

ở Việt Nam. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, tại khu vực này đã xảy ra hiện tượng xói lở bờ - bãi biển hết sức phức tạp, nhất là đoạn bờ biển từ phía cửa Hới kéo dài tới bãi C (xã Quảng Cư) đã xảy ra hiện tượng xói bãi và sạt lở bờ khá nghiêm trọng. Đã có một số nghiên cứu về thủy động lực và vận chuyển bùn cát phục vụ giải thích nguyên nhân xói lở khu vực này (Lê Mạnh Hùng và nnk, 2013) [1], tuy vậy kết quả nghiên cứu mới tính toán với một số kịch bản nhất định (bão Damrey, sóng hướng đông nam - ĐN, sóng hướng đông bắc - ĐB). Ngoài ra, do phạm vi tính toán của mô hình nhỏ, thời gian tính toán ngắn nên kết quả nghiên cứu chưa phản ánh hoàn toàn sát với thực tế. Bài báo này sử dụng mô hình MIKE21/3 Coupled để tính toán với miền tính lớn và thời gian tính toán dài nên kết quả tính toán khả quan hơn, khắc phục được những nhược điểm của nghiên cứu trước với việc tính toán mô phỏng liên tục một năm đại diện để phân tích chi tiết sự biến động theo mùa của chế độ thủy lực khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa. Ngoài ra, còn xét đến sự tương tác giữa yếu tố dòng chảy từ các cửa sông với các yếu tố thủy triều, sóng biển... Kết quả của nghiên cứu đã xác định được các đặc trưng chi tiết về sóng, dòng chảy theo mùa cho các khu vực cụ thể, từ khu vực nước sâu đến khu vực cửa sông và ven bờ, trên cơ sở đó đưa ra được những nhận định về sự biến đổi của các yếu tố động lực có tính quy luật theo mùa cho khu vực nghiên cứu, làm cơ sở đưa ra các giải pháp bảo vệ bờ, phòng chống sạt lở... phục vụ phát triển bền vững kinh tế - xã hội.

Tài liệu và công cụ tính toán

Tài liệu

Tài liệu phục vụ quá trình nghiên cứu gồm địa hình, thủy hải văn tại khu vực:

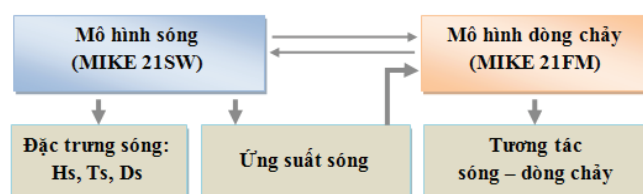
- Địa hình khu vực tính toán được xây dựng dựa trên các hải đồ tỷ lệ 1/100.000 và 1/200.000, các số liệu ven bờ được thu thập từ các bình đồ đo đạc tỷ lệ 1/5.000 các năm 2009 và 2011 do Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam thực hiện [2, 3], các số liệu địa hình này được đưa về cùng hệ tọa độ VN 2000 và cao độ chuẩn quốc gia...

- Sử dụng số liệu khí tượng thủy văn của một số trạm quan trắc khu vực cửa sông Mã: trong cửa sông Mã có trạm Quảng Châu quan trắc mực nước, thượng nguồn trạm Quảng Châu 20 km có trạm Giàng quan trắc mực nước. Số liệu của các trạm này có thể phân tích biến động theo mùa của dòng chảy trong sông.

Tuy nhiên, vùng cửa sông không có các trạm quan trắc hải văn nên các đặc trưng thủy động lực vùng cửa sông ven biển được tính toán thông qua mô hình toán.

Công cụ tính toán

Nghiên cứu sử dụng mô hình số MIKE21/3 Coupled Model FM của DHI để mô phỏng thủy động lực vùng cửa sông ven biển Thanh Hóa. Module liên hợp MIKE 21/3 Coupled là hệ thống liên kết động có thể liên kết các module tính toán dòng chảy (MIKE 21FM) và sóng (MIKE 21SW). Việc liên kết động các module cho phép tính toán sự tác động qua lại lẫn nhau giữa các quá trình như tương tác sóng và dòng chảy (hình 2).



Hình 2: sơ đồ kết nối module sóng và dòng chảy trong mô hình MIKE 21/3 Coupled

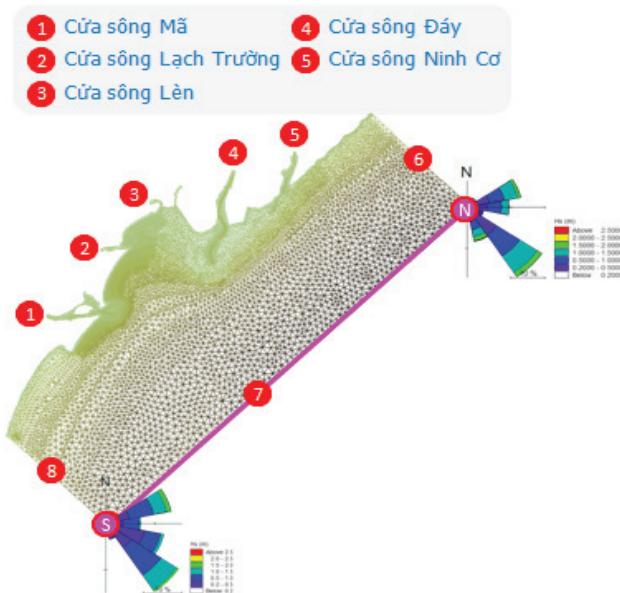
Thiết lập mô hình MIKE21/3 Coupled Model FM cho khu vực cửa sông ven biển lưu vực sông Mã

Phạm vi thiết lập mô hình: nghiên cứu được tập trung vào khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa có giới hạn phía bắc từ vị trí cửa Lạch Sung, phía nam đến bờ biển khu vực Quảng Thái - huyện Quảng Xương. Tuy nhiên, khu vực nghiên cứu có nhiều cửa sông gần nhau, có sự tương tác về dòng chảy giữa các cửa sông nên phạm vi mô hình đã được mở rộng về phía bắc lên đến cửa Hà Lạn (sông Sò), phía nam mở rộng đến khu vực cửa Lạch Ghép (sông Yên) đủ không gian để đảm bảo tính ổn định mô hình cho khu vực nghiên cứu.

Thiết lập địa hình, lưới tính và điều kiện biên: phạm vi thiết lập lưới địa hình miền tính của mô hình được giới hạn: chiều dọc bờ tính từ vị trí biên phía bắc tại khu vực cửa sông Sò đến biên phía nam gần tới khu vực cửa sông Yên có chiều dài khoảng 100 km; chiều rộng miền lưới tính từ bờ ra phía biển khoảng 50 km tới độ sâu 30 m. Lưới tính mô hình sử dụng số liệu bản đồ địa hình khu vực nghiên cứu tỷ lệ 1/5.000 đến 1/25.000, có số liệu đo bổ sung địa hình khu vực các cửa sông từ năm 2009 đến 2011. Mô hình sử dụng lưới tam giác linh hoạt (lưới phi cấu trúc) có độ phân giải thay đổi tăng dần từ ngoài biển sâu vào sát bờ và các cửa sông. Lưới tính toán của mô hình có tổng số nút lưới là 22.764 và số phần tử là 42.883, lưới tính được

chia nhỏ tại khu vực các cửa sông và ven biển với chiều dài cạnh ô lưới khoảng 30 m.

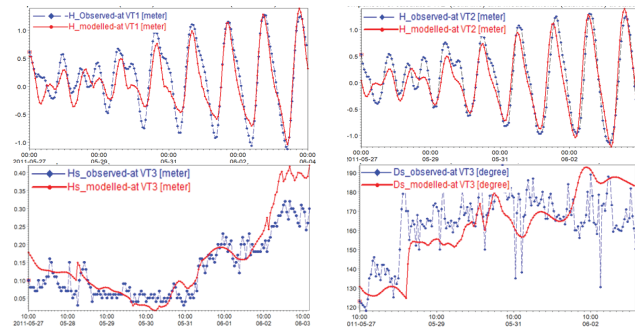
Điều kiện biên mô hình: các biên cửa sông thuộc hệ thống sông Mã sử dụng số liệu biên lưu lượng tại các cửa Hới, Lạch Trường, Lạch Sung được trích xuất từ kết quả của mô hình MIKE11 tính thủy lực một chiều cho hệ thống sông Mã đã được hiệu chỉnh và kiểm định (Nguyễn Thanh Hùng và nnk, 2015) [4], các biên cửa sông Đáy, Ninh Cơ lấy theo số liệu mực nước thực đo tại trạm Như Tân và Phú Lễ. Các biên phía nam, phía bắc và biên ngoài khơi sử dụng số liệu mực nước dự tính từ mô hình triều toàn cầu với bước lưới $0,125^0 \times 0,125^0$ và số liệu biên sóng và gió ngoài khơi sử dụng sóng toàn cầu tái phân tích của NOAA với bước lưới $0,5^0 \times 0,5^0$.



Hình 3: phạm vi, địa hình lưới tính mô hình khu vực nghiên cứu

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình: mô hình được hiệu chỉnh với bộ số liệu đo mực nước, sóng ven bờ tại khu vực cửa sông Mã trong khoảng thời gian từ 27.5.2011 đến 2.6.2011 (Lê Mạnh Hùng và nnk, 2013) [1] và được kiểm định trong khoảng thời gian từ 12.10.2014 đến 17.10.2014 (Nguyễn Thanh Hùng và nnk, 2015) [4].

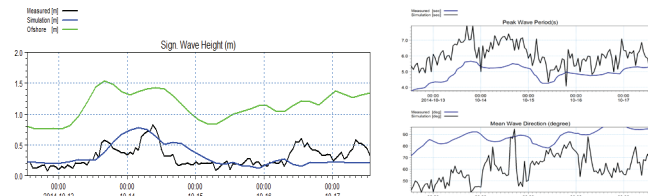
- Hiệu chỉnh mô hình: với các số liệu đầu vào cho mô hình, tiến hành điều chỉnh các thông số của mô hình sao cho kết quả thu được phù hợp với số liệu thực đo nhất. Kết quả hiệu chỉnh về mực nước và sóng được thể hiện ở hình 4.



Hình 4: kết quả hiệu chỉnh mực nước, sóng tính toán với thực đo tại các vị trí

Với bộ số liệu thực đo từ 27.5.2011 đến 2.6.2011 tại khu vực cửa sông Mã, mô hình đã phản ánh gần đúng sự biến thiên mực nước, sóng: mực nước phù hợp về pha và trị số tại các trạm kiểm tra với sự sai khác về trị số lớn nhất là 20 cm ở giai đoạn triều kém và nhỏ hơn 5 cm ở giai đoạn triều cao; sóng tại các trạm kiểm tra cũng có sự phù hợp về pha và trị số, sai số lớn nhất về chiều cao sóng khoảng 10 cm.

- Kiểm định mô hình: trong khoảng thời gian từ 12.10.2014 đến 17.10.2014, kết quả được thể hiện ở hình 5.



Hình 5: kết quả kiểm định các đặc trưng sóng tính toán với thực đo

Nhìn chung các sai số của mô hình về mực nước và mô hình sóng nằm trong phạm vi cho phép. Mô hình đã được hiệu chỉnh đảm bảo độ tin cậy, có thể sử dụng để tính toán mô phỏng theo các kịch bản nghiên cứu.

Kết quả và thảo luận

Một số đặc trưng thủy hải văn khu vực nghiên cứu qua tài liệu đo đạc

Đặc trưng dòng chảy vùng cửa sông Mã: phân tích chuỗi số liệu mực nước tại hai trạm Giàng và Quảng Châu có thể nhận thấy ảnh hưởng của lũ sông đến khu vực cửa sông Mã:

- Các trận lũ lớn (năm 1973, 1980, 2007) làm dâng mực nước vùng cửa sông Mã đáng kể: tại trạm Giàng Hmax các trận lũ đạt trên 7,2 m so với mực nước trung bình mùa lũ là 0,93 m, tại trạm Hoàng Tân đạt trên 2,5 m so với mực nước trung bình mùa lũ là 0,26 m.

- Do ảnh hưởng của thủy triều, mực nước trung bình mùa lũ và mùa kiệt tại hai trạm cửa sông không khác nhau nhiều: mực nước trung bình mùa lũ so với mùa kiệt tại trạm Hoàng Tân lần lượt là 0,09 m và 0,26 m (chênh 0,15 m), tại trạm Giàng là 0,15 m và 0,93 m (chênh 0,78 m); mực nước nhỏ nhất tại Hoàng Tân đạt -1,81 m, trong khi trạm Giàng cách biển 25 km mực nước nhỏ nhất cũng đạt -1,45 m (bảng 1).

Bảng 1: đặc trưng mực nước nhiều năm tại trạm Giàng và Hoàng Tân

Trạm thủy văn Đặc trưng H	Hoàng Tân	Giàng	Thời gian
$H_{\max}$ (m)	2,59	7,26	8.1973
	2,86	7,51	9.1980
	2,66	7,28	10.2007
H_{TB} mùa lũ (m)	0,26	0,93	1970-2014
H_{TB} mùa kiệt (m)	0,09	0,15	1970-2014
$H_{\min}$ (m)	-1,81	-1,45	1970-2014

Phân tích thủy triều khu vực nghiên cứu: vùng cửa sông ven biển Thanh Hóa có chế độ nhật triều. Phân tích số liệu mực nước tại trạm Hoàng Tân thời kỳ mùa kiệt trong 5 năm (2010-2014) cho thấy, trị số của các hằng số điều hòa thủy triều tại trạm khá ổn định, điều này chứng tỏ ảnh hưởng rõ rệt của thủy triều trong mùa kiệt đối với khu vực cửa sông (bảng 2).

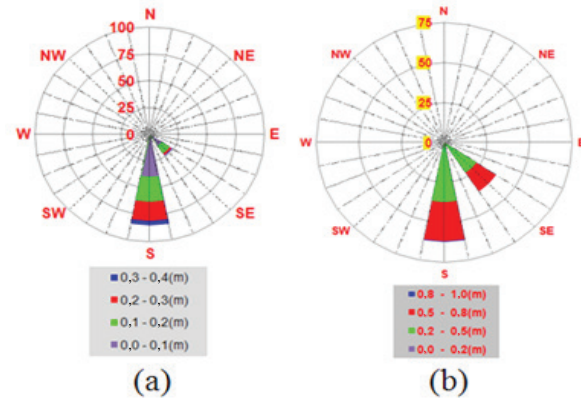
Bảng 2: các hằng số điều hòa thủy triều tại trạm Hoàng Tân của sông Mã

Tên		Độ lớn (m)					Pha (độ)				
		2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Z0		0,07	0,08	0,12	0,15	0,13					
Toàn nhật	O1	0,64	0,65	0,64	0,68	0,69	40	36	39	35	37
	K1	0,48	0,50	0,50	0,51	0,52	110	106	110	107	108
	Q1	0,14	0,14	0,12	0,13	0,15	11	8	8	2	1
Bán nhật	M2	0,23	0,23	0,25	0,25	0,25	23	18	20	16	14
	S2	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	104	96	102	97	100
	N2	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	342	7	331	333	341

Đặc điểm gió: phân tích số liệu gió tại trạm đo Sầm Sơn cho thấy, hướng gió thịnh hành phân hoá theo mùa: mùa hè (tháng 5-10) chủ yếu là gió nam, ĐN, tốc độ trung bình 4 m/s; mùa đông (tháng 11 năm trước - tháng 4 năm sau) chủ yếu là gió đông, ĐB, tốc độ trung bình 3,75 m/s. Tốc độ gió lớn nhất xuất hiện khi có bão, khoảng 40 m/s (bão Darmey ngày 27.9.2005 có tốc độ 50 m/s), các đợt gió mùa mạnh có thể đạt 15-20 m/s.

