



ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG VÀ MÔ PHỎNG CHẤT LƯỢNG NƯỚC SÔNG CU ĐÊ THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

Đoàn Thụy Kim Phương¹

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, mô hình toán MIKE 11 được phát triển và áp dụng để đánh giá chất lượng nước sông Cu Đê, TP. Đà Nẵng. Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu năm 2014, mô hình được sử dụng để dự báo chất lượng nước sông Cu Đê, phục vụ cho các kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội (KT-XH) của TP trong tương lai.

Kết quả mô phỏng chất lượng nước sông Cu Đê có xu hướng giống với thực đo và có kết quả chênh lệch với thực đo không lớn (sai số < 5%). Hầu hết, các thông số (DO, nhiệt độ, N-NH₄, P-PO₄) đều đạt QCVN 08:2018/BTNMT. Ngoại trừ một số vị trí tại khu vực hạ lưu sông Cu Đê (S1, S2), môi trường nước bị ô nhiễm hữu cơ do nồng độ BOD₅ cao (10 - 27 mg/l). Kết quả cho thấy, hàm lượng BOD đạt giá trị cao nhất vào mùa kiệt; vì là thời điểm khả năng tự làm sạch của sông thấp nhất, lưu lượng dòng chảy nhỏ, khả năng khuếch tán oxy trong nước thấp, nên dễ bị ô nhiễm cao nhất.

Từ khóa: MIKE 11, mô hình chất lượng nước, sông Cu Đê.

Nhận bài: 24/5/2022; **Sửa chữa:** 3/6/2022; **Duyệt đăng:** 6/6/2022.

1. Mở đầu

Nằm trong vùng kinh tế trọng điểm miền Trung, TP. Đà Nẵng là một trong những địa phương có quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhanh ở Việt Nam, cùng với đó các vấn đề ô nhiễm nước như: xâm nhập mặn, thiếu nguồn nước sạch, ô nhiễm sông, biển được quan tâm thường xuyên. Do đó, việc đánh giá hiện trạng chất lượng nước rất quan trọng. Mặt khác, hiện nay việc áp dụng công nghệ thông tin trong quản lý môi trường rất phổ biến. Mô hình tính toán mặc dù còn nhiều hạn chế về cơ sở dữ liệu, tuy nhiên đây là một trong những phương pháp tìm ra xu hướng chuyển biến và khả năng chịu tải của nguồn nước, cho phép đánh giá, dự báo chất lượng nước với độ chính xác cao. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng mô hình toán MIKE 11 để đánh giá hiện trạng và mô phỏng chất lượng nước sông Cu Đê, TP. Đà Nẵng.

2. Phương pháp và áp dụng mô hình

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Sông Cu Đê là một dòng sông tại phía Bắc TP. Đà Nẵng. Sông có các chi lưu chính là sông Bắc và sông Nam bắt nguồn từ dãy núi Trường Sơn (Hình 1).

2.2. Số liệu thực đo

Các thông số nhiệt độ, pH, DO, độ đục được đo bằng thiết bị đo nhanh tại hiện trường. Những thông số còn lại phân tích tại phòng thí nghiệm theo phương pháp tiêu chuẩn.



▲ Hình 1. Bản đồ phân bố các tiểu lưu vực sông Cu Đê (Nguồn: Trung tâm Nghiên cứu BVMT Đà Nẵng)



▲ Hình 2. Vị trí thu mẫu tại sông Cu Đê

2.3. Cách tiếp cận mô hình

2.3.1. Các phương trình cơ bản của mô hình

Hệ phương trình Saint – Venant với các biến $Q(x, t)$ và $h(x, t)$ như sau :

$$\text{Phương trình liên tục: } Q \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1.1)$$

$$\text{Phương trình động lượng: } \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{AC^2R} = 0 \quad (1.2)$$

¹ Khoa Xây Dựng Công Trình Thủy, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

Bảng 1. Vị trí thu mẫu tại sông Cu Đê (được thể hiện trên Hình 2)

STT	Vị trí	Tọa độ	Kí hiệu
1	Chân cầu Nam Ô	16° 7'14.56"N - 108° 7'19.31"E	S1
2	Dưới hầm đường dẫn hầm Hải Vân, cách cửa sông 2.600 m về phía thượng nguồn	16° 6'54.97"N - 108° 6'16.27"E	S2
3	Chân cầu Trường Định	16° 6'30.64"N - 108° 5'13.85"E	S3
4	Cách cửa sông 6.000 m về phía thượng nguồn	16° 6'42.95"N - 108° 4'0.19"E	S4
5	Dưới chân cầu Phò Nam	16° 7'53.00"N - 108° 3'4.57"E	S5
6	Cách thượng nguồn 4.000 m về phía cửa sông	16° 8'0.82"N - 108° 1'5.52"E	S6
7	Cách thượng nguồn 2.000 m về phía cửa sông	16° 7'21.65"N - 108° 0'0.72"E	S7
8	Hợp lưu của sông Bắc - sông Nam	16° 7'18.52"N - 107°58'59.70"E	S8

Trong phương trình (1.1) giả thuyết rằng dòng nhập bên trục giao với dòng chính nên trong phương trình động lượng mới, ta triệt tiêu thành phần q.

Q: Lưu lượng dòng chảy (m^3/s); A: diện tích mặt cắt ướt (m^2); R: bán kính thủy lực (m);

C: Hệ số Chezy ($C = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}}$ ($\sqrt{m/s}$)); Hệ số Manning $M = \frac{1}{n}, C = MR^{\frac{2}{3}}$.

n: Hệ số nhám; q: lưu lượng dòng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dọc sông (m^2/s);

B: Bề rộng mặt thoáng (m); h: độ sâu dòng chảy (m); α : hệ số hiệu chỉnh động năng

- Mô đun tải - khuếch tán dựa trên phương trình 1 chiều về bảo toàn khối lượng của chất hòa tan hoặc lơ lửng trong sông và sử dụng các kết quả tính toán của mô đun thủy lực. Phương trình chủ đạo trong mô đun này là phương trình tải - khuếch tán có dạng:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3.3)$$

C: nồng độ chất quan tâm; D: hệ số khuếch tán; K: hệ số phân hủy tuyến tính;

C_2 : nồng độ nguồn; q: dòng gia nhập trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m^2/s);

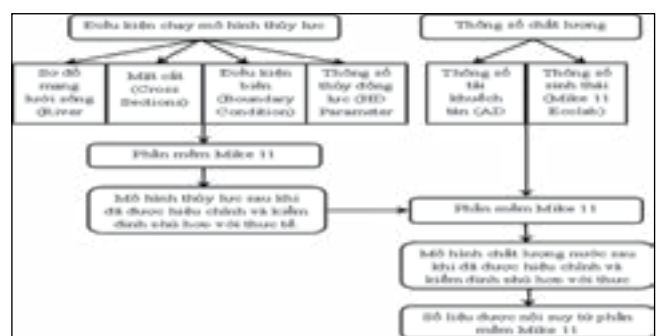
x: biến không gian (theo chiều dọc sông); t: biến thời gian; A: diện tích mặt cắt ngang.

2.3.2. Quy trình áp dụng mô hình

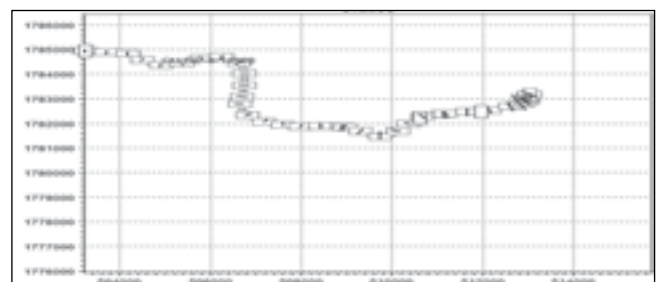
Quy trình áp dụng mô hình tính toán diễn biến chất lượng môi trường nước sông Cu Đê được thực hiện theo sơ đồ (Hình 3). Số liệu mạng lưới sông (Hình 4) được cung cấp từ số liệu Dự án xây dựng mô hình thủy văn thủy lực và phát triển đô thị TP. Đà Nẵng và số liệu đo địa hình sông Cu Đê từ dự án xây dựng Nhà máy cấp nước Hòa Liên.

2.3.3. Mô hình thủy lực

Sơ đồ mạng lưới sông: Dữ liệu mạng lưới sông Cu Đê với 240 điểm, 34 mặt cắt.

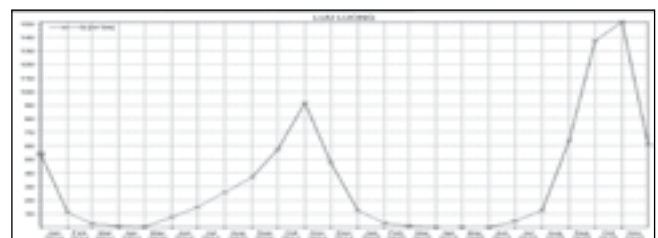


▲ Hình 3. Sơ đồ áp dụng mô hình tính toán diễn biến chất lượng nước



▲ Hình 4. Sơ đồ mạng lưới lưu vực sông Cu Đê

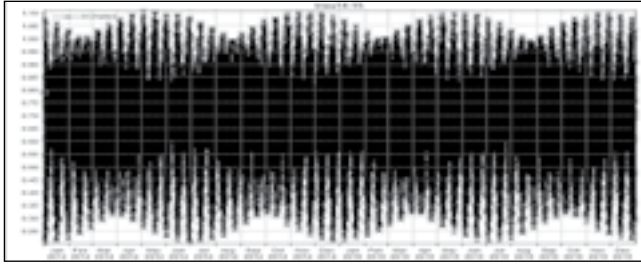
Điều kiện biên: Số liệu điều kiện biên cần để chạy mô hình, bao gồm:



▲ Hình 5. Dòng chảy tiểu lưu vực Cu Đê giai đoạn 1/2014 - 12/2015-Biên thượng lưu

Biên thượng lưu (MC 0.000 m): Thừa hưởng kết quả mô phỏng dòng chảy sông Cu Đê từ tháng 1/2014 đến 12/2015.

Biên hạ lưu (MC 14.000 m): Thừa hưởng kết quả tính toán mực nước triều vịnh Đà Nẵng từ ngày 1/1/2014 đến ngày 1/12/2015.



▲ Hình 6. Mực nước triều vịnh Đà Nẵng từ ngày 1/1/2014 đến 1/12/2015 (Biên hạ lưu)

Biên nguồn thải: Các nguồn thải lưu vực sông Cu Đê có lưu lượng nhỏ, gần nhau và thường thải ra các cánh đồng trước khi vào sông Cu Đê, nên được gộp chung lại. Để mô hình có thể mô phỏng chính xác chất lượng nước sông, cần tính toán tổng hợp các lưu lượng, thông số chất lượng nước thải quy về 2 vị trí thể hiện xả thải của nguồn thải khu công nghiệp (KCN) và nguồn thải dân cư (KDC). Số liệu tính toán được lấy từ báo cáo “Điều tra hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước trên sông Cu Đê và sông Túy Loan”.

+ Nguồn thải KCN (lý trình 11.000 m): Tiếp nhận các nguồn thải chủ yếu như: nước chảy tràn; nước thải Trạm xử lý nước thải (XLNT) KCN Hòa Khánh.

+ Nguồn thải KDC (lý trình 12.500 m): Tiếp nhận các nguồn thải chủ yếu như nước chảy tràn; thải sinh hoạt; nước thải từ hoạt động sản xuất nông nghiệp và một số khác.

