

NGHIÊN CỨU ĐỊNH LƯỢNG CÁC THÀNH PHẦN TRONG CÂN BẰNG NƯỚC MẶT LƯU VỰC SÔNG ĐÁY BẰNG MÔ HÌNH SWAT

Tổng Thanh Tùng¹, Bùi Quang Hương², Hoàng Văn Duy³

¹Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc

²Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia

³Viện Khoa học Tài nguyên nước

Tóm tắt

Mục đích của nghiên cứu này là định lượng được các thành phần chính trong cân bằng nước để xác định được tỷ lệ đóng góp của từng thành phần vào tiềm năng tài nguyên nước lưu vực sông Đáy từ đập Vân Cốc đến sau nhập lưu sông Bùi bằng mô hình SWAT làm căn cứ lựa chọn nguồn nước sử dụng để phân bổ một cách hợp lý và bền vững. Mô hình SWAT được thiết lập với 20 tiểu lưu vực, 4 vùng tính toán, 4 hồ chứa lớn và 1 cống lấy nước Cẩm Đình dưới dạng Point Score. Sử dụng kỹ thuật hiệu chuẩn SUFI-2 để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại trạm Lâm Sơn và trạm Ba Thá cho kết quả tốt, đảm bảo để mô phỏng trên toàn lưu vực. Kết quả mô hình sử dụng để định lượng các thành phần chính trong cân bằng nước gồm lượng mưa (P), bốc hơi (E), lượng nước mặt (SURQ), lượng nước sông thấm vào tầng chứa nước (SWGW), nước dưới đất cấp cho nước sông (GWQ). Phân tích kết quả cho thấy dòng chảy nội sinh từ mưa chiếm 63,44%; dòng chảy do chuyển nước từ sông Hồng qua cống Cẩm Đình vào chiếm 36,54%; lượng nước dưới đất cấp cho nước sông chiếm 0,02%, nước sông thấm vào tầng chứa nước chiếm 1,1%.

Từ khóa: Mô hình SWAT; Cân bằng nước; Tầng chứa nước; Công cụ đánh giá đất và nước.

Abstract

Quantification of surface water balance components of Day river basin by SWAT model

This study aims to quantify the main components in the water balance in order to determine the proportion of each component's contribution to the potential water resource in the Day river basin from Van Coc dam to after Bui tributary. This will serve as a basis for selecting and allocating water sources in a rational and sustainable way. The SWAT model was used and set up with 20 sub-basins, 4 calculation areas, 4 large reservoirs, and 1 Cam Dinh sluice in the form of Point Score. Using SUFI-2 technique to calibrate and verify the model at Lam Son and Ba Tha stations showed good results, ensuring for the simulation of the whole basin. The model results used to quantify the main components in the water balance includes precipitation (P), evaporation (E), surface water volume (SURQ), river water infiltration into aquifers (SWGW) and groundwater discharge into river (GWQ). The results from the model showed that in the studied basin, the flow generated from rain accounts for 63.44%; the water transferred from the Red River into the basin through Cam Dinh sluice accounts for

36.54%; the amount of groundwater discharging to river accounts for 0.02%; and the river water infiltrating into aquifers accounts for 1.1%.

Keywords: SWAT; Water Balance; Aquifers; Soil and Water Assessment Tool.

1. Giới thiệu

Cân bằng nước là một vấn đề rất xưa nhưng lại luôn mới, nó vừa là phương pháp, vừa là đối tượng nghiên cứu. Cân bằng nước là mối quan hệ định lượng giữa nước đến và đi của hệ thống nguồn nước (toàn cầu, miền, lãnh thổ, lưu vực, đoạn sông,...). Lượng nước đi gồm bốc thoát hơi nước, ngấm xuống tầng sâu, nước cấp cho các nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực và dòng chảy ra khỏi lưu vực. Lượng nước đến hệ thống được thể hiện dưới các dạng nước mưa, dòng chảy, nước hồi quy sau khi sử dụng. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu trước đây mới chỉ xem xét cân bằng nước thông qua việc định lượng các thành phần của chu trình thủy văn dựa trên nguyên tắc bảo toàn khối lượng trong một hệ thống khép kín mà không xem xét các thành phần dưới tác nhân của con người đến khai thác, sử dụng nước, đến yếu tố chuyển nước, tính tương tác giữa nước mặt, nước mưa và nước dưới đất trong một hệ thống nguồn nước hoặc cân bằng cung cầu giữa lượng nước đến và nhu cầu dùng nước trên một miền, lãnh thổ, lưu vực,...đây cũng là những hạn chế trong các nghiên cứu trước đây trong hệ thống nguồn nước nói chung, lưu vực nghiên cứu nói riêng.

