

ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG TRONG TRẦM TÍCH HẠ LƯU SÔNG VÀM THUẬT

LÊ HỒNG THÍA*, NGUYỄN VĂN PHƯƠNG

Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

** Tác giả liên hệ: lehongthia@iuh.edu.vn*

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v59i05.4601>

Tóm tắt. Kim loại nặng trong trầm tích hạ lưu Sông Vàm Thuật tiềm ẩn gay rủi ro cho hệ sinh thái Sông Sài Gòn. Do đó, nghiên cứu được thực hiện để đánh giá tồn lưu chất ô nhiễm kim loại nặng (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) tại vùng cửa sông này. Các phương pháp đánh giá dựa trên Quy chuẩn Việt Nam (QCVN), ngưỡng khuyến cáo của Cục Bảo vệ Môi sinh Hoa Kỳ (US EPA) cũng như các chỉ số nền, bao gồm hệ số làm giàu- EF, chỉ số ô nhiễm-CF, chỉ số tích tụ địa chất- Igeo, chỉ số tải lượng ô nhiễm- PLI, 7 mẫu trầm tích được thu trong tháng 3 năm 2022 vào thời điểm lúc triều xuống. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng các kim loại nặng Cd, Cr, Cu, Pb, Zn trong trầm tích dao động lần lượt là 1,08 - 1,93 mg/kg, 32,4 - 66,2 mg/kg, 2,3 - 10,5 mg/kg, 289 - 703 mg/kg. Trong đó, hàm lượng Cd, Cr, Cu, Pb, hầu hết chưa vượt giới hạn cho phép theo QCVN 43/2017 ngoại trừ Zn. Theo ngưỡng khuyến cáo của US EPA thì có Cd, Zn, Cr vượt mức. Chỉ số EF xác nhận ô nhiễm chủ yếu do con người gây ra. Chỉ số CF, Igeo khẳng định Cd, Zn và Pb ô nhiễm ở mức cần xem xét hay ô nhiễm cao. Chỉ số PLI cho thấy mức độ ô nhiễm hạ lưu Sông Vàm Thuật tiến triển theo xu hướng ô nhiễm cao.

Từ khóa: Chỉ số EF, CF, Igeo, trầm tích, kim loại nặng, Sông Vàm Thuật

1. GIỚI THIỆU

Kim loại nặng và các hợp chất kim loại nặng đang là một mối quan tâm đối với các nhà nghiên cứu môi trường trên Thế giới trong những năm gần đây do tính độc hại của chúng [1]. Các sông chảy qua các vùng đô thị tiếp nhận nước thải công nghiệp và nước thải sinh hoạt trực tiếp mà không qua xử lý thường chứa các kim loại nặng và độc hại (thủy ngân, chì, crom, kẽm và đồng) gây hại cho sức khỏe của con người và môi trường lâu dài. Mặc khác, trong các hệ sinh thái nước, tỷ lệ các kim loại nặng hiện diện dưới dạng các ion hòa tan thấp vì hầu hết các kim loại được lắng đọng trong các trầm tích liên kết. Ngoài ra, các kim loại nặng trong trầm tích có thể được giải phóng và đi vào các hệ thống thủy sinh do thay đổi điều kiện chẳng hạn như xáo trộn, độ pH và gây ô nhiễm thứ cấp [2]. Trong thực tế, các nghiên cứu về ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích sông ở Việt Nam như Kênh Tân Hóa - Lò Gốm, cầu Hậu Giang cho thấy hàm lượng một số kim loại nặng như Zn, Cr và Cu [3]; hệ thống Sông Sài Gòn - Đồng Nai đoạn qua Sông Thị Vải [4] Sông Thị Vải và Rừng ngập mặn Cần Giờ [5], Sông Sài Gòn [6] đều cho thấy có tồn lưu của các kim loại nặng Cu, Pb, Cr, Zn.

Sông Vàm Thuật là một chi nhánh trực thuộc sông Sài Gòn, hiện nay mức ô nhiễm tăng cao do tiếp nhận nguồn nước thải từ các khu đô thị, khu dân cư, khu công nghiệp ven hai bên sông [7]. Hạ lưu Sông Vàm Thuật là khúc sông rộng nhất (rộng 40 m) chảy qua Quận 12 và Quận Gò Vấp. Theo báo cáo của Chi cục Bảo vệ môi trường Thành phố Hồ Chí Minh năm 2016, kết quả kiểm tra chất lượng nước ở 2 vị trí An Lộc và Tham Lương có hàm lượng amoni, COD vượt quy chuẩn cho phép, hàm lượng DO thấp. Các phương pháp đánh giá rủi ro ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích dựa trên tổng hàm lượng kim loại phổ biến thông qua các hướng dẫn chất lượng trầm tích như QCVN 43/2017, khuyến cáo ngưỡng của US EPA và các chỉ số nền [8] đã được nghiên cứu trước đó bao gồm EF [9]; C_f [10] PLI [11]; I_{geo} [12]. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích hạ lưu Sông Vàm Thuật còn thiếu thông tin và chưa được thực hiện.

Do đó, mục tiêu chính của nghiên cứu này là xác định nồng độ của năm kim loại nặng bao gồm Cu, Zn, Cd, Cr và Pb trong trầm tích mặt ở hạ lưu Sông Vàm Thuật. Mức độ ô nhiễm do các kim loại này được xác định và đánh giá dựa trên các qui chuẩn, ngưỡng cho phép của Hoa Kỳ (US EPA), cũng như các chỉ số tiếp cận nền bao gồm EF, CF, PLI, và Igeo. Những kết quả của nghiên cứu có thể hữu ích cho các cuộc điều tra

trong tương lai về kim loại nặng trong hệ sinh thái sông, quản lý ô nhiễm kim loại nặng và xây dựng chính sách bảo vệ nguồn nước cấp sông Sài Gòn hợp lý và an toàn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu thực địa

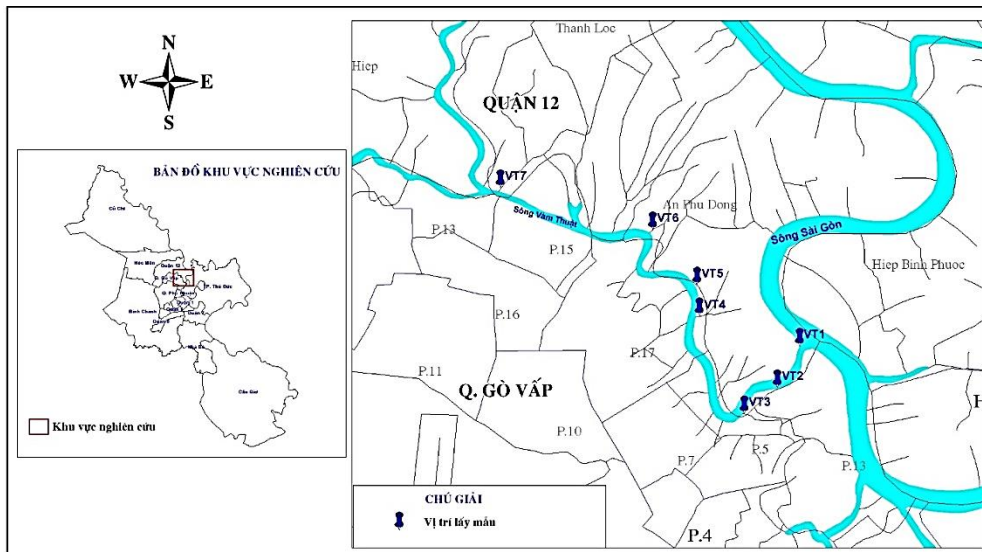
2.1.1. Phương pháp thu và xử lý mẫu trầm tích

Quá trình thu mẫu trầm tích được tham khảo theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6663-15: 2004 (ISO 5667-15: 1999) Chất lượng nước – Lấy mẫu - Phần 15: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu bùn và trầm tích [13].

Bảng 1: Tọa độ các điểm lấy mẫu

STT	Vị trí	Tọa độ	
		X (N)	Y (E)
VT 1	Bên hữu cửa Sông Sài Gòn	10°51'07.5"N	106°40'58.1"E
VT 2	Bên tả cửa Sông Sài Gòn	10°50'01.3"N	106°41'56.0"E
VT 3	Gần miệng cống thủy lợi, Quận 12	10°49'49.4"N	106°41'44.8"E
VT 4	Gần cống xả, cầu sắt An Phú Đông	10°50'14.4"N	106°41'25.2"E
VT 5	Cửa sông nhánh, nước đen	10°50'29.6"N	106°41'28.4"E
VT 6	Gần cầu An Lộc, cụm dân cư	10°51'07.5"N	106°40'58.1"E
VT 7	Sông nhánh KDC Nam Long	10°51'12.2"N	106°40'34.4"E

Mẫu được thu trong tháng 3 năm 2022 vào thời điểm lúc triều xuống. Các vị trí lấy mẫu thuộc khu vực hạ lưu Sông Vàm Thuật cùng với tọa độ được trình bày chi tiết trong Hình 1, Bảng 1. Mẫu được lấy cách mép bờ khoảng 15 – 25m để tránh bị ảnh hưởng bởi xác thực vật, lá cây, tác dụng của ánh sáng mặt trời khi triều xuống, vị trí thu mẫu không quá xa bờ để giảm tác động của dòng chảy mạnh đến thành phần lấy, đảm bảo tính đại diện cho mẫu trầm tích [14]. Chiều sâu lấy mẫu 0 – 10cm, khu vực lấy mẫu có đường kính 10 m, lấy 5 mẫu ở 4 góc với tâm đường chéo và trộn lấy 1 mẫu tổ hợp theo Ohio EPA (2001) [15]. Các mẫu trầm tích được thu tại 7 vị trí. Mẫu sau khi thu loại bỏ sợi rễ, mảnh vụn thực vật bằng sàng 1mm và bảo quản trong túi PE ở nhiệt độ 4°C. Phương pháp sàng sử dụng là sàng có ấn bằng tay (press seiveing) và không thêm nước vào bùn đất khi sàng để tránh thay đổi về nồng độ chất ô nhiễm. Lượng mẫu tổ hợp trầm tích cần lấy là 20 lít/mẫu. Mẫu được làm cho đồng nhất và sau đó tách ra để riêng cho từng mục để thí nghiệm [16].



Hình 1: Vị trí thu mẫu trầm tích. VT: các vị trí thu mẫu trầm tích trên Sông Vàm Thuật

Mẫu trầm tích dùng cho phân tích hàm lượng các kim loại nặng được phơi khô tự nhiên. Sau đó sấy 105°C cho đến khối lượng không đổi. Mẫu được nghiền, sàng với sàng có kích thước lỗ 0,5 mm. Một lượng mẫu 1,0 gam được phân hủy bằng hỗn hợp của H₂O₂, HCl và HNO₃ theo phương pháp được mô tả bởi Saeed; and Shaker (2008) [17] và được bảo quản trong tủ lạnh cho đến khi phân tích.

2.1.2. Phương pháp phân tích

Chỉ tiêu hàm ẩm trong trầm tích được phân tích theo ASTM D 2216 – 98 [18], các chỉ tiêu kim loại nặng phân tích theo APHA [19], pH nước theo ASTM D1293-95, độ mặn theo TCVN 6194. Tổng cacbon hữu cơ (TOC) của trầm tích theo phương pháp Walkley Black [20]. pH của trầm tích theo TCVN 5979:1995 – ISO 10390:1993.

Hàm lượng các kim loại Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Al, và Fe được xác định bằng quang phổ phát xạ plasma kết hợp cảm ứng (Inductively coupled plasma - optical emission spectrometry - ICP –OES).

2.2. Phương pháp đánh giá chất lượng trầm tích

2.2.1. Đánh giá theo qui chuẩn và hướng dẫn chất lượng trầm tích (SQG)

Đánh giá SQG theo các tiêu chuẩn: (1) QCVN 43:2017/BTNMT-Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích và (2) Khuyến cáo chất lượng trầm tích đối với kim loại nặng theo Wisconsin, US EPA [21].

2.2.2. Đánh giá các chỉ số phương pháp tiếp cận nền

Hệ số làm giàu EF (Enrichment Factor)

Hệ số EF nhằm hỗ trợ xác định các chất ô nhiễm có nguồn gốc tự nhiên hay nhân tạo qua đó định hướng quản lý và xử lý các chất ô nhiễm này hợp lý hơn. EF đã được sử dụng trong các nghiên cứu [22, 23, 24, 25] và được tính toán theo công thức (1). Nếu hệ số làm giàu EF < 1,5 thì nguồn gốc ô nhiễm từ tự nhiên và EF > 1,5 thì nguồn gốc ô nhiễm từ các nguồn phát thải từ hoạt động của con người.

$$EF = \frac{\left(\frac{C_M}{Al}\right)_{mẫu}}{\left(\frac{C_M}{Al}\right)_{nền}} \quad (1)$$

Trong đó, C_M/Al là hàm lượng nguyên tố khảo sát và hàm lượng nhôm có trong mẫu và có trong mẫu nền và Al hay Fe trong nghiên cứu này là các mẫu nền. Bảng giá trị tham khảo thường được sử dụng theo hàm lượng nền theo lớp vỏ lục địa [26] trình bày trong Bảng 2

Bảng 2: Giá trị KLN trong nền địa hóa trầm tích cửa sông (mg/kg)

Tiêu chuẩn địa hóa	Fe	Zn	Pb	Cu	Cd	Cr	Al
Tiêu chuẩn đá phiến sét [27].	46700	95	20	45	0,3	90	-
Lớp vỏ lục địa [26]; (the continental crust)	56000	70	12,5	55	0,12	100	82300

Chỉ số tích tụ địa chất I_{geo} (Geoaccumulation Index)

Chỉ số tích tụ địa chất I_{geo} được dùng để xác định mức độ của các chất ô nhiễm trong trầm tích [27, 28] và đã được sử dụng trong các nghiên cứu trước đây [5, 22, 24, 29]. I_{geo} được tính theo công thức (2). Nếu giá trị I_{geo} ≤ 0 thì địa điểm nghiên cứu không ô nhiễm. Giá trị I_{geo} nằm trong phạm vi 1 < I_{geo} < 2 thì biểu hiện tình trạng ô nhiễm trung bình. Khi tiêu chuẩn địa hóa nằm trong phạm vi 0 < I_{geo} < 1 thì địa điểm nghiên cứu đó có thể ô nhiễm từ mức độ trung bình đến mức độ vừa.

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5B_n} \quad (2)$$

Trong đó, C_n là hàm lượng chất ô nhiễm trong trầm tích; B_n hàm lượng chất ô nhiễm trong mẫu nền [26].

Chỉ số tải lượng ô nhiễm PLI (Pollution Load Index)

Chỉ số PLI dùng để đánh giá xu hướng diễn biến ô nhiễm nhanh hay chậm và đã được sử dụng trong các nghiên cứu [30, 31]. Khi chỉ số tải lượng ô nhiễm lớn hơn 1 ($PLI > 1$) chất ô nhiễm có xu hướng tiến triển nhanh.

$$PLI_{vi\ tr\grave{a}i} = (C_{f_1} \times C_{f_2} \times \dots \times C_{f_n})^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

$$PLI_{\square q\ l\grave{u}u} = (PLI_{VT1} \times PLI_{VT2} \times \dots \times PLI_{VTn})^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

Trong đó, C_f là chỉ số ô nhiễm (*Contamination Factor*), n là số nguyên tố khảo sát.

$$C_f = \frac{C_{kim\ lo\grave{a}i}}{C_{n\grave{e}n}} \quad (5)$$

Trong đó, $C_{kim\ lo\grave{a}i}$ là hàm lượng kim loại trong trầm tích. $C_{n\grave{e}n}$ thường sử dụng đá phiến trung bình theo nghiên cứu của Turekian và Wedepolh (1961) hay nền theo lớp vỏ lục địa [26]. Mức độ đánh giá khi $C_f < 1$ không hoặc ô nhiễm thấp; 1 đến 3 là ô nhiễm trung bình; 3 đến 6 là ô nhiễm cần xem xét; ≥ 6 là ô nhiễm cao [27].

2.3. Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tập hợp và xử lý thống kê mô tả bằng phần mềm Excel 2016. Sử dụng phần mềm SPSS 20.0 để phân tích tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu trong trầm tích.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tồn lưu kim loại nặng trong trầm tích

Kết quả xác định hàm lượng Cd, Cr, Cu, Pb, Zn trong mẫu trầm tích vùng hạ lưu sông Vàm Thuật được trình bày trong Bảng 3. Kết quả cho thấy hàm lượng Cd trung bình 1,48 mg/kg, dao động trong khoảng 1,08 đến 1,93 mg/kg, kết quả tương đồng với nghiên cứu của Hoàng Thị Thanh Thủy và cộng sự (2007) ở Kênh Tân Hóa- Lò Gốm, dao động 0,04 – 2,10 mg/kg [3]; Cr có giá trị trung bình 47,64 mg/kg, dao động từ 32,39 đến 66,17 mg/kg, kết quả tương tự cũng được tìm thấy ở Kênh Nhiêu Lộc – Thị Nghè; hàm lượng Cu trung bình là 4,49 mg/kg dao động từ 2,27 đến 10,45 mg/kg, kết quả thu được là thấp hơn rất nhiều ở các kênh, sông trong phạm vi Thành phố Hồ Chí Minh. Điều này có thể được cho là do quá trình đô thị nhiều cánh đồng nông nghiệp dọc theo Sông Vàm Thuật không còn, việc sử dụng các thuốc diệt nấm gốc đồng không còn sử dụng [32]. Hàm lượng Pb trung bình là 41,96 mg/kg, dao động 27,76-54,44 mg/kg, kết quả thu được cao hơn trong nghiên cứu của Hoàng Thị Thanh Thủy và cộng sự (2007), nguyên nhân có thể là có nhiều cơ sở phế liệu, tái chế chi hoạt động dọc theo Sông Vàm Thuật ở Quận Tân Bình, Quận 12 đã xả thải trực tiếp vào sông. Hàm lượng Zn trung bình là 473,40 mg/kg, dao động từ 289,05 đến 703,04 mg/kg, kết quả tương đồng với trầm tích thu tại Kênh Tham Lương – Bến Cát dao động 84 – 943 mg/kg [3]. Sự khác biệt về nồng độ kim loại nặng giữa trầm tích trong nghiên cứu này và trầm tích từ các con sông có thể là do địa điểm lấy mẫu, mức độ ô nhiễm, đặc điểm khu vực và các hoạt động của con người [2].

Bảng 3: Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích hạ lưu sông Vàm Thuật (mg/kg)

Vị trí	TOC	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Al	Fe
VT 1	4,44	1,28	38,4	10,45	49,1	311	9492	53125
VT 2	5,18	1,37	37,1	4,10	33,2	289	8529	46678
VT 3	6,27	1,93	66,2	4,41	46,9	703	10989	46594
VT 4	4,50	1,73	56,9	3,96	54,4	537	12309	64092
VT 5	4,65	1,38	43,5	3,16	41,5	392	9126	42921
VT 6	6,19	1,59	59,0	2,27	40,8	681	10823	45595
VT 7	1,75	1,08	32,4	3,08	27,8	401	5556	25142
Trung bình	4,71	1,48	47,64	4,49	41,96	473,40	9546	46307
Min	1,75	1,08	32,39	2,27	27,76	289,05	5556	25142
Max	6,27	1,93	66,17	10,45	54,44	703,04	12309	64092
QCVN 43/2017		3,5	90	197	91,3	315		
Ngưỡng EPA		0,99	43	32	36	120		

ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG...

Trong nghiên cứu, mẫu VT 3 có tổng hàm lượng kim loại nặng theo khảo sát là cao nhất (828,68 mg/kg) trong đó hàm lượng Zn, Cr, Cd cao nhất. Theo quan sát đây là khu vực công xả khu dân cư Quận Bình Thạnh có thể chứa nhiều chất ô nhiễm đã lắng đọng trong trầm tích. Mẫu VT 2 có tổng hàm lượng kim loại nặng là thấp nhất (370,01 mg/kg) và cũng có hàm lượng Zn thấp nhất. Điều này có thể lý giải do mẫu thu dọc sông, phía trái sát cửa Sông Sài Gòn, nước chảy thường xuyên nên ít tích tụ kim loại nặng.

