



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang diện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các tầng chứa nước trên địa bàn Tỉnh Đồng Nai

Nguyễn Công Tài

Phòng kế hoạch - kỹ thuật, Liên đoàn quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Nam, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
 Nhận bài 15/1/2018
 Chấp nhận 12/3/2018
 Đăng online 30/6/2018

Từ khóa:
 Bản đồ chỉ số DRASTIC
 Mức độ tổn thương
 Khả năng tự bảo vệ nước
 dưới đất

TÓM TẮT

Để đánh giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Đồng Nai, tác giả sử dụng hệ thống DRASTIC, là hệ thống sử dụng 7 yếu tố liên quan đến sự di chuyển và phân tán của chất bẩn vào nước dưới đất: độ sâu mực nước dưới đất, lượng bổ cập, thành phần đất đá tầng chứa nước, thành phần đất đá lớp phủ, độ dốc địa hình, đới thông khí và tính thấm của tầng chứa nước. Trong mỗi yếu tố có xét đến mức độ tác động nhiễm bẩn và vai trò của nó trong hệ thống. Qua các tài liệu nghiên cứu tại vùng khảo sát, tác giả đã xác định được chỉ số DRASTIC (DI) biến đổi từ 64 đến 186, qua đó phân ra 5 vùng, phản ánh mức độ nhạy cảm nhiễm bẩn khác nhau của nước dưới đất tại tỉnh Đồng Nai là: vùng có mức độ tổn thương với nhiễm bẩn rất thấp ($DI \leq 80$): phân bố ở các thành tạo phun trào Kreta, có tổng diện tích 171,3km², chiếm khoảng 2,91% diện tích toàn tỉnh, thường gặp ở những núi cao là các khoảnh nhỏ ở Vĩnh Cửu, Tân Phú, Xuân Lộc...; vùng có mức độ tổn thương với nhiễm bẩn thấp ($80 < DI \leq 110$): phân bố ở các trầm tích lục nguyên tuổi Jura, có tổng diện tích 1469,0km², chiếm khoảng 24,92% diện tích toàn tỉnh. Phân bố ở Vĩnh Cửu, Trại An, Tân Phú, tây nam Xuân Lộc, nam Long Thành...; vùng có mức độ tổn thương với nhiễm bẩn trung bình ($110 < DI \leq 130$): phân bố ở các trầm tích lục nguyên tuổi Jura có độ dốc địa hình nhỏ hoặc các trầm tích Kainozoi, có tổng diện tích 1216,0km², chiếm khoảng 20,63% diện tích toàn tỉnh. Phân bố trên diện rộng ở Vĩnh Cửu, Trại An, TP. Biên Hòa, Long Thành, Nhơn Trạch, một vài khoảnh nhỏ ở Tân Phú, Xuân Lộc...; vùng có mức độ tổn thương với nhiễm bẩn cao ($130 < DI \leq 150$): phân bố ở các thành tạo Bazan, các trầm tích Holocen ven sông Đồng Nai hoặc các khối đá tuổi T2, K1, có tổng diện tích 747,4km², chiếm khoảng 12,68% diện tích toàn tỉnh. Phân bố trên diện rộng ở Tân Phú, Long Thành, Trảng Bom, Xuân Lộc...; vùng có mức độ tổn thương với nhiễm bẩn rất cao ($DI > 150$): phân bố ở các thành tạo Bazan có độ dốc địa hình nhỏ, lớp phủ là sét co ngót, có tổng diện tích 1937,0km², chiếm khoảng 32,85% diện tích toàn tỉnh. Phân bố trên diện rộng ở Long Thành, Xuân Lộc, Tân Phú, Định Quán...

© 2018 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E-mail: nctai1988@gmail.com

1. Mở đầu

Đồng Nai là tỉnh thuộc miền Đông Nam Bộ, có diện tích tự nhiên 5.907,24km² chiếm 1,76% diện tích tự nhiên toàn quốc và 25,5% diện tích tự nhiên vùng Đông Nam Bộ. Địa hình thuộc dạng địa hình chuyển tiếp từ cao nguyên Trung Bộ đến đồng bằng Nam Bộ, có mạng sông suối, kênh rạch tương đối phát triển. Trên địa bàn tỉnh Đồng Nai các tầng chứa nước (TCN) có ý nghĩa hơn cả là các TCN lỗ hổng Pleistocen giữa-trên (qp_{2-3}), Pleistocen dưới (qp_1), Pliocen (n_2^2), TCN khe nứt các thành tạo phun trào bazan Pleistocen giữa (βqp_2) và TCN khe nứt các đá trầm tích Jura (j_{1-2}).

