

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 21FM TÍNH TOÁN BIẾN HÌNH LÒNG DẪN SÔNG HỒNG ĐOẠN TỪ CẦU VĨNH TUY ĐẾN TRƯỜNG BẢN YÊN SỞ

Phạm Thị Hoa¹, Nguyễn Kiên Dũng²

¹Công ty xây dựng nhà và đô thị Viễn Đông

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Sông Hồng đóng vai trò quan trọng trong sinh hoạt đời sống cũng như trong sản xuất của các khu vực nội và ngoại thành của thành phố Hà Nội. Tuy nhiên hiện nay việc khai thác cát trên sông Hồng, nhất là khai thác ở các đoạn sông đang là vấn đề nan giải, gây ảnh hưởng không nhỏ tới chất lượng lòng dẫn sông Hồng. Bài báo này tập trung vào việc nghiên cứu ứng dụng mô hình toán MIKE 21FM nhằm xác định được phạm vi và vị trí các khu vực bãi bồi, khu vực xói lở lòng sông trong điều kiện hiện trạng và khai thác cát từ các bãi bồi với quy mô khác nhau. Kết quả nghiên cứu theo hai kịch bản cho thấy toàn bộ đoạn sông mô phỏng có những biến động địa hình lớn ở 2 khu vực hạ lưu cầu Vĩnh Tuy và tại khu vực cống Xuân Quan. Tại khu vực cống Xuân Quan quá trình bồi lắng mạnh tại phía bờ phải có thể cho phép khai thác cát với quy mô dưới 250 m³/ngày. Nếu xem xét cả năm khả năng khai thác cát có thể ở mức 1000 - 3000 m³/ngày.

Từ khóa: Mô hình toán; Hình thái.

Abstract

Applying MIKE 21FM model in calculating channel deformation of Red river section from Vinh Tuy bridge to Yen So shooting ground

Red river plays an important role in people's daily life and manufacturing activities in Ha Noi. However, at present, sand exploitation activities in Red river, especially in the study area from Vinh Tuy bridge to Yen So shooting ground has been affecting the stability of Red river. This research focused on applying MIKE 21FM model to identify the range and position of the sandbars and erosion areas in the current situation and two different scenarios of sand exploitation activities. The research results of two scenarios show that there are significant channel deformation in downstream of Vinh Tuy bridge and in Xuan Quan area. Severe sedimentation occurs at the right bank of Xuan Quan area. Sand exploitation capacity can reach up to 250 m³ per day in the low flow season and average 1000 - 3000 m³ per day in the whole year.

Keywords: Modelling; Morphology.

1. Đặt vấn đề

Hình thái dòng sông là sản phẩm của quá trình tương tác giữa dòng chảy và lòng dẫn, với yếu tố trung gian là các quá trình vận chuyển và phân bố bùn cát trong sông. Nếu một trong những yếu tố trên thay đổi thì sẽ gây hiệu ứng làm thay đổi các yếu tố khác. Nguyên nhân cơ bản gây nên sự thay đổi về hình thái lòng sông chính là do mất cân bằng bùn cát.

Cho đến nay, những nghiên cứu mang tính kết hợp giữa việc đánh giá tác

động của dòng chảy, địa chất, khai thác cát sỏi lòng sông đến quá trình diễn biến hình thái lòng sông còn chưa nhiều. Đặc biệt ở Việt Nam, Việc khai thác cát không có quy hoạch, không đúng kỹ thuật đã được chỉ ra là một trong những nguyên nhân chính gây gia tăng sạt lở, bồi lắng và làm biến đổi dòng chảy, bùn cát của đoạn sông ngày càng diễn biến phức tạp hơn. Chính vì vậy nếu như việc khai thác cát ở các đoạn sông được thực hiện trên cơ sở khoa học, tuân theo các quy luật

về hình thái, chế độ thủy động lực, bùn cát của đoạn sông, thì việc khai thác cát sẽ được thực hiện như là một giải pháp nạo vét kết hợp để cải tạo lòng dẫn, giúp điều hòa dòng chảy, điều chỉnh hợp lý tỷ lệ phân chia lưu lượng, bùn cát giữa các nhánh nhằm ổn định đoạn sông.

Với tính cấp thiết của thực tiễn về yêu cầu chỉnh trị để ổn định các đoạn sông, cũng như nhu cầu về khai thác cát để phục vụ các ngành kinh tế xã hội. Nghiên cứu đã sử dụng mô hình MIKE 21FM để tính toán biến hình lòng dẫn sông Hồng đoạn từ cầu Vĩnh Tuy đến trường bắn Yên Sở. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học cho việc xác định được diễn biến hình thái lòng sông trong các điều kiện thủy lực, khai thác cát của đoạn sông, hoặc các giải pháp chỉnh trị nhằm điều hòa dòng chảy, ổn định lòng dẫn cho đoạn sông.

2. Tổng quan về mô hình MIKE 21 FM

2.1. Xuất xứ và cấu trúc của mô hình

Mô hình MIKE 21 Flow Model (MIKE 21FM) là mô hình thủy lực hai chiều thuộc họ phần mềm MIKE, được xây dựng và phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) từ cuối những năm 90. Mô hình MIKE 21FM đã có mặt tại Việt Nam vào tháng 11 năm 2005 qua con đường chuyên giao công nghệ giữa DHI và Viện Quy hoạch Thủy Lợi. MIKE 21 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng và phát triển, được ứng dụng để mô phỏng các biến động 2 chiều của mực nước và dòng chảy trong hồ, cửa sông, vịnh, khu vực ven và ngoài biển [3].

Mô hình MIKE 21FM được xây dựng và kết hợp các kỹ thuật mô hình mới sử dụng cách tiếp cận lưới phi cấu trúc (lưới tam giác). Kỹ thuật này đã và đang được phát triển cho các ứng dụng liên quan đến môi trường cửa sông, khu vực ven biển, đại dương và tràn lũ trong đất liền.

MIKE 21FM bao gồm các modul sau:
Modul thủy lực (HD);

Modul truyền tải (ST);

Modul sinh thái (EL).

Modul thủy lực là thành phần quan trọng nhất trong toàn kết cấu của mô hình MIKE 21FM, cung cấp các đặc trưng cơ bản về thủy động lực cho modul truyền tải và modul sinh thái. [4]

2.2. Số liệu đầu vào cho mô hình MIKE 21FM

a) Số liệu địa hình: Bản đồ địa hình 1:500 được số hóa và 53 mặt cắt ngang, trong đó đoạn từ cầu Vĩnh Tuy đến trường bắn Yên Sở có 16 mặt cắt được đo đạc năm 2012.

b) Số liệu thủy văn: Lưu lượng tại trạm thủy văn Hà Nội, Hưng Yên và mực nước tại cống Xuân Quan.

c) Số liệu khí tượng: Mưa, bốc hơi và gió (hướng và độ lớn) tại trạm khí tượng Láng.

2.3. Khả năng của mô hình

Với những ưu điểm về việc tạo lưới linh hoạt và những cơ sở khoa học của MIKE 21FM đã trình bày ở trên cho thấy mô hình có khả năng ứng dụng đối với các bài toán nghiên cứu.

Nghiên cứu chế độ thủy lực tổng thể trên toàn đoạn sông và chi tiết tại từng vị trí. Bao gồm những đặc trưng về mực nước, lưu lượng, vận tốc dòng chảy và phân bố của chúng theo phương ngang. Đặc biệt là khả năng tính toán dòng chảy ở những đoạn sông đổ hướng lớn, thành phần quan trọng trong nghiên cứu xói lở và bồi đắp bờ sông.

Tính toán biên hình lòng dẫn (xói, bồi lòng sông) và xói lở bờ sông trong trạng thái tự nhiên cũng như các phương án khai thác đoạn sông trong tương lai.

3. Ứng dụng mô hình MIKE 21FM đánh giá biến hình lòng dẫn đoạn sông nghiên cứu

3.1. Thiết lập mô hình MIKE 21FM

Chọn tiện ích *mesh generator* (.mdf).

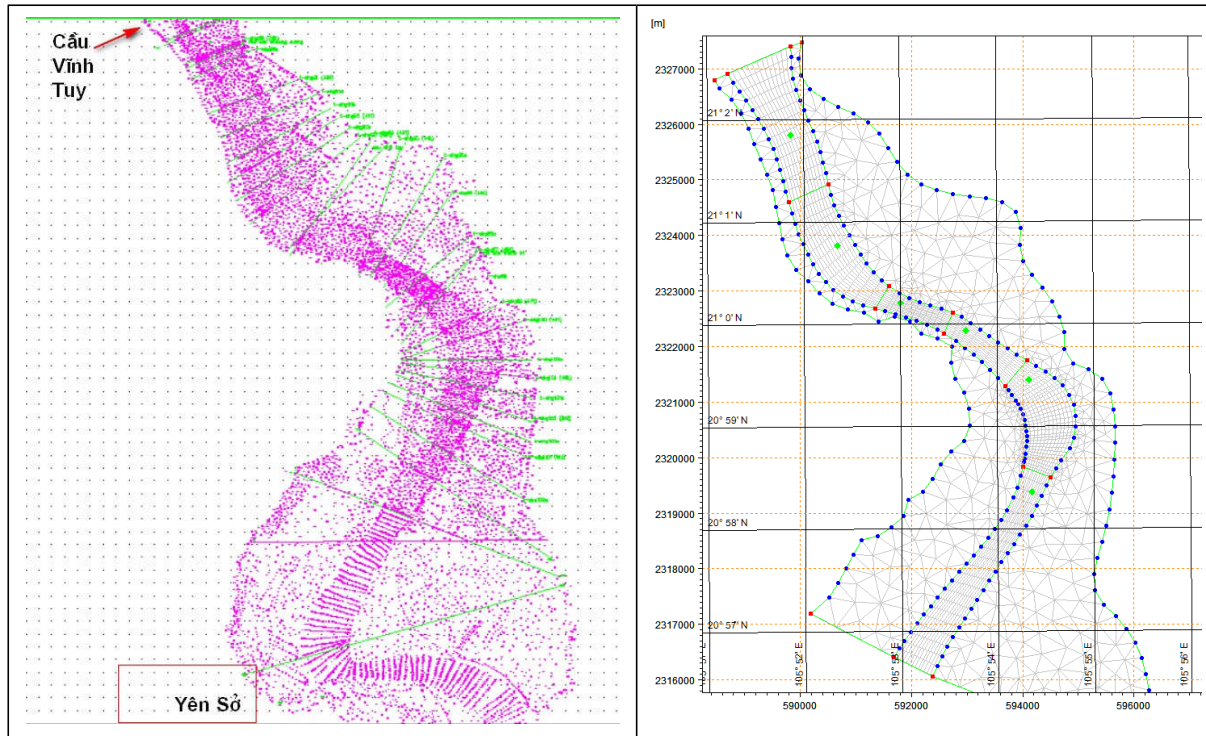
- Chọn hệ quy chiếu UTM, Zone 48.

- Xác định giới hạn vùng tính toán.

- Xây dựng các biên thủy lực .

- Tạo lưới tính toán phù hợp với địa hình.

- Xuất file kết quả địa hình mô phỏng từ mesh



Hình 1: Lưới tính toán sông Hồng đoạn nghiên cứu

3.2. Điều kiện biên

Biên cứng: Là hệ thống đê bao bờ tả và bờ hữu Hồng dọc đoạn sông nghiên cứu.

Giới hạn biên trên (biên hồ thượng lưu): Cửa vào của mô hình đặt tại vị trí thượng lưu Vĩnh Tuy. Quá trình dòng chảy tại biên trên được lấy là lưu lượng theo thời gian $Q \sim t$ tại trạm Hà Nội. Tại đây cũng sử dụng biên bùn cát cho mô hình Sandtransport là quá trình nồng độ bùn cát theo thời gian $\rho \sim t$.

Giới hạn biên dưới (biên hồ hạ lưu): Là biên không chế mực nước hạ lưu của miền tính. Biên dưới được lấy là quá trình mực nước theo thời gian $H \sim t$ trích xuất từ mô hình 1 chiều MIKE 11 chạy riêng cho đoạn từ trạm thủy văn Hà Nội đến trạm thủy văn Hưng Yên.

3.3. Các thông số mô hình

❖ Các thông số thủy lực

- Hệ số nhám lòng sông theo Manning (M): Hệ số nhám được hiệu chỉnh và thiết lập cho phù hợp với sự biến đổi giữa lòng dẫn và bãi sông, với lòng sông hệ số nhám từ 30 - 33 $m^{1/3}/s$, trên bãi sông từ 20 - 25 $m^{1/3}/s$ [1].

- Kết quả của việc thiết lập lưới phân bố hệ số nhám trên toàn miền tính toán được thể hiện ở hình dưới đây.

- Bước thời gian tính toán: Để ổn định mô hình thời gian Δt cần phải có sự phù hợp với lưới tính toán, nhận thấy với $\Delta t = 30s$ thì mô hình chạy ổn định (với hệ số $Cr < 0.8$).

- Hệ số nhớt rối theo phương ngang Smagorinsky: Phụ thuộc vào bước lưới tính toán và véc tơ vận tốc theo phương ngang x, y . Dựa vào dữ kiện hiện trạng của vùng nghiên cứu, chọn hệ số nhớt rối = 0,28 (m^2/s) [2].

❖ Thông số mô hình vận chuyển bùn cát

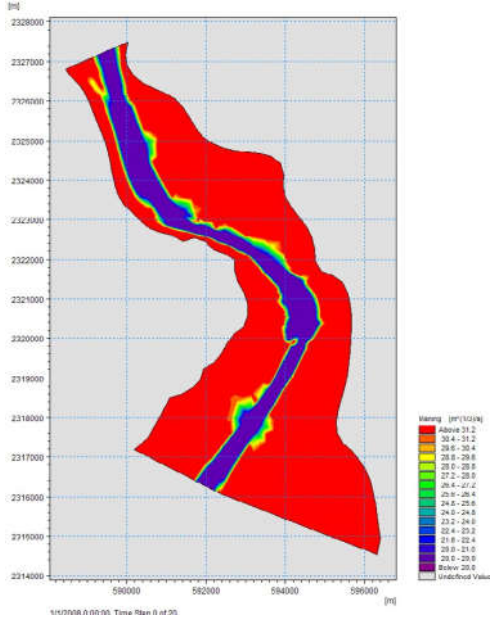
- Đường kính hạt bùn cát d_{50} (sediment data): Lấy theo số liệu phân tích d_{50} trong nghiên cứu trước đây của Nguyễn Ngọc Quỳnh, đường kính hạt d_{50} ở khu vực đoạn sông Hồng qua Hà Nội là $d_{50} = 0.2 \text{ mm}$ [1].

- Bước thời gian tính toán vận chuyển bùn cát $\Delta t = 30s$

- Bước thời gian tính toán khuếch tán là 3 giây.

