

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 21 TÍNH TOÁN LƯỢNG VẬN CHUYỂN Bùn CÁT Dọc BỜ KHU VỰC TỈNH NAM ĐỊNH

Vũ Văn Lân, Nguyễn Hồng Lân

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Nghiên cứu đã ứng dụng mô hình thủy lực Mike 21 tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ khu vực ven biển tỉnh Nam Định phục vụ cho việc đánh giá nguyên nhân xói lở bờ biển ở khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng hiện trạng xói lở diễn ra mạnh nhất trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc với lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Bắc - Nam. Lượng vận chuyển bùn cát tịnh cả năm đạt khoảng từ 0.45 triệu đến 1.09 triệu m^3 /năm. Trong đó có khoảng từ 0.44 triệu đến 1.02 triệu m^3 /năm là vận chuyển bùn cát trong thời kỳ hoạt động của gió mùa Đông Bắc.

Từ khóa: Vận chuyển bùn cát; Mike 21; Nam Định.

Abstract

Application Mike 21 model to calculate sediment transport along the beach of Nam Dinh province

This study applies hydraulic model Mike 21 to calculate sediment transport along the beach of Nam Dinh province in order to investigate the causes of coastal erosion in the study area. The results showed that the erosion was strongest during the northeast monsoon period with longshore sediment transport in the north-south direction. The amount of net sediment transport for the whole year was about 0.45 million to 1.09 million m^3 /year, of which, 0.44 - 1.02 million m^3 /year were transported during the northeast monsoon.

Keywords: Sediment transport; Mike 21; Nam Dinh

1. Đặt vấn đề

Việt Nam có một đường bờ biển dài với khoảng trên 3.260 km qua đó mang lại nhiều thuận lợi cho việc phát triển kinh tế biển. Bên cạnh những điều kiện thuận lợi tự nhiên mang lại thì đường bờ biển cũng phải đối mặt với nhiều thách thức như hiện tượng xói lở bờ biển, bão, nước biển dâng. Hiện nay hiện trạng xói lở ngày càng diễn biến phức tạp do nhiều nguyên nhân từ yếu tố nội sinh, ngoại sinh và yếu tố hoạt động kinh tế xã hội của con người. Các nguyên nhân đó làm cho mất cân bằng lượng dịch chuyển bùn cát dọc bờ và gây ra hiện trạng xói lở bờ biển mãn tính.

Hiện tượng xói lở bờ biển do mất cân bằng lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ đã ảnh hưởng lớn đến sự phát triển kinh tế xã hội ở các khu vực vùng ven biển. Đặc biệt vùng bờ biển Thịnh Long, tỉnh Nam Định đang phải đối mặt với hiện tượng xói lở cục bộ, quá trình xói lở đã phá hủy nhà cửa các khu du lịch và phá hủy tuyến đê biển.

Việc đánh giá tìm hiểu nguyên nhân của quá trình xói lở là cần thiết trong việc đưa ra các giải pháp phù hợp khắc phục hiện trạng xói lở bờ biển tỉnh Nam Định. Mô hình toán đã được ứng dụng trong việc tính toán lượng vận chuyển

bùn cát dọc bờ trong năm để đánh giá xu hướng vận chuyển bùn cát, nguyên nhân gây diễn biến đường bờ biển ở khu vực nghiên cứu.

Nghiên cứu đã sử dụng số liệu thực đo về chế độ thủy động lực (sóng, mực nước, dòng chảy) và số liệu về bùn cát mới nhất năm 2019 để tính toán mô phỏng về chế độ vận chuyển bùn cát dọc bờ ở khu vực nghiên cứu. Qua đó đánh giá được cơ chế xói lở, bồi tụ bờ biển ở vùng ven biển tỉnh Nam Định trong tình trạng hiện nay.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập, phân tích, xử lý dữ liệu: Nghiên cứu đã thu thập các dữ liệu về địa hình, đường bờ biển và các dữ liệu thủy hải văn (sóng, mực nước, dòng chảy,...dữ liệu về khí tượng (gió). Qua đó sử dụng các công cụ phần mềm như ArcGis, Mapinfo,...để phân tích và xử lý cung cấp dữ liệu đầu vào cho mô hình thủy động lực học.

Phương pháp mô hình toán: Trong nghiên cứu đã áp dụng mô hình thủy động lực Mike 21 để mô phỏng tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ biển ở khu vực

nghiên cứu. Nghiên cứu đã tích hợp các module trong mô hình Mike như module HD (hydrodynamic), WS (spectral waves), ST (sand transport).

