



# Sử dụng mô hình VISUL MODFLOW để xác định lưu lượng, chế độ hoạt động của các giếng ép nước và thu nước

TS. ĐẶNG ĐÌNH PHÚC

Hội Địa chất thủy văn Việt Nam

ThS. NGUYỄN TRỌNG TUẤN

Viện Khoa học Tài nguyên nước

Hiện tại trong một số vùng trên các đồng bằng, nhất là vùng ven biển ở nước ta các tầng chứa nước dưới đất thường bị mặn, mặt khác nước mặt trong các vùng này mùa khô hay bị mặn và nguồn nước mưa có chất lượng tốt đáp ứng nhu cầu cấp nước cho ăn uống sinh hoạt và sản xuất. Cho nên việc cấp nước cho ăn uống sinh hoạt và sản xuất về mùa khô trong các vùng này là hết sức khó khăn. Trữ nước mặt mùa mưa vào các tầng chứa nước mặn và bơm thu hồi chúng để cấp nước cho ăn uống, sinh hoạt và sản xuất trong các vùng này là biện pháp cần được xem xét và lưu tâm nhiều hơn. Mô hình VISUL MODFLOW là công cụ rất tốt để bố trí các giếng cấp (ép) và giếng thu hồi (hút) nước cũng như tính toán biến đổi chất lượng nước trong giếng thu nước theo các phương án lưu lượng và chế độ vận hành của các giếng thu và ép khác nhau để lựa chọn lưu lượng và chế độ vận hành hợp lý. Mô hình cũng cho phép đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố như chiều dày hệ số thấm, hệ số trữ lưu lượng dòng ngầm tự nhiên độ mặn của tầng chứa nước tới hiệu quả của công trình tích nước vào các tầng chứa nước mặn. Bài viết trình bày kết quả sử dụng mô hình VISUL MODFLOW để tính toán biến đổi chất lượng nước ở giếng thu theo thời gian cho một số phương án về lưu lượng và chế độ vận hành cho một sơ đồ

bố trí giếng cụ thể như sau. Kết quả tính toán cho phép lựa chọn lưu lượng và chế độ vận hành giếng để đạt chất lượng nước thu mong muốn.

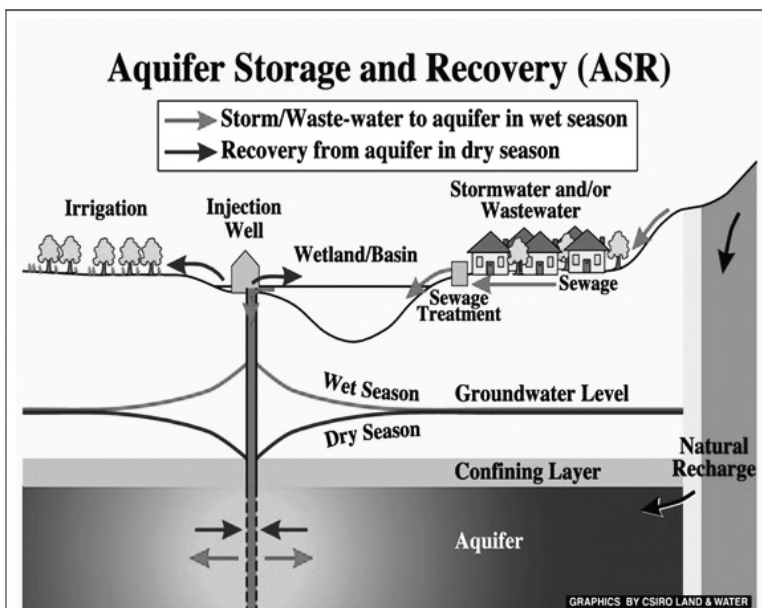
## 1. SƠ LƯỢC VỀ CÔNG NGHỆ TRỮ NƯỚC NHẬT VÀO CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC MẶN

Lưu trữ nước vào trong tầng chứa nước sau đó bơm thu hồi không những chỉ phục vụ cấp nước mà còn phục vụ xử lý nước rất hiệu quả, được phát triển khá phổ biến trên thế giới [1,2].

Hiện tại trong một số vùng trên các đồng bằng ở Việt Nam, nhất là ở vùng ven biển ở nước ta các tầng chứa nước dưới đất thường bị mặn. Mặt khác, nguồn nước mặt trong các vùng này mùa khô thường bị mặn và nguồn nước mưa có chất lượng tốt đáp ứng nhu cầu cấp nước cho ăn uống sinh hoạt và sản xuất. Việc cấp nước cho ăn uống sinh hoạt và sản xuất về mùa khô trong các vùng này là hết sức khó khăn và thiếu hụt. Trữ nước mặt mùa mưa vào các tầng chứa nước mặn để dự trữ và bơm thu hồi chúng để cấp nước cho ăn uống sinh hoạt và sản xuất trong các vùng này là biện pháp cần được quan tâm của các cấp có thẩm quyền (Hình 1).

Công trình trữ nước vào các tầng chứa nước mặn và sau đó bơm thu hồi bao gồm các hạng mục chính là bơm thu và trữ nước cấp, hệ thống cấp hệ thống giếng bơm thu hồi nước. Phương pháp cấp và dạng công trình cấp rất đa dạng phụ thuộc vào điều kiện địa chất thủy văn của khu vực trữ nước, với các tầng chứa nước nằm sâu. Phương pháp phổ biến là sử dụng lỗ khoan ép nước xuống tầng chứa nước để dự trữ.

Yêu cầu của công trình này là chất lượng nước phải đáp ứng nhu cầu cho ăn uống sinh hoạt hoặc sản xuất. Đối với cấp nước cho sinh hoạt khoảng cách giữa giếng cấp



Hình 1. Hình ảnh về trữ và thu hồi nước trong tầng chứa nước



và giếng thu phải đảm bảo cho phép xử lý chất lượng nước cấp vào về mặt vi sinh cũng như thành phần hóa học của nước.

Nguồn nước cấp có thể sử dụng nước mưa và nước mặt làm nguồn cấp, phụ thuộc vào điều kiện thủy văn của từng vùng. Với các vùng ven biển có thể lợi dụng đặc điểm thủy văn là nước mặt mùa mưa nhạt, mùa khô bị mặn, vì vậy có thể sử dụng nguồn nước mặt về mùa mưa làm nguồn cấp để trữ vào các tầng chứa nước bị nhiễm mặn để khai thác phục vụ cấp nước vào mùa khô khi nguồn nước mặt bị xâm nhập mặn.

**Công trình thu nước mặt**

Nước mặt để cấp cho tầng chứa nước có thể lấy trực tiếp từ nguồn nước mặt, nếu chất lượng nước đáp ứng nhu cầu làm nguồn cấp nhân tạo, hoặc bồn chứa nước đã được xử lý sơ bộ trước khi bơm vào tầng chứa nước. Công trình cấp và thu hồi nước bao gồm hai hệ thống giếng là hệ thống giếng cấp và hệ thống giếng bơm thu hồi.

Biện pháp cấp có thể là tự chảy nếu chênh cao mực nước của nguồn cấp với cốt cao mực nước ngầm đủ lớn để có thể đảm bảo lưu lượng cấp, trong trường hợp này sử dụng hệ thống ống dẫn nước từ bồn chứa vào giếng cấp, hoặc dùng bơm để bơm nước trực tiếp từ nguồn vào giếng khi chênh cao không đáp ứng yêu cầu.

Dưới tác động của tự chảy hoặc bơm ép từ giếng cấp nước ngọt được bơm vào sẽ hòa trộn và đẩy nước mặn trong tầng chứa nước ra xa giếng cấp, chất lượng nước ngầm quanh khu vực giếng cấp sẽ được cải thiện, khi đó sử dụng giếng thu để hút thu hồi nguồn nước được trữ vào trong tầng chứa nước.

Chất lượng nước thu hồi phụ thuộc vào lưu lượng cấp, thời gian cấp, thời gian lưu trữ, lưu lượng hút, thời gian hút, vào chất lượng nước cấp và chất lượng tự nhiên của nước dưới đất. Đồng thời phụ thuộc vào điều kiện địa chất thủy văn như chiều dày, hệ số thấm, hệ số trữ, lưu lượng dòng ngầm tự nhiên của tầng chứa nước.

Chất lượng nước sau khi được bơm vào tầng chứa nước sẽ thay đổi không chỉ do hòa trộn với nước dưới đất trong tầng mà còn bởi các quá trình trao đổi ion, hấp phụ... Trong bài viết này chỉ xem xét sự biến đổi TDS bởi quá trình khuếch tán thủy động lực. Dưới đây chúng tôi sử dụng mô hình VISUAL MODFLOW [3,4] để mô phỏng hoạt động của một hệ thống bổ cấp nước ngọt vào tầng chứa nước mặn và đánh giá diễn biến chất lượng nước sau khi được thu hồi.

**2. SỬ DỤNG MÔ HÌNH VISUAL MODFLOW ĐỂ ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỔI CHẤT LƯỢNG NƯỚC THU HỒI**

**2.1. Các thông số của tầng chứa nước**

Tầng chứa nước được trữ nước là tầng có áp, trong cắt trung thô hệ số thấm bằng 20m/ngày, chiều dày 30m; Phủ trên tầng chứa nước là lớp sét bột thấm nước yếu dày 30m.

Độ mặn trong tầng chứa nước là 2000mg/l; Nguồn cấp là nước từ kênh tưới, độ tổng khoáng hóa là 200mg/l.

**2.2. Cấu trúc mô hình**

Vùng mô hình có kích thước 1000 x 1000 m; Mô hình gồm hai lớp, mỗi lớp dày 30m; Thông số địa chất thủy văn các lớp...

Lớp: Hệ số thấm là:  $k_x = k_y = 0.1m/ngày$ ,  $k_z = 0.01m/ngày$ . Hệ số trữ trọng lực hữu hiệu bằng 0,1 hệ số trữ nước đàn hồi bằng 10-5.

Lớp 2: Hệ số thấm  $k_x = k_y = 20m/ngày$ ,  $k_z = 2m/ngày$ ; Hệ số trữ trọng lực hữu hiệu bằng 0.2, hệ số trữ đàn hồi bằng 10-5.

Các thông số lan truyền lấy theo mặc định.

*Biên và điều kiện trên biên:*

Ranh giới phía Bắc và Nam mô hình được mô phỏng là biên mực nước không đổi. Áp lực trên ranh giới phía Bắc bằng 1m tại biên phía Nam bằng 0.98m cho cả hai lớp.

Biên nồng độ không đổi được gán cho ranh giới phía Bắc và Nam mô hình, có nồng độ bằng 2000mg/l, cho cả hai lớp.

Nồng độ ban đầu được lấy bằng 2000mg/l cho toàn vùng và cả hai lớp.

**3. SƠ ĐỒ BỐ TRÍ GIẾNG VÀ CÁC PHƯƠNG ÁN VẬN HÀNH**

Về sơ đồ bố trí công trình bao gồm 3 sơ đồ như sau:

**Sơ đồ 1:** Công trình bao gồm một giếng thu và một giếng cấp, giếng thu nằm ở hạ lưu giếng cấp 110m theo chiều dòng ngầm. Tính toán được thực hiện theo 3 phương án vận hành:

*Phương án 1:* Giếng cấp hoạt động liên tục trong thời kỳ mùa mưa, với lưu lượng không đổi là 2000m<sup>3</sup>/ngày, mùa khô không hoạt động. Giếng thu hoạt động liên tục về mùa khô, mùa mưa giếng ngừng hoạt động. Lưu lượng trong 4 năm đầu bằng 1500m<sup>3</sup>/ngày, trong các năm tiếp theo là 2000m<sup>3</sup>/ngày.

*Phương án 2:* Giếng cấp hoạt động liên tục về mùa mưa, với lưu lượng 2000m<sup>3</sup>/ngày, mùa khô nghỉ. Giếng thu hoạt động liên tục về mùa khô, với lưu lượng không đổi là 2000m<sup>3</sup>/ngày, mùa mưa giếng ngừng hoạt.

*Phương án 3:* Giếng cấp hoạt động liên tục về mùa mưa với lưu lượng là 2000m<sup>3</sup>/ngày mùa khô nghỉ. Giếng thu hoạt động liên tục cả năm, mùa mưa lưu lượng không đổi bằng 500m<sup>3</sup>/ngày, mùa khô lưu lượng không đổi bằng 1500m<sup>3</sup>/ngày. Như vậy, tổng lượng nước thu hồi năm cho phương án 2 và 3 là bằng nhau.

**Sơ đồ 2:** Bao gồm 2 giếng cấp và một giếng thu, giếng cấp bố trí trên tuyến vuông góc với dòng ngầm tự nhiên cách nhau là 200m, giếng thu nằm ở hạ lưu các giếng cấp theo hướng dòng ngầm và nằm cách đều 2 giếng ép với khoảng cách 110m. Trong sơ đồ này chỉ



**Bảng 1. Biến thiên lưu lượng giếng cấp và giếng thu các phương án**

STT	Thời đoạn (ngày)		Q giếng cấp (m <sup>3</sup> /ngày)	Q giếng thu (m <sup>3</sup> /ngày)		
	Từ	Tới		PA1	PA2	PA3
1	0	182.5	2000	0	0	0
2	182.5	365	0	-1500	-2000	-1500
3	365	547.5	2000	0	0	-500
4	547.5	730	0	-1500	-2000	-1500
5	730	912.5	2000	0	0	-500
6	912.5	1095	0	-1500	-2000	-1500
7	1095	1277.5	2000	0	0	-500
8	1277.5	1460	0	-1500	-2000	-1500
9	1460	1642.5	2000	0	0	-500
10	1642.5	1825	0	-2000	-2000	-1500
11	1825	2007.5	2000	0	0	-500

tính toán cho một phương án vận hành giống như phương án 2 trong sơ đồ 1.

**Sơ đồ 3:** Bao gồm hai cặp giếng bố trí cách nhau 200m mỗi cặp gồm một giếng cấp và một giếng thu bố trí cách giếng cấp 110m. Trong sơ đồ này chỉ tính toán cho một phương án vận hành, trong đó các giếng cấp hoạt động liên tục vào mùa mưa với lưu lượng là 1000m<sup>3</sup>/ngày mỗi giếng, mùa khô giếng cấp ngừng hoạt động. Giếng thu chỉ hoạt động về mùa khô, với lưu lượng bằng 1000m<sup>3</sup>/ngày mỗi giếng.

**Sơ đồ 3a:** Sơ đồ 3a như sơ đồ 3, xong khoảng cách giếng cấp và giếng thu bằng 80m.

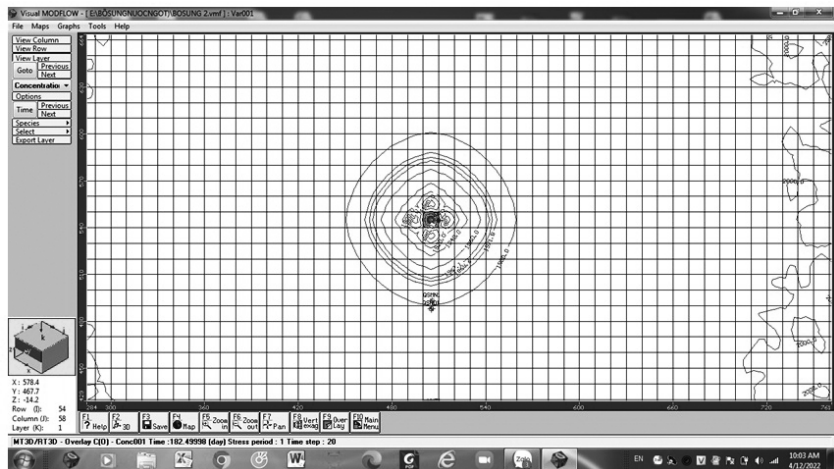
**Sơ đồ 4:** Đối với trường hợp nước cấp cho mục đích sản xuất, không cần chất lượng nước đáp ứng yêu cầu về mặt vi sinh và hóa học khi đó có thể áp dụng sơ đồ 1 giếng sử dụng vừa để cấp, vừa để hút (Hình 1). Trong sơ đồ 4 chỉ có một giếng làm nhiệm vụ cấp nước về mùa mưa và hút nước về mùa khô.

### 4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

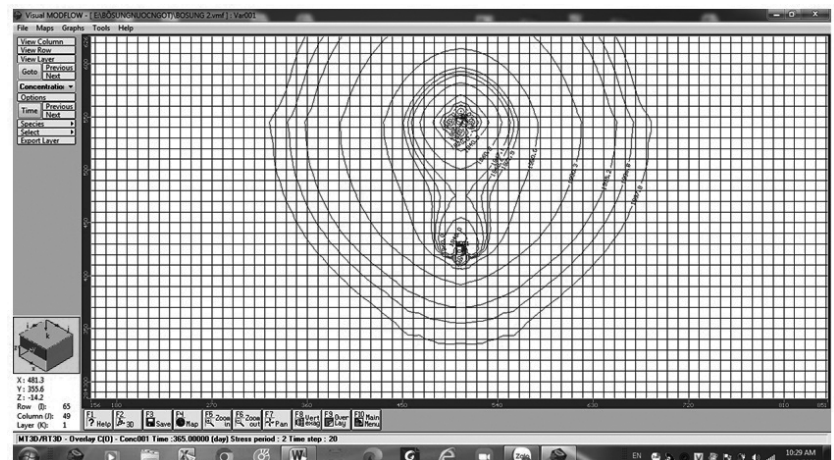
#### 4.1. Cho sơ đồ 1

Sơ đồ 1 được tính toán với 3 phương án vận hành:

Biến thiên lưu lượng giếng cấp và giếng thu của các phương án này được chỉ ra ở Bảng 1.



*Hình 2. Sơ đồ đẳng áp lớp 2 thời điểm 365 ngày (cuối giai đoạn hút 1) phương án 1*



*Hình 3. Sơ đồ đẳng TDS lớp 2 thời điểm 365 (cuối giai đoạn hút 1) phương án 1*



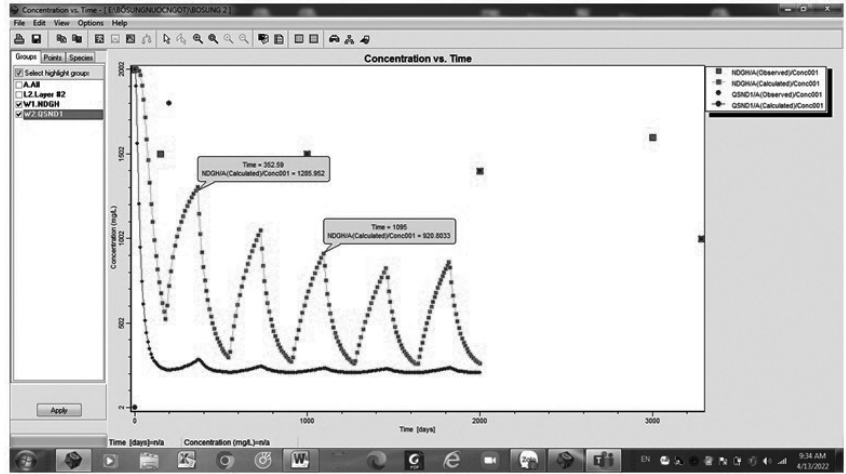
Nồng độ nước cấp tại giếng cấp là 200mg/l. Giếng ép (cấp) được mô phỏng là nguồn điểm.

Vị trí các giếng quan sát nồng độ được chỉ ra trên Hình 2. Kết quả tính toán cho các phương án được chỉ ra ở dưới.

Với phương án 1 (Hình 2, 3, 4)

Kết quả tính biến thiên nồng độ các phương án được chỉ ra trên Bảng 2.

Từ Bảng 2 cho thấy, nếu tổng lượng khai thác như nhau khi khai thác cả mùa khô và mưa chênh lệch TDSmax và TDSmin nhỏ hơn khi chỉ khai thác mùa khô. Chỉ khi khai thác mùa khô trị số TDSmax trong năm sẽ lớn hơn khi khai thác cả hai mùa (vì lưu lượng khai thác lớn hơn). Trong tất cả các phương án trong suốt thời gian khai thác TDS luôn nhỏ hơn 1500 mg/l.



Hình 4. Đồ thị biến thiên TDS giếng hút và giếng quan sát phương án 1

Bảng 2. TDS tính toán tại một số thời điểm của các phương án vận hành trong sơ đồ 1

Thời điểm (ngày)	Các cực trị của TDS tại giếng quan sát và giếng hút (mg/l)						Hiệu TDS (PA3 - PA2) (mg/l)	
	PA3		PA2		PA1		Tại giếng quan sát QS1	Tại giếng kut QH
	QS1	GH	QS1	GH	QS1	GH		
0.94425	1999.2	2000	1999.2	2000	1999.2	2000	0	0
182.5	223.64	508.56	223.64	508.56	223.64	508.56	0	0
365	283.52	1305.5	343.7	1391.7	283.52	1305.5	-60.18	-86.2
547.5	208.95	332.82	210.41	306.6	209.45	292.44	-1.46	26.22
730	251.44	1160.8	279.68	1199.1	244.93	1050.5	-28.24	-38.3
912.5	207.96	308.54	208.74	284.06	207.92	269.73	-0.78	24.48
1095	241.39	1073.4	260.04	1097	234.81	917.9	-18.65	-23.6
1277.5	207.4	295.88	207.96	274.17	207.22	259.78	-0.56	21.71
1460	236.3	1013.1	250.47	1011.9	230.01	831.77	-14.17	1.2
1642.5	207	287.69	207.44	268.28	206.77	253.65	-0.44	19.41
1825	233.15	967.91	241.91	981.58	236.63	871.37	-11.76	-13.67
1999.7	206.81	286.64	207.31	270.17	206.92	261.08	-0.5	16.47



**4.2. Tính toán xác định biến thiên TDS trong các sơ đồ, 2; 3; 3a và 4 theo phương án vận hành 2.**

**Sơ đồ 2**

Vị trí các giếng trong sơ đồ 2 được chỉ ra trên Hình 5. Kết quả tính toán được chỉ ra trong các hình dưới và trong Bảng 3, Hình 5.

**Sơ đồ 3:**

Vị trí các giếng trong sơ đồ 3 được chỉ ra trên Hình 6. Kết quả tính toán được chỉ ra trên Hình 6 và trong Bảng 3.

**Sơ đồ 3a:**

Sơ đồ 3a gồm 2 giếng cấp và 2 giếng hút, khoảng cách giếng cấp và thu là 80m. Kết quả tính toán được chỉ ra trong Hình 7 và trong Bảng 3.

**Sơ đồ 4**

Đồ thị biến thiên TDS tại giếng thu sơ đồ 4 được chỉ ra trên Hình 8, kết quả các cục trị của TDS tính toán được chỉ ra trong bảng tổng hợp 3 (Hình 8, Hình 9).

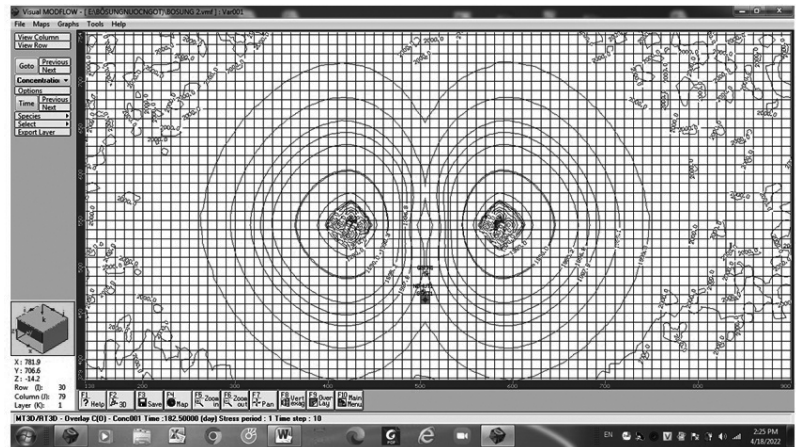
**KẾT LUẬN**

Trong các sơ đồ cấp và thu với chế độ vận hành đã được mô tả ở trên TDS biến thiên theo chu kỳ vận hành và giảm dần khi thời gian vận hành tăng. Để đảm bảo chất lượng nước về mặt vi sinh khoảng cách tối thiểu giữa giếng cấp và giếng hút phải đủ lớn để thời gian lưu trú trong tầng chứa nước của nước cấp đủ lớn để có thể tiêu diệt các vi khuẩn gây bệnh.

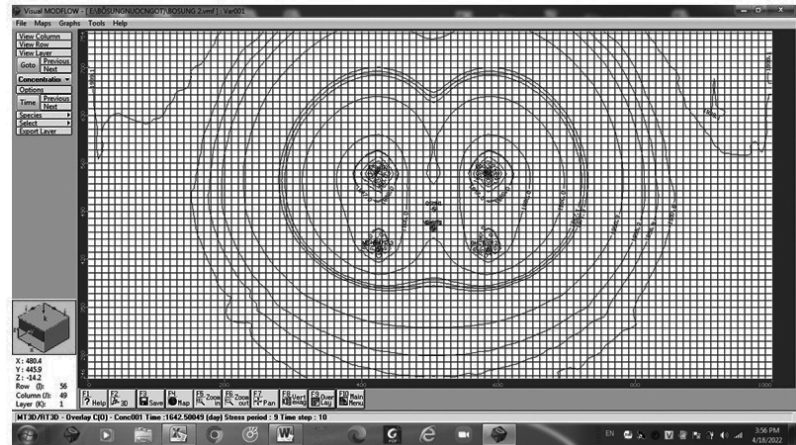
Lưu lượng giếng cấp và thu trong sơ đồ 3 và 3a chỉ bằng 1/2 lưu lượng giếng cấp và hút trong sơ đồ 1 vì vậy khoảng cách an toàn về mặt vi sinh trong sơ đồ 3 và 3a chỉ bằng 1/2 khoảng cách an toàn trong sơ đồ 1.

Trong tính toán khoảng cách giữa giếng cấp và thu trong sơ đồ 1 bằng 111m, nếu lấy khoảng cách này là khoảng cách an toàn thì khoảng cách an toàn trong sơ đồ 3 và 3a bằng 55m. Khoảng cách thực giữa giếng cấp và thu trong sơ đồ 3a là 80m vì thế khoảng cách này đáp ứng yêu cầu chất lượng nước về mặt vi sinh.

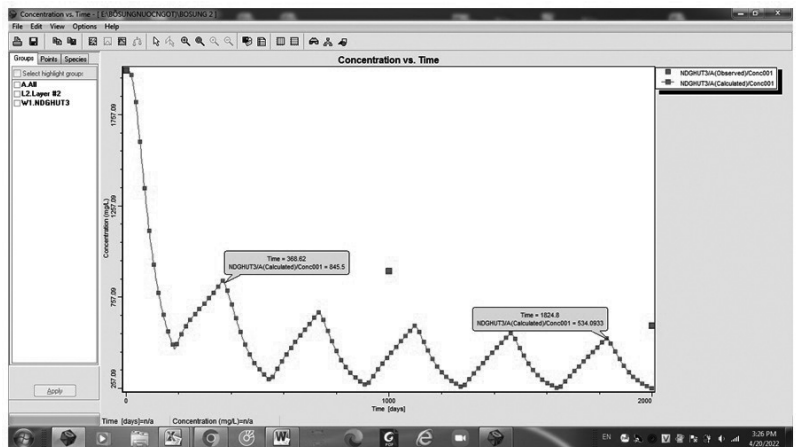
TDS trong giếng hút phụ thuộc vào khoảng cách giữa giếng cấp và giếng hút, giảm khi khoảng cách giữa giếng cấp và giếng hút giảm. Ở sơ đồ



Hình 5. Sơ đồ đẳng TDS thời điểm 1642 ngày phương án sơ đồ 2 (hai giếng cấp 1 giếng thu)



Hình 6. Sơ đồ đẳng TDS thời điểm 1642 ngày phương án 2 sơ đồ 3

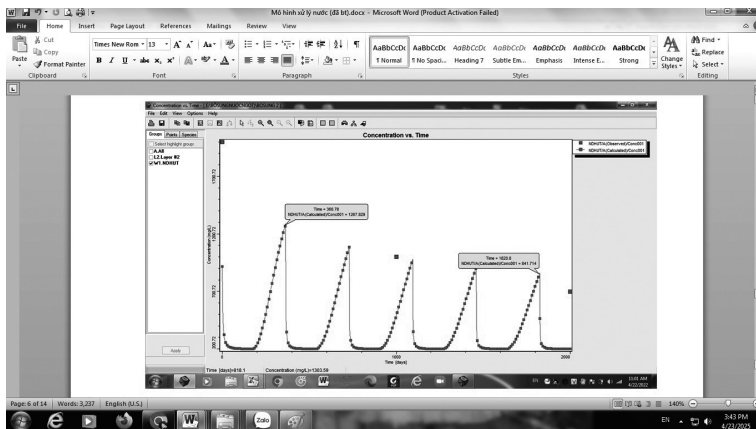


Hình 7. Đồ thị biến thiên TDS phương án 2 Sơ đồ 3a

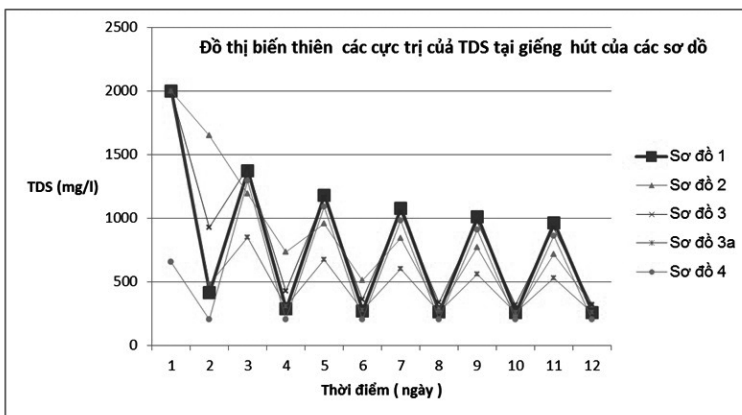


**Bảng 3. Tổng hợp các trị số cực trị trong giếng hút của 5 sơ đồ bố trí giếng theo phương án vận hành 2**

Thời điểm (ngày)	TDS (mg/l) một số thời điểm tại giếng hút theo các sơ đồ khác nhau				
	Khoảng cách giếng cấp tới giếng hút (KC) bằng 111m			KC bằng 80m	Sơ đồ 4
	Sơ đồ 1	Sơ đồ 2	Sơ đồ 3	Sơ đồ 3a	
1.8077	2000	2000	2000	2000	656.21
182.5	415.17	1647.1	924.39	476.43	201.16
365	1373.8	1188.8	1396.9	845.43	1290.9
547.5	285.39	731.11	422.69	302.52	200.99
730	1180.4	958.07	1162.7	671.46	1086.8
912.5	268.21	510.64	358.92	275.71	200.89
1095	1078.3	841.31	1043.3	598.37	979.05
1277.5	260.48	278.85	332.96	264.14	200.81
1460	1011.7	767.52	969.83	556.56	909.86
1642.5	255.75	246.04	318.51	257.49	200.74
1825	963.38	714.99	919.24	528.96	860.06
2000	257.01	315.59	316.41	257.09	200.72
	779.1325	850.0016667	847.1541667	586.18	582.3491667



**Hình 8. Đồ thị biến thiên TDS phương án 2 Sơ đồ 4**



**Hình 9. Đồ thị biến thiên các giá trị TDS cực trị tại giếng hút các sơ đồ**

3 khoảng cách giữa giếng cấp và hút là 110m TDS lớn nhất tại thời điểm 360 ngày bằng 1396mg/l. Trong khi đó trong sơ đồ 3a khoảng cách giữa 2 giếng là 80m. TDS lớn nhất ở thời điểm 365 ngày là 845mg/l.

Từ kết quả trên cho thấy trong các sơ đồ, sơ đồ 3a cho giá trị TDS nhỏ nhất trong suốt thời gian khai thác (hút) trị số TDS không vượt quá 846mg/l.

**Lời cảm ơn:** Quá trình thực hiện có sự giúp đỡ của Viện Khoa học tài nguyên nước, đề tài cấp Bộ mã số TNMT.ĐL.2025.02.05.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Aquifer storage and recovery From Wikipedia, the free encyclopedia
2. Bolivar Reclaimed Water Aquifer Storage and Recovery Project: Assessment of the Third and Fourth ASR Cycles Karen Barry, Joanne Vanderzalm, Paul Pavelic1, Rudi Regel2, Robert May2, Peter Dillon, Jatinder Sidhu and Kerry Levett Water for a Healthy Country Flagship Report series ISSN: 1835-095X
3. Visual Modflow Program Urse,s Manual; Waterloo Hydrogeologic Inc 2002
4. Đặng Đình Phúc, Cơ sở thủy động lực và phương pháp đánh giá trữ lượng nước dưới đất, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội 2013.