

Xây dựng kịch bản mực nước biển dâng trong bối cảnh biến đổi khí hậu cho khu vực thành phố Hồ Chí Minh

Lê Ngọc Tuấn^{1*}, Ngô Nam Thịnh², Nguyễn Kỳ Phùng³

Tóm tắt—Nghiên cứu nhằm mục tiêu xây dựng kịch bản mực nước biển dâng tại khu vực thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2100 tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 theo tiếp cận trong báo cáo AR5 của Ủy Ban Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu thông qua phần mềm SimCLIM, và số liệu mực nước thực đo tại địa phương (cập nhật đến năm 2015). Kết quả cho thấy, mực nước biển tại khu vực ven biển Tp. HCM tăng dần qua các năm cũng như các kịch bản về sự gia tăng nồng độ khí nhà kính trong khí quyển. Trong giai đoạn 2025–2030, NBD tăng hầu như giống nhau giữa các kịch bản RCP, mực NBD đến 2030 khoảng 12 cm so với giai đoạn 1986–2005 trong tất cả các kịch bản. Đến năm 2050, mực NBD trung bình theo kịch bản RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 lần lượt là 21 cm, 21 cm, 22 cm và 25 cm. Các số liệu tương ứng vào năm 2100 là 43 cm, 52 cm, 54 cm và 72 cm. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở quan trọng cho các tính toán, đánh giá tác động và tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu (BĐKH) và NBD đến quá trình phát triển kinh tế xã hội tại Tp. HCM.

Từ khóa—nước biển dâng, biến đổi khí hậu, RCP, khí nhà kính

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) biểu hiện bởi sự nóng lên toàn cầu, mực nước biển dâng (NBD) và gia tăng các hiện tượng khí tượng thủy văn cực đoan [1], đã và đang tác động trực tiếp đến đời sống kinh tế - xã hội (KTXH) và môi trường

toàn cầu, là mối lo ngại của các quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Theo đó, nhiều nỗ lực nghiên cứu về BĐKH được thực hiện từ quy mô địa phương, quốc gia, khu vực cũng như toàn cầu.

Việc nghiên cứu BĐKH có thể được chia thành ba nhóm lớn: (N1) Bản chất, nguyên nhân, cơ chế vật lý của sự BĐKH; (N2) Đánh giá tác động của BĐKH, tính dễ bị tổn thương (DBTT) do BĐKH và giải pháp thích ứng; (N3) Giải pháp, chiến lược và kế hoạch hành động nhằm giảm thiểu BĐKH [2]. Về logic, nghiên cứu BĐKH cần được thực hiện tuần tự, trong đó nhóm (N1) cần tiến hành đầu tiên với hai nhóm chính: (i) Nghiên cứu xác định các bằng chứng, nguyên nhân gây BĐKH trong quá khứ và hiện tại; (ii) Đánh giá BĐKH trong tương lai bao gồm việc xây dựng các kịch bản phát thải khí nhà kính (KNK), dự tính khí hậu tương lai bằng các mô hình khí hậu và xây dựng các kịch bản BĐKH.

Ủy ban Liên chính phủ về BĐKH (IPCC) không ngừng nghiên cứu, cập nhật các thông tin và hiểu biết mới nhất nhằm hoàn thiện các kịch bản BĐKH và NBD toàn cầu. Kịch bản BĐKH là giả định có cơ sở khoa học và tính tin cậy về sự tiến triển trong tương lai của các mối quan hệ giữa KTXH, GDP, phát thải KNK, BĐKH và mực NBD [1]. Đến nay, IPCC đã thực hiện 5 lần xây dựng và cập nhật kịch bản BĐKH thông qua các lần báo cáo đánh giá BĐKH (1990, 1995, 2001, 2007, 2013). Trong đó, sự thay đổi cơ bản của IPCC-AR5 là sự thay đổi của các kịch bản phát thải KNK: để diễn tả các kịch bản phát triển KTXH toàn cầu, thuật ngữ “Đường nồng độ khí nhà kính đại diện” (Representative Concentration Pathways - RCPs) được sử dụng. Theo đó, các RCPs được mô tả để dự đoán khí hậu trái đất trong tương lai đến năm 2100 bao gồm RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 tương ứng với nồng độ KNK

Ngày nhận bản thảo 16-05-2017; ngày chấp nhận đăng 13-06-2018; ngày đăng 20-11-2018

Lê Ngọc Tuấn^{1*}, Ngô Nam Thịnh², Nguyễn Kỳ Phùng³ –
¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, ²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh,

³Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh

*Email: lntuan@hcmus.edu.vn

quy đổi thành khí CO₂ là 490 ppm, 650 ppm, 850 và 1370 ppm [1]. Như vậy, việc xây dựng và cập nhật các kịch bản BĐKH theo cách tiếp cận mới với kiến thức và kỹ thuật hiện đại là rất cần thiết cả về mặt khoa học lẫn thực tiễn.

