

## **GIẢI PHÁP SỬ DỤNG HỆ THỐNG VAN NGẦM KIỂM SOÁT BÙN CÁT GIẢM THIỂU BỒI LẮNG TẠI CÁC CỬA LẤY NƯỚC BÊN SÔNG HỒNG HÀ NỘI**

Nguyễn Hữu Hué<sup>1</sup>, Nguyễn Đình Trinh<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Một trong những vấn đề lớn mà các cửa lấy nước thường phải đối mặt là sự di chuyển và bồi lắng bùn cát tại kênh dẫn vào cống lấy nước. Bùn cát bồi lắng gây ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả lấy nước của công trình, khiến việc đưa nước vào phục vụ sản xuất khó khăn, ảnh hưởng đến thời vụ và gây tổn kém kinh phí nạo vét hàng năm. Vì vậy việc nghiên cứu và đề xuất các giải pháp giảm thiểu bồi lắng tại các cửa lấy nước là rất cấp thiết, đặc biệt đối với các hệ thống thủy lợi lấy nước bên sông Hồng, nơi nguồn nước có nồng độ bùn cát lớn.

Trong bài báo này, tác giả trình bày giải pháp sử dụng hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát, giảm thiểu bồi lắng do bùn cát di chuyển và lắng đọng tại kênh dẫn vào cống lấy nước, áp dụng cho cửa lấy nước Cẩm Đình. Cũng trong nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng mô hình toán để mô phỏng quá trình làm việc và đánh giá hiệu quả giảm thiểu bồi lắng do hệ thống van ngầm đem lại, so sánh với trường hợp không sử dụng hệ thống van ngầm.

**Từ khóa:** van ngầm kiểm soát bùn cát, bồi lắng cửa lấy nước, xói lở, bồi lắng.

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam, giải pháp khắc phục bồi lắng phổ biến là nạo vét (Nguyễn Đình Trinh, 2017). Về chống hay giảm bồi lắng bên cạnh việc chọn vị trí cửa lấy nước phù hợp thì các nước tiên tiến trên thế giới đã và đang phát triển các công nghệ kiểm soát bùn cát bằng các công trình đặt trên sông lái dòng bùn cát, đặc biệt chủ động đẩy bùn cát ra xa cửa lấy nước. Đồng thời bố trí các bẫy hay bể lắng để lắng giữ bùn cát tương đối mịn không cho đi xa, tránh không cho chúng bồi lắng trên hệ thống kênh dẫn tưới.

Một trong những công trình kiểm soát bùn cát được nghiên cứu và bước đầu ứng dụng rộng rãi trên thế giới hiện nay là sử dụng các van ngầm (*submerged vanes*) đẩy bùn cát ra xa cửa lấy nước. Đây là một giải pháp rẻ tiền và hiệu quả để ngăn chặn bồi lắng bùn cát tại các cửa lấy nước (Jacob Odgaard, 2009).



*Hình 1. Công trình chống bồi lắng (dạng van ngầm - submerged vanes) tại cửa lấy nước bên sông San Juan River- New Mexico*

Do các công trình chống bồi lắng tại các cửa lấy nước trên sông đòi hỏi sự đầu tư lớn nên ở Việt Nam chưa có điều kiện áp dụng. Do vậy, các nghiên cứu ở nước ta tập trung vào công trình chắn cát tại cửa lấy nước như chắn cát kiểu phao nổi, chắn cát dạng tường chắn mũi hắt, chắn cát kiểu màn che di động, các giải pháp này đã được ứng dụng ở cống Xuân Quan và một vài cửa lấy nước nhỏ ở đồng bằng sông

---

<sup>1</sup> Khoa Công trình - trường Đại học Thủy lợi; Email: nguyenuuhue@tlu.vn

<sup>2</sup> Khoa Công trình - trường Đại học Thủy lợi; Email: nguyendinhtrinh@tlu.vn

Hồng. Thực tế vận hành cho thấy các giải pháp mang tính chất tạm thời, vận hành thủ công, hiệu quả chống bồi không cao nên không nhân rộng được.

Để đáp ứng các yêu cầu mà thực tiễn đặt ra trong vấn đề giảm thiểu bồi lắng bùn cát tại các cửa lấy nước vào các hệ thống thủy lợi, việc áp dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật, trong đó ưu tiên nghiên cứu áp dụng hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát là phù hợp với xu thế hiện nay.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu đã sử dụng tổng hợp các phương pháp sau:

+ **Phương pháp tổng hợp, kế thừa:** Thống kê, tập hợp tất cả các tài liệu, nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan đến giải pháp sử dụng hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát, giảm thiểu bồi lắng tại các cửa lấy nước bên sông. Trên cơ sở các tài liệu thu thập, tác giả sẽ kế thừa có chọn lọc các nghiên cứu sử dụng van ngầm giảm thiểu bồi lắng tại các cửa lấy nước có mối tương đồng với các cửa lấy nước bên sông Hồng Hà Nội.

+ **Phương pháp phân tích, thống kê:** Tổng hợp, phân tích các dữ liệu về thủy văn, bùn cát bao gồm: mực nước, lưu lượng, nồng độ bùn cát đáy, nồng độ bùn cát lơ lửng, đường kính hạt bùn cát... tại công Cẩm Đình làm cơ sở phục vụ xây dựng mô hình toán và điều kiện biên thiết kế.

+ **Phương pháp mô hình toán:** Tác giả sẽ sử dụng mô hình toán 2 chiều để đánh giá hiệu quả giảm thiểu bồi lắng bùn cát của giải pháp đề xuất.

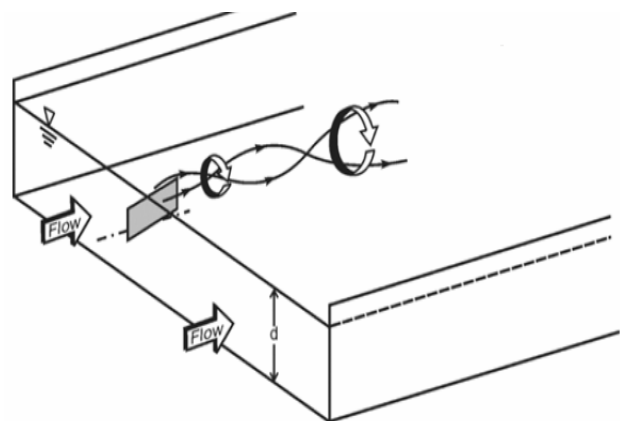
## 3. CÔNG NGHỆ KIỂM SOÁT BÙN CÁT TẠI CÁC CỬA LẤY NƯỚC SỬ DỤNG HỆ THỐNG VAN NGẦM (SUBMERGED VANES)

### 3.1. Nguyên lý làm việc của hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát

Giải pháp sử dụng hệ thống van ngầm (*Submerged vanes*) kiểm soát bùn cát tại các

khu vực cửa lấy nước bên sông lần đầu tiên được đưa ra công bố năm 1983 bởi Odgaard, Kennedy. Mục tiêu của việc xây dựng hệ thống van ngầm là tạo ra một rãnh xói ngay phía trước cửa lấy nước để ngăn chặn bùn cát đi vào trong kênh (*xem hình 3, hình 4*), ngoài ra còn tạo một lạch lấy nước đi sát cửa lấy nước, giúp việc lấy nước trở nên thuận lợi hơn.

Để làm tạo ra được rãnh xói, nguyên lý làm việc của hệ thống van ngầm như sau: Khi dòng chảy đến và tiếp xúc với hệ thống van, một vùng áp suất cao được hình thành tại mặt trước (mặt tiếp xúc) của mỗi van, và một vùng áp suất thấp cũng sẽ được hình thành tại mặt sau của các van đó. Do sự chênh lệch áp suất giữa mặt trước và mặt sau đã tạo thành một dòng chảy xoáy xoắn ốc phía sau mỗi van.

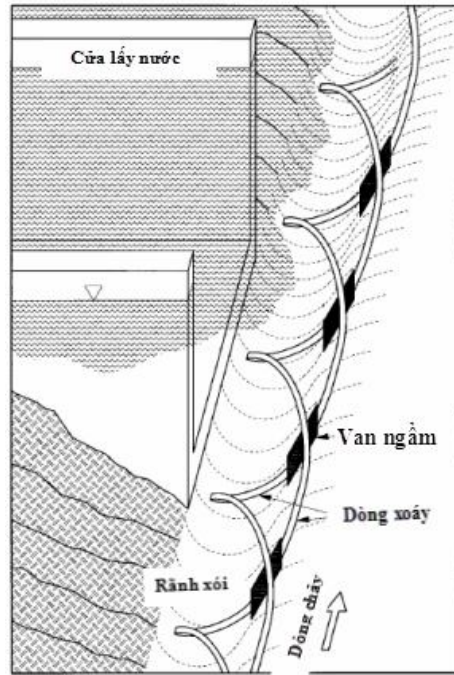


Hình 2. Dòng chảy xoáy xoắn ốc hình thành xung quanh cửa van

Dòng chảy xoáy đã làm thay đổi vận tốc dòng chảy đáy, thay đổi ứng suất tiếp và thay đổi hình thái lòng dẫn của các khu vực xung quanh các van ngầm. Cụ thể, dòng chảy xoáy (dòng thứ cấp) đã tạo ra ứng suất nằm ngang lên đáy lòng dẫn sông, kéo theo sự vận chuyển bùn cát theo phương ngang theo chiều dòng chảy. Bùn cát do dòng chảy xoáy tạo ra sẽ chuyển động và bồi lắng về phía mặt có áp lực cao. Cuối cùng, một rãnh xói được tạo thành phía hạ lưu của van.



Hình 3. Rãnh xói phía trước cửa lấy nước trong mô hình thí nghiệm vật lý của Jacob Odgaard (2009)



Hình 4. Ảnh minh họa quá trình làm việc của van ngầm kiểm soát bùn cát (Nguyễn Đình Trình, 2016)

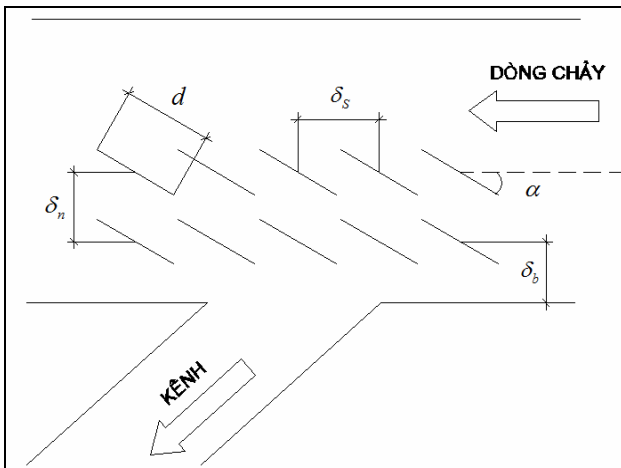
### 3.2. Các thông số thiết kế của van ngầm kiểm soát bùn cát

Các thông số chính ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của van ngầm kiểm soát bùn cát bao gồm: số lượng hàng van ( $n$ ) được đặt song song nhau; góc của van ( $\alpha$ ); chiều cao van ( $H_v$ ), chiều dài van ( $d$ ); khoảng cách giữa hai van theo chiều dọc ( $\delta_s$ ); khoảng cách giữa hai van theo chiều ngang ( $\delta_n$ );

khoảng cách từ van đến đường bờ cửa lấy nước ( $\delta_b$ ). Để tìm ra được giá trị tối ưu của từng thông số thiết kế, các nhà nghiên cứu trên thế giới điển hình như: S. Abdel-Haleem và Helal, Y. Esam (2008), Jacob Odgaard (2009)... đã tiến hành nhiều thí nghiệm trên các mô hình vật lý. Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, các giá trị hợp lý của các thông số thiết kế van ngầm được đề xuất như sau:

**Bảng 1. Bảng phạm vi giá trị các thông số thiết kế hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát**

Các thông số	Góc của van hướng dòng ( $\alpha$ )	Chiều cao van ( $H_v$ )	Chiều dài van ( $d$ )	Khoảng cách giữa hai van theo chiều dọc ( $\delta_s$ )	Khoảng cách giữa hai van theo chiều ngang ( $\delta_n$ )	Khoảng cách từ van đến đường bờ cửa lấy nước ( $\delta_b$ )
Vùng giá trị đề xuất	$15 < \alpha < 45$	$0,2 < \frac{H_v}{h_M} < 0,5$	$2H_v \div 3H_v$	$8H_v \div 10 H_v$	$2H_v \div 3H_v$	$3H_v$
Giá trị đề xuất lựa chọn	30	0,3 ÷ 0,4	$3H_v$	$8H_v$	$2H_v$	$3H_v$



Hình 5. Hình ảnh thể hiện cách xác định các thông số thiết kế của hệ thống van ngầm

#### 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

##### 4.1. Thực trạng bồi lắng tại cống Cẩm Đình

Cống Cẩm Đình thuộc cụm công trình đầu mối Hát Môn - Đập Đáy được khởi công xây dựng năm 2002 và hoàn thành vào năm 2004. Theo phản ánh của Ban Quản lý công trình phân lũ sông Đáy, cống Cẩm Đình sau khi hoàn thành và đưa vào sử dụng mới chỉ được nạo vét một lần duy nhất vào năm 2008. Khối lượng nạo vét khoảng  $22 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ . Đây là khối lượng bùn cát quá lớn, gây ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng lấy nước thực tế của cống.



Hình 6: Kênh dẫn vào cống Cẩm Đình bị bồi lấp nghiêm trọng (Lê Văn Hùng, 2013)

Quá trình điều tra, khảo sát thực địa tại cống Cẩm Đình cho thấy: vào vụ Đông Xuân cống Cẩm Đình không thể vận hành lấy nước phục vụ sản xuất nông nghiệp. Chỉ trong vụ Hè Thu, khi có lũ tiêu mẫn trên sông Hồng thì cống Cẩm Đình mới có khả năng lấy nước vào sông Đáy.

Qua thực trạng nêu trên cho thấy: bồi lắng

bùn cát tại cống Cẩm Đình đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến khả năng lấy nước, cần sớm có các giải pháp nạo vét, khắc phục tình trạng trên.

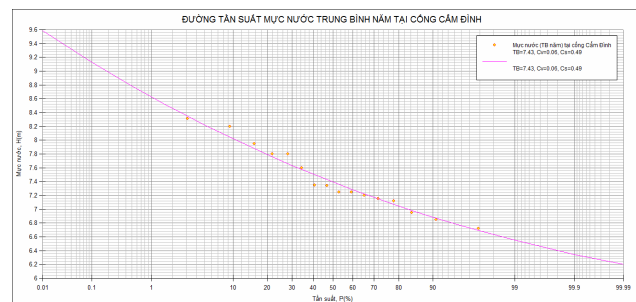
##### 4.2. Xác định các thông số thiết kế cho hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát tại cống Cẩm Đình

###### 1) Số lượng hàng van (n)

Trong nghiên cứu này, tác giả lựa chọn giải pháp tối ưu là xây dựng hệ thống hai hàng van ngầm kiểm soát bùn cát song song nhau. Việc kết hợp hai hàng van sẽ tạo ra rãnh xói có phạm vi rộng hơn so với rãnh xói được tạo ra trong trường hợp chỉ có một hàng van; đồng thời dòng chảy xoáy xoắn ốc được tạo ra cũng mạnh hơn giúp giảm thiểu tối đa bùn cát dịch chuyển và bồi lắng tại kênh dẫn vào cống lấy nước.

###### 2) Độ sâu nước thiết kế ( $h_M$ )

Các cửa lấy nước bị bồi lấp chủ yếu vào mùa lũ, vì vậy giải pháp sử dụng van ngầm kiểm soát bùn cát được sử dụng để giảm thiểu bồi lắng bùn cát vào mùa lũ. Do đó, việc lựa chọn độ sâu nước thiết kế hệ thống van ngầm sẽ lấy theo mực nước vào mùa lũ. Độ sâu nước thiết kế tác giả đề xuất là ứng với mực nước mùa lũ trung bình nhiều năm ( $P=80\%$ ) để đảm bảo 80% khoảng thời gian làm việc trong mùa lũ van ngầm luôn ngập dưới nước.



Hình 7. Đường tần suất mực nước trung bình nhiều năm tại cửa cống lấy nước Cẩm Đình

Căn cứ trên cơ sở tài liệu đo đạc địa hình năm 2017, cao độ đáy lòng dẫn tại khu vực cửa kênh dẫn vào là: +3,00 (m) và mực nước mùa lũ trung bình năm ứng với tần suất 80% sẽ là  $H_{\text{thiết kế}} = 7,10$  (m), xác định được độ sâu nước thiết kế  $h_M = H_{\text{thiết kế}} - Z_{\text{Địa hình}} = 7,10 - 3,00 = 4,10$  (m).

### 3) Góc của van hướng dòng ( $\alpha$ )

Một số tác giả (Fahmy, S. Abdel-Haleem và Helal, Y. Esam; Wang và Odgaard...) trên thế giới đã nghiên cứu về góc tối ưu và nhiều tác giả cùng đưa ra kết quả về góc tối ưu  $\alpha = 30^0$  (độ). Vì vậy, nghiên cứu đã lựa chọn góc hướng dòng là 30 độ.

4) Chiều cao van ( $H_V$ ):  $\frac{H_V}{h_M} = 0,3 = \frac{H_V}{4,10} \Rightarrow$

$H_V = 1,23$ . Chọn  $H_V = 1,30$  (m).

5) Chiều dài van ( $d$ ):  $d=3* H_V = 3*1,30 = 3,90$  (m).

6) Khoảng cách giữa hai van ( $\delta_s$ ):  $\delta_s=8*H_V = 8*1,30 = 10,40$  (m).

7) Khoảng cách giữa hai van theo chiều ngang ( $\delta_n$ ):  $\delta_n=2*H_V = 2*1,30 = 2,60$  (m).

8) Khoảng cách từ van đến đường bờ cửa lấy nước ( $\delta_b$ ):  $\delta_b=3*H_V = 3*1,30 = 3,90$  (m).

**Bảng 2. Bảng giá trị các thông số thiết kế hệ thống van ngầm chống bồi công lấy nước Cẩm Đình**

Các thông số	Góc của van hướng dòng ( $\alpha$ )	Chiều cao van ( $H_V$ )	Chiều dài van ( $d$ )	Khoảng cách giữa hai van theo chiều dọc ( $\delta_s$ )	Khoảng cách giữa hai van theo chiều ngang ( $\delta_n$ )	Khoảng cách từ van đến đường bờ cửa lấy nước ( $\delta_b$ )
Giá trị	30	1,30 m	3,90 m	10,40 m	2,60 m	3,90 m

Số lượng van ngầm trong hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát tại công lấy nước Cẩm Đình gồm: 21 van/hàng x 2 hàng = 42 van.

### 4.3. Đánh giá hiệu quả giảm thiểu bồi lắng do hệ thống van ngầm đem lại trên cơ sở kết quả mô hình toán

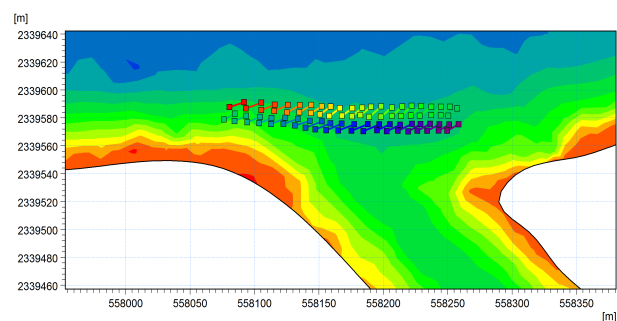
- **Kịch bản tính toán:** Cửa lấy nước bên sông Hồng nói chung và công Cẩm Đình nói riêng bị bồi lấp chủ yếu vào mùa lũ do bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng trong nước lũ gây ra. Như vậy, công lấy nước chủ yếu bị bồi lấp vào mùa lũ khi mực nước sông dâng cao và trong trường hợp công không làm việc. Do đó, kịch bản tính toán được lựa chọn sẽ là trận lũ điển hình trên sông Hồng vào tháng 08/1996 khi công Cẩm Đình không thực hiện lấy nước.

- **Tài liệu địa hình:** Tài liệu địa hình khu vực công Cẩm Đình được đo đạc năm 2017.

- **Kích thước ô lưới:** Kích thước mỗi cạnh ô lưới tam giác là 10m đối với khu vực lòng sông Hồng, là 5m đối với khu vực cửa lấy nước và kênh dẫn thượng lưu công Cẩm Đình.

- **Kết quả khai báo hệ thống van ngầm vào mô hình toán**

Số lượng van ngầm được khai báo vào mô hình toán khu vực công Cẩm Đình gồm: 21 van/hàng x 2 hàng = 42 van. Riêng van ngầm được mô phỏng theo dạng Structure/dikes, có cao trình đỉnh không đổi là +4.30m; chiều dài, khoảng cách giữa các van... theo theo đúng giá trị ghi trong *bảng 2*.



*Hình 8. Hệ thống van ngầm được khai báo vào mô hình toán khu vực công Cẩm Đình*

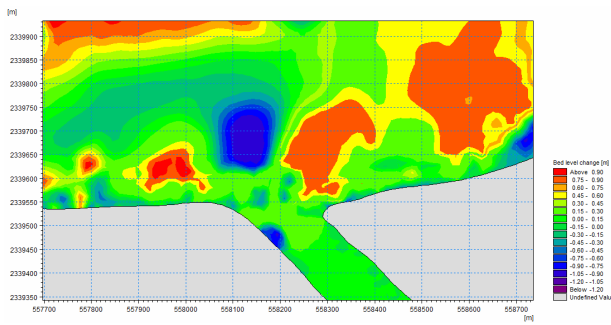
- **Các thông số bùn cát**

- + Đường kính hạt trung bình:

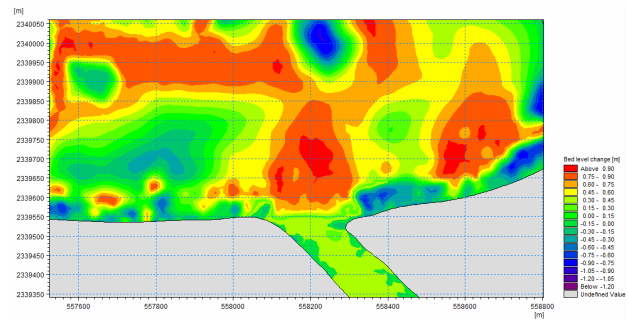
$D_{50} = 0,22$  mm.

- + Nồng độ bùn cát mùa lũ:  $\rho_{tb} = 1037$  g/m<sup>3</sup>.

- **Kết quả**



Hình 9. Biến đổi địa hình lòng dẫn khu vực cửa vào cống Cẩm Đình sau trận lũ 08/1996 – (Trường hợp bố trí hệ thống van ngầm)



Hình 10. Biến đổi địa hình lòng dẫn khu vực cửa vào cống Cẩm Đình sau trận lũ 08/1996 – (Trường hợp không bố trí hệ thống van ngầm)

• **Đánh giá hiệu quả giảm thiểu bồi lắng do hệ thống van ngầm đem lại**

Qua kết quả mô phỏng biến đổi địa hình lòng dẫn khu vực cửa vào cống Cẩm Đình sau trận lũ kéo dài từ 08/08/1996 ÷ 20/08/1996 trong hai trường hợp cho thấy:

- Trường hợp có bố trí hệ thống van ngầm gồm 24 van phía trước cửa lấy nước: Kết quả mô phỏng biến đổi lòng dẫn cho thấy, địa hình khu vực cửa vào gần như không bị bồi lắng, hiện trạng địa hình kênh dẫn vào vẫn được giữ nguyên. Có xuất hiện một số khu vực bị bồi lắng nhiều nhưng ở phía hạ lưu cửa lấy nước nên sẽ không ảnh hưởng đến hiệu quả lấy nước của cống khi làm việc.

- Trường hợp không bố trí hệ thống van ngầm phía trước cửa lấy nước: Kết quả mô phỏng biến đổi lòng dẫn cho thấy, địa hình khu vực cửa vào bị bồi lắng khá lớn. Khu vực bồi lắng nằm chặn ngay cửa vào kênh dẫn thượng lưu, gây cản trở quá trình lấy nước của cống khi vận hành làm việc.

- Qua kết quả mô phỏng trên mô hình toán có thể khẳng định được hiệu quả giảm thiểu bồi lắng do hệ thống van ngầm đem lại là hết sức rõ ràng đối với cống Cẩm Đình. Cũng qua kết quả mô phỏng trên mô hình toán cho thấy: mô hình

có khả năng mô phỏng và phản ánh đúng thực trạng biến đổi lòng dẫn khi khai báo hệ thống van ngầm làm việc vào trong mô hình tính toán. Tuy nhiên, mô hình vẫn chưa đủ khả năng để mô phỏng và tạo ra được rãnh xói xung quanh hệ thống van ngầm giống như trong các mô hình thí nghiệm vật lý tạo ra mà chỉ có khả năng tạo ra một khu vực xói xung quanh hệ thống van ngầm.

**5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Trong nghiên cứu này, tác giả đã nêu tóm tắt về công nghệ kiểm soát bùn cát tại các cửa lấy nước sử dụng hệ thống van ngầm (submerged vanes). Bộ thông số thiết kế cho hệ thống van ngầm và phạm vi giá trị đề xuất của từng thông số thiết kế cũng đã được đưa ra. Tác giả đã áp dụng các lý thuyết tính toán để tính toán hệ thống van ngầm kiểm soát bùn cát cho khu vực cống lấy nước Cẩm Đình. Qua kết quả tính toán cho thấy hiệu quả giảm thiểu bồi lắng do hệ thống van ngầm đem lại là hết sức rõ ràng.

Trong điều kiện cho phép, việc áp dụng giải pháp van ngầm kiểm soát bùn cát giảm thiểu bồi lắng cho các cửa lấy nước cụ thể nên tiến hành kiểm đánh giá hiệu quả của giải pháp trên mô hình vật lý trước khi triển khai xây dựng ngoài thực tế.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

Odgaard A J and Kennedy J F (1983), *River bend bank protection by submerged vanes*. J. Hydraulic Eng. ASCE 109(8): 1161–1173.  
A. Jacob Odgaard, Ph.D., P.E. (2009), *River Training and Sediment Management with Submerged Vanes*, ASCE Press ISBN (print): 978-0-7844-0981-7 ISBN (PDF): 978-0-7844-7236-1.

- Fahmy, S. Abdel-Haleem, Helal, Y. Esam, Ibrahim, S. A., and Sobeih, M. F. (2008), *Minimizing the diverted sediment at lateral intakes using submerged vanes*.
- Odgaard A J and Spoljaric A (1986), *Sediment control by submerged vanes*. *J. Hydraulic Eng. ASCE* 112(12): 1164–1181.
- S. Emamgholizadeh and H. Torabi, Shahrood University (2008), *Experimental Investigation of the Effects of Submerged Vanes for Sediment Diversion in the Veis (Ahwaz) Pump Station*, *Journal of Applied Sciences* 8: 2396-2403, ISSN 1812-5654.
- Fahmy, S. Abdel-Haleem, Helal, Y. Esam, Ibrahim, S. A., and Sobeih, M. F. (2008), *Minimizing the diverted sediment at lateral intakes using submerged vanes*, *Engineering Research Journal*, Vol. 31, No. 4 October 2008, PP 401-405.

**Abstract:**

**SOLUTIONS OF USING SUBMERGED VANES FOR LIMITING SEDIMENT DEPOSITION AT ENTRANCES OF LATERAL WATER INTAKES IN THE RED RIVER**

*One of the major problems of water intakes is the movement and deposition of sediment at entrances of intakes. Due to reducing the ability getting water of intakes, this issue directly affects agricultural production and cost a lot to dredge annual. Therefore, it is very urgent to study and propose solutions to prevent sediment deposition at entrances of intakes, especially of which in the Red River where water sources have high concentrations of sediment.*

*In this paper, the authors present a solution using submerged vanes to control and minimize sediment deposition at entrances of water intakes, applied for Cam Dinh water intake. The authors also used a mathematical model to simulate the working process of submerged vanes and to assess the effect of preventing sediment deposition, compared with the case of not using the submerged vanes.*

**Keywords:** Submerged vanes, water intakes, entrances of intakes, sediment deposition.

---

*Ngày nhận bài:* 27/5/2018

*Ngày chấp nhận đăng:* 21/6/2018