

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI**

**ĐỀ TÀI  
SỬ DỤNG MÔ HÌNH ĐỂ TÍNH TOÁN XÂM NHẬP MẶN  
CHO SÔNG HỒNG**

**Sinh viên thực hiện: Đinh Văn Tuấn  
Lớp : 54B1  
Khoa : Kỹ Thuật Biển**

**Hà Nội, 2017**

## TÓM TẮT ĐỀ TÀI

*Lý do chọn đề tài:* Sông Hồng cung cấp nước phục vụ tưới tiêu cho phần lớn diện tích vùng đồng bằng sông Hồng. Ngoài ra nước ở sông Hồng còn phục vụ cho nhu cầu nước sinh hoạt của người dân sống quanh đó. Dùng mô hình để tính toán độ mặn cũng như khoảng cách xâm nhập mặn, kết quả thu được sẽ là cơ sở cho các kế hoạch lấy nước vùng cửa sông.

*Mục tiêu đề tài:* So sánh kết quả thu được khi tính toán với mô hình. Từ đó chọn ra được mô hình phù hợp nhất với cơ sở dữ liệu sẵn có để tính toán, xây dựng các kịch bản xâm nhập mặn cho sông Hồng.

*Phương pháp nghiên cứu:* Sử dụng mô hình giải tích và mô hình HEC-RAS để tính toán xâm nhập mặn cho sông Hồng.

*Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:* Khu vực nghiên cứu là sông Hồng, khoảng cách 90 km từ cửa sông lên phía thượng nguồn.

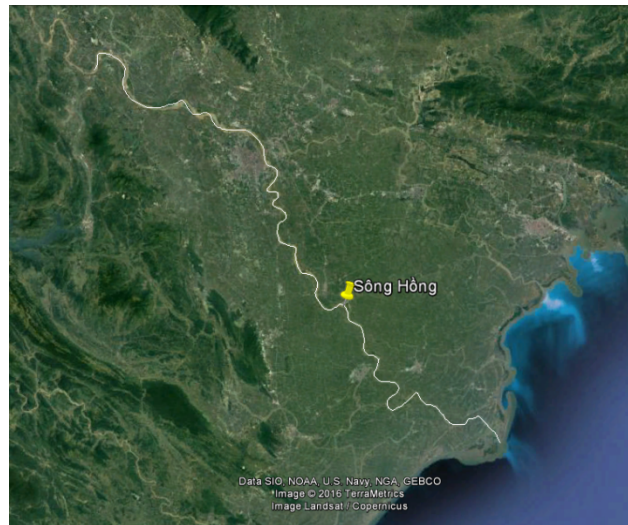
### 1. Mở đầu

Sông Hồng là con sông lớn nhất miền Bắc nước ta, hệ thống sông Hồng tạo nên phần lớn diện tích đồng bằng Bắc Bộ. Sông Hồng cung cấp phù sa màu mỡ, nước tưới phục vụ cho nông nghiệp. Nước sông Hồng còn được khai thác phục vụ nhiều nhu cầu khác của con người như làm nước uống, phục vụ cho một số ngành công nghiệp cần sử dụng nước. Tuy nhiên nước sông vẫn có tiêu chuẩn riêng để khai thác. Chính phủ Việt Nam đã thành lập một tiêu chuẩn cho việc khai thác nước ở các vùng cửa sông, trong đó giá trị ngưỡng cho nước uống là nước có  $S = 1\text{mg/L}$ , với nước sử dụng cho tưới tiêu thì  $S = 4\text{ mg/L}$ . Vì vậy cần phải mô phỏng được diễn biến xâm nhập mặn trên sông Hồng để có cơ sở cho việc lấy nước vùng cửa sông.

Địa hình lưu vực sông Hồng có hướng dốc Tây Bắc – Đông Nam, địa hình đồi núi chia cắt mạnh. Mùa mưa ở khu vực bắt đầu từ tháng V đến tháng X, lượng mưa

trung bình khoảng từ 1300 mm đến 2000 mm, đây cũng là khoảng thời gian lũ xuất hiện. Lượng bốc hơi trung bình năm từ 600 mm đến 1000 mm.

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng 2 mô hình để tính toán xâm nhập mặn cho sông Hồng đó là mô hình giải tích và mô hình HEC-RAS. Khu vực nghiên cứu là sông Hồng, khoảng cách 90 km từ cửa sông lên phía thượng nguồn. So sánh kết quả thu được của 2 mô hình để đánh giá xem với từng bộ số liệu có trong tay sẽ áp dụng cho tính toán với mô hình nào để có được kết quả tốt nhất.

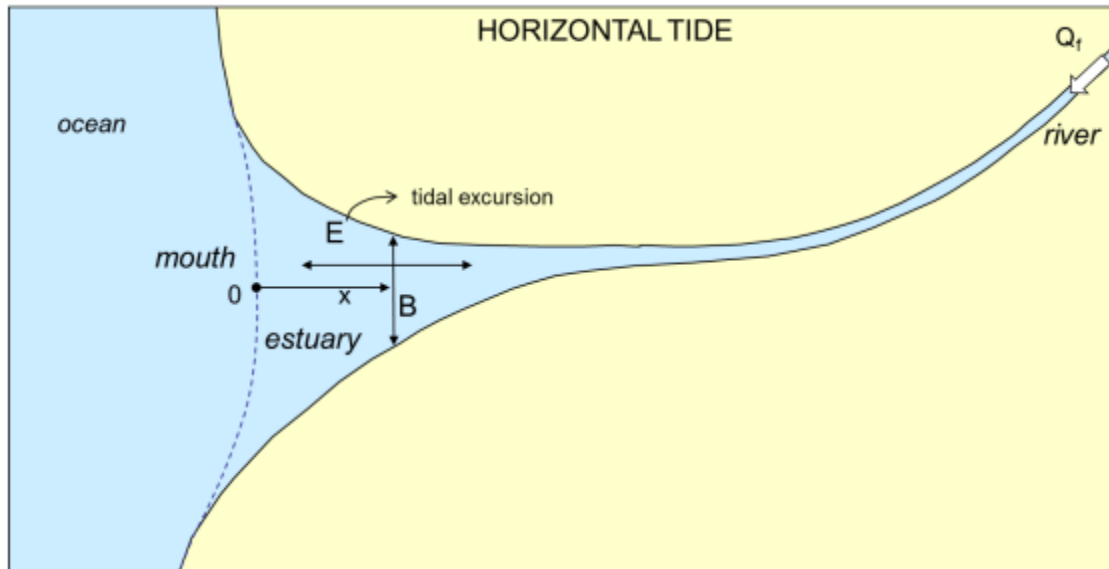


Hình 1: Đoạn Sông Hồng tính toán với giới hạn được chỉ rõ.

