

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY TRÊN HỆ THỐNG SÔNG LẠI GIANG, TỈNH BÌNH ĐỊNH

Nguyễn Thị Bích Ngọc¹, Trần Văn Tình¹, Nguyễn Thị Lan Anh²

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Công ty cổ phần Môi trường và Đô thị Hà Nam

Tóm tắt

Biến đổi khí hậu là một trong những thách thức lớn nhất của nhân loại trong thế kỷ XXI. Bài báo tập trung vào ứng dụng phương pháp mô hình toán, sử dụng mô hình MIKE NAM và MIKE 11 để đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến dòng chảy sông Lại Giang dựa trên 2 kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5 của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2016. Kết quả bài báo thể hiện dòng chảy trung bình năm, dòng chảy trung bình mùa lũ trên sông Lại Giang có xu hướng tăng so với thời kỳ nền. Trạm An Hòa có xu hướng tăng rõ rệt hơn so với trạm Bồng Sơn.

Từ khóa: Dòng chảy; Lại Giang; Biến đổi khí hậu; MIKE NAM; MIKE 11.

Abstract

Assessment of climate change impacts on the Lai Giang river flow in Binh Dinh province

Climate change is one of the biggest challenges facing humanity in the 21st century. This study aims to apply MIKE NAM and MIKE 11 models to assess the impact of climate change on the Lai Giang river flow based on two climate change scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 generated by the Ministry of Natural Resources and Environment in 2016. The results showed that the average annual flow, the average flow in flood season on Lai Giang river tends to increase compared with the period 1986 - 2005. The river flow at An Hoa station tends to increase significantly than that of Bong Son station.

Keywords: Flow; Lai Giang; Climate Change; MIKE NAM; MIKE 11.

1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã, đang và sẽ tác động không nhỏ đến tự nhiên, xã hội và đến tất cả các sinh vật trên trái đất,... Nó làm thay đổi sự phân phối lượng mưa, bốc hơi theo không gian và thời gian kết hợp với nước biển dâng tác động nhất định đến đặc điểm tài nguyên nước, ảnh hưởng đến việc khai thác và sử dụng nước, làm gia tăng các nguy cơ tai biến thiên tai liên quan đến nước. BĐKH ảnh hưởng trên phạm vi toàn cầu, thay đổi dòng chảy của sông và khiến lũ lụt càng

trở nên tồi tệ và hạn hán ngày càng trở nên khốc liệt hơn [10].

Theo báo cáo chỉ số rủi ro khí hậu toàn cầu do Tổ chức phi chính phủ về môi trường Germanwatch (Đức) công bố vào tháng 1 năm 2021, Việt Nam đứng ở vị thứ 13 trong số các nước có nền kinh tế chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi BĐKH trong giai đoạn từ năm 2000 - 2019. Ở Việt Nam, trong khoảng 50 năm qua, nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng 0,5 đến 0,7 °C, mực nước biển đã dâng khoảng 20 cm. Hiện tượng El-Nino, La-Nina ngày

càng tác động mạnh mẽ đến Việt Nam. BĐKH đã làm cho thiên tai, đặc biệt là bão, lũ, hạn hán ngày càng nghiêm trọng. Nhiệt độ trung bình ở Việt Nam có thể tăng lên 3 °C và mực nước biển có thể dâng lên 1 m vào năm 2100 [3].

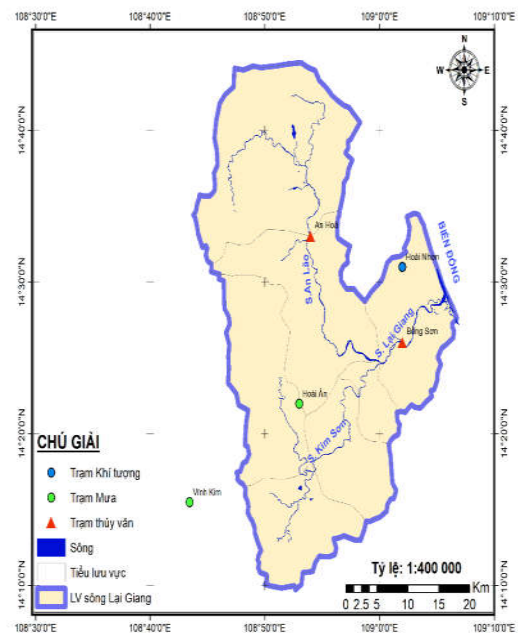
Nằm ở khu vực miền Trung của Việt Nam, sông Lại Giang là sông lớn thứ hai của tỉnh Bình Định. Sông có vai trò quan trọng trong việc cung cấp nguồn nước cho các hoạt động sản xuất và sinh hoạt cho người dân trong tỉnh [2, 4]. Trong những năm gần đây, tác động của BĐKH khiến thiên tai diễn biến ngày càng bất thường và cực đoan gây thiệt hại lớn về người, tài sản, cơ sở hạ tầng, ảnh hưởng nghiêm trọng đến kinh tế - xã hội và đời sống người dân trong khu vực [2].

Phát triển và ứng dụng mô hình toán trong đánh giá và quản lý tài nguyên nước nói chung được chú ý tập trung phát triển trong nhiều thập kỷ qua. Rất nhiều mô hình toán đã được phát triển trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước với phạm vi ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới như mô hình thủy văn HEC - HMS, SWAT, MIKE NAM,... và mô hình thủy lực HEC - RAS, MIKE 11, SOBEK,...[1, 4, 5, 8, 9]. Trong đó, sự kết hợp mô hình MIKE NAM và MIKE 11 đã được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu. Điều kiện áp dụng hình MIKE NAM mô phỏng tốt ở những lưu vực không quá rộng, có độ dốc địa hình cao khá phù hợp với các lưu vực nhỏ và trung bình ở nước ta.

Tại Việt Nam, đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 để đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy [4, 5, 7, 8]. Với đặc điểm tự nhiên của lưu vực sông Lại Giang, việc áp dụng mô hình MIKE NAM, MIKE

11 để mô phỏng tính toán dòng chảy ở một số nghiên cứu [4, 6], nhưng chưa có nghiên cứu nào đánh giá BĐKH đến dòng chảy trên lưu vực. Như vậy, việc sử dụng kết hợp các mô hình này để đánh giá tác động của BĐKH đến chế độ dòng chảy là khá phù hợp và rất cần thiết. Bài báo này tập trung ứng dụng mô hình MIKE NAM nghiên cứu bài toán mưa - dòng chảy dưới tác động của BĐKH. Kết quả của mô hình MIKE NAM là cơ sở đầu vào cho mô hình 1 chiều MIKE 11 phục vụ đánh giá ảnh hưởng của BĐKH dòng chảy trên hệ thống sông Lại Giang, tỉnh Bình Định.

2. Khu vực nghiên cứu



Hình 1: Bản đồ lưu vực, mạng lưới sông và trạm khí tượng, thủy văn trên lưu vực Lại Giang

Sông Lại Giang có vị trí địa lý nằm trong khoảng 14°30' tới 14°40' vĩ độ Bắc và 108°50' tới 108°60' kinh độ Đông nằm bên sườn phía Đông của dãy Trường Sơn trải dài đến Biển Đông thuộc tỉnh Bình Định (Hình 1). Phía Đông giáp với: Biển Đông, lưu vực sông Xương; Phía Tây

Nghiên cứu

giáp với huyện Vĩnh Thạnh, lưu vực sông Côn. Phía Nam giáp với huyện Phù Mỹ, La Tinh và sông Châu Trúc. Phía Bắc giáp với tỉnh Quảng Ngãi, lưu vực Sông Vệ. Diện tích toàn lưu vực khoảng 1.269 km².

Lưu vực sông Lại Giang có địa hình phức tạp, sông ngắn và dốc. Hướng dốc chủ yếu từ Tây sang Đông có thung lũng xen kẽ tạo thành các lưu vực sông, suối riêng biệt [2]. Lưu vực thường xuyên chịu tác động của các hiện tượng cực đoan: Bão và áp thấp nhiệt đới, gió mùa Đông bắc, gió Tây nam, đông,...

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 % lượng dòng chảy cả năm, lượng dòng chảy 9 tháng mùa cạn chiếm chưa đến 1/3 lượng dòng chảy cả năm [2, 4].

3. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Số liệu

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

- Bản đồ số độ cao DEM 30 × 30 m, Các lớp dữ liệu bản đồ: Ranh giới, mạng lưới sông suối;

- Số liệu mặt cắt: Tổng số có 19 mặt cắt ngang trên 3 sông chính An Lão, sông Kim Sơn, sông Lại Giang;

- Số liệu khí tượng, thủy văn (Bảng 1): Lượng mưa ngày các trạm An Hòa, Bồng Sơn, Hoài Nhơn, Hoài Ân; Lượng bốc hơi ngày trạm Hoài Nhơn, lưu lượng dòng chảy trung bình ngày trạm An Hòa và mực nước trung bình ngày trạm Bồng Sơn, trạm Quy Nhơn;

- Kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam (2016) [3] được áp dụng trong nghiên cứu để thiết lập các kịch bản tính toán.

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

STT	Tên trạm	Sông	Yếu tố				Ghi chú
			H	Q	X	Z	
1	An Hòa	An Lão	x	x	x		Trạm TV cấp 1
2	Bồng Sơn	Lại Giang	x		x		Trạm TV cấp 3
3	Hoài Nhơn				x	x	Trạm khí tượng
4	Hoài Ân				x		Đo mưa
5	Vĩnh Kim				x		Đo mưa
6	Quy Nhơn		x				Trạm hải văn

Trong đó: H - Mực nước trung bình ngày (m); Q - Lưu lượng trung bình ngày (m³/s), X - lượng mưa ngày (mm); Z - bốc hơi ngày (mm).

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 để mô phỏng tính toán dòng chảy cho lưu vực sông Lại Giang phục vụ đánh giá tác động BĐKH cho dòng chảy trên hệ thống 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 (2016).

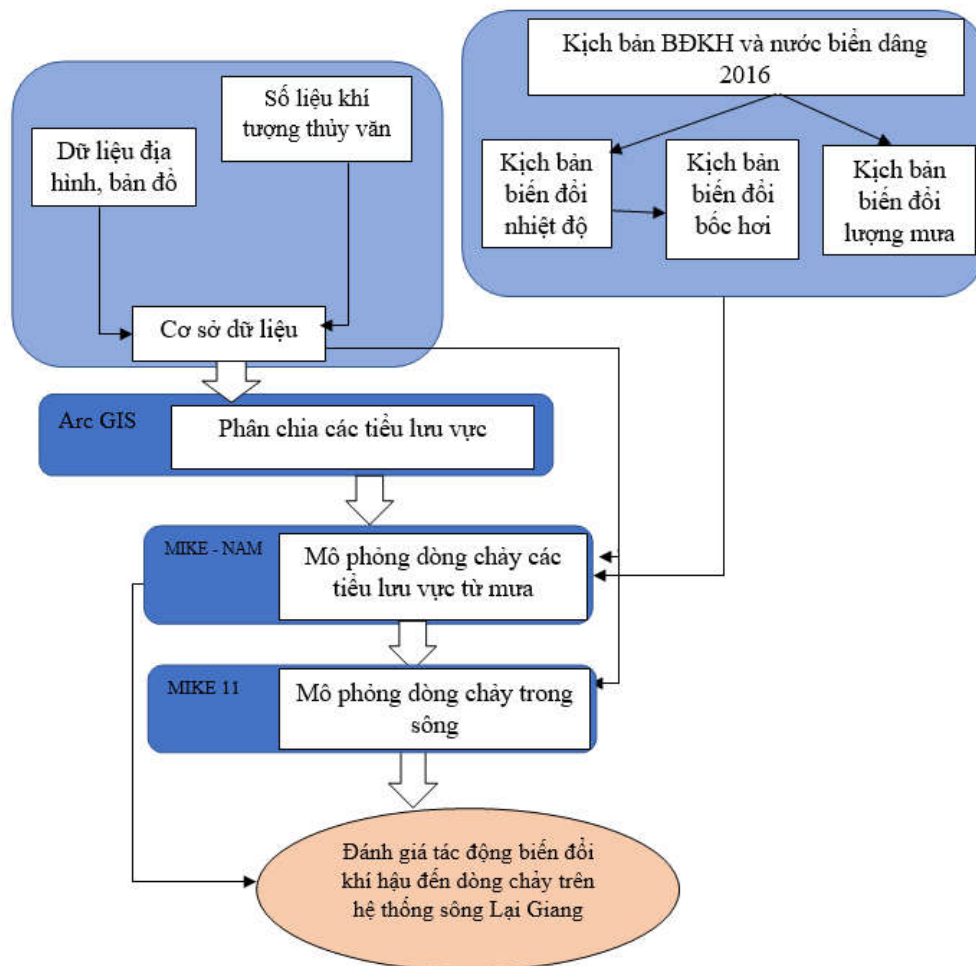
3.2.1. Mô hình MIKE NAM

Mô hình NAM được xây dựng tại Khoa Thủy văn, Viện Kỹ thuật Thủy động lực và Thủy lực thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch năm 1982. NAM là chữ viết tắt

có nghĩa là mô hình mưa rào dòng chảy. Mô hình NAM với nguyên lý dùng hàm phi tuyến để mô tả dòng chảy vào sông, mô hình thường được sử dụng để dự báo lũ do mưa rào hoặc tuyết tan. 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.

3.2.2. Mô hình thủy lực MIKE 11 HD



Hình 2: Sơ đồ đánh giá tác động khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Lai Giang

MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng mô phỏng lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở trên sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác MIKE 11 là mô hình động lực một chiều, mô đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trung tâm của

hệ thống mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các mô đun bao gồm tính toán, dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô đun vận chuyển bùn cát. Mô đun MIKE 11 HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động

Nghiên cứu

lượng. Phương trình cơ bản của mô hình để tính toán cho trường hợp dòng không ổn định là phương trình liên tục và phương trình động lượng (hệ phương trình Saint - Venant).

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (1)$$

- Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

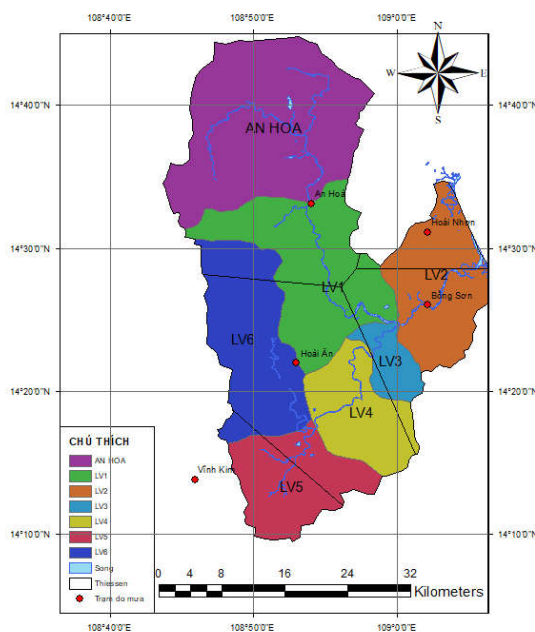
Trong đó: Q- Lưu lượng (m³/s); A- Diện tích mặt cắt (m²); q- Lưu lượng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dọc sông (m³/s); C- Hệ số Chezy; α- Hệ số động lượng; R- Bán kính thủy lực (m); h - Mực nước ở thời đoạn tính toán (m); t - Thời gian tính toán (s); g- Gia tốc trọng trường, g = 9,81 m/s².

4. Thiết lập bộ mô hình toán mô phỏng dòng chảy sông Lại Giang

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

Ứng dụng công nghệ GIS tiến hành khoanh lưu vực và phân chia các tiểu lưu

vực bộ phận lưu vực sông Lại Giang từ bản đồ số độ cao DEM. Toàn bộ lưu vực sông Lại Giang được chia thành 7 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 Lại Giang để tính trọng số mưa cho các lưu vực bộ phận bằng phương pháp đa giác Thiessen 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 lưu vực bộ phận được kết quả như Hình 3 và Bảng 2 sau:



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

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

Tiểu lưu vực	Diện tích (km ²)	Trọng số ảnh hưởng các trạm đo mưa				
		Hoài Nhon	An Hòa	Bồng Sơn	Vĩnh Kim	Hoài Ân
LV1	285.265	0,30	0,42	0,2	0	0,08
LV2	200.682	0,37	0	0,63	0	0
LV3	36.8772	0	0	0,87	0	0,13
LV4	150.462	0	0	0,07	0	0,93
LV5	167.074	0	0	0	0,49	0,51
LV6	228.394	0,33	0,30	0	0,33	0,34
An Hòa	383	0	1	0	0	0

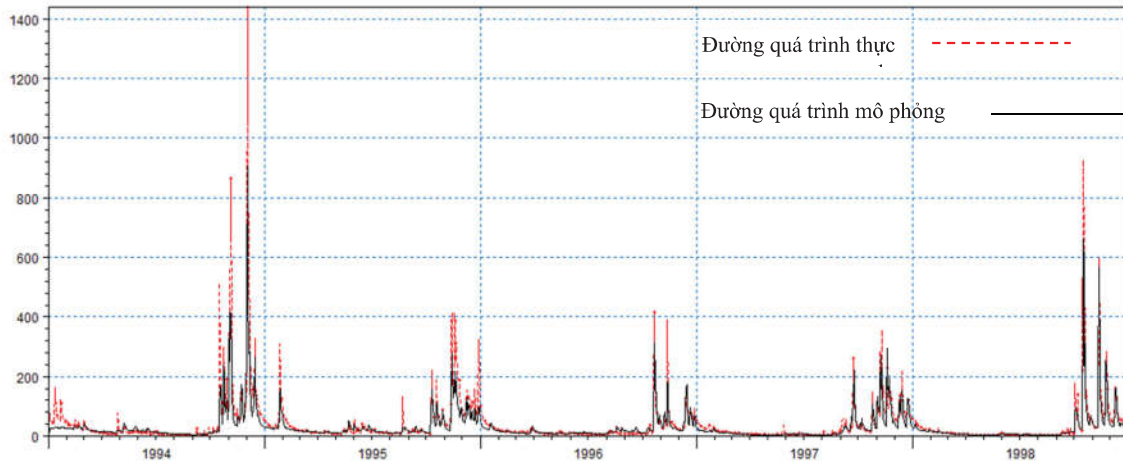
4.2. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE NAM

Mô hình MIKE NAM được thiết lập nhằm xác định lượng dòng chảy đầu vào và dòng chảy khu giữa cho mô hình thủy lực MIKE 11. Dựa vào số liệu thu thập và sử dụng 2 khoảng thời gian để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình là từ năm 1994 - 1998 (hiệu chỉnh) và từ năm 1999 - 2000 (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 An Hòa được sử dụng làm trạm

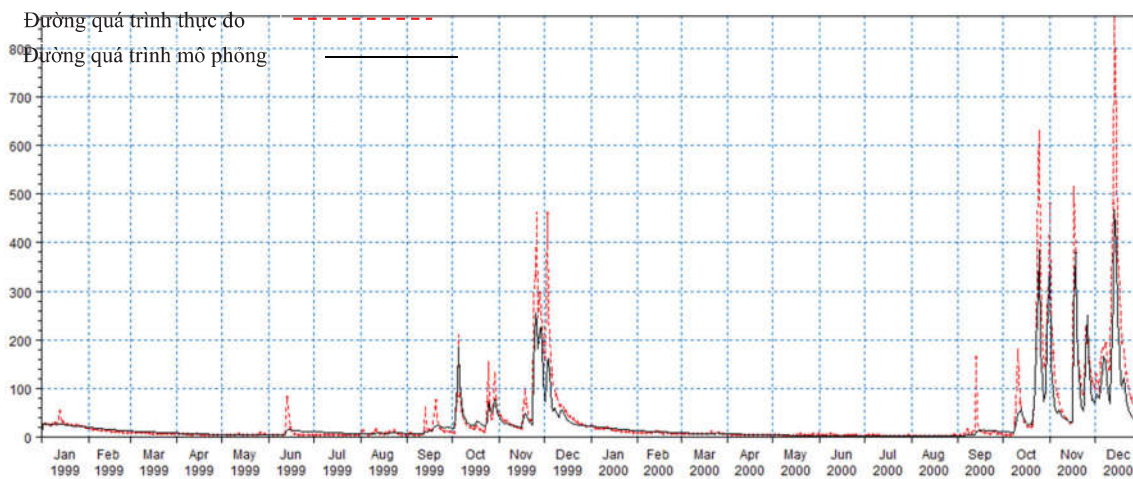
kiểm tra và xác định bộ thông số mô hình vì đây là trạm duy nhất có đo lưu lượng dòng chảy trong nhiều năm của lưu vực này. Việc đánh giá tính phù hợp giữa kết quả tính toán và giá trị thực đo thông qua chỉ số NASH và sai số tổng lượng, chỉ số NASH được tính dưới dạng công thức:

$$NASH=1-\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{tt}-Q_{td})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{td}-\bar{Q}_{td})^2} \quad (3)$$

Trong đó: Q_{tt} : Lưu lượng lũ tính toán;
 Q_{td} : Lưu lượng lũ thực đo; \bar{Q}_{td} : Lưu lượng lũ thực đo trung bình.



Hình 4: Đường quá trình dòng chảy thực đo và mô phỏng - giai đoạn hiệu chỉnh tại trạm thủy văn An Hòa



Hình 5: Đường quá trình dòng chảy thực đo và mô phỏng - giai đoạn kiểm định tại trạm thủy văn An Hòa

Nghiên cứu

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 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 tương đối bám sát nhau về cả pha

dao động. Trong thời kỳ mùa lũ, đỉnh lũ 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 tương đối tốt, đều trên 0,75. 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.

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	Chuỗi mô phỏng	NASH
An Hòa	1994 - 1998	0,77	1999 - 2000	0,75

Như vậy, thông qua hai bước hiệu chỉnh và kiểm định, nghiên cứu đã xác định được bộ thông số tối ưu cho lưu vực Lại Giang.

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

Bộ thông số	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TG	CKBF
Giá trị	12,2	271	0,8	554	29,2	0,053	1500

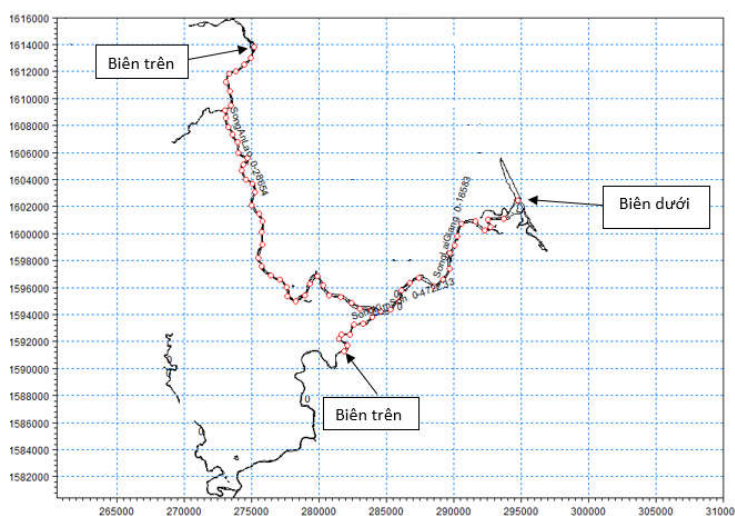
4.3. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE 11 HD

Mạng lưới sông nghiên cứu được số hoá trong mô hình gồm 3 nhánh sông: An Lão, Kim Sơn và Lại Giang (Bảng 5). Do sông Lại Giang hiện nay

chưa có nhiều nghiên cứu nên số lượng mặt cắt các sông còn rất hạn chế tổng số mặt cắt sử dụng là 19 mặt cắt nhưng mặt cắt bao phủ toàn bộ khu vực nghiên cứu với tổng chiều dài sông là gần 50 km (Hình 6).

Bảng 5. Chiều dài, mặt cắt sông Lại Giang

Tên sông	Vị trí	Chiều dài (km)	Số lượng mặt cắt
An Lão	Từ trạm An Hòa đến nhập lưu sông Lại Giang	28,65	9
Kim Sơn	Cửa ra tiểu lưu vực 4 đến nhập lưu sông Lại Giang	4,72	4
Lại Giang	Nhập lưu đến	16,58	8

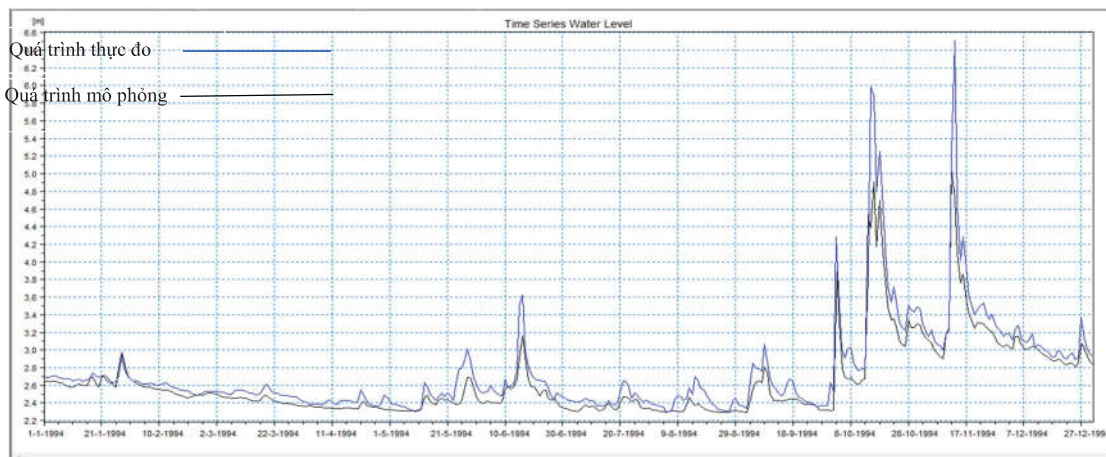


Hình 6: Mạng thủy lực sông Lại Giang số hoá trong mô hình MIKE 11 HD

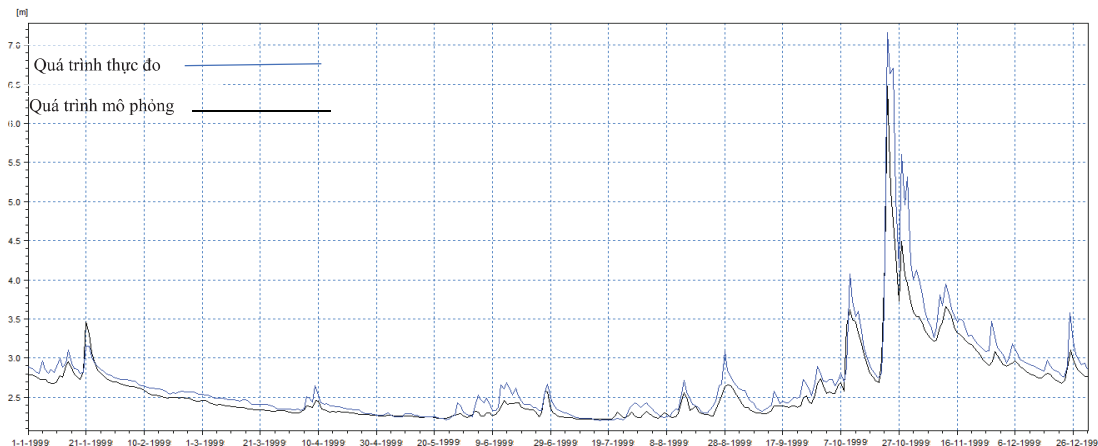
Trong mô hình thủy lực này biên trên và biên nhập lưu khu giữa được tính toán thông qua mô hình thủy văn MIKE NAM, biên dưới là quá trình mực nước triều thực đo tại trạm Quy Nhơn có cùng thời gian. Thời gian dùng để hiệu chỉnh mô hình năm 1994 và kiểm định 1999 xác định bộ thông số nhám của sông trong mô hình MIKE 11. Trạm thủy văn Bồng Sơn sẽ được sử dụng làm nút kiểm tra nhằm dò tìm bộ thông số tối ưu cho mô hình và tính hệ số NASH, hệ số tương quan để đánh giá độ tin cậy của mô hình.

Đường quá trình mô phỏng và quá trình thực đo khá tương đồng. Ở thời kỳ mùa cạn, giữa chân đường quá trình mô

phỏng và thực đo khá tốt cả về xu hướng và giá trị. Thời kỳ mùa lũ, đỉnh lũ quá trình thực đo và quá trình mô phỏng tương đối tốt. Thời gian xuất hiện đỉnh lũ giữa quá trình thực đo và quá trình mô phỏng tương đối tốt. Bên cạnh đó, kết quả đánh giá chỉ tiêu NASH và hệ số tương quan đều trên 0,79. Mặc dù vẫn còn có những sai số trong mô phỏng trong điều kiện lưu vực thiếu số liệu quan trắc thì việc dự báo đúng đỉnh lũ đóng vai trò khá quan trọng do đó các kết quả trên có thể chấp nhận được để nghiên cứu dự báo. Như vậy, qua quá trình dò tìm thông số tối ưu cho mô hình MIKE 11, nghiên cứu đã xác định được thông số nhám (manning) cho đoạn sông hạ lưu sông Lại Giang dao động từ 0,022 - 0,031.



Hình 7: Quá trình thực đo và mô phỏng trạm Bồng Sơn hiệu chỉnh năm 1994



Hình 8: Quá trình thực đo và mô phỏng trạm Bồng Sơn kiểm định năm 1999

Nghiên cứu

Bảng 6. Thống kê kết quả đánh giá sai số hiệu chỉnh và kiểm định MIKE 11 năm 1994 và 1999 tại trạm thủy văn Bồng Sơn

Các yếu tố	Hiệu chỉnh	Kiểm định
NASH	0,79	0,81
Hệ số tương quan	0,83	0,86

5. Đánh giá biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên sông Lại Giang

5.1. 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 2016

Bảng 7. Biến đổi nhiệt độ (°C) trung bình qua các thời kỳ 2016 - 2045 và thời kỳ 2046 - 2065

Thời kỳ	RCP 4.5				RCP 8.5			
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
2016 - 2045	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
2046 - 2065	1,3	1,6	1,4	1,3	1,8	2,0	1,8	1,7

Theo Bảng 7, ở cả 2 kịch bản RCP 4.5, RCP 8.5 thời kì năm 2016 - 2045 nhiệt độ trung bình đều tăng ổn định ở các mùa trong năm. Thời kì năm 2046 - 2065 nhiệt độ trung bình cao nhất là mùa Hè, tiếp theo là mùa Thu. Kịch bản RCP 8.5 nhiệt độ trung bình tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP 4.5.

Để tính 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:

Bảng 8. Tỷ lệ thay đổi bốc hơi tiềm năng (%) so với thời kì cơ sở qua các thời kỳ 2016 - 2045 và thời kỳ 2046 - 2065

Thời kỳ	RCP 4.5				RCP 8.5			
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
2016 - 2045	2,0	2,9	1,5	1,5	1,6	2,1	3,1	1,6
2046 - 2065	2,0	2,7	4,4	2,1	2,4	3,4	4,7	2,3

5.1.2. Lượng mưa

Theo kịch bản BĐKH và nước biển dâng xác định tỉ lệ biến đổi lượng mưa

[3] của Bộ Tài nguyên và Môi trường biến đổi nhiệt độ, lượng mưa, nước biển dâng thời kỳ 2016 - 2035 và 2046 - 2065 tại tỉnh Bình Định từ đó xác định bốc hơi, lượng mưa làm đầu vào mô phỏng trong MIKE NAM và MIKE 11 đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến trong các thời kỳ BĐKH.

5.1.1. Nhiệt độ và bốc hơi

Kết quả biến đổi của nhiệt độ (°C) trung bình qua các thời kì 2016 - 2035 và thời kì 2046 - 2065 theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 so với thời kỳ cơ sở 1986 - 2005 được dẫn ra trong Bảng 7.

$$E_o = 16 \cdot L_a \left(\frac{10\bar{T}}{I} \right)^a ; I = \left(\frac{\bar{T}}{5} \right)^{1,514} \quad (4)$$

Trong đó: E_o - Bốc hơi (mm); L_a - Hệ số hiệu chỉnh số trong ngày sáng và số ngày trong tháng phụ thuộc vĩ độ; I - Tổng số 12 giá trị hàng tháng của chỉ số nhiệt độ; \bar{T} - Nhiệt độ trung bình hàng tháng; a - Hằng số thay đổi theo địa phương.

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

Kết quả tỷ lệ thay đổi bốc hơi tiềm năng qua các thời kì theo 2 kịch bản được thể hiện trong Bảng 8.

(%) trung bình qua các thời kì 2016 - 2035 và thời kì 2046 - 2065 theo 2 kịch bản so với thời kỳ cơ sở thể hiện như sau:

Bảng 9. Tỷ lệ biến đổi lượng mưa (%) so với thời kỳ cơ sở qua các thời kỳ 2016 - 2045 và thời kỳ 2046 - 2065

Thời kỳ	RCP 4.5				RCP 8.5			
	Xuân	Hè	Thu	Đông	Xuân	Hè	Thu	Đông
2016 - 2045	10,4	1,5	19,0	5,3	2,9	26,1	18,2	1,2
2046 - 2065	-2,9	-4,3	27,9	12,6	-8,9	5,2	24,5	11,8

Kịch bản RCP 4.5, lượng mưa trung bình trong giai đoạn 2016 - 2045 lượng mưa tăng cao nhất là mùa thu tăng khoảng 19 % và thấp nhất là mùa hè tăng 1,5 %. Trong giai đoạn 2046 - 2065 lượng mưa giảm ở mùa Xuân (2,9 %) và mùa Hè (4,3 %) còn tăng lên cao ở mùa Thu khoảng 27,9 %. Kịch bản RCP 8.5, lượng mưa thời kỳ 2016 - 2045 tăng cao nhất là mùa Hè tăng khoảng 26 % và thấp nhất là mùa Đông tăng 1,2 %. Thời kỳ 2046 - 2065 lượng mưa mùa Xuân giảm 8,9 % và tăng lên vào mùa Thu khoảng 24 %.

5.2. Kết quả đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên sông Lại Giang

5.2.1. 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 trạm An Hòa và trạm Bồng Sơn. Tại trạm Bồng Sơn trong thời kỳ nền chỉ có mực nước thực đo, nên lưu lượng nước của trạm Bồng Sơn được tính toán từ mô hình MIKE NAM kết hợp với mô hình MIKE 11. Cụ thể:

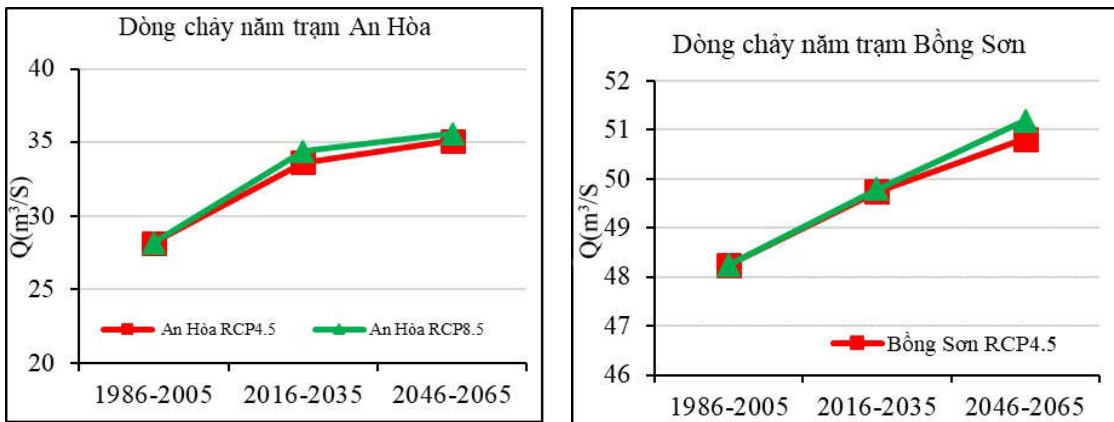
Trạm An Hòa, kết quả dự tính dòng chảy trung bình nhiều năm giai đoạn thời kỳ nền đạt 28,16 m³/s. Tuy nhiên với kịch bản BĐKH dòng chảy trung bình nhiều năm có xu hướng tăng rõ rệt cụ thể: Kịch bản RCP 4.5 giai đoạn 2016 - 2045 dòng chảy trung bình 33,63 m³/s; giai đoạn 2046 - 2065 dòng chảy đạt 35,14 m³/s. Trong khi kịch bản RCP 8.5 các giai đoạn 2016 - 2045 và 2045 - 2065 dòng chảy trung bình lần lượt là 34,4 m³/s và 35,62 m³/s.

Bảng 10. Biến đổi dòng chảy năm theo các kịch bản BĐKH tại trạm An Hòa và Bồng Sơn

TT	Tên trạm	Đơn vị	Thời kỳ cơ sở	RCP 4.5		RCP 8.5	
			1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065	2016 - 2035	2046 - 2065
1	An Hòa	Q (m ³ /s)	28,16	33,63	35,14	34,4	35,62
		%	100	119,42	124,79	122,16	126,49
2	Bồng Sơn	Q (m ³ /s)	48,25	49,74	50,82	49,79	51,19
		%	100	103,09	105,33	103,19	104,02

Trạm Bồng Sơn, kết quả dự tính dòng chảy trung bình nhiều năm giai đoạn thời kỳ nền từ năm 1986 - 2005 đạt 48,25 m³/s. Tuy nhiên, dòng chảy trung bình nhiều năm có xu hướng tăng cụ thể kịch bản RCP 4.5 giai đoạn 2016 -

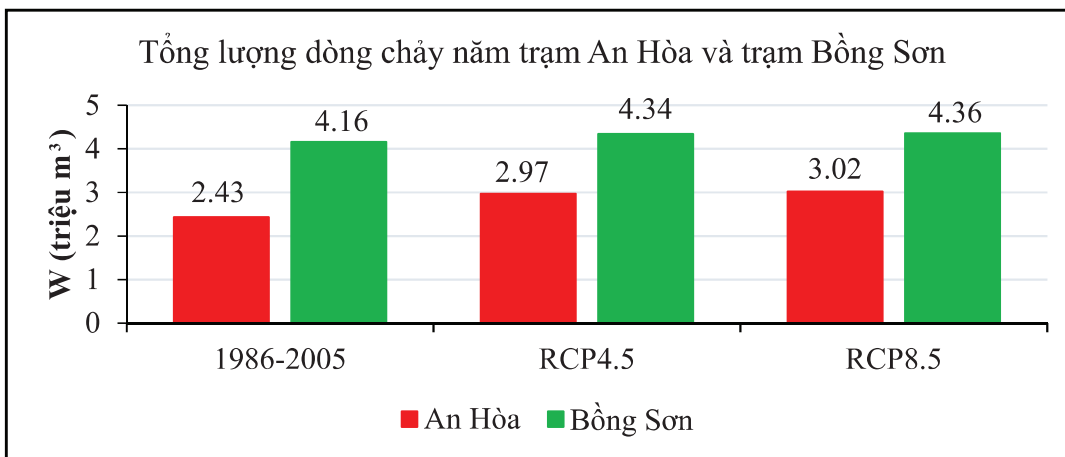
2045 dòng chảy trung bình 49,74 m³/s; giai đoạn 2046 - 2065 dòng chảy đạt 50,82 m³/s. Trong khi kịch bản RCP 8.5 các giai đoạn 2016 - 2045 và 2045 - 2065 dòng chảy trung bình lần lượt là 49,8 m³/s và 51,19 m³/s.



