

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC KỊCH BẢN KHAI THÁC CÁT ĐẾN DIỄN BIẾN LÒNG DẪN SÔNG TIỀN ĐOẠN HẠ LƯU CẦU MỸ THUẬN

PGS.TS Đinh Công Sản, PGS. Lê Mạnh Hùng, KS. Nguyễn Ngọc Thành
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Sông Tiền đoạn hạ lưu cầu Mỹ Thuận là một đoạn sông phân nhánh, nhánh trái chảy về địa phận tỉnh Tiền Giang sau đó đổ ra biển Đông qua cửa Đại và cửa Tiểu, nhánh phải chảy qua địa phận tỉnh Vĩnh Long rồi đổ ra biển Đông theo cửa Cổ Chiên, Cung Hầu và Ba Lai. Đây là đoạn sông có chế độ dòng chảy phức tạp do lũ, triều, phân lưu dòng chảy ra các nhánh, đồng thời với những xáo trộn dòng chảy do tác động của con người khai thác thường xuyên liên tục trên đoạn sông như: nuôi trồng thủy sản, khai thác cát, giao thông thủy v.v... Để thấy rõ tác động của hoạt động khai thác cát tới chế độ dòng chảy, biến hình lòng dẫn của đoạn sông nghiên cứu, nhóm tác giả đã ứng dụng mô hình Mike 21C để mô phỏng chế độ động lực và chuyển động bùn cát của một số kịch bản khai thác cát theo quy hoạch được duyệt của các địa phương, sau đó so sánh kết quả nhận được với phương án hiện trạng.

Summary: Tien river at downstream of My Thuan bridge is a branching river, left brach runs through Tien Giang province before going out to the sea via Tieu and Dai river mouths, right branch runs through Vinh Long province prior to flowing to the ocean via Co Chien, Cung Hau and Balai mouths. This part of the river with complicated flow regime due to flood, tide, bifurcation and along with turbulent flow due to the human impacts such as: sand mining, aquaculture activities, navigation and so on... To assess the impact of sand mining to hydrodynamics and morphology of this part of river, the authors used MIKE21C model to simulate hydrodynamics and sediment transport of some sand mining scenarios based on provinces's approved sand mining plans. Subsequently the results were compared to the existing scenario.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Tiền đoạn hạ lưu cầu Mỹ Thuận, là một đoạn sông phân nhánh có chế độ dòng chảy phức tạp, chịu ảnh hưởng không chỉ của chế độ dòng chảy thượng nguồn, chế độ thủy triều biển Đông, hình thái sông phân nhánh, mà còn chịu tác động không nhỏ từ hoạt động khai thác dòng sông của con người như: giao thông thủy, nuôi trồng thủy sản, khai thác cát v.v... Tác động của nhiều yếu tố khác nhau vào đoạn sông đã gây nên những diễn biến phức tạp, rất khó kiểm soát như xói lở bờ nhánh phải chảy qua thành phố Vĩnh Long, bồi lắng lòng dẫn nhánh trái chảy qua địa phận tỉnh Tiền Giang, tỷ lệ phân lưu dòng chảy của hai nhánh luôn thay đổi. Hệ lụy của việc này là nhiều nhà cửa, ruộng vườn, cơ sở hạ tầng bị dòng nước cuốn trôi trong nhiều năm nay ở nhánh phải. Ngược lại lòng sông nhánh trái đang bị bồi lắng gây ảnh hưởng không nhỏ tới giao thông thủy và thoát lũ của sông Tiền. Để hạn chế những diễn biến bất lợi đang xảy ra cho đoạn sông này, chúng ta cần phải xem xét một cách đầy đủ ảnh hưởng của từng yếu tố khách quan và chủ quan tác động tới chế độ thủy động lực và bùn cát của đoạn sông. Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi xin trình bày phương pháp tính toán, đánh giá sự thay đổi của chế độ động lực, bùn cát của đoạn sông nghiên cứu dưới tác động của hoạt động khai thác cát, bằng mô hình toán Mike 21C.

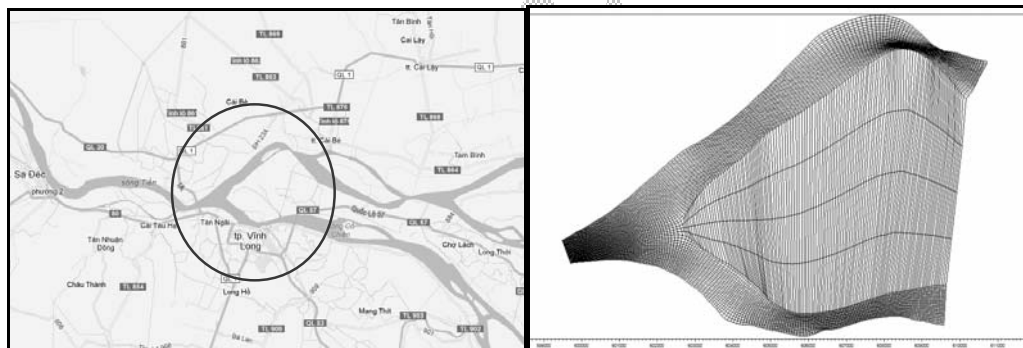
II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu

Đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát, trên cơ sở đó đề xuất giải pháp khai thác cát hợp lý cho một đoạn sông, có thể sử dụng mô hình vật lý, mô hình toán, đo đạc theo dõi thực tế chi tiết trong thời gian khai thác theo các kịch bản khác nhau hoặc kết hợp các phương pháp với nhau. Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi sử dụng phương pháp mô hình toán Mike 21C để nghiên cứu, trong đó có tiến hành đo đạc thực tế số liệu thủy văn, dòng chảy và bùn cát tại đoạn sông nghiên cứu để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Mô hình toán Mike 21C do Viện kỹ thuật tài nguyên nước và môi trường Đan Mạch (DHI) thiết lập, đã được ứng dụng khá phổ biến ở nhiều nước trên thế giới, để nghiên cứu chế độ động lực và diễn biến lòng sông. Nhìn chung kết quả nghiên cứu bằng mô hình toán Mike 21C cho kết quả khá chính xác, có thể chấp nhận được [0].

Thiết lập mô hình phục vụ nghiên cứu

Mô phỏng đoạn sông nghiên cứu bằng mô hình toán MIKE 21C bằng hệ lưới cong (Curvilinear Grid Generator) vuông góc với phương dòng chảy tại mỗi vị trí (thể hiện ở hình 1), dựa trên tài địa hình được đo đạc vào năm 2010 do Viện Khoa học thủy lợi miền Nam thực hiện.



Hình 0. Phạm vi nghiên cứu sông Tiền đoạn hạ lưu cầu Mỹ Thuận và hệ lưới cong

Dữ liệu thủy văn, gồm ba biên hồ, trong đó biên thượng lưu tại trạm Mỹ Thuận, sử dụng đường quá trình lưu lượng, hai biên mực nước phía hạ lưu tại khu vực phà Đình Khao (nhánh Cô Chiên) và Đông Phú (nhánh sông Tiền) dùng đường quá trình mực nước. Biên lưu lượng và hai biên mực nước, tại ba biên hồ cung cấp cho mô hình MIKE 21C được trích xuất từ kết quả tính toán từ mô hình MIKE11 cho toàn hệ thống sông Mê Kông, sau khi đã được kiểm định độ chính xác.

Dữ liệu bùn cát [0], lấy từ mô hình MIKE 11 chạy cho toàn hệ thống đồng bằng sông Cửu Long đường kính hạt cát đáy, cấp phối hạt được xác định từ các mẫu bùn cát đáy do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam lấy và phân tích mẫu vào tháng 12/2010 (lấy $d=0,15\text{mm}$ cho khu vực tính toán). Khi tính toán biến hình lòng dẫn đoạn sông nghiên cứu bằng Mike 21C, chúng tôi đã lựa chọn công thức của Engelund and Fredsore [0,2] để tính vận chuyển bùn cát đáy và công thức của Lane-Kalinske để tính bùn cát lơ lửng. Kết quả cho thấy việc lựa chọn các công thức để tính toán hoàn toàn phù hợp với các số liệu thực đo.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình toán rất quan trọng vì từ việc làm này sẽ đảm bảo độ chính xác của kết quả mô phỏng tính toán và dự báo theo các trường hợp, theo các kịch bản quan tâm. Để tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, cần có số liệu thực đo chi tiết với độ chính xác cao, để làm cơ sở cho việc hiệu chỉnh các công thức sử dụng, thông số tính toán ... sao cho kết quả tính toán nhận được sai khác ít nhất so với số liệu thực đo. Điều này được thể hiện qua trị số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSE) và tỷ số độ lệch quan trắc tiêu chuẩn (RSR).

Chỉ số NSE là thông số xác định phương sai dư so với phương sai của chuỗi số liệu thực đo, được tính bằng công thức [0]:

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right] \quad (1)$$

Trong đó:

- NSE là hệ số Nash-Sutcliffe;
- y_i là giá trị thực đo thứ i ;
- \hat{y}_i là giá trị mô phỏng thứ i của mô hình;
- \bar{y} Giá trị thực đo trung bình;
- n là số lần thực đo.

Trị số RSR dùng để tính độ lệch cho phép của kết quả từ mô hình với số liệu thực đo. Giá trị tối ưu của RSR là 0, với các giá trị thấp biểu thị mô phỏng chính xác cao. RSR được tính theo công thức:

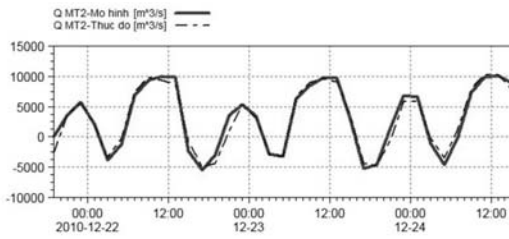
$$RSR = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Trong đó các tham số ở công (2) như đã nêu ở công thức (1). Căn cứ để đánh giá mức độ chính xác của mô hình và thực tế theo hai chỉ số trên được trình bày trong Bảng 1.

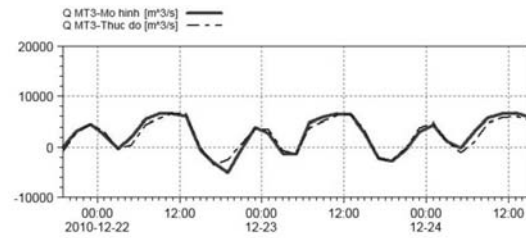
Bảng 1 Đánh giá độ chính xác của mô hình theo các chỉ số RSR, NSE [0]

Đánh giá độ chính xác của mô hình	RSR	NSE
Rất tốt	$0,00 \leq RSR \leq 0,50$	$0,75 < NSE \leq 1,00$
Tốt	$0,50 < RSR \leq 0,60$	$0,65 < NSE \leq 0,75$
Đạt	$0,60 < RSR \leq 0,70$	$0,50 < NSE \leq 0,65$
Không đạt	$RSR > 0,70$	$NSE \leq 0,50$

Để làm cơ sở cho việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, chúng tôi đã tiến hành mô phỏng quá trình động lực và biến đổi lòng dẫn đoạn sông nghiên cứu trong khoảng thời gian từ tháng 1 năm 2009 đến tháng 12 năm 2011, sau đó trích xuất số liệu để so sánh kết quả với số liệu thực đo trong 3 ngày 22, 23 và 24/12/2010. Hình 2 thể hiện sự phù hợp giữa kết quả tính toán với giá trị lưu lượng thực đo của hai nhánh.



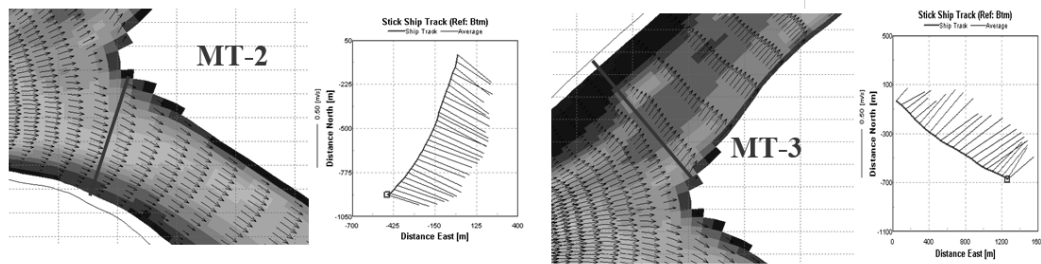
(a)



(b)

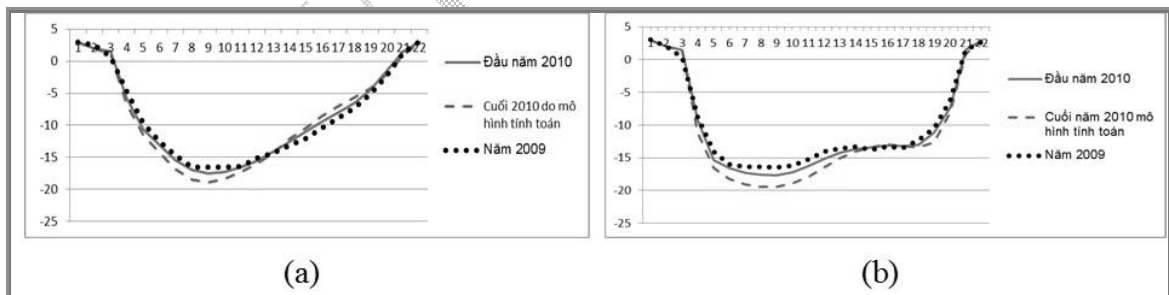
Hình 2. Kết quả kiểm định phân chia lưu lượng nhánh trái (a) và nhánh phải (b)

Hình 3 thể hiện phân bố vận tốc trên mặt bằng và trị số vận tốc tại một mặt cắt trích xuất từ mô hình Mike 2IC và thực tế đo đạc bằng thiết bị đo vận tốc ADCP, lúc 9 giờ ngày 22/12/2010.



Hình 3. So sánh phân bố lưu tốc tại mặt cắt MT-2 và MT-3 lúc 9h00' ngày 22-12-2010 giữa kết quả mô phỏng bằng MIKE 2IC và tài liệu thực đo bằng thiết bị ADCP

Hình 4 thể hiện quá trình diễn biến lòng dẫn hai mặt cắt ngang nhánh phải tại Trường An và Tp. Vĩnh Long



(a)

(b)

Hình 4. Diễn biến hình thái tại mặt cắt trên nhánh phải tại Trường An (a) và Tp. Vĩnh Long (b)

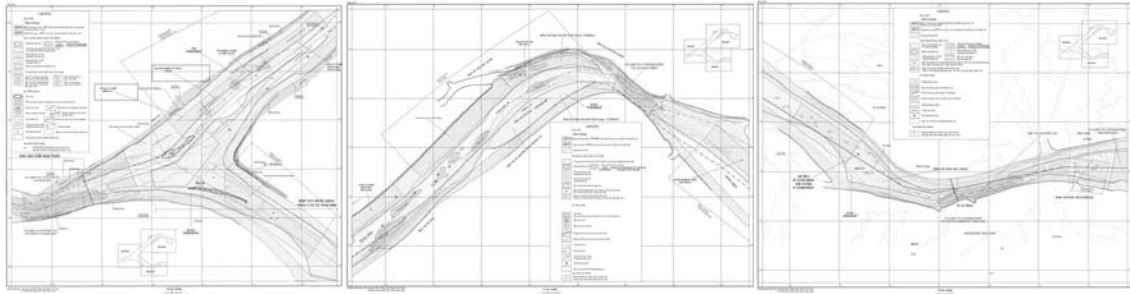
Số liệu tính toán cuối cùng bằng mô hình toán được so sánh với giá trị thực đo, sau đó tính trị số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSE) theo công thức (1) và tỷ số độ lệch quan trắc tiêu chuẩn (RSR), theo công thức 2. Kết quả nhận được $NSE = 0,975$ và $RSR = 0,156$. Từ kết quả kiểm định trên cho thấy các yếu tố thủy lực và biến hình lòng dẫn của mô hình so với thực đo có sự sai khác không nhiều. Chính vì vậy có thể dùng mô hình với các tham số đã hiệu chỉnh để nghiên cứu tác động của các kịch bản khai thác cát.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Qui hoạch khai thác cát và các kịch bản

3.1. Quy hoạch khai thác cát được phê duyệt

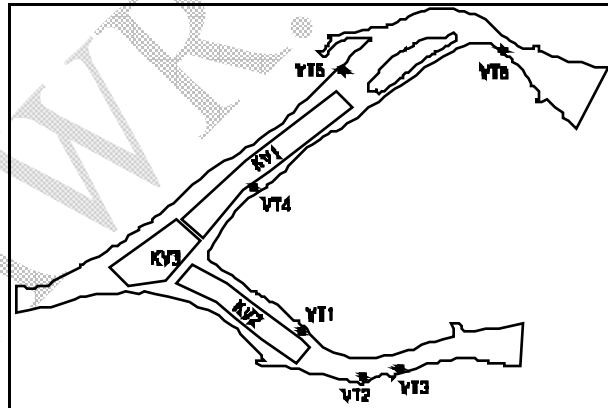
Mỏ cát khu vực nghiên cứu thuộc địa phận 2 tỉnh Vĩnh Long và Tiền Giang. Theo quy hoạch khai thác cát trên sông Tiền của tỉnh Vĩnh Long và Tiền Giang đến năm 2020, khu vực nghiên cứu có thân cát ST-TQ.1 (thuộc Vĩnh Long) và thân cát II (thuộc Tiền Giang) với quy mô: chiều dài 12,4 km, chiều rộng trung bình 600 m, chiều sâu thân cát 3,85 m đối với Vĩnh Long và 5,5 m đối với Tiền Giang [0,0].



Hình 5. Bản đồ Quy hoạch khai thác cát khu vực hạ lưu cầu Mỹ Thuận

3.2. Các kịch bản khai thác cát

Các kịch bản khai thác cát được xây dựng dựa trên yêu cầu thực tế của địa phương trong quản lý, cấp phép và kỹ thuật khai thác. Trong phạm vi nghiên cứu khu vực khai thác được chia thành 3 vùng khai thác chính kí hiệu là KV1, KV2 và KV3 tương ứng hình 6.



Hình 6. Vị trí các khu vực khai thác cát trên đoạn sông nghiên cứu và các vị trí theo dõi biến đổi lưu tốc dòng chảy trên hai nhánh sông

Để thấy rõ ảnh hưởng của các kịch bản khai thác cát trên đoạn sông này đến tỷ lệ phân lưu lượng giữa hai nhánh và sự thay đổi độ lớn vận tốc dòng chảy tại một số điểm đặc trưng (các vị trí VT1, VT2, VT3 trên nhánh phải và các vị trí VT4, VT5 và VT6 trên nhánh trái), là những điểm nhạy cảm với xói lở và bồi lắng lòng dẫn. Trong bài báo này chúng tôi tiến hành xem xét 4 kịch bản khai thác cát khác nhau:

- Kịch bản 1, khai thác cát ở khu vực KV1 với quy mô khai thác chiều rộng B=600m chiều dài L=5km và độ sâu H=-15m, trên nhánh trái (xem hình 6);
- Kịch bản 2, khai thác cát ở khu vực KV2 với quy mô khai thác chiều rộng B=500m chiều dài L=3km và độ sâu H=-18m trên nhánh phải (hình 6);
- Kịch bản 3, khai thác đồng thời ở cả hai khu vực KV1 và KV3 (khu vực KV3 khai thác với quy mô B=750m, L=1,4km và H=-18m)
- Kịch bản 4, khai thác cát đồng thời ở cả 3 khu vực KV1, KV2 và KV3 với quy mô như kịch bản KB1, KB2 và KB3.

Kết quả tính toán và thảo luận

3.3. Ảnh hưởng của các kịch bản khai thác cát tới tỷ lệ phân lưu dòng chảy hai nhánh

Xem xét khả năng biến đổi phân chia lưu lượng có lợi nhất sẽ là kịch bản chỉ KTC ở KV1 và KV3 xét về mức độ giảm thiểu xói lở nhánh sông Cổ Chiên, vì giảm được lưu lượng khoảng 5% cho nhánh này (ứng với cấp lưu lượng tạo lòng). Đồng thời, lưu lượng ở nhánh sông Tiền gia tăng đạt tới 5% tương ứng, làm giảm thiểu bồi lắng. Kết quả cụ thể xem trong bảng 2.

Bảng 2. Tỷ lệ phân lưu trung bình giữa hai nhánh sông Cổ Chiên và Sông Tiền theo kịch bản khai thác cát 5 ứng với các cấp lưu lượng thượng lưu

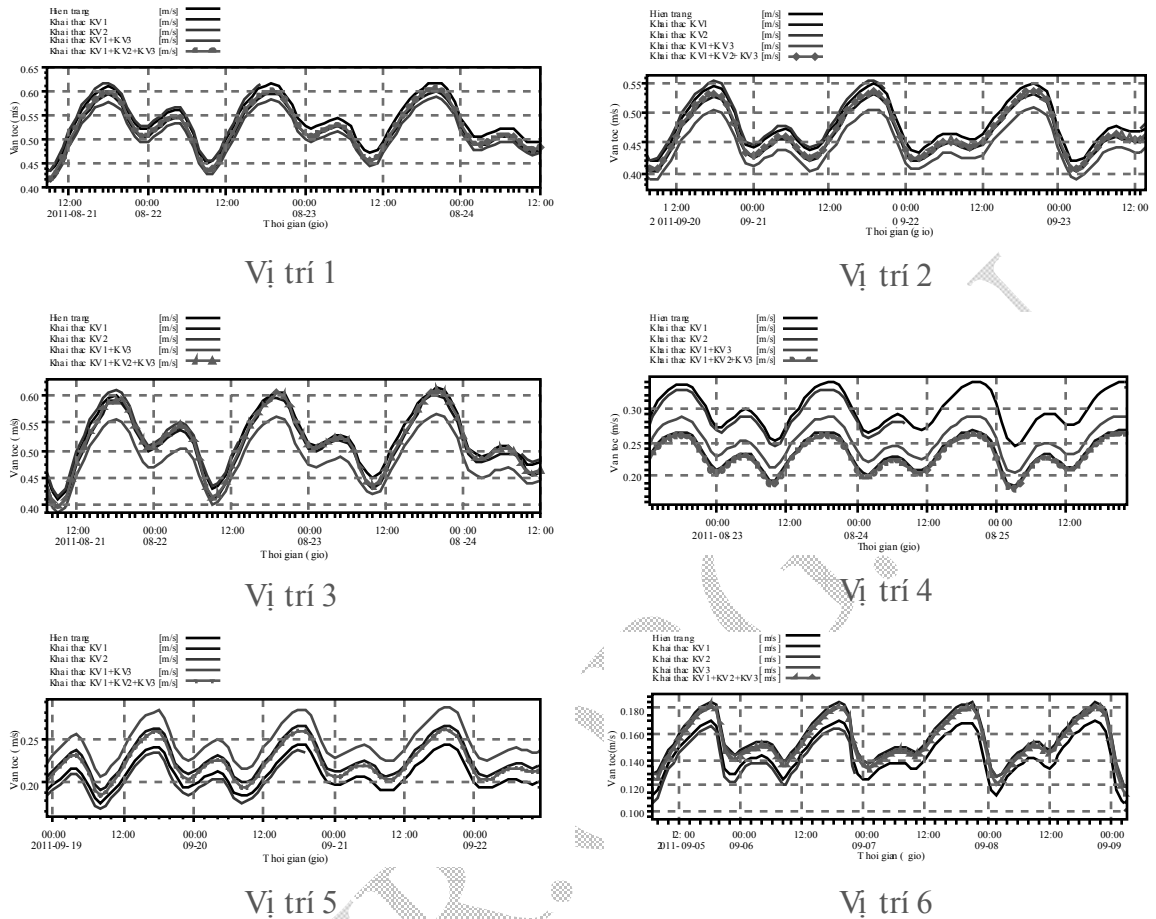
Cấp Q (m ³ /s)	Hiện trạng		2009		2010		2011	
	s. Cô Chiên	Sông Tiền	s. Cô Chiên	Sông Tiền	s. Cô Chiên	Sông Tiền	s. Cô Chiên	Sông Tiền
14,000 ÷ 20,500	69.56	30.44	65.41	34.59	64.61	35.39	64.60	35.40
Tăng giảm so với khi không khai thác cát			-4.16	4.16	-4.96	4.96	-4.96	4.96
9,000 ÷ 13,900	70.83	29.17	67.29	32.71	65.23	34.77	65.87	34.13
Tăng giảm so với khi không khai thác cát			-3.54	3.54	-5.60	5.60	-4.96	4.96
4,000 ÷ 8,900	71.86	28.14	67.96	32.04	67.79	32.21	66.67	33.33
Tăng giảm so với khi không khai thác cát			-3.90	3.90	-4.07	4.07	-5.19	5.19

3.4. Ảnh hưởng của các kịch bản khai thác cát tới độ lớn của vận tốc dòng chảy tại các vị trí đặc trưng

Xem xét đường quá trình lưu tốc tại vị trí VT1, VT2, VT3 trên nhánh phải (sông Cổ Chiên) và VT4, VT5, VT6 trên nhánh trái (sông Tiền) có nhận xét:

- Nhìn chung tác động của các kịch bản khai thác cát đối với lưu tốc dòng chảy là không lớn, do sông rộng và sâu, mặt cắt thay đổi do khai thác cát không nhiều.
- Vị trí VT1, VT2 và VT3 khi khai thác cát theo KB2 lưu tốc tăng so với hiện trạng, do dòng chảy nhánh sông Cổ Chiên tăng lên. Các kịch bản khác lưu tốc ở các vị trí này đều giảm so với hiện trạng giảm nhiều nhất là KB3 tại VT3, với mức giảm khoảng 0,05m/s tương đương với khoảng 9% lưu tốc của phương án hiện trạng. Tác động của kịch bản này sẽ làm giảm khả năng xói lở khu vực Tp. Vĩnh Long.

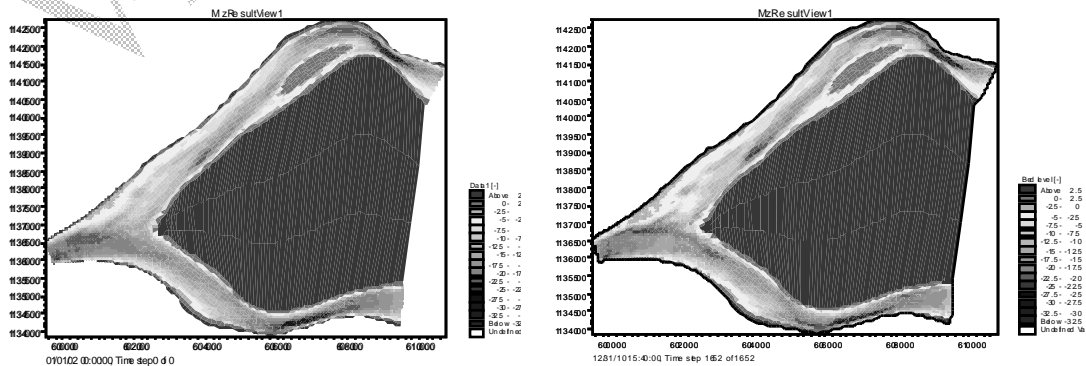
- Tại các vị trí VT4, VT5 và VT6 lưu tốc có thay đổi so với hiện trạng ở tất cả các kịch bản, nhưng mức độ cũng không nhiều.



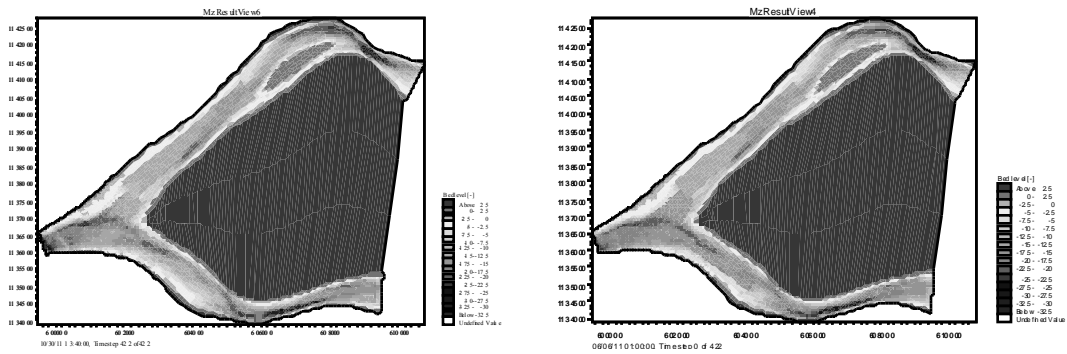
Hình 7. Đường quá trình thay đổi lưu tốc của các kịch bản khai thác cát so với hiện trạng (không khai thác cát)

3.5. Ảnh hưởng của các kịch bản khai thác cát tới biến hình lòng dẫn

Kết quả biến hình lòng dẫn trong thời gian 3 năm, với liệt thủy văn, bùn cát tương tự như các năm 2009, 2010 và 2011 (đại diện cho các năm lũ nhỏ, trung bình và lũ lớn) theo các kịch bản hiện trạng (không khai thác cát) và các kịch bản khai thác cát được trình bày ở các hình 8 và hình 9.

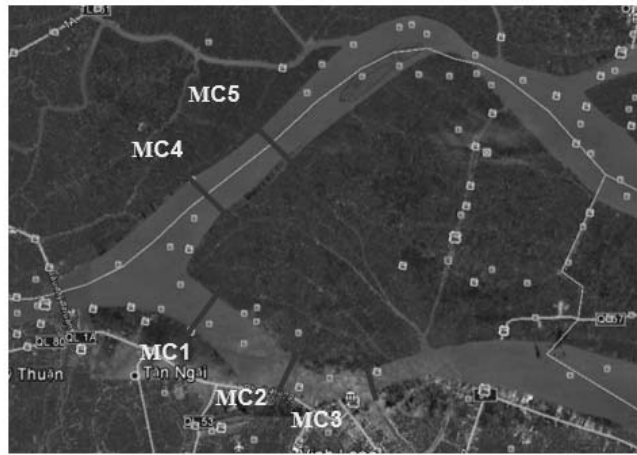


Hình 8. Địa hình hiện trạng và địa hình sau 3 năm không khai thác cát

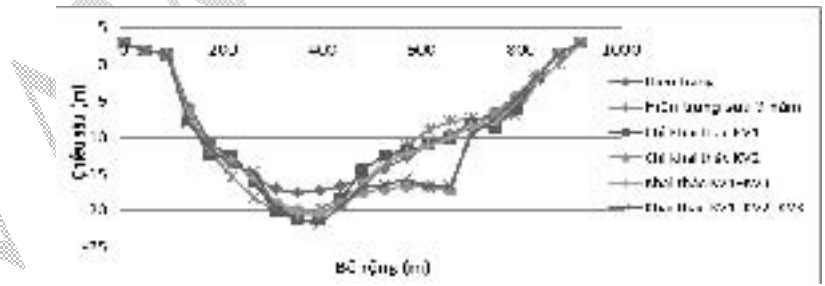


Hình 9. Địa hình sau 3 năm sau khi chỉ khai thác cát KV1 +KV3 (bên trái) và khai thác KV1+KV2+KV3 (bên phải)

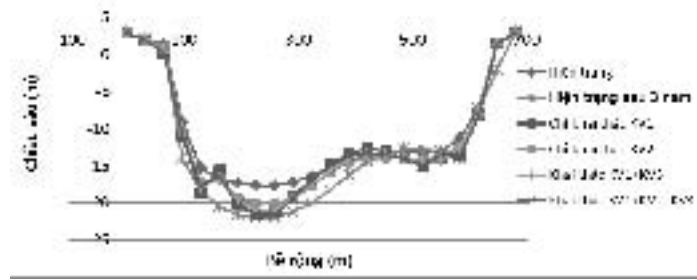
Để xem xét biến hình lòng dẫn sau 3 năm mô phỏng một cách rõ ràng hơn, có thể xem xét một số mặt cắt ngang trong khu vực nghiên cứu, thể hiện ở hình 10. Kết quả biến hình lòng dẫn trên mặt cắt được chỉ ra ở hình 11 đến hình 15.



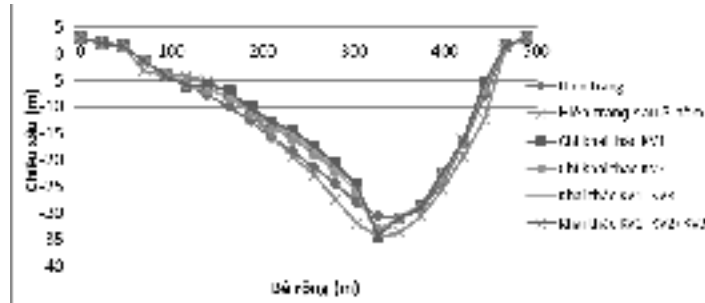
Hình 10. Vị trí trích xuất mặt cắt ngang lòng dẫn để đánh giá diễn biến sau 3 năm



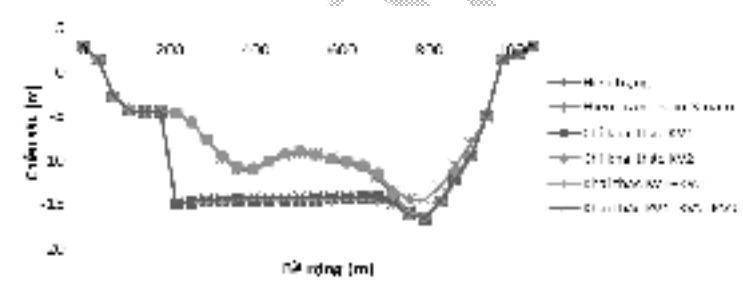
Hình 11. Biến hình trên các mặt cắt MCI ở hạ lưu cầu Mỹ Thuận sau 3 năm thủy văn 2009-2010 và 2011 theo kịch bản khai thác cát khác nhau



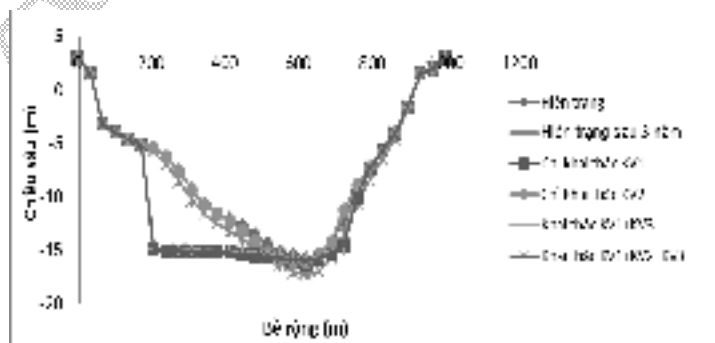
Hình 12. Biến hình trên các mặt cắt MC2 ở hạ lưu cầu Mỹ Thuận sau 3 năm thủy văn 2009-2010 và 2011 theo kịch bản khai thác cát khác nhau



Hình 13. Biến hình trên các mặt cắt MC3 ở hạ lưu cầu Mỹ Thuận sau 3 năm thủy văn 2009-2010 và 2011 theo kịch bản khai thác cát khác nhau



Hình 14. Biến hình trên các mặt cắt MC4 ở hạ lưu cầu Mỹ Thuận sau 3 năm thủy văn 2009-2010 và 2011 theo kịch bản khai thác cát khác nhau



Hình 15. Biến hình trên các mặt cắt MC5 ở hạ lưu cầu Mỹ Thuận sau 3 năm thủy văn 2009-2010 và 2011 theo kịch bản khai thác cát khác nhau

Qua kết quả tính toán cho thấy:

- Khi không khai thác cát, biến hình lòng dẫn sau 3 năm nhánh phải (sông Cổ Chiên) có xu thế bị xói, nhánh trái (sông Tiền) có xu thế bồi tụ mạnh đặc biệt là khu vực ngang với đầu cù lao An Bình. Vấn đề này không có lợi cho việc phòng chống xói lở và bồi lắng khu vực.

- Khai thác cát tại các khu vực quy hoạch không ảnh hưởng nhiều đến xói lở bồi lắng lòng sông. Xu thế là biến đổi lòng dẫn có lợi hơn khi có khai thác cát, như đối với MC1, MC2 và MC3.

- Khai thác cát theo kịch bản 3 (KB3) cho kết quả có lợi hơn cả về biến hình lòng dẫn cho đoạn sông trên phương diện chống xói lở, bồi lắng: nhánh phải (sông Cổ Chiên - Tp. Vĩnh Long) sẽ giảm xói lở và nhánh trái (sông Tiền) sẽ giảm bồi lắng, giảm ách tắc giao thông thủy.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Khai thác cát là một việc làm cần thiết, ngoài giá trị cao của nguồn tài nguyên cát đem lại, nếu khai thác đúng vị trí, đúng kỹ thuật có thể góp phần điều khiển được dòng chảy, giảm thiểu xói bồi. Ngược lại nó có thể gây ra những tác động xấu trên phương diện gia tăng xói bồi ở những khu vực không mong muốn.

Từ các kết quả nghiên cứu đối với khu vực sông Tiền hạ lưu cầu Mỹ Thuận, về diễn biến vận tốc dòng chảy, về thay đổi tỷ lệ phân lưu và diễn biến xói bồi lòng dẫn của sông Tiền (đoạn Tiền Giang) và sông Cổ Chiên (đoạn thị xã Vĩnh Long) có thể đưa ra một số ý kiến sau:

- Khai thác cát theo các kịch bản KB1, KB3 và BK4 giúp khai thông dòng chảy bên nhánh sông Tiền, làm cho lưu lượng, lưu tốc nhánh sông Cổ Chiên giảm. Xói bồi lòng sông khu vực nghiên cứu cũng được phân bố lại theo xu thế có lợi hơn ở cả hai nhánh sông. Trong 3 kịch bản trên thì kịch bản KB3 là có hiệu quả nhất (tức là không khai thác cát ở nhánh sông Cổ Chiên).

- Khai thác cát theo kịch bản KB2 cho kết quả ngược lại với 3 kịch bản trên, làm cho lưu lượng, lưu tốc nhánh sông Cổ Chiên tăng lên, mặt khác khu vực khai thác cát theo kịch bản KB2 có kè Cổ Chiên đang thi công và sẽ hoàn thành trong giai đoạn sắp tới, không có lợi về chống sạt lở. Chúng tôi kiến nghị hạn chế dần và tiến tới dừng khai thác khu vực này.

Tình hình khai thác cát thực tế trong khu vực đang diễn ra khá phức tạp, ngoài nạn khai thác cát lậu thì khai thác cát không tuân thủ theo đúng vị trí quy hoạch, thời gian và quy trình khai thác cũng đang diễn ra khá phổ biến ở địa phương. Kết quả của việc này đã gây ra sạt lở bờ sông ở các khu vực lân cận. Chúng tôi cũng kiến nghị chính quyền địa phương phải theo dõi chặt chẽ hơn nữa quá trình khai thác cát của các doanh nghiệp để đảm bảo khai thác cát theo đúng quy hoạch được duyệt, để tránh gia tăng xói lở trong khu vực và không làm thất thoát tài nguyên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đinh Công Sản (2007), “*Một số vấn đề về động lực học dòng chảy và hình thái sông Cửu Long*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

- [2]. Dinh Cong San, (2005) “Research on river bed erosion and sedimentation prediction by MIKE21C model at Tan Chau-Hong Ngu area, in the Mekong River”, *Proceedings of the International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River basin*, pp. 188-195.
- [3]. Dinh Cong San, (2008) “River bed scour and deposition, the causes and suitable measure to stabilize river bank and protection work at Lasan – Maithon reach, Thanh Da peninsula – Sai Gon River – Hochiminh City”, *1st International Conference for Environment and Natural Resources March 17th - 18th, 2008*, Environmental Protection for Urban and Industrial Zones to International Integration, HCMC.Vietnam.
- [4]. Lê Mạnh Hùng (2004), Báo cáo tổng kết dự án Khoa học công nghệ cấp nhà nước, “Nghiên cứu dự báo xói lở, bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ở Đồng bằng sông Cửu Long”, Viện KHTL miền Nam.
- [5]. Lê Mạnh Hùng và nkn (2010), Báo cáo khảo sát thủy văn, “Nghiên cứu ảnh hưởng hoạt động khai thác cát đến thay đổi lòng dẫn sông Cửu Long (sông Tiền, sông Hậu) và đề xuất giải pháp quản lý, quy hoạch khai thác hợp lý” – Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [6]. Moriasi D.N *et al.* (2007), Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE* **50**, 885.
- [7]. Sở TN&MT tỉnh Tiền Giang (2006), Quy hoạch thăm dò, khai thác và sử dụng tài nguyên khoáng sản cát lòng sông Tiền, tỉnh Tiền Giang đến năm 2020.
- [8]. UBND Tỉnh Vĩnh Long 29/12/2009. Quyết định về việc phê duyệt Quy hoạch thăm dò, khai thác, và sử dụng khoáng sản cát lòng sông trên địa bàn tỉnh Vĩnh Long đến năm 2020 số 29/2009/QĐ-UBND.