

NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ THỦY ĐỘNG LỰC VÀ XU THẾ BIẾN ĐỘNG XÓI LỞ - BỒI TỤ KHU VỰC CỬA SÔNG LẠCH TRƯỜNG, TỈNH THANH HOÁ

Vũ Đình Cương, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Thanh Hùng,
Nguyễn Thị Thu Huyền, Tô Vĩnh Cường
Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển

Tóm tắt: Cửa sông Lạch Trường có chế độ thủy động lực yếu, cửa sông có xu thế được bồi tụ và tuyến lạch sâu cũng là tuyến đường thủy nội địa thường xuyên bị biến động gây rất nhiều khó khăn cho các tàu thuyền ra vào cửa. Nội dung bài báo trình bày kết quả tính toán thủy động lực và vận chuyển bùn cát (VCBC) bằng mô hình toán Delft3D hai chiều trung bình theo phương ngang (2DH) để bước đầu đánh giá về chế độ thủy động lực và xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa Lạch Trường. Các đánh giá về xu thế biến động cửa sông có thể làm cơ sở để đề xuất các giải pháp chỉnh trị nhằm ổn định và khai thác hiệu quả vùng cửa sông Lạch Trường, phục vụ phát triển kinh tế xã hội.

Từ khóa: Mô hình thủy động lực, cửa Lạch Trường, bờ biển tỉnh Thanh Hóa.

Summary: Lach Truong estuary has a weak hydrodynamic regime. In recent years, the estuary tends to be accreted, and the depth of main channel (also an inland waterway) is frequently fluctuating, causing many difficulties for boats passing through the river mouth. This paper presents the results of hydrodynamic calculations and sediment transport by the Delft3D - a two-dimensional horizontal (2DH) model to initially assess the hydrodynamic regime and the trend of erosion - accretion changes at Lach Truong estuary. The assessment of the accretion-erosion trend could provide a scientific basis for proposing appropriate engineering solutions to both stabilize and effectively exploit the estuary for the purpose of social - economic development.

Keywords: Hydrodynamics model, Lach Truong estuary, Thanh Hoa coastline.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Lạch Trường là một nhánh phân lưu lớn của sông Mã bắt nguồn từ Phương Đình (cách cầu Hàm Rồng khoảng 1.5km về phía thượng lưu), sông chảy qua các huyện Hoằng Hoá, Hậu Lộc và đổ ra biển tại cửa Lạch Trường. Chiều dài sông khoảng 24km. Sông Lạch Trường hẹp và nông; về mùa lũ một phần lượng nước từ sông Mã phân vào sông Lạch Trường và đổ ra biển tại cửa Lạch Trường; về mùa kiệt rất khó lấy được nguồn nước từ sông Mã nên cửa sông chịu ảnh hưởng lớn của sóng và thủy triều gây ra hiện tượng bồi tụ cửa sông.

Cửa sông Lạch Trường ngoài vai trò là cửa

thoát lũ của sông Mã còn có vai trò quan trọng trong việc duy trì tuyến giao thông thủy nội địa cho các tàu vận chuyển hàng hoá và khu neo đậu tránh trú bão cho các tàu cá. Cùng với quá trình bồi tụ cửa sông thì tuyến lạch sâu cũng là tuyến đường thủy nội địa thường xuyên bị biến động gây rất nhiều khó khăn cho các tàu thuyền ra vào cửa. Bên cạnh những khó khăn đó, việc hình thành các bãi bồi khu vực cửa sông cũng mang đến tiềm năng lấn biển để mở rộng quỹ đất, là lợi thế cho phát triển kinh tế xã hội vùng ven biển, đặc biệt là lĩnh vực dịch vụ du lịch, nghỉ dưỡng.

Cửa sông ven biển luôn luôn biến động với chế độ thủy động lực và VCBC phức tạp, nên là đối tượng nghiên cứu của nhiều nhà khoa học với nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau. Một trong những phương pháp nghiên

Ngày nhận bài: 10/9/2023

Ngày thông qua phản biện: 26/10/2023

Ngày duyệt đăng: 02/11/2023

cứ đang được ứng dụng khi nghiên cứu về lĩnh vực này và đã mang lại những thành công rất đáng ghi nhận là phương pháp mô hình toán.



Hình 1: Sơ đồ vị trí cửa sông Lạch Trường

Nghiên cứu về thủy động lực và VCBC khu vực cửa sông ven biển từ Nam Định đến Thanh Hoá lân cận cửa sông Lạch Trường của một số tác giả có thể kể đến như Nguyễn Thanh Hùng và nnk [1,2,3], Đỗ Minh Đức và nnk [5], Nguyễn Văn Hùng và nnk [6], Vũ Đình Cường và nnk [7]. Tuy nhiên chưa có nghiên cứu cụ thể nào về đánh giá chế độ thủy động lực, VCBC và xu thế biến động xói lở - bồi tụ cho khu vực cửa sông Lạch Trường.

Bài báo có nội dung trình bày các kết quả tính toán thủy động lực và VCBC bằng mô hình toán Delft3D hai chiều trung bình theo phương ngang (2DH) để bước đầu đánh giá về chế độ thủy động lực và xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông Lạch Trường, xem xét đến sự tương tác giữa các yếu tố dòng chảy từ sông với thủy triều, sóng biển. Các kết quả phân tích, đánh giá về xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông sẽ là cơ sở ban đầu để nghiên cứu đề xuất các giải pháp chỉnh trị phù hợp nhằm ổn định và khai thác hiệu quả vùng cửa sông Lạch Trường, phục vụ phát triển kinh tế xã hội.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu là các yếu tố thủy động lực (thủy triều, sóng, dòng chảy tổng hợp sinh ra

do tương tác giữa dòng chảy từ sông, dòng triều và dòng chảy do sóng) và yếu tố bùn cát với quá trình VCBC khu vực cửa sông, mà kết quả cuối cùng của sự tương tác giữa các yếu tố là xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông.

Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong bài báo chủ yếu là phương pháp mô hình toán để mô phỏng lại các quá trình thủy động lực, VCBC và biến đổi địa hình đáy khu vực cửa sông Lạch Trường. Ứng dụng mô hình toán Delft3D thiết lập mô hình mô phỏng hai chiều trung bình theo phương ngang (2DH) cho toàn bộ khu vực cửa sông Lạch Trường.

Mô hình Delft-3D là một hệ thống tổng hợp các mô hình thành phần của Viện thủy lực Delft Hydraulics (Hà Lan) phát triển [8]. Bao gồm các môđul: thủy động lực học, sóng, chuyên tải bùn cát, hình thái, chất lượng nước, sinh thái học và mối liên giữa các môđul đó. Sự lan truyền và biến đổi của sóng biển được mô hình hóa bằng mô đun Delft3D-WAVE dựa trên cơ sở của mô hình SWAN. Sự thay đổi của các trường mực nước, vận tốc dòng chảy, VCBC và biến đổi đáy được mô hình hóa bằng mô đun Delft3D-FLOW. Kết quả mực nước, dòng chảy và địa hình đáy từ Delft3D-FLOW được dùng để làm điều kiện đầu vào cho mô hình sóng Delft3D-WAVE. Kết quả tính toán sóng và dòng chảy do sóng từ Delft3D-WAVE lại được sử dụng làm đầu vào cho Delft3D-FLOW để tính toán dòng chảy, VCBC và biến đổi đáy ở bước tính tiếp theo.

Mô hình Delft3D thiết lập cho khu vực cửa sông Lạch Trường đã sử dụng các dữ liệu đầu vào và được hiệu chỉnh với các số liệu đo đạc thực tế.

2.1. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu đầu vào cho mô hình Delft3D gồm địa hình, thủy hải văn và bùn cát khu vực cửa sông Lạch Trường:

Dữ liệu về địa hình:

Địa hình khu vực nghiên cứu bao gồm các loại bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000 khu vực ven bờ, tỷ lệ 1/10.000 phần trên đất liền do bộ Tài Nguyên môi trường công bố; bình đồ vùng cửa

sông Lạch Trường tỷ lệ 1/10.000 đo năm 2022 do Phòng Thí nghiệm TĐQG về ĐLHSB thực hiện. Các dữ liệu địa hình này được đưa về cùng hệ tọa độ VN 2000 và cao độ Quốc gia.

Dữ liệu thủy - hải văn:

- Sử dụng số liệu KTTV của một số trạm quan trắc mực nước với chuỗi số liệu mực nước giờ trong thời gian dài trên 34 năm (từ năm 1988 - 2022) khu vực cửa sông Mã (trạm Quảng Châu), cửa Đáy (trạm Như Tân).

- Số liệu đo đạc thủy văn (lưu lượng, mực nước) trong cửa Lạch Trường, hải văn (sóng, dòng chảy) ngoài cửa Lạch Trường và bùn cát đáy (cấp phối hạt D_{50} , D_{16} , D_{84}) đã được đo đạc khảo sát từ ngày 22/10/2022 đến 29/10/2022 do Phòng Thí nghiệm TĐQG về ĐLHSB thực hiện.

Lựa chọn thời gian tính toán:

Nhiều nghiên cứu trước đây thường chỉ tập trung tính toán đánh giá chế độ thủy động lực trong khoảng thời gian ngắn theo các kịch bản điển hình (một cơn bão, một trận lũ, một số hướng sóng hoặc một số cấp lưu lượng dòng chảy sông cố định). Cách tiếp cận này mới phản ánh được các đặc trưng thủy động lực trong những trạng thái cực đoan nhất định mà không phản ánh được sự biến đổi liên tục của chế độ thủy động lực theo không gian và thời gian, sự biến đổi liên tục này đóng vai trò rất quan trọng trong mối tương tác với quá trình VCBC và biến đổi địa hình đáy khu vực cửa sông. Để đánh giá được chế độ thủy động lực và xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông Lạch Trường, nghiên cứu này đã mô phỏng một năm liên tục về sóng, dòng chảy, VCBC và biến đổi địa hình đáy. Trên cơ sở phân tích chuỗi số liệu nhiều năm về điều kiện biên thủy văn trong sông, biên hải văn ngoài biển đã lựa chọn được năm điển hình là năm 2012 để tính toán mô phỏng, vì năm 2012 có sự biến đổi theo mùa khá rõ rệt.

2.2. Thiết lập mô hình toán Delft3D cho khu vực nghiên cứu

Phạm vi thiết lập mô hình

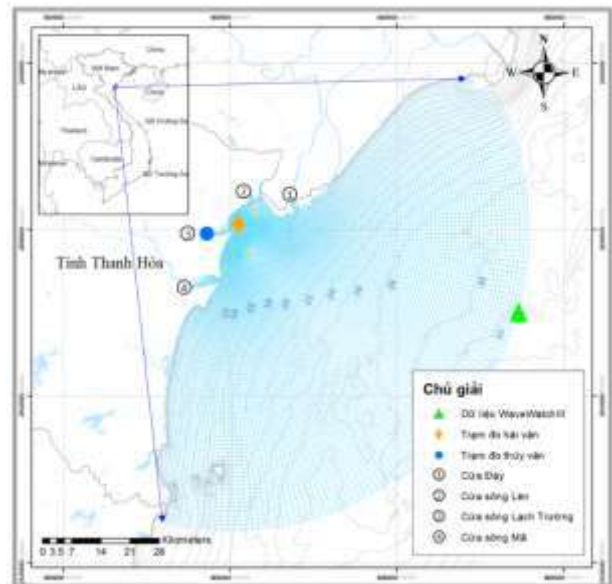
Phạm vi thiết lập mô hình được xác định trên

cơ sở các dữ liệu đầu vào và điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu, cụ thể phạm vi mô hình nghiên cứu cửa Lạch Trường đã được thiết lập như sau:

- Về phía biển: miền lưới tính của mô hình được giới hạn từ bờ ra ngoài vùng nước sâu cách bờ khoảng 60km.

- Về phía sông: miền lưới tính của mô hình được giới hạn sâu vào trong cửa sông đến vị trí cách cửa biển 3 km về phía đất liền.

- Lưới tính của mô hình được xây dựng gồm có 36673 phần tử bao phủ toàn bộ khu vực ven biển tỉnh Nam Định đến Thanh Hóa. Kích thước lưới được biến đổi chi tiết từ 15m đến 200m từ khu vực trong sông, cửa sông ra ngoài biển (như Hình 2).



Hình 2: Phạm vi lưới tính mô hình khu vực nghiên cứu

Điều kiện biên của mô hình

- Dữ liệu sóng, gió được lấy từ mô hình sóng toàn cầu WaveWatchIII tại tọa độ vị trí 19.5°N , 106.5°E [9].

- Dữ liệu biên nước sâu sử dụng biên mực nước thông qua bộ hàng số điều hòa trích xuất từ mô hình thủy triều toàn cầu TPXO [10].

- Dữ liệu biên lưu lượng sông Lạch Trường, cửa Đáy, cửa sông Lèn, cửa sông Mã được kế thừa trích xuất từ kết quả mô hình Mike 11 của

đề tài KHCN cấp nhà nước mã số KC08-32/11-15 [3] và dữ liệu đo khảo sát thủy - hải văn tháng 10/2022.

Hiệu chỉnh mô hình với số liệu thực đo

Mô hình được hiệu chỉnh với bộ số liệu đo

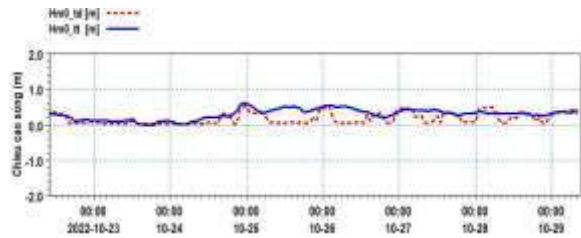
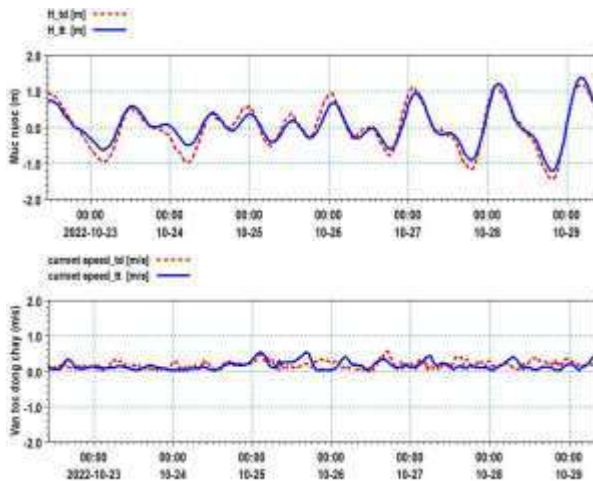
mực nước, sóng, dòng chảy ven bờ tại cửa sông Lạch Trường trong khoảng thời gian từ 22/10/2022 đến 29/10/2022. Vị trí 2 trạm đo khảo sát TV, HV như Hình 2, thông tin các trạm đo khảo sát được thể hiện tại Bảng 1.

Bảng 1: Thông tin dữ liệu khảo sát tại các trạm đo

Trạm đo	Tọa độ X (m)	Tọa độ Y (m)	Yếu tố đo đạc	Thời gian đo đạc
TV	597053	2199390	Lưu lượng	22/10/2022 - 29/10/2022
HV	601783	2199531	Sóng, mực nước, dòng chảy	22/10/2022 - 29/10/2022

Với các số liệu đầu vào cho mô hình, tiến hành điều chỉnh các thông số của mô hình sao cho kết quả thu được phù hợp với số liệu thực đo nhất. Kết quả hiệu chỉnh về mực nước, sóng và dòng chảy được thể hiện như Hình 3. Chỉ số RMSE (sai số trung bình quân phương) cho phép đánh giá mức độ sai số giữa kết quả tính toán từ mô hình và số liệu thực đo, chỉ số càng

gần về 0 thể hiện kết quả mô hình là đáng tin cậy. Kết quả tính toán chỉ số RMSE cho các phép so sánh về mực nước, sóng và dòng chảy giữa kết quả tính toán và thực đo đều nằm trong phạm vi cho phép (như Bảng 2). Như vậy mô hình đã được hiệu chỉnh đảm bảo độ tin cậy, có thể sử dụng để tính toán mô phỏng theo các kịch bản nghiên cứu.



Hình 3: So sánh kết quả tính toán sóng, dòng chảy, mực nước với số liệu thực đo

Bảng 2: Đánh giá sai số của các kết quả tính toán từ mô hình

Thông số	Đơn vị	Sai số RMSE tại trạm đo
Mực nước	m	0.19
Vận tốc dòng chảy	m/s	0.15
Độ cao sóng	m	0.19

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số đặc trưng hải văn vùng biển khu vực nghiên cứu

Đặc trưng thủy triều: Vùng cửa Lạch Trường có chế độ nhật triều; độ lớn thủy triều trong một ngày thuộc loại lớn ở nước ta (ΔH max đạt tới 3,0 - 3,5m). Phân tích số liệu mực

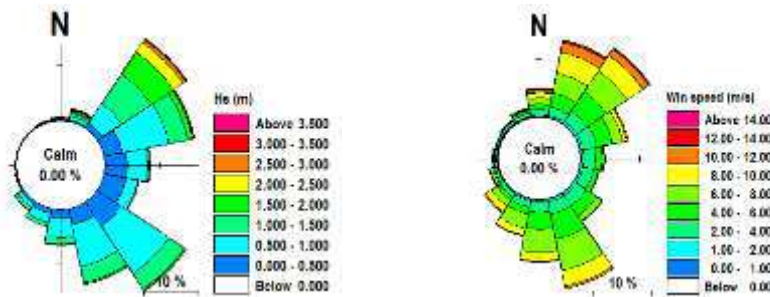
nước tại trạm Hòn Dấu nằm cùng trong vịnh Bắc Bộ với cửa Lạch Trường cho thấy trị số của các hằng số điều hòa thủy triều tại trạm khá ổn định, điều này chứng tỏ ảnh hưởng rõ rệt của thủy triều trong mùa kiệt đối với khu vực cửa sông.

Bảng 3: Các hằng số điều hòa tại trạm Hòn Dấu

Tên hằng số điều hòa	Độ lớn của hằng số điều hòa (m)	Pha của hằng số điều hòa (độ)
Q1	0.164	5.49
O1	0.782	37.37
P1	0.220	84.48
K1	0.698	84.82

Đặc trưng sóng, gió vùng biển: Do khu vực nghiên cứu không có trạm đo đầy đủ các yếu tố sóng (chiều cao, chu kỳ, hướng) và gió (tốc độ, hướng) nên nguồn số liệu tham khảo đáng tin cậy là số liệu mô hình toàn cầu

WaveWatch III đã được sử dụng trong nghiên cứu. Số liệu sóng, gió với đầy đủ các yếu tố được trích xuất tại vị trí có tọa độ đại lý 19.5⁰N, 106.5⁰E thuộc vùng biển Thanh Hoá (như Hình 2) với chuỗi số liệu liên tục từ năm 1979-2022. Hình 4 là hoa sóng, gió thể hiện độ lớn của sóng, gió phân bố theo các hướng với tỷ lệ phần trăm tương ứng và Bảng 4 là số liệu phân tích thống kê đặc trưng chiều cao sóng theo 16 hướng chính. Từ kết quả phân tích thống kê số liệu sóng, gió khu vực biển Thanh Hóa cho thấy: Sóng có chiều cao không lớn, phổ biến dưới 2 m (chiếm 98.54%), hướng sóng thịnh hành là hướng ĐB, ĐDB, ĐN và NĐN (chiếm 69.21%). Gió có thịnh hành phân hoá theo mùa khá rõ rệt, mùa đông gió thịnh hành là hướng BDB và hướng ĐB, mùa hè gió thịnh hành là hướng NĐN và hướng Nam. Vận tốc gió trung bình trong khoảng từ 2 - 8m/s, lớn nhất xuất hiện khi có bão khoảng 40m/s, các đợt gió mùa mạnh có thể đạt 15 - 20 m/s.



Hình 4: Hoa sóng (a); hoa gió (b) vùng biển Thanh Hóa

Bảng 4: Bảng thống kê tần suất chiều cao sóng theo các hướng vùng biển Thanh Hóa

Hướng sóng	Chiều cao sóng						Tổng (%)
	0-0.5m	0.5-1m	1-1.5m	1.5-2m	2-2.5m	> 2.5m	
B	0.15	0.20	0.17	0.08	0.04	0.06	0.69
BDB	0.36	0.58	0.53	0.41	0.25	0.23	2.37
ĐB	1.15	4.14	6.44	4.76	2.08	0.85	19.43
ĐDB	3.37	8.52	3.44	0.93	0.20	0.14	16.59
Đ	4.07	3.59	0.39	0.08	0.03	0.04	8.21
ĐĐN	4.12	2.20	0.15	0.05	0.01	0.02	6.54
ĐN	5.23	10.27	3.38	0.35	0.01	0.03	19.26
NĐN	2.99	7.69	2.99	0.19	0.03	0.02	13.93
N	1.52	3.51	1.34	0.10	0.02	0.01	6.49
NTN	0.85	1.74	0.73	0.02	0.01	0.01	3.36
TN	0.38	1.00	0.62	0.06	0.00	0.01	2.08
TTN	0.14	0.13	0.04	0.01	0.00	0.01	0.33

Hướng sóng	Chiều cao sóng						Tổng (%)
	0-0.5m	0.5-1m	1-1.5m	1.5-2m	2-2.5m	> 2.5m	
T	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.14
TTB	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13
TB	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.15
BTB	0.09	0.11	0.04	0.02	0.01	0.02	0.30
Tổng (%)	24.63	43.80	20.31	7.09	2.71	1.46	100.00

3.2. Chế độ thủy động lực khu vực cửa sông Lạch Trường

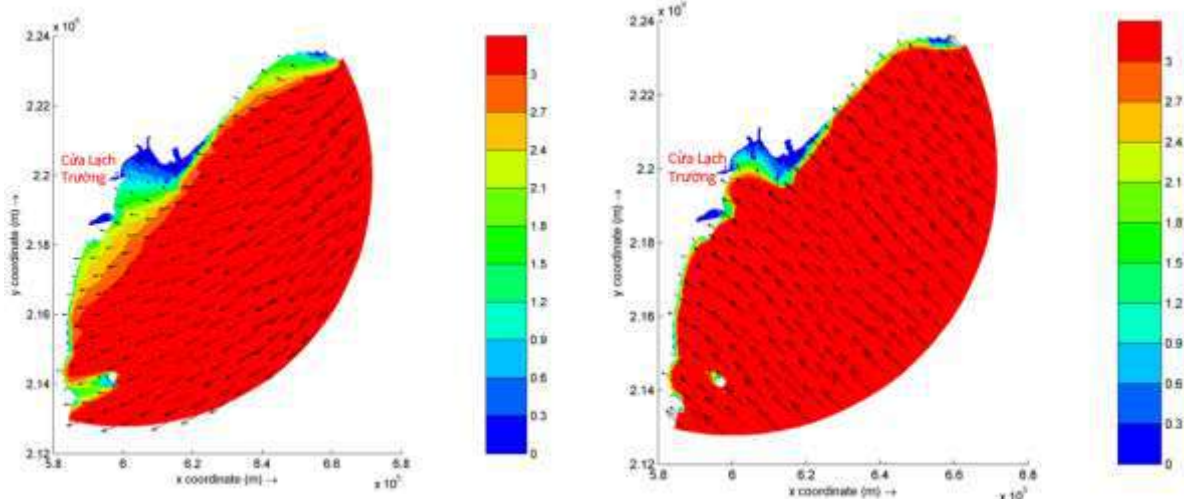
Chế độ sóng khu vực cửa sông Lạch Trường

Để đánh giá sự biến đổi chế độ động lực theo thời gian, nghiên cứu lựa chọn phân tích kết quả tính toán tại 3 điểm như Hình 7, các điểm này đại diện được về đặc trưng cho từng khu vực cửa Lạch Trường (điểm P1- phía Bắc cửa Lạch Trường, điểm P2- tại cửa Lạch Trường, điểm P3- phía nam cửa Lạch Trường).

Kết quả tính toán lan truyền sóng cho thấy khu vực cửa Lạch Trường trong thời kỳ gió mùa Tây Nam từ tháng 4 đến tháng 9, độ cao sóng chủ yếu dao động trong khoảng từ 0.3m đến 0.7m và có thể đạt đến hơn 1m, với hướng sóng ngoài khơi và khu vực cửa sông ven bờ đều có hướng chủ đạo là Đông Nam đến Nam Đông Nam. Đến thời kỳ gió mùa Đông Bắc từ tháng 10 năm trước đến tháng 3 năm sau, độ

cao sóng nhỏ hơn thời kỳ gió mùa Tây Nam chỉ dao động trong khoảng từ 0.2m đến 0.5m, với hướng sóng chủ đạo ngoài khơi là hướng Đông Bắc và chuyển hướng Đông đến Đông Nam ở khu vực cửa sông ven bờ (như Hình 6, Hình 7 và Bảng 5).

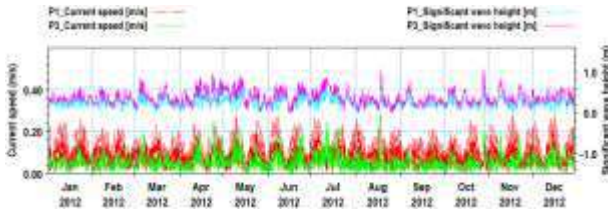
Nhìn chung chế độ sóng khu vực cửa sông Lạch Trường trong thời kỳ gió mùa Tây Nam có xu thế độ cao sóng lớn hơn độ cao sóng trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc và thành phần sóng có chiều cao lớn tương ứng với hướng sóng chủ đạo là hướng Đông đến Đông Nam [như Hình 5]. Chế độ sóng này tương tự như một số khu vực cửa sông ven biển thuộc Vịnh Bắc Bộ nằm ở vị trí vùng khuất sóng đối với hướng sóng trong gió mùa đông bắc do các cửa sông lớn được bồi tụ phát triển mạnh về phía biển như cửa sông Đáy, cửa Ba Lạt sông Hồng [1,6].



a) Trong mùa gió Đông Bắc

b) Trong mùa gió Tây Nam

Hình 5: Trường sóng điển hình theo mùa gió trong năm

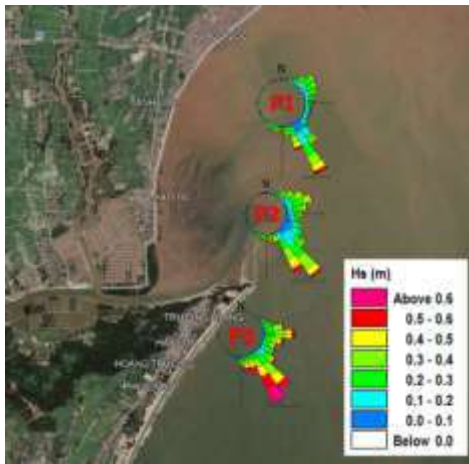


Hình 6: Độ cao sóng và vận tốc dòng chảy khu vực ven bờ cửa Lạch Trường trong năm

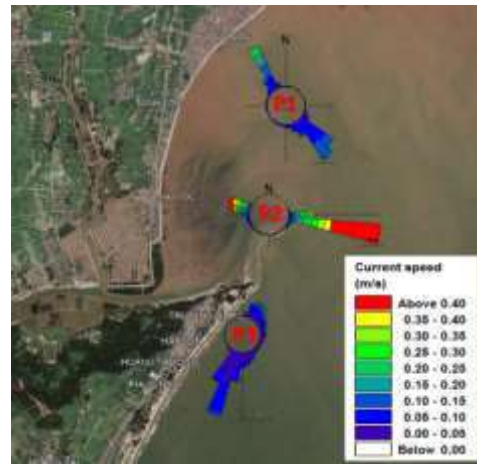
Chế độ dòng chảy khu vực cửa sông Lạch Trường

Vận tốc dòng chảy tổng hợp khu vực cửa sông Lạch Trường được trích xuất tại 3 vị trí như Hình 7. Tại điểm P1 và P3 là khu vực bờ Bắc và bờ Nam cửa sông Lạch Trường, vận tốc dòng chảy tổng hợp tại hai điểm này có độ lớn dao động trong khoảng từ 0.02 m/s đến 0.35

m/s. Vào thời kỳ gió mùa Tây Nam, vận tốc dòng chảy tổng hợp trong khoảng từ 0.05 m/s đến 0.15 m/s; thời kỳ gió mùa Đông Bắc vận tốc dòng chảy tổng hợp nhỏ hơn trong khoảng từ 0.05 m/s đến 0.20 m/s. Hướng chủ đạo của dòng chảy tổng hợp tại điểm P1 là Đông Nam và Tây Bắc gần vuông góc với bờ biển phía Bắc cửa sông, tại điểm P3 là Đông Bắc và Tây Nam gần song song với bờ biển phía Nam cửa sông. Tại vị trí điểm P2 ở cửa sông, vận tốc dòng chảy tổng hợp có hướng Tây Tây Bắc và Đông Đông Nam gần vuông góc với bờ biển phía Bắc cửa sông và theo hướng dòng chảy từ sông ra; vận tốc trong khoảng từ 0.1 m/s đến 0.8 m/s và lớn hơn 1.0 m/s trong thời kỳ có lũ sông chảy ra (như Hình 7, Bảng 5).



a) Hoa sóng



b) Hoa dòng chảy

Hình 7: Hoa sóng, vận tốc dòng chảy khu vực cửa sông trong năm

Bảng 5: Đặc trưng độ cao sóng, vận tốc dòng chảy theo mùa khu vực cửa sông

Thông số	Vị trí	Giá trị trung bình		Giá trị lớn nhất	
		Mùa gió ĐB	Mùa gió TN	Mùa gió ĐB	Mùa gió TN
Chiều cao sóng (m)	P1	0.23	0.25	0.67	0.75
	P2	0.26	0.28	0.66	0.76
	P3	0.35	0.38	1.06	1.07
Vận tốc dòng chảy (m/s)	P1	0.08	0.09	0.43	0.43
	P2	0.32	0.33	0.97	1.08
	P3	0.05	0.06	0.33	0.34

3.3. Xu thế vận VCBC và biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông Lạch Trường

Sóng khu vực cửa sông có hướng chủ đạo là hướng Đông đến Đông Nam. Vận tốc dòng

chảy tổng hợp trong mùa gió Tây Nam có xu thế lớn hơn trong mùa gió Đông Bắc. Khu vực ven bờ phía Nam cửa sông (điểm P3) có dòng chảy tổng hợp chênh lệch lớn cả về độ lớn và

hướng so với khu vực cửa sông và ven bờ phía Bắc cửa sông (điểm P1 và P2).

Cửa sông Lạch Trường có hình thái cửa sông bất đối xứng, phía Nam cửa là bờ biển chạy dài theo hướng Đông Bắc - Tây Nam với mũi đá của dãy núi Trường chạy dài nhô ra ngoài biển, phía Bắc cửa là bờ biển tương đối thẳng theo hướng Bắc - Nam và lùi sâu vào trong đất liền khoảng 1.5km so với bờ phía Nam (như Hình 7). Với hình thái này, nhìn chung khu vực cửa sông Lạch Trường có chế độ thủy động lực yếu và diễn biến tương đối phức tạp ở vùng từ cửa sông về phía bờ Bắc do tương tác của các yếu tố dòng chảy từ sông, thủy triều và sóng, vùng bờ phía Nam chủ yếu chỉ có tương tác của thủy triều và sóng. Vùng cửa sông về phía Bắc sóng có hướng chủ đạo chệch với hướng đường bờ khoảng gần 45 độ kết hợp dòng chảy từ cửa sông ra và với dòng triều sinh ra dòng chảy tổng hợp có hướng xiên góc so với đường bờ phía Bắc gây ra VCBC lớn



a) Cân bằng lượng VCBC

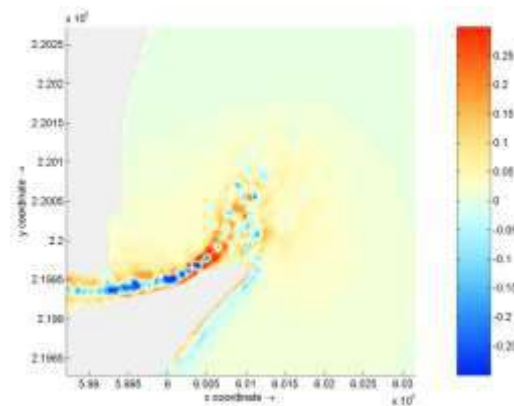
Hình 8: Xu thế VCBC và biến động xói lở - bồi tụ trong năm khu vực cửa Lạch Trường

Kết quả tính toán cho thấy xu thế chung của cửa sông Lạch Trường được bồi tụ là chủ yếu, trung bình năm khu vực cửa sông được bồi tụ khoảng 850 nghìn m^3 với bề dày lớp bồi tụ khoảng 0.2m đến 1m, đây là lượng bồi tụ cửa sông khá lớn. Khu vực có lượng bồi tụ lớn nhất tập trung ở đầu tuyến lạch sâu và phía trước cửa sông kéo dài về phía mũi đá bờ Nam (như Hình 8bb).

Nguồn bùn cát gây bồi tụ khu vực cửa sông được cung cấp từ ba thành phần chính. Thành phần thứ nhất là lượng bùn cát từ trong sông theo dòng chảy sông mang ra, với khối lượng

và xu hướng đẩy bùn cát gây bồi về phía bờ Bắc. Trong khi vùng ven bờ phía Nam cửa sông, sóng có hướng chủ đạo gần vuông góc với đường bờ biển nên dòng chảy tổng hợp có hướng chủ đạo song song với bờ theo hướng dòng triều nên không gây ra VCBC nhiều. Chính những đặc điểm này về chế độ thủy động lực và hình thái cửa sông Lạch Trường có thể lý giải hiện tượng cửa sông có hướng lạch sâu (tuyến luồng tàu) dịch chuyển lệch về phía Bắc và bờ biển phía Bắc cửa sông thường xuyên được bồi tụ.

Biến động địa hình đáy khu vực cửa sông là kết quả của sự tương tác giữa các yếu tố thủy động lực và nguồn bùn cát từ sông, biển. Hình 8 thể hiện kết quả tính toán cân bằng tổng lượng VCBC qua các mặt cắt và xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông Lạch Trường trong một năm với điều kiện biên thủy - hải văn của năm 2012 đã được lựa chọn.



b) Xu thế biến đổi địa hình đáy

bùn cát khoảng 166 nghìn m^3 chiếm tỷ lệ khoảng 19.5% tổng lượng bùn cát gây bồi tụ tại cửa sông. Thành phần thứ hai là lượng bùn cát từ phía Bắc hướng từ cửa sông Đáy - sông Càn - sông Lèn mang tới cửa sông, với khối lượng lớn bùn cát khoảng 438 nghìn m^3 chiếm tỷ lệ khoảng 51.5%. Thành phần thứ ba là lượng bùn cát từ phía Nam do sóng trong gió mùa Tây Nam đưa bùn cát lên phía Bắc gây bồi tụ cửa sông, với khối lượng bùn cát khoảng 246 nghìn m^3 chiếm tỷ lệ khoảng 29% (như Hình 8a).

4. KẾT LUẬN

Cửa sông Lạch Trường có hình thái cửa sông bất đối xứng, phía Nam cửa có mũi đá nhô ra ngoài biển, phía Bắc cửa lùi sâu vào trong đất liền. Cửa sông Lạch Trường có chế độ thủy động lực yếu nhưng khá phức tạp. Khu vực từ cửa sông về phía bờ Bắc xảy ra tương tác giữa các yếu tố dòng chảy từ sông ra với thủy triều và sóng ngoài biển. Cửa sông Lạch Trường được bồi vùng cửa sông Đáy che chắn ở phía Bắc, do vậy sóng ven bờ khu vực cửa sông Lạch Trường không lớn, trong thời kỳ gió mùa Tây Nam sóng có xu thế cao hơn trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc và thành phần sóng có chiều cao lớn tương ứng với hướng sóng chủ đạo là hướng Đông đến Đông Nam. Dòng chảy tổng hợp có hướng xiên góc so với đường bờ phía Bắc gây ra VCBC lớn và xu hướng đẩy bùn cát gây bồi về phía bờ Bắc.

Xu thế chung cửa sông Lạch Trường được bồi tụ là chủ yếu, với lượng bùn cát được bồi tụ hàng năm tương đối lớn. Cửa sông bồi tụ gây nhiều

khó khăn cho giao thông thủy và an toàn thoát lũ. Tuy nhiên, quá trình bồi tụ cũng hình thành các bãi bồi khu vực cửa sông mang đến tiềm năng lấn biển để mở rộng quỹ đất, là lợi thế cho phát triển kinh tế xã hội vùng ven biển, đặc biệt là lĩnh vực dịch vụ du lịch, nghỉ dưỡng. Kết quả nghiên cứu của bài báo đã bước đầu đánh giá được chế độ thủy động lực và xu thế biến động xói lở - bồi tụ khu vực cửa sông Lạch Trường. Các kết quả nghiên cứu này có thể làm cơ sở để tiếp tục nghiên cứu đề xuất các giải pháp chính trị nhằm ổn định và khai thác hiệu quả vùng cửa sông Lạch Trường, phục vụ phát triển kinh tế xã hội.

Lời cảm ơn: Bài báo có sử dụng các dữ liệu kế thừa của Đề tài KC08.32/11-15 “Nghiên cứu đánh giá tác động của các hồ chứa thượng nguồn đến biến động lòng dẫn hạ du, cửa sông ven biển hệ thống sông Mã và đề xuất giải pháp hạn chế tác động bất lợi nhằm phát triển bền vững” và một số đề tài/dự án khác do Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyen Thanh Hung, Do Minh Duc, Dinh Thi Quynh and Vu Dinh Cuong (2020). *Nearshore Topographical Changes and Coastal Stability in Nam Dinh Province, Vietnam*. Journal of marine science and engineering, 2020, 8, 755; doi:10.3390/jmse8100755.
- [2] Nguyễn Thanh Hùng, Vũ Đình Cường, Yoshimitsu Tajima, Tô Vĩnh Cường (2014). *Numerical modeling of Hydrodynamics and sediment transport processes in Ma rivier estuary, Vietnam*. Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress 2014, Hanoi, Vietnam.
- [3] Nguyễn Thanh Hùng và nnk (2014). *Đề tài KC08-32/11-15 “Nghiên cứu đánh giá tác động của các hồ chứa thượng nguồn đến biến động lòng dẫn hạ du, cửa sông ven biển hệ thống sông Mã và đề xuất giải pháp hạn chế tác động bất lợi nhằm phát triển bền vững”*. Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển. Hà Nội, 2014.
- [4] Duc, D.M.; Nhuan, M.T.; Ngoi, C.V (2012). *An analysis of coastal erosion in the tropical rapid accretion delta of the Red River, Vietnam*. J. Asian Earth Sci. 2012, 43, 98–109.
- [5] Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Thanh Hùng và nnk (2022). *Nghiên cứu chế độ thủy động lực theo mùa khu vực cửa Hà Lạn sông Sò phục vụ xác định nguyên nhân bồi tụ vùng cửa sông*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 71-2022, trang 62-73.
- [6] Vũ Đình Cường, Nguyễn Thanh Hùng, Tô Vĩnh Cường, Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Thị Thu Huyền (2015). *Nghiên cứu các đặc trưng thủy động lực và biến động hình thái vùng cửa sông Mã tỉnh Thanh Hóa*. Tuyển tập Khoa công nghệ 2009-2014 (tập II), Tr. 424-437, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Hà Nội 2014-2015.
- [7] Delft Hydraulics (2006). *Delft3D-Flow User Manual; Delft3D-Wave User Manual*. Netherlands, 2006.
- [8] National Weather Service (2021). *NOAA Wave Watch III Model Data Access*. Available online: <https://polar.ncep.noaa.gov/waves/ensemble/download.shtml?> (accessed on 29 June 2021).
- [9] TPXO Tide Models. https://g.hyyb.org/archive/Tide/TPXO/TPXO_WEB/global.html.