Trong vùng nghiên cứu, nguồn nước đang sử dụng chủ yếu là sử dụng nguồn nước dưới đất (NDĐ) như là nguồn nước cung cấp chính trong sinh hoạt và phát triển kinh tế. Quá trình khai thác, sử dụng nước dưới đất kéo theo những vấn đề như gia tăng nguy cơ ô nhiễm, cạn kiệt nguồn nước, sụt lún mặt đất, ...

Kết quả điều tra hiện trạng sử dụng NDĐ trong khu vực cho thấy mực nước và chất lượng NDĐ ở một số nơi có xu hướng biến đổi xấu theo thời gian, vì vậy việc đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN là cơ sở rất quan trọng trong việc định hướng bảo vệ tính bền vững của nguồn NDĐ phục vụ cho sinh hoạt và sản xuất.

2. Nội dung

Để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN tác giả lập 7 bản đồ chuyên đề chủ yếu đánh giá cho TCN thứ nhất tính từ mặt đất:

a. Bản đồ độ sâu mực nước dưới đất (D): Chiều sâu tới mực nước ngầm của TCN trên địa bàn tỉnh Đồng Nai được đánh giá dựa trên tài liệu quan trắc mực nước của 50 công trình quan trắc thuộc mạng quan trắc Quốc gia tài nguyên nước và mạng quan trắc chuyên của tỉnh Đồng Nai (Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai, 2015; Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2017). Sau đó được chia khoảng, cho điểm và gán trọng số theo phương pháp DRASTIC.

b. Bản đồ lượng bổ cập hàng năm cho nước dưới đất (R): Lượng bổ cập được xác định theo tài liệu quan trắc động thái NDĐ cho từng TCN ở các trạm quan trắc trong toàn vùng (Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai, 2015; Liên đoàn quy

hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2017).

c. Bản đồ thành phần đất đá tầng chứa nước (A): Môi trường TCN được thành lập dựa vào kết quả lập bản đồ Địa chất thủy văn tỷ lệ 1/50.000 tỉnh Đồng Nai. Nội dung chủ yếu là phân chia các kiểu môi trường chứa nước khác nhau cho TCN thứ nhất tính từ mặt đất (Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2004).

d. Bản đồ thành phần lớp đất phủ (S): Môi trường lớp phủ bề mặt đất của tỉnh Đồng Nai được thu thập và thành lập từ bản đồ phân loại đất theo FAO/UNESCO do Sở Khoa học, Công nghệ và Môi trường cung cấp tỷ lệ 1:50.000 (Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2004). Sau đó môi trường lớp phủ sẽ được chia khoảng, cho điểm và gán trọng số theo thông số "S" của phương pháp DRASTIC.

e. Bản đồ độ dốc địa hình (T): Bản đồ phân vùng độ dốc địa hình được xây dựng từ bản đồ địa hình VN 2000 tỷ lệ 1/10.000 tỉnh Đồng Nai do Sở Khoa học, Công nghệ và Môi trường cung cấp (Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2004). Sau đó độ dốc địa hình sẽ được chia khoảng, cho điểm và gán trọng số theo thông số "T" của phương pháp DRASTIC.

f. Bản đồ ảnh hưởng của đới thông khí (I): Cơ sở để xác định và phân loại môi trường đới thông khí là bản đồ Địa chất và bản đồ Địa chất thủy văn tỷ lệ 1/50.000 (Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2004). Trong bản đồ sẽ sử dụng các thông tin liên quan đến đất đá nằm ngay trên mực nước ngầm, sau đó phân vùng từng loại đất đá khác nhau rồi chia khoảng, gán trọng số và điểm số theo tham số "I" của DRASTIC.

g. Bản đồ tính thấm của tầng chứa nước (C): Để xây dựng bản đồ này tác giả đã sử dụng kết quả tính hệ số thấm từ kết quả của 132 thí nghiệm bơm đơn và bơm chùm trong báo cáo tổng kết dự án nghiên cứu điều tra bổ sung, biên hội loạt bản đồ ĐCTV tỉnh đồng nai tỷ lệ 1/50.000 (Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2004). Sau khi lập được các bản đồ chuyên đề tác giả dùng phương pháp chập bản đồ để đưa ra bản đồ phân vùng chỉ số Dractis.

