

Solutions for the stabilization of lagoonal inlets in the coastal zone of Central Vietnam

Tran Duc Thanh^{*}, Vu Duy Vinh, Dang Hoai Nhon, Bui Van Vuong

Institute of Marine Environment and Resources, VAST, Vietnam

^{*}E-mail: thanhtd@imer.ac.vn

Received: 5 July 2017; Accepted: 5 December 2017

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract

Of the 14 inlets belonging to 12 coastal lagoons in the coastal zone of Central Vietnam, the unstable group consists of 4 inlets; the less stable group comprises 4 inlets and the relatively stable group has 6 inlets. For the feasibility and effectiveness, the constructions of stabilizing lagoonal inlets must be multi-purpose and multi-benefit, such as maintenance of ecosystems, opening to the sea for ships and boats, flood drainage and pollution limitation. They need to be combined with other development activities to reduce costs and increase benefits, for example in conjunction with seaports, fishing harbours, typhoon shelters and tourism... Solutions to stabilise the lagoonal inlets consist of 5 groups: Constructing groins for control of inlets; dredging lagoonal inlets and bottom; preventing coastal erosion outside the lagoons; stabilizing the lagoon banks and the surrounding sandy areas; regulating water supplies in the catchments into the lagoons. Depending on the natural conditions and degrees of human impact, the priority solution has been proposed for each lagoonal inlet.

Keywords: Coastal zone of Central Vietnam, lagoons, inlets, solutions, multi-benefit.

Các giải pháp ổn định cửa đầm phá ven biển miền Trung Việt Nam

Trần Đức Thanh*, Vũ Duy Vĩnh, Đặng Hoài Nhơn, Bùi Văn Vượng

Viện Tài nguyên và Môi trường biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

*E-mail: thanhtd@imer.ac.vn

Nhận bài: 5-7-2017; Chấp nhận đăng: 5-12-2017

Tóm tắt

Trong tổng số 14 cửa thuộc 12 đầm phá ven biển miền Trung, nhóm không ổn định gồm 4 cửa, nhóm kém ổn định gồm 4 cửa và nhóm tương đối ổn định gồm 6 cửa. Để có tính khả thi và hiệu quả, các công trình ổn định cửa phải đảm bảo đa mục tiêu và đa lợi ích như duy trì hệ sinh thái, mở lối cho tàu thuyền ra biển, thoát lũ và hạn chế ô nhiễm... Chúng cần được kết hợp với các lợi ích phát triển khác để giảm chi phí và tăng lợi ích, ví dụ như kết hợp với phát triển các cảng biển, cảng cá, khu neo đậu tránh trú bão và du lịch... Các giải pháp ổn định cửa đầm phá gồm có 5 nhóm: Xây kè chỉnh trị luồng cửa; nạo vét luồng lạch và đáy đầm phá; phòng chống xói lở để ổn định bờ biển phía ngoài đầm phá; ổn định bờ đầm phá và bề mặt vùng cát ven đầm phá; điều tiết nước trên lưu vực vào đầm phá. Tùy theo đặc thù điều kiện tự nhiên và mức độ tác động của con người, thứ tự ưu tiên của các giải pháp được đề xuất cho từng đầm phá cụ thể.

Từ khóa: Vùng ven biển miền Trung, đầm phá, ổn định cửa, giải pháp, đa lợi ích.

MỞ ĐẦU

Hệ thống đầm phá ven bờ miền Trung Việt Nam có giá trị to lớn về tài nguyên và môi trường, có tầm quan trọng đặc biệt đối với phát triển kinh tế-xã hội các tỉnh ven biển từ Thừa Thiên-Huế đến Ninh Thuận [1]. Chúng được hình thành và phát triển trong khoảng 5–6 nghìn năm qua và sự tiến hóa, suy tàn của chúng gắn liền với các cửa lạch thông với biển [2, 3]. Do những biến động tự nhiên và tác động nhân sinh, gần đây các cửa đầm phá thường không ổn định, bị sa bồi, đóng mở bất thường, thậm chí dịch chuyển trên khoảng cách lớn, từ từ hoặc đột biến [4, 5]. Biến động cửa đầm phá gây nhiều hậu quả tiêu cực về dân sinh và kinh tế, môi trường và sinh thái như ngập lụt, ngọt hóa, mất lối ra biển, ô nhiễm, suy giảm nguồn lợi và đa dạng sinh học... Chính vì vậy, những vấn đề này đã được quan tâm nghiên cứu theo các cách tiếp cận khác nhau [2, 6–8]. Dựa trên cách tiếp cận tổng hợp liên ngành và đặc điểm của các đầm

phá, bài viết này đề xuất các giải pháp ổn định cửa đầm phá ven biển miền Trung, có nhấn mạnh đến các giải pháp chỉnh trị dưới góc độ hình thái động lực.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Tài liệu

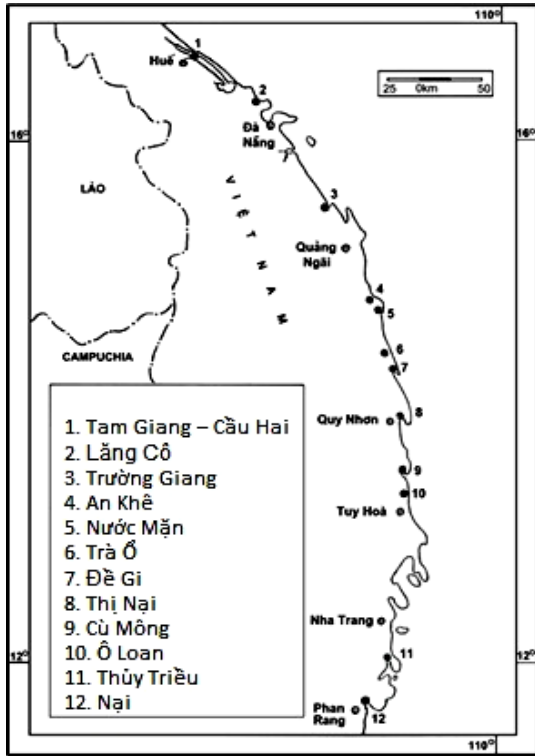
Bài báo đã sử dụng tài liệu trực tiếp khảo sát vùng cửa và 12 đầm phá miền Trung của đề tài KC.08.25/11–15 thực hiện trong các năm 2013–2015, trong đó một số đầm phá như Tam Giang-Cầu Hai, Thị Nại và Nại được khảo sát chi tiết về địa hình, trầm tích đáy, sóng, dòng chảy, mực nước và các yếu tố môi trường.

Phương pháp

Phân tích hệ thống được sử dụng để khái quát hóa những đặc điểm chung nhất của hệ thống cửa của 12 đầm phá (hình 1), đồng thời xác định những đặc điểm riêng cho từng cửa. Phân tích hệ thống còn giúp xác định vị trí ổn

định cửa trong tổng thể phát triển và bảo vệ tài nguyên, môi trường các đầm phá.

nhau của giải pháp công trình như kè và nạo vét [9].



Hình 1. Vị trí các đầm phá ven bờ miền Trung

Phương pháp phân tích hình thái động lực được sử dụng nhằm xác định mối quan hệ qua lại giữa hình thái cửa và động lực khu vực, lấy yếu tố hình thái để xác định tính chất đặc trưng nhất và từ những dự báo thay đổi động lực, trạng thái cửa do bồi, xói.

Phân tích diễn biến lịch sử bằng tài liệu bản đồ, viễn thám và khảo sát thực tế cho biết xu thế biến đổi hình thái cửa do bồi tụ, xói lở do các tác động tự nhiên và nhân sinh. Đây cũng là phương pháp kiểm chứng kết quả các mô hình tính toán.

Tính toán thủy động lực và trao đổi nước đầm phá-biển: Độ cao và tần suất sóng thiết kế được tính thử nghiệm cho công trình kè mở hàn chắn cát ở Đầm Nại. Hệ số trao đổi nước biển và đầm phá qua cửa được tính toán cho một số đầm như Nại và Thị Nại... Bài viết cũng sử dụng một số kết quả tính toán điều kiện thủy động lực, vận chuyển bùn cát ở khu vực đầm Nại (Ninh Thuận) dưới những ảnh hưởng khác

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thực trạng các cửa đầm phá

Trần Thanh Tùng (2011) [10] chia các cửa đầm phá miền Trung thành 4 nhóm: A - Cửa được bảo vệ, B - Cửa ổn định, C - Cửa không ổn định, D - Cửa đóng theo mùa. Cách phân chia này ít phù hợp với thực tế, ví dụ cửa Tư Hiền vốn đóng mở theo thời khoảng nhiều năm, lại được xếp vào nhóm đóng theo mùa. Chúng tôi chia 14 cửa thuộc 12 đầm phá miền Trung theo mức độ ổn định thành 3 nhóm: Không ổn định (4 cửa), kém ổn định (4 cửa) và tương đối ổn định (6 cửa).

Các cửa không ổn định

Đây là các cửa có khả năng bị lấp rồi lại tự mở theo thời khoảng năm (mùa khô bị bồi lấp kín cửa do động lực biển, mùa mưa bị phá mở do dòng lũ) hoặc sau một số năm, thậm chí trên dưới mười năm (như cửa Tư Hiền). Ngoài mở, lấp có tính chu kỳ hoặc bất thường về mặt thời gian, vị trí các cửa cũng không cố định, di chuyển từ từ hay đột ngột trên khoảng cách 2–5 km trên cồn cát chắn ngoài. Nhóm này gồm 4 cửa: Cửa Tư Hiền, cửa đầm An Khê, cửa Hà Ra và cửa An Hải (hình 2).

Cửa Tư Hiền (đầm phá Tam Giang - Cầu Hai, Thừa Thiên-Huế): Hệ đầm phá có diện tích 216 km², dài 68 km, rộng 2–10 km, sâu 1,6 m, sâu nhất 4,2 m, có 2 cửa Thuận An phía bắc và Tư Hiền phía nam. Cửa Tư Hiền dài 100 m, rộng 50 m; sâu 1 m; nằm giữa hệ thống cồn cát phía tây bắc (TB) và mũi nhô đá góc phía đông nam (ĐN), biến động theo thời khoảng nhiều năm, xu thế bị ẹp về phía ĐN, sát mũi Chân Mây Tây; nhiều lần tự lấp, mở.

Tư Hiền là cửa duy nhất trong nhóm có công trình chỉnh trị, nhưng kém hiệu quả. Cửa đã nhiều lần tự mở và tự lấp, nhiều lần được khơi đào, nhưng rồi lập tức tự lấp trở lại [11]. Vào cuối năm 1994, cửa đã được xây kè lấp lại và mở đường thoát ra biển qua vị trí Lộ Thủy sát mũi Chân Mây Tây, nhưng đến trận lũ lịch sử 11/1999, kè ngăn cửa lại bị dòng lũ phá vỡ, tồn tại cho đến nay và đang bồi cạn dần. Việc ổn định cửa đã được khuyến nghị kết hợp các giải pháp công trình trực tiếp, gián tiếp và kết

hợp với lợi ích của các công trình khác: Xây kè mỏ kẹp hai bên cửa, đồng thời cần có các giải pháp công trình kết hợp và hỗ trợ: Xây dựng hệ thống kè mỏ hàn ổn định bờ hai phía cửa; xây

kè mỏ hàn ngang Linh Thái; khơi dòng chảy sông Phú Cam ra đầm Cầu Hai để tăng thêm dòng lũ cho cửa [3].



a) Cửa Tư Hiền



b) Cửa đầm An Khê



c) Cửa Hà Ra



d) Cửa An Hải

Hình 2. Các cửa đầm phá nhóm không ổn định

Cửa đầm An Khê (Quảng Ngãi): Đầm có diện tích 3,5 km², dài 3 km, rộng 1,1 km, sâu 1 m. Lạch cửa dài hẹp nằm giữa 2 hệ thống cồn cát dài 3 km với nhiều vị trí cửa từng tồn tại. Cửa thu hẹp hoặc đóng vào mùa khô, mở vào mùa mưa và giải pháp ứng phó mới chỉ ở mức đơn giản là khai đào khi cửa bị lấp.

Cửa An Hải (đầm Ô Loan, Phú Yên): Đầm có diện tích 18 km², dài 9,3 km, rộng 1,9 km, sâu 1,2 m, sâu nhất 2 m. Cửa cũ Lễ Thịnh được nối với đầm bằng lạch rất dài và hẹp: Dài 6,3 km, rộng 50 m, sâu 1,5 m, từng ở nhiều vị trí khác nhau trên cồn chắn. Cửa An Hải rộng 200 m mở trực tiếp, đóng vào mùa khô và mở mùa mưa. Diễn biến và điều kiện động cửa đã được nghiên cứu [5, 13], nhưng chưa có dự án chỉnh trị nào.

Các cửa kè ổn định

Nhóm này có đặc điểm chung là không bị bồi lấp hoàn toàn, nhưng sa bồi mạnh về mùa

khô làm cản trở tàu thuyền ra vào, gồm 4 cửa: Tam Hải, Sa Huỳnh, Đê Gi và Ninh Chữ (hình 3). Các cửa này đều đã được chỉnh trị hoặc nạo vét, nhưng hiệu quả thấp.

Cửa Tam Hải (đầm Trường Giang, Quảng Nam): Đầm có diện tích 36,9 km², dài 10 km, rộng 5 km, sâu 1,1–2 m; Cửa nằm ở phía bắc mũi An Hòa, nằm giữa các cồn cát chắn, lạch dài 400 m, rộng 200 m và sâu 1 m. Cửa duy trì do hoạt động nạo vét hỗ trợ tàu thuyền ra vào.

Cửa Sa Huỳnh (đầm Nước Mặn, Quảng Ngãi): Đầm có diện tích 2,8 km², dài 3 km, rộng 1 km, sâu 1–1,6 m. Cửa dài 300 m, rộng 120 m, sâu 1,5 m, nằm mũi đá góc phía bắc và cồn cát phía nam, bị sa bồi nặng.

