

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỨC NƯỚC BIỂN DÂNG DO BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN XÂM NHẬP MẶN KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG, SÔNG THÁI BÌNH

PGS. TS. Trần Thục, ThS. Nguyễn Xuân Hiền, TS. Trần Hồng Thái
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Dự báo xâm nhập mặn chính xác có vai trò rất lớn đối với việc chủ động phát triển nông nghiệp – ngư nghiệp và quy hoạch sử dụng đất vùng kinh tế ven biển, đặc biệt là trong điều kiện biến đổi khí hậu hiện nay. Bài báo này là kết quả nghiên cứu bước đầu về dự báo ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến xâm nhập mặn khu vực đồng bằng sông Hồng – Thái Bình bằng mô hình số trị MIKE với mô đun Mike couple kết hợp giữa mô hình 1 chiều MIKE 11 và mô hình 2 chiều MIKE 21. Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm cho điều kiện hiện tại và dự báo xâm nhập mặn cho năm 2050 và 2100 với các kịch bản mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu khác nhau. Những kết quả này sẽ góp phần vào việc quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp, sử dụng nước trong tương lai nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu.

1. Giới thiệu chung

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là một thách thức lớn đối với toàn cầu trong đó Ủy ban liên minh chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCU) có Việt Nam. Chính phủ Việt Nam đã phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH, xây dựng và công bố kịch bản BĐKH. Theo kết quả công bố đó, vào cuối thế kỷ 21, nhiệt độ ở nước ta có thể tăng 2,3°C so với trung bình thời kỳ (1980-1999), mực nước biển có thể dâng thêm khoảng 65cm đến 100 cm [1].

Đồng bằng sông Hồng – Thái Bình cùng với đồng bằng sông Mê Công là hai khu vực cung cấp lương thực chủ yếu cho nước ta và cũng là hai khu vực chịu ảnh hưởng nặng nề nhất do BĐKH và mực nước biển dâng. Kết quả nghiên cứu và tính toán từ số liệu thực đo [2] cho thấy, độ mặn trong sông vùng đồng bằng sông Hồng – Thái Bình biến đổi theo các mùa, nhỏ về mùa lũ, lớn về mùa kiệt, phụ thuộc vào lượng nước ngọt từ thượng lưu đổ về và mực nước ngoài biển, của mạng lưới sông hay điều kiện khí hậu địa phương. Độ mặn trên các sông thuộc hệ thống sông Hồng – Thái Bình thay đổi mạnh từ tháng 12 năm trước tới hết tháng 5 năm sau, tăng từ đầu mùa tới giữa mùa rồi lại giảm dần tới cuối mùa kiệt. Độ mặn có xu hướng tăng ở dòng chính sông Hồng và giảm phía sông Thái Bình. Tính trung bình

những năm từ chuỗi số liệu đo đạc, chiều dài xâm nhập mặn 1‰ xa nhất trên sông Thái Bình là 13 – 49km (tùy từng phân lưu), Ninh Cơ 36km, Trà Lý 51km, Đáy 41km, sông Hồng 14 – 33km [2], [8], [9].

Trên các sông chính, nước biển dâng sẽ làm sinh vào nội địa, gây khoa khăn cho công tác cấp nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất nông - công nghiệp, ảnh hưởng xấu đến quá trình phát triển KT-XH.

Với mục đích đánh giá và dự báo xâm nhập mặn do BĐKH trên hệ thống sông Hồng – Thái Bình, nhóm nghiên cứu đã sử dụng mô hình thủy động lực của Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) thông qua mô đun MIKE Couple kết hợp giữa mô hình 1 và 2 chiều sau khi đã hiệu chỉnh và kiểm nghiệm với các số liệu thực đo để tính toán mức độ xâm nhập mặn hiện trạng và dự báo diễn biến xâm nhập mặn đến năm 2050 và 2100 ứng với các kịch bản BĐKH khác nhau cho khu vực Đồng bằng sông Hồng – Thái Bình.

2. Cơ sở lý thuyết

a. Hệ phương trình trong mô hình MIKE 11

Hệ phương trình sử dụng trong mô hình một chiều là hệ phương trình Saint Venant gồm: phương trình liên tục và phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\alpha}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\beta}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{V|V|}{C_z^2 R} = 0 \quad (2)$$

Phương trình tải khuếch tán sử dụng trong mô hình như sau:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_z q \quad (3)$$

Trong đó: h là mực nước (m); t là thời gian tính

toán (s); Q là lưu lượng dòng chảy (m³/s); V là tốc độ (m/s); β là hệ số phân bố lưu tốc; A là diện tích mặt cắt ướt (m²); q là lưu lượng nhập lưu (m³/s); C là nồng độ chất tan; C_z là nồng độ chất hòa tan tại nguồn, D là hệ số phân tán C_z là hệ số Chezy.

b. Hệ phương trình trong mô hình MIKE 21

Hệ phương trình sử dụng là hệ phương trình cho bài toán không gian hai chiều, gồm phương trình liên tục và 2 phương trình động lượng:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \\ \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fV V_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \\ \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega_q - fV V_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó: h là độ sâu mực nước yên tĩnh; d là độ sâu tổng cộng; ζ là dao động mực nước bề mặt; p và q là thông lượng vận tốc theo các phương x và y; C là hệ số nhám, g là gia tốc trọng trường; f(V) là ma sát gió; V, V_x và V_y vận tốc gió và các thành phần theo các phương x, y; q_a là áp suất không khí;

là thông số Coriolis; ρ_w là mật độ nước và τ_{xx} , τ_{yy} , τ_{xy} các thành phần ứng suất.

Phương trình tải khuếch tán: hay còn gọi là phương trình bảo toàn khối lượng chất hòa tan hai chiều có dạng như sau:

$$\frac{\partial}{\partial t} (hc) + \frac{\partial}{\partial x} (uhc) + \frac{\partial}{\partial y} (vhc) = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - FhC + S \quad (7)$$

Trong đó: C là nồng độ chất khuếch tán; u, v là thành phần vận tốc theo phương trục x, y; h là độ sâu mực nước; D_x, D_y hệ số khuếch tán theo hướng trục x, y và F là hệ số ngưng kết.

3. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình

a. Điều kiện miền tính và lưới tính

Địa hình miền tính cho mô hình MIKE 21 được lấy từ số liệu đo đạc của Bộ Tư lệnh Hải quân từ các bản đồ địa hình đáy biển với tỉ lệ khác nhau, từ tỉ lệ 1:10,000 đến 1:1,000,000. Tọa độ miền tính từ 18°40'N đến 22°17'N và 104°54'E đến 110°20'E. Phương pháp lưới lồng được sử dụng để mô phỏng và tính toán mực nước và độ mặn cho khu vực cửa

sông ven biển hệ thống sông Hồng – Thái Bình nhằm tăng độ chính xác và tiết kiệm thời gian tính toán. Bước lưới 2700 m có miền tính từ 18°40'N đến 22°17'N và 104°54'E đến 110°20'E. Lưới tính cấp 2 được thiết lập cho khu vực ven biển với bước lưới 900m có miền tính trong khoảng từ 19°32'N đến 21°09'N và 105°49'E đến 106°59'E. Cuối cùng, miền tính cấp 3 gồm 2 vùng tính với bước lưới 300 m cho 2 khu vực ven biển hệ thống sông Hồng và Thái Bình, vùng 1 có tọa độ từ 20°7'N đến 20°55'N và 106°27'E đến 106°57'E, vùng 2 có tọa độ từ 19°41'N đến 20°4'N và 105°56'E đến 106°19'E. Tổng số nút tính là 138230 nút bao gồm: lưới cấp 1 là 33750 nút

lưới, lưới cấp 2 là 27405 nút lưới, và lưới cấp 3 là 77075 nút lưới.

Hệ thống mặt cắt do Đoàn Khảo sát sông Hồng đo đạc năm 2001 bao gồm 106 mặt cắt với các biên trên tại Ba Thá trên sông Đáy, Sơn Tây trên sông Hồng và Phả Lại trên sông Thái Bình.

b. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

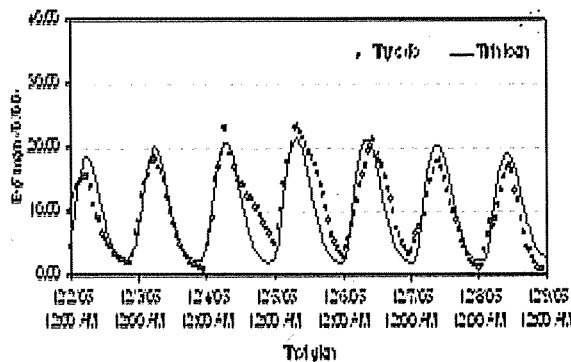
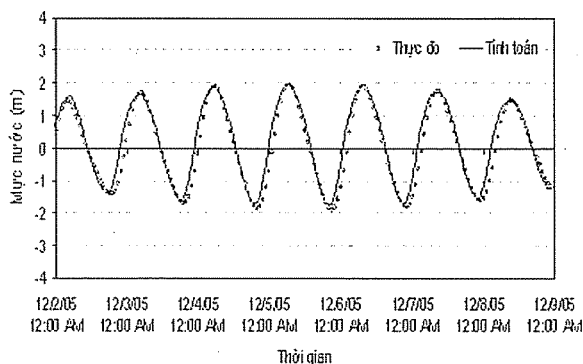
Với mô hình MIKE 21, biên mực nước được lấy theo số liệu hằng số điều hòa từ mô phỏng thủy triều trên quy mô toàn cầu, giá trị độ mặn ngoài được lấy theo độ mặn trung bình tháng nhiều năm cho tại ngoài khơi khu vực Vịnh Bắc Bộ theo kết quả của đề tài KC-08. Điều kiện ban đầu cho mô hình MIKE 21 được xác định bằng phương pháp chạy trước mô hình một khoảng thời gian nhất định để ổn định với mực nước ban đầu bằng 0. Điều kiện biên cho mô hình một chiều là lưu lượng tại các vị trí Ba Thá, Sơn

Tây và Phả Lại, độ mặn tại biên mô hình một chiều bằng 0.

c. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình

Số liệu thực đo trong tháng 12 năm 2005 đến tháng 1 năm 2006 tại các trạm thủy văn cửa sông trên hệ thống sông Hồng – Thái Bình được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Kết quả hiệu chỉnh mực nước và độ mặn cho trạm Ba Lạt được trình bày ở hình 2 và đánh giá kết quả sai số độ mặn hiệu chỉnh cho các trạm được trình bày trong bảng 1.

Kết quả tính toán khá phù hợp với số liệu thực đo về pha, biên độ triều và độ mặn. Kết quả tính toán về mực nước đã bắt tốt được pha và đỉnh của mực nước thực đo. Độ lệch đỉnh nhỏ, dao động trong khoảng từ 0,01 đến 0,15 m. Kết quả hiệu chỉnh độ mặn cho thấy độ lệch đỉnh dao động trong khoảng từ 0,05 đến 1,51‰.



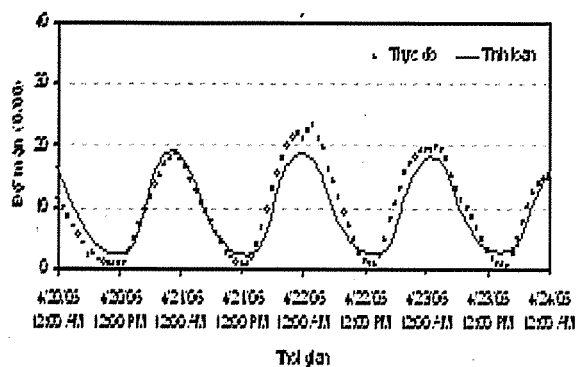
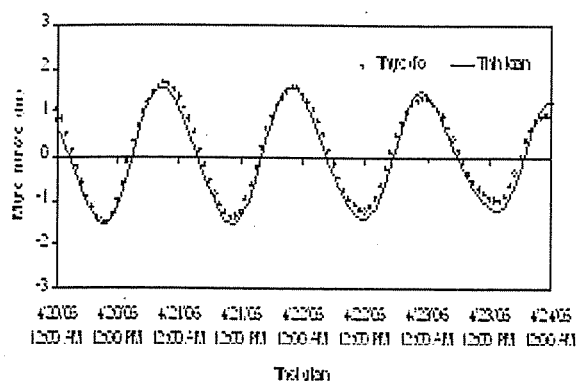
Hình 1. Mực nước và độ mặn tính toán và thực đo tại trạm Ba Lạt trên sông Hồng

Bảng 1. Kết quả đánh giá sai số mực nước và độ mặn đỉnh khi hiệu chỉnh mô hình

Trạm	Mực nước (m)				Độ mặn (‰)			
	Thời điểm	TĐ	TT	Độ lệch	Thời điểm	TĐ	TT	Độ lệch
Như Tân	6h, 30/1/06	1,39	1,41	0,02	8h, 1/30/06	17,00	18,50	1,50
Phú Lễ	5h, 31/1/06	1,62	1,49	0,13	5h, 31/1/06	28,17	28,9	0,81
Ba Lạt	6h, 30/1/06	1,66	1,78	0,12	6h, 30/1/06	20,70	20,44	0,25
Định Cư	6h, 30/1/06	1,72	1,84	0,12	6h, 30/1/06	20,30	20,52	0,22
Đông Xuyên	6h, 31/1/06	1,93	1,92	0,01	8h, 31/1/06	11,13	11,52	0,39
Cửa Cấm	6h, 31/1/06	1,83	1,98	0,15	7h, 31/1/06	13,84	13,89	0,05

Số liệu mực nước triều và độ mặn thực đo năm 2007 được dùng trong kiểm nghiệm mô hình. So

sánh giữa kết quả tính toán và số liệu thực đo của trạm Ba Lạt được trình bày ở hình 3 và bảng 2.



Hình 2. Mức nước và độ mặn tính toán và thực đo tại trạm Ba Lạt trên sông Hồng

Bảng 2. Kết quả đánh giá sai số mực nước và độ mặn đỉnh khi kiểm nghiệm mô hình

Trạm	Mức nước (m)				Độ mặn (‰)			
	Thời điểm	TĐ	TT	Độ lệch	Thời điểm	TĐ	TT	Độ lệch
Như Tân	5h, 1/2/07	0,98	1,32	0,34	7h, 1/2/07	11,18	11,85	0,68
Phú Lễ	5h, 2/2/07	1,12	1,25	0,13	5h, 2/2/07	26,40	28,81	2,41
Ba Lạt	5h, 1/2/07	1,29	1,39	0,10	6h, 1/2/07	16,50	16,36	0,14
Định Cư	5h, 1/2/07	1,30	1,43	0,13	5h, 1/2/07	15,33	16,96	1,63
Đồng Xuyên	5h, 1/2/07	1,40	1,50	0,10	8h, 1/2/07	2,90	3,66	0,72
Cửa Cấm	7h, 1/2/07	1,35	1,56	0,21	6h, 1/2/07	11,45	12,67	1,23

4. Tính toán xâm nhập mặn do mực nước biển dâng ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu

a. Các kịch bản xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu

Để có thể tính toán xâm nhập mặn cho tương lai, cần thiết phải xây dựng được các kịch bản trong đó quan trọng nhất là các biên đầu vào của mô hình gồm biên mực nước theo các kịch bản BĐKH và biên lưu lượng từ thượng nguồn.

Điều kiện biên là lưu lượng trung bình của 3

tháng nhỏ nhất trên hệ thống sông Hồng – Thái Bình được sử dụng trong tính toán. Theo nghiên cứu của Trần Thanh Xuân, ứng với điều kiện dòng chảy hoàn toàn tự nhiên, trên hệ thống sông Hồng – Thái Bình, thời gian xuất hiện lưu lượng nước sông nhỏ nhất trong ba tháng liên tục (Q3 tháng min) hàng năm là từ tháng 1 đến tháng 3. Các đặc trưng 3 tháng mùa kiệt nhỏ nhất tại các biên trên của mô hình được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Đặc trưng lưu lượng trung bình 3 tháng nhỏ nhất tại các biên

Tên sông (trạm)	Lưu lượng 3 tháng nhỏ nhất (m ³ /s)
Đáy (Ba Thá)	13.7
Hồng (Sơn Tây)	1249
Thái Bình (Phả Lại)	35.2

Theo các kịch bản nước biển dâng cho Việt Nam, đến năm 2050 mực nước biển có thể dâng thêm 28

đến 33cm và đến cuối thế kỉ 21 mực nước biển dâng thêm từ 65 đến 100cm so với thời kì 1980 – 1999.

Bảng 4. Các kịch bản tính toán xâm nhập mặn

Kịch bản	Thời gian mô phỏng	Mức nước biển tăng do BĐKH	Kịch bản BĐKH
KB1	1-3/1990	0	Kịch bản nền
KB2	1-3/2050	33	A1F1
KB3	1-3/2100	65	B1
KB4	1-3/2100	75	B2
KB5	1-3/2100	100	A1F1

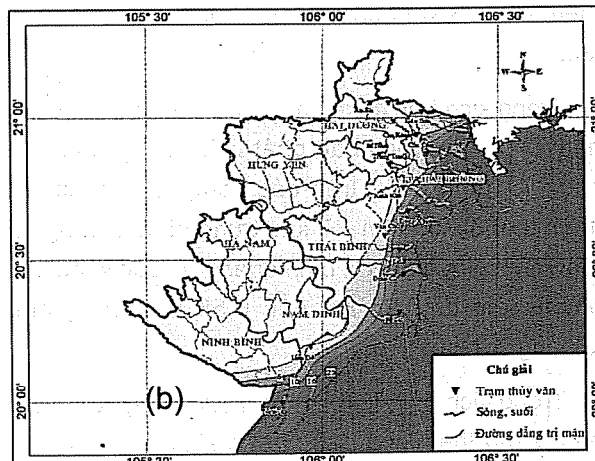
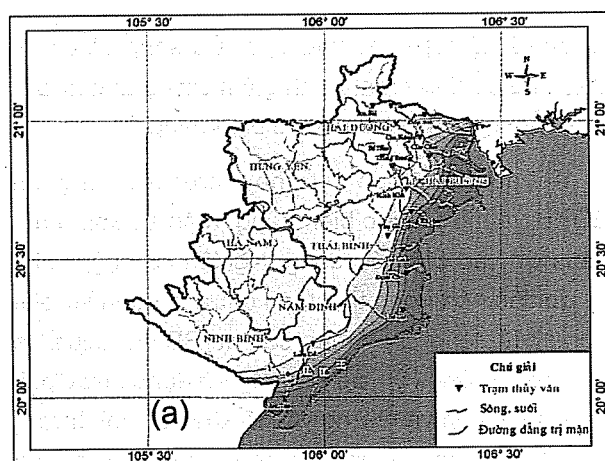
Các kết quả tính toán xâm nhập mặn theo các kịch bản nói trên được trình bày trong bảng 4 và hình 4.

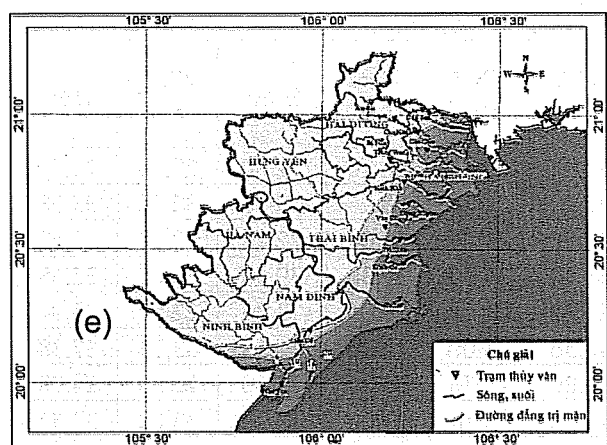
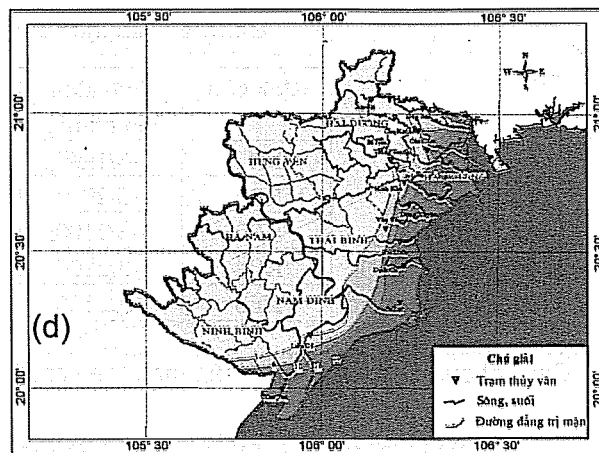
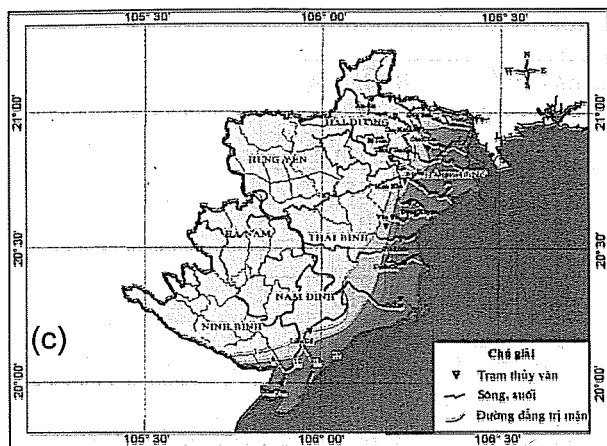
Bảng 5. Ranh giới xâm nhập mặn lớn nhất theo các kịch bản nước biển dâng

Kịch bản	Ranh giới mặn (‰)	Khoảng cách tới biển (km)									
		Đá Bạc	Cấm - Kinh Môn	Cấm - Kinh Thầy	Lạch Tray	Văn Úc	Thái Bình	Trà Lý	Hồng	Ninh Cơ	Đáy
KB1	4	23,94	29,54	29,54	26,46	27,44	19,88	24,10	22,00	22,54	23,24
	1	34,86	43,96	42,84	36,68	39,20	31,64	38,94	39,08	32,48	35,98
KB2	4	24,08	29,82	29,82	26,74	27,86	21,28	25,08	22,70	22,68	23,52
	1	35,42	45,36	43,12	36,96	41,30	34,30	39,36	39,50	33,60	36,68
KB3	4	24,08	30,24	30,24	27,02	29,12	24,64	26,06	23,26	22,82	23,94
	1	35,70	46,34	44,10	37,10	42,56	35,00	41,46	41,18	33,74	37,38
KB4	4	24,22	30,38	30,38	27,16	29,26	24,78	26,20	23,40	22,96	24,08
	1	35,84	46,48	44,24	37,24	42,70	35,14	41,60	41,32	33,88	37,52
KB5	4	24,48	30,80	30,80	27,30	30,10	24,64	27,18	23,68	23,10	24,78
	1	36,40	47,60	44,52	37,66	43,54	38,22	41,60	43,00	33,88	37,94

Từ kết quả tính toán có thể thấy rằng, cùng với sự gia tăng mực nước biển do BĐKH. Độ mặn có xu hướng xâm nhập sâu vào đất liền theo lòng dẫn sông. Theo kịch bản nền KB1, ranh giới mặn 1 ‰ và 4 ‰ xâm nhập xa nhất lần lượt là 39 và 22 km

trên sông Hồng, 31,6 km và 19,9 km trên sông Thái Bình, xa nhất là 44 km và 29,5 km trên sông Kinh Môn, kết quả này cũng tương đối phù hợp với nghiên cứu của Trần Thanh Xuân [9], Trần Văn Phúc [10].





Hình 3. Đường đồng mức độ mặn trên các sông thuộc đồng bằng sông Hồng theo các kịch bản

Có thể thấy, khi mực nước biển dâng cao, độ mặn sẽ theo lòng dẫn sông xâm nhập sâu vào đất liền, mặc dù mức độ xâm nhập không quá lớn. Trong kịch bản 2, khi mực nước biển dâng 33 cm đến năm 2050, ranh giới mặn 4% bình quân trên các sông xâm nhập sâu thêm từ 0,14 km đến 1,4 km, trung bình khoảng 0,49 km; tương tự như thế, ranh giới mặn 1% bình quân trên các sông xâm nhập thêm từ 0,28 km đến 2,66km, trung bình khoảng 1 km.

Trong kịch bản 4, khi mực nước dâng 75 cm đến năm 2100 theo kịch bản phát thải B2 [1], ranh giới mặn 4% bình quân trên các sông xâm nhập sâu thêm từ 0,54 km đến 4,7 km, trung bình khoảng 1,8 km. Ranh giới mặn 1% bình quân trên các sông xâm nhập thêm từ 0,98 km đến 6,58 km, trung bình khoảng 2,9 km.

Trong kịch bản 5, khi mực nước dâng 1,0 m đến năm 2100 theo kịch bản phát thải A1F1, ranh giới

mặn 4% bình quân trên các sông xâm nhập sâu thêm từ 0,54 km đến 4,7 km, trung bình khoảng 1,8 km. Ranh giới mặn 1% bình quân trên các sông xâm nhập thêm từ 0,98 km đến 6,58 km, trung bình khoảng 2,9 km.

5. Kết luận và kiến nghị

Bộ mô hình Mike kết hợp giữa mô hình 1 chiều và 2 chiều có thể được sử dụng để tính toán mực nước và độ mặn cho khu vực cửa sông và có thể sử dụng để tính toán, đánh giá mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn do nước biển dâng.

Kết quả tính toán cho thấy dưới tác động của BĐKH và mực nước biển dâng, mặn sẽ xâm nhập sâu hơn vào các cửa sông. Nghiên cứu này chỉ là bước đầu nên trong tính toán chưa xét đến sự biến động của dòng chảy mùa cạn do BĐKH, chưa xét đến ảnh hưởng của sự gia tăng sử dụng nước phía thượng nguồn và những yếu tố khác có ảnh hưởng đến mức độ xâm nhập mặn trên các hệ thống sông.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, Hà Nội, 2009
2. Đoàn Thanh Hằng, Xây dựng chương trình dự báo xâm nhập mặn cho khu vực đồng bằng sông Hồng – Thái Bình, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, 2009.
3. Nguyễn Như Khuê, Xây dựng mô hình toán dòng chảy và nồng độ chất hoà tan, Hướng dẫn thực hành, Hà Nội 1994.
4. Nguyễn Xuân Hiên, Hoàng Văn Đại, Khương Văn Hải, Phạm Văn Tiến, Tính toán và dự báo mực nước và độ mặn cho khu vực cửa sông bằng mô hình số trị, Tạp chí Khí tượng thủy văn, 22-26, số 578, 2009,.
5. Nguyễn Xuân Hiên, Phạm Văn Tiến, Dương Ngọc Tiến, Đinh Văn Ưu, Ứng dụng mô hình ADCIRD tính toán nước dâng do bão tại khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng trong cơn bão Damrey 2005, Tạp chí Khoa học – Khoa học Tự nhiên và công nghệ, 431-438, tập 25-3S, 2009.
6. Nguyễn Viết Phổ, Vũ Văn Tuấn, Trần Thanh Xuân, Tài nguyên nước Việt Nam, NXB Nông nghiệp, Hà Nội 2003
7. Lã Thanh Hà, Nghiên cứu khả năng dự báo mặn vùng đồng bằng sông Hồng - Thái Bình bằng mô hình toán, Tuyển tập báo cáo khoa học lần thứ 9, 2004.
8. Trần Thanh Xuân, Các đặc trưng nước sông mùa cạn, NXB Nông nghiệp, Hà Nội 2004;
9. Trần Thanh Xuân, Đặc điểm thủy văn và nguồn nước sông Việt Nam, NXB Nông nghiệp, Hà Nội 2007;
10. Trần Văn Phúc, Mô hình hoá quá trình xâm nhập mặn đồng bằng sông Hồng và sông Cửu Long, Đề tài NCKH cấp Tổng cục, 1990- 1992.
11. Denmar Hydraulic Institute, Reference Manual, Mike 11 - A modelling system for rivers and channels, 2004.
12. Denmar Hydraulic Institute, Manuals, Mike 21 Flow Model, 2007.
13. Brett F. Sanders¹ và Michael Piasecki, Mitigation of Salinity Intrusion in Well-mixed Estuaries by Optimization of Freshwater Diversion Rates, J. Hydr. Engrg. Volume 128, Issue 1, pp. 64-77;
14. K. Inoue, K. Toda và M. Tanaka, Salinity intrusion and rice farming in the mangrove-fringed Konkoure River delta, Guinea, Wetlands Ecology and Management, Volume 8, 28 – 36;
15. Muralikrishna, Rathna Devanathan; Circulation and salinity distribution in coastal inlets, Coastal Engineering, Volume 2, 1978, Pages 119-131;
16. <http://www.ipcc.ch/>.