

MÔ HÌNH HÓA CHẤT LƯỢNG NƯỚC LƯU VỰC SÔNG BẰNG PHẦN MỀM HYDROLOGIC SIMULATION PROGRAM – FORTRAN

TS. Nguyễn Hồng Quân

Phòng Quản lý Tài nguyên

Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Chất lượng nước của một lưu vực sông bị ảnh hưởng không chỉ bởi các nguồn thải cụ thể (point sources – nguồn thải điểm) như từ các nhà máy, cống thải mà còn bởi nước mưa chảy tràn, xói mòn đất (nguồn thải phân tán – diffuse sources) kéo theo chất ô nhiễm từ hoạt động sản xuất nông nghiệp. Bài báo này giới thiệu mô hình Hydrologic Simulation Program – Fortran (HSPF), một mô hình có thể được sử dụng để tính toán tải lượng ô nhiễm tổng hợp từ 2 nguồn thải trên. Mô hình HSPF được áp dụng cho lưu vực suối Trà Phú, tỉnh Tây Ninh. Kết quả mô phỏng cho thấy, mô hình có thể áp dụng được trong điều kiện Việt Nam. Tuy nhiên, do mức độ phức tạp của mô hình (ví dụ: nhiều quá trình được mô phỏng, nhiều thông số mô hình), đòi hỏi tính chuyên môn cao, việc nghiên cứu phát triển mô hình đơn giản hơn cũng là điều hết sức cần thiết.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, tình hình ô nhiễm môi trường nước đang ngày càng trở nên bức xúc ở Việt Nam. Báo cáo kết quả quan trắc môi trường quốc gia, báo cáo hiện trạng môi trường các lưu vực sông (VEPA, 2005) cho thấy chất lượng nguồn nước sông, hồ đang suy thoái nghiêm trọng, đứng trước nguy cơ không thể kiểm soát được.

Một nguyên nhân rõ ràng có thể đánh giá được là do rất nhiều doanh nghiệp không đảm bảo xử lý nước thải trước khi xả vào môi trường. Vụ việc xả thải nghiêm trọng của công ty Vedan là một trong những vấn đề môi trường đã được các cơ quan ngôn luận cập nhật liên tục trong thời gian qua. Tuy nhiên, một nguồn thải khác vào môi trường nước vẫn chưa được quan tâm nghiên cứu, đánh giá ở Việt Nam hoặc chỉ được đề cập một cách hết sức sơ sài trong một số báo cáo khoa học: Đó là nguồn thải phân tán (diffuse/non-point sources), nguồn thải do nước mưa chảy tràn mang theo các chất ô nhiễm trên mặt đất từ các khu đô thị, và đặc biệt là các chất phân bón từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp.

Lưu vực sông Đồng Nai là một lưu vực có diện tích (trong nước) lớn thứ ba ở Việt Nam. Mặc dù là một lưu vực đóng vai trò thiết yếu cho sự phát triển

kinh tế - xã hội vùng Đông Nam Bộ, đặc biệt là vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, chất lượng môi trường, tài nguyên lưu vực đã có những dấu hiệu hết sức nghiêm trọng, đòi hỏi phải có những nỗ lực nhằm cải thiện tình hình. Việc phê duyệt "Đề án bảo vệ môi trường lưu vực hệ thống sông Đồng Nai đến năm 2020" (Quyết định 187/2007/QĐ-TTg), cùng với sự thành lập Ủy ban Bảo vệ môi trường lưu vực hệ thống sông Đồng Nai (Quyết định 157/2008/QĐ-TTg) đã cho thấy quyết tâm của chính phủ trong thời gian qua.

Lưu vực rạch Tây Ninh là một chi lưu thuộc hệ lưu vực sông Đồng Nai đã và đang là một trong những khu vực được đề xuất ưu tiên kiểm soát ô nhiễm (VEPA, 2005). Khu vực nghiên cứu được trình bày trong báo cáo này là tiểu lưu vực suối Trà Phú nằm trong lưu vực rạch Tây Ninh. Đây là một tiểu lưu vực đặc trưng do có sự hiện diện của nguồn điểm (point source) và nguồn phân tán. Việc đánh giá các nguồn ô nhiễm này được thực hiện bằng phương pháp quan trắc chất lượng nước trong thời gian xảy ra mưa lớn (nguồn gây ra nước chảy tràn trên mặt đất – runoff) kết hợp với sử dụng mô hình tổng hợp Hydrologic Simulation Program – Fortran (HSPF) (Bicknell et al., 2001). Mô hình HSPF là một

Nghiên cứu & Trao đổi

mô hình đã và đang được sử dụng rộng rãi ở Mỹ nhằm hỗ trợ công tác quản lý chất lượng nguồn nước

2. Khu vực nghiên cứu

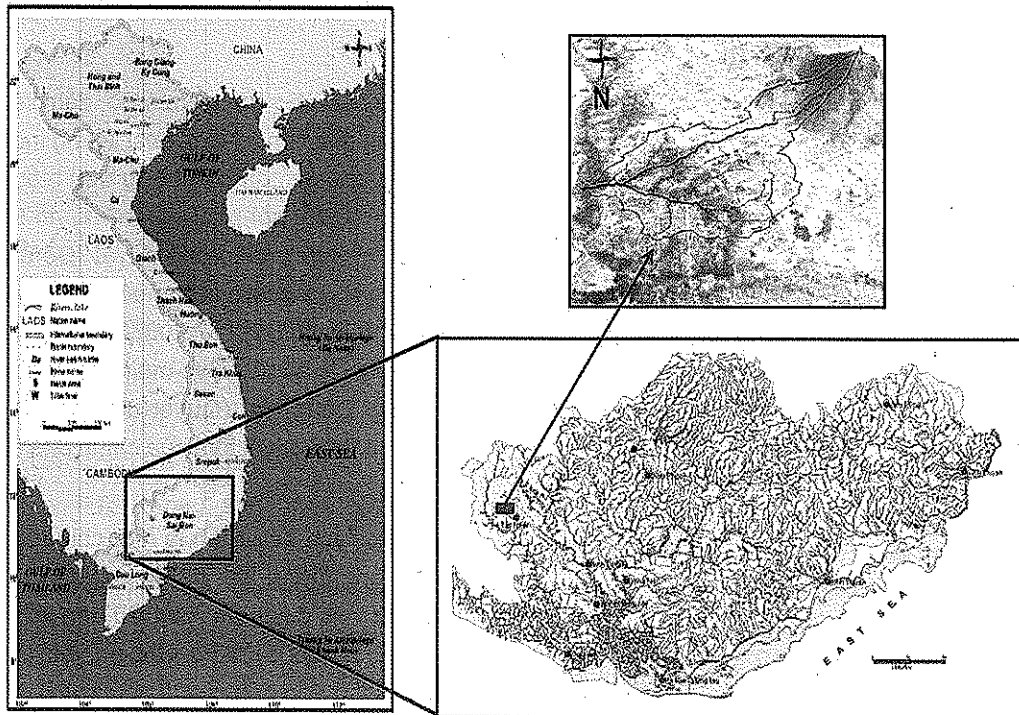
a. Giới thiệu

Lưu vực suối Trà Phí có diện tích khoảng 21km², là một trong những chi lưu chính của hệ thống lưu vực rạch Tây Ninh (Hình 1). Lưu vực nghiên cứu được giới hạn bởi các tọa độ 11°19'58" N - 11°23'30" N, 106°5'30" E - 106°10'15" E. Mặc dù có một số phản ánh của người dân địa phương về tình hình ô nhiễm tại suối Trà Phí, nhưng do giới hạn về kinh phí, phạm vi quản lý ... hàng năm chỉ có khoảng 1-2 lần quan trắc chất lượng nước suối được thực hiện. Có thể nói, hiện trạng số liệu phục vụ nghiên cứu ứng dụng mô hình còn rất hạn chế. Cho nên,

trong đạt được mục tiêu nghiên cứu, tác giả đã tiến hành một số đợt quan trắc vào mùa mưa, với tần suất tương đối cao, nhằm đảm bảo đánh giá tính khách quan của mô hình.

