

Bài báo khoa học

## Phân tích khả năng mất ổn định đường bờ sông Tiền qua huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang

Nguyễn Hoàng Khuyên<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thị Nụ<sup>2</sup>, Bùi Trường Sơn<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sở Kế hoạch Đầu tư Tỉnh Tiền Giang; nhk.skh@gmail.com

<sup>2</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất; nguyenthinu@humg.edu.vn

<sup>3</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất; buitruongson@humg.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: nhk.skh@gmail.com; Tel.: +84-918328583

Ban Biên tập nhận bài: 1/9/2023; Ngày phản biện xong: 7/10/2023; Ngày đăng: 25/11/2023

**Tóm tắt:** Cấu trúc địa chất bờ sông Tiền đoạn qua huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang gồm nhiều loại đất yếu có thành phần khác nhau, cùng với chế độ dòng chảy sông phức tạp đã gây nên hiện tượng mất ổn định. Nội dung của bài báo đề cập đến khả năng mất ổn định bờ sông Tiền đoạn qua huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang. Bằng phương pháp số và ứng dụng phần mềm GEO-SLOPE, bài báo đã mô phỏng đường bờ và các yếu tố tác động, đề xuất hai bước phân tích ổn định ở trạng thái tự nhiên và bị xói với diện tích khác nhau ( $18 \text{ m}^2$ ,  $18+20 \text{ m}^2$ ,  $18+20+25 \text{ m}^2$  và  $18+20+25+25 \text{ m}^2$ ), kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ số ổn định bị suy giảm rõ rệt khi diện tích xói tăng và giảm từ 1,070 xuống 0,896. Như vậy, có thể thấy ngay ở trạng thái tự nhiên, đường bờ có hệ số ổn định không cao, khi bị xói lở đặc biệt diện tích xói tăng, bờ bị mất ổn định.

**Từ khóa:** Mất ổn định; Huyện Cái Bè; Đất yếu.

### 1. Mở đầu

Trên thế giới, tác giả [1] là người đầu tiên đưa ra chỉ tiêu ổn định lòng sông là tỉ số giữa sức cản chống lại sự chuyển động của cát và áp lực thủy động của dòng nước tác động lên cát lòng. Nghiên cứu các yếu tố gây mất ổn định lòng sông, tác giả [2] cho rằng phương pháp cân bằng giới hạn cũng có những sai số đáng kể khi tính ổn định dòng sông do phương pháp tiếp nhận động học và tính đều chưa thực sự hợp lý. Tác giả [3] đã nghiên cứu cơ chế phá hoại của mái dốc trong các loại đất chịu bất kỳ loại ngập úng nào, đặc biệt, khi đất chuyển từ trạng thái không bão hòa sang trạng thái bão hòa, và khẳng định nghiên cứu thực địa là một phương pháp khá hiệu quả để cung cấp thông tin chính xác nhất. Tác giả [4] cho rằng xói mòn bờ sông là một quá trình địa mạo tự nhiên xảy ra ở tất cả các kênh khi điều chỉnh kích thước và hình dạng kênh để vận chuyển lưu lượng và phù sa. Các cơ chế phá hoại xảy ra ở hai phần của bờ sông dọc theo sông Arno, miền Trung nước Ý, được nghiên cứu chi tiết bằng một loạt các quan sát hiện trường định kỳ và đo đạc hồ sơ bờ [5]. Áp lực nước lỗ rỗng (dương và âm) được theo dõi trong bốn năm (1996-1999) bằng cách sử dụng một loại máy đo áp suất căng ở các độ sâu tại một bờ sông Sieve, Tuscany, nước Ý, để khảo sát sự thay đổi áp lực nước lỗ rỗng và ảnh hưởng đến sự ổn định của bờ sông [6]. Tác giả [7] khẳng định sự cố công trình bờ sông phụ thuộc vào tính chất của đất và sự dao động của mực nước sông. Tác giả [8] đã phân tích các nguyên nhân có thể xảy ra, cơ chế, phương pháp dự báo phá hủy bờ và đề ra các biện pháp bảo vệ bờ khác nhau.

Tại Việt Nam, các vấn đề về sạt lở bờ sông được đánh giá bằng nhiều phương pháp khác nhau như công nghệ viễn thám [9], phương pháp phân tích thứ bậc AHP và GIS [10], phân tích ảnh vệ tinh [11]. Tác giả [12] đã nghiên cứu diễn biến xói lở - bồi tụ lòng sông Tiền đoạn

Tân Châu - Hồng Ngự từ góc nhìn của địa mạo học. Tác giả [13] đã tiến hành phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ sông tại đoạn sông Chà Và, tỉnh Vĩnh Long bằng phương pháp lý thuyết kết hợp với việc khảo sát, đo đạc, đo lưu tốc dòng chảy và phân tích ảnh viễn thám. Tác giả [14] cũng đã xác định nguyên nhân sạt lở bờ sông Cái Sắn, thành phố Cần Thơ theo phương pháp khảo sát thực địa. Tác giả [15] đề cập đến ảnh hưởng của các yếu tố địa chất, thủy văn đến ổn định bờ sông Cái Vung, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. Viện Khoa học Công nghệ [16] đã đề cập đến nguyên nhân gây xói lở bờ sông Vu Gia - Thu Bồn tỉnh Quảng Nam. Tác giả [17] đã nghiên cứu tương quan xói lở - bồi tụ một số khu vực lòng sông Tiên, sông Hậu. Tác giả [18] nghiên cứu dự báo sạt lở tại khu vực cù lao Long Khánh trên sông Tiên và đề xuất các giải pháp bảo vệ. Tác giả [19] cũng đánh giá ổn định bờ sông Cái Lân, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang.

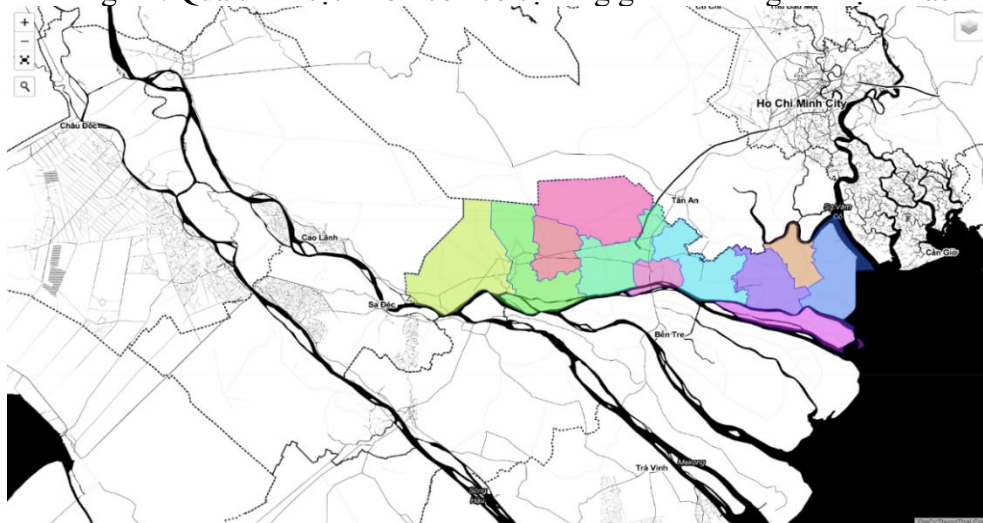
Như vậy, có thể thấy trên thế giới cũng như ở Việt Nam, đã có các nghiên cứu về mất ổn định bờ sông. Tuy nhiên, do đặc thù của từng đoạn sông và điều kiện địa chất công trình của bờ sông, mà vấn đề mất ổn định bờ hàng năm vẫn diễn ra với tốc độ và quy mô khác nhau.

Sông Tiên đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước và phù sa cho đồng bằng sông Cửu Long. Tuy nhiên, hàng năm thường xảy ra mất ổn định với tốc độ và quy mô khác nhau. Do đó, cần phải nghiên cứu chúng để giảm bớt thiệt hại cho con người cũng như hoạt động kinh tế công trình của con người. Bờ sông Tiên đoạn huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang tồn tại nhiều điểm mất ổn định ảnh hưởng đến đời sống của con người và các hoạt động kinh tế công trình. Mặc dù đã có những giải pháp để phòng tránh hiện tượng sạt lở, tuy nhiên, hàng năm sạt lở vẫn diễn ra. Do vậy, nội dung bài báo đề cập đến hiện trạng mất ổn định bờ, đề xuất các kịch bản xói lở bờ đồng thời phân tích đánh giá khả năng mất ổn định đường bờ sông Tiên đoạn qua huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang. Đây là cơ sở để đề ra các giải pháp xử lý có hiệu quả phục vụ phát triển bền vững của địa phương.

## 2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

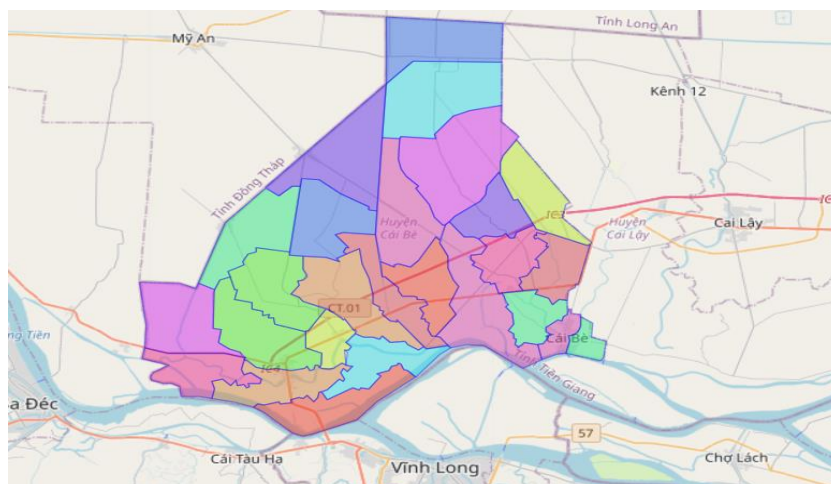
Sông Tiên đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế - xã hội đồng bằng sông Cửu Long. Sông Tiên có nhiệm vụ cung cấp nước tưới tiêu, phát triển thông thương và cung cấp nguồn vật liệu phù sa, nguồn vật liệu xây dựng (Hình 1). Tuy nhiên, do tác động của tự nhiên cũng như hoạt động nhân sinh của con người mà bờ sông Tiên thường xuyên bị mất ổn định. Tác giả [11] đã đề cập sạt lở diễn ra thường xuyên trên đường bờ sông Tiên, làm mất diện tích canh tác, hư hại các công trình xây dựng và ảnh hưởng đến hoạt động kinh tế công trình của con người. Quá trình sạt lở bờ còn có sự tăng giảm ở các giai đoạn khác nhau.



**Hình 1.** Hình thái sông Tiên và sông Hậu.

Trên địa phận tỉnh Tiền Giang, hiện tượng mất ổn định bờ cũng chủ yếu là sạt lở, ở giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2005 đã mất đi 451 ha, giai đoạn 2009 đến năm 2014 sạt lở với diện tích 909,15 ha (tăng hơn 100%), còn ở các giai đoạn khác thì diện tích sạt lở thấp hơn. Tốc độ sạt lở tại các bờ sông thuộc tỉnh Tiền Giang cũng rất nhanh, lên đến 90,2 ha/năm ở giai đoạn 2000-2005.

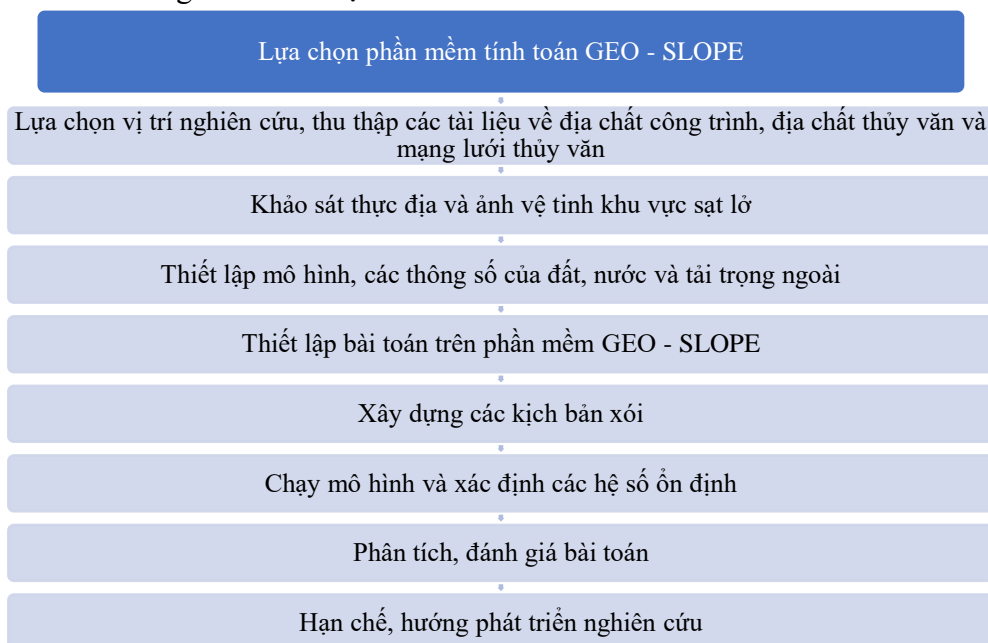
Trên đoạn sông qua địa bàn huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang (Hình 2), sạt lở diễn ra với tốc độ lớn và nghiêm trọng. Sạt lở diễn ra thường không theo qui luật và xảy ra ở bất kỳ thời điểm nào trong năm. Tuy nhiên, sạt lở với nguy cơ cao ở thời điểm trước và sau mỗi mùa lũ hàng năm. Bằng các số liệu thống kê từ năm 2016 đến năm 2020, tỉnh Tiền Giang đã phải tiến hành xử lý 547 điểm sạt lở, với tổng chiều dài 51139 m. Chỉ riêng năm 2019, tổng chiều dài sạt lở là 4700 m và chi phí khắc phục lên đến 48 tỷ đồng. Trong đó, huyện Cái Bè có 42 điểm sạt lở với tổng chiều dài 2550 m. Năm 2020, tỉnh có 132 điểm sạt lở với tổng chiều dài 8.527 m, ước kinh phí xử lý khoảng 114,4 tỷ đồng. Cho đến nay vẫn còn 39 điểm sạt lở chưa được xử lý, có tổng chiều dài trên 2255 m với tổng kinh phí xử lý ước trên 39,6 tỷ đồng.



**Hình 2.** Vị trí đoạn sông Tiền thuộc Huyện cái Bè.

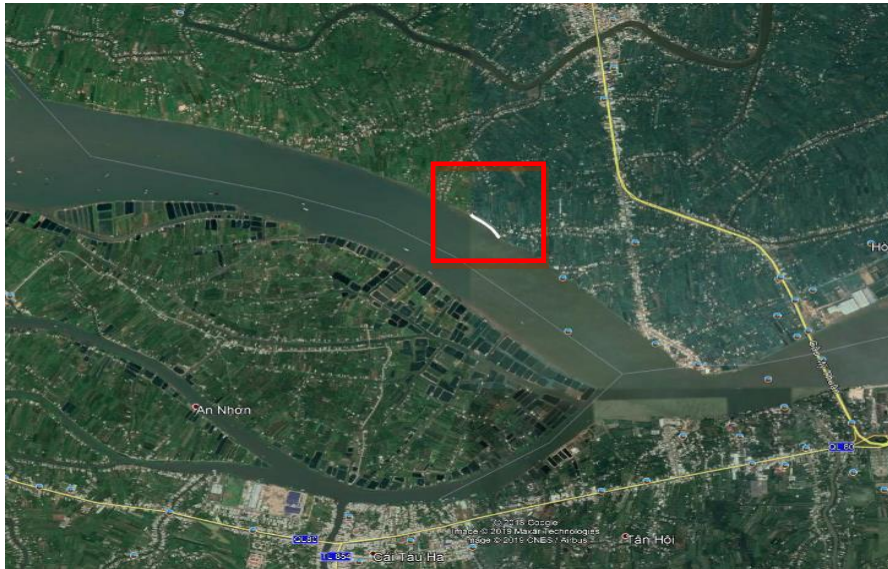
## 2.2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu được tóm tắt theo sơ đồ hình 3.

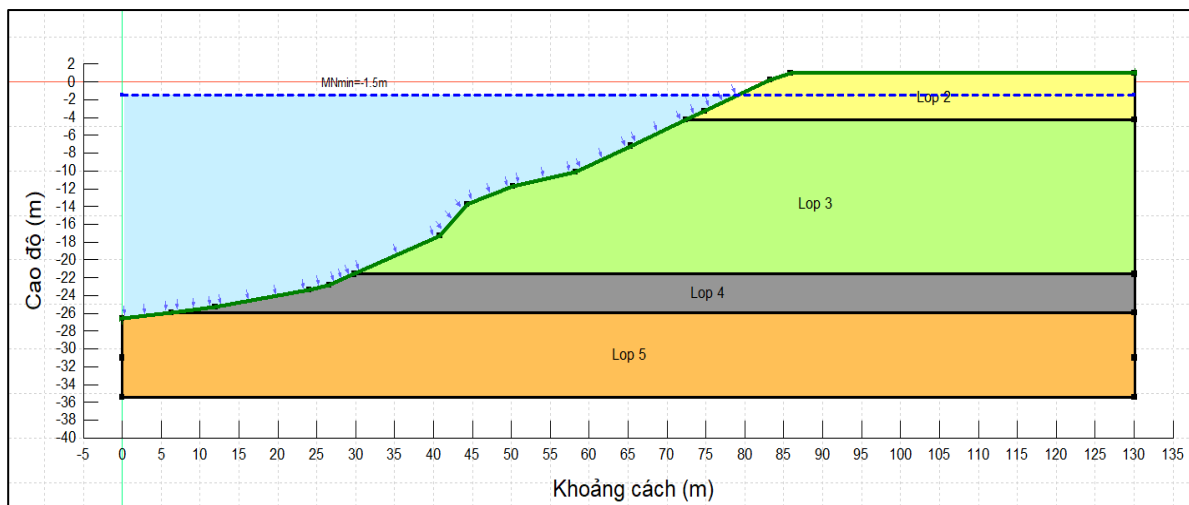


**Hình 3.** Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.

Lựa chọn mặt cắt tại K0+25m thuộc dự án “Xử lý sạt lở đê ven Sông Tiền” [20] tại 3 xã Hòa Hưng, An Hữu, Tân Thanh. Dự án nằm trên huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang, vị trí dự án thuộc bờ trái của cửa sông Tiền, chiều dài tuyến 300m và được thể hiện ở hình 4. Sơ họa mặt cắt tính toán tại K0+25m được thể hiện tại hình 5.



Hình 4. Vị trí mặt cắt tính toán.



Hình 5. Mặt cắt tính toán K 0+25m.

Để tính toán ổn định bờ sông Tiền đoạn qua huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang, sử dụng phần mềm GEO-SLOPE. Phần mềm GEO-SLOPE là một phần mềm Địa kỹ thuật của Canada. Trong đó, môđun SLOPE/W - trong phần mềm GEO-SLOPE sử dụng để tính toán ổn định mái dốc tự nhiên, ta luy của đường đắp, taluy của đường đào, đập đất, đê chắn sóng, các loại tường chắn, cũng như ổn định của các mái dốc hay sườn dốc trong trường hợp có gia cố như đất chèn cốt như neo, đất có cốt thêm vải địa kỹ thuật và lưới thép. Việc tính toán hệ số ổn định trong phần mềm dựa vào phương pháp cân bằng giới hạn LEM. Phương pháp tính toán lựa chọn là phương pháp Bishop. Khi tính toán ổn định, giả thiết mặt trượt là cung tròn hình trụ, chia khối trượt ra nhiều các mảnh khác nhau và tính toán hệ số ổn định (FOS) bằng tỷ số giữa lực chống trượt và lực gây trượt. Nếu  $FOS = 1$ , mái dốc ở trạng thái cân bằng giới hạn,  $FOS > 1$ , mái dốc ổn định và  $FOS < 1$ , mái dốc bị mất ổn định. Các thông đầu vào các lớp đất được thể hiện trong bảng 1.



**Bảng 1.** Thông số đầu vào các lớp đất cho phần mềm GEO-SLOPE.

Lớp đất	Lớp số 2 (Layer 2)	Lớp số 3 (Layer 3)	Lớp số 4 (Layer 4)	Lớp số 5 (Layer 5)
Mô tả	Sét trạng thái chảy đến dẻo chảy	Cát hạt mịn lẫn sét trạng thái chảy đến dẻo	Đất sét trạng thái dẻo mềm	Cát mịn lẫn sét trạng thái dẻo
Cao độ đỉnh lớp, m	1,0	-4,2	-21,6	-25,9
Mô hình	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb
Khối lượng thể tích, $\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>	16,2	18,4	17,4	19,5
Lực dính kết, C, kPa	7	7,1	14	8
Góc nội ma sát, $\phi$ , độ	5,2	15,2	9,0	19,7

Theo báo cáo khảo sát thủy văn, mực nước thấp nhất tại khu vực này là  $M_{\min} = -1,5$  m, tương ứng với tần suất thiết kế  $P = 95\%$ . Mực nước này sẽ được lấy để phân tích ổn định bờ sông.

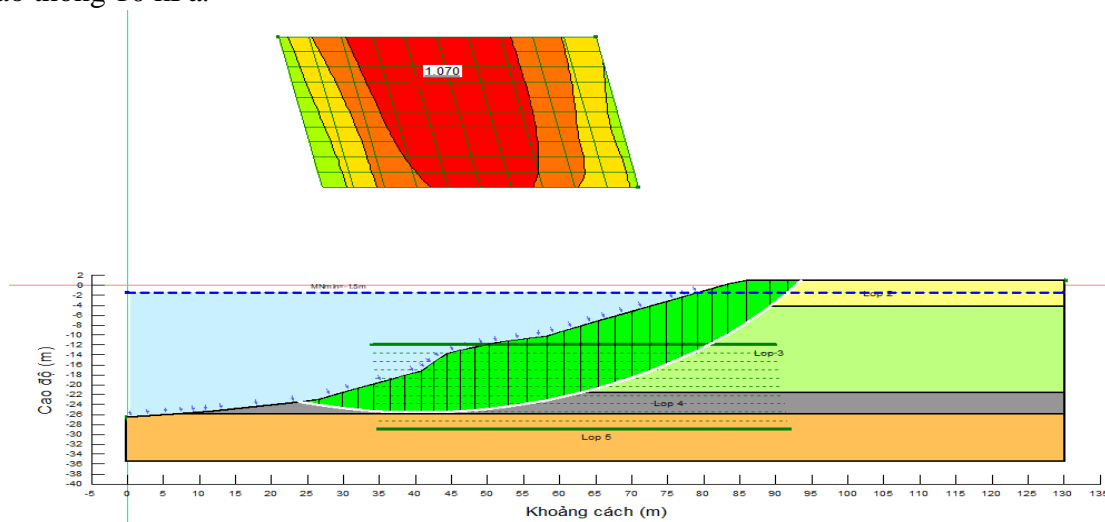
Quá trình nghiên cứu mất ổn định được tuân theo hai bước:

Bước 1: Phân tích ổn định bờ sông ở trạng thái hiện trạng (trạng thái tự nhiên). Trường hợp tính toán không có hoạt tải giao thông được thể hiện tại hình 6 và có hoạt tải giao thông với tải trọng 10kPa tại hình 7.

Bước 2: Khảo sát ảnh hưởng của tiến trình xói lòng sông đến ổn định của bờ sông. Quá trình nghiên cứu với 4 mức độ xói khác nhau (giai đoạn 1: diện tích xói là 18 m<sup>2</sup>, giai đoạn 2: diện tích xói tiếp sau giai đoạn 1 là 20 m<sup>2</sup> (tổng diện tích xói là 18 m<sup>2</sup> + 20 m<sup>2</sup>), giai đoạn 3: diện tích xói tiếp sau giai đoạn 2 là 25 m<sup>2</sup> (tổng diện tích xói là 18 m<sup>2</sup> + 20 m<sup>2</sup> + 25 m<sup>2</sup>), giai đoạn 4: diện tích xói tiếp sau giai đoạn 3 là 25 m<sup>2</sup> (tổng diện tích xói là 18 m<sup>2</sup> + 20 m<sup>2</sup> + 25 m<sup>2</sup> + 25 m<sup>2</sup>).

### 3. Kết quả và thảo luận

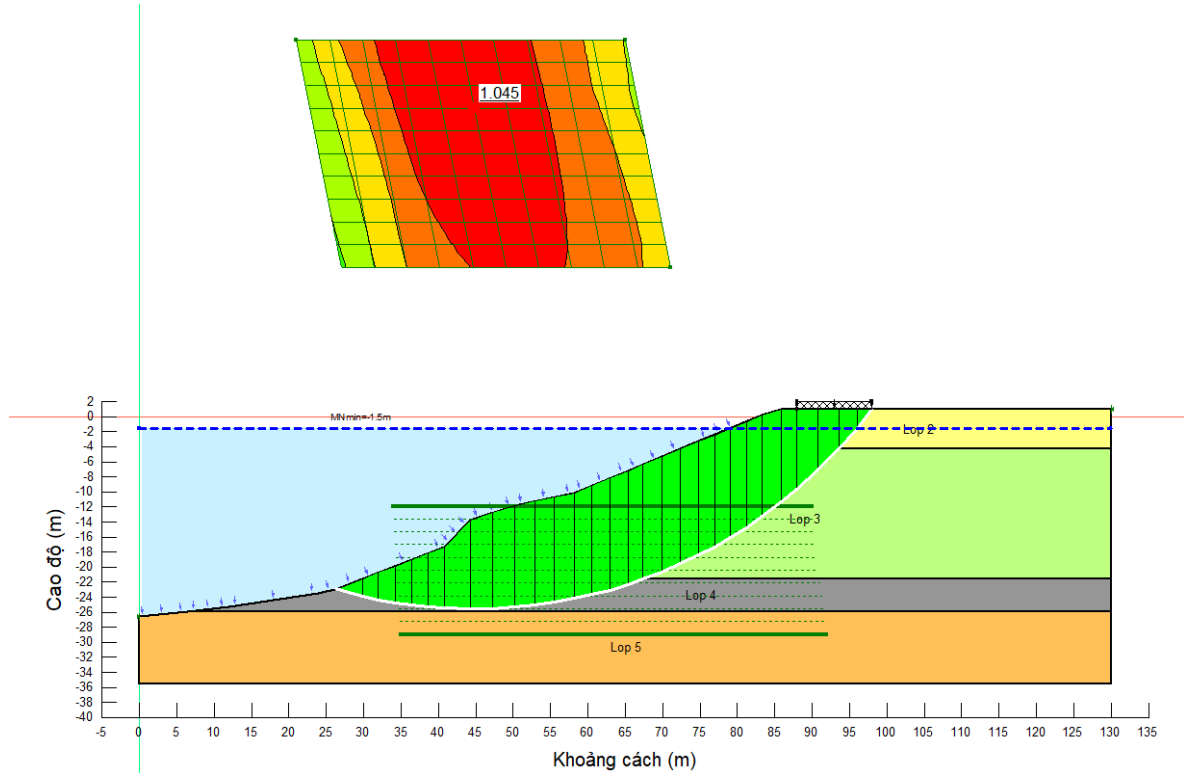
Kết quả phân tích ổn định bờ sông bằng phần mềm GEO-SLOPE ở bước 1 được thể hiện ở hình 6 và hình 7. Hình 6 thể hiện cung trượt và hệ số ổn định khi bờ sông không có hoạt tải tác dụng. Hình 7 thể hiện cung trượt và hệ số ổn định khi bờ sông có hoạt tải là tải trọng giao thông 10 kPa.



**Hình 6.** Phân tích ổn định khi không có hoạt tải phía trên, hệ số ổn định FOS = 1,070.

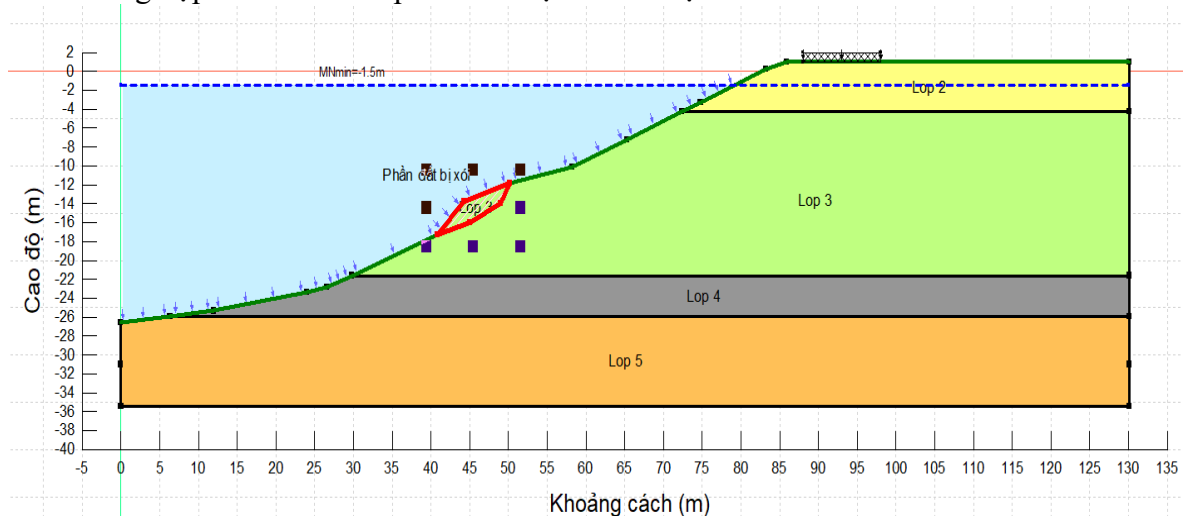
Theo kết quả ở hình 6 cho thấy hệ số ổn định của bờ sông  $FOS = 1,070$  và theo kết quả ở hình 7 cho thấy, khi có hoạt tải 10 kPa thì hệ số ổn định của bờ sông giảm xuống và chỉ còn  $FOS = 1,045$ . Từ kết quả phân tích tính toán ở hình 6 và hình 7 có thể thấy với hiện trạng

bờ sông khá thoải ở vị trí mặt cắt thì bờ sông ổn định. Tuy nhiên, khi bờ sông có hoạt tải hay không có hoạt tải giao thông sát bờ thì hệ số ổn định bờ sông là rất thấp, chỉ lớn hơn 1 một chút. Các hệ số ổn định này cho thấy bờ sông sắp tới trạng thái cân bằng tới hạn, có thể dễ dàng bị sạt lở khi có tác động. Điều này có thể nhận định là do các lớp đất đá dọc bờ sông khá yếu, nên tính ổn định của bờ sông không cao.