2.3.4. Mô hình khuếch tán và chất lượng nước

Số liệu biên dùng trong mô hình chất lượng nước được trích xuất từ kết quả của mô hình thủy lực đã được hiệu chỉnh và kiểm định. Trong bước chạy mô hình chất lượng nước, bổ sung thêm các thông số ô nhiễm vào các điều kiện biên của mô hình (Bảng 2).

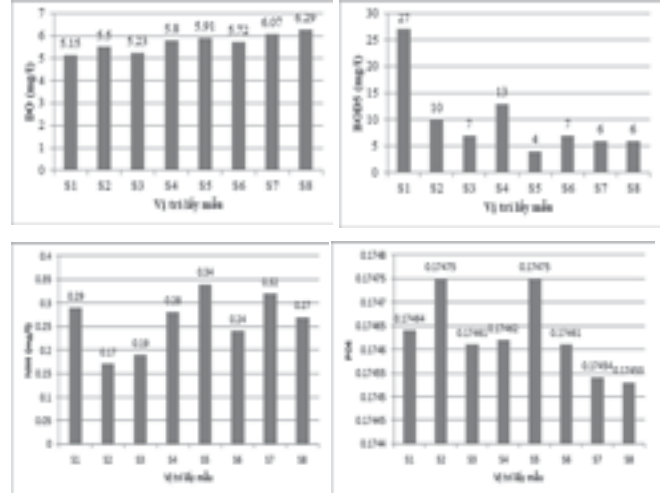
Bảng 2. Điều kiện biên về các thông số ô nhiễm mô hình khuếch tán và chất lượng nước

Biên	DO (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	BOD ₅ (mg/l)
Biên thượng lưu (MC 0.000 m)	5,5	28,1	1,4
Biên hạ lưu (MC 14.000 m)	5,42	28,2	2,4
Biên nguồn thải KCN (MC 11.000 m)	5,1	30,1	38,5
Biên nguồn thải KDC (MC 12.500 m)	4,7	33,3	304,33

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Kết quả tiến hành thí nghiệm

Nhìn chung, hầu hết các thông số chất lượng nước sông Cu Đê như DO, BOD₅, PO₄³⁻, NH₄⁺ đạt Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08:2015 cột A₂.

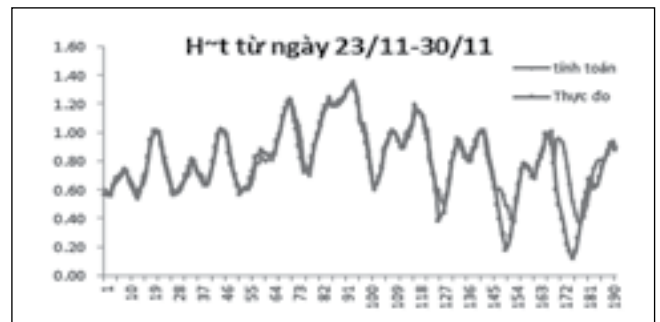


▲ Hình 7. Kết quả thí nghiệm thực đo tại các vị trí lấy mẫu

Nồng độ BOD₅ tại một số vị trí trên sông vượt giá trị cho phép tại cột A₂ QCVN 08:2015. Với nồng độ DO, càng về phía thượng lưu giá trị cao hơn so với hạ lưu, điều này có thể thấy chất lượng nước vùng thượng lưu là tốt, đúng với hiện trạng khi tiến hành khảo sát.

3.2. Kết quả mô hình thủy lực

Kết quả mô phỏng chất lượng nước sông Cu Đê được thực hiện từ ngày 1/1/2014 -1/12/2015. Ở đây sử dụng mực nước thực đo từ ngày 23/11 - 30/11/2014 tại mặt cắt 11087.62m (Trạm Nam Ô) để phục vụ công tác hiệu chỉnh và kiểm định mô hình (Hình 8). Hệ số nhám n = 0.04 được hiệu chỉnh trên toàn tuyến để mô phỏng thủy lực.



▲ Hình 8. Mực nước tính toán và thực đo tại Trạm Nam Ô từ ngày 23/11 - 30/11/2014

Kết quả mô phỏng thủy lực (Hình 8) đưa ra đúng về hình dạng và xu thế. Sai số mực nước giữa thực đo và mô phỏng tại các vị trí không lớn. Với số liệu đo đặc hiện tại dùng để hiệu chỉnh và kiểm định có thể chấp nhận trong điều kiện số liệu đo đặc hạn chế.

3.3. Kết quả mô hình khuếch tán và chất lượng nước

Để hiệu chỉnh các thông số của mô hình chất lượng nước, số liệu quan trắc chất lượng nước vào mùa kiệt tại một số điểm quan trắc dọc sông được sử dụng. Các số liệu này được đo đặc đồng bộ với số liệu dùng làm biên trên và biên dưới trong mô hình thủy lực và mô

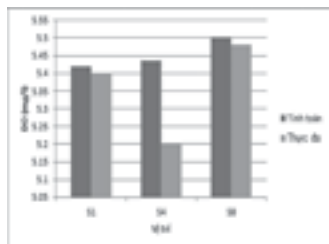
Bảng 3. Giá trị thực đo và tính toán thông số DO và BOD ngày 8/5/2015

Vị trí	BOD (mg/l)		
	Tính toán (mg/l)	Thực đo (mg/l)	Sai số (%)
S1	2.4	2.4	0
S4	2.301518	2.3	0.066
S8	1.4	1.4	0

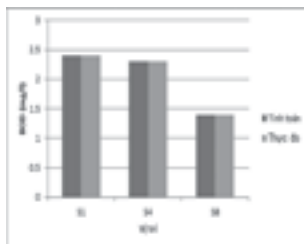
Vị trí	DO (mg/l)		
	Tính toán (mg/l)	Thực đo (mg/l)	Sai số (%)
S1	5.42	5.4	0.37
S4	5.435367	5.2	4.526
S8	5.5	5.48	0.365

hình chất lượng nước. Tất cả dựa trên “Kết quả quan trắc chất lượng nước sông, hồ tại TP. Đà Nẵng giai đoạn 2014 - 2016”. Việc hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước được tiến hành đối với mùa kiệt (5/2014), thông qua việc hiệu chỉnh kết quả tính toán chất lượng nước tại các điểm có số liệu thực đo (ngày 8/5/2014). Với hệ số $k_d = 0.5$ hiệu chỉnh mô hình được kết quả như sau (Bảng 3).

Do hiện trạng số liệu chất lượng nước nói chung và số liệu tại lưu vực sông Cu Đê nói riêng không được đo đạc thường xuyên và liên tục, nên kết quả thường không được tối ưu, nhưng vẫn nằm trong sai số cho phép. Cụ thể, kết quả hiệu chỉnh chất lượng nước thể hiện trong các Hình 9 và 10 đều cho kết quả hợp lý. Mô hình cho kết quả có xu hướng khớp với thực đo và đúng với thực tế. Do vậy, có thể sử dụng bộ thông số mô phỏng để tính toán cho kịch bản chất lượng nước sông Cu Đê theo Quy hoạch 2030.



▲ Hình 9. Kết quả tính toán hiệu chỉnh DO và thực đo 8/5/2014



▲ Hình 10. Kết quả tính toán hiệu chỉnh BOD và thực đo 8/5/2014

3.4. Xây dựng kịch bản chất lượng nước sông Cu Đê theo Quy hoạch 2030

-KCN:

+ KCN Hòa Khánh: 12.000 m³/ngày. đêm. Nước sau xử lý đạt loại B (theo QCVN 40:2011/BTNMT)

+ KCN Hòa Khánh mở rộng: XLNT KCN Hòa Khánh mở rộng và tiếp nhận thêm nước thải từ cụm

Bảng 4. Số liệu kịch bản chất lượng nước sông Cu Đê theo Quy hoạch 2030

Tên nguồn thải	Lưu lượng (m ³ /s)	Tải lượng BOD (mg/l)	Ghi chú
KCN	0.194	50	Nguồn thải từ KCN
KDC	1.09	304.34	Nguồn thải từ KDC

Bảng 5. Kết quả mô phỏng nồng độ BOD tại mặt cắt 11087,6 m (vị trí tiếp nhận nguồn thải KCN)

Thời gian MC KCN	Hiện tại	Kịch bản	Hiện tại	Kịch bản	QCVN 08:2015/ BTNMT (Cột A1) (Đối với thông số BOD ₅ (mg/l))
	BOD (mg/l)		BOD ₅ (mg/l)		
Mùa kiệt (8/5)	2.434	4.431	2.427	4.416	4
Mùa lũ (26/10)	1.471	1.685	1.466	1.679	

Bảng 6. Kết quả mô phỏng nồng độ BOD tại mặt cắt 12445.1 m kịch bản 2030

Thời gian MC KDC	Hiện tại	Kịch bản	Hiện tại	Kịch bản	QCVN 08:2015/ BTNMT (Cột A1) (Đối với thông số BOD ₅ (mg/l))
	BOD (mg/l)		BOD ₅ (mg/l)		
Mùa kiệt (8/5)	2.446	4.432	2.438	4.418	4
Mùa lũ (26/10)	1.703	2.709	1.698	2.7	

công nghiệp Thanh Vinh: 4.500 m³/ngày.đêm. Nước sau xử lý đạt loại B (theo QCVN 40:2011/BTNMT), BOD = 50 mg/l.

- KDC: 94.481 m³/ngày.đêm lưu lượng ước tính khoảng 1.094 m³/s, nồng độ các chất ô nhiễm giữ nguyên như thời điểm hiện tại.

Kết quả mô phỏng thông số BOD và DO trên toàn lưu vực sông Cu Đê đúng với xu hướng của hiện trạng chất lượng nước sông Cu Đê (nồng độ BOD tăng dần từ thượng nguồn về hạ lưu – khu vực chịu ảnh hưởng trực tiếp từ nguồn thải KDC, KCN, nồng độ DO có xu hướng giảm dần về hạ lưu).

QCVN 08:2015/BTNMT: A1 - Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt, bảo tồn động thực vật thủy sinh và các mục đích khác như loại A2, B1 và B2.

Hàm lượng BOD tại mặt cắt 12445,1 m (vị trí tiếp nhận nguồn thải KDC) cũng có sự chênh lệch tương tự. Thời điểm hiện tại (BOD = 2,446 mg/l) và thời điểm mô phỏng theo kịch bản (BOD = 4,432 mg/l) (Bảng 5).

Tại mặt cắt 11087.6 (vị trí tiếp nhận nguồn thải KCN) và mặt cắt 12445.1 (vị trí tiếp nhận nguồn thải



KDC) có nồng độ BOD tăng cao vào những tháng mùa kiệt (tháng 2-8) và giảm dần vào mùa lũ (tháng 9-12). Nồng độ BOD được mô phỏng thấp nhất vào tháng 10. Thời điểm này sông Cu Đê nhận được lượng nước lớn từ thượng nguồn đổ về (lũ), dòng chảy mạnh tạo điều kiện tăng khả năng khuếch tán oxy trong nước, đồng thời pha loãng các chất ô nhiễm lớn dẫn đến nồng độ BOD giảm tại thời điểm mùa lũ.

Kết quả mô phỏng cho thấy hàm lượng BOD đạt giá trị cao nhất vào mùa kiệt. Vì vậy để đánh giá chất lượng môi trường nước, ta xét cho mùa kiệt (tháng 5-7) là thời điểm khả năng tự làm sạch của sông thấp nhất, lưu lượng dòng chảy nhỏ, khả năng khuếch tán oxy trong nước thấp, nên dễ bị ô nhiễm cao nhất. Với sự thay đổi theo kịch bản quy hoạch 2030 thì hàm lượng BOD tại vị trí mặt cắt 11087.6 m và mặt cắt 12445,1 m có thể vượt 1,1 lần ngưỡng cho phép đối với QCVN 08:2015/BTNMT (Cột A1).

4. Kết luận

Kết quả phân tích nước cho thấy, môi trường nước

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Trung tâm Tiêu chuẩn Chất lượng (2002), Các tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam về Môi trường, tập 3, 4: Chất lượng nước, Hà Nội.
2. Nguyễn Dương Quang Chánh (2014), Áp dụng mô hình MIKE 11 trong mô phỏng chất lượng nước hạ lưu Vu Gia - Hàn, TP. Đà Nẵng, Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng.
3. QCVN 08:2015/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước mặt.

sông Cu Đê TP. Đà Nẵng có sự biến động giữa các điểm nghiên cứu. Hầu hết các thông số (DO, nhiệt độ, COD, N-NH₄, P-PO₄) đều đạt QCVN 08:2018/BTNMT. Ngoại trừ một số vị trí tại khu vực hạ lưu sông Cu Đê (S1, S2) nước bị ô nhiễm hữu cơ do BOD₅ cao (10 - 27 mg/l).

Kết quả mô phỏng chất lượng nước sông Cu Đê có xu hướng giống với thực đo và có kết quả chênh lệch với thực đo không lớn (sai số < 5%) nên có thể áp dụng để dự báo diễn biến chất lượng môi trường nước sông Cu Đê cho tương lai. Kết quả cũng cho thấy hàm lượng BOD đạt giá trị cao nhất vào mùa kiệt vì là thời điểm khả năng tự làm sạch của sông thấp nhất, lưu lượng dòng chảy nhỏ, khả năng khuếch tán oxy trong nước thấp, nên dễ bị ô nhiễm cao nhất.

Trong tương lai, nếu sông Cu Đê trực tiếp tiếp nhận nguồn nước thải lớn từ các KCN và khu dân cư lân cận thì môi trường nước sông Cu Đê sẽ bị ô nhiễm hữu cơ. Để Nhà máy nước Hòa Liên trong tương lai hoạt động hiệu quả cần có những giải pháp phù hợp giảm thiểu ô nhiễm hữu cơ trên sông Cu Đê trong thời gian tới■

4. Sở TN&MT(2016), Điều tra hiện trạng xả nước thải vào nguồn nước trên lưu vực sông Cu Đê và sông Túy Loan, UBND TP. Đà Nẵng.
5. Trung tâm Nghiên cứu BVMT - Đại học Đà Nẵng, Báo cáo thủy văn Dự án Nhà máy nước Hòa Liên, Viện thủy điện và Năng lượng tái tạo.
6. Trần Xuân Vũ (2013), Quản lý môi trường lưu vực sông Cu Đê TP. Đà Nẵng bằng mô hình chất lượng nước, Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng.
7. (2007), A modelling System for Rivers and Channels User Guide, DHI Water and Environment, Denmark.

ASSESSMENT OF CURRENT STATUS AND WATER QUALITY MODELLING FOR THE CU DE RIVER IN DA NANG CITY

Doan Thuy Kim Phuong

University of Science and Technology, University of Danang

ABSTRACT

In this paper, the one-dimensional MIKE 11 model was applied for water quality assessment in Cu De river, Danang city. After calibrating and validating with the data in the year 2014, the model was used to predict water quality for the Cu De river which correspondents plans for economic and social development of Da Nang in the future.

This study shows that the simulation results are similar to the measurement data and the difference between the modelled and measured data are small (error <5%). Most of the parameters (DO, temperature, COD, N-NH₄, P-PO₄) satisfied QCVN 08:2018/BTNMT. Except for some locations in the downstream of Cu De River (S1, S2), the water environment was polluted due to high BOD₅ concentration (10-27 mg/l). The results also show that the BOD concentration reached the highest value in the dry season; as the time when the self-cleaning ability of the river is lowest, the flow is small, the oxygen diffusion capacity in the water is low, therefore most susceptible to pollution.

Key words: MIKE 11, water quality model, Cu De river.