Tổng hàm lượng Zn phân bố trong vùng hạ lưu chiếm 83,2 % cao nhất, tiếp đến là Cr (8,4%), Pb (7,4%), sau đó là Cu (0,8%), Cd (0,3%) là thấp nhất. Kết quả tương tự cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Hoàng Thị Thanh Thủy và cộng sự (2007) cho kết quả là tổng hàm lượng Zn là cao nhất, Cd là thấp nhất trong số các kim loại nặng [3]. Trong nghiên cứu của Li và cộng sự (2022) cũng cho kết quả tương tự [2]. Kết quả phân tích mối tương quan theo Pearson ở Bảng 4 cho thấy, Cd có mối tương quan tỉ lệ thuận ở mức tương đối cao với hàm lượng hữu cơ trong trầm tích và tổng hàm lượng Al, Fe. Điều này có thể cho thấy liên kết phức chất hữu cơ và liên kết hạt sét chiếm ưu thế. Kết quả tương tự cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Lei và cộng sự (2016) [33]. Cr tương quan tốt với chất hữu cơ, kết quả tương tự cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Lei và cộng sự (2016) [33]. Cu gần như không có mối tương quan rõ rệt với pH, TOC, hạt sét. Kết quả nghiên cứu hoàn toàn khác với các nghiên cứu khác cho rằng Cu thường tồn tại dưới dạng liên kết hữu cơ [33, 35]. Điều này có thể giải thích do hàm lượng Cu trong các mẫu thu được rất thấp nên tương quan về dạng tồn tại khó xác nhận. Pb tương quan cao với tổng hàm lượng Al, Fe. Điều này cho thấy dạng tồn tại Pb có thể chủ yếu phân bố ở dạng cộng kết với các hạt sét. Kết quả nghiên cứu cũng phù hợp với nghiên cứu của Phương và cộng sự xác nhận Pb chủ yếu liên kết với phần sét (Al, Fe, Mn) trong trầm tích [34]. Dữ liệu thu được cũng tương đồng nghiên cứu vùng cửa sông Trung Quốc [33]. Zn có mối tương quan cao với pH, trung bình với TOC. Điều này cho thấy Zn có thể tồn tại chủ yếu ở các hydrox hay carbonat. Nhận định tương tự cũng được tìm thấy đối với trầm tích cửa Sông Soài Rạp cho kết quả dạng liên kết ZnCO₃ là nhiều nhất [34].

Hàm lượng Cd tỉ lệ thuận với Cr ở mức cao, và vừa với Pb và Zn (Bảng 4), trong khi đó, lại tỉ lệ nghịch với hàm lượng Cu. Điều này có thể được giải thích do cả Cd và Cr đều có mối tương quan tỉ lệ thuận cao với hàm lượng hữu cơ TOC nên đã bị cùng giữ lại trong trầm tích. Hàm lượng Zn có mối tương quan tỉ lệ thuận cao đáng kể với Cr. Điều này có thể lý giải do chất thải chứa Zn đến từ sự ăn mòn vật liệu thép mạ kẽm và rửa trôi của hệ thống ống nước, các sản phẩm chống thấm nước (kẽm formate, oxit kẽm), chất khử mùi và mỹ phẩm (như kẽm clorua và oxide kẽm), sơn và bột màu (oxide kẽm, kẽm carbonat, kẽm sunfua), mực in.

Bảng 4: Mối tương quan các chỉ tiêu trong trầm tích

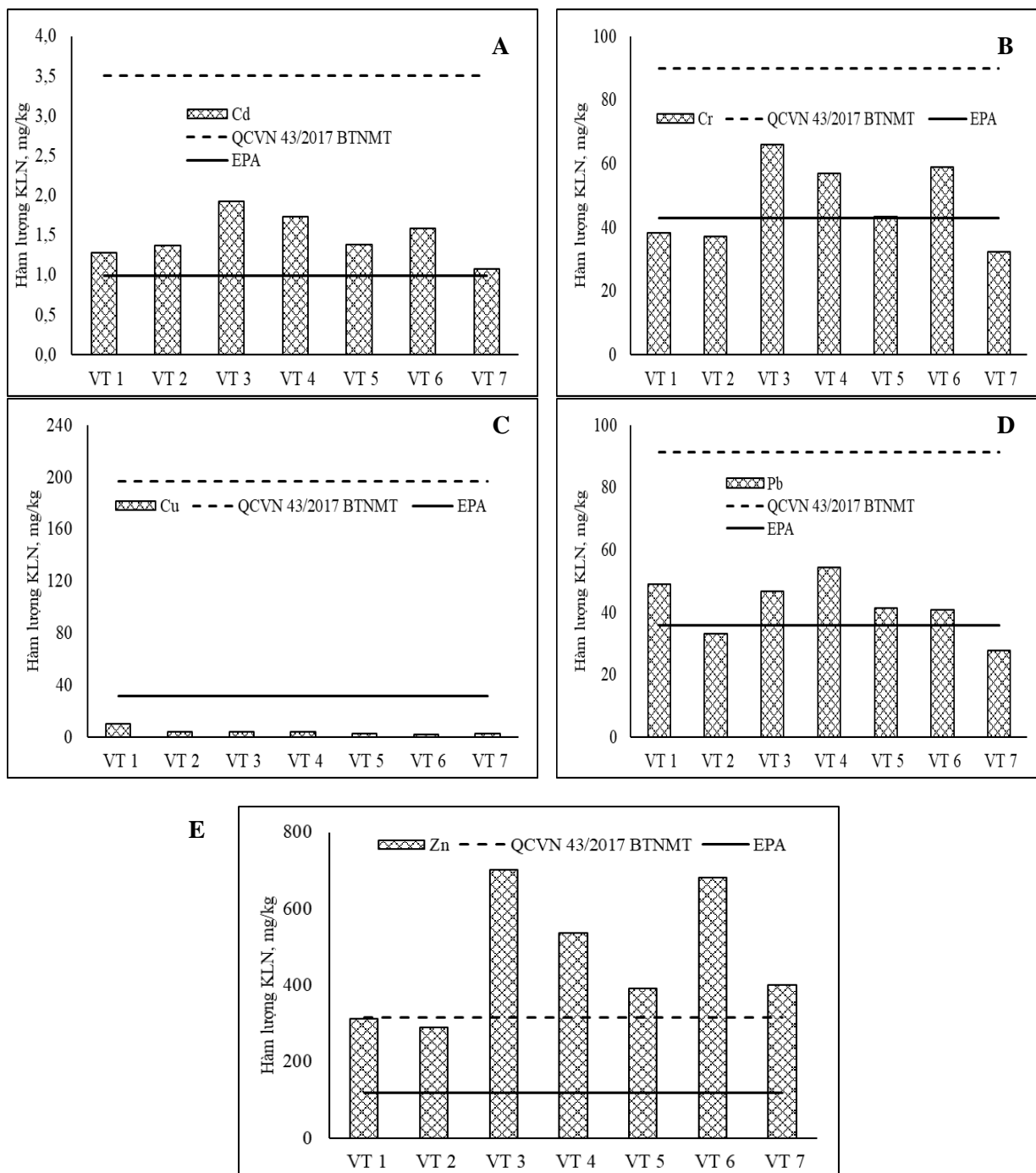
	pH	TOC, %	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Al Fe
pH	1							
TOC, %	0,049	1						
Cd	0,484	0,766*	1					
Cr	0,639	0,738	0,957**	1				
Cu	-0,545	-0,034	-0,183	-0,262	1			
Pb	0,086	0,470	0,656	0,612	0,412	1		
Zn	0,843*	0,539	0,791*	0,919**	-0,432	0,342	1	
Al+Fe	-0,168	0,579	0,641	0,540	0,308	0,895**	0,214	1

