

# ƯỚC TÍNH DÒNG VẬN CHUYỂN TRẦM TÍCH DỌC BỜ KHU VỰC BIỂN VEN BỜ NGHĨA HUNG, NAM ĐỊNH VÀ KIM SƠN, NINH BÌNH

Vũ Công Hữu, Doãn Tiên Hà

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sóng biển

Lê Xuân Hoàn

Khoa Kỹ thuật Tài nguyên nước, Đại học Lund university

**Tóm tắt:** Vùng biển ven bờ cửa sông Đáy thuộc địa phận hai tỉnh Nam Định và Ninh Bình có xu hướng bồi tụ mạnh nhờ có nguồn bồi tích rất dồi dào từ các cửa sông thuộc hệ thống sông Hồng ở phía Bắc và hệ thống sông Mã ở phía Nam. Việc xác định chế độ thủy thạch động lực và nguyên nhân gây bồi/xói cho vùng cửa sông và các bãi khu vực này đang là đề tài được nhiều nhà khoa học và quản lý quan tâm. Nghiên cứu này trình bày các kết quả tính toán các đặc trưng trường sóng và dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ qua các mặt cắt tại khu vực biển ven bờ Nam Định-Ninh Bình (khu vực cửa Đáy). Các kết quả này có ý nghĩa tham khảo cho việc đánh giá xu thế bồi xói các bãi biển và vùng cửa sông khu vực cửa Đáy.

**Từ khóa:** Mike21SW, sóng vỡ, vận chuyển dọc bờ, CERC, biển cửa Đáy-Nghĩa Hưng-Kim Sơn.

**Summary:** The coastal water area of Day river mouth is located between Nam Dinh and Ninh Binh provinces having strong accreted tendency due to abundant alluvial sources from the estuaries of the Red River system in the North and Ma River system in the South. The hydrodynamics regime and causes of accretion/erosion in the Day river mouth and beaches in Nghia Hung, Nam Dinh and Kim Son, Ninh Binh is interested by many scientists and managers. This study presents the results of calculation of wave field characteristics and longshore sediment transport aim to access the tendency of these beaches change in Day river mouth and beaches in Nghia Hung, Nam Dinh and Kim Son, Ninh Binh. These results have the meaning of reference for assessing the trend of erosion/accretion of beaches and Day river mouth.

**Keywords:** Longshore sediment transport, CERCE, breaking wave, Day river mouth, Nghia Hung-Kim Son

## 1. MỞ ĐẦU

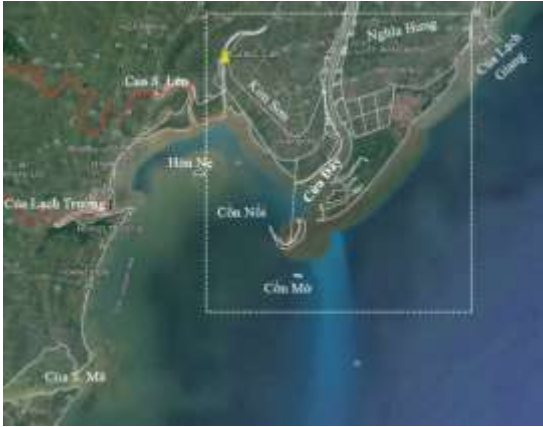
Vùng biển ven bờ được quan tâm nghiên cứu thuộc địa phận Nghĩa Hưng của tỉnh Nam Định và Kim Sơn của tỉnh Ninh Bình. Khu vực này chịu sự chi phối của chế độ thủy động lực học phức tạp giữa các tác động của biển Vịnh Bắc Bộ và các hệ thống sông (Hệ thống sông Hồng và hệ thống sông Mã). Trong đó, cửa sông Đáy nằm ở góc của một vùng nước nông kiểu vùng vịnh nửa kín, ít chịu tác động của hướng sóng Đông Bắc. Sự thành tạo và phát triển bãi bồi cửa sông vùng ven biển cửa

Đáy và lân cận là kết quả của quá trình tái phân bố và lắng đọng vật liệu bùn cát do các hệ thống sông mang đến. Các kết quả phân tích ảnh viễn thám khu vực cửa Đáy trong hơn 50 năm (1965-2022) cho thấy vị trí đường bờ biển ở cả hai phía Kim Sơn và Nghĩa Hưng liên tục thay đổi, có quá trình lấn ra phía biển với tốc độ bồi tụ rất mạnh, đạt trung bình 100m/năm. Trong quá trình phát triển, cửa Đáy có tốc độ biến động thuộc loại mạnh nhất ở châu thổ Bắc Bộ, nhờ vị trí địa lý thuận lợi cho phù sa sông Hồng, sông Mã lắng đọng. Tuy nhiên, tốc độ lấn ra biển ở cửa Đáy diễn ra không đồng đều ở hai phía bờ thuộc địa phận các huyện Kim Sơn (Ninh Bình) và Nghĩa Hưng (Nam Định) [1], [2], [3].

