

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MT

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM**

LÊ THỊ MỸ DIỆP

**NGHIÊN CỨU XÂM NHẬP MẶN SÔNG VỆ - QUẢNG
NGÃI TRONG BỐI CẢNH HIỆN TẠI VÀ TƯƠNG LAI
(BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU)**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

**NGÀNH: MÔI TRƯỜNG ĐẤT VÀ NƯỚC
MÃ SỐ: 9 44 03 03**

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - NĂM 2025

Công trình được hoàn thành tại:

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM

Hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Lương Văn Thanh

Hướng dẫn khoa học 2: PGS.TSKH. Bùi Tá Long

Phản biện 1: PGS.TS Nguyễn Tiền Giang

Phản biện 2: PGS.TS Triệu Ánh Ngọc

Phản biện 3: PGS.TS Châu Nguyễn Xuân Quang

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá Luận án Tiến sĩ cấp Viện, họp tại: Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, số 658 Võ Văn Kiệt, Phường Gò Quán, TP. Hồ Chí Minh vào hồi ... giờ..... ngày..... tháng năm 2025 .

Có thể tìm hiểu Luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

CHƯƠNG I. GIỚI THIỆU

1.1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) cùng suy giảm tài nguyên thiên nhiên, ô nhiễm môi trường là những chủ đề được đặc biệt quan tâm tại Việt Nam. BĐKH làm gia tăng những hiểm họa từ khí hậu như thiên tai, làm suy giảm năng suất, và ảnh hưởng tiêu cực đến các thành tựu phát triển kinh tế - xã hội của đất nước [3].

Việt Nam hiện có 28 tỉnh, thành có biển với 125 huyện ven biển, trải dọc theo bờ biển dài hơn 3.260 km, từ Quảng Ninh đến Kiên Giang, do vậy xâm nhập mặn có lưu ý tới biến đổi khí hậu được thực hiện tại một số tỉnh thành, [3] – [7], [9], [11] – [25] trong đó có lưu ý tới biến đổi khí hậu được thực hiện tại một số tỉnh thành như Thái Bình [3], Nam Định [5], Đồng Nai [19], Vĩnh Long [22], Bến Tre [23].

Luận án lựa chọn lưu vực hạ lưu sông Vệ làm khu vực nghiên cứu, là vùng đất điển hình thuộc vùng duyên hải tỉnh Quảng Ngãi. Nhiệm vụ đặt ra cho luận án là luận chứng quy luận, cơ chế xâm nhập mặn của khu vực, dự đoán được diễn biến xâm nhập mặn trong tương lai để từ đó đưa ra được những giải pháp giảm thiểu.

Từ thực tiễn trên, các câu hỏi nghiên cứu được đặt ra như sau:

- Truyền mặn tại cửa sông Vệ được diễn ra theo cơ chế nào? Có hay không sự xuất hiện nêm mặn? Sự phụ thuộc phạm vi, mức độ xâm nhập mặn vào yếu tố mùa (mưa, khô, kiệt, lũ), địa hình, khí tượng, thủy văn, hải văn diễn ra như thế nào?
- Yếu tố BĐKH tác động như thế nào tới xâm nhập mặn? Phương pháp tính toán nào dựa trên phương pháp mô hình hóa được áp dụng.
- Các giải pháp thích ứng với xâm nhập mặn do BĐKH tại một lưu vực điển hình như sông Vệ được thực hiện thế nào? Việc lấy nước ngọt phục

vụ cho đời sống và sinh hoạt có thể thực hiện theo giờ và ở những vị trí nào?

1.2. Mục tiêu nghiên cứu

1.2.1. Mục tiêu tổng quát

Đánh giá được ảnh hưởng của xâm nhập mặn tới vùng duyên hải tỉnh Quảng Ngãi dưới tác động của BĐKH. Đề xuất các giải pháp thích ứng trong điều kiện thời tiết cực đoan.

1.2.2. Mục tiêu cụ thể

- Làm rõ cơ chế cơ chế truyền mặn, cũng như sự hình thành các nêm mặn, sự phát triển của nêm mặn tại vùng cửa sông Vệ.
- Dự tính xâm nhập mặn cho kịch bản BĐKH, trên cơ sở đó đánh giá tác động của BĐKH tới xâm nhập mặn.
- Làm rõ sự phụ thuộc xâm nhập mặn vào các yếu tố khí tượng thủy văn, địa hình
- Đề xuất những giải pháp khai thác trong điều kiện hiện nay cũng như BĐKH, sử dụng nước cho khu vực chịu ảnh hưởng.

1.3. Các nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Tổng quan các nghiên cứu trong ngoài nước liên quan tới xâm nhập mặn vùng cửa sông. Dựa trên phân tích các nghiên cứu đã thực hiện làm rõ những vấn đề cần thực hiện cho luận án.

Nội dung 2: Tổng hợp số liệu khí tượng thủy văn thực đo trong phạm vi khu vực nghiên cứu, gồm nhiệt độ, lượng mưa, mực nước, lưu lượng.

Nội dung 3: Phân tích yếu tố nhiệt độ, lượng mưa, bốc hơi xây dựng bộ thông số cho kịch bản biến đổi khí hậu tại lưu vực sông Vệ.

Nội dung 4: Lựa chọn các mô hình toán phục vụ cho luận án, gồm mô hình giải tích tính hệ số phân tầng, nhóm mô hình thủy văn, mô hình thủy động lực học, mô hình truyền mặn. Thực hiện hiệu chỉnh, kiểm định các mô hình trước khi áp dụng.

Nội dung 5: Tính toán hệ số phân tầng đánh giá sự phân tầng tại 3 mặt cắt dựa trên số liệu thực đo. Ứng dụng MIKE hai chiều và ba chiều mô phỏng cơ chế xâm nhập mặn, sự hình thành nêm mặn theo không gian – thời gian cho giai đoạn 2015 – 2019. Đánh giá sự phụ thuộc xâm nhập mặn vào các yếu tố khí tượng thủy văn và địa hình.

Nội dung 6: Mô phỏng truyền mặn theo kịch bản BĐKH. Đánh giá, so sánh với kịch bản hiện trạng với kịch bản BĐKH, làm rõ nguyên nhân dẫn tới sự khác biệt.

Nội dung 7: Đề xuất giải pháp thích ứng tại khu vực nghiên cứu dựa trên đánh giá tác động của xâm nhập mặn dưới tác động của biến đổi khí hậu.

1.4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

1.4.1. Ý nghĩa khoa học của luận án

- Luận án áp dụng các mô hình toán khác nhau, đã thực hiện phân loại thành nhóm thủy văn: SWAT, NAM, nhóm thủy lực MIKE 21, 3 HD, và mô hình truyền mặn MIKE 21, 3 AD.

- Luận án đã phân tích làm rõ cơ chế truyền mặn, cũng như sự hình thành các nêm mặn đã đưa ra các phương án lựa chọn phân tích cơ chế xâm nhập mặn. Sự hình thành nêm mặn cho hai thời điểm chân triều và đỉnh triều được phân tích.

- Luận án cũng đã thực hiện đánh giá tương quan giữa xâm nhập mặn với các yếu tố khí tượng, thủy văn, địa hình.

Những kết quả này góp phần về lý luận, làm cơ sở để các nhà nghiên cứu quyết định lựa chọn cách tiếp cận, phương pháp đánh giá tác động của BĐKH tới xâm nhập mặn vùng cửa sông ven biển.

1.4.2. Ý nghĩa thực tiễn của luận án

- *Đối với nghiên cứu xâm nhập mặn*: Luận án được thực hiện cho sông Vệ - một con sông điển hình của miền Trung và Quảng Ngãi. Kết quả

luận án đã đưa ra dự báo xâm nhập mặn tại địa phương – giúp cho các nhà quản lý có được tài liệu tham khảo có cơ sở khoa học.

- *Đối với các nghiên cứu có lưu ý tới BĐKH*: Các kịch bản BĐKH được xây dựng và kết quả dự báo diễn biến xâm nhập mặn là nguồn tài liệu tham khảo cho việc cập nhật kịch bản BĐKH lưu vực sông Vệ;

- *Đối với cấp chính quyền địa phương*: Kết quả Luận án giúp các cấp chính quyền ra quyết định trong công tác quản lý tài nguyên môi trường các giải pháp phát triển bền vững có lưu ý tới tác động tiêu cực của BĐKH đến môi trường sống của con người trên khu vực nghiên cứu.

1.5. Tính mới của luận án

1) Đề xuất cách tiếp cận giúp đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến xâm nhập mặn. Kết quả tính toán theo các mô hình dựa trên hệ thống cơ sở dữ liệu được thu thập trong nhiều năm, ngân hàng các mô hình gồm: thủy văn, thủy lực, truyền mặn được căn chỉnh phù hợp với đối tượng nghiên cứu. Kịch bản hiện trạng (nền) được đề xuất với khoảng thời gian 5 năm đủ dài 2015 – 2019 để phát hiện ra quy luật truyền mặn, cũng như phục vụ so sánh với kịch bản BĐKH.

2) Đã lưu ý tới tác động của các yếu tố BĐKH tới xâm nhập mặn. Bộ thông số khí hậu cho kịch bản BĐKH được xây dựng dựa trên phương pháp tích hợp mô hình thống kê, viễn thám, GIS với tài liệu do Bộ TNMT cung cấp.

3) So sánh, đánh giá tác động của BĐKH đến xâm nhập mặn với kịch bản hiện trạng. Làm rõ sự khác biệt giữa kịch bản hiện trạng 2015 – 2019 và kịch bản BĐKH 2035, đã phân tích nguyên nhân của sự khác biệt.

4) Cuối cùng, dựa trên kết quả luận án đề xuất giải pháp ứng phó, thích ứng với xâm nhập mặn vùng cửa sông Vệ.

CHƯƠNG II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình tính toán hệ số phân tầng

Để xác định cơ chế dòng chảy tại vùng cửa sông ven biển người ta phân thành 3 loại: xáo trộn hoàn toàn - Loại I (không phân tầng hoặc phân tầng yếu); xáo trộn bán phần - Loại II (phân tầng trung bình); xáo trộn yếu - Loại III (phân tầng mạnh hay hình thành các nêm muối). Ba loại pha trộn dọc và phân tầng nước này được xác định trong khu vực trộn nước sông và biển.

Tham số phân tầng n được xác định theo công thức giải tích như sau:

$$n = \frac{\Delta S}{S_m} = \frac{S_{bot} - S_{surf}}{0,5(S_{bot} + S_{surf})} \quad (2.1)$$

Trong đó:

- ΔS : Độ chênh lệch nồng độ mặn theo chiều đứng
- S_m : Độ mặn trung bình
- S_{bot} và S_{surf} độ mặn tại tầng đáy và tầng mặt

Xáo trộn mạnh và phân tầng yếu tương ứng với $n < 0,1$ (Loại I); Xáo trộn một phần và phân tầng trung bình, khi n thay đổi từ 0,1 đến 1,0 (Loại II); Xáo trộn yếu và phân tầng mạnh, nêm muối khi n thay đổi từ 1,0 đến 2,0 (Loại III). Giá trị n không bao giờ vượt quá 2,0.

2.2. MIKE mathematical model

The main modules used include MIKE 21, MIKE 3 HD, AD with theoretical basis from [65] – [67]. The Mike 3 HD module is built on the Reynolds-averaged Navier-Stokes equation system for 2 or 3-dimensional incompressible fluids combined with the Boussinesq assumption and hydrostatic pressure assumption, including: continuity equation, momentum, is closed by the entangled closure scheme. In the three-dimensional case,

the approximate transformation of the sigma coordinate system is used [65].

2.3. Lựa chọn phương án phân tích

2.3.1. Lựa chọn thời kỳ phân tích phân tầng và nêm mặn

Để đánh giá phạm vi truyền mặn xa nhất cùng với đó là mức độ phân tầng, nghiên cứu lựa chọn trong từng năm giai đoạn 2015 – 2019 chọn ra tháng “kiệt” nhất, với 5 năm được xem xét, tháng kiệt nhất trong năm rơi vào các tháng khác nhau.

Chế độ thủy triều của sông Vệ thuộc khu vực bán nhật triều không đều gồm hai lần triều lên, hai lần triều xuống trong ngày. Con triều lần thứ nhất có mực nước dao động ít hơn con triều lần thứ hai trong ngày. Thời gian triều lên là từ 3 giờ đến 8 giờ, từ 8 giờ tới 14 giờ triều xuống, triều lên lại lúc 21 giờ, và tới 3 giờ ngày hôm sau xuống lại. Các kết quả cơ chế lan truyền mặn, mức độ phân tầng được trích xuất cho cả 2 thời kỳ triều thấp và triều cao để so sánh và đánh giá. Thời điểm trích xuất độ mặn đượ thể hiện trong Bảng 2-1.

Bảng 2-1. Các thời điểm trích xuất kết quả trong mùa kiệt cho năm 2018

Thời điểm trích xuất kết quả		Đặc điểm triều
Triều thấp	Triều cao	
3 giờ 20/07/2018	14 giờ 20/07/2018	Chân triều
8 giờ 20/07/2018	21 giờ 20/07/2018	Đỉnh triều

Chế độ thủy triều của sông Vệ thuộc khu vực bán nhật triều không đều, tuy nhiên vào mùa lũ, qui luật không rõ ràng như mùa khô. Vào mùa mưa lũ, từ 0 giờ đến 7 giờ triều lên, từ 7 giờ đến 9 giờ triều có xuống nhưng rất nhẹ, và tiếp tục lên lần thứ hai trong ngày đến 15 giờ, sau 15 giờ triều xuống. Các kết quả phân tích cơ chế lan truyền mặn được trích xuất cho thời kỳ triều thấp, triều cao để so sánh và đánh giá.

2.3.2. Lựa chọn thời kỳ phân tích phân tầng cho kịch bản BDKH

Chuỗi số liệu mực nước và lưu lượng năm 2035 được phân tích, tháng 7 được chọn là tháng điển hình của mùa kiệt, tháng 11 là tháng điển hình của mùa mưa lũ được lựa chọn. Lưu lượng thượng nguồn năm 2035 có sự chênh lệch vào mùa mưa so với các năm 2015 - 2019. Kết quả tính toán dự báo cho 2035 cho thấy, sự chênh lệch này do lượng mưa vào mùa khô năm 2035 giảm đi hơn một nửa so với năm 2018. Tương tự, ngày 20/7/2035 được lựa chọn để xem xét tác động của BĐKH tại khu vực nghiên cứu (Bảng 2-2).

Bảng 2 -2. Các thời điểm trích xuất kết quả mùa kiệt, 2035

Thời điểm trích xuất kết quả		Đặc điểm triều
Triều thấp	Triều cao	
3 giờ 20/07/2035	14 giờ 20/07/2035	Chân triều
8 giờ 20/07/2035	21 giờ 20/07/2035	Đỉnh triều

2.4. Lựa chọn tuyến phân tích kết quả xâm nhập mặn

2.4.1. Tuyến trích xuất kết quả bản đồ theo phương đứng

Kết quả dọc sông từ cửa biển (trạm Cửa Lở) lên phía thượng nguồn 6 km, dọc theo bờ trái, tim sông và bờ giữa của sông được trích xuất. Trên sơ đồ tính sẽ trích xuất kết quả theo các điểm có tọa độ theo mặt bằng, cố định theo từng đường thẳng. Các kết quả dọc theo nhánh sông sẽ được trích xuất tại cùng một thời điểm để trên cơ sở đó so sánh các giá trị liên quan đến xâm nhập mặn, phân tầng trên hai nhánh sông

Để có cơ sở đánh giá, so sánh đặc điểm nêm mặn, sự biến đổi hình dạng, độ dịch chuyển nêm mặn trong các thời kỳ triều, các thời điểm triều đặc trưng trong mỗi con triều, đường đẳng trị mặn có nồng độ 1‰ được lựa chọn, bởi từ mốc này đánh dấu nước lợ - gây tác động cho hoạt động nông nghiệp.

Do dòng chảy sông Vệ về mùa lũ rất lớn, chênh lệch nhiều so với mùa kiệt nên xâm nhập mặn tại vùng cửa sông Vệ không đáng kể dẫn tới ít

có những nghiên cứu tính toán cụ thể. Trong nghiên cứu này, để có thể đánh giá một cách đầy đủ về cơ chế phân tầng cho vùng của sông theo các mùa trong năm, phân tích phân truyền mặn, phân tầng được thực hiện cho cả mùa lũ. Thời điểm phân tích tính toán, cho một con triều thấp và một con triều cao trùng với thời kỳ triều cường trong năm.

2.4.2. Tuyển trích xuất kết quả theo mặt cắt ngang sông

Trên cơ sở tính toán mặn có thể trích xuất kết quả phân bố mặn cho các mặt ngang sông tại từng vị trí theo dọc sông để đánh giá sự thay đổi của nồng độ mặn theo chiều sâu tại các vị trí ngang sông. Trong nghiên cứu, sẽ tiến hành trích dẫn dọc theo hai vị trí MC0 và MC3.

Đánh giá chi tiết cho hai mặt cắt ngang sông MC0 và MC3 tại khu vực sông Vệ được thực hiện. Lý do hai mặt cắt này được lựa chọn để một mặt tận dụng kết quả mô phỏng, cũng như số liệu thực đo. Bên cạnh đó, mặt cắt MC0 là ranh giới mặn giữa cửa sông và biển, khu vực MC3 là ranh giới mặn lợ. Cắt một mặt cắt ngang vuông góc với trục dọc sông của nhánh sông Vệ. Các thời điểm đặc trưng cho một con triều (chân triều, đỉnh triều) trong các thời kỳ triều khác nhau (triều thấp, triều cao) được thực hiện.

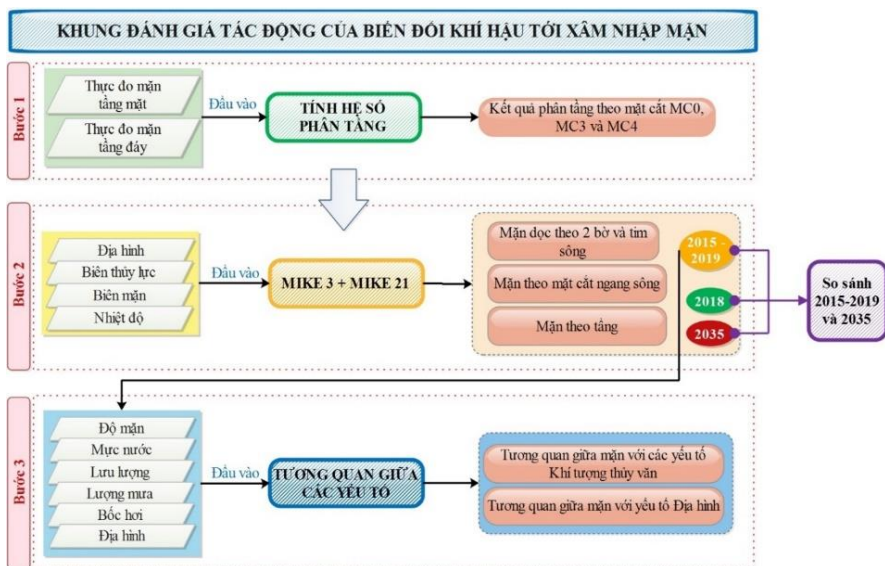
2.4.3. Tuyển trích xuất kết quả cho tính hồi quy tuyến tính

Nồng độ mặn từ kết quả chạy mô hình cho các điểm dọc sông từ cửa biển đến khoảng 6km được sử dụng để trích xuất. Sơ đồ tính sẽ trích xuất kết quả theo các điểm có tọa độ theo mặt bằng, gồm có các mặt cắt MC0, MC3, MC4 và các điểm P1-5 nằm giữa MC3 và MC4. Các kết quả này sẽ được trích xuất theo bước thời gian 1 giờ cho năm 2018, để tính tương quan với các yếu tố xem xét trong nghiên cứu trong chương kết quả. Phân tích hồi quy tuyến tính được chia làm hai giai đoạn: mùa khô (Tháng 2-7) và mùa mưa (Tháng 1-12) để xem xét các mối quan hệ và mức độ tương quan của các yếu tố trong từng mùa.

2.5. Các bước thực hiện

Các bước nghiên cứu thực hiện gồm: *thứ nhất*, xây dựng bộ dữ liệu về

biến đổi khí hậu, *thứ hai*, chạy các mô hình toán mô phỏng truyền mặn theo kịch bản hiện trạng và BĐKH, *thứ ba*, so sánh kết quả giữa kịch bản nền và kịch bản BĐKH. Hình 2-1 thể hiện các bước chính của luận án. Cụ thể bước 1 tính toán hệ số phân tầng, sử dụng số liệu thực đo tại 3 tầng: mặt, giữa, đáy dựa trên công thức giải tích. Kết quả bước này cho phép đánh giá sự phân tầng tại cửa sông (mặt cắt MC0), xâm nhập mặn tại vị trí MC3, cách MC0 khoảng 500 m và MC4 cách cửa sông 6 km. Bước 2 ứng dụng mô hình thủy động lực học đã được kiểm định thực hiện mô phỏng cơ chế truyền mặn dọc theo 2 bờ, tìm sông, mặt cắt ngang, theo từng tầng. Dựa trên chuỗi kết quả theo 5 năm 2015 – 2019 và 2035 đánh giá sự tác động của BĐKH tới xâm nhập mặn.



Hình 2- 1. Khung nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH tới xâm nhập mặn

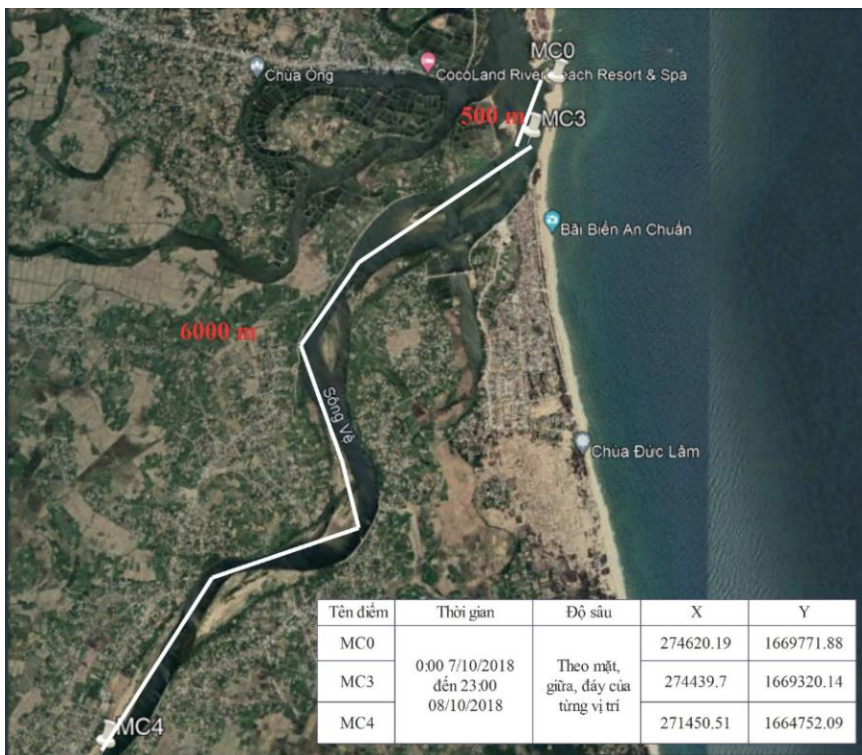
CHƯƠNG III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tính toán tham số phân tầng

Sơ đồ bố trí các điểm khảo sát thể hiện trên Hình 3-1. Từ kết quả tính toán cho thấy sông Vệ diễn ra hiện tượng phân tầng mạnh tại các vị trí cửa sông – biển Hình 3-2, trong đó L là khoảng cách từ mốc cửa sông tới vị trí xác định trong đất liền. Đến vị trí MC4, cách 6km từ cửa sông, mặn không còn phân tầng và ổn định. Thời điểm chân triều và đỉnh triều có quy luật trái ngược nhau, chân triều có xu thế tăng dần từ cửa sông lên thượng lưu, thời điểm đỉnh triều thì ngược lại. Thời điểm chân - đỉnh triều của thời kỳ triều thấp và chân triều thời kỳ triều cao hiện tượng phân tầng ở mức mạnh trở lên, tuy nhiên thời điểm đỉnh triều của thời kỳ triều cao hiện tượng phân tầng từ trung bình cho đến mạnh, nhưng vẫn nhỏ hơn ở các thời điểm được liệt kê ở trên. Kết quả tính hệ số n phản ánh đúng bản chất về mặt lý thuyết là khi thủy triều xuống dòng chảy sông mạnh sẽ làm hiện tượng phân tầng diễn ra mạnh hơn. Đồng thời, hiện tượng phân tầng ở MC3 diễn ra mạnh mẽ hơn MC0 do mặt cắt MC3 chịu tác động nhiều hơn của dòng chảy sông.

Từ kết quả tính toán cho thấy sông Vệ diễn ra hiện tượng phân tầng mạnh tại các vị trí cửa sông – biển. Tuy nhiên tới vị trí MC4, cách cửa sông 6km, mặn không còn phân tầng và ổn định. Kết quả tính hệ số n phản ánh đúng bản chất về mặt lý thuyết là khi thủy triều xuống dòng chảy sông mạnh sẽ làm hiện tượng phân tầng diễn ra mạnh hơn. Đồng thời, hiện tượng phân tầng ở MC3 diễn ra mạnh mẽ hơn MC0 do mặt cắt MC3 chịu tác động nhiều hơn của dòng chảy sông. Ngày 08/10/2018, các xu thế của hiện tượng phân tầng tương đồng với ngày 7/10/2018, nhưng giá trị tham số n có phần nhỏ hơn.

Mặc dù kết quả thực đo còn hạn chế nên việc đánh giá chưa bao trùm được diễn biến về xâm nhập mặn, đặc tính phân tầng, nhưng bước đầu khẳng định tại vùng cửa sông Vệ có xảy ra hiện tượng phân tầng. Kết quả tính toán bằng mô hình MIKE 3 tiếp theo sẽ bổ sung cho kết luận này.



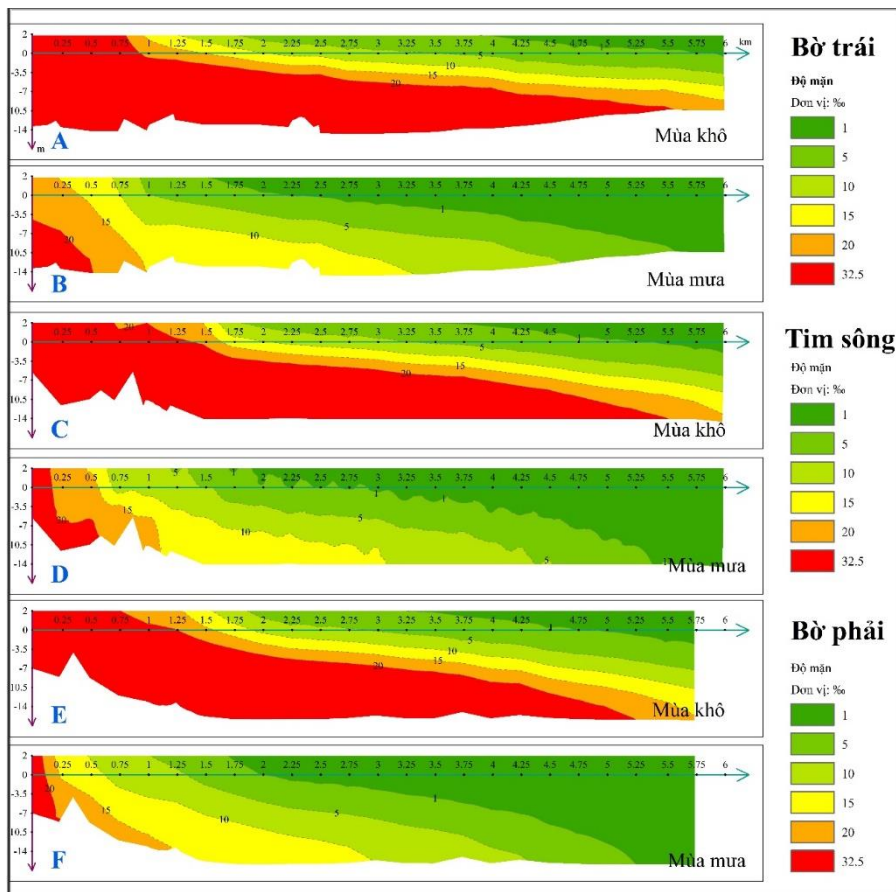
Hình 3-1 Sơ đồ bố trí các điểm khảo sát dọc sông Vệ.

3.2. Kết quả phân tích sự phân tầng mặn vùng cửa sông Vệ

3.2.1. Phân tích nêm mặn vào mùa khô

Kết quả chạy MIKE 3 cho các tháng mùa khô (tháng 2 – tháng 7), được thể hiện trên Hình 3.2 a, c, e. Mặn vào mùa khô xâm nhập vào nhánh sông theo cơ chế từ đáy sông. Theo từng độ sâu, độ mặn có sự chênh lệch đáng kể. Tính theo mốc 1‰, trên bề mặt bờ trái mặn truyền được 3,75 km nhưng ở đáy có thể thấy đến 6 km độ mặn vẫn còn ở mức 15‰ (Hình 3.2 a); Tương tự, trên bề mặt tim sông mặn truyền được 3,5 km nhưng mặn ở đáy đến 6km vẫn còn 15‰ (Hình 3.2 c); Bờ phải của sông Vệ cũng ra kết quả tương tự, trên bề mặt mặn truyền được 3,3 km thì còn 1‰, nhưng dưới

đáy đến 6km vẫn còn 15‰ (Hình 3.2 e). Phạm vi truyền mặn với bờ trái, tim sông và bờ phải vào mùa khô chênh lệch không đáng kể, dao động trong khoảng 200-250m, nhưng mặn ở bờ trái truyền sâu hơn vào sông so với bờ phải và tim sông. Có thể nói, vào mùa khô, phạm vi truyền mặn giảm dần từ bờ trái qua bờ phải.



Hình 3.2. Bản đồ truyền mặn theo mùa năm 2018
theo mặt cắt dọc sông

Dữ liệu trung bình 6 tháng (tháng 8 – tháng 1) được dùng để xây

dựng bản đồ xâm nhập mặn mùa mưa năm 2018 (Hình 3.2 b, d, f). Vào mùa mưa, mặn truyền tương tự như mùa khô, từ dưới đáy đi vào sông, độ mặn phân tầng và có sự chênh lệch đáng kể theo độ sâu. Tính theo mốc 1‰, trên bề mặt bờ trái mặn truyền được 1,5 km, trong khi đó dưới đáy truyền tới 5,6km (Hình 3.2 b); Tương tự, trên bề mặt tim sông mặn truyền được 1,75km, mặn tiếp tục truyền phía đáy sông đến 5,5km (Hình 3.2 d); Bờ phải của sông Vệ cũng ra kết quả tương tự, trên bề mặt mặn truyền được 1,8 km thì còn 1‰, còn dưới đáy truyền đến 5,25km (Hình 3.2 f). Sự chênh lệch giữa phạm vi truyền mặn với bờ trái, tim sông và bờ phải vào mùa mưa lớn hơn so với mùa khô, dao động trong khoảng 50-200m. Trên lớp bề mặt sông, độ mặn tăng dần từ trái qua phải nhưng dưới đáy lại giảm dần từ trái qua phải.

3.2.2. Phân tích mặn theo thời kỳ dọc theo tuyến sông

Thời kỳ triều thấp

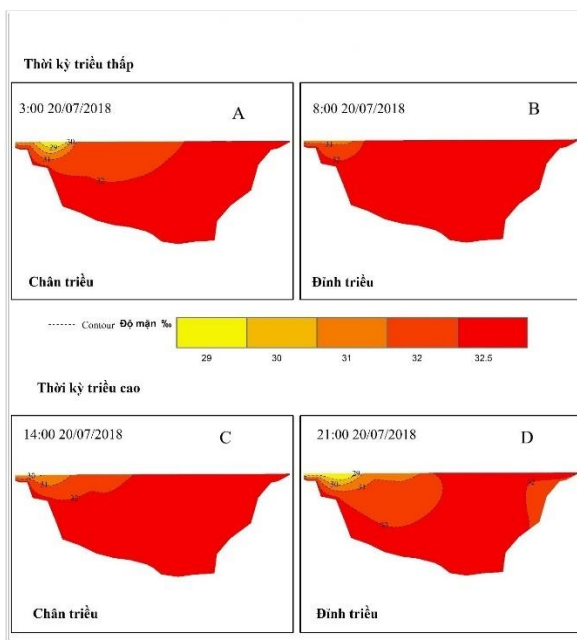
Hai thời điểm chân triều và đỉnh triều trong thời kỳ triều thấp, đường đẳng trị mặn của nê-môn có xu hướng dốc ở cửa sông vào 1,25km ở bờ trái, 1km ở tim sông và 500m ở bờ phải, khi đi vào nhánh sông, đường đẳng trị mặn khá thoải. Vì vậy, phạm vi truyền mặn giảm dần từ bờ trái qua bờ phải. Cụ thể, thời điểm chân triều lúc 3 giờ, tính từ bề mặt sông bờ trái mặn truyền vào 1,8km, tim sông truyền được 1,7 km và bờ phải truyền được 1,75km; tính từ đáy phạm vi truyền mặn lần lượt là 5,25 km, 5,25 km, 5km;

Thời kỳ triều cao

Vào thời kỳ triều cao, thời điểm chân triều, mực nước chân triều xuống tới mốc 0,6 m. Tại bề mặt phía bờ trái mặn truyền được 1,7km (Hình 3 6 a); mặn vẫn ổn định và truyền được 1,7km ở tim sông (Hình 3 6 d); trên bề mặt bờ phải thì tăng lên 1,75km (Hình 3 6 g), tính từ đáy phạm vi truyền mặn lần lượt là 5,2km; 5,1km; 4,9km. Tương tự với thời điểm chân triều của thời kỳ triều thấp, thời điểm chân triều của thời kỳ triều cao mặn vẫn giảm dần từ bờ trái qua bờ phải.

3.2.3. Phân tích truyền mặn theo mặt cắt ngang trong từng thời kỳ

Tại mặt cắt ngay cửa sông, độ mặn tăng dần từ trái qua phải, các thời điểm chân triều và đỉnh triều của hai thời kỳ triều không có nhiều biến động. Tại lớp nước bề mặt (khoảng 40-50% chiều sâu của mặt cắt) nồng độ mặn phía sát bờ trái có xu thế nhỏ hơn có thể do sự xáo trộn của dòng chảy. Đường đẳng trị mặn không có xu thế cong theo hình dáng của mặt cắt ngang mà có sự biến động trên bề mặt còn dưới đáy thì ổn định, không bị ảnh hưởng bởi dòng chảy.

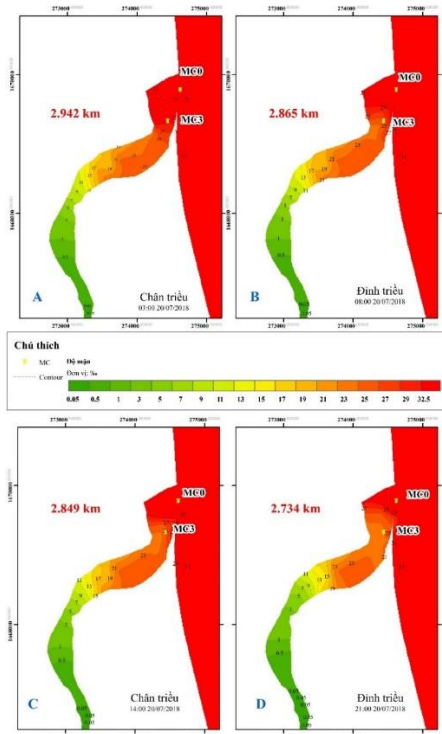


Hình 3.3. Cơ chế truyền mặn theo mặt cắt ngang tại MC0

Tại mặt cắt MC3, độ mặn giảm dần từ trái qua phải, ngược với mặt cắt MC0. Tại vị trí này, phân bố mặn trên mặt cắt ngang có sự khác nhau vào các thời điểm chân triều và đỉnh triều của hai thời kỳ triều. Thời kỳ triều thấp, đường đẳng trị mặn phân tầng cong theo hình dáng mặt cắt ngang. Đến thời kỳ triều cao, độ mặn giảm dần trên bờ phải nhưng vẫn phân tầng theo

hình dạng mặt cắt, đỉnh cong hướng xuống đáy.

3.2.4. Phân bố mặn theo mặt bằng trong từng thời kỳ



Hình 3.4. Phạm vi truyền mặn thời điểm đỉnh triều thời kỳ triều cao

Phạm vi truyền mặn lớn nhất rơi vào 2 thời điểm chân triều và đỉnh triều của thời kỳ triều thấp (Hình 3.4 a, Hình 3.4 c), phạm vi truyền mặn nhỏ nhất rơi vào thời điểm đỉnh triều của thời kỳ triều cao (Hình 3.4 b, Hình 3.4 d).

Trong nghiên cứu chia chiều sâu lớp nước tính toán là 3 tầng. Các tầng độ sâu sẽ được đánh số bắt đầu từ đáy sông tầng 1 đến bề mặt là tầng 3.

Sự phân bố mặn theo các lớp chiều sâu có sự khác nhau khá rõ. Các

tầng đáy (tầng 1, tầng 2) có sự đồng nhất (tầng 1, 2), đến tầng 3 bắt đầu xuất hiện các vết loang và đốm loang không chỉ ở cửa sông mà ngay tại nhánh sông, có xu hướng hướng ra biển, chứng tỏ sự xáo trộn giữa các lớp dòng chảy. Thời điểm chân triều của thời kỳ triều thấp, phạm vi xâm nhập mặn dao động trong khoảng 1,89 – 5,16 km. Thời điểm đỉnh triều của thời kỳ triều thấp, phạm vi xâm nhập mặn ở các tầng dao động trong khoảng 1,83 – 5,05 km. Thời điểm chân triều của thời kỳ triều cao, phạm vi xâm nhập mặn dao động trong khoảng 1,63 – 4,99 km. Thời điểm đỉnh triều của thời kỳ triều cao, phạm vi xâm nhập mặn dao động trong khoảng 1,48 – 4,85 km.

3.3. So sánh đánh giá sự khác biệt kịch bản hiện trạng và BĐKH

3.3.1. Mùa khô

Về hình dáng nêm mặn, hai kịch bản có hình dáng đường đẳng trị mặn của nêm mặn tương tự nhau, nhưng năm 2035 có xu hướng dốc và dày hơn.

Về cơ chế xâm nhập mặn, vào năm 2035 mặn vẫn xâm nhập từ đáy. Ở cả hai kịch bản đều phân tầng mạnh mẽ.

Về phạm vi truyền mặn, như kết quả trên từng thời điểm, kết quả xâm nhập mặn trung bình mùa khô năm 2018 và năm 2035 chỉ chênh lệch rất ít, khoảng 100-300m, kịch bản hiện trạng có phạm vi truyền mặn sâu hơn.

3.3.2. Mùa mưa

Bức tranh truyền mặn mùa mưa theo kịch bản BĐKH có sự chuyển biến khác thường so với các kết quả kịch bản hiện trạng. Vào mùa mưa năm 2035 mặn truyền vào sâu hơn so với mùa mưa 2018. Theo tính toán, lượng mưa theo kịch bản BĐKH vào mùa mưa giảm so với năm 2018, trong khi lượng bốc hơi tăng đáng kể.

Hình dáng đường đẳng trị mặn của nêm mặn cũng khác nhau rõ rệt, năm 2018 đường đẳng trị mặn thẳng đứng, đến năm 2035 bắt đầu có hình dạng như các thời điểm trước đó đã biện luận. Tuy nhiên, điểm không thay

đôi vẫn là cơ chế truyền mặn, mặn vẫn truyền từ phía dưới đáy mạnh hơn phía bề mặt.

3.4. Tương quan giữa xâm nhập mặn và các yếu tố tác động

Sự phụ thuộc cơ chế, phạm vi, mức độ xâm nhập mặn vào yếu tố tác động, như thủy văn (dòng chảy từ biển - chế độ triều và dòng chảy từ sông - lưu lượng thượng nguồn), địa hình khu vực (độ sâu), các yếu tố khí tượng (lượng mưa, bốc hơi). Trong luận án, phân tích hồi quy tuyến tính với từng yếu tố được thực hiện. Các yếu tố tác động đến xâm nhập mặn được chia làm 3 nhóm chính: khí tượng (lượng mưa và bốc hơi), yếu tố thủy văn (lưu lượng thượng nguồn, mực nước - yếu tố triều), địa hình (độ sâu).

Đã xây dựng mối liên hệ giữa độ mặn và 3 yếu tố: khí tượng, thủy văn và địa hình, trong 5 năm 2015 – 2019. Kết quả cho phép đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố được xếp theo thứ tự như sau: địa hình, thủy văn và cuối cùng là khí tượng. Nói cách khác, xâm nhập mặn (phạm vi, mức độ mặn) tại sông Vệ phụ thuộc vào cả 3 yếu tố nhưng yếu tố địa hình đứng đầu tiên về sự tương quan.

3.5. Đề xuất các giải pháp ứng dụng kết quả nghiên cứu

Tại địa phương, trong thời gian qua đã phát triển nghề nuôi trồng thủy sản việc lấy nước lợ với độ mặn $< 5\text{‰}$ hoàn toàn có thể thực hiện trong phạm vi km, 2 tới km 2.25 ở tầng mặn nước tới tầng cách mặt nước 4 – 5 m tùy vào vị trí lấy mẫu trên bờ, có thể lấy tới km, 6. Vật nuôi đòi hỏi độ mặn khác nhau tùy theo thời gian sinh trưởng nên việc lấy nước ngọt hay nước lợ có thể lựa chọn theo thời gian trong ngày (ví dụ lúc triều xuống, tại thời điểm chân triều). Vào mùa kiệt nhất (tháng 7), có thể lấy nước ngọt ở tầng trên (1.4 m) từ vị trí 4,75 km, tại khoảng cách này, nồng độ mặn chỉ đạt 0,5 ‰. Nếu yêu cầu độ mặn trong khoảng 1 ‰ – 0,5 ‰, có thể lấy trên tầng mặt ở mốc 3,75 km. Đây là kết quả có ý nghĩa thực tiễn đối với địa phương này. Điều này cho thấy kết quả của luận án có tính mới cho khu vực này và nếu sử dụng mô hình 1,2 chiều sẽ không thể cho ra kết quả như vậy.

Tại địa phương, trong thời gian qua đã phát triển nghề nuôi trồng thủy sản việc lấy nước lợ với độ mặn $< 5\text{‰}$ hoàn toàn có thể thực hiện trong phạm vi km, 2 tới km số 2,25 ở tầng mặn nước tới tầng cách mặt nước 4 – 5 m tùy vào vị trí lấy mẫu trên bờ, có thể lấy tới km số 6. Vật nuôi đòi hỏi độ mặn khác nhau tùy theo thời gian sinh trưởng nên việc lấy nước ngọt hay nước lợ có thể lựa chọn theo thời gian trong ngày (ví dụ lúc triều xuống, tại thời điểm chân triều).

Cần lưu ý tới tác động của biến đổi khí hậu như sau: hai thời điểm chân triều và đỉnh triều trong thời kỳ triều thấp, đường đẳng trị mặn của năm mặn năm 2035 khác so hiện trạng 2015 - 2019. Đường đẳng trị mặn có xu hướng thoải và phân tầng rõ ràng theo độ sâu. Phạm vi truyền mặn sâu đáng kể, thời điểm chân triều lúc 3 giờ, trên lớp bề mặt sông, mặn truyền vào sâu 1,75 km, lớp đáy sông thì mặn truyền sâu 5,25 km. Phạm vi truyền mặn tại khu vực nghiên cứu thời kỳ triều thấp ngày 20/07/2035 dao động trong khoảng 1,65 – 1,8 km tính từ bề mặt, 4,95 – 5,25 km tính từ đáy. Điều này cho thấy việc xây dựng công ngăn mặn, hay các giải pháp xây dựng công trình cấp nước, thiết kế trạm bơm là cấp thiết. Việc lựa chọn thời điểm cấp nước cần dựa trên kết quả khoa học. Đặc biệt, thời điểm mặn truyền sâu cần phải cho vận hành công ngăn mặn. Đây có thể coi là đóng góp mang tính thực tiễn của luận án này.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Trong những năm gần đây, xâm nhập mặn đang trở thành thách thức với các vùng duyên hải miền Trung, khi đi sâu vào nội địa đã ảnh hưởng tới sản xuất nông nghiệp, sinh hoạt của người dân. Cùng với đó, những diễn biến thất thường của biến đổi khí hậu có thể gia tăng theo xu thế trầm trọng vấn đề xâm nhập mặn. Do vậy, việc nghiên cứu dự báo xâm nhập mặn theo kịch bản BĐKH là cần thiết. So với các nghiên cứu trước đây, sử dụng mô hình 1 chiều không cho phép làm rõ cấu trúc truyền mặn vùng cửa sông. Hiện chưa có nghiên cứu nào được thực hiện có sử dụng mô hình 3 chiều. Do vậy, nghiên cứu sinh đã lựa chọn mô hình 3 chiều với mong muốn tìm ra kết quả mới cho các con sông thuộc miền Trung. Kết quả của nghiên cứu sinh sẽ giúp các nhà quản lý có được cơ sở khoa học và để áp dụng vào thực tiễn được luận chứng hơn. Luận án này là sự nỗ lực của nghiên cứu sinh trong 7 năm qua (2016 – 2023) vẫn còn nhiều tồn tại, hạn chế, đặc biệt là ở khâu thu thập số liệu. Những kết quả chính và đóng góp của nghiên cứu sinh thể hiện như sau:

1. Thiết lập được mô hình toán học tính toán mô phỏng xâm nhập mặn vùng cửa sông Vệ - một con sông đặc thù cho miền Trung. Đã làm rõ cơ chế truyền mặn, cũng như sự hình thành các nêm mặn, sự phát triển của nêm mặn tại vùng cửa sông Vệ. Đã lựa chọn ba phương án phân tích, gồm theo tuyến, theo mặt cắt ngang và theo tầng. Để làm rõ hiện trạng xâm nhập mặn, đã lựa chọn xuất kết quả theo mùa: khô và mưa, bên cạnh đó đã phân tích theo tháng kiệt nhất để làm rõ phạm vi truyền mặn.

2. Trong quá trình phân tích sự hình thành và phát triển nêm mặn trong giai đoạn 2015 – 2019 đã phát hiện ra rằng trong hai thời điểm chân triều và đỉnh triều của thời kỳ triều thấp đều xuất hiện nêm mặn cách cửa sông 200-300m, các nêm mặn này xuất hiện rõ nét ở thời điểm chân triều sau. Các nêm mặn vẫn tiếp tục xuất hiện trong thời điểm chân triều của thời

kỳ triều cao. Dòng chảy sông mạnh làm xáo trộn với dòng chảy biển tạo nên các “lỗ trũng” gây xuất hiện các nê-mặn.

3. Đã phân tích sự hình thành các nê-mặn trong kịch bản BĐKH cho năm 2035. Đã phân tích sự khác nhau về truyền mặn năm 2035 so với giai đoạn hiện trạng 2015 - 2019. Theo kịch bản BĐKH, lượng mưa giảm, bốc hơi tăng làm cho lưu lượng thường nguồn giảm đáng kể nên dòng chảy sông giảm. Mặt khác, theo kịch bản biến đổi khí hậu, mực nước tăng 15cm nên dòng chảy biển đẩy mặn mạnh hơn so với giai đoạn 2015 - 2019.

4. Yếu tố địa hình tác động mạnh mẽ đến xâm nhập mặn vùng cửa sông Vệ. Khu vực cửa sông Vệ dốc và nông chính là “đập” ngăn mặn truyền sâu vào nhánh sông. Yếu tố thủy văn cũng tác động trực tiếp đến phạm vi truyền mặn, mức độ tác động của yếu tố lưu lượng và mực nước tỉ lệ nghịch với nhau, vào mùa khô, mực nước tác động nhiều hơn, đến mùa mưa thì lưu lượng tác động đáng kể hơn. Yếu tố khí tượng gián tiếp tác động đến xâm nhập mặn của khu vực nghiên cứu. Các yếu tố lượng mưa và bốc hơi gây tác động đến lưu lượng, từ đó dẫn đến sự thay đổi bức tranh truyền mặn.

Kiến nghị

Trong nghiên cứu này, các mô hình thủy văn, thủy lực và truyền mặn được sử dụng. Đây là các mô hình động lực được nghiên cứu cơ sở vững chắc, có độ tin cậy cao và giúp giải quyết các nhiệm vụ mô phỏng truyền mặn trong trường hợp BĐKH.

Vai trò của bộ số liệu thực đo tại An Chỉ (thủy văn), Ba Tơ (khí tượng), sông Vệ (mực nước), Quảng Ngãi (khí tượng) đóng vai trò số liệu thực đo cho các bước hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thủy văn cần được tiếp tục sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định tiếp tục kết quả chạy mô hình thủy văn. Có như vậy mới có thể đánh giá tác động rõ nét hơn của BĐKH tại lưu vực sông Vệ.

Việc đo đạc mặn, cần tiếp tục thực hiện các đợt đo đạc để kiểm định phạm vi, mức độ truyền mặn tại vùng cửa sông Vệ. Trong luận án, đã nỗ lực

thực hiện 1 đợt đo bài bản cho năm 2018, chuỗi số liệu nhận được đóng vai trò quan trọng giúp hiệu chỉnh mô hình thủy lực, kiểm định mô hình truyền mặn đảm bảo độ tin cậy kết quả luận án.

Cần xem xét trường hợp khí hậu cực đoan trong tương lai khi lượng mưa giảm sâu, kết hợp với bốc hơi mạnh sẽ dẫn tới lưu lượng phía trên thượng nguồn có thể xuống thấp nhất gần bằng 0, dẫn tới mặn có thể truyền sâu vào đất liền.

Cần tiếp tục thực hiện điều tra khảo sát thực địa để thực tế hóa, cụ thể hóa các giải pháp thích ứng với BĐKH. Phần giải pháp đưa ra trong chương 4 mới chỉ mang tính lý thuyết. Cần được đầu tư một cách bài bản, chi tiết hơn để đề xuất mang tính thực tiễn.

Cần đặt ra yêu cầu thiết lập CSDL cho lưu vực sông Vệ nhằm rút ngắn thời gian thu thập và xử lý số liệu cho các nghiên cứu tiếp theo.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Lê Thị Mỹ Diệp**, Đặng Khả Nhi, Nguyễn Châu Mỹ Duyên, Lương Văn Thanh, Bùi Tá Long, 2016. Đánh giá sự thay đổi tài nguyên môi trường nước mặt vùng duyên hải miền Trung do tác động của biến đổi khí hậu – Trường hợp Tỉnh Quảng Ngãi. The 3rd Scientific Conference: "Effective Management of Natural Resources and Environment for Green growth" - (SEMREGG 2016). Pp. 369 - 378 trang. ISBN: 978-604-73-4719-3.
2. **Lê Thị Mỹ Diệp**, Bùi Huỳnh Anh, Bùi Tá Long, 2019. *Ứng dụng mô hình diễn toán SWAT/NAM/MIKE xây dựng bộ thông số thủy văn và thủy lực phục vụ cho tính toán dòng chảy - trường hợp sông Vệ, Quảng Ngãi*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, vol. 700, no. 6, pp. 1–12, 2019. ISSN: 2525 - 2208
3. **Le Thi My Diep**, Bui Ta Long, 2020. *Application of Mike/Swat for simulation the salt intrusion – a case study in Ve river, Quang Ngai province*. Lowland Technology International Journal, vol. 22, no. 1, pp. 258–267, 2020 (Scopus – 2020). ISSN: 1344-9656
4. Bùi Tá Long, **Lê Thị Mỹ Diệp**, 2021. *Mô phỏng sự phụ thuộc xâm nhập mặn và các yếu tố thủy văn bằng MIKE 3 – Trường hợp cửa sông Vệ, Quảng Ngãi*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, vol. 2021, no. 725, pp. 1–16, 2021, doi: 10.36335/VNJHM.2021(725).1-16. ISSN: 2525 - 2208
5. Bui Ta Long, **Le Thi My Diep**, 2021. *Linking hydrological, hydrodynamic models for saline intrusion assessment – applying for Ve river estuary as a case study*. Vietnam J. Hydrometeorology. Vol. 9, 2021, pp. 87 – 101. 9/2021. ISSN: 2525 – 2208.

