Bài nghiên cứu

Open Access Full Text Article

Đánh giá rủi ro của ô nhiễm nước dưới đất và phân vùng hạn chế sử dụng trên địa bàn tỉnh Tây Ninh

Lưu Khánh Linh*, Phạm Thị Tuyết Nhi, Tất Hồng Minh Vy, Nguyễn Hải Âu

TÓM TẮT

Nước dưới đất tầng Pleistocen giữa – trên (qp_{2-3}) tại địa bàn tỉnh Tây Ninh được xem là nguồn khai thác chủ yếu để đáp ứng nhu cầu ăn uống và sinh hoạt của người dân trong khu vực. Trong nghiên cứu này, mức độ rủi ro ô nhiễm nước dưới đất đã được xác định và phân vùng bằng cách ứng dụng kết hợp phương pháp đánh giá khả năng dễ tổn thương (GOD) và mức độ tiềm năng ô nhiễm (POSH) dựa trên nền tảng GIS. Đồng thời, để đánh giá hiện trạng chất lượng nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên (qp_{2-3}) phù hợp cho các mục đích sử dụng, nghiên cứu đã ứng dụng chỉ số chất lượng nước dưới đất (GWQI) từ dữ liệu kết quả phân tích mẫu của 60 giếng khai thác tại khu vực nghiên cứu. Dựa vào kết quả phân vùng cho thấy mức độ rủi ro ô nhiễm nước dưới đất được phân thành 3 vùng: thấp, trung bình và cao, lần lượt chiếm 63,9%, 26,9% và 9,1% diện tích phân bố của tầng chứa nước qp_{2-3}. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng các khu vực hoạt động canh tác nông nghiệp có mức độ rủi ro ô nhiễm tầng chứa nước cao, trong khi các khu vực hoạt động công nghiệp có mức độ rủi ro ô nhiễm trung bình. Kết quả nghiên cứu được xem như một công cụ quan trọng hỗ trợ các nhà quản lý trong công tác bảo vệ, kiểm soát ô nhiễm, hạn chế các hoạt động khai thác sử dụng và quản lý bền vững nước dưới đất.

Từ khoá: Rủi ro ô nhiễm nước dưới đất, tầng chứa nước Pleistocen, GIS, GOD, Tây Ninh

GIỚI THIỆU

Tài nguyên nước là một trong những yếu tố quan trọng gắn liền với sự phát triển của kinh tế và xã hội, do đó cùng với sự phát triển mạnh mẽ về dân số và kinh tế, nhu cầu về khai thác và sử dụng tài nguyên nước đang ngày một tăng cao. Nguồn nước mặt trên toàn cầu đang gặp vấn đề suy thoái cả về lượng và chất do nhiều yếu tố tác động như biến đổi khí hậu, hoạt động canh tác nông nghiệp, hoạt động sản xuất công nghiệp [1,2]. Do đó, hiện nay nước dưới đất được xem là nguồn nước ngọt quan trọng trên trái đất, có khả năng đáp ứng các nhu cầu sinh hoạt và sản xuất của con người [3].

Tỉnh Tây Ninh nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, với định hướng phát triển nông nghiệp và công nghiệp chế biến nông sản gắn liền với vùng nguyên liệu, đặt ra nhu cầu sử dụng nước rất lớn [4]. Nước mặt tỉnh Tây Ninh phân bố không đều, đặc biệt là khu vực phía Bắc của tỉnh có mật độ sông suối thưa và thường cạn kiệt vào mùa khô, do đó nước dưới đất vẫn là nguồn khai thác nước chủ yếu để đáp ứng nhu cầu ăn uống và sinh hoạt của người dân [5]. Do đó việc đánh giá mức độ rủi ro của ô nhiễm nước dưới đất bằng các phương pháp xác định tính dễ bị tổn thương và mức độ tiềm năng ô nhiễm của nước dưới đất là nền tảng cốt lõi của công tác quản lý tài nguyên nước.

Chất lượng nước dưới đất có khả năng bị ảnh hưởng bởi các chất ô nhiễm có nguồn gốc địa chất do sự hòa tan của các khoáng chất tự nhiên trong lớp vỏ trái đất và các chất ô nhiễm có nguồn gốc từ con người như quá trình đô thị hóa, công nghiệp hóa, các hoạt động nông nghiệp [6]. Các thông số ô nhiễm kim loại nặng, chất ô nhiễm hữu cơ và dư lượng thuốc trừ sâu có mặt trong nước dưới đất được xem như một mối đe dọa đến sức khỏe con người và các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội [7]. Trong những năm gần đây, các nghiên cứu đánh giá chất lượng nước dưới đất đã được thực hiện phổ biến với rất nhiều phương pháp, điển hình như phương pháp so sánh với quy chuẩn [8], phương pháp chỉ số chất lượng nước dưới đất (Groundwater quality index - GWQI) [9,10], phương pháp tính toán chỉ số ô nhiễm của nước dưới đất (Pollution index of groundwater - PIG) [11]. Bên cạnh đó, đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng các mô hình toán như mô hình phân vùng khả năng nhiễm bẩn DRASTIC (bao gồm các thông số thành phần: D – Độ sâu từ mặt đất đến tầng chứa nước, R – Lượng bổ cập hàng năm, A – Thành phần đất đá của tầng chứa nước, S – Thành phần lớp đất phủ, T – Độ dốc của địa hình, I – Tác động của đới thông khí, C – Hệ số thấm của tầng chứa nước) [12,13], mô hình phân vùng tính dễ bị tổn thương do tác động của xâm nhập

Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc Gia TP.HCM, Việt Nam

Liên hệ

Lưu Khánh Linh, Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc Gia TP.HCM, Việt Nam

Email: khanhlinh@hcmier.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 19-7-2024
- Ngày sửa đổi: 21-8-2024
- Ngày chấp nhận: 27-8-2024
- Ngày đăng: 31-12-2024

DOI :

https://doi.org/10.32508/stdjsee.v8i2.784

Check for updates

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

Trích dẫn bài báo này: Linh L K, Nhi P T T, Vy T H M, Âu N H. **Đánh giá rủi ro của ô nhiễm nước dưới đất và phân vùng hạn chế sử dụng trên địa bàn tỉnh Tây Ninh**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2024; 8(2):1032-1047.

mặn GALDIT (bao gồm các thông số thành phần: G – Loại tầng chứa nước, A – Hệ số thấm, L – Cốt cao mực nước, D – Khoảng cách đến đường bờ biển, I – Tác động của xâm nhập mặn, T – Chiều dày của tầng chứa nước) [14,15], mô hình phân vùng khả năng dễ tổn thương GOD (gồm các thông số thành phần: G – Loại tầng chứa nước, O – Thành phần thạch học, D – Độ sâu đến tầng chứa n [16–18]. Phương pháp GOD có ưu điểm là phương pháp đơn giản, có thể được sử dụng ở những khu vực có thông tin hạn chế và phù hợp để đánh giá tính dễ tổn thương của nước dưới đất các tầng chứa nước thuộc các khu vực nghiên cứu có diện tích lớn [19].

Hiện nay, ở Việt Nam một vài nghiên cứu về khả năng nhạy cảm đối với các tác nhân ô nhiễm của nước dưới đất đã được tiến hành thực hiện tại tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu [20], thành phố Hồ Chí Minh [21]. Riêng tại tỉnh Tây Ninh, những năm gần đây, hầu hết các nghiên cứu về nước dưới đất đều tập trung vào đánh giá tiềm năng tài nguyên nước [22] và đánh giá hiện trạng chất lượng nước [23]. Trong nghiên cứu này, hiện trạng chất lượng nước dưới đất được đánh giá bằng phương pháp tính toán chỉ số GWQI, tính dễ tổn thương của nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên được xác định bằng mô hình GOD, phương pháp POSH sẽ được ứng dụng để tính toán mức độ tiềm năng ô nhiễm, từ đó mức độ rủi ro của ô nhiễm nước dưới đất đã được đánh giá trên địa bàn tỉnh Tây Ninh. Kết quả nghiên cứu sẽ giúp các nhà quản lý kiểm soát ô nhiễm nước dưới đất, từ đó bảo vệ được sức khỏe của người dân địa phương.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu

Tây Ninh là một trong những tỉnh thuộc vùng Đông Nam Bộ với diện tích đất tự nhiên là 4.041,6 km^2. Tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên (qp_{2-3}) là nguồn cung cấp nước chính phục vụ cho mục đích ăn uống, sinh hoạt và các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội trong khu vực nghiên cứu, có độ sâu đến tầng chứa nước dao động đến 82 m, bề dày tầng chứa nước thay đổi trung bình đến 23 m. Đây là tầng chứa nước có diện phân bố rộng, chiều sâu phân bố nông, được bổ cập do mưa thấm qua các vùng lộ, nguồn nước mặt thấm xuyên từ các tầng chứa nước lân cận.

Tài liệu nghiên cứu

Tài liệu sử dụng để tính toán gồm dữ liệu địa chất thủy văn (loại tầng chứa nước), thiết đồ lỗ khoan (độ sâu đến tầng chứa nước), đặc điểm đất đá (thành phần thạch học) của 60 lỗ khoan khai thác nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Tây Ninh được kế thừa từ đề tài Xây dựng mạng quan trắc động thái nước dưới đất và mô hình số độ cao với độ phân giải không gian 30 m. Vị trí của 60 lỗ khoan được thể hiện ở Hình 1. Kết quả phân tích chất lượng năm 2023 của 60 mẫu nước thuộc tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên (qp_{2-3}) gồm 9 thông số: pH, TDS, NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, Pb, Fe, Zn và Mn được thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Tây Ninh.

Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo tiến trình như sau (Hình 2).

Chỉ số chất lượng nước (GWQI)

Phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước GWQI được ứng dụng để đánh giá hiện trạng chất lượng nước dưới đất tại khu vực nghiên cứu. Phương pháp này phản ánh sự ảnh hưởng của các thông số chất lượng nước khác nhau, dựa trên các đặc điểm của vùng nghiên cứu và mục đích sử dụng. Chỉ số chất lượng nước dưới đất được tính toán theo công thức GWQI (Công thức (1)).

$$GWQI = \Sigma SI_i = \Sigma (W_i \times q_i) = \Sigma \left[\left(\frac{w_i}{\sum_n^{i=1} w_i} \right) \left(\frac{C_i}{S_i} \times 100 \right) \right] \quad (1)$$

Trong đó, SI_i là chỉ số đại diện cho thông số chất lượng nước thứ I, W_i là trọng số tương quan đối với từng thông số chất lượng nước, q_i là tỷ lệ chất lượng nước, w_i là trọng số theo tầm quan trọng tương đối được chọn dựa vào đặc điểm tầng chứa nước vùng nghiên cứu, C_i là nồng độ từng thông số, S_i là giá trị giới hạn theo QCVN 09:2023/ BTNMT (Bảng 1). Trọng số tương quan W_i được tính toán dựa theo trọng số w_i. Mỗi thông số chất lượng nước sẽ được gán cho một trọng số w_i tuỳ thuộc vào mức độ quan trọng, đặc trưng tính chất nước dưới đất khu vực nghiên cứu và tần suất xuất hiện của chúng trong nước dưới đất. Trọng số này có giá trị từ 1 đến 5 [24,25].

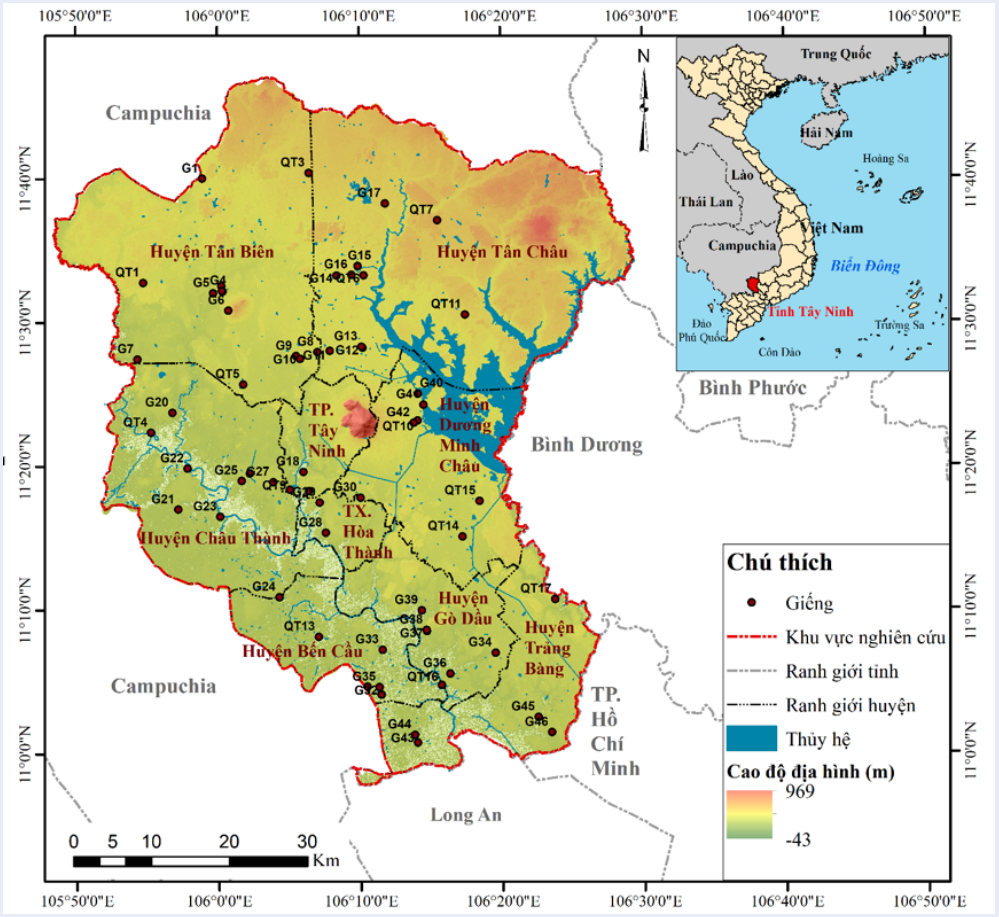
Dựa vào kết quả tính toán GWQI, sử dụng bảng phân loại chất lượng nước dưới đất theo các khoảng giá trị GWQI để so sánh, đánh giá (Bảng 2) [26].

Mức độ dễ tổn thương theo GOD

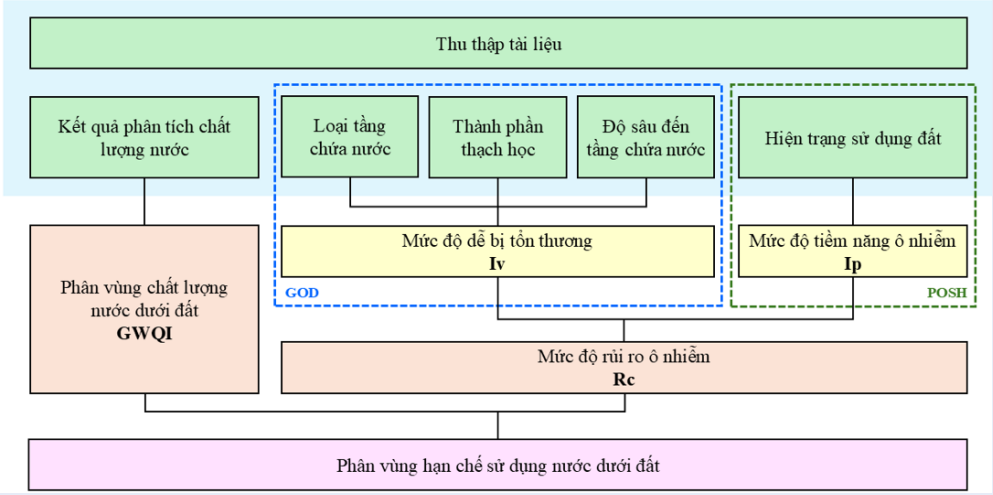
Phương pháp này được phát triển bởi Foster [27], phân tích thông tin liên quan đến ba thông số môi trường vật lý cụ thể: loại tầng chứa nước (G), thành phần thạch học (O) và độ sâu đến tầng chứa nước (D) (Công thức (2)).

I_V = G.O.D (2)

Mỗi tham số có một giá trị số được chỉ định thay đổi trong khoảng từ 0 (ít bị tổn thương) đến 1 (rất dễ bị



Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu



Hình 2: Tiến trình thực hiện nghiên cứu

Bảng 1: Thang giá trị trọng số wi đã được lựa chọn

Thông số	Đơn vị	wi	W_i	S_i
pH		4	0,11	5,8 - 8,5
TDS	mg/l	5	0,13	1500
Amoni	mg/l	5	0,13	1
Nitrit	mg/l	5	0,13	1
Nitrat	mg/l	5	0,13	15
	mg/l	4	0,11	0,01
Fe	mg/l	4	0,11	5
Zn	mg/l	2	0,05	3
Mn	mg/l	4	0,11	0,5
Tổng		38	1,00	

Bảng 2: Phân loại chất lượng nước dưới đất theo giá trị GWQI

Giá trị GWQI	Phân loại chất lượng nước dưới đất
0 - 20	Rất tốt
20 - 50	Tốt
50 - 100	Trung bình
100 - 200	Xấu
> 200	Rất xấu

Bảng 3: Thang giá trị của 3 thông số GOD

Loại tầng chứa nước	Giá trị G	Thành phần thạch học	Giá trị O	Độ sâu đến tầng chứa nước	Giá trị D
Không có tầng chứa nước	0	Đất bụi	0,4	> 50 m	0,6
Có áp	0,2	Phù sa, bùn, sét bột	0,5	20 – 50 m	0,7
Bán áp	0,4	Cát bột, đá phiến sét	0,6	10 – 20 m	0,8
Không áp	0,6 – 1,0	Cát sỏi, sa thạch	0,7	5 – 10 m	0,9
		Sỏi	0,8	< 5 m	1,0
		Đá vôi	0,9 – 1,0		

tổn thương). Chi tiết giá trị chỉ định ứng với từng thông số thành phần được thể hiện tại Bảng 3.[28]

Giá trị I_V được tính bằng cách nhân các giá trị được chỉ định của từng tham số. Mức độ rủi ro tính theo phương pháp này được chia thành 5 phân loại (Bảng 4).

Đánh giá mức độ tiềm năng ô nhiễm POSH

Phương pháp Nguồn ô nhiễm tải trọng thủy lực (Pollutant Origin Surcharge Hydraulically - POSH) đã đánh giá chỉ số nguy cơ ô nhiễm (IP) nước dưới đất dựa trên tải lượng ô nhiễm của vùng nghiên cứu. Các nguồn ô nhiễm được xác định dựa trên bản đồ hiện trạng sử dụng đất của tỉnh Tây Ninh. Giá trị 1 được chỉ định cho các khu vực có tiềm năng ô nhiễm thấp, 2 cho các khu vực có mức độ tiềm năng ô nhiễm trung bình và 3 cho các khu vực có mức độ tiềm năng ô nhiễm cao [28]. Các khu vực có tiềm năng ô nhiễm bao gồm: nghĩa trang, khu dân cư, khu vực công nghiệp, khu vực canh tác nông nghiệp, … Bằng cách sử dụng phần mềm GIS, mọi nguồn ô nhiễm tiềm năng đã được xác định và phân loại.

Bảng 4: Phân loại mức độ tính dễ bị tổn thương theo GOD

Giá trị IV	Loại phân vùng tổn thương
< 0,1	Không đáng kể
0,1 – 0,3	Thấp
0,3 – 0,5	Trung bình
0,5 – 0,7	Cao
0,7 – 1	Cực đoan

Bảng 5: Rủi ro ô nhiễm tầng chứa nước (R_C)

RC		IV			
		Không đáng kể	Thấp	Trung bình	Cao
IP	Thấp	Thấp	Thấp	Thấp	Trung bình
	Trung bình	Thấp	Trung bình	Trung bình	Cao
	Cao	Trung bình	Cao	Cao	Cao

Đánh giá mức độ rủi ro ô nhiễm (R_C)

Đánh giá mức độ rủi ro ô nhiễm được tính toán bằng cách chồng lớp bản đồ giữa mức độ dễ tổn thương (I_V) thu được từ kết quả của chỉ số GOD và mức độ tiềm năng ô nhiễm (I_P) thu được từ phương pháp POSH. Phân hạng mức độ rủi ro ô nhiễm tầng chứa nước R_C được thể hiện như sau (Bảng 5).

Hệ thống thông tin địa lý (GIS)

Kỹ thuật Hệ thống thông tin địa lý (GIS) được áp dụng để xây dựng các bản đồ phân bố không gian cho các thông số thành phần GOD, thông qua việc nội suy không gian bằng thuật toán nghịch đảo có trọng số khoảng cách (IDW) trong phần mềm ArcGIS. Dựa vào kết quả phân bố không gian của từng thông số thành phần, bản đồ phân vùng khả năng dễ tổn thương của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên được xây dựng theo công thức (3)[29].

$$M_D = \Pi M_i \quad (3)$$

Trong đó: M_D là tích các lớp thông số thành phần, M_i là lớp thông số của từng thành phần GOD

Thuật toán trọng số khoảng cách nghịch đảo (IDW) là phương pháp xác định giá trị của điểm mẫu chưa biết bằng cách nội suy đa biến một tập hợp các điểm phân tán đã biết trong khu vực lân cận theo công thức (4):

$$Z_k = \frac{\sum_i \frac{Z_i}{d_{ik}^n}}{\sum_i \frac{1}{d_{ik}^n}} \quad (4)$$

Trong đó: Z_k là giá trị ước tính của điểm chưa biết tại k, d_{ik} là khoảng cách từ điểm i đã biết đến điểm k chưa biết, Z_i là giá trị của điểm i đã biết và n là số mũ do người dùng lựa chọn.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Phân vùng chất lượng nước dưới đất theo GWQI

Nhìn chung, kết quả phân tích mẫu chất lượng nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen (qp_{2-3}) trên địa bàn tỉnh Tây Ninh ghi nhận thông số NO_3^- và Pb cao hơn QCVN 09:2023/BTNMT tại một vài vị trí như QT11, QT15, G17, G40, G42 và G46. Kết quả đánh giá hiện trạng chất lượng nước dưới đất tầng Pleistocen giữa – trên dựa theo 9 thông số có mặt trong nước dưới đất được thể hiện trong Bảng 6.

Kết quả tính toán GWQI dao động từ 6,90 đến 136,62, với giá trị GWQI trung bình là 20,76. Kết quả phân loại nước chiếm tỷ lệ cao nhất là phân loại rất tốt với 41/60 giếng, 15 giếng thuộc phân loại nước tốt, tương ứng với 25%, phân loại nước trung bình với 3 giếng (QT11, QT15 và G17) chiếm 3%, 1 giếng (G46) có chất lượng nước xấu. Kết quả chỉ ra rằng giếng G46 có GWQI cao hơn các giếng khác, do giá trị nồng độ Pb tại giếng khá cao so với chuỗi dữ liệu mẫu và cao hơn Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 09:2023/BTNMT (0,122 mg/l). Kết quả phân vùng chất lượng nước dưới đất tầng Pleistocen giữa – trên theo GWQI được thể hiện ở Hình 3.

Hình 3 cho thấy nước dưới đất tầng Pleistocen giữa – trên có chất lượng rất tốt (GWQI trong khoảng 0 – 20) chiếm 63,4% (2.243,7 km^2) diện tích phân bố tại khu vực nghiên cứu. Diện tích vùng có chất lượng nước tốt là 1.216,3 km^2, tương ứng khoảng 34,4%. Phân loại nước trung bình chiếm khoảng 1,9% tổng diện

Bảng 6: Kết quả tính toán GWQI

STT	Giếng	GWQI	Phân loại nước	STT	Giếng	GWQI	Phân loại nước
1	QT1	17,65	Rất tốt	31	G17	50,38	Trung bình
2	QT3	10,61	Rất tốt	32	G18	33,88	Tốt
3	QT4	23,71	Tốt	33	G19	10,78	Rất tốt
4	QT5	19,31	Rất tốt	34	G20	17,35	Rất tốt
5	QT6	35,37	Tốt	35	G21	7,3	Rất tốt
6	QT7	47,66	Tốt	36	G22	9,52	Rất tốt
7	QT9	12,21	Rất tốt	37	G23	11,16	Rất tốt
8	QT10	32,34	Tốt	38	G24	6,9	Rất tốt
9	QT11	62,44	Trung bình	39	G25	16,44	Rất tốt
10	QT13	28,78	Tốt	40	G26	6,93	Rất tốt
11	QT14	24,88	Tốt	41	G27	9,88	Rất tốt
12	QT15	55,65	Trung bình	42	G28	12,72	Rất tốt
13	QT16	32,12	Tốt	43	G29	17,37	Rất tốt
14	QT17	34,6	Tốt	44	G30	7,2	Rất tốt
15	G1	9,19	Rất tốt	45	G31	14,11	Rất tốt
16	G2	10,97	Rất tốt	46	G32	18,88	Rất tốt
17	G3	9,82	Rất tốt	47	G33	7,33	Rất tốt
18	G4	19,33	Rất tốt	48	G34	10,87	Rất tốt
19	G5	13,16	Rất tốt	49	G35	21,2	Tốt
20	G6	7,62	Rất tốt	50	G36	13,76	Rất tốt
21	G7	7,92	Rất tốt	51	G37	6,94	Rất tốt
22	G8	8,68	Rất tốt	52	G38	7,07	Rất tốt
23	G9	9,21	Rất tốt	53	G39	7,31	Rất tốt
24	G10	24,87	Tốt	54	G40	44,8	Tốt
25	G11	7,39	Rất tốt	55	G41	7,22	Rất tốt
26	G12	7,12	Rất tốt	56	G42	35,73	Tốt
27	G13	24,07	Tốt	57	G43	11,65	Rất tốt
28	G14	30,68	Tốt	58	G44	9,36	Rất tốt
29	G15	10,76	Rất tốt	59	G45	17,58	Rất tốt
30	G16	19,41	Rất tốt	60	G46	136,62	Xấu

tích phân bố của tầng qp_{2-3}, các khu vực này có điểm chung là nồng độ thông số NO_3^- trong nước dưới đất cao. Tại vùng nghiên cứu, có 10,2 km^2 diện tích phân bố tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên thuộc phân loại xấu, nằm ở vị trí phía đông nam khu vực nghiên cứu (Thị xã Trảng Bàng), thông số ảnh hưởng chủ yếu đến chỉ số chất lượng nước của khu vực này là Pb.

Kết quả tính toán GOD

Loại tầng chứa nước (Thông số G)

Một trong những thông số được sử dụng trong phân tích mức độ dễ tổn thương của nước dưới đất theo phương pháp GOD là loại tầng chứa nước. Tầng chứa nước có áp trong phương pháp GOD có giá trị trọng số là 0,2. Tầng chứa nước đặc điểm nằm giữa hai tầng không thấm được xác định là tầng chứa nước có áp. Trên địa bàn tỉnh Tây Ninh, tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên được xác định là tầng có áp và được thể hiện trong Hình 4a.