3. Xây dựng mô hình

3.1. Cơ sở lý thuyết mô hình

Mike 21 FM, do DHI Water & Environment phát triển, là hệ thống mô hình mới cơ bản trong cách tiếp cận mắt lưới linh hoạt. Hệ thống mô hình được phát triển cho việc ứng dụng nghiên cứu hải dương học, môi trường vùng cửa sông ven biển. Mô hình Mike 21 FM bao gồm các module sau: Module thủy động lực học; Module vận chuyển tính toán vận chuyển bùn cát; Module sinh thái; Module giám sát chất điểm.

Modul thủy lực cơ bản trong phương pháp số của các phương trình nước nông 2 chiều - độ sâu - phương trình kết hợp Navier - Stoke lấy trung bình hệ số Renold không nén. Nó bao gồm các phương trình liên tục, phương trình động lượng, nhiệt độ, độ mặn và phương trình mật độ. Theo chiều nằm ngang cả hệ tọa độ Đề các và hệ tọa độ cầu đều được sử dụng [2].

Phương trình liên tục (bảo toàn khối lượng):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương X:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{(p^2 + q^2)}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho \omega} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q - f V V_x + \frac{h}{\rho \omega} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0 \quad (2)$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương Y:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp \sqrt{(p^2 + q^2)}}{C^2 h^2} \\ - \frac{1}{\rho \omega} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega p - f V V_y + \frac{h}{\rho \omega} \frac{\partial}{\partial y} (P_a) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Nghiên cứu

Các ký hiệu sử dụng trong công thức:	p_a : Áp suất khí quyển ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)
$h(x,y,t)$: Chiều sâu nước (m)	ρ_w : Khối lượng riêng của nước (kg/m^3)
$\zeta(x,y,t)$: Cao độ mặt nước (m)	x, y : Tọa độ không gian (m)
$p, q(x,y,t)$: Lưu lượng đơn vị dòng theo các hướng X, Y ($\text{m}^3/\text{s/m}$) = u_h, v_h	t : Thời gian (s)
u, v : u, v = lưu tốc trung bình chiều sâu theo các hướng X, Y	$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: Các thành phần của ứng suất tiếp hiệu dụng.
$C(x,y)$: Hệ số Chezy ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$).	Lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ có thể tính toán sử dụng công thức Boulsby và Van Rijn (Soulsby, 1997) [4, 5, 6].
g : Gia tốc trọng trường (m/s^2)	Công thức vận chuyển bùn cát đáy tổng cộng dưới tác dụng tổng hợp của sóng và dòng chảy có dạng.
$f(V)$: Hệ số nhám do gió	
$V; V_x; V_y(x,y,t)$: Tốc độ gió và các tốc độ gió thành phần theo các hướng X, Y	
$\Omega(p,q)$: Thông số Coriolis phụ thuộc vào vĩ độ (s^{-1})	

$$q_t = A_s U \left(\sqrt{U^2 + \frac{0.018}{C_D} U_{rms}^2} - U_{cr} \right) (1 - 1.6 \tan \beta) \quad (4)$$

Trong đó:

Q_t : Suất vận chuyển bùn cát tổng cộng do sóng và dòng chảy

$$A_s = \frac{0.005h(D_{50}/h)^{1.2} + 0.012D_{50}D_*^{-0.6}}{[(s-1)gD_{50}]} \quad (5)$$

h : Độ sâu nước

s : Tỷ trọng tương đối của bùn cát

g : Gia tốc trọng trường

$D_{50}; D_{90}$: Các kích thước đặc trưng của hạt cát

D_* : Đường kính hạt phi thứ nguyên

$$D_* = \left[\frac{g(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} D_{50} \quad (6)$$

v : Hệ số nhớt động học của nước

U : Vận tốc dòng chảy trung bình theo độ sâu

U_{rms} : Vận tốc sát đáy do sóng

U_{cr} : Giá trị vận tốc giới hạn của vận chuyển bùn cát

$$U_{cr} = \begin{cases} 0.19D_{50}^{0.1} \log(4h/D_{90}) & D_{50} \leq 0.5 \text{ mm}; D_{50} > 0.5 \text{ mm} \\ 8.5D_{50}^{0.6} \log(4h/D_{90}) & \end{cases} \quad (7)$$

C_D : Hệ số ma sát đáy do dòng chảy

$$C_D = \left[\frac{k}{\ln(h/z_0) - 1} \right]^2 \quad (8)$$

Z_0 : Chiều cao nhám ở đáy

β : Góc nghiêng của đáy

3.2. Nguồn tài liệu phục vụ nghiên cứu

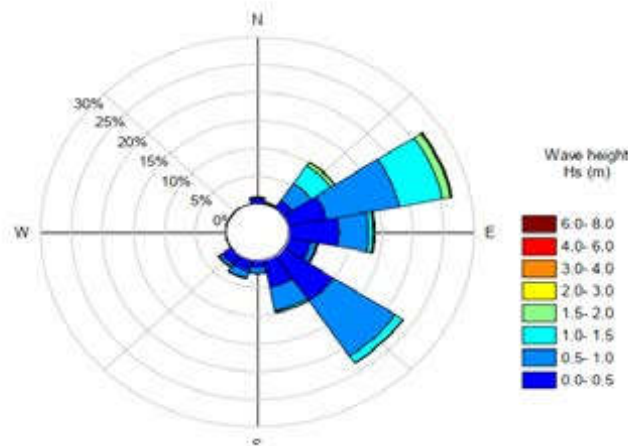
Số liệu địa hình: Địa hình khu vực tính toán bao gồm địa hình ven biển tỉnh Nam Định với tỷ lệ 1/5.000 được kế thừa từ đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam”, Mã số: NĐT.30.RU/17; Địa hình vùng biển ngoài khơi có tỷ lệ là 1/10.000 được lấy từ dữ liệu toàn cầu <https://maps.ngdc.noaa.gov> [8].

Số liệu mực nước: Để phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy động lực, số liệu mực nước thực đo năm 2018

tại trạm khảo sát hải văn Văn Lý, Nam Định (106.3360821E, 20.12460671N). Với các biên mực nước ngoài biển, sử dụng modul Tool Box trong Mike để tạo triều sử dụng số liệu mực nước [1].

Số liệu gió mùa: Giá trị gió mùa sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ dữ liệu gió toàn cầu năm 2020 qua website tại điểm (10°36'33.63"N; 109° 0'42.42"E) [7].

Số liệu sóng: Trong nghiên cứu nhóm tác giả đã sử dụng bộ số liệu sóng toàn cầu từ mô hình WaveWatch III (WW3) Global Wave Model [7]. Giá trị sóng được trích xuất tại điểm quan trắc P(10°36'33.63"N; 109° 0'42.42"E) năm 2020 được thể hiện qua hình sau:



Hình 1: Phân bố độ cao sóng và hướng sóng tại điểm

Bảng 1. Phân bố % độ cao sóng và hướng sóng ngoài khơi Nam Định

Độ cao sóng H_s (m)	Hướng sóng															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NWW
0.0-0.5	1.09	0.26	1.76	6.39	8.17	3.83	9.87	5.19	1.41	2.17	1.95	0.13	0.02	0.02	0.02	0.04
0.5-1.0	0.19	0.18	3.66	11.94	4.72	1.02	11.86	4.22	0.98	1.21	0.64	0.01	0.05	0.03	0.05	0.12
1.0-1.5	0.02	0.05	3.89	7.05	0.76	0.08	1.52	0.33	0.04	0.11	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.05
1.5-2.0			0.76	1.46	0.22	0.02	0.03	0.01	0.01		0.01					
2.0-3.0			0.05	0.18	0.08	0.02	0.01									
																0.33

Nghiên cứu

3.0-4.0				0.01													0.01
4.0-6.0																	
6.0-8.0																	
Cộng	1.31	0.49	10.12	27.02	13.95	4.97	23.28	9.76	2.44	3.49	2.64	0.15	0.04	0.06	0.09	0.21	100

Số liệu bùn cát: Kế thừa số liệu khảo sát đo đạc về hàm lượng bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy tại trạm đo khảo sát Văn Lý, Nam Định năm 2019 từ đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam”. Mã số: NĐT.30.RU/17.

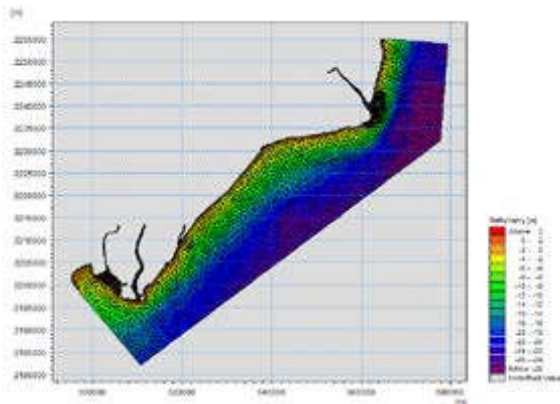
Bảng 2. Đặc tính bùn cát đáy ven biển Nam Định (2019)

