



Original Article

An Evaluation of Pollution Flushing for Ben Beo Basin (Cat Ba Island, Hai Phong): Using the Estimation of Pollution Flushing

Trinh Thi Le Ha*

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 16 September 2020

Revised 25 January 2021; Accepted 29 January 2021

Abstracts: The results suggest that pollution exchange coefficient of Ben Beo are small, the basin may be at risk from water quality problems. The number of days required to achieve of 50% reduction in concentration for the mean tidal range: about 5 days using low and average values of b and 10 days using high value of b . The pollution flushing for maximum tidal range is strong. The number of days required to achieve a given percent dilution of the initial concentration is about 3 to 5 days for wide range of b values. However, model offers a reasonable approximation to heavy metal pollution.

Keyword: Pollution exchange coefficient, pollution flushing.

* Corresponding author.

E-mail address: lehatrinh112010@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4697>

Đánh giá khả năng giải phóng ô nhiễm của thủy vực Bến Bèo (Cát Bà, Hải Phòng): các kết quả ước tính

Trịnh Thị Lê Hà*

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 16 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 25 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 29 tháng 01 năm 2021

Tóm tắt: Các kết quả ước tính cho thấy, thủy vực Bến Bèo có hệ số lưu thông ô nhiễm nhỏ, nguy cơ ô nhiễm dễ xảy ra. Khả năng giải phóng các chất ô nhiễm kim loại nặng đạt gần một nửa so với nồng độ ô nhiễm ban đầu sau khoảng 5 ngày đối với hệ số b trung bình và nhỏ và sau khoảng 10 ngày đối với hệ số b lớn. Với biên độ triều đạt cực đại, mọi khả năng giải phóng ô nhiễm ở các cấp độ b đều diễn ra nhanh hơn và mạnh hơn. Khả năng ước tính của mô hình có thể áp dụng được cho tất cả các chất ô nhiễm có tính chất bền vững khác ngoài kim loại nặng.

Từ khóa: Dòng ô nhiễm quay trở lại, hệ số lưu thông ô nhiễm, giải phóng ô nhiễm.

1. Mở đầu

Các vịnh nhỏ ven bờ có diện tích dưới 10 km² thường được sử dụng làm các bến tàu, bến cá, cảng du lịch hoặc nơi trú ngụ của tàu thuyền khi có bão. Với một số vịnh có điều kiện tự nhiên thuận lợi còn được khai thác để phục vụ cho các hoạt động nuôi trồng hải sản, tham quan du lịch, dựng nhà nổi,... Nói chung, quy mô sử dụng các vũng vịnh này chủ yếu ở cấp địa phương, do vậy các thông tin khoa học về môi trường, sinh thái và các đặc trưng thủy động lực học của các vịnh còn ít được chú trọng.

Khác với các vịnh lớn, các vịnh nhỏ đa số là những thủy vực tương đối kín, khả năng lưu thông nước luôn đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát môi trường. Việc ước tính các thông số liên quan đến động lực nước, các quá trình cân bằng tự nhiên là một trong những nguồn thông tin khoa học góp phần nâng cao

hiệu quả công tác quản lý và lập kế hoạch. Trong điều kiện nguồn kinh phí có hạn, khó tiếp cận với những công cụ kỹ thuật phức tạp ở các địa phương, Barber và Wearing (2004) đã xây dựng và phát triển một mô hình ước tính đơn giản để đánh giá nhanh chế độ động lực của nước đối với khả năng tự làm sạch của nó trong các thủy vực hẹp. Dựa trên những giả thiết phù hợp với điều kiện các vịnh nhỏ, mô hình được tối ưu hóa bằng các phương trình rút gọn. Kết quả thu được từ mô hình so với số liệu thực nghiệm cho thấy khả năng ứng dụng cao (Hình 1).

Cũng là một vịnh nhỏ ven bờ với diện tích khoảng 6 km², nhưng thủy vực Bến Bèo là một vịnh nhỏ nằm ven bờ của đảo Cát Bà. So với các vịnh nhỏ đơn thuần khác, thủy vực Bến Bèo còn là một vịnh nhỏ nằm trong lòng vịnh lớn Lan Hạ, tuy nhiên vịnh vẫn có cửa riêng thông ra biển (Hình 2). Hiện vịnh đang là một bến tàu du lịch, hàng ngày có hàng trăm con tàu vào ra trong mùa

* Tác giả liên hệ.

