



Original Article

Betermining of Heavy Metal Content in Sediment Cores from the Thi Nai Lagoon, Quy Nhon, Viet Nam by ICP-MS Method

Nguyen Thi Dung^{1,*}, Nguyen Manh Ha¹, Tu Binh Minh¹,
Dang Ngoc Dinh², Dang Hoai Nhon³

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

²Viet Tri University of Industry, 9 Tien Son, Thanh Mieu, Phu Tho, Vietnam

³Vietnam Academy of Science and Technology Institute of Oceanography,
246 Da Nang, Ngo Quyen, Hai Phong, Vietnam

Received 25th Ferbruary 2026

Revised 03rd August 2026; Accepted 05th August 2026

Abstract: This study presents the results of analyzing the heavy metal content in 23 real sediment samples at depths from 0 cm to 92 cm in Thi Nai Lagoon, Quy Nhon, Vietnam, using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), after processing by wet inorganicization in a microwave oven. The analysis results showed that almost all metal elements were present in the sediment samples except for Cd, Se, and V, which were below the detection limit of the method. The metal content decreased in the following order: Fe > Zn > Mn > Cr > Pb > Cu > Ni > Co > As, Sb, Hg, Ag. The highest Fe content was in the range of 11075 – 15799 mg/kg, followed by Zn in the range of 3562 – 5527 mg/kg, and Mn content ranging from 295 - 420 mg/kg. The concentration of metals (Cr, Pb, Cu, Ni, Co) ranged from 1.1 to 31 mg/kg. Heavy metals such as As, Sb, Hg, and Ag have low concentrations, ranging from 0.04 to 5.2 mg/kg. Compared to the levels stipulated in QCVN 43:2025/BNNMT, which specifies the limits for surface water and marine sediment quality, the sediments in Thi Nai Lagoon, Quy Nhon, show signs of high accumulation of Zn (many times higher than the QCVN standard). The concentration of metals increases with depth from 20 cm to the surface near the Total Excess Energy Levels (TELs) in recent years, indicating the strong impact of human activities on the aquatic environment, causing metals to deposit at the sediment surface.

Keywords: ICP-MS, heavy metal, heavy metal analysis.

* Corresponding author.

E-mail address: manhhath@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.6007>

Xác định hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích lõi tại đầm Thị Nại, Quy Nhơn, Việt Nam bằng phương pháp ICP-MS

Nguyễn Thị Dung^{1,*}, Nguyễn Mạnh Hà¹, Từ Bình Minh¹,
Đặng Ngọc Định², Đặng Hoài Nhơn³

¹*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

²*Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, 9 Tiên Sơn, Thanh Miếu, Phú Thọ, Việt Nam*

³*Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
246 Phố Đà Nẵng, Ngô Quyền, Hải Phòng, Việt Nam*

Nhận ngày 25 tháng 02 năm 2026

Chỉnh sửa ngày 03 tháng 8 năm 2026; Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 8 năm 2026

Tóm tắt: Nghiên cứu này đề cập đến kết quả phân tích hàm lượng kim loại nặng trong 23 mẫu trầm tích ở độ sâu từ 0 cm đến 92 cm tại đầm Thị Nại, Quy Nhơn, Việt Nam bằng phương pháp khối phổ plasma cảm ứng cao tần ICP-MS, sau khi xử lý bằng kỹ thuật vô cơ hóa ướt trong lò vi sóng. Kết quả phân tích cho thấy hầu như tất cả các nguyên tố kim loại đều có mặt trong mẫu trầm tích trừ Cd, Se và V nằm dưới giới hạn phát hiện của phương pháp. Hàm lượng kim loại giảm dần như sau Fe > Zn > Mn > Cr > Pb > Cu > Ni > Co > As, Sb, Hg, Ag. Trong đó hàm lượng Fe cao nhất nằm trong 11075 – 15799 mg/kg, tiếp đến Zn trong khoảng 3562 – 5527 mg/kg, hàm lượng Mn dao động trong khoảng 295 - 420 mg/kg. Các kim loại Cr, Pb, Cu, Ni, Co, có hàm lượng dao động trong khoảng 1,1 – 31 mg/kg. Các kim loại nặng như As, Sb, Hg và Ag có hàm lượng thấp ở trong khoảng 0,04 – 5,2 mg/kg. So với mức quy định trong QCVN 43:2025/BNMT quy định các giới hạn chất lượng trầm tích nước mặt và trầm tích biển thì trầm tích ở đầm Thị Nại, Quy Nhơn có dấu hiệu tích lũy cao Zn (cao gấp nhiều lần so với QCVN). Hàm lượng các kim loại tăng lên từ độ sâu 20 cm cho đến bề mặt gần với mức ảnh hưởng (TELS) trong những năm trở lại đây cho thấy sự tác động mạnh mẽ của con người đến môi trường nước khiến các kim loại lắng đọng tại bề mặt của trầm tích.

Từ khóa: ICP-MS, kim loại nặng, trầm tích.

1. Mở đầu

Kim loại nặng là nhóm chất ô nhiễm có độc tính cao, khả năng tích lũy sinh học và tồn lưu lâu dài trong môi trường. Trong các thủy vực, chúng thường hấp phụ lên các hạt vật chất lơ lửng và lắng đọng trong trầm tích, khiến trầm tích trở thành nơi lưu giữ các chất ô nhiễm và phản ánh lịch sử biến đổi môi trường theo thời gian [1, 2]. Do đó, nghiên cứu lõi trầm tích được xem là một công cụ hữu hiệu để đánh giá

sự tích lũy kim loại, nhận diện nguồn phát thải và tái hiện lịch sử ô nhiễm trong các hệ sinh thái cửa sông, đầm phá và ven biển [2, 3].

Đầm Thị Nại là đầm phá ven biển lớn nhất khu vực Nam Trung Bộ, tiếp nhận nguồn nước từ sông Côn và sông Hà Thanh, đồng thời đóng vai trò quan trọng đối với phát triển kinh tế – xã hội của tỉnh Bình Định. Tuy nhiên, quá trình đô thị hóa, phát triển công nghiệp, nuôi trồng thủy sản và các hoạt động kinh tế ven biển đã làm gia tăng áp lực ô nhiễm đối với môi trường đầm phá [4]. Chín đầm phá ven biển miền Trung Việt Nam, trong đó có đầm Thị Nại, cho thấy hàm lượng các kim loại trong trầm tích nhìn chung còn thấp nhưng đã xuất hiện dấu hiệu

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: manhhath@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.6007>

tích lũy một số nguyên tố tại các lớp trầm tích trẻ. Kết quả cũng chỉ ra rằng sự phân bố kim loại chịu ảnh hưởng đáng kể bởi thành phần hạt mịn và điều kiện lắng đọng trầm tích [2].

