

# ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG HẢI VẠN ĐẾN ĐẶC ĐIỂM VẬN CHUYỂN TRẦM TÍCH LƠ LÙNG VÙNG CỬA SÔNG BẠCH ĐẰNG

Vũ Duy Vĩnh<sup>1</sup>, Đinh Văn Ưu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Tài nguyên và Môi trường biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

246 Đà Nẵng, Ngô Quyền, Hải Phòng, Việt Nam

E-mail: vinhvd@imer.ac.vn

<sup>2</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên-Đại học Quốc gia Hà Nội

334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài: 31-12-2012

**TÓM TẮT:** Bài viết này trình bày các kết quả áp dụng mô hình toán học 3 chiều (3D) để nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố khí tượng, hải văn đến đặc điểm vận chuyển trầm tích lơ lửng (TLL) vùng cửa sông Bạch Đằng. Để thiết lập mô hình tính, các chuỗi số liệu quan trắc đã được thu thập xử lý khá hệ thống và đồng bộ để tạo ra các điều kiện biên sông của mô hình dạng chuỗi số liệu (time serial). Các biên mở biển của mô hình được tạo ra bằng phương pháp lưới lồng từ một mô hình tính rộng hơn ở phía ngoài. Mô hình thủy động lực 3 chiều được thiết lập với 7 lớp độ sâu theo hệ tọa độ  $\sigma$  và được hiệu chỉnh kiểm chứng với số liệu đo mực nước tại Hòn Dấu và dòng chảy, hàm lượng TLL tại một số điểm trong khu vực nghiên cứu. Các kết quả tính toán với một số kịch bản khác nhau đã cho thấy vai trò của điều kiện gió, tải lượng nước sông, dao động mực nước (DĐMN) và sóng đến đặc điểm vận chuyển TLL ở vùng cửa sông Bạch Đằng. Theo đó, DĐMN triều khi triều lên làm tăng cường sự xâm nhập của nước biển vào sâu các cửa sông khoảng 1-2.5km, đồng thời làm tăng cường sự phát tán của TLL ra phía ngoài khoảng 4-8km trong pha triều xuống; Dưới ảnh hưởng của sóng và gió, TLL trong pha triều lên được tăng cường khuếch tán từ các tầng phía dưới lên các tầng trên mặt, tăng đáng kể độ đục ở phía ngoài (khoảng 10-20km), tạo thành các vùng đục nước ở phía ngoài cửa Nam Triệu, khu vực phía đông bắc và bãi biển Đồ Sơn, trong đó hướng gió tác động mạnh nhất là SE.

**Từ khóa:** trầm tích, trầm tích lơ lửng, cửa sông Bạch Đằng, mô hình

## MỞ ĐẦU

Vùng cửa sông Bạch Đằng là nơi có điều kiện động lực phức tạp với sự tác động tổng hợp của các yếu tố khí tượng, hải văn như: tải lượng nước ngọt từ các sông đưa ra khá lớn và biến động mạnh theo mùa; dao động mực nước (DĐMN) mang tính chất nhật triều điển hình với độ cao thủy triều cực đại có thể lên tới 4,0m [9], trường gió và sóng luôn biến đổi theo thời gian. Trong đó ngoài tính chất tuần

hoàn của dao động mực nước, các yếu tố như tải lượng nước sông, sóng gió biến đổi mạnh theo mùa. Đây cũng là nơi tiếp nhận một lượng rất lớn trầm tích từ lục địa đưa ra qua các cửa sông như Bạch Đằng, Cẩm, Lạch Tray. Dòng trầm tích này có vai trò hết sức quan trọng trong việc cung cấp dinh dưỡng, bồi tích cho vùng ven bờ châu thổ nhưng nó cũng gây ra các vấn đề tiêu cực khác như sa bồi cảng Hải Phòng, đục nước ở một số khu vực ven bờ Đồ Sơn. Chính vì vậy đặc điểm vận chuyển trầm

tích lơ lửng (TTLL) ở khu vực này đã được quan tâm ở nhiều khía cạnh khác nhau như phân tích từ số liệu đo đạc khảo sát, mô hình toán [6, 11, 15, 19, 21]. Nghiên cứu này dựa trên phương pháp phân tích thống kê để tạo các chuỗi số liệu theo thời gian (time-serial) làm đầu vào cho các biên sóng của mô hình thủy động lực 3 chiều (7 lớp độ sâu theo tọa độ  $\sigma$ ) kết hợp với mô hình sóng và vận chuyển TTLL với chế độ chạy đồng thời (coupling online), qua đó mô phỏng điều kiện thủy động lực - vận chuyển TTLL và đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng hải văn đến đặc điểm vận chuyển TTLL ở vùng cửa sông Bạch Đằng.

### TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Khu vực nghiên cứu nằm trong khoảng tọa độ  $20,5 - 20,9^{\circ}$  vĩ Bắc và  $106,5 - 107,1^{\circ}$  kinh Đông, vùng biển ven bờ tây vịnh Bắc Bộ, thuộc thành phố Hải Phòng và tỉnh Quảng Ninh. Đây là khu vực có đặc điểm thủy triều mang tính chất nhật triều đều với biên độ khá lớn [9]. Độ dốc đáy biển nhỏ và độ sâu lớn nhất chỉ khoảng 20m. Khu vực chịu ảnh hưởng mạnh của các khối nước từ hệ thống sông Hồng - Thái Bình đưa ra nhưng tải lượng nước phân phối không đều trong năm mà chủ yếu tập trung vào các tháng mùa mưa [20]. Khu vực này cũng chịu sự chi phối của hệ thống gió mùa Đông Bắc trong mùa khô và gió mùa Đông Nam trong mùa mưa.

#### Tài liệu.

Số liệu độ sâu và đường bờ của khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng được số hóa từ các bản đồ

địa hình UTM hệ tọa độ địa lý VN 2000 tỷ lệ 1:50.000 và 1:25.000. Độ sâu của khu vực phía ngoài sử dụng cơ sở dữ liệu GEBCO -1/8 có độ phân dải 0,5 phút được xử lý từ ảnh vệ tinh kết hợp với các số liệu đo sâu [4, 13].

