

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐẬP NGẦM ĐẾN TÀI NGUYÊN NƯỚC ĐẢO PHÚ QUÝ

NGUYỄN ĐÌNH THANH - Cục Quản lý Tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi trường

NGUYỄN CAO ĐƠN - Trường Đại học Thủy lợi

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, phân tích ưu điểm của giải pháp xây dựng đập ngầm trong phát triển bền vững tài nguyên nước dưới đất của đảo Phú Quý (một đảo trọng điểm của Việt Nam). Kết quả tính toán bằng phương pháp mô hình toán cho thấy hiệu quả rõ rệt của phương án sử dụng đập ngầm để nâng cao mực nước dưới đất. Các kết quả nghiên cứu này là một phần sản phẩm khoa học của Đề tài KH&CN tiềm năng cấp nhà nước: “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”, mã số KC.08.TN01/11-15.

Từ khóa: tài nguyên nước, đập dâng nước ngầm, địa chất thủy văn, tầng chứa nước, mô hình số.

EVALUATION OF THE IMPACT OF UNDERGROUND DAMS ON WATER SOURCES AT PHU QUY ISLAND

Summary

This article presents the results of researching the advantages and characteristics and practical significance of underground dams and their potential applications in exploitation and use of water resources. The results of this research are part of the National potential research Project coded KC.08.TN01/11-15 “Applications of underground dams in maintaining groundwater for sustainable water resources development in droughty, coastal and island regions”.

Keywords: water resources, underground dam, hydrologic geology, aquifer, digital model.

Giới thiệu

Đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận nằm trên biển Đông, cách thành phố Phan Thiết khoảng 120 km về phía đông nam, có tọa độ địa lý giới hạn: từ 10°28'58" đến 10°33'35" vĩ độ Bắc và từ 108°55'13" đến 108°58'12" kinh độ Đông. Phú Quý có tiềm năng trở thành một điểm dịch vụ chế biến và tiêu thụ hải sản của một mảng ngư trường kéo dài từ Trường Sa đến Côn Đảo; tạo điều kiện 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, khai thác dầu khí.

Trên đảo không có dòng chảy mặt thường xuyên nên việc khai thác và sử dụng nước chủ yếu dựa vào tài nguyên nước ngầm. Dòng chảy mặt chỉ tồn tại khoảng 1 đến 2 giờ sau những trận mưa lớn. 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 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 việc nghiên cứu động thái nước ngầm nhằm giảm thiểu các tác động này là hết sức cần thiết, góp phần phát triển bền vững vùng biển đảo trọng điểm của Tổ quốc.