Từ các hạn chế nêu trên, nghiên cứu này đã phân tích xác định cụ thể các thành phần cân bằng nước có hoạt động của con người như khai thác sử dụng; chuyển nước; hồi quy hoặc thay đổi về sử dụng đất do canh tác, chẳng hạn như sự gia tăng tính không thấm nước trên các khu vực đô

thị hóa hoặc các mô hình cây trồng trên đất nông nghiệp,...có thể có ảnh hưởng đáng kể đến các quá trình lưu trữ, thấm thấu trong đất,...cho phù hợp với thực tế lưu vực hiện nay nhưng luôn đảm bảo cân bằng trạng thái trong hệ thống vật chất giữa đầu vào và đầu ra dựa trên cân bằng thủy văn tự nhiên như sau [3]:

$$INPUTS = OUTPUTS \pm \Delta S$$

$$INPUTS = P + ExIn + RET$$

$$OUTPUTS = Eta + Exout + ABS$$

Trong đó:

P = Lượng mưa ($m^3/\text{đơn vị thời gian}$)

E_{xIn} : Lượng nước từ lưu vực khác hoặc lãnh thổ lân cận chảy vào và lượng nước do chuyển nước bằng công trình ($m^3/\text{thời gian}$)

RET: Lượng nước hồi quy ($m^3/\text{thời gian}$)

Eta: Lượng bốc hơi thực tế ($m^3/\text{thời gian}$)

Exout: Lượng nước chảy ra khỏi lưu vực hoặc chuyển nước sang lưu vực khác bằng công trình ($m^3/\text{thời gian}$)

ABS: lượng nước khai thác, sử dụng ($m^3/\text{thời gian}$)

ΔS = Thay đổi lưu trữ nước mặt ($m^3/\text{thời gian}$)

Đây cũng là mục tiêu cần đạt được của nghiên cứu này cho thượng lưu sông Đáy từ đập Văn Cốc đến sau nhập lưu sông Bùi nhằm xác định chính xác được tính tương tác, lượng nước chông lán giữa nước mặt với nước dưới đất, lượng nước mưa bổ cập cho nước dưới đất từ đó xác định được chính xác tiềm năng tài nguyên

nước trước khi thực hiện bài toán phân bổ nguồn nước.

Phương trình cân bằng nước được viết cụ thể cho lưu vực nghiên cứu như sau:

$$W_t = W_o + (W_{Surq} + W_{in} + W_{inLLV} + W_{discharge} - W_{outLLV} - W_{seepage} - W_{KT}) \quad (1)$$

Trong đó:

W_t : Lượng dòng chảy cửa ra lưu vực tại thời điểm t (m^3 /thời gian)

W_o : Lượng dòng chảy ban đầu của lưu vực (m^3 /thời gian)

W_{surq} : Lượng dòng chảy nội sinh từ mưa (m^3 /thời gian)

W_{in} : Lượng dòng chảy đến từ lưu vực lân cận (m^3 /thời gian)

W_{inLLV} : Lượng nước chuyển từ lưu vực khác đến bằng công trình (m^3 /thời gian)

$W_{discharge}$: Lượng nước ngầm bổ cập cho nước sông (m^3 /thời gian)

W_{outLLV} : Lượng nước chuyển đi lưu vực khác bằng công trình (m^3 /thời gian)

$W_{seepage}$: Lượng nước sông thấm cho nước dưới đất (m^3 /thời gian)

W_{KT} : lượng nước khai thác, sử dụng (m^3 /thời gian)