Ngày nhận bài: 01/9/2023

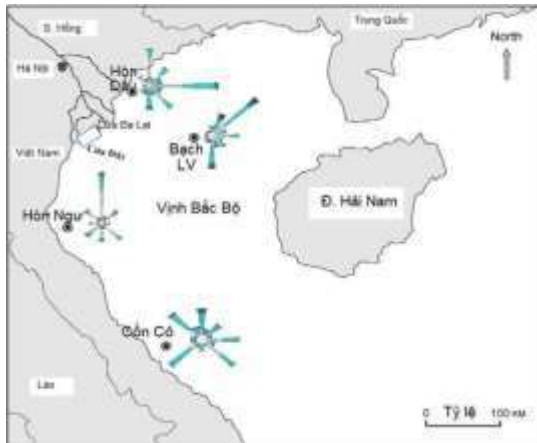
Ngày thông qua phản biện: 23/10/2023

Ngày duyệt đăng: 08/11/2023



Hình 1: Phạm vi nghiên cứu

Tại vùng biển Nam Định-Ninh Bình tồn tại hai mùa gió rõ ràng, gió mùa đông bắt đầu vào khoảng tháng 10 hàng năm và kết thúc vào khoảng giữa tháng 3 năm sau, gió mùa hè (nam, đông nam và tây nam) trong thời gian còn lại của năm, từ tháng 5 đến tháng 9. Ngoài ra, có một giai đoạn chuyển tiếp giữa hai gió mùa chính (tháng 4 và tháng 10), đặc trưng bởi gió Mậu dịch hướng đông mang theo luồng khí mát. Xung quanh khu vực nghiên cứu có 4 trạm đo gió (Hòn Dấu, Bạch Long Vỹ, Hòn Ngư và Cồn Cỏ) cho thấy trường gió trong Vịnh Bắc Bộ bị ảnh hưởng bởi địa hình rất rõ [4], [5], [6].



Hình 2: Hoa gió tại các vị trạm xung quanh khu vực nghiên cứu

Chế độ thủy động lực ở khu vực cửa sông, ven biển của khu vực nghiên cứu ngoài ảnh hưởng của chế độ gió mùa, còn bị ảnh hưởng của tương tác giữa dòng chảy sông với biển nên biến đổi rất phức tạp.

Chế độ sóng nước sâu ở vịnh Bắc Bộ có các tính chất rõ ràng theo mùa. Dựa trên những dữ liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu cho thấy trong mùa đông, sóng thịnh hành đến từ phía đông bắc, trong khi đó vào mùa hè sóng đến từ phía đông và đông nam. Tốc độ gió trong mùa đông mạnh hơn trong mùa hè, tạo ra sóng cao hơn so với mùa hè. Ước tính độ cao sóng trung bình trong nước sâu vào khoảng 1,8-2,0m đối với mùa đông và 1,2-1,4 m đối với mùa hè. Tuy nhiên, sự khác biệt theo mùa rõ rệt nhất là tần số xuất hiện độ cao sóng ( $H_s$ ). Vào mùa Đông,  $H_s$  đạt giá trị 3m chiếm tới 10%, trong khi vào mùa hè  $H_s$  đạt giá trị 2m chiếm 10% [4], [5], [6], [7]. Ở phía Bắc của Việt Nam, bão chủ yếu xảy ra vào tháng 7 và tháng 8. Trong bão, độ cao sóng vùng nước sâu có thể đạt giá trị 8-10m [5], [6], [7].

Hoạt động thủy triều của vùng nghiên cứu cũng mang đặc điểm chung của vùng ven biển đồng bằng Bắc Bộ thuộc chế độ nhật triều không đều (các tháng trong năm có 3 kỳ nước; riêng tháng 2 và tháng 8 có 2 kỳ nước) với biên độ lớn nhất có thể đạt 2,0 - 2,5m, trung bình là 1,4m. Dòng triều thể hiện vai trò chủ đạo trong quá trình hình thành bãi triều và lạch triều ở khu vực ven bờ cửa sông và các đầm phá. Ở Vịnh Bắc Bộ, các sóng triều truyền từ phía Nam đến Bắc, dẫn đến dòng triều hướng lên phía Bắc trong thời gian của pha triều lên và hướng xuống phía Nam trong pha triều rút. Các sóng triều truyền từ Biển Đông và một phần bị phản xạ ở khu vực cuối vịnh Bắc Bộ. Với độ dài 50km và độ sâu 50m, thời gian cộng hưởng trong vịnh vào cỡ 25h, khoảng thời gian này xấp xỉ với chu kỳ của các sóng triều O1, K1 dẫn đến sự cộng hưởng làm tăng biên độ triều dọc bờ biển Việt Nam [5], [9]. Dòng triều trung bình trong khu vực gần bờ, ở độ sâu khoảng 5m, có vận tốc trong khoảng 25 đến 40cm/s. Vận tốc tối đa có thể đạt 60 đến 80cm/s. Do sự bất đối xứng của dòng triều ở khu vực ven bờ, thời gian triều lên ngắn hơn so với thời gian triều xuống, tương ứng 42% và 58% thời gian, dẫn đến dòng triều thực hướng xuống phía Nam ở khu vực ven biển [9].

Dữ liệu đo và mô hình số cho thấy hoàn lưu do gió quay ngược chiều kim đồng hồ, trung tâm của nó nằm ở giữa Vịnh Bắc Bộ trong cả mùa gió đông và mùa hè. Do đó, trong vùng ven bờ biển Nam Định-Ninh Bình, dòng dư luôn hướng về phía nam. Như đã đề cập ở trên, tốc độ gió trong mùa đông lớn hơn trong mùa hè và dòng chảy gió trong mùa đông lớn hơn trong mùa hè [6, 8].

