

---

---

## MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	1
MỞ ĐẦU.....	3
Tính cấp thiết của đề tài.....	3
Mục tiêu của đề tài.....	3
Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
Phương pháp nghiên cứu.....	3
Cấu trúc đồ án.....	4
Chương 1: TỔNG QUAN.....	5
1.1. Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu.....	5
1.1.1. Vị trí địa lý, địa hình.....	5
1.1.2. Đặc điểm khí tượng, khí hậu.....	5
1.1.3. Đặc điểm hải văn.....	5
1.1.4. Đặc điểm thủy văn và dòng chảy sông.....	6
1.2. Hiện trạng ô nhiễm vịnh Cửa Lục.....	6
1.2. Tổng quan về mô hình toán EFDC.....	6
2.1. Các số liệu cơ bản.....	7
2.1.2. Số liệu thủy hải văn.....	7
2.2. Thiết lập mô hình thủy lực.....	7
2.2.1 Thiết lập miền tính và lưới tính toán.....	7
2.2.2. Thiết lập điều kiện biên.....	8
2.2.3. Thiết lập điều kiện ban đầu.....	9
2.2.4. Thời kỳ tính toán.....	10
2.2.5. Các thông số mô hình.....	10
2.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực.....	10
2.3.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình thủy lực.....	11
2.3.2. Kết quả kiểm định mô hình thủy lực.....	12
2.4. Phân tích chế độ thủy động lực học khu vực nghiên cứu.....	13
2.4.1. Biến đổi vận tốc theo mùa.....	13
2.4.2. Biến đổi vận tốc theo độ sâu.....	18
Chương 3: MÔ PHÒNG LAN TRUYỀN CHẤT Ô NHIỄM TRONG VỊNH CỬA LỤC.....	22

---

3.1. Thiết lập mô hình mô phỏng chất lượng nước khu vực nghiên cứu.....	22
3.1.1. Miền tính và lưới tính mô hình chất lượng nước.....	22
3.1.2. Thiết lập điều kiện biên cho mô hình chất lượng nước.....	22
3.1.3. Thiết lập các nguồn xả thải.....	22
3.1.4. Thời gian tính toán và hiệu chỉnh mô hình.....	23
3.1.5. Kết luận.....	24
3.2. Đánh giá chất lượng nước qua các kịch bản.....	24
3.2.1. Xây dựng kịch bản.....	24
3.2.2. Hiện trạng chất lượng nước ở vịnh Cửa Lục năm 2008.....	24
3.2.3. Phân tích chất lượng nước vịnh Cửa Lục khi lưu lượng thải khu công nghiệp Cái Lân tăng 1.5 lần – Kịch bản 1.....	30
3.2.4. Phân tích chất lượng nước vịnh Cửa Lục khi có thêm nước thải sinh hoạt tại Bãi Cháy tăng lên 2 lần – Kịch bản 2.....	32
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	35
Kết luận.....	35
Kiến nghị.....	35
Tài liệu tham khảo.....	36

## MỞ ĐẦU

### Tính cấp thiết của đề tài

Lưu vực vịnh Cửa Lục có mối quan hệ trực tiếp với vịnh Hạ Long. Phần lớn các chất gây ô nhiễm đổ vào vịnh không phân giải hết đều được chuyển ra vịnh Hạ Long thông qua eo Cửa Lục. Chất lượng nước vịnh Cửa Lục phụ thuộc chủ yếu vào tải lượng ô nhiễm của các hoạt động kinh tế xã hội diễn ra trong khu vực đổ vào vịnh và có liên quan chặt chẽ với chất lượng nước của khu vực ven biển Bãi Cháy và Hồng Gai. Theo Hội khoa học kỹ thuật biển Việt Nam, trên 70% các chất gây ô nhiễm từ nguồn lục địa đổ ra vùng cửa sông và ven biển, sau đó do sự tương tác ở vùng biển, các chất nguy hại này tích lũy lại với hàm lượng ngày càng cao tại ven bờ.

### Mục tiêu của đề tài

Đề tài được thực hiện nhằm đánh giá đánh giá sự lan truyền chất ô nhiễm trong vịnh Cửa Lục với các lưu lượng xả thải khác nhau, với việc ứng dụng mô hình EFDC đánh giá chất lượng nước vịnh Cửa Lục trong các trường hợp: hiện trạng và trường hợp với các lưu lượng xả thải khác nhau.

### Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề án là chế độ thủy động lực, chất lượng nước khu vực vịnh Cửa Lục.

Phạm vi nghiên cứu là bài toán thủy lực và chất lượng nước khu vực vịnh Cửa Lục với ảnh hưởng của chế độ thủy triều và dòng chảy từ các sông. Vùng nghiên cứu hầu như được che chắn nên có thể bỏ qua tác động của các quá trình khác như sóng, gió.

### Phương pháp nghiên cứu

Đề tài đồ án tốt nghiệp được thực hiện với các phương pháp nghiên cứu chính như phương pháp tiếp cận kế thừa, phương pháp phân tích tổng hợp và phương pháp mô hình toán.

Đồ án kế thừa các kết quả nghiên cứu về khu vực đã được thực hiện trước đây, kế thừa, áp dụng có chọn lọc các kiến thức và công cụ mô hình về thủy động lực học, vận chuyển bùn cát hiện có trên thế giới và trong nước.

Nghiên cứu của đồ án sử dụng các phương pháp phân tích số liệu và phương pháp mô hình hóa để phân tích, đánh giá và tổng hợp so sánh.

Các loại số liệu được thu thập và phân tích trong nghiên cứu bao gồm: Số liệu về điều kiện tự nhiên hệ thống sông ngòi, cửa sông, bờ biển và hải đảo; số liệu địa hình; thông tin hệ thống các trạm đo; các số liệu cơ bản khí tượng và thủy văn (mực nước, vận tốc dòng chảy...), các số liệu hải văn (sóng, thủy triều), số liệu bùn cát (bùn cát lơ lửng, đường cấp phối hạt ...)

Đề tài nghiên cứu của đồ án tốt nghiệp khai thác, sử dụng bộ phần mềm mô hình EFDC để mô phỏng thủy chế độ thủy động lực học, chất lượng nước khu vực nghiên cứu cùng với các công cụ xử lý số liệu khác. Theo phương pháp mô hình toán, căn cứ vào các số liệu thu thập và mục đích nghiên cứu, đồ án đã thực hiện các bước: Thiết lập được miền tính toán, lưới tính, các trạm kiểm tra; Thiết lập điều kiện ban đầu, điều kiện biên (biên trên, biên dưới); Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình. Sau khi đã được hiệu chỉnh và kiểm định, mô hình có thể được dùng để tính toán mô phỏng phục vụ cho việc phân tích hiện trạng chế độ thủy động lực, chất lượng nước của khu vực nghiên cứu.

### **Cấu trúc đồ án**

Ngoài phần mở đầu và phần kết luận, các nội dung chính của đồ án gồm có 4 chương:

Chương 1: Giới thiệu chung về khu vực nghiên cứu.

Chương 2: Tổng quan về mô hình toán.

Chương 3: Mô phỏng chế độ thủy động lực vịnh Cửa Lục.

Chương 4: Mô phỏng lan truyền chất ô nhiễm trong vịnh Cửa Lục.

## Chương 1: TỔNG QUAN

### 1.1. Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu

#### 1.1.1. Vị trí địa lý, địa hình

Lưu vực vịnh Cửa Lục bao gồm phần lớn địa phận huyện Hoành Bồ ở phía bắc (xã Việt Hưng, Sơn Dương, Dân Chủ, Vũ Oai, Trới, Hòa Bình, Đồng Lâm, Lê Lợi, Thống Nhất và thị trấn Trới) và một số phường thuộc thành phố Hạ Long ở phía nam (Cao Xanh, Hà Khẩu, Cao Thắng, Giếng Đáy, Bãi Cháy, Trần Hưng Đạo, Hà Lâm, Yết Kiêu).



Hình 1.1: Khu vực vịnh Cửa Lục – Quảng Ninh

#### 1.1.2. Đặc điểm khí tượng, khí hậu

Do nằm trong vành đai nhiệt đới gió mùa Châu Á, sát biển Đông nên khí hậu của khu vực vịnh Cửa Lục chịu ảnh hưởng của chế độ khí hậu nhiệt đới. Chế độ khí hậu của khu vực nghiên cứu nóng ẩm và phân thành 2 mùa chính và 2 mùa chuyển tiếp.

Lượng mưa hàng năm tương đối lớn. Tổng lượng mưa trung bình năm (trong nhiều năm) là 1856,9 mm. Tháng mưa nhiều nhất từ tháng 5 đến tháng 8.

#### 1.1.3. Đặc điểm hải văn

Khu vực nghiên cứu nằm trong khu vực biển có chế độ nhật triều mạnh (bình quân 1 ngày có một lần nước lên và một lần nước xuống). Độ lớn triều trong lúc nước cường có thể đạt trên 4m. Trong thời gian triều lên dòng triều trong vịnh có hướng Tây Nam lên Đông Bắc và tại các cửa sông dòng triều đi từ biển vào sông. Thời gian triều rút xuống dòng triều có hướng ngược lại với tốc độ lớn. .

#### **1.1.4. Đặc điểm thủy văn và dòng chảy sông**

Trong khu vực nghiên cứu có một số sông nhỏ là sông Míp, sông Trới, sông Man, sông Diễn Vọng. Hầu hết những dòng sông này đều nằm trên những vùng đất thấp ở giữa các đồi dốc với độ dốc từ 12 – 20 %. Do đó, chiều dài của sông thường ngắn và rất dốc. Ở các dòng sông này lũ thường chỉ xảy ra trong thời gian ngắn và trong mùa mưa.

#### **1.2. Hiện trạng ô nhiễm vịnh Cửa Lục**

Chất lượng nước vịnh Cửa Lục phụ thuộc chủ yếu vào tải lượng ô nhiễm của các hoạt động kinh tế xã hội diễn ra trong khu vực đổ vào vịnh và có liên quan chặt chẽ với chất lượng nước của khu vực ven biển Bãi Cháy và Hồng Gai. Theo Hội khoa học kỹ thuật biển Việt Nam, trên 70% các chất gây ô nhiễm từ nguồn lục địa đổ ra vùng cửa sông và ven biển, sau đó do sự tương tác giữa các vùng biển, các chất nguy hại này tích lũy lại với hàm lượng ngày càng cao tại ven bờ.

#### **1.2. Tổng quan về mô hình toán EFDC**

Mô hình EFDC gồm 4 modul chính: mô hình thủy động lực học, mô hình chất lượng nước, mô hình vận chuyển trầm tích, mô hình lan truyền – phân hủy các chất độc trong môi trường nước mặt. Mô hình thủy động lực học EFDC lại gồm 6 modul lan truyền vận chuyển, bao gồm: động lực học, màu sắc, nhiệt độ, độ mặn...

Mô hình EFDC gồm 4 modul chính:

- Mô hình thủy động lực học.
- Mô hình chất lượng nước.
- Mô hình vận chuyển trầm tích.
- Mô hình lan truyền, phân hủy các chất độc trong môi trường nước mặt.

Mô-đun thủy động lực của mô hình EFDC dựa trên phương trình xấp xỉ thủy tĩnh 3 chiều cho hệ tọa độ theo phương thẳng đứng và tọa độ cong trục giao nằm ngang.

- Phương trình động lượng.
- Phương trình liên tục 3 chiều trong hệ tọa độ nằm ngang cong trục giao theo phương thẳng đứng.
- Trong mô phỏng diễn biến đáy thềm phương trình liên tục của dòng nước liên quan tới phương trình cân bằng bùn cát đáy.

**Chương 2: MÔ PHỎNG CHẾ ĐỘ THỦY ĐỘNG LỰC VỊNH CỬA LỤC**

**2.1. Các số liệu cơ bản**

**2.1.2. Số liệu thủy hải văn**

Số liệu thủy hải văn sử dụng bao gồm số liệu về mực nước đo đạc theo giờ năm 2008 tại một số trạm thủy văn (Bảng 3-1)

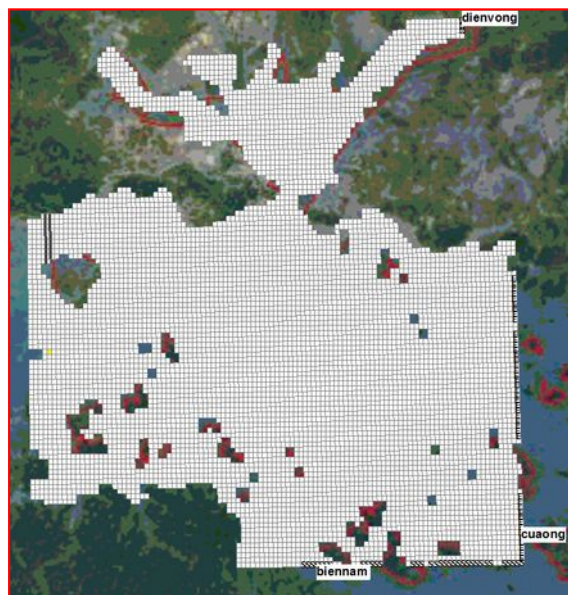
Bảng 2-: Danh sách các trạm sử dụng

STT	Tên trạm	Vị trí		Loại số liệu	Chú thích
		X	Y		
1	Diễn Vọng	721236.075	2325690.650	Mực nước giờ (Hg)	Triều dự báo trong MIKE 21 Toolbox
2	Cửa Ông	723505.575	2306110.400	Mực nước giờ (Hg)	Số liệu thực đo
3	Biên Nam	715694.825	2304872.800	Mực nước giờ (Hg)	Triều dự báo trong MIKE 21 Toolbox
4	Bãi Cháy	714047.975	2318528.550	Mực nước giờ (Hg)	Số liệu thực đo

**2.2. Thiết lập mô hình thủy lực**

**2.2.1 Thiết lập miền tính và lưới tính toán**

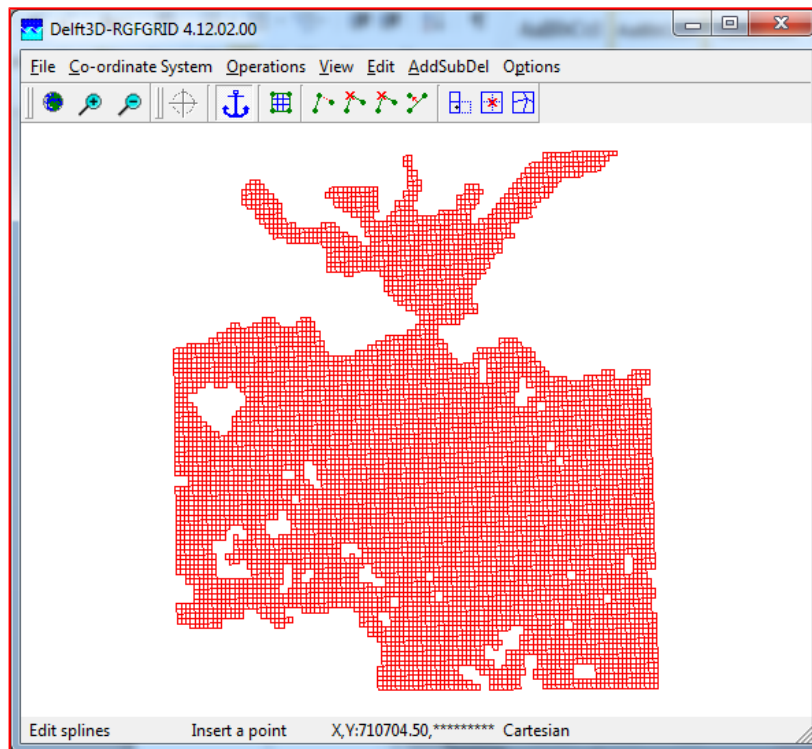
Miền tính toán của mô hình bao gồm các nhánh sông Diễn Vọng, sông Trới, sông Man. Miền tính toán của mô hình có tọa độ địa lý nằm trong khoảng 20°53' đến 20°59' vĩ độ Bắc và 106°59' đến 107°08' kinh độ Đông.



