



**BAN CHỈ ĐẠO  
TÂY NAM BỘ**



**CÂU LẠC BỘ KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ  
CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ**

**KỶ YẾU HỘI THẢO  
CÂU LẠC BỘ KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ  
CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT  
Lần thứ 48  
VỚI SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG TÂY NAM BỘ**

**Thành phố Cần Thơ, 30/3/2016**



**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CẦN THƠ  
2016**

34. NGHIÊN CỨU, XÁC LẬP LUẬN CỨ KHOA HỌC VÀ ĐỀ XUẤT ĐỊNH HƯỚNG  
 QUY HOẠCH KHÔNG-GIAN BIÊN PHỦ QUỐC - CÔN ĐẢO PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN  
 BỀN VỮNG..... 270  
*PGS. TS. Phạm Quý Nhân, PGS. TS. Bùi Xuân Thông, TS. Nguyễn Hồng Lân*
35. GIÁM SÁT VÀ PHÂN TÍCH BIẾN ĐỘNG SỬ DỤNG ĐẤT NÔNG NGHIỆP DỰA  
 TRÊN DỮ LIỆU VIỄN THĂM: ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG..... 282  
*Phan Hiến Vũ*
36. ĐỀ XUẤT QUY HOẠCH NĂNG LƯỢNG SINH HỌC TỈNH AN GIANG ĐẾN  
 NĂM 2020 ..... 289  
*Nguyễn Hà Trang, Nguyễn Thị Vân Hà*
37. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIS XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU CÁC  
 BẾN CẢNG KHU VỰC TÂY NAM BỘ ĐỀ ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ  
 NƯỚC BIỂN DĂNG..... 299  
*TS. Trần Long Giang*
38. KẾT HỢP PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ VÀ ĐỊA CHẤT THUY VẤN ĐỒNG VỊ  
 TRONG MÔ PHỎNG CƠ CHẾ XÂM NHẬP MẶN TRONG CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC  
 VEN BIỂN..... 306  
*Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Văn Lâm*
39. TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN CÁC TUYẾN ĐƯỜNG GIAO THÔNG  
 KHU VỰC TÂY NAM BỘ VÀ GIẢI PHÁP ỨNG PHÓ..... 313  
*TS. Hoàng Quốc Long, ThS. Nguyễn Hải Thanh*
40. TÀI NGUYÊN NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG TÂY NAM BỘ SỰ BIẾN ĐỘNG  
 VÀ GIẢI PHÁP ..... 323  
*Đoàn Văn Cảnh, Nguyễn Kiên Chính, Đặng Đức Nhận, Nguyễn Thị Thanh Thủy*
41. PHÒNG THÍ NGHIỆM LIÊN KẾT CHUYÊN NGHIÊN CỨU VỀ NƯỚC - CARE ..... 333  
*TS. Phan Thị San Hà*
42. MỘT SỐ VẤN ĐỀ KỸ THUẬT CÁN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU ĐỀ HOÀN THIỆN  
 HỆ THỐNG KÊ CHỐNG XÓI LỖ Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG..... 337  
*PGS. TS. Đinh Quang Cường, PGS. TS. Phan Ý Thuận, TS. Nguyễn Xuân Tinh*
- KINH TẾ - CHÍNH TRỊ - XÃ HỘI..... 347**
43. MỘT SỐ GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO AN TOÀN CHÁY ĐÓI VỚI KHO CHỨA NHIÊN  
 LIỆU CỦA CÁC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN CHẠY THAN GÓP PHẦN PHÁT TRIỂN  
 BỀN VỮNG KINH TẾ VÙNG TÂY NAM BỘ ..... 349  
*TS. Lê Thanh Bình; KS. Nguyễn Như Dũng; KS. Trịnh Thế Tuấn*

## KẾT HỢP PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ VÀ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN ĐỒNG VỊ TRONG MÔ PHỎNG CƠ CHẾ XÂM NHẬP MẶN TRONG CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC VEN BIỂN

COUPLING GEOPHYSICAL AND ISOTOPIC APPROACHES TO BETTER SIMULATE SALTWATER INTRUSION IN COASTAL AQUIFERS

Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Văn Lâm

Trường Đại học Mở - Địa chất

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung vào giải quyết các hạn chế trong mô hình nước dưới đất ở các tầng chứa nước vùng ven biển. Trong các tầng chứa nước này, với sự xuất hiện đồng thời của nước ngọt và nước mặn, dòng chảy nước dưới đất thường được biểu diễn bởi phương trình của Darcy. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của hàm lượng muối đến tỷ trọng và tính thấm của nước nên việc giải bài toán về vận động của nước dưới đất trở nên rất phức tạp. Hơn nữa, ảnh hưởng của tính bất đồng nhất trong tầng chứa nước càng làm cho việc nghiên cứu địa chất thủy văn vùng ven biển thêm khó khăn và thách thức, đặc biệt cho công tác mô phỏng và chỉnh lý các mô hình toán học. Chúng tôi đã đề xuất việc kết hợp các kết quả nghiên cứu bằng phương pháp đo địa vật lý và địa chất thủy văn đồng vị trong quá trình mô phỏng, hiệu chỉnh và kiểm chứng kết quả mô hình số. Các kết quả đo địa vật lý cho phép chính xác hóa ranh giới mặn nhạt và phân bố thành phần thạch học cũng như độ hồng của đất đá. Bên cạnh đó, ứng dụng độ phóng xạ của Radon trong nước dưới đất và nước mặn rất hiệu quả trong việc nghiên cứu về đặc tính thấm của tầng chứa nước và lượng bổ cập từ nước dưới đất. Phương pháp nghiên cứu đã được áp dụng một cách hiệu quả cho việc nghiên cứu quá trình xâm nhập mặn trong tầng chứa nước khu vực hạ lưu đồng bằng Crau, miền nam nước Pháp và có thể áp dụng tương tự cho các vùng đồng bằng ven biển ở Việt Nam.

### SUMMARY

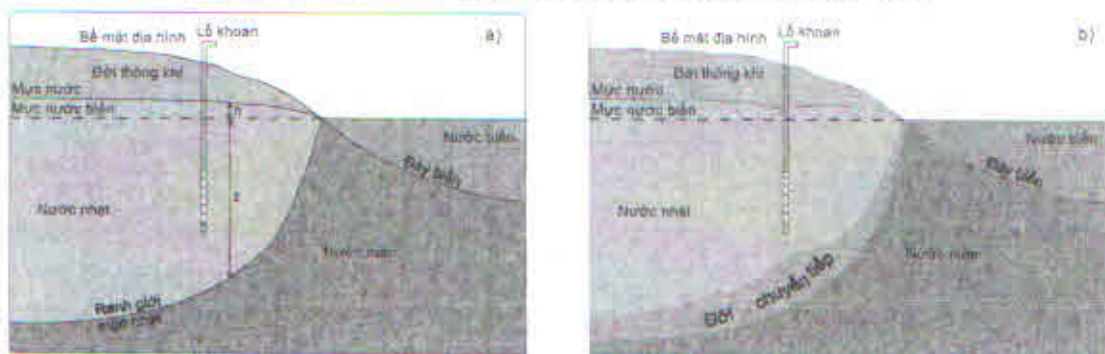
*This research has focused on the constraints related to the modeling of groundwater in coastal aquifer. In these aquifers, the concomitant presence of freshwater and saltwater alters the flow patterns typically represented by the Darcy equation. The influence of salinity on density and permeability make the mathematical resolution of flow equations more complex. Moreover, the influence of heterogeneities in the aquifer makes it more difficult and risky the parameterization model and its calibration. We propose to use strongly the results of both geophysical and isotopic investigations. Thus, we hypothesize that the description of the subsurface and the imaging of the freshwater/saltwater can help to develop and validate/calibrate the simulation of groundwater in coastal aquifers. We have also shown that geochemical measurements such as radon measurement may help to validate the simulated flow. Our approach was applied on the downstream part of the Crau aquifer. The comparison of the simulated results to observed data has shown the usefulness and applicability of our approach. This method is suggested to simulate the salt water intrusion in coastal aquifers in Vietnam.*

