

BIẾN ĐỘNG MỰC NƯỚC VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT: NGHIÊN CỨU TẠI TẦNG qp₂₋₃ THUỘC BÁN ĐẢO CÀ MAU, VIỆT NAM

Nguyễn Thùy Nguyên¹, Nguyễn Hoàng Tuấn², Lương Hồng Bội Ngân¹,
Trần Văn Tỷ⁴, Lê Anh Tuấn³, Huỳnh Vương Thu Minh^{3,*}

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện tại bán đảo Cà Mau với các mục tiêu: (i) phân tích và đánh giá xu thế sụt giảm mực nước dưới đất (NDĐ) tại tầng Pleistocene giữa - trên (qp₂₋₃) trong mùa mưa và mùa khô; (ii) xác định sự biến động và phân loại chất lượng NDĐ theo không gian và thời gian theo 9 chỉ tiêu (pH, Fe, NO₃, CaCO₃, Cl, SO₄²⁻, COD, BOD và Coliform). Nghiên cứu sử dụng phương pháp kiểm định phi tham số Mann - Kendall, phân tích đa biến và chỉ số chất lượng nước. Kết quả cho thấy mực NDĐ tại tầng qp₂₋₃ có xu thế sụt giảm trong mùa mưa và mùa khô ở mức ý nghĩa 95%. Kết quả phân tích thành phần chính cho thấy vào mùa khô chỉ tiêu BOD và COD có sự biến động lớn nhất (sự khác biệt lớn hơn 80%). Vào mùa mưa, các chỉ tiêu BOD, COD và CaCO₃ ảnh hưởng lớn đến chất lượng NDĐ. Ngoài ra, kết quả phân tích nhóm thứ bậc chia làm 4 nhóm đối với mùa khô và 6 nhóm đối với mùa mưa với sự khác biệt 40%. Mặt khác, mực NDĐ có xu thế giảm dần theo thời gian: cụ thể giảm từ 0,24 m/năm - 0,25 m/năm đối với toàn khu vực, trong đó sụt giảm nhiều nhất tại Bạc Liêu vào mùa khô (0,44 m/năm) và tại Cà Mau vào mùa mưa (0,46 m/năm). Mặc dù các số chỉ tiêu chất lượng nước như BOD, COD và CaCO₃ có xu thế tăng, nhưng sự gia tăng này không có ý nghĩa thống kê.

Từ khóa: Mực nước dưới đất, chất lượng nước dưới đất, phân tích thành phần chính, phân tích nhóm thứ bậc, chỉ số chất lượng nước.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH) và đứng thứ năm về chỉ số rủi ro khí hậu toàn cầu năm 2018 [1], [2]. Trong những năm gần đây, sự gia tăng dân số, đô thị hóa và ô nhiễm nguồn tài nguyên nước mặt ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) làm cho việc tìm kiếm nguồn tài nguyên NDĐ thay thế ngày càng tăng [3]. Vùng bán đảo Cà Mau (BĐCM) ở Việt Nam thường xuyên bị nhiễm mặn, trong khi đây là khu vực trồng lúa nước và nuôi trồng thủy sản. Đồng thời, các tầng nước nằm nông trong khu vực phần lớn là nước lợ hoặc nước mặn không phù hợp cho mục đích sử dụng ăn uống, sinh hoạt của người dân [4]. Ngoài ra, chất lượng nước mặt thường xuyên vượt quy chuẩn Việt Nam về cấp nước sinh hoạt trong những năm gần đây ở BĐCM (theo QCVN 08-MT:

2015/BTNMT) [5], [6], [7]. Do đó, nguồn NDĐ đóng vai trò là một trong những nguồn cung cấp chính cho sinh hoạt, công nghiệp và nông nghiệp. Một vài nghiên cứu đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hạ thấp cao độ mực NDĐ ở thành phố Sóc Trăng [8], khai thác NDĐ và mối tương quan giữa hạ thấp mực nước và sụt lún đất tại tỉnh Trà Vinh và Thành phố Cần Thơ [7], [9], [10], [11] cũng như nghiên cứu khai thác hợp lý tầng chứa nước Pleistocene giữa - trên (qp₂₋₃) tại khu vực BĐCM [12]. Hiện nay chưa có nghiên cứu tổng thể về đánh giá biến động mực nước và chất lượng NDĐ tầng qp₂₋₃ trong bối cảnh BĐKH và sự phát triển của xã hội cho vùng BĐCM.

Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann - Kendall đã được áp dụng trong nhiều nghiên cứu trước [11], [13], [14]. Ngoài ra, việc đánh giá chất lượng nước, các phân tích thống kê đa biến cũng được áp dụng thành công trong nghiên cứu trước đây [15]. Tuy nhiên, phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis - PCA) chỉ có thể giảm kích thước của các tập dữ liệu lớn dựa trên sự thay đổi của các biến trong trục tọa độ mới và cách tiếp cận mô hình hóa yêu cầu dữ liệu chi tiết [6], [16]. Từ thực trạng trên và kế thừa những nghiên

¹ Học viên cao học ngành BDKH&QLĐB khóa 26, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

² Sinh viên ngành Kỹ thuật tài nguyên nước khóa 43, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

³ Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

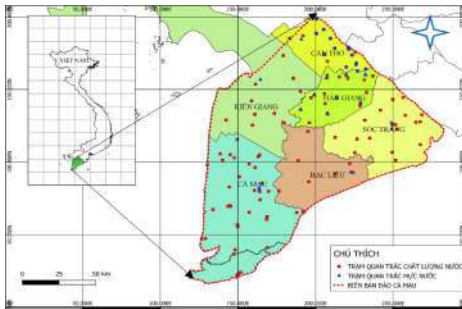
⁴ Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

*Email: hvtnminh@ctu.edu.vn

cứu trước đây, nghiên cứu triển khai ở BĐCM với các mục tiêu: (i) Đánh giá mức độ sụt giảm mực NĐĐ tại tầng qp_{2,3}; (ii) Xác định thành phần chất lượng NĐĐ biến động lớn nhất tầng qp_{2,3}; (iii) Phân loại chất lượng NĐĐ theo không gian và thời gian dựa trên các phương pháp kiểm định Mann - Kendall, phân tích thống kê đa biến và chỉ số chất lượng nước (WQI). Kết quả nghiên cứu cung cấp thông tin cho các nhà quản lý đưa ra quy hoạch, các kế hoạch quản lý hiệu quả hơn hướng đến phát triển bền vững.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí trạm quan trắc mực nước và chất lượng NĐĐ

Vùng BĐCM (Hình 1) có diện tích khoảng 1,6 triệu ha, là một trong 4 khu vực thuộc ĐBSCL, được bao quanh bởi biển Đông ở phía Đông - Đông Nam, biển Tây ở phía Tây - Tây Nam, hệ thống sông Hậu ở phía Bắc, kênh Rạch Sỏi Vàm Cống ở phía Tây Bắc. Cao trình địa hình so với mực nước biển khu vực trung tâm 1,0 m - 1,5 m và giảm dần ở khu vực giáp biển 0,3 m - 0,7 m. Nhu cầu sử dụng NĐĐ phục vụ cho sinh hoạt khoảng 487.560 m³/ngày. Hiện trạng khai thác NĐĐ trên toàn khu vực xấp xỉ 997.803

$$Var(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (4)$$

Trong đó: g là số nhóm, mỗi nhóm là một tập các phần tử của chuỗi có cùng giá trị và t_p là số các phần tử thuộc nhóm p. τ có phân bố chuẩn hóa N(0,1). Giá trị τ dương thể hiện chuỗi có xu thế tăng, τ âm thể hiện chuỗi có xu thế giảm.

Xu thế Sen (Sen's slope): để xác định độ lớn của xu thế chuỗi Q (độ dốc đường xu thế) dùng ước lượng Sen. Q là median của chuỗi n(n-1)/2 phần tử. Q > 0 chuỗi xu thế tăng và ngược lại (công thức 5)

$$Q = median \left\{ \frac{x_j - x_k}{j - k} \right\}, \text{ với } k=1,2,\dots,n-1; j>k \quad (5)$$

m³/ngày, trong khi trữ lượng khai thác tiềm năng NĐĐ là 11.456.479 m³/ngày. Trong nghiên cứu này chỉ xem xét tầng qp_{2,3}.

2.2. Kiểm nghiệm phi tham số Mann - Kendall và xu thế Sen

Ưu điểm của phương pháp này so sánh độ lớn tương đối các phần tử của chuỗi chứ không xét chính giá trị của các phần tử. Điều này giúp hạn chế được xu thế giả do một vài giá trị cực trị cục bộ ảnh hưởng nếu sử dụng phương pháp tính toán xu thế tuyến tính bằng bình phương tối thiểu thông thường.

Giả sử có chuỗi trình tự thời gian (x₁, x₂, ..., x_n) với xi biểu diễn số liệu tại thời điểm i. Giá trị thống kê Mann - Kendall (S) được định nghĩa như chuỗi công thức (1), (2) và (3).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n sign(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$sign(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{khi } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{khi } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{khi } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\tau = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{khi } S > 0 \\ 0 & \text{khi } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{khi } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Giá trị S > 0 chỉ xu thế tăng, S < 0 chỉ xu thế giảm. Tuy nhiên cần phải tính toán mức ý nghĩa (độ tin cậy) của S. Phương sai của S, ký hiệu Var(S), xác định theo công thức (4).

2.3. Phương pháp phân tích đa biến

Phân tích thành phần chính (PCA) và nhóm thứ bậc (Agglomerative Hierarchical Clustering - AHC) là hai phương pháp điển hình thuộc nhóm các phương pháp phân tích đa biến. Phân tích thành phần chính cho phép giảm dữ liệu từ không gian p chiều của tập dữ liệu gốc (là một ma trận gồm m dòng ứng với các đối tượng như các vị trí quan trắc, các giếng và n cột ứng với các biến như các thông số pH, COD, TDS...) thành không gian ít chiều hơn (k chiều và k < p). Mỗi chiều mới được chiết rút ra từ tập dữ liệu gốc được gọi là một thành phần chính

(Principal Component - PC). Các PC không tương quan với nhau, mà trực giao với nhau và mỗi PC là tổ hợp tuyến tính của các biến gốc xij (với $i = 1 - m$ và $j = 1 - n$) và chúng giải thích được đa số các biến động (hay phương sai) của tập dữ liệu gốc. Mô hình PCA cho phép trực quan và khám phá dữ liệu dễ hơn - dễ nhận ra hơn quan hệ/tương quan giữa các quan sát (các biến và các đối tượng), các biến có ảnh hưởng mạnh/yếu đến các đối tượng và các cấu trúc tồn tại trong tập dữ liệu gốc. Từ các kết quả PCA, khi phát hiện có các cấu trúc tồn tại trong dữ liệu gốc, chẳng hạn, có sự tách ra các cụm (hay nhóm) các đối tượng, cần thực hiện phân tích sâu hơn theo phương pháp AHC để phân tách các đối tượng khảo sát thành các cụm. Việc gộp các đối tượng thành các cụm là dựa vào độ tương tự hay sự khác biệt giữa chúng. Độ tương tự hay sự khác biệt được thể hiện qua hàm khoảng cách giữa các đối tượng hoặc cụm đối tượng.

2.4. Phương pháp chỉ số chất lượng nước theo số học có trọng số

Chỉ số chất lượng nước số học có trọng số (Weighted Arithmetic Water Quality Index - WAWQI) được sử dụng để phân loại ô nhiễm nước (Bảng 1), vì WAWQI có thể phản ánh một cách tổng thể tác động tổng hợp của các thông số chất lượng NDĐ. Chỉ số WAWQI được tính toán thông qua trọng số của các thông số chất lượng nước bằng phương trình 6 - 8, trong đó các thông số chất lượng nước đã chọn được tóm tắt trong bảng 2.

Bảng 1. Phân loại chỉ số chất lượng nước số học có trọng số

Phạm vi của WAWQI	Phân loại chất lượng nước
< 25	Rất tốt
26 - 50	Tốt
51 - 75	Ô nhiễm nhẹ
76 - 100	Ô nhiễm trung bình
> 100	Ô nhiễm nặng

Công thức sử dụng:

$$Q_i = \left[\frac{(V_i - V_{di})}{(S_i - V_{di})} \right] \times 100$$

$$W_i = \frac{K}{S_i} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n 1/S_i}}{S_i}$$

$$W_i = \frac{K}{S_i} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n 1/S_i}}{S_i}$$

Trong đó: V_i là giá trị ước lượng của thông số i , V_{di} là giá trị lý tưởng của thông số i trong nước tinh khiết ($pH = 7$ và các thông số khác bằng 0), S_i là tiêu chuẩn cho phép của thông số i lấy theo QCVN 09 - MT: 2015/BTNMT [17], W_i là trọng số của thông số i và K là hằng số tỷ lệ.

Bảng 2. Thông số chất lượng nước để tính WAWQI

STT	Thông số	Giới hạn (S_i)	Đơn vị
1	pH	8,5	
2	CaCO ₃	500	mg/l
3	COD	4	mg/l
4	Fe	5	mg/l
5	SO ₄ ²⁻	400	mg/l
6	Cl ⁻	250	mg/l
7	NO ₃ ⁻	15	mg/l

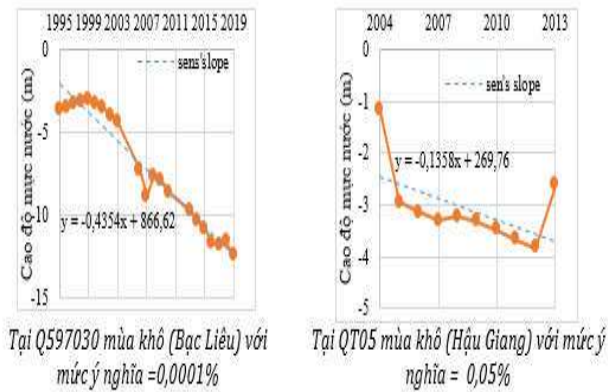
Nguồn: Cem Tokatli (2020) [18]

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

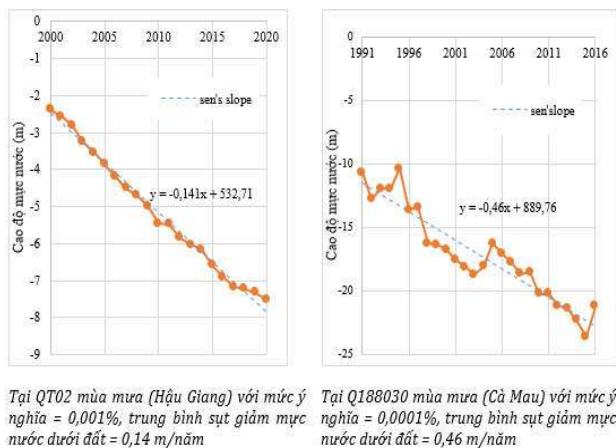
3.1. Đánh giá biến động cao độ mực NDĐ

Kết quả kiểm định phi tham số Mann-Kendall cho thấy, xu thế hạ thấp của mực NDĐ tăng $qp_{2,3}$ với giá trị $S < 0$ ở 27/28 trạm vào mùa khô ở mức ý nghĩa 95%. Đặc biệt, mực NDĐ tại các trạm Q597303, Q40102Z, QT12 và Q403020 có sự biến động lớn (CV) tại mùa khô. Cụ thể, mực NDĐ tăng $qp_{2,3}$ trung bình toàn vùng BĐCM giảm 0,24 m/năm. Trong đó, công trình quan trắc có mực NDĐ sụt giảm ít nhất là QT05 thuộc tỉnh Hậu Giang, với mức giảm là 0,12 m/năm (Hình 2). Công trình quan trắc Q597030 tại Bạc Liêu có mực NDĐ suy giảm nhiều nhất, với 0,44 m/năm (Hình 2). Ngoài ra, qua kết quả nghiên cứu cho thấy các công trình quan trắc mực NDĐ mùa khô tăng $qp_{2,3}$ tại tỉnh Bạc Liêu (Q597030 và Q597030M1) và tỉnh Kiên Giang (Q40102Z) có mức sụt giảm cao nhất, lần lượt là 0,44 m/năm, 0,42 m/năm và 0,40 m/năm, gần gấp đôi so với mức độ sụt giảm mực NDĐ tăng $qp_{2,3}$ của toàn vùng BĐCM là 0,24 m/năm. Nguyên nhân là do vị trí địa lý của Bạc Liêu và Kiên Giang nằm giáp biển, không có hệ thống sông lớn, khả năng của nguồn bổ cấp (nguồn cấp) cho các tầng chứa nước hết sức hạn chế. Đồng thời, do các tầng chứa nước đều được cấu tạo bởi nguồn phù sa trẻ, chưa cố kết nên khi khai thác NDĐ không hợp lý, vượt quá ngưỡng giới hạn cho

phép sẽ có nguy cơ gây ra sụt lún bề mặt đất và suy giảm trữ lượng nước [19]. Mặt khác, tỉnh Kiên Giang phụ thuộc lớn vào dòng chảy của thượng nguồn sông Mê Kông, nên rất khó chủ động nguồn nước tại chỗ cho sinh hoạt, tất cả đều phụ thuộc vào khai thác nước dưới đất để phục vụ nhu cầu sinh hoạt, sản xuất, đây cũng là nguyên nhân sụt giảm mực NĐĐ [20].



Hình 2. Xu thế sụt giảm mực NĐĐ tại các trạm quan trắc vào mùa khô



Hình 3. Xu thế sụt giảm mực NĐĐ tại trạm quan trắc vào mùa mưa

Kết quả kiểm định phi tham số Mann - Kendall cho thấy, xu thế sụt giảm mực NĐĐ tăng $qp_{2,3}$ với giá trị $S < 0$ ở 27/28 trạm vào mùa mưa ở mức ý nghĩa 95%. Ở mùa mưa, có sự thay đổi về vị trí công trình quan trắc có mức độ sụt giảm nhiều nhất. Cụ thể, mực NĐĐ tăng $qp_{2,3}$ trung bình toàn vùng BĐCM giảm 0,25 m/năm. Trong đó, công trình quan trắc có mực nước sụt giảm ít nhất là QT02 (tỉnh Hậu Giang) với mức giảm là 0,14 m/năm (Hình 3). Công trình quan trắc Q188030 (tỉnh Cà Mau) có mực NĐĐ suy giảm nhiều nhất với 0,46 m/năm (Hình 3). Ngoài những công trình quan trắc mực NĐĐ tăng $qp_{2,3}$ thuộc tỉnh Bạc Liêu và Kiên Giang vẫn ở mức sụt giảm cao, thì mùa mưa còn có thêm khu vực tỉnh Cà

Mau (Q188030 và Q177020) lần lượt giảm với mức 0,46 m/năm và 0,4 m/năm, gần gấp đôi so với trung bình mực nước sụt giảm 0,25 m/năm toàn vùng BĐCM. Từ các ý kiến chuyên gia cho thấy, việc hạ thấp mực NĐĐ trong tầng này chịu ảnh hưởng phần lớn từ lịch thời vụ, do đầu mùa mưa là thời gian bắt đầu mùa vụ nên người dân khai thác NĐĐ nhiều hơn so với mùa khô.

3.2. Kết quả phân tích thành phần chính của chất lượng NĐĐ

Vào mùa khô: Các giá trị riêng thường được sử dụng để xác định số lượng thành phần chính, một giá trị riêng đưa ra một thước đo về tầm quan trọng của các yếu tố và giá trị riêng lớn hơn hoặc bằng 1 thì được coi là đáng kể. Hơn nữa, các thành phần cần phải mô tả được ít nhất 80% phần trăm tích lũy của phương sai [21]. Kết quả phân tích cho thấy thành phần 1, 2, 3 và 4 có giá trị riêng lớn hơn 1 và chiếm 72,29%, tích lũy của phương sai được thể hiện ở bảng 3. Trong đó, thành phần thứ 3 trở đi có tương tác nhỏ so với biến, điều này có thể nhận thấy thông qua đường cong phần trăm tích lũy của phương sai (không thay đổi nhiều từ F3 trở đi) [22] (Hình 4). Vì vậy không cần sử dụng các thành phần từ thứ 3 trở đi và chọn F1, F2 là thành phần chính thứ nhất và thứ 2. Trong đó F1 và F2 giải thích được 48,9% tổng số dữ liệu vào mùa khô (Bảng 3). Dựa vào sự phân bố của các chỉ tiêu chất lượng nước (Hình 5) có thể chia thành 2 vùng riêng biệt. Vùng 1 chiếm 32,42% phương sai, gồm các chỉ tiêu COD, BOD và Cl do nằm gần với trục X (F1) và có giá trị lớn (Bảng 4). Trong đó, COD và BOD nằm gần nhau và tương quan đồng biến nhau ($r = 0,87$). Như vậy, các thông số quan trọng trong F1 giải thích cho việc chất lượng nước khu vực nghiên cứu bị ảnh hưởng bởi các chất hữu cơ. Bên cạnh đó, vùng 2 chiếm 27,55% phương sai, bao gồm các chỉ tiêu CaCO_3 và NO_3^- nằm gần trục Y (F2) (Bảng 4). Như vậy, các thông số quan trọng trong F2 được giải thích cho việc chất lượng nước trong khu vực chịu ảnh hưởng bởi chất hữu cơ và các ion muối kim loại. Qua kết quả phân tích cho thấy, các chỉ tiêu COD, BOD, NO_3^- và CaCO_3 ảnh hưởng đến thành phần chính thứ nhất và thứ hai. Trong đó, với sự khác biệt trên 80% chọn COD và BOD là chỉ tiêu ảnh hưởng quan trọng trong mùa khô.

Vào mùa mưa: Tương tự như mùa khô, F1 và F2 giải thích được 64,32% tổng số dữ liệu và mùa mưa.

Đối với mùa lũ, ở vùng 1 chiếm 26,47% phương sai bao gồm các chỉ tiêu COD, BOD và SO_4^{2-} nằm gần F1 và có giá trị cao (Bảng 3). Trong đó, chỉ tiêu COD và BOD nằm gần như trùng nhau với hệ số $r = 0,9$. Bên cạnh đó, vùng 2 chiếm 17,76% tích lũy phương sai, gồm các chỉ tiêu CaCO_3 và Cl. Bảng 4 cho thấy Coliform có hệ số tương quan thấp với F2 (hệ số tương quan, $r = 0,104$), trong khi pH có hệ số tương

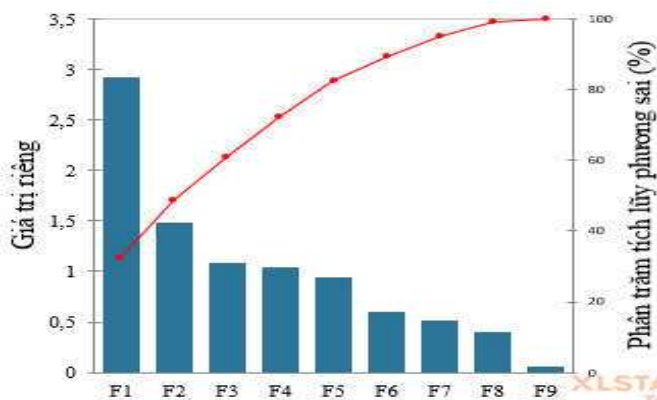
quan cao hơn với F2 (hệ số tương quan, $r = 0,143$). Như vậy, với sự khác biệt trên 80% do đó các chỉ tiêu BOD, COD và CaCO_3 làm chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng nước mùa mưa. Nhìn chung, kết quả phân tích chất lượng NĐĐ tăng qp₂₃ vùng BĐCM bằng phương pháp PCA ở cả hai mùa cho thấy chất lượng NĐĐ có hai nhóm ô nhiễm đặc trưng, biến động nhiều nhất là BOD, COD và CaCO_3 .

Bảng 3. Các giá trị riêng, phần trăm phương sai và phương sai tích lũy của 9 thành phần chính

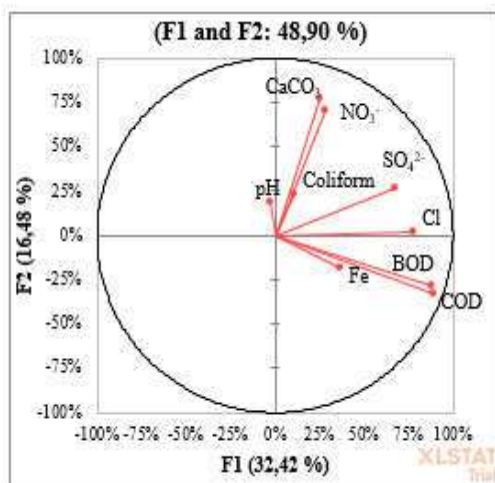
Đại lượng thống kê	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Mùa mưa									
Giá trị riêng	2,383	1,599	1,318	1,017	0,976	0,666	0,529	0,499	0,014
Phần trăm phương sai (%)	26,473	17,761	14,650	11,302	10,840	7,395	5,877	5,549	0,153
Phương sai tích lũy (%)	26,473	44,234	58,884	70,186	81,026	88,421	94,298	99,847	100,000
Mùa khô									
Giá trị riêng	2,918	1,483	1,073	1,032	0,939	0,593	0,514	0,393	0,054
Phần trăm phương sai (%)	32,422	16,478	11,919	11,471	10,436	6,587	5,716	4,372	0,598
Phương sai tích lũy (%)	32,422	48,900	60,819	72,290	82,726	89,314	95,030	99,402	100,000

Bảng 4. Sự tương quan giữa các biến và các yếu tố

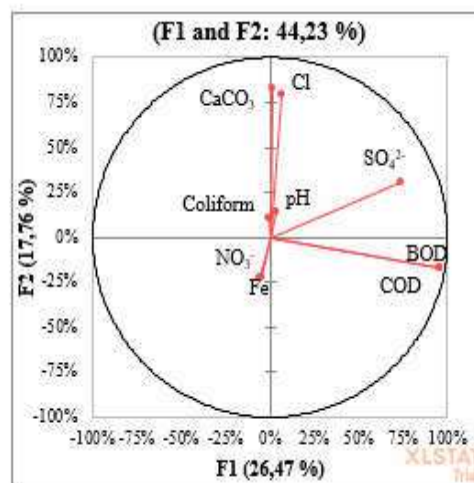
Chỉ tiêu Đơn vị	Mùa khô		Mùa mưa	
	F1	F2	F1	F2
pH	-0,023	0,189	0,034	0,143
CaCO_3 mg/L	0,253	0,777	0,017	0,829
Fe mg/L	0,364	-0,182	-0,053	-0,228
Coliform CFU	0,104	0,232	-0,010	0,104
Cl mg/L	0,774	0,022	0,068	0,790
SO_4^{2-} mg/L	0,677	0,271	0,736	0,308
NO_3^- mg/L	0,278	0,703	-0,057	-0,226
COD mg/L	0,895	-0,326	0,957	-0,165
BOD mg/L	0,879	-0,288	0,955	-0,173



Hình 4. Biểu đồ sàng lọc của các giá trị riêng của từng thành phần chính mùa khô



Hình 5. Biểu đồ sàng lọc của các giá trị riêng của từng thành phần chính mùa khô

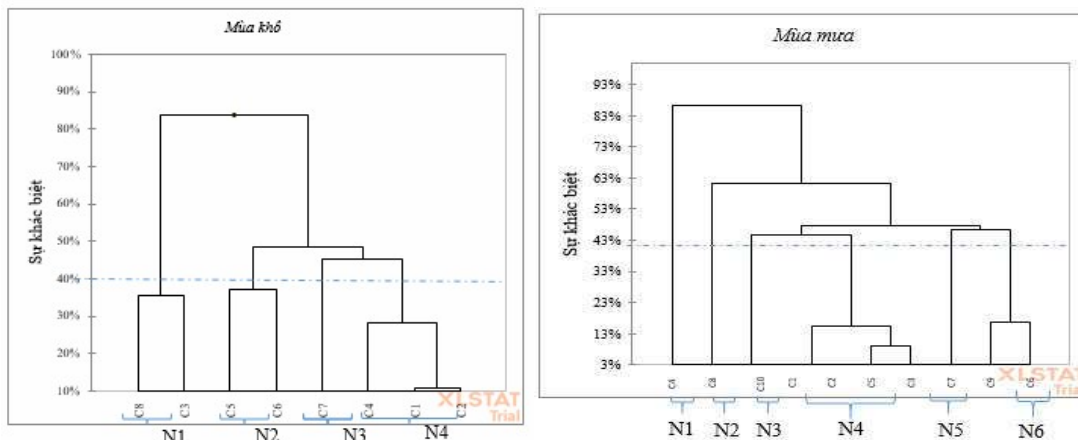


Hình 6. Biểu đồ sàng lọc của các giá trị riêng của từng thành phần chính mùa mưa

3.3. Kết quả phân tích nhóm theo thứ bậc

Vào mùa khô: Kết quả cho thấy các giếng được đồ thị phân nhóm đối tượng (Hình 7). Với sự khác biệt 40% cho ra 4 nhóm, trong đó nhóm 1 và nhóm 4 có sự khác biệt lớn nhất. Cụ thể, nhóm 1 gồm những giếng có giá trị nồng độ các chất hữu cơ cao chủ yếu

là các giếng thuộc tỉnh Sóc Trăng. Đối với nhóm 4 gồm giếng có giá trị pH và Coliform cao. Bên cạnh đó, nhóm 2 và nhóm 3 có đặc điểm tương đồng về chất lượng nước (CLN) khi có giá trị CaCO_3 và Clorua khá cao. Đối với nhóm 2 có giá trị CaCO_3 và Cl cao, nhóm 3 có giá trị Cl và CaCO_3 cao.

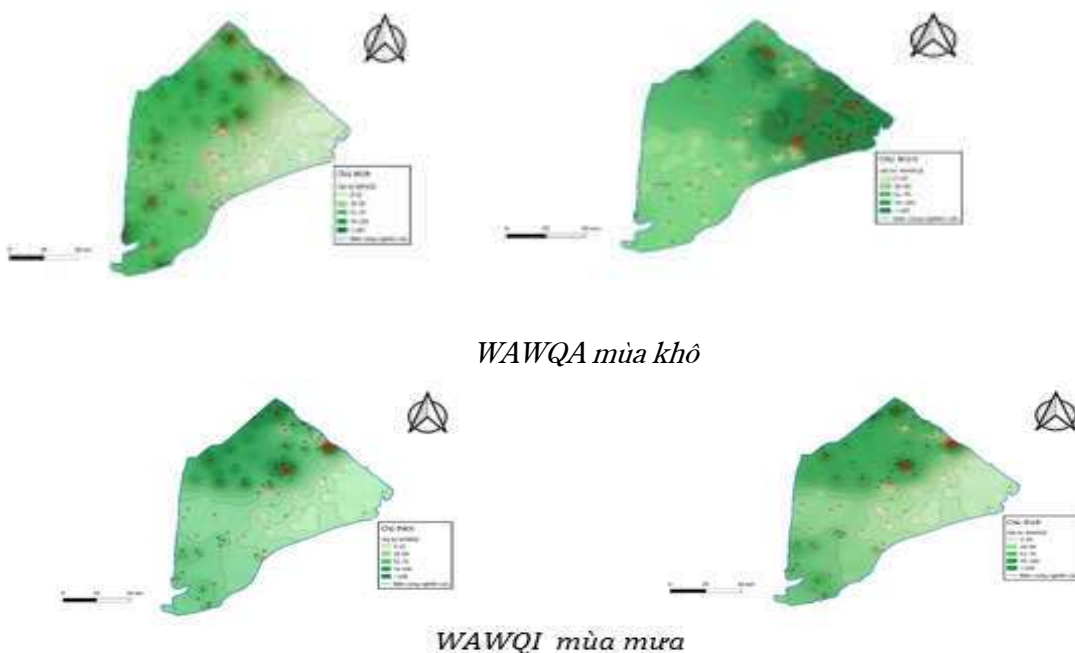


Hình 7. Kết quả phân tích nhóm theo thứ bậc các trạm quan trắc

Vào mùa mưa: Có sự thay đổi trong phân chia các nhóm, có 6 nhóm với sự khác biệt giữa các nhóm là 40% cho thấy các vị trí có đặc điểm CLN khác nhau giữa hai mùa. Kết quả ở hình 6 cho thấy, mùa mưa có sự phân chia nhóm hoàn toàn khác so với mùa khô. Cụ thể: nhóm 1 gồm những giếng CLN có chỉ tiêu SO_4^{2-} và COD cao; nhóm 2 tập trung vào các giếng có nồng độ Fe và NO_3^- cao; các giếng không phát hiện ô nhiễm vượt quy chuẩn (QCVN 09- MT:

2015/BTNMT) tập trung vào nhóm 3; nhóm 5 và 6 có sự tương đồng khi có nồng độ Cl cao vượt ngưỡng cho phép theo quy chuẩn (QCVN 09- MT: 2015/BTNMT). Còn lại là những giếng thuộc nhóm 4, các giếng này có CLN tương đối tốt, chỉ có một vài giếng cao hơn quy chuẩn nhưng không đáng kể.

3.4. Kết quả đánh giá chất lượng nước theo WAWQI



Hình 8. Bản đồ WAWQI theo mùa tại các trạm quan trắc

Đối với mùa khô cho thấy có sự ô nhiễm chuyển biến rõ rệt theo thời gian. Mức độ ô nhiễm những năm gần đây cao hơn rất nhiều. Cụ thể, vùng thuộc tỉnh Sóc Trăng và Bạc Liêu từ chưa có ô nhiễm tuy nhiên gần đây đã xảy ra ô nhiễm rất nặng. Nguyên nhân là do ô nhiễm clorua và chất hữu cơ, được thải ra chủ yếu từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp, thủy sản (phân bón, thuốc trừ sâu, thuốc thú y thủy sản). Thêm vào đó, nước thải của các nhà máy, xí nghiệp thải trực tiếp ra môi trường lâu dần thấm qua các tầng chứa nước ảnh hưởng xấu đến chất lượng NDĐ, nước rỉ rác từ các bãi rác lộ thiên, bãi rác không hợp vệ sinh, sự xâm nhập mặn và xử lý nước bằng clorua. Bên cạnh đó, CLN của khu vực Cà Mau đã có chuyển biến dần tốt hơn những năm trước. Kết quả tính toán WAWQI mùa mưa BĐCM cho thấy mức độ ô nhiễm có dấu hiệu tăng lên ở khu vực thuộc tỉnh Sóc Trăng - chủ yếu do chất hữu cơ cao. Các khu vực còn lại chất lượng có xu hướng dần tốt lên. Bên cạnh đó, có thể thấy chất lượng của mùa mưa tốt hơn mùa khô - nguyên nhân chính là do lượng nước mưa bổ cập nhiều hơn nên chất lượng nước của mùa mưa tốt hơn mùa khô (Hình 8).

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đánh giá biến động mực NDĐ ở tầng qp_{2-3} ở vùng BĐCM sử dụng phương pháp kiểm định phi hàm số Mann - Kendall và xu thế Sen. Kết quả cho thấy biến động mực NDĐ tầng qp_{2-3} đều có xu hướng giảm với mức ý nghĩa thống kê 95%. Tốc độ giảm nhanh nhất là 0,44 m/năm đối với mùa khô và 0,46 m/năm đối với mùa mưa. Độ sụt giảm mực NDĐ phụ thuộc phần lớn vào lịch thời vụ canh tác trong khu vực nghiên cứu. Kết quả phân tích CLN bằng phương pháp đa biến cho thấy chỉ tiêu BOD, COD và $CaCO_3$ biến động lớn ở mùa mưa, chỉ tiêu COD, BOD biến động lớn trong mùa khô. Bên cạnh đó, áp dụng phương pháp phân tích nhóm, kết quả cho thấy ở mùa khô các giếng phân thành 4 nhóm có chất lượng nước tương đồng nhau. Ở mùa mưa, các giếng phân thành 6 nhóm có chất lượng nước tương đồng. Mặt khác, bản đồ CLN dựa vào phương pháp phân tích chỉ số chất lượng nước số học có trọng số WAWQI của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) năm 2017 cho thấy chất lượng nước mùa mưa tốt hơn mùa khô. Khu vực có chuyển biến ô nhiễm xấu dần theo thời

gian là tỉnh Sóc Trăng, do hàm lượng chất hữu cơ và clorua có trong nước cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. D. Eckstein, V. Künzel, L. Schäfer and Germanwatch (2018). *Global climate risk index 2018: Who suffers most from extreme weather events? Weather - related loss events in 2016 and 1997 to 2016-2017*.
2. Bui, D. D., Nguyen, N. C., Bui, N. T., Le, A. T., & Le, D. T. (2016). Climate change and groundwater resources in Mekong Delta, Vietnam. *Journal of Groundwater Science and Engineering* Vol, 4 (2).
3. T. D. An, M. Tsujimura, V. Le Phu, A. Kawachi, and D. T. Ha (2014). *Chemical characteristics of surface water and groundwater in coastal watershed, Mekong delta, Vietnam*. *Procedia Environ. Sci.*, vol. 20, pp. 712 - 721, 2014.
4. Nguyen, A. D., & Savenije, H. H. (2006). Salt intrusion in multi-channel estuaries: a case study in the Mekong Delta, Vietnam. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10 (5), 743-754.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015). *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08-MT: 2015/BTNMT*. Ngày 13/12/2015.
6. Minh, H. V. T., Avtar, R., Kumar, P., Tran, D. Q., Ty, T. V., Behera, H. C., & Kurasaki, M. (2019). Groundwater quality assessment using fuzzy-AHP in an Giang Province of Vietnam. *Geosciences*, 9 (8), 330.
7. H. V. T. Minh, D. T. H. Ngoc, H. Y. Ngan, H. V. Men, T. N. Van, T. V. Ty. (2016). Assessment of Groundwater Level and Quality: A Case Study in O Mon and Binh Thuy districts, Can Tho city, Vietnam. *Naresuan University Engineering Journal*, 11, Supplement, 1: 25 - 33.
8. Huỳnh Vương Thu Minh, Hồ Yến Ngân, Đinh Diệp Anh Tuấn và Nguyễn Hiếu Trung (2015). Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hạ thấp cao độ nước dưới đất ở thành phố Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa*

học - Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu: 129-138.

9. Trần Văn Tỷ và Huỳnh Văn Hiệp (2017). Hiện trạng khai thác nước dưới đất và mối tương quan giữa hạ thấp cao độ mực nước và sụt lún đất tại Trà Vinh và thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ*, 128 - 136.

10. Nguyễn Thị Thùy Trang, Huỳnh Vương Thu Minh, Trần Văn Tỷ và Lâm Văn Thịnh (2014). Quản lý khai thác, sử dụng và bảo vệ nước dưới đất ở Khu công nghiệp Trà Nóc, thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ*. Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường: 31: 136 - 147.

11. Van Ty, T., Minh, H. V. T., Avtar, R., Kumar, P., Van Hiep, H., & Kurasaki, M. (2021). Spatiotemporal variations in groundwater levels and the impact on land subsidence in Can Tho, Vietnam. *Groundwater for Sustainable Development*, 15, 100680.

12. Nguyễn Đình Tứ và Đào Hồng Hải (2016). Khai thác hợp lý tầng chứa nước Pleistocene giữa - trên khu vực bán đảo Cà Mau. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 19, số K7 - 2016.

13. M. B. Gavrilov, I. Tošić, S. B. Marković, M. Unkašević, and P. Petrović (2016). Analysis of annual and seasonal temperature trends using the Mann-Kendall test in Vojvodina, Serbia. *Meteorology*. 20 (2): 183 - 198.

14. Nguyễn Văn Tín (2017). Đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa thời đoạn lớn nhất khu vực thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 1971 - 2016 bằng kiểm định phi tham số Mann - Kendall. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 11/2017.

15. Nguyễn Hải Âu, Phan Thị Khanh Ngân, Hoàng Thị Thanh Thủy và Phan Nguyễn Hồng Ngọc (2017). Ứng dụng phân tích thống kê đa biến trong đánh giá chất lượng nước dưới đất huyện Tân Thành,

tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 02/2017.

16. Minh, H. V. T., Kurasaki, M., Ty, T. V., Tran, D. Q., Le, K. N., Avtar, R., Rahman, M. M., Osaki, M. (2019). Effects of Multi-Dike Protection Systems on Surface Water Quality in the Vietnamese Mekong Delta. *Water* 2019, 11, 1010. <https://doi.org/10.3390/w11051010>

17. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015). *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước dưới đất QCVN 09-MT: 2015/BTNMT*. Ngày 21/12/2015.

18. Tokatli, C., & Ustaoglu, F. (2020). Health risk assessment of toxicants in Meriç river delta wetland, Thrace region, Turkey. *Environmental earth sciences*, 79 (18), 1 - 12.

19. Cục quản lý Tài nguyên nước (2016). Bạc Liêu: Giải quyết thách thức về nguồn nước. Website: <http://dwrn.gov.vn/index.php?language=vi&nv=news&op=Hoat-dong-cua-dia-phuong/Bac-Lieu-Giai-quet-thach-thuc-ve-nguon-nuoc-5159>. Truy cập ngày 6/10/2021.

20. Cục quản lý Tài nguyên nước (2018). Kiên Giang Tăng cường bảo vệ nguồn tài nguyên nước ngầm. Website: <http://dwrn.gov.vn/index.php?language=vi&nv=news&op=Hoat-dong-cua-dia-phuong/Kien-Giang-Tang-cuo-ng-ba-o-ve-nguon-tai-nguyen-nuoc-c-ng-m-7746>. Truy cập ngày 6/10/2021.

21. Zheng shuang Shi, Robert W. Woody and Neville R. Kallenbach (2002). Is polyproline II a major backbone conformation in unfolded proteins? *Advances in Protein Chemistry*. 62: 163 - 240.

22. Martín Resano, Esperanza García-Ruiz and Frank Vanhaecke (2009). Laser ablation - inductively coupled plasma mass spectrometry in archaeometric research. Website: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mas.20220>. Truy cập ngày 7/10/2021.

**FLUCTUATION OF GROUNDWATER LEVEL AND QUALITY: A CASE STUDY OF qp₂₃
AQUIFER IN CA MAU PENINSULA, VIETNAM**

**Nguyen Thuy Nguyen, Nguyen Hoang Tuan, Luong Hong Boi Ngan,
Tran Van Ty, Le Anh Tuan, Huynh Vuong Thu Minh**

Summary

This study was carried out in Ca Mau Peninsula with the following objectives: (i) to analyze and assess the trend of decreasing groundwater level (GWL) in the middle - upper Pleistocene aquifer (qp₂₃) during the wet and dry seasons; (ii) to determine the changes of groundwater quality in space and time based on 9 parameters (pH, Fe, NO₃⁻, CaCO₃, Cl⁻, SO₄²⁻, COD, BOD and Coliform). This study used Man-Kendall test and Multivariate analysis (Principal Component Analysis - PCA and Agglomerative Hierarchical Clustering - AHC) methods; and water quality index. The results show that the GWL of qp₂₃ aquifer tends to decrease in both wet and dry seasons with 95% confidence. The results of PCA analysis show that in the dry season, the BOD and COD parameters have the greatest variation (with the difference of more than 80%). In the wet season, the parameters of BOD, COD, and CaCO₃ greatly affect the quality of groundwater. In addition, the results of AHC analysis divided water quality parameters into 4 groups for the dry season and 6 groups for the wet season with a difference of 40%. On the other hand, the fluctuation of GWL tends to decrease gradually over time, it decreases from 0.24 m/year - 0.25 m/year for the whole region, of which the largest decrease is in Bac Lieu in the dry season (0.44 m/year) and in Ca Mau in the wet season (0.46 m/year). Although water quality parameters such as BOD, COD, and CaCO₃ tend to increase, this increase is not statistically significant.

Keywords: *Groundwater level (GWL), groundwater quality, Principal Component Analysis (PCA), Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC), water quality index.*

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Văn Tuấn

Ngày nhận bài: 20/8/2021

Ngày thông qua phản biện: 21/9/2021

Ngày duyệt đăng: 28/9/2021