

Bài báo khoa học

Đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi

Nguyễn Thị Bích Ngọc¹, Trần Văn Tinh^{1*}, Vũ Duy Hưng², Trần Thị Tú¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; ntbngoc@hunre.edu.vn; tvtinh@hunre.edu.vn; ttu.kttv@hunre.edu.vn

² Sinh viên Khoa Tài nguyên nước, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; vuhung0378870943@gmail.com

*Tác giả liên hệ: tvtinh@hunre.edu.vn; Tel.: +84-977177618

Ban Biên tập nhận bài: 18/5/2023; Ngày phản biện xong: 3/7/2023; Ngày đăng bài: 25/7/2023

Tóm tắt: Biến đổi khí hậu (BĐKH) có tác động trực tiếp và gián tiếp đến tài nguyên nước. Bài báo này tập trung vào sử dụng mô hình MIKE NAM để đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc, dựa trên 2 kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5 và RCP 8.5 của Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố năm 2020 thay thế cho năm 2016. Chuỗi số liệu từ năm 1986 đến năm 2004 được sử dụng để hiệu chỉnh và từ năm 2005 đến năm 2019 được sử dụng để kiểm định để xác định bộ thông số của mô hình. Kết quả bài báo đã thể hiện ở cả 2 kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 dòng chảy trung bình năm, dòng chảy trung bình mùa lũ, dòng chảy trung bình mùa cạn trên lưu vực sông Trà Khúc hầu hết có xu hướng tăng so với thời kỳ cơ sở. Chỉ riêng dòng chảy trung bình mùa cạn thời kỳ cuối thế kỷ trong kịch bản RCP8.5 giảm so với thời kỳ cơ sở. Tuy nhiên, thời kỳ kiệt nhất giữa mùa cạn thì dòng chảy có xu hướng giảm. Kết quả nghiên cứu có thể là một trong những cơ sở hỗ trợ cho công tác quản lý, định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc.

Từ khóa: Tài nguyên nước; Lưu vực sông Trà Khúc; Biến đổi khí hậu; MIKE NAM.

1. Mở đầu

BĐKH là một hiện tượng tự nhiên, biểu hiện của nó là sự thay đổi của hệ thống khí hậu, thời tiết trên quy mô toàn cầu [1]. BĐKH vẫn đang diễn biến hết sức phức tạp, trong tương lai trái đất sẽ phải đối mặt với nhiều vấn đề mà nó gây ra. Việt Nam là một trong những quốc gia đang phải chịu ảnh hưởng của BĐKH nghiêm trọng nhất [1]. Tài nguyên nước là một trong những lĩnh vực cần được trú trọng đặc biệt là tài nguyên nước mặt. Nhiệt độ gia tăng, mưa biến đổi bất thường đã và đang ảnh hưởng đến tài nguyên nước cả về số lượng và chế độ dòng chảy trên các sông [1]. Sự thay đổi dòng chảy của các lưu vực sông làm cho lũ lụt ngày càng trở nên tồi tệ và hạn hán ngày càng khốc liệt hơn [2]. Tài nguyên nước bị tác động mạnh, bị tổn thương làm gia tăng các nguy cơ tai biến thiên nhiên liên quan đến nước, đồng thời cũng tác động nặng nề đến môi trường, cơ sở hạ tầng, đời sống và sức khỏe cộng đồng nước ta [3].

Lưu vực sông Trà Khúc có hầu hết diện tích nằm trên tỉnh Quảng Ngãi thuộc khu vực Nam Trung Bộ. Đây là khu vực được đánh giá bị tác động mạnh mẽ của BĐKH [1]. Do đặc điểm địa hình chủ yếu miền núi, đồng bằng nhỏ hẹp kết hợp với diễn biến lũ trên lưu vực trong những năm gần đây càng trở nên phức tạp, lưu lượng đỉnh lũ lớn, thời gian lũ kéo dài. Các năm 1999, 2009, 2010, 2011, 2013, 2017, 2020 là những năm có hiện tượng bão lũ diễn

biến bất thường gây ngập lụt ở nhiều vùng dân cư, tần suất diễn ra liên tục, kéo dài, ảnh hưởng to lớn đến các hoạt động dân sinh kinh tế và môi trường sinh thái [4–5]. Bên cạnh đó, theo số liệu quan trắc mực nước trên sông, liên tục nhiều năm mực nước giảm xuất hiện các giá trị nhỏ nhất trong thời kỳ quan trắc gây nên tình trạng hạn hán điển hình như năm 2006, 2012, 2020... [5]. Đề thích ứng và giảm nhẹ tác động của BĐKH việc nghiên cứu ảnh hưởng của nó đến tài nguyên nước trên lưu vực sông Trà Khúc là rất cần thiết.

Đã có nhiều nghiên cứu trong nước nghiên cứu tác động của BĐKH đến tài nguyên nước tại các khu vực khác nhau trên phạm vi lưu vực như: lưu vực sông Lại Giang [3], lưu vực sông Hồng - Thái Bình và sông Đòng Nai [6], lưu vực sông Ba [7], lưu vực sông Lô [8], lưu vực sông Kon Plong [9], lưu vực sông Srepok [10] ... và trên phạm vi hành chính tỉnh như: tỉnh Thái Nguyên [11], tỉnh Quảng Ngãi [12], tỉnh Hà Giang [13]. Hiện nay, trên thế giới và trong nước các nghiên cứu kể trên đều sử dụng các công cụ mô hình khác nhau để hỗ trợ đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước như HEC-HMS, SWAT, MIKE NAM, ... Trong đó, MIKE NAM là mô hình được sử dụng khá phổ biến hiện nay [3, 6–9, 14]. Các nghiên cứu đã thực hiện trên lưu vực sông Trà Khúc trước đây [4, 16–21] cũng sử dụng mô hình toán để mô phỏng, dự báo dòng chảy và đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy. Tuy nhiên, các nghiên cứu hầu hết mới tập trung chủ yếu đánh giá tác động BĐKH đến tình hình ngập lụt [15–16]. Bên cạnh đó, năm 2020 Bộ Tài nguyên và môi trường mới công bố kịch bản BĐKH thay thế kịch bản BĐKH năm 2016 [22–23]. Do đó, đến nay gần như chưa có nghiên cứu cụ thể nào cập nhật đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc sử dụng kịch bản BĐKH công bố năm 2020 [12, 17]. Vì vậy, nghiên cứu đã lựa chọn mô hình MIKE NAM để mô phỏng và đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước mặt tại các tiểu lưu vực của lưu vực sông Trà Khúc theo các kịch bản mới nhất của Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

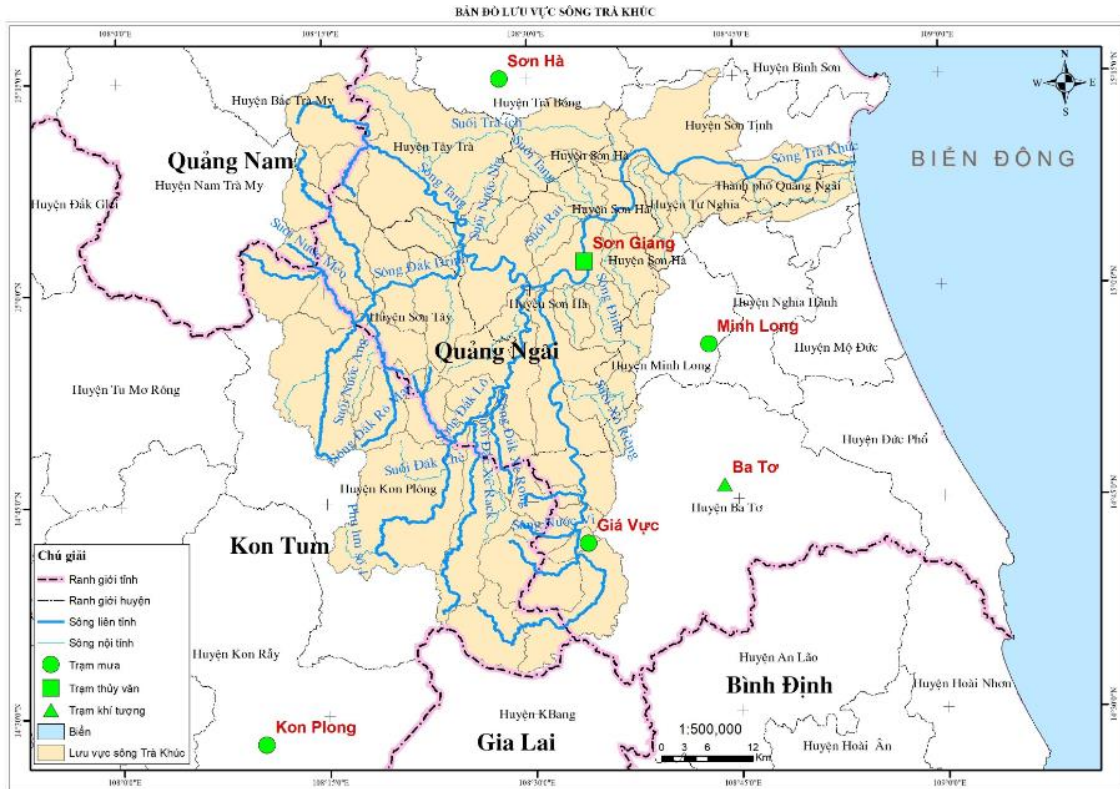
Lưu vực sông Trà Khúc có vị trí địa lý được giới hạn từ 14°30' - 15°20' vĩ độ Bắc và từ 180°07' - 109°00' kinh độ Bắc. Phía Bắc giáp lưu vực Trà Bồng, phía Nam giáp lưu vực sông Vệ, phía Tây giáp lưu vực sông Sê San, phía Đông giáp biển. Diện tích toàn lưu vực 3.337 km² (Hình 1). Lưu vực sông Trà Khúc có địa hình khá phức tạp thấp dần từ Tây sang Đông gồm địa hình đồi núi và đồng bằng xen kẽ nhau, chia cắt đất đai thành những cánh đồng nhỏ nằm dọc theo các thung lũng. Từ vùng núi xuống đồng bằng địa hình hạ thấp đột ngột đáng kể hình thành hai bậc địa hình cao thấp nằm kế tiếp nhau, không có khu đệm chuyển tiếp. Vùng phía Tây là những dãy núi cao có cao độ từ 500-1000 m, thì ở đồng bằng lại chỉ có cao độ từ 5-20 m. Từ đặc điểm địa hình này đã tạo dòng chảy của lưu vực khá bất lợi, về mùa mưa thường gây lũ lụt, còn mùa khô dòng chảy cạn kiệt gây hạn hán [24]. Dòng chảy năm phân phối không đều. Lượng dòng chảy trong năm tập trung chủ yếu vào 3 tháng mùa lũ chiếm khoảng hơn 70% tổng dòng chảy cả năm, lượng dòng chảy 9 tháng mùa cạn chiếm khoảng 30% lượng dòng chảy cả năm [25].

2.2. Thu thập, xử lý số liệu

Căn cứ yêu cầu số liệu đầu vào của mô hình và điều kiện số liệu quan trắc trên lưu vực, nghiên cứu sử dụng các số liệu:

- Bản đồ số độ cao DEM 30m × 30m, các lớp dữ liệu bản đồ: ranh giới, mạng lưới sông suối.

- Số liệu khí tượng, thủy văn (Bảng 1): Lượng mưa của trạm khí tượng Sơn Hà, thủy văn Sơn Giang, khí tượng Minh Long, khí tượng Giá Vực và thủy văn Kon Plong; Lưu lượng dòng chảy trung bình ngày của trạm thủy văn Sơn Giang; Số liệu bốc hơi ngày và nhiệt độ ngày của trạm khí tượng Ba Tơ.



Hình 1. Bản đồ lưu vực, mạng lưới sông và trạm khí tượng, thủy văn trên lưu vực sông Trà Khúc.

- Kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam (2016) [22] được áp dụng trong nghiên cứu để thiết lập các kịch bản tính toán đầu thế kỷ.
- Kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam (2020) [23] được áp dụng trong nghiên cứu để thiết lập các kịch bản tính toán giữa và cuối thế kỷ.

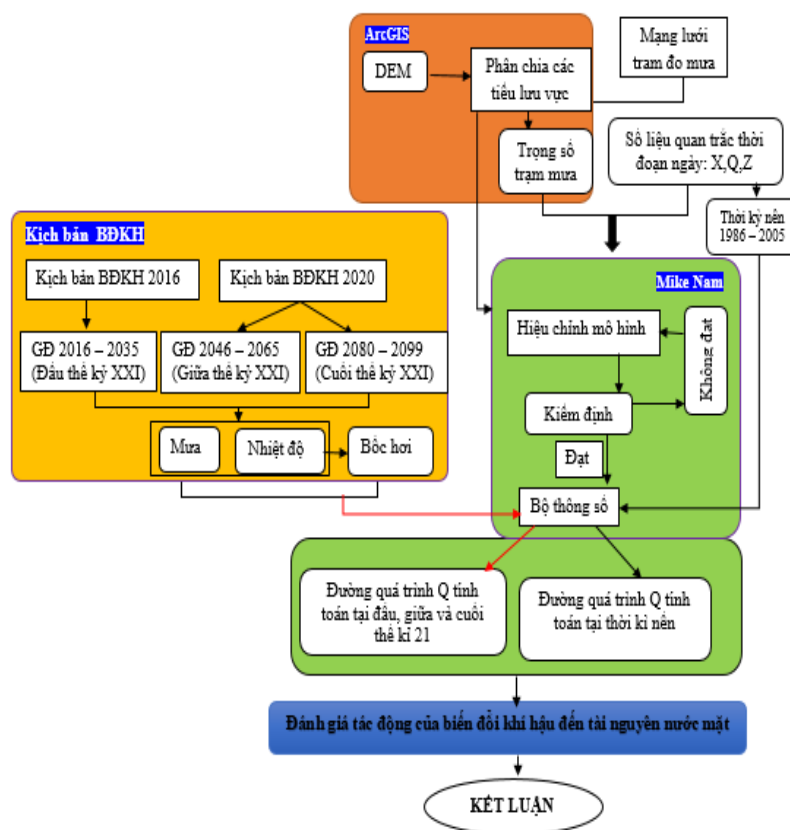
Bảng 1. Số liệu khí tượng, thủy văn sử dụng.

STT	Tên trạm	Yếu tố				Thời gian quan trắc	Thời đoạn số liệu sử dụng trong nghiên cứu	Loại trạm
		H (m)	Q (m ³ /s)	X (mm)	Z (mm)			
1	Sơn Giang	x	x	x		1977 đến nay	1986 đến 2019	Trạm TV cấp 1
2	Sơn Hà			x		1976 đến nay	1986 đến 2019	Trạm khí tượng
3	Minh Long			x		1987 đến nay	1986 đến 2019	Trạm khí tượng
4	Giá Vực			x		1977 đến nay	1986 đến 2019	Trạm khí tượng
5	Kon Plong			x		1977 đến nay	1986 đến 2019	Trạm TV cấp 3
6	Ba Tơ			x	x	1977 đến nay	1986 đến 2019	Trạm khí tượng

Trong đó: H là mực nước trung bình ngày; Q là lưu lượng trung bình ngày; X là lượng mưa ngày; Z là bốc hơi ngày.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE NAM để mô phỏng tính toán tài nguyên nước cho từng tiểu lưu vực của lưu vực sông Trà Khúc phục vụ đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước trên lưu vực sông theo sơ đồ hình 2. Ngoài ra, nghiên cứu cũng kết hợp với phương pháp thống kê để phân tích số liệu gồm nhiệt độ, lượng mưa từ kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam.



Hình 2. Sơ đồ đánh giá tác động khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc.

Mô hình NAM với nguyên lý dùng hàm phi tuyến để mô tả dòng chảy vào sông. Trong mô hình NAM, mỗi lưu vực được xem là một đơn vị xử lý. Do đó, các thông số và các biến là đại diện cho các giá trị được trung bình hóa trên toàn lưu vực. Mô hình tính quá trình mưa - dòng chảy theo cách tính liên tục hàm lượng ẩm trong bể chứa riêng biệt có tương tác lẫn nhau. Cấu trúc mô hình NAM được xây dựng trên nguyên tắc các hồ chứa theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính, gồm 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng gồm bể chứa tuyết tan, bể chứa mặt, bể chứa tầng dưới, bể chứa ngầm tầng trên và bể chứa ngầm tầng dưới [26].

2.4. Thiết lập bộ mô hình toán mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc

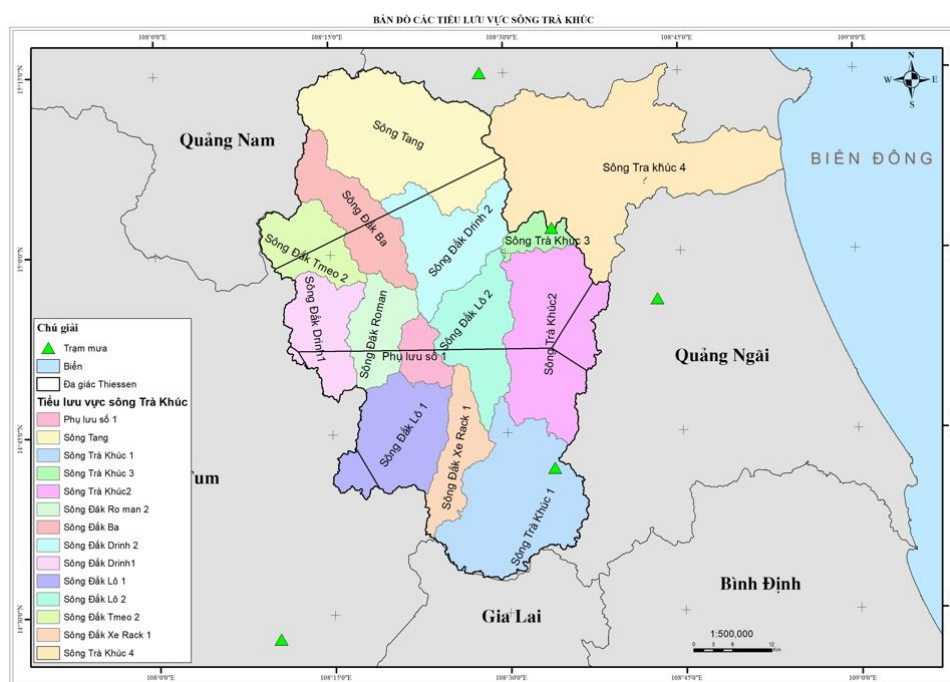
2.4.1. Phân chia tiểu lưu vực và xác định trọng số ảnh hưởng của các trạm đo mưa

Sử dụng GIS tiến hành khoanh lưu vực sông Trà Khúc và phân chia thành các tiểu lưu vực từ bản đồ số độ cao DEM. Toàn bộ lưu vực sông Trà Khúc được chia thành 13 tiểu lưu vực. Căn cứ vào số liệu thu thập, vị trí các trạm khí tượng, thủy văn và các trạm đo mưa trên lưu vực sông Trà Khúc để tính trọng số mưa cho các lưu vực bộ phận bằng phương pháp đa giác Thiessen nhằm thiết lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng của các trạm mưa đồng thời xác định trọng số của các trạm mưa tương ứng với từng tiểu lưu vực được kết quả được trình bày trong bảng 2 và hình 2.

Bảng 2. Diện tích tiểu lưu vực và trọng số ảnh hưởng các trạm mưa.

Tiểu lưu vực	Diện tích (km ²)	Trạm mưa				
		Sơn Hà	Sơn Giang	Minh Long	Giá Vực	Kon Plong
Sông Đắc Ba	178	0,54	0,46	0,00	0,00	0,00
Sông Tang	454	0,88	0,12	0,00	0,00	0,00
Sông Đắc Drinh 2	216	0,05	0,95	0,00	0,00	0,00
Sông Trà Khúc 3	44,5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Tiểu lưu vực	Diện tích (km ²)	Trạm mưa				
		Sơn Hà	Sơn Giang	Minh Long	Giá Vực	Kon Plong
Sông Trà Khúc 2	349	0,00	0,44	0,19	0,37	0,00
Sông Trà Khúc 1	376	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Suối Đắc Xe Rack	123	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Sông Đắc Lô 1	232	0,00	0,00	0,00	0,88	0,12
Sông Đắc Rô Man	127	0,00	0,73	0,00	0,27	0,00
Sông Đắc Drinh 1	155	0,00	0,72	0,00	0,27	0,01
Sông Đắc Tmeo	135	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
Sông Đắc Lô 2	194	0,00	0,66	0,00	0,34	0,00
Phụ lưu số 1	60,3	0,00	0,41	0,00	0,59	0,00
Tổng	2643					



Hình 3. Bản đồ phân chia tiểu lưu vực và phạm vi ảnh hưởng các trạm mưa.

2.4.2. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE NAM

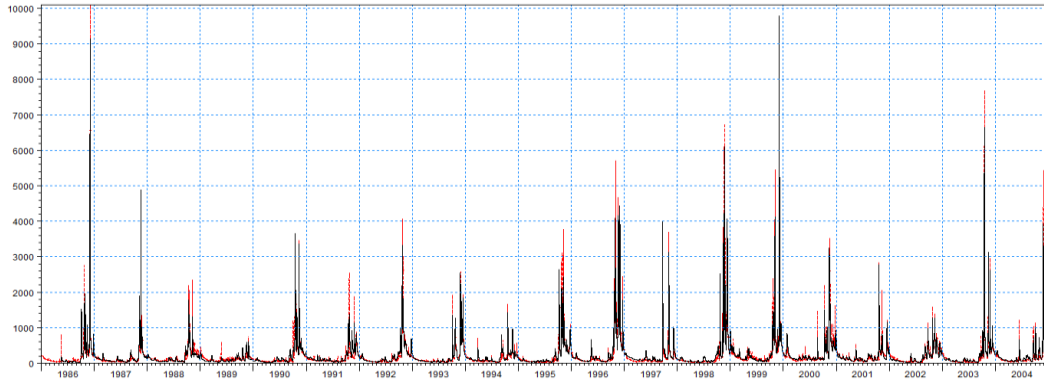
Mô hình MIKE NAM được thiết lập nhằm xác định lượng dòng chảy của từng tiểu lưu vực. Dựa vào số liệu thu thập và sử dụng 2 khoảng thời gian để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình là từ năm 1986-2004 (hiệu chỉnh) và từ năm 2005-2019 (kiểm định) xác định bộ thông số phù hợp. Việc hiệu chỉnh thông số mô hình chủ yếu được tiến hành bằng phương pháp thử sai. Trạm thủy văn Sơn Giang được sử dụng làm trạm kiểm tra và xác định bộ thông số mô hình vì đây là trạm thủy văn duy nhất có đo lưu lượng dòng chảy trong nhiều năm của lưu vực nghiên cứu. Việc đánh giá tính phù hợp giữa kết quả tính toán và giá trị thực đo thông qua chỉ số NASH và hệ số tương quan R², chỉ số NASH được tính dưới dạng công thức:

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{tt} - Q_{td})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{td} - \bar{Q}_{td})^2} \quad (1)$$

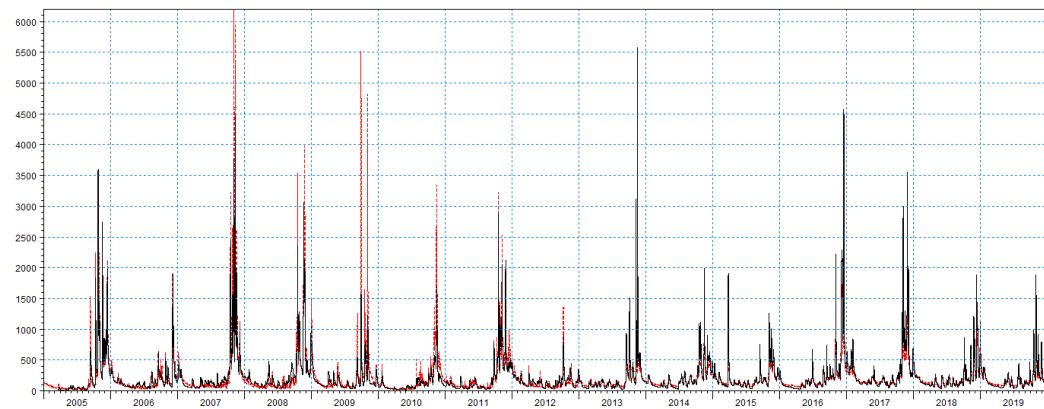
Trong đó Q_{tt} là lưu lượng dòng chảy tính toán; Q_{td} là lưu lượng dòng chảy thực đo; \bar{Q}_{td} là lưu lượng dòng chảy thực đo trung bình.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định (Bảng 3) cho thấy giữa tính toán và đường thực đo là tương đối phù hợp nhau thời gian xuất hiện đỉnh là chênh lệch không nhiều. Ở thời kỳ mùa cạn chân đường quá trình mô phỏng tốt, tương đối sát với đường quá trình thực đo. Giữa hai

đường quá trình tính toán và thực đo bám sát nhau về cả pha dao động. Trong thời kỳ mùa lũ, đỉnh lũ ở của đường quá trình mô phỏng nhỏ hơn quá trình thực đo. Tổng lượng dòng chảy quá trình mô phỏng nhỏ hơn dòng chảy thực đo nhưng đánh giá chỉ số NASH khá tốt, đều đạt trên 0,8. Như vậy, kết quả trên hoàn toàn có độ tin cậy cao và mô hình có thể ứng dụng tính toán cho bước tiếp theo.



Hình 4. Đường quá trình lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng - giai đoạn hiệu chỉnh tại trạm thủy văn Sơn Giang.



Hình 5. Đường quá trình lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng - giai đoạn kiểm định tại trạm thủy văn Sơn Giang.

Bảng 3. Thống kê kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình NAM.

Trạm thủy văn	Hiệu chỉnh			Kiểm định		
	Chuỗi mô phỏng	NASH	R ²	Chuỗi mô phỏng	NASH	R ²
Sơn Giang	1986-2004	0,86	0,87	2005-2019	0,82	0,80

Như vậy, thông qua hai bước hiệu chỉnh và kiểm định, nghiên cứu đã xác định được bộ thông số phù hợp cho lưu vực sông Trà Khúc (Bảng 4).

Bảng 4. Bộ thông số mô hình MIKE NAM cho lưu vực nghiên cứu.

STT	Tên tiểu lưu vực	Các thông số của mô hình						
		U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
1	Sông Đăk Ba	19,1	280	0,47	216,6	50,7	0,0795	0,312
2	Sông Tang	19,6	286	0,498	200,4	49,7	0,266	0,146
3	Sông Đăk Drinh 2	20,8	294	0,45	216,6	50,7	0,0795	0,312
4	Sông Trà Khúc 3	20,3	288	0,525	241,1	50,5	0,0317	0,168
5	Sông Trà Khúc 2	18,15	271,05	0,825	259,2	50,9	0,117	0,0581
6	Sông Trà Khúc 1	17,75	271,05	0,787	219,8	50,5	0,0868	0,0772

STT	Tên tiểu lưu vực	Các thông số của mô hình						
		Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
7	Suối Đắc Xe Rack	17,45	265,05	0,817	219,8	50,5	0,0868	0,0772
8	Sông Đắc Lô 1	18,55	245,05	0,847	202,9	51	0,119	0,207
9	Sông Đắc Rô Man	18,85	278,05	0,779	225,9	51	0,162	0,124
10	Sông Đắc Drinh 1	18,75	274,05	0,727	223,9	50,5	0,0336	0,203
11	Sông Đắc Tmeo	19,25	276,05	0,617	207,5	49,7	0,148	0,118
12	Sông Đắc Lô 2	16,95	265,05	0,658	221,4	50,8	0,0704	0,144
13	Phụ lưu số 1	19,2	276	0,617	207,5	49,7	0,148	0,118

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kịch bản biến đổi khí hậu khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu lựa chọn kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 trong kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam năm công bố năm 2016 [22] của Bộ Tài nguyên và Môi trường để xác định kịch bản biến đổi nhiệt độ, lượng mưa thời kỳ đầu thế kỷ (2016-2035), giữa thế kỷ (2046-2065), cuối thế kỷ (2080-2099) trong kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam năm công bố năm 2020 [23] tại tỉnh Quảng Ngãi từ đó xác định bốc hơi, lượng mưa làm đầu vào mô phỏng trong MIKE NAM đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước trong các thời kỳ biến đổi khí hậu.