Các nguồn trầm tích:

Sông Hồng mang đến một lượng lớn trầm tích thái vào vịnh Bắc Bộ qua 7 cửa sông. Lượng trầm tích đổ ra biển hàng năm thay đổi theo mùa rõ ràng. Tổng tải lượng trầm tích do sông Hồng vận chuyển ra biển khoảng 75-100 triệu tấn/năm. Trong đó, cửa Lạch Giang khoảng 6%, cửa Đáy khoảng 19% [4], [5], [6], [7], [8]. Hàng năm có khoảng  $30.10^6$  tấn bồi tích và 32 tỷ  $m^3$  nước qua Cửa Đáy đổ ra biển. Lượng mưa trong mùa hè cao hơn rất nhiều so với mùa đông (khoảng 80% tổng lượng mưa hàng năm), dẫn đến tải lượng trầm tích được vận chuyển vào mùa hè chiếm khoảng 91- 96% tổng tải lượng của năm [10]. Theo số liệu điều tra, tổng lượng phù sa hàng năm tại Cửa Đáy sau khi có đập thủy điện Hoà Bình đã giảm bình quân 41% [11]. Sự dịch chuyển Cửa Đáy về phía tây nam và hiện tượng xói lở mép bãi ở phía đông nam, bồi tụ mạnh ở phía tây nam kèm theo được xác định là có liên quan đến dòng bồi tích dọc bờ thống trị hướng đông bắc - tây nam [1].

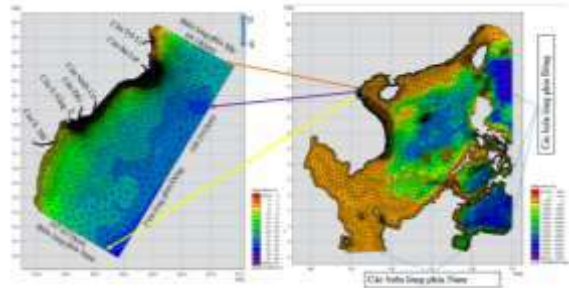
Trầm tích tầng mặt khu vực cửa Đáy gồm các kiểu trầm tích chủ yếu là sét, bùn, bùn cát, bột cát, cát bột với kích thước hạt trung bình nhỏ  $Md = 0,002-0,016$ ; độ chọn lọc kém  $So = 2,756-5,307$ ; hệ số bất đối xứng  $Sk = 0,542-1,522$ ; hàm lượng cát; hàm lượng sét 40-60%; bột 20-40%. Đây là những thông số đặc trưng cho môi trường cửa sông ven biển [3]. Các khu vực bãi biển phía Nghĩa Hưng, kích thước hạt thô hơn và chủ yếu là cát hạt mịn.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Mô hình tính sóng và dòng chảy:

Để thực hiện tính toán trường sóng, mô hình MIKE21 FM (gồm có mô đun tính sóng

Mike21SW và mô đun tính dòng chảy Mike21HD FM) được sử dụng. MIKE21 FM cung cấp môi trường thiết kế hoàn chỉnh và hiệu quả cho các ứng dụng kỹ thuật, quản lý và lập quy hoạch đối với vùng biển ven bờ. Sự kết hợp giữa giao diện đồ họa dễ sử dụng với kỹ thuật tính toán hiện đại tạo ra công cụ hữu ích cho các nhà quản lý cũng như nhà thiết kế công trình [13], [14], [15].



Hình 3: Minh họa lồng ghép dữ liệu biên

Dữ liệu tại các biên phía biển gồm các tham số sóng và mực nước được trích xuất từ kết quả tính toán sóng và dòng chảy trên mô hình quy mô cả Biển Đông (Mike21HD FM và Mike21 SW). Mô hình này đã được hiệu chỉnh và kiểm chứng với các chuỗi số liệu mực nước tại các trạm hải văn ven bờ và các bộ số liệu thực đo sóng ven bờ từ các đề tài dự án khác nhau [16], [17], [18], [19], [20], [21].

Dữ liệu tại các biên cửa sông: Đối với mô hình tính sóng, các biên sông là điều kiện biên sóng truyền qua. Đối với mô hình dòng chảy và mực nước Mike21HD, điều kiện biên sông là lưu lượng trích suất từ mô hình Mike 11 đã thiết lập cho mạng lưới sông Hồng-Thái Bình được kế thừa từ các kết quả của các đề tài dự án nghiên cứu liên quan. Mô hình 1 chiều cho mạng sông Hồng, hệ thống sông Mã và 2 chiều trên quy mô Biển Đông là kết quả được kế thừa từ Đề tài độc lập cấp nhà nước “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp, hiệu quả để tiêu giảm sóng nhằm nâng cao độ an toàn cho đê biển Nam Định” [20], [21]. Các kết quả được trích xuất tại các biên phía biển (sóng, mực nước) và biên tại các cửa sông gồm lưu lượng tại cửa Ba Lạt, cửa Đáy, cửa Ninh Cơ và cửa Trà Lý của sông hệ thống Hồng và các cửa sông thuộc hệ thống sông Mã như cửa Hới,

cửa Lạch Trường và cửa Càn. Ngoài ra, các đặc trưng dữ liệu khảo sát sóng, dòng chảy cũng được kế thừa từ kết quả thu thập và khảo sát của đề tài và dự án khác [12], [22].