Mục NBD là một trong những vấn đề trọng tâm của các đánh giá về BĐKH trong vài thập kỉ gần đây dựa trên các cơ sở lý thuyết và thực nghiệm khác nhau: Titus và Narayanan [3] sử dụng các kết quả dự tính mục NBD toàn cầu trong Báo cáo FAR [4], Rahmstorf [5] sử dụng phương pháp bán thực nghiệm Potter và Savonis [6] sử dụng Chương trình cải tiến dự báo mục NBD (SLRRP - Sea Level Rise Rectification Program) để dự báo theo các kịch bản tham khảo từ Báo cáo TAR [7]. Một phương pháp khác được sử dụng trong xây dựng kịch bản NBD cho khu vực là phương pháp thống kê. Cayan và cộng sự [8] lựa chọn 6 mô hình khí hậu (CNRM CM3, GFDL CM2.1, MIROC3.2, MPI ECHAM5, NCAR CCSM3, NCAR PCM1) và 12 kịch bản phát thải KNK được sử dụng trong báo cáo AR4 [9] kết hợp áp dụng phương pháp chi tiết hóa thống kê để xây dựng kịch bản BĐKH và NBD trong tương lai tại California. Các ưu điểm của phương pháp chi tiết hóa thống kê như không tốn kém tài nguyên máy tính, dễ dàng áp dụng, đủ cơ sở khoa học, có thể ứng dụng cùng một phương pháp cho nhiều khu vực khác nhau, các kịch bản tương lai được xây dựng dựa trên các giá trị quan trắc trong quá khứ [1, 10].

Tại Việt Nam, việc xây dựng kịch bản NBD trải qua nhiều bước phát triển với 03 phiên bản chính thức cấp quốc gia [1, 11, 12]. Phương pháp tính toán kịch bản NBD cho Việt Nam năm 2016 được xây dựng theo phương pháp của IPCC trong báo cáo AR5, các nghiên cứu của Church [13] và Slagen [14], các kịch bản NBD của các quốc gia như Úc, Hà Lan, Singapore. Thành phố Hồ Chí Minh (Tp. HCM) hiện là thành phố lớn thứ hai sau thủ đô Hà Nội. Với vai trò đô thị đặc biệt, đi đầu trong sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, đóng góp ngày càng lớn đối với khu vực và cả nước. Thành phố Hồ Chí Minh (Tp. HCM) đã tiến hành xây dựng kịch bản BĐKH và NBD [15] trên cơ sở kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam 2009 [11] với giai đoạn nền 1980–1999 và cơ sở dữ liệu khí tượng thủy văn (KTTV) cập nhật đến năm 2009. Các kết quả tính toán nhìn chung đã hỗ trợ tích cực cho công tác hoạch định chính sách ứng phó BĐKH của các ngành/lĩnh vực trên địa bàn thành phố. Tuy nhiên, trong hoàn cảnh mới, cần thiết cập nhật số liệu KTTV nói riêng và kỹ

thuật mô phỏng kịch bản BĐKH nói chung tại địa phương, tạo cơ sở quan trọng để đánh giá tác động, tính DBTT, đề xuất các giải pháp ứng phó tương thích cũng như nghiên cứu lồng ghép yếu tố BĐKH vào các quy hoạch phát triển. Thông qua phương pháp chi tiết hóa thống kê bằng phần mềm SimCLIM - là hệ thống phần mềm được phát triển bởi Viện Quốc tế về BĐKH toàn cầu, thuộc Đại học Waikato (Newzealand), tích hợp các kết quả đầu ra của 40 GCMs mô phỏng các yếu tố khí tượng và 24 mô hình mô phỏng sự thay đổi của NBD, nghiên cứu nhằm mục tiêu xây dựng kịch bản NBD tại Tp. HCM (theo các RCPs) đến năm 2100 với thời kỳ so sánh 1986–2005 và chuỗi số liệu KTTV cập nhật đến năm 2015.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thu thập tài liệu, số liệu