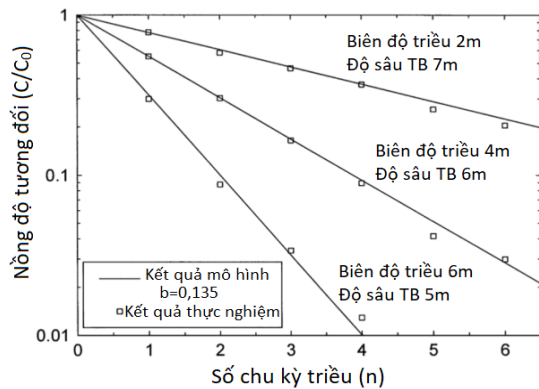
Địa chỉ email: lehatrinhh112010@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4697>

lễ hội, ngoài ra trên vịnh còn là nơi tập trung của hơn 4.000 lồng bè nuôi cá lồng và một làng chài nhỏ khoảng 3.000 hộ dân đang sinh sống. Xét về các điều kiện tự nhiên, vịnh hoàn toàn đáp ứng với các giả thiết quan trọng của mô hình [1, 2]. Để đảm bảo nguyên tắc “bảo tồn chất”, các chất ô nhiễm được đánh giá chủ yếu là kim loại nặng. Vì đây đều là những chất khó bị phân hủy trong môi trường tự nhiên.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được áp dụng là mô hình số đơn giản của Barber và Wearing (2004) áp dụng cho các vịnh nhỏ có mức độ xáo trộn tốt.



Hình 1. So sánh kết quả tính toán từ mô hình với kết quả kiểm tra trên mô hình thực nghiệm theo các biên độ triều khác nhau.

Cơ sở của mô hình là phương pháp thấu kính triều đã được DiLorenzo và cộng sự (1995) xây dựng và phát triển thành mô hình dự báo chất lượng nước và đánh giá mức độ nhạy cảm ô nhiễm trong các vịnh triều nhỏ [3] với 5 giả thiết quan trọng sau:

- Các chất ô nhiễm không bị phân hủy;
- Có sự xáo trộn tốt các chất ô nhiễm trong mỗi chu kỳ triều;
- Nồng độ ô nhiễm trong khối nước bên ngoài thủy vực bằng 0;
- Không có sự phân tầng thẳng đứng do ảnh hưởng của nhiệt hay mật độ;

- Các chất ô nhiễm tại thời điểm ban đầu có sự phân bố đồng đều trong toàn thủy vực;

- Lưu lượng nước ngọt xâm nhập vào thủy vực không thay đổi theo thời gian.

Theo đó Barber và Wearing (2004) đã tiếp tục mở rộng và phát triển thành mô hình dự báo hệ số lưu thông chất ô nhiễm với thêm một số giả thiết về thủy triều [4].

Quá trình xáo trộn bên trong thủy vực khi triều lên và triều xuống có sự khác nhau đáng kể. Do đó, các phương trình mô phỏng chất lượng nước ứng với khoảng thời gian triều lên và thời gian triều xuống cũng khác nhau [3, 4].

Khi triều xuống nồng độ chất ô nhiễm (C) và thể tích khối nước bên trong thủy vực (V) sẽ thỏa mãn các phương trình (1) và (3) còn khi triều lên là (2) và (3).

$$\frac{d}{dt}(CV) = C \frac{dV}{dt} + V \frac{dC}{dt} = QC \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}(CV) = C \frac{dV}{dt} + V \frac{dC}{dt} = bQC \quad (2)$$

$$\frac{dV}{dt} = Q + Q_f \quad (3)$$

Trong đó, Q là lưu lượng nước đi qua cửa (Q > 0 khi triều lên và Q < 0 khi triều xuống) và Q_f là lưu lượng nước ngọt xâm nhập vào thủy vực. b là hệ số dòng ô nhiễm quay trở lại, giá trị của b dao động từ 0 đến 1. Hệ số b biểu thị tỉ lệ lượng ô nhiễm được đưa ra khỏi vịnh khi triều xuống rồi quay lại vịnh khi triều lên (sau khi đã xáo trộn một phần với vùng nước bên ngoài).