3. Phương pháp nghiên cứu

Hiện nay có nhiều phương pháp đánh giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn của TCN như DRASTIC, DRASTIC FM, GOD, POSH, GLA, UNESCO... Để đánh

giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn NDĐ vùng Đồng Nai, tác giả sử dụng hệ thống DRASTIC áp dụng với đất đá bờ rời được sử dụng phổ biến hơn cả, là hệ thống đánh giá tiềm năng nhiễm bẩn NDĐ do Hội Liên hiệp Bảo vệ môi trường (EPA –Environmental Protection Association) đưa ra năm 1980 và đã được áp dụng tại các nước Mỹ, Australia, Thụy Điển... Hệ thống gồm 7 yếu tố dùng để đánh giá khả năng nhiễm bẩn khác nhau là (Lars Rosen, 1994; Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2016): *D* - Depth: độ sâu mực NDĐ, tính từ mặt đất; *R* - Recharge: lượng bổ cập hàng năm cho NDĐ; *A* - Aquifer: thành phần đất đá TCN; *S* - Soil: thành phần lớp đất phủ; *T* - Topography: độ dốc địa hình; *I* - Impact of vadose zone: ảnh hưởng của đới thông khí; *C* - Conductivity: tính thấm của tầng chứa nước.

Mỗi yếu tố trong các yếu tố trên được phân

vùng, đánh giá và cho điểm riêng tùy theo mức độ tác động nhiễm bẩn cho NDĐ. 7 yếu tố được cộng lại lấy điểm tổng để đánh giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn, có xét đến vai trò tác động của từng yếu tố. Tùy theo vai trò tác động của từng yếu tố nói trên đối với nhiễm bẩn mà có hệ số (trọng số) khác nhau trong tổng điểm đánh giá: yếu tố *D*, *I* hệ số 5; yếu tố *R* hệ số 4; yếu tố *A*, *C* hệ số 3; yếu tố *S* hệ số 2; yếu tố *T* hệ số 1. Mỗi yếu tố tùy theo mức độ gây nhiễm bẩn mà cho điểm. Chỉ số DRASTIC (DI) được đánh giá theo công thức sau:

$$DI = 5D + 4R + 2A + 2S + 2T + 5I + 3C$$

Ngoài ra để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN tác giả sử dụng tổng hợp các phương pháp:

Thu thập tổng hợp và phân tích tài liệu; sử dụng hệ thống thông tin địa lý GIS; phương pháp mô hình và phương pháp chuyên gia.

Bảng 1. Bậc điểm cho từng mức độ trong các yếu tố.

Số TT	Yếu tố đánh giá	Trọng số	Mức độ các yếu tố	Điểm số
1	D	5	h = 0 - 2m	10
			h = 2 - 5m	9
			h = 5 - 9m	7
			h = 9 - 15m	5
			h = 15 - 23m	3
			h = 23 - 30m	2
			h > 30m	1
2	R	4	W = 0 - 51mm/năm	1
			W = 51 - 102mm/năm	3
			W > 254mm/năm	9
3	A	3	Đá biến chất/núi lửa	3
			Đá phiến sét, đá vôi, cát kết phân lớp mỏng	6
			Cát và sỏi	8
			Bazan	9
4	S	2	Mỏng hoặc không có	10
			Sét co ngót hoặc sét tạt	7
			Mùn lẫn cát	6
			Mùn lẫn sét	3
			Sét không co ngót hoặc sét	1
5	T	1	D = 0 - 2%	10
			D = 2 - 6%	9
			D = 6 - 12%	5
			D = 12 - 18%	3
			D > 18%	1
6	I	5	Bột hoặc sét	3
			Đá phiến sét, đá vôi, cát kết phân lớp	6
			Đá biến chất hoặc đá núi lửa	6
			Bazan	9
7	C	3	K = 12 - 29m/ng.đ	4
			K = 4 - 12m/ng.đ	2
			K = 0 - 4m/ng.đ	1

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả tính toán các bản đồ chuyên đề

Tổng hợp, phân tích 7 yếu tố tác giả đã nêu ở phần 2 để đánh giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn NĐĐ tác giả đưa ra bảng tổng hợp cho các yếu tố như Bảng 1. Bảng Phụ lục 1,2,3,4,5,6,7 tính toán cho các yếu tố.

Phụ lục 1. Bảng phân chia khoảng chiều sâu tới mực nước ngầm

Chiều sâu tới mực nước ngầm (m)	
Khoảng chia	Điểm số
0 - 2	10
2 - 5	9
5 - 9	7
9 - 15	5
15 - 23	3
23 - 30	2
30	1

Phụ lục 2. Đánh giá lượng bổ cập hàng năm của các TCN.

STT	TCN	Lượng bổ cập từ nước mưa W, mm/năm
1	qp	622
2	qp ₁	1362
3	n ₂	643
4	βqp ₃	506
5	βqp ₂	506
6	βn ₂ -qp ₁	506
7	βn ₁ ³	506
8	k ₁	50
9	J ₁₋₂	90

Phụ lục 3. Đánh giá thành phần đất đá tầng chứa nước.

Môi trường chứa nước	Điểm
Đá biến chất/núi lửa	3
Đá phiến sét, đá vôi, cát kết phân lớp mỏng	6
Cát và sỏi	8
Bazan	9

Bảng 2. Phân vùng mức độ tổn thương đối với nhiễm bẩn của tầng chứa nước bờ rời.

Phân vùng mức độ tổn thương	Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao
Giá trị của chỉ số DRASTIC (DI)	< 80	80 - 110	110 - 130	130 - 150	> 150

Phụ lục 4. Đánh giá thành phần lớp đất phủ.

Môi trường đất phủ	Điểm
Mỏng hoặc không có	10
Sét co ngót hoặc sét tạt	7
Mùn lẫn cát	6
Mùn lẫn sét	3
Sét không co ngót hoặc sét	1

Phụ lục 5. Bảng phân chia điểm số độ dốc địa hình.

Điểm số	Phần trăm độ dốc địa hình	Độ dốc địa hình tương ứng
10	0 - 2%	1°
9	2 - 6%	1 - 3,5°
5	6 - 12%	3,5 - 7°
3	12 - 18%	7 - 10,5°
1	> 18%	> 10,5°

Phụ lục 6. Đánh giá thành phần đất đá đới thông khí.

Ảnh hưởng của đới thông khí	
Khoảng chia	Điểm số
Bột hoặc sét	3
Đá phiến sét, đá vôi, cát kết phân	6
Đá biến chất hoặc đá núi lửa	6
Bazan	9

Phụ lục 7. Đánh giá tính thấm của tầng chứa nước.

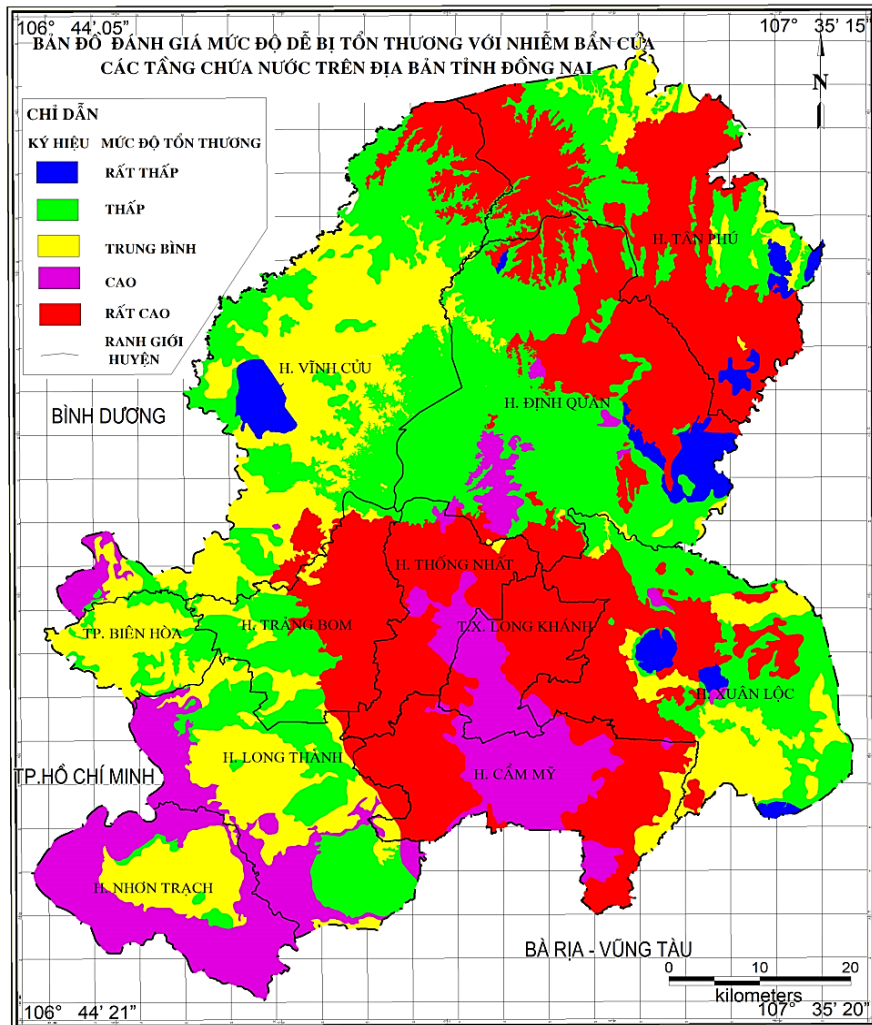
Hệ số thấm của môi trường chứa nước (m/ngày)	
Khoảng chia	Điểm số
12 - 29	4
4 - 12	2
0 - 4	1

4.2. Kết quả phân vùng độ nhạy cảm nhiễm bẩn

Thông thường dựa vào chỉ số DRASTIC mức độ dễ bị tổn thương đối với nhiễm bẩn của các TCN bờ rời được phân chia ra các vùng như Bảng 2 (Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2016).

Bảng 3. Mức độ nhạy cảm nhiễm bẩn nước dưới đất.

STT	Giá trị của chỉ số DI	Mức độ tổn thương đối với nhiễm bẩn	Diện tích (km ²)
1	< 80	Rất thấp	171,3
2	80 - 110	Thấp	1469,0
3	110 - 130	Trung bình	1216,0
4	130 - 150	Cao	747,4
5	> 150	Rất cao	1937,0



Hình 1. Bản đồ đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN trên địa bàn tỉnh Đồng Nai.

Sau khi tiến hành đánh giá và phân vùng dựa trên 7 yếu tố chính của hệ thống DRASTIC, tác giả dùng phương pháp chập bản đồ xác định các vùng có điểm chung của 7 yếu tố và tính điểm tổng DI cho các vùng đó. Dựa vào kết quả điểm tổng để đánh giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn của NĐĐ vùng nghiên cứu. Kết quả đã xác định được 5 vùng với điểm tổng DI biến đổi từ 64 ÷ 186 (Bảng 3, Hình 1).

4.3. Thảo luận

Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN là một nhu cầu cần thiết để từ đó đưa ra công cụ cảnh báo trong sử dụng khai thác tài nguyên NĐĐ cũng như lập kế hoạch sử dụng đất. Trong những năm gần đây, mặc dù đã có một số công trình nghiên cứu ứng dụng các phương

pháp đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn cho các vùng cụ thể trên lãnh thổ Việt Nam, tuy nhiên tính đúng đắn về phương pháp và thống nhất trong đánh giá vẫn còn là vấn đề cần thảo luận. Việc lựa chọn, phân chia thang giá trị chỉ số DI để đánh giá hiệu quả hơn đối với từng vùng đang là vấn đề cần nghiên cứu thêm.

5. Kết luận

Hiện nay có nhiều phương pháp nghiên cứu đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN. Những phương pháp phổ biến nhất như phương pháp DRASTIC, GOD, POSH... Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm, nhược điểm, điều kiện, phạm vi áp dụng nhất định. Để lựa chọn phương pháp phù hợp cần phân tích kỹ các đặc điểm, điều kiện môi trường địa chất, ĐCTV, đặc điểm tự nhiên và các hoạt động kinh tế - công trình.

Sau khi phân tích, đánh giá ưu nhược điểm các phương pháp đánh giá sự tổn thương với nhiễm bẩn của các TCN, đã tiến hành lựa chọn phương pháp DRASTIC cho đất đá bờ rời vùng Đồng Nai bao gồm các yếu tố: chiều sâu mực NĐĐ (D), lượng bổ cập (R), thành phần thạch học (A), thành phần lớp phủ (S), độ dốc địa hình (T), đới thông khí (I) và hệ số thấm (C).

