

NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI DÒNG CHẢY KIẾT ĐẾN XÂM NHẬP MẶN KHU VỰC HẠ DU SÔNG MÃ VÀ SÔNG CẢ

Lương Ngọc Chung

Phó Viện trưởng - Viện Quy hoạch Thủy lợi

Trong những năm gần đây, vùng hạ du sông Mã, sông Cả đang đối mặt với tình trạng suy giảm dòng chảy mùa kiệt trên các sông, xâm nhập mặn tiến sâu vào nội đồng gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến kinh tế - xã hội trong khu vực. Báo cáo này công bố kết quả nghiên cứu, tính toán ảnh hưởng dòng chảy kiệt đến xâm nhập mặn khu vực hạ du bằng mô hình thủy lực Mike 11 - Ecolab. Kết quả đã mô tả diễn biến xâm nhập mặn vùng hạ du sông Cả, sông Mã hiện nay và đến năm 2020, đánh giá ảnh hưởng xâm nhập mặn đến các công trình lấy nước dọc sông Mã và sông Cả.

I. GIỚI THIỆU VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu bao gồm hệ thống sông Mã và sông Cả. Đây là 2 hệ thống sông lớn nhất nằm ở vùng Bắc Trung Bộ, là hệ thống sông liên quốc gia trải rộng trên 2 lãnh thổ của Cộng hòa dân chủ Nhân dân Lào và Việt Nam. Sông Mã trên địa phận Việt Nam chảy qua 5 tỉnh là Điện Biên, Sơn La, Hoà Bình, Thanh Hoá, Nghệ An với diện tích lưu vực sông 28.490 km². Sông Cả có diện tích tự nhiên toàn lưu vực là 27.200 km², trên đất Việt Nam chảy qua địa phận 3 tỉnh là Thanh Hoá, Nghệ An và Hà Tĩnh.

Vùng hạ du của hệ thống sông Mã, sông Cả thuộc 3 tỉnh Thanh Hoá, Nghệ An và Hà Tĩnh. Đây là khu vực tập trung phát triển sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, du lịch và trung tâm văn hoá của ba tỉnh. Trong những năm gần đây,

xâm nhập mặn trên sông Cả, sông Mã diễn biến phức tạp và đi sâu vào nội đồng gây khó khăn cho việc cấp nước các hệ thống thủy lợi. Vấn đề xâm nhập mặn vùng hạ du sông Mã, sông Cả chịu ảnh hưởng phức tạp của nhiều yếu tố tự nhiên như biến động dòng chảy mùa kiệt, chế độ thủy triều và tác động của con người. Sử dụng mô hình MIKE11 - ECOLAB mô tả diễn biến xâm nhập mặn trong mùa kiệt tác động đến việc sử dụng nước cấp cho sinh hoạt, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản... Phục vụ cho nghiên cứu đưa ra những giải pháp phù hợp với tập quán sinh hoạt, sản xuất từng vùng, từng địa phương.

II. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU

- Mô tả diễn biến xâm nhập mặn trong mùa kiệt vùng hạ du sông Mã và sông Cả ứng với các tần suất thiết kế (75%, 85%, 90%) giai đoạn hiện tại và năm 2020.
- Đánh giá tác động xâm nhập mặn đến khả năng khai thác nguồn nước các công trình thủy lợi khu vực hạ du trong mùa kiệt.

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Phương pháp phân tích.
- Phương pháp thống kê.
- Điều tra thực địa.
- Mô hình toán thủy lực.
- Phương pháp chuyên gia.

IV. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU: ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 11- ECOLAB MÔ TẢ DIỄN BIẾN XÂM NHẬP MẶN HẠ DU SÔNG MÃ, SÔNG CẢ

1. Phương pháp mô hình

Toàn bộ mạng tính toán thể hiện dòng chảy trên sông là dòng chảy trong lòng dẫn thiên nhiên biến đổi chậm theo thời gian và không gian. Chế độ dòng chảy này được mô tả bằng phương trình vi phân đạo hàm riêng Saint-Venant.

Phương trình liên tục và phương trình động lượng:

Trong đó:

$$B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{W} \right) + \gamma \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 W} = 0$$

B: Chiều rộng mặt nước ở thời đoạn tính toán (m).

Z: Cao trình mực nước ở thời đoạn tính toán (m).

t: Thời gian tính toán (giây).

Q: Lưu lượng dòng chảy qua mặt cắt (m³/s).

X: Không gian (dọc theo dòng chảy) (m).

β: Hệ số phân bố lưu tốc không đều trên mặt cắt.

W: Diện tích mặt cắt ướt (m²).

q: Lưu lượng ra nhập dọc theo đơn vị chiều dài (m²/s).

C: Hệ số Chezy $C = 1/n \cdot R^y$

n: Hệ số nhám lòng dẫn.

R: Bán kính thủy lực.

Y: Hệ số Maninh.

Để tính toán yếu tố xâm nhập mặn được sử dụng phương trình mô tả quá trình khuếch tán, lan truyền muối:

Phương trình lan truyền muối:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{Q}{W} \frac{\partial S}{\partial x} - \frac{1}{W} \frac{\partial}{\partial x} \left(E \frac{\partial s}{\partial x} \right) = \frac{G - q}{W}$$

Trong đó:

- Các ký hiệu dòng chảy như phần trên.
- S: nồng độ muối tính (g/l).
- E: hệ số khuếch tán.
- G: nguồn mặn bổ sung thông qua dòng chảy gia nhập.

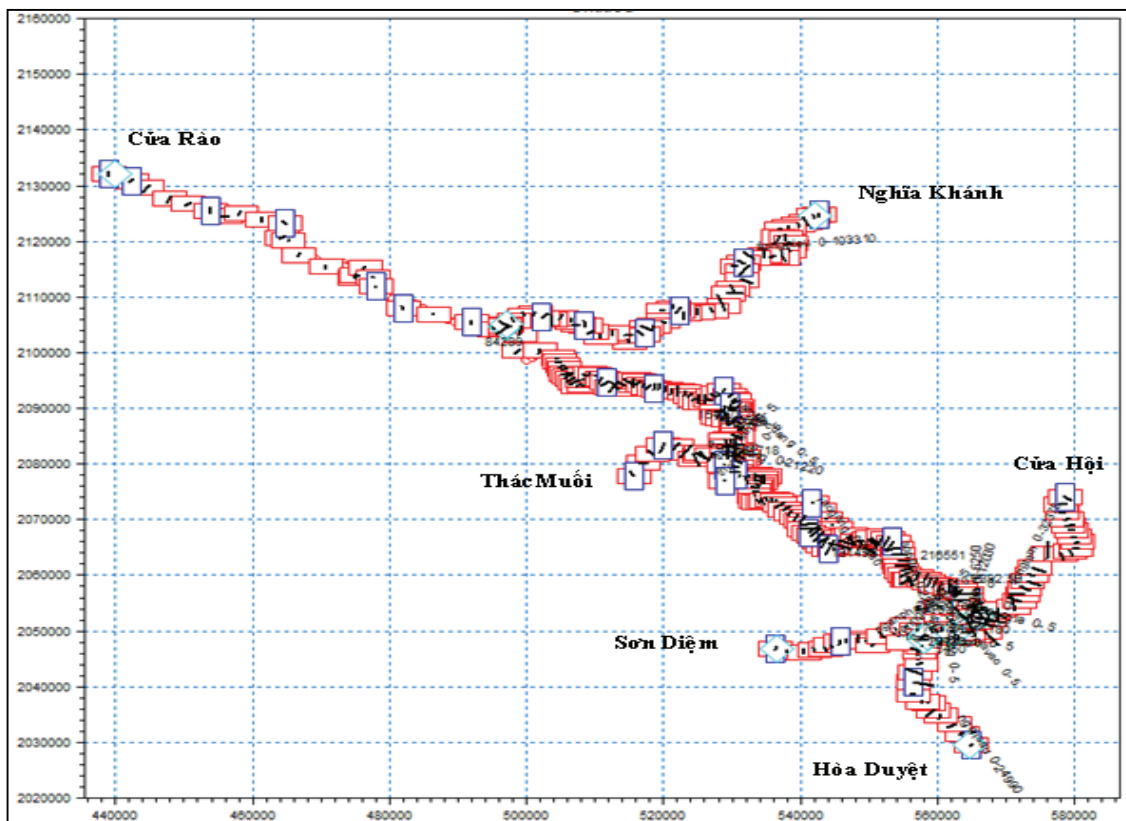
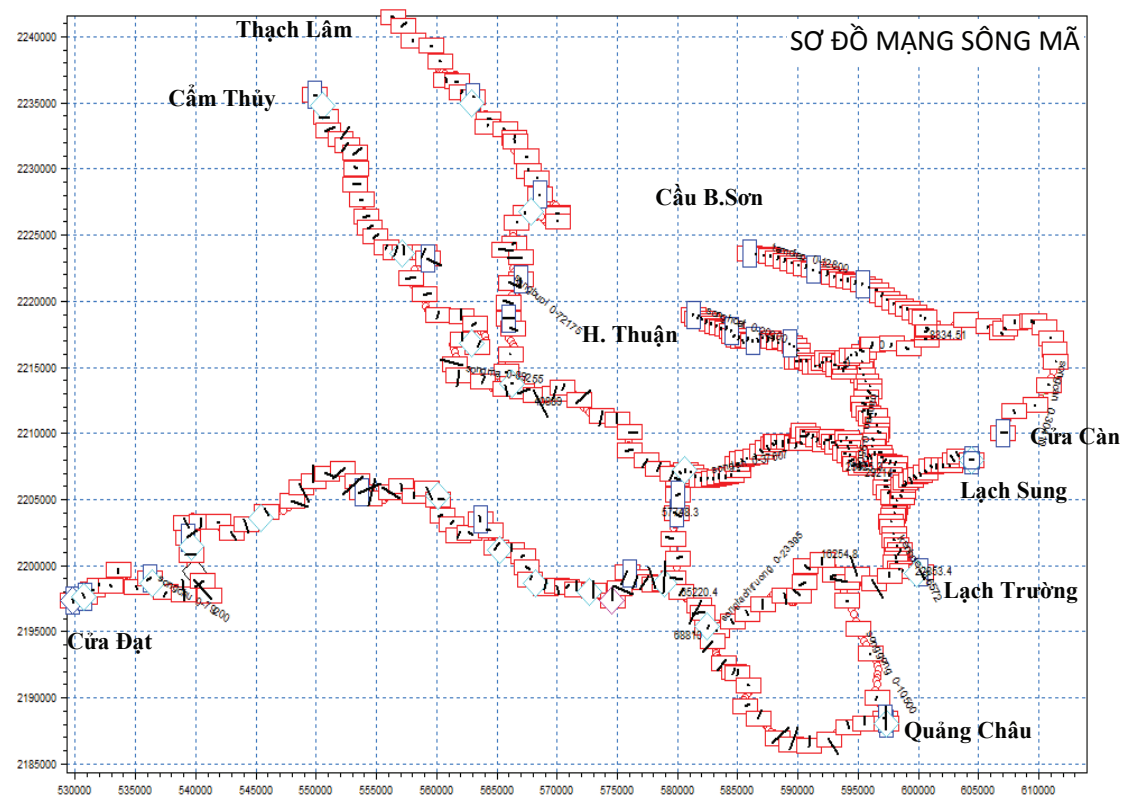
2. Thành lập mô hình

2.1. Mô hình thủy lực sông Mã:

Mạng sông đưa vào tính toán thủy lực bao gồm toàn bộ dòng chính và các phụ lưu chính của vùng trung, hạ du trong lưu vực sông Mã, như sau:

- + Dòng chính sông Mã: Từ Cẩm Thủy đến cửa sông (Cửa Hói).
- + Sông Bưởi: Từ Thạch Lâm đến nhập lưu vào sông Mã (ngã ba Vĩnh Khang).
- + Sông Chu: Từ tuyến công trình Cửa Đạt đến nhập lưu vào sông Mã (ngã ba Giàng).
- + Sông Lèn: Từ cửa phân lưu sông Mã (ngã ba Bông) đến cửa Lạch Sung.
- + Sông Hoạt: Từ đập Hoà Thuận đến cửa sông (ngã ba Tứ thôn).
- + Sông Báo Văn: Từ Mỹ Quan trang đến nhập lưu với sông Lèn.
- + Kênh De: Từ cửa phân lưu với sông Lèn đến nhập lưu vào sông Lạch Trường.
- + Sông Lạch Trường (Tào Khê): Từ ngã ba Tào Khê đến cửa Lạch Trường.
- + Sông Gông: Từ phân lưu sông Lạch Trường đến cửa sông.
- + Sông Hiếu: Từ trạm thủy văn Nghĩa Khánh đến nhập lưu vào sông Cả tại ngã ba Cây Chanh.
- + Sông Giăng: Từ tuyến Thác Muối đến nhập lưu vào sông Cả.
- + Sông Gang: Tại vị trí bắt đầu có đê đến nhập lưu vào sông Cả.

- + Sông Ngàn Phố: Từ trạm thủy văn Sơn Diệm đến ngã ba Linh Cảm.
- + Sông La: Từ Linh Cảm đến nhập lưu vào sông Cả tại ngã ba Chợ Tràng.



Hình 1. Sơ đồ mạng sông Cả

2.2. Mô hình thủy lực sông Cả

Mạng sông đưa vào tính toán thủy lực bao gồm toàn bộ dòng chính và các phụ lưu chính của vùng trung, hạ du trong lưu vực sông Cả, cụ thể như sau:

- + Dòng chính sông Cả: Từ ngã ba Cửa Rào đến cửa sông tại Cửa Hội.
- + Sông Hiếu: Từ trạm thủy văn Nghĩa Khánh đến nhập lưu vào sông Cả tại ngã ba Cây Chanh.
- + Sông Giăng: Từ tuyến Thác Muối đến nhập lưu vào sông Cả.
- + Sông Gang: Tại vị trí bắt đầu có đê đến nhập lưu vào sông Cả.
- + Sông Ngàn Phố: Từ trạm thủy văn Sơn Diệm đến ngã ba Linh Cảm.

- + Sông Ngàn Sâu: Từ trạm thủy văn Hoà Duyệt đến ngã ba Linh Cảm.
- + Sông La: Từ Linh Cảm đến nhập lưu vào sông Cả tại ngã ba Chợ Tràng.

3. Mô phỏng và kiểm định mô hình

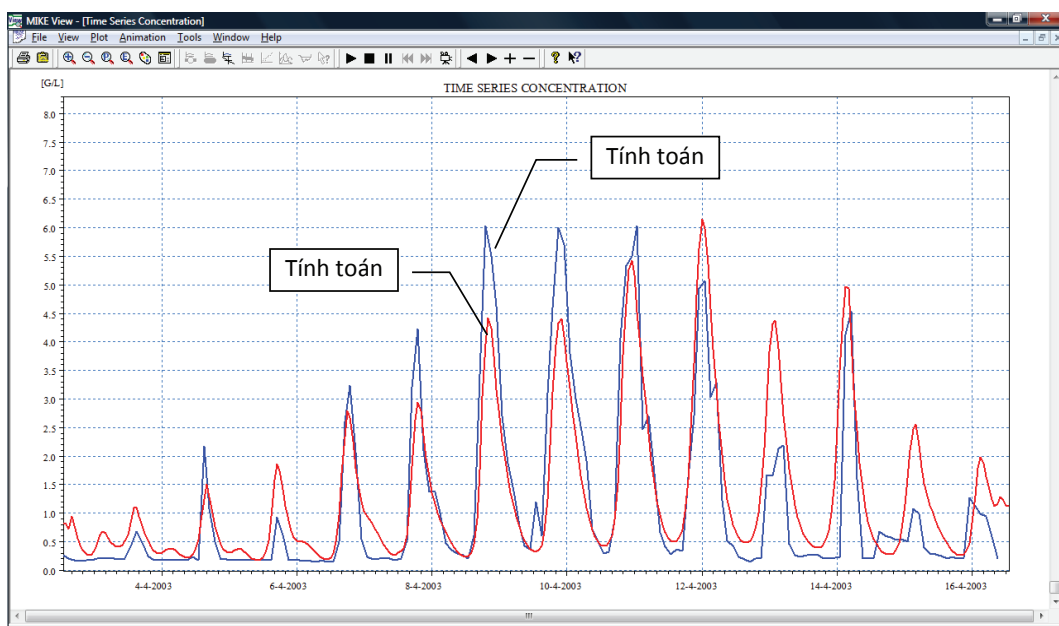
3.1. Lưu vực sông Mã

a. Kết quả mô phỏng

Để xác định bộ thông số của mô hình đối với chế độ xâm nhập mặn trong mùa kiệt cho vùng hạ du sông Mã, trong nghiên cứu chúng tôi chọn thời kỳ từ 02-16/04/2003 để tính toán mô phỏng, đây là thời đoạn của một cơn triều trong thời kỳ thường bị kiệt nhất và có nhu cầu dùng nước nhiều trong năm của lưu vực, đồng thời có số liệu quan trắc đầy đủ, đồng bộ nhất.

Bảng 1. Kết quả nồng độ mặn thực đo và tính toán mô phỏng

TT	Vị Trí	Sông	Smax (‰)			Smin (‰)		
			Thực đo	Tính toán	Sai số	Thực đo	Tính toán	Sai số
1	Hàm Rồng	Mã	6,48	6,33	0,15	0,15	0,15	0,01
2	Nguyệt Viên	Mã	9,40	9,23	0,17	0,20	0,22	0,02
3	Quang Lộc	Lèn	0,61	0,71	0,11	0,11	0,04	0,07
4	Phà Thắm	Lèn	6,07	6,13	0,06	0,14	0,05	0,09
5	Cự Đà	Lạch Trường	0,41	0,54	0,13	0,16	0,04	0,12



Hình 1. Đường quá trình mặn tính toán mô phỏng và thực đo tại Hàm Rồng trên sông Mã

b. Tính toán kiểm định mô hình

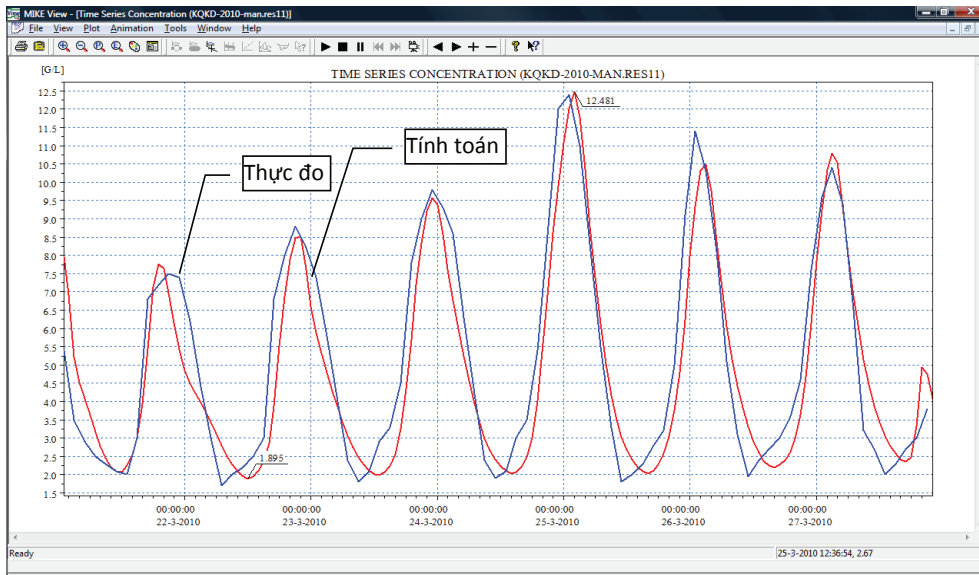
Để kiểm định bộ thông số của mô hình từ kết quả tính toán mô phỏng, đánh giá mức độ tin cậy của bộ thông số mô phỏng kiệt - mặn vùng hạ du sông Mã, chúng tôi đã chọn thời kỳ kiệt từ

21÷28/03/2010 để tính toán kiểm định mô hình. Đây là thời đoạn kiệt và có số liệu quan trắc tương đối đầy đủ, đồng bộ.

Kết quả tính toán mô phỏng và thực đo tại một số trạm thủy văn trên sông Mã như sau:

Bảng 2: Kết quả nồng độ mặn thực đo và tính toán kiểm định mô hình

TT	Vị Trí	Sông	Smax (m)			Smin (m)		
			Thực đo	Tính toán	Sai số	Thực đo	Tính toán	Sai số
1	Hàm Rồng	Mã	12,40	12,48	0,08	1,70	1,89	0,19
2	Hoàng Hà	Lạch Trường	23,50	23,51	0,01	5,15	5,31	0,16
3	Mỹ Điền	Lạch Trường	24,20	23,93	0,27	4,48	4,67	0,19



Hình 2. Kết quả kiểm định mô hình và thực đo tại Hàm Rồng trên sông Mã

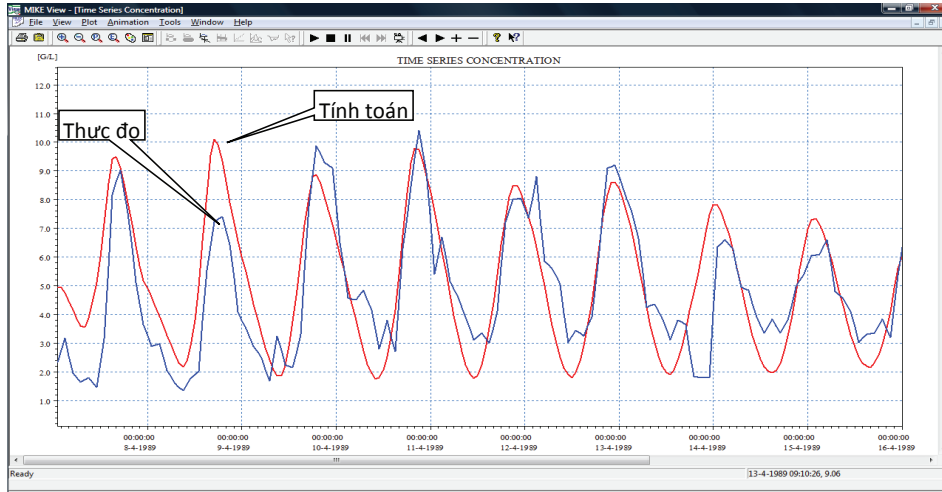
3.2. Lưu vực sông Cả

a. Kết quả mô phỏng

Chọn thời kỳ từ 07÷16/04/1989 để tính toán mô phỏng. Kết quả tính toán mô phỏng và thực đo tại một số trạm đo trên hệ thống sông Cả như sau:

Bảng 3. Kết quả nồng độ mặn thực đo và tính toán mô phỏng

TT	Vị Trí	Sông	Smax (‰)			Smin (‰)		
			Thực đo	Tính toán	Sai số	Thực đo	Tính toán	Sai số
1	TV Bến Thủy	Lam	10,24	10,11	0,13	1,34	1,46	0,12
2	Hưng Hoà	Lam	18,58	18,73	0,15	4,17	4,32	0,15
3	Rào Đùng	Lam	23,20	23,34	0,12	7,42	7,58	0,16
4	Nghi Thọ	Lam	24,50	24,40	0,10	9,20	9,08	0,12



Hình 3. Kết quả mô phỏng và thực đo tại trạm TV Bến Thủy trên sông Lam

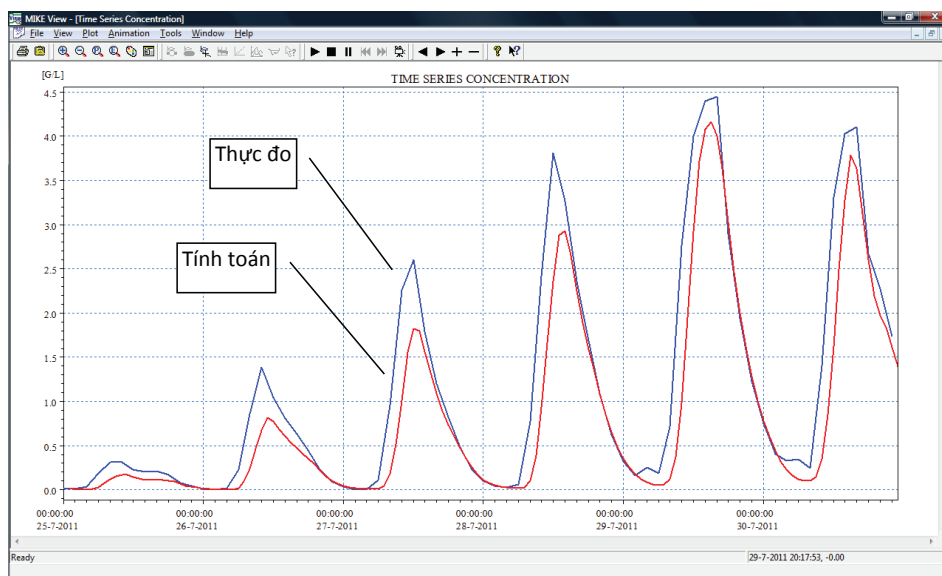
b. *Tính toán kiểm định mô hình:*

Để kiểm định mô hình thủy lực với bộ thông số đã có sau khi tính toán mô phỏng trong mùa kiệt cho vùng hạ du sông Cả, nghiên cứu đã chọn thời kỳ kiệt có số liệu thực đo từ 25-30/07/2011 để tính toán kiểm định.

Kết quả tính toán mô phỏng và thực đo tại một số trạm đo trên hệ thống sông Cả như sau:

Bảng 4. Kết quả nồng độ mặn thực đo và tính toán kiểm định

TT	Vị Trí	Sông	Smax (‰)			Smin (‰)		
			Thực đo	Tính toán	Sai số	Thực đo	Tính toán	Sai số
1	Lam Hồng	Lam	0,60	0,52	0,08	0,00	0,00	0,00
2	TV Bến Thủy	Lam	2,44	2,23	0,21	0,00	0,00	0,00
3	Rào Đùng	Lam	4,45	4,17	0,18	0,00	0,00	0,00



Hình 4. Đường quá trình mặn tính toán kiểm định và thực đo tại Rào Đùng trên sông Lam



Qua kết quả mô phỏng và kiểm định mô hình Mike 11 - Ecolab cho lưu vực sông Mã và sông Cả cho thấy:

- Kết quả tính toán mô phỏng tương đối phù hợp với số liệu thực đo.
- Bộ thông số mô phỏng có thể dùng để tính toán cho các phương án nghiên cứu kiệt - mặn trên hệ thống sông Mã, Cả.

4. Kịch bản tính toán

4.1. Lưu vực sông Mã

a. Kịch bản 1: Tính toán khi không có hồ chứa bổ sung lưu lượng trong mùa kiệt cho hạ du:

- Trường hợp 1: Tính toán với nhu cầu nước năm 2010 (ký hiệu: HT-75%, HT-85%, HT-90%).
- Trường hợp 2: Tính toán với nhu cầu nước năm 2020 (ký hiệu: TL2020-75%, TL2020-85%, TL2020-85%).

b. Kịch bản 2: Tính toán khi có hồ chứa bổ sung lưu lượng trong mùa kiệt cho hạ du:

- Trường hợp 1: Có hồ Cửa Đạt bổ sung lưu lượng $Q=30,4\text{m}^3/\text{s}$ vào mùa kiệt (THM75%-1, THM85%-1, THM90%-1).
- Trường hợp 2: Trên sông Chu có 2 hồ Cửa Đạt và Hủa Na bổ sung lưu lượng $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ vào mùa kiệt. Trên sông Mã có hồ Trung Sơn bổ sung $Q=15\text{m}^3/\text{s}$ (THM75%-2, THM875%-2, THM90%-2).
- Trường hợp 3: Trên sông Chu có 2 hồ Cửa Đạt và Hủa Na bổ sung lưu lượng $Q=50\text{m}^3/\text{s}$

vào mùa kiệt. Trên sông Mã có hồ Trung Sơn bổ sung $Q=15\text{m}^3/\text{s}$ và hồ PaMa xả $Q=25\text{m}^3/\text{s}$ (THM75%-3, THM875%-3, THM90%-3).

4.2. Lưu vực sông Cả

a. Kịch bản 1: Tính toán khi không có hồ chứa bổ sung lưu lượng trong mùa kiệt cho hạ du:

- Trường hợp 1: Tính toán với nhu cầu nước năm 2010 (ký hiệu: HT-75%, HT-85%, HT-90%).
- Trường hợp 2: Tính toán với nhu cầu nước năm 2020 (ký hiệu: TL2020-75%, TL2020-85%, TL2020-85%).

b. Kịch bản 2: Tính toán khi có hồ chứa bổ sung lưu lượng trong mùa kiệt cho hạ du:

- Trường hợp 1: Có hồ Bản Vẽ bổ sung lưu lượng $Q=80\text{m}^3/\text{s}$ vào mùa kiệt (THC75%-1, THC85%-1, THC90%-1).
- Trường hợp 2: Trên sông Cả có hồ Bản Vẽ xả $80\text{m}^3/\text{s}$, trên sông Hiếu có hồ Bản Mòng xả $22\text{m}^3/\text{s}$, trên sông La có hồ Ngàn Trươi xả $4\text{m}^3/\text{s}$ (THC75%-2, THC875%-2, THC90%-2).
- Trường hợp 3: Trên sông Cả có hồ Bản Vẽ xả $80\text{m}^3/\text{s}$, trên sông Hiếu có hồ Bản Mòng xả $22\text{m}^3/\text{s}$, trên sông Giảng có hồ Thác Muối xả $18,5\text{m}^3/\text{s}$, trên sông Ngàn Sâu có hồ Chúc A, Trại Dơi xả $9,4\text{m}^3/\text{s}$, trên sông Ngàn Phố có cụm hồ Đá Gân, Rào Mắc, Nước Sốt, Khe Chè xả $11,5\text{m}^3/\text{s}$, trên sông La có hồ Ngàn Trươi xả $4\text{m}^3/\text{s}$ (THC75%-3, THC875%-3, THC90%-3).

V. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

1. Kết quả tính toán diễn biến xâm nhập mặn khu vực hạ du sông Mã, sông Cả

1.1. Vùng hạ du sông Mã

Bảng 5: Nồng độ mặn max, min tại một số vị trí trên sông - P=75%

Đơn vị:‰

Vị trí	KC đến cửa (km)	HT-75%	Tương lai 2020								
			TL2020-75%		THM75%-1		THM75%-2		THM75%-3		Max
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1. Sông Chu											
TB. Thiệu Tân	30	0.00	0.34	0.01	0.76	0.00	0.43	0.00	0.02	0.00	0.01
TB. Sử Nhân	28	0.01	0.61	0.04	1.24	0.01	0.81	0.00	0.07	0.00	0.04
2. Lạch Trường											
Cầu Tào	23	0.44	2.59	0.87	3.45	0.62	3.11	0.12	1.76	0.09	1.58
Hà Mát	7	4.51	10.34	4.56	10.55	4.55	10.50	4.48	10.19	4.43	10.07
C. Bái Trung	2	3.33	11.75	3.33	11.99	3.33	11.96	3.33	11.69	3.33	11.55
3. Sông Lèn											
Cầu Lèn	28	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Chuế Cầu	24	0.00	0.03	0.03	0.24	0.03	0.23	0.00	0.03	0.00	0.01
Cụ Thôn	19	0.01	0.37	0.12	1.62	0.11	1.56	0.01	0.60	0.00	0.24
Yên Ổn	14	0.10	3.37	0.73	5.65	0.70	5.60	0.22	4.35	0.06	3.34
Phà Thắm	5	0.23	6.65	0.23	7.29	0.23	7.27	0.23	6.87	0.23	6.70
4. Kênh De											
Cầu De		0.32	10.31	1.41	10.66	1.38	10.65	0.64	10.49	0.26	10.34
5. Sông Mã											
TB. Hoàng Khánh	28	0.00	0.40	0.00	1.11	0.00	0.81	0.00	0.08	0.00	0.02
Ngã ba Giàng	25	0.05	1.58	0.16	2.63	0.07	2.08	0.00	0.45	0.00	0.26
Cầu Hàm Rồng	19	0.58	4.03	1.18	5.21	0.85	4.66	0.16	2.24	0.10	1.71
Nguyệt Viên	7	1.74	10.54	2.70	10.79	2.27	10.69	0.67	9.98	0.44	9.69
Quảng Châu		2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60

**Bảng 6.** Nồng độ mặn max, min tại một số vị trí trên sông - P=85%

Đơn vị:‰

Vị trí	KC đến cửa (km)	HT- 85%	Tương lai 2020								
			TL2020-85%		THM85%-1		THM85%-2		THM85%-3		Max
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1. Sông Chu											
TB. Thiệu Tân	30	0.01	0.70	0.03	1.53	0.00	0.54	0.00	0.06	0.00	0.04
TB. Sử Nhân	28	0.02	1.19	0.07	2.28	0.00	1.08	0.00	0.24	0.00	0.17
2. Lạch Trường											
Cầu Tào	23	0.79	5.70	1.43	6.61	0.74	5.87	0.27	4.96	0.20	4.76
Hà Mát	7	4.96	12.33	4.92	12.51	4.90	12.50	4.90	12.39	4.89	12.33
C. Bái Trung	2	3.33	13.74	3.31	13.93	3.31	13.95	3.31	13.87	3.31	13.83
3. Sông Lèn											
Cầu Lèn	28	0.01	0.35	0.20	1.64	0.19	1.55	0.01	0.33	0.00	0.08
Chuế Cầu	24	0.08	0.87	0.79	2.86	0.75	2.77	0.07	0.99	0.01	0.38
Cụ Thôn	19	0.42	2.89	2.01	5.70	1.95	5.63	0.46	3.63	0.11	2.28
Yên Ổn	14	1.38	6.51	2.95	7.97	2.98	7.98	1.70	7.35	0.78	6.54
Phà Thắm	5	0.31	7.82	0.27	8.30	0.27	8.31	0.28	8.15	0.30	7.93
4. Kênh De											
Cầu De		1.16	11.73	1.03	12.39	1.04	12.49	1.13	12.27	1.16	12.05
5. Sông Mã											
TB. Hoàng Khánh	28	0.00	0.96	0.00	2.25	0.00	1.27	0.00	0.32	0.00	0.14
Ngã ba Giàng	25	0.11	2.20	0.33	3.59	0.05	2.21	0.00	0.75	0.00	0.57
Cầu Hàm Rồng	19	0.91	4.15	1.71	5.68	0.93	4.85	0.23	2.41	0.17	1.92
Nguyệt Viên	7	2.65	10.57	3.68	10.81	2.59	10.56	0.96	9.92	0.69	9.65
Quảng Châu		2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60

Bảng 7. Nồng độ mặn max, min tại một số vị trí trên sông - P=90%

Đơn vị:‰

Vị trí	KC đến cửa (km)	HT-90%	Tương lai 2020								
			TL2020-90%		THM90%-1		THM90%-2		THM90%-3		Max
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1. Sông Chu											
TB. Thiệu Tân	30	0.01	0.76	0.03	1.54	0.02	1.43	0.00	0.21	0.00	0.11
TB. Sử Nhân	28	0.03	1.28	0.07	2.28	0.06	2.19	0.00	0.56	0.00	0.34
2. Lạch Trường											
Cầu Tào	23	0.85	5.78	1.46	6.61	1.47	6.49	0.45	5.25	0.30	4.92
Hà Mát	7	4.96	12.34	4.92	12.51	4.98	12.41	4.98	12.33	4.97	12.27
C. Bái Trung	2	3.33	13.75	3.31	13.93	3.33	13.83	3.33	13.78	3.33	13.73
3. Sông Lèn											
Cầu Lèn	28	0.01	0.42	0.20	1.78	0.20	1.65	0.01	0.51	0.00	0.12
Chuế Cầu	24	0.11	0.99	0.82	3.01	0.81	2.80	0.15	1.32	0.02	0.51
Cụ Thôn	19	0.50	3.10	2.08	5.81	1.97	5.70	0.75	4.16	0.18	2.62
Yên Ổn	14	1.54	6.63	2.93	7.99	2.93	7.98	2.14	7.50	1.07	6.74
Phà Thắm	5	0.30	7.86	0.27	8.31	0.27	8.31	0.28	8.17	0.29	7.94
4. Kênh De											
Cầu De		1.16	11.77	0.13	15.40	1.02	12.25	1.08	12.16	1.14	11.94
5. Sông Mã											
TB.HoàngKhánh	28	0.00	1.08	0.00	2.32	0.00	2.21	0.00	0.59	0.00	0.20
Ngã ba Giàng	25	0.13	2.33	0.36	3.59	0.30	3.60	0.02	1.42	0.01	0.90
Cầu Hàm Rồng	19	0.99	4.30	1.79	5.80	1.80	5.47	0.51	3.24	0.30	2.48
Nguyệt Viên	7	2.78	10.61	3.68	10.83	3.71	10.82	1.85	10.33	1.23	10.06
Quảng Châu		2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60	2.10	18.60

1.2. Vùng hạ du sông Cả

Bảng 8: Nồng độ mặn max, min tại một số vị trí trên sông - P=75%

Đơn vị:‰

Vị trí	KC đến cửa	HT-75%	Tương lai 2020								
			TL2020-75%		THC75%-1		THC75%-2		THC75%-3		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
TB. Hưng Lĩnh	46,0	0.01	0.12	1.51	4.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
TB Hưng Long	43,5	0.06	0.37	2.53	5.21	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
Cầu Yên Xuân	38,0	0.38	1.31	4.28	6.63	0.05	0.34	0.01	0.14	0.00	0.04
Ngã ba Chợ Tràng	32,5	1.31	3.98	5.12	9.35	0.46	2.05	0.20	1.23	0.05	0.59
TB. Hưng Khánh	27,0	2.03	7.34	6.57	12.32	0.91	5.22	0.45	3.85	0.16	2.39
H.Châu-H.Nhân	22,0	2.89	9.11	7.81	13.53	1.55	7.22	0.89	5.74	0.38	4.04
Cầu Bến Thủy	16,0	5.23	10.99	10.29	14.70	3.52	9.26	2.45	7.86	1.43	6.12
Hưng Hoà	11,5	8.19	14.44	12.82	16.72	6.38	13.38	4.99	12.49	3.43	11.29
Cống Rào Đứng	6,0	11.56	18.89	14.55	19.62	10.00	18.51	8.62	18.12	6.86	17.50
Linh Cảm	44,5	0.03	0.43	0.06	1.05	0.01	0.14	0.00	0.06	0.00	0.01
Cầu Chợ Thượng	41,0	0.21	1.28	0.48	3.50	0.07	0.47	0.03	0.21	0.00	0.04
Cống Đức Xá	37,5	0.57	2.31	1.48	6.27	0.21	1.01	0.09	0.51	0.01	0.17
Trung Lương		1.63	5.03	5.54	10.58	0.67	3.13	0.32	2.03	0.09	1.07

Bảng 9. Nồng độ mặn max, min tại một số vị trí trên sông - P=85%

Đơn vị:‰

Vị trí	KC đến cửa	HT-85%	Tương lai 2020								
			TL2020-85%		THC85%-1		THC85%-2		THC85%-3		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
TB. Hưng Lĩnh	46,0	0.01	0.15	1.35	5.28	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
TB Hưng Long	43,5	0.06	0.45	2.28	6.39	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
Cầu Yên Xuân	38,0	0.47	1.52	4.20	7.96	0.06	0.41	0.01	0.12	0.00	0.04
Ngã ba Chợ Tràng	32,5	1.68	4.47	5.41	10.64	0.52	2.46	0.18	1.24	0.06	0.58
TB. Hưng Khánh	27,0	2.71	8.45	6.94	13.29	0.97	5.62	0.39	3.68	0.15	2.37
H.Châu-H.Nhân	22,0	3.86	10.34	8.20	14.33	1.58	7.45	0.75	5.41	0.35	3.95
Cầu Bến Thủy	16,0	6.58	12.59	10.58	15.33	3.54	9.53	2.18	7.63	1.33	6.13
Hưng Hoà	11,5	9.24	16.35	12.99	17.03	6.38	13.73	4.60	12.43	3.27	11.18
Cống Rào Đứng	6,0	12.18	19.32	14.65	19.83	10.07	18.90	8.29	18.44	6.74	17.94
Linh Cảm	44,5	0.03	0.45	0.08	1.93	0.01	0.27	0.00	0.06	0.00	0.00
Cầu Chợ Thượng	41,0	0.19	1.34	0.54	5.07	0.08	0.73	0.01	0.21	0.00	0.04
Cống Đức Xá	37,5	0.61	2.41	1.67	7.89	0.24	1.35	0.06	0.52	0.01	0.15
Trung Lương		2.07	5.90	5.92	11.77	0.76	3.65	0.29	2.07	0.10	1.05

Bảng 10. Nồng độ mặn max, min tại một số vị trí trên sông - P=90%

Đơn vị:‰

Vị trí	KC đến cửa	HT-90%	Tương lai 2020								
			TL2020-90%		THC90%-1		THC90%-2		THC90%-3		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
TB. Hưng Lĩnh	46,0	0.11	0.74	1.90	9.65	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
TB Hưng Long	43,5	0.37	1.59	3.30	10.42	0.01	0.09	0.00	0.02	0.00	0.01
Cầu Yên Xuân	38,0	1.50	3.65	6.04	11.35	0.13	1.01	0.03	0.40	0.02	0.24
Ngã ba Chợ Tràng	32,5	3.70	7.78	8.22	13.16	1.18	4.72	0.50	2.99	0.24	2.05
TB. Hưng Khánh	27,0	5.09	11.37	9.81	15.03	2.05	9.12	1.00	7.11	0.56	5.73
H.Châu-H.Nhân	22,0	6.51	12.84	11.00	15.74	3.26	10.86	1.89	9.00	1.23	7.67
Cầu Bến Thủy	16,0	9.02	14.51	13.11	16.42	5.96	12.81	4.19	11.25	3.14	10.07
Hưng Hoà	11,5	11.42	17.23	15.00	17.87	8.70	15.90	6.82	14.99	5.56	14.26
Cống Rào Đùng	6,0	13.75	19.63	14.92	19.82	11.79	18.83	10.29	18.42	9.20	18.10
Linh Cảm	44,5	0.21	1.40	0.39	3.62	0.10	0.75	0.03	0.30	0.00	0.04
Cầu Chợ Thượng	41,0	0.96	3.09	1.89	7.81	0.42	1.66	0.15	0.79	0.02	0.26
Cống Đức Xá	37,5	2.12	5.06	4.21	10.78	0.88	2.77	0.36	1.51	0.08	0.77
Trung Lương		4.30	9.13	8.87	13.99	1.62	6.53	0.75	4.54	0.37	3.29

2. Đánh giá tác động xâm nhập mặn đến vấn đề khai thác nguồn nước các công trình thủy lợi khu vực hạ du sông Mã, sông Cả

2.1. Lưu vực sông Mã

- Khi chưa có hồ chứa thượng nguồn tham gia điều tiết:

+ Trên sông Chu: Tại trạm bơm Thiệu Tân nồng độ mặn lớn nhất là 1,53‰ tần suất 85% năm 2020, tuy nhiên nồng độ mặn chỉ xuất hiện 3-4 tiếng nên trạm bơm có thể lấy 20 tiếng/ngày. Tại trạm bơm Sử Nhân nồng độ mặn lớn nhất năm 2020 đạt 1,24‰ tần suất 75%, 2,28‰ ở tần suất 85%, thời gian mặn xuất hiện vượt tiêu chuẩn cho phép (>1‰) lên tới 7-8 tiếng/ngày. Vì vậy tại trạm bơm vẫn có thể lấy nước 15-16 tiếng/ngày.

+ Trên sông Mã: Tại trạm bơm Hoàng Khánh nồng độ lớn nhất là 2,29‰, tuy nhiên thời gian mặn lớn hơn 1‰ chỉ xuất hiện rất ngắn với

khoảng 2-3 tiếng/ngày. Tại ngã ba Giàng nồng độ mặn lớn hơn 1‰ xuất hiện 10-12 tiếng/ngày. Từ cầu Hàm Rồng đến cửa sông Mã, nồng độ mặn rất cao. Tại cầu Hàm Rồng năm 2020 nồng độ mặn lớn nhất đạt 3,74‰ và nhỏ nhất là 1,75‰ nên các trạm bơm không thể lấy nước.

+ Trên sông Lèn: Với tần suất tính toán 75%, từ ngã ba Bông đến Cự Thôn khả năng lấy nước các công trình tương đối thuận lợi. Từ Hưng Lộc đến Phà Thảm nồng độ mặn rất cao từ 6,3-7,3‰ nên các trạm bơm chỉ có thể lấy nước 2-3 tiếng/ngày. Đến năm 2020 với tần suất tính toán 85%, 90% từ nồng độ mặn từ Cự Thôn đến cửa Lạch Sung tăng rất cao, đạt từ 5,69-5,75‰ nên các trạm bơm không thể lấy nước.



- Khi có sự tham gia điều tiết các hồ chứa trên sông Mã, sông Chu:

+ Trên sông Chu: Khi hồ Cửa Đạt điều tiết xả $30,4\text{m}^3/\text{s}$, nồng độ mặn lớn nhất trên sông Chu tại trạm bơm Sử Nhân dao động từ 0,07-2,19‰. Khi có sự tham gia điều tiết hồ Hòa Na và 2 hồ trên sông Mã thì mặn trên sông Chu đã được khống chế hoàn toàn tạo điều kiện thuận lợi cho các trạm bơm lấy nước.

+ Trên sông Mã: Tại trạm bơm Hoàng Khánh, khi hồ Cửa Đạt tham gia điều tiết, nồng độ mặn vượt tiêu chuẩn cho phép vẫn diễn ra 1-3 tiếng/ngày. Khi có hồ Hòa Na và Trung Sơn tham gia điều tiết, nồng độ mặn tại trạm bơm đã được khống chế hoàn toàn.

Tại Giàng khi có hồ Cửa Đạt nồng độ mặn lớn nhất đạt 3,6‰ và thời gian không lấy được nước trên 12 tiếng/ngày; khi có 3 hồ (Cửa Đạt, Hòa Na và Trung Sơn) vẫn còn xuất hiện mặn trên 1‰, tuy nhiên chỉ xảy ra từ 3-4 tiếng/ngày; khi có đủ 4 hồ (Cửa Đạt, Hòa Na, Trung Sơn và PaMa) tại Giàng mặn được khống chế hoàn toàn (nồng độ mặn max chỉ còn 0,9‰)

Tại cầu Hàm Rồng trường hợp chỉ có hồ Cửa Đạt nồng độ mặn vẫn còn rất cao với nồng độ max đạt 5,47‰, nồng độ min 1,8‰ và hoàn toàn không thể lấy được nước tại vị trí này; Khi có 3 hồ lưu lượng được bổ sung thêm phía sông Chu là $50\text{m}^3/\text{s}$, phía sông Mã $15\text{m}^3/\text{s}$ tuy mặn trên sông Mã được cải thiện, tuy nhiên tại cầu Hàm Rồng mặn vẫn còn duy trì ở mức rất cao là 3,24‰ thời gian có thể lấy được nước chỉ từ 6-8 tiếng/ngày; Khi có thêm hồ Pa Ma trên sông Mã bổ sung thêm lưu lượng $25\text{m}^3/\text{s}$ thì tại Hàm Rồng nồng độ cao nhất còn 2,48‰, trong khi đó nồng độ nhỏ nhất chỉ còn 0,3‰ việc lấy nước tại đây đã có thể thực hiện thuận lợi

+ Trên sông Lèn: khi có hồ Cửa Đạt không tác động nhiều đến thay đổi mực nước, lưu lượng và nồng độ mặn trên sông Lèn nên chế độ mặn khi

có hồ Cửa Đạt không giảm được nhiều so với khi chưa có hồ điều tiết.

Khi dòng chính sông Mã được bổ sung thêm $15\text{m}^3/\text{s}$ từ hồ Trung Sơn và khi có thêm hồ Pa Ma kết hợp với hồ Trung Sơn bổ sung thêm cho hạ du trong mùa kiệt $40\text{m}^3/\text{s}$ có tác dụng giảm nồng độ mặn trên sông Lèn:

Tại Cự Thôn nồng độ mặn lớn nhất từ 4,16‰, nhỏ nhất 0,75‰ (có hồ Trung Sơn); lớn nhất 2,62‰, nhỏ nhất 0,18‰ (có hồ Trung Sơn và Pa Ma) các công trình tại đây đã có thể lấy được nước để cấp từ 6-10 tiếng/ngày.

Từ ngã ba sông Lèn - sông Báo Văn trở xuống nồng độ mặn ở ngưỡng rất cao và hầu như không thể lấy được nước cấp, nồng độ mặn max-min tại ngã ba sông Lèn - Báo Văn là 7,72‰ - 3,1‰ (có hồ Cửa Đạt), 7,0‰ - 1,91‰ (trường hợp có 3 hồ) và 6,02‰ - 0,88‰ (khi có 4 hồ thượng nguồn).

VI. KẾT LUẬN

Qua kết quả tính toán diễn biến xâm nhập mặn vùng hạ du sông Cả, sông Mã bằng mô hình Mike 11- ECOLAB cho thấy:

- Quá trình xâm nhập mặn dọc hệ thống sông Mã, sông Cả từ nay cho đến năm 2020 có xu hướng tăng lên và đi sâu vào nội đồng do sự suy giảm dòng chảy kiệt sẽ gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến việc cấp nước các công trình thủy lợi lấy nước trên các dòng chính sông Mã, sông Cả.

- Các hồ chứa thượng nguồn sông Mã, sông Cả có ý nghĩa quan trọng đối với quá trình bổ sung dòng chảy mùa kiệt, góp phần giảm thiểu nồng độ mặn cho khu vực hạ du.

Số liệu sử dụng cho tính toán được tham khảo, khảo sát, điều tra qua nhiều nhiều thời kỳ và cập nhật mới nhất hiện nay. Số liệu tin cậy, phù hợp với giai đoạn nghiên cứu khoa học.

VII. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chuyên Thủy lực dự án “Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Mã”, Viện Quy hoạch Thủy lợi, 2006.
2. Chuyên Thủy lực dự án “Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Cả”, Viện Quy hoạch Thủy lợi, 2004.
3. Chuyên Thủy lực dự án “Quy hoạch tổng thể thủy lợi khu vực Miền Trung trong điều kiện Biến đổi khí hậu - nước biển dâng”, Viện Quy hoạch Thủy lợi 2012.
4. Chuyên Thủy lực dự án “Rà soát quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Cả”, Viện Quy hoạch Thủy lợi, 2012.
5. Bảng đặc trưng hình thái các lưu vực sông Việt Nam.
6. Kịch bản Biến đổi khí hậu nước biển dâng cho Việt Nam, Bộ Tài nguyên Môi trường, Hà Nội 2011.
7. Báo cáo Tổng kết tình hình hạn hán, xâm nhập mặn năm 2010 của Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Nghệ An, Hà Tĩnh.
8. Báo cáo hiện trạng công trình khai thác nguồn nước trên hệ thống sông Mã của Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh.