

# NGUY CƠ XÂM NHẬP MẶN CÁC SÔNG CHÍNH TỈNH ĐỒNG NAI TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NƯỚC BIỂN DÂNG

Nguyễn Kỳ Phùng<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Bầy<sup>2</sup>, Trần Thị Kim<sup>3</sup>, Lê Ngọc Tuấn<sup>4</sup>

**Tóm tắt:** Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá nguy cơ xâm nhập mặn (XNM) các sông chính tỉnh Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH. Các kịch bản đánh giá được thiết lập bao gồm: Kịch bản hiện trạng 2013 (KB1), kịch bản 2020 với mức phát thải khí nhà kính cao - A1FI (KB2) và kịch bản 2030 - A1FI (KB3). Tám vùng nước mặt được xác định tương ứng với các ranh mặn từ <math><0,25\%</math> đến >18%. Bằng phương pháp mô hình hóa (MIKE 11), kết hợp kỹ thuật GIS, kết quả tính toán cho thấy XNM ngày càng tăng cường và di chuyển sâu về phía thượng lưu. Trong phạm vi nghiên cứu, Vùng 1 có chiều dài 53,5 km, 48,5 km và 44,5 km tương ứng với KB1, KB2 và KB3. Các số liệu tương ứng với Vùng 2 là 63 km, 54 km và 52 km; Vùng 3 là 9 km, 4 km và 4,5 km; Vùng 4 là 4 km, 9,5 km và 11,5 km; Vùng 5 là 7 km, 13 km và 10,5 km; Vùng 6 là 4 km, 6 km và 6 km; Vùng 7 là 15 km, 13,5 km và 13,5 km; Vùng 8 bao gồm 4 km, 6 km và 7,5 km trên sông Lòng Tàu, toàn bộ sông Đồng Tranh, Thị Vải, Gò Gia (đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai). Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở quan trọng cho việc hoạch định các giải pháp thích ứng XNM phù hợp, đảm bảo các hoạt động sinh hoạt và sản xuất tại địa phương.

**Từ khóa:** Biến đổi khí hậu, xâm nhập mặn, nước biển dâng.

Ban Biên tập nhận bài: 11/3/2017

Ngày phản biện xong: 8/6/2017

## 1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu và nước biển dâng (NBD) là một thách thức lớn đối với nhân loại trong thế kỷ 21. Thiên tai và các hiện tượng khí hậu cực đoan ngày càng gia tăng cả về số lượng, cường độ và phạm vi tác động, là mối lo ngại hàng đầu của nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam [1]. Vì vậy, nghiên cứu về BĐKH cần được tiến hành nhằm cung cấp thông tin cần thiết để thực hiện các quy hoạch, kế hoạch... góp phần nâng cao năng lực thích ứng với BĐKH của hệ thống.

<sup>1</sup>Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>4</sup>Đại học Khoa học Tự nhiên ĐHQG Thành phố Hồ Chí Minh

\*Email: lntuan@hcmus.edu.vn

Trong bối cảnh BĐKH ngày càng diễn ra mạnh mẽ, dòng chảy trên các sông bị thay đổi ảnh hưởng đến quá trình xâm nhập mặn (XNM), chất lượng nước, tác động tiêu cực đến các hoạt động có liên quan như: trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản, dịch vụ, sinh hoạt... của các khu vực ven sông. Gần đây, nhiều nghiên cứu về BĐKH xem XNM là một trong những tác động chính cần quan tâm đánh giá [2-5], đặc biệt là các vùng cửa sông và ven biển [6- 14].

Đồng Nai là tỉnh thuộc lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn, có mật độ sông suối khoảng 0,5 km/km<sup>2</sup>, sông phân phối không đều. Phần lớn sông suối tập trung phía Bắc và dọc theo sông Đồng Nai về hướng Tây Nam. Mặc dù không giáp biển (điểm gần nhất cách biển khoảng 9 km), nhưng với đặc điểm phân bố trữ lượng nước (khoảng 20% vào mùa khô) và chế độ nước bán nhật triều, các sông suối tỉnh Đồng Nai vẫn có nguy cơ bị nhiễm mặn cao. Trong thời gian gần đây, tình hình XNM trên địa bàn tỉnh Đồng

Nai đang có dấu hiệu tiêu cực. Theo Trung tâm quan trắc và kỹ thuật môi trường Đồng Nai, từ năm 2007 - 2015, độ mặn xâm nhập vào sông Đồng Nai tăng lên rõ rệt, cao điểm thường từ tháng 3 đến tháng 5. Năm 2011, ở đoạn ba sông Đồng Nai - từ cầu Hóa An đến cầu Đồng Nai, độ mặn nhiều khu vực tăng trên 10 lần so với mọi năm.

Vì vậy, việc xác định nguy cơ XNM tỉnh Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH đóng vai trò vô cùng quan trọng, cung cấp cơ sở hoạch định các chính sách, chiến lược, biện pháp thích ứng phù hợp trong từng điều kiện cụ thể, góp phần giảm thiểu rủi ro, đảm bảo phát triển bền vững tại địa phương.

**2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.1. Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu**

Các tài liệu, số liệu khí tượng thủy văn (KTTV), độ mặn kịch bản biến đổi nhiệt độ,

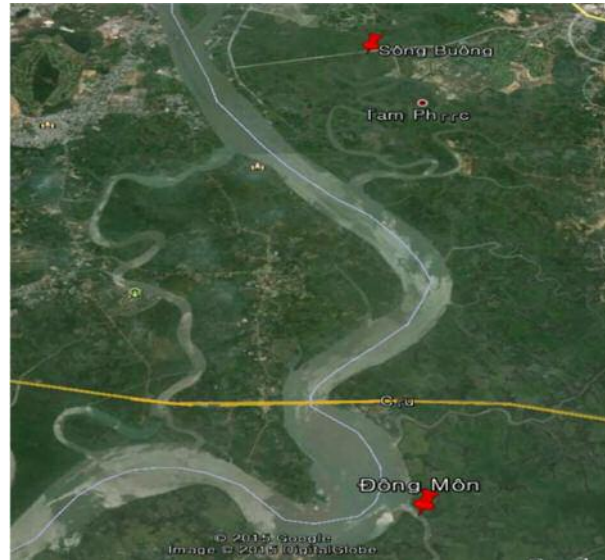


Hình 1. Vị trí độ mặn và mặt cắt ngang sông

lượng mưa và mực nước dâng tại khu vực nghiên cứu phục vụ mô phỏng nguy cơ XNM các sông chính tỉnh Đồng Nai được thu thập tại Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam bộ, các cơ quan hữu quan tại địa phương và Bộ Tài nguyên và Môi trường, đảm bảo độ tin cậy trong tính toán.

**2.2. Phương pháp khảo sát, đo đạc**

Việc khảo sát, đo đạc mặt cắt ngang sông (sông Đồng Tranh, Gò Gia, sông Buông, sông Đồng Môn - Hình 1), thủy văn (mực nước giờ tại trạm sông Buông và trạm Đồng Môn từ 19/4-21/4/2015 - Hình 2), độ mặn (5 trạm trên sông Đồng Nai, sông Thị Vải, sông Đồng Môn, sông Buông từ 19/4-22/4/2015 - Hình 1) được thực hiện phục vụ tính toán mô hình thủy lực và lan truyền mặn. Trong đó, tổng số mặt cắt đo đạc bổ sung là 112, gồm 35 mặt cắt trên sông Đồng Tranh, 18 mặt cắt trên sông Gò Gia, 48 mặt cắt trên sông Buông và 11 mặt cắt trên sông Đồng Môn.



Hình 2. Vị trí đo đạc thủy văn

**2.3. Mô hình Mike 11**

Áp dụng trong tính toán thủy lực và lan truyền mặn.

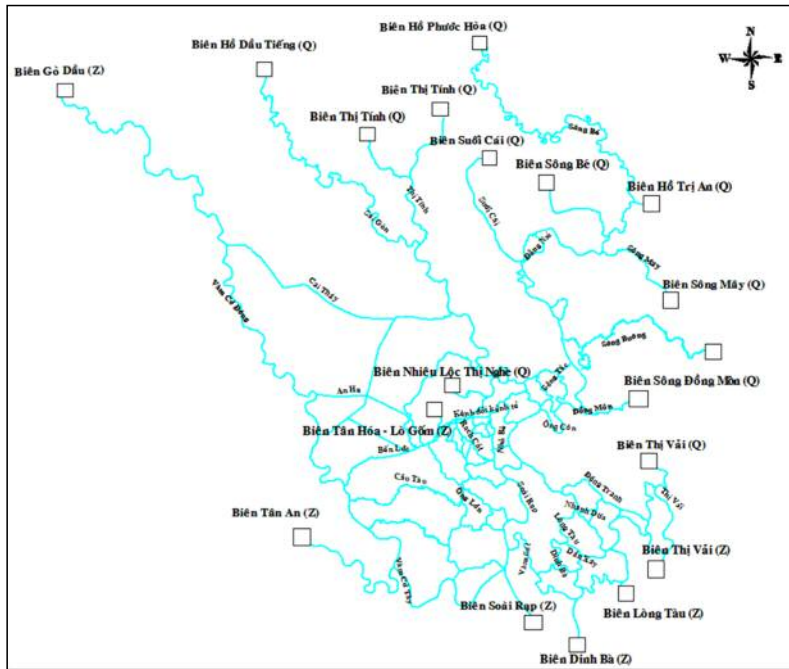
**2.3.1. Vùng tính và lưới tính**

Vùng tính: từ sau ba hồ chứa (Trị An, Dầu Tiếng và Phước Hòa) đến vị trí các cửa sông ven biển (Dinh Bà, Thị Vải, Lòng Tàu và Soài Rạp) (Hình 3).

Mạng lưới tính bao gồm 79 nhánh sông lớn nhỏ, 674 mặt cắt, 68 điểm nhập lưu và phân lưu. Khoảng cách dx lớn nhất trên các nhánh sông là 500 - 1000 m và nhỏ nhất là 100 - 200 m; chia chi tiết ở các nhánh sông nhỏ và chia lớn nhất trên các nhánh sông lớn nhằm giảm thời gian tính toán (Hình 4).



Hình 3. Vùng tính toán



Hình 4. Mạng lưới tính trong mô hình Mike 11

2.3.2. Bộ thông số mô hình thủy lực

(i) Dữ liệu tính toán: Bộ số liệu thủy văn năm 2013 được sử dụng làm biên tính toán, bao gồm:

- Biên thượng nguồn: Mức nước giờ tại Gò Dầu, Tân An, lưu lượng xả thực đo hồ Phước Hòa, hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng.

- Biên hạ nguồn: Mức nước Soài Rạp, Đinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải được tương quan từ dữ liệu mực nước Vàm Kênh và Vũng Tàu.

- Gió: Gió chướng (gồm vận tốc gió và hướng gió) được thiết lập tại 4 cửa sông (Soài Rạp,

- Đinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải) và chạy dọc sông.

(ii) Bộ số liệu tính toán hiệu chỉnh mô hình thủy lực

- Thời gian tính: Từ 26/4 - 28/4/2013 với bước thời gian tính  $\Delta t = 1$  phút.

- Hệ số nhám n: Thay đổi trong khoảng 0,02 - 0,035.

- Biên tính toán:

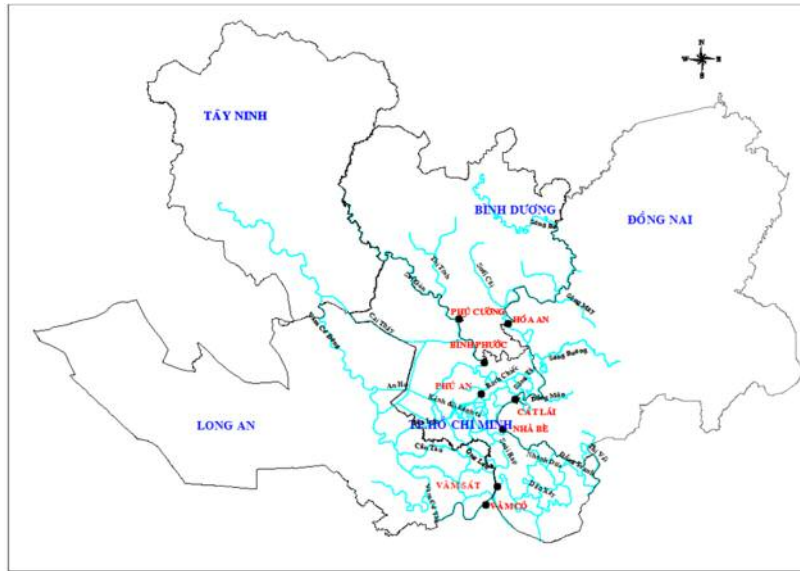
- Biên thượng nguồn và hạ nguồn từ 9:00 ngày 26/4/2013 - 20:00 ngày 28/4/2013 như đã đề cập.

• Biên cắt: 12 biên lưu lượng với  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$  (bao gồm 2 biên nhánh Thị Tính, Nhiêu Lộc-Thị Nghè, Tân Hóa - Lò Gốm, sông Buông, suối Cái, suối Nước Trong, suối Giai, sông Mây, nhánh sông Bé, sông Đồng Môn và sông Thị Vải).

- Điều kiện ban đầu: Tại thời điểm ban đầu,

lấy mực nước tĩnh, lưu lượng  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Các trạm hiệu chỉnh mô hình: Sử dụng 8 trạm đo lưu lượng và mực nước từ 9:00 ngày 26/4/2013 - 20:00 ngày 28/4/2013 để hiệu chỉnh mô hình (Hình 5).



Hình 5. Vị trí các trạm hiệu chỉnh thủy lực

### 2.3.3. Mô hình lan truyền mặn

Dữ liệu: Bộ số liệu độ mặn tại trạm Cát Lái, Thủ Thiêm và Nhà Bè từ 27/04 - 29/04/2013 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình.

Điều kiện ban đầu, điều kiện biên: Bộ thông số tính toán mô hình thủy lực được sử dụng để tính toán lan truyền mặn trong sông.

• Biên mặn: Tại 4 biên cửa sông (Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải) lấy độ mặn bằng độ mặn trung bình trong các tháng mùa khô từ tháng 1 - 4/2013 của biển Đông khoảng 28 - 33g/L. Các biên thượng lưu, biên cắt (giống với mô hình thủy lực) và Thị Vải lấy độ mặn bằng 0.

• Điều kiện ban đầu: Để kết quả tính toán nhanh hội tụ đến kết quả đúng, điều kiện ban đầu được lấy dọc theo chiều dài của sông tăng dần từ biển lên thượng nguồn, dựa theo số liệu thực đo của các trạm đo mặn trên sông, lấy độ mặn ban đầu cho các nút tính liền kề với vị trí quan trắc mặn dọc sông.

• Bước thời gian tính  $\Delta t = 30$  giây.

Ứng với các kịch bản BĐKH đến năm 2020 và 2030, các biên tính toán trong mô hình được

điều chỉnh như sau:

(i) Biên thượng nguồn: lưu lượng tại Gò Dầu, Tân An, lưu lượng hồ Phước Hòa, hồ Trị An, hồ Dầu Tiếng được tính bằng mô hình NAM và mô hình điều tiết hồ chứa. Kết quả tính toán (không trình bày chi tiết trong bài báo này) được kế thừa từ một nghiên cứu gần đây của cùng nhóm tác giả [15].

(ii) Biên hạ nguồn: Mực nước Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải tương ứng với mực NBD thêm vào năm 2020 và 2030.

### 2.3.4. Tiêu chuẩn đánh giá độ tin cậy của mô hình

Để hiệu chỉnh mô hình, hệ số Nash - Sutcliffe (NSE) và hệ số tương quan  $R^2$  được sử dụng để đánh giá.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})(Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})}{[\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})]^2 \sum_{i=1}^N (Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})^2}^{0.5}$$

Trong đó:  $Q_{sim,i}$  là lưu lượng mô phỏng tại thời gian  $i$ ;  $Q_{obs,i}$  là lưu lượng thực đo tại thời gian  $i$ ;  $\bar{Q}_{obs}$  là lưu lượng trung bình thực đo;  $\bar{Q}_{sim}$  là lưu lượng trung bình mô phỏng.

Tiêu chuẩn đánh giá:

- Ổ mức đạt khi  $0,4 < NSE < 0,65$ ; mức khá khi  $0,65 \leq NSE \leq 0,75$ ; mức tốt khi  $NSE > 0,75$  [16].

- Ổ mức đạt khi  $R^2 < 0,4$ ; mức khá khi  $0,4 \leq R^2 < 0,8$ ; mức tốt khi  $R^2 \geq 0,8$  [17].

### 2.4. Kỹ thuật GIS

Kỹ thuật GIS được áp dụng để xây dựng bản đồ XNM nhằm trực quan hóa kết quả tính toán.

### 3. Kết quả nghiên cứu

Bảng 1. Hệ số nhám (Manning) trên các sông (dùng trong hệ SI) sau hiệu chỉnh

Tên sông	Giá trị	Tên sông	Giá trị	Tên sông	Giá trị	Tên sông	Giá trị
Đồng Nai	0,035	Thị Vải	0,022	Sông Buông	0,030	Đồng Môn	0,020
Sài Gòn	0,033	Soài Rạp	0,022	Sông Bé	0,033	Vàm Sát	0,020
Nhà Bè	0,032	Dinh Bà	0,020	Phú Xuân	0,021	Rạch Chiềc	0,033
Lòng Tàu	0,026	Vàm Cỏ Tây	0,028	Gò Gia	0,020		
Đồng Tranh	0,021	Vàm Cỏ Đông	0,028	Bến Lức	0,031		

#### • Kiểm định mô hình thủy lực

Sử dụng số liệu mực nước và lưu lượng thực đo từ 09:00 ngày 25/05/2013 - 08:00 ngày 27/5/2013 tại các trạm Phú Cường, Bình Phước, Cát Lái, Hóa An, Phú An, Nhà Bè, Ngã Bảy, Cái Mép, Vàm Cỏ, Vàm Sát để kiểm định. Kết quả tính toán phù hợp với thực đo với chỉ số NSE và  $R^2$  đều trên 0,8. Theo đó, bộ thông số ở bảng 1 được chọn để mô phỏng nguy cơ XNM trong bối cảnh BĐKH.

#### 3.1.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền mặn

##### • Hiệu chỉnh mô hình lan truyền mặn

Hệ số khuếch tán được lấy chung cho các

Bảng 2. Hệ số khuếch tán ( $m^2/s$ ) cho mô hình lan truyền mặn

Tên sông	Giá trị	Tên sông	Giá trị	Tên sông	Giá trị	Tên sông	Giá trị
Đồng Nai	25	Thị Vải	16	Sông Buông	8	Đồng Môn	6
Sài Gòn	25	Soài Rạp	23	Sông Bé	25	Vàm Sát	16
Nhà Bè	23	Dinh Bà	23	Phú Xuân	12	Rạch Chiềc	6
Lòng Tàu	22	Vàm Cỏ Tây	22	Gò Gia	9		
Đồng Tranh	18	Vàm Cỏ Đông	24	Bến Lức	13		

### 3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

#### 3.1.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

##### • Hiệu chỉnh mô hình thủy lực

Số liệu mực nước và lưu lượng thực đo tại 8 trạm: Phú Cường, Bình Phước, Cát Lái, Hóa An, Phú An, Nhà Bè, Ngã Bảy, Cái Mép, Vàm Cỏ, Vàm Sát từ ngày 26 - 28/04/2013 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Kết quả tính toán tương đối phù hợp với thực đo, chỉ số NSE và  $R^2$  ở các trạm hầu hết ở mức cao (trên 0,8). Theo đó, bộ thông số nhám tìm được sau hiệu chỉnh (Bảng 1) được dùng để tính toán thủy lực.

đoạn sông là 5 - 25  $m^2/s$ , riêng hệ số khuếch tán từ Thủ Thiêm trở lên trên thượng nguồn lấy 25  $m^2/s$ . Tiến hành mô phỏng XNM tại ba trạm đo mặn (Cát Lái, Thủ Thiêm, Nhà Bè), so sánh với thực đo từ 24/04 - 30/04/2013 cho kết quả mô phỏng tương quan khá tốt với đường quá trình độ mặn ( $R^2$  tương ứng 0,8, 0,86 và 0,9).

##### • Kiểm định mô hình lan truyền mặn

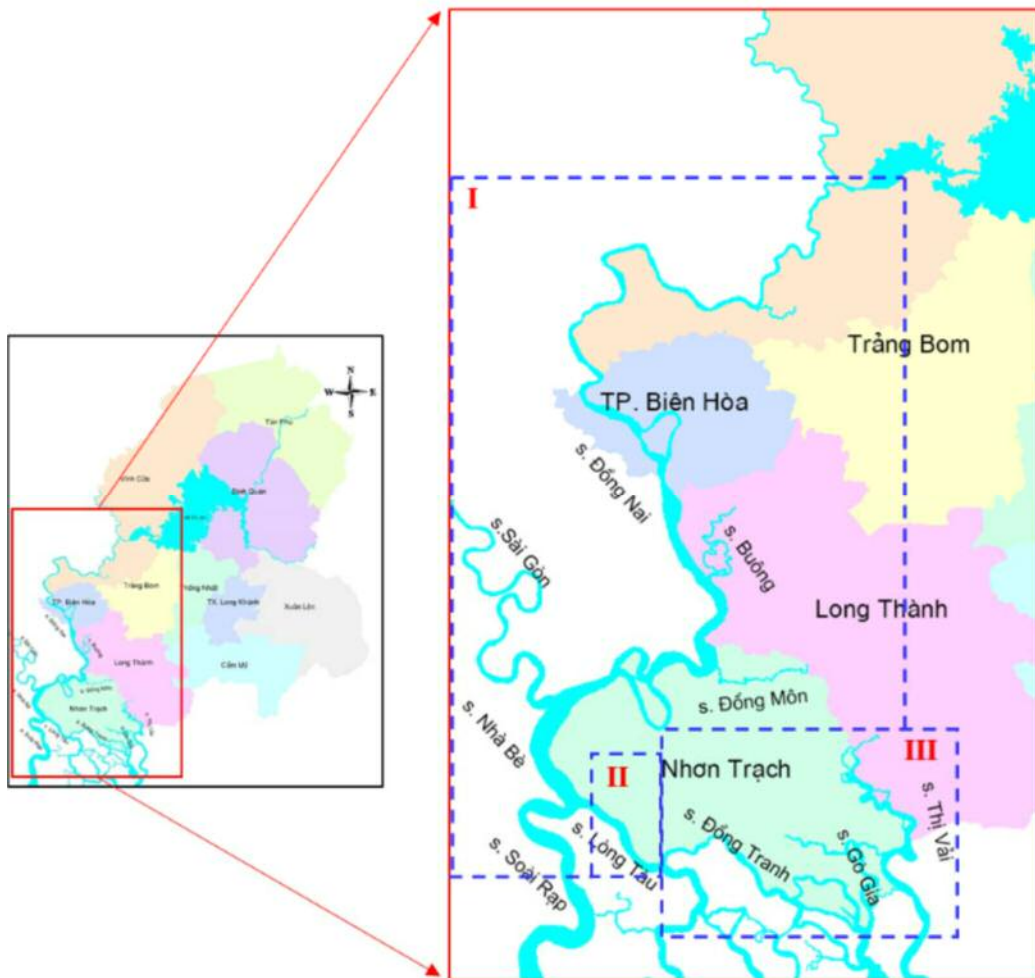
Sử dụng số liệu mặn thực đo tại 5 trạm như đã đề cập từ 19/04 - 24/4/2015 để kiểm định. Kết quả mô phỏng tương quan khá tốt với số liệu thực đo. Theo đó, hệ số khuếch tán được trình bày trong bảng 2.

**3.2. Đánh giá diễn biến XNM tỉnh Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH**

Trong các kịch bản BĐKH tại tỉnh Đồng Nai: (i) Kịch bản BĐKH tỉnh Đồng Nai đến 2100 [18] khá chi tiết, đầy đủ các loại kịch bản nhưng không đáp ứng tính đồng bộ cho toàn khu vực nghiên cứu (lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai); (ii) Kịch bản BĐKH, NBD cho Việt Nam 2012 [19] chi tiết và đồng bộ trên khu vực lớn (Bình Phước, Bình Dương, Đồng Nai, TpHCM, Long An và Tây Ninh), nhưng chỉ có kịch bản phát thải trung bình (B2) nên không thể tính toán cho

cả 3 trường hợp, đặc biệt là kịch bản mang tính cảnh báo (A1FI); (iii) Kịch bản BĐKH, NBD cho Việt Nam 2009 [20] đảm bảo tính đồng bộ trên khu vực lớn và đầy đủ các kịch bản (B1, B2, A1FI), khuyết điểm là tính cập nhật chưa cao nhưng chấp nhận được. Theo đó, kịch bản này [20] được lựa chọn và áp dụng trong nghiên cứu.

Trên cơ sở mối quan hệ giữa độ mặn và chế độ triều cường, khu vực nghiên cứu được chia thành ba khu vực (1, 2, 3) để đánh giá diễn biến XNM (Hình 6).



Hình 6. Phạm vi phân tích, đánh giá diễn biến XNM trên địa bàn tỉnh Đồng Nai









Bên cạnh đó, 08 ranh giới mặn (RGM) được xác định tương ứng với độ mặn ảnh hưởng đến nhu cầu sử dụng nước (Bảng 3). Các kịch bản mô phỏng nguy cơ XNM bao gồm:

- KB1 (hiện trạng): Mùa khô, từ 02/01 - 30/5
- KB2: Mô phỏng XNM năm 2020 với kịch bản phát thải cao (A1FI).

Trong đó sự thay đổi mực nước biển so với thời kỳ 1980 - 1999 trong tháng 1 - 5 là +12 cm [20].

- KB3: Mô phỏng XNM năm 2030 với kịch bản A1FI. Số liệu mực nước biển dâng tương ứng (như KB2) là +17 cm [20].

Bảng 3. Giá trị độ mặn của RGM ảnh hưởng đến nhu cầu sử dụng nước mặt

RGM	Giới hạn độ mặn của RGM (‰)	Tiêu chí lựa chọn giới hạn độ mặn dựa trên ảnh hưởng đến nhu cầu sử dụng nước mặt	Thang màu
1	< 0,25‰ RGM 1 (0,25‰)	Dùng được cho mục đích cấp nước sinh hoạt (qua xử lý thông thường)	
2	0,25‰ - 0,5‰ RGM 2 (0,5‰)	Dùng được cho mục đích cấp nước sinh hoạt và các mục đích khác	
3	0,5‰ - 1‰ RGM 3 (1‰)	Dùng được mục đích tưới tiêu thủy lợi hoặc các mục đích sử dụng khác có yêu cầu chất lượng nước tương tự	
4	1‰ - 2‰ RGM 4 (2‰)	Phục vụ tốt cho nuôi trồng thủy sản nước lợ nhưng giảm năng suất cây trồng nhạy cảm mặn	
5	2‰ - 4‰ RGM 5 (4‰)	Phục vụ tốt cho nuôi trồng thủy sản nước lợ nhưng giảm năng suất nhiều loại cây trồng	
6	4‰ - 8‰ RGM 6 (8‰)	Nuôi trồng được một số loại thủy sản nước lợ nhưng giảm năng suất các cây trồng chịu mặn.	
7	8‰ - 18‰ RGM 7 (18‰)	Nuôi trồng được một số loại thủy sản nước lợ nhưng không tưới tiêu được.	
8	> 18‰	Nhiễm mặn, không sử dụng được.	

### 3.2.1. Diễn biến XNM tại Khu vực 1

Sông Đồng Nai chiếm phần lớn trong vùng 1 (sông Đồng Nai, sông Buông, sông Đồng Môn và sông Nhà Bè), theo đó, được tập trung phân tích vị trí các RGM.

RGM1: Trên sông Đồng Nai, vào thời điểm 11:00 ngày 24/02/2013, RGM1 dịch chuyển xa nhất về phía thượng lưu cầu Hóa An, cách khoảng 0,5 km với độ mặn lớn nhất đạt 0,251‰. So với KB1, RGM1 năm 2020 (KB2) tiến xa hơn khoảng 5 km về phía thượng lưu (cách cầu Hóa An khoảng 5,5 km). Đến năm 2030 (KB3), RGM1 tiến xa hơn so với KB1 khoảng 9 km, cách cầu Hóa An 9,5 km.

RGM2: Thời điểm RGM2 di chuyển về thượng lưu sâu nhất cùng thời điểm với RGM1. Theo KB1, RGM2 cách hạ lưu cầu Hóa An 9 km. Kết quả mô phỏng XNM năm 2020 cho thấy RGM2 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn khoảng 9 km so với KB1 - ngay vị trí cầu Hóa An. Theo KB3, RGM2 tiếp tục di chuyển về thượng lưu 11 km so với KB1 - cách thượng lưu cầu Hóa An khoảng 2 km.

RGM3: Thời điểm RGM3 di chuyển về thượng lưu sâu nhất là 13:00 ngày 24/02/2013, cách hạ lưu cầu Hóa An khoảng 19 km. Vào năm 2020, RGM3 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn khoảng 11 km so với KB1 - cách hạ lưu cầu

Hóa An khoảng 8 km. Theo KB3, RGM3 tiếp tục di chuyển về thượng lưu 14 km so với KB1 - cách hạ lưu cầu Hóa An khoảng 5 km.

RGM4: Thời điểm RGM4 di chuyển về thượng lưu sâu nhất là 14:00 ngày 24/02/2013. Theo KB1, RGM4 đã di chuyển đến vị trí cách cầu Hóa An 32 km về phía hạ lưu. Trong năm 2020, RGM4 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn khoảng 8 km so với KB1 và cách hạ lưu cầu Hóa An khoảng 24 km. Đối với KB3, RGM4 tiếp tục di chuyển về thượng lưu 11 km so với KB1 - cách hạ lưu cầu Hóa An 21 km.

RGM5: Thời điểm RGM5 di chuyển về thượng lưu sâu nhất tương tự như RGM4. Theo KB1, RGM5 đã di chuyển đến cách cầu Hóa An 36 km về phía hạ lưu. Vào năm 2020, RGM5 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn khoảng 2,5 km so với KB1 và cách cầu Hóa An khoảng 33,5 km. Theo KB3, RGM5 tiếp tục di chuyển về thượng lưu 3,5 km so với KB1.

RGM6: Vào 15:00 ngày 24/02/2013, RGM6 di chuyển sâu nhất về phía thượng lưu, cách cầu Hóa An khoảng 39,5 km về phía hạ lưu (cách cửa sông Đồng Nai khoảng 1 km). Đối với KB2, RGM6 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn khoảng 0,5 km so KB1 - cách cầu Hóa An khoảng 39 km về phía hạ lưu. Theo KB3, RGM6 tiếp tục di chuyển về thượng lưu 2,5 km so với KB1, cách

cầu Hóa An khoảng 37 km về phía hạ lưu.

RGM7: Độ mặn lớn nhất (khoảng 14,6‰) ghi nhận tại cửa sông Nhà Bè (ứng với KB1). Do vậy, RGM7 không được xét đến.

### 3.2.2. Diễn biến XNM tại Khu vực 2

Khu vực 2 chỉ có nhánh sông Lòng Tàu (đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai) - là nhánh sông chịu ảnh hưởng chế độ thủy lực từ hai phía Vịnh Đồng Tranh và Vịnh Gành Rái. Độ mặn lớn nhất dao động từ 14,8 - 28‰, theo đó, chỉ tập trung phân tích độ mặn từ 8 - 18‰ và lớn hơn 18‰, tương ứng với RGM7.

Thời điểm RGM7 di chuyển về thượng lưu sâu nhất là 12:00 ngày 14/01/2013. Ranh 18‰ nằm trên sông Lòng Tàu, cách ngã ba sông Đồng Tranh - Lòng Tàu khoảng 4 km và cách cầu Hóa An 54,5 km (cách ngã ba sông Lòng Tàu - Nhà Bè - Soài Sạp khoảng 5 km). Đến năm 2020, RGM7 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn khoảng 2 km - cách cầu Hóa An khoảng 52,5 km (cách ngã ba sông Lòng Tàu - Nhà Bè - Soài Sạp khoảng 3 km). Đến năm 2030, RGM7 tiếp tục di

chuyển về thượng lưu 1,5 km so với KB1, cách ngã ba sông Lòng Tàu - Nhà Bè - Soài Sạp khoảng 1,5 km và cách cầu Hóa An 51 km (về phía hạ lưu).

### 3.2.3. Diễn biến XNM tại Khu vực 3

Khu vực 3 bao gồm ba sông chính: sông Đồng Tranh, sông Gò Gia và sông Thị Vải đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai. Kết quả mô phỏng 5 tháng mùa khô (1 - 5) cho thấy độ mặn lớn nhất dao động trong khoảng 18,1 - 33‰, riêng đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai, giá trị mặn cao nhất đạt khoảng 32,1‰. Do đó, trong đoạn này chỉ xét vùng nước mặt có độ mặn lớn hơn 18‰.

Với vị trí và thời gian RGM7 di chuyển sâu nhất về thượng lưu đã được xác định trong Vùng 2 cho thấy không có đoạn sông nào phù hợp với các mục đích dân sinh kinh tế. Trong vùng này, tất cả các nhánh sông đều có độ mặn rất cao (trên 18‰), do đó cần có biện pháp giảm thiểu ảnh hưởng của XNM.

Bảng 4 tổng hợp vị trí ranh mặn ứng với từng kịch bản so với cầu Hóa An

Bảng 4. Khoảng cách từ cầu Hóa An đến các ranh mặn ứng với từng kịch bản

RGM	KB1 (Hiện trạng)	KB2 (A1FI - 2020)	KB3 (A1FI - 2030)
0,25‰	+0,5 km	+5,5 km	+9,5 km
0,5‰	-9 km	0 km	+2 km
1‰	-19 km	-8 km	-5 km
2‰	-32 km	-24 km	-21 km
4‰	-36 km	-33,5 km	-32,5 km
8‰	-39,5 km	-39 km	-37 km
18‰	-54,5 km	-52,5 km	-51 km

(+ : về phía thượng lưu; - : về phía hạ lưu)

Các vùng RGM tương ứng với các mục đích sử dụng nước được thể hiện ở Hình 7, trong đó:

- Vùng 1 (<0,25‰), từ vị trí cách cầu Hóa An 0,5 km, 5,5 km và 9,5 km (về phía thượng lưu) đến hồ Trị An ứng với KB1, KB2 và KB3.

- Vùng 2 (0,25 - 0,5‰), từ vị trí cách hạ lưu cầu Hóa An 9 km đến hồ Trị An ứng với KB1; vị trí cầu Hóa An và từ vị trí cách cầu Hóa An khoảng 2 km (về phía thượng lưu) đến hồ Trị An tương ứng với KB2 và KB3.

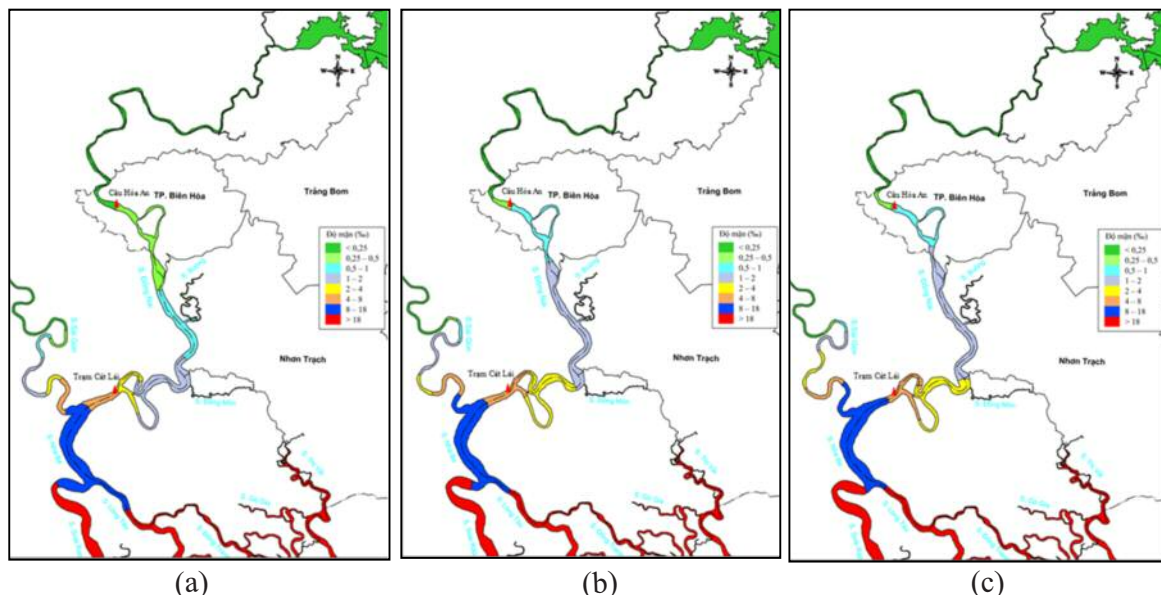
- Vùng 3 (0,5 - 1‰), từ vị trí cách hạ lưu cầu Hóa An 19 km đến hồ Trị An ứng với KB1; từ vị trí cách cầu Hóa An khoảng 2 km (về phía

thượng lưu) đến hồ Trị An tương ứng với KB2 và KB3.

- Vùng 4 (1 - 2‰), từ vị trí cách cầu Hóa An khoảng 32 km (về phía hạ lưu) kéo dài 1 đoạn khoảng 13 km theo KB1; các số liệu tương ứng với KB2 và KB3 lần lượt là 24 km, 16 km và 21 km, 16 km.

- Vùng 5 (2 - 4‰), từ vị trí cách cầu Hóa An khoảng 36 km (về phía hạ lưu) kéo dài 1 đoạn khoảng 4 km theo KB1; các số liệu tương ứng với KB2 và KB3 lần lượt là 33,5 km, 9,5 km và 32,5 km, 11,5 km.





Hình 7. Ranh mặn cao nhất trên địa bàn tỉnh Đồng Nai: (a) KB1, (b) KB2 và (c) KB3

- Vùng 6 (4 - 8‰), đối với KB1, từ vị trí cách cầu Hóa An khoảng 39,5 km (về phía hạ lưu) kéo dài 1 đoạn khoảng 3,5 km; các số liệu tương ứng với KB2 và KB3 lần lượt là 39 km, 5,5 km và 37 km, 4,5 km.

- Vùng 7 (8 - 18‰): đối với KB1, từ vị trí cách cầu Hóa An 39,5 km về phía hạ lưu đến vị trí cách ngã ba sông Lòng Tàu - Nhà Bè - Soài Sạp 5 km (trên sông Lòng Tàu), vùng dài 1 đoạn khoảng 15 km. Các số liệu tương ứng với KB2 và KB3 lần lượt là 39 km, 3 km, 13,5 km và 37 km, 1,5 km, 13,5 km.

- Vùng 8 (>18‰): đối với KB1, toàn bộ sông Đồng Tranh, sông Gò Gia và sông Thị Vải đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai và đoạn từ vị trí cách ngã ba sông Lòng Tàu - Nhà Bè - Soài Sạp 5 km về phía hạ lưu đến điểm cuối sông Lòng Tàu chảy ra khỏi tỉnh Đồng Nai, dài 4 km. Đối với KB2, toàn bộ sông Đồng Tranh, sông Gò Gia và sông Thị Vải đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai và đoạn từ vị trí cách ngã ba sông Lòng Tàu - Nhà Bè - Soài Sạp 3 km về phía hạ lưu đến điểm cuối sông Lòng Tàu chảy ra khỏi tỉnh Đồng Nai, dài 6 km. Tương tự KB2, các số liệu tương ứng với KB3 là 1,5 km và 7,5 km.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá nguy cơ XNM các sông chính tỉnh Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH với các kịch bản hiện trạng (KB1),

2020 - A1FI (KB2) và 2030-A1FI (KB3). Tám vùng nước mặn (Vùng 1 - Vùng 8) được xác định tương ứng với các ranh mặn khác nhau (từ <math>< 0,25\text{‰}</math> đến >18‰) trong mối quan hệ với các hoạt động dân sinh kinh tế (cấp nước sinh hoạt, nuôi trồng thủy sản, giao thông thủy...). Kết quả cho thấy XNM ngày càng tăng cường và đi sâu về phía thượng lưu. Trong phạm vi nghiên cứu, Vùng 1 có chiều dài (dọc tim sông) 53,5 km, 48,5 km và 44,5 km tương ứng với KB1, KB2 và KB3. Các số liệu tương ứng với Vùng 2 là 63 km, 54 km và 52 km; Vùng 3 là 9 km, 4 km và 4,5 km; Vùng 4 là 4 km, 9,5 km và 11,5 km; Vùng 5 là 7 km, 13 km và 10,5 km; Vùng 6 là 4 km, 6 km và 6 km; Vùng 7 là 15 km, 13,5 km và 13,5 km; Vùng 8 là 4 km trên sông Lòng Tàu, toàn bộ sông Đồng Tranh, Thị Vải, Gò Gia (đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai), 6 km sông Lòng Tàu, toàn bộ sông Đồng Tranh, Thị Vải, Gò Gia (đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai) và 7,5 km trên sông Lòng Tàu, toàn bộ sông Đồng Tranh, Thị Vải, Gò Gia (đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai). Trong bối cảnh XNM ngày càng tăng cường, những nghiên cứu đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM nên tiếp tục được thực hiện, tạo cơ sở hoạch định các giải pháp thích ứng phù hợp, đảm bảo các hoạt động sinh hoạt và sản xuất tại địa phương.

### Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2016), *Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*.
2. Phan Văn Tân, Ngô Đức Thành, (2013), *Biến đổi khí hậu ở Việt Nam: Một số kết quả nghiên cứu, thách thức và cơ hội trong hội nhập quốc tế*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 29, Số 2 42-55.
3. Ngoc Tuan Le, Thi Ngoc My Vu, (2016), *Assessment of adaptive capacity to saltwater intrusion in the context of climate change in Dong Nai province to 2030*, Science and Technology Development Journal. T5, 225-233.
4. Xuan Hoang Tran, Ngoc Tuan Le, (2015), *Identifying vulnerability indicators to saltwater intrusion in the context of climate change*, Journal of Science and Technology. 53 (5A) 212-219.
5. Lê Ngọc Tuấn, Trần Thị Thúy, (2016), *Đánh giá mức độ nhạy cảm với xâm nhập mặn trên địa bàn tỉnh Đồng Nai đến năm 2030*, Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ, T5-256-267.
6. Hoàng Văn Đại, Trần Hồng Thái, (2014), *Nghiên cứu mô hình thủy động lực 1-2 chiều để dự báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã*, Tạp chí Khí tượng thủy văn số 645, 1-6.
7. Lưu Đức Dũng, Hoàng Văn Đại, Nguyễn Khánh Linh, (2014), *Đánh giá tình trạng xâm nhập mặn khu vực hạ lưu sông Mã, tỉnh Thanh Hóa*, Tạp chí Khí tượng thủy văn số 645, 36-40.
8. Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung và Kanchit Likitdecharote, (2012), *Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn*, Tạp chí Khoa học 21b, 141-150.
9. Nguyễn Thanh Bình, Lâm Huôn, và Thạch Sô Phan, (2012), *Đánh giá tổn thương có sự tham gia: Trường hợp xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long*, Tạp chí Khoa học, 24b-2012, 229-239.
10. Võ Thành Danh, (2014), *Đánh giá tổn thương do xâm nhập mặn đối với sản xuất nông nghiệp tại các vùng ven biển tỉnh Trà Vinh*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ tỉnh Trà Vinh, 02, 24-33.
11. Nguyễn Tùng Phong, Tô Việt Thắng, Nguyễn Văn Đại, (2013), *Nghiên cứu tính toán xâm nhập mặn trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn có xét tới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi số 18, 1- 8.
12. Phạm Tất Thắng, Nguyễn Thu Hiền, (2012), *Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu - nước biển dâng đến tình hình xâm nhập mặn dải ven biển đồng bằng Bắc Bộ*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường số 37, 34-39.
13. Khang, D. N., Kotera, A., Sakamoto, T., and Yokozawa, (2008), *M. Sensitivity of Salinity Intrusion to Sea Level Rise and River Flow Change in Vietnamese Mekong Delta Impacts on Availability of Irrigation Water for Rice Cropping*, Journal of Agricultural and Meteorological, 64, 167-176.
14. Tuan, L. A., Hoanh, C. T., Miller, F., and Sinh, B. T. (2007), *Flood and Salinity Management in the Mekong Delta, Vietnam*, Challenges to sustainable development in the Mekong Delta: Regional and national policy issues and research needs: Literature analysis. Bangkok, Thailand: The Sustainable Mekong Research Network (Sumernet), 15-68.
15. Nguyễn Kỳ Phùng, Trần Thị Kim, Nguyễn Thị Bầy, (2016), *Nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ đến và lưu lượng xả của hồ chứa dưới tác động của biến đổi khí hậu*, Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, Số 21 (251) 72-74.
16. World Meteorological Organization, (1981), *“Hydrological Forecasting” Chap. 6 in Guide Hydrological Practices*, Vol. 1. Switzerland.
17. Moriasi et al, (2007), *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*, Transactions of the ASABE, 50 (3) .

18. Sở Tài Nguyên Môi Trường tỉnh Đồng Nai, (2012), *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng, xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho tỉnh Đồng Nai đến năm 2100.*
19. Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2012), *Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam.*
20. Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2009), *Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam.*

## RISK OF SALTWATER INTRUSION IN MAIN RIVERS OF DONGNAI PROVINCE IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE AND SEA LEVEL RISE

Nguyen Ky Phung<sup>1</sup>, Nguyen Thi Bay<sup>2</sup>, Tran Thi Kim<sup>3</sup>, Le Ngoc Tuan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Science and Technology Ho Chi Minh city

<sup>2</sup>University of Technology – Vietnam National University Ho Chi Minh City

<sup>3</sup>Ho Chi Minh city University of Natural resources and Environment

<sup>4</sup>University of Science – Vietnam National University Ho Chi Minh City

**Abstract:** *The study aims to assess the possibility of saltwater intrusion in some main rivers of Dong nai province in the context of climate change via following scenarios: 2013 (KB1), 2020-A1FI (high level of greenhouse gas emissions) (KB2), and 2030-A1FI (KB3). Eight surface water zones were identified corresponding to different salinities (below 0.25 to above 18‰). By modeling (MIKE 11) combining GIS methods, results showed that saltwater intrusion is increasing and moving up-stream. In the research conducted areas, Zone 1 had the length of 53.5 km, 48.5 km, and 44.5 km corresponding to KB1, KB2, and KB3. The figures corresponding to Zone 2 would be 63 km, 54 km, and 52 km; 9 km, 4 km, and 4.5 km for Zone 3; 4 km, 9.5 km, and 11.5 km for Zone 4; 7 km, 13 km, and 10.5 km for Zone 5; 4 km, 6 km, and 6 km for Zone 6; 15 km, 13.5 km, and 13.5 km for Zone 7; Zone 8 would include 4 km, 6 km, and 7.5 km of Long Tau River, the entire Dong Tranh, Thi Vai, and Go Gia rivers (the section flows through Dong Nai province). This work provides an important basis for planning suitable solutions for saltwater intrusion adaptation, contributing to sustainable development goals of the local.*

**Keywords:** *Climate change, saltwater intrusion, sea level rise.*