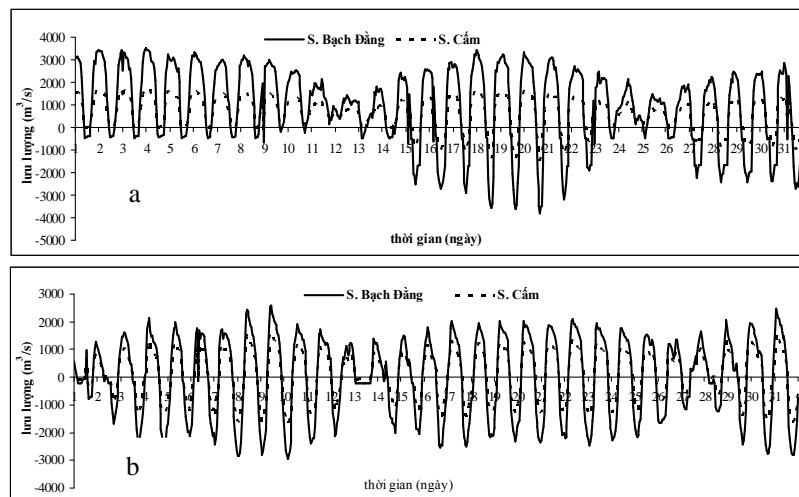
Các số liệu gió, sóng quan trắc trong nhiều năm ở trạm hải văn Hòn Dấu và Bạch Long Vỹ đã được thu thập và xử lý làm đầu vào cho mô hình tính. Đây là số liệu đo đạc với tần suất 6 h/lần trong thời gian tháng 2 - 3 và tháng 7 - 8 năm 2009.

Số liệu mực nước để hiệu chỉnh mô hình là các kết quả đo đạc mực nước (1 h/lần) tại Hòn Dấu trong năm 2009. Ngoài ra, các số liệu ĐDMN được thu thập và xử lý để làm đầu vào cho các điều kiện biên mở phía biển của mô hình của 4 sóng triều chính là O1, K1, M2, S2. Các hằng số điều hòa thủy triều ở phía ngoài xa bờ được thu thập từ cơ sở dữ liệu FES2004 của LEGOS và CLS [10, 12].

Ngoài các số liệu thu thập được từ các đề tài liên quan ở khu vực này trong tháng 3 và 8 năm 2009 [5, 7], các số liệu quan trắc định kỳ trên sông Cấm và Văn Úc của Trung tâm Khí tượng thủy văn Quốc gia (TKKT TVQG) cũng đã được thu thập xử lý. Cơ sở dữ liệu WOA09 [22] cho khu vực Biển Đông cũng được khai thác để sử dụng cho mô hình tính ở phía ngoài.

#### Phương pháp

*Phương pháp GIS* để số hóa và xử lý số liệu địa hình từ các bản đồ địa hình.



**Hình 1.** Lưu lượng nước trung bình giờ tại các sông chính khu vực Hải Phòng (a- Tháng 3 năm 2009, b- và tháng 8 năm 2009)

*Phương pháp tính toán thống kê* để tạo các file số liệu dạng time serial lưu lượng nước cho các biên sông của 5 sông chính trong khu vực nghiên cứu là Bạch Đằng, Cấm, Lạch Tray, Văn Úc và Thái Bình (hình 1).

*Phương pháp khai thác số liệu* từ Cơ sở dữ liệu nhiệt muối WOA09 và cơ sở dữ liệu thủy triều FES2004. Các cơ sở dữ liệu này cung cấp số liệu cần thiết để xác định các điều kiện biên mở cho mô hình tính toán thủy động lực vùng ngoài khơi (với lưới tính thô).

*Phương pháp lưới lồng* (phương pháp NESTING trong Delft3d) được sử dụng trong nghiên cứu này để tạo ra các điều kiện biên mở phía biển của mô hình.

### **Thiết lập mô hình.**

Trong nghiên cứu này, các điều kiện thủy động lực được mô hình hóa bằng module thủy động lực (Delft3d-Flow) trong hệ thống mô hình Delft3d của Hà Lan. Đây là hệ thống mô hình này có thể mô phỏng tốt điều kiện thủy động lực - sóng, vận chuyển bùn cát, chất lượng nước ở vùng cửa sông ven bờ [8].

Mô hình thủy động lực sử dụng hệ lưới cong trục giao. Miền tính có kích thước khoảng 50km theo chiều Đông Bắc - Tây Nam và 51km theo chiều Tây Bắc - Đông Nam, với diện tích mặt nước khoảng 1.500km<sup>2</sup> được chia thành 293 × 455 điểm tính, kích thước các ô lưới biến đổi từ 21,9 đến 320,9m. Theo chiều thẳng đứng, toàn bộ cột nước được chia làm 7 lớp độ sâu theo hệ tọa độ  $\sigma$ .

Mô hình tổng hợp được thiết lập và chạy với thời gian là các mùa đặc trưng trong năm (mùa mưa và mùa khô) của các kịch bản khác nhau. Trong đó hai kịch bản hiện trạng được thiết lập để hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình gồm: mùa mưa (tháng 7, 8, 9 năm 2009); mùa khô (tháng 2, 3 năm 2009). Bước thời gian chạy của mô hình thủy động lực là 0,5 phút.

Mô hình tính được lựa chọn kiểu liên kết đồng thời của các quá trình cơ bản thủy động lực - sóng. Trong đó các yếu tố chính được tính đến bao gồm: độ muối, nhiệt độ; ảnh hưởng của gió bề mặt; tương tác với sóng (tính đồng thời kết hợp với mô hình sóng-online coupling).

Điều kiện ban đầu của mô hình có thể sử dụng từ kết quả tính toán của các lần chạy trước đó thông qua các restart file [8]. Đối với trường hợp áp dụng

cho vùng cửa sông ven biển Hải Phòng, điều kiện ban đầu của các kịch bản hiện trạng là các kết quả tính toán sau ngày cuối trong các file restart của tháng 2 (mùa khô) và tháng 7 (mùa mưa).

Mô hình có các biên mở biển và biên sông: Với các điều kiện biên biển, số liệu để cung cấp cho các biên mở này là kết quả tính toán từ mô hình phía ngoài sau đó sử dụng phương pháp NESTHD để tạo các file số liệu nhiệt độ, độ muối, mực nước tại các điểm biên. Đây là các số liệu dạng time serial với tần suất 1 h/lần. Đối với các biên sông, số liệu độ muối, nhiệt độ cho điều kiện biên là các đặc trưng trung bình tháng. Lưu lượng nước sử dụng cho các điều kiện biên sông ở nghiên cứu là các chuỗi số liệu được tính toán từ số liệu đo với tần suất 1 h/lần (hình 1).

Số liệu gió đưa vào mô hình tính cho kịch bản hiện trạng là các số liệu quan trắc tại Hòn Dấu trong tháng 2, 3 và tháng 7, 8, 9 năm 2009 với tần suất 6h/lần. Đối với các kịch bản khác, sử dụng các đặc trưng gió trung bình.

#### *Các tham số tính toán khác của mô hình*

Tham số nhám đáy (bottom roughness) trong nghiên cứu này lựa chọn sử dụng các hệ số Manning (n) biến đổi theo không gian với giá trị 0,018 - 0,023m<sup>-1/3</sup>s [2, 14].

Các giá trị liên quan đến điều kiện rối có thể được xác định do người dùng như là một hằng số, hoặc tham số biến đổi theo không gian hoặc tính toán với cách tiếp cận HLES (Horizontal Large Eddy Simulation) đã được tích hợp trong hệ thống mô hình Delft3d theo lý thuyết của Uittenbogaard [16] và Van Vossen [17].

#### *Tham số tính toán của mô hình trầm tích lơ lửng*

Vận tốc lắng đọng của TTLL được chọn là 0,1mm/s. Tiêu chuẩn ứng suất cho quá trình xói của trầm tích được lựa chọn là 0,25N/m<sup>2</sup> [18]. Tiêu chuẩn ứng suất cho quá trình bồi lắng của trầm tích được lựa chọn là 0,1N/m<sup>2</sup> [18]. Tốc độ xói trong tự nhiên ban đầu được giả thiết là 10<sup>-3</sup>kg/m<sup>2</sup>.s.

### **Hiệu chỉnh mô hình, kiểm chứng và các kịch bản kết quả của mô hình**

#### *Kiểm chứng các kết quả tính*

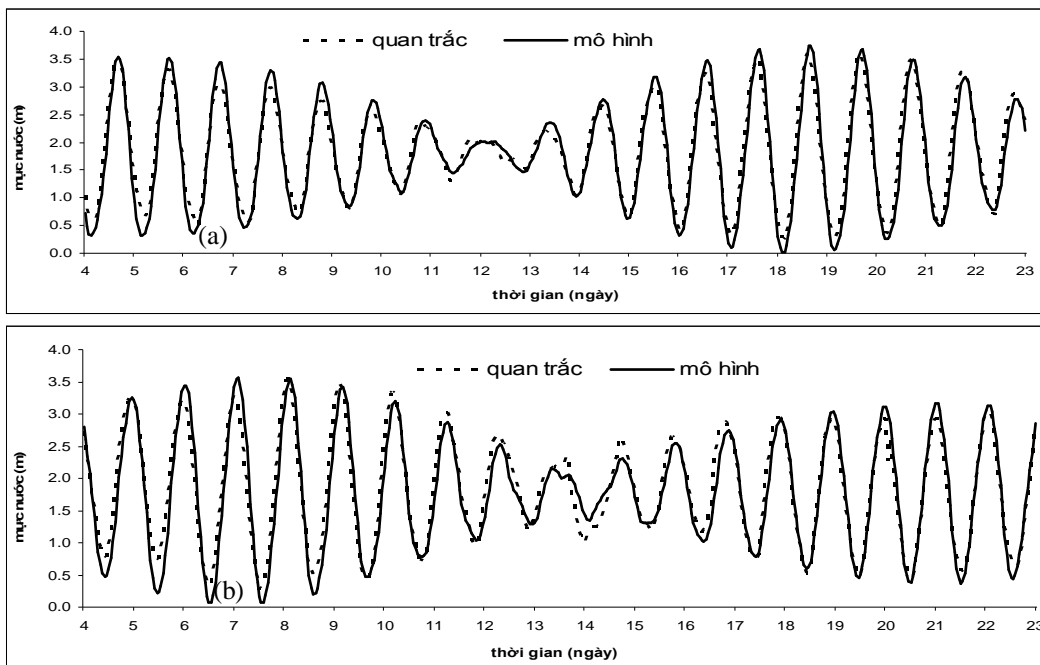
Các kết quả tính toán của mô hình như mực nước và dòng chảy và hàm lượng TTLL đã được so

sánh với số liệu quan trắc của các đề tài liên quan trong thời gian tháng 2 - 3 và tháng 7 - 9 năm 2009 [5, 7]. Đối với kết quả tính toán DEMN của mô hình, sau lần hiệu chỉnh cuối kết quả so sánh cho thấy đã có sự phù hợp cả về pha và biên độ giữa số liệu quan trắc và tính toán (hình 2). Tính toán hệ số tương quan giữa mực nước quan trắc và tính toán trong mùa khô và mùa mưa lần lượt là 0,96 và 0,98. Sai số bình phương trung bình tương ứng lần lượt là 0,22m và 0,20m.

Các giá trị quan trắc dòng chảy được phân tích thành các thành phần kinh hướng (u) và vĩ hướng (v) trước khi so sánh với các kết quả tính toán từ mô hình. Sau lần hiệu chỉnh cuối cùng, các kết quả so

sánh cho thấy giữa quan trắc và tính toán dòng chảy ở khu vực này có sự phù hợp. Kết quả so sánh tính toán hàm lượng TTLL từ mô hình với số liệu quan trắc cho thấy mặc dù còn chưa thực sự trùng khớp giữa hai chuỗi số liệu trên nhưng ở đây cũng có sự phù hợp nhất định giữa hàm lượng TTLL tính toán và quan trắc cũng như sự phù hợp của các chuỗi số liệu này với biến đổi của mực nước trong thời gian phân tích.

*Các nhóm kịch bản tính toán sau đã được thiết lập:* Các kịch bản hiện trạng; các kịch bản đánh giá ảnh hưởng của gió; các kịch bản đánh giá ảnh hưởng của gió kết hợp với sóng hướng khác nhau (NE, E, SE).



**Hình 2.** So sánh số liệu đo đạc mực nước và tính toán từ mô hình tại trạm Hòn Dấu (a- mùa khô, 04/3-23/3/2009; b- mùa mưa, 04/8-23/8/2009)

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Đặc điểm vận chuyển TLLL hiện tại