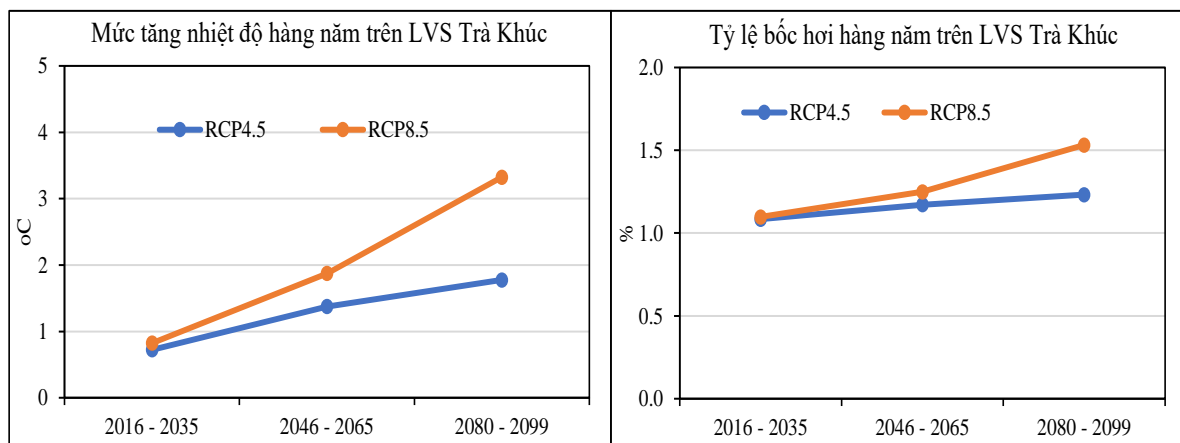
a) Nhiệt độ và bốc hơi

Kết quả biến đổi của nhiệt độ (°C) trung bình qua các thời kì đầu thế kỷ (2016-2035) giữa thế kỷ (2046-2065) và cuối thế kỷ (2080-2099) theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 so với thời kỳ cơ sở (1986-2005) được dẫn ra trong bảng 5.

Bảng 5. Biến đổi nhiệt độ (°C) trung bình qua các thời kỳ.

Thời kỳ	RCP4.5				RCP8.5			
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
2016-2035	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8
2046-2065	1,4	1,6	1,3	1,2	1,9	2,1	1,8	1,7
2080-2099	1,9	2,0	1,7	1,5	3,4	3,8	3,2	2,9

Ở cả 2 kịch bản RCP 4.5, RCP 8.5 thời kỳ năm 2016-2035 nhiệt độ trung bình đều tăng ổn định ở các mùa trong năm. Thời kì năm 2046-2065 và thời kỳ năm 2080-2099 nhiệt độ trung bình cao nhất là mùa hè, tiếp theo là mùa xuân. Kịch bản RCP 8.5 nhiệt độ trung bình tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP 4.5.



Hình 6. Mức thay đổi nhiệt độ và bốc hơi so với thời kỳ cơ sở.

Để tính toán lượng bốc hơi tiềm năng làm đầu vào dự tính kịch bản BĐKH dựa trên sự biến đổi nhiệt độ, nghiên cứu lựa chọn công thức sau:

$$E_o = 16 \times L_a \left(\frac{10\tau}{I} \right)^a ; I = \left(\frac{\tau}{5} \right)^{1,514} \quad (2)$$

Trong đó E_o bốc hơi (mm); L_a là hệ số hiệu chỉnh số trong ngày sáng và số ngày trong tháng phụ thuộc vĩ độ; I là tổng số 12 giá trị hàng tháng của chỉ số nhiệt I ; T là nhiệt độ trung bình hàng tháng; a là hằng số thay đổi theo địa phương.

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49 \quad (3)$$

Kết quả tỷ lệ thay đổi lượng bốc hơi tiềm năng trong các thời kỳ theo 2 kịch bản được thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Tỷ lệ thay đổi bốc hơi tiềm năng (%) các thời kỳ so với thời kỳ cơ sở.

Thời kỳ	RCP 4.5				RCP8.5			
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
2016-2035	1,09	1,11	1,08	1,06	1,10	1,12	1,09	1,07
2046-2065	1,19	1,24	1,16	1,10	1,27	1,34	1,23	1,15
2080-2099	1,27	1,31	1,22	1,12	1,59	1,76	1,49	1,28

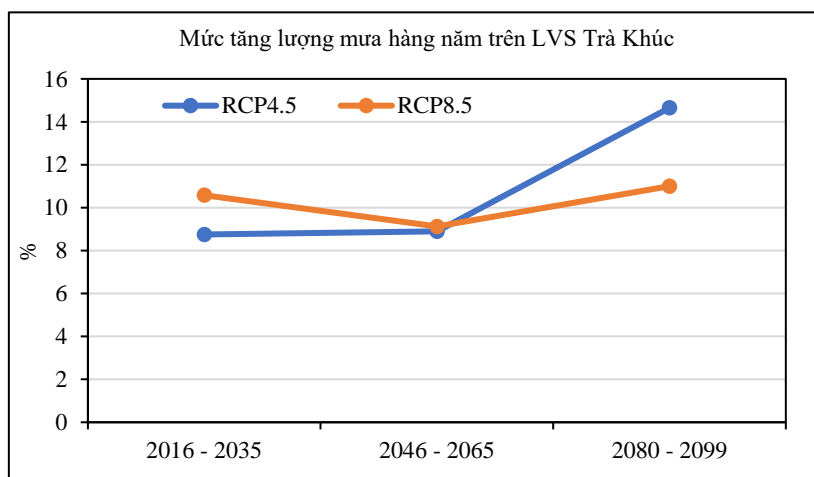
Thời kỳ đầu thế kỷ tỷ lệ bốc hơi tiềm năng trong 2 kịch bản là gần tương đương nhau. Thời kỳ giữa thế kỷ lượng bốc hơi tiềm năng trong kịch bản RCP4.5 là 1,17% và kịch bản RCP8.5 là 1,25%. Thời kỳ cuối thế kỷ lượng bốc hơi tiềm năng trong kịch bản RCP8.5 là 1,53% cao hơn so với 1,23% trong kịch bản RCP4.5.

b) Lượng mưa

Theo kịch bản BĐKH và nước biển dâng xác định tỉ lệ biến đổi lượng mưa (%) trung bình qua các thời kỳ theo 2 kịch bản so với thời kỳ cơ sở thể hiện trên bảng 7.

Bảng 7. Tỷ lệ biến đổi lượng mưa (%) các thời kỳ so với thời kỳ cơ sở.

Thời kỳ	RCP 4.5				RCP8.5			
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
2016-2035	1,1	4,3	26,4	-1,9	-4,7	11,5	24,6	5,5
2046-2065	-1,5	6,8	19,8	10,5	-5,5	13,9	18,0	9,6
2080-2099	6,3	13,4	19,1	19,8	6,1	10,6	14,4	12,9



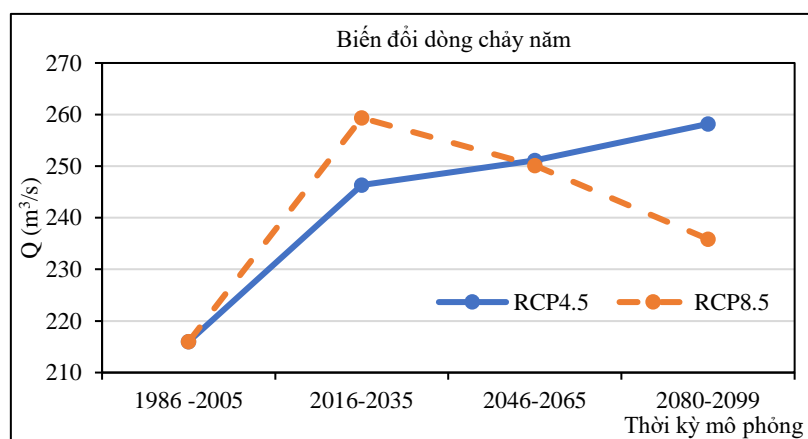
Hình 7. Mức thay đổi lượng mưa so với thời kỳ cơ sở.