- Dạng vật liệu không dính

- Đặc trưng vật lý đối với vật liệu đáy
- Độ rỗng (Porosity): 0,67
- Trọng lượng riêng (Relative density): 2,647 tấn/m³.
- Thông số Shields tiêu chuẩn: 0,056



Hình 2: Lưới phân bố hệ số nhám thiết lập trong mô hình MIKE 21ST

4. Mô phỏng và đánh giá theo các kịch bản

- Bài báo đưa ra 2 kịch bản nghiên cứu chính gồm:

- Kịch bản 1: Hiện trạng dòng chảy, bùn cát và lòng dẫn

- Kịch bản 2: Có khai thác cát lòng sông.
 Từ kết quả điều tra độ rỗng thực tế của các bãi cát, khối lượng khai thác 1 bãi từ 200 - 1000 m³/ngày, giả thiết các bãi được khai thác trong 3 tháng mùa khô (I - III) với quy mô khai thác như sau:

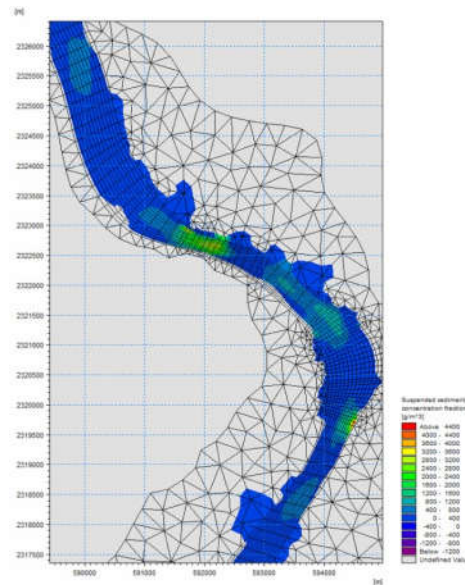
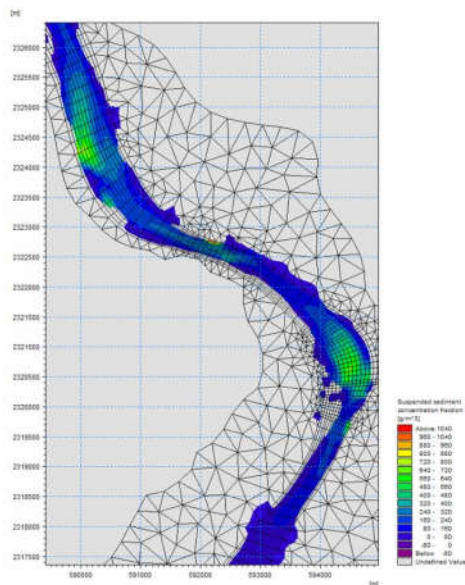
KB2.1: B * h = 70 * 70 m độ sâu bãi khai thác h = 4,0 m tương ứng với tổng khối lượng khai thác 220 m³/ngày.

KB2.2: B * h = 150 * 150 m, độ sâu bãi khai thác h = 4,0 m tương ứng với tổng khối lượng khai thác 1000 m³/ngày.

4.1. Kết quả tính toán kịch bản 1

- Thông qua việc phân tích lưu lượng dòng chảy, trường lưu tốc, nồng độ bùn cát, địa hình đáy sông, mức độ thay đổi đáy sông tại các thời điểm khác nhau tại các vị trí nghiên cứu để phân tích các kết quả.

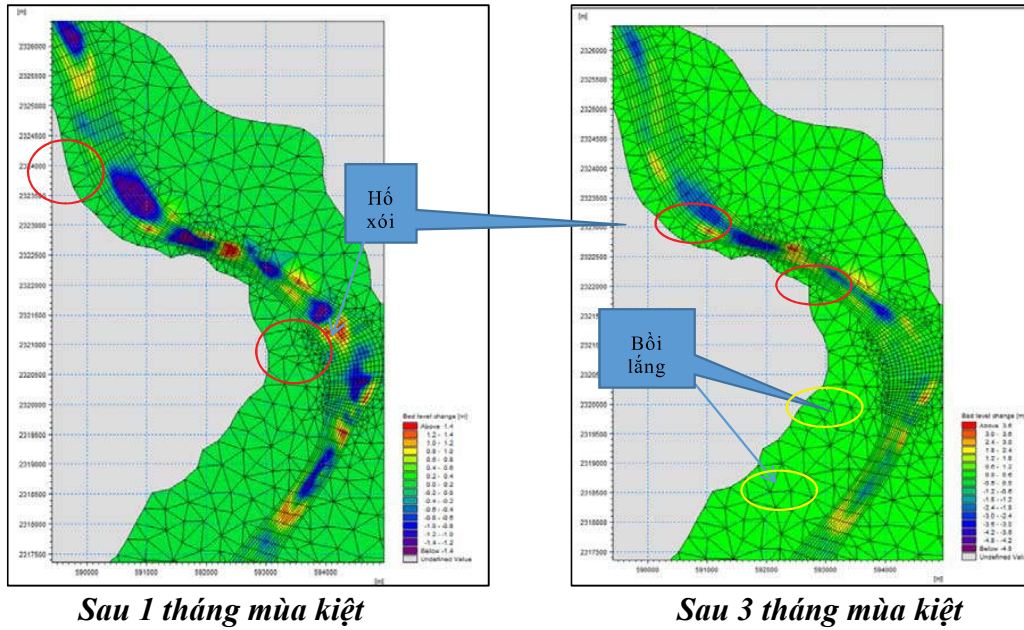
- Về lưu lượng: Thời kỳ mùa kiệt thường có mức lưu lượng không lớn chỉ từ 600 - 800 m³/s, nhỏ nhất 400 m³/s, lớn nhất 1300 m³/s, tuy nhiên do có sự tham gia điều tiết cấp nước tưới thời kỳ khẩn trương từ hồ Hòa Bình nên lưu lượng dòng chảy thời kỳ này có sự biến động ở các thời đoạn 5 - 10 ngày.



