

TÍNH LAN TRUYỀN Ô NHIỄM TRÊN MẠNG KÊNH SÔNG, ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO MẠNG KÊNH LÊ MINH XUÂN

CN. Nguyễn Thị Bảy - Trường Đại học Bách Khoa

TS. Nguyễn Kỳ Phùng - Trường Đại học Quốc gia Tp. HCM

*T*rong bài báo này, các tác giả trình bày tính toán lan truyền ô nhiễm trên mạng kênh, sông. Cơ sở tính toán dựa trên lời giải số của hệ phương trình Saint - Venant kết hợp với hệ phương trình lan truyền ô nhiễm. Tính toán lan truyền ô nhiễm trên mạng kênh rạch Lê Minh Xuân với các phương án xả thải khác nhau và đánh giá phân tích các kết quả đó.

1. Giới thiệu mạng kênh, rạch Lê Minh Xuân

Hệ thống kênh rạch Lê Minh Xuân – Bình Chánh bao gồm các con kênh tự nhiên và kênh đào. Trong đó 2 con kênh lớn là kênh An Hạ chảy từ Củ Chi Hóc Môn đến Bình Chánh (theo hướng Đông Bắc – Tây Nam), kênh Sáng thuộc Huyện Bình Chánh (chảy theo hướng Tây Bắc Đông Nam) (xem hình 1), và hàng chục con kênh nhỏ được gọi tên theo số thứ tự, như: kênh 6, kênh 8,... Mạng kênh này tiếp nhận chất thải từ các nhà máy lớn nhỏ nằm trong khu công nghiệp Lê Minh Xuân – Bình Chánh, khu công nghiệp này là nơi tập trung hầu hết các nhà máy xí nghiệp ô nhiễm từ trong nội thành phải di dời, vì vậy vấn đề xả thải là rất quan trọng. Có nhiều nhà máy xí nghiệp có hệ thống đấu nối với nhà máy xử lý nước thải tập trung nên nước thải sẽ được vào nhà máy xử lý trước khi thải ra các kênh rạch, nhưng cũng có xí nghiệp không có hệ thống đấu nối với nhà máy xử lý nên thải thẳng ra các kênh rạch gây nên tình trạng ô nhiễm nghiêm trọng. Đặc biệt là các cơ sở tiểu thủ công nghiệp không nằm trong khu công nghiệp xả thải không qua hệ thống xử lý chung, gây áp lực về môi trường rất lớn cho hệ thống kênh rạch của khu vực này. [7], [8].

2. Mô hình tính toán

a. Cơ sở lý thuyết

Dòng chảy và sự lan truyền chất ô nhiễm trên nhánh kênh, sông được mô tả bởi các phương trình: [1], [2], [3].

* Phương trình liên tục:

$$B \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0$$

* Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{K^2} - (u_q)q = C$$

* Phương trình vận tải chất:

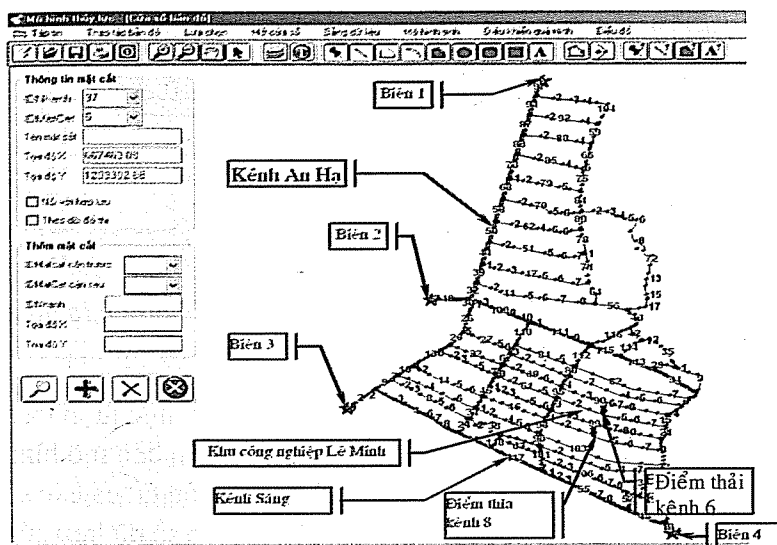
$$\frac{\partial}{\partial t} (AC) = \frac{\partial}{\partial x} \left(AE \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (AUC) + A(-bC + p)$$

Trong đó: x – toạ độ dọc dòng chảy (m); t – thời gian (s); Q – lưu lượng (m³/s); B – bề rộng mặt thoáng kênh (m); h – độ sâu của kênh (m); A – diện tích ướt (m²); z – cao độ mực nước (m); q – lưu lượng bên nhập vào trên một đơn vị chiều dài kênh (m³/s/m); u_q – thành phần vận tốc dọc trục của lưu lượng nhập vào q (m²/s); C – nồng độ chất (mg/l); E – hệ số phân tán dọc trục kênh (m²/s); K – mô đun lưu lượng, được tính qua hệ số Chezy và hệ số Manning;

Người phản biện: TS. Dương Hồng Sơn

g – gia tốc trọng trường; U – vận tốc trung bình dòng chảy (m/s); b – hằng số phân huỷ tổng cộng (phản ứng, lắng đọng, gia nhập, ...) (1/s);

p – hệ số tự do, không phụ thuộc vào nồng độ, ví dụ: nguồn nội tại và lắng đọng (mất chất hữu cơ của tảo, nguồn sinh vật đáy, ...) (mg/l/s).



Hình 1. Hệ thống kênh rạch Lê Minh Xuân - Bình Chánh

2. Mô hình hóa dòng chảy và lan truyền chất ô nhiễm

Những hệ phương trình trên được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn, trình tự giải trên từng nhánh sông, kết hợp với các ô chứa đã được trình bày trong [3], [4]. Mô hình đã được chạy kiểm chứng với nghiệm giải tích và thực nghiệm cho mạng kênh Thị Vải [4]. Phần ứng dụng MapInfo tích hợp trong mô hình phục vụ cho xuất nhập dữ liệu được trình bày trong bài báo cáo [5]. Ở đây tác giả trình bày phần tính toán các phương án và phần phân tích đánh

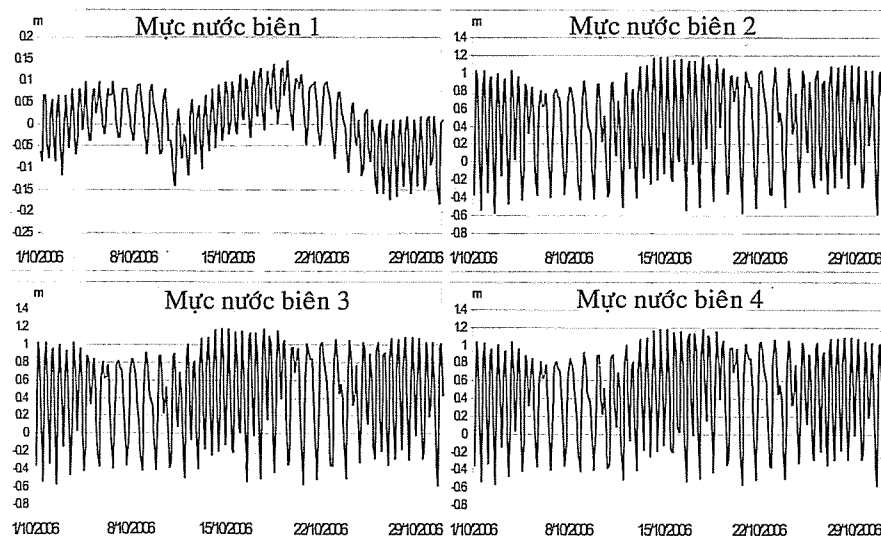
giá các kết quả đạt được.

3. Sơ đồ hoá mạng kênh rạch Lê Minh Xuân

a. Sơ đồ mạng sông

Mạng sông được chia thành 701 mặt cắt trong 119 nhánh với 73 hợp lưu, và 2 điểm thả. Khoảng cách giữa 2 mặt cắt lớn nhất là 865 m và nhỏ nhất là 15 m, nhánh ngắn nhất là 53m, nhánh dài nhất là 6873m, bước thời gian tính là ($T=10$ giây, cao độ đáy lớn nhất là -0,54m, và nhỏ nhất là -8,2m. Tổng số có 4 biên lồng. (hình 1)

b. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên



Hình 2. Dao động mực nước tại 4 biên (đơn vị mét).

Bài toán truyền chất:

Ở thời điểm ban đầu ($t=0$), giả sử nồng độ các yếu tố cần tính (độ mặn, BOD, DO,...) đều bằng 0 trên toàn mạng kênh. Còn tại các biên

IDBien	IDNhanh	BOD	DO
1	97	8	0.5
2	18	15	0.5
3	2	12	1
4	19	9	0.3

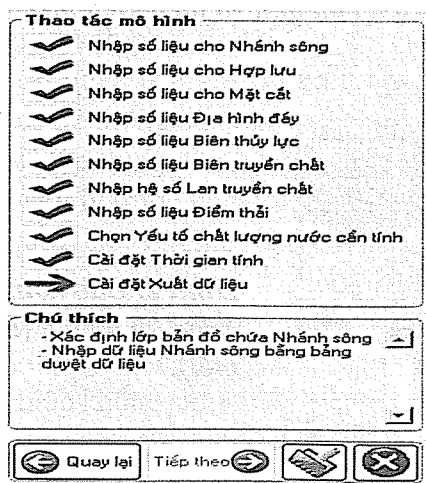
Bảng 1. Thông số các biên lỏng

Tổng số có 2 điểm thải: điểm thứ nhất nằm trên kênh 6, điểm thứ hai nằm trên kênh 8, cả 2 điểm thải này đều từ khu công nghiệp Lê Minh Xuân xả thải ra. Số liệu ở các điểm thải phụ thuộc vào các phương án xả thải khác nhau, phần này sẽ được trình bày kỹ trong phần nhập liệu cho các kịch bản.

4. Các thao tác sử dụng chương trình

a. Cài đặt các thông số

Cài đặt các thông số của mô hình được thực hiện thông qua việc sử dụng trình cài đặt số liệu của mô hình. Trong công cụ này người sử dụng được hướng dẫn trình tự các bước thực hiện cài đặt (hình 3).



Hình 3. Trình cài đặt mô hình

lỏng, nồng độ các chất được cho trong bảng 1. Trong bài báo này nhóm tác giả ứng dụng tính toán cho 2 yếu tố.

° Điểm thải:

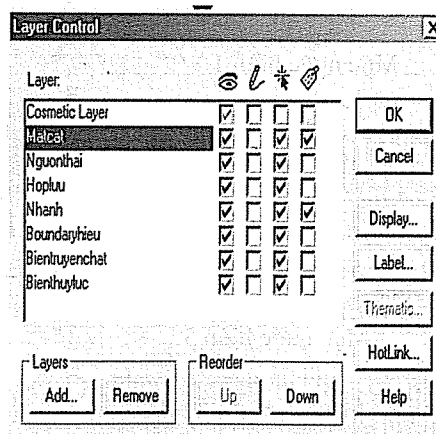
IDBien	IDNhanh	Vitri	Dacdiem
1	97	0	12
2	18	0	12
3	2	0	12
4	19	0	12

Bảng 2. Điều kiện nồng độ của các biên lỏng (mg/l).

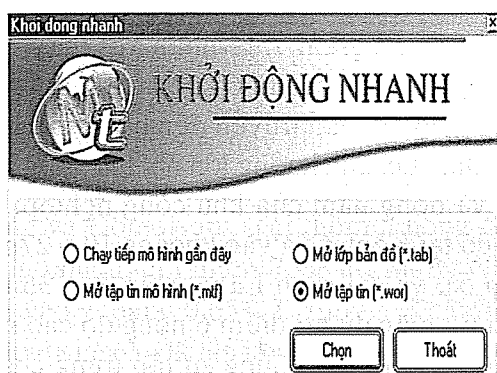
Tất cả các bước cài đặt được thực hiện trên giao diện của mô hình. Giao diện của mô hình được tích hợp công nghệ GIS, nên tất cả các số liệu được thực hiện thông qua cơ sở dữ liệu của GIS, cụ thể là lưu trên các trường dữ liệu của các lớp bản đồ (các table).

Để chương trình có thể chạy được người dùng phải tiến hành tạo tổng số gồm 7 lớp bản đồ như hình 4 với các trường dữ liệu theo qui định của chương trình.

Sau khi cài đặt tất cả các thông số, người sử dụng có thể lưu lại mô hình ra tập tin với định dạng là "*.mtf". Tập tin này được sử dụng để mở lại mô hình một cách nhanh chóng thông qua công cụ mở nhanh mô hình (hình 5).



Hình 4. Các lớp bản đồ trong chương trình



Hình 5. Công cụ khởi động nhanh

b. Chỉnh sửa các thông số

- Thêm, xóa các mặt cắt
- Thêm, xóa các điểm thải.
- Tạo mới, thêm, xóa các lớp bản đồ.
- Xem, chỉnh sửa thông số về thiết diện của các mặt cắt.

c. Chạy mô hình gồm các chức năng sau

- Chạy mô hình, tạm dừng, chạy tiếp.
- Mở mô hình đã chạy hoàn tất.
- Chạy tiếp một mô hình dở dang.
- Biểu diễn kết quả bằng GIS động, các bảng biểu, biểu đồ.

5. Kết quả tính toán

Số liệu biên thủy lực và biên nồng độ giống nhau cho tất cả các phương án (xem phần III). Giá trị nồng độ của điểm thải thay đổi tùy theo mỗi phương án, chúng tôi đã thực hiện 3 phương án sau:

- Phương án 1: phương án hiện trạng với nồng độ BOD là 457 mg/l; Nitrat là 7.87 mg/l; Amoni là 1mg/l; và nhiệt độ là 20°C.

- Phương án 2: phương án giảm 50% so với hiện trạng với nồng độ BOD là 228 mg/l; Nitrat là 3.9 mg/l; Amoni là 0.5 mg/l; và nhiệt độ là 20°C.

- Phương án 3: phương án giảm 75 % so với hiện trạng với nồng độ BOD là 114 mg/l; Nitrat là 2 mg/l; Amoni là 0.25 mg/l; và nhiệt độ là 20°C.

a. Kết quả đạt được trình bày như sau

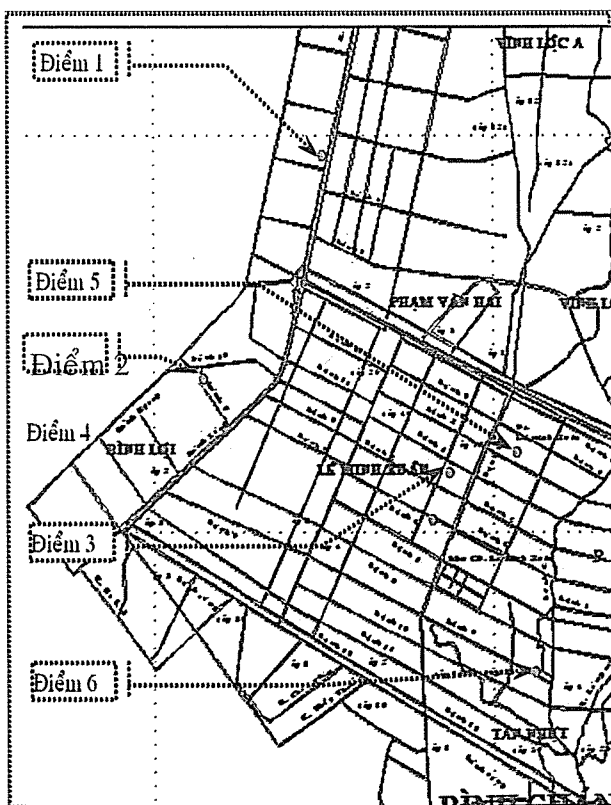
Kết quả được thể hiện tại 6 điểm:

- Điểm 1: trên kênh An Hạ, cách nguồn thải khu công nghiệp Lê Minh Xuân khoảng 12 km về hướng Tây Bắc.
- Điểm 2: trên kênh An Hạ, cách nguồn thải khoảng 7 km về hướng Tây.
- Điểm 3: trên kênh 6, cách nguồn thải khoảng 1 km về hướng Đông.
- Điểm 4: trên kênh 8, cách nguồn thải khoảng 1 km về hướng Đông.
- Điểm 4: trên kênh C cách nguồn thải khoảng 3 km về hướng Đông.
- Điểm 6: trên Rạch Láng Mặn, cách nguồn thải khoảng 5km về hướng Đông Nam.

Phân tích và đánh giá các kết quả dựa vào tiêu chuẩn chất lượng nước mặt theo qui định:

Loại A: $DO \geq 6 \text{ mg/l}$, $BOD < 4 \text{ mg/l}$;

Loại B: $DO \geq 2 \text{ mg/l}$, $BOD < 25 \text{ mg/l}$.



Hình 6. Kết quả được thể hiện tại 6 điểm

b. Phân tích kết quả:

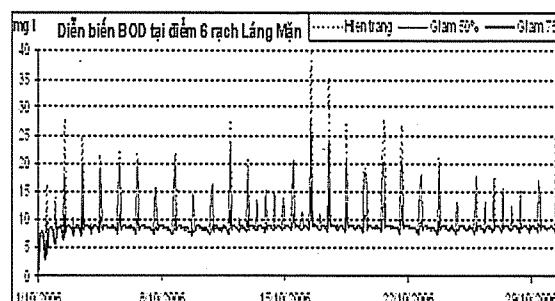
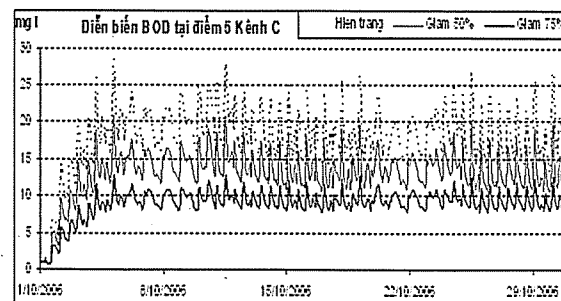
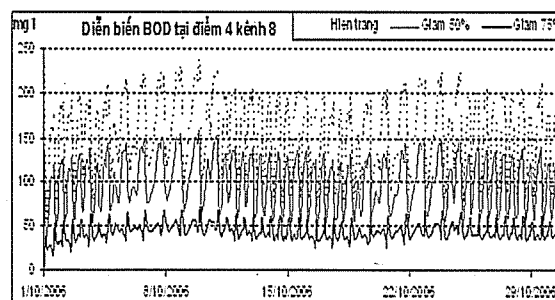
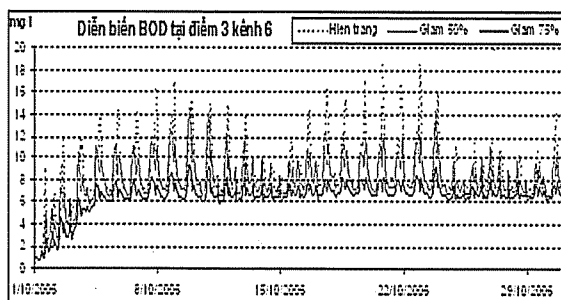
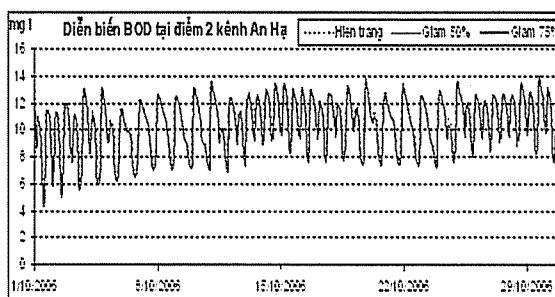
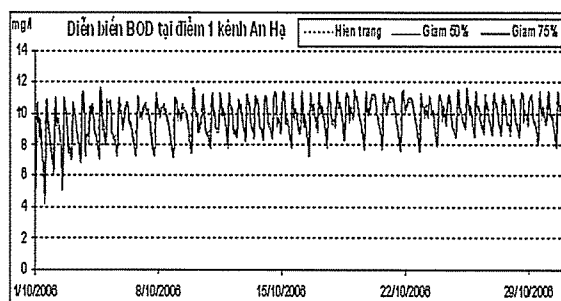
Trên hình 7,8 lần lượt biểu diễn các kết quả về diễn biến BOD, DO tại các điểm đã chọn

như hình 6

b. Phân tích diễn biến nồng độ BOD

Kết quả tính toán cho thấy chất lượng nước ở khu vực này khi chưa có thải đã ở mức B. Mặc dù vậy trong khu vực này vẫn có một khu công nghiệp tồn tại và hoạt động. Chất thải của khu công nghiệp cùng với các cơ sở tiểu thủ công nghiệp thải ra làm cho môi trường ngày càng trở nên nghiêm trọng hơn. Tại kênh 8 ngay khu công nghiệp nồng độ BOD thải ra khoảng 457mg/l (hiện trạng), 227mg/l giảm

50%, 114mg/l giảm 75% nhận xét thấy rằng nồng độ tăng lên cao từ 60 đến 200mg/l (điểm 4), nồng độ này lan truyền đến các kênh khác trong khu vực, ảnh hưởng lớn nhất là vùng phía đông và đông nam của khu công nghiệp: với nồng độ tại Kênh C là vào khoảng 10 – 27mg/l (điểm 5), và tại rạch Láng Mặn 8 – 35mg/l (điểm 6), mặc dù tại điểm 6 nồng độ cao nhất có cao hơn điểm 5 nhưng sự tập trung chất ô nhiễm vào các thời điểm thì thấp hơn so với tại điểm 5, khu vực này chỉ xuất hiện tại một vài thời điểm có nồng độ ≥ 30 mg/l.



Hình 7. Diễn biến BOD trong khu vực:

Khu vực phía bắc và tây bắc khu công nghiệp thì nồng độ hầu như là ít biến đổi, nên khu vực này khả năng chịu tải của các con kênh vẫn đạt.

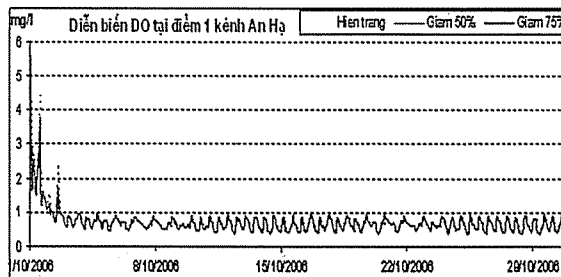
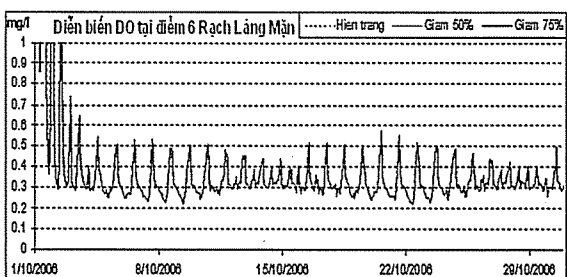
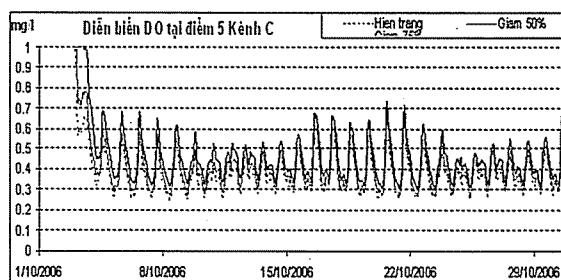
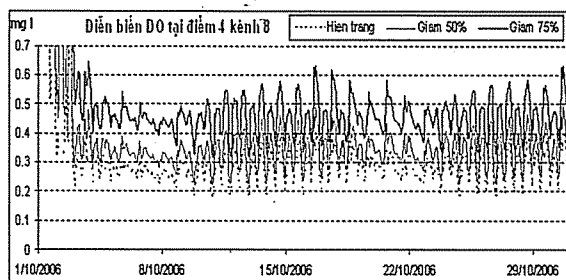
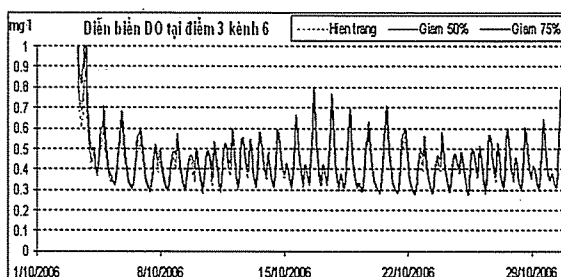
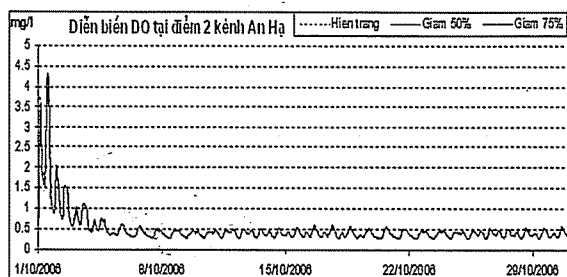
c. Phân tích diễn biến DO (hình 8)

Xu hướng biến đổi DO phụ thuộc rất nhiều vào BOD của khu vực. Nên sự biến đổi BOD như trên cho ta thấy một sự biến đổi tương ứng của DO.

Tại khu vực gần điểm xả của khu công

nghiệp (điểm 4) ta thấy nồng độ DO rất thấp 0,3 – 0,5mg/l, nồng độ này là rất thấp và các con kênh ở khu vực này khả năng chịu tải hầu như không còn. Tương tự cho khu vực phía Đông và Đông Nam. Tại điểm 5 nồng độ DO trong phương án giảm 75% tải lượng có tăng hơn vào khoảng 0,65 – 0,7mg/l, và tại điểm 6 thì khu vực này là nơi tập trung nước đổ ra sông Bến Lức nên nồng độ DO thấp hơn điểm 5 vào

khoảng 0,3 – 0,5 mg/l. Khu vực Bắc và Tây Bắc khu công nghiệp thì nồng độ BOD không cao, nhưng DO vẫn vào khoảng 0,5 - 0,7mg/l là do nước ô nhiễm từ đầu kênh An Hạ đổ về, vì trong khu vực đầu nguồn kênh An Hạ thuộc địa phận Hóc Môn, Củ Chi có khác nhiều khu công nghiệp và các cơ sở tiểu thủ công nghiệp với hệ thống xử lý đạt hiệu quả rất thấp hoặc không có (điều kiện biên tại biên 1 của DO là 0,5mg/l).



Hình 8. Diễn biến DO trong khu vực

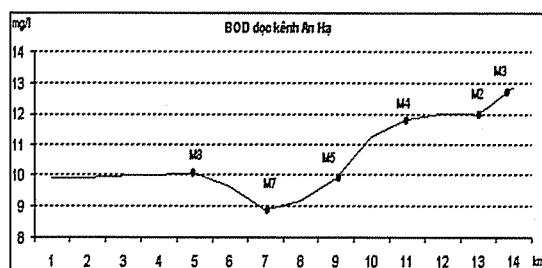
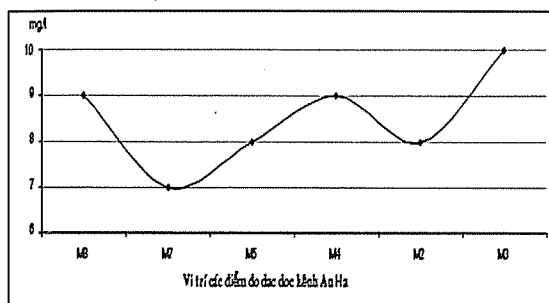
d. So sánh nồng độ BOD tính toán và đo

Trên hình 9 và 10 lần lượt biểu diễn các diễn biến BOD dọc theo kênh An Hạ và kênh Sáng. Các hình vẽ cho thấy xu hướng diễn biến BOD dọc theo hai kênh là phù hợp.

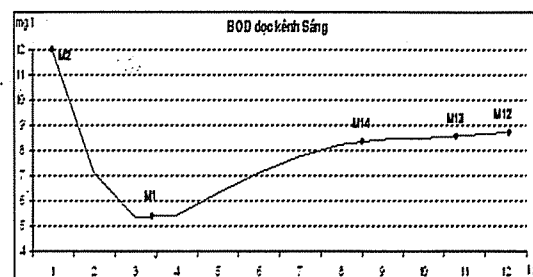
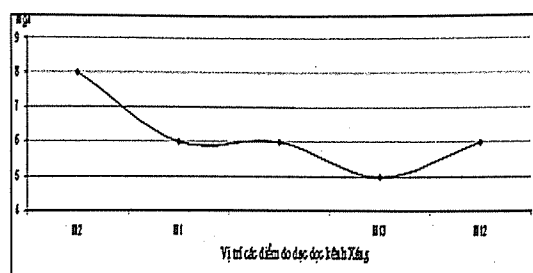
6. Kết luận

Nhìn chung, khu vực Lê Minh Xuân mật độ sản xuất công nghiệp không cao, nông nghiệp chiếm phần lớn. Mặc dù vậy chất lượng nước

mặt ở khu vực này đang ở mức báo động, một phần vì chất thải của khu công nghiệp, các cơ sở tiểu thủ công nghiệp không được xử lý và phần lớn là chất thải do hoạt động nông nghiệp. Ở đây các nguồn thải ra từ các cơ sở tiểu thủ công nghiệp chưa có điều kiện thống kê được, nên việc tính toán chỉ dựa vào các nguồn thải công nghiệp nên rõ ràng kết quả còn có sai lệch so với thực tiễn, nhưng nhìn chung các diễn biến nồng độ chất thải theo xu hướng hợp với thực tiễn.



Hình 9. Diễn biến BOD dọc kênh An Hạ



Hình 10. Diễn biến BOD dọc kênh Xáng

Tài liệu tham khảo

1. Giáo trình thủy lực. Nguyễn Ngọc Ẩn, Nguyễn Thị Bảy, Lê Song Giang, Huỳnh Công Hoài, Nguyễn Thị Phương. "Giáo trình thủy lực". Trường Đại học Bách khoa, Bộ môn Cơ lưu chất, Tp.Hồ Chí Minh. 2006.
2. Mô hình toán cho dòng chảy và chất lượng nước trên hệ thống kênh sông. Nguyễn Tất Đắc. NXB NN Tp. Hồ Chí Minh, 2005.
3. Mô hình toán hóa chất lượng nước mặt. Nguyễn Kỳ Phùng, Nguyễn Thị Bảy. NXB ĐHQG Tp.Hồ Chí Minh, 2007.
4. Mô hình toán tính lan truyền ô nhiễm trên mạng kênh sông – Phần 1: Mô hình toán. Phần 2: Áp dụng tính toán cho mạng sông Thị Vải. Nguyễn Thị Bảy, Quách Thị Ngọc Thơ. Tạp chí phát triển khoa học công nghệ, tập 8 trang 78-91, 6/2005.
5. "Ứng dụng mô hình toán kết hợp GIS tính lan truyền ô nhiễm cho mạng sông huyện Cần giờ". Kỷ yếu hội thảo "Các giải pháp Bảo vệ môi trường Công nghiệp và Đô thị tại Việt Nam". Nguyễn Thị Bảy, Hà Đình Hiếu, Nguyễn Chí Thiện. ĐHBK Tp. HCM, 10/2005, tr. 82-94.
6. Báo cáo nghiên cứu, đánh giá tải lượng ô nhiễm các cơ sở sản xuất khu vực Lê Minh Xuân – Bình Chánh, tính toán khả năng tiếp nhận nước thải và đề xuất biện pháp quản lý", tháng 5 năm 2006. Viện kỹ thuật nhiệt đới và bảo vệ môi trường. Sở Khoa học công nghệ Tp. Hồ Chí Minh.
7. Các báo cáo của nhà máy xử lý nước thải tập trung khu Công nghiệp Lê Minh Xuân – huyện Bình Chánh Tp. Hồ Chí Minh tháng 3/2005; 4/2006; 5/2007.
8. J.A.Cung, F.M.Holly, A.Verway (1980), Practical aspects of computational river hydraulics, Pitman Advanced Publishing Program.
9. Mapinfo Corp, Mapbasic reference.
10. Qual_2e software, Qual_2e reference.