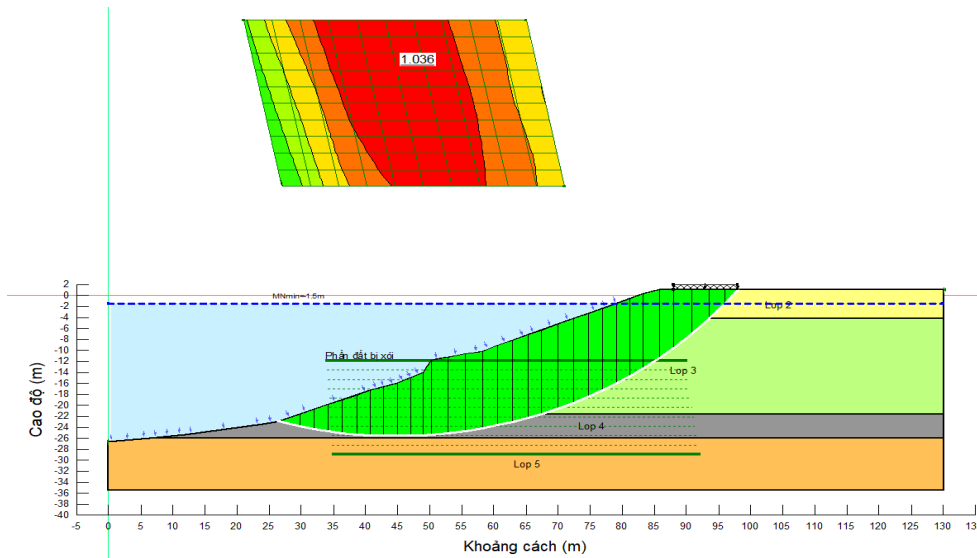


**Hình 7.** Phân tích ổn định khi có hoạt tải giao thông 10 kPa, hệ số ổn định FOS = 1,045.

Có thể nhận thấy lớp đất số 3 là lớp cát mịn lẫn sét rất dễ bị xói do tác động của dòng chảy. Việc xói bờ sông sẽ làm giảm tính ổn định của bờ sông gây ra sạt lở. Dưới đây sẽ tiến hành phân tích diễn biến xói để khảo sát sự ảnh hưởng của nó đến ổn định bờ sông. Mô phỏng bài toán với lớp đất 3 bị xói với các diện tích khác nhau. Các giai đoạn sau bị xói nhiều hơn các giai đoạn trước. Các diễn biến xói và phân tích ổn định được thể hiện từ các hình 8 đến hình 13. Mô hình thiết lập có hoạt tải giao thông 10kPa và các thông số của mô hình giống như trường hợp ở hình 7 và lớp đất số 3 bị xói với diện tích khác nhau.

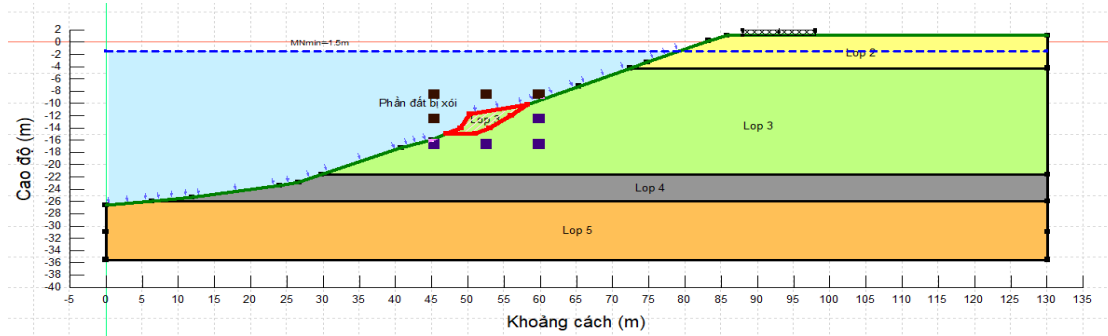


**Hình 8.** Giai đoạn xói 1 (diện tích xói 18 m<sup>2</sup>).

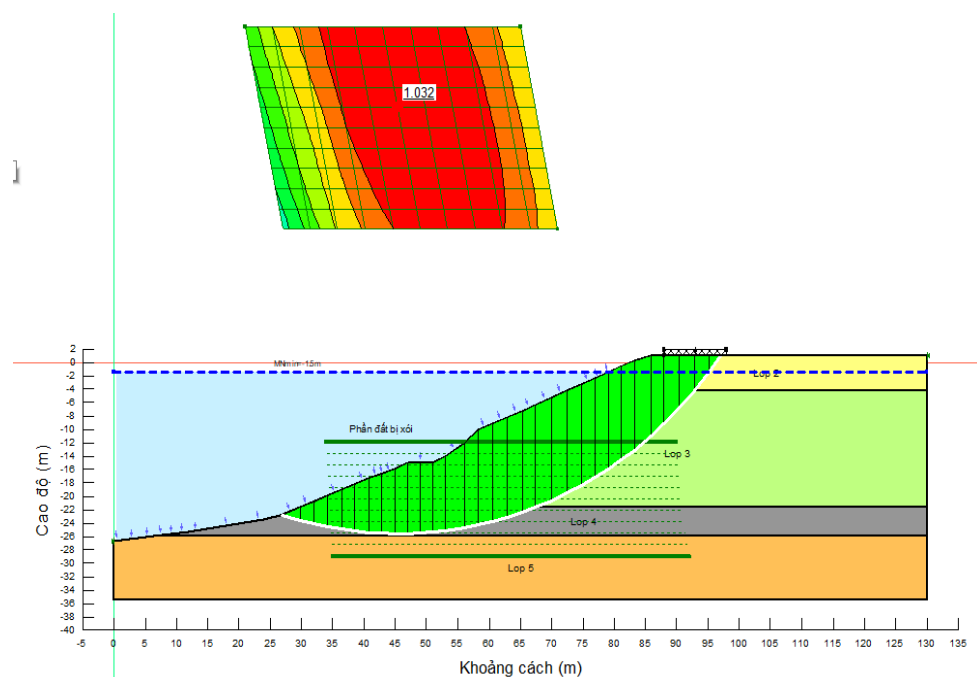


**Hình 9.** Hệ số ổn định ở giai đoạn xói 1. FoS = 1,036.

So sánh hình 8, hình 9 với các hình 6 và hình 7 cho thấy, khi lớp đất số 3 bị xói với diện tích là 18 m<sup>2</sup>, hệ số ổn định đã bị giảm từ 1,070 và 1,045 xuống còn 1,036, bờ sông dần dần bị mất ổn định.

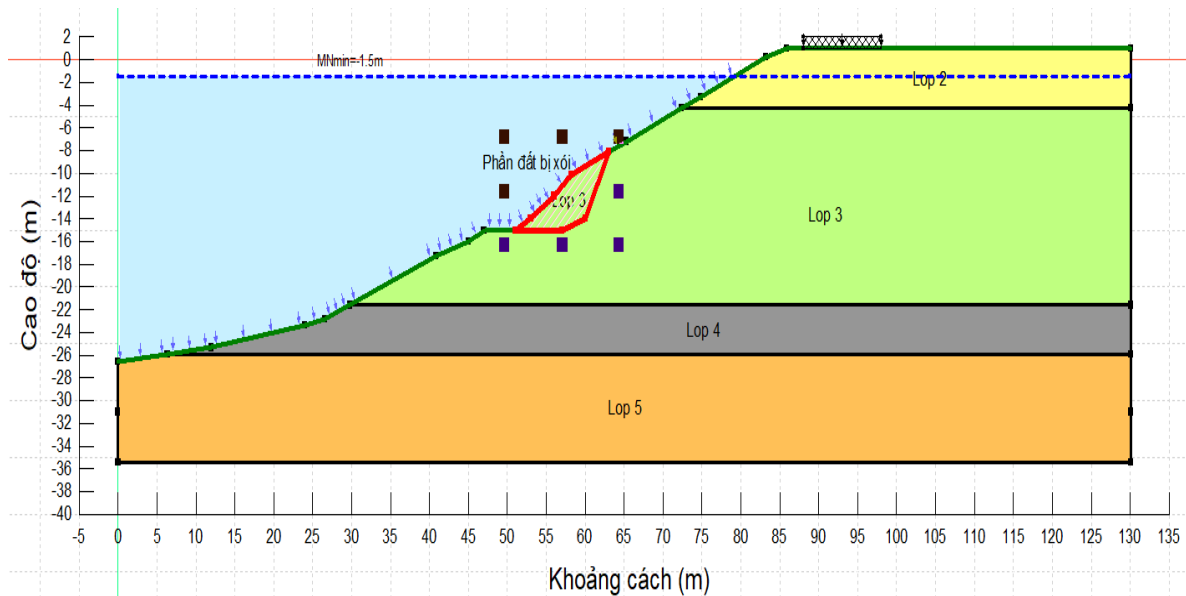


**Hình 10.** Giai đoạn xói 2 (diện tích xói 20 m<sup>2</sup>, tổng diện tích xói sau giai đoạn 2 là 18 m<sup>2</sup>+20 m<sup>2</sup>).

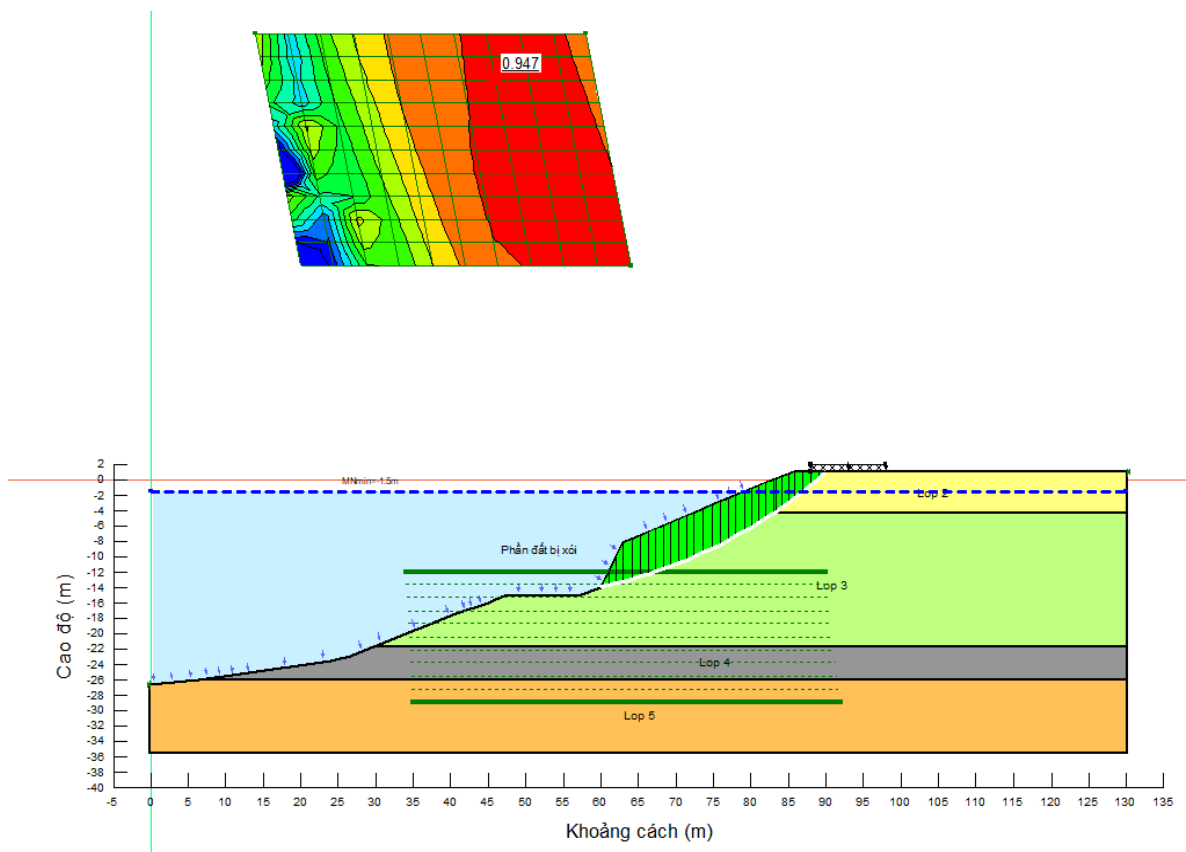


**Hình 11.** Hệ số ổn định ở giai đoạn xói 2, FOS = 1,032.

So sánh hình 10, hình 11 với các hình 6 và hình 7 cho thấy, khi lớp đất số 3 bị xói với diện tích là  $20 \text{ m}^2$  (tổng diện tích xói là  $18 + 20 \text{ m}^2$ ), hệ số ổn định đã bị giảm từ 1,070 và 1,045 xuống còn 1,032, bờ sông dần dần bị tiến tới trạng thái cân bằng giới hạn, mặt trượt có sự thay đổi so với giai đoạn 1.



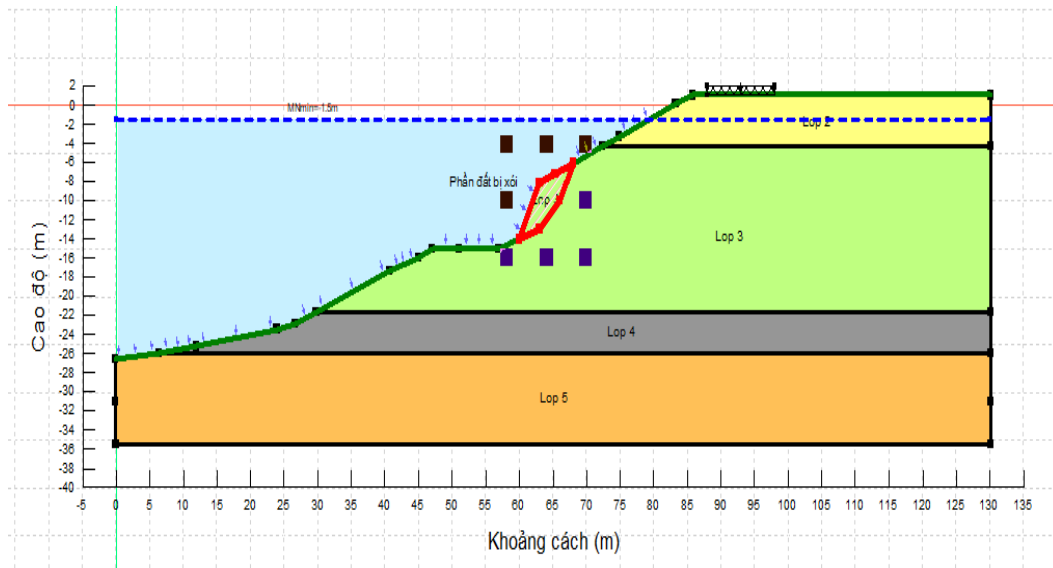
**Hình 12.** Giai đoạn xói 3 (diện tích xói  $25 \text{ m}^2$ , tổng diện tích xói sau giai đoạn 3 là  $18\text{m}^2+20\text{m}^2+25\text{m}^2$ ).