* Tương quan có ý nghĩa ở mức 0,05
 ** Tương quan có ý nghĩa ở mức 0,01

3.2. Đánh giá ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích theo QCVN 43-2017 và khuyến nghị của EPA

Kết quả đánh giá hiện trạng tồn lưu kim loại Cd, Cr, Cu, Pb, Zn trầm tích hạ lưu Sông Vàm Thuật theo QCVN 43/2017 và theo EPA được trình bày trong Hình 2. Kết quả cho thấy so với QCVN 43/2017 các kim loại Cd, Cr, Cu, Pb đều chưa vượt giới hạn cho phép. Riêng kim loại Zn có hàm lượng đều vượt giới hạn cho phép, ngoại trừ mẫu VT2. Cụ thể, mẫu VT3 và VT6 vượt 2,2 lần; mẫu VT 4 là 1,7 lần, VT 5 là 1,2 lần. Kết quả tương tự cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Hoàng Thị Thanh Thủy và cộng sự (2007) cho rằng các mẫu thu tại Kênh Tàu Hũ - Bến Nghé đều vượt dao động 405 – 854 mg/kg [3]. Kết quả cũng cho thấy Cd vượt khuyến cáo EPA ở tất cả các mẫu nghiên cứu. Cụ thể, mức vượt thấp nhất 1,1 lần ở mẫu VT 7 và cao nhất 2,0 lần ở mẫu VT 3, Hình 2A. Đối với kim loại Cr có 4/7 mẫu vượt giới hạn khuyến cáo của

EPA ở các mẫu VT 3, VT 4, VT 5, VT 6 trong đó vượt cao nhất là 1,5 lần ở mẫu VT 3, Hình 2B. Các mẫu khảo sát kim loại Cu đều không vượt giới hạn theo khuyến cáo của EPA, Hình 2C. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy 5/7 mẫu có hàm lượng Pb vượt giới hạn khuyến cáo của EPA, Hình 2D. Trong khi 7/7 mẫu có hàm lượng Zn đều vượt, Hình 2E.



Hình 2. A. Đánh giá tồn lưu hàm lượng Cd (A), Cr (B), Cu (C), Pb (D) và Zn (E) trong trầm tích sông theo QCVN & US EPA

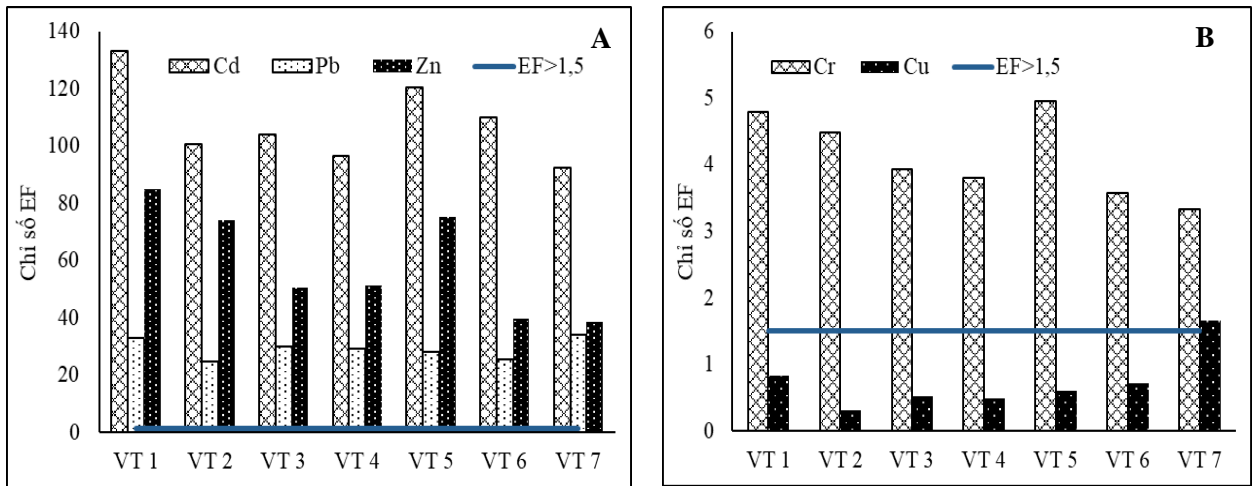
3.3. Đánh giá tình trạng ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích theo các chỉ số

Hệ số làm giàu (EF)

Kết quả đánh giá theo chỉ số làm giàu EF được trình bày trong Hình 3A và B. Kết quả cho thấy chỉ số EF của Cd, Pb, Zn ở các mẫu dao động lần lượt (92-133), (25-34), (39-85), Hình 3A. Kết quả cho thấy các chỉ

ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG...

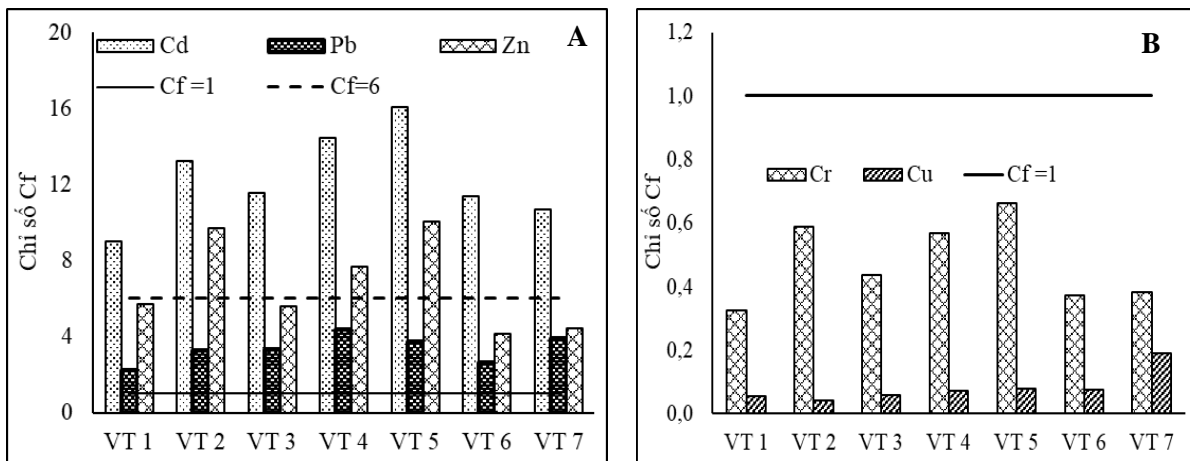
số EF đều >1,5 cho thấy nguồn gốc ô nhiễm Cd, Pb, Zn là do con người. Kết quả phù hợp với quan sát thực địa khu vực tiếp nhận nguồn nước thải rất lớn từ các hoạt động sinh hoạt và sản xuất công nghiệp. Nhận định tương tự cũng được tìm thấy trong báo cáo của Vivien và cộng sự cho rằng kim loại nặng được thải ra phần lớn bởi các hoạt động của con người (nhiều nguồn) và khó phân hủy [35]. Chỉ số EF của Cr, Cu dao động (3,3-5,0) và (0,3-1,6) (Hình 3B). Kết quả cho thấy ô nhiễm Cr do con người, các mẫu ô nhiễm Cu được xem có nguồn gốc tự nhiên vì có EF < 1,5. Riêng Cu ở mẫu VT 7 giá trị EF > 1,5, cho thấy vị trí này ô nhiễm do con người vì mẫu VT 7 thuộc hạ lưu Sông Vàm Thuật, bãi trầm tích lớn, bùn tích lũy lâu dài hơn các vị trí khác.



Hình 3 Chỉ số làm giàu EF của Cd, Pb, Zn (A) và Cu, Cr (B)

Chỉ số CF

Kết quả tính toán chỉ số CF từ hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích nghiên cứu và dữ liệu nền theo lớp vỏ lục địa [26], Hình 4A và 4B cho thấy kết quả tính toán chỉ số EF của Cd trung bình 12,3, dao động trong khoảng 9,0 – 12,1, như vậy tất cả mẫu trầm tích thu được đang trong tình trạng ô nhiễm Cd cao. Kết quả tính toán chỉ số EF của Zn trung bình 6,8, thấp nhất 4,1 và cao nhất là 10,0 đều nằm trong khoảng ô nhiễm và ô nhiễm cao. Đối với Pb, EF trung bình 3,4, dao động 2,2 – 4,4, kết quả cho thấy các vị trí thu mẫu đang trong tình trạng ô nhiễm trung bình và cần xem xét. Chỉ số EF trong trường hợp của Cr, Cu đều < 1 nên ô nhiễm thấp.

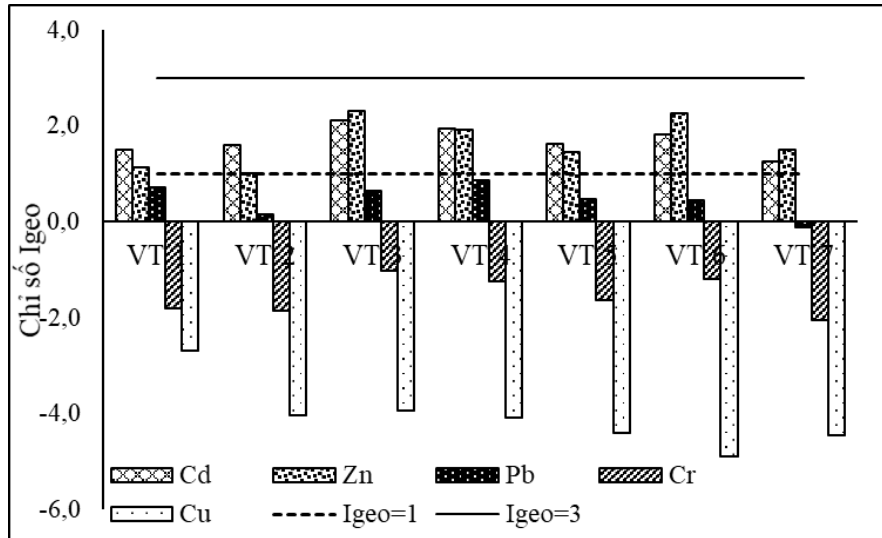


Hình 4 Chỉ số ô nhiễm CF của Cd, Pb, Zn (A) và Cu, Cr (B)

Chỉ số địa hóa Igeo

Kết quả tính toán chỉ số địa hóa Igeo được trình bày trong Hình 5. Kết quả cho thấy giá trị Igeo của Cr, Cu, Pb đều < 1 cho thấy vùng hạ lưu này không bị ô nhiễm hay ô nhiễm thấp. Trong khi, đó Igeo của Zn trung bình 1,7, dao động 1,0 – 2,3 với VT1, VT2 ô nhiễm Zn ở mức trung bình và 2 điểm VT 3, VT 6 là ô nhiễm

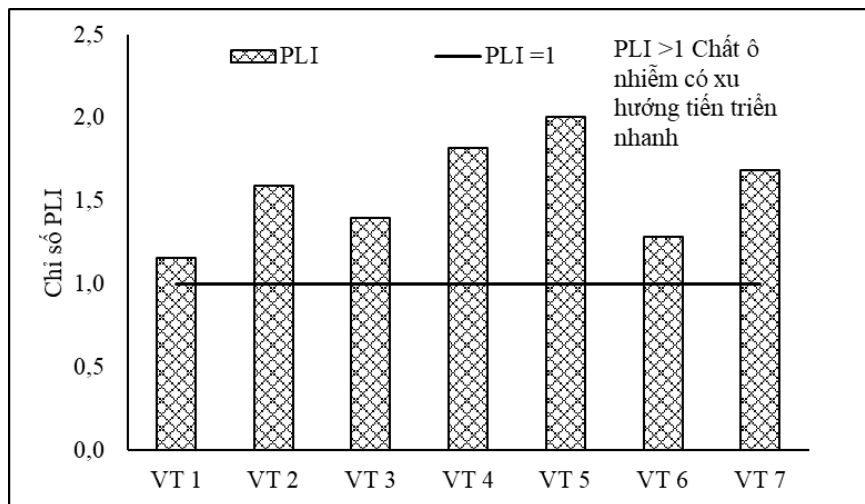
nặng vừa. Giá trị Igeo của Cd có giá trị trung bình 1,7, dao động 1,3 – 2,1, cho thấy các vị trí đều mức độ ô nhiễm trung bình, duy nhất có 1 điểm VT 3 là ô nhiễm nặng vừa.



Hình 5 Chỉ số địa hóa Igeo hạ lưu Sông Vàm Thuận

Chỉ số PLI

Kết quả tính toán chỉ số PLI từ các dữ liệu thu thập được trình bày chi tiết trong Hình 6. Kết quả cho thấy chỉ số PLI từng vị trí đều >1. Cụ thể, giá trị PLI trung bình là 1,6, dao động 1,2 - 2,0. Kết quả cho thấy PLI mẫu VT 5>VT 4>VT 7>VT 3>VT 2>VT 6>VT 1, tương ứng với các giá trị 2,0; 1,8; 1,7; 1,6; 1,4; 1,3; 1,2. Điều này cho thấy chất ô nhiễm có xu hướng tiến triển xấu nhanh. Kết quả tính toán PLI vùng hạ lưu là 1,5, vùng hạ lưu đang bị ô nhiễm theo chiều hướng xấu nhanh



Hình 6 Chỉ số PLI hạ lưu Sông Vàm Thuận

Từ các kết quả trong nghiên cứu cho thấy mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm riêng. Đơn giản nhất là so sánh hàm lượng kim loại nặng với chất lượng trầm tích theo qui chuẩn hay theo khuyến cáo hay dựa trên chỉ số nền địa hóa tùy theo mục tiêu bảo vệ khác nhau. Đánh giá hiện trạng có thể sử dụng dựa trên các qui chuẩn nhưng để đánh giá các rủi ro tiềm ẩn cần phải kết hợp với các chỉ số đánh giá dựa trên các thông số nền địa hóa. Cụ thể trong trường hợp nghiên cứu: với Zn, cả QCVN và EPA đều xác định vượt ngưỡng; với Cd, US EPA xác định đã vượt ngưỡng; EF chỉ ra nguồn ô nhiễm kim loại nặng hạ lưu là

ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG...

do con người; Igeo và CF chỉ ra Zn, Cd có khả năng gây ô nhiễm; PLI xác nhận cùng hạ lưu Sông Vàm Thuật đang bị ô nhiễm.

Tuy nhiên, các giá trị nền địa hóa vẫn đang sử dụng theo Turekian & Weddepohl [27] cần xem xét địa điểm trong một khu vực nhất định để có giá trị nền trong vùng. Chỉ số tích lũy địa hóa Igeo được sử dụng rộng rãi với nguyên lý và công thức đơn giản nên thuận tiện cho việc so sánh với các nghiên cứu trước đây. Giá trị nền của kim loại nặng đã được xem xét trong chỉ số địa hóa Igeo [36]. Tuy nhiên, các phương pháp đều bỏ qua các tác động sinh học của kim loại nặng trong trầm tích.

4. KẾT LUẬN

Kết quả thu được cho thấy hàm lượng các kim loại Cd, Cr, Cu, Pb trong trầm tích chưa vượt giới hạn cho phép theo QCVN 43/2017. Theo ngưỡng khuyến cáo của US EPA, ngoại trừ Cu, các kim loại còn lại đều cho thấy vượt khuyến cáo tại nhiều vị trí thu mẫu. Chỉ số EF cho thấy ô nhiễm kim loại nặng trầm tích hạ lưu sông Vàm Thuật là do con người gây ra. Chỉ số CF cho thấy Cd và Zn thuộc diện ô nhiễm cao, Pb mức độ ô nhiễm cần xem xét, Cu và Cr hiện ở mức ô nhiễm thấp. Chỉ số Igeo cũng xác nhận Cd, Zn ở mức ô nhiễm trung bình và ô nhiễm nặng vừa. Chỉ số PLI cho thấy các vị trí thu mẫu đều ở mức ô nhiễm đang tiến triển xấu, qua đó cũng xác nhận PLI vùng hạ lưu đang ở mức cần xem xét. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc đánh giá theo QCVN chưa phản ánh hết rủi ro tiềm tàng của kim loại nặng trong trầm tích sông. Việc kết hợp với phương pháp đánh giá ô nhiễm kim loại nặng dựa trên các tiếp cận nền với các chỉ số EF, CF, PLI, Igeo đã đóng góp một phần cho các nhà môi trường, nhà hoạch định chiến lược hiểu rõ hơn về ảnh hưởng dữ liệu địa hóa nền và rủi ro kim loại nặng trong trầm tích. Trong tương lai, cần có thêm các giá trị nền từ trầm tích địa phương để đánh giá tình trạng ô nhiễm một cách có ý nghĩa.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của các sinh viên DHQLMT 14, Viện KHCN & QL Môi trường. Chúng tôi cảm ơn các ý kiến góp ý của các nhà khoa học phản biện để bản thảo có chất lượng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Biati, A., Moattar, F., Karbassi, A. and Hassani, A. H., "Role of Saline Water in Removal of Heavy Elements from Industrial Wastewaters", *International Journal of Environmental Research*, vol. 4, no. 1, pp. 177-182, 2010.
- [2] Li, F., Yu, X., Lu, J., Wu, Q. and An, Y., "Assessment of heavy metal pollution in surface sediments of the Chishui River Basin, China", *PLOS ONE*, vol. 17, no. 2, pp. 1-6, 2022.
- [3] H. T. T. Thủy, T. T. C. Loan and N. N. H. Vy, "Nghiên cứu địa hóa môi trường một số kim loại nặng trong trầm tích sông rạch Tp. Hồ Chí Minh", *Tạp chí phát triển KH&CN*, vol. 10, no. 1, 2007.
- [4] T. N. Đình, "Nghiên cứu biến động môi trường trầm tích trong holocen muộn phục vụ quy hoạch phát triển bền vững khu vực cửa sông Đồng Nai", Luận văn TS, Đại Học Quốc Gia Hà Nội; Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội, 2014.
- [5] Costa-Böddeker, S., Hoelzmann, P., L. X. Thuyen, H. D. Huy, H. A. Nguyen, Richter, O., Schwalb, A., "Ecological risk assessment of a coastal zone in Southern Vietnam: Spatial distribution and content of heavy metals in water and surface sediments of the Thi Vai Estuary and Can Gio Mangrove Forest", *Marine Pollution Bulletin*, pp. 1-11, 2016.
- [6] M. T. Anh, L. C. D. Hong, N. V. Nguyen, C. L. T. Thi, T. L. Minh, K. B.-V. Slooten and J. Tarradellas, "Micropollutants in the Sediment of the SaiGon-DongNai River: Situation and Ecological Risks", *Environmental Analysis*, vol. 57, no. 9, p. 537-541, 2003.
- [7] B. Dương, <https://moitruong.net.vn/>, 2017. [Online]. Available: <https://moitruong.net.vn/song-vam-thuat-ngay-cang-o-nhiem-tram-trong/>. [Accessed 20 2 2017].
- [8] Liao, J., Cui, X., Feng, H. and Yan, S., "Environmental Background Values and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Watershed Sediments: A Comparison of Assessment Methods", *Water*, vol. 14, no. 51, pp. 1-17, 2022.
- [9] Costa-Böddeker, S., L. X. Thuyen, Hoelzmann, P., H. D. Hoang, "Ecological risk assessment of a coastal zone in Southern Vietnam: Spatial distribution and content of heavy metals in water and surface sediments of the Thi Vai Estuary and Can Gio Mangrove Forest", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 114, no. 2, pp. 1141-1151, 2016.
- [10] Xu, F., Yingchang, C., Liu, Z., Qiu, L., "Assessment of heavy metal contamination in urban river sediments in the Jiaozhou Bay catchment, Qingdao, China", *Catena*, pp. 9-16, 2017.
- [11] Hakanson, L., "An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach", *Water Research*, vol. 14, no. 8, pp. 975-1001, 1980.