Vào năm 1999, kè mỏ hàn chắn cát đơn giản, dài 70 m, được xây dựng cách cửa Sa Huỳnh khoảng 50 m về phía nam và đến khoảng năm 2007–2008 được kéo dài thành

khoảng 200 m, nhưng tình hình sa bồi vẫn không được cải thiện [14].

Cửa Đê Gi (đầm Nước Ngọt, Bình Định): Đầm có diện tích 15,6 km², dài 8,5 km, rộng 2,5 km, sâu 0,9 m, sâu nhất 1,4 m. Lạch cửa dài 2 km, rộng 150 m, sâu 1,6 m, nằm giữa mũi đá gốc phía bắc và cồn cát phía nam, bồi cạn vào mùa khô. Hiện có kè biển phía nam, dài 400 m, tạo luồng rộng 270 m. Vào năm 1999, kè đơn ngăn cát ở phía nam cửa dài khoảng 100 m được xây dựng, sau đó được nối dài và kiên cố hơn, tuy nhiên cửa vẫn tiếp tục bị sa bồi mạnh [14].

Cửa Ninh Chữ (đầm Nại, Ninh Thuận): Đầm có diện tích 7 km², dài 6 km, rộng 3,5 km, sâu 1,5 m, sâu nhất 9 m. Lạch cửa dài 2,5 km, rộng 250 m, sâu 4–6 m, nằm giữa mũi đá gốc phía đông và cồn cát phía tây. Kè mỏ hàn chắn cát từ hai phía luồng, được khởi công xây dựng năm 1999, đưa vào sử dụng từ tháng 7/2003. Đến nay, vị trí cửa luồng bị bồi cạn, độ sâu giảm từ 4 m chỉ còn 2–3 m, nhưng cơ bản công trình đạt mục đích đặt ra và phát huy được hiệu quả.



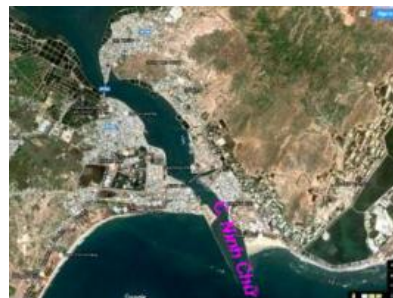
a) Cửa Tam Hải



b) Cửa Sa Huỳnh



c) Cửa Đê Gi



d) Cửa Ninh Chữ

Hình 3. Các cửa đầm phá nhóm kém ổn định

Các cửa tương đối ổn định

Nhóm này gồm các cửa có sự biến động không đáng kể về độ sâu, bề rộng theo mùa và theo năm, gồm 6 cửa: Thuận An, Lăng Cô, An Hoà, cửa đầm Thị Nại, Cù Mông và Thủy Triều (hình 4). Sự ổn định tương đối chủ yếu do 2 yếu tố: Cân bằng động lực tự nhiên (Lăng Cô, Cù Mông và Thủy triều) và chỉnh trị của con người (Thuận An, An Hòa và Thị Nại).

Cửa Thuận An (đầm phá Tam Giang-Cầu Hai, Thừa Thiên-Huế). Cửa dài 600 m, rộng 350 m, sâu 2–11 m; nằm giữa hai hệ cồn cát, luồng ép dần về phía tây bắc. Cửa chưa lần nào

bị lấp hẳn nhưng thường dịch chuyển đột ngột vị trí theo chu kỳ dài trên đoạn bờ dài 7 km [3]. Cửa hiện ổn định nhờ công trình chỉnh trị luồng cảng và kè chống xói lở hai phía bờ sau trận lụt lịch sử năm 1999.

Cửa đầm Lăng Cô (Thừa Thiên Huế): Đầm có diện tích 16 km², dài 6 km, rộng 3,5 km, sâu 1,2 m, sâu nhất 2 m; Cửa dài 1.000 m, rộng 150 m, sâu 1–8 m, khá ổn định, nằm giữa cồn cát hướng TB-ĐN và bờ đá góc núi Hải Vân. Đầm khá ổn định, nhưng khả năng bồi cạn đáy ở mức độ đáng kể [15].

Cửa An Hoà (đầm Trường Giang, Quảng Nam): Đầm có diện tích 36,9 km², sâu 1,1 m, sâu nhất 2 m và có hai cửa An Hòa và Tam Hải. Cửa An Hòa dài 500 m, rộng 400 m và sâu 4 m, nằm giữa đê cát và bờ đá gốc Nam mũi An Hòa, phía trong có cảng Kỳ Hà.

Cửa đầm Thị Nại (Bình Định): Đầm có diện tích 50 km², rộng 3,9 km, dài 15,6 km sâu 1,2 m, sâu nhất 2,5 m. Cửa dài 1,2 km, rộng

900 m, sâu 7 m, nằm giữa doi cát Tp. Quy Nhơn và mũi đá Phước Mai, đảm bảo độ sâu cho luồng tàu vào cảng.

Cửa đầm Cù Mông (Phú Yên): Đầm có diện tích 30,2 km², dài 17,6 km, rộng 2,2 km, sâu 1,6 m, sâu nhất 3,5 m. Cửa dài 500 m, rộng 350 m, sâu 5 m, nằm giữa 2 mũi đá góc, ổn định và ít bị sa bồi.



a) Cửa Thuận An



b) Cửa Lăng Cô



c) Cửa An Hòa



d) Cửa Thị Nại



e) Cửa đầm Cù Mông



f) Cửa đầm Thủy Triều

Hình 4. Các cửa đầm phá nhóm tương đối ổn định

Cửa đầm Thủy Triều (Khánh Hòa): Đầm có diện tích 25,5 km², rộng 3 km, dài 17,5 km, sâu 1,5 m, sâu nhất 4 m. Cửa thông với vịnh Cam Ranh kín sóng, dài 1 km, rộng 1 km, sâu 4 m và ổn định.

Các giải pháp ổn định cửa đầm phá **Định hướng chung**

Mặc dù cơ chế cụ thể khác nhau, nhưng nguyên nhân chính bồi cạn, lấp cửa và dịch chyen cửa đầm phá là do cán cân tương tác

giữa tác động bồi lắng của dòng bùn cát dọc bờ do sóng và tác động xâm thực sâu của dòng chảy mưa lũ qua các cửa [3, 10, 12–16].

Các công trình ổn định cửa đầm bảo đa mục tiêu và đa lợi ích

Phối hợp đa lợi ích nhằm ổn định dân sinh, phát triển kinh tế, bảo vệ môi trường và phòng chống thiên tai để tăng tính khả thi và lợi ích của công trình đầu tư: Kết hợp chỉnh trị và nạo vét luồng cho phát triển cảng và khu neo trú tránh gió bão; với các công trình thủy lợi tưới tiêu và thoát lũ; tự làm sạch môi trường và hạn chế bồi cạn đáy; kết hợp phát triển du lịch; khai thác, nuôi trồng thủy sản và làm muối.

Nằm trong khuôn khổ quản lý tổng hợp vùng bờ: Nhằm giảm thiểu tranh chấp và xung đột lợi ích: Giữa bảo tồn tự nhiên và phát triển kinh tế; giữa nông nghiệp cần nước ngọt và thủy sản mặn lợ trên đầm phá; giữa phòng chống ngập lụt và xâm nhập mặn.

Duy trì và phục hồi hệ sinh thái đầm phá: Đảm bảo cân bằng nước ngọt từ lưu vực và nước mặn từ biển vào và trao đổi nước tích cực giữa đầm phá với biển; duy trì đường di cư của sinh vật biển, đảm bảo diện tích và độ sâu đủ lớn để duy trì sinh khối và năng suất sinh học; giữ được các tiêu hệ sinh thái đầm phá, tiêu biểu là thảm cỏ biển.

Ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH): Góp phần giảm thiểu tác động của BĐKH và dâng cao mực biển đã và đang gây ra nhiều áp lực đến môi trường đầm phá: Sa bồi cửa biển, sạt lở bờ biển, ngập lụt và ngọt hóa vào mùa mưa, xâm nhập mặn vào mùa khô, dẫn đến đảo lộn cân bằng sinh thái, suy giảm đa dạng sinh học và nguồn lợi thủy sinh...

Kết hợp với các công trình quan trọng có lợi ích khác để giảm chi phí và tăng lợi ích

Kết hợp với phát triển cảng biển: Trong hệ thống cảng biển Việt Nam, có 3 cảng nằm trong đầm phá ven biển¹. Việc chỉnh trị, nạo vét luồng cảng cũng mang lại lợi ích lớn cho duy trì, hồi phục hệ sinh thái đầm phá. Cảng Thuận An ở đầm phá Tam Giang-Cầu Hai có thể tiếp nhận tàu 2.000 DWT. Cảng Kỳ Hà ở đầm

Trường Giang, có thể tiếp nhận tàu 3.200 DWT. Cảng Thị Nại ở đầm Thị Nại có thể tiếp nhận tàu 10.000 DWT.

Kết hợp với phát triển các cảng cá và khu neo đậu tránh trú gió bão cấp vùng: Do lợi thế tự nhiên, nhiều đầm phá ven biển được sử dụng làm các cảng, bến cá và khu neo đậu tránh gió, bão cho tàu thuyền nghề các biển, vì vậy, các cửa ra vào cho tàu thuyền, cần phải ổn định và duy trì. Theo Quyết định số 1349/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ² có 7 khu neo trú tránh bão cấp vùng nằm trong các đầm phá miền Trung. Trong đó, khu Thuận An gắn với luồng vào cảng biển Thuận An, đầm Cù Mông chỉ cần nạo vét định kỳ cửa. Các cửa Sa Huỳnh, cửa đầm Đề Gi, cửa Ninh Chữ cần đầu tư nâng cấp. Các cửa Tư Hiền và Hà Ra cần được xây kè chắn cát chỉnh trị. Các đầm phá còn lại đều cần duy trì và ổn định cửa để tạo thành các khu neo trú địa phương cho thuyền, tàu cá nhỏ, duy trì nuôi trồng và khai thác thủy sản, phát triển du lịch (Lăng Cô, Ô Loan...), thoát lũ và các mục đích phát triển khác.

Các giải pháp ổn định cửa

Các giải pháp công trình ổn định cửa đầm phá cần đáp ứng được các yêu cầu: Góp phần tạo cân bằng tương tác lưu vực-đầm phá-biển, duy trì và ổn định hệ sinh thái đầm phá, thoát lũ và lồi ra biển, hiệu quả và bền vững. Chúng được chia thành 5 nhóm như sau: 1. Xây kè chỉnh trị luồng cửa; 2. Nạo vét luồng lạch và đáy đầm phá; 3. Phòng chống xói lở để ổn định bờ biển phía ngoài đầm phá; 4. Ổn định bờ đầm phá và bề mặt vùng cát ven đầm phá; 5. Điều tiết nước trên lưu vực vào đầm phá. Với từng đầm phá, theo đặc điểm riêng mà mức độ ưu tiên của từng nhóm có khác nhau (bảng 1). Để tăng hiệu quả trong việc ổn định cửa của các đầm phá, rất cần thiết có sự kết hợp tổng thể các giải pháp khác nhau. Tuy nhiên, việc kết hợp này phụ thuộc vào các đặc điểm về điều kiện tự nhiên ở mỗi vùng. Ví dụ, giải pháp kết hợp giữa kéo dài kè chắn cát khu vực cửa Ninh Chữ và nạo vét cửa đầm trong 2 trường hợp: (1) Kéo dài cả 2 tuyến đê thêm 165 m và nạo vét

¹Nguồn: Hiệp hội Cảng biển Việt Nam: <http://www.vpa.org.vn/vn/members/central/thuanan.htm>

²Quyết định số 1349/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch khu neo đậu tránh trú bão cho tàu cá đến năm 2020, định hướng đến năm 2030, ngày 9/8/2011.

lạch Tri Thủy sâu thêm 0,5 m; (2) Kéo dài Tri Thủy sâu thêm 0,5 m [9].
tuyến đê phía bắc thêm 260 m và nạo vét lạch

Bảng 1. Các phương án ổn định hệ thống cửa đầm phá ven biển miền Trung

STT	Cửa	Đầm phá	Phương án ổn định
1	Thuận An	Tam Giang - Cầu Hai,	Kết hợp chỉnh trị luồng vào cảng. Kéo dài kè chắn cát, kết hợp nạo vét luồng và chống xói lở hai phía bờ.
2	Tur Hiền	Thừa Thiên-Huế	Kết hợp bến cá 300 ch/300 cv. Xây kè mở hai phía luồng tại Vinh Hiền, kè mở nuôi bãi biển hai phía cửa; nạo vét.
3	Lăng Cô	Lăng Cô, Phú Lộc, Thừa Thiên-Huế	Chống xói lở bờ phía TB, bảo vệ rừng trên lưu vực để ổn định dòng chảy sông. Nạo vét định kỳ.
4	Tam Hải	Trường Giang, Núi	Nuôi bãi, chống xói lở bờ phía TB, nạo vét không định kỳ.
5	An Hoà	Thành, Quảng Nam	Kết hợp chỉnh trị luồng vào cảng Kỳ Hà. Bảo vệ bờ phía TB, nạo vét định kỳ.
6	An Khê	An Khê, Đức Phổ, Quảng Ngãi	Ổn định cửa mở ở phía nam bằng kè mở hai phía kéo ra biển, kết hợp nạo vét.
7	Sa Huỳnh	Nước Mặn, Đức Phổ, Quảng Ngãi	Kết hợp cảng cá, khu neo trú 500 ch/400 cv. Tạo kè mở hai phía luồng, kết hợp nạo vét, bảo vệ bờ phía nam.
8	Hà Ra	Trà Ô, Phù Mỹ, Bình Định	Kết hợp khu neo trú tàu thuyền cá 800 ch/300 cv. Xây kè mở hai phía kéo dài thẳng ra biển tại vị trí Hà Ra.
9	Đề Gi	Nước Ngọt, Phù Cát, Bình Định	Kết hợp cảng, khu neo đậu tàu cá 2000 ch/300 cv. Cải tạo kè mở hai phía luồng kéo đến độ sâu 8 m, kết hợp nạo vét, chống xói lở bờ nam.
10	Thị Nại	Thị Nại, Tuy Phước và Quy Nhơn, Bình Định	Nạo vét kết hợp quản lý lưu vực và thủy vực. Trồng cây trên vùng cát. Kè bờ đầm chống cát trôi, cát chảy. Bảo vệ bãi biển.
11	Cù Mông	Cù Mông, Sông Cầu, Phú Yên	Kết hợp cảng cá và khu neo đậu cho 800 ch/500 cv. Nạo vét định kỳ luồng cửa kết hợp quản lý lưu vực.
12	An Hải	Ô Loan, Tuy An, Phú Yên	Xây kè mở chắn cát hai phía cửa An, kết hợp khu neo trú cấp địa phương và bảo vệ danh thắng.
13	Thủy Triều	Thủy Triều, Cam Ranh, Khánh Hòa	Nạo vét luồng cửa, kè bờ chống cát tràn tại một số đoạn luồng; nạo vét khôi phục một số khu vực đáy đầm.
14	Ninh Chữ	Nại, Ninh Hải, Ninh Thuận	Nâng cấp khu neo trú cho tàu đến 1.000 cv. Kéo dài kè hai phía đến độ sâu 6,5 m, bảo vệ bờ biển, tạo dòng thoát lũ, nạo vét đáy đầm. Cải tạo mương kênh ven đầm.

Xây kè chỉnh trị luồng cửa

Giải pháp phải đảm bảo được ít nhất 3 mục đích: Chắn cát, thoát lũ và trao đổi nước giữa đầm phá với biển, áp dụng cho 8 cửa: Thuận An và Tur Hiền (Tam Giang-Cầu Hai), cửa đầm An Khê, cửa Sa Huỳnh (Nước Mặn), cửa Hà Ra (Trà Ô), cửa Đề Gi (Nước Ngọt), cửa An Hải (Ô Loan), cửa Ninh Chữ (Nại).

Lựa chọn vị trí: Luôn đặt vị trí kè ngăn cát tại nơi luồng trực diện và ngăn nhất nối đầm phá với biển. Nếu các cửa Tur Hiền (Cầu Hai) đặt ở vị trí Lộc Thủy, cửa đầm Ô Loan đặt ở vị trí Lễ Thịnh, hay cửa đầm Trà Ô đặt ở làng Phú Thứ, thì nước từ đầm phá chảy ra biển phải qua một kênh hẹp chạy vòng nhiều km, tốc dòng chảy giảm, sa bồi tăng, nên khả năng cửa bị sa bồi rất cao; khi gặp lũ lớn, dòng lũ sẽ phá mở

còn cát tại Vinh Hiền (Tur Hiền), Hà Ra (Trà Ô) hay An Hải (Ô Loan) và kè ở vị trí chỉnh trị sẽ bị vô hiệu hóa.

Xác định tuyến kè chắn cát: Thực tế cho thấy, tất cả các kè chắn cát một phía và phía kia lợi dụng mũi nhô đá góc (hình 5) đều không hiệu quả, thậm chí còn sa bồi hơn trước, như ở các cửa Sa Huỳnh, Tam Quan và Đề Gi [14]. Các mũi nhô có vai trò nhất định cản dòng bồi tích dọc bờ từ phía bắc xuống, nhưng khi đã có kè ở phía nam cửa, vai trò ấy không còn mấy giá trị. Kè phía nam trở thành bẫy tích tụ cát cho dòng dọc bờ từ cả hai phía theo hai mùa gió. Do tốc độ dòng lũ ra giảm mạnh, đồng thời vẫn chịu di chuyển ngang của bùn cát từ ngoài biển vào theo một số hướng sóng thích hợp trong năm, khu luồng mới chỉnh trị trở thành

túi bẫy hứng bồi tích và càng bị sa bồi nặng nề hơn trước. Ngoài ra, độ sâu mũi kè thường chỉ đến độ sâu 3–4 m, nằm trong phạm vi hoạt động mạnh của đối sóng đổ nhào, bồi tích chưa được phân tán ra xa khỏi vùng cửa, như trường hợp cửa Ninh Chữ (hình 6), dù đã có kè kếp ở cả hai phía luồng. Để đảm bảo tàu có công suất 1.000 cv có thể vào khu neo đậu Ninh Chữ thì cần thiết phải nạo vét duy trì độ sâu đáy luồng là 4,4 m. Theo kết quả tính toán của chúng tôi, với độ cao sóng lựa chọn 4–5 m có suất đảm bảo 11,3%, ứng với độ sâu sóng đổ lần cuối ($H = 1,45 h$) 5,8–7,25 m, trung bình 6,5 m. Độ sâu này cách mũi kè hiện tại khoảng 900–1.000 m.



Hình 5. Kè chắn cát phía Nam cửa Đê Gi



Hình 6. Kè chắn cát hai bên cửa Ninh Chữ

Để phù hợp với đặc điểm động lực hình thái và xu thế biến động cửa, khi xây kè chắn cát, cần phải lưu ý các điểm sau: 1- Phải xây kè chắn cát ở cả hai phía để ổn định cửa (hình 6);

2- Độ sâu mũi kè thích hợp bằng khoảng 1,5 lần độ cao sóng thiết kế; 3- Tùy theo khu vực và cấp độ công trình cụ thể, sóng thiết kế có độ cao 4–5,5 m có suất đảm bảo 10–13% theo hoàn kỳ 100 năm³; 4- Tương ứng, độ sâu mũi kè phù hợp khoảng 6–8 m để hạn chế cơ bản sa bồi mũi luồng, nạo vét định kỳ là cần thiết và có tính hỗ trợ; 5- Khi mũi kè vượt độ sâu 8 m, sa bồi sẽ giảm nhiều, nhưng chi phí lớn, với độ sâu nhỏ hơn 6 m, khả năng sa bồi cao và phải nạo vét định kỳ.

Đánh giá dự báo vai trò của các tuyến kè chắn cát ở khu vực cửa Ninh Chữ (Đầm Nại) cho thấy khi kéo dài thêm mỗi bên 165 m so với hiện tại, thì trao đổi nước giữa đầm và biển thay đổi hầu như không đáng kể. Tuy nhiên một tác động tích cực khác là làm giảm nhẹ dòng bùn cát từ biển vào đầm Nại trong điều kiện bình thường và tăng dòng bùn cát khi có lũ từ đầm ra phía ngoài. Đặc biệt ở khu vực kênh dẫn vào đầm Nại (lạch Tri Thủy), khi các tuyến kè biển kéo dài thêm, dòng bùn cát dọc bờ đi vào cửa đầm gây bồi lấp sẽ giảm đáng kể: Từ 637,3 m³/ngày xuống còn 376,4 m³/ngày (giảm 40,9%). Khi có lũ, dòng bùn cát sau khi kéo dài kè cũng giảm mạnh từ 534,6 m³/ngày xuống còn 272,2 m³/ngày (giảm 49,1%). Như vậy, việc kéo dài các tuyến kè biển không làm thay đổi nhiều động thái di chuyển của dòng bùn cát phía trong đầm Nại, nhưng làm giảm đáng kể dòng bùn cát từ biển gây bồi lấp cửa đầm, qua đó làm tăng khả năng trao đổi nước, hạn chế bồi lắng ở khu vực cửa và đáy đầm [9].

Xác định khả năng thoát lũ và trao đổi nước qua cửa: Để đảm bảo an toàn cho tàu thuyền ra vào cảng, bên cá và neo trú tránh bão, việc thiết kế kè và luồng phải tuân theo quy trình của Bộ Giao thông Vận tải⁴. Tuy nhiên, việc ổn định cửa và tạo luồng tàu cần phải hài hòa với các lợi ích khác như đảm bảo trao đổi nước để duy trì, phục hồi hệ sinh thái và thoát lũ. Kè ngăn cát hai phía luồng càng kéo dài, khả năng trao đổi nước và thoát lũ càng kém, vì

³Nghiên cứu thiết lập các luận cứ khoa học làm cơ sở ban đầu cho việc cải tạo cửa Đê Gi. Đề tài cấp tỉnh Bình Định (Trương Đình Hiến và nnk., 2002).

⁴Quy trình thiết kế kênh biển do Bộ GTVT ban hành kèm theo quyết định số 115-QĐ/KT4 ngày 12/1/1976.

vây nạo vét bổ sung định kỳ là một giải pháp cân bằng và hài hòa các lợi ích ổn định cửa.

Để đảm bảo trao đổi nước, ổn định sinh thái và giảm thiểu ô nhiễm, hệ số trao đổi nước F (số ngày cần để thay đổi hoàn toàn nước đầm phá) không vượt quá 25% sau khi xây dựng kè. Đầm Thị Nại hiện tại có hệ số F từ 2 (mùa khô) đến 2,9 (mùa mưa), không nên quá 2,5 vào mùa mưa và 3,6 vào mùa khô. Đầm Nại hiện có hệ số F từ 2,5 (mùa khô) đến 2,7 (mùa mưa), không nên quá 3,1 vào mùa khô và không quá 3,4 vào mùa mưa. Để tính khả năng thoát lũ, cần xác định vai trò phân lũ của cửa trong tổng thể khu vực mà thiết kế lưu lượng thoát lũ, ví dụ với đầm Nại lưu lượng thiết kế $Q_{10\%} = 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ [15]. Các cửa đầm phá có vai trò quan trọng cho thoát lũ [11], cần phải tính đến khi thiết kế kè chắn cát, ví dụ, lưu lượng thoát lũ $Q_{5\%}$ đã được đề xuất cho kè kếp chắn cát cửa Tam Quan⁵.

Nạo vét luồng lạch và đáy đầm phá

Nạo vét luồng cửa kết hợp với phòng chống xói lở bờ biển áp dụng cho 6 cửa: Cửa đầm Lăng Cô, các cửa Tam Hải và An Hòa (Trường Giang), Thị Nại, Cù Mông và Thủy Triều. Do những thuận lợi về điều kiện tự nhiên, thực tế các cửa này chưa bao giờ bị bồi lấp hẳn và thường có độ sâu ổn định, một số cửa có độ sâu lớn. Cũng do yêu cầu sử dụng, để duy trì ổn định hiện trạng, các cửa này chỉ cần nạo vét định kỳ hoặc không định kỳ, kết hợp với giải pháp chống xói lở bờ biển gần cửa ngoài đầm phá.

Các đầm phá có xu hướng bồi cạn nhanh. Theo kết quả phân tích đồng vị phóng xạ ^{210}Pb and ^{137}Cs , tốc độ lắng đọng trầm tích đáy đầm phá trong gần một thế kỷ qua khoảng 0,2–0,6 cm/năm với Tam Giang-Cầu Hai và khoảng 0,1–0,3 cm/năm đối với các đầm Lăng Cô, Trường Giang, Nước Mặn, Đê Gi, Thị Nại, Ô Loan và Nại [17]. Theo kết quả phân tích đồng vị phóng xạ ^{210}Pb và ^{226}Ra , tốc độ lắng đọng ở đầm phá Tam Giang-Cầu Hai trung bình 0,21 cm/năm trong

khoảng thời gian 1871–2013, ở đầm Thị Nại là 0,36 cm/năm trong 1856–2013 và ở đầm Nại 1,25 cm/năm trong 1896–2013. Tại đầm Nại, tốc độ này tăng hơn hai lần từ 0,84 cm/năm trong khoảng 1896–1960 lên 1,77 cm/năm khoảng 1991–2013 [18]. Số liệu này khá phù hợp với kết quả theo mô hình tính toán [19].

Để tăng thể tích nước đầm phá, làm tăng tốc độ dòng chảy qua cửa, cần nạo vét khôi phục luồng lạch và hạ thấp đáy đầm, dù chi phí khá lớn. Việc nạo vét chú ý kế thừa các yếu tố địa hình tự nhiên, phù hợp với đặc điểm thủy thạch động lực và lưu ý bảo tồn đa dạng sinh học. Ưu tiên nạo vét đáy các đầm Lăng Cô, An Khê, Ô Loan và Thủy Triều; Kết hợp nạo vét đáy đầm với nạo vét luồng tàu và cầu tàu tại các đầm phá có cảng biển Tam Giang-Cầu Hai, Trường Giang và Thị Nại; Kết hợp với nạo vét đáy đầm cho mục đích luồng, bến và khu neo trú tránh bão cho tàu thuyền cá ở các đầm phá Tam Giang-Cầu Hai, Nước Mặn, Trà Ô, Đê Gi, Cù Mông và Nại. Việc thiết kế và thực hiện nạo vét cần tuân theo chuẩn ngành 22TCN 241:1998 và công trình chính trị luồng chạy tàu sông (mục VII: Chính trị luồng vùng cửa sông chịu ảnh hưởng của thủy triều), kèm theo Quyết định số 184/QĐ-KHKT ngày 6/2/1998 của Bộ GTVT.

Các kết quả tính toán dự báo bằng mô hình cho khu vực đầm Nại cho thấy khi tiến hành nạo vét thêm 0,8 m cho toàn bộ lòng đầm và khu vực cửa đầm thì lượng nước trao đổi giữa vùng lòng đầm và bên ngoài trong điều kiện bình thường chỉ còn khoảng 32% (hiện tại 41%). Nếu tính đến cả ảnh hưởng của lũ thì trao đổi nước tăng lên khoảng 34% (hiện tại 44%). Nguyên nhân của sự suy giảm lượng nước trao đổi này chủ yếu do sự tăng lên của thể tích nước trong đầm (do tăng độ sâu) lớn hơn sự tăng lên của lượng nước vào ra do dao động mực nước. Tuy nhiên, sự tăng lên của thể tích nước đầm sẽ làm các chất gây ô nhiễm do được pha loãng ra hơn, giảm nguy cơ gây ô nhiễm nước của đầm [9]. Đối với khu vực đầm Nại do dòng bùn cát ở vùng ven biển phía ngoài (cửa Ninh Chữ) chủ yếu di chuyển dọc bờ từ phía bắc xuống nên các kết quả tính toán phân tích cho thấy trường hợp nạo vét khu vực cửa đầm kết hợp với kéo dài tuyến đê phía bắc

⁵Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ để khắc phục hiện tượng bồi lấp cửa ra vào khu neo trú bão của tàu thuyền - áp dụng cho cửa Tam Quan, Bình Định. Đề tài độc lập cấp Nhà nước (Đỗ Minh Đức và nnk., 2015).

sẽ cho các kết quả tích cực hơn rất nhiều so với nạo vét kết hợp với kéo dài hai bên đê và các kích bản tính toán khác (chỉ kéo dài đê hoặc nạo vét). Vì vậy, nếu tính đến một giải pháp công trình để giải quyết vấn đề hạn chế bồi lắng lòng đầm và bồi lấp khu vực cửa đầm phía ngoài thì kéo dài đê phía bắc kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm là lựa chọn tốt nhất [9].

Phòng chống xói lở để ổn định bờ biển phía ngoài đầm phá

Vật liệu xói lở được giải phóng được vận chuyển đến gây bồi cạn, thậm chí bồi lấp cửa đầm phá nằm gần. Bờ biển phía ngoài các đầm phá ven biển miền Trung nhiều nơi đang bị xói lở bờ biển ở các mức độ khác nhau [20]. Vì vậy, tăng cường chống xói lở bờ biển để bảo vệ các khu dân cư và công trình dân sinh cũng là một giải pháp quan trọng góp phần ổn định cửa. Để bảo vệ bờ và bãi biển phía ngoài đầm phá có thể áp dụng nhóm giải pháp công trình cứng: Xây dựng công trình bảo vệ bờ trực tiếp như tường kè chống sóng áp bờ, các mũi nhô nhân tạo phá sóng, đê chắn sóng cách bờ. Nhóm giải pháp công trình phù hợp nhất là xây kè mỏ hàn hoặc kè chữ T nuôi bãi, nhằm chống xói lở cho bãi, hạn chế cát giải phóng từ xói lở được vận chuyển dọc bờ tới bồi lấp cửa đầm phá, nhất là trong điều kiện biến đổi khí hậu và dâng cao mực nước biển.

Ổn định bờ đầm phá và bề mặt vùng cát ven đầm phá

Hoàn thiện hệ thống đê, kè và đập chống sạt lở bờ và trôi cát vào đầm phá, gồm các giải pháp công trình hỗ trợ trên và ven bờ đầm phá. Đó là các công trình nhằm duy trì, cải thiện thể tích vực nước (độ sâu và diện tích), chất lượng môi trường nước và trầm tích; phòng chống thu hẹp thủy diện, ngăn ngừa nông cạn đáy và cản trở hoàn lưu nước, thoát nước. Các giải pháp này cần được kết hợp đa lợi ích với các hoạt động cấp thoát nước, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và làm muối, giao thông cảng bến, du lịch... Có thể độc lập nạo vét tạo luồng lạch, hạ thấp mặt đáy đầm, phục hồi đất ngập nước...

Quá trình sạt lở bờ đầm phá và cát trôi, cát chảy từ các cồn đụn bao quanh đã đưa một lượng lớn trầm tích xuống bồi nông đáy đầm phá. Tổng tải lượng bùn cát đưa vào hệ đầm phá Tam Giang-Cầu Hai khoảng 1070 nghìn

tấn/năm, trong đó từ dòng chảy sông 620 nghìn tấn/năm và chảy trôi từ các cồn đụn xung quanh khoảng 450 nghìn tấn/năm. Lượng bồi tích lưu giữ lại trong đầm phá là 322 nghìn tấn/năm gây nông cạn đáy đầm, chủ yếu là vật liệu hạt thô cung cấp từ cát chảy trôi nguồn cồn đụn [3]. Vì vậy, rất cần xây dựng các kè chắn cát trôi, cát lún để chống cát bay, cát chảy từ cồn đụn xuống đầm phá.

Điều tiết nước trên lưu vực vào đầm phá

Các công trình phục vụ ngăn mặn và cấp, thoát nước: Khi ổn định cửa và tăng cường trao đổi đầm phá-biển, độ muối trong đầm phá ở mức cao, nhất là về mùa khô có thể gây hại cho nông nghiệp và cấp nước ngọt. Vì vậy, cần xây mới hoặc nâng cấp các đập ngăn mặn (ví dụ: đập Thảo Long-sông Hương, đập Cửa Lác-sông Ô Lâu, đập Hòa Tân-sông Châu Trúc...), gia cố hệ thống đê bao ven đầm phá để chống thâm mặn các vùng lúa... Hệ thống đê ao nuôi, ruộng muối cần được quy hoạch phù hợp với hệ thống kênh mương cấp và tiêu nước ngọt, nước mặn và được kiên cố hóa để chống rửa trôi, sạt lở đất đưa xuống đầm phá.

Điều tiết hồ đập và dòng chảy trên lưu vực:

Dòng chảy tự nhiên từ trên lưu vực qua cửa ra biển có vai trò quan trọng trong việc duy trì cửa, chống xâm thực của nước biển. Các công trình cấp và thoát nước, đặc biệt là các hồ chứa trên lưu vực đã và đang can thiệp vào dòng chảy tự nhiên và gây nhiều biến động lớn cho đầm phá ven biển [21]. Vì vậy cần điều tiết dòng chảy từ lưu vực vào đầm phá đủ lớn, ví dụ, có thể khơi dòng chảy sông Phú Cam đổ vào đầm Cầu Hai để duy trì dòng chảy lũ qua cửa Tư Hiền và góp phần ổn định cửa này [3].

KẾT LUẬN

Các cửa đầm phá ven bờ miền Trung gồm 3 nhóm: Nhóm không ổn định gồm 4 cửa: Tư Hiền (đầm Tam Giang-Cầu Hai), cửa đầm An Khê, Hà Ra (đầm Ô Loan) và An Hải (đầm Trường Giang); Nhóm kém ổn định gồm 4 cửa: Tam Hải (đầm Trường Giang), Sa Huỳnh (đầm Nước Mặn), cửa đầm Đề Gi và Ninh Chữ (đầm Nại); Nhóm tương đối ổn định gồm 6 cửa: Thuận An (đầm phá Tam Giang-Cầu Hai), cửa đầm Lăng Cô, An Hoà (đầm Trường Giang), cửa đầm Thị Nại, cửa đầm Cù Mông và cửa đầm Thủy Triều.

Các công trình ổn định cửa đầm phá cần đảm bảo đa mục tiêu và đa lợi ích, nhằm ổn định dân sinh, phát triển kinh tế, bảo vệ môi trường và phòng chống thiên tai; đặt trong khuôn khổ quản lý tổng hợp vùng bờ; duy trì và phục hồi các hệ sinh thái đầm phá và góp phần ứng phó với BĐKH. Chúng cần được kết hợp với các công trình khác để giảm chi phí và tăng lợi ích, ví dụ kết hợp với phát triển các cảng biển, bến cá và khu neo đậu tránh trú gió bão.