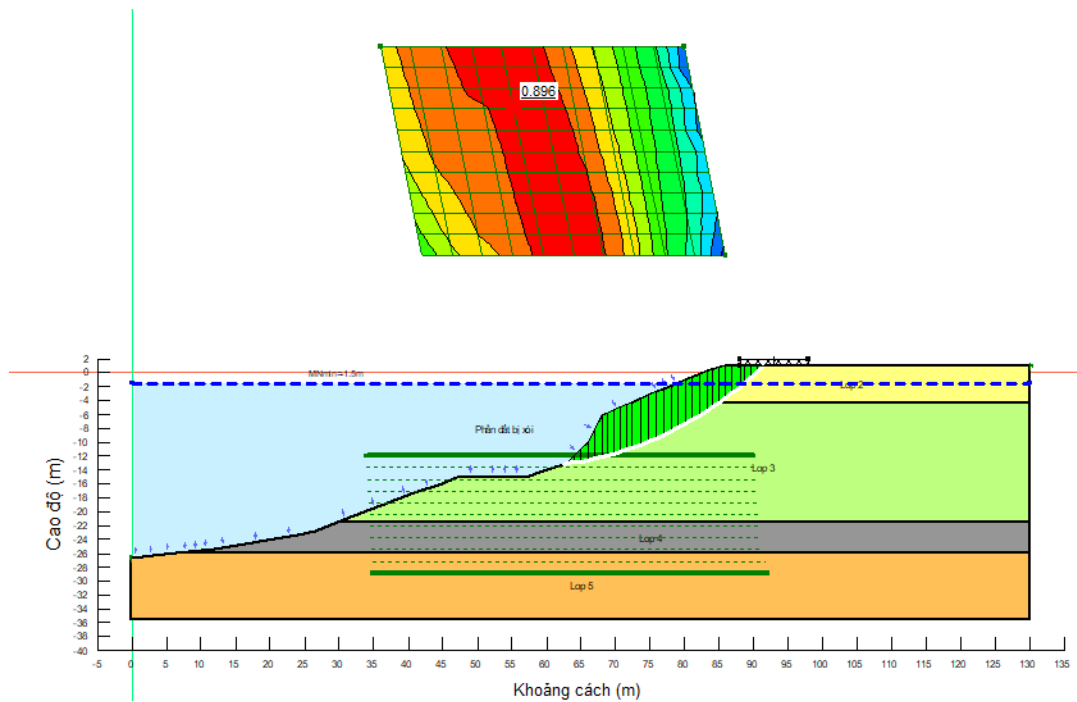
**Hình 13.** Hệ số ổn định ở giai đoạn xói 3, FOS = 0,947.

So sánh hình 12, hình 13 với các hình 6 và hình 7 cho thấy, khi lớp đất số 3 bị xói với diện tích là  $25 \text{ m}^2$  (tổng diện tích xói là  $18 + 20 + 25 \text{ m}^2$ ), hệ số ổn định đã bị giảm từ 1,070 và 1,045 xuống còn  $0,947 < 1$ , bờ sông bị mất ổn định. Mặt trượt chỉ còn trong lớp 1 và lớp 2, nhỏ hơn so với giai đoạn 2.





**Hình 14.** Giai đoạn xói 4 (diện tích xói 25m<sup>2</sup>, tổng diện tích xói sau 4 giai đoạn là (18m<sup>2</sup>+20m<sup>2</sup>+25m<sup>2</sup> + 25m<sup>2</sup>)

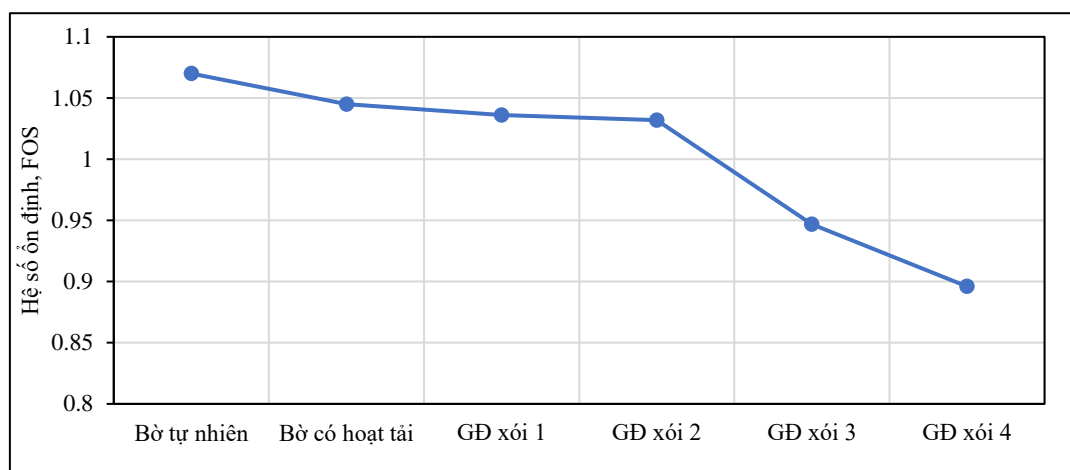


**Hình 15.** Hệ số ổn định ở giai đoạn xói 4, FOS = 0,896.

So sánh hình 14, hình 15 với các hình 6 và hình 7 cho thấy, khi lớp đất số 3 bị xói với diện tích là 25m<sup>2</sup> (tổng diện tích xói là 18 + 20 + 25 + 25 m<sup>2</sup>), hệ số ổn định đã bị giảm từ 1,070 và 1,045 xuống còn 0,896 < 1, bờ sông bị mất ổn định. Mặt trượt chỉ còn trong lớp 1 và lớp 2, nhỏ hơn so với giai đoạn 3. Tổng kết hệ số ổn định ở các giai đoạn phân tích được thể hiện ở bảng 2 và hình 16.

**Bảng 2.** Hệ số ổn định ở các giai đoạn khác nhau.

Giai đoạn xói	Bờ tự nhiên	Bờ có hoạt tải	Giai đoạn xói 1	Giai đoạn xói 2	Giai đoạn xói 3	Giai đoạn xói 4
Tổng diện tích xói, m <sup>2</sup>	-	-	18	18+20	18+20+25	18+20+25+25
Hệ số ổn định, FOS	1,070	1,045	1,036	1,032	0,947	0,896



Hình 16. Hệ số ổn định ở các giai đoạn khác nhau.

Như vậy, theo diễn biến xói lòng sông dưới sự tác động của dòng nước có thể thấy tính ổn định của bờ sông giảm đi rõ rệt. Hệ số ổn định của bờ sông giảm từ 1,070 xuống 0,896 ở giai đoạn xói 4 theo kết quả phân tích. Điều này có nghĩa bờ sông có thể sạt lở bất cứ lúc nào và nguy cơ tiềm ẩn rất nhiều rủi ro.

Có thể thấy bờ sông đoạn qua hiện Cái Bè có nền địa chất yếu, ngay cả khi ở trạng thái hiện tại, sự ổn định của đường bờ là không cao, cộng với việc xói lở do dòng nước nghịch sẽ làm tăng nguy cơ sạt lở. Điều này có nghĩa cần phải có các giải pháp kết hợp giữa giải pháp công trình (làm kè sông) và giải pháp chống xói lở lòng sông (trả thảm đá...) để giảm nguy cơ sạt lở bờ sông. Cần nghiên cứu kỹ để đưa ra được giải pháp tối ưu cho trường hợp này.