Vị trí lấy mẫu đáy	D50 (mm)	D84 (mm)	D16 (mm)	D84/D16
Hải Hậu NĐ 14 (1)	0.142	0.210	0.120	1.75
Hải Hậu NĐ 14 (2)	0.151	0.210	0.130	1.62
Hải Hậu NĐ 14 (3)	0.151	0.212	0.116	1.83
Hải Hậu NĐ 14 (4)	0.151	0.210	0.120	1.75
Hải Hậu NĐ 21 (1)	0.154	0.215	0.115	1.87
Hải Hậu NĐ 21 (2)	0.151	0.215	0.120	1.79
Hải Hậu NĐ 21 (3)	0.151	0.210	0.125	1.68
Hải Hậu NĐ 21 (4)	0.151	0.206	0.115	1.79
Hải Hậu NĐ 27 (1)	0.150	0.210	0.115	1.83
Hải Hậu NĐ 27 (2)	0.151	0.210	0.120	1.75
Hải Hậu NĐ 27 (3)	0.151	0.210	0.110	1.91
Hải Hậu NĐ 27 (4)	0.154	0.215	0.120	1.79
Nghĩa Hưng NĐ 34 (1)	0.154	0.210	0.108	1.94
Nghĩa Hưng NĐ 34 (2)	0.151	0.215	0.110	1.95
Nghĩa Hưng NĐ 34 (3)	0.151	0.218	0.110	1.98
Nghĩa Hưng NĐ 34 (4)	0.148	0.218	0.110	1.98
Nghĩa Hưng NĐ 41 (1)	0.148	0.215	0.110	1.95
Nghĩa Hưng NĐ 41 (2)	0.148	0.212	0.110	1.93
Nghĩa Hưng NĐ 41 (3)	0.157	0.212	0.110	1.93
Nghĩa Hưng NĐ 41 (4)	0.150	0.210	0.110	1.91
Giao Thủy (Quất Lâm NĐ6) (1)	0.150	0.215	0.108	1.99
Giao Thủy (Quất Lâm NĐ6) (2)	0.150	0.215	0.110	1.95
Giao Thủy (Quất Lâm NĐ6) (3)	0.150	0.205	0.110	1.86
Giao Thủy (Quất Lâm NĐ6) (4)	0.154	0.208	0.110	1.89
TB	0.151	0.212	0.114	1.860
Max	0.157	0.218	0.130	1.991
Min	0.142	0.205	0.108	1.615

3.3. Thiết lập mô hình thủy lực

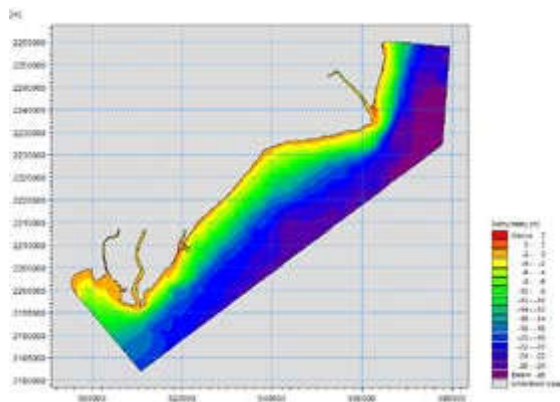
- Lưới tính toán

Miền lưới tính toán được xác định trong mô hình thủy lực với chiều dài khoảng 62 km kéo dài dọc bờ biển tỉnh Nam Định và bề rộng lưới tính toán 15 km từ đường bờ ra ngoài biển sâu. Lưới tính khu vực nghiên cứu được chia thành 03 mật độ lưới tính khác nhau, tại khu vực vùng ven bờ lưới tính có mật độ dày hơn so với vùng ngoài khơi. Số lượng thành phần ô lưới ở khu vực nghiên cứu là 6292 ô lưới với số lượng nút lưới là 3610 nút.



Hình 2: Lưới tính toán khu vực nghiên cứu

3.3.1. Thiết lập địa hình



Hình 3: Địa hình khu vực nghiên cứu

Số liệu địa hình khu vực cửa Nam Định được sử dụng từ số liệu khảo sát của đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và

miền Trung Việt Nam”. Mã số: NĐT.30. RU/17 với tỷ lệ địa hình 1:5000. Quá trình thiết lập file dữ liệu địa hình khu vực tính toán được thể hiện qua hình trên.

3.3.2. Điều kiện biên

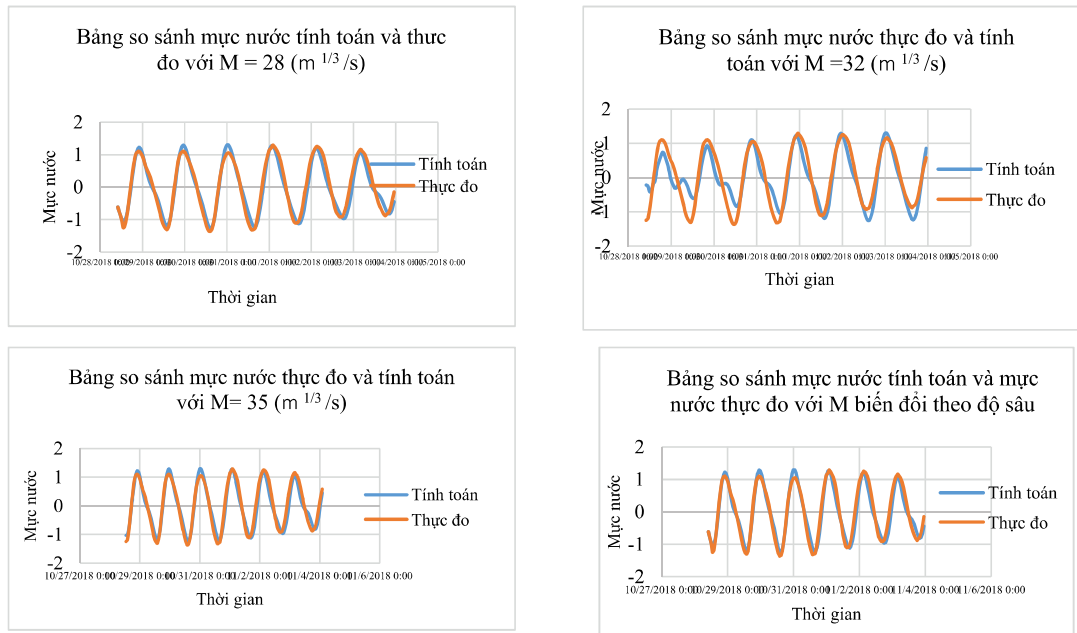
Điều kiện biên bao gồm biên đất và biên thủy lực: Biên đất là vùng ven bờ biển và không được gán giá trị. Biên thủy lực bao gồm biên biển và biên sông: Biên sông là giá trị các lưu lượng từ sông chảy ra biển; Biên biển được xác định qua số liệu dao động mực nước thủy triều dựa trên số liệu triều toàn cầu từ công cụ Toolbox trong mô hình Mike 21.

3.3.3. Hiệu chỉnh mô hình thủy lực

Bảng 3. Hệ số Nash tương ứng với 3 trường hợp

STT	Hệ số nhám Manning number ($m^{1/3}/s$)	Nash
1	28	0.945
2	32	0.800
3	35	0.944
4	Hệ số nhám (M) thay đổi theo độ sâu	0.946

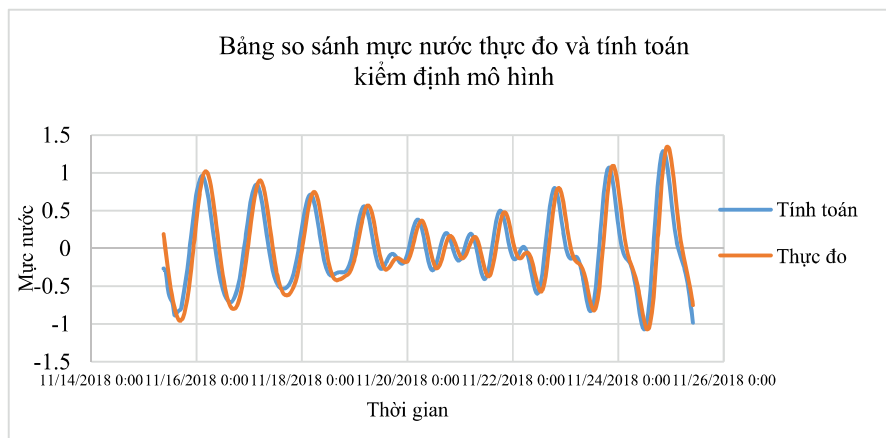
- Quá trình hiệu chỉnh mô hình thủy lực là tìm được bộ thông số mô hình phù hợp cho việc mô phỏng các chế độ thủy động lực biển vì vậy trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp thay đổi hệ số nhám Manning với giá trị lần lượt là $M = 28$; 32; 35 và hệ số nhám thay đổi theo độ sâu đáy biển. So sánh mực nước từ kết quả tính toán với mực nước thực đo tại vị trí (106.3360821E, 20.12460671N) để tìm ra bộ thông số tốt nhất.



Hình 4: So sánh mực nước thực đo và tính toán

Kiểm định mô hình thủy lực

Qua quá trình kiểm định mô hình là sử dụng bộ thông số mô hình đã được hiệu chỉnh phía trên dùng trong mô phỏng thủy lực trong thời gian khác để đánh giá sự ổn định của mô hình thủy lực trong nghiên cứu, nhóm tác giả sử dụng bộ thông số thủy lực với hệ số nhám M biến đổi theo độ sâu nước để kiểm định mô hình vào thời gian 15/11/2018 - 27/11/2018 và đạt được hệ số Nash là 0.85.

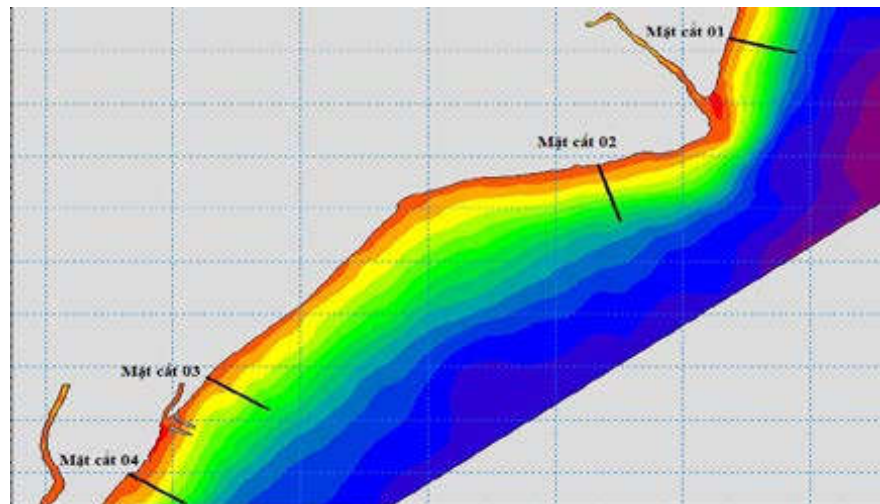


Hình 5: Hình so sánh mực nước tính toán và thực đo

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

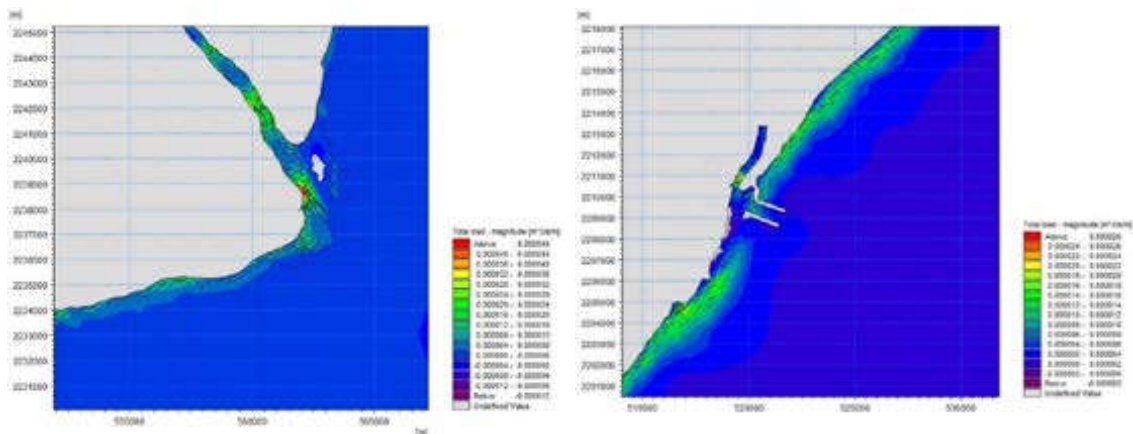
4.1. Kết quả vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông bắc

Bảng 4 trình bày kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ trong thời kỳ gió mùa Đông bắc cho 04 mặt cắt ven biển khu vực các cửa sông Nam Định. Giá trị dương biểu thị hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Bắc - Nam. Giá trị âm biểu thị hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Nam - Bắc.



Hình 6: Các mặt cắt tính toán vận chuyển bùn cát dọc bờ
Bảng 4. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Đông bắc

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ($10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$)		
		Tịnh	Nam - Bắc	Bắc - Nam
1	MC01	0.4430	-0.0030	0.4460
2	MC02	0.8465	-0.0019	0.8484
3	MC03	0.3806	-0.0068	0.3874
4	MC04	1.0198	-0.0051	1.0250



(a) Lượng vận chuyển bùn cát tại khu vực cửa sông Ba Lạt **(b) Lượng vận chuyển bùn cát tại khu vực cửa sông Ninh Cơ**

Hình 7: Lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ tại khu vực cửa sông Nam Định

Từ kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ trong thời kỳ gió mùa Đông bắc ta nhận thấy lượng vận chuyển bùn cát có xu hướng dịch chuyển từ phía Bắc xuống phía Nam. Tại khu vực cửa sông Ba Lạt lượng vận chuyển bùn cát đi qua 02 mặt cắt MC01 phía bờ Bắc và MC 02 phía bờ Nam, nhận thấy bùn cát hướng dịch lớn

về phía bờ Nam cửa sông với lượng vận chuyển đạt $0.8465 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$ trong khi đó ở phía bờ Bắc tại mặt cắt MC01 chỉ đạt $0.4430 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$.

