

XÂM NHẬP MẶN VÀO CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC VÙNG ĐẢO PHÚ QUÝ, TỈNH BÌNH THUẬN

Nguyễn Thị Minh Hằng¹

Tóm tắt: Đảo Phú Quý tỉnh Bình Thuận là một trong những đảo trọng điểm của Việt Nam về phát triển các lĩnh vực và có tiềm năng trở thành một trung điểm dịch vụ hậu cần. Nhu cầu sử dụng nước gia tăng trên đảo gây ra những tác động xấu ảnh hưởng đến nguồn nước như suy thoái, cạn kiệt và đặc biệt là khả năng xâm nhập mặn nguồn nước ngầm. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu động thái nước ngầm và xâm nhập mặn tại vùng đảo sử dụng mô hình tính toán. Kết quả cho thấy dao động mực nước ngầm trong hệ thống phụ thuộc vào lượng mưa và chế độ khai thác nước ngầm, trong khi đó, phân bố độ mặn và sự dịch chuyển của biên mặn phụ thuộc chủ yếu vào sự phân bố của mưa và lượng khai thác nước ngầm đặc biệt vào mùa khô khi lượng nước bổ cập giảm.

Từ khóa: Đảo Phú Quý, xâm nhập mặn, lan truyền chất, thủy văn nước ngầm, mô hình số.

1. GIỚI THIỆU

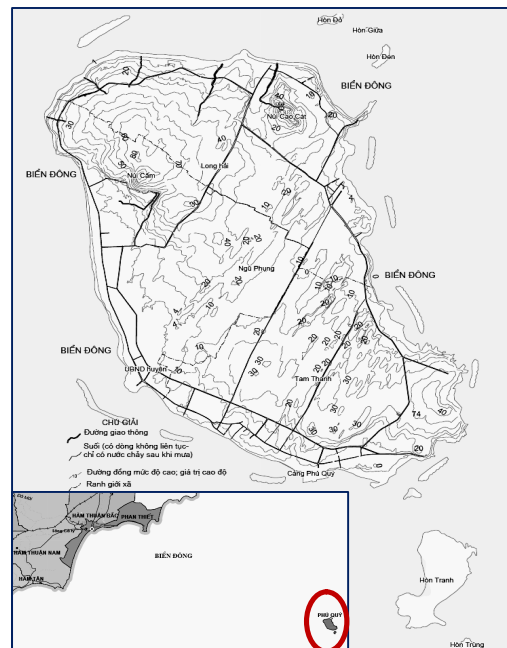
Đảo Phú Quý tỉnh Bình Thuận (Hình 1) nằm trên biển Đông cách thành phố Phan Thiết khoảng 120km về phía Đông Nam, có tọa độ địa lý giới hạn: từ 10°28'58" đến 10°33'35" Vĩ độ Bắc; từ 108°55'13" đến 108°58'12" Kinh độ Đông. Phú Quý có tiềm năng trở thành địa điểm dịch vụ chế biến và tiêu thụ hải sản của một mảng ngư trường kéo dài từ Trường Sa đến Côn Đảo; tạo cho các tàu đánh bắt xa bờ hoạt động dài ngày hơn và đạt hiệu quả kinh tế cao hơn. Ngoài ra với vị trí nằm trên đường hải vận quốc tế, Phú Quý còn có điều kiện phát triển các dịch vụ sửa chữa tàu thuyền, cung cấp các dịch vụ hải cảng quốc tế và các dịch vụ thăm dò và khai thác dầu khí.

Tổng lượng mưa trung bình năm trên đảo vào khoảng 1356 mm/năm. Trên đảo dòng chảy mặt chỉ tồn tại khoảng 1 đến 2 giờ sau những trận mưa lớn nên hầu như không có dòng chảy mặt thường xuyên, do vậy nước ngầm là nguồn nước chủ yếu cho các hoạt động dân sinh kinh tế và dịch vụ trên đảo. Tổng số công trình khai thác nước ngầm hiện có ở đảo khoảng 210 công trình. Trong đó, có 91 giếng khoan khai thác nước ngầm (kể cả các giếng của 2 nhà máy nước mới xây dựng), độ sâu khai thác từ 23 đến 60m và 119 giếng đào với độ sâu khai thác từ 3 đến 12m. Theo định hướng và mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội cho đảo Phú Quý đến năm 2020, nhu cầu sử dụng nước sẽ gia tăng, do vậy

nếu như không có giải pháp khai thác hợp lý sẽ gây ra những tác động xấu ảnh hưởng đến nguồn nước như suy thoái, cạn kiệt và đặc biệt là khả năng xâm nhập mặn nguồn nước ngầm. Kết quả điều tra những năm gần đây cho thấy trong mùa khô đã có hiện tượng xâm nhập mặn đến công trình khai thác nước ngầm bố trí ở ven đảo. Do vậy nghiên cứu nhằm giảm thiểu các tác động này là hết sức cần thiết góp phần phát triển bền vững vùng biển đảo.

2. PHƯƠNG PHÁP

Phương trình vi phân biểu diễn quá trình vận động của nước ngầm trong không gian ba chiều như sau (N.C. Đơn và cộng sự, 2005; 2006; 2008):



Hình 1. Đảo Phú Quý tỉnh Bình Thuận

¹ Bộ môn Quản lý Môi trường, Khoa Môi trường Trường Đại học thủy lợi

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

Trong đó:

K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} là các hệ số thấm theo phương x, y và z.

S_s là hệ số nhả nước.

h là cao độ mực nước tại vị trí (x,y,z) ở thời điểm t.

W là mô đun dòng ngầm, hay là các giá trị bổ cập, thoát đi của nước ngầm tính tại vị trí (x,y,z) ở thời điểm t. $W = W_{(x,y,z,t)}$ là hàm số phụ thuộc thời gian và không gian (x,y,z).

Quá trình lan truyền vật chất trong môi trường lỗ rỗng được biểu diễn bằng phương trình vi phân đạo hàm riêng sau đây:

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta \cdot D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta \cdot v_i \cdot C^k) + q_s \cdot C_s^k + \sum R_n \quad (2)$$

Trong đó:

θ : Độ rỗng hữu hiệu của môi trường lỗ rỗng.

C^k : Nồng độ dung dịch chất dịch chuyển k, M.L⁻³.

t: Thời gian, T.

x, y: Khoảng cách dọc theo phương dịch chuyển, L.

D_{ij} : Hệ số phân tán thủy động lực, L².T⁻¹.

v_i : Tốc độ thấm thực, L.T⁻¹. Được xác định

theo công thức $v_i = \frac{v}{\theta}$.

q_s : Hệ số tỷ lệ lưu lượng nguồn chất dịch chuyển chảy qua 1 đơn vị thể tích tầng chứa nước, T⁻¹.

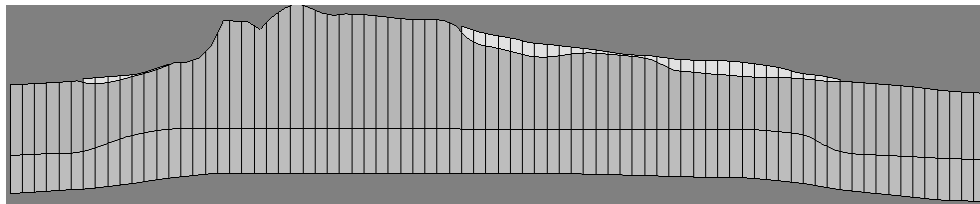
C_s^k : Nồng độ nguồn bổ sung chất dịch chuyển k, M.L⁻³.

$\sum R_n$: Lượng bổ sung hoặc suy giảm chất dịch chuyển do phản ứng hóa học, M. L⁻³.T⁻¹.

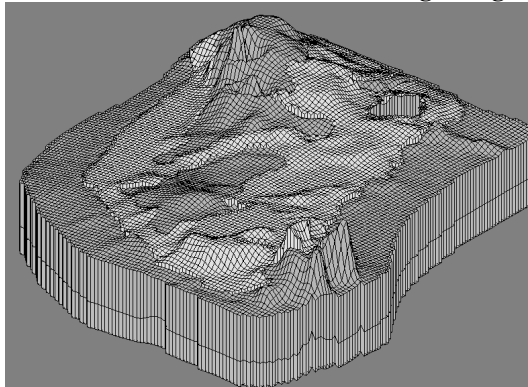
Để giải các phương trình trên, ta cần phải tìm hàm số $h(x,y,z,t)$, $C(x,y,z,t)$, thoả mãn các điều kiện biên và điều kiện ban đầu. Các phương trình này là có dạng vi phân phi tuyến nên việc tìm ra hàm $h(x,y,z,t)$, $C(x,y,z,t)$ từ các phương trình trên thường rất khó, ngoại trừ một số rất ít trường hợp đặc biệt đơn giản mới có thể tìm ra lời giải giải tích. Do vậy ta có thể giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn (McDonald và Harbaugh, 1988; Zheng, 1990; Guo và Langevin, 2002).

3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH

Vùng nghiên cứu bao trùm toàn bộ đảo Phú Quý (khoảng 16 km²). Mô hình được phân chia thành 12.480 ô lưới (104 cột x 120 hàng) với kích thước ô lưới là 50 x 50m. Trên mặt cắt mô hình được chia thành 3 lớp tương ứng với các tầng chứa nước sau:



Hình 2. Mặt cắt hướng Đông - Tây qua đảo Phú Quý mô phỏng trên mô hình



Hình 3. Sơ đồ hình khối các lớp trên mô hình đảo Phú Quý

+ Lớp 1: Mô phỏng tầng chứa nước lỗ rỗng q_1 và q_2 với chiều dày từ 0 - 13m, trung bình 5,25m phân bố không liên tục trên mặt cắt.

+ Lớp 2: Mô phỏng tầng chứa nước khe nứt trong thành tạo bazan phun trào (βQ_2 , βQ_1^{2-3}) với chiều dày 18 - 60m, trung bình 32,24m và phân bố tương đối liên tục trên mặt cắt.

+ Lớp 3: Mô phỏng tầng chứa nước lỗ rỗng q_3 với chiều sâu đáy tầng có cao độ đáy khoảng -68 m đến -110m.

Các lớp trên mô hình được chia trên cơ sở cột địa tầng của 15 lỗ khoan nghiên cứu địa chất

thủy văn đã tiến hành trên đảo và cột địa tầng của các giếng khai thác nước trên đảo. Sơ đồ phân vùng các thông số địa chất thủy văn các lớp của mô hình được ngoại suy theo số liệu xác định thông số địa chất thủy văn tại 15 lỗ khoan hút nước thí nghiệm. Sau đó các số liệu sẽ được chỉnh lý khi giải bài toán ngược chỉnh lý mô hình. Ngoài ra một số thông số đặc trưng cho bài toán đánh giá sự dịch chuyển được tra bảng theo kinh nghiệm (phần mềm EnviroBase, Waterloo Hydrogeologic INC. Canada).

Các điều kiện biên của mô hình bao gồm mưa, bốc hơi, mực nước biển xung quanh đảo, các giếng khoan, giếng đào. Thông số địa chất thủy văn: bao gồm hệ số thấm, hệ số nhả nước, bản đồ phân vùng các thông số địa chất thủy văn được ngoại suy trên cơ sở số liệu chỉnh lý thông số địa chất thủy văn của 15 lỗ khoan.

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

4.1. Hiệu chỉnh mô hình

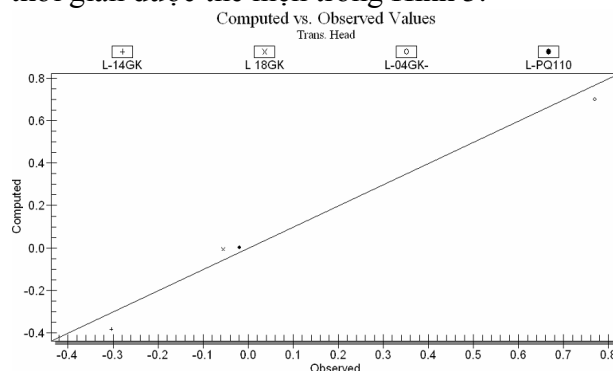
Số liệu quan trắc mực nước ngầm tại khu vực đảo Phú Quý giai đoạn trước rất ít. Thời gian quan trắc khoảng 1 năm (năm 2005). Trong giai đoạn thực hiện dự án “Điều tra tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế khu vực đảo Phú Quý” thực hiện quan trắc tại 4 vị trí sau:

Bảng 1. Vị trí một số lỗ khoan quan trắc tại đảo Phú Quý

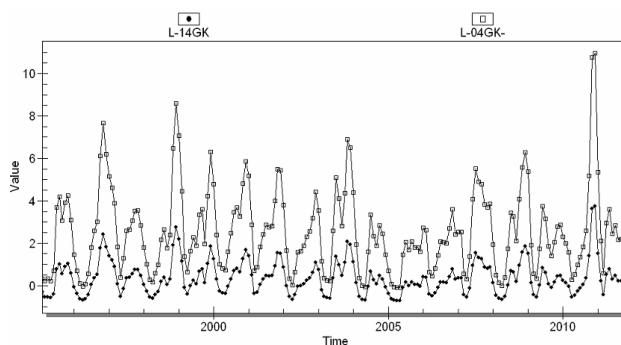
STT	Tên giếng	X	Y
1	L-14GK-	274808	1162744
2	L 18GK	276739	1163630
3	L-04GK-	275542	1164729
4	L-PQ110	273872	1163172

Mô hình được chỉnh lý bằng phương pháp lặp, nghĩa là thay đổi các thông số đầu vào (hệ số thấm, hệ số nhả nước các tầng chứa nước và các thông số trên biên...). Sau đó chạy mô hình đưa ra kết quả là bản đồ mực nước tính toán trên mô hình. So sánh mực nước tính toán trên mô hình và mực nước thực tế, nếu có sự sai khác lớn thì tiếp tục thay đổi giá trị các thông số đầu vào, sau đó tiếp tục chạy mô hình để xác định mực nước tính toán để so sánh với mực nước trong thực tế. Khi sự sai khác giữa mực nước tính toán và mực nước trong thực tế nằm trong giới hạn cho phép thì kết thúc quá trình lặp.

Sai số khi chỉnh lý mô hình: Sai số mực nước trung bình (Mean Error): -0,02 m; sai số trung bình tuyệt đối (Mean Abs. Error): 0,05 m; sai số trung bình quân phương (Root Mean Sq. Error): 0,06 m. Quá trình dao động mực nước khôi phục trên mô hình tại một số lỗ khoan quan trắc theo thời gian được thể hiện trong Hình 5.



Hình 4. Đồ thị so sánh sai số giữa mực nước quan trắc và mực nước tính toán trên mô hình thời điểm tháng I/2005



Hình 5. Đồ thị dao động mực nước khôi phục trên mô hình từ năm 1995 - 2011 tại giếng L-14GK và L-04GK-

Từ các kết quả trên, ta thấy mô hình đã được hiệu chỉnh với sai số chấp nhận được trong điều kiện số liệu quan trắc hạn chế. Kết quả tính toán khá phù hợp với số liệu thực đo. Các thông số đầu vào của mô hình sau khi được chỉnh lý sẽ được sử dụng làm số liệu đầu vào để giải bài toán thuận, dự báo theo các phương án nhằm đạt được mục tiêu đề ra của mô hình.

4.2. Diễn biến xâm nhập mặn vào tầng chứa nước

Để đánh giá diễn biến xâm nhập mặn trong khu vực đảo Phú Quý, ta so sánh phân bố độ mặn ở thời điểm hiện tại và thời điểm dự báo trong tương lai (tháng II/2020) và được trình

bày trên các hình 6. Động thái nước ngầm tại khu vực đảo Phú Quý phụ thuộc chủ yếu vào sự phân bố của mưa. Mức nước ngầm có sự biến đổi mạnh theo chu kỳ năm, chu kỳ nhiều năm và phụ thuộc mạnh vào sự biến đổi của lượng mưa. Cũng như sự biến đổi mực nước, sự dịch chuyển của ranh giới mặn - nhạt cũng phụ thuộc chủ yếu vào sự phân bố của mưa, ngoài ra sự dịch chuyển biên mặn còn phụ thuộc vào lượng khai

thác nước ngầm, đặc biệt vào mùa khô, khi lượng bổ cập giảm thì xu hướng xâm nhập mặn tại các bãi giếng ngày càng gia tăng. Điều này được minh chứng rất rõ ràng trên bản đồ đẳng TDS (Tổng chất rắn hòa tan) thời điểm tháng II/2010 khi lượng mưa gần như bằng 0 thì quá trình xâm nhập mặn của nước biển vào trong tầng chứa nước là mạnh nhất ở các bãi giếng khai thác nước ngầm (Hình 6 a, b).

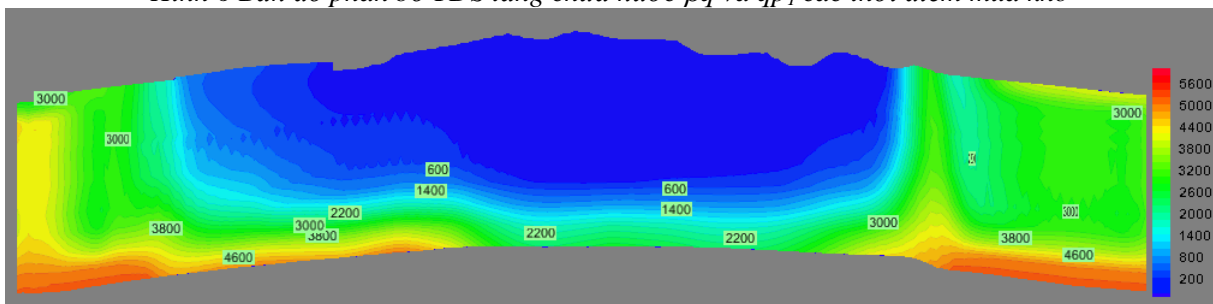


a) Tháng II/2010

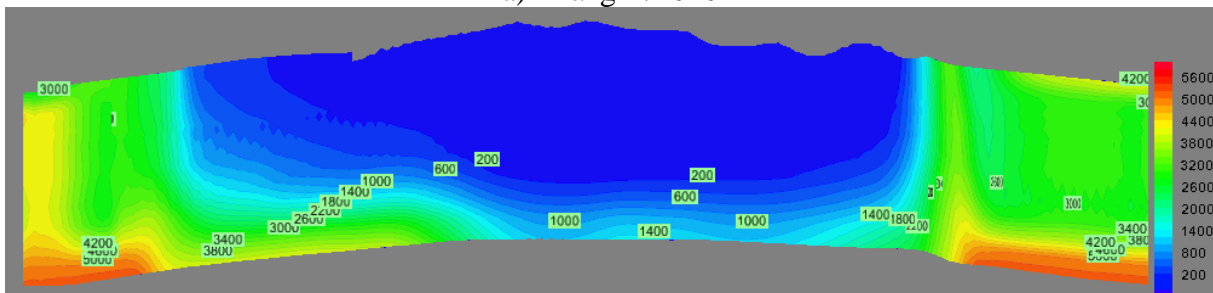


b) Tháng II/2020

Hình 6 Bản đồ phân bố TDS tầng chứa nước β_q và q_{p1} các thời điểm mùa khô



a) Tháng II/2010



b) Tháng II/2020

Hình 7. Nồng độ TDS theo mặt cắt ngang (Đông - Tây) tại các thời điểm mùa khô

Trên các bản đồ Hình 6, so sánh bản đồ đẳng TDS giữa các thời điểm cho thấy ranh giới mặn - nhạt ở khu vực phía Đông của đảo ít có sự biến đổi. Khu vực phía Tây có sự biến đổi lớn, cụ thể tại khu vực khu quân sự tại núi Cẩm biên mặn có xu hướng lùi dần ra phía biển, khu vực sân bay quân sự và chợ An Phú ranh giới mặn xâm nhập sâu vào trong đất liền khoảng 300 - 400 m so với thời điểm hiện tại. Đồng thời phần trung tâm của đảo Phú Quý với xu hướng càng làm nhạt hóa nguồn nước ngầm.

Phân bố nước mặn - nhạt trên đảo Phú Quý phụ thuộc chủ yếu vào mưa và khai thác nước ngầm. Những năm có lượng mưa lớn thì ranh giới mặn - nhạt có xu hướng lùi ra phía biển và ngược lại những năm có lượng mưa thấp thì ranh giới mặn - nhạt có xu hướng xâm nhập sâu vào trung tâm đảo. Sự ảnh hưởng của khai thác nước thể hiện chủ yếu vào mùa khô, khi lượng nước mưa cung cấp cho nước ngầm nhỏ thì tại những khu vực khai thác lớn, ranh giới mặn có xu hướng xâm nhập vào các bãi giếng khai thác nước ngầm. Sự biến đổi của ranh giới mặn - nhạt xảy ra rất nhanh, có thể thấy sự khác biệt về sự phân bố nồng độ TDS theo từng tháng. So sánh mặt cắt ngang về sự phân bố TDS vị trí trung tâm đảo ở các thời điểm mùa khô các tháng II/2010 và II/2020 (Hình 7) cho thấy phần thể tích nước nhạt ngày càng lớn dần. Điều này hoàn toàn phù hợp với quy luật tự nhiên vì khi tổng lượng khai nước ngầm nhỏ hơn nhiều so với bổ cập nước ngầm thì thể tích nước ngọt trong đảo ngày càng được mở rộng.

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, động thái nước ngầm và xâm nhập mặn khu vực đảo Phú Quý được nghiên cứu. Kết quả tính toán cho thấy, một

phần lượng nước ngọt bổ cập vào hệ thống sau khi gia nhập hệ thống nước ngầm đã chảy ra biển. Hơn nữa, xâm nhập mặn và các tầng chứa nước cũng đang diễn ra làm gia tăng nguy cơ ô nhiễm nguồn nước và làm giảm lượng nước ngọt. Kết quả tính toán cho thấy, mực nước ngầm trong hệ thống phụ thuộc vào lượng mưa và lượng nước ngầm khai thác, trong khi đó, phân bố độ mặn và sự dịch chuyển của biên mặn phụ thuộc chủ yếu vào sự phân bố của mưa và lượng khai thác nước ngầm đặc biệt vào mùa khô khi lượng nước bổ cập giảm.

Một số giải pháp công trình đã được tác giả đề xuất để có thể làm gia tăng trữ lượng nước ngầm hoặc khai thác sử dụng hiệu quả của nguồn nước ngầm, cụ thể như (1) tiến hành xây dựng các đập ngầm tại một số đoạn ven đảo nhằm hạn chế quá trình thoát nước ngầm ra biển; (2) xây dựng các hồ nhỏ nhân tạo để hứng nước mưa và tăng lượng bổ cập cho nước ngầm; ngoài ra còn có biện pháp phi công trình như trồng rừng, đây là biện pháp thích hợp nhất để làm tăng lượng bổ cập cho nước ngầm từ nước mưa; hạn chế việc bê tông hóa bề mặt đảo để tăng quá trình ngấm của nước mưa cung cấp cho nước ngầm (N.C.Đơn, 2012).

Lời cảm ơn

Bài báo này là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài KC.08.TN01/11-15 “Nghiên cứu xây dựng đập dưới đất để trữ nước ngầm nhằm phát triển bền vững tài nguyên nước ở các khu vực thường xuyên bị hạn, các vùng ven biển và hải đảo” do PGS.TS. Nguyễn Cao Đơn là chủ nhiệm. Tác giả chân thành cảm ơn Chương trình Khoa học công nghệ trọng điểm cấp Nhà nước KC08 đã tài trợ kinh phí cho đề tài.

Tài liệu tham khảo

1. Guo W., Langevin C.D. (2002) *User's Guide to SEAWAT: a computer program for simulation of three-dimensional variable-density ground-water flow*. Techniques of Water-Resources Investigations 6-A7, USGS, Reston, Virginia
2. McDonald M.G., & Harbaugh A.W. (1988). *A modular three-dimensional finite difference groundwater flow model*. US geological survey techniques of water resources investigations, Open-file report, 83-875.
3. Nguyễn Cao Đơn (2012). Báo cáo tổng hợp “Nghiên cứu xây dựng đập dưới đất để trữ nước

ngầm nhằm phát triển bền vững tài nguyên nước ở các khu vực thường xuyên bị hạn, các vùng ven biển và hải đảo”. Đề tài KC.08.TN01/11-15.

4. Nguyễn Cao Đơn, N.T. Minh Hang, Araki H., Yamanishi H. and Koga K. (2008). *Modeling groundwater flow and its associated environmental problem in a lowland coastal plain: a first step towards a sustainable development plan*. Journal of Environment, Development and Sustainability, Vol. 10, No. 2, pp. 219-231, ISSN: 1860-1871, published by Springer.

5. Nguyễn Cao Đơn, N.T. Minh Hang, Araki H., Yamanishi H. and Koga K. (2006). *Groundwater resources and management for paddy field irrigation and associated environmental problems in an alluvial coastal lowland plain*. Journal of Agricultural Water Management, Vol. 84, No. 3, pp. 295-304, published by Elsevier. Top 25 hottest articles in Agricultural and Biological Sciences 2006.

6. Nguyễn Cao Đơn, Araki H., Yamanishi H. and Koga K. (2005). *Simulation of Groundwater Flow and Environmental Effects Resulting from Pumping*. Journal of Environmental Geology, an International Journal of Geosciences, Vol. 47, No.3, pp 361-374. ISSN: 0943-0105, published by Spinger.

7. Zheng Ch. (1990). *MT3D-A modular three-dimensional transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems*. Report to the U.S. Environmental Protection Agency, Ada, Oklahoma, 170 pp.

Abstract:

SALTWATER INTRUSION INTO THE AQUIFER OF PHU QUY ISLAND, BINH THUAN PROVINCE

Phu Quy Island of Binh Thuan Province is one of the major islands of Vietnam in economic development and has the potential to become a central center for logistics services. Demand for water increases on the island has caused adverse impacts, water resource depletion and groundwater salinization. This paper presents the dynamics of groundwater and saltwater intrusion in the island using numerical models. Results show that groundwater level fluctuations in the system depends upon rainfall and pumping conditions, while the salinity distribution and the movement of salinity plume depends mainly on rainfall and groundwater extraction especially during dry seasons when groundwater recharge becomes small. Technical solutions have also been proposed to minimize the environmental impact due to pumping.

Keywords: Phu Quy Island, saltwater intrusion, solute transport, groundwater, numerical model.

Người phản biện: **TS. Lê Việt Sơn**

BBT nhận bài: 25/2/2014

Phản biện xong: 25/3/2014