

YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG SỰ HÌNH THÀNH ĐẢO NGOÀI KHƠI CỬA ĐẠI - SÔNG THU BỒN

Nguyễn Thống¹, Hồ Tuấn Đức^{1,2}, Phan Quang Hưng¹, Đồng Kim Hạnh³

Tóm tắt: Khu vực cửa sông Cửa Đại và vùng ven bờ biển Hội An xảy ra hiện tượng xói, bồi phức tạp trong nhiều năm gần đây. Vùng ngoài khơi Cửa Đại sông Thu Bồn thường xảy ra hiện tượng bồi lắng gây cản trở tuyến giao thông thủy đi từ Cửa Đại đến Cù Lao Chàm. Sự xuất hiện và biến mất đảo hình thành tại vị trí vùng ngoài khơi Cửa Đại đã được ghi nhận trong một số thời điểm trong những năm gần đây. Nội dung nghiên cứu nhằm tìm hiểu một trong những nguyên nhân tiềm năng có thể liên quan đến sự hình thành đảo tại vùng cửa sông. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng bùn cát về từ thượng nguồn sông Thu Bồn có ảnh hưởng lớn đến sự thay đổi cao độ đáy địa hình vùng cửa sông. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra xu thế di chuyển bùn cát ven bờ theo hướng Nam trong thời kỳ mô phỏng từ tháng 1/2016 đến tháng 5/2019 tại vùng nghiên cứu. Nghiên cứu sử dụng mô hình số trị Telemac2D trong đó kết hợp giải 3 bài toán thủy thạch động lực và sóng ven bờ biển.

Từ khoá: Telemac2D, Tomawac, Sisyphe, Cửa Đại, sông Thu Bồn, đảo Khủng Long.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tượng xói lở, bồi lắng vùng cửa Đại và bờ biển Hội An đã được ghi nhận trong nhiều năm gần đây và diễn ra với tốc độ ngày càng nhanh. Người dân địa phương đã ghi nhận sự hình thành cũng như biến mất các đảo tại vị trí không xa ngoài khơi Cửa Đại và gọi nó là đảo “Khủng Long”. Tìm hiểu nguyên nhân và hiện tượng là một bước đầu tiên rất quan trọng trong việc đề xuất phương án bảo đảm tuyến giao thông thủy Cửa Đại - Cù Lao Chàm trong khu vực. Một trong những nguyên nhân tiềm năng được nghiên cứu trong đề tài liên quan đến nồng độ bùn cát đến từ sông Thu Bồn và đi ra vùng cửa sông. Để phục vụ cho mục đích nghiên cứu quá trình chuyển tải hạt và sự thay đổi địa mạo vùng cửa Đại và bờ biển Hội An, phương pháp sử dụng trong nghiên cứu là sử dụng mô hình toán số, áp dụng đồng thời lý thuyết các bài toán thủy động lực với mô hình

Telemac2D (Hervouet Jean Michel, 2007), (Meisser Loren P., 1995), bài toán sóng với mô hình Tomawac và bài toán biến hình lòng dẫn với mô hình Sisyphe.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Telemac2D là một phần mềm thủy lực dùng để mô phỏng dòng chảy 2 chiều theo phương nằm ngang (trung bình theo phương thẳng đứng) với hệ phương trình Saint Venant như sau:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \text{div}(h\vec{U}) = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial Z_s}{\partial x} + F_x + \frac{1}{h} \text{div}[h v_e \text{grad}(u)] \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial Z_s}{\partial y} + F_y + \frac{1}{h} \text{div}[h v_e \text{grad}(v)] \quad (3)$$

Trong đó: $h(m)$ – chiều sâu, u & $v(m/s)$ – thành phần vận tốc theo phương ngang x & y của vận tốc $\vec{U}$, $q(m/s)$ – lưu lượng đơn vị của nguồn, $Z_s(m)$ – cao độ mặt thoáng, $F_{x,y}(m/s^2)$ – các ngoại lực (không kể trọng lực, ví dụ lực Coriolis,...) tác dụng trên một đơn vị khối lượng chiều theo phương ngang x & y , $v_e(m^2/s)$ – hệ số khuếch tán.

Bài toán số được lập trình có thể xử lý được các dạng điều kiện biên như: Biên mực nước Z ,

¹Khoa Kỹ thuật Xây Dựng - Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP.HCM

²Trung tâm Châu Á nghiên cứu về nước CARE – Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. HCM

³Khoa Công trình - Trường Đại học Thủy lợi

biên lưu lượng Q , biên lưu lượng và mực nước ($Q&Z$), biên vận tốc (u,v), biên vận tốc và mực nước ($u,v&Z$) hoặc dạng biên sóng đến. Dưới tác dụng của gió lên bề mặt đại dương sẽ gây nên hiện tượng sóng. Hiện tượng vật lý được mô tả bởi

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial xN}{\partial x} + \frac{\partial yN}{\partial y} + \frac{\partial k_x N}{\partial x} + \frac{\partial k_y N}{\partial y} = Q(k_x, k_y, x, y, t) \quad (4)$$

Với $N(\vec{x}, \vec{y}, \vec{k}, t) = N(x, y, k_x, k_y, t)$ chỉ phổ của mật độ tác dụng của sóng

$\vec{x} = (x, y)$ vector chỉ vị trí trong hệ tọa độ Cartesian

$\vec{k} = (k_x, k_y) = (k \sin \theta, k \cos \theta)$ vector chỉ số sóng, θ chỉ hướng sóng

$$\dot{g} = \frac{dg}{dt} = \frac{\partial g}{\partial t} + \frac{\partial g}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial g}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial t}$$

Hiện tượng biến hình lòng dẫn của miền nghiên cứu liên quan đến hai hình thức vận chuyển bùn cát là di đầy bùn cát đáy và di chuyển dạng lơ lửng.

Bùn cát di chuyển lơ lửng 2 chiều theo phương nằm ngang được mô tả bởi phương trình sau:

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial (hUC)}{\partial x} + \frac{\partial (hVC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(h\epsilon_s \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h\epsilon_s \frac{\partial C}{\partial y} \right) + E - D \quad (5)$$

$$(E - D)_{Z_{ref}} = \omega_s (C_{eq} - C_{ref}) \quad (6)$$

Với $C = C(x,y,t)$ chỉ nồng độ bùn cát lơ lửng trung bình theo phương thẳng đứng

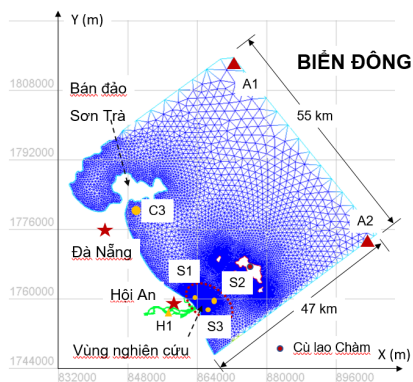
Trong đó: $h = Z_s - Z_f \approx Z_s - Z_{ref}$, chiều sâu nước (giả thiết chiều dày của lớp bùn cát đáy rất mỏng); (U,V) : vận tốc trung bình theo phương x, y ; E : suất xói lở; D : suất bồi tụ, $(E - D)$: lượng trừ của trầm tích lơ lửng; C_{eq} : nồng độ bùn cát ở trạng thái cân bằng sát đáy; C_{ref} : nồng độ bùn cát sát đáy.

3. MÔ PHỎNG CHẾ ĐỘ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC 2D VÙNG CỬA ĐẠI VÀ VEN BỜ HỘI AN

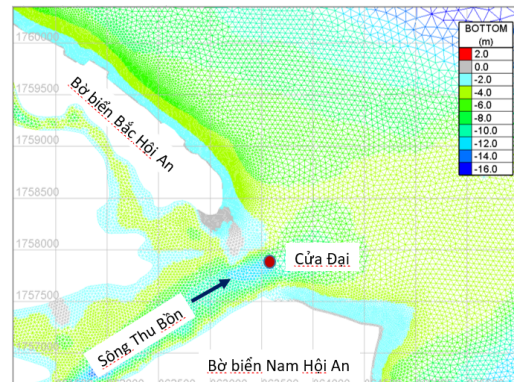
3.1 Miền tính

phương trình biểu diễn sự biến đổi của mật độ phổ sóng theo hướng bởi phương trình sau và được giải bởi mô hình toán số tính sóng Tomawac phát triển bởi Tập đoàn điện lực Pháp:

Miền tính bao gồm mạng lưới hạ lưu sông Thu Bồn khu vực Cửa Đại Hội An, một phần ven biển phía Bắc giáp bán đảo Sơn Trà, Đà Nẵng, với chiều dài dọc bờ biển khoảng 55km, chiều rộng trung bình kể từ bờ ra ngoài khơi khoảng 47km. Diện tích miền tính khoảng 2373 km² (12 km hệ thống sông Vu Gia-Thu Bồn vùng hạ lưu và vùng biển ven cửa sông từ Cửa Đại). Miền tính được mô tả bởi 39407 phần tử tam giác phi cấu trúc với lưới lớn nhất có cạnh 4000m (ngoài biển), cạnh nhỏ nhất cho vùng trong sông Thu Bồn là 25m.



Hình 3.1. Lưới miền tính 2D

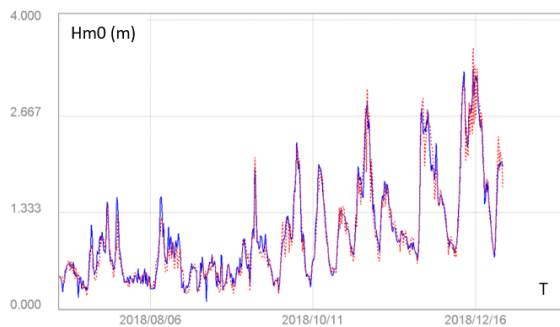


Hình 3.2. Vùng biển Cửa Đại

3.2. Điều kiện biên miền nghiên cứu

Thủy lực

Miền tính gồm 2 biên lưu lượng Q trên 2 nhánh sông chính ở thượng lưu cách Cửa Đại khoảng 12 km theo đường thẳng (NGUYEN Kim Đan *et al.*, 2017). Biên lòng mực nước Z ngoài khơi, cách bờ khoảng 47km. Do số liệu đo đạc cùng thời kỳ không có nên sơ bộ tham khảo các trạm thủy văn Nông Sơn, Thành Mỹ vùng thượng lưu và nội suy theo diện tích lưu vực tương ứng. Nhánh sông lớn (sau cầu Cầu Lâu) và nhánh nhỏ hơn (nhánh phía Nam, cách cầu Cửa Đại 1.5 km về hướng thượng lưu) đổ ra biển lần lượt được sử dụng 2 cấp lưu lượng trung bình: giai đoạn nhiều nước (tháng 10 - 12) có $Q_1 = 700 \text{ m}^3/\text{s}$ và $Q_2 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ và giai đoạn ít nước (tháng 3 - 7) có $Q'_1 = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ và $Q'_2 = 50 \text{ m}^3/\text{s}$.

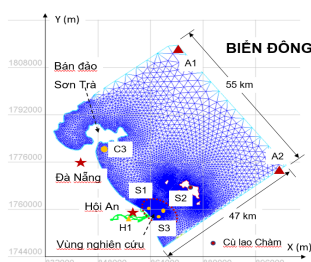


Hình 3.3. Diễn biến chiều cao sóng

Bùn cát

Mô phỏng vận chuyển bùn cát trong khu vực theo mô hình loại bùn cát hỗn hợp. Bùn cát trung bình trong sông sẽ thay đổi theo hai mùa chính, mùa khô từ tháng 4 đến tháng 9 và mùa mưa từ tháng 10 đến tháng 3 năm tiếp theo.

3.3. Hiệu chỉnh mô hình



Hình 3.5: Vị trí quan trắc

Mực nước ngoài biển

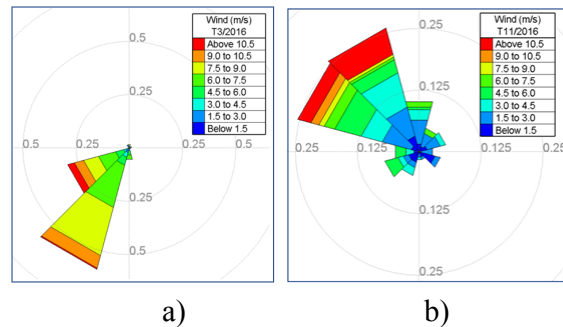
Mực nước trên biên hở, ngoài khơi biên Đông, theo thủy triều cùng thời kỳ lấy với 9 sóng chính (S2, N2, K2, M2, K1, O1, P1, Q1 và M4) từ cơ sở dữ liệu của OTIS (NOAA) có độ phân giải $1/30^0$.

Sóng

Số liệu sóng trên biên ngoài khơi lấy trong cùng thời kỳ từ cơ sở dữ liệu của NOAA. chiều cao sóng HM_0 điển hình tại các vị trí khác nhau trong khoảng thời gian từ 01/6/2016 đến 31/12/2016.

Gió

Xét ảnh hưởng của gió (biến đổi theo không gian và thời gian) đến dòng chảy. Đồ thị hình 3.4 thể hiện biểu đồ gió trong năm 2016 tại vị trí Cửa Đại. Theo đó, khu vực chịu ảnh hưởng của 2 mùa gió chính là gió Tây Nam và gió Tây Bắc.



Hình 3.4. Biểu đồ hoa gió điển hình năm 2016 tại Cửa Đại lấy theo dữ liệu NOAA (a) tháng 3/2016, (b) tháng 11/2016

Mô hình được hiệu chỉnh theo số liệu quan trắc tại một số vị trí như hình 3.5

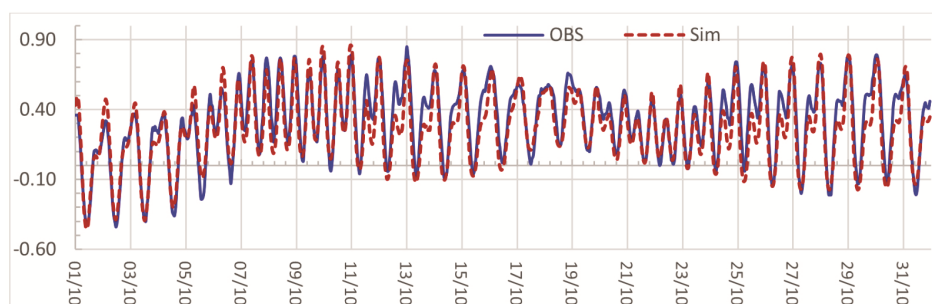
Hiệu chỉnh thủy lực mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh với số liệu tháng 10/2014 tại vị trí H1. Đồ thị và kết quả phân tích điều hoà được trình bày trong bảng 3.1 và hình 3.6.

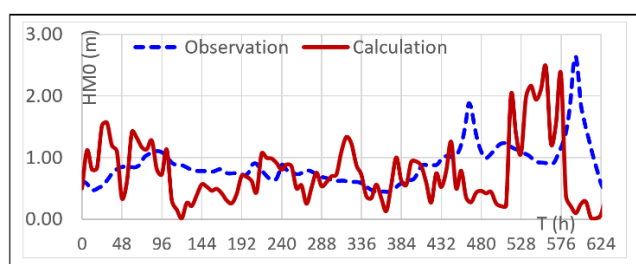
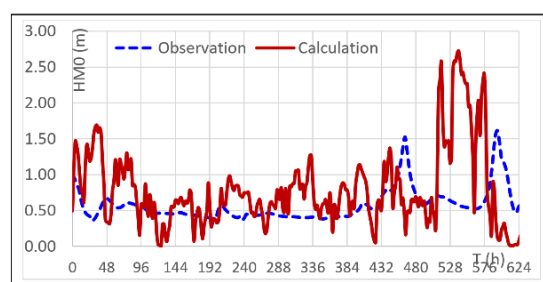
Kết quả so sánh giữa mô phỏng và số liệu quan trắc bằng phương pháp phân tích điều hòa thì kết quả mô phỏng là khá phù hợp với số liệu quan trắc và 4 sóng chính K1, O1, M2 và S2 cho kết quả tương đối phù hợp nhau.

Bảng 3.1. Tổng hợp phân tích điều hoà

Triều	Quan trắc		Mô hình	
	Biên độ (m)	Pha (độ)	Biên độ (m)	Pha (độ)
*K1	0.1908	71.2	0.1844	78.1
*M2	0.1838	264.6	0.1903	252.4
*O1	0.1543	34.6	0.1491	50.5
*S2	0.0747	335.2	0.0928	334.1
*N2	0.0417	311.1	0.0458	313.7
*Q1	0.0298	95.4	0.0317	113.5
*NO1	0.0206	141.3	0.0162	201.0
*MO3	0.0117	202.7	0.0182	305.1
*J1	0.0072	206.7	0.0149	208.1
*MK3	0.0057	231.4	0.0186	312.8
*M4	0.0041	117.1	0.0159	157.6

*Hình 3.6. Mực nước so sánh giữa mô phỏng và thực đo***Hiệu chỉnh mô hình tính sóng**

Mô hình được hiệu chỉnh với số liệu sóng quan trắc từ tháng 16/10/2014 đến 12/11/2014 như sau.

*Hình 3.7. Chiều cao sóng H_{M0} tại vị trí S1**Hình 3.8. Chiều cao sóng H_{M0} tại vị trí S2*

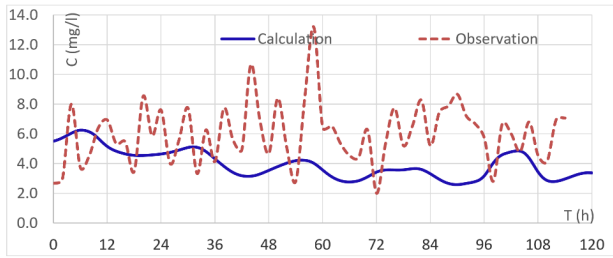
Một số nhận xét chính cho các kết quả hiệu chỉnh mô hình sóng như sau:

- Từ các đồ thị trên cho thấy một cách tổng quát chuỗi thời gian của giá trị quan trắc là khá trơn so với kết quả tính toán. Điều này là hợp lý trong thực tế với bước thời gian quan trắc số liệu

(1h) là lớn hơn nhiều so với bước thời gian tính toán trong mô hình (10s).

- Sóng vào tháng 10/2014 khá lớn so với sóng tháng 4/2014. Điều này hợp với xu thế tự nhiên của khu vực.

Hiệu chỉnh mô hình bùn cát



Hình 3.9. Số liệu bùn cát từ 4/6/2016 đến 9/6/2016 - Vị trí C3

So sánh kết quả tính từ mô phỏng thiên nhỏ so với giá trị quan trắc. Sự sai biệt này có thể đến từ các yếu tố tiềm năng: tài liệu địa chất dùng trong mô hình chưa sát thực tế, mô hình toán số mô phỏng bùn cát sử dụng là loại mô hình hỗn hợp chưa hoàn toàn phù hợp, số liệu bùn cát đo đạc có sai số do điều kiện lấy mẫu vùng ven biển phức tạp vì có nhiều yếu tố rủi ro ảnh hưởng đến kỹ thuật lấy mẫu,... Kết quả mô phỏng bùn cát thiên nhỏ có khả năng làm giảm

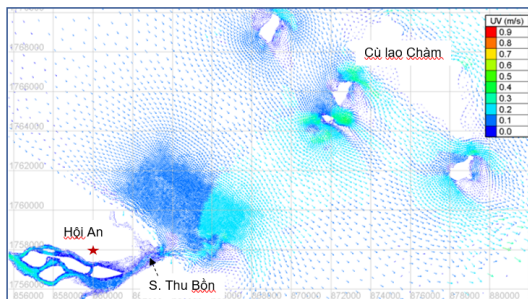
giá trị bồi, xói long dẫn tính được từ mô phỏng.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

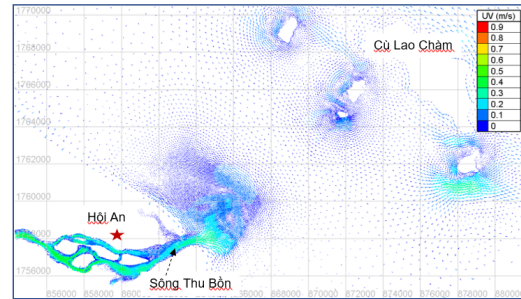
Nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bùn cát đến từ sông Thu Bồn lên hiện tượng xói bồi vùng cửa sông, dựa trên số liệu thu thập từ NOAA về sóng, gió và khả năng tính toán trung tâm máy tính hiệu năng cao HPCC, mức độ phân giải của lưới tính mô hình toán số, nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng số trị trong thời gian 3 năm 5 tháng kể từ tháng 1/2016 đến tháng 5/2019. Sau đây sẽ trình bày một số kết quả điển hình về thủy lực, sóng và biến hình lòng dẫn.