Kết quả phân vùng chia ra thành 5 vùng có giá trị chỉ số Drastic khác nhau: $DI \leq 80$, $80 < DI \leq 110$, $110 < DI \leq 130$, $130 < DI \leq 150$ và $DI > 150$ tương ứng với nó là các mức độ tổn thương rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao.

Tài liệu tham khảo

Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution using hydrological settings. *US EPA document no. EPA/600/2-85-018*.

Cục thống kê tỉnh Đồng Nai, 2017. Tài liệu niên giám thống kê tỉnh Đồng Nai.

Phạm Quý Nhân, 2012. *Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn để đánh giá khả năng tự bảo vệ các TCN. Áp dụng thử nghiệm cho các vùng đặc trưng ở Việt Nam*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Lars Rosen, 1994. A study of the DRASTIC Methodology with Emphasis on Swedish Conditions. *Groundwater. Vol.32*. pp 278-285.

Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2004. Báo cáo tổng kết dự án nghiên cứu điều tra bổ sung, biên hội loạt bản đồ ĐCTV tỉnh đồng nai tỷ lệ 1/50.000 và qui hoạch quản lý khai thác, bảo vệ bền vững tài nguyên Nước dưới đất, Đồng Nai. Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, Hồ Chí Minh.

Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, 2017. *Số liệu quan trắc động thái nước dưới đất khu vực Đồng Nai từ năm 2004 - 2017*. Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, Hồ Chí Minh.

Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai, 2015. *Báo cáo tổng hợp nhiệm vụ quan trắc chất lượng môi trường nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Đồng Nai*. Trung tâm quan trắc và kỹ thuật môi trường tỉnh Đồng Nai, Đồng Nai.

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2012. *Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn để đánh giá khả năng tự bảo vệ của các tầng chứa nước*. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, Hà Nội.

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, 2016. *Hướng dẫn kỹ thuật bảo vệ nước dưới đất*. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, Hà Nội.

ABSTRACT

Assess vulnerability to contamination of groundwater levels in Dong Nai Province

Tai Cong Nguyen

Planning and Technical Department, Division for Water Resources Planning and Investigation for the South of Vietnam, Viet Nam

For assessing vulnerability to contamination of groundwater Dong Nai province, the author uses DRASTIC system, This system uses 7 factors related to transport and diffusion of contaminants in groundwater, being: depth to water, recharge, aquifer media, soil media, topography, impact of vadose zone and conductivity of the aquifer. Each factor is considered regarding impact to groundwater contamination and its role in the system. Based on study data in the area, the author has determined its DRASTIC index (DI) changing in range from 64 to 186. On the basic to DI, the area was divided into 5 zones that display various vulnerabilities to groundwater contamination in Dong Nai province as follows: zone of extremely low vulnerability ($DI \leq 80$) is located on distribution area of Cretaceous effusive rocks, this zone has total area of 171.3km², forming about 2.91% of area of the province and is located in mountainous region, being small spots in Vinh Cuu, Tan Phu, Xuan Loc ... districts; zone of low vulnerability ($80 < DI \leq 110$) is located in Jurassic terrigenous sediments of steep topography or in Pleistocene sediments that has soil media of silty clay, this zone has total area of 1,469km², forming about 24.92% of area of the province and is located in mountainous region, being small spots in Vinh Cuu, Tri An, Tan Phu, Southwest Xuan Loc, South of Long Thanh districts; zone of moderate vulnerability ($110 < DI \leq 130$) is located in Jurassic terrigenous sediments of steep topography or in Kainozoic sediments that has soil media of silty clay, this zone has total area of 1,216km², forming about 20.63% of area of the province and is located largely in Vinh Cuu, Tri An, Bien Hoa city, Long Thanh, Nhon Trach and some spots in Tan Phu, Xuan Loc...; zone of high vulnerability ($130 < DI \leq 150$) is located in basaltic effusive rocks of steep topography, Holocene sediments along Dong Nai river or separate blocks of Triassic, Cretaceous rocks, this zone has total area of 747.4km², forming about 12.68% of area of the province and is located largely Tan Phu, Long Thanh, Trang Bom, Xuan Loc...; zone of extremely high vulnerability ($DI > 150$) is located in basaltic effusive rocks of gently slope topography. The soil media is shrinkable clay. The aquifer media consists of poorly to highly water bearing fractured basaltic rocks, this zone has total area of 1.937km², forming about 32.85% of area of the province and is located largely Long Thanh, Xuan Loc, Tan Phu, Dinh Quan...