

UBND TỈNH BÌNH THUẬN
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
PHÂN HIỆU

**BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TỈNH**

**NGHIÊN CỨU CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỎ
VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ
KHU VỰC HỒ BÀU TRẮNG**

Mã số: ĐT-02-06-2023

TP. Hồ Chí Minh, 10/2024

UBND TỈNH BÌNH THUẬN
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
PHÂN HIỆU

**BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TỈNH**

**NGHIÊN CỨU CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỞ
VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ
KHU VỰC HỒ BÀU TRẮNG**

Mã số: DT-02-06-2023

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI



TS. Lê Ngọc Thanh

CƠ QUAN CHỦ TRÌ



PHÓ GIÁM ĐỐC
PGS.TS. Nguyễn Đăng Cảnh

SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Hoài Trung

TP. Hồ Chí Minh, 10/2024

MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU	1
1. TÍNH CẤP THIẾT.....	1
2. MỤC TIÊU CỦA ĐỀ TÀI.....	1
3. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU.....	1
PHẦN NỘI DUNG.....	2
I. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN VÀ KINH TẾ - XÃ HỘI.....	2
1.1. Vị trí địa lý.....	2
1.2. Khí hậu.....	2
1.2.1. Nhiệt độ	2
1.2.2. Chế độ mưa.....	2
1.2.3. Bốc hơi	3
1.2.4. Gió	3
1.3. Thủy văn	3
1.3.1. Các dòng chảy mặt	3
1.3.2. Hồ Bàu Trắng	3
1.4. Địa chất.....	4
1.4.1. Địa tầng	4
1.4.2. Những biểu hiện của hoạt động kiến tạo	5
1.5. Địa hình	6
1.5.1. Địa hình tích tụ và mài mòn tích tụ	6
1.5.2. Địa hình thành tạo do bóc mòn.....	6
1.5.3. Các bậc địa hình vùng nghiên cứu	6
1.6. Địa chất công trình.....	6
1.7. Địa chất thủy văn.....	7
1.7.1. Tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích Holocen (qh).....	7

1.7.2. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp)	7
1.7.3. Nước khe nứt trong thành tạo phun trào hệ tầng Nha Trang (K2)	7
1.7.4. Nước khe nứt trong các đới đập vỡ của đứt gãy	7
1.8. Hoạt động kinh tế - xã hội	7
II. KẾT QUẢ KHẢO SÁT, ĐÁNH GIÁ ĐẶC ĐIỂM CÁC YẾU TỐ TỰ NHIÊN, XÃ HỘI KHU VỰC BÀU TRẮNG	8
2.1. Hiện trạng sạt lở vùng nghiên cứu	8
2.1.1. Khảo sát, điều tra sạt lở	8
2.1.2. Hiện trạng sạt lở hồ Bàu Ông	8
2.1.3. Hiện trạng sạt lở hồ Bàu Bà	8
2.1.4. Các khu vực khác	9
2.2. Các yếu tố tự nhiên	9
2.2.1. Cấu trúc địa chất	9
2.2.2. Địa chất công trình	11
2.2.3. Hiện tượng rung động	12
2.2.4. Hiện tượng cát bay	12
2.2.5. Địa hình	12
2.2.6. Biến động đường bờ	13
2.2.7. Diện tích và chu vi hồ Bàu Trắng	13
2.2.8. Độ dốc hồ Bàu Trắng	14
2.2.9. Dòng chảy hồ Bàu Trắng	15
2.2.10. Mực nước hồ Bàu Bà	15
2.2.11. Cao độ mặt nước và dung tích hồ Bàu Trắng	15
2.2.12. Sự trao đổi nước của hồ Bàu Trắng	16
2.3. Các yếu tố kinh tế - xã hội	17
2.3.1. Diễn biến sử dụng đất (2020 – 2023) khu vực hồ Bàu Trắng	17
2.3.2. Tác động của hoạt động du lịch đến sạt lở bờ hồ Bàu Trắng	18

III. CÁC YẾU TỐ VÀ NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỞ - KHOANH VÙNG NGUY CƠ SẠT LỞ BỜ KHU VỰC BÀU TRẮNG	18
3.1. Mô hình Geostudio	18
3.1.1. Các dữ liệu sử dụng trong mô hình	18
3.1.2. Đánh giá nguy cơ sạt lở bờ hồ Bàu Trắng trên các mặt cắt.....	19
3.2. Cơ chế và nguyên nhân sạt lở bờ Bàu Bà	21
3.2.1. Yếu tố khí hậu	21
3.2.2. Yếu tố địa hình	21
3.2.3. Yếu tố trầm tích.....	22
3.2.4. Yếu tố cấu trúc địa chất	22
3.2.5. Yếu tố thủy văn	22
3.2.6. Yếu tố ĐCCT.....	23
3.2.7. Yếu tố ĐCTV	23
3.2.8. Yếu tố hoạt tải	23
3.2.9. Cơ chế và nguyên nhân sạt lở bờ Bàu Bà.....	24
3.3. Khoanh vùng nguy cơ sạt lở bờ khu vực Bàu Trắng	25
IV. CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ KHU VỰC BÀU TRẮNG	27
4.1. Các nguyên tắc đề xuất giải pháp	27
4.2. Các giải pháp công trình bảo vệ bờ Bàu Bà	27
4.2.1. Phương án 1	27
4.2.2. Phương án 2.....	27
4.3. Các giải pháp phi công trình.....	30
4.3.1. Biện pháp nông nghiệp.....	30
4.3.2. Biện pháp quản lý	31
PHẦN KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	32
KẾT LUẬN.....	32
KIẾN NGHỊ	32

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1. Các chỉ tiêu cơ lý đất của các trầm tích.....	11
Bảng 2.2. Kết quả thí nghiệm thấm đầu nước không đổi trong hố khoan HK1	11
Cao độ mặt nước hồ Bàu Trắng diễn biến theo thời gian cho thấy:	15
Bảng 3.1. Các mặt cắt tính toán và nội dung tính toán	19

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Bản đồ vị trí vùng nghiên cứu (thu từ tỉ lệ 1:10.000).....	2
Hình 2.1. Bản đồ hiện trạng sạt lở bờ Bàu Trắng (thu từ tỉ lệ 1:5.000)	10
Hình 3.1. Cơ chế sạt lở bờ Bàu Bà (ngày 03/5/2023)	24
Hình 3.2. Bản đồ khoanh vùng nguy cơ sạt lở bờ khu vực Bàu Trắng (thu từ tỉ lệ 1:5.000)	26
Hình 4.1. Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho các tuyến L1, L4 và L8	28
Hình 4.2. Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho các tuyến L1, L2 và L8	29

PHẦN MỞ ĐẦU

1. TÍNH CẤP THIẾT

Khu du lịch Bàu Trắng thuộc địa bàn xã Hoà Thắng, huyện Bắc Bình, tỉnh Bình Thuận chính thức được đưa vào quản lý và phát triển du lịch từ đầu năm 2012. Sau thời gian xảy ra dịch Covid 19, lượng du khách tìm đến điểm du lịch Bàu Trắng tiếp tục tăng lên qua từng năm, tạo ra những nguồn thu không nhỏ cho ngân sách địa phương cũng như thu nhập cho người dân, doanh nghiệp tham gia cung cấp các sản phẩm trong chuỗi du lịch tại địa phương.

Ngày 03/05/2023, khoảng 10h30 đã xảy ra sạt lở bờ hồ Bàu Bà, gây hoang mang dư luận, ảnh hưởng đến môi trường, hình ảnh và nguồn thu du lịch từ thắng cảnh Bàu Trắng của tỉnh. Thực tế đó đã đặt ra các vấn đề nghiên cứu và Sở KHCN tỉnh Bình Thuận đã đặt hàng nghiên cứu theo Hợp đồng thực hiện đề tài khoa học và công nghệ số ĐT – 02 - 06 – 2023 ký ngày 22/12/2023 giữa Sở KHCN tỉnh Bình Thuận và Phân hiệu Trường Đại học Thủy lợi tại tỉnh Bình Dương. Thời gian thực hiện đề tài là 7 tháng (22/12/2023 – 22/7/2024).

2. MỤC TIÊU CỦA ĐỀ TÀI

Mục tiêu chung: Xác định các nguyên nhân gây sạt lở bờ khu vực Bàu Trắng và đề xuất các giải pháp bảo vệ thích hợp.

Mục tiêu cụ thể

- 1) Khảo sát, đánh giá hiện trạng sạt lở bờ Bàu Trắng.
- 2) Khảo sát, đánh giá đặc điểm tự nhiên và kinh tế - xã hội khu vực nghiên cứu.
- 3) Xác định nguyên nhân và phân tích cơ chế phát sinh sạt lở.
- 4) Khoanh vùng và định cấp nguy cơ sạt lở.
- 5) Đề xuất các giải pháp (phi công trình và công trình) bảo vệ bờ hồ.

3. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

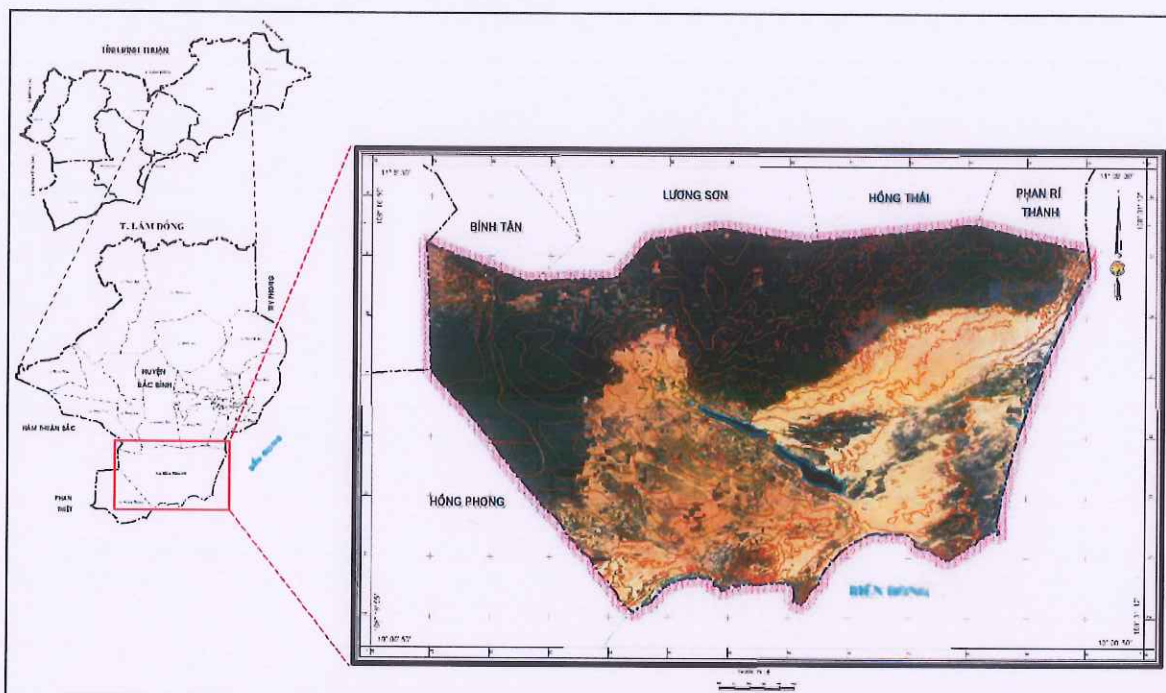
- 1) Phạm vi nghiên cứu
 - Về không gian, vùng nghiên cứu của đề tài nằm trên địa bàn xã Hoà Thắng, huyện Bắc Bình.
 - Về thời gian, các số liệu, tư liệu phục vụ nghiên cứu thu thập từ thời Pháp thuộc cho đến nay.
- 2) Đối tượng nghiên cứu
 - Các yếu tố tự nhiên và KT-XH ảnh hưởng và tác động đến sạt lở bờ Bàu Trắng.
 - Các nguyên nhân và cơ chế sạt lở bờ Bàu Bà.
 - Các giải pháp công trình và phi công trình bảo vệ bờ Bàu Trắng.

PHẦN NỘI DUNG

I. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN VÀ KINH TẾ - XÃ HỘI

1.1. Vị trí địa lý

Vùng nghiên cứu có diện tích 19.990 ha, chiếm hơn 80% tổng diện tích tự nhiên của xã Hoà Thắng (23.653,45 ha, có giới hạn bởi tọa độ địa lý: $10^{\circ}00'50''$ - $11^{\circ}09'30''$ vĩ độ bắc; $108^{\circ}16'55''$ - $108^{\circ}31'12''$ kinh độ đông (Hình 1.1).



Hình 1.1. Bản đồ vị trí vùng nghiên cứu (thu từ tỉ lệ 1:10.000)

1.2. Khí hậu

1.2.1. Nhiệt độ

Kết quả quan trắc nhiệt độ tại trạm Phan Rí từ năm 1978 – 2020 cho thấy nhiệt độ trung bình nhiều năm $27,1^{\circ}\text{C}$ với mức tăng trung bình $0,02^{\circ}\text{C}/\text{năm}$. Khu vực có nền nhiệt độ cao quanh năm, nhiệt độ cao nhất trung bình nhiều năm $35,7^{\circ}\text{C}$ nhưng có mức giảm trung bình $0,02^{\circ}\text{C}/\text{năm}$; trong khi nhiệt độ thấp nhất trung bình nhiều năm $17,9^{\circ}\text{C}$ với mức tăng trung bình $0,01^{\circ}\text{C}/\text{năm}$. Tháng nóng nhất thường tập trung vào từ tháng 5 đến 8 ($35,4^{\circ}\text{C}$ – $37,6^{\circ}\text{C}$). Nhiệt độ trung bình thấp nhất thường xảy ra vào tháng 1 và tháng 12 ($16,0^{\circ}\text{C}$ – $16,2^{\circ}\text{C}$), sau đó tăng dần và đạt cực đại vào các tháng 4, 5 ($23,5^{\circ}\text{C}$ – $25,0^{\circ}\text{C}$), rồi lại tiếp tục giảm dần đến tháng 1 năm sau.

1.2.2. Chế độ mưa

Lượng mưa trung bình nhiều năm 774,0 mm với mức giảm trung bình $0,02\text{ mm}/\text{năm}$. Khí hậu ở khu vực phân hoá thành 2 mùa: mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 6 đến tháng 11 với lượng mưa trung bình 624 mm; mùa khô bắt đầu từ tháng 12 đến tháng

5 năm sau với lượng mưa trung bình 143 mm. Phần lớn lượng mưa trong năm tập trung vào thời kỳ từ tháng 7 đến tháng 10 (chiếm 60 – 70%) tổng lượng mưa trung bình năm.

1.2.3. Bốc hơi

Tổng lượng bốc hơi trong tháng tương đối ổn định, dao động từ 118 - 238 mm. Tổng lượng bốc hơi cao nhất là tháng 1 đạt 238 mm (trùng với mùa khô) và tháng thấp nhất là tháng 6 đạt 118 mm (trùng với mùa mưa).

1.2.4. Gió

Có hai loại gió chính ảnh hưởng đến khí hậu của khu vực là gió mùa đông bắc (từ tháng 11 - tháng 4) và gió mùa tây nam (từ tháng 5 - tháng 10). Kết quả quan trắc gió trong giai đoạn 2011 – 2020 tại trạm Phan Rí cho thấy:

- Hướng gió đông là hướng gió chủ đạo trong khu vực với tần suất 26 - 40%, tập trung vào các tháng 1, 2, 3 và tháng 11, 12. Vận tốc gió trung bình đạt 4 – 5 m/s.
- Hướng gió tây với tần suất 8-12% tập trung vào các tháng 6- 9 trong năm.
- Các hướng gió còn lại tây nam, đông bắc và tây thường khô nóng xuất hiện hàng năm vào khoảng hạ tuần tháng 4.

Tổng lượng bốc hơi trong tháng tương đối ổn định, dao động từ 118 - 238 mm. Tổng lượng bốc hơi cao nhất là tháng 1 đạt 238 mm (trùng với mùa khô) và tháng thấp nhất là tháng 6 đạt 118 mm (trùng với mùa mưa).