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình:

Bộ dữ liệu đo đồng bộ các yếu tố sóng và dòng chảy của dự án SIDA tại các điểm xung quanh khu vực biển ven bờ Nam Định trong các đợt khảo sát của tháng 1 và tháng 8 năm 2006 tại các điểm S1, S2, S3, S4 đại diện cho các thời kỳ mùa gió và mùa gió TN được sử dụng để hiệu chỉnh các mô hình [12].

Bộ dữ liệu đo sóng, dòng chảy tại các vị trí TV3 và TV4 (Hình 2) thời đoạn từ 31/12/2018 đến 8/1/2019 được sử dụng để kiểm chứng các mô hình.



Hình 4: Các vị trí có số liệu đo sóng

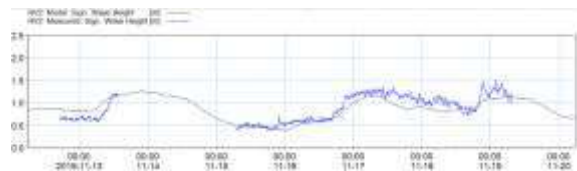
Việc hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình sóng được thực hiện với các chuỗi số liệu tương đối dài ngày (10 ngày) và độc lập về thời gian. Các kết quả đã cho thấy sự phù hợp về pha và độ lớn của độ cao sóng. Kết quả phân bố trường sóng khá phù hợp với điều kiện địa hình, thể hiện được ảnh hưởng của quá trình khúc xạ, nhiễu xạ, và ma sát đáy. Qua đó, lựa chọn được bộ tham số hiệu chỉnh phục vụ để tính toán các kịch bản.

Mô hình dòng chảy được hiệu chỉnh với số liệu thực đo của dòng chảy tại các điểm S1 đến S4 khu vực ven bờ Nam Định trong thời đoạn mùa gió (ĐB), thời gian từ ngày 07/1/2006 đến 18/1/2006 với số liệu thực đo dòng chảy có bước thời gian 5 phút.

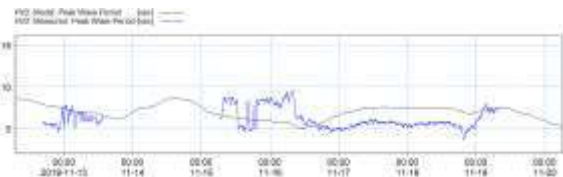
Bộ dữ liệu đo đồng bộ về thời gian từ

31/12/2018 đến 8/1/2019 tại các vị trí nước sâu (TV4) và ven bờ (TV3) đối với các tham số sóng được nhóm nghiên cứu tham khảo từ kết quả của đề tài độc lập cấp quốc gia “Nghiên cứu và đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp, hiệu quả để tiêu giảm sóng nhằm nâng cao độ an toàn cho đề biển Nam Định” do Viện Khoa học Thủy Lợi thực hiện. Các kết quả tính toán mô hình và thực đo được so sánh và trình bày trong các bài viết [20].

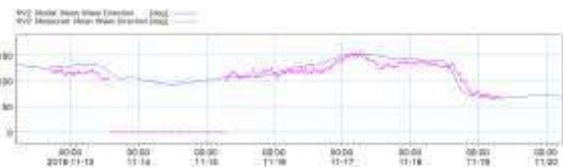
Các kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình sóng và dòng chảy nêu trên đã được trình bày trong các nghiên cứu trước đây. Trong nghiên cứu này, mô hình sóng và dòng chảy tiếp tục được kiểm chứng với bộ dữ liệu thực đo mới nhất tại vị trí HV2 trong mùa gió Đông Bắc, từ ngày 12/11 đến 19/11/2019 do Viện Khoa học Thủy lợi thực hiện theo nhiệm vụ của dự án [22]. Các kết quả so sánh các tham số sóng cho thấy mô hình đáp ứng tốt cho tính toán và dòng chảy. Các kết quả so sánh được trình bày trong các hình dưới đây:



Hình 5: So sánh độ cao sóng giữa tính toán mô hình và thực đo



Hình 6: So sánh chu kỳ sóng giữa tính toán mô hình và thực đo



Hình 7: So sánh hướng sóng giữa tính toán mô hình và thực đo

Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với các bộ dữ liệu thực đo đồng bộ về thời gian trong các mùa và các năm khác nhau. Các kết quả so sánh cho thấy sự phù hợp tốt của mô

hình với đặc thù của vùng biển ven bờ Nam Định-Ninh Bình.

### Phương pháp tính toán dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ do sóng:

Công thức được sử dụng phổ biến nhất trong tính toán dòng vận chuyển dọc bờ là công thức CERC [23]. Phương pháp này dựa trên nguyên lý là thông lượng vận chuyển dọc bờ (tổng lơ lửng và di đáy) tỷ lệ với năng lượng sóng dọc bờ trên một đơn vị độ dài của bãi. Công thức CERC đã được hiệu chỉnh dựa trên dữ liệu hiện trường cho các bãi cát có dạng:

$$Q = a_1 C_{gb} H_b^2 \sin 2\theta_b \quad (1)$$

Trong đó;

$$a_1 = \frac{K_1}{16(\rho_s/\rho - 1)(1 - p)(1.416)^{(5/2)}}$$

Với  $\rho$  là mật độ nước biển,  $\rho_s$  là mật độ cát,  $p$  là độ xốp của cát đáy. Hệ số  $K_1$  được lấy bằng 0.39. Hệ số  $K = 0.7$ , tuy nhiên các nghiên cứu gần đây về việc lựa chọn hệ số  $K$  dựa trên dữ liệu thí nghiệm thì  $K = 0.44$  và cũng cho thấy rằng giá trị hiệu chỉnh  $K$  nằm trong khoảng 0.44 – 1.6. Như vậy, có thể sử dụng khoảng giá trị này của  $K$  từ nghiên cứu trước đây của Bodge and Kraus, 1991. Trong công thức CERC, các tham số quan trọng nhất là độ cao sóng vỡ và hướng sóng vỡ. Sai số độ cao sóng 10% sẽ dẫn đến sai số 25% đối với lượng vận chuyển.

### Tính toán các đặc trưng sóng vỡ:

Các tham số sóng vỡ có ý nghĩa nhạy cảm đối với các tính toán ven bờ. Trong nghiên cứu này, phương pháp tính trực tiếp dựa trên hệ phương trình bảo toàn năng lượng sóng kết hợp với quy luật biến đổi góc sóng của Snell được áp dụng [24].

$$H_m^2 C_{gm} \cos \theta_m = H_b^2 C_{gb} \cos \theta_b \quad (2)$$

$$\frac{\sin \theta_m}{C_m} = \frac{\sin \theta_b}{C_b}$$

Chỉ số  $m$  tương ứng sóng nước sâu. Chỉ số  $b$  tương ứng với sóng vỡ.

### 3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN TRƯỜNG SÓNG VÀ VCDB

Mô hình sóng Mike21SW được sử dụng tính toán trường sóng cho khu vực nghiên cứu trong thời gian từ 2017-2022. Các kết quả tính toán trường sóng được trích xuất tại các vị trí trên đường đẳng sâu 9m gồm có độ cao sóng, chu kỳ sóng và hướng sóng. Các tham số sóng vỡ được tính toán từ phương trình (2) để từ đó tính toán thông lượng vận chuyển qua các mặt cắt bằng công thức (1). Các kết quả tính toán trung bình nhiều năm và trung bình mùa gió Đông Bắc, mùa gió Tây Nam được phân tích nhằm đánh giá cán cân cân bằng bùn cát qua các mặt cắt.

**Mùa gió Đông Bắc:** Theo phương dọc bờ từ Bắc xuống Nam, tương ứng từ vị trí MC1 đến MC13, trường sóng có sự phân hóa rõ nét về hướng sóng. Từ vị trí MC1 đến MC7, hướng sóng chủ đạo là Đông Đông Bắc chiếm ưu thế và xoay dần sang hướng Đông Đông Nam (các hoa sóng trong hình 8). Từ vị trí MC8 đến vị trí MC12, hướng sóng chủ đạo từ hướng Đông và xoay dần đến Đông Đông Nam.

Tại các vị trí MC1 đến MC7 dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ có giá trị chênh lệch nhau không nhiều và hướng xuống phía Nam trong mùa gió Đông Bắc.

- Tại đoạn bờ từ MC1 đến MC2: Dòng vận chuyển tăng lên ở MC2. Như vậy, bãi biển có xu thế bị xói do bị thiếu hụt trầm tích.

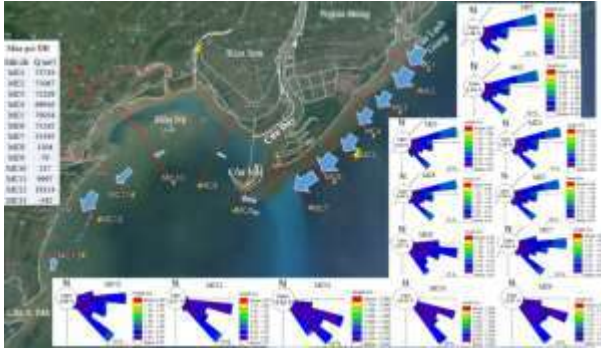
- Từ mặt cắt MC2 đến MC5: Dòng vận chuyển giảm dần và hướng từ MC2 đến MC5. Như vậy, bãi biển trong các đoạn bờ này có xu thế bồi.

- Từ MC5 đến MC6: Dòng vận chuyển tăng dần và hướng từ MC5 đến MC6. Như vậy, bãi biển có xu thế bị xói do bị thiếu hụt trầm tích.

- Từ MC6 đến MC9: Dòng vận chuyển giảm dần. Như vậy, bãi biển có xu thế bồi do bị lắng đọng trầm tích.

- Từ MC9 đến MC12: Dòng vận chuyển tăng dần. Như vậy, bãi biển có xu thế bồi do bị lắng đọng trầm tích. Tuy nhiên, sự chênh lệch dòng vận chuyển qua các mặt cắt này không lớn. Hơn nữa, nguồn trầm tích trong các khu vực này còn được bổ sung từ các cửa sông như cửa Đáy, cửa Càn và cửa sông Lèn khiến cho bãi biển luôn có xu thế bồi và mở rộng ra phía biển.