Phân tích sóng khu vực nghiên cứu: khu vực ven biển Thanh Hóa không có trạm quan trắc sóng nên

nghiên cứu đã sử dụng số liệu đo sóng trong hai đợt khảo sát ngăn ngày từ 27.5-2.6.2011 (Lê Mạnh Hùng và nnk, 2013) [1] và từ 5.5-10.5.2014 (Nguyễn Thanh Hùng và nnk, 2015) [4] để phân tích. Qua kết quả phân tích có thể rút ra một số kết luận như sau: chiều cao sóng quan trắc trong khoảng 0,1-0,5 m, chu kỳ sóng lớn nhất 12 s, chu kỳ sóng trung bình 5,6 s; sóng có chu kỳ khá lớn trong khi chiều cao sóng nhỏ, chứng tỏ có sự xuất hiện của sóng lừng, khu vực cửa sông Mã khá thoáng không bị che chắn nên thuận lợi cho sóng ngoài khơi truyền vào, hướng sóng chủ yếu là hướng nam và hướng ĐN (xem hình 6).



Hình 6: hoa sóng khu vực cửa sông Mã

(a) Khảo sát 27.5 - 2.6.2011

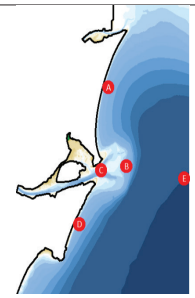
(b) Khảo sát 5.5 - 10.5.2014

Phân tích sự biến đổi theo mùa của chế độ thủy động lực khu vực nghiên cứu

Để có thể đánh giá được sự biến đổi chế độ động lực, nghiên cứu đã phân tích kết quả tính toán tại một số điểm đại diện cho từng khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa (điểm A - phía bắc cửa sông Mã, điểm D - phía nam cửa sông Mã, điểm B - trước cửa sông Mã, điểm C - trong cửa sông Mã, điểm E - ngoài nước sâu). Vị trí cụ thể của các điểm ở bảng 3.

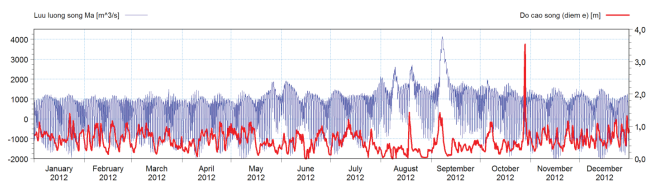
Bảng 3: vị trí các điểm trích kết quả tính toán

Điểm	Tọa độ X	Tọa độ Y	Vị trí	Cao độ đáy (m)
A	599380	2197013	Bờ biển Hoàng Hóa	-3
B	600318	2188631	Trước bãi bồi cửa Hới	-3
C	598223	2188230	Sau bãi bồi cửa Hới	-3
D	596446	2185495	Bờ biển Sầm Sơn	-3
E	608000	2188000	Vùng nước sâu	-15



Vị trí các điểm trích sóng, dòng chảy

Phân tích lựa chọn thời gian tính toán: như đã phân tích ở trên, các nghiên cứu trước đây thường chỉ tập trung tính toán đánh giá chế độ thủy động lực trong khoảng thời gian ngắn theo các kịch bản điển hình (một trận bão, một trận lũ, hướng sóng cố định). Cách tiếp cận này chỉ phản ánh đúng được các đặc trưng thủy động lực trong những trạng thái cực đoan nhất định mà không phản ánh được sự biến đổi liên tục của chế độ thủy động lực theo không gian và thời gian. Nghiên cứu này đã phân tích lựa chọn mô phỏng một năm liên tục sóng, dòng chảy cho năm điển hình 2012 để đánh giá sự biến động chế độ thủy lực theo mùa [năm 2012 là năm điển hình vì lũ trong sông lớn tương đối lớn, đỉnh lũ sông Mã tại Cẩm Thủy $Q_{max} = 4.740 \text{ m}^3/\text{s}$ ứng với tần suất khoảng 10%, lũ nhánh sông Chu tương đối lớn được hồ Cửa Đạt cắt lũ; vùng biển bị ảnh hưởng trực tiếp của cơn bão Sơn Tinh (27-29.10.2012) có cường độ mạnh gây sóng lớn, chiều cao sóng vùng cửa sông Mã xấp xỉ 4 m] (hình 7).

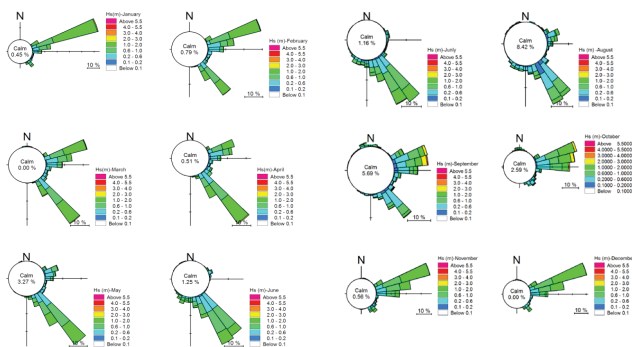


Hình 7: lưu lượng, độ cao sóng tại khu vực cửa sông Mã năm 2012

Đặc trưng sóng, dòng chảy trong mùa hè:

+ Đặc trưng sóng:

Mùa hè, sóng ngoài khơi vùng biển Thanh Hóa có hướng ĐN với chiều cao (significant wave height - H_s) tới 1,5 m, tiếp đó là các hướng đông đông nam (ĐĐN) và nam đông nam (NĐN) với chiều cao sóng nhỏ hơn, chiều cao sóng có nghĩa đạt 1-1,2 m (điểm E - hình 8).



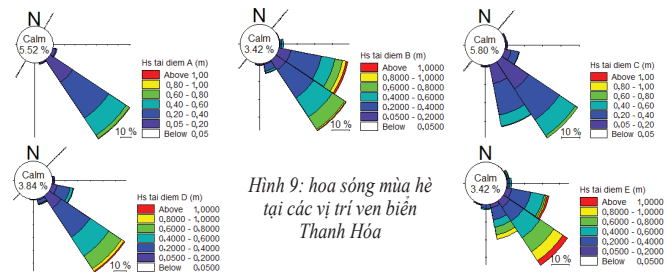
Hình 8: hoa sóng ngoài khơi khu vực ven biển cửa sông Thanh Hóa (từ tháng 1 đến tháng 12)

Khu vực ven bờ phía bắc cửa sông Mã (điểm A - hình 9) sóng có hướng chủ đạo là ĐN (chiếm tới 89% - bảng 4) với chiều cao sóng H_s có thể đạt 1,0 m; các

hướng sóng còn lại là ĐĐN và NĐN chỉ chiếm tỷ lệ rất nhỏ và chiều cao sóng H_s đạt dưới 0,5 m. Khu vực ven bờ phía nam cửa sông Mã (điểm D - hình 9) có hướng sóng chính là ĐN (chiếm 60% - bảng 4) với chiều cao sóng H_s có thể đạt 1,2 m; sóng hướng ĐĐN có chiều cao sóng H_s nhỏ hơn 0,5 m và chiếm tỷ lệ nhỏ, khoảng 18%.

Sóng khu vực cửa sông (điểm B - hình 9) có chiều cao H_s khá lớn, có thể đạt 1,2 m, sóng hướng chính ĐN chiếm tỷ lệ 46% trong khi sóng hướng ĐĐN cũng chiếm tỷ lệ khá lớn, khoảng 37%.

Cửa sông Mã hiện có bãi cát ngầm chắn cửa nên làm suy giảm sóng khá lớn, sóng từ biển vào bị vỡ phía trước bãi, dẫn đến chiều cao sóng H_s khu vực cửa sông phía sau cồn nổi (điểm C - hình 9) chỉ khoảng 0,5 m, gặp điều kiện triều lên sóng có thể đạt 0,8 m. Sóng hướng ĐN và NĐN chiếm ưu thế với tỷ lệ khoảng 83%.



Hình 9: hoa sóng mùa hè tại các vị trí ven biển Thanh Hóa

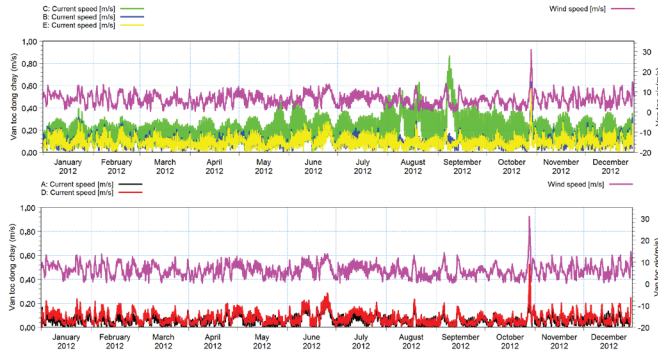
Thông kê chi tiết về tỷ lệ phần trăm, chiều cao sóng ứng với các hướng chính như bảng 4.

Bảng 4: phân bố chiều cao sóng theo các hướng trong mùa hè

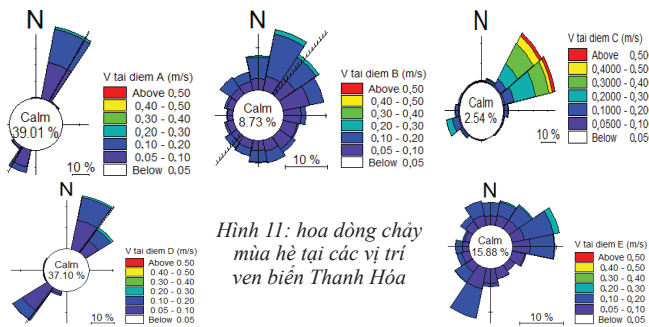
Vị trí	H_s (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	H_s (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	H_s (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %
Điểm A	0,2-1,0	ĐN	89	0,2-0,4	ĐĐN	4	0,2-0,4	NĐN	2
Điểm B	0,2-1,2	ĐN	46	0,2-1,2	ĐĐN	37	0,2-0,5	NĐN	7
Điểm C	0,2-0,8	ĐN	50	0,2-0,4	ĐĐN	10	0,2-0,6	NĐN	33
Điểm D	0,2-1,2	ĐN	60	0,2-0,5	ĐĐN	18	0,2-0,6	NĐN	6
Điểm E	0,2-1,5	ĐN	48	0,2-1,2	ĐĐN	25	0,2-1,0	NĐN	21