Những năm gần đây, nhiều nghiên cứu tại Việt Nam đã ghi nhận xu hướng gia tăng tích lũy kim loại trong trầm tích cửa sông và ven biển dưới tác động của hoạt động công nghiệp, giao thông hàng hải và đô thị hóa [5-8]. Tuy nhiên, các dữ liệu cập nhật về sự phân bố theo chiều sâu của kim loại trong lõi trầm tích đầm Thị Nại, Quy Nhơn vẫn còn hạn chế. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định hàm lượng và đánh giá sự phân bố theo chiều sâu của các nguyên tố kim loại trong lõi trầm tích đầm Thị Nại bằng kỹ thuật ICP-MS, góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho công tác đánh giá và quản lý chất lượng môi trường khu vực.

2. Thực nghiệm

2.1. Hoá chất

- Dung dịch chuẩn hỗn hợp 29 nguyên tố có nồng độ 10 mg/L (mỗi nguyên tố) của hãng Merck.
- Các axit đặc H_2SO_4 (96%), HNO_3 (65%) loại siêu tinh khiết của Merck.
- Dung dịch H_2O_2 30% (p.A., Merk)

2.2. Thiết bị

- Thiết bị khối phổ plasma cảm ứng ICP – MS model Elan 9000 – Perkin Elmer của Mỹ.

Các điều kiện phân tích thành phần các kim loại nặng bằng ICP/MS được chỉ ra ở Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số tối ưu của thiết bị ICP – MS ELAN 9000

Các tham số	Điều kiện phân tích
Tốc độ khí Nebulizer	0,9 L/phút
Công suất plasma	1250 W
Thế thấu kính (LV)	9 Volts
Lưu lượng khí plasma	15,0 L/phút
Số lần quét khối	10 lần
Thời gian đo cho 1 lần	5,8 giây
Số lần đo lặp	3 lần

2.3. Mẫu phân tích

Mẫu được lấy tại vị trí trầm tích có thành phần bùn sét hơn 50%, nếu mẫu có thành phần hoàn toàn là cát thì phải tiến hành dịch chuyển địa điểm lấy mẫu. Mẫu được lấy theo độ sâu từ 0 cm – 92 cm và được cất lát khoảng cách nhau 2 cm – 3 cm. Mẫu được cho vào túi nilon hai lớp, giữa 2 lớp nilon là nhãn mẫu (etiket) ghi kí hiệu mẫu. Mẫu sau đó được chuyển về phòng thí nghiệm, bảo quản trong tủ lạnh sâu ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) đến khi phân tích để mẫu trong hai ngày, khi mẫu đã khô kiệt và có khối lượng không đổi, ta nghiền mẫu đến kích thước hạt cỡ 0,1 mm cho thật mịn.



Hình 1. Vị trí địa lý của đầm Thị Nại.

- *Xử lý mẫu bụi*; Mẫu được xử lý bằng lò vi sóng Berghof, Speed wave 4 (Đức). Cân khoảng (0,02 - 0,05) g mẫu trầm tích (đã nghiền mịn) trên cân phân tích và chuyển vào các bình Teflon của lò vi sóng. Thêm 4,0 mL HNO_3 65%, 1 mL H_2SO_4 98% và 0,5 ml H_2O_2 30%. Chương trình phá mẫu gồm 3 giai đoạn, tăng tới $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 5 phút, tiếp tục tăng nhiệt độ $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 5 phút. Cuối cùng tăng nhiệt độ lên $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 20 phút sau khi hoàn tất phá mẫu, để mẫu nguội trong 10 phút. Lấy mẫu ra khỏi lò vi sóng, chuyển mẫu vào bình định mức

50 mL, thêm nước khử ion đến vạch mức lọc qua màng lọc 0,45 μm , bảo quản trong ống nhựa facol trong tủ lạnh cho đến khi tiến hành phân tích [9].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp phân tích ICP-MS

Các thông số đặc trưng của phương pháp ICP-MS được đánh giá gồm độ tuyến tính, giới

hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp (MDL và MQL), độ chính xác được thể hiện ở Bảng 2. Đường chuẩn biểu thị mối quan hệ tuyến tính giữa cường độ tín hiệu (cps) và nồng độ chất phân tích đều có hệ số tương quan lớn hơn 0,999. Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp rất thấp, phù hợp cho việc phân tích đồng thời các kim loại hàm lượng vết trong mẫu trầm tích biển.

Bảng 2. MDL và MQL của phương pháp ICP/MS với mẫu trầm tích biển

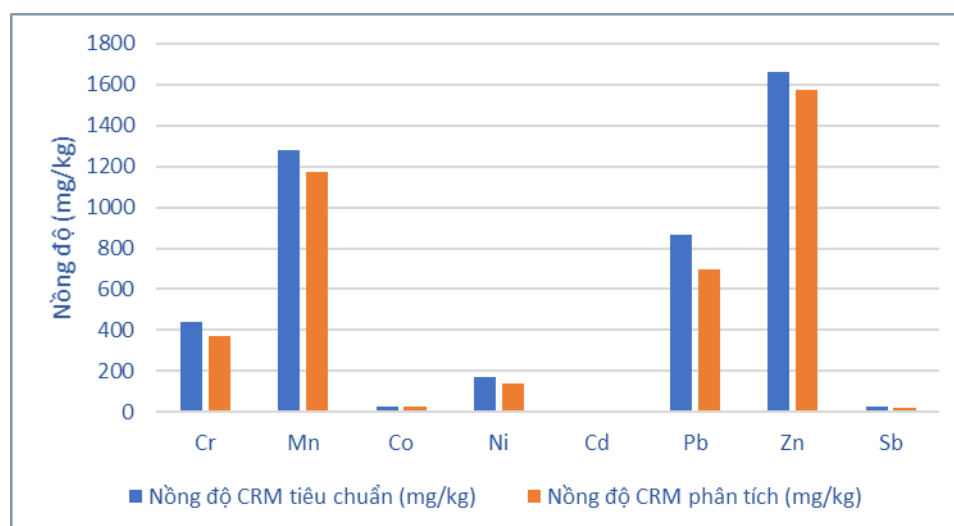
Nguyên tố	Phương trình $y = ax + b$ (y: cps; x- nồng độ kim loại trong dd đo (ppb))	R^2	MDL (ng/g)	MQL (ng/g)
Cr	$y = 983,37x - 691,79$	0,9999	1,7	5,6
Mn	$y = 1149,9x - 24,21$	1	2,8	9,5
Fe	$y = 1353,6x + 1517$	1	0,8	2,7
Co	$y = 66,092x - 176,31$	0,9991	1,0	3,3
Ni	$y = 1196,8x + 466,22$	0,9999	0,5	1,6
Cu	$y = 279,67x - 420,52$	1	3,3	11,3
As	$y = 714,56x + 237,53$	0,9999	1,8	6,1
Se	$y = 361,22x - 171,87$	1	0,8	2,6
Cd	$y = 29,509x + 3,3843$	0,9998	0,7	2,3
Pb	$y = 236,31x + 81,285$	0,9999	0,2	0,6
Zn	$y = 483,63x - 131,9$	0,9999	1,0	3,3
Sb	$y = 915,48x + 411,38$	0,9999	1,8	6
V	$y = 1292,6x - 8317,1$	0,9993	0,2	0,6
Ag	$y = 0,9995x + 1,6636$	0,9979	0,2	0,6
Hg	$y = 14,717x + 313,44$	0,9958	0,5	1,6

Độ đúng của phương pháp được đánh giá qua độ thu hồi của quá trình xử lý mẫu và phân tích trên ICP/MS với mẫu chuẩn được chứng nhận CRM (BCR723). Kết quả được thể hiện ở hình 2 và bảng 3 cho thấy độ thu hồi H(%) của các kim loại trong mẫu CRM từ 80 - 95%, độ

lệch chuẩn góp phần thẩm định độ tin cậy phương pháp. Điều này dẫn tới kết luận là phương pháp ICP-MS chính xác và đáng tin cậy để phân tích hàm lượng kim loại nặng trong mẫu trầm tích.

Bảng 1. Kết quả phân tích mẫu chuẩn CRM

Nguyên tố	Hàm lượng được chứng nhận (mg/kg)	Hàm lượng phân tích (mg/kg)	Độ thu hồi trung bình (%) ($\pm$ RSD%)
Cr	440 $\pm$ 18	372 $\pm$ 18	84,5 $\pm$ 4,0
Mn	1280 $\pm$ 40	1173 $\pm$ 35	91,7 $\pm$ 2,7
Co	29,8 $\pm$ 1,6	24,5 $\pm$ 1,4	82,4 $\pm$ 4,7
Ni	171 $\pm$ 3	142 $\pm$ 3	82,8 $\pm$ 1,6
Cd	2,5 $\pm$ 0,4	2,04 $\pm$ 0,39	81,6 $\pm$ 15,6
Pb	866 $\pm$ 16	697 $\pm$ 15	80,4 $\pm$ 1,7
Zn	1660 $\pm$ 100	1576 $\pm$ 81	95,0 $\pm$ 4,9
Sb	28,2 $\pm$ 2,3	23,5 $\pm$ 2,0	83,2 $\pm$ 7,2



Hình 2. Kết quả phân tích các kim loại trong mẫu CRM.

3.2. Hàm lượng các kim loại nặng trong mẫu trầm tích lõi tại đầm Thị Nại, Quy Nhơn

Kết quả phân tích 23 mẫu trầm tích theo độ sâu được biểu diễn ở Bảng 4 cho thấy các kim loại Fe, Zn, Mn có hàm lượng cao nhất với mức trung bình là 14146; 4508; 341,4 mg/kg, trong khi các kim loại As, Sb có hàm lượng thấp nhất với mức trung bình tương ứng là 3,931; 0,75; 0,012 mg/kg. Có một số kim loại không phát hiện được trong mẫu như Se, Cd, V. Kết quả phân tích cũng chỉ ra rằng hàm lượng các kim loại nặng trung bình trong mẫu trầm tích được sắp

xếp theo thứ tự giảm dần như sau Fe > Zn > Mn > Cr > Pb > Cu > Ni > Co > As, Sb, Ag > Se, Cd, V. Sự phân bố của các kim loại nặng trong mẫu trầm tích được thể hiện ở Hình 3 (a,b) và Hình 4 (a,b).

Hình 3(a) cho thấy sự biến đổi theo chiều sâu của Fe và Cr có xu hướng tương đối tương đồng. Hàm lượng của hai nguyên tố này tương đối ổn định ở các lớp trầm tích sâu hơn 30 cm, trong khi từ khoảng 30 cm đến lớp bề mặt xuất hiện xu hướng giảm nhẹ rồi tăng trở lại từ khoảng 20 cm trở lên. Sự gia tăng hàm lượng Fe và Cr trong các lớp trầm tích trẻ phản ánh sự

thay đổi nguồn vật chất đầu vào hoặc điều kiện lắng đọng trong giai đoạn gần đây. Kết quả phân tích tương quan Pearson cũng cho thấy Fe và Cr có mối tương quan thuận rất chặt chẽ, chứng tỏ hai nguyên tố này có khả năng được vận chuyển theo cùng một con đường và chịu ảnh hưởng của các quá trình địa hóa tương tự. Trong cột trầm tích này, hàm lượng Fe là cao nhất và cao hơn rất nhiều lần so với kim loại khác. Điều này có thể giải thích như sau: trong môi trường cửa sông – đầm phá, Fe thường tồn tại dưới dạng các oxyhydroxyt có khả năng hấp phụ mạnh các nguyên tố vi lượng, trong đó có Cr. Khi vật chất lơ lửng từ lưu vực sông Côn và sông Hà Thanh được vận chuyển vào đầm, sự suy giảm vận tốc dòng chảy tạo điều kiện cho các hạt bùn sét và các pha giàu Fe lắng đọng, đồng thời kéo theo sự tích lũy của Cr trong trầm tích. Do đó, xu hướng gia tăng Fe và Cr ở các lớp trầm tích phía trên có thể phản ánh sự gia tăng nguồn vật chất từ lưu vực kết hợp với quá trình vận chuyển và lắng đọng trầm tích [10]. Hình 3 (b) cho thấy hàm lượng Mn cao nhất ở 0 cm và giảm dần đến 20 cm sau đó thì ổn định đến 40 cm, từ 40 cm trở xuống hàm lượng tăng lên. Xu hướng này trong trầm tích cho thấy có thể nước lỗ trống từ nguồn cung cấp Mn^{2+} bị oxy hóa thành Mn^{4+} trên bề mặt nên hàm lượng Mn cao trên bề mặt [11]. Bên cạnh đó, hàm lượng Zn lại có xu hướng phân bố không đồng đều và không theo quy luật nào. Hình 4 (a) thấy sự phân bố của cặp Cu-Pb có xu hướng tương đối giống nhau. Hàm lượng kim loại có xu hướng tăng dần từ độ sâu 20 cm đến bề mặt, còn ở độ sâu 20 cm trở xuống nồng độ tương đối giống nhau hoặc giảm dần. Xu hướng này chỉ ra sự gia tăng ô nhiễm trong những năm gần đây do sự tăng hoạt động dân sinh công nghiệp,... Hình 4 (b) cho thấy hàm lượng Co, Ni có xu hướng tăng nhẹ từ độ sâu 20 cm đến bề mặt, sau đó thì có xu hướng khá ổn định, chỉ có một vài độ sâu thì hàm lượng tăng đột biến. Điều này có thể giải thích do thành phần trong trầm tích bị xáo trộn về mặt tự nhiên như mưa lũ lụt, hạn hán, bão,... gây rửa trôi, lắng đọng, tăng tốc độ sa lắng kim loại nặng trong thời gian ứng với độ sâu hoặc ảnh hưởng từ các vi sinh vật biển. Các báo cáo trước đó tại đầm Thị

Nại cho thấy lưu lượng nước của mùa khô và mưa mưa chênh lệch đến 1000 lần [12]. Xu hướng tăng hàm lượng có thể được giải thích do hoạt động nuôi trồng thủy sản của dân cư trong những năm gần đây, các nhà máy chế biến thực phẩm như tôm đông lạnh,... Qua sự phân bố theo chiều sâu của các nguyên tố Pb, Cu, Cr, Fe, Mn và Co cho thấy xu hướng gia tăng hàm lượng trong khoảng 20 cm phía trên của lõi trầm tích, phản ánh sự tích lũy kim loại mạnh hơn ở các lớp trầm tích được lắng đọng gần đây. Xu hướng này cho thấy nguồn bổ sung kim loại vào đầm Thị Nại có xu hướng gia tăng theo thời gian, nhiều khả năng liên quan đến sự gia tăng tác động của các hoạt động nhân sinh trong lưu vực hơn là chỉ do biến động tự nhiên của nền địa chất. Kết quả phân tích tương quan Pearson cũng cho thấy Fe, Cr, Co, Ni và Pb có mối tương quan thuận chặt chẽ, chứng tỏ các nguyên tố này có khả năng được vận chuyển theo cùng một con đường và chịu ảnh hưởng của các quá trình địa hóa tương tự. Trong môi trường cửa sông – đầm phá như đầm Thị Nại, các hạt bùn sét mịn và các oxyhydroxyt Fe-Mn có diện tích bề mặt riêng lớn cùng khả năng hấp phụ mạnh, đóng vai trò là pha mang quan trọng đối với các kim loại nặng. Khi vật chất lơ lửng từ lưu vực sông Côn và sông Hà Thanh được vận chuyển vào đầm, sự suy giảm vận tốc dòng chảy tạo điều kiện cho các hạt mịn lắng đọng, đồng thời kéo theo các kim loại đã hấp phụ trên bề mặt hạt trầm tích. Do đó, sự gia tăng hàm lượng kim loại ở các lớp trầm tích trẻ có thể được giải thích chủ yếu bởi quá trình vận chuyển và lắng đọng trầm tích kết hợp với sự gia tăng nguồn đầu vào từ lưu vực, thay vì quy kết cho một nguồn phát thải đơn lẻ. Ngược lại, Zn có mối tương quan yếu với các nguyên tố còn lại, cho thấy nguyên tố này có thể chịu ảnh hưởng của nguồn phát thải khác hoặc có cơ chế địa hóa khác biệt trong môi trường trầm tích. Bên cạnh đó mặc dù kết quả cho thấy xu hướng gia tăng hàm lượng kim loại trong các lớp trầm tích trẻ, nghiên cứu này chưa có số liệu đồng thời về sự phát triển kinh tế - xã hội, lưu lượng dòng chảy hoặc số liệu khí tượng theo từng giai đoạn lắng đọng để định lượng mức độ đóng góp của từng nguồn phát thải. Vì vậy, các nhận định

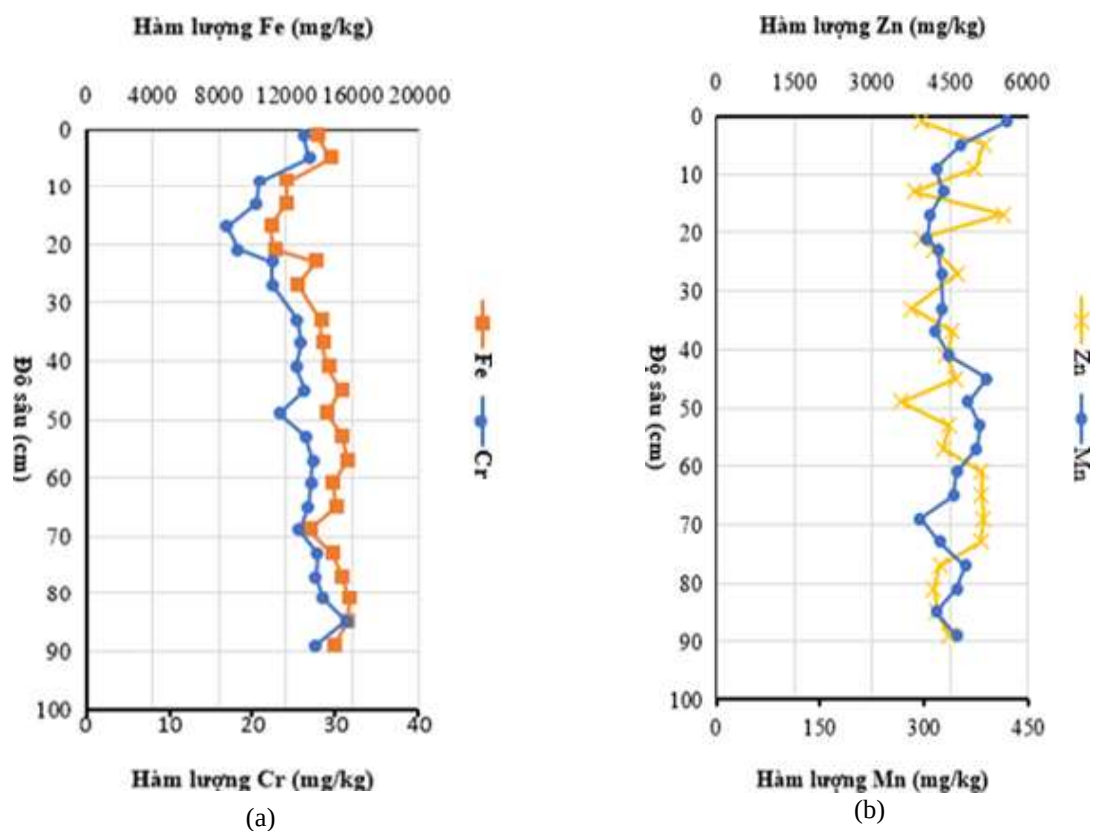
về nguồn gốc kim loại chỉ được đưa ra ở mức độ xu hướng, dựa trên đặc điểm địa hóa của trầm tích, kết quả phân tích tương quan giữa các nguyên tố và các nghiên cứu đã công bố về khu vực đầm Thị Nại. Việc kết hợp hồ sơ trầm tích với các chuỗi số liệu về sử dụng đất, hoạt

động công nghiệp, nuôi trồng thủy sản và điều kiện thủy văn trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ giúp làm rõ hơn mối liên hệ giữa biến động kim loại nặng và các hoạt động phát triển trong lưu vực [1, 2, 21].

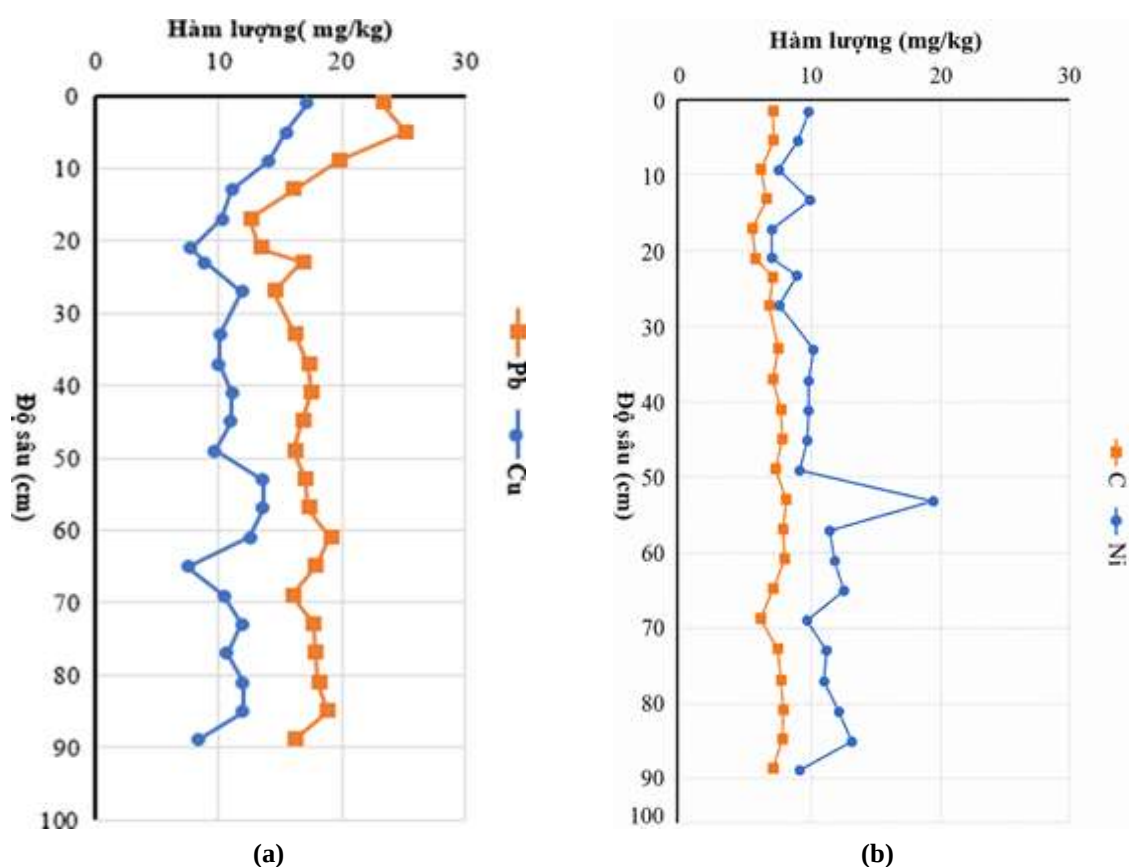
Bảng 4. Hàm lượng kim loại (mg/kg) trong mẫu trầm tích cột theo độ sâu cm tại đầm Thị Nại

Độ sâu	Cr mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	As mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Sb mg/kg	Ag mg/kg
0 – 2 cm	26,16	419,58	13897	8,301	10,08	17,22	0,747	23,24	3952	0,041	<LOD
4 – 6 cm	26,80	354,13	14733	8,481	9,256	15,49	<LOD	25,15	5163	0,055	0,792
8 - 10 cm	20,81	317,93	12021	7,370	7,503	14,14	<LOD	19,81	4980	0,084	<LOD
12 - 14 cm	20,47	327,46	12026	7,847	10,22	11,13	0,404	16,03	3812	0,044	<LOD
16 - 18 cm	16,95	309,25	11075	6,202	7,120	10,30	<LOD	12,54	5527	0,019	<LOD
20 - 22 cm	18,30	304,91	11333	6,857	6,860	7,734	0,053	13,39	3948	0,177	0,068
24 - 26 cm	22,43	320,52	13814	8,614	9,177	8,940	3,724	16,81	4195	0,041	0,039
28 - 30 cm	22,35	325,25	12721	7,821	7,678	11,89	0,329	14,53	4648	<LOD	<LOD
32 - 34 cm	25,36	326,40	14084	8,845	10,52	10,11	0,381	16,21	3769	0,012	0,173
36 - 38 cm	25,80	316,37	14213	8,100	9,975	10,06	<LOD	17,24	4544	<LOD	0,054
40 - 42 cm	25,26	336,73	14562	8,778	10,02	11,11	0,116	17,51	4423	<LOD	0,051
44 - 46 cm	26,28	391,33	15331	9,090	9,951	11,02	0,408	16,75	4625	<LOD	<LOD
48 - 50 cm	23,27	363,83	14504	8,447	9,303	9,684	2,926	16,17	3562	<LOD	<LOD
52 - 54 cm	26,39	381,37	15394	9,340	19,39	13,58	<LOD	17,04	4483	0,004	0,100
56 - 58 cm	27,30	375,58	15724	8,995	11,60	13,59	2,857	17,29	4363	0,007	0,125
60 - 62 cm	27,11	348,11	14817	9,063	12,06	12,60	0,593	19,08	5111	<LOD	<LOD

64 - 66 cm	26,69	342,24	15048	8,173	12,87	7,537	1,578	17,81	5110	0,010	1,422
68 - 70 cm	25,66	294,78	13418	7,115	9,663	10,47	<LOD	15,96	5140	<LOD	<LOD
72 - 74 cm	27,83	322,60	14804	8,492	11,39	11,91	<LOD	17,68	5097	<LOD	0,045
76 - 78 cm	27,62	360,03	15382	8,739	11,13	10,71	0,878	17,82	4305	0,022	0,283
80 - 82 cm	28,55	347,05	15799	8,834	12,28	11,97	5,199	18,11	4188	<LOD	<LOD
84 - 86 cm	31,36	318,05	15708	8,889	13,53	11,98	2,459	18,77	4261	<LOD	0,038
88 - 90 cm	27,64	347,91	14942	7,92	9,37	8,32	4,632	16,10	4491	<LOD	<LOD
GTLN	31,36	419,6	15799	9,340	19,39	17,22	5,199	25,15	5527	0,177	1,422
GTNN	16,95	294,8	11075	6,202	6,860	7,537	0,053	12,54	3562	0,004	0,038
TB	25,06	341,4	14146	8,275	10,48	11,37	1,186	17,44	4508	0,012	0,139



Hình 3 (a). Sự phân bố của Fe và Cr trong mẫu trầm tích (b) Sự phân bố của Mn và Zn trong mẫu trầm tích.



Hình 4 (a). Sự phân bố của Pb và Cu trong mẫu trầm tích (b) Sự phân bố của Co, Ni trong trầm tích.

3.3. Mối tương quan giữa hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích

Hệ số tương quan Pearson (r) được phân tích bằng phần mềm thống kê SPSS có kết quả trong Bảng 5. Các kim loại như Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Pb, Fe có mối tương quan thuận chặt chẽ với nhau với $p < 0,05$ chỉ ra rằng các kim loại này có sự tích lũy ổn định trong trầm tích chứng tỏ chúng cùng một nguồn thải. Cùng với sự đánh giá phân bố của các kim loại nặng trong

trầm tích có thể dự đoán nguồn phát sinh các kim loại nặng chủ yếu từ quá trình rửa trôi bề mặt tại các khu khai thác khoáng sản, nước thải công nghiệp. Kết quả phân tích tương quan trên cho thấy Zn không có mối quan hệ tương quan tuyến tính với các kim loại còn lại. Do đó, có thể dự đoán Zn đến từ các nguồn thải khác so với các kim loại còn lại. Zn trong trầm tích có thể liên quan đến nước thải sinh hoạt, chăn nuôi và chất thải thực phẩm.

Bảng 5. Hệ số tương quan giữa các kim loại trong mẫu trầm tích

Nguyên tố	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Pb	Fe	Zn
Cr	1							
Mn	0,381	1						
Co	0,74**	0,581**	1					
Ni	0,618**	0,384	0,676**	1				

Cu	0,245	0,515**	0,284	0,204	1			
Pb	0,508*	0,477*	0,426*	0,202	0,724**	1		
Fe	0,924**	0,523*	0,857**	0,671**	0,154	0,414*	1	
B	0,478*	-0,09	0,382	0,217	0,023	0,271	0,367	
Zn	-0,002	-0,26	-0,305	-0,051	0,103	0,091	0,271	1

Từ kết quả ở Bảng 5, có thể thấy các kim loại như Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Pb, Fe có mối tương quan thuận chặt chẽ với nhau, với $p < 0,05$ chỉ ra rằng các kim loại này có sự tích lũy ổn định trong trầm tích, chứng tỏ chúng cùng một nguồn thải. Cùng với sự đánh giá phân bố của các kim loại nặng trong trầm tích có thể dự đoán nguồn phát sinh các kim loại nặng chủ yếu từ quá trình rửa trôi bề mặt tại các khu khai thác khoáng sản, nước thải công nghiệp. Kết quả phân tích tương quan trên cho thấy Zn không có mối quan hệ tương quan tuyến tính với các kim loại còn lại. Do đó, có thể dự đoán Zn đến từ

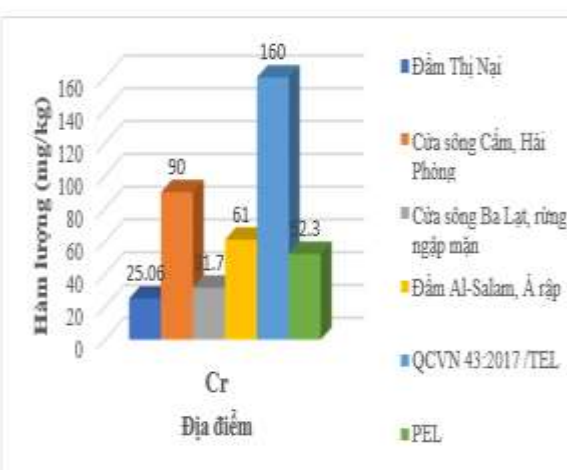
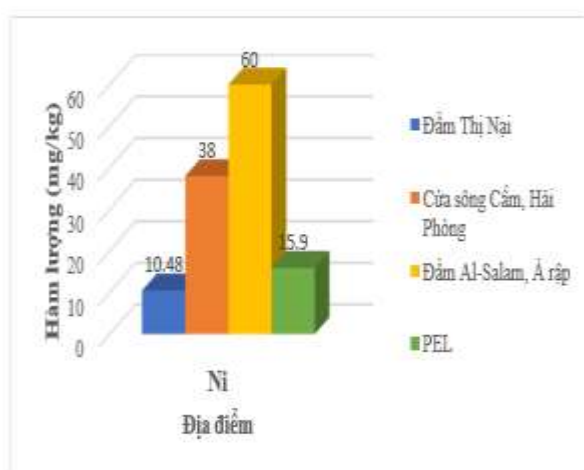
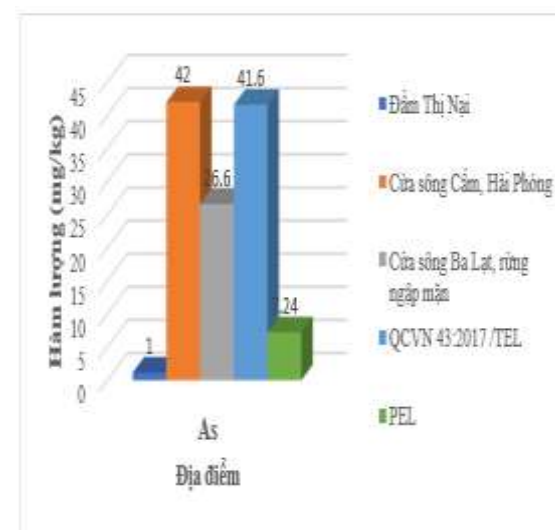
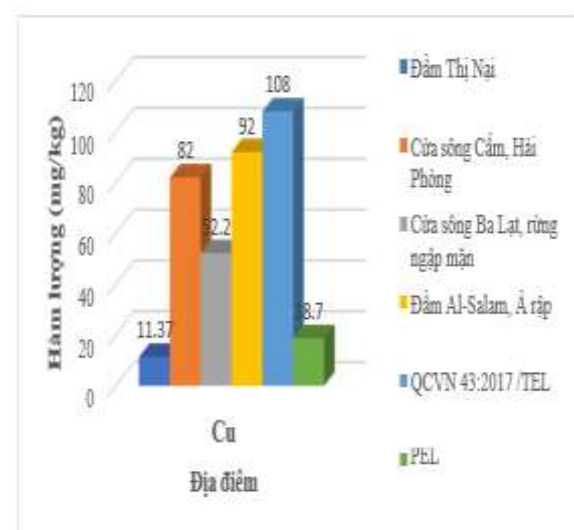
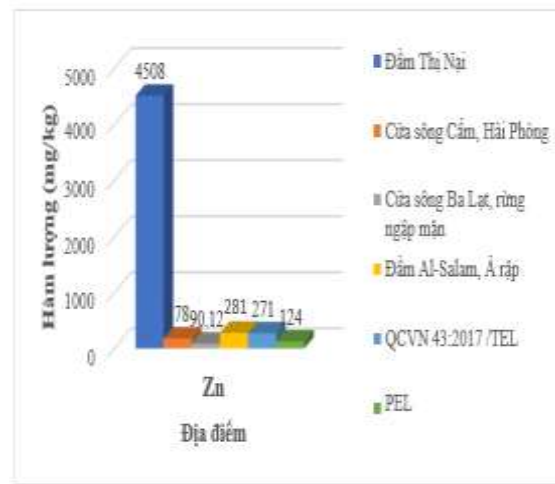
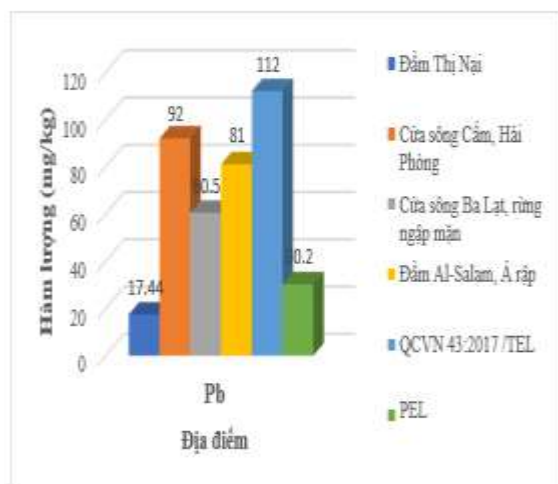
các nguồn thải khác so với các kim loại còn lại. Zn trong trầm tích có thể liên quan đến nước thải sinh hoạt, chăn nuôi và chất thải thực phẩm.