Kịch bản RCP4.5, lượng mưa trung bình trong giai đoạn 2016-2035 lượng mưa tăng cao nhất là mùa thu tăng khoảng 26,4% và thấp nhất là mùa đông giảm 1,9%. Trong giai đoạn 2046-2065 lượng mưa giảm ở mùa xuân (1,5 %) còn tăng lên cao ở mùa thu khoảng 19,8%. Trong giai đoạn 2080-2099 lượng mưa trong các mùa đều tăng, tăng cao nhất ở mùa thu khoảng 19,1%. Kịch bản RCP8.5, lượng mưa thời kỳ 2016-2035 tăng cao nhất là mùa thu tăng khoảng 24,6% và thấp nhất là mùa xuân giảm 4,7%. Thời kỳ 2046-2065 lượng mưa mùa xuân giảm 5,5% và tăng lên vào mùa thu khoảng 18%. Trong giai đoạn 2080-2099 lượng mưa trong các mùa đều tăng (Hình 7).

3.2. Kết quả đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước trên lưu vực sông Trà Khúc

3.2.1. Dòng chảy năm

Dòng chảy trung bình nhiều năm theo giai đoạn của các kịch bản BĐKH được đánh giá mức độ tăng, giảm so với thời kỳ cơ sở (1986-2005) tại các tiểu lưu vực được tính toán từ mô hình MIKE NAM (Bảng 8).



Hình 8. Biến đổi dòng chảy năm tại lưu vực sông Trà Khúc theo kịch bản BĐKH.

Bảng 8. Biến đổi dòng chảy năm theo các kịch bản BĐKH tại các tiểu lưu vực.

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền		Thời kỳ mô phỏng	
			1986-2005	2016-2035	2046-2065	2080-2099
1	Sông Đăk Ba	RCP4.5	14,1	15,3	16,1	16,4
		RCP8.5		16,7	15,8	14,8
2	Sông Tang	RCP4.5	33,3	38,5	37,9	38,6
		RCP8.5		39,4	37,2	34,8
3	Sông Đăk Drinh 1	RCP4.5	13,7	14,2	15,7	16
		RCP8.5		16,2	15,4	14,5
4	Sông Đăk Drinh 2	RCP4.5	13,7	19,3	19,1	22
		RCP8.5		19,3	22,7	21,6
5	Sông Trà Khúc 1	RCP4.5	32,6	39	37,6	38,2
		RCP8.5		38,8	36,8	34,9
6	Sông Trà Khúc 2	RCP4.5	31,3	34,3	35,8	36,5
		RCP8.5		37	35,1	33,1
7	Sông Trà Khúc 3	RCP4.5	4,03	3,96	4,6	4,69
		RCP8.5		4,75	4,51	4,25
8	Suối Đắc Xe Rack	RCP4.5	10,7	12,8	12,3	12,5
		RCP8.5		12,7	12,1	11,5
9	Sông Đăk Lô 1	RCP4.5	18,1	21,6	20,8	21,2
		RCP8.5		21,6	20,4	19,2

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền		Thời kỳ mô phỏng	
			1986-2005	2016-2035	2046-2065	2080-2099
10	Sông Đắc Lô 2	RCP4.5	17,2	18,1	19,7	20,1
		RCP8.5		20,4	19,3	18,2
11	Sông Đắc Rô Man	RCP4.5	11,3	11,8	13	13,2
		RCP8.5		13,4	12,7	12
12	Sông Đắc Tmeo	RCP4.5	10,9	11,7	12,5	12,7
		RCP8.5		12,9	12,2	11,5
13	Phụ lưu số 1	RCP4.5	5,2	5,8	6	6,1
		RCP8.5		6,2	5,9	5,5
14	Tổng	RCP4.5	216	246	251	258
		RCP8.5		259	250	236

Kết quả tính toán trong bảng 8 và hình 8 cho thấy, dòng chảy trung bình năm tại các tiểu lưu vực đều có xu hướng tăng ở tất cả các thời kỳ trong cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, thời kỳ đầu và giữa thế kỷ dòng chảy trung bình năm ở kịch bản RCP8.5 tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP4.5, tuy nhiên, thời kỳ cuối thế kỷ thì dòng chảy trung bình năm trong kịch bản RCP4.5 tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP8.5. Nguyên nhân do thời kỳ đầu và giữa thế kỷ lượng mưa trong kịch bản RCP8.5 tăng nhiều hơn, nhưng đến thời kỳ cuối thế kỷ thì lượng mưa trong kịch bản RCP4.5 tăng nhiều hơn và lượng bốc hơi tiềm năng là nhỏ hơn so với trong kịch bản RCP8.5.

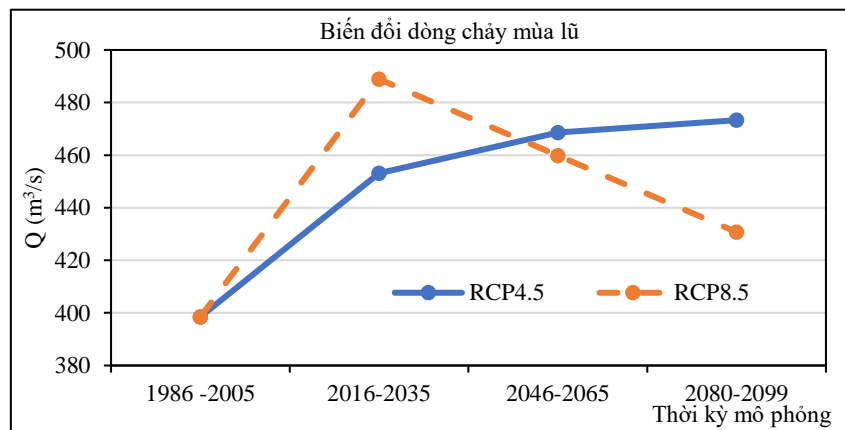
3.2.2. Dòng chảy mùa lũ

Qua bảng cho thấy dòng chảy trung bình mùa lũ tại các tiểu lưu vực trên lưu vực sông Trà Khúc đều tăng nhưng không đều giữa các thời kỳ. Kịch bản RCP8.5 tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP4.5 trong thời kỳ đầu thế kỷ. Thời kỳ giữa và cuối thế kỷ, dòng chảy trung bình mùa lũ trong kịch bản RCP4.5 lại tăng nhiều hơn so với trong kịch bản RCP8.5, do giai đoạn cuối thế kỷ lượng mưa trong mùa lũ của kịch bản RCP4.5 tăng nhiều hơn. Trong kịch bản RCP4.5 dòng chảy trung bình mùa lũ tại tiểu lưu vực Suối Đắc Xe Rack ở đầu thế kỷ là tăng lớn nhất trên lưu vực 23,3%, trong kịch bản RCP8.5 dòng chảy trung bình mùa lũ tại tiểu lưu vực sông Trà Khúc 3 ở đầu thế kỷ là tăng lớn nhất trên lưu vực 23,9%.

Bảng 9. Biến đổi dòng chảy mùa lũ theo các kịch bản BĐKH tại các tiểu lưu vực.

