ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

# TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NGUỒN NƯỚC THÔ CUNG CẤP VÀ DỰ BÁO NHU CẦU DÙNG NƯỚC TRUNG HẠN TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Ngành: Kỹ thuật Tài Nguyên Nước

Mã số ngành: 62580212

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2021

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn 1:
Người hướng dẫn 2:

Phản biện độc lập 1:
Phản biện độc lập 2:

Phản biện 1:
Phản biện 2:
Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án họp tại
.....
.....
vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM
- Thư viện Đại học Quốc gia Tp.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp.HCM

# PHẦN MỞ ĐẦU

## 1. Đặt vấn đề

Trực thuộc Ủy ban nhân dân Tp.HCM, việc cung cấp nước cho thành phố đang được phụ trách bởi Tổng công ty Cấp nước Sài Gòn - TNHH MTV hiện đang cung cấp nước cho nhu cầu sử dụng sinh hoạt, sản xuất cho gần 1.100.000 hộ gia đình, đơn vị sản xuất, kinh doanh dịch vụ và hành chính sự nghiệp. Tổng công suất của các nhà máy nước thuộc Sawaco trên địa bàn thành phố hiện tại là 1.860.000m³/ngày đêm (trung bình năm 2018), và lượng nước tiêu thụ đạt gần 1.400.000m³/ngày. Gần như toàn bộ nguồn nước thô cung cấp nước cho toàn Tp.HCM, phục vụ nhu cầu sinh hoạt, ăn uống, dịch vụ và sản xuất đều hoàn toàn phụ thuộc vào việc khai thác nguồn tài nguyên nước từ hệ thống sông SG-ĐN, chỉ một số ít (~5,8%) được khai thác từ nguồn nước ngầm.

Trong những năm đến giữa thế kỷ, vấn đề cung cấp nước trên địa bàn Tp.HCM sẽ gặp những vấn đề cấp thiết; các yếu tố tác động vừa là nguyên nhân của biến đổi khí hậu, vừa là nguyên nhân do con người tác động, và các yếu tố này sẽ cộng hưởng với nhau để gây ra tác động nghiêm trọng hơn. Từ đó cho thấy, việc nghiên cứu và đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nguồn nước thô cung cấp kết hợp với việc nghiên cứu dự báo nhu cầu dùng nước trong tương lai cho khu vực Tp.HCM trong điều kiện không chắc chắn là cần thiết, nhằm xác định mức độ và phạm vi ảnh hưởng, từ đó xây dựng các giải pháp thích ứng đảm bảo việc cấp nước an toàn, đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững của cho toàn khu vực với chiến lược quản lý tài nguyên nước một cách thích hợp.

## 2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung của nghiên cứu nhằm xác định các ảnh hưởng của BĐKH & NBD đến nguồn nước thô cung cấp tại Tp.HCM, và tính toán dự báo nhu cầu sử dụng nước trong tương tai trung hạn tại Tp.HCM trong điều kiện không chắc chắn về nhu cầu dùng nước; từ đó tổng hợp các kết quả nhằm đưa ra các đánh giá dự báo về các kịch bản thiếu đủ đối với việc cung cấp nước thô cho Tp.HCM, cũng như đề xuất một số các giải pháp trong việc giảm thiểu ảnh hưởng.

Các mục tiêu cụ thể của nghiên cứu bao gồm:

1) Tính toán dự báo nhu cầu dùng nước theo các tình huống khác nhau của TpHCM đến các năm 2050, tương ứng đến thời điểm trung hạn (kịch bản giữa thế kỷ, tương lai vừa) theo Kịch bản BĐKH & NBD do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố (phiên bản năm 2016);
2) Xác định các tình huống ảnh hưởng của BĐKH & NBD tác động đến việc cung cấp nước thô đến các năm 2050 cho Tp.HCM, theo các kịch bản BĐKH & NBD do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố (phiên bản năm 2016);
3) Từ kết quả dự báo nhu cầu sử dụng (bài toán cung) và dự báo ảnh hưởng của BĐKH & NBD ảnh hưởng đến việc cung cấp nước thô (bài toán thiếu), tổng hợp đánh giá bài toán thiếu - đủ trong việc cung cấp nước thô cho Tp.HCM và đề xuất một số các giải pháp nhằm hạn chế ảnh hưởng.

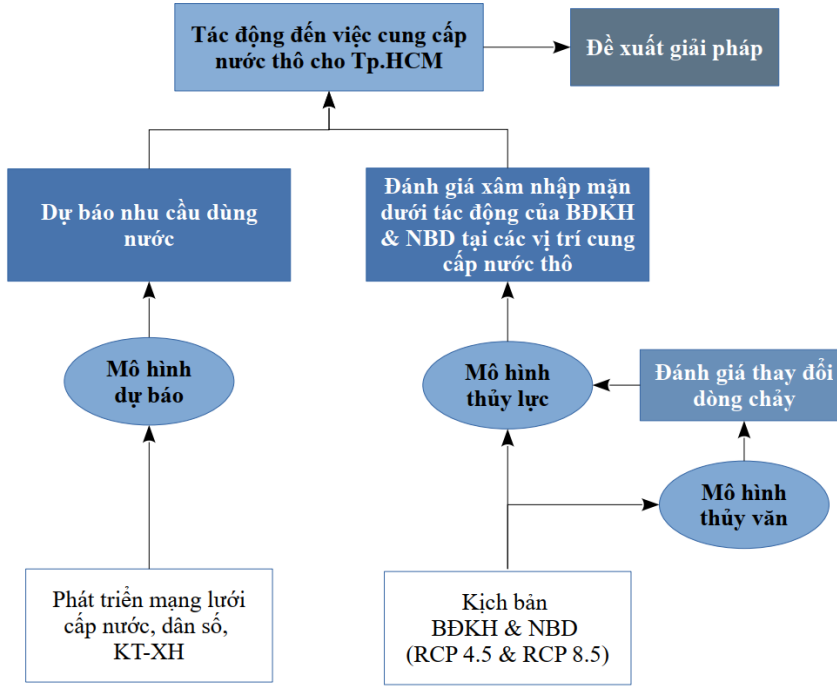
## 3. Nội dung và phạm vi nghiên cứu

1) Dự báo nhu cầu dùng nước Tp.HCM đến các năm 2050: Xác định các biến số ảnh hưởng đến nhu cầu dùng nước Tp.HCM và dự báo dài hạn xu thế của các biến; xây dựng mô hình dự báo nhu cầu dùng nước; tính toán dự báo nhu cầu tiêu thụ và tổng công suất sử dụng nước thô theo các kịch bản tiêu thụ và tỷ lệ nước không doanh thu khác nhau.
2) Đánh giá thay đổi dòng chảy thượng lưu lưu vực sông SG-ĐN theo các kịch bản BĐKH & NBD đã công bố: sử dụng các kịch bản BĐKH RCP4.5 và RCP8.5 do Bộ Tài nguyên - Môi trường đã công bố (phiên bản năm 2016) về khí tượng, thủy văn làm số liệu đầu vào tính toán; Sử dụng mô hình SWAT để tính toán đánh giá sự thay đổi dòng chảy dựa trên sự thay đổi các thông số khí tượng thủy văn của các kịch bản BĐKH; Nghiên cứu đánh giá sự thay đổi dòng chảy lưu vực sông SG-ĐN dưới ảnh hưởng của BĐKH, qua đó làm dữ liệu đầu vào và dữ liệu điều kiện biên cho việc xác định lưu lượng và biên mặn ảnh hưởng đến các điểm lấy nước thô của Tp.HCM. Do lấy nền tảng từ kịch bản BĐKH do Bộ

Tài nguyên - Môi trường nên trong nghiên cứu sẽ không xem xét đến các yếu tố khác có liên quan như sự nâng hạ địa chất, sự thay đổi địa hình, sụt lún đất do khai thác nước ngầm, ảnh hưởng của thủy triều, nước dâng do bão, nước dâng do gió mùa, ảnh hưởng của các công trình thủy điện bậc thang, xâm nhập mặn…

3) Đánh giá xâm nhập mặn theo các kịch bản biến đổi khí hậu & nước biển dâng đã công bố: sử dụng mô hình mô phỏng thủy lực để thực hiện mô phỏng lưu vực sông SG-ĐN (dự kiến sử dụng mô hình TELEMAC 2D). Tuy nhiên trong nghiên cứu này, với mục tiêu xem xét nghiên cứu ảnh hưởng đến việc cung cấp nước tại vị trí các nguồn cung cấp nước thô (xem Hình 3.20) cho Tp.HCM nên sẽ không xem xét phụ lưu sông Vàm Cỏ trong các mô hình thiết lập và đánh giá; cơ sở mô hình hóa: dựa trên cơ sở các bản đồ địa hình; bản đồ DEM để lập mô hình; khảo sát đo đạc các số liệu thực tế kết hợp với các kết quả của các trường hợp đã diễn ra trong quá khứ để hiệu chỉnh mô hình; nghiên cứu đánh giá xâm nhập mặn và thời gian nhiễm mặn liên tục tại các trạm bơm nước thô trên sông SG-ĐN, trên cơ sở kết hợp từ kết quả của việc đánh giá thay đổi dòng chảy lưu vực sông SG-ĐN và các kịch bản nước biển dâng do Bộ Tài nguyên và Môi trường đã công bố (phiên bản năm 2016).

4) Đánh giá tổng hợp tác động của BĐKH đến việc thiếu - đủ trong việc bảo đảm nguồn nước cung cấp cho Thành phố và đề xuất các giải pháp: Từ kết quả dự báo tổng công suất nước thô cần thiết và kết quả tính toán dự báo xâm nhập mặn tại các vị trí cung cấp thô cho Tp.HCM, đánh giá về khả năng cung cấp ngưng cung cấp nước cho Tp.HCM từ nguồn nước thô sông SG-ĐN trong điều kiện các ảnh hưởng tác động của BĐKH & NBD vào các năm 2030 và 2050; đề xuất các giải pháp và kịch bản trong việc hạn chế ảnh hưởng đến việc cung cấp nước.




Hình 0.1 Đối tượng và phạm vi của nghiên cứu

## 4. Phương pháp nghiên cứu

1) Phương pháp kế thừa; 2) Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu; 3) Phương pháp GIS; 4) Phương pháp mô hình toán; 5) Phương pháp thống kê và xử lý số liệu.

## 5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

### Ý nghĩa khoa học

Về mặt khoa học, nghiên cứu có các đóng góp mới như sau:

1) Xác định dự báo nhu cầu sử dụng nước và tổng công suất nước thô cần thiết cho Tp.HCM theo các kịch bản không chắc chắn khác nhau đến các năm 2050, dựa trên cơ sở các dữ liệu về cung cấp nước và các số liệu kinh tế - xã hội trong quá khứ và mô hình dự báo xu hướng trong tương lai.

2) Xác định các kịch bản biến đổi dòng chảy và ảnh hưởng xâm nhập mặn đến việc cung cấp nước thô cho các nhà máy nước tại Tp.HCM, với các điều kiện biên dựa trên các thay đổi theo các kịch bản BĐKH & NBD đã được công bố.
3) Đưa ra về mặt định lượng các kịch bản thiếu hụt nguồn nước thô xác định theo các nguồn nước, ảnh hưởng đến việc cung cấp nước cho Tp.HCM trong tương lai dưới các điều kiện BĐKH & NBD. Đánh giá tổng hợp bài toán thiếu / đủ và tính toán định lượng sự thiếu hụt về lượng nước thô theo các kịch bản dự báo cung - cầu, đưa ra các trường hợp cảnh báo về lưu lượng, mức độ, cũng như thời gian nhiễm mặn kéo dài liên tục; từ đó đề xuất các khuyến nghị trong việc đảm bảo an toàn nguồn nước thô cung cấp.

**Ý nghĩa thực tiễn**

Kết quả của nghiên cứu có thể là cơ sở cho các nhà quản lý trong việc đưa ra các chiến lược và kế hoạch bảo đảm việc thực hiện cấp nước an toàn về các vấn đề sau:

1) Dự báo nhu cầu sử dụng nước của Tp.HCM trong tương lai.
2) Quy hoạch phát triển nhà máy nước và nguồn nước thô.
3) Các giải pháp hạn chế ảnh hưởng của BĐKH & NBD đối với việc cung cấp nước.

## 6. Những đóng góp của luận án

- Luận án đã xây dựng mô hình dự báo và dự báo nhu cầu dùng nước tại Tp.HCM trong tương lai trung hạn.
- Luận án đã đánh giá các trường hợp kịch bản BĐKH cụ thể có ảnh hưởng đến việc cung cấp nước tại Tp.HCM, và kết hợp với nhu cầu đã dự báo để đánh giá mức độ ảnh hưởng của việc thiếu nước.
- Luận án đưa ra các các giải pháp khuyến nghị cụ thể nhằm giảm ảnh hưởng đến việc cung cấp nước trong trường hợp xảy ra các kịch bản BĐKH.

## 7. Bố cục luận án

Ngoài phần mở đầu và kết luận & kiến nghị, luận án bao gồm 04 chương:
Chương 1 - Tổng quan các nghiên cứu về dự báo nhu cầu dùng nước và tác động của biến đổi khí hậu đến nguồn nước thô cung cấp tại Tp.HCM.
Chương 2 - Lập mô hình và dự báo trung hạn nhu cầu dùng nước tại Tp.HCM.
Chương 3 - Lập mô hình toán và đánh giá tác động của BĐKH & NBD đến sông Sài Gòn - Đồng Nai tại các vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM.
Chương 4 - Đánh giá ảnh hưởng đến việc an toàn cấp nước TP.HCM và đề xuất các giải pháp.

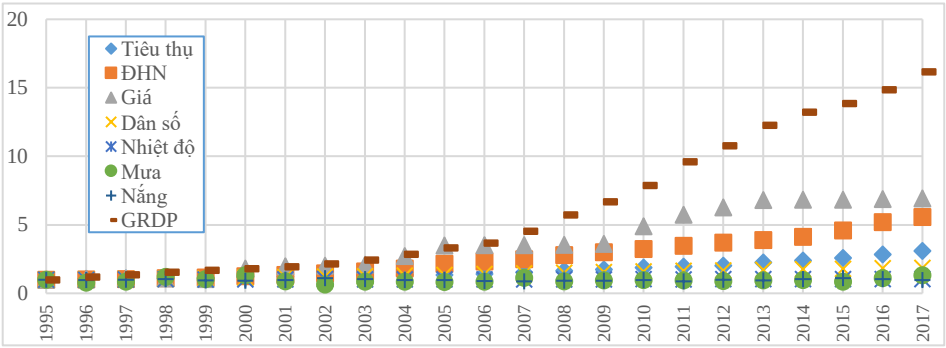
# Chương 1. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ DỰ BÁO NHU CẦU DÙNG NƯỚC VÀ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NGUỒN NƯỚC THÔ CUNG CẤP TẠI TP.HCM

Trong nội dung của chương này trình bày tổng quan về các ảnh hưởng của BĐKH với việc cung cấp nước đô thị. Giới thiệu các nghiên cứu về dự báo nhu cầu dùng nước, các nghiên cứu về thay đổi dòng chảy và xâm nhập mặn dưới tác động của BĐKH ở ngoài nước, trong nước cũng như tại khu vực nghiên cứu. Nội dung cũng trình bày các đánh giá tổng quan của các nghiên cứu và giới thiệu Kịch bản BĐKH và NBD của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016).

# Chương 2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH VÀ DỰ BÁO NHU CẦU DÙNG NƯỚC TRUNG HẠN TẠI TP. HỒ CHÍ MINH

## 2.1. Phân tích và lựa chọn các biến số ảnh hưởng đến nhu cầu dùng nước tại Tp.HCM

Nhằm đánh giá mức độ quan hệ giữa các biến số đối với lượng nước tiêu thụ tại Tp.HCM, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích hệ số tương quan (hệ số tương quan Pearson và hệ số tương quan riêng - Partial). Từ xu thế của các biến số so với thời điểm năm 1995 cho thấy các biến số chính ảnh hưởng đến nhu cầu dùng nước tại Tp.HCM bao gồm các biến số về kinh tế - xã hội: 1) Số lượng đồng hồ nước, 2) Giá nước, 3) GRDP và 4) Dân số.




Hình 2.1 Biểu đồ xu thế giá trị của các biến số so với thời điểm năm 1995

## 2.2. Thiết lập các mô hình mô phỏng nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM

### *2.2.1. Tiêu chuẩn kiểm định mô hình*

### *2.2.2. Mô hình hồi quy tuyến tính bội nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM*

Mô hình hồi quy tuyến tính bội tiêu thụ nước tại Tp.HCM được trình bày trong [2.1]:

$$\mathbf{TIEUTHU = 154516,7 + 0,211 \times DHN - 9,136 \times GIA + 1406,64 \times GRDP - 7,546 \times DANSO} \quad [2.1]$$

Trong đó: TIEUTHU: lượng nước tiêu thụ tại thời điểm t (1.000$m^3$); DHN:số lượng đồng hồ nước tại thời điểm t; GIA: giá nước bình quân tại thời

điểm t (VNĐ/$m^3$); GRDP:GRDP tại thời điểm t (triệu/người/năm); DANSO:dân số thành thị tại thời điểm t (1000 người)

Mặc dù độ phù hợp của mô hình đạt được rất cao ($R^2$ = 0,991; NSE = 0,991), tuy nhiên, các biến số độc lập này đều vi phạm điều kiện về phân tích đa cộng tuyến, giá trị VIF đều lớn hơn giá trị cho phép dự đoán sẽ gia tăng sự không chắc chắn do hiện tượng đa cộng tuyến gây sai số chuẩn của các hệ số sẽ lớn.

### *2.2.3.Mô hình ANN nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM*

Mô hình nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM được thiết lập dựa trên phương pháp mạng thần kinh nhân tạo ANN lan truyền thẳng nhiều lớp; bao gồm 01 lớp ẩn với 05 phần tử, hàm chuyển đổi Hyperbolic Tangent. Dữ liệu huấn luyện mô hình bao gồm các 20 dữ liệu của 4 biến đầu vào trong thời gian từ năm 1995 đến năm 2017, ngoại trừ dữ liệu các năm 2000, 2005 và 2010 dùng để kiểm định. Kết quả mô phỏng giữa lượng nước tiêu thụ thực tế và mô hình có độ phù hợp của mô hình đạt được rất cao (R2 = 0.99, NSE = 0.989).

### *2.2.4.Nhận xét và lựa chọn mô hình*

Với lợi thế của mạng thần kinh nhân tạo là không cần xem xét đến tính tương quan giữa các biến số như khi thực hiện phân tích hồi quy, đề xuất chọn mô hình mạng thần kinh nhân tạo là mô hình được sử dụng trong việc nghiên cứu dự báo kết hợp với phương pháp mô phỏng xác suất Monte-Carlo trong việc dự báo dài hạn nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM.

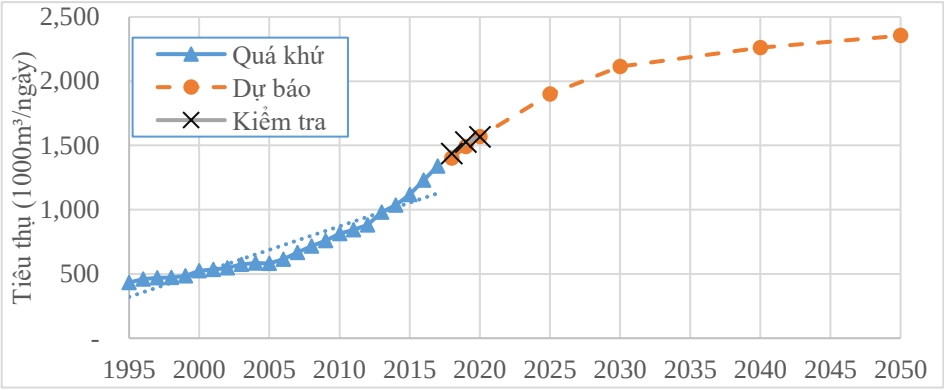
## 2.3. Dự báo xu hướng của các biến số ảnh hưởng đến nhu cầu dùng nước tại Tp.HCM

Nhằm dự báo nhu cầu sử dụng nước, nội dung Mục này trình bày việc dự báo xu hướng của các biến số như ở Mục 2.1 vào các năm trong tương lai với các điều kiện dựa vào quá khứ và các chỉ tiêu phát triển tại khu vực.

## 2.4. Dự báo nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM trong điều kiện không chắc chắn

Bảng 2.8 Kết quả dự báo tiêu thụ

| Tiêu thụ | 2025 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|
| Trung bình (1000m³) | 693.112,77 | 771.221,75 | 825.053,35 | 859.267,20 |
| Độ lệch chuẩn | 12.589,24 | 8.460,11 | 3.649,52 | 2.234,43 |
| Giá trị tại xác suất 5% | 672.405,31 | 757.306,11 | 819.050,43 | 855.591,90 |
| Giá trị tại xác suất 95% | 713.820,24 | 785.137,39 | 831.056,28 | 862.942,51 |



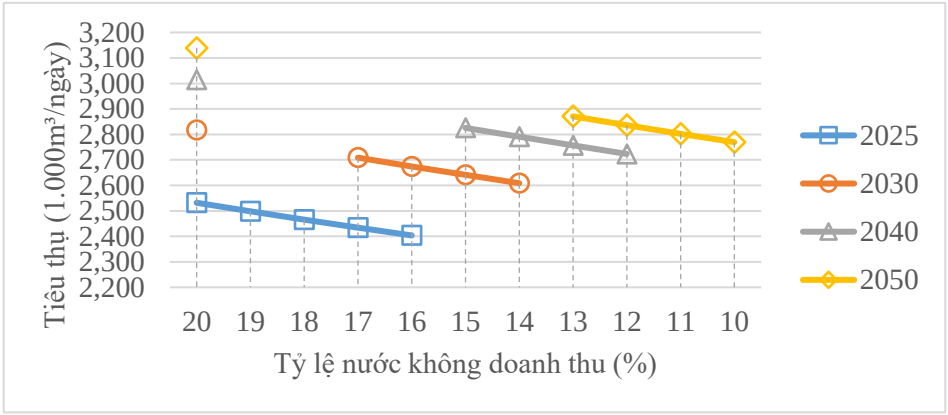

Hình 2.2 Dữ liệu quá khứ và kết quả dự báo tiêu thụ (đvt: 1.000m³/ngày) Kết quả dự báo tổng công suất cung cấp nước từ Tổng công ty Cấp nước Sài Gòn trong tương lai

Kết quả dự báo tổng công suất cung cấp nước cần thiết để cung cấp cho nhu cầu sử dụng nước tại Tp.HCM theo các kịch bản nước không doanh thu được trình bày tóm tắt trong Bảng 2.10, trong đó tạm tính tỷ lệ hao hụt giữa nước thô/nước sạch là 5%.

Bảng 2.10 Kết quả dự báo tổng sản lượng nước thô cung cấp theo các tỷ lệ nước không doanh thu dự kiến, dự báo theo ngày (1000m³/ngày):

| Tỷ lệ nước không doanh thu | Sản lượng nước thô cung cấp | 2025 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19% | TB | 2.498,60 | | | |
| | Min | 2.423,96 | | | |
| | Max | 2.573,25 | | | |
| 18% | TB | 2.466,15 | | | |
| | Min | 2.392,48 | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Max | 2.539,83 | | | |
| 17% | TB | 2.434,54 | 2.708,89 | | |
| | Min | 2.361,80 | 2.660,01 | | |
| | Max | 2.507,27 | 2.757,77 | | |
| 16% | TB | 2.403,72 | 2.674,60 | | |
| | Min | 2.331,91 | 2.626,34 | | |
| | Max | 2.475,53 | 2.722,86 | | |
| 15% | TB | | 2.641,17 | 2.825,53 | |
| | Min | | 2.593,51 | 2.804,97 | |
| | Max | | 2.688,83 | 2.846,08 | |
| 14% | TB | | 2.608,56 | 2.790,64 | |
| | Min | | 2.561,50 | 2.770,34 | |
| | Max | | 2.655,63 | 2.810,95 | |
| 13% | TB | | | 2.756,61 | 2.870,92 |
| | Min | | | 2.736,55 | 2.858,64 |
| | Max | | | 2.776,67 | 2.883,20 |
| 12% | TB | | | 2.723,40 | 2.836,33 |
| | Min | | | 2.703,58 | 2.824,20 |
| | Max | | | 2.743,21 | 2.848,47 |
| 11% | TB | | | | 2.802,57 |
| | Min | | | | 2.790,58 |
| | Max | | | | 2.814,55 |
| 10% | TB | | | | 2.769,60 |
| | Min | | | | 2.757,75 |
| | Max | | | | 2.781,44 |

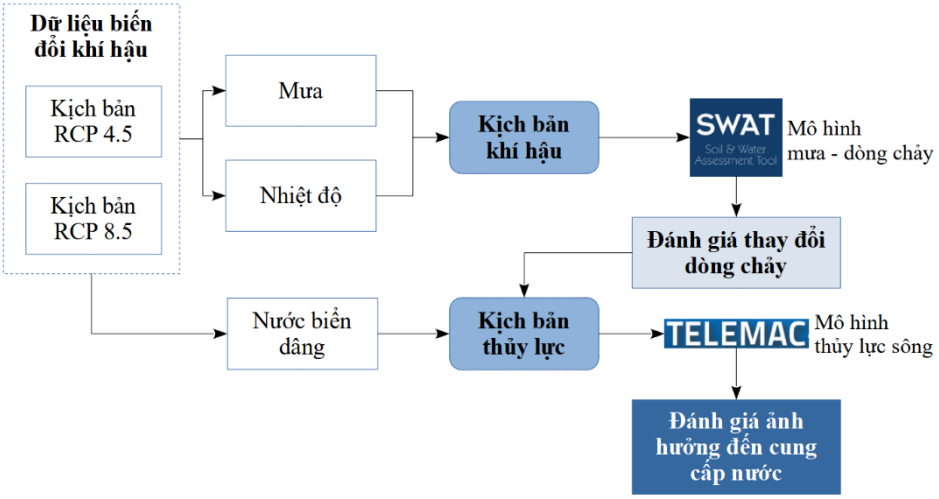



Hình 2.3 Dự báo tổng công suất cung cấp nước trung bình (đvt: 1.000m³/ngày)

# Chương 3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH TOÁN VÀ ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH & NBD ĐẾN SÔNG SÀI GÒN ĐỒNG NAI TẠI CÁC VỊ TRÍ CUNG CẤP NƯỚC THÔ CHO TP.HCM

## 3.1. Tổng quan quy trình thực hiện

Tổng quát quy trình tổng quan thực hiện trong nghiên cứu thực hiện việc đánh giá như trình bày như sau:




Hình 3.1 Tổng quan quy trình thực hiện đánh giá kết hợp giữa SWAT và Telemac

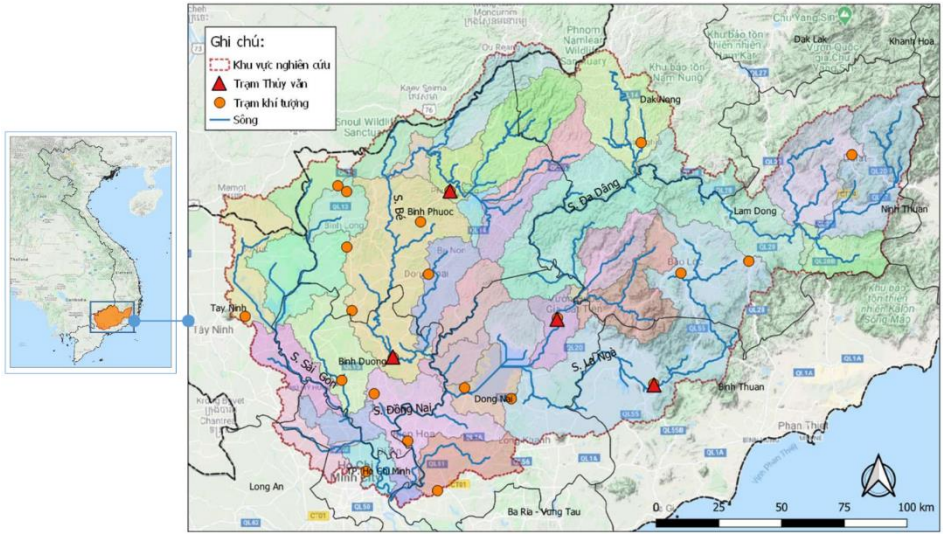
Mô hình mưa - dòng chảy và thủy lực sông ngòi được lựa chọn để sử dụng và phân tích đánh giá lần lượt là mô hình SWAT và mô hình TELEMAC. Kịch bản BĐKH & NBD được lựa chọn đánh giá là kịch bản RCP 4.5 (kịch bản phát thải thấp) và RCP 8.5 (kịch bản phát thải cao), tương ứng với các kịch bản đã được lựa chọn tính toán trong Kịch bản BĐKH & NBD cho Việt Nam (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016).

## 3.2. Thiết lập mô hình mưa - dòng chảy lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai

### *3.2.1. Phương pháp thực hiện nghiên cứu*

### *3.2.2. Thiết lập mô hình*

Việc mô phỏng lưu vực, sông, các điểm ra (cửa xả lưu vực), thời tiết được sử dụng thông qua phần mềm ArcSWAT 2012 cài đặt trên ArcGIS 10.4. Đối với việc hiệu chỉnh mô hình, sử dụng SWAT-CUP. Trong nghiên cứu này sẽ kế thừa sử dụng mô hình lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai đã được thiết lập và hiệu chỉnh bởi nhóm nghiên cứu của TS. Đào Nguyên Khôi và nghiên cứu viên Phạm Thị Len trong khuôn khổ đề tài mã số "A2013-48-1" của Đại học Quốc Gia Tp.HCM (Len & Khôi, 2015).




Hình 3.3 Khu vực nghiên cứu, các vị trí trạm khí tượng, trạm thủy văn được mô phỏng trong SWAT (và các tiểu lưu vực được mô phỏng)

### *3.2.3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định*

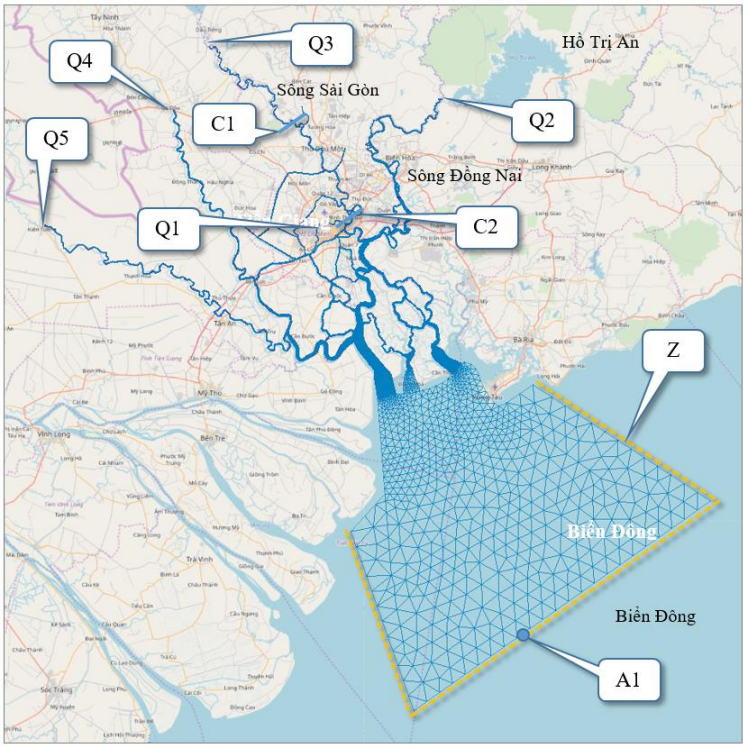
Bảng 3.5 Bảng đánh giá thống kê kết quả mô phỏng

| Stt | Trạm | Giai đoạn hiệu chỉnh | | | Giai đoạn kiểm định | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $R^2$ | NSE | PBIAS | $R^2$ | NSE | PBIAS |
| **1** | Phước Long | 0.88 | 0.9 | 5.5% | 0.91 | 0.89 | 4.1% |
| **2** | Phước Hòa | 0.9 | 0.87 | 8.7% | 0.89 | 0.87 | 13.7% |
| **3** | Tà Pao | 0.84 | 0.87 | 6.3% | 0.85 | 0.82 | 4.9% |
| **4** | Tà Lài | 0.77 | 0.73 | 11.9% | 0.79 | 0.76 | 8.1% |

## 3.3. Thiết lập mô hình thủy lực sông ngòi lưu vực

### 3.3.1. Phương pháp thực hiện nghiên cứu

### *3.3.2. Thiết lập mô hình*




Hình 3.8 Khu vực nghiên cứu, mô hình lưới, vị trí các biên lưu lượng, mực nước và các vị trí kiểm định

Miền nghiên cứu được giới hạn phía thượng lưu kể từ sau các hồ chứa Trị An, Phước Hòa, Dầu Tiếng và các nhánh sông Vàm Cỏ Đông đến vị trí Trạm Gò Dầu Hạ và Vàm Cỏ Tây đến vị trí trạm đo Mộc Hóa. Để giảm thiểu ảnh hưởng của đáy biển vùng ven bờ, giá trị triều thiên văn sẽ được áp dụng xem như điều kiện biên cho vùng biên hở ngoài biển, phía hạ lưu miền tính được mở rộng ra biển Đông với vị trí xa nhất cách cửa sông Soài Rạp khoảng 35km.

Miền nghiên cứu được giới hạn bởi 5 biên ở thượng lưu và 1 biên ở hạ lưu như sau: 1) Biên Q1(t): kênh Nhiêu Lộc Thị Nghè; 2) Biên Q2(t): sau hồ chứa Trị An; 3) Biên Q3(t): sau hồ chứa Dầu Tiếng; 4) Biên Q4(t): tại trạm Gò Dầu

Hạ; 5) Biên Q5(t): tại trạm Mộc Hoá, 6) Biên Z(t): ngoài biển xác định từ cơ sở dữ liệu của triều thiên văn.

### *3.3.3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình*

Bảng 3.7 & 3.8 Bảng đánh giá thống kê kết quả mô phỏng

| Stt | Thông số | Trạm | Chỉ số | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $R^2$ | NSE |
| 1 | Mực nước | Phú An | 0,86 | 0,85 |
| 2 | Mực nước | Nhà Bè | 0,92 | 0,91 |
| 3 | Mực nước | Biên Hòa | 0,94 | 0,92 |
| 4 | Mực nước | Tân An | 0,89 | 0,88 |
| 5 | Độ mặn | Phú An | 0,79 | 0,61 |
| 6 | Độ mặn | Lái Thiêu | 0,84 | 0,75 |
| 7 | Độ mặn | Nhà Bè | 0,63 | 0,47 |
| 8 | Lưu lượng | C1 | 0,86 | 0,85 |
| 9 | Lưu lượng | C2 | 0,87 | 0,85 |
| 10 | Mực nước | C1 | 0,90 | 0,71 |
| 11 | Mực nước | C2 | 0,93 | 0,89 |

## 3.4. Các kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng đối với lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai

## 3.5. Đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên sự thay đổi dòng chảy sử dụng mô hình mưa - dòng chảy

### *3.5.1. Tại đoạn sông Đồng Nai*

- **Giai đoạn 2030s:**

Bảng 3.14 Sự thay đổi dòng chảy tại đoạn sông Đồng Nai tại giai đoạn 2030s so với thời kỳ cơ sở theo các kịch bản

| Mùa | RCP4.5 | RCP8.5 |
|---|---|---|
| Các tháng 12, tháng 1 & tháng 2 | 40,3%<br>(-3,7% ÷ 76,4%) | 21,5%<br>(-20,8% ÷ 54,8%) |
| Các tháng 3, tháng 4 & tháng 5 | 23,5%<br>(2,4% ÷ 46,3%) | -13,7%<br>(-33,5% ÷ 9,9%) |

- **Giai đoạn 2050s:**

Bảng 3.15 Sự thay đổi dòng chảy tại đoạn sông Đồng Nai tại giai đoạn 2050s so với thời kỳ cơ sở theo các kịch bản

| Mùa | **RCP4.5** | **RCP8.5** |
|---|---|---|
| Các tháng 12, tháng 1 & tháng 2 | 38,4%<br>(-3,0% ÷ 70,9%) | 62,8%<br>(13,4% ÷ 102,1%) |
| Các tháng 3, tháng 4 & tháng 5 | 1,3%<br>(-28,5% ÷ 34,6%) | 24,6%<br>(-5,1% ÷ 58,9%) |

### *3.5.2. Tại đoạn sông Sài Gòn*

- **Giai đoạn 2030s:**

Bảng 3.16 Sự thay đổi dòng chảy tại đoạn sông Sài Gòn tại giai đoạn 2030s so với thời kỳ cơ sở theo các kịch bản

| Mùa | RCP4.5 | RCP8.5 |
|---|---|---|
| Các tháng 12, tháng 1 & tháng 2 | 49,7%<br>(-10,3% ÷ 101,0%) | 26,4%<br>(-7,8% ÷ 58,2%) |
| Các tháng 3, tháng 4 & tháng 5 | 31,4%<br>(2,6% ÷ 65,9%) | -2,8%<br>(-23,9% ÷ 21,1%) |

- **Giai đoạn 2050s:**

Bảng 3.17 Sự thay đổi dòng chảy tại đoạn sông Sài Gòn tại giai đoạn 2050s so với thời kỳ cơ sở theo các kịch bản

| Mùa | **RCP4.5** | **RCP8.5** |
|---|---|---|
| Các tháng 12, tháng 1 & tháng 2 | 56,0%<br>(-6,0% ÷ 111,5%) | 49,4%<br>(-4,9% ÷ 98,7%) |
| Các tháng 3, tháng 4 & tháng 5 | 7,4%<br>(-27,4% ÷ 50,5%) | 43,0%<br>(9,2% ÷ 79,3%) |

## 3.6. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến xâm nhập mặn sông Sài Gòn - Đồng Nai tại các vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM

### *3.6.1. Các kịch bản tính toán kết hợp biến đổi khí hậu và nước biển dâng đối với lưu vực sông SG-ĐN*

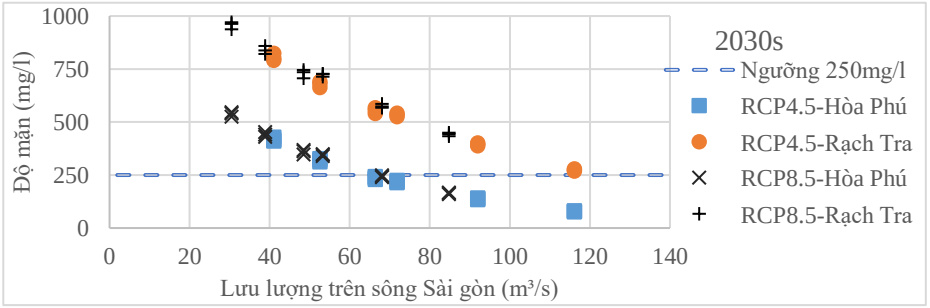
Bảng 3.19 Tổng quan các kịch bản

| Kịch bản phát thải | Giai đoạn | Thay đổi lưu lượng sông | | Mực nước biển dâng (cm) |
|---|---|---|---|---|
| | | đoạn Đồng Nai | đoạn Sài gòn | |

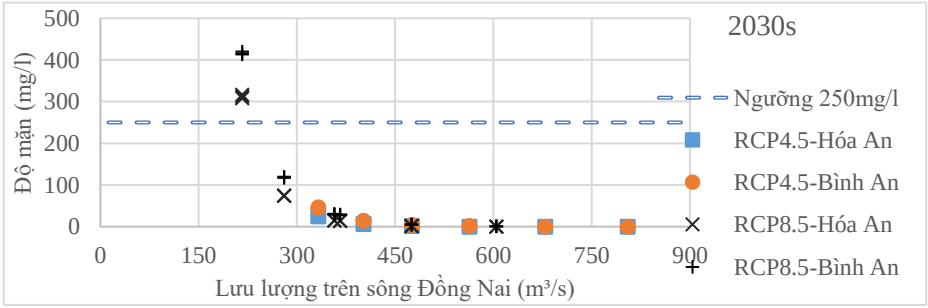
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| RCP4.5 | 2016-2035 | 23,5% (2,4% ÷ 46,3%) | 31,4% (2,6% ÷ 65,9%) | 12 (7 ÷ 18) |
| | 2046-2065 | 1,3% (-28,5% ÷ 34,6%) | 7,4% (-27,4% ÷ 50,5%) | 22 (13 ÷ 32) |
| RCP8.5 | 2016-2035 | -13,7% (-33,5% ÷ 9,9%) | -2,8% (-23,9% ÷ 21,1%) | 12 (8 ÷ 17) |
| | 2046-2065 | 24,6% (-5,1% ÷ 58,9%) | 43,0% (9,2% ÷ 79,3%) | 25 (16 ÷ 35) |

### *3.6.2. Đánh giá xâm nhập mặn*

Nghiên cứu thực hiện mô phỏng 72 tổ hợp tính toán và trích xuất dữ liệu tại các vị trí: 1) Trạm bơm Hòa Phú; 2) Trạm bơm Hóa An; 3) Trạm bơm Bình An; 4) Vị trí ngã 3 sông Sài Gòn - Rạch Tra.

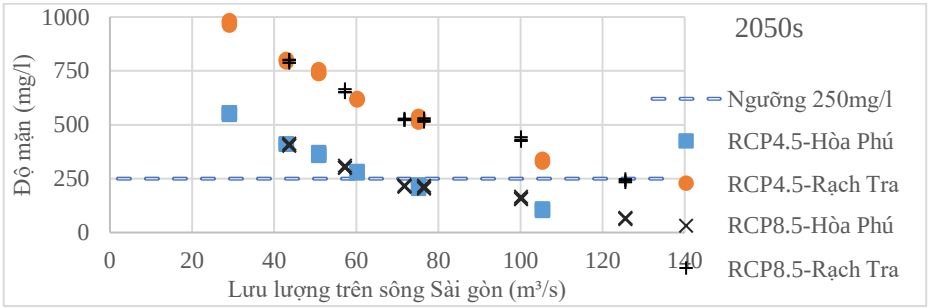



a. Độ mặn tại các vị trí xem xét trên đoạn sông Sài Gòn

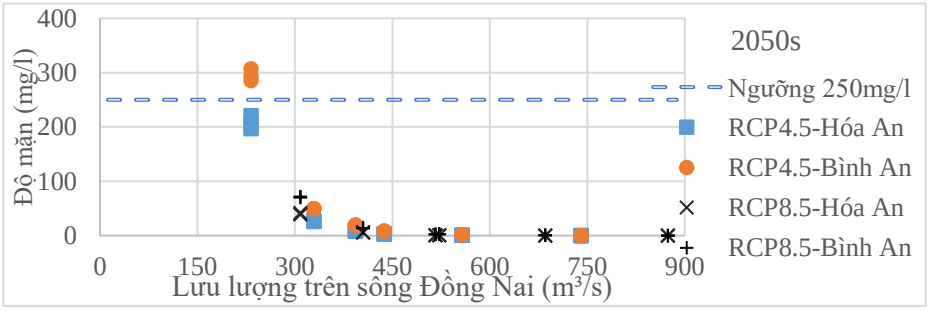



b. Độ mặn tại các vị trí xem xét trên đoạn sông Đồng Nai

Hình 3.24 Kết quả độ mặn vào các năm 2030s theo các kịch bản lưu lượng và nước biển dâng (thấp, trung bình, cao)

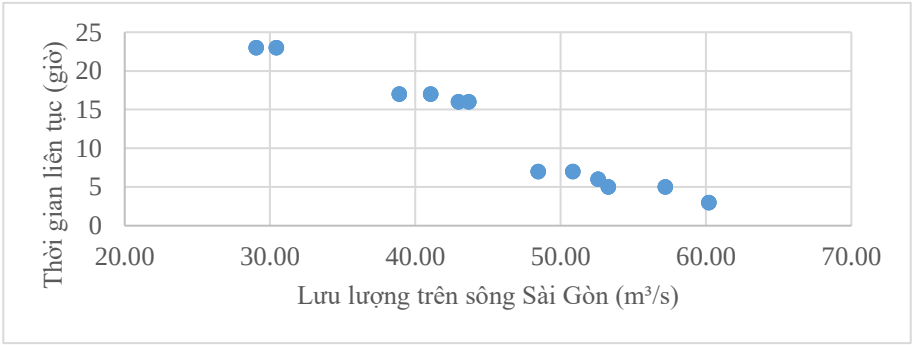



a. Độ mặn tại các vị trí xem xét trên đoạn sông Sài Gòn




b. Độ mặn tại các vị trí xem xét trên đoạn sông Đồng Nai

Hình 3.25. Kết quả độ mặn vào các năm 2050s theo các kịch bản lưu lượng và nước biển dâng (thấp, trung bình, cao)




a. Tại Trạm bơm Hòa Phú

b. Trạm bơm Hóa An và Bình An theo các kịch bản có ảnh hưởng

Hình 3.26 Thời gian kéo dài liên tục vượt ngưỡng 250mg/l tại các trạm bơm nước thô theo các kịch bản có ảnh hưởng.

# Chương 4. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG ĐẾN VIỆC AN TOÀN CẤP NƯỚC TP. HỒ CHÍ MINH VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP

## 4.1. Tổng hợp kết quả và đánh giá việc ảnh hưởng đến khả năng cung cấp nước

Bảng 4.1 Tổng hợp lượng nước thô ($m^3$) thiếu hụt lớn nhất theo kịch bản NRW 20%, xác định theo các nguồn nước

| Năm | KB BĐKH | Sông Đồng Nai | Sông Sài Gòn | Tổng cộng |
|---|---|---|---|---|
| **2030s** | RCP 4.5 | | 354.167 | 354.167 |
| | RCP 8.5 | 625.000 | 479.167 | 1.104.167 |
| **2050s** | RCP 4.5 | 25.000 | 287.500 | 312.500 |
| | RCP 8.5 | | 200.000 | 200.000 |

Bảng 4.2 Tổng hợp lượng nước thô ($m^3$) thiếu hụt lớn nhất theo các kịch bản tính toán, xác định theo các nguồn nước

| Năm | Tỷ lệ nước không doanh thu | Kịch bản BĐKH | Lượng nước thô ($m^3$) thiếu hụt lớn nhất theo các kịch bản tính toán | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sông Đồng Nai | | | Sông Sài Gòn | Kênh Đông N46 | Tổng cộng |
| | | | Hóa An | Bình An | Tổng cộng | | | |
| **2030s** | 16% | RCP 4.5 | - | - | - | 304.583 | | 304.583 |
| | | RCP 8.5 | 475.000 | - | 475.000 | 412.083 | | 887.083 |
| | 15% | RCP 4.5 | - | - | - | 283.333 | | 283.333 |
| | | RCP 8.5 | 475.000 | - | 475.000 | 383.333 | | 858.333 |
| | 14% | RCP 4.5 | - | - | - | 283.333 | | 283.333 |
| | | RCP 8.5 | 465.000 | - | 465.000 | 383.333 | | 848.333 |
| **2050s** | 13% | RCP 4.5 | - | - | - | 287.500 | | 287.500 |
| | | RCP 8.5 | - | - | - | 200.000 | | 200.000 |
| | 11% | RCP 4.5 | - | - | - | 287.498 | | 287.498 |
| | | RCP 8.5 | - | - | - | 200.000 | | 200.000 |

## 4.2. Đề xuất các giải pháp hạn chế đến việc cung cấp nước tại Tp.HCM kết hợp giữa Tổng công ty Cấp nước Sài Gòn với chính quyền quản lý

### *4.2.1. Xây dựng hồ chứa nước thô*

Bảng 4.3 Đề xuất kích thước hồ sơ lắng dự trữ ở mức tối thiểu theo các kịch bản

| Trạm | Dung tích yêu cầu theo các KB ($m^3$) | Tổng dung tích ($m^3$) | Dung tích chết ($m^3$) | Kích thước hồ | Tổng diện tích yêu cầu (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Hóa An** | 475.000 | 595.000 | 120.000 | 19,83ha \| h=3m | 25.8 |
| | 465.000 | 585.000 | 120.000 | 19,5ha \| h=3m | 25.4 |
| **Hòa Phú** | 415.000 | 520.000 | 105.000 | 17,33ha \| h=3m | 22.5 |
| | 390.000 | 490.000 | 100.000 | 16,33ha \| h=3m | 21.2 |
| | 300.000 | 375.000 | 75.000 | 12,5ha \| h=3m | 16.3 |

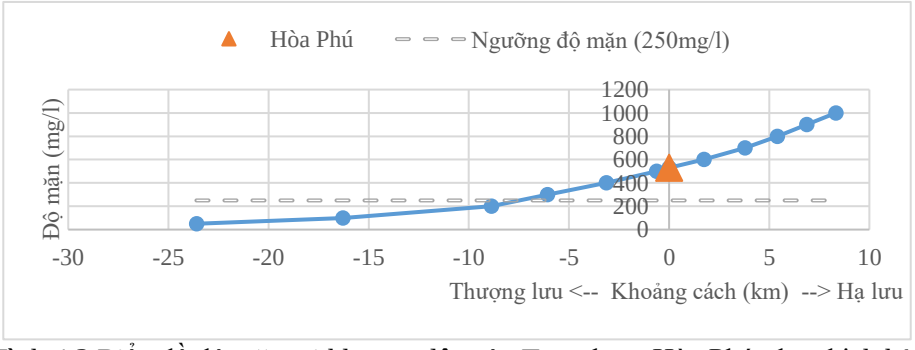
Bảng 4.14 Vị trí các hồ chứa nước thô đề xuất

| Trạm bơm | Vị trí | Diện tích có thể đáp ứng | Tuyến ống dẫn về Trạm bơm |
|---|---|---|---|
| Hòa Phú | Vị trí 1: Xã Trung An, Củ Chi, về phía thượng nguồn sông Sài | 22 ÷ 47 ha | 8,3km, D = 2m; V < 2m/s |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Gòn trước ngã 3 sông Thị Tính-Sài Gòn | | |
| Hòa Phú | Vị trí 2: Xã Trung An, Củ Chi, về phía thượng nguồn Trạm bơm Hòa Phú hiện hữu | 26 ha | 1,5km, D = 2m; V < 2m/s |
| Hòa Phú | Vị trí 3: lân cận thượng nguồn Trạm bơm Hòa Phú hiện hữu | 16 ha | 0,8km, D = 2m; V < 2m/s |
| Hóa An | Lân cận thượng nguồn Trạm bơm Hóa An hiện hữu | 31 ha | 0,4km, 2 x D = 2m; V ~ 2m/s |
| Bình An | Lân cận hạ lưu Trạm bơm Bình An hiện hữu | 6 ha | 1,8km, D = 1m; V ~ 2m/s |

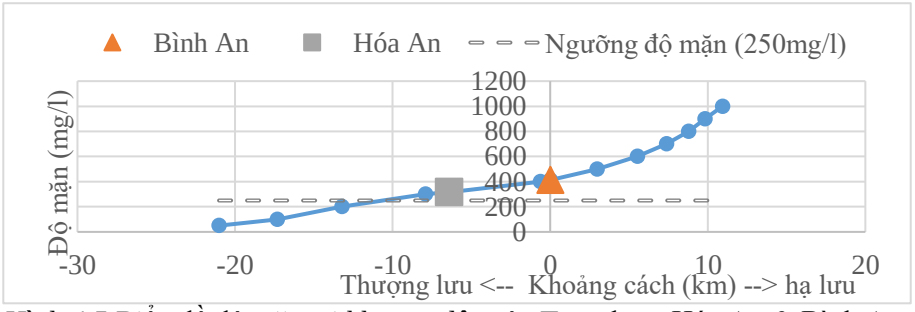
### *4.2.2. Chuyển đổi vị trí lấy nước thô*

Đối với nguồn nước sông Sài Gòn: dời vị trí lên thượng nguồn

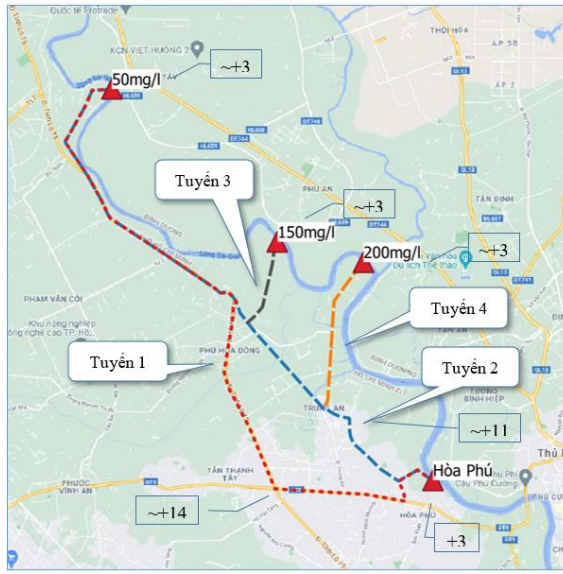



Hình 4.3 Biểu đồ độ mặn tại khu vực lân cận Trạm bơm Hòa Phú, theo kịch bản cực hạn

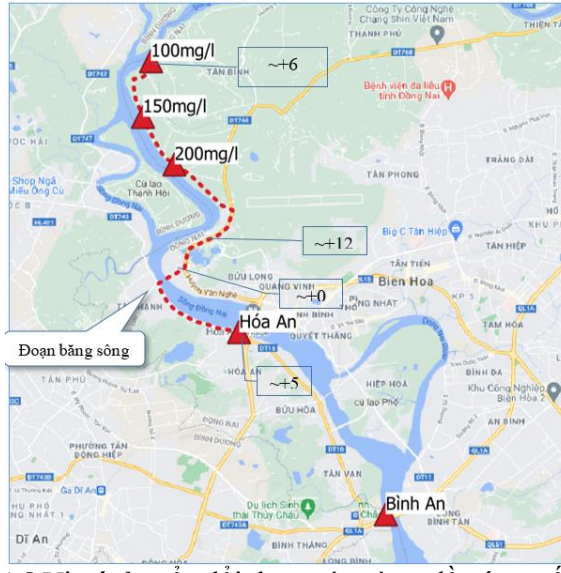
Đối với nguồn nước sông Đồng Nai: Dời vị trí lấy nước thô về phía thượng lưu sông Đồng Nai




Hình 4.5 Biểu đồ độ mặn tại khu vực lân cận Trạm bơm Hóa An & Bình An, theo kịch bản cực hạn




Hình 4.4 Vị trí chuyển đổi thu nước và sơ đồ các tuyến ống nước thô Trạm bơm Hòa Phú




Hình 4.6 Vị trí chuyển đổi thu nước và sơ đồ các tuyến ống nước thô Trạm bơm Hóa An Đối với nguồn nước từ Kênh Đông:

### *4.2.3. Tăng lưu lượng cung cấp nước từ Hồ Dầu Tiếng và Hồ Trị An*

Bảng 4.4 Lưu lượng cần thiết phải bổ sung trên các đoạn sông theo các trường hợp tính toán

| Kịch bản lưu lượng | Kịch bản BĐKH | Giai đoạn | Lưu lượng tối thiểu để không xảy ra ($m^3/s$) | | Mực NBD cao nhất (cm) | Lưu lượng cực trị theo các trường hợp tính toán ($m^3/s$) | | Lưu lượng cần thiết phải bổ sung ($m^3/s$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Đồng Nai | Sài Gòn | | Đồng Nai | Sài Gòn | Đồng Nai | Sài Gòn |
| **Trung bình** | 4.5 | 2030s | 563,20 | 71,82 | 18 | 563,20 | 71,82 | | |
| | | 2050s | 393,25 | 75,18 | 32 | 393,25 | 50,82 | | 24,36 |
| | 8.5 | 2030s | 365,75 | 68,04 | 17 | 365,75 | 53,27 | | 14,77 |
| | | 2050s | 521,95 | 76,44 | 35 | 521,95 | 76,44 | | |
| **Kiệt** | 4.5 | 2030s | 332,80 | 66,36 | 18 | 332,80 | 41,04 | | 25,32 |
| | | 2050s | 329,23 | 66,36 | 32 | 232,38 | 29,04 | 96,85 | 37,32 |
| | 8.5 | 2030s | 280,48 | 71,72 | 17 | 216,13 | 30,44 | 64,35 | 41,28 |
| | | 2050s | 308,43 | 71,72 | 35 | 308,43 | 43,68 | | 28,04 |

## KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ

Nhằm đánh giá tác động của BĐKH và NBD đến nguồn nước thô cung cấp và dự báo nhu cầu dùng nước trong tương lai trung hạn tại Tp.HCM, trong nghiên cứu này đã thực hiện nghiên cứu và có các đóng góp về mặt khoa học cũng như về mặt định hướng quy hoạch cấp nước cho Tp.HCM như sau:

1) Nghiên cứu đã xây dựng mô hình dự báo nhu cầu dùng nước và đưa ra bảng các giá trị dự báo dùng nước theo các trường hợp khác nhau trong các thời điểm năm 2030 và 2050 cho Tp.HCM. Số liệu dự báo có xem xét đến lộ trình và các kịch bản giảm nước không doanh thu của SAWACO. Việc dự báo với mô hình dựa trên các số liệu tăng trưởng đồng hồ nước, giá nước, GRDP và dân số thành thị trong quá khứ và dự báo sự tăng trưởng của các thành phần này trong tương lai.

2) Nghiên cứu đã đưa ra các kịch bản xâm nhập mặn trên sông SG-ĐN tại các vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM, tính toán từ mô hình thủy lực sông ngòi với sự thay đổi biên lưu lượng từ các kịch bản thay đổi dòng chảy do BĐKH được xác định từ mô hình mưa - dòng chảy và kết hợp với kịch bản NBD. Kết quả của bài toán đưa ra các trường hợp biên xâm nhập theo các kịch bản tại các vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM với các cảnh báo về mức độ, cũng như thời gian nhiễm mặn kéo dài liên tục mà có thể đến việc cung cấp nước thô.

3) Đánh giá tổng hợp bài toán thiếu / đủ và tính toán định lượng sự thiếu hụt về lượng nước thô cho Tp.HCM theo các kịch bản dự báo cung - cầu, đưa ra các trường hợp cảnh báo về thời gian ngưng cung cấp nước kéo dài liên tục tại các Nhà máy nước; từ đó đề xuất các khuyến nghị đối với việc quy hoạch cấp nước của Tp.HCM trong việc đảm bảo an toàn nguồn nước thô cung cấp, bao gồm các giải pháp chính như sau:

1. Đề xuất vị trí và quy mô các hồ chứa nước thô dự trữ tương ứng với thể tích nước bị thiếu hụt theo các kịch bản BĐKH & NBD đã tính toán;

2. Đề xuất chuyển vị trí lấy nước thô tại các địa điểm không bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn theo tất cả các kịch bản BĐKH & NBD đã tính toán, cũng như định tuyến ống nước thô truyền tải về lại các NMN hiện hữu;

3. Đề xuất các lưu lượng cần thiết nhằm bổ sung trên các đoạn sông để đẩy biên mặn ra khỏi các Trạm bơm nước thô theo các kịch bản BĐKH & NBD đã tính toán.

Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng còn tồn tại một số các hạn chế, bao gồm các nhóm hạn chế như trình bày sau:

1) Hạn chế về nguồn dữ liệu thủy văn, bản đồ số địa hình, bản đồ sử dụng đất, các số liệu mặt cắt sông…dẫn đến đưa ra một số các giả thiết khi sử dụng các mô hình toán để thực hiện mô phỏng nghiên cứu. Bên cạnh đó, do Kịch bản

BĐKH & NBD được công bố từ Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016) không xem xét các yếu tố khác có liên quan như sự nâng hạ địa chất, sự thay đổi địa hình, sụt lún đất do khai thác nước ngầm, ảnh hưởng của thủy triều, nước dâng do bão, nước dâng do gió mùa, ảnh hưởng của các công trình thủy điện bậc thang, xâm nhập mặn,… nên trong nghiên cứu này cũng chưa xem xét đến.

2) Hạn chế về nguồn dữ liệu dự báo thay đổi sử dụng đất, dự báo thay đổi kinh tế xã hội, dự báo thay đổi cơ cấu nông lâm nghiệp tại các tỉnh trong lưu vực sông SG-ĐN, dẫn đến chưa thể tính toán toàn diện sự thay đổi dòng chảy trên sông SG-ĐN do các yếu tố khác ngoài kịch bản biến đổi khí hậu & nước biển dâng.

3) Trong giới hạn của nghiên cứu, việc đề xuất các giải pháp giảm thiểu rủi ro đến việc cung cấp nước cho Tp.HCM chưa bao gồm các yếu tố về ô nhiễm nguồn nước mặt. Cũng như chưa thể tính toán ước tính kinh phí thực hiện cho các giải pháp đề xuất, các giải pháp này cần thêm các đề tài nghiên cứu cụ thể về tính khả thi cũng như thiết kế xây dựng.

Từ các kết quả tính toán cũng như các hạn chế như đã trình bày, kiến nghị đề xuất các nghiên cứu tiếp nối hoặc nâng cao chất lượng kết quả tính toán nhằm giảm thiểu rủi ro đến việc cung cấp nước cho Tp.HCM như:

1) Nghiên cứu ảnh hưởng của ô nhiễm cũng như mô hình toán dự báo lan truyền ô nhiễm theo các kịch bản đến các vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM.

2) Nghiên cứu việc thay đổi nguồn cung cấp nước thô cho Tp.HCM.

3) Nghiên cứu nâng cao năng lực dự trữ nước cho Tp.HCM.

# DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

(2015). Tổng quan các phương pháp dự báo nhu cầu dùng nước đô thị và tính không chắc chắn trong dự báo dài hạn. *Tạp chí Tài Nguyên Nước*, tr. 13-20, số chuyên đề 9-2015

(2015). Dự báo dài hạn nhu cầu dùng nước đô thị trong điều kiện không chắc chắn - Áp dụng nghiên cứu tại Tp.HCM. *Tạp chí Tài nguyên Nước*, tr. 65-72, số 04 10-2015

(2015). Tác động của nước biển dâng đến chế độ thủy triều trên sông Sài Gòn - Đồng Nai. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, tr 72-78, số 5-2015

(2016). Tác động của nước biển dâng lên xâm nhập mặn vào hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, tr 72-78, số 6-2016

(2019). Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến việc thay đổi dòng chảy sông Sài Gòn - Đồng Nai tại các vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM. *Tạp chí Tài Nguyên Nước*, tr. 41-48, số 03 07-2019

(2020). Đánh giá xâm nhập mặn tại các vị trí cung cấp nước thô cho thành phố Hồ Chí Minh dưới ảnh hưởng của BĐKH & NBD. *Tạp chí Tài Nguyên Nước*, tr. 43-52, số 03 08-2020

(2021). Đề xuất chuyển đổi vị trí cung cấp nước thô cho Tp.HCM theo các kịch bản biến đổi khí hậu về mưa, nhiệt độ và nước biển dâng. *Tạp chí Tài Nguyên Nước*, tr 18-26, số 02 04-2021