## 2. Tính toán với mô hình giải tích

### 2.1. Cơ sở lý thuyết mô hình

Xét trên mặt bằng, một cửa sông thông thường có dạng như Hình 1 (Savenije, 2012), trong đó  $B$  là chiều rộng dòng chảy, biên độ triều  $E$  được xác định bằng phương pháp thả vật trôi dọc theo sông trong suốt chu kỳ triều.



Hình 2.1: Mặt bằng của cửa sông (Savenije, 2012)

Savenije đã tổng kết từ kinh nghiệm rằng cửa sông thường có dạng hình loa và bề rộng B được xác định theo công thức:

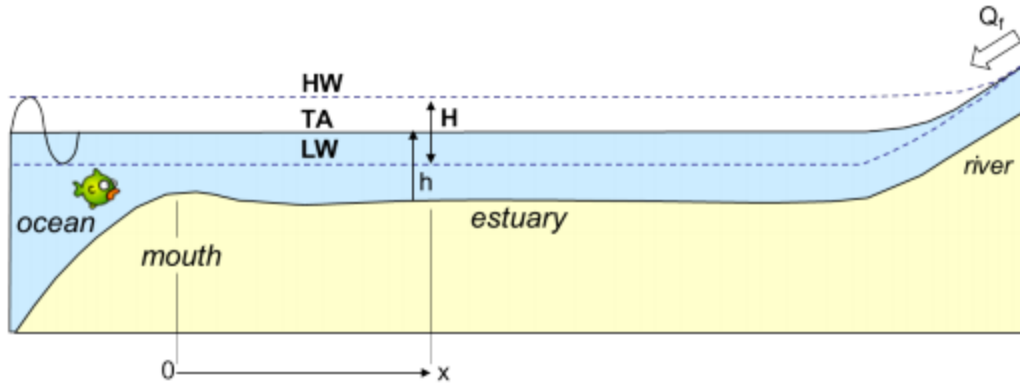
$$B = B_0 \times \exp\left(-\frac{x}{a_1}\right)$$

và với chiều sâu không đổi (xem Hình 2), diện tích mặt cắt ngang cửa sông biến đổi theo hệ thức:

$$A = A_0 * \exp\left(\frac{-x}{a_1}\right) \quad \text{nếu } x \leq x_1$$

$$A = A_1 * \exp\left(\frac{-(x-x_1)}{a_2}\right) \quad \text{nếu } x > x_1$$

Xét mặt cắt dọc của sông (Savenije, 2012), với h coi như không đổi dọc chiều dài sông. H là biên độ triều, mực nước biến đổi từ -H/2 đến +H/2 ứng với các thời điểm nước đứng gần đỉnh triều (High Water Slack – HWS) và nước đứng gần chân triều (Low Water Slack – LWS). TA (Tidal Average) là thời điểm trung bình triều.



Hình 2.2: Mặt cắt dọc cửa sông (Savenije, 2012)

Savenije (2005) đã xây dựng được phương trình cân bằng muối tổng quát như sau:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{Q_f + Q_t}{A r_s} \cdot \frac{\partial S(x,t)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left( AD(x,t) \frac{\partial S(x,t)}{\partial x} \right) \cdot \frac{1}{A r_s} = - \frac{S(x,t) R_s}{A r_s} \quad (1)$$

Trong đó

- .  $r_s$  là tỷ lệ chiều rộng. Đó là tỷ lệ giữa bề rộng mặt nước tổng cộng và độ rộng dòng chảy thực tế (Xem hình 2.5),  $r_s > 1$ .
- .  $S(x, t)$  là độ mặn (‰)
- .  $Q_f$  : lưu lượng nước ngọt ( $m^3/s$ ).
- .  $Q_t$  : lưu lượng thủy triều ( $m^3/s$ ).
- .  $D(x, t)$  là hệ số khuếch tán theo chiều dọc sông ( $m^2/s$ ) .
- .  $R_s$  là số hạng nguồn ( $m^2/s$ ) .
- .  $t$  là thời gian (s)

Nếu xét độ mặn không đổi theo thời gian và  $Q_t = 0$ , lưu lượng nước ngọt không đổi theo không gian và thời gian thì phương trình cân bằng muối được biểu thị thông qua mối liên hệ với  $x$ , xét tại trung bình một con triều TA:

$$S^{TA} - S_f = \frac{AD^{TA}}{Q_f} \frac{\partial S^{TA}}{\partial x} \quad (1a)$$

Mối liên hệ giữa hệ số khuếch tán D, lưu lượng nước trong sông và diện tích mặt cắt ngang được xác định:

$$\frac{dD}{dx} = K \frac{Q_f}{A} \quad (1b)$$

Khi lấy tích phân dọc chiều dài sông thì (1b) được viết lại như sau:

$$\frac{D}{D_0} = \left( 1 + \frac{a_1 K Q_f}{A_0 D_0} \left( \exp\left(\frac{x}{a_1}\right) - 1 \right) \right) \quad (1c)$$

Độ khuếch tán dọc sông sẽ được tính toán dựa vào công thức sau:

$$D = D_0 * \left( 1 - \beta * \left[ \exp\left(\frac{x}{a_1}\right) - 1 \right] \right) \quad \text{nếu } x \leq x_1 \quad (1d)$$

$$D = D_1 * \left( 1 - \beta_1 * \left[ \exp\left(\frac{x-x_1}{a_2}\right) - 1 \right] \right) \quad \text{nếu } x > x_1 \quad (1e)$$

Độ mặn S được tính:

$$S = S_0 * \left( \frac{D}{D_0} \right)^{\frac{1}{K}} \quad \text{nếu } x \leq x_1 \quad (1f)$$

$$S = S_1 * \left( \frac{D}{D_1} \right)^{\frac{1}{K}} \quad \text{nếu } x > x_1 \quad (1g)$$

Trong đó hệ số trộn  $\alpha$  và hệ số tỷ lệ  $\beta$  được tính toán bằng công thức:

$$\alpha_0 = -\frac{D_0}{Q_f} \quad (1h)$$

$$\beta = \frac{K * a_1 * A_0}{\alpha_0}$$

$$\beta_1 = \frac{K * a_2 * A_1}{\alpha_1} \quad (1k)$$

$D_0$  được xác định theo phương pháp thực nghiệm có thể tiến hành qua việc thả vật trôi để xác định biên độ di chuyển theo dòng triều, kí hiệu là  $E$ .

Các giá trị đo ứng với HWS, LWS và TA như sau:

+) Với HWS, độ mặn và độ phân tán được biểu thị như sau

Công thức (8) sẽ được viết lại:

$$\frac{S^{HWS}}{S_0^{HWS}} = \left( \frac{D^{HWS}}{D_0^{HWS}} \right)^{\frac{1}{k}}$$

Suy ra:

$$\frac{D^{HWS}}{D_0^{HWS}} = 1 - \frac{KaQ_f}{D_0^{HWS}A_0} \left( \exp\left(\frac{x}{a}\right) - 1 \right)$$

+) Với TA

$$D_0^{TA} = \left\{ 1 - \frac{KaQ_f}{D_0^{HWS}A_0} \left( \exp\left(\frac{E}{2a}\right) - 1 \right) \right\} \exp\left(-\frac{E}{2a}\right)$$

+) Tương tự với LWS

$$D_0^{LWS} = \left\{ 1 - \frac{KaQ_f}{D_0^{HWS}A_0} \left( \exp\left(\frac{E}{a}\right) - 1 \right) \right\} \exp\left(-\frac{E}{a}\right)$$

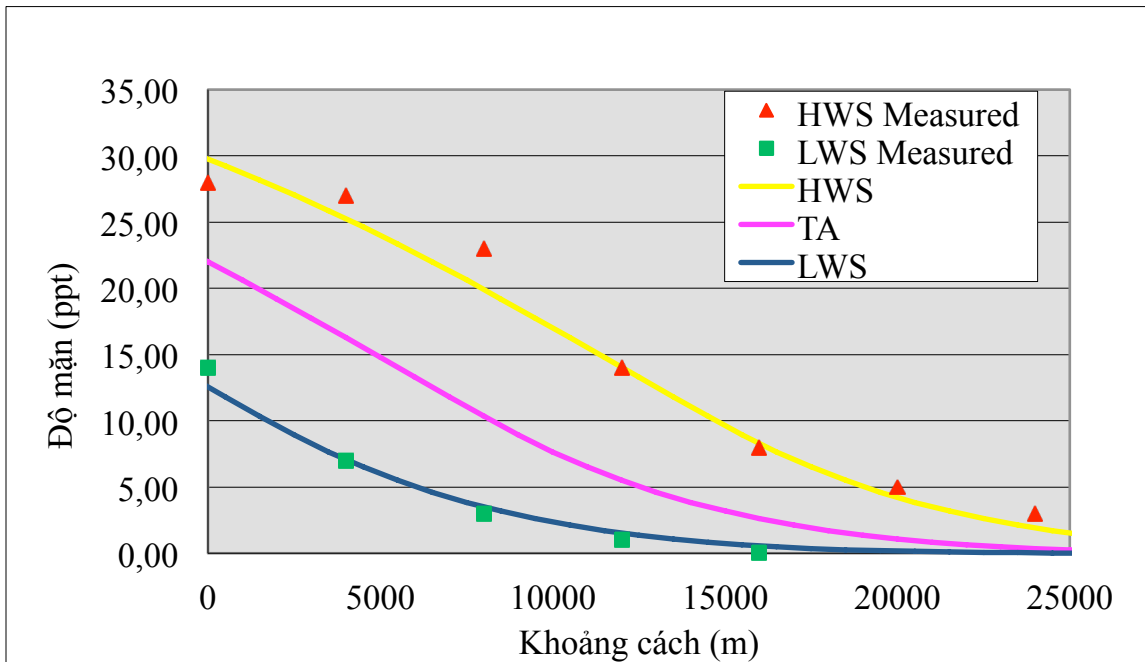
## 2.2. Áp dụng mô hình một chiều

Số liệu thực đo được các cán bộ viện Môi trường và Biến đổi Khí hậu (thuộc Trường Đại học Thủy lợi) đo đạc ngày 15/12/2008 tại hai thời điểm HWS và LWS. Tiến hành đo cách cửa sông 0,5 km và cứ cách 4 km tiến hành lấy mẫu để đo.

Thông số đầu vào ngày 15/12/2008:

	Ao [m <sup>2</sup> ]	A1 [m <sup>2</sup> ]	a1 [m]	a2 [m]	x1 [m]	S0	H0 [m]
Sông Hồng Ngày khảo sát: 15/12/2008	4350	2055	12000	135000	9000	22	4.0
	E [m]	h0 [m]	T [s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K	$\alpha 0$ [m- 1]	D0 [m <sup>2</sup> /s]
	13000	5	86400	350.0	0.18	3.71	1300.0

Kết quả tính toán xâm nhập mặn tại sông Hồng ngày 15/12/2008 được thể hiện trên hình 2.3