Thành phần thạch học (Thông số O)

Một yếu tố khác cần xác định để đánh giá mức độ dễ tổn thương của nước dưới đất là thành phần thạch học của tầng chứa nước. Thành phần thạch học được xác định dựa trên kết quả thu thập từ nhật ký thăm dò lỗ khoan. Tầng chứa nước qp_{2-3} của tỉnh Tây Ninh có các loại đá chính bao gồm đất bụi, sét bột, cát bột và cát lẫn sạn sỏi, sự phân bố của chúng được thể hiện trong Hình 4b. Theo phương pháp GOD, giá trị trọng số của từng phân loại thạch học gồm đất bụi, sét bột, cát bột và cát lẫn sạn sỏi lần lượt là 0,4; 0,5; 0,6 và 0,7. Dựa vào kết quả thành lập sơ đồ phân bố không gian cho thấy thành phần thạch học phổ biến nhất là sét bột với diện tích 2.067,5 km^2, tương đương 58,4% tổng diện tích khu vực nghiên cứu, thành phần thạch học chiếm tỷ lệ diện tích 36,1%, cao thứ hai là cát bột, tương đương 1.276,8 km^2, đứng thứ ba là đất bụi với 171,7 km^2, chiếm tỷ lệ 4,9%, cuối cùng là thành phần cát lẫn sạn sỏi với 22,7 km^2, tương ứng với 0,6% tổng diện tích khu vực nghiên cứu.

Độ sâu đến tầng chứa nước (Thông số D)

Thông số D được xác định là khoảng cách từ mặt đất đến tầng chứa nước dựa vào kết quả thu thập từ bản đồ mặt cắt địa chất thủy văn vùng nghiên cứu. Độ sâu từ mặt đất đến tầng chứa nước càng nông thì nguy cơ ô nhiễm do tải lượng các chất ô nhiễm từ bề mặt đất càng lớn, do đó trọng số được áp dụng sẽ cao hơn. Sơ đồ phân bố độ sâu đến tầng chứa nước được thể hiện trong Hình 4c. Tầng chứa nước Pleistocen trên địa bàn tỉnh Tây Ninh ghi nhận 04 khoảng giá trị độ sâu gồm: 5-10 m, 10-20 m, 20-50 m và 50-100 m lần lượt tương ứng với các giá trị trọng số 0,8; 0,7; 0,6 và 0,5. Trong đó, khoảng giá trị độ sâu đến tầng chứa nước 5 – 10 m chiếm tỷ lệ thấp nhất với 3/60 điểm giếng, 479,2 km^2 là diện tích của tầng qp_{2-3} có thông số D nằm trong khoảng 10 – 20 m, có 65,2% diện tích tầng Pleistocen giữa - trên có độ sâu đến tầng chứa nước trong khoảng từ 20 – 50 m, diện tích vùng nghiên cứu có độ sâu nằm trong khoảng 50 – 100 m là 746,2 km^2, tương đương 21,1% tổng diện tích.

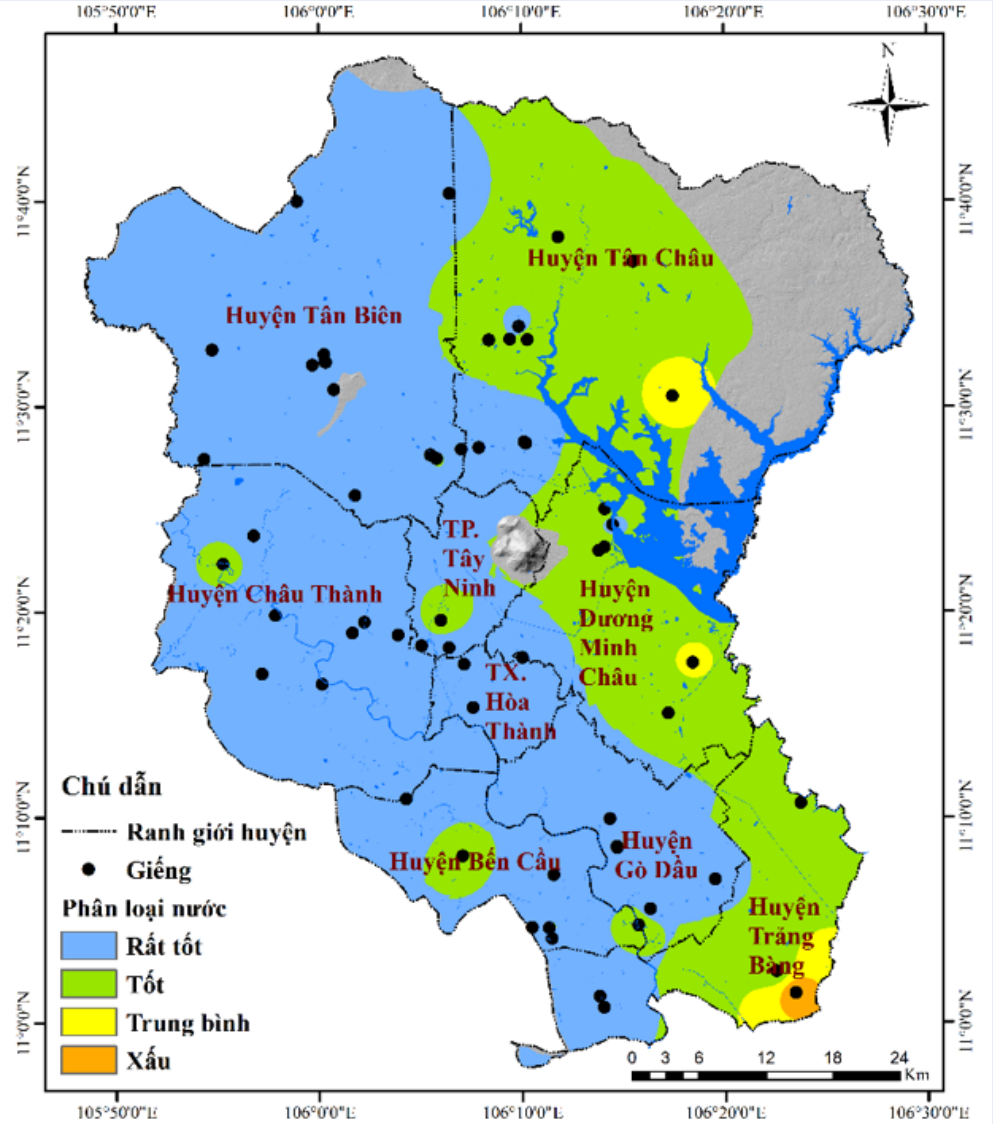
Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương

Từ kết quả đánh giá theo phương pháp GOD cho thấy tính dễ tổn thương của nước dưới đất tầng Pleistocen giữa - trên tại vùng nghiên cứu vẫn ở mức thấp. Dựa trên kết quả kết hợp ba thông số G, O, D, xác định được giá trị mức độ dễ bị tổn thương I_V trong khoảng từ 0,0 đến 0,1, tương ứng với mức độ dễ bị tổn thương từ không đáng kể đến mức độ dễ bị tổn thương thấp. Hình 5 cho thấy sự phân bố không gian mức độ dễ tổn thương của tầng qp_{2-3} trên địa bàn tỉnh Tây Ninh. Trong đó, khu vực có mức độ dễ tổn thương thấp chiếm 47,6% tổng diện tích phân bố tầng chứa nước Pleistocen tại khu vực nghiên cứu (tương đương với 1.686,27 km^2), 52,4% diện tích khu vực có mức độ dễ bị tổn thương tầng qp_{2-3} không đáng kể. Phương pháp này chỉ xem xét về yếu tố thạch học và địa chất thủy văn, do đó không thể chỉ ra các yếu tố, hàm lượng chất ô nhiễm từ các hoạt động khác của con người tác động đến chất lượng nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen tại khu vực nghiên cứu.

Đánh giá mức độ tiềm năng ô nhiễm bằng phương pháp POSH

Nguy cơ ô nhiễm tầng chứa nước qp_{2-3} đã được phân tích theo phương pháp mô tả đặc tính ô nhiễm thông qua hệ thống POSH. Bốn nguồn ô nhiễm đã được xác định trên địa bàn tỉnh Tây Ninh gồm: Khu công nghiệp, nghĩa trang, khu dân cư (đô thị và nông thôn), khu canh tác nông nghiệp.

Tiềm năng ô nhiễm nước dưới đất từ các hoạt động công nghiệp được đánh giá dựa trên loại hình sản xuất và lượng nước sử dụng, trong đó loại hình sản xuất liên quan đến khả năng sử dụng các hóa chất có khả năng gây ô nhiễm nước dưới đất. Hiện nay, trên toàn tỉnh Tây Ninh có 12 khu, cụm công nghiệp đang hoạt động với loại hình sản xuất chủ yếu là dệt may, chế biến tinh bột mì, chế biến cao su, giấy, gỗ và sản xuất thực phẩm. Dựa vào Bảng 7, với các loại hình sản xuất phổ biến đã nêu trên, khu vực sản xuất công nghiệp trên địa bàn tỉnh Tây Ninh được xác định thuộc phân vùng 2, tương ứng với mức độ tiềm năng ô nhiễm trung bình.

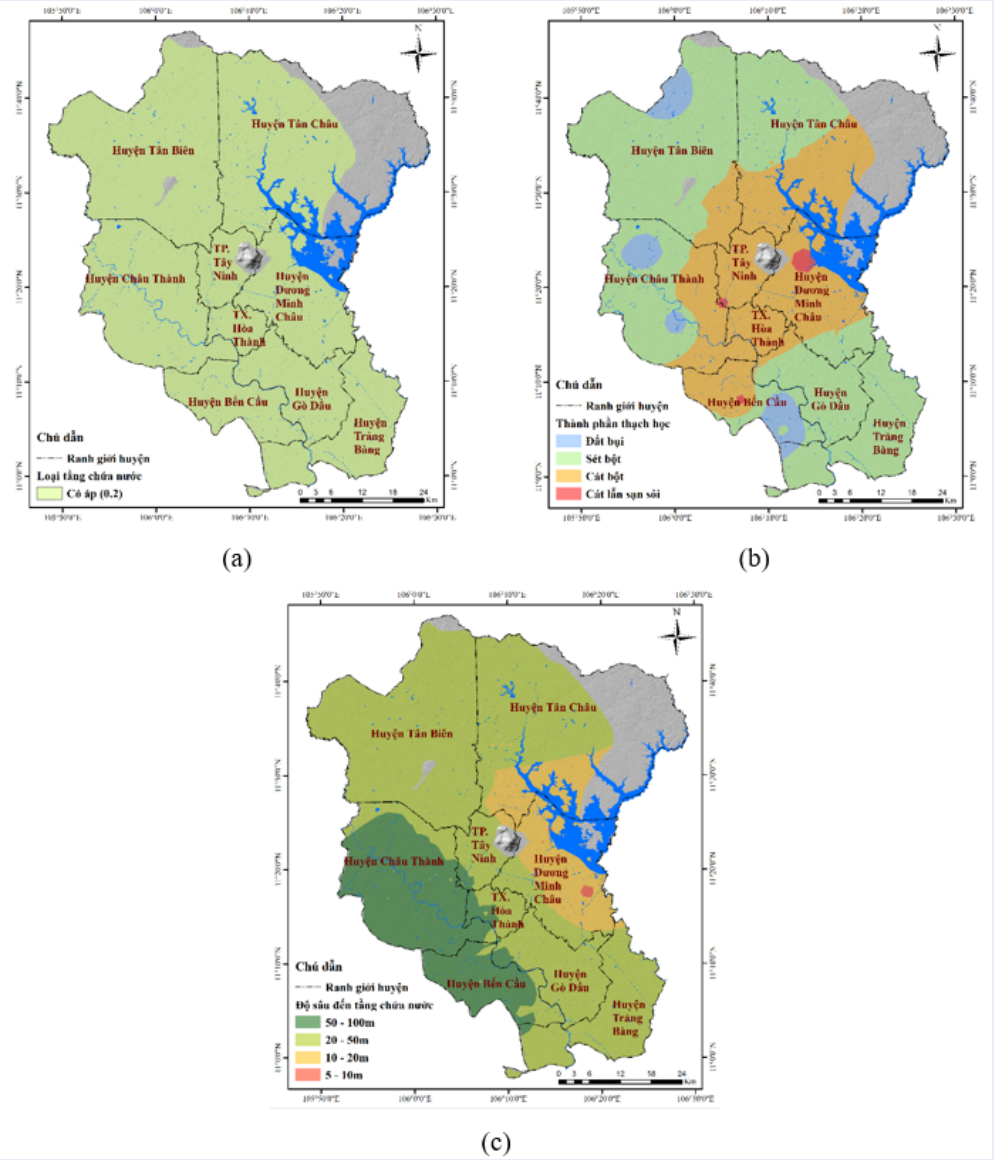


Hình 3: Phân vùng chất lượng nước dưới đất theo GWQI

Địa táng (chôn cất vĩnh viễn) là hình thức mai táng phổ biến nhất tại các nghĩa trang trên địa bàn tỉnh Tây Ninh. Các nghĩa trang được xác định có khả năng gây ô nhiễm nước dưới đất ở mức độ thấp do hàm lượng chất ô nhiễm chủ yếu là các nhóm vi sinh vật như vi rút và vi khuẩn.

Hiện nay, các đô thị trên địa bàn tỉnh Tây Ninh chưa có hệ thống thoát nước hoàn chỉnh và vẫn đang sử dụng thoát nước chung (bao gồm thoát nước thải và thoát nước mưa) tự chảy từ cao xuống thấp vào các vùng trũng như: ao hồ đầm và sau đó chảy ra sông suối chính trong vùng. Toàn bộ lượng nước được chảy ra 2 con sông chính của tỉnh là sông Vàm Cỏ Đông và sông Sài Gòn. Khu vực đất ở đô thị có tỷ lệ đấu nối của hệ thống thoát nước đạt khoảng 65%, tương ứng với mức độ ô nhiễm thuộc mức trung bình. Mặt khác, mức độ tiềm năng ô nhiễm của khu vực đất ở nông thôn được xác định là mức cao với tỷ lệ đấu nối của hệ thống thoát nước đạt khoảng 18% (Bảng 8).

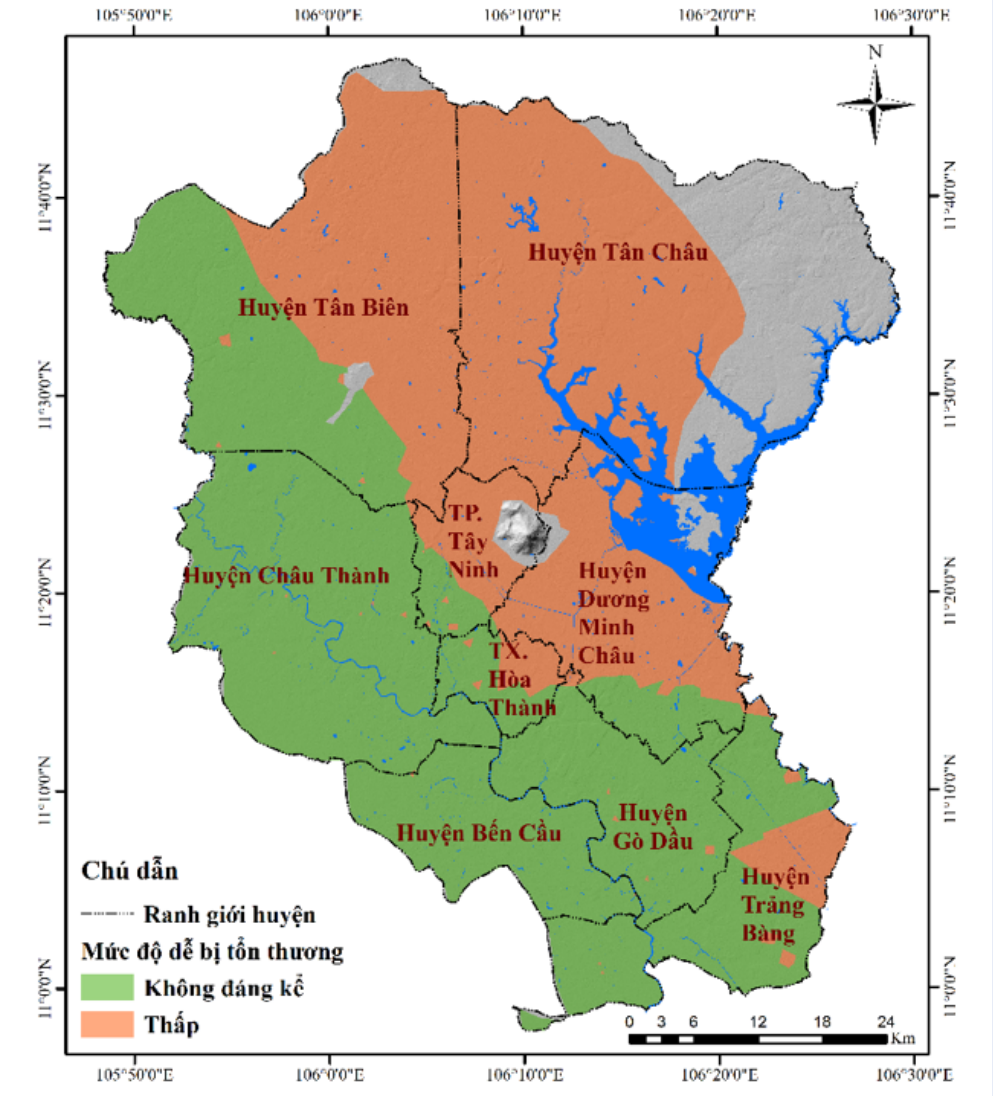
Hoạt động canh tác nông nghiệp được đánh giá mức độ tiềm năng tạo ra ô nhiễm cao đối với nước dưới đất là những hoạt động liên quan đến các khu vực độc canh trồng lúa và trồng mía trên địa bàn tỉnh Tây Ninh. Các khu vực canh tác nông nghiệp liên quan đến việc trồng cây lâu năm, cây cao su và các đồng cỏ có mức độ tiềm năng ô nhiễm thấp do đất ít bị xáo trộn và nhu cầu cung cấp dinh dưỡng không cao.



Hình 4: Các thông số thành phần G, O, D trên địa bàn tỉnh Tây Ninh. *(a) – (c) lần lượt thể hiện kết quả của Loại tầng chứa nước (G); Thành phần thạch học (O) và Độ sâu đến tầng chứa nước (D)*

Bảng 7: Mức độ ô nhiễm tiềm năng của các loại hình sản xuất công nghiệp phổ biến trên địa bàn tỉnh Tây Ninh [28]

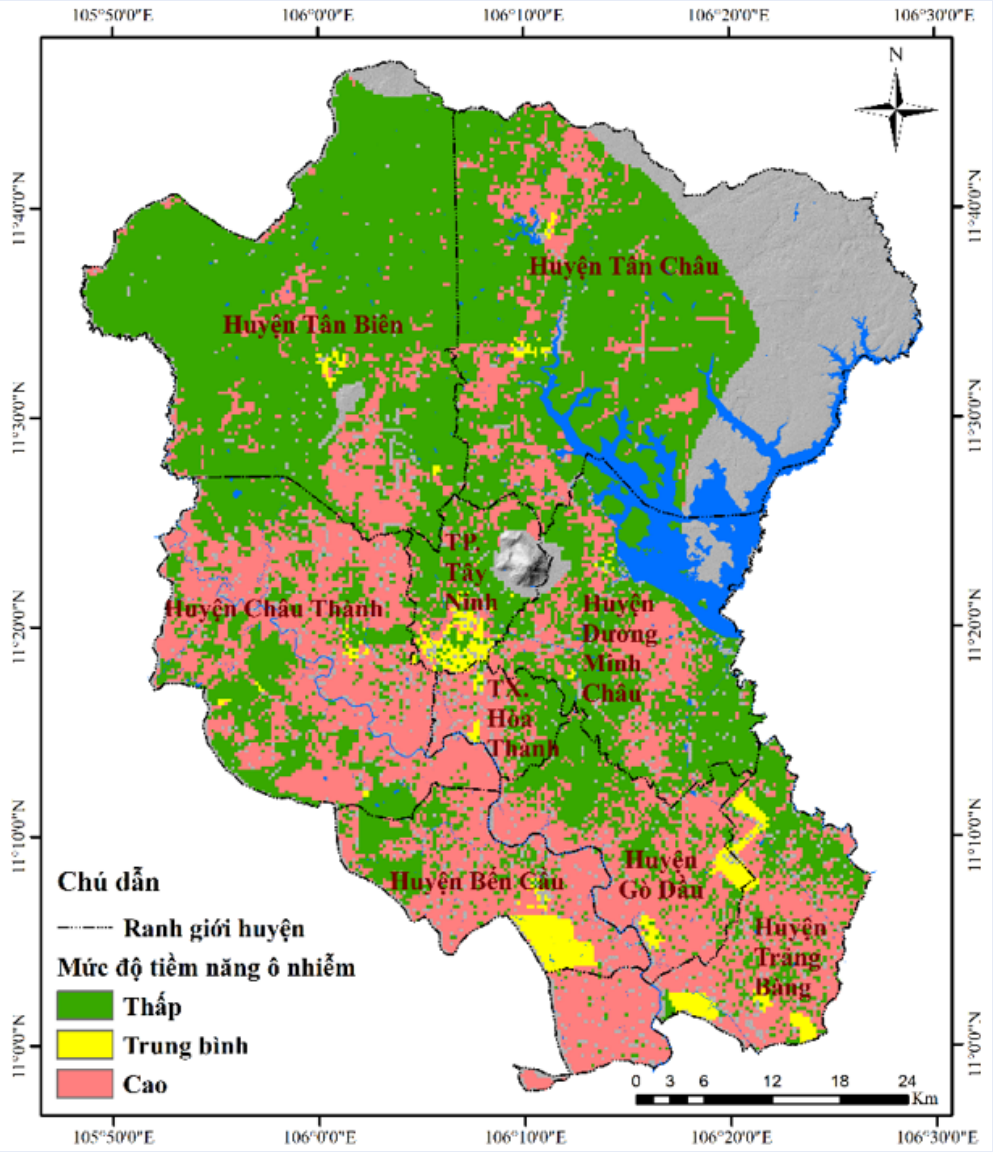
Loại hình sản xuất công nghiệp	Chỉ số tiềm năng ô nhiễm	Mức độ tiềm năng ô nhiễm
Chế biến cao su	2	Trung bình
Bột giấy và giấy	2	Trung bình
Dệt may	2	Trung bình
Thực phẩm	1	Thấp
Đồ gỗ	1	Thấp



Hình 5: Phân vùng mức độ dễ tổn thương của tầng Pleistocen giữa – trên

Bảng 8: Mức độ ô nhiễm tiềm năng dựa trên tỷ lệ bao phủ của hệ thống thoát nước thải trên địa bàn tỉnh Tây Ninh [28]

Tỷ lệ bao phủ của hệ thống thoát nước thải	Mức độ tiềm năng ô nhiễm
< 25%	Cao
≥ 25% và ≤ 75%	Trung bình
> 75%	Thấp



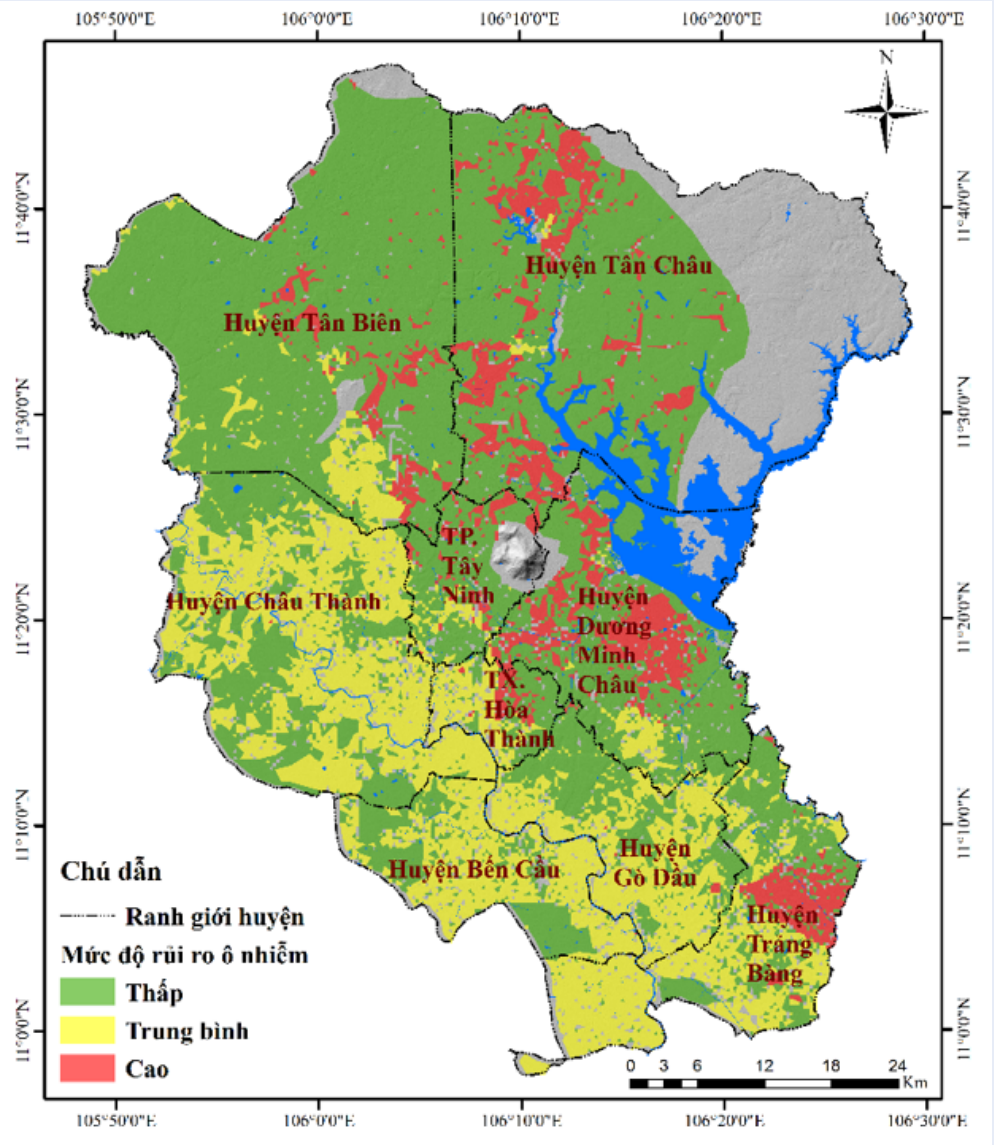
Hình 6: Phân vùng mức độ tiềm năng ô nhiễm tầng Pleistocen giữa – trên

Với các mức độ dữ liệu ô nhiễm này, bản đồ mức độ tiềm năng ô nhiễm đã được xây dựng (Hình 6), cho thấy I_P thấp tập trung chủ yếu ở vùng phía Bắc và Đông Bắc của tỉnh với diện tích 2.090,7 km^2, tương đương với 43%, ở khu vực trung tâm phía Nam vùng nghiên cứu, I_P thuộc nhóm trung bình (84,2 km^2; 2,5%) và mức độ tiềm năng ô nhiễm cao tập trung chủ yếu ở phía Tây và Tây Nam chiếm 35,7% diện tích toàn tỉnh, tương ứng với 1.208,2 km^2.

Chỉ số tiềm năng (I_P) đã được định lượng từ các hoạt động của con người tại khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, những hoạt động này có thể khác nhau về mặt không gian và thời gian, do đó kết quả đánh giá mức độ tiềm năng ô nhiễm tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên cũng có thể bị ảnh hưởng. Hiện tại, khoảng 35,7% diện tích khu vực nghiên cứu có I_P cao, tỷ lệ này có khả năng gia tăng và nhân rộng diện tích nếu các chiến lược quản lý và kiểm soát các hoạt động sử dụng đất trong khu vực không được tiến hành thực hiện ở khu vực nghiên cứu.