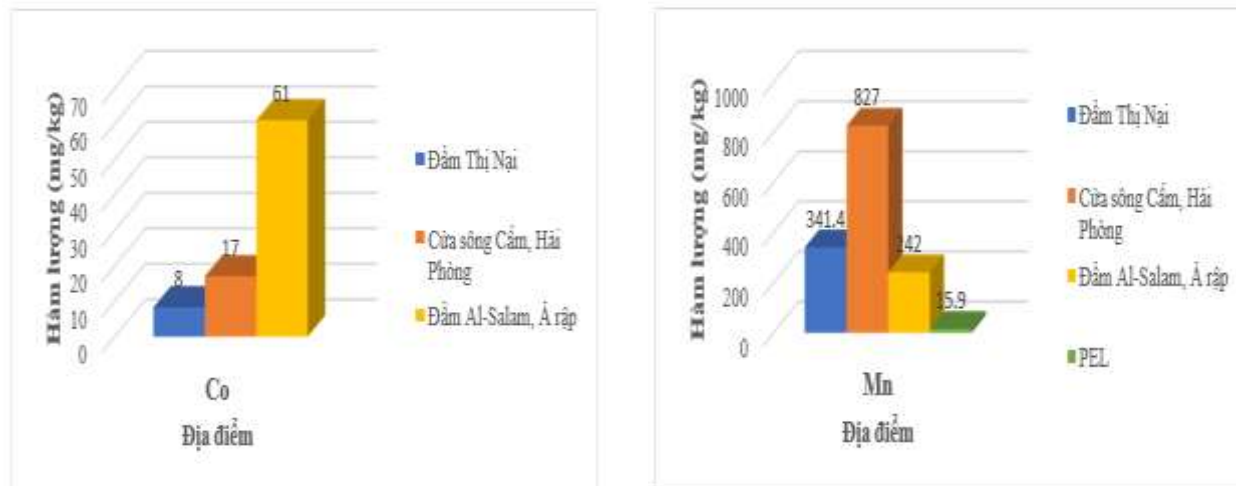
3.4. Đánh giá ô nhiễm các kim loại nặng trong trầm tích

Để đánh giá ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích, tiến hành so sánh chất lượng trầm tích trong nghiên cứu này với Quy chuẩn Việt Nam (QCVN 43: 2017/BTNMT) [14] quy định với Tiêu chuẩn Canada cùng với các nghiên cứu trong nước và thế giới trong Bảng 6.

Bảng 6. Chất lượng trầm tích (qua hàm lượng kim loại (mg/mg) của vùng nghiên cứu so với QCVN và ISQGs cùng với nghiên cứu trong và ngoài nước

Địa điểm		Pb	Zn	Cu	As	Ni	Co	Cr	Mn	Ag	Fe	TL
Cửa sông Cẩm, Hải Phòng		92	178	82	42	38	17	90	827	-	-	[18]
Cửa sông Ba Lạt, rừng ngập mặn		60,5	90,12	52,2	26,6	-	-	31,7	-	-	-	[15]
Sông Thị Vải	Thượng nguồn	-	75	37	-	65	24	124	201	-	47	[17]
	Hạ lưu	17	58	-	-	31	14	63	421	-	36	
Đầm Al-Salam, Ả rập		81	281	92	-	60	-	61	242	-	276	[19]
Sông Dương Tử, Trung Quốc		15,24	58	17,16	-	23,48	-	82,3	0,051 %	-	2,6 %	[20]
QCVN 43:2017 /TEL		112	271	108	41,6	-	-	160	-	-	-	[16]
PEL		30,2	124	18,7	7,24	15,9	-	52,3	-	-	-	
Thượng lục địa vỏ trái đất		20	71	25	1,5	20	10	35	600	50	3,5 %	[10]
Trung bình lục địa vỏ trái đất		8,0	80	75	1,0	105	29	185	1400	80	7,07 %	
Đầm Thị Nại		17,44	4508	11,37	0,75	10,48	8,275	25,06	341,4	0,139	14146	





Hình 5. Biểu đồ so sánh hàm lượng kim loại nặng trung bình trong trầm tích của đầm Thị Nại với các khu vực trong và ngoài nước.

Từ Bảng 6 và Hình 5, nhận thấy các kim loại nặng trong trầm tích ở đầm Thị Nại, Quy Nhơn nhìn chung đều thấp hơn so với các khu vực được nghiên cứu khác tại Việt Nam và các khu vực khác trên thế giới. Tại cửa sông Cẩm, Hải Phòng cho thấy hàm lượng các kim loại Pb, Cu, Ni, Co, Cr, Mn gấp từ 2 đến 7 lần so với đầm Thị Nại, đặc biệt là hàm lượng As gấp 56 lần. Nếu so sánh cả hai địa điểm với Quy chuẩn Việt Nam – 2017 có thể thấy cửa sông Cẩm đang có xu hướng bị ô nhiễm kim loại nặng, vì hàm lượng các kim loại gần đạt đến giá trị giới hạn của QCVN/TELS và vượt ngưỡng mức ảnh hưởng có thể xảy ra (PEL). Sự phân bố hàm lượng của các kim loại nặng tại đầm Thị Nại với các khu vực khác được liệt kê cũng tương tự với cửa sông Cẩm. Bên cạnh đó, hàm lượng kim loại nặng ở cửa sông Cẩm gấp gần 2 lần so với cửa sông Ba Lạt, điều này hợp lý khi cửa sông Cẩm là nơi có hoạt động mạnh mẽ của con người ở đây, như bến cảng, dân cư, khu đô thị mới,... Còn đối với cửa sông Ba Lạt là khu vực kém phát triển hơn, chủ yếu hoạt động nuôi trồng thủy hải sản, khai thác cát, lượng phù sa từ dòng sông khác đổ về,... Kết quả nghiên cứu cho thấy phần lớn các kim loại (Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Cu và Pb) có mức độ làm giàu thấp đến trung bình theo các chỉ số địa hóa. Tuy nhiên, Zn có hàm lượng cao và vượt ngưỡng hướng dẫn chất lượng trầm tích (TEL/PEL), cho thấy đây là

nguyên tố có nguy cơ gây tác động đến môi trường trầm tích và cần được ưu tiên theo dõi trong các nghiên cứu tiếp theo

3. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định hàm lượng và sự phân bố theo chiều sâu của các kim loại Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Zn và As trong lõi trầm tích đầm Thị Nại bằng phương pháp ICP-MS. Kết quả cho thấy Fe, Cr, Mn, Co, Ni, Cu và Pb có xu hướng gia tăng ở khoảng 20 cm phía trên của lõi trầm tích, phản ánh sự thay đổi nguồn vật chất đầu vào và quá trình tích lũy trong giai đoạn lắng đọng gần đây. Phân tích tương quan Pearson cho thấy Fe, Cr, Co, Ni và Pb có mối tương quan chặt chẽ, cho thấy các nguyên tố này có khả năng được vận chuyển và tích lũy theo các quá trình địa hóa tương tự. Kết quả đánh giá bằng các chỉ số CF, EF và Igeo cho thấy phần lớn các kim loại có mức độ làm giàu thấp đến trung bình, trong khi Zn thể hiện mức độ tích lũy cao và là nguyên tố cần được ưu tiên giám sát. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học phục vụ công tác quan trắc, quản lý chất lượng trầm tích và bảo vệ môi trường đầm Thị Nại.

