

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

ISSN 2525 - 2208



TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

Số 744
12-2022

MỤC LỤC

Bài báo khoa học



Q. TÔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Đoàn Quang Trí

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. GS. TS. Trần Hồng Thái | 14. PGS. TS. Mai Văn Khiêm |
| 2. GS. TS. Trần Thực | 15. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy |
| 3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận | 16. TS. Tống Ngọc Thanh |
| 4. GS. TS. Phan Văn Tân | 17. TS. Đinh Thái Hưng |
| 5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. TS. Võ Văn Hòa |
| 6. GS. TS. Phan Đình Tuấn | 19. TS. Nguyễn Đắc Đồng |
| 7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi | 20. GS. TS. Kazuo Saito |
| 8. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 21. GS. TS. Jun Matsumoto |
| 9. PGS. TS. Dương Văn Khâm | 22. GS. TS. Jaecheol Nam |
| 10. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 23. TS. Keunyong Song |
| 11. TS. Hoàng Đức Cường | 24. TS. Lars Robert Hole |
| 12. TS. Bạch Quang Dũng | 25. TS. Sooyoul Kim |
| 13. PGS.TS. Đoàn Quang Trí | |

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 024.39364963
Email: Tapchikttv@gmail.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Đầu Tư Nông Nghiệp Việt Nam
ĐT: 0243.5624399

Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú Quốc

Giá bán: 25.000 đồng

- 1** Lê Ngọc Tuấn, Quách Thái Dương, Phan Thành Dân, Nguyễn Thị Ngọc Ân, Lê Quang Toại: Nghiên cứu, đề xuất các mô hình sinh kế nông nghiệp thích ứng với xâm nhập mặn tại tỉnh Vĩnh Long
- 17** Nguyễn Đức Bá, Nguyễn Tri Quang Hưng, Bùi Thị Cẩm Nhi, Nguyễn Kim Huệ, Võ Minh Sang, Lê Thị Lan Thảo, Đoàn Quang Trí, Nguyễn Minh Kỳ: Kiểm toán chất thải chăn nuôi heo trang trại ở huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước
- 28** Nguyễn Ngọc Trinh, Nguyễn Hoàng Đức Thịnh, Nguyễn Thị Quỳnh Thu, Phạm Thị Diễm Phương, Lê Thị Kim Thoa, Cấn Thu Văn: Ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An
- 39** Trương Hồng Tiến, Nguyễn Đình Đạt, Phạm Tường, Vũ Minh Thiện, Nguyễn Huy Phương, Nguyễn Trung Quân: Nghiên cứu tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam
- 55** Đỗ Thanh Hằng, Vũ Thanh Hằng: Một số đặc điểm hạn thủy văn ở khu vực Tây Nguyên trong giai đoạn 1980–2015
- 69** Huỳnh Quyền, Huỳnh Anh Hoàng, Đỗ Minh Dương: Nghiên cứu chế tạo thử nghiệm thiết bị xử lý nguồn nước thủy cục nhiễm mặn hiệu suất cao cho các hộ gia đình ở vùng đồng bằng sông Cửu Long
- 80** Huỳnh Phú, Đào Minh Triều, Huỳnh Thị Ngọc Hân, Trần Thị Minh Hà: Đánh giá các công trình cung cấp nước sạch tại huyện Hàm Thuận Bắc tỉnh Bình Thuận trong bối cảnh biến đổi khí hậu
- 93** Lại Văn Thủy, Dư Đức Tiến, Mai Khánh Hưng: Giải pháp và kết quả tính tổng lượng hơi nước cột khí quyển (PWV) từ dữ liệu GNSS ở Việt Nam

Bài báo khoa học

Nghiên cứu, đề xuất các mô hình sinh kế nông nghiệp thích ứng với xâm nhập mặn tại tỉnh Vĩnh Long

Lê Ngọc Tuấn^{1*}, Quách Thái Dương², Phan Thành Dân³, Nguyễn Thị Ngọc Ân⁴, Lê Quang Toại⁵

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Tp.HCM; lntuan@hcmus.edu.vn

² Phân viện Khoa học Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; quachthaiduong86@gmail.com

³ Trường Đại học Xây dựng miền Trung; phanthanhdan@muce.edu.vn

⁴ Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng; ntnan9999@gmail.com.

⁵ Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường; lqtoaihd@gmail.com

*Tác giả liên hệ: lntuan@hcmus.edu.vn; Tel.: +84–98371379

Ban Biên tập nhận bài: 5/10/2022; Ngày phản biện xong: 23/11/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá, lựa chọn các mô hình sinh kế nông nghiệp (SKNN) thích ứng với xâm nhập mặn (XNM) trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH), đề xuất áp dụng tại tỉnh Vĩnh Long giai đoạn 2021–2030. Trên cơ sở phân tích đặc điểm của các mô hình SKNN hiện hữu tại địa phương, xem xét 25 mô hình SKNN thích ứng với XNM áp dụng có hiệu quả tại đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), căn cứ bộ tiêu chí 21 (ánh giá tính khả thi (gồm 7 nhóm tiêu chí và 45 chỉ thị thành phần), 15 mô hình SXNN thích ứng XNM thuộc các lĩnh vực trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản (NTTS) và sản xuất kết hợp được xây dựng phù hợp với tình hình canh tác tại tỉnh Vĩnh Long. Trong đó, 05 mô hình được triển khai thí điểm tại 20 hộ (trồng lúa, bắp nếp, dưa hấu, nuôi bò sinh sản và cá rô phi vân) cho hiệu quả kinh tế cao cũng như tiềm năng nhân rộng tại các khu vực có điều kiện tương tự. Để tăng cường hiệu quả ứng dụng, 03 hội nghị tập huấn tại huyện Vũng Liêm, Trà Ôn, Mang Thít và 01 chuyến tham quan, học tập thực tế tại tỉnh Bến Tre đã được tổ chức kèm theo Sổ tay khuyến nông và Tài liệu kỹ thuật.

Từ khóa: Xâm nhập mặn; Sinh kế thích ứng; Mô hình sinh kế nông nghiệp; Biến đổi khí hậu.

1. Đặt vấn đề

Xâm nhập mặn (XNM) là hiện tượng nước mặn từ biển tràn vào đất liền qua cửa sông, hệ thống sông rạch, kênh mương và gây nhiễm mặn nguồn nước, đất đai vùng chịu ảnh hưởng triều. Trong bối cảnh BĐKH và nước biển dâng (NBD), XNM được xem là một trong những vấn đề trọng tâm bởi những thách thức, rủi ro cũng như cơ hội đối với các hoạt động sinh kế nông nghiệp [1–5]. Các mô hình sinh kế thích ứng với BĐKH là mô hình được can thiệp, điều chỉnh để né tránh hoặc thích ứng với quy luật diễn biến của một (hoặc một số) yếu tố khí hậu ảnh hưởng mạnh mẽ ở hiện tại hay tương lai, một mặt tăng cường khả năng chống chịu và phục hồi, giảm nhẹ thiệt hại, mặt khác có thể tận dụng những cơ hội từ BĐKH, đảm bảo hiệu quả kinh tế và phát triển bền vững... Các nghiên cứu về sinh kế bền vững nói chung [6], mô hình sinh kế thích ứng với BĐKH nói riêng rất đa dạng về yếu tố tác động, các lĩnh vực, khu vực, đối tượng... Nhiều tổ chức quốc tế (SIDA, IUCN, WWF, GIZ) và các nhà khoa học dành sự quan tâm nghiên cứu các mô hình sinh kế thích ứng với thiên tai và BĐKH [7–8] như ngập lụt, hạn hán, XNM ... áp dụng trong nhiều lĩnh vực như: trồng trọt, chăn nuôi

và thủy sản [9–10]..., tại nhiều khu vực như ĐBSCL, khu vực đô thị, vùng ven biển [11]... đối với nhiều đối tượng như người nghèo và người ít đất, dân tộc thiểu số, cộng đồng nói chung [12]...

Toạ lạc trong vùng đồng bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL), tỉnh Vĩnh Long chịu tác động nhất định bởi XNM. Mùa khô năm 2015–2016, XNM ảnh hưởng hơn 25.000 ha cây trồng, gây thiệt hại gần 300 tỷ đồng. Tình trạng XNM tiếp tục gia tăng trong mùa khô 2019–2020: mặn xuất hiện sớm, xâm nhập sâu, độ mặn lên cao mức lịch sử ở các tháng đầu mùa khô và kéo dài đến tận tháng 3–4 (khoảng 6,2–10‰ trên sông Cổ Chiên, tại Vũng Liêm và 1,4–6,9‰ trên sông Hậu tại huyện Trà Ôn), không chỉ ảnh hưởng đến vùng sản xuất lúa mà còn ảnh hưởng đến vùng chuyên canh cây ăn trái, cây màu, đặc biệt tại huyện Vũng Liêm, Trà Ôn, Mang Thít...

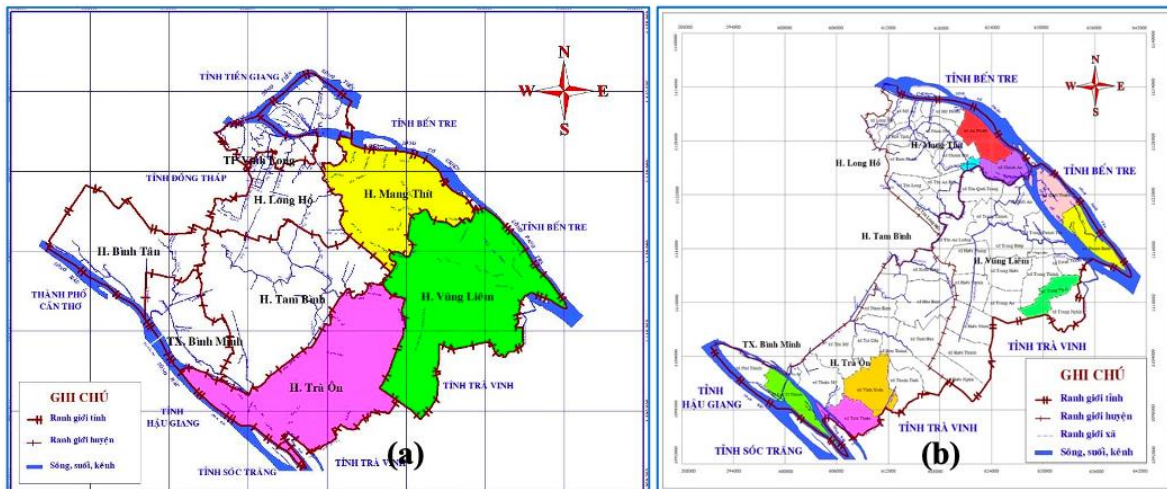
Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá, lựa chọn các mô hình SKNN thích ứng XNM trong bối cảnh BĐKH, đề xuất ứng dụng tại tỉnh Vĩnh Long giai đoạn 2021–2030, góp phần giảm nhẹ tính dễ bị tổn thương (DBTT), nâng cao hiệu quả sản xuất, đóng góp tích cực cho kinh tế nông hộ nói riêng và lĩnh vực nông nghiệp nói chung tại địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: là các mô hình SKNN quy mô hộ gia đình, bao gồm trồng trọt (lúa, cây màu, cây ăn trái), chăn nuôi (gia súc, gia cầm), NTTS (tôm, cá).

Phạm vi nghiên cứu: nghiên cứu điển hình tại huyện Vũng Liêm, Trà Ôn và Mang Thít là 03 khu vực trọng điểm trong mối quan hệ với XNM tại tỉnh Vĩnh Long (Hình 1a).



Hình 1. Phạm vi nghiên cứu: (a) Khu vực nghiên cứu trọng tâm về sinh kế nông nghiệp; (b) Khu vực điều tra, khảo sát.

2.2. Phương pháp điều tra, khảo sát

Việc điều tra, khảo sát nông hộ được triển khai với các thông tin chủ yếu sau: (1) Đối tượng tiếp cận: 100 nông hộ; (2) Nội dung khảo sát: đặc điểm của các mô hình SKNN chính yếu trong mối quan hệ với XNM (như giống, khả năng chịu mặn, thời vụ và kỹ thuật canh tác, nhu cầu sử dụng nước và đất trồng, thiệt hại do XNM, hiệu quả sản xuất...), kinh nghiệm bản địa, nguồn lực sinh kế nông hộ và khả năng tiếp cận...; (3) Phạm vi khảo sát: đại diện cho các khu vực chịu nhiều tác động bởi XNM (Hình 1b), được xác định với sự tư vấn của cán bộ chuyên trách tại địa phương (Chi cục Thủy lợi, Ban chỉ huy PCTT–TKCN, Trung tâm Dịch vụ Kỹ thuật Nông nghiệp Vĩnh Long, Trạm khuyến nông tuyến huyện), bao gồm các xã/thị trấn Quới Thiện, Thanh Bình, Trung Ngãi (huyện Vũng Liêm), Tích Thiện, Lục Sỹ Thành, Vĩnh Xuân (huyện Trà Ôn), Cái Nhum, Chánh An, An Phước (huyện Mang Thít).

2.3. Phương pháp chuyên gia

Tham vấn chuyên gia (25) là nhà khoa học, cán bộ nông nghiệp, khuyến nông... tại địa phương nhằm:

Thiết lập các tiêu chí đánh giá mô hình SKNN thích ứng XNM: Xác định các khía cạnh, yếu tố và tiêu chí đánh giá mô hình SKNN thích ứng với XNM; quy ước thang điểm và mức độ đáp ứng.

Lựa chọn mô hình SKNN thích ứng XNM: Áp dụng bộ tiêu chí và thang điểm đã thiết lập, các thông tin, dữ liệu có liên quan tại địa phương, lần lượt đánh giá, cho điểm từng mô hình SKNN trong mối quan hệ với khả năng thích ứng XNM, nguồn lực sinh kế nông hộ, thể chế, chính sách hỗ trợ phát triển nông nghiệp (giai đoạn 2021–2030), hiệu quả về kinh tế, xã hội, môi trường và khả năng nhân rộng.

Kết quả tham vấn đóng góp tích cực vào việc hoàn thiện bộ tiêu chí, hướng đến mục tiêu đảm bảo tính toàn diện, hệ thống (logic), đại diện và khả thi trong đánh giá, lựa chọn mô hình SKNN thích ứng XNM phù hợp (ưu tiên) ứng dụng tại khu vực nghiên cứu.

2.3. Phương pháp thực nghiệm

Trên cơ sở các mô hình SKNN thích ứng XNM được đề xuất, phối hợp với Trung tâm Dịch vụ Kỹ thuật Nông nghiệp tỉnh Vĩnh Long, Trạm Khuyến nông, Phòng Nông nghiệp tại các huyện Vũng Liêm, Trà Ôn, Mang Thít và các xã liên quan, tiến hành thí điểm 05 mô hình đại diện (trồng lúa, màu, cây ăn trái, chăn nuôi và NTTS) tại 20 hộ điển hình để kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả ứng dụng. Nông hộ đối ứng 50% kinh phí và sở hữu toàn bộ sản phẩm đầu ra của các mô hình thí điểm.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Các mô hình sinh kế nông nghiệp hiện hữu tại khu vực nghiên cứu

Nằm ở trung tâm ĐBSCL, được 2 dòng sông lớn Tiền Giang và Hậu Giang bồi đắp, tỉnh Vĩnh Long có đất đai màu mỡ, nước ngọt quanh năm, hội đủ những điều kiện thuận lợi để phát triển một ngành nông nghiệp toàn diện, đa dạng sản phẩm như lúa gạo, trái cây, gia súc, gia cầm và thủy sản. Khu vực đất liền là vùng tập trung trồng lúa, chuyên canh cây có múi, hoa màu, chăn nuôi gia súc, gia cầm. Khu vực các cù lao chủ yếu trồng cây ăn trái đặc sản và nuôi cá. Phân bố các mô hình SKNN chủ đạo tại khu vực nghiên cứu được trình bày ở Bảng 1. Tùy vào bối cảnh XNM, ghi nhận các khía cạnh và mức độ tác động khác nhau, đáng quan tâm nhất là các mô hình trồng trọt. Các mô hình chăn nuôi và NTTS bị tác động không đáng kể bởi XNM.

Bảng 1. Mô hình canh tác tại 03 huyện Vũng Liêm, Trà Ôn, Mang Thít.

Huyện	Khu vực áp dụng	Trồng trọt	Chăn nuôi	NTTS	Kết hợp
Vũng Liêm	Khu vực 1: Tân Quới Trung, Quới An, Trung Thành Đông, Trung Thành Tây, Trung Nghĩa và Trung Ngãi.	Trồng lúa, trồng cây ăn trái, rau màu, trồng lác-se lõi	Bò thịt chủ yếu (Quới An), nuôi gà	Cá mương vườn	
	Khu vực 2: Hiếu nghĩa, Hiếu Thành, Hiếu Nhơn, Hiếu Thuận, Hiếu Phụng, Trung Hiệp, Trung Chánh, Trung Hiếu, Trung An, Trung Thành và Tân An Luông	Trồng lúa	Bò thịt chủ yếu (Trung Thành, Trung Hiệp), nuôi gà		Lúa-màu, Lúa-cá
	Khu vực 3: cù lao Thanh Bình, Quới Thiện.	Sầu riêng (ưu thế so với khu vực 1-2), bưởi, xoài, trồng lác-se lõi	Bò thịt chủ yếu (Thanh Bình)	Cá tra	
Trà Ôn	Khu vực 1: Tích Thiện và một phần diện tích của 3 xã Thiện Mỹ, Vĩnh Xuân, Thuận Thới.	Trồng lúa, cam sành, bắp, cây có múi	Bò thịt, heo, gia cầm		Lúa-màu, Lúa-cá

Huyện	Khu vực áp dụng	Trồng trọt	Chăn nuôi	NTTS	Kết hợp
	Khu vực 2: Tân Mỹ, Hựu Thành và một phần diện tích của 4 xã Thiện Mỹ, Vĩnh Xuân, Thuận Thới, Trà Côn.	Trồng lúa, cam sành, bắp, cây có múi			Vườn–Ao–Chuồng (VAC)
	Khu vực 3: Cù lao Lục Sĩ Thành và Phú Thành	Lúa, bắp, màu, CAT đặc sản		Cá mương vườn	
	Khu vực 4: xã Xuân Hiệp, Hòa Bình, Nhơn Bình, Thới Hòa và một phần xã Trà Côn.	Trồng cam sành			
Mang Thít	Khu vực 1: Tân Long, Tân Long Hội, Tân An Hội, Bình Phước và Chánh Hội.	Chủ yếu trồng lúa, dưa hấu	Bò thịt, gà thả vườn	Cá tai tượng, rô phi, sặc rằn, cá lóc, cua đồng	
	Khu vực 2: Long Mỹ, Hòa Tịnh, Mỹ An, Mỹ Phước và Nhơn Phú.	Trồng lúa Chủ yếu trồng dưa hấu	Bò thịt, gà thả vườn, vịt an toàn sinh học (ATSH)	Cá mương vườn, cá tra	Lúa–màu
	Khu vực 3: An Phước, Chánh An; một phần diện tích của Thị trấn Cái Nhùm	Trồng lúa, dưa hấu, bưởi, măng cụt, sầu riêng, xoài, thanh long	Bò thịt, heo công nghiệp, nuôi, gà công nghiệp	Cá tra xuất khẩu	

3.2. Đánh giá, lựa chọn các mô hình SKNN thích ứng XNM có triển vọng ứng dụng tại tỉnh Vĩnh Long

3.2.1. Bộ tiêu chí đánh giá

Các bộ tiêu chí đánh giá, lựa chọn các mô hình sinh kế nhìn chung rất đa dạng về quy mô, đối tượng, mục đích sử dụng và cách tính toán; được xây dựng trên nguyên tắc đảm bảo tính phù hợp, thích ứng, hiệu quả, bền vững và nhân rộng. Bộ tiêu chí do Viện Nước, Tươi tiêu và Môi trường [13] xây dựng trên cơ sở tổng kết, phát triển từ các mô hình thích ứng và giảm nhẹ BĐKH trong nông nghiệp và phát triển nông thôn, tập trung đánh giá những khía cạnh phổ quát, tổng thể, các yếu tố/chỉ thị thành phần nên được bổ sung tương ứng. [14] phát triển bộ chỉ số đánh giá hiệu quả các hoạt động thích ứng với BĐKH phục vụ công tác quản lý nhà nước, gồm nhiều chỉ tiêu, đòi hỏi cơ sở dữ liệu lớn và các ưu tiên khác nhau tùy vào bối cảnh của từng địa phương. Bộ tiêu chí do Tổ chức CARE quốc tế tại Việt Nam [12] đề xuất nhằm xác định các mô hình sinh kế thích ứng với BĐKH phù hợp tại ĐBSCL, xem xét khả năng chống chịu hay phục hồi; tuy nhiên, các tiêu chí chưa đánh giá cụ thể hiệu quả kinh tế của các mô hình thích ứng với BĐKH. [15] đề xuất bộ tiêu chí đánh giá mô hình thích ứng cấp cộng đồng, trong đó thích ứng với BĐKH là nhóm trọng tâm (tỉ trọng 40%) đồng thời là mục tiêu quan trọng nhất của các mô hình. [16] xây dựng bộ tiêu chí đánh giá hiệu quả các mô hình sinh kế thích ứng với BĐKH khu vực ĐBSCL, chỉ ra tính chất của mô hình (mô hình can thiệp sinh kế thông thường hay có lồng ghép thích ứng với BĐKH).

Trên cơ sở tiếp cận sinh kế bền vững [6], các tiêu chí và khía cạnh đánh giá mô hình sinh kế thích ứng XNM trong bối cảnh BĐKH áp dụng tại tỉnh Vĩnh Long được xây dựng, tham vấn chuyên gia và tổng hợp ở Bảng 2, bao gồm 7 nhóm tiêu chí và 45 chỉ thị thành phần. Trong đó, tỉ trọng của các nhóm tiêu chí được phân bổ như sau: Thích ứng với XNM chiếm 20%; Phù hợp với nguồn lực sinh kế; Phù hợp với thể chế, chính sách; Hiệu quả kinh tế; Khả năng nhân rộng chiếm 15%/nhóm; Hiệu quả xã hội; Hiệu quả môi trường–hiếm 10%/nhóm.

3.2.2. Đánh giá, lựa chọn các mô hình SKNN thích ứng XNM ứng dụng tại tỉnh Vĩnh Long

Tại khu vực nghiên cứu, trên cơ sở phân tích các khía cạnh nhạy cảm với XNM của các mô hình SKNN hiện hữu (giống, ngưỡng mặn, thời gian và kỹ thuật canh tác, nhu cầu sử dụng nước và đất trồng...); kinh nghiệm bản địa và nguồn lực sinh kế nông hộ; mức độ phổ biến của mô hình và nhu cầu thị trường; sự phù hợp với quy hoạch phát triển vùng ĐBSCL và tỉnh Vĩnh Long; kết hợp các thông tin tham vấn chuyên gia, phỏng vấn cá nhân, thảo luận

nhóm cộng đồng... kết quả đánh giá, cho điểm và phân hạng các mô hình SKNN thích ứng với XNM được trình bày ở Bảng 3. Trong 25 mô hình được xem xét, số mô hình đạt mức khả thi thấp, trung bình, cao lần lượt là 4, 6 và 15.

Sau khi đánh giá, lựa chọn các mô hình SKNN thích ứng với XNM có triển vọng áp dụng tại địa phương, Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường phối hợp với Trung tâm Dịch vụ Kỹ thuật Nông nghiệp tỉnh Vĩnh Long và các trạm khuyến nông tuyến huyện tổ chức:

- Chương trình tập huấn áp dụng các mô hình SKNN thích ứng XNM và BĐKH tại huyện Vũng Liêm, Trà Ôn và Mang Thít (30–35 nông hộ/huyện).
- Chương trình tham quan thực tế, trao đổi kinh nghiệm SXNN thích ứng XNM trong bối cảnh BĐKH tại tỉnh Bến Tre (30 nông hộ).

Bảng 4 tóm tắt một số đặc điểm nổi bật của 15 mô hình SKNN thích ứng với XNM (có tính khả thi cao) đề xuất ứng dụng tại tỉnh Vĩnh Long giai đoạn 2021–2030.

3.3. Triển khai thí điểm một số mô hình SKNN thích ứng XNM tại tỉnh Vĩnh Long

Nhằm tăng cường tính khả thi, hiệu quả ứng dụng, đóng góp tích cực cho kinh tế nông hộ nói riêng và lĩnh vực nông nghiệp nói chung trên địa bàn tỉnh Vĩnh Long, 05 mô hình SKNN thích ứng với XNM được triển khai thí điểm tại địa phương, bao gồm: (a) Mô hình giảm lượng giống trong sản xuất lúa tại huyện Vũng Liêm (10 hộ); (b) Mô hình sản xuất bắp nếp lai cao sản tại huyện Trà Ôn (02 hộ); (c) Mô hình trồng dưa hấu trên nền đất lúa thiếu nước tưới tại huyện Mang Thít (02 hộ); (d) Mô hình nuôi bò sinh sản chất lượng cao tại huyện Mang Thít (02 hộ); (e) Mô hình nuôi cá rô phi vằn thích ứng XNM tại huyện Vũng Liêm (03 hộ). Bảng 5 tóm tắt các yêu cầu trong chọn lựa nông hộ tham gia mô hình. Kết quả triển khai thí điểm tại 20 hộ cho thấy hiệu quả kinh tế cao cũng như tiềm năng nhân rộng tại các khu vực có điều kiện tương tự (Bảng 6, Hình 2).

Bảng 2. Tiêu chí đánh giá các mô hình SKNN thích ứng XNM trong bối cảnh BĐKH.

		(a) Tiêu chí đánh giá.	
Tiêu chí [1]	Chỉ thị [2]	Điểm	
		[2]	[1]
TC1. Thích ứng với XNM	1.1. Có đánh giá tính dễ bị tổn thương (DBTT), tác động của XNM đến các lĩnh vực, khu vực và đối tượng trước khi xây dựng và triển khai mô hình	3	
	1.2. Lường trước rủi ro, tác động tiềm tàng và có phương án quản lý rủi ro, sự cố XNM	2	
	1.3. Có kênh thông tin, cập nhật dự báo, cảnh báo về XNM	2	
	1.4. Giống cây trồng–vật nuôi (CT–VN) chống chịu được tác động của XNM và giảm mức độ thiệt hại	3	
	1.5. Có đặc điểm thời vụ nuôi trồng linh động, dễ dàng điều chỉnh để né tránh hoặc giảm bớt thiệt hại do XNM	3	20
	1.6. Giảm nhu cầu dùng nước (sự phụ thuộc vào nguồn nước), tăng khai thác, sử dụng nước tiết kiệm và hiệu quả	2	
	1.7. Có sự điều chỉnh về kỹ thuật, cơ cấu mùa vụ, giống, thức ăn, hoặc vật liệu, thiết bị theo hướng thích ứng, chống chịu XNM	2	
	1.8. Có sự đầu tư, điều chỉnh về vật liệu, thiết bị, hạ tầng theo hướng thích ứng, chống chịu XNM (chuồng trại, kho bãi, ao hồ, bể chứa nước..)	2	
	1.9. Tận dụng các cơ hội do XNM đem lại	1	
TC2. Phù hợp với nguồn lực và khả năng tiếp cận các nguồn lực sinh kế	2.1. Mức độ sẵn có nguồn nhân lực quy mô nông hộ	3	
	2.2. Mức độ sẵn có và khả năng huy động vốn đầu tư (chi phí chuyển đổi)	3	
	2.3. Mức độ sẵn có của các hạ tầng thiết yếu phục vụ mô hình sản xuất	3	
	2.4. Phù hợp với nguồn lực tự nhiên tại địa phương (khí hậu, thổ nhưỡng, nguồn nước, nguồn thức ăn...)	3	15
	2.5. Khả năng tiếp cận, tận dụng và phát huy các nguồn lực xã hội của nông hộ (sự hỗ trợ của Hội nông dân, Câu lạc bộ khuyến nông cấp xã, Trạm khuyến nông cấp huyện, Trung tâm khuyến nông của tỉnh ...)	3	

Tiêu chí [1]	Chỉ thị [2]	Điểm	
		[2]	[1]
TC3. Phù hợp với thể chế, chính sách của địa phương	3.1. Phù hợp với định hướng/ quy hoạch tổng thể phát triển nông nghiệp của địa phương phân theo các tiểu vùng sinh thái	3	15
	3.2. Phù hợp với định hướng/ chương trình giống nông nghiệp	3	
	3.3. Phù hợp với định hướng/ chương trình phát triển sản phẩm chủ lực và sản phẩm tiềm năng của địa phương	2	
	3.4. Phù hợp với định hướng, chương trình ứng dụng KHCN	2	
	3.5. Phù hợp với định hướng/ chính sách xây dựng nông thôn mới	2	
	3.6. Phù hợp với định hướng/ chính sách, dự án kêu gọi đầu tư và sự tham gia từ khu vực ngoài quốc doanh	2	
	3.7. Được sự hỗ trợ/ hưởng lợi từ các chính sách ứng phó XNM và BĐKH	1	
TC4. Hiệu quả và bền vững về kinh tế	4.1. Đa dạng nguồn cung cấp đầu vào, có khả năng tiếp cận và chủ động lựa chọn	2	15
	4.2. Nhu cầu của thị trường đối với sản phẩm của mô hình sản xuất	3	
	4.3. Phụ thuộc/bị chi phối sâu sắc bởi những biến động thị trường	1	
	4.4. Khả năng tiếp cận thị trường của nông hộ tham gia mô hình sản xuất	3	
	4.5. Khả năng thu hồi vốn của mô hình khi triển khai	2	
	4.6. Tăng thu nhập từ sản phẩm chính của mô hình	2	
	4.7. Đa dạng hoá lợi ích kinh tế (tăng các nguồn thu nhập, giảm chi phí đầu tư) từ các công đoạn, phụ phẩm khác của mô hình (liên quan thị trường phụ phẩm, quản lý chất thải, chuyển đổi và thu hồi năng lượng/nhiên liệu...)	2	
TC5. Hiệu quả và bền vững về xã hội	5.1. Nâng cao nhận thức và tăng cường năng lực, thay đổi hành vi	2	10
	5.2. Gắn kết các bên liên quan và nâng cao hiệu quả phối hợp triển khai	2	
	5.3. Tạo việc làm, thu hút lao động tại chỗ	2	
	5.4. Tăng cơ hội, thúc đẩy sự tham gia của các đối tượng DBTT, góp phần đảm bảo bình đẳng giới và an sinh xã hội	2	
	5.5. Đóng góp cho sự đổi mới và phát triển nông nghiệp tại địa phương	2	
TC6. Hiệu quả và bền vững về môi trường	6.1. Giảm xả thải ra môi trường thông qua áp dụng các tiêu chuẩn sản xuất (như VietGAP, thực hành quản lý tốt...) hoặc giảm $\geq 10\%$ lượng phân hóa học, thuốc bảo vệ thực vật (BVTV), chất kháng sinh, tăng trọng...	2	10
	6.2. Giảm xả thải ra môi trường thông qua điều chỉnh phương thức hoặc/và đầu tư trang thiết bị công nghệ cho hệ thống bơm, tưới nước.	2	
	6.3. Giảm xả thải ra môi trường thông qua tái sử dụng và tái chế chất thải, xử lý chất thải, phụ phẩm nông nghiệp từ mô hình (như biogas chất thải chăn nuôi, xử lý rơm rạ bằng chế phẩm sinh học...)	2	
	6.4. Tiết kiệm và sử dụng hiệu quả năng lượng	1	
	6.5. Sử dụng năng lượng tái tạo	1	
	6.6. Tăng diện tích phủ xanh	1	
TC7. Khả năng nhân rộng	7.7. Góp phần bảo vệ tài nguyên thiên nhiên/ bảo tồn đa dạng sinh học	1	15
	7.1. Phù hợp với kinh nghiệm và tập quán sản xuất của nông dân địa phương	3	
	7.2. Có cơ sở thực tiễn (đã triển khai ứng dụng và đạt kết quả mong đợi tại các khu vực có điều kiện tương tự)	3	
	7.3. Quy trình kỹ thuật đơn giản, dễ chuyển giao và áp dụng	3	
	7.4. Có tính linh hoạt, dễ điều chỉnh, chuyển đổi và kết hợp với các mô hình sinh kế khác	3	
7.5. Khả năng mở rộng phạm vi và hiệu quả sản xuất	3		

(b) Thang điểm và yêu cầu về điểm số.

Xếp hạng tính khả thi	Tổng hợp (7 nhóm tiêu chí)	Tiêu chí thích ứng (TC1)	Tiêu chí kinh tế (TC2)
Không áp dụng	< 50	< 5	< 3
Rất thấp	50-60	> 5	> 3
Thấp	61-70	> 7	> 5
Trung bình	71-80	> 10	> 7
Cao	81-90	> 14	> 10
Rất cao	91-100	> 18	> 13

Bảng 3. Kết quả đánh giá, cho điểm và phân hạng các mô hình SKNN thích ứng với XNM dự kiến áp dụng tại tỉnh Vĩnh Long.

TT	Mô hình	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	Tổng điểm	Phân hạng
		20	15	15	15	10	10	15		
1	Chọn tạo giống lúa có sự tham gia thích ứng BĐKH và ANLT	14	12	13	11	6	5	10	71	Trung bình
2	Giảm lượng giống trong sản xuất lúa thích ứng XNM và BĐKH	17	12	14	13	10	8	14	88	Cao
3	Canh tác lúa thông minh thích ứng BĐKH trên đất phèn mặn	14	12	12	11	6	5	12	72	Trung bình
4	Trồng bắp nếp cao sản trên nền đất lúa thích ứng XNM	17	12	12	13	10	8	10	82	Cao
5	Canh tác khoai lang trong điều kiện hạn hán và XNM	17	12	14	13	10	9	14	89	Cao
6	Trồng dưa hấu trên đất lúa thiếu nước tưới thích ứng hạn mặn	16	12	12	13	10	8	10	81	Cao
7	Trồng dưa lưới trong nhà kính kết hợp tưới nhỏ giọt	14	12	8	12	8	8	10	72	Trung bình
8	Trồng hành tím thương phẩm	11	12	9	12	7	5	7	63	Thấp
9	Trồng mía thích ứng XNM	12	12	9	12	7	7	7	66	Thấp
10	Trồng cà chua công nghệ cao trong nhà lưới	12	12	10	12	8	7	10	71	Trung bình
11	Trồng nấm bào ngư	12	12	8	12	8	7	6	65	Thấp
12	Trồng cam sành trên nền đất lúa chuyên đổi thích ứng XNM	16	12	14	13	10	9	12	86	Cao
13	Trồng bưởi da xanh cải tiến kỹ thuật tưới thích ứng hạn-mặn	16	12	14	13	10	9	13	87	Cao
14	Trồng măng cầu xiêm ghép gốc bình bát kết hợp tưới tiết kiệm thích ứng XNM	16	12	12	13	10	8	11	82	Cao
15	Trồng thanh long vỏ vàng ruột trắng thích ứng hạn mặn	14	12	12	12	6	6	6	68	Thấp
16	Trồng xoài áp dụng hệ thống tưới nhỏ giọt thích ứng XNM	16	12	13	13	10	9	12	85	Cao
17	Nuôi bò sinh sản chất lượng cao thích ứng hạn-mặn	16	12	14	13	10	6	11	82	Cao
18	Nuôi dê sinh sản chất lượng cao	14	12	9	13	10	7	8	73	Trung bình
19	Chăn nuôi vịt thịt thương phẩm ATSH	14	12	9	11	8	8	9	71	Trung bình
20	Nuôi vịt biển ATSH thích ứng XNM	16	12	12	13	10	6	12	81	Cao
21	Nuôi cá rô phi vằn thích ứng XNM	16	12	14	13	10	6	11	82	Cao
22	Nuôi tôm càng xanh toàn đực trong ao nước lợ	16	12	12	13	10	7	11	81	Cao
23	Xen canh lúa-cá thích ứng với xâm nhập mặn	16	12	14	13	10	6	10	81	Cao
24	Kết hợp nuôi tôm càng xanh trong ruộng lúa thích ứng XNM	16	12	14	13	10	7	10	82	Cao
25	Nuôi vịt trứng ATSH kết hợp thả cá thích ứng hạn - mặn	16	12	14	13	10	7	12	84	Cao

Bảng 4. Một số đặc điểm nổi bật của các mô hình SKNN thích ứng với XNM có tính khả thi ứng dụng cao tại tỉnh Vĩnh Long.

TT	Mô hình	Đặc điểm thích ứng với xâm nhập mặn				Hiệu quả
		Giống	Thời vụ	Sử dụng nước	Kỹ thuật canh tác	
1	Giám lượng giống gieo sạ trong sản xuất lúa thích ứng XNM và BĐKH	Ngăn ngày, chịu mặn: OM2517; OM5451; OM6162; OM6677; OM6976; OM8959; OM9577; OM9921; GKG1; ST21...	Điều chỉnh thời vụ linh hoạt: vụ Đông-Xuân sớm hoặc Hè-Thu muộn.	Quản lý nước bằng biện pháp ngập-khô xen kẽ giúp tiết giảm 20-30% lượng nước tưới mà không ảnh hưởng năng suất lúa.	Áp dụng 3G-3T (hay 1P-6G) và một phần kỹ thuật SRI: bón lót, gieo sạ thưa hợp lý, kỹ thuật tưới ngập-khô xen kẽ, bón phân cân đối, nâng cao khả năng chịu mặn của cây lúa, quản lý dịch hại tổng hợp...	So với ngoài mô hình: - Năng suất (6,3 tấn/ha) cao hơn 0,3 tấn/ha. - Chi phí (20 triệu/ha) thấp hơn 3 triệu/ha. - Lợi nhuận (11-12 triệu/ha) cao hơn 4-5 triệu/ha.
2	Trồng bắp nếp cao sản trên nền đất lúa	Giống bắp nếp lai đơn F1 Milky 36 ngăn ngày (62-72 ngày), chống chịu được thời tiết khắc nghiệt và sâu bệnh.	Linh động, thuận lợi khi trồng mùa khô. Ngoài 2 vụ ĐX, HT, triển khai vụ Xuân Hè (T2-3) ở những vùng thiếu nước.	Nhu cầu nước tưới thấp hơn cây lúa		So với ngoài mô hình: - Năng suất (12,2) cao hơn 2,2 tấn/ha. - Chi phí (24-25) thấp hơn 2-3 triệu/ha. - Lợi nhuận (43-44) cao hơn 16-17 triệu/ha.
3	Canh tác khoai lang trong điều kiện hạn hán và xâm nhập mặn	Giống khoai lang bí, khoai trắng, khoai sữa, khoai Dương Ngoc, khoai tím Nhật... ít kén đất, có thể trồng trên đất nhiễm mặn nhẹ và nhiều loại đất khác nhau về đặc tính lý, hóa.	1 vụ khoai kéo dài khoảng 3-4 tháng (tùy giống) nên có thể chủ động luân canh thay cây lúa trong thời gian hạn mặn.	- Nhu cầu nước tưới thấp hơn cây lúa. Có biện pháp khai thác, sử dụng nguồn nước tưới tiêu phù hợp bới canh XNM. - Phương pháp tưới rãnh dùng ít nước nhưng lớp đất mặt vẫn tơi xốp, dinh dưỡng không bị rửa trôi, xói mòn, ít tổn thương đến lá.	- Tăng khả năng chịu mặn: bổ sung phân N, P, K, phun phân KNO ₃ qua lá. - Giảm nhẹ tác hại do nhiễm mặn: bón vôi/phân mặn phèn/CaSO ₄ để bổ sung Ca ²⁺ ; bón Silic nhằm hạn chế hấp thu Na ⁺ ; phun Brassinolide kích thích sản sinh enzyme phân giải các gốc oxy hoá mạnh.	Thu nhập từ sản xuất khoai lang rất khả quan so với các cây trồng khác (lúa, bắp...) trong cùng một thời vụ. Có tiềm năng nâng cao giá trị gia tăng. Là nông sản chủ lực, có thị trường tiêu thụ nội địa và quốc tế (Trung Quốc, Nhật Bản...).
4	Trồng dưa hấu trên đất lúa thiếu nước tưới và hiệu quả thấp	Giống Mặt trời đỏ, Ánh Dương và SG 227... có rễ mọc sâu, chịu hạn khá, phù hợp canh tác trên đất lúa thiếu nước, hiệu quả thấp trong điều kiện hạn mặn.	Vụ Hè Thu tận dụng đất lúa bỏ hoang, thời tiết phù hợp, giảm áp lực nước tưới so với lúa và cây trồng khác.	Nhu cầu nước tưới vừa phải, khả năng chịu hạn khá, qua đó giảm sự phụ thuộc vào nguồn nước.	Màng phủ nông nghiệp hạn chế sự bốc hơi qua mặt đất, qua đó hạn chế hiện tượng dậy phèn và XNM	Năng suất đạt 19 tấn/ha, cao hơn 0,5 tấn/ha; chi phí đầu tư 79,8 triệu/ha; lợi nhuận đạt 53,1 triệu/ha, cao hơn 3,5 triệu/ha so với ngoài mô hình.
5	Trồng bưởi da xanh cải tiến kỹ thuật tưới thích ứng hạn mặn	- Gốc ghép chịu mặn: ghép cây có múi trên gốc Tắc (quất), Sành, Bông, bưởi Bung, bưởi Lòng Cò Cò (Tiền Giang), bưởi Hồng Đường (Cần Thơ), bưởi Đường Hồng (Bình Dương) chịu được độ mặn 8‰ sau 56 ngày xử lý mặn (Viện Cây ăn quả miền Nam). - Gốc ghép chịu hạn: Tồ hợp cây ghép Cam sành - Trúc (là cây họ cam ở vùng núi Châu Đốc) sinh trưởng và cho quả chất lượng tốt, chịu hạn, thích nghi với vùng bán khô hạn, thiếu nước tưới vào mùa khô.	-	Hệ thống tưới phun tiết kiệm (kết hợp từ gốc) thông qua các béc tưới bù áp, bình kính tưới được điều chỉnh phù hợp, giúp cấp đủ nước cho cây trồng ứng với từng giai đoạn phát triển, tiết giảm nhu cầu nước (giảm tác động do XNM), chi phí nhân công, phân bón...	- Trong thời kỳ XNM: bổ sung phân lân, kali, phân hữu cơ ủ hoai kết hợp với tủ gốc để duy trì ẩm độ của đất và tăng khả năng đề kháng của cây. - Sau khi bị nhiễm mặn: tưới nước rửa mặn, bón vôi CaO, CaCO ₃ , phân chứa nhiều lân như DAP	Quy trình kỹ thuật VietGAP nên năng suất tăng 15-20%, lợi nhuận tăng 20-25% so với sản xuất truyền thống: - Năng suất: 22-25 tấn/ha. - Chi phí: 110-120 triệu/ha. - Lợi nhuận: 700-800 triệu/ha.
6	Trồng cam sành trên nền đất lúa chuyển đổi thích ứng XNM			Sử dụng kỹ thuật tưới phun mưa nhỏ kết hợp với bón phân (1 béc phun/cây), lưu lượng vòi phun < 250 lít/giờ, áp lực		- Lợi nhuận 400 triệu/ha trong năm đầu và gia tăng trong những năm tiếp theo. - Ước tính hệ thống tưới phun giúp tiết kiệm 30% lượng nước và 87% thời

TT	Mô hình	Đặc điểm thích ứng với xâm nhập mặn				Hiệu quả
		Giống	Thời vụ	Sử dụng nước	Kỹ thuật canh tác	
7	Trồng măng cầu xiêm ghép gốc bình bát kết hợp tưới tiết kiệm	Giống măng cầu xiêm ghép gốc bình bát cho năng suất cao, tăng khả năng chịu mặn (lên đến 8–11%),	–	thấp (10 –15 m). Theo nhu cầu ở từng thời kì sinh trưởng, nước tưới hòa phân bón được phun đồng đều, chính xác vào lá và gốc cây dưới dạng hạt mưa nhỏ nhờ đường ống áp lực và kết cấu vòi đặc trưng, giúp tối ưu lượng nước sử dụng do chỉ làm ẩm diện tích đất cục bộ vùng gốc cây.	–	gian tưới trên diện tích 1 ha. Lợi nhuận hơn 200 triệu/ ha.năm, gập 3–4 lần trồng lúa. Đa dạng hoá thu nhập từ trà măng cầu (0.5triệu/kg), mít, rượu...
8	Trồng xoài áp dụng hệ thống tưới nhỏ giọt thích ứng hạn–mặn	Giống xoài Nùm, Cát Chu, Đài Loan... ghép gốc xoài Canh Nông (Khánh Hòa), Châu Hạng Võ (Trà Vinh), xoài 13–1 (Israel), xoài Ghép Xanh (Tiền Giang), xoài Thơm (An Giang) – có khả năng chịu mặn lên đến 13%.	–	Hệ thống tưới nhỏ giọt giảm lượng nước sử dụng, ít mất nước do bốc hơi, giảm thất thoát phân bón, hạn chế cỏ dại, côn trùng, sâu bệnh...	–	Gia tăng năng suất từ 10–20%, giảm chi phí nhân công, phân bón, nông dược. Sản phẩm có thị trường tiêu thụ tốt. Hiệu quả kinh tế gia tăng 15–20%, tỉ suất lợi nhuận gập 3 lần, giúp cải thiện thu nhập nông hộ.
9	Nuôi vịt biển an toàn sinh học thích ứng với xâm nhập mặn	Khả năng chịu mặn cao của giống Vịt biển 15 hoặc vịt biển Đại Xuyên (15%) giúp thích ứng tốt với điều kiện XNM.	Thời gian sinh trưởng ngắn (8–10 tuần), có thể triển khai ở vụ Hè–Thu thay cho cây lúa.	–	Phương thức chăn nuôi giúp thích nghi với điều kiện nguồn nước nhiễm mặn.	Sau 8–10 tuần, 500 con vịt biển đạt 2,5–4 kg/con, lợi nhuận 11–12 triệu VNĐ. Sử dụng đệm lót sinh học giúp giảm chi phí nhân công dọn chuồng.
10	Nuôi bò sinh sản chất lượng cao	Giống bò cái sinh sản trên nền cái Lai Sind, Brahman, Droughtmaster, Charolais và Red Angus, chịu hạn mặn tốt (< 7%), dễ chăm sóc.	Thời kì hạn mặn có thể chuyển đổi một phần đất trồng lúa kém hiệu quả để trồng cỏ nuôi bò	- Bò chịu được khô hạn khắc nghiệt - Loại cỏ trồng làm thức ăn cho bò chịu được nước mặn	Có thể chủ động chăn thả đàn bò tại các khu vực đồng cỏ ít chịu tác động bởi XNM	Tính cho chu kỳ nuôi 7 năm, mỗi con bò cái cho thu nhập 7–8 triệu đồng/năm. Lợi nhuận càng cao nếu chủ chuyển đàn bê cái tiếp tục nuôi sinh sản
11	Nuôi cá rô phi vằn thích ứng xâm nhập mặn	Cá rô phi sinh trưởng tốt ở độ mặn < 8‰, có thể chịu mặn 28–32‰. Sự thích nghi về độ mặn, nhiệt độ (14–40°C) và khả năng sinh sản cho thấy sự phù hợp chọn nuôi cá rô phi trong điều kiện hạn mặn.	Có thể kết hợp xen canh hoặc luân canh với lúa phù hợp với điều kiện XNM tại địa phương.	Kế hoạch kiểm tra, lấy nước, lưu trữ, sử dụng chủ động và hợp lý trước và trong thời kì XNM.	Bổ sung dinh dưỡng (các loại vitamin, men tiêu hóa, khoáng chất ...) nhằm tăng cường sức đề kháng cho cá.	Tính cho 1 vụ nuôi trên diện tích 1000 m ² , tỉ lệ sống đạt 85%, trọng lượng thu hoạch 0,45–0,5 kg/con, sản lượng 3,6–4,5 tấn, chi phí khoảng 54 triệu, lợi nhuận 25–26 triệu.
12	Nuôi tôm càng xanh trong ao nước lợ	Tôm càng xanh chịu mặn tốt, có thể sống trong môi trường nước mặn <15‰, sinh trưởng tốt ở 5–7‰ nên có thể phát triển tập trung ở các vùng trũng thấp và nhiễm mặn.	Sử dụng con giống nhân tạo, chịu được mặn nên thả nuôi gần như quanh năm và chủ động hoàn toàn.	–	Không dùng kháng sinh và hóa chất nên tăng hiệu quả sử dụng nước, giảm rủi ro cho môi trường sinh thái.	Thị trường lý tưởng và ổn định. Hiệu quả kinh tế cao, lợi nhuận trung bình 100 triệu/ha.năm. Thu nhập tăng 10% so với nuôi tôm nước ngọt.
13	Xen canh lúa – cá thích ứng với XNM	Đa số các loài cá có khả năng chịu mặn và phát triển thuận lợi trong môi trường nước ngọt–lợ (mè vinh, chép, rô phi, sặc rằn, bóng tượng, thát lát...), kết hợp nuôi trồng với các giống lúa chịu mặn giúp tăng cường khả năng thích ứng XNM.	Linh động điều chỉnh lịch xuống giống và thu hoạch sớm nhằm hạn chế các tác động của XNM.	–	Quy trình canh tác khép kín, áp dụng các tiêu chuẩn IPM về phân bón, thuốc BVTV, qua đó, nâng cao hiệu quả sử dụng nước và giảm thiểu ô nhiễm.	Mô hình khép kín giúp giảm chi phí phân bón, thức ăn. Duy trì sản xuất trong mùa khô, nâng cao hiệu quả kinh tế trên một đơn vị diện tích canh tác. Mỗi ha cho lợi nhuận 50 triệu từ lúa và 50 triệu từ cá.
14	Kết hợp nuôi tôm càng xanh trong	- Tôm càng xanh là loài rộng muối, có thể sống ở 0–15‰, sinh trưởng tốt ở 0–5‰.	Ương và nuôi tôm từ T7–T1; sạ và trồng lúa từ T9–12, giúp	Chủ động được nguồn nước ngọt để trồng lúa và	–	Mô hình khép kín giúp giảm chi phí. Mỗi ha cho năng suất 300–400 kg tôm và 4–7 tấn lúa.

TT	Mô hình	Đặc điểm thích ứng với xâm nhập mặn				Hiệu quả
		Giống	Thời vụ	Sử dụng nước	Kỹ thuật canh tác	
	ruộng lúa thích ứng XNM	- Các giống lúa có khả năng chịu mặn trung bình (OM18, OM429, OM2517, OM4900, OM5451, OM6162, OM6976, OM7347, OM9921...).	né được thời kỳ hạn mặn. Có thể tăng cường vụ tôm sú từ T2-T6.	nước ngọt-lợ để nuôi tôm		Chi phí 30-35 triệu/ha.năm, lợi nhuận 35-50 triệu/ha.năm, hơn 15-30% so với độc canh lúa.
15	Nuôi vịt trứng an toàn sinh học kết hợp thả cá thích ứng hạn-mặn	- Giống vịt trứng dễ nuôi, thích hợp nhiều vùng sinh thái (Khaki Campbell, CV2000 Layer, Triết Giang, Đại Xuyên TC). - Hầu hết các loại cá nuôi phù hợp với môi trường nước ngọt-lợ. Giảm sự phụ thuộc vào độc canh cây lúa, thúc đẩy đa dạng hoá loại hình canh tác thích ứng XNM.	Linh hoạt lựa chọn thời vụ để né mặn. Tận dụng diện tích đất xấu, hiệu quả thấp để tăng gia sản xuất trong mùa khô.	Nhu cầu dùng nước không cao như canh tác lúa. Chủ động thời gian cấp và thay nước ao nuôi	Mô hình khép kín giúp giảm chi phí đầu tư trang thiết bị, nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn nước, thức ăn, giảm phát thải và hạn chế dịch bệnh.	Đa dạng hoá loại hình sinh kế. Cải thiện thu nhập trên cùng một đơn vị diện tích. Lợi nhuận bình quân hơn 100 triệu/ha.năm.

Bảng 5. Các yêu cầu trong chọn lựa nông hộ tham gia triển khai thí điểm.

Mô hình	Địa điểm	Mức đầu tư	Yêu cầu kỹ thuật và hiệu quả
1. Giảm lượng giống gieo sạ trong sản xuất lúa thích ứng XNM và BĐKH	Xã Trung Nghĩa (H. Vũng Liêm) Có ruộng đất phù hợp thực hiện kỹ thuật 3G-3T và SRI, quy mô > 1.000 m ² , bằng phẳng, chân đất ruộng tốt, có hệ thống đê bao, cống bọng hoàn chỉnh, an toàn, chủ động về thủy lợi, tưới tiêu.	- Định mức cho 01 điểm (5.000 m ²): 3.612.000đ - Tổng đầu tư cho 10 điểm: 36.120.000đ Trong đó, nông hộ đối ứng 50%: 18.060.000đ	- Giống lúa OM5451, OM4900, OM7347, OM6162... - Quy trình canh tác: 3G-3T + SRI phù hợp với điều kiện thực tế của tỉnh - Giảm chi phí sản xuất (giống, phân bón, thuốc BVTV...) > 15% so với sản xuất truyền thống - Tăng lợi nhuận > 15% so với ngoài mô hình.
2. Trồng bắp nếp lai cao sản trên nền đất lúa thích ứng XNM	Xã Tích Thiện (02 ha) và xã Vĩnh Xuân (1ha) tại H. Trà Ôn. Diện tích > 1.000 m ² , bằng phẳng, có hệ thống đê bao, cống bọng hoàn chỉnh, an toàn, chủ động về thủy lợi, tưới tiêu.	- Định mức cho 01 ha: 24.660.000đ - Tổng đầu tư cho 3 ha: 73.980.000đ Trong đó, nông hộ đối ứng 50%: 36.990.000đ	- Giống bắp Milky 36 - Năng suất: 10 tấn/ha - Hiệu quả kinh tế > 5-10% so với ngoài mô hình.
3. Trồng dưa hấu trên đất lúa thiếu nước tưới và hiệu quả thấp	Xã Chánh An (H. Mang Thít) Diện tích > 1.000 m ² , bằng phẳng, có hệ thống đê bao, cống bọng hoàn chỉnh, an toàn, chủ động về thủy lợi, tưới tiêu.	- Định mức cho 01 ha: 79.850.000đ - Tổng đầu tư cho 2 ha: 159.700.000đ Trong đó, nông hộ đối ứng 50% giống và 100% vật tư, thiết bị: 134.850.000đ	- Giống dưa hấu không hạt Mặt trời đỏ - Hiệu quả kinh tế > 5-10% so với ngoài mô hình.
4. Nuôi bò sinh sản chất lượng cao	Xã Tân Long Hội (H.Mang Thít) Cam kết dành diện tích và thực hiện trồng cỏ > 500m ²	- Định mức cho 1 điểm (1 bò giống): 15.000.000đ - Tổng đầu tư cho 2 điểm: 30.000.000đ - Nông hộ đối ứng 50%: 15.000.000đ	- Giống bò cái lai ind, > 10 tháng tuổi, > 180 kg, lông màu cánh dán, u và yếm phát triển tốt, khỏe mạnh, không dị tật, đã tiêm phòng bệnh theo quy định của ngành thú y. - Mỗi con bò cái sinh sản cho thu nhập 6-7 triệu đồng/năm tính cho chu kỳ nuôi 7 năm.
5. Nuôi cá rô phi vẫn thích ứng xâm nhập mặn	Xã Trung Nghĩa (H.Vũng Liêm) Diện tích ao > 500m ² , sâu 1,2-1,7m, nguồn nước tốt, nằm trong vùng có hệ thống đê bao, cống bọng hoàn chỉnh, an toàn, chủ động cấp thoát nước.	- Định mức cho 1 điểm (500 m ²): 26.960.000 - Tổng đầu tư cho 3 điểm: 80.880.000đ - Nông hộ đối ứng 50%: 40.440.000đ	- Kích cỡ cá giống 200 con/kg, tỉ lệ sống 70%, hệ số thức ăn 1.3, thời gian nuôi 5-6 tháng, trọng lượng thu hoạch 0,45-0,5 kg/con. Sản lượng 2,4-2,7 tấn/1000m ² .

Bảng 6. Tổng hợp hiệu quả triển khai thí điểm các mô hình sinh kế nông nghiệp tại địa phương.