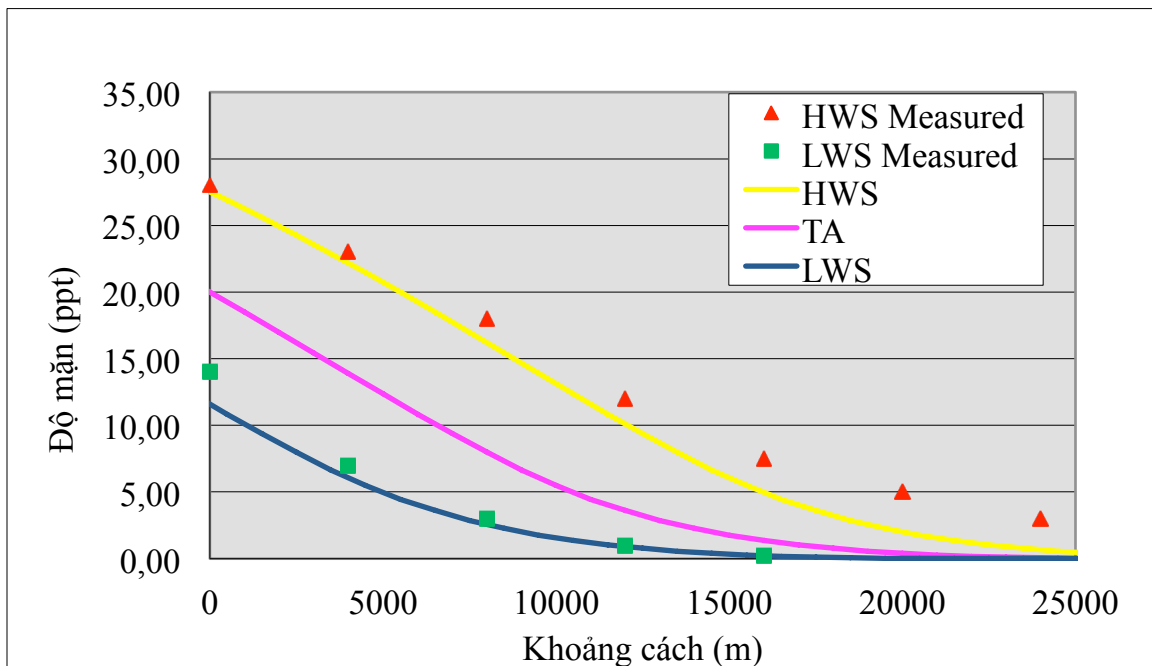
Hình 2.3: Đường cong xâm nhập mặn và các điểm đo đạc ngoài thực địa tại sông Hồng

Thông số đầu vào ngày 9/3/2009:

Sông Hồng Ngày khảo sát 9/3/2009	Ao [m <sup>2</sup> ]	A1 [m <sup>2</sup> ]	a1 [m]	a2 [m]	x1 [m]	S0	H0 [m]
	4350	2055	12000	135000	9000	20	2.8
	E [m]	h0 [m]	T [s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K	$\alpha 0$ [m-1]	D0 [m <sup>2</sup> /s]
	11000	5	86400	275.0	0.18	3.09	850.0



Kết quả tính toán xâm nhập mặn cho ngày 9/3/2009:



Hình 2.4: Đường cong xâm nhập mặn và các điểm đo đạc ngoài thực địa tại sông Hồng

Số liệu thực đo được các cán bộ viện Môi trường và biến đổi khí hậu đo đạc ngày 15/12/2008 tại hai thời điểm HWS và LWS. Tiến hành đo cách cửa sông 0.5 Km và cứ cách 4 Km tiến hành lấy mẫu để đo.

Có thể thấy rằng kết quả tính toán được khá gần với số liệu thực đo. Độ mặn của sông khá cao, tuy nhiên lại giảm dần dần vào bên trong sông chứ không có sự thay đổi cục bộ tại vị trí nào cả.

Tiêu chuẩn đánh giá sự phù hợp của mô hình là chỉ tiêu NASH theo công thức tổng quát sau

$$NASH = 1 - \frac{\sum (A_i - B_i)^2}{\sum (B_i - C)^2}$$

Trong đó:

$A_i$ : Số liệu tính toán.

$B_i$ : Số liệu thực đo.

C: Số liệu thực đo trung bình.

Với kết quả ngày 15/12/2008 chỉ tiêu NASH đạt 0.97, với kết quả ngày 9/3/2009 chỉ tiêu NASH đạt 0.95; Cả 2 trường hợp đều cho chỉ số NASH khá cao => Như vậy mô hình được kiểm định.

### 3. Tính toán với mô hình HEC-RAS

#### 3.1. Giới thiệu mô hình HEC-RAS

Mô hình HEC-RAS được xây dựng và phát triển nhằm mô phỏng thủy lực dòng chảy, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát dọc sông (HEC, 2010). Hệ phương trình sử dụng trong HEC-RAS gồm phương trình liên tục (công thức 2) và phương trình động lượng (công thức 3). Ngoài ra, hệ số nhám thủy lực Manning  $n$  cũng được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình (công thức 4).

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_t \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + g.A.\frac{\partial h}{\partial x} - g.A.(S_f - S_0) = 0 \quad (3)$$

$$S_f = \left[ \frac{nQ}{AR^3} \right]^2 \quad (4)$$

Trong đó:  $t$ : Thời gian (s)                       $A$ : Diện tích mặt cắt ngang ( $m^2$ )

$Q$ : Lưu lượng ( $m^3/s$ )

$x$ : Khoảng cách dọc theo kênh (m)

$q_t$ : Lưu lượng chảy vào hoặc rút đi từ bên sông

$g$ : Gia tốc trọng trường (m/s)       $S_f$ : Độ dốc đáy sông

$v$ : Vận tốc trung bình dòng chảy tại mặt cắt ( $m/s^2$ )

$S_f, S_0$ : Độ dốc mặt nước, độ dốc đáy sông

Phương trình truyền mẫn được xác định theo công thức:

$$\frac{\partial(A.S)}{\partial t} + \frac{\partial(Q.S)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D.A \frac{\partial S}{\partial x} \right] \quad (5)$$

Chương trình HEC-RAS bao gồm các file file số liệu sau:

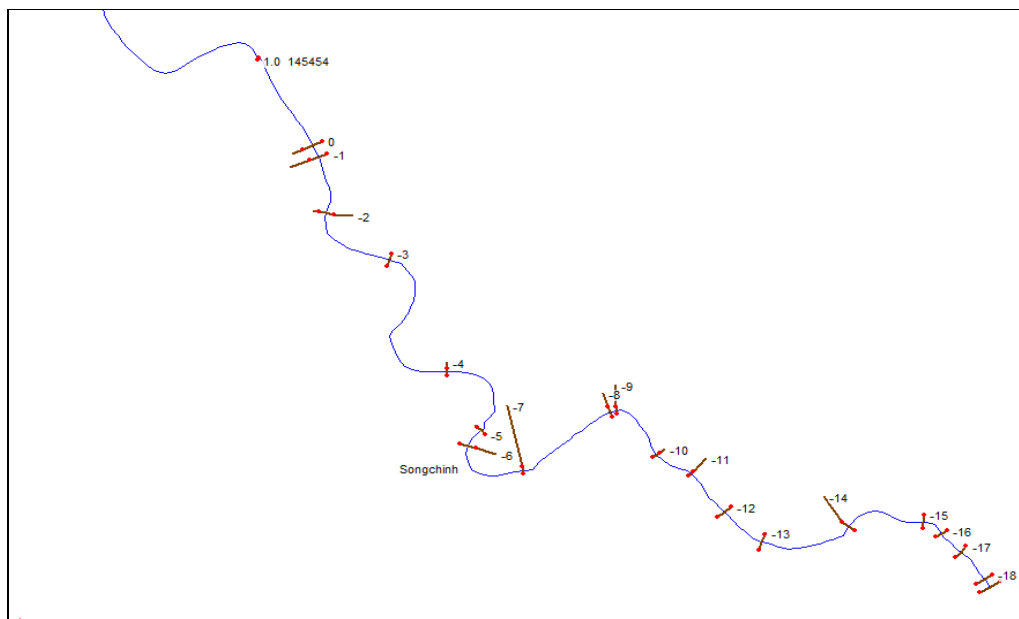
- File mặt cắt “.g01”: đây là file ghi tọa độ các điểm dọc sông và tọa độ cùng với mặt cắt địa hình lòng sông.
- File thể hiện tính chất của dòng chảy, ở đây xét dòng chảy không ổn định “.u01”: file này cho biết số liệu lưu lượng nước thượng lưu, quá trình mực nước hạ lưu.
- File chất lượng nước “.w01”
- File “.p01”

### 3.2. Áp dụng mô hình HEC-RAS

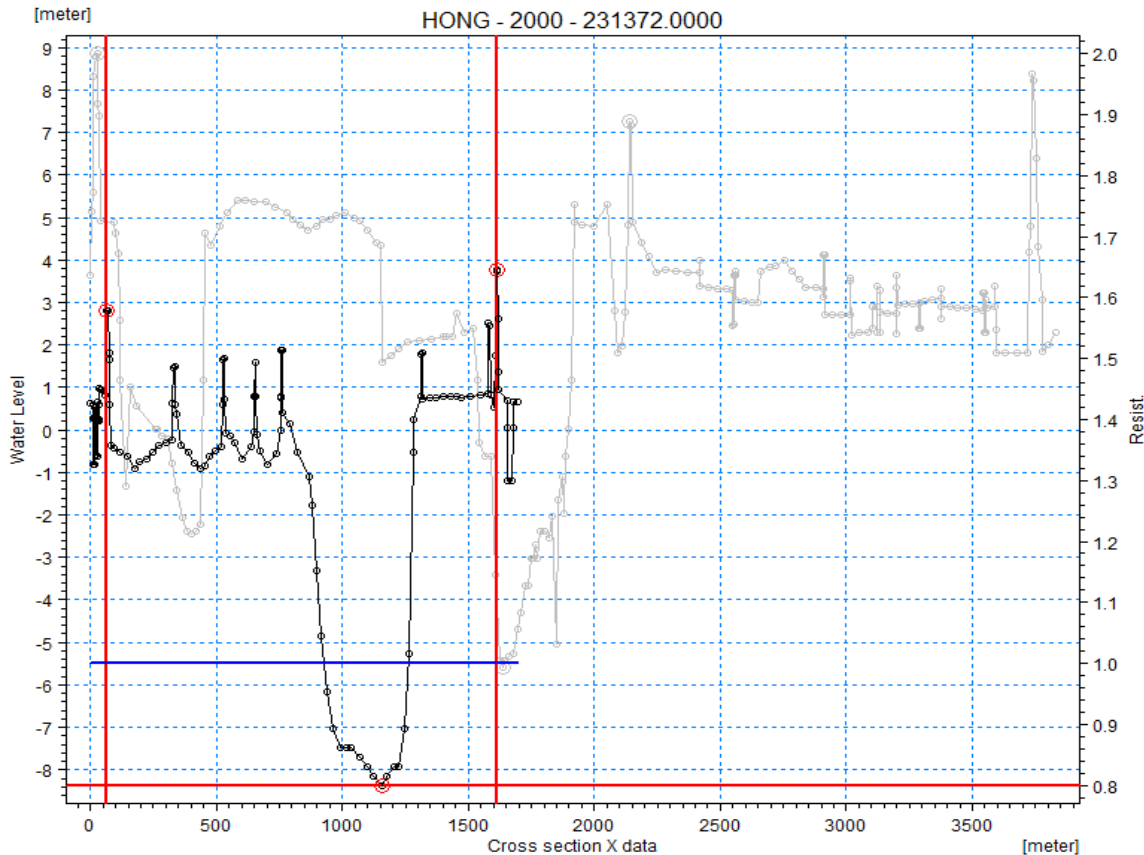
Quá trình xây dựng mô hình được thực hiện qua các bước:

#### **Bước 1:** Xây dựng mạng lưới sông.

- Mạng lưới sông được xây dựng trên cơ sở số liệu mặt cắt Hệ thống sông Hồng trên mô hình **Mike 11**. Tiến hành trích xuất dữ liệu từ file “.xns11” và “.nwk11” của **Mike**, sau đó chuyển dữ liệu sang dạng file mặt cắt của **HEC-RAS RAS** (Hình ...). Số liệu thu được gồm 21 mặt cắt ngang sông.



Hình 3.1: Đoạn sông cần tính toán và 21 mặt cắt



Hình 3.2: Mặt cắt đầu và mặt cắt cuối đoạn sông

Nhận xét về mặt cắt: Nhìn vào hình trên, nét đậm chính là địa hình cắt cửa sông, còn nét mờ là mặt cắt đầu ở phía thượng nguồn. Có thể thấy mặt cắt phía cửa sông đã bị co hẹp rất nhiều, độ sâu cũng tăng lên. Một cách khái quát thì khi xét từ phía cửa sông lên trên thượng nguồn thì mặt cắt địa hình sông có xu hướng mở rộng ra và độ sâu lòng dẫn cũng giảm đi. Đây là yếu tố quan trọng sẽ ảnh hưởng đến sự xâm nhập mặn.

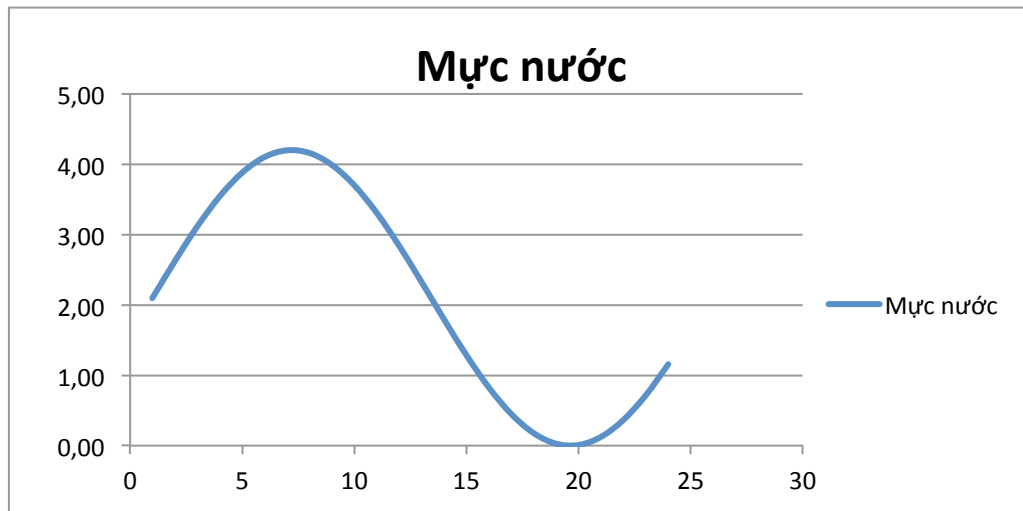
**Bước 2:** Nhập điều kiện biên và điều kiện ban đầu.

- Do hạn chế về mặt số liệu và nhằm mục đích so sánh với **Mô hình giải tích** nên chỉ thực hiện vào ngày 15/12/2008 khai thác bằng chương trình **WXTide32** (<http://www.wxtide32.com>).
- Biên lưu lượng tại phía thượng nguồn  $Q$  ( biên trên), để đồng nhất giữa 2 mô hình sẽ lấy theo trang web <https://salinityandtides.com/>. Ở đây  $Q = 350$  ( $m^3/s$ ). Biên dưới là mực nước triều lấy tại cửa sông, theo đó

HWS = 4.1 (m) và LWS = -0.1 (m).

Bảng 3.1: Phân bố mực nước triều.

Thời gian	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
Mực nước (m)	0.53	1.02	1.44	1.78	2.00	2.10	2.06	1.89	1.60	1.21	0.74
Thời gian	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Mực nước (m)	-0.31	-0.82	-1.27	-1.65	-1.92	-2.07	-2.09	-1.98	-1.73	-1.38	-0.94



Hình 3.3: Đường quá trình mực nước hạ lưu

Do độ mặn không thể tiến quá sâu vào trong sông nên ta chỉ xét khoảng cách 100 Km so với cửa sông. Số liệu tính toán cho ngày 15/2/2008. Sử dụng phần mềm **HEC-RAS** để tính toán, độ khuếch tán D sẽ tự tính bằng mô hình, kết quả xâm nhập mặn lớn nhất thu được trong bảng:

Bảng 3.2: Độ mặn tính toán dọc sông Hồng

	K/C (m)	
S(1) mg/L	0	29.33
S(2) mg/L	685	24.89
S(3) mg/L	3216	21.34
S(4) mg/L	5045	18.40

S(5) mg/L	6642	16.11
S(6) mg/L	12148	12.84
S(7) mg/L	18479	7.62
S(8) mg/L	21822	5.13
S(9) mg/L	25410	3.78
S(10) mg/L	28092	2.25
S(11) mg/L	32548	1.48
S(12) mg/L	32951	0.71
S(13) mg/L	40172	0.14
S(14) mg/L	45543	0.12
S(15) mg/L	46960	0.03
S(16) mg/L	53868	0.00
S(17) mg/L	66061	0.00
S(18) mg/L	72143	0.00
S(19) mg/L	76383	0.00
S(20) mg/L	78613	0.00
S(21) mg/L	85973	0.00

Theo như số liệu thực đo của cán bộ viện Môi trường và Biến đổi khí hậu thuộc Đại học Thủy Lợi, tại thời điểm nước đứng gần đỉnh triều (HWS) độ mặn phân bố dọc theo sông được thống kê như trong Bảng

*Bảng 3.3: Phân bố mặn dọc sông thực đo tại sông Hồng*

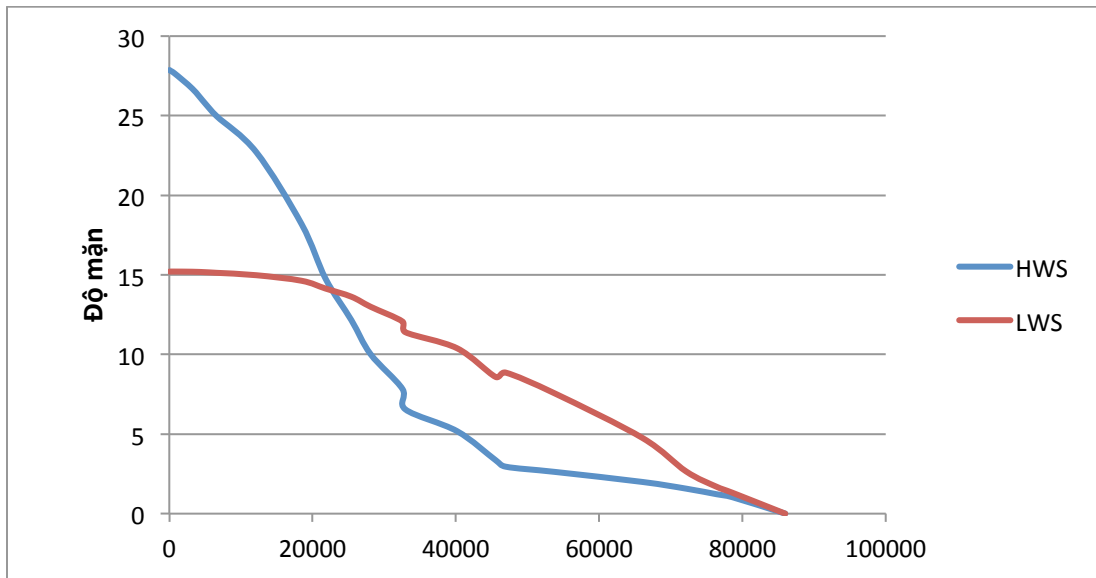
Khoảng cách ( Km)	Độ mặn (mg/L)
0,5	28
4	26.6
8	22.4
12	13.5
16	9.6
20	7.5
24	5.2
28	4.4
32	3.6
36	2.7
40	0.9
44	0.6
48	0

Hệ số nhám Manning  $n = 0.32$  cho ta chỉ số NASH của mô hình đạt 0.85.

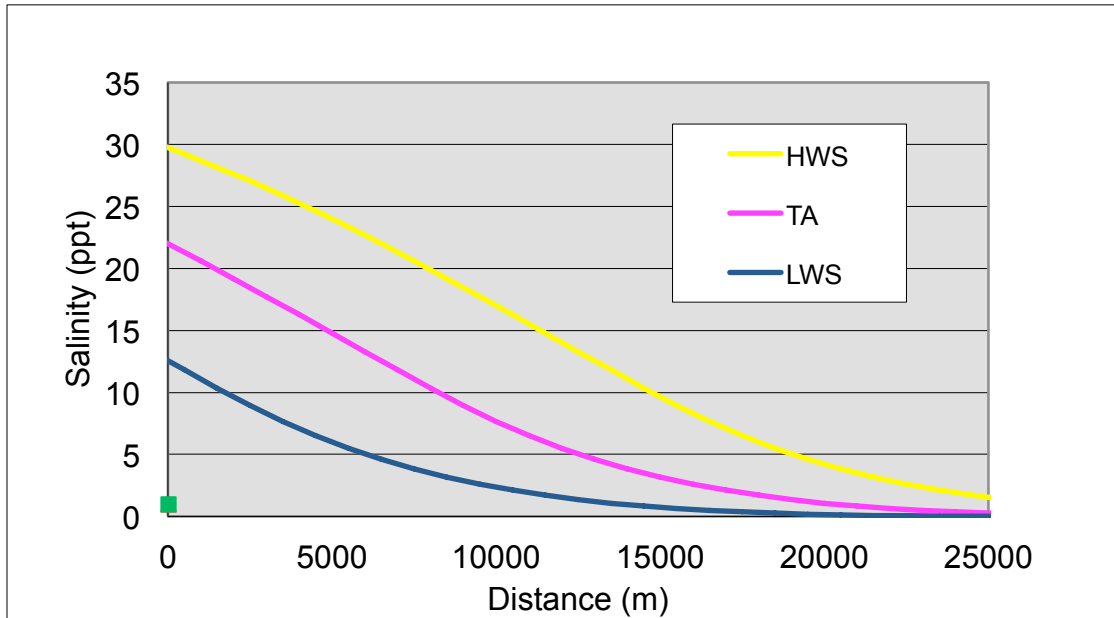
Như vậy với những số liệu đầu vào như trên, có thể sử dụng mô hình để mô phỏng xâm nhập mặn.

#### 4. So sánh kết quả thu được và xây dựng các kịch bản xâm nhập mặn

##### 4.1. So sánh kết quả



Hình 4.1: Độ mặn dọc sông tính theo HEC-RAS

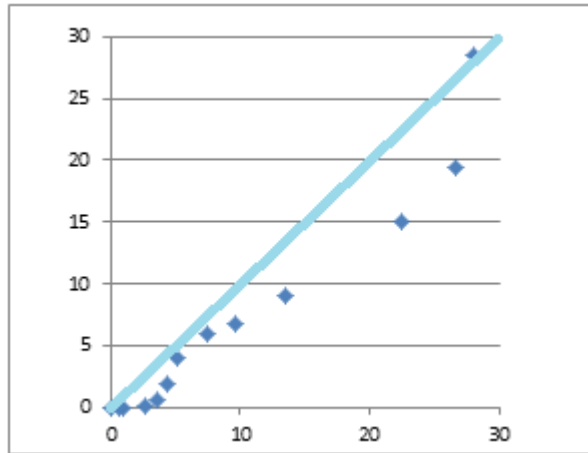


Hình 4.2: Độ mặn dọc sông tính theo giải tích

Bảng 4.1: Tương quan độ mặn của hai mô hình

Khoảng cách (m)	S giải tích mg/L	S Hec-ras mg/L
0	29	29.3
2000	27.5	22
4000	25	19.5
6000	22.5	17
8000	20	15.1
10000	16.8	11
12000	13.8	9
14000	11	7.2
16000	8	6.8
18000	6	6.6
20000	4	6
22000	3	5
24000	2	4.1
26000	1	3.2
28000	0.8	2
30000	0.4	1.1





Hình 4.3: Tương quan giữa  $S(\text{giải tích})$  và  $S(\text{HEC-RAS})$

Nhìn vào hình 4.3 có thể thấy hai giá trị độ mặn tính bằng hai mô hình khác nhau có sự chênh lệch tương đối rõ rệt, tuy nhiên sự chênh lệch vẫn nằm trong sự cho phép hay độ chênh lệch chưa quá lớn. Do kết quả thu được từ 2 mô hình khác nhau, mô phỏng với những điều kiện khác nhau.

Cả 2 mô hình đều có thể sử dụng để mô phỏng xâm nhập mặn cho sông Hồng với những điều kiện biên như trên. Tuy nhiên mô hình giải tích cho thấy hiệu quả mô phỏng chính xác hơn (chỉ tiêu NASH lớn hơn). Nhưng nếu xét rộng ra thì mô hình giải tích chỉ có thể mô phỏng xâm nhập mặn tại một thời điểm, tức là chưa có tính tổng quát. Trái lại, mô hình HEC-RAS lại khắc phục được điều này. Mô hình HEC-RAS có thể mô phỏng mặn trong một khoảng thời gian liên tục và xuyên suốt, độ mặn được mô phỏng rất chi tiết.

Kết quả của 2 mô hình khác nhau như vậy là do ở mỗi mô hình ta lại xét với các điều kiện khác nhau chứ không cùng điều kiện.

Để mang tính chất tổng quan và cụ thể, ta chọn mô hình HEC-RAS để mô phỏng xâm nhập mặn cho sông Hồng.

#### 4.2. Xây dựng các kịch bản

Theo tổ chức Liên chính phủ về biến đổi khí hậu và nước biển dâng, đến năm 2100 mực nước biển sẽ dâng lên khoảng 26 – 59 cm. Vì thế chọn xây dựng kịch bản khi mực nước biển trung bình (MLS) tăng thêm 50 cm, tức MLS + 50 cm.

Kết quả thu được độ mặn lớn nhất xảy ra lúc 12:00:00, số liệu chi tiết như bảng:

*Bảng 4.2: Mô phỏng xâm nhập mặn khi mực nước biển cao thêm 50 cm*

	K/C (m)	
S(1) mg/L	0	32.5
S(2) mg/L	685	32.5
S(3) mg/L	3216	26.9
S(4) mg/L	5045	25.7
S(5) mg/L	6642	24.8
S(6) mg/L	12148	22.6
S(7) mg/L	18479	19.2
S(8) mg/L	21822	16.2
S(9) mg/L	25410	14.1
S(10) mg/L	28092	12.7
S(11) mg/L	32548	11.2
S(12) mg/L	32951	10.4
S(13) mg/L	40172	9.4
S(14) mg/L	45543	8.2
S(15) mg/L	46960	7.9
S(16) mg/L	53868	7.0
S(17) mg/L	66061	4.4
S(18) mg/L	72143	2.4
S(19) mg/L	76383	1.5
S(20) mg/L	78613	1.2
S(21) mg/L	85973	0.0

Nhận xét: Khi so sánh bảng 3.1 và bảng 4.2 ta có thể thấy rõ độ mặn đã tăng lên cũng như khoảng cách xâm nhập mặn cũng tiến sâu hơn vào trong nội địa khi mực nước biển tăng thêm 50 cm.

## **5. Kết luận và khuyến nghị**

- *Kết luận:* Hai mô hình đã cho ra những kết quả tuy khác nhau đôi chút về mặt giá trị nhưng nếu xét rộng ra thì đều mang tính chất phản ánh đúng với diễn tiến xâm nhập mặn đang xảy ra. Lý do dẫn đến sự sai khác là do điều kiện biên nhập vào, số liệu đầu vào của từng mô hình là khác nhau, với từng mô hình lại xét với những điều kiện khác nhau. Mỗi mô

hình đều có những ưu điểm và nhược điểm. Với mô hình giải tích thì cần xét với những điều kiện lý tưởng như độ sâu sông là không đổi, độ khuếch tán của sông tính theo công thức, kết quả thu được chỉ phản ánh cục bộ mà không có sự liên tục. Tuy nhiên với mô hình giải tích ta không cần quá nhiều số liệu thủy văn. Còn với mô hình HEC-RAS thì ta có thể xét với các điều kiện cụ thể, số liệu thu được mang tính liên tục nhưng số liệu cần cho tính toán lại nhiều. Tóm lại tùy vào điều kiện hiện có để đưa ra phương án chọn mô hình nào tính toán hợp lý và hiệu quả nhất.

- *Khuyến nghị:* Nên sử dụng mô hình HEC-RAS để mô phỏng xâm nhập mặn vì nó gắn với điều kiện tự nhiên cụ thể. Với kết quả thu được có thể đưa ra được những phương án lấy nước ở sông Hồng sao cho hợp lý, phù hợp với điều kiện sinh hoạt, các hoạt động nông nghiệp, công nghiệp, v.v. phục vụ đời sống con người.

### **Tài liệu tham khảo**

- 1, Savenije H. (2005). Salinity and tides in alluvial estuaries, Delft, The Netherlands.
- 2, Trang web: <https://salinityandtides.com/applications/>
- 3, S.Haddout, A.Maslouhi, B.Magrane & M.Igouzal (2015) Study of salinity variation in the Sebou River Estuary (Morocco), Desalination and Water Treatment, DOI: 10.1080/19443994.2015.1091993.

## MỤC LỤC

<b>1. Mở đầu.</b> .....	1
<b>2. Tính toán với mô hình giải tích.</b> .....	2
2.1. <i>Cơ sở lý thuyết mô hình.</i> .....	2
2.2. <i>Áp dụng mô hình một chiều.</i> .....	6
<b>3. Tính toán với mô hình HEC-RAS</b> .....	9
3.1. <i>Giới thiệu mô hình HEC-RAS</i> .....	9
3.2. <i>Áp dụng mô hình HEC-RAS</i> .....	10
<b>4. So sánh kết quả thu được và xây dựng các kịch bản xâm nhập mặn.</b> .....	14
4.1. <i>So sánh kết quả.</i> .....	14
4.2. <i>Xây dựng các kịch bản.</i> .....	16
<b>5. Kết luận và khuyến nghị.</b> .....	17