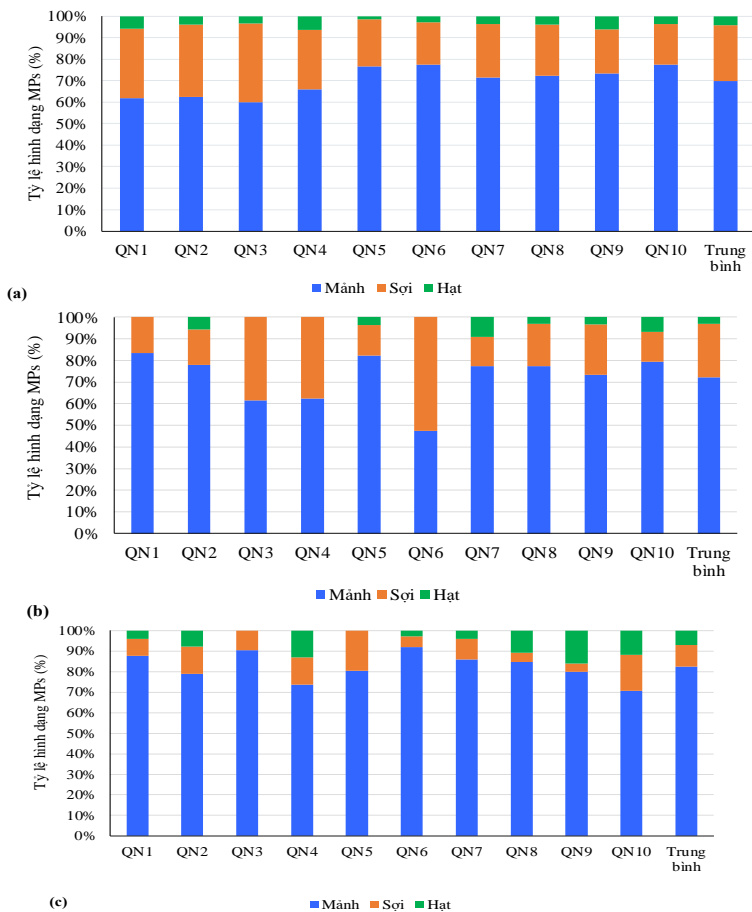
trọng lượng mô mềm ($p = 0,1395$) và theo từng cá thể ($p = 0,3920$). Tương tự, kết quả mối tương quan giữa tỷ trọng và khối lượng thịt vẹm không có mối quan hệ với $r = -0,3631$. Điều này có nghĩa là đã xác định được xu hướng tương quan nghịch giữa khối lượng thịt vẹm và mật độ MPs với hệ số $a = -0,247$ và $R^2 = 0,8675$ (Hình 3.2).

Ngoài kết quả nghiên cứu MPs tích tụ trong vẹm xanh, nước biển và trầm tích, một số kết quả nghiên cứu trong quá trình thực hiện luận án mà NCS đã tham gia cùng nhóm tác giả Mạnh và cs., về đánh giá sự hiện diện của MPs trong hào, nước biển và trầm tích tại các vùng ven biển trên khắp Việt Nam cho kết quả mật độ MPs tích tụ trong hào Thái Bình Dương (*Crassostrea gigas*) ở Vịnh Đà Nẵng, Việt Nam trung bình là $1,88 \pm 1,58$ MPs/g w.w và $18,54 \pm 10,08$ MPs/cá thể và kết quả nghiên cứu hào tại 16 tỉnh ven biển tại Việt Nam trong đó có Quảng Ninh cho kết quả trung bình của MPs là $1,18 \pm 0,59$ MP/g w.w hoặc $11,55 \pm 4,83$ MPs/cá thể. MPs trong cát bãi biển gần một nhà máy lọc dầu ở bờ biển miền Trung Việt Nam tại 11 địa điểm lấy mẫu xác định MPs hiện diện trong tất cả các mẫu được thu thập với mật độ trung bình là 1582 ± 660 MPs/kg. Tương tự, sự tích tụ MPs trong trầm tích tại 3 bãi biển ở Đà Nẵng là Mỹ Khê, T20 và Sơn Thủy với mật độ MPs trung bình ở 3 bãi biển Sơn Thủy, T20, Mỹ Khê lần lượt là 1.460 ± 758 , 1.799 ± 370 và 29.232 ± 2.577 mảnh/kg d.w. Tại bãi biển Lệ Thủy, tỉnh Quảng Ngãi, MPs tích tụ trong các mẫu nước biển bề mặt có mật độ MPs dao động từ $19,44 \pm 7,12$ đến $50,56 \pm 2,51$ MPs/L, trung bình là $38,09 \pm 10,84$ MPs/L. Trong các mẫu cát bãi biển, mật độ MPs dao động từ $783,33 \pm 75,28$ đến $1.950,00 \pm 104,88$ MPs/kg với giá trị trung bình là $1.283,33 \pm 378,32$ MPs/kg.

3.1.2. Xác định hình dạng và kích thước của vi nhựa

Kết quả nghiên cứu xác định MPs tích tụ trong vẹm và môi trường

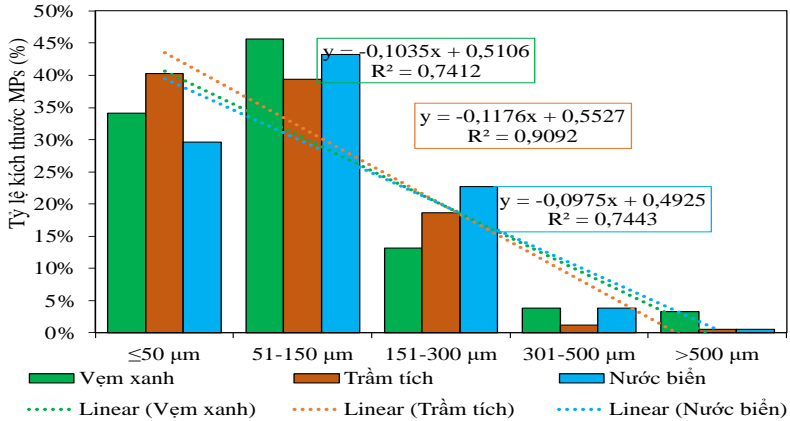
nước biển và trầm tích có hình dạng chính là dạng mảnh, sợi và hạt như trình bày cụ thể trong Hình 3.3



Hình 3.3. Phân bố hình dạng MPs tích tụ trong vẹm xanh (a), nước biển (b) và trầm tích (c)

Kết quả nghiên cứu kích thước MPs trong các mẫu vẹm kích thước trung bình là $119,72 \pm 171,93 \mu\text{m}$, dao động từ 19,40 - 2377,8 μm , MPs trong các mẫu nước biển có kích thước dao động từ 22,5 đến

795,1 μm và trung bình là $116,99 \pm 110,76 \mu\text{m}$. Trong khi đó, ở các mẫu trầm tích MPs có kích thước dao động từ 22,3 đến 1032,3 μm và trung bình là $97,61 \pm 89,74 \mu\text{m}$.



