

NGHIÊN CỨU, DỰ BÁO XU THẾ DIỄN BIẾN XÂM NHẬP MẶN DO NƯỚC BIỂN DÂNG CHO VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN BẮC BỘ

TS. Vũ Hoàng Hoa

Trường Đại học Thủy Lợi

ThS. Lương Hữu Dũng

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Tóm tắt

Mực nước biển dâng cao do khí hậu thay đổi là một nguy cơ nghiêm trọng có tính toàn cầu, và nguy cơ này càng trở nên nghiêm trọng hơn đối với những nước có mật độ dân cư dày đặc ở những vùng đất thấp và ven biển như Việt Nam. Mực nước biển dâng cao làm quá trình xâm nhập mặn tại vùng cửa sông thuộc dải ven biển đồng bằng Bắc Bộ diễn biến phức tạp và càng lấn sâu vào trong đất liền, ảnh hưởng đến quá trình lấy nước phục vụ các ngành kinh tế. Vì vậy cần phải có tính toán xác định diễn biến quá trình thủy lực và xâm nhập mặn của hệ thống vùng cửa sông ven biển.

Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu về diễn biến xâm nhập mặn tại chín cửa sông chính vùng ven biển đồng bằng Bắc bộ để làm cơ sở xây dựng biện pháp ứng phó với mối hiểm họa này.

1. Đặt vấn đề

Vùng nghiên cứu gồm 14 huyện thuộc 5 tỉnh, thành gồm huyện Yên Hưng (Quảng Ninh), An Hải, An Lão, Đồ Sơn, Kiến Thụy, Thủy Nguyên, Tiên Lãng và Vĩnh Bảo (Hải Phòng), Thái Thụy, Tiền Hải (Thái Bình), Hải Hậu, Giao Thủy, Nghĩa Hưng (Nam Định) và Kim Sơn (Ninh Bình) thuộc dải ven biển đồng bằng Bắc Bộ đã đang và sẽ bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi quá trình xâm nhập mặn tại các cửa sông. Quá trình xâm nhập mặn sẽ diễn biến phức tạp và càng lấn sâu vào trong đất liền khi nước biển dâng cao. Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu, xác định diễn biến quá trình thủy lực và xâm nhập mặn của hệ thống sông chảy qua các vùng nghiên cứu.

2. Phân tích đánh giá quá trình dòng chảy tại Sơn Tây.

Trạm thủy văn Sơn Tây nằm trên sông Hồng là tổ hợp dòng chảy của các nhánh Đà, Thao, Lô. Vì vậy quá trình lưu lượng tại Sơn Tây được chọn là đầu vào cho bài toán. Để đánh giá tình hình hạn hán trên lưu vực thông qua quá trình dòng chảy tại Sơn Tây. Cần khôi phục số liệu cho trạm Sơn Tây từ năm 1989 đến nay. Sử dụng phương pháp phân tích hồi quy nhiều biến để tiến hành hoàn nguyên quá trình dòng chảy ngày tại Sơn Tây.

Phương trình hồi quy tương quan nhiều biến có dạng:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_NX_N \quad (1-1)$$

Trong đó: Y là biến phụ thuộc ; X là biến độc lập; a là hằng số hồi quy ; b là hệ số hồi quy.

Để hoàn nguyên dòng chảy tại Sơn Tây, trước tiên hoàn nguyên dòng chảy tại Hòa Bình.

2.1. Khôi phục số liệu tuyến Hoà Bình

Trạm thủy văn Hoà Bình được xây dựng từ năm 1902. Tuy nhiên, phải từ năm 1956 cho đến nay, trạm mới có số liệu quan trắc tương đối đầy đủ. Năm 1979, hồ Hoà Bình được bắt đầu xây dựng và đến năm 1988 bắt đầu đi vào hoạt động. Khi đó trạm Hoà Bình đã được chuyển xuống hạ lưu cách đập khoảng 5km, và còn có tên gọi là trạm Bến Ngọc. Như vậy, kể từ năm 1988 trở đi, trạm Hoà Bình đo các giá trị về lưu lượng nước sau khi đã có sự điều tiết của hồ Hoà Bình, tức là chịu sự ảnh hưởng hoàn toàn của việc vận hành hồ chứa. Để đánh giá dòng chảy thực sự tại trạm Hoà Bình, trước hết cần phải khôi phục lại số liệu từ năm 1989 đến nay.

Xem xét trạm thủy văn Tạ Bú nằm cách Hoà Bình khoảng 200km về phía thượng lưu. Đây là trạm có số liệu quan trắc cũng tương đối đầy đủ, từ năm 1961 cho đến nay. Hai trạm Hoà Bình và Tạ Bú có số liệu quan trắc đồng bộ khá dài. Hơn nữa, các điều kiện về địa hình, địa chất, thảm phủ thực vật ... đều tương đồng với nhau. Có thể lựa chọn trạm Tạ Bú để phân tích, tính toán khôi phục lại số liệu cho Hoà Bình.

