

# MỞ ĐẦU

## 1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Trong nhiều năm gần đây những biểu hiện của Biến đổi khí hậu – Nước biển dâng (BĐKH-NBD) diễn ra ngày càng nhiều và rõ rệt trên thế giới, tại Việt Nam và khu vực thành phố Hồ Chí Minh (Tp.HCM). Các hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa trái mùa, lượng mưa gia tăng, lũ lụt, hạn hán kéo dài, nhiệt độ cao bất thường... diễn ra khá thường xuyên. Khu vực Tp.HCM có điều kiện tự nhiên dễ bị tổn thương trước tác động của BĐKH-NBD như địa hình thấp với cao độ địa hình trung bình từ 1÷5m; có đường bờ biển dài hơn 15km; nhiều sông rạch chằng chịt, đặc biệt có hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai chảy qua, nền địa chất là các trầm tích trẻ, mềm yếu dễ bị biến đổi do tác động của các môi trường bên ngoài, chủ yếu là trầm tích tuổi Holocen và Pleistocen. Mặt khác, Tp.HCM đông dân, có vị trí quan trọng trong nền kinh tế ở Nam Bộ và của cả nước, vì thế nếu Thành phố bị tổn thương do BĐKH-NBD sẽ gây ra những hậu quả nghiêm trọng.

Thời gian qua đã có một số đề tài nghiên cứu khoa học đánh giá tác động của BĐKH-NBD, song chưa có những đề tài đi sâu nghiên cứu mang tính khu vực về tác động của BĐKH-NBD tới môi trường địa chất của Thành phố, vì thế, đề tài luận án “Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến môi trường địa chất khu vực thành phố Hồ Chí Minh” nhằm phục vụ quy hoạch phát triển kinh tế xã hội bền vững có tính cấp thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

## 2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là môi trường địa chất khu vực Tp.HCM, chủ yếu là các trầm tích Holocen và Pleistocen nằm gần mặt đất trong phạm vi chiều sâu chịu tác động mạnh và trực tiếp của BĐKH – NBD.

### 2.2. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu là khu vực Tp.HCM, song tập trung chủ yếu ở các vùng ven biển, ven sông, rạch chịu tác dụng trực tiếp của BĐKH – NBD.

## 3. Mục đích của luận án

Làm sáng tỏ và dự báo sự biến đổi về một số phương diện quan trọng của môi trường địa chất khu vực Tp.HCM trước tác động của BĐKH – NBD theo các kịch bản nước biển dâng khác nhau.

## 4. Những luận điểm bảo vệ

BĐKH – NBD sẽ tác động nhiều mặt tới môi trường địa chất khu vực Tp.HCM, trong khuôn khổ luận án này Nghiên cứu sinh tập trung làm sáng tỏ và bảo vệ các luận điểm sau:

- Luận điểm 1: NBD sẽ đẩy ranh mặn trên hệ thống sông và kênh rạch vào sâu trong nội địa, làm gia tăng nhiễm mặn nước dưới đất trong một bộ phận trầm tích Holocen, làm dịch chuyển biên mặn trong các tầng chứa nước Pleistocen.
- Luận điểm 2: BĐKH – NBD làm gia tăng động lực dòng chảy dẫn đến biến đổi hoạt động bồi xói lòng dẫn, tăng cường xâm thực làm biến đổi đường bờ của sông trong khu vực nghiên cứu.

## **5. Nhiệm vụ của luận án**

Nhằm đáp ứng mục tiêu nghiên cứu nêu trên và có cơ sở chứng minh các luận điểm bảo vệ đề ra, luận án thực hiện các nhiệm vụ chính sau:

1. Làm sáng tỏ đặc điểm MTĐC khu vực Tp.HCM và tính dễ tổn thương của môi trường này trước tác động của BĐKH – NBD.
2. Xác định vùng bị ngập theo kịch bản NBD.
3. Dự báo dịch chuyển biên mặn trên các sông và kênh rạch do NBD.
4. Dự báo dịch chuyển biên mặn trong các tầng chứa nước Pleistocen do NBD.
5. Dự báo các hoạt động bồi – xói lòng dẫn và xâm thực, biến đổi đường bờ của các dòng sông trong khu vực do BĐKH-NBD.
6. Phân tích, đánh giá ảnh hưởng của biến đổi môi trường địa chất do BĐKH-NBD như nhiễm mặn, dâng cao mực nước ngầm, gia tăng cường độ hoạt động xâm thực của dòng chảy...tới công trình xây dựng và đề xuất hướng xử lý.

## **6. Nội dung nghiên cứu**

Để hoàn thành các nhiệm vụ nêu trên, Luận án tập trung nghiên cứu các nội dung chính sau:

1. Nghiên cứu các kịch bản BĐKH-NBD, chiến lược ứng phó với BĐKH-NBD của Việt Nam nói chung và Tp.HCM nói riêng.
2. Nghiên cứu MTĐC khu vực Tp.HCM, tập trung chủ yếu vào các trầm tích nằm nông chịu tác động trước tiên và trực tiếp của BĐKH-NBD.
3. Nghiên cứu các điều kiện tự nhiên làm cho MTĐC khu vực dễ bị tổn thương và là cơ sở để dự báo những biến đổi của môi trường này khi BĐKH-NBD như các điều kiện địa hình, hệ thống sông, kênh rạch, chế độ thủy văn, hải văn, xâm nhập mặn...
4. Nghiên cứu các mô hình số dự báo dịch chuyển biên mặn trên hệ thống sông, kênh rạch và trong các tầng chứa nước Pleistocen.
5. Dự báo bồi-xói lòng dẫn và xâm thực làm biến đổi đường bờ của hệ thống sông Sài Gòn-Đồng Nai.

## **7. Phương pháp nghiên cứu**

Các phương pháp chính được sử dụng trong quá trình thực hiện luận án gồm:

1. Phương pháp phân tích hệ thống: vận dụng phương pháp này để làm sáng tỏ tương tác giữa các môi trường xung quanh trong điều kiện BĐKH-NBD với MTĐC và sự biến đổi của môi trường này; tương tác

giữa MTĐC bị biến đổi với các công trình xây dựng, dự báo sự biến đổi của các đối tượng xây dựng do kết quả tương tác.

2. Phương pháp địa chất: để hiểu rõ sự hình thành và đặc điểm cấu trúc địa chất, thành phần và tính chất của môi trường địa chất khu vực nghiên cứu.
3. Phương pháp mô hình toán: sử dụng các phần mềm F28, và GMS để dự báo dịch chuyển ranh mặn trên hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai, dịch chuyển ranh mặn trong tầng chứa nước Pleistocen, biến đổi hoạt động bồi-xói lòng dẫn...
4. Phương pháp thống kê toán học: để chỉnh lý thông tin sử dụng trong các mô hình toán

Trong quá trình thực hiện luận án, Nghiên cứu sinh (NCS) đã tiến hành khảo sát thực địa để bổ sung và kiểm định các thông tin thu thập được.

## **8. Những điểm mới về khoa học của luận án**

- Đã phân tích tính dễ tổn thương của MTĐC khu vực Tp.HCM, những đặc điểm địa lý tự nhiên của khu vực là điều kiện thuận lợi thúc đẩy MTĐC bị biến đổi trước các tác động của BĐKH-NBD.
- Kết hợp sử dụng phương pháp phân tích hệ thống và các mô hình số đã cho phép làm sáng tỏ tương tác có tính khu vực giữa các môi trường xung quanh trong điều kiện BĐKH-NBD với MTĐC và dự báo định lượng biến đổi về một số phương diện quan trọng của môi trường này.

## **9. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án**

### **9.1. Ý nghĩa khoa học**

Kết quả nghiên cứu của luận án mang lại những ý nghĩa khoa học rõ rệt, cho thấy:

- Sự biến đổi MTĐC khi BĐKH-NBD ngoài phụ thuộc mức độ BĐKH-NBD và đặc điểm của môi trường này, còn chịu ảnh hưởng của những yếu tố tự nhiên khác có tác dụng làm tăng, giảm tính dễ tổn thương của MTĐC như địa hình, mạng thủy văn, chế độ thủy văn, hải văn, xâm nhập mặn..., khi nghiên cứu tác động của BĐKH-NBD không thể bỏ qua các yếu tố đó.
- Phương pháp phân tích hệ thống với trợ giúp của các mô hình số là phương pháp hữu hiệu cho phép dự báo đúng đắn định lượng những biến đổi của MTĐC.
- Dưới tác động của BĐKH-NBD, MTĐC bị biến đổi sâu sắc, gây ra những tổn thất nghiêm trọng mang tính khu vực về tài nguyên đất nông nghiệp, tài nguyên đất xây dựng, tài nguyên nước mặt và nước dưới đất, gây ra những tai biến địa chất, làm thay đổi thành phần, tính chất của đất..., những biến đổi đó ảnh hưởng trực tiếp tới kinh tế - xã hội, tới công trình xây dựng.

## **9.2. Ý nghĩa thực tiễn**

- Kết quả nghiên cứu của Luận án là cơ sở giúp các nhà quản lý đề ra chiến lược và biện pháp ứng phó với BĐKH-NBD, lập quy hoạch phát triển bền vững, xây dựng hệ thống quan trắc kiểm soát sự biến đổi MTĐC ở khu vực Tp.HCM.
- Kết quả nghiên cứu có giá trị tham khảo khi xây dựng chương trình nghiên cứu ảnh hưởng của BĐKH-NBD tới môi trường địa chất ở các địa phương khác.

## **10. Cơ sở tài liệu của luận án**

Luận án được xây dựng trên cơ sở kết quả nghiên cứu và kinh nghiệm trong nhiều năm công tác trước đây của Nghiên cứu sinh về địa chất thủy văn, địa chất công trình và những kết quả khảo sát, nghiên cứu mà Nghiên cứu sinh đã tiến hành trong quá trình thực hiện luận án. Nghiên cứu sinh cũng tham khảo và phân tích nhiều kết quả nghiên cứu đã công bố hoặc tài liệu lưu trữ của nhiều tổ chức và cá nhân các nhà khoa học trong và ngoài nước.

# **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MÔI TRƯỜNG ĐỊA CHẤT, BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU- NƯỚC BIỂN DÂNG VÀ PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU.**

## **1.1. Tổng quan về môi trường địa chất**

Môi trường địa chất (MTĐC) là một hợp phần của môi trường tự nhiên (MTTN), phần trên cùng của vỏ Trái đất, nơi bị con người chiếm dụng, khai phá để sinh sống và tiến hành các hoạt động kinh tế - kỹ thuật, nơi chi phối, điều tiết một cách tự nhiên, tạo thuận lợi hoặc trở ngại cho cuộc sống và hoạt động của con người và chịu tác động của các hoạt động nhân sinh. MTĐC là nền tảng, hợp phần quan trọng nhất của MTTN. Môi trường địa chất được hình thành và phát triển trong tác động qua lại với khí quyển, thủy quyển, thạch quyển, sinh quyển và những quyển bên trong Trái đất. Có một số định nghĩa về môi trường địa chất, theo giáo sư V.Đ. Lômtadze: “Môi trường địa chất là các điều kiện vây quanh ta, nó phát sinh và biến đổi trong các mối tương tác với khí quyển, thủy quyển và các quyển bên trong của Trái Đất. Mối tương tác đó diễn ra trong suốt lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất, tạo nên sự cân bằng nhất định trên bề mặt cũng như trong lòng Trái Đất với quy mô toàn cầu, khu vực hoặc cục bộ. Nhưng cũng chính sự tương tác đó đã tạo ra những mâu thuẫn và là nguyên nhân tất yếu làm nảy sinh và phát triển các quá trình địa chất dẫn tới sự thay đổi hoặc phá hủy môi trường địa chất và tạo ra cho nó một bộ mặt mới” [1]. Viện sĩ E.M. Sergeev quan niệm “Môi trường địa chất là phần trên cùng của thạch quyển, nơi chịu tác động trực tiếp của các hoạt động của con người, chi phối và điều tiết các hoạt động đó” [2]. Giáo sư Phạm Văn Tỵ định nghĩa: “Môi trường địa chất là một phần của môi trường tự nhiên, là phần trên cùng

của thạch quyển, cấu tạo từ các thể rắn, thể lỏng và thể khí cùng với tất cả các tài nguyên chứa trong đó và các trường vật lý vốn có của nó, là nơi cư trú và thực hiện các hoạt động sống của loài người, nơi diễn ra tác dụng tương hỗ giữa thạch quyển với khí quyển, thủy quyển, sinh quyển và quyển kỹ thuật” [2],[3],[4]. Có thể thấy các định nghĩa trên đều thống nhất cho rằng, môi trường địa chất là phần trên cùng của thạch quyển chịu tác động của các hoạt động kỹ thuật của con người.

Do kết quả tương tác giữa các hợp phần bên trong MTĐC với nhau, giữa MTĐC với các phần sâu của Trái đất và giữa MTĐC với các môi trường bên ngoài, với hoạt động của con người, trong MTĐC luôn phát sinh các quá trình địa chất tự nhiên và quá trình địa chất nhân sinh, trong đó bao gồm cả các quá trình ĐCCT.

MTĐC đảm nhận nhiều chức năng quan trọng đối với sự sinh tồn và phát triển của con người [5]. Đó là nơi con người chiếm cứ để sống và tiến hành các hoạt động phát triển, là nền của toàn bộ hạ tầng cơ sở, nhà cửa, đô thị, đường xá, cầu cống, khu công nghiệp...

MTĐC cung cấp tài nguyên đất, tài nguyên nước, tài nguyên khoáng sản, tài nguyên cảnh quan (các kỳ quan địa chất – geotope) và tài nguyên vị thế. MTĐC còn có chức năng hấp thụ năng lượng mặt trời và điều hoà nhiệt độ không khí, góp phần hình thành tài nguyên khí hậu. Đa phần các tài nguyên này là tài nguyên có thể tái tạo (trừ tài nguyên khoáng sản) nhưng do tổng lượng hữu hạn và nhu cầu tăng liên tục dẫn đến sự khai thác quá mức, không kịp phục hồi và làm ô nhiễm khiến tài nguyên ngày càng suy thoái và có nguy cơ cạn kiệt.

MTĐC là nơi chứa đựng toàn bộ chất thải lỏng và chất thải rắn nguồn gốc sinh hoạt và sản xuất. Mặc dù có khả năng xử lý (phân hủy chất thải thành các dạng ban đầu), nhưng khi vượt quá sức chịu đựng (khả năng tiếp nhận và phân hủy - khả năng “tự làm sạch”), cho nên MTĐC ngày càng bị ô nhiễm.

MTĐC là nơi lưu trữ và cung cấp thông tin cho con người, nó “ghi chép” và lưu trữ lịch sử địa chất, lịch sử tiến hoá của vật chất và sinh vật, lịch sử xuất hiện và phát triển văn hoá của loài người; cung cấp các dữ liệu mang tính báo động sớm các nguy hiểm đối với con người và sinh vật.

## **1.2. Tổng quan về biến đổi khí hậu – nước biển dâng**

Biểu hiện của BĐKH ở Việt Nam về cơ bản phù hợp với xu thế BĐKH – NBD đã và đang diễn ra trên toàn cầu cũng như trong khu vực, tình hình trong 100 năm qua như sau:

- Nhiệt độ trung bình năm thời kỳ 1958-2014 tăng khoảng 0,62°C, riêng giai đoạn (1985-2014) tăng khoảng 0,42°C. Cực trị nhiệt độ tăng ở hầu hết các vùng, có xu thế giảm số ngày rét đậm, rét hại, giảm lượng mưa trung bình năm ở phía bắc; tăng ở phía nam, số lượng bão mạnh có xu hướng tăng, El Nino và La Nina, hạn hán xuất hiện thường xuyên hơn.

Mưa cực đoan giảm đáng kể ở Đồng bằng Bắc Bộ, tăng mạnh ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên..

- Mức nước biển tại các trạm hải văn đều tăng. Giai đoạn 1993-2014: mức nước trung bình toàn Biển Đông tăng  $4,05 \pm 0,6$ mm/năm, khu vực ven biển Việt Nam tăng  $3,5 \pm 0,7$ mm/năm, ven biển Nam Trung Bộ tăng mạnh nhất là 5,6mm/năm, ven biển Vịnh Bắc Bộ tăng 2,5mm/năm.

Kịch bản BDKH-NBD cho Việt Nam vào cuối thế kỷ 21 được cập nhật, xây dựng dựa trên cách tiếp cận theo nồng độ khí nhà kính (RCPs) và được lựa chọn sao cho có thể đại diện các nhóm kịch bản phát thải và đảm bảo bao hàm được khoảng biến đổi của nồng độ các khí nhà kính trong tương lai một cách hợp lý.

- Theo kịch bản RCP4.5, nhiệt độ trung bình năm tăng  $1,9 \div 2,4$ °C ở phần phía Bắc và  $1,7 \div 1,9$ °C ở phần phía Nam. Nhiệt độ cực trị có xu thế tăng rõ rệt. Lượng mưa năm tăng từ  $5 \div 15$ %, lượng mưa ngày lớn nhất có xu thế tăng trên toàn lãnh thổ. Số các trận bão mạnh đến rất mạnh có xu thế tăng. Số ngày rét đậm, rét hại đều giảm. Số ngày nắng nóng ( $T_x \geq 35$ °C) có xu thế tăng trên cả nước. Hạn hán có thể trở nên khắc nghiệt hơn ở một số vùng.
- Kịch bản NBD được xây dựng cho 7 khu vực ven biển, quần đảo Hoàng Sa, Trường Sa. Kịch bản NBD chỉ xét đến sự thay đổi mực nước biển trung bình do biến đổi khí hậu, không xét sự dâng cao mực nước biển do các yếu tố như: bão, gió mùa, thủy triều, quá trình nâng/hạ địa chất và các quá trình khác. Theo kịch bản RCP4,5, năm 2100 mực nước biển Đông dâng 77cm ( $51 \div 100$ cm).

#### ***1.2.4. Chiến lược ứng phó với BDKH-NBD của Tp.HCM***

Tp.HCM là một trong 10 thành phố bị ảnh hưởng nặng nề nhất của BDKH, do đó Thành phố tập trung ưu tiên vào kế hoạch thích ứng với BDKH, nâng cao khả năng thích ứng của người dân trước những thay đổi trong tương lai. Trên cơ sở “Chiến lược Quốc gia về Biến đổi khí hậu (Ban hành kèm theo Quyết định số 2139/QĐ-TTg ngày 05 tháng 12 năm 2011 của Thủ tướng Chính phủ)” [12], Tp.HCM đã ban hành “Kế hoạch hành động ứng phó biến đổi khí hậu trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2015 (Ban hành kèm theo Quyết định số 2484/QĐ-UBND ngày 15 tháng 05 năm 2015 của Chủ tịch Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh)” [13] với những mục tiêu, quan điểm và nhiệm vụ cụ thể.

### **1.3. Tổng quan những nghiên cứu về tác động của BDKH-NBD đến tài nguyên môi trường khu vực Nam Bộ và Tp.HCM**

Nhìn chung, các công trình nghiên cứu đã công bố về lĩnh vực này còn ít, có thể kể tới các công trình của các tác giả sau: Về dự báo, đánh giá ảnh hưởng của BDKH-NBD đến ngập lụt, ngập mặn và đề xuất các biện pháp bảo vệ ở một số

tỉnh của Đồng bằng Sông Cửu Long có các công trình của Huỳnh Thị Lan Hương và nnk; của Dương Hồng Sơn và nnk; của Nguyễn Văn Đước, Tôn Thất Lãng, Lương Hữu Dũng. Về nghiên cứu xu thế mực nước ở hạ lưu sông Đồng Nai có công trình của Lương Văn Việt. Về đánh giá ảnh hưởng BĐKH đến năng suất lúa ở Đồng bằng Sông Cửu Long của tác giả Bảo Thanh và nnk. Ngoài ra, cũng có thể kể đến một số công trình nghiên cứu trình bày tại các hội nghị Quốc tế “Geological and Geotechnical Engineering in Response to Climate change and Sustainable development of Infrastructure” do Hội Địa chất công trình và môi trường Việt Nam và Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc Gia Hà Nội tổ chức.

#### **1.4. Phương pháp luận nghiên cứu**

Các môi trường tự nhiên như môi trường địa chất, môi trường nước, môi trường không khí... luôn tương tác với nhau. Sự hình thành môi trường địa chất trong khu vực (cấu trúc địa hình, cấu trúc địa chất, cấu trúc địa chất thủy văn, thành phần, tính chất đất đá... là kết quả tương tác giữa các môi trường trong suốt chiều dài lịch sử. Các môi trường này là những hợp phần của một hệ thống tự nhiên, chúng luôn tương tác với nhau. Khi các môi trường bên ngoài biến đổi như BĐKH- NBD thì tương tác giữa các môi trường cũng biến đổi, dẫn tới môi trường địa chất bị biến đổi. Vì thế để hiểu và làm rõ sự biến đổi của môi trường địa chất dưới tác động của BĐKH-NBD, trong luận án này Nghiên cứu sinh vận dụng lý thuyết hệ thống, xem các môi trường là những hợp phần của một hệ thống tự nhiên và tiến hành phân tích hệ thống đối với hệ thống tự nhiên này, cụ thể là làm rõ cấu trúc, thành phần, tính chất... của môi trường địa chất, đặc điểm của môi trường nước (nước biển, nước sông) trong điều kiện BĐKH-NBD, phân tích tương tác giữa nước biển, nước sông (truyền dẫn mặn), tương tác giữa môi trường nước và môi trường địa chất để làm rõ sự biến đổi của môi trường địa chất dưới tác động của BĐKH-NBD. Bằng sự trợ giúp của các phương pháp số với các phần mềm chuyên dụng như F28, GIS hay ArcGIS... cho phép Luận án đánh giá định lượng sự biến đổi về một vài phương diện quan trọng của môi trường địa chất trong điều kiện BĐKH-NBD như dịch chuyển biên mặn trên sông, kênh rạch và trong các tầng chứa nước, biến động hoạt động bồi-xói lòng dẫn và xâm thực làm biến đổi đường bờ của dòng sông...

Phần môi trường địa chất nằm dưới hoặc bao quanh công trình xây dựng và công trình này luôn tương tác với nhau, xem đó là 2 hợp phần của một hệ thống tự nhiên – kỹ thuật, trong trường hợp hệ thống chỉ gồm môi trường địa chất và công trình xây dựng được gọi là địa hệ tự nhiên kỹ thuật [14]. Theo thời gian, quá trình tương tác giữa các hợp phần của địa hệ tự nhiên - kỹ thuật dần tới ổn định, nhưng do tác động của BĐKH-NBD làm cho môi trường địa chất bị biến đổi, do vậy tương tác của môi trường địa chất đã bị biến đổi này với công trình cũng biến đổi. Vì thế, để phân tích tác động của môi trường địa chất đã bị biến đổi do BĐKH-NBD lên các công trình xây dựng đã có và dự báo các quá trình

địa chất công trình có thể xảy ra, Luận án thực hiện phân tích hệ thống đối với các địa hệ tự nhiên- kỹ thuật có trong phạm vi nghiên cứu.

## **CHƯƠNG 2: ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN VÀ MÔI TRƯỜNG ĐỊA CHẤT KHU VỰC TP.HCM.**

### **2.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên**

Tp.HCM có diện tích khoảng 2.095km<sup>2</sup>, phân bố thành dải kéo dài 150 km theo phương tây bắc – đông nam từ Củ Chi đến Cần Giờ, chiều ngang lớn nhất qua Thủ Đức – Bình Chánh khoảng 50km, đoạn hẹp nhất qua Long Đức Hiệp – Nhà Bè là 31km. Biển Đông với bờ biển dài khoảng 15km. Thành phố được giới hạn bởi tọa độ địa lý:

- 10<sup>0</sup>38'00" ÷ 11<sup>0</sup>10'00" vĩ độ Bắc;
- 106<sup>0</sup>2'00" ÷ 106<sup>0</sup>54'00" kinh độ Đông.

Tp.HCM với những đặc điểm địa lý tự nhiên như địa hình phẳng, thấp, là vùng cửa sông lớn, có sông Sài Gòn chảy xuyên qua Thành phố, mạng kênh rạch phát triển chằng chịt, bán nhật triều, biên độ triều lớn, triều ảnh hưởng rất sâu vào nội địa... là những điều kiện thuận lợi làm cho môi trường địa chất khu vực Tp.HCM dễ bị tổn thương trước tác động của BĐKH-NBD.

### **2.2. Đặc điểm môi trường địa chất**

#### **2.2.1. Địa tầng [17]**

Trong phạm vi khu vực Tp.HCM phân bố các phân vị địa tầng có tuổi từ Jura sớm đến Holocen.

##### **2.2.1.1. Hệ Jura**

Bao gồm hai thống là thống hạ (J<sub>1</sub>) và thống thượng – hệ Creta (J<sub>3</sub>-K). Các thành tạo Jura hạ (J<sub>1</sub>) chỉ gặp tại Củ Chi và Long Bình, thành phần thạch học gồm đá phiến sét xám xanh đen, đá phiến sét sericit thạch anh xen cát kết đa khoáng hạt trung với xi măng carbonat màu xám đen.

##### **2.2.1.2. Hệ Neogen**

Trầm tích Neogen ở khu vực nghiên cứu được chia ra thống Miocen phụ thống thượng (N<sub>3</sub><sup>1</sup>), thống Pliocen phụ thống hạ (N<sub>2</sub><sup>1</sup>) và trung (N<sub>2</sub><sup>2</sup>). Trong khu vực Tp.HCM, các thành tạo Miocen thượng không lộ ra trên bề mặt địa hình, chỉ gặp trong một số lỗ khoan ở Tây Nam Củ Chi, Bình Chánh, Bình Trưng, phân bố thành dải dọc theo máng trũng bề mặt đá móng Mesozoi và rìa khối nâng điều hòa Bình Trưng. Trầm tích Miocen bao gồm các kiểu nguồn gốc: sông (a), sông-biển (am) và biển (m). Trầm tích Pliocen thống hạ (N<sub>2</sub><sup>1</sup>) và thống trung (N<sub>2</sub><sup>2</sup>) phân bố hầu khắp diện tích khu vực Tp.HCM, cũng có mặt các kiểu nguồn gốc: sông, sông-biển và biển. .

##### **2.2.1.3. Hệ Đệ tứ**



Trầm tích hệ Đệ tứ bao phủ hầu khắp khu vực Tp.HCM với đầy đủ các tướng, nguồn gốc, được phân thành thống Pleistocen và thống Holocen.

- Thống Pleistocen bao gồm phụ thống hạ ( $Q_1^1$ ), trung - thượng ( $Q_1^{2-3}$ ) và thượng ( $Q_1^3$ ), có các kiểu nguồn gốc: sông(a), hỗn hợp sông-biển(am) và biển(m), trong đó phần lớn khối lượng trầm tích thuộc nguồn gốc sông.

- Thống Holocen bao gồm các phụ thống hạ - trung ( $Q_2^{1-2}$ ), trung - thượng ( $Q_2^{2-3}$ ) và phụ thống thượng ( $Q_2^3$ ). Trầm tích phân bố ở lòng và hai bên bờ sông, rạch và dọc bờ biển, chúng lộ ra trên bề mặt địa hình thấp nhất của khu vực, gồm các kiểu nguồn gốc: sông-đầm lầy ( $abQ_2^{2-3}$ ), sông-biển ( $amQ_2^{2-3}$ ), sông-biển-đầm lầy ( $ambQ_2^{2-3}$ ) và biển ( $mQ_2^{2-3}$ ).

### 2.2.2. Địa chất thủy văn [18],[19],[20]

Trong khu vực Tp.HCM có 7 tầng chứa nước là Holocen, Pleistocen trên ( $qp_3$ ), Pleistocen giữa-trên ( $qp_{2-3}$ ), Pleistocen dưới ( $qp_1$ ), Pliocen giữa ( $n_2^2$ ), Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) và Miocen ( $n_1^3$ ) [17]. Các trầm tích Holocen được xếp vào các thành tạo rất nghèo nước và không chứa nước. Chi tiết về các tầng chứa nước được trình bày trong luận án.

## CHƯƠNG 3: BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU – NƯỚC BIỂN DĂNG GÂY NGẬP ĐẤT VÀ NHIỄM MẶN MÔI TRƯỜNG ĐỊA CHẤT KHU VỰC TP.HCM

BĐKH-NBD sẽ tác động mạnh mẽ về nhiều phương diện tới môi trường địa chất khu vực Tp.HCM, trong chương này tác giả xem xét các tác động chính sau: (1)Gây ngập những vùng đất ven biển và ven sông có cao độ địa hình thấp hơn mực NBD; (2)Làm nhiễm mặn đất và nước dưới đất trong trầm tích Holocen; (3)Nhiễm mặn tầng chứa nước Pleistocen.

### 3.1. NBD gây ngập đất.

Khi NBD, những nơi ven biển có cao độ địa hình thấp hơn cao độ mực NBD mà không có đê biển sẽ bị ngập bởi nước biển. Các quận/ huyện vùng trũng thấp như Bình Chánh, Nhà Bè, Quận 7 có nguy cơ ngập cao. Một số diện tích lớn của Thành phố bị ngập do BĐKH-NBD sẽ gây tổn thất to lớn về đất canh tác, quỹ đất xây dựng, ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động sản xuất, đời sống của dân cư Thành phố. Để đánh giá cụ thể phạm vi ngập lụt vùng hạ lưu sông Sài Gòn – Đồng Nai, Luận án sử dụng phương pháp mô hình toán. Mô hình được xây dựng bằng phần mềm F28 [23],[24]. Đây là mô hình tích hợp giữa mô hình 1D với mô hình 2D. Mô hình tính toán 1D dùng với các sông nhỏ, kênh rạch trong hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai, được số hóa với 424 nhánh, 5.706 đoạn tính với chiều dài mỗi đoạn khoảng 300 – 400m và được giải từ phương trình Saint- Venant (3-1) (3-2) (Vreugdenhil,1989):

$$\left\{ \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{q}{B} = 0; \right. \quad (3-1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial \eta}{\partial x} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} - V_a q_l = 0, \quad (3-2)$$

Dòng chảy trên vùng trũng ngập và ngoài biển được xem là dòng hai chiều (2D), được số hóa gồm 91.423 phần tử tứ giác, phủ lên toàn bộ hạ lưu sông Sài Gòn – Đồng Nai, các hồ chứa và vùng biển Cần Giờ với kích thước các cạnh của phần tử tứ giác 2D vào khoảng 300 – 400m. Mô hình 2D được giải từ phương trình nước nông (3-3), (3-4). Hai mô hình 1D và 2D kết nối với nhau tại các nút chung và sử dụng chung 1 phương trình mực nước. Ngoài ra, có xét tới sự gia tăng biên độ thủy triều trong điều kiện nước biển dâng [22].

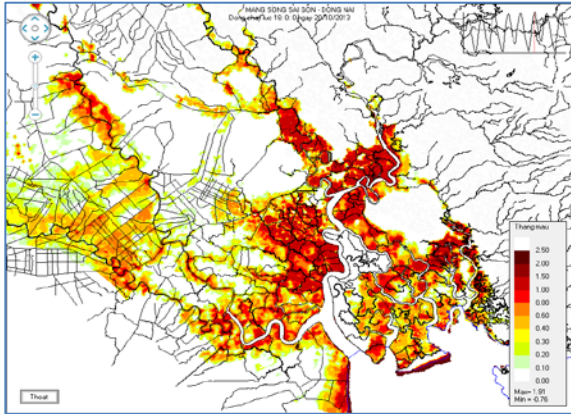
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = q_v; \quad (3-3)$$

$$\frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} + \frac{\partial f(\mathbf{q})}{\partial x} + \frac{\partial g(\mathbf{q})}{\partial y} = \mathbf{b}(\mathbf{q}); \quad (3-4)$$

Các phương trình (3-1)-(3-4) được giải bằng phương pháp thể tích hữu hạn trong đó lưới tính của mô hình 2D là phi cấu trúc với các phần tử hình tứ giác.

Ngày 20/10/2013, mực nước đỉnh triều trên sông Sài Gòn - Đồng Nai đã lên tới mức kỷ lục, do nước triều cao tại Vũng Tàu và gió chướng mạnh ngoài cửa sông gây ngập trên diện rộng. Mô hình giả thiết rằng tổ hợp này lặp lại vào các năm 2030, 2050, 2070 và 2100 và chồng thêm nước biển dâng [10]. Ngoài ra, cũng giả thiết hiện tượng lún mặt đất là không đáng kể và không có san lấp các ô trũng. Mô hình tính được diện tích ngập với các độ ngập sâu khác nhau theo các kịch bản NBD là  $\Delta = 15\text{cm}, 30\text{cm}, 50\text{cm}$  và  $75\text{cm}$ . Hình 3.17 thể hiện phân bố ngập trên vùng hạ lưu sông Sài Gòn – Đồng Nai khi  $\Delta = 100\text{cm}$ .

Từ kết quả nêu trên dễ dàng nhận thấy khu vực Tp,HCM có nguy cơ bị ngập cao nhất trong vùng hạ lưu sông SG-ĐN khi NBD, Theo kịch bản NBD 100 cm, khoảng 17,84% diện tích Tp,HCM có nguy cơ bị ngập [8]. Bảng 3.2 cho thấy nhóm các quận/huyện vùng trũng thấp như Bình Chánh, Nhà Bè, Quận 7 có nguy cơ ngập cao, trong đó Bình Chánh có nguy cơ cao nhất, ngập tới 36,43% diện tích. Đối với nhóm các quận/huyện có sông Sài Gòn và Đồng Nai chảy qua như Củ Chi, Hóc Môn, Quận 12, Quận 2, Quận 9, Thủ Đức và Quận Bình Thạnh thì nguy cơ ngập lụt cao hơn nhiều, trong đó quận Bình Thạnh có nguy cơ ngập cao nhất là 80,78%, đây là quận trung tâm nên ảnh hưởng sẽ không nhỏ. Việc phần lớn các vùng trung tâm của Thành phố có mật độ xây dựng cao được dự báo bị ngập do BĐKH-NBD sẽ gây tổn thất to lớn về đất canh tác, quỹ đất xây dựng, ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động sản xuất, đời sống của một bộ phận lớn dân cư của Thành phố.



Hình 3.17: Sơ đồ phân bố ngập trên vùng hạ lưu sông Sài Gòn – Đồng Nai khi  $\Delta=100\text{cm}$ .

Bảng 3.2: Diện tích ngập trên vùng hạ lưu sông SG-ĐN theo các kịch bản NBD ( $\text{km}^2$ ).

Độ sâu ngập	Kịch bản nước biển dâng $\Delta$ (cm)					
	$\Delta=0$	$\Delta=15$	$\Delta=30$	$\Delta=50$	$\Delta=75$	$\Delta=100$
$\geq 0,1\text{m}$	3.836,46	4.150,98	4.334,00	4.637,30	5.183,63	5.976,82
$\geq 0,2\text{m}$	2.687,46	2.993,98	3.249,14	3.504,30	4.088,63	5.020,62
$\geq 0,3\text{m}$	1.835,66	2.136,28	2.376,49	2.616,70	3.191,73	4.202,32
$\geq 0,4\text{m}$	1.254,36	1.512,68	1.725,59	1.938,50	2.468,63	3.484,02
$\geq 0,6\text{m}$	520,56	711,48	861,54	1.011,60	1.417,63	2.224,02
$\geq 0,8\text{m}$	193,56	292,58	389,99	487,40	766,03	1.363,42
$\geq 1,0\text{m}$	84,76	114,48	155,84	197,20	338,23	738,02
$\geq 1,5\text{m}$	25,54	27,06	28,53	30,00	37,93	66,12
$\geq 2,0\text{m}$	12,36	12,77	13,26	13,75	15,02	19,01
$\geq 3,0\text{m}$	0,35	35,00	1,89	0,61	1,10	1,10
Tổng cộng	10.451,07	11.987,29	13.136,27	14.437,36	17.508,56	23.095,47

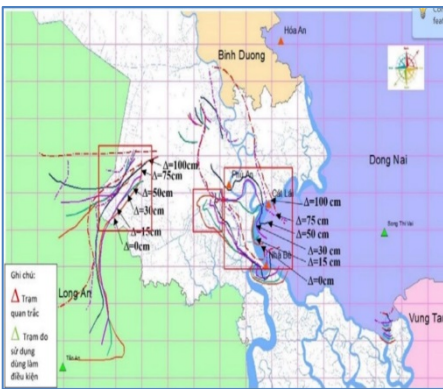
### 3.2. Dự báo nhiễm mặn đất và nước dưới đất trong trầm tích Holocen do NBD

Tp.HCM nằm ở vùng hạ du và cửa sông của hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai, hiện nay, nước sông và nước trong các kênh rạch bị nhiễm mặn do ảnh hưởng của triều. Khi NBD, cùng với độ dâng của thủy triều, quá trình xâm nhập mặn sẽ diễn ra mạnh mẽ hơn, đẩy ranh mặn trên các sông và các kênh rạch vào sâu hơn trong nội địa. Với hệ thống sông và đặc biệt là hệ thống kênh rạch rất phát triển thì khi nước sông và nước kênh rạch bị nhiễm mặn do NBD sẽ nhanh chóng làm nhiễm mặn đất và nước dưới đất, trước hết là làm nhiễm mặn các trầm tích Holocen nằm nông và nước ngầm trong trầm tích này, do vậy cần phải xác định phạm vi vùng bị nhiễm mặn. Về đại thể, có thể xem vùng nước sông và nước kênh rạch bị nhiễm mặn là vùng đất và nước dưới đất trong

trầm tích Holocen bị nhiễm mặn. Bài toán sẽ được giải bằng phương pháp số với sự trợ giúp của các phần mềm như F28, GMS, ArcGIS ... theo các kịch bản độ dâng cao mực nước biển là 15cm, 30cm, 50cm, 70cm và 100cm. Kết quả tính toán xác định ranh mặn là cơ sở để khoanh định vùng đất và nước dưới đất trong trầm tích Holocen bị nhiễm mặn khi NBD.

Để tính toán dịch chuyển ranh mặn trong phần mềm F28, sử dụng phương trình Saint- Venant (3-1) (3-2) (Vreugdenhil,1989) cho mô hình 1D và phương trình nước nông (3-3) (3-4) cho mô hình 2D và kết hợp 2 phương trình vận tải chất (3-9) cho mô hình 1D và (3-12) cho mô hình 2D. Chi tiết được trình bày trong luận án.

Kết quả dự báo cho thấy, khi NBD 1m, ranh mặn trên sông sẽ tiến sâu vào nội địa dẫn đến nguy cơ cao đối với các nhà máy cấp nước phục vụ dân sinh được xây dựng trên hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai, cụ thể ranh mặn mùa kiệt trên sông Đồng Nai dịch chuyển thêm vào nội địa 6,8km, vượt qua trạm Cát Lái, trên sông Sài Gòn vào sâu 12,33km, tiến sát tới trạm Phú An. Điều này cần được quan tâm đúng mức và có biện pháp dự phòng. Vùng đất và nước dưới đất trong tầng trầm tích Holocen bị nhiễm mặn do NBD chiếm diện tích lớn thuộc các quận/huyện của Thành phố như Bình Thạnh, Quận 4, Quận 7, Nhà Bè, Bình Chánh, Thủ Đức, Hóc Môn...gây khó khăn, thiệt hại cho sản xuất nông nghiệp và ảnh hưởng tới công trình xây dựng. Hình 3.34 cho kết quả dự báo dịch chuyển ranh mặn trên hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai theo kịch bản NBD RPC4.5.



Hình 3.34: Sơ đồ kết quả dự báo dịch chuyển ranh mặn trên hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai theo kịch bản NBD RPC4.5.

### 3.3. Phân tích ảnh hưởng của hạn nặng do BĐKH trong điều kiện NBD đến mở rộng vùng mặn

Cùng với dâng cao mực nước trên các sông rạch do biến đổi biên độ triều khi NBD, mực nước ngầm trong trầm tích Holocen sẽ dâng lên, vùng dâng cao mực nước về đại thể tương ứng với vùng nhiễm mặn, song mức độ dâng cao mực nước ngầm tại các điểm khác nhau trong vùng đó sẽ không đồng đều. Kết quả dự báo nêu trên mới chỉ xét tới ảnh hưởng của NBD, cần tính tới sự mở rộng vùng xâm nhập mặn khi xảy ra các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn nặng do BĐKH trong điều kiện NBD.

Hiện nay chưa có tài liệu về mức độ hạn cao nhất có thể xảy ra do BĐKH, vì thế không thể dự báo cụ thể về dịch chuyển ranh mặn khi xảy ra hạn như thế trong điều kiện NBD. Theo kết quả nghiên cứu của Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam [28], hiện nay, trong mọi trường hợp lưu lượng tối thiểu mà hồ Dầu Tiếng (với sự bổ sung của hồ Phước Hòa) xả xuống hạ lưu để đầy mặn, giữ cho ranh mặn cách nhà máy nước Tân Hiệp về phía hạ lưu vài km phải là  $20\text{m}^3/\text{giây}$ . Còn trên sông Đồng Nai, năm 2007, khi hồ Trị An và hồ Srock PhuMieng xả xuống hạ lưu  $98\text{m}^3/\text{giây}$  thì chỉ trong 1 tháng (từ 20 tháng 1 đến 20 tháng 2) ranh có hàm lượng  $\text{Cl}^- < 250 \text{ mg/l}$  (sử dụng cho cấp nước sinh hoạt) đã vượt qua vị trí nhà máy nước Bình An (cầu Đồng Nai), tiến sát nhà máy nước Hóa An. Để đảm bảo ranh có hàm lượng  $\text{Cl}^- < 250 \text{ mg/l}$  sử dụng cho cấp nước sinh hoạt không vượt quá nhà máy nước Bình An thì lưu lượng hồ Trị An và cả hồ Srock PhuMieng phối hợp xả xuống hạ lưu không được dưới  $150\text{m}^3/\text{giây}$  [28].

Theo kết quả dự báo đã nêu trong phần 3.2, khi NBD 1m thì ranh mặn  $1\text{g/l}$  đã tiến sát trạm Phú An, do đó giới hạn ranh có hàm lượng  $\text{Cl}^- < 250 \text{ mg/l}$  chắc chắn sẽ vượt qua nhà máy nước Tân Hiệp. Như vậy muốn đầy mặn xuống hạ lưu để các nhà máy nước hoạt động bình thường thì  $Q_{\text{kiệt}}$  tối thiểu xả phải xuống hạ lưu Dầu Tiếng chắc chắn phải cao hơn nhiều so với mức  $20\text{m}^3/\text{giây}$ , cũng tương tự như thế  $Q_{\text{kiệt}}$  tối thiểu xả xuống hạ lưu hồ Trị An phải cao hơn mức  $150\text{m}^3/\text{giây}$ . Thực tế, vào tháng 3 năm 2016, nhà máy nước Tân Hiệp đã phải ngưng cung cấp nước trong 7 ngày, hàm lượng  $\text{Cl}^-$  lớn nhất trong ngày đo được tại trạm bơm Hoà Phú là trên  $300\text{mg/l}$ , cao nhất là  $588\text{mg/l}$ , hàm lượng  $\text{Cl}^-$  trung bình trong 15 ngày đầu tháng 4 năm 2016 là  $453\text{mg/l}$ . Khi mực nước biển dâng 1m thì chỉ với mức hạn như năm 2016 thì hồ Dầu Tiếng cùng hồ Phước Hòa trên sông Sài Gòn và hồ Trị An, hồ Srock PhuMieng đã có nguy cơ không đủ nước để đầy ranh mặn. Nếu hạn xảy ra khốc liệt hơn thì chắc chắn ranh mặn càng tiến sâu hơn vào đất liền và vùng mặn sẽ càng mở rộng nghiêm trọng.

### **3.4. Dự báo dịch chuyển ranh mặn trong các tầng chứa nước Pleistocen do ảnh hưởng của BĐKH-NBD**

Như đã trình bày trong chương 2, hiện nay các tầng chứa nước trong khu vực Tp.HCM đã bị nhiễm mặn một phần do xâm nhập của nước biển, hình thành ranh mặn (ranh giới giữa nước mặn và nước ngọt). Đó là đường ranh động, chỉ cần áp lực của vùng cấp hay vùng thoát nước (áp lực nước biển) thay đổi thì đường ranh mặn sẽ thay đổi. Khi NBD, áp lực nước biển gia tăng, ranh mặn sẽ dịch chuyển sâu vào phía nội địa, làm hạn chế khả năng khai thác cấp nước. Vì thế nhiệm vụ đặt ra là dự báo dịch chuyển ranh mặn của các tầng chứa nước.

Trong khu vực Tp.HCM có nhiều tầng chứa nước, các tầng chứa nước phân bố sâu hơn sẽ chịu ảnh hưởng ít hơn của NBD, hơn nữa, do hạn chế khối lượng của Luận án, NCS chỉ tiến hành nghiên cứu dự báo dịch chuyển ranh mặn trong

các tầng chứa nước Pleistocen thượng, Pleistocen trung – thượng và Pleistocen hạ với các kịch bản NBD cho các năm 2030, 2050 và 2100. Luận án sử dụng các phương pháp mô hình hóa dòng chảy NĐĐ tương ứng với những kịch bản NBD. Mô hình dòng chảy NĐĐ sử dụng trong luận án được thực hiện bằng phần mềm GMS6.5[32],[33] với 2 modul hỗ trợ là Visual MODFLOW để chạy kết quả mực nước và modul MT3DMS để tính lan truyền chất (ở đây là độ mặn). Để chạy mô hình dòng chảy NĐĐ trong điều kiện BĐKH-NBD, cần xác định mực nước sông trên các biên của mô hình tương ứng với các kịch bản BĐKH-NBD. Nhiệm vụ này được thực hiện nhờ phần mềm F28 của Lê Song Giang đã được trình bày ở phần trên.

Khi xây dựng mô hình dòng chảy NĐĐ để dự báo dịch chuyển ranh mặn ở các tầng chứa nước Pleistocen trong điều kiện BĐKH-NBD, NCS sử dụng mô hình cấu trúc địa chất thủy văn khu vực Tp.HCM do tác giả Ngô Đức Chân xây dựng (đây là kết quả của đề tài có mã số KC08-18/06-10 của Bộ Khoa học công nghệ [34]) dựa theo phần mềm GMS6.5. Trên cơ sở mô hình cấu trúc đó, NCS đưa vào mô hình dòng chảy NĐĐ các biên về mực nước sông tại 22 mặt cắt (Hình 3.38) theo các kịch bản NBD (có xét tới sự tham gia điều tiết của các hồ thủy lợi ở thượng lưu và sự thay đổi đặc trưng thủy triều của Biển Đông) từ kết quả chạy mô hình dòng chảy mặt theo phần mềm F28 và các dữ liệu lượng mưa, lượng bốc hơi cho các thời điểm khác nhau của thế kỷ 21. Khi xác định các đại lượng này, NCS sử dụng dữ liệu lượng mưa từ ngày 15/03/2010 đến ngày 30/03/2010 và từ 15/09/2010 đến ngày 30/09/2010 là dữ liệu cơ sở để tính lượng mưa và lượng bốc hơi đặc trưng cho 2 mùa mưa và khô tại các thời điểm khác nhau của thế kỷ 21. Toàn bộ sự biến thiên độ cao mực nước dưới đất được mô tả bằng một phương trình đạo hàm riêng duy nhất, mô tả động thái mực nước trong điều kiện môi trường không đồng nhất và dị hướng. Ngoài ra, cùng với các điều kiện biên, điều kiện ban đầu của tầng chứa nước tạo thành một mô hình toán học về dòng chảy NĐĐ.

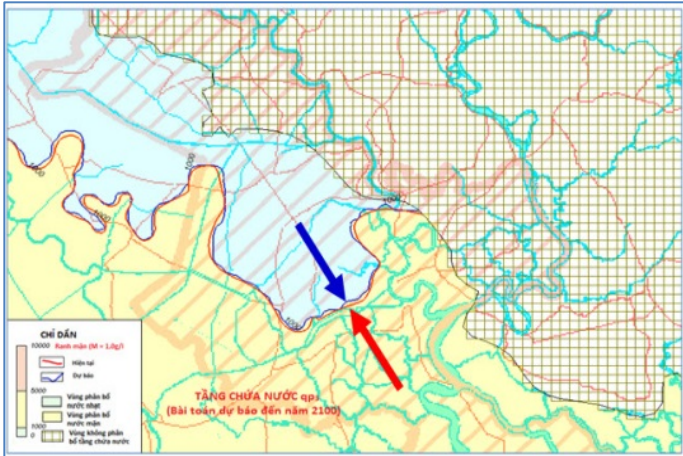
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3-19)$$

trong đó:  $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$  - các hệ số thấm theo phương x, y và z. Chiều z là chiều thẳng đứng; h – cao độ mực nước tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t; W - mô đun dòng ngầm, hay là các giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của NĐĐ tính tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t.  $W = W(x, y, z, t)$  là hàm số phụ thuộc thời gian và không gian (x, y, z); S - hệ số nhả nước;  $S_s = S_s(x, y, z)$ ,  $K_{xx} = K_{xx}(x, y, z)$ ,  $K_{yy} = K_{yy}(x, y, z)$ ,  $K_{zz} = K_{zz}(x, y, z)$  - các hàm phụ thuộc vào vị trí không gian x, y, z.

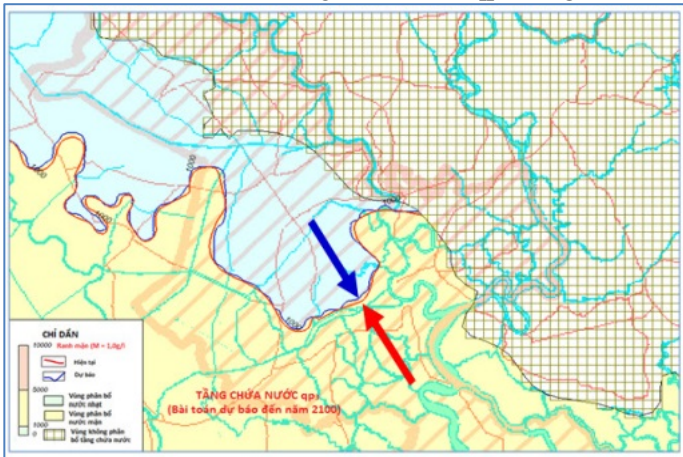
Dòng mặt được mô hình hoá bằng phần mềm F28 của Lê Song Giang đã được nêu ở phần 3.2 chương này. Mô hình tính toán có xét tới sự tham gia điều tiết của các hồ thủy lợi ở thượng lưu và sự thay đổi đặc trưng thủy triều của Biển Đông.

### ***Kết quả dự báo và nhận xét***

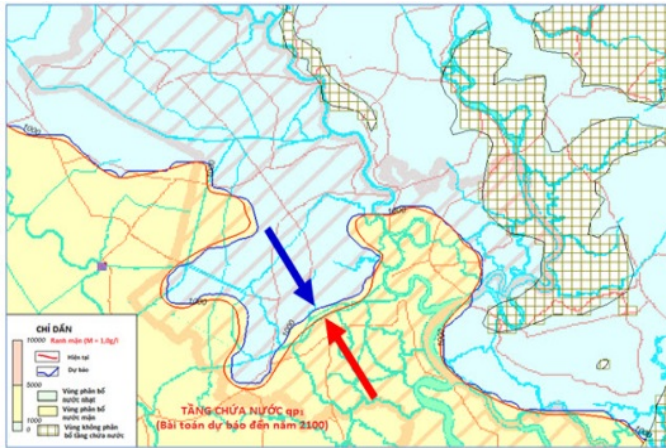
Dựa vào các kịch bản BĐKH và số liệu quan trắc tại các trạm Tân Sơn Hòa và Vũng Tàu, tác giả xây dựng mô hình dòng chảy nước dưới đất từ thời điểm hiện tại tới năm 2100 cho Tp.HCM. Với quan điểm tiếp cận vấn đề như đã nêu, bài toán được giải bằng modul MT3DMS của phần mềm GMS cho các tầng chứa Pleistocene ( $qp^3$ ,  $qp^{2-3}$  và  $qp^1$ ) tại 3 thời điểm năm 2020, 2050 và năm 2100 với giả thuyết rằng lượng nước dưới đất được khai thác không thay đổi. Hình 3.42, 3.45, 3.48 cho thấy biên mặn vào năm 2100 của các tầng chứa nước Pleistocen thượng, Pleistocen trung - thượng và Pleistocen hạ.



Hình 3.42: Biên mặn của tầng chứa nước  $qp^3$  trong năm 2100.



Hình 3.45: Biên mặn của tầng chứa nước  $qp^{2-3}$  trong năm 2100.



Hình 3.48: Biên mặn của tầng chứa nước qp<sup>1</sup> trong năm 2100.

Kết quả cho thấy, tầng chứa nước qp<sup>3</sup> – tầng chứa nước nằm nông nhất chịu nhiều tác động của hai yếu tố lượng mưa và mực nước biển nhiều nhất. Biên mặn ở nhiều vị trí lấn sâu vào đất liền gần 600m vào năm 2100, tuy nhiên không đồng đều ở các vị trí khác nhau. Tầng chứa nước Pleistocen trung – thượng (qp<sup>2-3</sup>) nhiều nơi có quan hệ thủy lực chặt chẽ với tầng Pleistocen thượng (qp<sup>3</sup>) nên biên mặn hiện nay cũng gần với biên mặn của tầng qp<sup>3</sup> tuy có vào sâu trong đất liền hơn, ở một số khu vực biên mặn dịch chuyển đạt tới gần 1.200m, tuy nhiên tại số nơi như Nam Cù Chi, Thủ Đức, Quận 9... biên mặn hầu như không dịch chuyển. Tầng chứa nước Pleistocene hạ (qp<sup>1</sup>) phân bố ngay dưới tầng qp<sup>2-3</sup>, nhiều nơi có quan hệ thủy lực chặt chẽ với tầng qp<sup>2-3</sup> nên hình dạng biên mặn và vị trí phân bố cũng gần giống với các tầng chứa nước Pleistocene nằm trên. Biên độ dịch chuyển biên mặn của tầng này cũng khá lớn, có thể dịch chuyển tới gần 1.200m vào sâu trong thành phố.

Lưu ý rằng, dịch chuyển biên mặn ở các tầng chứa nước Pleistocene, ngoài nguyên nhân BĐKH-NBD, còn phụ thuộc khá nhiều vào lưu lượng khai thác nước trong tương lai.

### 3.5. Phân tích tác động từ những biến đổi của môi trường địa chất do BĐKH-NBD đến công trình xây dựng

#### 3.5.1. Tác dụng từ đất và nước dưới đất bị nhiễm mặn

Như đã phân tích ở phần 3.2, đất và nước dưới đất ở những vùng nằm trong phạm vi mở rộng ranh mặn của nước sông và kênh rạch do BĐKH-NBD sẽ bị nhiễm mặn. Nhiễm mặn làm cho đất và nước dưới đất có tính ăn mòn đối với các kết cấu bê tông và kim loại. Các kết quả nghiên cứu của các tác giả khác nhau [36],[37] cho thấy khi hàm lượng muối dễ hoà tan như clorua-natri, clorua-sunfat-natri trong đất tăng thì các giới hạn dẻo trong đất tăng, nhưng khi



hàm lượng này tăng vượt quá một giới hạn nhất định thì tính dẻo của đất giảm. Giới hạn này phụ thuộc vào loại đất, thường thay đổi trong khoảng 0,6÷0,8% trọng lượng đất khô tuyệt đối. Thường thì đất bị nhiễm mặn do nước biển có hàm lượng muối từ 0,2 đến 0,6÷0,8% so với trọng lượng đất khô.

### **3.5.2. Tác động từ dâng cao mực nước ngầm**

Do ảnh hưởng của NBD, mực nước ngầm trong trầm tích tầng nông ở những nơi địa hình thấp gần vùng ngập nước sẽ dâng lên, cao hơn so với mực nước trước khi NBD. Dâng cao mực nước ngầm sẽ tác động về nhiều mặt đến công trình xây dựng như : (1) Làm giảm độ bền, tăng tính nén lún của đất nền, do đó ảnh hưởng tới ổn định công trình; (2) Làm biến đổi trạng thái ứng suất dưới đáy móng công trình như tăng áp lực nước lỗ rỗng trong đất nền, tăng áp lực đẩy nổi lên đáy móng nằm dưới mực nước ngầm; (3) Tăng áp lực nước lên các công trình ngầm; (4) Dâng cao mực nước ngầm làm tăng nguy cơ xảy ra cát chảy khi đào các hố đào sâu trong tầng cát nhỏ, cát bụi và cát pha; (5) Tăng diện tích những vùng trũng thấp bị lầy hoá, do vậy gây khó khăn và tăng chi phí cho công tác xây dựng công trình.

## **CHƯƠNG 4: BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU – NƯỚC BIỂN DÂNG LÀM BIẾN ĐỘNG HOẠT ĐỘNG XÂM THỰC - BÔI TỤ CỦA DÒNG SÔNG.**

### **4.1. Hiện trạng hoạt động xâm thực - bồi tụ của sông trên khu vực nghiên cứu.**

Sông Sài Gòn nằm trong vùng hạ du hệ thống sông Sài Gòn- Đồng Nai, địa hình thấp, bằng phẳng, sông chảy chậm, quanh co uốn khúc, tạo thành những khúc cong gần như khép kín, lòng sông rộng, đáy sâu, chịu ảnh hưởng mạnh của chế độ bán nhật triều. Khi triều lên nước triều vào rất sâu trong nội địa, khi triều rút, lưu lượng triều lớn, vận tốc cao, nước chảy xiết, biên độ mực nước giữa triều lên và triều xuống khá rộng, tới 3÷5m, gây xói sâu lòng dẫn, sụt lở bờ sông. Địa chất tầng nông là các lớp trầm tích trẻ và hiện đại, phổ biến là đất yếu như bùn sét, bùn sét pha, đất cát pha, sét pha dẻo chảy, dẻo mềm... rất dễ bị xâm thực. Với những đặc điểm nêu trên, hiện tượng bồi xói lòng dẫn và sụt trượt bờ sông diễn ra thường xuyên, đặc biệt là khu bán đảo Thanh Đa và khu Thủ Thiêm.

### **4.2. Dự báo gia tăng hoạt động bồi-xói lòng dẫn do BĐKH-NBD**

NBD không chỉ làm thay đổi mực nước trung bình mà còn làm biến đổi các đặc trưng sóng triều ở vùng cửa sông, dẫn tới biến đổi các thông số thủy lực như gia tăng biên độ mực nước và lưu lượng giữa triều lên và triều xuống, gia tăng vận tốc dòng triều. Những thay đổi này sẽ làm biến động hoạt động xâm thực – tích tụ của dòng sông so với hiện nay.

Luận án tập trung dự báo hoạt động bồi – xói lòng dẫn đối với sông Sài Gòn đoạn chảy qua Thành phố từ cầu Bình Phước đến Mũi Đèn Đỏ với 9 mặt cắt khảo sát. Mô hình dự báo được thiết lập bằng phần mềm F28, là mô hình tích hợp 2D và 1D. Bài toán vận tải bùn cát và diễn biến lòng dẫn được tính toán mô hình 2D. Bùn cát lơ lửng và diễn biến đáy theo thời gian được giải từ các phương trình (4-1,4-2):

$$\frac{\partial(DC)}{\partial t} + \nabla(\mathbf{q}C) = \nabla(\varepsilon_H D \nabla C) - (D_b - E_b); \quad (4-1)$$

$$(1-P) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} = (D_b - E_b); \quad (4-2)$$

trong đó: q và U– lưu lượng đơn vị và vận tốc trung bình chiều sâu của dòng 2D (và  $\mathbf{U} = [u_x, u_y]^T$ ); C – nồng độ bùn cát lơ lửng trung bình theo chiều sâu; D – độ sâu;  $\nabla$  – toán tử vi phân;  $\varepsilon_H$  – hệ số khuếch tán;  $z_b$  – cao độ đáy; P – độ rỗng;  $D_b$  và  $E_b$  – suất lắng và xói của bùn cát tại đáy.

Hệ số khuếch tán được tính từ độ nhớt rối:

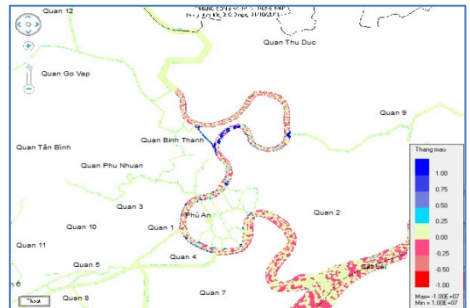
$$\varepsilon_H = A_H / \sigma; \quad (4-3)$$

trong đó:  $A_H$  - độ nhớt rối;  $\sigma$  - hệ số Prandtl – Schmidt.

Kết quả dự báo đã lập được các bình đồ, thể hiện mức độ bồi – xói lòng dẫn trên toàn đoạn sông nghiên cứu và các bảng, biểu đồ chỉ rõ đại lượng bồi-xói tại 9 mặt cắt trong mùa lũ và mùa kiệt theo các kịch bản NBD 15, 30, 50 và 100cm. Hình 4.7 và 4.13 thể hiện phân bố mức độ bồi-xói lòng dẫn vào mùa kiệt và mùa lũ khi NBD 100cm.

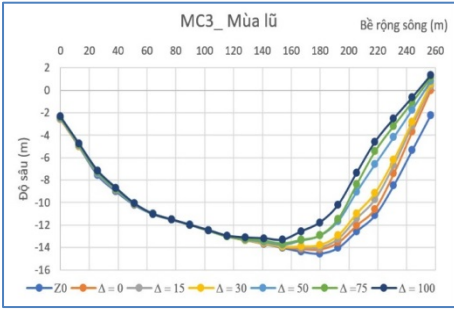


Hình 4.7: Phân bố mức độ bồi-xói lòng dẫn vào mùa kiệt khi NBD 100cm.

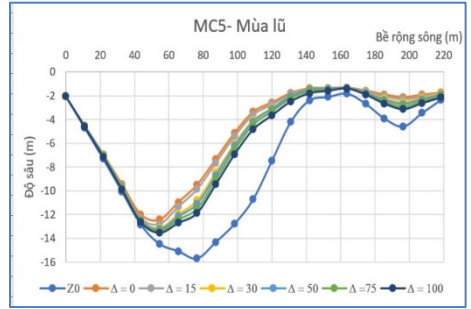


Hình 4.13: Phân bố mức độ bồi-xói lòng dẫn vào mùa lũ khi NBD 100cm.

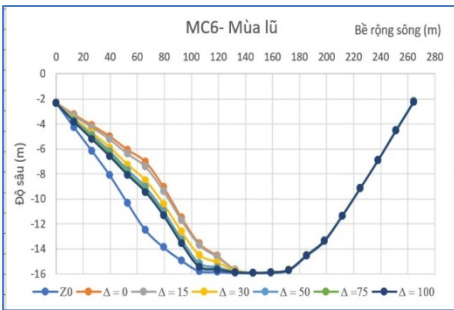
Ngoài ra tác giả cũng xác định hình thái lòng sông tại một số vị trí các mặt cắt mà tại đó sự bồi xói diễn ra rõ ràng.



Hình 4.23: Hình thái lòng sông tại MC3 vào mùa lũ.



Hình 4.27: Hình thái lòng sông tại MC5 vào mùa lũ.



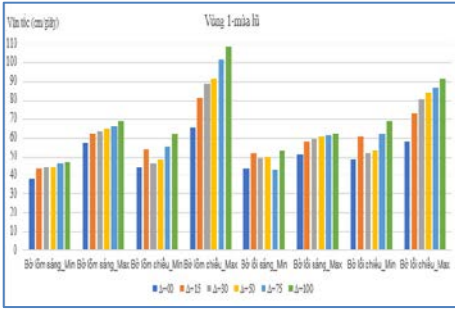
Hình 4.29: Hình thái lòng sông tại MC6 vào mùa lũ.

Đánh giá chung mức độ gia tăng bồi xói do NBD không nghiêm trọng, mức độ bồi lớn nhất khoảng 4cm, xói lớn nhất gần 19cm, theo chiều dòng chảy, mức độ bồi xói không đồng đều, nơi giao cắt giữa các dòng chảy thì hiện tượng xói xảy ra mạnh hơn

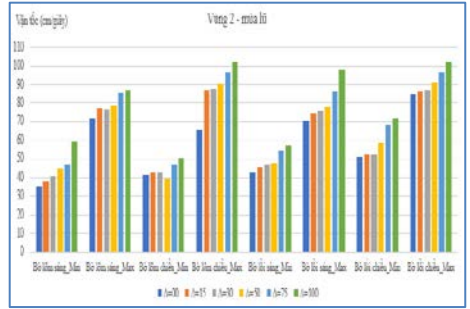
### 4.3 Dự báo ổn định đường bờ khi NBD

Dự báo được tiến hành với khúc sông cong quanh bán đảo Thanh Đa, cụ thể tại 4 đoạn cong và đoạn kênh thẳng. Nhiệm vụ dự báo được giải quyết bằng cách so sánh vận tốc ( $v$ ) dòng sông tại 5 đoạn nghiên cứu với vận tốc chịu xói ( $v_{xói}$ ) của trầm tích bờ sông. Khi  $v > v_{xói}$  sẽ xảy ra xói lở, biến động đường bờ.

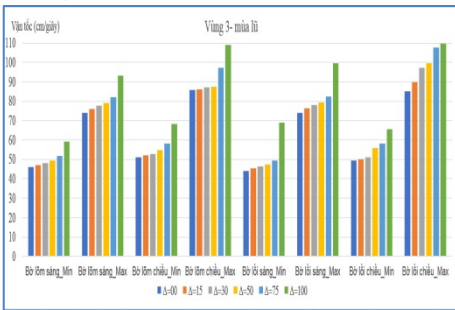
Mô hình dự báo trường vận tốc được thiết lập nhờ phần mềm F28. Kết quả dự báo đã xây dựng được các bảng, biểu đồ giá trị vận tốc dòng triều rút buổi sáng và buổi chiều, vào mùa lũ, mùa kiệt tại 2 bờ với 5 đoạn nghiên cứu theo 5 kịch bản NBD. Từ các biên bản nhận thấy  $V$  giá trị lớn phân bố ở các bờ lồi và giữa dòng,  $V_{max}$  triều rút mùa kiệt 72÷200 cm/s, mùa lũ 80÷220m/s,  $V$  triều rút buổi chiều lớn hơn buổi sáng,  $V$  tại đoạn cong 4 và đoạn kênh thẳng lớn hơn so với các đoạn khác.



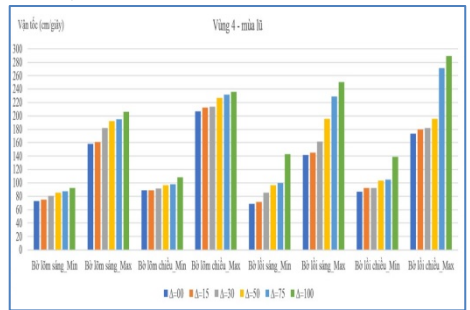
Hình 4.44: Vận tốc cực trị dọc hai bờ sông tại đoạn sông cong 1 mùa lũ theo các kịch bản NBD.



Hình 4.45: Vận tốc cực trị dọc hai bờ sông tại đoạn sông cong 2 mùa lũ theo các kịch bản NBD.



Hình 4.46: Vận tốc cực trị dọc hai bờ sông tại đoạn sông cong 3 mùa lũ theo các kịch bản NBD.



Hình 4.47: Vận tốc cực trị dọc hai bờ sông tại đoạn sông cong 4 mùa lũ theo các kịch bản NBD.

So sánh  $V$  dự báo của dòng triều với  $V_{xói}$  của đất ở khu Thanh Đa nhận thấy  $V$  dòng triều, đặc biệt là  $V$  triều rút mùa lũ vượt khá xa  $V_{xói}$ , như vậy khi NBD hiện tượng xói lở, biến động đường bờ sẽ diễn ra, mạnh nhất là ở các đoạn 3, 4, 5, tập trung ở bờ lõm. Kết quả dự báo này cũng đặc trưng cho các khúc cong khác của sông Sài Gòn phân chày qua TpHCM.

#### 4.5. Phân tích ảnh hưởng của mưa lũ cực hạn do BĐKH trong điều kiện NBD đến gia tăng hoạt động xâm thực và gây ngập của sông Sài Gòn

Mực nước ở vùng hạ lưu sông Sài Gòn chịu tác động bởi 4 yếu tố chính là triều từ Biển Đông, lũ từ thượng nguồn, mưa trên khu vực và hệ thống cơ sở hạ tầng kỹ thuật. Hồ Dầu Tiếng hoàn thành vào năm 1983 với lũ xả thiết kế ở tần suất 0,1% là 2.800 m<sup>3</sup>/s, nhưng khi đó lại chưa xét đầy đủ khả năng thoát nước ở hạ lưu trong điều kiện NBD, sức tải của sông Sài Gòn đoạn qua Tp.HCM tại thời điểm hiện nay chỉ vào khoảng 400-500m<sup>3</sup>/giây, bằng 15% lưu lượng thiết kế qua tràn [25], đây là lưu lượng thuận từ thượng lưu, chưa xét đến dòng triều hay tác động do thủy triều. Năm 2008, sau khi xả lũ trong 1 giờ với lưu lượng 600m<sup>3</sup>/giây, mực nước tại trạm Phú An (trung tâm Tp.HCM) đã lên tới 1,5m và

gây ngập lụt diện rộng tại các khu vực trung tâm quận 1, quận 4, quận 8 và quận Bình Thạnh nên đã phải nhanh chóng giảm lưu lượng xả xuống  $400\text{m}^3/\text{giờ}$ .

Hiện nay chưa có công trình thoát lũ nào cho sông Sài Gòn (như thoát về sông Vàm Cỏ Đông). Mặc dù trong vài năm gần đây, đê bờ hữu sông Sài Gòn đã và đang được đầu tư xây dựng, với cao trình trung bình  $+2,5\text{m}$  để bảo vệ cho khu vực Tp.HCM và một phần tỉnh Bình Dương, tuy nhiên, đoạn đê phía thượng lưu bờ hữu và toàn bộ đê bờ tả vẫn chưa được xây dựng. Theo nghiên cứu của Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam [25], ngay cả không phải lũ 0,1%, mà với lũ 0,5%, 1%, 2%, thậm chí 5%, khi các hồ chứa đã tham gia cắt lũ, lưu lượng xả xuống hạ lưu của hồ Dầu Tiếng và sông Sài Gòn vẫn có nguy cơ vượt qua mức  $500\text{m}^3/\text{s}$ . Với tình hình đó, nếu xảy ra mưa lũ cực hạn do BĐKH trong hoàn cảnh NBD 1m thì mực nước, lưu lượng và vận tốc trên các sông Sài Gòn, Đồng Nai sẽ tăng rất cao, gia tăng mạnh mẽ hoạt động bồi xói lòng dẫn, biến đổi đường bờ các sông, đặc biệt là sông Sài Gòn, gây ngập lụt rất lớn cho Tp.HCM.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra các kết luận chính sau:

1. Môi trường địa chất khu vực Tp.HCM với đặc điểm trầm tích Đệ tứ mềm rời có chiều dày lớn, phân bố rộng khắp cùng những điều kiện địa lý tự nhiên như địa hình thấp, bằng phẳng, hệ thống sông – kênh rạch rất phát triển, đường bờ biển dài, chế độ bán nhật triều và ảnh hưởng của triều vào rất sâu trong nội địa... làm cho môi trường này dễ bị tổn thương dưới tác động của BĐKH-NBD.
2. Sử dụng các mô hình số thích hợp khác nhau đã cho phép Luận án dự báo định lượng vùng đất bị ngập, đại lượng dịch chuyển ranh mặn hiện tồn tại trên hệ thống sông – kênh rạch và trong các tầng chứa nước Pleistocen, mức độ hoạt động bồi – xói long dẫn và mất ổn định đường bờ của sông theo các kịch bản NBD 15, 30, 50, 75, 100cm trong thế kỷ 21.
3. Với kịch bản NBD 1m, diện tích ngập trên vùng hạ lưu sông SG-ĐN tăng từ  $10.451\text{ km}^2$  lên hơn  $23.095\text{ km}^2$ , trong đó diện tích lớn đất đai khu vực TP.HCM sẽ bị ngập khi NBD nếu không có đê biển. Ứng với kịch bản NBD 1m, diện tích bị ngập của Thành phố lên tới 17,84% diện tích thành phố.
4. Với các kịch bản độ dâng cao mực nước biển càng lớn, ranh mặn trên hệ thống sông – kênh rạch càng tiến sâu hơn vào nội địa, kéo theo vùng nhiễm mặn đất, nước dưới đất và dâng cao mực nước ngầm trong trầm

tích Holocen càng mở rộng. Khi NBD 100cm, khoảng lún sâu thêm của ranh mặn 1g/lít mùa kiệt trên sông Đồng Nai là 6,8km, vượt qua trạm Cát Lái, trên sông Sài Gòn vào sâu 12,33km, tiến sát tới trạm Phú An, vượt quá vị trí nhiều nhà máy nước khai thác nước sông hiện có.

5. Khi NBD, ranh mặn hiện tại trong các tầng chứa nước Pleistocen dịch chuyển sâu vào nội địa, thu hẹp vùng phân bố nước dưới đất nhạt, độ dâng nước biển càng cao thì đại lượng dịch chuyển biên mặn càng lớn, mức độ dịch chuyển ranh mặn giảm dần từ tầng chứa nước trên xuống tầng dưới. Ranh mặn có thể tiến sâu hơn 1.200mét vào sâu đất liền.
6. NBD làm biến động hoạt động bồi – xói lòng dẫn, đe dọa ổn định đường bờ của sông Sài Gòn đoạn chảy qua Thành phố, mức độ gia tăng bồi – xói không nghiêm trọng, xói thể hiện rõ hơn bồi. Khi NBD, vận tốc dòng triều rút vượt qua vận tốc chịu xói của đất 2 bờ sông, hiện tượng xói lở, biến động đường bờ sẽ diễn ra mạnh, đặc biệt là các bờ lồi của đoạn sông cong.
7. Trong điều kiện NBD, khi xảy ra các tình hình thời tiết cực đoan do BĐKH như hạn nặng thì dịch chuyển ranh mặn sẽ lớn hơn, nếu mưa, lũ cực hạn trùng với triều cường sẽ làm biến động mạnh mẽ hoạt động bồi – xói lòng dẫn, xâm thực bờ, có nguy cơ gây ngập nặng cho TP.HCM nếu không có các công trình thoát lũ sông Sài Gòn sang lưu vực khác.
8. Những biến đổi môi trường địa chất khu vực TP.HCM do BĐKH-NBD như xâm nhập mặn, dâng cao mực nước ngầm... gây ra nhiều tác động tiêu cực cho công trình xây dựng, hoạt động xây dựng công trình, tổn hại và đe dọa khai thác tài nguyên đất, nước mặt và nước dưới đất.

## 2. Đánh giá

1. Hiện nay, do chưa có đủ số liệu, thông tin dự báo về mức độ hạn và lũ cực hạn có thể xảy ra, về quy hoạch đê biển, đê sông, quy hoạch thoát lũ cho sông Sài Gòn,... nên chưa có điều kiện dự báo định lượng về ngập, dịch chuyển ranh mặn, gia tăng hoạt động bồi – xói,... khi diễn ra các tình huống thời tiết cực đoan do BĐKH trong điều kiện NBD.
2. Môi trường địa chất khu vực TP.HCM sẽ bị biến đổi về nhiều mặt do BĐKH-NBD, song do hạn định về khối lượng của một Luận án và những hạn chế về thông tin như đã nêu nên Luận án chưa có điều kiện đánh giá cụ thể và đầy đủ về tác động của biến đổi môi trường địa chất tới công trình xây dựng.
3. Một vài hệ số, thông số sử dụng trong mô hình như sự biến đổi kích thước hạt trầm tích đáy sông theo chiều dòng chảy... do NCS chưa có điều kiện nghiên cứu kiểm định, phải sử dụng theo các tài liệu hiện có nên có thể có hạn chế nhất định về độ chính xác của kết quả dự báo.

## 3. Kiến nghị

1) Như đã trình bày ở phần “Đánh giá”, để có đủ điều kiện dự báo định lượng về ngập, dịch chuyển biên mặn, gia tăng hoạt động bồi xói ... kiến nghị Thành phố:

- Xác định có hay không xây dựng hệ thống đê biển để ứng phó với BĐKH-NBD, quy hoạch hệ thống đê này nếu thấy cần thiết.
- Nghiên cứu mức độ hạn và lũ cực hạn có thể xảy ra.
- Xây dựng quy hoạch thoát lũ cho vùng hạ lưu sông Sài Gòn.

2) Xây dựng các đề tài nghiên cứu đánh giá và dự báo cụ thể, chi tiết hơn về sự biến đổi MTĐC do BĐKH-NBD và tác động tới những biến đổi này.

- Xác định phạm vi và mức độ dâng cao mực nước ngầm trong trầm tích Holocen theo các kịch bản NBD.
- Xác định mức độ nhiễm mặn đất do NBD và đánh giá những tác động có thể xảy ra.
- Nghiên cứu đánh giá mức độ ảnh hưởng của NBD đến ổn định công trình xây dựng theo các kịch bản khác nhau.
- Dự báo sự phát triển của các quá trình địa chất và ĐCCT trong điều kiện BĐKH-NBD như: cát chảy, xói ngầm dưới nền đê, đầm lầy hóa,

...

3) Xây dựng hệ thống quan trắc để kiểm soát sự biến đổi của MTĐC.

4) Xây dựng hệ thống kè để bảo vệ bờ sông, trước hết là các đoạn cong thường xảy ra sạt lở.