1.3. Thủy văn

Mạng lưới thủy văn vùng nghiên cứu kém phát triển, ngoài hệ thống hồ Bàu Trắng và các trũng ven biển ngập nước quanh năm, còn lại mạng thủy văn của vùng chỉ là các suối có chiều dài ngắn và đáy cạn, lưu vực nhỏ. Chúng phát xuất từ các đỉnh đồi cao phía bắc – tây bắc và chỉ là các dòng chảy tạm thời vào mùa mưa. Phần lớn các nhánh suối này có hướng chảy tập trung về phía thung lũng của Bàu Trắng và hướng ra biển.

1.3.1. Các dòng chảy mặt

Các dòng chảy mặt trong vùng nghiên cứu kém phát triển phần lớn chỉ là các dòng chảy tạm thời sau những cơn mưa lớn. Các dòng chảy này thường ngắn và dốc, bắt nguồn từ các cồn cát, các dãy núi chảy ra biển, một vài khe cạn có hướng chảy vào bàu. Có một vài suối nhỏ có nước quanh năm, thường bắt nguồn từ các động cát phía đông nam Bàu Bả chảy ra biển.

1.3.2. Hồ Bàu Trắng

Các hồ nước trong vùng nghiên cứu tập trung thành một hệ thống hồ tự nhiên kéo dài từ hồ Bàu Trắng, phát triển về hướng đông, đông nam dọc theo các địa hình trũng về phía biển. Hồ Bàu Trắng đã chịu tác động mạnh mẽ về diện phân bố, địa hình đáy hồ, độ sâu mực nước... cũng như chất lượng nước trong hồ.

Từ năm 2006 – 2007 chất lượng nước hồ Bàu trắng đã được đánh giá suy giảm, trong đó hiện tượng phú dưỡng đã xuất hiện tại những khu vực dân cư và khu chăn nuôi, nhiều loại tảo đặc trưng vùng nước bẩn rất phát triển, vi sinh Coliform tăng đột biến tại khu vực dân cư, bắt đầu xuất hiện một số độc tố mà nguồn gốc là từ phân bón và thuốc trừ sâu. Nếu không có những giải pháp bảo vệ hữu hiệu thì trong một tương lai không xa, nước Bàu trắng sẽ bị phú dưỡng và suy thoái mạnh mẽ. Theo tính toán có thể khai thác lượng nước hồ Bàu Bả khoảng 4000 - 5000 m³/ngày đêm vì với mức khai thác đó trong mùa khô, mực nước hồ tuy bị giảm nhưng trong giới hạn cho phép.

1.4. Địa chất

1.4.1. Địa tầng

Vùng nghiên cứu bao gồm các thành tạo có tuổi từ cổ đến trẻ như sau:

Thành tạo Mesozoi

Các thành tạo của hệ tầng Nha Trang chỉ phân bố ở núi Hòn Hồng (núi Bình Nhơn) và các đồi núi sát ven biển, với tổng diện tích lộ ra khoảng 3,6 km². Tổng chiều dày các đá của hệ tầng từ 650 – 750 m.

Thành tạo Kainozoi

Các thành tạo Kainozoi chiếm hơn 95% diện tích của vùng nghiên cứu, bao gồm Hệ Đệ tứ:

- *Trầm tích Pleistocen*

- *Trầm tích biển, hệ tầng Phan Thiết (mQ_1^{2pt})*

Thành phần trầm tích của hệ tầng Phan Thiết chủ yếu là cát hạt nhỏ đến vừa xen cát pha bột. Tại thôn Hồng Lâm, các thành tạo của hệ tầng Phan Thiết lộ trên mặt đến độ sâu 65 m, chúng phủ lên trên các thành tạo cát màu xám trắng gắn kết cứng chắc của hệ tầng Mũi Né.

- *Trầm tích thành tạo do gió (vQ_1^2)*

Các thành tạo trầm tích do gió tuổi Pleistocen giữa phân bố chủ yếu phía tây bắc của thôn Hồng Chính, tạo thành hệ thống các dải có trục theo phương á vĩ tuyến và một sườn dốc đổ vào phía nội địa. Các trầm tích do gió này phủ lên trên các trầm tích của hệ tầng Phan Thiết và bị các trầm tích gió tuổi Holocen sớm - giữa phủ gối lên.

- *Trầm tích Holocen*

- *Trầm tích gió (vQ_2^{1-2})*

Các thành tạo do gió tuổi Holocen sớm - giữa hiện diện với diện tích khá lớn ở phía bắc - đông bắc của xã Hòa Thắng. Chúng phủ lên trên các thành tạo cát đỏ Phan Thiết và trên các trầm tích do gió tuổi Pleistocen muộn.

- *Trầm tích gió (vQ_2^{2-3})*

Các thành tạo do gió tuổi Holocen giữa - muộn lộ hạn chế phía đông bắc núi Bình Nhơn, cách bờ biển hiện tại từ 2 – 3 km và kéo dài theo phương đông bắc – tây nam.

- *Trầm tích sông (aQ_2^{2-3})*

Các thành tạo sông tuổi Holocen giữa - muộn phân bố xung quanh bờ Bàu Trắng theo phương tây bắc – đông nam. Thành phần trầm tích chủ yếu là cuội, sỏi, cát và bột cát.

1.4.2. Những biểu hiện của hoạt động kiến tạo

+ *Biến đổi bề dày trầm tích Đệ Tứ*

Bề dày các trầm tích Đệ Tứ đã biểu hiện khá rõ nét các hoạt động tân kiến tạo của vùng nghiên cứu như sau:

- Khu vực phía tây hồ Bàu Trắng có bề dày trầm tích Đệ Tứ từ 5 – 100 m. Bề mặt đáy trầm tích có vồng kéo dài theo phương á vĩ tuyến.

- Khu vực phía đông hồ Bàu Trắng có bề dày trầm tích Đệ Tứ từ 100 – 150 m. Bề mặt đáy trầm tích có vồng kéo dài theo phương đông bắc - tây nam. Nơi bề mặt đáy hạ thấp đã hình thành các trũng Đệ Tứ (sâu 140 – 150 m).

+ *Nâng hạ cục bộ*

- Giai đoạn Pleistocen giữa - muộn là thời kỳ biến tiến lớn nhất, đạt đến độ cao 120 m so với mực nước biển hiện nay.

- Từ Pleistocen muộn, khu vực phía tây hồ Bàu Trắng được nâng lên tương đối để hình thành các khối núi sót rải rác trên đồng bằng tích tụ cát đỏ và trên các đồi cát tuổi Pleistocen muộn có phương á vĩ tuyến.

- Từ Holocen sớm, khu vực phía đông hồ Bàu Trắng có biểu hiện hạ tương đối.

+ *Hoạt động đứt gãy*

Trong vùng nghiên cứu có 2 hệ thống đứt gãy chính:

- *Đứt gãy phương tây bắc - đông nam*

Thuộc hệ thống đứt gãy này có đứt gãy chạy dọc hồ Bàu Trắng, hình thành trong giai đoạn Pliocen và hoạt động mạnh mẽ, tồn tại đến Holocen. Sự tồn tại của hệ thống đứt gãy này dẫn đến kết quả:

- Các bàu hồ khu vực hồ Bàu Trắng đều có chiều sâu lớn, đáy hồ dốc, dạng kéo dài theo phương tây bắc - đông nam, nằm thẳng hàng theo một đường thẳng hướng ra phía biển.
- Chênh lệch bề dày trầm tích Đệ Tứ đáng kể giữa hai khối tây (từ 5 – 100 m) và khối đông (từ 100 – 150 m).
- Sự tồn tại và lưu chuyển lượng nước ngọt không lồ có cùng một loại hình nước giữa các hồ, bàu theo phương tây bắc - đông nam từ trong đất liền ra phía biển.

- *Đứt gãy phương đông bắc - tây nam*

Hệ thống đứt gãy này hình thành và phát triển vào cuối Jura giữa. Trong giai đoạn Kainozoi, chúng tái hoạt động, đóng vai trò phân cắt móng cấu trúc dưới các dạng bậc thang kiểu địa hào, địa lũy tạo nên bồn sụt lún rộng lớn Phan Thiết - Tuy Phong.

1.5. Địa hình

Yếu tố địa hình – địa mạo của vùng này khá đa dạng, gồm các bề mặt có tuổi và nguồn gốc khác nhau như địa hình tích tụ và mài mòn tích tụ, và địa hình thành tạo do bóc mòn.

1.5.1. Địa hình tích tụ và mài mòn tích tụ

Dạng địa hình này ở vùng nghiên cứu là các bar cát, bề mặt cao từ 50 – 120 m được thành tạo trong các giai đoạn biển tiến có tuổi Pleistocen muộn. Trầm tích cấu tạo nên bar cát là cát thạch anh màu đỏ nâu vàng, xám trắng thuộc hệ tầng Phan Thiết (mQ_{1pt}) phân bố dọc theo thung lũng Hòa Thắng, độ chia cắt sâu từ 40 – 60 m, bề mặt bar cát khá bằng phẳng, phát triển thành các dãy cồn cát cao 120 – 200 m, dạng địa hình này có 3 thềm biển gồm thềm biển mài mòn bậc 3, thềm biển bậc 2 và thềm biển tích tụ bậc 1:

1.5.2. Địa hình thành tạo do bóc mòn

Suối bóc mòn tổng hợp, tuổi Neogen - Đệ Tứ phát triển trên núi sót Bình Nhon và trên các đồi đá sót ven biển. Suối có trắc diện thẳng hay lõm, dốc 10 – 30°, lộ đá phun trào thuộc hệ tầng Nha Trang (K_{2nt}).

1.5.3. Các bậc địa hình vùng nghiên cứu

Nhìn chung vùng nghiên cứu được chia thành 2 bậc địa hình chính:

- Vùng có địa hình đồng bằng thấp có độ cao từ 0 đến dưới 70 m, phân bố dọc thung lũng của Bầu Tráng và ven biển, nghiêng thoải về phía nam, riêng bờ biển đôi khi xuất hiện các núi sót cao từ 70 – 235 m, sườn vách đồ lỏ, độ dốc lên đến trên 30° và lộ đá gốc.

- Vùng đồng bằng có địa hình cao là những vùng đất cát đỏ phân bố dọc theo bờ biển có độ cao từ 70 – 150 m và các đồi cát trắng có độ cao từ 210 – 235 m. Các đồi cát này chịu tác động mạnh của gió và quá trình xâm thực đã tạo nên những hố trũng kiểu lòng chảo hoặc kéo dài, bao quanh chúng là các sườn rửa trôi có độ dốc 5 – 15°. Đường bờ biển phát triển các sườn vách khá dốc (> 60°), lộ cát đỏ, đôi nơi lộ đá gốc, dọc theo đó thường phát triển các đụn và cồn cát trắng.

1.6. Địa chất công trình

Vùng nghiên cứu có 2 kiểu vùng với điều kiện ĐCCT đặc trưng khác nhau:

- Vùng phía đông bắc bao gồm phần lớn các trầm tích trẻ tuổi Holocen (vQ_2) nguồn gốc gió, địa hình cao, bờ rời dễ bị tác động của gió, mưa. Đây phần lớn là các cồn cát trẻ đang được hình thành dưới tác động của quá trình sa mạc hóa. Dưới tác động của gió, các cồn cát này dễ bị dịch chuyển, lấn rừng, lấp bầu hồ hoặc làm nông đáy các bầu hồ.

- Vùng phía tây nam bao gồm phần lớn các trầm tích nguồn gốc biển cổ hơn (mQ_{2pt}) chủ yếu thuộc hệ tầng cát đỏ Phan Thiết tuổi Pleistocen.

Các trầm tích biển Pleistocen có các thông số chống cắt và lực dính cao. Hệ số nén lún thấp. Độ ẩm, độ rỗng và độ bão hòa thấp. Các thông số cơ lý của tầng cát đỏ và cát trắng có thể đáp ứng làm nền thiên nhiên cho các công trình xây dựng. Tuy vậy, các trầm tích Pleistocen có biểu hiện lún ướt, dễ tan khi gặp nước nên cũng dễ bị rửa trôi bề mặt, hình thành các mương xói bề mặt và xói ngầm.

1.7. Địa chất thủy văn

Trong vùng nghiên cứu nước dưới đất được phân ra làm 4 đơn vị chứa nước sau:

1.7.1. Tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích Holocen (qh)

Đơn vị chứa nước này phân bố rộng khắp vùng nghiên cứu, tập trung ở phía bắc, đông và nam hồ Bàu Trắng, cấu tạo nên đơn vị chứa nước này là các thành có nguồn gốc gió, nguồn gốc biển thuộc thống Holocen. Các trầm tích này khá xốp, có độ thấm nước tốt. Chiều dày tầng chứa nước thay đổi từ 1 - 2 m đến 6 – 10 m. Phần lớn các trầm tích này đều nằm cao hơn mực nước ngầm. Nguồn cung cấp nước cho tầng chứa nước này chủ yếu là nước mưa, nước mặt từ các hồ, bàu, và thoát ra qua các nguồn lộ ven biển. Động thái của nước biến đổi theo mùa, có quan hệ thủy lực trực tiếp với nước mưa, nước mặt trong khu vực nghiên cứu.

1.7.2. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp)

Các trầm tích này phân bố khá rộng rãi trong vùng nghiên cứu, lộ ra tập trung ở phía đông và tây nam Bàu Bả. Mực nước tĩnh dao động từ 8 - 33 m. Tầng chứa nước này rất nghèo nước, khả năng thấm nước kém. Nguồn cung cấp nước cho tầng chứa nước này chủ yếu là nước mưa, nước mặt và cung cấp cho Bàu Ông và được Bàu Bả cung cấp cho các nguồn nước khác trong vùng.

1.7.3. Nước khe nứt trong thành tạo phun trào hệ tầng Nha Trang (K2)

Đơn vị chứa nước này phân bố khắp vùng nghiên cứu, là phần nền của các thành tạo địa chất trong vùng. Chúng xuất lộ ra rải rác dưới dạng các dãy núi sót, phân bố tập trung ở phía nam và tây nam Bàu Trắng. Nước trong đơn vị chứa nước này có liên quan đến nước trong các đới khe nứt, đứt gãy cắt qua chúng.

1.7.4. Nước khe nứt trong các đới dập vỡ của đứt gãy

Đới chứa nước này phân bố dọc theo các hệ thống đứt gãy chính trong vùng nghiên cứu, có phương tây bắc - đông nam. Chiều rộng đới đứt gãy dự đoán khoảng 10 m. Sự tồn tại của các hồ Bàu Trắng chạy dọc theo đới đứt gãy chính có khả năng liên quan chặt chẽ đến nước trong các đới dập vỡ của các hệ thống đứt gãy trên. Cho đến nay, vẫn chưa có đủ dữ liệu để xác định đầy đủ nguồn cung cấp nước cho hồ Bàu Trắng.

1.8. Hoạt động kinh tế - xã hội

Dân số trung bình xã Hòa Thắng là 6.924 người (2022); mật độ dân số là 29 người/km² (2022). Toàn xã có 1.962 hộ và 7.464 nhân khẩu chia làm 04 thôn, gồm Hồng Lâm, Hồng Thắng, Hồng Chính và Hồng Hải. Hiện nay, xã Hòa Thắng có một nhà máy cấp nước (Trạm cấp nước Hoà Thắng) đặt bên bờ hồ Bàu Bà, đi vào hoạt động từ năm 1998 với công suất thiết kế 3.600 m³/ngày. Người dân địa phương chủ yếu sống bằng nông nghiệp, chăn nuôi, nuôi trồng, đánh bắt thủy sản và kinh doanh dịch vụ. Công việc trồng trọt chủ yếu tiến hành vào mùa mưa. Các loại cây trồng ngăn ngày như đậu phộng, bắp, khoai sắn, mè, dưa lấy hạt; dài ngày có cây thanh long. Năm 2022, các hoạt động du lịch thương mại, dịch vụ trên địa bàn xã được khuyến khích phát triển hoạt động sau dịch bệnh Covid 19 đã dần ổn định; tiếp tục thực hiện các giải pháp của huyện để quảng bá hình ảnh Điểm du lịch Bàu Trắng thu hút du khách và các nhà đầu tư.