#### *Biến động theo không gian*

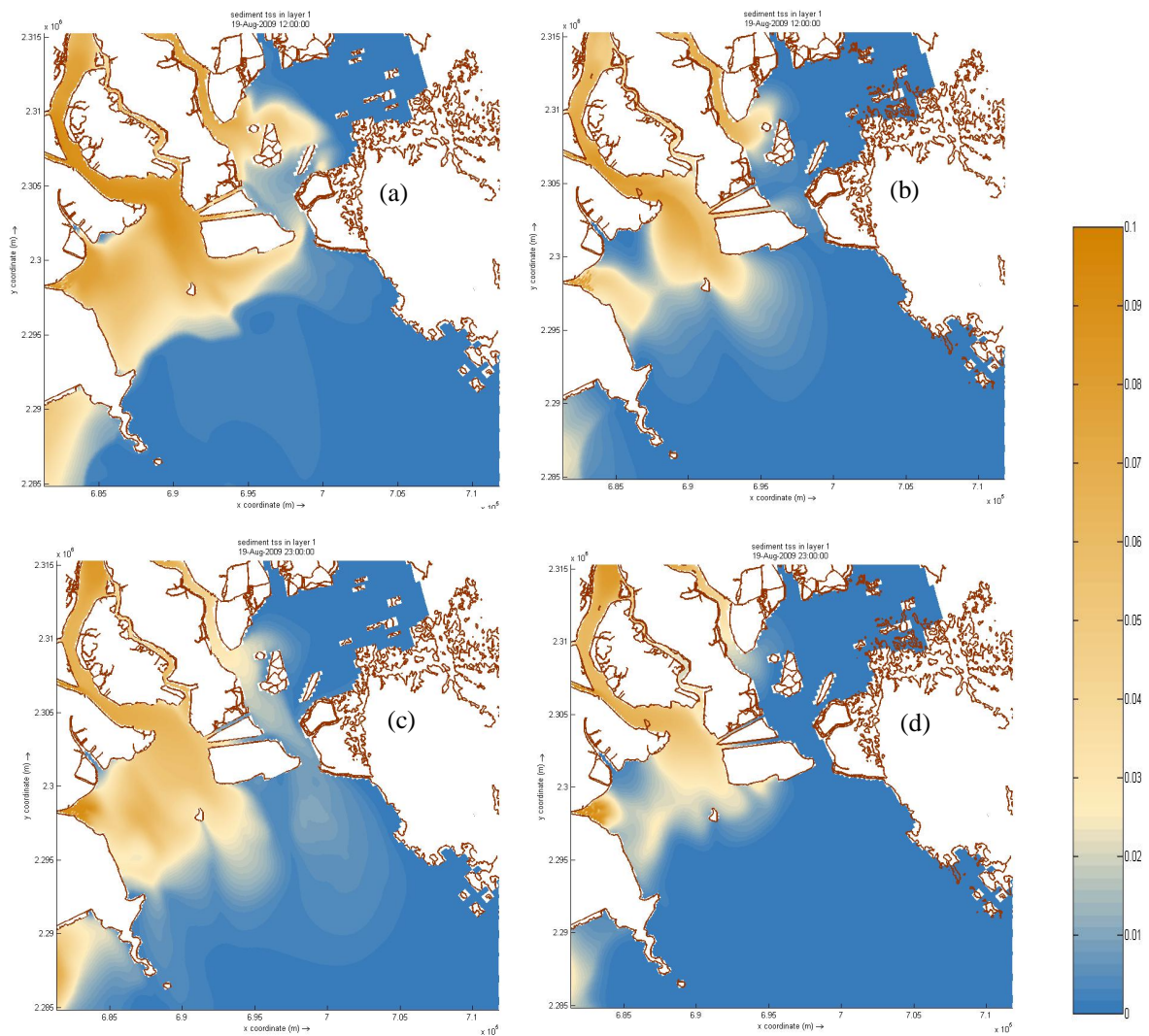
Vào mùa khô hàm lượng TTLL của các sông Hải Phòng thường có giá trị không lớn hơn  $0,12\text{kg/m}^3$ . Tuy nhiên giữa các sông khác nhau cũng có sự phân tán lớn, một số sông có hàm lượng trầm tích cao hơn các sông còn lại như sông Cẩm và Văn Úc. Cũng trong mùa khô, do tải lượng nước từ sông

đưa ra khá nhỏ nên phạm vi phát tán của TTLL ra vùng biển phía ngoài cũng rất hạn chế.

Trong pha triều lên trường dòng chảy có hướng từ phía biển vào các cửa sông vì vậy vùng có hàm lượng TTLL cao bị đẩy dần về phía lục địa. Ảnh hưởng của vùng nước có hàm lượng TTLL cao (khoảng  $0,07\text{kg/m}^3$ ) chỉ ở sát phía ngoài cửa Lạch Tray và phía trong cửa Nam Triệu. Các khu vực khác hàm lượng TSS có giá trị khá nhỏ. Vào pha triều xuống, các khối nước từ sông hướng ra biển có

điều kiện phát triển mạnh hơn nên dòng TTLL phát triển ra phía biển nhiều hơn. Tuy nhiên, do lưu lượng nước trong mùa khô khá nhỏ nên sự chênh lệch phạm vi của vùng nước có hàm lượng TTLL cao trong pha triều lên và triều xuống vào mùa khô là không lớn. Đáng chú ý là hàm lượng TTLL trong pha triều xuống có giá trị khá nhỏ so với pha triều lên, có thể do TTLL trong pha triều lên chủ yếu là do xói đáy dưới tác dụng của dòng triều chứ không phải do từ sông đưa ra. Sự xâm nhập của các khối nước biển mạnh nhất vào thời điểm nước lớn. Trong pha triều này, diễn biến lan truyền của TTLL tiếp tục xu hướng của pha triều lên, đẩy các khối nước

sông vào sát phía lục địa. Sự phát tán TTLL từ các sông ra vùng ven biển bị hạn chế nhất và chỉ còn thấy xuất hiện ở sâu phía trong các sông. Vào thời gian nước ròng, các khối nước sông cũng như dòng TTLL từ lục địa có điều kiện phát triển mạnh nhất ra phía ngoài, đặc biệt là phía cửa Nam Triệu, cửa Lạch Tray và ven bờ phía tây nam đảo Cát Hải. Tuy nhiên, lưu lượng nước sông trong mùa khô? hạn chế nên phạm vi phát tán của TTLL cũng chỉ dừng lại ở khu vực phía Tây Cát Hải. Hàm lượng TTLL ở khu vực phía ngoài cửa Lạch Huyện trong pha triều này vào mùa khô cũng có giá trị khá nhỏ (dưới  $0,01\text{kg/m}^3$ )



**Hình 3.** Ảnh hưởng của dao động mực nước đến phân bố TTLL (tầng mặt) trong mùa mưa (mùa mưa: a- hiện tại khi triều lên; b- nếu không có ĐDMN; c- hiện tại khi triều xuống; d- nếu không có ĐDMN)

Trong mùa mưa, tải lượng nước từ các sông đưa ra lớn hơn nên sự phát tán của TTLL từ lục địa ra phía ngoài cũng mạnh mẽ hơn. Trong pha triều lên, khối nước với hàm lượng TTLL (lớn hơn  $0,1\text{kg}/\text{m}^3$ ) bị dồn lại ở khu vực phía Tây Nam đảo Cát Hải - ven bờ Lạch Tray và một phần khu vực cửa Lạch Huyện. Ở ngoài xa hơn, hàm lượng TTLL giảm dần (hình 4a). Ở pha triều xuống của mùa mưa, dòng bùn cát lơ lửng từ sông có điều kiện phát triển ra phía ngoài, ảnh hưởng đến một phần khu vực ven bờ đảo Cát Bà và bãi biển Đồ Sơn với giá trị hàm lượng TTLL khoảng dưới  $0,03\text{kg}/\text{m}^3$  (hình 4c). Vào thời điểm nước lớn của mùa mưa, sự xâm nhập của các khối nước biển đã đẩy vùng nước có hàm lượng TTLL cao vào sát phía trong cửa Nam Triệu và Lạch Tray. Ở khu vực phía ngoài hàm lượng TSS chỉ có giá trị khoảng  $0,01 - 0,03\text{kg}/\text{m}^3$ . Trong thời gian nước ròng của mùa mưa, các khối nước sông với hàm lượng TTLL cao có điều kiện phát triển mạnh ra phía ngoài làm cho vùng nước phía Nam và Tây Nam Cát Hải và phía Bắc Đồ Sơn có đục khá cao với hàm lượng TTLL có thể lên tới trên  $0,1\text{kg}/\text{m}^3$ . Tuy nhiên vùng nước ven bờ phía Tây Nam Cát Bà và khu vực phía ngoài cửa Lạch Huyện hàm lượng TTLL vẫn có giá trị không vượt quá  $0,04\text{kg}/\text{m}^3$ .

#### *Biến động theo thời gian*

Các kết quả phân tích cho thấy biến động của hàm lượng TTLL ở các khu khác nhau trong khu vực nghiên cứu đều phụ thuộc chặt chẽ vào dao động mực nước triều. Trong một chu kỳ triều thường xuất hiện hai lần cực trị hàm lượng TTLL: một cực đại và một cực tiểu. Cực đại hàm lượng TTLL thường xuất hiện vào thời gian nước ròng do dòng TTLL từ sông đưa ra và cực tiểu thường xuất hiện vào thời gian nước lớn khi nước biển xâm nhập trở lại. Hàm lượng TTLL và chênh lệch của giá trị này giữa các tầng cũng thường có giá trị lớn hơn ở những ngày triều cường và nhỏ hơn vào những ngày triều kém. Tuy nhiên sự biến động theo thời gian của hàm lượng TTLL có những đặc trưng riêng ở mỗi khu. Cả trong mùa mưa và mùa khô, biến động theo thời gian của hàm lượng TTLL đều thể hiện xu hướng có giá trị cao hơn, dao động với khoảng giá trị lớn hơn vào những ngày triều cường và ngược lại trong những ngày triều kém. Hàm lượng TTLL cực tiểu thường xuất hiện vào thời gian nước lớn nhưng giá trị cực đại xuất hiện trong khoảng từ sau thời điểm nước ròng đến nửa đầu của pha triều lên.

#### **Ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng hải văn**

##### *Ảnh hưởng của dao động mực nước*

Với biên độ DĐMN triều khá lớn, thủy triều có thể làm tăng cường hoặc hạn chế sự phát tán TTLL từ vùng cửa sông ra phía ngoài, đồng thời tạo thành giới hạn di chuyển (ra - vào) của TTLL ở khu vực này (khoảng 2 - 12km trong mùa khô và 4 - 20km trong mùa mưa). Vào mùa khô do dòng TTLL và lưu lượng nước đưa ra đều nhỏ nên những ảnh hưởng của DĐMN đến đặc điểm lan truyền TTLL không thể hiện rõ rệt như vào mùa mưa. Trong pha triều lên mùa mưa, DĐMN triều làm tăng cường sự xâm nhập của nước biển vào sâu các cửa sông đồng thời hạn chế sự phát triển của TTLL từ các sông ra phía ngoài (hình 4a, b). Vào pha triều xuống, DĐMN triều làm tăng cường xáo trộn, khuếch tán TTLL từ các tầng dưới lên các tầng trên mặt, tăng sự phát tán của TTLL ra phía ngoài thêm khoảng 4 - 8km so với trường hợp không có DĐMN (hình 4c, d). Với cùng các điều kiện khác thì sự dâng mực nước ở thời gian nước lớn không làm cho khối nước sông bị đẩy lại sâu vào trong sông nhiều mà phân bố TTLL theo chiều thẳng đứng trở lên đồng nhất hơn so với trường hợp không có DĐMN vào thời điểm đó. Thời gian nước ròng có thể tăng cường sự phát tán của TTLL từ lục địa ra phía ngoài khoảng 5 - 10km so với trường hợp không có DĐMN.

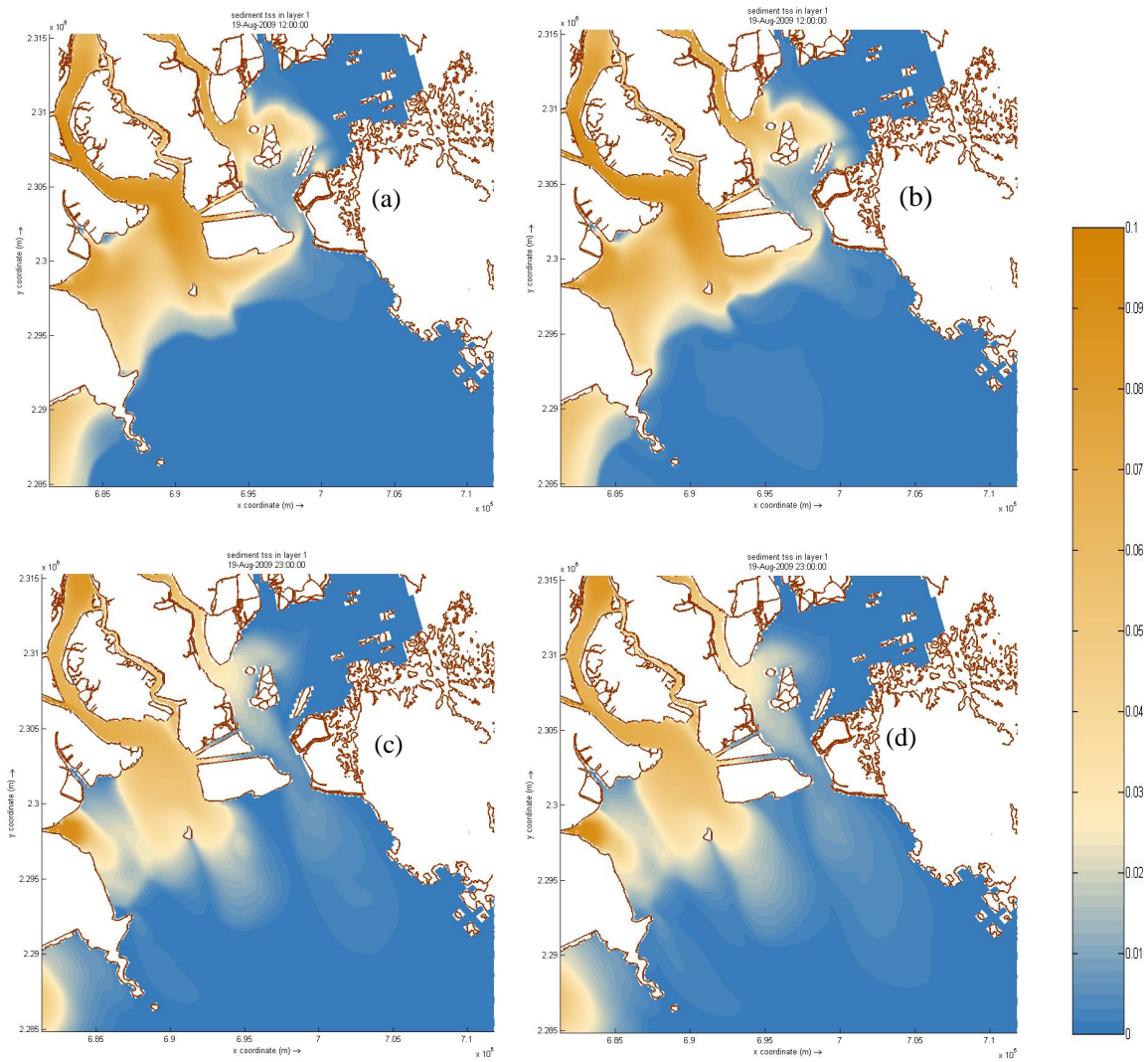
##### *Ảnh hưởng của gió*

Phân bố không gian của TTLL cũng thể hiện sự tác động của trường gió với ảnh hưởng khác nhau theo mùa và dao động mực nước triều. Vào mùa khô, gió làm tăng cường độ đục ở phía ngoài vùng ảnh hưởng của TTLL từ sông đưa ra nhưng với vai trò khá nhỏ. Vào mùa mưa những ảnh hưởng của gió đến vận chuyển TTLL ở khoảng 8 - 18km từ cửa sông ra đã trở lên rõ rệt hơn, trong đó có ảnh hưởng làm tăng độ đục cửa nước ven bờ Đồ Sơn, đặc biệt là trong pha triều xuống khi xuất hiện gió hướng E và SE. Những tác động của trường gió đến vận chuyển TTLL cũng được thể hiện khác nhau qua các pha triều.

Tác động của gió trong pha triều lên làm cho sự xâm nhập của nước biển ở tầng trên vào sâu phía trong cửa sông khoảng 0,5 - 1,2km (hướng NE), 0,5 - 1,0km (hướng E), 0,5 - 1,5km (hướng SE), nó cũng làm tăng cường sự khuếch tán TTLL từ tầng gần đáy lên tầng mặt ở vùng biển phía ngoài (hình 4b). Trong pha triều xuống, ảnh hưởng của gió làm tăng cường xáo trộn và phát tán TTLL ở lớp

nước phía trên ở phía ngoài vùng ảnh hưởng của nước sông (khoảng 10 - 18km từ cửa sông) và làm cho vùng nước sông trên mặt mở rộng ra phía ngoài hơn nhưng lại hạn chế sự mở rộng của nước sông ở tầng gần đáy (hình 4c). Ở thời kỳ nước lớn, gió làm

tăng nhẹ sự xâm nhập của nước biển trên tầng mặt về phía cửa sông, giảm hàm lượng TTLL ở tầng mặt, đặc biệt là gió hướng SE. Hướng gió tác động rõ nhất đến đặc điểm vận chuyển TTLL ở khu vực này là SE, sau đó đến E và NE.



**Hình 4.** Ảnh hưởng của gió đến phân bố TTLL (tầng mặt) trong mùa mưa (triều lên: a- không có gió; b- gió NE; triều xuống: c- không có gió; d- gió NE)

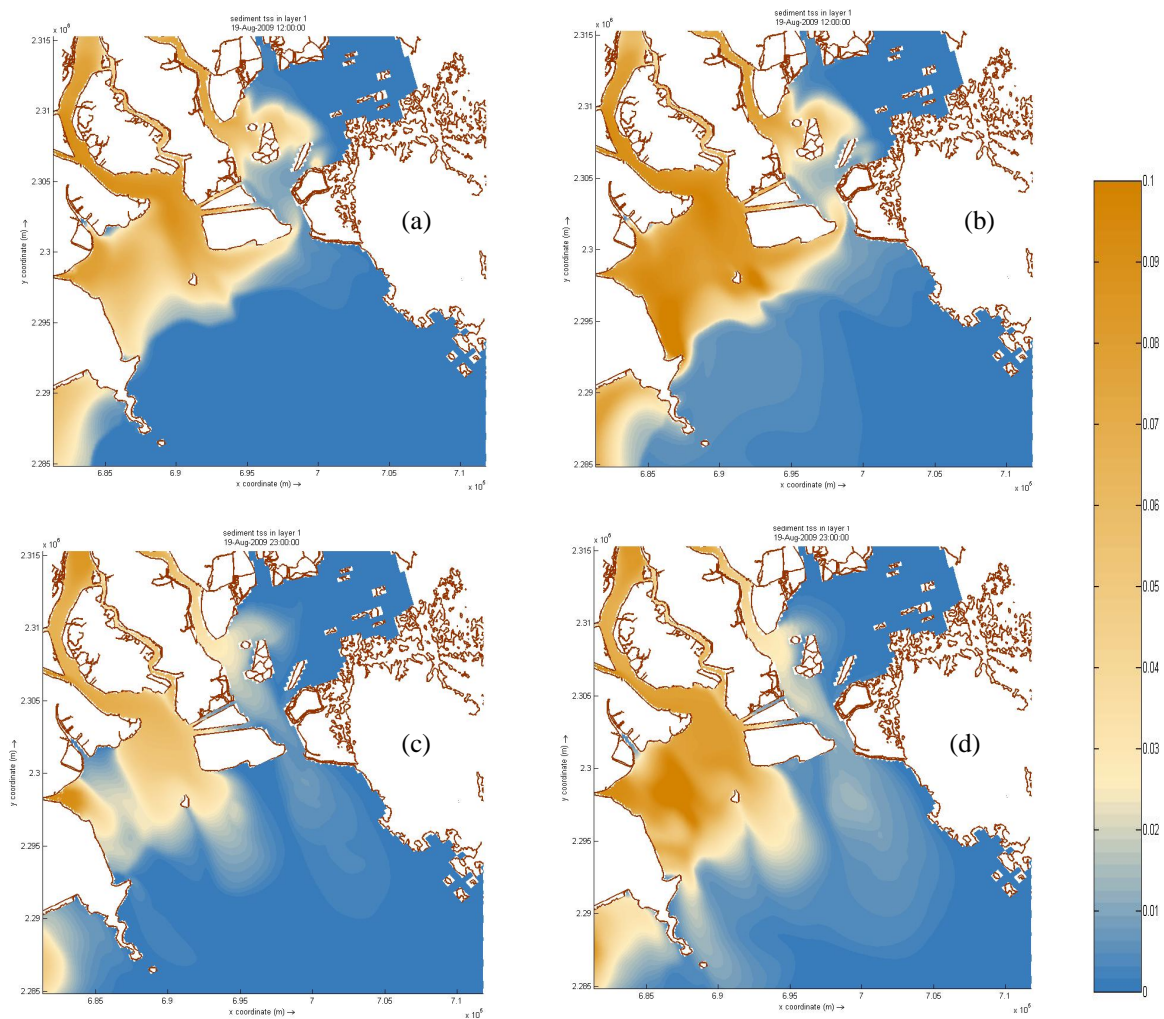
#### *Ảnh hưởng của sóng và gió kết hợp*

Sóng và gió có ảnh hưởng quan trọng đến đặc điểm vận chuyển TTLL cũng như phân bố của TTLL ở khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, vai trò của sóng - gió cũng được thể hiện với mức độ khác nhau theo mùa và các pha dao động của mực nước triều. Vào mùa khô, các hướng gió NE, E và SE

đều làm tăng độ đục ở phía ngoài nhưng ảnh hưởng lớn nhất là hướng gió SE. Trong mùa mưa, những ảnh hưởng của gió - sóng đến phân bố của TTLL rất rõ rệt, đặc biệt là làm tăng cường sự khuếch tán TTLL từ đáy lên các tầng nước phía trên tạo thành các vùng nước khá đục ở khoảng 7 - 20km từ bờ ra, khu vực Tây Nam Cát Bà, phía Nam Cát Hải và ven biển Đồ Sơn.

Ảnh hưởng của sóng - gió cũng thể hiện ở các mức độ khác nhau theo pha dao động của mực nước triều. Sóng và gió trong pha triều lên làm tăng cường sự khuếch tán TTLL ở các tầng nước phía dưới lên các tầng trên mặt với cả ba hướng tác động NE, E và SE gây ra đục nước ở vùng biển Tây Nam Cát Bà, phía ngoài cửa Nam Triệu và ven bờ Đồ Sơn (hình 5b). Vào pha triều xuống, ảnh hưởng của sóng - gió cũng làm độ đục ở phía ngoài (khoảng 10 - 20km) tăng lên đáng kể so với trường hợp không

có sóng gió, trong đó mạnh nhất là tác động của sóng gió hướng SE (hình 5d). Ở thời điểm nước lớn, sóng - gió cũng làm khuấy đục vùng nước phía ngoài ra thêm khoảng 1 - 4km so với trường hợp không có ảnh hưởng của sóng - gió, đồng thời đưa TTLL lên mặt làm cho các lớp nước tầng mặt trở lên khá đục. Vào thời gian nước ròng, ảnh hưởng của sóng gió làm cho vùng nước ở khoảng cách 16 - 20km tăng mạnh độ đục so với trường hợp không có tác động của sóng - gió.



**Hình 5.** Ảnh hưởng của gió- sóng đến phân bố TTLL (tầng mặt) trong mùa mưa (triều lên: 12h, 19/8/2009; a- không có gió+sóng; b- gió + sóng hướng SE triều xuống: 23h, 19/8/2009; c- không có gió+ sóng; d- gió + sóng hướng SE)

## KẾT LUẬN

Đặc điểm vận chuyển TTLL ở vùng cửa sông Bạch Đằng biến đổi mạnh theo mùa. Vào mùa khô

do sự suy giảm của lưu lượng nước và lượng TTLL nên sự phát tán của TTLL từ các sông ra phía ngoài rất hạn chế quanh các cửa sông và vùng nước phía



trong cửa Nam Triệu với hàm lượng TTLL nhỏ hơn  $0,07\text{kg/m}^3$ . Các khu vực khác chỉ chịu ảnh hưởng của TTLL từ sông đưa ra trong một số ngày triều cường. Trong khi đó vào mùa mưa, do tải lượng nước và TTLL từ các sông đưa ra lớn nên TTLL có điều kiện phát tán mạnh tới vùng nước khu vực giữa đảo Cát Hải - Đồ Sơn - Cát Bà với một số thời điểm hàm lượng TTLL có thể trên  $0,1\text{kg/m}^3$ .

DĐMN triều ở vùng cửa sông Bạch Đằng có thể làm tăng cường hoặc hạn chế sự phát tán của TTLL từ vùng cửa sông ra phía ngoài, đồng thời tạo thành giới hạn di chuyển (ra - vào) của TTLL ở khu vực này: khoảng 2 - 12km trong mùa khô và 4 - 20km trong mùa mưa. Trong pha triều lên của mùa mưa, DĐMN triều làm tăng cường sự xâm nhập của nước biển vào sâu các cửa sông thêm khoảng 1 - 2,5km. Vào pha triều xuống, DĐMN triều làm tăng cường xáo trộn, khuếch tán TTLL từ các tầng dưới lên các tầng trên mặt, tăng sự phát tán của TTLL ra phía ngoài thêm khoảng 4 - 8km. Thời điểm nước ròng có thể tăng cường sự phát tán của TTLL từ lục địa ra phía ngoài thêm khoảng 5 - 10km.

Phân bố không gian của TTLL cũng thể hiện sự tác động của trường gió với ảnh hưởng khác nhau theo mùa và dao động mực nước triều. Vào mùa mưa, những ảnh hưởng của gió đến vận chuyển TTLL ở khoảng 8 - 18km từ cửa sông ra đã trở lên rõ rệt hơn, trong đó có ảnh hưởng làm tăng độ đục của nước ven bờ Đồ Sơn, đặc biệt là trong pha triều xuống khi xuất hiện gió hướng E và SE. Những tác động của trường gió đến vận chuyển TTLL cũng được thể hiện khác nhau qua các pha triều.

Sóng và gió có ảnh hưởng quan trọng đến đặc điểm vận chuyển TTLL cũng như phân bố của TTLL ở khu vực nghiên cứu. Vào mùa khô, các hướng gió NE, E và SE đều làm tăng độ đục ở phía ngoài nhưng ảnh hưởng lớn nhất là hướng gió SE. Trong mùa mưa, những ảnh hưởng của gió - sóng đến phân bố của TTLL rất rõ rệt, đặc biệt là làm tăng cường sự khuếch tán TTLL từ đáy lên các tầng nước phía trên tạo thành các vùng nước khá đục ở khoảng 7 - 20km từ bờ ra, khu vực Tây Nam Cát Bà, phía Nam Cát Hải và ven biển Đồ Sơn.

**Lời cảm ơn:** Tác giả xin chân thành cảm ơn PGS. TS. Trần Đức Thanh đã có những góp ý quý báu cho các tác giả trong quá trình viết và hoàn thiện bài báo này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Amoudry, Laurent., 2008.* A review on coastal sediment transport modelling. Liverpool,

Proudman Oceanographic Laboratory. (POL Internal Document, No. 189).

2. *Arcement, G. J., Jr. and V. R. Schneider, 1989.* Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2339, 38 p.
3. *Battjes, J. and J. Janssen, 1978.* Energy loss and set-up due to breaking of random waves.," In Proceedings 16th International Conference Coastal Engineering, ASCE, pages 569-587. 47, 133, 134, 138, 139, 188.
4. *Becker, J. J., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Braud, J., Binder, B., Depner, J., Fabre, D., Factor, J., Ingalls, S., Kim, S. H., Ladner, R., Marks, K., Nelson, S., Pharaoh, A., Trimmer, R., Von Rosenberg, J., Wallace, G., Weatherall, P., 2009.* Global bathymetry and elevation data at 30 arcsec resolution: SRTM30\_PLUS. Mar. Geodesy 32, 355-371. doi: 10.1080/01490410903297766.
5. *Đỗ Trọng Bình, Trần Anh Tú, Vũ Duy Vĩnh, 2010.* Nghiên cứu đánh giá lan truyền các chất gây ô nhiễm khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng bằng mô hình toán học. Báo cáo tổng hợp Đề tài cấp Thành phố Hải Phòng. Mã số: ĐT.MT.2008.500.
6. *Nguyễn Văn Cư và nnk, 2010.* Nghiên cứu quá trình động lực, dự báo vận chuyển, bồi lắng bùn cát tại Lạch Huyện, Nam Đồ Sơn trước và sau khi xây dựng cảng nước sâu và giải pháp khắc phục. Báo cáo tổng kết đề tài KC.08.10/06-10.
7. *Nguyễn Đức Cư và nnk, 2011.* Nghiên cứu, đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thượng nguồn đến diễn biến hình thái và tài nguyên - môi trường vùng cửa sông ven biển đồng bằng Bắc Bộ. Báo cáo tổng hợp Đề tài độc lập cấp Nhà nước (Mã số: ĐTĐL. 2009T/05).
8. *Delft Hydraulics, 2003.* Delft3D-FLOW User Manual; Delft3D-WAVE User Manual
9. *Phạm Văn Huân, Nguyễn Tài Hợi, 2007.* Dao động mực nước biển ven bờ Việt Nam. Tạp chí Khí tượng thủy văn, số 556, tháng 4 - 2007. Tr. 30-37.
10. *Lefevre F, Lyard F, Le Provost C, Schrama EJO, 2002.* FES99: a global tide finite element solution assimilating tide gauge and altimetric information. Atmos Ocean Tech 19:1,345-1,356.

11. *Lefebvre J-P, Ouillon S, Vu DV, Arfi R, Panche J-Y, Mari X, Torrétton J-P, 2012.* Sedimentary aggregation cycle in the Red River Delta, Vietnam. *Geo-Marine Letters* 32(2): 103-121.
12. *Lyard F., F. Lefevre, T. Letellier, and O. Francis. 2006.* Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. *Ocean Dynamics*, 56:394-415, 2006.
13. *Merri T Jone, Pauline W., Raymond N. Cramer, 2009.* User Guide to the centenary edition of the GEBCO digital atlas and its datasets. Natural environment research council.
14. *Simons, D. B., and Senturk, F., 1992.* Sediment Transport Technology - Water and Sediment Dynamics, Water Resources Publications.
15. *Trần Anh Tú, 2012.* Đánh giá đặc trưng trầm tích lơ lửng khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng. Luận Văn cao học, trường ĐHKHTN.
16. *Uittenbogaard, R.E., 1998.* Model for eddy diffusivity and viscosity related to sub-grid velocity and bed topography. Note, WL | Delft Hydraulics.
17. *Van Vossen, B., 2000.* Horizontal Large Eddy Simulations; evaluation of computations with DELFT3D-FLOW. Report MEAH-197, Delft University of Technology.
18. *Van Rijn, L., 1993.* Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas, Aqua Publications, The Netherlands
19. *Vũ Duy Vĩnh, Đỗ Đình Chiến và Trần Anh Tú, 2008.* Mô phỏng đặc điểm thủy động lực và vận chuyển trầm tích lơ lửng khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng. Tài nguyên và môi trường biển, tập XIII. Nxb. KH&KT, Hà Nội. 2008.
20. *Vũ Duy Vĩnh, Nguyễn Đức Cự và Trần Đức Thanh, 2011.* Ảnh hưởng của đập Hòa Bình đến phân bố trầm tích lơ lửng vùng ven bờ châu thổ sông Hồng. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ biển lần thứ V, quyển 3.
21. *Vũ Duy Vĩnh, Trần Đức Thanh, 2012.* Áp dụng mô hình toán nghiên cứu vùng đục nước cực đại khu vực cửa sông Bạch Đằng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 3-2012. Tr. 1-12.
22. *World Ocean Atlas 2009.* National Oceanographic Data Center. 30-03-2010. [http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr\\_woa09.html](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html). Retrieved 19-5-2010

## THE INFLUENCE OF WIND AND OCEANOGRAPHIC FACTORS ON CHARACTERISTICS OF SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT IN BACH DANG ESTUARY

Vũ Duy Vĩnh<sup>1</sup>, Đinh Văn Ưu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Marine Environment and Resources-VAST*

<sup>2</sup>*University of Science-VNU*

**ABSTRACT:** *This paper presents some results of applying three dimension (3D) numerical model to study and assessment influences of tidal oscillation, wind and wave action on characteristics of suspended sediment transport in Bach Dang estuary. Measures data were collected and processed systematically and synchronously in order to create water river boundary condition (time-serial) for the model. The sea boundary conditions of model were created by NESTING method. The model was setup with 7 vertical layers in  $\sigma$  coordinate. The results of model were validated and calibrated by measured data of water level at Hon Dau, and current velocity and suspended sediment concentration in some points in the model frame. Results of scenarios show the different role of tidal oscillation, wind stress and wave action on suspended sediment transport in Bach Dang estuary. The tidal oscillations during the flood tide make increasing penetrate of seawater into the rivers from 1-2.5km. It also makes increasing the suspended sediments to the sea from 4-8.0 km during the ebb tide. Under the influences of wind and wave action, the suspended sediments are diffused strongly from bottom to surface layers, the turbidity significantly increases in the area far from the estuary about 10-20km. The wind and wave are main factors creating the turbidity water zone outside of Nam Trieu mouth, northeast area of estuary and Do Son beach, especially during the wind and wave in SE direction.*

**Keywords:** *sediment, suspended sediment, Bach Dang estuary, modelling*