Thủy động lực

Kết quả mô phỏng cho thấy chế độ dòng chảy trong khu vực chịu ảnh hưởng lớn của chế độ thủy triều và dòng chảy đến từ sông Thu Bồn. Dòng chảy trung bình tương đối lớn trong hệ thống sông và cửa sông so với vận tốc tại các vùng khác trong miền nghiên cứu.



Hình 4.1. Trường vận tốc mô phỏng tức thời lúc 20h, ngày 21/04/2018

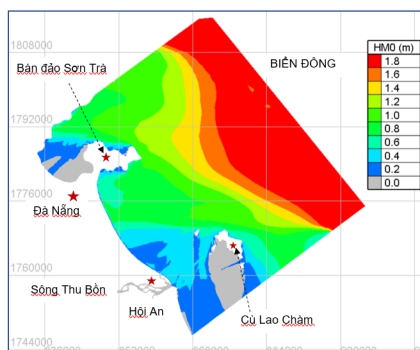


Hình 4.2. Trường vận tốc mô phỏng tức thời lúc 20h, ngày 20/11/2018

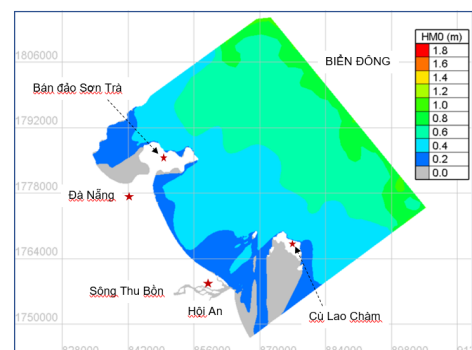
Sóng

Khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của 2 mùa gió chính trong năm, trong đó cường độ gió theo hướng Tây Bắc chiếm ưu thế. Kết quả nghiên cứu

cho thấy sự ảnh hưởng của Cù Lao Chàm và bán đảo Sơn Trà lên cường độ sóng gây ra do gió tại vùng biển gần bờ tương đối rõ ràng.



Hình 4.3. Chiều cao sóng H_{M0} (m) lúc 0h, ngày 1/11/2018



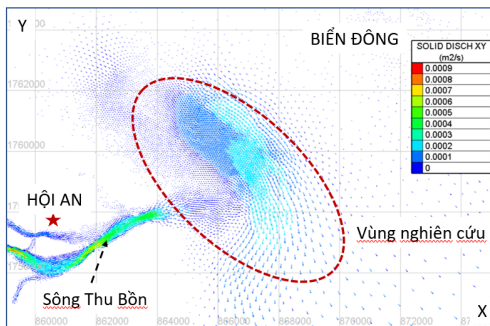
Hình 4.4. Chiều cao sóng H_{M0} (m) lúc 16h, ngày 12/04/2018

Bùn cát

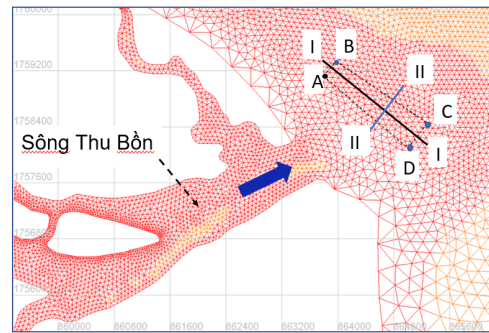
Với các điều kiện nêu trên, mô phỏng được thực hiện tương ứng với 2 trường hợp với giả thiết về nồng độ bùn cát trung bình về trên sông Thu Bồn là khác nhau.

Kịch bản 1: Nồng độ bùn cát trung bình mùa khô 60mg/l, mùa mưa 100 mg/l.