Hình 9: Biến đổi dòng chảy năm tại trạm An Hòa và Bồng Sơn theo kịch bản BĐKH

Kết quả tính toán trên Hình 9 cho thấy, dòng chảy năm trung bình tại các trạm đều có xu hướng tăng ở tất cả các thời kỳ ở cả hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5, Trạm An Hòa có lưu lượng dòng chảy trung bình năm tăng nhiều hơn trạm Bồng Sơn. So với thời kỳ cơ sở mức tăng từ 3,09 % đến 5,33 % tương

ứng với mức tăng lưu lượng từ 1,49 đến 2,94 m³/s ở trạm Bồng Sơn và trạm An Hòa dòng chảy năm tăng trung bình các thời kỳ 19,42 % đến 26,49 % tương ứng mức tăng lưu lượng là 5,47 đến 7,56 m³/s. Trong đó, lưu lượng dòng chảy năm tăng nhiều nhất tại trạm An Hòa thời kỳ 2046 - 2065 ở kịch bản RCP 8.5.



Hình 10: Tổng lượng dòng chảy tại các trạm theo kịch bản BĐKH so với thời kỳ cơ sở

Tương tự, tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực tính đến các trạm theo các kịch bản có xu thế tăng giữa các kịch bản. Đối với kịch bản RCP 4.5 trạm An Hòa có tổng lượng dòng chảy đạt $2,97.10^6$ m³, trạm Bồng Sơn có tổng lượng dòng chảy đạt $4,34.10^6$ m³. Đối với kịch bản RCP 8.5 trạm An Hòa là $3,02.10^6$ m³ còn trạm Bồng Sơn là $4,36.10^6$ m³ (Hình 10).

5.2.2. Dòng chảy mùa lũ

Mùa lũ trên sông Lại Giang kéo dài 4 tháng, thường bắt đầu vào tháng IX và kết thúc vào tháng XII. Lũ lớn thường xảy ra vào tháng X và XI và tổng lượng dòng chảy các tháng mùa lũ chiếm khoảng 75 % đến 80 % lượng dòng chảy năm. Qua bảng cho thấy dòng chảy trung bình mùa lũ tại 2 trạm trên lưu vực sông Lại Giang

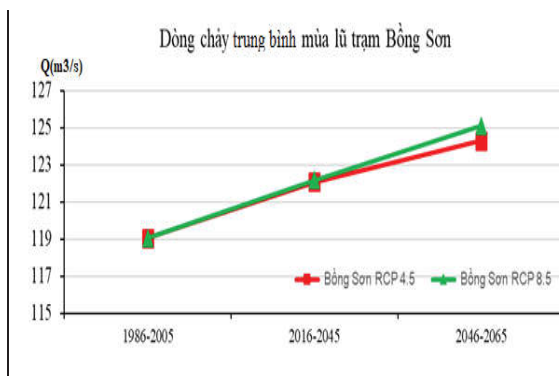
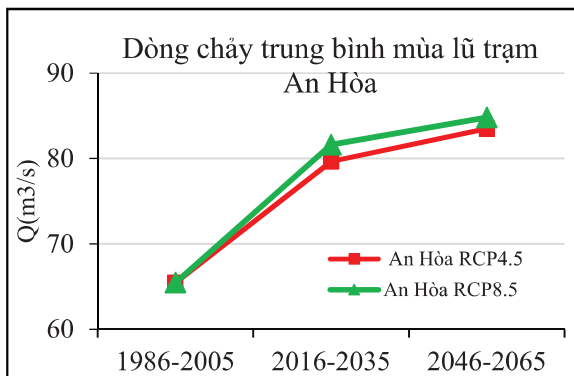
đều tăng nhưng không đều giữa các thời kỳ. Kịch bản RCP 8.5 tăng nhiều hơn so với kịch bản RCP 4.5 và dòng chảy trung bình mùa lũ trạm An Hòa tăng nhiều hơn.

Kịch bản RCP 4.5, dòng chảy mùa lũ tại các trạm qua thời kỳ của kịch bản này đều tăng so với thời kỳ nền với mức tăng từ 3,01 - 14,18 m³/s, trong đó thời kỳ

2046 - 2065 tăng nhiều nhất là trạm An Hòa với mức tăng 14,18 m³/s, còn trạm Bồng Sơn có mức tăng là 5,24 m³/s. Kịch bản RCP 8.5, dòng chảy mùa lũ tại các trạm qua thời kỳ của kịch bản này đều tăng so với thời kỳ nền với mức tăng từ 3,12 - 19,34 m³/s, trong đó trạm An Hòa có mức tăng từ 16,16 - 19,34 m³/s và trạm Bồng Sơn có mức tăng là 3,12 - 6,03 m³/s.

Bảng 11. Biến đổi dòng chảy lũ theo các kịch bản BĐKH tại trạm An Hòa và Bồng Sơn

Tên trạm	Đơn vị	Thời kỳ nền	RCP 4.5		RCP 8.5	
		1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065	2016 - 2035	2046 - 2065
An Hòa	Q(m ³ /s)	65,47	79,65	83,5	81,63	84,81
	%	100	121,7	127,5	124,7	129,5
Bồng Sơn	Q(m ³ /s)	119,06	122,07	124,3	122,18	125,09
	%	100	102,5	104,4	102,6	105,1



Hình 11: Biến đổi dòng chảy mùa lũ tại trạm An Hòa và Bồng Sơn theo kịch bản BĐKH

5.2.3. Dòng chảy mùa cạn

Mùa cạn trên sông Lại Giang bắt đầu từ tháng I đến đến tháng VIII. Trong mùa cạn dòng chảy trung bình nhỏ. Lượng dòng chảy mùa cạn so với cả năm chiếm tỷ lệ nhỏ, khoảng 20 - 25 % tổng lượng dòng chảy năm. Lượng dòng chảy trung bình mùa cạn nhỏ.

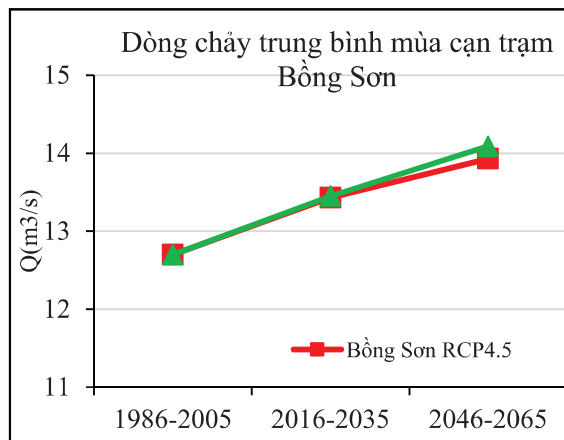
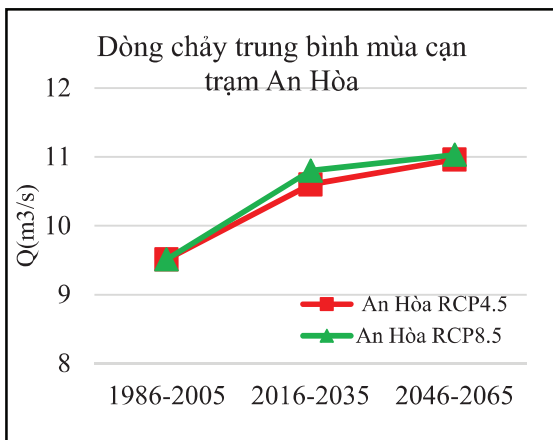
Theo Bảng 12, xét trong toàn mùa cạn, dòng chảy trung bình có xu thế tăng nhưng tăng không đáng kể (Hình 12) chỉ dưới 1,5 m³/s nhưng nếu xét về tỉ lệ thì lượng dòng chảy trung bình năm tăng khoảng từ 5 - 16% dòng chảy trung bình mùa cạn thời kỳ nền và các tháng đầu và giữa mùa cạn dòng chảy trên sông vẫn chịu

ảnh của mùa lũ nên lưu lượng dòng chảy vẫn tăng. Nhưng với thời kỳ kiệt nhất giữa mùa cạn thì dòng chảy có xu hướng giảm.

Kịch bản RCP 4.5, dòng chảy mùa cạn tại các trạm qua thời kỳ của kịch bản này đều tăng so với thời kỳ nền với mức tăng từ 0,73 - 1,45 m³/s, trong đó thời kỳ 2046 - 2065 tăng nhiều nhất là trạm An Hòa với mức tăng 1,45 m³/s, còn trạm Bồng Sơn có mức tăng là 1,23 m³/s. Kịch bản RCP 8.5, dòng chảy mùa cạn tại các trạm qua thời kỳ của kịch bản này đều tăng so với thời kỳ nền với mức tăng từ 0,75 - 1,79 m³/s, trong đó trạm An Hòa có mức tăng từ 1,29 - 1,79 m³/s và trạm Bồng Sơn có mức tăng là 0,75 - 1,39 m³/s.

Bảng 12. Biến đổi dòng chảy cận theo các kịch bản tại trạm An Hòa và Bồng Sơn

Tên trạm	Đơn vị	Thời kỳ cơ sở	RCP 4.5		RCP 8.5	
		1986 - 2005	2016 - 2035	2046 - 2065	2016 - 2035	2046 - 2065
An Hòa	Q(m ³ /s)	9,51	10,6	10,96	10,8	11,03
	%	100	111,5	115,2	113,6	116,0
Bồng Sơn	Q(m ³ /s)	12,7	13,43	13,93	13,45	14,09
	%	100	105,7	109,7	105,9	110,9



Hình 12: Biến đổi dòng chảy mùa cạn tại trạm An Hòa và Bồng Sơn theo kịch bản BĐKH

6. Kết luận

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp mô hình toán thủy văn được sử dụng linh hoạt với sự kết hợp giữa mô hình mưa dòng chảy (MIKE NAM) và mô hình thủy lực diễn toán dòng chảy (MIKE 11) đã được hiệu chỉnh và kiểm định tốt với hệ số NASH đạt yêu cầu, dao động từ 0,75 - 0,86 đảm bảo độ tin cậy trong điều kiện hạn chế về số liệu thủy văn và địa hình sông. Kết quả cho thấy, các kịch bản đã có những tác động đáng kể đến dòng chảy lưu vực sông Lại Giang. Ở cả 2 trạm An Hòa và Bồng Sơn dòng chảy đều tăng. Trong đó, An Hòa tăng rõ rệt đặc biệt vào thời kỳ mùa lũ với giai đoạn 2046 - 2065 tăng mạnh nhất lên đến 29,5 % ở kịch bản RCP 8.5. Mùa cạn trên lưu vực kéo dài, dòng chảy trên sông tương đối nhỏ. Mặc dù xét trung bình cả mùa cạn dòng chảy trên sông tăng nhưng vào thời kỳ kiệt nhất trong năm tháng dòng chảy có xu hướng giảm.

Việc đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy trên lưu vực sông Lại Giang, 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 Lại Giang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. M.S.I.I Amir, M.M.K. Khan, M.G.Rasul, R.H.Sharma and F.Akram (2018). *Hydrologic and hydrodynamic modelling of extreme flood events to assess the impact of climate chang in large basin with limited data*. Journal of Flood Risk Management, 11,147 - 157.

[2]. Nguyễn Thị Lan Anh (2021). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên lưu vực sông Lại Giang, tỉnh Bình Định*. Đồ án tốt nghiệp, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

[3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*.

[4]. Bạch Huy Hoàng (2012). *Nghiên cứu xây dựng bản đồ ngập lụt và đánh giá rủi ro tại miền Trung Việt Nam. Đối tượng nghiên*

cứu: Lưu vực sông Lại Giang, tỉnh Bình Định, Việt Nam. Luận văn Thạc sĩ, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

[5]. Huỳnh Thị Lan Hương (2013). *Kết quả nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Ba.* Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, Số 13/2013.

[6]. Trịnh Xuân Mạnh, Lê Thị Thường (2016). *Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán phục vụ dự báo lũ lớn trên lưu vực sông lại giang tỉnh Bình Định.* Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Số tháng 10 - 2016, 16 - 23.

[7]. Mạc Đình Nam (2017). *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến lũ và ngập lụt hạ lưu sông Ba.* Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

[8]. Lê Văn Quy, Phan Văn Thành, Mai Trọng Hoàng, Lê Văn Tuất, Phùng Ngọc

Trường (2020). *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Ba.* Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu, số 14, 66 - 75.

[9]. Nguyễn Thị Ngọc Quyên, Nguyễn Duy Liêm, Bùi Tá Long, Nguyễn Kim Lợi (2018). *Tác động của biến đổi khí hậu đến lưu lượng dòng chảy và tải lượng bùn cát trên lưu vực Srepok - vùng Tây nguyên.* Tạp chí Khoa học Kỹ thuật nông lâm nghiệp, số tháng 1 - 2018, 91 - 101.

[10]. Lê Đức Thường (2013). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Ba.* Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số tháng 02 - 2013, 28 - 34.

Ngày nhận bài: 24/8/2022; Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2022