

# Đề xuất giải pháp tính toán hạ thấp mực nước cho công trình ngầm trong các điều kiện địa chất thủy văn khác nhau

Đào Hồng Hải<sup>1,2,\*</sup>, Nguyễn Hữu Sơn<sup>1,2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, Phường Linh Trung, Tp. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

## Liên hệ

**Đào Hồng Hải**, Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, Phường Linh Trung, Tp. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: dhhai@hcmut.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 12-10-2023
- Ngày chấp nhận: 01-02-2024
- Ngày đăng:

## DOI:



## Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## TÓM TẮT

Hiện nay, trong quá trình thi công nhà cao tầng có tầng hầm, hoặc các công trình ngầm bên dưới mặt đất ở nước ta có xảy ra các hiện tượng như bực đáy hố móng, cát chảy bên hông tường vây, sụt lún mặt đất,... gây thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Các hiện tượng này thường xảy ra trong quá trình bơm hút tháo khô nhằm hạ thấp mực nước ngầm. Một trong các nguyên nhân dẫn đến các hiện tượng trên là do việc đánh giá đặc điểm địa chất thủy văn khu vực thi công chưa rõ, nên áp dụng các phương pháp tính toán thiết kế chưa phù hợp với từng điều kiện áp dụng. Bên cạnh đó, trong quá trình vận hành các hệ thống tháo khô hạ mực nước ngầm chưa được kiểm soát chặt chẽ nên khi hạ thấp mực nước quá mức (vượt quá giới hạn cho phép) đơn vị thi công không có biện pháp xử lý phù hợp và kịp thời. Trong bài báo này, nhóm tác giả cung cấp các công thức tính toán lưu lượng tương ứng với mực nước hạ thấp theo thiết kế áp dụng cho các điều kiện giếng hoàn chỉnh và không hoàn chỉnh, áp dụng trong các điều kiện địa chất thủy văn khác nhau. Bên cạnh đó, nhóm tác giả đưa ra các bước tính toán lưu lượng bơm hút khi thiết kế và đề xuất lưu đồ kiểm soát quá trình thiết kế, vận hành hệ thống tháo khô hạ mực nước ngầm với mong muốn giúp các đơn vị thi công có cái nhìn tổng quan hơn về qui trình tính toán thiết kế hệ thống bơm hút tháo khô, qua đó có thể vận hành hệ thống an toàn hơn.

**Từ khoá:** Hệ thống tháo khô, khảo sát địa chất thủy văn, thí nghiệm bơm hút nước ngầm, hố đào sâu

## MỞ ĐẦU

Quá trình khảo sát địa chất thủy văn cho các công trình đang khai đào hố đào sâu và tầng hầm ở Việt Nam thường xảy ra các hiện tượng bực đáy hố móng, cát chảy, lún mặt đất, hầu hết trực tiếp hoặc gián tiếp liên quan đến việc kiểm soát công tác hạ thấp mực nước ngầm. Việc này ảnh hưởng đến công trình đang thi công và các công trình lân cận, gây ra các thiệt hại lớn về người và tài sản. Các hiện tượng đó có thể phát triển mạnh nếu trong quá trình khảo sát điều kiện địa chất thủy văn đơn vị khảo sát chưa đánh giá đầy đủ và chi tiết hoặc bỏ qua việc mô tả các đặc điểm các tầng chứa nước như chiều sâu, thể nằm, hướng dòng chảy, và thí nghiệm các thông số địa chất thủy văn không chính xác..., làm cho các đơn vị thi công tháo khô tính toán thiết kế lưu lượng chưa phù hợp dẫn đến các sự cố xảy ra như đã nêu ở phần trên ảnh hưởng lớn đến công trình đang thi công, các hoạt động kinh tế, xã hội, và môi trường.

Vì vậy, để công tác thi công và vận hành được an toàn, đúng tiến độ cần phải có một quy trình hướng dẫn chi tiết các bước thiết kế, lắp đặt và vận hành hệ thống tháo khô.

Người kỹ sư địa kỹ thuật muốn thiết kế một hệ thống tháo khô phù hợp và hiệu quả cần phải hiểu biết các

phương pháp tính toán lưu lượng và độ hạ thấp mực nước và điều kiện địa chất thủy văn để ứng dụng vào từng loại công trình cụ thể để có sự lựa chọn giải pháp đúng đắn. Xuất phát từ mục đích trên, trong nghiên cứu này nhóm tác giả trình bày các phương pháp tính toán lưu lượng hạ thấp mực nước ngầm cho các dạng công trình khác nhau trong các điều kiện địa chất thủy văn khác nhau, đưa ra quy trình các bước tính toán thiết kế hệ thống bơm hút cho công trình và đề xuất lưu đồ hướng dẫn các bước thiết kế hệ thống tháo khô trong thi công hố đào sâu và tầng hầm nhà cao tầng.

## HỆ THỐNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG VÀ THẤP MỰC NƯỚC NGẦM

Thiết kế hệ thống tháo khô là xác định kích thước, số lượng, khoảng cách và độ sâu của từng giếng, lưu lượng cần bơm hút đảm bảo hạ thấp mực nước đến độ sâu thiết kế nhằm đảm bảo bề mặt hố đào luôn khô ráo và an toàn. Khi xác định được lưu lượng tương ứng với độ hạ thấp mực nước cần thiết chúng ta có thể chọn công suất từng loại máy bơm cho mỗi giếng riêng lẻ.

Trong tính toán lưu lượng tương ứng với độ hạ thấp mực nước chúng ta dựa theo các công thức tính toán

**Trích dẫn bài báo này:** Hải D H, Sơn N H. Đề xuất giải pháp tính toán hạ thấp mực nước cho công trình ngầm trong các điều kiện địa chất thủy văn khác nhau. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.* 2024; ():1-9.

cho các loại hào (xem như các nhóm giếng sâu hoặc giếng điểm song song và có thể kéo dài ra vô hạn) và giếng đơn, nếu những trường hợp tính theo các công thức cho hào cho kết quả không chính xác chúng ta có thể sử dụng các công thức tính cho từng giếng đơn được trình bày bên dưới.

Theo Mansur và Kaufman<sup>1</sup> đưa ra các công thức tính lưu lượng và độ hạ thấp mực nước cho các loại công trình tháo khô như sau:

**Đối với giếng không hoàn chỉnh**

**Trường hợp 1:**

**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 1 phía (Hình 1):**

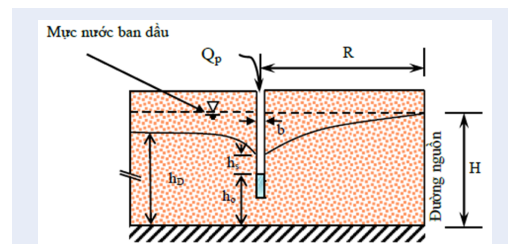
- Lưu lượng Q (m<sup>3</sup>/s) là:

$$Q = \left[ \left( 0.73 + 0.27 \cdot \frac{(H - h_0)}{H} \right) \frac{kx}{2R} (H^2 - h_0^2) \right] \quad (1)$$

- Và cột nước còn lại lớn nhất của các hào tháo nước là:

$$h_D = h_0 \left( \frac{1.48}{R} (H - h_0) + 1 \right) \quad (2)$$

Trong đó: x là chiều dài hào (m), H là chiều cao mực nước tĩnh (m), h<sub>0</sub> là chiều cao mực nước trong giếng (m), h<sub>s</sub> là chênh lệch giữa cột nước bên trong và bên ngoài giếng (thường xấp xỉ 0.001H), k là hệ số thấm của đất (m/s), và L là khoảng cách của đường nguồn, tương đương với bán kính ảnh hưởng của giếng R (m). Mansur và Kaufman nói rằng biểu thức Q và h<sub>D</sub> phù hợp với tỉ số giữa bán kính ảnh hưởng và chiều cao cột nước tĩnh (L/h<sub>0</sub>) bằng hoặc lớn hơn 3.0, đối với mọi điều kiện.



**Hình 1:** Hào thoát nước không hoàn chỉnh trong tầng chứa nước không áp có 1 biên bờ cấp

**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 2a):**

- Lưu lượng bơm Q (m<sup>3</sup>/s) là:

$$Q = \left[ \left( 0.73 + 0.27 \cdot \frac{(H - h_0)}{H} \right) \frac{kx}{R} (H^2 - h_0^2) \right] \quad (3)$$

**Công thức cho giếng đơn có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 2b):**

- Lưu lượng:

$$Q_w = \frac{\pi k \left[ (H - s)^2 - t^2 \right]}{\ln(R/r_w)} \times \left[ 1 + \left( 0.30 + \frac{10r_w}{H} \right) \sin \frac{1.8s}{H} \right] \quad (4)$$

- Độ hạ thấp mực nước (H-h) hoặc (H<sup>2</sup> - h<sup>2</sup>):

Khi r > 1.5H,

$$(H^2 - h^2) = \frac{Q_w}{\pi k} \ln \frac{R}{r} \quad (5)$$

Khi r < 1.5H,

Với r/h > 1.5, Sử dụng công thức (5)

Với r/h < 1.5,

$$H - h = \frac{Q_w P \ln(10R/H)}{\pi k H \left[ 1 - 0.8(s/H)^{1.5} \right]} \quad (6)$$

Với 0.3 < r/h < 1.5,

$$P = 0.13 \ln R/r \quad (7)$$

Với r/h < 0.3,

$$P = C_x + \Delta C \quad (8)$$

Trong đó :

$$C_x = 0.13 \ln(R/r) - 0.0123 \ln^2(R/10r) \quad (9)$$

Và

$$\Delta C = \frac{s}{h} \left[ \left( \frac{1}{2.3} \ln \frac{R}{10r} \right) \left( 1.2 \frac{s}{H} - 0.48 \right) + 0.113 \ln \frac{2.4H}{R} \ln \frac{R}{34r} \right] \quad (10)$$

**Trường hợp 2: Tầng chứa nước có áp:**

**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 1 phía<sup>1</sup>:**

- Tổng lưu lượng (m<sup>3</sup>/s) là:

$$Q = \left( \frac{kDx(H - h_e)}{R + E_A} \right) \quad (11)$$

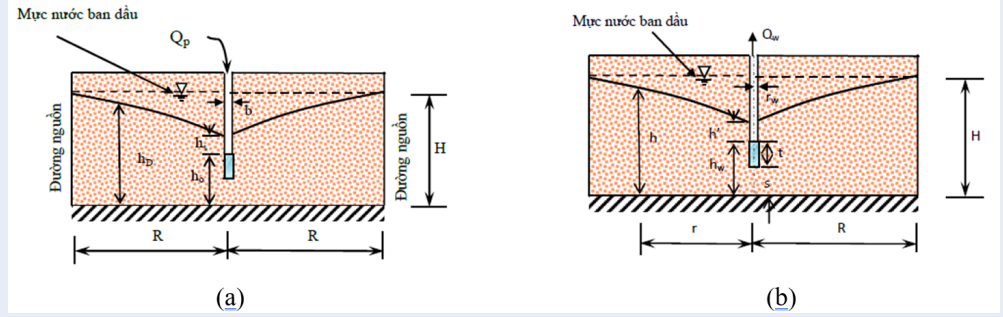
Trong đó: E<sub>A</sub> là thông số chiều dài cộng thêm, phụ thuộc vào tỉ số của độ sâu xuyên của giếng so với bề dày tầng chứa nước, thu được từ Hình 3. h<sub>e</sub> là cột nước trong giếng tính từ đáy tầng chứa nước, D là bề dày tầng chứa nước.

- Cột nước còn lại lớn nhất của hào là:

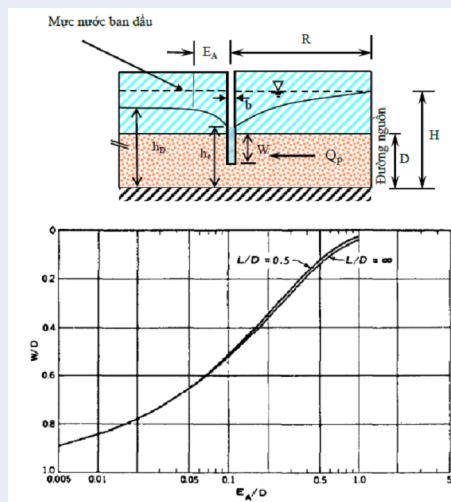
$$h_D = \frac{E_A(H - h_e)}{R + E_A} + h_e \quad (12)$$

Trong đó E<sub>A</sub> được tra từ Hình 2

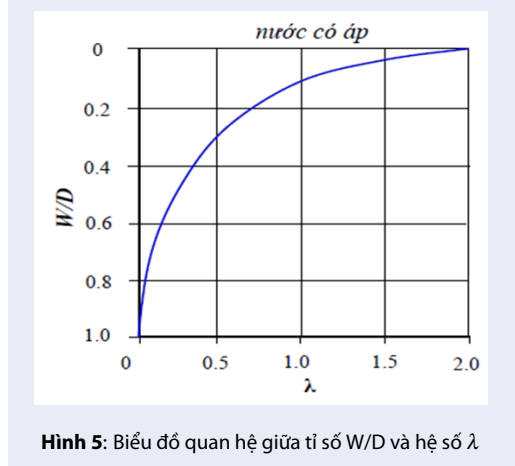
**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 4a)<sup>2</sup>:**



Hình 2: a) sử dụng cho hào không hoàn chỉnh, b) sử dụng cho giếng không hoàn chỉnh



Hình 3: Hào thoát nước không hoàn chỉnh trong tầng nước có áp, với 1 nguồn cấp



Hình 5: Biểu đồ quan hệ giữa tỉ số W/D và hệ số lambda

- Tổng lưu lượng Q (m<sup>3</sup>/s) là:

$$Q = \frac{2kDx(H - h_e)}{R + \lambda D} \quad (13)$$

- Khoảng cách y (tính từ tâm của hào) đạt đến 1.3D, khi đó cột nước h gia tăng theo sự gia tăng của y, được tính theo công thức sau:

$$h = h_e + (H - h_e) \left( \frac{y + \lambda D}{R + \lambda D} \right) \quad (14)$$

Trong đó lambda là thông số phụ thuộc tỉ số giữa độ xuyên của hào và bề dày tầng chứa nước (tra Hình 5). với W là độ xuyên của hào.

**Công thức tính cho giếng đơn có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 4b):**

- Lưu lượng:

$$Q_{wp} = \frac{\pi k D (H - h_w) G}{\ln \left( \frac{R}{r_w} \right)} = Q_w \times G \quad (15)$$

Trong đó:

$$G = \frac{W}{D} \left( 1 + 7 \sqrt{r_w / 2W} \cos \frac{\pi W / D}{2} \right) \quad (16)$$

- Độ hạ thấp mực nước (H - h):

Ta thay Q<sub>w</sub> bằng Q<sub>wp</sub> vào phương trình (22) để tính độ hạ thấp mực nước, khi đó h chính là h<sub>w</sub>.

**Đối với giếng hoàn chỉnh**

**Trường hợp 3: Tầng chứa nước không áp**

**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 1 phía (Hình 6)<sup>2</sup>:**

- Lưu lượng Q (m<sup>3</sup>/s) là:

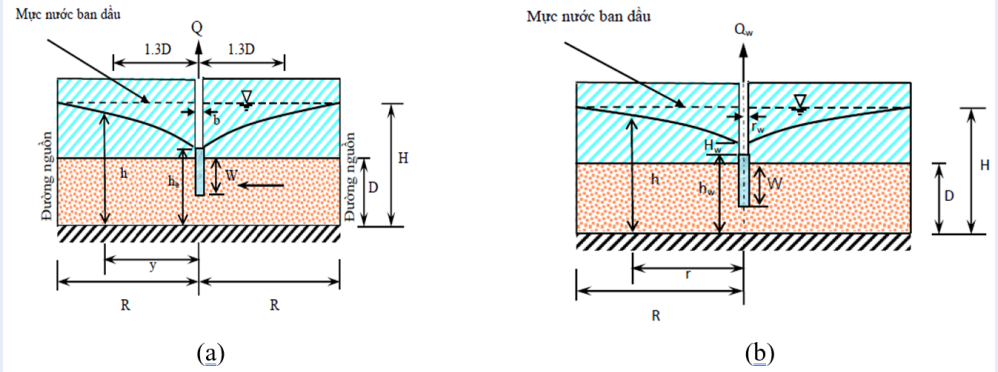
$$Q = \frac{kx}{2L} (H^2 - h_0^2) \quad (17)$$

- Độ hạ thấp mực nước (H<sup>2</sup> - h<sup>2</sup>):

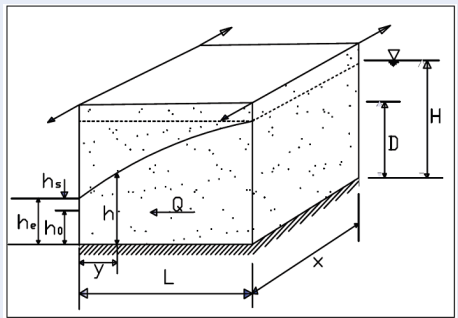
$$(H^2 - h^2) = \frac{(L - y)}{L} (H^2 - h_e^2) \quad (18)$$

Trong đó : h<sub>e</sub> = h<sub>0</sub> + h<sub>s</sub>, và h<sub>s</sub> tra từ biểu đồ Hình 6

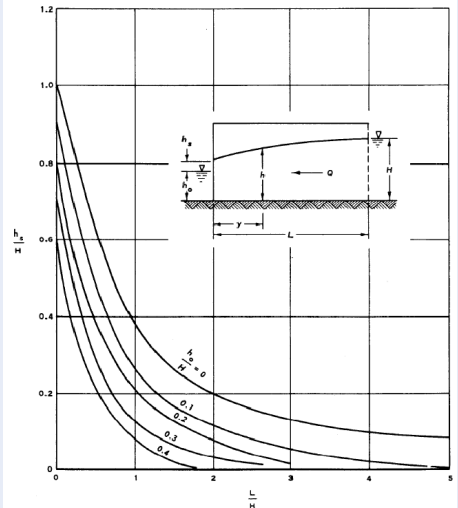
**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 4a):**



Hình 4: a) Sử dụng cho hào không hoàn chỉnh, b) sử dụng cho giếng không hoàn chỉnh trong tầng chứa nước có áp



Hình 6: Hào hoàn chỉnh có nguồn cấp từ 1 phía trong tầng nước không áp



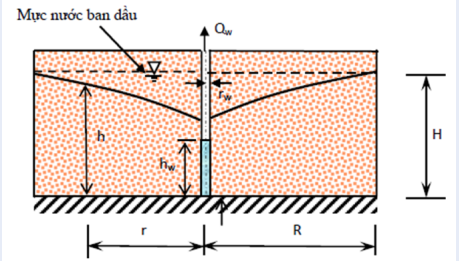
Hình 7: Biểu đồ tra độ chênh lệch  $h_s$  giữa mặt thoáng tự do và mực nước trong tầng chứa<sup>1</sup>

Tổng lưu lượng  $Q$  ( $m^3/s$ ) và độ hạ thấp mực nước tại các hào được tính giống như hào có 1 nguồn cấp và tính hai lần, khi đó lưu lượng sẽ bằng tổng của hai lần tính.

**Công thức cho giếng đơn có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 8):**

Lưu lượng  $Q$  ( $m^3/s$ ), hoặc độ hạ thấp mực nước ( $H^2 - h_w^2$ ) tính theo công thức sau:

$$Q_w = \frac{2\pi kD(H^2 - h_w^2)}{\ln(R/r_w)} \quad (19)$$



Hình 8: Giếng đơn có nguồn bổ cấp từ 2 phía

**Trường hợp 4: Tầng chứa nước có áp**

**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 1 phía (Hình 9)<sup>2</sup>:**

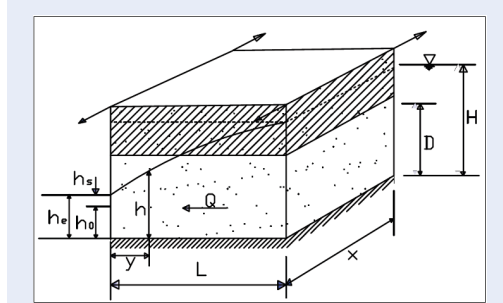
Tổng lưu lượng  $Q$  ( $m^3/s$ ) là:

$$Q = \frac{kDx}{L}(H - h_e) \quad (20)$$

Trong đó :  $h_e = h_0 + h_s$ , và  $h_s$  tra từ biểu đồ Hình 6

Độ hạ thấp mực nước (H-h) ở khoảng cách y bất kỳ tính từ cạnh của hào:

$$H - h = \frac{Q}{kDx} (L - y) = \frac{(L - y)}{L} (H - h_e) \quad (21)$$



Hình 9: Hào hoàn chỉnh có nguồn cấp từ 1 phía trong tầng nước có áp

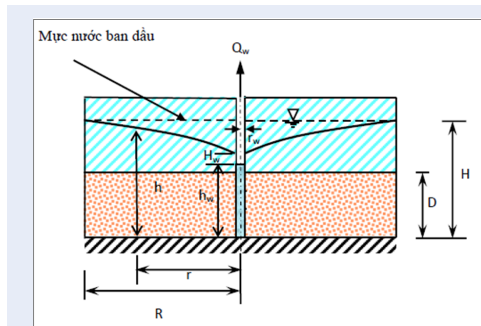
**Công thức tính cho các hào (các nhóm giếng) có nguồn cấp từ 2 phía<sup>3</sup>:**

Tổng lưu lượng Q (m<sup>3</sup>/s) và độ hạ thấp mực nước tại các hào được tính giống như hào có 1 nguồn cấp và tính hai lần, khi đó lưu lượng sẽ bằng tổng của hai lần tính.

**Công thức cho giếng đơn có nguồn cấp từ 2 phía (Hình 10):**

- Lưu lượng Q (m<sup>3</sup>/s), hoặc độ hạ thấp mực nước (H<sup>2</sup> - h<sup>2</sup>) tính theo công thức sau:

$$Q_w = \frac{2\pi kD(H - h_w)}{\ln(R/r_w)} \quad (22)$$



Hình 10: Giếng đơn có nguồn cấp từ hai phía

- Độ hạ thấp mực nước (H - h):

$$H - h = \frac{H - h_w}{\ln(R/r_w)} \ln(R/r) \quad (23)$$

**Xác định bán kính ảnh hưởng R<sup>2</sup>**

Có thể dự đoán bán kính ảnh hưởng dựa vào các công thức bên dưới. Trong đó, có hoặc không có nguồn bổ cấp đến tầng chứa nước, bán kính ảnh hưởng sẽ tăng theo thời gian bơm và sự gia tăng của độ hạ thấp mực nước trong khu vực tháo khô. R trong tầng chứa nước hạt thô và giàu nước sẽ lớn hơn trong tầng chứa nước hạt mịn và nghèo nước. Dự đoán bán kính ảnh hưởng R, sẽ là một yếu tố rất hữu ích trong việc thiết kế.

Theo Kozeny, 1953<sup>2</sup>:

$$R = 1.5 \frac{\sqrt{Hkt}}{n} \quad (24)$$

Trong đó:

- n: độ rỗng của đất
  - H: Mực nước ngầm ban đầu, m
  - t: Thời gian bơm hút thí nghiệm, s
  - k: Hệ số thấm của tầng chứa, m/s
- Theo Sichart, 1928<sup>2</sup>:

$$R = 3000S_w \sqrt{k} \quad (25)$$

Đây là một phương trình kinh nghiệm dùng để tính toán bán kính ảnh hưởng R trong quá trình bơm hút, đơn vị mét. S<sub>w</sub> là độ hạ thấp mực nước trong giếng, đơn vị mét. k là hệ số thấm đơn vị, m/s.

Hoặc tính theo công thức:

$$r = 10S_w \sqrt{k} \quad (26)$$

Trong đó: S<sub>w</sub> là độ hạ thấp mực nước trong giếng, đơn vị mét; k là hệ số thấm, đơn vị là m/ngd

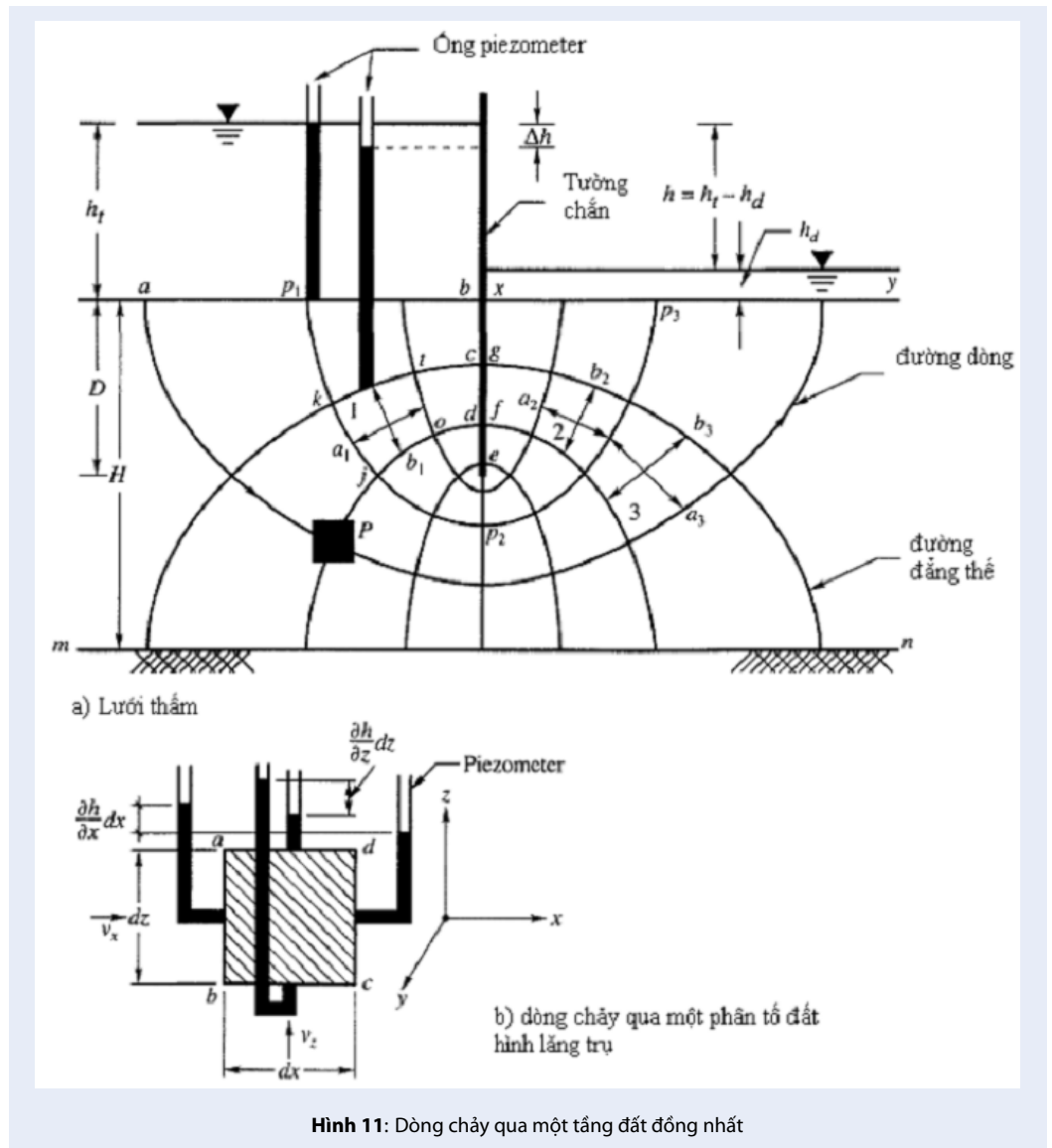
**Xây dựng lưới thấm<sup>3</sup>**

Trong quá trình thiết kế hệ thống tháo khô đối với các hố đào có chắn giữ, nhưng tường chắn không cắm vào lớp đất cách nước bên dưới. Khi đó sẽ có dòng chảy vào hố đào dưới chân tường chắn. Tùy theo loại đất và độ sâu của hố đào mà lưu lượng chảy vào sẽ khác nhau.

Có thể xây dựng theo 4 cách.

- Lập trình trên máy tính;
- Sử dụng các công cụ đồ họa;
- Lập mô hình điện;
- Hoặc lập các mô hình vật lý.

Trong đó hai phương pháp sau vừa tốn thời gian và chi phí đắt nên trong bối cảnh hiện nay không sử dụng. Mặc khác, Phương pháp lập trình sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn hoặc phương pháp giới hạn khác cung cấp kết quả phù hợp nhất và nhanh nhất. Xây dựng mạng lưới dòng chảy bằng đồ họa theo Taylor (1948), phương pháp này vẫn được sử dụng để xác định sự ổn định của một hố đào khi phân tích dòng chảy trong quá trình thi công.



Hình 11: Dòng chảy qua một tầng đất đồng nhất

Xây dựng lưới thấm cần đảm bảo tỉ số giữa các cạnh không đổi, hai đường dòng cạnh nhau hợp với nhau tạo thành một kênh dòng chảy, lưu lượng của các ô trên cùng một kênh dòng chảy là như nhau. Tương tự như vậy trên cùng một kênh đường đẳng thế  $Dh$  là như nhau.

Mục đích của công tác lập lưới thấm là xác định lưu lượng  $q$  chảy vào hố đào qua một đơn vị chiều rộng để kiểm soát hiện tượng phá hủy nền hố đào (tầng hầm), nếu các ô lưới là hình vuông ta có lưu lượng thấm:

$$\Delta q = k \Delta h \quad (27)$$

Nếu ta có số lượng dòng chảy là  $N_f$  và số đường đẳng thế là  $N_d$  tương ứng thì:

$$\Delta h = \frac{h}{N_d} \quad (28)$$

Khi đó lưu lượng trên mỗi kênh dòng chảy sẽ bằng:

$$q = N_f \Delta q \quad (29)$$

Thay  $\Delta q$  và  $\Delta h$  vào chúng ta có:

$$q = kh \frac{N_f}{N_d} \quad (30)$$

Xác định áp lực dòng thấm: Theo Hình 11, nếu ta gọi cột nước tại mặt  $kt$  là  $h_1$  và mặt  $oj$  là  $h_2$ , ô lưới là hình vuông (cạnh là  $a$ ) thì tại mặt cắt  $kt$  ta có:  $P_1 = a^2 \gamma_w h_1$  và tại mặt cắt  $oj$  ta có:  $P_2 = a^2 \gamma_w h_2$ . Chênh lệch áp lực tại 2 mặt  $kt$  và  $oj$  là :

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= P_3 = a^2 \gamma_w (h_1 - h_2) \\ &= a^2 \gamma_w \Delta h = a^3 \gamma_w \frac{\Delta h}{a} = a^3 i \gamma_w \end{aligned} \quad (31)$$



Trong đó  $a^3$  là thể tích của 1 phân tử đất, từ đó ta có tổn thất áp lực qua một đơn vị thể tích phân tử đất là:

$$P_s = i\gamma_w \quad (32)$$

Mặt khác ta có gradient thủy lực tại 2 mặt kt và oj là

$$i_{exit} = \frac{(h/N_d)}{a} \quad (33)$$

Hệ số an toàn chống hiện tượng cát chảy (cát sỏi) là  $i_{cr}/i_{exit}$ . Trong đó  $i_{cr}$  là gradient thủy lực tới hạn. Khi ứng suất hữu hiệu bằng 0 ta có

$$i_{er} = \frac{G_s - 1}{e + 1} \quad (34)$$

Thông thường  $i_{cr}$  nằm trong khoảng 0.9 đến 1.1 (trung bình 1.0), và hệ số an toàn tối thiểu phải bằng 1.5.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trên cơ sở nhu cầu thi công các công trình ngầm dưới mực nước ngầm cần phải thiết kế một hệ thống tháo khô hoàn chỉnh, nhóm nghiên cứu đã tổng hợp các phương pháp tính toán hạ thấp mực nước trong các tầng chứa nước có áp và không áp đối với các công trình giếng cũng như các kênh, hào thoát nước (ở mục 2). Tùy theo điều kiện địa chất thủy văn công trình cụ thể đơn vị thiết kế có thể linh hoạt lựa chọn công thức tính toán phù hợp, đảm bảo đúng quy trình, tiết kiệm và hiệu quả nhất.

Để thực hiện công tác thiết kế nhóm nghiên cứu xây dựng quy trình lập phương án thiết kế, tính toán và vận hành hệ thống bơm hút tháo khô hạ thấp mực nước ngầm như sau:

### Lập phương án tháo khô:

Lập phương án tháo khô bao gồm các bước sau:

- Lựa chọn phương pháp tháo khô

Tùy theo từng điều kiện cụ thể chúng ta chọn một trong các phương pháp phù hợp như: giếng điểm, giếng sâu, và các hào thoát nước.

- Thí nghiệm tính toán các thông số địa chất thủy văn: Sử dụng các phương pháp bơm hút thí nghiệm để xác định các thông số địa chất thủy văn, chủ yếu là xác định hệ số thấm (k), có thể thực hiện bằng thí nghiệm thấm Darcy với cột nước không đổi, cột nước thay đổi, hoặc sử dụng các công thức kinh nghiệm.

Tuy nhiên do mẫu bị phá hoại trong quá trình lấy mẫu, và đoạn đường vận chuyển, vì vậy các mẫu mang về phòng thí nghiệm không thể đại diện cho một tầng chứa nước ngoại hiện trường. Nên hệ số thấm sử dụng tính toán lưu lượng bơm hút tháo khô phải lấy từ kết quả thí nghiệm bơm hút hiện trường.

- Xác định công suất giếng<sup>2</sup>

Hiệu quả của giếng không thể đạt 100% vì khi đó có sự thất thoát do lực ma sát thành giếng. Chúng ta phải đưa ra được công suất của mỗi giếng.

Lưu lượng của dòng ngầm chảy vào giếng của một giếng sâu ( $Q_w$ ) có thể được tính theo công thức sau:

$$Q_w = 2\pi r_w h_w k i_e \quad (35)$$

Trong đó  $i_e$  là gradient thủy lực của dòng chảy vào giếng,  $h_w$  là mực nước ngầm tại nơi dòng ngầm chảy vào giếng (xem Hình 10)

Theo Sichart và Kyrieles (1930) thì gradient thủy lực chảy vào không thể lớn hơn

$$i_{e.max} = \frac{1}{15\sqrt{k}} \quad (36)$$

Trong đó k là hệ số thấm

Nếu chúng ta thay thế  $i_{e.max}$  bằng  $i_e$  thì công suất bơm của một giếng sâu ( $Q_w$ ) sẽ bằng

$$Q_w = 2\pi r_w h_w \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (37)$$

Công thức trên là một công thức kinh nghiệm trong đó đơn vị của  $r_w$  và  $h_w$  là m, đơn vị của k là m/s, và đơn vị của  $Q_w$  là m<sup>3</sup>/s.

- Xác định số lượng giếng<sup>4</sup>

Khi thi công hố móng hoặc thi công tầng hầm chúng ta phải thiết kế đủ số lượng giếng để phục vụ cho công tác bơm hút tháo khô hạ mực nước ngầm. Đảm bảo mực nước ngầm luôn thấp hơn bề mặt đang đào từ 0.5 đến 1m, công tác tính toán như sau:

**Bước 1:** Tính toán tổng lưu lượng nước cần bơm của công trình. Giả sử công trình là một giếng lớn có bán kính  $R_w$  (xem Hình 12) và tính toán Lưu lượng tổng  $Q_{tot}$  cần phải bơm trong giếng lớn bằng các phương pháp khác nhau, chúng ta có thể sử dụng các công thức đã nêu trong phần trên.

Tính đơn giản, tổng lưu lượng tại tâm hố đào bằng:

$$Q_{tot} = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\ln(R/R_w)} \quad (38)$$

Hoặc tính lưu lượng theo phương pháp Theis ta có:

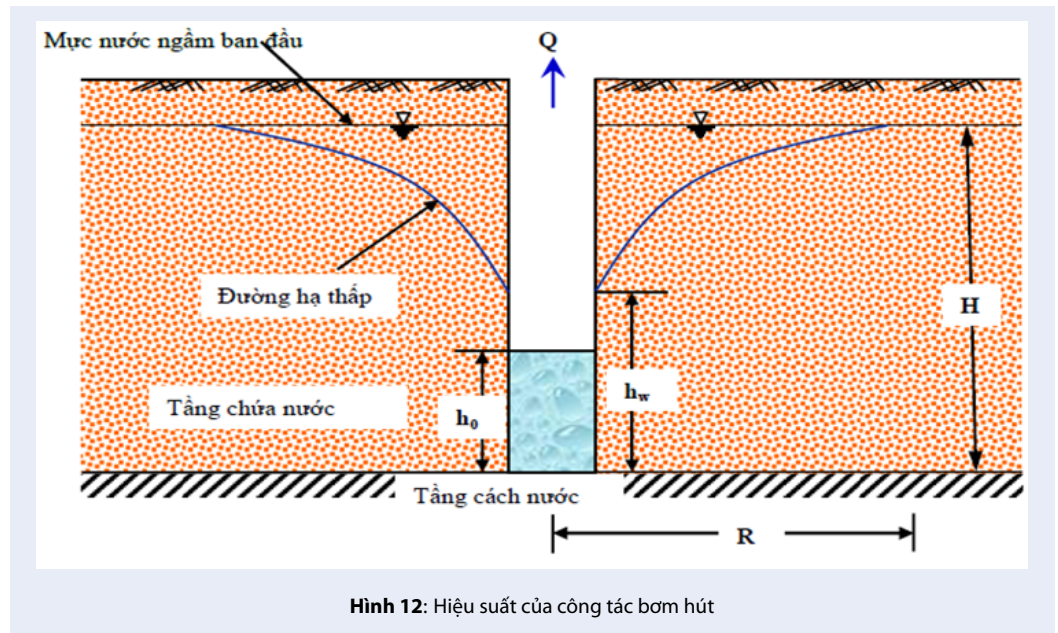
$$Q_{tot} = \frac{4\pi k D s}{W(u)} \quad (39)$$

Trong đó:

$$u = \frac{R_w^2 S}{4kDt} \quad (40)$$

$$W(u) = -0.5772 - \ln u \quad (41)$$

- S: là hệ số trữ nước



- t: thời gian bơm hút, phút
- $R_w$ : bán kính của giếng lớn, m<sup>3</sup>
- k: hệ số thấm, m/phút

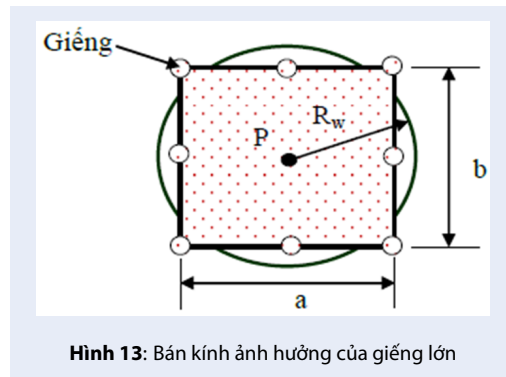
Bán kính giếng lớn ( $R_w$ ) có thể tính bằng diện tích hoặc chu vi theo công thức:

$$R_w = \sqrt{\frac{a \times b}{\pi}} \quad (42)$$

Hoặc

$$R_w = \frac{a + b}{\pi} \quad (43)$$

Trong đó: a, b là chiều dài và chiều rộng của công trình (Hình 13)



**Bước 2:** Tính công suất bơm của mỗi giếng sâu

Xác định bán kính ảnh hưởng của mỗi giếng với mực nước hạ thấp  $h_w$ , thường chọn thấp hơn khoảng từ 0.5 đến 1m bên dưới bề mặt đáy hố đào, tại tâm hố đào.

Vi thể công suất của mỗi giếng có thể ước tính theo phần trên.

**Bước 3:** Tính số lượng giếng (n) theo công thức sau:

$$n = \frac{Q_{tot}}{Q_w} \quad (44)$$

Trong đó:  $Q_{tot}$  = tổng lượng nước cần phải bơm hút  
 $Q_w$  = Lưu lượng của một giếng

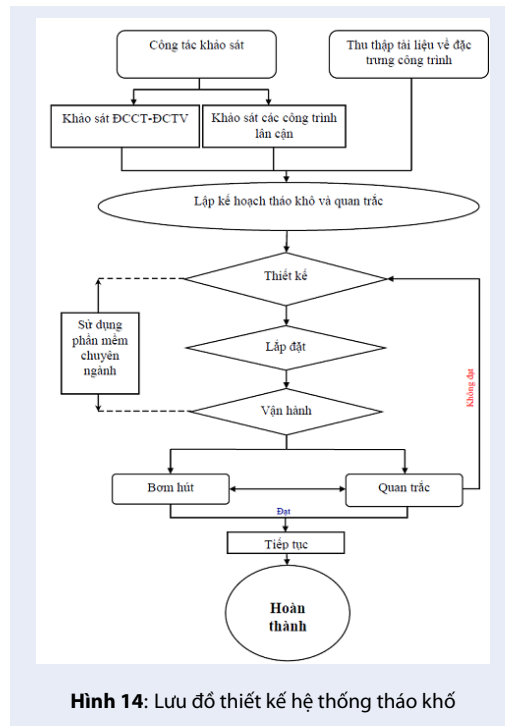
### Lưu đồ thiết kế hệ thống tháo khô

Để tính toán thiết kế hệ thống tháo khô nhóm nghiên cứu đưa ra lưu đồ hướng dẫn tính toán ở Hình 14.

### KẾT LUẬN

Việc tính toán lưu lượng và độ hạ thấp mực nước tại các công trình tháo khô vô cùng phức tạp, do điều kiện địa chất thủy văn tại các khu vực địa lý khác nhau, độ sâu khai đào khác nhau, điều kiện xây dựng khác nhau,... vì vậy bài báo này đã tổng hợp các công thức tính toán lưu lượng theo mực nước hạ thấp thiết kế trong qua trình thi công hạ thấp mực nước ngầm cho các dạng công trình có hố đào sâu hoặc các công trình nhà cao tầng có tầng hầm, trong đó nhóm nghiên cứu đã phân chia ra từng điều kiện địa chất thủy văn cụ thể như đối với tầng chứa nước có áp và tầng chứa nước không áp. Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng lựa chọn các công thức áp dụng cho các giếng không hoàn chỉnh và giếng hoàn chỉnh áp dụng cho từng điều kiện địa chất thủy văn cụ thể. Với các loại công thức đã đưa ra đơn vị tháo khô có thể lựa chọn để tính toán lưu lượng thiết kế cho công trình.





Hình 14: Lưu đồ thiết kế hệ thống tháo khô

Nhóm nghiên cứu đã đề xuất quy trình hướng dẫn các bước tính toán lưu lượng cần thiết để bơm hút hạ thấp mực nước theo thiết kế của công trình nhằm đảm bảo bề mặt hố đào luôn khô ráo và an toàn trong quá trình thi công các hạng mục công trình khác nhau. Nhóm nghiên cứu cũng đã đưa ra lưu đồ hướng dẫn các bước thiết kế hệ thống tháo khô, và có thể kiểm soát quá trình tháo khô được an toàn và hiệu quả. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành hệ thống cần phải kết hợp với một hệ thống quan trắc địa kỹ thuật phù hợp, để có thể theo dõi các biểu hiện của công trình và các công trình lân cận, từ đó có các biện pháp xử lý và khắc phục kịp thời các sự cố có thể xảy ra. Bên

cạnh đó, để tính toán thiết kế lưu lượng bơm hút cho các công trình cụ thể cần nghiên cứu đặc điểm của các loại điều kiện biên ảnh hưởng trực tiếp đến công trình tháo khô: như các sông, hồ, kênh rạch, và ảnh hưởng của thủy triều, từ đó làm tăng sự chính xác trong tính toán, và góp phần đảm bảo sự an toàn trong quá trình thi công hạ thấp mực nước ngầm cho công trình.

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Tôi là tác giả chính của bản thảo công bố kết quả nghiên cứu: “Đề xuất giải pháp tính toán hạ thấp mực nước cho công trình ngầm trong các điều kiện địa chất thủy văn khác nhau”. Tôi xin cam kết như sau:

- Tất cả các tác giả có tên trong bài đều đã đọc bản thảo, đã thỏa thuận về thứ tự tác giả và đồng ý gửi bài đăng trên tạp chí STDJET.
- Công trình này không có bất kỳ sự xung đột về lợi ích nào giữa các tác giả trong bài và với các tác giả khác.

### ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

- Đào Hồng Hải: Tác giả chính và là tác giả liên hệ của bản thảo, là người soạn thảo bài báo, lên kế hoạch, thiết kế nghiên cứu và thực hiện các phân tích, tổng hợp và hoàn thiện nội dung.
- Nguyễn Hữu Sơn: tham gia vào các công tác thu thập dữ liệu, tổng hợp các phương pháp tính toán hạ thấp mực nước trong các điều kiện địa chất thủy văn khác nhau.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Unified facilities criteria (UFC). Dewatering and Groundwater Control. Department of the Army, the Navy and the Air force; 2004;.
2. Ou CY. Deep Excavation. London: Taylor & Francis Group; 2006;.
3. Puller M. Deep Excavations. London: Thomas Telford; 2003;.
4. Đào HH. Đề xuất quy trình thiết kế hệ thống tháo khô trong khai đào hố móng và thi công tầng hầm [Master’s thesis]. Trường Đại học Bách Khoa TP. HCM; 2011;.

# Proposing solutions to calculate water level lowering for underground works in different hydrogeological conditions

Dao Hong Hai<sup>1,2,\*</sup>, Nguyen Huu Son<sup>1,2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

Currently, during the construction of high-rise buildings with basements, or underground works below ground level in our country, phenomena such as the bottom of the foundation pit, sand flowing on the side of the diaphragm wall, and ground subsidence occur, ... causing serious damage to people and property. These phenomena often occur during the pumping process to lower the groundwater level. One of the reasons leading to the above phenomena is that the assessment of hydrogeological characteristics of the construction area is unclear, so design calculation methods are applied that are not suitable for each application condition. In addition, during the operation of the drainage systems to lower the underground water level, it has not been strictly controlled, so when the water level is lowered too much (exceeding the allowable limit), the construction unit has no remedial measures. appropriate and timely. In this article, the authors provide formulas to calculate the flow corresponding to the water level lowered according to design applicable to complete and incomplete well conditions, applied in hydrogeological conditions. different literature. In addition, the authors provide steps to calculate pump flow when designing and propose a flowchart to control the design and operation of the drainage system to lower the groundwater level with the hope of helping implementation units. The company has a more general view of the process of calculating and designing the dry drain system, thereby being able to operate the system more safely.

**Key words:** Dewatering system, Hydrogeological survey, Groundwater pumping testing, deep excavation

<sup>1</sup>Geotechnical Department, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>2</sup>Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

## Correspondence

**Dao Hong Hai**, Geotechnical Department, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: dhhai@hcmut.edu.vn

## History

- Received: 12-10-2023
- Accepted: 01-02-2024
- Published Online:

DOI :



**Cite this article :** Hai D H, Son N H. **Proposing solutions to calculate water level lowering for underground works in different hydrogeological conditions** . *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024; ():1-1.