+ Đặc trưng dòng chảy (hình 10 và 11): tại khu vực ven biển Thanh Hóa dòng chảy ven bờ không lớn. Tại điểm E (vùng nước sâu) dòng chảy từ sông ra không đủ lớn để tới điểm này, do đó dòng chảy ở đây chủ yếu là dòng triều nên dòng chảy nhỏ (vận tốc dưới 0,3 m/s), có hướng chính là ĐB-TN, trong đó hướng ĐB chiếm ưu thế. Trong mùa hè, do tác động của sóng có hướng chính là ĐN nên dòng chảy ven bờ phía bắc và phía nam cửa sông Mã có hướng chính là hướng từ phía nam lên phía bắc dọc theo hướng đường bờ. Dòng chảy ven bờ có trị số không lớn, chỉ đạt dưới 0,5

m/s. Tại khu vực cửa sông, do có sự tương tác giữa dòng chảy sông và sóng nên hướng dòng chảy không ổn định, trị số dòng chảy cũng chỉ khoảng 0,5 m/s. Khu vực phía trong cồn cát chắn cửa sông, dòng chảy từ sông ra nên có hướng chủ yếu là ĐB. Dòng chảy khu vực này có trị số khá lớn, có thể đạt 0,5-1,0 m/s, khi có lũ từ sông ra dòng chảy có thể đạt lớn hơn nữa.



Hình 10: vận tốc dòng chảy tại các điểm trong năm 2012



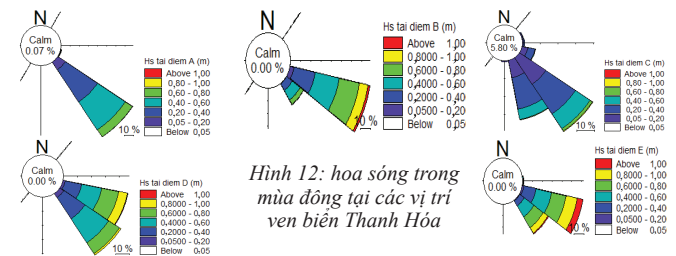
Hình 11: hoa dòng chảy mùa hè tại các vị trí ven biển Thanh Hóa

Đặc trưng sóng, dòng chảy trong mùa đông:

+ Đặc trưng sóng: vào mùa đông, sóng ngoài vùng nước sâu khu vực biển Thanh Hóa có hướng gió thịnh hành là hướng ĐN và ĐĐN với chiều cao sóng Hs có thể đạt 1,4 m, sóng hai hướng này chiếm tỷ lệ lớn (trên 90%). Khu vực ven bờ phía bắc cửa sông Mã có hướng sóng chủ đạo là ĐN, chiếm tỷ lệ đến 95% với chiều cao sóng Hs đạt dưới 1,0 m; hướng sóng ĐĐN chỉ chiếm tỷ lệ rất nhỏ, khoảng 3% và chiều cao sóng Hs chỉ đạt dưới 0,5 m. Khu vực ven bờ phía nam cửa sông Mã sóng có hướng chính là ĐN và ĐĐN, chiếm tỷ lệ trên 90% với chiều cao sóng Hs có thể đạt 1,2 m. Khu vực trước cửa sông Mã có hai hướng sóng chính là ĐN và NĐN với tỷ lệ lần lượt là 70% và 22%, chiều cao sóng Hs có thể đạt 1,2 m với hướng ĐN và 0,6 m với hướng NĐN. Chiều cao sóng Hs khu vực trong cửa sông phía sau cồn nổi chỉ đạt dưới 0,8 m, sóng hướng ĐN và NĐN chiếm ưu thế với tỷ lệ khoảng 86%. Chi tiết về tỷ lệ phần trăm, chiều cao sóng ứng với các hướng chính như bảng 5 và hình 12.

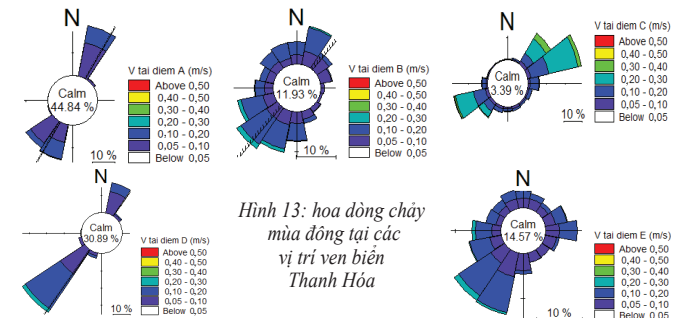
Bảng 5: phân bố chiều cao sóng theo các hướng chính trong mùa đông

Vị trí	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %	Hs (m)	Hướng (độ)	Tỷ lệ %
Điểm A	0,2-0,9	ĐN	95	0,2-0,4	ĐĐN	3			
Điểm B	0,2-1,2	ĐN	70				0,2-0,6	NĐN	22
Điểm C	0,2-0,8	ĐN	51	0,2-0,6	ĐĐN	10	0,2-0,6	NĐN	35
Điểm D	0,2-1,0	ĐN	52	0,2-1,2	ĐĐN	47			
Điểm E	0,2-1,4	ĐN	34	0,2-1,4	ĐĐN	63			



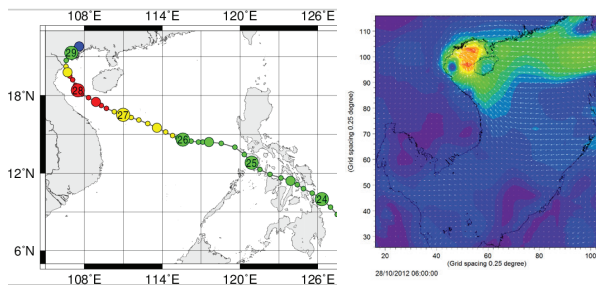
Hình 12: hoa sóng trong mùa đông tại các vị trí ven biển Thanh Hóa

+ Đặc trưng dòng chảy: dòng chảy khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa trong mùa đông có xu thế giảm nhỏ so với dòng chảy trong mùa hè. Dòng chảy khu vực biển sâu có hướng chiếm ưu thế là TN, trị số dòng chảy nhỏ, chỉ đạt dưới 0,4 m/s. Khu vực ven bờ phía bắc và phía nam cửa sông Mã dòng chảy có hướng chính là ĐB-TN theo hướng đường bờ, dòng chảy hướng TN chiếm ưu thế, trị số dòng chảy nhỏ (chỉ đạt dưới 0,4 m/s). Khu vực cửa sông Mã, do mùa đông trùng với mùa khô nên lượng nước từ sông ra nhỏ (điểm C) (xem hình 13).



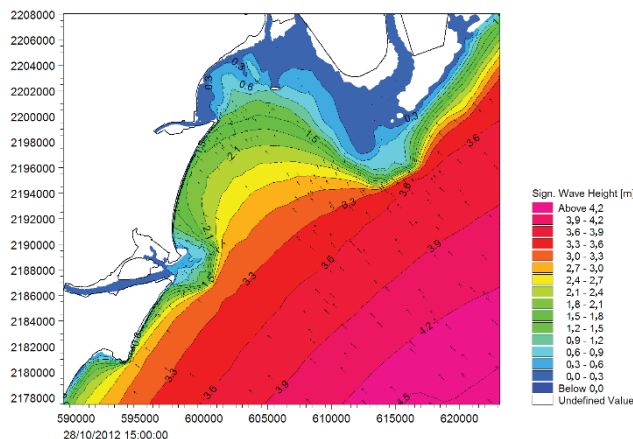
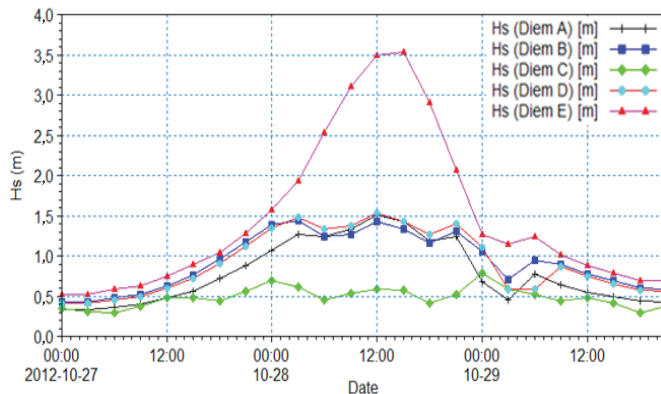
Hình 13: hoa dòng chảy mùa đông tại các vị trí ven biển Thanh Hóa

Đặc trưng sóng trong bão: vào mùa mưa bão, khu vực biển Thanh Hóa thường xuyên chịu ảnh hưởng của các cơn bão đổ bộ vào các tỉnh ven biển vịnh Bắc Bộ, các cơn bão mạnh thường xảy ra vào khoảng thời gian cuối mùa mưa bão. Cơn bão Sơn Tinh (27-29.10.2012) có cường độ mạnh (đạt 205 km/h khi tiến vào vịnh Bắc Bộ), tuy không đổ bộ trực tiếp vào địa phận tỉnh Thanh Hóa nhưng do đường đi của cơn bão phức tạp, chạy dọc theo ven biển các tỉnh miền Trung rồi đổ bộ vào các tỉnh từ Thái Bình đến Hải Phòng nên đã gây ra sóng lớn cho vùng biển Thanh Hóa.



Hình 14: đường đi và trường gió của cơn bão Sơn Tinh (bão số 8 năm 2012)
Nguồn: Tổ chức khí tượng Nhật Bản và ECMWF

Kết quả tính toán cho thấy, chiều cao sóng H_s trong bão khu vực ngoài vùng nước sâu (điểm E) có thể đạt 3,5 m. Sóng trong bão khi vào vùng ven bờ bị suy giảm rất nhanh, vùng ven bờ chiều cao sóng H_s trong bão cũng chỉ đạt 1,5 m, ven bờ phía nam cửa sông Mã sóng có chiều cao lớn hơn ven bờ phía bắc cửa sông Mã. Khu vực trong cửa sông Mã do có cồn nổi chắn cửa nên sóng lớn trong bão bị suy giảm khá nhanh, không truyền được vào sâu trong cửa sông, chiều cao sóng H_s trong cửa sông chỉ đạt 0,5 m.



Hình 15: chiều cao sóng và trường sóng trong bão Sơn Tinh
thời điểm bão tiến gần bờ

Kết luận

Các kết quả tính toán phân tích trong nghiên cứu

này cho thấy, chế độ thủy động lực khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa khá phức tạp do tương tác giữa dòng chảy sông với biển, khu vực có chế độ thủy động lực biến đổi theo mùa rõ rệt. Xét về chế độ thủy động lực thì khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa có thể chia làm 4 khu vực chính có các đặc điểm về sóng và dòng chảy khác nhau:

- Khu vực nước sâu (cao độ đáy dưới -10 m): trong mùa hè, sóng có hướng từ ĐĐN đến NĐN, trong đó hướng chính là ĐN, chiều cao sóng H_s từ 0,2-1,2 m. Trong mùa đông, sóng có hướng từ ĐĐN đến ĐN, trong đó hướng chính là ĐĐN, chiều cao sóng H_s từ 0,2-1,4 m. Sóng trong bão có chiều cao sóng lớn, H_s đạt 3,5-4,0 m, tuy nhiên khu vực ven bờ có địa hình đáy nông nên chiều cao sóng giảm mạnh khi tiến vào bờ. Khu vực này dòng triều nhỏ, chỉ đạt dưới 0,5 m/s.

- Khu vực trước cửa sông Mã: do có dòng chảy từ sông ra và có bãi cát ngầm chắn cửa nên sóng khu vực này không cao, chiều cao sóng H_s chỉ đạt 0,5-0,8 m, sóng trong bão và triều cường có thể đạt dưới 1,5 m. Dòng chảy từ sông ra trong mùa đông (mùa kiệt) có trị số đạt khoảng dưới 0,5 m/s, trong mùa hè (mùa lũ) có thể đạt khoảng 1 m/s.

- Khu vực ven bờ phía bắc cửa sông Mã (từ cửa sông Mã đến cửa Lạch Trường): sóng có hướng chính là ĐN, chiều cao sóng mùa hè lớn hơn mùa đông nhưng cũng chỉ đạt dưới 1 m, chiều cao sóng trong bão đạt dưới 1,5 m. Dòng chảy ven bờ mùa hè có hướng dọc bờ lên phía bắc với trị số đạt dưới 0,5 m/s, trong mùa đông dòng chảy có hướng cân bằng, với trị số nhỏ hơn 0,4 m/s.

- Khu vực ven bờ phía nam cửa sông Mã (từ cửa sông Mã đến cửa sông Yên, có bãi biển Sầm Sơn): sóng khu vực này có chiều cao lớn hơn ven bờ phía bắc, trong bão chiều cao sóng H_s có thể đạt trên 1,5 m. Trong mùa hè sóng có hướng chính là ĐN, mùa đông sóng hướng chính là ĐĐN và ĐN, chiều cao sóng có thể đạt 1,2 m. Dòng chảy dọc bờ mùa hè có hướng bắc thiên lớn, mùa đông hướng nam thiên lớn hơn, trị số dòng chảy đạt dưới 0,5 m/s.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin được cảm ơn PGS.TS Nguyễn Thọ Sáo - người đã có những ý kiến đóng góp quý báu trong quá trình chỉnh sửa, hoàn thiện bài báo. Bài báo cũng là kết quả của đề tài “Nghiên cứu đánh giá tác động của các hồ chứa thượng nguồn đến biến động lòng dẫn hạ du, cửa sông ven biển hệ thống sông Mã

và đề xuất giải pháp hạn chế tác động bất lợi nhằm phát triển bền vững” thuộc Chương trình nghiên cứu khoa học cấp nhà nước KC08/11-15, được tài trợ bởi Văn phòng Các chương trình trọng điểm cấp nhà nước (Bộ Khoa học và Công nghệ).

Tài liệu tham khảo

[1] Lê Mạnh Hùng, Hồ Việt Cường (2013), “Nghiên cứu tác động của chế độ thủy động lực vùng ven bờ, ảnh hưởng đến diễn biến xói lở bờ biển Sầm Sơn - Thanh Hóa”, *Tạp chí KH&CN Thủy lợi*, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

[2] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2009), *Dự án điều tra cơ bản “Điều tra hiện trạng cửa sông Mã tỉnh Thanh Hóa và kiến nghị các giải pháp bảo vệ khai thác hoàn thiện”*.

[3] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2011), *Dự án “Khảo sát, nghiên cứu đánh giá nguyên nhân, đề xuất giải pháp và lập dự án đầu tư công trình chống sạt lở, bảo vệ bờ biển thị xã Sầm Sơn”*.

[4] Nguyễn Thanh Hùng và nnk (2015), “Nghiên cứu đánh giá tác động của các hồ chứa thượng nguồn đến biến động lòng dẫn hạ du, cửa sông ven biển hệ thống sông Mã và đề xuất giải pháp hạn chế tác động bất lợi nhằm phát triển bền vững”, *đề tài KC08.32/11-15*, Phòng Thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển.