

Bài báo khoa học

Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở bờ sông: trường hợp nghiên cứu tỉnh Trà Vinh

Huỳnh Văn Hiệp^{1*}, Huỳnh Hữu Trí¹, Nguyễn Thành Công¹, Ngô Gia Truyền¹

¹ Bộ môn Xây dựng, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, trường Đại học Trà Vinh;
hvhiiep@tvu.edu.vn; huynhhuutri-bmxd@tv.edu.vn; nguyenthanhcong@tvu.edu.vn;
giatruyen@tvu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: hvhiiep@tvu.edu.vn, Tel: +84-963887689

Ban Biên tập nhận bài: 2/8/2022; Ngày phản biện xong: 9/9/2022; Ngày đăng bài: 25/9/2022

Tóm tắt: Những năm gần đây tình hình sạt lở bờ biển, bờ sông ngày càng nghiêm trọng và diễn biến phức tạp. Tần suất xảy ra thường xuyên và cường độ ngày càng mạnh hơn, dữ dội hơn và không dự đoán trước được. Mục tiêu của bài báo là xác định các nguyên nhân sạt lở bờ sông tỉnh Trà Vinh sử dụng phương pháp điều tra và đo đạc thực địa và lập bảng câu hỏi phỏng vấn người dân và chính quyền khu vực sạt lở. Kết quả cho thấy rằng có 4 nguyên nhân chính đó là giao thông thủy, tác động của sóng và thủy triều, nạo vét lòng sông và đắp nền đường, địa chất yếu và một số nguyên nhân phụ khác như lượng phù sa giảm do các đập ở thượng nguồn, khai thác cát, mực nước ngầm hạ thấp và sụt lún mặt đất. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở giúp người dân, chính quyền các cấp có cái nhìn tổng quan để có giải pháp ứng phó hợp lý cho phát triển bền vững tài nguyên đất.

Từ khóa: Sạt lở; Địa chất yếu; Bờ sông; Trà Vinh.

1. Giới thiệu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có nhiều hệ thống kênh chằng chịt với nhau và đều thông ra biển Đông. Hiện nay, do nhiều nguyên nhân khác nhau mà tình hình sạt lở trở nên trầm trọng gây ảnh hưởng đến đời sống người dân trong khu vực. Trà Vinh là tỉnh ven biển khu vực ĐBSCL đang chịu tác động mạnh của biến đổi khí hậu-nước biển dâng đến mọi mặt của hoạt động kinh tế, xã hội, môi trường và tự nhiên. Trong 10 năm gần đây, sạt lở bờ sông diễn ra rất nhanh và có xu thế tăng dần theo từng năm tại Trà Vinh gây thiệt hại về hạ tầng, hoa màu, làm suy thoái thảm rừng ven sông, đe dọa trực tiếp tới nhà cửa, sinh mạng và sinh kế của nhân dân. Đây là vấn đề rất khó khăn, có thể kể ra rất nhiều nguyên nhân bao gồm các nguyên nhân khách quan, chủ quan hay vừa khách quan cộng thêm chủ quan và cũng có thể nói cách khác là nhân tai, thiên tai hay là thiên tai có thêm yếu tố nhân tai cộng hưởng. Do tính phức tạp của vấn đề sạt lở bờ sông bờ biển được nhiều người quan tâm theo dõi nghiên cứu xử lý, trước tình hình diễn biến của biến đổi khí hậu ngày càng rõ nét hơn.

Theo số liệu thu thập hiện tại trên sông Tiền có trên 202 điểm sạt lở với tổng chiều dài 218 km, sông Hậu có trên 90 điểm sạt lở với tổng chiều dài 183 km và khu vực tỉnh Cà Mau có 61 điểm sạt lở với tổng chiều dài 150 km. Nếu xét trên toàn bộ sông ở ĐBSCL thì tổng số điểm sạt lở lên đến 665 điểm với tổng chiều dài 1048 km. Vấn đề sạt lở xảy ra từ nhiều thập kỷ, tuy nhiên hiện tượng sạt lở trong thời gian 10 năm trở lại đây đã xảy ra càng lúc càng trầm trọng và tốc độ sạt lở càng lúc càng gia tăng [1].

Theo báo cáo của Ủy ban nhân dân tỉnh Trà Vinh thì Sạt lở bờ sông: Phía sông Hậu thuộc các huyện Cầu Kè, Tiểu Cần, Trà Cú; phía sông Cổ Chiên thuộc các huyện Càng Long, Châu

Thành, Cầu Ngang và thành phố Trà Vinh sạt lở từ 1,5–50,35 km. Sạt lở bờ biển: Khu vực bờ biển ấp Nhì, xã Mỹ Long Nam (huyện Cầu Ngang), bờ biển xã Hiệp Thạnh (thị xã Duyên Hải), khu vực Cồn Nhân, xã Đông Hải (huyện Duyên Hải) sạt lở từ 6–8 km [2].

Các nghiên cứu đã đánh giá được hiện trạng, quá trình diễn biến xói lở, bồi tụ bờ sông; dự báo xói lở (dựa trên các mô hình toán thủy văn, thủy lực; công thức kinh nghiệm...) cho một số khu vực trọng điểm; đánh giá tác động khai thác cát đến thay đổi lòng dẫn sông [3]; một số công trình đã được thực thi nhằm hạn chế xói lở, nhất là giải pháp khoa học và công nghệ [4–5] và bước đầu phát huy hiệu quả... Tuy nhiên, những nghiên cứu chủ yếu được thực hiện bằng các phương pháp riêng lẻ nên những kết quả thu được chủ yếu mang tính chất tham khảo. Mặt khác, những phương pháp (vật lý, mô hình thủy văn – thủy lực...) đòi hỏi số liệu đầu vào lớn và đủ dài mới đảm bảo độ tin cậy; nguồn kinh phí lớn [6–8].

Xói lở bờ sông do tác động từ sóng sinh ra bởi tàu, thuyền là một vấn đề ngày càng nghiêm trọng trên nhiều con sông, đặc biệt là ở giữa và phạm vi cửa sông giống như tỉnh Trà Vinh. Một thí nghiệm được thiết kế để liên kết tốc độ xói mòn bờ với các đặc điểm sóng để đo, được thực hiện trên sông Gordon ở Tasmania, cung cấp thông tin hữu ích cho việc quản lý sông. Sóng tạo ra từ một chiếc thuyền, một số đặc điểm đã được đo lường và hầu hết cho thấy mối tương quan cao với tỷ lệ xói lở bờ sông đo được. Chiều cao sóng tối đa của thuyền là biện pháp đo đơn giản nhất và có liên quan trực tiếp của năng lượng xói mòn, phù sa cát không còn vững chắc ở độ cao sóng từ 30 đến 35 cm. Ở tất cả các độ cao sóng tối đa trên 35 cm, các trầm tích ve bờ bị xói mòn một cách nghiêm trọng. Giảm độ cao sóng tối đa xuống < 30 cm bằng cách hạn chế tốc độ thuyền và giảm tần suất đi lại của thuyền, giúp hạn chế quá trình xói lở bờ sông một cách rõ rệt [9].

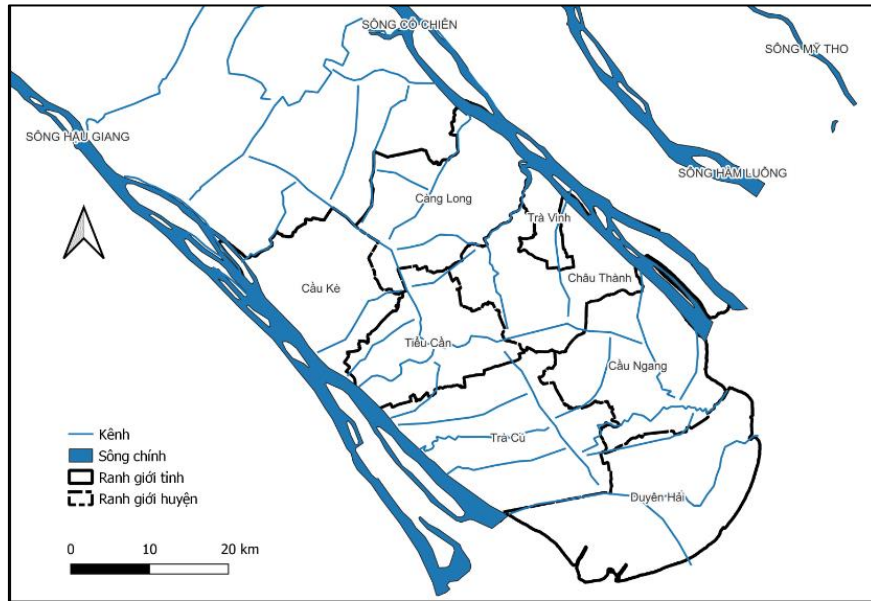
Mất ổn định của bờ sông là một vấn đề lớn cho cả xã hội và các khía cạnh môi trường, đặc biệt là trong trường hợp hạ thấp và dâng cao của mực nước. Sử dụng các mô hình đơn giản hóa kết hợp với sự biến đổi mực nước ngầm và phân tích ổn định tại vị trí bờ sông với dữ liệu thủy văn địa phương, chúng tôi chứng minh rằng nguy cơ sạt lở bờ sông khi mực nước giảm xuống. Điều này là do sự chậm trễ của việc hạ thấp mực nước ngầm và áp lực lỗ rỗng cao trong đất. Do đó, nguy cơ này tăng đáng kể nếu mực nước ngầm ở ngay gần bờ sông cao hoặc giảm mực nước sông nhanh chóng. Hơn nữa, hệ số thấm của đất cũng gây ra nguy cơ sạt lở bờ sông: hệ số thấm của đất càng thấp thì nguy cơ sạt lở bờ sông càng cao nếu mực nước giảm và ngược lại [10]. Hiện tượng sạt lở trên sông rạch ở ĐBSCL đã được nghiên cứu khá nhiều [11–14] và chỉ ra 7 nguyên nhân ảnh hưởng đến diễn biến sạt lở bờ sông như sau: địa chất; địa hình–hình thái sông; chế độ thủy lực; chế độ phù sa bùn cát; khai thác cát; giao thông thủy; xây dựng cơ sở hạ tầng. Sạt lở bờ biển, sông đang xảy ra và có chiều hướng ngày càng gia tăng. Do đó, việc nghiên cứu nghiên cứu phân tích nguyên nhân sạt lở bờ sông tỉnh Trà Vinh có ý nghĩa đặc biệt quan trọng phục vụ quy hoạch bảo vệ bờ sông đảm bảo phát triển kinh tế–xã hội bền vững.

2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Tỉnh Trà Vinh là tỉnh tiếp giáp với biển Đông, Bắc và Tây Bắc giáp tỉnh Vĩnh Long; Đông giáp sông Cổ Chiên, ngăn cách với tỉnh Bến Tre; Tây giáp sông Hậu, ngăn cách với tỉnh Sóc Trăng; Nam và Đông Nam giáp biển với chiều dài hơn 65 km. Tổng diện tích đất tự nhiên của tỉnh Trà Vinh là 229.500 ha. Ở địa thế nằm kẹp giữa hai con sông lớn: sông Hậu và sông Cổ Chiên, có hai cửa sông Cung Hầu và Định An là hai cửa sông quan trọng của vùng ĐBSCL thông với biển Đông. Hệ thống sông tỉnh Trà Vinh là phần hạ lưu của sông Mê công nằm trong lãnh thổ Việt Nam, có hệ thống sông khá dày đặc, bao gồm hệ thống sông tự nhiên và kênh đào khá phát triển, rộng, sâu ở cửa, hẹp và cạn dần khi vào trong nội đồng [15] (Hình 1). Do gần biển, biên độ và mực nước trên sông khá cao nên tiềm năng tiêu tự chảy ở đây rất lớn, do một phần sông có sự giáp nước từ các hướng sông Cổ Chiên nên biên độ triều rất

nhanch [15]. Bên cạnh đó, các sông nội đồng ở chế độ thủy triều bán nhật triều không đều, trong ngày có 2 lần nước lên và 2 lần nước xuống.



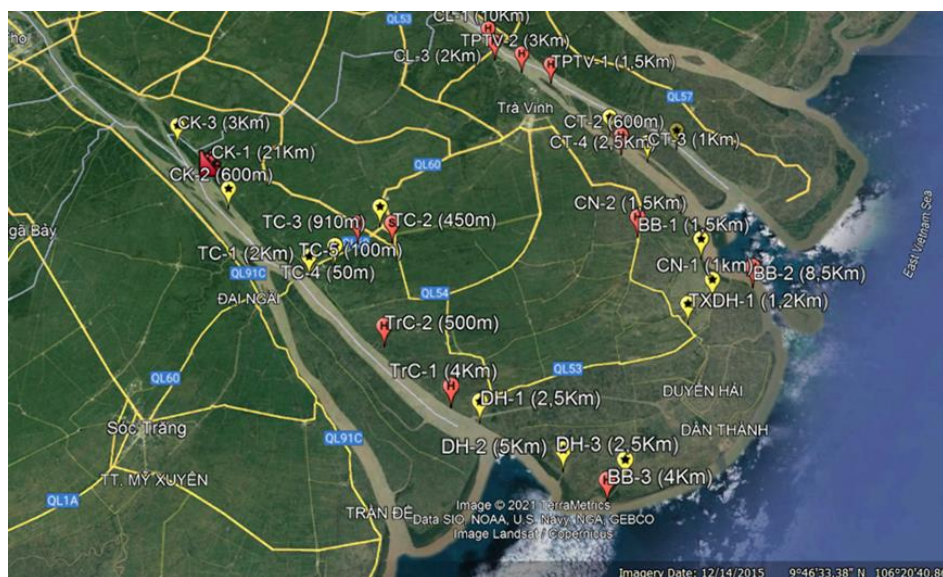
Hình 1. Bản đồ hệ thống sông tỉnh Trà Vinh [15].

2.2. Thu thập số liệu

2.2.1. Điều tra thực địa và khảo sát đo đạc

Đây là phương pháp được sử dụng nhiều trong nghiên cứu về diễn biến đường bờ sông trước đây và hiện nay. Muốn biết rõ được hiện trạng, nắm bắt cụ thể nguyên nhân thì các tài liệu, dữ liệu điều tra hiện trường như hình ảnh, phiếu khảo sát là rất cần thiết. Khảo sát đo đạc mới dữ liệu thủy văn, địa hình là cực kỳ quan trọng để đánh giá một cách chính xác diễn biến lòng sông, chế độ thủy động lực tại vị trí trọng điểm thông qua sử dụng các thiết bị, phương tiện đo đạc, phân tích hiện đại nhằm đảm bảo độ tin cậy các số liệu thu được.

Do tình hình sạt lở mỗi nơi khác nhau, tùy vào vị trí khu vực mà có bảng khảo sát khác nhau. Tại tỉnh Trà Vinh giáp biển Đông và nằm giữa 2 con sông Tiền và sông Hậu nên nhóm nghiên cứu thực hiện khảo sát với 34 điểm trong toàn tỉnh Trà Vinh có 01 Tp. Trà Vinh, 01 thị xã và 06 huyện (Hình 2).



Hình 2. Vị trí sạt lở tỉnh Trà Vinh.



Hình 3. Vị trí sạt lở tại sông Tam Ngãi huyện Cầu Kè, tỉnh Trà Vinh.

2.2.2. Bảng câu hỏi khảo sát

Bảng câu hỏi được thiết lập dựa trên các điều kiện đặc thù tại tỉnh Trà Vinh và được phỏng vấn trực tiếp người dân sinh sống trên 10 năm xung quanh khu vực sạt lở hoặc cán bộ quản lý phòng kinh tế và hạ tầng các thành phố, thị xã và huyện ở khu vực khảo sát. Bảng câu hỏi bao gồm các cột như: Tuyến sông, vị trí sạt lở, chiều dài sạt lở, chiều sâu sạt lở, mức độ sạt lở, địa chất hiện trạng sạt lở, chiều cao mực nước lên xuống, nguyên nhân sạt lở mức độ bồi lắng (nếu có), thời điểm sạt lở và họ tên và chữ kí người được khảo sát.

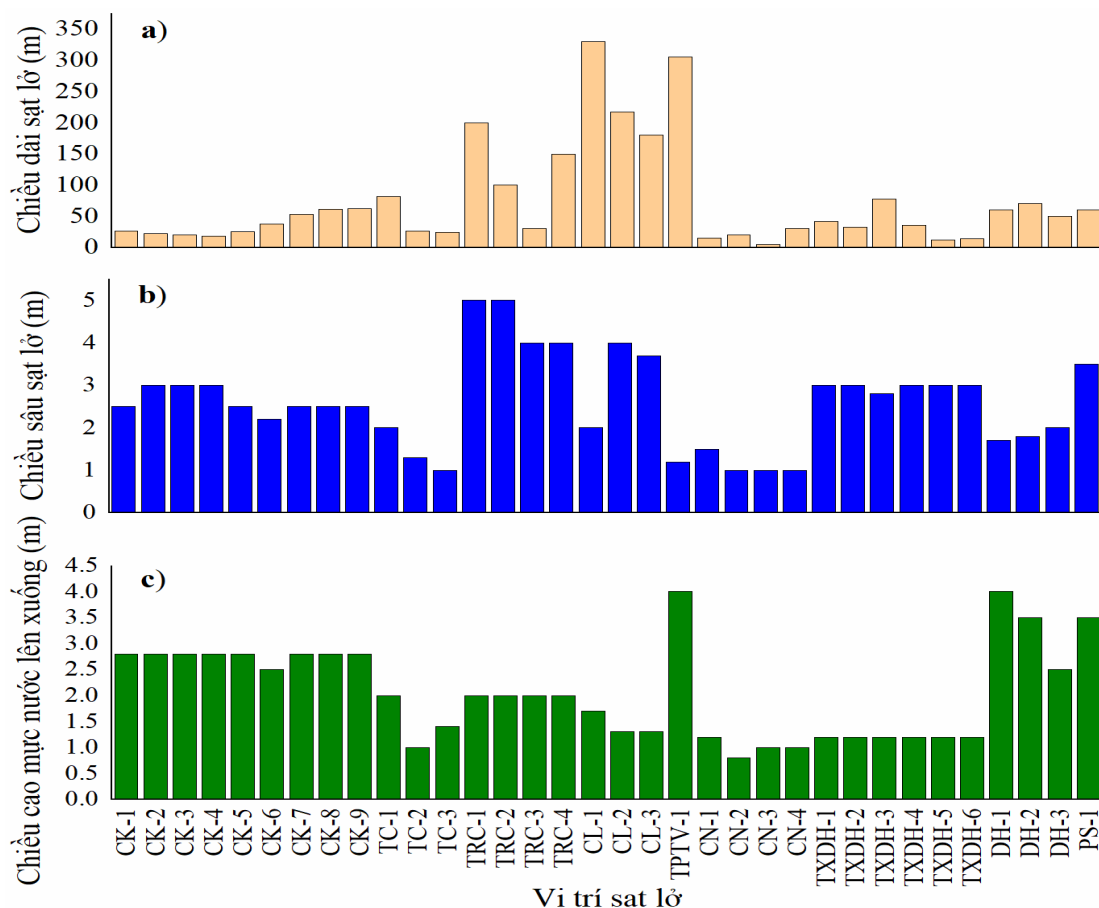
2.2.3. Phân tích số liệu

Với 34 điểm khảo sát trong toàn tỉnh Trà Vinh, nhóm nghiên cứu tiến hành phân tích số liệu từ đó phân tích số liệu xem nguyên nhân nào chiếm đa số, nguyên nhân nào ít hơn để từ đó ta có kết quả được phân tích thể hiện trong phần kết quả và thảo luận.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

Các vị trí sạt lở với tổng cộng 34 điểm khảo sát trong năm 2022 và được mã hóa thành kí hiệu riêng. Theo đó huyện Cầu Kè có 9 điểm, Cầu Ngang 4 điểm, Càng Long 3 điểm, Thành phố Trà Vinh 1 điểm, Trà Cú 4 điểm, Duyên Hải 3 điểm, Thị xã Duyên Hải 6 điểm, Tiểu Cần 3 điểm. Trong đó huyện Cầu Ngang có chiều dài sạt lở trung bình nhỏ nhất với chiều dài sạt lở lớn nhất là 30 m thấp nhất là 5 m, ngược lại huyện Càng Long có chiều dài sạt lở trung bình lớn nhất với chiều dài sạt lở lớn nhất là 330m thấp nhất là 180 m. Song song đó, chiều sâu sạt lở sâu nhất ở huyện Trà Cú trung bình là lớn nhất với chiều sâu lớn nhất là 5 m và nhỏ nhất là 4 m. Kế đến là huyện Cầu Ngang với chiều sâu sạt lở trung bình nhỏ nhất với chiều sâu lớn nhất là 3 m và nhỏ nhất là 2,5 m. Ngoài ra, chiều sâu mực nước lên xuống thì Thành phố Trà Vinh cao nhất là 4 m, huyện Cầu Ngang là huyện có chiều sâu mực nước lên xuống trung bình nhỏ nhất với chiều sâu thấp nhất 0,8 m và cao nhất là 1,2 m (Hình 4). Tiếp theo đó, thời điểm gây ra sạt lở nhiều nhất là năm 2020 với tổng cộng là 19 điểm.



Hình 2. Chiều dài (a), chiều sâu sạt lở (b) và mực nước lên xuống (c).

3.2. Thảo luận

Qua kết quả khảo sát ta tiến hành tính toán tổng hợp theo tỉ lệ % khi đó có các nguyên nhân cụ thể như sau:

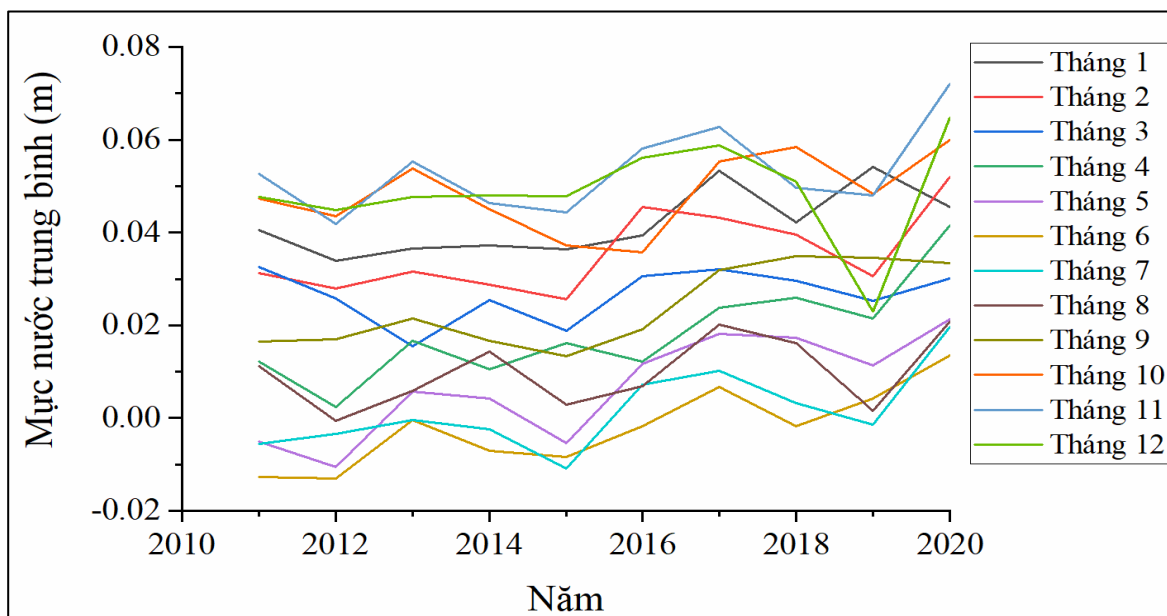
- Do giao thông thủy (tàu thuyền qua lại hoặc neo đậu) chiếm 44,12%: Hiện nay tỉnh Trà Vinh với lưu lượng giao thông thủy tăng rất nhanh để vận chuyển hàng hóa và vật liệu xây dựng, kết hợp vận chuyển lúa gạo. Trên các sông của tỉnh Trà Vinh lưu lượng tàu thuyền với tải trọng dao động từ khoảng 280–1050 T khi đó chiều cao sóng dao động khoảng từ 0,2–0,5 m. Theo [16] đã thực hiện một số đo đạc thực địa về cấu trúc bờ và chuyển động của tàu để đánh giá tác động tiềm tàng của sóng do tàu gây ra đối với giao thông ra vào sông Hậu. Kết quả là, các bờ sông có thể chống lại ứng suất cắt ngoài bởi chiều cao sóng tối đa từ 0,4 đến 0,6 m. Do đó, đất dọc theo luồng tàu Hậu có thể chống lại ứng suất bên ngoài 1,2–2,0 T/m² có thể tạo ra bởi sóng tàu cao 0,4–0,6 m. Từ đó ta thấy rằng, trên hệ thống sông tỉnh Trà Vinh đa số tàu thuyền di chuyển tạo ra chiều cao sóng từ 0,2–0,5 m, kết hợp sóng do gió mùa Tây Nam gây ra nên chiều cao sóng sẽ cao hơn, dẫn đến là gây ra ứng suất ngoài sẽ lớn hơn 2,0 T/m², kết hợp với đất yếu (bùn sét) với chiều dày khoảng 15m nên gây ra sạt lở bờ sông trong tỉnh Trà Vinh.

- Do tác động của sóng và thủy triều chiếm 29,41%:

Khí hậu Trà Vinh mang tính chất chung của khí hậu nhiệt đới gió mùa chịu tác động bởi gió mùa Đông Bắc và Tây Nam. Do sự biến đổi các dạng hoàn lưu khí quyển mang tính tuần hoàn nên chế độ gió cũng có sự biến đổi tuần hoàn. Từ tháng 5 đến tháng 11, hướng gió ưu thế là Tây đến Tây Nam. Những gió có thành phần Đông chiếm một tần suất không đáng kể. Từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau, hướng gió thường xuyên vào mùa này là gió Đông đến Đông Nam với tần suất cao. Đối với những tháng 01 đến tháng 4 gió thành phần Đông chiếm

ưu thế. Đặc biệt gió có thành phần Tây có tần suất không đáng kể dưới 10% chủ yếu là các tháng chuyển mùa [17]. Các sóng này gây ra xói lở mái bờ dần dần gây sạt trượt bờ.

Song song đó, thủy triều ở tỉnh Trà Vinh là bán nhật triều nên có ảnh hưởng về vận tốc triều lên và triều xuống theo mùa, từ đó gây ra ảnh hưởng đến mực nước trong sông dẫn đến gây xói lở mái. Thêm vào đó, do đoạn sông cong kèm với lòng sông bị biến đổi làm cho thay đổi chế độ dòng chảy làm thay đổi, biến động thuộc tính của đất tình trạng này không có khả năng cải thiện.



Hình 5. Mực nước theo năm tại trạm Trà Vinh năm 2020 [18].

- Do nạo vét lòng sông và đắp nền đường chiếm (17,65%):

Đối với các lòng sông ở tỉnh Trà Vinh được nạo vét định kì tạo điều kiện cho việc dẫn nước vào kênh nội đồng kèm với đó là cho việc tàu thuyền qua lại thuận tiện. Chính vì vậy, gây ra khả năng kháng xói, chống sạt trượt kém. Thêm vào đó là đắp nền đường hoặc phát triển hạ tầng ven sông dẫn đến là tăng tải trọng gây trượt mái bờ làm cho sạt lở trở nên dễ dàng hơn.

- Do địa chất yếu và vị trí gần cửa cống không có kè gia cố (8,82%):

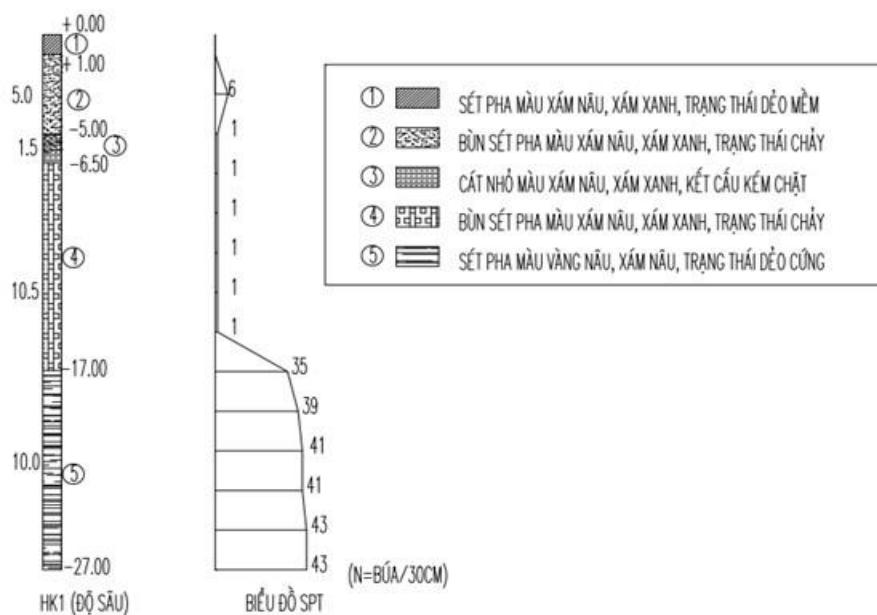
Các tỉnh ĐBSCL đa số là nền đất yếu (bùn sét), trong đó tỉnh Trà Vinh có chiều dày lớp bùn sét khoảng 15 m [19] nên dễ bị xói lở, sạt trượt và tan rã.

Ngoài ra, còn một số nguyên nhân phụ khác như các đập ở thượng nguồn dẫn đến là lượng phù sa ở ĐBSCL giảm đi rất nhiều. Theo đó, [20] cho rằng lượng phù sa giảm 166,7 triệu tấn/năm trong giai đoạn khi chưa xây dựng đập và giảm 43,1 triệu tấn/năm trong giai đoạn 2012–2015 khi có xây dựng các đập. Thêm vào đó [20] cho rằng lượng khai thác cát ở các lòng sông ở ĐBSCL là 14,8%, còn lại là do xây dựng các đập thủy điện ở thượng nguồn dẫn đến lượng cát ở các lòng sông bị mất đi. Nguyên nhân khác nữa là mực nước ngầm ở Trà Vinh hạ thấp dẫn đến là mặt đất bị sụt lún trong giai đoạn 2001÷2016 là 28,79 cm, tương ứng với tốc độ lún trung bình là 1,83 cm/năm [21].

Theo đó, [22] cho rằng biến đổi sông có thể đã gây ra bởi sự giảm tải lượng phù sa ở ĐBSCL (từ 166,7 triệu tấn/năm trong thời kỳ trước khi xây dựng đập xuống còn 57,6 triệu tấn/năm trong thời kỳ sau khi xây dựng đập) và tăng khai thác cát (từ 3,9 triệu m³ trong năm 2012 lên 13,43 triệu m³ trong năm 2018).

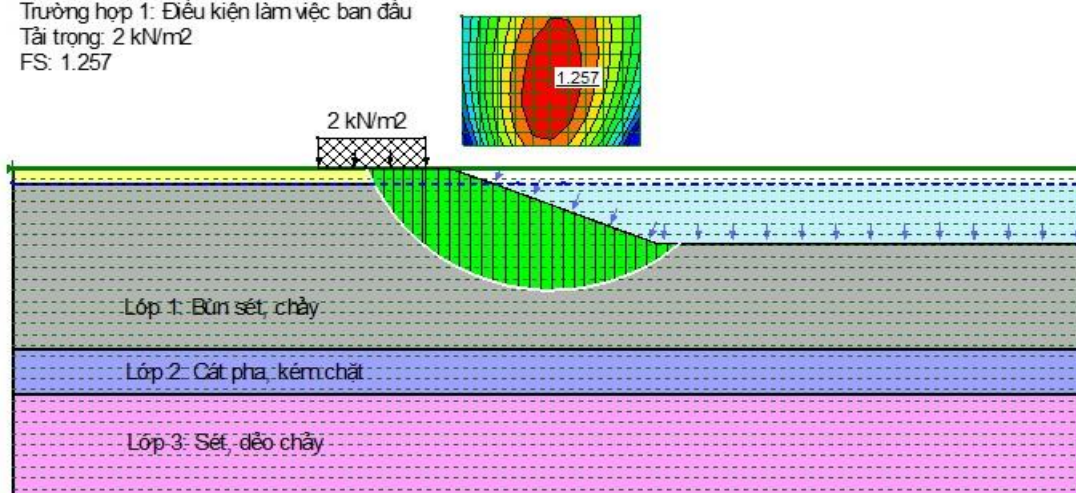
– Mô phỏng mô hình bằng phần mềm Geoslope:

Căn cứ vào địa hình, địa chất đặc trưng khu vực nghiên cứu và thông số đầu vào thủy lực cho mô hình được mô phỏng cho 4 trường hợp.



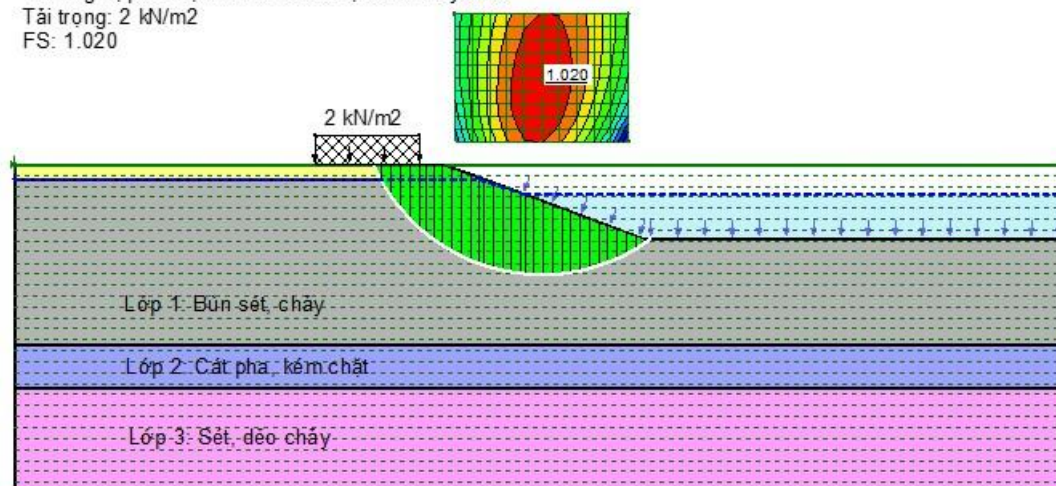
Hình 6. Cột địa chất tại huyện Cầu Kè tỉnh Trà Vinh [19].

Trường hợp 1: Điều kiện làm việc ban đầu
Tải trọng: 2 kN/m²
FS: 1.257

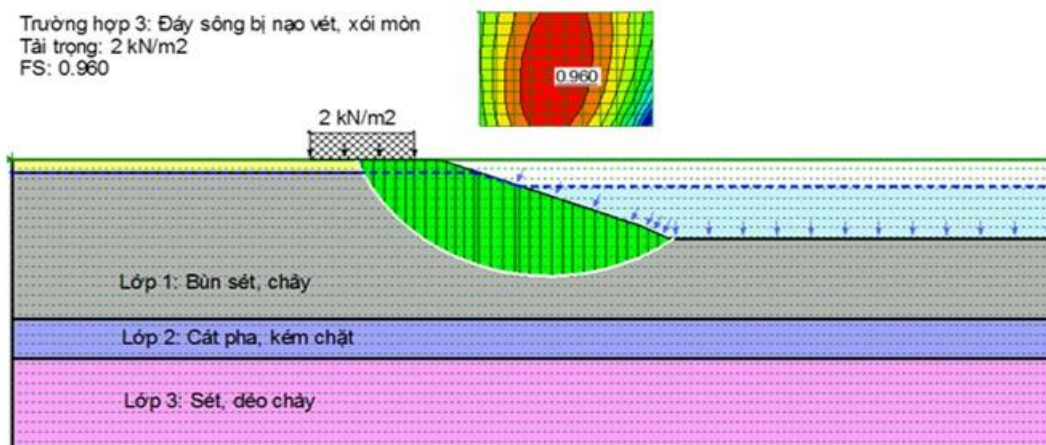


Hình 7. Bờ kè làm việc ở trạng thái ổn định ban đầu.

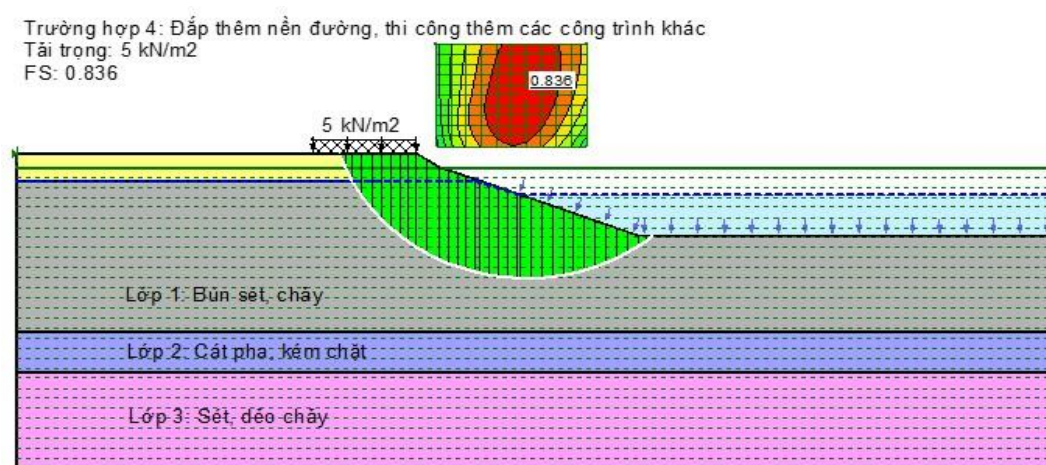
Trường hợp 2: Mức nước chênh lệch do thủy triều
Tải trọng: 2 kN/m²
FS: 1.020



Hình 8. Mức nước chênh lệch do thủy triều.



Hình 9. Đáy sông bị nạo vét, xói mòn dẫn đến chênh lệch độ cao giữa đỉnh và đáy bờ kè.



Hình 10. Đắp nền đường, thi công thêm các công trình hạ tầng gây tăng tải trọng sau kè.

Bảng 1. Kết quả kiểm tra ổn định.

Trường hợp	Mô tả	FS	[FS]	Kết luận
TH1	Điều kiện làm việc ban đầu, tải trọng sau kè là xe chạy là 2 kN/m ²	1,257	1,2	Không trượt
TH2	Mức nước chênh lệch do thủy triều	1,020	1,2	Trượt
TH3	Đáy sông bị nạo vét, xói mòn	0,960	1,2	Trượt
TH4	Đắp nền đường, thi công thêm các công trình hạ tầng gây tăng tải trọng sau kè	0,836	1,2	Trượt

4. Kết luận

Với kết quả nghiên cứu cho thấy là có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến sạt lở bờ sông tỉnh Trà Vinh, mà có 4 nguyên nhân chính và một số nguyên nhân phụ gây ra. Trong đó mỗi nguyên nhân được xác định theo thứ tự từ cao đến thấp để giúp ta thấy rằng nguyên nhân nào được ưu tiên. Chính vì vậy, từ kết quả mà ta cũng biết định tính và định lượng một cách chi tiết. Từ đó, giúp cho các nhà khoa học có ý tưởng để đưa ra giải pháp mềm hoặc cứng để bảo vệ bờ sông tỉnh Trà Vinh an toàn hơn ở hiện tại và trong tương lai. Từ nghiên cứu này có thể giúp anh cho người dân, nhà quản lý, nhà khoa học có cái nhìn tổng quan để từ đó có kế hoạch ứng phó cho phù hợp hoặc giảm thiểu để tránh sạt lở xảy ra nghiêm trọng hơn. Tuy nhiên, hạn chế của nghiên cứu này là chưa xác định được tốc độ sạt lở hàng năm là bao nhiêu để người dân và chính quyền có giải pháp ứng phó hợp lý cho từng vị trí cụ thể trong khu vực nghiên cứu.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.; Xử lý số liệu: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.; Phân tích mẫu: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.; Lấy mẫu: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.; Viết bản thảo bài báo: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.; Chỉnh sửa bài báo: H.V.H., H.H.T., N.G.T., N.T.C.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Hoài, H.C.; Bảy, N.T.; Khôi, Đ.N.; Nga, T.N.Q. Phân tích nguyên nhân gây gia tăng xói lở bờ sông ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 703, 42–50.
2. Báo cáo số: 243/BC–UBND ngày 27 tháng 9 năm 2019 của Chủ tịch Ủy ban nhân dân tỉnh Trà Vinh về việc “Tình hình sạt lở bờ sông, bờ biển trên địa bàn”.
3. Hùng, L.M. và cs. 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. Báo cáo tổng kết đề tài KH&CN cấp Nhà nước, mã số ĐTĐL.2010T/29, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, TP. Hồ Chí Minh, 2013.
4. Hùng, N.N. và cs. Nghiên cứu giải pháp KH&CN để điều chỉnh và ổn định các đoạn sông có cù lao đang biến động lớn về hình thái trên sông Tiền và sông Hậu. Báo cáo tổng kết đề tài KH&CN cấp Nhà nước, mã số KC.08–21/11–15, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, TP Hồ Chí Minh 2016.
5. Hùng, L.M.; Hoàng, T.B. Sạt lở bờ hệ thống sông vùng ĐBSCL và những đóng góp của KH&CN vào việc phòng chống giảm nhẹ thiệt hại. *Tạp chí KH&CN Việt Nam* **2017**, 9, 24–46.
6. Trần, N.N. Chỉ đúng nguyên nhân ĐBSCL sạt lở và các khuyến nghị 2017, <http://baodatviet.vn>.
7. Hoàng, T.P.; Hòa, P.V.; Thương, T.V. Định hướng giải quyết vấn đề xói lở bờ sông vùng ĐBSCL theo tiếp cận địa lý tổng hợp. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Địa lý toàn quốc lần thứ 10, 2018, tr. 393–403.
8. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. Thực trạng xói lở, bồi lắng và công trình chống xói lở trên hệ thống sông, kênh rạch, bờ biển ĐBSCL và định hướng bảo vệ, ổn định lâu dài 2017, <http://www.siwrr.org.vn>.
9. Nanson, G.C.; Krusenstierna, A.V.; Bryant, E.A.; Renilson, M.R. Renilson. Experimental measurements of river–bank erosion caused by boat–generated waves on the Gordon river, Tasmania. *Regulated rivers. Res. Manage.* **1994**, 9, 1–14.
10. Chhun, S.; Ky, S.; Martinez, J.; Son, H.T. Prediction of Mass Landslides of River Banks Subjected to Variations of the Water Level. *GMSARN Int. J.* **2015**, 9, 113–118.
11. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Báo cáo: Lún sụt đất và xói lở vùng ĐBSCL: Thực trạng, nguyên nhân và định hướng giải pháp. Hội nghị chuyển đổi mô hình phát triển ĐBSCL theo hướng bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu 2017.
12. Hjultstrom, F. Studies of the Morphological Activity of River as illustrated by the river. Fyris Bulletin. Geological Institute of Upsala, Upsala, Sweden, 1935.
13. Marcello, G.; Yoshiki, S.; Lap, N.V.; Oanh, T.T.K.; Rei, N.; Toru, T.; Katsuto, U.; Kota, K.; Seiichiro, Y. Process regime, salinity, mor–phological, and sedimentary trends along the fluvial to marine transition zone of the mixed–energy Mekong River delta, Vietnam. *Cont. Shelf Res.* **2017**, 147, 7–26.
14. Rosgen, D. Applied river morphology. Woldland Hydology, Pagosa Springs, CO, 1996.

15. Huân, H.V và cs. Xây dựng bản đồ (Atlas) hiện trạng và dự báo thủy động lực vùng biển và bờ biển (từ 0 – 30m nước) tỉnh Trà Vinh đến 2050. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước, 2013.
16. Son, H.N.; Tin, T.H.; Vinh, T.B.; Dau, N.V. The mechanism of Riverbank erosion caused by ship-generated waves along Hau river's entrance navigation channel Southern Vietnam. *Advances in sustainable construction and resource management, Lecture notes in Civil Engineering*, 2021, 897–904.
17. Toàn, P.N.; Đắc, P.T. Khí hậu Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 1993.
18. Đài khí tượng Thủy văn Trà Vinh. Báo cáo kết quả đo mực nước tại Trạm Trà Vinh, 2020.
19. Công ty cổ phần tư vấn xây dựng tổng hợp Trà Vinh. Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình tỉnh Trà Vinh 2020.
20. Doan, V.B.; Kantoush, S.; Sumi, T. Changes to long-term discharge and sediment loads in the Vietnamese Mekong Delta caused by upstream dams. *Geomorphology* **2020**, 353, 1–14.
21. Hiệp, H.V.; Long, P.V.; Hung, N.T. Đánh giá mức độ sụt lún mặt đất do khai thác nước ngầm quá mức trong tỉnh Trà Vinh. Tuyển tập Công trình Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 20, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh 2017, ISBN 978-604-73-6070-3.
22. Binh, D.V.; Kantoush, S.A.; Tetsuya, S.; Mai, N.P.; Ngoc, T.A.; Trung, L.V.; An, T. D. Effects of riverbed incision on the hydrology of the Vietnamese Mekong Delta. *Hydrol. Processes* **2021**, 35(2), e14030.

Study of causes riverbanks erosion: Case study of Tra Vinh Province

Huynh Van Hiep^{1*}, Huynh Huu Tri¹, Nguyen Thanh Cong¹, Ngo Gia Truyen¹

¹Department of Civil Engineering, School of Engineering and Technology, Tra Vinh University; hvhiep@tvu.edu.vn; huynhhuutri-bmxd@tv.edu.vn; nguyenthanchong@tvu.edu.vn; giatruyen@tvu.edu.vn

Abstract: In recent years, the situation of coastal and riverbank erosion has become more and more serious and complicated. The frequency is frequent and the intensity is getting stronger, more intense and unpredictable. The objective of the article is to identify the causes of riverbank erosion in Tra Vinh province using survey and field measurement methods and prepare a questionnaire to interview people and government in the landslide area. The results show that there are 4 main causes, which are navigation, wave and tidal action, dredging of the river bed and embankment, and soft soil respectively, and some other secondary causes such as reduced alluvium caused by dams upstream, sand mining, lowering of groundwater levels and land subsidence. This research result is the basis to help people and administration at all levels have an overview to have a reasonable response solution for the sustainable development of land resources.

Keywords: Erosion; Soft soil; Riverbank; Tra Vinh.