Hình 3.4. Phân bố kích thước của MPs tích tụ trong vẹm, nước biển và trầm tích

MPs thuộc nhóm kích thước 0 - 50 μm và 51 - 150 μm chiếm ưu thế trong cả vẹm xanh và môi trường, với tỷ lệ phân bố lần lượt là 34,17% và 45,62% trong mẫu vẹm; 29,65% và 43,20% trong mẫu nước biển và 40,22% và 39,40% trong mẫu trầm tích ven biển. Nhìn chung, mật độ MPs có xu hướng cao hơn ở các kích thước nhỏ (<150 μm) trong cả mẫu vẹm, nước biển và trầm tích với hệ số tuyến tính R^2 là 0,7412; 0,9092 và 0,7443, kết quả được trình bày tại Hình 3.4.

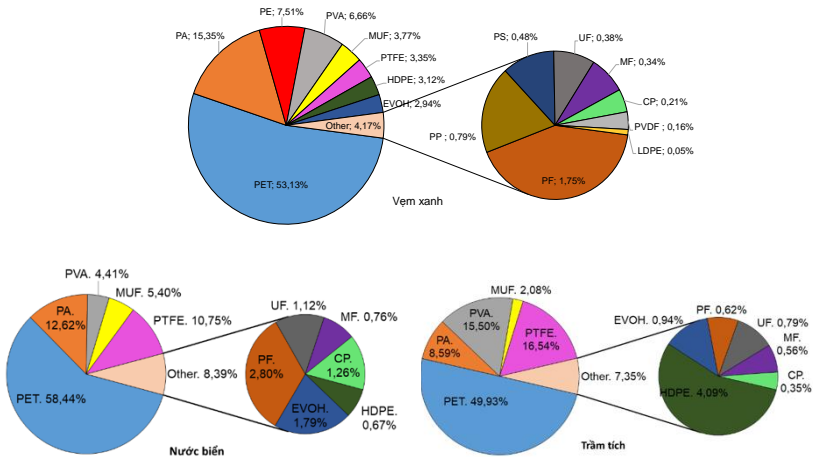
Khi kết quả nghiên cứu MPs tích tụ trong vẹm xanh, nước biển và trầm tích của luận án so sánh với kết quả nghiên cứu cùng nhóm tác giả Mạnh và cs., đã cho kết quả hình dạng và kích thước MPs trong hào Thái Bình Dương (*Crassostrea gigas*) ở Vịnh Đà Nẵng có 3 dạng chính là mảnh, sợi và hạt tương ứng với 73,71; lần lượt là 25,84 và 0,45%, kích thước của MPs dao động từ 22,4 - 1.318,8 μm , phổ biến nhất là

kích thước dưới 100 μm , chiếm 77,30%. Tương tự, kết quả nghiên cứu hầu tại 16 tỉnh ven biển trên khắp Việt Nam trong đó có Quảng Ninh cho kết quả MPs dạng mảnh (62,40%), sợi (37,10%) và hạt (0,50%) và kích thước của tất cả các MPs có trong mẫu hầu thay đổi từ 20 - 998 μm , trung bình là $112,04 \pm 124,72 \mu\text{m}$ và kết quả hình dạng và kích thước của MPs trong cát bãi biển gần một nhà máy lọc dầu ở bờ biển miền Trung Việt Nam tại 11 địa điểm lấy mẫu cho kết quả dạng sợi chiếm tỷ lệ lớn nhất trong các mẫu với 57,11%, phần còn lại được phân loại là dạng mảnh. Kích thước trung bình của MPs là $83,1 \pm 74,3 \mu\text{m}$, kích thước MPs trong trầm tích tại 3 bãi biển ở Đà Nẵng là Mỹ Khê, T20 và Sơn Thủy dao động từ 22,7- 1.272,6 μm , trung bình là $113,9 \pm 152,8 \mu\text{m}$, MPs kích thước nhỏ hơn 150 μm chiếm tỷ lệ lớn nhất: 77,83% ở Sơn Thủy, 87,96% ở T20 và 65,91% ở Mỹ Khê. Tại bãi biển Lệ Thủy, tỉnh Quảng Ngãi, kết quả MPs trong mẫu cát biển và nước mặt đã xác định được kích thước MPs trung bình là $150,90 \pm 1.50,07 \mu\text{m}$, dao động từ 22,5 - 838,9 μm trong các mẫu nước biển, ở các mẫu cát bãi biển kích thước MPs dao động từ 22,5 - 539,3 μm , trung bình là $84,68 \pm 78,96 \mu\text{m}$. MPs thuộc nhóm kích thước 0 - 50 μm và 51 - 100 μm chiếm đa số ở tất cả các mẫu với tỷ lệ phân bố lần lượt là 28,75 và 23,75% trong mẫu nước biển; 41,56 và 31,82% trong mẫu cát biển. Dạng mảnh chiếm đa số trong cả mẫu nước biển và cát biển với tỷ lệ lần lượt là 57,50 và 92,86%.

3.1.3. Xác định thành phần hóa học (polymer) của vi nhựa

Kết quả nghiên cứu xác định được 16 loại polymer của MPs trong cơ thể vẹm và 11 loại polymer của MPs trong môi trường nước biển và trầm tích tại khu vực nghiên cứu, trong đó PET chiếm tỷ lệ cao nhất với 53,13% trong vẹm, tiếp theo là PA và PE lần lượt chiếm 15,35% và 7,51%.

Tương tự, kết quả nghiên cứu trong môi trường cũng cho thấy PET chứa phần lớn các loại polymer với 58,44% trong nước biển, 49,93% trong trầm tích, tiếp đến là PA và PTFE chiếm 12,62% và 10,75% trong nước biển, chiếm 8,59% và 16,54% trong trầm tích. Tất cả dữ liệu này được thể hiện trong Hình 3.5.



Hình 3.5. Thành phần polymer của MPs tích tụ trong vẹm xanh, trầm tích và nước biển

Bên cạnh kết quả nghiên cứu tại vùng ven biển Quảng Ninh, trong quá trình thực hiện luận án, NCS đã tham gia nghiên cứu cùng nhóm tác giả Mạnh và cs., về thành phần hóa học (polymer) của MPs trong hào, nước và trầm tích tại các vùng ven biển trên khắp Việt Nam tại vùng biển Đà Nẵng và Quảng Ngãi cho kết quả như sau: Thành phần MPs tích tụ trong hào (*Crassostrea gigas*) ở Vịnh Đà Nẵng có 15 loại polyme, trong đó nylon là loại polyme có nhiều nhất với 50,56%. Tương tự, kết quả nghiên cứu hào tại 16 tỉnh ven biển Việt Nam (trong đó có vùng ven biển Quảng Ninh) có 12 loại polymer MP đã được xác định trong đó PET và HDPE được xác định là thành phần polymer chính của

MPs, chiếm lần lượt 42,26% và 31,95% tổng số MPs. Thành phần MPs tích tụ trong cát và nước mặt tại bãi biển Lê Thủy, tỉnh Quảng Ngãi với loại polymer chính là PET với tỷ lệ lần lượt là 37,50 và 44,16% trong các mẫu nước biển và cát biển và trong trầm tích tại 3 bãi biển ở Đà Nẵng là Mỹ Khê, T20 và Sơn Thủy Thành phần hóa học của MPs với các loại polymer khác nhau đã được xác định có 3 loại polymer PTFE, EVOH và PA chiếm tỷ lệ cao trong các mẫu.

3.2. Xác định chỉ số tích lũy và chỉ số rủi ro của vi nhựa

3.2.1. Xác định chỉ số tích lũy vi nhựa trong vẹm xanh

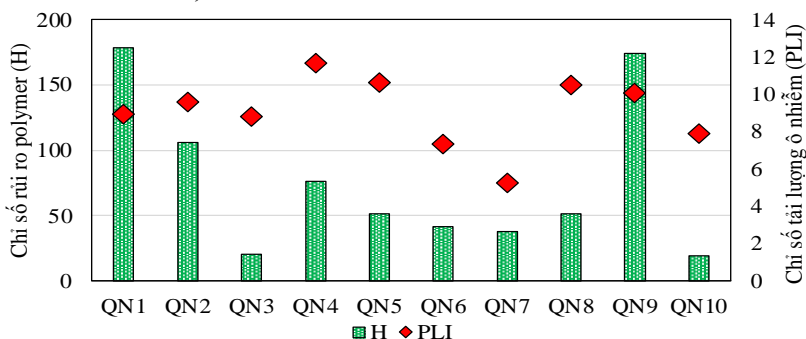
Kết quả nghiên cứu đã xác định được chỉ số tích lũy sinh học (BCR) và chỉ số tích lũy sinh học - trầm tích (BSAF) cho kết quả có sự tích tụ MPs trong cơ thể vẹm tương đối cao, cụ thể giá trị BCR và BSAF tương ứng là 1,05 và 10,38. Giá trị BSAF cao thể hiện sự hấp thụ và tích lũy MPs cao từ các cơ quan của vẹm xanh. Nghiên cứu đã chứng minh các dấu ấn sinh học vẹm xanh có tiềm năng được sử dụng như các kỹ thuật nhạy cảm, chính xác và nhanh chóng để đánh giá tác động sinh học của các chất ô nhiễm môi trường ở vùng nước ven biển. Như vậy, kết quả nghiên cứu này đã thể hiện loài vẹm xanh có khả năng tích lũy MPs ($BCR > 1$ và $BSAF > 1$).

3.2.2. Xác định chỉ số rủi ro của vi nhựa

Kết quả tính toán chỉ số rủi ro sinh thái từ thành phần polymer (H) của MPs và chỉ số tải lượng ô nhiễm của các MPs (PLI) tại 10 điểm lấy mẫu vẹm xanh được thể hiện trong Hình 3.6.

Chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs trong vẹm xanh tại 10 vị trí nghiên cứu trên vùng ven biển Quảng Ninh khá cao, PLI dao động từ 5,23 đến 11,65. Trong đó, vị trí có chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs cao nhất là QN4 có $PLI = 11,56$, tiếp theo là QN5 (10,64); QN8 (10,48), QN9 (10,05) các vị trí này theo tiêu chí mức độ rủi ro ô nhiễm MPs

được chỉ định là cấp II tức là có mức ô nhiễm khá cao. Còn lại các kết quả tại vị trí có chỉ số PLI thấp hơn được chỉ định là cấp độ I tức là có mức ô nhiễm MPs nhẹ hơn bao gồm QN2 có PLI = 9,58, QN1 (8,95), QN3 (8,80), QN10 (7,89), QN6 (7,32) và giá trị thấp nhất là vị trí QN7 có chỉ số PLI = 5,23.



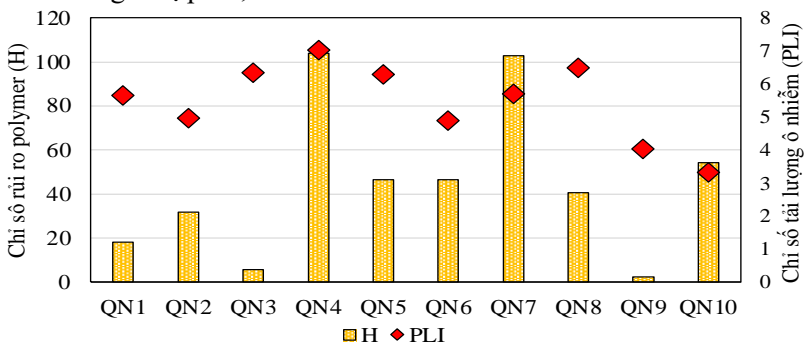
Hình 3.6. Chỉ số rủi ro polymer và chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs tích tụ trong vẹm xanh

Kết quả nghiên cứu đã thể hiện chỉ số H tích tụ trong vẹm xanh tại 10 vị trí lấy mẫu nằm trong khoảng từ 19,27 đến 178,55 và trung bình là $75,67 \pm 55,89$. Cụ thể, chỉ số rủi ro của vẹm xanh tại các điểm QN1 (178,55), QN2 (106,20) và QN9 (174,17) ở mức nguy hiểm cấp III (100 - 1000) và các điểm còn lại có chỉ số ở mức độ II (100).

Kết quả chỉ số tải lượng ô nhiễm của MPs trong trầm tích có giá trị cao nhất là tại điểm QN4 với PLI = 7,03, tiếp theo là QN8(6,50), QN3(6,35); QN5(6,29); QN7(5,70); QN1(5,64); QN2(4,97); QN6(4,90); QN9(4,03) và giá trị nhỏ nhất là tại điểm QN10 với PLI = 3,32 (Hình 3.7).

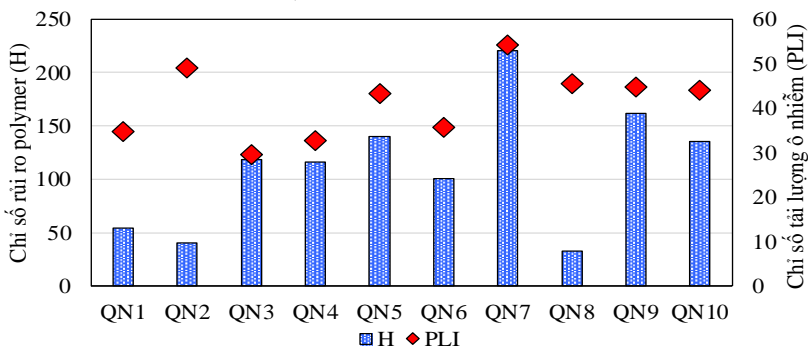
Các giá trị PLI này chỉ ra rằng mật độ MPs trong mẫu trầm tích bãi biển ở mức nguy hiểm I, tức là ô nhiễm nhẹ. Tính toán ANOVA một chiều xác định các giá trị PLI khác nhau đáng kể giữa 10 điểm lấy

mẫu với giá trị $p < 0,05$.



Hình 3.7. Chỉ số rủi ro polymer và chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs tích tụ trong trầm tích

Tuy nhiên, chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs trong các mẫu nước biển rất cao, có 9/10 vị trí ở mức IV với giá trị PLI dao động từ 32,66 đến 54,16. Cụ thể, chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs vị trí QN7 có PLI = 54,16, tiếp theo là QN2 (48,99), QN8 (45,46), QN9 (44,72), QN10 (43,97), QN5 (43,20), QN6 (35,59) QN1(34,64) và QN4 có PLI = 32,66. Một vị trí cho kết quả chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs ở mức III là QN3 với PLI = 29,44 (Hình 3.8).



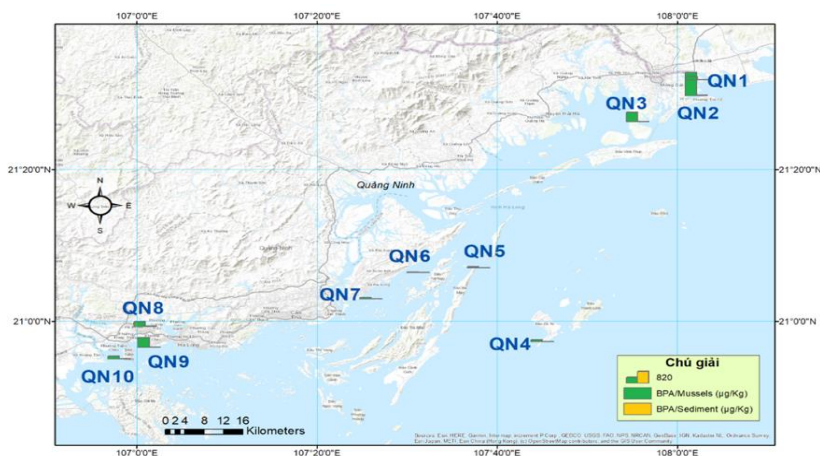
Hình 3.8. Chỉ số rủi ro polymer và chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs tích tụ trong nước biển

Kết quả nghiên cứu thể hiện chỉ số nguy hại của thành phần polyme tại 10 vị trí lấy mẫu nước biển có chỉ số H tại các địa điểm QN3 là 118,46 tiếp theo là QN4 (116,38), QN5 (140,21) QN6 (100,68), QN7 (220,54), QN9 (162,00) và QN10 (135,44) đã vượt quá ngưỡng mức nguy hiểm mức III, các điểm còn lại có chỉ số H ở mức độ II. Tuy nhiên, chỉ số H trong trầm tích khá thấp, dao động từ 2,12 - 103,89, trung bình $45,17 \pm 33,48$ và hầu hết có chỉ số H ở mức I và II, có hai điểm là QN4 (103,89) và QN7 (102,80) là ở mức III.

3.3. Xác định nồng độ các chất BPA, PAEs và PBDEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích

3.3.1. Xác định nồng độ BPA tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra nồng độ BPA tích tụ trong các mẫu vẹm xanh tại 10 vị trí ven biển Quảng Ninh dao động từ 29,13 - 1640,37 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w với mức trung bình $406,98 \pm 492,02$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w.



Hình 3.9. Nồng độ BPA tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích vùng biển Quảng Ninh

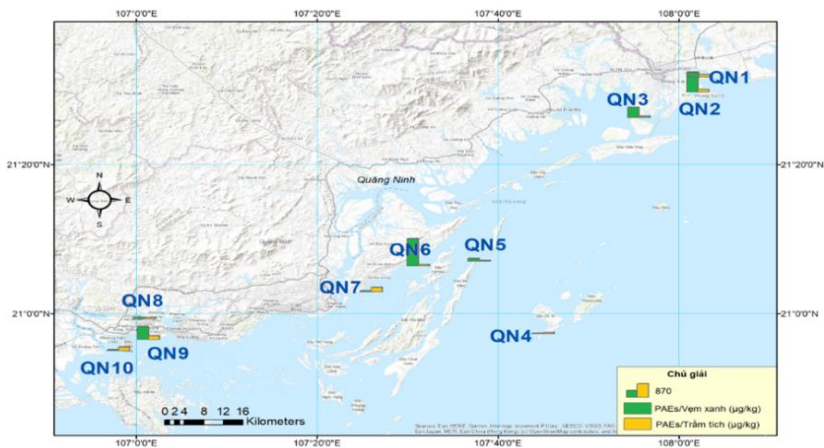
Nồng độ BPA cao nhất trong vẹm xanh được tìm thấy ở vùng biển Trà Cổ (QN2; $1.640,37 \pm 42,67$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w), Vạn Ninh (QN3;

670,90 ± 21,86 µg/kg w.w) và Bãi Cháy (QN9; 675,30 ± 49,20 µg/kg w.w). Trong các mẫu trầm tích, nồng độ BPA dao động trong khoảng từ 0,03 - 1,79 µg/kg d.w với mức trung bình là 0,23 ± 1,79 µg/kg d.w và vị trí có nồng độ BPA cao nhất là QN3, QN4 và QN8. Để mô phỏng giá trị nồng độ BPA được rõ hơn trong cách đánh giá trên từng địa điểm, các kết quả nghiên cứu được chỉ ra tại Hình 3.9.

