

# MÔ HÌNH HOÁ XÂM NHẬP MẶN (CÁC THÁNG MÙA KHÔ) Ở ĐÀM PHÁ TAM GIANG - CẦU HAI TRƯỚC VÀ SAU KHI XÂY DỰNG CÁC HỒ CHỨA NƯỚC LỚN Ở THƯỢNG NGUỒN SÔNG HƯƠNG

TS. Trần Hữu Tuyên, ThS. Hoàng Ngô Tự Do  
 Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Bài báo này giới thiệu mô hình HSCTM2D (Hydrodynamic, Contaminant Transport Model) được áp dụng nghiên cứu tại khu vực đầm phá Tam Giang – Cầu Hai.*

## 1. Mở đầu

Đầm phá Tam Giang - Cầu Hai (TG-CH) thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế là một trong những thủy vực nước lợ điển hình ở nước ta, chiếm 1/3 diện tích của toàn tỉnh và 1/2 diện tích đầm phá của cả nước. Gắn liền với đầm phá là cuộc sống của hơn 300.000 người dân với nghề nghiệp chủ yếu là đánh bắt và nuôi trồng thủy hải sản. Ngoài giá trị về mặt kinh tế, đầm phá TG-CH còn có ý nghĩa rất lớn về môi trường, đa dạng sinh học, điều hoà dòng chảy... cho vùng hạ lưu sông Hương.

Các giá trị to lớn của đầm phá liên quan chặt chẽ đến sự trao đổi nước giữa đầm phá với biển thông qua hai cửa Thuận An, Tư Hiền, giữa đầm phá với các con sông trong khu vực: sông Hương, sông Ô Lâu, sông Truồi... Sự tương tác qua lại giữa hai thể nước mặn (có nguồn gốc từ biển) và ngọt (từ lục địa) đã tạo cho đầm phá TG-CH có nền độ mặn không ổn định, thay đổi theo thời gian, liên quan đến sự dịch chuyển, bồi lấp, đóng mở cửa biển và lượng nước đổ vào đầm phá. Trong quá khứ, sự bồi lấp hoàn toàn của Tư Hiền (năm 1979, 1994...) đã làm ngọt hoá đầm Cầu Hai, phá huỷ hệ sinh thái nước lợ và gây tác hại không nhỏ đến hoạt động nuôi trồng thủy sản. Sự mở lại cửa Hoà Duân (cửa Eo cũ) trong cơn lũ lịch sử tháng 11/1999 đã gây những lo ngại về sự tăng cao độ mặn ở đầm phá TG-CH, đặc biệt là khu vực Sam, An Truyền. Hiện tại, việc xây dựng các đập thủy điện Bình Điền, Cổ Bi và Tả Trạch trên thượng nguồn sông Hương sẽ ảnh hưởng như thế nào (cả tích cực lẫn tiêu cực) đến môi trường đầm phá (trong đó có độ mặn).... Trong

phạm vi bài báo này, chúng tôi sẽ đề cập đến kết quả mô phỏng, dự báo chế độ dòng chảy, xâm nhập mặn ở đầm phá TG-CH trước và sau khi xây dựng hồ chứa lớn ở thượng nguồn bằng mô hình toán thủy lực và lan truyền chất HSCTM2D

## 2. Nội dung chính

### a. Giới thiệu về mô hình

Mô hình HSCTM2D (Hydrodynamic, Contaminant Transport Model) là mô hình phần tử hữu hạn hai chiều ngang để mô phỏng dòng chảy (đặc biệt cho vùng cửa sông, ven biển), vận chuyển trầm tích và truyền tải chất. Mô hình trên gồm hai modul: HYDRO2D và CS2D.