Thời điểm lưu lượng thấp nhất mùa kiệt (a) Thời điểm lưu lượng cao nhất mùa kiệt (b)

Hình 3: Khả năng mang bùn cát vào thời điểm lưu lượng nhỏ nhất và lớn nhất mùa kiệt

Nghiên cứu

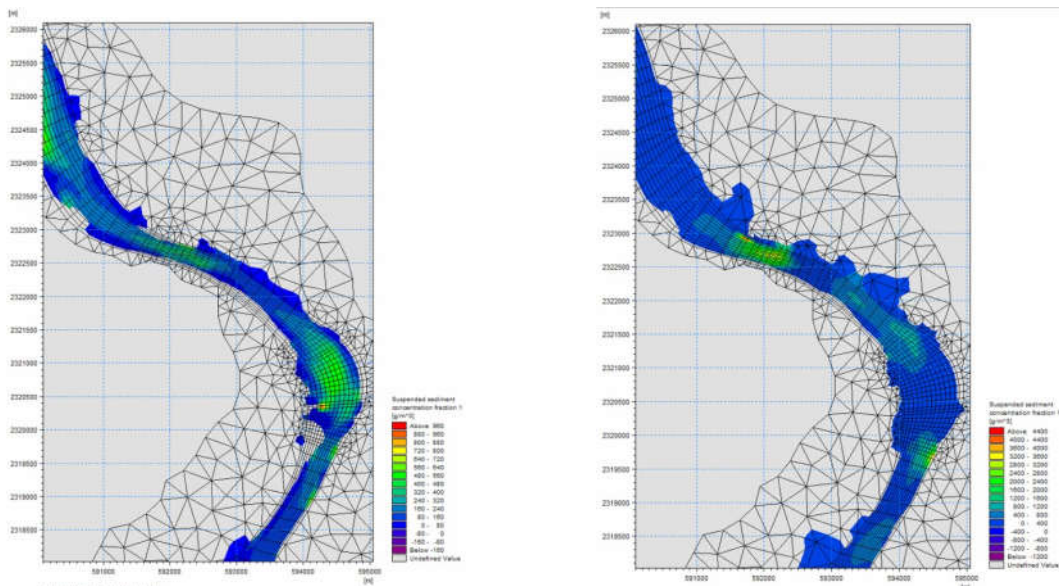


Hình 4: Mức độ xói, bồi lòng dẫn đoạn sông sau 1 tháng và sau 3 tháng mùa kiệt

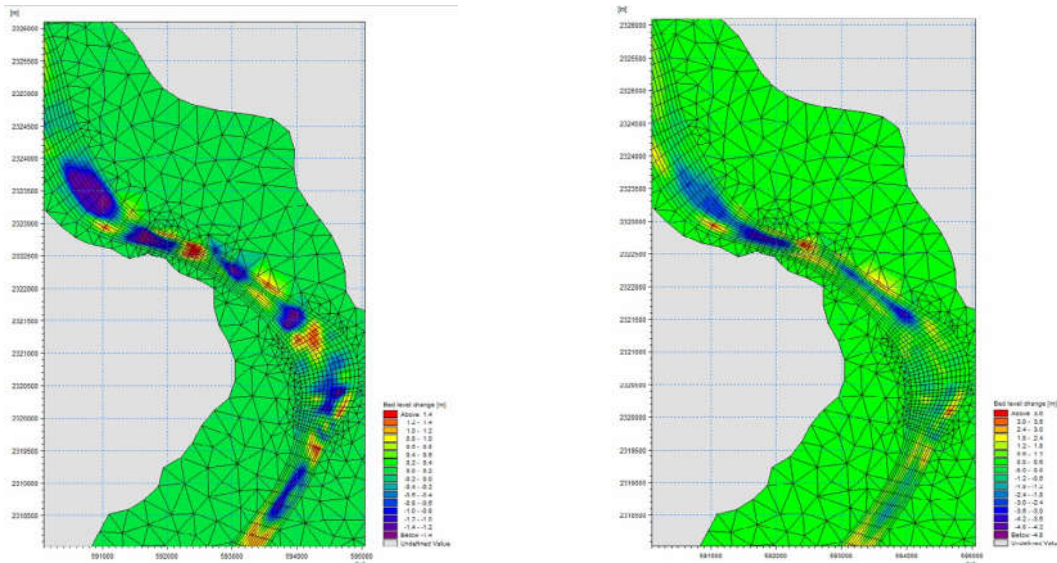
4.2. Kết quả tính toán của kịch bản 2

Về vận chuyển bùn cát: Khả năng mang bùn cát của lòng sông và phân bố trên mặt bằng trong các kịch bản KB 2.1 và 2.2 vẫn có chung xu thế như KB1.

Địa hình đáy sông và mức độ biến động địa hình: Ở kịch bản KB 2.1 do quy mô khai thác nhỏ chỉ 220 m³/ngày, sau 3 tháng mô phỏng, bãi khai thác được nâng từ -2.4 m lên -1.0 m. Tuy nhiên ở kịch bản KB 2.2 sau thời gian 3 tháng mô phỏng cao trình đáy bãi khai thác được nâng cao chỉ từ -2.4 m lên cao trình -1.6 m.



Hình 5: Khả năng mang bùn cát của đoạn sông vào thời điểm lưu lượng nhỏ nhất và lớn nhất mùa kiệt KB 2.1



Sau 1 tháng mùa kiệt

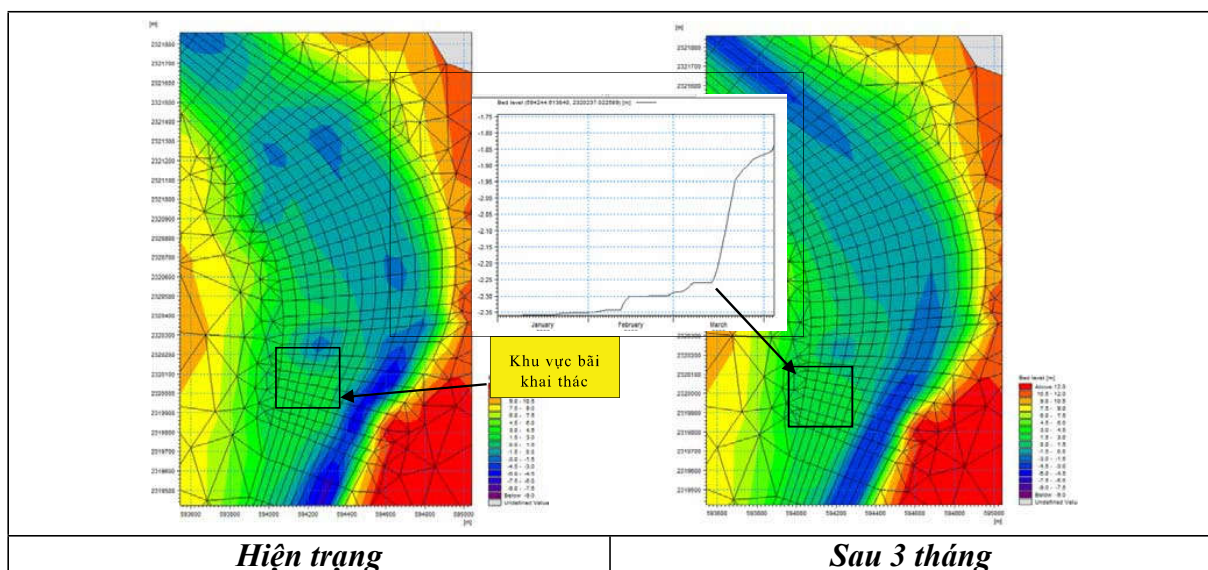
Sau 3 tháng mùa kiệt

Hình 6: Mức độ xói, bồi lòng dẫn đoạn sông sau 1 tháng và sau 3 tháng mùa kiệt KB 2.2

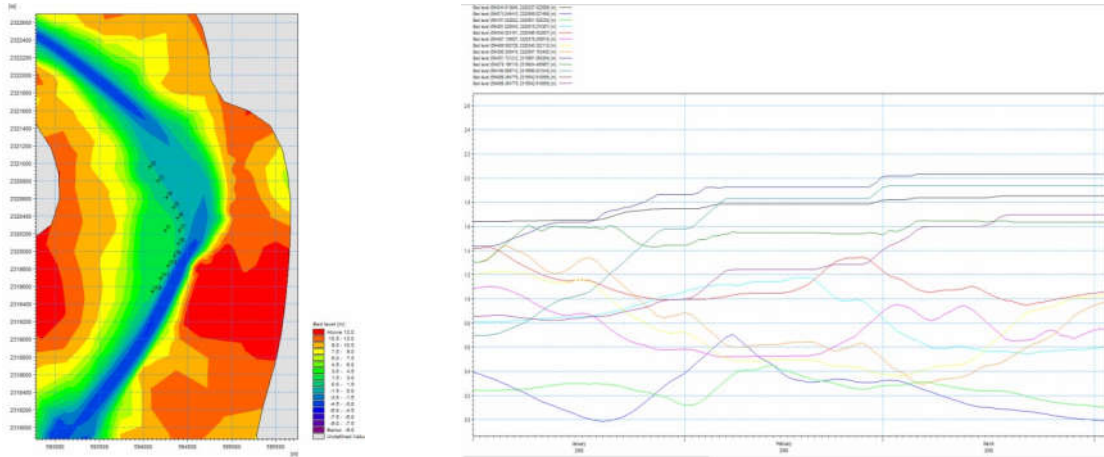
- Về tốc độ dòng chảy: trong thời kỳ này sự biến động về lưu lượng gây ra sự biến động về lưu tốc, tốc độ dòng chảy trung bình mùa từ 0.5 - 0.75 m/s, trong đó thời kỳ xả nước từ hồ Hòa Bình có thể làm tốc độ dòng chảy tăng lên từ 0.2 - 0.4 m/s. Hai khu vực có tốc độ dòng chảy thường xuyên cao là khu vực thượng lưu cầu Thanh Trì và khu vực hạ lưu cống Xuân Quan với tốc độ lớn nhất mùa khô là 1.22 m/s. Tại khu vực cống Xuân Quan do mặt cắt mở rộng, tốc độ dòng chảy giảm nhỏ và phân tán sang 2 bờ, tuy nhiên dòng chủ lưu vẫn có xu

