

LỰA CHỌN KHAI THÁC TỐI ƯU NHẪM TRÁNH XÂM NHẬP MẶN ĐỐI VỚI CÁC LỖ KHOAN KHAI THÁC NƯỚC DƯỚI ĐẤT CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC VEN BIỂN. LẤY VÍ DỤ VÙNG TỈNH NINH THUẬN

Phạm Quý Nhân, Trần Thành Lê, Tạ Thị Thoảng
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Đặc điểm nổi bật của các vùng ven biển là nhu cầu cấp nước lớn do mật độ dân số cao, các tầng chứa nước thường mỏng và bị xâm nhập mặn. Chính vì vậy, thiết kế xây dựng hệ thống cấp nước dưới đất cho những vùng này đòi hỏi đảm bảo lưu lượng khai thác nhưng không gây ra xâm nhập mặn. Sử dụng lời giải giải tích giải phương trình vi phân vận động của nước dưới đất trong tầng chứa nước ven biển tồn tại ranh giới mặn nhạt và phương pháp quy hoạch tuyến tính và ứng dụng vào vùng nghiên cứu tỉnh Ninh Thuận đã xác định được lưu lượng tối ưu của các lỗ khoan khai thác nhằm tránh xâm nhập mặn trong quá trình hút nước.

Từ khóa: Tối ưu; Xâm nhập mặn; Khai thác nước dưới đất; Tầng chứa nước ven biển; Tỉnh Ninh Thuận

Abstract

Optimization of groundwater abstraction for mitigation of saltwater intrusion of water wells in coastal aquifers: A case study in Ninh Thuan province

Typical characteristics of coastal area are the big demand of water supply due to density population and coastal aquifers with fresh-salt water interface. Therefore, design and construction of water wells in this area is the need to avoid the salt water intrusion. Using the analytical solutions from governing equation of motion of underground water for coastal aquifers with fresh-salt water interface, the linear programming and applying to Ninh Thuan province is to determine the maximum pumping rates of water wells which avoiding salt water intrusion during pumping.

Key words: Optimization; Salt intrusion; Groundwater abstraction; Coastal aquifers; Ninh Thuan province.

1. Đặt vấn đề

Ninh Thuận là một tỉnh ven biển thuộc Nam Trung Bộ. Đây là vùng có khí hậu khắc nghiệt chịu ảnh hưởng nặng nề của hạn hán và xâm nhập mặn (XNM), trong đó có XNM của các tầng chứa nước (TCN) ven biển. Đề xuất các giải pháp công nghệ nhằm khai thác bền vững nước dưới đất, giảm thiểu XNM sẽ góp phần vào khai thác bền vững nước cho các TCN thuộc dải ven biển miền Trung trong đó có tỉnh Ninh Thuận. Có nhiều giải pháp được

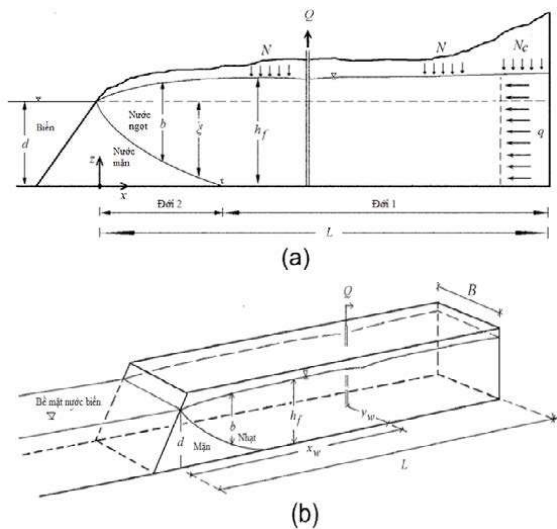
đề xuất để tăng cường khai thác nước dưới đất trong vùng nghiên cứu để bổ sung sự thiếu hụt nguồn cung cấp trong mùa khô. Các giải pháp đó có thể kể đến đó là đề xuất bổ xung nhân tạo cho nước dưới đất (Nguyễn Thị Kim Thoa, 2006), xây dựng tường chắn ngầm (Nguyễn Quốc Dũng, 2019) [1]. Tuy nhiên các giải pháp đó đều đòi hỏi làm tăng nguồn bổ cập và trữ nước để đảm bảo khai thác vào mùa khô và điều này thường được thực hiện ở vùng nằm sâu đất liền, xa biển. Đặc điểm nổi bật của

các vùng ven biển là nhu cầu cấp nước lớn do mật độ dân số cao, các TCN thường mỏng và bị XNM. Chính vì vậy, thiết kế xây dựng hệ thống cấp nước dưới đất cho những vùng này đòi hỏi đảm bảo lưu lượng khai thác nhưng không gây ra XNM.

Bài toán tối ưu về lưu lượng khai thác đã được đề cập nhiều trong các công trình nghiên cứu khác nhau như Hallajji et al., 1996; Mantoglou, 2003. Ngay cả ở Việt Nam, bài toán quy hoạch tuyến tính để tính toán lưu lượng khai thác tối ưu cũng đã được áp dụng cho các giếng khai thác nước dưới đất thuộc nhà máy nước Mai Dịch (Phạm Quý Nhân, Trần Văn An, 2004) [4]. Vấn đề đặt ra ở đây chính là tính toán lưu lượng khai thác tối ưu cho các giếng không chỉ tối ưu về lưu lượng khai thác mà đồng thời không gây ra dịch chuyển ranh giới mặn nhạt (RGMN) trong các TCN này.

Phương trình vi phân vận động của dòng thấm trong đới mặn - nhạt

Hình 1 minh họa cho sự phân bố nước trong vùng tồn tại RGMN và các ký hiệu được thể hiện trong hình vẽ:



Hình 1: Sơ đồ phân bố RGMN và các ký hiệu trong TCN (Mantoglou, 2003)

$b(x,y)$: chiều sâu lớp nước nhạt tính từ mặt thoát đến RGMN

$\xi(x,y)$: chiều sâu lớp nước nhạt tính từ mặt nước biển (mặt chuẩn 0 - 0) đến RGMN

$h_f(x,y)$: cột áp lực của lớp nước nhạt tính từ mặt đáy TCN

Đới 1: đới nước nhạt hoàn toàn

Đới 2: đới chuyển tiếp nước mặn nhạt tính từ đới nước mặn hoàn toàn đến đới nước nhạt hoàn toàn

L: chiều dài TCN tính từ đới 2

B: chiều rộng TCN

q: lưu lượng đơn vị chiều rộng dòng thấm từ bên ngoài vào TCN và được tính bằng $q=V_c/B$ $V_c=N_cA$

V_c : lưu lượng cung cấp thấm trong một đơn vị thời gian

N_c : mức độ cung cấp thấm trong một đơn vị thời gian

A: diện tích phần thu nước cung cấp thấm (thường là vùng lộ có khả năng cung cấp thấm cao cho TCN)

(x,y) : tọa độ điểm nghiên cứu

Đới chuyển tiếp ranh giới mặn nhạt trong TCN được giả thiết phân chia thành 2 đới rõ rệt là đới nước mặn và đới nước nhạt

$$h_f - d = \delta \xi \quad (1)$$

Trong đó

$$\delta = \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} = 0.025$$

ρ_s là mật độ nước mặn và ρ_f là mật độ nước nhạt

Phương trình vi phân vận động của nước dưới đất trong đới nước nhạt (đới 1) trong trạng thái vận động ổn định là:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(Kh_f \frac{\partial h_f}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(Kh_f \frac{\partial h_f}{\partial y} \right) + N - Q = 0 \quad (2)$$

Phương trình vi phân vận động của nước dưới đất của lớp nước nhạt trong đới

nước hỗn hợp (đới 2) trong trạng thái vận động ổn định là:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(Kb \frac{\partial h_f}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(Kb \frac{\partial h_f}{\partial y} \right) + N - Q = 0 \quad (3)$$

Trong đới 1: $b = h_f$

Trong đới 2: $b = h_f - d + \xi$ (4)

Cả 02 phương trình (2) và (3) có thể thể hiện theo dạng phương trình (3). Theo Strack (1976), đã định nghĩa hàm thế năng như sau:

Trong đới 1:

$$\hat{O} = \frac{1}{2} [h_f^2 - (1 + \delta)d^2]$$

Trong đới 2:

$$\hat{O} = \frac{(1 + \delta)}{2\delta} (h_f - d)^2 \quad (5)$$

Tại vị trí của chân lưỡi mẫn, khi mà $\xi = d$ thì phương trình (1) có thể nhận được:

$$h_f = (1 + \delta)d$$

Từ phương trình (2), (3) và (5), hàm thế năng thỏa mãn phương trình vi phân liên tục của dòng thấm như sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial \hat{O}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial \hat{O}}{\partial y} \right) + N - Q = 0 \quad (6)$$

Trong đó:

Φ : hàm thế năng trong môi trường mật độ thấm đồng nhất

K : hệ số thấm của TCN, TCN đồng nhất

N : giá trị cung cấp thấm bề mặt phân bố đều

Q : lưu lượng hút nước từ các lỗ khoan

q : là lưu lượng đơn vị theo chiều rộng dòng chảy từ bên rìa và không phụ thuộc theo trục y

Với các điều kiện biên như sau: (1) tại đường bờ biển nếu khi ($x = 0$) lúc đó $\xi = 0$ và $\Phi(x, y) = 0$ (2) tại biên cách nước

dòng chảy hướng về phía vuông góc với biên sẽ bằng 0 tức là

$$q_0 = Kb \frac{\partial h_f}{\partial n} = 0 \text{ hay } \frac{\partial h_f}{\partial n} = 0 \text{ và như vậy } \frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0$$

3. Lời giải của phương trình vi phân với các điều kiện biên khác nhau

- Miền thấm bán vô hạn biên cấp nước loại 1 là đường bờ biển

- Miền thấm giới hạn bởi biên cấp nước loại 1 là biển và 02 biên cách nước

- Miền thấm giới hạn bởi biên cấp nước loại 1 là biển và 03 biên cách nước

Dùng phương pháp chiếu ảnh và cộng dòng, nghiệm của phương trình vi phân cho các trường hợp khác nhau được thể hiện như sau:

3.1. Trong trường hợp TCN bán vô hạn với một biên cấp nước là bờ biển, số lượng lỗ khoan M và lưu lượng các lỗ khoan được xác định

Nếu K , N , Q được biết trong trường hợp TCN bán vô hạn với một biên cấp nước là bờ biển và các biên cách nước khác nhau thì phương trình (6) có thể được giải bằng phương pháp giải tích hoặc phương pháp số. Khi hàm được xác định thì tại đới RGMN có thể được tính từ phương trình (4) và (5) như sau:

Đới 1

$$\xi = d \quad Z = 0 \quad \frac{(1 - \delta)\delta}{2} d^2 \leq \Phi$$

Đới 2

$$\xi = \sqrt{\frac{2\Phi}{\delta(1 + \delta)}} \quad Z = d - \xi \quad (7)$$

$$0 \leq \Phi \leq \frac{(1 + \delta)\delta}{2} d^2$$

Giá trị áp lực bề mặt sẽ nhận được

Đới 1

$$h_f = \sqrt{2\Phi + (1 + \delta)d^2} \quad \frac{(1 + \delta)\delta}{2} d^2 \leq 0$$

Đới 2

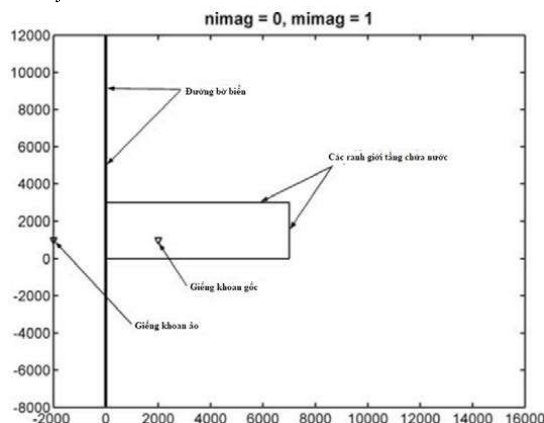
$$h_f = \sqrt{\frac{2\delta\Phi}{1+\delta}} + d \quad 0 < \Phi \leq \frac{(1+\delta)\delta}{2}d^2 \quad (8)$$

Vị trí của chân lưỡi mận có thể được xác định bằng cách giải phương trình xác định khi giá trị hàm của phương trình không đường thẳng như sau:

$$\Phi(x_\tau, y_\tau) = \frac{(1+\delta)\delta}{2}d^2 \quad (9)$$

Như đã biết ở mục trên phương trình vi phân liên tục của dòng thấm (6) có thể được giải bằng phương pháp số (ví dụ phần mềm MODFLOW). Trong một số trường hợp nơi mà TCN phân bố dạng chữ nhật, hệ số thấm K và TCN đồng nhất, giá trị cung cấp thấm N là phân bố đồng đều và giá trị lưu lượng thấm đơn vị từ bên sườn là không đổi và độc lập theo trục y, thì phương trình đó có thể giải bằng phương pháp giải tích.

a) Trong trường hợp TCN đồng nhất, bán vô hạn, không có cung cấp thấm (N = 0), có M lỗ khoan hút nước với lưu lượng là Q_j với $j=1,2,\dots,M$.



Hình 2: TCN ven biển giới hạn bởi một biên cấp nước và 3 biên cách nước: Hệ số chiếu ảnh đối với biên cấp cho một lần chiếu $mimag = 1$, Hệ số chiếu ảnh đối với các biên cách nước với số lần chiếu là 0 $nimag = 0$

Trong trường hợp này, Strack (1976) và Cheng et al. (2000) cũng đã giải phương trình vi phân liên tục và được

thực nghiệm như sau:

$$\Phi(x, y) = \frac{q}{K}x + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2} \right] \quad (10)$$

Trong đó (x_j, y_j) , $j=1,2,\dots,M$ là tọa độ các lỗ khoan. Lời giải này dựa vào phương trình của Thiem (1906) với lưu ý rằng lỗ khoan ảo chiếu đối xứng qua biên cấp nước (đường bờ biển) có tọa độ là $(-x_j, y_j)$ là lỗ khoan ép nước với lưu lượng là $-Q_j$ với $j=1,2,\dots,M$. Giá trị $\frac{q}{K}x$ được tính cho trường hợp tồn tại dòng thấm từ bên sườn vào (Bear, 1972).

b) Trong trường hợp nếu không có lỗ khoan, phương trình (9) và (10) cho thấy rằng lưỡi mận nằm song song và cách đường bờ biển một khoảng cách.

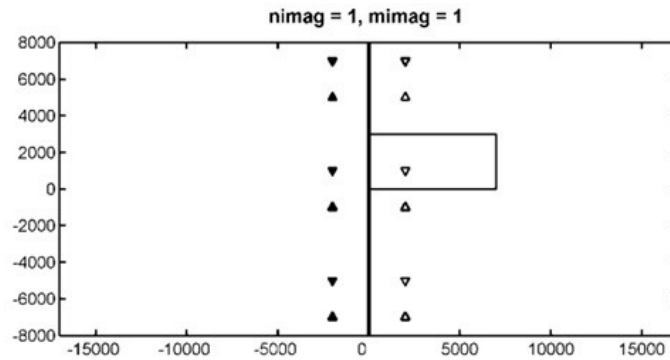
$$x_\tau = x_{min} = \frac{(1+\delta)\delta d^2 K}{2q}$$

c) Khi có lỗ khoan hút nước lưỡi mận sẽ di chuyển về lỗ khoan và hình dạng lưỡi mận sẽ được xác định bằng cách giải phương trình (9) để xác định theo hàm

3.2. Lời giải giải tích về xâm nhập mặn trong các TCN phân bố hữu hạn một biên cấp nước và hai biên cách nước song song nhau

Phương trình (10) được dựa trên giả thiết TCN bán vô hạn với một biên cấp nước $H=const$ là đường bờ biển. Trong phần lớp các trường hợp, các TCN ven biển là chứa nước hữu hạn nên cần xác định lời giải trong các trường hợp này. Dưới đây là lời giải trong trường hợp TCN hữu hạn hình chữ nhật một biên cấp nước và ba biên cách nước.

Trong trường hợp nếu chiếu ảnh qua các biên cách với 1 lần chiếu $nimag=1$ và biên cấp với 1 lần chiếu $mimag=1$. Lúc này ta sẽ có 06 lỗ khoan cấp nước và 06 lỗ khoan hút nước (Hình 3)



Hình 3: TCN ven biển giới hạn bởi một biên cấp nước và 2 biên cách nước song song nhau phân bố ở phía Bắc và phía Nam vùng nghiên cứu: Hệ số chiếu ảnh đối với biên cấp với số lần chiếu mimag = 1, hệ số chiếu ảnh đối với các biên cách nước với số lần chiếu là nimag = 1

Bằng phương pháp cộng dòng ta có:

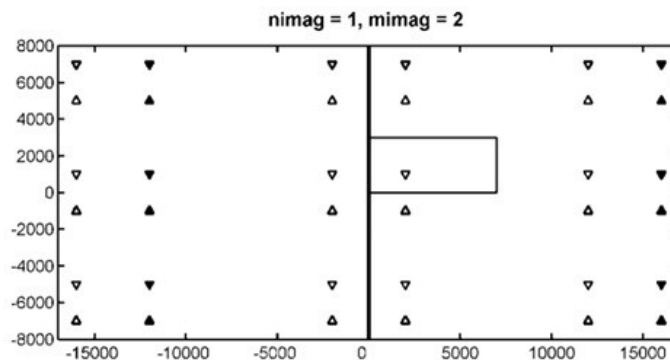
$$\begin{aligned} \Phi(x, y) = & \frac{q}{K}x + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y+y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y+y_j)^2} \right] \\ & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(2B-y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(2B-y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(2B+y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(2B+y_j)]^2} \right] \\ & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(-2B+y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(-2B+y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(-2B-y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(-2B-y_j)]^2} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

Trong đó B là chiều rộng TCN

Nếu số lần chiếu $nimag \geq 1$ thì ta có kết quả lời giải như sau:

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) = & \frac{q}{K}x + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2} \right] \\ & + \sum_{n=1}^{nimag} \left\{ \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(2nB-y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(2nB-y_j)]^2} \right] \right\} + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(2nB+y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(2nB+y_j)]^2} \right] \\ & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2} \right] \end{aligned} \quad (12)$$

3.3. Lời giải giải tích về xâm nhập mặn trong các TCN phân bố hữu hạn một biên cấp nước và hai biên cách nước song song nhau, một biên cách nước phân bố vuông góc



Hình 4: TCN ven biển giới hạn bởi một biên cấp nước và 02 biên cách nước song song nhau phân bố ở phía Bắc và phía Nam vùng nghiên cứu, 01 biên cách nước ở phía Đông: Hệ số chiếu ảnh đối với biên cấp với số lần chiếu mimag = 2, Hệ số chiếu ảnh đối với các biên cách nước với số lần chiếu nimag = 1

$$\begin{aligned}
 \Phi(x, y) = & \frac{q}{K} x + \frac{N}{K} x \left(L - \frac{x}{2} \right) + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2} \right] + \\
 & \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + (y-y_j)^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + (y-y_j)^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + (y-y_j)^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + (y-y_j)^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y+y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y+y_j)^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + (y+y_j)^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + (y+y_j)^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x+(2L-x_j)]^2 + (y-y_j)^2}{[x+(2L+x_j)]^2 + (y-y_j)^2} \right] + \sum_{n=1}^{nimag} \left\{ \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(2nB-y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(2nB-y_j)]^2} \right] \right\} \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + [y-(2nB-y_j)]^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + [y-(2nB-y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x+(2L-x_j)]^2 + [y-(2nB-y_j)]^2}{[x+(2L+x_j)]^2 + [y-(2nB-y_j)]^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(2nB+y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(2nB+y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + [y-(2nB+y_j)]^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + [y-(2nB+y_j)]^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x+(2L-x_j)]^2 + [y-(2nB+y_j)]^2}{[x+(2L+x_j)]^2 + [y-(2nB+y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x+(2L-x_j)]^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2}{[x+(2L+x_j)]^2 + [y-(-2nB+y_j)]^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2}{(x+x_j)^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2} \right] + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x-(2L-x_j)]^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2}{[x-(2L+x_j)]^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2} \right] \\
 & + \sum_{j=1}^M \frac{Q_j}{4\pi K} \ln \left[\frac{[x+(2L-x_j)]^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2}{[x+(2L+x_j)]^2 + [y-(-2nB-y_j)]^2} \right]
 \end{aligned} \tag{13}$$

Giá trị được đưa vào công thức khi tồn tại giá trị cung cấp thấm. L là chiều dài phân bố TCN

4. Tối ưu lưu lượng khai thác của các lỗ khoan hút nước

Đặt Q_i ; $i=1,2,...,M$ là lưu lượng các lỗ khoan hút nước trong TCN ven biển. Tọa độ (x_i, y_i) $i=1,2,...,M$ của các lỗ khoan là biết trước. Bài toán đặt ra ở đây là, tổng lưu lượng khai thác của các lỗ khoan gần RGMN là lớn nhất nhưng sự dịch chuyển RGMN không vượt quá vị trí của các lỗ khoan khai thác.

Như vậy, nội dung của bài toán tối ưu được thể hiện bằng các công thức như sau

Hàm mục tiêu:

$$\text{Max} \quad Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_M$$

Điều kiện ràng buộc:

$$x_{ti} (Q_1, Q_2, \dots, Q_M) < x_i, i = 1, \dots, M$$

$$\sum_{j=1}^M Q_j \leq Q_{\text{tot max}} \tag{14}$$

$$Q_i \leq Q_{i, \text{max}, i=1, \dots, M}$$

$$Q_i \geq 0, i = 1, \dots, M$$

Trong đó:

Q_i , $i=1,2,...,M$: Lưu lượng của các lỗ khoan hút nước

Q_{tot} : tổng lưu lượng của các lỗ khoan hút nước

$x_{(ti)}$: tọa độ x mà tại đó tồn tại chân lười mặn

Điều này cũng đòi hỏi giá trị thế năng tại lỗ khoan phải lớn hơn giá trị thế năng tại

chân lười mặn, tức là $\Phi(x_i, y_i) > \frac{(1+\delta)\delta}{2} d^2$

. Cũng cần lưu ý rằng các phương trình (10), (11), (12) và (13) có thể hiện theo dạng công thức như sau:

$$\Phi(x_i, y_i) = \frac{q}{K} x_i + \frac{N}{K} x_i \left(L - \frac{x_i}{2} \right) + \sum_{j=1}^M A_{ij} Q_j \quad (15)$$

Trong đó:

$$A_{ij} = \frac{1}{4\pi K} \ln \left[\frac{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}{(x+x_j)^2 + (y-y_j)^2} \right]$$

Chúng ta biết thế năng tại chân lưỡi mận là và như vậy để tránh XNM vào lỗ khoan, hàm ràng buộc sẽ là

$$\Phi(x_i, y_i) > \Phi_\tau = \frac{(1+\delta)\delta}{2} d^2 \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^M A_{ij} Q_j > B_i, i = 1, \dots, M \quad (17)$$

Trong đó:

$$B_i = \frac{(1+\delta)\delta}{2} d^2 - \frac{q}{K} x_i + \frac{N}{K} x_i \left(L - \frac{x_i}{2} \right)$$

Do điều kiện ràng buộc (17) là hàm tuyến tính với hàm mục tiêu là . Lúc này bài toán tối ưu có thể thể hiện như sau:

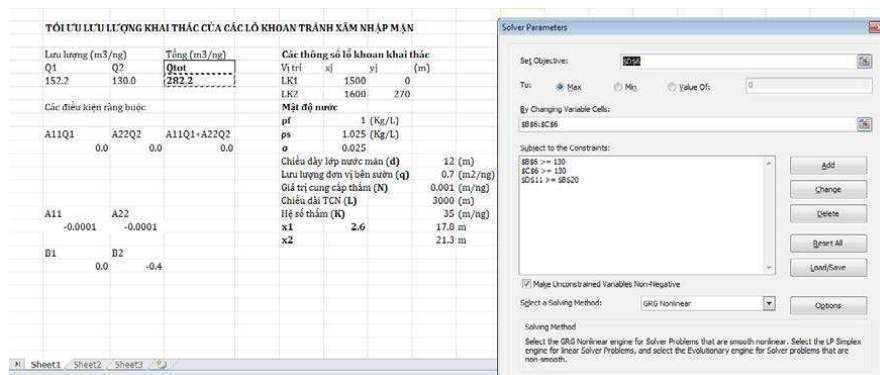
Hàm mục tiêu: Max:

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_M$$

Điều kiện ràng buộc:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^M A_{ij} Q_j &> B_i, i = 1, \dots, M \\ \sum_{j=1}^M Q_j &\leq Q_{tot \max} \\ &\leq Q_{i, \max, i=1, \dots, M} \\ Q_i &\geq 0, i = 1, \dots, M \end{aligned} \quad (18)$$

Bài toán tối ưu này có thể giải bằng công cụ MATLAB hoặc SOLVER trong EXCEL

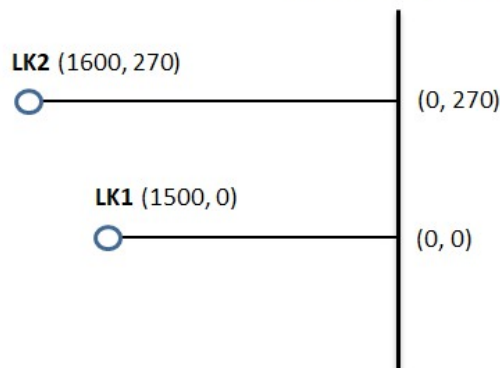


Hình 6: Kết quả công cụ SOLVER trong EXCEL giải bài toán tối ưu lưu lượng khai thác tránh XNM

Lấy ví dụ vùng Ninh Thuận

Trong vùng nghiên cứu tồn tại 02 TCN có triển vọng đó là TCN Holoxen và TCN Pleistoxen. Tuy nhiên, khu vực gần trung tâm TP. Phan Rang - Tháp Chàm TCN Pleistoxen gần như bị mặn (TDS>1g/L). Đối với các cơ sở trường học, bệnh viện, công sở,...thiếu nguồn nước cấp vào mùa khô là rất nghiêm trọng. Chính vì vậy, nhóm tác giả lựa chọn TCN Holoxen trong vùng này để thiết kế, tính toán tối ưu cho một công trình cấp nước dưới đất đảm bảo khai thác bền vững và không bị XNM. Sơ đồ vị trí các lỗ khoan khai thác dự kiến xem trên hình vẽ

Điều kiện biên loại I



Hình 5: Sơ đồ vị trí các lỗ khoan khai thác dự kiến TCN Holoxen vùng Ninh Thuận

Các thông số được đưa vào tính toán bao gồm:

Tọa độ của các lỗ khoan dự kiến thiết kế là LK1(1500;0); LK2(1600,270). Chiều dày TCN là lớp nước mặn $d = 12$ m. Lưu lượng đơn vị dòng thấm bên sườn là $0,7 \text{ m}^3/\text{ng}$. Mô đun giá trị cung cấp thấm cho TCN là 0.001 m/ng . Chiều dài TCN là $L = 3500 \text{ m}$. Hệ số thấm của TCN là 35 m/ng .

Kết quả sử dụng công cụ SOLVER trong EXCEL để giải bài toán quy hoạch tuyến tính là Q1 của LK1 là $152 \text{ m}^3/\text{ng}$; Q2 của LK2 là $130 \text{ m}^3/\text{ng}$

Hình 6 cũng cho thấy, thay đổi vị trí của các lỗ khoan khai thác đối với RGMN cũng là một giải pháp thay đổi lưu lượng khai thác cho phù hợp với nhu cầu.

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu lựa chọn khai thác tối ưu nhằm tránh XNM đối với các lỗ khoan khai thác nước dưới đất các TCN ven biển có thể rút ra một số kết luận như sau:

Khai thác nước dưới đất các TCN ven biển cần xem xét vấn đề XNM, tối ưu hóa lưu lượng khai thác đảm bảo lưu lượng khai thác bền vững là yêu cầu cấp thiết cho các công trình khai thác nước dưới đất trong các TCN ven biển.

Đối với các công trình khai thác nước dưới đất các TCN ven biển đang hoạt động, xem xét tính toán lại lưu lượng khai thác đảm bảo tránh XNM là rất cần thiết bởi sự thay đổi các yếu tố cung cấp thấm, dòng thấm bên sườn trong bối cảnh BĐKH. Đối với các công trình khai thác dự kiến, vị trí của các lỗ khoan khai thác đối với RGMN cũng như tính toán lưu lượng khai thác cho phù hợp với nhu cầu cấp nước là rất cần thiết.

Kết quả lựa chọn khai thác tối ưu nhằm tránh XNM đối với các lỗ khoan khai thác nước dưới đất các TCN ven biển vùng tỉnh Ninh Thuận phục vụ cấp nước cho cơ sở công cộng đã xác định được là Q1 của LK1 là $152 \text{ m}^3/\text{ng}$; Q2 của LK2 là $130 \text{ m}^3/\text{ng}$.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này là một phần sản phẩm đề tài cấp Nhà nước “Nghiên cứu các giải pháp khoa học, công nghệ hạn chế xâm nhập mặn đối với các TCN ven biển miền Trung trong bối cảnh BĐKH; ứng dụng thí điểm cho công trình cụ thể trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận” thuộc “Chương trình Khoa học và Công nghệ ứng phó với BĐKH, quản lý tài nguyên và môi trường” giai đoạn 2016 - 2020, Mã số ĐKKH/16-20, chúng tôi xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Quốc Dũng (2019). *Nghiên cứu xây dựng mô hình thu và lưu giữ nước phục vụ cấp nước sạch hiệu quả cho vùng khô hạn khan hiếm nước Ninh Thuận - Bình Thuận*. Báo cáo tổng kết đề tài ĐLCNN, mã số ĐTĐL-CN.63/15.
- [2]. Liên đoàn ĐCTV - ĐCCT miền Trung (2013). *Lập bản đồ địa chất thủy văn tỷ lệ 1/50.000 các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận*. Lưu trữ Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia.
- [3]. Cục Quản lý tài nguyên nước (2009). *Nghiên cứu mối quan hệ giữa các tầng, phức hệ chứa nước với tiềm năng tài nguyên nước và đề xuất giải pháp trữ nước và bổ sung nhân tạo NĐĐ. Thí điểm áp dụng cho lưu vực sông Cái (Kinh Dinh) tỉnh Ninh Thuận*. Lưu trữ Cục Quản lý Tài nguyên nước.
- [4]. Phạm Quý Nhân, Trần Văn An (2004). *Tối ưu hóa các bãi giếng khai thác nước dưới đất bị suy thoái*. Báo cáo khoa học Đại hội toàn quốc lần thứ 4 Hội Địa chất thủy văn Việt Nam nhiệm kỳ 2001 - 2005.
- [5]. Đoàn 2F (1987). *Báo cáo lập bản đồ ĐCTV - ĐCCT tỷ lệ 1/200.000 vùng Thanh Hóa - Vinh*. Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc.
- [6]. Adrian D.Werner, Jame D.Ward, Leanne K.Morgan, Craig T.Simmons, Neville I.Robinson, and Micheal D.Teubner (2012). *Vulnerability Indicators of Sea Water Intrusion*. Ground Water, Vol. 50(1), pp. 48 - 58.
- [7]. Aristotelis Mantoglou (2003). *Pumping management of coastal aquifers using analytical models of saltwater intrusion*. Water Resources Research, Vol. 39 No 12, 1335.

BBT nhận bài: 25/11/2019; Phản biện
xong: 09/12/2019