**Hình 3.1: Sơ họa miền tính toán**

Lưới tính trong mô hình được xây dựng thuộc dạng lưới cong trục giao. Đây là dạng lưới mô hình phù hợp với vùng nghiên cứu vì nó đáp ứng được các đặc điểm về địa hình và dòng chảy trong sông có độ chính xác khá cao so với dòng chảy thực tế. Đồ án đã sử dụng phần mềm Delft 3D RGFGGrid để xây dựng miền lưới tính toán mô phỏng cho vùng nghiên cứu.

Trên miền tính có tất cả 7298 ô lưới, kích thước trung bình ô lưới là 172 x 172 m và được đưa vào mô hình EFDC theo lựa chọn Inport Grid.



**Hình 2.2: Kết quả xây dựng lưới tính trong Delft3D RGFGGRID**

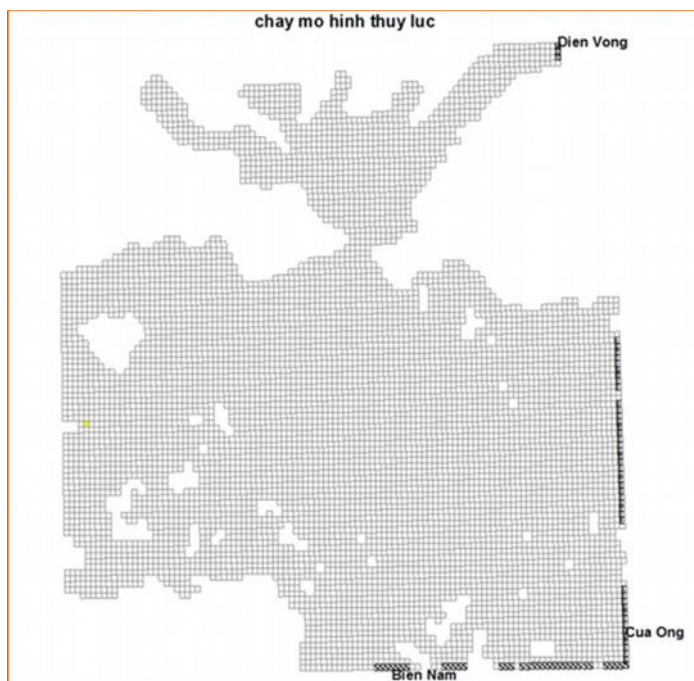
### 2.2.2. Thiết lập điều kiện biên

Điều kiện biên tại biên mở Diễn Vọng, biên mở Cửa Ông là các giá trị mực nước giờ thực đo của các trạm quan trắc trên khu vực năm 2008, biên Nam là số liệu mực nước giờ năm 2008 trích từ MIKE21 Toolbox.

**Bảng 2-: Thông số các biên tính toán trong mô hình**

STT	Biên	Trạm	Số liệu	Năm
1	Diễn Vọng	Diễn Vọng	Mực nước giờ	2008
2	Cửa Ông	Cửa Ông	Mực nước giờ	2008
3	Biên Nam	Biên Nam	Mực nước giờ	2008



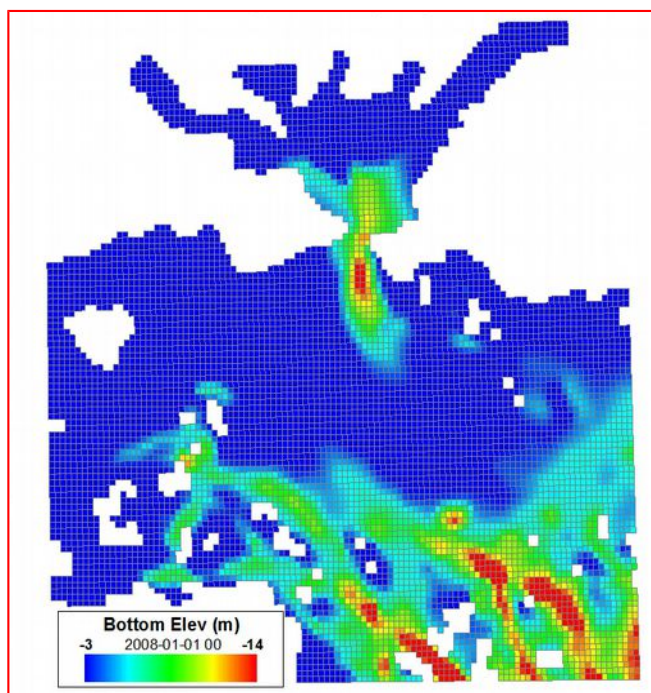


**Hình 2.3: Vị trí các biên tính toán**

### 2.2.3. Thiết lập điều kiện ban đầu

Khi thiết lập điều kiện ban đầu cần khai báo các dữ liệu:

- File về mực nước ban đầu: chọn cao trình nước mặt là 0.
- File về cao trình đáy (Bottom Elevations)



**Hình 3.4: Địa hình miền tính toán trong EFDC\_Explore**

Kết quả khi số hóa bản đồ và nội suy địa hình ta được số liệu địa hình trong EFDC\_Explorer như Hình 3.4. Cột cao độ địa hình được lấy theo cao độ chuẩn quốc gia. Địa hình trên toàn lưu vực nghiên cứu dao động từ độ cao -3 m cho tới -14 m.

#### 2.2.4. Thời kỳ tính toán

Thời đoạn được chọn để tính toán và hiệu chỉnh mô hình là tháng 3 từ ngày 01 tháng 03 năm 2008 đến 31 tháng 03 năm 2008; thời đoạn được chọn để kiểm định mô hình là tháng 7 từ ngày 01 tháng 07 năm 2008 đến ngày 31 tháng 07 năm 2008.

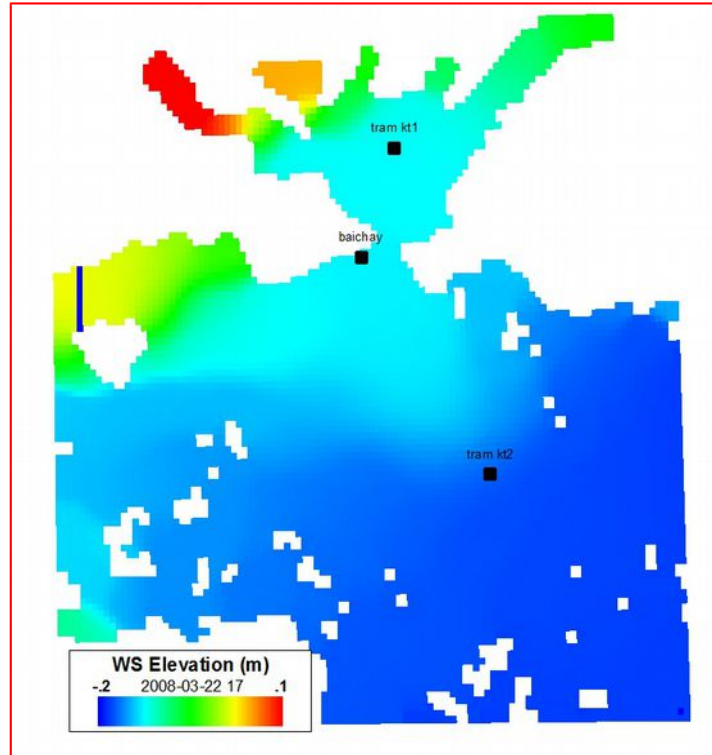
- Bước thời gian tính toán: Bước thời gian ban đầu được chọn để chạy mô hình là 5s. Thời gian lưu kết quả tính toán mô hình là 60 phút/lần.

#### 2.2.5. Các thông số mô hình

- Độ cao nhám của lòng sông được lấy dao động từ 0.005 tới 0.05.
- Hệ số nhớt theo phương ngang:  $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$ .

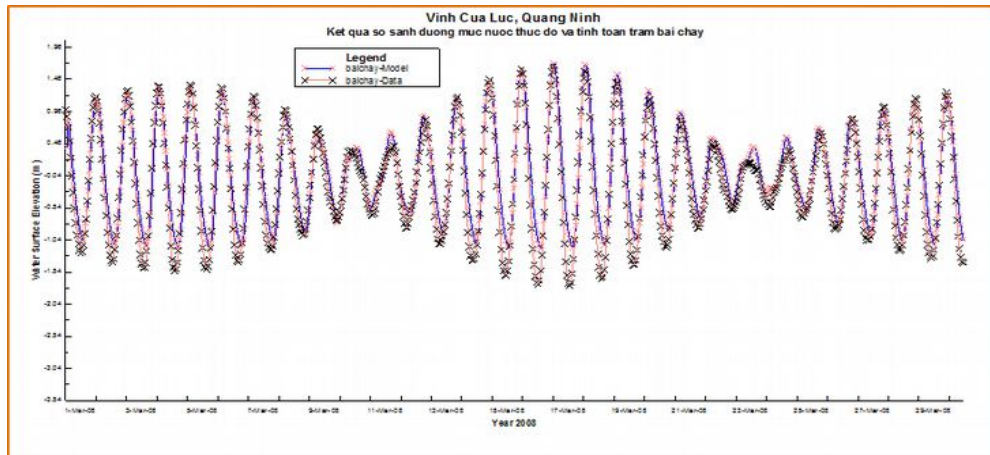
#### 2.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

Số liệu để hiệu chỉnh kết quả mô hình thủy lực là mực nước của ba trạm Bãi Cháy, Kiểm tra 1, Kiểm tra 2.

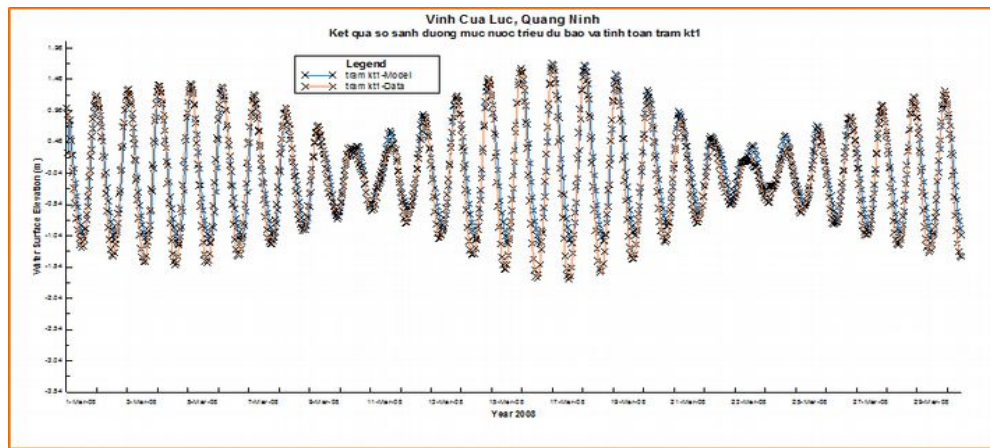


Hình 3.5: Vị trí trạm hiệu chỉnh mô hình

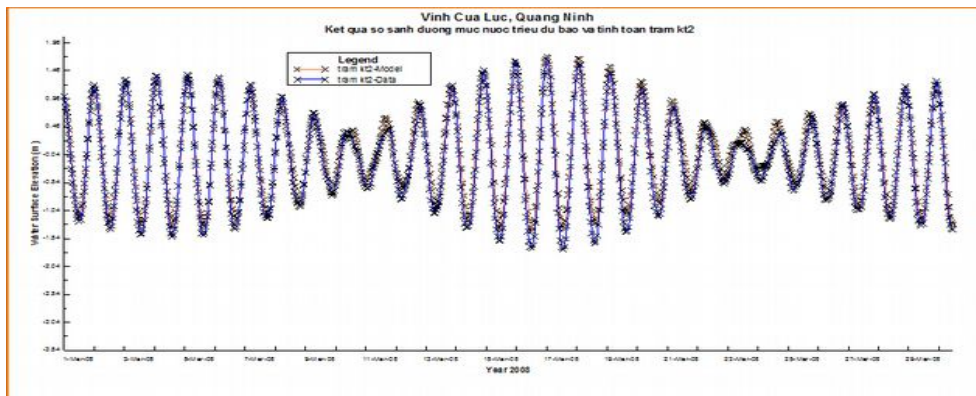
### 2.3.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình thủy lực



Hình 3.6: Đường mực nước thực đo và tính toán tại Bãi Cháy tháng 3/2008



Hình 3.7: Đường mực nước triều dự báo và tính toán tại trạm Kiểm tra 1 tháng 3/2008



Hình 3.8: Đường mực nước triều dự báo và tính toán tại trạm Kiểm tra 2 chi tiết cho tháng 3/2008

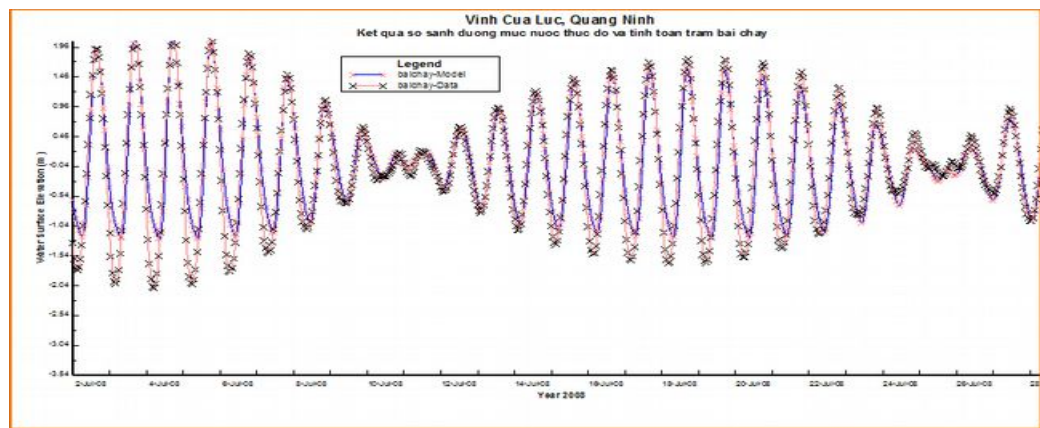
**Nhận xét kết quả hiệu chỉnh mô hình thủy lực:**

Kết quả hiệu chỉnh đường mực nước tại ba trạm Bãi Cháy, trạm Kiểm tra 1, trạm Kiểm tra 2 là khá tốt, đường quá trình mực nước tính toán của mô hình và giá trị thực đo phù hợp về pha và không chênh lệch nhiều về độ lớn. Chỉ tiêu đánh giá đều có kết quả khá tốt, kết quả cụ thể được thể hiện trên Bảng 3-3

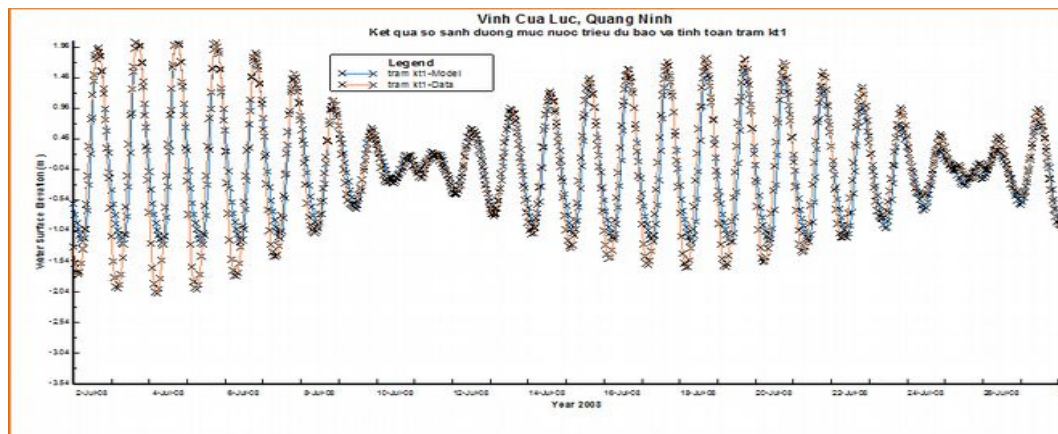
Bảng 3-: Kết quả đánh giá sai số hiệu chỉnh mô hình

Trạm	Nash (%)
Bãi Cháy	91
Kiểm tra 1	91
Kiểm tra 2	96

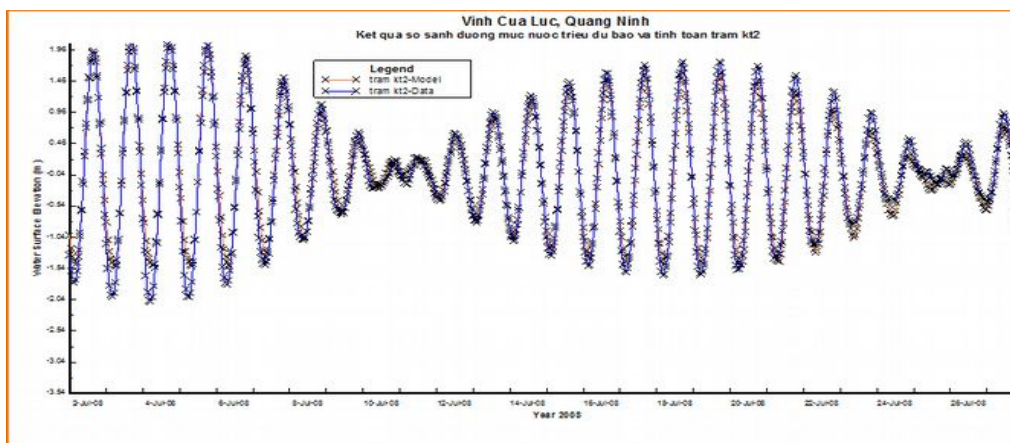
**2.3.2. Kết quả kiểm định mô hình thủy lực**



**Hình 3.9: Kết quả kiểm định mực nước tại Bãi Cháy chi tiết cho tháng 7/2008**



**Hình 3.10: Kết quả kiểm định mực nước tại trạm Kiểm tra 1 chi tiết cho tháng 7/2008**



**Hình 3.11: Kết quả kiểm định mực nước tại trạm Kiểm tra 2 chi tiết cho tháng 7/2008**

**Nhận xét kết quả kiểm định mô hình thủy lực:**

Kết quả kiểm định đường quá trình mực nước thực đo, mực nước triều dự báo và tính toán tại ba trạm: Bãi Cháy, Kiểm tra 1. Kết quả tính toán chỉ tiêu Nash tại Bãi Cháy, Kiểm tra 1, Kiểm tra 2 đều đạt yêu cầu cho phép với các giá trị được trình bày tại Bảng 3-4.

**Bảng 3-: Kết quả đánh giá sai số kiểm định môi trường**

Trạm	Nash (%)
Bãi Cháy	90
Kiểm tra 1	90
Kiểm tra 2	97

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho chỉ số Nash tương đối cao, vì vậy có thể kết luận mô hình thủy động lực có đủ độ tin cậy.

**2.4. Phân tích chế độ thủy động lực học khu vực nghiên cứu**

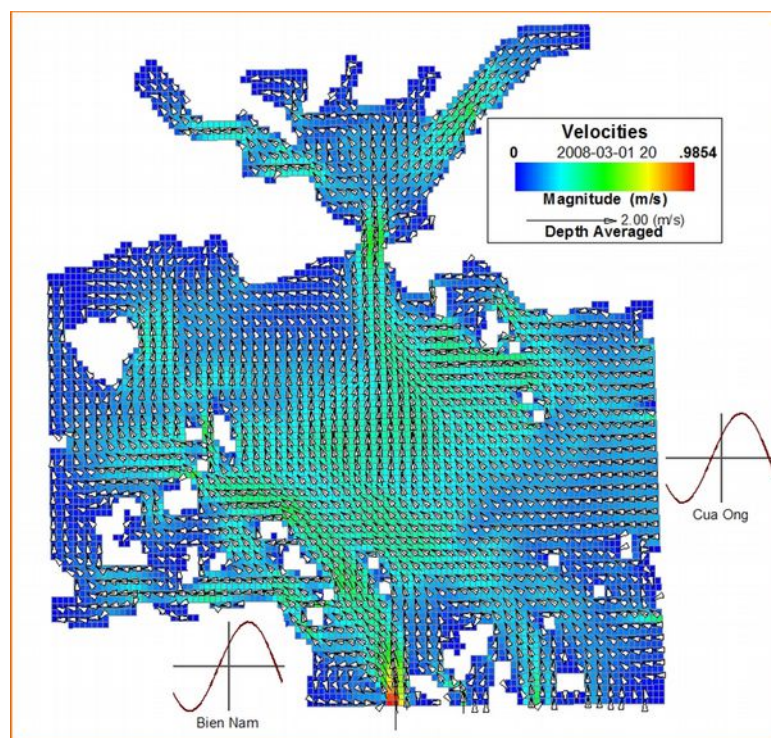
**2.4.1. Biến đổi vận tốc theo mùa**

Đặc điểm thủy động lực của khu vực vịnh Cửa Lục tương đối phức tạp. Qua kết quả tính toán cho thấy rằng trường dòng chảy có sự biến động mạnh cả về hướng về tốc độ trong thời kỳ pha triều lên và pha triều xuống.

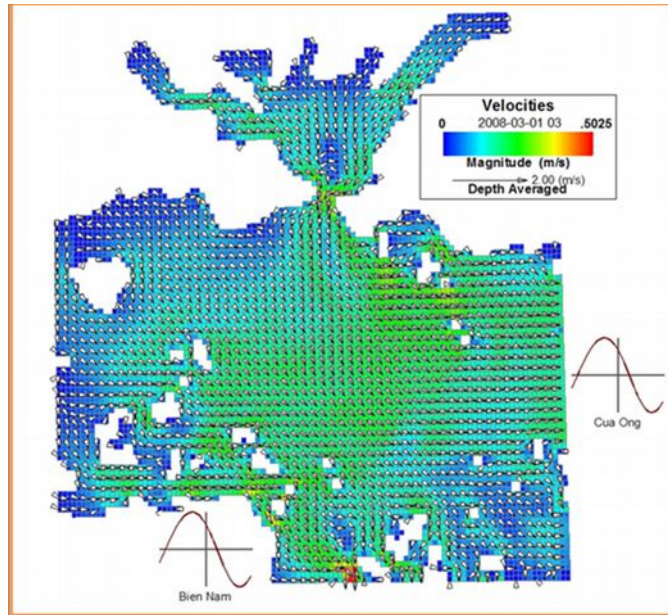
Vào mùa kiệt – pha triều lên dòng chảy từ vịnh Hạ Long chảy vào đất liền chia làm 2 nhánh, một nhánh rẽ sang Bãi Cháy và một nhánh chính chảy vào vịnh Cửa Lục. Khi vào vịnh Cửa Lục dòng chảy lại chia theo nhiều hướng khác nhau để phân bổ toàn bộ vịnh (Hình 3.12). Tại khu vực ngay eo Cửa Lục, tại đây vận tốc lớn nhất, vận tốc

cực đại đạt 0.75 m/s. Tại khu vực giữa vịnh, vận tốc tại đây lại giảm với vận tốc là 0.35 m/s (Hình 3.14). Trong khoảng thời gian triều lên, tại thời điểm đổi pha triều, dòng chảy tương đối nhỏ trên toàn vịnh. Vào mùa kiệt, do dòng chảy sông ảnh hưởng yếu đến chế độ thủy động lực vịnh Cửa Lục, chế độ dòng chảy có liên quan chặt chẽ đến dao động của thủy triều. Ở thời kỳ này, khi pha triều lên độ lớn dòng chảy mạnh nên ảnh hưởng của sông là không đáng kể. Trong thời kì nước dòng kết quả tính toán vận tốc khoảng 0.1 đến 0.99 m/s. Thời gian chuyển pha giữa nước lớn và thời điểm triều xuống khá nhanh, cũng do lưu lượng của các sông nhỏ nên thời gian nước dừng chảy vào thời điểm nước ròng ngắn hơn, trường dòng chảy nhanh chóng chuyển trạng thái từ dừng chảy thành chảy lên.

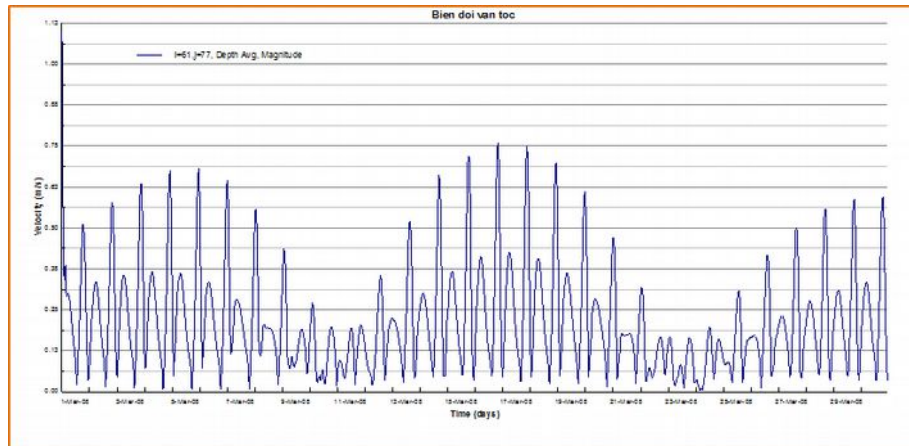
Mùa kiệt - pha triều xuống, có sự xuất hiện xoáy cục bộ tại khu vực bên trong vịnh, giá trị vận tốc ở giữa xoáy nước là bằng 0 m/s. Thời gian triều xuống, dòng chảy có hướng ngược lại ra khỏi khu vực eo vịnh Cửa Lục thỳ chia làm 2 nhánh, một nhánh rẽ sang Bãi Cháy theo hướng dòng chảy dọc bờ, song song với bờ Bãi Cháy và một nhánh đi ra phía biển (Hình 3.13). Giá trị vận tốc tại khu vực Cửa Lục biến thiên không ổn định khi triều xuống nhưng đến eo vịnh Cửa Lục có vận tốc lớn nhất, vận tốc cực đại là 0.24 m/s (Hình 3.15).



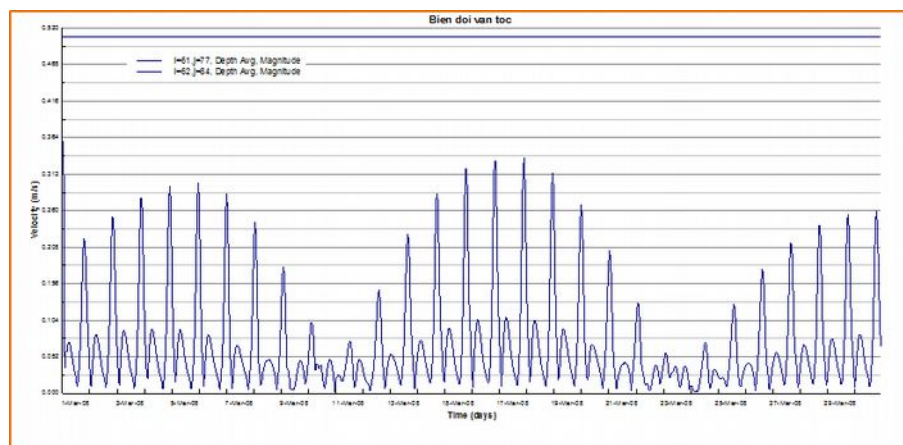
**Hình 3.12: Trường dòng chảy khi triều lên vào 20h ngày 01/03/2008**



**Hình 3.13: Trường dòng chảy khi triều xuống vào 3h ngày 01/03/2008**



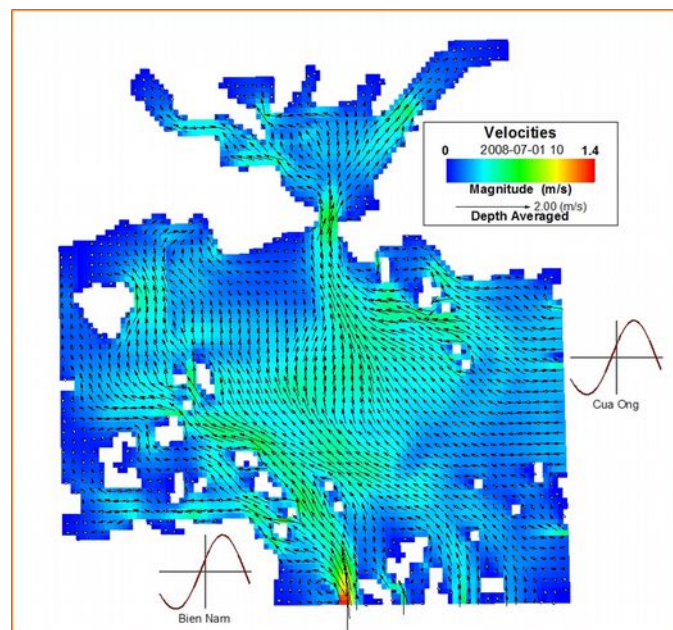
**Hình 3.1: Vận tốc trung bình tại điểm có vận tốc lớn nhất tại eo vịnh Cửa Lục vào ngày 17/03/2008 khi triều lên**



**Hình 3.2: Vận tốc trung bình tại khu vực giữa vịnh Cửa Lục vào ngày 18/03/2008 khi triều xuống**

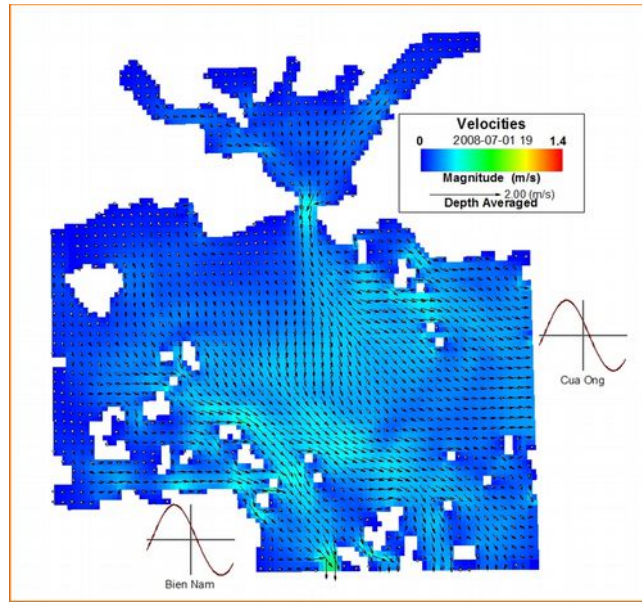
Vào mùa lũ – pha triều lên, do ảnh hưởng của dòng chảy sông mạnh và lúc đó ảnh hưởng của triều suy yếu cũng như khi triều lên thì độ lớn của dòng chảy giảm nên hướng dòng chảy không vào sâu bên trong vịnh. Cũng như mùa kiệt – pha triều lên, hướng dòng chảy từ vịnh Hạ Long chảy vào cũng chia làm 2 nhánh : 1 nhánh rẽ sang Bãi Cháy còn phần lớn 1 nhánh còn lại chảy vào trong vịnh Cửa Lục theo các hướng khác nhau để phân bố đều trong toàn bộ vịnh. Dựa theo kết quả mô phỏng ta có thể thấy được vận tốc tại eo Cửa Lục là đạt giá trị lớn nhất là 1.06 m/s. Hướng dòng chảy đi dần vào bên trong vịnh vận tốc giảm dần dao động từ 0.1 – 0.3 m/s. Từ kết quả tính toán cho thấy vào thời kỳ triều cường, tốc độ dòng chảy tương đối mạnh, đặc biệt vào thời điểm triều lên. Vào thời điểm triều lên, do sự xung đột giữa 2 dòng chảy giá trị vận tốc tại cửa sông đã bị giảm tạo nên khu vực có vận tốc nhỏ giao thoa giữa sông và biển.

Vào mùa lũ – pha triều xuống, do 2 dòng chảy cùng hướng xảy ra cộng hưởng thì độ lớn của dòng chảy lớn thì dòng nước chảy ra sông là rất mạnh. Dòng chảy vecto từ trong sông chảy ra biển nhỏ và bị phân tán nhanh, dòng chảy trong sông lớn tạo thành một luồng mạnh đi ra ngoài. Khi triều xuống, giá trị vận tốc biên thiên không quá lớn chỉ đến khi đến eo vịnh thì giá trị vận tốc mới tăng lên đáng kể so với giá trị vận tốc trong và ngoài vịnh với giá trị vận tốc trung bình là 0.38 m/s.

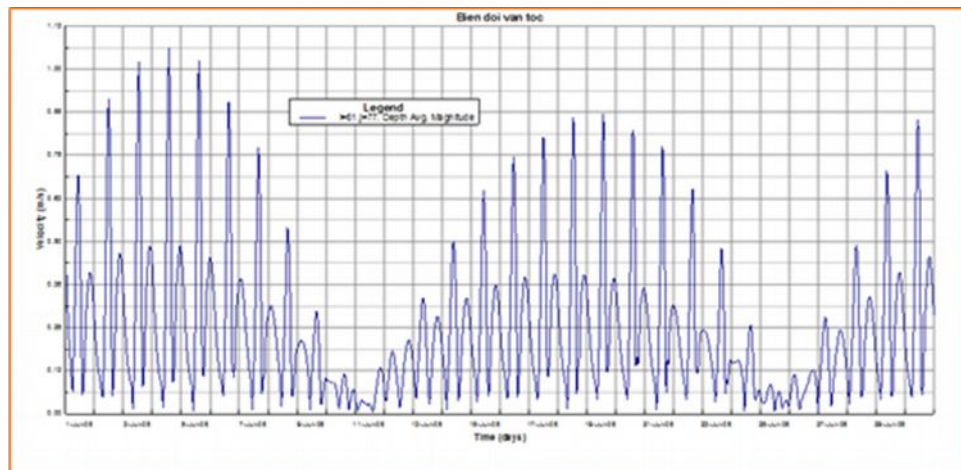


**Hình 3.3: Trường dòng chảy khi triều lên vào 10h sáng ngày 01/07/2008**

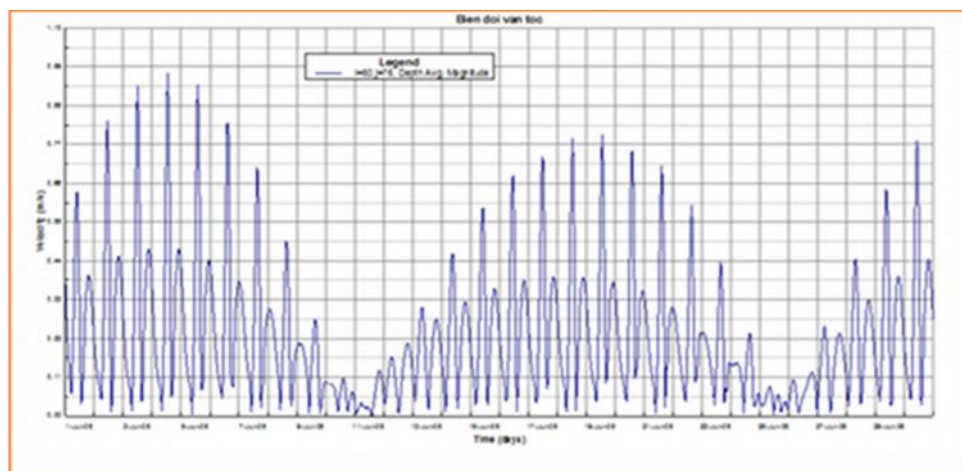




Hình 3.17: Trường dòng chảy khi triều xuống vào 19h ngày 01/07/2008

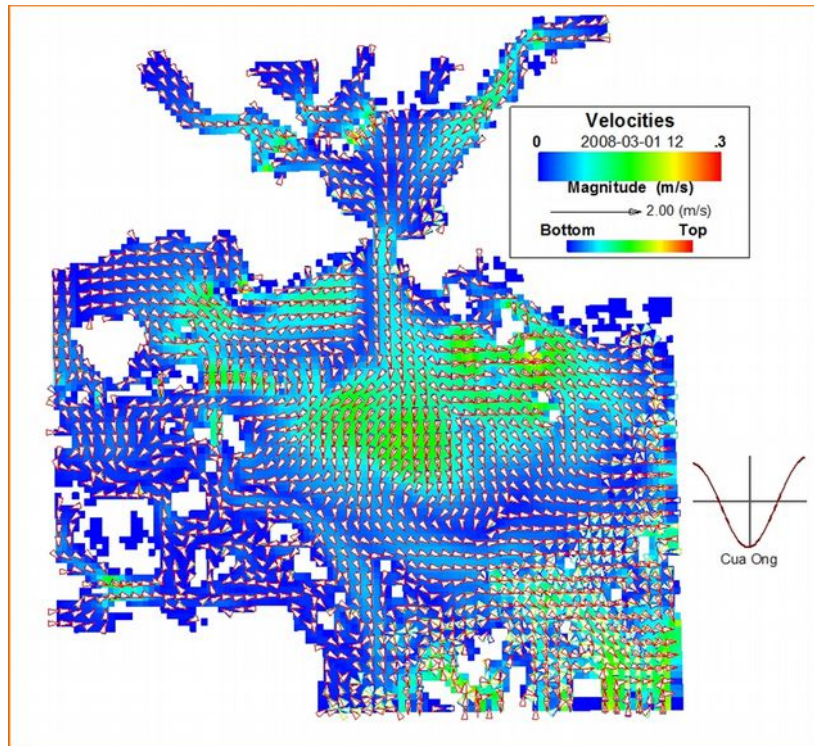


Hình 3.4: Vận tốc tại eo Cửa Lục khi triều lên vào ngày 04/07/2008

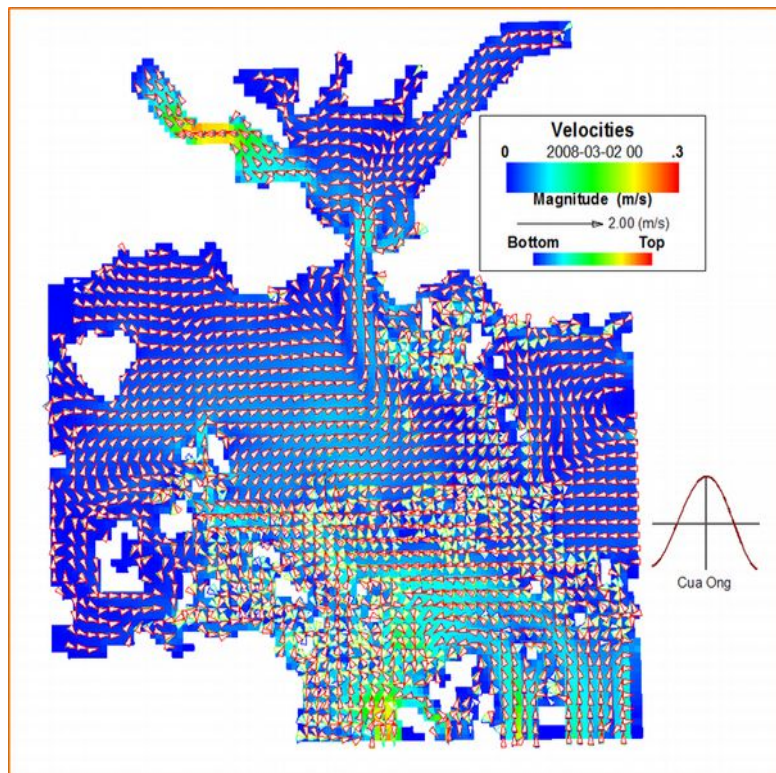


Hình 3.19: Vận tốc tại eo Cửa Lục khi triều xuống vào ngày 19/07/2008

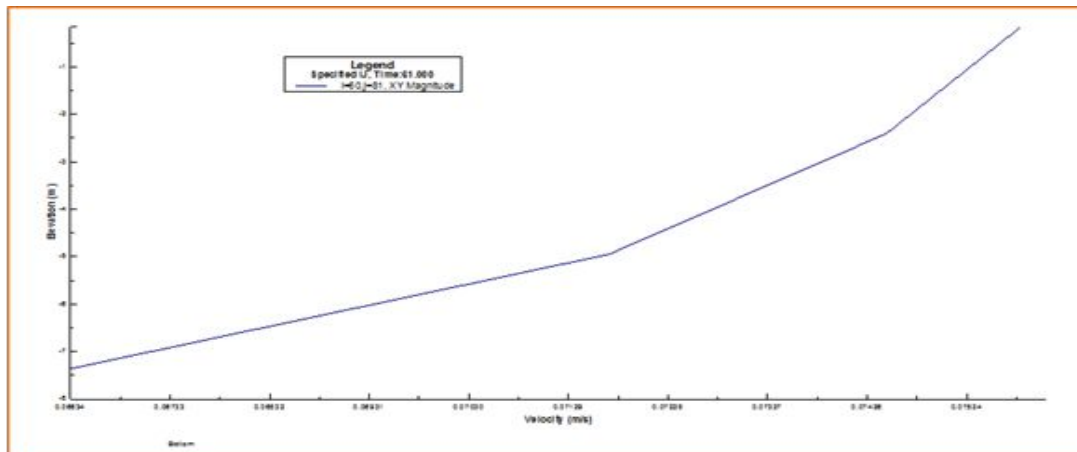
### 2.4.2. Biến đổi vận tốc theo độ sâu



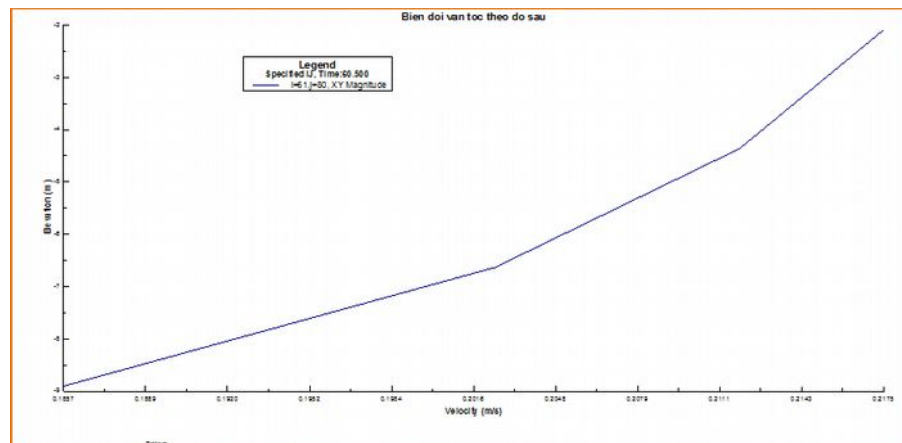
Hình 3.20: Trường dòng chảy thời kỳ triều kém mùa kiệt vào lúc 12h0' ngày 01/03/2008



Hình 3.21: Trường dòng chảy thời kỳ triều cường mùa kiệt vào lúc 00h0' ngày 02/03/2008



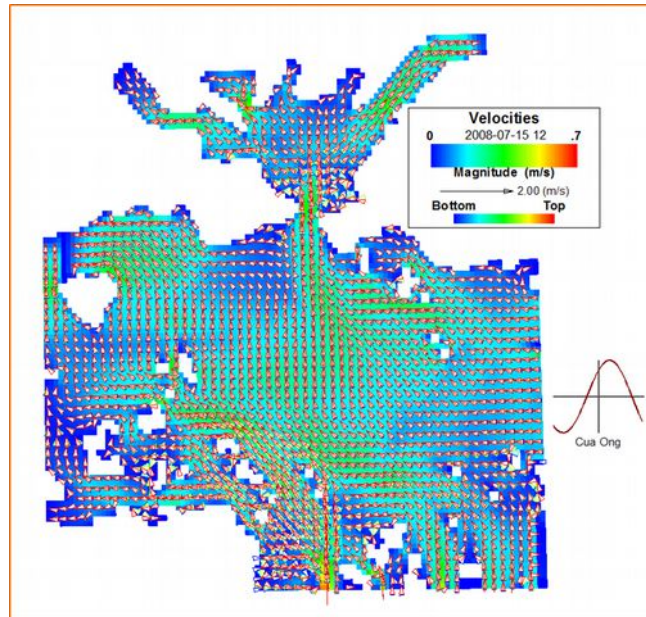
**Hình 3.22: Biến đổi vận tốc theo độ sâu vào mùa kiệt thời kỳ triều cường vào lúc 12h0' ngày 01/03/2008**



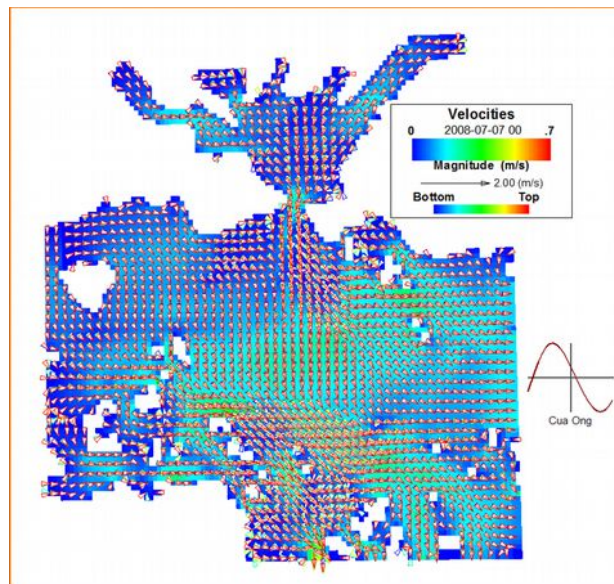
**Hình 3.23: Biến đổi vận tốc theo độ sâu vào mùa kiệt thời kỳ triều kém vào lúc 00h0' ngày 02/03/2008**

Do lưu lượng từ các sông đổ vào vùng vịnh Cửa Lục không lớn (cả trong mùa mưa) nên sự phân tầng về hướng của dòng chảy các tầng cũng không thể hiện một cách rõ rệt. Trong khi đó, giá trị vận tốc dòng chảy giữa tầng đáy khá nhỏ so với tầng mặt. Tại khu vực vịnh Cửa Lục, giá trị vận tốc dòng chảy giữa tầng mặt và tầng giữa không có sự khác biệt nhiều, giá trị vận tốc biến thiên từ 0.2032 – 0.2175 m/s vào thời kỳ triều kém của mùa kiệt, sự chênh lệch này lớn hơn vào kỳ triều cường với giá trị vận tốc biên thiên 0.072 – 0.075 m/s. Tuy nhiên, vận tốc dòng chảy tầng đáy thường nhỏ hơn tầng mặt và có giá trị vận tốc biến thiên từ 0.1857 – 0.2175 m/s vào thời kỳ triều kém mùa kiệt, vào thời kỳ triều cường mùa kiệt giá trị vận tốc biến thiên từ

0.0663 – 0.075 m/s và sự chênh lệch này xuất hiện chủ yếu trong thời kỳ vận tốc dòng chảy có giá trị lớn nhất.



**Hình 3.24: Trường dòng chảy thời kỳ triều cường mùa lũ vào lúc 12h0' ngày 15/07/2008**

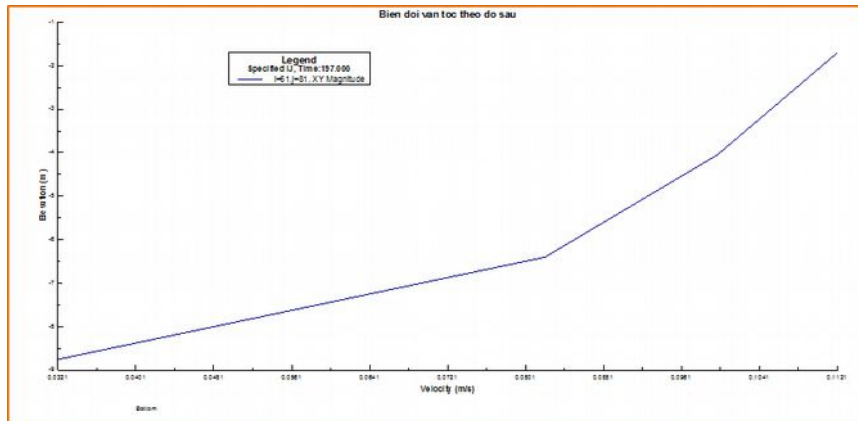


**Hình 3.25: Trường dòng chảy thời kỳ triều kém mùa lũ vào lúc 00h0' ngày 07/07/2008**

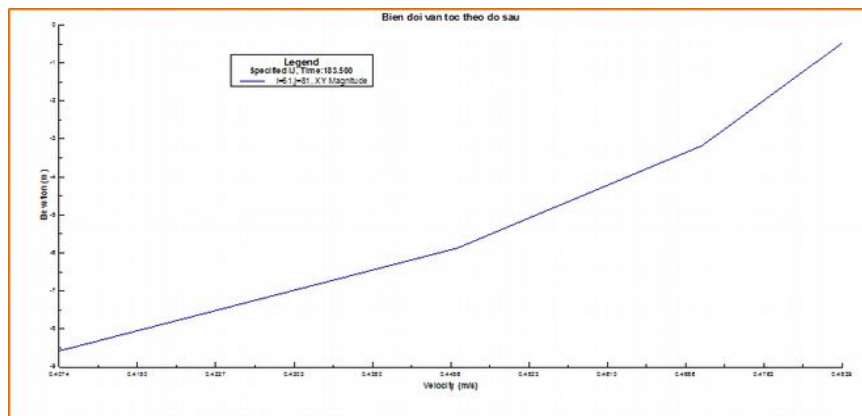
Vào mùa lũ – kỳ triều cường, giá trị vận tốc dòng chảy giữa tầng mặt và tầng giữa không có sự khác biệt nhiều, giá trị vận tốc biến thiên từ 0.082 – 0.112 m/s. Kỳ triều kém, giá trị vận tốc dòng chảy giữa tầng mặt và tầng giữa biến thiên từ 0.452 – 0.484 m/s. Sự chênh lệch vận tốc dòng chảy giữa tầng đáy và tầng mặt có sự khác biệt

lớn từ 0.407 – 0.484 m/s đối với thời kỳ triều kém và 0.032 – 0.112 m/s đối với thời kỳ triều cường.

Giá trị vận tốc dòng chảy ở tầng đáy biến đổi theo pha triều rất ít, trong khi sự tăng mặt và tầng giữa, vận tốc dòng chảy chênh lệch giữa kỳ triều cường và triều kém lại khá cao, sự trao đổi nước giữa vịnh Cửa Lục với biển chủ yếu diễn ra ở các tầng giữa và tầng mặt. Hướng dòng chảy tầng mặt và tầng giữa của vịnh Cửa Lục ít có sự chênh lệch về pha triều.



**Hình 3.5: Biến đổi vận tốc theo độ sâu vào mùa lũ thời kỳ triều cường vào 12h0' ngày 05/07/2008**



**Hình 3.27: Biến đổi vận tốc theo độ sâu vào mùa lũ thời kỳ triều kém vào 00h0' ngày 07/07/2008**

### **Chương 3: MÔ PHỎNG LAN TRUYỀN CHẤT Ô NHIỄM TRONG VỊNH CỬA LỤC**

#### **3.1. Thiết lập mô hình mô phỏng chất lượng nước khu vực nghiên cứu**

Trong phần này, mô hình chất lượng nước được thiết lập để mô phỏng sự biến đổi nồng độ các thông số DO và COD (mô phỏng các chất hữu cơ hòa tan trong nước) với các kịch bản khác nhau.

##### **3.1.1. Miền tính và lưới tính mô hình chất lượng nước**

Dựa trên mô hình thủy động lực học đã được hiệu chỉnh và kiểm định, mô hình mô phỏng lan truyền chất ô nhiễm được thiết lập với 7298 ô lưới, với 4 lớp. Mô hình tính toán thủy động lực có kết quả tương đối tốt, nên tất cả các bộ thông số của mô hình thủy động lực vẫn được giữ nguyên trạng trong mô hình chất lượng nước.

##### **3.1.2. Thiết lập điều kiện biên cho mô hình chất lượng nước**

Biên lưu lượng tại Diễn Vọng giống với biên đã thiết lập trong mô hình thủy lực. Biên mực nước tại Cửa Ông và Biên Nam cũng được giữ nguyên như trong mô hình thủy lực đã được hiệu chỉnh và kiểm định ở trên.

Các biên này cũng được bổ sung giá trị nồng độ các thông số chất lượng nước tính toán theo số liệu thực đo. Bảng số liệu biên được thể hiện trong Bảng 4-1 đối với mùa khô (vào tháng 3), Bảng 4-2 đối với mùa mưa (vào tháng 7):

**Bảng 4- : Số liệu biên chất lượng nước mùa khô năm 2008**

Biên	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (ppt)	COD (mg/l)	DO (mg/l)
Diễn Vọng	22	7	7.2	5.4
Cửa Ông	20	30	1.8	5.5
Biên Nam	20	30	2	6

**Bảng 4- : Số liệu biên chất lượng nước mùa mưa năm 2008**

Biên	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (ppt)	COD (mg/l)	DO (mg/l)
Biên Nam	26	30	2.2	5
Cửa Ông	26	30	2	5
Diễn Vọng	28	5	8	4

##### **3.1.3. Thiết lập các nguồn xả thải**

Số liệu tại điểm xả thải được trình bày trong Bảng 4-3 đối với mùa mưa và Bảng 4-4 đối với mùa khô:

**Bảng 4- : Số liệu tại điểm xả thải đối với mùa khô năm 2008**

Nguồn xả thải	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (ppt)	COD (mg/l)	DO (mg/l)
Cống thải Cái Lân- công nghiệp	21	18	7.25	0
Cống thải Cái Lân- sinh hoạt	21	18	12.61	0
Cống thải Bãi Cháy	20	18	7.78	0
Cống thải CENCO5	20	25	15.81	0
Cống thải Hồng Gai	19	21	11.6	0

**Bảng 4- : Số liệu tại điểm xả thải đối với mùa mưa năm 2008**

Nguồn xả thải	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (ppt)	COD (mg/l)	DO (mg/l)
Cống thải Cái Lân- công nghiệp	27	15	7.25	0
Cống thải Cái Lân- sinh hoạt	27	20	12.61	0
Cống thải Bãi Cháy	26	18	7.78	0
Cống thải CENCO5	26	25	15.81	0
Cống thải Hồng Gai	26	20	11.6	0

### 3.1.4. Thời gian tính toán và hiệu chỉnh mô hình

Mô hình chất lượng nước khu vực vịnh Cửa Lục được thiết lập và chạy với thời gian là 1 tháng theo mùa kiệt vào tháng 3 và mùa lũ năm 2008 vào tháng 7 cho mỗi một kịch bản tính, bước thời gian chạy của mô hình là 5s (trùng với bước thời gian của mô hình thủy động lực). Quá trình hiệu chỉnh mô hình với thông số Oxygen Half-Sat constant for COD Decay được thực hiện thông qua việc so sánh giá trị tính toán với số liệu thực đo tại Cửa Lục ngày 02/03/2008. Với giá trị của thông số Oxygen Half-Sat constant for COD Decay bằng 1.5 ta thấy giá trị thực đo và tính toán khá tương đồng.

**Bảng 4-5: So sánh giá trị DO và COD tính toán với giá trị thực đo ngày 02/03/2008**

Vị trí	DO				COD			
	Nước lớn		Nước dòng		Nước lớn		Nước dòng	
	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán
Cửa Lục	4.796	5.995	4.636	5.795	1.84	2.30	1.75	2.19

### **3.1.5. Kết luận**

Nhìn chung mô hình chất lượng nước được xây dựng đã được hiệu chỉnh với kết quả tương đối tốt. Có thể sử dụng mô hình để tính toán các phương án khác nhau trên vùng nghiên cứu.

## **3.2. Đánh giá chất lượng nước qua các kịch bản**

### **3.2.1. Xây dựng kịch bản**

Mục tiêu của đề tài là đánh giá sự lan truyền chất ô nhiễm trong vịnh Cửa Lục với các lưu lượng xả thải khác nhau. Vì vậy, các kịch bản tính toán như sau:

- Kịch bản 1: Nếu tăng lưu lượng thải của KCN Cái Lân lên 1,5 lần năm 2008 (Dựa theo quy hoạch phát triển của khu công nghiệp Cái Lân).
- Kịch bản 2: Lượng khách du lịch năm 2020 tăng lên gấp 3 lần so với năm 2008, kéo theo lượng nước thải sinh hoạt tại Bãi Cháy tăng lên 2 lần (Dựa theo Báo cáo quy hoạch môi trường vịnh Hạ Long).

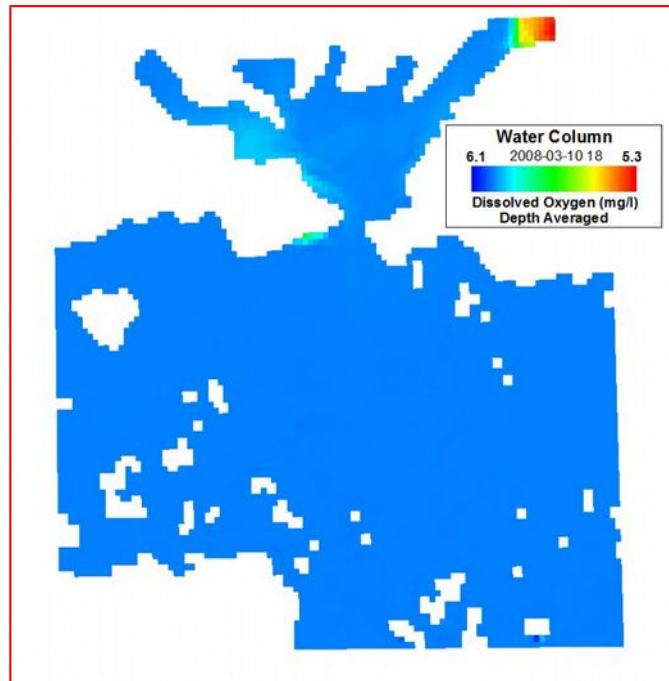
### **3.2.2. Hiện trạng chất lượng nước ở vịnh Cửa Lục năm 2008**

Kết quả mô phỏng chất lượng nước vịnh Cửa Lục cho thấy: trên toàn hệ thống vịnh hàm lượng DO có giá trị biến đổi từ 5.3 – 6.1 mg/l đối với mùa khô. Hàm lượng COD trong khu vực nghiên cứu vào mùa khô năm 2008 có giá trị biến đổi từ 1.8 – 2.1 mg/l. Giá trị này vẫn nhỏ so với quy chuẩn nước mặt ven bờ đối với khu vực nuôi trồng thủy sản là 3 mg/l. Hàm lượng COD tập trung ở gần cống thải Bãi Cháy (2.38 mg/l), ở khu vực cửa sông Diễn Vọng hàm lượng COD nhỏ (giá trị trung bình là 1.75 mg/l). Biến đổi của DO và COD được thể hiện trong Hình 4.1 và Hình 4.2.

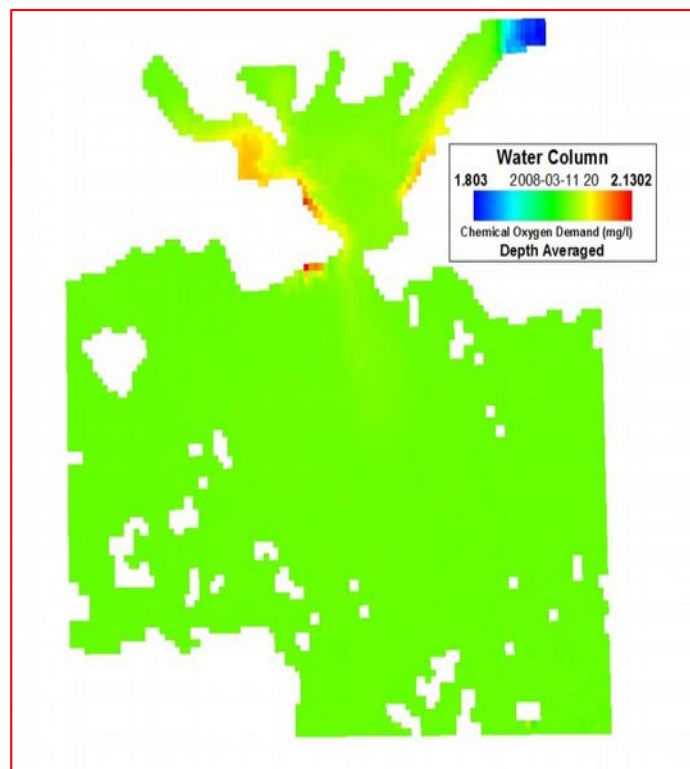
Vào mùa khô – khi triều xuống, lưu lượng dòng nước trong sông nhỏ nên dòng chảy từ sông ra tới vịnh mang theo các chất hữu cơ đi ra ngoài, lan truyền chủ yếu dọc theo hướng đường bờ. Tại thời điểm triều lên, dòng triều đi vào bên trong vịnh với vận tốc lớn nên dòng chảy trong sông đẩy các chất hữu cơ ngược lại phía cửa sông. Hàm lượng DO trên cửa sông Diễn Vọng tăng dần và đang tiến sâu vào khu vực vịnh Cửa Lục với hàm lượng DO biến đổi từ 5.38 – 5.985 mg/l. Tại điểm gần cống thải công nghiệp Cái Lân, ta có thể thấy DO đang tiến ra ngoài lưu vực eo vịnh Cửa Lục với tốc độ tăng hàm lượng là không nhiều. Hàm lượng DO trên điểm gần cống thải Bãi Cháy



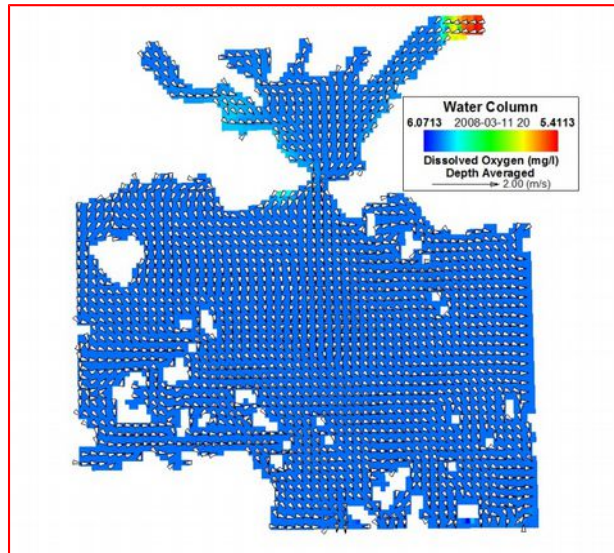
có giá trị biến thiên từ 5.770 – 5.997 mg/l và tăng dần khi đi ra phía biển. Tại điểm gần các công thải CENCO5 và công thải Hồng Gai hàm lượng DO rất bé với giá trị gần bằng giá trị nền



**Hình 4. 1: Biến đổi của DO – hiện trạng vào lúc 18h ngày 10/03/2008 vào mùa khô**

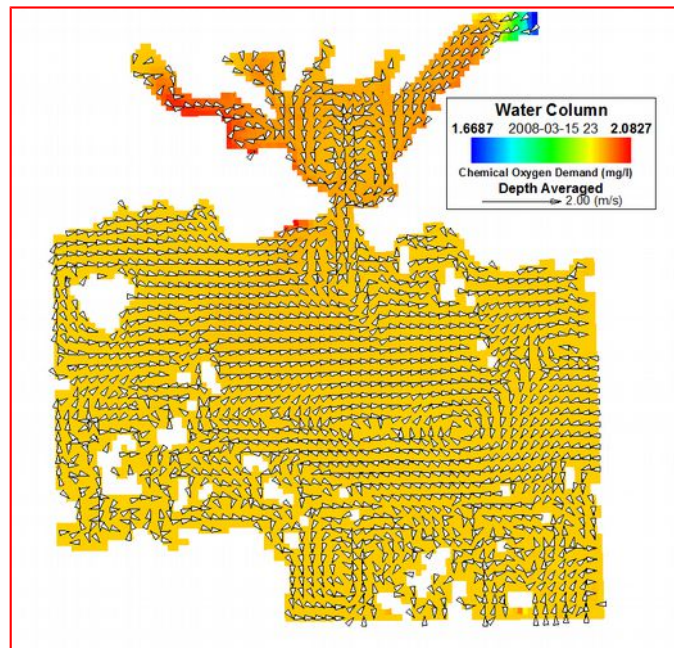


**Hình 4. 2: Biến đổi COD – hiện trạng mùa khô vào lúc 20h ngày 11/03/2008**

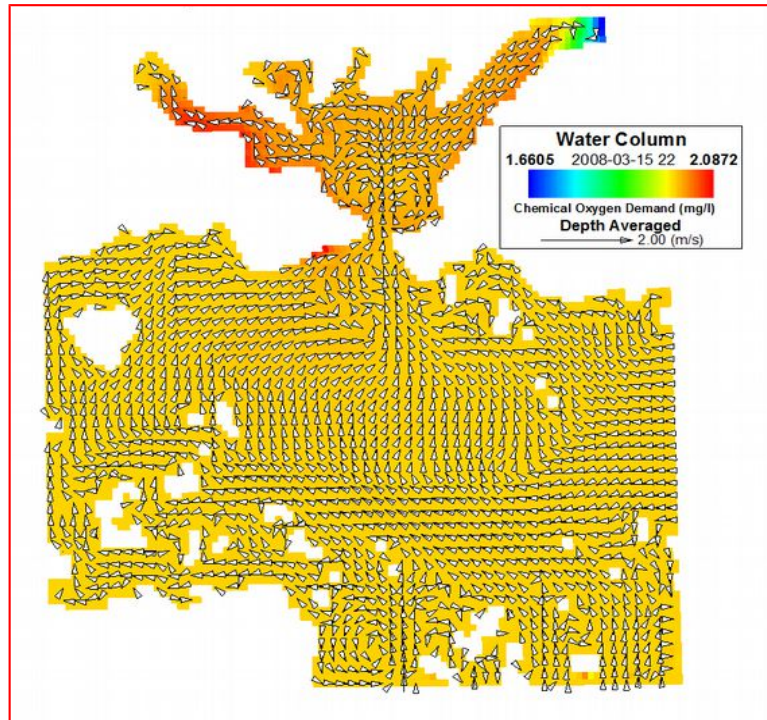


**Hình 4. 3: Biến đổi DO trong vùng vịnh Cửa Lục khi triều xuống vào 20h ngày 11/03/2008**

Tại thời điểm triều xuống của khu vực nghiên cứu hàm lượng COD tập trung cao tại các nguồn xả thải: có chiều hướng lan dần vào trong vịnh và các cửa sông phía trên và đang lan dần ra phía biển, hàm lượng COD có xu hướng giảm dần; tại điểm gần nguồn thải cửa sông Diễn Vọng hàm lượng COD là nhỏ nhất so với các nguồn thải khác dao động từ 1.7 – 2.0 mg/l và có xu hướng lan xuống khu vực vịnh với nồng độ tăng nhưng không đáng kể.

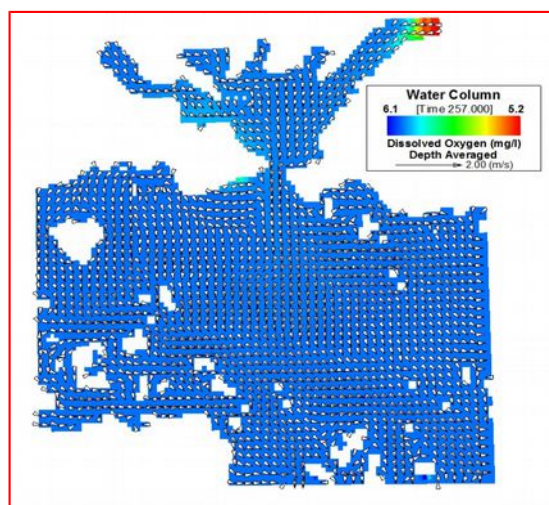


**Hình 4. 5: Biến đổi COD trong vịnh Cửa Lục khi triều xuống vào 23h ngày 15/03/2008**

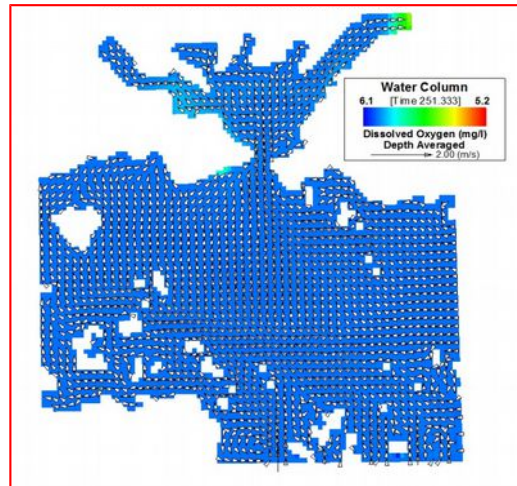


**Hình 4.6: Biến đổi COD trong vịnh Cửa Lục khi triều lên vào 22h ngày 15/03/2009**

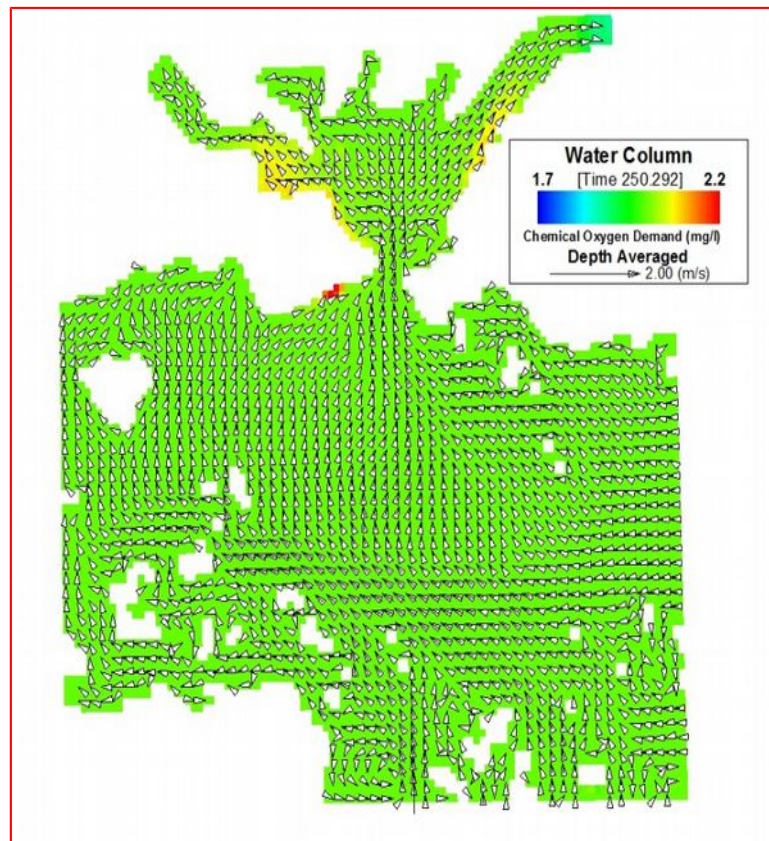
Vào mùa mưa, hàm lượng DO trong vịnh dao động từ 5.2 – 6.1 mg/l đối với cả triều lên và xuống. Phân bố hàm lượng DO trong vịnh cũng khá phức tạp do địa hình bị chia cắt bởi các đảo nhỏ, tuy nhiên đều thể hiện xu thế tăng dần từ bờ ra khơi và giảm dần từ các cửa đi vào giữa vịnh. Tại các điểm gần nguồn thải tại Cái Lân là nơi có hàm lượng DO lớn có giá trị biến đổi từ 5.923 – 6.0 mg/l. Hàm lượng DO tại điểm gần Diễn Vọng có giá trị thấp ( nhỏ hơn 0.6 mg/l). Tại điểm gần nguồn thải tại Bãi Cháy DO đang có xu hướng lan truyền ra phía biển.



**Hình 4.7: Biến đổi DO khi triều xuống vào mùa mưa**



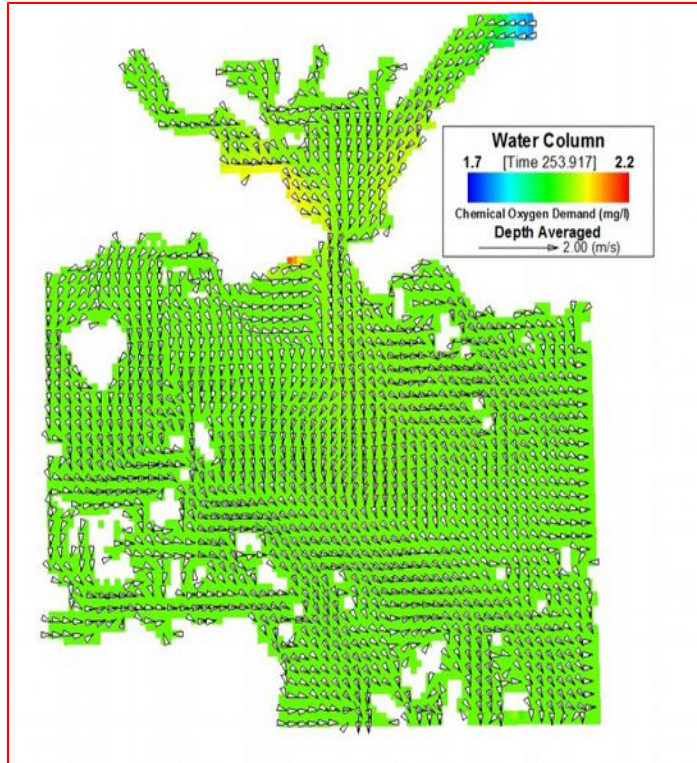
Hình 4. 8: Biến đổi DO khi triều lên vào mùa mưa



Hình 4. 9: Biến đổi COD của vịnh Cửa Lục khi triều lên

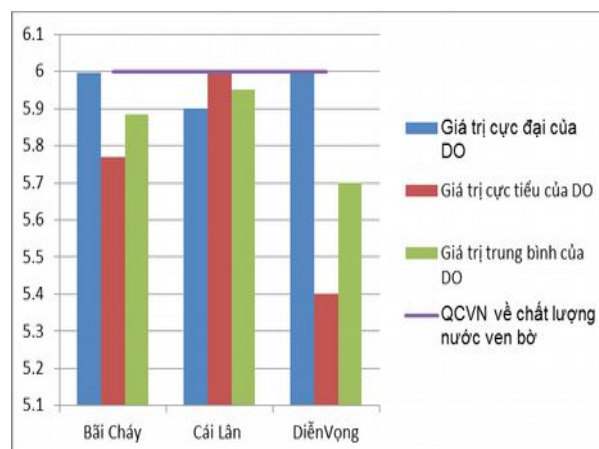
Vào mùa mưa, hàm lượng COD tại khu vực vịnh Cửa Lục năm 2008 có giá trị biến thiên từ 1.7 – 2.2 mg/l đối với cả triều lên và triều xuống. Phân bố COD cũng rất phức tạp: lượng COD thường tập trung tại các cửa vịnh, ven bờ và khu vực cửa sông, trong đó khu vực cửa sông Diễn Vọng có giá trị thấp (giá trị trung bình 1.8 mg/l); tại các điểm gần nguồn thải Bãi Cháy hàm lượng COD cao ( 2.0 – 2.4 mg/l); tại các điểm

gần nguồn thải Cái Lân hàm lượng COD có giá trị trung bình là 2.0 mg/l và đang lan dần ra các cửa sông và xuống phía dưới eo vịnh Cửa Lục. Tại các điểm gần nguồn thải Hồng Gai, COD có giá trị rất nhỏ gần như bằng giá trị nền. Tại các điểm gần nguồn thải CENCO, hàm lượng COD khi triều lên biến thiên từ 2.0 – 2.092 mg/l và có xu hướng lan dần lên phía cửa sông Diễn Vọng.

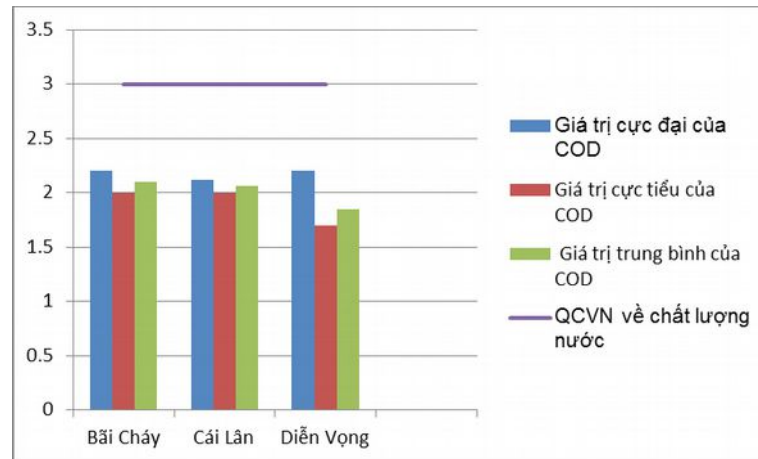


Hình 4. 10: Biến đổi COD của vịnh Cửa Lục khi triều xuống

- Nhận xét về mức độ ô nhiễm trong khu vực vịnh



Hình 4. 11: So sánh giá trị DO và chỉ tiêu chất lượng nước biển ven bờ



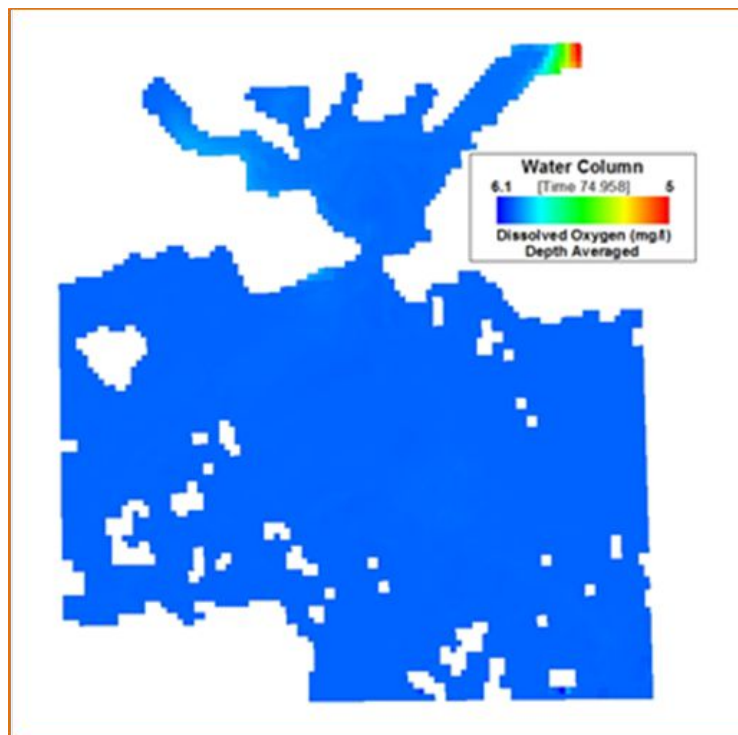
**Hình 4. 1: So sánh giá trị COD và chỉ tiêu chất lượng nước biển ven bờ**

Từ quá trình so sánh ta nhận thấy giá trị COD luôn thấp hơn giới hạn cho phép đối với tiêu chuẩn chất lượng nước biển dùng cho nuôi thủy sản. Giá trị DO xấp xỉ gần bằng đối với quy chuẩn về chất lượng nước biển dùng cho nuôi thủy sản nên có thể cho rằng hiện trạng nước vùng biển khu vực nghiên cứu chưa có biểu hiện bị ô nhiễm bởi các hợp chất hữu cơ.

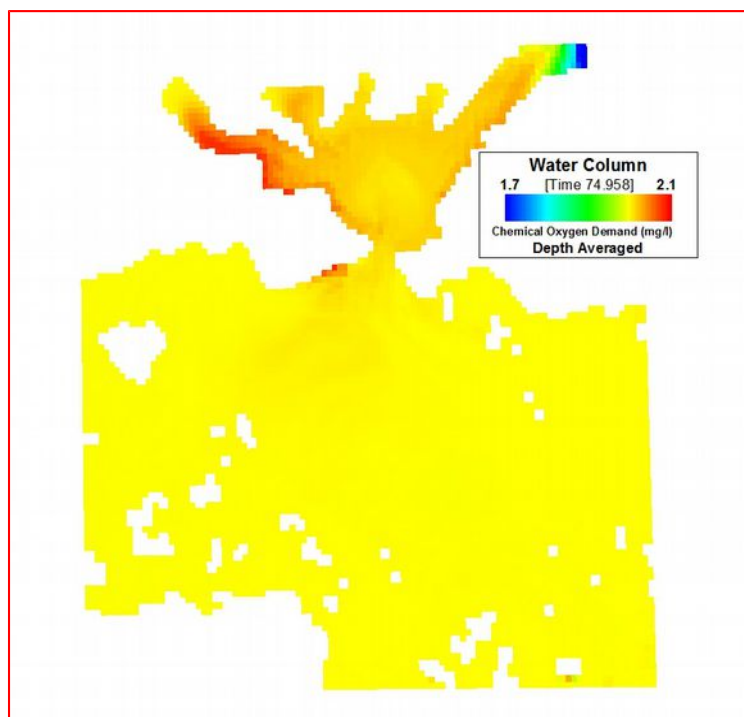
### 3.2.3. Phân tích chất lượng nước vịnh Cửa Lục khi lưu lượng thải khu công nghiệp Cái Lân tăng 1.5 lần – Kịch bản 1

Theo kết quả tính toán của mô hình ,tại điểm gần khu vực công thải Cái Lân có giá trị hàm lượng chất hữu cơ DO lớn trong suốt thời gian tính toán so với các khu vực khác biến thiên từ 5.882 – 6.0 mg/l. Sự biến đổi DO khi có thêm nước thải khu công nghiệp Đình Vũ khi đó lưu lượng thải của khu công nghiệp Cái Lân gấp 1.5 lần năm 2008 được thể hiện trong Hình 4.13. Hàm lượng COD tại điểm gần công thải khu công nghiệp Cái Lân có giá trị trong khoảng 2.0 – 2.135 mg/l và có xu thế tăng dần khi lan truyền ra vịnh và các cửa sông với tốc độ nhanh.

Về xu thế biến động theo không gian, hàm lượng các chất hữu cơ đều có xu thế lan truyền giảm dần từ bờ ra khơi, tốc độ lan truyền mùa mưa nhanh hơn so với mùa khô.

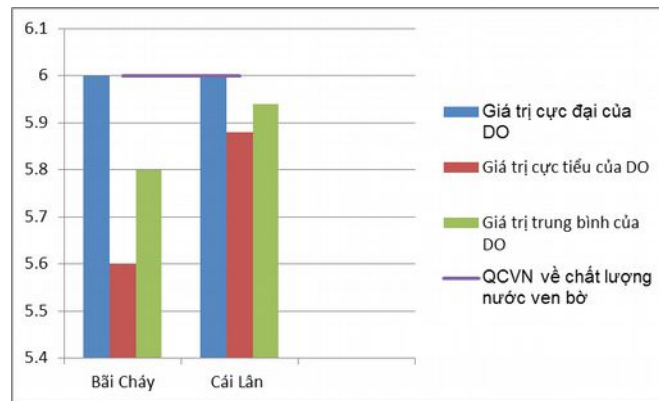


**Hình 4. 2: Biến đổi DO khi có thêm nước thải khu công nghiệp Đình Vũ – Kịch bản 1**

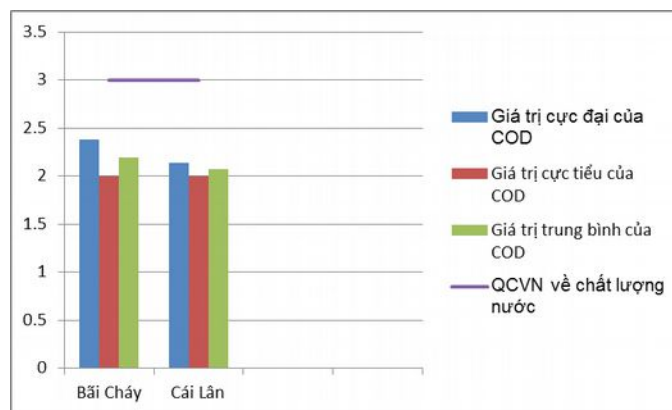


**Hình 4. 3: Biến đổi COD khi có thêm nước thải khu công nghiệp Đình Vũ – Kịch bản 1**

### Nhận xét về mức độ ô nhiễm trong khu vực vịnh



Hình 4. 4: So sánh giá trị DO và chỉ tiêu chất lượng nước biển ven bờ



Hình 4. 5: So sánh giá trị COD và chỉ tiêu chất lượng nước biển ven bờ

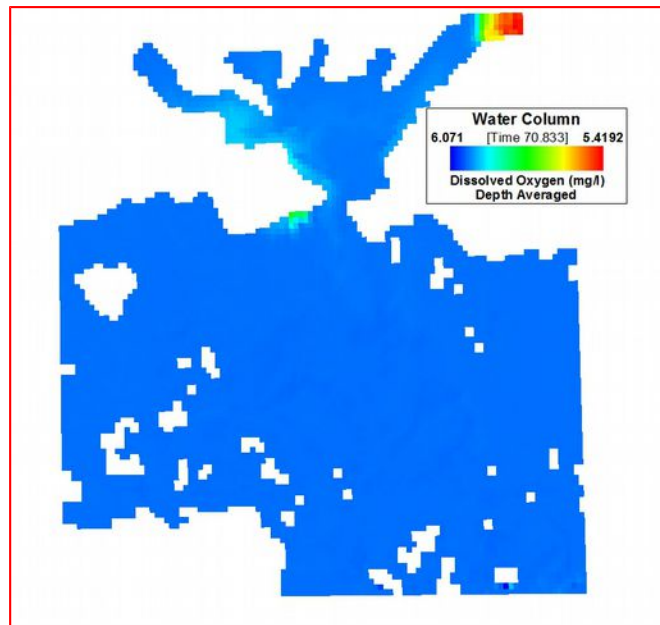
Từ kết quả so sánh, ta thấy trong trường hợp này vịnh không bị ô nhiễm bởi COD do nồng độ các chất này luôn nhỏ hơn quy chuẩn cho phép về chất lượng nước biển ven bờ đối với khu vực nuôi trồng thủy sản. DO gây ô nhiễm cho vịnh nhưng rất nhẹ do giá trị nồng độ bằng với giá trị cho phép của quy chuẩn nước biển ven bờ.

#### 3.2.4. Phân tích chất lượng nước vịnh Cửa Lục khi có thêm nước thải sinh hoạt tại Bãi Cháy tăng lên 2 lần – Kịch bản 2

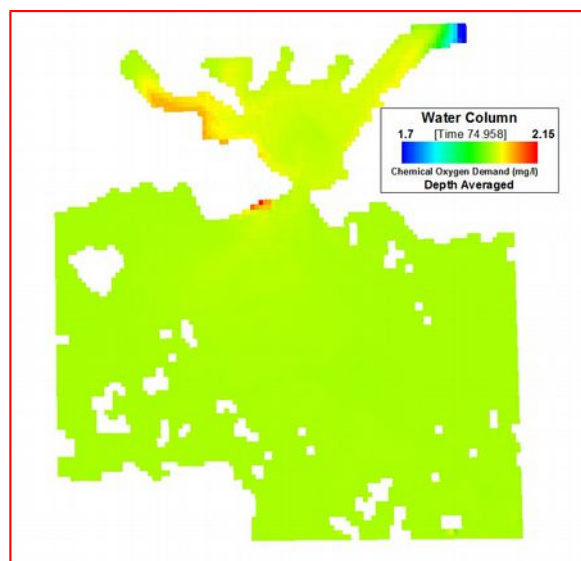
Trong trường hợp có thêm nước thải khu công nghiệp Đình Vũ – lượng khách du lịch năm 2020 tăng lên gấp 3 lần so với năm 2008, kéo theo lượng nước thải sinh hoạt tại Bãi Cháy tăng lên 2 lần. Về phân bố theo không gian và thời gian đều tương tự như kịch bản 1, tuy nhiên về hàm lượng chất hữu cơ cao hơn. Hàm lượng COD tại điểm gần khu vực công thải Bãi Cháy biến thiên 2.0 – 2.72 mg/l và có chiều hướng



giảm dần khi ra phía biển. Hàm lượng DO tại điểm gần khu vực cống thải Bãi Cháy biến thiên 5.2 – 6.0 mg/l. Tại điểm gần cống thải Cái Lân hàm lượng DO biến thiên 5.934 – 6.0 mg/l; hàm lượng COD biến thiên 2.0 – 2.08 mg/l. Tại điểm gần cống thải CENCO hàm lượng COD biến thiên từ 1.983 – 2.06 mg/l; hàm lượng DO không có sự lan truyền tại khu vực này. Tại điểm gần cửa sông Diễn Vọng hàm lượng COD trong khoảng 1.77 – 1.99 mg/l; hàm lượng DO trong khoảng 5.130 – 6.005 mg/l. Tại điểm gần cống Hồng Gai không có sự lan truyền ô nhiễm đi vào khu vực nghiên cứu.

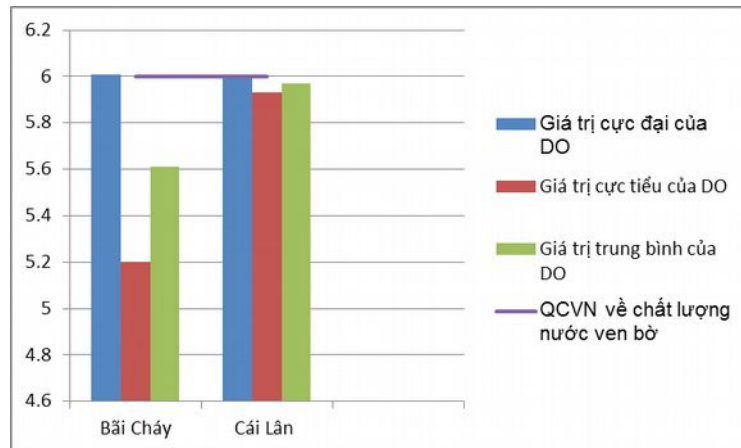


**Hình 4. 6: Biến đổi DO trong vịnh Cửa Lục – Kịch bản 2**

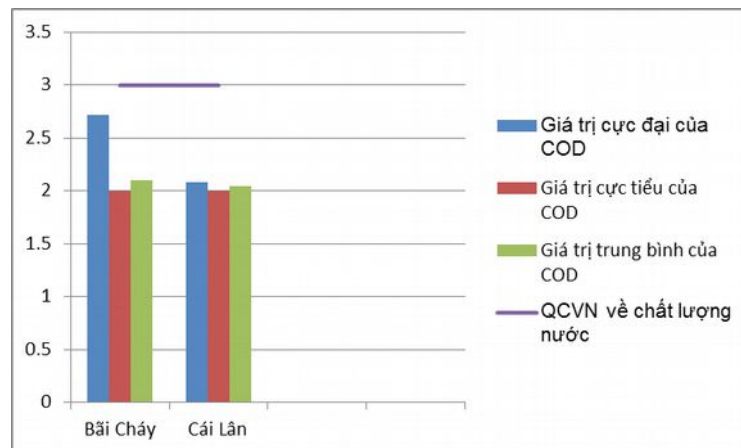


**Hình 4. 18: Biến đổi COD trong vịnh Cửa Lục – Kịch bản 2**

- **Nhận xét mức độ ô nhiễm của khu vực nghiên cứu**



**Hình 4. 19: So sánh giá trị DO và chỉ tiêu chất lượng nước biển ven bờ**



**Hình 4. 20: So sánh giá trị COD và chỉ tiêu chất lượng nước biển ven bờ**

Từ kết quả so sánh, ta có thể thấy nồng độ COD tại điểm gần khu vực Bãi Cháy tăng lên đáng kể nhưng vẫn nhỏ hơn quy chuẩn nước biển ven bờ đối với nuôi trồng thủy sản vậy nên không bị ô nhiễm trong vịnh bởi COD. DO có giá trị cao hơn quy chuẩn nước biển ven bờ tuy nhiên giá trị DO cao hơn quy chuẩn không đáng kể nên có thể kết luận vịnh ô nhiễm nhẹ bởi DO.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### **Kết luận**

Hiện nay, khu vực Cửa Lục còn tồn tại những vấn đề môi trường do nước thải và rác thải chưa được xử lý. Những nguồn ô nhiễm môi trường ảnh hưởng tới sự phát triển kinh tế - xã hội gồm có: nước thải sinh hoạt, công nghiệp không qua xử lý thải thẳng ra biển; nước thải từ các cảng và hoạt động tàu bè.

Với các kết quả phân tích và đánh giá hiện trạng các thông số chất lượng nước khu vực nghiên cứu vào mùa khô và mùa mưa năm 2008 cho thấy các chất hữu cơ DO và COD đều nằm dưới giới hạn cho phép của Việt Nam. Điều này cho thấy, mặc dù lượng phát thải các chất gây ô nhiễm đáng kể, đặc biệt nguồn thải từ lục địa, nhưng khả năng tự làm sạch môi trường của vịnh Cửa Lục rất tốt do năng lượng triều cao, dao động triều lớn trong chu kỳ nhật triều đều và dòng triều mạnh đã lan truyền, phân tán chất gây ô nhiễm ra ngoài vùng biển.

### **Kiến nghị**

Mặc dù hiện trạng chất lượng nước tại vịnh Cửa Lục hiện nay chưa bị ô nhiễm nhưng cũng rất đáng lo ngại. Các hoạt động kinh tế có liên quan đến việc ô nhiễm chất hữu cơ: nếu cứ giữ mức sản lượng khai thác than và không khống chế các nguồn thải từ hoạt động cảng, dân cư trong tương lai thì mức độ ô nhiễm chất hữu cơ của khu vực nghiên cứu ngày càng gia tăng. Từ thực trạng chất lượng nước của vịnh Cửa Lục qua các kịch bản thì trong tương lai tăng cường kiểm soát, quản lý các nguồn gây ô nhiễm, đặc biệt là nguồn chất thải ở các khu vực đô thị mới ven biển và từ các hoạt động công nghiệp trong khu vực; hoàn thiện hệ thống kết cấu hạ tầng đô thị, đặc biệt là hệ thống thu gom, xử lý nước thải, hệ thống thu gom, xử lý rác thải, nghiêm cấm việc xả thải trực tiếp vào vịnh Cửa Lục; để bảo vệ và nâng cao chất lượng nước ven biển khu vực Cửa Lục thì địa phương cần có các giải pháp quản lý, công nghệ và tuyên truyền giáo dục về bảo vệ môi trường thích hợp

### Tài liệu tham khảo

1. Phần mềm EFDC, *hướng dẫn sử dụng, cơ sở lý thuyết và phương pháp số.*
2. Công ty trách nhiệm hữu hạn cảng Container quốc tế Cái Lân: *Báo cáo DTM quá trình nạo vét Cảng Cái Lân.*
3. Viện Tài nguyên và Môi trường biển: *Xây dựng mô hình lan truyền chất ô nhiễm cho vịnh Hạ Long – vịnh Bái Tử Long.*
4. Vũ Duy Vĩnh: *ứng dụng mô hình toán học phục vụ quản lý tổng hợp vùng bờ ở bờ phía Tây vịnh Bắc Bộ.*
5. Tiến sĩ Nguyễn Thị Thế Nguyễn: *Một số vấn đề về chất lượng nước vịnh Hạ Long.*
6. Nguyễn Thanh Tâm – luận văn thạc sĩ: *Nghiên cứu vận chuyển bùn cát khu vực cảng Lạch Huyện.*
7. Nguyễn Chí Công – luận văn thạc sĩ: *Tính toán lan truyền vật chất ô nhiễm khu vực vịnh Nha Trang bằng mô hình số.*
8. Nguyễn Văn Hoàng (2009): *Áp dụng phần mềm thủy lực môi trường nước EFDC đánh giá ảnh hưởng của nước thải sinh hoạt đến chất lượng nước Sông Hồng vào mùa khô khu vực Hà Nội.*