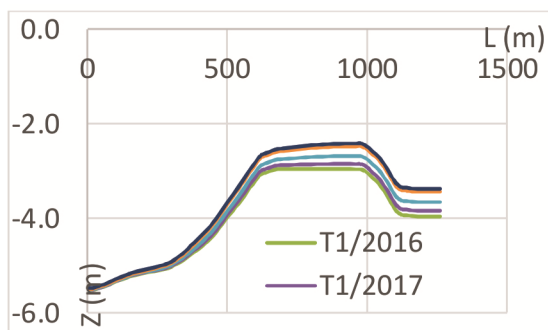
Kịch bản 2: Nồng độ bùn cát trung bình mùa khô 120mg/l, mùa mưa 200 mg/l



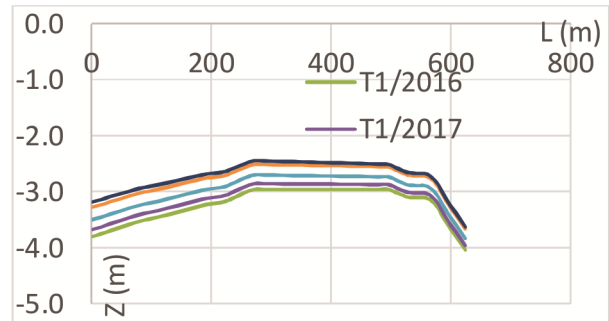
Hình 4.5. Trường di chuyển tức thời của bùn cát lơ lửng vùng cửa sông lúc 8h, ngày 3/11/2018



Hình 4.6. Vị trí tính toán cân bằng bùn cát và các mặt cắt điển hình xem xét



Hình 4.7. Thay đổi cao độ đáy tại mặt cắt I-I

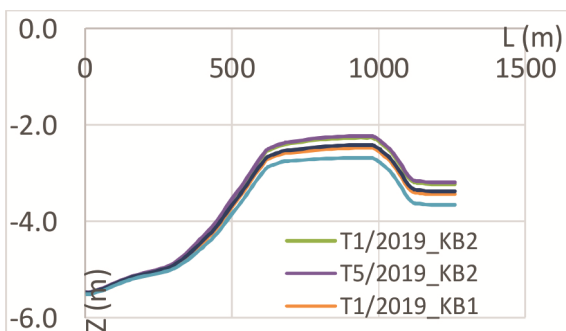


Hình 4.8. Thay đổi cao độ đáy tại mặt cắt II-II

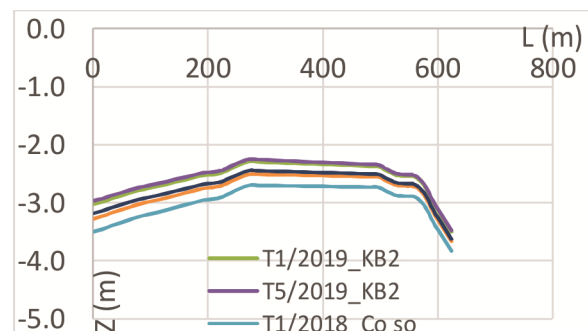
Kết quả từ hai đồ thị trên cho thấy sự bồi lắng tập trung tại vị trí ngoài khơi cửa sông (mặt cắt I-I) và xảy ra chủ yếu vùng gần bờ (mặt cắt II-II).

Các đồ thị sau đây trình bày kết quả ảnh hưởng

của hai kịch bản nồng độ bùn cát về từ sông Thu Bồn khác nhau. Kết quả cho thấy hiện tượng bồi lắng gia tăng khi nồng độ bùn cát tăng.



Hình 4.9. Thay đổi cao độ đáy tại mặt cắt I-I cho KB1 và KB2



Hình 4.10. Thay đổi cao độ đáy tại mặt cắt II-II cho KB1 và KB2

Cân bằng bùn cát được tính toán cho khu vực ABCD trong thời kỳ mô phỏng 3 năm 5 tháng được trình bày trong bảng 4.1. Kết quả cho thấy xu thế chung khu vực xem xét ABCD là bồi trong thời gian mô phỏng từ 1/2016 đến 5/2019. Hiện tượng bồi lớn nhất xảy ra trong quý 4 hằng năm (mùa gió chủ đạo Đông-Bắc). Xu thế bồi là điều kiện cần có để có thể xuất hiện sự hình thành cồn cát mới, đây là hiện tượng đã được quan sát tại vị trí cửa sông trong những năm gần đây.

Bảng 4.1. Bảng tổng hợp cân bằng bùn cát khu vực ABCD

		Tăng(m ³)	Giảm(m ³)
2016	T1-3	971	
	T4-6	115	
	T7-9	94	
	T10-12	31677	
2017	T1-3	1248	
	T4-6	1320	
	T7-9	15	
	T10-12	49056	
2018	T1-3	4482	
	T4-6	5087	
	T7-9	437	
	T10-12	62746	
2019	T1-3	19114	
	T4-5	21693	

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- NGUYEN Kim Đan *et al.*, 2017. “Nghiên cứu hiện tượng xói lở bờ biển Hội An và giải pháp khắc phục”.
- HERVOUET Jean Michel (2007). *Hydrodynamics of Free Surface Flows modelling with the finite element method*. WILEY.
- MEISSNER Loren P. (1995). *Fortran 90*. PWS Publishing Company.
- NOAA. National Geophysical Center. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>.

Bảng 4.2. Bảng tổng hợp cân bằng bùn cát tại khu vực ABCD cho 2 kịch bản mô phỏng nồng độ bùn cát

		Kịch bản 1	Kịch bản 2
		Tăng (m ³)	Tăng (m ³)
2018	T1-3	4482	8402
	T4-6	5087	10288
	T7-9	437	2291
	T10-12	62746	125880
2019	T1-3	19114	9523
	T4-5	21693	13698

Kết quả tổng hợp trong bảng cho thấy hiện tượng bồi lắng gia tăng khi hàm lượng bùn cát về từ sông Thu Bồn gia tăng.

5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nêu trên có thể rút ra một số kết luận chính về hiện tượng xuất hiện các đảo vùng ngoài khơi Cửa Đại như sau:

- Nồng độ bùn cát về từ sông Thu Bồn là một trong những yếu tố cấu tạo thành các đảo (cồn) ngoài khơi Cửa Đại. Nồng độ bùn cát tỷ lệ thuận với hiện tượng bồi lắng tại vị trí vùng cửa sông.

- Hiện tượng bồi lắng chủ yếu xảy ra tại vị trí ngay ngoài khơi cửa sông và sẽ giảm nhanh khi xa bờ và xa cửa sông.

- Hiện tượng bồi xảy ra nhiều nhất trong quý IV (mùa mưa) hàng năm. Điều này liên quan chặt chẽ đến tổng lượng bùn cát về từ thượng nguồn sông, vốn sẽ lớn vào thời kỳ này cùng với sự gia tăng lưu lượng dòng chảy trong sông.

Lời cảm ơn:

- Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số C2021-20-43.

- Các mô phỏng đã được thực hiện trên hệ thống máy tính hiệu năng cao (HPCC), trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM.

Abstract:
**FACTORS AFFECTING THE FORMATION OF A NEW ISLAND IN FRONT
OF CUA-DAI RIVER MOUTH, THU-BON RIVER**

The area of Cua-Dai estuary and the coastal areas of Hoi-An City have experienced complicated erosion and sedimentation in recent years. Along the coast of Hoi-An, erosion often occurs, whereas in the area of Cua-Dai River, there is an accretion phenomenon that obstructs the waterway navigation from Cua-Dai to Cu-Lao-Cham. The occurrence of sand dunes in the offshore location of Cua-Dai has been recorded a number of times in recent years. The purpose of the study is to find out one of the potential causes that may be related to the formation of a new island in the estuary. Research results show that the amount of sediment from upstream of the Thu-Bon river has a great influence on the change of bathymetry of the estuary. The research results also show the trend of coastal sediment movement in the south direction during the simulation period from January 2016 to May 2019 in the study area. This study used the numerical model Telemac which combines the hydro-morphodynamic and wave modules.

Keywords: Telemac2D, Tomawac, Sisyphe, Cua-Dai, Thu-Bon river, Khung-Long island.

Ngày nhận bài: 10/10/2021

Ngày chấp nhận đăng: 07/11/2021