Phục hồi số liệu tuyến Hoà Bình được thực hiện theo tài liệu binh quân ngày.

Phương trình tính lưu lượng binh quân ngày cho Hoà Bình theo giá trị tương ứng của Tạ Bú như sau:

$$Q_{HB}(i) = a + b.Q_{TB}(i)$$

Trong đó i là thời đoạn tính toán, $Q_{HB}(i)$ và $Q_{TB}(i)$ tương ứng là lưu lượng binh quân ngày của tuyến Hoà bình và Tạ Bú.

Căn cứ vào kết quả tính toán thì mức độ tương quan giữa lưu lượng hai trạm này là rất tốt đạt 0,94 (xét theo thời đoạn 1961-1987). Vì vậy có thể sử dụng quan hệ này để khôi phục lưu lượng dòng chảy ngày tại trạm Hoà Bình kể từ sau khi có hồ (từ năm 1988 đến năm 2006) theo phương trình:

$$Q_{HB}(i) = 88.347876724772 + 1.06755546714556*Q_{TB}(i)$$

2.2. Khôi phục số liệu tuyến Sơn Tây

Dòng chảy tự nhiên tại tuyến thủy văn Sơn tây được phục hồi theo số liệu thực đo tại Vụ quang (sông Lô), Yên Bái (sông Thao), và số liệu khôi phục của tuyến Hoà bình (đã khôi phục trong mục trên) bằng cách sử dụng quan hệ tương quan nhiều chiều đặc trưng lưu lượng dòng chảy binh quân ngày tại các tuyến trên có dạng:

$$Q_{ST}(i) = a + b1*Q_{HB}(i) + b2*Q_{YB}(i) + b3*Q_{VQ}(i)$$

Trong đó i là chỉ số thời đoạn tính toán, $Q_{ST}(i)$, $Q_{HB}(i)$, $Q_{YB}(i)$, $Q_{VQ}(i)$ tương ứng là lưu lượng binh quân ngày tại các tuyến Sơn Tây, Hoà bình, Yên Bái và Vụ quang.

Hệ số tương quan nhiều biến lưu lượng binh quân ngày trạm Sơn Tây với các tuyến Hoà Bình, Yên Bái, Vụ Quang cũng rất chặt chẽ đạt 0.96 (xét theo thời đoạn 1956-1987). Vì vậy có thể sử dụng quan hệ này để khôi phục lưu lượng dòng chảy ngày tại trạm Sơn Tây (từ năm 1988 đến năm 2006) theo phương trình:

$$Q_{ST}(i) = 92.3971343085038 + 0.987303802112804*Q_{HB}(i) + 0.830017555532403*Q_{YB}(i) + 1.14240719815005*Q_{VQ}(i)$$

Kết quả phục hồi dòng chảy tại tuyến Sơn Tây thu được là quá trình lưu lượng binh quân ngày, sau đó tính lưu lượng binh quân tháng kiệt nhất, 3 tháng kiệt nhất, lưu lượng binh quân mùa kiệt và dòng chảy năm (tính theo năm thủy văn).

Tính tần suất dòng chảy kiệt nhất, 3 tháng kiệt nhất, binh quân mùa kiệt và dòng chảy năm ứng với tần suất 85 % tại Sơn Tây. Kết quả cho như bảng 1.

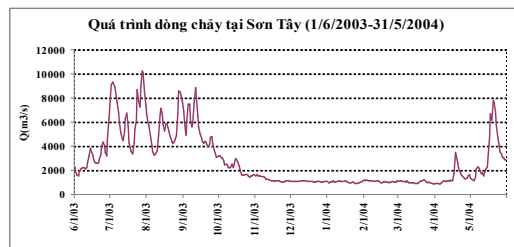
Bảng 1 : Đặc trưng lưu lượng trạm Sơn Tây trên sông Hồng

Đặc trưng (m^3/s)	Ứng với tần suất $P = 85 \%$
$Q_{1\text{tháng min}}$	789

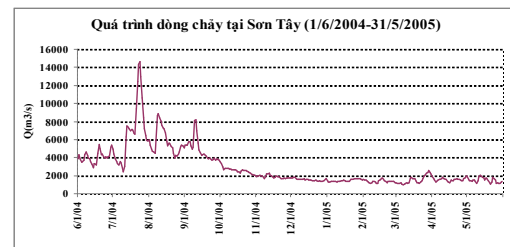
Q 3tháng min	888
Q mùa cạn	1269
Q năm	3041

Trong báo cáo chọn năm tính toán là năm có dòng chảy mùa cạn và dòng chảy năm tại Sơn Tây xấp xỉ dòng chảy ứng với tần suất 85%.

Qua phân tích tính toán quá trình dòng chảy tại Sơn Tây thì năm có dòng chảy năm xấp xỉ dòng chảy ứng với 85 % là năm 2003-2004 và thời kỳ từ 10/1/2004 đến 3/2/2004 là thời kỳ cạn kiệt nhất được chọn làm thời đoạn tính toán dự báo xu thế diễn biến xâm nhập mặn do nước biển dâng. Năm có dòng chảy mùa cạn xấp xỉ dòng chảy ứng với 85 % là năm 2004-2005 và thời kỳ từ 16/2/2005 đến 14/3/2005 là thời kỳ cạn kiệt nhất được chọn làm thời đoạn tính toán dự báo xu thế diễn biến xâm nhập mặn do nước biển dâng.



Hình 1: Quá trình dòng chảy trạm Sơn Tây trên sông Hồng(1/6/2003-31/5/2004)



Hình 2: Quá trình dòng chảy trạm Sơn Tây trên sông Hồng (1/6/2004-31/5/2005)

3. Lựa chọn kịch bản và phương án tính toán.

Có nhiều nghiên cứu về kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng: đó là Ngân hàng thế giới (WB), Ủy ban Liên Chính phủ về Thay đổi Khí hậu (IPCC), Trung tâm quản lý môi trường quốc tế(ICEM)...Nhưng tại thời điểm nghiên cứu đầu năm 2009, chưa có công bố mới về kịch bản nước biển dâng cho Việt Nam. Chính vì vậy trong phạm vi đề tài, nhóm nghiên cứu lựa chọn tính toán cho 3 kịch bản:

- Kịch bản nền.
- Kịch bản nước biển tăng 0.5 m
- Kịch bản nước biển tăng 1m.

Mỗi một kịch bản được tính toán cho 2 năm điển hình như đã trình bày trong mục 2. Đó là năm:

- Năm 2003-2004 có dòng chảy năm xấp xỉ dòng chảy năm ứng với 85 % tại Sơn Tây.
- Năm 2004-2005 có dòng chảy mùa cạn xấp xỉ dòng chảy mùa cạn ứng với 85 % tại Sơn.

4. Ứng dụng mô hình Mike 11 mô phỏng dòng chảy kiệt vùng nghiên cứu.

4.1. Mô hình MIKE 11

MIKE 11 là mô hình động lực một chiều và dễ dàng với người sử dụng nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý, vận hành cho sông cũng như hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. MIKE 11 linh hoạt, cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng quy hoạch.

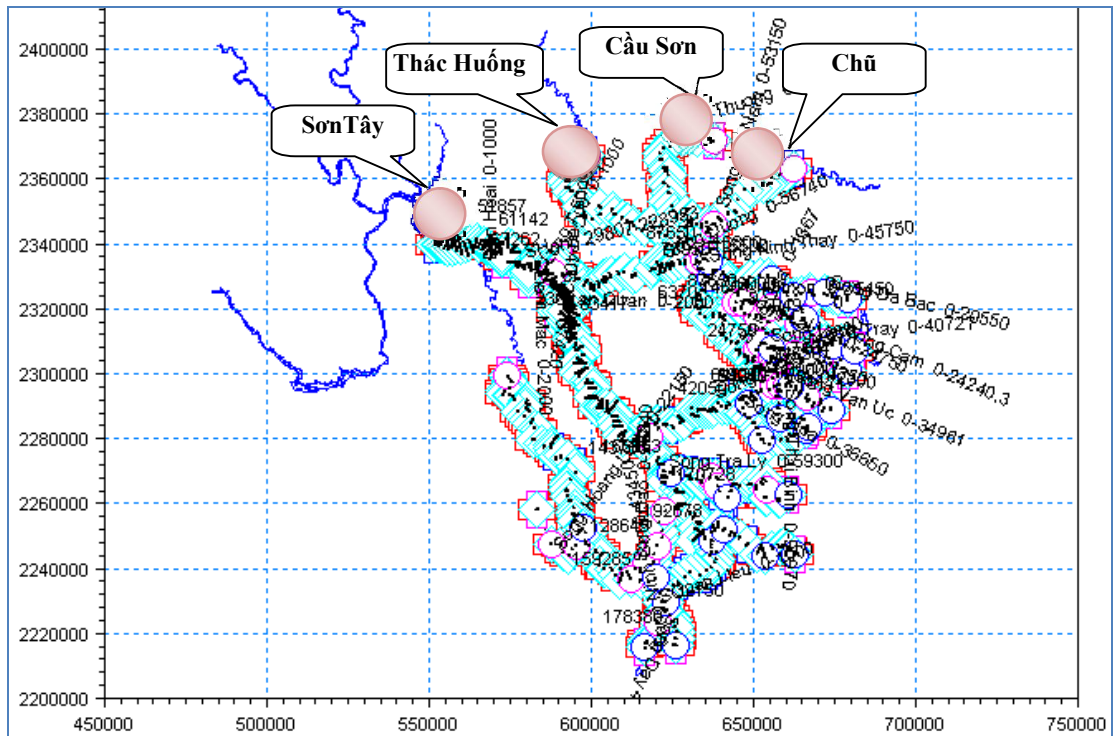
Trong báo cáo sử dụng hai mô-đun 1 chiều: thủy động lực HD và xâm nhập mặn AD để mô phỏng chế độ thủy lực và xâm nhập mặn mùa kiệt trên hệ thống hạ lưu sông Hồng – Thái Bình. Khi bài toán thủy lực được mô phỏng, hiệu chỉnh tốt thông qua mô-đun HD, khi đó tiếp tục sử dụng mô-đun AD để tính toán diễn biến và xâm nhập mặn trên các sông chính của vùng nghiên cứu.

4.2. Lập sơ đồ mô phỏng hệ thống

1. Thiết lập mô hình

Căn cứ vào sơ đồ tính và các hiểu biết về mô hình và các số liệu vùng nghiên cứu, báo cáo đã thiết lập các mô-đun:

- a) Thiết lập mạng sông (NETWORK EDITOR):
- b) Thiết lập dữ liệu địa hình (CROSS-SECTION EDITOR):
- c) Thiết lập điều kiện biên (BOUNDARY EDITORS):
- d) Thiết lập file thông số mô hình (PARAMETER FILE EDITORS):
- e) Thiết lập một mô phỏng cho mô hình (SIMULATION EDITOR): Simulation editor kết hợp tất cả các thông tin cần thiết cho MIKE 11 để thể hiện một mô phỏng. Tất cả các thông tin được lưu trong một tập tin mô phỏng (*.sim11), đó chính là toàn bộ mạng thủy lực vùng nghiên cứu được xây dựng trong mô hình Mike 11 hình 3.



Hình 3: Sơ đồ mạng lưới sông, mặt cắt hạ lưu vực sông Hồng - Thái Bình được thiết lập trong mô hình Mike 11

2. Số liệu Khí tượng Thủy văn.

Số liệu biên: Như đã trình bày ở trên, số liệu biên dùng trong tính toán gồm số liệu biên trên (Q), biên dưới (H), và biên dòng nước (Q).

Biên trên là số liệu quá trình dòng chảy thực đo tại các trạm khống chế phía thượng lưu.

Biên dưới là quá trình mực nước thực đo tại các trạm khống chế phía hạ lưu.

Điều kiện ban đầu trên mô hình được mô phỏng tại tất cả các nút bao gồm mực nước và độ mặn tại thời điểm bắt đầu tính toán. Các dữ liệu ban đầu được tính toán từ

số liệu đo đạc thủy văn và độ mặn tại các trạm thủy văn và trạm đo mặn trên toàn lưu vực.

Biên dòng nước, vì điều kiện thu thập được số liệu lấy nước cụ thể của các công trình trên dòng chính khó khăn, biên dòng nước được lấy trên cơ sở lưu lượng yêu cầu cho các vùng đồng bằng và trung du được xác định tại các nút gắn vào lưới sông trục chính của năm 2000 và được thống kê trong bảng 2 dưới đây (lấy từ báo cáo "Điều tra tài nguyên nước, tình hình khai thác và xả thải nguồn nước ở vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ" của cục QLTTN).

Bảng 2: Lưu lượng bơm tại các trạm bơm chính trên hệ thống sông Hồng- Thái Bình

Thang	XII				I				II				III			
Tuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ChoNN	150	150	150	150	400	400	400	400	150	150	150	150	150	150	150	150
CN&SH	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Tong	350	350	350	350	600	600	600	600	350	350	350	350	350	350	350	350

Các trạm kiểm tra: Tài liệu thủy văn tại các trạm kiểm tra thu thập được gồm tài liệu thực đo của các trạm:

Quá trình H ~ t trạm Hà Nội, Hưng Yên trên sông Hồng.

Quá trình H ~ t trạm Quyết Chiến trên sông Trà Lý, trạm Trục Phương trên sông Ninh Cơ, trạm Trục Phương trên sông Ninh Cơ.

Tài liệu mặn được mô phỏng trên mô hình để kiểm tra bộ thông số tải khuếch tán của mô hình. Các trạm mô phỏng bao gồm Ba Lạt (Hồng), Dương Liễu (Hồng), Ngũ Thôn (Trà Lý), Phúc Khê (Trà Lý), Đông Quý (Trà Lý), Phú Lễ (Ninh Cơ), Như Tân (Đáy), Văn Cù (Hoá), An Phụ (Kinh Môn), Bá Nha (Gù).