- Từ MC12 đến MC13: Dòng vận chuyển từ phía MC12 và MC13 có hướng gây tập chung vào khu vực này. Như vậy, bãi biển có xu thế bị bồi do bị lắng đọng trầm tích.



Hình 8: Hoa sóng và dòng vận chuyển dọc bờ trong mùa gió Đông Bắc

**Mùa gió Tây Nam:** Theo phương dọc bờ từ Nam về Bắc, tương ứng từ vị trí MC13 đến MC1, trường sóng có hướng chủ đạo là Đông Đông Nam chiếm ưu thế, không có sự phân hóa về hướng sóng như trong mùa gió ĐB (hình 9).

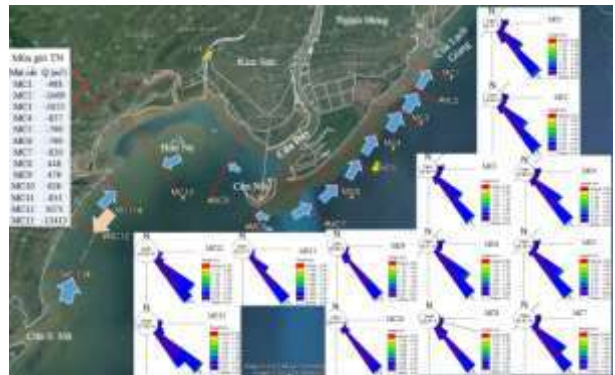
- Tại các vị trí MC7 đến MC1 dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ hướng lên phía Bắc trong mùa gió Tây Nam, có hướng ngược lại so với dòng vận chuyển dọc bờ trong mùa gió ĐB. Độ lớn của dòng vận chuyển tăng dần từ khu vực MC7 và MC6 về đến MC2. Quy luật này có xu thế ngược lại so với trong mùa gió ĐB (giảm ở các mặt cắt MC3, MC4, MC4). Độ lớn của dòng vận chuyển qua các mặt cắt này trong mùa gió TN tương đối nhỏ so với trong mùa gió ĐB.

- Tại các mặt cắt từ MC8 đến MC10, dòng vận chuyển có hướng xuống phía Nam (từ MC9 đến MC12: Dòng vận chuyển tăng dần. Như vậy, bãi biển có xu thế bị bồi do bị lắng đọng trầm tích. Tuy nhiên, sự chênh lệch dòng vận chuyển qua các mặt cắt này không lớn. Hơn nữa là các khu vực này, nguồn trầm tích còn được bổ sung từ các cửa sông như cửa Đáy, cửa Càn và cửa sông Lèn khiến cho bãi biển luôn có xu thế bồi và mở rộng ra phía biển.

- Tại MC11: Dòng vận chuyển hướng lên phía Bắc, kết hợp với dòng vận chuyển hướng xuống phía Nam tại MC10 sẽ tạo xu thế bồi cho khu vực cửa Lạch Trường.

- Tại MC12: Dòng vận chuyển hướng xuống phía Nam, kết hợp với dòng vận chuyển hướng phía Bắc tại MC11 sẽ tạo xu thế xói cho khu vực phía Nam cửa Lạch Trường (Đoạn từ MC11 đến MC12).

- Tại MC13: Dòng vận chuyển hướng lên phía Bắc, kết hợp với dòng vận chuyển hướng xuống phía Nam tại MC12 sẽ tạo xu thế bồi cho khu vực phía Bắc cửa sông Mã (Đoạn từ MC12 đến MC13).



Hình 9: Hoa sóng và dòng vận chuyển dọc bờ trong mùa gió Tây Nam

**Trong cả năm:** Theo phương dọc bờ từ Bắc xuống Nam, tương ứng từ vị trí MC1 đến MC13, trường sóng có sự phân hóa rõ nét về hướng sóng. Từ vị trí MC1 đến MC8, hướng sóng chủ đạo là Đông Đông Bắc chiếm ưu thế và xoay dần sang hướng Đông Đông Nam (các hoa sóng trong hình 10). Từ vị trí MC8 đến vị trí MC12, hướng sóng chủ đạo từ hướng Đông và xoay dần đến Đông Đông Nam. Nhìn chung, quy luật phân bố dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ giống với trường hợp xét riêng trong mùa gió ĐB. Độ lớn của dòng vận chuyển tại các mặt cắt nhỏ hơn so với trường hợp xét trong mùa gió ĐB do có sự vận chuyển ngược lên phía Bắc trong mùa gió TN.

Tại các vị trí MC1 đến MC12 dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ hướng xuống phía Nam, riêng tại mặt cắt MC13 dòng vận chuyển hướng lên phía Bắc.

- Tại đoạn bờ từ MC1 đến MC2: Dòng vận chuyển tăng lên ở MC2. Như vậy, bãi biển có xu thế bị xói do bị thiếu hụt trầm tích. Trong thực tế, khu vực này bao gồm bãi biển Rạng

Đông đã bị xói cục bộ trong những năm qua như các kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Nguyen Thanh Hung [25]. Từ đó có thể thấy vai trò của dòng vận chuyển dọc bờ do sóng đã góp phần làm xói lở bãi biển Rạng Đông trong quy mô dài hạn và dẫn đến hiện tượng phá vỡ bờ kè [26].

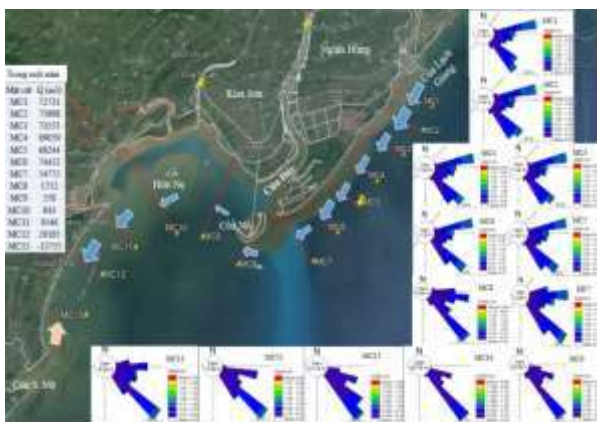
- Từ mặt cắt MC2 đến MC4: Dòng vận chuyển giảm dần và hướng từ MC2 đến MC4. Như vậy, bãi biển trong các đoạn bờ này có xu thế bồi.

- Từ MC4 đến MC6: Dòng vận chuyển tăng dần và hướng từ MC4 đến MC6. Như vậy, bãi biển có xu thế bị xói do bị thiếu hụt trầm tích.

- Từ MC6 đến MC9: Dòng vận chuyển giảm dần. Như vậy, bãi biển có xu thế bồi do bị lắng đọng trầm tích.

- Từ MC9 đến MC12: Dòng vận chuyển tăng dần. Như vậy, bãi biển có xu thế bồi do bị lắng đọng trầm tích. Tuy nhiên, sự chênh lệch dòng vận chuyển qua các mặt cắt này không lớn. Hơn nữa là các khu vực này, nguồn trầm tích còn được bổ sung từ các cửa sông như cửa Đáy, cửa Càn và cửa sông Lèn khiến cho bãi biển luôn có xu thế bồi và mở rộng ra phía biển.

- Từ MC12 đến MC13: Dòng vận chuyển từ phía MC12 và MC13 có hướng gây tập chung vào khu vực này. Như vậy, bãi biển có xu thế bồi do bị lắng đọng trầm tích.



Hình 10: Hoa sóng và dòng vận chuyển dọc bờ trong năm

Xét đến sự cân bằng trầm tích dọc bờ thì kết quả cho thấy dòng vận chuyển dọc bờ trong cả năm có xu thế vận chuyển từ phía cửa Lạch Giang về khu vực cửa Đáy, bãi biển Kim Sơn, và từ khu vực phía Nam (cửa sông Mã về khu vực cửa Lạch Trường) và gây bồi lắng cho khu vực cửa sông Đáy, biển ven bờ Kim Sơn. Trong thực tế, các khu vực này còn được gây bồi lắng nhiều hơn do có các nguồn trầm tích từ cửa sông Đáy, cửa sông Lèn và cửa Càn.