II. KẾT QUẢ KHẢO SÁT, ĐÁNH GIÁ ĐẶC ĐIỂM CÁC YẾU TỐ TỰ NHIÊN, XÃ HỘI KHU VỰC BÀU TRẮNG

2.1. Hiện trạng sạt lở vùng nghiên cứu

2.1.1. Khảo sát, điều tra sạt lở

Thực hiện điều tra, khảo sát, đánh giá hiện trạng sạt lở trong vùng nghiên cứu, khu vực hồ Bàu Trắng và khu đồi Trinh Nữ. Tổng số có 53 điểm khảo sát (Hình 2.1). Trong đó, 28 vị trí khu vực ven hồ Bàu Ông (20 vị trí phía bờ trái, 5 phía bờ phải), 16 vị trí khu vực ven hồ Bàu Bà (11 vị trí phía bờ trái, 5 phía bờ phải), 07 vị trí khu vực Vũng Môn, 01 vị trí ở suối Hồng và 01 tại Mũi Yên.

2.1.2. Hiện trạng sạt lở hồ Bàu Ông

Bờ phải của hồ có sự phân dị, chênh lệch cao độ địa hình và độ dốc cao hơn phía bờ trái, vì thế có thể nguy cơ xảy ra sạt lở dạng khối; và bờ trái của hồ còn lưu lại các dấu tích của hiện tượng xâm thực đường bờ (rễ cây thân gỗ nằm ven bờ hồ bị lộ lên khỏi mặt nước hoặc thân cây nghiêng về phía mặt nước của hồ). Điều này có thể giải thích là do khi gió mùa tây nam thịnh hành, thổi trên mặt nước hồ tạo sóng tác động đến đường bờ. Đường bờ nơi đây hầu hết là đất cát, dính kết kém dễ bị phá vỡ dẫn đến xâm thực, bào mòn theo kiểu “gặm nhấm”.

2.1.3. Hiện trạng sạt lở hồ Bàu Bà

Phía cuối bờ trái của hồ có sự phân dị, chênh lệch cao độ địa hình và độ dốc cao hơn phía bờ phải, vì thế có thể dẫn đến nguy cơ xảy ra hiện tượng sạt lở dạng khối (ví dụ điểm KSBB 01); phía đầu bờ phải của hồ ít thấy dấu tích của hiện tượng xâm thực đường bờ, nơi đây người dân địa phương khai thác sử dụng bằng cách hạ cấp độ dốc, tạo thành bề mặt khá bằng phẳng cho việc trồng trọt các loại cây ngăn ngày như đậu phộng (KSBB 05) hay dài ngày như dưa (KSBB 07). Đặc biệt tại vị trí khảo sát KSBB 01 là nơi đã bị sạt lở nghiêm trọng xảy ra vào ngày 03/05/2023. Theo ý kiến của Ban Quản lý điểm du lịch Bàu Trắng thì nguyên nhân là do mạch nước theo dòng chảy ăn sâu vào bề mặt dưới đồi cát; tích tụ lâu ngày làm lỏng chân cát; mạch nước trở dẫn đến sụp, lún; chiều dài khoảng 70 – 80 m, chiều ngang nước lấn vào đồi cát khoảng 25 m, nước ở hồ sủi bọt phun lên liên tục. Tuy nhiên trên

Phân hiệu Trường Đại học Thủy lợi tại tỉnh Bình Dương

thực tế khảo sát vào tháng 01/2024 thì tổng chiều dài đoạn sạt lở khoảng 103 m, chiều ngang cung sạt lớn nhất khoảng 38 m, diện tích bề mặt sạt lở 0,269 ha.

2.1.4. Các khu vực khác

1. Khu vực rạch Vũng Môn tuy có địa hình thấp nhưng phân dị cao, độ dốc khá lớn vì thế nơi đây hoàn toàn có nguy cơ sạt lở, đặc biệt là bề mặt sườn đồi cát tiếp giáp với dòng chảy.

2. Khu vực ven biển Mũi Yến là vùng địa hình thấp nhưng có sự chênh lệch cao độ và độ dốc khá cao vì thế nơi đây hoàn toàn có nguy cơ sạt lở, đặc biệt là bề mặt sườn đồi cát hoặc bề mặt vách đá tiếp giáp với bờ biển

3. Khu vực suối Hồng có địa hình trung bình, khá bằng phẳng, do hình thành trên nền đất cát đỏ nên bề mặt khe suối bị cắt xẻ rất mạnh tạo thành rãnh xói có độ dốc rất cao. Biến thiên độ dốc rất cao, trên cùng một mặt cắt có nơi độ dốc lên đến 40° vì thế nơi đây có nguy cơ sạt lở, đặc biệt là bề mặt sườn nơi tiếp giáp với lòng suối.

Bản đồ hiện trạng sạt lở bờ Bàu Trắng được thành lập thể hiện trên Hình 2.1.

2.2. Các yếu tố tự nhiên

2.2.1. Cấu trúc địa chất

Khu vực bờ hồ Bàu Bà

Tổng hợp kết quả đo ảnh điện, đo GPR và khoan ĐCCT chứng tỏ tồn tại một đới bão hoà nước từ bờ hồ Bàu Bà kéo dài vào trong 40 – 50 m theo hướng tây nam – đông bắc, ở độ sâu từ 20 - 30 m. Đới bão hoà nước này tiếp tục trở thành đới ngấm nước kéo dài và chìm dần cho đến hết tuyến đo AD1 về hướng đông bắc. Trên cơ sở đó, chúng tôi dự báo một cung của đỉnh trượt trong khu vực bờ hồ Bàu Bà, song song và cách bờ hồ từ 40 - 45 m theo hướng tây bắc – đông nam.

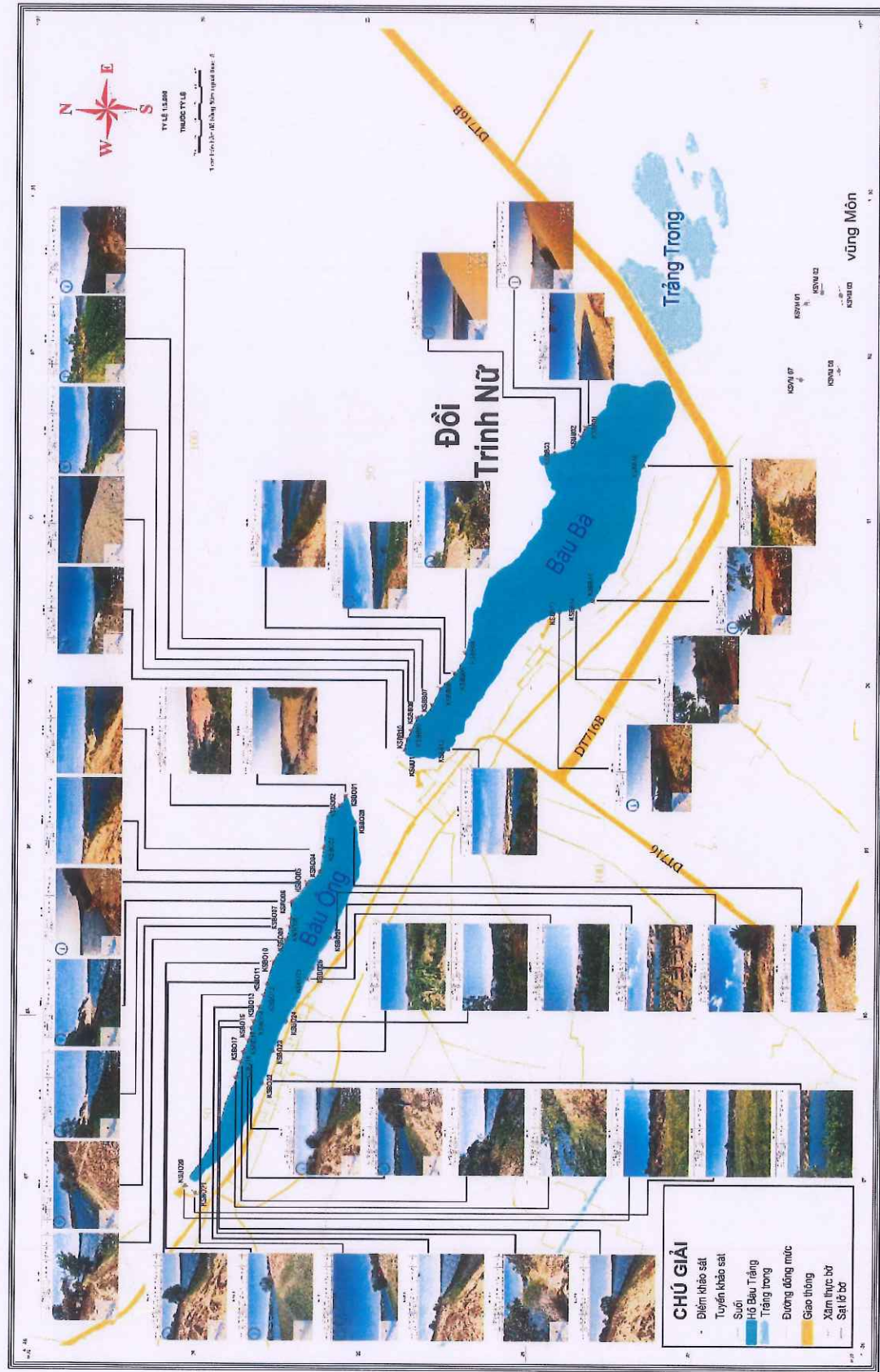
Khu vực cuối hồ Bàu Bà

Tuyến đo ảnh điện AD2 được bố trí dọc theo đường tỉnh ĐT716B, cuối hồ Bàu Bà theo hướng tây nam – đông bắc; chiều dài 750 m, bắt đầu từ khu dân cư (trên dốc đường) đến cổng Khu Du lịch Như Trung. Từ kết quả minh giải tuyến đo ảnh điện AD2 có thể giả định rằng nước mặt xuất lộ từ hồ Bàu Bà thấm và thoát ra theo hướng tây bắc – đông nam xuyên ngang qua toàn tuyến đo AD2 và xuất lộ lần nữa tại Vũng Môn.

Khu vực đầu hồ Bàu Ông

Tuyến đo ảnh điện AD3 được bố trí khu vực đầu và cách bờ hồ Bàu Ông 110 m về phía tây bắc, dài 200 m theo hướng tây nam – đông bắc, bắt đầu từ đường tỉnh DT 716 đến Trạm quan trắc mực nước ngầm. Hồ khoan HK3 đặt trên tuyến đo AD3 tại mét thứ 120. Trên mặt cắt ảnh điện tuyến AD3, có thể phân biệt 02 dải điện trở suất, dự đoán đây là lớp cát chứa nước kém và vật liệu phong hóa của đá gốc.

Đề tài: "Nghiên cứu các nguyên nhân gây sạt lở và đề xuất các giải pháp bảo vệ bờ khu vực hồ Bàu Trắng"



Hình 2.1. Bản đồ hiện trạng sạt lở bờ Bàu Trắng (thu từ tỉ lệ 1:5.000)

2.2.2. Địa chất công trình

Kết quả phân tích mẫu trên các trầm tích cát trắng tuổi Holocen và cát đỏ tuổi Pleistocen cho thấy tại 3 hố khoan HK1, HK2 và HK3 trình bày trong Bảng 2.1 và 2.2.

Bảng 2.1. Các chỉ tiêu cơ lý đất của các trầm tích

Các chỉ tiêu cơ lý của đất	Giá trị		
	Lớp 1 (Trầm tích Holocen)	Lớp 2 (Trầm tích Pleistocen)	Lớp 3 (Trầm tích Pleistocen)
Thành phần hạt			
- Sét (%)	2	0	2
- Bụi (%)	2	1	2
- Cát (%)	96	99	96
- Sạn sỏi (%)	-	-	-
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	18,2	18,3	17,5
Độ lỗ rỗng, n (%)	36,2	35,2	34,6
Độ bão hòa, G (%)	84,3	89,1	88,1
Hệ số nén lún $a_{1,0-2,0}$ (cm ² /kg)	0,013	0,010	0,009
Lực dính $C_{cát}$ trực tiếp (kG/cm ²)	0,014	0,011	0,012
Góc ma sát φ cát trực tiếp (°)	24°56	26°46	28°56

Bảng 2.2. Kết quả thí nghiệm thấm đầu nước không đổi trong hố khoan HK1

Độ sâu (m)	Số hiệu mẫu	Hệ số thấm bình quân $K_{th,tb}$ (m/ng)	Tỷ số hệ số thấm đứng và ngang
7,5 – 8,0 (Lớp 1 – Trầm tích Holocen)	HK1-4 (Thấm đứng)	1,071	0,49
	HK1-4 (Thấm ngang)	2,177	
13,5 – 14,0 (Lớp 2 – TKC2, Trầm tích Pleistocen)	HK1-7 (Thấm đứng)	0,012	0,38
	HK1-7 (Thấm ngang)	0,030	
25,5 – 26,0 (Lớp 3 – Trầm tích Pleistocen)	HK1-13 (Thấm đứng)	0,319	0,47
	HK1-13 (Thấm ngang)	0,685	

2.2.3. Hiện tượng rung động

Trong quá trình quan trắc chúng tôi nhận thấy từ 9h00 – 12h30 là thời gian có rất nhiều loại xe bán tải và xe địa hình chạy ngang qua hoặc dừng lại cách điểm quan trắc từ 2 - 3 m. Tốc độ các chúng ước lượng từ 30 – 50 km/h. Trọng lượng xe bán tải từ 2,0 - 2,4 tấn, và xe địa hình từ 400 – 500 kg. Ngoài ra, nhiều du khách đi lại ngắm cảnh hoặc chụp hình tại khu vực này, đặc biệt lượng du khách tăng lên khá đông trong các ngày lễ, thứ bảy và chủ nhật. Điều đó cho thấy các loại xe bán tải và xe địa hình là nguồn rung động chủ yếu ở khu vực bờ hồ Bàu Bà. Gia tốc rung động cực đại đạt giá trị lớn nhất là $a = 0,01439 \text{ m/s}^2$ vào ngày 25/02/2024.

2.2.4. Hiện tượng cát bay

Nhìn chung, tốc độ gió và chế độ gió ghi nhận đã minh chứng được khả năng tạo được sự chuyển động của cát trên bề mặt với đủ các trạng thái bay, nhảy và lăn. Lực gió tác động lên mặt đất, đặc biệt là lớp cát sẽ tạo xói mòn, thổi đẩy chúng di chuyển theo chiều gió. Sự chuyển động của hạt cát trên mặt đất phụ thuộc chủ yếu vào kích thước hạt, sức gió và độ ẩm và đóng vai trò quyết định trong sự bồi tụ của cát sau chuyển động. Điều kiện để các hạt cát di chuyển là động năng của gió có tốc độ lớn hơn 4,4 m/s (tương đương 16 km/h). Dựa vào kích thước hạt có thể phân cát bay thành các dạng lăn (creep) cho kích thước hạt lớn nhất; nhảy (saltation) cho kích cỡ hạt trung bình và bay (suspension) đối với hạt có kích thước nhỏ như bột sét.

Quan trắc của chúng tôi về sự bồi lấp của cát dưới sự tác động của gió trên đồi cát ven bờ Bàu Bà cho thấy: ở tốc độ gió trung bình từ 8 – 10 m/s, giật 12 m/s trong 3 giờ thì mỗi 1 m² cát bồi lấp thêm từ 3 – 3,2 cm với trọng lượng từ 30 – 36 kg, tương đương 1 giờ cát bồi thêm được 1 cm, trọng lượng từ 10 – 12 kg trên 1 m². Kết quả khảo sát, quan trắc cát bay trước đây cho thấy cát xâm nhập hồ Bàu Ông là 1.286 m³/năm; hồ Bàu Bà là 2.571 m³/năm.

2.2.5. Địa hình

Khu vực hồ Bàu Trắng

Địa hình của khu vực hồ Bàu Trắng có cao độ từ 30 – 109 m so với mực nước biển, thoải và thấp dần theo hướng đông bắc – tây nam. Phía bắc, đông bắc của khu vực có địa hình cao với những đồi cát đỏ và cát trắng với cao độ 109 m; ngược lại phía nam, tây nam có dạng địa hình thấp, nơi trũng thấp nhất là Bàu Ông và Bàu Bà với cao độ 30 m. Tuy nhiên, một số nơi có sự biến động, đặc biệt là khu đồi Trinh Nữ.

Độ chênh bề mặt địa hình của khu vực này trong giai đoạn 2006 – 2024 khá lớn. Có nhiều nơi bề mặt địa hình hạ thấp đến 19 m, phân bố chủ yếu ở khu đồi Trinh Nữ và ven bờ Bàu Bà. Ngược lại, có những nơi bề mặt địa hình được nâng cao lên đến 24,5 m, phân bố khắp đều ở phía bắc của Bàu Bà với những đồi cát trắng nối tiếp nhau. Bên cạnh đó cũng có những khu tương đối ổn định, ít biến động, đó là nơi có thảm thực vật che phủ hoặc được người dân canh tác, gieo trồng, phân bố ở ven hai Bàu, đặc biệt là phần đầu Bàu Ông có thảm thực vật rừng che phủ.

Khu đồi Trinh Nữ

Cao độ địa hình trong khu đồi Trinh Nữ thay đổi trong khoảng 30 – 83 m, nghiêng thoải dần từ đông bắc xuống tây nam. Nơi cao nhất là những đồi cát vàng và trắng nằm phía đông bắc với cao độ từ 50 - 83 m, thấp nhất là khu vực hồ Bàu Bà với cao độ chỉ 30 m.

Kết quả đánh giá diễn biến địa hình qua 03 đợt đo ở khu đồi Trinh Nữ cho thấy có sự biến đổi hình dáng và đỉnh của đồi cát. Nói cách khác, đỉnh của đồi cát “di chuyển” dưới sự tác động của gió; trong thời gian khảo sát thì sự di chuyển này về phía Bàu Bà hướng tây nam. Đỉnh đồi cát theo thời gian di chuyển dần về hướng tây (hồ Bàu Bà). Phía bắc của đỉnh đồi di chuyển chậm hơn phía nam; khoảng cách đỉnh đồi giữa đợt 1 và đợt 3 ở phía bắc khoảng 5 m, phía nam khoảng 10 m.

Trong phạm vi diện tích 0,48 ha, kết quả khảo sát cho thấy chỉ trong thời gian 2 tháng (25/01/2024 – 25/03/2024) cao độ địa hình nơi đây có xu hướng giảm đi 0,52 m.

2.2.6. Biến động đường bờ

Phân tích, so sánh ảnh vệ tinh 8 thời kỳ (2006, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2021 và 2023) trong vòng 17 năm (2006 – 2023), có thể nhận thấy:

- Đường bờ hồ Bàu Bà khu đồi Trinh Nữ (sạt lở) có xu hướng di chuyển về phía tây nam. Đây là kết quả của quá trình bồi lấp (cát tràn) của cát bay bởi gió mùa đông bắc (Hình 2.24).
- Đường bờ phía bắc bồi tụ nhanh hơn, khoảng 50 m (trung bình 3m/năm) gấp 5 lần phía nam, khoảng 10 m, ngoại trừ phần sạt lở, (trung bình 0,6 m/năm) (Hình 2.25).

Kết quả xử lý hình ảnh và đo đạc cho thấy tại khu vực sạt lở bờ hồ Bàu Bà có sự chênh lệch đường bờ giữa đợt 2 (ngày 25/02/2024) và đợt 3 (ngày 25/03/2024). Trong thời gian 1 tháng đường bờ ở đây được bồi ra thêm gần 1,0 m về phía tây nam. Trên thực tế chúng tôi đã quan sát thấy hiện nay đường bờ sau sạt lở đang trong quá trình bồi tụ sau tháng 5/2023.

2.2.7. Diện tích và chu vi hồ Bàu Trắng

Hiện trạng diện tích và chu vi hồ Bàu Trắng (tháng 01/2024)

Kết quả đo đạc địa hình lòng hồ Bàu Trắng vào thời điểm tháng 01/2024 cho phép thành lập Bản đồ địa hình lòng hồ Bàu Ông và Bàu Bà. Trong đó:

Bàu Ông:

- Diện tích mặt nước 45,4 ha,
- Chu vi 5.347 m,
- Độ sâu mặt nước: 12 – 15 m,
- Cao độ mặt nước 38,2 m,
- Dung tích: 3.196.771 m³.

Bàu Bà:

- Diện tích mặt nước 102,6 ha,
- Chu vi 6.512 m,
- Độ sâu mặt nước: 15 – 20 m,
- Cao độ mặt nước 34,2 m,
- Dung tích: 11.337.378 m³.

Diễn biến diện tích và chu vi hồ Bàu Trắng qua các thời kỳ

Diện tích và chu vi hồ Bàu Trắng xác định từ các loại bản đồ và ảnh vệ tinh khác nhau cho thấy diện tích và chu vi hồ Bàu Trắng theo theo bản đồ (từ năm 1965) và ảnh vệ tinh (từ năm 1985) đến 2024 đều có xu hướng tăng qua 2.2.8. Độ sâu hồ Bàu Trắng

Độ sâu mặt nước hồ Bàu Trắng (tháng 01/2024)

Theo kết quả đo đạc của đề tài vào tháng 01/2024:

- Độ sâu mặt nước của hồ Bàu Ông thay đổi từ 12 – 15 m; rãnh sâu của hồ Bàu Ông phân bố ở giữa lòng hồ theo hướng tây bắc – đông nam với cao độ giảm dần từ 40 m xuống 24 m.

- Độ sâu mặt nước của hồ Bàu Bà thay đổi từ 15 – 20 m; rãnh sâu uốn lượn theo trục diện dọc của hồ, với cao độ giảm dần từ 30 m xuống 8 m; đáng chú ý là rãnh sâu có xu thế tiếp cận sạt lở bờ hồ khu vực sạt lở, ở đó cao độ đạt giá trị nhỏ nhất, từ 8 – 10 m.

Diễn biến độ sâu mặt nước hồ Bàu Trắng qua các thời cho thấy trong giai đoạn (2000 – 2024) độ sâu mặt nước của hồ Bàu Ông tương đối ổn định, trong khi của hồ Bàu Bà có khuynh hướng giảm đi một chút.

2.2.8. Độ dốc hồ Bàu Trắng

Lòng hồ Bàu Ông

Kết quả phân tích cho thấy độ dốc hồ Bàu Ông có các đặc điểm như sau:

- Độ dốc lòng hồ Bàu Ông lớn nhất từ 25 - 46 độ, tập trung khu vực đồi cát cuối hồ (Tuyến 1).
- Độ dốc lớn tập trung vào 2 mép bờ hồ (Tuyến 2, Tuyến 3) tuân theo quy luật chung của hồ nước tự nhiên.
- Độ dốc phần lớn thay đổi 0 - 8 độ, tập trung vào khu vực lòng hồ. Trong đó tại các khu vực có trũng giữa hồ độ dốc rất nhỏ, từ 0 – 3 độ.

Độ dốc lòng hồ Bàu Bà

Kết quả phân tích cho thấy độ dốc hồ Bàu Bà có các đặc điểm như sau:

- Độ dốc lòng hồ Bàu Bà lớn nhất trong khoảng 30 - 46 độ, tập trung chủ yếu ven bờ hồ từ khu vực sạt lở đến phần đầu hồ (Tuyến 1).
- Hầu hết độ dốc khu vực lòng hồ thay đổi từ 0 – 3 độ, điều này cho thấy khu vực lòng hồ tương đối bằng phẳng.

- Có hai tuyến độ dốc cao từ 15 - 25 độ (Tuyến 2, Tuyến 3) chạy dọc lòng hồ và bám theo rãnh sâu của lòng hồ.
- Độ dốc lòng hồ ở bờ phải lớn hơn so với bờ trái, trừ khu vực sạt lở của Tuyến 1 có độ dốc lớn, từ 13 - 46 độ (Hình 2.39).

2.2.9. Dòng chảy hồ Bàu Trắng

Hồ Bàu Ông

Kết quả đo đạc cho thấy vận tốc dòng chảy tại các mặt cắt lòng hồ Bàu Ông rất nhỏ, dao động từ 0,004 - 0,006 m/s; hướng dòng chảy không rõ ràng trên các mặt cắt

Hồ Bàu Bà

Trên tất cả các mặt cắt tốc độ dòng chảy rất nhỏ, chỉ đạt 0,003 – 0,008 m/s, do đó có thể coi như dao động của toàn bộ khối nước. Trong cùng một mặt cắt, vận tốc ở giữa lòng hồ nói chung lớn hơn ven bờ hồ. Hướng dòng chảy không cố định, phân bố ngẫu nhiên. Ngoài ra, kết quả đo chi tiết tại 3 vị trí (ký hiệu A, B, C) gần khu vực sạt lở bằng thiết bị đo dòng chảy ADCP theo điểm cũng cho thấy vận tốc dòng chảy rất nhỏ và hướng dòng chảy cũng không theo quy luật. Điều đó chứng tỏ không tồn tại dòng chảy ngầm trong lòng hồ Bàu Bà.

2.2.10. Mực nước hồ Bàu Bà

Diễn biến mực nước giai đoạn (2021 – 2024)

Trong 4 năm giai đoạn (2021 – 2024) mực nước thấp nhất và cao nhất của hồ Bàu Bà có khuynh hướng tăng; mực nước thấp nhất thường vào cuối mùa khô – đầu mùa mưa, sau đó tăng dần cho đến cuối năm. Điều đáng quan tâm là biên độ dao động mực nước cũng có xu hướng tăng, đạt 0,4 m từ năm 2023.

Năm 2024

Trong 05 tháng đầu năm từ 01/02 – 31/05/2024, kết quả đo trực tiếp của chúng tôi cho thấy diễn biến mực nước hồ Bàu Bà gần như nhau so với số liệu Trạm cấp nước Hoà Thắng, nhưng có độ phân giải cao hơn. Từ ngày 01/02 đến 15h30 đến 19h00 ngày 19/05 mực nước hạ thấp 36 cm, trung bình 0,3 cm/ngày, thời gian hạ thấp tập trung từ 14 – 15h trong ngày. Tiếp đó mực nước hồ dâng cao trở lại đến 0h00 ngày 31/05 đạt đến 19 cm, trung bình 1,4 cm/ngày. Nguyên nhân mực nước hồ dâng nhanh là do mưa từ ngày 17/05 trong khu vực hồ Bàu Trắng.

2.2.11. Cao độ mặt nước và dung tích hồ Bàu Trắng

Cao độ mặt nước hồ Bàu Trắng diễn biến theo thời gian cho thấy:

- Trong 14 năm (2001 – 2024) cao độ mặt nước hồ Bàu Trắng vẫn đang có xu thế dâng cao, trung bình Bàu Ông tăng 0,43 m/năm; Bàu Bà tăng 0,37 m/năm. Đồng thời mức độ chênh cao giữa hai Bàu cũng có xu hướng gia tăng.
- Nước giữa Bàu Ông và Bàu Bà không có dòng chảy lưu thông trực tiếp với nhau, mà chỉ trao đổi nước qua hình thức thấm.

- Trong 14 năm (2001 – 2024) dung tích của hồ Bàu Trắng gia tăng, trung bình Bàu Ông tăng gần 44.000 m³/năm; Bàu Bà tăng 140.000 m³/năm; dung tích hồ Bàu Bà tăng nhanh hơn nhiều lần so với hồ Bàu Ông.

2.2.12. Sự trao đổi nước của hồ Bàu Trắng

Phân tích lưu vực hồ Bàu Trắng bằng DEM và ảnh viễn thám

1) Lưu vực hồ Bàu Trắng

- Lưu vực nước đổ vào Bàu Trắng được bao bọc bởi các đồi núi xung quanh.
- Diện tích lưu vực tương đối rộng, bao gồm cả Bàu Ông và Bàu Bà.
- Nước từ các khu vực xung quanh chảy vào Bàu Trắng qua các khe suối nhỏ và thung lũng giữa các đồi cát.

- Hình ảnh cho thấy khu vực xung quanh Bàu Trắng có hình dáng lòng chảo với cao độ vành miệng trên dưới 160 - 200 m; mặt nước 2 hồ tương ứng với cao độ khoảng 30 – 35 m. Độ dốc lòng chảo Bàu Trắng dao động từ 0 - 30 độ. Khu vực ven bờ có độ dốc thấp hơn, trong khi khu vực trung tâm có độ dốc cao hơn.

- Bề mặt địa hình khá gồ ghề, với nhiều đồi cát và thung lũng.

2) Luồng phân thủy lưu vực hồ Bàu Trắng

- Luồng phân thủy lưu vực hồ Bàu Trắng chạy dọc theo bờ và sát bờ trái của cả 2 hồ Bàu Ông và Bàu Bà.
- Luồng phân thủy này đóng vai trò quan trọng trong việc điều tiết dòng chảy cho khu vực xung quanh.

Các nguyên nhân tiêu thoát nước

Có 3 nguyên nhân gây tiêu thoát nước của hồ Bàu Trắng:

1) Biến đổi khí hậu

Theo số liệu khí hậu trung bình nhiều năm (52 năm) trong khu vực hồ Bàu Trắng, các yếu tố khí hậu sau đây gây thất thoát nước:

- Lượng mưa giảm 0,02 mm/năm.
- Nhiệt độ tăng 0,02°C/năm.
- Bốc hơi vào mùa khô là khá cao, 238 mm.

2) Sự thấm vào nền đất quanh khu vực hồ

Do quanh hồ đa phần là cát do đó cần cân bằng lượng nước ngầm trong đất, cho nên nước hồ sẽ thấm vào các khu vực đồi cát xung quanh. Nguồn nước thấm ngầm qua Trảng Trong (bàu nằm nhỏ phía đông bắc của hồ Bàu Bà), sau đó thấm qua các đụn cát ra phía biển, khi còn cách biển khoảng 600 m nước xuất lộ, tạo dòng suối nước ngọt đổ ra biển tại cửa Vũng Môn với lưu lượng diễn biến từ 45 l/s đến 137 – 167 l/s tùy thuộc thời điểm quan trắc, với tổng lượng nước vào khoảng từ 3.542 m³/ngày đêm đến 11.837 m³/ngày đêm.

3) Khai thác, sử dụng

Sử dụng nước cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là phục vụ cho cấp nước của Nhà máy nước Hòa Thắng tại hồ Bàu Bà với lưu lượng trung bình khoảng 1.000 m³/ngày đêm (Công ty cấp nước tỉnh Bình Thuận).

Các nguồn cung cấp nước

Có 2 nguồn cung cấp nước cho hồ Bàu Trắng:

1) Nguồn nước mặt

Nguồn nước mặt chính bổ cấp là nước mưa vào mùa mưa, cung cấp cho hồ Bàu Trắng qua 2 hình thức gồm nước mưa trực tiếp trên diện tích bề mặt hồ và nước mưa chảy trên mặt đất xuống hồ qua các khe và rãnh nước nhỏ quanh hồ. Lượng nước mưa là nguồn quan trọng để tăng mực nước hồ đảm bảo cân bằng nguồn nước khi mùa khô.

