

Đất ngập nước ngọt ở Vườn quốc gia Phú Quốc, tỉnh An Giang và đề xuất các giải pháp quản lý, sử dụng bền vững

Lê Hữu Phú^{1*}, Nguyễn Văn Tiệp², Đặng Minh Lạp², Hà Văn Long², Nguyễn Hồng Quân²

¹Trung tâm Nghiên cứu Rừng và Đất ngập nước

²Vườn Quốc gia Phú Quốc

Assessment of freshwater wetlands in Phu Quoc National Park, An Giang province and implications for sustainable management

Le Huu Phu^{1*}, Nguyen Van Tiep², Dang Minh Lap², Ha Van Long², Nguyen Hong Quan²

¹Research Center of Forest and Wetland

²Phu Quoc National Park

*Corresponding author: huuphuforwet@gmail.com

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.15.6.2026.111-120>

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 24/02/2026

Ngày phản biện: 26/03/2026

Ngày quyết định đăng: 04/05/2026

Từ khóa:

Cấu trúc rừng, chất lượng nước,
đất ngập nước ngọt, lưu vực.

Keywords:

Forest structure, freshwater
wetlands, water quality,
watershed.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện tại Vườn quốc gia (VQG) Phú Quốc nhằm xác định diện tích, phân bố và đặc điểm môi trường của đất ngập nước (ĐNN) ngọt, đồng thời phân tích mối quan hệ giữa hệ sinh thái rừng và chức năng duy trì nguồn nước tại đặc khu Phú Quốc. Phương pháp nghiên cứu tích hợp công nghệ GIS và ảnh viễn thám; điều tra thực địa 132 điểm; phân tích 57 mẫu nước (gồm pH, DO, TDS, độ đục và độ mặn); kết hợp điều tra cấu trúc rừng trên 66 ô tiêu chuẩn thuộc 11 lưu vực cấp nước. Kết quả ghi nhận tổng diện tích ĐNN ngọt là 349,6 ha, bao gồm đầm lầy rừng tràm, hệ thống suối và hồ nhân tạo. Các chỉ tiêu độ mặn, TDS, nhiệt độ và DO không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($p > 0,05$). Ngược lại, độ đục và pH có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), trong đó, ĐNN đầm lầy đồng tràm có độ đục cao hơn, và pH thấp hơn so với ĐNN dạng hồ nhân tạo và dòng suối. Với tổng diện tích lưu vực 23.219,9 ha, trong đó rừng tự nhiên chiếm ưu thế với cấu trúc đa tầng và tái sinh tốt. Nghiên cứu khẳng định rừng đầu nguồn đóng vai trò quan trọng trong điều tiết dòng chảy, cải thiện chất lượng nước và đảm bảo an ninh nguồn nước ngọt cho đặc khu Phú Quốc.

ABSTRACT

This study was conducted in Phu Quoc National Park to determine the spatial distribution, total area, and ecological characteristics of freshwater wetlands and to analyze the relationship between forest ecosystems and water resource regulation on Phu Quoc special zone. The methodology integrated GIS and remote sensing techniques to delineate wetlands, field verification at 132 sites, water quality analysis of 57 samples (pH, DO, TDS, turbidity, and salinity), and forest structure surveys in 66 sample plots across 11 watersheds. Salinity, total dissolved solids (TDS), temperature, and dissolved oxygen (DO) did not show statistically significant differences among wetland types ($p > 0.05$), indicating similar water environmental conditions across the wetlands. In contrast, turbidity and pH exhibited statistically significant differences ($p < 0.05$); specifically, the Melaleuca swamp wetland type had higher turbidity and lower pH compared to the artificial lake and stream wetland types. These findings suggest that wetland type has a pronounced effect on turbidity and pH, while the

remaining parameters remain relatively stable. The total watershed area was 23,219.9 ha, predominantly covered by natural evergreen broadleaf forests with multi-layered structures and strong natural regeneration. The findings demonstrate that headwater forests play a critical role in regulating streamflow, improving water quality, and ensuring freshwater security for island ecosystems. Sustainable forest management is therefore essential for the conservation of freshwater wetlands and long-term socio-ecological stability on Phu Quoc special zone.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vườn quốc gia (VQG) Phú Quốc được Nhà nước giao nhiệm vụ quản lý rừng đặc dụng và rừng phòng hộ, giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong bảo tồn thiên nhiên cho đảo Phú Quốc. VQG Phú Quốc là khu rừng có giá trị cao về đa dạng sinh học, đồng thời thực hiện chức năng phòng hộ đầu nguồn, bảo vệ nguồn nước và góp phần duy trì phát triển kinh tế – xã hội bền vững cho địa phương. Theo quy định của pháp luật về lâm nghiệp và đa dạng sinh học, chức năng cốt lõi của VQG Phú Quốc là bảo tồn tính đa dạng của các hệ sinh thái tự nhiên, trong đó hệ sinh thái đất ngập nước (ĐNN) giữ vai trò quan trọng. ĐNN tự nhiên trong phạm vi VQG bao gồm hệ thống sông, suối, đầm lầy và các vùng trũng ngập nước theo mùa. Đây là nơi phân bố và phát triển của nhiều kiểu rừng tiêu biểu, đồng thời là sinh cảnh quan trọng của nhiều loài động, thực vật đặc hữu và quý hiếm. Bên cạnh đó, ĐNN nhân tạo trong VQG chủ yếu là các hồ chứa nước được xây dựng nhằm cung cấp nguồn nước sinh hoạt cho người dân trên đảo, đồng thời phục vụ công tác phòng cháy, chữa cháy rừng. Sự kết hợp giữa hệ thống ĐNN tự nhiên và nhân tạo góp phần điều hòa thủy văn, duy trì cân bằng sinh thái và nâng cao khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu.

ĐNN có vai trò và giá trị to lớn trên nhiều phương diện khoa học, môi trường, kinh tế và xã hội, đặc biệt là các hệ sinh thái ĐNN tự nhiên. Đối với một không gian địa lý đặc thù như đảo Phú Quốc – một hòn đảo biệt lập giữa biển khơi – tài nguyên ĐNN ngọt càng có ý nghĩa sống còn trong việc duy trì cân bằng sinh thái, đảm bảo an ninh nguồn nước và hỗ trợ

phát triển bền vững. Xuất phát từ tầm quan trọng đó, việc điều tra, khảo sát diện tích ĐNN (loại hình ĐNN, một số chỉ tiêu chất lượng nước, chế độ ngập nước) và xác định được lưu vực của các vùng đất ngập nước. đánh giá hiện trạng về diện tích, cấu trúc, tái sinh rừng trong lưu vực để làm cơ sở nghiên cứu mối quan hệ giữa yếu tố đất ngập nước (nước ngọt) với yếu tố rừng là cơ sở khoa học và thực tiễn để đề xuất các giải pháp quản lý, khai thác và sử dụng bền vững tài nguyên ĐNN; đồng thời góp phần thực hiện hiệu quả các định hướng, giải pháp bảo đảm cấp nước mà UBND tỉnh An Giang đã xác định trong chiến lược phát triển kinh tế – xã hội của địa phương.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong khuôn khổ của nghiên cứu này: (1) Khái niệm ĐNN được hiểu theo quy định tại Nghị định 66/2019/NĐ-CP ngày 29/7/2019 [1]. “Vùng ĐNN là vùng đầm lầy, vùng đất than bùn, vùng ngập nước thường xuyên hoặc ngập nước tạm thời theo mùa, kể cả các vùng ven biển, ven đảo có độ sâu không quá 06 mét khi ngấn nước thủy triều thấp nhất”; (2) Khái niệm về ĐNN ngọt: áp dụng theo Tiêu chuẩn ngành 04TCN 67-2004 (2004) [2]. Theo đó, ĐNN ngọt bao gồm những loại ĐNN không nhận nước từ biển mặc dầu chúng có thể nằm gần ven biển. Thuộc hệ thống này bao gồm tất cả các loại ĐNN mà môi trường nước cơ bản là lợ hoặc ngọt với độ mặn trong nước thường xuyên nhỏ hơn 4 gram/lít (4‰).

2.1. Điều tra, xác định diện tích, phân bố các loại hình đất ngập nước (nước ngọt) trong phạm vi rừng đặc dụng và rừng phòng hộ của VQG Phú Quốc

- Sử dụng công nghệ GIS chồng xếp bản đồ địa hình với bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỷ lệ 1/10.000 và đối chiếu với ảnh vệ tinh để xây dựng bản đồ dự thảo các vùng đất ngập nước ngọt.

- Sử dụng máy định vị RTK để kiểm chứng và xác định ranh giới các vùng đất ngập nước tại thực địa để hoàn chỉnh thành bản đồ đất ngập nước ngọt ở rừng đặc dụng và rừng phòng hộ Phú Quốc", 1/25.000: 132 điểm (12 điểm/khu vực x 11 khu vực).

- Phân tích nguồn gốc các loại hình đất ngập nước để xác định đất ngập nước tự nhiên, nhân tạo và xử lý số liệu, tính diện tích các loại đất

ngập nước từ bản đồ.

2.2. Điều tra xác định các đặc điểm của đất ngập nước

- Xác định các vị trí cần thu thập mẫu nước: Vị trí được đặt ở thượng nguồn, trung nguồn và hạ nguồn trong phạm vi VQG Phú Quốc (Bảng 1). Vị trí lấy mẫu nước phải đủ độ sâu để ngập chìm được bình lấy mẫu. Đồng thời sẽ gắn với vị trí các trạng thái rừng để nghiên cứu mối quan hệ với các yếu tố về chất lượng rừng nhằm có cơ sở khoa học đề xuất các giải pháp nâng cao chất lượng nước thông qua các giải pháp nâng cao chất lượng rừng.

Bảng 1. Thống kê số lượng lấy mẫu nước để phân tích chất lượng nước

TT	Vị trí	Mùa mưa	Mùa khô	Tổng
I	Đất ngập nước đầm lầy đồng tràm	1	1	2
-	Đồng tràm	1	1	2
III	Đất ngập nước hồ nhân tạo	3	3	6
-	Cuối nguồn	1	1	2
-	Đầu nguồn	1	1	2
-	Giữa nguồn	1	1	2
III	Đất ngập nước dòng suối	29	20	49
-	Cuối nguồn	11	7	18
-	Đầu nguồn	7	5	12
-	Giữa nguồn	11	8	19
	Tổng	33	24	57

Ghi chú: Có 9 điểm thu mẫu nước tại ĐNN dòng suối không có nước vào mùa khô.

- Phương pháp thu thập mẫu: Được thực hiện theo hướng dẫn của Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6663-6:2008 Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 6: Hướng dẫn lấy mẫu ở sông và suối [3].

- Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng nước gồm: Độ pH, oxy hòa tan (DO), nhiệt độ (T°C), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), tổng chất rắn hòa tan (TDS) và độ mặn.

- Tài liệu đánh giá: Tiêu chuẩn ngành 04TCN 67-2004: ĐNN (2005) [2]: Đánh giá về độ mặn của nước (độ mặn nhỏ hơn 4 gram/lít (4_{o/oo}) thì được gọi là ĐNN ngọt); QCVN 08:2023/BTNMT (2023) [4]: Đánh giá ác chỉ tiêu về pH, DO, nhiệt độ và TSS; QCVN 01-1:2018/BYT (2018) [5]: Đánh giá các chỉ tiêu về TDS.

2.3. Điều tra xác định lưu vực của các vùng đất ngập nước và đánh giá về đặc điểm rừng

- Điều tra xác định phạm vi của 11 lưu vực ĐNN bằng phương pháp GIS trên phần mềm (ArcView SWAT). Sau khi xác định các lưu vực, tiến hành chồng xếp bản đồ hiện trạng rừng ban hành kèm theo Quyết định 2176/QĐ-UBND ngày 29/8/2022 của UBND tỉnh Kiên Giang (nay là tỉnh An Giang) về việc phê duyệt phương án quản lý rừng bền vững vườn quốc gia Phú Quốc đến năm 2030 để tính toán thống kê các trạng thái rừng [6];

- Điều tra cấu trúc rừng: Lập các ô tiêu chuẩn 2.000 m² để điều tra đặc điểm cấu trúc về thành phần loài: 2 trạng thái/lưu vực x 3 ô/trạng thái x 11 lưu vực = 66 ô. Vị trí bố trí ô tiêu chuẩn (OTC) như Hình 1.

- Điều tra tái sinh rừng: Trên mỗi OTC tiến hành lập 5 ô tái sinh dạng bản có diện tích 25

m² (4 ô ở 4 góc và 1 ô ở tâm ô) trong mỗi OTC để thu thập các thông tin, đo đếm các chỉ tiêu.

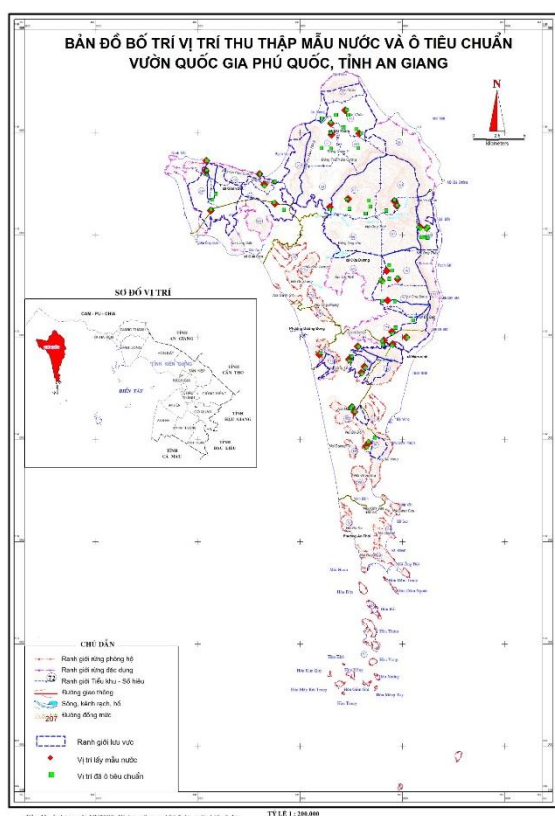
- Sử dụng thống kê toán học và các phần mềm để tính toán các chỉ tiêu lâm học.

2.4. Đề xuất các giải pháp quản lý, bảo vệ ĐNN theo hướng quản lý bền vững hệ sinh thái rừng và hệ sinh thái ĐNN của VQG Phú Quốc

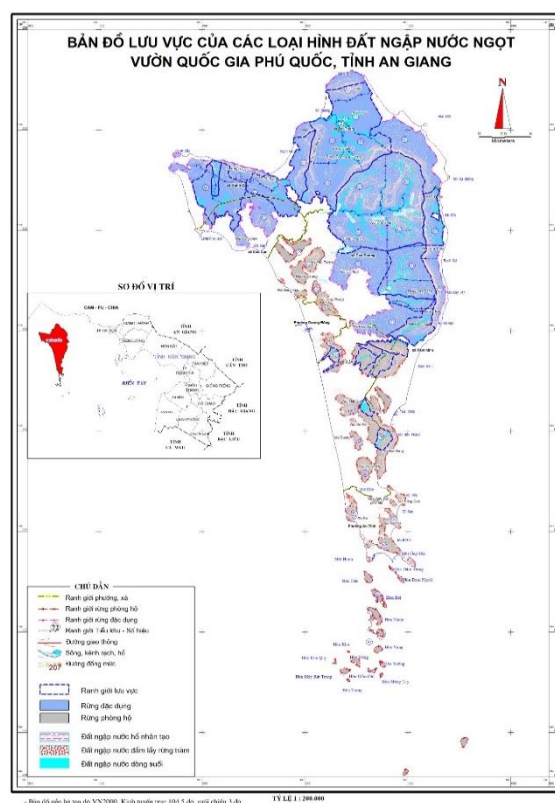
- Điều tra thu thập số liệu và thông tin về quản lý, bảo vệ, sử dụng ĐNN, gồm những vấn đề tốt, chưa tốt, những bài học kinh nghiệm, nhận xét, đánh giá, xác định các mục tiêu quản

lý và sử dụng bền vững ĐNN theo cách tiếp cận ĐNN là hệ sinh thái. Số liệu và thông tin được thu thập trong quá trình điều tra và phỏng vấn trực tiếp các tổ chức, hộ gia đình, cá nhân có liên quan.

- Căn cứ kết quả điều tra nghiên cứu về hiện trạng rừng và mối quan hệ giữa rừng và ĐNN trên thực địa và các cơ sở khoa học về mối quan hệ sinh thái giữa rừng với ĐNN để đề xuất các giải pháp quản lý, bảo vệ ĐNN ngọt ở VQG Phú Quốc theo hướng quản lý bền vững hệ sinh thái rừng.



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu nước và OTC



Hình 2. Bản đồ lưu vực của các loại hình ĐNN

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diện tích, phân bố, các loại hình ĐNN ngọt

Trên cơ sở bản đồ của các loại hình ĐNN đã được xây dựng (Hình 2) cho thấy: Tổng diện tích ĐNN ngọt ở VQG Phú Quốc là 349,6 ha, trong đó: Diện tích ĐNN đầm lầy rừng tràm ngập nước theo mùa (thời gian ngập ≥ 6 tháng/năm): 150,1 ha phân bố ở lưu vực Rạch Tràm; Diện tích ĐNN dòng suối 145,8 ha, phân bố ở các con suối trong rừng đặc dụng và rừng

phòng hộ; diện tích ĐNN hồ nhân tạo (hồ nước Dương Đông) 53,7 ha. (không tính diện tích hồ chứa nước nhân tạo để trữ nước mưa).

3.2. Các đặc điểm của các dạng Đất ngập nước.

3.2.1. Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN dạng đầm lầy rừng tràm

Kết quả phân tích các chỉ số chất lượng nước đối với ĐNN đầm lầy đồng tràm được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả phân tích các chỉ số chất lượng nước đối với ĐNN đầm lầy đồng tràm

TT	Các chỉ tiêu	Mùa mưa	Mùa khô
1	Độ mặn (‰)	4,40	3,44
2	pH	4,00	4,55
3	DO mg/L	5,00	5,00
4	Nhiệt độ (C°)	28,00	27,00
5	TSS (mg/l)	127,80	57,60
6	TDS (mg/l)	182,00	189,29

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy:

- Độ mặn vào mùa khô nhỏ hơn 4⁰/‰. Theo Tiêu chuẩn ngành 04TCN 67-2004 [2] thì đây là ĐNN ngọt. Lần đo vào mùa mưa có độ mặn lớn hơn 4,4⁰/‰ là do thời gian lấy mẫu nước vào lúc triều cường.

- Độ pH: Có sự biến động nhẹ theo mùa từ 4,00 vào mùa mưa, 4,55 vào mùa khô đều <6. Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì Nước có chất lượng rất xấu, có thể gây ảnh hưởng lớn tới cá và các sinh vật sống trong môi trường nước do nồng độ oxy hòa tan thấp, nồng độ chất ô nhiễm cao. Nước có thể được sử dụng cho các mục đích giao thông thủy và các mục đích khác với yêu cầu nước chất lượng thấp (mức D).

- DO: Giá trị giữa 2 mùa tương đương với nhau (5 mg/L). Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì nước có chất lượng trung bình. Hệ sinh thái trong nước tiêu thụ nhiều oxy hòa tan do một lượng lớn chất ô nhiễm. Nước có thể sử dụng cho mục đích sản xuất công nghiệp, nông nghiệp sau khi áp dụng các biện pháp xử lý phù

hợp (mức B).

- Nhiệt độ: Nằm trong khoảng 27-28⁰C. Giá trị này phù hợp cho hầu hết các loài thủy sinh vật nhiệt đới sinh trưởng và phát triển tốt.

- TSS: Tổng chất rắn lơ lửng của nước tại mùa mưa cao hơn mùa khô là do khi trời mưa, làm các lượng chất rắn lơ lửng trong nước ở tầng dưới bị khuấy động hoặc các chất rửa trôi từ nơi có địa hình cao trôi xuống nơi có địa hình thấp (hạt đất, cát, bùn, phù sa, vi khuẩn, và các hạt hữu cơ khác...). Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì chất lượng nước nằm ở mức D.

- TDS: Giá trị có sự chênh lệch nhẹ giữa 2 mùa. (mùa mưa: 182 mg/L; mùa khô: 189,29 mg/L) và đều nhỏ hơn 1000 mg/l và nằm trong ngưỡng cho phép. Theo thang đánh giá chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt [5].

3.2.2. Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN dạng hồ nhân tạo

Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN hồ nhân tạo (Bảng 3) cho thấy:

Bảng 3. Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN hồ nhân tạo

TT	Các chỉ tiêu	Đầu nguồn		Giữa nguồn		Cuối nguồn	
		Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô
1	Độ mặn (‰)	2,00	3,45	2,50	2,97	2,30	2,06
2	pH	4,80	5,55	5,20	5,35	5,00	5,35
3	DO mg/L	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
4	Nhiệt độ (C°)	28,00	27,00	28,00	27,00	28,00	27,00
5	TSS (mg/l)	27,06	36,60	34,80	39,90	53,40	34,15
6	TDS (mg/l)	69,00	125,89	70,00	260,27	85,00	193,30

- Độ mặn vào mùa khô nhỏ hơn 4⁰/‰. Theo Tiêu chuẩn ngành 04TCN 67-2004 [2] thì đây là ĐNN ngọt. Lần đo vào mùa mưa có độ mặn lớn hơn 4,4⁰/‰ là do thời gian lấy mẫu nước vào lúc

triều cường.

- Độ pH: Có sự biến động nhẹ theo mùa, mùa mưa thấp hơn mùa khô. Chỉ số bình quân giữa 2 lần đo ở 3 vị trí đầu nguồn, giữa nguồn và cuối

nguồn có sự chênh lệch không đáng kể, có giá trị từ 5,18 – 5,28 đều <6. Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì chất lượng nước nằm ở mức D.

- DO: Giá trị giữa 2 mùa tương đương với nhau (5 mg/L). Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì chất lượng nước nằm ở mức B.

- Nhiệt độ: Nằm trong khoảng 27-28°C. Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì giá trị này là bình thường đối với thủy vực nhiệt đới.

- TSS: Tổng chất rắn hòa tan của nước thấp hơn rất nhiều so với ĐNN đầm lầy đồng tràm. Điều này cho thấy giá trị, chức năng cải thiện chất lượng nước của rừng tự nhiên lá rộng thường xanh vùng nhiệt đới (có cấu trúc đa tầng). Chỉ số bình quân có xu hướng tăng dần từ thượng nguồn xuống cuối nguồn là do các chất rửa trôi từ nơi có địa hình cao trôi xuống

nơi có địa hình thấp (hạt đất, cát, bùn, phù sa, vi khuẩn, và các hạt hữu cơ khác...). Theo thang đánh giá chất lượng nước [4]. Chỉ số đều nằm trong ngưỡng ≤ 25 và ≤ 100 mg/l nên chất lượng nước ở mức B.

- TDS: Vào mùa mưa, chỉ số có xu hướng tăng dần từ thượng nguồn xuống cuối nguồn là do tổ hợp của tất cả các chất vô cơ và hữu cơ chứa trong một chất lỏng dạng lơ lửng của các phân tử, ion hóa hay vi hạt (keo xon) trôi từ nơi có địa hình cao xuống nơi có địa hình thấp. Chỉ số đều nhỏ hơn 1000 mg/l và nằm trong ngưỡng cho phép. Theo thang đánh giá chất lượng nước [5].

3.2.3. Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN dạng dòng suối

Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN dạng dòng suối (Bảng 4) cho thấy:

Bảng 4. Kết quả phân tích chất lượng nước đối với ĐNN dạng dòng suối

TT	Các chỉ tiêu	Đầu nguồn		Giữa nguồn		Cuối nguồn	
		Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô
1	Độ mặn (‰)	3,11	3,07	2,35	2,90	2,78	3,04
2	pH	4,71	5,31	4,84	5,22	4,77	5,08
3	DO mg/L	5,00	5,00	5,27	5,25	5,09	5,29
4	Nhiệt độ (°C)	28,00	27,00	28,00	27,00	28,00	27,00
5	TSS mg/l	41,62	44,25	43,82	42,31	48,06	45,32
6	TDS (mg/l)	149,00	160,98	135,55	155,51	185,82	186,34

- Độ mặn của nước giữa 2 lần đo ở 3 vị trí đều nhỏ hơn 4‰. Theo Tiêu chuẩn ngành 04TCN 67-2004 [2] thì đây là ĐNN ngọt.

- Độ pH: Có sự biến động nhẹ theo mùa, mùa mưa thấp hơn mùa khô. Chỉ số bình quân giữa 2 lần đo ở 3 vị trí đầu nguồn, giữa nguồn và cuối nguồn có sự chênh lệch không đáng kể, có giá trị từ 4,9 – 5,0 và đều <6. Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì chất lượng nước nằm ở mức D.

- DO: Không có sự khác biệt giữa 2 mùa, có giá trị 5mg/L. Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] thì chất lượng nước nằm ở mức B.

- Nhiệt độ: Nằm trong khoảng 27-28°C. Theo thang đánh giá chất lượng nước [4] giá trị này là bình thường đối với thủy vực nhiệt đới.

- TSS: Thấp hơn rất nhiều so với ĐNN đầm lầy đồng tràm. Điều này cho thấy giá trị, chức năng cải thiện chất lượng nước của rừng tự nhiên lá rộng thường xanh vùng nhiệt đới (có cấu trúc đa tầng). Chỉ số bình quân có xu hướng tăng dần từ thượng nguồn xuống cuối nguồn là do các chất rửa trôi từ nơi có địa hình cao trôi xuống nơi có địa hình thấp (hạt đất, cát, bùn, phù sa, vi khuẩn, và các hạt hữu cơ khác...). Theo thang đánh giá chất lượng nước [4]. Chỉ số đều nằm trong ngưỡng ≤ 25 và ≤ 100 mg/l nên chất lượng nước ở mức B.

- TDS: Vào mùa mưa, chỉ số có xu hướng tăng dần từ thượng nguồn xuống cuối nguồn là do tổ hợp của tất cả các chất vô cơ và hữu cơ chứa trong một chất lỏng dạng lơ lửng của các

phân tử, ion hóa hay vi hạt (keo xon) trôi từ nơi có địa hình cao xuống nơi có địa hình thấp. Chỉ số đều nhỏ hơn 1000 mg/l và nằm trong ngưỡng cho phép. Theo thang đánh giá chất lượng nước [5].

3.2.4. Nhận xét sự liên hệ giữa các chỉ số chất lượng nước với dạng đất ngập nước

- Độ mặn: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($F_{2,32} = 2,70$; $p = 0,082$). Giá trị trung bình có xu hướng cao hơn tại ĐNN dạng đầm lầy đồng tràm so với hồ và suối, nhưng sự khác biệt không có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

- TDS: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($F_{2,32} = 0,83$; $p = 0,444$). Mặc dù giá trị trung bình tại đầm lầy, đồng tràm cao hơn so với hồ và suối, sự khác biệt này không có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

- TSS: Có khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($F_{2,32} = 6,66$; $p = 0,0038$). Giá trị trung bình tại ĐNN dạng đầm lầy đồng tràm (154,5) cao hơn so với suối (77,1) và hồ (62,9), cho thấy sự biến động rõ rệt giữa các dạng ĐNN. So sánh hậu nghiệm bằng kiểm định Tukey–Kramer cho thấy ĐNN dạng đầm lầy đồng tràm khác biệt có ý nghĩa thống kê so với ĐNN dạng hồ nhân tạo và dòng suối. Trong khi ĐNN dạng hồ nhân tạo và dòng suối không khác biệt.

- Nhiệt độ: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($F_{2,32} = 1,23$; $p = 0,305$). Giá trị trung bình của các nhóm tương

đối đồng đều.

- Độ pH: Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($F_{2,32} = 6,33$; $p = 0,0048$). Giá trị trung bình cao nhất tại hồ (5,21), tiếp đến là suối (4,92) và thấp nhất tại đầm lầy đồng tràm (4,28). Kiểm định hậu nghiệm Tukey–Kramer cho thấy giá trị trung bình tại ĐNN dạng đầm lầy đồng tràm thấp hơn có ý nghĩa thống kê so với ĐNN dạng hồ nhân tạo và dòng suối ($p < 0,05$), trong khi giữa ĐNN dạng hồ nhân tạo và dạng dòng.

- Nồng độ Oxy hòa tan (DO): Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng ĐNN ($F_{2,32} = 0,20$; $p = 0,821$). Giá trị trung bình của các nhóm gần tương đương nhau, cho thấy yếu tố dạng ĐNN không ảnh hưởng đáng kể đến chỉ tiêu DO.

3.3. Lưu vực của các vùng đất ngập nước và đánh giá về đặc điểm rừng trong lưu vực

Tổng diện tích lưu vực của 3 loại hình ĐNN hiện có ở VQG Phú Quốc là 23.219,9 ha, là nơi điều tiết, cung cấp nguồn nước cho đất ngập hồ nhân tạo, ĐNN đầm lầy rừng tràm và ĐNN dòng suối. Trong đó diện tích đất có rừng tự nhiên là 21.001,1 ha.

3.3.1. Lưu vực ĐNN đầm lầy rừng tràm

Kết quả thống kê các trạng thái rừng trong phạm vi lưu vực rạch Tràm (Bảng 5) cho thấy: Tổng diện tích lưu vực là 6.049,3 ha, trong đó có 5.921,5 ha là rừng tự nhiên, là nơi cung cấp nguồn nước, góp phần hình thành nên 150,1 ha ĐNN đầm lầy đồng tràm.

Bảng 5. Thống kê các trạng thái rừng trong phạm vi lưu vực rạch Tràm

TT	Loại đất	Diện tích (ha)
1	Đất có rừng tự nhiên, trong đó có 150,1 ha rừng tràm tự nhiên là vùng ĐNN theo mùa	5.921,5
2	Đất có rừng trồng	6,4
3	Đất khác	73,4
4	ĐNN dòng suối	48
Tổng diện tích lưu vực		6.049,3

- Mật độ cây rừng tự nhiên ở đây chỉ có khoảng 398 cây/ha. Số cây chủ yếu tập trung ở cấp kính 1, 2 (359 cây/ha, chiếm 90,3%)

và cấp chiều cao tập trung ở cấp 2 (230 cây/ha, chiếm 57,9%). Thành phần loài cây gỗ trong các ô đo đếm cây gỗ là 4 loài. Loài cây ưu

thể là cây tràm, chiếm 87,7% và các loài cây khác chiếm 12,3%.

- Mật độ cây tái sinh khá cao, với 29.600 cây/ha, trong đó cây tái sinh có triển vọng tham gia tầng tán của rừng 11.140 cây/ha, chiếm 37,6%. Các loài cây tái sinh dưới tán rừng có mối quan hệ chặt chẽ với tầng cây cao (Chỉ số tương đồng Sorensen (SI) = 0,77 > 0,75).

3.3.2. Lưu vực đất ngập nước dạng hồ nhân tạo (hồ Dương Đông)

Kết quả thống kê các trạng thái rừng trong phạm vi lưu vực hồ nước Dương Đông (Bảng 6) cho thấy: Tổng diện tích lưu vực là 2.115,4 ha, trong đó có 2.046,3 ha là rừng tự nhiên, nơi cung cấp nguồn nước, góp phần hình thành nên 69,1 ha ĐNN.

Bảng 6. Thống kê các trạng thái rừng trong phạm vi lưu vực hồ nước Dương Đông

TT	Loại đất	Diện tích (ha)
1	Dạng đất ngập nước	69,1
-	Hồ nhân tạo	53,7
-	Dòng suối	15,4
2	Đất có rừng tự nhiên	2.046,3
	Tổng diện tích lưu vực	2.115,4

- Mật độ cây rừng tương đối đồng nhau giữa các vị trí, dao động từ 665 - 713 cây/ha. Rừng tập trung phần lớn ở cấp kính 1, 2 (< 20 cm), bình quân 90,2% (dao động từ 88,2 - 91,3%). Các cấp kính còn lại (từ 20 – 60 cm), bình quân 9,8% (dao động từ 8,7 – 11,8%). Số cây tập trung chủ yếu ở các cấp chiều cao trung bình (6–14 m), chiếm tỷ lệ lớn nhất tại cả ba vị trí. Ở cuối nguồn, số cây tập trung nhiều nhất ở cấp 8–10 m (38,2%); ở đầu nguồn, số cây cũng tập trung ở cấp 8–10 m (34,8%); ở giữa nguồn, số cây phân bố tương đối đều hơn nhưng vẫn tập trung chủ yếu ở cấp 6–10 m (63,4%). Nhìn chung, số cây giảm dần theo cấp chiều cao lớn, các cấp trên 16 m rất ít cây, cho thấy tầng vượt tán không nhiều.

- Thành phần loài cây gỗ trong các ô đo đếm cây gỗ tương đối phong phú, bình quân 40 loài (dao động từ 24 – 58 loài). Số lượng loài

cây tăng dần từ vị trí đầu nguồn xuống cuối nguồn.

- Mật độ cây tái sinh có sự chênh lệch lớn theo địa hình, cao nhất là ở vị trí đầu nguồn (64.160 cây/ha). Vị trí cuối nguồn và giữa nguồn có mật độ tương đương với nhau. Các loài cây tái sinh dưới tán rừng có mối quan hệ ít chặt chẽ với tầng cây cao (SI < 0,75).

3.3.3. Lưu vực đất ngập nước dạng dòng suối

Kết quả thống kê các loại đất trong phạm vi lưu vực là đất ngập nước dạng dòng suối (Bảng 7) cho thấy: Tổng diện tích của 11 lưu vực của loại hình ĐNN dòng suối trong phạm vi rừng đặc dụng, phòng hộ là 20.954,4 ha, trong đó có 20.365,3 ha rừng tự nhiên và 88,1 ha rừng trồng là nơi cung cấp nguồn nước, góp phần hình thành nên 130,4 ha ĐNN. Trong đó, ở rừng đặc dụng có 8 lưu vực của các con suối chính và ở rừng phòng hộ là 3 lưu vực.

Bảng 7. Thống kê các loại đất trong phạm vi lưu vực là đất ngập nước dạng dòng suối

ĐVT: ha						
TT	Vị trí lưu vực	ĐNN dòng suối	Rừng tự nhiên	Rừng trồng	Đất khác	Tổng
I	Rừng đặc dụng	115,7	18.804,7	45,4	327,9	19.293,7
II	Rừng phòng hộ	14,7	1.560,6	42,7	42,7	1.660,7
	Tổng	130,4	20.365,3	88,1	370,6	20.954,4

- Mật độ cây rừng tương đối cao, tăng dần từ cuối nguồn lên đầu nguồn, dao động từ 723

- 905 cây/ha. Rừng tập trung phần lớn ở cấp kính 1, 2 (< 20 cm), bình quân 81,7% (dao động

từ 79,9 - 84,7%). Các cấp kính còn lại (từ 20 – 60 cm), bình quân 18,3% (dao động từ 15,3 – 20,1%). Về cấp chiều cao: Tại cả ba vị trí, số cây phân bố chủ yếu ở các cấp chiều cao từ 6–14 m, chiếm tỷ lệ cao nhất trong quần xã. Ở cuối nguồn, số cây tập trung nhiều nhất tại cấp 6–8 m (33,9%); ở đầu nguồn, phân bố tương đối đều hơn nhưng vẫn tập trung ở nhóm 8–14 m (59,7%); ở giữa nguồn, số cây tập trung chủ yếu ở cấp 8–10 m (29,0%). Nhìn chung, số cây giảm dần theo chiều cao, các cấp chiều cao lớn (>16 m) có ít cây, phản ánh tầng vượt tán ít và cấu trúc rừng có xu hướng nhiều tầng nhưng chưa hình thành rõ rệt tầng cao. Thành phần loài cây gỗ trong các ô đo đếm cây gỗ tương đối phong phú, bình quân có 87 loài (dao động từ 74 – 97 loài). Số lượng loài cây thấp nhất ở đầu nguồn và cao nhất ở giữa nguồn.

- Mật độ cây tái sinh của lâm phần rất cao, bình quân 37.742 cây/ha, không có sự chênh lệch lớn theo địa hình, (dao động từ 36.125 – 39.310 cây/ha). Các loài cây tái sinh dưới tán rừng có mối quan hệ chặt chẽ với tầng cây cao ($SI > 0,75$).

3.4. Đề xuất các giải pháp quản lý, sử dụng bền vững đất ngập nước ngọt

- *Giải pháp về nhận thức:* Cần xác định tài nguyên nước ngọt là yếu tố giới hạn phát triển của Phú Quốc – một đảo biệt lập giữa biển. Nguồn nước mặt chủ yếu hình thành từ nước mưa, được điều tiết thông qua hệ sinh thái rừng đầu nguồn. Vì vậy, bảo vệ rừng tự nhiên, đặc biệt khu vực núi phía Bắc đảo, phải được xem là nền tảng đảm bảo an ninh nguồn nước và là mục tiêu xuyên suốt trong các chiến lược, quy hoạch phát triển kinh tế – xã hội của địa phương.

- *Giải pháp quản lý rừng:* Triển khai hiệu quả phương án quản lý rừng bền vững giai đoạn 2021–2030 của VQG Phú Quốc; tăng cường quản lý rừng đặc dụng, rừng phòng hộ và phòng cháy chữa cháy rừng. Hạn chế tối đa chuyển mục đích sử dụng rừng tự nhiên nhằm duy trì diện tích và chất lượng rừng, bảo đảm

chức năng tích trữ và điều tiết nước.

- *Giải pháp bảo tồn đất ngập nước:* Nâng cao năng lực chuyên môn và thực thi pháp luật về đa dạng sinh học và ĐNN cho cán bộ quản lý; tăng cường hợp tác, trao đổi kinh nghiệm quốc tế. Đa dạng hóa nguồn lực tài chính, kết hợp ngân sách nhà nước với huy động sự tham gia của cộng đồng và doanh nghiệp trong bảo tồn và sử dụng bền vững hệ sinh thái ĐNN gắn với phát triển du lịch sinh thái.

- *Giải pháp ứng dụng công nghệ:* Ứng dụng viễn thám và ảnh vệ tinh (Sentinel-2) để giám sát biến động rừng và cảnh báo mất rừng định kỳ. Triển khai hệ thống cảnh báo cháy rừng tự động tích hợp cảm biến khí tượng, cập nhật cấp dự báo theo thời gian thực và truyền thông tin cảnh báo đến cơ quan quản lý.

- *Giải pháp giám sát, đánh giá:* Thiết lập các ô định vị tại lưu vực cấp nước nhằm theo dõi chất lượng rừng và chất lượng nước; lồng ghép vào chương trình theo dõi diễn biến tài nguyên rừng theo chu kỳ 5 năm.

- *Giải pháp kết nối và quản lý tổng hợp:* Thúc đẩy số hóa dữ liệu về diện tích và chất lượng rừng, chất lượng nước đất ngập nước; xây dựng cơ chế chia sẻ dữ liệu liên ngành phục vụ công tác quy hoạch, quản lý và ra quyết định. Các chỉ tiêu phát triển kinh tế – xã hội cần được xem xét trên cơ sở dữ liệu nền về rừng và đất ngập nước nhằm bảo đảm tính bền vững dài hạn.

- *Giải pháp phát triển nguồn nhân lực:* Xây dựng chiến lược phát triển nguồn nhân lực theo hướng chuyên sâu. Lao động thời vụ được huy động cho các công việc chăm sóc, bảo vệ rừng; đội ngũ chuyên môn được đào tạo nâng cao về quản lý tài nguyên rừng và hệ sinh thái đất ngập nước. Thực hiện đánh giá năng lực định kỳ nhằm nâng cao chất lượng quản lý.

4. KẾT LUẬN

- Tổng diện tích đất ngập nước ngọt tại VQG Phú Quốc là 349,6 ha, gồm: (i) ĐNN đầm lầy rừng tràm ngập nước theo mùa 150,1 ha; (ii) ĐNN dòng suối 145,8 ha phân bố trong rừng

đặc dụng và rừng phòng hộ; (iii) ĐNN hồ nhân tạo (hồ Dương Đông) 53,7 ha.

- Chất lượng nước giữa các loại hình ĐNN: Độ mặn, tổng chất rắn hòa tan (TDS), nhiệt độ và nồng độ oxy hòa tan (DO) không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các dạng đất ngập nước ($p > 0,05$), phản ánh sự tương đồng về điều kiện môi trường nước giữa các dạng ĐNN. Ngược lại, độ đục và pH có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$); trong đó, dạng ĐNN đầm lầy đồng tràm có độ đục cao hơn, đồng thời pH thấp hơn so với ĐNN dạng hồ nhân tạo và dòng suối. Điều này cho thấy dạng ĐNN ảnh hưởng rõ rệt đến độ đục và pH, trong khi các chỉ tiêu còn lại tương đối ổn định.

- Tổng diện tích lưu vực của các loại hình ĐNN là 23.219,9 ha, trong đó 21.001,1 ha là rừng tự nhiên. Các lưu vực này giữ vai trò điều tiết và cung cấp nước cho hệ thống ĐNN, trong đó: lưu vực đầm lầy đồng tràm 6.049,3 ha (rừng tự nhiên 5.921,5 ha); lưu vực hồ Dương Đông 2.115,4 ha (rừng tự nhiên 2.046,3 ha); 11 lưu vực suối 20.954,4 ha (rừng tự nhiên 20.365,3 ha).

- Cấu trúc rừng tại các vị trí đầu nguồn, giữa nguồn và cuối nguồn đều gồm ba tầng chính,

góp phần tăng khả năng giữ nước mưa, điều tiết dòng chảy, hạn chế xói mòn và duy trì đa dạng sinh học. Kết quả nghiên cứu khẳng định bảo tồn ĐNN ngọt gắn chặt với bảo vệ hệ sinh thái rừng; do đó, việc triển khai hiệu quả phương án quản lý rừng bền vững giai đoạn 2021–2030 là điều kiện tiên quyết cho quản lý và sử dụng bền vững nguồn nước và ĐNN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chính phủ (2019). Nghị định số 66/2019/NĐ-CP ngày 29/7/2019 về bảo tồn và sử dụng bền vững các vùng đất ngập nước.
- [2]. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2004). Tiêu chuẩn ngành 04TCN 67-2004: ĐNN - Hệ thống phân loại (Ban hành kèm theo quyết định số 646/QĐ/BNN-KHCN ngày 17 tháng 3 năm 2004).
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2008). Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6663-6:2008 Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 6: Hướng dẫn lấy mẫu ở sông và suối.
- [4]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2023). Thông tư số 01/2023/TT-BTNMT ngày 13/3/2023 ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08:2023/BTNMT).
- [5]. Bộ Y tế (2018). Thông tư số 41/2018/TT-BYT ngày 14/12/2018 ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.
- [6]. Ủy ban nhân dân tỉnh Kiên Giang (2022). Quyết định 2176/QĐ-UBND ngày 29/8/2022 về việc phê duyệt phương án quản lý rừng bền vững Vườn quốc gia Phú Quốc đến năm 2030.