4.3. Kiểm nghiệm hệ thống mô hình thủy lực Mike 11

Quá trình hiệu chỉnh thông số mô hình nhằm xác định các thông số nhám của mô hình để cho kết quả tính toán phù hợp nhất số liệu thực đo. Việc hiệu chỉnh các thông số mô hình được tiến hành bằng phương pháp thử sai.

Mô hình xâm nhập mặn thực chất bao gồm 2 mô hình: mô hình tính thủy lực và mô hình tính xâm nhập mặn vì vậy việc hiệu chỉnh, kiểm định mô hình được tiến hành qua 2 bước: trước hết thực hiện với tính toán thủy lực; tiếp theo tính toán mô hình tính mặn.

Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện với chuỗi từ 3/2-24/2/2002, kiểm định được thực hiện với chuỗi từ 10/1-3/2/2004 tương ứng với quá trình dòng chảy nhỏ nhất tại Sơn Tây.

Hệ số NASH được dùng để đánh giá sai số giữa tính toán và thực đo của quá trình thủy lực. Do số liệu mặn đo đạc không liên tục nên sai số tương đối và tuyệt đối được sử dụng để đánh giá kết quả mô phỏng mặn. Kết quả kiểm định thông số thủy lực đạt yêu cầu cần thiết thể hiện ở hệ số NASH lớn nhất đạt 0.97, nhỏ nhất đạt 0.7 ở bước hiệu chỉnh và lớn nhất đạt 0.96, nhỏ nhất đạt 0.68 ở bước kiểm định mô hình. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thông số truyền tải- khuếch tán cũng đảm bảo yêu cầu được thống kê chi tiết cho từng trạm trong các bảng và hình vẽ dưới đây:

Bảng 3 : Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực tại các trạm trên lưu vực

TT	Trạm	Sông	Hiệu chỉnh	Kiểm định
			NASH%	NASH%

TT	Trạm	Sông	Hiệu chỉnh	Kiểm định
			NASH%	NASH%
1	Như Tân	Đáy	0.92	0.90
2	Phú Lễ	Ninh Cơ	0.92	0.91
3	Ba Lạt	Hồng	0.96	0.94
4	Định Cư	Trà Lý	0.97	0.96
5	Đông Xuyên	Thái Bình	0.94	0.95
6	Quang Phục	Văn Úc	0.80	0.79
7	Kiến An	Lạch Tray	0.81	0.68
8	Cửa Cấm	Cấm	0.78	0.79
9	Do Nghi	Bạch Đằng	0.76	0.77
10	Đôn Sơn	Đá Bạch	0.89	0.8
11	Cao Kênh	Kinh Thầy	0.84	0.92
12	Trung Trang	Văn úc	0.87	0.90
13	Chanh Chử	Luộc	0.89	0.79
14	Phả Lại	Thái Bình	0.88	0.83
15	Hung Yên	Hồng	0.70	0.73
16	Hà Nội	Hồng	0.81	0.83
17	Nam Định	Đào	0.75	0.72
18	Trực Phương	Ninh Cơ	0.93	0.9

Bảng 4 : Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình truyền mặn tại các trạm trên lưu vực

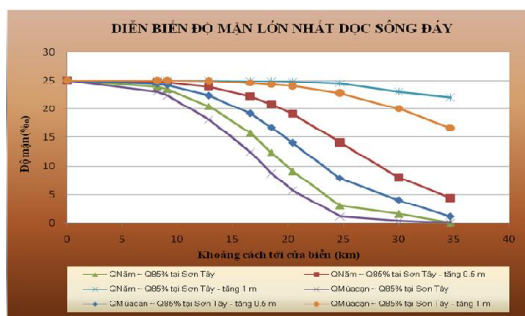
TT	Trạm	Sông	Hiệu chỉnh			Kiểm định		
			Tính	Đo	Sai số%	Tính	Đo	Sai số%
1	Như Tân	Đáy	3.1	3.2	3.1	22.3	21.6	3.2
2	Phú Lễ	Ninh Cơ	22.4	22.8	1.8	29.5	28.8	2.4
3	Ba Lạt	Hồng	8.7	8.6	1.2	24	24.5	-2.0
4	Định Cư	Trà Lý	5.9	5.8	1.7	23.6	23	2.6
5	Đông Xuyên	Thái Bình	2	1.91	4.7	8.8	8.63	2.0

6	Quang Phục	Văn Úc	0.4	0.38	5.3	15.1	14.7	2.7
---	------------	--------	-----	------	-----	------	------	-----

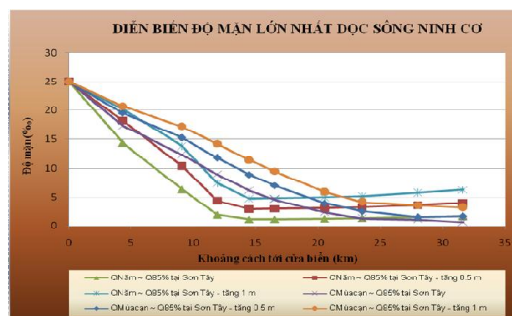
4.4. Kết quả tính toán các phương án

Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đảm bảo độ chính xác cần thiết như đã thực hiện trên, tiến hành mô phỏng diễn biến chế độ thủy lực và quá trình xâm nhập mặn trên toàn hệ thống như hình bảng 5.

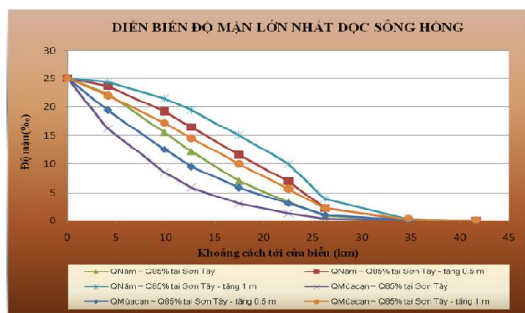
Giải bài toán xâm nhập mặn giúp xác định nước mặn với một nồng độ xác định có thể lấn vào sâu trong sông đến bao xa trong một tổ hợp thủy lực nhất định. Độ dài xâm nhập mặn phụ thuộc vào các yếu tố chính là: độ mặn nước biển, độ lớn thủy triều, lưu lượng nước ngọt từ thượng lưu, quá trình lấy nước/cấp nước từ khu giữa và địa hình lòng dẫn. Trong nghiên cứu xem rằng địa hình là cố định, độ mặn tại biên ngoài cửa biển là không đổi (25‰) [1-4] thì khoảng cách xâm nhập mặn cực đại sẽ là hàm số của tổ hợp lưu lượng nước ngọt từ thượng nguồn và mực nước triều cửa sông vào thời kỳ kiệt nhất, nước lấy từ sông phục vụ các hoạt động dân sinh kinh tế và thời kỳ triều mạnh nhất.



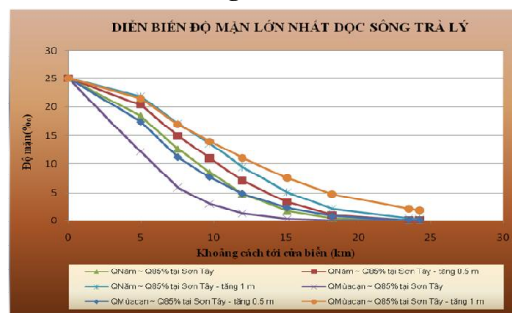
Hình 4: Diễn biến độ mặn lớn nhất dọc cửa sông Đáy



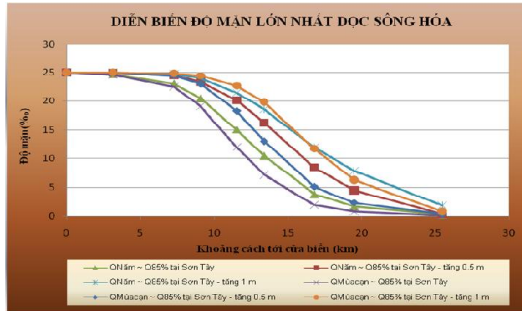
Hình 5: Diễn biến độ mặn lớn nhất dọc cửa sông Ninh Cơ



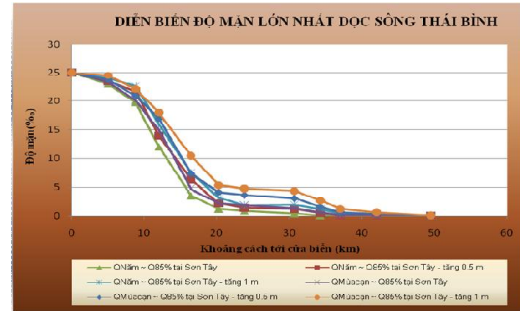
Hình 6: Diễn biến độ mặn lớn nhất dọc cửa sông Hồng



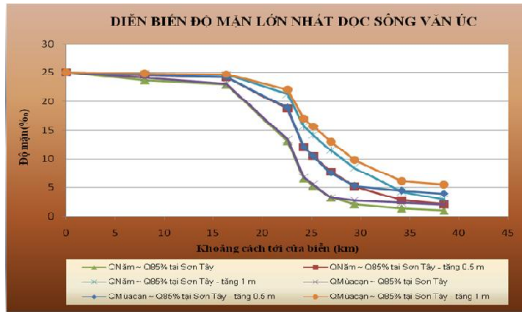
Hình 7: Diễn biến độ mặn lớn nhất dọc cửa sông Trà Lý



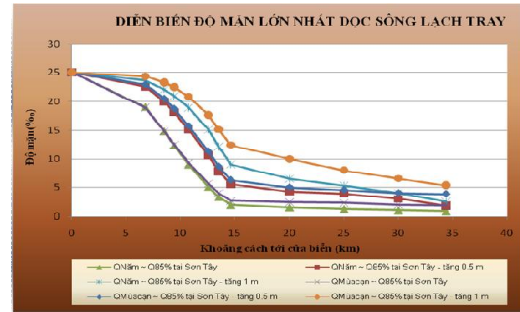
Hình 8: Diễn biến độ mặn lớn nhất độc cửa sông Hóa



Hình 9: Diễn biến độ mặn lớn nhất độc cửa sông Thái Bình



Hình 10: Diễn biến độ mặn lớn nhất độc cửa sông Văn Úc



Hình 11: Diễn biến độ mặn lớn nhất độc cửa sông Lạch Tray

5. Kết luận

Hệ thống sông Hồng và Thái Bình là một hệ thống sông lớn, nhưng tài liệu mặn trên hệ thống còn thiếu và không đồng bộ. Đây là khó khăn cho việc ứng dụng bất cứ một mô hình vào trong nghiên cứu chất lượng nước. Trên cơ sở số liệu không dài, không liên tục, được quan trắc với nhiều mục đích riêng, thì phần mô phỏng quá trình xâm nhập mặn chắc chắn khó cho độ chính xác cao được. Kết quả tính toán cho ta cái khái quát về quá trình mực nước và diễn biến mặn trên hệ thống. Kết quả là cơ sở cho việc tính toán dự báo xu thế diễn biến xâm nhập mặn do nước biển dâng khi xảy ra các tình huống giả định.

Bảng 5 Diễn biến xâm nhập mặn lớn nhất (%) dọc các sông

KC tới cửa (km)	Cửa sông Đáy								
	0	8.2	9.1	12.8	16.6	18.5	20.4	24.7	35
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	23.8	23.5	20.4	15.7	12.4	9.1	3.0	0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 0.5 m	25	24.8	24.7	23.9	22.2	20.8	19.1	14.1	4
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 1 m	25	25.0	25.0	25.0	24.9	24.9	24.8	24.5	22
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	23.0	22.4	18.1	12.5	8.8	5.7	1.1	0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 0.5 m	25	24.4	24.1	22.3	19.1	16.7	14.1	7.9	1
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 1 m	25	25.0	25.0	24.9	24.6	24.3	24.0	22.8	17

KC tới cửa (km)	Cửa sông Ninh Cơ								
	0	4.3	9.1	11.9	14.5	16.5	20.5	23.5	31.6
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	14.4	6.4	1.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.7
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 0.5 m	25	18.1	10.4	4.4	2.9	2.9	3.0	3.2	4.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 1 m	25	20.1	13.8	7.4	4.7	4.8	5.0	5.2	6.3
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	17.3	12.4	9.0	6.2	4.6	2.3	1.3	0.7
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 0.5 m	25	19.5	15.3	11.9	8.9	7.0	3.9	2.5	1.7
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 1 m	25	20.7	17.2	14.2	11.5	9.5	5.9	4.2	3.2

KC tới cửa (km)	Cửa sông Hồng								
	0	4.1	9.9	12.6	17.5	22.5	26.3	34.8	41.7
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	22.3	15.5	12.1	7.0	3.4	0.9	0.0	0.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 0.5 m	25	23.6	19.2	16.5	11.5	7.0	2.3	0.1	0.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 1 m	25	24.3	21.5	19.5	15.1	10.0	3.9	0.3	0.1
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	16.2	8.5	5.9	3.0	1.3	0.4	0.0	0.0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 0.5 m	25	19.4	12.5	9.5	5.9	3.1	1.1	0.1	0.0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tăng 1 m	25	22.0	17.2	14.5	10.0	5.7	2.3	0.3	0.1

Cửa sông Trà Lý									
KC tới cửa (km)	0	5.0	7.6	9.8	12.0	15.1	18.2	23.5	24
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	18.5	12.6	8.5	4.8	1.8	0.4	0.0	0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	20.4	14.9	10.9	7.1	3.3	1.0	0.1	0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	21.8	17.2	13.6	9.5	5.1	2.1	0.5	0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	12.1	5.9	3.0	1.3	0.4	0.1	0.0	0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	17.5	11.2	7.7	4.9	2.3	0.9	0.2	0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	21.5	17.0	14.0	11.0	7.5	4.8	2.1	2

Cửa sông Hóa									
KC tới cửa (km)	0	3.2	7.3	9.1	11.6	13.4	16.8	19.5	25.5
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	24.6	23.0	20.4	15.1	10.5	3.8	1.7	0.3
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	25.0	24.5	23.3	20.1	16.3	8.4	4.5	0.4
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	25.0	24.7	23.9	21.4	18.5	11.9	7.8	1.8
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	24.6	22.5	19.1	12.0	7.1	1.9	0.8	0.1
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	25.0	24.4	23.0	18.3	13.0	5.1	2.3	0.4
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	25.0	24.9	24.4	22.7	19.8	11.7	6.2	0.8

Cửa sông Thái Bình									
KC tới cửa (km)	0	8.8	16.4	20.2	23.8	30.7	34.2	37.0	49.5
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	19.8	3.5	1.2	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	21.7	6.4	2.2	1.5	1.2	0.5	0.2	0.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	22.6	7.5	3.2	1.9	2.0	1.2	0.5	0.0
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	20.1	4.7	2.2	1.9	1.4	0.6	0.2	0.1
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	20.9	7.3	4.1	3.6	3.0	1.5	0.6	0.1
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	22.1	10.4	5.3	4.7	4.3	2.7	1.2	0.1

	Cửa sông Văn Úc								
KC tới cửa (km)	0	16.3	22.5	24.2	25.1	27.0	29.3	34.1	38.4
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	22.9	13.2	6.5	5.3	3.2	2.0	1.4	1.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	24.1	18.8	12.1	10.5	7.7	5.2	2.7	2.0
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	24.5	21.3	15.8	14.2	11.5	8.5	4.3	2.8
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	23.0	13.5	6.7	5.4	3.2	2.6	2.3	1.9
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	24.1	19.0	12.1	10.5	7.5	5.3	4.4	3.9
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	24.7	22.1	17.1	15.7	13.0	9.8	6.0	5.4

	Cửa sông Lạch Tray								
KC tới cửa (km)	0	6.8	8.5	9.4	10.7	12.5	13.5	14.6	34.4
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	19.1	14.9	12.4	9.0	5.0	3.2	1.9	0.9
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	22.6	20.0	18.2	15.2	10.6	7.8	5.6	1.8
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	23.6	22.0	21.0	18.9	15.2	12.2	9.1	2.5
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	18.9	14.9	12.5	9.3	5.7	4.0	2.6	1.9
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	22.9	20.5	18.8	15.8	11.4	8.7	6.3	3.8
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	24.3	23.2	22.4	20.8	17.7	15.2	12.5	5.3

	Cửa sông Cấm								
KC tới cửa (km)	0	17.7	19.6	21.9	23.5	24.6	26.5	27.3	29.3
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây	25	17.6	14.7	10.9	8.0	6.4	3.6	2.8	2.4
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	19.0	16.6	13.2	10.5	8.9	5.9	4.8	3.5
QNăm ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	20.4	18.5	15.8	13.3	11.8	8.8	7.5	5.4
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây	25	15.1	11.3	7.3	4.6	3.9	4.0	4.0	4.2
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 0.5 m	25	16.4	13.2	9.3	6.5	5.1	4.5	4.6	4.7
QMùa cạn ~ Q85% tại Sơn Tây - tầng 1 m	25	17.9	15.0	11.4	8.5	6.9	5.1	5.1	5.2

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Viện Quy hoạch Thủy lợi, 2001. Tổng quan sử dụng nguồn nước lưu vực sông Hồng-sông Thái Bình. Báo cáo chính, 157 trang.
2. Viện Quy hoạch Thủy lợi, 2006. Báo cáo tính toán thủy lực mùa cạn lưu vực sông Hồng-Thái Bình, Dự án quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước sông Hồng-Thái Bình.
3. Trường đại học thủy lợi, 2007. Nghiên cứu cơ sở khoa học, thực tiễn điều hành cấp nước mùa cạn cho đồng bằng sông Hồng.
4. Đỗ Thị Bình, 2007. Nghiên cứu đánh giá xâm nhập mặn và đề xuất các giải pháp giảm thiểu mặn, cấp nước cho đồng bằng sông Hồng-sông Thái Bình trong mùa cạn.
5. <http://www.thiennhien.net/news/140/ARTICLE/2281/2007-06-20.html>
6. <http://tintuc.timnhanh.com/doi-song/khoa-hoc/20090615/35A94768/ICEM-danh-gia-tac-dong-nuoc-bien-dang-tai-Viet-Nam.htm>

Tiếng Anh

7. DHI Water & Environment. MIKE 11 A Modelling System for Rivers and Channels. Reference Manual, 472 pp.
8. DHI Water & Environment. MIKE 11 A Modelling System for Rivers and Channels. User Guide, 396 pp.
9. <http://www.ipcc.ch/>