

Bài báo khoa học

Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nhiệt độ và lượng mưa khu vực tỉnh Quảng Bình

Lê Quang Cảnh¹, Hoàng Ngọc Tường Vân¹, Nguyễn Tiến Thành², Nguyễn Đình Huy¹, Trần Hiếu Quang¹, Đinh Tiên Tài¹

¹ Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Huế; lqcanh@hueuni.edu.vn; hntvan@hueuni.edu.vn; ndhuy@hueuni.edu.vn; thquang@hueuni.edu.vn; dttai@hueuni.edu.vn

² Trường Đại học Thủy Lợi; thanhwru83@gmail.com

* Tác giả liên hệ: hntvan@hueuni.edu.vn; Tel: +84. 914204005

Ban Biên tập nhận bài: 9/1/2021; Ngày phản biện xong: 15/3/2021; Ngày đăng bài: 25/4/2021

Tóm tắt: Bài báo tập trung đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới nhiệt độ và lượng mưa khu vực tỉnh Quảng Bình. Ngoài ra, xu thế biến đổi nhiệt độ và lượng mưa cũng được phân tích cho giai đoạn 1988–2018. Kết quả cho thấy nhiệt độ trung bình năm tại trạm Tuyên Hóa, Đồng Hới và Ba Đồn đều có xu thế tăng lần lượt là khoảng 0,1°C/thập kỷ, 0,23°C/thập kỷ và 0,19°C/thập kỷ. Lượng mưa có xu hướng giảm ở tất cả các trạm; trong đó giảm mạnh nhất ở Ba Đồn (4,94 mm/năm) và thấp nhất ở Tuyên Hóa (0,057 mm/năm). Ngoài ra, theo kịch bản RCP4.5, nhiệt độ trung bình được dự tính tăng từ 1,1–1,4°C vào đầu thế kỷ (2016–2035) và 1,9–2,2°C vào giữa thế kỷ (2046–2065). Đặc biệt, khu vực phía Tây tỉnh dự tính tăng mạnh, từ 2,1–2,2°C; khu vực phía Nam từ 1,1–1,2°C và 1,8–1,9°C vào đầu và giữa thế kỷ. Theo kịch bản RCP8.5, vào đầu thế kỷ, nhiệt độ trung bình được dự tính tăng từ 1,3–1,5°C và có xu thế giảm từ Bắc vào Nam. Trong khi đó, theo kịch bản RCP4.5 thì lượng mưa năm được dự tính tăng từ 3,5–14,3% và 4–16% ứng với đầu và giữa thế kỷ, mức tăng giảm từ Bắc vào Nam. Theo kịch bản RCP8.5, lượng mưa năm được dự tính tăng trên toàn tỉnh từ 5–17% và có xu thế chuyển dịch từ các huyện trung tâm lên các huyện phía Bắc.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; RCP4.5; RCP8.5; Quảng Bình.

1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) được quy trực tiếp hay gián tiếp là do hoạt động của con người làm thay đổi thành phần của khí quyển toàn cầu và đóng góp thêm vào sự biến động khí hậu tự nhiên trong các thời gian có thể so sánh được. Biến đổi khí hậu xác định sự khác biệt giữa các giá trị trung bình dài hạn của một tham số hay thống kê khí hậu. Trong đó, trung bình được thực hiện trong một khoảng thời gian xác định, thường là vài thập kỷ. Theo báo cáo lần thứ 4 của Ủy ban Liên chính phủ về BĐKH (IPCC) [1], nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng khoảng 0,89°C (dao động từ 0,69°C đến 1,08°C) trong thời kỳ 1901–2012. Nhiệt độ trung bình toàn cầu có chiều hướng tăng nhanh đáng kể vào giữa thế kỷ XX với mức tăng khoảng 0,12°C/thập kỷ trong thời kỳ 1951–2012. Tiếp đó, báo cáo lần thứ 5 của IPCC cũng nhấn mạnh nhiệt độ bề mặt trái đất có thể vượt quá 1,5°C vào cuối thế kỷ 21 so với trung bình giai đoạn 1850–1900 cho tất cả các kịch bản trừ kịch bản RCP2.6. Theo thông báo của Tổ chức Khí tượng Thế giới [2], những năm nóng kỷ lục trên thế giới đều ghi nhận được trong những

năm gần đây, đặc biệt là những năm đầu của thế kỷ XXI. Trong đó, năm 2015 được ghi nhận là năm nóng nhất lịch sử quan trắc, với chuẩn sai nhiệt độ trung bình năm toàn cầu đạt giá trị khoảng $0,76^{\circ}\text{C}$. Lượng mưa trung bình toàn cầu kể từ năm 1901 có xu thế tăng ở vùng lục địa vĩ độ trung bình thuộc Bắc bán cầu; ngược lại nhiều khu vực nhiệt đới có xu thế giảm. IPCC cũng tiếp tục khẳng định rằng, số vùng có các đợt mưa lớn tăng nhiều hơn so với số vùng có số đợt mưa lớn giảm. Xu thế về tần số bão là chưa rõ ràng, tuy nhiên gần như chắc chắn rằng số cơn bão mạnh cũng như cường độ của các cơn bão mạnh đã tăng lên [3].

Ở Việt Nam, nhiệt độ có xu hướng tăng ở hầu hết các trạm quan trắc, tăng nhanh trong các thập kỷ gần đây [4]. Nhiệt độ trung bình năm thời kỳ 1958–2014 tăng khoảng $0,62^{\circ}\text{C}$, riêng giai đoạn 1985–2014 nhiệt độ tăng khoảng $0,42^{\circ}\text{C}$ [4]. Tốc độ tăng trung bình mỗi thập kỷ khoảng $0,1^{\circ}\text{C}$, thấp hơn giá trị trung bình toàn cầu, $0,12^{\circ}\text{C}/\text{thập kỷ}$ [1]. Nhiệt độ tại các trạm ven biển và hải đảo có xu thế tăng ít hơn so với các trạm ở sâu trong đất liền [4]. Có sự khác nhau về mức tăng nhiệt độ giữa các vùng và các mùa trong năm. Nhiệt độ tăng cao nhất vào mùa đông, thấp nhất vào mùa xuân. Trong 7 vùng khí hậu, khu vực Tây Nguyên có mức tăng nhiệt độ lớn nhất, khu vực Nam Trung Bộ có mức tăng thấp nhất.

Quảng Bình là một tỉnh ven biển thuộc khu vực Bắc Trung Bộ, được đánh giá là một trong những tỉnh chịu tác động lớn của thiên tai và biến đổi khí hậu. Trong giai đoạn từ năm 2005–2019 (15 năm), trên địa bàn tỉnh đã xảy ra 25 cơn bão, áp thấp nhiệt đới và 41 trận lũ lớn nhỏ, làm thiệt hại hơn 7.800 tỷ đồng [5]. Trước sức ép về tăng trưởng kinh tế, sự gia tăng các loại khí nhà kính và sự khai thác quá mức tài nguyên thiên nhiên và các hệ sinh thái vốn là các bể hấp thụ khí carbon tự nhiên đã góp phần vào sự BĐKH toàn cầu, thể hiện qua sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa và sự bất thường của các loại hình thiên tai và thời tiết cực đoan. Bài báo này nhằm mục đích đánh giá xu thế biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa tỉnh Quảng Bình trong bối cảnh BĐKH, đồng thời xây dựng kịch bản chi tiết đến cấp huyện giai đoạn đầu và giữa thế kỷ XXI, đồng thời phục vụ cho việc đánh giá tác động và xây dựng các giải pháp ứng phó phù hợp với thực tế của địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Kiểm nghiệm phi tham số Mann–Kendall

Thông thường, xu thế biến đổi của một chuỗi thời gian được đánh giá thông qua phương trình hồi quy tuyến tính biểu thị sự phụ thuộc của yếu tố hoặc hiện tượng được xét (X) vào thời gian (t): $X = a_0 + a_1t$, trong đó a_0 là hệ số cắt và a_1 là hệ số góc. Trong nghiên cứu về BĐKH, các thành phần kế cận của chuỗi thời gian thường cách nhau một năm, do đó đơn vị của t là năm. Dấu của hệ số góc a_1 cho biết chuỗi có xu thế tăng ($a_1 > 0$) hoặc giảm ($a_1 < 0$). Để có kết luận chắc chắn về xu thế của chuỗi cần tiến hành kiểm nghiệm độ rõ rệt của hệ số góc a_1 . Tuy nhiên, trong nhiều nghiên cứu [6–8] đã chỉ ra ưu việt của phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann–Kendall và xu thế Sen's Slope. Do vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann–Kendall và phân tích xu thế Sen's Slope [8–10]. Xu thế của chuỗi thời gian được xác định thông qua việc so sánh độ lớn tương đối của các thành phần trong chuỗi chứ không phải xét chính giá trị của các thành phần. Nói cách khác, các thành phần trong chuỗi thời gian được so sánh với nhau theo thứ hạng lớn bé và không tính đến giá trị của chúng sai khác nhau bao nhiêu. Lợi thế của kiểm nghiệm này là không cần biết tập mẫu tuân theo luật phân bố nào. Một cách vắn tắt có thể mô tả phương pháp này như sau.

Giả sử ta có chuỗi thời gian $\{x_t, t=1..n\}$, với nghiên cứu này t chạy từ 1 đến 31 (31 năm) [10]. Mỗi một thành phần trong chuỗi sẽ được so sánh với tất cả các thành phần còn lại đứng sau nó (về thời gian). Giá trị thống kê Mann–Kendall (S) ban đầu được gán bằng 0 (tức là chuỗi không có xu thế). Nếu thành phần sau lớn hơn thành phần trước thì tăng S lên 1 đơn

vị. Ngược lại, nếu thành phần sau nhỏ hơn thành phần trước thì S bị trừ đi 1 đơn vị. Nếu hai thành phần có giá trị bằng nhau thì S sẽ không thay đổi. Tổng S sau tất cả các lần so sánh sẽ được dùng để đánh giá xu thế chung của chuỗi. Tức là ta có:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Trong đó

$$\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{khi } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{khi } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{khi } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Giá trị S dương thể hiện xu thế tăng của chuỗi và S âm thể hiện xu thế giảm của chuỗi. Tuy nhiên, cần phải tính toán xác suất đi kèm với S và n để xác định mức độ ý nghĩa của xu hướng. Phương sai của S được tính theo công thức:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_p^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (3)$$

Trong đó g là số nhóm của các phần tử có giá trị giống nhau và p là số phần tử thuộc nhóm thứ p. Giá trị chuẩn Z của S tuân theo định luật phân phối chuẩn.

$$\begin{aligned} Z &= \frac{S-1}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}}, S > 0 \\ Z &= 0, S = 0 \\ Z &= \frac{S+1}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}}, S < 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Z có phân phối chuẩn N(0,1) dùng để kiểm định chuỗi có xu thế hay không với mức ý nghĩa cho trước (trong nghiên cứu này dùng $\alpha = 0,05$), α chính là sai lầm loại 1 của phương pháp kiểm định này. Nếu $Z > Z_\alpha$ bác bỏ giả thuyết H_0 , có nghĩa có xu thế tăng hoặc giảm; ngược lại $Z < Z_\alpha$, đồng nghĩa với việc chấp nhận giả thuyết chuỗi số liệu không có xu thế rõ ràng.

Xu thế Sen's Slope (T) được tính toán theo phương trình 5 [11], ở đây T là median của chuỗi n(n-1) phần tử.

$$T = \text{median} \left\{ \frac{x_j - x_k}{j - k} \right\} \quad (5)$$

Trong đó, nếu $T > 0$ thì chuỗi có xu thế tăng và ngược lại.

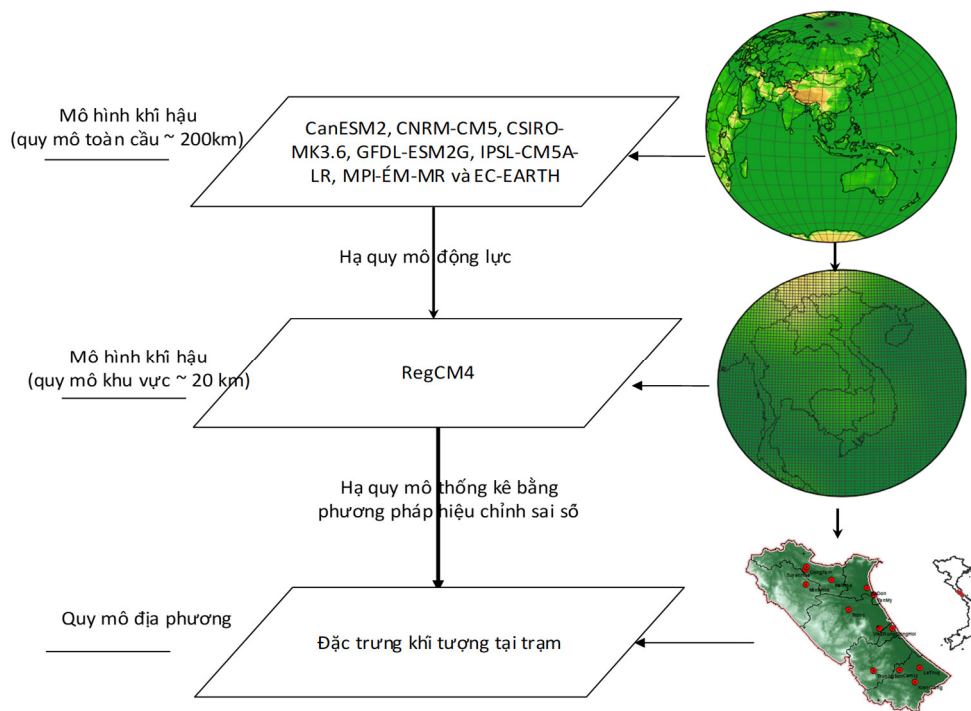
2.1.2. Phương pháp xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu

Để xây dựng kịch bản BĐKH, nhóm nghiên cứu sử dụng kỹ thuật hạ quy mô thống kê cho hai đặc trưng khí tượng là lượng mưa và nhiệt độ. Bản chất của phương pháp này là xây dựng mối quan hệ toán học giữa các đặc trưng khí tượng ở độ phân giải thô với các đặc trưng khí tượng tại trạm. Trong đó, dữ liệu ở độ phân giải thô được lấy miễn phí từ mô hình khí hậu khu vực RegCM4 [12–15] điều khiển bởi các mô hình khí hậu toàn cầu CanESM2 [16–17], CNRM-CM5 [18], CSIRO-MK3.6 [19], GFDL-ESM2G [20], IPSL-CM5A-LR [21], MPI-ESM-MR [22] và EC-EARTH [23] (ký hiệu chung là RCM/GCMs) tại website của Liên đoàn hệ thống lưới Trái đất (<https://esgf-node.llnl.gov/>) với thời kỳ cơ sở 1986–2005 và thời kỳ tương lai 2016–2065. Trong nghiên cứu này chúng tôi tập trung phân tích và làm rõ các tác động của biến đổi khí hậu ở đầu (2016–2035) và giữa thế kỷ (2046–2065) tới lượng mưa và nhiệt độ làm cơ sở khoa học cho việc lập kế hoạch và xây dựng chiến lược phát triển kinh tế xã hội của tỉnh. Hơn nữa, sự phát triển của khoa học công nghệ, các kịch bản sẽ luôn được cập nhật và tính toán với mức độ chi tiết và chính xác hơn. Việc lựa chọn các khoảng

thời gian 2016–2035 và 2046–2065 để tính toán nhằm mục đích thuận tiện trong so sánh với nhiều nghiên cứu khác nhau và phù hợp với kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam đã được Bộ TN–MT công bố [24]. Để giảm thiểu sai số, dữ liệu mưa và nhiệt độ được lấy trung bình toán học của các trường hợp trên trước khi được hiệu chỉnh sai số. Nhìn chung sơ đồ khối xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho tỉnh Quảng Bình được trình bày ngắn gọn theo hình 1. Đối với dữ liệu nhiệt độ, phương pháp hiệu chỉnh Delta [25–26] được sử dụng với công thức tổng quát như sau:

$$T_{CF}(t) = \bar{T}_{RAW} + \frac{\sigma_{T,RAW}}{\sigma_{T,REF}} (O_{REF}(t) - \bar{T}_{REF}) \quad (6)$$

Trong đó $\sigma_{T,RAW}$ và $\sigma_{T,REF}$ tương ứng với độ lệch chuẩn trong giai đoạn tương lai và quá khứ của nhiệt độ trung bình ngày. O_{REF} là dữ liệu quan trắc thời kỳ quá khứ. T_{REF} dữ liệu từ RCM/GCMs ứng với thời kỳ nền và T_{RAW} ứng với dữ liệu thô từ RCM/GCMs quá khứ hoặc tương lai.



Hình 1. Sơ đồ khối xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho tỉnh Quảng Bình.

Đối với đặc trưng mưa, phương pháp hiệu chỉnh sai số thường dùng là cố gắng điều chỉnh giá trị trung bình, phương sai và phân bố tần suất của lượng mưa tính toán thể hiện bằng một hàm chuyển đổi có dạng: $P_o = h(P_m)$. Các hàm biến đổi thống kê là một ứng dụng của phép biến đổi tích phân xác suất và nếu phân bố của biến nghiên cứu đã biết thì hàm biến đổi được định nghĩa dưới dạng $x_m = F_m^{-1}(F_{obs}(x_{obs}))$ trong đó, x_m là giá trị địa phương, x_{obs} là giá trị mô hình và F_{m-1} là hàm ngược phân bố lũy tích của hàm F_m . Hàm F_m được lựa chọn là hàm gamma 2 tham số được mô tả bởi hàm mật độ xác suất gamma $f(x) = \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \exp(\frac{-x}{\beta})$ trong đó, $\alpha, \beta, x > 0$, α và β là các tham số hình dạng và quy mô. X thể hiện lượng mưa ngày (mm) và $\Gamma(\alpha)$ là hàm gamma [27–28].

Kết quả tính toán của các đặc trưng nhiệt độ và lượng mưa trong tương lai (giai đoạn dự tính) được so sánh với thời kỳ cơ sở (1986–2005), giai đoạn này cũng đã được IPCC khuyến cáo sử dụng làm giai đoạn cơ sở để so sánh trong báo cáo lần thứ năm của IPCC.

Đối với nhiệt độ trung bình năm: $\Delta T_{Tương lai} = T_{Tương lai} - \overline{T_{1986-2005}}$

$$\text{Đối với lượng mưa năm: } \Delta R_{\text{tương lai}} = \frac{(R_{\text{Tương lai}} - \overline{R_{1986-2005}})}{\overline{R_{1986-2005}}} \times 100$$

Trong đó $\Delta T_{\text{Tương lai}}$ = Thay đổi của nhiệt độ trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (°C), $T_{\text{Tương lai}}$ = Nhiệt độ trong tương lai (°C), $\overline{T_{1986-2005}}$ = Nhiệt độ trung bình của thời kỳ cơ sở (1986–2005) (°C), $\Delta R_{\text{Tương lai}}$ = Thay đổi của lượng mưa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (%), $R_{\text{Tương lai}}$ = Lượng mưa trong tương lai (mm), $\overline{R_{1986-2005}}$ = Lượng mưa trung bình của thời kỳ cơ sở (1986–2005) (mm).

2.1.3. Phương pháp xây dựng bản đồ

Bản đồ về nhiệt độ trung bình và lượng mưa năm theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 được xây dựng dựa trên nền tảng hệ thống thông tin địa lý (GIS) bằng các công cụ xử lý bản đồ như Mapinfo, ArcGIS10.4. Phương pháp này nhằm lựa chọn, chắc lọc các kết quả mô hình phục vụ cho quá trình quản lý và khai thác thông tin, nhờ đó có thể xây dựng được các bản đồ nhiệt độ và lượng mưa cho tỉnh Quảng Bình giai đoạn đầu và giữa thế kỷ XXI. Dữ liệu được sử dụng xây dựng bản đồ là dữ liệu mưa và nhiệt độ sau khi được hiệu chỉnh trên lưới cho toàn tỉnh.

2.2. Dữ liệu

Mạng lưới trạm khí tượng và đo mưa trên địa bàn tỉnh Quảng Bình được hình thành từ những năm 50, 60 của thế kỷ trước với mạng lưới 56 trạm đo rộng khắp tỉnh, trong đó có 6 trạm khí tượng, quan trắc đầy đủ các yếu tố khí tượng như mưa, gió, nhiệt độ, độ ẩm... và 50 trạm đo mưa nhân dân. Thời điểm cao điểm nhất, mật độ trạm khí tượng, đo mưa của tỉnh Quảng Bình đạt 6,9 trạm/1.000 km². Tuy nhiên tính đến nay nhiều trạm đã ngừng hoạt động, chỉ còn 3 trạm khí tượng và 10 trạm đo mưa [29]. Do đó mật độ trạm của tỉnh Quảng Bình rất thưa, chỉ còn khoảng 2 trạm/1.000 km². Trong khi đó, địa hình tỉnh Quảng Bình dài và hẹp, bị chia cắt khá phức tạp, khí hậu lại khắc nghiệt, nên mật độ lưới trạm khí tượng như hiện nay mới chỉ đáp ứng một phần nhu cầu để nghiên cứu. Trong bài báo này, dữ liệu khí tượng và dữ liệu mưa tại 13 trạm (Bảng 1 và Bảng 2) được thu thập trong giai đoạn 1988–2018 từ Đài Khí tượng Thủy văn Trung Trung Bộ [29] để thống kê và tính toán. Đối với các dữ liệu của các kịch bản được lấy miễn phí từ website của Liên đoàn Hệ thống lưới Trái đất như đã được đề cập trong phần 2.1.2 với thời kỳ cơ sở là giai đoạn 1986–2005, kịch bản BĐKH theo các mốc thời gian 2030, 2050 theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5.

Bảng 1. Danh mục các trạm khí tượng.

Tên trạm	Xã/Phường	Huyện/Thị xã/TP.	Tọa độ trạm		Độ cao trạm (m)
			Kinh độ	Vĩ độ	
Đồng Hới	Đồng Mỹ	Đồng Hới	106°37'	17°29'	5,71
Ba Đồn	Quảng Thọ	Ba Đồn	106°25'	17°45'	2,69
Tuyên Hóa	Minh Lâm	Tuyên Hóa	106°01'	17°53'	27,06

Bảng 2. Danh mục các trạm đo mưa.

Tên trạm	Xã	Huyện	Tọa độ trạm	
			Kinh độ	Vĩ độ
Đồng Tâm	Thuận Hoá	Tuyên Hoá	106°01'	17°54'
Kiến Giang	Kim Thủy	Lệ Thủy	106°45'	17°07'
Lệ Thủy	Xuân Thủy	Lệ Thủy	106°47'	17°13'

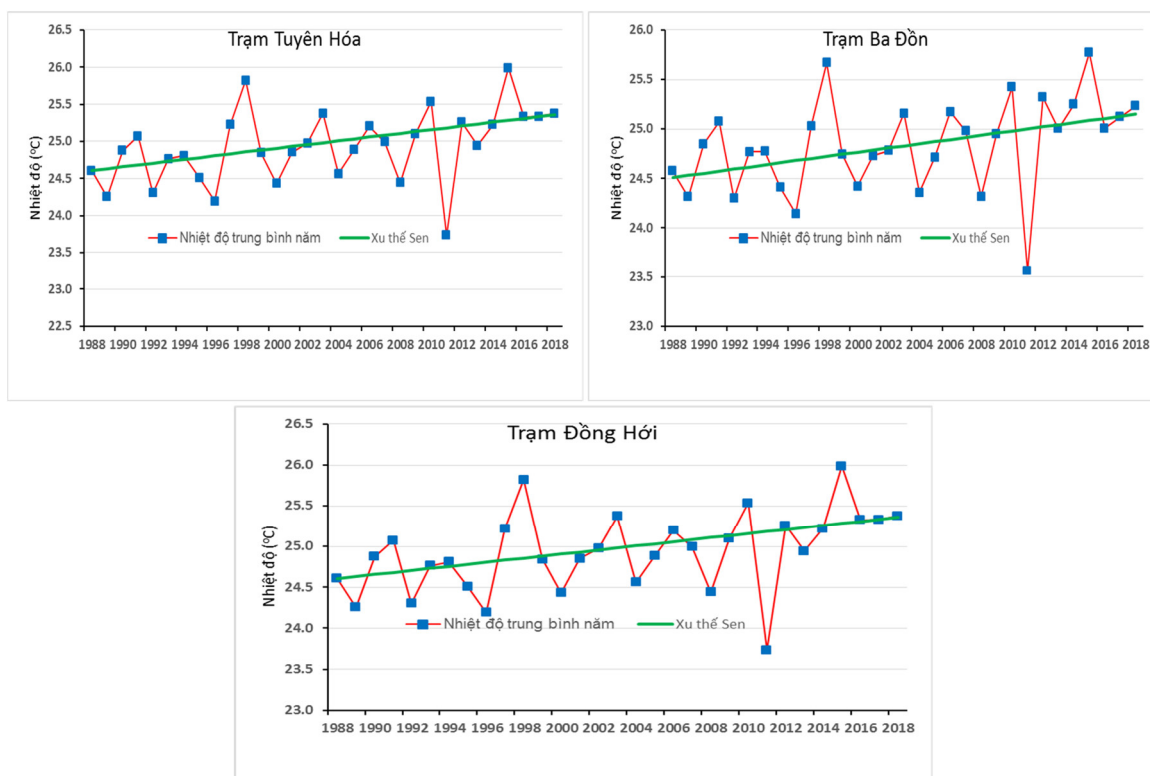
Tên trạm	Xã	Huyện	Tọa độ trạm	
			Kinh độ	Vĩ độ
Mai Hoá	Mai Hoá	Tuyên Hóa	106°11'	17°48'
Minh Hoá	Quy Đạt	Minh Hoá	106°02'	17°47'
Tân Mỹ	Quảng Phúc	Quảng Trạch	106°28'	17°42'
Troóc	Phúc Trạch	Bố Trạch	106°17'	17°35'
Trường Sơn	Trường Sơn	Quảng Ninh	106°27'	17°14'
Việt Trung	Nông Trường	Bố Trạch	106°31'	17°29'
Cẩm Ly	Ngân Thủy	Lệ Thủy	106°17'	17°15'

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Xu thế biến đổi nhiệt độ và lượng mưa

3.1.1. Nhiệt độ

Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích xu thế Sen's Slope kết hợp phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann–Kendal (M–K test) với dữ liệu 31 năm (1988–2018). Kết quả cho thấy, nhiệt độ trung bình năm trên toàn tỉnh có xu hướng tăng khoảng 0,16°C/thập kỷ. Tuy nhiên, ở mỗi trạm quan trắc khác nhau lại có mức độ thay đổi không đồng nhất. Xu thế tăng mạnh nhất được ghi nhận được ở trạm Đồng Hới.

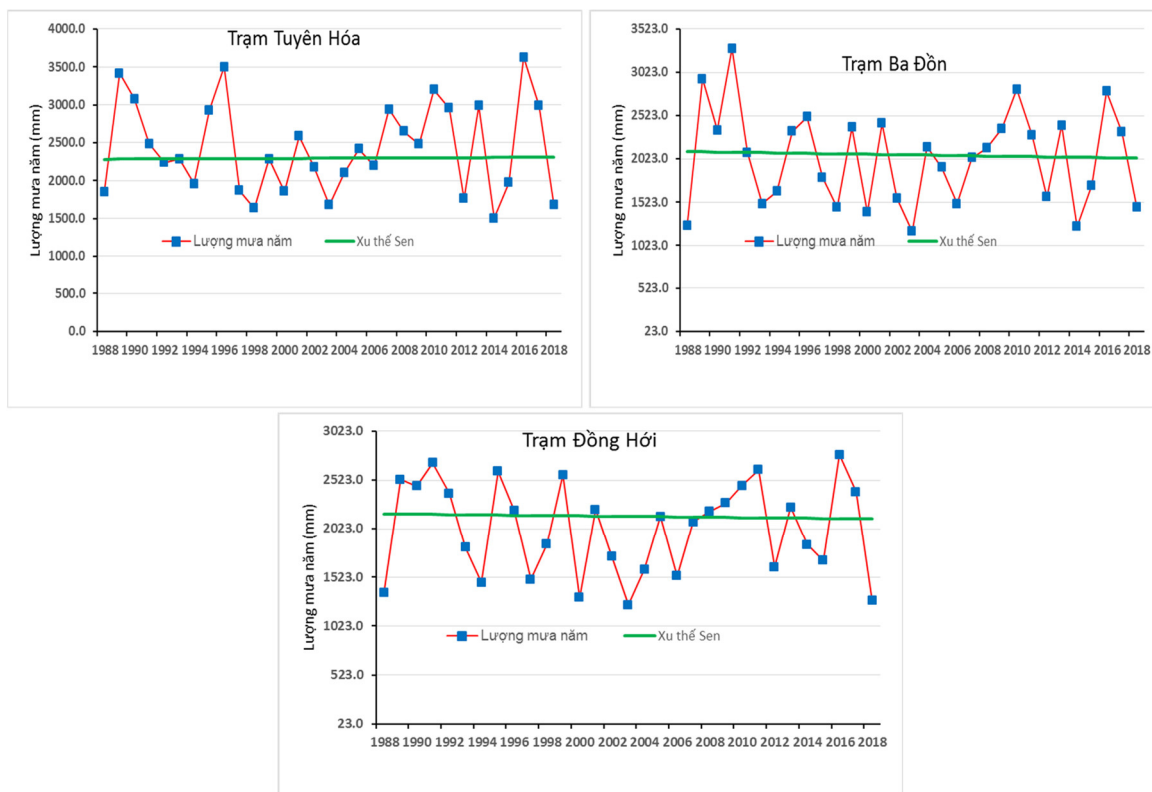


Hình 2. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình năm (°C) tại các trạm khí tượng tỉnh Quảng Bình giai đoạn 1988–2018.

3.1.2. Lượng mưa

Khác với nhiệt độ, lượng mưa năm là một đại lượng khí hậu có tính biến động theo các năm khác nhau, có những năm lượng mưa vượt xa giá trị trung bình nhiều năm (TBNN) nhưng cũng có năm lượng mưa chỉ bằng 2/3 lượng mưa TBNN. Nhằm giảm thiểu những ảnh

hường của các giá trị cực đại và cực tiểu của lượng mưa đến xu thế chung trong cả giai đoạn. Bài báo này phân tích xu thế thay đổi về lượng mưa dựa trên chuỗi số liệu quan trắc được tại 3 trạm đo mưa trong giai đoạn 1988–2018 bằng phương pháp phân tích xu thế và kiểm định Mann–Kendall. Nhìn chung, trong 31 năm, lượng mưa năm có xu thế giảm ở tất cả các trạm, trong đó mức giảm lớn nhất ghi nhận được ở trạm Ba Đồn là $-4,96$ mm/năm; trạm Đồng Hới có mức giảm $-1,735$ mm/năm và thấp nhất ở trạm Tuyên Hóa có mức giảm $-0,057$ mm/năm.



Hình 3. Xu thế biến đổi lượng mưa năm (mm) tại các trạm khí tượng tỉnh Quảng Bình giai đoạn 1988–2018.

Để đánh giá mức độ tin cậy của xu thế thay đổi nhiệt độ và lượng mưa, bài báo đã sử dụng phương pháp kiểm định M–K test với mức ý nghĩa 5% (xác suất gặp phải sai lầm loại 1 không quá 5%). Kết quả cho thấy, nhiệt độ trung bình năm chỉ có xu hướng tăng ở trạm Đồng Hới và Ba Đồn với lần lượt có giá trị α (p-value) là 0,0208 và 0,0159 ($\alpha < 0,05$). Trong khi đó, trạm Tuyên Hóa có giá trị $\alpha = 0,1769 > 0,05$ nên không đảm bảo độ tin cậy. Đối với lượng mưa năm, không có trạm nào thỏa mãn điều kiện p-value $< 0,05$, nên chấp nhận giả thuyết H_0 là không có xu thế tăng hoặc giảm về lượng mưa ở các trạm trên. Xét về độ dốc Sen's Slope của đại lượng nhiệt độ trung bình năm cho thấy giá trị Sen's Slope của chuỗi nhiệt độ trung bình năm đạt giá trị lần lượt là 0,0208; 0,02 và 0,0125°C/năm tại Đồng Hới, Ba Đồn và Tuyên Hóa. Tuy nhiên, đối với chuỗi số liệu lượng mưa năm thì giá trị Sen's Slope của lượng mưa năm lần lượt đạt $-1,7$; $-2,54$ và $0,86$ mm/năm tại 3 trạm Đồng Hới, Ba Đồn và Tuyên Hóa.

Bảng 3. Kết quả kiểm định xu thế Mann–Kendall (M–K test) nhiệt độ trung bình năm và lượng mưa năm giai đoạn 1988–2018.

Thông số kiểm định	Nhiệt độ		Lượng mưa			
	Đồng Hới	Ba Đồn	Tuyên Hóa	Đồng Hới	Ba Đồn	Tuyên Hóa
N	31	31	31	31	31	31
Min	24,16	23,55	23,31	1120,6	1069,9	1504,9

Thông số kiểm định	Nhiệt độ			Lượng mưa		
	Đồng Hới	Ba Đồn	Tuyên Hóa	Đồng Hới	Ba Đồn	Tuyên Hóa
Max	25,96	25,75	24,98	2782,3	3297,8	3626,4
Mean	24,94	24,84	24,23	2023,8	2030	2427,2
SD	0,45	0,47	0,43	481,8	556,7	603,2
M-K test value (S)	159	142	80	-5	-15	5
VAR (S)	3426	3420	3421	465	464	464
Z	0,352	0,315	0,178	-0,01	0,0107	-0,0322
P-value	0,0069	0,0159	0,1768	0,9457	0,945	0,8119
Sen' Slope	0,0208	0,02	0,0125	-1,7	-2,54	0,86

3.2. Xây dựng kịch bản biến đổi nhiệt độ và lượng mưa

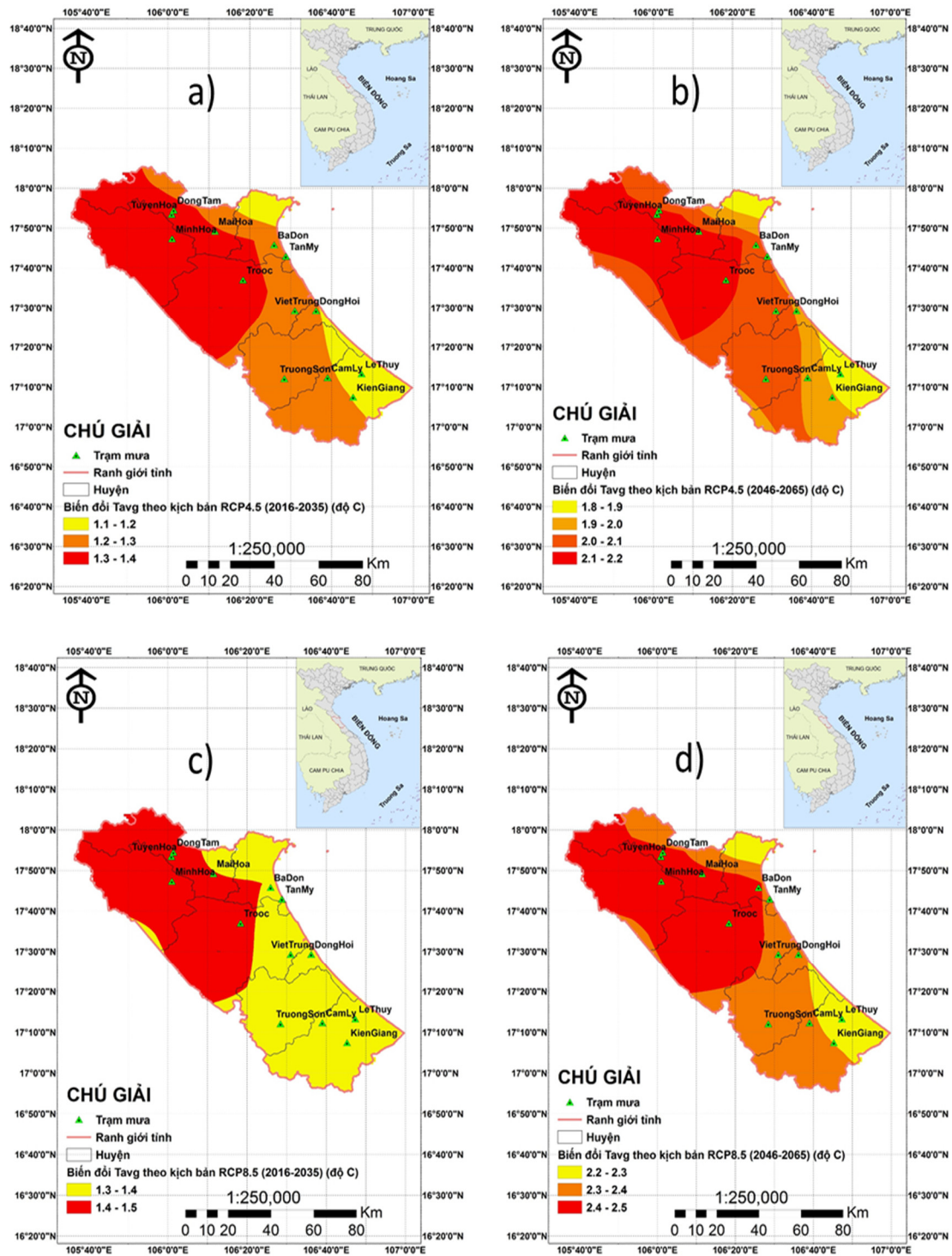
3.2.1. Nhiệt độ

Theo kịch bản RCP4.5 (Hình 4 a–b), vào đầu thế kỷ, nhiệt độ trung bình năm (Tavg) trên toàn tỉnh có mức tăng phổ biến từ 1,1–1,4°C. Vào giữa thế kỷ, mức tăng từ 1,8–2,2°C. Trong đó, khu vực phía Tây của tỉnh bao gồm các huyện như Minh Hóa, Tuyên Hóa, một phần huyện Bố Trạch có mức tăng lớn, có thể đạt từ 2,1–2,2°C; khu vực phía Nam tỉnh mức tăng nhỏ hơn từ 1,1–1,2°C vào đầu thế kỷ và 1,8–1,9°C vào giữa thế kỷ.

Bảng 4. Biến đổi nhiệt độ trung bình năm so với thời kỳ cơ sở (°C) theo cấp huyện (Giá trị trong ngoặc đơn là khoảng biến đổi quanh giá trị trung bình với cận dưới 10% và cận trên 90%).

Huyện	Kịch bản RCP4.5		Kịch bản RCP8.5	
	2016–2035	2045–2065	2016–2035	2045–2065
Tuyên Hoá	1,4 (0,9 – 2,0)	2,2 (1,6 – 2,9)	1,5 (1,0 – 2,1)	2,5 (1,7 – 3,3)
Minh Hóa	1,4 (0,9 – 1,9)	2,2 (1,6 – 3,0)	1,5 (1,0 – 2,1)	2,5 (1,8 – 3,2)
Quảng Trạch	1,3 (0,7 – 1,8)	2,0 (1,4 – 2,8)	1,4 (1,0 – 2,0)	2,3 (1,6 – 3,0)
Ba Đồn	1,3 (0,7 – 1,8)	2,0 (1,4 – 2,8)	1,3 (0,9 – 1,8)	2,3 (1,6 – 3,0)
Bố Trạch	1,4 (0,9 – 2,0)	2,2 (1,5 – 3,0)	1,5 (1,1 – 2,0)	2,5 (1,8 – 3,1)
TP. Đồng Hới	1,2 (0,8 – 1,7)	2,0 (1,4 – 2,9)	1,4 (1,0 – 2,0)	2,3 (1,7 – 3,1)
Quảng Ninh	1,2 (0,8 – 1,7)	2,0 (1,3 – 2,9)	1,4 (0,9 – 1,9)	2,3 (1,6 – 3,1)
Lệ Thủy	1,1 (0,6 – 1,7)	1,9 (1,3 – 2,7)	1,4 (0,9 – 1,9)	2,3 (1,7 – 3,0)

Theo kịch bản RCP8.5 (Hình 4c–d), vào đầu thế kỷ, nhiệt độ trung bình năm trên toàn tỉnh có mức tăng phổ biến từ 1,3–1,5°C, cao nhất là phía Bắc các huyện Minh hóa và Tuyên Hóa. Vào giữa thế kỷ, mức tăng phổ biến từ 2,2–2,5°C. Trong đó, khu vực các huyện như Minh Hóa, Tuyên Hóa, Bố Trạch tăng phổ biến từ 2,4–2,5°C và ở phía Nam là huyện Lệ Thủy tăng từ 2,2–2,3°C. Đáng chú ý là phía Bắc huyện Quảng Trạch mức tăng dao động 2,2–2,3°C.



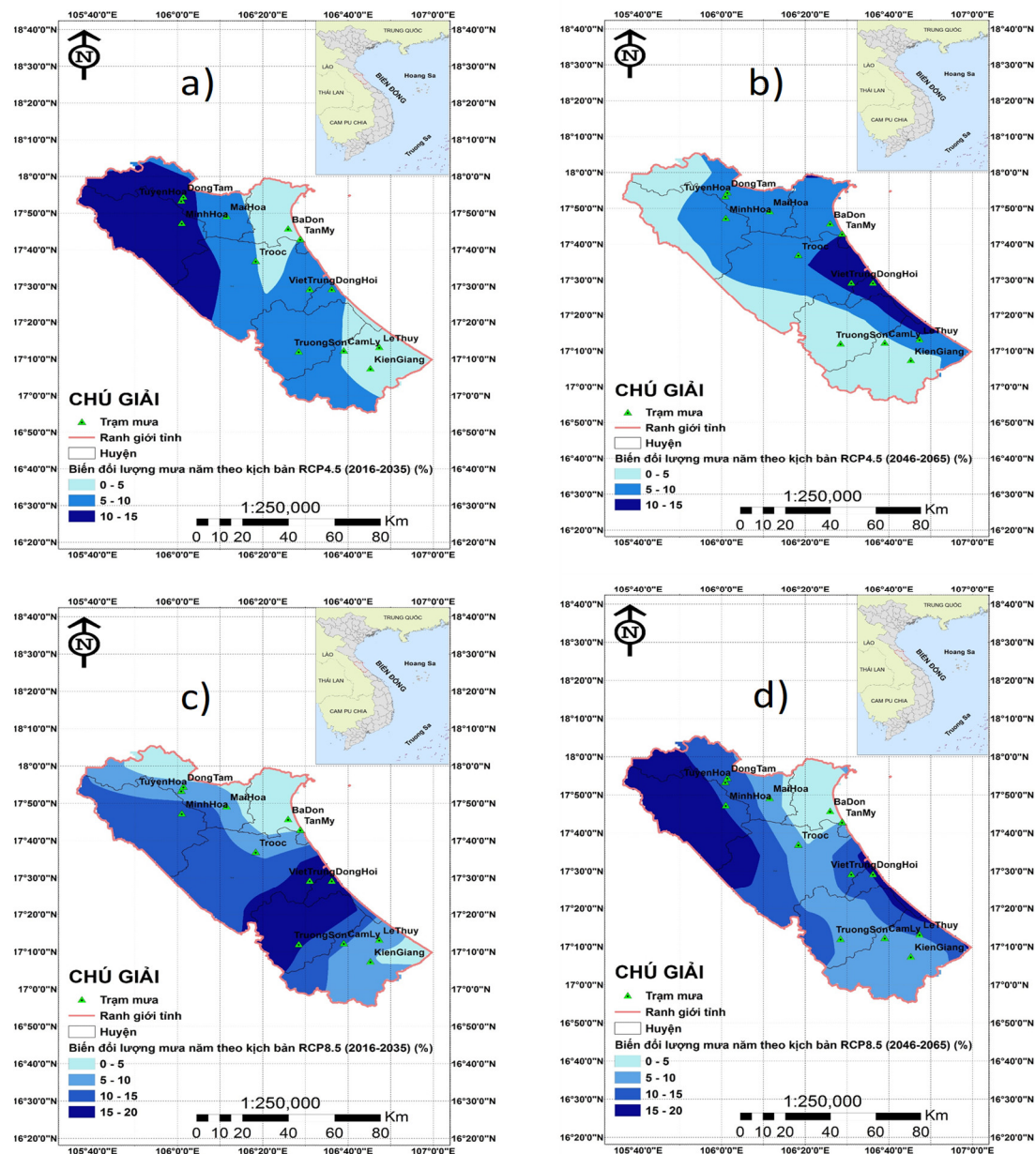
Hình 4. Biến đổi của nhiệt độ trung bình năm (Tavg) theo kịch bản RCP4.5 (a-b) và RCP8.5 (c-d) so với thời kỳ cơ sở (1986–2005).

3.2.2. Lượng mưa

Theo kịch bản RCP4.5, lượng mưa năm có xu thế tăng trên toàn tỉnh, phổ biến từ 3,5–14,3% (đầu thế kỷ) và 4–16% (giữa thế kỷ). Các huyện phía Nam tỉnh có mức tăng nhỏ hơn các huyện phía Bắc. Theo kịch bản RCP8.5, lượng mưa năm có xu thế tăng trên toàn tỉnh, phổ biến từ 5–17% đầu thế kỷ. Xu thế tăng mạnh được chuyển dịch từ các huyện trung tâm lên các huyện phía Bắc của tỉnh với mức tăng mạnh nhất có thể đạt 17,3% giữa thế kỷ.

Bảng 5. Biến đổi lượng mưa năm so với thời kỳ cơ sở (°C) theo cấp huyện (Giá trị trong ngoặc đơn là khoảng biến đổi quanh giá trị trung bình với cận dưới 20% và cận trên 80%).

Huyện	Kịch bản RCP4.5		Kịch bản RCP8.5	
	2016–2035	2045–2065	2016–2035	2045–2065
Tuyên Hoá	10,1 (3,7 – 16,7)	9,8 (3,4 – 16,8)	10,2 (3,8 – 16,8)	12,1 (5,5 – 23,9)
Minh Hóa	10,2 (3,8 – 17,1)	9,7 (3,3 – 16,7)	14,1 (7,4 – 25,1)	19,6 (8,6 – 28,3)
Quảng Trạch	4,8 (2,3 – 12,3)	9,5 (3,2 – 16,5)	5,0 (2,4 – 12,5)	5,0 (2,4 – 12,5)
Ba Đồn	3,5 (2,0 – 8,5)	5,1 (2,6 – 12,6)	4,5 (2,3 – 12,1)	5,2 (2,7 – 12,7)
Bố Trạch	6,5 (2,8 – 13,1)	12,8 (5,6 – 24,1)	13,5 (4,1 – 24,8)	13,5 (4,1 – 25,8)
TP. Đồng Hới	7,8 (3,1 – 13,8)	14,5 (7,5 – 25,3)	17,7 (8,1 – 27,2)	17,6 (7,6 – 28,1)
Quảng Ninh	6,6 (2,8 – 13,2)	12,3 (5,5 – 23,6)	17,6 (8,0 – 27,0)	13,4 (7,1 – 24,1)
Lệ Thủy	6,3 (2,6 – 12,9)	8,3 (4,5 – 18,3)	8,1 (4,2 – 17,9)	9,4 (3,2 – 16,4)



Hình 5. Biến đổi lượng mưa năm theo kịch bản RCP4.5 (a–b) và RCP8.5 (c–d) so với thời kỳ cơ sở (1986–2005).

Nhìn chung, theo cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho các giai đoạn 2016–2035 và giai đoạn 2046–2065, lượng mưa năm tại khu vực huyện Quảng Trạch, thị xã Ba Đồn và phía Nam huyện Lệ Thủy luôn có mức tăng thấp nhất. Theo kịch bản của Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố năm 2016, vào đầu thế kỷ lượng mưa trên địa bàn cả tỉnh sẽ tăng 12,8% (3,9–20,6) và 4,2% (–1,8–10,6) ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5; vào giữa thế kỷ lượng mưa tiếp tục tăng nhanh hơn cụ thể tăng 21,5% (11,7–31,3) và 12,1% (–0,5–25,1) ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Kết quả trên cho thấy, lượng mưa vào giữa thế kỷ được dự báo sẽ tăng với mức độ lớn hơn và kịch bản RCP4.5 sẽ cho mức tăng lớn hơn so với kịch bản RCP8.5.

Sự sai khác giữa xu thế lượng mưa trong quá khứ và dự tính trong tương lai có thể liên quan chặt chẽ tới (i) xu thế giảm nhẹ lượng mưa trong quá khứ chưa đảm bảo mức ý nghĩa với kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall, (ii) xu thế tăng lượng mưa được dự tính trong tương lai không những phụ thuộc vào nhiều yếu tố khí tượng khác nhưng chưa được xem xét như trường ẩm mà còn phụ thuộc vào độ bất định của mô hình động lực khí hậu toàn cầu và khu vực hay phương pháp hiệu chỉnh hạ quy mô thống kê từ kết quả các mô hình động lực.

4. Kết luận

Kết quả đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới nhiệt độ và lượng mưa cho Quảng Bình, cũng như phân tích xu thế dựa trên phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall và phân tích xu thế Sen (Sen's Slope) đã cho thấy:

(1) Kết quả phân tích xu thế trong thời kỳ quan trắc 1988–2018 chứng tỏ nhiệt độ trung bình năm có xu hướng tăng ở tất cả các trạm, trong đó tăng mạnh nhất ở trạm Đồng Hới và thấp nhất ở trạm Tuyên Hóa. Tuy nhiên, mức độ sai khác này là không quá lớn. Trong khi đó, lượng mưa giai đoạn này lại có xu thế giảm ở hầu hết các trạm. Tuy nhiên, xu thế thay đổi về lượng mưa không đảm bảo độ tin cậy khi sử dụng phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall test nên chưa thể khẳng định được xu thế của lượng mưa giai đoạn này.

(2) Kết quả xây dựng, cập nhật chi tiết các kịch bản BĐKH cho tỉnh Quảng Bình cho thấy: nhiệt độ trung bình ở tất cả các trạm có xu thế tăng so với thời kỳ cơ sở (1986–2005); Lượng mưa năm theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 đều tăng ở tất cả các trạm đại diện; Theo kịch bản RCP4.5, vào đầu thế kỷ, nhiệt độ trung bình năm trên toàn tỉnh có mức tăng phổ biến từ 1,1–1,4°C, lượng mưa năm cũng có xu thế tăng trên toàn tỉnh, phổ biến từ 3,5–14,3%; vào giữa thế kỷ, nhiệt độ tăng từ 1,8–2,2°C, lượng mưa có mức tăng phổ biến từ 4–16%. Đối với kịch bản RCP8.5, thì vào đầu thế kỷ, nhiệt độ trung bình năm trên toàn tỉnh có mức tăng phổ biến từ 1,3–1,5°C, lượng mưa năm có xu thế tăng phổ biến từ 5–17%; vào giữa thế kỷ, nhiệt độ có mức tăng phổ biến từ 2,2–2,5°C và lượng mưa có xu thế tăng mạnh, mức tăng mạnh nhất đạt 17,3%. Theo cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho các giai đoạn 2016–2035 và giai đoạn 2046–2065, lượng mưa năm tại khu vực huyện Quảng Trạch, thị xã Ba Đồn và phía Nam huyện Lệ Thủy luôn có mức tăng thấp nhất.

Đóng góp của tác giả: Viết bản thảo bài báo: L.Q.C.; Chính sửa và hoàn thiện bài báo: H.N.T.V.; Xây dựng mô hình và chỉnh sửa bài báo: N.T.T.; Xử lý số liệu: Đ.T.T.; Chính sửa bài báo: N.Đ.H., T.H.Q.

Lời cảm ơn: Bài báo này được thực hiện và hoàn thiện nhờ sự hỗ trợ từ Dự án: Xây dựng Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến 2050.

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. IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.
2. WMO. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016. WMO, 2017, No.1189. ISBN 978-92-63-11189-0.
3. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland 2014, pp. 151.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, 2016.
5. Viện Tài nguyên và Môi trường – Đại học Huế. Báo cáo tổng kết Dự án “Xây dựng Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến 2050”, 2020.
6. Thành, N.Đ.; Tân, P.V. Kiểm nghiệm phi tham số xu thế biến đổi của một số yếu tố khí tượng cho giai đoạn 1961–2007. *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội* **2012**.
7. Tân, P.V. và cs. Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó. Đề tài Khoa học cấp Nhà nước, Mã số KC08.29/06–10.
8. Minh, T.T.T.; An, T.V.; Anh, L.H.T.; Kha, V.T. Đặc điểm mưa tại thành phố Vinh, Nghệ An. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* **2020**, 34, 78–84.
9. Kendall, M.G. Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London 1975, pp. 272.
10. Hamed, K.H.; Rao, A.R. A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data. *J. Hydrol.* **1998**, 204, 182–196.
11. Sen, P.K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall’s Tau. *J. Am. Stat. Assoc.* **1968**, 63, 1379–1389.
12. Giorgi F.; Mearns L.O. Approaches to the simulation of regional climate change: A review. *Rev. Geophys.* **1991**, 29, 191–216.
13. Grell G.A. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. *Mon. Wea. Rev.* **1993**, 121, 764–787.
14. Grell G.A., Dudhia J., Stauffer D.R. A Description of the Fifth Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5). *NCAR Technical Note*. **1995**, 398.
15. Giorgi, Filippo, E. Coppola, F. Solmon, L. Mariotti, M. B. Sylla, X. Bi, N. Elguindi et al. RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim. Res.* **2012**, 52, 7–29.
16. Arora, V.K.; Scinocca, J.F.; Boer, G.J.; Christian, J.R.; Denman, K.L.; Flato, G.M.; Kharin, V.V.; Lee, W.G.; Merryfield, W.J. Carbon emission limits required to satisfy future representative concentration pathways of greenhouse gases. *Geophys. Res. Lett.* **2011**, 38, 5.

17. Fyfe, J.C.; Meehl, G.A.; England, M.H.; Mann, M.E.; Santer, B.D.; Flato, G.M.; Ed Hawkins, F.; Gillett, N.P.; Xie, S.P.; Kosaka, Y.; Swart, N.C. Making sense of the early-2000s warming slowdown. *Nat. Clim. Change* **2016**, 6, 224–228.
18. Voldoire, A.; Sanchez-Gomez, E.; Méliá, D.S.; Decharme, B.; Cassou, C.; Sénési, S.; Valcke, S.; Beau, I.; Alias, A.; Chevallier, M.; De'que', M.; Deshayes, J.; Douville, H.; Fernandez, E.; Madec, G.; Maisonnave, E.; Moine, M.P.; Planton, S.; Saint-Martin, D.; Szopa, S.; Tyteca, S.; Alkama, R.; Belamari, S.; Braun, A.; Coquart, L.; Chauvin, F. The CNRM-CM5. 1 global climate model: description and basic evaluation. *Clim. Dyn.* **2013**, 40, 2091–2121.
19. Andrew, C.M.; Jeffrey, S.J.; Rotstayn, L.D.; Wong, K.K.; Dravitzki, S.M.; Moseneder, C.; Hamalainen, C.; Syktus, J.I.; Suppiah, R.; Antony, J.; Zein, A.El.; Atif, M. The CSIRO-Mk3. 6.0 Atmosphere–Ocean GCM: participation in CMIP5 and data publication. In International Congress on Modelling and Simulation–MODSIM, **2011**, pp. 2691–2697.
20. Dunne, John P.; John, J.G.; Adcroft, A.J.; Griffies, S.M.; Hallberg, R.W.; Shevliakova, E.; Stouffer, R.J.; Cooke, W.; Dunne, K.A.; Harrison, M.; Krasting, J.P.; Malyshev, S.L.; Milly, P.C.D.; Phillipps, P.J.; Sentman, L.T.; Sammuels, B.; Spelman, M.J.; Winton, M.; Wittenberg, A.T.; Zadeh, N. GFDL's ESM2 global coupled climate–carbon earth system models. Part I: Physical formulation and baseline simulation characteristics. *J. Clim.* **2012**, 25, 6646–6665.
21. Dufresne, J.L.; Foujols, M.A.; Denvil, S.; Caubel, A.; Marti, O.; Aumont, O.; Balkanski, Y.; Bekki, S.; Bellenger, H.; Benshila, R.; Bony, S.; Bopp, L.; Braconnot, P.; Brockmann, P.; Cadule, P.; Cheruy, F.; Codron, F.; Cozic, A.; Cugnet, D.; de Noblet, N.; Duvel, J.P.; Ethé, C.; Fairhead, L.; Fichefet, T.; Flavoni, S.; Friedlingstein, P.; Grandpeix, J.Y.; Guez, L.; Guilyardi, E.; Hauglustaine, D.; Hourdin, F.; Idelkadi, A.; Ghattas, J.; Joussaume, S.; Kageyama, M.; Krinner, G.; Labetoulle, S.; Lahellec, A.; Lefebvre, M.P.; Lefevre, F.; Levy, C.; Li, Z.X.; Lloyd, J.; Lott, F.; Madec, G.; Mancip, M.; Marchand, M.; Masson, S.; Meurdesoif, Y.; Mignot, J.; Musat, I.; Parouty, S.; Polcher, J.; Rio, C.; Schulz, M.; Swingedouw, D.; Szopa, S.; Talandier, C.; Terray, P.; Viovy, N.; Vuichard, N. Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5. *Clim. Dyn.* **2013**, 40, 2123–2165.
22. Giorgetta, M.A.; Jungclaus, J.; Reick, C.H.; Legutke, S.; Bader, J.; Böttinger, M.; Brovkin, V. et al. Climate and carbon cycle changes from 1850 to 2100 in MPI-ESM simulations for the Coupled Model Intercomparison Project phase 5. *J. Adv. Model. Earth Syst.* **2013**, 5, 572–597.
23. MONRE. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, 2016.
24. Hazeleger, W.; Wang, X.; Severijns, C.; Ștefănescu, S.; Bintanja, R.; Sterl, A.; Wyser, K.; Semmler, T.; Yang, S.; van den Hurk, B.; van Noije, T.; van der Linden, E.; van der Wiel, K. EC-Earth V2. 2: description and validation of a new seamless earth system prediction model. *Clim. Dyn.* **2012**, 39, 2611–2629.

25. Hawkins, Ed.; Osborne, T.M.; Ho, C.K.; Challinor, A.J. Calibration and bias correction of climate projections for crop modelling: an idealised case study over Europe. *Agric. For. Meteorol.* **2013**, *170*, 19–31.
26. Kit, H.C.; Stephenson, D.B.; Collins, M.; Ferro, C.A.T.; Brown, S.J. Calibration strategies: a source of additional uncertainty in climate change projections. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **2012**, *93*, 21–26.
27. Hansen, J.W.; Challinor, A.; Ines, A.; Wheeler, T.; Moron, V. Translating climate forecasts into agricultural terms: advances and challenges. *Clim. Res.* **2006**, *33*, 27–41.
28. Nguyen, T.T. Improved downscaling of meteorological data for hydrological modelling in the tropics under climate change. PhD Diss, 2016.
29. Đài Khí tượng Thủy văn Trung Trung Bộ. Danh mục các trạm khí tượng, thủy văn trên địa bàn tỉnh Quảng Bình, 2019.

Evaluation of climate change impacts on temperature and precipitation for Quang Binh province

Le Quang Canh¹, Hoang Ngoc Tuong Van¹, Nguyen Tien Thanh², Nguyen Dinh Huy¹, Tran Hieu Quang¹, Dinh Tien Tai¹

¹ Institute of Resources and Environment, Hue University; lqcanh@hueuni.edu.vn; hntvan@hueuni.edu.vn; ndhuy@hueuni.edu.vn; thquang@hueuni.edu.vn; dttai@hueuni.edu.vn

² Thuyloi University; thanhwru83@gmail.com

Abstract: This paper presented temperature and precipitation changes in Quang Binh Province in the 1988–2018 period and climate change scenarios for Quang Binh Province. Our results showed that the annual average temperature at Tuyen Hoa, Dong Hoi and Ba Don stations increased by 0.1°C, 0.23°C and 0.19°C per decade, respectively. Precipitation had a downward trend at all stations; in which, the most and least declines occurred at Ba Don and Tuyen Hoa station, respectively at 4.94 mm/year and 0.057 mm/year. In addition, the annual average temperature tends to increase by 1.1–1.4°C and 1.9–2.2°C, respectively during the 2016–2035 and 2045–2065 periods under the RCP4.5 scenario. Especially, the western province shows an increase in 2.1–2.2°C; the Southern increases by 1.1–1.2°C and 1.8–1.9°C at the beginning and middle of the century. According to the RCP8.5, the average temperature increases by 1.3–1.5°C, the increase tends to decline from the North to the South at the beginning of the century. According to the RCP4.5, the annual rainfall tends to increase 3.5–14.3% and 4–16% respectively, in the beginning and middle of the century, the increase tends to decrease from the North to the South. The annual rainfall tends to increase in the entire province by 5–17% and sharply increases from the central districts to the northern province under the RCP8.5 scenarios.

Keywords: Climate change; RCP4.5; RCP8.5; Quang Binh.