- [12] Tomlinson, D. L., Harris, C., Wilson, J. and Jeffrey, D., “Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index”, *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, vol. 33, no. 1, pp. 566-575, 1980.
- [13] Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 6663-15 2004 Chất lượng nước. Lấy mẫu. Phần 14: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu bùn và trầm tích”, 2004.
- [14] P. T. Dương and H. T. K. Trâm, “Nghiên cứu và đánh giá hàm lượng một số kim loại nặng trong trầm tích đáy vùng cửa sông Mê Kông”, *Tạp Chí Khoa Học ĐHSPTp. HCM*, vol. 9, no. 75, pp. 119-129, 2015.
- [15] Ohio EPA, *Sediment Sampling Guide and Methodologies*, 2ed. Columbus Ohio: 2001.
- [16] US EPA, *Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington: 2001.
- [17] Saeed, S. M., Shaker, I. M., “Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on oreochromis niloticus in the northern delta lakes”, EGYPT, in *8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2008*, 2008.
- [18] ASTM D 2216 – 98, *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. American Society For Testing And Materials: 1998.
- [19] APHA, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th Edition. American Public Health Association: 1999.
- [20] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “TCVN 8941, Chất lượng đất - Xác định cacbon hữu cơ tổng số - Phương pháp Walkey Black”, 2011.
- [21] Wisconsin Department of Natural Resources, Consensus- Based Sediment Quality Guidenlines, *Wisconsin Department of Natural Resources*, 2003.
- [22] Ho, H. H., Swennen, R., and Damme, A. V., “Distribution And Contamination Status Of Heavy Metals In Estuarine Sediments Near Cua Ong Harbor, Ha Long Bay, Vietnam”, *Geologica Belgica*, vol. 13, no. 1, pp. 37-47, 2010.
- [23] N. T. T. Hien, “Assessment of heavy metal pollution in Red River surface sediments, Vietnam”, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 113, no. 2, p. 513–519, 8 2016.
- [24] N. T. Thuong, “Assessment of trace metal contamination and exchange between water and sediment systems in the To Lich River in inner Hanoi, Vietnam”, *Environmental Earth Sciences*, vol. 73, p. 3925–3936, 2015.
- [25] Kim, K. T., “Distribution of Heavy Metals in the Surface Sediments of the Han River and its Estuary, Korea”, *Journal of Coastal Research*, pp. 903 - 907, 2011.
- [26] Mwamburi, J., “Variations in trace elements in bottom sediments of major rivers in Lake Victoria’s basin, Kenya”, *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, vol. 8, pp. 5-13, 2003.
- [27] Turekian, K. K. and Weddepohl, K. H., Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust, *Geological Society of America Bulletin*, vol. 72, pp. 175-192, 1961.
- [28] Bastami, K. D., “Geochemical speciation, bioavailability and source identification of selected metals in surface sediments of the Southern Caspian Sea”, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 114, Issue 2, pp. 1014–1023, 2017.
- [29] Saha, P. K. and Hossain, M.D, “Assessment of Heavy Metal Contamination and Sediment Quality in the Buriganga River, Bangladesh”, in *2011 2nd International Conference on Environmental Science and Technology*, 2011.
- [30] Mohiuddin, K. M., “Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river”, *Environmental Science & Technology*, vol. 7, Issue 1, pp 17–28, 2010.
- [31] Ali, M. L., Islam, M. S., Rahman, M. Z., “Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh”, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, vol. 5, pp. 27-35, 2016.
- [32] Wojciechowska, E., Nawrot, N., Walkusz-Miotk, J., Matej-Lukowicz, K. and Pazdro, K., “Heavy Metals in Sediments of Urban Streams: Contamination and Health Risk Assessment of Influencing Factors”, *Sustainability*, vol. 11, no. 563, pp. 1-14, 2019.
- [33] Lei, P., Zhang, H., Shan, B., Lu, S. and Tang, W., “Heavy metals in estuarine surface sediments of the Hai River Basin, variation characteristics, chemical speciation and ecological risk”, *Environ Sci Pollut Res Int*, vol. 23, no. 8, pp. 7869-79., 2016.
- [34] N. V. Phương, M. Hương and N. T. Huệ, “Đánh Giá Rủi Ro Ô Nhiễm Các Dạng Hóa Học Của Kim Loại (Zn, Cu, Cr, Pb) Trong Trầm Tích Cửa Sông Soài Rạp, Sông Sài Gòn- Đồng Nai”, *Rừng & Môi trường*, vol. 91, pp. 25-31, 2018.
- [35] Vivien, R., Casado-Martínez, C., Lafont, M. and Ferrari, B. J., “Effect Thresholds of Metals in Stream Sediments Based on In Situ Oligochaete Communities”, *Environments* , vol. 7, no. 31, pp. 1-15, 2020.
- [36] Liu, X., Jiang, X., Liu, Q., Teng, A. and Xu, W., “Distribution and pollution assessment of heavy metals in surface sediments in the central Bohai Sea, China: a case study”, *Environmental Earth Sciences*, vol. 75, no. 5, pp. 1-14, 2016.

ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTANTS IN DOWNSTREAM VAM THUAT RIVER

LE HONG THIA*, NGUYEN VAN PHUONG

Institute of Environmental Science, Engineering and Management, Industrial University of Ho Chi Minh City

**lehongthia@iuh.edu.vn*

Abstracts. Heavy metals in the downstream sediments of the Vam Thuat River pose many potential risks to the ecology of the Saigon River. Therefore, this study was conducted to evaluate the residual heavy metal pollutants, such as Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn, in the downstream area of this River. Evaluation methods were based on QCVN, United State Environmental Protection Agency - US EPA recommended threshold, and the indexes, including *Enrichment Factor* (EF), *contamination factor* (CF), *Geoaccumulation Index* (Igeo), *Pollution Load Index* (PLI), 7 sediment samples were collected in March 2022 at low tide period. The results showed that heavy metals Cd, Cr, Cu, Pb, Zn content ranged from 1.08 - 1.93 mg/kg, 32.4 - 66.2 mg/kg, 2.3 - 10.5 mg/kg, 289 - 703 mg/kg of the sediment samples, respectively. The content of Cd, Cr, Cu, Pb of the samples was within the allowable limit according to QCVN 43/2017, except Zn. According to the recommended threshold of US EPA, Cd, Cr and Zn were exceeded. The EF has confirmed that heavy metal pollution in sediments is mainly anthropogenic. The Cf, Igeo indexes have also confirmed that Cd, Zn, and Pb are contaminated at a high level or need to be considered. The PLI has shown that the pollution level in the downstream Vam Thuat River has progressed towards the trend of high pollution. and the status of heavy metal residues and their risks in river sediments.

Key words: EF, CF, Igeo Index, sediment, heavy metals, Vam Thuat River.

Ngày nhận bài: 26/05/2022

Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2022