Sử dụng giả thiết thủy vực có triều điều hòa hình sin với độ lớn không đổi, V được xác định như sau:

$$V = V_m + V_t \cos(\omega t) \quad (4)$$

Trong đó, V_m là thể tích trung bình của thủy vực, V_t là phần dao động của thể tích triều, t là thời gian và ω là tần số góc triều, được xác định bởi ω=2π/T với T là chu kỳ triều. Thời điểm bắt đầu mô phỏng (t = 0) ứng với thời kỳ nước cao.

Kết hợp phương trình (1) và (3), tích phân theo thời gian triều xuống lần thứ nhất dẫn đến:

$$\int_{C_0}^{C_{e(1)}} \frac{dC}{C} = -Q_f \int_0^{\pi/\omega} \frac{dt}{V_m + V_t \cos(\omega t)} \quad (5)$$

lại có

$$\int_0^{\pi/\omega} \frac{d_t}{V_m + V_t \cos(\omega t)} = \frac{\pi}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \quad (6)$$

Suy ra, giải phương trình (5) thu được:

$$C_{e(1)} = C_0 \exp \left\{ \frac{-\pi Q_f}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (7)$$

Trong đó, C_0 là nồng độ ô nhiễm tại thời điểm $t = 0$ và $C_{e(1)}$ là nồng độ ô nhiễm sau kỳ triều xuống lần thứ nhất.

Vì thủy vực đang xét được giả thiết có chế độ triều điều hòa lên xuống với độ lớn không đổi nên phương trình (7) có thể được viết lại dưới dạng tổng quát như sau (để xét cho kỳ triều xuống thứ n bất kỳ)

$$C_{e(n)} = C_{f(n-1)} \exp \left\{ \frac{-\pi Q_f}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (8)$$

Trong đó, $C_{e(n)}$ là nồng độ chất ô nhiễm tại cuối kỳ triều xuống thứ n còn $C_{f(n-1)}$ là nồng độ chất ô nhiễm tại cuối kỳ triều lên trước đó.

Khi triều xuống, thể tích khối nước trong thủy vực ứng với $V_m - V_t$ và khi triều lên là $V_m + V_t$, do đó, kết hợp phương trình (2), (3) và (4), lấy tích phân dẫn đến:

$$\int_{C_{e(1)}}^{C_{f(1)}} \frac{d_c}{c} = (b-1) \int_{V_m - V_t}^{V_m + V_t} \frac{dV}{V} b Q_f \int_{\pi/\omega}^{2\pi/\omega} \frac{dt}{V_m + V_t \cos(\omega t)} \quad (9)$$

Trong đó, $C_{f(1)}$ là nồng độ ô nhiễm tại cuối kỳ triều lên thứ nhất. Giải phương trình (9) thu được:

$$C_{f(1)} = C_{e(1)} \left[\frac{V_m - V_t}{V_m + V_t} \right]^{1-b} \exp \left\{ \frac{-\pi b Q_f}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (10)$$

Tương tự phương trình tổng quát cho nồng độ chất ô nhiễm tại cuối kỳ triều lên thứ n sẽ là

$$C_{f(n)} = C_{e(n)} \left[\frac{V_m - V_t}{V_m + V_t} \right]^{1-b} \exp \left\{ \frac{-\pi b Q_f}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (11)$$

Thay $C_{e(n)}$ từ phương trình (8) vào phương trình (11) dẫn đến phương trình biểu diễn nồng độ ô nhiễm sau n chu kỳ triều sẽ là:

$$C_{f(n)} = C_{f(n-1)} \left[\frac{V_m - V_t}{V_m + V_t} \right]^{1-b} \exp \left\{ \frac{-\pi Q_f (1+b)}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (12)$$

Áp dụng phương pháp lặp, giải phương trình (12) với điều kiện ban đầu tại $t = 0$ để suy ra nồng độ ô nhiễm sau n chu kỳ triều theo C_0 :

$$C_{f(n)} = C_0 \left[\frac{V_m - V_t}{V_m + V_t} \right]^{n(1-b)} \exp \left\{ \frac{-\pi Q_f n (1+b)}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (13)$$

Theo Falconer and Yu (1991), hệ số lưu thông ô nhiễm (E) là một hàm phụ thuộc vào lượng nước cũ (chứa chất ô nhiễm) được đưa ra khỏi vịnh trong một chu kỳ triều và được thay thế bởi nước mới (không chứa chất ô nhiễm) [5]. Do đó, hệ số này có thể được biểu diễn theo công thức tổng quát sau:

$$E = 1 - \left(\frac{C_{f(n)}}{C_0} \right)^{1/n} \quad (14)$$

Thay $C_{f(n)}$ từ phương trình (13) vào phương trình (14) thu được:

$$E = 1 - \left[\frac{V_m - V_t}{V_m + V_t} \right]^{(1-b)} \exp \left\{ \frac{-\pi Q_f (1+b)}{\omega \sqrt{V_m^2 - V_t^2}} \right\} \quad (15)$$

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Nằm trong khoảng tọa độ từ $20^{\circ} 43' 11,79''$ đến $20^{\circ} 45' 0,36''$ vĩ độ bắc và $107^{\circ} 2' 59,73''$ đến $107^{\circ} 4' 12,12''$ kinh độ đông, Bến Bèo là một vịnh tương đối nhỏ nhưng có nhiều hoạt động khai thác sử dụng, điển hình nhất là hoạt động nuôi trồng thủy hải sản và hoạt động của tàu thuyền du lịch, đánh bắt (Hình 2).

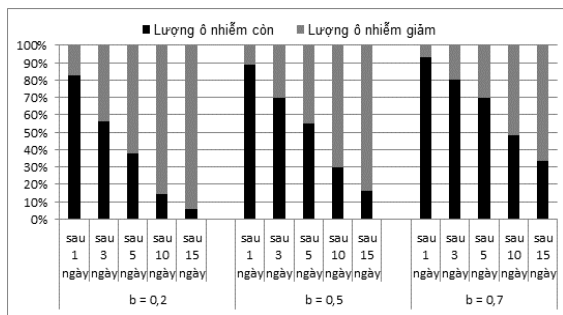


Hình 2. Vị trí khu vực vịnh Bến Bèo ven đảo Cát Bà trên ảnh vệ tinh.

Độ sâu của vịnh không lớn, trung bình khoảng 7,5 m, khi triều kém độ sâu cũng giảm đi một cách đáng kể. Thủy triều trong khu vực theo chế độ nhật triều với biên độ trung bình là 1,8 m và biên độ cực đại là 3 m. Mỗi tháng có hai kỳ nước cường, mỗi kỳ có thể kéo dài tới gần 10 ngày nên giá trị biên độ cực đại được đưa vào xem xét [2].

Với hệ số dòng ô nhiễm quay trở lại tương ứng với ba cấp độ lớn (0,7), trung bình (0,5) và nhỏ (0,2), hiệu suất trao đổi nước của thủy vực không lớn thể hiện ở hệ số lưu thông ô nhiễm chỉ dao động trong khoảng từ 0,07 đến 0,18 đối với biên độ triều trung bình và từ 0,11 đến 0,28 đối với biên độ triều cực đại (Bảng 1). Với các giá trị hệ số này, thủy vực có nhiều nguy cơ đối mặt với các vấn đề ô nhiễm không chỉ đối với các kim loại nặng mà cả các chất ô nhiễm dinh dưỡng.

Xét khả năng giải phóng ô nhiễm, trong phạm vi biên độ triều trung bình, sau khoảng 5 đến 10 ngày nồng độ ô nhiễm trong thủy vực giảm đến khoảng một nửa so với nồng độ ban đầu. Ở các cấp độ dòng ô nhiễm quay lại trung bình và nhỏ, nồng độ ô nhiễm có thể giảm tới 70% đến 80% sau ngày thứ 10 và 80% đến 90% sau ngày thứ 15. Ở cấp độ dòng ô nhiễm quay trở lại lớn, thời gian cần để đạt các định mức trên đều bị kéo dài (Hình 3).



Hình 3. Khả năng giải phóng ô nhiễm của thủy vực đang xét với biên độ triều trung bình.

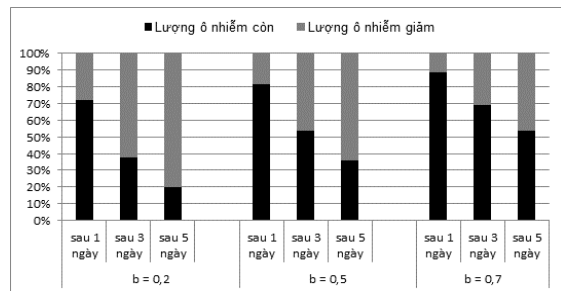
Theo đó, với các chất ô nhiễm là kim loại nặng, thủy vực đang xét cần ít nhất là 5 ngày để giải phóng khoảng 50% nồng độ ô nhiễm ban đầu ra khỏi thủy vực cho tới nhiều nhất là 10 ngày. Điều này cũng có nghĩa, việc xác định

nồng độ còn lại của một kim loại bất kỳ trong thủy vực sau 1-15 ngày có thể thực hiện dễ dàng nếu biết được giá trị nồng độ ban đầu của chúng.

Chẳng hạn nồng độ ban đầu của Pb trong thủy vực là 0,1 mg/l thì sau khoảng 5 đến 10 ngày (tùy cấp độ dòng quay trở lại) nồng độ của Pb trong thủy vực chỉ còn lại 0,05 mg/l.

Như vậy, với giá trị nồng độ Pb còn lại nếu đem so sánh với quy chuẩn quốc gia (QCVN 10-MT:2015/BTNMT), vùng nước nghiên cứu đã đạt chuẩn an toàn cho hoạt động nuôi trồng thủy sản và thời gian cần để đạt tới giới hạn cho phép là 5-10 ngày.

Trong phạm vi biên độ triều cực đại, khả năng giải phóng ô nhiễm của thủy vực được nâng cao, chỉ sau khoảng 3 ngày nồng độ ô nhiễm đã giảm từ 30% đến 60 % tùy từng cấp độ quay trở lại của dòng ô nhiễm. Sau 5 ngày nồng độ ô nhiễm ở cấp độ b nhỏ đã giảm tới 80%, cấp độ b trung bình là 64% và cấp độ b lớn là 46% (Hình 4).



Hình 4. Khả năng giải phóng ô nhiễm của thủy vực đang xét với biên độ triều cực đại.

Kết quả này cho thấy, biên độ triều và hệ số dòng ô nhiễm quay trở lại có ý nghĩa chi phối rất lớn đến khả năng giải phóng ô nhiễm của thủy vực. Vào thời kỳ triều cường là giai đoạn vịnh có cơ hội làm sạch cao nhất. Các kim loại dễ bị đưa ra khỏi vịnh trong thời gian ngắn, chỉ còn lại khoảng 50% đến thấp nhất là 20% nồng độ ban đầu còn lưu lại vịnh sau 5 ngày tùy vào lượng dòng ô nhiễm quay trở lại nhiều hay ít.

Ngược lại vào kỳ triều kém khả năng giải phóng các chất ô nhiễm kim loại đều bị hạn chế. Đối với thủy vực đang xét, kỳ triều kém là thời kỳ rủi ro cao, cùng với hệ số lưu thông ô nhiễm nhỏ, thủy vực càng dễ có nguy cơ ô nhiễm xảy ra.

Riêng đối với hệ số dòng ô nhiễm quay trở lại, đây là thông số khó đo đạc. Trong điều kiện lý tưởng, hệ số này có thể ước tính về mặt lý thuyết (Sanford và nnk, 1992). Trong điều kiện không thể xác định, người dùng có thể lấy giá trị trung bình, tức $b = 0,5$.

Với thủy vực đang xét, ở các cấp độ b lớn hơn và nhỏ hơn giá trị trung bình các biến thiên giá trị sau ngày đầu không nhiều, sau 3 ngày đến 10 ngày bắt đầu có sự chênh lệch lớn và tăng dần nhưng không quá 20%. Điều này cho phép việc sử dụng cùng lúc 3 cấp độ dòng đều có thể tham khảo được.

Bảng 1. Hệ số lưu thông ô nhiễm của thủy vực Bến Bèo

Biên độ triều (m)	1,8 m			3 m		
Hệ số dòng ô nhiễm quay trở lại (b)	0,7	0,5	0,2	0,7	0,5	0,2
Hệ số lưu thông ô nhiễm (E)	0,07	0,11	0,18	0,11	0,18	0,28

3. Kết luận

Thủy vực đang xét có hệ số lưu thông ô nhiễm nhỏ dẫn đến mức độ nhạy cảm ô nhiễm cao. Các nguy cơ ô nhiễm nước rất dễ xảy ra nếu không có các hoạt động kiểm soát khai thác vùng nước vịnh.

Trong điều kiện động lực của thủy vực, khả năng giải phóng các chất ô nhiễm là kim loại nặng diễn ra mạnh nhất (giảm khoảng 70% đến 90% so với nồng độ ban đầu) là sau khoảng 10 đến 15 ngày. Trung bình sau 5 đến 10 ngày, nồng độ ô nhiễm ban đầu có dấu hiệu giảm xuống tới gần một nửa đến dưới 50%.

Riêng vào kỳ triều cường, mọi khả năng giải phóng ô nhiễm sau các khoảng thời gian trên đều gia tăng, giúp cho môi trường nước được làm sạch nhanh hơn.

Dựa vào các kết quả thu được, có thể đánh giá nhanh thời gian thủy vực cần để đạt các tiêu chuẩn chất lượng nước (theo quy chuẩn quốc gia) đối với yếu tố là một kim loại nặng nếu biết được nồng độ ban đầu của chúng.

Ngoài ra, dựa vào các thông tin dự báo về năng lực tự làm sạch của thủy vực, các nhà quản lý có thể đưa ra những quyết định phù hợp về thời gian dẫn cách các hoạt động sử dụng hoặc thời gian cần cho nước ngưng nghỉ khi xảy ra các sự cố môi trường.

Với các vịnh có điều kiện tương tự như vịnh Bến Bèo, đặc biệt là 3 vịnh nhỏ còn lại quanh đảo Cát Bà có thể áp dụng mô hình này. Mặc dù mô hình có hạn chế là chưa xét tới sự phân hủy

tự nhiên của các chất ô nhiễm nhưng với các chất ô nhiễm là kim loại nặng hạn chế này có thể bỏ qua do chúng đều là những chất khó bị phân hủy.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài KC09.14/16-20. Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ này.

Tài liệu tham khảo

- [1] T. T. L. Ha, D. V. Bo, Estimation of Nutrient Loadings from Cage-culture Practices in Ben Beo, Cat Ba Island, Hai Phong, VNU Journal of Science, Vol. 32, 2016, pp. 77-82 (in Vietnamese).
- [2] T. T. Ha, Model of Estimating the Aquaculture Carrying Capacity for Shallow-Water Tidal Embayments. Model Application to Ben Beo Bay, Cat Ba Island, Hai Phong VNU Journal of Science, Vol. 34, 2018, pp. 90-97 (in Vietnamese).
- [3] V. C. Lakhan, Advances in Coastal Modeing, Elsevier Science, Boston, 2003.
- [4] R. W. Barber, M. J. Wearing, A Simplified Model for Predicting the Pollution Exchange Coefficient of Small Tidal Embayments, Water, Air, and Soil Pollution: Focus, Vol. 4, 2004, pp. 87-100, <https://doi.org/10.1023/B:WAFO.0000044789.67230.3e>.
- [5] R. A. Falconer, G. P. Yu, Effects of Depth, Bed Slope and Scaling on Tidal Currents and Exchange in a Laboratory Model Harbour, Proc. Inst. Civil Eng, Vol, 91, pp. 2015, pp. 561-576, <https://doi.org/10.1680/iicep.1991.15630>.