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền		Thời kỳ mô phỏng	
			1986-2005	2016-2035	2046-2065	2080-2099
1	Sông Đắc Ba	RCP4.5	23,3	25,7	27,3	27,6
		RCP8.5		28,7	26,8	24,9
2	Sông Tang	RCP4.5	55,0	66,0	64,6	65,2
		RCP8.5		67,8	63,5	58,8
3	Sông Đắc Drinh 1	RCP4.5	24,9	26,1	29,1	29,4
		RCP8.5		30,3	28,6	26,8
4	Sông Đắc Drinh 2	RCP4.5	31,6	31,4	37,3	37,8
		RCP8.5		39,1	36,6	34,1
5	Sông Trà Khúc 1	RCP4.5	62,3	76,5	73,5	74,1
		RCP8.5		76,4	72,1	68,1
6	Sông Trà Khúc 2	RCP4.5	59,1	66,1	69,3	70,0
		RCP8.5		72,1	68,0	63,9
7	Sông Trà Khúc 3	RCP4.5	6,70	6,60	7,90	8,00
		RCP8.5		8,30	7,80	7,30
8	Suối Đắc Xe Rack	RCP4.5	20,6	25,4	24,4	24,6
		RCP8.5		25,3	23,9	22,6
9	Sông Đắc Lô 1	RCP4.5	35,4	43,5	41,7	42,1
		RCP8.5		43,4	40,8	38,4

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền		Thời kỳ mô phỏng	
			1986-2005	2016-2035	2046-2065	2080-2099
10	Sông Đắc Lô 2	RCP4.5	30,6	32,7	36,0	36,4
		RCP8.5		37,5	35,3	33,1
11	Sông Đắc Rô Man	RCP4.5	20,9	22,0	24,5	24,7
		RCP8.5		25,5	24,0	22,5
12	Sông Đắc Tmeo	RCP4.5	18,8	20,5	22,0	22,3
		RCP8.5		23,0	21,6	20,1
13	Phụ lưu số 1	RCP4.5	9,30	10,6	11,0	11,1
		RCP8.5		11,5	10,8	10,1
14	Tổng	RCP4.5	399	453	469	473
		RCP8.5		489	460	431



Hình 9. Biến đổi dòng chảy lũ tại lưu vực sông Trà Khúc theo kịch bản BĐKH.

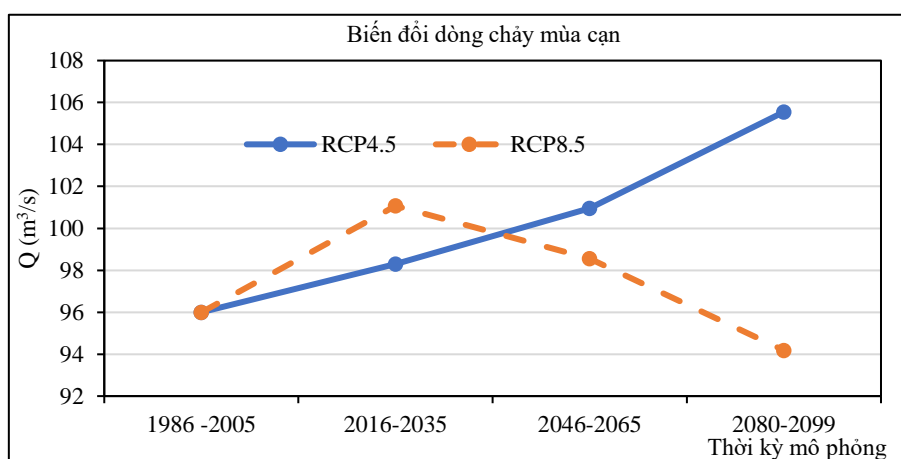
3.3.3. Dòng chảy mùa cạn

Theo bảng 10, xét trong toàn mùa cạn, dòng chảy trung bình có xu thế tăng trong kịch bản RCP4.5, đối với kịch bản RCP8.5 dòng chảy trung bình mùa cạn so với thời kỳ cơ sở tăng đầu và giữa thế kỷ, nhưng cuối thế kỷ lại giảm. Nếu xét về tỉ lệ thì lượng dòng chảy trung bình năm tăng khoảng từ 5-16% dòng chảy trung bình mùa cạn thời kỳ nền và các tháng đầu và giữa mùa cạn dòng chảy trên sông vẫn chịu ảnh của mùa lũ nên lưu lượng dòng chảy vẫn tăng. Với thời kỳ kiệt nhất giữa mùa cạn thì dòng chảy có xu hướng giảm.

Bảng 10. Biến đổi dòng chảy mùa cạn theo các kịch bản BĐKH tại các tiểu lưu vực.

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền		Thời kỳ mô phỏng	
			1986-2005	2016-2035	2046-2065	2080-2099
1	Sông Đắc Ba	RCP4.5	7,60	7,80	8,10	8,40
		RCP8.5		8,10	7,90	7,50
2	Sông Tang	RCP4.5	17,8	18,9	18,9	19,6
		RCP8.5		19,0	18,5	17,6
3	Sông Đắc Drinh 1	RCP4.5	5,80	5,70	6,10	6,40
		RCP8.5		6,10	6,00	5,70
4	Sông Đắc Drinh 2	RCP4.5	10,5	10,2	11,0	11,5
		RCP8.5		11,0	10,8	10,4
5	Sông Trà Khúc 1	RCP4.5	11,4	12,1	12,0	12,6
		RCP8.5		12,0	11,7	11,2
6	Sông Trà Khúc 2	RCP4.5	11,5	11,6	11,9	12,6
		RCP8.5		11,9	11,6	11,1
7	Sông Trà Khúc 3	RCP4.5	2,10	2,05	2,22	2,32
		RCP8.5		2,23	2,18	2,09
8	Suối Đắc Xe Rack	RCP4.5	3,57	3,79	3,75	3,93

TT	Tiểu lưu vực	Kịch bản	Thời kỳ nền		Thời kỳ mô phỏng	
			1986-2005	2016-2035	2046-2065	2080-2099
9	Sông Đắc Lô 1	RCP8.5		3,74	3,65	3,50
		RCP4.5	5,76	6,10	6,00	6,30
		RCP8.5		6,00	5,80	5,50
10	Sông Đắc Lô 2	RCP4.5	7,7	7,70	8,10	8,50
		RCP8.5		8,10	7,90	7,60
11	Sông Đắc Rô Man	RCP4.5	4,53	4,50	4,75	4,99
		RCP8.5		4,76	4,64	4,41
12	Sông Đắc Tmeo	RCP4.5	5,40	5,50	5,70	5,90
		RCP8.5		5,70	5,50	5,30
13	Phụ lưu số 1	RCP4.5	2,34	2,41	2,47	2,56
		RCP8.5		2,48	2,41	2,29
14	Tổng	RCP4.5	96,0	98,3	101	106
		RCP8.5		101	98,6	94,2



Hình 10. Biến đổi dòng chảy mùa cạn tại lưu vực sông Trà Khúc theo kịch bản BĐKH.

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã thiết lập mô hình toán thủy văn MIKE NAM và đã được hiệu chỉnh và kiểm định tốt với hệ số NASH đạt yêu cầu cao, dao động từ 0,82-0,86 đảm bảo độ tin cậy để mô phỏng dòng chảy cho lưu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy, các kịch bản đã có những tác động đáng kể đến tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc. Ở cả 2 kịch bản đều cho thấy dòng chảy trung bình năm và mùa lũ đều tăng so với thời kỳ cơ sở, kết quả này cũng khá tương đồng với kết quả nghiên cứu [17]. Trong đó, kịch bản RCP4.5 dòng chảy trung bình mùa lũ tại tiểu lưu vực Suối Đắc Xe Rack ở đầu thế kỷ là tăng lớn nhất trên lưu vực 23,3%, trong kịch bản RCP8.5 dòng chảy trung bình mùa lũ tại tiểu lưu vực sông Trà Khúc 3 ở đầu thế kỷ là tăng lớn nhất trên lưu vực 23,9%. Dòng chảy trung bình mùa cạn có xu thế tăng trong kịch bản RCP4.5. Đối với kịch bản RCP8.5 dòng chảy trung bình mùa cạn tăng đầu và giữa thế kỷ, nhưng cuối thế kỷ lại giảm so với thời kỳ cơ sở. Tuy nhiên, trong cả 2 kịch bản dòng chảy trong thời kỳ kiệt nhất đều giảm so với thời kỳ cơ sở. Trong nghiên cứu này mới chỉ sử dụng mô hình thủy văn MIKE NAM để mô phỏng dòng chảy, điều này chưa đảm bảo được đầy đủ sự chính xác đối với tiểu lưu vực Trà Khúc 4, do dòng chảy tại cửa ra của tiểu lưu vực này chịu ảnh hưởng của thủy triều. Vì vậy, để nâng cao kết quả nghiên cứu thì trong nghiên cứu tiếp theo nhóm tác giả sử dụng kết hợp mô hình MIKE NAM VÀ MIKE 11 để mô phỏng dòng chảy.

Việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên lưu vực sông Trà Khúc, là một trong những cơ sở hỗ trợ cho công tác quản lý, định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự giúp đỡ của Viện Khoa học Tài nguyên nước, đơn vị chủ trì thực hiện dự án “Đánh giá sức chịu tải các sông liên tỉnh thuộc lưu vực sông Trà Khúc và đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường nước phục vụ phát triển kinh tế - xã hội bền vững, và đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí và phương pháp đánh giá tổng hợp lợi ích và tác hại của lũ đến hệ thống tự nhiên và kinh tế - xã hội trên lưu sông” mã số TNTM.2023.562.02.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Xuân, T.T.; Thục, T.; Tuyền, H.M. Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước Việt Nam. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội. 2011.
2. Thường, L.Đ. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Ba. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2013**, 626, 28–34.
3. Ngọc, N.T.B.; Tình, T.V.; Anh, N.T.L. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên hệ thống sông Lại Giang, tỉnh Bình Định. *Tap chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* **2022**, 42, 76–89.
4. Tùng, N.B.; Đức, Đ.Đ.; Anh, T.N.; Thủy, N.H.; Nhung, Đ.T.H.; Nhung, P.T.H.; Cường, V.M. Đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa Nước Trong đến hạ lưu sông Trà Khúc trong trường hợp khẩn cấp. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 741, 85–97.
5. Nga, N.T. Đánh giá tài nguyên nước lưu vực sông Trà Khúc, sông Vệ dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Luận văn thạc sỹ, Trường đại học khoa học tự nhiên, Hà Nội, 2015.
6. Thái, T.H.; Thục, T. Impacts of climate change on the flow in Hong - Thai Binh and Đồng Nai river basins. *VNU J. Sci. Earth Sci.* **2011**, 27, 98–106.
7. Hương, H.T.L. Kết quả nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Ba. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2013**, 13, 71–79.
8. Minh, N.H.; Vân, T.T.; Vinh, L.T.; Thái, T.H. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Lô. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2015**, 651, 3–8.
9. Hoàng, N.Đ. Ứng dụng mô hình MIKE NAM đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Kon Plong. *Tap chí Khoa học Biến đổi khí hậu* **2019**, 11, 60–66.
10. Quyên, N.T.N.; Âu, N.T.T.; Kiều, Đ.T.T.; Bảo, H.Đ.; Lắng, T.T.; Lợi, N.K. Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước và đất lưu vực sông Srepok, Sách chuyên khảo, Lao động - Xã hội, 2020.
11. Thái, T.H.; Hương, T.T.M.; Hương, Đ.T.; Trang, P.T.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước tỉnh Thái Nguyên. Hội thảo quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu, 2012, 89–95.
12. Tuyên, N.K. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước mặt tỉnh Quảng Ngãi. Luận văn thạc sỹ, Trường đại học Thủy lợi, Hà Nội, 2013.
13. Biên, N.L. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước tỉnh Hà Giang và đề xuất giải pháp ứng phó. Luận văn thạc sỹ ngành Khoa học Môi trường, Trường đại học khoa học tự nhiên, Hà Nội, 2022, tr. 2.
14. Khánh, N.V.; Thục, T. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến dòng chảy hồ A Vương. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 700, 23–33.
15. Hiền, T.T.H. Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến tình hình ngập lụt hạ lưu sông Trà Khúc - Vệ. Luận văn thạc sỹ, Đại học Quốc Gia Hà Nội, Việt Nam, 2020, tr. 97.

16. Nam, N.A.; Anh, T.N.; Chiền, Đ.Đ.; Tài, N.Q. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tình hình ngập lụt hạ lưu sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 704, 77–86.
17. Quang, N.T.; Đạt, L.Đ. Ứng dụng mô hình Swat đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 667, 15–20.
18. Trí, Đ.Q.; Nga, P.T. Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ tích hợp dự báo lũ, cảnh báo ngập lụt cho 03 lưu vực sông: Thạch hãn, Vu Gia - Thu Bồn và Trà Khúc - Vệ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 736, 93–110.
19. Hương, H.T.L.; Hiền, N.X.; Thủy, N.T.; Hằng, V.T.; Công, N.T. Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt khu vực Trung Trung Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 717, 1–10.
20. Chanh, B.V.; Anh, T.N. Tích hợp bộ mô hình dự báo thủy văn lưu vực sông Trà Khúc. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN* **2016**, 32(3S), 20–25.
21. Thái, T.H.; Trí, Đ.Q.; Tuyên, T.Đ.T.; Tâm, N.T.; Dịu, B.T. Áp dụng mô hình MIKE SHE kết hợp sử dụng sản phẩm mưa dự báo IFS dự báo lưu lượng đến hồ lưu vực sông Trà Khúc - Vệ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 697, 1–12.
22. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội. 2016.
23. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội. 2020.
24. Viện Khoa học Tài nguyên nước. Nhiệm vụ lập quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Trà Khúc thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội, 2020.
25. Xuân, T.T.; Tuyên, H.M.; Thục, T.; Thái, T.H.; Dũng, N.K. Tài nguyên nước các hệ thống sông chính Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2012.
26. DHI. MIKE 11 Reference Manual, DHI Software, 2014.

Assessment of climate change impacts on the Tra Khuc basin water resources in Quang Ngai province

Nguyen Thi Bich Ngoc¹, Tran Van Tinh^{1*}, Vu Duy Hung², Tran Thi Tu¹

¹ Hanoi University of Natural and Environment; ntbngoc@hunre.edu.vn; tvtinh@hunre.edu.vn; tttu.kttv@hunre.edu.vn

² Student at the Faculty of Water Resources, Hanoi University of Natural and Environment; vuhung0378870943@gmail.com

Abstract: Climate change has direct and indirect impacts on water resources. This paper applied the MIKE NAM model to assess the impacts of climate change on water resources in the Tra Khuc river basin based on two climate change scenarios RCP4.5 and RCP 8.5 of the Ministry of Natural Resources and Environment published 2020 replacing 2016. The parameters of the MIKE NAM model are calibrated by the data series from 1986 to 2004 and validated from 2005 to 2019 at the Son Giang hydrological station. The results of the paper show that in both scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5, annual flow, flood season flow and dry season flow in Tra Khuc river basin almost increase compared to the baseline period. Only the average dry season flow at the end of the century in the RCP8.5 scenario tended to decrease compared to the baseline period. However, during the driest period in the middle of the dry season flow decreases. The research results can be referenced to support the management, orientation of exploitation and sustainable development of water resources in Tra Khuc river basin.

Keywords: Water resources; Tra Khuc basin; Climate change; MIKE NAM.