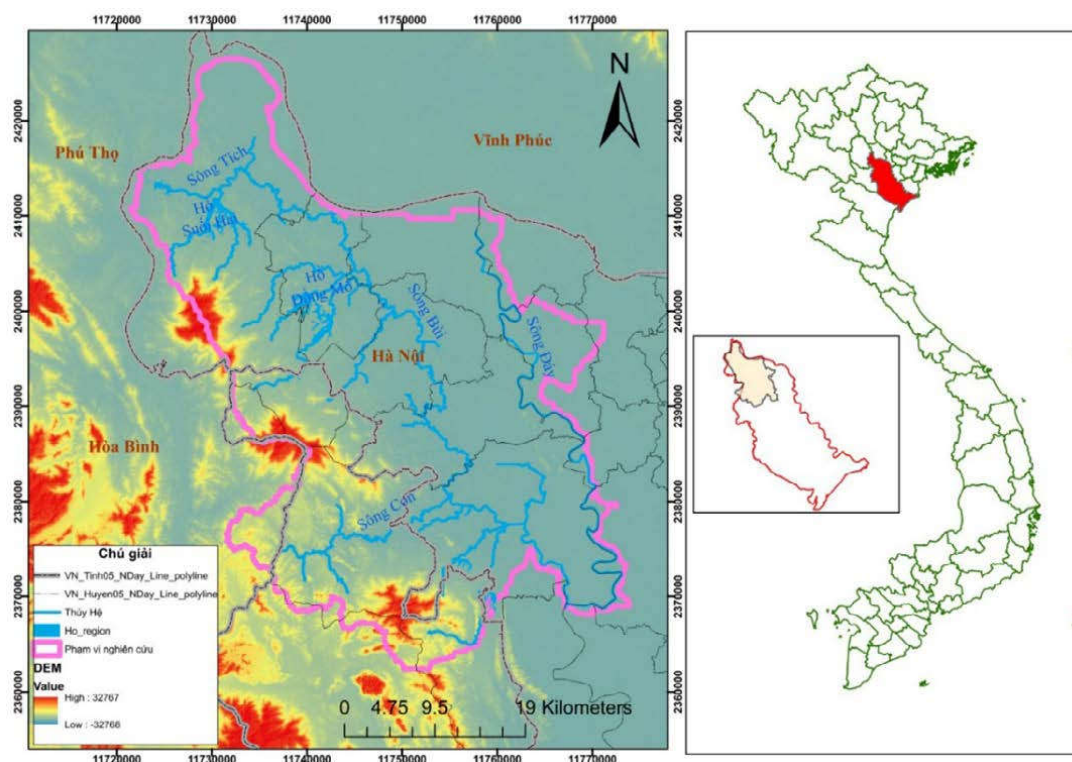
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Lưu vực nghiên cứu là một phần nằm phía thượng lưu sông Đáy từ đập Vân Cốc đến sau nhập lưu sông Bùi với tổng diện tích tự nhiên khoảng 1.481 km^2 , tọa độ tiếp giáp như sau:

20° đến 21°20' Vĩ độ Bắc.

105° đến 106°30' Kinh độ Đông.



Hình 1: Phạm vi giới hạn lưu vực nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

a. Tổng quan về mô hình SWAT:

SWAT cho phép mô hình hóa nhiều quá trình vật lý trên cùng một lưu vực. Cách tiếp cận của mô hình SWAT dựa vào địa hình và mạng lưới kênh sông để chia một lưu vực lớn thành nhiều tiểu lưu vực nhỏ, sau đó các tiểu lưu vực chia thành các đơn vị thủy văn (HRU) dựa trên việc sử dụng đất, loại đất và độ dốc.

Các thành phần thủy văn được mô phỏng bởi SWAT chủ yếu gồm dòng chảy bề mặt, bốc thoát hơi nước, nước mặt thấm vào nước dưới đất, nước dưới đất bổ cập cho nước sông và nước trong đất. Quá trình thủy văn được phân thành hai nhóm gồm nhóm tạo dòng chảy ở quy mô HRU, tiểu lưu vực và dòng chảy trong kênh, là quá trình tổng lượng nước (WYLD) được tính toán riêng trong từng HRU và sau đó được tổng hợp tại các tiểu lưu vực và lưu vực lớn theo phương trình [6]:

$$WYLD = SURQ + LATQ + GWQ + SWGW$$

Trong đó:

WYLD: Tổng lượng nước mặt đến cửa ra của lưu vực (mm)

SURQ: Tổng lượng nước mặt sinh ra từ mưa trên lưu vực (mm)

LATQ: Tổng lượng nước phân chưa bão hòa chảy vào dòng chảy mặt (mm)

GWQ: Tổng lượng nước dưới đất bổ cập cho nước mặt (mm)

SWGW: Tổng lượng nước sông thấm vào nước dưới đất (mm)

b. Dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT:

SWAT yêu cầu một lượng lớn dữ liệu đầu vào bao gồm: Bản đồ địa hình (DEM), bản đồ sử dụng đất; bản đồ thổ nhưỡng; các số liệu về khí tượng - thủy văn trong và lân

cận vùng nghiên cứu như: mưa trung bình ngày, nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất, tốc độ gió trung bình ngày, bức xạ mặt trời trung bình ngày, lưu lượng dòng chảy trung bình ngày (J.G.Arnold, 2012) [5].