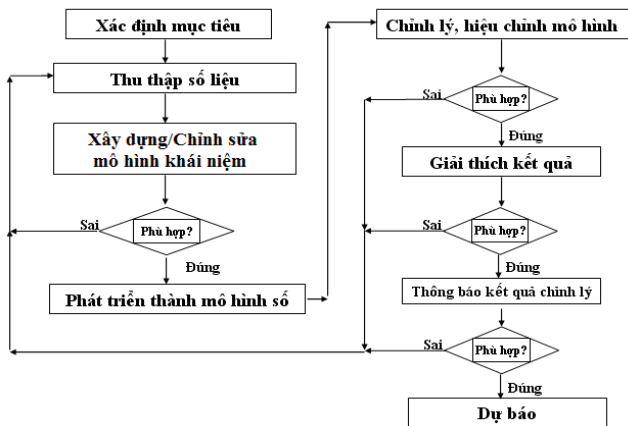
Tổng quan về mô hình

Bản chất của phương pháp mô hình số trong địa chất thủy văn là dùng máy tính để giải các phương trình vi phân vận động của nước dưới đất bằng phương pháp số. Kế thừa những kết quả này, nhóm nghiên cứu của Arlen W. Harbaugh và Michael G. McDonald đã phát triển thành chương trình hoàn thiện gọi là MODFLOW-96 mô phỏng dòng chảy 3 chiều trong môi trường nước dưới đất (Modular Finite Difference Groundwater Flow Model) vào năm 1988 và tiếp tục hoàn thiện vào năm 2000 với phiên bản MODFLOW-2000 [5]. Đến nay hầu hết các phần mềm thương mại về mô hình nước dưới đất trên thế giới đều sử dụng chương trình MODFLOW [5] làm nòng cốt. Bản chất của phương pháp mô hình số là giải phương trình vi phân đạo hàm riêng vận động của nước dưới đất trong không gian 3 chiều theo phương pháp sai phân hữu hạn.

Phương trình vi phân vận động của nước dưới đất trong không gian ba chiều được thể hiện như sau [4]:

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

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 ngấm, hay là các giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của nước ngấm 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) . K và S_s là hàm số phụ thuộc vào vị trí không gian (x, y, z) .



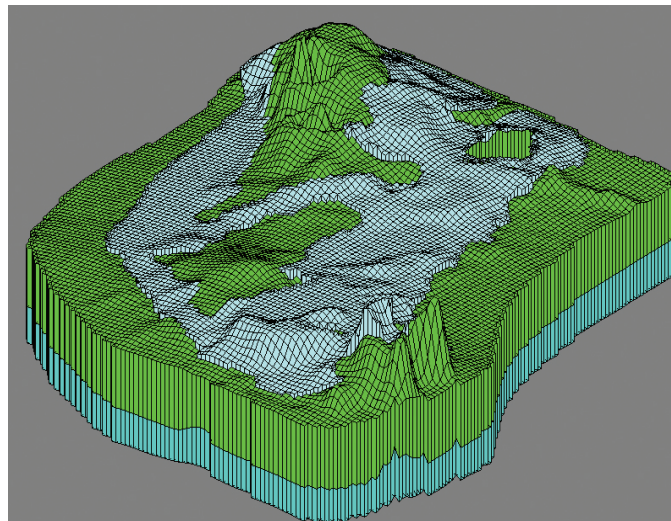
Hình 1: sơ đồ quy trình giải bài toán địa chất thủy văn bằng mô hình

Mô hình dòng chảy dưới đất

Mô hình dòng chảy nước dưới đất khi chưa có đập

Trên cơ sở mô hình khái niệm, chúng tôi sử dụng phần mềm có sẵn phát triển thành mô hình số. Phần mềm để xây dựng mô hình số là bộ phần mềm GMS phiên bản 7.1 [4]. Các số liệu thu thập được số hóa, tổng hợp để cập nhật vào mô hình số.

Vùng nghiên cứu bao trùm toàn bộ diện tích 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 50x50 m. Trên mặt cắt, mô hình được chia thành 3 lớp tương ứng với các tầng chứa nước: Lớp 1: mô phỏng tầng chứa nước lỗ hổng q_1 và q_2 với chiều dày từ 0-13 m, trung bình 5,25 m phân bố không liên tục trên mặt cắt; Lớp 2: mô phỏng tầng chứa nước khe nứt trong thành tạo bazan phun trào ($\beta Q_2, \beta Q_1^{2-3}$) với chiều dày 18-60 m, trung bình 32,24 m và phân bố tương đối liên tục trên mặt cắt; Lớp 3: mô phỏng tầng chứa nước lỗ hổng q_3 với chiều sâu đáy tầng có cao độ đáy khoảng -68 m đến -110 m. 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.



Hình 2: sơ đồ hình khối các lớp trên mô hình

Kết quả hút nước thí nghiệm và chỉnh lý xác định thông số địa chất thủy văn tại 15 lỗ khoan thuộc dự án “Điều tra tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế khu vực đảo Phú Quý” [2] được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1: thông số địa chất thủy văn các tầng chứa nước tại các lỗ khoan

STT	Số hiệu lỗ khoan	X	Y	Tầng chứa nước	Hệ số thấm K (m/ngđ)	Hệ số nhà nước Ss
1	LK7	273574,75	1165491,90	qh+bQ	2,37	0,13
2	LK11	274959,00	1167339,86	qh+bQ	0,34	0,1
3	LK16	273724,77	1163912,15	qh+bQ	2,92	0,14
4	LK3	273660,26	1164212,16	qh+bQ	2,92	0,14
5	LK12	275947,74	1162733,71	qp+bQ	1,06	0,11
6	LK17	273467,67	1164685,27	qp+bQ	1,61	0,12
7	LK15	276497,57	1162735,00	qp+bQ	0,15	0,089
8	LK2	275751,68	1163656,89	qp	0,22	0,094
9	LK1	274700,10	1163360,73	bQ	1,28	0,12
10	LK5	274852,87	1164969,79	bQ	0,81	0,113
11	LK6	275515,99	1165177,95	bQ	2,45	0,13
12	LK8	274532,34	1166315,23	bQ	0,08	0,08
13	LK110	273409,61	1166236,76	bQ	0,02	0,06
14	LK13	275369,52	1162842,20	bQ	1,09	0,12
15	LK14	275746,59	1166178,64	bQ	0,60	0,11

(Nguồn: Trung tâm Công nghệ tài nguyên nước (2007).
Điều tra tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế khu vực đảo Phú Quý)

Các số liệu sẽ được thu thập, tổng hợp và chỉnh sửa sơ bộ để loại bỏ các sai số thô. Sau đó chúng sẽ được xử lý, số hóa thành dạng file số liệu phù hợp để đưa vào mô hình. Tùy theo các modul sử dụng mà các file số liệu này sẽ được xử lý đưa về định dạng file phù hợp. Dữ liệu đưa vào mô hình gồm các loại thông tin sau:

- Khai thác nước ngầm: gồm các giếng khoan, giếng đào. Tùy theo vị trí, chiều sâu của các công trình khai thác nước ngầm mà mô phỏng các giếng khai thác trên mô hình phù hợp với thực tế.

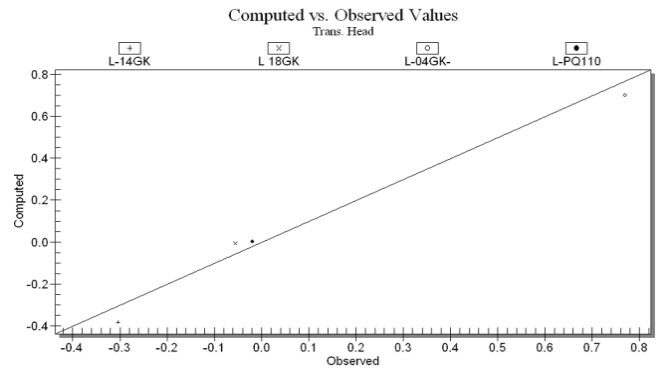
- Thông số địa chất thủy văn: gồm hệ số thấm, hệ số nhà nước (hệ số nhà nước đàn hồi và hệ số nhà nước trọng lực). Bản đồ phân vùng các thông số địa chất thủy văn được ngoại suy trên cơ sở số liệu chỉnh lý thông số địa chất thủy văn của 15 lỗ khoan.

- Các điều kiện biên: mưa, bốc hơi (số liệu mưa, bốc hơi tại Trạm khí tượng Phú Quý từ 1995 đến 2011); xung quanh ranh giới đảo là biển, mực nước trên biển được lấy cố định; khai thác nước ngầm (gồm các giếng khoan, giếng đào).