### Mô hình thủy động lực

Mô hình thủy động lực hai chiều ngang (2DH) được dựa trên cơ sở giải hệ phương trình nước nông theo phương pháp phần tử hữu hạn để xác định mực nước, vận tốc dòng chảy trung bình theo độ sâu tại mỗi nút lưới. Mô hình có thể được áp dụng trong trường hợp khi trường dòng chảy không có sự khác biệt lớn giữa phương thẳng đứng và phương ngang (trạng thái chảy tầng). Khi đó, động lực khối nước và vận tốc dòng chảy được trung bình hoá theo độ sâu và chỉ thể hiện trên hai phương ngang. Modul HYDRO2D đã tính đến ảnh hưởng của ma sát đáy, lực chảy rối và áp lực gió và lực Coriolit.

Hệ phương trình cơ bản thường được sử dụng bao gồm phương trình thủy động lực Navier-Stokes mô tả chuyển động không ổn định của nước trong lòng dẫn.

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(ud) + \frac{\partial}{\partial y}(vd) = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial d}{\partial x} - g \frac{\partial z_b}{\partial x} + 2v\omega \sin\phi + \frac{1}{\rho d} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_{xx} d \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_{xy} d \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \zeta W^2 \cos\psi - \frac{gu}{C^2 d} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial d}{\partial y} - g \frac{\partial z_b}{\partial y} + 2u\omega \sin\phi + \frac{1}{\rho d} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_{xy} d \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_{yy} d \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \zeta W^2 \cos\psi - \frac{gv}{C^2 d} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Trong đó: x,y - Tọa độ Decac của nút lưới tính, t- thời gian, d - Mực nước; u, v - Vận tốc dòng chảy trung bình theo chiều ngang; ρ - Tỷ trọng của nước; ε<sub>i,j</sub> - Hệ số nhớt theo trục i,j; g - Gia tốc trọng trường; Cz - Hệ số Chezy; z<sub>b</sub> - Cao độ mực nước; ζ - Hệ số áp lực ngang của gió; W - Tốc độ gió; ψ - Góc tạo bởi hướng gió và trục x; ω - Vận tốc quay của Trái đất, φ - vĩ độ

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial C}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ D_{yx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial C}{\partial y} \right] + S$$

Trong đó: C - Hàm lượng muối tại x,y; D<sub>i,j</sub> - Hệ số khuếch tán theo trục i,j; S - Lượng chất mất đi hoặc nhận vào.

Mô hình HSCTM2D được giải bằng phương pháp phân tử hữu hạn. So với các mô hình khác, HSCTM2D có ưu thế về sự mềm dẻo của lưới tính và điều kiện biên, thích hợp cho mô phỏng dòng chảy và xâm nhập mặn ở đầm phá TG - CH.

**b. Khu vực nghiên cứu**

Tam Giang - Cầu Hai đầm phá rộng nhất trong số 5 đầm phá hiện có dọc theo bờ biển Việt Nam. Đầm phá TG-CH có chiều dài khoảng 70 km và chiều rộng từ 0,5 km đến 9 km, có diện tích là gần 22.000 ha. Chiều sâu tính trung bình dao động từ 1,5m đến 2m, thậm chí tới 5m ở một số nơi vào mùa mưa lũ và theo mùa.

Hiện nay, trên lưu vực sông Hương đang thi công các công trình thủy điện và sự ra đời của nó sẽ gây ra biến đổi sâu sắc khu vực hạ lưu [2]. Đó là:

- Thủy điện Bình Điền trên nhánh sông Hữu Trạch nằm trong kế hoạch 2006-2007 sẽ đưa vào vận hành. Hồ Bình Điền với các thông số chủ yếu

**Mô hình vận chuyển và lan truyền chất**

Modun vận chuyển trầm tích và lan truyền chất CS2D dựa trên cơ sở giải phương trình hai chiều, khuếch tán-đối lưu với các nguồn cung cấp hoặc tiêu tán khác nhau bằng phương pháp phân tử hữu hạn. Kết quả của modun là hàm lượng chất lan truyền tại các nút lưới tương ứng các thời gian khác nhau. Phương trình khuếch tán - đối lưu như sau:

sau: dung tích toàn bộ 423,87 triệu m<sup>3</sup>, diện tích lưu vực: 570km<sup>2</sup>, công suất lắp máy phát điện 48MW.

- Thủy điện Hương Điền (Cổ Bi) dự kiến năm 2007-2008 sẽ đưa vào vận hành. Đây là một hồ chứa nước lớn với dung tích 820,7 triệu m<sup>3</sup>, diện tích lưu vực 720km<sup>2</sup>, công suất phát điện 50MW.

- Hồ chứa nước Tả Trạch, khởi công ngày 26/11/2005, dự kiến vào năm 2011 sẽ đưa vào vận hành, có dung tích hữu ích của hồ là 509,8 triệu m<sup>3</sup>, diện tích lưu vực 717km<sup>2</sup>, phát điện với công suất 18MW.

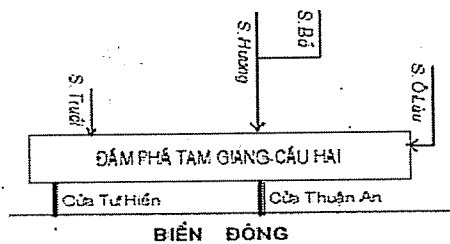
Trong ba công trình trên, chỉ có hồ chứa nước Tả Trạch là công trình tổng hợp với nhiệm vụ chủ yếu là chống lũ cho hạ lưu, kết hợp với cấp nước và phát điện, các công trình còn lại có nhiệm vụ phát điện là chủ yếu nên qui trình vận hành hồ chứa phụ thuộc vào yêu cầu của ngành điện.

Như vậy, tổng diện tích lưu vực của ba hồ chứa trên lên đến 2.007km<sup>2</sup> chiếm đến 70,9% (2.007km<sup>2</sup>/2.830km<sup>2</sup>) diện tích lưu vực hệ thống sông Hương. Phần lớn diện tích lưu vực phần thượng lưu đều thuộc lưu vực của các hồ chứa nước. Khác với các công trình thủy điện ở nước ta,

lượng nước xả sau đập được đổ trực tiếp vào đầm phá TG-CH trước khi chảy ra biển. Do cấu trúc thủy vực như vậy, sau khi các công trình thủy điện đi vào hoạt động, nền độ mặn ở đầm phá sẽ bị biến đổi, phụ thuộc vào lượng nước xả ra để phát điện theo yêu cầu cấp điện áp. Thời điểm có tác động lớn nhất đến sự thay đổi độ mặn đầm phá chủ yếu vào mùa khô (chủ yếu từ tháng 3 đến tháng 5 hàng năm).

**c. Sơ đồ tính, điều kiện ban đầu và điều kiện biên**

**1) Sơ đồ tính**



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

Sơ đồ tính toán là toàn bộ vùng đầm phá TG-CH và hạ lưu sông Hương (hình 1). Toàn bộ vùng nghiên cứu được chia thành 8.902 phần tử hữu hạn, 26.784 nút lưới.

**2) Điều kiện ban đầu**

Địa hình của đầm phá được xác định theo bản đồ độ sâu đầm phá do dự án đầm phá Việt Pháp (1998-2000), có tham khảo tài liệu của Viện Địa lý, Viện Khoa học Thủy lợi, TEDI... Địa hình lòng dẫn sông Hương được dẫn theo tài liệu của Dự án chỉnh trị sông Hương do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thực hiện vào năm 2004.

**3) Điều kiện biên**

Có hai loại biên trong bài toán:

- Biên hạ lưu (biên biển) là mực nước thủy triều tại các cửa biển Thuận An, Tư Hiền, độ mặn trung bình 300/00 ổn định trong suốt thời gian tính.

- Biên thượng lưu (biên sông) lấy theo lưu lượng trung bình của các con sông, xác định theo các kịch bản tính toán. Tất cả có 5 biên thượng lưu tương ứng với các con sông đổ vào đầm phá: sông Ô Lâu (tại Viễn Trinh), sông Bồ (tại An Lỗ), sông Hương

(tại Tuần), sông Truồi + Nông + Cầu Hai được gộp chung vào một biên tại Cầu Truồi. Độ mặn được lấy bằng 0 0/00 trong suốt thời gian tính.

Trong bài toán bỏ qua ảnh hưởng hoạt động của gió, sóng. Do tính toán với độ mặn trung bình tháng nên chúng tôi không xét đến ảnh hưởng của các đập ngăn mặn Thảo Long, Cửa Lác....

**d. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình.**

Hệ số nhám Manning, hệ số nhớt được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình thủy động lực. Mô hình xâm nhập mặn được hiệu chỉnh bởi hệ số khuếch tán. Số liệu dùng để kiểm nghiệm là kết quả quan trắc về mực nước, vận tốc dòng chảy, độ mặn của dự án đầm phá Pháp Việt, Dự án Việt Nam - Hà Lan VNICZM, CCP.

Quá trình hiệu chỉnh, kiểm nghiệm mô hình đã trình bày trong các công trình [6], [7].

**3. Kết quả và thảo luận**

**a. Các kịch bản tính toán**

Thời gian mô phỏng tương ứng với mùa khô (tháng 3,4,5) với hai kịch bản:

- Kịch bản 1 (S1): Trong điều kiện tự nhiên, khi chưa có các hồ chứa nước lớn.
- Kịch bản 2 (S2): Khi các hồ chứa nước đi vào hoạt động.

Kết quả hiệu chỉnh, kiểm nghiệm mô hình ở kịch bản 1 được sử dụng trong kịch bản 2 để dự báo dòng chảy, sự thay đổi độ mặn đầm phá.

Kịch bản mô phỏng được xác định qua hai điều kiện biên: mực nước thủy triều và lưu lượng các con sông đổ vào đầm phá:

- Mực nước thủy triều được xác định theo tài liệu quan trắc tại biển Thuận An và Tư Hiền [5]

Trong điều kiện tự nhiên, lưu lượng các con sông được lấy theo lưu lượng trung bình tháng nhiều năm [4]. Khi nhà máy thủy điện đi vào hoạt động, biên lưu lượng được xác định theo lượng nước phát điện, xác định theo tài liệu tính toán thủy năng hồ chứa [1] (bảng 1).

**Bảng 1. Lưu lượng trung bình tháng của các con sông đổ vào đầm phá (m<sup>3</sup>/s)**

Sông	Lau	Bồ (Hương iển)		Hữu Trạch (B. iển)		Tả Trạch *		Truối
		Tự nhiên	Thủy điện	Tự nhiên	Thủy điện	Tự nhiên	Thủy điện	
Tháng 3	3,6	22,5	31,7	14,1	21,8	20,2	25,8	1,7
Tháng 4	6,3	19,4	33,6	22,2	17,7	12,8	30,5	3,7
Tháng 5	10,2	26,6	31,9	17,0	14,2	23,9	34,3	9,2

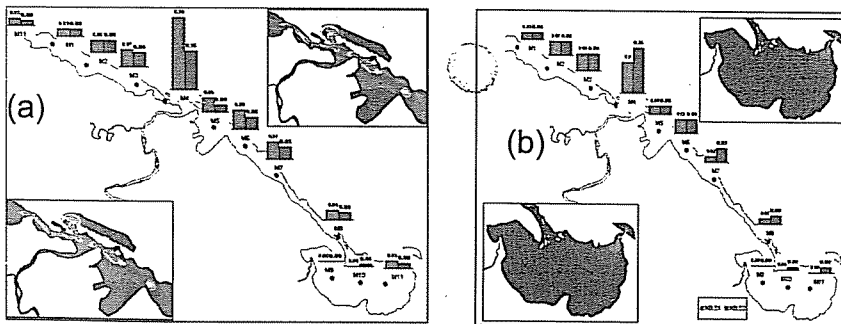
\* Lưu lượng tại Tả Trạch được cộng thêm lưu lượng ở khu giữa.

**b. Dòng chảy trên đầm phá Tam Giang - Cầu Hai**

Dòng chảy trên đầm phá phụ thuộc vào mực nước thủy triều tại hai cửa biển Thuận An, Tư Hiền. Một số kết quả về dòng chảy đầm phá trong cả hai kịch bản S1, S2 (hình 2):

Vận tốc dòng chảy trên đầm phá từ 0,01m/s đến 0,65m/s. Vùng có dòng chảy lớn nhất tập trung xung quanh các cửa Thuận An, Tư Hiền. Vùng phía Tây Bắc đầm Cầu Hai vận tốc dòng chảy gần như bằng 0. Phần lớn diện tích đầm phá, dòng chảy chỉ từ 0,01 đến 0,05m/s. Kết quả mô phỏng trong cả hai

kịch bản cho thấy ảnh hưởng của các hồ chứa đến dòng chảy trong đầm phá không lớn. Dòng chảy thay đổi mạnh nhất chỉ trong phạm vi vùng cửa Thuận An theo hai xu thế: giảm khi triều lên (từ 0,16m/s giảm đến 0,03m/s) và tăng khi triều xuống (từ 0,11m/s tăng đến 0,16m/s). Vùng Bắc phá Tam Giang, dòng chảy ít thay đổi trong một chu kỳ triều. Trong khi đó, đầm Thủy Tú và vùng cửa Tư Hiền, dòng chảy giảm từ 0,02m/s đến 0,03m/s khi triều lên. Phần phía Nam đầm Thủy Tú, vùng Vinh Hiền, Lộc Bình dòng chảy tăng lên đáng kể từ 0,02m/s đến 0,03m/s khi triều xuống, so với dòng chảy tự nhiên.



**Hình 2. Biểu đồ so sánh dòng chảy đầm phá khi triều lên (hình a) và khi triều xuống (hình b)**

**c. Xâm nhập mặn trên đầm phá Tam Giang-Cầu Hai**

Trong các tháng của mùa khô, quá trình xâm nhập mặn trên đầm phá TG-CH ít phụ thuộc vào hoạt động của các nhà máy thủy điện trên dòng chính sông Hương.

Kết quả mô phỏng trong cả hai kịch bản trước và sau khi xây dựng hồ chứa cho nền độ mặn ở đầm phá trong các tháng 03, 04, 05 như sau (hình 3,4):

Từ những kết quả trên, chúng tôi có một số nhận

xét sau:

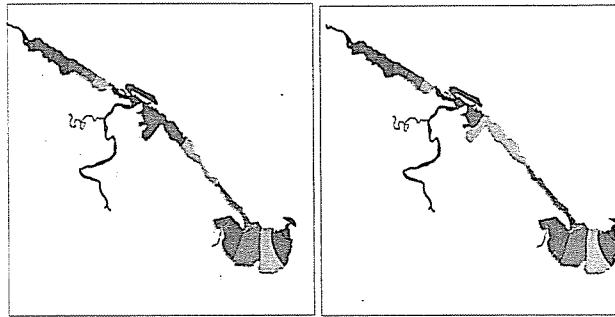
- Sau khi các hồ chứa nước đi vào hoạt động, phần lớn độ mặn bị suy giảm không đáng kể. Ngoại trừ, một số nơi độ mặn giảm từ 10/00 đến 20/00 so với điều kiện tự nhiên. Khu vực có độ mặn giảm mạnh nhất là khu vực gần cửa Thuận An, vùng Sam-Chuồn và Bắc đầm Thủy Tú. Đầm Cầu Hai có độ mặn ít thay đổi. Vùng Bắc phá Tam Giang (gần cửa Lác) bị ngọt hoá ít nhất.

- Diện tích vùng có độ mặn thay đổi lớn nhất là đầm Sam - Chuồn và một phần phía Bắc đầm Thủy Tú. Phần lớn độ mặn ở khu vực này đều giảm từ 250/00 (trước khi xây dựng hồ chứa) đến 230/00

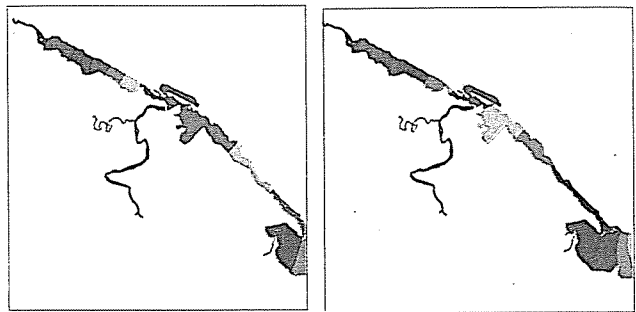
(sau khi có hồ chứa).

- Tháng 03 là thời gian mà độ mặn đầm phá thay đổi ít nhất trong thời gian tính toán.

Tháng 03

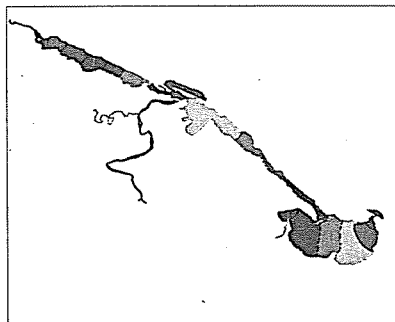
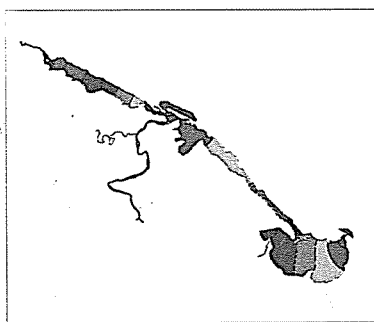


Tháng 04

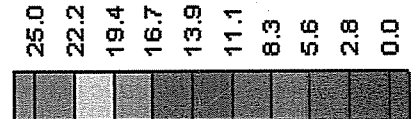


Hình 3. Nền độ mặn ở đầm phá Tam Giang-Cầu Hai trước và sau khi xây dựng hồ chứa.

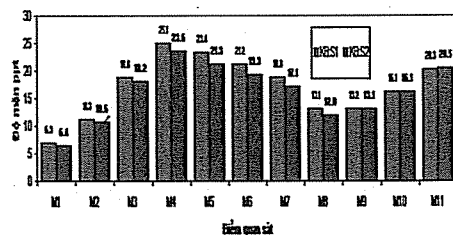
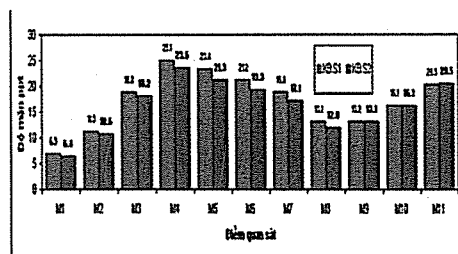
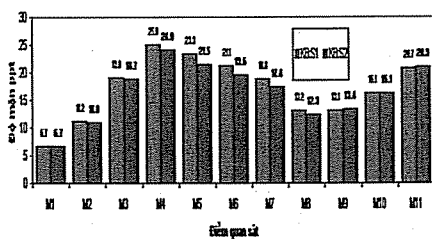
Tháng 05



Độ mặn (0/00)



Kịch bản S1- Điều kiện tự nhiên Kịch bản S2- Có hồ chứa



Hình 4. Biểu đồ thay đổi độ mặn tại các điểm quan sát trên đầm phá trước và sau khi xây dựng các hồ chứa nước ở thượng nguồn sông Hương (tháng 3-tháng 4- tháng 5)

### 4. Kết luận

- Dòng chảy và nền độ mặn có thay đổi nhưng không lớn theo hướng điều hoà hơn trên toàn bộ đầm phá Tam Giang-Cầu Hai vào mùa khô sau khi có các hồ chứa nước lớn đi vào hoạt động. Khu vực chịu ảnh hưởng mạnh nhất là Sam Chuồn và phần phía Bắc đầm Thủy Tú. Dòng chảy, độ mặn ở đầm Cầu Hai gần như không thay đổi trước và sau khi xây dựng công trình hồ chứa.

- Sau khi có các hồ chứa nước ở thượng nguồn, dòng chảy vùng Nam đầm Thủy Tú tăng rõ rệt và độ mặn đầm Sam Chuồn giảm. Điều này làm tăng mức độ trao đổi nước và ngọt hoá những vùng quá mặn, tạo điều kiện thuận hoạt động nuôi trồng thủy sản

trên đầm phá.

Tuy nhiên, các kết quả tính toán của chúng tôi xuất phát từ giá trị lưu lượng trung bình tháng theo tài liệu tính toán thủy năng hồ chứa nên những kết quả đã đề cập đến trong bài báo chỉ chỉ đúng trong trường hợp điều tiết dòng chảy phát điện đúng như thiết kế. Để có những đánh giá, dự báo chính xác hơn, cần có nghiên cứu tiếp theo về môi trường đầm phá Tam Giang - Cầu Hai (trong đó có dòng chảy, độ mặn) trong các trường hợp cực hạn (giữa năm nhiều nước, năm ít nước;...) sau khi có các công trình thủy điện ở thượng nguồn sông Hương.

*Bài báo này được hoàn thành với sự hỗ trợ về kinh phí của chương trình NCCB, mã số: 720306*

### Tài liệu tham khảo

1. Công ty tư vấn xây dựng Thủy lợi 1- Dự án Hồ chứa nước Tả Trạch, Tính toán thủy năng Hồ chứa, Hà Nội, 08/2006.
2. Hồ Ngọc Phú, 2006, Một số dự báo về thay đổi thủy vực đầm phá Tam Giang-Cầu Hai sau khi xây dựng các hồ chứa nước lớn ở thượng nguồn sông Hương, Hội thảo quốc gia về đầm phá Thừa Thiên Huế, trang 225-227.
3. Võ Văn Phú, 2006, Tổng quan về một số yếu tố môi trường và đa dạng sinh học đầm phá Tam Giang-Cầu Hai, Hội thảo quốc gia về đầm phá Thừa Thiên Huế, trang 295-309.
4. Sở Khoa học và Công nghệ Thừa Thiên Huế, Đặc điểm khí hậu thủy văn tỉnh Thừa Thiên Huế, Nhà xuất bản Thuận Hoá, năm 2004.
5. Dương Văn Khánh, Trần Hữu Tuyên, 2004, Report on coastal dynamic and tide in Thuan An, Tư Hien, CCP 2004 project.
6. Trần Hữu Tuyên, Hoàng Ngô Tự Do, 2005, Thử nghiệm xâm nhập mặn ở đầm phá Tam Giang-Cầu Hai, Thừa Thiên Huế, Báo cáo tại Hội nghị Khoa học môi trường toàn quốc lần thứ 2, Hà Nội, trang 397-404
7. Trần Hữu Tuyên, 2005, Thử nghiệm mô phỏng lan truyền mặn ở đầm phá Tam Giang-Cầu Hai trước và sau trên lịch sử năm 1999, Báo cáo tại Hội thảo quốc gia về đầm phá Thừa Thiên Huế, trang 246-255.