Lưu vực suối Trà Phí có độ chênh lệch cao tương đối lớn. Khu vực hạ lưu có độ cao từ 2 m - 30 m so với mực nước biển, trong khi đó khu vực thượng lưu bắt nguồn từ núi Bà Đen có độ cao lên đến 900 m.

Trong lưu vực nghiên cứu, loại hình đất nông nghiệp bao gồm (lúa, khoai mì, mía, cao su) chiếm khoảng 72% diện tích. Đất dân cư, đường sá, ao hồ chiếm khoảng 17%. Còn lại là phần rừng trên núi đá (khoảng 11%). Tỷ lệ đất nông nghiệp tương đối cao cho thấy nhiều khả năng phát thải chất ô nhiễm từ nguồn thải phân tán.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu (góc phải trên) trong mối quan hệ với hệ thống lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai (thấp phải) và các lưu vực sông chính tại Việt Nam (trái)

b. Thu thập dữ liệu

Các dữ liệu thu thập, phục vụ nghiên cứu bao gồm:

- Ảnh vệ tinh nhằm phân loại lớp phủ thực vật, tổng hợp thành bản đồ phân bố sử dụng đất (Ảnh Landsat TM 2002).

- Bản đồ địa hình (tỷ lệ 1:25.000) để xây dựng mô hình số độ cao cho toàn lưu vực, từ đó chiết tách thông tin về thủy văn, địa hình.

- Khảo sát lưu vực nghiên cứu (thông tin lớp phủ, phỏng vấn nông dân về tình hình sử dụng phân bón).

- Thu thập thông tin khí tượng.

- Lấy mẫu đất và phân tích (thông tin về mức độ dinh dưỡng trong đất).
- Đo lưu lượng dòng chảy tại cửa ra của lưu vực.
- Lấy mẫu nước và phân tích tại hiện trường và phòng thí nghiệm (ví dụ các thông số: DO, SS, P-PO⁴, N-NH⁴, N-NO³).

3. Mô hình tính toán thủy văn (HSPF)

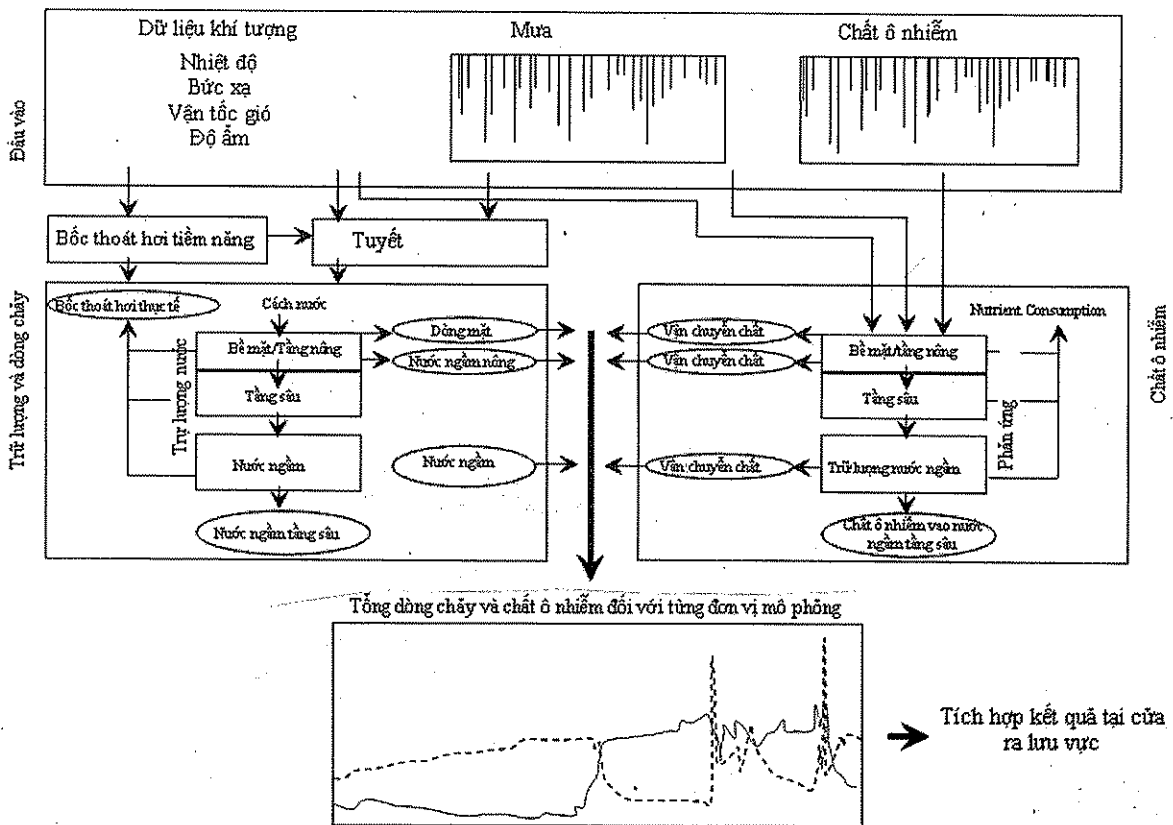
a. Giới thiệu

Mô hình HSPF được chọn lựa trong trên cơ sở đánh giá nhiều mô hình khác (Nguyen, 2010). Bicknell và nnk (2001) đề cập "Mô hình HSPF là mô hình lưu vực chủ yếu được tích hợp trong hệ thống mô hình BASINS. HSPF là một mô hình lưu vực đa hợp bao gồm các mô đun thủy văn, chất lượng nước. HSPF mô phỏng các quá trình dòng chảy và chất lượng nước trên bề mặt, dòng chảy ngầm đồng thời kết hợp với các quá trình trong dòng sông, hồ chứa. Bộ công cụ BASINS/HSPF được dùng rất phổ biến trong đánh giá tải lượng ô nhiễm tối đa trong

ngày (Total Maximum Daily Load – TMDL) ở Hoa Kỳ. Mô hình HSPF là một mô hình liên tục (continuous model) thường được sử dụng để mô phỏng dài hạn (long term). Bên cạnh đó, do có thể mô phỏng theo bước thời gian từng giờ, HSPF có thể dễ sử dụng mô phỏng ngắn hạn.

Hình 2 thể hiện các quá trình liên quan đến dòng chảy và vận chuyển chất ô nhiễm được mô phỏng bằng phần mềm HSPF. Có 4 mô đun quan trọng bao gồm:

- Hợp phần đầu vào: Khí tượng (mưa, bốc hơi, nhiệt độ, bức xạ, hướng gió, ...) và dữ liệu liên quan chất ô nhiễm (nguồn thải điểm, nguồn thải phân tán).
- Hợp phần dòng chảy thể hiện các quá trình liên quan đến chu trình thủy văn ở lưu vực
- Hợp phần các chất ô nhiễm thể hiện các quá trình vận chuyển, chuyển hóa các chất ô nhiễm hòa tan và không hòa tan trong nước, trong đất.
- Hợp phần kết quả



Hình 2. Khung mô hình mô phỏng dòng chảy và chất ô nhiễm trong mô hình HSPF (Eisele et al 2001)

b. Xây dựng mô hình

Mô hình HSPF đòi hỏi 2 loại file để mô phỏng: File UCI (Người sử dụng kiểm soát đầu vào) và file quản lý dữ liệu lưu vực (Catchment Data Management (WDM)). File UCI được sử dụng để thiết lập các quá trình mô phỏng và gán thông số đầu vào. File UCI ban đầu được chuẩn bị trong phần mềm BASINS và có thể được điều chỉnh trong phần mềm Win-HSPF. File WDM chuẩn bị các chuỗi dữ liệu như mưa, bốc hơi, nhiệt độ. File WDM cũng được sử dụng để mô phỏng dữ liệu kết quả mô hình. File WDM được chuẩn bị bằng phần mềm WDMUtil packet (Hummel et al., 2001), được cài đặt cùng với phần mềm BASINS. Sau khi chuẩn bị dữ liệu cho mô hình, việc mô phỏng chất lượng nước được thực hiện theo thứ tự các bước sau:

- Mô phỏng dòng chảy/thủy lực,
- Mô phỏng lượng trầm tích/xói mòn (đánh giá qua chỉ tiêu TSS)
- Mô phỏng các chất dinh dưỡng (Phốt phát, A-mô-ni-um, Ni-trát)
- Mô hình được thực hiện trên cơ sở số liệu đo đạc thủy văn, chất lượng nước vào 3 trận mưa/lũ như sau:

+ Trận mưa/lũ 1: 18h00, 25/7/2008 – 7h00, 27/7/2008;

+ Trận mưa/lũ 2: 17h00, 6/8/2008 – 6h00, 9/8/2008;

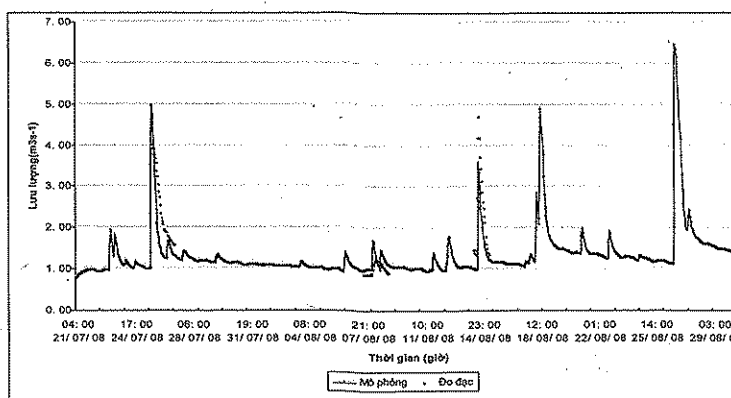
+ Trận mưa/lũ 3: 10h30, 14/8/2008 – 9h00, 15/8/2008.

4 Kết quả và thảo luận

a. Mô hình dòng chảy

Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy được thể hiện từ hình 3. Kết quả cho thấy vẫn còn hạn chế giữa mô phỏng và thực tế. Ví dụ, mô hình mô phỏng cao hơn thực tế đối với trận mưa/lũ 1, 2 nhưng thấp hơn trong trận mưa/lũ thứ 3. Mặc dù vậy, đỉnh lũ đã được mô phỏng tương đối tốt, điều này cũng hết sức có ý nghĩa đối với bài toán tập trung mô phỏng điều kiện mưa lũ do các theo giả định các chất ô nhiễm chủ yếu được vận chuyển trong điều kiện này.

Một lý do dẫn đến chất lượng mô phỏng chưa thật sự tốt do lỗi của số liệu mưa. Do khu vực nghiên cứu chỉ sử dụng số liệu của một trạm đo mưa trong khi trong khu vực có độ chênh cao tương đối lớn dẫn đến phân bố mưa thay đổi theo không gian và thời gian, ví dụ do hiệu ứng chênh cao (orthographic lifting) (Chow et al., 1988, p.64). Trận mưa thứ 2 là một minh chứng cho sai số do mưa. Kết quả đo đạc tại trạm thủy văn Tây Ninh (gần cửa ra của lưu vực) cho thấy lượng mưa lên đến 18,6 mm trong 2 giờ, trong khi đó lượng mưa ngày tại trạm núi Bà chỉ có 5 mm. Điều này có thể giải thích kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy cao hơn so với kết quả đo đạc.

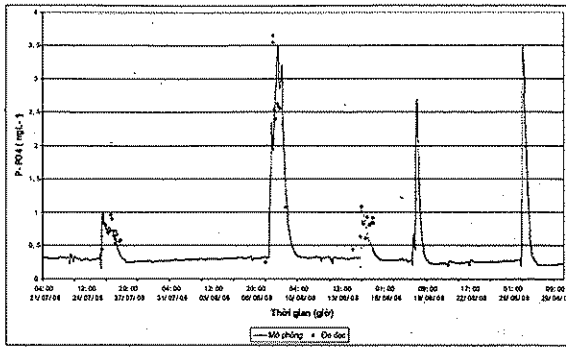


Hình 3. Kết quả mô phỏng lưu lượng và thực tế (21/7/2008 – 20/8/2008)

b. Mô hình chất rắn lơ lửng

Kết quả mô phỏng trầm tích (ở đây là lượng chất rắn lơ lửng) cũng thể hiện gần với kết quả lưu lượng (Hình 4). Kết quả mô phỏng và thực tế cho thấy có

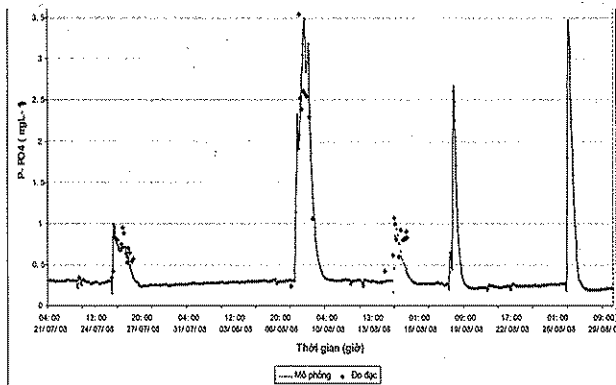
tính diễn biến cùng chiều. Tuy nhiên, mô hình chưa thể hiện tốt trong điều kiện dòng chảy nhỏ (trận mưa 2).



Hình 4. Kết quả mô phỏng TSS và thực tế (21/7/2008 – 20/8/2008)

c. Mô hình chất dinh dưỡng

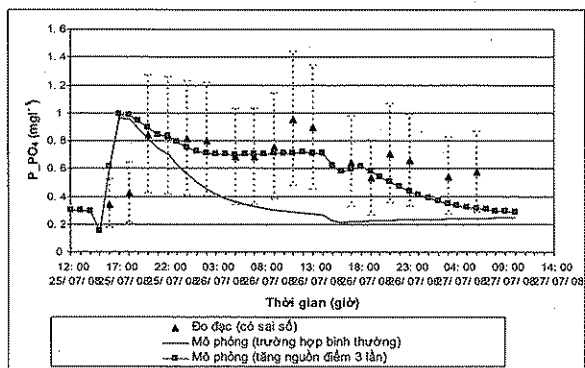
Kết quả mô phỏng chất dinh dưỡng từ hình 5 đến hình 8 chỉ thể hiện nồng độ phot-phát. Trong khi



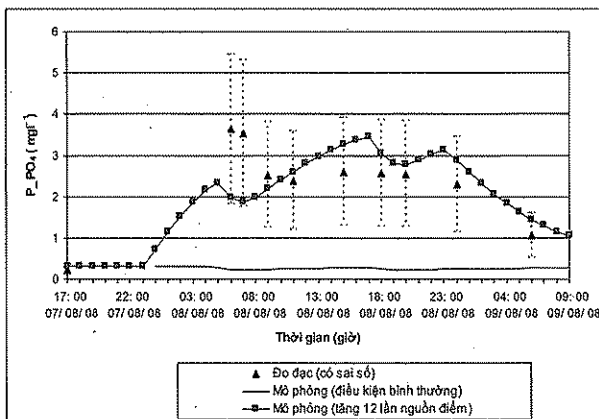
Hình 5. Kết quả mô phỏng P-PO4 và thực tế (21/7/2008 – 20/8/2008)

đó kết quả N-NH⁴ và N-NO³ có thể tham khảo trong tài liệu (Nguyen, 2010). Bằng cách đưa thêm nguồn thải "không hợp pháp", đối với trận mưa lũ thứ nhất kết quả P-PO⁴ được cải thiện. Tương tự, đối với trận mưa thứ 2, kết quả P-PO⁴ cũng được cải thiện đáng kể.

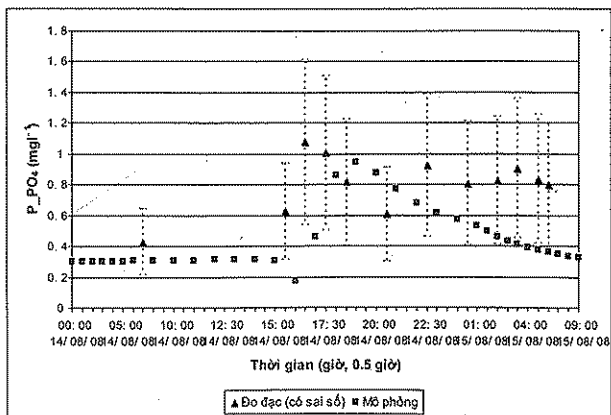
Có thể nhận thấy, mô hình đã mô phỏng tương đối sự thay đổi các chất ô nhiễm trong điều kiện mưa lũ. Tuy nhiên, khi nước rút mô hình thường không mô phỏng tốt. Điều này có thể do việc hiệu chỉnh các thông số của dòng sông chưa được thực hiện. Thêm vào đó hiệu ứng của việc trữ nước trong đồng ruộng và xả nước (có kèm theo các chất ô nhiễm) ra một cách tùy nghi cũng không được mô phỏng.



Hình 6. Kết quả mô phỏng P-PO4 và thực tế (25/7/2008 – 27/7/2008)



Hình 7. Kết quả mô phỏng P-PO4 và thực tế (7/8/2008 – 9/8/2008)



Hình 8. Kết quả mô phỏng P-PO4 và thực tế (14/8/2008 – 15/8/2008)

5. Kết luận

Qua kết quả ứng dụng mô hình HSPF để mô phỏng chất lượng nước lưu vực suối Trà Phí, có thể

đánh giá kết quả mô hình qua 3 khía cạnh sau: Chuẩn bị dữ liệu mô hình, kết quả mô hình và tính bất định của mô hình.

Việc hiệu chỉnh mô hình, đặc biệt yếu tố dòng chảy và trầm tích đã được trình bày tương đối chi tiết theo các tài liệu hướng dẫn. Hầu hết các thông số mô hình đều nằm trong khoảng cho phép. Tuy nhiên, như được trình bày trong tài liệu (2007) "Một số phương trình trong phần mềm HSPF tương đối đặc thù nên một số thông số mô tả quá trình thực tế không thể đo được". Do vậy, sẽ rất khó khăn khi giải thích về mặt ý nghĩa vật lý của các thông số đó. Bên cạnh đó, việc hiệu chỉnh các thông số liên quan đến chất lượng nước thì gặp khó khăn do tài liệu hướng dẫn còn hạn chế. Do đó giá trị các thông số này cũng còn tương đối đặc thù, cần có những nghiên cứu so sánh.