- Dữ liệu địa hình được tải về từ website của cơ quan hàng không vũ trụ Hoa Kỳ http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia độ phân giải 30 x 30 m (Hình 3).

- Dữ liệu hiện trạng sử dụng đất được biên tập từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Hòa Bình và thành phố Hà Nội năm 2018 (Hình 4).

- Dữ liệu thổ nhưỡng được lấy từ Atlas Việt Nam biên tập lại theo yêu cầu xử lý dữ liệu không gian của mô hình SWAT nhờ công cụ QGIS (Hình 5).

- Dữ liệu khí tượng - khí hậu - thủy văn được thu thập từ Trung tâm dữ liệu Khí tượng Thủy văn Quốc gia. Trước khi đưa vào mô hình SWAT, số liệu thời tiết được biên tập thành các tập tin thời tiết tổng quát chứa đựng các thông số thống kê thời tiết theo tháng làm đầu vào cho mô hình vận hành thời tiết WXEN của SWAT trong trường hợp trống số liệu thời tiết.

Trong lưu vực có trạm thủy văn Lâm Sơn trên phụ lưu sông Con đang đo đạc từ năm 1970 - 2019 và trạm thủy văn Ba Thá trên sông Đáy đã dừng đo lưu lượng từ năm 1980, chỉ đo H đến hiện tại. Sử dụng trạm Lâm Sơn và nội suy trạm Ba Thá từ số liệu mực nước để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

- Thông số hồ chứa: 4 hồ chứa được xem xét trong mô hình gồm hồ Suối Hai, hồ Đồng Mô, hồ Đồng Suong, hồ Văn Sơn được lấy hệ thống cơ sở dữ liệu ngành Thủy lợi - An toàn đập, hồ chứa.

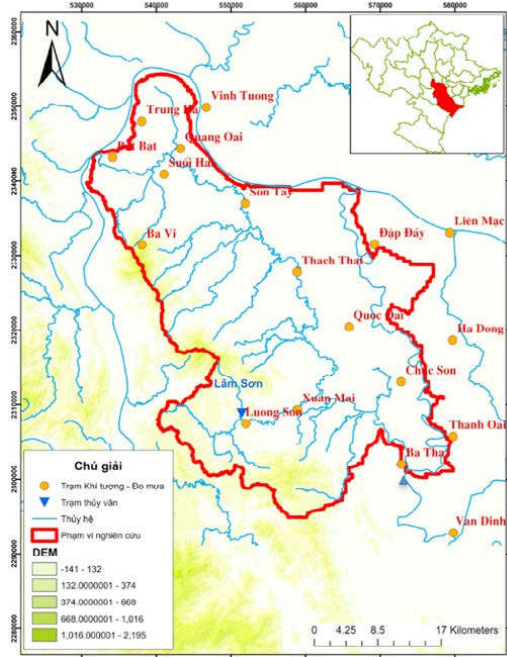
- Thông tin dữ liệu điểm chuyển nước từ sông Hồng vào sông Đáy qua cống Cẩm Đình. được xem xét trong mô hình dưới dạng Point Score.

Các dữ liệu bản đồ sử dụng đất, thổ nhưỡng được thu thập tại các cơ quan quản lý nhà nước đảm bảo chính thống và độ tin cậy.

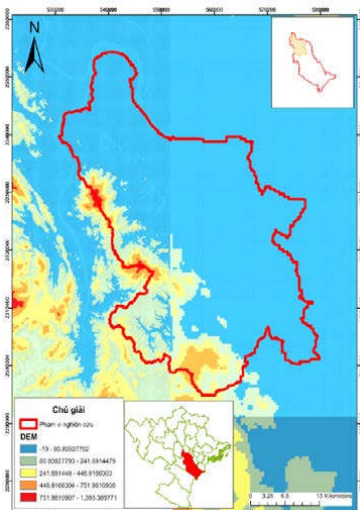
Các số liệu khí tượng, thủy văn được thu thập tại Tổng cục Khí tượng Thủy văn Quốc gia có quy trình xử lý nghiêm ngặt, đảm bảo tính hợp pháp và độ tin cậy cao.