Kết quả tính toán như sau:

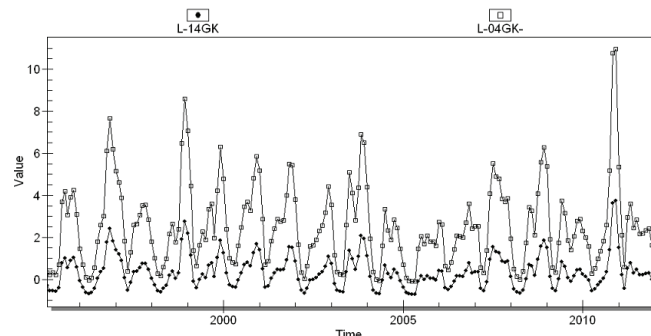
Sự vận động của nước ngầm: số liệu quan trắc mực nước ngầm tại khu vực đảo Phú Quý giai đoạn trước rất ít. Thời gian quan trắc khoảng 1 năm (năm 2005). Dự án “Điều tra tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế khu vực đảo Phú Quý” hoàn thành vào năm 2007, số liệu để thực hiện dự án được đo

đặc vào năm 2005. Trong giai đoạn thực hiện, dự án đã quan trắc tại 4 vị trí L-14GK, L-18GK, L-04GK, L-PQ110. Mô hình được hiệu chỉnh bằng phương pháp thử dần. 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 (hình 3).



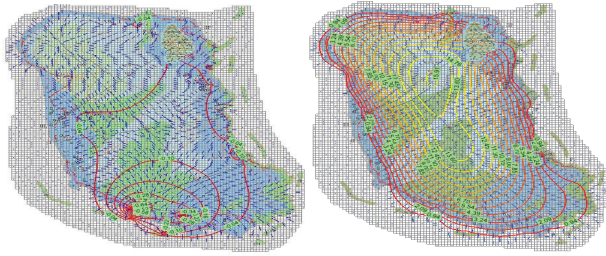
Hình 3: so sánh sai số giữa mực nước quan trắc và tính toán thời điểm tháng 1.2005

Sai số hiệu chỉnh 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 (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 ở hình 4.



Hình 4: dao động mực nước từ năm 1995 đến 2011 tại lỗ khoan L-14GK và L-04GK.

Nhìn chung kết quả chỉnh lý mô hình có thể chấp nhận được trong điều kiện số liệu quan trắc hạn chế. Các thông số đầu vào của mô hình sau khi chỉnh lý sẽ được sử dụng làm số liệu đầu vào để giải bài toán dự báo. Bản đồ mực nước tại một số thời điểm của năm 2005 (thời điểm tháng 4.2005 - giữa mùa khô và tháng 11.2011- giữa mùa mưa) được thể hiện trên hình 5. Đây là các giá trị đo thực tế trong khu vực với chuỗi giếng quan trắc trên đảo.



Hình 5: bản đồ đẳng cao độ mực nước lớp 2 thời điểm tháng 4.2005 (trái) và tháng 11.2011 (phải)

Từ số liệu thực đo trên khu vực, sử dụng các phần mềm vẽ các đường đẳng mực nước. Đánh giá kết quả nhận thấy: tầng chứa nước β_q và q_p , mùa khô đỉnh phân thủy có cao độ mực nước lớn nhất là 3,2 m và nằm ở khu vực trung tâm đảo, mùa mưa đỉnh phân thủy cao độ mực nước ngầm cao nhất là 10 m, tuy nhiên diện tích phân bố của đường đẳng cao độ mực nước 10 m trong tầng β_q lớn hơn trong tầng chứa nước q_p . Hướng dòng chảy nước ngầm trong cả 2 tầng chứa nước đều thoát ra biển.

Để đánh giá quá trình diễn biến động lực học nước ngầm và sự phân bố của bản đồ đẳng cao độ mực nước cũng như hướng dòng chảy nước ngầm trên đảo Phú Quý cho giai đoạn 2012-2020, chúng tôi tiến hành chạy mô hình số theo phương án: các thông số địa chất thủy văn và mực nước ban đầu, nồng độ chất rắn hòa tan trong nước (TDS) ban đầu được giữ nguyên so với mô hình số đã được chỉnh lý. Lượng mưa, bốc hơi (là cơ sở để xác định lượng bổ cập, bốc hơi từ bề mặt nước ngầm) giai đoạn 2012-2020 là số liệu lượng mưa, bốc hơi trung bình tháng tính trên chuỗi số liệu từ 1995-2011. Tổng lượng khai thác nước ngầm trên đảo Phú Quý giai đoạn 2012-2020 được giữ nguyên so với thời điểm năm 2011. Kết quả nhận thấy: biên độ dao động mực nước ngầm (tầng chứa nước β_q và q_p , trong năm (giai đoạn 2012-2020) là $\Delta H = 6,8$ m (cao độ mực nước lớn nhất mùa mưa, tháng 10.2020 là 10 m, nhỏ nhất mùa khô, tháng 2.2020 là 3,2 m). Dao động mực nước ngầm lớn nhất giữa tháng có lượng mưa lớn nhất (tháng 11.2011) và tháng có lượng mưa nhỏ nhất (tháng 4.2005) là khoảng $\Delta H = 19,5$ m.

Mô hình dòng chảy nước dưới đất khi có đập

Hiệu quả của việc xây dựng đập ngầm trên đảo được đánh giá theo 2 phương án:

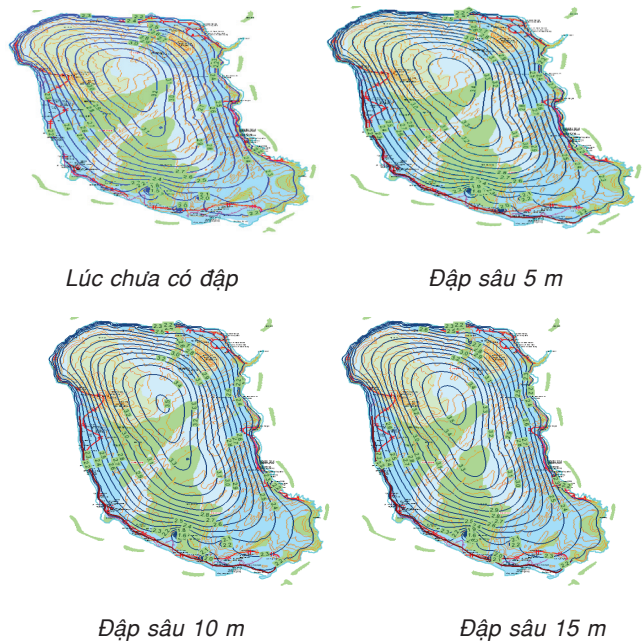
- Phương án 1: đánh giá hiệu quả của việc xây dựng đập ngầm (chiều sâu 5, 10, 15 m) trong trường hợp giữ nguyên các điều kiện đầu vào như thời điểm 2011, ngoại trừ số liệu về lượng mưa, bốc hơi giai đoạn 2012-2020 là được ngoại suy theo số liệu lượng mưa, bốc hơi trung bình tháng của chuỗi số liệu từ 1995-2011.

- Phương án 2: đánh giá hiệu quả của việc xây dựng

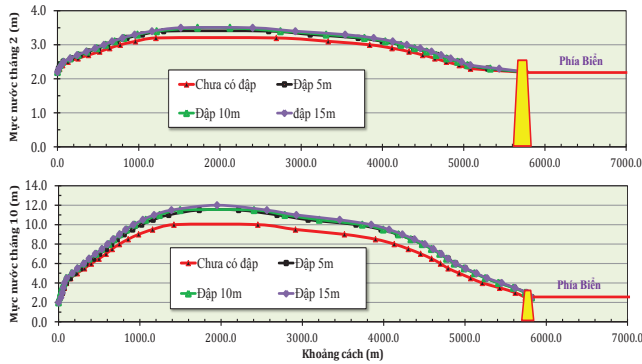
đập ngầm (chiều sâu 5, 10, 15 m) khi điều kiện đầu vào được thay đổi trên cơ sở kịch bản khai thác nước ngầm theo “Quy hoạch tài nguyên nước đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận” đã được phê duyệt tại Quyết định số 2406/QĐ-UBND ngày 21.10.2010 của UBND tỉnh Bình Thuận [3]. Về số liệu mưa trong tương lai (liên quan đến lượng bổ cập cho nước ngầm) là lượng mưa, bốc hơi trung bình tháng của chuỗi số liệu từ 1995-2011 có xét đến kịch bản biến đổi khí hậu do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố [1]. Thời gian đánh giá là đến cuối năm 2020 (tương ứng với thời gian quy hoạch tài nguyên nước đã phê duyệt).

Để mô phỏng đập ngầm (tường chắn) trong các tầng chứa nước, chúng tôi sử dụng công cụ Map của phần mềm GIS [4], trong đó xây dựng Coverage Setup với điều kiện biên là Barrier (đập ngầm). Trong đó Barrier có chiều dài khoảng 6 km, kéo dài từ phía nam của đảo (khu vực tiếp giáp của tầng chứa nước bề rời với đất đá bazan gần sân vận động xã Tam Thanh) đến khu sân bay quân sự Phú Quý (thuộc xã Ngũ Phụng) và được giả thiết với 3 chiều sâu đập khác nhau là: 5 m, 10 m, 15 m (tương ứng với chiều sâu có mức độ phong hóa khác nhau của đất đá thuộc tầng chứa nước khe nứt bazan β_q). Hệ số thấm của đất đá xây dựng đập ngầm là $K = 1,10 \cdot 10^{-4}$ cm/s (tương ứng khoảng 0,0000864 m/ngđ).

Để đánh giá khả năng dâng cao mực nước ngầm khi xây dựng đập ngầm, sử dụng bản đồ đẳng cao độ mực nước dự báo thời điểm cuối của chuỗi thời gian tính toán là tháng 2.2020 và tháng 10.2020 (hình 6 và hình 7).



Hình 6: bản đồ đẳng cao độ mực nước dự báo tầng chứa nước β_q thời điểm tháng 2.2020



Hình 7: so sánh chênh lệch mực nước khi có đập so với khi chưa có đập thời điểm tháng 2.2000 và tháng 10.2020

Khả năng gia tăng lượng nước dưới đất khi xây dựng đập ngầm

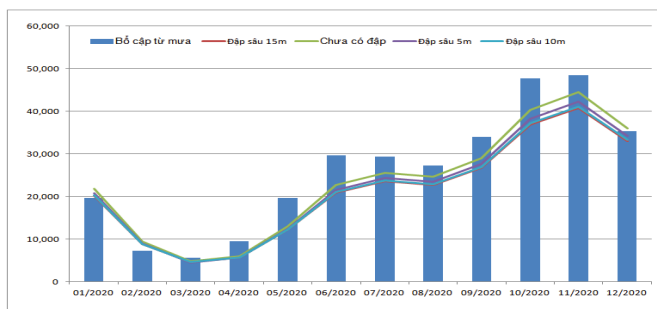
Để đánh giá khả năng làm gia tăng trữ lượng nước dưới đất trên đảo Phú Quý, chúng tôi sử dụng modul phần mềm ZONEBUDGET tính toán cân bằng nước để đánh giá định lượng và so sánh lượng nước dưới đất thoát ra biển trong các trường hợp. Trên cơ sở đó đánh giá hiệu quả của việc xây dựng đập ngầm.

Cân bằng nước được tính toán trên toàn bộ đảo và trong cả 4 trường hợp theo phương án 1. Các thành phần tham gia vào cân bằng gồm có:

- Các thành phần đến: trữ vào tầng chứa nước (Storage In); lượng bổ cập cho nước dưới đất từ mưa (Recharge In); xâm nhập từ nước biển (Const Head In).

- Các thành phần đi: từ trữ lượng tính của tầng chứa nước (Storage Out); bốc hơi từ bề mặt nước dưới đất (Evapotranspiration Out); khai thác nước dưới đất (Well Out); thoát ra biển (Const Head In).

Để đánh giá khả năng lưu trữ nước trên đảo khi xây dựng đập, chúng tôi sử dụng kết quả tính toán cân bằng nước trong 1 năm tại thời điểm cuối trong chuỗi thời gian tính toán là năm 2020. Kết quả tính toán cân bằng nước được trình bày trong hình 8 và bảng 2.



Hình 8: đồ thị lượng bổ cập nước ngầm từ mưa và lượng nước thoát ra biển trong các trường hợp

Bảng 2: chênh lệch lượng nước thoát ra biển khi có đập ở các chiều sâu khác nhau so với lúc chưa có đập

Thời gian	Tổng lượng nước giữ lại trên đảo sau khi có đập (m ³)		
	Đập sâu 5 m	Đập sâu 10 m	Đập sâu 15 m
01.2020	33.371	47.028	50.704
02.2020	13.173	14.911	15.781
03.2020	7.103	4.419	4.419
04.2020	8.891	5.636	6.067
05.2020	20.552	23.082	25.586
06.2020	34.400	45.245	49.890
07.2020	39.852	55.371	61.058
08.2020	38.184	53.971	59.171
09.2020	43.715	64.187	70.476
10.2020	62.930	96.816	106.549
11.2020	67.139	105.454	115.835
12.2020	55.558	85.399	93.139
Tổng	424.869	601.520	658.675

So với lúc chưa có đập thì lượng nước được giữ lại trên đảo khi xây dựng đập ngầm dài 6 km: sâu 5 m là 424.869 m³/năm; đập sâu 10 m là 601.520 m³/năm và đập sâu 15 m là 658.675 m³/năm. Tính trung bình trên 1 km chiều dài đập thì với đập sâu 5 m là 70.811 m³/km/năm; đập sâu 10 m là 100.253 m³/km/năm; đập sâu 15 m là 109.779 m³/km/năm. Nếu giả thiết chi phí xây dựng đập ứng với các chiều sâu đập là 10 và 15 m tăng lên tương ứng 2 và 3 lần so với đập sâu 5 m thì hiệu quả lưu trữ nước ngầm tăng lên lần lượt là 1,41 và 1,55 lần.

Kết luận

Trong bài báo này, động thái nước ngầm khu vực đảo Phú Quý được mô phỏng, đánh giá trong các giai đoạn trước và sau khi xây dựng đập ngầm bằng việc sử dụng các mô hình toán. Kết quả tính toán cho thấy, với các trường hợp chiều sâu đập tăng gấp 2-3 lần nhưng lượng nước ngọt gia tăng chỉ từ 1,41-1,55 lần với phương án 1 và tăng chỉ từ 1,11-1,38 lần với phương án 2. Vậy có thể thấy rằng hiệu quả đầu tư xây dựng đập sâu sẽ không cao, nên thay vì đầu tư xây dựng đập sâu thì đầu tư xây dựng đập nông với chiều dài đập lớn sẽ hiệu quả hơn rất nhiều.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2009, cập nhật 2012). Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
- [2] Cục Quản lý tài nguyên nước (2007). Dự án “Điều tra tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế khu vực đảo Phú Quý”.
- [3] Quyết định 2406/QĐ-UBND ngày 21.10.2010 của Chủ tịch UBND tỉnh Bình Thuận, phê duyệt Quy hoạch tài nguyên nước đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận.
- [4] GMS, Groundwater Modeling System. Aquaveo: <http://www.aquaveo.com>.
- [5] McDonald M.G. and A.W. Harbaugh (1988). A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model, USGS TWRI Chapter 6-A-1, 586 p.