Lĩnh vực	Mô hình	Số hộ	Quy mô	Số lượng	Kinh phí	Giống	Ngưỡng chịu mặn	Thời gian	Năng suất		Lợi nhuận		Khía cạnh cần quan tâm
									(i)	(ii)	(i)	(ii)	
Lúa	Giảm lượng giống gieo sạ trong sản xuất lúa	10	0,5 ha/hộ	5 ha	20 triệu/ha	OM 5451	3%	3 tháng	6,3 tấn/ha	+0,3 tấn/ha	11,5 triệu/ha	+4,5 triệu/ha	- Nhận thức của nông dân về XNM và BĐKH. Thói quen canh tác theo tập quán truyền thống
	Trồng bắp nếp lai cao sản trên đất lúa	2	1-2 ha/hộ	3 ha	24,5 triệu/ha	Milky 36	3%	2 tháng	12,2 tấn/ha	+2,2 tấn/ha	43,6 triệu/ha	+16,7 triệu/ha	- Khả năng tiếp thu và ứng dụng các tiến bộ kỹ thuật trong SXNN - Thông tin về giống CT-VN, quy trình kỹ thuật canh tác thích ứng XNM và BĐKH
Màu	Trồng dưa hấu trên đất lúa thiếu nước tưới	3	0,5-1 ha/hộ	2 ha	80 triệu/ha	Mặt trời đỏ	2%	2 tháng	19 tấn/ha	+0,5 tấn/ha	53,2 triệu/ha	+3,5 triệu/ha	- Khả năng đầu tư, cơ giới hóa NN - Khả năng tiếp cận thị trường, tăng cường hiệu quả mỗi liên kết sản xuất-tiêu thụ
Chăn nuôi	Nuôi bò sinh sản chất lượng cao	2	1 con bò/hộ	2 bò cái	15 triệu/con	Bò cái lai sind	7%	6 tháng, tiếp tục nuôi trong 7 năm	Tốt		7 triệu/con.năm		- Nhận thức của nông dân về XNM và BĐKH - Vốn đầu tư cao - Khả năng tiếp cận thị trường
NTTS	Nuôi cá rô phi vằn thích ứng XNM	3	500 m ² /hộ	1.500 m ²	540 triệu/ha	Đực đơn tính	28%	5-6 tháng	40 tấn/ha		250 triệu/ha		- Phù hợp khu vực 5-8% - Nhận thức của nông dân về XNM và BĐKH - Vốn đầu tư cao - Khả năng tiếp thu và ứng dụng các tiến bộ kỹ thuật trong SXNN - Khả năng tiếp cận thị trường

Ghi chú: (i) Trong mô hình; (ii) Chênh lệch so với ngoài mô hình



Hình 2. Một số mô hình SKNN thích ứng XNM thí điểm tại tỉnh Vĩnh Long: (a) Giảm lượng giống trong sản xuất lúa tại huyện Vũng Liêm; (b) Trồng bắp nếp lai cao sản tại huyện Trà Ôn; (c,d) Trồng dưa hấu trên nền đất lúa thiếu nước tưới tại huyện Mang Thít; (e) Nuôi bò sinh sản chất lượng cao tại huyện Mang Thít; (f) Nuôi cá rô phi vằn thích ứng XNM tại huyện Vũng Liêm.

3.4. Đề xuất ứng dụng các mô hình SKNN thích ứng XNM tại tỉnh Vĩnh Long

Trong bối cảnh XNM và BĐKH ngày một tăng cường, các biện pháp kiểm soát, ngăn chặn ảnh hưởng của mặn trên phạm vi canh tác rộng lớn thường khó khả thi bởi rào cản về kỹ thuật, tài chính cũng như tính bền vững. Điều chỉnh các hệ thống canh tác, thay đổi mùa vụ, giống cây trồng–vật nuôi, áp dụng những tiến bộ khoa học và công nghệ (KHCN), chuyển đổi các mô hình sinh kế... theo hướng thích ứng với những tác động bất lợi và tận dụng các cơ hội do XNM mang lại là các tiếp cận hợp lý và đang được ưu tiên, đặc biệt tại các tỉnh ven biển vùng ĐBSCL nhằm duy trì hoạt động sản xuất, đảm bảo năng suất kỳ vọng, ổn định và từng bước cải thiện thu nhập cho nông hộ, đóng góp vào mục tiêu phát triển bền vững nền nông nghiệp và an ninh lương thực của địa phương.

Trên cơ sở tham khảo các điển hình thành công tại ĐBSCL, đặc điểm tự nhiên và đặc trưng của các tiểu vùng sinh thái, tình hình XNM và kinh nghiệm sản xuất của nông dân bản địa, các quy hoạch và chính sách hỗ trợ phát triển nông nghiệp tỉnh Vĩnh Long giai đoạn 2021–2030, tham vấn ý kiến của chuyên gia, cán bộ quản lý nông nghiệp và khuyến nông tại các khu vực bị ảnh hưởng bởi XNM, xem xét tiềm năng và tính bền vững về hiệu quả kinh tế, xã hội, môi trường..., 15 mô hình sinh kế nông nghiệp thích ứng với XNM được đề xuất ứng dụng trên địa bàn tỉnh trong thời gian hạn–mặn (Bảng 7).

Bảng 7. Đề xuất ứng dụng các mô hình SKNN thích ứng với XNM trong bối cảnh BĐKH tại tỉnh Vĩnh Long giai đoạn 2021–2030.

(a) Phạm vi huyện Vũng Liêm, Trà Ôn, Mang Thít

Xã/Thị trấn	ĐM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H. VŨNG LIÊM																
Quới An	4-5	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
Quới Thiện	7-8				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Vũng Liêm	4-5	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Thanh Bình	8-10				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Trung Hiệp	2.5-3	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a	a, c, d	b, c, d	b			
Trung Hiếu	2.5-3	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a		b, c, d	b			
Trung Ngãi	3-4	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a	a, c, d	b, c, d	b			
Trung Nghĩa	4-5	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a	a, c, d	b, c, d	b			
Trung T Tây	6-7	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d					
Trung Thành	3-4	a, c, d	a		a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a	a, c, d	b, c, d	b			
Hiếu Nghĩa	2.5-3	a, c, d					a, c, d				a, c, d	b, c, d	b			
Hiếu Nhon	2-2.5	a, c, d								a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Hiếu Phụng	2.5-3	a, c, d								a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Hiếu Thành	2.5-3	a, c, d				a, c, d	a, c, d	a	a, d	a	a, c, d	b, c, d	b			
Hiếu Thuận	2-2.5	a, c, d								a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Tân An Lương	2.5-3	a, c, d									a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	
Tân Q Trung	4-5	a, c, d								a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Trung An	2.5-3	a, c, d								a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Trung Chánh	3-4	a, c, d								a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Trung T Đông	8-10	a, c, d	a		a	a, c, d		a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
H. TRÀ ÔN																
Lục Sĩ Thành	6-6				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Phú Thành	4-5				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Hòa Bình	3-4	a, c, d								a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Hựu Thành	3-4	a, c, d				a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
Nhon Bình	3-4	a, c, d								a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Tân Mỹ	4-5	a, c, d	a								a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	

Xã/Thị trấn	ĐM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tích Thiện	4-5	a, c, d				a, c, d					a, c, d					
TT. Trà Ôn	4-5	a, c, d	a													
Thiện Mỹ	4-5	a, c, d	a							a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Thới Hòa	3-4	a, c, d				a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
Thuận Thới	3-4	a, c, d				a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
Trà Côn	3-4	a, c, d				a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
Vĩnh Xuân	3-4	a, c, d	a								a, c, d					
Xuân Hiệp	2,5-3	a, c, d										b, c, d	b	a, b	a, b	
H. MĂNG THÍT																
An Phước	4-5	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d		a, c, d	b, c, d	b			
Chánh An	6-6	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Long Mỹ	1-2	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Mỹ An	1-2	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Mỹ Phước	3-4	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Bình Phước	2,5	a, c, d								a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Chánh Hội	3-4	a, c, d								a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Hòa Tịnh	1-2	a, c, d					a, c, d					b, c, d	b	a, b	a, b	
Nhon Phú	2-2,5	a, c, d					a, c, d					b, c, d	b	a, b	a, b	
Tân An Hội	3-4	a, c, d					a, c, d			a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Tân Long	2,5-3	a, c, d					a, c, d			a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Tân Long Hội	2,5-3	a, c, d					a, c, d			a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
TT Cái Nhum	4-5	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							

(b) Phạm vi huyện Long Hồ, Bình Minh, Tam Bình

Xã/Thị trấn	ĐM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H. LONG HỒ																
Long Hồ	2-2,5	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
An Bình	0,5-1	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
BH. Phước	1-2	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Đồng Phú	0,5	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Hoà Ninh	0,5-1	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Hoà Phú	1-2	a, c, d					a, c, d					b, c, d	b	a, b	a, b	
Long An	2-2,5	a, c, d					a, c, d					b, c, d	b	a, b	a, b	
Long Phước	1-2	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Lộc Hoà	0,5	a, c, d					a, c, d					b, c, d	b	a, b	a, b	
Phú Đức	2-2,5	a, c, d					a, c, d									
Phú Quới	0,5	a, c, d					a, c, d					b, c, d	b	a, b	a, b	
Phước Hậu	0,5-1	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Tân Thạnh	0,5	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Thạnh Đức	1-2	a, c, d			a	a, c, d	a, c, d	a	a, d			b, c, d	b			
Thạnh Quới	0,5	a, c, d					a, c, d			a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
H. BÌNH MINH																
Cái Vồn	1-2					a, c, d						b, c, d	b			
Đông Bình	1-2					a, c, d						b, c, d	b			
Đông Thành	3-4				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a		b, c, d	b			
Đông Thạnh	2-2,5				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d	a		b, c, d	b			
Đông Thuận	1-2					a, c, d						b, c, d	b			
Mỹ Hoà	3-4				a	a, c, d	a, c, d	a	a, d							
Thành Thước	2-2,5					a, c, d						b, c, d	b			
Thuận An	1-2					a, c, d				a		b, c, d	b			
H. TAM BÌNH																

Bình Ninh	4-5	a, c, d				a, c, d		a		b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Hậu Lộc	2.5-3	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Hòa Hiệp	2.5-3	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Hòa Lộc	2.5-3	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Hòa Thanh	2.5-3	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Loan Mỹ	4-5	a, c, d				a, c, d		a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Long Phú	1-2	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Mỹ Lộc	2.5-3	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Mỹ T. Trung	4-5	a, c, d				a, c, d		a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Ngãi Tứ	4-5	a, c, d				a, c, d		a	a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	a, b
Phú Lộc	1-2	a, c, d				a, c, d			a, c, d	b, c, d	b	a, b	a, b	
Phú Thịnh	0.5-1	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Song Phú	1-2	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Tân Lộc	2.5-3	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Tân Phú	1-2	a, c, d				a, c, d				b, c, d	b	a, b	a, b	
Tam Bình	4-5	a, c, d				a, c, d								
Tường Lộc	4-5	a, c, d				a, c, d			a, c, d					

Ghi chú: ĐM: độ mặn (%); 1-15: theo thứ tự các mô hình SKNN thích ứng XNM đề xuất ứng dụng tại tỉnh Vĩnh Long; a, b, c, d: phù hợp với các quy hoạch, kế hoạch, chương trình... phát triển nông nghiệp, trong đó:
 - a: Điều chỉnh quy hoạch phát triển nông nghiệp tỉnh Vĩnh Long đến 2020, định hướng 2030 (Nghị quyết 112/NQ-HĐND 06/07/2018);
 - b: Điều chỉnh quy hoạch phát triển thủy sản tỉnh Vĩnh Long đến 2020, định hướng 2030 (Nghị quyết 113/NQ-HĐND 06/07/2018);
 - c: Các sản phẩm nông nghiệp chủ lực tỉnh Vĩnh Long (Quyết định 527/QĐ-UBND ngày 6/3/2019);
 - d: Các sản phẩm nông nghiệp quan trọng tỉnh Vĩnh Long được khuyến khích và ưu tiên hỗ trợ thực hiện liên kết gắn sản xuất với tiêu thụ sản phẩm (Quyết định 2499/QĐ-UBND ngày 13/11/2018).

Sản phẩm chủ lực, quan trọng, được ưu tiên hỗ trợ	Sản phẩm tiềm năng, được khuyến khích hỗ trợ
Phù hợp với định hướng/quy hoạch phát triển	Cần đặc biệt quan tâm độ mặn ở năm 2030

4. Kết luận

Trên cơ sở phân tích đặc điểm của các mô hình SKNN hiện hữu phổ biến tại địa phương trong mối quan hệ với XNM, xem xét 25 mô hình SKNN thích ứng với XNM trong bối cảnh BĐKH áp dụng có hiệu quả tại khu vực ĐBSCL, căn cứ bộ tiêu chí đánh giá tính khả thi (gồm 7 nhóm tiêu chí và 45 chỉ thị thành phần), 15 mô hình SXNN thích ứng XNM (thuộc các lĩnh vực trồng trọt, chăn nuôi, NTTS và sản xuất kết hợp) được xây dựng phù hợp với tình hình canh tác tại tỉnh Vĩnh Long (phân bố chi tiết đến cấp xã). Để tăng cường hiệu quả ứng dụng, 3 hội nghị tập huấn cho gần 100 nông hộ tại huyện Vũng Liêm, Trà Ôn, Mang Thít và 01 chuyên tham quan, học tập thực tế tại tỉnh Bến Tre cho 30 nông hộ điển hình đã được tổ chức kèm theo Sổ tay khuyến nông và Tài liệu kỹ thuật.

Trong các mô hình đề xuất, 5 mô hình triển khai thí điểm tại 20 hộ (trồng lúa, bắp nếp, dưa hấu, nuôi bò sinh sản và cá rô phi vằn) cho hiệu quả kinh tế cao cũng như tiềm năng nhân rộng tại các khu vực có điều kiện tương tự. Để kiểm chứng tính khả thi, tăng cường khả năng ứng dụng và nhân rộng, kiến nghị Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn xem xét và lồng ghép việc thí điểm các mô hình còn lại vào các chương trình, dự án khuyến nông hàng năm của tỉnh, đồng thời đề xuất và áp dụng các chính sách hỗ trợ nông hộ triển khai áp dụng.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.N.T., L.Q.T., N.T.N.A.; Xử lý số liệu: Q.T.D., P.T.D.; Viết bản thảo bài báo: L.N.T., L.Q.T.; Chính sửa bài báo: L.N.T.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ: “Nghiên cứu mô hình đa dạng hóa sinh kế thích ứng với xâm nhập mặn trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại tỉnh Vĩnh Long”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Tuấn, L.N.; Thịnh, N.N.; Phùng, N.K. Xây dựng kịch bản mực nước biển dâng trong bối cảnh biến đổi khí hậu cho khu vực thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Chuyên san KHTN* **2018**, 2(5), 184–191.
2. Phùng, L.T.; Phùng, N.K.; Nam, B.C.; Hoàng, T.X.; Tuấn, L.N. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến xâm nhập mặn ở tỉnh Vĩnh Long. *Tap chí Khí tượng Thủy Văn* **2017**, 674, 8–15.
3. Tuan, L.N.; Minh, P.N. Assessing changes in saltwater intrusion in some main rivers of Vinhlong province. *Tap chí phát triển khoa học và công nghệ* **2017**, 20(T4), 261–269.
4. Phùng, N.K.; Bảy, N.T.; Kim, T.T.; Tuấn, L.N. Nguy cơ xâm nhập mặn các sông chính tỉnh Đồng Nai trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng. *Tap chí Khí tượng Thủy Văn* **2017**, 678, 1–11.
5. Tuấn, L.N.; Nguyệt, N.L.P.; Kiệt, H.A. Diễn biến xâm nhập mặn trên các sông chính chảy qua địa bàn TpHCM. *Tap chí Nghiên cứu khoa học và công nghệ quân sự* **2017**, 182–191.
6. The Department for International Development (DFID). Sustainable livelihoods guidance sheets, 1999.
7. Ngọc, P.T.B.; Sơn, N.H. Sinh kế nông nghiệp thích ứng với BĐKH: Kinh nghiệm của huyện Can Lộc, tỉnh Hà Tĩnh. *Tap chí khoa học biến đổi khí hậu* **2018**, 8, 63–72.
8. Viện Chính sách và Chiến lược Phát triển Nông nghiệp Nông thôn (IPSARD). Sổ tay các mô hình thí điểm sinh kế thích ứng với BĐKH, 2013.
9. Bông, B.B.; Bộ, N.V.; Sơn, N.H.; Tùng, L.T.; Tú, T.Q.; Toàn, T.Q.; Yên, B.T.; Trung, N.D.; Labios, R.V.; Sebastian, L.S. Biện pháp thích ứng cho hệ thống canh tác dựa trên lúa gạo tại các tỉnh ĐBSCL trong bối cảnh BĐKH: Báo cáo đánh giá. Báo cáo hoạt động số 245 CCAFS. Wageningen, Hà Lan: Chương trình Nghiên cứu của CGIAR về Biến đổi Khí hậu, Nông nghiệp và An ninh Lương thực (CCAFS), 2018.
10. Ito, Y.; Matsumoto, K.; Usupc, A.; Yamamoto, Y. A sustainable way of agricultural livelihood: edible bird's nests in Indonesia. *Ecosyst. Health Sustainability* **2021**, 7(1), 1960200.
11. Tuấn, L.A. và cs. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến sinh kế người dân Đồng bằng sông Cửu Long. Diễn đàn Bảo tồn Thiên nhiên và Văn hoá vì sự Phát triển Bền vững vùng Đồng bằng Sông Cửu Long lần thứ 6, 2014.
12. Tổ chức CARE tại Việt Nam. Nghiên cứu kỹ thuật loại hình sinh kế thích ứng biến đổi khí hậu dành cho người nghèo ít đất & không đất. Dự án thích ứng với BĐKH dựa vào cộng đồng tại vùng đồng bằng sông Cửu Long (ICAM), 2015.
13. Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường, CBCC–MARD, Văn phòng OCCA. Nghiên cứu rà soát, đánh giá, tổng kết và tài liệu liệu hóa các giải pháp, các mô hình thích ứng và đề xuất hướng ưu tiên triển khai nhân rộng. Hà Nội, 2013.
14. Hương, H.T.L. Nghiên cứu phát triển bộ chỉ số thích ứng với BĐKH phục vụ công tác quản lý nhà nước về BĐKH. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp Nhà nước, BĐKH.16, 2015.
15. Học, T.Q.; Hà, H.T.N.; Hợp, V.T.B. Các tổ chức xã hội hướng tới Kế hoạch Quốc gia thích ứng với biến đổi khí hậu. UNDP/GEF SGP. Hà Nội, 2019.
16. Điệp, Đ.N.; Cầu, L.N.; Quy, L.V.; Quỳnh, P.T. Nghiên cứu áp dụng bộ tiêu chí đánh giá hiệu quả kinh tế các mô hình thích ứng với BĐKH vùng ĐBSCL – Thí điểm tại một huyện điển hình. *Tap chí Môi trường* **2020**, số Chuyên đề Tiếng việt III/2020.

Research and propose agricultural livelihood models adapting to saltwater intrusion in Vinh Long province

Le Ngoc Tuan^{1*}, Quach Thai Duong², Phan Thanh Dan³, Nguyen Thi Ngoc An⁴, Le Quang Toai⁵

¹ University of Science (VNU–HCMC); Intuan@hcmus.edu.vn

² Sub–Institute of Hydrometeorology and Climate Change; quachthaiduong86@gmail.com

³ Mientrung University of Civil Engineering; phanthanhdan@muce.edu.vn

⁴ HongBang International University; ntnan9999@gmail.com.

⁵ Institute of Meteorology Hydrology Oceanography and Environment; lqtoaihd@gmail.com

Abstract: The study aimed to evaluate and select agricultural livelihood models (ALM) adapting to saltwater intrusion (SI) in the context of climate change, then propose to be applied in Vinh Long province in the period of 2021–2030. On the basis of analyzing the characteristics of existing ALM in the locality, 25 ALM adapting to SI have been effectively applying in the Mekong Delta, a set of criteria for assessing feasibility (including 7 groups of criteria and 45 component indicators), 15 ALM adapting to SI – in the fields of cultivation, livestock, aquaculture, and combined production were built to suit the farming situation in Vinh Long province. In which, 05 models piloted in 20 households (growing rice, sticky corn, watermelon, raising reproductive cows and tilapia) resulted in high economic efficiency as well as potential for replication in other areas having similar conditions. To enhance the effectiveness of the application, 03 training conferences in Vung Liem, Tra On, Mang Thit districts and 01 field trip in Ben Tre province were held together with the agricultural extension handbook and technical document.

Keywords: Saltwater intrusion; Adaptive livelihoods; Agricultural livelihood models; Climate change.

Bài báo khoa học

Kiểm toán chất thải chăn nuôi heo trang trại ở huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước

Nguyễn Đức Bá¹, Nguyễn Tri Quang Hưng², Bùi Thị Cẩm Nhi², Nguyễn Kim Huệ², Võ Minh Sang³, Lê Thị Lan Thảo², Đoàn Quang Trí⁴, Nguyễn Minh Kỳ^{2,5*}

¹ Chi Cục Bảo vệ Môi trường, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bình Phước; nguyenducba.stnmtbp@gmail.com

² Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh; quanghungmt@hcmuaf.edu.vn

³ Công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng và Môi trường Việt Đô; sang.vm@vietdojsc.com

⁴ Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com

⁵ Bộ môn Môi trường và Tài nguyên, Phân hiệu Gia Lai, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh; nmky@hcmuaf.edu.vn

*Tác giả liên hệ: nmky@hcmuaf.edu.vn; Tel.: +84-916121204

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 11/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu ứng dụng công cụ kiểm toán chất thải (KTCT) nhằm định lượng chất thải phát sinh của từng loại heo con, heo thịt và heo nái ở các trang trại huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Kết quả cho thấy: (1) mỗi heo thịt tiêu thụ mỗi ngày 2,32 kg cám, 3,24 lít nước uống, 26,33 lít nước rửa chuồng, thải 1,71 kg phân, 2,66 lít nước tiểu và 26,32 lít nước thải rửa chuồng; (2) heo con tiêu thụ 0,79 kg cám, 1,47 lít nước uống và 11,49 lít nước rửa chuồng, thải ra 0,22 kg phân, 0,72 lít nước tiểu và 11,49 lít nước thải rửa chuồng; (3) heo nái tiêu thụ 3,41 kg cám, 3,40 lít nước uống và 23,45 lít nước rửa chuồng, thải 2,13 kg phân, 2,61 lít nước tiểu và 23,45 lít nước thải rửa chuồng. Chất lượng nước thải ở 3 quy mô trang trại lần lượt dao động 812–2012 mg/l (TSS), 1123–1890 mg/l (BOD₅), 2576–3025 mg/l (COD), 112–389 mg/l (TN), và 35,2–43,8 mg/l (TP). Căn cứ Quy chuẩn kỹ thuật nước thải chăn nuôi QCVN 62-MT:2016/BTNMT cho thấy các chỉ tiêu trên đều vượt ngưỡng cho phép. Lượng chất thải chăn nuôi mỗi lứa ước tính 100 ngàn tấn phân và 1,6 triệu m³ nước thải. Nghiên cứu cung cấp bức tranh hiện trạng phát sinh, KTCT chăn nuôi heo và đề xuất giải pháp phòng ngừa ô nhiễm theo hướng chủ động.

Từ khóa: Chăn nuôi heo; Ô nhiễm; Kiểm toán chất thải; Chất thải chăn nuôi; Bình Phước.

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam, ngành chăn nuôi có vai trò quan trọng trong cơ cấu kinh tế quy mô hộ gia đình. Theo như thống kê của Cục Chăn nuôi (2020), tổng đàn nái toàn quốc xấp xỉ 3 triệu con, tổng đàn cả nước ước 26 triệu heo [1]. Đặc biệt, có 16 doanh nghiệp chăn nuôi quy mô lớn với tổng 5,55 triệu con, chiếm 23% tổng đàn toàn quốc. Nhờ các chính sách ưu đãi, hỗ trợ về con giống, đất đai, cơ chế, đến nay đã có 16 tỉnh thành tái đàn vượt 100% so với năm 2018, riêng tỉnh Bình Phước tăng trưởng 170%, tổng đàn heo từ 800 ngàn con tăng lên 1,3 triệu con [1]. Tuy nhiên, phát triển chăn nuôi tập trung quy mô lớn nhưng thiếu sự đồng bộ

biện pháp kiểm soát và quản lý chất thải dễ gây nên những hậu quả tiêu cực tới môi trường, ảnh hưởng đến chất lượng sống người dân xung quanh trang trại và các sản phẩm nông nghiệp [2–4]. Để giảm thiểu những mối nguy này, hiện có nhiều giải pháp xử lý và quản lý chất thải đã được triển khai trong ngành chăn nuôi như các công trình khí sinh học (*biogas*), ứng dụng chế phẩm vi sinh, công nghệ đệm lót sinh học, ủ compost, v.v.. [5–10]. Tuy vậy, việc quản lý chất thải chăn nuôi vẫn còn nhiều bất cập, công nghệ chỉ phù hợp cho từng trường hợp cụ thể cũng như thách thức về chi phí.

Nhìn chung, hoạt động quản lý chất thải ngành chăn nuôi ở nước ta vẫn dựa trên cách thức tiếp cận cuối đường ống, chưa giải quyết triệt để các nguồn chất thải phát sinh, chi phí cao và không tận thu nguồn dinh dưỡng từ phân thải [2, 11]. Do đó, nhu cầu thay đổi cách tiếp cận quản lý chất thải chăn nuôi từ “xử lý bị động cuối đường ống” sang “chủ động phòng ngừa và kiểm soát” là cần thiết. Cách tiếp cận mới này đòi hỏi đẩy mạnh biện pháp giảm thiểu chất thải ở khâu quy hoạch/thiết kế, thúc đẩy kiểm toán và sử dụng chất thải, xem xét chất thải như là nguồn tài nguyên ưu tiên sử dụng trong nông nghiệp. Các công cụ quản lý và kiểm soát ô nhiễm môi trường dựa trên phương thức chủ động “kiểm toán chất thải” được áp dụng và đảm bảo tính hiệu quả [12–16]. Thực tế, quá trình thực địa và khảo cứu hiện trạng địa bàn huyện Lộc Ninh cho thấy chưa có nghiên cứu nào thực hiện đánh giá hoạt động quản lý, tác động môi trường cũng như kiểm toán chất thải ở các trang trại chăn nuôi heo. Xuất phát từ đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm ứng dụng công cụ kiểm toán chất thải (KTCT) hướng tới bảo vệ môi trường và sinh thái – trường hợp điển hình ở các cơ sở trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Qua đó, đề ra cách thức tiếp cận mới, chủ động trong quản lý chất thải chăn nuôi để kiểm soát tại nguồn cũng như nâng cao khả năng tái sử dụng/tái chế chất thải.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu: Đặc điểm chất thải chăn nuôi heo và hiện trạng trang trại ở các quy mô lớn (> 10000 con), vừa (1000 đến < 10000 con) và nhỏ (500 đến < 1000 con) trên địa bàn huyện Lộc Ninh, Bình Phước (Bảng 1).

Bảng 1. Quy mô trang trại nuôi heo huyện Lộc Ninh.

Quy mô	Số lượng	Tổng đàn (con)	Tỷ lệ (%)
Nhỏ (500 đến < 1000 con)	6	3851	6,52
Vừa (1000 đến < 10000 con)	58	221468	63,04
Lớn (> 10000 con)	28	393398	30,43
Tổng	92	629316	100,00

b) Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu được thực hiện trong thời gian từ 9/2021–6/2022 tại 15 trang trại nuôi heo huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước (Bảng 2).

Bảng 2. Thống kê phạm vi nghiên cứu các trang trại ở Lộc Ninh.

Quy mô	Thôn/Áp	Xã	Quy mô (con)
Nhỏ (500–1000)	Tân Hai	Lộc Phú	500
	Thanh Tây	Lộc Tấn	900
	Áp Thạch Phú	Lộc Thạch	750
	Bù Núi	Lộc Tấn	800
	Áp 10	Lộc Thiện	600
	Áp 6	Lộc An	1800
Vừa (1000–10000)	Cần Lê	Lộc Khánh	2400
	Hiệp Hòa A	Lộc Hiệp	2400
	Thanh Tây	Lộc Tấn	4000
	Thanh Biên	Lộc Thạnh	10000

Quy mô	Thôn/Ấp	Xã	Quy mô (con)
Lớn (> 10000)	Thanh Biên	Lộc Thạnh	18000
	Thanh Biên	Lộc Thạnh	14000
	Ấp 7	Lộc Hoà	14000
	Bù Núi B	Lộc Tấn	16000
	Vườn Bưởi	Lộc Thiện	18000

Nằm ở vị trí địa lý 11°29'33" – 12°05'00" vĩ độ Bắc, 106°24'57" kinh độ Đông, huyện Lộc Ninh có diện tích tự nhiên 86297,52 ha. Đây là huyện miền núi thuộc biên giới Tây Bắc, tỉnh Bình Phước, có 100 km đường biên giới và tiếp giáp với các tỉnh Campuchia và Kratie, Vương quốc Campuchia [17]. Về khí hậu, Lộc Ninh thuộc vùng nhiệt đới cận xích đạo gió mùa, nhiệt độ cao quanh năm, mùa mưa từ tháng 5–10, và mùa khô kéo dài từ tháng 11–4 năm sau. Nhờ các đặc điểm tự nhiên và yếu tố khí hậu thuận lợi, hoạt động chăn nuôi heo ở Lộc Ninh tương đối phát triển, đóng góp chung vào sự phát triển kinh tế-xã hội địa phương.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Các nguồn số liệu thứ cấp được thu thập gồm hiện trạng chăn nuôi heo quy mô trang trại ở huyện Lộc Ninh, báo cáo thống kê tình hình quản lý chất thải ngành chăn nuôi trên địa bàn tỉnh Bình Phước [17–19]. Đối với nguồn số liệu sơ cấp, nghiên cứu tiến hành khảo sát điều tra bằng phương pháp phỏng vấn trực tiếp các trang trại chăn nuôi heo thu thập các thông tin chăn nuôi. Các nội dung bao gồm đặc điểm hệ thống chuồng trại, các yếu tố đầu vào của hoạt động chăn nuôi cũng như hiện trạng phát sinh chất thải, các giải pháp xử lý/quản lý chất thải và những thông tin liên quan khác. Cụ thể, nghiên cứu đã thiết kế phiếu khảo sát và thực hiện phỏng vấn điều tra tại 15 trang trại chăn nuôi heo ở huyện Lộc Ninh. Trong đó, nghiên cứu tiến hành lấy mẫu theo phương pháp lấy mẫu hệ thống có tính đại diện cho 3 nhóm quy mô lớn (> 10000 con), vừa (1000 đến <10000 con) và nhỏ (500 đến < 1000 con). Mỗi loại quy mô lựa chọn ngẫu nhiên 5 cơ sở trang trại chăn nuôi heo để thu thập số liệu.

2.2.2. Phương pháp cân bằng vật chất và kiểm toán chất thải

Trong quá trình sản xuất và KTCT, thiết lập cân bằng vật chất và năng lượng có vai trò quan trọng để xác định quy mô các nguồn thải và dòng thất thoát [20–22]. Các nguồn nguyên liệu thô (đầu vào) và năng lượng không chỉ tạo ra chi phí mà còn là nhân tố gây ra sự ô nhiễm. Cân bằng vật chất và năng lượng có ý nghĩa và hữu ích trong việc theo dõi cải tiến và tính toán hiệu quả kinh tế. Trong nghiên cứu này, áp dụng nguyên tắc cân bằng vật chất (nguyên vật liệu) ở mỗi công đoạn hoặc/và cho cả quá trình chăn nuôi như sau:

$$\sum \text{Nguyên vật liệu đầu vào} = \sum \text{Đầu ra (sản phẩm + chất thải)} + \sum \text{Rò rỉ (thất thoát)} \quad (1)$$

Nghiên cứu áp dụng kỹ thuật KTCT để tiến hành phân tích, đánh giá quy trình chăn nuôi ở các trang trại heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh. Cụ thể, trang trại chăn nuôi heo áp dụng bao gồm các quy mô: nhỏ, vừa và lớn. Trong tổng 15 trang trại được khảo sát, lựa chọn ngẫu nhiên 3 trang trại, tương ứng với mỗi quy mô chọn một trang trại để thực hiện áp dụng kỹ thuật KTCT. Căn cứ 3 trang trại được lựa chọn ngẫu nhiên (quy mô lớn 14000 con tại Ấp 7, xã Lộc Hoà; quy mô vừa 4000 con tại Ấp Thạnh Tây, xã Lộc Tấn; và quy mô nhỏ 750 con tại Ấp Thạch Phú, xã Lộc Thạch) áp dụng kỹ thuật kiểm toán đại diện cho các loại heo con, heo nái và heo thịt. Thực hiện cân đo, ghi sổ nhật ký đầu vào (cụ thể như lượng nguồn thức ăn, nước uống, năng lượng và con giống, v.v..) và đầu ra (sản phẩm, chất thải) của các trang trại ở từng giai đoạn sinh trưởng các loại heo. Dựa trên số liệu đầu vào (lượng nước, thức ăn/cám) và đầu ra (ví dụ như phân, nước tiểu, nước thải rửa chuồng), tính toán

định mức tiêu thụ nguyên vật liệu và định mức phát thải trên từng con của từng loại heo, sau đó tiến hành đánh giá cấp độ ô nhiễm phát sinh trong các cơ sở chăn nuôi heo.

2.2.3. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

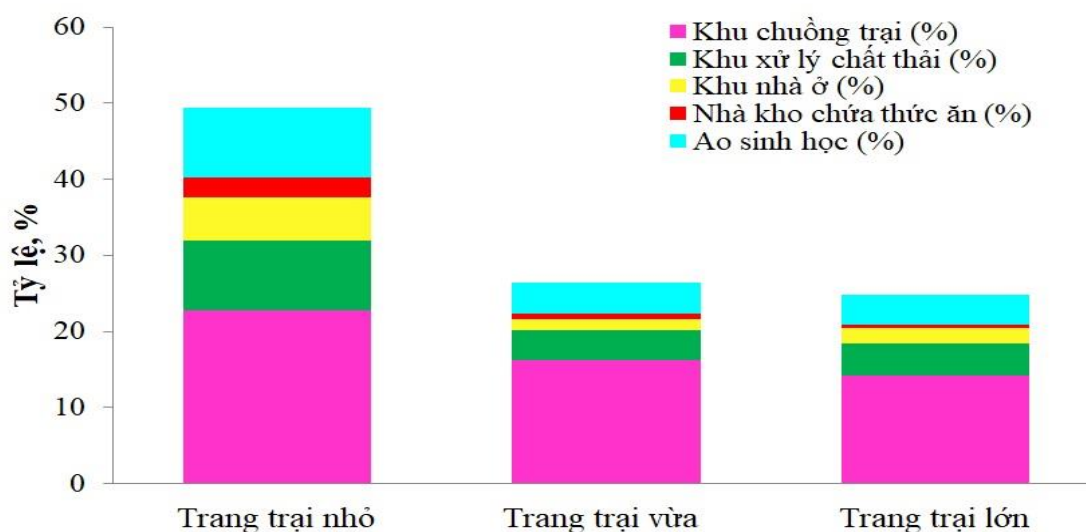
Các mẫu được lấy trong tháng 3/2022 từ các trang trại chăn nuôi heo bao gồm phân thải và nước thải. Tiến hành thực địa lấy 9 mẫu phân thải (mỗi trang trại 3 mẫu), phân tích định lượng các chỉ tiêu thông số chất hữu cơ (OM), nito tổng (TN), phot-pho tổng (TP) và độ ẩm; lấy 6 mẫu nước thải (tại đầu vào, đầu ra của hệ thống xử lý nước thải ở 3 trang trại), các chỉ tiêu phân tích gồm pH, TSS, BOD₅, COD, TN, TP và Coliform. Trong đó, kỹ thuật lấy mẫu tuân thủ TCVN 6663-1:2011 và phân tích các thông số chất ô nhiễm được thực hiện theo các phương pháp hiện hành TCVN (2009, 2011) và APHA (2012) [23]. Các mẫu được thực hiện phân tích tại Phòng thí nghiệm Khoa Môi trường và Tài nguyên, Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Đặc điểm và quy trình chăn nuôi heo trang trại

Số lượng cơ sở các trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh bao gồm 11 doanh nghiệp, tổng cộng 92 trang trại, tổng đàn quy mô 502600 con, tổng đàn hiện tại là 629316 con [17-18]. Trong đó, tổng cộng 14 xã có các cơ sở chăn nuôi heo, tập trung chủ yếu ở xã Lộc Tấn, Lộc Thạnh, Lộc Thiện và rải rác ở các xã Lộc Điền, Lộc Hiệp và Lộc Phú. Về hình thức trang trại chăn nuôi heo khá đa dạng, cụ thể hình thức chăn nuôi kiểu thuê trại chiếm tỷ lệ cao nhất (64%), hình thức gia công (25%), hình thức nuôi tư nhân và tự nuôi chiếm tỷ lệ thấp (4-5%). Mật độ trung bình ở các trang trại tương đối đồng ($< 1 \text{ con/m}^2$) ở các quy mô chăn nuôi. Theo đó, mật độ cao nhất ở quy mô nhỏ ($0,84 \text{ con/m}^2$) và quy mô vừa có mật độ thấp nhất ($0,48 \text{ con/m}^2$).

Hạ tầng cơ sở trang trại chăn nuôi có ảnh hưởng quan trọng đến các hoạt động quản lý các dòng chất thải. Quá trình điều tra ở các trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh cho thấy, khu chuồng trại quy mô nhỏ có tỷ lệ cao (22,80%) và trang trại quy mô lớn chiếm tỷ lệ lớn thấp (14,16%). Tỷ lệ cao về nhu cầu sử dụng đất (9,13%) để xử lý chất thải ở các trang trại quy mô nhỏ, tuy nhiên tỷ lệ này rất thấp ở trang trại quy mô vừa (3,90%). Ngoài ra, Hình 1 thể hiện tỷ lệ sử dụng đất ở các trang trại chăn nuôi heo huyện Lộc Ninh. Nhìn chung, mục đích sử dụng đất ở các quy mô trang trại nhỏ có tỷ lệ cao so với các trang trại có quy mô lớn và vừa.



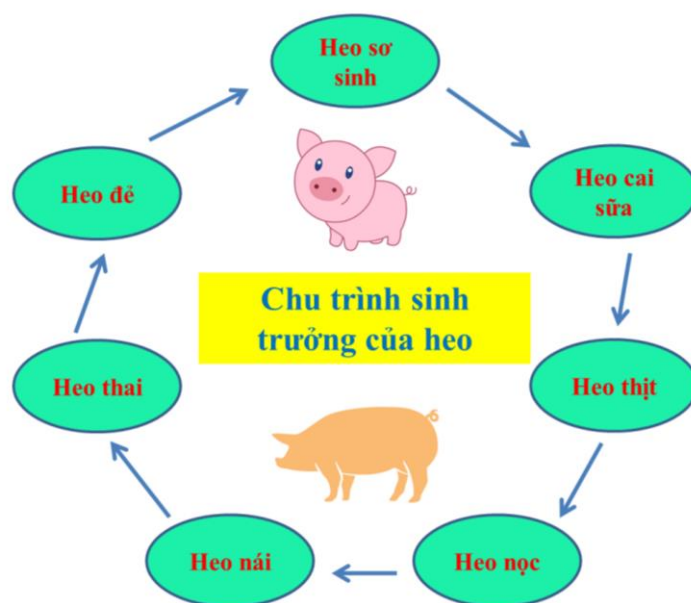
Hình 1. Tỷ lệ sử dụng đất ở các trang trại chăn nuôi heo.

Đặc điểm chuồng trại ở các cơ sở chăn nuôi được thiết kế ở mỗi cấp độ quy mô cho thấy sự khác nhau (Bảng 3). Ở quy mô vừa và nhỏ gồm có loại chuồng nuôi kín và hở, trong khi quy mô lớn chỉ có loại chuồng nuôi kín. Chiều cao tới nóc ở các trang trại chăn nuôi heo cao dần đều theo như quy mô từ nhỏ (3,03 m) tới lớn (3,20 m). Về hệ thống thu gom nguồn nước thải kín được sử dụng đối với quy mô chuồng trại lớn (100%), trong khi quy mô nhỏ và vừa sử dụng cả hệ thống kín và hở. Hầu hết các trang trại chăn nuôi không thiết kế diện tích sân chơi dành cho vật nuôi. Vật liệu nền chuồng trang trại huyện Lộc Ninh chủ yếu làm bằng bê tông.

Bảng 3. Đặc điểm chuồng trại chăn nuôi theo các quy mô.

Đặc điểm	Đơn vị	Quy mô			
		Nhỏ	Vừa	Lớn	
Loại chuồng nuôi	Kín	%	40,0	84,5	100,0
	Hở	%	60,0	15,5	0,0
Số dãy	1	%	40,0	20,0	0,0
	2	%	60,0	80,0	100,0
Rãnh thoát nước từ nền	Có	%	100,0	80,0	100,0
Hệ thống thu gom nước thải	Kín	%	40,0	40,0	100,0
	Hở	%	60,0	60,0	0,0
Hàng rào cây xanh	Có	%	80,0	100,0	100,0
Chiều cao tới nóc cao nhất	m		3,03±0,50	3,10±0,65	3,20±0,60
Thể tích hố tắm	m ³		3,60±1,25	4,50±1,35	6,20±1,50
Vật liệu nền chuồng	–		Bê tông	Bê tông	Bê tông
Diện tích sân chơi	m ²		0	0	0

Chu trình sinh trưởng của heo ở các trang trại chăn nuôi trên địa bàn huyện Lộc Ninh được mô tả ở Hình 2. Trong đó, heo cai sữa là heo sơ sinh đã cai sữa (nuôi trong thời gian là 28 ngày), mạnh khỏe và nhập đàn để nuôi dưỡng chung. Heo thịt, heo nọc, heo nái là heo cai sữa nuôi đạt 90 kg (thời gian là 120 ngày). Đối với heo chất lượng tốt, nếu chọn làm giống sẽ được chuyển sang heo hậu bị (heo nọc, heo nái), số còn lại được xuất bán dưới dạng heo lấy thịt. Heo nái chính là heo hậu bị được thúc nuôi từ 90 kg lên thành 150 kg (tương đương 235 ngày tuổi) sẽ lên giống và chọn làm heo bố mẹ. Heo nái có thai 110–118 ngày sẽ sinh, các heo sơ sinh được nuôi dưỡng, sau khi đủ cân theo yêu cầu sẽ cai sữa và tiếp tục chu trình sinh trưởng mới.



Hình 2. Chu trình sinh trưởng của heo.

3.2. Tính toán cân bằng vật chất

Việc phân tích dòng vật chất đóng vai trò trong quá trình sản xuất nhằm quản lý hiệu quả tài nguyên và các nguồn chất thải [12, 24]. Quá trình tính toán nguyên vật liệu đầu vào, dòng chất thải đầu ra theo từng lứa thuộc các giai đoạn chăn nuôi ở các trang trại, kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Đầu vào và đầu ra của các giai đoạn chăn nuôi heo.

Heo	Giai đoạn	Đơn vị	Mang thai	Nuôi con	Cai sữa và chờ phối	Tổng	
Heo nái	Thời gian	ngày	115	25	47	187	
	Cám ăn	kg/con/ngày	2,8	5,5	3,8		
	Nước uống	lít/con/ngày	3,6	4,4	2,42		
	Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	22,5	21,5	26,8		
	Phân thải	kg/con/ngày	1,75	3,32	2,43		
	Nước tiểu	lít/con/ngày	2,67	3,52	1,96		
	Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	22,5	21,5	26,8		
Heo con	Giai đoạn	Đơn vị	Mới sinh	Cai sữa	Tổng		
	Thời gian	ngày	10	28	38		
	Cám ăn	kg/con/ngày	0,5	0,9			
	Nước uống	lít/con/ngày	0,7	1,74			
	Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	0,0	15,6			
	Phân thải	kg/con/ngày	0,02	0,29			
	Nước tiểu	lít/con/ngày	0,2	0,9			
Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	0,0	15,6				
Heo thịt	Giai đoạn	Đơn vị	<20 kg	20–40 kg	40–60 kg	>60 kg	Tổng
	Thời gian	ngày	20	20	50	30	120
	Cám ăn	kg/con/ngày	0,8	2,0	2,4	3,4	
	Nước uống	lít/con/ngày	1,6	2,84	3,58	4,03	
	Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	23,1	24,65	28,7	25,6	
	Phân thải	kg/con/ngày	0,4	1,2	1,9	2,6	
	Nước tiểu	lít/con/ngày	1,05	1,81	2,96	3,8	
Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	23,1	24,65	28,7	25,6		

Kết hợp chu trình chăn nuôi sẵn sóc và các yếu tố (đầu vào, đầu ra) của quá trình trang trại, sơ đồ cân bằng dòng vật chất đặc trưng được thiết lập cho quy trình chăn nuôi heo huyện Lộc Ninh (Bảng 5). Trong đó, heo nái nuôi 187 ngày/lứa, tiêu thụ 638,1 kg cám/con, 637,74 lít/con nước uống, 4834,6 lít/con nước rửa chuồng, và xả thải 398,46 kg phân/con, 487,17 lít nước tiểu/con. Heo con nuôi 38 ngày, sử dụng 30,2 kg cám, 55,72 lít nước uống, 436,8 lít nước rửa chuồng trại và thải ra 8,32 kg phân/con, 27,2 lít nước tiểu. Heo thịt nuôi 120 ngày/lứa, mỗi con tiêu thụ 278 kg cám, 388,7 lít nước uống, 3158 lít nước rửa chuồng và thải 205 kg phân, 319,2 lít nước tiểu, 3158 lít nước thải rửa chuồng. Có thể thấy, quá trình kiểm toán chất thải cho thấy lượng chất thải và nước thải phát sinh từ hoạt động chăn nuôi theo thứ tự tăng dần heo con < heo thịt < heo nái. Lượng phân thải của heo nái thải ra cao gấp heo con 47,9 lần và heo thịt 1,9 lần. Kết quả về lượng nước thải rửa chuồng của trang trại chăn nuôi heo nái cao gấp heo con và heo thịt lần lượt 10,0 và 1,4 lần.

Bảng 5. Sơ đồ dòng vật chất đầu vào và đầu ra quy trình chăn nuôi heo.

Giai đoạn	Đầu vào	Đầu ra	Đơn vị
Mang thai (115 ngày)	– Cám: 322	– Phân thải: 201,25	kg/con
	– Nước uống: 414	– Nước tiểu: 307,05	lít/con
	– Nước rửa chuồng: 2587,5	– Nước thải rửa chuồng: 2587,5	lít/con
Nuôi con (25 ngày)	– Cám: 137,5	– Phân thải: 83	kg/con
	– Nước uống: 110	– Nước tiểu: 88	lít/con
Cai sữa và chờ phối (47 ngày)	– Nước rửa chuồng: 537,5	– Nước thải rửa chuồng: 537,5	lít/con
	– Cám: 178,6	– Phân thải: 114,21	kg/con
	– Nước uống: 113,74	– Nước tiểu: 92,12	lít/con
Heo con mới sinh (10 ngày)	– Nước rửa chuồng: 1259,6	– Nước thải rửa chuồng: 1259,6	lít/con
	– Cám: 5	– Phân thải: 0,2	kg/con
	– Nước uống: 7	– Nước tiểu: 2	lít/con
Heo cai sữa (28 ngày)	– Nước rửa chuồng: 0	– Nước thải rửa chuồng: 0	lít/con
	– Cám: 25,2	– Phân thải: 8,12	kg/con
	– Nước uống: 48,72	– Nước tiểu: 25,2	lít/con
Heo <20 kg (20 ngày)	– Nước rửa chuồng: 436,8	– Nước thải rửa chuồng: 436,8	lít/con
	– Cám: 16	– Phân thải: 8	kg/con
	– Nước uống: 32	– Nước tiểu: 21	lít/con
Heo 20–40 kg (20 ngày)	– Nước rửa chuồng: 462	– Nước thải rửa chuồng: 462	lít/con
	– Cám: 40	– Phân thải: 24	kg/con
	– Nước uống: 56,8	– Nước tiểu: 36,2	lít/con
Heo 40–60 kg (50 ngày)	– Nước rửa chuồng: 493	– Nước thải rửa chuồng: 493	lít/con
	– Cám: 120	– Phân thải: 95	kg/con
	– Nước uống: 179	– Nước tiểu: 148	lít/con
Heo >60 kg (30 ngày)	– Nước rửa chuồng: 1435	– Nước thải rửa chuồng: 1435	lít/con
	– Cám: 102	– Phân thải: 78	kg/con
	– Nước uống: 120,9	– Nước tiểu: 114	lít/con
	– Nước rửa chuồng: 768	– Nước thải rửa chuồng: 768	lít/con

Có thể thấy, KTCT là công cụ quản lý môi trường được áp dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia, mang lại hiệu quả trong việc phòng ngừa và kiểm soát các nguồn ô nhiễm [15, 16, 25]. Tính toán định mức tiêu thụ nguyên vật liệu và phát thải của mỗi con heo theo từng giai đoạn được liệt kê ở Bảng 6. Kết quả cho thấy, đối với heo thịt trung bình mỗi ngày một con tiêu thụ 2,32 kg cám, 3,24 lít nước uống, 26,32 lít nước rửa chuồng. Mỗi con thải ra mỗi ngày 1,71 kg phân, 2,66 lít nước tiểu và 26,32 lít nước thải rửa chuồng. Đối với heo con, trung bình mỗi ngày một con tiêu thụ 0,79 kg cám, 1,47 lít nước uống và 11,49 lít nước rửa chuồng. Mỗi ngày mỗi con thải 0,22 kg phân, 0,72 lít nước tiểu và 11,49 lít nước thải rửa chuồng. Riêng đối với heo nái, trung bình mỗi ngày một con tiêu thụ 3,41 kg cám, 3,40 lít nước uống và tốn 23,45 lít nước rửa chuồng. Mỗi ngày mỗi heo nái thải ra 2,13 kg phân, 2,61 lít nước tiểu và 23,45 lít nước thải rửa chuồng. Lượng chất thải sinh ra từ hoạt động chăn nuôi heo trang trại có thể gây ra những ảnh hưởng xấu đến hệ sinh thái môi trường và sức khỏe [3, 7, 26].

Bảng 6. Định mức tiêu thụ nguyên liệu và phát thải.

Các yếu tố đầu vào – đầu ra		Loại heo		
Nguyên liệu đầu vào		Heo thịt	Heo con	Heo nái
Thời gian nuôi	ngày/lứa	120	38	187
Cám ăn	kg/con/ngày	2,32	0,79	3,41
Nước uống	lít/con/ngày	3,24	1,47	3,40
Nước rửa chuồng	lít/con/ngày	26,32	11,49	23,45
Chất thải đầu ra				
Phân thải	kg/con/ngày	1,71	0,22	2,13
Nước tiểu	lít/con/ngày	2,66	0,72	2,61
Nước thải rửa chuồng	lít/con/ngày	26,32	11,49	23,45

3.3. Đánh giá nguồn thải

Kết quả phân tích các mẫu phân thải ở các trang trại nuôi heo được khảo sát cho thấy độ ẩm trong phân thải khá thấp, dao động trong khoảng 15–19%. Hàm lượng thành phần chất hữu cơ (OM) ở các mẫu chênh lệch không lớn, dao động từ 20–28% (Bảng 7). Chỉ số nitơ tổng (TN) và phốt-pho tổng (TP) có trong phân thải ở trang trại nuôi heo thịt và heo nái có tỷ lệ cao.

Bảng 7. Tính chất, tải lượng các chất ô nhiễm trong phân thải.

Chỉ tiêu	Đơn vị	Heo thịt			Heo con			Heo nái		
		P-T01	P-T02	P-T03	P-C01	P-C02	P-C03	P-N01	P-N02	P-N03
Độ ẩm	%	16	15	19	17	19	18	14	17	15
OM	%	22	21	27	26	28	25	20	24	23
TN	%	0,22	0,23	0,26	0,20	0,22	0,24	0,28	0,21	0,19
TP	mg/kg	390	420	489	430	410	427	412	436	457

Ghi chú: P-T01/P-T02/P-T03: Phân thải trại heo thịt; P-C01/P-C02/P-C03: Phân thải trại heo con; P-N01/P-N02/P-N03: Phân thải trại heo nái; TN: Tổng nitơ; TP: Tổng phốt-pho; OM: Chất hữu cơ.

Nguồn nước thải phát sinh từ hoạt động sản xuất chăn nuôi heo trang trại phần lớn ở các công đoạn như tắm heo, rửa chuồng, vệ sinh dụng cụ, cọ/rửa máng ăn, nước tiểu heo và rò rỉ từ các vòi nước uống tự động cho heo, ống dẫn nước, v.v.. Đặc tính nước thải chăn nuôi heo phụ thuộc vào chế độ săn sóc, nuôi dưỡng, thành phần thức ăn. Trong nước thải chăn nuôi chứa các thành phần TSS, BOD₅, COD ở hàm lượng cao, đặc biệt số lượng lớn các vi sinh vật có rủi ro gây bệnh [7, 26, 27]. Kết quả phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước thải trước và sau khi qua hầm biogas các trang trại được thể hiện ở Bảng 8.

Bảng 8. Tính chất, tải lượng các chất ô nhiễm trong nước thải.

Chỉ tiêu	Đơn vị	Heo thịt		Heo con		Heo nái	
		Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra
pH	–	8,36	6,75	8,25	6,85	8,46	6,61
TSS	mg/l	980	91	812	85	2012	82
BOD ₅	mg/l	1560	34	1123	36	1890	37
COD	mg/l	3025	75	2576	72	3020	65
TN	mg/l	123,0	23,4	112,0	27,5	389,5	21,6
TP	mg/l	37,1	12,7	35,2	11,5	43,8	13,2
Coliform	MPN/100ml	12×10 ⁶	4100	11×10 ⁶	4500	13×10 ⁶	3100

Nhìn chung, nước thải chăn nuôi heo ở các cơ sở trang trại thuộc huyện Lộc Ninh có tính kiềm, pH dao động từ 8,25–8,46. Hàm lượng TSS, BOD₅ và COD rất cao, cụ thể như BOD₅ biến động từ 1123–1890 mg/l; TSS có hàm lượng từ 812–2012 mg/l; COD dao động từ 2576–3025 mg/l; TN từ 112,0–389,5 mg/l; chỉ tiêu TP có hàm lượng từ 35,2–43,8 mg/l. Các chỉ tiêu chất lượng nước thải nêu trên đều vượt giá trị giới hạn theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 62:2016/BTNMT về nước thải chăn nuôi. Tuy nhiên, ở các kết quả phân tích chất lượng nước đầu ra sau quá trình xử lý biogas, các thông số ô nhiễm có xu hướng giảm. Hàm lượng chất hữu cơ như BOD₅, COD dao động trong khoảng giá trị lần lượt 34–37 mg/l và 65–75 mg/l. Theo quy định nguồn nước thải này chỉ có thể đáp ứng xả thải vào nguồn tiếp nhận sử dụng cho các mục đích như tưới tiêu nông nghiệp, giao thông đường thủy. Ngoài ra, căn cứ số lượng tổng đàn chăn nuôi ở huyện Lộc Ninh, ước tổng khối lượng chất thải phát thải mỗi lứa tương đương 100 ngàn tấn phân và 1,6 triệu m³ nước thải. Với lượng chất thải này, đặt ra thách thức to lớn trong công tác quản lý hiệu quả chất thải chăn nuôi heo trang trại huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã áp dụng công cụ kiểm toán chất thải định lượng chất thải phát sinh của từng loại heo ở các trang trại huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước. Căn cứ đặc điểm và quy trình chăn nuôi heo trang trại, việc phân tích dòng vật chất cho thấy vai trò quan trọng trong quá trình sản xuất để quản lý hiệu quả tài nguyên và các nguồn chất thải. Kết hợp các yếu tố (đầu vào, đầu ra) và chu trình chăn nuôi, sơ đồ cân bằng dòng vật chất đặc trưng của quá trình nuôi heo ở các cơ sở trang trại được thiết lập. Kết quả đã định lượng trung bình định mức tiêu thụ định về thực phẩm, nước uống và chất thải phát sinh trong hoạt động chăn nuôi. Đồng thời, đánh giá đặc tính nguồn thải, ước tính tổng lượng chất thải phát sinh cần có giải pháp phòng ngừa, kiểm soát ô nhiễm thích hợp theo cách tiếp cận chủ động.

Các giải pháp giảm thiểu lượng chất thải phát sinh cần quan tâm đến các vấn đề tồn đọng, cân bằng sử dụng tiết kiệm và hiệu quả nguyên vật liệu đầu vào. Hạn chế các dòng chất thải đầu ra ở quy trình chăn nuôi heo bằng việc nghiên cứu áp dụng các giải pháp sản xuất sạch hơn trong chăn nuôi như quản lý nội vi, tuần hoàn và tái sử dụng nước thải và tạo ra sản phẩm mới hữu ích (ví dụ: ủ phân hữu cơ compost) từ việc tận dụng phân thải. Về nhận thức, cần nâng cao hơn nữa ý thức, trách nhiệm bảo vệ môi trường của chủ trang trại cũng như vai trò của các cơ quan quản lý nhà nước trong việc thanh tra, giám sát hoạt động bảo vệ môi trường ở địa phương.

Đóng góp của các tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.D.B., N.T.Q.H.; Phương pháp nghiên cứu: N.D.B., B.T.C.N., N.M.K., D.Q.T., N.T.Q.H., N.K.H., V.M.S., L.T.L.T.; Phân tích, đánh giá kết quả: N.D.B., N.M.K., N.K.H., N.T.Q.H., D.Q.T., B.T.C.N., V.M.S., L.T.L.T.; Viết bản thảo bài báo: B.T.C.N., N.D.B., N.M.K.; Chỉnh sửa bài báo: N.M.K., N.T.Q.H., D.Q.T.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bình Phước và các trang trại chăn nuôi heo trên địa bàn huyện Lộc Ninh, tỉnh Bình Phước đã sự hỗ trợ, cung cấp thông tin trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. DOLP. Báo cáo tình hình chăn nuôi năm 2020. Hà Nội: Cục Chăn nuôi, 2020.
2. Nguyen, T.H. Thực trạng xử lý môi trường chăn nuôi tại Việt Nam và đề xuất giải pháp quản lý. *Tap chí môi trường* **2017**, 6, 12–15.
3. Ky, N.M.; Nhut, H.T.; Hiep, N.T.; Lap, B.Q.; Hung, N.T.Q.; Lin, C.; Tam, T.T.M.; Ozaki, A. Investigation of Nitrogen and Phosphorus Recovery from Swine Wastewater by Struvite Crystallization. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* **2022**, 67, 65–74.
4. Sampat, A.M.; Hicks, A.; Ruiz–Mercado, G.J.; Zavala, V.M. Valuing economic impact reductions of nutrient pollution from livestock waste. *Resour. Conserv. Recycl.* **2021**, 164, 105199.
5. Lap, B.Q.; Thinh, N.V.D.; Hung, N.T.Q.; Nam, N.H.; Dang, H.T.T.; Ba, H.T.; Ky, N.M.; Tuan, H.N.A. Assessment of rice straw–derived biochar for livestock wastewater treatment. *Water Air Soil Pollut.* **2021**, 232, 1–13.
6. Nguyen, M.K.; Lin, C.; Hoang, H.G.; Sanderson, P.; Dang, B.T.; Bui, X.T.; Nguyen, N.S.H.; Vo, D.V.N.; Tran, H.T. Evaluate the role of biochar during the organic waste composting process: A critical review. *Chemosphere* **2022**, 299, 134488.
7. Martinez, J.; Dabert, P.; Barrington, S.; Burton, C. Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. *Bioresour. Technol.* **2009**, 100, 5527–5536.

8. Zhang, J.B.; Zhang, J.; Li, J.H.; Tomerlin, J.K.; Xiao, X.P.; ur Rehman, K.; Cai, M.M.; Zheng, L.Y.; Yu, Z.N. Black soldier fly: A new vista for livestock and poultry manure management. *J. Integr. Agric.* **2021**, *20*, 1167–1179.
9. Lijó, L.; Frison, N.; Fatone, F.; González–García, S.; Feijoo, G.; Moreira, M.T. Environmental and sustainability evaluation of livestock waste management practices in Cyprus. *Sci. Total Environ.* **2018**, *634*, 127–140.
10. Chowdhury, T.; Chowdhury, H.; Hossain, N.; Ahmed, A.; Hossen, M.S.; Chowdhury, P.; Thirugnanasambandam, M.; Saidur, R. Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh’s perspective. *J. Clean. Prod.* **2020**, *272*, 122818.
11. Cong, N.V. An Overview of Agricultural Pollution in Vietnam. Washington, DC, 2017.
12. Công, V.H.; Hằng, P.T. Kiểm toán chất thải chăn nuôi bò tại xã Minh Châu, huyện Ba Vì, Hà Nội. *TNU J. Sci. Technol.* **2019**, *207*, 129–134.
13. Hsu, S.; Banskota, S.; McCormick, W.; Capacci, J.; Bustamante, C.; Moretti, K.; Wiegand, D.; Martin, K.D. Utilization of a waste audit at a community hospital emergency department to quantify waste production and estimate environmental impact. *J. Clim. Change Health* **2021**, *4*, 100041.
14. Felder, M.A.J.; Petrell, R.J.; Duff, S.J.B. A solid waste audit and directions for waste reduction at the University of British Columbia, Canada. *Waste Manag. Res.* **2001**, *19*, 354–365.
15. Spišáková, M.; Mésároš, P.; Mandičák, T. Construction Waste Audit in the Framework of Sustainable Waste Management in Construction Projects—Case Study. *Buildings* **2021**, *11*.
16. Cook, N.; Collins, J.; Goodwin, D.; Porter, J. A systematic review of food waste audit methods in hospital foodservices: development of a consensus pathway food waste audit tool. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2022**, *35*, 68–80.
17. BPSO. Niên giám thống kê tỉnh Bình Phước năm 2020. Bình Phước: Cục Thống kê Bình Phước, NXB Thống kê, 2021.
18. BPVD. Thống kê chăn nuôi trên địa bàn tỉnh Bình Phước. Bình Phước: Chi cục Thú y tỉnh Bình Phước, 2020.
19. DARDLN. Báo cáo kết quả hoạt động năm 2020 và phương hướng nhiệm vụ 2021. Bình Phước: Phòng Nông nghiệp và phát triển nông thôn huyện Lộc Ninh, 2020.
20. Kỳ, N.M. Bài giảng Sản xuất Sạch hơn, TP. Hồ Chí Minh: Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, 2017.
21. Matarazzo, A.; Tuccio, G.; Teodoro, G.; Failla, F.; Giuffrida, V.A. Mass Balance as Green Economic and Sustainable Management in WEEE Sector. *Energy Procedia* **2019**, *157*, 1377–1384.
22. Septifani, R.; Suhartini, S.; Perdana, I.J. Cleaner production analysis of tofu small scale enterprise. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2021**, *733*, 012055.
23. APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC American Public Health Association, 2012.
24. My, N.T.; Bình, C.T.; Anh, N.H. Ứng dụng mô hình phân tích dòng vật chất trong quản lý tài nguyên nước ngành công nghiệp gang thép. *Tài nguyên và Môi trường* **2021**, *9*, 36–38.
25. Son, C.T.; Giang, N.T.H. Tổng quan chung về kiểm toán môi trường: lý thuyết và thực tiễn. *TNU J. Sci. Technol.* **2019**, *209*, 157–164.
26. Ogbuewu, I.P.; Odoemenam, V.U.; Omede, A.A.; Durunna, C.S.; Emenalom, O.O.; Uchegbu, M.C.; Okoli, I.C.; Iloje, M.U. Livestock waste and its impact on the environment. *Sci. J. Rev.* **2012**, *1*, 17–32.

27. Nguyen, M.K.; Lin, C.; Nhut, H.T.; Hiep, N.T.; Hung, N.T.Q.; Tuan, T.H. Removal of nitrogen and phosphorus pollutants from swine wastewater. Proceeding of the 2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), 2021, 1–2.

Auditing piggery waste at the farms in Loc Ninh district, Binh Phuoc province

Nguyen Duc Ba¹, Nguyen Tri Quang Hung², Bui Thi Cam Nhi², Nguyen Kim Hue², Vo Minh Sang³, Le Thi Lan Thao², Doan Quang Tri⁴, Nguyen Minh Ky^{2,5*}

¹ Environmental Protection Department, Binh Phuoc Department of Natural Resources and Environment; nguyenducba.stnmtbp@gmail.com

² Faculty of Environment and Natural Resources, Nong Lam University of Ho Chi Minh City; quanghungmt@hcmuaf.edu.vn

³ Viet Do Construction Investment and Environment JSC; sang.vm@vietdojsc.com

⁴ Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

⁵ Department of Environment and Natural Resources, Gia Lai Branch, Nong Lam University of Ho Chi Minh City; nmky@hcmuaf.edu.vn

Abstract: This study applied a waste audit tool to determine the amount of waste generated for each type of pig: piglets, porkers, and sows in Loc Ninh district, Binh Phuoc province. Results illustrated that: (1) porkers each day consumed 2.32 kg of bran, 3.24 liters of drinking water, 26.33 liters of water to wash the barn, emitted 1.71 kg of manure, and 2.66 liters urine and 26.32 liters of wastewater from the washing; (2) piglets consumed 0.79 kg of bran, 1.47 liters of drinking water and 11.49 liters of washing water, emitted 0.22 kg of manure, 0.72 liters of urine and 11.49 liters of wastewater in washing barn; (3) sows consumed 3.41 kg of bran, 3.40 liters of drinking water and 23.45 liters of washing water, discharged 2.13 kg of manure, 2.61 liters of urine and 23.45 liters of washing wastewater. The wastewater analysis collected from three farm sizes indicated that concentration variations were respectively 812–2012 mg/l (TSS), 1123–1890 mg/l (BOD₅), 2576–3025 mg/l (COD), 112–389 mg/l (TN), and 35.2–43.8 mg/l (TP). Based on National Technical Regulation on livestock wastewater (QCVN 62–MT:2016/BTNMT) showed that these parameters did not meet the permitted standards. In addition, the estimated total volume of livestock waste generated in Loc Ninh district includes 100 thousand tons of manure and 1.6 million m³ of wastewater. This research provides an overall current of waste emission and audit situation at the pig farms and proposes appropriate prevention measures towards proactive approaches.

Keywords: Pig farming; Pollution; Waste audit; Livestock waste; Binh Phuoc.

Bài báo khoa học

Ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An

Nguyễn Ngọc Trinh^{1*}, Nguyễn Hoàng Đức Thịnh¹, Nguyễn Thị Quỳnh Thu¹, Phạm Thị Diễm Phương¹, Lê Thị Kim Thoa¹, Cấn Thu Văn¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; trnhnn@hcmunre.edu.vn; ntqthu@hcmunre.edu.vn; ptdphuong@hcmunre.edu.vn; ctcan@hcmunre.edu.vn; ltkthoa@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: trnhnn@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84–908876886

Ban Biên tập nhận bài: 5/9/2022; Ngày phản biện xong: 8/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Sông Bảo Định hiện đang tiếp nhận một lượng lớn các chất ô nhiễm do các hoạt động dân sinh và phát triển kinh tế trong khu vực. Chất lượng nước đang có xu hướng ngày càng xấu đi trong những tháng mùa khô do nước tù đọng từ việc vận hành cống ngăn mặn từ sông Tiền và sông Vàm Cỏ. Nghiên cứu này tập trung đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An từ việc ứng dụng chỉ số chất lượng nước (WQI) trong giai đoạn 2019–2021. Chỉ số WQI trong nghiên cứu này được tính toán theo công thức với ba nhóm thông số: Nhóm I: pH; nhóm IV: DO, BOD₅, COD, N–NO₂⁻, N–NO₃⁻, NH₄⁺ P–PO₄³⁻ và nhóm V: Coliform và thể hiện theo thang màu của Quyết định số 1460/QĐ–TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019. Kết quả cho thấy chất lượng nước mặt ở các vị trí quan trắc các khu dân cư thường ô nhiễm hơn so với các khu vực khác do tại các vị trí này thường có hàm lượng BOD₅, COD và Coliforms cao. Chất lượng nước mặt vào mùa mưa thường có xu hướng xấu hơn nước mặt vào mùa khô.

Từ khóa: Thành phố Tân An; Chất lượng nước; Chỉ số WQI; Sông Bảo Định.

1. Đặt vấn đề

Các chỉ số chất lượng nước nhằm mục đích đưa ra một giá trị duy nhất cho chất lượng nước của một nguồn làm giảm lượng lớn các thông số thành một biểu thức đơn giản hơn và cho phép dễ dàng giải thích dữ liệu quan trắc [1–2]. Đây là công cụ hiển thị một cách nhanh chóng và dễ hiểu đối với chất lượng nước từ góc nhìn của người dùng riêng biệt [3]. Chỉ số WQI được đề xuất và áp dụng đầu tiên ở Hoa Kỳ vào những năm 1965–1970. Chỉ số cho đánh giá chất lượng nước đầu tiên được phân loại và đề xuất bởi Horton [4]. Sau đó, các chỉ số chất lượng nước khác nhau được phát triển trên toàn thế giới dựa trên chỉ số chất lượng nước nền (NSF–WQI) của Hệ thống Vệ sinh Quốc gia Hoa Kỳ [5]. Có một số chỉ số chất lượng nước đã được phát triển dựa trên NSF–WQI để giúp phân chia chất lượng nước ở một số tiểu bang ở Hoa Kỳ, Canada và Malaysia [6]. Vào giữa những năm thập niên 90 của thế kỷ XX, Hội đồng Bộ trưởng Môi trường Canada (CCME) đã phát triển chỉ số WQI với mục đích đơn giản hóa các số liệu về chất lượng nước [7]. Nghiên cứu của [8] đã đánh giá chất lượng nước của tiểu lưu vực Mackenzie – Great Bear bằng chỉ số CCME–WQI và kết quả cho thấy chất lượng nước bị ảnh hưởng bởi độ đục cao và các kim loại đa số là dạng hạt do lượng trầm tích lơ lửng cao trong mùa nước nổi. Bên cạnh đó, [9] đã sử dụng WQI dựa trên tiêu chuẩn chất lượng nước quốc gia cho Malaysia (NWQS) với sáu thông số để xác định chất lượng nước của năm tiểu vùng lưu vực sông Kelantan, bán đảo Malaysia. Mẫu nước được thu thập từ 27 trạm lấy mẫu với dữ liệu bao gồm: nhiệt độ, pH, Tổng chất

Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 744, 28–38; doi:10.36335/VNJHM.2022(744).28–38 <http://tapchikittv.vn/>

rắn lơ lửng (TSS), oxy hòa tan (DO), nhu cầu oxy sinh hóa (BOD), nhu cầu oxy hóa học (COD), nitơ ammoniac (AN), nitrat, photpho và mangan [9]. Một số quốc gia ở Tây Á như Iraq, Iran cũng phát triển WQI từ NSF–WQI để phù hợp với địa phương. [10] đã ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước ở hồ Dokan, vùng Kurdistan, Iraq [10]. [11] đã điều chỉnh thông số để bao gồm các thông số chất lượng nước phù hợp cho việc tưới tiêu và áp dụng chỉ số mới cho sông Ghezel Ozan ở Iran như một nghiên cứu điển hình. Chỉ số WQI được phát triển ở Ấn Độ phải kể đến công trình tiên phong của [12]. Các chỉ số để đánh giá chất lượng nước sông Ganga được sử dụng từ bộ chỉ số WQI trong khoảng 0–100, trong đó 0 đại diện cho nước cực kỳ ô nhiễm và 100 đại diện cho nước không bị ô nhiễm [12]. Nghiên cứu [13] đã sử dụng chỉ số WQI đánh giá chất lượng nước ở hồ Loktak, Ấn Độ và kết luận rằng nước hồ Loktak không phù hợp để làm nước uống.

Có thể thấy được rằng, có rất nhiều chỉ số WQI cụ thể cho từng khu vực vì nhiều cơ quan trong nước và quốc tế xác định tiêu chí chất lượng nước cho các mục đích sử dụng khác nhau từ việc xem xét các thông số khác nhau trong đánh giá chất lượng nước và kiểm soát ô nhiễm [5]. Tại Việt Nam, có nhiều nghiên cứu sử dụng chỉ số WQI để đánh giá chỉ số chất lượng nước mặt [14–20], điển hình như: [21] đã đánh giá diễn biến chất lượng nước mặt tại khu vực phía Nam tỉnh Bình Dương dựa trên các thông số nhiệt độ, pH, BOD₅, COD, SS, NH₄⁺–N, PO₄³⁻–P, tổng coliform, độ đục và DO; Trong khi đó [22] đánh giá biến động chất lượng nước mặt sông Cần Thơ dựa trên các thông số pH, TSS, DO, BOD, COD, NH₃, NO₃⁻ và Coliform; Cùng hướng nghiên cứu trên, [23] đánh giá chất lượng nước sông Ray chảy qua tỉnh Đồng Nai và Bà Rịa–Vũng Tàu dựa trên các thông số nhiệt độ, pH, độ đục, DO, NH₄–N, NO₃–N, NO₂–N, PO₄–P, TSS, Fe, COD, BOD₅ và tổng coliform. Nhìn chung, các nghiên cứu về thiết lập chỉ số WQI nhằm đánh giá chất lượng nước cho các sông ở Việt Nam thì dựa vào các nhóm thông số về hóa lý sinh. Việt Nam cũng áp dụng bộ chỉ số WQI của Hoa Kỳ (NSFWQI) và có phát triển bộ số theo hướng phù hợp với chất lượng nước của vùng. Tổng cục môi trường đã ban hành Quyết định số 1460/QĐ–TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019 về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI) với công thức tính toán dựa trên tổ hợp 5 nhóm chất lượng nước.

Thành phố Tân An là đầu mối giao thông quan trọng trong vùng, gần tiếp giáp với hạt nhân kinh tế trọng điểm phía Nam, là cửa ngõ di chuyển qua lại giữa các tỉnh miền Tây và các tỉnh miền Đông Nam bộ. Thành phố này đang có tốc độ đô thị hóa và công nghiệp hóa ngày càng tăng, áp lực tăng trưởng kinh tế làm tăng tác động tiêu cực đến Tài nguyên và Môi trường, gây nên ô nhiễm môi trường, đặc biệt là ô nhiễm nguồn nước mặt. Hiện nay, nước sông có tầm quan trọng trong việc phục vụ các hoạt động sinh sống, sản xuất công nghiệp và nông nghiệp nhưng chất lượng nước lại ngày càng ô nhiễm bởi các nguồn rác thải, nước thải từ sinh hoạt, chăn nuôi và hoạt động công nghiệp, nông nghiệp.

Từ những phân tích trên, nghiên cứu này tập trung ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An nhằm phục vụ công tác quản lý nguồn nước và đề xuất các giải pháp cải thiện môi trường nước trên sông nhằm phục vụ công tác quản lý nguồn nước và đề xuất các giải pháp cải thiện môi trường nước trên sông. Nhóm nghiên cứu đã lựa chọn vùng nghiên cứu đoạn sông Bảo Định chảy qua Thành Phố Tân An thuộc khu vực các phường 1,2,3,4,7 và phường Tân Khánh của Thành phố Tân An, là khu vực trung tâm Thành phố Tân An và là nơi tập trung dân cư đông nhất của Thành phố.

2. Phương pháp nghiên cứu và cơ sở dữ liệu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là đoạn sông Bảo Định chảy qua Thành Phố Tân An thuộc khu vực các phường 1,2,3,4,7 và phường Tân Khánh của Thành phố Tân An (Hình 1), bao gồm 5 điểm:

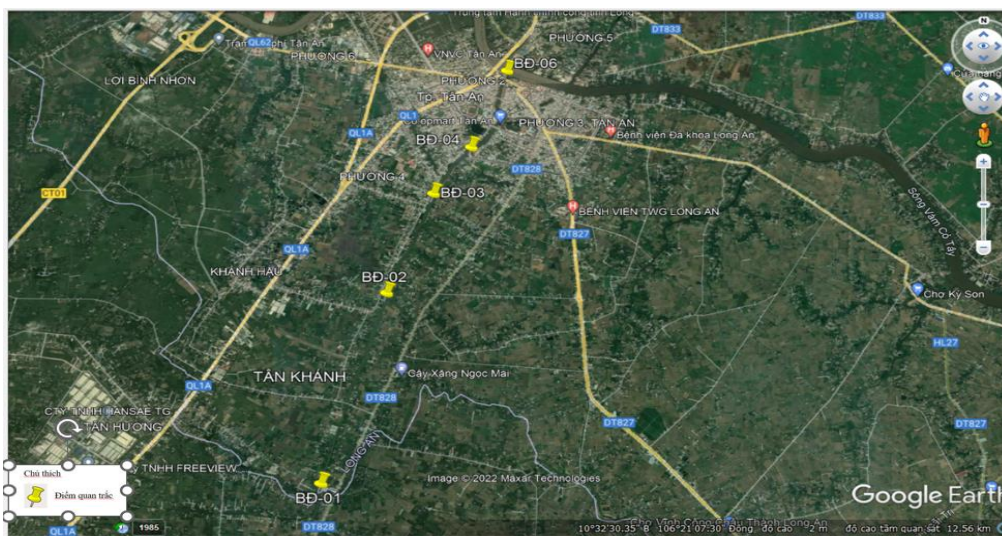
Hợp lưu sông Bảo Định–rạch Ông Đạo: Đây là nơi tiếp nhận nước thải sinh hoạt, chăn nuôi của các khu dân cư ven sông, nước thải từ các cơ sở công nghiệp phường Tân Khánh–Thành phố Tân An, Khu công nghiệp Tân Hương–Tiền Giang.

Ngã 3 kênh Lò Lu–Sông Bảo Định: Vị trí quan trọng nằm tại nơi giao thoa của kênh Lò Lu và sông Bảo Định, tiếp nhận chất thải phát sinh của hoạt động công nghiệp và sinh hoạt phường Khánh Hậu và Tân Khánh.

Ngã 3 Rạch Cây Bần–Sông Bảo Định: Vị trí giao thoa của Rạch Cây Bần và Sông Bảo Định, khu vực này tiếp nhận nước thải từ dân cư, chăn nuôi xung quanh.

Hợp lưu kênh phường 3 – Sông Bảo Định: Vị trí hợp lưu kênh phường 3 và sông Bảo Định, đây là khu vực tiếp nhận nước thải sinh hoạt của các hộ dân khu vực phường 3, phường 4.

TP. Tân An – cầu Bảo Định (chợ phường 1): Vị trí quan trọng cách chợ phường 1 khoảng 200m, là nơi tiếp nhận nước thải từ các hoạt động sinh hoạt khu vực chợ Tân An.



Hình 1. Phạm vi nghiên cứu.

2.2. Phương pháp tính chỉ số chất lượng nước VN_WQI

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tính chỉ số chất lượng nước căn cứ theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019 về việc ban hành hướng dẫn tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN-WQI). Có năm nhóm thông số dùng để tính VN-WQI, bao gồm các nhóm thông số sau:

Nhóm I: Thông số pH; Nhóm II (nhóm thông số thuốc bảo vệ thực vật): bao gồm các thông số Aldrin, BHC, Dieldrin, DDTs (p,p’-DDT, p,p’-DDD, p,p’-DDE), Heptachlor & Heptachlorepoxyde; Nhóm III (nhóm thông số kim loại nặng): Bao gồm các thông số As, Cd, Pb, Cr⁶⁺, Cu, Zn, Hg; Nhóm IV (nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng): Bao gồm các thông số DO, BOD₅, COD, TOC, N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂, P-PO₄; Nhóm V (nhóm thông số vi sinh): bao gồm các thông số Coliform, E. Coli.

Theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12 tháng 11 năm 2019 về việc ban hành hướng dẫn tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN-WQI), chỉ số chất lượng nước được tính theo thang điểm (khoảng giá trị WQI) tương ứng với biểu tượng và màu sắc để đánh giá chất lượng nước đáp ứng nhu cầu sử dụng, cụ thể như Bảng 1.

Bảng 1. Thang điểm tính chỉ số chất lượng nước [24].

Khoảng giá trị WQI	Chất lượng nước	Phù hợp với mục đích sử dụng	Mã màu
91–100	Rất tốt	Sử dụng tốt cho mục đích cấp nước sinh hoạt	51;51;255 Xanh nước biển

Khoảng giá trị WQI	Chất lượng nước	Phù hợp với mục đích sử dụng	Mã màu
76-90	Tốt	Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp	0;255;0 Xanh lá cây
5-75	Trung bình	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác	255;255;0 Vàng
26-50	Xấu	Sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác	255;126;0 Da cam
10-25	Kém	Nước ô nhiễm nặng, cần các biện pháp xử lý trong tương lai	255;0;0 Đỏ
< 10	Ô nhiễm rất nặng	Nước nhiễm độc, cần có biện pháp khắc phục, xử lý	126;0; 35 Nâu

Muốn tính WQI_{SI} thì phải tính được thông số của từng nhóm. Số liệu để tính toán VN-WQI phải bao gồm tối thiểu 03/05 nhóm thông số, trong đó bắt buộc phải có nhóm IV. Trong nhóm IV có tối thiểu 03 thông số được sử dụng để tính toán. Trường hợp thủy vực chịu tác động của các nguồn ô nhiễm đặt thù bắt buộc phải lựa chọn nhóm thông số đặc trưng tương ứng để tính toán (thủy vực chịu tác động của ô nhiễm thuốc bảo vệ thực vật bắt buộc phải có nhóm II, thủy vực chịu tác động của kim loại nặng bắt buộc phải có nhóm III).

Tính nhóm I

Đối với thông số pH

Bảng 2. Quy định các giá trị BP_i và q_i đối với thông số pH.

i	1	2	3	4	5	6
BP_i	< 5,5	5,5	6	8,5	9	> 9
q_i	10	50	100	100	50	10

Nếu $pH < 5,5$ hoặc $pH > 9$, thì $WQI_{pH} = 10$.

Nếu $5,5 < pH < 6$, thì WQI_{pH} tính theo công thức 2 và sử dụng Bảng 2.

Nếu $6 \leq pH \leq 8,5$, thì WQI_{pH} bằng 100.

Nếu $8,5 < pH < 9$, thì WQI_{pH} được tính theo Công thức 1 và sử dụng Bảng 2.

$$WQI_{SI} = \frac{q_i - q_{i+1}}{BP_{i+1} - BP_i} (BP_{i+1} - C_p) + q_{i+1} \tag{1}$$

Trong đó BP_i là nồng độ giới hạn dưới của giá trị thông số quan trắc được quy định trong Bảng 3 tương ứng với mức i ; BP_{i+1} là nồng độ giới hạn trên của giá trị thông số quan trắc được quy định trong Bảng 3 tương ứng với mức $i+1$; q_i là giá trị WQI ở mức i đã cho trong bảng tương ứng với giá trị BP_i ; q_{i+1} là giá trị WQI ở mức $i+1$ cho trong bảng tương ứng với giá trị BP_{i+1} ; C_p là giá trị của thông số quan trắc được đưa vào tính toán.

Tính nhóm IV

Đối với DO, BOD₅, COD, PO₄ thì tính công thức 2 và tra Bảng 3 sau đó tính toán WQI thông số (WQI_{SI}).

Tính toán theo công thức 2 như sau:

$$WQI_{SI} = \frac{q_{i+1} - q_i}{BP_{i+1} - BP_i} (C_p - BP_i) + q_i \tag{2}$$

Trong đó C_p là giá trị DO % bão hòa; BP_i , BP_{i+1} , q_i , q_{i+1} là các giá trị tương ứng với mức i , $i+1$ trong Bảng 3.

Bảng 3. Quy định các giá trị q_i , BP_i cho các thông số nhóm IV và V.

i	q_i	Giá trị BP_i quy định đối với từng thông số								
		BOD ₅	COD	TOC	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄	Coliform	E.coli
		mg/l							MPN/100 ml	

i	q _i	Giá trị BP _i quy định đối với từng thông số								
		BOD ₅	COD	TOC	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄	Coliform	E.coli
		mg/l						MPN/100 ml		
1	100	≤ 4	≤ 10	≤ 4	< 0,3	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 2.500	≤ 20
2	75	6	15	6	0,3	5	–	0,2	5.000	50
3	50	15	30	15	0,6	10	–	0,3	7.500	100
4	25	25	50	25	0,9	15	–	0,5	10000	200
5	10	> 50	≥ 150	≥ 50	> 5	> 15	> 0,05	≥ 4	> 10.000	> 200

Tính nhóm V

Đối với E-coli, Coliform thì tính công thức (2) và tra Bảng 3 sau đó tính toán WQI thông số (WQI_{SI}).

Tính toán chỉ số WQI_{SI}

Sau khi tính toán chỉ số WQI_{SI} cho từng nhóm. Chỉ số WQI tổng cho 5 nhóm được theo công thức (3) sau:

$$WQI = \frac{WQI_I}{100} \times \frac{(\prod_{i=1}^n WQI_{II})^{1/n}}{100} \times \frac{(\prod_{i=1}^m WQI_{III})^{1/m}}{100} \times \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k WQI_{IV} \times \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l WQI_V \right]^{1/2} \quad (3)$$

Trong đó WQI_I là kết quả tính toán đối với thông số nhóm I; WQI_{II} là kết quả tính toán đối với các thông số nhóm II; WQI_{III} là kết quả tính toán đối với các thông số nhóm III; WQI_{IV} là kết quả tính toán đối với các thông số nhóm IV; WQI_V là kết quả tính toán đối với thông số nhóm V.

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu này sử dụng 3 nhóm thông số là nhóm I, nhóm IV và nhóm V để tính toán chỉ số WQI_{SI}.

2.2. Cơ sở dữ liệu phục vụ cho tính toán

Dữ liệu được thu thập từ 5 trạm quan trắc với tần suất thực hiện 4 lần/năm được quản lý bởi Trung tâm Quan trắc Môi trường tỉnh Long An, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Long An từ năm 2019 đến năm 2021. 5 trạm quan trắc gồm: Ranh Long An Tiền Giang (BĐ-01), Ngã Ba kênh Lò Lu (BĐ-02), Ngã Ba Rạch Cây Bần (BĐ-03), Hợp lưu kênh phường 3 (BĐ-04), Chợ phường 1 TP.Tân An (BĐ-06) với tần suất thực hiện 4 lần/năm (Hình 1). Điểm quan trắc BĐ-01 được chọn để đánh giá chất lượng nước thải sinh hoạt, chăn nuôi của dân cư ven sông và nước thải từ cơ sở công nghiệp gần hợp lưu sông Bảo Định-Rạch Ông Đạo. Điểm quan trắc BĐ-02 được chọn để đánh giá chất lượng nước tại vị trí giao giữa kênh Lò Lu và sông Bảo Định, nơi tập trung nhiều hoạt động công nghiệp, sinh hoạt của dân cư phường Khánh Hậu và Tân Khánh. Điểm quan trắc BĐ-03 đánh giá chất lượng nước rạch Cây Bần giao với Sông Bảo Định, là nơi tiếp nhận nước thải dân cư địa phương và chăn nuôi. Điểm quan trắc BĐ-04 được chọn vì là nơi tiếp nhận nước thải sinh hoạt từ khu vực TP. Tân An. Điểm quan trắc BĐ-06 đánh giá chất lượng nước của đoạn sông có nước thải từ các hoạt động dân sinh của TP. Tân An và khu vực chợ Tân An. Khu vực nghiên cứu là đoạn sông Bảo Định chảy qua thị xã Tân An, tỉnh Long An với chiều dài khoảng 6km. Vị trí nghiên cứu được trình bày như trong (Hình 1).

3. Kết quả và thảo luận

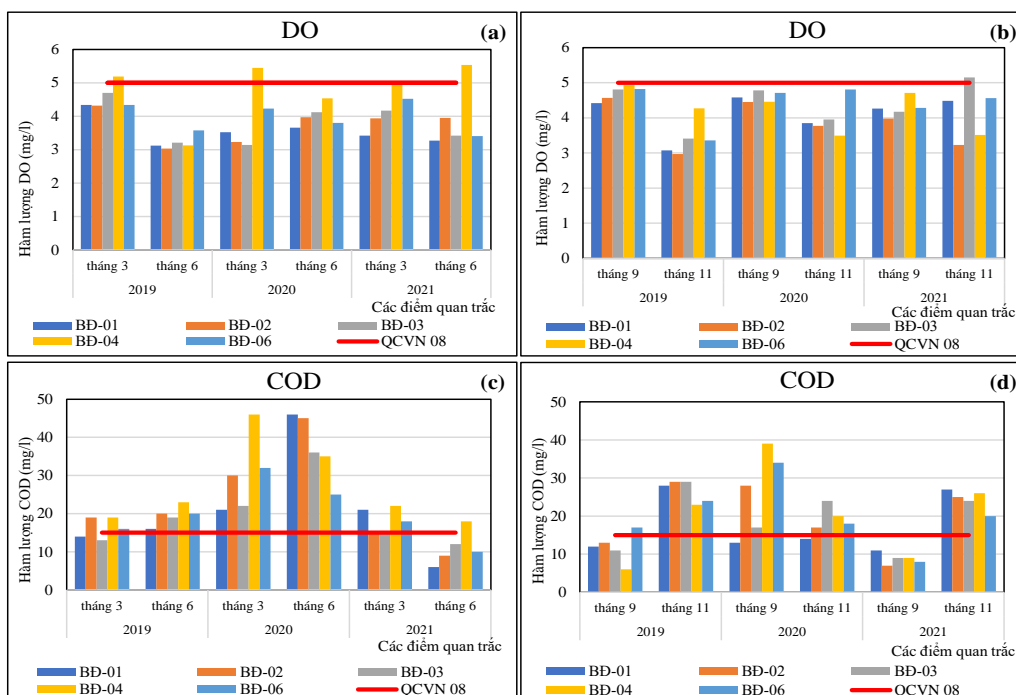
Sử dụng kết quả tính từng chỉ tiêu chất lượng nước theo hai mùa trong các năm từ 2019–2021, chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An được đánh giá so với cột A₂ của QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Cột A₂) – Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về Chất lượng nước mặt như sau:

Hàm lượng các thông số pH, N-NO₃⁻, Coliform đều trong giá trị cho phép theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Cột A₂) – Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về Chất lượng nước mặt.

Hàm lượng DO trong nước mặt giai đoạn 2019–2021 vào mùa khô dao động trong khoảng 3,03–5,54mg/l (Hình 2a). Có 4 vị trí BĐ-04 chạm và vượt mức cho phép theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT. Vào mùa mưa, hàm lượng DO trong nước mặt dao động

trong khoảng 2,97–5,15 (Hình 2b). Trạm quan trắc BD–04 (9/2019) và BD–03 (11/2021) có giá trị chạm và vượt mức cho phép. Các vị trí còn lại tăng nhẹ so với mùa khô.

Vào mùa khô, phần lớn các vị trí quan trắc đều có giá trị COD cao hơn giá trị tối đa cho phép với giá trị dao động trong khoảng 6–46 mg/l (Hình 2c). Vào tháng 6/2019–6/2020 thì giá trị COD lại tăng cao và lớn hơn nhiều so với giá trị tối đa cho phép. Giá trị COD cao nhất tại khu vực BD–04 (3/2020) và BD–01 (6/2020). Vào mùa mưa, giá trị COD dao động trong khoảng 6–39 mg/l (Hình 2d). Giá trị COD ở 9/2021 đã giảm mạnh so với mùa khô 3/2021. Giá trị COD cao nhất vẫn là ở điểm quan trắc BD–04 (9/2020) và thấp nhất ở điểm quan trắc BD–04 (9/2019).



Hình 2. (a) Hàm lượng DO trong mùa khô; (b) Hàm lượng DO trong mùa mưa; (c) Hàm lượng COD trong mùa khô; (d) Hàm lượng COD trong mùa mưa.

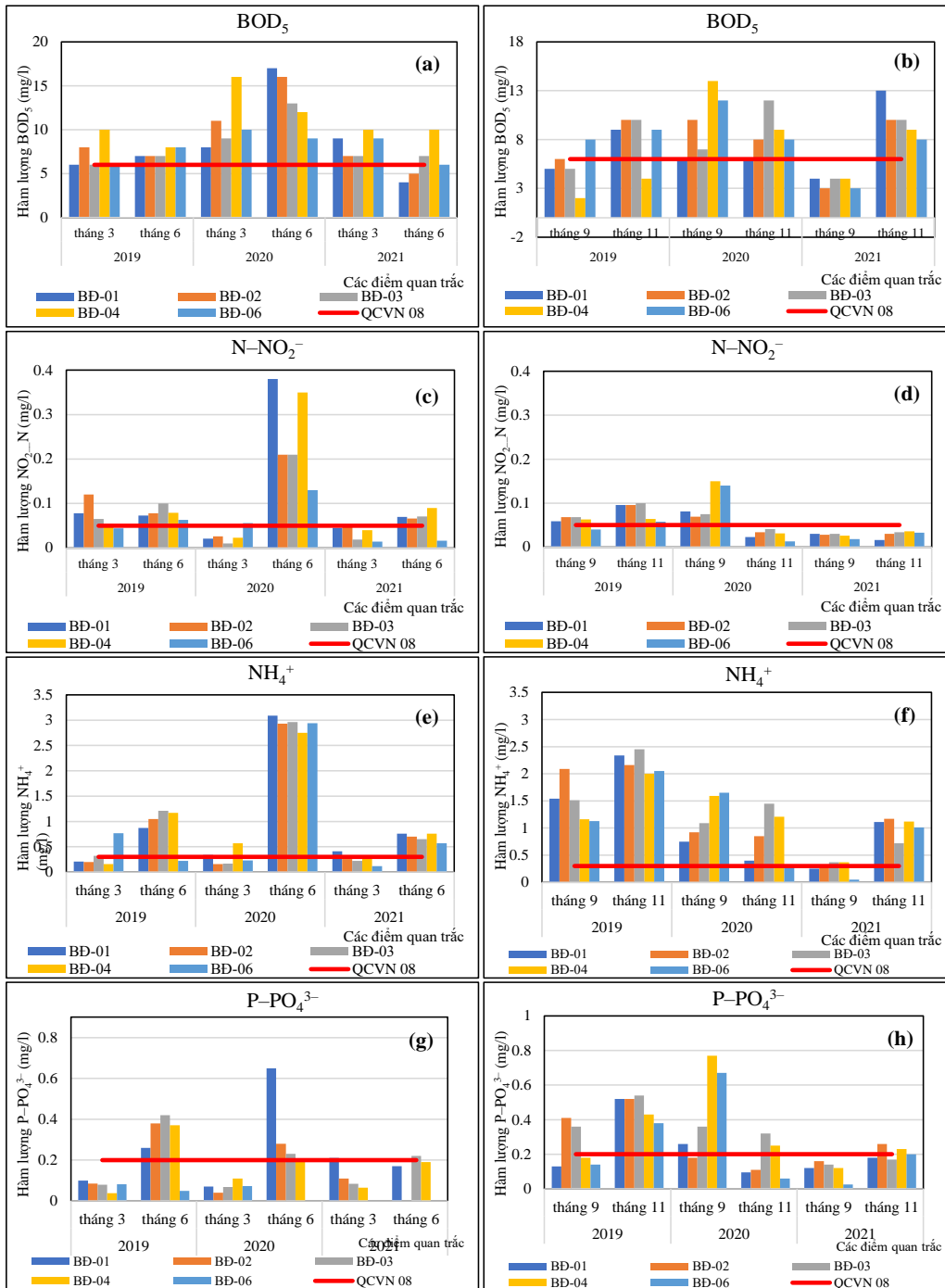
Hầu hết các giá trị BOD₅ ở các vị trí quan trắc vào mùa khô đều chạm mức và vượt giá trị tối đa cho phép. Giá trị đạt cực đại ở điểm quan trắc BD–01 (6/2020) với 17 mg/l và thấp nhất (6/2021) với 4 mg/l ở cùng một điểm (Hình 3a). Vào mùa mưa, giá trị BOD₅ dao động trong khoảng 2–14 mg/l (Hình 3b). Các vị trí điểm quan trắc 9/2019 và 9/2021 đều giảm so với mùa khô. Tuy nhiên, ở cuối 11/2019–11/2021 thì hầu hết giá trị BOD₅ vẫn chạm và vượt mức cho phép ở các điểm quan trắc. Giá trị cực đại BD–04 là 14 mg/l và cực tiểu là 2 mg/l ở cùng một điểm.

Vào mùa khô, giá trị N–NO₂⁻ có 20/30 điểm có giá trị cao hơn giá trị cho phép (Hình 3c). Ở tháng 3 trong ba năm thì giá trị N–NO₂⁻ giảm dần và đạt giá trị nhỏ nhất ở BD–03 (3/2020) là 0,01 mg/l. Vào 6/2020 thì giá trị N–NO₂⁻ lại tăng rất mạnh và giá trị cực đại ở BD–01 (6/2020) là 0,38 mg/l (Hình 3d). Vào mùa mưa, ở 9/2019–9/2020 giá trị N–NO₂⁻ tăng cao và đạt giá trị cao nhất ở BD–04 là 0,15 mg/l. Giá trị thấp nhất ở BD–06 (11/2020) là 0,013 mg/l. Các thông số từ 11/2020–11/2021 lại có sự giảm so với đầu năm và đạt quy chuẩn giá trị cho phép.

Nhìn chung, tháng 6 ở ba năm 2019–2021 hầu hết các giá trị thông số NH₄⁺ đều vượt mức giá trị tối đa cho phép. Giá trị cực đại ở BD–01 (6/2020) là 3,09 mg/l và đạt giá trị thấp nhất ở BD–06 (3/2021) là 0,12 mg/l (Hình 3e). Trong tháng 6/2020 thì giá trị có biến động lớn dao động trong khoảng 2,75–3,09 mg/l, thậm chí cao gấp 2 gấp 3 lần các điểm quan trắc khác. Tương tự mùa khô thì giá trị NH₄⁺ hầu hết ở các vị trí quan trắc vượt mức

cho phép 3 4 lần (Hình 3f). Trong mùa mưa này, vị trí có giá trị cao nhất là ở BD-03 là 2,45 mg/l. Nhìn chung giá trị đo NH_4^+ vào mùa mưa cao hơn mùa khô.

Vào mùa khô, hàm lượng P-PO_4^{3-} ở vị trí BD-01 (6/2020) có giá trị P-PO_4^{3-} cao nhất vượt giá trị tối đa cho phép là 0,65mg/l (Hình 3g). Giá trị P-PO_4^{3-} ở vị trí BD-01 thường có giá trị cao hơn các điểm quan trắc khác. Các thông số dao động trong khoảng 0,085–0,65 mg/l. Vị trí BD-06 (6/2020), (3/2021) và BD-02 (6/2021) không phân tích Phosphat. Vào mùa mưa, các thông số quan trắc P-PO_4^{3-} có sự biến động lớn và cao hơn nhiều so với đợt mùa khô cùng kì dao động trong khoảng 0,026–0,77 mg/l (Hình 3h). Giá trị cao nhất ở BD-04 (9/2020) là 0,77 mg/l và thấp nhất ở BD-06 (9/2021) là 0,026 mg/l.



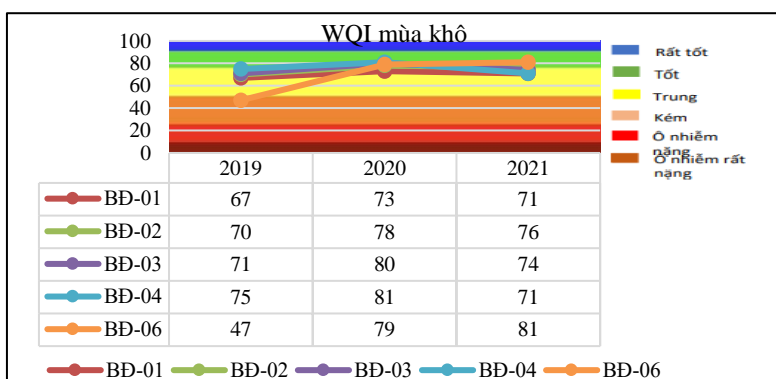
Hình 3. (a) Hàm lượng BOD₅ trong mùa khô; (b) Hàm lượng BOD₅ trong mùa mưa; (c) Hàm lượng N-NO₂⁻ trong mùa khô; (d) Hàm lượng N-NO₂⁻ trong mùa mưa; (e) Hàm lượng NH₄⁺ trong mùa khô; (f) Hàm lượng NH₄⁺ trong mùa mưa; (g) Hàm lượng P-PO₄³⁻ trong mùa khô; (h) Hàm lượng P-PO₄³⁻ trong mùa mưa.

Tính toán chỉ số WQI được thực hiện tại 5 vị trí trong vùng nghiên cứu, với tần suất lấy mẫu 4 lần/ năm (3 tháng 1 lần). Với 12 lần lấy mẫu, kết quả thu được được trình bày trong Hình 4, Hình 5.

3.1. Mùa khô

Chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An giai đoạn 2019–2021 vào mùa khô dao động từ mức kém đến tốt (47–81), cụ thể:

Năm 2019, giá trị VN_WQI có mức dao động từ 47 (Cam) – 75 (Vàng) (Hình 4) với mức độ chênh lệch giữa các điểm không quá cao. Tại điểm có VN_WQI màu cam chỉ sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác. Ở các điểm có VN_WQI màu vàng chỉ sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác. Điểm quan trắc BD-06 có giá trị WQI ở mức thấp nhất (WQI = 47) so với các điểm còn lại. Nước mặt tại vị trí quan trắc này bị ô nhiễm hữu cơ (BOD₅ và COD) và dinh dưỡng (NH₄⁺ và P-PO₄³⁻). Nguyên nhân có thể do ảnh hưởng của nước thải từ chợ Tân An và các động sinh hoạt của dân địa phương dọc hạ nguồn sông Bảo Định. Cần có các biện pháp xử lý trong tương lai để sử dụng nước được nhiều mục đích hơn, tốt hơn.



Hình 4. Biểu đồ giá trị VN_WQI giai đoạn 2019–2021 vào mùa khô.

Năm 2020, giá trị VN_WQI có mức dao động từ 73 (Vàng) – 81 (Xanh lá) (Hình 4) với mức độ chênh lệch giữa các điểm không cao. Tại điểm có VN_WQI màu vàng chỉ sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác. Tại các điểm có VN_WQI màu xanh lá cây có chất lượng nước tốt được sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp. Giá trị WQI tại điểm BD-06 có tăng lên đáng kể từ mức 47 (cam) đến mức 79 (tốt). Chất lượng nước tại điểm quan trắc BD-01 có giá trị WQI ở mức thấp nhất so với các điểm còn lại nhưng có cải thiện hơn so với năm 2019. Nước mặt tại điểm BD-01 bị ô nhiễm hữu cơ với nồng độ BOD₅ vượt quy chuẩn so sánh 1,33 lần vào tháng 3 và 2,83 lần vào tháng 6. Nồng độ COD cũng tăng cao nhất tại BD-01 ở đợt quan trắc tháng 6 với COD đạt 46 mg/l (vượt 3,07 lần so với quy chuẩn). Nguyên nhân có thể do điểm quan trắc BD-01 là nơi giáp ranh giữa Tiền Giang và Long An nên bị ảnh hưởng bởi nước thải công nghiệp của khu công nghiệp Tân Hương–Tiền Giang và nước thải sinh hoạt chăn nuôi của dân cư ven sông.

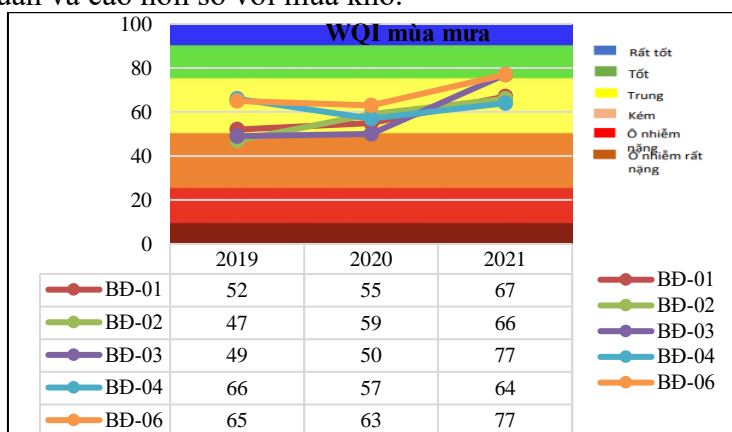
Năm 2021, giá trị VN_WQI có mức dao động từ 71 (Vàng) – 81 (Xanh lá) (Hình 4) với mức độ chênh lệch giữa các điểm không cao. Tại điểm có VN_WQI màu vàng chỉ sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác. Tại các điểm có VN_WQI màu xanh lá cây có chất lượng nước tốt được sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp. Chất lượng nước tại điểm quan trắc BD-01 và BD-04 có cùng giá trị WQI bằng 71, ở mức thấp nhất so với các điểm còn lại. Giá trị WQI của điểm BD-01 có giảm nhẹ so với năm 2020. Sau lần cải thiện giá trị WQI vào năm 2020 là 81 so với 2019 là 75, điểm quan trắc BD-04 có giá trị WQI giảm xuống mức 71 (vàng) vào năm 2022. Nguyên nhân có thể do đây là giai đoạn mùa khô nóng, lượng mưa ít dẫn đến dòng

chảy của nước sông giảm xuống dẫn đến giảm khả năng làm sạch của sông. Cần có các biện pháp xử lý trong tương lai để sử dụng nước được nhiều mục đích hơn, tốt hơn.

3.2. Mùa mưa

Chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua tỉnh Thành Phố Tân An giai đoạn 2019–2021 vào mùa mưa dao động từ mức kém đến tốt (47–77), cụ thể:

Năm 2019, giá trị VN_WQI có mức dao động từ 47 (Cam) – 66 (Vàng) (Hình 5) với mức độ chênh lệch giữa các điểm không quá cao. Tại điểm có VN_WQI màu cam chỉ sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác. Ở các điểm có VN_WQI màu vàng chỉ sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác. Ba trạm quan trắc: BD–01, BD–02, BD–03 có giá trị WQI giảm đáng kể so với mùa khô, trong đó có hai trạm BD–02 và BD–03 giảm xuống mức màu cam. Chất lượng nước mặt tại điểm BD–06 có cải thiện đáng kể vào mùa mưa với mức 65 (vàng). Giá trị tại điểm BD–04 cũng giảm từ 75 (vàng) vào mùa khô đến 66 (vàng) vào mùa mưa. Phần lớn các thông số COD, BOD₅, NH₄⁺, P–PO₄³⁻ (Hình 2d, Hình 3b, Hình 3f, Hình 3h) vào tháng 11 cao hơn tháng 9, đều vượt quy chuẩn và cao hơn so với mùa khô.



Hình 5. Biểu đồ giá trị VN_WQI giai đoạn 2019–2021 vào mùa mưa.

Năm 2020, giá trị VN_WQI có mức dao động từ 50 (Vàng) – 63 (Vàng) (Hình 5) với mức độ chênh lệch giữa các điểm không cao. So với mùa khô, 5 điểm quan trắc vào mùa mưa đều có giá trị WQI giảm. Điểm quan trắc BD–03 có mức dao động lớn nhất từ 80 (Xanh lá) vào mùa khô đến 50 (Cam) vào mùa mưa. Nhìn chung, chất lượng nước mặt tại các vị trí quan trắc vào mùa mưa giảm vì ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng do nồng độ COD, BOD₅, NH₄⁺, P–PO₄³⁻ tăng (Hình 2d, Hình 3b, Hình 3f, Hình 3h). Nguyên nhân có thể do mùa mưa làm rửa trôi đất xuống lòng sông nên dẫn đến ô nhiễm tăng cao.

Năm 2021, giá trị VN_WQI có mức dao động từ 64 (Vàng) – 77 (Xanh lá) với mức độ chênh lệch giữa các điểm không cao. Chất lượng nước mặt mùa mưa tại 5 điểm quan trắc vào năm 2022 hầu hết đều tăng so với năm 2019 và 2020. Hai điểm BD–03 và BD–06 tăng cao với giá trị WQI đạt 77 (Xanh lá), có chất lượng nước tốt và dùng được cho mục đích cấp nước sinh hoạt nếu có các biện pháp xử lý phù hợp. Giá trị WQI của các điểm quan trắc BD–01, BD–02 và BD–04 dao động khoảng 64–67 (Vàng) và có thể dùng được cho mục đích tưới tiêu.

4. Kết luận

Giá trị WQI qua các tính toán chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI) theo hướng dẫn tại Quyết định số 1460/QĐ–TCMT từ 2019–2021 cho thấy chất lượng nước vào mùa mưa (tháng 9, tháng 11) thì xấu hơn mùa khô (tháng 3, tháng 6) tại khu vực sông Bảo Định đoạn chảy qua Thành phố Tân An. Theo không gian, chất lượng nước mặt ở các vị trí quan trắc các khu dân cư thường ô nhiễm hơn so với các khu vực khác do tại các vị trí này

thường có hàm lượng BOD₅, COD và Coliforms cao. Theo thời gian, chất lượng nước mặt trong mùa mưa thường có xu hướng xấu hơn mùa khô do trong mùa mưa làm rửa trôi đất xuống lòng sông dẫn đến ô nhiễm nước mặt có xu hướng tăng. Bên cạnh các kết quả đạt được, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế như: chưa đánh giá về nồng độ của nhóm thông số kim loại nặng như As, Cd, Pb, Cr₆⁺, Cu, Zn, Hg và thông số vi sinh E. Coli. Bên cạnh đó, chất lượng nước chỉ mới đánh giá cho hai mùa mưa và khô nên để đánh giá diễn biến trong năm cần tăng cường tần suất quan trắc tại những vị trí quan trắc trên sông Bảo Định.

Tài liệu tham khảo

1. Tyagi, S. et al. Water quality assessment in terms of water quality index. *Am. J. Water Resour.* **2013**, 3, 34–38.
2. Katyal, D. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. *Int. J. Environ. Sci.* **2011**, 1, 154–173.
3. Hoseinzadeh, E.; Khorsandi, H.; Wei, C.A.; Mahdi. Evaluation of Aydughmush river water quality using the national sanitation foundation water quality index (NSFWQI), river pollution index (RPI), and forestry water quality index (FWQI). *Desalin Water Treat.* **2015**, 11, 2994–3002.
4. Jacobs, H.L. et al. Water quality criteria–stream vs. effluent standards. *Water Pollut. Control Fed.* **1965**, 292–315.
5. Poonam, T.; Tanushree, B.; Sukalyan, C. Water quality indices–important tools for water quality assessment: a review. *Int. J. Adv. Chem.* **2013**, 1, 15–28.
6. Said, A.; Stevens, D.K.; Sehlke, G. An innovative index for evaluating water quality in streams. *Environ. Manage.* **2004**, 3, 406–414.
7. Rosemond, S.D.; Duro, D.C.; Dubé, M. Comparative analysis of regional water quality in Canada using the Water Quality Index. *Environ. Monit. Assess.* **2009**, 1, 223–240.
8. Lumb, A.; Halliwell, D.; Sharma, T. Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River basin, Canada. *Environ. Monit. Assess.* **2006**, 1, 411–429.
9. Abdul Maulud, K.N. et al. A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia. *Arabian J. Geosci.* **2021**, 2, 1–19.
10. Jawad, A.H.M.; Haider, S.A.; Bahram, K.M. Application of water quality index for assessment of Dokan lake ecosystem, Kurdistan region, Iraq. *J. Water Resour. Prot.* **2010**, 2(9), 792–798.
11. Misaghi, F. et al. Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezal Ozan River. *Sci. Total Environ* **2017**, 107–116.
12. Bhargava, D.S. Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga River. *Environ. Pollut. Series B, Chem. Phys.* **1983**, 1, 51–67.
13. Das Kangabam, R. et al. Development of a water quality index (WQI) for the Loktak Lake in India. *Appl. Water Sci.* **2017**, 6, 2907–2918.
14. Hợp, N.V. et al. Đánh giá chất lượng nước sông Bồ ở tỉnh Thừa Thiên Huế dựa vào chỉ số chất lượng nước (WQI). *Hue Univ. J. Sci.* **2010**, 58, 77–85.
15. Bui, H.T.D.; Le, T.N. Assessing changes in surface water quality and pollutant load in Dong Nai province. *Sci. J. Technol. Dev.* **2016**, 4, 249–258.
16. Huu, T.D. Evaluation of water quality of a Blue Lake at An Son commune, Thuy Nguyen district, Hai Phong city by Water Quality Index (WQI), Trophic State Index (TSI) and Heavy Metal Pollution Index (HPI). *VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci.* **2017**, 1S, 45–54.
17. Sơn, C.T., et al. Đánh giá chất lượng nước một số sông trên địa bàn huyện Gia Lâm sử dụng chỉ số chất lượng nước–WQI. *TNU J. Sci. Technol.* **2019**, 7, 133–140.

18. Thanh, T.D. et al. The first step of application of water quality index (WQI) to assessment of sea water quality in the Gulf of Tonkin in 2018. *Vietnam J. Mar. Sci. Technol.* **2020**, 4B, 171–181.
19. Thanh, T.T. et al. Ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước mặt tại khu công nghiệp Phước Đông–Bờ Lồi, huyện Gò Dầu, tỉnh Tây Ninh. *Sci. J. Nat. Resour. Environ.* **2021**, 37, 107–119.
20. Trường, V.N.T.; Thùy, T.T.T. Ứng dụng chỉ số chất lượng nước (WQI) đánh giá biến động chất lượng nước mặt thành phố Quy Nhơn giai đoạn 2015–2020. *Sci. J. Nat. Resour. Environ.* **2022**, 40, 97–107.
21. Quan, T.M.; Thuy, T.T. Using Water Quality Index to evaluate surface water quality in the South of Binh Duong province. *Sci. Technol. Dev. J. Nat. Sci.* **2018**, 6, 118–127.
22. Giàu, V.T.N.; Tuyen, P.T.B.; Trung, N.H. Đánh giá biến động chất lượng nước mặt sông cần thơ giai đoạn 2010–2014 bằng phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI). *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2019**, CD Môi trường, 105–113.
23. Thuy, P.T.T. et al. Water quality assessment using water quality index: a case of the Ray River, Vietnam. *TNU J. Sci. Technol.* **2021**, 6, 38–47.
24. Quyết định số 1460/QĐ–TCMT về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN WQI).

Assessment of surface water quality using WQI index at flowing through Bao Dinh river, Tan An City

Nguyen Ngoc Trinh^{1*}, Nguyen Hoang Duc Thinh¹, Nguyen Thi Quynh Thu¹, Pham Thi Diem Phuong¹, Can Thu Van¹, Le Thi Kim Thoa¹

¹ Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment;
trinhnn@hcmunre.edu.vn; ntqthu@hcmunre.edu.vn; ptdphuong@hcmunre.edu.vn;
ctcan@hcmunre.edu.vn; ltkthoa@hcmunre.edu.vn

Abstract: Bao Dinh River is currently receiving a large number of pollutants due to population activities and economic development in the area. Water quality tends to worsen during the dry season months due to stagnant water from the operation of the sluices to prevent salinity from the Tien and Vam Co rivers. This study focuses on assessing surface water quality at flowing through Bao Dinh river, Tan An City using water quality index (WQI) in the period 2019–2021. WQI index in this study was calculated according to the formula with 3 groups of parameters: Group I: pH; group IV: DO, BOD₅, COD, N–NO₂⁻, N–NO₃⁻, NH₄⁺ P–PO₄³⁻ and group V: Coliform based on Decision No. 1460/QĐ–TCMT dated November 12, 2019 in Vietnam. The results show that surface water quality at monitoring sites in residential areas is more polluted than in other areas because these areas have higher levels of BOD₅, COD and Coliforms. Surface water quality in the dry season tends to be better than surface water quality in the rainy season.

Keywords: Tan An city; Water quality; WQI index; Bao Dinh river.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam

Trương Hồng Tiến^{1*}, Nguyễn Đình Đạt¹, Phạm Tường¹, Vũ Minh Thiện¹, Nguyễn Huy Phương¹, Nguyễn Trung Quân¹

¹ Văn phòng Thường trực Ủy ban sông Mê Công Việt Nam, 23 Hàng Tre, Hà Nội; thtien652004@gmail.com; dinhdat143@gmail.com; phamtuong307@gmail.com; vumthien@gmail.com; huyphuongmk@gmail.com; quantnn@gmail.com

*Tác giả liên hệ: thtien652004@gmail.com; Tel.: +84–981257395

Ban Biên tập nhận bài: 5/10/2022; Ngày phản biện xong: 20/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Đồng bằng sông Cửu Long có vị trí rất quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực quốc gia nhưng tài nguyên nước của vùng hiện đang phải đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức của biến đổi khí hậu và sự gia tăng sử dụng nước trong lưu vực. Hiện có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến tài nguyên nước vùng đồng bằng sông Cửu Long nhưng chưa có nghiên cứu cụ thể nào về an ninh nguồn nước được triển khai thực hiện. Mục tiêu của Nghiên cứu này là xây dựng và tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long. Kết quả cho thấy an ninh nguồn nước của đồng bằng sông Cửu Long không chỉ phụ thuộc vào các yếu tố nội tại liên quan đến công tác quản lý, khai thác sử dụng và bảo vệ tài nguyên nước ở đồng bằng, mà còn phụ thuộc rất lớn vào các yếu tố bên ngoài (tác động của các hoạt động phát triển ở thượng nguồn và sự hợp tác của hợp tác giữa các quốc gia trong lưu vực...). Bộ chỉ số được đề xuất sẽ giúp các nhà quản lý đánh giá tình hình an ninh nguồn nước, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến an ninh nguồn nước và đưa ra các giải pháp phù hợp nhằm sử dụng hiệu quả và bền vững tài nguyên nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: An ninh nguồn nước; Đồng bằng sông Cửu Long; Hạn hán; Lũ lụt; Xâm nhập mặn.

1. Giới thiệu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có vị trí rất quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực quốc gia nhưng tài nguyên nước của vùng hiện đang phải đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức của biến đổi khí hậu và sự gia tăng sử dụng nước trong lưu vực. Để giúp Chính phủ có những quyết sách phù hợp, mang tính chiến lược và dài hạn nhằm đảm bảo an ninh nguồn nước cho vùng ĐBSCL, qua đó góp phần đảm bảo an ninh lương thực không chỉ cho Việt Nam mà còn cho nhiều khu vực khác trên thế giới, trong những năm qua, đã có rất nhiều đề tài nghiên cứu của các chuyên gia trong nước và quốc tế liên quan đến tài nguyên nước và môi trường vùng ĐBSCL [1–3]. Phần lớn các nghiên cứu này tập trung vào đánh giá tác động của các hoạt động khai thác, sử dụng tài nguyên nước trên lưu vực và tác động của biến đổi khí hậu tới môi trường, kinh tế, xã hội của vùng, từ đó kiến nghị các giải pháp nhằm giảm thiểu tác động và bảo vệ tài nguyên nước vùng ĐBSCL. Tuy nhiên, những tác động này sẽ ảnh hưởng thế nào tới an ninh nguồn nước vùng ĐBSCL lại chưa được các nghiên cứu đề cập đến.

Hiện nay trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu về ANNN được triển khai thực hiện ở nhiều cấp độ khác nhau, cả theo ranh giới hành chính ở phạm vi toàn cầu [4–5], khu vực [6–7], quốc gia [8–9], và cấp tỉnh/thành phố [10–11], và theo ranh giới lưu vực [12–15]. Các nghiên cứu này đã xây dựng được các chỉ số ANNN và áp dụng tính toán cho các khu vực, nhưng hạn chế của các nghiên cứu liên quan đến nguồn nước quốc tế là chưa xem xét yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước trong các chỉ số. Ngoài ra, chưa có một nghiên cứu nào về an ninh nguồn nước được triển khai thực hiện cho các châu thổ của các lưu vực sông lưu vực sông quốc tế.

Tình hình cũng tương tự đối với các nghiên cứu ở trong nước. Trong thời gian qua cũng đã có một số nghiên cứu về an ninh nguồn nước được triển khai thực hiện [16–20] ở cấp độ lưu vực, tuy nhiên, các phân tích, đánh giá trong các nghiên cứu chỉ ở mức độ định tính [18–20]. Chỉ có hai nghiên cứu liên quan đến xây dựng bộ chỉ số ANNN cho lưu vực sông Hồng [16] và lưu vực sông Mã [17]. Tuy nhiên, mặc dù phạm vi nghiên cứu là các lưu vực sông quốc tế, nhưng các nghiên cứu này cũng không xem xét yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước trong các chỉ số an ninh nguồn nước.

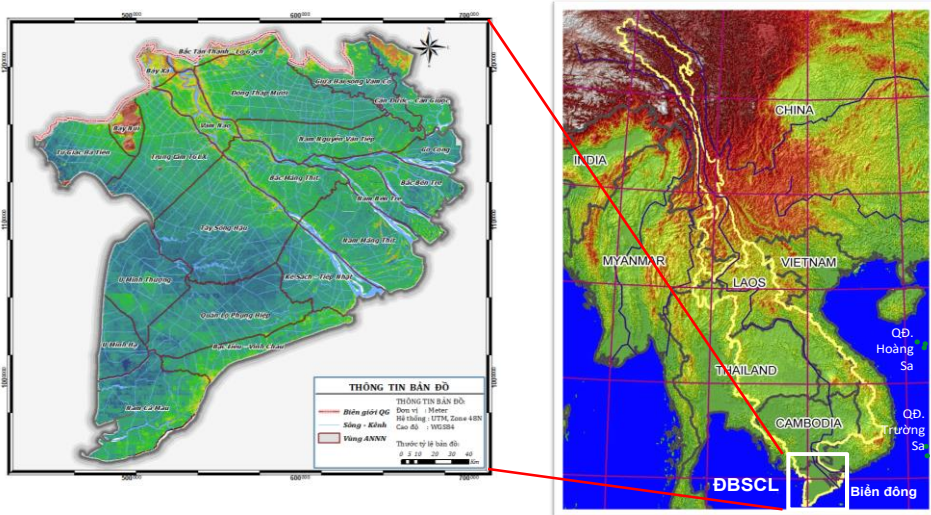
Thực tế trên đây cho thấy việc sử dụng kết quả của các nghiên cứu trước đây vào tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long là không khả thi. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là (i) xây dựng một khung chỉ số ANNN cho vùng đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam trên cơ sở xem xét tất cả các yếu tố đặc trưng liên quan của đồng bằng, bao gồm cả yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước, và (ii) áp dụng khung chỉ số để đánh giá tình hình an ninh nguồn nước cùng vùng.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu sử dụng

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Sông Mê Công là dòng sông quan trọng nhất vùng Đông Nam Á, chảy qua sáu quốc gia: Trung Quốc, Mi-an-ma, Lào, Thái Lan, Campuchia và Việt Nam với tổng chiều dài 4.763 km (thứ 12 thế giới) và tổng lượng dòng chảy năm khoảng 446 tỷ m³ (thứ 8 thế giới). Lưu vực sông Mê Công có diện tích khoảng 810.000 km² và là nơi sinh sống của hơn 70 triệu người, chủ yếu làm nghề nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản [21].

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) của Việt Nam là phần cuối cùng của sông Mê Công, bao gồm địa phận của 13 tỉnh, thành phố với tổng diện tích tự nhiên khoảng 3,96 triệu ha và là nơi sinh sống của trên 22% tổng dân số Việt Nam (Hình 1). Hằng năm, ĐBSCL tiếp nhận một lượng nước và phù sa rất lớn từ thượng nguồn sông Mê Công đổ về, ước tính khoảng 440 tỷ m³ nước/năm và 160–165 triệu tấn phù sa/năm [1]. Với tiềm năng nông nghiệp to lớn, ĐBSCL hiện đóng góp trên 50% tổng sản lượng lương thực và hơn 90% tổng sản lượng gạo xuất khẩu của cả nước. Lúa gạo Việt Nam không chỉ đảm bảo nguồn lương thực cho nhu cầu nội địa mà còn góp phần nuôi sống khoảng 40 triệu người ở các nước Châu Á và Châu Phi. Trong bối cảnh như vậy, việc đảm bảo an ninh nguồn nước cho vùng ĐBSCL để phục vụ sản xuất, phát triển kinh tế-xã hội luôn là vấn đề hết sức quan trọng, có ý nghĩa sống còn đối với sự phát triển toàn diện của vùng ĐBSCL nói riêng và của Việt Nam nói chung. Tuy nhiên, ĐBSCL hiện đang phải đối mặt với rất nhiều khó khăn, thách thức trong việc đảm bảo an ninh nguồn nước do sự phát triển kinh tế-xã hội làm gia tăng nhu cầu sử dụng nước trên toàn lưu vực, biến đổi khí hậu và nước biển dâng làm gia tăng xâm nhập mặn. Sự gia tăng của các hoạt động phát triển trên lưu vực (mở rộng diện tích tưới nông nghiệp và xây dựng các hồ chứa thủy điện...) sẽ gây ra những tác động to lớn tới chế độ dòng chảy hàng năm về ĐBSCL, làm cho nước ngọt ngày càng trở nên khan hiếm, mặn xâm nhập ngày càng sâu khiến sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và cấp nước sinh hoạt, công nghiệp... bị ảnh hưởng nghiêm trọng.

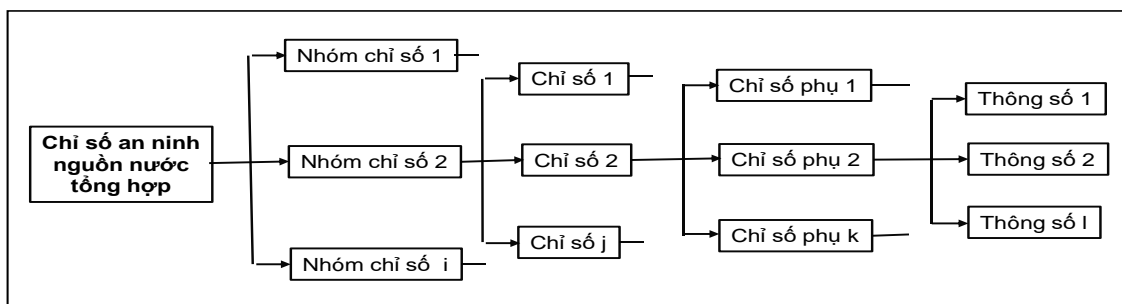


Hình 1. Bản đồ vị trí đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam.

2.2. Phương pháp xây dựng khung chỉ số an ninh nguồn nước

Năm 2013, Ủy ban về nước của Liên hợp quốc đã đưa ra khái niệm về ANNN. Theo đó, ANNN là khả năng tiếp cận nguồn nước của một cộng đồng dân cư với số lượng nước đầy đủ và chất lượng ở mức chấp nhận được nhằm duy trì sinh kế, sức khỏe con người, và phát triển kinh tế-xã hội, bảo đảm phòng chống ô nhiễm nguồn nước và các thiên tai liên quan đến nước và bảo tồn hệ sinh thái trong một môi trường hòa bình và ổn định chính trị [22]. Với khái niệm này, ANNN của một quốc gia, một khu vực chỉ được đảm bảo khi cộng đồng dân cư có đủ nguồn nước với chất lượng cần thiết và giá cả hợp lý để duy trì sinh kế, phục vụ nhu cầu cá nhân, phát triển kinh tế, xã hội và bảo tồn các hệ sinh thái [23].

Trên cơ sở định nghĩa về ANNN nêu trên và áp dụng các nguyên tắc SMART [24], bao gồm: (i) Số lượng chỉ số không quá nhiều, (ii) Kế thừa các chỉ số đã được các nghiên cứu trước đây phát triển và sử dụng rộng rãi, (iii) Phù hợp với điều kiện cụ thể của vùng nghiên cứu, (iv) Có tính đại diện tổng hợp, có độ nhạy cao và chỉ ra được các xu hướng biến đổi, và (v) Có thể tính toán được trên cơ sở thông tin số liệu hiện có, Nhóm nghiên cứu tiến hành xây dựng một Khung chỉ số ANNN cho vùng châu thổ, trong đó chỉ số an ninh nguồn nước tổng hợp cho vùng châu thổ được tổng hợp từ các chỉ số an ninh nguồn nước của các nhóm chỉ số. Các nhóm chỉ số này được lựa chọn trên cơ sở các yếu tố tác động đến an ninh nguồn nước và mỗi nhóm chỉ số lại bao gồm một hoặc nhiều chỉ số phụ. Mỗi chỉ số/chỉ số phụ được đo lường bằng một hoặc nhiều thông số [12]. Khung đánh giá chỉ số an ninh nguồn nước được trình bày ở Hình 2.



Hình 2. Khung chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước.

Bên cạnh việc kế thừa các chỉ số đã được xây dựng trước đây, Nhóm nghiên cứu đã phát triển thêm một số chỉ số mới để phản ánh các điều kiện đặc trưng của các vùng châu thổ. Trong quá trình xây dựng bộ chỉ số, Nhóm nghiên cứu đã tổ chức nhiều hội thảo tham vấn để xin ý kiến góp ý của các chuyên gia, các nhà khoa học và các bên liên quan.

2.3. Khung chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long

Khung chỉ số ANNN có vùng đồng bằng sông Cửu Long được xây dựng trên cơ sở kế thừa các khung chỉ số đã được phát triển trước đây [10, 12, 16, 17, 25] và các điều kiện đặc trưng nhất của vùng châu thổ, đặc biệt là yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước quốc tế. Theo đó, khung chỉ số ANNN của vùng đồng bằng sông Cửu Long bao gồm nhiều chỉ số đảm bảo ANNN của khu vực, nhưng để khả thi và hiệu quả trong đánh giá, Nhóm nghiên cứu đã lựa chọn 26 chỉ số (bao gồm 21 chỉ số chính và 5 chỉ số phụ), và chia thành 6 nhóm chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước, cấp nước sinh hoạt, phát triển các ngành kinh tế, công tác phòng chống rủi ro, thiên tai do nước gây ra, bảo vệ môi trường sinh thái, và quản lý tài nguyên nước. Dựa trên các số thông tin, số liệu thu thập được về vùng nghiên cứu, Nhóm nghiên cứu đã lựa chọn các thông số và phương pháp tính toán phù hợp cho từng chỉ tiêu cụ thể. Bảng 1 trình bày kết quả lựa chọn các Nhóm chỉ số/chỉ số ANNN, các thông số và phương pháp tính toán các chỉ số ANNN cho vùng ĐBSCL.

Bảng 1. Tổng hợp các nhóm chỉ số, chỉ số ANNN cho đồng bằng sông Cửu Long.

STT	Chỉ số	Chỉ số phụ	Thông số	Đơn vị	Cách tính
I. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước đến, WSI (1)					
1	WSI (1,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ sẵn có của nguồn nước		Tổng lượng nước đến (bao gồm cả trữ lượng khai thác nước ngầm)	m ³ /người/năm	Tổng tài nguyên nước đến /tổng dân số khu vực [10, 26]
2	WSI (1,2)-Chỉ số ANNN dựa vào khả năng chống chịu với biến đổi nguồn nước	WSI (1,2.1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ biến đổi nguồn nước trong năm	Hệ số biến đổi của dòng chảy trong năm		$C_v = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}}{n - 1}$ Trong đó, C _v : Hệ số biến đổi dòng chảy trong năm và nhiều năm, K _i : Hệ số mô đun tháng/năm thứ i và n: Tổng số tháng/năm tính toán [7]
		WSI (1,2.2)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ biến đổi nguồn nước trong nhiều năm	Hệ số biến đổi của dòng chảy trong nhiều năm		
3	WSI (1,3)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài	WSI (1,2.3)-Chỉ số ANNN dựa vào khả năng trữ nước của các công trình (bao gồm cả trữ lượng nước ngầm)	Số ngày đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các công trình trữ nước	ngày	(Tổng dung tích lưu trữ các hồ chứa và trữ lượng nước ngầm có thể khai thác)/Tổng nhu cầu sử dụng nước trong một ngày [11]
			Tỷ lệ nguồn nước đến từ nước ngoài	%	(Lượng nước đến từ nước ngoài/tổng lượng nước sẵn có)*100% [7]
II. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân cư, WSI (2)					
4	WSI (2,1) - Chỉ số ANNN dựa vào mức độ cung cấp nước sạch cho dân cư		Tỷ lệ người dân được sử dụng nước từ các công trình cấp nước đạt tiêu chuẩn	%	(Số dân tiếp cận được với nguồn nước hợp vệ sinh/tổng số dân trong khu vực)*100% [25, 27]
5	WSI (2,2)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ cung cấp nước sạch của hệ thống cấp nước tập trung		Tỷ lệ người dân được sử dụng nước từ các công trình cấp nước tập trung	%	(Số dân tiếp cận được với nguồn nước sạch từ hệ thống cấp nước tập trung/tổng số dân trong khu vực)*100% [25]
6	WSI (2,3)-Chỉ số ANNN dựa vào hiệu quả của hệ thống cấp nước tập trung		Tỷ lệ tổn thất nước của các công trình nước tập trung	%	(Lượng nước tổn thất/Tổng lượng nước cấp của các công trình nước sạch)*100% [17]
7	WSI (2,4)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ bảo vệ vệ sinh nguồn nước		Tỷ lệ số hộ gia đình có hố xí hợp vệ sinh	%	(Số hộ gia đình có hố xí hợp vệ sinh/Tổng số hộ gia đình)*100% [17]
8	WSI (2,5)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ chi phí cho mua nước sinh hoạt		Tỷ lệ phần trăm tiền mua nước sinh hoạt so với thu nhập của người dân	%	(Chi phí phải chi trả trung bình một năm cho tiền nước sinh hoạt/thu nhập bình quân đầu người)*100% [25]
III. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến các ngành kinh tế, WSI (3)					
9	WSI (3,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ khai thác sử dụng nước của các ngành kinh tế		Tỷ lệ phần trăm lượng nước sử dụng cho các ngành kinh tế (có tiêu hao) so với tổng lượng nước có thể khai thác sử dụng	%	(Tổng lượng nước sử dụng cho các ngành kinh tế có tiêu hao / Tổng lượng nước có thể khai thác sử dụng)*100% [17]
10	WSI (3,2)-Chỉ số ANNN liên quan đến ngành nông nghiệp	WSI (3,2.1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ đáp ứng nhu cầu tưới	Tỷ lệ diện tích được tưới so với tổng diện tích cần được tưới	%	(Diện tích được tưới/tổng diện tích cần được tưới)*100% [7]
		WSI (3,2.2)-Chỉ số ANNN dựa vào hiệu quả sử dụng nước trong nông nghiệp	Hiệu quả sử dụng nước trong ngành nông nghiệp	USD/m ³	Tổng giá trị sản phẩm trong nước của ngành nông nghiệp/tổng lượng nước sử dụng trong nông nghiệp [7]
11	WSI (3,3)-Chỉ số ANNN liên quan đến ngành giao thông thủy		Thời gian không đảm bảo lưu thông thuyền	Ngày	Dựa vào kết quả so sánh độ sâu mực nước trung bình ngày với độ sâu yêu cầu ứng với cấp kỹ thuật của tuyến và tổng số ngày không đảm bảo yêu cầu kỹ thuật.
12	WSI (3,4)-Chỉ số ANNN liên quan đến ngành công nghiệp		Hiệu quả sử dụng nước trong ngành công nghiệp	USD/m ³	Tổng giá trị sản phẩm trong nước của ngành công nghiệp/tổng lượng nước sử dụng trong công nghiệp [7]
IV. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến rủi ro, thiệt hại do thiên tai, WSI (4)					
13	WSI (4,1)-Chỉ số ANNN dựa vào khả năng ứng phó thiên tai		Tiền lực kinh tế của người dân	USD/người/năm	Thu nhập bình quân đầu người (GDP) [17]
14	WSI (4,2)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do hạn hán		Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị hạn	%	(Diện tích đất canh tác bị hạn/Tổng diện tích đất canh tác)*100% [12]
15	WSI (4,3)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do lũ lụt		Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị lũ lụt	%	(Diện tích đất canh tác bị lũ lụt/Tổng diện tích đất canh tác)*100% [12]
16	WSI (4,4)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do xâm nhập mặn		Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị xâm nhập mặn	%	(Diện tích đất canh tác bị xâm nhập mặn/Tổng diện tích đất canh tác)*100%
V. Nhóm chỉ số ANNN cho bảo vệ môi trường, hệ sinh thái, WSI (5)					
17	WSI (5,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ duy trì nước cho môi trường và hệ sinh thái		Chênh lệch của lưu lượng trên sông so với lưu lượng của dòng chảy tự nhiên tháng nhỏ nhất chấp nhận được trong từng tháng mùa khô	%	(Chênh lệch của dòng chảy trên sông/dòng chảy tự nhiên tháng nhỏ nhất chấp nhận được trong từng tháng mùa khô)*100%
18	WSI (5,2)-Chỉ số ANNN dựa vào kết quả đánh giá chất lượng nước		Chỉ số chất lượng nước (WQI) cho môi trường, hệ sinh thái		Phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước [17, 28, 29]
19	WSI (5,3)-Chỉ số ANNN dựa vào ảnh hưởng của phát triển thượng nguồn		Mức độ tác động của các hoạt động phát triển vùng thượng nguồn		Mô hình toán [2,3]
VI. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến quản lý tài nguyên nước ở ĐBSCL và hợp tác quốc tế trong LVSMC, WSI (6)					
20	WSI (6,1)-Chỉ số ANNN dựa vào kết quả quản lý tài nguyên nước ở ĐBSCL		Kết quả thực hiện QLTHTN và QLLVS ở các vùng đồng bằng châu thổ		Đánh giá dựa vào cơ sở luật pháp, trình độ và kết quả thực hiện QLTHTN và QLTHVS tại các vùng đồng bằng châu thổ (Y kiến chuyên gia)
21	WSI (6,2)-Chỉ số ANNN dựa vào kết quả hợp tác quốc tế		Kết quả hợp tác quốc tế về quản lý tài nguyên nước trong lưu vực		Đánh giá dựa vào kết quả của các cơ chế hợp tác giữa các quốc gia trong lưu vực (Y kiến chuyên gia)

Thông tin, số liệu được sử dụng để tính toán các chỉ số an ninh nguồn nước được thu thập từ Tổng cục thống kê, các sở, ban, ngành của các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long và các Viện nghiên cứu liên quan. Ngoài ra, Nhóm nghiên cứu cũng sử dụng một số thông tin từ quy hoạch vùng đồng bằng sông Cửu Long, các quy hoạch chuyên ngành và một số nghiên cứu trước đây, đồng thời tiến hành điều tra, khảo sát, phỏng vấn các chuyên gia và các nhà khoa học.

2.4. Chuẩn hóa các chỉ số an ninh nguồn nước

Chuẩn hóa các chỉ số là bước quan trọng của quá trình ra quyết định nhằm chuyển đổi các thành phần được đo lường bằng các đơn vị khác nhau thành một thang đo và đơn vị chung để có thể so sánh được với nhau. Kết quả của việc chuẩn hóa sẽ phản ánh tình trạng và giá trị mong muốn của mỗi chỉ số. Để có thể chuẩn hóa các chỉ số, trước hết trên cơ sở thông tin, số liệu sẵn có đã thu thập được, tiến hành tính toán các thông số một cách định lượng hoặc định tính.

Các thông số này sau đó sẽ được chuẩn hóa với thang điểm (ngưỡng) từ 1 tới 5 thông qua việc sử dụng các kết quả của các nghiên cứu trước đây (nếu có), suy luận lô gíc hoặc tham khảo ý kiến của các chuyên gia, các nhà khoa học. Ví dụ, Ngân hàng Phát triển Châu Á [6] kiến nghị các thang điểm 1, 2, 3, 4, và 5 để đo lường hiệu quả sử dụng nước của ngành công nghiệp, tương ứng với các giá trị là 0–2,1; 2,1–5,5; 5,5–20; 20–50; và > 50 USD/m³ nước sử dụng. Trong nghiên cứu này, Nhóm tác giả đã sử dụng một số thang điểm của các nghiên cứu trước đây [10, 17, 25]. Đối với các chỉ số mới có tính chất đặc trưng cho vùng đồng bằng sông Cửu Long, Nhóm tác giả đã phát triển và tham khảo ý kiến của các nhà quản lý, các chuyên gia và các nhà khoa học về các lĩnh vực quản lý và phát triển tài nguyên nước, cấp nước sinh hoạt, bảo vệ môi trường. Bảng 2 sẽ tổng hợp thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN của vùng ĐBSCL.

Tiếp theo, chỉ số của nhóm chỉ số được tính theo phương pháp trọng số trên cơ sở của điểm số của các chỉ số ANNN và được xác định theo công thức sau:

$$WSI_i = \frac{\sum_{j=1}^m v_j WSI_{i,j}}{v} \quad (1)$$

Trong đó WSI_i là chỉ số ANNN của nhóm chỉ số thứ i ; $WSI_{i,j}$ là điểm số của chỉ số thứ j của nhóm thứ i ; i là số thứ tự của nhóm; j là số thứ tự của chỉ số; m là tổng số chỉ số ANNN của nhóm; v_j là trọng số chỉ số thứ j ; và v là tổng trọng số của nhóm chỉ số.

Cuối cùng, chỉ số ANNN cho toàn vùng châu thổ sẽ được tổng hợp từ các chỉ số ANNN của các nhóm chỉ số theo công thức sau:

$$WSI = \frac{\sum_{i=1}^n w_i WSI_i}{w} \quad (2)$$

Trong đó WSI là chỉ số ANNN vùng; WSI_i là chỉ số ANNN của nhóm chỉ số thứ i ; n là tổng số các nhóm chỉ số; w_i là trọng số của nhóm chỉ số thứ i ; và w là tổng trọng số của các nhóm chỉ số ANNN.

2.5. Cơ sở xác định các trọng số của các chỉ số

Trong nghiên cứu này, các trọng số của các chỉ số hoặc nhóm chỉ số được xác định bằng phương pháp phân tích lô gíc trên cơ sở đặc điểm và điều kiện của từng vùng châu thổ, kết hợp với tham khảo ý kiến của các chuyên gia, các nhà khoa học [17]. Ngoài ra, cũng có thể tham khảo, sử dụng các trọng số đã được sử dụng bởi các nghiên cứu trước đây. Theo đó, về nguyên tắc mỗi nhóm chỉ số, chỉ số hay chỉ số phụ sẽ đóng một vai trò nhất định trong việc đảm bảo ANNN của vùng ĐBSCL nên sẽ có mức độ và tầm quan trọng khác nhau. Tuy nhiên, do các chỉ số trong một nhóm chỉ số có tính chất giống nhau nên các trọng số được chọn bằng nhau [12, 17].

Đối với các nhóm chỉ số, các trọng số được chọn như sau: (i) Ba nhóm chỉ số ANNN (liên quan đến nguồn nước đến, cung cấp nước sạch cho dân cư và sử dụng nước cho các ngành kinh tế) có ảnh hưởng trực tiếp đến việc đảm bảo ANNN cho vùng thì trọng số của mỗi nhóm được chọn là 0,2; (ii) Nhóm chỉ số ANNN cho bảo vệ môi trường, hệ sinh thái có ảnh hưởng gián tiếp và có tầm quan trọng cao đến việc đảm bảo ANNN nên có trọng số là 0,15; và (iii) Hai nhóm chỉ số ANNN (liên quan đến rủi ro, thiệt hại do thiên tai, và quản lý tài nguyên nước) có mức độ ảnh hưởng gián tiếp đến việc đảm bảo ANNN nên có trọng số là 0,125. Tổng các trọng số của 6 nhóm chỉ số là 1.

Bảng 2. Tổng hợp thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN của vùng ĐBSCL.

STT	Ký hiệu chỉ số	Thông số	Đơn vị	1 (rất thấp)	2 (thấp)	3 (trung bình)	4 (cao)	5 (rất cao)	Tham khảo
I. Thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước đến									
1	WSI (1,1)	Tổng lượng nước đến bình quân đầu người	m ³ /người/năm	< 500	500 - 800	800 - 1000	1000-1700	> 1700	[10]
2	WSI (1,2,1)	Hệ số biến đổi dòng chảy trong năm		> 0,4	0,4-0,31	0,3-0,21	0,2-0,1	< 0,1	[17]
3	WSI (1,2,2)	Hệ số biến đổi dòng chảy trong nhiều năm		> 0,4	0,4-0,31	0,3-0,21	0,2-0,1	< 0,1	[17]
4	WSI (1,2,3)	Số ngày đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các công trình trữ nước	Ngày	< 1	1-15	16-30	31-60	> 60	Nhóm nghiên cứu
5	WSI (1,3)	Tỷ lệ nguồn nước đến từ nước ngoài	%	> 60	60-40	40-20	20-10	< 10	[10]
II. Thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN cho cấp nước sinh hoạt									
6	WSI (2,1)	Tỷ lệ người dân được sử dụng nước từ các công trình cấp nước đạt tiêu chuẩn	%	< 40	40-60	61-80	81-90	91-100	[17]
7	WSI (2,2)	Tỷ lệ người dân được sử dụng nước từ các công trình cấp nước tập trung	%	< 60	60-70	71-80	81-90	91-100	[17]
8	WSI (2,3)	Tỷ lệ tổn thất nước của các công trình nước tập trung	%	> 40	40-31	30-21	20-5	< 5	[17]
9	WSI (2,4)	Tỷ lệ hộ gia đình có hố xí hợp vệ sinh	%	< 60	60-70	71-80	81-90	91-100	[17]
10	WSI (2,5)	Tỷ lệ chi phí cho nước sinh hoạt so với tổng thu nhập của người dân	%	> 2,1	2,1-1,21	1,2-0,81	0,8-0,5	< 0,5	Nhóm nghiên cứu
III. Thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN cho các ngành kinh tế									
11	WSI (3,1)	Tỷ lệ nước sử dụng cho các ngành kinh tế so với tổng lượng nước có thể khai thác sử dụng	%	> 70	70-41	40-31	30-20	<20	[17]
12	WSI (3,2,1)	Tỷ lệ diện tích được tưới	%	< 60	60-75	76-85	86-95	96-100	Nhóm nghiên cứu
13	WSI (3,2,2)	Hiệu quả sử dụng nước trong nông nghiệp	USD/m ³	< 0,1	0,1-0,2	0,2-0,35	> 0,35-1	> 1	[17]
14	WSI (3,3)	Thời gian không đảm bảo lưu thông thuyền	Ngày	> 7	5-7	3-4	1-2	< 1	Nhóm nghiên cứu
15	WSI (3,4)	Hiệu quả sử dụng nước trong công nghiệp	USD/m ³	<2,0	2-5,5	5,6-20	21-50	> 50	[17]
IV. Thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN cho phòng chống thiên tai									
16	WSI (4,1)	Tiền lực kinh tế của người dân	USD/người/năm	< 516	516-1.035	1.035-4.085	4.085-12.614	12.614	[17]
17	WSI (4,2)	Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị hạn	%	> 40	40-21	20-11	10-5	<5	[17]
18	WSI (4,3)	Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị lũ lụt	%	> 40	40-21	20-11	10-5	<5	Nhóm nghiên cứu
19	WSI (4,4)	Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị mặn	%	> 40	40-21	20-11	10-5	<5	Nhóm nghiên cứu
V. Thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN cho bảo vệ môi trường và hệ sinh thái									
20	WSI (5,1)	Chênh lệch của lưu lượng trên sông so với lưu lượng của dòng chảy tự nhiên tháng nhỏ nhất chấp nhận được trong mùa khô	%	< (-20)	(-20)-0	0-5	6-20	> 20	Nhóm nghiên cứu
21	WSI (5,2)	Chỉ số chất lượng nước (WQI) cho môi trường, hệ sinh thái		0-25	26-50	51-75	76-90	91-100	[17]
22	WSI (5,3)	Mức độ tác động của phát triển thương nguồn		Tất cả ĐĐ TQ & đồng nhánh + 11 HLV + Chuyển nước	Tất cả ĐĐ TQ & đồng nhánh + 9 HLV trên kratie	Mức phát triển như năm 2018	Chỉ phát triển ĐĐ đồng nhánh	Không phát triển	Nhóm nghiên cứu
VI. Thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN liên quan đến QLTNN ở ĐBSCL và LVSMC									
23	WSI (6,1)	Kết quả thực hiện QLTNN ở ĐBSCL		Quản lý theo phương thức truyền thống, chưa chuyển đổi sang QLHTNN và QLTHLV	Bước đầu thực hiện QLHTNN và QLTHLV nhưng chưa có kết quả gì đáng kể	Đã đẩy mạnh thực hiện QLHTNN và QLTHLV, đã có TCLVS và bước đầu đi vào hoạt động	TCLVS có cơ cấu tổ chức phù hợp, kết quả thực hiện QLHTNN và QLTHLV tương đối tốt	TCLVS có cơ cấu tổ chức phù hợp, kết quả thực hiện QLHTNN và QLTHLV rất tốt	Nhóm nghiên cứu
24	WSI (6,2)	Kết quả hợp tác QLTNN ở LVSMC		Chưa có cơ chế hợp tác song phương và đa phương	Mới có cơ chế hợp tác đa phương nhưng hiệu quả hợp tác còn thấp	Đã có cơ chế hợp tác đa phương và song phương, nhưng cơ sở luật pháp và thể chế hợp tác còn chưa đầy đủ, có kết quả hợp tác nhất định	Có đầy đủ cơ chế hợp tác đa phương và song phương, cơ sở luật pháp và thể chế hợp tác phù hợp, hoạt động rất hiệu quả	Có đầy đủ cơ chế hợp tác đa phương và song phương phù hợp, hoạt động rất hiệu quả	Nhóm nghiên cứu

2.6. Phân cấp mức độ đảm bảo an ninh nguồn nước

Kết quả tính toán các điểm số về chỉ số ANNN sẽ được sử dụng để đo lường mức độ an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ. Mức đảm bảo ANNN được chia thành 5 mức từ 1 đến 5 như ở Bảng 3 [10].

3. Kết quả và thảo luận về tình hình ANNN của vùng ĐBSCL

Để đảm bảo độ chính xác trong đánh giá, Nhóm nghiên cứu chia ĐBSCL thành 22 tiểu vùng nhỏ. Ranh giới các tiểu vùng được xác định trên cơ sở xem xét cách phân vùng trong Quy hoạch vùng ĐBSCL thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050 và Quy hoạch thủy lợi đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn 2012–2020 và định hướng đến năm 2050 trong điều kiện biến đổi khí hậu, nước biển dâng [30–31], và đảm bảo có thể tính toán cân bằng nước

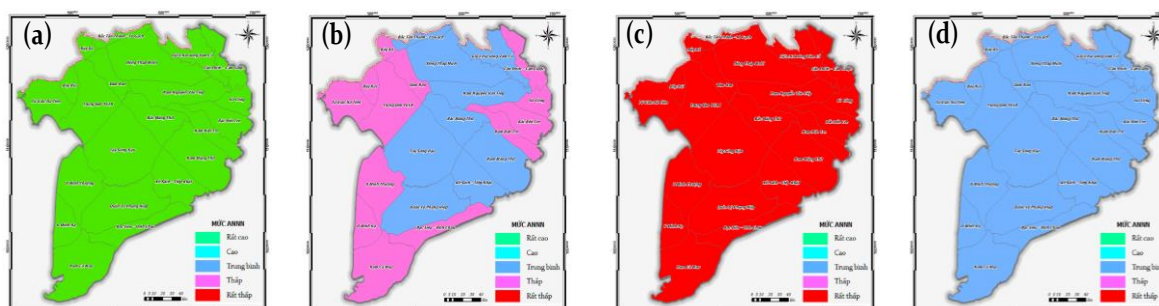
cho từng tiểu vùng. Năm 2018 (là năm có nguồn nước đến gần với giá trị trung bình nhiều năm) được chọn để đánh giá ANNN của vùng ĐBSCL.

Bảng 3. Phân cấp mức độ đảm bảo ANNN của các chỉ số.

STT	Thang điểm	Mức độ bảo đảm ANNN	Mức độ bảo đảm ANNN của chỉ số
1	< 1,5	Rất thấp	Khu vực có mức độ an toàn rất thấp đối với hầu hết các khía cạnh của an ninh nước. Khu vực bị ảnh hưởng rất nghiêm trọng bởi các vấn đề liên quan đến nước. Ngoài ra, việc quản lý và quản trị tài nguyên nước trong khu vực cũng không hiệu quả.
2	1,5–2,5	Thấp	Khu vực không an toàn đối với hầu hết các khía cạnh của an ninh nước. Khu vực bị ảnh hưởng bởi một số vấn đề liên quan đến nước. Cần tăng cường quản lý và quản trị tài nguyên nước trong khu vực.
3	2,5–3,5	Trung bình	ANNN của khu vực đạt yêu cầu đối với các khía cạnh của ANNN, tuy vẫn còn tồn tại một số vấn đề liên quan đến nước. Đã có các công cụ quản lý và quản trị tài nguyên nước nhưng vẫn chưa thực sự đem lại các kết quả như mong đợi.
4	3,5–4,5	Cao	Khu vực có mức độ an toàn cao đối với hầu hết các khía cạnh của an ninh nước. Hầu như không có bất kỳ vấn đề gì liên quan đến nước trong khu vực. Các công cụ quản lý và quản trị tài nguyên nước đã và đang đem lại hầu hết các kết quả như mong đợi.
5	> 4,5	Rất cao	Khu vực có độ an toàn rất cao đối với tất cả các khía cạnh của an ninh nguồn nước. Không có các vấn đề nào liên quan đến nước trong khu vực. Các công cụ quản lý và quản trị tài nguyên nước đã và đang đem lại các kết quả như mong đợi.

3.1. Nhóm chỉ số liên quan đến nguồn nước đến vùng ĐBSCL

Kết quả tính toán thể hiện ở Hình 3 cho thấy mức độ sẵn có của nguồn nước tại tất cả các tiểu vùng đều đạt ở mức rất cao (Hình 3a). Lượng nước trung bình đầu người hằng năm tại các tiểu vùng đạt từ 20.000–24.000 m³/người/năm, lớn hơn rất nhiều so với ngưỡng đảm bảo an ninh nguồn nước ở mức rất cao của thế giới (1.700 m³/người/năm) [32]. Tuy nhiên, nguồn nước tại các tiểu vùng đều phụ thuộc rất lớn vào nguồn nước đến từ thượng nguồn sông Mê Công (chiếm khoảng hơn 90%, Hình 3b). Bên cạnh đó, nguồn nước cũng phân bố không đồng đều giữa các tháng trong năm (chỉ số Cv ~ 0,8) và thay đổi qua các năm (Cv = 0,18–0,22). Tổng dung tích trữ nước của các sông, kênh, rạch không lớn so với nhu cầu dùng nước nên khả năng chống chịu với biến đổi nguồn nước tại các tiểu vùng chỉ đạt ở mức thấp (tại hầu hết các tiểu vùng tiếp giáp với biển) đến trung bình (Hình 3c). Chỉ số tổng hợp ANNN liên quan đến nguồn nước đến năm 2018 tại các tiểu vùng nằm trong khoảng từ 2,73–2,96 nên đạt mức an ninh trung bình (Hình 3d).



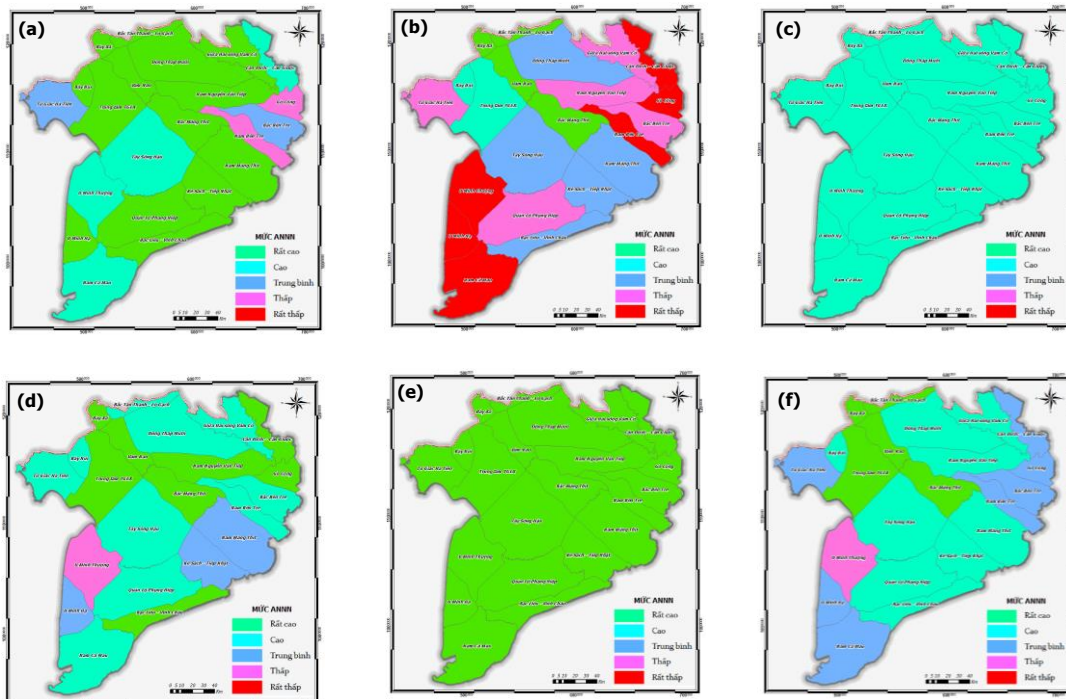
Hình 3. Bản đồ chỉ số ANNN dựa vào (a) mức độ sẵn có của nguồn nước, (b) khả năng chống chịu với biến đổi nguồn nước, (c) mức độ phụ thuộc vào nguồn nước ngoài, và (d) Bản đồ tổng hợp của nhóm chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước đến năm 2018 của các tiểu vùng.

3.2. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân cư

Hình 4a cho thấy 18 trong tổng số 22 tiểu vùng có tỷ lệ người dân tiếp cận được với nguồn nước sạch đạt mức cao và rất cao. Tuy nhiên, chỉ có 6 tiểu vùng có tỷ lệ dân số tiếp cận được với nguồn nước sạch từ hệ thống cấp nước tập trung đạt ở mức cao và rất cao, trong

khi có tới 11 tiểu vùng có tỷ lệ thấp và rất thấp (nhỏ hơn 60–70%, Hình 4b). Mặc dù vậy, hiệu quả khai thác và vận hành các công trình cấp nước tập trung này rất cao (Hình 4c) với tỷ lệ tổn thất nước dưới 15% ở tất cả các tiểu vùng. 18/22 tiểu vùng có tỷ lệ số hộ gia đình có hố xí hợp vệ sinh đạt ở mức cao và rất cao, chỉ có 3 tiểu vùng nằm ở mức trung bình (U Minh Hạ, Nam Măng Thít và Kế Sách–Tiếp Nhật) và 1 tiểu vùng ở mức thấp (U Minh Thượng) (Hình 4d). Mức chi trả tiền nước sinh hoạt của người dân ở mức tương đối thấp (từ 17.000–25.000 đồng/người/tháng), bằng khoảng từ 0,5–1% của thu nhập trung bình của người dân nên mức độ bảo đảm ANNN của chỉ số này ở mức cao và rất cao tại tất cả các tiểu vùng (Hình 4e).

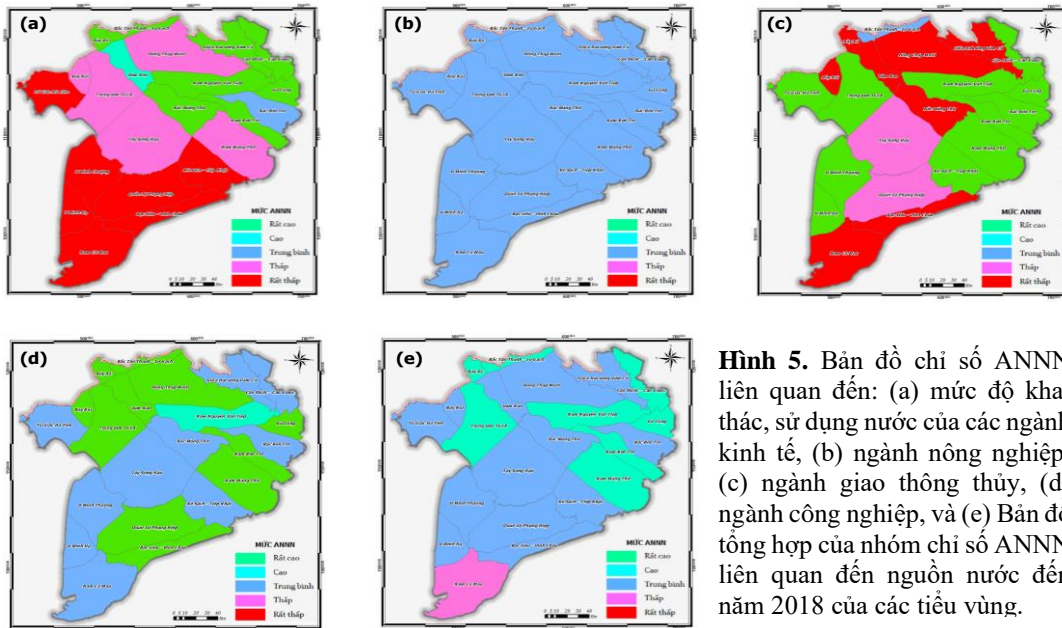
Chỉ số tổng hợp ANNN liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân cư được thể hiện tại Hình 4f cho thấy các tiểu vùng nằm dọc theo các sông Tiền và sông Hậu đều có chỉ số ANNN nằm ở mức cao và rất cao (12 tiểu vùng), các tiểu vùng nằm cách xa hai sông này chỉ đạt ở mức trung bình (8 tiểu vùng) và thấp (2 tiểu vùng). Các tiểu vùng nằm ở mức an ninh trung bình và thấp có số lượng các nhà máy cấp nước tập trung đã được xây dựng rất hạn chế do các tiểu vùng này nằm cách xa nguồn nước của sông Tiền và sông Hậu nên chi phí xây dựng và vận hành ở mức rất cao, trong khi việc huy động nguồn vốn còn gặp nhiều khó khăn.



Hình 4. Bản đồ chỉ số ANNN dựa vào: (a) mức độ cung cấp nước sạch cho dân cư; (b) mức độ cung cấp nước sạch của các công trình cấp nước tập trung; (c) mức độ tổn thất của các công trình cấp nước tập trung; (d) mức độ bảo vệ vệ sinh nguồn nước; (e) mức độ chi phí cho nước sinh hoạt; và (f) Bản đồ tổng hợp của nhóm chỉ số ANNN liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân cư năm 2018 của các tiểu vùng.

3.3. Nhóm chỉ số liên quan đến các ngành kinh tế

Chỉ số ANNN liên quan đến các ngành kinh tế năm 2018 và các chỉ số phụ được thể hiện tại Hình 5. 50% số tiểu vùng có mức độ sử dụng nước cao, chủ yếu là các tiểu vùng nằm giáp biển và cách xa sông Mê Công (Hình 5a), trong đó nông nghiệp và giao thông thủy là 2 ngành sử dụng nước lớn nhất. Trong khi mức đảm bảo ANNN cho ngành nông nghiệp đạt ở mức trung bình tại tất cả tiểu vùng (Hình 5b) thì mức đảm bảo ANNN cho ngành giao thông thủy lại khác nhau giữa các tiểu vùng (Hình 5c) với 10/22 tiểu vùng có mức đảm bảo thấp và rất thấp. Nguyên nhân chính được xác định là do các sông, kênh tại các tiểu vùng này bị bồi lắng nhiều, trong khi kinh phí nạo vét còn hạn chế. ANNN đối với ngành công nghiệp có mức độ đảm bảo tốt hơn so với 2 ngành nông nghiệp và giao thông thủy (Hình 5d).



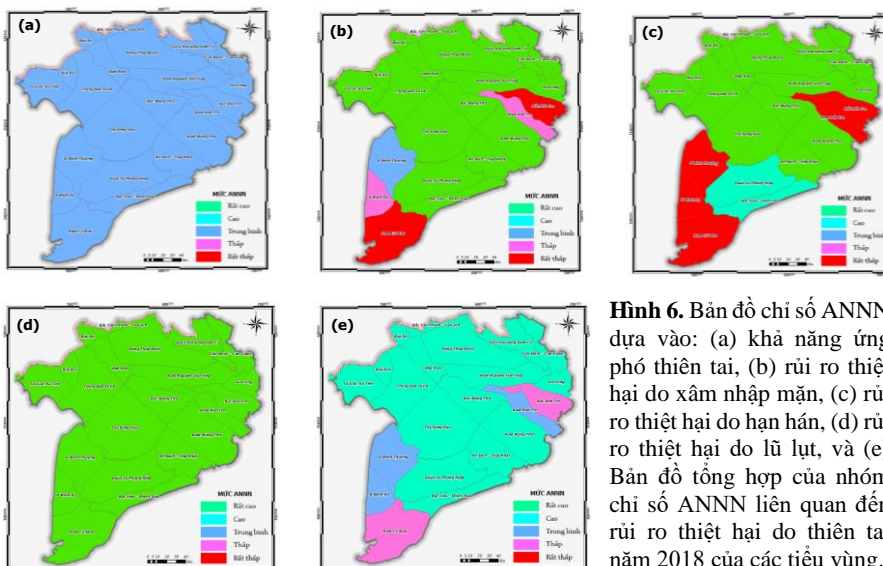
Hình 5. Bản đồ chỉ số ANNN liên quan đến: (a) mức độ khai thác, sử dụng nước của các ngành kinh tế, (b) ngành nông nghiệp, (c) ngành giao thông thủy, (d) ngành công nghiệp, và (e) Bản đồ tổng hợp của nhóm chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước đến năm 2018 của các tiểu vùng.

Chỉ số tổng hợp ANNN liên quan đến các ngành kinh tế tại các tiểu vùng được thể hiện tại Hình 5e cho thấy đa số các tiểu vùng có mức độ bảo đảm ANNN ở mức trung bình (13 tiểu vùng) và ở mức cao (8 tiểu vùng), chỉ có 1 tiểu vùng (Nam Cà Mau) nằm ở mức thấp.

3.4. Nhóm chỉ số liên quan đến các rủi ro thiệt hại do thiên tai

3.3.4. Nhóm chỉ số liên quan đến các rủi ro thiệt hại do thiên tai

Kết quả khảo sát cho thấy thu nhập bình quân đầu người tại các tiểu vùng giao động trong khoảng 1.600–2.250 USD/người/năm. Với mức thu nhập này thì khả năng ứng phó thiên tai của người dân đạt ở mức trung bình (Hình 6a). Năm 2018 tình hình xâm nhập mặn chỉ xảy ra ở 5 tiểu vùng giáp biển (Hình 6b) do hệ thống thủy lợi ở những tiểu vùng này hiện vẫn chưa được khép kín. Bên cạnh đó, 3 tiểu vùng U Minh Thượng, U Minh Hạ và Nam Cà Mau lại hoàn toàn không nhận được sự bổ sung nguồn nước từ sông Tiền và sông Hậu. Đây cũng là nguyên nhân chính xảy ra hạn hán ở mức rất cao tại những tiểu vùng này (Hình 6c). ĐBSCL hiện nay đã hình thành hệ thống đê bao với tổng chiều dài khoảng 13.000 km, trong đó có 7.000 km bờ bao ven các kênh rạch nội đồng để ngăn mặn, triều cường và sóng bão cho vùng ven biển, và chống lũ tháng 8 nhằm bảo vệ lúa hè thu. Vì vậy, với năm nước trung bình như năm 2018, toàn bộ 22 tiểu vùng không xảy ra tình trạng lũ lụt (Hình 6d).

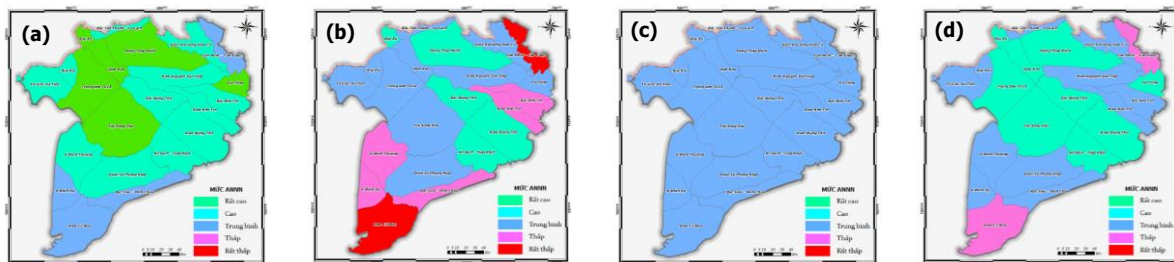


Hình 6. Bản đồ chỉ số ANNN dựa vào: (a) khả năng ứng phó thiên tai, (b) rủi ro thiệt hại do xâm nhập mặn, (c) rủi ro thiệt hại do hạn hán, (d) rủi ro thiệt hại do lũ lụt, và (e) Bản đồ tổng hợp của nhóm chỉ số ANNN liên quan đến rủi ro thiệt hại do thiên tai năm 2018 của các tiểu vùng.

Chỉ số tổng hợp ANNN liên quan đến rủi ro, thiệt hại do thiên tai tại các tiểu vùng được thể hiện tại Hình 6e cho thấy chỉ có 5 tiểu vùng có chỉ số ANNN ở mức thấp đến trung bình, các tiểu vùng còn lại đều nằm ở mức cao. Tiểu vùng Nam Cà Mau nằm giáp biển và không có hệ thống thủy lợi kết nối với sông Hậu nên thường xuyên xảy ra tình trạng hạn hán và xâm nhập mặn (kể cả những năm mưa nhiều). Tiểu vùng Bắc Bến Tre, mặc dù nằm cạnh sông Tiền nhưng do sông này thường xuyên bị nhiễm mặn trong mùa khô nên cũng bị ảnh hưởng nặng nề bởi hiện tượng xâm nhập mặn. Để khắc phục tình trạng này, Nhà nước đã đầu tư xây dựng các công ngăn mặn, tuy nhiên, do không có hệ thống thủy lợi dẫn nước ngọt bổ sung nên đã xảy ra tình trạng thiếu nước cho sinh hoạt và sản xuất.

3.5. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến bảo vệ môi trường và hệ sinh thái

Kết quả tính toán chỉ số ANNN liên quan đến bảo vệ môi trường, sinh thái vùng ĐBSCL được thể hiện tại Hình 7 cho thấy mức độ duy trì nước cho duy trì hệ sinh thái và môi trường tại các sông, kênh, rạch của đa số các tiểu vùng đều nằm ở mức cao và rất cao (18/24 tiểu vùng), chỉ có 4 tiểu vùng (U Minh Hạ, Nam Cà Mau, Bạc Liêu-Vĩnh Châu và Cần Đước-Cần Giuộc) nằm ở mức trung bình (Hình 7a). Hiện 4 tiểu vùng này đều chưa tiếp cận được với nguồn nước từ sông Tiền và sông Hậu nên chủ yếu phụ thuộc vào nước ngầm nước mưa trên tiểu vùng. Chất lượng nước tại hầu hết các tiểu vùng đạt ở mức độ trung bình (10 tiểu vùng), thấp (5 tiểu vùng) và rất thấp (2 tiểu vùng), chỉ có 5 tiểu vùng có chất lượng nước đạt mức cao (Hình 7b). Đa số các tiểu vùng tiếp giáp với biển và nằm cách xa sông Tiền và sông Hậu có chất lượng nước ở mức thấp và rất thấp. Liên quan đến tác động của phát triển trên vùng thượng nguồn sông Mê Công, kết quả đánh giá tác động cho thấy với mức độ phát triển hiện nay, tất cả tiểu vùng của ĐBSCL đều bị tác động ở mức trung bình (Hình 7c).



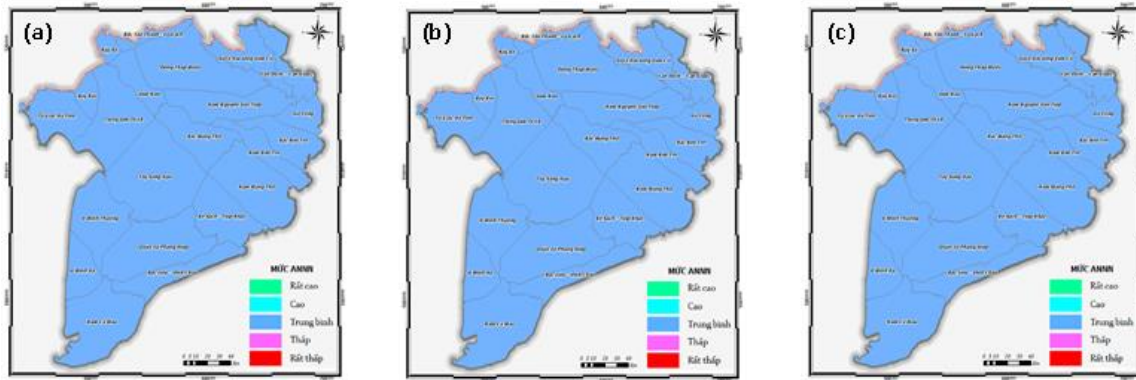
Hình 7. Bản đồ chỉ số ANNN dựa vào: (a) mức độ duy trì nước cho môi trường và hệ sinh thái; (b) chất lượng nước; (c) ảnh hưởng của phát triển thượng nguồn; (d) Bản đồ tổng hợp của nhóm chỉ số ANNN liên quan đến bảo vệ môi trường, hệ sinh thái năm 2018 của các tiểu vùng.

Chỉ số tổng hợp ANNN liên quan đến bảo vệ môi trường, sinh thái được thể hiện tại Hình 7d. Đa số các tiểu vùng nằm dọc sông Tiền và sông Hậu có chỉ số ANNN ở mức cao (9 tiểu vùng), các tiểu vùng còn lại nằm ở mức trung bình (11) và thấp (2). Nguyên nhân chính dẫn tới việc các tiểu vùng nằm ở mức trung bình và thấp là do ngoài việc chịu tác động như các tiểu vùng khác từ sự phát triển ở thượng nguồn, sự gia tăng sử dụng phân hóa học trong nông nghiệp, sự gia tăng lượng chất thải công nghiệp và sinh hoạt chưa qua xử lý, các tiểu vùng này còn chịu tác động trực tiếp của thủy triều, gây cản trở sự lưu thông của dòng chảy từ các kênh rạch ra biển. Bên cạnh đó, do nằm cách xa sông Tiền và sông Hậu nên việc tiếp cận với nguồn nước của hai sông này cũng gặp khó khăn.

3.6. Nhóm chỉ số liên quan đến quản lý TNN và hợp tác quốc tế

Chỉ số ANNN liên quan đến quản lý tài nguyên nước được thể hiện ở Hình 8. Trên cơ sở kết quả điều tra, đánh giá tình hình thực hiện QLTHNN và QLTHLV, và tình hình hợp tác quốc tế về tài nguyên nước trong lưu vực, Nhóm nghiên cứu xác định mức đảm bảo ANNN cho chỉ số này nằm ở mức trung bình (Hình 8a và Hình 8b) và mức đảm bảo chỉ số

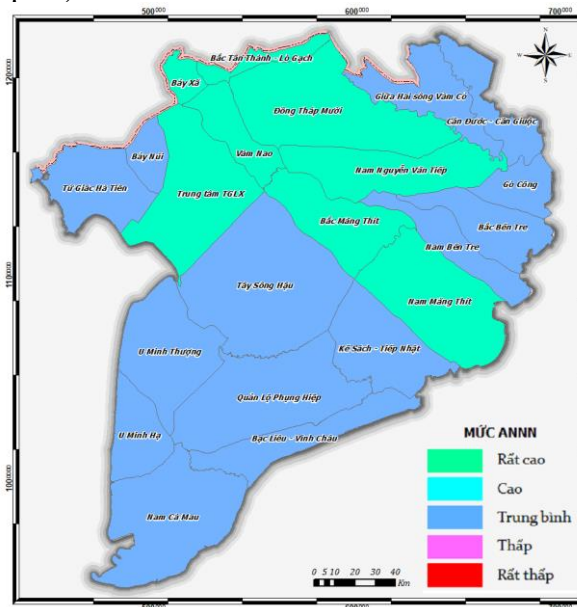
tổng hợp ANNN liên quan đến quản lý tài nguyên nước và hợp tác quốc tế tại các tiểu vùng cũng đạt mức trung bình (Hình 8c).



Hình 8. Bản đồ chỉ số ANNN dựa vào: (a) kết quả quản lý tài nguyên nước ở ĐBSCL; (b) kết quả hợp tác giữa Việt Nam và các nước trong lưu vực; (c) Bản đồ tổng hợp của nhóm chỉ số ANNN liên quan đến quản lý tài nguyên nước ở ĐBSCL và hợp tác quốc tế trong LVSMC năm 2018 của các tiểu vùng.

3.7. Chỉ số ANNN tổng hợp cho vùng ĐBSCL

Hình 9 thể hiện kết quả tổng hợp của các Nhóm chỉ số ANNN cho các tiểu vùng ĐBSCL. Kết quả cho thấy mặc dù là một đồng bằng rộng lớn với nhiều tài nguyên, đất đai bằng phẳng, màu mỡ và được phù sa bồi đắp hàng năm, thủy sản dồi dào với nhiều giống loài..., nhưng ANNN tại phần lớn các tiểu vùng (14/22 tiểu vùng) được đánh giá chỉ đạt ở mức độ trung bình. Nguyên nhân chính dẫn tới kết quả này được xác định là do ĐBSCL luôn phải đối mặt với không chỉ các khó khăn, hạn chế về điều kiện tự nhiên, biến đổi khí hậu và phát triển thượng nguồn (yếu tố khách quan), mà còn phải đối mặt với chính các vấn đề nội tại của đồng bằng (yếu tố chủ quan).



Hình 9. Bản đồ chỉ số tổng hợp ANNN năm 2018 của các tiểu vùng của ĐBSCL.

3.7.1. Yếu tố khách quan

Diện tích tự nhiên của ĐBSCL chỉ chiếm 5% diện tích toàn lưu vực nên có tới hơn 90% tổng tài nguyên nước phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài. Dòng chảy đến ĐBSCL có sự chênh lệch rất lớn giữa các tháng trong năm với gần 80% tổng lượng dòng chảy tập trung trong mùa mưa. Ngoài ra, do nằm ở cuối nguồn sông Mê Công và giáp biển, ĐBSCL

đang chịu tác động kép của biến đổi khí hậu (lũ lụt, hạn hán và xâm nhập mặn) và các hoạt động phát triển của các quốc gia vùng thượng nguồn (xây dựng các đập thủy điện, mở rộng diện tích tưới, phát triển công nghiệp và quá trình đô thị hóa...), gây nguy cơ suy thoái nguồn nước (cả số lượng và chất lượng) và môi trường sinh thái toàn vùng đồng bằng. Tác động của các yếu tố trên đây được dự báo sẽ ngày càng trở nên rõ nét và nghiêm trọng hơn trong thời gian tới và nếu không có giải pháp khắc phục hiệu quả sẽ gây ảnh hưởng tới mục tiêu phát triển bền vững ĐBSCL và sinh kế của hàng triệu người dân sinh sống trong vùng.

Để giải quyết những khó khăn mang tính khách quan nêu trên Chính phủ Việt Nam đã tăng cường hợp tác quốc tế trong quản lý, phát triển và bảo vệ tài nguyên nước sông Mê Công, bao gồm việc thiết lập quan hệ song phương với tất cả các nước trong lưu vực và tham gia vào tất cả 15 cơ chế hợp tác vùng hiện có (Ủy hội sông Mê Công quốc tế, Hợp tác Mê Công–Lan Thương, Quan hệ đối tác Mê Công–Hoa Kỳ, Mê Công–Nhật, Mê Công–Hàn Quốc...). Thông qua các cơ chế này, các quốc gia đã tăng cường hợp tác trong chia sẻ thông tin, số liệu, tăng cường tham vấn và đối thoại, hợp tác trong đánh giá tác động của các hoạt động phát triển và biến đổi khí hậu trên lưu vực và xác định các biện pháp giảm thiểu tác động...

Tuy nhiên, mặc dù đã đạt được các kết quả đáng khích lệ như vậy, nhưng những nỗ lực đó là chưa đủ để giúp ĐBSCL vượt qua được những khó khăn, thách thức nêu trên. Thực tế này đòi hỏi Chính phủ Việt Nam phải tăng cường hợp tác hơn nữa với các quốc gia trong khu vực, các đối tác phát triển và các nhà tài trợ trong quản lý, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước và các tài nguyên liên quan trong lưu vực sông Mê Công.

3.7.2. Yếu tố chủ quan

Từ những năm 1980s, để đảm bảo an ninh lương thực cho cả nước, Chính phủ đã dành rất nhiều nguồn lực đầu tư để mở rộng diện tích trồng lúa, đồng thời tiến hành thâm canh, tăng vụ thông qua việc đầu tư xây dựng nhiều công trình đê bao khép kín nhằm ngăn lũ và chống xâm nhập mặn. Kết quả đầu tư đã đưa ĐBSCL trở thành nơi sản xuất lương thực chính, đóng góp hơn 50% tổng sản lượng lương thực của cả nước và hơn 90% tổng sản lượng gạo xuất khẩu của Việt Nam. Tuy nhiên, việc xây dựng những đê bao khép kín cũng gây ra một số vấn đề đối với tài nguyên nước vùng ĐBSCL, đó là: (i) Giảm không gian hấp thụ lũ, từ đó làm giảm lượng phù sa bồi đắp và giảm năng xuất nông nghiệp, (ii) Gây nguy cơ ô nhiễm nguồn nước do hạn chế lưu thông nước và do người dân gia tăng sử dụng phân bón, thuốc trừ sâu để tăng năng xuất nông nghiệp; (iii) Suy giảm thủy sản nước ngọt và nước lợ...

Để khắc phục tình trạng này, năm 2017, Chính phủ Việt Nam đã thông qua Nghị quyết số 120/NQ-CP ngày 17 tháng 11 năm 2017 của Chính phủ [33] về Phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long thích ứng với biến đổi khí hậu với các quan điểm chính, bao gồm: (i) Tôn trọng quy luật tự nhiên, tránh can thiệp quá mức vào tự nhiên; sử dụng hiệu quả, hợp lý tài nguyên thiên nhiên; (ii) Chủ động, tích cực thích ứng và tận dụng cơ hội từ biến đổi khí hậu, coi nước mặn và nước lợ là nguồn tài nguyên cho phát triển; (iii) Thay đổi tư duy về an ninh lương thực, phát triển nông nghiệp ĐBSCL dựa vào cây lúa, xoay trục chiến lược sang thủy sản – trái cây – lúa gạo phù hợp với thị trường, dựa trên hệ thống canh tác đã hình thành và từng bước điều chỉnh theo lộ trình, tránh xáo trộn ảnh hưởng đến đời sống người dân; (iv) Phát triển tích hợp, đa ngành, có điều phối liên kết vùng, liên kết ngành... Tuy nhiên, việc triển khai Nghị quyết này đòi hỏi nhiều thời gian và nguồn lực cùng với sự vào cuộc của cả hệ thống chính trị và người dân vùng ĐBSCL. Đặc biệt, tại một số vùng ven biển, do người dân đã thói quen trồng lúa nước từ bao đời nay nên việc chuyển đổi từ mô hình trồng lúa sang nuôi trồng thủy sản đòi hỏi nhà nước phải đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng sản xuất và chế biến đồng bộ, trang bị cho người dân kiến thức và kỹ thuật, đảm bảo đầu ra cho người dân.

Về khía cạnh quản lý tài nguyên nước, hiện nay Việt Nam đã xây dựng được các Văn bản quy phạm pháp luật (Luật TNN 2012, luật Bảo vệ môi trường 2020, Chiến lược quốc gia về TNN đến năm 2020, và các văn bản thể chế khác) để hướng dẫn thực hiện quản lý tổng hợp tài nguyên nước (QLTHTNN) và quản lý tổng hợp lưu vực sông (QLTHLVS); đã đẩy

manh thực hiện QLTHTN và QLTHLV; đã thành lập Ủy ban Lưu vực sông Cửu Long và bước đầu đi vào hoạt động có hiệu quả. Tuy nhiên, nguồn nhân lực và tài chính dành cho công tác quản lý tài nguyên nước vẫn còn hạn chế, đặc biệt trên lưu vực hiện vẫn chưa có quy hoạch tổng hợp lưu vực sông được xây dựng và phê duyệt nên công tác QLTHTN và QLTHLV chưa đạt được kết quả như mong đợi.

Ngoài các vấn đề nêu trên, các tiểu vùng cũng đang phải đối mặt với tình trạng gia tăng sử dụng nước ngầm trong mùa khô cho mục đích sinh hoạt và sản xuất, đặc biệt các tiểu vùng ven biển gặp khó khăn về nguồn nước. Việc khai thác nước ngầm quá mức đã làm cho mực nước ngầm ở các tiểu vùng này bị hạ thấp khoảng 10m trong vòng 30 năm qua (tốc độ hạ thấp mực nước ngầm khoảng 0,3–0,4 m/năm). Tài nguyên nước tại tất cả các tiểu vùng cũng đang đối mặt với tình trạng bị ô nhiễm do nhiều nguyên nhân khác nhau, bao gồm việc xả thải từ các khu đô thị và các khu công nghiệp, nước thải từ việc nuôi trồng thủy sản, nước không lưu thông trong thời gian đóng các cống ngăn mặn...; mâu thuẫn trong sử dụng nước cũng xuất hiện tại một số vùng do có vùng cần nước ngọt để phục vụ mục đích tưới lúa, nhưng có vùng lại cần nước mặn để phục vụ nuôi trồng thủy sản; nhận thức của người dân về các khó khăn thách thức đối với tài nguyên nước của địa phương mình chưa cao, vẫn coi tài nước là tài nguyên vô hạn, chưa có ý thức sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả; còn khai thác nguồn nước ngầm tràn lan; xả thải trực tiếp vào nguồn nước.

4. Kết luận

Đã có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến ANNN ở nhiều cấp độ và phạm vi khác nhau, nhưng chưa có một nghiên cứu nào về ANNN cho các vùng châu thổ của các lưu vực sông xuyên biên giới được triển khai thực hiện. Nghiên cứu này đã lần đầu tiên xây dựng và phát triển một bộ khung chỉ số chung để đánh giá ANNN cho vùng châu thổ của một lưu vực sông quốc tế. Kết quả cho thấy chỉ số an ninh nguồn nước của vùng không chỉ phụ thuộc vào các yếu tố nội tại của đồng bằng liên quan đến công tác quản lý, khai thác sử dụng và bảo vệ tài nguyên nước ở ĐBSCL mà còn phụ thuộc rất lớn vào các yếu tố bên ngoài đồng bằng (nguồn nước đến từ nước ngoài, phân bố lượng mưa không đồng đều, tác động của các hoạt động phát triển ở thượng nguồn, và phụ thuộc vào sự hợp tác của hợp tác giữa các quốc gia trong lưu vực...). Do những yếu tố khách quan này nên mặc dù được hưởng nhiều thuận lợi của một châu thổ rộng lớn với tài nguyên dồi dào, đất đai bằng phẳng, màu mỡ và được phù sa bồi đắp hàng năm, thủy sản phong phú với nhiều giống loài..., nhưng ANNN tại phần lớn các tiểu vùng của ĐBSCL được đánh giá chỉ đạt ở mức trung bình. Khung chỉ số được đề xuất trong nghiên cứu này sẽ giúp các nhà hoạch định chính sách, các nhà quản lý và các bên liên quan tiến hành đánh giá và cập nhật tình hình an ninh nguồn nước, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến an ninh nguồn nước và đưa ra các giải pháp phù hợp nhằm quản lý hiệu quả và bền vững tài nguyên nước cho các vùng châu thổ của các lưu vực sông xuyên biên giới. Do các chỉ số an ninh nguồn nước sẽ thay đổi phụ thuộc vào thời điểm tính toán nên Nhóm nghiên cứu kiến nghị cần tiến hành đánh giá các chỉ số ANNN một cách thường xuyên, định kỳ (sau khoảng từ 3–5 năm).

Đóng góp của các tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T., N.H.P., N.Đ.Đ.; Phương pháp nghiên cứu: T.H.T.; N.Đ.Đ.; V.M.T.; Phân tích, đánh giá kết quả: T.H.T., N.Đ.Đ., V.M.T., N.T.Q.; Viết bản thảo bài báo: T.H.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.H.P.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả gửi lời cảm ơn chân thành tới: (i) Bộ Khoa học Công nghệ (thông qua Văn phòng các Chương trình trọng điểm cấp nhà nước và Vụ Khoa học Xã hội, Nhân văn và Tự nhiên) đã hỗ trợ và cấp kinh phí để thực hiện Đề tài độc lập cấp nhà nước (Mã số: ĐTDL.CN-48/19, và (ii) Ủy ban nhân dân, các sở, ban, ngành liên quan của các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long đã hỗ trợ, cung cấp thông tin trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Mekong River Commission and International Centre for Environmental Management. Strategic Environmental Assessment of Hydropower on the Mekong Mainstream, 2010, Vientiane, Lao PDR.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Ủy ban sông Mê Công Việt Nam. Nghiên cứu tác động của các công trình thủy điện trên dòng chính sông Mê Công, 2015.
3. Mekong River Commission. Study on Sustainable Management and Development of the Mekong River including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Vientiane, Lao PDR, 2017.
4. Gain, A.K.; Giupponi, C.; Wada, Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. *Environ. Res. Lett.* **2016**, *11*, 124015.
5. Global Water Partnership. Assessing water security with appropriate indicators. Proceedings from the GWP workshop, Global Secretariat, Stockholm, Sweden, 2014.
6. Asian Development Bank. Measuring Water Security in Asia and the Pacific. Asian Water Development Outlook, Manila, Philippines, 2014.
7. Makin, I.; Arriens, W.L.; Prudente, N. Indicators for assessing national water security: Asia Water Development Outlook 2013. Proceedings from the GWP workshop: Assessing water security with appropriate indicators, 2013, pp. 53–81.
8. Marttunen, M.; Mustajoki, J.; Sojamo, S.; Ahopelto, L.; Keskinen, M. A Framework for Assessing Water Security and the Water–Energy–Food Nexus—The Case of Finland. *Sustainability*, **2019**, *11*, 2900.
9. Koontanakulvong, S.; Doungmanee, P. Thailand’s Water Security situation in the context of the world and ASEAN. Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future. Proceedings of the 11th Kovacs Colloquium, Paris, France, 2015.
10. Aboelnga, H.T.; Ribbe, L.; Frechen, F.B.; Saghir, J. Urban Water Security: Definition and Assessment Framework. *Resour.* **2019**, *9*, 178.
11. Jensen, O.; Wu, H. Urban water security indicators: Development and pilot. *Environ. Sci. Policy* **2018**, *83*, 33–45.
12. Babel, M.; Shinede, V.R. A framework for water security assessment at basin scale. *APN Sci. Bull.* **2018**, *8(1)*, 27–32.
13. Teixeira, A.L.F.; Bhaduri, A.; Bunn, S.E.; Ayrimoraes, S.R. Operationalizing Water Security Concept in Water Investment Planning: Case Study of São Francisco River Basin. *Water* **2021**, *13*, 3658.
14. Hatmoko, W.; Firmansyah, R.R.; Fathony, A. Water security of river basins in West Java. *IOP Conf. Series: Earth Environ. Sci.* **2019**, *419*, 012140.
15. Dong, Q.; Liu, X. Risk assessment of water security in Haihe River Basin. *Water Sci. Eng.* **2014**, *7(2)*, 119–132.
16. Dang, N.M.; Tu, V.T.; Babel, M.S.; Sharma, D. Water security assessment for the Red River Basin, Vietnam. Conference of Water Security and Climate Change in Cologne, 2017.
17. Mùi, N.T. Nghiên cứu an ninh nguồn nước cho phát triển bền vững lưu vực sông Mã. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, chuyên ngành môi trường đất, 2018, mã số: 9.44.03.03.
18. Thang, L.V.; Thanh, N.H.; Tuan, N.V. Security for Water Source of Mekong River and Impacts on Vietnam National Security. *Resour. Environ.* **2019**, *9(4)*, 71–79.
19. Hong, V.N.H. Water Security in the Mekong River Basin Challenges, Causes and Solutions. *Am. Sci. Res. J. Eng. Technol. Sci.* **2020**, *64(1)*, 187–199.

20. Quang, N.M. Đồng bằng sông Cửu Long trước nguy cơ mất an ninh nguồn nước: Những nguyên nhân và thách thức. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Việt Nam* **2020**, tr. 3.
21. Mekong River Commission. State of the Basin Report 2018.
22. UNU. Water Security and the Global Water Agenda. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, 2013.
23. Xia, J.; Campana, M.; Jia, S.; Sheng, Z. Introduction to the Featured Collection: Water Security – New Technologies, Strategies, Policies, and Institutions. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **2021**, 51(4), 527–529.
24. Vachnadze, R. Prioritization of performance measures using analytic hierarchy process. *Int. J. Analytic Hierarchy Process* **2016**, 8(3), 490–501.
25. Assefa, Y.T.; Babel, M.S.; Susnik, J.; Shinde, V.R. Development of a Generic Domestic Water Security Index, and its application in Addis Ababa, Ethiopia. *Water* **2019**, 11, 37.
26. Oluwasanya, G.; Perera, D.; Qadir, M.; Smakhtin, V. Water Security in Africa: A Preliminary Assessment. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Report Series 13, 2022.
27. Thapa, B.R.; Ishidaira, H.; Pandey, V.P.; Bhandari, T.M.; Shakya, N.M. Evaluation of Water Security in Kathmandu Valley before and after Water Transfer from another Basin. *Water* **2018**, 10, 224.
28. Călmuc, V.A.; Călmuc, M.; Țopa, M.C.; Timofti, M.; Iticescu, C.; Lucian P. Georgescu, L.P. Various methods for calculating the water quality index. *Annals of “Dunarea De Jos” University of Galati– Fascicle II*, **2018**, 2, 171–178.
29. Tennant, D.L. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation, and related environmental resources, in Orsborn, J.F.; Allman, C.H. (Eds), *Proceedings of the Symposium and Speciality Conference on Instream Flow Needs*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 1976, pp. 359–373.
30. Quy hoạch vùng đồng bằng sông Cửu Long thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quyết định số 287/QĐ–TTg ngày 28 tháng 2 năm 2022 của Thủ tướng Chính phủ).
31. Quy hoạch thủy lợi đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn 2012–2020 và định hướng đến năm 2050 trong điều kiện biến đổi khí hậu, nước biển dâng (Quyết định số 1397/QĐ–TTg ngày 25 tháng 9 năm 2012 của Thủ tướng Chính phủ).
32. Singh, A.K. Water Security – A Reality Check. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **2018**, 66, S179–S192.
33. Nghị quyết số 120/NQ–CP ngày 17 tháng 11 năm 2017 của Chính phủ về Phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long thích ứng với biến đổi khí hậu.

Study on water security assessment for Viet Nam Mekong Delta

Truong Hong Tien^{1*}, Nguyen Dinh Dat¹, Pham Tuong¹, Vu Minh Thien¹, Nguyen Huy Phuong¹, Nguyen Trung Quan¹

¹ Viet Nam National Mekong Committee, 23 Hang Tre, Ha Noi;
 thtien652004@gmail.com; dinhdat143@gmail.com; phamtuong307@gmail.com;
 vumthien@gmail.com; huyphuongmk@gmail.com; quantnn@gmail.com

Abstract: The Mekong Delta of Viet Nam has a very important position in ensuring national food security, but the water resources in the region are currently facing many difficulties and challenges due to climate change and the increase in water use in the basin. To date, there are many studies related to water resources in the Mekong Delta, but no specific research on water security has been conducted. The objective of this study is to develop a

framework for water security assessment for Viet Nam Mekong Delta. The results show that the water security of the Mekong Delta depends not only on the internal factors related to the management, exploitation, utilization, and protection of water resources in the delta, but also depends very much on external factors (impact of upstream development activities, and water cooperation between riparian countries in the basin...). The proposed framework will help managers assess the state of water security, identify factors affecting water security, and determine appropriate solutions for the effective and sustainable utilization of water resources in the Mekong Delta.

Keywords: Water security; Mekong Delta; Drought; Flood; Saltwater intrusion.

Bài báo khoa học

Một số đặc điểm hạn thủy văn ở khu vực Tây Nguyên trong giai đoạn 1980–2015

Đỗ Thanh Hằng¹, Vũ Thanh Hằng^{2*}

¹ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; dothanhhang234@gmail.com

² Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; hangvt@vnu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: hangvt@vnu.edu.vn; Tel.: +84–903252170

Ban Biên tập nhận bài: 8/11/2022; Ngày phản biện xong: 23/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Chỉ số dòng chảy chuẩn hóa SSI được sử dụng để phân tích một số đặc điểm hạn thủy văn tại 8 trạm ở khu vực Tây Nguyên trong giai đoạn 1980 đến 2015. Kết quả phân tích cho thấy hạn thủy văn trên khu vực này diễn ra thường xuyên không chỉ trong mùa khô mà còn xuất hiện ngay cả trong mùa mưa với đa phần là các đợt hạn nhẹ. Tần suất hạn nặng chủ yếu xảy ra vào thời kỳ cuối mùa đông, đầu mùa xuân, thậm chí theo tính toán cho thấy hạn nặng cũng xuất hiện vào tháng 10. Trạm thủy văn Đức Xuyên được đánh giá là có tần suất hạn cao nhất với nhiều đợt hạn dài trên 12 tháng và cường độ lớn. Ngược lại tại trạm thủy văn An Khê, tần suất hạn cả thời đoạn 36 năm ở mức thấp và chỉ xảy ra hạn nặng trong thập kỷ 1980–1989. Nghiên cứu đặc điểm về thời gian và cường độ hạn cho thấy hạn hán tại Tây Nguyên đạt giá trị cường độ cao nhất tại những trạm phía Bắc với các đợt hạn đơn lẻ dưới 3 tháng, sau giảm dần xuống phía Nam về cường độ nhưng lại tăng dần về những đợt hạn có thời gian hạn trên 12 tháng. Tính toán cũng cho thấy hạn thủy văn kéo dài nhất với mức độ nghiêm trọng tại trạm Cầu 14 và Giang Sơn là 82 tháng.

Từ khóa: Hạn thủy văn; Chỉ số SSI; Tây Nguyên.

1. Giới thiệu

Hạn hán là một hiện tượng thiên tai tự nhiên tạm thời, bắt nguồn từ sự thiếu hụt lượng mưa trong một khoảng thời gian nào đó so với các điều kiện trung bình dài hạn. Nhìn chung, hạn hán có thể được phân chia thành bốn loại là 1) Hạn khí tượng; 2) Hạn nông nghiệp; 3) Hạn thủy văn; và 4) Hạn kinh tế-xã hội [1]. Hạn khí tượng được xác định thông qua sự thiếu hụt giáng thủy và khi hạn khí tượng xuất hiện thì sẽ là nguyên nhân để dẫn tới các loại hạn khác. Hạn nông nghiệp thường liên quan đến các đặc tính khác của hạn khí tượng gây ảnh hưởng tới nông nghiệp, chủ yếu là sự thiếu hụt của lượng giáng thủy, sự chênh lệch giữa quá trình bốc thoát hơi nước thực tế với bốc thoát hơi nước tiềm năng, sự thiếu hụt nước trong đất, mực nước dự trữ giảm [2]. Hạn thủy văn liên quan đến sự thiếu hụt nước trong hệ thống thủy văn và có thể xác định được khi mực nước sông giảm cũng như sự giảm của mực nước trong đập, hồ, nước ngầm ở qui mô lưu vực [3]. Hạn kinh tế xã hội sẽ xuất hiện khi có thiệt hại về kinh tế, xã hội và môi trường do các loại hạn khác gây ra.

Như đã đề cập ở trên hạn khí tượng thường là khởi nguồn của các loại hạn khác trong đó biến lượng mưa là một nhân tố quan trọng. Đối với hạn thủy văn thì lượng mưa là nguồn cung cấp dòng chảy mặt cũng như là một thành phần quan trọng trong cân cân nước. Thiệt hại từ hạn hán là một vấn đề không thể tránh khỏi của nhiều quốc gia trên toàn thế giới [4]. Chính vì vậy, rất nhiều tác giả tập trung vào nghiên cứu hiện tượng này trong đó việc sử

dụng các chỉ số hạn để phân tích các đặc trưng hạn là rất phổ biến [5–9]. Cho đến nay, đã có rất nhiều các chỉ số hạn được xây dựng và ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu hạn hán trên toàn thế giới. Các chỉ số hạn thường được xây dựng là một hàm của các biến như lượng mưa, dòng chảy, hoặc các biến khí tượng thủy văn khác trong đó lượng mưa là nhân tố quan trọng quyết định đến sự hình thành hạn và thời gian kéo dài hạn [5]. Với bản chất phức tạp của hiện tượng hạn hán cho thấy không có một chỉ số hạn nào là tối ưu cho tất cả các khu vực và việc lựa chọn chỉ số hạn thường phụ thuộc nhiều vào tính khả dụng của chuỗi số liệu khí hậu [10].

Chỉ số dòng chảy chuẩn hóa (*SSI – The Standardized Streamflow Index*) là một trong số các chỉ số được sử dụng phổ biến và khá hữu ích để đánh giá đặc điểm của hạn thủy văn. Nghiên cứu các quá trình khan hiếm nước ở lưu vực thượng nguồn sông Nen (UNR) cho giai đoạn 1951–2012 bằng cách sử dụng các chỉ số hạn khí tượng (SPI, PET, SPEI) và chỉ số hạn thủy văn (SSI) và cho giai đoạn 1898–2010 [11]. Kết quả đã đưa ra không chỉ các đợt hạn hán trong từng những thập kỷ cụ thể mà còn đưa ra đánh giá mức độ nghiêm trọng của hạn hán giảm từ giai đoạn 1898–1950 đến 1951–2010, trong khi mức độ nghiêm trọng của lũ lụt tăng trong cùng thời kỳ. Phân tích tương quan cũng cho thấy hệ thống thủy văn cần có độ trễ từ một tháng trở lên để ứng phó với hạn khí tượng ở vùng khí hậu lạnh giá này. Với mục tiêu nâng cao hiểu biết về nguy cơ hạn hán ở Anh, chuỗi chỉ số SPI và SSI đã được sử dụng cho 121 lưu vực gần như tự nhiên ở Anh trong khoảng thời gian tích lũy từ 1–24 tháng [12]. Từ những chuỗi thời gian này, các sự kiện hạn hán đã được xác định. Mối quan hệ giữa hạn khí tượng và hạn thủy văn đã được kiểm tra bằng cách tương quan chéo SSI 1 tháng với các giai đoạn tích lũy SPI khác nhau. Từ đó đã tìm ra ảnh hưởng của các đặc tính khí hậu và lưu vực đến các đặc điểm và sự lan truyền hạn thủy văn. Nhiều công trình cũng đã xem xét đầy đủ đặc điểm cấu trúc hạn hán bao gồm thời gian (từ đầu đến cuối đợt hạn hán), mức độ nghiêm trọng (thâm hụt nước tích lũy) và cường độ (thâm hụt nước theo độ tuổi trong suốt thời gian hạn hán) [13–14]. Các liên kết vật lý của các quá trình chu trình nước cũng là nguyên nhân dẫn đến sự tăng hoặc giảm mức độ nghiêm trọng của hạn hán. Hạn khí tượng có thể phát triển nhanh chóng, trong khi hạn hán thủy văn bị trễ lại sau hạn khí tượng, cụ thể là, có một mối quan hệ chặt chẽ giữa hạn khí tượng và hạn thủy văn [15–16]. Phương pháp phân tích tương quan Pearson và Spearman đã được sử dụng để nghiên cứu sự phản hồi của hạn thủy văn đối với hạn khí tượng [17–20], từ đó tìm ra sự khác biệt về thời gian xuất hiện của các đợt hạn hán. Tuy nhiên những phương pháp này rất khó sử dụng để điều tra ứng phó của hạn thủy văn với hạn khí tượng do chỉ tập trung vào thời gian phản hồi và những điều nghiêm trọng thường bị bỏ qua.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay, khu vực Tây Nguyên và lân cận có mức thay đổi nhiệt độ rõ rệt, hạn hán xuất hiện thường xuyên hơn, do đó đã có nhiều nghiên cứu khảo sát về đặc điểm và xu thế biến đổi hạn nói chung nhằm góp phần tăng thêm thông tin trong việc định lượng rủi ro gây ra bởi hạn hán cũng như xây dựng kế hoạch quản lý hạn hán một cách hiệu quả hơn. [21] đã thực hiện nghiên cứu trong ba năm (2005–2008), đã đánh giá được mức độ và xây dựng bản đồ hạn hán và thiếu nước sinh hoạt ở 9 tỉnh Nam Trung Bộ và Tây Nguyên. Trong nghiên cứu này các chỉ số K, SPI, tỷ chuẩn lượng mưa (TC), thiếu hụt lượng mưa (D) và chỉ số hạn thực tế (EDI) được sử dụng để đánh giá. Chỉ số SSI và SPI đã được sử dụng để đánh giá mức độ thiếu nước, hạn khí tượng ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long [22]. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiện tượng ENSO đã tác động rõ rệt đến chế độ nhiệt-ẩm ở khu vực này. Phần mềm SWAT đã được ứng dụng để mô phỏng lưu lượng dòng chảy, từ đó tính toán hệ số hạn và sự phân bố theo không gian trên khu vực nghiên cứu [23]. Kết quả cho thấy lưu lượng dòng chảy được mô phỏng tốt với chỉ số NSE, R^2 đạt trên 0,7 trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Đức Xuyên, kết quả trong giai đoạn kiểm định có giá trị NSE chỉ đạt trên 0,6, nguyên nhân có thể do trận lũ lịch sử xảy ra trên sông Krông Nô. Bước tiếp theo, dữ liệu về bốc hơi tiềm năng, mưa và lưu lượng dòng chảy được trích xuất từ mô hình và là đầu vào

để tính chỉ số hạn. Trên bản đồ phân vùng lưu vực Srepok cho thấy hạn đặc biệt nặng và vừa xuất hiện vào khoảng tháng 2, tháng 3 hàng năm và thời gian hạn kéo dài khoảng từ 1 đến 5 tháng. Trong nghiên cứu [24] đã phân tích đặc điểm và xu thế biến đổi của hạn khí tượng tại 13 trạm ở Tây Nguyên sử dụng số liệu giai đoạn (1961–2017) tại 5 trạm và giai đoạn (1979–2017) tại 8 trạm sử dụng chỉ số SPI1, SPI12 và PDSI. Kết quả theo chỉ số SPI cho thấy tần suất hạn theo tháng nằm trong khoảng từ 10% đến 18% và theo chỉ số PDSI là khoảng từ 15% đến 25% trong đó tần suất hạn cao trong các tháng mùa hè, tập trung chủ yếu ở các trạm khu vực phía Bắc Tây Nguyên. Một số trạm có xu thế tăng hạn như Đăk Nông, Ayunpa, Pleiku, Đăk Tô. Nhìn chung, thời gian kéo dài hạn trung bình trong các năm ElNino thường cao hơn trong các năm LaNina. Số liệu từ mô hình khí tượng toàn cầu IFS và mô hình thủy văn SWAT đã được ứng dụng nhằm xây dựng phương án dự báo hạn cho khu vực, kết hợp cùng chỉ số hạn EDI để đưa ra bản đồ cảnh báo hạn [25]. Phương pháp và kết quả nghiên cứu đã góp phần hỗ trợ cho công tác phòng chống thiên tai cho khu vực tỉnh Đăk Lăk và mở rộng cho các vùng khác của Việt Nam.

Các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung nhiều vào phân tích đặc điểm của hạn khí tượng còn hạn thủy văn thì chưa được đánh giá theo các đặc trưng một cách đầy đủ. Trong nghiên cứu này, chuỗi số liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy tại 8 trạm thủy văn khu vực Tây nguyên trong giai đoạn 1980–2015 được sử dụng để tính chỉ số dòng chảy chuẩn hóa SSI, từ đó xác định đầy đủ các đặc trưng hạn thủy văn bao gồm tần suất ở tất cả các mức độ hạn (nhẹ, vừa và nặng), thời gian kéo dài, độ lớn và cường độ hạn. Giới thiệu về nguồn số liệu, chỉ số hạn thủy văn SSI, cách xác định các đặc trưng hạn sẽ được trình bày trong mục tiếp theo. Các kết quả đánh giá và bình luận được đưa ra ở mục 3 và cuối cùng là các kết luận và tài liệu tham khảo.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Khu vực Tây Nguyên trong phạm vi từ 107°12' đến 108°59'37" kinh độ Đông và từ 110° 12'00" đến 150°27'15" vĩ độ Bắc với diện tích 54.641 km², chiếm 1/6 diện tích của cả nước, là một trong bảy vùng khí hậu của Việt Nam. Tây Nguyên là vùng cao nguyên có tính phân bậc độ cao rõ rệt (500–1.500 m), được bao bọc về phía Đông bởi những dãy núi và khối núi cao (chính là Trường Sơn Nam). Tây Nguyên là một vùng cao nguyên nhiều núi với độ cao trung bình từ 500–800 m trên mực nước biển. Trước năm 1980, hạn hán hiếm khi xảy ra vào những mùa liên tiếp ở đây, nhưng đến năm 1980 đã có những trường hợp hạn vừa xảy ra. Hạn nhiều trong hầu hết mùa đông và đầu mùa xuân kéo dài từ tháng XII đến tháng III, bắt đầu từ tháng IV đến tháng XI thì hạn xuất hiện ít. Trong các tháng hạn, tần suất hạn rất cao ở những nơi mưa ít điển hình như Ayunpa và rất thấp ở những nơi mưa nhiều như Bảo Lộc, Đăk Nông và trên các địa điểm giáp ranh với Nam Trung Bộ và có mùa mưa tương tự Nam Trung Bộ [26]. Phạm vi khu vực nghiên cứu được minh họa trên Hình 1 cùng mạng lưới phân bố của các trạm thủy văn được sử dụng trong nghiên cứu này.

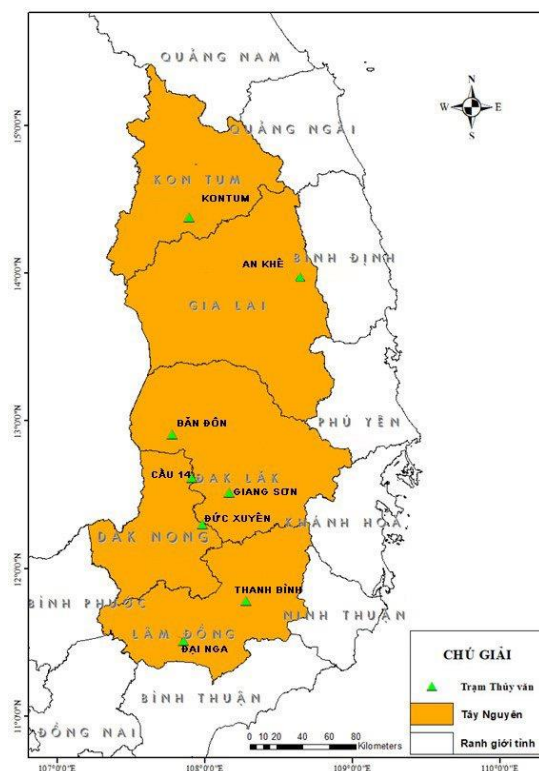
2.2. Số liệu sử dụng

Để xem xét đặc điểm của hạn thủy văn ở khu vực Tây nguyên, số liệu lưu lượng dòng chảy trung bình tháng tại 8 trạm quan trắc trong thời gian 1980–2015 (36 năm) đã được sử dụng. Danh sách các trạm thủy văn được đưa ra trong Bảng 1 và minh họa trên Hình 1.

Bảng 1. Danh sách các trạm thủy văn khu vực Tây Nguyên.

TT	Tỉnh	Trạm (Kí hiệu)	TT	Tỉnh	Trạm (Kí hiệu)
1	Đăk Lăk	Giang Sơn (GS)	5	Kon Tum	Kon Tum (KT)
2		Bản Đôn (BĐ)	6	Gia Lai	An Khê (AKh)

TT	Tỉnh	Trạm (Kí hiệu)	TT	Tỉnh	Trạm (Kí hiệu)
3		Đức Xuyên (ĐX)	7	Lâm Đồng	Đại Nga (ĐN)
4	Đắk Nông	Cầu 14 (C14)	8		Thanh Bình (TB)



Hình 1. Phạm vi khu vực nghiên cứu và mạng lưới các trạm thủy văn.

2.3. Chỉ số hạn SSI

Chỉ số hạn thủy văn SSI ở qui mô thời gian 1 tháng được lựa chọn để phân tích đặc trưng hạn và được xác định theo công thức sau:

$$SSI = \frac{S - \bar{S}}{\sigma_s} \tag{1}$$

Trong đó S và \bar{S} là giá trị lưu lượng dòng chảy và lưu lượng dòng chảy trung bình (m^3/s) trong một khoảng thời gian nhất định tương ứng; σ_s là giá trị độ lệch chuẩn của S. Giá trị độ lệch chuẩn được tính theo công thức sau:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (S - \bar{S})^2} \tag{2}$$

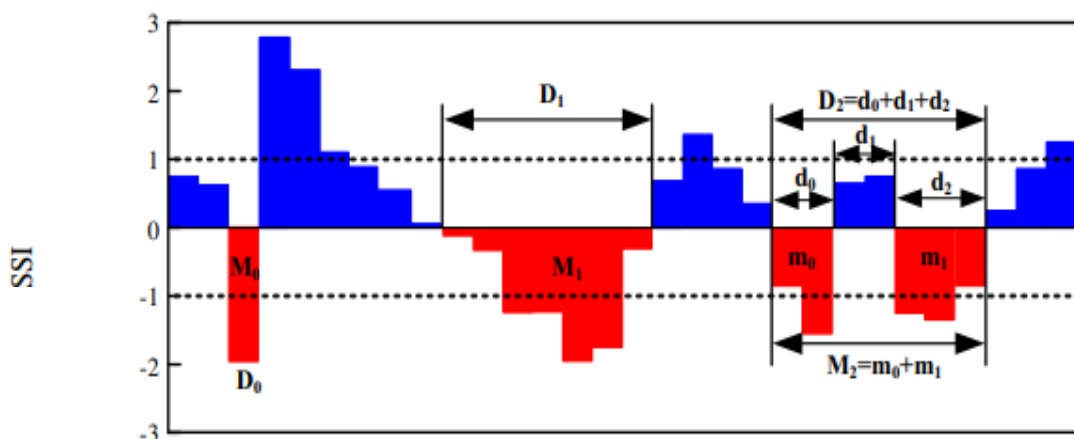
Phân cấp hạn thủy văn theo chỉ số SSI được dẫn ra trong Bảng 2.

Bảng 2. Danh sách các trạm thủy văn khu vực Tây Nguyên.

STT	Giá trị của SSI	Phân loại
1	$SSI > 0$	Không hạn
2	$-1 \leq SSI < 0$	Hạn nhẹ
3	$-1,5 \leq SSI < -1$	Hạn vừa
4	$SSI < -1,5$	Hạn nặng

2.4. Cách xác định các đặc trưng hạn

Lý thuyết Run (Run theory) là một cách tiếp cận để xác định các đặc trưng hạn bao gồm thời gian kéo dài (D), độ lớn (M) và cường độ (I) [27]. Cách xác định các đặc trưng này như sau:



Hình 2. Định nghĩa đặc trưng hạn hạn gồm thời gian kéo dài và độ lớn.

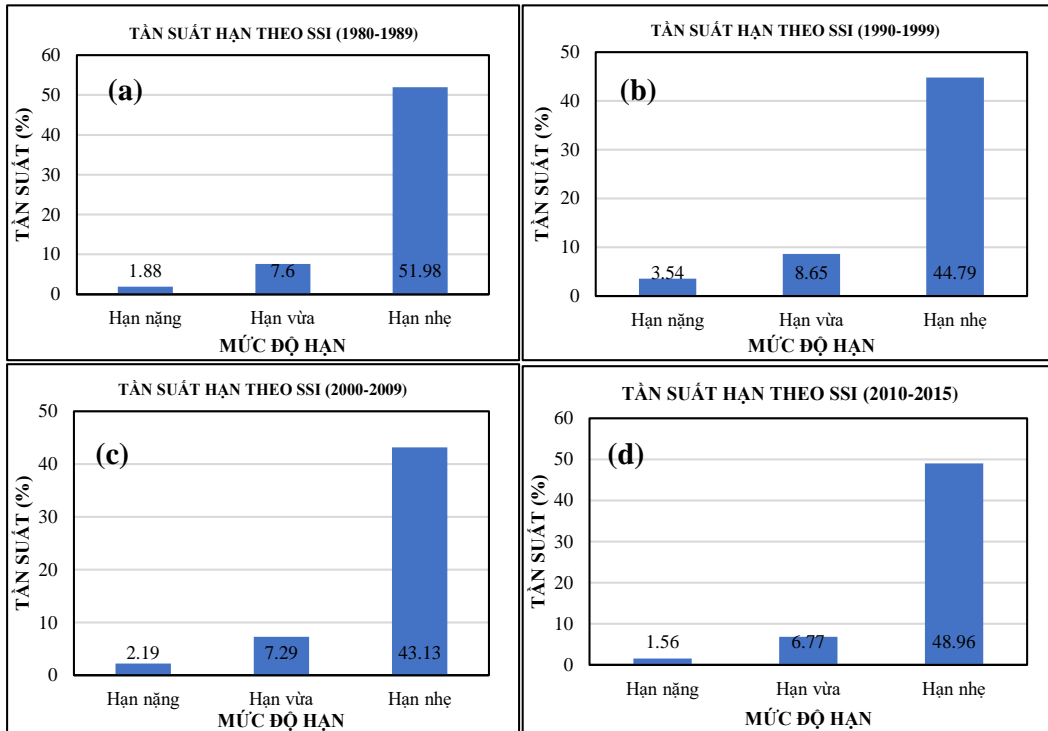
Khoảng thời gian hạn hạn xuất hiện dựa trên chỉ số SSI liên tục dưới 0 được xác định là thời gian hạn (D). Tổng tích lũy của tất cả các giá trị SSI âm trong khoảng thời gian hạn (D) chính là độ lớn của đợt hạn (M). Cường độ hạn (I) được xác định là tỷ số M/D . Minh họa trên Hình 2 với bốn sự kiện hạn hạn có thời gian hạn là D_0, D_1, d_0, d_1 và d_2 . Nếu thời gian của một sự kiện hạn hạn chỉ kéo dài một tháng trong đó $SSI < -1$ thì tháng này được coi là một sự kiện hạn hạn đơn lẻ (ví dụ: đợt hạn có thời gian D_0 và độ lớn M_0). Sự kiện hạn hạn có thể kéo dài vài tháng liên tiếp với SSI âm (ví dụ: đợt hạn có thời gian D_1 và độ lớn M_1). Nếu thời gian của một sự kiện hạn hạn bao gồm hai thời đoạn, chẳng hạn như d_0 và d_2 , và khoảng thời gian gián đoạn d_1 nằm giữa d_0 và d_2 nhỏ hơn 6 tháng trong đó $0 < SSI < 1$ thì những tháng này vẫn được coi là như một sự kiện hạn hạn liên tục ($D_2 = d_0 + d_1 + d_2$). Tương ứng độ lớn khi đó được xác định là $M_2 = m_0 + m_1$ [28]. Như vậy, có ba sự kiện hạn hạn được minh họa trên Hình 2 với thời gian hạn tương ứng là D_0, D_1 và D_2 . Phần kết quả dưới đây sẽ tập trung vào phân tích các đặc trưng D và M cho khu vực Tây Nguyên cũng như tần suất xuất hiện hạn ở các mức độ trong giai đoạn nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

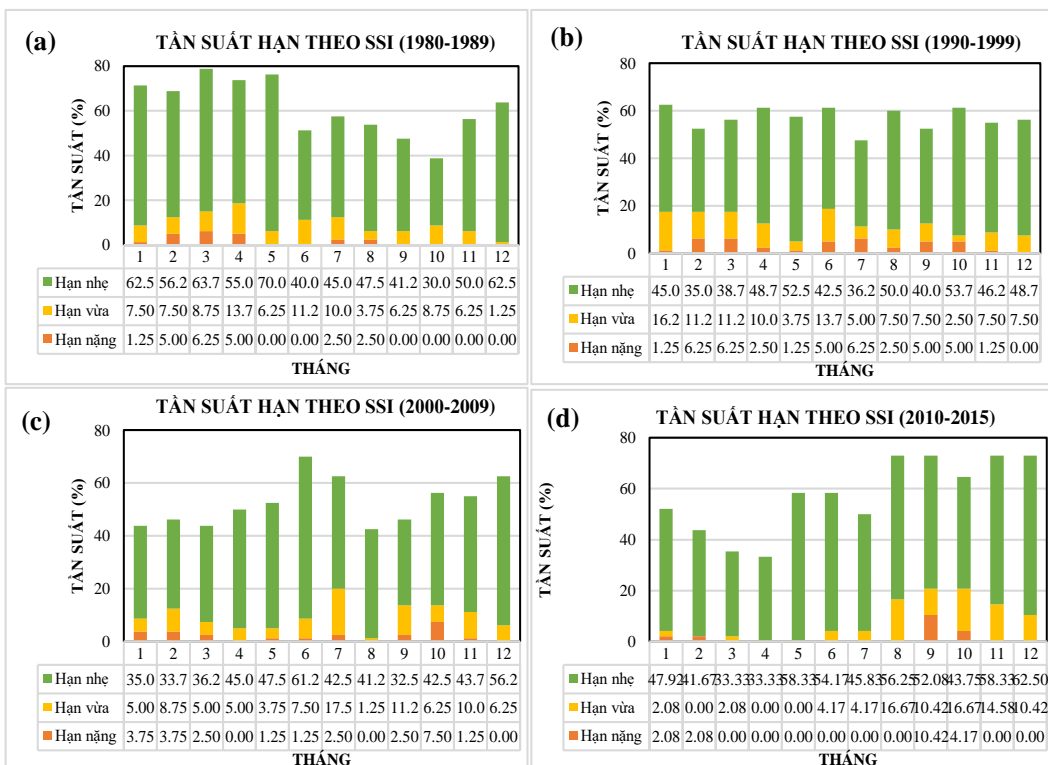
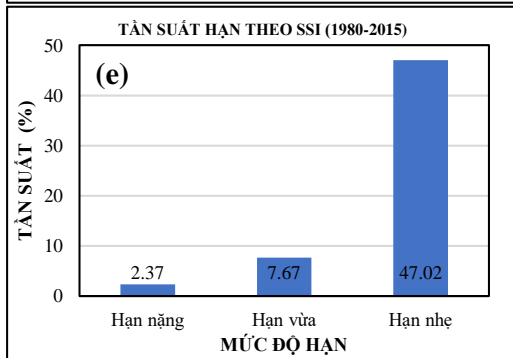
3.1. Tần suất của hạn thủy văn

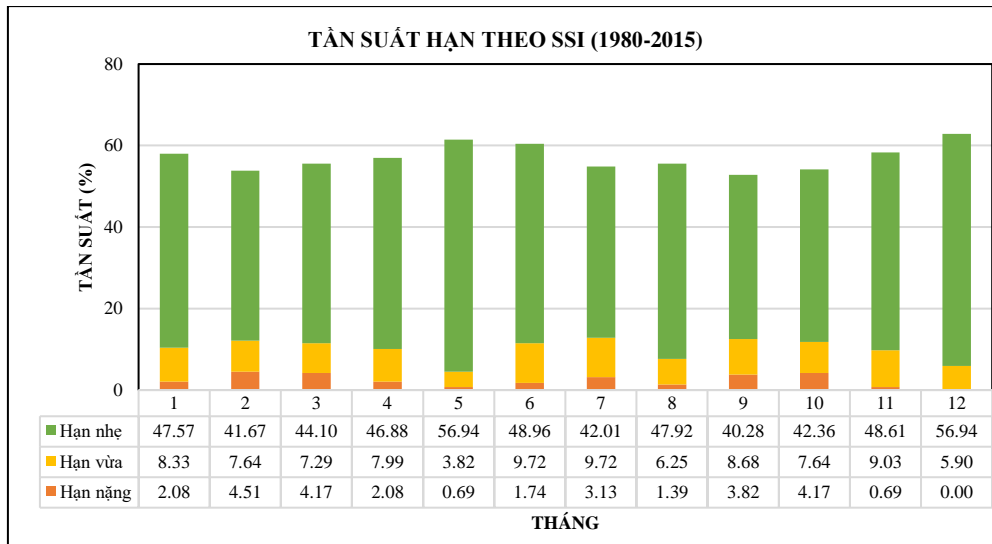
Hình 3 biểu diễn tần suất xuất hiện (%) hạn thủy văn theo chỉ số SSI ở ba mức độ hạn trong các thời đoạn ngắn (Hình 3a-d) và toàn giai đoạn từ 1980 đến 2015 (Hình 3e). Từ hình vẽ nhận thấy trong toàn giai đoạn thì tần suất hạn nhẹ chiếm ưu thế là 47,02%, sau đó hạn vừa là 7,67% và hạn nặng là 2,37%. Nếu phân tách các giai đoạn ngắn hơn ta thấy tần suất hạn nặng cao hơn so với toàn thời kỳ là trong khoảng những năm 1990 đến 1999 với giá trị 3,54%. Điều này phù hợp với ghi nhận lịch sử về hạn thủy văn ở Tây nguyên trong năm 1995, 1998 có mùa cạn thiếu nước nghiêm trọng và kéo dài.

Hình 4 biểu diễn tương tự nhưng với mức độ xuất hiện hạn theo từng tháng trong năm. Kết quả tính toán cho thấy trong toàn giai đoạn (1980–2015) hạn nặng xảy ra chủ yếu trong khoảng từ tháng 1 đến tháng 4 và từ tháng 6 đến tháng 10 trong đó tháng có tần suất hạn nặng cao rơi vào tháng 2, 3 và 10. Hạn nặng xuất hiện nhiều hơn trong giai đoạn (1990–1999), trong khi tần suất hạn cao hơn rơi vào giai đoạn đầu (1980–1989), đặc biệt trong các tháng đông xuân. Tháng 12 không xuất hiện hạn nặng ở tất cả các giai đoạn nghiên cứu.



Hình 3. Tần suất hạn thủy văn theo mức độ hạn dựa trên chỉ số SSI cho từng giai đoạn.





Hình 4. Tương tự như Hình 3 nhưng cho từng tháng.



Hình 5. Tương tự như Hình 3 nhưng cho từng trạm.

Hình 5 biểu diễn tần suất các mức độ hạn cho từng trạm riêng lẻ ở khu vực Tây Nguyên. Từ hình vẽ nhận thấy tần suất xuất hiện hạn ở các mức độ trong toàn giai đoạn nghiên cứu không có sự khác biệt nhiều giữa các trạm, cao nhất là ở trạm Đức Xuyên và thấp nhất là ở trạm An Khê. Trong thời gian này hạn nặng xuất hiện với tần suất thấp nhất ở 3 trạm An Khê, Đức Xuyên, Giang Sơn (không vượt quá 2%). Tuy nhiên, trong từng giai

đoạn ngắn thì tần suất hạn theo các mức độ ở từng trạm có sự thay đổi đáng kể. Ví dụ như trạm An Khê chỉ xuất hiện hạn nặng ở thập kỷ đầu tiên, tổng tần suất xuất hiện hạn khoảng 60% sau đó ở 2 thập kỷ tiếp theo gần như chỉ có hạn nhẹ và với tổng tần suất xuất hiện hạn giảm chỉ còn khoảng 40% nhưng sau đó lại tăng mạnh lên gần 80% ở những năm tiếp theo (2010–2015).

3.2. Thời gian kéo dài, độ lớn, cường độ của hạn thủy văn

Hình 2 ở trên được sử dụng để xác định đặc điểm hạn hán về thời gian kéo dài, độ lớn đợt hạn. Các giá trị âm và dương của chỉ số SSI được coi là sự kiện xảy ra hạn hoặc không xảy ra hạn. Hạn hán được xác định khi các giá trị của SSI giảm dưới 0, một sự kiện hạn hán được coi là khoảng thời gian có giá trị SSI âm. Để đo lường độ dài của thời gian hạn và mức độ nghiêm trọng của hạn hán, một giá trị ngưỡng phải được xác định. Thời gian hạn (D) là khoảng thời gian mà SSI liên tục âm, bắt đầu từ các giá trị SSI nhỏ hơn 0 và kết thúc khi các giá trị SSI trở nên dương. Độ lớn hạn (M) (có thể hiểu là mức độ nghiêm trọng của đợt hạn) là giá trị SSI tích lũy trong thời gian kéo dài hạn, được xác định bởi:

$$M = \sum_{i=1}^D |SSI| \tag{3}$$

và cường độ hạn (I) là tỷ lệ giữa độ lớn hạn với thời gian kéo dài của nó:

$$I = \frac{M}{D} \tag{4}$$

Như vậy, thang thời gian của SSI càng dài thì số lần xuất hiện hạn sẽ giảm nhưng thời gian hạn sẽ tăng lên. Từ đó sẽ thu được đợt hạn hán kéo dài nhất và mạnh nhất xảy ra tại các trạm thủy văn. Bằng cách tính toán thời gian kéo dài, mức độ nghiêm trọng và cường độ của từng trạm có thể mô tả các đặc điểm của các sự kiện hạn hán, và sự khác biệt giữa trạm (hoặc vùng) này với trạm (hoặc vùng) khác.

Các đặc trưng hạn được xác định như đã trình bày ở mục 2.4 gồm thời gian kéo dài đợt hạn (D), độ lớn đợt hạn (M), cường độ đợt hạn (I) tại từng trạm sẽ được lần lượt liệt kê và phân tích ở các bảng dưới đây.

Bảng 3. Thống kê các đặc trưng hạn thủy văn tại trạm An Khê, Kon Tum giai đoạn 1980–2015.

STT	An Khê				Kon Tum			
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
1	1980.01–1980.04	4	3,87	0,97	1980.01–1980.04	4	1,67	0,42
2	1981.03–1981.09	7	1,19	0,17	1980.08–1980.08	1	0,75	0,75
3	1982.03–1984.05	27	19,87	0,74	1981.09–1981.09	1	0,83	0,83
4	1984.09–1985.03	7	0,06	0,01	1982.05–1982.05	1	1,01	1,01
5	1985.05–1986.07	15	5,46	0,36	1982.08–1983.09	14	14,79	1,06
6	1986.09–1986.11	3	0,76	0,25	1983.12–1983.12	1	0,28	0,28
7	1987.04–1988.10	7	5,56	0,79	1984.05–1984.05	1	0,06	0,06
8	1987.12–1989.02	15	5,88	0,39	1984.07–1984.07	1	0,15	0,15
9	1989.09–1990.04	7	3,36	0,48	1985.05–1985.05	1	0,06	0,06
10	1990.08–1990.09	2	0,41	0,21	1985.07–1985.07	1	0,15	0,15
11	1990.12–1990.12	1	0,11	0,11	1986.01–1986.04	4	1,62	0,41
12	1991.05–1991.06	2	0,29	0,15	1986.06–1986.06	1	0,27	0,27
13	1991.11–1992.06	8	1,45	0,18	1986.11–1986.11	1	0,53	0,53
14	1992.09–1992.09	1	0,31	0,31	1987.01–1987.06	6	1,89	0,32
15	1992.11–1993.12	14	2,37	0,17	1987.11–1987.11	1	0,53	0,53
16	1994.10–1995.06	9	2,12	0,24	1988.01–1989.03	15	10,70	0,71

STT	An Khê				Kon Tum			
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
17	1997.06–1998.12	19	8,05	0,42	1989.10–1990.04	12	9,53	0,79
18	2000.05–2000.07	5	0,24	0,05	1990.12–1990.12	1	0,14	0,14
19	2001.06–2002.07	14	3,04	0,22	1991.05–1994.06	38	12,33	0,32
20	2002.10–2004.05	12	2,26	0,19	1994.10–1995.10	13	8,88	0,68
21	2003.10–2004.05	7	0,83	0,12	1995.12–1996.06	7	0,27	0,04
22	2004.08–2005.08	11	5,69	0,52	1997.06–1998.10	17	18,02	1,06
23	2006.06–2006.06	1	0,46	0,46	1999.09–1999.09	1	0,40	0,40
24	2006.10–2007.07	10	2,96	0,30	2000.09–2000.09	1	0,40	0,40
25	2008.06–2008.06	1	0,72	0,72	2001.09–2002.06	10	4,78	0,48
26	2008.09–2008.09	1	0,41	0,41	2002.10–2003.09	12	9,26	0,77
27	2009.12–2010.05	7	0,79	0,11	2003.11–2004.05	7	3,05	0,44
28	2010.09–2011.05	9	3,21	0,36	2004.07–2005.07	13	17,20	1,32
29	2011.11–2012.06	7	2,77	0,40	2005.10–2005.11	2	0,86	0,43
30	2012.11–2013.10	12	4,05	0,34	2006.06–2006.06	1	0,94	0,94
31	2014.01–2014.02	2	0,62	0,31	2006.10–2007.10	13	7,28	0,56
32	2014.05–2014.09	5	2,46	0,49	2008.06–2008.10	5	2,48	0,50
33	2014.10–2015.03	6	4,51	0,75	2009.06–2009.06	1	0,26	0,26
34	2015.04–2015.06	3	1,82	0,61	2010.03–2011.04	14	11,54	0,82
35	2015.07–2015.09	3	2,81	0,94	2011.08–2011.08	1	0,35	0,35
36	2015.10–2015.12	3	3,15	1,05	2012.05–2013.08	16	10,27	0,64
37					2014.03–2014.06	4	1,27	0,32
38					2014.09–2014.12	4	2,73	0,68
39					2015.02–2015.12	11	10,42	0,95

Từ Bảng 3 thấy rằng thời gian hạn thủy văn tại trạm An Khê nằm trong khoảng 1 và 27 tháng, với cường độ tương ứng dao động từ 0.06 đến 19.87. Độ lớn và thời gian kéo dài cực đại lần lượt là 19.87 và 27 tháng. Trong khi đó, thời gian hạn tại trạm Kon Tum là từ 1 đến 38 tháng và cường độ dao động từ 0.06 đến 18.02. Cường độ hạn thủy văn tại Kon Tum đạt ngưỡng từ 0.04 đến 1.32 là giá trị cường độ hạn thủy văn cao nhất toàn khu vực Tây Nguyên. Trong 36 năm, tại An Khê, tỷ lệ đợt hạn kéo dài dưới 3 tháng chiếm 33%, từ 6 đến dưới 12 tháng chiếm 36% và trên 12 tháng chiếm 22%. Tại Kon Tum thời gian hạn dưới 3 tháng chiếm 44% trong khi tỷ lệ thời gian hạn từ 6 đến 12 tháng là 12%, trên 12 tháng chiếm 27%. Như vậy ngưỡng thời gian hạn ngắn dưới 3 tháng tại trạm Kon Tum chiếm tỷ lệ cao nhất trong khi mức hạn từ 6 đến 12 tháng tại đây lại chiếm tỷ lệ thấp nhất toàn Tây Nguyên. Có thể nói hạn hán tại Kon Tum đạt cường độ cao nhưng chủ yếu là các đợt hạn ngắn dưới 3 tháng.

Bảng 4. Tương tự như Bảng 3 nhưng cho trạm Thanh Bình, Đại Ngà.

STT	Thanh Bình				Đại Ngà			
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
1	1980.01–1980.05	5	3,85	0,77	1980.01–1980.05	5	4,40	0,88
2	1980.07–1980.07	1	0,52	0,52	1980.08–1980.08	1	0,20	0,20
3	1981.03–1982.03	13	6,28	0,48	1981.03–1981.05	3	2,78	0,93
4	1982.05–1983.09	17	13,23	0,78	1981.12–1982.05	6	4,57	0,76
5	1983.12–1984.06	7	1,48	0,21	1983.01–1983.05	5	5,19	1,04
6	1984.12–1985.02	3	0,62	0,21	1983.12–1984.05	6	5,10	0,85
7	1985.05–1985.09	5	2,68	0,54	1984.11–1985.05	7	5,21	0,74
8	1985.11–1986.07	9	7,28	0,81	1985.11–1986.04	6	0,49	0,08

STT	Thanh Bình			Đại Nga				
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
9	1987.04–1988.08	17	7,98	0,47	1987.02–1987.06	5	5,13	1,03
10	1988.10–1989.02	5	5,66	1,13	1988.03–1989.04	14	3,51	0,25
11	1989.08–1991.08	25	20,01	0,80	1989.12–1990.05	6	3,27	0,55
12	1991.11–1992.05	7	5,20	0,74	1991.01–1993.11	35	27,32	0,78
13	1992.08–1993.11	16	12,51	0,78	1994.01–1994.04	4	1,05	0,26
14	1994.01–1995.08	20	10,58	0,53	1994.06–1996.03	22	15,37	0,70
15	1995.1–1996.10	12	5,71	0,48	1996.06–1997.01	8	3,72	0,47
16	1997.01–1997.01	1	0,05	0,05	1997.06–1998.10	17	8,77	0,52
17	1997.10–1998.10	13	6,01	0,46	1999.07–1999.10	4	1,60	0,40
18	1999.10–1999.10	1	0,71	0,71	2000.06–2000.09	4	1,65	0,41
19	2000.09–2000.09	1	0,59	0,59	2001.05–2003.09	29	18,83	0,65
20	2001.05–2002.07	15	12,08	0,81	2004.07–2006.09	27	20,53	0,76
21	2002.09–2003.09	13	5,64	0,43	2006.11–2007.02	4	2,67	0,67
22	2004.05–2004.05	1	0,44	0,44	2007.04–2007.07	4	1,21	0,30
23	2004.08–2006.07	24	18,25	0,76	2007.12–1007.12	1	0,08	0,08
24	2006.11–2007.04	6	2,91	0,49	2008.06–2008.12	7	4,77	0,68
25	2008.04–2008.12	9	3,25	0,36	2009.06–2010.10	17	5,91	0,35
26	2009.06–2009.12	7	0,85	0,12	2011.04–2011.12	9	3,84	0,43
27	2010.04–2010.09	6	2,82	0,47	2012.06–2013.01	8	4,32	0,54
28	2011.04–2011.12	9	2,16	0,24	2013.08–2014.03	8	1,08	0,14
29	2012.06–2013.02	9	2,43	0,27	2014.11–2015.12	14	4,62	0,33
30	2013.08–2013.10	3	0,28	0,09				
31	2014.03–2014.03	1	0,25	0,25				
32	2014.11–2014.11	1	0,13	0,13				
33	2015.03–2015.12	10	2,48	0,25				

Kết quả trong Bảng 4 thấy rằng thời gian hạn thủy văn ở trạm Thanh Bình trong khoảng 1 và 25 tháng, với độ lớn tương ứng từ 0.05 đến 20.01. Độ lớn và thời gian hạn cực đại lần lượt là 20.01 và 25 tháng. Tại trạm Đại Nga, thời gian hạn từ 1 đến 35 tháng và độ lớn dao động từ 0.08 đến 27.52. Xét về tỷ lệ hạn dưới 3 tháng tại trạm Đại Nga chiếm 9.7%, thấp nhất theo ngưỡng này trên toàn Tây Nguyên, trong khi các ngưỡng khác tại trạm này và trạm Thanh Bình trong khoảng từ 26% đến 31% là các giá trị ở mức trung bình. Kết quả này cho thấy tình Lâm Đồng tuy hạn xảy ra liên tục trong năm nhưng không quá khắc nghiệt.

Bảng 5. Tương tự như Bảng 3 nhưng cho trạm Bản Đôn, Cầu 14.

STT	Bản Đôn			Cầu 14				
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
1	1980.01–1981.07	19.00	5,62	0,30	1980.01–1981.09	21.00	3,93	0,19
2	1981.09–1981.09	1.00	0,88	0,88	1982.05–1989.02	82.00	37,06	0,45
3	1982.05–1987.06	62.00	35,03	0,57	1989.10–1990.05	8.00	5,48	0,69
4	1987.08–1990.05	34.00	16,81	0,49	1990.10–1993.09	36.00	34,97	0,97
5	1991.01–1992.05	17.00	13,38	0,79	1993.11–1993.11	1.00	0,49	0,49
6	1992.12–1993.09	10.00	5,26	0,53	1994.06–1996–04	23.00	10,75	0,47
7	1993.11–1993.11	1.00	0,44	0,44	1997.03–1997.06	4.00	0,49	0,12
8	1994.05–1994.05	1.00	0,03	0,03	1997.10–1998.11	13.00	10,86	0,84
9	1994.08–1996.04	21.00	12,22	0,58	2001.05–2001.07	3.00	-0,21	-0,07
10	1997.06–1997.06	1.00	0,47	0,47	2001.10–2002.08	10.00	6,66	0,67
11	1997.10–1998.11	13.00	13,89	1,07	2002.10–2005.08	35.00	27,44	0,78
12	1999.09–1999.10	2.00	0,48	0,24	2005.10–2005.11	2.00	1,03	0,52
13	2000.09–2000.10	2.00	0,48	0,24	2006.03–2007.04	14.00	5,55	0,40

STT	Bản Đôn				Cầu 14			
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
14	2001.06–2001.07	2.00	0,41	0,21	2008.04–2008.04	4.00	0,07	0,02
15	2001.10–2002.07	10.00	5,30	0,53	2008.07–2008.10	4.00	0,44	0,11
16	2002.10–2005.08	35.00	23,53	0,67	2009.03–2009.03	1.00	0,59	0,59
17	2005.10–2005.12	2.00	1,49	0,75	2009.12–2010.10	11.00	4,51	0,41
18	2006.05–2007.06	14.00	4,53	0,32	2011.05–2011.05	1.00	0,12	0,12
19	2007.12–2008.10	11.00	2,24	0,20	2011.09–2011.09	1.00	0,08	0,08
20	2009.12–2010.01	2.00	0,68	0,34	2011.12–2011.12	1.00	0,05	0,05
21	2010.05–2010.10	6.00	3,80	0,63	2012.06–2014.01	20.00	5,43	0,27
22	2011.01–2011.01	1.00	0,12	0,12	2014.10–2014.11	2.00	0,14	0,07
23	2011.08–2011.09	2.00	0,66	0,33	2015.06–2015.12	7.00	5,87	0,84
24	2011.12–2011.12	1.00	0,13	0,13				
25	2012.06–2013.02	9.00	4,34	0,48				
26	2013.08–2014.06	11.00	2,49	0,23				
27	2014.09–2015.12	16.00	14,19	0,89				

Tương tự, phân tích Bảng 5, thời gian hạn tại trạm Bản Đôn dao động từ 1 đến 62 tháng với độ lớn từ 0,03 đến 35,03. Hạn thủy văn khắc nghiệt nhất kéo dài tại trạm Cầu 14 là từ tháng 5 năm 1982 đến tháng 2 năm 1989, hạn hán kéo dài 82 tháng và độ lớn 37,06. Tỷ lệ hạn kéo dài trên 12 tháng tại trạm Bản Đôn và Cầu 14 lần lượt là 31% và 32% là một tỷ lệ hạn khá cao, trong khi tỷ lệ hạn dưới 3 tháng tại hai trạm này lần lượt là 41% và 32% cho thấy tại đây hạn diễn biến phức tạp, đan xen là các đợt hạn ngắn dưới 3 tháng và các đợt hạn rất dài trên 12 tháng.

Bảng 6. Tương tự Bảng 3 nhưng cho trạm Đức Xuyên, Giang Sơn.

STT	Đức Xuyên				Giang Sơn			
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
1	1980.03–1980.08	6.00	1,29	0,22	1980.01–1981.09	21.00	4,90	0,23
2	1980.12–1981.09	10.00	3,15	0,32	1982.05–1989.02	82.00	39,07	0,48
3	1982.03–1982.08	6.00	2,24	0,37	1989.10–1990.05	8.00	4,49	0,56
4	1982.10–1984.05	20.00	11,88	0,59	1990.12–1993.09	34.00	29,52	0,87
5	1984.11–1989.04	54.00	20,91	0,39	1993.11–1993.11	1.00	0,51	0,51
6	1989.10–1990.05	8.00	4,89	0,61	1994.08–1996.04	21.00	10,48	0,50
7	1990.10–1990.10	1.00	0,22	0,22	1996.08–1996.10	3.00	0,45	0,15
8	1991.03–1993.09	31.00	10,82	0,35	1997.06–1998.10	17.00	10,16	0,60
9	1994.03–1996.04	26.00	13,32	0,51	1999.09–1999.09	1.00	0,27	0,27
10	1997.06–1997.06	1.00	0,52	0,52	2000.08–2000.08	1.00	0,01	0,01
11	1997.10–1998.10	13.00	8,89	0,68	2001.07–2005.08	50.00	35,01	0,70
12	1999.10–1999.10	1.00	0,02	0,02	2005.10–2005.11	2.00	0,59	0,30
13	2000.08–2000.08	1.00	0,13	0,13	2006.06–2007.07	14.00	5,26	0,38
14	2001.10–2002.07	10.00	3,10	0,31	2007.12–2007.12	1.00	0,03	0,03
15	2002.10–2005.11	38.00	24,52	0,65	2009.06–2009.06	1.00	0,16	0,16
16	2006.03–2007.06	16.00	4,79	0,30	2009.12–2010.10	11.00	5,02	0,46
17	2008.06–2009.08	15.00	7,01	0,47	2011.11–2011.12	2.00	0,46	0,23
18	2009.11–2010.02	4.00	3,65	0,91	2012.06–2013.04	11.00	4,50	0,41
19	2010.05–2011.02	10.00	9,09	0,91	2013.11–2014.05	7.00	3,24	0,46

STT	Đức Xuyên			Giang Sơn				
	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I	Bắt đầu – Kết thúc	D (tháng)	M	I
20	2011.05–2012.01	9,00	3,65	0,41	2014.10–2015.12	15,00	8,68	0,58
21	2012.06–2013.12	19,00	10,23	0,54				
22	2014.05–2015.01	9,00	5,94	0,66				
23	2015.06.–2015.12	7,00	6,95	0,99				

Hạn thủy văn nghiêm trọng nhất xảy ra tại trạm Giang Sơn là từ tháng 5 năm 1982 đến tháng 2 năm 1989, hạn hán kéo dài 82 tháng và độ lớn 39,07 khá tương đồng với trạm Cầu 14. Tỷ lệ hạn kéo dài trên 12 tháng ở cả hai trạm Giang Sơn và Đức Xuyên đều ở ngưỡng cao nhất trung khu vực đạt 36%, cho thấy hạn thủy văn ở đây diễn ra khốc liệt và dài hạn.

Từ những phân tích ở trên có thể thấy ở khu vực Lâm Đồng có sự khác biệt giữa các đặc trưng hạn tại các trạm do chịu ảnh hưởng bởi lưu vực, trạng thái sông cũng như các hoạt động của con người.

4. Kết luận

Từ những kết quả phân tích ở trên rút ra một số nhận xét như sau:

Hạn hán tại Tây Nguyên xảy ra quanh năm trong cả mùa khô và mùa mưa. Tuy nhiên tần suất cao của hạn hán xảy ra chủ yếu vào mùa khô. Mức hạn nhẹ chiếm ưu thế trên toàn thời đoạn nghiên cứu của cả khu vực, hạn nặng xảy ra chủ yếu vào tháng 2, 3 và tháng 10.

Kết quả về thời gian, mức độ nghiêm trọng và cường độ cho thấy hạn hán tăng dần từ phía Bắc xuống Nam về độ lớn nhưng giảm về tỷ lệ các đợt hạn kéo dài trên 12 tháng. Hạn hán kéo dài nhất với mức độ nghiêm trọng nhất tại trạm Cầu 14 và Giang Sơn là 82 tháng. Kết quả tính toán tại trạm Đức Xuyên cho thấy tại đây tần suất hạn cao với thời gian kéo dài và cường độ lớn.

Tỷ lệ mức độ hạn với thời gian kéo dài dưới 3 tháng tại tại Kon Tum (phía Bắc) chiếm ưu thế cao phản ánh tính chất hạn thủy văn tại khu vực này gồm nhiều đợt hạn ngắn, đơn lẻ khác với tính chất của các đợt hạn phía Nam Tây Nguyên là kéo dài trong nhiều năm.

Tuy vậy, nghiên cứu này vẫn còn hạn chế vì các điểm trạm có phân bố không gian chưa đồng đều nên khó khăn trong việc đánh giá tình trạng hạn chi tiết theo không gian do vậy cần nghiên cứu bổ sung các nguồn số liệu trên lưới phân giải cao để cung cấp thông tin xây dựng hệ thống giám sát, cảnh báo sớm hạn hán một cách đầy đủ hơn. Giai đoạn từ năm 2015 đến nay, hàng loạt hồ chứa thủy điện đã được xây dựng tại Tây Nguyên dẫn đến ảnh hưởng tới lưu lượng nước tại các trạm đo vì vậy cần có những theo dõi, quan trắc để đánh giá lại các đặc trưng hạn thủy văn tại Tây Nguyên trong giai đoạn sau 2015 cũng như sử dụng các kết quả dự tính theo kịch bản biến đổi khí hậu để có những dự tính tương ứng về biến đổi của hạn hán trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.T.H.; Xử lý số liệu: Đ.T.H.; Viết bản thảo bài báo: V.T.H.; Đ.T.H.; Chỉnh sửa bài báo: V.T.H.; Đ.T.H.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả luận văn thạc sĩ: “Đặc điểm và mối quan hệ giữa hạn hạn khí tượng và hạn thủy văn ở khu vực Tây Nguyên”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water Int.* **1985**, *10*, 111–120.

2. Botterill, L.C.; Fisher, M. Beyond drought: people, policy and perspectives. CSIRO Publishing, Clayton, 2003.
3. Kumaz L. Drought in Turkey. Istanbul Policy Center, 2014.
4. Bae, H.; Ji, H.; Lim, Y.J.; Ryu, Y.; Kim, M.H.; Kim, B.J. Characteristics of drought propagation in South Korea: relationship between meteorological, agricultural, and hydrological droughts. *Natural Hazards* **2019**, 99, 1–16.
5. Palmer, W.C. Meteorological drought. Office of Climatology US, Weather Bureau, Washington, 1965.
6. Mckee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceeding of the 8th conference on applied climatology, **1993**, 17, 179–183.
7. Keyantash, J.; Dracup, J.A. The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **2002**, 83, 1167–1180.
8. Vasiliades, L.; Loukas, A. Hydrological response to meteorological drought using Palmer drought indices in Thessaly, Greece. *Desalination* **2009**, 237, 3–12.
9. Vicente–Serrano, S.M.; Begueria, S.; Lorenzo–Lacruz, J.; Camarero, J.J.; Lopez–Moreno, J.I.; Azorin–Molina, C.; Revuelto, J.; Moran–Tejeda, E.; Sanchez–Lorenzo, A. Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interact.* **2012**, 16, 1–27.
10. Morid, S.; Smakhtin, V.; Moghaddasi, M. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *Int. J. Clim.* **2006**, 26(7), 971–985.
11. Li, B.Q.; Liang, Z.M.; Yu, Z.B.; et al. Evaluation of drought and wetness episodes in a cold region (Northeast China) since 1898 with different drought indices. *Nat. Hazards* **2014**, 71(3), 2063–2085.
12. Barker, L.J.; Hannaford, J.; Chiveron, A.; et al. From meteorological to hydrological drought using standardized indicators. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2016**, 20(6), 2483–2505.
13. Mo, K.C. Drought onset and recovery over the United States. *J. Geophys. Res.* **2011**, 116, 999–1010.
14. Huang, S.Z.; Huang, Q.; Chang, J.X.; et al. Drought structure based on a nonparametric multivariate standardized drought index across the Yellow River basin. *China. J. Hydrol.* **2015**, 530, 127–136.
15. Dracup, J.A.; Lee, K.S.; Paulson, E.G. On the definition of droughts. *Water Resour. Res.* **1980**, 16(2), 297–302.
16. Wilhite D.A. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. Drought: A Global Assessment, Natural Hazards and Disasters Series, Routledge Publishers, U.K., **2000**, 1, 3–18.
17. Lopez–Moreno, J.I.; Vicente–Serrano, S.M.; Zabalza, J.; et al. Hydrological response to climate variability at different time scales: a study in the Ebro basin, *J. Hydrol.*, **2013**, 477 (2), 175–188.
18. Lorenzo–Lacruz, J.; Moran–Tejeda, E.; Vicente–Serrano, S.M.; et al. Streamflow droughts in the Iberian Peninsula between 1945 and 2005: spatial and temporal patterns. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2013**, 9(7), 8063–8103.
19. Kazemzadeh, M.; Malekian, A. Spatial characteristics and temporal trends of meteorological and hydrological droughts in northwestern Iran. *Nat. Hazards* **2016**, 80(1), 191–210.
20. Wu, J.F.; Chen, X.W.; Gao, L.; et al. Response of hydrological drought to meteorological drought under the influence of large reservoir. *Adv. Meteorol.* **2016**, 2016, Article ID 2197142.

21. Thục, T. Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008.
22. Tính, N.Đ. Xác định khả năng và đánh giá mức độ hạn khí tượng ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Tap chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2012**, 37(6), 78–83.
23. Quyên, N.T.N. Phân vùng hạn hán dựa trên chỉ số hạn và mô phỏng chế độ thủy văn trên lưu vực Srepok vùng Tây Nguyên. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2017**, 33(1), 65–81.
24. Tuân, V.A.; Hằng, V.T.; Dương, T.H. Đặc điểm và xu thế biến đổi hạn khí tượng ở Tây Nguyên. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 699, 1–9.
25. Hoa, N.T.N.; An, N.L.; Trí, Đ.Q., Đạt, T.T.; Mai, Đ.T.; Trường, Đ.Đ. Nghiên cứu phương pháp dự báo và cảnh báo hạn khí tượng thủy văn áp dụng cho khu vực tỉnh Đắk Lắk, Tây Nguyên. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 699, 30–40.
26. Lê, P.T.; Sơn, N.H. Phân bố tài nguyên nước mưa trên các lưu vực sông Tây Nguyên, Tuyển tập các công trình khoa học Hội nghị khoa học Địa lý–Quản lý tài nguyên, Việt Nam, **2014**.
27. Chang, J.X.; Li, Y.Y.; Wang, Y.M.; et al. Copula-based drought risk assessment combined with an integrated index in the Wei River basin. *China. J. Hydrol.* **2016**, 540, 824–834.
28. Zhou, Y.L.; Zhou, P.; Jin; J.L.; et al. Establishment of hydrological drought index on sources of regional water supply and its application to drought frequency analysis for Kunming. *J. Hydraul. Eng.* **2014**, 45(9), 1038–1047.

Some characteristics of hydrological drought in Central Highland of Vietnam during the period of (1980–2015)

Do Thanh Hang¹, Vu Thanh Hang^{2*}

¹ National Centre for Hydro–Meteorological Forecasting; dothanhang234@gmail.com

² VNU Hanoi University of Science; hangvt@vnu.edu.vn

Abstract: The Standardized Streamflow Index–SSI is used to analyse some characteristics of hydrological drought at 8 stations in Central Highland of Vietnam during the period of (1980–2015). The results show that hydrological droughts occur not only in dry season but also in wet season in which mild droughts are more often. The frequencies of severe droughts are usually found in the end of winter and in the beginning of spring, some cases can appear in October. The maximum drought frequency is observed at Duc Xuyen station in which there are a lot of strong intensity and 12–month duration droughts. In contrast, the drought frequency during this period is low and severe droughts only observe in (1980–1989) period at An Khe station. The results of drought duration and intensity in Central Highland show that the higher intensity droughts with around 3–month duration are in the north part of this area while the lower intensity droughts with over 12–month duration are in the south part. The results also show that the maximum drought duration and magnitude observe at Cau14 and Giang Son station.

Keywords: Hydrological drought; SSI; Central Highland of Vietnam.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu chế tạo thử nghiệm thiết bị xử lý nguồn nước thủy cục nhiễm mặn hiệu suất cao cho các hộ gia đình ở vùng đồng bằng sông Cửu Long

Huỳnh Quyên¹, Huỳnh Anh Hoàng^{2*}, Đỗ Minh Dương³

^{1,2} Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố HCM; hquyen@hcmunre.edu.vn; hahoang@hcmunre.edu.vn

³ Trung Tâm Quan Trắc – Kỹ thuật Tài Nguyên & Môi Trường tỉnh Bình Dương; dminhduong@gmail.com

*Tác giả liên hệ: hahoang@hcmunre.edu.vn; Tel: +84-934978151

Ban Biên tập nhận bài: 8/9/2022; Ngày phản biện xong: 12/11/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Trong những năm qua, nguồn nước thủy cục của một số địa phương tại ĐBSCL đã bị nhiễm mặn lên đến 4‰ đã ảnh hưởng trực tiếp đến sinh hoạt của người dân, nhất là trong những tháng mùa khô. Nghiên cứu này đã chế tạo thử nghiệm thiết bị xử lý nước hiệu suất cao có khả năng khử mặn đạt quy chuẩn QCVN 01-1:2018/BYT ở nồng độ mặn đầu vào $\leq 6\text{‰}$ và có thể uống trực tiếp. Tỷ lệ sản xuất nước sạch là $53,7 \div 80,6\%$ đối với mẫu nước máy ở áp suất làm việc 8–9 bar. Nước nhiễm mặn 5‰, tỷ lệ sản xuất nước sạch đạt $18,7 \div 29,1\%$. Khả năng thu hồi nước xả có thể đạt đến 93,3% ở áp suất 8 bar đối với mẫu nước máy.

Từ khóa: Thiết bị RO; Thẩm thấu ngược; Nước mặn; Nước lợ; Nước sinh hoạt.

1. Giới thiệu

Nước nhiễm mặn (hay còn được gọi là nước lợ) là loại nước có độ mặn cao hơn độ mặn của nước ngọt, nhưng không cao bằng nước mặn. Nó có thể là kết quả của sự pha trộn giữa nước biển với nước ngọt, chẳng hạn như tại các khu vực cửa sông hoặc nó có thể xuất hiện trong các tầng ngậm nước lợ hóa thạch [1]. Một số hoạt động nhất định của con người cũng có thể tạo ra nước nhiễm mặn, cụ thể là trong một số dự án kỹ thuật xây dựng đê điều ven biển, thủy điện hay việc làm ngập các vùng đất lầy ven biển để tạo ra các ao hồ nước lợ để nuôi tôm và cũng có thể do tác động của biến đổi khí hậu.

Độ dẫn điện của nước là thước đo nồng độ của các ion có khả năng mang điện [2]. Độ dẫn điện được sử dụng để ước tính TDS và độ mặn của nước. Phân loại độ dẫn, TDS và độ mặn của nước ngọt, nước lợ, nước biển và nước muối được trình bày trong bảng 1 [3–6].

Bảng 1. Độ dẫn, TDS và độ mặn của nước ngọt, nước lợ, nước biển và nước muối.

Độ mặn của nước	Đặc tính Hóa lý		
	Độ dẫn điện ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/L)	Độ mặn (%)
Nước ngọt	150–500	< 1000	< 0,5
Nước lợ	1000–80.000	1000–5000	0,5–17
Nước biển	55.000	30.000–40.000	35–40
Nước muối	≥ 55.000	≥ 100.000	≥ 50

Tổng chất rắn hòa tan (TDS) bao gồm các chất vô cơ như khoáng, muối, kim loại cũng như các hợp chất hữu cơ hòa tan có trong nước [7].

Trong những năm gần đây, đặc biệt là năm 2015 và 2016, tình hình thiệt hại do xâm nhập mặn gây ra ngày càng trở nên nghiêm trọng ở các vùng ven biển, nhất là ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Do vị trí địa lý, ĐBSCL chịu ảnh hưởng của thủy triều từ biển Đông và biển Tây. Trong mùa cạn, khi lưu lượng nước ở thượng lưu đổ về giảm, thủy triều ảnh hưởng mạnh lên thượng lưu và hệ thống kênh rạch nội đồng, dẫn theo nước mặn xâm nhập sâu cả trên sông và nội đồng. Theo thống kê năm 2015, có trên 50% diện tích ĐBSCL (39.330 km²) bị nhiễm mặn, gồm địa phận các tỉnh: Long An, Tiền Giang, Bến Tre, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau và Kiên Giang [8].

Mùa khô năm 2019–2020, hạn mặn bắt đầu xuất hiện từ giữa tháng 12/2019, sớm hơn gần 1 tháng so với mùa khô của năm 2015–2016 và sớm hơn 3 tháng so với trung bình các năm. Cụ thể, trên sông Vàm Cỏ nước có độ mặn 4‰ xâm nhập sâu vào đất liền khoảng 100km; trên sông Hậu, sông Cổ Chiên vào sâu gần 70km; trên các sông Cửa Tiểu, Cửa Đại, Cái Lớn vào sâu gần 60 km. Phạm vi xâm nhập mặn trên các sông này đã vào sâu hơn cùng kỳ năm 2016 khoảng 3–11 km. Nếu như đợt hạn mặn năm 2015–2016 được xem là đợt mặn kỷ lục, 100 năm mới lặp lại thì đợt hạn mặn năm 2019–2020 đã phá vỡ mọi kỷ lục được xác lập [8].

Hệ thống xử lý nước thủy cục của các địa phương thường lấy nguồn nước trực tiếp từ các con sông, sau đó xử lý bằng các quy trình xử lý thông thường (keo tụ, đông tụ, lắng, lọc cát) nhưng các phương pháp này dường như không hiệu quả trong việc khử mặn nước lợ. Trong vô số các phương pháp xử lý hiện có, công nghệ màng lọc đã thu hút được sự quan tâm đáng kể như một phương pháp xử lý nước hiệu quả do khả năng lọc tuyệt vời của chúng đối với các ion muối, mang lại chất lượng nước cao hơn [9].

Trong các công nghệ này, màng được sử dụng làm rào chắn ngăn cách giữa các pha khác nhau, vận chuyển có chọn lọc các chất theo những con đường khác nhau bao gồm quá trình đối lưu, khuếch tán phân tử, điện từ trường, nồng độ, áp suất, nhiệt độ. Màng lọc có thể tách nước thành 2 dòng khác nhau gồm dòng thấm (phần chất lỏng đi qua qua màng) và dòng cô đặc (dòng chứa các phân tử muối bị mắc kẹt trong màng). Độ dày màng có thể thay đổi trong phạm vi lớn từ 100 μm đến vài mm. Dựa trên kích thước lỗ, áp suất vận hành và phạm vi ứng dụng, các loại màng thương mại có sẵn được phân loại là vi lọc, siêu lọc, lọc nano và thẩm thấu ngược (RO) [10]. Trong đó RO có thể xử lý hầu hết nước cấp và hiệu quả lọc của nó phụ thuộc trực tiếp vào độ mặn của nguồn nước. Trong trường hợp nước lợ, hiệu suất nước có thể đạt tới 70% nhờ màng RO. Tại thời điểm này, có nhiều loại RO khác nhau và RO dạng cuộn thường được sử dụng trong các ứng dụng thực tế nhờ cấu hình nhỏ gọn, cường độ áp suất cao, ô nhiễm thấp, giảm áp suất trong kênh thẩm thấu và phân cực nồng độ tối thiểu [11]. Thông thường, một hoặc nhiều lõi RO được lắp ráp trong cột điều áp, sau đó được kết nối thông qua ống thu trung tâm.

Dựa trên các vấn đề đã nêu ở trên, chúng tôi giới thiệu hệ thống hiệu suất cao để khử mặn nước lợ ở ĐBSCL, sử dụng màng RO dạng cuộn. Sau quá trình xử lý, hiệu suất nước uống đạt được lên tới 53,7 ÷ 80,6% trong dải áp suất vận hành 8–9 bar. Đầu ra đạt tiêu chuẩn QCVN 01–1:2018/BYT của Việt Nam, hiệu suất thu hồi nước đạt 93,3% ở áp suất vận hành 8 bar.

2. Phương pháp nghiên cứu và thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu và dụng cụ

- Nguồn nước thủy cục tại hộ gia đình; thùng nhựa 120 lít; muối ăn dạng hạt (Thái Lan); thép tấm tráng kẽm 1,2 mm, thép vuông tráng kẽm 25×25 mm; dây hàn và sơn phủ trang trí.
- Máy hàn Mig, máy khoan cầm tay, máy cắt và dụng cụ cơ khí.

2.2. Chuẩn bị mẫu nước có độ mặn khác nhau

- Mẫu 1‰: Cân 100 g muối hạt hoà tan trong 100 lít nước thủy cục, sau đó dùng máy đo độ mặn để đo độ mặn mẫu và tinh chỉnh thêm muối hoặc nước đưa mẫu về độ mặn 1‰.

- Mẫu 3‰, 5‰, 7‰ và 9‰: thao tác tương tự mẫu 1‰ và thay lượng muối bằng 300 g, 500 g, 700 g và 900 g, tương ứng.

2.3. Phương pháp khảo sát độ mặn và áp suất đến hiệu suất xử lý

- Khảo sát độ mặn 1‰ ở các áp suất 2, 4, 6, 8, 10 bar. Ghi lại các giá trị độ dẫn điện EC (sau đó qui đổi sang độ mặn) của dòng nước sạch.

- Tương tự, 3‰, 5‰, 7‰ và 9‰: ở các áp suất 2, 4, 6, 8, 10 bar. Ghi lại các giá trị độ dẫn điện EC của dòng nước sạch.

Xác định mức độ hiệu quả của màng RO trong việc loại bỏ chất gây ô nhiễm bằng cách sử dụng công thức sau:

- Phần trăm hàm lượng muối trong nước xả, C_x (%):

$$C_x (\%) = \frac{(EC \text{ của nước cấp} - EC \text{ của nước sạch})}{EC \text{ của nước cấp}} \times 100 \quad (1)$$

Mức độ loại bỏ muối càng cao, hệ thống hoạt động càng tốt. Khi mức độ loại bỏ muối thấp thì các màng lọc cần được làm sạch hoặc thay thế.

Phần trăm hàm lượng muối thâm thấu qua màng lọc C_s (%):

$$C_s (\%) = (1 - C_x) \quad (2)$$

Đây chính là lượng muối đi qua màng thẩm thấu RO được biểu thị bằng phần trăm. Tỷ lệ phần trăm này tỉ lệ nghịch với phần trăm muối ở dòng xả. Lượng muối thâm thấu càng thấp, hệ thống càng hoạt động tốt. Khi lượng muối đi qua cao thì có thể màng lọc cần được làm sạch hoặc thay thế.

2.4. Phương pháp khảo sát độ mặn và áp suất đến tỷ lệ sản xuất nước sạch

Từ quá trình khảo sát ở mục 2.3, vừa tiến hành ghi lại các giá trị EC, vừa ghi các giá trị lưu lượng dòng nước sạch và nước xả bằng lưu lượng kế (*flow meter*).

Tỷ lệ sản xuất nước sạch (hiệu suất nước sạch) là lưu lượng nước sạch sau khi thẩm thấu qua màng RO so với lưu lượng nước đầu vào. Lượng nước sạch càng cao nghĩa là hệ thống đang xả ra ít nước xả hơn. Tỷ lệ sản xuất nước sạch được biểu thị bằng phần trăm.

$$Ns(\%) = \frac{\text{Lưu lượng dòng nước sạch (L/p)}}{\text{Lưu lượng dòng nước cấp (L/p)}} \times 100 \quad (3)$$

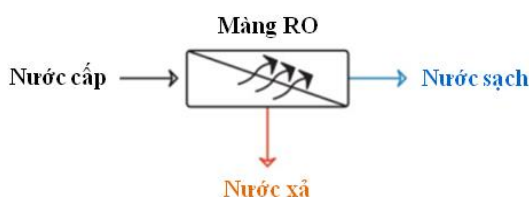
Hệ số cô đặc: Là hệ số nồng độ chất tan trong dòng xả thải có liên quan đến sự phục hồi của hệ thống RO và là một phương trình quan trọng để thiết kế hệ thống RO. Nếu càng sản xuất ra nhiều nước sạch (% sản xuất nước sạch càng cao) thì thu được càng nhiều muối đậm đặc và chất gây ô nhiễm trong dòng nước xả. Điều này có thể dẫn đến khả năng đóng cặn trên bề mặt màng RO khi hệ số cô đặc quá cao so với thiết kế hệ thống và thành phần nước cấp.

Hệ số nồng độ chất tan (cô đặc) trong dòng xả f_x :

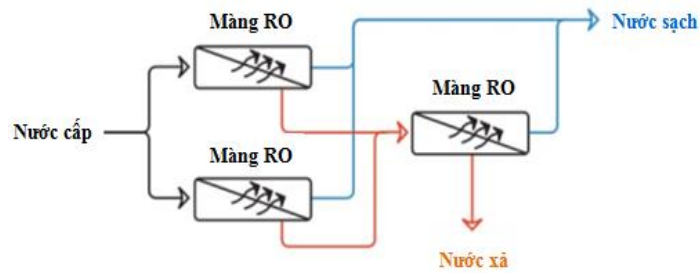
$$f_x = \frac{1}{(1 - Ns)} \quad (4)$$

2.5. Phương pháp RO theo giai đoạn, bậc

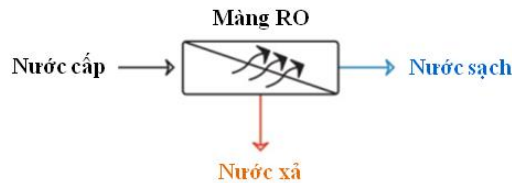
Phương pháp công nghệ RO một giai đoạn, hai giai đoạn, một bậc và hai bậc [12–17] được mô tả theo các sơ đồ hình 1, hình 2, hình 3 và hình 4.



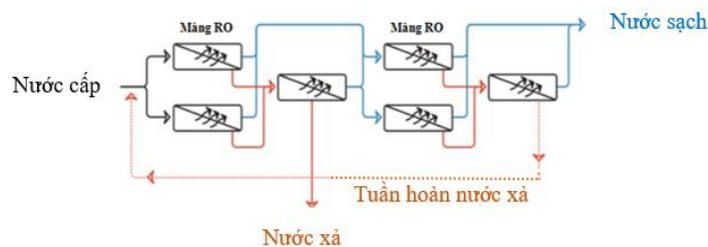
Hình 1. Hệ thống RO một giai đoạn.



Hình 2. Hệ thống RO hai giai đoạn.



Hình 3. Hệ thống RO một bậc.



Hình 4. Hệ thống RO hai bậc.

Trong hệ thống RO một giai đoạn (Hình 1), nước cấp vào đầu cột RO và thoát ra khỏi RO dưới dạng nước sạch và nước xả bỏ; hệ thống hai giai đoạn (Hình 2), nước xả từ giai đoạn đầu tiên (RO thứ nhất) trở thành nước cấp cho giai đoạn thứ hai (RO thứ hai). Nước sạch thu được từ giai đoạn đầu tiên được kết hợp với nước sạch từ giai đoạn thứ hai. RO một bậc (Hình 3) tương tự như hệ thống RO một giai đoạn; RO hai bậc (Hình 4), nước sạch từ bậc đầu tiên (RO thứ nhất) trở thành nước cấp đến bậc thứ hai (RO thứ hai) để tạo ra chất lượng nước sạch cao hơn. Điều này có thể hiểu rằng, khi mong muốn chất lượng nước sạch tốt hơn ta dùng sơ đồ công nghệ bố trí các cột lọc RO theo thuật ngữ “bậc”, còn khi mong muốn tăng khả năng tái sử dụng nước xả ta dùng thuật ngữ “giai đoạn”. Trường hợp mong muốn cả hai, chúng ta sử dụng kết hợp vừa bậc vừa giai đoạn.

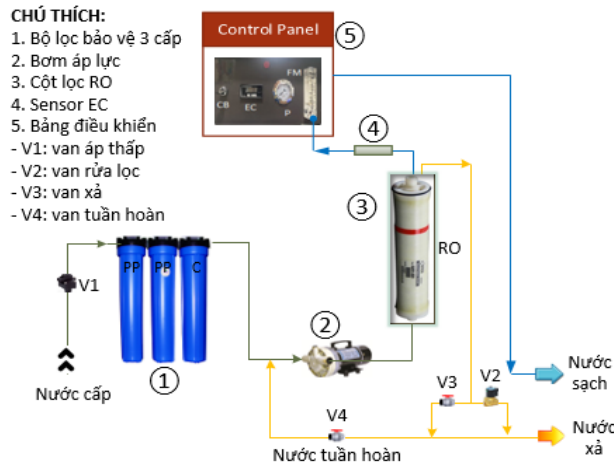
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xây dựng sơ đồ công nghệ xử lý nước cấp nhiễm mặn

Từ số liệu tổng quan, nguồn nước cấp của các nhà máy nước sau xử lý cấp cho sinh hoạt trong những năm gần đây có độ mặn dao động khoảng 4‰, kéo dài trong mùa khô và đặc thù sinh kế người dân, nhóm nghiên cứu lựa chọn công nghệ một giai đoạn (một bậc) có tuần hoàn nước xả (Hình 5).

Thuyết minh sơ đồ công nghệ:

Nguồn nước nhiễm mặn tại bồn chứa ở hộ gia đình sẽ được đầu nối qua ngõ vào của thiết bị. Nguồn nước được xử lý sơ bộ tại bộ lọc bảo vệ 3 cấp, loại 20inch, bao gồm cột lọc 1: PP 5 micron, cột lọc 2: PP 1 micron nhằm loại bỏ rong rêu, cặn lơ lửng và rỉ sét, sau đó qua cột 3 là than hoạt tính nhằm loại bỏ clo dư. Sau khi ra khỏi bộ lọc bảo vệ, nguồn nước được bơm áp lực chuyển đến cột RO ở áp suất làm việc được tùy chỉnh theo độ mặn của nguồn nước.



Hình 5. Sơ đồ công nghệ thiết bị xử lý nước nhiễm mặn.

Bơm sẽ tạo ra dòng nước áp lực cao để thắng trở lực qua lõi lọc và qua màng thẩm thấu RO. Dòng nước sau khi đi qua màng RO là nước tinh khiết/nước sạch được kiểm soát bằng lưu lượng kế và cảm biến EC, dòng còn lại ở trên bề mặt màng (không thẩm thấu) sẽ được đưa ra theo đường nước xả.

Nước sạch sẽ được chứa trong bình tích áp để đưa đến khâu sử dụng. Phần nước xả sẽ được thải trực tiếp ra ngoài, một phần hồi lưu về bơm áp lực để tiếp tục xử lý.

Thiết bị được thiết kế tự động hoạt động, trong trường hợp nguồn nước đầu vào yếu hoặc không có, van áp suất thấp V1 sẽ ngắt tín hiệu điều khiển, toàn bộ thiết bị sẽ dừng hoạt động. Tương tự, khi áp suất làm việc quá cao (trở lực tăng do lõi lọc RO đóng cặn bẩn), van áp cao của bơm sẽ tự động dừng bơm.

Để tăng hiệu quả xử lý và vận hành ổn định, thiết bị cũng được thiết kế có chế độ súc rửa lõi RO tự động sau một thời gian hoạt động hoặc khi máy bắt đầu hoạt động.

3.2 Kết quả tính toán một số thiết bị chính

3.2.1. Tính toán bề mặt thẩm thấu RO

- Xác định tách chất tan và lượng nước thẩm thấu:

Giả thiết: chọn nồng độ mol natri clorua đầu vào là 0,1 mol/kg (~6‰) và áp suất hoạt động là $4,134 \times 10^6$ Pa (tương ứng 41,34 atm, là giá trị trên đồng hồ đo). Độ dày của màng lọc là $l = 10^{-7}$ m.

Với thẩm thấu ngược của natri clorua trong nước ở 25°C [18]:

$$c_{Bm} D_{Bm} = 2,7 \times 10^{-8} \text{ kg/ms}$$

$$D_{Am} K_A = 4,2 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$$

Sử dụng các giá trị số:

$$RT = 2,479 \times 10^3 \text{ J/mol ở } 25^\circ\text{C}$$

$$c_{BP} = 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ và } v_B = 18,02 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$$

Áp suất thẩm thấu của nguồn nước cấp qua màng có thể được ước tính bằng:

$$\Pi = R(T + 273) \sum M_i \tag{5}$$

$$\text{hoặc } \Pi = 7720 (T + 273) \sum M_i \tag{6}$$

Trong đó T là nhiệt độ (°C); $\sum M_i$ là tổng số mol hoặc số mol của các ion và các hợp chất không ion (mol/kg hoặc mol/L).

Áp suất thẩm thấu có thể xác định như sau:

$$\Pi = 7720 \times (25 + 273) \times 0,2 = 0,460 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Vì $\Pi = 0$ đối với nước tinh khiết, trước tiên, chúng ta có thể giả sử nước tinh khiết ở về phía mặt thẩm thấu nước sạch (*permeate side*), khi đó: $\Delta\Pi = (0 - 0,460 \times 10^6) = -0,460 \times 10^6$ Pa.

Khả năng loại bỏ chất tan, R (hiệu suất) [19]:

$$R = \left[1 - \frac{D_{Am} K_A R T c_{BP}}{c_{Bm} D_{Bm} v_B (\Delta\rho - \Delta\Pi)} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$= \left[1 - \frac{(4.2 \times 10^{-14})(2.479 \times 10^3)(10^3)}{(2.7 \times 10^{-8})(18.02 \times 10^{-6})[(-4.134 \times 10^6) - (-0.460 \times 10^6)]} \right]^{-1} = 0,945$$

Khi đó, nồng độ mol natri clorua trong dòng nước sau thẩm thấu (nước sạch) sẽ là:

$$0,1 \times (1 - 0,945) = 0,0055 \text{ mol/kg}$$

Từ phương trình (5), áp suất thẩm thấu ở dòng nước sạch sẽ là:

$$\Pi = 7720 \times (25 + 273) \times 2 \times 0,0055 = 0,0253 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Khi đó, chênh lệch áp suất thẩm thấu ($\Delta\Pi$) giữa dòng cấp vào và dòng nước sạch sẽ là:

$$\Delta\Pi = (0,0253 - 0,460) \times 10^6 = -0,4347 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$R = \left[1 - \frac{(4.2 \times 10^{-14})(2.479 \times 10^3)(10^3)}{(2.7 \times 10^{-8})(18.02 \times 10^{-6})[(-4.134 \times 10^6) - (-0.4347 \times 10^6)]} \right]^{-1} = 0,945$$

Vậy $R = 0,945$ là đáp ứng.

Thông lượng nước cấp qua màng J_B (kg/m²s) được tính từ phương trình sau [19]:

$$J_B = - \frac{c_{Bm} D_{Bm} v_B}{RT} (\Delta\rho - \Delta\Pi) \quad (8)$$

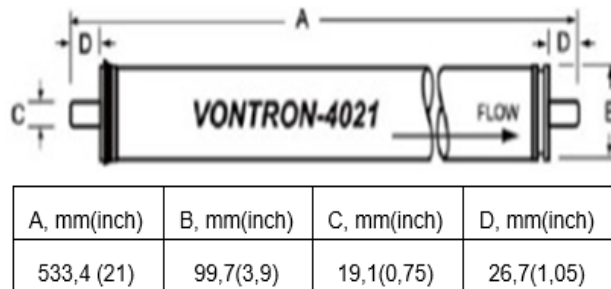
$$= - \frac{(2.7 \times 10^{-8})(18.02 \times 10^{-6})[(-4.314 \times 10^6) - 0.4347 \times 10^6]}{(2.479 \times 10^3)(10^{-7})} = 76,14 \times 10^{-4}$$

$$\text{kg/m}^2\text{s} = 27,4 \text{ lít/m}^2\text{h}$$

– Xác định diện tích bề mặt thẩm thấu:

Trên thị trường hiện nay, có nhiều loại lõi lọc khác nhau, để phù hợp với đặc tính, quy mô hộ gia đình và nhu cầu sử dụng nước, nhóm nghiên cứu lựa chọn lõi lọc của hãng Vontron, mã hiệu ULP21-4021 với các thông số sau: đường kính lõi RO: 99,7 mm; chiều dài lọc: 480 mm; chiều dài toàn bộ: 533,4 mm (Hình 6); nhiệt độ nguồn nước cấp tối đa: 45°C và pH: 3÷10; áp suất làm việc tối đa 600 psi (4,14 Mpa); và diện tích bề mặt thẩm thấu: 3,3 m².

Lượng nước thẩm thấu qua màng lõi lọc ứng với áp suất làm việc tối đa (4,134 Mpa), độ muối 6‰ là: 3,3 m² × 27,4 lít/m²h = 90,42 lít/h.



Hình 6. Thông số kỹ thuật lõi lọc ULP21-4021.

3.2.2. Tính toán bơm

Công thức tính công suất bơm dựa trên lưu lượng và cột áp [20]:

$$P = [Q \times H \times \rho] / [102 \times \eta] \quad (9)$$

Trong đó P là công suất bơm (kW); Q là lưu lượng nước (m³/s); H là cột áp của bơm (m); ρ là khối lượng riêng của nước (kg/m³); η là hiệu suất bơm, thường là 0,8.

Chọn lưu lượng trung bình qua bơm $Q = 3,5 \text{ lít/phút} = 5,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, ở cột áp $H = 100 \text{ m}$ (áp suất làm việc của bơm khi lọc: 10 bar).

Công suất bơm:

$$P = \frac{0,000058 \times 100 \times 1000}{102 \times 0,8} = 0,0715 \text{ kw}$$

Chọn hệ số dự tải (an toàn) cho bơm, thường $P_{AT} = P(\text{kw})/0,43 = 0,167 \text{ kw}$

Công suất động cơ: $P_{dc}(\text{kw}) = P_{AT}(\text{kw})/\eta = 0,167/0,9 = 0,185 \text{ kw}$

Với η: Hiệu suất motor từ 0,9÷0,95, chọn = 0,9.

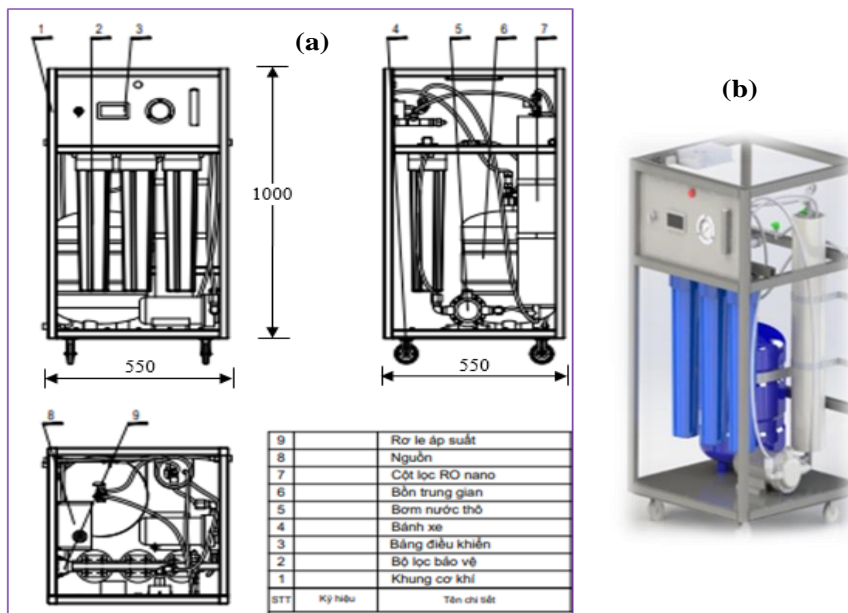
3.2.3 Chọn lõi lọc bảo vệ

Bộ lọc thô 3 cấp, 20 inch để xử lý sơ bộ nước máy đầu nguồn nhằm tách các cặn lơ lửng, rỉ sét, chất hữu cơ và clo dư để bảo vệ màng lọc RO hoạt động ổn định và hiệu quả.

Kích thước cốc lọc: 133x150x560 mm, chất liệu nhựa ABS; kích thước lõi lọc: $\phi 70 \times 455$ mm, lõi lọc 1,2&3: Polypropylene (PP) 5 micron + 1 micron + than hoạt tính; lưu lượng lọc: 400 L/h; áp suất nước tối đa: 10 bar.

3.2.4 Gia công, chế tạo thiết bị

Dựa trên sơ đồ công nghệ đề xuất (Hình 5), nhóm nghiên cứu tiến hành gia công, lắp đặt thiết bị theo bản vẽ phát thảo (Hình 7a) và sản phẩm chế tạo được mô phỏng 3D trên phần mềm Autocad chuyên dụng (Hình 7b).



Hình 7. (a) Bản vẽ bố trí thiết bị; (b) Bản vẽ 3D thiết bị xử lý.

Một số hình ảnh gia nhóm nghiên cứu gia công, lắp đặt thiết bị chế tạo thử nghiệm (Hình 8).

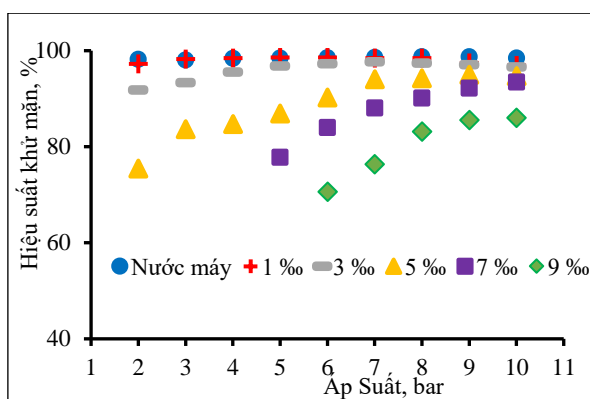


Hình 8. Gia công và lắp đặt thiết bị, (a) gia công khung bao che; (b) lắp đặt; và (c) thiết bị chế tạo.

3.3. Hiệu suất xử lý, tỷ lệ sản xuất nước sạch và thu hồi nước xả

3.3.1 Ảnh hưởng của độ mặn và áp suất đến hiệu suất xử lý

Trong nghiên cứu này, độ mặn ban đầu được chuẩn bị với các nồng độ 1‰, 3‰, 5‰, 7‰, 9‰ và mẫu nước máy tại gia đình với độ mặn là 0,032 ‰ (TDS: 54 ppm). Áp suất làm việc từ 2 bar đến 10 bar. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của độ mặn và áp suất cho thấy, hiệu suất xử lý (khử mặn) của thiết bị tỷ lệ thuận với việc tăng chế độ áp suất P làm việc và tỷ lệ nghịch với độ mặn đầu vào (Hình 9).



Hình 9. Hiệu suất xử lý theo độ mặn và áp suất.

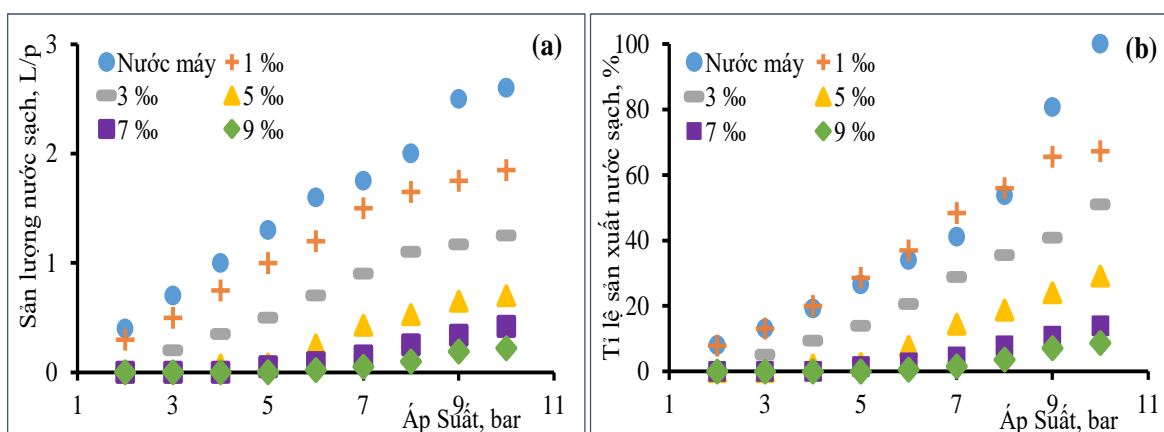
Ở các giá trị độ mặn 0.33‰ (nước máy), 1‰, 3‰ và 5‰ hiệu suất xử lý đạt từ 75÷98,7% tại các áp suất làm việc khác nhau. Khi độ mặn từ 7‰ trở lên, áp suất làm việc yêu cầu tối thiểu là 5 bar, dưới áp suất này quá trình thẩm thấu ngược chưa diễn ra. Bên cạnh đó, tại độ mặn 7‰ và 9‰, kết quả xử lý (TDS >1000 mg/l) chưa đạt yêu cầu qui định theo QCVN 01–1:2018/BYT về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

Hiện nay, phần lớn các máy lọc nước RO gia đình trên thị trường chỉ lọc được nước thủy cục (nước máy), nước giếng khoan có chỉ số TDS dưới 1000 ppm (độ mặn ~0,43‰). Thiết bị do nhóm nghiên cứu chế tạo thử nghiệm có khả năng hoạt động ổn định với TDS lên đến 7750 ppm, tương ứng độ mặn 5‰.

3.3.2. Ảnh hưởng của độ mặn và áp suất đến tỷ lệ sản xuất nước sạch

Biểu đồ hình 10a–10b cho thấy, sản lượng và tỷ lệ sản xuất nước sạch tỉ lệ thuận với áp suất làm việc và tỉ lệ nghịch với độ mặn.

Sản lượng và tỉ lệ sản xuất nước sạch đạt cao ở các áp từ 8÷10 bar, cụ thể mẫu nước máy đạt 2,0÷2,6 lít/phút, tỉ lệ 53,7÷100%; mẫu 1‰ đạt 1,65÷1,85 lít/phút, 55,9÷67,2%; mẫu 3‰ đạt 1,1÷1,25 lít/phút, 35,4÷51,0%; mẫu 5‰ đạt 0,53÷0,7 lít/phút, 18,7÷29,1%; mẫu 7‰ đạt 0,25÷0,42 lít/phút, 7,8÷14%; và mẫu 9‰ đạt 0,1÷0,22 lít/phút, 3,5÷8,7%.

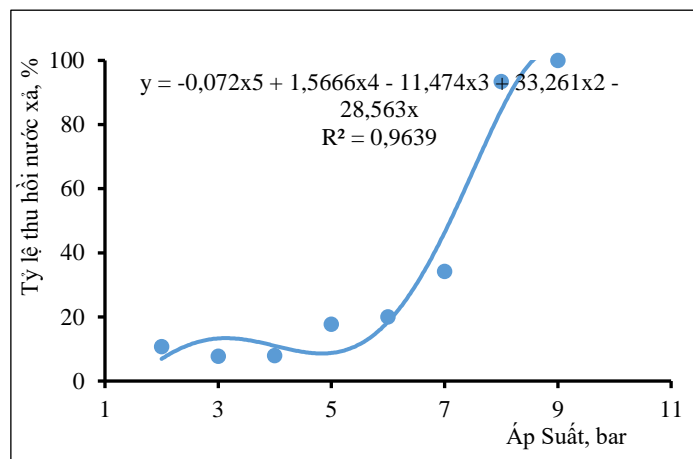


Hình 10. (a) Sản lượng nước sạch theo độ mặn và áp suất; (b) Tỷ lệ sản xuất nước sạch theo độ mặn và áp suất.

Đối với các máy RO gia đình, tỉ lệ sản xuất nước sạch từ nước cấp có chỉ số TDS ≤ 1000 ppm cũng khác nhau theo các công bố, cụ thể từ 25÷37% [21]; 19,4% đến 64% [22]. Nguồn nước nhiễm mặn, tỉ lệ nước sạch so với nước xả bỏ là 1:3,5 [23], nghĩa là để tạo ra 1 lít nước sạch phải loại bỏ khoảng 3,5 lít nước xả, tương ứng 22,2%. Với hệ RO công nghiệp, nguồn nước cấp từ hồ chứa, tỉ lệ này là 49% [24]. Từ đó cho thấy thiết bị của nhóm nghiên cứu có hiệu suất sản xuất nước sạch cao.

3.3.3. Tỷ lệ thu hồi nước xả theo áp suất

Trên sơ đồ công nghệ (Hình 5), thiết bị được thiết kế thêm đường tuần hoàn nước xả sau lọc RO về bơm áp suất để thu hồi một phần nước xả. Trong giới hạn của bài báo này, nghiên cứu chỉ tập trung khảo sát khả năng thu hồi nước xả đối với nguồn nước thủy cục. Tỷ lệ thu hồi nước xả theo áp suất là không tuyến tính (Hình 11).



Hình 11. Tỷ lệ thu hồi nước xả theo áp suất với mẫu nước máy.

Từ đồ thị hình 11 cho thấy, hiệu quả thu hồi nước xả tốt nhất ở áp suất ≥ 8 bar, cụ thể tại $P = 8$ bar đạt 93,3%, tại $P = 9$ bar đạt 100%, lúc đó không có nước xả bỏ. Bằng phương pháp nội suy, mối quan hệ giữa áp suất làm việc và tỷ lệ thu hồi nước xả được mô tả thông qua tương quan:

$$y = -0,072x^5 + 1,5666x^4 - 11,474x^3 + 33,261x^2 - 28,563x$$

Với hệ số tương quan $R^2 = 0,9639$ có độ tin cậy cao.

Để đạt được yêu cầu chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt, nhu cầu tiêu thụ nước của hộ gia đình và tính ổn định trong vận hành của thiết bị, thông số độ mặn của nguồn nước và áp suất làm việc của thiết bị được đề xuất tương ứng là $\leq 5\text{‰}$ và $P = 8$ bar.

Công suất sản xuất nước sạch của thiết bị đối với nguồn nước thủy cục không nhiễm mặn là 2 lít/phút, tương ứng 120 lít/giờ có thể sử dụng uống trực tiếp. Trường hợp nguồn nước bị nhiễm mặn với độ mặn 5‰, sản lượng có thể đạt 30 lít/giờ, tương ứng 720 lít/ngày.

4. Kết luận

Muối không chỉ làm tăng thêm hương vị của nước uống mà còn cung cấp các lợi ích sức khỏe bao gồm tiêu hóa khỏe mạnh và duy trì huyết áp. Tuy nhiên, lượng muối cao trong nước làm hạn chế đến mục đích sinh hoạt của người dân và ảnh hưởng trong tưới tiêu nông nghiệp.

Giải pháp xử lý độ mặn từ nguồn nước thủy cục bằng thiết bị RO hiệu suất cao sẽ góp phần giải quyết nhu cầu, chủ động nguồn nước sạch sinh hoạt hàng ngày và giảm chi phí mua nước của người dân, đặc biệt vào các tháng hạn xâm nhập mặn cao.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.Q., H.A.H.; Xử lý số liệu: H.A.H., Đ.M.D.; viết bản thảo bài báo: H.Q., H.A.H.; chỉnh sửa bài báo: H.A.H. Nghiên cứu được thực hiện bởi 03 tác giả và sự đóng góp cho quá trình nghiên cứu để hình thành các kết quả nghiên cứu trong công bố này là như nhau.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố HCM đã hỗ trợ tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Knaust, D.; Bromley, R.G. Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments. *Elsevier*, **2012**, *64*, 1–924, ISBN: 978-0-444-53813-0.
2. World Health Organization (WHO). Manganese in Drinking Water—Background Document for Development of WHO, Guidelines for Drinking–Water Quality, WHO: Geneva, Switzerland, 2011.
3. National Groundwater Association (NGWA). Brackish Groundwater. NGWA: Westervill, OH, USA, 2010.
4. Malmberg, C.G. Electrical conductivity of dilute solutions of ‘sea water’ from 5 to 120 °C. *J. Res. Natl. Bur. Stand. A Phys. Chem.* **1965**, *69*, 39–43.
5. Rusydi, A.F. Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2018**, *118*, 012019.
6. Jonsson, J.; Smedfors, K.; Nyholm, L.; Thornell, G. Towards chip–based salinity measurements for small submersibles and biologgers. *Int. J. Oceanogr.* **2013**, 529674.
7. Sharma, A.; Kundu, S.S.; Tariq, H.; Kewalramani, N.; Yadav, R.K. Impact of total dissolved solids in drinking water on nutrient utilisation and growth performance of Murrah buffalo calves. *Livest. Sci.* **2017**, *198*, 17–23.
8. Tùng, T.; An, N.; Anh, T. Chống xâm nhập mặn– Bài toán không dễ giải ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Kinh tế Môi trường*. Online Available: <https://kinhtemoitruong.vn/chong-xam-nhap-man-bai-toan-khong-de-giai-o-dong-bang-song-cuu-long-67867.html>.
9. Nthunya, L.N.; Maifadi, S.; Mamba, B.B.; Verliefde, A.R.; Mhlanga, S.D. Spectroscopic Determination of Water Salinity in Brackish Surface Water in Nandoni Dam, at Vhembe District, Limpopo Province, South Africa. *Water* **2018**, *10*, 990. doi:10.3390/w10080990.
10. Wang, L.K.; Hung, Y.T.; Shammass, N.K. Advanced physicochemical treatment technologies. Springer Nature, **2007**, *5*, pp. 710.
11. Ismail, A.F.; Matsuura, T. Progress in transport theory and characterization method of Reverse Osmosis (RO) membrane in past fifty years. *Desalination* **2018**, *434*, 2–11.
12. Saad, A.; Sorour, A.; Hassan, A. Techno-economic evaluation of different seawater reverse osmosis configurations for efficient boron removal. *Desalin. Water Treat.* **2019**, *168*, 65–76.
13. Al-Obaidi, M.A.; Kara-Zaïtri, C.; Mujtaba, I.M. Simulation and optimisation of a two-stage/two-pass reverse osmosis system for improved removal of chlorophenol from wastewater. *J. Water Process Eng.* **2018**, *22*, 131–137.
14. Chan, S.S.; Wu, J.H. Municipal-to-Industrial Water Reuse via Multi-Stage and Multi-Pass Reverse Osmosis Systems: A Step from Water Scarcity towards Sustainable Development. *Water* **2022**, *14*(3), 362. <https://doi.org/10.3390/w14030362>.
15. Mustaqimah, M.A.; Alghoul, P. Poovanaesvaran, Assim Fadhil, F. Annisa Acek, K. Sopian. Comparison of One Stage and Two Stage-Brackish Water Reverse Osmosis System: A Simulation study. *Computational Methods in Science and Engineering*, ISBN: 978-1-61804-174-6, 192-196.
16. Andrew, J.S.; German, A.H.H.; Lokesh, P.; Terri-Ann, B. Energy Recovery in SWRO Desalination: Current Status and New Possibilities. *Front. Sustainable Cities* **2020**, *2*, 9.
17. Park, K.; Burlace, L.; Dhakal, N.; Mudgal, A.; Stewart, N.A.; Davies, P.A. Design, modelling and optimisation of a batch reverse osmosis (RO) desalination system using a free piston for brackish water treatment. *Desalination* **2020**, *494*, 114625.

18. Lonsdale, H.K. Properties of cellulose acetate membranes. In: Desalination by Reverse Osmosis, Chap. 4, U. Merten (ed.), MIT Press, Cambridge, 1996.
19. Wang, L.K.; Hung, Y.T.; Shammas, N.K. Advanced Physicochemical Treatment Processes. Handbook of Environmental Engineering, Totowa, New Jersey: Humana Press, 2006.
20. Dung, L. Máy bơm, công trình thu nước, trạm bơm cấp thoát nước. Nhà xuất bản Xây dựng, 2019.
21. Elfil, H.; Hamed, A.; Hannachi, A. Technical evaluation of a small-scale reverse osmosis desalination unit for domestic water. *Desalination* **2007**, *203*, 319–326.
22. Suresh, I.; Yuansong, W.; Dazhou, H.; Jegetheeswaran, K.; Tharindu, R.; Titus, C.; Hansima, M.A.C.K.; Madhubashini, M.; Jinadasa, K.B.S.N.; Sujithra, K.W.; Rohan, W. Evaluation of Performance of Existing RO Drinking Water Stations in the North Central Province, Sri Lanka. *Membranes* **2021**, *11*(6), 383.
23. Darafon, A.; Naser, T.B. Recycle of Water Disposal Rejected from Domestic Reverse Osmosis Desalination Unit. The International. *J. Eng. Inf. Technol. Misurata University* **2020**, 45–49.
24. Carla, D.V.; Alexandre, G.; Jane, Z.F.; Andréa, M.B.; Marco, A.S.R. Increasing water recovery rate of membrane hybrid process on the petrochemical wastewater treatment. *Process Safety Environ. Prot.* **2018**, *117*, 152–158.

Trial Design of High-Performance Brackish Desalination System for Households in the Vietnamese Mekong Delta

Quyen Huynh¹, Hoang Anh Huynh^{2*}, Duong Minh Do³

^{1,2} Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment;
 hquyen@hcmunre.edu.vn; hahoang@hcmunre.edu.vn

³ Binh Duong Center of Natural Resources and Environment Technical – Monitoring;
 dminhduong@gmail.com

Abstracts: Over the years, water sources of some localities in the Mekong Delta have been contaminated with salt up to 4‰, directly affecting people's daily life, especially in the summer season months. In the content of this article, study team created a test of a high-performance water treatment device capable of meeting QCVN 01–1:2018/BYT standards at the salt concentration of inlet $\leq 6‰$ and drinking directly. Clean water rates are 53.7÷80.6% for supply water at working pressure 8–9 bar. For 5‰ brackish water, clean water rates are 18.7÷29.1%. Reject water recovery can reach 93.3% at pressure bar 8 for supply water.

Keywords: RO equipment; Reverse Osmosis; Salinity; Brackish; Supply water.

Bài báo khoa học

Đánh giá các công trình cung cấp nước sạch tại huyện Hàm Thuận Bắc tỉnh Bình Thuận trong bối cảnh biến đổi khí hậu

Huỳnh Phú^{1*}, Đào Minh Triều², Huỳnh Thị Ngọc Hân³, Trần Thị Minh Hà⁴

¹ HUTECH University; h.phu@hutech.edu.vn

² Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn tỉnh Bình Thuận;
minhtrieu.ttnbt@gmail.com

³ Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh;
htnhan_ctn@hcmunre.edu.vn

⁴ Đại học Tây Nguyên, Buôn Ma Thuột – Đắk Lắk; ttmha@tn.edu.vn

*Tác giả liên hệ: htnhan_ctn@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-975397953

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 23/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Hiện nay, biến đổi khí hậu và hạn hán vào mùa khô đã tác động đến công trình cung cấp nước tại huyện Hàm Thuận Bắc, tỉnh Bình Thuận. Mặt khác, các công trình đã đầu tư trước năm 2000 trên địa bàn đã khai thác vượt công suất đã được thiết kế ban đầu, một số công trình bị xuống cấp, chất lượng nước một số công trình chưa đảm bảo chất lượng; công tác hưởng ứng sử dụng tiết kiệm nước sạch chưa thường xuyên, liên tục. Vì vậy, nghiên cứu đánh giá khả năng cấp nước sinh hoạt tại huyện Hàm Thuận Bắc hiện nay là rất cần thiết. Thông qua số liệu nghiên cứu và phân tích SWOT (S–Strengths: những điểm mạnh, W–Weakness: điểm yếu, O–Opportunities: cơ hội và T–Threats: nguy cơ/thách thức); bài báo đã thực hiện khảo sát thực tế cho điểm trọng số 6 tiêu chí: (1) Bền vững về nguồn nước hệ số 2; (2) Bền vững về quản lý vận hành hệ số 2; (3) Bền vững về kinh tế và tài chính hệ số 2; (4) Có sự tham gia của cộng đồng hệ số 2; (5) Bền vững về công nghệ hệ số 1; (6) Bền vững về tổ chức hệ số 1; Từ đó thống kê tính bền vững hay kém bền vững của các công trình, đề xuất 9 (chín) phương án kỹ thuật và quản trị nhằm cấp nước sạch và bền vững cho huyện Hàm Thuận Bắc đến năm 2030 và định hướng đến 2050.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Cấp nước; Huyện Hàm Thuận Bắc; Phát triển bền vững.

1. Giới thiệu

Hiện nay, công suất và chất lượng nước đầu vào tại các nhà máy cung nước tại huyện Hàm Thuận Bắc tỉnh Bình Thuận đang bị thiếu hụt vào mùa khô hạn và dịp lễ hội, Tết; chất lượng của nước cung cấp đến người dân sử dụng còn chưa đảm bảo theo quy định của Bộ Y tế, cử tri trên địa bàn huyện Hàm Thuận Bắc nhiều lần có ý kiến trong các lần tiếp xúc với Đoàn đại biểu Quốc hội của tỉnh. Mùa khô các năm: 2019, 2020, 2021 Ủy ban nhân dân (UBND) huyện đã có các kiến nghị với các cấp thẩm quyền về hiện trạng thiếu nước, nhưng đến nay vẫn chưa được giải quyết triệt để [1–5].

Do tác động của biến đổi khí hậu, dòng chảy năm và dòng chảy mùa lũ trên lưu vực sông thuộc tỉnh Bình Thuận có xu thế tăng nhẹ, dòng chảy mùa cạn có xu thế giảm [6–7]. Các kết quả tính toán, dự báo của các kịch bản về biến đổi khí hậu trên thế giới và ở Việt Nam, cũng như UBND tỉnh Bình Thuận về việc phê duyệt các kết quả thực hiện nhiệm vụ về việc xây dựng, cập nhật kế hoạch và các hành động ứng phó với biến đổi khí hậu của tỉnh trong giai

đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050 đã cho thấy trong tương lai, mùa khô sẽ kéo dài hơn với lượng mưa ít hơn, mùa mưa có lượng mưa lớn hơn nhưng có nhiều lượt mưa với cường độ lớn và thời gian mưa ngắn. Điều này dẫn đến tình trạng thiếu nước trên lưu vực vào mùa khô ngày càng gia tăng; trong khi đó, lũ lụt vào mùa mưa có khả năng sẽ khốc liệt hơn [8–10]. Hạn hán gia tăng sẽ làm gia tăng tình trạng thiếu nước cho sinh hoạt cũng như các hoạt động kinh tế-xã hội khác, nhất là trong điều kiện hệ thống các hồ chứa với dung tích, chưa đáp ứng được yêu cầu dùng nước trong mùa khô. Ngoài ra, các kênh tiếp nước, chuyên nước, thủy lợi nội đồng chưa hoàn chỉnh nên nhiều khu vực khô hạn không được cấp đủ nước trong mùa khô.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp tổng hợp và phân tích tài liệu, khảo sát điều tra

Các tài liệu, số liệu sẵn có đã được thu thập, phân tích, đánh giá theo định hướng của nội dung nghiên cứu. Những vấn đề lý luận khoa học, tiếp cận và kinh nghiệm thực tiễn của các công trình nghiên cứu đã thực hiện ở trên thế giới và trong nước, đặc biệt là các công trình liên quan đến địa bàn nghiên cứu đã được kế thừa. Các tài liệu tổng quan về cấp nước nông thôn và dữ liệu, thông tin quản lý, vận hành các công trình cấp nước có liên quan được thu thập từ địa phương, các nhà máy nước hiện có tại huyện Hàm Thuận Bắc.

2.2. Phương pháp xử lý, thống kê phân tích

Phương pháp được áp dụng trong nghiên cứu, đánh giá thực trạng phát triển, thông qua phân tích tình hình, nguyên nhân... để tìm ra các định hướng và giải pháp cho sự bền vững. Ngoài những thông tin, dữ liệu công khai, chính thống (như số liệu thống kê), phương pháp này được sử dụng trong quá trình khảo sát, thực địa (quan sát, quan trắc, thu thập thông tin, dữ liệu các các nhà máy nước, hồ Sông Quao, các giếng khoan đào của người dân trong vùng dự án và các hạ tầng cơ sở cần bổ sung theo yêu cầu của mỗi nội dung nghiên cứu chuyên sâu,...) và xử lý để có dữ liệu hợp chuẩn và rõ ràng phục vụ mục đích phân tích, đánh giá, nhận định và dự báo tiếp theo.

2.3. Phương pháp phân tích SWOT

SWOT được viết tắt của các từ tiếng Anh: Strengths (Điểm mạnh), Weakness (Điểm yếu), Opportunities (Cơ hội) và Threats (Nguy cơ, thách thức). Đây là phép phân tích về sự thuận lợi, khó khăn, các thế mạnh và những yếu điểm của bên trong và bên ngoài khi thực hiện nghiên cứu [11–12]. Kết quả phân tích SWOT là cơ sở phát huy cho công tác cấp nước.

- Điểm mạnh (S) là công tác cung cấp nước tại tỉnh Bình Thuận, con người, công nghệ, quản lý vận hành.

- Điểm yếu (W) là sự khó khăn trở ngại trong việc huy động các nguồn vốn, cơ chế chính sách và công tác tuyên truyền người dân trong việc bảo vệ nguồn nước đầu nguồn làm ảnh hưởng đến việc cung cấp nước tại Hàm Thuận Bắc của tỉnh Bình Thuận.

- Cơ hội (O) là các khu vực trọng điểm kinh tế được nối liền duyên hải Nam Trung bộ với các tỉnh Nam Bộ, Tây Nguyên đặc biệt là thành phố Hồ Chí Minh.

- Nguy cơ thách thức (T) là tác động của biến đổi khí hậu diễn ra phức tạp và không lường hết được.

2.4. Phương pháp xác định điểm các trọng số

Nghiên cứu tiến hành thực hiện khảo sát và phỏng vấn các chuyên gia để xác định mức điểm của các trọng số và tính Wi của từng tiêu chí; Từ đó, tìm được tổng điểm của từng tiêu chí theo các khía cạnh cụ thể [13–15].

- Phương pháp này đánh giá mức bền vững của các công trình. Trước khi xác định tổng điểm của các tiêu chí phải tìm tích số với các hệ số thể hiện tính quan trọng của từng tiêu chí đối với sự phát triển bền vững (PTBV) của công trình.

- Theo 6 tiêu chí ảnh hưởng đến mức độ PTBV của các công trình, có 4 tiêu chí có mức độ quan trọng trội hơn đó là: sự bền vững về nguồn nước; sự bền vững về công trình (quản lý và vận hành); sự bền vững kinh tế tài chính; sự bền vững có sự tham gia của cộng đồng. Các chỉ tiêu quan trọng này được xác định hệ số 2 (Hs 2).

* Xác định các trọng số (W)

- Sự bền vững về nguồn nước: hs 2
- Sự bền vững về quản lý vận hành: hs 2
- Sự bền vững về kinh tế, tài chính: hs 2
- Sự tham gia của cộng đồng: hs 2
- Sự bền vững về công nghệ: hệ số 1
- Sự bền vững về tổ chức: hệ số 1.

* Xác định mức điểm theo cấp bậc bền vững (V):

Mức độ bền vững được đánh giá theo 4 cấp: rất bền vững, bền vững, kém bền vững và không bền vững. Điểm cho các mức như sau:

- Mức độ 1: Rất bền vững là 4 điểm
- Mức độ 2: Bền vững là 3 điểm
- Mức độ 3: Kém bền vững là 2 điểm
- Mức độ 4: Không bền vững là 1 điểm.

Điểm tổng hợp về PTBV với công trình cấp nước nông thôn được xác định (Bảng 1).

$$E = \sum_{i=1}^6 V_i W_i \tag{1}$$

Trong đó E là điểm tổng thể hiện mức bền vững; V_i là điểm thể hiện mức bền vững; W_i là trọng số.

Bảng 1. Điểm tổng hợp theo 6 tiêu chí có gắn với trọng số các mức bền vững (BV).

TT	Các chỉ tiêu	Rất BV	BV	Kém BV	Không BV
1	Sự bền vững về nguồn nước	8	6	4	2
2	Sự bền vững về quản lý vận hành	8	6	4	2
3	Sự tham gia cộng đồng	6	6	4	2
4	Sự bền vững về tài chính	6	6	4	2
5	Sự bền vững về công nghệ	4	3	2	1
6	Sự bền vững về tổ chức	4	3	2	1
Tổng		40	30	20	10

- Phân tích độ quan trọng của từng tiêu chí:

(1) Sự bền vững về nguồn nước: Là việc khai thác không ảnh hưởng và không gây cạn kiệt nguồn nước, không làm xấu đi hoặc không gây ô nhiễm môi trường tự nhiên của vùng dự án, chỉ tiêu này một phần đã được tính toán bởi sự cân bằng nguồn nước;

(2) Sự bền vững quản lý vận hành: Là sự hoạt động ổn định của công trình cấp nước (CTCN), chất lượng nước đạt tiêu chuẩn yêu cầu, không gây tổn thất và thuận tiện trong quản lý, vận hành, được người dân chấp thuận;

(3) Sự tham gia của cộng đồng: Là sự đồng tình của tất cả mọi người tham gia vào đóng góp kinh phí cho việc xây dựng công trình phục vụ gia đình mình, cộng đồng, tham gia lập kế hoạch, thiết kế, xây dựng và quản lý công trình;

(4) Sự bền vững về tài chính: Là sự thể hiện các lợi ích gián tiếp, trực tiếp về tài chính, chi phí quản lý và vận hành công trình;

(5) Sự bền vững về công nghệ: Là sự lựa chọn công nghệ phù hợp cho hiện tại, đồng thời đáp ứng được tương lai, công nghệ tiên tiến và được cộng đồng chấp nhận;

(6) Sự bền vững về tổ chức: Là sự thể hiện đội ngũ quản lý có năng lực, đủ chuyên môn, quan hệ chặt chẽ và năng động, có sự trợ giúp về pháp lý và kỹ thuật.

Điểm tổng hợp được đánh giá như sau:

+ Rất bền vững: Đạt 36–40 điểm mà trong đó có ít nhất 3 chỉ tiêu có trọng số là quản lý bảo dưỡng và vận hành, bền vững về nguồn nước và sự tham gia của cộng đồng là rất bền vững và các chỉ tiêu khác phải ở mức bền vững.

+ Bền vững: Đạt 30–35 điểm với tất cả các chỉ tiêu phải bền vững hay 4 chỉ tiêu đạt được trọng số rất bền vững và 2 chỉ tiêu còn lại là kém bền vững, không có chỉ tiêu nào không bền vững.

+ Kém bền vững: Đạt 18–29 điểm mà trong đó có 4 chỉ tiêu có trọng số không đạt mức không bền vững.

+ Không bền vững: Tổng số điểm đánh giá dưới 18 điểm.

2.5. Phương pháp phân tích quan điểm hệ thống

Nguồn nước cấp cho người dân sinh hoạt trong huyện Hàm Thuận Bắc, Bình Thuận phải chịu tác động của các yếu tố: địa chất, khí tượng, thủy văn, hạn hán... Vì vậy, việc phân tích sự thay đổi chất lượng nước phải được xem xét và phân tích trên quan điểm hệ thống để đánh giá được sự tác động qua lại của các yếu tố tác động [16–17].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. SWOT trong quá trình cấp nước sạch cho Hàm Thuận Bắc

3.1.1. Điểm mạnh (S)

Huyện Hàm Thuận Bắc là huyện nằm trong đất liền, không tiếp giáp biển, tiềm năng, lợi thế của huyện nằm ở các yếu tố: (i) Diện tích đất rừng lớn, phong phú; (ii) Hệ thống các công trình thủy điện, hồ đập, thủy lợi... tạo cảnh quan thiên nhiên, nhiều cảnh quan đồi, núi, rừng... tạo nên vẻ hấp dẫn đặc trưng; (iii) Trên địa bàn huyện có nhiều di tích văn hóa lịch sử truyền thống dân tộc Chăm, K'ho...; (iv) Thời tiết khí hậu và môi trường trong lành, sản phẩm nông nghiệp đa dạng, đặc biệt là cây ăn trái... kết hợp các yếu tố này với có thể hình thành một tiềm năng phát triển du lịch mạnh mẽ và khác biệt để kết hợp với tiềm năng du lịch biển của các huyện, thành phố, thị xã trong tỉnh Bình Thuận, tạo thành hệ thống sản phẩm du lịch đa dạng và hấp dẫn [7–9].

Nguồn nhân lực dồi dào trong thời kỳ dân số vàng, có nguồn lực lượng lao động, chất lượng nhân lực ngày càng được nâng cao sẽ trở thành điểm mạnh đáp ứng nhu cầu phát triển trong tương lai, đặt biệt độ tuổi lao động chiếm tỉ lệ cao là động lực phát triển kinh tế-xã hội của huyện, việc nâng cao chất lượng nguồn nhân lực đáp ứng nhu cầu phát triển của huyện trong giai đoạn mới là hết sức cần thiết vừa là mục tiêu, vừa là động lực, là thước đo chủ yếu để đánh giá mức độ tiến bộ xã hội, công bằng và phát triển bền vững của huyện.

Trong giai đoạn 2021–2030, lâm nghiệp và nông nghiệp sẽ vẫn tiếp tục là khu vực kinh tế đóng vai trò quan trọng của Hàm Thuận Bắc. Những thành tựu của nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao cần tiếp tục phát huy. Giá trị sản xuất nông nghiệp mang lại các lợi ích về kinh tế, đồng thời hoạt động này có thể hỗ trợ thúc đẩy phát triển các ngành công nghiệp chế biến, phát triển đa dạng các ngành dịch vụ; kết hợp với khai thác các tiềm năng về đẹp cảnh quang trở thành các điểm du lịch hấp dẫn... Với diện tích đất lâm nghiệp chiếm phần lớn, lâm nghiệp là ngành kinh tế có vị trí quan trọng ở Hàm Thuận Bắc, nhất là trong điều kiện tình hình biến đổi khí hậu đang diễn biến phức tạp, công tác bảo vệ rừng, bảo vệ nguồn nước, chống sói lở, chống sa mạc hóa, PTBV... càng trở nên quan trọng và cấp thiết hơn bao giờ hết [7–12].

3.1.2. Điểm yếu (W)

Công tác cấp nước nông thôn chưa phủ kín các xã, thị trấn trong huyện, trong khi biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng về cường độ, vì vậy vào mùa khô hàng năm việc thiếu nước thường xuyên xảy ra đến nay chưa được giải quyết kịp thời; về mặt quản lý, điều phối và vận

hành các công trình cấp nước hay vị trí đặt nhà máy cấp nước còn nhiều mặt hạn chế do chưa được cập nhật kỹ thuật, nguồn vốn chưa thuận lợi để nâng cấp, mở rộng và xây dựng mới để đáp ứng nhu cầu dùng nước của người dân. Theo thông tin từ chương trình nước sinh hoạt nông thôn, tiềm năng nước dưới đất của huyện Hàm Thuận Bắc thiếu phong phú, chỉ có khả năng đáp ứng một phần cho sinh hoạt. Trong tình hình thời tiết ngày càng diễn biến phức tạp do tác động của biến đổi khí hậu như: El Nino, La Nina đã ảnh hưởng khá mạnh đến khu. Vấn đề về ô nhiễm môi trường phức tạp, các cơ sở sản xuất nằm ngoài các khu công nghiệp, việc xả thải thiếu hệ thống xử lý đạt tiêu chuẩn gây tác hại đến môi trường. Các nguồn vốn và tài chính có thể huy động cho các nội dung này còn nhiều hạn chế [18].

3.1.3. Cơ hội (O)

Huyện Hàm Thuận Bắc giáp với Thành phố Phan Thiết, huyện Bắc Bình, huyện Hàm Thuận Nam, huyện Tánh Linh của tỉnh Bình Thuận và các huyện của tỉnh Lâm Đồng có các tuyến Quốc lộ 1, Quốc lộ 28, Quốc lộ 55 đi qua. Hiện nay, tuyến đường cao tốc đang dần hình thành và đầu nối vào đường dẫn xuống huyện sẽ dễ dàng kết nối các vùng kinh tế trong khu vực lân cận trong tương lai. Đồng thời, sân bay Phan Thiết đang triển khai thi công là yếu tố thuận lợi và cơ hội như: đầu tư phát triển trong tương lai, thực hiện tốt công tác cấp nước sạch, đây là nhu cầu cấp nước cho các khu công nghiệp tại khu vực cửa ngõ này [9].

Thực hiện quan điểm bảo đảm nguyên tắc của phát triển bền vững lấy con người làm trung tâm khi mục tiêu tối thượng trong đường lối của chính quyền là “nâng cao đời sống vật chất và tinh thần cho người dân”. Tranh thủ tối đa các nguồn vốn tài trợ từ trung ương, các tổ chức phi chính phủ, các tổ chức quốc tế, các doanh nghiệp trong công tác quản lý tài nguyên nước và hạ tầng, thực hiện kêu gọi các nhà đầu tư trên tất cả các lĩnh vực, đẩy mạnh chuyển đổi số và ứng dụng khoa học công nghệ vào phát triển xã hội.

3.1.4. Thách thức (T)

Ngân sách cho chương trình còn hạn chế, sự lồng ghép nguồn vốn từ các chương trình, dự án trên địa bàn còn bất cập; chủ trương xã hội hóa để huy động các nguồn lực để đầu tư xây dựng hạ tầng kinh tế-xã hội hiệu quả chưa cao do đời sống và nguồn lực cộng đồng còn nhiều hạn chế. Các lợi thế về vị trí địa lý kinh tế và tài nguyên đã được khai thác khá tốt vào phát triển kinh tế-xã hội của huyện trong những năm qua. Trong tương lai, cần nâng cao năng lực quản lý và cải cách hành chính để đáp ứng nhu cầu thực tiễn và cạnh tranh với các khu vực lân cận tại các địa phương như (Đồng Nai, Lâm Đồng, Bà Rịa-Vũng Tàu,...) [9].

Biến đổi khí hậu và hạn hán là thách thức, cần có nhiều phương án đồng bộ quyết liệt để ứng phó với biến đổi khí hậu, có như vậy thì trong vòng 10-20 năm tới mới đáp ứng được cấp nước đủ nhu cầu cho người dân trong huyện và xứng đáng với vị thế cửa ngõ của tỉnh Bình Thuận [10-11].

Nhận thức về mục tiêu, quan điểm phương án, các giải pháp và lộ trình xây dựng công trình của một số bộ phận cán bộ và người dân vẫn chưa đầy đủ; tư tưởng nóng vội, ngại khó, phụ thuộc ngân sách Nhà nước; công tác tuyên truyền và vận động người dân tiết kiệm nước còn hạn chế, cần được thực hiện bằng nhiều hình thức phong phú, trọng tâm nội dung và có hiệu quả thiết thực.

Kinh tế tăng trưởng chưa phù hợp với tiềm năng, lợi thế; chất lượng tăng trưởng chưa cao. Sự chuyển dịch cơ cấu kinh tế chưa đạt yêu cầu, sức cạnh tranh còn yếu. Hệ thống hạ tầng chưa được đầu tư đồng bộ; chưa đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế-xã hội của địa phương. Chất lượng nguồn nhân lực chưa đáp ứng yêu cầu phát triển, thiếu nguồn nhân lực chất lượng cao.

3.2. Đánh giá PTBV của công trình cấp nước tại huyện Hàm Thuận Bắc

Sự đánh giá được thực hiện theo các tiêu chí: (i) Sự bền vững về nguồn nước; (ii) Sự bền vững về vận hành và quản lý; (iii) Sự bền vững về tài chính; (iv) Sự bền vững khi có sự tham

gia của cộng đồng; (v) Sự bền vững về công nghệ; (vi) Sự bền vững tổ chức. Kết quả được đánh giá chi tiết, như sau:

3.2.1. Sự bền vững về nguồn nước

Các công trình cấp nước có nguồn nước từ nước mặt gồm: nhà máy nước trung tâm huyện Hàm Thuận Bắc (lấy nước thô từ kênh chính cách hồ chứa nước thủy lợi Sông Quao 15 km), hệ thống cấp nước xã Hồng Sơn (lấy nước thô trực tiếp từ hồ Suối Đá), hệ thống nước xã Hồng Liêm (lấy nước thô từ kênh tiếp nước Châu tá 812) có trữ lượng nước dồi dào đáp ứng được yêu cầu lấy nước quanh năm của công trình, nhưng nguồn nước có độ đục không ổn định giữa các mùa mưa và mùa khô [3–5, 19]. Các hệ thống cấp nước này do lịch sử để lại có trạm bơm cấp 1 nằm xa khu vực nhà máy, tuyến ống phân phối và chuyển tải có đường kính nhỏ, đồng thời khu vực xử lý hạn chế về diện tích nằm giữa khu vực dân cư đông vì vậy khó có thể nâng cấp với công suất lớn.

Các công trình cấp nước có nguồn nước từ nước dưới đất được khai thác bằng các bằng các hệ thống giếng, với lưu lượng khai thác mỗi giếng từ 30 m³/ngày–đêm đến 100 m³/ngày–đêm [3–5]. Tuy nhiên, trữ lượng nước không dồi dào, để khai thác và sử dụng tài nguyên nước một cách bền vững, tránh nguy cơ bị ô nhiễm và cạn kiệt, gây ảnh hưởng xấu đối với môi trường sống, cần phải tăng cường bảo vệ nguồn nước dưới đất. Về lâu dài, cần nghiên cứu áp dụng phương pháp bổ sung nhân tạo nước dưới đất ở vùng có yêu cầu cấp thiết, như ở vùng khô hạn Bình Thuận (nơi có điều kiện tự nhiên cho phép) bằng cách xây dựng các hồ chứa, đập ngăn dòng chảy mặt.

Chất lượng nước là yếu tố quan trọng để đảm bảo đầu vào và đầu ra cho các công trình cấp. Công tác bảo vệ vẫn chưa được thực hiện và kiểm soát đúng quy định, chưa có chế độ quan trắc nước thô theo định kỳ. Bảo vệ nguồn nước ở đầu nguồn chưa được quan tâm đúng mức; xảy ra hiện tượng chăn nuôi, nuôi trồng ở các cửa sông gây tác động đến chất lượng nước đầu vào; vào mùa khô, nguồn nước dưới đất giảm nhiều do khai thác quá mức để tưới tiêu. Các công trình cấp nước đã đầu tư từ khá lâu, đều trên 20 năm, mục tiêu cấp nước ban đầu chỉ đáp ứng cho một bộ phận nhỏ dân cư sống tập trung, đến nay các công trình đều hoạt động quá tải. Công trình cấp nước chưa có hệ thống xử lý nước thải sau quá trình xử lý. Nước thải được thải trực tiếp ra các lưu vực sông gây ô nhiễm nguồn nước và dẫn đến không bền vững đối với nguồn nước. Việc lấy nước chưa có cơ chế chia sẻ lợi ích giữa cấp nước sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp.

Nhận xét 01: Sự bền vững về nguồn nước trong việc xây dựng và quản lý, vận hành công trình cấp nước tập trung nông thôn là kém bền vững.

3.2.2. Sự bền vững về quản lý, vận hành

Về chất lượng nước cấp cho người sử dụng: Phân tích chất lượng nước cấp nhật tại các công trình cấp nước và từ hộ dân sử dụng cho thấy chất lượng nước cấp tại các công trình cấp nước tập trung trong năm 2022 theo thông số nhóm A, nhóm B là yêu cầu bắt buộc đạt chất lượng theo QCVN 01–1:2018/BYT của Bộ Y tế các công trình cấp nước tại huyện Hàm Thuận Bắc đều đáp ứng. Tuy nhiên, các xét nghiệm các chỉ tiêu giếng khoan nhỏ lẻ của các hộ gia đình tại khu vực chưa có tuyến ống cấp nước vẫn còn một số chỉ tiêu vi sinh, độ đục, coliform cao so với Quy chuẩn. Điều này, làm ảnh hưởng đến sức khỏe của người sử dụng

Kiểm tra chất lượng nước định kỳ, thường xuyên: hầu hết các công trình nghiêm túc thực hiện kiểm tra chất lượng nước định kỳ theo tháng và mẫu nước được gửi về Sở tài nguyên và môi trường phân tích. Kết quả phân tích được tổng hợp và lưu giữ tại Trung tâm nước sạch và vệ sinh môi trường. Khi có những chỉ tiêu vượt Quy chuẩn cho phép được kịp thời xử lý.

Nhận thức của nhiều đối tượng hoạt động trong lĩnh vực cấp nước nông thôn vẫn chỉ coi trọng công tác đầu tư xây dựng các công trình cấp nước, chưa coi công tác quản lý vận hành, hệ thống chưa được bảo dưỡng và tu sửa kịp thời, đúng quy định. Người quản lý vận hành thiếu chuyên sâu, mức thu nhập bình quân thấp, vì vậy không khuyến khích sự nhiệt tình của lao động. Các tháng mùa khô chỉ có các công trình tại các xã vùng cao (CTCN Đông Tiến,

CTCN Đông Giang, CTCN La Dạ) đáp ứng nhu cầu của người dân; các công đều hoạt động hết công suất nhưng vẫn không đáp ứng nhu cầu.

Nhận xét 02: Kết quả về quản lý vận hành cho thấy có 03 công trình bền vững, các công trình khác kém bền vững.

3.2.3. Sự bền vững về tài chính

Dữ liệu thông tin từ các đơn vị quản lý công trình cho thấy tài chính để duy trì hoạt động của công trình lãi suất rất thấp, do việc thu phí sử dụng nước không đủ cho việc duy trì. Thực tế, tổng số hộ dân sử dụng nước tới 85% nhưng sử dụng mức nước thấp (4 m³/hộ/tháng–20 m³/hộ/tháng), giá thành 6.500–10.000 đồng/m³. Đối với các hộ dân tộc thiểu số thu giá tính bằng 1/2 các hộ dân bình thường, giá nước do UBND tỉnh quy định chưa tính đủ các phí, vì vậy khả năng sinh lời, thu hồi vốn gần như không có [3–5]. Tình trạng thu không đủ chi diễn ra phổ biến, do đó việc duy tu, bảo dưỡng không bảo đảm, công trình hoạt động không bền vững

Nhận xét 03: Sự bền vững về tài chính được đánh giá là kém bền vững đến bền vững.

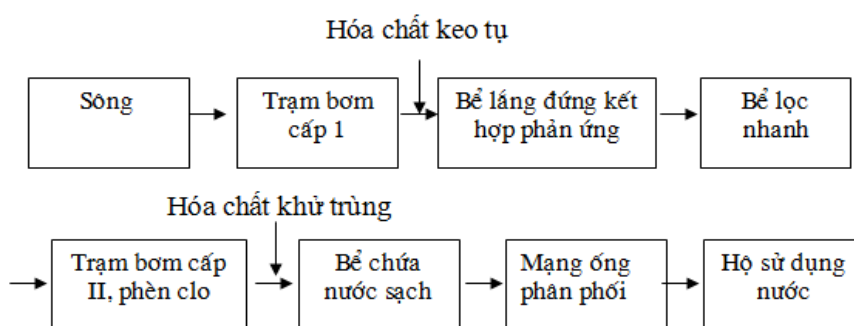
3.2.4. Sự bền vững khi có sự tham gia của cộng đồng

Các công trình có sự tham gia của người dân hoặc tư nhân, doanh nghiệp là chủ dự án: người dân sẽ được tham gia từ việc giải phóng mặt bằng, chuẩn bị dự án, xây dựng, quản lý vận hành. Công trình mà vốn đầu tư từ ngân sách nhà nước, các Ủy ban nhân dân (UBND) cấp tỉnh, các nhà tài trợ: sự tham gia của người dân rất hạn chế, thường chỉ là hình thức trong việc hoàn thiện hồ sơ thẩm định dự án và cam kết trong kết nối sử dụng khi dự án hoàn thành.

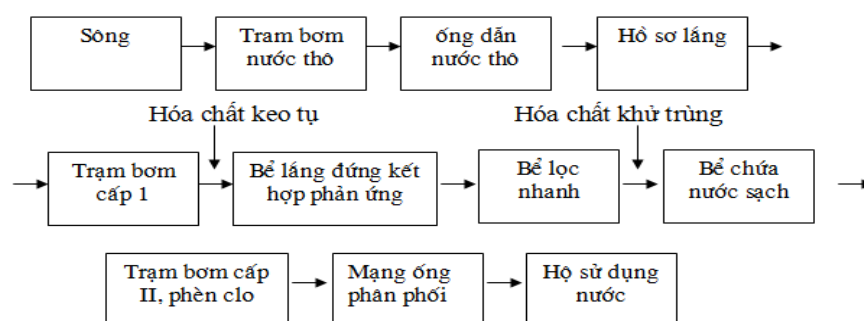
Nhận xét 04: Tiêu chí về sự tham gia của cộng đồng được đánh giá từ kém bền vững đến bền vững.

3.2.5. Sự bền vững về công nghệ

Công nghệ sử dụng hiện nay thường là công nghệ đơn giản, rất dễ thay thế thiết bị và phù hợp với nhiều hình thái quản lý, phù hợp với trình độ và truyền thống văn hoá tại địa phương (Hình 1 và Hình 2).



Hình 1. Công nghệ đã được áp dụng trước năm 2020.



Hình 2. Công nghệ đã được áp dụng sau năm 2020.

Nhìn chung, các công trình chất lượng xây dựng tốt. Tuy nhiên, chất lượng của các công trình không đồng bộ, không thích hợp với điều kiện nguồn nước. Một số công trình thiếu một số khâu xử lý quan trọng. Việc tiêu tốn điện năng ở các công trình CNTTNT rất lớn. Nhất là bộ phận trạm bơm. Hệ thống tiết kiệm điện đã được đầu tư ở một số công trình nhưng lại chưa đưa vào vận hành ổn định.

Nhận xét 05: Tiêu chí cho sự bền vững về công nghệ được đánh giá kém bền vững đến bền vững.

3.2.6. Sự bền vững về tổ chức

Công trình trên huyện Hàm Thuận Bắc đã thi công hoàn thành sẽ giao cho Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn tỉnh Bình Thuận quản lý, khai thác đạt hiệu quả và đúng trách nhiệm. Hiện nay, Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn tỉnh Bình Thuận quản lý và vận hành 40 công trình cấp nước tập trung, cung cấp cho 2 phường, 9 thị trấn, 54 xã trên địa bàn tỉnh, với gần 70.000 khách hàng sử dụng (chiếm 36,95% trong khu vực nông thôn toàn tỉnh), được thiết kế là 55.360 m³/ngày đêm. Các CTCNTT do Trung tâm quản lý đều phát huy hiệu quả sau đầu tư, đảm bảo chất lượng nước theo QCVN; đến cuối năm 2021 với công suất khoảng 100.000 m³/ngày–đêm. Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn tỉnh Bình Thuận tiếp tục tiếp cận các nguồn vốn đầu tư đảm bảo việc cấp nước cho người dân khu vực nông thôn và mở rộng địa bàn cấp nước tại khu vực chưa có nguồn nước sạch, vùng sâu, vùng xa, ven biển, hải đảo; nhằm đảm bảo đạt mục tiêu về cấp nước sạch do Đại hội Đại biểu Đảng bộ tỉnh Bình Thuận lần thứ XIV nhiệm kỳ 2020–2025 đề ra [3–5].

Nhận xét 06: Bền vững về mặt tổ chức được đánh giá từ kém bền vững đến bền vững.

3.2.7. Đánh giá chung sự PTBV của các công trình CNTTNT theo phương pháp trọng số

Dựa vào trọng số, khi đánh giá PTBV các công trình cấp nước tại khu vực nghiên cứu có 03/6 có hoạt động bền vững, bao gồm: (1) Hệ thống nước Trung tâm huyện lỵ Hàm Thuận Bắc, (2) Hệ thống cấp nước xã Hồng Sơn, (3) Hệ thống cấp nước xã Hồng Liêm. Các công trình còn lại là kém bền vững do khai thác nguồn nước dưới đất có nhiều hạn chế mặc dù được đầu tư. Bảng 2.

Bảng 2. Bảng tổng hợp kết quả đánh giá chung sự PTBV của các công trình CNTTNT theo phương pháp trọng số.

TT	Tên công trình	TC 01 (Hệ số 2)	TC 02 (Hệ số 2)	TC 03 (Hệ số 2)	TC 04 (Hệ số 2)	TC 05 (Hệ số 1)	TC 06 (Hệ số 1)	Tổng điểm	Đánh giá mức độ BV
1	Hệ thống nước xã Hồng Liêm	6	6	6	8	3	4	33	Bền vững
2	Hệ thống cấp nước cho Hồng Sơn	6	6	8	6	3	4	35	Bền vững
3	Hệ thống cấp nước xã Hàm Đức	6	6	4	4	3	3	26	Kém bền vững
4	Hệ thống cấp nước cho Phú Long	6	6	4	4	3	3	26	Kém bền vững
5	Hệ Thống nước trung tâm huyện Hàm Thuận Bắc	6	6	6	6	3	3	30	Bền vững
6	Hệ thống cấp nước cho Hàm Phú.	6	6	4	4	3	3	26	Kém bền vững

Chú thích: TC 01: Tiêu chí đánh giá về sự bền vững về nguồn nước; TC 02: Tiêu chí đánh giá về sự bền vững về quản lý vận hành; TC 03: Tiêu chí đánh giá về sự bền vững về kinh tế, tài chính; TC 04: Tiêu chí đánh giá về sự tham gia của cộng đồng; TC 05: Tiêu chí đánh giá về sự bền vững về công nghệ; TC 06: Tiêu chí đánh giá về sự bền vững về tổ chức.

3.3. Đề xuất sử dụng nguồn nước, quản lý CNTTNT và phát triển bền vững cho cấp nước ở huyện Hàm Thuận Bắc

Từ việc phân tích các số liệu về nguồn nước trong huyện Hàm Thuận Bắc, nhu cầu sử dụng nước sạch, cũng như xem xét đến tính khả thi phát triển và xây dựng mới các hệ thống cấp cho các xã, thị trấn tại huyện, đề xuất nguồn nước cho các cấp nước đối với đô thị trong khu vực nghiên cứu thuộc quy hoạch cấp nước của huyện Hàm Thuận Bắc tới năm 2030 và tầm nhìn cho đến năm 2050.

Bảng 3. Tổng hợp đề xuất công trình cấp nước cho huyện Hàm Thuận Bắc tới năm 2030 và định hướng cho đến năm 2050.

TT	Nguồn nước	Vị trí khai thác nước	Công suất (m ³ /ngày)			Phạm vi cấp nước
			Hiện hữu	Đến năm 2030	Đến năm 2050	
1	Nước mặt kênh thủy lợi	Hệ thống nước xã Hồng Liêm	1.000	1.000	1.000	Xã Hồng Liêm
2	Nước mặt Hồ Suối Đá	Hệ thống nước xã Hồng Sơn	900	900	900	Xã Hồng Sơn
3	Nước mặt từ kênh chính Sông Quao	Hệ Thống nước trung tâm huyện Hàm Thuận Bắc	8.160	8.160	8.160	Thị trấn Ma Lâm, các xã Hàm Phú, Hàm Trí, Thuận Minh, Thuận Hòa, Hàm Chính, Hàm Liêm
4	Nước Hồ Sông Quao	NMN Hàm Thuận Bắc	33.000	33.000	50.000	Huyện Hàm Thuận Bắc đối nối vào các nhà máy hiện hữu (trừ 4 xã vùng cao)

3.3.1. Đề xuất giải pháp quản lý công trình cấp nước tập trung nông thôn

Quy trình quản lý tập trung vào các nội dung đã được chúng tôi phân tích và đánh giá. Các giải pháp được đề xuất nhằm quản lý theo hướng bền vững từ nay cho tới năm 2030 và tầm nhìn tới năm 2050, cụ thể nghiên cứu đề xuất 9 giải pháp sau:

1) Quản lý hiệu quả tài nguyên nước và môi trường lưu vực

Các công trình nghiên cứu được khai thác từ nguồn nước như: Sông Quao, Suối Đá và các kênh chính, vì vậy việc quản lý nguồn nước mặt về số lượng và chất lượng nước cần được thực hiện đầy đủ và nghiêm túc. Hiện nay, các hoạt động của con người như: sản xuất kinh doanh, sinh hoạt, nông nghiệp trong khu vực các lưu vực sông này đã gây rất nhiều tác nhân ô nhiễm: Vi sinh vật, coliform, kim loại nặng... gây ảnh hưởng chất lượng đầu vào và đầu ra của các công trình. Vì vậy, việc xây dựng quy trình và phương án quản lý chất lượng nước là cần thiết, cụ thể như sau:

- Xây dựng các trạm quan trắc nước theo định kỳ: ổn định và điều tiết nguồn nước trong năm, phát hiện nhanh khi nguồn nước bị ô nhiễm bất thường và có biện pháp xử lý kịp thời.
- Khu vực đầu nguồn lưu vực sông chảy vào các kênh, hồ chứa phải được bảo vệ, bao gồm việc bảo vệ cả hệ sinh thái đầu nguồn nhằm tránh các hành vi chặt phá rừng, hoạt động chăn nuôi, trồng trọt và các hoạt động xả nước thải ô nhiễm chưa qua xử lý.
- Cơ chế chia sẻ lợi ích trong việc sử dụng tài nguyên nước cần đầy mạnh và thực hiện tốt theo thứ tự ưu tiên hay giữa các ngành và trong ngành sản xuất nước sạch; phòng tránh tình trạng tranh giành nguồn nước vào mùa khô hạn.

2) Thực hiện các quy trình quản lý vận hành đạt bền vững

Xây dựng và ban hành đầy đủ các chính sách, pháp luật để bảo vệ và phát triển tài nguyên nước (TNN) của tỉnh; đồng thời, xây dựng hệ thống quản lý tổng hợp TNN từ cấp tỉnh tới các cấp xã, phường để đảm bảo TNN được khai thác, sử dụng và bảo vệ hiệu quả tốt nhất.

Xây dựng kế hoạch quản lý tổng hợp TNN, trong đó nêu rõ các chương trình, dự án cần được triển khai thực hiện trong mỗi chu trình quản lý tổng hợp TNN và các chi tiết về kế

hoạch phân bổ TNN trong điều kiện bình thường và điều kiện hạn hán để đảm bảo phân bổ và bảo vệ TNN trên địa bàn tỉnh một cách hợp lý, hiệu quả và tiết kiệm nhất.

Xây dựng quy trình vận hành cho từng hồ chứa và quy trình vận hành liên hồ chứa trong toàn tỉnh để đảm bảo các hồ chứa được sử dụng hiệu quả nhất để giữ nước, phòng tránh lũ và giảm nhẹ các tác động xấu của hạn hán. Quy trình vận hành cho từng hồ chứa và quy trình vận hành liên hồ chứa cần xem xét tới các tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) tới TNN.

3) Giám sát chất lượng nước

Việc đảm bảo chất lượng cấp đến người sử dụng là nhiệm vụ quan trọng trong việc đảm bảo hoạt động bền vững của công trình. Chất lượng nước đảm bảo theo quy chuẩn QCVN 01-1:2018/BYT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt (QCVN 01-1:2018/BYT) phải được thực hiện bởi cả đơn vị cung cấp dịch vụ và cơ quan quản lý nhà nước.

Để kiểm soát tốt chất lượng sản xuất/ xử lý nước và giảm gánh nặng cho các đơn vị liên quan do phải phân tích quá nhiều thông số, giúp các đơn vị tiết kiệm được kinh phí thử nghiệm cụ thể tần suất kiểm tra tại địa phương như sau:

- Thông số nhóm A (08 thông số): không ít hơn 01 lần/tháng;
- Thông số nhóm B đưa vào Quy chuẩn kỹ thuật địa phương (43 thông số): không ít hơn 01 lần/6 tháng;
- Thông số nhóm B không đưa vào Quy chuẩn kỹ thuật địa phương (48 thông số): Đơn vị cấp nước phải tiến hành thử nghiệm định kỳ 3 năm 1 lần, theo đúng quy định tại Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt (QCVN 01-1:2018/BYT).

4) Tuyên truyền, nâng cao nhận thức

- Đẩy mạnh tuyên truyền, phổ biến, giáo dục, nâng cao nhận thức về tài nguyên nước, hướng dẫn các cán bộ thuộc cơ quan quản lý nhà nước, các doanh nghiệp và người dân thực hiện các biện pháp bảo vệ TNN, sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả và chấp hành các quy định của pháp luật về TNN, đảm bảo nguồn TNN cũng như phòng chống trong bối cảnh BĐKH.

- Phát huy vai trò của các cơ quan thông tin đại chúng, các tổ chức mặt trận, đoàn thể, lực lượng sinh viên, học sinh trong việc phổ biến sâu rộng các chủ trương của Đảng, chính sách pháp luật của Nhà nước về bảo vệ và sử dụng hiệu quả TNN, làm cho mọi người hiểu rõ hậu quả hiện tại cũng như trong tương lai về sự thiếu hụt, ô nhiễm, suy thoái nguồn nước gây ra.

5) Đào tạo và nâng cao năng lực quản lý, vận hành cho các cán bộ chuyên môn

- Bố trí nhân lực đủ, phù hợp để đảm bảo công tác quản lý và vận hành các công trình.
- Công tác đào tạo và nâng cao năng lực phải được thực hiện thường xuyên, đáp ứng yêu cầu. Vận hành công trình là hoạt động mang tính khoa học công nghệ, đội ngũ lao động phải được đào tạo cơ bản, có tay nghề cao để quản lý vận hành hiệu quả và phát triển bền vững các công trình.

- Công nhân vận hành công tác bảo dưỡng cần được đào tạo, nắm vững các nội quy, quy định của đơn vị, hiểu biết các quy trình, các tiêu chuẩn, quy chuẩn trong vận hành. Những nhân lực mới phải được đào tạo, kèm cặp, giúp đỡ bởi những người có kinh nghiệm và nghề cao, hiểu biết tình hình trước khi tham gia vận hành và bảo dưỡng.

6) Quản lý tài chính

Tài chính là yếu tố quan trọng nhất để bảo vệ và phân bổ hợp lý tài nguyên nước, phòng, chống và khắc phục hậu quả tác hại do nước gây ra. Cần xây dựng các cơ chế tài chính thích hợp để đảm bảo bảo vệ, khai thác sử dụng bền vững TNN, phòng, chống và khắc phục hậu quả tác hại do nước gây ra, cụ thể:

- Xây dựng biểu giá nước cho các mục đích sử dụng khác nhau theo nguyên tắc dùng nhiều trả nhiều và ưu tiên cho nước sinh hoạt, công nghiệp, du lịch, dịch vụ, các ngành kinh tế khác và nông nghiệp, khuyến khích tiết giảm tiêu dùng nước khi hạn hán.

- Đối với nước thải, thực hiện tốt công tác thu phí bảo vệ môi trường nhằm huy động nguồn tài chính xây dựng mới, cải tạo, nâng cấp các công trình xử lý nước thải nhằm hạn chế ô nhiễm nguồn nước.

7) Ứng dụng khoa học công nghệ tiên tiến

- Áp dụng khoa học công nghệ tiên tiến để xây dựng và vận hành hệ thống tự động giám sát tài nguyên nước, trong đó có hệ thống tự động giám sát lũ lụt, hạn hán; hệ thống hỗ trợ ra quyết định điều hành các hồ chứa, đập dâng và thủy lợi trên địa bàn tỉnh nhằm thu thập, phân tích và xử lý thông tin chính xác, kịp thời nhằm đưa ra các quyết định đúng, đạt hiệu quả cao.

- Cần áp dụng các công nghệ, kỹ thuật mới nhất để dự báo, cảnh báo hạn hán, mưa lớn và lập các bản đồ rủi ro ngập lụt, hạn hán cũng như tính toán, xác định các chiến lược phòng và giảm thiểu các tác hại từ hạn hán và ngập lụt.

- Cần áp dụng các kiến thức khoa học và công nghệ tiên tiến trong việc xử lý ô nhiễm nhằm phục hồi các khu vực bị ô nhiễm, suy thoái nguồn nước nhằm khôi phục các nguồn nước về trạng thái tự nhiên.

8) Cộng đồng tham gia trong việc quản lý công trình cấp nước tập trung nông thôn

- Cộng đồng tham gia quản lý cần có đặc điểm gắn chặt chẽ với ý thức là người sở hữu hệ thống cấp nước của họ và có trách nhiệm và có quyền ra quy định.

+ Bước 1: Liên lạc với cộng đồng

+ Bước 2: Lựa chọn dự án

+ Bước 3: Thành lập Ban quản lý về cấp nước

+ Bước 4: Xây dựng hệ thống cấp nước

+ Bước 5: Tiến hành và nâng cao nhận thức của người dân.

+ Bước 6: Vận hành, phân giao và bảo dưỡng hệ thống.

9) Tổ chức vận hành và quản lý

Mô hình quản lý, vận hành: Mô hình cấp nước gắn với quản lý và bảo vệ tài nguyên nước theo lưu vực sông, hồ. Mô hình này mang tính hiện đại và hiệu quả khai thác đi đôi với bảo vệ nguồn lợi của lưu vực, hạn chế tác hại lũ lụt, hạn hán và xói mòn các vùng trung lưu và hạ lưu. Theo đánh giá, các mô hình phù hợp với địa phương như sau:

Mô hình doanh nghiệp vận hành và quản:

- Bàn giao cho doanh nghiệp theo hình thức thoả thuận.

- Thực hiện công tư phối hợp theo Quyết định 131/2009/QĐ-TTg, doanh nghiệp được hỗ trợ đầu tư từ ngân sách nhà nước theo mức hỗ trợ quy định cho các công trình mới.

- Để các doanh nghiệp hoạt động bền vững và hiệu quả, cần quan tâm củng cố một số vấn đề như: Đối với mô hình tư nhân vận hành và quản lý, cần quan tâm cơ chế hoạt động giữa cơ quan nhà nước có thẩm quyền và tư nhân được giao quản lý. Đối với mô hình hợp tác xã vận hành và quản lý, thể chế hoạt động phải theo theo Luật Hợp tác xã.

4. Kết luận

Nghiên cứu công tác cấp nước đáp ứng tính cần thiết phải xây dựng cấp nước nông thôn cho huyện Hàm Thuận Bắc theo định hướng phát triển bền vững. Phân tích SWOT cho thấy những mặt mạnh yếu, cơ hội thách thức cho Huyện Hàm Thuận Bắc. Phát triển và cung cấp nước sạch cho nhân dân vùng nghiên cứu trước bối cảnh biến đổi khí hậu.

Nghiên cứu đã đánh giá sự bền vững của các công trình cấp nước tại 13/17 xã đồng bằng huyện theo trọng số. Kết quả đánh giá này đã được nhóm nghiên cứu chúng tôi tham khảo ý kiến của các chuyên gia, các nhà quản lý trong tỉnh và thông qua các thông tin quan sát, quan trắc, thu thập được từ dữ liệu các các nhà máy nước, hồ Sông Quao, các giếng khoan đào của người dân trong vùng dự án và các hạ tầng cơ sở cần bổ sung theo yêu cầu của mỗi nội dung nghiên cứu chuyên sâu,... Vì vậy có đủ độ tin cậy về dữ liệu, có khả năng áp dụng rộng rãi cho địa phương và lưu vực tương tự. Từ 06 tiêu chí PTBV, hiện chỉ 50% các công trình đáp ứng các chỉ tiêu bền vững và 50% công trình chỉ ở mức gần đến bền vững, lý do cơ sở hạ tầng và chất lượng nguồn nước đầu vào là nguồn nước dưới đất. Có 03/6 công trình có hoạt

động bền vững, bao gồm: (1) Hệ thống nước Trung tâm huyện lỵ Hàm Thuận Bắc; (2) Hệ thống cấp nước xã Hồng Sơn; (3) Hệ thống cấp nước xã Hồng Liêm. Các công trình còn lại đều kém bền vững.

Quy hoạch cấp nước cho huyện Hàm Thuận Bắc tới năm 2030, tầm nhìn cho tới năm 2050 là một sự tổng thể về phát triển hệ thống cấp nước dài và bền vững, mà dự báo quy hoạch đồng thời tương ứng với thời gian thực hiện quy hoạch xây dựng tỉnh Bình Thuận. Từ đó, các cơ quan chức năng có thể tham mưu cho lãnh đạo tỉnh về các kế hoạch phát triển hệ thống cấp nước gắn liền với phát triển kinh tế xã hội một cách thiết thực và hiệu quả.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.P., H.T.N.H., Đ.M.T., T.T.M.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.P., H.T.N.H., Đ.M.T., T.T.M.H., Phân tích mẫu: H.P., H.T.N.H., T.T.M.H.; Lấy mẫu: H.P., H.T.N.H., Đ.M.T.; Viết bản thảo bài báo: H.P., H.T.N.H.; Chỉnh sửa bài báo: H.P., H.T.N.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu Bảo vệ nguồn nước chính cấp nước cho tỉnh Bình Thuận, của Viện Phát triển Công nghệ Môi trường và Tài nguyên nước Phú Mỹ.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo Tài nguyên nước Quốc gia giai đoạn 2016–2021.
2. Bộ Y tế. Thông tư số 41/2018/TT–BYT ngày 14/12/2018 về việc ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia và quy định kiểm tra, giám sát CLN sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt, 2018.
3. Báo cáo kết quả kiểm kê hiện trạng khai thác, sử dụng và xả nước thải vào nguồn nước trên địa bàn huyện Hàm Thuận Bắc, tỉnh Bình Thuận của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh.
4. Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn. Báo cáo kết quả xét nghiệm chất lượng nước tại các hệ thống cấp nước năm 2015–2020. 2020. Phụ lục kèm theo tại địa chỉ: <https://gis.nuocnongthonbinhthuan.vn>.
5. Các Báo cáo hàng tháng về tình hình cấp nước sinh hoạt và kịch bản về phòng, chống hạn hán, thiếu nước sinh hoạt mùa khô năm 2022 tại các Nhà máy nước trên địa bàn nông thôn tỉnh do Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn quản lý.
6. Cục Thống kê tỉnh Bình Thuận. Niên giám thống kê Bình Thuận năm 2020, 2021.
7. Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Thuận. Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Bình Thuận giai đoạn 2016–2020, 2020.
8. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy hoạch tài nguyên nước thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050.
9. Báo cáo tóm tắt thuyết minh quy hoạch tỉnh Bình Thuận thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050.
10. Báo cáo nội dung đề xuất số 11 phương án Quy hoạch Tài nguyên nước tỉnh Bình Thuận thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050.
11. Dũng, P.X. Ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam. Nhà xuất bản Thanh Niên, 2017.
12. WHO. Guidelines for drinking–water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda, 2022.

13. Phú, H. Các chuyên đề bài giảng môn học quá trình cơ bản trong kỹ thuật môi trường. Trường Đại học Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh, 2021.
14. Achieving Sustainable Development Goals in water and sanitation sectors in India, 2021.
15. Sanitary Evaluation of Rural Water Supply Projects – China, 2020.
16. Water Governance of Singapore in Achieving Sustainable Water Security, 2016.
17. Water Management in Korea: Experiences and Achievements, 2017.
18. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Bộ chỉ số theo dõi–đánh giá nước sạch nông thôn và tài liệu hướng dẫn triển khai, 2018.
19. Quyết định số 4308/UBND–ĐTQH ngày 12 tháng 11 năm 2022 của Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Thuận về Quy trình vận hành điều tiết hồ chứa nước Sông Quao, huyện Hàm Thuận Bắc, 2022.

Assessing the sustainability of clean water supply works in Ham Thuan Bac district, Binh Thuan province in the context of climate change

Huynh Phu^{1*}, Dao Minh Trieu², Huynh Thi Ngoc Han³, Tran Thi Minh Ha⁴

¹ HUTECH University; h.phu@hutech.edu.vn

² Center for Clean Water and Environmental Sanitation in Binh Thuan Province; minhtrieu.tnbt@gmail.com

³ Hochiminh City University of Natural Resources and Environment; htnhan_ctn@hcmunre.edu.vn

⁴ Tay Nguyen University, Buon Ma Thuot – Dak Lak; ttmha@ttn.edu.vn

Abstract: In recent years, droughts caused by climate change in the dry season have increased in intensity, directly affecting domestic water supply works in Ham Thuan Bac district, Binh Thuan province. On the other hand, the works invested before 2000 in the area have exploited beyond the designed capacity, some of the works have deteriorated, the water quality of some works has not yet ensured the quality, the communication and transportation activities have not been ensured. People's response to economic use of clean water has not been regular and continuous. This paper deploys an overview to assess the sustainability of domestic water supply in Ham Thuan Bac district through the synthesis of research data, SWOT analysis, strengths (S–Strengths), weaknesses (W–Weaknesses), Opportunities (O–Opportunities) and threats and challenges (T–Threats). Conduct a practical survey for weighting by 6 criteria: (1) Sustainability of water source coefficient 2; (2) Sustainability in management and operation factor 2; (3) Economic and financial sustainability coefficient 2; (4) Community participation factor 2; (5) Technological sustainability factor 1; (6) Organizational sustainability coefficient 1. From there, the sustainability or unsustainability of the constructions is calculated. At the same time, propose technical solutions for sustainable water supply for Ham Thuan Bac district until 2030.

Keywords: Climate change; Ham Thuan Bac District; Sustainable Development; Water Supply.

Bài báo khoa học

Giải pháp và kết quả tính tổng lượng hơi nước cột khí quyển (PWV) từ dữ liệu GNSS ở Việt Nam

Lại Văn Thủy^{1*}, Dư Đức Tiến², Mai Khánh Hưng²

¹ Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ; laivanthuy68@gmail.com

² Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; duductien@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail.com

*Tác giả liên hệ: laivanthuy68@gmail.com; Tel.: +84–0982964468

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 22/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Bài báo này trình bày giải pháp tính toán tổng lượng hơi nước cột khí quyển PWV (Precipitation water vapor) từ dữ liệu đo GNSS (Global Navigation Satellite System) ở Việt Nam và thông tin về kết quả đánh giá chất lượng tính PWV từ dữ liệu đo GNSS tại 5 trạm CORS cho trường hợp các điểm đo nằm trong khu vực Điện Biên (DIEB), Hà Nội (HNOI), Vinh (VINH), Đà Nẵng (DNAN), TP. Hồ Chí Minh (HOCHM) có số liệu đo thám không vô tuyến và trường hợp các điểm trạm CORS ở những khu vực không có số liệu đo thám không vô tuyến. Các kết quả tính toán có sai số trong khoảng từ 2 mm đến 6 mm, cho thấy tổng lượng hơi nước PWV tính được từ các trạm CORS đều có độ tin cậy cao và hoàn toàn có thể sử dụng được trong nghiên cứu và ứng dụng vào các vấn đề giám sát và dự báo khí tượng trong thời gian tới tại Việt Nam.

Từ khóa: GNSS; PWV; CORS; Tổng lượng hơi nước cột khí quyển.

1. Mở đầu

Xác định lượng hơi nước tích tụ (PWV) từ dữ liệu đo GNSS đã được thực hiện ở nhiều nước trên thế giới như: Mạng lưới quan sát trái đất (NOTA) [1] được thiết lập dựa trên 1257 trạm GPS/GNSS và 270 trạm khí tượng bề mặt. Mạng lưới NOTA của Mỹ là cơ sở quan trọng trong việc dự báo động đất hay chuyển động của các mảng kiến tạo. Đồng thời cảnh báo dự báo lũ lụt hay mưa lớn do bão thông qua xác định PWV cũng là một trong những nhiệm vụ quan trọng của mạng lưới quan sát ở Mỹ. Tại Nhật Bản, Cơ quan Thông tin Không gian Địa lý Nhật Bản (GSI) điều hành một mạng lưới quan sát GNSS liên tục trên mặt đất được gọi là Mạng lưới quan sát Trái đất (GEONET) [2–3], bao phủ toàn bộ quần đảo Nhật Bản với hơn 1300 trạm ở khoảng cách trung bình khoảng 20 km. Đây được xem là một trong những mạng GNSS dày đặc nhất trên thế giới. Bắt đầu từ năm 2013, GSI cung cấp dữ liệu QZSS (Hệ thống vệ tinh Quasi–Zenith) cùng với dữ liệu GPS. Cùng với sự phát triển của GNSS, các ứng dụng của độ trễ thiên đỉnh đã được nghiên cứu trong việc xác định sự biến đổi của hơi nước tại địa phương và vai trò của nó trong sự phát triển của đồng bão nguy hiểm, dữ liệu PWV nhận được theo thời gian thực sẽ giúp tăng cường chất lượng dự báo khí tượng (làm dữ liệu quan trắc đưa vào hệ thống đồng hoá số liệu cho các mô hình khu vực phân giải cao) [4–13].

Hiện nay, hệ thống trạm định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET– Viet Nam Geodetic Network) [5] gồm 65 trạm CORS bố trí trên phạm vi toàn quốc đã được đưa vào sử dụng. VNGEONET đã góp phần hoàn thiện và hiện đại hóa hạ tầng đo đạc và bản đồ cơ bản, cung cấp đầy đủ, kịp thời, chính xác thông tin, dữ liệu đo đạc và bản đồ phục vụ phát triển kinh

tế-xã hội, quốc phòng, an ninh, giám sát tài nguyên, bảo vệ môi trường, phòng chống thiên tai và nghiên cứu tầng khí quyển. Xác định lượng hơi nước tích tụ PWV bằng công nghệ GNSS đã là một trong những giải pháp có hiệu quả cao do chi phí thấp, phương pháp này được thực hiện thông qua kết quả tính độ trễ tầng đối lưu theo hướng đường truyền tín hiệu giữa vệ tinh và máy thu GNSS trong bài toán định vị điểm chính xác (*PPP – Precise point positioning*). Tuy nhiên, để kết quả tính toán PWV có độ tin cậy cao sẽ cần có những giải pháp xử lý dữ liệu đo phù hợp với từng điều kiện của mỗi quốc gia. Bài báo này trình bày giải pháp tính tổng lượng hơi nước cột khí quyển PWV từ dữ liệu đo GNSS trong điều kiện Việt Nam và kết quả đánh giá chất lượng tính toán PWV tại một số thời điểm cụ thể so với dữ liệu quan trắc thám không, dữ liệu tái phân tích của Châu Âu (ERA5), nhằm giới thiệu kết quả, độ chính xác tính toán PWV và khả năng ứng dụng PWV từ dữ liệu đo GNSS trong giám sát, dự báo khí tượng trong thời gian tới ở Việt Nam.

2. Số liệu và phương pháp tính toán PWV từ dữ liệu GNSS

2.1. Số liệu

Tổng lượng hơi nước cột khí quyển (PWV) được tính toán từ số liệu trị đo GNSS tại các trạm CORS phủ trùm trên lãnh thổ Việt Nam như Hình 1 dưới đây.



Hình 1. Sơ đồ vị trí các trạm CORS trên lãnh thổ Việt Nam [4].

Để đánh giá chất lượng dữ liệu PWV tính toán từ GNSS, chúng tôi sử dụng các giá tính tổng lượng hơi nước cột khí quyển PWV tính toán từ dữ liệu quan trắc tại 05 trạm thám không vô tuyến [5], gồm Điện Biên, Hà Nội, Vinh, Đà Nẵng và TP. Hồ Chí Minh tại một số ngày cụ thể, bao gồm các ngày 13 và 14 tháng 3 năm 2022 được tính từ số liệu đo áp suất, nhiệt độ điểm sương trên các tầng khí áp. Số liệu tính toán PWV tại các điểm kiểm tra còn lại trong ngày 13 tháng 3 năm 2022 được tính toán nội suy từ dữ liệu khí tượng tại các mực khí quyển cơ bản trong dữ liệu tái phân tích của Châu Âu (ERA5) tại đường dẫn: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>.

2.2. Phương pháp tính PWV từ dữ liệu GNSS

Thông qua phương pháp định vị điểm chính xác tại một điểm trạm CORS, ta nhận được độ trễ thiên đỉnh của tầng đối lưu ZTD (*zenith tropospheric delay*), độ trễ thiên đỉnh ZTD bao gồm 2 thành phần chính là độ trễ thiên đỉnh khô ZHD (*zenith hydrostatic delay*) và độ trễ thiên đỉnh ướt ZWD (*zenith wet delay*) [4, 8–10], quan hệ này được biểu thị bằng công thức:

$$ZTD = ZWD + ZHD \quad (1)$$

Từ công thức (1) có thể xác định được độ trễ thiên đỉnh ướt của tầng đối lưu của điểm:

$$ZWD = ZTD - ZHD \quad (2)$$

Trong công thức (2), độ trễ thiên đỉnh khô ZHD được tính theo công thức:

$$ZHD = 2.2768 \frac{P_s}{1 - 0.00266 \cdot \cos 2\varphi - 0.00028 \cdot H} \quad (3)$$

Trong đó P_s là áp suất tại ăng ten của trạm đặt máy thu GNSS (hPa); φ là vĩ độ tại ăng ten của trạm đặt máy thu GNSS (radian); H là độ cao ellipsoid tại ăng ten của trạm đặt máy thu GNSS (km).

Sau khi tính toán được độ trễ thiên đỉnh ướt ta sẽ tính được tổng lượng hơi nước tích tụ của cột khí quyển theo công thức sau:

$$PWV = ZWD \cdot \frac{10^6}{\rho_w R_v \left(\frac{k_3}{T_m} + k_2 \right)} \quad (4)$$

Trong đó ρ_w là tỷ trọng của nước $\rho_w = 999.97 \text{ kg m}^{-3}$; R_v là hằng số khí $R_v = 461.51 \text{ JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$; k_2, k_3 là hằng số khúc xạ khí quyển $k_2 = 22.1 \pm 2.2 (\text{K hpa}^{-1})$.

$$k_3 = 373900 (\text{K}^2 \text{ hpa}^{-1})$$

T_m là nhiệt độ trung bình của khí quyển, ở Việt Nam giá trị này [5–6] được xác định theo công thức:

$$T_m = 154.7 + 0.422T - 4.0H \quad (5)$$

Trong đó T là nhiệt độ trên bề mặt đất tại điểm đo ($^{\circ}\text{K}$); H là độ cao của điểm so với mặt nước biển trung bình (km).

Để kết quả tính PWV từ số liệu đo GNSS đạt được độ chính xác cao hơn trong điều kiện của Việt Nam, tiếp tục làm khớp dữ liệu tính PWV theo các hệ số điều chỉnh cho trị đo áp suất, nhiệt độ và độ ẩm tại điểm trạm CORS [6] theo công thức:

$$PWV_{RNEW} = PWV - 0.013P_r + 0.433T_r + 0.099RH_r \quad (6)$$

Trong đó P_r là áp suất trên bề mặt đất tại điểm đo GNSS (mbar); T_r là nhiệt độ trên mặt đất tại điểm đo GNSS ($^{\circ}\text{C}$); RH_r là độ ẩm tương đối trên mặt đất tại điểm đo GNSS (%); PWV_{RNEW} là lượng hơi nước tích tụ tại điểm đo sau khi khớp dữ liệu (mm).

2.3. Phương pháp đánh giá sai số

Để đánh giá chất lượng tính PWV từ dữ liệu đo GNSS chúng tôi lựa chọn phương pháp đánh giá độ chính xác theo sai số trung phương trị thực [14] theo công thức sau:

$$m_{PWV_{GNSS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (PWV_{TK}^i - PWV_{RNEW}^i)^2} \quad (7)$$

Trong đó PWV_{TK}^i là giá trị tính PWV theo phương pháp đo thám không vô tuyến và theo mô hình tái phân tích của Châu Âu (ERA5) tại điểm đo thứ i ; PWV_{RNEW}^i là giá trị tính PWV từ dữ liệu đo GNSS tại điểm đo thứ i ; N là tổng số điểm được sử dụng để đánh giá độ chính xác tính PWV từ dữ liệu đo GNSS.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả đánh giá độ chính xác tính PWV

Để bước đầu đánh giá độ chính xác tính PWV tại Việt Nam, chúng tôi lựa chọn dữ liệu từ 5 điểm trạm CORS tại các vị trí trạm Điện Biên (DIEB), Hà Nội (HNOI), Vinh (VINH), Đà Nẵng (DNAN), TP. Hồ Chí Minh (HOCM) và so sánh tương ứng với số liệu tính toán PWV tại 5 trạm đo thám không vô tuyến này. Các kết quả tính được tổng hợp tại Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Đánh giá chất lượng tính PWV tại khu vực có trạm đo thám không vô tuyến.

STT	Tên điểm trạm CORS	Thời điểm tính	PWV đo thám không (mm)	PWV tính theo số liệu GNSS (mm)	Chênh lệch (mm)	Sai số bình phương chênh lệch (mm)
1	DIEB	2022031300	43,94	43,25	0,69	0,47
2	HNOI	2022031300	44,27	43,30	0,97	0,94
3	VINH	2022031300	41,88	39,92	1,96	3,84
4	DNAN	2022031300	24,78	25,54	-0,76	0,58
5	HOCM	2022031300	57,6	55,47	2,13	4,55
6	HNOI	2022031312	44,98	46,89	-1,91	3,64
7	DNAN	2022031312	25,26	28,47	-3,21	10,28
8	HOCM	2022031312	58,64	56,11	2,53	6,39
9	DIEB	2022031400	46,59	44,58	2,01	4,04
10	HNOI	2022031400	47,53	45,13	2,40	5,78
11	VINH	2022031400	44,75	43,53	1,22	1,49
12	DNAN	2022031400	24,69	26,56	-1,87	3,51
13	HOCM	2022031400	53,29	51,62	1,67	2,79
14	HNOI	2022031412	44,06	43,45	0,61	0,37
15	DNAN	2022031412	42,47	43,32	-0,85	0,73
16	HOCM	2022031412	50,83	51,07	-0,24	0,06
Tổng cộng:						49,46

Độ chính xác tính PWV từ số liệu đo GNSS tại khu vực có điểm đo thám không vô tuyến đạt được là:

$$m_{PWV_{GNSS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (PWV_{TK}^i - PWV_{RNEW}^i)^2} = \sqrt{\frac{49,46}{15}} = \pm 1,81 \text{ (mm)}$$

Đối với các điểm nằm trong khu vực không có trạm đo thám không vô tuyến, độ chính xác tính PWV trên các trạm CORS được đánh giá theo giá trị tính PWV từ dữ liệu tái phân tích của Châu Âu (ERA5) [15], kết quả đánh giá độ chính xác tính PWV tại các điểm CORS này được tổng hợp trong Bảng 2 dưới đây.

Bảng 2. Đánh giá chất lượng đo tại khu vực không có trạm đo thám không vô tuyến.

STT	Tên điểm trạm CORS	Thời điểm tính	PWV tính từ mô hình ERA5 (mm)	PWV tính theo số liệu GNSS (mm)	Chênh lệch (mm)	Bình phương chênh lệch (mm)
1	BAVI	2022031300	42,34	43,50	-1,16	1,34
2	BGIA	2022031300	39,10	34,35	4,75	22,58
3	BLIE	2022031300	54,35	51,04	3,31	10,96
4	BTRI	2022031300	53,62	48,56	5,06	25,59
5	CAOL	2022031300	50,40	55,88	-5,48	30,01
6	CBAN	2022031300	39,43	38,53	0,90	0,81

STT	Tên điểm trạm CORS	Thời điểm tính	PWV tính từ mô hình ERA5 (mm)	PWV tính theo số liệu GNSS (mm)	Chênh lệch (mm)	Bình phương chênh lệch (mm)
7	CCHI	2022031300	48,94	54,66	-5,72	32,75
8	CPHU	2022031300	41,45	42,74	-1,29	1,66
9	CRKH	2022031300	52,41	56,22	-3,81	14,55
10	CTHO	2022031300	53,40	57,00	-3,60	12,99
11	DLAP	2022031300	38,00	39,80	-1,80	3,22
12	DNON	2022031300	49,77	44,51	5,26	27,69
13	DOHA	2022031300	30,55	31,48	-0,93	0,86
14	DSON	2022031300	38,16	40,90	-2,74	7,51
15	HDUO	2022031300	39,34	42,92	-3,58	12,82
16	HGIA	2022031300	40,89	40,37	0,52	0,27
17	KANH	2022031300	37,46	35,04	2,42	5,87
18	KSAN	2022031300	31,94	25,34	6,60	43,51
19	KTUM	2022031300	33,40	19,59	13,81	190,71
20	LCAI	2022031300	41,66	41,53	0,13	0,02
21	LKHA	2022031300	51,11	50,50	0,61	0,38
22	MCAI	2022031300	39,51	43,60	-4,09	16,75
23	MGTE	2022031300	50,95	54,74	-3,79	14,40
24	MHOA	2022031300	49,04	56,21	-7,17	51,48
25	MTHO	2022031300	53,16	57,49	-4,33	18,72
26	NDON	2022031300	29,73	23,91	5,82	33,84
27	PGIA	2022031300	49,18	53,84	-4,66	21,72
28	PLON	2022031300	49,19	50,87	-1,68	2,83
29	QNAM	2022031300	31,68	27,01	4,67	21,82
30	QNIN	2022031300	37,58	40,98	-3,40	11,55
31	TDUO	2022031300	44,82	44,87	-0,05	0,00
32	THMY	2022031300	33,8	27,05	6,75	45,62
33	THOA	2022031300	42,48	43,40	-0,92	0,85
34	TLAI	2022031300	50,64	51,74	-1,10	1,20
35	TNIN	2022031300	47,86	55,85	-7,99	63,82
36	TPAO	2022031300	51,97	50,60	1,37	1,87
37	TPHU	2022031300	29,64	26,26	3,38	11,39
38	TQUA	2022031300	43,00	43,40	-0,40	0,16
39	TRMY	2022031300	35,37	27,10	8,27	68,40
40	TYEN	2022031300	38,08	43,30	-5,22	27,29
41	VANL	2022031300	40,95	42,19	-1,24	1,53
42	VLON	2022031300	52,69	57,22	-4,53	20,55
43	VNIN	2022031300	39,24	43,10	-3,86	14,88
44	VUNT	2022031300	52,47	46,78	5,69	32,38
45	ALUO	2022031306	33,96	24,32	9,64	93,01
46	BAVI	2022031306	40,98	47,40	-6,42	41,25
47	BGIA	2022031306	42,02	34,40	7,62	58,14
48	BLIE	2022031306	40,57	53,17	-12,60	158,77
49	BTRI	2022031306	52,56	51,94	0,62	0,39
50	CAOL	2022031306	52,15	59,76	-7,61	57,90
51	CBAN	2022031306	56,14	37,41	18,73	350,79

STT	Tên điểm trạm CORS	Thời điểm tính	PWV tính từ mô hình ERA5 (mm)	PWV tính theo số liệu GNSS (mm)	Chênh lệch (mm)	Bình phương chênh lệch (mm)
52	CCHI	2022031306	37,48	57,91	-20,43	417,36
53	CPHU	2022031306	52,67	45,08	7,59	57,66
54	CRKH	2022031306	41,63	55,85	-14,22	202,10
55	CTHO	2022031306	51,92	60,39	-8,47	71,74
56	DLAP	2022031306	50,84	40,05	10,79	116,46
57	DNON	2022031306	55,37	47,65	7,72	59,55
58	DOHA	2022031306	32,42	32,84	-0,42	0,18
59	DSON	2022031306	39,49	45,46	-5,97	35,60
60	EAHL	2022031306	46,56	38,38	8,18	66,96
61	HDUO	2022031306	41,68	43,71	-2,03	4,12
62	HGIA	2022031306	41,30	42,67	-1,37	1,86
63	KANH	2022031306	39,05	43,44	-4,39	19,26
64	KSAN	2022031306	32,88	28,89	3,99	15,91
65	KTUM	2022031306	34,62	25,63	8,99	80,73
66	LCAI	2022031306	45,34	45,75	-0,41	0,17
67	LKHA	2022031306	54,11	54,80	-0,69	0,47
68	MCAI	2022031306	39,88	47,37	-7,49	56,06
69	MGTE	2022031306	47,24	56,68	-9,44	89,19
70	MHOA	2022031306	55,27	59,20	-3,93	15,48
71	MTHO	2022031306	53,20	59,59	-6,39	40,89
72	NDON	2022031306	31,66	29,98	1,68	2,83
73	PHRI	2022031306	52,86	56,48	-3,62	13,08
74	PLON	2022031306	53,60	54,79	-1,19	1,41
75	QNAM	2022031306	31,29	28,97	2,32	5,40
76	QNIN	2022031306	38,37	42,59	-4,22	17,77
77	TDUO	2022031306	45,01	47,40	-2,39	5,72
78	THMY	2022031306	34,19	29,32	4,87	23,72
79	THOA	2022031306	41,88	45,30	-3,42	11,73
80	TLAI	2022031306	55,43	56,42	-0,99	0,98
81	TNIN	2022031306	53,27	56,40	-3,13	9,77
82	TPAO	2022031306	56,50	55,74	0,76	0,58
83	TPHU	2022031306	30,89	31,21	-0,32	0,10
84	TQUA	2022031306	42,35	44,65	-2,30	5,30
85	TRMY	2022031306	34,82	30,91	3,91	15,27
86	TYEN	2022031306	38,04	45,35	-7,31	53,51
87	VANL	2022031306	41,95	45,15	-3,20	10,22
88	VINH	2022031306	42,07	42,15	-0,08	0,01
89	VLON	2022031306	54,37	58,72	-4,35	18,90
90	VNIN	2022031306	41,58	46,03	-4,45	19,81
91	VUNT	2022031306	54,03	51,63	2,40	5,75
92	ALUO	2022031212	35,80	24,33	11,47	131,61
93	BAVI	2022031212	44,55	46,70	-2,15	4,60
94	BGIA	2022031212	41,73	35,63	6,10	37,15
95	BLIE	2022031212	46,95	45,95	1,00	0,99
96	BTRI	2022031212	52,33	52,27	0,06	0,00

STT	Tên điểm trạm CORS	Thời điểm tính	PWV tính từ mô hình ERA5 (mm)	PWV tính theo số liệu GNSS (mm)	Chênh lệch (mm)	Bình phương chênh lệch (mm)
97	CAOL	2022031212	51,96	57,22	-5,26	27,71
98	CBAN	2022031212	41,89	37,08	4,81	23,13
99	CCHI	2022031212	53,98	58,60	-4,62	21,38
100	CPHU	2022031212	43,55	44,65	-1,10	1,21
101	CRKH	2022031212	49,35	53,49	-4,14	17,12
102	CTHO	2022031212	50,8	57,14	-6,34	40,19
103	DLAP	2022031212	38,90	39,42	-0,52	0,27
104	DNON	2022031212	53,02	52,87	0,15	0,02
105	DOHA	2022031212	33,77	34,66	-0,89	0,80
106	DSON	2022031212	37,16	41,64	-4,48	20,09
107	HDUO	2022031212	41,36	44,44	-3,08	9,47
108	HGIA	2022031212	42,83	42,52	0,31	0,10
109	KANH	2022031212	37,94	43,00	-5,06	25,58
110	KSAN	2022031212	34,81	29,53	5,28	27,83
111	KTUM	2022031212	37,08	30,31	6,77	45,80
112	LCAI	2022031212	46,00	47,02	-1,02	1,04
113	LKHA	2022031212	52,24	53,72	-1,48	2,18
114	MCAI	2022031212	36,45	40,50	-4,05	16,42
115	MGTE	2022031212	52,23	57,51	-5,28	27,89
116	MHOA	2022031212	53,19	57,94	-4,75	22,56
117	MTHO	2022031212	52,36	59,88	-7,52	56,54
118	NDON	2022031212	32,36	28,93	3,43	11,77
119	PGIA	2022031212	54,75	57,72	-2,97	8,83
120	PLON	2022031212	54,96	59,13	-4,17	17,35
121	QNAM	2022031212	32,05	29,24	2,81	7,90
122	QNIN	2022031212	36,92	38,79	-1,87	3,48
123	TDUO	2022031212	47,32	47,81	-0,49	0,24
124	THMY	2022031212	34,62	31,47	3,15	9,93
125	THOA	2022031212	41,77	45,43	-3,66	13,36
126	TLAI	2022031212	54,24	58,64	-4,40	19,34
127	TNIN	2022031212	55,29	58,79	-3,50	12,26
128	TPAO	2022031212	53,00	52,64	0,36	0,13
129	TPHU	2022031212	32,75	30,76	1,99	3,96
130	TQUA	2022031212	44,04	45,62	-1,58	2,50
131	TRMY	2022031212	39,08	34,62	4,46	19,87
132	TYEN	2022031212	37,15	39,92	-2,77	7,67
133	VANL	2022031212	39,82	45,37	-5,55	30,82
134	VLON	2022031212	51,51	58,21	-6,70	44,88
135	VNIN	2022031212	38,84	45,76	-6,92	47,90
136	VUNT	2022031212	52,26	52,67	-0,41	0,17
137	BAVI	2022031318	43,76	46,26	-2,50	6,27
138	BGIA	2022031318	41,39	34,12	7,27	52,88
139	BLOC	2022031318	52,06	39,76	12,30	151,20
140	BTRI	2022031318	50,99	48,64	2,35	5,51
141	CAOL	2022031318	49,8	56,68	-6,88	47,35

STT	Tên điểm trạm CORS	Thời điểm tính	PWV tính từ mô hình ERA5 (mm)	PWV tính theo số liệu GNSS (mm)	Chênh lệch (mm)	Bình phương chênh lệch (mm)
142	CBAN	2022031318	42,16	40,26	1,90	3,60
143	CCHI	2022031318	48,99	54,80	-5,81	33,70
144	CPHU	2022031318	43,45	45,57	-2,12	4,50
145	CRKH	2022031318	50,02	51,49	-1,47	2,16
146	CTHO	2022031318	50,70	58,50	-7,80	60,79
147	DLAP	2022031318	38,57	37,45	1,12	1,25
148	DNON	2022031318	51,98	43,77	8,21	67,42
149	DOHA	2022031318	32,68	36,32	-3,64	13,27
150	DSON	2022031318	38,01	40,35	-2,34	5,48
151	HDUO	2022031318	41,62	43,74	-2,12	4,50
152	HGIA	2022031318	42,60	41,85	0,75	0,56
153	KANH	2022031318	36,07	39,04	-2,97	8,80
154	KSAN	2022031318	33,73	28,39	5,34	28,52
155	KTUM	2022031318	37,90	27,16	10,74	115,30
156	LCAI	2022031318	45,40	44,58	0,82	0,67
157	LKHA	2022031318	48,67	50,67	-2,00	4,00
158	MCAI	2022031318	38,00	41,26	-3,26	10,62
159	MGTE	2022031318	55,78	62,32	-6,54	42,73
160	MHOA	2022031318	49,50	56,08	-6,58	43,24
161	MTHO	2022031318	50,14	57,65	-7,51	56,34
162	NDON	2022031318	30,28	26,58	3,70	13,66
163	PGIA	2022031318	48,65	55,63	-6,98	48,76
164	PLON	2022031318	48,67	57,70	-9,03	81,52
165	QNAM	2022031318	31,46	30,89	0,57	0,33
166	QNIN	2022031318	36,96	40,12	-3,16	9,96
167	TDUO	2022031318	43,97	47,75	-3,78	14,26
168	THMY	2022031318	34,53	32,33	2,20	4,85
169	THOA	2022031318	43,55	47,82	-4,27	18,23
170	TLAI	2022031318	48,39	53,77	-5,38	28,97
171	TNIN	2022031318	49,99	56,39	-6,40	41,01
172	TPAO	2022031318	50,62	51,01	-0,39	0,15
173	TPHU	2022031318	30,39	30,98	-0,59	0,35
174	TQUA	2022031318	43,38	45,29	-1,91	3,65
175	TRMY	2022031318	36,81	31,71	5,10	26,01
176	TYEN	2022031318	36,76	41,82	-5,06	25,64
177	VANL	2022031318	41,33	45,44	-4,11	16,90
178	VLON	2022031318	50,00	57,70	-7,70	59,32
179	VNIN	2022031318	40,03	44,12	-4,09	16,70
180	VUNT	2022031318	49,99	48,62	1,37	1,88
Tổng cộng						5269,86

Độ chính xác tính PWV từ số liệu đo GNSS tại khu vực không có điểm đo thám không vô tuyến đạt được là:

$$m_{PWV_{GNSS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (PWV_{TK}^i - PWV_{RNEW}^i)^2} = \sqrt{\frac{5269,86}{179}} = \pm 5,42 \text{ (mm)}$$

3.2. Thảo luận

Từ các kết quả tính toán và đánh giá độ chính xác trong bảng 1 thấy rằng sai số trung phương tính PWV nhận được so với kết quả đo trực tiếp bằng phương pháp thám không đạt được trong khoảng 2 mm, điểm đo GNSS tại Đà Nẵng (DNAN) có giá trị lệch tuyệt đối lớn nhất trong kết quả so sánh là 3,21 mm là khá nhỏ, cho thấy các kết quả tính PWV từ dữ liệu đo GNSS khá sát với số liệu đo trực tiếp từ phương pháp thám không vô tuyến. Kết quả tính và đánh giá độ chính xác tính PWV so với mô hình tái phân tích của Châu Âu ERA5 nhận được trong bảng 2 đạt được trong khoảng 6 mm điểm đo GNSS tại Cù Chi (CCHI) có giá trị lệch tuyệt đối lớn nhất trong kết quả so sánh là 20,43 mm, cho thấy các kết quả đánh giá độ chính xác tính PWV từ dữ liệu đo GNSS theo mô hình tái phân tích có sai số lớn hơn so với đánh giá trực tiếp từ số liệu đo thám không vô tuyến, kết quả đánh giá so với mô hình tái phân tích là phù hợp bởi vì giá trị PWV nhận được từ mô hình ERA 5 có độ chính xác thấp hơn so với giá trị PWV nhận được từ đo thám không vô tuyến, kết quả đánh giá theo ERA5 cũng đã phản ánh khá khách quan về chất lượng tính PWV từ dữ liệu đo GNSS đạt được.

4. Kết luận

Hơi nước trong khí quyển có vai trò đặc biệt quan trọng trong chu trình nước trên Trái Đất và có tác động trực tiếp, mạnh mẽ tới hệ thống thời tiết. Chính vì vậy công tác đo đạc, tính toán lượng hơi nước PWV trong cột khí quyển thẳng đứng ngày càng được quan tâm đặc biệt. Do đặc tính thay đổi nhanh, biên độ thay đổi lớn khiến PWV là yếu tố khí quyển rất khó đo đạc, các nhà khoa học gặp khó khăn nghiên cứu sự phân bố của PWV theo không gian và thời gian. Các phương pháp đo PWV thường được sử dụng các thiết bị thám không vô tuyến, máy đo bức xạ sóng ngắn đặt trên mặt đất, hệ thống LIDAR, hệ thống LASER. Tuy nhiên, các phương pháp đo này có chi phí lớn, quan trắc được trong phạm vi không gian nhỏ. Nghiên cứu đã trình bày cụ thể phương pháp tính toán tổng lượng hơi nước cột khí quyển PWV từ dữ liệu đo GNSS trên lãnh thổ Việt Nam. Dựa trên cơ sở bài toán định vị điểm chính xác kết hợp với giải pháp tính toán nhiệt độ trung bình cột khí quyển trong điều kiện Việt Nam và giải pháp làm khớp kết quả tính PWV cho thấy kết quả tính PWV đã tiệm cận sát với số liệu đo trực tiếp bằng phương pháp đo thám không vô tuyến. Ngoài ra, những kết quả đánh giá độ chính xác các điểm nằm ở những khu vực khác điểm đo đạc thám không vô tuyến cũng cho thấy kết quả tính PWV ở những điểm này khá phù hợp với dữ liệu khí quyển tái phân tích ERA5. Với các kết quả đánh giá ở trên đã bước đầu khẳng định chất lượng tính tổng lượng hơi nước PWV từ các trạm CORS có độ tin cậy cao và hoàn toàn có thể sử dụng được trong nghiên cứu khoa học và dự báo khí tượng trong thời gian tới. Việc triển khai xác định được lượng hơi nước tích tụ (PWV) từ dữ liệu đo GNSS tại Việt Nam sẽ giúp tăng cường chất lượng dự báo khí tượng thông qua việc bổ sung dữ liệu giám sát trạng thái khí quyển và là cơ sở bổ sung thông tin về cấu trúc ẩm của khí quyển vào hệ thống đồng hoá số liệu cho các mô hình khu vực phân giải cao trong thời gian tới.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.V.T., M.K.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.V.T., D.Đ.T., M.K.H., Phân tích mẫu: L.V.T., M.K.H.; Lấy mẫu: L.V.T., M.K.H.; Viết bản thảo bài báo: L.V.T., D.Đ.T.; Chỉnh sửa bài báo: L.V.T., D.Đ.T.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ: “Xác định tổng lượng điện tử tự do (TEC), lượng hơi nước tích tụ (PWV) từ dữ liệu GNSS trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Meghan Miller, M.; Charlevoix, D.; Mattioli, G.; Meertens, C. The Next Generation GNSS/GPS Network: The Network of the Americas (NOTA), 2019.
2. Sagiya, T.; Ohzono, M.; Hirahara, K.; Hashimoto, M.; Takeuchi, A.; Hoso, Y.; Wada, Y.; Doke, R.; Ozawa, K.; Asahi, Y.; Onoue, K.; Ohya, F. Interseismic deformation pattern tells the extent of a fault rupture: Lessons from dense GPS observation around the Atotsugawa Fault, central Japan. *AGU Fall Meeting Abstracts*, 2009.
3. Zhan, W.; Heki, K.; Arief, S.; Yoshida, M. Topographic Amplification of Crustal Subsidence by the Rainwater Load of the 2019 Typhoon Hagibis in Japan. *J. Geophys. Res.: Solid Earth* **2021**, 126(6), e2021JB021845.
4. Khiêm, M.V.; Thủy, L.V.; Tiến, D.Đ.; Hưng, M.K.; Nga, N.T.; Nam, H.G. Quan trắc tổng lượng hơi nước cột khí quyển (PWV) từ dữ liệu GNSS trên lãnh thổ Việt Nam và tiềm năng ứng dụng trong bài toán khí tượng thủy văn. Hội thảo Quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu, Hà Nội, 2021.
5. Quân, N.V.; Trung, V.Đ.; Nam, T.V. Ứng dụng mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET) trong hoạt động đo đạc bản đồ, nghiên cứu khoa học Trái Đất và một số lĩnh vực khác trong thời kỳ chuyển đổi số. Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học Trái Đất và môi trường, Hà Nội, 2021.
6. Thủy, L.V.; Tiến, D.Đ.; Hưng, M.K.; Nhung, L.T.T. Xây dựng công thức tính nhiệt độ trung bình cột khí quyển trên lãnh thổ Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 50, 16–21.
7. Thủy, L.V và cs. Xác định tổng lượng điện tử tự do (TEC), lượng hơi nước tích tụ (PWV) từ dữ liệu GNSS trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam. Dự án SXTN cấp Bộ mã số: 2020.07.05, 2022.
8. Biyan, C.; Wujiao, D.; Zhizhao, L.; Lixin, W.; Cuilin, K.; Minsi, A. Constructing a precipitable water vapor map from regional GNSS network observations without collocated meteorological data for weather forecasting. *Atmos. Meas. Tech.* **2018**, 11, 5153–5166.
9. Bosy, J.; Kaplon, J.; Rohm, W.; Sierny, J.; Hadas, T. Near real-time estimation of water vapour in the troposphere using ground GNSS and the meteorological data. *Ann. Geophys.* **2012**, 30, 1379–1391.
10. Realini, E.; Sato, K.; Tsuda, T.; Susilo.; Manik, T. An observation campaign of precipitable water vapor with multiple GPS receivers in western Java, Indonesia, *Progress in Earth and Planetary Science*, 2014.
11. Meunram, P.; Satirapod, C. Spatial variation of precipitable water vapor derived from GNSS CORS in Thailand. *J. Geod. Geodyn.* **2019**, 10(2), 140–145.
12. Campos–Arias, P.; Esquivel–Hernández, G.; José Francisco Valverde–Calderón.; Rodríguez–Rosales, S.; Moya–Zamora; Sánchez–Murillo, R.; Jan Boll. GPS Precipitable Water Vapor Estimations over Costa Rica: A Comparison against Atmospheric Sounding and Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS). *Climate* **2019**, 7, 63. doi:10.3390/cli7050063.
13. Li, X.X.; Tan, H.; Xin Li.; Dick, G.; Wickert, J.; Schuh, H. Real-Time Sensing of Precipitable Water Vapor From BeiDou Observations: Hong Kong and CMONOC Networks. *J. Geophys. Res.: Atmos.* **AUG 2018**, 123(15), 7897–7909.

14. Kiên, T.B.; Ngà, P.T.T.; Thức, T.D.; Linh, P.T.M.; Thăng, V.V. Đánh giá chất lượng dự báo mưa định lượng của mô hình WRF cho khu vực Việt Nam. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 738, 1–11. doi:10.36335/VNJHM.2022(738).1-11.
15. Alshawaf, F.; Balidakis, K.; Dick, G.; Heise, S.; Wickert, J. Estimating trends in atmospheric water vapor and temperature time series over Germany. *Atmos. Meas. Tech.* **2017**, 10, 3117–3132. <https://doi.org/10.5194/amt-10-3117-2017>

The solution and result of calculating total precipitation water vapor (PWV) from GNSS data in Vietnam

Lai Van Thuy^{1*}, Du Duc Tien², Mai Khanh Hung²

¹ Vietnam Institute of Geodegy and Cartography (VIGAC); laivanthuy68@gmail.com

² National Center for Hydro – Meteorological Forecasting (NCHMF);
duduction@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail.com

Abstract: This article will present to you about the solution to calculate the total precipitation water vapor (PWV) and some information about the results of the evaluation of calculating PWV from Global Navigation Satellite System data (GNSS) from five different CORS stations; In which the measuring locations in Dien Bien (DIEB), Ha Noi (HNOI), Vinh (VINH), Da Nang (DNAN), Ho Chi Minh City (HOCH) have non–radio–sensing data or do not have non–radio–sensing data. The results have the standard deviation range from 2 to 5 mm, which shows that the PWV data calculated from CORS stations has high reliability and can be used in scientific research and meteorological forecast.

Keywords: GNSS; PWV; CORS; Precipitation water vapor.

Table of content

- 1** Tuan, L.N.; Duong, Q.T.; Dan, P.T.; An, N.T.N.; Toai, L.Q. Research and propose agricultural livelihood models adapting to saltwater intrusion in Vinh Long Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 1–16.
- 17** Ba, N.D.; Hung, N.T.Q.; Nhi, B.T.C.; Hue, N.K.; Sang, V.M.; Thao, L.T.L.; Tri, D.Q.; Ky, N.M. Auditing piggery waste at the farms in Loc Ninh District, Binh Phuoc Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 17–27.
- 28** Trinh, N.N.; Think, N.H.D.; Thu, N.T.Q.; Phuong, P.T.D.; Van, C.T.; Thoa, L.T.K. Assessment of surface water quality using WQI index at flowing through Bao Dinh River, Tan An City. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 28–38.
- 39** Tien, T.H.; Dat, N.D.; Tuong, P.; Thien, V.M.; Phuong, N.H.; Quan, N.T. Study on water security assessment for Viet Nam Mekong Delta. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 39–54.
- 55** Hang, D.T.; Hang, V.T. Some characteristics of hydrological drought in Central Highland of Vietnam during the period of (1980–2015). *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 55–68.
- 69** Quyen, H.; Hoang, H.A.; Duong, D.M. Trial design of high-performance brackish desalination system for households in the Vietnamese Mekong Delta. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 69–79.
- 74** Phu, H.; Trieu, D.M.; Han, H.T.N.; Ha, T.T.M. Assessing the sustainability of clean water supply works in Ham Thuan Bac District, Binh Thuan Province in the context of climate change. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 80–92.
- 93** Thuy, L.V.; Tien, D.D.; Hung, M.K. The solution and result of calculating total precipitation water vapor (PWV) from GNSS data in Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744*, 93–103.