Căn cứ vào các đặc điểm về điều kiện tự nhiên, các giải pháp ổn định cửa đã được đề xuất gồm 5 nhóm: Xây kè chỉnh trị luồng cửa; nạo vét luồng lạch và đáy đầm phá; phòng chống xói lở để ổn định bờ biển phía ngoài đầm phá; ổn định bờ đầm phá và bề mặt vùng cát ven đầm phá; điều tiết nước trên lưu vực vào đầm phá. Kè chắn cát trong hầu hết các trường hợp phải được xây dựng ở cả hai phía cửa. Tùy theo điều kiện tự nhiên và mức độ tác động nhân sinh, giải pháp ưu tiên cần được lựa chọn cho từng đầm phá, trong đó có tính đến cả việc kết hợp đồng thời nhiều giải pháp khác nhau.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài cấp Nhà nước KC.08.25/11-15: “Nghiên cứu giải pháp phục hồi hệ sinh thái đầm, hồ ven biển đã bị suy thoái ở khu vực miền Trung” đã cho phép sử dụng số liệu để hoàn thành bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Đức Thạnh, Nguyễn Chu Hồi, Trần Đình Lân, Nguyễn Hữu Cừ, 1996. Tiềm năng sử dụng và những vấn đề quản lý đầm phá ven bờ miền Trung Việt Nam. *Tạp chí Hoạt động Khoa học*, (9), 4–6.
- [2] Nguyễn Hữu Cừ, 1999. Tổng quan tình hình nghiên cứu tài nguyên và môi trường đầm phá ven bờ Miền Trung Việt Nam. Tập IV. *Tài nguyên và Môi trường biển*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội. Tr. 126–142.
- [3] Trần Đức Thạnh, Trần Đình Lân, Nguyễn Hữu Cừ và Đinh Văn Huy, 2010. Tiên hoá và động lực hệ đầm phá Tam Giang-Cầu Hai. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội. 225 tr.
- [4] Trần Đức Thạnh, 1997. Tác động môi trường của việc lấp cửa, chuyển cửa ở hệ đầm phá Tam Giang- Cầu Hai. Tập IV. *Tài nguyên và môi trường biển*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội. Tr. 185–197.
- [5] Trần Văn Bình, Tổng Phước Hoàng Sơn, Nguyễn Đình Dân, Phạm Bá Trung, 2015. Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS nghiên cứu quá trình dịch chuyển đường bờ và đóng, mở cửa đầm Ô Loan (Phú Yên) giai đoạn 1965–2014. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 15(3), 242–249.
- [6] Trần Đức Thạnh, Nguyễn Chu Hồi, Nguyễn Hữu Cừ, 2000. Biến động cửa hệ đầm phá Tam Giang-Cầu Hai và hậu quả môi trường, sinh thái. Tr.31-46. *Tạp chí thông tin Khoa học và Công nghệ Thừa Thiên-Huế*. Tr. 31–46.
- [7] Guliani S., Bellucci, L. G., Capodaglio, G., Cu, N. H., Thanh, T. D., Fragnani, M., Piazza, R., Sprovieri, M., 2007. Sediment contamination in Central Vietnam coastal lagoons: a discussion. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 7(Supplement 1), 140–159.
- [8] Nguyễn Văn Quân (chủ biên), 2016. Mức độ suy thoái và giải pháp phục hồi một số hệ sinh thái đầm phá ven biển miền Trung. Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội. 380 tr.
- [9] Vũ Duy Vĩnh, 2017. Đánh giá ảnh hưởng của một số giải pháp công trình đến trao đổi nước và vận chuyển bùn cát khu vực đầm Nại (Ninh Thuận). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 17(4), 373–385.
- [10] Tran Thanh Tung, 2011. Morphodynamics of seasonally closed coastal inlets at the central coast of Vietnam. Master of Science in Coastal Engineering. UNESCO-IHE, Delft geboren te Hanoi, Vietnam. 192 p.
- [11] Tran Duc Thanh, Dien, T. V., Chien, D. D., 2002. Inlet Change in Tam Giang-Cau Hai Lagoon and Coastal Flood. *Collection of Marine Reaserach Works. Science & Technique Publishing House, Hanoi*, 12, 119–128.
- [12] Đặng Trung Thuận, Nguyễn Cao Hoàn, Trương Quang Hải, Vũ Trung Tạng, 2000. Nghiên cứu vùng đất ngập nước vùng đầm Trà Ô nhằm khôi phục nguồn lợi thủy sản và phát triển bền vững vùng đầm. Nxb. Nông nghiệp. Hà Nội. 308 tr.

- [13] Trần Văn Bình, Lê Đình Mậu, 2012. Quá trình xói lở-bồi tụ và hiện trạng đóng- mở cửa tại khu vực đầm Ô Loan (Phú Yên). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 12(3), 24–33.
- [14] Phạm Bá Trung, Lê Đình Mậu, Lê Phước Trình, 2010. Vấn đề bồi lấp các cửa biển Sa Huỳnh (Quảng Ngãi), Tam Quan và Đề Gi (Bình Định) do tác động của các kè mỏ hàn. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*. 10(2), 1–13.
- [15] Đặng Hoài Nhơn, Nguyễn Thị Kim Anh, Nguyễn Hữu Cừ, Nguyễn Mạnh Thắng, Bùi Văn Vượng, 2009. Một số đặc trưng môi trường trầm tích đầm Lăng Cô, tỉnh Thừa Thiên Huế. Tập XIV. *Tài nguyên và Môi trường biển*. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội. Tr. 115–124.
- [16] Vũ Duy Vĩnh, Nguyễn Văn Quân, 2015. Đặc điểm thủy động lực và khả năng trao đổi nước khu vực đầm Nại (Ninh Thuận)-kết quả từ mô hình Delft3D. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 15(3), 250–256.
- [17] Albertazzi, S., Bellucci, L. G., Frignani, M., Giuliani, S., Romano, S., and Cu, N. H., 2007. ^{210}Pb and ^{137}Cs in sediment of Central Vietnam coastal lagoons: Tentative assessment of accumulation rate. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 7(Supplement 1), 73–81.
- [18] Đặng Hoài Nhơn, Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Đình Khang, Bùi Văn Vượng, Nguyễn Văn Quân, Phạm Sơn Hải, 2015. Lắng đọng trầm tích trong các đầm phá: Tam Giang-Cầu Hai, Thị Nại và Nại ở ven bờ Miền trung Việt Nam. *Tạp chí Khoa học ĐHQG Hà Nội*, 31(3), 15–25.
- [19] Vũ Duy Vĩnh, Đỗ Thị Thu Hương, Nguyễn Văn Quân, Nguyễn Ngọc Tiến, 2016. Đặc điểm vận chuyển bùn cát và nguyên nhân gây bồi lắng khu vực đầm Nại (Ninh Thuận). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 16(3), 283–296
- [20] Nguyễn Văn Cừ, Phạm Huy Tiến, 2003. Sạt lở bờ biển miền Trung Việt Nam. *Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*. 200 tr.
- [21] Vũ Duy Vĩnh, Trần Đức Thạnh, 2009. Ảnh hưởng của các hồ chứa đến tài nguyên và môi trường đầm phá ven biển miền Trung Việt Nam. Tập XIV. *Tài nguyên và Môi trường biển*. Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Tr. 159–170.