Lời cảm ơn

Công trình này được hoàn thành nhờ sự hỗ trợ kinh phí của đề tài TN. 25.07 (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên).

Tài Liệu Tham Khảo

- [1] L. G. Bellucci, M. Frignani, D. Paolucci, M. Ravanelli, Recent Trends in Trace Metal Accumulation in the Sediments of the Venice Lagoon, *Environmental Pollution*, Vol. 295, Issue. 3, 2002, pp 35-49.
- [2] S. Romano, C. Mugnai, S. Giuliani, C. Turetta, H. C. Nguyen, L. G. Bellucci, H. N. Dang, G. Capodaglio, M. Frignani. Metals in Sediment Cores from Nine Coastal Lagoons in Central Vietnam, *American Journal of Environmental Sciences*, Vol. 8, No. 2, 2012, pp 130-142.
- [3] N. V. Thinh, Y. Osanai, T. Adachi, P. K. Thai, N. Nakano, A. Ozaki, Y. Kuwahara, R. Kato, M. Makio, K. Kurosawa, Chemical speciation and Bioavailability Concentration of Arsenic and Heavy Metals in Sediment and Soil Cores in Estuarine Ecosystem, Vietnam, *Microchemical Journal*, Vol. 139, 2018, pp. 268-277.
- [4] L. X. Sinh, L. V. Nam, L. V. Dieu, C. T. T. Trang, N. T. P. Hoa, T. D. Thanh, Assessment of Pollution Load into Thi Nai Lagoon, Vietnam and Prediction to 2025, *International Journal of Sciences*, Vol. 4, Issue. 6, 2015, pp. 116-127.
- [5] N. N. Anh, Attribution of Sources to Heavy Metal Accumulation in the Anthropogenically Impacted Bach Dang River Estuary, Vietnam, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 193, 2023, Article 115244.
- [6] B. T. T. Loan, D. H. Nhon, N. D. Ve, N. T. M. Luu, L. N. Sieu, N. T. Hue, B. V. Vuong, D. T. Nghi, L. V. Nam, P. T. Dung, V. T. Anh, H. L. Anh, N. T. K. Dung, N. M. Ha, N. V. Chien, N. T. H. Lan, Assessment of the Distribution and Ecological Risks of Heavy Metals in Coastal Sediments in Vietnam's Mong Cai Area, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 195, 2023, Article 164.
- [7] N. N. Trung, B. V. Nam, L. D. Anh, T. T. T. Huong, N. T. Duong, D. X. Tung, T. H. Nam, P. N. Sang, M. S. Musthafa, D. V. Hao, Characteristics of Heavy Metals in Surface Sediments of the Van Don-Tra Co Coast, Northeast Vietnam, *Regional Studies in Marine Science*, Vol. 73, 2024, Article 103459.
- [8] S. Chifflet, T. Zambardi, P. Van Beek, M. Souhaut, B. V. Vuong, L. E. H. Boavida, B. Angeletti, S. Ouillon, C. V. Thuoc, X. Mari, Historical Trends of Metals and Metalloids into Lake and Coastal Sediments of Halong Bay (Vietnam), *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 211, 2025, Article 117490.
- [9] M. Siaka, C. M. Owens, G. F. Birch, Evaluation of Some Digestion Methods for the Determination of Heavy Metals in Sediment Samples by Flame-AAS, *Analytical Letters*, Vol. 31, 1998, pp. 703-718.
- [10] E. M. Emelyanov, K. M. Shimkus, The Geochemistry of the Recent Sediments, *Geochemistry and Sedimentology of the Mediterranean Sea*, Vol. 1, 1986, pp. 1-227.
- [11] J. N. Pattan, Manganese Micronodules: A Possible Indicator of Sedimentary Environments, *Marine Geology*, Vol. 113, 1993, pp. 331-342.
- [12] L. X. Sinh, Assessment of Pollution Load into Thi Nai Lagoon, Vietnam and Prediction to 2025, *International Journal of Sciences*, Vol. 4, Issue. 6, 2015, pp. 116-127.
- [13] L. G. Bellucci, M. Frignani, D. Paolucci, M. Ravanelli, Distribution of Heavy Metals in Sediments of the Venice Lagoon: The Role of the Industrial Area, *Science of the Total Environment*, Vol. 295, Issue. 1-3, 2002, pp. 35-49.
- [14] Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), Vietnam Environment Administration, Department of Science and Technology, Department of Legal Affairs, *National Technical Regulation on Sediment Quality*, QCVN 43:2017/BTNMT, Hanoi, Vietnam, 2017 (in Vietnamese).
- [15] R. A. Bernhoft, Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature, *Journal of Environmental and Public Health*, Vol. 2012, 2012, Article 460508.
- [16] Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2002, pp. 1-35.
- [17] S. C. Bøddeker, L. X. Thuyen, P. Hoelzmann, H. C. de Stigter, P. V. Gaever, H. D. Huy, A. Schwalb, The Hidden Threat of Heavy Metal Pollution in High Sedimentation and Highly Dynamic Environment: Assessment of Metal Accumulation Rates in the Thi Vai Estuary, Southern Vietnam, *Environmental Pollution*, Vol. 242, 2018, pp. 348-356.
- [18] H. H. Hieu, S. Rudy, V. Cappuyns, E. Vassilieva, G. Neyens, M. Rajabali, T. V. Tan, Assessment of Pollution by Heavy Metals and Arsenic Based on Surficial and Core Sediments in the Cam River Mouth, Haiphong Province, Vietnam, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, Vol. 22, Issue. 4, 2013, pp. 415-432.
- [19] N. V. Thinh, Y. Osanai, T. Adachi, P. K. Thai, N. Nakano, A. Ozaki, Y. Kuwahara, R. Kato, M. Makio, K. Kurosawa, Chemical Speciation and Bioavailability Concentration of Arsenic and

- Heavy Metals in Sediment and Soil Cores in Estuarine Ecosystem, Vietnam, *Microchemical Journal*, Vol. 139, 2018, pp. 268–277.
- [20] X. Wang, B. Liu, W. Zhang, Distribution and Risk Analysis of Heavy Metals in Sediments from the Yangtze River Estuary, China, *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 27, 2020, pp. 10802–10813.
- [21] G. F. Birch, Determination of Sediment Metal Background Concentrations and Enrichment in Marine Environments – A Critical Review, *Science of the Total Environment*, Vol. 580, 2017, pp. 813–831.