Tại khu vực cửa sông Ninh Cơ, Nam Định xu hướng vận chuyển bùn cát lệch hướng Nam cửa sông, tại mặt cắt MC04 có lượng vận chuyển bùn cát đạt $1.0198 \cdot$

Nghiên cứu

$10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$ trong khi đó phía bờ Bắc tại mặt cắt 03 chỉ đạt $0.3806 * 10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$.

Kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát tại 02 mặt cắt MC02 và MC04 ta nhận thấy hướng dịch chuyển theo Bắc - Nam, tại mặt cắt MC02 với lượng đi vào mặt cắt đạt $0.8484 * 10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$ lượng bùn cát dịch chuyển đi ra khỏi mặt cắt MC04 với $1.0250 * 10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$ điều đó giải thích đường bờ biển khu vực Nam Định có xu hướng xói lở trong thời kỳ gió mùa Đông bắc.

4.2. Kết quả vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Tây nam

Lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ khu vực biển Nam Định trong thời kỳ gió mùa Tây nam ta nhận thấy rằng lượng bùn cát dịch chuyển theo hướng Bắc - Nam và hướng Nam - Bắc là tương đối ngang bằng nhau tại MC01 và MC02. Tại các mặt cắt 02 và 04 thì lượng vận chuyển

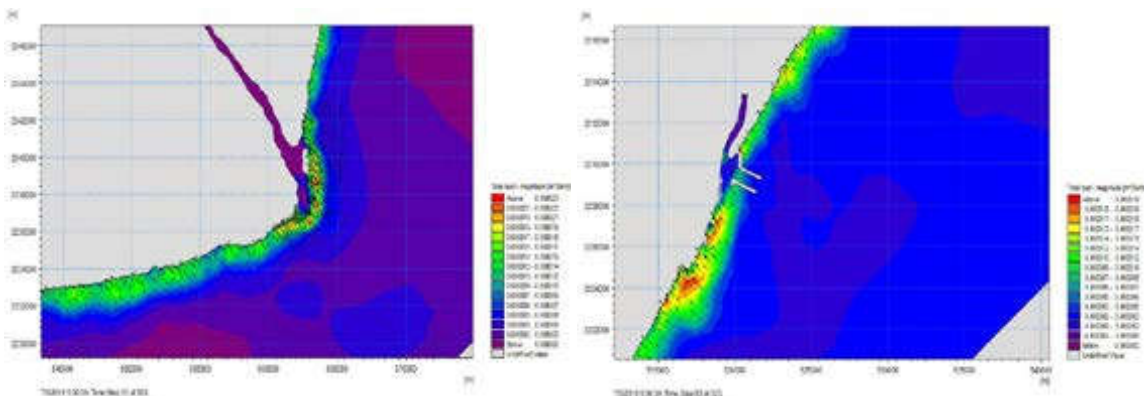
bùn cát chính theo hướng từ Bắc vào Nam được thể hiện qua bảng 5.

So sánh tổng lượng vận chuyển bùn cát trong hai thời kỳ gió mùa Đông bắc và gió mùa Tây nam ta nhận thấy tổng lượng vận chuyển bùn cát trong gió mùa Đông Bắc theo hướng Bắc - Nam lớn hơn rất nhiều so với thời kỳ gió mùa Tây nam. Trong khi đó lượng bùn cát vận chuyển theo hướng Nam - Bắc trong hai thời kỳ là tương đối bằng nhau.

Dựa trên nguyên tắc về cân bằng bùn cát tại khu vực ven biển thông qua lượng vận chuyển bùn cát tại các mặt cắt ta nhận thấy rằng khu vực bờ biển Nam Định vẫn có xu hướng xói lở nhẹ trong thời kỳ gió mùa Tây nam do lượng bùn cát đi vào MC02 chỉ đạt 0.0074 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$ trong khi đó lượng bùn cát đi ra khỏi MC04 đạt 0.012 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$.

Bảng 5: Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Tây nam

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ($10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$)		
		Tịnh	Nam - Bắc	Bắc - Nam
1	MC01	0.0038	-0.0039	0.0077
2	MC02	0.0028	-0.0047	0.0074
3	MC03	0.0470	-0.0041	0.0511
4	MC04	0.0660	-0.0051	0.0120



Hình 8: Vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Tây nam

4.3. Vận chuyển bùn cát dọc bờ cả năm

Bảng 6 trình bày kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ cả năm cho 04 mặt cắt ven biển khu vực ven biển Nam Định.

Bảng 6. Lượng vận chuyển bùn cát cả năm

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ($10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$)		
		Tỉnh	Nam - Bắc	Bắc - Nam
1	MC01	0.4468	-0.0069	0.4537
2	MC02	0.8493	-0.0066	0.8558
3	MC03	0.4276	-0.0109	0.4385
4	MC04	1.0858	-0.0102	1.037

Từ kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ cả năm khu vực ven biển Nam Định ta nhận thấy lượng vận chuyển bùn cát theo hướng Bắc - Nam là chủ yếu đạt từ 0.45 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$ đến 1.04 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$ qua các mặt cắt, trong khi đó lượng vận chuyển theo hướng Nam - Bắc chỉ đạt từ 0.069 đến 0.0109 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$.

Kết quả này cho thấy với mặt cắt nằm ở phía bờ Bắc cửa sông Ba Lạt (MC01) lượng bùn cát vận chuyển đi qua mặt cắt đạt 0.45 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$, trong khi mặt cắt nằm ở phía bờ Nam cửa sông (MC02) có lượng vận chuyển bùn cát đạt 0.85 $\text{m}^3/\text{năm}$. Điều này giải thích cho việc bùn cát từ thượng nguồn đổ ra cửa sông được phân bố nhiều về phía bờ Nam của cửa sông.

Tại cửa sông Ninh Cơ xu hướng bùn cát dịch chuyển nhiều về phía bờ Nam của cửa sông (MC04) với lượng vận chuyển bùn cát đi qua mặt cắt MC04 gấp 03 lần so với lượng vận chuyển bùn cát tại bờ phía Bắc của cửa sông. Sự chênh lệch lớn này có thể do sự ảnh hưởng của công trình chỉnh trị cửa sông Ninh Cơ.

Từ mặt cắt M02 đến MC04 có sự gia tăng rất lớn của lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ do đó trong phạm vi từ 1 đến 10 km ở phía Bắc cửa sông Ninh Cơ sẽ xảy

ra hiện tượng xói lở bờ biển rất mạnh do chênh lệch lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng được bộ thông số mô hình thủy động lực Mike 21 dùng trong mô phỏng tính toán vận chuyển bùn cát dọc bờ biển ở khu vực biển Nam Định với quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đạt kết quả cao.

Kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ cả năm cho 04 mặt cắt ven biển Nam Định cho thấy rằng lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ trong một năm chủ yếu gây ra bởi sóng lớn trong thời kỳ gió mùa Đông bắc và hướng vận chuyển bùn cát chủ đạo là theo hướng Bắc - Nam.

Lượng vận chuyển bùn cát tịnh cả năm nằm trong khoảng từ 0.45 triệu đến 1.09 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$. Trong đó có khoảng từ 0.44 triệu đến 1.02 triệu $\text{m}^3/\text{năm}$ là vận chuyển bùn cát trong thời kỳ hoạt động của gió mùa Đông bắc. Lượng vận chuyển bùn cát tịnh do gió mùa Tây nam gây ra chỉ khoảng từ 3.8 nghìn đến 66 nghìn $\text{m}^3/\text{năm}$.

Dựa trên kết quả nghiên cứu, bờ biển Nam Định nằm trong khu vực bị xói lở bờ biển và quá trình xói lở diễn ra mạnh

nhất vào thời kỳ gió mùa Đông bắc với lượng vận chuyển bùn cát lớn theo hướng Bắc - Nam.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin cảm ơn Đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam”. Mã số: NĐT.30. RU/17 đã cung cấp dữ liệu cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn Quốc gia (2018). *Mực nước triều*.

[2]. MIKE 21 & MIKE 3 flow model FM (2007). *Hydrodynamic Module User Guide*. DHI Software.

[3]. Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học Việt Nam (2018). *Số liệu bùn cát D_{50}*

[4]. Van Rijn, L.C., (1984b). *Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 11.

[5]. Van Rijn, L.C., (1984c). *Sediment Transport, Part III: Bed Forms and Alluvial Roughness*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 12.

[6]. Van Rijn, L.C., (1993, 2012). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Aqua Publications, Amsterdam, The Netherlands.

[7]. https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/NWW3_Global_Best.html.

[8]. <https://maps.ngdc.noaa.gov>.

BBT nhận bài: 24/5/2021; Phản biện xong: 16/6/2021; Chấp nhận đăng: 29/6/2021