

# PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH BỒI LẮNG Bùn CÁT HỒ DẦU TIẾNG

Lê Xuân Quang, Nguyễn Xuân Lâm

Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường

Lương Hữu Dũng

Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu

**Tóm tắt:** Hồ Dầu Tiếng là một trong 4 hồ chứa quan trọng đặc biệt do Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn quản lý. Hồ được xây dựng từ năm 1981, hồ có dung tích thiết kế 1,58 tỷ m<sup>3</sup>; dung tích chết là 470 triệu m<sup>3</sup>. Nhiệm vụ chính của hồ là cấp nước tưới và nước sinh hoạt cho 5 tỉnh, thành gồm: Tây Ninh, Bình Dương, Bình Phước, Long An và TP Hồ Chí Minh. Lượng cát được khai thác trong hồ hàng năm khoảng 674.200 m<sup>3</sup>. Việc khai thác cát ít nhiều cũng đã ảnh hưởng đến hoạt động quản lý khai thác và an toàn hồ chứa, vì vậy nghiên cứu xác định bồi lắng bùn cát hồ Dầu tiếng có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Hiện nay trên thế giới có nhiều phương pháp xác định bồi lắng bùn cát của các hồ chứa. Bài viết này tác giả giới thiệu về phương pháp xác định bồi lắng bùn cát cho hồ Dầu Tiếng.

**Từ khóa:** Bồi lắng hồ chứa, phương pháp xác định, hồ Dầu Tiếng.

**Summary:** Dau Tieng reservoir is one of four top-priority ones managed directly by Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD). It was constructed in 1981, and has a capacity of 1,58 billion m<sup>3</sup> and 470 million m<sup>3</sup> of dead storage. It bears duties of supplying irrigation and domestic water for 5 provinces and cities of Tay Ninh, Binh Duong, Binh Phuoc, Long An and Ho Chi Minh City. Annually, sand extraction of 674.200 m<sup>3</sup>, has been more or less affecting its operation and safety. Therefore, the research on the sedimentation process of Dau Tieng reservoir brings to us significances of both science and practice. This paper is a brief on methodologies and tools using in calculating sediment flow amount into Dau Tieng reservoir.

**Keywords:** reservoir, sedimentation, methodolgy calculating sediment, Dau Tieng reservoir.

## 1. GIỚI THIỆU

Hồ chứa là một loại công trình thủy lợi đặc biệt có nhiệm vụ làm biến đổi và điều tiết nguồn nước phù hợp với yêu cầu của các ngành kinh tế quốc dân. Việc xây dựng và khai thác hồ chứa đã tạo ra tiền đề mới có vai trò quan trọng đối với sự phát triển sản xuất công, nông nghiệp, lâm nghiệp, giao thông, thủy sản, du lịch, vv... Lâu nay, việc thiết kế các hồ chứa nước ở nước ta thường luôn bố trí một dung tích chết trữ bùn cát và gọi thời gian cần thiết để bùn cát lấp đầy dung tích chết là tuổi thọ hồ chứa. Việc tính toán bồi lắng lòng hồ là một khâu rất quan trọng trong thiết kế hồ chứa và tính tuổi thọ nhằm đảm bảo công năng của hồ. Hiện nay, việc

nghiên cứu tính toán bồi lắng hồ chứa và sự phân bố lượng bùn cát bồi lắng trong hồ chứa còn khá khiêm tốn. Bên cạnh đó, kết quả tính toán dòng chảy bùn cát và bồi lắng hồ chứa trong giai đoạn thiết kế thường sai khác nhiều so với thực tế xảy ra trong giai đoạn vận hành. Nguyên nhân của sự sai khác này là do: (1) việc tính toán dựa trên nguồn tài liệu thiếu tin cậy, lượng bùn cát di đầy thường lấy bằng 20÷30% lượng bùn cát lơ lửng; (2) phương pháp tính toán đơn giản, chưa xét hết các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bùn cát vào, ra và quá trình bồi lắng lòng hồ. Thực tế quá trình bồi lắng bùn cát hồ chứa diễn ra hết sức phức tạp theo không gian và thời gian. Vì vậy, cần phải nghiên cứu,

Ngày nhận bài: 13/5/2021

Ngày thông qua phản biện: 24/5/2021

Ngày duyệt đăng: 10/6/2021

xây dựng phương pháp tính toán bồi lắng hồ chứa nước hợp lý, đảm bảo độ chính xác cần thiết.

Theo số liệu thống kê của Tổng cục Thủy lợi đến thời điểm hiện nay cả nước có 6336 hồ thủy lợi (4 hồ chứa quan trọng đặc biệt, 850 hồ chứa lớn, 1532 hồ chứa vừa và 3950 hồ chứa nhỏ) có tổng dung tích khoảng 14,6 tỷ m<sup>3</sup>, tưới cho 833.000 ha đất nông nghiệp; cấp nước sinh hoạt và phát điện. Hồ Dầu Tiếng là 01 trong 04 hồ chứa quan trọng đặc biệt do Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn quản lý gồm, vị trí hồ Dầu Tiếng nằm ở thượng nguồn sông Sài Gòn thuộc phạm vi 03 tỉnh Tây Ninh, Bình Dương, Bình Phước. Hệ thống công trình được xây dựng từ 29/4/1981 và đưa vào vận hành khai thác từ năm 10/1/1985, là hồ điều tiết nhiều năm, được thiết kế để phục vụ khai thác đa mục tiêu, quy mô công trình hồ chứa cấp đặc biệt. Lượng cát được khai thác hàng năm khoảng 674.200 m<sup>3</sup>, hoạt động khai thác cát phần nào đã ảnh hưởng đến quản lý khai thác của Hồ và an toàn hồ chứa, vì vậy nghiên cứu xác định bồi lắng bùn cát hồ Dầu tiếng có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Hiện nay trên thế giới có nhiều phương pháp xác định bồi lắng bùn cát của các hồ chứa. Bài viết này chúng tôi giới thiệu về phương pháp xác định bồi lắng bùn cát cho hồ Dầu Tiếng.

## 2. GIỚI THIỆU HỒ DẦU TIẾNG

### 2.1 Thông số kỹ thuật hồ Dầu Tiếng

Hồ Dầu Tiếng có dung tích thiết kế 1,58 tỷ m<sup>3</sup> nước ứng với mực nước dâng bình thường +24,40 m, diện tích mặt nước hồ là 270 km<sup>2</sup>, cao trình Đập chính +28 m, chiều cao đập phụ 6÷8 m; hệ thống kênh mương phục vụ tưới, tiêu là công trình cấp I với tổng chiều dài khoảng 140 km.

Tổng lượng nước chảy vào hồ trung bình nhiều năm là 1.841 triệu m<sup>3</sup>. Mực nước chết +17,00 m ứng với dung tích chết là 470 triệu m<sup>3</sup>, diện tích mặt thoáng 5.500 ha, dung tích hữu ích của hồ là 1.110 triệu m<sup>3</sup>.



Hình 1: Bản đồ hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng

### 2.2 Thực trạng khai thác cát hồ Dầu Tiếng

Trong lòng hồ Dầu Tiếng, tính đến 12/2020 có khoảng 19 doanh nghiệp khai thác cát được UBND các tỉnh cấp phép trong đó:

#### - Giấy phép khai thác khoáng sản [5]:

- + UBND tỉnh Tây Ninh cấp 16 giấy phép (thời hạn từ 5 đến 27 năm), vị trí các mỏ chủ yếu dọc theo lòng sông cổ, nằm trên địa bàn các huyện Tân Châu, Dương Minh Châu và Châu Thành;
- + UBND tỉnh Bình Dương cấp 02 giấy phép;
- + UBND tỉnh Bình Phước cấp 01 giấy phép;

Tổng công suất khai thác khoảng 674.200 m<sup>3</sup>/năm. Hầu hết các mỏ cát đang khai thác hiện nay đều nằm trên các lòng sông cổ: nhánh Tổng Lê Chân và nhánh Tha La. Hoạt động khai thác cát ở lòng hồ Dầu Tiếng hiện nay khá tràn lan, một số doanh nghiệp có bãi tập kết cát gần đập như Cty TNHH MTV - Dầu Tiếng 40, Cty Dương Đại Lực, Cty Đại Lực Phát, vv... dẫn tới việc vận chuyển cát qua mặt đập, qua đường quản lý đập làm tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn công trình, do đập và đường quản lý đập không được thiết kế để vận chuyển cát.

- Giấy phép hoạt động bến thủy nội địa (GPBTNĐ): Sở Giao thông vận tải Tây Ninh cấp 11 giấy phép; Sở Giao thông vận tải Bình Dương cấp 06 giấy phép.

- Giấy phép hoạt động trong phạm vi bảo vệ công trình thủy lợi: UBND tỉnh Tây Ninh cấp

08 giấy phép (cấp từ 21/7/2016 đến 03/6/2018), có 07 giấy phép cấp sau ngày 07/02/2017 sau khi công trình hồ Dầu Tiếng được đưa vào danh mục công trình quan trọng liên quan đến an ninh quốc gia.

### 2.3 Sự cần thiết đánh giá phân bố bùn cát và lượng bùn cát đến hồ Dầu Tiếng

Do lòng hồ Dầu Tiếng rộng lớn, lực lượng quản lý lòng hồ lại nhỏ lẻ nên việc giám sát hoạt động khai thác cát của các doanh nghiệp gặp rất nhiều khó khăn, việc khai thác trong lòng hồ đang vượt tầm kiểm soát dẫn đến nguy cơ gây sạt lở, thay đổi dòng chảy, chất lượng nguồn nước do xáo trộn các lớp trầm tích từ việc khai thác bờ bãi, không theo đồ án thiết kế.

Công tác khai thác và vận chuyển cát của các doanh nghiệp bằng các xe tải trọng lớn không những tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn hồ chứa mà còn làm xuống cấp hệ thống đường giao thông xung quanh lòng hồ, nhưng lại không có chính sách thu phí các doanh nghiệp khai thác cát để sửa chữa và bảo trì hệ thống công trình.

Hiện nay hoạt động khai thác cát lòng hồ chứa Dầu Tiếng diễn ra đã có tác động không nhỏ đến an toàn công trình, đến quản lý, vận hành và khai thác công trình. Để làm được điều đó, chúng ta cần khung pháp lý như: xác định được mức độ bồi lắng, ngưỡng bồi lắng an toàn hồ chứa; các quy định kỹ thuật về bồi lắng, khai thác đảm bảo an toàn hồ chứa; các hướng dẫn lập quy trình khai thác bồi lắng hồ chứa; các giải pháp quản lý và khai thác bồi lắng các hồ chứa. Để làm được điều đó chúng ta cần đánh giá được lượng cần phân bố trong hồ; lượng bùn cát đến hồ hàng năm.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1 Tổng quan phương pháp nghiên cứu bồi lắng bùn cát trên thế giới

Tính toán bồi lắng hồ chứa đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm. Người ta coi hồ chứa đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế xã hội. Việc bảo tồn và quản lý bồi lắng

các hồ chứa là một phương pháp hiệu quả để duy trì khả năng trữ nước nhằm đáp ứng các nhu cầu hơn là xây dựng mới, do đó cần thiết phải tính toán, quản lý bồi lắng hồ chứa. Trong thế kỷ 20, tính toán bồi lắng chủ yếu là tổng lượng bồi lắng từ khu vực và kích thước để có thể chứa đựng lượng bồi lắng trong vòng 50 đến 100 năm. Ảnh hưởng của bồi lắng theo không gian đã được xét đến, ngoại trừ giả thiết rằng các thể hệ tương lai có đủ phương tiện tốt hơn để giải quyết các vấn đề về bồi lắng hồ chứa. Tuy nhiên, vấn đề bồi lắng không phải là dễ dàng để có thể giải quyết (Morris, 2003).

Việc nghiên cứu tính toán bồi lắng hồ chứa thường được xác định dựa trên cơ sở các tài liệu thực đo về bùn cát, địa hình, các tài liệu thực nghiệm nghiên cứu xói mòn đất. Bên cạnh đó cũng phải kể đến lượng bùn cát đến hồ do xói bờ hồ. Sự phân bố lượng bùn cát bồi lắng trong hồ chứa có thể xác định bằng phương pháp kinh nghiệm và phương pháp mô hình toán. Các phương pháp kinh nghiệm xác định bồi lắng bùn cát hồ chứa chủ yếu dựa trên cơ sở các kết quả nghiên cứu bồi lắng các hồ chứa trên thế giới. Các phương pháp này có ưu điểm là không đòi hỏi nhiều về số liệu đầu vào, thời gian tính toán nhanh. Tuy nhiên kết quả phân bố lượng bùn cát bồi lắng không thể tính toán chi tiết cho từng khu vực cụ thể được.

**Phương pháp so sánh thể tích tính toán bồi lắng hồ chứa:** Phương pháp này đòi hỏi phải có số liệu đo đạc địa hình lòng hồ: trắc ngang, trắc dọc theo các năm khác nhau. Định kỳ hàng năm đo mặt cắt 1 lần vào thời kỳ hồ đầy nhất. Hiệu số diện tích mặt cắt ứng với một cao trình mặt nước thống nhất của năm sau trừ năm trước (2 năm kế tiếp) là lượng bồi hoặc xói tại mặt cắt đó trong khoảng thời gian tương ứng. Lượng bồi hoặc xói của mỗi đoạn hồ (khoảng cách hai mặt cắt kề nhau) được tính bằng bình quân của hai hiệu số diện tích hai mặt cắt kề nhau nhân với khoảng cách giữa hai mặt cắt đó. Bồi lắng toàn hồ bằng tổng cộng bồi lắng các đoạn từ đập tới cửa vào.

Phương pháp quan trắc và đo đặc lượng bùn cát lắng đọng trong các hồ chứa, thành phần cơ lý của bùn cát bồi lắng, diễn biến hàm lượng bùn cát theo không gian và thời gian tại các hồ chứa cũng được thực hiện nhằm kiểm tra các phương pháp tính toán bồi lắng.

**Phương pháp thống kê tính lượng bùn cát đến hồ chứa:** khi sử dụng phương pháp thống kê để tính lượng bùn cát đến hồ thì yêu cầu đặt ra là chuỗi số liệu tính toán phải đủ dài và đại biểu, Trong thực tế, chuỗi số liệu đo phù sa thường ngắn, như vậy đòi hỏi người tính phải có xử lý thích đáng như có thể kéo dài chuỗi số liệu bùn cát. Một trong những cách thông dụng hiện nay là xây dựng quan hệ giữa lưu lượng nước với lưu lượng phù sa hoặc với nồng độ bùn cát tổng cộng.

Hyun-Suk Shin (1999) đã sử dụng mô hình Monte Carlo để định lượng các yếu tố bất định của bồi lắng hồ chứa hàng năm và lũy tích bồi lắng theo thời gian. Ngoài ra, phân tích độ nhạy cũng được thực hiện để xem xét tầm quan trọng của hàng loạt các yếu tố mang tính bất định trong bồi lắng hồ chứa hàng năm. Các quy trình đề xuất được áp dụng cho hồ Kenny trên lưu vực sông White thuộc Colorado. Kết quả cho thấy lưu lượng dòng chảy hàng năm và lượng phù sa là những yếu tố quan trọng nhất quyết định sự thay đổi của bồi lắng hồ chứa và tích lũy bùn cát hàng năm của hồ chứa. Trong trường hợp của hồ chứa Kenny, sự không chắc chắn thể hiện bằng hệ số biến đổi có thể là 65% cho bồi lắng hồ chứa hàng năm và 39% cho hồ chứa tích lũy bùn cát.

Xác định lượng bùn cát bồi lắng bằng các phương trình kinh nghiệm: Các phương trình kinh nghiệm để tính lượng bùn cát đến hồ chứa được xây dựng dựa trên giả thiết lượng bùn cát năm là hàm của các đặc trưng lưu vực và các điều kiện thủy văn. Sau khi thống kê, phân tích số liệu của 800 hồ chứa ở Mỹ có diện tích lưu vực từ 2,5 đến 75.000 km<sup>2</sup>, Dendy và Bolton (1976) đã rút ra các phương trình kinh nghiệm

để tính toán bồi lắng hồ chứa. Ranga Raju (1996) cho rằng việc nghiên cứu về vận chuyển bùn cát có ý nghĩa rất quan trọng đối với hoạt động của các hồ chứa, đập dâng và các kênh tưới khai thác nước trên sông. Trong các thiết kế của các công trình này thường quan tâm đến tải lượng bùn cát trên sông, Nghiên cứu đã đề cập đến vai trò của việc tính toán bồi lắng bùn cát đối với hoạt động của hồ chứa, đặc biệt đối với hiệu suất của hồ. Nghiên cứu cũng đã đưa ra một số phương pháp tính toán tải lượng bùn cát đến hồ sử dụng các công thức kinh nghiệm.

**Xác định lượng bùn cát bồi lắng bằng phương pháp đồng vị phóng xạ:** năm 1971, Krishanawami đã tiến hành nghiên cứu dùng đồng vị chì 210 (210Pb) và Xêzi 137 (137Cs) để xác định bồi lắng bùn cát. Cơ sở của phương pháp là dựa vào đặc tính địa hoá của 210Pb và 137Cs, so sánh hoạt tính của chúng trong mặt cắt trầm tích, từ đó xác định tuổi trầm tích của hồ và biết được lắng đọng trong vòng vài năm đến hàng chục năm (tối đa là 150 năm). Nội dung của phương pháp là tiến hành lấy các cột bùn cát lòng hồ và xác định phân bố hàm lượng Pb - 210 theo chiều sâu cột bùn để từ đó tính được độ bồi lấp trung bình lòng hồ, tức là xác định được tuổi thọ của hồ. Phân bố theo chiều sâu cột bùn sẽ được khẳng định qua phân bố của Cs - 137 nhằm nâng cao tính chính xác của các tính toán. Sau đó thu góp mẫu nước và mẫu bùn ở trên bề mặt của lòng hồ. Tiến hành phân tích hàm lượng Pb -210 trong thành phần hạt lơ lửng và trong mẫu bùn cát để xác định sự mất cân bằng đồng vị giữa pha nước và pha bùn cát. Trên cơ sở đó tính thời gian lưu trung bình của nước hồ nếu đã biết được cân bằng lượng nước vào và thoát ra khỏi hồ. Tuy nhiên phương pháp này chỉ có thể áp dụng sau khi hồ đã được tích nước một số năm, kết quả tính toán chỉ có tác dụng hiệu chỉnh các dự báo bồi lắng trong quá trình thiết kế. Phương pháp này được áp dụng ở nhiều nơi như tại vịnh Saguenay, Canada, Marica, Bắc Mỹ và ở một số vùng khác trên thế giới.

### ***Xác định lượng bùn cát bồi lắng bằng mô hình***

**toán:** Cuối những năm 60 và đầu thập kỷ 70 của thế kỷ 20, cùng với sự phát triển của máy tính điện tử, nhiều mô hình số tính bồi lắng và biến đổi lòng dẫn đã ra đời, bao gồm các mô hình một chiều, hai chiều và ba chiều. Cơ sở lý thuyết của các mô hình này là việc giải gần đúng phương trình sai phân hữu hạn hoặc phương pháp phần tử hữu hạn các phương trình liên tục và động lượng của nước và bùn cát. Các mô hình toán xác định phân bố bùn cát bồi lắng có thể phân thành các mô hình một chiều, hai chiều và ba chiều. Đối với hồ chứa dạng sông có chiều ngang hẹp hơn chiều dài rất nhiều thì có thể sử dụng mô hình một chiều để tính toán. Có nhiều mô hình tính toán bồi lắng hồ chứa, điển hình là các mô hình HEC-6, RUS-1, GSTAS, FLUVIAL-12, SSIIM, EFDC, WENDY, vv ... trong đó mô hình HEC-6 được ứng dụng rộng rãi trên thế giới.

+ Mô hình HEC-6 do Trung tâm Kỹ thuật Thủy văn Quân đội Mỹ xây dựng từ năm 1973. Đây là mô hình một chiều viết cho dòng chảy trong kênh hở lòng động, dùng để dự báo sự biến đổi địa hình lòng sông, hồ do bồi lắng hoặc xói lở.

+ Mô hình RUS-1 do Viện Thủy công Mátxcova xây dựng từ những năm 1970. Đây là mô hình tính bồi lắng một chiều viết cho dòng chảy không ổn định trong kênh hở, trong đó ưu tiên sử dụng các công thức tính sức tải bùn cát của các tác giả Liên Xô cũ như Shamov, Velikanov, Goncharov, vv...

+ Mô hình GSTAS (The General Stream Tube Model for Alluvial River Simulation) do Cục khai hoang Hoa Kỳ xây dựng. Đây là mô hình một chiều viết cho dòng không ổn định, nhưng có khả năng mô phỏng một vài khía cạnh nào đó của dòng chảy hai chiều bằng cách sử dụng ống dòng để tính toán thủy lực và vận tải bùn cát. Mô hình có thể tính bồi - xói cho hơn 10 cấp hạt khác nhau nhưng không mô phỏng được quá trình bồi - xói của các hạt sét và bùn.

+ Mô hình FLUVIAL-12 do Howard Chang xây dựng từ năm 1988. Đây là mô hình một

chiều viết cho dòng không ổn định.

+ Mô hình SSIIM được Nils Olsen (Viện Công nghệ Na Uy) xây dựng bằng việc sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn để giải các phương trình Navier –Stokes trong không gian ba chiều trên một lưới cơ bản không trực giao. Một mô hình thể tích hữu hạn ba chiều khác nhau cũng được sử dụng để tính toán nồng độ bùn cát trong hồ chứa bằng việc giải phương trình khuyết tán đối lưu. Mô hình cho các kết quả tốt trong việc mô phỏng xói mòn đáy và khả năng mô phỏng bùn cát mịn.

+ Mô hình EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) được cơ quan bảo vệ môi trường Mỹ US EPA phát triển từ những năm 1980 và đến năm 1994 được các nhà khoa học của viện Khoa học Biển Virginia tiếp tục xây dựng. Mô hình là mô hình đa chiều (1 chiều, 2 chiều, 3 chiều) và nó mô phỏng các quá trình thủy động lực học, vận chuyển lan truyền các vật liệu bùn cát, chất ô nhiễm và chất dinh dưỡng. Mô hình đã được ứng dụng trên nhiều nơi tại một số sông của Ấn Độ. Mô hình đã ứng dụng trên 60 dự án đối với sông hồ, đất ngập nước, vùng cửa sông và ven biển.

+ Mô hình WENDY do Viện Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường Delf (Hà Lan) kết hợp với Tổ hợp Kỹ thuật Núi Tuyết (Australia) xây dựng năm 1982. Đây là mô hình một chiều viết cho dòng ổn định trên mạng sông. Ngoài các mô hình nói trên, một số phần mềm nổi tiếng khác như MIKE-11, MIKE-21. MOUSE (Viện Thủy lực Đan Mạch) đều có các module tính bồi lắng và biến đổi lòng dẫn tương đối tốt.

Mỗi một mô hình đều có những thế mạnh và điểm yếu khác nhau dẫn đến yêu cầu số liệu vào của các mô hình đều có mức độ chi tiết khác nhau, và các điều kiện ứng dụng khác nhau. Do đó, việc lựa chọn mô hình tính toán thực tế phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó phải kể đến:

- Mục đích nghiên cứu và mức độ chi tiết của thiết kế.

- Sự biến đổi của các yếu tố thủy lực – bùn cát trong không gian hay đặc điểm địa mạo (tỷ lệ giữa độ rộng, độ sâu và độ dài) của hồ.

- Tình hình tài liệu, số liệu đo đạc về địa hình, thủy văn - thủy lực - bùn cát.

### 3.2 Tổng quan phương pháp nghiên cứu bồi lắng bùn cát trong nước

Hiện nay, Việt Nam vẫn chưa có quy phạm hướng dẫn tính toán dòng chảy bùn cát và bồi lắng hồ chứa. Lượng bùn cát đến hồ được xác định trên cơ sở số liệu thực đo bùn cát lơ lửng tại các trạm thủy văn trên lưu vực hồ hoặc lưu vực tương tự. Lượng bùn cát di đáy lấy bằng 20÷40% bùn cát lơ lửng. Lượng bùn cát bồi lắng được ước tính bằng phương pháp đơn giản. Vì vậy, kết quả tính toán khi thiết kế thường sai khác nhiều so với thực tế xảy ra trong quá trình vận hành hồ. Trong những năm gần đây, đã có nhiều nhà khoa học nghiên cứu về vấn đề bồi lắng hồ chứa bao gồm: xác định dung tích chết của các hồ chứa thủy lợi - thủy điện, các phương pháp tính toán bồi lắng hồ chứa và một số mô hình toán một chiều, hai chiều để tính toán và dự báo tốc độ bồi lắng hàng năm cho hồ chứa.

Ở nước ta, nghiên cứu bồi lắng hồ Hoà Bình trên sông Đà được coi là có hệ thống và đầy đủ nhất. Viện khí tượng thủy văn đã tiến hành đo đạc diễn biến bồi lắng và quá trình thay đổi chất liệu đáy và bùn cát lơ lửng hàng năm. Các kết quả nghiên cứu đã được công bố trong các tạp chí và các Hội thảo chuyên ngành.

Năm 1992, mô hình BC01 do GS.TS. Hà Văn Khối xây dựng đã được sử dụng tính toán bồi lắng cho hồ chứa Yaly trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật. Đây là lần đầu tiên mô hình toán chi tiết về diễn biến bồi lắng hồ chứa hàng năm được ứng dụng ở nước ta.

Cao Đăng Dư [1] đã nghiên cứu xói mòn lưu vực và bồi lắng hồ Hoà Bình, xác định lượng bùn cát gia nhập khu giữa bằng mô hình USLE là 1,92 triệu tấn/năm, tính toán lượng bùn cát di đáy qua Tả Bú bằng một số công thức khác

nhau và đi đến kết luận lượng bùn cát di đáy bằng 30% lượng bùn cát lơ lửng.

Nguyễn Văn Phở [1] đã nghiên cứu bồi lắng hồ Thác Bà bằng đồng vị chì 210 và xezi 137. Kết quả tính toán cho thấy tổng lượng bùn cát bồi lắng trong hồ là 20,3 triệu tấn/năm, tuổi thọ trung bình của hồ là 78,3 năm.

Nguyễn Kiên Dũng, Trần Văn Quyết [1] sử dụng bộ số liệu khảo sát của Viện Khí tượng Thủy văn đã tính được lượng bùn cát bồi lắng lòng hồ Hoà Bình thời kỳ 1990 ÷ 1995 là 60 triệu m<sup>3</sup>/năm, bùn cát di đáy qua cửa vào Tả Bú bằng 30% bùn cát lơ lửng.

Cao Đăng Dư và Nguyễn Kiên Dũng [1] “Tính toán bồi lắng hồ chứa Sơn La” đã sử dụng phương pháp cân bằng lượng phù sa qua hồ đối với hồ chứa Sơn La. Lượng phù sa chuyên đến hồ từ lưới sông được tính toán dựa trên kết quả đo đạc từ các trạm thủy văn, lượng phù sa gia nhập được tính bằng lượng xói mòn từ diện tích đất dốc hai bờ đổ vào hồ chứa, lượng phù sa tháo ra khỏi hồ được tính toán theo phương pháp Churchill và Brune. Các tác giả đã ước tính được lượng phù sa tháo ra trong quá trình vận hành bằng khoảng 7% lượng phù sa lơ lửng đổ vào hồ hàng năm.

Phạm Thị Hương Lan [2] đã ứng dụng mô hình toán một chiều HEC6 tính toán bồi lắng hồ chứa ở Việt Nam, ứng dụng tính toán cho hồ chứa nước Cửa Đạt, tỉnh Thanh Hóa. Kết quả tính toán quá trình bồi lắng bùn cát trong thời kỳ 10, 20,... 150 năm vận hành, cho kết quả như sau: Tổng lượng bùn cát bồi lắng trong hồ sau 100 năm vận hành là 332,3 triệu m<sup>3</sup> trong đó lượng bồi trong dung tích chết là 200,1 triệu m<sup>3</sup> chiếm khoảng 60%, lượng bồi trong dung tích hữu ích là 132,1 triệu m<sup>3</sup> chiếm 40% lượng bồi trong toàn bộ dung tích.

Nguyễn Kiên Dũng [1] đã đánh giá hiện trạng, dự báo diễn biến bùn cát hồ chứa Thác Bà bằng mô hình HEC6. Kết quả như sau: Tổng lượng bùn cát bồi lắng là 225,87 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, Lượng bồi trong dung tích chết là 107,10 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, chiếm 47,42% tổng

lượng bồi lắng sau 50 năm vận hành.

Lương Văn Thanh [6] sử dụng số liệu đo đạc khí tượng thủy văn và bùn cát từ năm 1995 đến 2002 và mô hình hai chiều để mô phỏng chế độ thủy lực và khả năng bồi lắng của hồ Trị An, dựa vào kết quả tính toán xây dựng bản đồ phân vùng mức độ bồi lắng lòng hồ, từ đó đánh giá khả năng bồi lắng theo từng giai đoạn trong năm và dự đoán được khả năng nâng cao lòng hồ theo thời gian do ảnh hưởng của bồi lắng để có một kế hoạch quản lý vận hành, duy tu và bảo dưỡng hồ hợp lý và an toàn.

Nguyễn Thị Hồng Chiên và nnk [1] sử dụng bộ số liệu thực đo của Trạm môi trường và lắng đọng axit Hòa Bình giai đoạn 1989 - 2007 đã tính được tốc độ bồi lắng sau 19 năm là 65,8 triệu m<sup>3</sup>.

Ngô Lê Long [3] đã nghiên cứu tính toán được trung bình hồ Núi Cốc mỗi năm bị bồi 520.000 m<sup>3</sup>, tạo lớp bùn cát bồi lắng trung bình năm là 0,02 m/năm và dùng công thức của Borland Miller đã dự báo được: sau 25 năm vận hành, lượng bùn cát bồi lắng tại lòng hồ là 12,7 triệu m<sup>3</sup>; sau 60 năm vận hành, cao trình đáy hồ trước đập là 33 m và khi hồ bị bồi vượt cao trình 34 m thì lượng bùn cát sẽ lấp dần cửa cống lấy nước, việc lấy lưu lượng bình quân  $Q_{bq} = 15$  m<sup>3</sup>/s qua cửa cống là rất khó.

Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường (2014) đã ứng dụng 3 mô hình trong tính toán, dự báo bồi lắng hồ Tuyên Quang gồm: 1-

Mô hình SWAT tính toán lượng bùn cát hiện trạng đến hồ và dự báo đến năm 2050; 2-Mô hình MIKE 11 xác định và dự báo bồi lắng dọc sông; 3-Mô hình MIKE 21 xác định phân bố bùn cát bồi lắng theo không gian và cho ra kết quả tính toán như sau: đến năm 2050, tổng lượng bùn cát lơ lửng đổ đến là 189,47 triệu m<sup>3</sup> và nếu lượng bùn cát đáy bằng 40% lượng bùn cát lơ lửng thì tổng lượng bùn cát đổ vào hồ khoảng 265 triệu m<sup>3</sup>, trung bình 6,6 triệu m<sup>3</sup>/năm, trong đó lượng bùn cát gia nhập hồ từ thượng lưu Nà Vuông chiếm đến 71%, sông Ma chiếm 16%, sông Năng chiếm 3%, các sông khác chiếm 10%.

Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam [6] đã sử dụng các phương pháp Dendy-Bolton; phương pháp USLE (universal soil loss equation); phương pháp đa giác Theissen, và phương pháp khoan địa chất để tính toán trữ lượng bồi lắng bùn cát hồ chứa Dầu Tiếng, các phương pháp khác nhau rất lớn. Theo phương pháp Dendy – Bolton thì sau 2.164 năm; phương pháp USLE (universal soil loss equation) thì 201 năm và phương pháp khoan địa chất là 177 năm thì đầy dung tích chết (bảng 1); theo phương pháp khoan địa chất lượng cát bồi lắng từ năm 1985 đến năm 2013 là khoảng  $\Delta V_{z15} = 72,66$  triệu m<sup>3</sup>, tốc độ bồi lắng trung bình là khoảng 2,65 triệu m<sup>3</sup>/năm.

**Bảng 1: Tốc độ bồi lắng lòng hồ Dầu Tiếng và tuổi thọ hồ chứa tính theo các phương pháp khác nhau**

TT	Phương pháp tính	Hệ số bồi lắng	Lượng bùn cát bồi lắng (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /năm)	Dung tích hồ còn lại sau 100 năm (%)	Thời gian dung tích chết bị đầy (năm)
1	Dendy - Bolton	96,5%	0,22	98,6%	2.164
2	USLE (universal soil loss equation)	96,5%	2,34	85,2%	201
3	Khảo sát địa chất		2,65	83,2%	177

### 3.3 Phương pháp và công cụ mô hình toán đánh giá phân bố bùn cát hồ Dầu Tiếng

#### 3.3.1 Phương pháp thực hiện đánh giá bùn cát

Đề tài kết hợp các phương pháp: ứng dụng mô hình toán và phân tích thống kê để giải quyết vấn đề đặt ra. Sơ đồ nghiên cứu được thể hiện như sau:



Hình 2: Sơ đồ khối thực hiện bài toán

Trong nghiên cứu này, các mô hình toán thủy văn và thủy lực được thiết lập để đánh giá các điều kiện khí tượng thủy văn và đặc điểm bùn cát của lưu vực và hồ Dầu Tiếng. Một sự kết hợp giữa mô hình SWAT (Soil & Water Assessment Tool) dùng cho mô phỏng thủy văn và xói mòn trên lưu vực và bộ mô hình Mike DHI được coi là một sự kết hợp khá tiện dụng và tận dụng được các thế mạnh của từng mô hình. Chi tiết thiết lập các mô hình như sau:

**(1) Mô hình mô phỏng dòng chảy mặt SWAT**

SWAT là mô hình thủy văn và bùn cát lưu vực có ưu điểm là một mô hình bán phân bố có khả năng tính toán cao cho bài toán mưa-dòng chảy, xói mòn và các nguồn thải phát tán trên lưu vực [12]. Mô hình được thiết lập để mô phỏng dòng chảy cho các tiểu lưu vực khu giữa và lưu vực đến hồ Dầu Tiếng. Kết quả mô phỏng dòng chảy tại các tiểu lưu vực là đầu vào cho mô hình hồ chứa.

**(2) Mô hình thủy lực Mike 11 và MIKE21**

Họ mô hình Mike DHI do viện thủy lực Đan Mạch phát triển là các mô hình khá phổ biến ở Việt Nam và trên thế giới. Mô hình rất nổi tiếng với module 1D nhờ khả năng tính toán mạnh, độ tin cậy cao, khả năng tích hợp mô phỏng các module khác như bùn cát, công trình, tính tiện dụng cũng như sự phát triển sang 2D và 3D

[13,14,15].

Mô hình thủy lực được thiết lập để mô phỏng mực nước, lưu lượng và phân bố bùn cát của hồ Dầu Tiếng

**3.3.2 Thiết lập mô hình SWAT**

Để thiết lập được mô hình toán, các số liệu, tài liệu cần thiết bao gồm:

+ Bản đồ địa hình: Bản đồ địa hình lưu vực sông được dùng để tính toán đặc trưng lưu vực và xác định mạng sông trong mô hình

+ Vị trí địa lý các trạm đo trên lưu vực.

+ Số liệu khí tượng: là yếu tố đầu vào để tính toán dòng chảy.

+ Số liệu thủy văn: lưu lượng trung bình ngày sẽ phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

**3.3.2.1 Dữ liệu đầu vào**

*a) Dữ liệu thảm phủ, địa hình và sử dụng đất*

Bản đồ DEM 30 (độ phân giải 30m/pixel) lưu vực sông Sài Gòn Đồng Nai

Bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ thổ nhưỡng lưu vực sông Sài Gòn Đồng Nai

*b) Dữ liệu khí tượng thủy văn*

Dữ liệu khí tượng thủy văn đưa vào mô hình gồm có: dữ liệu nhiệt độ, bốc hơi, lưu lượng tại các trạm Cần Đăng, Phước Hòa, Tây Ninh, Phước Long, Đồng Phú, Đắc Nông có liệt tài liệu từ 1980 đến 2020.

**3.3.2.2 Phân chia lưu vực**

Dựa trên bản đồ số độ cao DEM mô hình SWAT sẽ xác định chiều dòng chảy, sau đó tự động mô phỏng mạng lưới sông suối. Dựa trên mạng lưới sông suối SWAT phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực theo tiêu chí điểm đầu của tiểu lưu vực là thượng lưu của con sông và kết thúc là điểm nhập lưu của nhánh sông với nhánh sông khác.

**Bảng 2: Tiêu chuẩn phân loại mức độ chính xác của kết quả mô phỏng theo 2 chỉ số Nash-Sutcliffe (NSI), và sai số tổng lượng PBIAS**

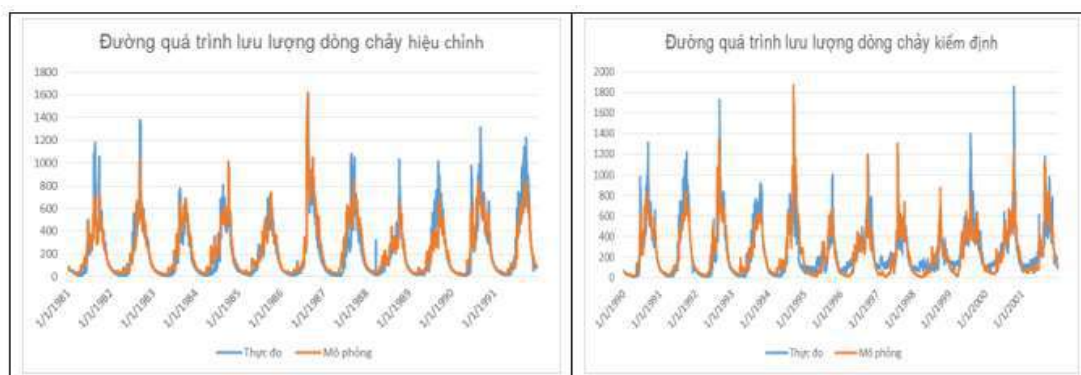


Phân loại	NSI	PBIAS %	
		Dòng chảy	Bùn cát
Tốt	$0,75 < NSI \leq 1$	$PBIAS < \pm 10$	$PBIAS < \pm 15$
Khá	$0,65 < NSI \leq 0,75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$
Trung bình	$0,5 < NSI \leq 0,65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	$\pm 30 \leq PBIAS < \pm 55$
Dưới trung bình	$NSI < 0,5$	$PBIAS > \pm 25$	$PBIAS > \pm 55$

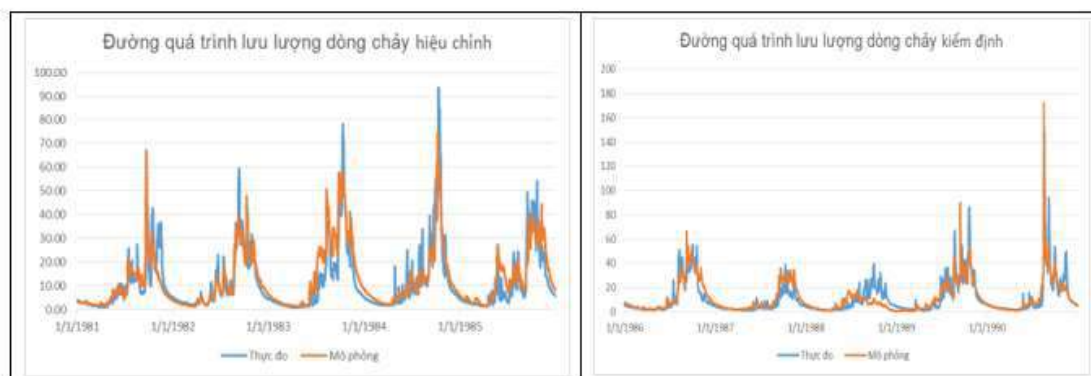
3.3.2.3 Hiệu chỉnh kiểm định lưu lượng dòng chảy

Để đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng, đề tài sử dụng 2 chỉ tiêu là chỉ số Nash-Sutcliffe (NSI), và sai số tổng lượng PBIAS.

Các trạm thủy văn được lựa chọn để hiệu chỉnh và kiểm định gồm Phước Hòa, Cần Đăng. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định cho thấy hầu hết các trạm có chỉ số Nash trên 0,7.



Hình 3: Đường quá trình lưu lượng hiệu chỉnh, kiểm định tại trạm Phước Hòa



Hình 4: Đường quá trình lưu lượng hiệu chỉnh, kiểm định tại trạm Cần Đăng

**Bảng 1: Bảng tổng hợp kết quả hiệu chỉnh mô hình SWAT mô phỏng dòng chảy**

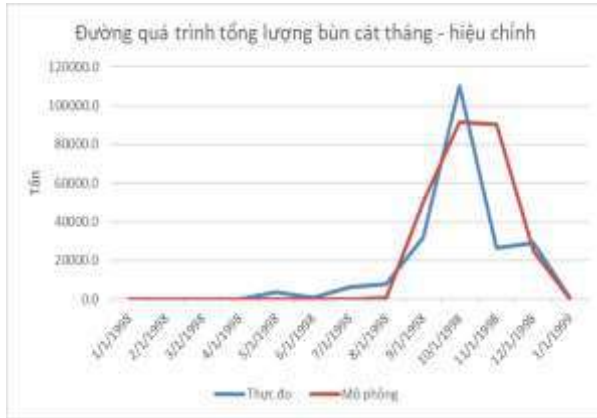
Trạm	Thời gian hiệu chỉnh			Thời gian kiểm định		
	Bắt đầu	Kết thúc	Nash	Bắt đầu	Kết thúc	Nash
Phước Hòa	1/1/1981	12/31/1991	0,86	1/1/1992	12/31/2001	0,77
Cần Đăng	1/1/1981	12/31/1985	0,78	12/31/1986	12/31/1990	0,72

3.3.2.4 Hiệu chỉnh kiểm định dòng chảy bùn cát

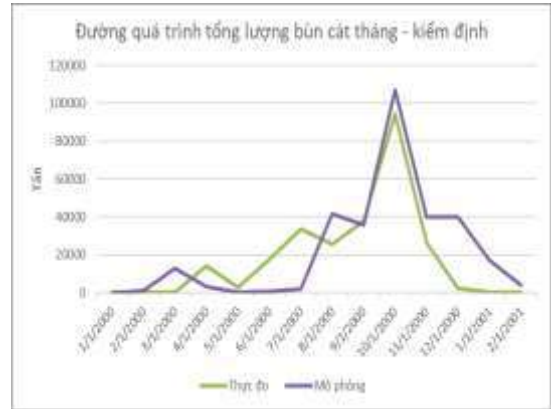
Do trên lưu vực tính toán không có trạm đo lưu lượng bùn cát, do đó lựa chọn trạm Sông Lũy với đầy đủ số liệu dựa trên sở lưu vực tương tự

để tiến hành hiệu chỉnh kiểm định bùn cát.

Tiến hành hiệu chỉnh cho năm 1998 và kiểm định cho năm 2000, kết quả hình 5 và hình 6.



Hình 5: Đường quá trình lưu lượng hiệu chỉnh tại trạm Sông Lũy năm 1998



Hình 6: Đường quá trình lưu lượng kiểm định tại trạm Sông Lũy năm 2000

Kết quả hiệu chỉnh kiểm định cho thấy chỉ số Nash(NSI) và PBIAS đều đạt yêu cầu

**Bảng 2: Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định bùn cát**

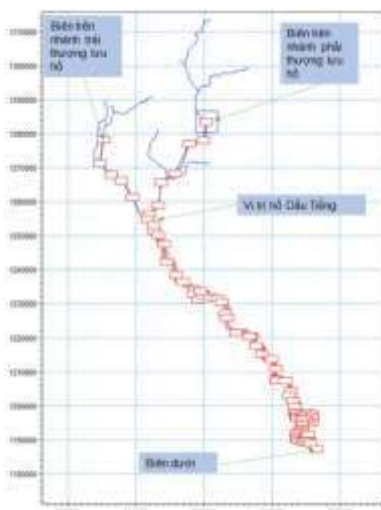
Năm	NASH	PBIAS
1998	0,56	18,63
200	0,55	17,70

+ **Thiết lập mô hình thủy lực 1 chiều MIKE 11: Sơ đồ mạng sông bao gồm các sông chính:**

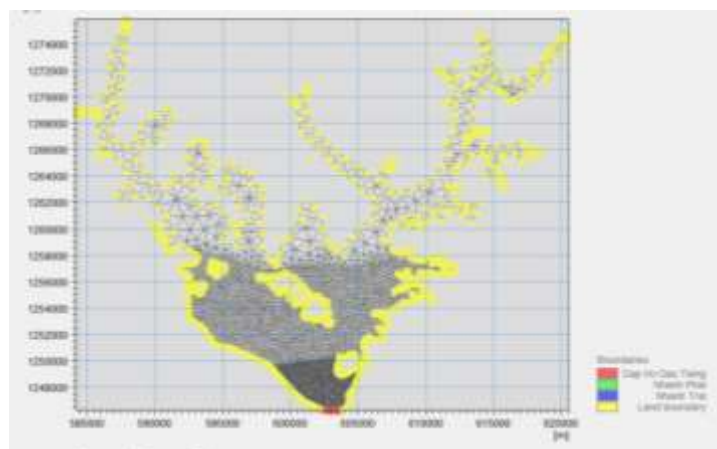
Sông Sài Gòn: Từ hồ Dầu Tiếng đến ngã ba nhập lưu với sông Đồng Nai dài khoảng 144 km, (hình 1).

+ **Thiết lập mô hình thủy lực 2 chiều MIKE 21FM, (hình 2).**

3.3.3 Thiết lập mô hình thủy lực 1 chiều, 2 chiều



Hình 7: Sơ đồ mạng mô hình thủy lực Mike11 tại khu vực nghiên cứu

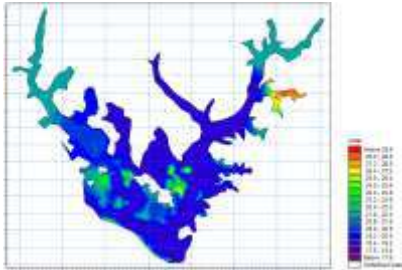


Hình 8: Thiết lập mô hình MIKE 21FM

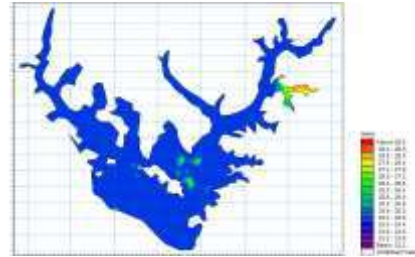
### 3.3.4 Kết quả mô phỏng thủy lực

#### 3.3.4.1. Kết quả mô phỏng mực nước và vận tốc dòng chảy trong hồ

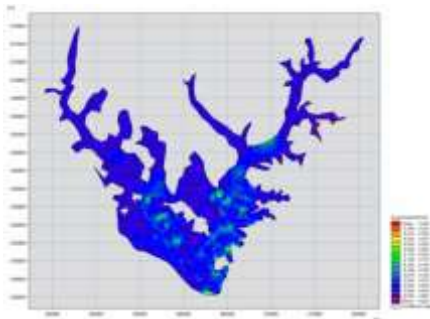
Kết quả mô phỏng mực nước và vận tốc dòng chảy hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ và mùa cạn như sau:



Hình 9: Mực nước hồ trong mùa kiệt



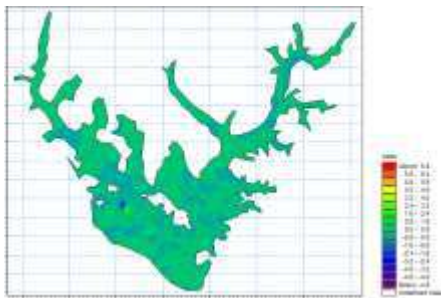
Hình 10: Mực nước hồ trong mùa lũ



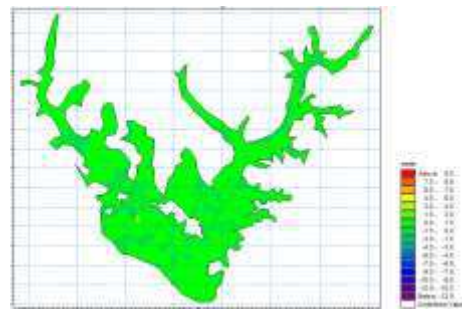
Hình 11: Vận tốc dòng chảy trong hồ m/s

#### 3.3.4.2 Kết quả mô phỏng hình thái lòng hồ Dầu Tiếng

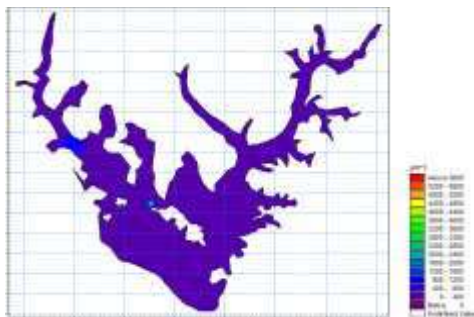
Sự biến động địa hình đáy ở khu vực hồ Dầu Tiếng là kết quả tác động trực tiếp của các quá trình thủy động lực và vận chuyển bùn cát. Kết quả tính toán cho thấy ảnh hưởng của dòng chảy lũ làm tăng lên rõ rệt tốc độ bồi lắng tại hồ do một lượng bùn cát khá lớn đưa vào hồ.



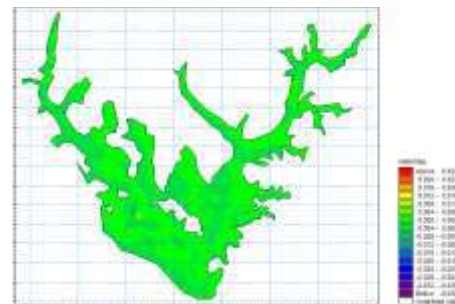
Hình 12: Biến đổi địa hình lòng hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn (m)



Hình 13: Biến đổi địa hình lòng hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ (m)



Hình 14: Phân bố bùn cát hồ Dầu Tiếng ( $g/m^3$ )



Hình 15: Tốc độ biến đổi địa hình

### 3. KẾT LUẬN

Hiện nay trên thế giới và trong nước có nhiều phương pháp xác định bồi lắng bùn cát hồ chứa; mỗi phương pháp có những ưu và nhược điểm khác nhau. Trên cơ sở điều kiện hiện trạng, đặc điểm tự nhiên lưu vực và nguồn tài liệu, số liệu

lòng hồ Dầu Tiếng (mm/ngày)

hồ Dầu Tiếng, chúng tôi kết hợp các phương pháp mô hình toán và phân tích thống kê để đánh giá phân bố bùn cát đến hồ chứa. Bài báo giới thiệu về phương pháp đánh giá bồi lắng hồ Dầu Tiếng chỉ mới ở kết quả bước đầu, cần có thời gian để kiểm nghiệm và bổ sung các tài liệu, số liệu để mô hình toán sát thực tế hơn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Tuyển tập báo cáo tại hội thảo khoa học “Đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa Hòa Bình tới môi trường”*. Viện Khí tượng thủy văn. Hà Nội 12-2018.
- [2] *Phạm Thị Hương Lan (2017)*, “Vấn đề nghiên cứu lựa chọn mô hình toán tính toán bồi lắng hồ chứa ở Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*.
- [3] *Ngô Lê Long (2012)*, “Đánh giá sự bồi lắng lòng hồ chứa hồ Núi Cốc, đề xuất giải pháp bảo vệ và sử dụng bền vững”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*.
- [4] *Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam (2013)*, “*Báo cáo tổng hợp Quy hoạch vùng lòng hồ Dầu Tiếng và khu đầu mối phục vụ quản lý khai thác đa mục tiêu*”.
- [5] *Tổng cục Thủy lợi (2019)*, “*Báo cáo tình hình cấp giấy phép cho các hoạt động trong phạm vi bảo vệ công trình thủy lợi do Bộ quản lý*”, (*Tài liệu phục vụ hội nghị giao ban các đơn vị KTCCTL thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, ngày 16/8/2019 tại Công ty TNHH MTV KTTL Dầu Tiếng – Phước Hòa*).
- [6] *Đề cương đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu giải pháp quản lý, khai thác bồi lắng của các hồ chứa quan trọng đặc biệt đảm bảo an toàn, hiệu quả” 2022-2022*. Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam.
- [7] *David C. Froehlich et al (2017)*, Estimating reservoir capacity loss from sedimentation. The third National dam safety conference, 18-19 February, 2017.
- [8] *Liphapang Khaba et al (2017)*, Calculation of reservoir capacity loss due to sediment deposition in the Muela reservoir, Northern Lesotho. *J. International Soil and Water Conservation Research*, 5 (2017): 130-140, 2017.
- [9] *G. Mathias Kondolf et al (2014)*, Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents, *Earth’s Future*, 2, 256–280, doi:10.1002/2013EF000184.
- [10] *D. Chaudhuri et al (2013)*, Reservoir sedimentation and its remedies, Conference Paper: India Water Week 2013, At New Delhi, May 2013.
- [11] *Government of India*, Central Water Commission, Central Dam Safety Organisation, Handbook for Assessing and Managing Reservoir Sedimentation, R. K. Puram, New Delhi 2019.
- [12] *S.L. Neitsch et al (2002)*, Soil and water assessment tool User’s Manual version 2000.
- [13] *DHI (2017)*, MIKE 11 Reference Manual.
- [14] *DHI (2017)*, MIKE 21 Flow Model, Hydrodynamic Module User Guide.
- [15] *DHI (2017)*. MIKE 21 Flow Model Mud Transport Module User Guide.