#### 4. KẾT LUẬN

Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với các bộ dữ liệu thực đo đồng bộ về thời gian trong các mùa khác nhau. Các kết quả so sánh cho thấy sự phù hợp tốt của mô hình với đặc thù của vùng biển ven bờ Nam Định-Ninh Bình. Kết quả tính vận chuyển trầm tích dọc bờ theo phương pháp CERC mặc dù có độ chính xác không cao nhưng cho thấy xu thế bồi, xói bãi biển trong quy mô thời gian dài. Tại khu vực nghiên cứu, dòng vận chuyển theo phương dọc bờ hướng xuống phía Nam. Trong thực tế, dòng vận chuyển trầm tích dọc bờ khu vực nghiên cứu còn do dòng chảy sinh ra do thủy triều, do gió mùa. Như đã đề cập trong phần nội dung, dòng dư do dòng chảy và thủy triều ở khu vực nghiên cứu luôn có hướng dọc bờ xuống phía Nam. Do vậy, thực tế dòng vận chuyển dọc bờ qua các mặt cắt còn lớn hơn so với các kết quả trong nghiên cứu này chỉ xét riêng đối với tác động của sóng. Các kết quả của nghiên cứu này có ý nghĩa tham thảo trong nghiên cứu về biến đổi bãi biển, làm sáng tỏ hơn về cơ chế vận chuyển trầm tích cho khu vực.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài KH&CN cấp Bộ NN&PTNT, 2023-2025: "Nghiên cứu, đánh giá diễn biến vùng ven biển cửa sông Đáy và đề xuất giải pháp chỉnh trị". Các tác giả xin cảm ơn sự tài trợ này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đào Đình Châm, Nguyễn Thái Sơn, & Nguyễn Quang Minh, 2013. Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống tin địa lý trong đánh giá diễn biến bãi bồi ven biển cửa Đáy qua các thời kỳ (1966 - 2011). Tạp chí Các Khoa học về Trái đất, 35(4), 349-356.
- [2] Phạm Quang Sơn và cộng sự, 2016. Diễn biến xói lở-bồi tụ ven biển Hải Hậu (tỉnh Nam Định) và vùng lân cận trong hơn 100 năm qua trên cơ sở phân tích tài liệu bản đồ địa hình và tư liệu viễn thám đa thời gian. Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam: Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, 38 (1), 118-130.
- [3] Dương Quốc Hưng, Vũ Hải Đăng, Phan Đông Pha, Nguyễn Thị Ánh Nguyệt, Ngô Bích Hường, & Nguyễn Thái Sơn, 2017. Nghiên cứu biến động và dự báo xu thế phát triển đới bờ khu vực cửa Đáy tới 2050. Tạp chí Khoa học Công nghệ Biển. Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội.
- [4] Vũ Công Hữu và cộng sự, 2012. “Tính toán chế độ sóng và vận chuyển trầm tích vùng nước biển ven bờ Hải Hậu-Nam Định”. Tạp chí Khoa học thủy lợi số 3, 2012, ISSN: 1859-4255.
- [5] Hoan.L.X and et., Shoreline Evolution at Hai Hau Beach, Vietnam. Journal of Coastal Research, Vol. 26, No. 1, 2010, DOI: 10.2112/08-1061.1.
- [6] Van Maren, D.S. and Hoekstra, P., 2004. Seasonal variation of hydrodynamics and sediment dynamics in a shallow subtropical estuary: the Ba Lat River, Vietnam. Estuary, Coastal and Shelf Sciences, 60(3), 529–540.
- [7] Guohong, F.; Yue-Kuen, K.; Kejun, Y., and Yaohua, Z., 1999. Numerical simulation of principal tidal constituents in the South China Sea, Gulf of Tonkin and Gulf of Thailand. Continental Shelf Research Journal, 19(7), 845–869.
- [8] Pruszek, Z.; Szmytkiewicz, M.; Hung, N.M., and Ninh, P.V., 2002. Coastal processes in the Red River Delta area, Vietnam. Coastal Engineering Journal, 44(2), 97–126.
- [9] Ninh, P.V.; Quynh, D.N., and Viet Lien, N.T., 2001. The Scientific Foundation and Technical Parameters in the Coastal Zone of Vietnam for Nearshore Designed Constructions. Hanoi, Vietnam: Institute of Mechanics, NCST, Final Report of the National Marine Project, 99p.
- [10] Nguyễn Văn Cư, 2006. Bãi bồi ven biển cửa sông Bắc Bộ Việt Nam. Sách chuyên khảo, Viện KH&CN Việt Nam, Hà Nội.
- [11] Vu Tat Uyen, 2004. Flood controlling and discharging, Monograph. Agriculture Publishing House, Hanoi, 196 p.
- [12] Dự án VS/RDE-03, Chương trình hợp tác nghiên cứu Việt Nam-Thụy Điển 2004-2011.
- [13] Viện NC Đô thị và Phát triển Hạ tầng, 2015. Quy hoạch phát triển kinh tế vùng ven biển Kim Sơn đến năm 2020, định hướng đến năm 2030. Lưu trữ tại Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Ninh Bình.
- [14] MIKE 21HD FM (2014), Hydrodynamic Module-Scientific Documentation, DHI Software.
- [15] MIKE 21 SW FM (2014), Spectral Wave Module-Scientific Documentation, DHI Software.
- [16] MIKE 21/3 Coupled Model FM (2014), User Guide, DHI Software.



- [17] Vũ Công Hữu, Nguyễn Minh Huấn, 2016. Đánh giá ảnh hưởng của mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu đến mực nước triều ven biển miền Trung. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường.
- [18] Vũ Công Hữu, Doãn Tiến Hà, Nguyễn Tiến Đạt. Nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng gây bồi của cụm công trình kè mở hàn dạng chữ T tại bãi biển Thịnh Long 2, Hải Hậu, Nam Định. *Tạp chí Khoa học Thủy lợi số 70 (02- 2022)*.
- [19] Vũ Công Hữu, Doãn Tiến Hà. Nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng gây bồi của các cụm công trình trọng điểm tại các bãi biển Hải Hậu, Nam Định
- [20] Vũ Công Hữu, Phùng Quốc Trung. Tính toán đường bao và xác suất xuất hiện của mực nước dâng cực đại do bão. Tuyển tập Công trình Hội nghị khoa học, Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 23 năm 2020.
- [21] Đề tài độc lập cấp Quốc gia “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp, hiệu quả để tiêu giảm sóng nhằm nâng cao độ an toàn cho đê biển Nam Định. Mã số: ĐTĐL CN.40/.
- [22] Bộ NN&PTNT. Dự án Lập quy hoạch hệ thống cảng cá, khu neo đậu tránh chú bão cho tàu cá thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến 2050.
- [23] USACE (U.S. Army Corps of Engineers), 1984. Shore Protection Manual (SPM). Washington: U.S. Government Printing Office, 1088p. USACE, 2002. Coastal Engineering Manual (CEM), Part II, Chapter 2 Washington: U.S. Government Printing Office, 77p.
- [24] Larson, M., Hoan, L.X., and Hanson, H. (2010). A direct formula to compute wave height and angle at incipient breaking. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 136(2), 119-122.
- [25] Nguyen Thanh Hung and et. Nearshore Topographical Changes and Coastal Stability in Nam Dinh Province, Vietnam. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020, 8, 755.
- [26] <https://nhandan.vn/nam-dinh-sap-vo-nghiem-trong-bo-ke-khu-sinh-thai-rang-dong-post616518.html>