2) Nguồn nước ngầm

Nguồn nước ngầm quan trọng nhất là nguồn nước ngầm tầng sâu, đây là lượng nước đảm bảo cho cân bằng nước của hồ Bàu Trắng. Theo số liệu đo đạc thì cao trình đáy của cả hồ Bàu Ông và Bàu Bà cao hơn rất nhiều so với cao độ mực nước biển, cho nên có thể thấy rằng hồ Bàu Trắng như 2 túi nước đang treo trên không và liên tục bị thấm nước ra Vũng Môn. Để có được cân bằng nước như hiện nay thì nguồn nước ngầm bổ cấp là rất quan trọng đối với Bàu Trắng. Ngoài ra, nguồn cung cấp nước cho hồ Bàu Trắng còn có một nguồn nước ngầm khác thuộc đới chứa nước khe nứt phân bố dọc theo hồ Bàu Trắng theo hướng tây bắc – đông nam.

2.3. Các yếu tố kinh tế - xã hội

2.3.1. Diễn biến sử dụng đất (2020 – 2023) khu vực hồ Bàu Trắng

Khu vực hồ Bàu Trắng chỉ có sự tăng nhẹ ở nhóm đất nông nghiệp, từ 79,91 % của năm 2020 lên 80,88 % năm 2023, nhưng có sự giảm nhẹ ở nhóm đất phi nông nghiệp từ 19,43 % xuống 18,45 %. Riêng đất chưa sử dụng (CSD) không có biến động (Hình 2.50a). Trong khi đó, đất trong cây lâu năm tăng 11,3 ha, chiếm tỉ lệ 0,97 %. Cụ thể năm 2020 diện tích cây lâu năm 273,81 ha, chiếm 23,58 %; năm 2023 tăng 285.11 ha, chiếm 24.55 % tổng diện tích khu hồ Bàu Trắng. Đối với đất sông suối và mặt nước chuyên dùng giảm 11,3 ha, chiếm tỉ lệ 0,97 %. Cụ thể năm 2020 có diện tích là 159,49 ha, chiếm 13,73 %; năm 2023 giảm xuống còn 148,18 ha, chiếm 12.76 % tổng diện tích khu hồ Bàu Trắng.

Sở dĩ có sự biến động diện tích giữa loại đất trong cây lâu năm và đất sông suối và mặt nước chuyên dùng là do từ mặt nước hồ Bàu Trắng trước khi chuyển xuống đáy hồ thường tạo các bậc chuyển tiếp khá phẳng và thoải dần về phía giữa lòng. Đối với hồ Bàu Ông các bề mặt này rộng trung bình 30 – 50 m, độ sâu ngập nước từ 2 - 6 m, phân bố chủ yếu phía bờ phải; đối với hồ Bàu Bà rộng trung bình 50 – 60 m, độ sâu ngập nước từ 1,5 – 4,0 m, phân bố đều ở 2 bên bờ hồ. Ở đây chính là các bãi tích tụ cát tràn từ phía trên xuống và trở thành nơi canh tác ven lòng hồ của người dân.

Qua phân tích đánh giá kết quả khảo sát cho thấy thay đổi hiện trạng sử dụng đất ở khu vực hồ Bàu Trắng ảnh hưởng không đáng kể đến sạt lở bờ hồ Bàu Trắng, điều đó là do:

- Sự thay đổi loại hình sử dụng đất trong khu vực hồ Bàu Trắng nói chung, Bàu Ông và Bàu Bà nói riêng có diện tích và quy mô không lớn, chỉ khoảng 11,3 ha, chiếm 0,97 % tổng diện tích khu hồ Bàu Trắng.

- Người dân hạ cao độ địa hình, san phẳng bề mặt canh tác làm giảm độ dốc tự nhiên ở khu vực ven bờ hồ, trên đó trồng các loại cây dài ngày xen ngắn ngày từ đó hạn chế sạt lở bờ hồ.

2.3.2. Tác động của hoạt động du lịch đến sạt lở bờ hồ Bàu Trắng

Hiện nay các hoạt động du lịch chính tại Bàu Trắng bao gồm:

- Chạy xe địa hình trên đồi cát.
- Chèo thuyền trên Bàu Ông và Bàu Bà.
- Tham quan và chụp ảnh tại đồi cát.
- Cắm trại và tổ chức sự kiện ngoài trời.

Theo thống kê từ năm 2011 đến tháng 6/2024, số lượng du khách trong và ngoài nước gia tăng từng năm, ngoại trừ 2 năm 2020 và 2021, trong đó lượng khách quốc tế chiếm đến 45%. Du khách đến với thắng cảnh Bàu Trắng chủ yếu tham gia cưỡi xe địa hình trên đồi cát và tham quan, chụp ảnh. Loại hình chèo thuyền và cắm trại, tổ chức sự kiện ngoài trời chưa được tổ chức thường kỳ.

Các hoạt động du lịch hiện nay trong Khu du lịch Bàu Trắng cho thấy:

+ Rung động do di chuyển của các loại xe địa hình và các hoạt tải có khả năng gây sạt lở bờ hồ Bàu Trắng, nhất là hồ Bàu Bà.

+ Còn lại các loại hình hoạt động du lịch khác chưa vượt qua giới hạn cho phép, gồm:

- Việc đưa xe địa hình và đưa thuyền trên hồ Bàu Bà không được tổ chức thường xuyên.
- Cơ sở hạ tầng phục vụ du lịch như đường sá và bãi đỗ xe còn kém phát triển.
- Quản lý chất thải được kiểm soát khá tốt đối với số lượng khách du lịch hiện nay.
- Bảo vệ khá tốt thảm thực vật.

III. CÁC YẾU TỐ VÀ NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỞ - KHOANH VÙNG NGUY CƠ SẠT LỞ BỜ KHU VỰC BÀU TRẮNG

3.1. Mô hình Geostudio

3.1.1. Các dữ liệu sử dụng trong mô hình

Vị trí tính toán

Các mặt cắt tính toán gồm: 4 mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Ông (MC5, MC6, MC7, và MC9) và 5 mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Bà (các tuyến L1, L4, L8, và MC2, MC4). Trong đó các tuyến L1, L4 và L8 cắt qua khu vực sạt lở.

Nội dung tính toán

Chín (09) mặt cắt được tính toán phân tích thông qua các module trong phần mềm Geostudio với các kịch bản thay đổi mực nước hồ, xét đến rung chấn và hoạt tải như Bảng 7. Các tuyến L1, L4, và L8 là các tuyến mặt cắt điển hình đi ngang qua khu vực bị sạt lở nên được chọn để tính toán thêm phần tải trọng xe và người tham quan ra sát hồ. Trong mỗi mặt cắt tiến hành: 1) Phân tích cung trượt; 2) Phân tích thấm; 3) Phân tích ứng suất; và 4) Phân tích tải trọng động.

Bảng 3.1. Các mặt cắt tính toán và nội dung tính toán

STT	Mặt cắt	Thay đổi mực nước	Rung chấn	Hoạt tải
1	L4	x	x	x
2	L8	x	x	x
3	L1	x	x	x
4	MC2	x	x	-
5	MC4	x	x	-
6	MC5	x	x	-
7	MC6	x	x	-
8	MC7	x	x	-
9	MC9	x	x	-

3.1.2. Đánh giá nguy cơ sạt lở bờ hồ Bàu Trắng trên các mặt cắt

Hồ Bàu Ông

1) Mặt cắt MC5

Tại mặt cắt MC5 hệ số an toàn sạt trượt FS thấp, cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Ảnh hưởng rung động do xe chạy tại khu vực này là khá lớn, hệ số an toàn giảm khoảng 15%. Vì vậy, nguy cơ sạt lở tại vị trí này là khá cao.

2) Mặt cắt MC6

Mặt cắt MC6 có hệ số an toàn trượt thấp và cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Ngoài ra, cung trượt khá nông và song song với mặt đất. Rung động do xe chạy có ảnh hưởng khá lớn đến ổn định tại mặt cắt này. Hệ số an toàn giảm đến khoảng 25% khi có xét đến rung động. Vì vậy nguy cơ sạt lở tại vị trí này là khá cao.

3) Mặt cắt MC7

Mặt cắt MC7 có hệ số an toàn trượt FS thấp và cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Tương tự MC6, khối trượt khá nông và phẳng, song song với mặt đất. Rung động có ảnh hưởng đáng kể đến ổn định cho mặt cắt MC7 này với hệ số an toàn giảm đến khoảng 15%. Vì vậy nguy cơ sạt lở tại vị trí này là khá cao.

4) Mặt cắt MC9

Hệ số an toàn FS sạt trượt cho mặt cắt MC9 khá lớn. Tại mặt cắt này có độ dốc thoải, phạm vi cung trượt khá nông và phẳng so với mặt đất. Tuy nhiên rung chấn lại gây ra ảnh hưởng khá lớn cho ổn định tại mặt cắt này mặc dù hệ số an toàn sạt trượt vẫn khá cao.

Hồ Bàu Bà

1) Mặt cắt tuyến L1

- *Phân tích cung trượt*

Mặt cắt tuyến L1 đi qua phía nam khối sạt lở bờ hồ Bàu Bà. Kết quả tính toán cho thấy hệ số an toàn FS sạt trượt hiện tại là khá lớn đối với mặt cắt này. Rung động có ảnh hưởng rất nhỏ đến ổn định mái dốc của đồi cát với sai khác tương đối khá nhỏ so với trường hợp không xét đến rung chấn. Trong khi đó cao trình mực nước hồ có ảnh hưởng khá lớn đến ổn định mái dốc. Khi mực nước hồ càng thấp thì hệ số an toàn trượt càng nhỏ.

- *Phân tích thấm*

Do mực nước ngầm cao hơn mực nước hồ, nên sẽ xuất hiện dòng thấm ngược về phía hồ và gây ra mất ổn định mái dốc. Với tuyến L1, hệ số an toàn FS xét đến ảnh hưởng của thấm giảm đến 15% với mực nước hồ hạ thấp 32 m và 33 m. Với cao trình mực nước hồ từ 34,2 m đến 36 m thì hệ số an toàn không thay đổi do cung trượt xuất phát từ phía dưới mực nước hồ.

2) Mặt cắt tuyến L4

- *Phân tích cung trượt*

Bốn kịch bản về mực nước hồ Bàu Bà được xét đến, rung chấn do xe địa hình chạy cũng được xét đến với gia tốc lớn nhất được thể hiện ở mực trước. Kết quả cho thấy hệ số an toàn sạt trượt FS khá lớn đối với mặt cắt này (sau khi sạt lở xảy ra). Rung chấn với gia tốc khảo sát được ở mực trên có ảnh hưởng rất nhỏ đến ổn định mái dốc của đồi cát với sai khác tương đối khá nhỏ (<5%) so với trường hợp không xét đến rung chấn. Có thể thấy cao trình mực nước hồ giả định có ảnh hưởng lớn đến ổn định mái dốc. Khi mực nước hồ càng thấp thì hệ số an toàn trượt càng nhỏ.

- *Phân tích thấm*

Tại khu vực hồ Bàu Bà, mực nước hồ đo được là 34,2 m trong khi cao trình mực nước ngầm là 34,67 m. Do mực nước ngầm phía trong bờ hồ cao hơn mực nước hồ, nên có hiện tượng dòng thấm chảy ngược lại phía hồ. Phân tích ổn định có xét đến thấm, hệ số an toàn FS giảm đi khoảng 5%.

3) Mặt cắt tuyến L8

- *Phân tích cung trượt*

Mặt cắt tuyến L8 là mặt cắt đi qua rìa phía bắc khu vực sạt lở. Mặt cắt này có thể coi là đại diện cho mặt cắt tuyến L4 trước khi sạt lở xảy ra. Với tuyến L8, hệ số an toàn trượt FS

khá nhỏ và chịu sự ảnh hưởng của thay đổi mực nước hồ. Mực nước hồ càng thấp thì nguy cơ sạt lở càng cao. Trong một số điều kiện bất lợi, chẳng hạn mực nước hạ thấp, rung động có gia tốc khoảng $14,4 \text{ mm/s}^2$, khi đó hệ số an toàn $FS = 1,106$, khối trượt có độ sâu khoảng 4 m, rộng khoảng 35 m. Cung trượt kéo dài từ cao độ 36,5 m xuống 20,5 m. Xét đến tính thấm thì hệ số an toàn nhỏ, có các giá trị 1,069 và 1,062 khi không xét và có xét đến rung chấn do xe địa hình. Từ đó có thể cho rằng sự chênh lệch mực nước hồ và nước ngầm phía trong ảnh hưởng đến ổn định mái dốc của bờ hồ Bàu Bà.

- *Phân tích thấm*

Các tính toán thấm được tính theo các kịch bản như được thể hiện ở bảng trên với giả thiết các mực nước hồ khác nhau. Do mực nước ngầm đo được cao hơn mực nước hồ, nên sẽ xuất hiện dòng thấm ngược về phía hồ và phần nào gây ra mất ổn định mái dốc giống trường hợp tuyến L4. Với tuyến L8, hệ số an toàn FS khi phân tích $SLOPE/W$ xét đến ảnh hưởng của thấm có thể giảm khoảng 6%.

4) Mặt cắt MC2

Kết quả phân tích cho thấy mặt cắt MC2 có hệ số an toàn trượt FS thấp, nguy cơ sạt lở khá cao; cung trượt xuất hiện tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Rung động do xe chạy gần như không ảnh hưởng đến kết quả ổn định tại mặt cắt này.

5) Mặt cắt MC4

Hệ số an toàn sạt trượt FS tại mặt cắt MC4 khá nhỏ, cho nên nguy cơ sạt lở có thể xảy ra khi mực nước hồ thấp hơn 34,2 m. Ngoài ra, ảnh hưởng của rung động do xe chạy đến hệ số an toàn tại khu vực này khá nhỏ.

3.2. Cơ chế và nguyên nhân sạt lở bờ Bàu Bà

Các kết quả nghiên cứu ở các phần trên cho phép chúng tôi nhận định các yếu tố chủ yếu dẫn đến hiện tượng sạt lở bờ Bàu Bà ngày 03/5/2023 như sau:

3.2.1. Yếu tố khí hậu

Các biến đổi khí hậu khi nhiệt độ tăng và lượng mưa giảm khiến cho lớp cát mặt khu vực sạt lở bốc hơi mạnh hơn, độ rỗng tăng; độ bão hoà nước và lực kết dính giảm, cũng như làm hạ thấp mực nước hồ Bàu Bà, đặc biệt vào thời gian cuối tháng 4, đầu tháng 5 hàng năm. Ngoài ra, trong thời gian này gió mùa đông bắc (từ tháng 11 - tháng 4) bắt đầu chuyển sang gió mùa tây nam cũng là thời kỳ bắt đầu mùa mưa (từ tháng 5 - tháng 10), sẽ tạo sóng mặt nước hồ tác động vào bờ hồ khu vực sạt lở.

3.2.2. Yếu tố địa hình

Cao độ địa hình trong khu đồi Trinh Nữ thay đổi trong khoảng 30 – 83 m, nghiêng thoải dần từ đông bắc xuống tây nam. Nơi cao nhất là những đồi cát vàng và trắng nằm phía đông bắc với cao trình từ 50 - 83 m, thấp nhất là khu vực hồ Bàu Bà với cao độ chỉ 30 m.

Đặc điểm địa hình như vậy tạo điều kiện thuận lợi cho cơ chế cát bay xảy ra dễ bồi tụ trong phạm vi khu vực sạt lở bờ hồ Bàu Bà.

Trong phạm vi diện tích 0,48 ha của khu vực sạt lở hồ Bàu Bà, chỉ trong thời gian 2 tháng (25/01/2024 – 25/03/2024) cao độ địa hình nơi đây có xu hướng giảm đi hơn 0,5 m. Điều đó một mặt là do hiện diện số lượng khá lớn và thường xuyên xe địa hình các loại và du khách khiến cho nền đất cát nén dẽ, không có đủ điều kiện để cát bay bồi tụ trên phạm vi diện tích này; mặt khác do quá trình lún ướt đang diễn ra một cách từ từ.

3.2.3. Yếu tố trầm tích

Theo cơ chế dịch chuyển của cát bay, chỉ có thành phần cát hạt mịn đến được khu vực sạt lở, một phần được giữ lại trên bờ và phần còn lại sẽ bồi tụ bờ và rơi xuống mặt hồ. Tháng 3/2024 các quan trắc trên đồi cát ven bờ Bàu Bà cho thấy, với tốc độ gió mùa đông bắc từ 8 – 10 m/s, giật 12 m/s, trong 1 giờ cát bồi dày 1 cm/m². Theo kết quả khảo sát, quan trắc cát bay trước đây (Nguyễn Văn Lân, 2008) cho thấy cát xâm nhập Bàu Bà là 2.571 m³/năm (Hình 3.7). Đường bờ Bàu Bà có xu hướng di chuyển về phía tây nam, là kết quả của quá trình bồi tụ (cát tràn). Đường bờ phía bắc bồi tụ nhanh hơn, khoảng 50 m (trung bình 3 m/năm) gấp 5 lần phía nam, khoảng 10 m, ngoại trừ phần sạt lở, (trung bình 0,6 m/năm).

3.2.4. Yếu tố cấu trúc địa chất

Tổng hợp kết quả đo địa vật lý ảnh điện, GPR và khoan ĐCCT chứng tỏ tồn tại một đới bão hoà nước từ bờ hồ Bàu Bà vào trong dải trung bình 45 m về phía đông bắc, ở độ sâu từ 20 - 30 m. Đới bão hoà nước này tiếp tục trở thành đới ngấm nước kéo dài và chìm dần về phía đông bắc. Trên cơ sở đó, chúng tôi dự báo một cung đỉnh trượt bắt đầu từ tuyến L1 đến tuyến L8 song song và cách bờ hồ sạt lở hiện nay khoảng 45 m.

Trong quá trình khoan tại 2 hố khoan HK1 và HK-BS đã tìm thấy ở độ sâu từ 13,8 – 14,5 m các mẫu thân cây; đến độ sâu khoảng 20 m hố khoan sập, đây là độ sâu mực nước tầng chứa nước qp. Các kết quả khảo sát trên cung cố giả thiết về sự tồn tại của phần nửa sau hồ Bàu Bà năm 1901 hướng về phía đông bắc. Nguyên nhân là do cát bồi lấp và có thể liên quan đến hiện tượng hoạt động kiến tạo.

3.2.5. Yếu tố thủy văn

Theo tài liệu bản đồ Nam kỳ thuộc Pháp tỉ lệ 1:400.000, năm 1901 Bàu Bà có diện tích lớn hơn gần 30 ha hiện nay, dạng hình cung, nửa phần đầu hồ theo hướng tây bắc, và nửa phần sau về phía đông bắc. Theo tài liệu bản đồ sau đó gần nhất (năm 1965), Bàu Bà có hình dạng gần giống như hiện nay. Khu vực sạt lở bờ Bàu Bà nằm hoàn toàn trong phạm vi diện tích giao nhau của hai phần nửa sau Bàu Bà. Như vậy trong vòng thời gian 65 năm (1901 – 1965), nửa phần sau Bàu Bà đã chuyển hướng từ đông bắc xuống tây nam như hiện nay. Luồng phân thủy lưu vực Bàu Trắng chạy dọc theo và bám sát bờ trái, ngoài ra có một số luồng phân thủy phương nằm ngang tập trung vào khu vực sạt lở bờ Bàu Bà (Hình 2.49). Trong vòng 24 năm (2001 – 2024) cao độ mặt nước Bàu Bà tăng 0,37 m/năm. Điều đó cho thấy trong những năm này địa hình đáy Bàu Trắng đã được nâng cao do cát bay bồi tụ. Kết

quả là diện tích và chu vi Bàu Bà đều có xu hướng tăng và hiện nay dung tích Bàu Bà đã được hơn 11 triệu m³. Tốc độ dòng chảy trong Bàu Bà rất nhỏ, chỉ đạt 0,003 – 0,008 m/s, hướng dòng chảy phân bố ngẫu nhiên không có quy luật. Do đó có thể coi khối nước Bàu Bà chuyển động như một toàn bộ với khối lượng lớn theo hướng lòng dẫn áp sát và “thúc đẩy” vào bờ hồ khu vực sạt lở, ở đó có độ sâu lớn nhất (8 – 10 m) và độ dốc cao nhất (13° – 46°).

3.2.6. Yếu tố ĐCCT

Trong vùng nghiên cứu chủ yếu chỉ có một loại đất chính là đất cát có nguồn gốc biển phân bố trên các bậc địa hình cao dọc hai bờ hồ. Các thành tạo này có độ rỗng lớn tạo điều kiện thuận lợi cho nước di chuyển theo chiều thẳng đứng và nằm ngang. Do đó nguồn nước chảy tràn trên nền đất cát vào mùa mưa sẽ có một lượng lớn ngấm trực tiếp xuống nước ngầm của các tầng chứa nước qh và qp.

Đất cát có kết cấu bờ rời trong hoàn toàn có khả năng bị lún ướt, dễ tan trong nước để tạo thành trong đó các rãnh xói ngầm. Lún ướt của cát (còn gọi là sự lún do bão hòa nước hoặc lún ẩm) là hiện tượng cát bị nén chặt và giảm thể tích khi bị thấm nước hoặc bão hòa nước. Hiện tượng này xảy ra khi các hạt cát sắp xếp lại dưới tác động của trọng lượng bản thân và nước, dẫn đến sự giảm thể tích và độ cao của nền đất. Hiện tượng lún ướt của cát dưới mặt đất có thể gây ra hiện tượng sụt lún.

3.2.7. Yếu tố ĐCTV

Mực nước trong đất (nước thổ nhưỡng) trong tầng chứa nước qh đo được trong 3 hố khoan HK1, HK2 và HK3 vào cuối tháng 5 năm 2024 thay đổi từ 0,87 m đến 6,1 m dưới mặt đất hiện hữu. Mực nước thay đổi theo mùa và có quan hệ thủy lực trực tiếp với mực nước Bàu Bà. Kết quả đo địa vật lý và hố khoan HK1, HK-BS đã phát hiện đới bão hòa nước trong khu vực sạt lở bờ Bàu Bà trong trạng thái cân bằng nước. Tuy nhiên khi mực nước Bàu Bà hạ thấp sẽ xảy ra hiện tượng thấm ngược, nghĩa là nước từ trong bờ sẽ chảy vào Bàu Bà, kích hoạt hiện tượng sạt lở.

3.2.8. Yếu tố hoạt tải

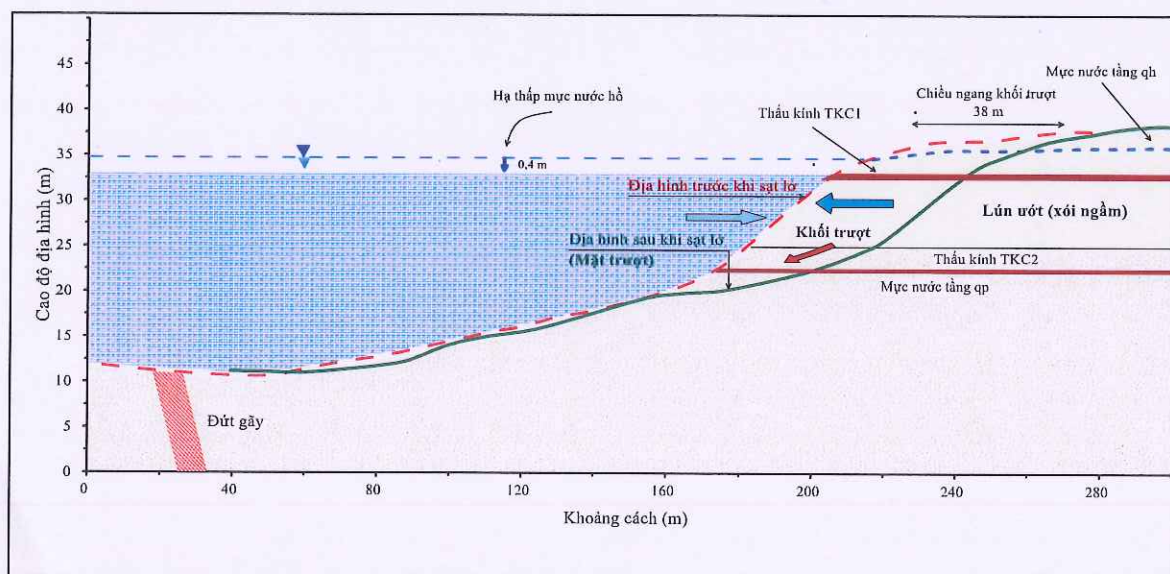
Về nguyên tắc, tác dụng động lực có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất của đất không dính (bờ rời) và ảnh hưởng ít hơn một chút đối với đất dính (sét). Sự rung động làm giảm ma sát giữa các hạt đất và giảm sức chống trượt toàn phần của chúng (làm sức chịu tải của đất kém đi). Tác động xung có giá trị trung bình (khi gia tốc nhỏ hơn gia tốc trọng lực) gây nên lún và lún sụt, còn xung giá trị lớn – phá hủy cấu trúc của đất và làm mất độ bền của đất. Dưới tác động rung, các trầm tích đất bờ rời, đặc biệt là đất không có lực dính, có thể cho độ lún lớn do biến đổi độ rỗng của đất trong quá trình rung. Đôi khi độ lún của nền đất gần các nguồn gây rung đạt đến vài chục centimet. Chính vì vậy, hoạt động của xe địa hình các loại khác nhau là nguồn rung động ảnh hưởng đến nền đất, góp phần gây sạt lở bờ Bàu Trắng, đặc biệt là Bàu Bà.

3.2.9. Cơ chế và nguyên nhân sạt lở bờ Bàu Bà

Trên cơ sở kết quả nhận dạng và đánh giá các yếu tố dẫn đến hiện tượng sạt lở bờ Bàu Bà ngày 03/5/2023, có thể nhận định cơ chế và nguyên nhân sạt lở như sau:

Cơ chế sạt lở bờ Bàu Bà

1. Nền đất ở đây có khả năng xảy ra lún ướt khi bão hoà nước gồm các loại cát có cấp phối khuyết có khả năng lún ướt dẫn đến kết quả xói mòn bề mặt (các mương xói) và xói mòn ngầm dưới mặt đất (xói ngầm).
2. Do nước hồ Bàu Bà luôn cung cấp cho tầng chứa nước qh và tầng chứa nước qp nằm bên dưới nên đã hình thành một vùng bão hoà nước gần như hoàn toàn từ mép bờ vào bên trong hơn 40 – 45 m.
3. Trong điều kiện bình thường, áp lực nước từ hồ và nước bên trong bờ ở trạng thái cân bằng, nhờ đó bờ hồ sẽ nằm ở trạng thái ổn định, cho dù góc nghỉ mái dốc bờ hồ vượt quá giới hạn an toàn ($> 26^\circ$).
4. Trong thời gian mực nước hồ hạ thấp vào cuối tháng 4 – đầu tháng 5, trạng thái cân bằng này bị phá vỡ, áp lực nước bên trong bờ dần lớn hơn so với áp lực nước từ phía hồ, tạo điều kiện xuất hiện dòng ngầm chảy ngược ra phía hồ.
5. Khi đó lớp cát có kết cấu bờ rời nằm kẹp giữa thấu kính TKC1 của Lớp 1 và mặt ranh giới của Lớp 2, độ sâu từ 4,7 – 11 m, sẽ xảy ra hiện tượng lún ướt. Tới một giới hạn nhất định, lớp cát lún ướt này sẽ bị xói ngầm, lần lượt kéo theo lớp cát mặt bên trên và một phần cát trên mặt của Lớp 2, kết quả dẫn đến sạt lở bờ hồ.
6. Phạm vi sạt lở lấn sâu vào phía bờ khoảng 38 m. Để phân tích diễn biến sạt lở, tại tuyến L4 mặt cắt trước khi sạt lở được phục hồi dựa trên suy đoán các mặt cắt tại 2 tuyến L1 và L8. Cơ chế sạt lở bờ hồ Bàu Bà được minh hoạ bằng mô hình trên mặt cắt L4 (Hình 3.1).



Hình 3.1. Cơ chế sạt lở bờ Bàu Bà (ngày 03/5/2023)

Nguyên nhân sạt lở bờ Bàu Bà

Từ các kết quả đạt được ở trên, có thể xác định 2 nhóm nguyên nhân gây sạt lở bờ Bàu Bà, đó là:

1) Nhóm nguyên nhân tiềm ẩn

Có 8 yếu tố biến đổi theo thời gian là nguyên nhân tiềm ẩn dẫn đến sạt lở bờ Bàu Bà bao gồm: Khí hậu; Địa hình; Trầm tích; Cấu trúc địa chất; Thủy văn; ĐCCT; ĐCTV và Hoạt tải, như đã trình bày chi tiết trong ở phần trên.

2) Nhóm nguyên nhân kích hoạt

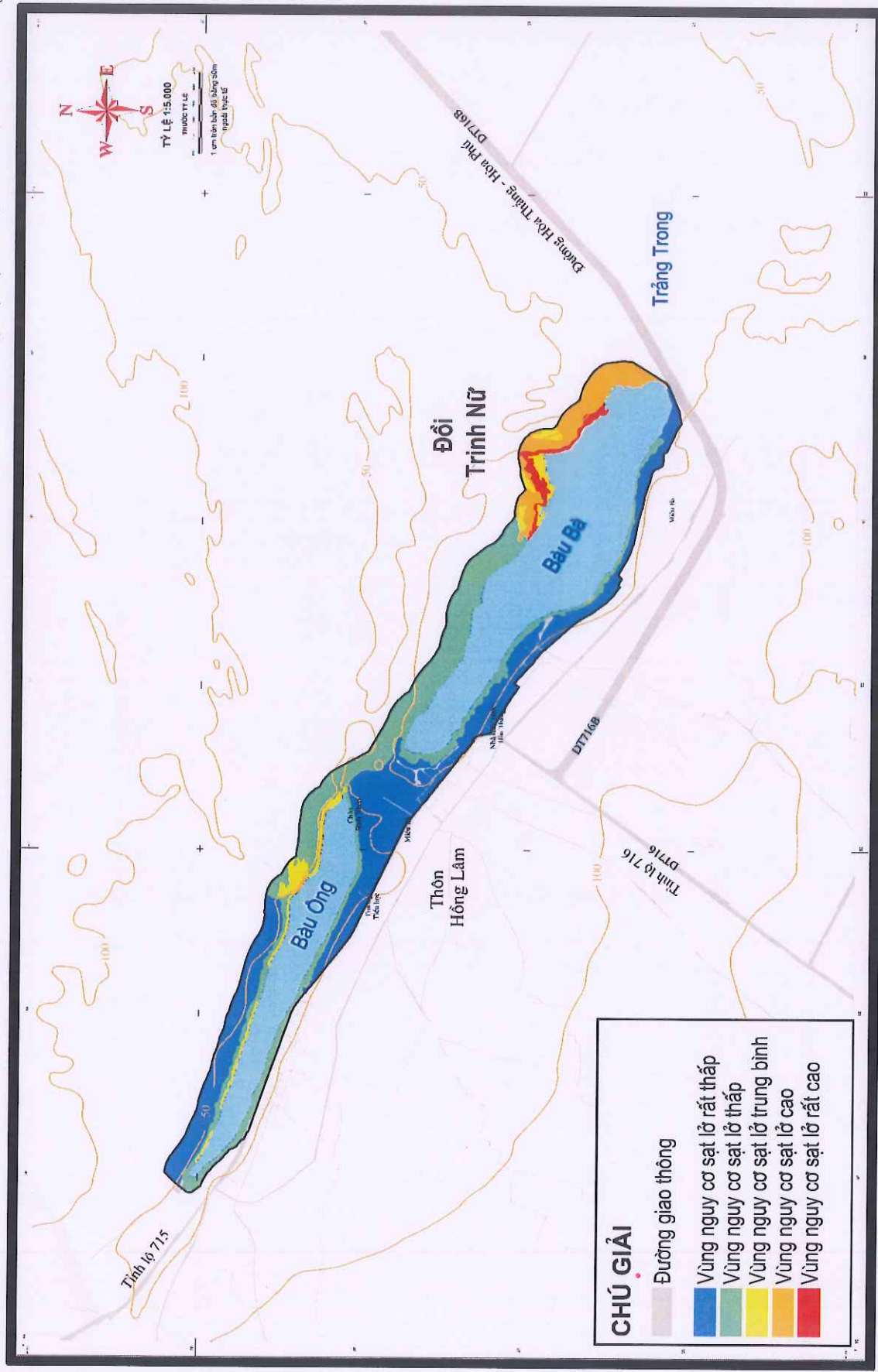
Trong số 8 yếu tố trên, có 2 yếu tố đóng vai trò tác nhân kích hoạt, có thể coi là 2 nguyên nhân chủ yếu gây ra hiện tượng sạt lở bờ Bàu Bà, đó là:

- (i) Yếu tố hoạt tải: hoạt động của xe địa hình các loại khác nhau khá thường xuyên trong thời gian dài trở thành các nguồn rung động ảnh hưởng đến nền đất gây sạt lở bờ Bàu Trắng, đặc biệt là Bàu Bà.
- (ii) Yếu tố thủy văn: mực nước hồ hạ thấp từ cuối tháng 4 đến giữa tháng 5/2023, khiến cho trạng thái cân bằng nước trong và ngoài bờ bàu bị phá vỡ, tạo nên dòng chảy ngược từ phía bờ vào hồ và hiện tượng này trở thành yếu tố kích hoạt sạt lở bờ Bàu Bà.

3.3. Khoanh vùng nguy cơ sạt lở bờ khu vực Bàu Trắng

Khu vực vùng nguy cơ sạt lở Hồ Bàu Trắng có diện tích khoảng 310 ha (bao gồm cả mặt nước hồ bàu ông và Bàu Bà), nếu chỉ tính riêng diện tích từ mép nước hồ về phía đất liền khoảng 164,27 ha. Khu vực này kéo dài theo hướng tây bắc – đông nam, từ đầu hồ Bàu ông chạy dọc theo đường tỉnh ĐT715 và kết thúc ở cuối hồ Bàu Bà giáp với đường tỉnh ĐT716B. Giới hạn chiều rộng ranh giới khu vực ở phía bắc cách mép nước khoảng 150 m, giới hạn phía nam là các đường tỉnh ĐT 715 và ĐT716B. Khoanh vùng nguy cơ sạt lở bờ hồ khu vực hồ Bàu Trắng với 5 cấp nguy cơ sạt lở từ Rất thấp, Thấp, Trung bình, Cao đến Rất cao: 1) Vùng nguy cơ sạt lở Rất thấp có diện tích lớn nhất, khoảng 75 ha, chiếm 45,47% diện tích vùng; 2) Vùng nguy cơ sạt lở Thấp có diện tích lớn thứ 2, khoảng 61 ha, chiếm 37,31% diện tích vùng; 3) Vùng nguy cơ sạt lở Trung bình có điểm từ 45 – 50/63 điểm có diện tích lớn thứ tư, khoảng 8,6 ha, chiếm 5,23% diện tích vùng; 4) Vùng nguy cơ sạt lở Cao chiếm diện tích lớn thứ ba, khoảng 16 ha, chiếm 9,52% diện tích vùng; Và 5) Vùng nguy cơ sạt lở Rất cao có diện tích nhỏ nhất, chỉ khoảng 4.03 ha, chiếm 2.45 % diện tích vùng nguy cơ sạt lở và chỉ phân bố ở cuối bờ trái của Bàu Bà (Hình 3.2).

Đề tài: "Nghiên cứu các nguyên nhân gây sạt lở và đề xuất các giải pháp bảo vệ bờ khu vực hồ Bàu Trắng"



Hình 3.2. Bản đồ khoanh vùng nguy cơ sạt lở bờ khu vực Bàu Trắng (thứ từ tỷ lệ 1:5.000)

IV. CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ KHU VỰC BÀU TRẮNG

4.1. Các nguyên tắc đề xuất giải pháp

Các kết quả nghiên cứu cho thấy hiện tượng sạt lở bờ Bàu Bà là một dạng TBĐC. Đây là một quá trình tự nhiên, đồng thời chịu ảnh hưởng một phần của hoạt động nhân sinh. Hơn nữa, khu vực Bàu Trắng vốn là một thắng cảnh cấp quốc gia cần phát triển du lịch bền vững. Chính vì vậy, các giải pháp đề xuất bảo vệ bờ khu vực Bàu Trắng cần phải tuân theo một số nguyên tắc để bảo đảm tính khả thi:

- 1) Tuân thủ theo Luật Di sản và Luật Du lịch do Quốc hội ban hành.
- 2) Dựa trên các kết quả nghiên cứu của đề tài.
- 3) Điều kiện thực hiện các giải pháp phù hợp với thực tế địa phương.
- 4) Thân thiện với môi trường, không ảnh hưởng đến mỹ quan khu vực.

4.2. Các giải pháp công trình bảo vệ bờ Bàu Bà

4.2.1. Phương án 1

1) Gia cố giới hạn giữa phần đã sạt lở và phần hiện trạng bằng cừ bê tông cốt thép BTCT SW, phạm vi gia cố từ cao trình 34,7 m đến cao trình 10,7 m. Mục đích chính là bảo vệ phần giới hạn sạt lở. Cừ SW có khả năng chống xói mòn và chịu lực tốt, giúp gia cố nền đất và ngăn chặn quá trình sạt lở tiếp tục.

2) Phía bên trong bố trí gia cố nền bằng sàn giảm tải vải địa kỹ thuật (Hình 4.1) hoặc công nghệ D-Box trên nền gia cố cừ tràm. Phạm vi gia cố theo tính toán của bài toán Geoslope, tính từ mép cọc vào trong khoảng 0,5 m.

- Đóng cừ tràm đường kính gốc D8-10 cm, chiều dài trên 4,5 m trong phạm vi 0,5 m từ cừ BTCT;

- Mật độ đóng gồm 20 cây/m² cho 3,0 m sát kề, 16 cây/m² cho 4 m kế tiếp;

- Cao độ đầu cừ dự kiến +32,2 m;

- Cừ tràm phải được bố trí dưới mực nước ngầm đảm bảo tuổi thọ.

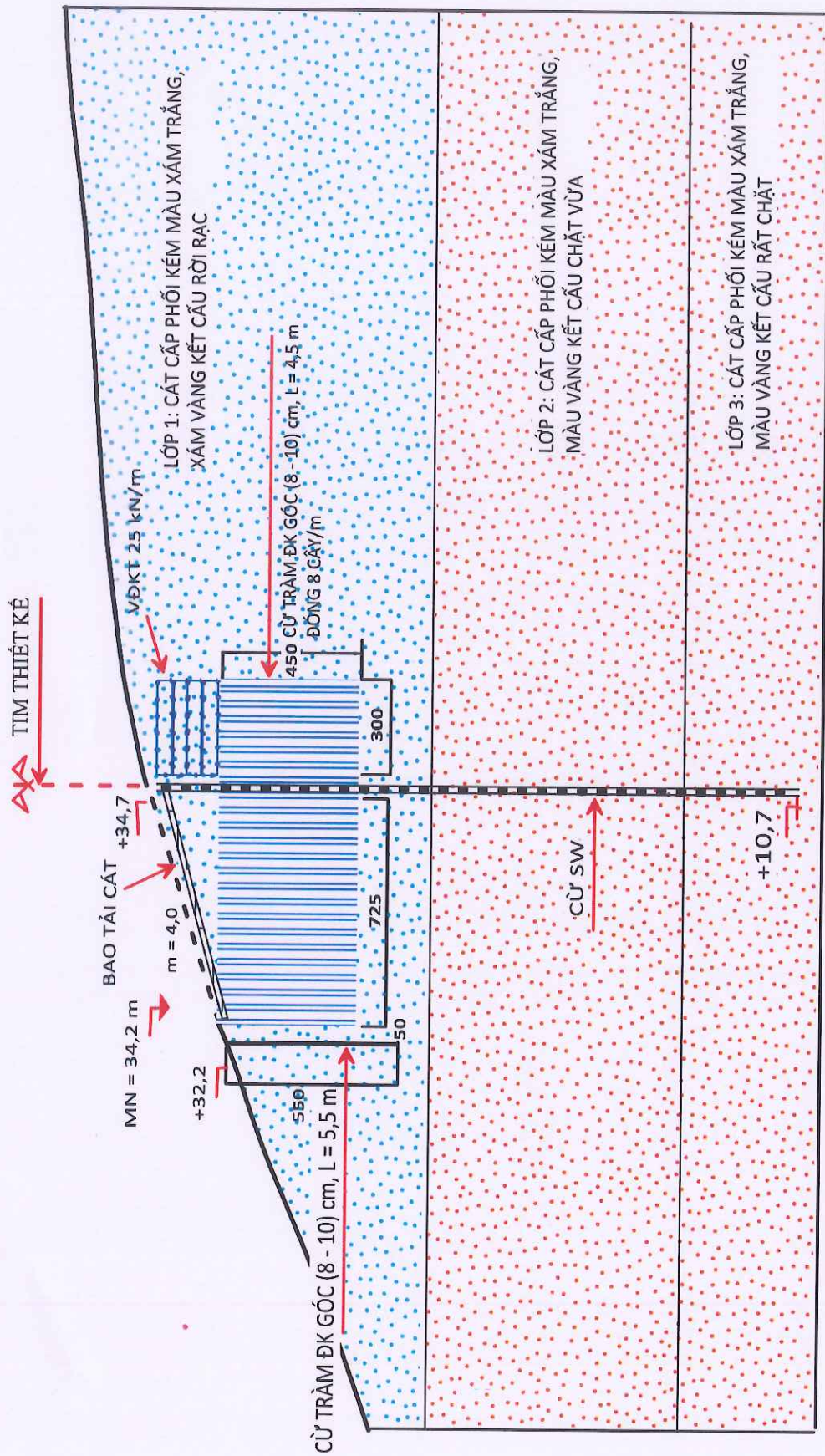
- Sàn giảm tải gồm 1 lớp vải địa kỹ thuật cường độ 200 kN/m tiếp giáp cừ tràm, 4 lớp vải địa kỹ thuật cường độ 200 kN/m phía trên, cuốn cát với chiều dày 50 cm/lớp.

3) Phía bên ngoài cừ BTCT (phía hồ) bố trí hàng cừ tràm đường kính gốc D8-10 cm, chiều dài trên 5,5 m kết hợp cải tạo mái bằng các bao tải cát. Phạm vi từ cừ BTCT đến cừ tràm 5,5 m bố trí thêm cừ tràm đường kính gốc D8-10 cm, chiều dài trên 4,5 m tương tự như hàng cừ phía trong. Phương án 1 được áp dụng trên các tuyến L1, L4, và L8 trình bày trên Hình 4.1.

4.2.2. Phương án 2

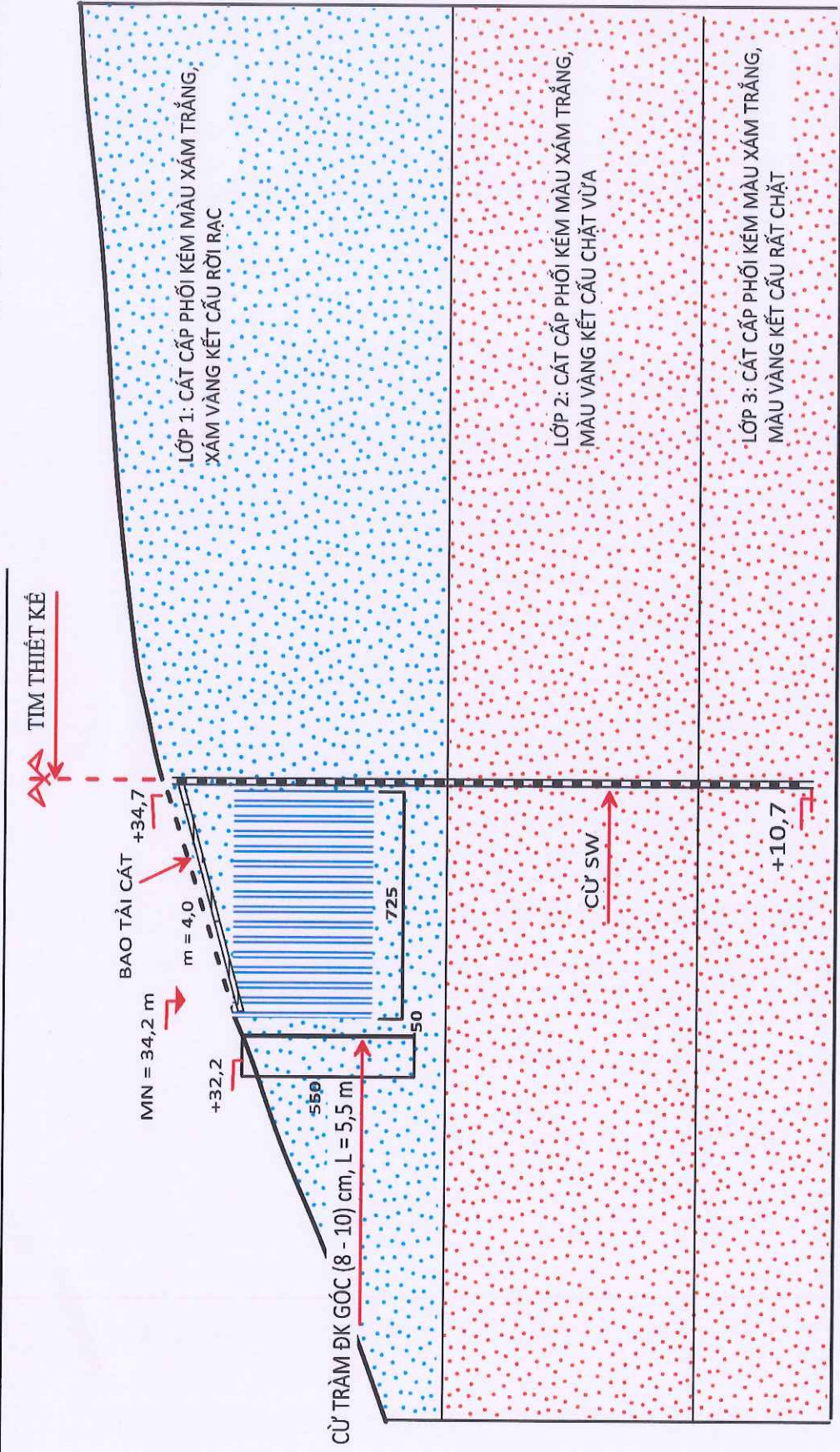
Bố trí tương tự Phương án 1 ở phía ngoài cừ BTCT, nhưng phía trong giữ nguyên hiện trạng, không bố trí sàn giảm tải trên hệ cừ tràm. Phương án 2 được áp dụng trên các tuyến L1, L4, và L8 trình bày trên Hình 4.2.

Đề tài: "Nghiên cứu các nguyên nhân gây sạt lở và đề xuất các giải pháp bảo vệ bờ khu vực hồ Bàu Trắng"



Hình 4.1.1. Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho các tuyến L1, L4 và L8

Đề tài: "Nghiên cứu các nguyên nhân gây sạt lở và đề xuất các giải pháp bảo vệ bờ khu vực hồ Bàu Trắng"



Hình 4.2. Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho các tuyến L1, L2 và L8

4.3. Các giải pháp phi công trình

Ngoài khu vực sạt lở bờ Bàu Bà đã xảy ra cần xem xét triển khai các giải pháp công trình, phần còn lại của khu vực Bàu Trắng nên thực hiện các giải pháp phi công trình. Cụ thể như sau:

4.3.1. Biện pháp nông nghiệp

Duy trì ổn định HTSDD

Hiện trạng sử dụng đất khu vực Bàu Trắng được nhân dân duy trì lâu đời, khá ổn định, giúp giữ được thảm thực vật che phủ như rừng tái sinh, thảm cỏ, vườn cây ăn trái (thanh long...). Cần tiếp tục duy trì ổn định với các giải pháp canh tác chăm sóc không hoặc ít làm thay đổi lớp phủ trên bề mặt, chống hoặc giảm thiểu xói mòn do gió – nước khá hiệu quả. Trong các khu vực canh tác, chẳng hạn như khu vực trồng thanh long, xung quanh các trụ hoặc gốc cây nên có lớp che phủ bề mặt thường xuyên, hạn chế để đất trống làm phá vỡ kết cấu đất trồng.

Mô hình trồng cây lâm – nông nghiệp

Đối với các khu vực đã bị khai thác trồng hiện nay chỉ còn bề mặt cát (như khu vực đồi Trinh Nữ, khu vực sạt lở bờ khu vực Bàu Bà...), tiến hành trồng các loại cây lâm – nông nghiệp phù hợp phủ kín bề mặt nhằm giữ ổn định cát, nhờ đó theo thời gian làm tăng kết nối cấu trúc đất dẫn đến giảm xói mòn do gió, nước, chống rửa trôi góp phần gia cố bề mặt đồi cát, giúp chống sạt lở bờ Bàu Trắng.

Trong các khu vực địa hình cao, dốc, đưa nhóm cây lâm nghiệp như cây neem, cây keo lai che phủ bề mặt (tuy nhiên hiện nay cây keo lai trên dạng địa hình này đang bị chết khá nhiều mặc dù đã trên 10 năm tuổi, cây con khó sinh trưởng). Khu vực sườn dốc thấp và khu vực có hợp thủy, tiểu đảo (nơi có hồ nước hoặc nước ngầm cao) có thể trồng cây dương, cây keo, keo lai, cây neem ... với mật độ khá dày (do tỷ lệ sống sau 3 năm khá thấp 60%) để khi cây cao sống ổn định có thể trở thành cây chắn gió và cát bay khá hiệu quả.

Mô hình trồng cây kèm theo giải pháp công trình bảo vệ bờ Bàu Bà

Sau khi tiến hành các giải pháp công trình theo Phương án 1 hoặc Phương án 2, cần thực hiện mô hình trồng cây bản địa.

Các nhóm cây được đề xuất cho mục đích này bao gồm:

- *Khu vực mép nước (phía dưới bờ hồ)*: trồng các thực vật hệ sinh thái thủy sinh như sen-súng, bèo bồng, bèo lục bình ... Hệ thực vật này giúp giảm sóng vỗ ven bờ, cố định chân đồi làm giảm xói mòn chân đồi từ đó giảm thiểu sạt lở.

- *Khu vực ven bờ hồ*: trồng cây me gai phía sát mép nước ra bờ ít nhất 4 m phủ toàn bộ diện tích bao tải cát và vải địa kỹ thuật, từ đó làm bệ đỡ cho rau muống biển phủ dần bề mặt đồi cát. Đây là cây tiên phong giúp cố định bề mặt, duy trì độ ẩm trong đất tạo điều kiện cho hệ sinh thái cỏ bám rễ sinh trưởng che phủ toàn bộ bề mặt.

4.3.2. Biện pháp quản lý

Giải pháp trước mắt

Trong khu vực sạt lở bờ Bàu Bà, *cần sớm giới hạn hoạt động* các loại xe địa hình và du khách trong phạm vi từ mép bờ hồ ra khoảng cách ít nhất 50 m.

Giải pháp lâu dài

1) Trong khu vực Bàu Trắng

- *Thành lập Ban kiểm tra an toàn*: có nhiệm vụ định kỳ kiểm tra các vị trí trong các vùng nguy cơ sạt lở cao – rất cao. Đặc biệt là khu vực sạt lở bờ Bàu Bà vào cuối mùa khô hàng năm.

- *Hạn chế xây dựng*: giới hạn xây dựng các công trình, nhà ở trong các vùng nguy cơ sạt lở cao – rất cao; nghiêm cấm san bằng và hạ thấp bậc địa hình bờ hồ sát mép nước để kinh doanh hay canh tác.

2) Riêng trong khu vực sạt lở bờ Bàu Bà, khi các giải pháp công trình đã hoàn thành, cũng *cần tiếp tục giới hạn hoạt động* các loại xe địa hình và du khách trong phạm vi từ mép bờ hồ ra khoảng cách ít nhất 5 m để đảm bảo an toàn và giữ gìn sự phát triển Mô hình trồng cây kèm theo giải pháp công trình.

PHẦN KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

1. Hiện trạng sạt lở vùng nghiên cứu

Kết quả điều tra, khảo sát, đánh giá hiện trạng sạt lở vùng nghiên cứu, khu vực Bàu Trắng và khu đồi Trinh Nữ có tổng số 53 điểm khảo sát, trong đó 28 vị trí khu vực ven Bàu Ông (20 vị trí phía bờ trái, 5 phía bờ phải), 16 vị trí khu vực ven Bàu Bà (11 vị trí phía bờ trái, 5 phía bờ phải), 07 vị trí khu vực Vũng Môn, và 01 vị trí ở suối Hồng và 01 tại Mũi Yển. Phía bờ trái Bàu Ông có sự phân dị địa hình và độ dốc cao hơn bờ phải. Ngoài ra còn có hiện tượng xâm thực đường bờ bởi gió mùa tây nam. Phía bờ trái Bàu Bà có sự phân dị địa hình và độ dốc lớn hơn bờ phải, đặc biệt khu vực cuối Bàu Bà đã xảy ra hiện tượng sạt lở dạng khối ở vị trí KSBB01. Thực tế khảo sát vào tháng 01/2024 thì tổng chiều dài đoạn sạt lở khoảng 103 m, chiều ngang cung sạt lớn nhất khoảng 38 m, diện tích bề mặt sạt lở 0,269 ha. Phía bờ phải của khu vực đầu Bàu Bà không ghi nhận hiện tượng xâm thực đường bờ vì người dân địa phương đã hạ cấp độ dốc, san bằng bề mặt để trồng các loại cây ngắn hoặc dài ngày.

2. Nguyên nhân sạt lở bờ Bàu Bà

2.1. Nhóm nguyên nhân tiềm ẩn

Có 8 yếu tố biến đổi theo thời gian là nguyên nhân tiềm ẩn dẫn đến sạt lở bờ Bàu Bà bao gồm: Khí hậu; Địa hình; Trầm tích; Cấu trúc địa chất; Thủy văn; ĐCCT; ĐCTV và Hoạt tải.

2.2. Nhóm nguyên nhân kích hoạt

Trong số 8 yếu tố trên, có 2 yếu tố đóng vai trò tác nhân kích hoạt, có thể coi là 2 nguyên nhân chủ yếu gây ra hiện tượng sạt lở bờ Bàu Bà, đó là:

- 1) Yếu tố hoạt tải: hoạt động của xe địa hình các loại khác nhau khá thường xuyên trong thời gian dài trở thành các nguồn rung động ảnh hưởng đến nền đất gây sạt lở bờ Bàu Trắng, đặc biệt là Bàu Bà.
- 2) Yếu tố thủy văn: mực nước hồ hạ thấp từ cuối tháng 4 đến giữa tháng 5/2023, khiến cho trạng thái cân bằng nước trong và ngoài bờ bàu bị phá vỡ, tạo nên dòng chảy ngược từ phía bờ vào hồ và hiện tượng này trở thành yếu tố kích hoạt sạt lở bờ Bàu Bà.

3. Khoanh vùng nguy cơ sạt lở

Sạt lở bờ hồ khu vực Bàu Trắng với 5 cấp nguy cơ sạt lở từ rất thấp, thấp, trung bình, cao đến rất cao: 1) Vùng nguy cơ sạt lở rất thấp có diện tích lớn nhất, khoảng 75 ha, chiếm 45,47% toàn diện tích khoanh vùng; 2) Vùng nguy cơ sạt lở thấp có diện tích lớn thứ hai, khoảng 61 ha, chiếm 37,31% diện tích; 3) Vùng nguy cơ sạt lở trung bình có diện tích lớn thứ tư, khoảng 8,6 ha, chiếm 5,23% diện tích; 4) Vùng nguy cơ sạt lở cao chiếm diện tích lớn thứ ba, khoảng 16 ha, chiếm 9,52% diện tích; và 5) Vùng nguy cơ sạt lở rất cao có diện tích nhỏ nhất, chỉ khoảng 4.03 ha, chiếm 2.45 % toàn diện tích khoanh vùng.

4. Các giải pháp bảo vệ bờ Bàu Trắng

4.1. Các giải pháp công trình

Phương án 1

Bao gồm các công việc: 1) Gia cố giới hạn giữa phần đã sạt lở và phần hiện trạng bằng cừ bê tông cốt thép BTCT SW, phạm vi gia cố từ cao trình 34,7 m đến cao trình 14,7 m. Mục đích chính là bảo vệ phần giới hạn sạt lở. Cừ SW có khả năng chống xói mòn và chịu lực tốt, giúp gia cố nền đất và ngăn chặn quá trình sạt lở tiếp tục; 2) Phía bên trong bố trí gia cố nền bằng sàn giảm tải vải địa kỹ thuật hoặc công nghệ D-Box trên nền gia cố cừ tràm. Phạm vi gia cố tính từ mép cọc vào trong khoảng 0,5 m; 3) Phía bên ngoài cừ BTCT (phía hồ) bố trí hàng cừ tràm đường kính gốc D8-10 cm, chiều dài trên 5,5 m kết hợp cải tạo mái bằng các bao tải cát. Phạm vi từ cừ BTCT đến cừ tràm 5,5 m bố trí thêm cừ tràm đường kính gốc D8-10 cm, chiều dài trên 4,5 m tương tự như hàng cừ phía trong.

Phương án 2

Bố trí tương tự Phương án 1 ở phía ngoài cừ BTCT, nhưng phía trong giữ nguyên hiện trạng, không bố trí sàn giảm tải trên hệ cừ tràm.

4.2. Các giải pháp phi công trình

Ngoài khu vực sạt lở bờ Bàu Bà có thể triển khai các giải pháp công trình, phần còn lại của khu vực Bàu Trắng nên thực hiện các giải pháp phi công trình. Cụ thể như sau:

Biện pháp nông nghiệp

+ Duy trì ổn định HTSDD

Hiện trạng sử dụng đất khu vực Bàu Trắng được nhân dân duy trì lâu đời, khá ổn định, giúp giữ được thảm thực vật che phủ như rừng tái sinh, thảm cỏ, vườn cây ăn trái (thanh long...). Cần tiếp tục duy trì ổn định với các giải pháp canh tác chăm sóc không hoặc ít làm thay đổi lớp phủ trên bề mặt, chống hoặc giảm thiểu xói mòn do gió – nước khá hiệu quả. Trong các khu vực canh tác, chẳng hạn như khu vực trồng thanh long, xung quanh các trụ hoặc gốc cây nên có lớp che phủ bề mặt thường xuyên, hạn chế để đất trống làm phá vỡ kết cấu đất trồng.

+ Mô hình trồng cây lâm – nông nghiệp

Đối với các khu vực đã bị khai thác trồng hiện nay chỉ còn bề mặt cát (như khu vực đồi Trinh Nữ, khu vực sạt lở bờ khu vực Bàu Bà...) cần phải tiến hành trồng các loại cây lâm – nông nghiệp phù hợp phủ kín bề mặt nhằm giữ ổn định cát, nhờ đó theo thời gian làm tăng kết nối cấu trúc đất dẫn đến giảm xói mòn do gió, nước, chống rửa trôi góp phần gia cố bề mặt đồi cát, giúp chống sạt lở bờ Bàu Trắng.

Trong các khu vực địa hình cao, dốc, đưa nhóm cây lâm nghiệp như cây neem, cây keo lai che phủ bề mặt (tuy nhiên hiện nay cây keo lai trên dạng địa hình này đang bị

chết khá nhiều mặc dù đã trên 10 năm tuổi, cây con khó sinh trưởng). Khu vực sườn dốc thấp và khu vực có hợp thủy, tiểu đảo (nơi có hồ nước hoặc nước ngầm cao) có thể trồng cây dương, cây keo, keo lai, cây neem... với mật độ khá dày (do tỷ lệ sống sau 3 năm khá thấp 60%) để khi cây cao sống ổn định có thể trở thành cây chắn gió và cát bay khá hiệu quả.

+ *Mô hình trồng cây kèm theo giải pháp công trình*

Sau khi tiến hành các giải pháp công trình theo Phương án 1 hoặc Phương án 2, cần thực hiện mô hình trồng cây bản địa.

Các nhóm cây được đề xuất cho mục đích này bao gồm :

- *Khu vực mép nước (phía dưới bờ hồ)*: trồng các thực vật hệ sinh thái thủy sinh như sen - súng, bèo bồng, bèo lục bình... Hệ thực vật này giúp giảm sóng vỗ ven bờ, cố định chân đồi làm giảm xói mòn chân đồi từ đó giảm thiểu sạt lở.

- *Khu vực ven bờ hồ*: trồng cây me gai phía sát mép nước ra bờ ít nhất 4 m phủ toàn bộ diện tích bao tải cát và vãi địa kỹ thuật, từ đó làm bệ đỡ cho rau muống biển phủ dần bề mặt đồi cát. Đây là cây tiên phong giúp cố định bề mặt, duy trì độ ẩm trong đất tạo điều kiện cho hệ sinh thái cỏ bám rễ sinh trưởng che phủ toàn bộ bề mặt.

Biện pháp quản lý

+ *Giải pháp trước mắt*

Trong khu vực sạt lở bờ Bàu Bà, *cần sớm giới hạn hoạt động* các loại xe địa hình và du khách trong phạm vi từ mép bờ hồ ra khoảng cách ít nhất 50 m.

+ *Giải pháp lâu dài*

1) Trong khu vực Bàu Trắng

- *Thành lập Ban kiểm tra an toàn*: có nhiệm vụ định kỳ kiểm tra các vị trí trong các vùng nguy cơ sạt lở cao – rất cao. Đặc biệt là khu vực sạt lở bờ Bàu Bà vào cuối mùa khô hàng năm.

- *Hạn chế xây dựng*: giới hạn xây dựng các công trình, nhà ở trong các vùng nguy cơ sạt lở cao – rất cao; nghiêm cấm san bằng và hạ thấp bậc địa hình bờ hồ sát mép nước để kinh doanh hay canh tác.

2) Riêng trong khu vực sạt lở bờ Bàu Bà, khi các giải pháp công trình đã hoàn thành, cũng *cần tiếp tục giới hạn hoạt động* các loại xe địa hình và du khách trong phạm vi từ mép bờ hồ ra khoảng cách ít nhất 5 m để đảm bảo an toàn và giữ gìn sự phát triển Mô hình trồng cây kèm theo giải pháp công trình.

KIẾN NGHỊ

1) Khu vực sạt lở bờ Bàu Bà ngày 03/5/2023 vẫn còn tiềm ẩn nguy cơ sạt lở mức độ rất cao, do đó cần nhanh chóng thực hiện các giải pháp công trình và phi công trình kèm theo cho khu vực này. Về giải pháp công trình, trên cơ sở đề xuất Phương án 1 và Phương án 2, cần khảo sát, thiết kế chi tiết hơn trước khi thi công.

2) Nguồn nước Bàu Trắng là tài nguyên quý hiếm, mang tính đặc thù, nhưng cho đến nay vẫn chưa có công trình nào nghiên cứu về nguồn gốc của nguồn nước này, chỉ dừng lại ở mức giả thiết và định tính. Về chất lượng nước cũng chỉ có vài công trình nghiên cứu từ đầu những năm 2000, đến nay đã có nhiều biến đổi. Do vậy, để khai thác, sử dụng và bảo vệ hiệu quả nguồn nước Bàu Trắng, cần sớm triển khai các đề tài nghiên cứu, đánh giá trữ lượng, chất lượng và cân bằng nước Bàu Trắng. Các đề tài này cần có các phương pháp nghiên cứu hiện đại, hiệu quả và đề xuất các giải pháp có cơ sở khoa học và thực tiễn cao.