Kết quả tính toán tương quan đã thể hiện có mối tương quan giữa nồng độ BPA trong vẹm xanh và mẫu trầm tích ($a = -0,0001$, $R^2 = 0,0087$; $r = -0,0931$) trên toàn khu vực nghiên cứu.

3.3.2. Xác định nồng độ PAEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích

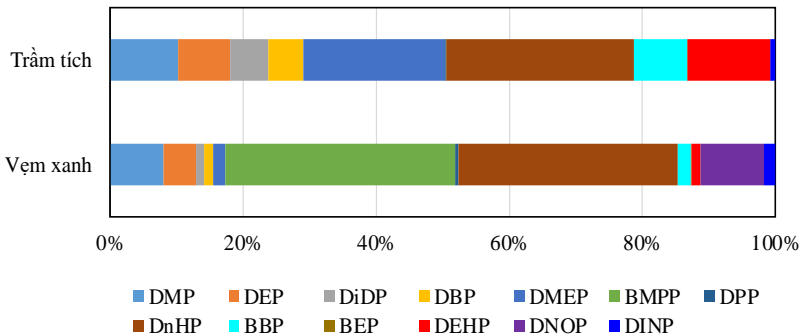
Nghiên cứu tại 10 vị trí lấy mẫu cho kết quả nồng độ hợp chất Σ_{13} PAEs được phát hiện trong mẫu vẹm xanh dao động từ 35,74 - 1747,16 µg/kg w.w và với mức trung bình là 523,93 ± 595,29 µg/kg w.w. Nồng độ Σ_{13} PAEs trong trầm tích dao động từ 47,16 - 295,48 µg/kg d.w, trung bình là 144,32 ± 81,53 µg/kg d.w, nồng độ cụ thể tại 10 vị trí được trình bày tại Hình 3.10.



Hình 3.10. Nồng độ PAEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích vùng biển Quảng Ninh

Kết quả nghiên cứu ác mẫu vẹm xanh xác định vị trí bị phơi nhiễm PAEs cao nhất là vùng biển Hạ Long, huyện Vân Đồn (QN6) có nồng độ $1.747,16 \pm 58,66 \mu\text{g/kg w.w}$, tiếp theo là vị trí QN2 ($1.277,05 \pm 21,96 \mu\text{g/kg w.w}$), QN9 ($827,70 \pm 86,60 \mu\text{g/kg w.w}$), QN3 ($661,98 \pm 67,29 \mu\text{g/kg w.w}$) và QN1 có nồng độ $\sum_{13}\text{PAEs}$ là $276,64 \mu\text{g/kg w.w}$. Tuy nhiên, PAEs tích tụ trong trầm tích có nồng độ cao nhất xảy ra ở vùng biển Cái Rồng, huyện Vân Đồn (QN7) là $295,48 \pm 22,48 \mu\text{g/kg d.w}$ và tiếp theo là các vị trí QN10 là $232,82 \pm 29,90 \mu\text{g/kg d.w}$, QN9 ($215,05 \pm 53,80 \mu\text{g/kg d.w}$), QN1 ($162,05 \pm 7,10 \mu\text{g/kg d.w}$) và QN2 có giá trị nồng độ PAEs là $150,59 \pm 15,47 \mu\text{g/kg d.w}$. Kết quả tính toán tương quan đã thể hiện có mối tương quan thấp giữa nồng độ PAEs trong vẹm xanh và trầm tích ($a = 14,751$, $R^2 = 0,3039$; $r = -0,1349$) tại các vị trí lấy mẫu.

Kết quả phân tích được chỉ ra tại Hình 3.11 chỉ ra năm trong mười ba chất cấu tử của PAEs phân tích được phát hiện với tần suất 5 - 34% trong các mẫu vẹm xanh và trong trầm tích có tám trong mười ba chất cấu tử của PAEs phát hiện từ 5 - 28%.



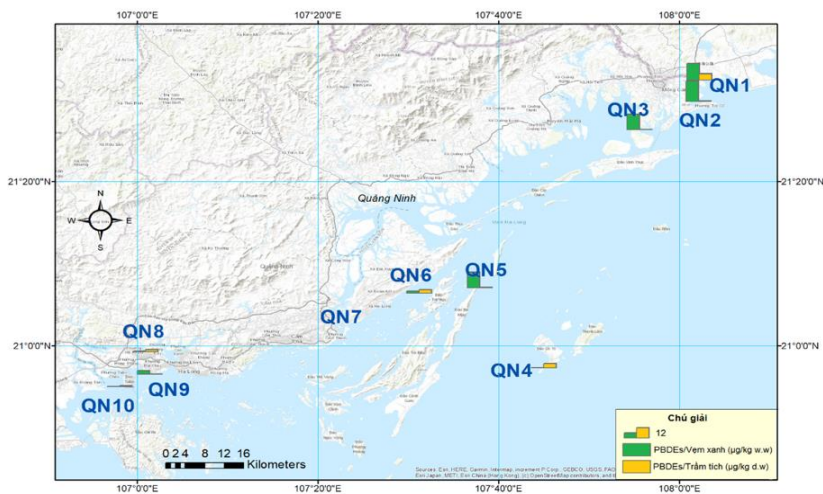
Hình 3.11. Tỷ lệ nồng độ các chất cấu tử của PAEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích

Trong đó các chất chiếm nhiều nhất trong vẹm xanh là BMPP

(34%), DnHP (33%) và DEHP (10%), tuy nhiên các chất chiếm nhiều nhất trong trầm tích là DnHP (28%), DMEP (21%) và DEHP (12%). Các cấu tử BEEP và DCP không được tìm thấy trong bất kỳ mẫu vẹm xanh và trầm tích nào. Điều này có thể do đặc tính của điều kiện môi trường tại khu vực nghiên cứu.

3.3.3. Xác định nồng độ PBDEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích

Trong nghiên cứu này, giá trị của \sum_5 PBDEs là tổng của tất cả các cấu tử PBDEs. Đối với tất cả các mẫu, nồng độ \sum_5 PBDEs trong vẹm xanh dao động từ 0,06 - 23,50 $\mu\text{g}/\text{kg w.w}$, trung bình $8,60 \pm 9,44 \mu\text{g}/\text{kg w.w}$. Tương tự, nồng độ \sum_5 PBDEs trong trầm tích dao động từ 0,06 - 7,26 $\mu\text{g}/\text{kg d.w}$ và trung bình là $1,99 \pm 2,43 \mu\text{g}/\text{kg d.w}$, nồng độ cụ thể tại 10 vị trí được trình bày tại Hình 3.12.



Hình 3.12. Nồng độ \sum_5 PBDEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích vùng biển Quảng Ninh

Kết quả thể hiện nồng độ \sum_5 PBDEs khá cao, tại vị trí nghiên cứu là vùng biển Trà Cổ, TP. Móng Cái (QN2 - $23,50 \pm 4,76 \mu\text{g}/\text{kg w.w}$) tiếp theo là vị trí QN1 ($19,34 \pm 1,53 \mu\text{g}/\text{kg w.w}$), QN5 ($18,60 \pm$

2,29 $\mu\text{g}/\text{kg w.w}$) và vị trí QN3 là $18,39 \pm 1,88 \mu\text{g}/\text{kg w.w}$, tuy nhiên tại các vị trí QN4, QN7, QN8 và QN10 lại có nồng độ $\Sigma_5\text{PBDEs}$ rất thấp. Thông qua các mức độ tích lũy giá trị $\Sigma_5\text{PBDEs}$ thu được từ nghiên cứu thể hiện vùng biển Trà Cổ (QN2), Hải Hoà (QN1) và Vạn Ninh thuộc TP. Móng Cái, nằm trong vùng hải lưu từ phương Bắc và $\Sigma_5\text{PBDEs}$ mang từ đất liền thông qua dòng chảy đổ ra sông Ka Long đây được xem là một nguyên nhân gây nên sự tích lũy các PBDEs tại đây cao hơn các vùng còn lại. Mức độ này có sự tương quan lớn khi xem xét giá trị $\Sigma_5\text{PBDEs}$ trong mẫu trầm tích.

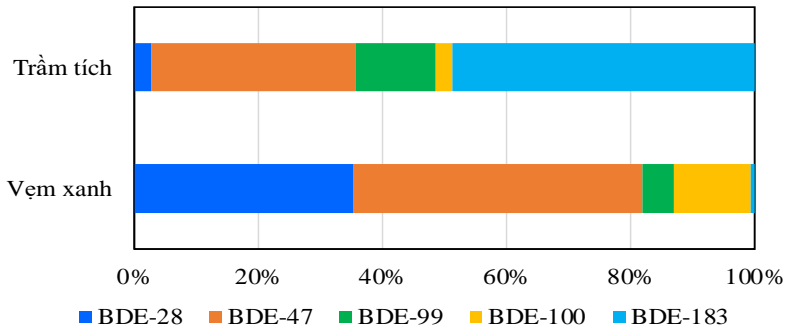
Trong khi đó nồng độ $\Sigma_5\text{PBDEs}$ trong trầm tích tại các vị trí vùng biển Hải Hoà (QN1: $7,26 \pm 1,67 \mu\text{g}/\text{kg d.w}$) được ghi nhận ở mức giá trị cao nhất, lần lượt các giá trị giảm dần tại vị trí QN4 ($4,87 \pm 1,16 \mu\text{g}/\text{kg d.w}$) và tiếp theo là QN6 ($4,14 \pm 1,90 \mu\text{g}/\text{kg d.w}$). Kết quả tính toán tương quan tuyến tính cho kết quả có mối tương quan nghịch giữa nồng độ $\Sigma_5\text{PBDEs}$ trong vẹm xanh và trầm tích ($a = -0,0102$, $R^2 = -0,0016$; $r = -0,1760$) tại 10 vị trí nghiên cứu trên.

Kết quả nghiên cứu tại Hình 3.13 đã xác định được nồng độ BDE-47 trong vẹm xanh cao nhất, dao động từ 0,06 - 18,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ với giá trị trung bình là $28,13 \pm 6,45 \mu\text{g}/\text{kg w.w}$, tiếp đến là BDE-28 có nồng độ từ 0,06 - 8,93 $\mu\text{g}/\text{kg w.w}$ với giá trị trung bình là $5,15 \pm 2,91 \mu\text{g}/\text{kg w.w}$. Tuy nhiên, trong trầm tích nồng độ BDE-183 có giá trị cao nhất với khoảng giá trị từ 0,06 - 7,02 $\mu\text{g}/\text{kg d.w}$ và giá trị trung bình là $5,19 \pm 1,83 \mu\text{g}/\text{kg d.w}$, tiếp theo là nồng độ BDE-47 dao động từ 0,06 - 3,32 $\mu\text{g}/\text{kg d.w}$ với giá trị trung bình là $1,02 \pm 0,99 \mu\text{g}/\text{kg d.w}$.

Các cấu tử có nhiều nhất trong vẹm xanh là BDE-47 chiếm 46,55%, tiếp theo là BDE-28 với 35,35%, BDE-100 (12,32%), BDE-99 (5,10%) và BDE-183 (0,68%). Tỷ lệ BDE-47 trong hai môi trường đều khoảng 33 - 47%. Tuy nhiên, nồng độ tương đối của BDE-99 giảm

dẫn theo thứ tự trăm tích > vẹm xanh.

Kết quả nghiên cứu nồng độ các cấu tử tích tụ trong trăm tích với là BDE-183 có giá trị cao nhất với 48,77%, tiếp theo là BDE-47 chiếm 33,00%, BDE-99 (12,84%), BDE-100 (2,69%) và BDE-28 (2,69%). Trong số 5 đồng loại, BDE-47 chiếm ưu thế trong cả trăm tích và vẹm xanh, BDE-183 chiếm ưu thế trong trăm tích, ngược lại tỷ lệ BDE-183 trong vẹm xanh có giá trị rất thấp (Hình 3.13).



Hình 3. 13. Tỷ lệ nồng độ các cấu tử của PBDEs tích tụ trong vẹm xanh và trăm tích

Loài vẹm xanh (*Perna viridis*) là loài sống cố định bám vào các vật dụng lơ lửng trong nước trong khi đó các loài còn lại sinh sống tại tầng đáy. Do vậy, sự trao đổi chất của loài vẹm với môi trường nước có tính liên tục nên chúng là một trong những loài có thể sử dụng làm chỉ thị đánh giá ô nhiễm môi trường do tích lũy các chất BPA, PAEs và PBDEs.

3.4. Xác định chỉ số BSAF và đánh giá mối tương quan MPs với hóa chất liên quan tích tụ trong vẹm xanh

3.4.1. Xác định chỉ số BSAF

Hệ số tích lũy sinh học cho mỗi hợp chất (BPA, PBDEs và PAEs) trong mẫu vẹm xanh và trăm tích trên vùng ven biển Quảng Ninh đã

được nghiên cứu xác định và kết quả BSAF của BPA tại 10 vị trí nghiên cứu nằm trong khoảng từ 108,03 đến 584,47, giá trị trung bình là $286,24 \pm 198,95$. Tuy nhiên, trong 10 vị trí nghiên cứu có các vị trí QN1, QN2, QN7 và QN9 có giá trị là không xác định do nồng độ BPA tích tụ trong trầm tích rất thấp, vị trí có giá trị cao nhất là QN8 (584,47), tiếp đến là QN10 (407,85), QN3 (374,89) và QN6 (126,65). Tương tự, giá trị BSAF của Σ PAEs có mức giá trị dao động từ 0,22 đến 17,94, giá trị trung bình là $4,57 \pm 5,57$, trong đó vị trí có giá trị cao nhất là QN6 (17,94), tiếp đến là QN2 (8,48) và QN3 (7,84), vị trí thấp nhất là QN7 (0,22). Đối với giá trị BSAF của Σ PBDEs tại 10 vị trí nghiên cứu có mức giá trị dao động từ 0,55 đến 63,41 và giá trị trung bình là $28,89 \pm 32,07$, trong đó các vị trí QN2, QN4, QN7, QN8, QN9 và QN10 có giá trị là không xác định do nồng độ PBDEs tích tụ trong vẹm xanh và trầm tích dưới ngưỡng phát hiện, vị trí có giá trị cao nhất là QN3(63,41), tiếp đến là QN5(48,95) và QN1(2,66), vị trí thấp nhất là QN6(0,55). Các giá trị BSAF của các chất và hợp chất trên phản ánh sự đóng góp của trầm tích trong quá trình tích lũy sinh học của các chất.

3.4.2. Đánh giá mối tương quan MPs với hóa chất liên quan tích tụ trong vẹm xanh

Kết quả tính toán mối tương quan giữa MPs với BPA, PBDEs và PAEs thể hiện có mối liên quan thấp về mặt thống kê giữa mật độ MPs với nồng độ BPA ($a = 0,3758$, $R^2 = 0,0209$; $r = 0,14$) và PBDEs ($a = 18,996$, $R^2 = 0,0217$; $r = 0,37$) tích tụ trong vẹm xanh hay xác định được xu hướng tương quan nghịch giữa sự tích tụ của MPs và PAEs ($a = -0,4643$; $R^2 = -0,0467$; $r = -0,22$) trong vẹm xanh. Như vậy, mối tương quan giữa MPs với các chất BPA và PBDEs tích tụ trong vẹm xanh không rõ ràng làm nổi bật sự tương tác phức tạp giữa các chất ô nhiễm này.

Kết quả nồng độ MPs thu được trong nghiên cứu này đối với sinh vật, nước biển và trầm tích đều cao hơn so với các nghiên cứu đã công bố trước đây trên các khu vực khác trên thế giới, điều này có khả năng góp phần gây ra ô nhiễm BPA, PAEs và PBDEs ở vịnh xanh và do các chất phụ gia từ vi nhựa bị phát tán ra môi trường.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

1. Kết quả xác định mật độ trung bình của MPs trong vịnh khá cao, trung bình là $3,41 \pm 2,97$ MPs/g w.w và $22,26 \pm 16,05$ MPs/cá thể và mật độ MPs trong môi trường nước biển và trầm tích lần lượt là $88,00 \pm 30,88$ MPs/L và $4.800,00 \pm 1.775,95$ MPs/kg d.w. Hình dạng phổ biến của MPs trong 3 đối tượng nghiên cứu được xác định là mảnh, sợi và hạt. Ngoài ra, kích thước MPs từ nhỏ hơn $50 \mu\text{m}$ và từ $51-150 \mu\text{m}$ là phổ biến nhất. Mười sáu loại polyme được xác định tích tụ trong vịnh xanh. Đã xác định được mười một loại polymer trong môi trường nước biển và trầm tích.

Kết quả tính toán giá trị PLI này chỉ ra rằng mật độ MPs trong mẫu trầm tích bãi biển ở mức nguy hiểm I, mức ô nhiễm nhẹ. Tuy nhiên, chỉ số tải lượng ô nhiễm MPs trong các mẫu nước biển rất cao, có 9/10 vị trí ở mức IV với giá trị PLI dao động từ 32,66 đến 54,16. Dựa trên thành phần hóa học của polymer, chỉ số đánh giá rủi ro (H) ở cấp độ II và III trong vịnh xanh, nước biển và trầm tích. Chỉ số mật độ sinh học giữa vịnh xanh và nước biển tại các vị trí đều cho kết quả cao ($\text{BCR} > 1$). Tương tự, hệ số tích tụ sinh học trầm tích tại vị trí nghiên cứu có $\text{BSAF} > 1$, trung bình hơn 10 lần.

2. Kết quả nồng độ BPA trong vịnh xanh khá cao (biến thiên từ 29,13 đến 1640,37 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w) và trong các mẫu trầm tích ven biển,

nồng độ BPA dao động trong khoảng từ 0,03 – 1,79 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w với mức trung bình là $0,23 \pm 1,79$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w. Nồng độ $\sum_{13}\text{PAEs}$ phát hiện trong mẫu vẹm xanh dao động từ 35,74 – 1747,16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w và với mức trung bình là $523,93 \pm 595,29$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w. Tương tự, nồng độ $\sum_{13}\text{PAEs}$ trong trầm tích dao động từ 47,16 – 295,48 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w, trung bình là $144,32 \pm 81,53$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w. Đối với tất cả các mẫu, $\sum_5\text{PBDEs}$ tích tụ trong vẹm xanh dao động từ 0,06 – 23,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w, trung bình $8,60 \pm 9,44$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ w.w. Nồng độ $\sum_5\text{PBDEs}$ tích tụ trong trầm tích dao động từ 0,06 – 7,26 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w và trung bình là $1,99 \pm 2,43$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w. Hệ số tích lũy sinh học cho mỗi hợp chất (BPA, PBDEs và PAEs) cho kết quả BSAF của BPA tại các vị trí nghiên cứu nằm trong khoảng từ 108,03 đến 584,47, giá trị trung bình là $286,24 \pm 198,95$.

3. Sự tích tụ MPs trong mô mềm của vẹm xanh có mối tương quan thấp về mặt thống kê với nồng độ BPA ($r = 0,14$) và PBDEs ($r = 0,37$) hay không phát hiện thấy mối liên quan nào giữa sự tích tụ của MPs và PAEs ($r = -0,22$) trong vẹm xanh được đánh giá.

Kết quả nghiên cứu đã chứng minh ở vùng ven biển Quảng Ninh các chất phụ gia hóa học và MPs tích tụ trong vẹm xanh do môi trường sống của chúng bị ô nhiễm và vẹm xanh như là một chỉ thị sinh học tốt để đánh giá mức độ tích tụ vi nhựa và các hóa chất liên quan trong môi trường biển ven bờ ở Việt Nam.

Kiến nghị

- Bổ sung thêm mẫu lấy tại các điểm nằm sâu hơn trong lục địa tại các đầu phát thải theo điểm xả thải chính và lưu lượng lớn để đánh giá được khả năng phát tán của MPs và các hoá chất theo không gian.

- Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy sinh học của vẹm xanh đối với MPs và hóa chất trong môi trường nhân tạo theo thời gian.

- Nghiên cứu thêm để làm rõ cơ chế ảnh hưởng của mức độ tích lũy tới khả năng sinh trưởng, phát triển và tập tính sinh học vẹm xanh khi tiếp xúc với một số hoá chất thường được bổ sung trong quá trình sản xuất nhựa theo các mốc thời gian và nồng độ khác nhau.

NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Bước đầu đã định lượng được số lượng, hình dạng, kích thước, thành phần MPs và một số chất hữu cơ đặc trưng tích lũy trong loài vẹm xanh (*Perna viridis*), nước biển và trầm tích ở vùng biển ven bờ tỉnh Quảng Ninh. Luận án đã xác định được mối tương quan giữa vi nhựa với một số chất hữu cơ liên quan và mức độ tích lũy, rủi ro của MPs và các chất hữu cơ dựa trên các chỉ số độc tính hoá học của polymers, tải lượng PLI, tích tụ sinh học - trầm tích. Kết quả thu được trong nghiên cứu này có thể là cơ sở và tài liệu tham khảo cho các nghiên cứu tiếp theo về ô nhiễm nhựa, đặc biệt là các nghiên cứu về ô nhiễm nhựa trong sinh vật và tác động của chúng tới sức khỏe con người ở Việt Nam.

Kết quả nghiên cứu ban đầu về BPA, PAEs và PBDEs tích tụ trong loài vẹm xanh (*Perna viridis*) ở khu vực ven biển Quảng Ninh đã chỉ ra nồng độ BPA trong vẹm xanh khá cao so với nhiều khu vực khác trên thế giới và trong các mẫu trầm tích ven biển.

Từ đó thể hiện tình trạng tích lũy BPA, PAEs và PBDEs có liên quan đến sự tích tụ MPs trong môi trường tích tụ trong loài vẹm xanh vùng ven biển Quảng Ninh.

Bước đầu có thể xác định được vẹm xanh (*Perna viridis*) là một trong những loài 2 mảnh vỏ phù hợp làm chỉ thị sinh học cho đánh giá tình trạng phơi nhiễm MPs và các hóa chất liên quan (được đưa vào trong quá trình sản xuất nhóm chất dẻo hoá, định hình, chấy chặm, bền màu...) trong môi trường biển ven bờ của Việt Nam.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ XUẤT BẢN LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Van Manh Do, Van Tuyen Trinh, Xuan Thanh Thao Le, **Duy Thanh Nguyen**, “*Evaluation of microplastic bioaccumulation capacity of mussel (Perna viridis) and surrounding environment in the North coast of Vietnam*”, 2023, Marine Pollution Bulletin, ISSN: 1879-3363, SCI, Q1.
2. **Duy Thanh Nguyen**, Xuan Thanh Thao Le, Van Tuyen Trinh, Van Manh Do, “*Evaluation of chemical exposure to the sediment and green mussels (Perna viridis) at some coastal sites in Northern Vietnam*”, 2024, ISSN: 2352-4855, SCIE, Q2.
3. Xuan Thanh Thao Le, **Duy Thanh Nguyen**, Minh Tuan Pham, Minh Viet Trinh, Phuoc Cuong Le, Van Manh Do, “*Risk assessment of microplastic exposure: A case study near a refinery factory at the central coast of Vietnam*”, 2023, Marine Pollution Bulletin, ISSN: 0025-326X, SCI, Q1.
4. Van Manh Do, Thi Thom Dang, Xuan Thanh Thao Le, **Duy Thanh Nguyen**, Thi Vi Phung, Dinh Ngo Vu, Hung Viet Pham, “*Abundance of microplastics in cultured oysters (Crassostrea gigas) from Danang Bay of Vietnam*” Marine Pollution Bulletin, 2022, ISSN: 1879-3363, SCI, Q1.
5. Xuan Thanh Thao Le, Minh Viet Trinh, **Duy Thanh Nguyen**, Van Manh Do, “*Overall evaluation of microplastic exposure in oysters (Crassostrea gigas) in coastal areas of Viet Nam*”, 2024, Regional Studies in Marine Science, ISSN: 2352-4855, SCIE, Q2.
6. **Nguyen Duy Thanh**, Vo Anh Thu, Dang Thi Thom, Duong Tuan Manh, Pham Minh Tuan, Le Xuan Thanh Thao, Vu Dinh Ngo, Trinh Van Tuyen, Do Van Manh, “*Investigation of microplastics existence in mussel (Perna Viridis) from Halong bay, VietNam*”, 2022, Vietnam Journal of Science and Technology, ISSN: 2525-2518, SCOPUS, Q4.
7. Do Van Manh, Dang Thi Thom, Le Xuan Thanh Thao, **Nguyen Duy Thanh**, Duong Tuan Manh, Pham Hung Viet, “*Microplastics accumulation in Pacific oysters from Danang bay, Vietnam*”, Vietnam Journal of Science and Technology, ISSN: 2525-2518, SCOPUS, Q4.
8. Le Xuan Thanh Thao, Huynh Duc Long, Nguyen Thi Linh, Vo Anh Thu, Dang Thi Thom, **Nguyen Duy Thanh**, Do Van Manh, “*The evidence of microplastics exposed in Le Thuy beach of Quang Ngai, Viet Nam*”, 2023, Vietnam Journal of Science and Technology, ISSN: 2525-2518, SCOPUS, Q4.
9. Lê Xuân Thanh Thảo, Huỳnh Đức Long, **Nguyễn Duy Thành**, Đỗ Văn Mạnh, “*Tổng quan các phương pháp xử lý mẫu trong quy trình phân tích vi nhựa*”, 2021, Tạp chí Phân tích Hóa, Lý và Sinh học, ISSN: 0868-3224.
10. Đỗ Văn Mạnh, Đặng Thị Thơm, Lê Xuân Thanh Thảo, **Nguyễn Duy Thành**, Huỳnh Đức Long, Nguyễn Thị Linh, Doãn Thị Thùy Linh, Vũ Đình Ngo, Dương Hồng Anh, Phạm Hùng Việt, “*Phân tích đặc tính của rác thải vi nhựa trong trầm tích bãi biển vùng duyên hải Việt Nam: Nghiên cứu ban đầu tại Đà Nẵng*”, 2021, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, ISSN 2615-9759.