

## Potential exploitation reserves of middle - upper Pleistocene aquifer (qp<sub>2-3</sub>) in Ca Mau province

Trinh Hoai Thu<sup>1,\*</sup>, Nguyen Van Hoang<sup>2</sup>, Tran Thi Thuy Huong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Marine Geology and Geophysics, VAST, Vietnam*

<sup>2</sup>*Institute of Geology, VAST, Vietnam*

\*E-mail: [hoaitu0609@hotmail.com](mailto:hoaitu0609@hotmail.com)

Received: 25 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

### Abstract

The paper presents the results of evaluating and determining the potential exploitation reserves of groundwater in Ca Mau province. In particular, the study has identified the regional hydrogeological parameters, assessed potential exploitation reserves of groundwater, forecasted water level fluctuations, determined quantities of groundwater supply from the sea and from rainwater according to space and time, and detailedly established input parameters and boundary value for hydrogeological modelling. Calculation results show that the total potential reserves of qp<sub>2-3</sub> aquifer is 1,924,111 m<sup>3</sup> per day, in which the fresh water is 1,072,145 m<sup>3</sup> per day (accounting for 55.7%) and the salt water is 623,067 m<sup>3</sup> per day (accounting for 44.3%).

**Keywords:** Potential exploitation reserves, Ca Mau, middle - upper Pleistocene aquifer (qp<sub>2-3</sub>).

## Trữ lượng khai thác tiềm năng tầng chứa nước Pleistocen giữa - trên (qp<sub>2-3</sub>) tỉnh Cà Mau

Trịnh Hoài Thu<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Văn Hoàng<sup>2</sup>, Trần Thị Thúy Hương<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

\*E-mail: [hoaithu0609@hotmail.com](mailto:hoaithu0609@hotmail.com)

Nhận bài: 25-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

### Tóm tắt

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu đánh giá xác định trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất khu vực tỉnh Cà Mau, đặc biệt là đã xác định được các thông số địa chất thủy văn khu vực, đánh giá xác định được trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất, dự báo biến động mực nước, xác định được định lượng các đại lượng cung cấp nước dưới đất từ biển và từ nước mưa theo không gian và thời gian,... chi tiết xây dựng được bộ thông số đầu vào, giá trị biên,... Kết quả tính toán cho thấy tổng trữ lượng khai thác tiềm năng tầng chứa nước qp<sub>2-3</sub> là 1.924.111 m<sup>3</sup>/ngày, trong đó phần nước nhạt là 1.072.145 m<sup>3</sup>/ngày (chiếm 55,7%) và phần nước mặn là 623.067 m<sup>3</sup>/ngày (chiếm 44,3%).

**Từ khóa:** Trữ lượng khai thác tiềm năng, Cà Mau, tầng chứa nước Pleistocen giữa - trên (qp<sub>2-3</sub>).

### MỞ ĐẦU

Với sự phát triển kinh tế xã hội ngày càng tăng, nước dưới đất (NDĐ) đóng góp cho sự phát triển bởi các công trình khai thác tập trung từ những công trình khai thác của các cơ quan xí nghiệp đến những công trình khai thác NDĐ quy mô công nghiệp phục vụ các khu công nghiệp, các cụm dân cư, các đô thị,... Với nguồn trữ lượng nhất định, NDĐ không thể đáp ứng nhu cầu nước ngày càng tăng, cộng với những biến đổi tự nhiên và môi trường bất lợi cho môi trường NDĐ. Chính vì vậy các vấn đề về trữ lượng và chất lượng tài nguyên NDĐ là những vấn đề quan trọng không chỉ riêng đối với các nhà quản lý, hoạch định chính sách, các tổ chức và cá nhân khai thác kinh doanh nước và phục vụ sản xuất mà ngay cả đối với người dân người trực tiếp khai thác sử dụng và bị ảnh hưởng của các quá trình suy thoái về trữ lượng và chất lượng NDĐ.

Cà Mau là tỉnh ven biển nằm ở cực nam của đồng bằng sông Cửu Long có nguồn tài nguyên NDĐ đóng vai trò hết sức quan trọng đối với phát triển kinh tế - xã hội của địa phương, trữ lượng khai thác hiện nay là 373.332 m<sup>3</sup>/ngày với 137.988 giếng khoan khai thác nước dưới đất [1]. Việc xác định được điều kiện phân bố cũng như trữ lượng NDĐ nhạt có thể khai thác sử dụng được trên địa bàn tỉnh Cà Mau từ đó đưa ra những dự báo về biến động trữ lượng và chất lượng nước dưới đất là những yêu cầu cấp thiết đối với tỉnh Cà Mau.

### ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng Cà Mau tồn tại các đơn vị chứa nước như sau [2, 3]:

Các tầng chứa nước (TCN) lỗ hổng, bao gồm:

TCN lỗ hổng trong các trầm tích Holocen (qh).

TCN lỗ hồng trong các trầm tích Pleistocen giữa - trên ( $qp_{2-3}$ ).

TCN lỗ hồng trong các trầm tích Pleistocen dưới ( $qp_1$ ).

TCN lỗ hồng trong các trầm tích Pliocen trên ( $n_2^2$ ).

TCN lỗ hồng trong các trầm tích Pliocen dưới ( $n_2^1$ ).

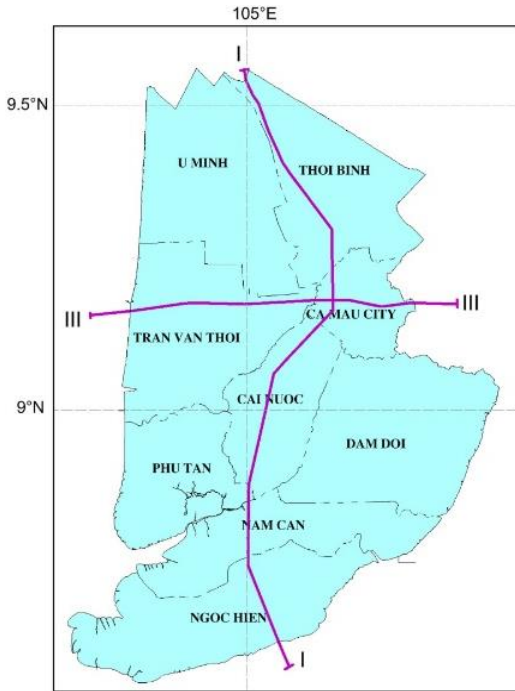
Thê địa chất rất nghèo nước tuổi Pleistocen giữa - trên và Holocen ( $Q_1^{2-3}$ - $Q_2$ ).

Thê địa chất rất nghèo nước trong các trầm tích Pleistocen dưới ( $Q_1^1$ ).

Thê địa chất rất nghèo nước trong các trầm tích Pliocen trên ( $N_2^2$ ).

Thê địa chất rất nghèo nước trong các trầm tích Pliocen dưới ( $N_2^1$ ).

Thê địa chất rất nghèo nước trong các trầm tích Miocen trên ( $N_1^3$ ).



Hình 1. Sơ đồ vị trí các mặt cắt địa chất thủy văn khu vực tỉnh Cà Mau

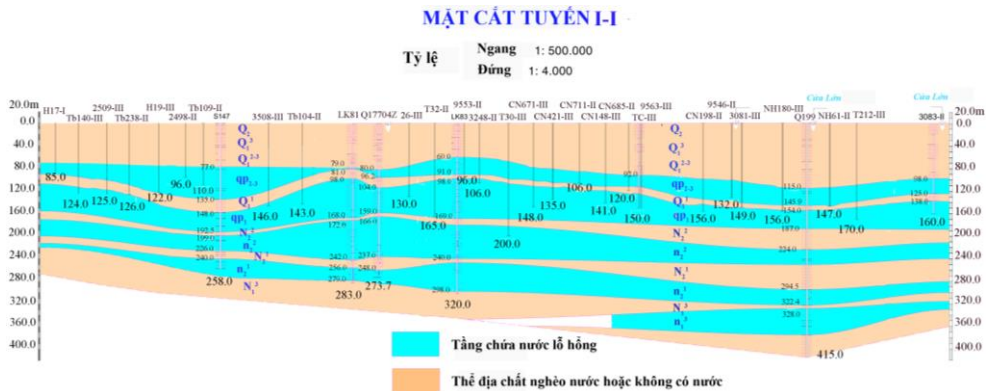
Các thê địa chất rất nghèo nước hoặc không chứa nước:

Các kết quả tổng hợp về hiện trạng khai thác NĐĐ từ các tầng chứa nước cho thấy khai thác nhiều nhất là từ tầng chứa nước  $qp_{2-3}$  tới 71,08%, khai thác từ tầng  $qp_1$  và  $n_2^2$  lần lượt là 13,36% và 14,08%. Riêng khai thác từ tầng  $n_2^1$  chỉ có 1,48% [1, 2, 4–7]. Vì vậy bài báo tập trung xây dựng mô hình dòng chảy NĐĐ và xác định trữ lượng khai thác tiềm năng NĐĐ tầng chứa nước  $qp_{2-3}$  nhằm dự báo sự biến đổi môi trường NĐĐ trong tương lai phục vụ công tác quy hoạch và quản lý NĐĐ.

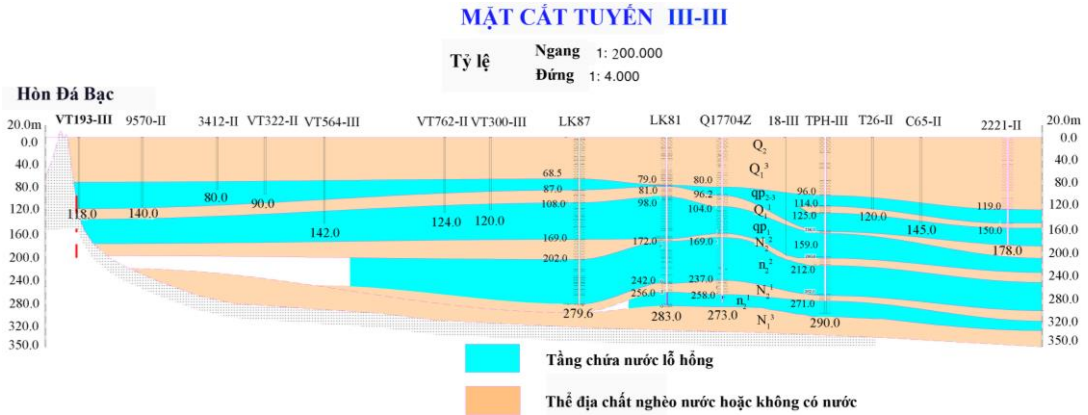
Đặc điểm địa chất thủy văn TCN Pleistocen giữa - trên ( $qp_{2-3}$ ):

Diện phân bố rộng trên toàn vùng, không lộ ra trên mặt mà bị các trầm tích Holocen che phủ. Tầng này phân bố ở độ sâu từ 14–44 m và chiều sâu đáy từ 77–120 m.

Đất đá chứa nước gồm các lớp cát hạt mịn đến trung, nhiều nơi lẫn sạn sỏi, có màu xám tro, xám vàng xen kẽ nhau. Giữa các lớp cát thường xen kẹp các lớp mỏng hoặc thấu kính sét, bột màu vàng, xám xanh. Bề dày gặp ở các LK từ 6–67 m, bề dày lớn nhất thường gặp ở đông bắc (Thới Bình) và có xu hướng vát mỏng về phía nam và phía tây.



Hình 2a. Mặt cắt địa chất thủy văn theo tuyến I-I



Hình 2b. Mặt cắt địa chất thủy văn theo tuyến III-III

Chất lượng nước biến đổi khá phức tạp. Phần phía bắc, tây bắc nước bị lợ. KQPT tại G177 cho  $M = 1,16-1,63$  g/l;  $Cl^- = 414-726$  mg/l. Tại trung tâm và phía nam nước nhạt chiếm  $1.103$  km<sup>2</sup> với  $M = 0,57-0,76$  g/l;  $Cl^- = 1-121$  mg/l.

Đây là TCN có diện phân bố rộng, khả năng chứa nước phong phú, chất lượng nước đạt yêu cầu sử dụng cho sinh hoạt, điều kiện khai thác dễ nên có thể khai thác phục vụ cho sinh hoạt. Tuy nhiên tầng này có nguy cơ bị

xâm nhập mặn nếu không có biện pháp quản lý khai thác.

**PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Cơ sở của phương pháp tính toán trữ lượng tiềm năng NĐĐ của các tầng chứa nước dựa trên lời giải của bài toán dòng chảy.

**Bài toán dòng chảy:** Phương trình chuyển động NĐĐ trong tầng chứa nước có áp lực trong không gian hai chiều xy được thể hiện như sau (Jacob Bear and Arnold Verruijt (1987)):

$$mK_x \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + mK_y \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + R - P + Q\delta(x - x_k, y - y_k) = S^* \frac{\partial \phi}{\partial t} \text{ trong miền } \Omega \quad (1)$$

Trong đó:  $R$  là lưu lượng cung cấp theo diện cho tầng ( $L/T \equiv L^3/T/L^2$ );  $P$  là lưu lượng thoát khỏi tầng ( $L/T \equiv L^3/T/L^2$ );  $x, y$ : Tọa độ trên mặt phẳng ngang ( $L$ );  $m$ : Chiều dày tầng chứa nước ( $L$ );  $K_x, K_y$ : Tương ứng là hệ số thấm theo phương  $x$  và theo phương  $y$  ( $L/T$ );  $\phi$ : Mức nước ( $L$ );  $Q$ : Lưu lượng bơm hút (giá trị âm nếu là hút khỏi tầng chứa nước và giá trị dương nếu là ép nước vào tầng chứa nước) tại vị trí  $(x_k, y_k)$  ( $L^3/T$ );  $\delta(x - x_k, y - y_k)$ : Hàm Dirac delta [ $\delta(x - x_k, y - y_k) = 1$  nếu  $x = x_k$  và  $y = y_k$ ,  $\delta(x - x_k, y - y_k) = 0$  nếu  $x \neq x_k$  hoặc/và  $y \neq y_k$ ];  $S^*$ : Hệ số nhả nước đàn hồi của tầng chứa nước;  $t$ : Thời gian [ $T$ ].

Điều kiện ban đầu là mực nước xác định trên toàn miền phân bố tầng chứa nước.

Điều kiện biên có thể là một trong các loại sau:

Điều kiện biên loại 1 (điều kiện biên Dirichlet), hoặc mực nước đã xác định:

$$\phi = \bar{\phi} \text{ trên } \Gamma_\phi \quad (2)$$

Điều kiện biên loại 2 (điều kiện biên Neumann), hoặc dòng chảy vào đã biết:

$$T \frac{\partial \phi}{\partial n} = -\bar{q} \text{ trên } \Gamma_q \quad (3)$$

Điều kiện biên loại 3 (điều kiện biên hỗn hợp - biên Cauchy): Dòng nước vuông góc với biên được thể hiện qua mực nước trên biên và một hằng số đã biết. Tất cả các biên các loại khác nhau nối với nhau liên tục  $\Gamma_\phi + \Gamma_q = \Gamma$  tạo thành ranh giới tầng chứa nước.

Phương trình (1) chỉ có thể giải bằng phương pháp số đối với mọi điều kiện biên thay

đổi theo không gian và thời gian và tầng chứa nước bất đồng nhất, chỉ có thể giải bằng phương pháp giải tích khi điều kiện không đổi theo thời gian và tầng chứa nước đồng nhất.

**Công thức tính toán trữ lượng khai thác tiềm năng:**

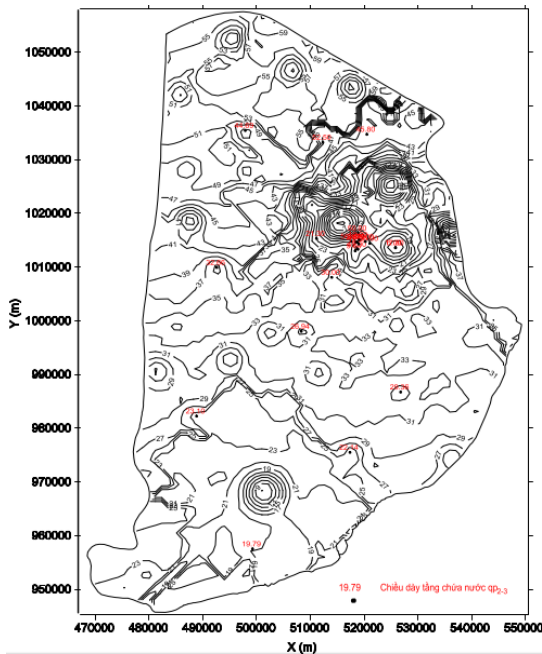
Trữ lượng khai thác tiềm năng ( $Q_{KT}$ ) = Trữ lượng động ( $Q_{TN}$ ) + Trữ lượng tĩnh ( $V_{TN}$ ).

$$V_{TN} = \frac{\alpha V_{tầng}}{t_{KT}}; Q_{TN} = \mu \frac{\Delta H + \Delta Z}{365} f$$

Trong đó:  $V_{tầng}$ - Thể tích chứa nước;  $\alpha$ - Hệ số xâm phạm vào trữ lượng tĩnh tự nhiên;  $t_{KT}$ - Thời gian khai thác (thường ấn định là 27 năm = 10.000 ngày);  $\mu$ - Hệ số nhả nước trọng lực;  $\Delta H$ - Biên độ dao động mực nước;  $\Delta Z$ - Trị số hạ thấp mực nước;  $f$ - Diện tích tầng chứa nước.

**Thông số địa chất thủy văn tầng pleistocen giữa - trên (qp<sub>2-3</sub>)**

Đẳng chiều dày TCN qp<sub>2-3</sub>: Nội suy theo phương pháp địa Kriging bằng phần mềm



Hình 3. Đẳng chiều dày TCN qp<sub>2-3</sub>

**Dữ liệu về hiện trạng khai thác NDD tầng qp<sub>2-3</sub>**

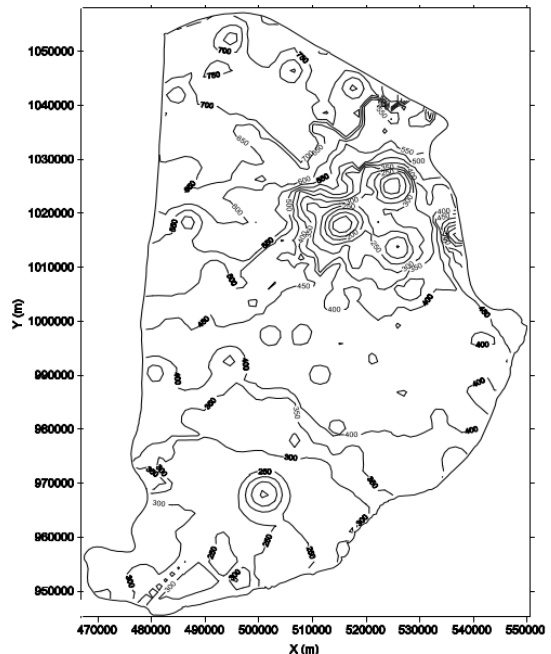
Các dữ liệu trước đây [1, 6, 7] đã tổng hợp được số lượng LK khai thác hộ gia đình (2

Arcgis. Bề dày gặp ở các LK thay đổi từ 6–67 m, trên các mặt cắt bề dày lớn nhất gặp ở đông bắc (huyện Thới Bình) và có xu hướng vát mỏng về phía nam và phía tây (hình 3).

Hệ số thấm  $k_{tb} = 13,21 \text{ m/ngày}$ . Hệ số dẫn nước của tầng được tính qua  $k_{tb}$  và chiều dày tầng (hình 4).

Hệ số nhả nước đàn hồi được xác định qua công thức lý thuyết = 0,0000695.

Lượng mưa cung cấp cho tầng: Lưu lượng nước cung cấp theo diện cho tầng tương đương với tỷ lệ mưa ngấm là 0,0593 (5,93% tổng lượng mưa trung bình năm 2004–2008 là 2.077 mm) [2, 4–6]. TCN qp<sub>2-3</sub> có lớp thấm nước yếu phủ ở trên với chiều dày biến đổi trung bình khoảng 16 m mà trên lớp thấm nước yếu là TCN gh. Về mặt nguyên lý, TCN qp<sub>2-3</sub> thuộc loại tầng có thấm xuyên. Kết quả cho thấy rằng dao động tầng giảm mực nước theo thời gian trong năm rất nhỏ không phản ánh đúng mức độ tăng giảm quan trắc được. Như vậy tỷ lệ bổ cập cung cấp cho tầng qp<sub>2-3</sub> tỷ lệ với lượng mưa.



Hình 4. Đẳng hệ số dẫn nước ( $\text{m}^2/\text{ngày}$ )

$\text{m}^3/\text{ngày}$ ) của từng xã phường và tổng lưu lượng khai thác của từng xã phường. Từ số liệu này với số liệu về diện tích đã xác định được mức độ khai thác theo loại hình hộ gia đình

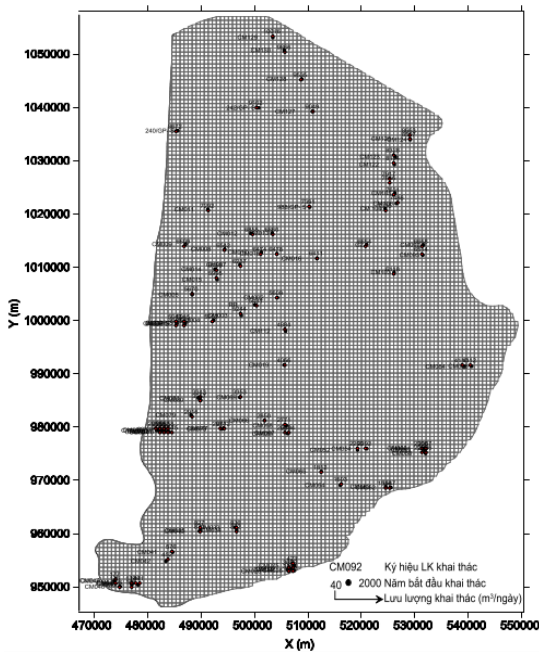


(m<sup>3</sup>/ngày/km<sup>2</sup>). Trong mô hình số chuyển động NĐĐ, các LK khai thác hoặc ép nước được gán cho các nút. Các LK khai thác tập trung được

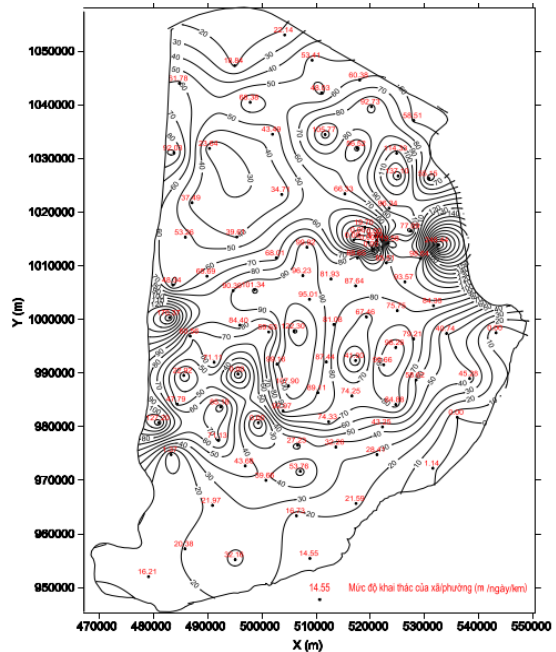
xác định tọa độ vị trí LK, lưu lượng khai thác và thời gian bắt đầu khai thác và được thể hiện trên bảng 1, hình 5 và hình 6 [1].

Bảng 1. Tổng hợp khai thác NĐĐ theo TCN trên toàn tỉnh Cà Mau

STT	Địa điểm	Tổng cộng		qp <sub>2-3</sub>		qp <sub>1</sub>		n <sub>2</sub> <sup>2</sup>		n <sub>2</sub> <sup>1</sup>	
		Số giếng	Lưu lượng	Số giếng	Lưu lượng	Số giếng	Lưu lượng	Số giếng	Lưu lượng	Số giếng	Lưu lượng
1	TP. Cà Mau	12.533	67.608	10.166	21.719	2.239	5.533	122	37.866	6	2.490
2	U Minh	13.568	38.596	13.108	27.841	452	9.665	7	640	1	450
3	Đầm Dơi	20.621	48.178	19.292	38.916	1.255	5.640	74	3.622		
4	Phú Tân	8.414	18.502	8.302	17.770	109	332	3	400		
5	Thới Bình	21.159	48.831	20.717	41.948	439	6.791	3	92		
6	Trần Văn Thời	24.810	61.188	24.010	49.735	789	6.331	11	5.122		
7	Cái Nước	20.080	46.991	18.680	37.640	1.370	7.299	30	2.052		
8	Năm Căn	8.532	24.806	6.572	13.414	1.333	6.438	27	2.362	600	2.592
9	Ngọc Hiển	8.271	18.632	7.472	16.388	789	1.830	10	414		
	Tổng cộng	137.988	373.332	128.319	265.371	8.775	49.859	287	52.570	607	5.532
	% lưu lượng				71,08		13,36		14,08		1,48



Hình 5. Bản đồ vị trí các LK khai thác tập trung



Hình 6. Bản đồ đẳng mức độ khai thác bởi các LK hộ gia đình

**Dữ liệu về điều kiện biên**

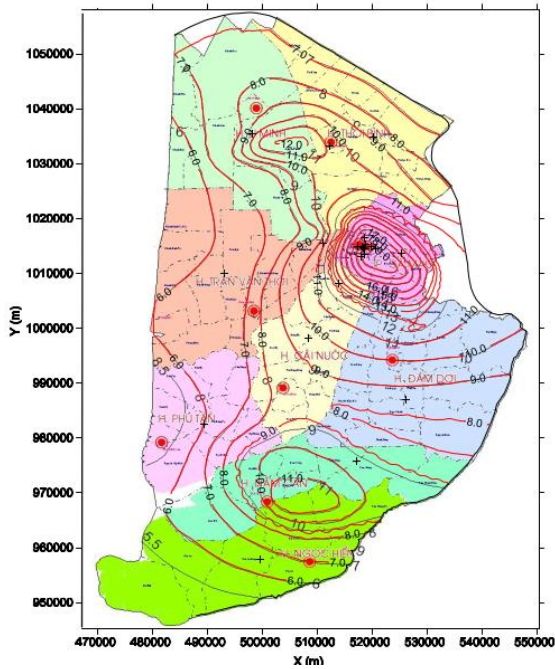
Bản đồ đẳng hạ thấp mực nước được xác định từ các đề tài trước đây (Đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước 806 (2009)) [1, 2, 4–7]. Từ bản đồ đẳng hạ thấp mực nước (hình 7a) có

thể xác định bản đồ thủy đẳng cao mực nước do cốt cao mặt đất tỉnh Cà Mau tương đối đồng đều: Cao độ mặt đất trung bình khoảng 0,4–0,6 m.

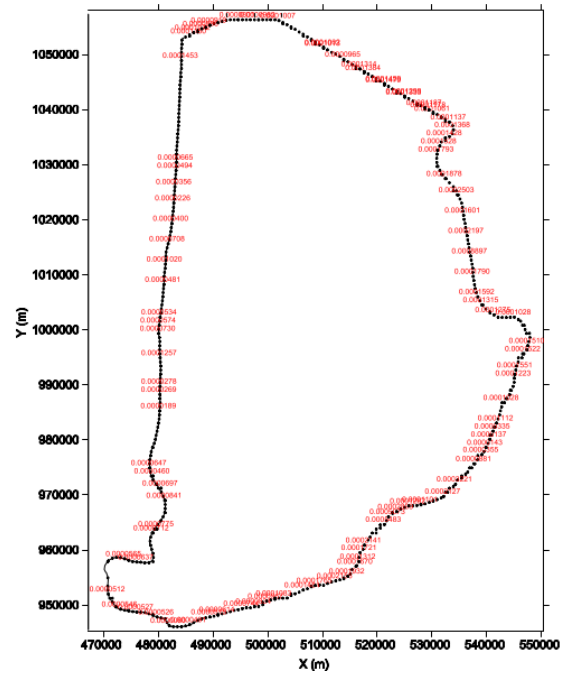
Từ số liệu các đường đẳng thủy đẳng cao sát biên bao miền mô hình sẽ xác định được giá

trị mực nước trên đường biên bao và gradient thủy lực theo hướng vuông góc với đường biên bao. Có chiều dày tầng và hệ số thấm TB = 13,21 m/ngày của TCN qp<sub>2-3</sub> sẽ xác định được

lưu lượng nước thấm qua biên (hệ số dẫn nước m<sup>2</sup>/ngày). Kết quả xác định gradient thủy lực vuông góc với biên vào miền mô hình tại các nút trên biên thể hiện trên hình 7b.



Hình 7a. Bản đồ đẳng hạ thấp mực nước



Hình 7b. Các nút trên biên và giá trị gradient

### Vận hành và hiệu chỉnh mô hình

Vận hành mô hình để xác định kiểu điều kiện biên bao miền mô hình: Điều kiện biên có lưu lượng vào xác định hay điều kiện biên có mực nước xác định là phù hợp. Tiếp theo là xác định kiểu tầng chứa nước: Tầng độc lập hay có thấm xuyên qua mái và đáy tầng.

Thực hiện mô hình cho thời gian 24 tháng (1/1/2008 đến 31/12/2008), bước thời gian mô hình là 1 tháng. So sánh với sơ đồ đẳng hạ thấp mực nước của *Đoàn quy hoạch và điều TNN, 2009* thấy rằng điều kiện biên biên có mực nước xác định phù hợp với mô hình.

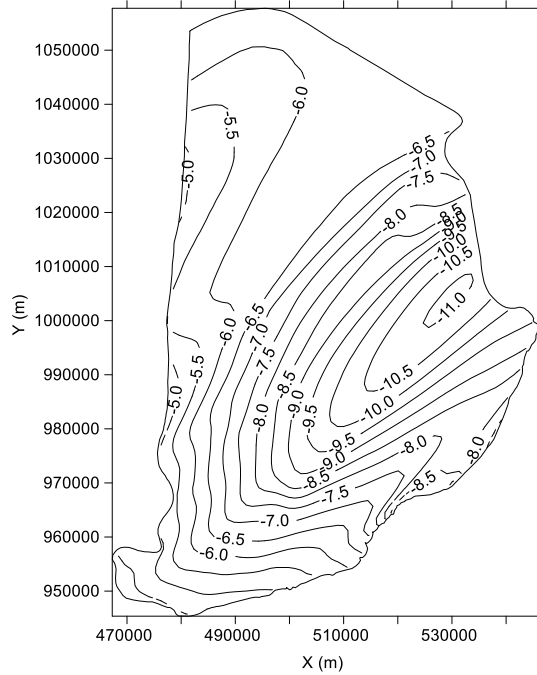
Hiệu chỉnh mô hình để xác định lại giá trị các thông số mô hình phù hợp với các số liệu quan trắc về mực nước của tầng tại các vị trí khác nhau vào các thời điểm khác nhau. Bao gồm các bước hiệu chỉnh:

Hiệu chỉnh sơ bộ mô hình về đại lượng mưa cung cấp cho tầng qp<sub>2-3</sub>: Tổng lượng mưa trung bình năm thời kỳ 2004–2008 là 2.077 mm được sử dụng để tính lượng nước cung cấp

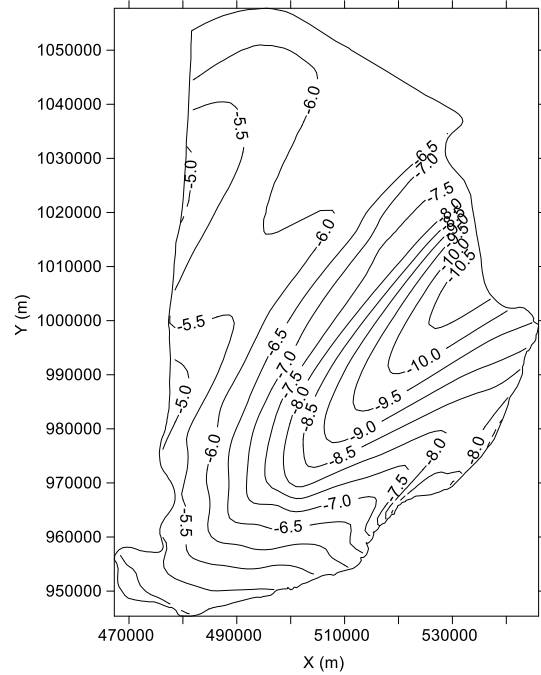
cho tầng qp<sub>2-3</sub>. Theo 2 công trình quan trắc mực nước tầng qp<sub>2-3</sub> hiện nay là Q1990020 (tại TP. Cà Mau) và Q177020 (tại huyện Năm Căn), kết quả hiệu chỉnh đại lượng ngầm cung cấp cho tầng từ nước mưa là khoảng 0,58% lượng mưa với kết quả mực của mô hình và quan trắc vào tháng 8/2008.

Hiệu chỉnh thấm xuyên cung cấp cho tầng qp<sub>2-3</sub>: Sử dụng hai giá trị hệ số thấm của lớp thấm yếu này là  $K_0 = 2,5 \times 10^{-4}$  m/ngày và  $5 \times 10^{-6}$  m/ngày và giá trị độ dày trung bình  $m_0 = 16$  m.

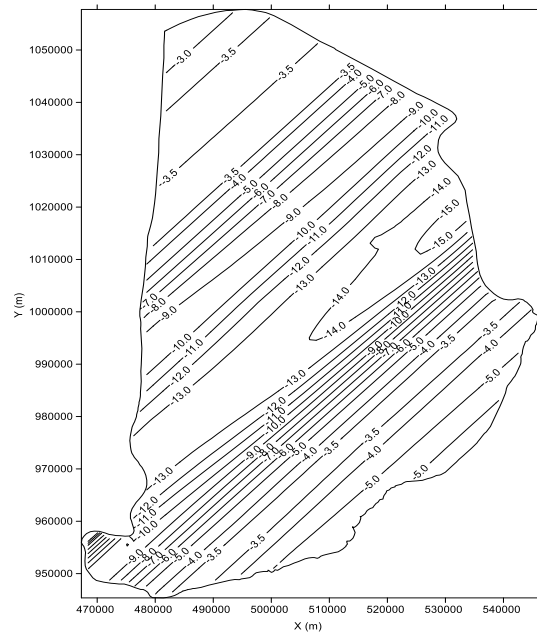
Hiệu chỉnh mô hình về hệ số nhả nước đàn hồi của tầng qp<sub>2-3</sub>: Thực hiện chạy mô hình với giá trị hệ số nhả nước đàn hồi bằng 0,00000695; 0,0001; 0,0002; 0,001 và 0,002. Giá trị hệ số nhả nước đàn hồi của TCN qp<sub>2-3</sub> = 0,002 có thể xem là phù hợp với mô hình khái niệm đã xây dựng cho kết quả về cốt cao mực nước theo thời gian phù hợp với kết quả quan trắc mực nước tại 2 vị trí.



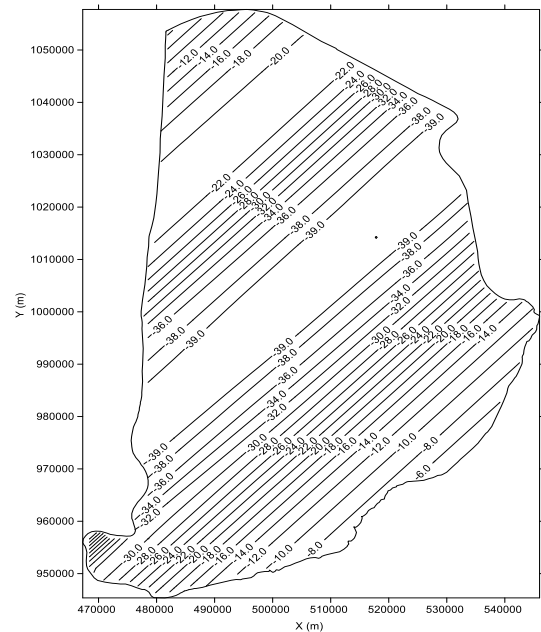
Hình 8a. Cột cao mực nước sau 1 năm với biên cố mực nước xác định



Hình 8b. Cột cao mực nước sau 2 năm với biên cố mực nước xác định



Hình 8c. Cột cao mực nước sau 1 năm với biên cố lưu lượng xác định



Hình 8d. Cột cao mực nước sau 2 năm với biên cố lưu lượng xác định

**KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**  
**Kết quả xác định trữ lượng tiềm năng NDD tầng qp<sub>2-3</sub>**

**Trữ lượng tĩnh tự nhiên NDD tầng qp<sub>2-3</sub>**  
**Tổng cộng: TCN qp<sub>2-3</sub> trên khu vực tỉnh Cà Mau có thể tích khoảng 175×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Tổng diện**



tích tầng bằng tổng diện tích đất liền của tỉnh là 5.294,87 km<sup>2</sup>; tầng có chiều dày trung bình là 33,07 m. Với hệ số nhà nước đàn hồi của tầng bằng 0,002 trữ lượng tĩnh đàn hồi của tầng là 10,590×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> và hệ số nhà nước trọng lực bằng 0,25 thì trữ lượng tĩnh trọng lực của tầng là 43,750×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> [8]. Hệ số nhà nước đàn hồi của TCN qp<sub>2-3</sub> khu vực đồng bằng Nam Bộ được lấy bằng 0,005.

**Phần nước nhạt:** Diện tích phân bố là 2.641,84 km<sup>2</sup> (chiếm 49,9% tổng diện tích) tổng thể tích là 96,64×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, có chiều dày trung bình là 36,58 m. Với hệ số nhà nước đàn hồi của tầng bằng 0,002 trữ lượng tĩnh đàn hồi của tầng là 5,847×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> và hệ số nhà nước trọng lực bằng 0,25 thì trữ lượng tĩnh trọng lực của tầng là 24,159×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

**Phần nước mặn:** Diện tích phân bố là 2.653,05 km<sup>2</sup> (chiếm 50,1% tổng diện tích) tổng thể tích là 93,39×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, có chiều dày trung bình là 35,20 m. Với hệ số nhà nước đàn hồi của tầng bằng 0,002 trữ lượng tĩnh đàn hồi của tầng là 5.306×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> và hệ số nhà nước trọng lực bằng 0,25 thì trữ lượng tĩnh trọng lực của tầng là 23,346×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

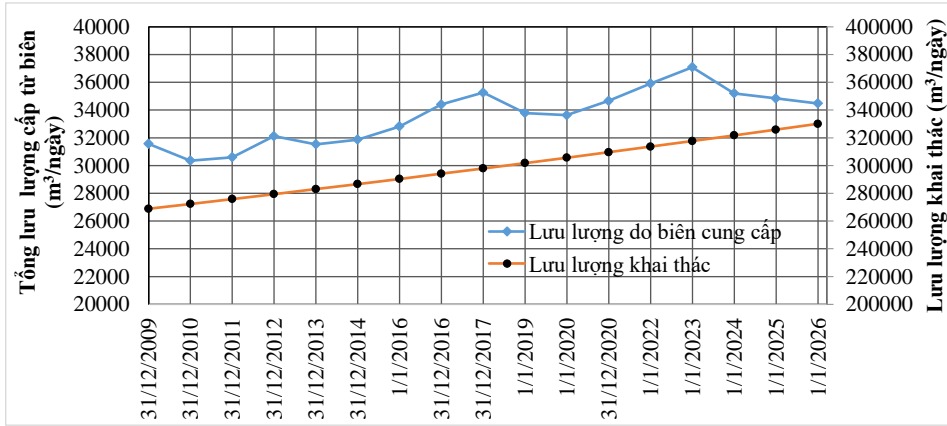
### Trữ lượng động NĐĐ tầng qp<sub>2-3</sub>

Trữ lượng động có thể gồm nhiều thành phần khác nhau như lượng nước chảy qua mặt cắt của TCN, thấm xuyên từ các tầng nằm trên và nằm dưới, dòng chảy từ phía ngoài biên vào tầng,... Trữ lượng động được xác định do ngấm từ tầng Holocen bên trên qua lớp thấp nước yếu ở điều kiện động thái bị phá hủy (ở điều kiện khai thác) và ngấm từ phía ngoài biên vào.

**Cung cấp từ biên:** Đã xác định tính toán được lưu lượng cung cấp từ biên trong quá trình khai thác từ năm 2009 đến năm 2025 với lưu lượng khai thác tăng tỷ lệ thuận với tỷ lệ tăng dân số. Kết quả thể hiện trong bảng 2 và hình 9: Biên cung cấp từ 10,44–11,83% lưu lượng khai thác. Chiều dài tổng cộng của đường biên bao miền mô hình là khoảng 406.000 m trong đó khoảng 223.000 m (54,9%) là biên của phần NĐĐ của tầng bị mặn. Có thể cho rằng khoảng 54,9% lưu lượng cấp từ biên là nước mặn và khoảng 45,1% lưu lượng cấp từ biên là nước nhạt.

**Bảng 2.** Lưu lượng cung cấp từ biên trong quá trình khai thác (m<sup>3</sup>/ngày) thời kỳ 2019–2025 [1]

Tháng/năm	Lưu lượng do biên cung cấp (m <sup>3</sup> /ngày)	Lưu lượng khai thác (m <sup>3</sup> /ngày)	% biên cung cấp
12/2009	31.560,3	268.865,2	11,74
12/2010	30.357,2	272.333,5	11,15
12/2011	30.593,2	275.846,7	11,09
12/2012	32.119,2	279.405,1	11,5
12/2013	31.527,2	283.009,4	11,14
12/2014	31.870,9	286.660,2	11,12
12/2015	32.819,3	290.358,1	11,3
12/2016	34.406,7	294.103,8	11,7
12/2017	35.254	297.897,7	11,83
12/2018	33.785,9	301.740,6	11,2
12/2019	33.632,3	305.633	11,0
12/2020	34.660,6	309.575,7	11,2
12/2021	35.908,2	313.569,2	11,45
12/2022	37.085	317.614,3	11,68
12/2023	35.203,5	321.711,5	10,94
12/2024	34.840,9	325.861,6	10,69
12/2025	34.473,1	330.065,2	10,44
Trung bình	33.535,2	298.485,3	11,25

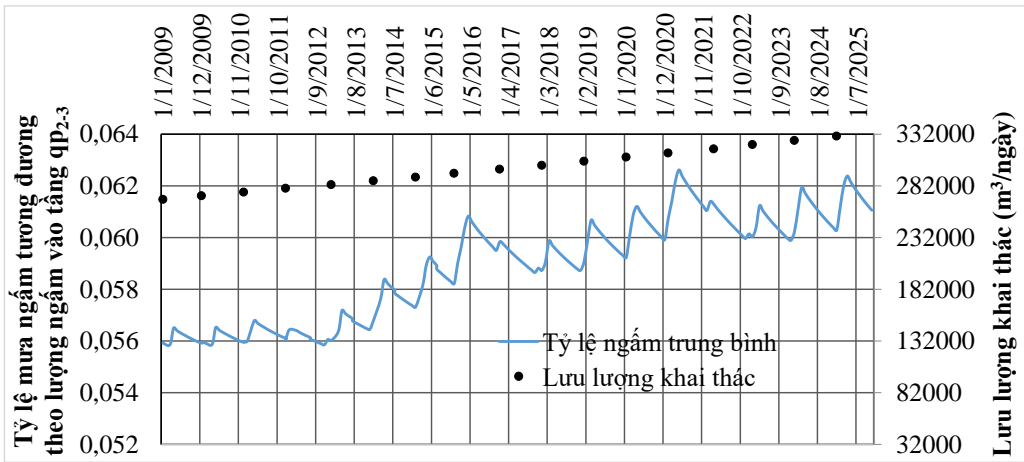


Hình 9. Lưu lượng cung cấp từ biên tính toán được thời kỳ 2009–2025

Cung cấp ngầm từ nước mưa qua tầng Holocen:

Đại lượng ngầm từ nước mưa qua tầng Holocen cung cấp cho tầng qp<sub>2-3</sub> năm 2010–

2017 tương đương tỷ lệ mưa ngầm trung bình ở bảng 3 cùng với tổng lượng mưa ngầm tương đương. Như vậy, lượng cung cấp ngầm trung bình là 0,127 m.



Hình 10. Cung cấp ngầm từ nước mưa cho tầng qp<sub>2,3</sub> tương đương tỷ lệ mưa ngầm trung bình và lưu lượng khai thác thời kỳ 2009–2025

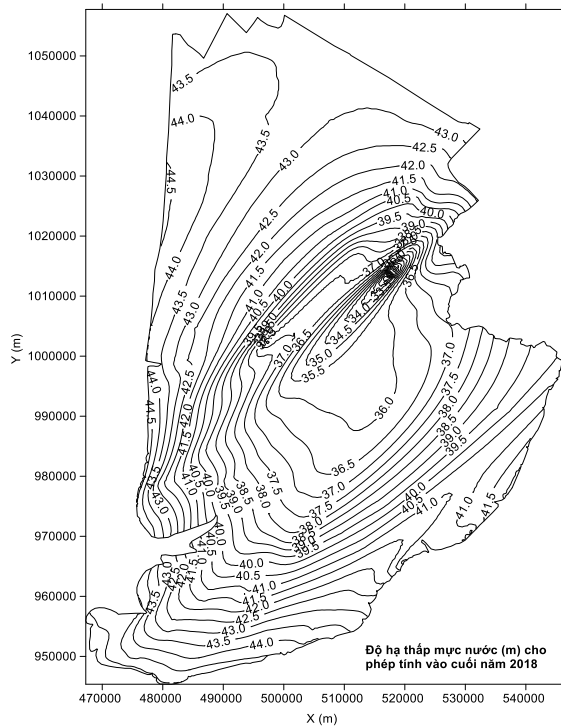
Bảng 3. Bổ cập do mưa cho tầng qp<sub>2-3</sub> tương đương tỷ lệ thấmTB 2010–2017

Năm	Lượng mưa năm (mm)	Thấm từ Holocen tương đương tỷ lệ mưa	Tổng lượng ngầm (m)
2010	2.244	0,056	0,126
2011	2.446	0,056	0,138
2012	2.154	0,056	0,121
2013	1.941	0,057	0,110
2014	2.066	0,058	0,119
2015	2.297	0,058	0,134
2016	2.304	0,06	0,138
2017	2.154	0,059	0,128
Trung bình		0,058	0,127

**Kết quả xác định trữ lượng khai thác tiềm năng**

Toàn bộ tỉnh Cà Mau được chia thành ô lưới kích thước cơ bản là  $1 \text{ km}^2$  ( $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ ). Tại tâm mỗi ô lưới được bố trí 1 LK khai thác nước đường kính 0,2 m. Các thông số về độ hạ thấp mực nước cho phép và tỷ lệ mưa ngầm tương đương lượng nước cung cấp theo kết quả của mô hình dự báo.

**Sơ đồ đẳng lưu lượng ( $\text{m}^3/\text{ngày}$ ) khai thác tiềm năng tầng  $qp_{2-3}$  trên  $1 \text{ km}^2$**



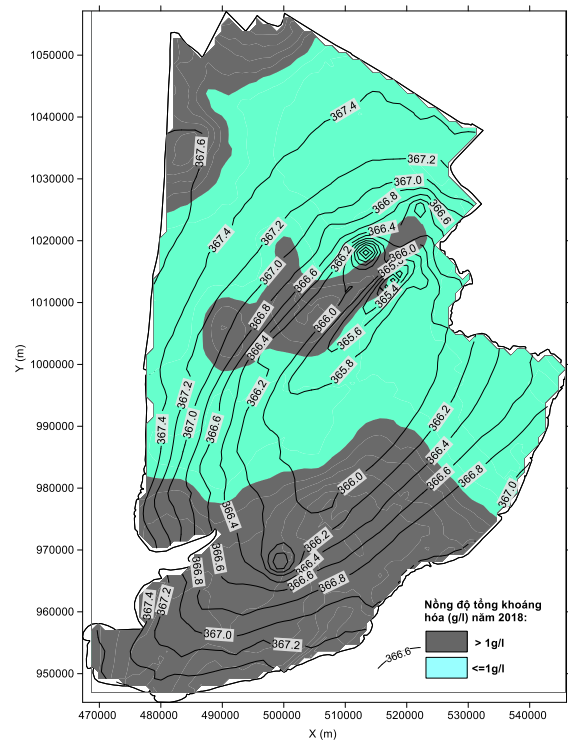
Hình 11. Giá trị hạ thấp mực nước cho phép

Độ hạ thấp mực nước cho phép được xác định trên cơ sở mực nước giới hạn khai thác của các TCN dựa trên Thông tư số 27/TT-BTNMT ngày 30/5/2014 [9] quy định mực nước hạ thấp không vượt quá mái TCN và không sâu hơn 50 m tính từ mặt đất. Mái TCN  $qp_{2-3}$  nằm ở độ sâu trên 80 m nên độ hạ thấp mực nước cho phép được lấy là 50 m. Cốt cao mặt đất trung bình là +0,5 m nên cốt cao mực nước cho phép là -49,5 m. Giá trị độ hạ thấp mực nước được sử dụng để tính toán là hiệu giữa cốt cao mực nước vào cuối năm 2018 và giá trị -49,5 m này (hình 11).

Tuy nhiên theo Nghị định quy định việc hạn chế khai thác nước dưới đất số 167/2018/NĐ-CP ngày 26/12/2018 về hạn chế khai thác nước dưới đất ở các vùng chứa nước nhạt tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long thì chiều sâu mực nước động không được lớn hơn 30 m. Vì vậy đã tiến hành xác định lưu lượng khai thác tiềm năng ứng với độ sâu mực nước động 30 m, tức là cốt cao mực nước động bằng 29,5 m.

**Diện tích phân bố nước nhạt-nước mặn**

Trữ lượng khai thác tiềm năng được tính toán cho toàn bộ các ô lưới và dựa trên diện phân bố NDĐ theo độ TDS sẽ tách ra phần trữ lượng khai thác nước nhạt và trữ lượng khai thác nước mặn. Ranh giới sử dụng là đường TDS 1 g/l. Sơ đồ phân bố NDĐ theo nồng độ muối thể hiện trên hình 12.



Hình 12. Sơ đồ đẳng lưu lượng ( $\text{m}^3/\text{ngày}$ ) khai thác tiềm năng tầng  $qp_{2-3}$  trên  $1 \text{ km}^2$

**Kết quả xác định trữ lượng khai thác tiềm năng tầng  $qp_{2-3}$**

Trữ lượng khai thác tiềm năng được tính toán cho toàn bộ các ô lưới, trong đó ô lưới cơ

bản là  $1 \text{ km}^2 = 1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  và chỉ các ô lưới sát biên mới có diện tích nhỏ hơn  $1 \text{ km}^2$ . Để cho kết quả một cách tổng quát là từ  $1 \text{ km}^2$  với các giá trị thông số địa chất thủy văn và tỷ lệ mưa ngầm xác định thì trữ lượng khai thác tiềm năng là bao nhiêu nên nhóm tác giả đã tiến hành tính toán thêm lưu lượng khai thác tiềm năng từ  $1 \text{ km}^2$  ngoài việc tính lưu lượng khai thác tiềm năng của ô lưới ở sát biên có diện tích nhỏ hơn  $1 \text{ km}^2$  và thể hiện trên hình 12.

Kết quả tính cho thấy tổng trữ lượng tiềm năng ứng với độ sâu mực nước động cho phép bằng 50 m là  $1.924.112 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , trong đó phần nước nhạt là  $1.072.145 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 55,7%) và phần nước mặn là  $851.967 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 44,3%).

Tổng trữ lượng tiềm năng ứng với độ sâu mực nước động cho phép bằng 30 m là  $1.903.083 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , trong đó phần nước nhạt là  $1.060.425 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 55,7%) và phần nước mặn là  $842.658 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 44,3%).

## KẾT LUẬN

Trên địa bàn tỉnh Cà Mau có mặt 4 TCN được khai thác sử dụng là  $qp_{2,3}$ ,  $qp_1$ ,  $n_2^2$  và  $n_2^1$  với tổng lưu lượng  $373.332 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , trong đó khai thác từ  $qp_{2,3}$  là  $265.371 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 71,08%), từ  $qp_1$  là  $49.859 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 13,36%), từ  $n_2^2$  là  $52.570 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 14,08%) và từ  $n_2^1$  là  $5.532 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 1,48%).

Tỷ lệ khai thác hiện nay từ tầng chứa nước  $qp_{2,3}$  chiếm 71,08% ( $265.371 \text{ m}^3/\text{ngày}$ ) trong tổng lưu lượng khai thác NĐĐ, trong khi diện tích TCN  $qp_{2,3}$  có nước nhạt là ~56% và nước mặn là ~44%. Trữ lượng khai thác tiềm năng NĐĐ TCN  $qp_{2,3}$  tính cho mực nước thời điểm năm 2018 khi hạ thấp mực nước xuống độ sâu: (1) 50 m tính từ mặt đất là:  $1.924.111 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , trong đó phần nước nhạt là  $1.072.145 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 55,7%) và phần nước mặn là  $851.967 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 44,3%); và (2) 30 m tính từ mặt đất là:  $1.903.083 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , trong đó phần nước nhạt là  $1.060.425 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 55,7%) và phần nước mặn là  $842.658 \text{ m}^3/\text{ngày}$  (chiếm 44,3%).

Cung cấp cho lưu lượng khai thác tầng  $qp_{2,3}$  là khoảng 11,25% từ biên (kể cả biên có NĐĐ mặn và nhạt). Trong quá trình khai thác, tỷ lệ lượng nước mưa ngầm qua tầng  $qh$  cung cấp

cho tầng  $qp_{2,3}$  trung bình là khoảng 5,59% vào năm 2009 trung bình tăng lên đạt khoảng 6,24% năm 2025.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả xin cảm ơn đề tài “Điều tra, đánh giá hiện trạng mặn - nhạt nước dưới đất các tầng chứa nước tỉnh Cà Mau phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước dưới đất”. Mã số VAST.ĐTCB.03/17-18 và đề tài: “Nghiên cứu đánh giá chất lượng và trữ lượng các tầng chứa nước ở các huyện ven biển tỉnh Ninh Thuận phục vụ công tác quản lý nước dưới đất trong bối cảnh hạn hán và biến đổi khí hậu”. Mã số KHCBTĐ.01/19-21 đã hỗ trợ các điều kiện cần thiết để hoàn thành công trình nghiên cứu này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước 806, 2009. Báo cáo “Điều tra, đánh giá hiện trạng khai thác NĐĐ trên địa bàn tỉnh Cà Mau”. *Sở tài nguyên và môi trường-UBND tỉnh Cà Mau*.
- [2] Tống Đức Liêm, 2004. Báo cáo đánh giá nguồn nước dưới đất vùng thị xã Cà Mau. *Liên đoàn ĐCTV - ĐCCT miền Nam*.
- [3] Nguyễn Ngọc Hoa, 1996. Báo cáo đặc điểm Địa chất - khoáng sản đô thị Cà Mau. *Liên đoàn bản đồ Địa chất miền Nam*.
- [4] Dao, H. H., Nguyen, K. V., Tra, S. T., and Bui, V. T., 2016. Assessment of groundwater quality of middle - upper Pleistocene aquifer in Ca Mau peninsula. *Science and Technology Development Journal*, 19(1), 35-44.
- [5] Nguyễn Hữu Chinh, 2000. Kết quả quan trắc quốc gia động thái nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ giai đoạn 1996-2000. *Liên đoàn ĐCTV - ĐCCT miền Nam*.
- [6] Công ty TNHH Dịch vụ Tài nguyên và Môi trường Cà Mau, 2011. Điều tra, đánh giá xác định vùng cấm, vùng hạn chế xây dựng mới các công trình khai thác NĐĐ trên địa bàn tỉnh Cà Mau. *Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Cà Mau*.
- [7] Nguyễn Kim Quyên, 2009. Điều tra hiện trạng khai thác, sử dụng nước dưới đất, đánh giá chất lượng và biện pháp xử lý ô nhiễm nguồn nước dưới đất trên địa bàn

- tỉnh Cà Mau. *Đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước 806*.
- [8] Vũ Văn Nghi (Chủ biên), 1998. NĐĐ Đồng bằng Nam Bộ. Cục Địa chất và Khoáng sản VN.
- [9] Nghị định số 167/2018/NĐ-CP ngày 26/12/2018 quy định việc hạn chế khai thác nước dưới đất.
- [10] Nguyễn Văn Hoàng, 2004. Cơ sở khoa học trong tăng cường nguồn nước dưới đất nhằm gia tăng khả năng khai thác. *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, 26(4), 432–438.
- [11] Thông tư số 27/2014/TT-BTNMT ngày 30/5/2014. Quy định việc đăng ký khai thác NĐĐ, mẫu hồ sơ cấp, gia hạn, điều chỉnh, cấp lại giấy phép tài nguyên nước của Bộ TNMT.
- [12] Yakirevich, A., Melloul, A., Sorek, S., Shaath, S., and Borisov, V., 1998. Simulation of seawater intrusion into the Khan Yunis area of the Gaza Strip coastal aquifer. *Hydrogeology Journal*, 6(4), 549–559.
- [13] Izuka, S. K., and Gingerich, S. B., 1998. Estimation of the depth to the fresh-water/salt-water interface from vertical head gradients in wells in coastal and island aquifers. *Hydrogeology journal*, 6(3), 365–373.
- [14] Kurniawan, B., and Jinno, K., 2007. Numerical modeling for assessment of contaminant vertical distribution under parameter uncertainties. *Proceedings of Hydraulic Engineering*, 51, 25–30.
- [15] Alfarrach, N., and Walraevens, K., 2018. Groundwater overexploitation and seawater intrusion in coastal areas of arid and semi-arid regions. *Water*, 10(2), 143. Doi:10.3390/w10020143
- [16] Somaratne, N., and Ashman, G., 2018. Analysis of Saline Intrusion into a coastal Aquifer: A Case History of Legacy Issues and Challenges to water security. *Environ Nat Resour Res*, 8(2), 16–32.
- [17] Werner, A. D., Bakker, M., Post, V. E., Vandenbohede, A., Lu, C., Ataie-Ashtiani, B., ... and Barry, D. A. (2013). Seawater intrusion processes, investigation and management: recent advances and future challenges. *Advances in Water Resources*, 51, 3–26.
- [18] Mas-Pla, J., Ghiglieri, G., and Uras, G., 2014. Seawater intrusion and coastal groundwater resources management. Examples from two Mediterranean regions: Catalonia and Sardinia. *Contributions to Science*, 10, 171–184. doi:10.2436/20.7010.01.201.