## 1. GIỚI THIỆU

Vùng ven biển thường là nơi có mật độ dân cư rất đông, phát triển mạnh mẽ các hoạt động du lịch, sản xuất công nghiệp và nông nghiệp do có những đặc điểm thuận lợi như môi trường sống đa dạng, đồng bằng màu mỡ, tài nguyên biển phong phú, thuận lợi cho vận chuyển hàng hóa và thông thương quốc tế. Tuy nhiên, do sự phát triển mạnh mẽ tại khu ven biển dẫn đến mật độ dân số cũng tăng nhanh chóng, dự kiến đến năm 2050 sẽ có tới 70% dân số sinh sống trong vùng ven biển (Shi and Ashbindu, 2003) là nguyên nhân gây ra việc khai thác quá mức nguồn tài nguyên nước dưới đất, cùng với tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đã và đang đe dọa nghiêm trọng đến tính bền vững của các tầng chứa nước trước vấn đề xâm nhập mặn. Theo thống kê của Ghassemi và nnk (1995), cứ mỗi phút, thế giới mất đi 3 ha đất canh tác do nhiễm mặn.

Để sử dụng và bảo vệ hiệu quả nguồn tài nguyên nước dưới đất vô cùng quý giá này, công tác nghiên cứu xâm nhập mặn đang rất được cả thế giới quan tâm, nhằm giải quyết các vấn đề như: (i) sự phân bố và cơ chế hình thành của các thể chứa nước nhạt và các nguồn xâm nhập mặn (quá trình khuếch tán, phân dị, hòa tan, lý, hóa sinh...); (ii) dự báo quá trình xâm nhập mặn do biến đổi của các yếu tố tự nhiên (nước biển dâng, biến đổi khí hậu, sạt lở...) hay các yếu tố nhân tạo (xây dựng các công trình thủy lợi, khai thác nước và khoáng sản...).

Khi xem xét sự xâm nhập mặn ở các vùng ven biển, các giao diện giữa nước mặn và nước nhạt được khái niệm theo hai cách: Thứ nhất, (Bear và Verruijt, 1987, Duque et al., 2008) giả định rằng nước nhạt và nước mặn không pha trộn (là immiscible) và được ngăn cách bởi một giao diện sắc nét; Thứ hai, (Voss và Souza, 1987) xem xét rằng cả hai pha mặn và nhạt là có thể hòa trộn và có tính đến sự tồn tại của vùng chuyển tiếp.

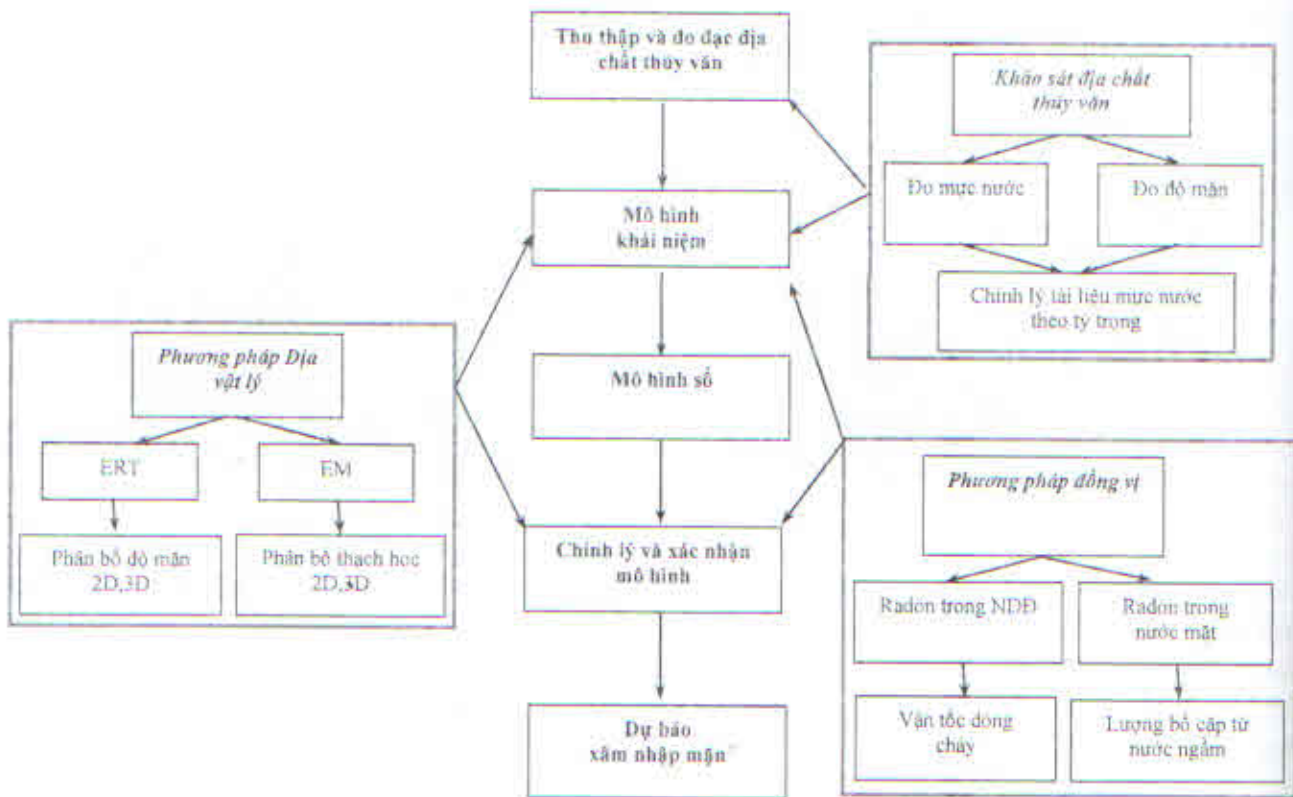


**Hình 1:** Các khái niệm về ranh giới xâm nhập mặn

Trong trường hợp ranh giới mặn nhạt là một giao diện sắc nét (hình a), phương pháp toán xâm nhập-mặn lần đầu tiên được đưa ra trong hơn một thế kỷ bởi phương trình của Darcy-Ghyben (1889) và Herzberg (1901) và công thức dựa trên cơ sở Dupuis do Strack (1976). Công thức toán học này có thể áp dụng cho các tầng chứa nước ven biển đồng nhất về đặc điểm địa chất thủy văn và trong điều kiện động thái ổn định (phương pháp tĩnh). Tuy nhiên, trong điều kiện thực tế, hầu hết các quá trình xâm nhập mặn tuân theo cơ chế thứ hai với giao diện giữa nước mặn và nước nhạt là một vùng chuyển tiếp pha trộn giữa hai pha mặn, nhạt và được xác định theo phương pháp tính toán động cho các dòng chảy có mật độ

biến đổi theo cả không gian và thời gian (Voss và Souza, 1987, Bear, 1988, Holzbecher, 1998a, Kolditz et al., 1998). Với sự phát triển của công nghệ, các mô hình tính toán với mật độ biến đổi mô phỏng cho các quá trình xâm nhập mặn một đã được xây dựng gần nhất với điều kiện thực tế, không chỉ đối với tầng chứa nước đồng nhất mà còn cho tầng chứa nước không đồng nhất kết nối với biển.

Việc mô hình hóa tính toán xâm nhập mặn theo không gian và thời gian phụ thuộc vào chất lượng các tham số đầu vào và tài liệu thực tế phục vụ cho việc chỉnh lý và đánh giá độ chính xác của mô hình. Trong thực tế, mật độ các điểm xác định thông số địa chất thủy văn thường không chi tiết, tùy thuộc vào phân bố của các lỗ khoan và các công tác thí nghiệm. Bên cạnh đó, việc chỉnh lý mô hình xâm nhập mặn luôn đòi hỏi bộ số liệu quan trắc chi tiết về phân bố mặn nhạt mà trong hầu hết các trường hợp, mật độ các lỗ khoan không đủ lớn để đáp ứng điều đó. Do vậy, đòi hỏi cần có các phương pháp nghiên cứu bổ sung nhằm cung cấp thêm các thông tin về các thông số tầng chứa nước và phân bố ranh giới mặn nhạt của tầng chứa nước. Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đề xuất sử dụng các phương pháp địa vật lý để tính toán độ lỗ hổng của đất đá và xác định vị trí vùng chuyển tiếp của nước nhạt/nước mặn giúp thiết lập, chỉnh lý và xác nhận các mô hình dòng chảy nồng độ biến đổi (Comte và Banton, 2007). Ngoài ra chúng tôi đề xuất sử dụng một số đồng vị phóng xạ tự nhiên (radon, radium) là chất đánh dấu để xác định vận tốc thấm của dòng chảy trong tầng chứa nước và lượng bổ cấp từ nước dưới đất vào nước mặt. Quá trình nghiên cứu, mô phỏng quá trình xâm nhập mặn được thực hiện theo các bước sau:



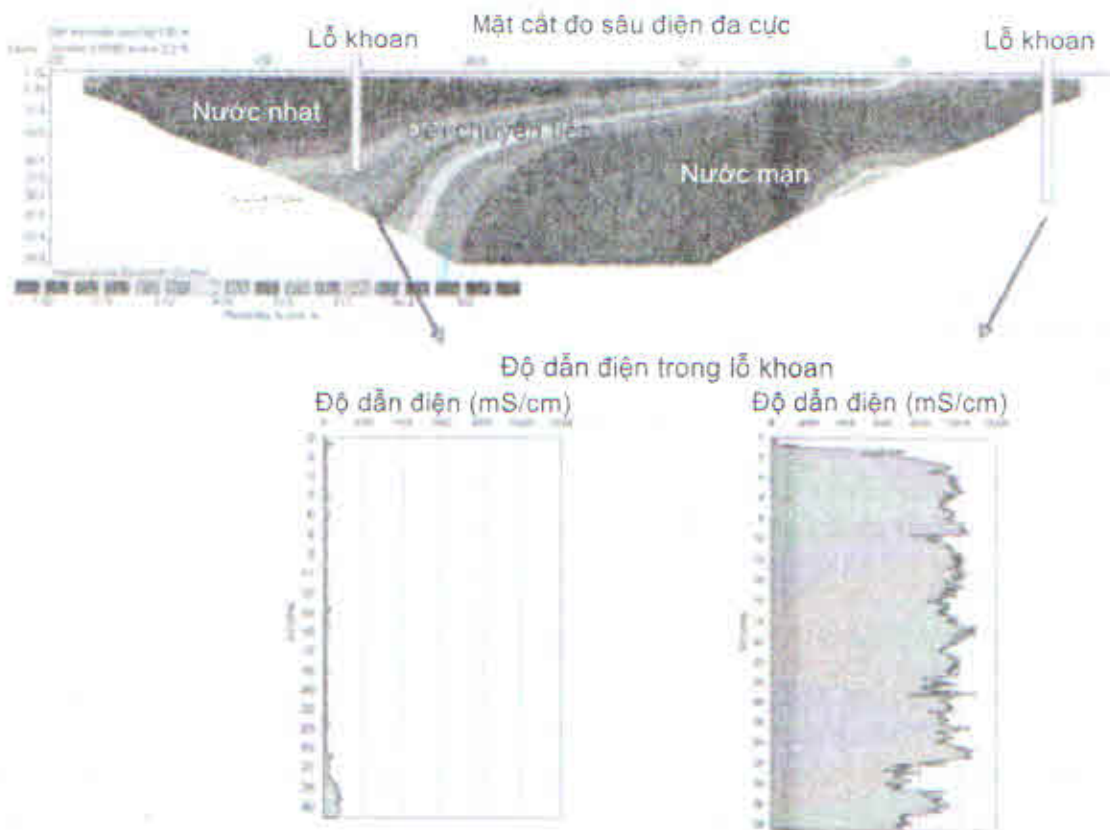
Hình 3. Kết hợp các phương pháp trong việc mô phỏng quá trình xâm nhập mặn

## 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Phương pháp địa vật lý

Các phương pháp địa vật lý đã được áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu xâm nhập mặn nước dưới đất vùng ven biển nhằm cung cấp các thông tin về ranh giới mặn nhạt và các đối tượng thạch học (sử dụng công thức Archie), trong đó có phương pháp đo sâu điện đa cực và phương pháp đo điện từ trường. Kết quả của hai phương pháp trên biểu diễn sự phân bố của điện trở suất (hay độ dẫn điện) của môi trường đất đá theo chiều sâu.

Phương pháp đo sâu điện đa cực cho kết quả với độ phân giải cao, trực quan tuy nhiên việc bố trí các tuyến đo đòi hỏi về mặt bằng đủ dài so với chiều dài của từng khoảng cách, phương pháp đo (trên 100 m).

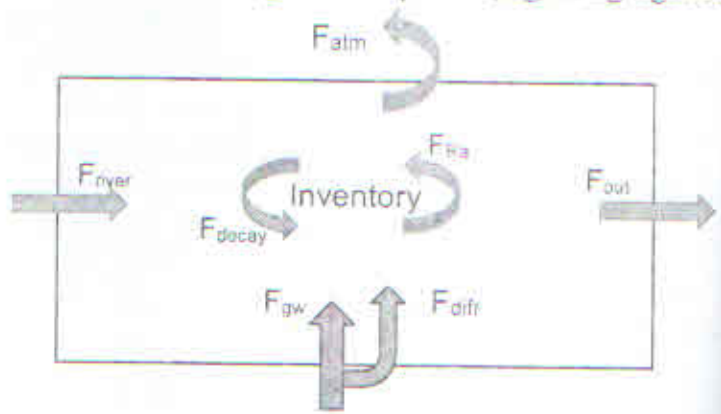


**Hình 2:** Kết quả phân tích tuyến đo sâu điện đa cực theo RES2DINV

Phương pháp đo điện từ trường được áp dụng với bộ thiết bị EM-34 đã đáp ứng tốt yêu cầu trong việc xác định sự phân bố của độ dẫn điện (ranh giới mặn nhạt) đồng thời khắc phục được khó khăn trong vấn đề bố trí mặt bằng phục vụ đo đạc. Với nguyên lý đo và thiết bị đơn giản, phương pháp đo điện từ trường rất phù hợp cho các vùng có các mạng lưới kênh mương mặt dày đặc, khó bố trí các tuyến đo sâu điện.

## 2.2 Phương pháp đồng vị

Mối tương quan giữa nước mặt và nước dưới đất đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu địa chất thủy văn, quyết định đến quá trình xâm nhập mặn của các vùng nơi có mặt của các hệ thống dòng chảy mặt hoặc của các vùng tiếp giáp với biển. Lưu lượng bổ cập từ nước dưới đất cho nước mặt hoặc ngược lại được tính toán gián tiếp thông qua công tác thí nghiệm, xác định đồng vị radon trong trong nước dưới đất và nước mặt, dựa vào phương trình cân bằng của radon đầu ra và đầu vào của khu vực nghiên cứu (mô hình dạng hộp kín).



$$F_{river} + F_{diff} + F_{Ra} + F_{gw} = F_{decay} + F_{air} + F_{out}$$

Trong đó:

$F_{gw}$ : lượng nước từ nước dưới đất bổ cập cho nước mặt, được xác định thông qua đo đạc các tham số còn lại;

$F_{river}$ : lượng radon trong nước mặt;

$F_{diff}$ : lượng radon khuếch tán từ bề mặt khoáng vật;

$F_{Ra}$ : lượng radon do quá trình phân rã từ radium hòa tan  $^{226}\text{Ra}$ ;

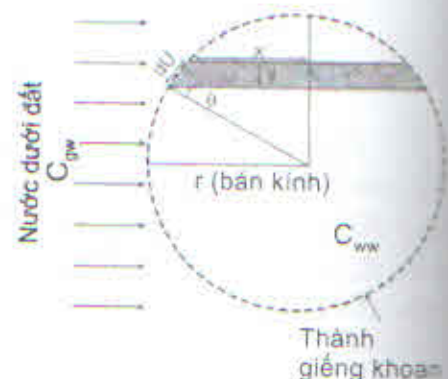
$F_{air}$ : lượng radon phát tán vào khí quyển;

$F_{decay}$  lượng radon trong môi trường tầng chứa nước;

$F_{out}$  là lượng radon trong dòng chảy ra của khu vực.

Phương pháp nghiên cứu đồng vị radon tại vùng Crau (Pháp) để xác định lượng bổ cập của nước dưới đất trong mối quan hệ giữa nước dưới đất-nước mặt cho kết quả đáng tin cậy và rất hiệu quả, đặc biệt áp dụng cho các vùng nghiên cứu có mật độ phân bố nước mặt lớn như khu vực ven biển đồng bằng Nam Bộ.

Vận tốc thấm tầng chứa nước là một thông số địa chất thủy văn quan trọng quyết định đến tốc độ xâm nhập mặn của tầng chứa nước. Thông số này được xác định dựa vào việc so sánh đồng vị radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) trong lỗ khoan và trong tầng chứa nước (Hamada, 2000, Schubert et al., 2011, Nguyen, 2015). Phương pháp này giúp cho phép xác định tính toán thông số thấm của tầng chứa nước trong điều kiện không thể tiến hành bơm hút nước thí nghiệm (không có các lỗ khoan quan sát hoặc đường kính lỗ khoan không đáp



ứng việc bố trí các thiết bị bơm...). Ưu điểm của phương pháp là dễ tiến hành, thời gian và chi phí thấp, giúp cung cấp thông tin đầu vào cho mô hình số.

$$\frac{C_{uw}^t}{C_{gw}^0} = \frac{v_{uw}}{\pi \lambda r} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} (1 - e^{-\lambda 2r \cos \theta / v_{uw}}) \cos \theta d\theta$$

$C_{uw}, C_{gw}$ : Radon trong lỗ khoan và trong tầng chứa nước

$v_{uw}, v_{gw}$ : vận tốc của nước trong lỗ khoan và trong tầng chứa nước

$$v_{gw} = v_{uw} / \alpha$$

$$\alpha = \frac{8}{\left(1 + \frac{K_3}{K_2}\right) \left\{1 + \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 + \left[\frac{K_2}{K_1} \left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right)^2\right]\right\} + \left(1 - \frac{K_3}{K_2}\right) \left\{\left(\frac{r_1}{r_3}\right)^2 + \left(\frac{r_2}{r_3}\right)^2 + \frac{K_2}{K_1} \left[\left(\frac{r_1}{r_1}\right)^2 - \left(\frac{r_2}{r_2}\right)^2\right]\right\}}$$

### 2.3 Phương pháp mô hình số

#### 2.3.1 Lựa chọn mô hình dự báo sự dịch chuyển của biên mặn

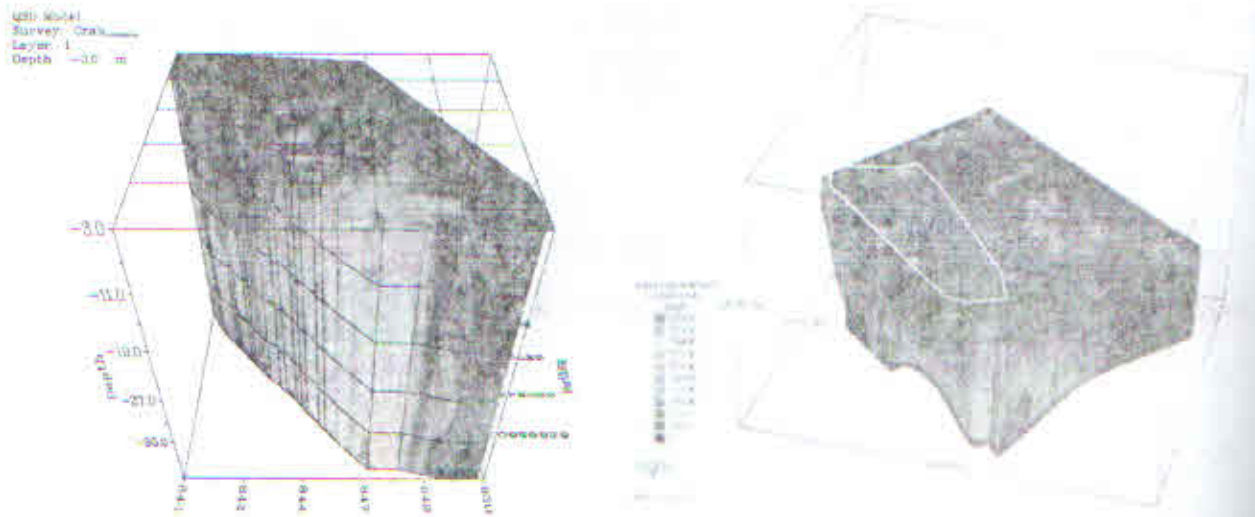
Hiện nay, trên thế giới có rất nhiều chương trình phục vụ cho việc mô hình hóa, tính toán quá trình xâm nhập mặn sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element method) hoặc phương pháp sai phân hữu hạn (Finite Difference method). Mỗi phương pháp đều có những điểm mạnh riêng. Trong nghiên cứu này, quá trình xâm nhập mặn đã được tính toán bằng phần mềm FeFlow sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn với ô lưới tam giác và mô hình tính toán cho các điểm nút của ô lưới, do đó các điều kiện biên được mô phỏng gần thực tế hơn so với các mô hình sử dụng ô lưới hình chữ nhật. Bên cạnh đó, mô hình FeFlow được coi là một mô hình tích hợp (hybrid) tính toán chiều không gian theo phương pháp phần tử hữu hạn và tính toán chiều thời gian theo phương pháp sai phân hữu hạn.

Các kết quả tính toán về vận tốc thấm, độ lỗ hồng thông qua tài liệu địa chất thủy văn địa vị và địa vật lý được sử dụng để chi tiết hóa số liệu đầu vào của mô hình.

#### 2.2 Chính lý và kiểm chứng mô hình

Kết quả tính toán xâm nhập mặn của mô hình số được kiểm chứng thông qua việc so sánh với tài liệu đo từ phương pháp địa vật lý (ranh giới mặn nhạt) và từ phương pháp địa thủy văn đồng vị (lượng bổ cập từ nước dưới đất cho nước mặt).





**Hình 3:** So sánh kết quả tính toán xâm nhập mặn bằng theo mô hình (phải) và giải đoán theo số liệu đo của phương pháp đo điện từ trường sử dụng EM-34 (trái)

Mô hình sau khi được chỉnh lý và kiểm chứng sẽ được sử dụng để dự báo quá trình xâm nhập mặn cho các kịch bản cụ thể như trong điều kiện ảnh hưởng do tăng khai thác nước dưới đất, do biến đổi khí hậu (hạn hán, lũ lụt...) hay do nước biển dâng...

### 3. KẾT LUẬN

- Việc mô phỏng quá trình xâm nhập mặn bằng mô hình toán học đòi hỏi chất lượng thông số địa chất thủy văn và phân bố của ranh giới mặn nhạt mà số lượng các lỗ khoan trong điều kiện thực tế khó có thể đáp ứng được.
- Việc kết hợp các phương pháp địa vật lý (đo sâu điện và điện từ trường) và phương pháp đồng vị radon rất hiệu quả trong việc cung cấp số liệu đầu vào cũng như chỉnh lý và kiểm chứng độ chính xác của mô hình.
- Phương pháp đo điện từ trường đặc biệt phù hợp với các vùng nghiên cứu có mặt đất phân bố nước mặt cao, khó tiến hành các phương pháp khác như đo sâu điện.
- Trường hợp vùng nghiên cứu không thể bố trí công tác bơm hút nước thì nghiên cứu phương pháp đồng vị radon là một lựa chọn hiệu quả để xác định vận tốc thấm của nước dưới đất.
- Ngoài ra, với các vùng ven biển và vùng nghiên cứu có các dòng chảy mặt, phương pháp đồng vị radon là một công cụ để tính toán lượng nước dưới đất cung cấp cho nước mặt và ngược lại.
- Mô hình dự báo xâm nhập mặn cho các kịch bản cụ thể là cơ sở giúp các nhà quản lý trong việc bảo vệ bền vững nguồn tài nguyên nước dưới đất và môi trường vùng ven biển.
- Với những đặc tính ưu việt kể trên, việc kết hợp của các phương pháp nghiên cứu như trên có thể áp dụng hiệu quả cho vùng đồng bằng Nam Bộ.