ỦY BAN NHÂN DÂN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

****

BÁO CÁO

ĐÁNH GIÁ KHÍ HẬU THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

(*Ban hành kèm Quyết định 3844/QĐ-UBND ngày 10 tháng 11 năm 2021 của Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh***)**

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 10 năm 2021

CÁC THUẬT NGỮ CHÍNH

Biến đổi khí hậu (*Climate Change*): Là sự thay đổi của khí hậu trong một khoảng thời gian dài do tác động của các điều kiện tự nhiên và hoạt động của con người. Biến đổi khí hậu hiện nay biểu hiện bởi sự nóng lên toàn cầu, mực nước biển dâng và gia tăng các hiện tượng khí tượng thủy văn cực đoan.

CDD (*Consecutive Dry Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho số ngày không mưa liên tục (Đơn vị: ngày), được ước tính theo tổng số ngày liên tục nhiều nhất trong năm không ghi nhận mưa (R < 1 mm).

CWD (*Consecutive Wet Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho số ngày có mưa liên tục (Đơn vị: ngày), được ước tính theo tổng số ngày liên tục nhiều nhất trong năm ghi nhận có mưa (R ≥ 1 mm).

DTR (*Diurnal Temperature Range*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho biên độ nhiệt ngày đêm (Đơn vị: °C), được ước tính theo hiệu số trung bình tháng giữa nhiệt độ cực đại và cực tiểu ngày.

GCM (*General Circulation Models*): Mô hình hoàn lưu khí hậu toàn cầu, một công cụ căn bản để nghiên cứu tác động của sự tăng nồng độ khí nhà kính đối với khí hậu. GCM cơ bản là một mô hình thủy động lực của khí quyển trên một lưới điểm hay phân giải phổ, qua đó các phương trình khối lượng, năng lượng và động lượng cho khí quyển và đại dương được tích phân với nhau theo thời gian, trên một khu vực của địa cầu để mô phỏng sự vận động của hệ thống đại dương – khí quyển thực.

IPCC (*Intergovernmental Penal on Climate Change*): Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu, là tổ chức khoa học liên chính phủ, do Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) và Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc (UNEP) thành lập năm 1988.

IQR (*Interquartile Range*): Giá trị khoảng cách giữa các bách phân vị, là một đại lượng số đo lường mức độ phân tán của tập dữ liệu. Đại lượng này được tính ra bằng cách lấy giá trị tứ phân vị thứ ba trừ đi giá trị tứ phân vị thứ nhất.

KNK: Khí nhà kính, là các khí trong khí quyển, cả tự nhiên và nhân tạo, hấp thụ và phát ra bức xạ ở các bước sóng trong quang phổ bức xạ hồng ngoại của bề mặt trái đất, khí quyển, mây. Các khí nhà kính chính trong khí quyển bao gồm CO_2, N_2O, CH_4, O_3, H_2O. Các khí nhà kính gây ra hiệu ứng nhà kính với việc giảm năng lượng bức xạ của trái đất thoát ra vũ trụ, làm ấm lên tầng bên dưới khí quyển và bề mặt trái đất.

Kịch bản biến đổi khí hậu (*Climate Change Scenario*): Là sự khác biệt giữa kịch bản khí hậu và khí hậu hiện tại. Do kịch bản biến đổi khí hậu xác định từ kịch bản khí hậu, nó bao hàm các giả định có cơ sở khoa học và tính tin cậy về sự tiến triển trong tương lai của các mối quan hệ giữa kinh tế - xã hội, GDP, phát thải khí nhà kính, biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng.

NBD: Nước biển dâng, là sự dâng mực nước của đại dương trên toàn cầu, trong đó không bao gồm triều, nước dâng do bão. Nước biển dâng tại một vị trí nào đó có thể cao hơn hoặc thấp hơn so với trung bình toàn cầu vì có sự khác nhau về nhiệt độ của đại dương và các yếu tố khác.

PRCPTOT (*Annual Total Wet-Day Precipitation*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng lượng mưa năm trong các ngày có lượng mưa từ 1 mm trở lên (Đơn vị: mm).

R10mm (*Number of Heavy Precipitation Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng số ngày mưa lớn (Đơn vị: ngày), được ước tính theo tổng số ngày trong năm có lượng mưa cao hơn 10 mm.

R20mm (*Number of Very Heavy Precipitation Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng số ngày mưa rất lớn (Đơn vị: ngày), được ước tính theo tổng số ngày trong năm có lượng mưa cao hơn 20 mm.

Rnnmm (*Count of days where RR ≥ user-defined threshold in mm*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng số ngày mưa theo ngưỡng quy định (Đơn vị: ngày), được ước tính theo tổng số ngày trong năm có lượng mưa cao hơn nn mm, nn là giá trị được quy định, VD: 50 mm.

R95pTOT (*Very Wet Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng lượng mưa tính riêng các ngày có mưa lớn (Đơn vị: mm), được ước tính theo tổng lượng mưa năm tính riêng các ngày có lượng mưa cao hơn khoảng phân vị 95th trong giai đoạn chuẩn được quy định.

R99pTOT (*Extremely Wet Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng lượng mưa tính riêng các ngày có mưa rất lớn (Đơn vị: mm), được ước tính theo tổng lượng mưa năm tính riêng các ngày có lượng mưa cao hơn khoảng phân vị 99th trong giai đoạn chuẩn được quy định.

RX1day (*Max 1-day Precipitation Amount*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất (Đơn vị: mm), được ước tính theo lượng mưa 1 ngày cao nhất trong tháng.

RX5day (*Max 5-day Precipitation Amount*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho tổng lượng mưa 5 ngày liên tục cao nhất (Đơn vị: mm), được ước tính theo lượng mưa 5 ngày liên tục cao nhất trong tháng.

SDII (*Simple Daily Intensity Index*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho cường độ mưa ngày đơn giản (Đơn vị: mm/ngày), được ước tính theo tỉ số giữa tổng lượng mưa năm với tổng số ngày mưa (≥ 1 mm).

SDSM (*Statistical DownScaling Model*): Mô hình chi tiết hoá thống kê, là một công cụ hỗ trợ ra quyết định trong bài toán đánh giá tác động biến đổi khí hậu tại quy mô địa phương như tỉnh, thành phố hay lưu vực sông. Công cụ SDSM đơn giản hoá việc phát triển kịch bản thay đổi cho các yếu tố khí hậu tại từng trạm quan trắc với chi phí thấp và không yêu cầu nhiều về tài nguyên tính toán, nhưng vẫn có thể cung cấp được nhiều kịch bản biến đổi khí hậu trong giai đoạn nền và theo nhiều kịch bản phát thải khí nhà kính khác nhau từ nhiều nguồn dữ liệu mô hình khí hậu toàn cầu.

SPI (*Standardized Precipitation Index*): Chỉ số lượng mưa chuẩn hoá, được sử dụng để mô tả đặc điểm cơ bản về cường độ, tần suất, sự kiện, giai đoạn và quy mô hạn khí tượng. Hạn khí tượng có thể được xác định dựa theo mức độ khô hạn và khoảng thời gian đợt hạn kéo dài dựa trên yếu tố cân bằng nước tại một khu vực nhất định. Thông thường về mặt khí tượng, lượng mưa (giáng thuỷ) là nguồn cung chủ yếu cho lượng nước đến, và bốc thoát hơi là nguồn mất nước chính tại một vùng. Trong đó, yếu tố bốc thoát hơi có thể bị chi phối bởi sự tương tác của nhiều yếu tố khí hậu khác như nhiệt độ, tốc độ gió, cường độ bức xạ, số giờ nắng, độ che phủ mây hay bề mặt thực phủ. Tuy nhiên, các yếu tố khí hậu này thường không thay đổi nhiều hoặc bất thường tại một khu vực nhất định. Do đó, hạn khí tượng có thể được hiểu một cách đơn giản là một giai đoạn có lượng mưa (giáng thuỷ) thấp hơn nhiều hoặc một cách bất thường so với giá trị chuẩn hay trung bình nhiều năm. Ngoài ra, trạng

thái khí quyển và đặc điểm khí hậu tại những vùng khác nhau thường có sự khác biệt rất lớn, vì vậy ngưỡng giá trị lượng mưa trong phân tích hạn khí tượng cũng sẽ khác nhau giữa từng vùng địa lý trên thế giới.

TN10p (*Cool Nights*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ đại diện đêm lạnh (Đơn vị: %), được ước tính theo phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực tiểu ngày thấp hơn khoảng phân vị 10th trong giai đoạn chuẩn được quy định.

TN90p (*Warm Nights*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ đại diện đêm ấm (Đơn vị: %), được ước tính theo phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực tiểu ngày cao hơn khoảng phân vị 90th trong giai đoạn chuẩn được quy định.

TNn (*Monthly Minimum Value of Daily Minimum Temperature*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ cực tiểu thấp nhất (Đơn vị: °C), được ước tính theo giá trị nhiệt độ cực tiểu thấp nhất trong tháng.

TNx (*Monthly Maximum Value of Daily Minimum Temperature*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ cực tiểu cao nhất (Đơn vị: °C), được ước tính theo giá trị nhiệt độ cực tiểu cao nhất trong tháng.

TX10p (*Cool Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ đại diện ngày lạnh (Đơn vị: %), được ước tính theo phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại ngày thấp hơn khoảng phân vị 10th trong giai đoạn chuẩn được quy định.

TX90p (*Warm Days*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ đại diện ngày ấm (Đơn vị: %), được ước tính theo phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại ngày cao hơn khoảng phân vị 90th trong giai đoạn chuẩn được quy định.

TXn (*Monthly Minimum Value of Daily Maximum Temperature*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ cực đại thấp nhất (Đơn vị: °C), được ước tính theo giá trị nhiệt độ cực đại thấp nhất trong tháng.

TXx (*Monthly Maximum Value of Daily Maximum Temperature*): Chỉ số cực đoan khí hậu đại diện cho nhiệt độ cực đại cao nhất (Đơn vị: °C), được ước tính theo giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất trong tháng.

MỤC LỤC

I. ĐẶC ĐIỂM KHÍ HẬU, DIỄN BIẾN CỦA CÁC YẾU TỐ KHÍ HẬU CƠ BẢN VÀ CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH 1

1. Diễn biến của các yếu tố nhiệt độ 1

2. Đặc điểm biến đổi tổng lượng mưa năm và trong hai mùa 2

3. Diễn biến mưa lớn 4

4. Diễn biến nắng nóng 6

5. Đặc điểm hạn khí tượng 6

II. MỨC ĐỘ DAO ĐỘNG, BIẾN ĐỔI CỦA CÁC YẾU TỐ KHÍ HẬU, CỰC TRỊ KHÍ HẬU VÀ CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN 7

1. Diễn biến của các yếu tố cực đoan nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu 7

2. Mức độ dao động, sự biến thiên của các yếu tố cực đoan liên quan đến tổng lượng mưa, số ngày mưa và lượng mưa ngày cực đại 10

III. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN THIÊN TAI GỒM PHẠM VI, CƯỜNG ĐỘ, TẦN SUẤT VÀ TÍNH BẤT THƯỜNG CỦA CÁC THIÊN TAI KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN 17

1. Tác động của biến đổi khí hậu đến sự thay đổi của các yếu tố cực đoan liên quan đến nhiệt độ 17

2. Tác động của biến đổi khí hậu đến sự thay đổi của các yếu tố cực đoan liên quan đến lượng mưa 18

IV. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN TÀI NGUYÊN 22

1. Tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước 22

2. Tác động biến đổi khí hậu đến diễn biến xâm nhập mặn 24

3. Tác động biến đổi khí hậu đến các yếu tố cực đoan liên quan đến nước biển dâng 28

V. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN MÔI TRƯỜNG, HỆ SINH THÁI 30

1. Mức độ hạn hán và đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến diễn biến hạn hán 30

2. Cường độ nắng nóng và tác động biến đổi khí hậu đến diễn biến nắng nóng 33

3. Tác động biến đổi khí hậu đến vấn đề mưa lớn 34

VI. TÁC ĐỘNG BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN CÁC HOẠT ĐỘNG KINH TẾ - XÃ HỘI TP.HCM 35

1. Quy hoạch đô thị 35

2. Năng lượng 36

3. Giao thông 37

4. Công nghiệp 38
5. Quản lý nước 39
6. Quản lý chất thải 40
7. Xây dựng 40
8. Y tế 41
9. Nông nghiệp 42
VII. ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU 42
VIII. ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP GIẢM NHẸ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH 43
IX. MỨC ĐỘ PHÙ HỢP CỦA KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU SO VỚI DIỄN BIẾN THỰC TẾ CỦA KHÍ HẬU TRONG KỲ ĐÁNH GIÁ 44
1. Đối với kịch bản nhiệt độ 44
2. Đối với kịch bản lượng mưa 45
X. KẾT LUẬN 46

Thực hiện Quyết định số 1670/QĐ-TTg ngày 31 tháng 10 năm 2017 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chương trình mục tiêu ứng phó với biến đổi khí hậu và tăng trưởng xanh và Công văn số 180/BTNMT-KHTC ngày 12 tháng 01 năm 2018 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về việc hướng dẫn triển khai Chương trình mục tiêu ứng phó với biến đổi khí hậu và tăng trưởng xanh (nguồn vốn sự nghiệp), Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh ban hành Báo cáo "Đánh giá khí hậu Thành phố Hồ Chí Minh" với những nội dung sau:

I. ĐẶC ĐIỂM KHÍ HẬU, DIỄN BIẾN CỦA CÁC YẾU TỐ KHÍ HẬU CƠ BẢN VÀ CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

1. Diễn biến của các yếu tố nhiệt độ

Mức độ biến thiên của ba yếu tố nhiệt độ tại Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) cơ bản đồng nhất với nhau có ước tính lần lượt là 2,1°C, 2,5°C và 2,0°C tương ứng với nhiệt độ trung bình, nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu. Trong đó, nhiệt độ trung bình có mức độ biên thiên phần lớn từ 26,9–29,0°C, với giá trị trung bình nhiều năm khoảng 27,9°C. Đối với nhiệt độ cực đại, các giá trị chủ yếu tập trung trong khoảng từ 31,9–34,5 °C, với giá trị trung bình nhiều năm khoảng 33,1°C. Còn nhiệt độ cực tiểu ghi nhận khoảng biến thiên trong các thập kỷ qua chủ yếu từ 23,8–25,9°C, với giá trị trung bình nhiều năm khoảng 24,8°C.

Nền nhiệt có mức độ dao động lớn giữa các khoảng thời gian trong năm. Nền nhiệt thường cao nhất trong khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 5 hàng năm, sau đó giảm dần và ổn định trong khoảng thời gian các tháng mùa mưa và ghi nhận thấp nhất trong khoảng thời gian từ tháng 12 đến tháng 1 năm sau. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng ghi nhận nền nhiệt thường không thay đổi nhiều trong các tháng mùa mưa, tuy nhiên, các yếu tố nhiệt độ có khuynh hướng tăng nhanh từ các tháng có nền nhiệt thấp nhất (tháng 12 và tháng 1) đến các tháng có nền nhiệt cao nhất trong năm (tháng 4 và tháng 5), đặc biệt thể hiện rõ nhất đối với yếu tố nhiệt độ cực tiểu.

Đối với yếu tố nhiệt độ trung bình, kết quả ước tính ghi nhận giá trị trung bình và trung vị nhiều năm trong các tháng có nền nhiệt cao nhất (tháng 4 và tháng 5) thường dao động từ 28,1°C – 29,3°C tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà. Trong khi đó, khoảng thời gian nền nhiệt thấp nhất từ tháng 12 đến tháng 1 ghi nhận giá trị trung bình và trung vị nhiều năm chủ yếu từ 25,7°C – 26,3°C tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà. Các tháng còn lại trong năm có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt từ 26,9°C – 27,5°C.

Đối với yếu tố nhiệt độ cực đại, kết quả ước tính ghi nhận giá trị trung bình và trung vị nhiều năm trong các tháng có nền nhiệt cao nhất (tháng 4 và tháng 5) thường dao động từ 28,1°C – 29,3°C tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà. Trong khi đó, khoảng thời gian nền nhiệt thấp nhất từ tháng 12 đến tháng 1 ghi nhận giá trị trung bình và trung vị nhiều năm chủ yếu từ 25,7°C – 26,3°C tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà. Các tháng còn lại trong năm có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt từ 26,9°C – 27,5°C.

Đối với yếu tố nhiệt độ cực tiểu, kết quả ước tính ghi nhận giá trị trung bình và trung vị nhiều năm trong các tháng có nền nhiệt cao nhất (tháng 4 và tháng 5) thường dao động từ 28,1°C – 29,3°C tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà. Trong khi đó, khoảng thời gian nền nhiệt thấp nhất từ tháng 12 đến tháng 1 ghi nhận giá trị trung bình và trung vị nhiều năm chủ yếu từ 25,7°C – 26,3°C tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà. Các tháng còn lại trong năm có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt từ 26,9°C – 27,5°C.

Nền nhiệt tại TP.HCM đã gia tăng đáng kể trong nhiều năm qua và phần lớn những xu thế tăng này được đánh giá là đạt ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95% và 99%. Cụ thể, đối với nhiệt độ trung bình cả năm, phân tích ghi nhận có giá trị khoảng 26,9–27,1°C trong những năm đầu giai đoạn phân tích và liên tục tăng dần đến khoảng 28,9°C trong những năm gần đây, với kết quả ước tính độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng khoảng 0,043°C/năm. Đối với nhiệt độ cực đại cả năm, phân tích ghi nhận có giá trị khoảng 31,8–32,0°C trong những năm đầu giai đoạn phân tích và liên tục tăng dần đến khoảng 34,2°C trong những năm gần đây, với kết quả ước tính độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng khoảng 0,051°C/năm. Tương tự, đối với nhiệt độ cực tiểu cả năm, phân tích ghi nhận có giá trị khoảng 23,7°C trong những năm đầu giai đoạn phân tích và liên tục tăng dần đến khoảng 25,8°C trong những năm gần đây, với kết quả ước tính độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng khoảng 0,050°C/năm. Ngoài ra, kết quả so sánh giữa các yếu tố nhiệt độ ghi nhận mức tăng của nhiệt độ cực trị cao hơn nhiều so với mức tăng của nhiệt độ trung bình. Kết quả này cho thấy yếu tố cực đoan khí hậu liên quan đến sự thay đổi nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu có khuynh hướng tăng cao hơn.

Xu thế nền nhiệt trong các tháng cho thấy nhiệt độ trung bình và nhiệt độ cực tiểu có khuynh hướng thay đổi cơ bản giống nhau, cụ thể là các tháng có nền nhiệt thấp (tháng 11, 12 và 1) ghi nhận đang có xu thế gia tăng cao hơn các tháng còn lại. Trong khi đó, yếu tố nhiệt độ cực đại ghi nhận mức tăng cao nhất trong các tháng cuối mùa mưa từ tháng 10 đến tháng 11, còn các tháng đầu năm ghi nhận xu thế tăng có mức độ thấp hơn. Cụ thể, đối với nhiệt độ trung bình, kết quả ước tính độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng trong khoảng từ 0,024–0,033°C/năm trong các tháng 3, 4 và 5, đến khoảng 0,053–0,064°C/năm trong các tháng 11, 12 và 1. Đối với nhiệt độ cực đại, kết quả ước tính độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng trong khoảng từ 0,023– 0,028°C/năm trong các tháng 3 và 4, đến khoảng 0,073–0,076°C/năm trong các tháng 10 và 11. Tương tự, đối với nhiệt độ cực tiểu, kết quả ước tính độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng trong khoảng từ 0,029–0,033°C/năm trong tháng 9 và tháng 5, đến khoảng 0,082–0,083°C/năm trong tháng 12 và tháng 1.

2. Đặc điểm biến đổi tổng lượng mưa năm và trong hai mùa

Tổng lượng mưa năm TP.HCM tại các trạm Cần Giờ, Xi Măng Thủ Đức và Phạm Văn Cội có mức độ biến thiên cao nhất trong 40 năm trở lại đây, với mức độ khác biệt qua các năm trong khoảng từ 650 – 900 mm. Trong khi đó, tổng lượng mưa năm tại các trạm Tân Sơn Hoà, Tam Thôn Hiệp, Lê Minh Xuân và Bình Chánh ghi nhận có sự thay đổi qua các năm thấp hơn các trạm khác, với mức độ khác biệt qua các năm ước tính khoảng 250 – 300 mm. Tương tự, các trạm quan trắc còn lại ghi nhận có tổng lượng mưa năm biến thiên tương đối giống nhau trong nhiều năm qua, với mức độ khác biệt qua các năm khoảng 400 – 500 mm.

Về cường độ mưa, trạm Phạm Văn Cội được đánh giá có tổng lượng mưa năm cao nhất, với giá trị trung bình và trung vị lớn hơn 2000 – 2150 mm và được ước tính cao hơn khoảng 2 lần so với giá trị ghi nhận tại trạm Cần Giờ (khoảng 1050 mm), là trạm có tổng lượng mưa năm thấp nhất trong các trạm quan trắc tại thành phố. Các trạm quan trắc còn lại có lượng mưa trung bình hàng năm phổ biến từ 1300 mm đến 1800 mm. Ngoài ra, kết quả phân tích còn ghi nhận khả năng xảy ra đồng thời một số năm có mưa nhiều bất thường với tổng lượng mưa cả năm có thể cao gần 3000 – 3500 mm và một số năm có lượng mưa thấp hơn đáng kể so với trung bình nhiều năm.

Các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM đều không ghi nhận hoặc ghi nhận lượng mưa rất thấp trong khoảng thời gian từ tháng 12 đến tháng 3 hàng năm và bắt đầu có mưa từ các tháng 4, 5 kéo dài đến tháng 11 hàng năm. Vì vậy, một cách tương đối có thể xác

định mùa mưa tại thành phố bắt đầu từ cuối tháng 4 đầu tháng 5 kéo dài đến khoảng thời gian cuối tháng 10 đầu tháng 11 và mùa khô thường kéo dài từ giữa tháng 11 đến cuối tháng 4 hàng năm. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng đã cho thấy phần lớn tổng lượng mưa năm tại TP.HCM chủ yếu là do đóng góp từ lượng mưa trong mùa mưa, chiếm khoảng 80–90% so với tổng lượng mưa năm. Kết quả này cơ bản phù hợp với đặc điểm phân bố mùa mưa và lượng mưa giữa hai mùa chung tại khu vực miền Nam Việt Nam.

Về cường độ mưa trong các tháng giữa 14 trạm quan trắc, trạm Phạm Văn Cội cũng có tổng lượng mưa tháng cao hơn nhiều so với các trạm còn lại. Cụ thể, tổng lượng mưa trung bình các tháng mùa mưa tại trạm Phạm Văn Cội trong khoảng từ 300 – 400 mm, trong khi đó các trạm còn lại ghi nhận tổng lượng mưa các tháng mùa mưa chủ yếu từ 180 – 250 mm trong giai đoạn phân tích từ 1980 đến 2019. Trong mùa khô, tổng lượng mưa các tháng có giá trị trung bình nhiều năm chủ yếu từ 20 – 50 mm.

Mức độ dao động và sự biến thiên của tổng lượng mưa tháng trong các thập kỷ qua chủ yếu thay đổi rõ trong các tháng mùa mưa. Theo đó, các tháng đầu mùa mưa và tháng cao điểm mùa mưa cũng được đánh giá thường có mức độ biến thiên qua các năm cao hơn các tháng còn lại. Mức độ biến thiên phổ biến trong khoảng từ 115 mm đến 150 mm đối với các tháng đầu mùa mưa và tháng cao điểm mùa mưa tại các trạm quan trắc. Trong đó, lượng mưa tháng 8 tại trạm Phạm Văn Cội được đánh giá có mức độ biến thiên cao nhất trong các thập kỷ qua, với mức độ biến thiên được ước tính gần 250 mm.

Lượng mưa tại TP.HCM ghi nhận đồng thời xu thế tăng và xu thế giảm tại các trạm quan trắc trên địa bàn thành phố, với tỷ lệ ghi nhận xu thế tăng nhiều hơn đặc biệt là theo tổng lượng mưa cả năm và trong mùa khô. Cụ thể, tổng lượng mưa cả năm ghi nhận lượng mưa có xu thế tăng cao nhất tại hai trạm Cần Giờ và Hóc Môn, với độ dốc xu thế lần lượt là 16,1 mm/năm và 14,8 mm/năm. Hơn nữa, các xu thế tăng này còn được đánh giá là đạt ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95% và 99%. Tương tự, tổng lượng mưa cả năm tại các trạm quan trắc Phạm Văn Cội, Tam Thôn Hiệp, Xi Măng Thủ Đức, Tân Sơn Hoà, Bình Chánh, Lê Minh Xuân, An Phú, Long Sơn và Mạc Đĩnh Chi cũng ghi nhận có khuynh hướng tăng trong nhiều năm qua, với độ dốc xu thế trong khoảng từ 0,5 – 11,4 mm/năm. Trong khi đó, tổng lượng mưa cả năm tại trạm Cát Lái, Củ Chi và Nhà Bè có khuynh hướng giảm nhẹ, với độ dốc xu thế được ước tính trong khoảng từ −0,4 đến −6,1 mm/năm.

Trong mùa mưa, xu thế thay đổi lượng mưa cơ bản phù hợp với với tổng lượng mưa cả năm, với nguyên nhân chủ yếu do phần lớn lượng mưa cả năm là do đóng góp từ lượng mưa trong mùa mưa. Cụ thể, tổng lượng mưa tại hai trạm quan trắc Cần Giờ và Hóc Môn vẫn được ghi nhận có khuynh hướng tăng cao nhất và đạt ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95% và 99%, với độ dốc xu thế lần lượt là 13,9 mm/năm và 10,9 mm/năm. Tương tự, các trạm quan trắc Phạm Văn Cội, Tam Thôn Hiệp, Xi Măng Thủ Đức, Bình Chánh và Tân Sơn Hoà cũng có tổng lượng mưa mùa mưa ghi nhận xu thế tăng, với độ dốc xu thế trong khoảng từ 0,2 – 9,1 mm/năm. Trong khi đó, tổng lượng mưa mùa mưa tại trạm Cát Lái, Mạc Đĩnh Chi, Củ Chi, Nhà Bè, Long Sơn, An Phú và Lê Minh Xuân có khuynh hướng giảm nhẹ, với độ dốc xu thế được ước tính trong khoảng từ −0,6 đến −6,7 mm/năm.

Trong mùa khô, lượng mưa tại các trạm quan trắc đều ghi nhận xu thế tăng. Trong đó, phần lớn xu thế tăng được đánh giá đạt ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95% và 99%, cụ thể tại các trạm Cần Giờ, Hóc Môn, Mạc Đĩnh Chi, Phạm Văn Cội, Bình Chánh, Củ Chi, Lê Minh Xuân, Tân Sơn Hoà và Xi Măng Thủ Đức. Về độ lớn xu thế, kết quả ước tính ghi nhận tổng lượng mưa trong mùa khô có khuynh hướng tăng nhẹ với độ dốc chủ yếu từ 1,2 – 3,8 mm/năm trong các thập kỷ qua.

Tổng lượng mưa cả năm và trong hai mùa có sự phân bố không đồng nhất trên địa bàn thành phố. Theo đó, khu vực trung tâm thành phố và một phần khu vực Tây Bắc tại huyện Củ Chi ghi nhận có tổng lượng mưa cả năm và trong mùa mưa cao nhất. Trong mùa khô, tổng lượng mưa ghi nhận cao nhất chủ yếu tại khu vực trung tâm thành phố trải dài theo hướng Tây. Tương tự, khu vực hướng Đông Nam thành phố huyện Cần Giờ là vùng ghi nhận có tổng lượng mưa cả năm cũng như trong hai mùa thấp nhất trên địa bàn thành phố.

Cụ thể, tổng lượng mưa cả năm tại TP.HCM có giá trị trung bình nhiều năm trong giai đoạn 1980 đến 2019 dao động chủ yếu từ 1050 mm đến 2160 mm. Trong đó, khu vực có lượng mưa cả năm cao nhất thành phố thường ghi nhận giá trị có thể cao hơn 1900 mm. Còn khu vực phía Đông Nam thành phố thường ghi nhận tổng lượng mưa cả năm thấp hơn 1300 mm. Trong mùa mưa, giá trị trung bình nhiều năm của tổng lượng mưa tại thành phố biến thiên chủ yếu trong khoảng từ 1010 – 2035 mm. Trong đó, khu vực có lượng mưa mùa mưa cao nhất Thành phố thường ghi nhận giá trị có thể cao hơn 1700 mm. Còn khu vực phía Đông Nam thành phố thường ghi nhận tổng lượng mưa mùa mưa thường thấp hơn 1200 mm. Tương tự, tổng lượng mưa trong mùa khô tại thành phố dao động chủ yếu trong khoảng từ 40 – 175 mm. Trong đó, khu vực có lượng mưa mùa khô cao nhất thành phố thường ghi nhận giá trị có thể cao hơn 125 mm. Còn khu vực phía Đông Nam thành phố thường ghi nhận tổng lượng mưa mùa khô thường thấp hơn 60 mm.

3. Diễn biến mưa lớn

Lượng mưa ngày cực đại tại trạm Cần Giờ được đánh giá có mức độ biến thiên cao nhất qua các năm trong giai đoạn 1980 đến 2019, với mức độ biến thiên giữa các năm gần 64 mm và có giá trị lượng mưa ngày cực đại ghi nhận phần lớn từ 30 – 94 mm. Tương tự, các trạm Xi Măng Thủ Đức và Phạm Văn Cội cũng được đánh giá có lượng mưa ngày cực đại biến thiên cao qua các năm trong giai đoạn phân tích, với mức độ biến thiên giữa các năm khoảng 45 – 48 mm. Trong khi đó, trạm An Phú ghi nhận mức độ biến thiên lượng mưa ngày cực đại thấp nhất, với mức độ biến thiên giữa các năm khoảng 25 mm và có giá trị lượng mưa ngày cực đại ghi nhận phần lớn từ 81 – 106 mm. Tương tự, các trạm Lê Minh Xuân, Tam Thôn Hiệp, Hóc Môn và Cát Lái cũng được đánh giá có mức độ biến thiên lượng mưa ngày cực đại thấp trong giai đoạn phân tích, với mức độ biến thiên giữa các năm khoảng 27 – 28 mm. Các trạm quan trắc còn lại ghi nhận có mức độ biến thiên lượng mưa ngày cực đại qua các năm tương đối bằng nhau, với mức độ biến thiên giữa các năm dao động chủ yếu từ 31 – 38 mm.

Về cường độ lượng mưa ngày cực đại trong giai đoạn 1980 đến 2019 tại TP.HCM, phần lớn các trạm quan trắc đều có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm cao hơn 50 mm. Cụ thể, trạm Mạc Đĩnh Chi được đánh giá là trạm có cường độ lượng mưa ngày cực đại cao nhất, với giá trị trung vị trong giai đoạn 1980 – 2019 ước tính khoảng 112 mm và có giá trị biến thiên phần lớn từ 88 – 127 mm. Tương tự, cường độ lượng mưa ngày cực đại tại các trạm Cát Lái và Xi Măng Thủ Đức cũng có giá trị trung vị nhiều năm cao khoảng 100 mm. Trong khi đó, lượng mưa ngày cực đại tại trạm Cần Giờ được đánh giá là thấp hơn so với các trạm còn lại, với giá trị trung vị ước tính khoảng 83,5 mm. Có thể thấy lượng mưa ngày cực đại tại trạm Cần Giờ mặc dù có cường độ thấp, nhưng mức độ biến thiên lại cao hơn so với các trạm khác trong giai đoạn 1980 đến 2019.

Đặc biệt, tồn tại một số năm có lượng mưa ngày cực đại cao hơn nhiều so với trung bình nhiều năm. Lượng mưa ngày cực đại cao nhất tại trạm Tam Thôn Hiệp có thể gần 320 mm và cao hơn khoảng 3,5 lần so với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm. Tương tự, các trạm Cần Giờ, Hóc Môn và Cát Lái cũng ghi nhận có giá trị ngoại vi cao gần 300 mm.

Các trạm còn lại ghi nhận có giá trị ngoại vi lượng mưa ngày cực đại chủ yếu từ 200 – 250 mm. Nhìn chung, kết quả này cho thấy TP.HCM đã trải qua những đợt mưa lớn bất thường trong giai đoạn phân tích từ 1980 – 2019.

Về đặc điểm biến thiên số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm), mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) và mưa rất to (R ≥ 100 mm), đối với số ngày mưa lớn có tổng lượng mưa trong 24h cao hơn 50 mm, các trạm quan trắc tại TP.HCM thường ghi nhận từ 3 đến 7 ngày có mưa lớn (R ≥ 50 mm) hàng năm trong giai đoạn 1980 – 2019. Trong đó, các trạm Tân Sơn Hoà, Cát Lái và Long Sơn được đánh giá thường xuyên có mưa lớn nhiều hơn so với những trạm quan trắc khác, với số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm) nhiều hơn 6 ngày mỗi năm chiếm tỷ lệ gần 62–70% trong giai đoạn 1980 – 2019. Trong khi đó, các trạm Cần Giờ và Phạm Văn Cội ghi nhận số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm) thường không quá 3 ngày mỗi năm. Tương tự, diễn biến số ngày mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) có sự biến thiên cơ bản thống nhất với diễn biến của số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm). Nguyên nhân chủ yếu do các trạm quan trắc tại TP.HCM thường không ghi nhận ngày có mưa rất to (R ≥ 100) hoặc nếu có cũng chỉ ghi nhận từ 1 – 3 ngày mỗi năm trong giai đoạn 40 năm từ 1980 đến 2019.

Bên cạnh đó, trạm Long Sơn ghi nhận từng có số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm) cao nhất có thể đến 23 ngày. Tương tự, trạm Cái Lái và An Phú cũng ghi nhận từng xảy ra mưa lớn (R ≥ 50 mm) khoảng 20 và 19 ngày trong giai đoạn phân tích. Trong khi đó, trạm Cần Ghi ghi nhận có số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm) rất thấp so với các trạm khác, với số ngày mưa lớn nhiều nhất trong 40 năm qua từng xảy ra là 7 ngày. Các trạm quan trắc còn lại có số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm) cao nhất trong khoảng từ 11 – 16 ngày.

Đối với số ngày mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) cao nhất, trạm Long Sơn và An Phú được ghi nhận có số ngày mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) nhiều nhất có thể đến 17 ngày. Trong khi đó, trạm Cần Giờ và Tam Thôn Hiệp được đánh giá có số ngày mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) ít nhất tại thành phố, khoảng 6 và 8 ngày. Các trạm quan trắc còn lại có số ngày mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) cao nhất chủ yếu từ 10 – 14 ngày trong 40 năm qua. Đối với số ngày mưa rất to (R ≥ 100) cao nhất, trạm Long Sơn và Cát Lái được đánh giá có nhiều ngày mưa rất to (R ≥ 100) nhất tại thành phố, ghi nhận khoảng 7 ngày. Các trạm Xi Măng Thủ Đức, Tân Sơn Hoà, Phạm Văn Cội, Nhà Bè, Lê Minh Xuân, Củ Chi và Bình Chánh ghi nhận khoảng 3 ngày có giá trị số ngày mưa rất to (R ≥ 100) cao nhất. Còn các trạm Tam Thôn Hiệp, Mạc Đĩnh Chi, Hóc Môn, Cần Giờ và An Phú ghi nhận 2 ngày có giá trị mưa rất to (R ≥ 100) cao nhất trong giai đoạn phân tích 1980 – 2019.

Về xu thế biến đổi của giá trị lượng mưa ngày cực đại tại các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM, lượng mưa ngày cực đại có xu thế tăng tại các trạm Cần Giờ, Nhà Bè, Hóc Môn, Phạm Văn Cội, Tân Sơn Hoà, Bình Chánh, Củ Chi, Tam Thôn Hiệp, Cát Lái và Xi Măng Thủ Đức, với mức tăng cao nhất khoảng 1,82 mm/năm được ghi nhận tại trạm Cần Giờ, còn các trạm còn lại có mức tăng giá trị lượng mưa ngày cực đại chủ yếu từ 0,1 – 0,8 mm/năm. Trong khi đó, các trạm Long Sơn, Mạc Đĩnh Chi, An Phú và Lê Minh Xuân ghi nhận có xu thế giảm nhẹ đối với lượng mưa ngày cực đại, với hệ số dốc ước tính khoảng −0,02 đến −0,19 mm/năm trong nhiều năm qua.

Về đặc điểm phân bố không gian cho giá trị lượng mưa ngày cực đại, giá trị trung bình nhiều năm đối với lượng mưa ngày cực đại dao động từ 70 mm đến 110 mm trên toàn địa bàn TP.HCM. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố và một phần huyện Cần Giờ ghi nhận giá trị trung bình nhiều năm của lượng mưa ngày cực đại thường cao hơn 100 mm. Hơn nữa, giá trị lớn nhất của lượng mưa ngày cực đại tại thành phố dao động chủ yếu từ 160 mm đến 320 mm. Trong đó, khu vực phía Đông Nam thành phố huyện Cần Giờ là vùng ghi nhận có giá trị cao nhất đối với lượng mưa ngày cực đại lớn nhất, với giá trị

thường cao hơn 280 mm. Về độ dốc xu thế đối với lượng mưa ngày cực đại, kết quả phân tích ghi nhận phần lớn diện tích thành phố có xu thế tăng, với mức độ tăng phổ biến từ 0,2 – 1,8 mm/năm và cũng ghi nhận khu vực phía Đông Nam thành phố huyện Cần Giờ là vùng có mức tăng cao nhất trên địa bàn thành phố.

4. Diễn biến nắng nóng

Giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà phần lớn cao hơn ngưỡng nắng nóng gay gắt 37°C. Cụ thể, nhiệt độ cực đại cao nhất cả năm tại trạm Tân Sơn Hoà thường dao động trong khoảng từ 36,9°C – 38,4°C, với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm khoảng 37,6°C và cao nhất có thể gần 39,3°C.

Ngoài ra, giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất theo tháng tại trạm Tân Sơn Hoà chủ yếu cao hơn ngưỡng nắng nóng 35°C trong khoảng thời gian chủ yếu từ tháng 2 đến tháng 6 hàng năm và phần lớn kết quả ghi nhận trong tháng 7 và tháng 8 cũng thường xuyên cao hơn ngưỡng nắng nóng 35°C. Đặc biệt, nhiệt độ cực đại cao nhất trong tháng 4 và tháng 5 thường có giá trị cao hơn ngưỡng nắng nóng gay gắt 37°C. Trong khi đó, các tháng còn lại chủ yếu trong khoảng thời gian cao điểm mùa mưa hàng năm và trong những tháng đầu/cuối năm thường có giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất thấp nhất trong năm và phần lớn là thấp hơn ngưỡng nắng nóng 35°C.

Về diễn biến số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt, chủ yếu ghi nhận xuất hiện sự kiện nắng nóng và nắng nóng gay gắt trong khoảng thời gian từ tháng 2 đến tháng 5 hàng năm và cùng với thời điểm có nền nhiệt cao nhất trong năm. Hơn nữa, khuynh hướng xuất hiện số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt nhiều hơn trong 2 thập kỷ gần nhất trở lại đây từ năm 2000 đến 2019. Cụ thể, số ngày nắng nóng trong các tháng này thường dao động chủ yếu từ 4 – 15 ngày và có thể đến 25 ngày tại trạm Tân Sơn Hoà. Các tháng còn lại trong năm thường có số ngày nắng nóng thấp hơn 2 – 6 ngày. Đối với số ngày nắng nóng gay gắt, kết quả ghi nhận thường từ 4 – 11 ngày và cao nhất có thể đến 15 ngày trong khoảng thời gian từ tháng 2 đến tháng 5 hàng năm trong giai đoạn 1980 – 2019.

Giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất có xu thế tăng chủ yếu tại TP.HCM, với mức tăng khoảng 0,026°C/năm đối với giá trị cả năm. Bên cạnh đó, kết quả phân tích còn cho thấy khoảng thời gian từ tháng 6 đến tháng 12 có xu thế tăng cao hơn các tháng còn lại trong năm, với độ dốc xu thế từ 0,055°C/năm đến 0,087°C/năm và phần lớn các xu thế này đều đạt ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95% và 99%. Các tháng còn lại từ tháng 1 đến tháng 5 ghi nhận giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất có xu thế tăng nhẹ từ 0,021°C/năm đến 0,033°C/năm. Đối với số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt cả năm, kết quả phân tính xu thế cũng ghi nhận xu thế tăng nhẹ trong nhiều năm qua, với độ dốc xu thế lần lượt là 2,16 ngày/năm và 0,14 ngày/năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà.

5. Đặc điểm hạn khí tượng

Tồn tại nhiều năm hạn và ẩm đan xen nhau trong các thập kỷ qua tại TP.HCM. Bên cạnh đó, trong một giai đoạn nhất định tại các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM đã ghi nhận hạn khí tượng thường xuyên xảy ra trong cả năm và đồng thời kéo dài trong nhiều năm liên tiếp nhau. Ngoài ra, so sánh cường độ hạn cao nhất giữa 14 trạm quan trắc cho thấy các trạm đều từng trải qua đợt hạn khí tượng rất nặng và nghiêm trọng (ngoại trừ trạm quan trắc Bình Chánh, Cần Giờ và Nhà Bè). Cụ thể, cường độ hạn khí tượng từng xảy ra tại trạm quan trắc Tam Thôn Hiệp, Cát Lái, Long Sơn, Củ Chi và Tân Sơn Hoà được đánh giá có mức độ cao và nghiêm trọng nhất. Hơn nữa, hạn khí tượng tại các trạm quan trắc An Phú, Củ Chi, Cát Lái, Lê Minh Xuân, Long Sơn và Mạc Đĩnh Chi có khuynh hướng

trở nên nghiêm trọng hơn trong những năm trở lại đây, thường nằm trong ngưỡng phân loại mức độ hạn nặng và hạn rất nặng.

Đối với tần suất hạn khí tượng theo các cấp phân loại hạn nhẹ, ghi nhận tần suất cao nhất tại trạm Cát Lái và thấp nhất tại trạm Tam Thôn Hiệp, với giá trị tần suất lần lượt khoảng 45,6% và 22,8%. Hai trạm Phạm Văn Cội và Tân Sơn Hoà cũng được đánh giá có tần suất hạn nhẹ cao với giá trị ước tính lần lượt khoảng 43,7% và 41,6%. Các trạm quan trắc còn lại có giá trị tần suất tương ứng cấp phân loại hạn nhẹ từ 25,4% – 36,7%. Đối với cấp phân loại hạn vừa, ghi nhận tần suất cao nhất tại trạm Nhà Bè và thấp nhất tại trạm Mạc Đĩnh Chi, với giá trị tần suất lần lượt khoảng 14,1% và 3,84%. Các trạm Củ Chi, An Phú và Tam Thôn Hiệp cũng được đánh giá có tần suất hạn vừa cao với giá trị ước tính lần lượt từ 10,2–12,9%. Các trạm quan trắc còn lại có giá trị tần suất tương ứng cấp phân loại hạn vừa từ 4,48% – 9,81%. Đối với cấp phân loại hạn nặng và hạn rất nặng, ghi nhận giá trị tần suất lần lượt chủ yếu từ 0,85% – 9,81% và 0,83% – 6,4% trong nhiều năm qua.

Về đặc điểm phân bố không gian cho hạn khí tượng tại TP.HCM trong giai đoạn 1980 đến 2019, phần lớn các khu vực trên địa bàn TP.HCM đã từng trải qua đợt hạn rất nặng (nghiêm trọng). Trong đó, một phần huyện Cần Giờ được đánh giá từng xảy ra hạn khí tượng nghiêm trọng nhất trên địa bàn thành phố. Các khu vực còn lại từ trung tâm thành phố theo hướng Đông về phía thành phố Thủ Đức và theo hướng Tây Bắc về phía huyện Củ Chi có giá trị chỉ số hạn đều thấp hơn nhiều so với ngưỡng quy định hạn rất nặng, nghiêm trọng.

Về đặc điểm phân bố không gian cho tần suất hạn khí tượng tại TP.HCM trong giai đoạn 1980 – 2019, có sự khác biệt rõ về đặc điểm phân bố không gian giữa các cấp phân loại hạn khí tượng. Cụ thể, đối với tần suất hạn khí tượng theo cấp phân loại hạn nhẹ, giá trị tần suất dao động trong khoảng từ 22,5% đến 45,6%. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố và một phần huyện Củ Chi có giá trị tần suất hạn nhẹ cao nhất, còn phần lớn khu vực huyện Cần Giờ có giá trị tần suất hạn nhẹ thấp nhất.

Đối với tần suất hạn khí tượng theo cấp phân loại hạn vừa, giá trị tần suất dao động trong khoảng từ 3,8% đến 14,1%. Trong đó, khu vực huyện Nhà Bè có giá trị tần suất hạn vừa cao nhất, còn phần lớn khu vực trung tâm thành phố có giá trị tần suất hạn vừa thấp nhất. Đối với tần suất hạn khí tượng theo cấp phân loại hạn nặng, giá trị tần suất dao động trong khoảng từ 2,1% đến 9,8%. Trong đó, một phần khu vực huyện Củ Chi và Bình Chánh có giá trị tần suất hạn nặng cao nhất, còn phần lớn khu vực huyện Nhà Bè có giá trị tần suất hạn nặng thấp nhất. Đối với tần suất hạn khí tượng theo cấp phân loại hạn rất nặng, giá trị tần suất dao động trong khoảng từ 1,5% đến 6,4%. Trong đó, một phần khu vực huyện Củ Chi, Bình Chánh và một số quận trung tâm có giá trị tần suất hạn rất nặng cao nhất, còn phần lớn khu vực huyện Nhà Bè có giá trị tần suất hạn rất nặng thấp nhất.

II. MỨC ĐỘ DAO ĐỘNG, BIẾN ĐỔI CỦA CÁC YẾU TỐ KHÍ HẬU, CỰC TRỊ KHÍ HẬU VÀ CÁC HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN

1. Diễn biến của các yếu tố cực đoan nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu

Đối với chỉ số TXx đại diện cho giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất trong tháng và cả năm, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 37,6°C, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 37,0 – 38,4°C. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx trong các tháng, ghi nhận chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx thường cao nhất trong giai đoạn từ tháng 3 đến tháng 5, sau đó giá trị chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx giảm nhanh trong tháng tiếp theo và không thay đổi đáng kể trong các tháng mùa mưa, trước khi ghi nhận giá trị chỉ số nhiệt độ

cực đại cao nhất TXx thấp nhất trong năm rơi vào các tháng 12 đến tháng 1 năm sau. Cụ thể, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 34,1–37,1°C. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 1,1–1,95°C.

Đối với chỉ số TXn đại diện cho giá trị nhiệt độ cực đại thấp nhất trong tháng và cả năm, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 26,4°C, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 25,8–27,7°C. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn trong các tháng, ghi nhận cơ bản có cùng khuynh hướng thay đổi với chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx. Theo đó, chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn thường cao nhất trong giai đoạn từ tháng 3 đến tháng 5, sau đó giá trị chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn giảm nhanh trong tháng tiếp theo và không thay đổi đáng kể trong các tháng mùa mưa, trước khi ghi nhận giá trị chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn thấp nhất trong năm rơi vào các tháng 12 đến tháng 1 năm sau. Cụ thể, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 28,1–32,8°C. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 0,95–2,95°C.

Đối với chỉ số TX10p đại diện cho phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại ngày thấp hơn khoảng phân vị 10th, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 8,7%, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 4,1–11,9%. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p trong các tháng, ghi nhận không có sự khác biệt đáng kể giữa các tháng trong năm. Giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p theo tháng tại TP.HCM có khoảng biến thiên phần lớn từ 7,7–9,7%. Bên cạnh đó, cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 9,7–17,0%.

Đối với chỉ số TX90p đại diện cho phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại ngày cao hơn khoảng phân vị 90th, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện ngày ấm TX90p cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 14,1%, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 2,8–21,9. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ đại diện ngày ấm TX90p trong các tháng, cơ bản cũng cho thấy giống với chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p, cụ thể là không có sự khác biệt đáng kể giữa các tháng trong năm. Giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện ngày ấm TX90p theo tháng tại TP.HCM có khoảng biến thiên phần lớn từ 11,0–18,4%. Bên cạnh đó, cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ đại diện ngày ấm TX90p theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 11,1–37,5%.

Đối với chỉ số TNx đại diện cho giá trị nhiệt độ cực tiểu cao nhất trong tháng và cả năm, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 28,3°C, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 27,8–28,9°C. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx trong các tháng, ghi nhận chỉ số TNx thường cao nhất trong giai đoạn từ tháng 4 đến tháng 5, sau đó giá trị chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx giảm dần trong tháng tiếp theo, trước khi ghi nhận giá trị chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx thấp nhất trong năm rơi vào các tháng 12 đến tháng 1 năm sau. Cụ thể, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 25,3– 28,1°C. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx

theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 0,73–1,20°C.

Đối với chỉ số TNn đại diện cho giá trị nhiệt độ cực tiểu thấp nhất trong tháng và cả năm, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 19,1°C, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 18,0–20,2°C. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn trong các tháng, kết quả phân tích cơ bản cho thấy có cùng khuynh hướng thay đổi với chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx, cụ thể là ghi nhận chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn thường cao nhất trong giai đoạn từ tháng 4 đến tháng 5, sau đó giá trị chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn không thay đổi nhiều và giảm dần trong tháng tiếp theo, trước khi ghi nhận giá trị chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn thấp nhất trong năm rơi vào các tháng 12 đến tháng 1 năm sau. Cụ thể, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 19,9–24,4°C. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 0,65–2,93°C.

Đối với chỉ số TN10p đại diện cho phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực tiểu ngày thấp hơn khoảng phân vị 10th, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 7,8%, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 2,3–11,8%. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p trong các tháng, ghi nhận không có sự khác biệt đáng kể giữa các tháng trong năm. Giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 7,3–9,4%. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 9,7–16,4%.

Đối với chỉ số TN90p đại diện cho phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực tiểu ngày cao hơn khoảng phân vị 90th, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện đêm ấm TN90p cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 15,7%, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 2,9–27,1%. Về sự thay đổi giá trị chỉ số nhiệt độ đại diện đêm ấm TN90p trong các tháng, kết quả phân tích cơ bản cũng cho thấy giống với chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p, cụ thể là không có sự khác biệt đáng kể giữa các tháng trong năm. Giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số nhiệt độ đại diện đêm ấm TN90p theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 12,5–18,7%. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số nhiệt độ đại diện đêm ấm TN90p theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 19,4–28,3%.

Đối với chỉ số DTR (Biên độ nhiệt ngày đêm) đại diện cho giá trị hiệu số trung bình tháng giữa nhiệt độ cực đại và cực tiểu ngày trong tháng và cả năm, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR cả năm tại trạm quan trắc Tân Sơn Hoà khoảng 8,3°C, với khoảng biến thiên chủ yếu từ 8,2–8,5°C. Về sự thay đổi giá trị chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR trong các tháng, kết quả phân tích ghi nhận chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR thường cao nhất trong giai đoạn các tháng đầu năm từ tháng 1 đến tháng 3, sau đó giá trị chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR giảm dần trong tháng tiếp theo, trước khi ghi nhận giá trị chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm thấp nhất trong năm rơi vào các tháng mùa mưa chủ yếu từ tháng 8 đến tháng 10. Cụ thể, giá trị trung bình nhiều năm của chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR theo tháng tại TP.HCM có khoảng dao động phần lớn từ 7,5–9,6°C. Bên cạnh đó, kết quả phân tích cũng ghi nhận mức độ biến thiên chỉ số biên độ nhiệt ngày

đêm DTR theo tháng tại TP.HCM tương đối lớn, với khoảng biến thiên các tháng phổ biến từ 0,5– 1,34°C.

Về xu thế thay đổi đối với các yếu tố cực đoan nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu, độ dốc xu thế cho chỉ số nhiệt độ cực đại cao nhất TXx cả năm ghi nhận mức tăng nhẹ tại trạm Tân Sơn Hoà khoảng 0,025°C/năm, với giá trị độ dốc xu thế từ 0,021°C/năm đến 0,087°C/năm trong các tháng. Đối với chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ cực đại thấp nhất TXn cả năm có mức tăng khoảng 0,031°C/năm tại trạm Tân Sơn Hoà với giá trị độ dốc xu thế từ −0,013°C/năm đến 0,079°C/năm trong các tháng. Đối với chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ đại diện ngày lạnh TX10p cả năm có mức giảm khoảng −0,338%/năm tại Tân Sơn Hoà, với giá trị độ dốc xu thế từ −0,394%/năm đến −0,008%/năm trong các tháng. Đối với chỉ số nhiệt độ đại diện ngày ấm TX90p, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ đại diện ngày ấm TX90p cả năm có mức tăng khoảng 0,756%/năm tại trạm Tân Sơn Hoà với giá trị độ dốc xu thế từ 0.145%/năm đến 1,184%/năm trong các tháng.

Đối với chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ cực tiểu cao nhất TNx cả năm có mức tăng khoảng 0,04°C/năm tại trạm Tân Sơn Hoà, với giá trị độ dốc xu thế từ 0,03°C/năm đến 0,06°C/năm trong các tháng. Đối với chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ cực tiểu thấp nhất TNn cả năm có mức tăng khoảng 0,083°C/năm tại trạm Tân Sơn Hoà, với giá trị độ dốc xu thế từ 0,019°C/năm đến 0,093°C/năm trong các tháng. Đối với chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ đại diện đêm lạnh TN10p cả năm có mức giảm khoảng −0,473%/năm tại trạm Tân Sơn Hoà, với giá trị độ dốc xu thế từ −0,248%/năm đến −0,492%/năm trong các tháng. Đối với chỉ số nhiệt độ đại diện đêm ấm TN90p, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số nhiệt độ đại diện đêm ấm TN90p cả năm có mức tăng khoảng 1,08%/năm tại trạm Tân Sơn Hoà, với giá trị độ dốc xu thế từ 0,356%/năm đến 1,105%/năm trong các tháng. Đối với chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR, độ dốc xu thế cho thấy chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm DTR cả năm có mức tăng nhẹ khoảng 0,002°C/năm tại trạm Tân Sơn Hoà, với giá trị độ dốc xu thế từ −0,048°C/năm đến 0,036°C/năm trong các tháng.

2. Mức độ dao động, sự biến thiên của các yếu tố cực đoan liên quan đến tổng lượng mưa, số ngày mưa và lượng mưa ngày cực đại

Trạm Cần Giờ được đánh giá có mức độ biến thiên qua các năm trong giai đoạn 1980 – 2019 cao nhất đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, với mức độ biến thiên được ước tính khoảng 63,7 mm. Trong khi đó, trạm Xi Măng Thủ Đức được ghi nhận có mức độ thay đổi giá trị tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day hàng năm cao nhất giữa các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM, với mức độ biến thiên được ước tính khoảng 74,5 mm. Ngược lại, trạm An Phú và trạm Tân Sơn Hoà lần lượt được đánh giá có mức độ biến thiên chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day thấp nhất trong các thập kỷ qua tại TP.HCM, với mức độ biến thiên lần lượt là 24,6 mm và 41,4 mm. Các trạm quan trắc còn lại có khoảng biến thiên chủ yếu từ 26,4–47,4 mm đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và từ 44,1–72,3 mm đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day.

Ngoài ra, kết quả so sánh một cách tương đối về cường độ của 2 chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day dựa theo giá trị trung vị nhiều năm cho thấy trạm Mạc Đĩnh Chi và trạm Tân Sơn Hoà lần lượt là hai trạm có cường độ cực đoan đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng

lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day cao nhất trong nhiều năm qua, với giá trị trung vị nhiều năm lần lượt khoảng 112 mm và 184 mm. Đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, các trạm quan trắc còn lại ghi nhận có giá trị trung vị dao động chủ yếu từ 64,6 mm tại trạm Cần Giờ đến 99,6 mm tại trạm Cát Lái. Trong khi đó, chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day tại các trạm quan trắc còn lại có giá trị trung vị khác biệt nhau tương đối lớn hơn và dao động chủ yếu từ 128 mm tại trạm Cần Giờ đến 183 mm tại trạm Lê Minh Xuân.

Bên cạnh đó, đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, các trạm Cần Giờ, Hóc Môn, Tam Thôn Hiệp và Cát Lái ghi nhận giá trị cao nhất có thể hơn 250 mm, còn các trạm Bình Chánh, Lê Minh Xuân, Nhà Bè, An Phú, Củ Chi, Tân Sơn Hoà, Long Sơn, Xi Măng Thủ Đức và Mạc Đỉnh Chi có giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day cao nhất khoảng từ 150–200 mm. Đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, các trạm Hóc Môn, Tam Thôn Hiệp, Long Sơn, Củ Chi, Nhà Bè, Cát Lái, Mạc Đĩnh Chi, Lê Minh Xuân và Tân Sơn Hoà ghi nhận giá trị cao nhất có thể hơn 350 mm, còn các trạm Hóc Môn, An Phú và Phạm Văn Cội có giá trị chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day cao nhất khoảng từ 200–300 mm.

Ngoài ra, chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day có giá trị phổ biến từ 75 mm đến 110 mm, còn chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day dao động chủ yếu từ 140 mm đến 195 mm. Hơn nữa, đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, kết quả ghi nhận có giá trị cao hơn 250 mm rơi vào các trạm An Phú (1991: 252 mm), Tam Thôn Hiệp (1994: 289 mm), Củ Chi (2018: 260 mm), Cần Giờ (2018: 291 mm), Cát Lái (2018: 283 mm), Hóc Môn (2018: 285 mm) và Tam Thôn Hiệp (2018: 320 mm). Đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, kết quả ghi nhận có giá trị cao hơn 400 mm nhiều hơn tại các trạm quan trắc trong giai đoạn phân tích, cụ thể bao gồm trạm Hóc Môn (2018: 535 mm) và Tân Sơn Hoà (2018: 411 mm). Đặc biệt, kết quả phân tích cũng cho thấy các năm gần đây từ 2017 – 2019 đã ghi nhận lượng mưa ngày cực đại tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day đồng thời cao hơn nhiều so với trung bình nhiều năm và các năm trước đó tại phần lớn các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM.

Sự biến thiên của chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day giữa các tháng trong nhiều thập kỷ qua có khuynh hướng thay đổi cơ bản thống nhất với sự biến thiên của tổng lượng mưa các tháng. Cụ thể, mức độ biến thiên và cường độ giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day chủ yếu ghi nhận cao trong các tháng mùa mưa. Đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, mức độ biến thiên cao nhất ghi nhận tại trạm Xi Măng Thủ Đức trong tháng 9 và 10 với giá trị gần 48–50 mm, còn cường độ cao nhất dựa theo giá trị trung bình nhiều năm ghi nhận tại trạm Long Sơn và Mạc Đĩnh Chi trong tháng 8–10 với giá trị được ước tính khoảng 70–75 mm. Tương tự, đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, mức độ biến thiên cao nhất ghi nhận tại trạm Nhà Bè và Cần Giờ trong tháng 10, với giá trị gần 95 mm, còn cường độ cao nhất dựa theo giá trị trung bình nhiều năm cũng ghi nhận tại trạm Lê Minh Xuân, Phạm Văn Cội, Tân Sơn Hoà, Mạc Đĩnh Chi và Cát Lái trong tháng 9 và 10 với giá trị được ước tính khoảng 130–140 mm. Hơn nữa, các trạm quan trắc đều ghi nhận từng trải qua nhiều đợt mưa 1 ngày và 5 ngày liên tục cao bất thường so với trung bình nhiều năm, cụ thể điển hình ghi nhận cao nhất tại trạm Tam Thôn Hiệp và Cần Giờ vào tháng 11 với giá trị tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day gần 300– 325 mm và tại trạm Hóc Môn và Tân Sơn Hoà vào tháng 11 với giá trị tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day gần 400–550 mm.

Về khía cạnh cực đoan số ngày mưa, ghi nhận trạm Phạm Văn Cội có mức độ biến thiên chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII qua các năm cao nhất, với giá trị ước tính khoảng 7,5 mm/ngày, cao hơn khoảng 3,2 lần so với giá trị của trạm Tân Sơn Hoà, là trạm có mức độ biến thiên chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII thấp nhất giữa các trạm quan trắc tại TP.HCM. Về so sánh độ lớn chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII trong các thập kỷ qua, trạm Long Sơn, Cát Lái và Phạm Văn Cội cũng được đánh giá có giá trị cường độ mưa ngày đơn giản SDII cao hơn so với các trạm còn lại, với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm khoảng 20 – 25 mm/ngày. Các trạm còn lại có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm tương đối thấp hơn, dao động chủ yếu từ 12 – 16 mm/ngày. Ngoài ra, chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII thường dao động chủ yếu từ 14 – 19 mm/ngày, cao nhất có thể gần 50 mm/ngày và không có nhiều thay đổi trong những năm qua.

Tương tự, về mức độ biến thiên cho các chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm và tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, trạm Phạm Văn Cội là trạm quan trắc có mức độ biến thiên qua các năm cao nhất trong giai đoạn phân tích đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm và tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, với giá trị lần lượt là 42,5 và 33,8 ngày. Trong khi đó, các trạm còn lại có mức độ biến thiên tương đối thấp hơn, với giá trị trong khoảng từ 10 – 25 ngày đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, từ 7 – 18 ngày đối với chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm. Còn đối với chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, các trạm quan trắc có mức độ biến thiên qua các năm cơ bản giống nhau với giá trị chủ yếu từ 3–5 ngày.

Về độ lớn tương đối trong nhiều năm qua, trạm Cần Giờ và Xi Măng Thủ Đức được đánh giá có giá trị chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm và tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm thấp nhất, với trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt được ước tính khoảng 30 – 40 ngày, 15 – 25 ngày và 2 – 5 ngày. Ngược lại, trạm Tân Sơn Hoà, Cát Lái, Phạm Văn Cội và Long Sơn là các trạm đồng thời có giá trị chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm và tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm cao nhất TP.HCM, với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt được ước tính khoảng 55–75 ngày, 35–45 ngày và 7 ngày. Ngoài ra, chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm dao động chủ yếu từ 45 – 65 ngày, còn chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm biến thiên phần lớn từ 20 – 35 ngày và chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm biến thiên chủ yếu từ 3 – 7 ngày. Hơn nữa, đối với chỉ số R10mm, trạm Nhà Bè ghi nhận có giá trị cao nhất trong giai đoạn phân tích, cụ thể là 133 ngày vào năm 1985, còn trạm Phạm Văn Cội thường xuyên ghi nhận giá trị chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm từ 100 – 120 ngày. Tương tự, trạm Phạm Văn Cội cũng có giá trị tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm cao nhất, cụ thể là thường lớn hơn 70–80 ngày. Còn đối với chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, trạm Long Sơn ghi nhận từng có giá trị cao nhất đến gần 25 ngày vào năm 2016.

Đối với chỉ số CDD (Tổng số ngày liên tục nhiều nhất không ghi nhận mưa), trạm Tam Thôn Hiệp có mức độ biến thiên cao nhất đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD, với giá trị ước tính khoảng 80,8 ngày. Tương tự, trạm Long Sơn và Củ Chi cũng tương đối cao, khoảng 73 ngày. Trong khi đó, mức độ biến thiên chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD ghi nhận thấp nhất tại trạm Cần Giờ, với giá trị ước tính khoảng 43,5 ngày. Các trạm còn lại ghi nhận giá trị khoảng 50 – 65 ngày. Đối với chỉ số CWD (Tổng số ngày liên tục nhiều nhất ghi nhận có mưa), kết quả phân tích cho thấy các trạm quan trắc có mức độ biến thiên hàng năm cơ bản giống nhau, với giá trị ước tính khoảng 3–5 ngày.

Về độ lớn tương đối của chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD trong các thập kỷ qua tại TP.HCM, trạm Cần Giờ thường có số ngày không mưa liên tục kéo dài nhất, với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm khoảng 125–130 ngày. Ngược lại, trạm Tân Sơn Hoà được đánh giá có thời gian không mưa kéo dài hàng năm thường ngắn hơn các trạm còn lại, với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm khoảng 65–70 ngày. Các trạm quan trắc còn lại có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm cho chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD dao động chủ yếu từ 80 – 100 ngày. Trong khi đó, đối với chỉ số số ngày mưa liên tục CWD, trạm Tân Sơn Hoà và Xi Măng Thủ Đức là trạm ghi nhận có thời gian mưa liên tục hàng năm cao nhất với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm khoảng 9–10 ngày và ghi nhận thấp nhất đối với trạm Long Sơn và Cát Lái với giá trị trung bình và trung vị nhiều năm cho chỉ số số ngày mưa liên tục CWD khoảng 4–6 ngày. Ngoài ra, chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD dao động chủ yếu từ 55 – 125 ngày, còn chỉ số số ngày mưa liên tục CWD thay đổi phổ biến từ 6 – 10 ngày. Hơn nữa, một số năm như 2018, 1983 và 1990 ghi nhận có số ngày không mưa liên tục kéo dài (CDD) rất cao đồng thời tại tất cả trạm quan trắc. Trong khi đó, số ngày có mưa liên tục kéo dài (CWD) không ghi nhận khuynh hướng rõ nét tại các trạm quan trắc trong nhiều năm qua.

Về khía cạnh cực đoan tổng lượng mưa, mức độ biến thiên của chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT cao nhất tại trạm Cần Giờ với giá trị khoảng 500 mm và thấp nhất tại trạm Cát Lái với giá trị khoảng 190 mm. Các trạm quan trắc còn lại có mức độ biến thiên chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT qua các năm tương đối bằng nhau, với giá trị ước tính trong khoảng từ 200 mm tại trạm Tam Thôn Hiệp đến 400 mm tại trạm Xi Măng Thủ Đức. Đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, mức độ biến thiên qua các năm giữa các trạm quan trắc cơ bản cũng có giống nhau, với giá trị ước tính cao nhất tại trạm Phạm Văn Cội khoảng 215 mm và thấp nhất tại trạm Cát Lái và Long Sơn khoảng 115 mm, các trạm quan trắc còn lại ghi nhận giá trị biến thiên của chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT trong khoảng từ 125 – 200 mm.

Về độ lớn của hai chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT và lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, trạm Tân Sơn Hoà và Mạc Đĩnh Chi lần lượt là trạm có cường độ chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT cao nhất, với giá trị trung vị nhiều năm trong khoảng 445–460 mm. Các trạm còn lại có giá trị trung vị nhiều năm dao động từ 250 mm tại trạm Cát Lái đến 400 mm tại trạm An Phú. Đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, giá trị trung vị nhiều năm giữa các trạm quan trắc không có sự khác biệt đáng kể và có khoảng dao động từ 82 mm tại trạm Bình Chánh đến 115 mm tại trạm Mạc Đĩnh Chi. Hai chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT và lượng mưa ngày rất cao R99pTOT có mức độ biến thiên cơ bản giống nhau, với những năm có giá trị cao và thấp đan xen nhau liên tục tại mỗi trạm quan trắc. Nhìn chung, khoảng biến thiên chủ yếu từ 200 – 500 mm đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT và cao nhất có thể đến 1895 mm. Còn chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT có khoảng biến thiên chủ yếu từ 100 – 184 mm và cao nhất có thể đến 1025 mm.

Đối với chỉ số cực đoan tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, xu thế tăng chủ yếu tại 10 trạm quan trắc. Trong đó, mức tăng chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day cao nhất và thấp nhất lần lượt ghi nhận tại trạm Cần Giờ và Xi Măng Thủ Đức, với độ dốc xu thế lần lượt là 0,048 mm/năm và 1,82 mm/năm. Các trạm còn lại bao gồm trạm Cát Lái, Tam Thôn Hiệp, Củ Chi, Bình Chánh, Tân Sơn Hoà, Phạm Văn Cội, Hóc Môn và Nhà Bè cũng ghi nhận xu thế tăng nhẹ đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, với hệ số dốc được ước tính khoảng 0,10 – 0,87 mm/năm. Ngược lại, xu thế giảm nhẹ đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day được ghi nhận tại các trạm An Phú và Lê Minh Xuân, với độ dốc xu thế được ước tính khoảng −0,035 mm/năm

và −0,021 mm/năm. Còn hai trạm Long Sơn và Mạc Đĩnh Chi có xu thể giảm đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day cao hơn, với độ dốc xu thế khoảng −0,13 mm/năm đến −0,19 mm/năm.

Đối với chỉ số cực đoan tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, xu thế tăng cao nhất tại trạm Cần Giờ và được đánh giá có ý nghĩa thống kê với khoảng tin cậy 99% với hệ số dốc ước tính khoảng 2,57 mm/năm. Tương tự, nhiều trạm quan trắc còn lại bao gồm Bình Chánh, Phạm Văn Cội, Hóc Môn, An Phú, Tam Thôn Hiệp, Nhà Bè, Lê Minh Xuân, Tân Sơn Hoà, Xi Măng Thủ Đức và Long Sơn cũng ghi nhận có xu thế tăng nhẹ, với hệ số dốc ước tính được trong khoảng từ 0,11 – 0,9 mm/năm. Trong khi đó, kết quả ghi nhận xu thế giảm nhẹ đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day tại các trạm Củ Chi, Mạc Đĩnh Chi và Cát Lái, với hệ số dốc trong khoảng từ −0,327 mm/năm đến −0,812 mm/năm.

Đối với chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII, xu thế tăng tại các trạm Phạm Văn Cội, Cần Giờ và Long Sơn, với độ dốc xu thế lần lượt là 0,17, 0,18 và 0,23 mm/ngày/năm. Tương tự, các trạm Củ Chi, Hóc Môn và Tân Sơn Hoà cũng ghi nhận xu thế tăng nhẹ đối với chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII, với độ dốc xu thế trong khoảng 0,034 – 0,05 mm/ngày/năm. Trong đó, xu thế tăng đối với chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII tại trạm Cần Giờ, Long Sơn và Phạm Văn Cội được đánh giá có ý nghĩa thống kê với khoảng tin cậy 95% và 99%. Trong khi đó, xu thế giảm đạt ý nghĩa thống kê với khoảng tin cậy 95% và 99% ghi nhận tại các trạm Cát Lái, Lê Minh Xuân và Bình Chánh, với hệ số dốc trong khoảng từ −0,113 mm/ngày/năm đến −0,144 mm/ngày/năm. Các trạm còn lại bao gồm Tam Thôn Hiệp, Nhà Bè, Xi Măng Thủ Đức, Mạc Đĩnh Chi và An Phú cũng ghi nhận xu thế giảm nhẹ đối với chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII với hệ số dốc trong khoảng từ −0.004 mm/ngày/năm đến −0,072 mm/ngày/năm.

Đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, xu thế tăng nhẹ với độ dốc xu thế từ 0,036 – 0,339 ngày/năm tại các trạm Bình Chánh, Xi Măng Thủ Đức, Tân Sơn Hoà, Tam Thôn Hiệp, Cần Giờ, Lê Minh Xuân và Hóc Môn. Các còn lại bao gồm Cát Lái, Long Sơn, Nhà Bè, An Phú và Củ Chi ghi nhận có xu thế giảm nhẹ đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, với độ dốc xu thế lần lượt là −0,1 ngày/năm và −0,261 ngày/năm. Đối với chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, xu thế tăng tương đối lớn hơn so với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, với độ dốc xu thế chủ yếu từ 0,038 – 0,584 ngày/năm tại các trạm Tân Sơn Hoà, An Phú, Xi Măng Thủ Đức, Hóc Môn, Phạm Văn Cội và Cần Giờ. Trong khi đó, xu thế giảm đối với chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm tiếp tục ghi nhận tại các trạm Cát Lái, Nhà Bè, Củ Chi, Mạc Đĩnh Chi và Lê Minh Xuân với mức độ thay đổi lần lượt là −0,029 ngày/năm và −0,182 ngày/năm. Đối với chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, xu thế tăng nhẹ chỉ ghi nhận tại các trạm Mạc Đĩnh Chi, Tân Sơn Hoà, Hóc Môn, Nhà Bè, Phạm Văn Cội, Cần Giờ và Long Sơn, với độ dốc xu thế khoảng từ 0,039 ngày/năm đến 0,105 ngày/năm. Tương tự, xu thế giảm đối với chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm tại hai trạm Lê Minh Xuân và Cát Lái cũng có độ dốc xu thế tương đối nhỏ hơn hai chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm và tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, chủ yếu dao động từ −0,06 đến −0,08 ngày/năm.

Đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD, xu thế giảm tại tất cả các trạm quan trắc tại TP.HCM, với độ dốc xu thế trong khoảng từ −0,304 ngày/năm tại trạm Phạm Văn Cội đến khoảng −1,94 ngày/năm tại trạm Nhà Bè. Trong đó, xu thế giảm đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD tại trạm Nhà Bè, Tam Thôn Hiệp, Mạc Đĩnh Chi và Lê Minh Xuân được đánh giá có ý nghĩa thống kê với khoảng tin cậy 95% và 99%. Đối với

chỉ số số ngày có mưa liên tục CWD, xu thế tăng nhẹ với độ dốc từ 0,013 – 0,11 ngày/năm được ghi nhận tại các trạm Mạc Đĩnh Chi, Hóc Môn, Bình Chánh, Xi Măng Thủ Đức, An Phú, Lê Minh Xuân và Tam Thôn Hiệp. Trong đó, xu thế tăng đối với chỉ số số ngày có mưa liên tục CWD tại trạm An Phú, Lê Minh Xuân và Tam Thôn Hiệp được đánh giá có ý nghĩa thống kê với khoảng tin cậy 95% và 99%. Trong khi đó, trạm Long Sơn ghi nhận xu thế giảm đạt ý nghĩa thống kê với khoảng tin cậy 95% và hệ số dốc được ước tính khoảng −0,137 ngày/năm. Các trạm Phạm Văn Cội và Cần Giờ cũng ghi nhận xu thế giảm nhẹ đối với chỉ số số ngày có mưa liên tục CWD, với hệ số dốc lần lượt là −0,07 ngày/năm và −0,03 ngày/năm.

Đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT và lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT không thay đổi đáng kể tại các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM. Chủ yếu ghi nhận xu thế tăng nhẹ đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT tại các trạm Tân Sơn Hoà, Mạc Đĩnh Chi, Tam Thôn Hiệp và Nhà Bè, với hệ số dốc trong khoảng từ 0,025 mm/năm đến 4,06 mm/năm. Đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, ghi nhận tăng nhiều nhất tại trạm Cần Giờ với độ dốc xu thế khoảng 15,5 mm/năm. Tương tự, các trạm còn lại bao gồm Bình Chánh, Xi Măng Thủ Đức, Củ Chi, Tam Thôn Hiệp, Long Sơn, An Phú, Mạc Đĩnh Chi, Hóc Môn, Tân Sơn Hoà, Nhà Bè và Phạm Văn Cội cũng ghi nhận xu thế tăng nhẹ đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT và có độ dốc xu thế chủ yếu từ 2,1 – 9,6 mm/năm. Trong khi đó, kết quả ghi nhận trạm Lê Minh Xuân và Cát Lái có xu thế giảm đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT với độ dốc xu thế lần lượt khoảng −6,3 mm/năm và −3,9 mm/năm.

Đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, giá trị trung bình trong giai đoạn 1980–2019 dao động chủ yếu từ 70 – 110 mm, còn giá trị lớn nhất biến thiên chủ yếu từ 165 – 320 mm. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố ghi nhận có giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day trung bình nhiều năm lớn nhất, với giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day trung bình cao hơn 100 mm. Trong khi đó, khu vực Đông Nam thành phố huyện Cần Giờ được đánh giá là vùng có cường độ giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day cao nhất trong giai đoạn 1980–2019, giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day lớn nhất có thể cao hơn 280 mm. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, ghi nhận phần lớn khu vực TP.HCM có xu thế tăng nhẹ, với độ dốc phổ biến từ 0,26 – 0,56 mm/năm và cao nhất có thể gần 1,85 mm/năm.

Đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, giá trị trung bình dao động chủ yếu từ 125 – 190 mm, còn giá trị lớn nhất thường thay đổi trong khoảng từ 280 – 535 mm. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố trải dài theo hướng Tây đến huyện Bình Chánh ghi nhận có giá trị chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day trung bình nhiều năm lớn nhất, với giá trị chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day trung bình cao hơn 175 mm. Trong khi đó, riêng khu vực huyện Hóc Môn ghi nhận có cường độ giá trị chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day cao nhất trong giai đoạn 1980–2019, giá trị chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day lớn nhất có thể cao hơn 400 mm. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, ghi nhận phần lớn khu vực TP.HCM có xu thế tăng nhẹ, với độ dốc phổ biến từ 0,26 – 0,53 mm/năm và cao nhất có thể gần 2,57 mm/năm tại khu vực Đông Nam thành phố huyện Cần Giờ.

Đối với chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII, sự phân bố không gian cơ bản đồng nhất giữa giá trị trung bình nhiều năm và giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích và khoảng biến thiên các giá trị này cũng tương đối không khác biệt nhiều giữa các vùng khác nhau tại thành phố. Cụ thể, ghi nhận khoảng biến thiên chủ yếu từ 11,9– 24,8 mm/ngày đối

với giá trị trung bình và từ 18,8–28,9 mm/ngày đối với giá trị lớn nhất trong các thập kỷ qua tại TP.HCM. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII, ghi nhận đồng thời xu thế tăng và giảm nhẹ. Cụ thể, khu vực trung tâm thành phố trải dài theo hướng Tây Bắc đến huyện Củ Chi phần lớn ghi nhận xu thế tăng nhẹ với mức tăng phổ biến từ 0,035 – 0,226 mm/ngày/năm. Các khu vực còn lại từ trung tâm thành phố trải dài theo các hướng Đông đến thành phố Thủ Đức, theo hướng Tây đến huyện Bình Chánh và theo hướng Đông Nam đến huyện Cần Giờ phần lớn ghi nhận xu thế giảm nhẹ với mức giảm phổ biến từ −0,031 đến −0,120 mm/ngày/năm.

Đối với các chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm và tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, giá trị trung bình nhiều năm cho thấy khoảng biến thiên phổ biến lần lượt là 33,8–77,3 ngày, 13,6–45,2 ngày và 2,3–7,7 ngày. Tương tự, giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích cho thấy khoảng dao động chủ yếu từ 53–133 ngày, 36–82 ngày và 7–23 ngày đối với các chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm và tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, ghi nhận đồng thời xu thế tăng và giảm. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố và phần lớn huyện Cần Giờ ghi nhận xu thế tăng đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, với độ dốc xu thế chủ yếu từ 0,076 ngày/năm đến 0,339 ngày/năm. Các khu vực còn lại bao gồm phần lớn huyện Củ Chi và Nhà Bè ghi nhận xu thế giảm đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, với độ dốc xu thế chủ yếu từ −0,044 ngày/năm đến −0,261 ngày/năm.

Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, ghi nhận đồng thời xu thế tăng và giảm nhẹ. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố trải dài theo hướng Tây Bắc huyện Củ Chi và phần lớn huyện Cần Giờ ghi nhận xu thế tăng đối với chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, với độ dốc xu thế chủ yếu từ 0,057 ngày/năm đến 0,584 ngày/năm. Các khu vực còn lại bao gồm khu vực trung tâm thành phố trải dài theo huớng đến huyện Hóc Môn và Nhà Bè ghi nhận xu thế giảm đối với chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, với độ dốc xu thế chủ yếu từ −0,011 ngày/năm đến −0,182 ngày/năm. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, ghi nhận xu thế tăng nhẹ trên phần lớn diện tích thành phố với độ dốc xu thế chủ yếu từ 0,013 ngày/năm đến 0,105ngày/năm. Riêng một phần khu vực huyện Bình Chánh và thành phố Thủ Đức ghi nhận xu thế giảm nhẹ đối với chỉ số R50mm, với độ dốc xu thế chủ yếu từ −0,012 ngày/năm đến −0,083 ngày/năm.

Đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD và số ngày mưa liên tục CWD, giá trị trung bình dao động chủ yếu từ 72–130 ngày và từ 5–11 ngày. Tương tự, giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích cho thấy khoảng dao động chủ yếu từ 167–254 ngày đối với chỉ số CDD số ngày không mưa liên tục CDD và 13–28 ngày đối với chỉ số CWD số ngày mưa liên tục CWD. Đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD, giá trị trung bình nhiều năm có sự phân bố không gian cơ bản đồng nhất trên phạm vi toàn thành phố, trong khi đó giá trị lớn nhất nhất trong giai đoạn phân tích ghi nhận khu vực trung tâm thành phố thấp hơn các vùng còn lại.

Đối với chỉ số số ngày mưa liên tục CWD, giá trị trung bình nhiều năm có sự phân bố không gian cơ bản đồng nhất trên phạm vi toàn thành phố với giá trị cao chủ yếu tại khu vực trung tâm thành phố, trong khi đó giá trị lớn nhất nhất trong giai đoạn phân tích chủ yếu cao nhất tại khu vực huyện Nhà Bè. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD, ghi nhận phần lớn khu vực TP.HCM có xu thế giảm nhẹ, với độ dốc phổ biến từ −0,89 ngày/năm đến −1,21 ngày/năm và thấp nhất có thể gần −1.94

ngày/năm. Trong khi đó, ghi nhận chỉ số số ngày mưa liên tục CWD có xu thế tăng nhẹ trên phần lớn diện tích thành phố, với độ dốc xu thế phổ biến từ 0,034 – 0,11 ngày/năm và ghi nhận xu thế giảm nhẹ tại một phần huyện Củ Chi với độ dốc xu thế khoảng −0,056 đến −0,137 ngày/năm.

Đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, ghi nhận giá trị trung bình dao động chủ yếu từ 310–480 mm, còn giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích thường trong khoảng từ 725–1895 mm. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố ghi nhận có giá trị trung bình nhiều năm cao nhất, còn khu vực thành phố Thủ Đức ghi nhận có giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích cao nhất đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, ghi nhận chủ yếu có xu thế tăng trên phần lớn diện tích TP.HCM, với kết quả ước tính độ dốc xu thế chủ yếu từ 3,0 – 15,4 mm/năm. Đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, ghi nhận giá trị trung bình dao động chủ yếu từ 95–160 mm, còn giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích thường trong khoảng từ 350–1025 mm. Trong đó, khu vực trung tâm thành phố và một phần huyện Củ Chi, Nhà Bè ghi nhận có giá trị trung bình nhiều năm cao nhất, còn khu vực thành phố Thủ Đức ghi nhận có giá trị lớn nhất trong giai đoạn phân tích cao nhất đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT. Về phân bố độ dốc xu thế cho chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, kết quả ghi nhận không thể hiện xu thế rõ nét trong giai đoạn phân tích đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT.

III. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN THIÊN TAI GỒM PHẠM VI, CƯỜNG ĐỘ, TẦN SUẤT VÀ TÍNH BẤT THƯỜNG CỦA CÁC THIÊN TAI KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN

1. Tác động của biến đổi khí hậu đến sự thay đổi của các yếu tố cực đoan liên quan đến nhiệt độ

Trên cơ sở kịch bản thay đổi nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu được xây dựng theo hướng chi tiết hoá thống kê từ công cụ SDSM đến cuối thế kỷ 21 theo từng kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5, các chỉ số khí hậu cực đoan đại diện cho giá trị nhiệt độ cực đại hay cực tiểu có cường độ cao và thấp nhất trong tháng tính theo cả năm đều có khuynh hướng tăng dần với mức tăng cao hơn khi xét đến kịch bản phát thải cao. Tương tự, các chỉ số đại diện cho ngày và đêm ấm với phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại và cực tiểu trong ngày cao hơn khoảng phân vị 90th cũng ghi nhận khuynh hướng tăng dần trong các kịch bản phân tích. Trong khi đó, các chỉ số đại diện cho ngày và đêm lạnh có xu thế giảm dần trong các kịch bản. Chỉ số biên độ nhiệt ngày đêm cũng được đánh giá có khuynh hướng tăng và giảm đồng thời tuỳ theo từng kịch bản xem xét qua các thập kỷ tiếp theo tương ứng với mỗi kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5, với nguyên nhân chủ yếu do sự khác biệt ngày càng rõ nét của mức độ thay đổi giữa các yếu tố nhiệt độ cực đại và nhiệt độ cực tiểu tại TP.HCM.

Cụ thể, đối với chỉ số TXx đại diện cho giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất trong tháng tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 33,3–39,4°C, 33,0–39,6°C và 33,1–40,0°C trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 32,8–40,0°C, 34,2–40,8°C và 34,1–43,0°C trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 33,4–39,4°C, 33,9–41,6°C và 34,8–45,9°C trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số TXn đại diện cho giá trị nhiệt độ cực đại thấp nhất trong tháng tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 26,6–35,9°C, 26,1–36,3°C và 26,8–36,1°C trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 26,7–37,1°C, 26,1–38,0°C và 27,8–39,4°C trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 24,5–36,1°C, 26,7–37,4°C và 29,1–

40,9°C trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số TX10p (nhiệt độ đại diện ngày lạnh) với phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại ngày thấp hơn khoảng phân vị 10th tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 3,4–74,2%, 3,3–32,1% và 3,2–32,3% trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 11,2–48,4%, 6,9–10,0% và 3,3–9,7% trong giai đoạn 2050s (2041– 2070), từ 10,1–12,9%, 4,8–13,3% và 0,5–3,3% trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số TX90p (nhiệt độ đại diện ngày ấm) với phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực đại ngày cao hơn khoảng phân vị 90th tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 16,1–42,3%, 12,9–38,7% và 24,6–52,0% trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 6,5– 71,0%, 16,7–83,9% và 48,4–96,8% trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 6,4–71,0%, 38,7–94,3% và 50,1–98,7% trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số TNx đại diện cho giá trị nhiệt độ cực tiểu cao nhất trong tháng tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 26,2–27,4°C, 26,4–27,5°C và 26,4–27,8°C trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 26,8–27,9°C, 27,2–28,3°C và 27,6–29,1°C trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 26,7–27,9°C, 27,6–28,7°C và 29,4–31,2°C trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số TNn đại diện cho giá trị nhiệt độ cực tiểu thấp nhất trong tháng tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 23,3–25,9°C, 22,9–25,8°C và 23,5–26,0°C trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 23,9–26,4°C, 24,3–26,8°C và 24,5–27,5°C trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 23,6–26,3°C, 24,7–27,2°C và 26,0–29,2°C trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số TN10p (nhiệt độ đại diện đêm lạnh) với phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực tiểu ngày thấp hơn khoảng phân vị 10th tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 3,6–71,4%, 3,6–42,9% và 3,2–50,0% trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 3,2–85,7%, 6,7–19,4% và 10,1–22,6% trong giai đoạn 2050s (2041– 2070), từ 21,4–58,1%, 8,2–32,3% và 2,7–10,7% trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số TN90p (nhiệt độ đại diện đêm ấm) với phần trăm thời điểm có nhiệt độ cực tiểu ngày cao hơn khoảng phân vị 90th tính theo cả năm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 9,9–66,9%, 3,6–58,1% và 13,3–83,3% trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 31,6– 96,7%, 58,1–97,7% và 74,0–98,6% trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 33,3–93,3%, 74,2–83,9% và 75,7–98,9% trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Bên cạnh đó, kết quả phân tích ghi nhận giá trị biên độ nhiệt ngày đêm DTR trong tháng tính theo cả năm có giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 7,79–7,83°C, 7,73–7,81°C và 7,81–7,89°C trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 7,80–7,91°C, 7,72– 7,77°C và 7,72–7,78°C trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 7,80–7,89°C, 7,73– 7,80°C và 7,84–7,97°C trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

2. Tác động của biến đổi khí hậu đến sự thay đổi của các yếu tố cực đoan liên quan đến lượng mưa

Cường độ lượng mưa 1 ngày và 5 ngày cực đại tại TP.HCM có khuynh hướng tăng dần và mức độ biến thiên qua mỗi năm cũng rất cao đến cuối thế kỷ 21 và kịch bản phát

thải cao RCP8.5 cũng thường ghi nhận giá trị lớn hơn so với hai kịch bản thấp RCP2.6 và kịch bản trung bình RCP4.5. Hơn nữa, phần lớn các trạm quan trắc đều ghi nhận giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day cao hơn ngưỡng 200 mm trong những năm sắp tới và các trạm Tân Sơn Hoà và Cát Lái cũng có thể ghi nhận nhiều năm có cường độ chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day và tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day cao hơn nhiều so với trung bình nhiều năm.

Cụ thể, đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 28,4 – 255,8 mm, 29,1 – 276,5 mm và 33,8 – 287,5 mm trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 31,3 – 267,1 mm, 32,6 – 280,1 mm và 32,0 – 289,9 trong giai đoạn 2050s (2041– 2070), từ 33,3 – 275,8 mm, 34,2 – 286,2 mm và 37,2 – 291,5 trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 63 – 878 mm, 66,2 – 800 mm và 61,7 – 741,5 trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 63,5 – 969,1 mm, 57,8 – 888,2 mm và 72,7 – 703,2 trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 64,1 – 856,3 mm, 61,9 – 783,2 mm và 64,8 – 862,3 trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với yếu tố cực đoan liên quan đến số ngày mưa, chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII có mức độ biến thiên qua các năm đến cuối thế kỷ này giữa các trạm quan trắc cũng như giữa các kịch bản là tương đối bằng nhau. Cụ thể, giá trị chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII dao động chủ yếu trong khoảng từ 7,9 – 27,7 mm/ngày, 9,3 – 25,7 mm/ngày và 8,7 – 27,6 mm/ngày trong các giai đoạn 2020s (2011–2040), 2050s (2041–2070) và 2080s (2071– 2100).

Đối với các chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm và tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, ghi nhận khuynh hướng tăng dần số ngày mưa trong năm có tổng lượng mưa cao hơn ngưỡng 10 mm, 20 mm và 50 mm tại các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM đến cuối thế kỷ 21 theo mỗi kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Trong đó, các trạm Tân Sơn Hoà và Phạm Văn Cội thường ghi nhận có giá trị chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm cao hơn các trạm còn lại trong các kịch bản tương lai.

Cụ thể, đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 24–100 ngày, 30–111 ngày và 25–115 ngày trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 25–107 ngày, 25–111 ngày và 30–119 ngày trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 28–109 ngày, 27– 112 ngày và 27–124 ngày trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm, giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 5–60 ngày, 8–71 ngày và 7–64 ngày trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 6–61 ngày, 6–67 ngày và 7–71 ngày trong giai đoạn 2050s (2041– 2070), từ 6–65 ngày, 8–64 ngày và 8–71 ngày trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn đối với chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, kết quả phân tích ghi nhận giá trị dao động có thể đến 15–18 ngày, 15–20 ngày và 15–26 ngày trong các giai đoạn 2020s (2011–2040), 2050s (2041–2070) và 2080s (2071–2100) đối với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với hai chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD và số ngày mưa liên tục CWD, giá trị hai chỉ số này trong các kịch bản tương lai cơ bản bằng nhau giữa các trạm quan trắc. Hơn nữa, mặc dù tổng lượng mưa có khuynh hướng tăng, nhưng kết quả vẫn ghi nhận chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD có thể nhiều hơn trong giai đoạn cuối thế kỷ này, đặc biệt là trong kịch bản phát thải cao. Đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD,

giá trị dao động chủ yếu trong khoảng từ 17 – 132 ngày, 19 – 172 ngày và 19 – 144 ngày trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 15 – 156 ngày, 16 – 146 ngày và 17 – 189 ngày trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 17 – 165 ngày, 13 – 141 ngày và 22 – 179 ngày trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, kết quả ghi nhận giá trị chỉ số số ngày mưa liên tục CWD dao động chủ yếu trong khoảng từ 3 – 36 ngày, 4 – 47 ngày và 3 – 43 ngày trong giai đoạn 2020s (2011–2040), từ 3 – 42 ngày, 3 – 73 ngày và 4 – 68 ngày trong giai đoạn 2050s (2041–2070), từ 3 – 41 ngày, 4 – 63 ngày và 4 – 126 ngày trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Về diễn biến cực đoan khí hậu liên quan đến tổng lượng mưa, cường độ tổng lượng mưa cao hơn ngưỡng phân vị 95th và 99th tại TP.HCM có khuynh hướng tăng dần và mức độ biến thiên qua mỗi năm cũng rất cao đến cuối thế kỷ 21. Bên cạnh đó, kết quả còn ghi nhận các trạm Phạm Văn Cội, Tân Sơn Hoà, Bình Chánh và Củ Chi thường có giá trị chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT và lượng mưa ngày rất cao R99pTOT trong một số năm cao hơn đáng kể so với giá trị với trung bình nhiều năm.

Cụ thể, đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, giá trị dao động có thể đến 1610 mm, 1411 mm và 1425 mm trong giai đoạn 2020s (2011–2040), biến thiên đến 1733 mm, 2150 mm và 1760 mm trong giai đoạn 2050s (2041–2070) và có thể đến 1490 mm, 1588 mm và 2735 trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, giá trị dao động có thể đến 1290 mm, 1061 mm và 1065 mm trong giai đoạn 2020s (2011–2040), biến thiên đến 1411 mm, 1995 mm và 1485 mm trong giai đoạn 2050s (2041–2070) và có thể đến 1381 mm, 1232 mm và 2143 mm trong giai đoạn 2080s (2071–2100) lần lượt tương ứng với các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, giá trị trung bình và giá trị lớn nhất cơ bản có sự phân bố không gian đồng nhất giữa các giai đoạn và kịch bản với nhau. Trong đó, đối với giá trị trung bình của chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, khu vực huyện Hóc Môn, Bình Chánh và Nhà Bè thường ghi nhận có giá trị cao nhất. Còn đối với giá trị lớn nhất của chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day, phần lớn diện tích thành phố ghi nhận giá trị cao tương đối bằng nhau, ngoại trừ khu vực trung tâm và một phần phía Đông Nam huyện Cần Giờ thường có giá trị lớn nhất của chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day thấp hơn. Cụ thể, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day dao động chủ yếu từ 48 – 170 mm và 73 – 257 mm trong những năm 2020s (2011–2040), từ 46 – 190 mm và 65 – 285 mm trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 55 – 194 mm và 86 – 299 mm trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Riêng đối với những năm cuối thế kỷ 21, kết quả từ kịch bản cao RCP8.5 cho thấy giá trị chỉ số tổng lượng mưa 1 ngày cao nhất Rx1day cao nhất tại TP.HCM có thể trong khoảng từ 250 – 270 mm trên phần lớn diện tích thành phố.

Đối với chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, sự phân bố không gian cho giá trị trung bình nhiều năm cơ bản thống nhất giữa các kịch bản. Theo đó, khu vực trung tâm thành phố thường cao hơn các vùng còn lại, đặc biệt là trong kịch bản RCP8.5 trong giai đoạn 2080s, còn khu vực phía Đông Nam huyện Cần Giờ là vùng có giá trị trung bình của chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day thấp nhất. Trong khi đó, giá trị lớn nhất trong mỗi kịch bản có sự phân bố không gian rất khác nhau, cho thấy tuỳ vào mỗi kịch bản mà ghi nhận cường độ chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day lớn nhất tại mỗi khu vực khác nhau tại TP.HCM. Về giá trị chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day, giá

trị trung bình và giá lớn của chỉ số tổng lượng mưa 5 ngày cao nhất Rx5day dao động chủ yếu từ 90 – 275 mm và 136 – 878 mm trong những năm 2020s (2011–2040), từ 98 – 379 mm và 140 – 970 mm trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 99 – 479 mm và 135 – 863 mm trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII, giá trị trung bình và giá trị lớn nhất đều ghi nhận khu vực trung tâm Thành phố và một phần phía Đông Nam huyện Cần Giờ có giá trị chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII thấp hơn trong kịch bản RCP2.6 và RCP8.5, trong khi đó kịch bản RCP8.5 ghi nhận chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII cao nhất tại khu vực trung tâm thành phố. Cụ thể, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số cường độ mưa ngày đơn giản SDII dao động chủ yếu từ 10 – 22 mm/ngày và 12 – 28 mm/ngày trong những năm 2020s (2011–2040), từ 10 – 21 mm/ngày và 11 – 33 mm/ngày trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 10 – 25 mm/ngày và 12 – 38 mm/ngày trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, bản đồ phân bố không gian giá trị trung bình và giá trị lớn nhất ghi nhận khuynh hướng tăng nhẹ số ngày có lượng mưa ngày trên ngưỡng 10 mm qua các giai đoạn và một phần huyện Củ Chi được đánh giá cho giá trị chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm cao nhất. Cụ thể, kết quả ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm dao động chủ yếu từ 38 – 91 ngày và 51 – 115 ngày trong những năm 2020s (2011–2040), từ 39 – 96 ngày và 57 – 119 ngày trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 41 – 99 ngày và 51 – 124 ngày trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Tương tự với chỉ số tổng số ngày mưa lớn hơn 10mm R10mm, bản đồ phân bố không gian cho giá trị trung bình và giá trị lớn nhất của chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm cũng ghi nhận khuynh hướng tăng nhẹ số ngày có lượng mưa ngày trên ngưỡng 20 mm qua các giai đoạn và một phần huyện Củ Chi được đánh giá cho giá trị chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm cao nhất. Cụ thể, kết quả ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số tổng số ngày mưa rất lớn hơn 20mm R20mm dao động chủ yếu từ 12 – 53 ngày và 20 – 71 ngày trong những năm 2020s (2011–2040), từ 13 – 55 ngày và 23 – 71 ngày trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 14 – 57 ngày và 19 – 71 ngày trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm, bản đồ phân bố không gian cho giá trị trung bình và giá trị lớn nhất cho thấy khu vực trung tâm thành phố thường ghi nhận giá trị cao nhất, còn một phần thành phố Thủ Đức và phía Đông Nam huyện Cần Giờ thường ghi nhận giá trị thấp hơn các vùng còn lại trong các kịch bản. Cụ thể, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số tổng số ngày mưa hơn ngưỡng 50mm R50mm dao động chủ yếu từ 0,5 – 9,2 ngày và 2 – 18 ngày trong những năm 2020s (2011–2040), từ 0,3 – 10.1 ngày và 1 – 20 ngày trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 0,7 – 14 ngày và 3 – 26 ngày trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD, bản đồ phân bố không gian cho giá trị trung bình ghi nhận có sự phân bố không gian cơ bản đồng nhất giữa các kịch bản, ngoại trừ kịch bản phát thải cao RCP8.5 trong giai đoạn 2080s ghi nhận giá trị trung bình chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD có khuynh hướng cao hơn nhiều so với các kịch bản khác tại các huyện Củ Chi, Bình Chánh, Nhà Bè và một phần thành phố Thủ Đức. Còn đối với

bản đồ phân bố giá trị lớn nhất cho chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD, cơ bản cũng ghi nhận có khoảng giá trị bằng nhau giữa các kịch bản và ghi nhận rõ sự khác biệt về khu vực có giá trị cao nhất. Cụ thể, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số số ngày không mưa liên tục CDD dao động chủ yếu từ 42 – 79 ngày và 88 – 172 ngày trong những năm 2020s (2011–2040), từ 45 – 79 ngày và 84 – 189 ngày trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 42 – 99 ngày và 76 – 179 ngày trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số số ngày mưa liên tục CWD, bản đồ phân bố không gian cho giá trị trung bình và giá trị lớn nhất cho thấy phần lớn diện tích thành phố có giá trị giống nhau, riêng một phần khu vực huyện Củ Chi có giá trị cao hơn, đặc biệt là trong kịch bản phát thải RCP8.5 giai đoạn 2080s. Cụ thể, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số số ngày mưa liên tục CWD dao động chủ yếu từ 7 – 22 ngày và 12 – 47 ngày trong những năm 2020s (2011–2040), từ 7 – 39 ngày và 11 – 73 ngày trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 7 – 59 ngày và 11 – 126 ngày trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, giá trị trung bình có sự phân bố không gian cơ bản đồng nhất giữa các giai đoạn. Theo đó, ghi nhận giá trị trung bình chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT cao nhất tại khu vực trung tâm thành phố theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, trong khi đó kết quả ghi nhận từ kịch bản RCP2.6 cho thấy khu vực thành phố Thủ Đức và phần lớn huyện Cần Giờ có giá trị trung bình chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT thấp hơn các vùng còn lại. Còn đối với giá trị lớn nhất của chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 cơ bản thống nhất với giá trị trung bình. Về giá trị chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT dao động chủ yếu từ 119 – 836 mm và 264 – 1610 mm trong những năm 2020s (2011– 2040), từ 136 – 931 mm và 289 – 2150 mm trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 152 – 1355 mm và 301 – 2735 mm trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đối với chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, sự phân bố không gian cho giá trị trung bình và giá trị lớn nhất của mỗi kịch bản đều cơ bản giống với kết quả xây dựng bản đồ cho chỉ số lượng mưa ngày cao R95pTOT. Theo đó, kết quả cho giá trị trung bình của chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT cũng có sự phân bố không gian đồng nhất hơn so với giá trị lớn nhất giữa các kịch bản và giữa các giai đoạn với nhau. Chủ yếu ghi nhận giá trị chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT cao nhất tại khu vực trung tâm thành phố trong kịch bản RCP8.5 giai đoạn 2080s và ghi nhận phần lớn thành phố Thủ Đức và huyện Cần Giờ là vùng thường có giá trị cường độ chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT thấp nhất. Về giá trị chỉ số lượng mưa ngày rất cao R99pTOT, ghi nhận giá trị trung bình và giá lớn của chỉ số R99pTOT dao động chủ yếu từ 26 – 363 mm và 73 – 1290 mm trong những năm 2020s (2011–2040), từ 35 – 498 mm và 79 – 1994 mm trong những năm 2050s (2041–2070) và từ 85 – 883 mm và 86 – 2143 mm trong những năm 2080s (2071–2100) trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5

IV. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN TÀI NGUYÊN

1. Tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước

Xu thế biến đổi và mức độ biến thiên của giá trị mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất là những đại lượng quan trọng trong đánh giá sự thay đổi của yếu tố thuỷ văn trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Mực nước trong 24 giờ tại hai trạm quan trắc Nhà Bè và Phú An có mức độ biến thiên hàng năm cơ bản giống nhau, với mức độ biến thiên được ước tính trong khoảng từ 102 – 145 cm tại trạm Nhà Bè và khoảng từ 89 – 135 cm tại trạm

Phú An. Về diễn biến mực nước trong 24 giờ, ghi nhận mực nước sông quan trắc tại trạm Nhà Bè và Phú An có 2 lần lên cao trong ngày trong khoảng thời gian từ 3 – 5 giờ và trong khoảng thời gian 16 – 18 giờ. Trong khi đó, khoảng thời gian từ 9 – 11 giờ hàng ngày thường ghi nhận là thời điểm có mực nước trên sông thấp nhất.

Cụ thể, mực nước tại trạm Nhà Bè trong thời điểm cao nhất trong ngày thường có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt khoảng 26 – 29 cm và 50 – 53 cm, còn trong thời điểm thấp nhất trong ngày thường có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt khoảng −20 đến −24 cm và −6 đến −12 cm. Tương tự, mực nước tại trạm Phú An trong thời điểm cao nhất trong ngày thường có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt khoảng 30 – 34 cm và 54 – 57 cm, còn trong thời điểm thấp nhất trong ngày thường có giá trị trung bình và trung vị nhiều năm lần lượt khoảng −9 đến −12 cm và −5 đến 2 cm.

Về diễn biến của các giá trị mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất theo tháng, các yếu tố mực nước tại hai trạm Nhà Bè và Phú An đều ghi nhận có cùng khuynh hướng thay đổi giữa các khoảng thời gian trong năm. Cụ thể, các yếu tố mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất thường cao nhất trong các tháng 10 và 11 và ghi nhận thấp nhất trong các tháng 6 và 7. Cụ thể, tại trạm quan trắc Nhà Bè, ghi nhận mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất trong các tháng có mực nước cao nhất trong năm thường có giá trị trung bình nhiều năm lần lượt khoảng 20,8 cm đến 27,3 cm, 135 cm đến 141 cm và −188 cm đến −182 cm. Trong khi đó, mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất trong các tháng có mực nước thấp nhất trong năm thường có giá trị trung bình nhiều năm lần lượt khoảng −15,5 cm đến −20,6 cm, 102 cm đến 110 cm và −242 cm đến −234 cm. Tại trạm quan trắc Phú An, mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất trong các tháng có mực nước cao nhất trong năm thường có giá trị trung bình nhiều năm lần lượt khoảng 30,0 cm đến 34,6 cm, 135 cm đến 138 cm và −164 cm đến −159 cm. Trong khi đó, kết quả phân tích cho thấy mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất trong các tháng có mực nước thấp nhất trong năm thường có giá trị trung bình nhiều năm lần lượt khoảng −14 cm đến −7,7 cm, 103 cm đến 110 cm và −224 cm đến −217 cm.

Về mức độ biến thiên của các yếu tố mực nước trung bình, cao nhất và thấp nhất tại hai trạm Nhà Bè và Phú An, mực nước cao nhất có mực độ biến thiên ghi nhận trong các tháng cao hơn so với mức độ biến thiên của mực nước trung bình và mực nước thấp nhất trong nhiều năm qua. Cụ thể, mực nước cao nhất các tháng có giá trị biến thiên được ước tính trong khoảng 13,5 –26 cm tại trạm Nhà Bè và khoảng 18,2 – 31,2 cm tại trạm Phú An. Đối với mức độ biến thiên của mực nước trung bình các tháng, kết quả ghi nhận có giá trị biến thiên trong khoảng 6,2 – 12,0 cm tại trạm Nhà Bè và khoảng 9,1 – 13,8 cm tại trạm Phú An. Tương tự, kết quả ghi nhận mực nước thấp nhất các tháng có giá trị biến thiên trong khoảng 11,5 – 23,5 cm tại trạm Nhà Bè và khoảng 11,2 – 22,2 cm tại trạm Phú An.

Mực nước tại TP.HCM đã gia tăng đáng kể trong những qua. Trong đó, mực nước trung bình và mực nước cao nhất trong cả năm và riêng mỗi tháng đều thể hiện rõ xu thế tăng một cách tuyến tính trong những năm qua. Trong khi đó, mực nước thấp nhất ghi nhận xu thế tăng tuyến tính trong những năm 1980–1995, sau đó ghi nhận xu thế giảm trong những năm tiếp theo từ 1995–2005 và cuối cùng tiếp tục ghi nhận xu thế tăng trở lại trong những năm 2005–2019. Cụ thể, đối với mực nước trung bình cả năm, độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng khoảng 0,42 cm/năm tại trạm Nhà Bè và khoảng 0,48 cm/năm tại trạm Phú An. Bên cạnh đó, độ dốc xu thế cũng cho thấy mức tăng của mực nước trung bình trong các tháng tại hai trạm Nhà Bè và Phú An có mức độ thay đổi cơ bản giống nhau. Cụ thể, mức tăng mực nước trung bình các tháng tại trạm Nhà Bè phổ biến trong khoảng từ 0,28 –

0,54 cm/năm, còn tại trạm Phú An ghi nhận mức tăng mực nước trung bình các tháng phổ biến từ 0,30 – 0,56 cm/năm.

Đối với mực nước cao nhất cả năm, ghi nhận xu thế tăng với mức tăng cao hơn nhiều so với mực nước trung bình cả năm, với độ dốc xu thế ghi nhận mức tăng khoảng 1,25 cm/năm tại trạm Nhà Bè và khoảng 1,38 cm/năm tại trạm Phú An. Tương tự, mức tăng của mực nước cao nhất trong các tháng tại hai trạm Nhà Bè và Phú An có mức độ thay đổi cơ bản giống nhau. Cụ thể, mức tăng mực nước cao nhất các tháng tại trạm Nhà Bè phổ biến trong khoảng từ 0,92 – 1,29 cm/năm, còn tại trạm Phú An ghi nhận mức tăng mực nước cao nhất các tháng phổ biến từ 1,0 – 1,38 cm/năm. Trong khi đó, mực nước thấp nhất cả năm tại trạm Nhà Bè ghi nhận xu thế giảm nhẹ với độ dốc xu thế khoảng −0,39 cm/năm, còn tại trạm Phú An ghi nhận xu thế tăng nhẹ với độ dốc xu thế khoảng 0,16 cm/năm. Độ dốc xu thế cho mực nước thấp nhất theo các tháng tại trạm Nhà Bè ghi nhận giá trị phổ biến từ −0,25 cm/năm đến −0,91 cm/năm. Trong khi đó, độ dốc xu thế cho mực nước thấp nhất theo các tháng tại trạm Phú An ghi nhận đồng thời xu thế tăng và giảm nhẹ, với giá trị độ dốc xu thế chủ yếu từ 0,12 cm/năm đến 0,8 cm/năm và từ −0,09 cm/năm đến −0,39 cm/năm.

2. Tác động biến đổi khí hậu đến diễn biến xâm nhập mặn

Xâm nhập mặn là một hiện tượng rất quan trọng và đáng chú ý, thường xuyên gây ra nhiều tác động bất lợi đến đời sống dân sinh và môi trường sinh thái tại vùng hạ lưu sông Sài Gòn – Đồng Nai. Với đặc điểm lòng dẫn sâu, độ dốc đáy sông nhỏ, biên độ triều lớn, do đó nước mặn theo dòng triều xâm nhập rất cao lên thượng lưu vào giữa và cuối mùa khô (tháng 3–4 hàng năm). Trong vài năm gần đây, cùng với tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng, sự biến đổi ranh giới xâm nhập mặn trở nên phức tạp. Nước biển dâng kéo theo sự thay đổi biên độ và pha thủy triều trong các vịnh và vùng biển ven bờ. Sự thay đổi này dẫn đến quá trình lan truyền chất trong sông thay đổi theo, đặc biệt là xâm nhập mặn.

Trên sông Đồng Nai, độ mặn 1,0 g/l trung bình hàng năm có thể lên đến cầu Đồng Nai (cách biển khoảng 117 km), độ mặn 0,3 g/l có thể lên đến Biên Hòa và độ mặn 0,1 g/l có thể vượt qua trạm bơm Hóa An vài km. Trên sông Sài Gòn, độ mặn 1,0 g/l có thể lên đến Tương Bình Hiệp (cách biển khoảng 145 km), cách vị trí trạm bơm Bến Than 2-3 km về phía thượng lưu, độ mặn 0,3 g/l có thể lên đến ấp Thuận và độ mặn 0,1 g/l có thể lên đến Bến Đông. Sau khi có các hồ Dầu Tiếng, Trị An và Thác Mơ, tình hình xâm nhập mặn có những biến đổi lớn. Các kết quả khảo sát mặn trong những năm qua cho thấy ranh mặn 4,0 g/l đã bị đẩy lùi xuống hạ lưu 20-25km (trên Cát Lái 3-5km) và mặn 1g/l luôn dưới Long Tân (cách Bến Gỗ 10 km).

Phân bố độ mặn cao nhất khu vực TP.HCM trong giai đoạn 2006-2015: thấp trong nội địa và cao dần về phía cửa sông. Huyện Cần Giờ và Nhà Bè chịu ảnh hưởng nhiều nhất của xâm nhập mặn. Trong đó, Cần Giờ luôn chịu ảnh hưởng của ranh mặn lớn hơn 18‰ (tiến dần vào nội địa) và 30‰ đối với phần diện tích tiếp giáp biển. Phân bố cụ thể trong từng giai đoạn:

+ Giai đoạn 2006 – 2009: các ranh mặn 10‰, 18‰ và 30‰ tập trung chủ yếu tại huyện Cần Giờ nhưng ổn định qua các năm, các ranh mặn 4‰, 8‰ xuất hiện phía trong thành phố (huyện Bình Chánh, huyện Củ Chi) và có xu hướng lấn sâu vào nội địa. Huyện Nhà Bè luôn chịu ảnh hưởng bởi ranh mặn từ 8‰ đến 10‰.

+ Giai đoạn 2010 – 2012: trùng với thời điểm khô hạn nhất trong những năm gần đây, các ranh mặn có sự lấn sâu mạnh mẽ. Đáng lưu ý là năm 2011, ranh mặn 8‰ đã xuất hiện tại huyện Củ Chi (nơi mà năm 2010 chỉ chịu ảnh hưởng của ranh mặn 4‰); ranh mặn 18‰

và 30‰ không có sự thay đổi lớn. Đến năm 2012, độ mặn giảm mạnh, huyện Củ Chi chỉ còn xuất hiện ranh mặn 2‰.

+ Giai đoạn 2013 – 2015: tất cả các ranh mặn đều có xu hướng lấn sâu vào khu vực nội thành. Đặc biệt trong năm 2015, mặn nhiều hơn ở phía sông Nhà Bè, huyện Bình Chánh, quận 1, quận 2 cũ, quận 3 và quận 9 cũ, chịu ảnh hưởng bởi ranh mặn 8‰.

Trong năm năm 2018, tình hình xâm nhập mặn trên các sông, rạch khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2018 diễn biến không có nhiều phức tạp như năm 2016, thấp hơn mặn 2017 và trung bình nhiều năm. Trong những năm gần đây, tình hình xâm nhập mặn có chiều hướng phức tạp hơn thể hiện ở nồng độ mặn có xu hướng tăng, thời gian xâm nhập mặn đến sớm và kết thúc muộn, mức độ xâm nhập mặn sâu rộng hơn. Tuy nhiên, từ kết quả khảo sát cho thấy xâm nhập mặn năm 2018 không quá gay go như nhiều năm trước đây. Đặc trưng mặn 2018 cũng ở mức tương đối thấp.

Tại khu vực Nam Bình Chánh trong năm 2018:

Cầu Ông Thìn: Tại khu vực Cầu Ông Thìn, diễn biến nồng độ mặn thay đổi theo quý trong năm cũng tương tự như vị trí Mũi Nhà Bè khi quý I là thời điểm đạt nồng độ mặn cao nhất (Cao nhất: 7,83g/l, Bình quân: 4,92g/l). Quý II, mặn giảm qua từng tuần trong quý. Quý III, mặn đạt giá trị thấp nhất (Cao nhất: 2,21g/l, Bình quân: 0,85g/l). Sau đó, mặn tăng khi bước sang điểm giao mùa quý IV (Cao nhất: 4,69g/l, Bình quân: 1,35g/l). Đặc trưng giá trị nồng độ mặn năm 2018 (Cao nhất: 7,83g/l, Bình quân: 2,43g/l), thấp hơn so với đặc trưng giá trị mặn năm 2017 về giá trị mặn cao nhất (Cao nhất: 8,67g/l, Bình quân: 2,18g/l), thấp hơn mặn trung bình nhiều năm (Cao nhất: 14,30g/l, Bình quân: 3,78g/l).

Cống Kênh C: Mặn cao nhất là thời điểm quý I, giảm dần ở quý II và đạt thấp nhất ở quý IV (thời điểm tuần đầu tháng 10). Đặc trưng mặn năm 2018 tại Kênh C (Cao nhất: 3,75g/l, Bình quân: 1,17g/l), cao hơn so với mặn năm 2017 (Cao nhất: 3,75g/l, Bình quân: 1,17g/l), thấp hơn mặn trung bình nhiều năm (Cao nhất: 8,10g/l, Bình quân: 1,14g/l).

Kênh Xáng - An Hạ: Đây là vị trí có thường có nồng độ thấp nhất tại khu vực Nam Bình Chánh. Mặn đạt giá trị mặn lớn nhất thuộc quý II và thấp nhất ở quý IV. Giá trị đặc trưng độ mặn năm 2018 (Cao nhất: 1,49g/l, Bình quân: 0,33g/l), thấp hơn mặn 2017 về giá trị mặn cao nhất (Cao nhất: 1,58g/l, Bình quân: 0,31g/l) và thấp hơn mặn trung bình nhiều năm (Cao nhất: 4,80g/l, Bình quân:0,46g/l).

Tại khu vực Bắc Cần Giờ và Nam Nhà Bè trong năm 2018: Độ mặn trung bình của hệ kênh rạch trên sông Lòng Tàu trong khoảng 8-10 g/l, thấp hơn so với những năm trước và trung bình nhiều năm. Mặn đạt trị số cao nhất ở quý I và thấp nhất ở thời điểm quý III trong năm. Diễn biến xâm nhập mặn không có nhiều phức tạp.

Tại khu vực Hệ sông Nhà Bè – Đồng Nai trong năm 2018: Nồng độ mặn cao nhất trong năm là ở quý I (Cao nhất: 7,33g/l, Bình quân: 4,59g/l). Mặn giảm ở quý II (Cao nhất: 5,27g/l, Bình quân: 1,56g/l) và đạt giá trị thấp nhất ở quý III (Cao nhất: 2,76g/l, Bình quân: 0,56g/l). Sang quý IV nồng độ mặn tăng lên ở thời điểm giao mùa cuối tháng 12 (Cao nhất: 6,97g/l, Bình quân: 1,52g/l). Nhìn chung, đặc trưng nồng độ mặn năm 2018 nơi đây (Cao nhất: 7,33g/l, Bình quân: 2,06g/l) thấp hơn so với mặn năm 2017 và thấp hơn đặc trưng mặn trung bình nhiều năm.

Tại khu vực Hệ sông Sài Gòn trong năm 2018: Quý II mặn đạt giá trị cao nhất lớn nhất (Cao nhất: 2,68g/l) và quý III mặn xuống rất thấp. Giá trị độ mặn đặc trưng năm 2018 tại Thủ Thiêm (Cao nhất: 2,68g/l, Bình quân: 0,50g/l), thấp hơn so với mặn năm 2017 và thấp hơn nồng độ mặn trung bình nhiều năm (Cao nhất: 7,90g/l, Bình quân: 1,54g/l).

Tại khu vực Quận 2 cũ, Quận 9 cũ, Cát Lái trong năm 2018: Nồng độ mặn thấp ở quý III, giai đoạn cao điểm mùa mưa (Cao nhất:0,51g/l, Bình quân: 0,14g/l), mặn cao nhất ở quý I (Cao nhất: 3,88g/l, Bình quân: 2,29g/l). Giá trị nồng độ mặn đặc trưng năm 2018 tại phà Cát Lái thấp hơn so với mặn năm 2017 và thấp hơn mặn trung bình nhiều năm.

Nhìn chung, giá trị mặn thường đạt trị số cao nhất ở quý I và thấp nhất ở quý III. Tình hình xâm nhập mặn ở vùng hạ lưu sông Đồng Nai – Sài Gòn rất nhạy cảm với các khai thác nguồn nước cả ở thượng và hạ lưu và tình hình mưa tại chỗ, trong đó thay đổi lưu lượng từ thượng lưu theo mùa đã quyết định ranh mặn trên các triền sông. Những khu vực thường xuyên bị ảnh hưởng mặn trong mùa khô tại TP.HCM bao gồm huyện Cần Giờ, huyện Nhà Bè, huyện Bình Chánh và quận Thủ Đức cũ. Trong điều kiện tự nhiên như: lòng sông sâu, độ dốc thấp, biên độ triều lớn, nước mặn từ biển theo dòng triều xâm nhập rất sâu trên sông về phía thượng lưu, đặc biệt là trong các tháng giữa và cuối mùa khô (tháng 3 và tháng 4). Mặn xâm nhập sâu trong mùa kiệt xảy ra đồng thời với mùa khô không mưa kéo dài gây khó khăn cho sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt của người dân vùng hạ lưu.

Diễn biến ranh mặn theo các kịch bản :

Trường hợp không xét đến các công trình ngăn mặn:

Dưới ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa và nước biển dâng, chế độ thủy lực và sự lan truyền mặn trong sông có thay đổi so với hiện trạng. Các ranh mặn tính được từ các kịch bản đều dịch chuyển sâu hơn về phía thượng nguồn trên sông Sài Gòn so với hiện trạng. Các ước lượng xâm nhập mặn được tính toán dựa trên các kịch bản BĐKH và không tính đến tác động của các công trình ngăn mặn. Khác với năm 2050 và 2100, kết quả tính toán năm 2025 và 2030 không cho thấy sự khác biệt đáng kể về ranh mặn giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 (chênh lệch 0,02%).

Trường hợp ranh mặn 0,25‰ (RM1):

Trên sông Sài Gòn, vào thời điểm 14:00 ngày 24/02/2013, RM1-2013 dịch chuyển xa nhất về phía thượng lưu hồ Dầu Tiếng, đi qua trạm bơm Hòa Phú của nhà máy nước Tân Hiệp khoảng 0,04km. Đến năm 2025, RM1 tiến xa hơn về phía thượng lưu so với kịch bản hiện trạng (khoảng 0,7km), cách trạm bơm Hòa Phú khoảng 0,75 km; số liệu tương ứng năm 2030 là 1,6km. Trong bối cảnh BĐKH và NBD, độ mặn trên sông cũng tăng lên, RM1 năm 2050 và 2100 cách RM1-2013 lần lượt khoảng 4,05km.

+ Trên nhánh Đồng Nai, các ranh mặn cũng dịch chuyển dần về phía thượng lưu theo từng năm. Cường độ mặn lớn nhất xuất hiện vào cùng thời điểm 14:00 ngày 24/2 (theo từng kịch bản). Năm 2013, RM1 đã lấn sâu vào nội đồng, đi qua trạm bơm nước Hóa An của nhà máy nước Thủ Đức 0,5 km về phía thượng lưu. Tương ứng với các năm 2025, 2030, 2050 và 2100 (kịch bản RCP 4.5), RM1 dần tiến xa về phía thượng lưu, cách trạm bơm lần lượt khoảng 3,7km, 4,9km, 7,7km và 11,7km. Với kịch bản RCP 8.5, trong năm 2050 và 2100, RM1 cách trạm bơm tương ứng 8,1km và 12,6 km. Nhìn chung, RM1 của từng kịch bản ngày càng cách xa RM1- 2013 cho thấy hiện tượng mặn hóa ngày càng gia tăng, vùng an toàn cho sử dụng nguồn nước càng hạn hẹp.

Trường hợp ranh mặn 0,5‰ (RM2): Năm 2013, RM2 cách trạm bơm Hòa Phú khoảng 16,2km về phía hạ lưu (cách trạm Phú An 29km). Đến năm 2025 và 2030, so với RM2-2013, RM2 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn tương ứng khoảng 1,2km và 3km, cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 15km và 13,2km. Năm 2050, ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, RM2 di chuyển thêm một đoạn 6,7km và 7,1km so với năm 2013; cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 9,5 km và 9,1km về phía hạ lưu. Năm 2100, ứng với 2 kịch bản BĐKH nêu trên, RM2 tiếp tục đi về phía thượng lưu, cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 1,5km và 0,4km về phía hạ lưu. Trên nhánh Đồng Nai, do độ dốc đáy sông nhỏ hơn

nhánh sông Sài Gòn nên mặn xâm nhập sâu và nhanh hơn về phía thượng lưu. Năm 2013, RM2 chỉ còn cách trạm bơm Hóa An 9 km về phía hạ lưu (cách trạm Cát Lái 36km về phía thượng lưu). Khoảng cách này ngày càng rút ngắn. Theo kịch bản RCP4.5, tương ứng năm 2025, 2030, 2050 và 2100, RM2 cách trạm bơm Hóa An lần lượt 6,9km, 5,7km, 3,8km và 1,4km về phía hạ lưu (dịch chuyển các đoạn tương ứng 2,1km, 3,3km, 5,2km và 7,6 km so với RM2- 2013). Với kịch bản RCP 8.5, trong năm 2050 và 2100, RM2 di chuyển thêm một đoạn 5,8km và 8,1km so với RM2-2013.

Trường hợp ranh mặn 1‰ (RM3):

+ RM3 (1‰) được đánh giá để xác định vùng cho phép sử dụng nước với mục đích tưới tiêu thủy lợi hoặc các mục đích sử dụng khác có yêu cầu chất lượng nước tương tự với độ mặn 0,5 - 1‰.

+ Trên nhánh sông Sài Gòn, RM3 cách trạm bơm Hòa Phú khoảng 27,2km, 25,4km và 24,5km tương ứng năm 2013, 2025 và 2030. Năm 2050, so với năm 2013, RM3 tiếp tục di chuyển về thượng lưu, cách trạm bơm Hòa Phú về phía hạ lưu khoảng 20,2km và 19,7km tương ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Đến năm 2100, các số liệu trên lần lượt là 15,4km và 13,1km.

+ Trên nhánh sông Đồng Nai, RM3-2013 cách trạm bơm Hóa An 19,2 km về phía hạ lưu. Với kịch bản RCP4.5, đến năm 2025, 2030, 2050 và 2100, RM3 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn 1,7km, 2,5km, 4,7km và 9,5km so với năm 2013. Với kịch bản RCP 8.5, trong năm 2050 và 2100, RM3 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn tương ứng 5,1km và 10,4km so với năm 2013.

Trường hợp ranh mặn 2‰ (RM4), 4‰ (RM5), 8‰ (RM6), 18‰ (RM7):

+ RM4 (2‰) và RM5 (4‰) được đánh giá để xác định vùng nước phục vụ tốt cho nuôi trồng thủy sản nước lợ (nhưng làm giảm năng suất cây trồng nhạy cảm với mặn). Tương tự, RM4 và RM5 cũng có xu hướng dịch chuyển về phía thượng lưu theo thời gian, xâm nhập dần vào nội đồng và ảnh hưởng đến nguồn nước ngọt.

+ Các RM6 và RM7 với độ mặn cao, không sử dụng cho mục đích cấp nước, làm giảm năng suất các cây trồng chịu mặn (hoặc không sử dụng được), chủ yếu phục vụ mục đích nuôi trồng một số loại thủy sản nước lợ. Các ranh mặn này càng dịch chuyển sâu vào nội đồng, càng ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước ngọt.

Trường hợp có xét đến quy hoạch các công trình ngăn mặn:

Để ứng phó với xâm nhập mặn, Thủ tướng Chính phủ đã có kế hoạch triển khai các công trình ngăn mặn (Quyết định số 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008). Bước đầu quy hoạch 6 cống ngăn triều tại các quận 1, quận 4, quận 7, quận 8, huyện Bình Chánh và huyện Nhà Bè. Các công trình cống ngăn triều được thiết kế xây dựng theo Quyết định số 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008 của Thủ tướng Chính Phủ.

Hệ thống cống khép kín tuyến đê bao được đặt tại các cửa sông, rạch đổ ra sông Sài Gòn, Nhà Bè, sông Vàm Cỏ và sông Vàm Cỏ Đông. Các cống chính trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh bao gồm Bến Nghé, Tân Thuận, Phú Xuân, Mương Chuối, Cây Khô, Phú Định. Các cống chính này có nhiệm vụ khống chế mực nước và kiểm soát môi trường nước khu vực phía trong đê bao đảm bảo không cao hơn mực nước cho phép; đồng thời không cản trở lớn đến giao thông thủy liên vùng. Bên cạnh đó, các công trình cống nhằm mục tiêu kiểm soát triều và chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu cho khu vực TP.HCM; ngăn và hạn chế nước biển xâm nhập vào nội đồng, điều tiết lưu lượng nước tiêu thoát ra vào hệ thống kênh rạch trong khu vực.

Vào năm 2025, tại vị trí cách trạm Phú An 1,3km, cách cống Bến Nghé gần 1km dọc theo nhánh Bến Lức (thuộc khu vực quận 1), nồng độ mặn giảm gần 36% khi các công trình hoạt động. Tương tự, vị trí trên nhánh kênh Đôi cách cống Tân Thuận 1,4km có nồng độ mặn giảm gần 29%. Trên nhánh Sài Gòn, quan sát ngẫu nhiên tại vị trí cách trạm Phú Cường khoảng 100m về phía thượng lưu và cách trạm bơm nước Hòa Phú 500m về phía hạ lưu, nồng độ mặn không thay đổi đáng kể giữa 2 trường hợp (độ mặn trong trường hợp có công trình tăng lên 0,002% so với trường hợp không có công trình). Như vậy, cống ngăn triều có khả năng giảm mặn khi đi vào nội đồng, giảm mặn cho nguồn nước sản xuất và tưới tiêu, không có nhiều tác dụng đối với hai nhánh sông chính Sài Gòn và Đồng Nai (ảnh hưởng không đáng kể đến vấn đề mặn xâm nhập sâu về thượng lưu trên sông chính).

Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn trong bối cảnh BĐKH đến năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 cho thấy xâm nhập mặn ngày càng tăng cường và di chuyển sâu về phía thượng lưu. Chênh lệch độ mặn giữa hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 chỉ thấy rõ từ giữa đến cuối thế kỷ XXI. Trong trường hợp không có các công trình ngăn mặn, trên nhánh sông Sài Gòn, tương ứng năm 2025, 2030, 2050 và 2100, theo RCP4.5, ranh mặn 0,25‰ cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 0,75km, 1,6km, 4,09km và 6,22km so với 0,75km, 1,6km, 4,6km và 8,6km theo RCP8.5. Trên nhánh Đồng Nai, so với trạm bơm Hóa An, các số liệu tương ứng là 3,7km, 4,9km, 7,7km, 11,7km theo RCP4.5 và 3,7km, 4,9km, 8,1km, 12,6km theo RCP8.5. Khi các cống ngăn triều được đưa vào hoạt động, xâm nhập mặn giảm đáng kể trên các nhánh sông nhỏ như Bến Lức, Kênh Đôi- Kênh Tẻ, rạch Phú Xuân (Quận 7), rạch Cây Khô (Nhà Bè) nhưng không có nhiều tác dụng đối với hai nhánh sông chính Sài Gòn và Đồng Nai. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở quan trọng cho việc hoạch định các giải pháp thích ứng xâm nhập mặn phù hợp, đảm bảo các hoạt động sinh hoạt và sản xuất tại địa phương.

3. Tác động biến đổi khí hậu đến các yếu tố cực đoan liên quan đến nước biển dâng

Kịch bản mực nước biển dâng trung bình ven biển Việt Nam có khả năng cao hơn mực nước biển trung bình toàn cầu. Khu vực giữa Biển Đông có mực nước biển dâng cao hơn so với các khu vực khác. Mực nước biển dâng khu vực ven biển các tỉnh phía Nam cao hơn so với khu vực phía Bắc. Theo kịch bản RCP4.5, mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Việt Nam đến năm 2050 là 22 cm (14 cm ÷ 32 cm); đến năm 2100 là 53 cm (32 cm ÷ 76 cm), trong đó, khu vực ven biển từ Móng Cái - Hòn Dấu và Hòn Dấu - Đèo Ngang có mực NBD thấp nhất là 55 cm (33 cm ÷ 78 cm), khu vực từ Mũi Cà Mau – Kiên Giang là 53 cm (32 cm ÷ 75 cm), khu vực quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa lần lượt là 58 cm (36 cm ÷ 80 cm) và 57 cm (33 cm ÷ 83 cm). Theo kịch bản RCP8.5, mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Việt Nam đến năm 2050 là 25 cm (17 cm ÷ 35 cm); đến năm 2100 là 73 cm (49 cm ÷ 103 cm) (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016).

Nguy cơ ngập do nước biển dâng: Nếu mực nước biển dâng 100 cm và không có các giải pháp ứng phó, khoảng 17,8% diện tích TP.HCM có nguy cơ bị ngập. Đối với nước biển dâng, ứng với mực nước biển dâng 50cm, 60cm, 70cm, 80cm và 90cm, tỷ lệ diện tích bị ngập so với tổng diện tích tự nhiên (209.962 ha) lần lượt là 11,4%, 12,6%, 13,9%, 15,2% và 16,5%. Đặc biệt, ứng với nguy cơ mực nước biển dâng 1m, khoảng 17,8% diện tích TP.HCM có nguy cơ bị ngập; trong đó, quận Bình Thạnh (80,78%) và huyện Bình Chánh (36,43%) là hai khu vực có nguy cơ ngập cao nhất (Bộ Tài nguyên Môi trường, 2016).

Kịch bản nước biển dâng cho khu vực TP.HCM theo kịch bản RCP4.5: mực nước khu vực ven biển TP.HCM theo kịch bản RCP4.5 cũng gia tăng theo thời gian. Đối với mức nhạy cảm khí quyển thấp, so với 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. Trong nửa đầu XXI, mực nước biển dâng theo kịch bản RCP4.5 tương đối giống với RCP2.6 với mức dâng khá thấp. Đến cuối thế kỷ (2100), nước biển dâng theo kịch bản RCP4.5 lớn hơn khá rõ (9cm) so với RCP2.6. Theo kịch bản RCP4.5, nồng độ khí nhà kính 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. Vì thế, nước biển dâng trong kịch bản này không biến đổi nhiều so với kịch bản RCP2.6.

Kịch bản nước biển dâng cho khu vực TP.HCM theo kịch bản RCP8.5: kịch bản RCP8.5 cho kết quả mực nước khu vực ven biển TP.HCM gia tăng cao nhất đến cuối thế kỷ XXI. Nước biển dâng 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 25cm so với giai đoạn nền, cao hơn 3cm so với RCP6.0 và 4cm so với RCP2.6 và RCP4.5. Đến cuối thế kỷ (2100), nước biển dâng ở kịch bản RCP8.5 tăng khá nhanh: 72cm so với giai đoạn nền (ứng với mức nhạy cảm trung bình), mức tăng này lần lượt cao hơn 18 cm, 20cm và 29cm so với RCP6.0, RCP4.5 và RCP2.6. Mực nước biển dâng ở kịch bản RCP8.5 tăng khá nhanh bởi nồng độ khí nhà kính cao nhất trong các kịch bản và tăng liên tục đến cuối thế kỷ XXI. Nồng độ khí nhà kính tăng nhanh trong khí quyển 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.

Kịch bản ngập do triều tại TP.HCM trong bối cảnh biến đổi khí hậu theo trường hợp không xét đến quy hoạch các công trình chống ngập:

Về diện tích ngập:

+ Năm 2025 (ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5), khu vực có diện tích ngập lớn nhất thành phố là huyện Cần Giờ (1240 ha), huyện Bình Chánh (660 ha) và huyện Nhà Bè (335 ha).

+ Tương tự, trong năm 2030 (ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5), các huyện trên vẫn ngập nhiều nhất thành phố, với diện tích ngập lần lượt là 1465 ha, 810 ha và 418 ha.

+ Đến năm 2050, huyện Cần Giờ và huyện Bình Chánh vẫn chịu ngập nhiều nhất, diện tích ngập lần lượt là 3561 ha và 1618 ha với kịch bản RCP8.5; 3518 ha và 1576 ha với kịch bản RCP4.5. Đáng lưu ý là khu vực Quận 9 cũ, chịu sự chia cắt đan xen của các hệ thống kênh rạch, cùng địa hình thấp trũng chiếm khoảng 75% (cao độ trung bình từ 1 – 5 m), theo đó, diện tích ngập năm 2050 tăng đáng kể, xếp thứ 3 thành phố với khoảng 750 ha và 770 ha tương ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP 8.5. Tiếp theo là huyện Nhà Bè với các giá trị tương ứng là 677 ha và 709 ha.

+ Đến năm 2100, tương tự các mốc thời gian trước đó, các địa phương đáng quan tâm nhất trong mối quan hệ với ngập lụt do triều tại TP.HCM là huyện Cần Giờ, Bình Chánh và Nhà Bè: diện tích ngập lần lượt là 12.246 ha, 3723 ha, 2085 ha theo kịch bản RCP 4.5 và 14712 ha, 4354 ha và 2320 ha theo kịch bản RCP 8.5.

Về tỷ lệ ngập:

+ Năm 2025 (ứng với kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5), khu vực có tỷ lệ ngập lớn nhất là Quận 2 cũ và Nhà Bè, lần lượt là 3,15% và 3,35% diện. Quận 3, 5 và 10 có tỷ lệ ngập không đáng kể.

+ Đến năm 2030 (ứng với kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5), tỷ lệ ngập huyện Bình Chánh tăng đáng kể: 3,21% (so với 2,62% năm 2020). Tỷ lệ ngập tại Quận 2 cũ và huyện Nhà Bè cũng tiếp tục gia tăng, tương ứng 3,35% và 4,18%.

+ Năm 2050, tỷ lệ ngập tại TP.HCM gia tăng đáng kể. Theo kịch bản RCP4.5, tỷ lệ ngập tại huyện Nhà Bè, huyện Bình Chánh, Quận 2 cũ và Quận Thủ Đức cũ lần lượt là 6,76%, 6,25%, 6,02% và 3,99%. Các số liệu tương ứng với kịch bản RCP8.5 là 7,09%, 6,42%, 6,48% và 4,18%.

+ Năm 2100, Quận 8 và huyện Nhà Bè có tỷ lệ ngập lớn nhất, tương ứng khoảng 24,01% và 20,84% theo kịch bản RCP4.5 và 28,89% và 23,19% theo kịch bản RCP8.5. các tỷ lệ này đối với Quận 2 cũ là 15,44% và 20,17%.

Kịch bản ngập do triều tại TP.HCM trong bối cảnh biến đổi khí hậu theo trường hợp có xét đến quy hoạch các công trình chống ngập:

Theo Quyết định 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008 về việc phê duyệt quy hoạch thủy lợi chống ngập úng đã chia ra 3 vùng chống ngập bao gồm:

- Vùng I: Toàn bộ khu vực bờ hữu sông Sài Gòn – Nhà Bè và bờ tả sông Vàm Cỏ - Vàm Cỏ Đông

- Vùng II: Vùng ngã ba sông Sài Gòn – Đồng Nai phía bờ tả sông Sài Gòn

- Vùng III: Khu vực bờ tả sông Nhà Bè – Soài Rạp

Trong đó, dự án "Giải quyết ngập do triều khu vực TP.HCM có xét đến yếu tố biến đổi khí hậu (Giai đoạn 1)" do công ty Trung Nam Group thực hiện đã xây dựng hệ thống 5 đê bao ven sông Sài Gòn tại các đoạn xung yếu từ Vàm Thuật đến Sông Kinh dài 7801 m. Ngoài ra, dự án cũng bao gồm 25 cống nhỏ khẩu độ 1 – 10 m từ Vàm Thuật đến Mương Chuối và nhà quản lý trung tâm. Mục tiêu chính của dự án là kiểm soát ngập do triều cường, qua đó, chủ động ứng phó biến đổi khí hậu cho khu vực rộng hơn 570 km^2 với 6,5 triệu người ở khu vực bờ hữu sông Sài Gòn và khu vực trung tâm TP.HCM; đồng thời giúp khu vực chủ động điều tiết hạ thấp mực nước trong các kênh rạch nhằm cải thiện khả năng tiêu thoát của các dự án thoát nước.

Kết quả mô phỏng có tích hợp đến hệ thống cống cho thấy vấn đề ngập do triều trong khu vực có xu hướng giảm đi. Trong đó, huyện Bình Chánh, huyện Nhà Bè và quận 7 được hưởng lợi nhiều nhất (các khu vực khác không thay đổi đáng kể).

Khu vực phía Nam TP.HCM chịu ảnh hưởng nặng nề nhất, đặc biệt là huyện Cần Giờ, Nhà Bè và Bình Chánh. Ứng với cả 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, năm 2025, diện tích ngập lần lượt là 1240 ha, 335ha và 660ha; năm 2030 tương ứng 1.465ha, 418ha và 810ha. Năm 2050, diện tích ngập xấp xỉ 3.518ha, 677ha, 1.576ha theo RCP4.5 và 3561ha, 709 ha, 1.618 ha theo RCP8.5. Đến năm 2100, các số liệu tương ứng là 12.246ha, 2.085ha, 3.724 ha theo RCP4.5 và 14713ha, 2.320ha, 4.355ha theo RCP8.5. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy vấn đề ngập do triều trong khu vực giảm đi trong trường hợp xét đến yếu tố công trình chống ngập, đặc biệt tại khu vực huyện Bình Chánh, Nhà Bè và quận 7. Vào năm 2025 và 2100, so với trường hợp không có công trình (RCP8.5), diện tích ngập huyện Nhà Bè giảm lần lượt 16ha và 3,21ha. Số liệu tương ứng đối với huyện Bình Chánh là 8,71ha và 1,62ha; đối với Quận 7 là 6,22ha và 2,35ha.

V. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN MÔI TRƯỜNG, HỆ SINH THÁI

1. Mức độ hạn hán và đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến diễn biến hạn hán

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, sự thay đổi lượng mưa cùng với gia tăng nền nhiệt có thể ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến diễn biến hạn hán và nhu cầu sử dụng nước tại địa phương. Những năm hạn và ẩm tiếp tục đan xen nhau trong các giai đoạn tương lai 2020s (2011–2040), 2050s (2041–2070) và 2080s (2071–2100) tiếp theo đối với từng kịch bản biến đổi khí hậu. Trong đó, một số trạm quan trắc như Bình Chánh, Cần Giờ, Cát Lái, Mạc Đĩnh Chi, Nhà Bè, Phạm Văn Cội, Tam Thôn Hiệp và Xi Măng Thủ Đức được đánh giá có diễn biến hạn khí tượng nhẹ hơn so với kịch bản nền, với sự xuất hiện của những năm trong nhóm phân loại ẩm và hạn nhẹ nhiều hơn. Trong khi đó, một số trạm quan trắc như An Phú, Củ Chi, Hóc Môn, Lê Minh Xuân, Long Sơn và Tân Sơn Hoà được đánh giá có cường độ hạn khí tượng tiếp tục diễn ra phức tạp và nghiêm trọng trong các giai đoạn tương lai tiếp theo, cụ thể là tiếp tục ghi nhận những năm trong nhóm phân loại hạn nặng đến hạn rất nặng.

Cụ thể, các trạm Bình Chánh, Cát Lái, Mạc Đĩnh Chi, Tam Thôn Hiệp, An Phú, Củ Chi, Hóc Môn, Lê Minh Xuân, Long Sơn và Tân Sơn Hoà có thể sẽ tiếp tục trải qua những đợt hạn nặng và rất nặng (nghiêm trọng) trong giai đoạn tương lai gần sắp tới 2020s (2011–2040). Các trạm Bình Chánh, Mạc Đĩnh Chi, Tam Thôn Hiệp, An Phú, Củ Chi, Hóc Môn, Lê Minh Xuân, Long Sơn và Tân Sơn Hoà có thể sẽ tiếp tục trải qua những đợt hạn nặng và rất nặng (nghiêm trọng) trong giai đoạn tương lai tiếp theo những năm 2050s (2041–2070). Các trạm Bình Chánh, Tam Thôn Hiệp, An Phú, Củ Chi, Hóc Môn, Lê Minh Xuân, Long Sơn và Tân Sơn Hoà có thể sẽ tiếp tục trải qua những đợt hạn nặng và rất nặng (nghiêm trọng) đến cuối thế kỷ 21 những năm 2080s (2071–2100).

Về cường độ và mức độ nghiêm trọng nhất của hạn khí tượng tại TP.HCM trong các giai đoạn tương lai tiếp theo, phần lớn các trạm đều có thể sẽ tiếp tục trải qua những đợt hạn nặng đến rất nặng. Hơn nữa, so sánh giữa các trạm quan trắc còn cho thấy trạm Củ Chi, Tân Sơn Hoà và An Phú luôn ghi nhận có cường độ hạn khí tượng nghiêm trọng nhất giữa các trạm quan trắc trong các kịch bản tương lai tiếp theo và đặc biệt phần lớn ghi nhận giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp hơn ngưỡng trong cấp phân loại hạn rất nặng.

Đối với tần suất hạn khí tượng trong các giai đoạn tương lai tiếp theo tương ứng với từng kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5, các trạm Củ Chi, An Phú và Tam Thôn Hiệp thường có giá trị tần suất hạn nhẹ cao nhất tại TP.HCM, còn các trạm Củ Chi và Tân Sơn Hoà được ghi nhận có giá trị tần suất hạn vừa, hạn nặng và rất nặng cao nhất tại Thành phố.

Cụ thể, trong giai đoạn đầu của thế kỷ 21 từ 2011–2040 (2020s), kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn nhẹ cao nhất có thể đến 42,2%, 40,6% và 43,1% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn vừa cao nhất có thể đến 10,3%, 8,6% và 4,2% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn nặng và rất nặng, kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất cao nhất có thể đến 7,5%, 3,1% và 4,7% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đến giai đoạn những năm 2050s (2041–2070), kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn nhẹ cao nhất có thể đến 28,9%, 34,2% và 35,0% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn vừa cao nhất có thể đến 9,7%, 5,0% và 7,8% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn nặng và rất nặng, kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất

cao nhất có thể đến 8,6%, 4,2% và 2,2% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đến cuối thế kỷ 21 những năm 2080s (2071–2100), kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn nhẹ cao nhất có thể đến 31,7%, 26,1% và 24,4% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn vừa cao nhất có thể đến 6,5%, 6,7% và 10,3% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn khí tượng trong cấp phân loại hạn nặng và rất nặng, kết quả ước tính ghi nhận giá trị tần suất cao nhất có thể đến 3,0%, 3,2% và 7,8% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Về đặc điểm phân bố không gian của hạn khí tượng trên địa bàn TP.HCM trong các giai đoạn tương lai tiếp theo tương ứng với từng kịch bản biến đổi khí hậu, cơ bản ghi nhận sự đồng nhất về mặt phân bố không gian của giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp nhất và cho giá trị tần suất hạn giữa các giai đoạn và kịch bản biến đổi khí hậu với nhau. Theo đó, khu vực trung tâm thành phố và phần lớn huyện Củ Chi thường ghi nhận giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp nhất nhỏ hơn các vùng khác và cũng đồng thời ghi nhận giá trị tần suất hạn trong các cấp phân loại thường lớn hơn các vùng còn lại tại thành phố.

Trong giai đoạn đầu của thế kỷ 21 từ 2011–2040 (2020s), đối với tần suất hạn nhẹ trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn nhẹ có thể đến khoảng 42,2%, 40,6% và 43,1% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn vừa trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn vừa có thể đến khoảng 10,3%, 8,6% và 4,2% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn nặng và rất nặng trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn nặng và rất nặng có thể đến khoảng 7,5%, 2,2% và 3,1% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Trong đó, phần lớn diện tích TP.HCM ghi nhận có giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp nhất nhỏ hơn ngưỡng phân loại hạn nặng đến rất nặng trong giai đoạn 2020s (2011–2040). Kết quả này cho thấy phần lớn diện tích TP.HCM có thể tiếp tục sẽ trải qua những đợt hạn nặng đến rất nặng trong giai đoạn tương lai gần sắp tới.

Đến giai đoạn giữa thế kỷ 21 những năm 2050s (2041–2070), đối với tần suất hạn nhẹ trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn nhẹ có thể đến khoảng 28,9%, 34,2% và 35,0% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn vừa trong giai đoạn này, nhận giá trị tần suất hạn vừa có thể đến khoảng 9,7%, 5,0% và 7,8% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn nặng và rất nặng trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn nặng và rất nặng có thể đến khoảng 5,6%, 2,2% và 2,1% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Trong đó, phần lớn diện tích TP.HCM có giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp nhất nhỏ hơn ngưỡng phân loại hạn nặng đến rất nặng trong giai đoạn 2050s (2041–2070), chủ yếu ghi nhận đối với kịch bản thấp RCP2.6.

Đến cuối thế kỷ 21 trong giai đoạn những năm 2080s (2071–2100), đối với tần suất hạn nhẹ trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn nhẹ có thể đến khoảng 31,7%, 26,1% và 24,4% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn vừa trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn vừa có thể đến khoảng 6,7%, 6,8% và 10,3% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với tần suất hạn nặng và rất nặng trong giai đoạn này, ghi nhận giá trị tần suất hạn nặng và rất nặng có thể đến khoảng 3,1%, 2,5% và 7,8% tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Bên cạnh đó, kết quả phân tích còn cho thấy giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp nhất và giá trị tần suất hạn khí tượng trong giai đoạn cuối thế kỷ 21 có phần tốt hơn so với giai đoạn đầu và

giữa thế kỷ. Tuy nhiên, khu vực trung tâm thành phố và một phần huyện Củ Chi vẫn ghi nhận có giá trị chỉ số hạn khí tượng thấp nhất nhỏ hơn ngưỡng phân loại hạn nặng đến rất nặng, kết quả này cho thấy sự kiện hạn nặng đến rất nặng vẫn có khả năng xảy ra trên những khu vực này đến cuối thế kỷ 21.

2. Cường độ nắng nóng và tác động biến đổi khí hậu đến diễn biến nắng nóng

Vấn đề nắng nóng được dự báo sẽ xảy ra nghiêm trọng hơn trong tương lai. Theo đó, giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất và số ngày nắng nóng, nắng nóng gay gắt trong cả năm đều ghi nhận xu thế tăng dần qua các giai đoạn sắp tới đến cuối thế kỷ 21 và khuynh hướng gia tăng cường độ nắng nóng trong kịch các kịch bản phát thải cao cũng có mức độ lớn hơn nhiều so với kịch bản trung bình và kịch bản thấp.

Cụ thể, trong giai đoạn đầu của thế kỷ 21 từ 2011–2040 (2020s), giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất tại trạm Tân Sơn Hoà dao động chủ yếu trong khoảng từ 33,3–39,4°C, 33,0–39,6°C và 33,1–40,0°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Về diễn biến thay đổi số ngày nắng nóng (Tmax ≥ 35°C), kết quả ghi nhận trạm quan trắc Tân Sơn Hoà có thể sẽ trải qua khoảng 25–152 ngày, 22–151 ngày và 21–169 ngày hàng năm tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn đối với diễn biến số ngày nắng nóng gay gắt (Tmax ≥ 37°C), kết quả ghi nhận trạm quan trắc Tân Sơn Hoà có thể sẽ trải qua khoảng 3–22 ngày, 5–31 ngày và 4–31 ngày hàng năm tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Trong giai đoạn những năm 2050s (2041–2070), giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất tại trạm Tân Sơn Hoà dao động chủ yếu trong khoảng từ 32,8–40,0°C, 34,2–40,8°C và 34,1–43,0°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Về diễn biến thay đổi số ngày nắng nóng (Tmax ≥ 35°C), kết quả ghi nhận trạm quan trắc Tân Sơn Hoà có thể sẽ trải qua khoảng 45–207 ngày, 95–216 ngày và 66–268 ngày hàng năm tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn đối với diễn biến số ngày nắng nóng gay gắt (Tmax ≥ 37°C), kết quả ghi nhận trạm quan trắc Tân Sơn Hoà có thể sẽ trải qua khoảng 6–31 ngày, 15–46 ngày và 31–126 ngày hàng năm tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Đến cuối thế kỷ 21 trong giai đoạn những năm 2080s (2071–2100), giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất tại trạm Tân Sơn Hoà dao động chủ yếu trong khoảng từ 33,4–39,4°C, 33,9–41,6°C và 34,8–45,9°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Về diễn biến thay đổi số ngày nắng nóng (Tmax ≥ 35°C), kết quả ghi nhận trạm quan trắc Tân Sơn Hoà có thể sẽ trải qua khoảng 70–181 ngày, 137–243 ngày và 21–197 ngày hàng năm tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn đối với diễn biến số ngày nắng nóng gay gắt (Tmax ≥ 37°C), kết quả ghi nhận trạm quan trắc Tân Sơn Hoà có thể sẽ trải qua khoảng 5–28 ngày, 25–69 ngày và 172–285 ngày hàng năm tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5.

Ngoài ra, kết quả ước tính mức độ thay đổi của các yếu tố đặc trưng cho nắng nóng như nhiệt độ cực đại cao nhất, số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt đều cho thấy xu thế tăng rõ trong các kịch bản tương lai. Trong đó, đến cuối thế kỷ 21 những năm 2080s, giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất trong kịch bản phát thải cao RCP8.5 có khuynh hướng tăng cao và phần lớn thời trong năm có giá trị cao hơn ngưỡng 37°C, vì vậy ghi nhận khuynh hướng chuyển từ cấp phân loại nắng nóng sang nắng nóng gay gắt trong giai đoạn 2080s theo kịch bản RCP8.5.

Cụ thể, trong giai đoạn đầu của thế kỷ 21 từ 2011–2040 (2020s), nhiệt độ cực đại cao nhất được ước tính tăng khoảng 0,123–0,264°C trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền. Tương tự, số ngày nắng nóng (Tmax ≥ 35°C) được ước tính

tăng khoảng 14,7–41,5 ngày trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền. Còn số ngày nắng nóng gay gắt (Tmax ≥ 37°C) được ước tính tăng khoảng 0,8–2,7 ngày trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền.

Trong giai đoạn những năm 2050s (2041–2070), nhiệt độ cực đại cao nhất được ước tính tăng khoảng 0,923–2,66°C trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền. Tương tự, số ngày nắng nóng (Tmax ≥ 35°C) được ước tính tăng khoảng 70–151 ngày trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền. Còn số ngày nắng nóng gay gắt (Tmax ≥ 37°C) được ước tính tăng khoảng 9,7– 45,4 ngày trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền.

Đến cuối thế kỷ 21 trong giai đoạn những năm 2080s (2071–2100), nhiệt độ cực đại cao nhất được ước tính tăng khoảng 0,6–5,4°C trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền. Tương tự, số ngày nắng nóng (Tmax ≥ 35°C) được ước tính tăng khoảng 64–143 ngày trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền. Còn số ngày nắng nóng gay gắt (Tmax ≥ 37°C) được ước tính tăng khoảng 7–223 ngày trong các kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 so với kịch bản nền.

3. Tác động biến đổi khí hậu đến vấn đề mưa lớn

Các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM đều được dự báo có thể sẽ tiếp tục gia tăng số ngày ghi nhận có mưa lớn (R ≥ 50 mm), mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) và mưa rất to (R ≥ 100 mm) trong tất cả kịch bản. So sánh giữa các trạm quan trắc với nhau cho thấy trạm Tân Sơn Hoà, Phạm Văn Cội và Lê Minh Xuân thường có mưa lớn, mưa to và mưa rất to trong năm xảy ra nhiều nhất, trong khi đó trạm Cần Giờ và Hóc Môn được đánh giá ít xảy ra mưa lớn, mưa to và mưa rất to hơn so với các trạm quan trắc khác.

Trong giai đoạn đầu của thế kỷ 21 từ 2011–2040 (2020s), giá trị số ngày mưa lớn với tổng lượng mưa ngày nhiều hơn 50 mm có thể dao động chủ yếu trong khoảng từ 3 – 18 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 3 – 15 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 4 – 18 ngày đối với kịch bản RCP8.5. Đối với số ngày trong nhóm phân loại mưa to với tổng lượng mưa ngày từ 50 mm đến 100 mm, giá trị số ngày biến thiên trong khoảng từ 2 – 15 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 3 – 12 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 3 – 16 ngày đối với kịch bản RCP8.5. Đối với số ngày mưa rất to với cường độ từ 100 mm trở lên, ghi nhận số ngày mưa to thay đổi chủ yếu từ 1 – 6 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 1 – 5 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 1 – 4 ngày đối với kịch bản RCP8.5.

Trong giai đoạn những năm 2050s (2041–2070), ghi nhận giá trị số ngày mưa lớn với tổng lượng mưa ngày nhiều hơn 50 mm có thể dao động chủ yếu trong khoảng từ 4 – 15 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 4 – 20 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 4 – 18 ngày đối với kịch bản RCP8.5. Đối với số ngày trong nhóm phân loại mưa to với tổng lượng mưa ngày từ 50 mm đến 100 mm, ghi nhận giá trị số ngày biến thiên trong khoảng từ 3 – 14 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 3 – 15 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 3 – 14 ngày đối với kịch bản RCP8.5. Đối với số ngày mưa rất to với cường độ từ 100 mm trở lên, ghi nhận số ngày mưa to thay đổi chủ yếu từ 2 – 7 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 1 – 7 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 2 – 7 ngày đối với kịch bản RCP8.5.

Đến cuối thế kỷ 21 trong giai đoạn những năm 2080s (2071–2100), ghi nhận giá trị số ngày mưa lớn với tổng lượng mưa ngày nhiều hơn 50 mm có thể dao động chủ yếu trong khoảng từ 4 – 15 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 4 – 18 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 5 – 26 ngày đối với kịch bản RCP8.5. Đối với số ngày trong nhóm phân loại mưa to với tổng lượng mưa ngày từ 50 mm đến 100 mm, ghi nhận giá trị số ngày biến thiên trong khoảng từ 3 – 13 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 3 – 15 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 3 – 18 ngày đối với kịch bản RCP8.5. Đối với số ngày mưa rất to với cường độ từ

100 mm trở lên, ghi nhận số ngày mưa to thay đổi chủ yếu từ 2 – 5 ngày đối với kịch bản RCP2.6, từ 2 – 6 ngày đối với kịch bản RCP4.5 và từ 3 – 14 ngày đối với kịch bản RCP8.5.

Về đặc điểm phân bố không gian của số ngày mưa lớn (R ≥ 50 mm), mưa to (100 mm > R ≥ 50 mm) và mưa rất to (R ≥ 100 mm) trên địa bàn TP.HCM trong các giai đoạn tương lai tiếp theo tương ứng với từng kịch bản biến đổi khí hậu, cơ bản ghi nhận sự đồng nhất về mặt phân bố không gian, đặc biệt là đối với giá trị trung bình trong các kịch bản. Theo đó, khu vực trung tâm thành phố là vùng có thể sẽ trải qua những ngày mưa lớn nhiều hơn. Trong khi đó, khu vực phía Đông Nam huyện Cần Giờ là vùng thường ghi nhận ít xảy ra mưa lớn trong các kịch bản tương lai tiếp theo. Ngoài ra, kết quả còn ghi nhận số ngày mưa lớn, mưa to và mưa rất to có khuynh hướng tăng dần từ kịch bản thấp RCP2.6, kịch bản trung bình RCP4.5 đến kịch bản cao RCP8.5 và từ giai đoạn 2020s, 2050s cho đến những năm cuối thế kỷ này 2080s.

VI. TÁC ĐỘNG BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN CÁC HOẠT ĐỘNG KINH TẾ - XÃ HỘI TP.HCM

Biến đổi khí hậu hiện đang tác động mạnh mẽ đến Việt Nam nói chung và TP.HCM nói riêng. Biến đổi khí hậu tác động lên tất cả các ngành, lĩnh vực, mọi mặt đời sống, kinh tế, xã hội của Thành phố. Do đó, việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu là hết sức cần thiết và cấp bách, để từ đó có thể đưa ra được các giải pháp ứng phó cũng như có thể thực hiện các giải pháp này một cách hợp lý và hiệu quả để có thể hạn chế một cách thấp nhất những tổn thương gây ra bởi biến đổi khí hậu.

1. Quy hoạch đô thị

Quy hoạch đô thị là lĩnh vực chung làm nền tảng cho sự phát triển của các ngành và lĩnh vực khác. Do đó, các tác động của biến đổi khí hậu đối với quy hoạch đô thị có thể được xem xét đầu tiên bởi đây là khía cạnh tích hợp trong từng lĩnh vực phát triển kinh tế - xã hội của Thành phố Hồ Chí Minh. Trong đó, khi xét về khía cạnh của tác động của quy hoạch đô thị đối với công tác ứng phó với biến đổi khí hậu trong bối cảnh phù hợp với điều kiện của Thành phố Hồ Chí Minh thì phải kể đến nhiều vấn đề trọng tâm, trong đó nổi bật nhất là các tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu quyết định đến các vấn đề quy hoạch đô thị liên quan đến mảng xanh đô thị, diện tích mặt nước hay vấn đề năng lượng và sụt lún của thành phố.

Giảm diện tích đất thấm, suy giảm không gian xanh và bê tông hóa bề mặt:

Trong hai thập niên vừa qua, sự phát triển của thành phố đã lan tỏa ra cả khu vực nội và ngoại thành, trong đó khu vực ngoại thành vốn trước đây được sử dụng cho mục đích nông nghiệp. Thống kê cho thấy quá trình đô thị hóa trong vòng 14 năm trở lại đây tại thành phố đã làm mất đi 47 con kênh với tổng diện tích 16,4 hecta, san lấp 7,4 hecta hồ Bình Tiên, một trong số những hồ chứa quan trọng nhất của khu vực. Trong vòng chỉ 8 năm 2002- 2009, khả năng chứa nước của hệ thống hồ, ao và vùng ngập nước trong thành phố giảm gần 10 lần (Sở Tài nguyên và Môi trường TP.HCM, 2018). Đi kèm với hiện trạng và tình hình phát triển đô thị trong bối cảnh biến đổi khí hậu với các cực đoan về lượng mưa khiến gia tăng lượng nước mưa chảy tràn trên bề mặt ngày càng lớn, nguyên nhân do việc cộng hưởng bởi tác động của cực đoan khí hậu, cũng như thực trạng bê tông hóa bề mặt khiến nước mưa không thể ngấm xuống lòng đất, giảm lượng nước ngầm và gây ra lún cho đô thị, không những vậy còn gây ra hiệu ứng đảo nhiệt.

Hệ thống thoát nước không theo kịp tốc độ đô thị hóa và dòng chảy bị lấn chiếm:

Trong bối cảnh mà gần ba thập niên qua, thành phố đã phát triển lan tỏa trên nền hạ tầng kỹ thuật hiện hữu đã tồn tại từ lâu, trong khi đó tiến độ duy tu nâng cấp nhất là hệ

thống thoát nước không theo kịp tốc độ đô thị hóa; đặc biệt đối với các khu vực đô thị hóa tự phát và thiếu kiểm soát diễn ra ở ngoại thành. Hệ thống thoát nước quá tải, lại bị tắc nghẽn bởi chất thải không qua xử lý xả thẳng vào hệ thống. Bên cạnh đó, dòng chảy tự nhiên của kênh rạch bị lấn chiếm, thu hẹp càng gây áp lực nặng nề lên hệ thống cống thoát.

Mặc dù gần đây khu vực trung tâm Thành phố giảm bớt tình trạng ngập do đã hoàn tất hàng loạt các dự án cải thiện môi trường lớn ở lưu vực Nhiêu Lộc - Thị Nghè, Tàu Hủ - Bến Nghé... Khu vực Bến xe Chợ Lớn, bùng binh Cây Gõ, khu vực công viên Phú Thọ giảm ngập là do Thành phố đã cải tạo hệ thống thoát nước trong dự án đại lộ Đông Tây và Hàng Bàng...Tuy nhiên, các giải pháp kỹ thuật chỉ giải quyết cho một phần của hiện tại mà biến đổi khí hậu với những kịch bản chưa chắc chắn mang lại những rủi ro bất định, sẽ có thể thay đổi hoàn toàn kết quả của công tác tính toán kỹ thuật và xây dựng công trình.

Tác động biến đổi khí hậu đến ngập lụt đô thị tại TP.HCM:

TP.HCM có nguy cơ rất lớn về ngập lụt, ảnh hưởng từ mưa lớn cục bộ, khả năng tiêu thoát nước tại mỗi khu vực trên địa bàn thành phố và ảnh hưởng từ một số cơn bão đổ bộ vào Việt Nam trong những năm qua. TP.HCM là một trong 10 thành phố hàng đầu trên thế giới với số dân có thể bị ảnh hưởng nghiêm trọng nhất bởi biến đổi khí hậu.

TP.HCM có tính dễ bị tổn thương cao do biến đổi khí hậu do tác động đồng thời từ nhiều nguyên nhân khác nhau. Theo đó, địa hình thành phố thấp so với mực nước biển, với 40-45% diện tích đất làm nằm trong khoảng 0-1m so với mực nước biển, 15-20% trong khoảng 1-2m và rất ít diện tích ở độ cao trên 4m. Vì vậy, TP.HCM rất dễ tổn thương do yếu tố ngập lụt đô thị. Hơn nữa, tỉ lệ dân số ở thành phố là rất lớn và không ngừng gia tăng. Quy mô dân số tại TP.HCM đã tăng khoảng 21,5% trong giai đoạn 2010 đến 2019 và hiện nay ước tính đạt gần 9 triệu người sau kết quả Tổng điều tra dân số năm 2019. Bên cạnh đó, quy mô dân số tại TP.HCM cũng được ước tính có thể tăng đến 13 - 14 triệu người đến năm 2040 theo Quyết định số 1528/QĐ-TTg ngày 14 tháng 09 năm 2021 của Thủ tướng Chính Phủ phê duyệt Nhiệm vụ điều chỉnh Quy hoạch chung Thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2040, tầm nhìn đến năm 2060. Vì vậy, tỉ lệ dân số và giá trị tài sản tại TP.HCM sẽ tiếp tục tăng cao và có tính dễ bị tổn thương hơn do biến đổi khí hậu.

Xét riêng tác động do bão đổ bộ vào Việt Nam, tỉ lệ khoảng 10% có ảnh hưởng đến TP.HCM. Trong giai đoạn chịu ảnh hưởng do bão, tình hình ngập lụt đô thị tại TP.HCM trở nên nghiêm trọng hơn. Một số đợt bão điển hình như Vae (1952), Linda (1997) và Durian (2006). Trong đó, bão Linda (1997) đã ảnh hưởng đến 235 phường, xã với khoảng 3,2 triệu người chiếm khoảng 48% dân số TP.HCM bị ảnh hưởng trực tiếp. Ngoài ra, trong trường hợp ngập lụt đô thị hàng năm, ước tính trong số 322 xã, phường, có 154 khu vực được ghi nhận thường xuyên bị ngập. Những vụ ngập này chiếm diện tích khoảng 110.000ha và ảnh hưởng đến khoảng 971 nghìn người chiếm tỉ lệ 12% dân số của TP.HCM.

Ngoài ra, quá trình phát triển đô thị đã làm giảm tính thẩm thấu và gây ra ngập cục bộ nhiều hơn. Bên cạnh đó, vấn đề sụt lún đất cũng đã được ghi nhận ở một số điểm tại TP.HCM. Sự gia tăng mức độ sụt lún đất sẽ làm cho TP.HCM nhạy cảm hơn với vấn đề ngập lụt đô thị.

2. Năng lượng

Do TP.HCM không trực tiếp sản xuất điện năng mà nhận điện từ mạng lưới điện quốc gia nên các tác động của biến đổi khí hậu ở TP.HCM chủ yếu ảnh hưởng đến hệ thống truyền tải và phân phối điện. Nhiệt độ cao sẽ làm giảm hiệu suất truyền dẫn điện. Ngoài ra, gió mạnh cũng có thể gây thiệt hại đến hệ thống dẫn điện trên mặt đất vì phần lớn hệ thống dẫn điện của TP.HCM được thiết kế chỉ chịu được gió có tốc độ dưới 30 m/s. Tình

trạng ngập nước sẽ ảnh hưởng đến hệ thống đường dây và các trạm biến áp, trong khi độ ẩm cao sẽ làm tăng rủi ro hư hỏng cho hệ thống hạ tầng bằng thép.

Hiện nay, ước tính khoảng 60% đường dây 500kV hiện hữu nằm trong vùng ngập mà chưa có giải pháp kiểm soát ngập và 48% đường dây nằm trong vùng ngập nhưng đã có dự án giảm ngập. Gần 400 km đường dây 220kV hiện hữu và 200 km đường dây 220kV quy hoạch nằm trong vùng ngập. Tương tự, khoảng 310-350 km đường dây 110kV hiện hữu và quy hoạch nằm trong vùng ngập. Đối với các trạm biến áp, rủi ro về khí hậu cho các trạm hiện hữu và quy hoạch đều khá nghiêm trọng. Hai trạm 500kV hiện hữu và bốn trạm quy hoạch nằm trong khu vực ngập và có nguy cơ ngập rất cao. Bốn trong số tám trạm 220kV hiện hữu và quy hoạch nằm trong vùng ngập, nhưng con số này có thể giảm còn hai trạm khi có các dự án giảm ngập được thực hiện. Các trạm 110kV là chịu rủi ro cao nhất với 52% số trạm hiện hữu ở trong vùng ngập.

Ngoài ra, một trong những hiệu ứng phụ nhưng quan trọng của biến đổi khí hậu đối với lĩnh vực năng lượng chính là tác động vào nhu cầu năng lượng. Cụ thể, ở TP.HCM, nhiệt độ tăng sẽ kéo theo nhu cầu năng lượng cho hoạt động làm mát tăng. Khi nhu cầu tiêu thụ điện tăng do nhiệt độ cao sẽ trùng khớp với thời điểm mà hệ thống sản xuất và truyền dẫn điện đạt hiệu suất thấp nhất. Đối với các thành phố có khí hậu nhiệt đới như TP.HCM thì nhu cầu làm mát chiếm một tỉ lệ đáng kể trong toàn bộ lượng điện năng tiêu thụ. Do đó, vấn đề này càng trở nên nghiêm trọng hơn cho TP.HCM, đặc biệt là khi kết hợp với hiện tượng "đảo nhiệt đô thị".

Bên cạnh tác động qua lại giữa nhiệt độ và ngành điện thì điện năng và nước cũng có mối quan hệ tương quan mật thiết với nhau. Một mặt, điện năng là thành phần thiết yếu đối với các quá trình khai thác, sản xuất, phân phối nước cấp và xử lý nước thải. Mặt khác, nước là nguyên liệu cần thiết cho hệ thống làm mát của bất kỳ nhà máy sản xuất năng lượng nào. Do đó, khi biến đổi khí hậu có tác động đến nguồn nước thì cũng sẽ có tác động gián tiếp đến công tác sản xuất và tiêu thụ điện. Nói cách khác, khi nhu cầu tiêu thụ nước tăng (có thể là một hệ quả kéo theo do nhiệt độ tăng hoặc xâm nhập mặn) thì nhu cầu tiêu thụ điện để sản xuất nước cấp cũng tăng; hoặc nếu nhu cầu tiêu thụ điện tăng lên thì cũng cần một lượng nước tương ứng trong quá trình sản xuất điện. Hơn nữa, nguồn cung cấp điện cho Thành phố Hồ Chí Minh chủ yếu được lấy từ lưới điện quốc gia; do đó, nếu tình trạng thiếu hụt nguồn nước gây tác động đến hoạt động sản xuất điện quốc gia, đặc biệt là thủy điện, thì cũng ảnh hưởng đến khả năng cung cấp điện cho TP.HCM. Nguy cơ thiếu hụt nguồn nước có thể bắt nguồn từ sự thay đổi của chế độ thủy văn, hạn hán và xung đột nhu cầu tiêu thụ nước giữa sản xuất thủy điện, thủy lợi và các hoạt động khác.

Mặc dù khu vực TP.HCM không thường xuyên có bão lớn hay thiên tai, nhưng trong xu hướng khí hậu biến đổi khó lường thì cũng không thể loại trừ khả năng nguy cơ xảy các trận bão bất thường. Hơn nữa, trong những năm gần đây, một số trận bão lớn vào Việt Nam đã có tác động đến thời tiết ở TP.HCM, kéo theo một số hiện tượng như lốc xoáy, mưa giông gây thiệt hại về người và tài sản. Về mặt định tính, bão lụt, thiên tai có thể gây thiệt hại về người và của nói chung, đặc biệt là đối với các cơ sở hạ tầng ngành điện; trong khi đó, điện và nước là hai loại nhu yếu phẩm phải được phục hồi và tái vận hành sớm nhất khi xảy ra thiên tai để có thể duy trì toàn bộ hệ thống hoạt động của đô thị.

3. Giao thông

Về hạ tầng đường sá, với tác động của điều kiện cực đoan, nhất là tác động mạnh mẽ từ ngập lụt, có khoảng 76% (tương đương 45 km đường) của hai trục chính và 56% (khoảng 176 km) đường vành đai bị ngập trong toàn thành phố. Ngoài ra, xấp xỉ 115 km các tuyến đường kế nối TP.HCM với các tỉnh lân cận và một số tuyến đường nội thành trọng yếu để

vận chuyển hàng hóa giữa các tỉnh với TP.HCM cũng có khả năng bị ảnh hưởng trong điều kiện ngập lụt nghiêm trọng quy hoạch thành phố đến 2050, chiến lược quy hoạch giao thông trong bối cảnh biến đổi khí hậu cần được đánh giá và xem xét trong hiện trạng, tác động và cũng như xu thế ngập lụt tại thành phố. Tình trạng ngập lụt cũng là rủi ro cao với khoảng 50% giao lộ hiện hữu và 80% giao lộ theo quy hoạch của TP.HCM tới 2050.

Ngoài ra, theo quy hoạch thành phố, đến năm 2050 dự kiến TP.HCM sẽ có thêm cơ sở hạ tầng, đường sắt đô thị bao gồm: xe điện ngầm, xe điện trên không và xe điện trên mặt đất. Những hệ thống đường sắt đô thị này cũng có nguy cơ chịu tác động của biến đổi khí hậu, đặc biệt là hệ thống xe điện ngầm và xe điện trên mặt đất. Bên cạnh hệ thống đường sá thì các hệ thống cơ sở hạ tầng giao thông khác như các bến xe và bãi đỗ xe cũng có rủi ro bị tác động khá lớn từ các trận ngập, dẫn đến giảm hiệu suất hoạt động của mạng lưới giao thông và kéo theo các thiệt hại khác về kinh tế.

4. Công nghiệp

Ngập lụt do biến đổi khí hậu ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động ngành công nghiệp của thành phố. Các khu công nghiệp nằm trong vùng có khả năng bị ngập sẽ phải đối mặt với nhiều vấn đề thiệt hại có thể kể đến như làm gián đoạn hoạt động sản xuất của khu công nghiệp do ảnh hưởng của nước ngập, hư hại máy móc do ngập nước, lao động không ổn định do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến cuộc sống của công nhân, gia tăng chi phí sản xuất công nghiệp. Bên cạnh đó, tại TP.HCM ngập lụt thường xuyên gây nên tình trạng kẹt xe, ách tắc giao thông, làm gián đoạn hoạt động vận chuyển hàng hóa tới các khu công nghiệp, kéo theo hàng loạt ảnh hưởng cho các công ty sản xuất. Một số khu công nghiệp bị ảnh hưởng khá nặng nề do ngập lụt như khu công nghiệp Hiệp Phước thuộc huyện Nhà Bè nằm bên cạnh sông Nhà Bè thuộc vùng ảnh hưởng mạnh của triều Biển Đông, nên khả năng bị ngập rất cao. Cụ thể, điển hình các khu công nghiệp bị ảnh hưởng đáng kể khác như khu công nghiệp Phong Phú và Khu Công nghệ cao.

Thời tiết nóng làm giảm điều kiện thuận lợi cho công nhân hoạt động trong các khu công nghiệp, từ đó làm giảm năng suất lao động, các nhà máy phải có những giải pháp làm mát, hệ thống thoáng khí... từ đó dẫn đến làm tăng chi phí sản xuất, có thể dẫn đến nhiều khó khăn hơn cho nhà máy khi tăng giá sản phẩm để bù lại chi phí. Thời tiết nóng có thể là nguyên nhân gây ảnh hưởng đến các ngành sản xuất thực phẩm, điều kiện nóng ẩm khiến nguyên liệu thực phẩm khó bảo quản hơn, mất nhiều chi phí để bảo quản lạnh hơn.

Thời tiết nóng ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống của người lao động. Nắng gắt thường đi kèm với hạn và thiếu nước và điện có thể gây ngưng trệ hoạt động sản xuất khiến nhà máy mất rất nhiều chi phí cho 01 ngày không hoạt động. Đời sống của công nhân là một trong những yếu tố cần được đánh giá và xem xét khi đề cập tác động của biến đổi khí hậu tới công nghiệp. Bởi lẽ, thời tiết không thuận lợi làm giảm chất lượng cuộc sống của công nhân đang cư trú và làm việc tại TP.HCM, những người có thu nhập thấp, cụ thể như ở các khu nhà trọ công nhân, người lao động không thể nghỉ ngơi vì thời tiết quá nóng, giảm năng suất làm việc vào ngày hôm sau.

Ngập lụt ở khu công nghiệp và những vùng xung quanh cũng ảnh hưởng lớn đến đời sống công nhân. Đa số người lao động sống ở những khu vực xung quanh khu công nghiệp. Trong khi đó, ngập lụt gây ảnh hưởng đến cuộc sống ổn định của họ, phải mất thời gian để khôi phục và do đó ảnh hưởng đến thời gian làm việc trong các khu công nghiệp (ví dụ có thể kể đến như ngập sâu không đi làm được, hoặc phải dọn dẹp sau sự kiện ngập). Ngoài ra, tác động nghiêm trọng hơn của biến đổi khí hậu đó chính là ngập vĩnh viễn có thể làm mất những nơi cư trú thuận lợi cho người lao động, họ phải di chuyển đến những chỗ cao ráo hơn để sinh sống, có thể ở cách xa nơi làm việc và do đó điều kiện sống của họ khó

khăn hơn. Do đó, khi những khó khăn xảy ra nhiều sẽ làm giảm khả năng thu hút lao động của các khu công nghiệp bị ảnh hưởng do ngập, người lao động sẽ chuyển đổi công việc để có điều kiện tốt hơn, làm xuất hiện tình trạng khu công nghiệp không thu hút được lao động và các nhà máy sản xuất gặp nhiều khó khăn.

Theo thống kê, trong những năm qua, hầu như TP.HCM năm nào cũng có lượng mưa trên 100 mm và cũng có những năm nhiều hơn. Các trận mưa có cường độ lớn trong thời gian ngắn vài giờ có thể gây ra tình trạng ngập lụt cục bộ diễn ra nhanh và nghiêm trọng hơn. Những cơn mưa bất thường kèm theo triều cao có thể làm ngập các văn phòng làm việc, nhà xưởng sản xuất, nhà kho chứa nguyên vật liệu, có nguy cơ gây hư hại tài liệu, máy móc, nguyên vật liệu sản xuất.

5. Quản lý nước

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu dẫn đến sự thay đổi về phân bố mưa theo mùa đang kéo theo sự thay đổi về lưu lượng dòng chảy hạ lưu các sông, làm giảm lượng dòng chảy vào mùa khô và tăng lượng dòng chảy vào mùa mưa đồng thời thay đổi trữ lượng nước ngầm trên địa bàn thành phố. Sự gia tăng lượng mưa vào mùa mưa sẽ gây gia tăng dòng nước chảy tràn, tăng xói mòn đất và mang theo các chất ô nhiễm, rác thải trên mặt đất dồn vào các dòng mặt; ngập đô thị cũng là cơ hội liên thông của nước mặt ô nhiễm nhiều vào các nguồn nước sạch khác làm phân tán chất ô nhiễm, gây ô nhiễm cả nguồn nước ngầm. Sự gia tăng lưu lượng dòng chảy trên sông Đồng Nai, sông Sài Gòn sẽ gây ra lũ lụt, xói mòn, sụp lở bờ, lũ quét, gây đe dọa đến khả năng hệ thống hồ chứa nước. Trong khi đó, sự sụt giảm lượng mưa vào mùa khô làm gia tăng khả năng thiếu nước cho sinh hoạt, sản xuất và các mục đích khác trong khi nhu cầu sử dụng nước sinh hoạt của người dân thành phố được dự đoán sẽ gia tăng do sự gia tăng nhiệt độ. Điều này càng làm tăng áp lực lên công tác cấp nước an toàn của thành phố.

Sự sụt giảm lượng mưa vào mùa khô đi kèm với sự gia tăng nhiệt độ còn khiến độ mặn của các sông tiếp tục tăng cao và diễn biến phức tạp hơn. Vào mùa khô, xâm nhập mặn lấn sâu lên thượng nguồn và làm giảm chất lượng nguồn nước sông tại các điểm thu nước của các nhà máy xử lý nước cấp; mùa khô kéo dài sẽ gây khó khăn cho công tác xả nước rửa mặn từ hồ Dầu Tiếng, hồ Trị An ở thượng nguồn. Theo báo cáo của SAWACO, bắt đầu ngay từ năm 2011 thì đã có những thời điểm độ mặn tại các khu vực thu nước vượt quá nồng độ cho phép dẫn đến việc phải tạm ngưng thu nước để sản xuất nước cấp. Cuối tháng 1/2011, nồng độ clorua (độ mặn) nước sông trung bình theo ngày tại trạm bơm Hòa Phú của nhà máy nước Tân Hiệp đã vượt 100 mgCl-/L, có thời điểm độ mặn đã lên tới 270 mgCl-/L vượt mức quy định cho phép là 250 mgCl-/L theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống của Bộ Y tế.

Nền nhiệt cao kết hợp với đợt triều cường giữa tháng 2 âm lịch nên tình hình xâm nhập mặn trên sông rạch thành phố tăng mạnh, kết hợp với thời kỳ cao điểm mùa khô năm 2016 ranh mặn tại mũi Nhà Bè, cầu Ông Thìn có thể đạt ngưỡng 14 -16‰, trạm Cát Lái và Thủ Thiêm độ mặn dao động quanh ngưỡng 7 - 10‰ và kênh C, kênh Xáng độ mặn trên 4‰ và diễn biến khoogn có xu hướng cải thiện trong những năm tiếp theo

Tình hình nhiễm mặn của sông Đồng Nai và sông Sài Gòn ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động của các nhà máy xử lý nước mặt cấp nước phục vụ cho nhu cầu sinh hoạt của người dân, các hoạt động sản xuất, dịch vụ do các nhà máy iện nay chỉ có công nghệ làm trong và khử màu, không có công nghệ làm ngọt nước. Sự nhiễm mặn của các hệ thống sông đồng thời còn ảnh hưởng đến vấn đề cấp nước cho sản xuất nông nghiệp trên địa bàn thành phố, đặc biệt là khu vực phía Nam TP.HCM.

6. Quản lý chất thải

Biến đổi khí hậu cũng có nhiều ảnh hưởng tới chất thải rắn và chất lượng cuộc sống. Tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu đến công tác quản lý chất thải được biểu hiện qua: (1) sự gia tăng tốc độ phân hủy sinh học các chất hữu cơ trong chất thải rắn, nước thải và bùn thải trong quá trình thu gom, vận chuyển và xử lý các loại chất thải và (2) ngập úng đô thị do sự gia tăng tần suất và cường độ các trận mưa lớn trong thời đoạn ngắn làm tăng khả năng phát tán các chất ô nhiễm từ các khu vực lưu trữ chất thải vào các nguồn tiếp nhận. Do đó để đảm bảo an toàn, công tác quản lý và các chi phí vận hành chắc chắn sẽ tăng lên, đặc biệt khi các biểu hiện của biến đổi khí hậu sẽ ngày càng rõ nét.

Hệ thống thoát nước của TP.HCM hiện nay đa phần là hệ thống cống chung tiêu thoát cả nước thải sinh hoạt và nước mưa. Các trận mưa lớn trong thời đoạn ngắn sẽ gây quá tải công suất thoát nước của cống và gây ngập úng đô thị khiến nước thải sinh hoạt bị phát tán trên đường phố, đặc biệt khi xảy ra mưa lớn kết hợp triều cường. Bên cạnh đó, ngập úng đô thị có thể làm gián đoạn hoạt động của các nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt tương tự như với các nhà máy xử lý nước cấp. Nhiệt độ tăng sẽ ảnh hưởng đến mạng lưới đường ống truyền dẫn nước thải sinh hoạt từ các chủ nguồn thải về nhà máy xử lý.

Biến đổi khí hậu được đánh giá không có tác động lớn đến công tác quản lý bùn thải tại thành phố ngoại trừ việc làm tăng nguy cơ ô nhiễm môi trường của loại chất thải này, đặc biệt là tại hệ thống thoát nước khi nguy cơ ngập úng ngày càng cao như đã trình bày ở trên. Bùn thải phát sinh tại thành phố chủ yếu từ quá trình xử lý nước thải và lắng đọng tại hệ thống thoát nước. Ngoại trừ bùn thải nguy hại được quản lý theo chứng từ được xử lý triệt để, các loại bùn thải khác của thành phố đặc biệt là bùn nạo vét kênh rạch đang đối mặt với vấn đề khó khăn trong công tác xử lý. Bùn thải từ hệ thống xử lý nước thải, đặc biệt là bùn hoạt tính dễ phân hủy sinh học phát thải khí nhà kính nhưng cũng là đối tượng có tiềm năng tái sinh năng lượng lớn. Vấn đề lớn nhất hiện nay của hệ thống quản lý bùn thải là kiểm soát được lượng phát sinh cũng như cách thức xử lý bùn thải trong khi các quy định quả lý nhà nước trong lĩnh vực này còn chưa hoàn thiện.

7. Xây dựng

Với đặc điểm địa hình thấp, phần lớn dưới mực nước biển. Vào mùa mưa, cơ sở hạ tầng đô thị TP.HCM có khả năng bị ngập dài, giảm chất lượng công trình, giảm độ bền và tuổi thọ công trình xây dựng. Biến đổi khí hậu sẽ tác động tới tính tiện nghi, tính hữu dụng, sức chịu tải, độ bền, độ an toàn của các công trình được thiết kế. Các cơ sở hạ tầng được thiết kế theo qui chuẩn hiện hữu sẽ không còn đáp ứng trong trường hợp biến đổi khí hậu về sức chịu tải, độ bền, độ an toàn ... buộc phải quy hoạch và xây dựng tuyến đường giao thông mới. Các công trình hiện thời đã không phù hợp trong trường hợp nước biển dâng và có khả năng không sử dụng được trong tương lai.

Ngoài ra, biến đổi khí hậu cũng ảnh hưởng đến quy hoạch và thiết kế xây dựng. Nghiên cứu điều chỉnh quy hoạch phát triển đô thị, hạ tầng kỹ thuật, khu công nghiệp, nông nghiệp, du lịch..., quy hoạch sử dụng đất của khu vực thích ứng với biến đổi khí hậu, thay đổi hướng quy hoạch phát triển đô thị, phát triển hệ thống đê bao chống ngập, phát triển du lịch sông nước. Tác động của biến đổi khí hậu đến lĩnh vực xây dựng có thể trực tiếp từ những yếu tố thời tiết bất thường như mưa to, nhiệt độ tăng, gió to, triều cường... hoặc gián tiếp thông qua việc tăng chi phí xây lắp, vận hành công trình.

Gia tăng nhiệt độ trung bình sẽ tác động đến chất lượng và làm biến dạng các công trình và cơ sở hạ tầng của thành phố vì nhiệt độ tăng cao sẽ làm giảm tuổi thọ vật liệu xây dựng. Nhiệt độ tăng cao cũng gây các tác động xấu đối với kết cấu của các công trình giao thông như gây biến dạng, cong vênh hay lồi lõm ở các con đường vì khi nhiệt độ không

khí đạt ngưỡng 39-40ºC trở lên thì nhiệt độ tại bề mặt lớp bê tông nhựa có thể đạt tới 60-70ºC.

Khi thi công công trình, lượng mưa cao sẽ gây rỗ mặt bê tông. Việc hình thành các vết nứt, rỗ là một trong những nguyên nhân gây ra hiện tượng thấm dột, hậu quả làm ảnh hưởng tới sự an toàn của các kết cấu, tuổi thọ của các kết cấu và công trình. Vì thế, việc gia tăng lượng mưa do biến đổi khí hậu làm ảnh hưởng đến quá trình thi công các công trình, làm chậm tiến độ, kéo dài thời gian thi công, một số trường hợp mưa kéo dài khiến cho các công trình không thể thi công... Theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia an toàn trong xây dựng QCVN 18:2014/BXD nêu rõ không làm việc thi công công trình khi có mưa to, giông bão và gió từ cấp 5 trở lên. Vì thế, khi đánh giá mức độ ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến quá trình thi công trong công trình, cần phải xem xét đến yếu tố mưa gây ảnh hưởng, trong đó cần xem xét số ngày mưa to với ngưỡng thay đổi lượng mưa trên 50mm.

Biến đổi khí hậu làm cho bão/áp thấp nhiệt đới có xu hướng dịch chuyển xuống phía Nam Việt Nam, do vậy nguy cơ về bão/ áp thấp nhiệt đới trong tương lai có xu hướng tăng lên, bão/ áp thấp nhiệt đới kèm theo gió mạnh có khả năng gây hư hại các công trình xây dựng (nhà cấp 4, nhà mái tôn...), ngoài ra TP. HCM có nhiều công trình cao tầng trong tương lại do vậy cần phải chú trọng đến thiết kế công trình chịu được gió trong bão.

Vì thế, biến đổi khí hậu sẽ làm tăng chi phí xây dựng do phải tăng khả năng chịu lực, chống ảnh hưởng tăng của gió bão cho kết cấu công trình. Cùng với bão, do mặt đệm nóng thêm và chịu ảnh hưởng nhiều hơn của các khối không khí nhiệt đới và xích đạo nên khả năng phát triển dông và lốc tố mạnh hơn. Khả năng phá hoại đối với công trình xây dựng của dông và lốc khá mạnh và nguy hiểm do tính bất ngờ và khả năng xuất hiện ở rất nhiều nơi của nó. Bên cạnh những tác động trên BĐKH sẽ làm tăng nguy cơ lở đất ở nhiều đô thị vì biến đổi khí hậu là nguyên nhân gây sạt lở bờ sông.

8. Y tế

Mực nước biển dâng sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến các khu vực thường bị ngập úng như ở phía Nam và Đông Nam Thành phố, địa bàn bị ảnh hưởng là huyện Cần Giờ, huyện Nhà Bè, huyện Bình Chánh, quận Bình Thạnh, quận 4, quận 7 và quận 8. Các khu vực thường xuyên bị ngập úng là nơi thuận lợi cho muỗi, ruồi sinh sản và phát triển, làm gia tăng nguy cơ phát sinh mạnh một số bệnh nhiệt đới như sốt rét, sốt xuất huyết và các bệnh đường ruột. Nhiệt độ tăng, nắng nóng làm tăng tốc độ sinh trưởng và phát triển nhiều loại vi khuẩn, côn trùng, vật chủ mang bệnh, từ đó làm tăng số lượng người mắc nhiễm khuẩn dễ lây lan.

Về điều kiện cơ sở hạ tầng kỹ thuật và xã hội, công tác chống ngập, thoát nước kém là điều kiện thuận lợi phát sinh các loại bệnh dịch, bệnh đường ruột. Hạn hán, nắng nóng là nguy cơ thiếu nước sạch, cộng với công tác cấp nước còn hạn chế sẽ dẫn đến chất lượng vệ sinh môi trường kém, khả năng rửa trôi kém, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho các bệnh dịch dễ phát triển.

Về điều kiện cơ sở hạ tầng y tế thì hệ thống cơ sở y tế TP.HCM đang phục vụ ngày càng tốt hơn nhu cầu khám chữa bệnh của người dân, nhưng nhìn chung các bệnh viện lớn đều ở trong tình trạng quá tải kể cả bệnh viện tư nhân, tỉ suất sử dụng giường bệnh cao do số bệnh nhân thường xuyên lớn hơn số giường bệnh. Cơ sở hạ tầng y tế chưa đáp ứng đủ nhu cầu xã hội trong điều kiện bình thường, do đó dưới điều kiện biến đổi khí hậu cơ sở hạ tầng y tế sẽ càng gặp nhiều khó khăn hơn nếu như TP.HCM không có sự chủ động chuẩn bị.

Ngoài ra, thời tiết cực đoan là nguy cơ gia tăng số lượng người mắc bệnh hệ tim mạnh, hệ hô hấp, hệ thần kinh, người cao tuổi do chịu tác động trực tiếp của sóng nhiệt; giảm sức đề kháng cơ thể làm tăng nguy cơ mắc các bệnh truyền nhiễm. Bên cạnh đó, TP.HCM còn là nơi phải chịu sức ép quá tải lên cơ sở hạ tầng y tế do phải tiếp nhận lượng bệnh nhân từ các vùng lân cận nếu các vùng này cũng phải chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

9. Nông nghiệp

Trong trồng trọt, biến đổi khí hậu tác động đến thời vụ, làm thay đổi cấu trúc mùa, kỹ thuật tưới tiêu, năng suất, sản lượng của cây trồng, làm suy thoái tài nguyên đất về số lượng và chất lượng do ngập nước và do khô hạn. Những thay đổi về cường độ và thời gian có nắng, thiếu nước, gia tăng lượng khí CO_2 và nhiệt độ trong tương lai sẽ ảnh hưởng tới việc sinh trưởng của toàn cây và năng suất sản phẩm thu hoạch. Đối với bất kỳ loại cây trồng đều phụ thuộc vào nhiệt độ tối ưu cho sự tăng trưởng và sinh sản của cây trồng, tuy nhiên, nếu sự nóng lên vượt quá nhiệt độ tối ưu của cây trồng, năng suất và sản lượng có thể giảm. Nhiệt độ tăng lên, làm gia tăng tỷ lệ bốc hơi nước, đồng thời lượng mưa trong mùa khô giảm, dẫn đến nhu cầu nước cho tưới tiêu có xu thế tăng lên trên tất cả các vùng nông nghiệp. Đồng thời do mực nước biển dâng cao, cộng ảnh hưởng triều cường, lưu lượng nước dòng sông xuống thấp trong mùa khô hạn, dẫn đến nước biển xâm nhập sâu vào nội địa, độ nhiễm mặn có khuynh hướng gia tăng hàng năm, ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng của cây trồng, cũng như chất lượng đất trồng.

Biến đổi khí hậu tác động có thể làm giảm sức đề kháng của một số loài vật nuôi do thay đổi biên độ dao động của các yếu tố như nhiệt độ, độ ẩm và các yếu tố ngoại cảnh khác tăng lên. Đồng thời, sự thay đổi các yếu tố thời tiết có thể làm nảy sinh một số bệnh mới đối với chăn nuôi gia súc, gia cầm và có thể phát triển thành dịch hay đại dịch. Nhiệt độ gia tăng và hạn hán có thể gây đe dọa các đồng cỏ, nguồn cung cấp thức ăn cho chăn nuôi, làm giảm lượng thức ăn cho gia súc và số lượng đồng cỏ có sẵn để chăn thả gia súc. Đối với động vật mà sống dựa vào lương thực thì những thay đổi trong sản xuất cây trồng do thiếu nước, hạn hán cũng có thể trở thành một vấn đề.

Biến đổi khí hậu tác động đến hạ tầng nông thôn làm đe dọa đời sống, sức khỏe cộng đồng ở vùng nông thôn. Các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra có thể làm các hệ thống cấp nước sinh hoạt, vệ sinh môi trường nông thôn bị ảnh hưởng trầm trọng, công trình cấp nước bị ngập, phá vỡ, hệ thống giao thông nông thôn cũng bị ảnh hưởng, nhiều tuyến giao thông bị ngập lụt, xói lở mặt và nền đường. Sự cạn kiệt dòng chảy sông ngòi về mùa khô dẫn đến thiếu hụt nguồn nước ngọt cho vùng nông thôn, giao thông thuỷ bị ảnh hưởng, sự xuất hiện của những cơn mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn với tần suất xuất hiện nhiều hơn, phức tạp hơn, cường độ mạnh hơn có khả năng gây sói lở bờ sông, gây mất đất sản xuất buộc người nông dân phải tìm phương thức sinh kế khác, gây mất ổn định và kém bền vững cho các chương trình phát triển, cải thiện sinh kế và sức khỏe cộng đồng ở nông thôn.

VII. ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Nhận thức rõ ảnh hưởng của biến đổi khí hậu có tính lâu dài, trong thời gian qua Ủy ban nhân dân Thành phố đã ban hành nhiều Quyết định, kế hoạch liên quan đến ứng phó BĐKH Cụ thể nội dung các chính sách như sau:

- Quyết định số 4796/QĐ-UBND ngày 27/10/2010 của UBND TP. HCM về Phê duyệt chương trình mục tiêu ứng phó với BĐKH của TP.HCM.

- Quyết định số 2305/QĐ-UBND ngày 07/5/2012 của UBND TP. HCM về Phê duyệt Chương trình Năng lượng xanh TP.HCM đến năm 2015.

- Quyết định số 2484/QĐ-UBND ngày 15/5/2013 của UBND TP. HCM Về ban hành kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trên địa bàn TP.HCM đến năm 2015.

- Quyết định số 5392/QĐ-UBND ngày 30/9/2013 của UBND TP. HCM Phê duyệt các danh mục các chương trình thực hiện kế hoạch ứng phó với BĐKH trên địa bàn TP. HCM.

- Kế hoạch số 1309/KH-UBND ngày 28/3/2014 của UBND TP. HCM Về Triển khai thực hiện quy hoạch tổng thể phát triển KT-XH TP. HCM đến năm 2020, tầm nhìn đến 2025.

- Quyết định số 2838/QĐ-UBND ngày 11/6/2014 của UBND TP. HCM Về ban hành Kế hoạch thực hiện Chương trình hành động số 34-CTrHĐ/TU của Thành ủy và Nghị quyết số 08/NQ-CP của Chính phủ thực hiện Nghị quyết số 24-NQ/TW Hội nghị lần thứ 7 Ban Chấp hành Trung ương khóa XI về chủ động ứng phó với BĐKH, tăng cường quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường.

- Quyết định 3896/QĐ-UBND ngày 11/8/2014 của UBND TP. HCM về Phê duyệt danh mục các chương trình thực hiện Kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trên địa bàn TP.HCM.

- Quyết định số 5490/QĐ-UBND ngày 28/10/2015 của UBND TP. HCM Về phê duyệt danh mục các chương trình thực hiện Kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trên địa bàn TP.HCM.

- Quyết định số 1159/QĐ-UBND ngày 17/3/2017 của UBND TP. HCM Về ban hành kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trên địa bàn TP. HCM giai đoạn 2017 – 2020, tầm nhìn đến năm 2030.

- Quyết định số 1538/QĐ-UBND ngày 16/4/2018 của UBND TP. HCM về việc phê duyệt danh sách các nội dung thực hiện Kế hoạch sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả tại các công trình xây dựng trên địa bàn TP.HCM giai đoạn 2018 – 2020 và năm 2018.

- Kế hoạch thực hiện thoả thuận Paris về biến đổi khí hậu trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh (Ban hành kèm theo Quyết định số 3924/QĐ-UBND ngày 20 tháng 10 năm 2020 của Uỷ ban nhân dân Thành phố).

Các nhiệm vụ thích ứng với BĐKH được TP.HCM triển khai tích hợp trong Kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH. Theo Quyết định 1159/QĐ-UBND của Ủy ban nhân dân TP.HCM về ban hành Kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trên địa bàn TP.HCM giai đoạn 2017 – 2020, tầm nhìn đến năm 2030, nhiệm vụ thích ứng trong từng ngành như: Quy hoạch đô thị; Năng lượng; Giao thông; Công nghiệp; Quản lý nước; Quản lý chất thải; Xây dựng; Y tế; Nông nghiệp; Du lịch; và Những chương trình, dự án khác.

VIII. ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP GIẢM NHẸ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH

Trong thời gian qua, TP.HCM đã từng bước triển khai nhiều nhiệm vụ, kế hoạch để thực hiện công tác quản lý về phát thải khí nhà kính, tạo tiền đề triển khai các kế hoạch cụ thể về giảm thiểu phát thải khí nhà kính.

Ngoài việc triển khai công tác tập huấn theo Đề án quản lý phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính, tuyên truyền các nội dung về giảm nhẹ phát thải khí nhà kính tại 11 khu công nghiệp trên địa bàn, giai đoạn 2014 - 2015, TP.HCM đã lần đầu tiên tổ chức kiểm kê khí nhà kính cho năm 2013 bước đầu đã đem lại những kết quả quan trọng, nhất là kinh nghiệm trong phương pháp thu thập dữ liệu. Giai đoạn 2015 – 2017 và 2018 – 2019, TP. HCM đã tích cực tham gia Dự án Hỗ trợ lên kế hoạch và thực hiện các hành động giảm nhẹ phát thải khí nhà kính phù hợp với điều kiện quốc gia (Dự án SPI-NAMA) do Bộ TN&MT và

Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA) phối hợp thực hiện. Dự án đã đạt được nhiều kết quả bước đầu như: hướng dẫn về kiểm kê phát thải khí nhà kính và hệ thống đo đạc, báo cáo và thẩm tra (MRV) mức giảm nhẹ phát thải KNK; TP. HCM đã chủ động xây dựng và thực hiện một số dự án thí điểm về giảm nhẹ phát thải khí nhà kính trong phạm vi Thành phố. Đặc biệt, Dự án đã thực hiện kiểm kê khí nhà kính của TP. HCM năm 2013 trên 05 lĩnh vực: năng lượng cố định, giao thông, chất thải, quá trình công nghiệp và sử dụng sản phẩm, nông nghiệp, rừng và sử dụng đất.

Đối với hoạt động giảm phát thải khí nhà kính, TP. HCM đã tập trung thực hiện các nhiệm vụ tập trung chủ yếu vào ngành năng lượng như Thúc đẩy phát triển các nguồn năng lượng tái tạo; Khuyến khích sử dụng năng lượng thân thiện với môi trường; Tuyên truyền, phổ biến cho cộng đồng nhằm nâng cao nhận thức của xã hội về năng lượng tiết kiệm và năng lượng xanh và Áp dụng biện pháp quản lý, kỹ thuật và khoa học kỹ thuật nhằm giảm mức tiêu thụ điện năng như dự án "Thay thế, cải tạo hệ thống chiếu sáng tại các ngõ hẻm đang dùng các loại đèn chiếu sáng tiêu tốn nhiều điện năng sang các loại đèn tiết kiệm điện". Đối với hoạt động giao thông vận tải, các giải pháp chính được ngành thực hiện bao gồm hoàn thiện chính sách thể chế, chuyển đổi nhiên liệu sử dụng cho xe buýt từ Diesel sang CNG nhằm giảm phát thải khí nhà kính đối với hoạt động giao thông vận tải. Các nhiệm vụ này góp phần đáng kể vào việc giảm nhẹ phát thải khí nhà kính TP. HCM nói riêng và Việt Nam nói chung.

IX. MỨC ĐỘ PHÙ HỢP CỦA KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU SO VỚI DIỄN BIẾN THỰC TẾ CỦA KHÍ HẬU TRONG KỲ ĐÁNH GIÁ

1. Đối với kịch bản nhiệt độ

Kết quả dự báo trong dự thảo này và kết quả dự báo từ 2 kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012 và năm 2016 đều cho thấy nền nhiệt tại TP.HCM có khuynh hướng sẽ tiếp tục tăng trong các giai đoạn tiếp theo đến cuối thế kỷ 21, với một số khác biệt về mức độ thay đổi chủ yếu do sự khác nhau về mốc thời gian sử dụng, giai đoạn chuẩn và tính bất định trong mô hình dự báo.

Cụ thể, trong giai đoạn đầu thế kỷ 21 những năm 2020s, nhiệt độ trung bình năm tại TP.HCM có mức tăng phổ biến khoảng 0,96°C, 0,89°C và 1,09°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, nhiệt độ cực đại cả năm tại TP.HCM được ghi nhận có mức tăng trong khoảng 0,79°C, 0,70°C và 0,93°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn nhiệt độ cực tiểu cả năm tại TP.HCM được ước tính có mức tăng phần lớn trong khoảng 0,79°C, 0,71°C và 0,89°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với mức tăng giá trị nhiệt độ trong các tháng, kết quả ghi nhận cường độ có thể tương tự hoặc cao hơn so với mức tăng nền nhiệt cả năm. Cụ thể, nhiệt độ trung bình các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,11–1,50°C, 0,09–1,60°C và 0,109–1,71°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Nhiệt độ cực đại các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,08–1,50°C, 0,07–1,27°C và 0,31–1,63°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn nhiệt độ cực tiểu các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,03–1,35°C, 0,01–1,10°C và 0,18–1,35°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Trong kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012, kết quả ghi nhận nhiệt độ trung bình năm có mức tăng khoảng từ 0,5–1,1°C theo kịch bản phát thải trung bình (B2). Trong kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam năm 2016, kết quả ghi nhận nhiệt độ trung bình năm có mức tăng dao động từ 0,4–1,2°C tương ứng với kịch bản RCP4.5 và từ 0,5–1,3°C tương ứng với kịch bản RCP8.5.

Đến giữa thế kỷ 21 trong những năm 2050s, nhiệt độ trung bình năm tại TP.HCM có mức tăng phổ biến khoảng 1,35°C, 1,65°C và 2,15°C tương ứng với kịch bản RCP2.6,

RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, nhiệt độ cực đại cả năm tại TP.HCM được ghi nhận có mức tăng trong khoảng 1,15°C, 1,39°C và 1,88°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn nhiệt độ cực tiểu cả năm tại TP.HCM được ước tính có mức tăng phần lớn trong khoảng 1,10°C, 1,42°C và 1,82°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với mức tăng giá trị nhiệt độ trong các tháng, kết quả ghi nhận cường độ có thể tương tự hoặc cao hơn so với mức tăng nền nhiệt cả năm. Cụ thể, nhiệt độ trung bình các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,19–2,18°C, 0,45–2,52°C và 0,73–3,31°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Nhiệt độ cực đại các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,13–1,84°C, 0,25– 2,12°C và 0,59–2,87°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn nhiệt độ cực tiểu các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,31–1,69°C, 0,63–1,85°C và 0,97–2,30°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Trong kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012, kết quả ghi nhận nhiệt độ trung bình năm có mức tăng khoảng từ 1,2–2,0°C theo kịch bản phát thải trung bình (B2). Trong kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016, kết quả ghi nhận nhiệt độ trung bình năm có mức tăng dao động từ 1,0–2,1°C tương ứng với kịch bản RCP4.5 và từ 1,4–2,8°C tương ứng với kịch bản RCP8.5.

Đến cuối thế kỷ 21 trong những năm 2080s, nhiệt độ trung bình năm tại TP.HCM có mức tăng phổ biến khoảng 1,32°C, 1,98°C và 3,57°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự, nhiệt độ cực đại cả năm tại TP.HCM được ghi nhận có mức tăng trong khoảng 1,12°C, 1,70°C và 3,22°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn nhiệt độ cực tiểu cả năm tại TP.HCM được ước tính có mức tăng phần lớn trong khoảng 1,10°C, 1,71°C và 3,07°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Đối với mức tăng giá trị nhiệt độ trong các tháng, kết quả ghi nhận cường độ có thể tương tự hoặc cao hơn so với mức tăng nền nhiệt cả năm. Cụ thể, nhiệt độ trung bình các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,17–1,99°C, 0,66–2,97°C và 1,57–5,08°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Nhiệt độ cực đại các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,08–1,82°C, 0,48– 2,48°C và 1,57–4,63°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Còn nhiệt độ cực tiểu các tháng tại TP.HCM có mức tăng phổ biến từ 0,26–1,68°C, 0,86–2,45°C và 1,93–4,01°C tương ứng với kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5. Trong kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam năm 2012, kết quả ghi nhận nhiệt độ trung bình năm có mức tăng khoảng từ 2,2–2,8°C theo kịch bản phát thải trung bình (B2). Trong kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016, kết quả ghi nhận nhiệt độ trung bình năm có mức tăng dao động từ 1,2–2,7°C tương ứng với kịch bản RCP4.5 và từ 2,8–4,7°C tương ứng với kịch bản RCP8.5.

2. Đối với kịch bản lượng mưa

Kết quả dự báo trong dự thảo này và kết quả dự báo từ 2 kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012 và năm 2016 đều cho thấy tổng lượng mưa năm có khuynh hướng tiếp tục tăng trong các giai đoạn tiếp theo, với mức độ biến thiên lớn giữa các kịch bản với nhau và đồng thời cũng tồn tại một số khác biệt giữa các kịch bản trong nghiên cứu này với những kết quả từ 2 kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012 và năm 2016, với nguyên nhân chủ yếu phần lớn do sự khác nhau về mốc thời gian sử dụng, giai đoạn chuẩn và tính bất định trong mô hình dự báo.

Cụ thể, trong giai đoạn đầu thế kỷ 21 những năm 2020s, tổng lượng năm tại TP.HCM dao động chủ yếu từ 1045 – 2545 mm với mức tăng phổ biến 0,56–11,5% tương ứng với kịch bản RCP2.6, từ 1107 – 2625 mm với mức tăng phổ biến 2,98–15,0% tương ứng với

kịch bản RCP4.5, từ 1195 – 2767 mm với mức tăng phổ biến 3,76–21,4% tương ứng với kịch bản RCP8.5. Trong kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012, kết quả ghi nhận tổng lượng mưa năm có mức tăng khoảng từ 0,9–1,9% theo kịch bản phát thải trung bình (B2). Trong kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam năm 2016, kết quả ghi tổng lượng mưa năm có mức tăng dao động từ 11,4– 21,3% tương ứng với kịch bản RCP4.5 và từ 10,0–19,3% tương ứng với kịch bản RCP8.5.

Đến giữa thế kỷ 21 trong những năm 2050s, tổng lượng năm tại TP.HCM dao động chủ yếu từ 1085 – 2630 mm với mức tăng phổ biến 5,34–15,3% tương ứng với kịch bản RCP2.6, từ 1170 – 2758 mm với mức tăng phổ biến 7,5–20,9% tương ứng với kịch bản RCP4.5, từ 1211 – 2865 mm với mức tăng phổ biến 5,64–25,7% tương ứng với kịch bản RCP8.5. Trong kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012, kết quả ghi nhận tổng lượng mưa năm có mức tăng khoảng từ 2,0–3,5% theo kịch bản phát thải trung bình (B2). Kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016 ghi nhận kết quả tổng lượng mưa năm có mức tăng dao động từ 10,5–28,6% tương ứng với kịch bản RCP4.5 và từ 14,6–27,0% tương ứng với kịch bản RCP8.5.

Đến cuối thế kỷ 21 trong những năm 2080s, tổng lượng năm tại TP.HCM dao động chủ yếu từ 1125 – 2675 mm với mức tăng phổ biến 9,06–17,2% tương ứng với kịch bản RCP2.6, từ 1217 – 2850 mm với mức tăng phổ biến 8,18–26,6% tương ứng với kịch bản RCP4.5, từ 1250 – 3021 mm với mức tăng phổ biến 4,15–32,5% tương ứng với kịch bản RCP8.5. Trong kịch bản kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2012, kết quả ghi nhận tổng lượng mưa năm có mức tăng khoảng từ 3,0–5,0% theo kịch bản phát thải trung bình (B2). Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016 ghi nhận kết quả tổng lượng mưa năm có mức tăng dao động từ 6,7–37,5% tương ứng với kịch bản RCP4.5 và từ 13,2–33,9% tương ứng với kịch bản RCP8.5.

X. KẾT LUẬN

TP.HCM được đánh giá là một trong những siêu đô thị lớn nhất trên thế giới, với quy mô dân số lớn và liên tục gia tăng trong những thập kỷ qua. Về khía cạnh kinh tế – xã hội, TP.HCM được xem là đầu tàu trong nhiều lĩnh vực khác nhau và luôn đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong sự phát triển tổng thể kinh tế - xã hội cả nước nói chung và khu vực Đông Nam Bộ nói riêng. Tuy nhiên, trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, TP.HCM đang phải đối mặt với nhiều rủi ro và thách thức lớn.

Đặc điểm khí hậu về mức độ dao động, sự biến thiên và xu thế biến đổi theo không gian và thời gian tại một địa phương đóng vai trò quan trọng trong công tác lồng ghép yếu tố khí hậu và tác động của biến đổi khí hậu đến các ngành, lĩnh vực tại địa phương. Trên cơ sở dựa theo hướng dẫn chung từ văn bản 180/BTNMT-KHTC ngày 12/01/2018, nhiệm vụ này đã triển khai phân tích xu thế và đánh giá mức độ biến thiên cho các yếu tố khí hậu cơ bản như nhiệt độ, lượng mưa, bốc hơi, số giờ nắng, độ ẩm không khí và mực nước. Bên cạnh đó, mức độ cực đoan khí hậu cũng đã được làm rõ dựa trên các phân tích cho nhiều chỉ số phổ biến như chỉ số hạn khí tượng, chỉ số khí hậu cực đoan và những khía cạnh quan trọng khác như mưa lớn, nắng nóng, xâm nhập mặn và ngập lụt tại TP.HCM. Ngoài ra, nhiệm vụ cũng đã phân tích rõ diễn biến của các yếu tố cực đoan khí hậu này trong các kịch bản tương lai tiếp theo dựa trên kết quả xây dựng kịch bản BĐKH cho yếu tố nhiệt độ và lượng mưa theo hướng tiếp cận chi tiết hoá thống kê.

Kết quả phân tích số liệu quan trắc khí hậu cho thấy nền nhiệt tại TP.HCM đã trở nên ấm dần hơn và kết quả xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho các yếu tố nhiệt độ cũng đã ghi nhận nền nhiệt tại TP.HCM tiếp tục sẽ tăng cao hơn, với mức tăng cao nhất có thể đến khoảng 1,32–3,57°C đối với nhiệt độ trung bình, khoảng 1,12–3,22°C đối với nhiệt độ cực

đại và khoảng 1,10–3,07°C đối với nhiệt độ cực tiểu tương ứng với các kịch bản đến cuối thế kỷ 21. Bên cạnh sự gia tăng nền nhiệt trung bình, TP.HCM còn đang trải qua xu thế gia tăng đáng kể số ngày nắng nóng và nắng nóng gay gắt, với kết quả phân tích ghi nhận giá trị nhiệt độ cực đại cao nhất trong các tháng từ tháng 2 đến tháng 6 hàng năm thường cao hơn ngưỡng nắng nóng 35°C và ngưỡng nắng nóng gay gắt 37°C.

Về đặc điểm biến thiên và xu thế biến đổi của yếu tố lượng mưa trên địa bàn TP.HCM trong những thập kỷ qua, kết quả phân tích cho thấy mức độ biến thiên tổng lượng mưa năm rất lớn, có thể lên đến gần 650 – 900 mm. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng đã cho thấy phần lớn tổng lượng mưa năm tại TP.HCM chủ yếu là do đóng góp từ lượng mưa trong mùa mưa, chiếm khoảng 80–90% so với tổng lượng mưa năm. Kết quả dự báo khí hậu còn cho thấy tổng lượng mưa năm có mức độ thay đổi khác biệt rõ giữa các trạm quan trắc với nhau và cũng như giữa các kịch bản, với mức tăng cao nhất có thể đến 9,1–32,5% trong các kịch bản phát thải cao trong giai đoạn những năm cuối thế kỷ 21. Về đặc điểm phân bố không gian, tổng lượng mưa cả năm và trong hai mùa có sự phân bố không đồng nhất trên địa bàn thành phố. Theo đó, khu vực trung tâm Thành phố và một phần khu vực Tây Bắc tại huyện Củ Chi ghi nhận có tổng lượng mưa cả năm và trong mùa mưa cao nhất, với cường độ mưa cả năm thường cao hơn 1900 mm. Trong mùa khô, tổng lượng mưa ghi nhận cao nhất chủ yếu tại khu vực trung tâm thành phố trải dài theo hướng Tây, với giá trị có thể cao hơn 125 mm. Trong khi đó, khu vực hướng Đông Nam thành phố huyện Cần Giờ là vùng ghi nhận có tổng lượng mưa cả năm cũng như trong hai mùa thấp nhất trên địa bàn Thành phố.

Bên cạnh những thay đổi bất định của tổng lượng mưa năm cũng như trong hai mùa, diễn biến của các yếu tố cực đoan khí hậu có liên quan đến lượng mưa như lượng mưa ngày cực đại, số ngày mưa lớn, tổng lượng mưa và giai đoạn mưa lớn kéo dài cũng có khuynh hướng gia tăng về cường độ và tần suất xuất hiện nhiều hơn tại các trạm quan trắc trên địa bàn TP.HCM trong các thập kỷ qua và đặc biệt là tiếp tục thay đổi phức tạp và khó dự báo hơn trong các kịch bản biến đổi khí hậu tương lai. Ngoài ra, kết quả phân tích đặc điểm hạn khí tượng và diễn biến chỉ số hạn khí tượng cho thấy tất cả các trạm quan trắc tại TP.HCM đều trải qua những năm hạn và ẩm đan xen nhau liên tục trong các thập kỷ trở lại đây. Hơn nữa, kết quả phân loại mức độ hạn và tần suất hạn khí tượng ghi nhận phần lớn diện tích tích đều trải qua nhiều đợt hạn nặng đến rất nặng, nghiêm trọng. Kết quả này cơ bản cho thấy yếu tố cân bằng nước và phân bổ nguồn tài nguyên nước cho từng nhu cầu sử dụng sẽ trở nên khó khăn và kém bền vững hơn dưới tác động biến đổi khí hậu.

Nhìn chung, đặc điểm khí hậu TP.HCM được ghi nhận có mức độ biến thiên lớn và xu thế thay đổi rõ nét trong các thập kỷ qua và được tiếp tục dự báo sẽ trở nên bất định và khắc nghiệt hơn trong các kịch bản tương lai tiếp theo trong các giai đoạn tương lai gần, trung vài dài hạn đến cuối thế kỷ 21. Vì vậy, cần thiết phải hiểu rõ và đánh giá chi tiết đặc điểm thay đổi của các yếu tố khí hậu cơ bản và yếu tố cực đoan khí hậu tại từng trạm quan trắc trên địa bàn thành phố theo nhiều kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau, từ đó góp phần cung cấp cơ sở khoa học vững chắc về sự thay đổi bất định của khí hậu cho các công tác quy hoạch phát triển ngành, lĩnh vực và phát triển tổng thể kinh tế xã hội địa phương, hướng đến phát triển TP.HCM một cách bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu.

ỦY BAN NHÂN DÂN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH