

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM**

VŨ VĂN HIẾU

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ KHẢ NĂNG
DI CHUYỂN CỦA TÔM CÀNG XANH (*Macrobrachium
rosenbergii*) ÁP DỤNG CHO ĐƯỜNG DI CƯ
QUA ĐẬP PHƯỚC HÒA**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: MÔI TRƯỜNG ĐẤT VÀ NƯỚC

MÃ SỐ: 9 44 03 03

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - NĂM 2022

Công trình được hoàn thành tại:

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Vũ Cẩm Lương

Người hướng dẫn khoa học 2: PGS.TS. Nguyễn Nghĩa Hùng

Phản biện 1: PGS.TS. Lương Văn Thanh

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Thị Nga

Phản biện 3: GS.TS. Nguyễn Tất Đắc

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá Luận án Tiến sĩ cấp Viện, họp tại: Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, số 658 Đại lộ Võ Văn Kiệt, Phường 1, Quận 5, TP. Hồ Chí Minh vào hồi ... giờ..... ngày..... tháng năm 2022.

Có thể tìm hiểu Luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Vũ Văn Hiếu**, Nguyễn Nghĩa Hùng, Vũ Cẩm Lương (2017). *Nghiên cứu tổng quan các tác động của đập đến sự di cư của các loài thủy sinh vật và giải pháp phục hồi đường di cư*. Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi. 58(9):149-156.
2. **Vũ Văn Hiếu**, Vũ Cẩm Lương, Nguyễn Nghĩa Hùng, Trần Hồng Thủy, Di Tiến Học, Nguyễn Tuyết Kiều Diễm (2018). *Hiện trạng đường di cư qua đập ở hồ chứa Phước Hòa và khả năng thích ứng cho tôm càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*)*. Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ 2017 - 2018, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. 182-192.
3. **Vũ Văn Hiếu**, Vũ Cẩm Lương, Nguyễn Nghĩa Hùng (2020). *Quan trắc khả năng di chuyển của tôm càng xanh ở các lưu tốc nước trong điều kiện thí nghiệm thủy lực, với liên hệ thực tế cho đường di cư qua đập Phước Hòa*. Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang. 3:31-39.

CHƯƠNG I. GIỚI THIỆU

1.1. Đặt vấn đề

Trên thế giới, đường di cư qua đập (ĐDCQĐ) đã có lịch sử phát triển từ thế kỷ XVII ở châu Âu, với mục đích chính là hỗ trợ các loài thủy sản di cư vượt qua các chướng ngại vật (đập, bờ cản...) trên sông [95]. Đến nay, mặc dù đã có hơn 2.000 công trình nghiên cứu khả năng di chuyển ngược dòng nước (sau đây được gọi tắt là khả năng di chuyển) được thực hiện song vẫn tập chung chủ yếu cho một số loài cá có giá trị kinh tế cao, di cư giữa nước mặn (lợ) và nước ngọt như cá hồi ở khu vực Âu Mỹ [58] mà ít quan tâm tới các loài động vật giáp xác.

Đối với Việt Nam, trong bối cảnh có khoảng 7.000 hồ chứa thủy điện và thủy lợi trên 44 tỉnh thành với diện tích khác nhau [22], ĐDCQĐ được xây dựng cho hồ chứa nước Phước Hòa (năm 2012) nằm trên địa bàn xã An Thái, huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương là công trình ĐDCQĐ đầu tiên và duy nhất ở Việt Nam hiện nay. Tuy nhiên, hiệu quả của công trình cũng còn nhiều điều phải bàn luận khi một số loài thủy sản di cư bản địa, có giá trị kinh tế cao và chịu tác động trực tiếp, nghiêm trọng bởi đập Phước Hòa như tôm càng xanh (TCX)... không di cư qua ĐDCQĐ [2].

Mặt khác, tôm càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*) là loài đóng vai trò quan trọng về kinh tế ở nhiều quốc gia, hiện rất được chú trọng sản xuất, ương nuôi vì tôm có giá trị kinh tế cao, được tiêu thụ trong nước và xuất khẩu. Nghề nuôi TCX thương phẩm và sản xuất giống mặc dù đã phát triển khá lâu nhưng nguồn TCX bố mẹ vẫn dựa chủ yếu vào khai thác từ tự nhiên [6], [8], trong đó nguồn TCX bố mẹ ở sông Bé (thuộc lưu vực sông Đồng Nai) được đánh giá có chất lượng tốt nhất trong số các nguồn TCX bố mẹ ở các lưu vực sông của Việt Nam [11] cũng như một số khu vực khác trên thế giới. Đối với khu vực đập Phước Hòa, TCX và cá chình hoa (*Auguilla marmorata*) là

hai loài có giá trị kinh tế cao, di cư sinh sản giữa nước ngọt và nước lợ (mặn) bị tác động nhiều nhất bởi đập [3], [4], trong đó TCX là loài có sản lượng vượt trội nên là loài kinh tế được xếp ưu tiên làm loài mục tiêu của ĐDCQĐ. Theo nghiên cứu của Vũ Vi An và nnk. (2011), khi chưa có đập, TCX xuất hiện rất nhiều ở cả phía thượng lưu và hạ lưu của đập [4]. Tuy nhiên, từ khi có đập số lượng TCX đã suy giảm nhiều so với trước khi xây đập. Đối với loài bị ảnh hưởng nhiều như TCX, thì chưa rõ khả năng di chuyển của chúng ứng với chế độ vận hành lưu tốc nước, khoảng cách chiều dài giữa các hồ nghỉ và thời gian vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa như thế nào để có những đề xuất điều chỉnh cho phù hợp thì vẫn chưa được nghiên cứu.

Để giải quyết các vấn đề trên, đề tài "Nghiên cứu cơ sở khoa học và khả năng di chuyển của tôm càng xanh (*M. rosenbergii*) áp dụng cho đường di cư qua đập Phước Hòa" được tiến hành nhằm đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa, hỗ trợ cho hoạt động di cư của loài mục tiêu ưu tiên là TCX, qua đó góp phần góp phần bảo vệ và phát triển bền vững nguồn lợi thủy sản.

1.2. Mục tiêu nghiên cứu

1.2.1. Mục tiêu tổng quát

Nghiên cứu cơ sở khoa học và khả năng di chuyển của TCX (*M. rosenbergii*) nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ Phước Hòa, hỗ trợ cho hoạt động di cư của loài mục tiêu TCX, qua đó góp phần góp phần bảo vệ và phát triển bền vững nguồn lợi thủy sản.

1.2.2. Mục tiêu cụ thể

- Đánh giá cơ sở khoa học trong nghiên cứu khả năng di chuyển của loài mục tiêu TCX (*M. rosenbergii*) ở khu vực hệ sinh thái đa loài thủy sản của vùng nhiệt đới áp dụng cho ĐDCQĐ.

- Nghiên cứu đưa ra các thông số khoa học về quản lý vận hành lưu tốc nước, khoảng cách chiều dài của ĐDCQĐ cho loài mục tiêu TCX.

- Nghiên cứu, đúc kết các thông số thực nghiệm và thực tiễn để đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa.

1.3. Các nội dung nghiên cứu

Bảng 1. Tóm tắt các nội dung chính của luận án

TT	Nội dung nghiên cứu của luận án
1	<ul style="list-style-type: none">- Khảo sát hiện trạng khai thác TCX phía trên và dưới ĐDCQĐ PH.- Khảo sát biến động nguồn lợi TCX giữa trước và sau khi có đập PH.
2	<ul style="list-style-type: none">- Khảo sát hiện trạng cơ sở hạ tầng đường di cư qua đập Phước Hòa.- Khảo sát hiện trạng quản lý vận hành đường di cư qua đập PH.- Khảo sát ý kiến chuyên gia và ngư dân về hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ Phước Hòa.
3	<ul style="list-style-type: none">- Khảo sát các thông số kỹ thuật thực tế của ĐDCQĐ Phước Hòa và kích cỡ TCX làm cơ sở bố trí thí nghiệm.- Đánh giá các điều kiện thủy lực kênh nước hở và thiết bị thủy lực.- Quan trắc tỷ lệ và tốc độ TCX di chuyển qua kênh nước hở.- Quan trắc tỷ lệ TCX duy trì vị trí phía thượng lưu kênh.- Quan trắc khả năng di chuyển của TCX ở các lưu tốc nước.- Ước lượng lưu tốc nước tối đa TCX bám giữ vị trí trong thiết bị thủy lực.- Đúc kết khả năng di chuyển của TCX trong điều kiện thí nghiệm áp dụng cho ĐDCQĐ.
4	<ul style="list-style-type: none">- Đề xuất chế độ vận hành lưu tốc nước ĐDCQĐ phù hợp với khả năng di chuyển của TCX.- Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa.

1.4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

1.4.1. Ý nghĩa khoa học của luận án

- Nghiên cứu đã giải quyết được vấn đề chọn loài mục tiêu trong xây dựng ĐDCQĐ ở khu hệ sinh thái đa loài thủy sản của vùng nhiệt đới.

- Nghiên cứu đã đóng góp các thông số khoa học về quản lý vận hành lưu tốc nước, khoảng cách chiều dài của ĐDCQĐ cho loài mục tiêu TCX.

- Kết hợp thông số kết quả thực nghiệm và thực tiễn để đề xuất các giải pháp quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa.

1.4.2. Ý nghĩa thực tiễn của luận án

- *Đối với nguồn lợi tôm càng xanh:* Kết quả nghiên cứu góp phần bảo vệ và phát triển bền vững nguồn lợi tôm càng xanh.

- *Đối với ĐDCQĐ Phước Hòa:* Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở khoa học để các cơ quan quản lý nhà nước và Ban Quản lý đập Phước Hòa tham khảo, áp dụng cho ĐDCQĐ Phước Hòa.

- *Đối với ngư dân khai thác thủy sản ở khu vực đập Phước Hòa:* Đề tài thành công sẽ giúp TCX di cư thuận lợi tạo điều kiện tăng sản lượng và quần đàn như trước khi có đập, qua đó góp phần nâng cao mức sống và thu nhập cho ngư dân trong khu vực.

- *Đối với các công trình ĐDCQĐ trong tương lai của Việt Nam:* Kết quả của nghiên cứu là bài học và kinh nghiệm cho các công trình ĐDCQĐ được xây mới ở Việt Nam trong việc xác định loài mục tiêu và xây dựng cơ chế quản lý vận hành ĐDCQĐ cho loài mục tiêu.

1.5. Tính mới của luận án

1) Trên cơ sở xác định loài mục tiêu của ĐDCQĐ là TCX cho khu hệ đa loài thủy sản ở khu vực nhiệt đới, luận án đã cung cấp cơ sở khoa học và xây dựng được phương pháp nghiên cứu chuyên sâu phù hợp với khả năng và tập tính di chuyển, bám giữ vị trí của TCX ở các lưu tốc nước.

2) Bằng các thực nghiệm với kênh nước hở và thiết bị thủy lực trong điều kiện thí nghiệm, luận án đã nghiên cứu được khả năng di chuyển của TCX tương ứng với các lưu tốc nước khác nhau.

3) Trên cơ sở quản lý loài mục tiêu, nghiên cứu đã đánh giá cơ bản cơ sở lý luận và thực tiễn về ĐDCQĐ góp phần nâng cao hiệu quả công tác quản lý của hồ Phước Hòa.

CHƯƠNG II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thu dữ liệu thứ cấp

- *Nội dung dữ liệu thứ cấp được thu thập bao gồm:* Các thông tin và tài liệu liên quan ĐDCQĐ, phương pháp và công trình nghiên cứu khả năng di chuyển của các loài thủy sản di cư trên thế giới và Việt Nam.

- *Địa điểm thu dữ liệu thứ cấp bao gồm:* Ban Quản lý đập Phước Hòa, Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản II, UBND xã An Thái.

2.2. Phương pháp thu dữ liệu sơ cấp

2.2.1. Phân vùng khảo sát thực địa trên ĐDCQĐ Phước Hòa

Thủy vực khảo sát trên ĐDCQĐ Phước Hòa được chia thành 04 khu vực gồm: (1) *Khu vực ĐDCQĐ I:* Từ cửa vào/ra phía thượng lưu tới hồ nghỉ thứ nhất (tính từ thượng lưu xuống hạ lưu); (2) *Khu vực ĐDCQĐ II:* Từ hồ nghỉ thứ nhất tới hồ nghỉ thứ hai; (3) *Khu vực ĐDCQĐ III:* Từ hồ nghỉ thứ hai đến hồ nghỉ thứ ba; (4) *Khu vực ĐDCQĐ IV:* Từ hồ nghỉ thứ ba đến cửa vào/ra phía hạ lưu ĐDCQĐ.

2.2.2. Phân vùng khảo sát khu vực phía trên và dưới ĐDCQĐ PH

Thủy vực sông Bé phía trên và dưới ĐDCQĐ Phước Hòa được chia thành 04 khu vực: (1) *Khu vực 1:* Đoạn sông Bé chảy qua xã Tân Thành, thành phố Đồng Xoài, tỉnh Bình Phước; (2) *Khu vực 2:* Đoạn sông Bé chảy qua xã Nha Bích, huyện Chơn Thành, tỉnh Bình Phước; (3) *Khu vực 3:* Đoạn sông Bé chảy qua xã An Thái, huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương; (4) *Khu vực 4:* Đoạn sông Bé chảy qua xã An Linh, huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương.

2.2.3. Phương pháp điều tra khảo sát

- *Tiêu chí lựa chọn:* (1) *Chuyên gia:* là các cán bộ quản lý nhà nước liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp đối với ĐDCQĐ Phước Hòa; các nhà khoa học về thủy lợi và thủy sản đã từng tham gia trực tiếp hoặc gián tiếp dự án xây dựng ĐDCQĐ áp dụng tại hồ chứa nước

Phước Hòa (*Phụ lục 1*); (2) *Ngư dân*: là các ngư dân khai thác TCX trên sông Bé qua 04 xã An Linh, An Thái, Nha Bích và Tân Thành của hai tỉnh Bình Dương và Bình Phước (*Phụ lục 2*).

- **Nội dung điều tra khảo sát:** (i) *Đối với chuyên gia*: Hiện trạng cơ sở hạ tầng, quản lý vận hành và hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ; (ii) *Đối với ngư dân*: Hiện trạng hoạt động khai thác nguồn lợi TCX phía trên và dưới ĐDCQĐ và hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ.

2.3. Phương pháp nghiên cứu khả năng di chuyển ở các lưu tốc nước của TCX trong điều kiện thí nghiệm

2.3.1. Thiết kế kênh nước hở

Một kênh nước hình chữ nhật (chiều dài $L_{kn} = 18$ m, chiều rộng $B_{kn} = 0,54$ m, chiều cao $H_{kn} = 1,04$ m, độ dốc $i_{kn} = 1,45\%$) được xây dựng và lắp đặt để tạo ra dòng chảy gần đều không áp. Cụ thể, để tạo ra dòng chảy gần đều không áp, quá trình thiết kế, xây dựng và vận hành kênh nước hở phải đảm bảo các điều kiện: (1) Lưu lượng không đổi theo thời gian và dọc theo dòng chảy, $Q(t,l) = \text{Const}$; (2) Hình dạng mặt cắt, chu vi và diện tích mặt cắt ướt không đổi dọc theo dòng chảy. Nên độ sâu mực nước trong kênh không đổi; $h(l) = \text{const}$ hay $dh/dl = 0$; (3) Độ dốc đáy không đổi, $i = \text{const}$; (4) Hệ số nhám cũng không đổi, $n = \text{const}$; (5) Sự phân bố lưu tốc trên các mặt cắt là không đổi dọc theo dòng chảy [7].

2.3.2. Thiết kế thiết bị thủy lực

Một thiết bị thủy lực hình chữ nhật (chiều dài $L_{tb} = 1,5$ m, chiều rộng $B_{tb} = 0,35$ m, chiều cao $H_{tb} = 0,35$ m) kết nối hệ thống máy đo lưu tốc nước điện từ PEMS E40 được lắp ráp bằng các tấm mica trong suốt gắn trong khung gỗ chắc chắn với nền đáy là một lớp lưới mỏng (kích thước ô lưới $0,5 \text{ mm}^2$). Một đầu thiết bị được gắn vào tường nối ống nước có van điều chỉnh lưu lượng, một đầu được để hở; hai đầu thiết bị đều có lưới ngăn tôm thoát ra ngoài; phía trên có 02 lỗ nhỏ có thể đóng mở.

2.3.3. Chuẩn bị các yếu tố đầu vào cho thí nghiệm

- **TCX tham gia thí nghiệm:** Nguồn TCX được mua từ các trại tôm ở thành phố Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh vận chuyển lên Phòng thí nghiệm 01 tháng trước khi tham gia các thử nghiệm để tôm làm quen với môi trường nước mới. Tại phòng thí nghiệm, tôm được cho ăn 3 - 4 lần/ngày, được sục khí, theo dõi sức khỏe và các chỉ số chất lượng nước cho phù hợp với điều kiện môi trường sống của TCX.

Hai nhóm kích cỡ chiều dài TCX được lựa chọn gồm: 7,5 - 9,5 cm (TCX cỡ I) và 13,5 - 15,5 cm (TCX cỡ II); sử dụng 20 con tôm cùng kích cỡ/thí nghiệm với kênh nước hở và lặp lại 06 lần/kích cỡ; 02 con tôm cùng kích cỡ/thí nghiệm với thiết bị thủy lực và lặp lại 16 lần/kích cỡ.

- **Nguồn nước cung cấp cho thí nghiệm:** Nguồn nước cung cấp cho thí nghiệm và nuôi dưỡng TCX tại Phòng thí nghiệm thủy lực được kiểm tra nhanh nhằm đảm bảo môi trường sống thích hợp với TCX được khảo sát tại trại tôm cung cấp nguồn TCX bố trí thí nghiệm cũng như tương đồng với nguồn nước sông Bé khu vực đập Phước Hòa (được tập hợp thông tin từ Trung tâm Quan trắc - Kỹ thuật Tài nguyên và Môi trường Bình Dương, năm 2018).

2.3.4. Phương pháp nghiên cứu khả năng di chuyển chủ động của TCX

- **Quan trắc tỷ lệ và tốc độ TCX di chuyển thành công qua kênh dài 18 m:**

Bảng 2.1. Các bước quan trắc tỷ lệ và tốc độ TCX di chuyển thành công

Quy trình	Nội dung thực hiện của các bước thử nghiệm
<i>Bước 1.</i> Tôm làm quen với môi trường nước mới.	20 con tôm cùng kích cỡ được đưa vào lưới chắn phía hạ lưu kênh và duy trì ở lưu tốc nước 0,2 m/s trong 30 phút trước khi bắt đầu thử nghiệm để tôm làm quen môi trường nước mới.
<i>Bước 2.</i> Bắt đầu thử nghiệm.	Sau 30 phút làm quen, lưu tốc nước được đưa lên lưu tốc nước thử nghiệm (0,3 m/s, 0,6 m/s hoặc 0,9 m/s) và lưới chắn tôm được mở để bắt đầu thí nghiệm.
<i>Bước 3.</i> Quan trắc quá trình di	Quá trình di chuyển ngược dòng nước của TCX trong kênh nước hở đều được quan trắc bằng hệ thống

chuyển ngược dòng nước của tôm trong kênh nước hồ.	camera đặt cố định ở đầu, giữa và cuối kênh hoặc di động theo quá trình tôm di chuyển. Khi tôm di chuyển qua toàn bộ chiều dài kênh dài 18 m, tôm sẽ được giữ lại trong lưới chắn phía thượng lưu kênh.
<i>Bước 4.</i> Ghi nhận kết quả.	- <i>Ghi nhận thời gian:</i> Camera phía thượng lưu kênh sẽ ghi nhận thời gian đối với những tôm di chuyển ngược dòng nước thành công qua kênh dài 18 m. - <i>Ghi nhận tỷ lệ tôm di chuyển thành công:</i> Số lượng tôm di chuyển ngược dòng nước thành công qua kênh dài 18 m sẽ được ghi nhận tại 10p, 20p và 30 phút.
<i>Bước 5.</i> Kết thúc thử nghiệm.	Sau 30 phút thử nghiệm, toàn bộ tôm sẽ được đưa ra khỏi kênh; tiến hành ghi nhận kết quả, tỷ lệ sống sót và mức độ toàn vẹn của tôm sau thử nghiệm.

- Quan trắc tỷ lệ TCX duy trì phía thượng lưu kênh nước hồ:

Bảng 2.2. Các bước quan trắc tỷ lệ TCX duy trì vị trí thượng lưu kênh

Quy trình	Nội dung thực hiện của các bước thử nghiệm
<i>Bước 1.</i> Tôm làm quen với môi trường nước mới.	20 con tôm cùng kích cỡ được đưa vào lưới chắn phía hạ lưu kênh và duy trì ở lưu tốc nước 0,2 m/s trong 30 phút trước khi bắt đầu thử nghiệm để tôm làm quen môi trường nước mới.
<i>Bước 2.</i> Bắt đầu thử nghiệm.	Sau 30 phút làm quen, lưu tốc nước được đưa lên lưu tốc nước thử nghiệm (0,3 m/s, 0,6 m/s hoặc 0,9 m/s) và lưới chắn tôm được mở để bắt đầu thử nghiệm.
<i>Bước 3.</i> Quan trắc quá trình di chuyển của tôm càng xanh.	Toàn bộ quá trình di chuyển ngược dòng nước của TCX trong kênh nước hồ đều được quan trắc bằng hệ thống camera đặt cố định ở đầu, giữa và cuối kênh hoặc di động theo quá trình di chuyển của tôm.
<i>Bước 4.</i> Ghi nhận kết quả.	Số lượng tôm di chuyển ngược dòng nước thành công qua kênh dài 18 m và có thể duy trì vị trí phía thượng lưu kênh (từ mét thứ 9 đến mét thứ 18) sẽ được ghi nhận tại các mốc thời gian 5g, 10g và 15 giờ.
<i>Bước 5.</i> Kết thúc thử nghiệm.	Sau 15 giờ thử nghiệm, toàn bộ tôm sẽ được đưa ra khỏi kênh; ghi nhận kết quả, tỷ lệ sống sót, mức độ toàn vẹn của tôm sau thử nghiệm.

2.3.5. Phương pháp đánh giá khả năng bám giữ vị trí tối đa của TCX

Bảng 2.3. Các bước quan trắc khả năng bám giữ vị trí tối đa của TCX

Quy trình	Nội dung các bước thực hiện thử nghiệm
<i>Bước 1.</i> Tôm làm	02 con tôm cùng kích cỡ được đưa vào thiết bị, duy

quen với môi trường nước mới.	trì ở lưu tốc nước 0,1 m/s trong 15 phút trước khi bắt đầu thí nghiệm để tôm làm quen với môi trường mới.
<i>Bước 2.</i> Bắt đầu thí nghiệm tăng dần đều lưu tốc nước thêm 0,1 m/s sau 05 phút.	Sau 15 phút làm quen, lưu tốc nước được đưa lên 0,2 m/s và duy trì trong 05 phút trước khi tiếp tục tăng lên 0,3 m/s và duy trì trong 05 phút...; quy trình trên được lặp lại (tăng lưu tốc nước thêm 0,1 m/s sau 05 phút) cho tới khi cả hai tôm bị kiệt sức và nước cuốn về cuối thiết bị.
<i>Bước 3.</i> Ghi nhận kết quả.	Khi một hoặc hai tôm bị kiệt sức (nước cuốn về lưới chắn cuối thiết bị), tiếp tục sử dụng ánh sáng chiếu mạnh hoặc sử dụng que gỗ đẩy nhẹ tôm lên lấy lại vị trí, nếu tôm không thể lấy lại được vị trí, tiến hành ghi nhận: (i) Thời gian tôm có thể duy trì vị trí ở lưu tốc nước làm tôm bị kiệt sức; (ii) Lưu tốc nước gần nhất với lưu tốc nước làm tôm bị kiệt sức.
<i>Bước 4.</i> Kết thúc thử nghiệm.	Thí nghiệm kết thúc khi toàn bộ 02 con tôm đều không thể bám giữ được vị trí; ghi nhận kết quả, tỷ lệ sống sót, mức độ toàn vẹn của tôm sau thử nghiệm.

2.4. Các công thức tính toán và xử lý số liệu

- Công thức ước lượng lưu tốc nước tối đa TCX bám giữ vị trí theo công thức tính của Brett (1964) [42], [44], [46], [79], [82]:

$$U_{max} = U_i + [(T_i/T_{ii}) * U_{ii}]$$

Trong đó:

- U_{max} là lưu tốc nước tối đa TCX bám giữ vị trí (m/s);
- U_i là lưu tốc nước gần nhất với lưu tốc nước TCX kiệt sức (m/s);
- U_{ii} là lưu tốc nước tăng dần đều (0,1 m/s);
- T_i là thời gian bám giữ ở lưu tốc nước TCX kiệt sức (phút);
- T_{ii} là thời gian tăng dần đều (05 phút).

- Xử lý số liệu: Các dữ liệu thu thập được từ kết quả điều tra khảo sát, thử nghiệm với kênh nước hở và thiết bị thủy lực được xử lý bằng phần mềm Excel, phần mềm thống kê SPSS version 25.0 và phân tích phương sai 1 yếu tố (one-way ANOVA) và 2 yếu tố (two-way ANOVA).

CHƯƠNG III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiện trạng khai thác TCX phía trên và phía dưới ĐDCQĐ PH

3.1.1. Hoạt động khai thác TCX phía trên và phía dưới ĐDCQĐ

- **Phạm vi, địa điểm và thành phần ngư dân khai thác TCX:** Kết quả điều tra khảo sát cho thấy, 42,4% ngư dân khai thác TCX trong phạm vi dưới 05 km tính từ chân đập PH, 30,3% khai thác cách đập từ 06 đến 10 km và 27,3% khai thác cách đập trên 10 km. Bên cạnh đó, 90,9% ngư dân có hoạt động khai thác TCX cả phía trên và dưới đập.

- **Độ tuổi lao động:** Độ tuổi của ngư dân chủ yếu từ 30 đến 50 tuổi (60,6%), trên 50 tuổi chiếm 24,2% và dưới 30 tuổi chỉ chiếm 15,2%.

- **Kinh nghiệm khai thác TCX:** 72,6% ngư dân khai thác từ trước khi xây đập, 27,4% ngư dân bắt đầu khai thác từ sau khi xây đập.

- **Quê quán:** Phần lớn các ngư dân khai thác TCX xung quanh đập là người dân địa phương (90,9%); 9,1% ngư dân từ nơi khác đến.

- **Ngư cụ khai thác TCX:** 05 ngư cụ được sử dụng để khai thác TCX gồm: đăng đáy, câu máy, câu giăng, lưới bện và chài.

- **Thời gian khai thác TCX:** Ngư dân khai thác tất cả các tháng trong năm nhưng đẩy mạnh khai thác vào mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 11 hằng năm).

3.1.2. Biến động nguồn lợi TCX trước và sau khi có đập PH

- **Sản lượng khai thác TCX theo ngư cụ:** Sản lượng khai thác TCX theo ngư cụ đã có sự suy giảm rõ rệt giữa trước và sau khi có đập Phước Hòa. Cụ thể, trước khi có đập, sản lượng khai thác theo ngư cụ đăng đáy, lưới bện, câu giăng, câu máy và chài lần lượt là 194,3, 92,9, 60,0, 32,6 và 26,2 kg/hộ/năm; sau khi có đập lần lượt là 44,1, 16,4, 9,3 và 2,5 kg/hộ/năm.

- **Biến động số ngư dân khai thác TCX:** Đa số ngư dân (84,8%) đánh giá số lượng ngư dân khai thác TCX trong khu vực đã có xu hướng giảm từ sau khi có đập Phước Hòa đến nay.

- **Biến động mức phụ thuộc vào nghề khai thác TCX:** Mức độ phụ thuộc vào nghề khai thác TCX đã có sự suy giảm sau khi có đập PH.

- **Biến động thu nhập của các ngư hộ khai thác TCX:** Trước khi có đập Phước Hòa, 69,7% ngư dân đánh giá đáp ứng được nhu cầu sinh kế, Tuy nhiên, sau khi có đập, 84,8% ngư dân đánh giá không đáp ứng được nhu cầu sinh kế.

3.2. Hiện trạng quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa

3.2.1. Hiện trạng cơ sở hạ tầng ĐDCQĐ

Kết quả khảo sát thực địa trên ĐDCQĐ Phước Hòa ghi nhận, hiện trạng cơ sở hạ tầng của ĐDCQĐ đã xuống cấp, nhiều vị trí bị xói lở, lắng đọng bùn cát, rác thải và thực vật thủy sinh sống trôi nổi trên kênh song vẫn đảm bảo khả năng hoạt động.

3.2.2. Hiện trạng quản lý vận hành ĐDCQĐ

ĐDCQĐ Phước Hòa chủ yếu được mở nước hoạt động trong mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 11); trong khi vào mùa khô (từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau), ĐDCQĐ chỉ được mở nước một phần hoặc đóng cửa van để ưu tiên nước cho mục đích thủy lợi. Mặt khác, cơ chế phối hợp quản lý, vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa còn nhiều bất cập, chưa thống nhất giữa các cơ quan quản lý nhà nước (UBND xã An Thái; Sở NN&PTNT Bình Dương...) và Ban quản lý đập PH.

3.2.3. Ý kiến chuyên gia và ngư dân về hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ

Đa số chuyên gia (80,9%) và ngư dân (78,8%) đánh giá thấp hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ Phước Hòa.

3.3. Khả năng di chuyển của TCX ở các lưu tốc nước trong điều kiện thí nghiệm, với liên hệ thực tế cho ĐDCQĐ Phước Hòa

3.3.1. Khảo sát thông số thực tế ĐDCQĐ và kích cỡ TCX làm cơ sở bố trí thí nghiệm

- **Các thông số kỹ thuật thực tế của ĐDCQĐ Phước Hòa:** Từ kết quả khảo sát các thông số thực tế của ĐDCQĐ Phước Hòa kết hợp

điều kiện thực tế khi tiến hành triển khai thực hiện thí nghiệm, nghiên cứu đã chọn lựa: (i) Các lưu tốc nước gồm: 0,3 m/s, 0,6 m/s và 0,9 m/s; (ii) Chiều dài kênh nước hở là 18 m; (iii) Độ sâu mực nước là 0,3 m; (iv) Độ dốc cố định trong kênh là 1,45%; (v) Chiều rộng kênh nước hở là 0,54 m; (vi) Thời gian kéo dài là 5g, 10g và 15 giờ.

- Các nhóm kích thước TCX di cư ở khu vực đập Phước Hòa:

TCX được khai thác chính trong mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11 hoặc tháng 12 tùy năm. Cụ thể: (1) Nhóm kích cỡ nhỏ hơn 5 cm là nhóm ít được khai thác/xuất hiện ở khu vực chân đập; (2) Nhóm kích cỡ từ 6 - 10 cm được ngư dân lựa chọn khai thác chính vào thời điểm cuối mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12; (3) Nhóm kích cỡ từ 11 - 15 cm là nhóm kích cỡ TCX có tỷ lệ ngư dân lựa chọn khai thác các tháng trong mùa mưa nhiều nhất, song thời điểm khai thác nhiều nhất từ tháng 8 đến tháng 11; (4) Nhóm kích cỡ lớn hơn 15 cm được khai thác từ tháng 7 đến tháng 12 (Bảng 3.16).

Bảng 3.16. Tỷ lệ nhóm kích thước TCX khai thác trong năm

Tháng	Tỷ lệ các nhóm kích thước TCX khai thác trong năm (%)			
	≤ 5 cm	6 - 10 cm	11 - 15 cm	> 15 cm
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	3,0	-
6	-	-	12,1	-
7	-	-	27,3	12,1
8	-	-	45,4	18,2
9	-	30,3	100	93,9
10	-	36,4	84,8	96,9
11	12,1	51,5	39,4	21,2
12	9,1	54,5	27,3	21,2

Từ kết quả trên cho thấy, có 03 nhóm kích cỡ chiều dài TCX cần được thử nghiệm: 6 - 10 cm, 11 - 15 cm và lớn hơn 15 cm. Tuy nhiên, nhóm kích cỡ chiều dài TCX lớn hơn 10 cm đã bước vào giai đoạn trưởng thành sinh sản, do đó nghiên cứu đã chọn lựa 02 nhóm kích thước TCX gồm: (1) Nhóm kích thước từ 7,5 - 9,5 cm (TCX cỡ I), đại diện cho nhóm kích cỡ TCX giai đoạn tôm ấu niên di cư lên thượng lưu sau giai đoạn ấu trùng phát triển ở vùng cửa sông; (2) Nhóm kích thước từ 13,5 - 15,5 cm (TCX cỡ II), đại diện cho nhóm kích cỡ TCX bố mẹ, di cư sinh sản từ thượng lưu xuống vùng cửa sông để phóng thích ấu trùng và sau đó di cư ngược lên vùng thượng lưu để sinh trưởng và phát triển.

3.3.2. Các điều kiện thủy lực kênh nước hồ và thiết bị thủy lực

- **Đánh giá các điều kiện thủy lực của kênh nước hồ:** Kết quả kiểm tra, đo đạc các điều kiện thủy lực thực tế của kênh nước hồ hình chữ nhật (chiều dài $L_{kn} = 18$ m, chiều rộng $B_{kn} = 0,54$ m, chiều cao $H_{kn} = 1,04$ m, độ dốc $i_{kn} = 1,45\%$) đều thỏa mãn các yêu cầu để tạo dòng chảy ổn định gần đều không áp. Cụ thể: (1) Lưu lượng được duy trì cố định theo thời gian: $Q_{0,3m/s} = 0,053 \pm 0,000$ m³/s; $Q_{0,6m/s} = 0,102 \pm 0,000$ m³/s; $Q_{0,9m/s} = 0,147 \pm 0,000$ m³/s; (2) Hình dạng mặt cắt, chu vi ($P_{kn} = 1,15$ m) và diện tích mặt cắt ướt ($A_{kn} = 0,16$ m²) không đổi dọc theo dòng chảy trong kênh nên độ sâu mực nước không đổi: $h_{kn} = 0,3$ m; (3) Độ dốc đáy kênh được giữ cố định: $i_{kn} = 1,45\%$; (4) Hệ số nhám cũng không đổi (hai bờ kênh mica với $n_{bk} = 0,008$ mm, nền đáy kênh bê tông với $n_{đk} = 0,2 - 0,8$ mm); (5) Hai bờ kênh được làm bằng các tấm mica nhẵn bóng để đảm bảo sự phân bố lưu tốc nước trên các mặt cắt là không đổi dọc theo dòng chảy.

- **Về giới hạn trạng thái dòng chảy trong kênh nước hồ:** Dòng chảy trong kênh ở các lưu tốc nước 0,3 m/s, 0,6 m/s và 0,9 m/s đều là dòng chảy ổn định gần đều không áp ($R < 1$), nhưng dòng chảy ở lưu tốc

nước 0,3 m/s thuộc kiểu chảy tầng ($Re < 580$) và dòng chảy ở lưu tốc nước 0,6 và 0,9 m/s có trạng thái chảy rối, không đồng nhất ($Re > 580$).

Bảng 3.18. Kết quả kiểm tra lưu tốc nước và độ sâu mực nước

Lưu tốc nước cài đặt trong kênh nước hồ (m/s)	Lưu tốc nước đo thực tế của kênh nước hồ (m/s)	Độ sâu mực nước đo thực tế của kênh nước hồ (m/s)					
		Đầu kênh	Giữa kênh	Cuối kênh			
0,3	Lưu tốc nước mặt	0,31 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,01 ^{ab}	0,29 ± 0,01 ^b	0,32	0,32	0,33
	Lưu tốc nước đáy	0,27 ± 0,01 ^a	0,26 ± 0,01 ^{ab}	0,25 ± 0,01 ^b	± 0,02 ^a	± 0,02 ^a	± 0,02 ^a
0,6	Lưu tốc nước mặt	0,62 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,01 ^b	0,63 ± 0,01 ^c	0,29	0,30	0,29
	Lưu tốc nước đáy	0,55 ± 0,01 ^a	0,52 ± 0,01 ^b	0,55 ± 0,01 ^a	± 0,02 ^b	± 0,02 ^b	± 0,02 ^b
0,9	Lưu tốc nước mặt	0,87 ± 0,02 ^a	0,90 ± 0,02 ^b	0,92 ± 0,02 ^c	0,33	0,29	0,27
	Lưu tốc nước đáy	0,79 ± 0,02 ^a	0,82 ± 0,02 ^b	0,83 ± 0,02 ^b	± 0,02 ^a	± 0,02 ^b	± 0,03 ^c

(Ghi chú: Cùng một hàng theo sau bởi các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$))

- **Đối với lưu tốc nước:** Kết quả kiểm tra giới hạn sai số các lưu tốc nước 0,3 m/s, 0,6 m/s và 0,9 m/s trong các thử nghiệm nhìn chung đều nằm trong phạm vi sai số cho phép (TCVN 8214: 2009) (Bảng 3.18).

- **Đối với độ sâu mực nước trong kênh** đều được duy trì trong khoảng 0,3 m, song có sự chênh lệch giữa vị trí đầu, giữa và cuối kênh theo xu hướng tại những vị trí có lưu tốc nước cao thì độ sâu mực nước giảm và ngược lại (Bảng 3.18).

- **Đánh giá các điều kiện thủy lực của thiết bị thí nghiệm:** Kết quả kiểm tra cho thấy, trong tổng số 16 lần thử nghiệm với mỗi kích cỡ chiều dài TCX (TCX cỡ I và cỡ II) nhìn chung có giới hạn sai số lưu tốc nước nằm trong phạm vi sai số cho phép (TCVN 8214: 2009).

- **Đánh giá một số chỉ số chất lượng nguồn nước cung cấp cho thí nghiệm và nuôi dưỡng TCX:** (i) Điều kiện môi trường nước ở khu vực đập Phước Hòa khá tương đồng với một số chỉ số chất lượng nước của nguồn nước cấp cho thí nghiệm; (ii) Nguồn nước nuôi dưỡng tôm ở phòng thí nghiệm phù hợp với môi trường sống thích hợp của TCX và tương đồng với nguồn nước trại tôm cung cấp nguồn TCX thí nghiệm.

3.3.3. Tỷ lệ và tốc độ TCX di chuyển qua kênh dài 18 m

- **Tỷ lệ TCX di chuyển qua kênh dài 18 m:** Kết quả quan trắc tỷ lệ TCX di chuyển thành công qua kênh dài 18 m trong 10p, 20p và 30 phút ở lưu tốc nước 0,3 m/s lần lượt là 13,3%, 68,3%, 94,2% cho TCX cỡ I; và 21,7%, 76,0%, 98,3% cho TCX cỡ II; ở lưu tốc nước 0,6 m/s lần lượt là 2,5%, 50,8%, 79,2% cho TCX cỡ I; và 9,2%, 61,7%, 90,8% cho TCX cỡ II; ở lưu tốc nước 0,9 m/s, lần lượt là 0,0% cho TCX cỡ I và cỡ II. Đáng chú ý đối với lưu tốc nước 0,9 m/s, có thể đã xảy ra hiện tượng sốc phản vệ đối với TCX. Do đó, thử nghiệm với thiết bị thủy lực với bước tăng dần đều lưu tốc nước sau một thời gian nhất định của Brett (1964) có thể làm giảm yếu tố tôm bị sốc phản vệ của tôm ở các lưu tốc nước cao lớn.

Bảng 3.21. Tỷ lệ TCX di chuyển thành công qua kênh dài 18 m

Cỡ tôm	Lưu tốc nước (m/s)	Số lần TN (lần)	Số TCX (con)	Tỷ lệ TCX di chuyển qua kênh dài 18 m ở các lưu tốc nước trong 10p, 20p và 30 phút (%)		
				10 phút	20 phút	30 phút
TCX cỡ I	0,3	6	120	13,3 ± 8,8	68,3 ± 6,8	94,2 ± 4,9
	0,6	6	120	2,5 ± 2,7	50,8 ± 7,4	79,2 ± 7,4
	0,9	6	120	0,0	0,0	0,0
TCX cỡ II	0,3	6	120	21,7 ± 6,8	76,0 ± 5,8	98,3 ± 2,6
	0,6	6	120	9,2 ± 4,9	61,7 ± 9,3	90,8 ± 2,0
	0,9	6	120	0,0	0,0	0,0

Mặt khác, kết quả phân tích phương sai 1 yếu tố và 2 yếu tố nhằm đánh giá tác động của lưu tốc nước, kích cỡ TCX, thời gian thí nghiệm đến tỷ lệ tôm di chuyển thành công được trình bày trong Bảng 3.23.

Bảng 3.23. Sự tương tác của các nhân tố kích cỡ TCX, lưu tốc nước và thời gian thí nghiệm đến tỷ lệ di chuyển của TCX qua kênh 18 m

Đối tượng kiểm định	Sig.	Kết luận
Kích cỡ TCX	0.00	Có ảnh hưởng
Lưu tốc nước	0.00	Có ảnh hưởng
Thời gian thí nghiệm	0.00	Có ảnh hưởng
Kích cỡ TCX x lưu tốc nước	0.002	Có ảnh hưởng
Kích cỡ TCX x thời gian	0.897	Không ảnh hưởng
Lưu tốc nước x thời gian	0.00	Có ảnh hưởng
Lưu tốc nước x kích cỡ x thời gian	0.650	Không ảnh hưởng

3.3.3.2. Tốc độ TCX di chuyển qua kênh dài 18 m

Kết quả quan trắc tốc độ TCX di chuyển qua kênh dài 18 m ở lưu tốc nước 0,3 m/s và 0,6 m/s lần lượt là 1,15 m/phút và 0,92 m/phút cho TCX cỡ I; 1,18 m/phút và 0,96 m/phút cho TCX cỡ II; nghiên cứu không tính tốc độ di chuyển ở lưu tốc nước 0,9 m/s do cả TCX cỡ I và cỡ II không di chuyển thành công qua kênh dài 18 m.

Kết quả phân tích phương sai 1 yếu tố và 2 yếu tố nhằm đánh giá sự tương quan của các yếu tố kích cỡ TCX và lưu tốc nước đến tốc độ TCX di chuyển được trình bày trong Bảng 3.25.

Bảng 3.25. Sự tương tác của các nhân tố kích cỡ TCX và lưu tốc nước đến tốc độ di chuyển của TCX qua kênh dài 18 m

Đối tượng kiểm định	Sig.	Kết luận
Kích cỡ tôm càng xanh	0.294	Không ảnh hưởng
Lưu tốc nước	0.000	Có ảnh hưởng
Kích cỡ TCX x lưu tốc nước	0.725	Không ảnh hưởng

3.3.4. Tỷ lệ TCX duy trì phía thượng lưu kênh ở các lưu tốc nước trong các khoảng thời gian kéo dài

Kết quả quan trắc tỷ lệ TCX duy trì vị trí phía thượng lưu kênh nước hồ trong các khoảng thời gian kéo dài 5g, 10g và 15 giờ ở các lưu tốc nước 0,3 m/s, 0,6 m/s và 0,9 m/s được tổng hợp trong Bảng 3.26.

Bảng 3.26. Tỷ lệ TCX duy trì phía thượng lưu kênh nước hồ

Cỡ tôm	Lưu tốc nước (m/s)	Số lần thực hiện (lần)	Số TCX (con)	Tỷ lệ TCX duy trì phía thượng lưu kênh trong 5, 10 và 15 giờ (%)		
				5 giờ	10 giờ	15 giờ
TCX cỡ I	0,3	6	120	88,3 ± 7,5	69,2 ± 7,4	30,8 ± 7,4
	0,6	6	120	70,8 ± 8,6	36,7 ± 8,8	0
	0,9	6	120	0	0	0
TCX cỡ II	0,3	6	120	91,7 ± 6,1	83,3 ± 6,8	47,5 ± 6,1
	0,6	6	120	82,5 ± 8,2	48,3 ± 8,2	12,5 ± 7,6
	0,9	6	120	0	0	0

Mặt khác, kết quả đánh giá sự tương tác giữa các yếu tố kích cỡ TCX, lưu tốc nước và thời gian thí nghiệm đến tỷ lệ tôm duy trì phía thượng lưu kênh nước hồ được trình bày trong Bảng 3.29.

Bảng 3.29. Sự tương tác của các nhân tố kích cỡ TCX, lưu tốc nước và thời gian thí nghiệm đến tỉ lệ TCX duy trì phía thượng lưu kênh nước hồ

Đối tượng kiểm định	Sig.	Kết luận
Kích cỡ TCX	0.00	Có ảnh hưởng
Lưu tốc nước	0.00	Có ảnh hưởng
Thời gian thí nghiệm	0.00	Có ảnh hưởng
Kích cỡ TCX x lưu tốc nước	0.28	Không ảnh hưởng
Kích cỡ TCX x thời gian thí nghiệm	0.007	Có ảnh hưởng
Lưu tốc nước x thời gian thí nghiệm	0.00	Có ảnh hưởng
Lưu tốc nước x kích cỡ x thời gian	0.134	Không ảnh hưởng

3.3.5. Quan trắc khả năng di chuyển ngược dòng của TCX

Kết quả quan trắc khả năng di chuyển ngược dòng nước của TCX có thể được chia thành 05 cấp độ từ thuận lợi đến khó khăn: bơi tiến, bò tiến, bò lùi, đứng yên và bật phóng giạt lùi ngược dòng nước (Bảng 3.29).

Bảng 3.29. Khả năng di chuyển ngược dòng của TCX ở các lưu tốc nước

Khả năng di chuyển	Hành lang di chuyển	Mức độ di chuyển ở các lưu tốc nước					
		0,3 m/s		0,6 m/s		0,9 m/s	
		Cỡ I	Cỡ II	Cỡ I	Cỡ II	Cỡ I	Cỡ II
Boi tiến	Gần giữa kênh	-	+	-	-	-	-
	Đọc bờ kênh	+++	+++	-	-	-	-
Bò tiến	Gần giữa kênh	-	+	-	-	-	-
	Đọc bờ kênh	+++	+++	-	-	-	-
Bò lùi	Gần giữa kênh	+	+	-	-	-	-
	Đọc bờ kênh	+	+	+++	+++	+	++
Đứng yên	Gần giữa kênh	-	-	-	-	-	-
	Đọc bờ kênh	+	+	++	+	+++	+++
Bật phóng giạt lùi	Gần giữa kênh	-	-	+	+	+	++
	Đọc bờ kênh	-	-	-	-	-	-

(Ghi chú: +++: Nhiều; ++: Trung bình; +: Ít; -: Không sử dụng)

- Ở lưu tốc nước 0,3 m/s: Tôm chủ yếu bơi tiến và bò tiến với hành lang di chuyển dọc theo hai bờ kênh; ít sử dụng khả năng bò lùi và đứng yên; không sử dụng khả năng bật phòng giạt lùi.

- Ở lưu tốc nước 0,6 m/s: Tôm thường sử dụng khả năng bò lùi với hành lang dọc theo hai bờ kênh; ít đứng yên và gập thân mình bật phóng; không sử dụng khả năng bơi hoặc bò tiến ngược dòng nước.

- Ở lưu tốc nước 0,9 m/s: Tôm sử dụng nhiều khả năng đứng yên (dọc hai bờ kênh) và khi di chuyển thường gập thân mình bật phóng; ít sử dụng khả năng bò lùi; không sử dụng khả năng bơi và bò tiến.

3.3.6. Lưu tốc nước tối đa TCX có thể bám giữ vị trí

Kết quả ghi nhận lưu tốc nước tối đa TCX cỡ I và cỡ II bám giữ vị trí lần lượt là 1,39 m/s và 1,54 m/s và được tổng hợp trong Bảng 3.30.

Bảng 3.30. Kết quả thử nghiệm khả năng bám giữ vị trí tối đa của TCX

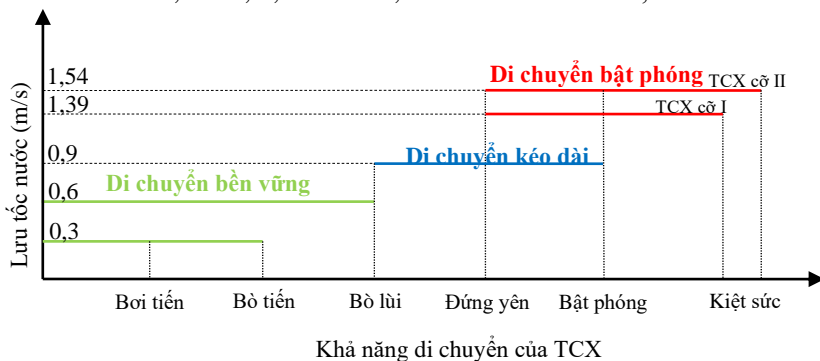
U_{iir}	T_{ii}	TCX cỡ I			TCX cỡ II		
		n_{TI}	T_{ITI}	U_{ITI}	n_{TII}	T_{ITII}	U_{ITII}
0,1 - 1,0	5	-	-	-	-	-	-
1,1	5	1	4,50	1,0	-	-	-
1,2	5	1	3,53	1,1	-	-	-

1,3	5	-	-	-	2	$3,86 \pm 0,47$	1,2
1,4	5	15	$2,04 \pm 0,82$	1,3	4	$2,24 \pm 1,35$	1,3
1,5	5	11	$2,41 \pm 1,33$	1,4	9	$2,42 \pm 1,24$	1,4
1,6	5	4	$1,13 \pm 1,00$	1,5	6	$2,02 \pm 1,49$	1,5
1,7	5	-	-	-	6	$3,77 \pm 0,54$	1,6
1,8	5	-	-	-	5	$2,03 \pm 1,01$	1,7
$U_{iIT} = 0,1$	$T_{ii} = 5$	$n_{II} = 32$	$T_{iI} = 2,22 \pm 1,19$	$U_{iI} = 1,35 \pm 0,10$	$n_{II} = 32$	$T_{iII} = 2,70 \pm 1,31$	$U_{iII} = 1,48 \pm 0,15$
Tỷ lệ sống sót của tôm sau thử nghiệm (%)			87,5			96,9	
Tỷ lệ tôm toàn vẹn cơ thể, không bị tổn thương (%)			78,1			90,6	
Tỷ lệ tôm bị mất một càng hoặc bị trầy xước một vị trí trên cơ thể tôm (%)			18,8			9,4	
Tỷ lệ tôm bị mất hai càng, bị trầy xước nhiều hơn một vị trí trên cơ thể (%)			3,1			0,0	
- Công thức lưu tốc nước tối đa của Brett (1964): $U_{max} = U_i + [T_i/T_{ii}] * U_{ii}$							
- Lưu tốc nước tối đa cho TCX cỡ I: $U_{maxI} = 1,35 + (2,22/5) * 0,1 = 1,39$ (m/s)							
- Lưu tốc nước tối đa cho TCX cỡ II: $U_{maxII} = 1,48 + (2,70/5) * 0,1 = 1,54$ (m/s)							

Bên cạnh đó, kết quả quan trắc cho thấy, khi tôm bị mất vị trí ở một giới hạn lưu tốc nước nhất định, tôm sẽ bật phồng ngược dòng nước để di chuyển tới một vị trí khác. Điều này cho thấy, lưu tốc nước tối đa TCX bám giữ vị trí có thể được xem xét là lưu tốc nước tối đa đối với khả năng di chuyển bật phồng của TCX. Cụ thể, lưu tốc nước bật phồng của TCX cỡ I và cỡ II có thể ước lượng lần lượt là 1,39 m/s và 1,54 m/s với bước tăng dần đều lưu tốc nước thêm 0,1 m/s sau 05 phút.

3.3.7. Đúc kết khả năng di chuyển ngược dòng nước của TCX trong điều kiện thí nghiệm áp dụng cho ĐDCQĐ

Kết quả đúc kết khả năng di chuyển của TCX cỡ I và cỡ II ở các lưu tốc nước trong điều kiện phòng thí nghiệm cho thấy: (1) Lưu tốc nước 0,3 m/s là lưu tốc nước di chuyển bèn vững - bơi tiến và bò tiến ngược dòng nước; (2) Lưu tốc nước 0,6 m/s là lưu tốc nước di chuyển bèn vững - bò lùi ngược dòng nước; (3) Lưu tốc nước 0,9 m/s là lưu tốc nước di chuyển kéo dài - bò lùi, đứng yên và bật phóng ngược dòng nước; (4) Lưu tốc nước 1,39 m/s và 1,54 m/s lần lượt là lưu tốc nước bám giữ vị trí tối đa của TCX cỡ I và cỡ II - tương ứng lưu tốc nước bật phóng của TCX cỡ I và cỡ II; (5) Chiều dài khoảng cách tối đa theo lý thuyết TCX cỡ I và cỡ II có thể di chuyển ngược dòng nước lần lượt là 1.035 và 1.062 m ở lưu tốc nước 0,3 m/s; 552 và 864 m ở lưu tốc nước 0,6 m/s; 9,0 m và 18,0 m ở lưu tốc nước 0,9 m/s.



Hình 3.15. Sơ đồ thể hiện khả năng di chuyển của TCX cỡ I và cỡ II

Kết quả đúc kết khả năng di chuyển của TCX trong điều kiện thí nghiệm áp dụng cho ĐDCQĐ cho thấy: (i) Giới hạn lưu tốc nước vận hành ĐDCQĐ phù hợp với TCX cỡ I và cỡ II là dưới 0,9 m/s; (ii) Lưu tốc nước từ 0,9 m/s đến 1,39 m/s và từ 0,9 m/s đến 1,54 m/s sẽ bị giới hạn khoảng cách chiều dài dưới lần lượt là 9,0 m cho TCX cỡ I và 18 m

cho TCX cỡ II; (iii) Lưu tốc nước lớn hơn 1,39 m/s cho TCX cỡ I và 1,54 m/s TCX cỡ II sẽ trở thành bờ cản thủy lực đối với khả năng di chuyển và bám giữ vị trí của TCX. Đồng thời, chiều dài khoảng cách tối đa giữa hai vị trí nghỉ trên ĐDCQĐ cho TCX cỡ I và cỡ II có thể di chuyển lần lượt là 1.035 m và 1.062 m ở lưu tốc nước 0,3 m/s; 552 m và 864 m ở lưu tốc nước 0,6 m/s; 9,0 m và 18,0 m ở lưu tốc nước 0,9 m/s

3.4. Đề xuất các giải pháp quản lý vận hành ĐDCQĐ cho TCX

3.4.1. Đề xuất chế độ vận hành lưu tốc nước ĐDCQĐ cho TCX

Bảng 3.33. Các giải pháp quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa cho TCX

TT	Hiện trạng ĐDCQĐ PH và khả năng di chuyển TCX	Đề xuất giải pháp quản lý vận hành ĐDCQĐ cho đối tượng mục tiêu TCX
1	<ul style="list-style-type: none"> - Lưu tốc nước vận hành theo thiết kế ĐDCQĐ PH là dưới 0.6 m/s. - TCX cỡ I và cỡ II di chuyển thuận lợi ở lưu tốc nước 0,3 và 0,6 m/s; khó khăn ở lưu tốc nước 0,9 m/s và tối đa ở lưu tốc nước lần lượt là 1,39, 1,54 m/s. - Mùa di cư của TCX ở khu vực đập Phước Hòa diễn ra từ tháng 5 đến tháng 11 hoặc 12 hằng năm; trong đó, nhóm kích cỡ dưới 10 cm xuất hiện từ tháng 9 đến tháng 12 và nhóm kích cỡ lớn hơn 10 cm xuất hiện từ tháng 5 đến tháng 12. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lưu tốc nước vận hành ĐDCQĐ phù hợp cho TCX là dưới 0,9 m/s, trong đó, ưu tiên quản lý vận hành lưu tốc nước cho loài mục tiêu TCX theo mùa vụ hoặc tháng trong năm, cụ thể: (i) Từ tháng 5 - 8 ưu tiên vận hành ở lưu tốc nước dưới 0,9 m/s; (ii) Từ tháng 9 - 12 ưu tiên vận hành ở lưu tốc nước dưới 0,6 m/s; (iii) Từ tháng 1 - 4 ưu tiên vận hành ở lưu tốc nước dưới 0,3 m/s . - Bên cạnh đó, lưu tốc nước cao nhất vận hành ĐDCQĐ không vượt quá lưu tốc nước 1,39 m/s nhằm đảm bảo TCX cỡ I và cỡ II không bị nước cuốn khỏi phạm vi ĐDCQĐ.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Chiều dài khoảng cách giữa các vị trí nghỉ tại các khu vực ĐDCQĐ I, II, III và IV lần lượt là 125, 180, 780 và 815 m. - Chiều dài khoảng cách tối đa TCX cỡ I và cỡ II di chuyển lần lượt là 1.035 và 1.062 m ở lưu tốc nước 0,3 m/s; 552 và 864 m ở lưu tốc nước 0,6 m/s; 9,0 và 18,0 m ở lưu tốc nước 0,9 m/s. 	<ul style="list-style-type: none"> Rút ngắn chiều dài khoảng cách tối đa giữa hai vị trí nghỉ ở khu vực ĐDCQĐ III và IV dao động xung quanh 552 m. Mặt khác, giới hạn chiều dài tối đa ở một số vị trí chuyển tiếp như phía sau cống điều chỉnh lưu lượng; vị trí ở tọa độ (0688202E; 1262224N...) là 9,0 m với độ dốc dao động xung quanh 1,45%, độ sâu tối thiểu 0,3 m.

3.4.2. Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa

Bảng 3.34. Đúc kết giải pháp quản lý và bảo vệ ĐDCQĐ Phước Hòa

TT	Kết quả nghiên cứu	Đề xuất giải pháp cho ĐDCQĐ
1	Khu vực ĐDCQĐ I, II, III và IV có lần lượt là 1 (10 m), 3 (28 m), 6 (45 m) và 9 (52 m) vị trí bị xói lở đất, đá; 2 (35 m), 2 (16 m), 7 (38 m) và 5 (26 m) vị trí bị lắng đọng bùn cát, rác thải...	Nghiên cứu khắc phục các vị trí bị xói lở đất, đá, rác thải và thực vật phát triển trong kênh; gia cố, trồng các loại thực hai bên bờ cũng như trồng cây dọc theo ĐDCQĐ để hạn chế xói lở và bảo vệ ĐDCQĐ.
2	- ĐDCQĐ được mở nước hoạt động chủ yếu vào mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 11); trong khi vào mùa khô (từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau) cửa xả chỉ được mở nước một phần. - Cơ chế quản lý vận hành ĐDCQĐ còn nhiều chồng chéo, chưa thống nhất giữa BQL đập PH và chính quyền địa phương. - Tình trạng người dân ra vào ĐDCQĐ để khai thác thủy sản chưa được kiểm soát.	- Nghiên cứu thành lập Tổ quản lý vận hành ĐDCQĐ và các xây dựng văn bản pháp luật cấm đánh bắt thủy sản trong phạm vi công ĐDCQĐ. - Nghiên cứu xây dựng hàng rào bảo vệ xung quanh ĐDCQĐ nhằm ngăn cản hoạt động ra vào ĐDCQĐ để khai thác thủy sản của người dân và giảm các tác động từ bên ngoài tới quá trình di cư của các loài cá tôm qua ĐDCQĐ.
3	Độ sâu cửa vào/ra phía hạ lưu ĐDCQĐ khá nông; vị trí cửa cũng nằm xa (> 500 m) so với đập Phước Hòa nên không tận dụng được dòng nước thu hút cá tôm; hiện trạng cửa đã xuống cấp với hai bờ bị sạt lở đất, đá cần được khắc phục.	Nghiên cứu điều chỉnh độ sâu tối thiểu cửa ra/vào hạ lưu ĐDCQĐ là 0,3 m so với mặt nước sông Bé; chuyển vị trí cửa vào ĐDCQĐ gần hơn với đập Phước Hòa; gia cố cửa vào bằng bê tông hoặc trồng cây hai bên để hạn chế sạt lở, tăng hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ.
4	Ngư cụ đăng đáy được sử dụng tại khu vực phía dưới đập Phước Hòa mang tính tận diệt đối với các loài thủy sản nói chung và TCX nói riêng.	- Ban hành quy định cấm sử dụng ngư cụ đăng đáy ở khu vực xung quanh đập Phước Hòa. - Điều chỉnh thời gian cấm đánh bắt TCX ở khu vực sông Bé là từ tháng 5 đến tháng 12 thay vì từ tháng 4 đến tháng 6 như hiện nay.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

- Trên cơ sở xác định loài mục tiêu của đường di cư qua đập là TCX (*M. rosenbergii*) cho khu hệ đa loài thủy sản ở khu vực nhiệt đới, nghiên cứu đã cung cấp các dữ liệu khoa học và thực tiễn liên quan đến khả năng di chuyển (bền vững, kéo dài và bật phóng) của TCX làm cơ sở cho việc xây dựng phương pháp nghiên cứu chuyên sâu (di chuyển chủ động và ép buộc) phù hợp với khả năng và tập tính di chuyển, bám giữ vị trí của TCX ở các lưu tốc nước trong điều kiện thí nghiệm, với liên hệ thực tế cho ĐDCQĐ Phước Hòa.

- Bằng các thực nghiệm với kênh nước hở và thiết bị thủy lực trong điều kiện thí nghiệm thủy lực, luận án đã nghiên cứu được TCX nhóm kích cỡ chiều dài từ 7,5 cm đến 9,5 cm (TCX cỡ I) và từ 13,5 cm đến 15,5 cm (TCX cỡ II) di chuyển thuận lợi ở lưu tốc nước dao động xung quanh 0,3 m/s và 0,6 m/s; khó khăn ở lưu tốc nước dao động xung quanh 0,9 m/s; tối đa ở lưu tốc nước dao động xung quanh lần lượt là 1,39 m/s và 1,54 m/s tương ứng với 06 cấp độ di chuyển từ thuận lợi đến khó khăn bao gồm: bơi tiến, bò tiến, bò lùi, đứng yên, bật phóng và bị kiệt sức với khoảng cách chiều dài tối đa lần lượt là 1.035 m và 1.062 m ở lưu tốc nước 0,3 m/s; 552 m và 864 m ở lưu tốc 0,6 m/s; 9,0 m và 18,0 m ở lưu tốc nước 0,9 m/s.

- Trên cơ sở kết quả nghiên cứu khả năng di chuyển của TCX ở các lưu tốc nước trong điều kiện thí nghiệm, nghiên cứu đã đề xuất: (i) Lưu tốc nước vận hành ĐDCQĐ phù hợp với TCX cỡ I và cỡ II là dưới 0,9 m/s; (ii) Lưu tốc nước từ 0,9 m/s đến 1,39 m/s và từ 0,9 m/s đến 1,54 m/s sẽ bị giới hạn khoảng cách chiều dài dưới lần lượt là 9,0 m cho TCX cỡ I và 18 m cho TCX cỡ II; (iii) Lưu tốc nước lớn hơn 1,39 m/s cho TCX cỡ I và 1,54 m/s TCX cỡ II sẽ trở thành bờ cản thủy lực đối với khả năng di chuyển và bám giữ vị trí của TCX. Đối

với ĐDCQĐ Phước Hòa, nghiên cứu đề xuất vận hành linh hoạt lưu tốc nước ĐDCQĐ cho loài mục tiêu TCX theo tháng trong năm, cụ thể: (1) Từ tháng 5 đến tháng 8 ưu tiên vận hành ở lưu tốc nước dưới 0,9 m/s; (2) Từ tháng 9 đến tháng 12 ưu tiên vận hành ở lưu tốc nước dưới 0,6 m/s; (3) Từ tháng 1 đến tháng 4 ưu tiên vận hành ở lưu tốc nước dưới 0,3 m/s. Đồng thời, lưu tốc nước tối đa vận hành ĐDCQĐ không vượt quá giới hạn lưu tốc nước 1,39 m/s.

- Trên cơ sở quản lý loài mục tiêu, nghiên cứu đã đánh giá cơ bản cơ sở lý luận và thực tiễn về đường di cư qua đập Phước Hòa làm cơ sở cho việc đề xuất bốn giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý vận hành ĐDCQĐ Phước Hòa nói chung và cho loài mục tiêu TCX nói riêng.

4.2. Kiến nghị

- Khi quản lý vận hành ĐDCQĐ cho loài mục tiêu TCX, cần kiểm soát xả nước với lưu lượng tương ứng lưu tốc nước không vượt quá 0,9 m/s để tạo điều kiện thuận lợi cho TCX di chuyển ngược dòng trong ĐDCQĐ. Đối với ĐDCQĐ Phước Hòa, cần bổ sung các vật nhám (đá cuội...) ở lòng kênh để tạo điều kiện tốt hơn lực bám cho TCX di chuyển trong điều kiện lũ lớn; tiến hành cắm đánh bắt, cải tạo và khơi thông các đoạn ĐDCQĐ bị hư hỏng; vận hành đúng lưu tốc nước, khoảng cách chiều dài giữa các hồ nghi cũng như kiểm soát tốt nguồn nước đầu vào và cửa xả của công trình ĐDCQĐ.

- Nghiên cứu tiếp tục triển khai các thử nghiệm khả năng di chuyển của TCX tại thực địa công trình ĐDCQĐ Phước Hòa để phù hợp hơn với thực tế quản lý vận hành và hiện trạng hoạt động của ĐDCQĐ.

- Tiến hành các nghiên cứu đánh giá hiệu quả hoạt động của ĐDCQĐ Phước Hòa ở khía cạnh thu thập vật mẫu các loài thủy sản di cư qua công trình cũng như áp dụng các tiến bộ của khoa học kỹ thuật trong đánh giá hiệu quả hoạt động của công trình.

**MINISTRY OF EDUCATION
AND TRAINING**

**MINISTRY OF AGRICULTURE
AND RURAL DEVELOPMENT**

VIET NAM ACADEMY FOR WATER RESOURCES

**THE SOUTHERN INSTITUTE OF WATER
RESOURCES RESEARCH**

VU VAN HIEU

**RESEARCH ON SCIENTIFIC BASIS AND MOVING
PERFORMANCE OF GIANT FRESHWATER PRAWN
(*Macrobrachium rosenbergii*) APPLIED TO
PHUOC HOA FISH-PASSAGE**

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION

Field of study: Soil and Water Enviroment

Code: 9 44 03 03

HO CHI MINH CITY - 2022

The Dissertation is completed at

**THE SOUTHERN INSTITUTE OF WATER
RESOURCES RESEARCH**

Supervisors:

1. Assoc. Prof., Dr. VU CAM LUONG

2. Assoc. Prof., Dr. NGUYEN NGHIA HUNG

Reviewer 1: Assoc. Prof., Dr. LUONG VAN THANH

Reviewer 2: Assoc. Prof., Dr. NGUYEN THI NGA

Reviewer 3: Prof., Dr. NGUYEN TAT DAC

The Dissertation will be defended at the Assessment Committee at The Southern Institute of Water Resources Research, No. 658 Vo Van Kiet Boulevard, Ward 1, District 5, HCMC. At ...on Date..... Month Year 2022

The Dissertation can be found at:

- National Library of Vietnam
- Library of Vietnam Institute of Water Resources Research
- Library of The Southern Institute of Water Resources Research

**LIST OF PUBLISHED WORKS OF THE AUTHOR
RELATING TO THE DISSERTATION**

1. **Vu Van Hieu**, Nguyen Nghia Hung, Vu Cam Luong (2017). *An overview study of the impacts of dams on the migration of aquatic species and solutions to restore migration routes*. Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Thuyloi University. 58(9):149-156.
2. **Vu Van Hieu**, Vu Cam Luong, Nguyen Nghia Hung, Tran Hong Thuy, Di Tien Hoc, Nguyen Tuyet Kieu Diem (2018). *Current state of fish-passage in Phuoc Hoa reservoir and adaption possibility for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)*. Annually scientific and technological magazines 2017 - 2018, The Southern Institute of Water Resources Research. 182-192.
3. **Vu Van Hieu**, Vu Cam Luong, Nguyen Nghia Hung (2020). *Monitoring of moving performance of giant freshwater prawn in hydraulic laboratory, with practical link to Phuoc hoa fish-passage*. Journal of Fisheries Science and Technology, Nha Trang University. 3:31-39.

CHAPTER I. INTRODUCTION

1.1. The rationale

The fish-passage has had a long historical development since the 17th century in Europe, the main purpose of supporting migratory aquatic species is to overcome obstacles (dams, barricades...) on rivers [95]. To date, there were more than 2,000 studies on upstream moving performance (hereinafter referred to as the moving performance) have been carried out. Almost these studies were focused mainly on a number of fish species that have high economic value, migrate between saltwater (brackish) and freshwater such as salmon species in Europe and America [58] instead of migratory crustaceans.

In Vietnam, there are about 7,000 hydroelectric and irrigated reservoirs covering 44 provinces and cities with different areas [22] However, only the fish-passage was built for Phuoc Hoa reservoir (in 2012) in Binh Duong province. The effectiveness of the fish-passage still has much long debate among number of native migratory aquatic species, which one have a high economic value and are directly and severely affected by Phuoc Hoa dam such as giant freshwater prawn... have not migrated through the fish-passage [2].

Moreover, the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, is an economically important species in many countries and is currently very focused on hatchery production and farming because of their high economic value, domestic consumption and export. Although the farming and hatchery production of the commercial prawn has been developed for a long time, the source of breeding prawn (parents) still relies mainly on wild catching [6], [8], in which the source of the breeding prawn in Be river (in the Dong Nai river basin) has the best quality among the sources in other river basins of Vietnam [11] as well

as some other regions in the world. For Phuoc Hoa dam area, *M. rosenbergii* and eel (*Auguilla marmorata*) are two species that have high economic value, reproductively migrate from freshwater to brackish (salt) water, and are most affected by dams [3], [4], of which the prawn is species with outstanding production should be an economic species prioritized as a target species of the fish-passage. According to Vu Vi An et al. (2011), the giant freshwater prawn appeared a lot in both upstream and downstream of the dam when there was no dam [4], but after building the dam, although the prawns have been obtained, much less than before. For highly affected species such as *M. rosenbergii*, how are the prawn's moving performance in response to the water velocity operation mode, the distance between the resting pools, and the operating time of Phuoc Hoa fish-passage have not been studied and fully understood to make recommendations for appropriate adjustments.

In order to solve the existing above problem, "Research on scientific basis and moving performance of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, applied to Phuoc Hoa fish-passage" was conducted to figure out appropriate solutions to improve the operational efficiency of the fish-passage, supporting the migration of the priority target species, *M. rosenbergii*, thereby contributing to the protection and sustainable development of aquatic resources.

1.2. Research objectives

1.2.1. Overall objectives

Research on the scientific basis and moving performance of the giant freshwater prawn in order to improve the operational efficiency of Phuoc Hoa fish-passage, support the migratory activities of the target species, *M. rosenbergii*, thereby contributing to protection and sustainable development of aquatic resources.

1.2.2. Specific objectives

- Evaluate scientific basis for studying the moving performance of the target species, *M. rosenbergii*, in the area of the aquatic multi-species ecosystem of the tropics, applied to fish-passage.
- Research for providing scientific parameters on water velocity operation management, distance length of fish-passage for the target species of the giant freshwater prawn.
- Research and summarize experimental and practical parameters for proposing solutions to improve the operation management efficiency of Phuoc Hoa fish-passage.

1.3. Research activities

Table 1. Summary of the main tasks of the dissertation

1	<ul style="list-style-type: none">- Survey the prawn-fishing status above and below the fish-passage.- Survey on changes in the prawn resources between before and after building Phuoc Hoa dam.
2	<ul style="list-style-type: none">- Survey the infrastructure situation of Phuoc Hoa fish-passage.- Survey the operation management status of Phuoc Hoa fish-passage.- Survey experts and fishermen on the efficiency of the fish-passage.
3	<ul style="list-style-type: none">- Survey the actual technical parameters of Phuoc Hoa fish-passage and the size of the giant freshwater prawn as a basis for experimental layout.- Evaluate hydraulic conditions of open water channel and equipment.- Monitor the successfully moving ratio and speed of the giant freshwater prawn through the channel at water velocities.- Monitor the position-maintained prawn ratio upstream of the channel.- Monitor the moving performance of <i>M. rosenbergii</i> at water velocities.- Estimate the maximum position-holding prawn performance at water velocities in hydraulic equipment.- Summarize the moving performance of the giant freshwater prawn in experimental conditions applied to fish-passage.
4	<ul style="list-style-type: none">- Propose the water velocity operational mode of fish-passage in accordance with the moving performance of <i>M. rosenbergii</i>.- Proposing solutions to improve the operation management efficiency of Phuoc Hoa fish-passage.

1.4. Theoretical and practical contributions

1.4.1. Main findings

- The study has solved the problem of selecting target species when building fish-passage in the aquatic multi-species ecosystem of the tropics.
- The study has contributed scientific parameters on management and operation of water velocity, length distance between pools on fish-passage for the target species of the giant freshwater prawn.
- Combine parameters of experimental and practical results to propose solutions for Phuoc Hoa fish-passage operation management.

1.4.2. The practical contributions

- *For the giant freshwater prawn resources:* The results of this study contribute to the protection and sustainable development of the resources.
- *For Phuoc Hoa fish-passage:* The results of the dissertation are scientific basis for state management agencies and the Management Board of Phuoc Hoa dam to refer and apply to Phuoc Hoa fish-passage.
- *For fishermen in Phuoc Hoa area:* The successful dissertation will help the giant freshwater prawn migrate smoothly, creating conditions to increase their production and population as before building the dam, thereby contributing to the improvement of living standards and income for fishermen in the area.
- *For new fish-passage in Viet Nam the next time:* The results of the study are lessons and experiences for new fish-passages in Viet Nam in identifying target species and creating fish-passage operation management mechanisms for target species.

1.5. New scientific contributions of the dissertation

1) On the basis of identifying the target species of fish-passage as the giant freshwater prawn for the aquatic multi-species ecosystem of the tropics, the dissertation has provided a scientific provement and built in-

depth research methodologies suitable to the moving and position-holding performance and behavior of *M. rosenbergii* at water velocities.

2) By experiments with open water channel and hydraulic equipment in experimental conditions, the dissertation studied the mobility of the giant freshwater prawn corresponding to different rate of water velocity.

3) On the basis of target species management, the study assessed the theoretical and practical basis of Phuoc Hoa fish-passage for improving the operation management efficiency of the fish-passage.

CHAPTER II. CONCEPTS AND RESEARCH METHODS

2.1. Secondary data collection methodology

- The collection contents: Information and documents related to fish-passage and the mobility of aquatic species in the world and in Viet Nam...

- Secondary data collection locations: Phuoc Hoa dam Management Board, Research Institute for Aquaculture No. II, An Thai Commune People's Committee...

2.2. Primary data collection methodology

2.2.1. Site survey zoning for Phuoc Hoa fish-passage

The survey zoning for Phuoc Hoa fish-passage is divided into four sections: (1) *Fish-passage section I*: From the upstream inlet/outlet to the first resting pool; (2) *Fish-passage section II*: From the first resting pool to the second resting pool; (3) *Fish-passage section III*: From the second resting pool to the third resting pool; (4) *Fish-passage section IV*: From the third resting pool to the downstream inlet/outlet of the fish-passage.

2.2.2. Site zoning for the area above and below Phuoc Hoa fish-passage

The survey water area of Be river above and below Phuoc Hoa fish-passage is divided into 04 areas: (1) *Area 1*: Be river section flows through Tan Thanh commune, Dong Xoai city, Binh Phuoc province; (2) *Area 2*: Be river section flows through Nha Bich commune, Chon Thanh district, Binh Phuoc province;

(3) *Area 3*: Be river section flows through An Thai Commune, Phu Giao District, Binh Duong Province; (4) *Area 4*: Be river section flows through An Linh Commune, Phu Giao District, Binh Duong Province.

2.2.3. Experts and fishermen's opinion survey method

- **Selection criteria:** (1) *Experts* are state management officials directly or indirectly related to Phuoc Hoa fish-passgae; scientists in irrigation and fisheries who participated directly or indirectly in the project of building the fish-passage (*Appendix 1*); (2) *Fishermen* are fishing the prawn on the Be river through 04 communes An Linh, An Thai, Nha Bich and Tan Thanh of Binh Duong and Binh Phuoc provinces (*Appendix 2*).

- **Survey contents:** (1) *For experts*: Infrastructure, operation management status and operational efficiency of the fish-passage; (ii) *For fishermen*: The prawn-fishing status above and below the fish-passage; the operational efficiency of Phuoc Hoa fish-passage.

2.3. The method of studying the moving performance of the giant freshwater prawn by physical model

2.3.1. Open channel flume

A rectangular water channel (length $L_{kn} = 18$ m, width $B_{kn} = 0,54$ m, height $H_{kn} = 1,04$ m, slope $i_{kn} = 1,45\%$) was built and installed to create a nearly uniform flow without pressure gradient in the channel (water velocity is independent of time and constant from one section to another). In order to create a nearly uniform flow without pressure gradient, the design, construction and operation of the open water channel must ensure the following conditions: (1) Water flow rate is constant over time and along the flow, $Q(t,l) = \text{Const}$; (2) Section shape, perimeter and wetted cross-sectional area remain constant along the flow. Therefore, the water depth in the channel remains constant; $h(l) = \text{const}$ or $dh/dl = 0$; (3) Bottom slope is constant, $i = \text{const}$; (4) The

coefficient of roughness is also constant, $n = \text{const}$; (5) The velocity distribution across the cross-sections is constant along the flow [7].

2.3.2. Hydraulic equipment

A rectangular hydraulic equipment (length $L_{\text{th}} = 1,5$ m, width $B_{\text{th}} = 35$ cm, height $H_{\text{th}} = 35$ cm) connected to the PEMS - E40 electromagnetic flow meter system was assembled with transparent plexiglass panels mounted in a sturdy wooden frame with a thin mesh base (grid size about 0.15 mm). One end of the equipment is attached to the water pipe wall with a flow-controlling valve, the another end is left open; both ends of the equipment also have nets to prevent shrimps from escaping; the top of the equipment has two small openings that can be opened and closed.

2.3.3. Giant freshwater prawn and experient-supplying water source

- Experiment-participated giant freshwater prawns: the prawn sources were purchased from a shrimp farm in Thu Duc city, Ho Chi Minh City and transported to the Hydraulic Laboratory for about one month so that the prawns could get used to the new water environment before participating in testing. At the laboratory, the prawns were fed from 3 to 4 times a day, aerated, monitored health and water quality indicators regularly to make adjustments to suit the prawn's habitat conditions.

The two sizes of the prawn lengths were selected: From 7.5 cm to 9.5 cm (Prawn size I) and from 13.5 cm to 15.5 cm (Prawn size II); 20 prawns of the same size/time were used for tests in the open-water channel; 02 prawns of the same size/time were used for tests in the equipment.

- Experiment-supplying water source: The water supplying for the tests and cultivation of the prawns at the Hydraulic Laboratory was quickly tested to ensure the suitable habitat conditions for *M. rosenbergii* which had been surveyed at the shrimp farm as well as similarity with the water source of Be river in Phuoc Hoa dam area

(collected information from Binh Duong Center of Surveillance - Technology of Natural Resources and Environment, 2018).

2.3.4. The active mobility of the giant freshwater prawn

- Monitor the prawn ratio and speed of moving successfully through the 18 m long channel:

Table 2.2. Steps to monitor the successful movement rate and speed of the prawn

Procedure of test steps	Implementation content of test steps
<i>Step 1.</i> The prawns get used to the new water environment.	Twenty prawns of the same size are placed in a net downstream of the channel and maintaining at the water velocity of 0.2 m/s for 30 minutes to let the prawns get used to the new water environment.
<i>Step 2.</i> Starting the test.	After 30 minutes, the water velocity is raised to the test water velocity (0.3 m/s, 0.6 m/s or 0.9 m/s) and the net is removed to start the test.
<i>Step 3.</i> Monitoring the moving process of the prawns in the channel	The upstream moving process of the prawns in the channel is monitored by a camera system fixed at the beginning, middle and end of the channel or moving according to the prawn's movement.
<i>Step 4.</i> Recording the results.	- <i>Time recording:</i> The camera upstream of the channel will record the time for prawns successfully moving through the channel. - <i>Record the successful movement ratio:</i> The number of prawns successfully moving through the channel will be recorded at 10 min, 20 min and 30 minutes.
<i>Step 5.</i> Ending the test.	After 30 minutes, 20 prawns are be removed from the channel; the results, survival rate and injury level of the prawns are also be recorded.

- Monitor the upstream position-maintaining prawn ratio of the channel at water velocities:

Table 2.3. Steps to monitor the upstream position-maintaining prawn ratio

Procedure of test steps	Implementation content of the test steps
<i>Step 1.</i> The prawns get used to the new water environment.	Twenty prawns of the same size are placed in a net downstream of the channel and maintaining at the water velocity of 0.2 m/s for 30 minutes to let the prawns get used to the new water environment.
<i>Step 2.</i> Starting the test.	After 30 minutes, the water velocity is raised to the test water velocity (0.3 m/s, 0.6 m/s or 0.9 m/s) and the net is removed to start the test.

<i>Step 3.</i> Monitoring the upstream movement of the prawns.	The upstream moving process of the prawns in the channel is monitored by the camera system fixed at the beginning, middle and end of the channel or moving according to the prawn's movement.
<i>Step 4.</i> Recording the results.	The number of the prawns successfully moving upstream through the channel and still maintaining their position upstream (from the 9th to the 18th meter) will be recorded at 5 hours, 10 hours, and 15 hours.
<i>Step 5.</i> Ending the test.	At the end of 15 hours, all prawns are removed from the channel. The survival rate and injury level of the prawns will be recorded as results.

2.3.5. The maximum position-holding ability of the giant freshwater prawn

Table 2.4. Steps to monitor the maximum position-holding ability of the prawn

Procedure of test steps	Implementation content of the test steps
<i>Step 1.</i> The prawns get used to the new water environment.	Two prawns of the same size are put into the equipment and maintaining at the water velocity of 0.1 m/s for 15 minutes to let the prawns get used to the new water environment.
<i>Step 2.</i> Starting the test (gradually increase the water velocity by 0.1 m/s after 05 minutes).	After 15 minutes, the water velocity is raised to 0.2 m/s for 5 minutes before increasing to 0.3 m/s for 5 minutes... The above procedure is repeated (increasing the water velocity by 0.1 m/s after 05 min) until both prawns are exhausted and pushed to the end of the equipment.
<i>Step 3.</i> Recording the results.	When one or two prawns are exhausted, using strong light or a wooden stick to gently push the prawn up to regain position, if the prawn cannot regain position, recorded: (i) How long can the prawn maintain position at the exhausted water velocity; (ii) The water velocity is closest to the exhausted water velocity.
<i>Step 4.</i> Ending the test.	The experiment will be ended when all 02 prawns could not hold the position. The survival rate and integrity level of the prawns will be recorded as results.

2.4. Formulas to calculate and process data

- The formula to estimate the maximum position-holding water velocity of the giant freshwater prawn according to the formula of Brett (1964):

$$U_{max} = U_i + [(T_i/T_{ii}) * U_{ii}]$$

In which:

- + U_{max} is the prawn's maximum position-holding water velocity (m/s);
- + U_i is the water velocity is closest to the exhausted water velocity (m/s);
- + U_{ii} is the steadily increasing water velocity (0.1 m/s);
- + T_i is the position-holding time at the exhausted water velocity (min);
- + T_{ii} is the steadily increasing time (5 minutes).

- Data processing: The data collected from survey results, testing with the open water channel and hydraulic equipment are processed by Excel software, statistical software SPSS version 25.0 and one-way ANOVA and two-way ANOVA.

CHAPTER III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. The prawn-fishing status above and below the fish-passage

3.1.1. The prawn-fishing activities above and below the fish-passage

- *Scope, location, and composition of the prawn-fishing fishermen:* 42.4% of fishermen exploit the prawn within less than 05 km from the dam, 30.3% exploit from 06 to 10 km from the dam, 27.3% exploit more than 10 km from the dam. In addition, 90.9% of fishermen carry out the prawn-fishing activities both above and below the dam; 9.1% of fishermen fish the prawn in one area where they live.

- *Working-age:* The age of the fishermen is mainly from 30 to 50 years old (60.6%), over 50 years old (24.2%), and under 30 years old (15.2%).

- *Fishing Experience:* 72.6% of fishermen have been fishing since before building the dam, and 27.4% of fishermen have just started fishing.

- *Hometown:* Most of the prawn-fishing fishermen are local people (90.9%); 9.1% of fishermen come from elsewhere.

- *Fishing gears:* There are five fishing gears used to fish the prawn, including: bottom net, fishing, hook long line, gillnet, and cast nets.

- **Fishing Time:** Fishing time in a day depends on fishing gear and the harvest season of the year, in which fishermen exploit all months of the year but promote fishing in the rainy season.

3.1.2. Changes in the prawn resources before and after building the dam

- **Changes in the prawn production by fishing gears:** The prawn production by fishing gear has decreased markedly between before and after building the dam, specifically before building the dam, fishing output according to the bottom net, gillnet, hook long line, fishing, and cast nets are 194.3, 92.9, 60.0, 32.6, and 26.2 kg/household/year, respectively; after building the dam is 44.1, 16.4, 9.3, and 2.5 kg/household/year, respectively.

- **Changes in the number of fishermen:** Most of the fishermen assess that the number of fishermen exploiting the prawn in the area has tended to decrease since the Phuoc Hoa dam was built until now.

- **Changes in dependence on fishing:** The level of dependence on the prawn fishing has decreased between before and after building the dam.

- **Changes in the income of the prawn fishing households:** 69.7% of the fishermen assess that the income from prawn-fishing activities can meet their livelihood needs when there was no dam. However, after building the dam, 84.8% of the fishermen assess that the income can not meet the needs.

3.2. The operation management status of Phuoc Hoa fish-passage

3.2.1. The current state of Phuoc Hoa fish-passage

The infrastructure state of Phuoc Hoa fish-passage was degraded, many locations were eroded, deposited sediment, garbage and aquatic plants floating on the fish-pass, however, the fish-passage still ensure operability.

3.2.2. The operation management status of the fish-passage

The fish-passage is mainly operated in the rainy season; while in the dry season, the fish-passage can be partially opened or closed to prioritize water for irrigation purposes. The operation management coordination

mechanism for the fish-passage is still inadequate and inconsistent between state management agencies and Phuoc Hoa dam Management Board.

3.2.3. Opinions of experts and fishermen on the operational efficiency of Phuoc Hoa fish-passage

Most experts (80.9%) and fishermen (78.8%) underestimated the operational efficiency of Phuoc Hoa fish-passage.

3.3. The moving performance of the giant freshwater prawn at water velocities under experimental conditions

3.3.1. Survey the actual parameters of the fish-passage and the size of the prawn as the basis for the experimental layout

- *The actual technical parameters of Phuoc Hoa fish-passage:* Combine between the fish-passage parameters and the actual experiment-conducting conditions, the research has selected the following parameters: (i) Water velocities are 0.3 m/s, 0.6 m/s and 0.9 m/s; (ii) The channel length is 18 m; (iii) The water depth is 0.3 m; (iv) the fixed slope in the channel is 1.45%; (v) The channel width is 0.54 m; (vi) The duration times are 5 hours, 10 hours, and 15 hours.

- *Size groups of the giant freshwater prawn migrating in the Phuoc Hoa area:* The prawn is mainly exploited in the rainy season, specifically: (1) The size group less than 5 cm in length is rarely exploited or appeared in the area; (2) The size group from 6 cm to 10 cm in length is mainly caught from September to December; (3) The size group from 11 cm to 15 cm in length is exploited from August to November; (4) The size group more than 15 cm in length is exploited from July to December (Table 3.16).

Table 3.16. Ratio of the prawn size groups are exploited in months of the year

Months	Percentage of fishermen choosing to exploit the prawn size groups in months of the year (%)			
	<= 5 cm	6 - 10 cm	11 - 15 cm	> 15 cm
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-

3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	3,0	-
6	-	-	12,1	-
7	-	-	27,3	12,1
8	-	-	45,4	18,2
9	-	30,3	100	93,9
10	-	36,4	84,8	96,9
11	12,1	51,5	39,4	21,2
12	9,1	54,5	27,3	21,2

There are the prawn size groups that need to be tested, including: from 6 cm to 10 cm, from 11 cm to 15 cm and more than 15 cm. However, the more size group of 10 cm can enter to the reproductive maturity stage so the study selected two groups, including: (1) The size group from 7.5 cm to 9.5 cm (Prawn size I), representing the juvenile stage migrating upstream after larval development in the estuary; (2) The size group from 13.5 cm to 15.5 cm (Prawn size II), representing the broodstock stage migrating from upstream to the estuary to release larvae and then migrating upstream to grow and develop.

3.3.2. Hydraulic conditions and calibrated equipment

- Evaluation of hydraulic conditions of the open water channel:

The actual hydraulic conditions of the channel all satisfy the requirements to create a nearly uniform flow without pressure gradient, specifically: (1) The flow is maintained fixed over time: $Q_{0.3\text{m/s}} = 0.053 \pm 0.000 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{0.6\text{m/s}} = 0.102 \pm 0.000 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{0.9\text{m/s}} = 0.147 \pm 0.000 \text{ m}^3/\text{s}$; (2) The cross-sectional shape, perimeter ($P_{\text{kn}} = 1.15 \text{ m}$) and wet cross-sectional area ($A_{\text{kn}} = 0.16 \text{ m}^2$) are constant along the flow in the channel so water depth is constant: $h_{\text{kn}} = 0.3 \text{ m}$; (3) The channel bottom slope is kept fixed: $i_{\text{kn}} = 1.45\%$; (4) The coefficient of roughness is also unchanged (both sides of the mica channel with $n_{\text{bk}} = 0.008$ mm, the concrete bottom of the channel with $n_{\text{bk}} = 0.2 - 0.8$ mm); (5) The two channel banks are made of smooth and transparent plexiglass plates mounted in a sturdy iron frame to ensure that the distribution of water velocity across the cross-sections is constant along the flow.

- About the limit state of flow in the channel: The flow in the channel at the water velocities of 0.3 m/s, 0.6 m/s and 0.9 m/s are all stable and nearly uniform flow without pressure gradient ($R < 1$), however the flow at the water velocity of 0.3 m/s belongs to laminar

flow ($Re < 580$) and the flow at 0.6 m/s and 0.9 m/s has turbulent and heterogeneous flow ($Re > 580$).

Table 3.18. Water velocity and water depth in the channel

The water velocities are set up for the channel (m/s)	The measured water velocities (m/s)			The measured water depths (m/s)			
	Head	Middle	End	Head	Middle	End	
0,3	Surface water velocity	0,31 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,01 ^{ab}	0,29 ± 0,01 ^b	0,32	0,32	0,33
	Bottom water velocity	0,27 ± 0,01 ^a	0,26 ± 0,01 ^{ab}	0,25 ± 0,01 ^b	± 0,02 ^a	± 0,02 ^a	± 0,02 ^a
0,6	Surface water velocity	0,62 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,01 ^b	0,63 ± 0,01 ^c	0,29 ± 0,02 ^b	0,30	0,29
	Bottom water velocity	0,55 ± 0,01 ^a	0,52 ± 0,01 ^b	0,55 ± 0,01 ^a	± 0,02 ^b	± 0,02 ^b	± 0,02 ^b
0,9	Surface water velocity	0,87 ± 0,02 ^a	0,90 ± 0,02 ^b	0,92 ± 0,02 ^c	0,33 ± 0,02 ^a	0,29	0,27
	Bottom water velocity	0,79 ± 0,02 ^a	0,82 ± 0,02 ^b	0,83 ± 0,02 ^b	± 0,02 ^a	± 0,02 ^b	± 0,03 ^c

(Note: The same row followed by different letters is statistically significant ($p < 0.05$))

- **For water velocity:** The results of checking the error limits for the water velocities of 0.3 m/s, 0.6 m/s and 0.9 m/s in the tests are generally within the allowable error range (TCVN 8214: 2009) (Table 3.18).

- **For water depth:** In the tests with the water velocities of 0.3 m/s, 0.6 m/s and 0.9 m/s all maintained within 0.3 m. However, there is a difference between the beginning, middle, and end of the channel, which tends to be at locations with high water velocity, the water depth decreases. (Table 3.18).

- **The conditions of the hydraulic equipment:** In a total of 16 times of testing with each prawn length size (Prawn size I or size II), the water velocity error limit is within the allowable error range (TCVN 8214: 2009).

- **Evaluation of supplied water index for prawn farming and for experiments:** (i) The water environment index in the Phuoc Hoa dam area is similar to the water quality index of the water source supplying for experiments; (ii) The water source supplying for prawn culture in the laboratory is suitable and similar to the water source of the prawn farm.

3.3.3. The prawn rate and speed of moving through the channel

- *The prawn percentage of successfully moving through the 18 m long channel:* Results of monitoring the prawn ratio of successfully moving through the channel in 10 min, 20 min, and 30 minutes at the water velocity of 0.3 m/s is 13.3%, 68.3%, and 94.2% for Prawn size I; 21.7%, 76.0%, and 98.3% for Prawn size II, respectively; at the water velocity of 0.6 m/s is 2.5%, 50.8%, and 79.2% for Prawn size I; 9.2, 61.7, 90.8% for Prawn size II, respectively; at the water velocity of 0.9 m/s, which is 0.0% for Prawn size I and size II, respectively (Table 3.20). Notably for the water velocity of 0.9 m/s, anaphylaxis may have occurred for the prawns participating in the test. Therefore, the experimental studies with hydraulic equipment followed the method of steadily increasing the water velocity after a certain time according to Brett (1964) to reduce the factor of anaphylaxis at high water velocity and make some better recommendations for Phuoc Hoa fish-passage.

Table 3.21. The prawn ratio of successfully moving through the channel

Prawn size	Water velocities (m/s)	No. of tests (times)	No. of prawns (prawn)	The prawn ratio of successfully moving through the channel at 10 min, 20 min and 30 minutes at water velocities (%)		
				10 min	20 min	30 min
Prawn size I	0,3	6	120	13,3 ± 8,8	68,3 ± 6,8	94,2 ± 4,9
	0,6	6	120	2,5 ± 2,7	50,8 ± 7,4	79,2 ± 7,4
	0,9	6	120	0,0	0,0	0,0
Prawn size II	0,3	6	120	21,7 ± 6,8	76,0 ± 5,8	98,3 ± 2,6
	0,6	6	120	9,2 ± 4,9	61,7 ± 9,3	90,8 ± 2,0
	0,9	6	120	0,0	0,0	0,0

Additionally, the results of one-factor and two-factor analysis of variance to assess the impact of water velocity, prawn size, and experimental time on the prawn ratio of successfully moving through the 18 m long channel are presented in Table 3.23.

Table 3.23. The interaction of the factors of prawn size, water velocity and experimental time on the prawn ratio of successfully moving through the channel

Test object	Sig.	Conclusion
Prawn size	0.00	Influence
Water velocity	0.00	Influence
Experiment time	0.00	Influence
Prawn size x Water velocity	0.002	Influence
Prawn size x Experiment time	0.897	No influence
Water velocity x Experiment time	0.00	Influence
Water velocity x prawn size x experiment time	0.650	No influence

3.3.3.2. The prawn speed of moving through the channel

The results of monitoring the prawn speed of successfully moving through the 18 m long channel at the water velocities of 0.3 m/s and 0.6 m/s are 1.15 m/min and 0.92 m/min for Prawn size I; 1.18 m/min and 0.96 m/min for Prawn size II, respectively; the study did not calculate the moving speed at the water velocity of 0.9 m/s because both Prawn size I and size II failed to move successfully through the channel.

In addition, the results of one-factor and two-factor analysis of variance to evaluate the correlation between the factors of prawn size and water velocity to the moving speed are presented in Table 3.25.

Table 3.25. Interaction of the factors of prawn size and water velocity to the prawn speed of moving through the 18 m long channel

Test object	Sig.	Conclusion
Prawn size	0.294	No influence
Water velocity	0.000	Influence
Prawn size x Water velocity	0.725	No influence

3.3.4. The prawn ratio of maintaining upstream of the channel at water velocities during extended time periods

The percentage of the prawn maintaining position upstream of the open water channel for extended periods of 5 hours, 10 hours and 15 hours at the water velocities of 0.3 m/s, 0.6 m/s and 0.9 m/s is summarized in Table 3.26.

Table 3.26. The prawn ratio of maintaining upstream of the channel

Prawn size	Water velocity (m/s)	No. of tests (times)	No. of prawns (prawn)	The prawn ratio of maintaining upstream of the channel (%)		
				5hrs	10hrs	15hrs
Prawn size I	0,3	6	120	88,3 ± 7,5	69,2 ± 7,4	30,8 ± 7,4
	0,6	6	120	70,8 ± 8,6	36,7 ± 8,8	0
	0,9	6	120	0	0	0
Prawn size II	0,3	6	120	91,7 ± 6,1	83,3 ± 6,8	47,5 ± 6,1
	0,6	6	120	82,5 ± 8,2	48,3 ± 8,2	12,5 ± 7,6
	0,9	6	120	0	0	0

In addition, the results of evaluating the interaction between the factors of prawn size, water velocity and experimental time to the prawn percentage of holding position upstream of the channel are presented in Table 3.29.

Table 3.29. The interaction of the factors of prawn size, water velocity and experimental time to the prawn percentage of maintaining upstream of the channel

Test object	Sig.	Conclusion
Prawn size	0.00	Influence
Water velocity	0.00	Influence
Experiment time	0.00	Influence
Prawn size x Water velocity	0.28	No influence
Prawn size x Experiment time	0.007	Influence
Water velocity x Experiment time	0.00	Influence
Water velocity x Prawn size x Experiment time	0.134	No influence

3.3.5. Monitor the upstream moving performance of the prawn

The moving performance of the prawn can be divided into 5 levels from favorable to difficult: swimming forward, crawling forward, crawling backward, standing, and launching backward against the water stream (Table 3.29).

- *At water velocity of 0.3 m/s:* The prawns mainly swim and crawl forward with corridors moving along both banks of the channel; little use of the ability to crawl backwards and hold the position; do not use the backward launching ability.

Table 3.29. The moving performance of *M. rosenbergii* at water velocities

Moving performance	Moving corridor	Levels of movement at water velocities					
		0,3 m/s		0,6 m/s		0,9 m/s	
		Size I	Size II	Size I	Size II	Size I	Size II
Swimming forward	Near the middle of the channel	-	+	-	-	-	-
	Along the channel	+++	+++	-	-	-	-
Crawling forward	Near the middle of the channel	-	+	-	-	-	-
	Along the channel	+++	+++	-	-	-	-
Crawling backward	Near the middle of the channel	+	+	-	-	-	-
	Along the channel	+	+	+++	+++	+	++
Standing	Near the middle of the channel	-	-	-	-	-	-
	Along the channel	+	+	++	+	+++	+++
Launching backward	Near the middle of the channel	-	-	+	+	+	++
	Along the channel	-	-	-	-	-	-

(Note: +++: Many; ++: Medium; +: Little; -: Not used)

- **At a water velocity of 0.6 m/s:** The prawns often use the ability to crawl backwards with the corridor along the two banks of the channel; less standing and launching backward; do not use the ability to swim or crawl upstream.

- **At water speed of 0.9 m/s:** The prawns use the ability to stand (along the channel) and when moving, they often use their launching performance; little use of the backward crawling ability; do not use the forward swimming and crawling ability.

3.3.6. The maximum position-holding water velocity of the prawn

The results recorded that the maximum position-holding water velocity of Prawn size I and size II is 1.39 m/s and 1.54 m/s, respectively and summarized in Table 3.30.

Table 3.30. The maximum position-holding water velocity of the prawn

U_{iIT}	T_{ii}	Prawn size I			Prawn size II		
		n_{TI}	T_{ITI}	U_{ITI}	n_{TII}	T_{ITII}	U_{ITII}
0,1 - 1,0	5	-	-	-	-	-	-
1,1	5	1	4,50	1,0	-	-	-
1,2	5	1	3,53	1,1	-	-	-

1,3	5	-	-	-	2	3,86 ± 0,47	1,2
1,4	5	15	2,04 ± 0,82	1,3	4	2,24 ± 1,35	1,3
1,5	5	11	2,41 ± 1,33	1,4	9	2,42 ± 1,24	1,4
1,6	5	4	1,13 ± 1,00	1,5	6	2,02 ± 1,49	1,5
1,7	5	-	-	-	6	3,77 ± 0,54	1,6
1,8	5	-	-	-	5	2,03 ± 1,01	1,7
$U_{iIT} = 0,1$	$T_{ii} = 5$	$n_{II} = 32$	$T_{ii} = 2,22 \pm 1,19$	$U_{iI} = 1,35 \pm 0,10$	$n_{II} = 32$	$T_{iii} = 2,70 \pm 1,31$	$U_{iII} = 1,48 \pm 0,15$
Survival ratio (%)			87,5	96,9			
Integrity ratio (%)			78,1	90,6			
			18,8	9,4			
			3,1	0,0			
- Brett's maximum water velocity formula (1964): $U_{max} = U_i + [T_i/T_{ii}] * U_{ii}$							
- Maximum water velocity for Prawn size I: $U_{maxI} = 1,35 + (2,22/5) * 0,1 = 1,39$ (m/s)							
- Maximum water velocity for Prawn size II: $U_{maxII} = 1,48 + (2,70/5) * 0,1 = 1,54$ (m/s)							

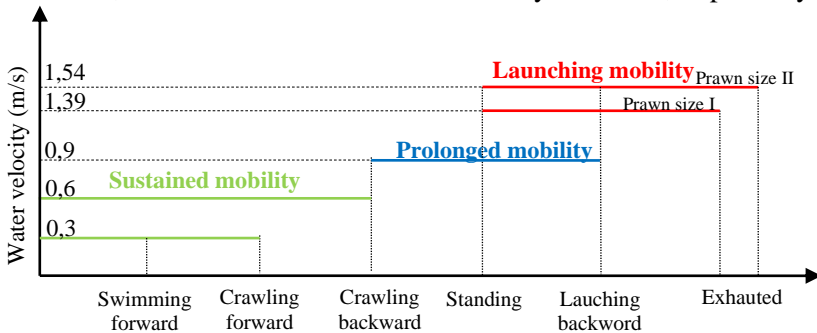
In addition, the monitoring results show that, when the prawns lose their position at a certain water velocity limit, the prawns will launch against the flow to move to another location. This shows that the maximum position-holding water velocity can be considered as the maximum water velocity for the launching ability, specifically: The launching water velocity of Prawn size I and size II can be estimated as 1.39 m/s and 1.54 m/s, respectively, with steadily increasing water velocity by 0.1 m/s after 05 minutes.

3.3.7. Summarize the moving performance of the giant freshwater prawn at water velocities in experimental conditions applied to fish-passage

The monitoring results of the moving performance of Prawn size I and size II at water velocities under laboratory conditions show that: (1) The water velocity of 0.3 m/s is the sustained water velocity - swimming and crawling forward; (2) The water velocity of 0.6 m/s is the sustained water velocity - crawling backwards; (3) The water velocity of 0.9 m/s is the prolonged water velocity - crawling backwards, holding and launching; (4) The water velocity of 1.39 m/s and 1.54 m/s is the maximum position-holding water velocity of Prawn size I and size II - the burst water velocity of Prawn size I and size II, respectively; (5) The

theoretical maximum moving distance of Prawn sizes I and size II is 1,035 m and 1,062 m at the water velocity of 0.3 m/s; 552 m and 864 m at the water velocity of 0.6 m/s; 9.0 m and 18.0 m at the water velocity of 0.9 m/s, respectively.

The summary results of the moving performance of *M. rosenbergii* under experimental conditions applied to fish-passage show that: (i) The water velocity limit for fish-passage operation in accordance with Prawn sizes I and size II is less than 0.9 m/s; (ii) Water velocities from 0.9 m/s to 1.39 m/s and from 0.9 m/s to 1.54 m/s will be limited to a lower length distance of 9.0 m for Prawn size I and 18 m for Prawn size II, respectively; (iii) Water velocity greater than 1.39 m/s for Prawn size I and 1.54 m/s for Prawn size II will become a hydraulic barrier to the moving and position-holding performance of the giant freshwater prawn. At the same time, the maximum moving distance between the two resting positions on fish-passage for Prawn size I and size II is 1,035 m and 1,062 m at the water velocity of 0.3 m/s; 552 m and 864 m at the water velocity of 0.6 m/s; 9.0 m and 18.0 m at the water velocity of 0.9 m/s, respectively.



The moving performance of giant freshwater prawn

Figure 3.15. Diagram showing the mobility of Prawn size I and size II

3.4. Propose fish-passage operation management solutions for the giant freshwater prawn

3.4.1. Propose fish-passage's water velocity operation mode for the prawn

Table 3.33. Operation management solutions for Phuoc Hoa fish-passage for the target species of the giant freshwater prawn

No.	The status of Phuoc Hoa fish-passage and the prawn's mobility	Propose fish-passage management operation solutions for the target species of <i>M. rosenbergii</i>
1	<ul style="list-style-type: none"> - The operation water velocity according to the design of the fish-passage is less than 0.6 m/s. - Prawn sizes I and size II move smoothly at the water velocity of 0.3 m/s and 0.6 m/s; difficultly at the water velocity of 0.9 m/s and maximally at the water velocities of 1.39 and 1.54 m/s, respectively. - Migration season of <i>M. rosenbergii</i> in Phuoc Hoa area takes place from May to November or December every year; in which, the size group under 10 cm appears from September to December and the size group over 10 cm appears from May to December every year. 	<ul style="list-style-type: none"> - The water velocity operation mode for Phuoc Hoa fish-passage under 0.9 m/s is suitable for the target species of <i>M. rosenbergii</i>; however, priority for flexibly managing and operating the fish-pass according to the season or months of the year, specifically: (i) From May to August, the fish-passage are prioritized to operate at water velocity under 0.9 m/s; (ii) From September to December, the fish-passage are preferred to operate at water velocity under 0.6 m/s; (iii) From January to April, the fish-passage are prioritized to operate at water velocity under 0.3 m/s. - In addition, the highest operation water velocity of the fish-passage should not exceed 1.39 m/s.
2	<ul style="list-style-type: none"> - The distance length between the resting positions at Fish-passage section I, II, III and IV is 125, 180, 780 and 815 m respectively. - The theoretical maximum distance of Prawn sizes I and II is 1,035 and 1,062 m at the water velocity of 0.3 m/s; 552 m and 864 m at the water velocity of 0.6 m/s; 9.0 m and 18.0 m at the water velocity of 0.9 m/s, respectively. 	<p>Research to shorten the maximum distance between two resting positions in Fish-passage section III and IV around 552 m. On the other hand, the maximum length limit in some transition locations such as the position behind the flow control sluice; the position at coordinates (0688202E; 1262224N) is 9.0 m with slope around 1.45%, minimum depth of 0.3 m.</p>

3.4.3. Proposing solutions to improve the management operation efficiency of Phuoc Hoa fish-passage

Table 3.34. Summarizing solutions to manage and protect the fish-passage

No.	Research results	Proposing solutions for the fish-pass
1	Fish-passage section I, II, III and IV have 1 (10 m), 3 (28 m), 6 (45 m)	Study to overcome the positions of soil erosion, rocks, garbage, and vegetation

	and 9 (52 m) locations with soil and rock erosion, respectively; 2 (35 m), 2 (16 m), 7 (38 m) and 5 (26 m) locations where sediment and garbage are deposited.	growing in the canal; reinforce and plant crops on both sides of the fish-passage as well as plant trees along the fish-pass to limit erosion and protect Phuoc Hoa fish-passage.
2	<ul style="list-style-type: none"> - The fish-passage is operated mainly in the rainy season, while in the dry season the water outlet is only partially opened. - The management and operation mechanism of the fish-pass still has many overlaps and inconsistencies between the dam management board and local authorities. - The situation of entering and leaving the fish-passage for fishing has not been controlled. 	<ul style="list-style-type: none"> - Study to establish the fish-passage operation management team and launch legal documents banning fishing within the fish-passage. - Considering to set up protective fences around the fish-passage to prevent people from fishing in the fish-passage and reducing external impacts on the migration of fish species through Phuoc Hoa fish-passage.
3	Depth of inlet/outlet downstream of the fish-passage is quite shallow; the gate location is also far (> 500 m) from Phuoc Hoa dam, so it cannot take advantage of the water flow to attract fish; the current status of the gate has deteriorated with two banks of landslides that need to be overcome.	Research to adjust the minimum depth of the entrance/exit downstream of the fish-passage is 0.3 m in compare with the water surface of Be river; move the entrance location of the fish-passage closer to Phuoc Hoa dam; reinforce the entrance with concrete or plant trees on both sides to limit landslides and increase the operational efficiency of the fish-passage.
4	The bottom net gear used in the area below Phuoc Hoa dam is destructive for aquatic species in general and the freshwater prawn in particular.	<ul style="list-style-type: none"> - Promulgate regulations banning the use of bottom net gear in the area around Phuoc Hoa dam. - Adjusting the banning time on the prawn fishing in Be River area from May to December instead of from April to June as now.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

4.1. Conclusions

- On the basis of identifying target species of fish-passage as the giant freshwater prawn, *M. rosenbergii*, for the aquatic multi-species ecosystem of the tropics, the study provided scientific and practical data related to the moving performance (sustainable, prolonged and

launching ability) of *M. rosenbergii* as a basis for the development of in-depth research methods (active and forced movement) in accordance with the moving and position-holding performance and behavior of *M. rosenbergii* at water velocities under hydraulic laboratory conditions, with practical relevance for Phuoc Hoa fish-passage.

- By experiments with the open water channel and hydraulic equipment in hydraulic experimental conditions, the dissertation studied two prawn's size groups from 7.5 cm to 9.5 cm (Prawn size I) and from 13.5 cm to 15.5 cm (Prawn size II) move smoothly at the water velocity fluctuating around 0.3 m/s and 0.6 m/s; difficulty in the water velocity fluctuating around 0.9 m/s; maximally at the water velocity fluctuates around 1.39 m/s and 1.54 m/s, respectively, corresponding to six levels of movement from favorable to difficult including: swimming forward, crawling forward, crawling backward, holding the position, launching and exhaustion with a maximum length of 1,035 m and 1,062 m at 0.3 m/s; 552 m and 864 m at 0.6 m/s; 9.0 m and 18.0 m at 0.9 m/s, respectively.

- On the basis of the results on the mobility of *M. rosenbergii* at water velocities under experimental conditions, the study proposed: (i) Fish-passage operation water velocity which is suitable for Prawn size I and size II is less than 0.9 m/s; (ii) Water velocities from 0.9 m/s to 1.39 m/s and from 0.9 m/s to 1.54 m/s would be limited to a lower length distance of 9.0 m for Prawn size I and 18 m for Prawn size II respectively; (iii) Water velocity which is greater than 1.39 m/s for Prawn size I and 1.54 m/s for Prawn size II will become a hydraulic barrier to the prawn's ability to move and hold the position. For Phuoc Hoa fish-passage, the study proposed flexible operation of the fish-passage's water velocity for the target species of the giant freshwater prawn according to the month of the year, specifically: (1) From May to August, the fish-passage is prioritized to operate at water velocity below 0.9 m/s; (2) From September to

December, the fish-passage is preferred to operate at water velocity below 0.6 m/s; (3) From January to April, the fish-passage is prioritize to operate at water velocity below 0.3 m/s. At the same time, the maximum water velocity to operate the fish-passage does not exceed the water velocity limit of 1.39 m/s.

- On the basis of target species management, the study assessed the theoretical and practical basis of Phuoc Hoa fish-passage as a basis for proposing four solutions to improve the operation management efficiency of Phuoc Hoa fish-passage in general and for the target species of *M. rosenbergii* in particular.

4.2. Recommendations

- The operating fish-passage on targeting species of the giant freshwater prawn, it is necessary to control the water discharge corresponding to the water velocity which does not exceed 0.9 m/s to create favorable conditions. For Phuoc Hoa fish-passage, it is necessary to add rough objects (cobblestones...) in the channel bed to create better traction force for the prawn to move in large flood conditions; implement a ban on fishing, restore and clear damaged sections; properly operate the water velocity, the distance between resting pools as well as greatly control the water inlet and outlet of the fish-passage.

- Research and continue testing the mobility of *M. rosenbergii* in the field of Phuoc Hoa fish-passage to better suit the actual operation management status of the fish-passage.

- Conduct studies to evaluate the operational effectiveness of Phuoc Hoa fish-passage in terms of collecting samples of aquatic species migrating through the fish-passage as well as applying for advances in science and technology in evaluating the effectiveness of the fish-passage.