Lưu lượng và trầm tích được mô phỏng tương đối tốt trong trường hợp mưa lũ, đặc biệt các đỉnh lũ. Tuy nhiên, vẫn còn hạn chế trong điều kiện dòng chảy nhỏ. Ngoài ra, việc mô phỏng còn gặp khó khăn do dữ liệu khí tượng vẫn còn hạn chế (đặc biệt số liệu mưa). Sự thay đổi các chất ô nhiễm cũng được thể hiện trong mô hình. Bằng cách đưa vào các giá trị không chắc chắn của các nguồn thải điểm, mô hình đã mô phỏng tương đối tốt những trường hợp đặc biệt (tăng 12 lần tải lượng ô nhiễm trong trận mưa thứ 2). Việc mô phỏng các chất ô

nhiễm cũng thể hiện tương đối tốt trong trường hợp nước dâng. Tuy nhiên, lúc nước rút thì còn hạn chế. Điều này cũng có thể giải thích do hiệu ứng của việc trữ nước trong đồng ruộng và xả nước (có kèm theo các chất ô nhiễm) ra một cách tùy nghi mà không được mô phỏng trong mô hình.

Về khía cạnh bất định của mô hình, có thể nhận xét như sau

- Mô hình tương đối phức tạp, quá nhiều thông số, dẫn đến khó có thể có được bộ thông số tối ưu.

- Dữ liệu để chạy mô hình còn tương đối hạn chế. Đa phần các thông số được tra từ tài liệu hướng dẫn, không phải từ đo đạc. Thêm vào đó, các yếu tố bất định từ số liệu mưa, nguồn thải điểm cũng rất đáng quan tâm. Do vậy, việc nghiên cứu triển khai áp dụng rộng rãi mô hình cũng cần hết sức cẩn thận.

- Dữ liệu mô hình chỉ có thể dùng để hiệu chỉnh và kiểm định theo từng trận mưa lũ. Để mô phỏng liên tục thì cần đo đạc bổ sung số liệu. Ngoài ra, việc đóng góp chất ô nhiễm từ dòng chảy ngầm cũng chưa được quan tâm trong đề tài. Kết quả mô hình trong khuôn khổ đề tài chỉ ứng dụng trong mô phỏng ngắn hạn.

Tài liệu tham khảo

1. Bicknell, B.R., Imhoff, J.C., Kittle, J.L., Jobses, T.H. and Donigian, A.S.,(2001). *Hydrological Simulation Program - Fortran (HSPF) Version 12. User's Manual, National Exposure Research Laboratory. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia 30605.*
2. Chow, V.T., Maidment, D.R. and Larry, W.M.,(1998). *Applied hydrology. McGraw-Hill, New York, 572 pp.*
3. Eisele, M., Kiese, R., Kriemer, A. and Leibundgut, C.,(2001). *Application of a Catchment Water Quality Model for Assessment and Prediction of Nitrogen Budgets. Physics and Chemistry of the Earth (B), 26(7-8): 547-551.*
4. Hummel, P., J. Kittle, Jr. and Gray, M.,(2001). *WDMUtil User's Manual Version 2.0: A Tool for Managing Watershed Modeling Time-Series Data, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.*
5. Nguyen, H.Q.,(2010). *Modeling of nutrient dynamics during flood events at catchment scale in tropical regions. Dissertation Thesis, University of Braunschweig, Braunschweig, 293 pp.*
6. Radcliffe, D.E. and Lin, Z.L.,(2007). *Modeling phosphorus with hydrologic simulation Program-Fortran. In: D.E. Radcliffe and M.L. Cabrera (Editors), Modeling phosphorus in the environment. CRC Press Inc., Boca Raton, pp. 189-214.*
7. VEPA,(2005). *Environment Report of Vietnam "The state of water environment in 3 river basins of Cau, Nhue-Day, Dong Nai river system", Vietnam Environment Protection Agency (VEPA), Hanoi.*