

Ứng dụng mô hình thủy văn bán phân bố SWAT đánh giá tải lượng bùn cát đến các hồ chứa trên lưu vực Sông Kôn - Hà Thanh

Nguyễn Quang Bình, Vũ Huy Công, Võ Ngọc Dương

Khoa Xây dựng Thủy lợi - Thủy điện, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt: Lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh là lưu vực sông lớn nhất của tỉnh Bình Định với diện tích hơn 3.000 km². Trên lưu vực có nhiều công trình hồ chứa lớn điển hình như: hồ Định Bình, hồ Thuận Ninh, hồ Núi Một... Tuy nhiên, hiện nay trên lưu vực hầu như không có trạm đo quan trắc dòng chảy bùn cát. Điều này gây ra khó khăn cho công tác vận hành các công trình. Để hạn chế những khó khăn trên, trong nghiên cứu này tác giả sẽ sử dụng mô hình thủy văn bán phân bố SWAT thông qua hiệu chỉnh và kiểm định dòng chảy tại trạm Bình Tường để đánh giá tải lượng bùn cát đến sáu hồ chứa lớn trên lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh. Từ kết quả tính toán cho thấy, tải lượng bùn cát đến các hồ chủ yếu tập trung vào 4 tháng mùa lũ (9, 10, 11, 12) và có khối lượng lớn ở các hồ: Định Bình, Thuận Ninh và Núi Một.

Từ khóa: Kôn - Hà Thanh; Tải lượng bùn cát; SWAT; Định Bình; Núi Một.

Application of SWAT semi distribution hydrological model to evaluated sediment load to reservoirs in Kon - Ha Thanh river catchment

Abstract: Kon river - Ha Thanh river catchment is the biggest river basin of Binh Dinh province with an area of over 3.000 km². There are many large reservoirs in the catchment, such as Dinh Binh reservoir, Thuan Ninh reservoir, Nui Mot reservoir,... However, there are almost no monitoring stations to observed sediment flow. This causes difficulties for the operation of the works. To overcome these constraints, in this study, the author will use the SWAT semi distribution hydrological model through calibration and validation flow at Binh Tuong station to assess the sediment load on the reservoirs Kon - Ha Thanh river catchment. The results show that the sediment load in the reservoirs is mainly concentrated in the four months of the flood season (9, 10, 11, 12) and high in the reservoirs of Dinh Binh, Thuan Ninh and Nui Mot.

Keywords: Kon - Ha Thanh; Sediment load; SWAT; Dinh Binh; Nui Mot.

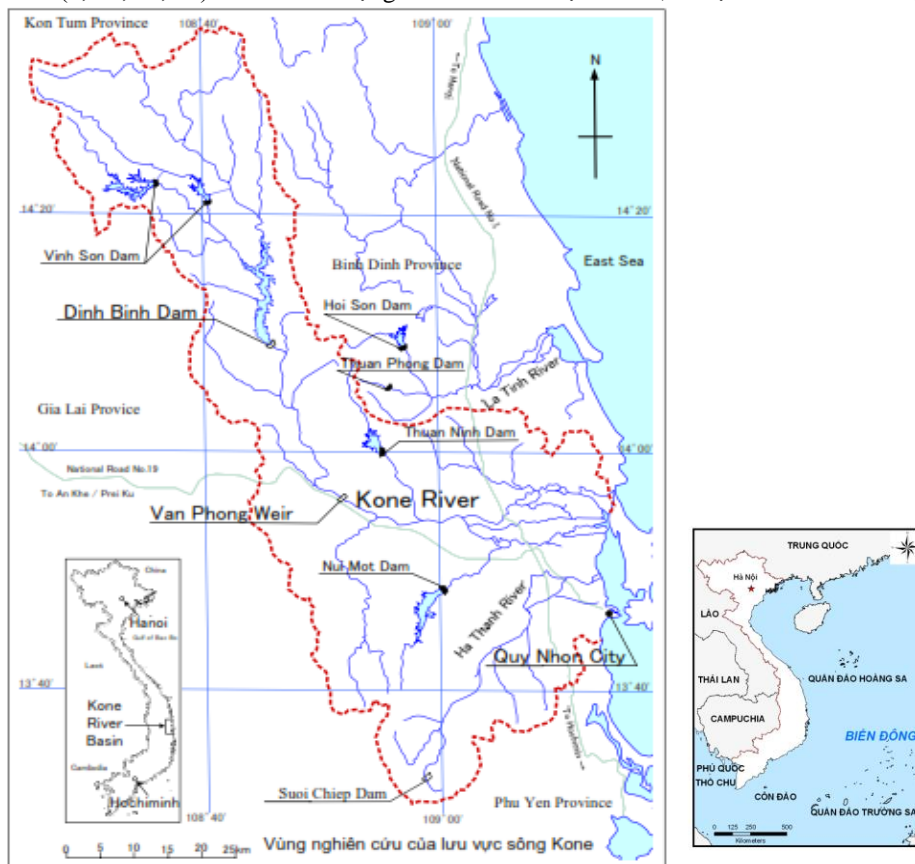
1. Giới thiệu

Lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh là lưu vực sông lớn nhất của tỉnh Bình Định với diện tích hơn 3.000 km². Địa hình của lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh khá phức tạp với vùng núi tương đối hẹp ở thượng lưu và bằng phẳng vùng ven biển ở hạ lưu. Độ cao dao động từ 0-1400 m trên mực nước biển. Nhiệt độ trung bình hàng tháng dao động từ 18-20 °C. Lượng mưa trung bình hàng năm là từ 1800-3300 mm với 65-80 % lượng mưa hàng năm tập trung từ tháng 9 đến tháng 12 (HMC, 2014).

Trên lưu vực có hai con sông lớn là Sông Kôn và sông Hà Thanh. Sông Kôn có diện tích lưu vực là 2582 km² với tổng chiều dài sông chính khoảng 178 km và sông Hà Thanh có diện tích lưu vực khoảng 549 km², với chiều dài sông chính là 38 km (hình 1). Hai con

sông này cung cấp nguồn nước chính cho các công trình hồ chứa trên lưu vực và đầm Thị Nại. Vì vậy tính toán đảm bảo cân bằng nguồn nước cho các công trình này và duy trì dòng chảy về đầm là một vấn đề quan trọng. Ngoài ra, đánh giá được lượng bùn cát từ khu vực thượng lưu đổ về các hồ chứa cũng là một vấn đề đáng quan tâm. Đây chính là những yếu tố làm thay đổi lớn đến dung tích các hồ. Tuy nhiên, hiện nay trên toàn bộ lưu vực hầu như không có bất kỳ trạm đo bùn cát nào, nên việc đánh giá và xác định tải lượng bùn cát về các công trình hồ chứa gặp rất nhiều khó khăn.

Để khắc phục khó khăn trên, trong nghiên cứu này tác giả sẽ sử dụng mô hình thủy văn bán phân bố SWAT thông qua hiệu chỉnh và kiểm định dòng chảy tại trạm Bình Tường để đánh giá tải lượng bùn cát đến sáu hồ chứa lớn trên lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh. Với ưu điểm là mô hình thủy văn bán phân bố thể hiện khá đầy đủ đặc tính của lưu vực. Nên mô hình thủy văn SWAT đã được nhiều tác giả lựa chọn và áp dụng thành công để nghiên cứu cho các lưu vực khác nhau. Từ kết quả tính toán tải lượng bùn cát về các hồ trên lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh cho thấy, tải lượng bùn cát về các hồ chủ yếu tập trung vào 4 tháng mùa lũ (9, 10, 11, 12) và có khối lượng lớn ở các hồ: Định Bình, Thuận Ninh và Núi Một.



Hình 1. Mạng lưới sông và vị trí các công trình hồ chứa trên lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh

2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng mô hình thủy văn bán phân bố SWAT để mô phỏng, hiệu chỉnh dòng chảy từ năm 1990 đến năm 2008. Kết quả được hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm Bình Tường nằm thuộc Sông Kôn. Trong nghiên cứu tác giả sẽ sử dụng mô hình SWAT-CUP thông qua thuật toán Sequential Uncertainty Fitting (SUFI-2) để hiệu chỉnh cho mô hình SWAT.

2.1. Thông số các hồ chứa

Các thông số cơ bản của 6 hồ chứa được thu thập từ Quyết định số 1841/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh năm 2015. Chi tiết tại bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số kỹ thuật chủ yếu của các hồ chứa (1841/QĐ-TTg, 2015)

TT	Thông số	Đơn vị	Hồ chứa					
			Vinh Sơn A	Vinh Sơn B	Trà Xom 1	Định Bình	Thuận Ninh	Núi Một
1	Diện tích lưu vực F_{vl}	km ²	97	117	86,9	1040	110	78,5
2	Lưu lượng trung bình năm Q_0	m ³ /s	3,7	3,28	3,27	36	3,7	
3	Lưu lượng đỉnh lũ kiểm tra	m ³ /s	1910	2150	920	9690		
4	Lưu lượng đỉnh lũ thiết kế	m ³ /s	1530	1730	760	8130	1125	
5	Mức nước lũ kiểm tra	m			668,72	94,8		
7	Mức nước dâng bình thường	m	775	826	668	91,93	46,2	68
8	Dung tích toàn bộ W_{tb}	10 ⁶ m ³	34	97	39,5	226,21	111	35,36
9	Dung tích hữu ích W_{hi}	10 ⁶ m ³	22	80	31,22	209,93	109,55	32,26

2.2. Mô hình thủy văn

Mô hình thủy văn bán phân bố SWAT được phát triển bởi nhà nghiên cứu Jeff Arnold thuộc Bộ Nghiên cứu Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA-ARS) và Srinivasan thuộc Đại học Texas A&M, Hoa Kỳ, SWAT là một công cụ mô phỏng máy tính toàn diện cho các nghiên cứu về chế độ thủy văn lưu vực, được tích hợp nhiều thành phần như thực hành quản lý, khí hậu, thủy văn, dinh dưỡng, thuốc trừ sâu, độ che phủ đất, SWAT được tích hợp với một số cơ sở dữ liệu sẵn có và hệ thống thông tin địa lý (GIS) (SWAT, n.d.).

2.3. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập để thiết lập trong mô hình SWAT bao gồm:

Mô hình số độ cao (DEM) được thu thập với độ phân giải 30 m × 30 m từ trang web của Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS, n.d.),

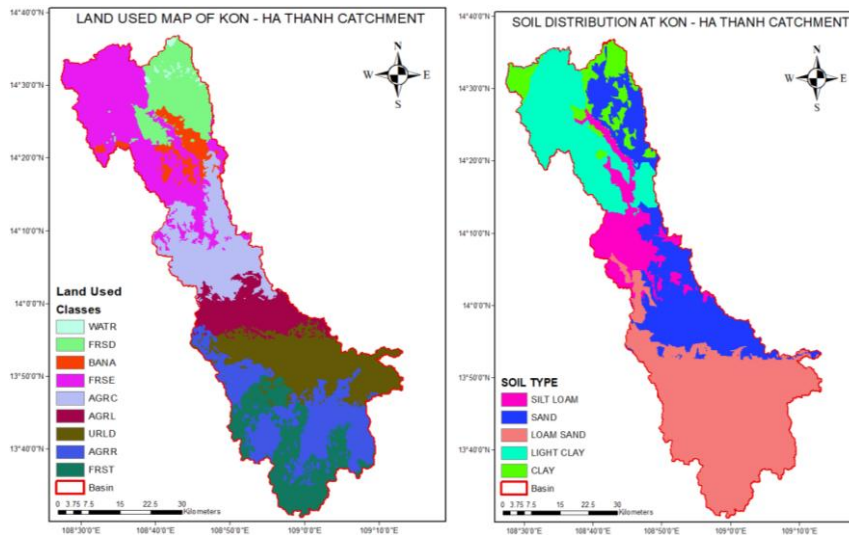
Dữ liệu về bản đồ sử dụng đất và địa chất được thu thập từ Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Bình Định, (Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Bình Định, n.d.) (Hình 2).

Dữ liệu mưa ngày được thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Trung Bộ với tổng cộng 11 trạm. Dữ liệu khí tượng được thu thập từ trạm Quy Nhơn, thời gian thu thập lượng mưa và nhiệt độ là 19 năm từ 1990 đến 2008 (Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, n.d.).

Dữ liệu quan trắc về hàm lượng bùn cát trung bình nhiều năm, từ năm 1980-2003 tại trạm Bình Tường được thu thập từ dự án “Đặc điểm khí hậu - thủy văn tỉnh Bình Định do Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ (bảng 2).

Bảng 2. Hàm lượng bùn cát tại trạm Bình Tường (Đài khí tượng thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, 2004)

Trạm	Bình quân (g/m^3)	
	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Bình Tường	6,5	190



Hình 2. Bản đồ sử dụng đất và bản đồ địa chất của lưu vực Sông Côn – Hà Thanh

2.4. Hiệu chỉnh và kiểm định

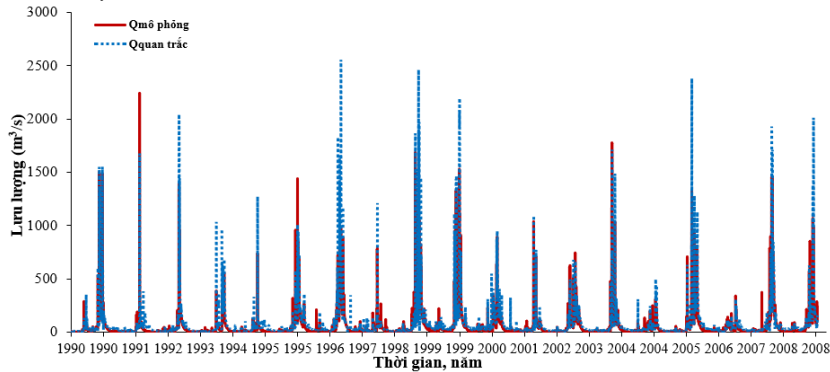
Thời gian hiệu chỉnh mô hình trong 10 năm từ 1990 đến 1999 và kiểm định trong 9 năm tiếp theo từ năm 2000 đến 2008. Quá trình này được thực hiện dựa trên số liệu lưu lượng quan trắc tại trạm Bình Tường. Các kết quả mô phỏng sẽ được đánh giá thông qua chỉ tiêu sai số bình phương trung bình (RMSE), hệ số Nash-Sutcliffe (E), hệ số tương quan (R).

3, Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định dòng chảy

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định dòng chảy mô phỏng được trình bày trong hình 3. Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy phù hợp tốt với dữ liệu quan trắc. Cả 3 tiêu chí hiệu quả được trình bày trong bảng 3 thể hiện cho chất lượng mô phỏng của mô hình. Các hệ số R và E trong thời gian hiệu chỉnh và kiểm định tương ứng là 0,87; 0,76 và 0,88; 0,77. Hệ số RMSE trong cả hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tương đối nhỏ 93,38 m^3/s và

50,96 m³/s. Bảng 4 tổng hợp các thông số chính về dòng chảy của mô hình SWAT cho lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh, Đây là các thông số có độ nhạy lớn đặc trưng cho quá trình hình thành dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm, diễn toán dòng chảy trong kênh và có ảnh hưởng lớn đến quá trình hiệu chỉnh.



Hình 3. Biểu đồ hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm Bình Tường
(a) Hiệu chỉnh (1990-1999), (b) Kiểm định (2000-2008)

Bảng 3. Các chỉ tiêu thống kê

Trạm	Hiệu chỉnh (1990-1999)			Kiểm định (2000-2008)		
	RMSE (m ³ /s)	R	E	RMSE (m ³ /s)	R	E
Bình Tường	93,38	0,87	0,76	50,96	0,88	0,77

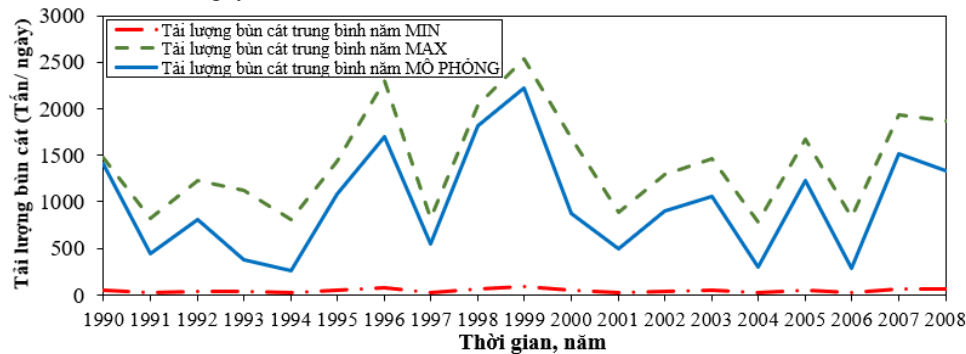
Bảng 4. Các thông số chính về dòng chảy của mô hình SWAT

STT	Thông số	Ký hiệu	Phạm vi giá trị	Giá trị hiệu chỉnh
1	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II	CN2	-0,2-0,2	0,15
2	Suất phản chiếu của đất	Sol_Alb	0-0,25	0,13
3	Chiều dài độ dốc trung bình (m)	Slsubbsn	10-150	100
4	Độ dẫn thủy lực trong trường hợp bão hòa (mm/giờ)	Sol_K	-0,3-0,3	0
5	Độ dày lớp đất (mm)	Sol_Z	-0,5-0,5	0
6	Hệ số dẫn thủy lực của kênh nhánh (mm/giờ)	CH_K1	0-150	100
7	Hệ số dẫn thủy lực của kênh chính (mm/giờ)	CH_K2	0-500	185
8	Khả năng trữ nước của đất	SOL_AWC	-0,25-0,25	0
9	Độ che phủ lớn nhất (mm)	Canmx	0-100	8
10	Hệ số nhám của kênh chính	CH_N1	0,01-30	25
11	Hệ số nhám của kênh chính	CH_N2	0-0,3	0,01
12	Hệ số nhám Manning cho dòng chảy mặt	OV-N	0,01-30	0,5

13	Hệ số tiết giảm dòng chảy ngầm (l/ngày)	Alpha_Bf	0-1	0,9
14	Thời gian trữ nước tầng ngầm (ngày)	Gw_Delay	0-500	30
15	Hệ số dòng chảy ngầm	Gw - Revap	0,02-0,2	0,05
16	Ngưỡng sinh dòng thấm xuống tầng ngầm nước sâu	REVAPMN	0-500	150
17	Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm (mm)	GWQMN	0-5000	100
18	Hệ số trễ dòng chảy mặt (ngày)	SURLAG	0,05-24	24

3.2. Kết quả hiệu chỉnh tải lượng bùn cát

Kết quả hiệu chỉnh tải lượng bùn cát được thể hiện ở hình 4 và bảng 5. Kết quả so sánh cho thấy tải lượng bùn cát mô phỏng tại trạm Bình Tường từ năm 1990-2008 phù hợp và nằm trong khoảng giá trị theo thống kê của Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ. Tải lượng bùn cát bình quân nhiều năm mô phỏng là 981,92 tấn/ngày (giới hạn thống kê 48,65-1422,16 tấn/ngày),

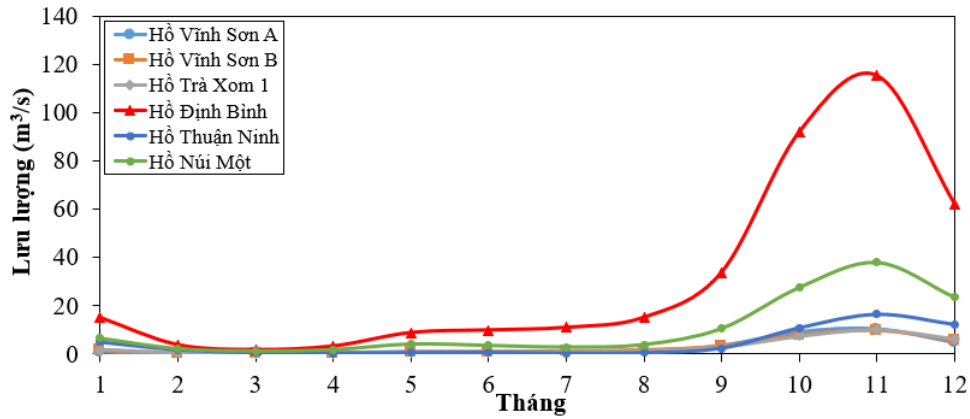


Hình 4. Tải lượng bùn cát trung bình năm tại trạm Bình Tường

Bảng 5. So sánh tải lượng bùn cát trung bình năm

Trạm	Trung bình năm (Tấn/ ngày)		
	Nhỏ nhất (Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, 2004)	Lớn nhất (Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, 2004)	Mô phỏng
Bình Tường	48,65	1422,16	981,92

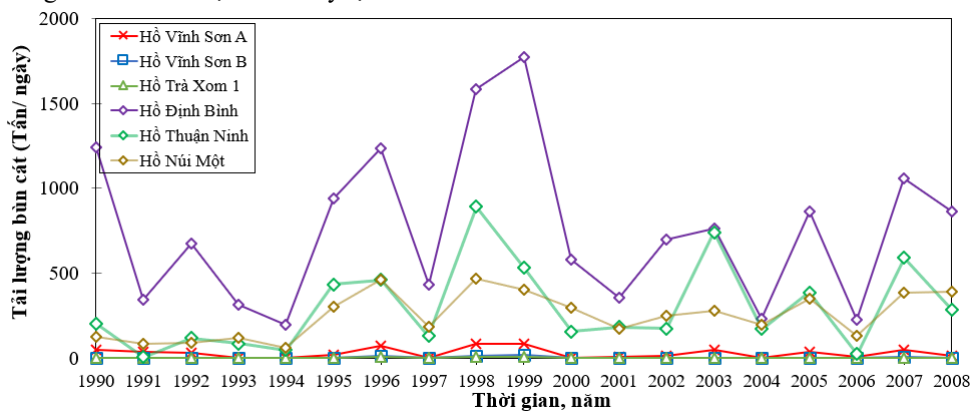
Hình 5 trình bày kết quả trích xuất dòng chảy trung bình tháng từ mô hình SWAT tại các hồ chứa, Kết quả thể hiện dòng chảy trung bình tháng đến hồ Định Bình là lớn nhất so với các hồ còn lại, Dòng chảy chủ yếu tập trung vào 4 tháng mùa lũ (9, 10, 11, 12).



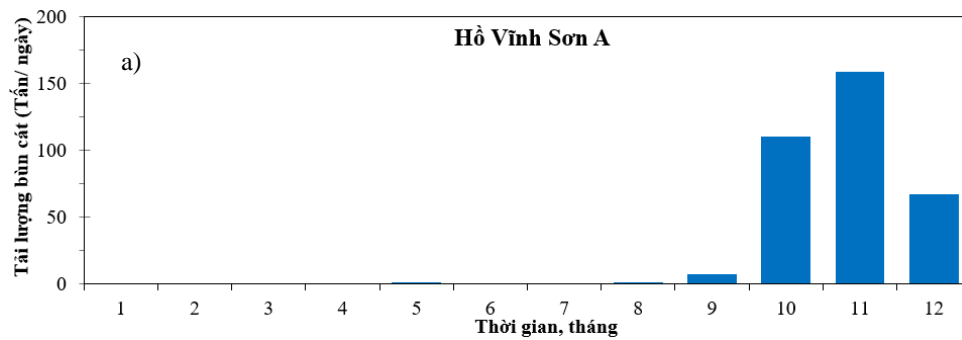
Hình 5. Dòng chảy trung bình tháng

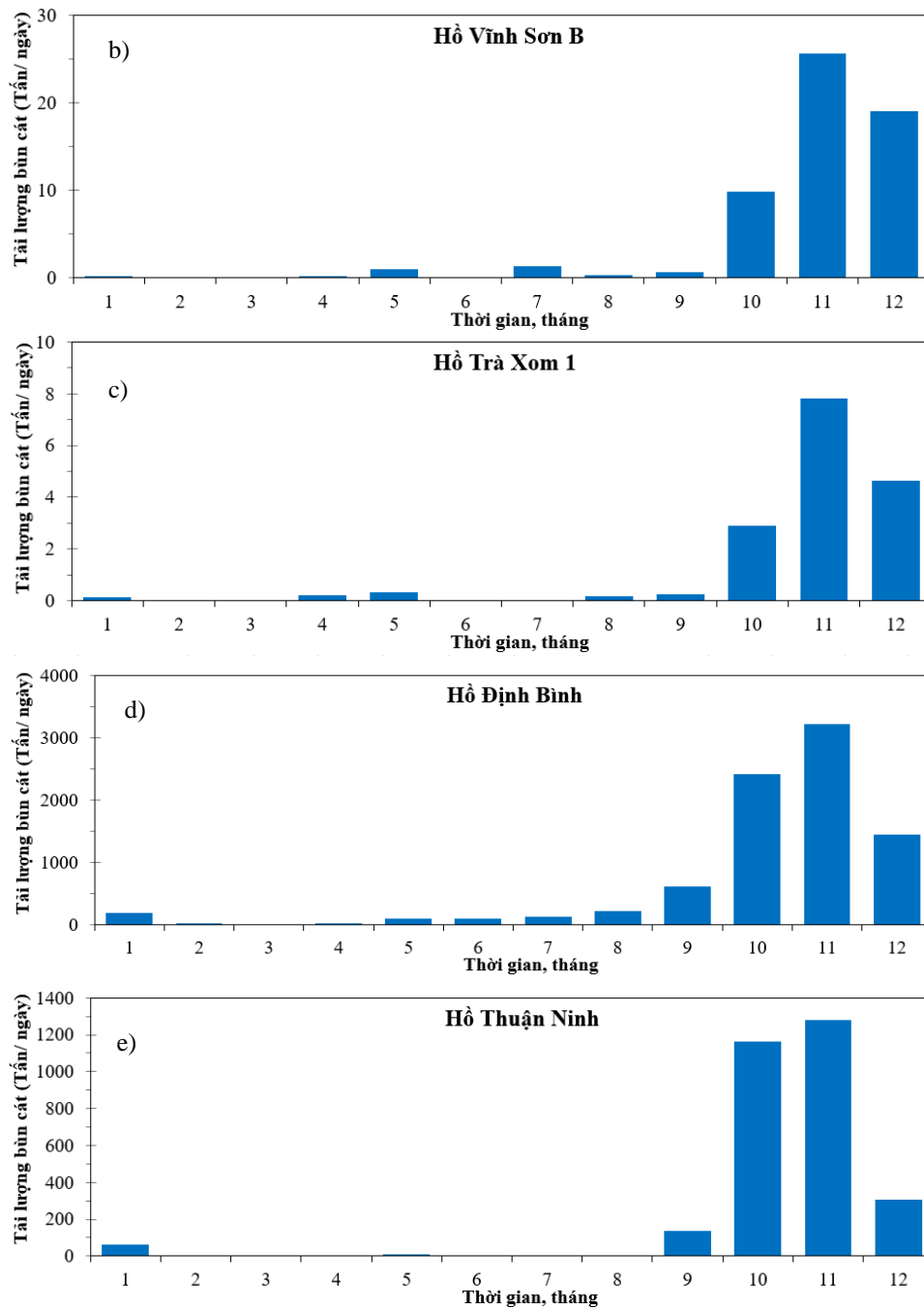
3.3. Đánh giá tải lượng bùn cát

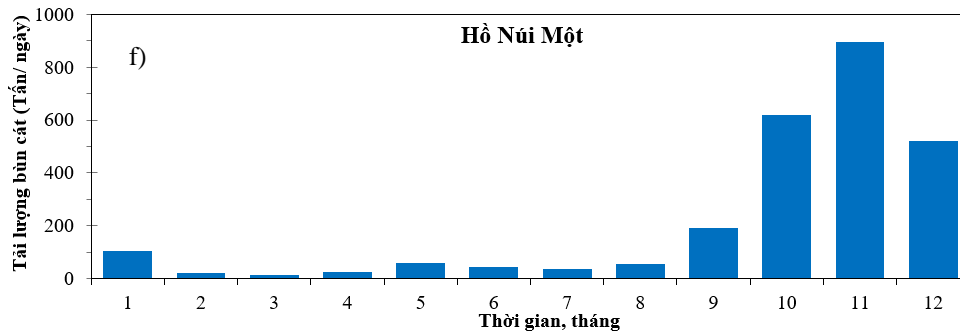
Tải lượng bùn cát trung bình năm được trích xuất từ mô hình SWAT từ năm 1990 đến năm 2008 (hình 6). Từ kết quả cho thấy rằng, tải lượng bùn cát trung bình năm đến hồ Định Bình lớn hơn nhiều so với các hồ còn lại. Kết quả chi tiết về tải lượng bùn cát trung bình tháng đến các hồ được trình bày tại hình 7.



Hình 6, Tải lượng bùn cát trung bình năm







Hình 7. Tài lượng bùn cát trung bình tháng: (a) hồ Vĩnh Sơn A, (b) hồ Vĩnh Sơn B, (c) hồ Trà Xom 1, (d) hồ Định Bình, (e) hồ Thuận Ninh, (f) hồ Núi Một

Trên cơ sở kết quả về dòng chảy và tải lượng bùn cát tại các vị trí cho thấy, tải lượng bùn cát tập trung về các vị trí chủ yếu vào bốn tháng mùa lũ (tháng 9, 10, 11, 12) và lớn nhất là tháng 11 (hình 7). Diễn biến tải lượng bùn cát theo từng tháng trong năm phù hợp với xu thế diễn biến dòng chảy đến (hình 5).

Khối lượng bùn cát trung bình trong mùa lũ tại hồ Vĩnh Sơn A, hồ Vĩnh Sơn B, hồ Trà Xom 1, hồ Định Bình, hồ Thuận Ninh, hồ Núi Một lần lượt là: 9800,24 tấn, 1681,02 tấn, 477,15 tấn, 234571,73 tấn, 83052,66 tấn, 67897,05 tấn tương ứng chiếm 92,14 %, 94,56 %, 94,22 %, 90,39 %, 91,64 %, 85,95 % khối lượng bùn cát trung bình năm (bảng 6). Khối lượng bùn cát trung bình năm về hồ Định Bình là lớn nhất với 259522,38 tấn, nhỏ nhất là hồ Trà Xom 1 với 506,40 tấn.

Bảng 6. Khối lượng bùn cát trung bình

Vị trí	Khối lượng bùn cát trung bình				Khối lượng bùn cát trung bình năm (tấn)
	Mùa khô (1-8)		Mùa lũ (9-12)		
	Khối lượng bùn cát trung bình (tấn)	Phần trăm (%)	Khối lượng bùn cát trung bình (tấn)	Phần trăm (%)	
Hồ Vĩnh Sơn A	836,13	7,86	9800,24	92,14	10636,38
Hồ Vĩnh Sơn B	96,67	5,44	1681,02	94,56	1777,69
Hồ Trà Xom 1	29,25	5,78	477,15	94,22	506,40
Hồ Định Bình	24950,65	9,61	234571,73	90,39	259522,38
Hồ Thuận Ninh	7578,45	8,36	83052,66	91,64	90631,12
Hồ Núi Một	11100,06	14,05	67897,05	85,95	78997,11

5. Kết luận

Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy từ mô hình thủy văn bán phân bố SWAT phù hợp tốt với dữ liệu quan trắc. Các hệ số R và E trong thời gian hiệu chỉnh và kiểm định tương ứng là 0,87; 0,76 và 0,88; 0,77.

Từ kết quả tính toán mô hình thủy văn SWAT cho thấy tải lượng bùn cát tập trung về các vị trí chủ yếu vào bốn tháng mùa lũ. Khối lượng bùn cát trung bình trong mùa lũ tại hồ Vĩnh Sơn A, hồ Vĩnh Sơn B, hồ Trà Xom 1, hồ Định Bình, hồ Thuận Ninh, hồ Núi Một lần lượt là: 9800,24 tấn, 1681,02 tấn, 477,15 tấn, 234571,73 tấn, 83052,66 tấn, 67897,05 tấn tương ứng chiếm 92,14 %, 94,56 %, 94,22 %, 90,39 %, 91,64 %, 85,95 % khối lượng bùn cát trung bình năm. Khối lượng bùn cát trung bình năm về hồ Định Bình là lớn nhất với 259522,38 tấn, nhỏ nhất là hồ Trà Xom 1 với 506,40 tấn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số B2017-ĐN02-20.

Tài liệu tham khảo

- [1]. 1841/QĐ-TTg. (2015). *Quyết định về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực Sông Kôn – Hà Thanh*.
- [2]. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ (2004). *Đặc điểm khí hậu – thủy văn tỉnh Bình Định*.
- [3]. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ (n.d.). Retrieved from <http://kttvntb.gov.vn/>
- [4]. HMC (2014). *Hydrological and Meteorological Center of South Central Region 2004. Binh Dinh climate and hydrological characteristics*.
- [5]. Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Bình Định (n.d.). Retrieved from <http://skhdt.binhdin.gov.vn/>
- [6]. SWAT (n.d.). *Mô hình thủy văn bán phân bố SWAT*, Retrieved from <http://swat.tamu.edu/>
- [7]. USGS (n.d.). Cục Khảo sát địa chất Hoa Kỳ. Retrieved from <https://www.usgs.gov>