#### 4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu có thể rút ra một số kết luận sau:

Bằng phương pháp số sử dụng phần mềm GEO - SLOPE, mô phỏng đường bờ và các yếu tố tác động, đề xuất hai bước phân tích ở trạng thái tự nhiên và phân tích ở đoạn bờ bị xói với diện tích khác nhau, kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ số ổn định bị suy giảm rõ rệt khi diện tích xói tăng, làm mất ổn định bờ.

Qua phân tích tính toán có thể thấy xói bờ sông là một trong những nguyên nhân chính gây mất ổn định bờ sông. Để ổn định bờ sông cần có những giải pháp chống xói kết hợp các giải pháp khác bằng kết cấu công trình.

Nội dung của bài báo mới đề cập đến hiện tượng mất ổn định bờ sông Tiền do xói lớp số 3, chưa đề cập đến ảnh hưởng của chế độ dòng chảy động tới sự ổn định, xói lòng và xói đáy. Hướng tiếp theo của nghiên cứu sẽ phân tích đầy đủ các nguyên nhân gây mất ổn định cũng như đề xuất phương pháp phòng chống hiện tượng mất ổn định bờ.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.H.K., N.T.N., B.T.S.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.T.N.; Xử lý số liệu: N.H.K.; Viết bản thảo bài báo: N.T.N., N.H.K., B.T.S.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.N., N.H.K., B.T.S.

**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. Nga, N.T.; Thục, T. Động lực học sông. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia, 2003.
2. Lechchinsky, D. Limit Analysis versus Limit Equilibrium for Slope Stability. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* **1998**, *124(1)*, 1–11.
3. Yang, R.; Xiao, P.; Qi, S. Analysis of Slope Stability in Unsaturated Expansive Soil: A Case Study. *Earth Sci.* **2019**, *7*, 292.

4. Watson, A.; Basher, L. Stream bank erosion: a review of processes of bank failure, measurement and assessment techniques, and modelling approaches. In A Report Prepared for Stakeholders of the Motueka Integrated Catchment Management Programme and the Raglan Fine Sediment Study; Landcare Research: Hamilton, New Zealand, 2006.
5. Dapporto, S.; Rinaldi, M.; Casagli, N. Failure mechanisms and pore pressure condition analysis of Riverbank along the Arno River (Central Italy). *Eng. Geology* **2001**, *61*, 221–242.
6. Rinaldi, M.; Casagli, N.; Dapporto, S.; Gargini, A. Monitoring and modeling of pore water pressure changes and river-bank stability during flow events. *Earth Surf. Process. Landf.* **2004**, *29*, 237–254.
7. Hui, L. Yangtze. Riverbank slope stability by water level change in the three gorges reservoir. *Electron. J. Geotech. Eng.* **2015**, *20*, 1847–1856.
8. Shofiul Islam, M.S. River bank erosion and sustainable protection strategies. Fourth International Conference on Scour and Erosion, 2008, 316–323.
9. Thủy, V.T.T. Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS nghiên cứu tai biến xói lở, bồi tụ đối ven biển Hải Phòng Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Luận văn thạc sĩ, 2012.
10. Phát, L.T.; Duy, Đ.V.; Hiếu, C.T.; An, N.T.; Lavane, K.; Tỳ, T.V. Một số nhận định ban đầu về nguyên nhân gây mất ổn định bờ sông ở huyện Châu Thành tỉnh Hậu Giang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *740*, 57–73.
11. Điệp, N.T.H.; Minh, V.Q.; Trường, P.N.; Thành, L.K.; Vinh, L.T.Q. Diễn tiến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu, vùng Đồng bằng Sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2019**, *55*, 125–133.
12. Hải, H.Q. Tai biến xói lở - bồi tụ lòng sông Tiền đoạn Tân Châu - Hồng Ngự từ góc nhìn của địa mạo học. *Tạp chí địa chất* **2007**, *A-302/9-10*, 21–32.
13. Tỳ, T.V.; Tiến, P.H.; Thịnh, L.V.; Hồng, H.T.C.; Thắng, C.N.; Duy, Đ.V.; An, N.T.; Anh, L.Q.; Liêm, N.T. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ sông: Trường hợp nghiên cứu tại đoạn sông Chà Và, tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* **2022**, *58(5A)*, 14–21.
14. Lộc, N.Đ.; Linh, L.T.C.; Minh, H.V.T.; Luận, T.C.; Tho, N.V.; Hưng, V.V.; Tỳ, T.V. Xác định nguyên nhân sạt lở bờ sông theo phương pháp khảo sát thực địa: nghiên cứu tại sông Cái Sắn, thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Xây dựng* **2020**, *7*, 146–151.
15. Bằng, L.H.; Thịnh, L.V.; Trí, L.H.; Duy, Đ.V.; Tỳ, T.V.; Minh, H.V.T. Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố địa chất, thủy văn đến ổn định bờ sông Cái Vũng, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *731*, 16–25.
16. Viện Khoa học Công nghệ. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ phòng chống xói lở bờ sông Vu Gia - Thu Bồn tỉnh Quảng Nam. Đề tài nghiên cứu khoa học. 2019.
17. Hải, H.Q.; Trinh, V.T.M. Tương quan xói lở-bồi tụ một số khu vực lòng sông Tiền, sông Hậu. *Tạp chí Các khoa học về Trái đất* **2011**, *33(1)*, 37–44.
18. Dũng, P.V. Nghiên cứu dự báo sạt lở tại khu vực cù lao Long Khánh trên sông Tiền và đề xuất các giải pháp bảo vệ. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Thủy lợi, 2015.
19. Trí, L.H.; Thành, Đ.T.; Linh, L.T.C.; Thịnh, L.H.; Tỳ, T.V. Phân tích ảnh hưởng của các yếu tố đến ổn định bờ sông: Trường hợp nghiên cứu tại sông Cái Lân, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn* **2021**, *15*, 25–34.
20. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam. Hồ sơ khảo sát địa chất dự án Xử lý sạt lở khu vực xã Đông Hòa Hiệp, huyện Cái Bè (đoạn từ K0 ÷ K0+560), 2021.

## **Analysis the possibility of destabilization of the Tien river bank line through Cai Be district, Tien Giang province**

**Nguyen Hoang Khuyen<sup>1\*</sup>, Nguyen Thi Nu<sup>2</sup>, Bui Truong Son<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Tien Giang Department of Planning and Investment; nhk.skh@gmail.com

<sup>2</sup> Hanoi University of Mining and Geology; nguyenthinu@humg.edu.vn

<sup>3</sup> Hanoi University of Mining and Geology; buitruongson@humg.edu.vn

**Abstract:** The bank of Tien River in Cai Be district, Tien Giang province has stratigraphic characteristics including soft soils with different compositions, along with the complex river's flow regime, causing bank instability. The article refers to the analysis of the possibility of instability of the Tien river bank line through Cai Be district, Tien Giang province. Using numerical methods of GEO -SLOPE software, simulating the shoreline and impact factors, proposing two steps of analysis in the natural state and analysis of the eroded shore with different areas (18 m<sup>2</sup>, 18+20 m<sup>2</sup>, 18+20+25 m<sup>2</sup> and 18+20+25+25 m<sup>2</sup>), the research results shows that the stability coefficient is clearly reduced as the erosion area increases, destabilizing the bank of river and decreases from 1.070 to 0.896. Thus, it can be seen that in the natural state, the shoreline has a low stability coefficient and if the bank river eroded, the shoreline becomes unstable.

**Keywords:** Unstability; Cai Be District; Soft soil.