Đánh giá rủi ro ô nhiễm

Kết quả đánh giá mức độ rủi ro ô nhiễm tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên được trình bày tại Hình 7. R_C cao chiếm 9,1% diện tích nghiên cứu (307,8 km^2), R_C trung bình chiếm 26,9% (906,2 km^2), R_C thấp



Hình 7: Phân vùng mức độ rủi ro ô nhiễm tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên

chiếm 63,9% (2.153,2 km^2).

Việc sử dụng đất và các hoạt động của con người có khả năng gây ảnh hưởng đáng kể đến mức độ rủi ro ô nhiễm của nước dưới đất. Tuy nhiên, mức độ tiềm năng ô nhiễm có sự khác biệt đáng kể giữa các hoạt động này. Nhìn chung, nghiên cứu chỉ ra rằng các khu vực canh tác nông nghiệp có rủi ro ô nhiễm tầng chứa nước cao, trong khi các khu vực hoạt động công nghiệp có mức độ rủi ro ô nhiễm trung bình [30,31].

Kết quả phân vùng hạn chế sử dụng nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Tây Ninh

Dựa vào kết quả phân vùng chất lượng nước dưới đất GWQI và phân vùng mức độ rủi ro ô nhiễm R_c cho thấy, các khu vực có mức độ rủi ro ô nhiễm cao và hiện trạng chất lượng nước dưới đất thuộc phân loại từ trung bình đến xấu tập trung chủ yếu ở phía Đông và Đông Nam, là nơi tập trung các hoạt động nông nghiệp. Các hoạt động này không có kế hoạch và thiếu giám sát có thể tạo ra các chất gây ô nhiễm nước dưới đất và làm suy giảm chất lượng nước. Bên cạnh đó, yếu tố độ sâu đến tầng chứa nước cũng đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá tính dễ tổn thương của

nước dưới đất.

Các khu vực thuộc vùng hạn chế sử dụng nước dưới đất tầng qp_{2-3} tại tỉnh Tây Ninh (Hình 8) bao gồm: xã Tân Thành thuộc huyện Tân Châu, xã Phước Minh thuộc huyện Dương Minh Châu và phường Lộc Hưng và phường An Tịnh thuộc thị xã Trảng Bàng. Các khu vực này chủ yếu có các hoạt động canh tác nông nghiệp như trồng lúa nước, trồng mía, mì.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tính toán và phân vùng hiện trạng chất lượng nước dưới đất và chỉ ra rằng tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên gồm 4 phân loại, gồm: rất tốt, tốt, trung bình và xấu lần lượt chiếm 63,4%, 34,4%, 1,9% và 0,3% diện tích phân bố của tầng chứa nước. Bên cạnh đó, mức độ rủi ro ô nhiễm của nước dưới đất tầng Pleistocen giữa – trên (qp_{2-3}) tại địa bàn tỉnh Tây Ninh đã được đánh giá bằng cách áp dụng phương pháp GOD và POSH trên nền tảng GIS. Kết quả cho thấy khu vực có mức độ rủi ro ô nhiễm cao chiếm 9,1% diện tích nghiên cứu, tập trung chủ yếu ở khu vực phía Đông của tỉnh (gồm các huyện Tân Châu, Dương Minh Châu và thị xã Trảng Bàng), mức độ rủi ro ô nhiễm trung bình chiếm 26,9% diện tích khu vực nghiên cứu, tập trung chủ yếu tại khu vực phía Tây và Tây Nam của tỉnh (gồm các huyện Châu Thành và Bến Cầu), phần diện tích phân bố còn lại của tầng Pleistocen giữa – trên có mức độ rủi ro ô nhiễm thấp chiếm 63,9%. Các hoạt động góp phần khiến mức độ rủi ro ô nhiễm cao tại khu vực nghiên cứu (theo thứ tự giảm dần) là khu vực đất trồng lúa > trồng mía > khu vực đất ở nông thôn. Đây được xem là một nguồn dữ liệu trực quan đánh giá mức độ rủi ro ô nhiễm nước dưới đất từ đặc trưng điều kiện môi trường địa phương và các hoạt động kinh tế - xã hội trong vùng, đặc biệt là vùng có nhiều hoạt động canh tác nông nghiệp.

Các khu vực có hiện trạng chất lượng nước dưới đất thuộc phân loại trung bình hoặc xấu, đồng thời có mức độ rủi ro ô nhiễm được xác định thuộc khu vực hạn chế khai thác sử dụng nước dưới đất bao gồm: xã Tân Thành thuộc huyện Tân Châu, xã Phước Minh thuộc huyện Dương Minh Châu và phường Lộc Hưng và phường An Tịnh thuộc thị xã Trảng Bàng.

Kết quả này góp phần cung cấp các thông tin cần thiết cho địa phương, hỗ trợ nhà quản lý hiểu rõ hơn về mức độ rủi ro ô nhiễm và vùng hạn chế khai thác sử dụng nước dưới đất của tầng Pleistocen giữa – trên (qp_{2-3}) tại khu vực nghiên cứu. Từ đó có các công tác bảo vệ, kiểm soát ô nhiễm, hạn chế sử dụng và quản lý bền vững nước dưới đất ở những khu vực có mức độ rủi ro ô nhiễm cao và phân loại chất lượng nước xấu.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số C2024-24-09.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Lưu Khánh Linh đóng góp kết quả tính toán, viết nội dung bài báo.

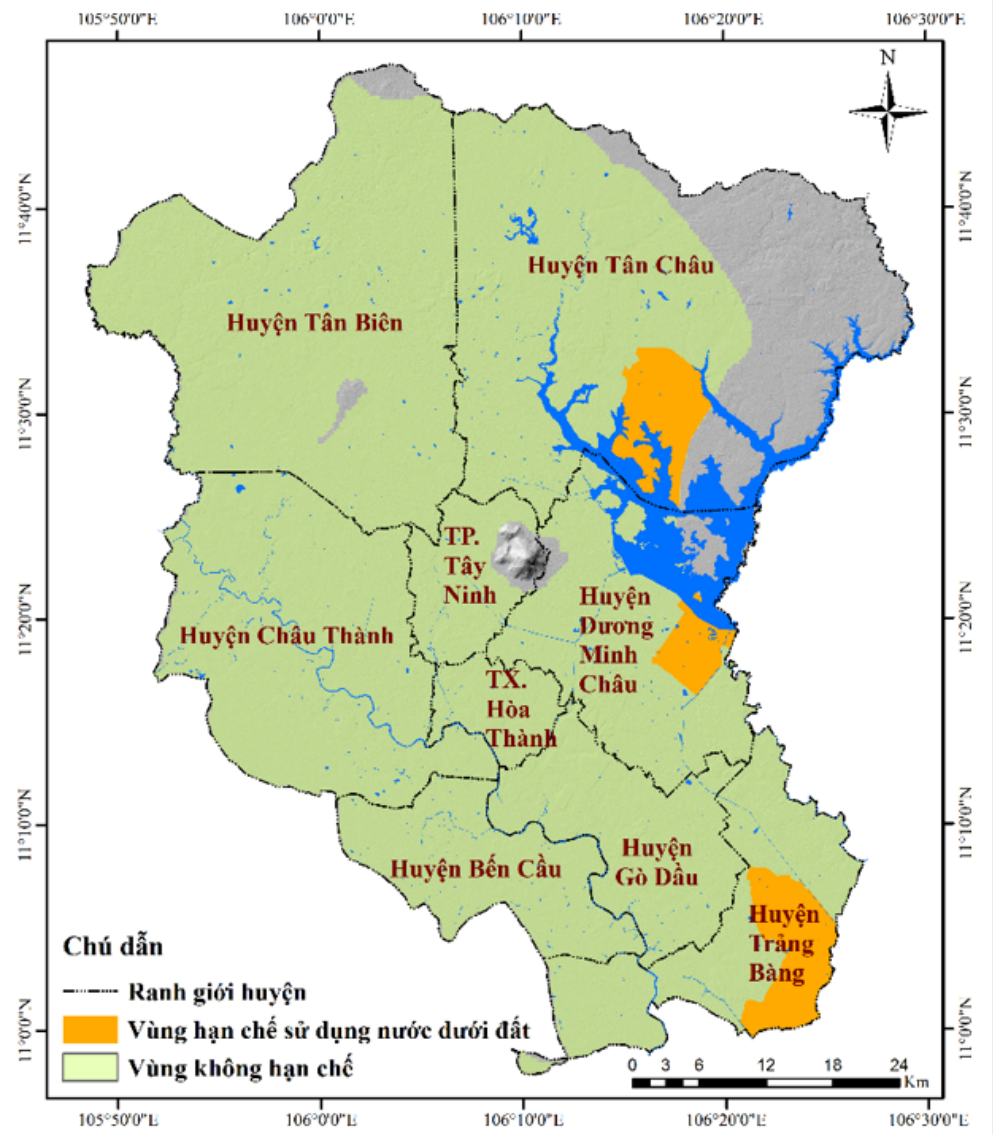
Tất Hồng Minh Vy đóng góp biên tập bản đồ chuyên đề.

Phạm Thị Tuyết Nhi đóng góp thu thập, xử lý số liệu.

Nguyễn Hải Âu đóng góp phân tích số liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. El-Rawy M, Batelaan O, Al-Arifi N, Alotaibi A, Abdalla F, Gabr MEJW. Climate change impacts on water resources in arid and semi-arid regions: A case study in Saudi Arabia. 2023;15(3):606;Available from: https://doi.org/10.3390/w15030606.
2. Yin S, et al. Long-term trends of streamflow, sediment load and nutrient fluxes from the Mississippi River Basin: Impacts of climate change and human activities. 2023;616:128822;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128822.
3. Bordbar M, Busico G, Sirna M, Tedesco D, Mastrocicco MJJ. A multi-step approach to evaluate the sustainable use of groundwater resources for human consumption and agriculture. 2023;347:119041;Available from: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119041.
4. Ủy ban nhân dân tỉnh Tây Ninh. Báo cáo tổng hợp Quy hoạch tỉnh Tây Ninh thời kỳ 2021 – 2030, tầm nhìn đến năm 2050. 2023. (in Vietnamese);.
5. Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Tây Ninh. Báo cáo tổng hợp Quy hoạch thủy lợi tỉnh Tây Ninh giai đoạn 2016 – 2025 và định hướng đến năm 2035. 2018. (in Vietnamese);Available from: https://doi.org/10.58902/tcnckhpt.v3i2.152.
6. Li P, Karunanidhi D, Subramani T, Srinivasamoorthy KJA, et al. Sources and consequences of groundwater contamination. 2021;80:1-10;Available from: https://doi.org/10.1007/s00244-020-00805-z.
7. Li P, He X, Guo WJH. Spatial groundwater quality and potential health risks due to nitrate ingestion through drinking water: a case study in Yan'an City on the Loess Plateau of northwest China. 2019;25(1-2):11-31;Available from: https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1553612.
8. Çadraku HSJ. Groundwater quality assessment for irrigation: case study in the Blinaja river basin, Kosovo. 2021;7(9):1515-28;Available from: https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091740.
9. Harun HH, et al. Association of physicochemical characteristics, aggregate indices, major ions, and trace elements in developing groundwater quality index (GWQI) in agricultural area. 2021;18(9):4562;Available from: https://doi.org/10.3390/ijerph18094562.
10. Noori A, Ranjbari F, Bonakdari HJE. Investigation of groundwater resources quality for drinking purposes using GWQI and GIS: A case study of Ottawa city, Ontario, Canada. 2023;25(1):74;Available from: https://doi.org/10.3390/ecws-7-14314.



Hình 8: Phân vùng hạn chế khai thác sử dụng tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên

11. Verma A, Singh NAG. Evaluation of groundwater quality using pollution index of groundwater (PIG) and non-carcinogenic health risk assessment in part of the Gangetic Basin. 2021;40:419-40;Available from: https://doi.org/10.1007/s11631-020-00446-y.
12. Ghosh R, Sutradhar S, Mondal P, Das NME, et al. Application of DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability: a study on Birbhum district, West Bengal, India. 2021;7(2):1225-39;Available from: https://doi.org/10.1007/s40808-020-01047-7.
13. Bera A, Mukhopadhyay BP, Chowdhury P, Ghosh A, Biswas S, et al. Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC model in Nangasai River Basin, India with special emphasis on agricultural contamination. 2021;214:112085;Available from: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112085.
14. Zghibi A, et al. Vulnerability of a Tunisian coastal aquifer to seawater intrusion: Insights from the GALDIT Model. 2022;14(7):1177;Available from: https://doi.org/10.3390/w14071177.
15. Sujitha V, Purandara B, Shivapur AV, Davithuraj JJ. Assessment of aquifer vulnerability using GALDIT model—a case study. 2020;95:507-12;Available from: https://doi.org/10.1007/s12594-020-1469-1.
16. Oni T, Omosuyi G, Akinlalu AJN. Groundwater vulnerability assessment using hydrogeologic and geoelectric layer susceptibility indexing at Igbara Oke, Southwestern Nigeria. 2017;6(2):452-8;Available from: https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2017.04.009.
17. Rukmana BTS, Bargawa WS, Cahyadi TA. Assessment of groundwater vulnerability using GOD method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;477(1):012020;Available from: https://doi.org/10.1088/1755-1315/477/1/012020.
18. Ghazavi R, Ebrahimi ZJ. Assessing groundwater vulnerability to contamination in an arid environment using DRASTIC and GOD models. 2015;12:2909-18;Available from: https://doi.org/

10.1007/s13762-015-0813-2.
19. Maria R. Comparative studies of groundwater vulnerability assessment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018;118(1):012018;Available from: https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012018.
20. Thi NTP, Pham KQ, Nguyen AH, et al. Using GIS-based and AHP-GALDIT method for salt intrusion vulnerability mapping in the coastal Pleistocene aquifer, Ba Ria–Vung Tau province. 2021;5(S3):93-102;Available from: https://doi.org/10.3390/su15108107.
21. Nguyen AH, Nguyen VMH. Groundwater pollution vulnerability assessment using a modified DRASTIC model in Ho Chi Minh City, Vietnam. 2024;Available from: https://doi.org/10.1002/ird.2953.
22. Phan CN, Nguyễn TT, Nguyễn VT, Nguyễn UV, Nguyễn TKJ, et al. Tiềm năng tài nguyên nước khu vực Chàng Riệc, tỉnh Tây Ninh và giải pháp khai thác, sử dụng tiết kiệm nước. 2022;131(4A):130-47. (in Vietnamese);.
23. Phu H, Tuan LC, Thao NLYN, Han HTN. Relation of groundwater quality and peat deposits in Tay Ninh province, Vietnam. 2022;54(1);.
24. Varol S, Davraz A. Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). 2015;73:1725-44;Available from: https://doi.org/10.1007/s12665-014-3531-z.
25. Mgbenu CN, Egbueri JC. The hydrogeochemical signatures, quality indices and health risk assessment of water resources in Umunya district, southeast Nigeria. 2019;9(1):22;Available from: https://doi.org/10.1007/s13201-019-0900-5.
26. Nguyen AH, et al. Application of groundwater quality index (GWQI) and principle component analysis (PCA) to assess the groundwater quality of Pleistocene aquifer in Tan Thanh district, Ba Ria–Vung Tau province. 2018;2(2):107-15;Available from: https://doi.org/10.32508/stdjsee.v2i2.499.
27. Foster S. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. 1987;.
28. Foster S, Hirata R, Gomes D, D'Elia M. Groundwater quality protection - a guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies. The World Bank; 2002;Available from: https://doi.org/10.1596/0-8213-4951-1.
29. Elubid BA, et al. Geospatial distributions of groundwater quality in Gedaref State using geographic information system (GIS) and drinking water quality index (DWQI). 2019;16(5):731;Available from: https://doi.org/10.3390/ijerph16050731.
30. Huang Y, Zuo R, Li J, Wu J, Zhai Y, et al. The spatial and temporal variability of groundwater vulnerability and human health risk in the Limin District, Harbin, China. 2018;10(6):686;Available from: https://doi.org/10.3390/w10060686.
31. Bera A, Mukhopadhyay BP, Das JC. Groundwater vulnerability and contamination risk mapping of semi-arid Totko river basin, India using GIS-based DRASTIC model and AHP techniques. 2022;307:135831;Available from: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135831.

Science & Technology Development Journal – Science of The Earth & Environment 2024, 8(2):1032-1047

Open Access Full Text Article

Research Article

Risk assessment of groundwater contamination and usage restrictions zoning in Tay Ninh province

Luu Khanh Linh*, Pham Thi Tuyet Nhi, Tat Hong Minh Vy, Nguyen Hai Au

ABSTRACT

The upper-middle Pleistocene (qp_{2-3}) aquifer in Tay Ninh province is the primary source of supply for drinking and domestic purposes. In this study, the risk of contamination (RC) was calculated and zoned considering groundwater vulnerability assessment (GOD) and contamination danger index (POSH) in the GIS environment. At the same time, to zone the groundwater quality according to the purpose of use, the study applied the groundwater quality index (GWQI) from the analysis results of 60 water samples in the study area. The results show that the risk of contamination is divided into 3 zones: low, medium, and high, accounting for 63.9%, 26.9%, and 9.1% of the distribution area of the upper-middle Pleistocene aquifer, respectively. The study shows that agricultural areas have a high risk of contamination, while industrial areas have a medium risk of contamination. This result is considered an important tool to support managers in protecting, controlling pollution, limiting exploitation and use activities, and sustainably managing groundwater.

Key words: Risk of groundwater contamination, Pleistocene aquifer, GIS, GOD, Tay Ninh province

Institute for Environment and Resources, Vietnam National University of Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Luu Khanh Linh, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University of Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: khanhlinh@hcmier.edu.vn

History

- Received: 19-7-2024
- Revised: 21-8-2024
- Accepted: 27-8-2024
- Published Online: 31-12-2024

DOI : ttps://doi.org/10.32508/stdjsee.v8i2.784

Check for updates

Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNUHCM PRESS

Cite this article : Linh L K, Nhi P T T, Vy T H M, Au N H. **Risk assessment of groundwater contamination and usage restrictions zoning in Tay Ninh province**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2024, 8(2):1032-1047.