Các thông số hồ chứa, cống lấy nước lấy từ phần mềm khai thác dữ liệu trực tuyến ngành Thủy lợi - Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tại Website <http://thuyloivietnam.vn/>. Số liệu khai thác nước sử dụng từ kết quả điều tra của đề tài: *Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn xác định các thành phần trong cân bằng nước và lượng nước có thể phân bổ*

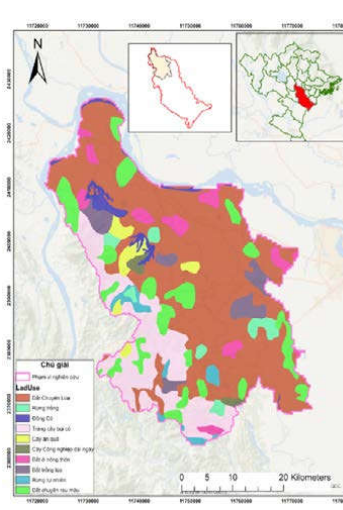
cho các nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực sông, mã số TNMT.2018.02.05 hoàn toàn đảm bảo độ tin cậy trong tính toán về sau.



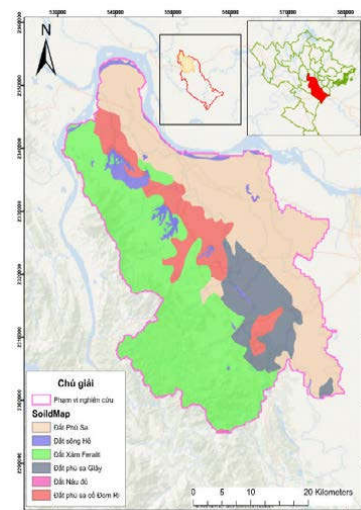
Hình 2: Phân bố trạm khí tượng - thủy văn



Hình 3: Mô hình số độ cao



Hình 4: Bản đồ sử dụng đất



Hình 5: Bản đồ thổ nhưỡng

Bảng 1. Trạm đo mưa - khí tượng trong lưu vực nghiên cứu

Tên trạm	Loại trạm	Kinh độ (°)	Vĩ độ (°)	Tên trạm	Loại trạm	Kinh độ (°)	Vĩ độ (°)
Trung Hà	ĐM	105°20	21°14	Thanh Oai	ĐM	105°46	20°54
Quảng Oai	ĐM	105°25	21°12	Lâm Sơn	ĐM	105°30	20°52
Bát Bạt	ĐM	105°19	21°11	Ba Thá	ĐM	105°42	20°48

Tên trạm	Loại trạm	Kinh độ (°)	Vĩ độ (°)	Tên trạm	Loại trạm	Kinh độ (°)	Vĩ độ (°)
Suối Hai	ĐM	105°23	21°10	Vĩnh Tường	ĐM	105°31	21°14
Đập Đáy	ĐM	105°39	21°05	Việt Trì	KH	105°25	21°17
Hoài Đức	ĐM	105°43	21°04	Ba Vì	KH	105°26	21°06
Thạch Thất	ĐM	105°35	21°03	Sơn Tây	KH	105°30	21°09
Quốc Oai	ĐM	105°38	20°59	Hà Đông	KH	105°47	20°58
Chúc Sơn	ĐM	105°41	20°55	Xuân Mai	KH	105°34	20°53

Bảng 2. Tổng hợp thông số các hồ chứa trong lưu vực

TT	Thông số kỹ thuật hồ chứa	Mã hiệu SWAT	Thông số kỹ thuật hồ chứa			
			Suối Hai	Đồng Mô	Văn Sơn	Đồng Suối
1	Tháng hồ đi vào hoạt động	MORES				
2	Năm hồ đi vào hoạt động	IYRES	1963	1974	1972	1975
3	Diện tích mặt nước ứng với mực nước dâng gia cường	RES_ESA	1200	1500	400	360
4	Dung tích siêu cao	RES_EVOL	0.0078	0.0097	0.00245	0.0014
5	Diện tích mặt hồ ứng với mực nước dâng bình thường	RES_PSA	1000	1140	370	240
6	Dung tích hồ ứng với mực nước dâng bình thường	RES_PVOL	0.00469	0.00619	0.00142	0.00105
7	Dung tích chết	RES_VOL	1.3	4.4	1.3	1.3

c. *Đánh giá mô phỏng trong mô hình SWAT:*

Bộ 3 tham số được đánh giá trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình gồm:

- Chỉ số Nash - Sutcliffe (NSE) [4]:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i^{obs} - O_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i^{obs} - O^{mean})^2}$$

Chỉ số NSE chạy từ -∞ đến 1. Nếu NSE nhỏ hơn hoặc gần bằng 0, khi đó kết quả được xem là không thể chấp nhận hoặc độ tin cậy kém. Ngược lại, nếu NSE bằng 1, thì kết quả mô phỏng của mô hình là hoàn hảo.

- Hệ số tương quan (R)

$$R = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t^{Obs} - \bar{X}^{Obs})(X_t^{Sim} - \bar{X}^{Sim})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (X_t^{Obs} - \bar{X}^{Obs})^2 \sum_{t=1}^n (X_t^{Sim} - \bar{X}^{Sim})^2}}$$

Hệ số tương quan giới hạn từ -1 đến +1, trong đó giá trị dương cho biết tương quan dương (tức là nếu giá trị quan trắc tăng, giá trị mô phỏng tăng; giá trị dương lớn hơn cho thấy mối tương quan mạnh hơn), giá trị âm cho biết tương quan âm và 0 có nghĩa là không có tương quan.

- Tỷ lệ tổng lượng (V_{ratio})

$$V_{ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n X_t^{Sim}}{\sum_{t=1}^n X_t^{Obs}}$$

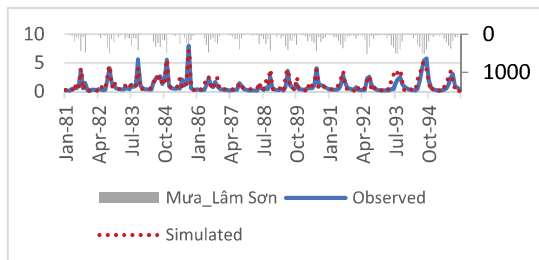
Là tỷ lệ giữa tổng số quan trắc và tổng số mô phỏng. Tỷ lệ 1 có nghĩa là trùng khớp hoàn hảo của tổng khối lượng, tỷ lệ nhỏ hơn 1 có nghĩa là tổng số mô phỏng thấp hơn và tỷ lệ lớn hơn 1 có nghĩa là tổng số mô phỏng lớn hơn tổng số được quan trắc. Chỉ số tỷ lệ tổng lượng có liên quan đến chỉ số trung bình các giá trị mô phỏng và các giá trị quan trắc (BIAS): Chỉ số tỷ lệ tổng lượng bằng 1 tương ứng với BIAS bằng 0.

Bảng 3. Giá trị tham số hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SWAT

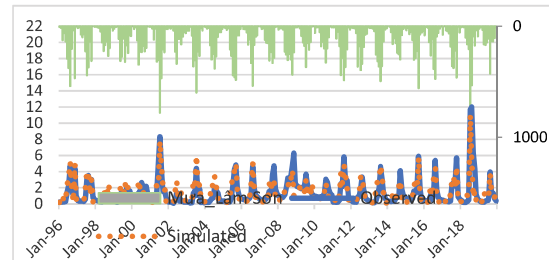
Nội dung	Tên trạm	Thời đoạn	R	Tỷ lệ khối lượng (V_{ratio})	Hệ số Nash-Sutcliffe
Hiệu chỉnh	Lâm Sơn	1981 - 1995	0.93	1.01	0.86
	Ba Thá	1990 - 2005	0.87	1.04	0.76
Kiểm định	Lâm Sơn	1996 - 2019	0.82	1.03	0.71
	Ba Thá	2006 - 2019	0.89	1.10	0.72

Bảng 4. Bộ thông số mô hình sau khi hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng dòng chảy

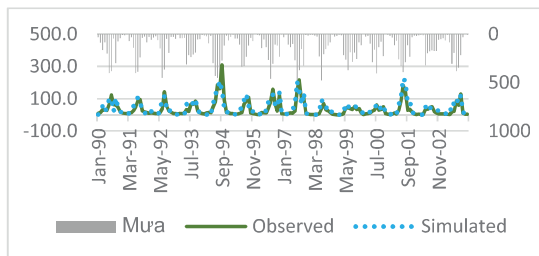
TT	Thông số	Max	Min	giá trị Sub - 11 - Lâm Sơn	giá trị Sub - 19 - Ba Thá
1	GW_REVAP	0.2	0.02	0.02	0.02
2	GW_DELAY	0	50	31	45
3	ALPHA_BF	1	0	0.048	0.042
4	GWQMN	5000	0	1000	1100
5	REVAPMN	500	0	750	845
6	SURLAG	10	0	2	2.5
7	CN2	98	35	85	75
8	OV_N	1	0	0.14	0.14
9	SOL_AWC	1	0	0.098	0.088
10	USLE_K	1	0	0.223	0.221



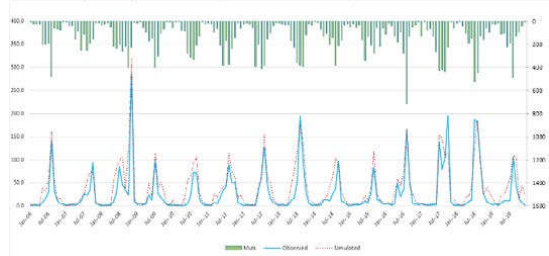
Hình 6: Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trạm Lâm Sơn (Hiệu chỉnh)



Hình 7: Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trạm Lâm Sơn (Kiểm định)



Hình 8: Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trạm Ba Thá (Hiệu chỉnh)



Hình 9: Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trạm Ba Thá (Kiểm định)

3. Kết quả và thảo luận

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SWAT cho kết quả đáp ứng tất cả các giá trị mục tiêu của các tham số thống kê gồm hệ số tương quan $R > 0,80$, tỷ lệ tổng lượng $VR < \pm 5\%$ hệ số Nash-

Sutcliffe $> 0,70$. Bộ thông số tìm được từ mô hình hoàn toàn phù hợp, đảm bảo độ tin cậy để mô phỏng dòng chảy cũng như xác định các thành phần cơ bản trong cân bằng nước lưu vực sông Đáy từ đập Vân Cốc đến sau nhập sông Bùi.

Nghiên cứu

Từ kết quả của mô hình SWAT, nghiên cứu đã định lượng chính xác được các thành phần chính trong cân bằng nước mặt gồm lượng mưa (PREC), lượng nước mặt (SURQ), lượng nước từ lớp chứa bão hòa vào sông (LATQ), lượng nước dưới đất bổ cập cho nước sông (GWQ), bốc hơi (ET), lượng nước sông thấm cho nước dưới đất (GWSW), chi tiết trong Bảng 5.

Bảng 5. Kết quả cân bằng nước trong SWAT lưu vực nghiên cứu (mm)

Tháng	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	GWSW	ET
1	59,8	22,3	0,6	13,6	95,8	25,4
2	12,0	1,1	0,3	7,3	7,1	21,9
3	29,1	7,1	0,2	3,3	24,7	25,2
4	109,4	45,6	0,6	2,7	105,4	35,3
5	165,3	85,3	1,2	10,4	283,8	52,1
6	181,9	96,6	1,2	18,4	240,3	48,2
7	307,8	205,6	1,8	30,4	418,1	48,7
8	513,6	357,9	2,3	47,5	802,9	44,9
9	204,4	124,9	1,7	60,1	266,4	35,0
10	237,5	143,9	1,8	57,8	46,1	25,0
11	60,6	23,2	1,1	48,1	38,9	21,7
12	57,2	18,8	0,6	29,2	10,9	27,6
Tổng	1938,6	1132,3	13,4	328,8	2340,4	411,0

Sử dụng phương trình (1) trên để định lượng các thành phần trong cân bằng nước trên lưu vực nghiên cứu khi có hoạt động của con người như hoạt động khai thác sử dụng nước; chuyển nước từ sông Hồng vào sông Đáy tại cống Cẩm Đình, chi tiết kết quả được tổng hợp trong Bảng 6.

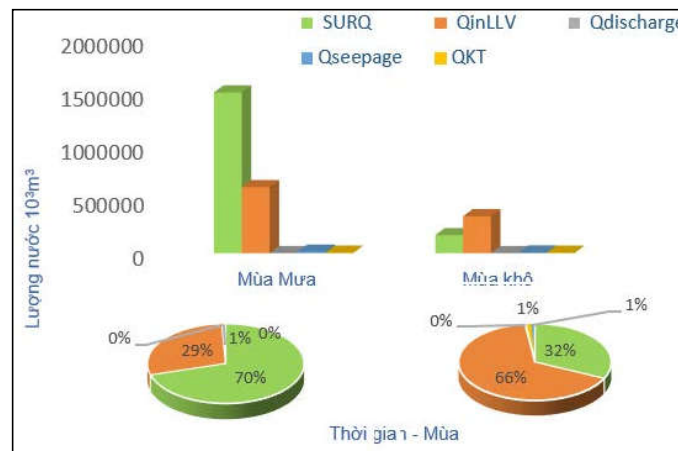
Bảng 6. Kết quả định lượng các thành phần cân bằng thực tế trên lưu vực nghiên cứu

Thành phần cân bằng	Lượng nước ($10^3.m^3/năm$)		Tỷ lệ phần trăm	
	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô
SURQ	1508082	168766	70,4	32,3
Q_{inLLV}	618970	346810	28,9	66,4
$Q_{discharge}$	48	436	0,002	0,1
$Q_{seepage}$	12936	6465	0,6	1,2
QKT	3918,4	3918,4	0,18	0,7
Tổng cộng	2143954	522478	100	100

Kết quả tính toán cho thấy tiềm năng tài nguyên nước lưu vực nghiên cứu chủ yếu nội sinh từ mưa chiếm đến 63,44%, lượng nước chuyển nước từ sông Hồng vào qua cống Cẩm Đình chiếm 36,54%, lượng nước dưới đất bổ cập cho nước sông chiếm rất ít 0,02%, lượng nước sông thấm vào nước dưới đất chiếm 1,1%, lượng nước khai thác, sử dụng chiếm 0,93%.

Vào mùa mưa, lượng nước nội sinh từ mưa khoảng $1,51 \text{ tỷ}.m^3$ chiếm 70,4%; chuyển nước từ sông Hồng vào sông Đáy khoảng $618 \text{ tr}.m^3$ chiếm 28,9%; lượng nước sông thấm vào nước dưới đất khoảng $12,9 \text{ tr}.m^3$ chiếm 0,6%; lượng nước dưới đất bổ cập cho nước sông khoảng $48.000 m^3$ chiếm 0,002%, lượng nước khai thác, sử dụng khoảng $3,91 \text{ tr}.m^3$ chiếm 0,18%.

Vào mùa khô, lượng nước nội sinh từ mưa khoảng đạt 168,7 tr.m³ chiếm 32%; chuyển nước từ sông Hồng vào sông Đáy 346,8 tr.m³ chiếm 58%; lượng nước sông thấm vào nước dưới đất khoảng 6,4 tr.m³ chiếm 1,2%; lượng nước dưới đất bổ cập cho nước sông khoảng 0,46 tr.m³ chiếm 0,1%.



Hình 10: Định lượng các thành phần trong cân bằng nước theo mùa trong năm

Với quan điểm hiện nay, tài nguyên nước cần được xem xét đồng thời cả nước mặt và nước dưới đất cũng như mối tương tác qua lại giữa chúng trong lưu vực sông nên cần thiết phát triển nghiên cứu tích hợp nước mặt và nước dưới đất bằng công cụ mô hình như SWAT - MODFLOW để xác định chính xác nhất các đại lượng trong cân bằng nước lưu vực sông, mối tương tác qua lại của nước mặt và nước dưới đất.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn đề tài: *Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn xác định các thành phần trong cân bằng nước và lượng nước có thể phân bổ cho các nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực sông*, mã số TNMT.2018.02.05 đã hỗ trợ thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Văn Linh, Nguyễn Thanh Sơn (2011). *Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 27, số 1S, 192.
- [2]. Bhumika Uniyal, Madan Kumar Jha, Arbind Kumar Verma (2015). *Assessing Climate Change Impact on Water Balance*

Components of Upper Baitarni River Basin using SWAT Model. Water Resources Management 29(13):4767. DOI:10.1007/s11269-015-1089-5.

[3]. European Commission (2015). *Guidance document on the application of water balances for supporting the implementation of the WFD*. Technical Report, Final-Version 6.1.

[4]. Nash, J. E; Sutcliffe, J. V. (1970). *River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles*. Journal of Hydrology.

[5]. J.G.Arnold, R. K. (2012). *Input/Output Documentation Version 2012*. US.

[6]. S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Willi (2011). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009*. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406 Texas A&M University System.

[7]. Arnold, J et al., eds. (2009). *The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions*. In: Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Global Applications. Special Publication No. 4., World Association of Soil. US.

BBT nhận bài: 07/6/2021; Phản biện xong: 28/6/2021; Chấp nhận đăng: 22/9/2021