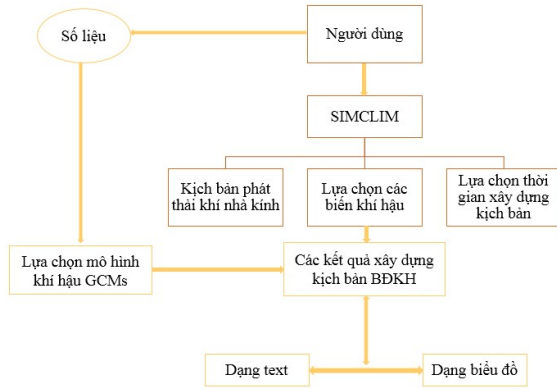
Khu vực ven biển Tp. HCM không có trạm quan trắc mực nước, vì thế, số liệu tại trạm hải văn Vũng Tàu được thu thập (38 năm, 1978–2015) và sử dụng trong tính toán này. Trạm hải văn Vũng Tàu là trạm quan trắc mực nước tự động của quốc gia, có độ tin cậy cao và là trạm gần khu vực ven biển Tp. HCM, có thể đại diện tốt cho mực nước vùng ven biển Tp. HCM. Các số liệu KTTV được thu thập từ Đài KTTV khu vực Nam Bộ, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Tp. HCM, Sở Tài nguyên và Môi trường Tp. HCM – đảm bảo độ tin cậy để sử dụng tính toán.

Phương pháp xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu

Sơ đồ phương pháp xây dựng kịch bản BĐKH được trình bày ở Hình 1. Như đã đề cập, từ kết quả của các mô hình GCMs, SimCLIM được sử dụng để thống kê xuống khu vực nghiên cứu với độ phân giải 1 km.

Các thành phần đóng góp vào mục NBD

Phương pháp xây dựng kịch bản NBD trong mô hình SimCLIM cũng được xây dựng theo phương pháp trong báo cáo AR5 [16]. Mục NBD tổng cộng tại một khu vực được xác định là tổng của các thành phần đóng góp vào mục NBD, bao gồm: (i) Giảm nở nhiệt và động lực; (ii) Tan băng của các sông băng, núi băng trên lục địa; (iii) Cân bằng khối lượng bề mặt băng ở Greenland; (iv) Cân bằng khối lượng bề mặt băng ở Nam Cực; (v) Động lực băng ở Greenland; (vi) Động lực băng ở Nam Cực; (vii) Thay đổi lượng trữ nước trên lục địa; và (viii) Điều chỉnh dâng tĩnh băng.



Hình 1. Sơ đồ phương pháp xây dựng kịch bản ĐBKH

Bảng 1. Sai số giữa số liệu quan trắc và kết quả mô phỏng bằng các mô hình trong SIMCLIM

STT	Mô hình	Sai số (cm)	STT	Mô hình	Sai số (cm)
1	BCC-CSM1-1	2,5	14	INMCM4	2,4
2	BCC-CSM1-1-m	2,4	15	MIROC4H	2,4
3	CanESM2	2,4	16	MIROC5	2,4
4	CCSM4	2,4	17	MIROC-ESM	3,2
5	CMCC-CM	2,4	18	MIROC-ESM-CHEM	3,2
6	CMCC-CMS	3,4	19	MPI-ESM-LR	2,4
7	CNRM-CM5	3,0	20	MPI-ESM-MR	2,4
8	CSIRO-Mk3-6-0	2,4	21	MRI-CGCM3	2,4
9	GFDL-CM3	2,5	22	NorESM1-M	2,4
10	GFDL-ESM2G	2,4	23	NorESM1-ME	2,4
11	GFDL-ESM2M	2,5	24	MIROC4H	2,4
12	HadGEM2-CC	2,6	25	Tổ hợp 14 mô hình có sai số thấp nhất	2,4
13	HadGEM2-ES	2,5	26	Tổ hợp 24 mô hình	2,4

Bảng 1 cho thấy sai số giữa kết quả mô phỏng bằng từng mô hình riêng lẻ và số liệu thực đo mực nước trung bình tại trạm Vũng Tàu từ năm 1995–2015 gần bằng nhau, cao nhất là 3,2 cm và thấp nhất là 2,4 cm. Bên cạnh đó, việc mô phỏng kịch bản NBD bằng *tổ hợp 14 mô hình có sai số nhỏ nhất* (2,4 cm) và *tổ hợp toàn bộ 24 mô hình* cho thấy sự tương đồng về kết quả tính toán, đặc biệt trong giai đoạn nửa đầu thế kỷ XXI. Do vậy, *tổ hợp 24 mô hình* được lựa chọn để mô phỏng kịch bản NBD tại Tp. HCM trong tương lai.

Các bước tiến hành xây dựng kịch bản NBD bằng SimClim

Chạy module trình diễn kết quả tính toán mực NBD; Chọn mô hình để xây dựng kịch bản NBD (như chọn GCM pattern BCC-CSM1-1); Chọn kịch bản RCP tính toán (như Emission scenario RCP2.6); phóng to tại khu vực cần nghiên cứu và chọn tọa độ tại khu vực cần xây dựng kịch bản NBD (như Longitude 125.0897, Latitude 16.4706);

Lựa chọn mô hình mô phỏng kịch bản NBD cho khu vực ven biển Tp. HCM

Để lựa chọn mô hình phù hợp cho khu vực Tp. HCM, nghiên cứu sử dụng các mô hình trong SIMCLIM để mô phỏng cho giai đoạn 1995–2015. Kết quả được so sánh với số liệu thực đo tại trạm Vũng Tàu. Mô hình cho sai số nhỏ nhất sẽ được lựa chọn. Sai số được tính theo công thức: $SS = 1/n \sum_{i=1}^n |\Delta H_{td} - \Delta H_{tt}|$; trong đó: ΔH_{td} là mức dâng mực nước thực đo so với thời kỳ nền 1986–2005; ΔH_{tt} là mức dâng mực nước tính toán so với thời kỳ nền 1986–2005.

tích hợp với xu thế mực nước thực đo tại địa phương; sau cùng, nhấn nút “Load Data”, kết quả sẽ hiển thị các giá trị mực NBD tương ứng với 3 mức độ nhạy cảm khí hậu (thấp, trung bình, cao) của mô hình hoàn lưu toàn cầu với kịch bản phát thải lựa chọn.

Điểm cập nhật so với phiên bản của Nguyễn Kỳ Phùng và Lê Văn Tâm [15] tính cho Tp. HCM

Áp dụng phương pháp mới của IPCC trong báo cáo AR5 và phần mềm SimCLIM phiên bản cập nhật (DATAAR5REGIONAL - Downscaled spatial area for SimCLIM 2013 AR5, South Vietnam); dựa trên kết quả tính toán của các mô hình khí quyển – đại dương cập nhật; sử dụng số liệu mực nước thực đo cập nhật để kiểm định kết quả tính toán từ mô hình. Tương tự như tiếp cận của Bộ TN&MT [1], kịch bản NBD cho Tp. HCM chỉ xét đến sự thay đổi mực nước biển trung bình do ĐBKH mà không xét đến ảnh hưởng của các yếu tố khác gây nên sự dâng cao mực nước biển như: nước dâng do bão,

nước dâng do gió mùa, thủy triều, quá trình nâng/hạ địa chất và các quá trình khác.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Nước biển dâng theo kịch bản RCP2.6

Theo kịch bản RCP2.6, mức độ phát thải KNK được giảm đến mức thấp nhất, nhiệt độ của kịch bản này tăng chậm, sự đóng góp vào mực NBD của các thành phần như băng tại các cực, sông băng, đỉnh núi... không đáng kể, theo đó là sự dâng chậm của mực nước biển (thấp nhất trong các kịch bản phát thải).

Kết quả tính toán cho thấy mực nước biển tại khu vực ven biển TP. HCM gia tăng qua các giai đoạn. Ở mức nhạy cảm khí quyển trung bình (Mid), đến giữa và cuối thế kỷ XXI, nước biển tăng thêm tương ứng khoảng 21 cm và 43 cm so với giai đoạn 1986–2005. Ở mức nhạy cảm khí quyển thấp (Low), các số liệu tương ứng là 15 và 27 cm. Đối với mức nhạy cảm khí quyển cao (High), mực nước biển tăng nhanh từ 27 cm vào năm 2050 lên 60 cm vào cuối thế kỷ (Hình 2A).

Nước biển dâng theo kịch bản RCP4.5

Theo kịch bản RCP4.5, nồng độ KNK tăng ở mức trung bình thấp đến giữa thế kỷ, sau đó đạt mức ổn định và không có sự gia tăng đột ngột nào trong thời gian dài đến cuối XXI. Theo đó, trong nửa đầu XXI, mực NBD theo kịch bản RCP4.5 tương đối giống với RCP2.6 với mức dâng khá thấp. Đến cuối thế kỷ, NBD theo kịch bản RCP4.5 lớn hơn khá rõ (9 cm) so với RCP2.6.

Đối với mức nhạy cảm khí quyển thấp, so với giai đoạn 1986–2005, mực nước biển tại khu vực nghiên cứu gia tăng 15 cm và 35 cm vào giữa và cuối thế kỷ XXI. Các số liệu tương ứng với mức nhạy cảm khí quyển trung bình là 21 và 52 cm; mức nhạy cảm khí quyển cao là 27 và 69 cm (Hình 2B).

Nước biển dâng theo kịch bản RCP6.0

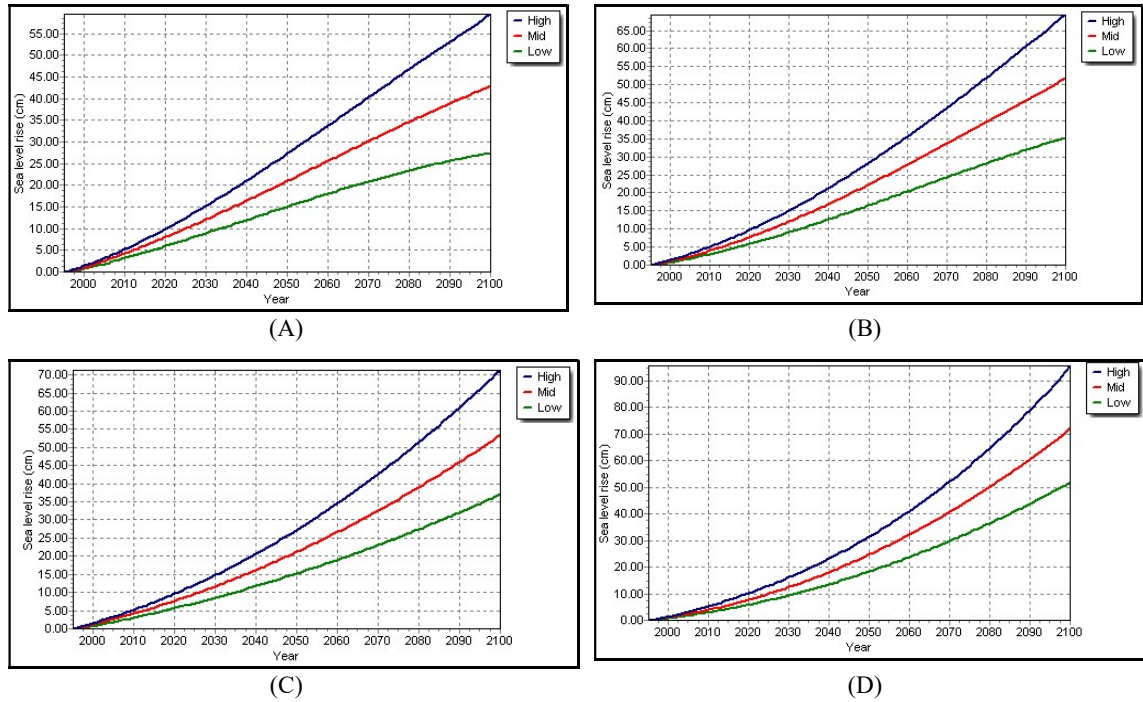
Đối với kịch bản RCP6.0 (cường độ bức xạ khoảng 6,0 W/m²), nồng độ KNK tăng dần đến năm 2100 và mức tăng giảm dần trong các thập kỷ cuối XXI (với các giả thiết áp dụng công nghệ và chiến lược giảm phát thải KNK trong tương lai). Theo đó, NBD cũng có xu thế gia tăng (cao hơn các kịch bản RCP2.6 và RCP4.5), đồng thời không ghi nhận sự gia tăng đột biến vào cuối XXI.

Trong giai đoạn đầu (từ 2025 đến 2050), kịch bản RCP6.0 khác biệt không nhiều so với RCP2.6 và RCP4.5. Đến giữa và cuối thế kỷ, NBD tăng tương ứng 22 cm và 54 cm (tăng khá rõ nét) so với giai đoạn nền ứng với mức nhạy cảm trung bình. Đối với mức nhạy cảm cao, vào cuối XXI, mực nước tăng lên 71 cm so với thời kỳ nền (1986–2005), cao hơn 11 cm so với RCP2.6 ở cùng mức nhạy cảm (Hình 2C).

Nước biển dâng theo kịch bản RCP8.5

So với các kịch bản khác, rõ ràng rằng, kịch bản RCP8.5 cho kết quả mực nước khu vực ven biển Tp. HCM gia tăng cao nhất đến cuối thế kỷ XXI (Hình 2D).

Theo kịch bản RCP8.5, NBD trong thời kỳ đầu (2025 và 2030) tương đối tương đồng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP6.0. Đến giữa thế kỷ (2050), ứng với mức nhạy cảm trung bình, NBD ở kịch bản RCP8.5 tăng 25 cm so với giai đoạn nền, cao hơn 3cm so với RCP6.0, khoảng 4 cm so với RCP2.6 và RCP4.5. Đến cuối thế kỷ (2100), NBD ở kịch bản RCP8.5 tăng khá nhanh: 72 cm so với giai đoạn nền (ứng với mức nhạy cảm trung bình), mức tăng này lần lượt cao hơn 18 cm, 20 cm và 29 cm so với RCP6.0, RCP4.5 và RCP2.6 - có thể giải thích bởi nồng độ KNK cao nhất trong các kịch bản và tăng liên tục đến cuối thế kỷ XXI, kéo theo lượng bức xạ tăng, dẫn đến nhiệt độ khí quyển cũng tăng nhanh, thúc đẩy sự tan băng ở các cực cũng như trên lục địa và các sông băng khá nhanh, dẫn đến mực nước biển tăng mạnh vào cuối thế kỷ.



Hình 2. Mức nước biển dâng (cm) tại khu vực ven biển Tp. HCM giai đoạn 2025–2100 so với 1986–2005: (A) kịch bản RCP 2.6; (B) kịch bản RCP4.5; (C) kịch bản RCP 6.0; kịch bản RCP 8.5

So sánh các phiên bản kịch bản NBD vùng ven biển Tp. HCM

Mức tăng mực nước biển tại khu vực Tp. HCM theo thời gian so với giai đoạn nền 1986–2005 được tóm tắt trong Bảng 2.

Nhìn chung, mực NBD tại khu vực ven biển Tp. HCM gia tăng theo thời gian cũng như theo các kịch bản BĐKH. Trong giai đoạn đầu (2025–2030), kết quả giữa các kịch bản khá tương đồng

(tương ứng với nồng độ CO₂ trong khí quyển tăng gần giống nhau giữa các kịch bản). Càng về các giai đoạn sau (từ giữa thế kỷ XXI), mực nước biển ở kịch bản RCP8.5 tăng vượt trội, theo sau là RCP6.0 - được giải thích bởi sự chênh lệch nồng độ KNK trong khí quyển ở giai đoạn từ giữa đến cuối thế kỷ. Đáng lưu ý, vào cuối thế kỷ XXI, mực nước biển tăng từ 37-71 cm ở kịch bản RCP6.0 lên đến 52–96 cm ở kịch bản RCP8.5.

Bảng 2. Mức NBD (cm) tại khu vực TP.HCM so với giai đoạn nền (1986-2005) theo tiếp cận AR5

Kịch bản	Năm				
	2025	2030	2050	2070	2100
RCP2.6	10 (7-12)	12 (9-15)	21 (15-27)	30 (21-40)	43 (27-60)
RCP4.5	10 (7-12)	12 (9-15)	21 (15-27)	33 (23-43)	52 (35-69)
RCP6.0	10 (7-12)	12 (9-15)	22 (16-28)	34 (24-44)	54 (37-71)
RCP8.5	10 (8-13)	12 (9-16)	25 (18-31)	41 (30-52)	72 (52-96)

So sánh với kịch bản BĐKH cho Tp. HCM được nhóm tác giả Nguyễn Kỳ Phùng và Lê Văn Tâm [15] xây dựng trên cơ sở kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam năm 2009.

Bảng 3 cho thấy kết quả của nghiên cứu này cao hơn của nhóm tác giả Nguyễn Kỳ Phùng và Lê Văn Tâm [15] - có thể giải thích bởi Nguyễn Kỳ Phùng và Lê Văn Tâm [15] xây dựng kịch bản

NBD cho Tp. HCM trên cơ sở kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam năm 2009 [11] với các kịch bản phát thải B1, B2 và A1FI theo tiếp cận trong báo cáo đánh giá AR4 [9]. Có thể thấy, cách tiếp cận và phương pháp áp dụng khác nhau sẽ cho những kết quả mô phỏng khác nhau, tuy nhiên sự sai khác này không đáng kể và có thể chấp nhận được.

Bảng 3. Mức NBD (cm) tại TP. HCM so với giai đoạn nền theo tiếp cận AR4 và AR5

Năm	Kết quả nghiên cứu		Nguyễn Kỳ Phùng và Lê Văn Tâm (2011)		Chênh lệch (cm)	
	RCP8.5	RCP6.0	A1FI	B2	RCP8.5 vs. A1FI	RCP6.0 vs. B2
2030	12	12	13	11	-1	1
2050	25	22	24	20	1	2
2070	41	34	37	30	4	4

So sánh với kịch bản BĐKH cho Tp. HCM được xây dựng bởi Bộ TN&MT trong khuôn khổ Kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam năm 2016

Theo kịch bản mới công bố của Bộ TN&MT [1], kịch bản mực NBD tại Tp. HCM nằm trong khu vực từ Mũi Kê Gà đến Mũi Cà Mau, theo đó, kịch bản NBD tại đây được sử dụng để so sánh với kịch bản NBD trong nghiên cứu này (Bảng 4).

Bảng 4 cho thấy NBD tại Tp. HCM trong hai

phiên bản tính toán khá tương đồng, chênh lệch không đáng kể. Bộ TN&MT xây dựng kịch bản NBD cho khu vực từ Mũi Nai đến Mũi Cà Mau (bao gồm Tp. HCM) trong khi nghiên cứu này sử dụng SimCLIM để xây dựng chi tiết cho Tp. HCM, do vậy, kết quả này nên được xem xét và ưu tiên sử dụng cho các nghiên cứu liên quan đến tác động của BĐKH tại Tp. HCM.

Bảng 4. Mức NBD (cm) tại Tp. HCM so với giai đoạn nền theo tiếp cận AR5

Kịch bản	Phiên bản	2030	2050	2070	2100
RCP2.6	Kết quả nghiên cứu	12	21	30	43
	Bộ TN&MT, 2016	12	21	30	44
	Chênh lệch	0	0	0	-1
RCP4.5	Kết quả nghiên cứu	12	21	33	52
	Bộ TN&MT, 2016	12	22	33	53
	Chênh lệch	0	-1	0	-1
RCP6.0	Kết quả nghiên cứu	12	22	34	54
	Bộ TN&MT, 2016	11	21	34	56
	Chênh lệch	1	1	0	-2
RCP8.5	Kết quả nghiên cứu	12	25	41	72
	Bộ TN&MT, 2016	12	25	41	73
	Chênh lệch	0	0	0	-1

Tính không chắc chắn của các kịch bản BĐKH chịu chi phối bởi sự không chắc chắn về các kịch bản KNK trong tương lai (phát triển KTXH toàn cầu, mức tăng dân số và tiêu dùng của thế giới, chuẩn mực cuộc sống và cách sống, tiêu thụ năng lượng và tài nguyên, vấn đề chuyển giao công nghệ giữa các nước phát triển và các nước đang phát triển, việc thay đổi sử dụng đất...), những yếu tố địa phương và khu vực trong tương lai, hiểu biết còn hạn chế về hệ thống khí hậu toàn cầu và khu vực, quá trình băng tan cũng như sai số tính toán của các mô hình GCMs [1]. Theo Hiệp định Paris về BĐKH, tất cả các quốc gia cùng hành động để giữ cho nhiệt độ toàn cầu vào cuối thế kỷ tăng dưới 2 °C so với thời kỳ tiền công nghiệp. Theo đó, kịch bản RCP4.5 có thể được tham khảo và áp dụng đối với các tiêu chuẩn thiết kế cho các

công trình, quy hoạch, kế hoạch ngắn hạn. Kịch bản RCP8.5 nên được áp dụng cho các công trình vĩnh cửu, các quy hoạch, kế hoạch dài hạn.

4. KẾT LUẬN

Bảng phân mềm SIMCLIM, theo tiếp cận trong báo cáo AR5 của IPCC và số liệu mực nước thực đo tại địa phương (cập nhật đến năm 2015), nghiên cứu thực hiện xây dựng kịch bản NBD tại khu vực Tp. HCM đến năm 2100 tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, mực nước biển tại khu vực ven biển Tp. HCM tăng dần qua các năm cũng như các kịch bản về sự gia tăng nồng độ KNK trong khí quyển. Trong giai đoạn 2025–2030, NBD tăng hầu như giống nhau giữa các kịch bản RCP, mực NBD đến 2030 khoảng 12 cm

so với giai đoạn 1986–2005 trong tất cả các kịch bản. Đến năm 2050, mực NBD trung bình theo kịch bản RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5 lần lượt là 21 cm (15–27 cm), 21 cm (15–27 cm), 22 cm (16–28 cm) và 25 cm (18–31 cm). Các số liệu tương ứng vào năm 2100 là 43 cm (27–60 cm), 52 cm (35–69 cm), 54 cm (37–71 cm) và 72 cm (52–96 cm).

Kết quả nghiên cứu tương đồng cao với kịch bản NBD do Bộ TN&MT công bố năm 2016 (tương ứng với khu vực từ Mũi Nai đến Mũi Cà Mau, bao gồm Tp. HCM). Theo đó, kết quả của nghiên cứu này nên được tham khảo và sử dụng trong các tính toán, đánh giá tác động của BĐKH và NBD đến quá trình phát triển kinh tế xã hội tại Tp. HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016. Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, Hà Nội.
- [2] P.V. Tân, N.Đ. Thành, “Biến đổi khí hậu ở Việt Nam: Một số kết quả nghiên cứu, thách thức và cơ hội trong hội nhập quốc tế”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, vol. 29, no. 2, 42–55, 2013.
- [3] J.G. Titus, V.K. Narayanan, “The probability of sea level rise”, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1995.
- [4] IPCC, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group I. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia 410 pp., 1990.
- [5] S. Rahmstorf, “A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise”, *Science*, vol. 315, pp. 368–370, 2007.
- [6] J.R. Potter, J.M. Savonis, “Impacts of climate change and variability on transportation systems and infrastructure: gulf coast study”, *Phase I*, 2008.
- [7] IPCC, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, and K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1031 pp., 2001.
- [8] D. Cayan et al., *Climate Change scenarios and sea level rise estimates for the California 2008*, Climate Change scenarios assessment, California Climate Change Center, USA, 2009.
- [9] IPCC, *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Summary for Policy Makers, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.
- [10] L.V. Việt, Phân tích các kịch bản biến đổi khí hậu cho đồng bằng sông Cửu Long. 12/2010, 2010.
- [11] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, Hà Nội, 2009.
- [12] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, Hà Nội, 2012.
- [13] J.A. Church, D. Monselesan, J.M. Gregory, B. “Marzeion, Evaluating the ability of process based models to project sea-level change”, *Environmental Research Letters*, vol. 8, pp. 15–51, 2013.
- [14] A.B. Slangen, M. Carson, C.A. Katsman, R.S.W. van de Wal, A. Koehl, L.L.A. Vermeersen, D. Stammer, “Projecting twenty-first century regional sea-level changes”, *Climatic Change*, vol. 124, no. 1, pp. 317–332, 2014.
- [15] N.K. Phùng, L.V. Tâm, Xây dựng mô hình tính toán một số thông số dưới tác động của BĐKH phục vụ quy hoạch sử dụng đất, giao thông, tài nguyên nước và hạ tầng cơ sở cho TP. HCM. Sở Khoa học và Công nghệ Tp. HCM, 2011.
- [16] 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, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., 2013.

Sea level rise scenarios for Ho Chi Minh City in the context of the climate change

Le Ngoc Tuan^{1*}, Ngo Nam Thinh², Nguyen Ky Phung³

¹University of Science, VNU-HCM

²Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment

³Ho Chi Minh City Department of Science and Technology

Corresponding author: lntuan@hcmus.edu.vn

Received 16-05-2017; Accepted 13-06-2018; Published 20-11-2018

Abstract—This work aimed to develop sea level rise (SLR) scenarios in Ho Chi Minh City (HCMC) to 2100, corresponding to the scenarios of RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, and RCP8.5 and the approach mentioned in the AR5 report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) through SIMCLIM software, and the local water level data (updated to 2015). The results showed that the SLR in the coastal area of HCMC increased gradually over the years as well as the increase in greenhouse gas scenarios. In the period of 2025-2030, SLR would increase relatively equally among RCP scenarios. SLR in 2030 would increase about 12cm as compared to sea level in the period of

1986-2005 in all RCP scenarios. By 2050, the average SLR for the scenarios of RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, and RCP8.5 would be 21 cm, 21 cm, 22 cm, and 25 cm, respectively. The corresponding figures for 2100 would be 43 cm, 52 cm, 54 cm, and 72 cm, respectively. The research results provide an important basis for calculations and assessments of impact and vulnerability due to the climate change to socio-economic development in HCMC.

Keywords—sea level rise, climate change, RCP, greenhouse gases