hướng lệch về phía đê tả Hồng.

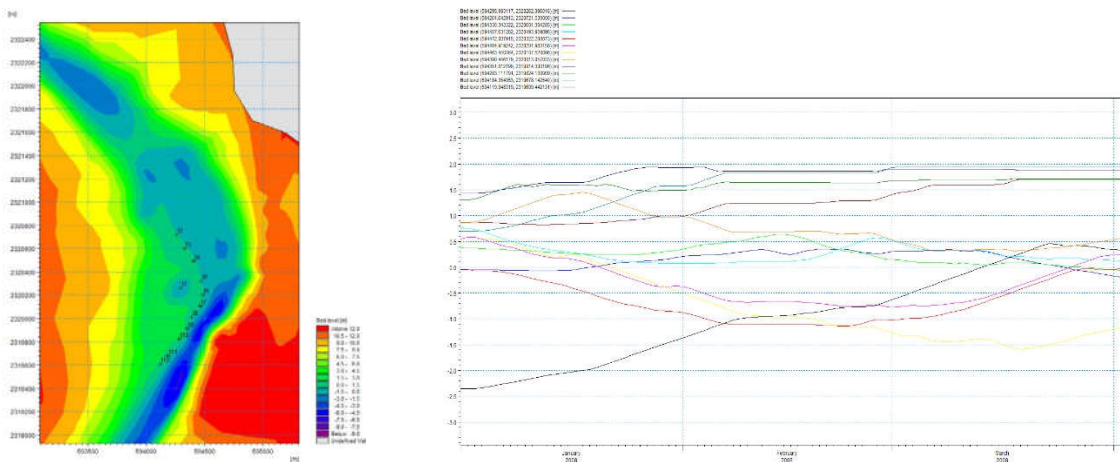
- Về vận chuyển bùn cát: Lòng dẫn sông Hồng mang lượng bùn cát từ thượng nguồn cộng với sự bổ sung hoặc mất đi của bùn cát trên toàn đoạn để đạt đến cân bằng. Trong quá trình này đã hình thành các khu vực có lượng tập trung bùn cát lơ lửng cao. Vào thời điểm lưu lượng dòng chảy thấp $Q < 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ở 2 khu vực có lòng sông rộng là các khu vực nồng độ bùn cát lơ lửng tăng cao ρ từ 1000 - 4400 g/m³, nhiều khả năng gây bồi lắng khu vực, tuy nhiên vào thời điểm lưu lượng dòng chảy tăng lên các khu vực này biến mất và dịch chuyển về phía hạ lưu.



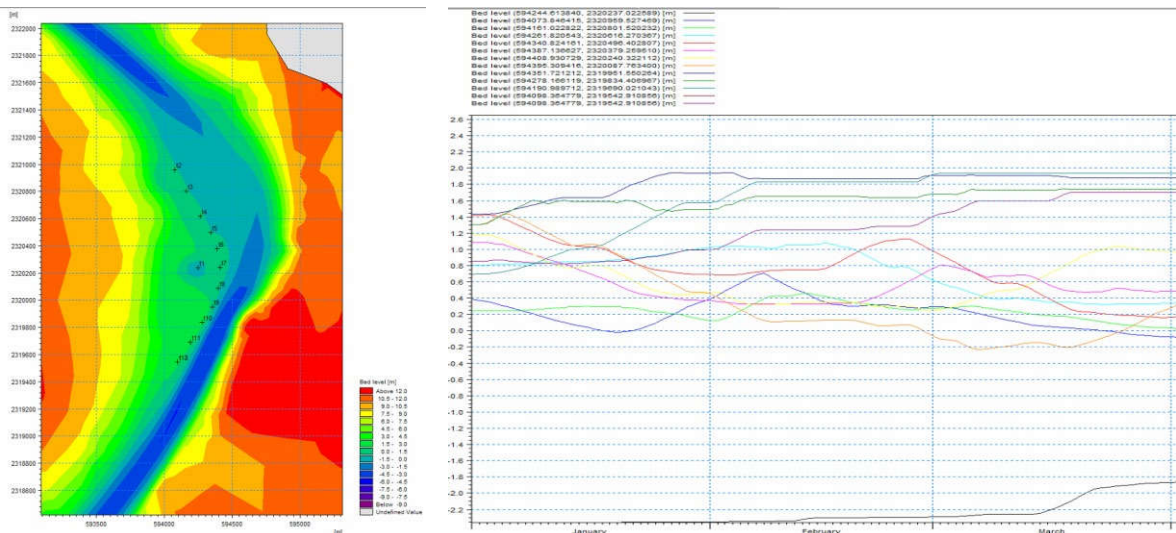
Hình 6: Khả năng bồi lấp bãi khai thác cát sau 3 tháng KB 2.2



Hình 7: Biến động địa hình khu vực bãi bồi theo KB1



Hình 8: Biến động địa hình khu vực bãi bồi theo KB 2.1



Hình 9: Biến động địa hình khu vực bãi bồi theo KB2.2

- Địa hình đáy sông và mức độ biến động địa hình: Lòng dẫn có cao trình thay đổi lớn nhất 1.4 m sau 1 tháng và đến 3.6 m sau 3 tháng. Ngoài ra, dựa vào sự biến đổi đáy sông, có thể thấy được rõ quy luật biến đổi đáy sông ở những đoạn sông cong và sông thẳng. Đối với những đoạn sông cong, đáy sông bờ lồi có xu thế thấp hơn so với bờ lõm, còn đối với đoạn sông thẳng thì sự biến động lòng dẫn ít hơn.

5. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã tiến hành phân tích kích bản hiện trạng dòng sông và kích bản khai thác cát tại bãi bồi khu vực Xuân Quan với các quy mô bãi khai thác khác nhau. Từ đó xác định quy mô bãi khai thác hợp lý phù hợp với quy luật xói bồi và khả năng mang bùn cát của đoạn sông. Theo kết quả tính toán với quy mô khai thác dưới 250 m³/ngày thì sự bổ sung bùn cát trở lại bãi khai thác là hoàn toàn đảm bảo, trong khi đó với quy mô lớn hơn hoặc từ trên 1000 m³/ngày khả năng bồi lắng trở lại trong 3 tháng mùa kiệt là không đủ cần xác định diễn biến trong toàn năm.

Trong mùa cạn, quá trình bồi xói lòng dẫn diễn ra trong phạm vi nhỏ, với mức độ biến đổi (bồi xói) trong khoảng 0,30 m và quá trình bồi xói thường xảy ra ở những đoạn sông cục bộ đoạn sông cong, vị trí có bãi bồi hay ngã ba sông. Đối với đoạn sông thẳng, quá trình diễn biến lòng dẫn tương đối ổn định và ít bị biến đổi.

Bên cạnh những kết quả đạt được, nghiên cứu này còn có những hạn chế về mô hình trong khai báo các thông số bùn cát ví dụ như sự phân bố các lớp trầm tích đáy sông, các công trình ven sông, vật liệu lớp ảnh hưởng đến sự vận chuyển và

xói lở đáy sông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Ngọc Quỳnh (2007). *Nghiên cứu diễn biến lòng dẫn và khả năng thoát lũ khi xây dựng cầu qua Sông hồng khu vực Hà Nội bằng mô hình 21C*. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ.

[2]. Viện Quy hoạch Thủy Lợi (2005). *Báo cáo tổng hợp quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Hồng - Thái Bình*.

[3]. DHI (2012). *MIKE 21 Hydrodynamic Module*. Scientific Documentation.

[4]. DHI (2012). *MIKE21 Sand Transport Module*. Scientific Documentation.

BBT nhận bài: 28/3/2019; Phản biện xong: 08/4/2019

ĐÁNH GIÁ CÔNG TÁC DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN... (Tiếp theo trang 26)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Ngọc Quang, Nguyễn Lan Châu, Trần Quốc Việt (2016). *Thực tiễn và thách thức trong dự báo phục vụ vận hành liên hồ chứa ở nước ta*. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và môi trường, số 13 tháng 9 năm 2016.

[2]. Quyết định số 215/QĐ-TTg, ngày 13 tháng 02 năm 2018 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành *Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Sê San*

[3]. Dự án Bộ Tài Nguyên và Môi trường (2009 - 2013). *Xây dựng Quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Sê San*.

[4]. Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Tây Nguyên. *Phương án dự báo lũ*

[5]. Quyết định số 44/2014/QĐ-TTg, *Quy định chi tiết về cấp độ rủi ro thiên tai*, ngày 15 tháng 8 năm 2014.

[6]. Quyết định số 46/2014/QĐ-TTg, *Quy định về dự báo, cảnh báo và truyền tin thiên tai*, ngày 15 tháng 8 năm 2014.

[7]. Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia. *Quy trình dự báo các sông trên lưu vực sông Tây Nguyên*.

BBT nhận bài: 26/3/2019; Phản biện xong: 05/4/2019