ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU XÂM NHẬP MẶN TRONG CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC DƯỚI ĐẤT Ở LƯU VỰC SÔNG LŨY TỈNH BÌNH THUẬN

Hồ Hữu Hiếu[1*], Công Thị Diệp[1], Phạm Diệu Linh[1], Frederic Nguyen[2], Thomas Hermans[3]

[1] Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam
[2] Đại học Leuven, Vương quốc Bỉ
[3] Đại học Ghent, Vương quốc Bỉ
*Tác giả liên hệ:
Email: hohuuhieu@yahoo.com hoặc hhhieu@mae.gov.vn

Tóm tắt

Lưu vực sông Lũy được đặc trưng bởi các loại trầm tích khác nhau ở hai bên bờ sông, trong đó cồn cát đỏ bên bờ phải sông có thành phần chủ yếu cát và ít sạn, tuổi Pleistocene. Ngược lại, khu vực đồng bằng bồi tích thấp bên bờ trái gồm các lớp cát sét xen lớp sét mỏng tuổi Pleistocene và Holocene. Kết quả điều tra thể hiện rằng: Các vùng nước mặn nằm rải rác trong khu vực nghiên cứu với độ mặn biến đổi mạnh theo diện. Cồn cát chứa nước nhạt tạo thành ranh giới ngăn cách ngăn xâm nhập mặn từ biển, trong khi đó đồng bằng bồi tích, đặc biệt ở độ sâu >10m hầu hết bị nhiễm mặn.

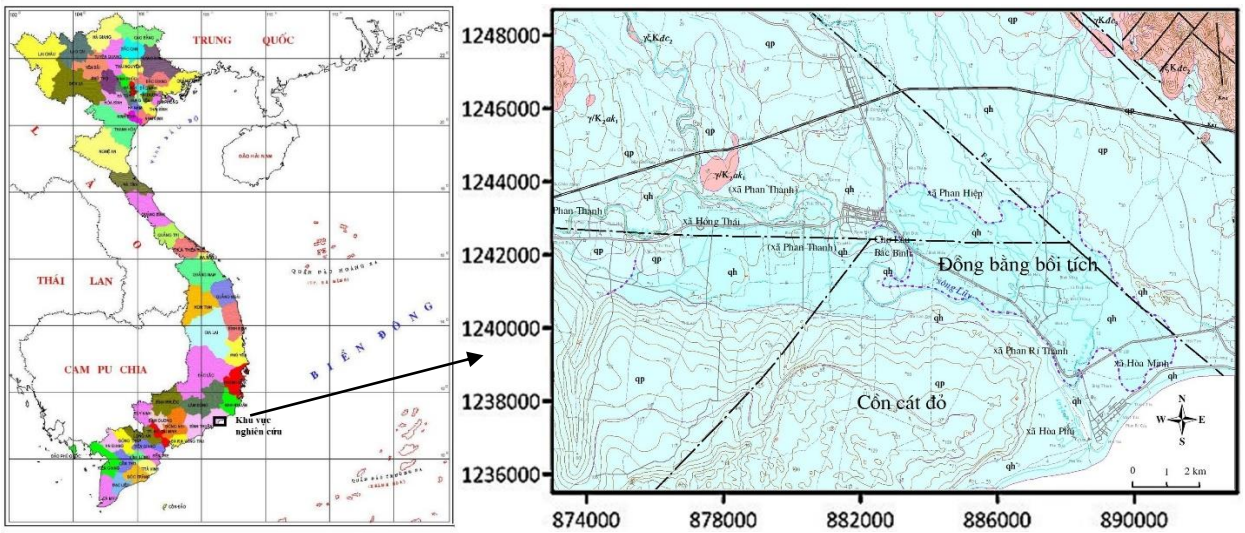
Trên cơ sở kết quả nghiên cứu cơ chế xâm nhập mặn và lấy ý kiến chuyên gia, tập thể tác giả khuyến nghị một sự kết hợp nhiều giải pháp để ngăn ngừa và giảm thiểu xâm nhập mặn như sau: 1) Các giải pháp thay đổi cơ cấu cây trồng, điều chỉnh các biện pháp tưới tiêu theo nhu cầu thực tế của cây trồng, tăng thảm thực vật, cũng như các giải pháp tích trữ và sử dụng nước mặt thay thế cần được khuyến khích; 2) Việc khai thác nước dưới đất ở đồng bằng bồi tích bờ trái sông Lũy nên bị cấm hoặc ít nhất là được chính quyền địa phương quản lý chặt chẽ; 3) Chỉ nên khai thác nước dưới đất ở các cồn cát bờ phải sông Lũy, với tốc độ bơm được kiểm soát theo lượng bổ cập theo mùa ước tính; và 4) Có thể triển khai một hệ thống bổ cập tầng chứa nước được quản lý trong các cồn cát để bổ sung nước nhạt cũng như ngăn chặn sự xâm nhập của nước mặn.

Từ khóa: Xâm nhập mặn, giải pháp giảm thiểu, bổ cập nhân tạo

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bình Thuận là một trong những tỉnh khô hạn nhất Việt Nam với lượng mưa trung bình hàng tháng dưới 50 mm và lượng bốc hơi hàng tháng là 140 mm vào mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau). Lưu vực sông Lũy (Hình 1) được đặc trưng bởi các loại trầm tích khác nhau ở hai bên bờ sông. Đặc biệt, đồng bằng bồi tích thấp nằm ở bờ trái sông, trong khi các cồn cát lớn có mặt ở bờ bên kia. Cồn cát có thành phần chủ yếu gồm cát và một ít sạn, được hình thành bởi các quá trình trầm tích biển và biển-gió trong Pleistocene. Ở bờ trái, đồng bằng bồi tích thấp bao gồm các lớp cát sét xen kẽ lớp sét mỏng, có nguồn gốc từ các chu kỳ trầm tích alluvi-đầm lầy-biển phức tạp trong Pleistocene và Holocene. Các chuỗi trầm tích Pleistocene và Holocene tạo thành các tầng chứa nước chính trong khu vực. Tầng chứa nước Holocene có độ dày thay đổi tăng dần về phía biển từ 2 m đến 20 m ở bờ trái. Trong khi đó, chúng có chiều dày mỏng hoặc vắng mặt ở

bờ phải do quá trình xói mòn và nâng cao mạnh. Ngược lại, các tầng chứa nước Pleistocene có độ dày mỏng ở bờ trái, trong khi tương đối dày trong các cồn cát ở bờ phải (Nawapi, 2015).



Hình 1. Sơ đồ địa chất thủy văn khu vực nghiên cứu (Theo Nawapi, 2015).

Ghi chú: qh Tầng chứa nước Holocen; qp Tầng chứa nước Pleistocen; γ§K Thành tạo nghèo nước

Lưu vực sông Lũy bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi sự xâm nhập của nước mặn. Theo sông Lũy, nước mặn xâm nhập sâu 10–15 km vào trong đất liền. Nguồn nước bổ cập cho các tầng chứa nước chủ yếu đến từ lượng mưa trong mùa mưa và nước mặt thông qua các hoạt động tưới tiêu. Dòng thoát xảy ra dọc theo sông Lũy và các nhánh của nó, và thoát ngầm ra biển, cũng như khai thác nước phục vụ tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản và khai thác khoáng sản. Ở khu vực này, nước dưới đất là nguồn nước quan trọng nhất để cung cấp nước cho khoảng 260.000 người (Nawapi, 2015) và việc sử dụng nước dưới đất để tưới tiêu gần đây đã tăng lên. Các tầng chứa nước nông (0 – 10 m sâu) là nguồn cung cấp nước chính và nhiều giếng do hộ gia đình sở hữu phục vụ cho mục đích tưới tiêu.

Từ năm 2008, một số hồ chứa đã được xây dựng ở thượng nguồn sông Lũy, cung cấp nước nhạt cho các hoạt động hàng ngày của người dân địa phương. Tuy nhiên, tình trạng thiếu hụt nguồn nước nhạt đã trở nên bách nhất, đặc biệt là trong mùa khô. Do đó, trong bài báo này, mục tiêu của tập thể tác giả là đề xuất các chiến lược quản lý nước dưới đất an toàn và bền vững cho lưu vực sông Lũy dựa trên các kết quả khoa học đạt được trong dự án "Tác động của xâm nhập mặn đối với tài nguyên nước và thủy lợi ở khu vực Nam Trung Bộ dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu", do tổ chức Liên trường Đại học khối Flemnish VLIR-UOS (Vương quốc Bỉ) tài trợ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các cuộc điều tra của Dự án được tiến hành trong các năm 2019-2022, bao gồm: Khảo sát thực địa và phân tích mẫu nước dưới đất; Ứng dụng địa vật lý (đo sâu ảnh điện (ERT) theo tuyến mặt cắt và điện từ lỗ khoan (EM39)) để xác định cấu trúc địa chất và phân bố mặn – nhạt; Phân tích thủy hóa để đánh giá quá trình nhạt hóa và nguồn gốc mặn; Mô phỏng dòng chảy ngầm theo các kịch bản khai thác khác nhau. Chi tiết của các phương pháp này, cũng như kết quả điều tra

được đề cập đến trong các bài báo trước đây của tập thể tác giả (Diep và nnk, 2021 và 2022; Linh và nnk 2022 và 2025).

Tại Hội thảo tháng 8/2024 tại tỉnh Bình Thuận, các kết quả nghiên cứu của Dự án đã được trình bày với các bên liên quan (gồm cán bộ quản lý, nhà khoa học) của UBND tỉnh, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, UBND các xã trên địa bàn tỉnh, và tập thể tác giả đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp giá trị về các giải pháp ngăn ngừa và giảm thiểu xâm nhập mặn cho các tầng chứa nước dưới đất khu vực lưu vực Sông Lũy tỉnh Bình Thuận. Trên cơ sở tổng hợp các giải pháp ngăn ngừa và giảm thiểu xâm nhập mặn trên thế giới, cũng như các giải pháp thông qua cuộc hội thảo này, và sự đánh giá tính khả thi, tính hiệu quả, và sự phù hợp với các kết quả điều tra, tập thể tác giả đã đề xuất các giải pháp cho ngăn ngừa và giảm thiểu xâm nhập mặn trong các tầng chứa nước dưới đất khu vực lưu vực Sông Lũy tỉnh Bình Thuận.

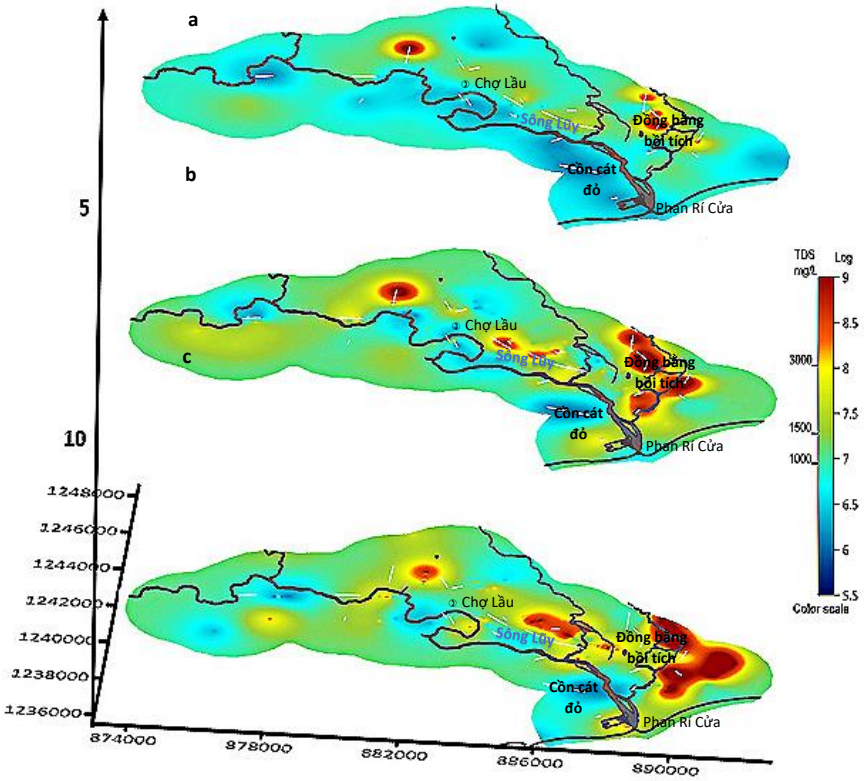
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả điều tra xâm nhập mặn

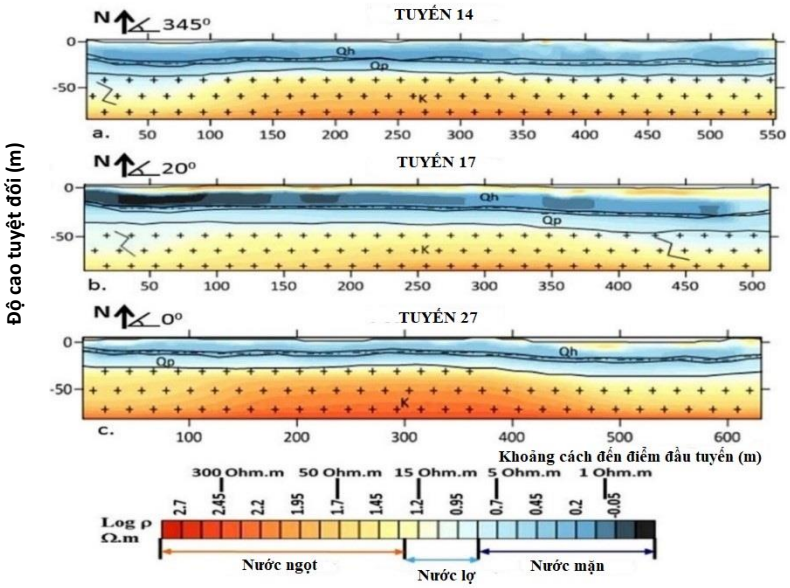
Trong một số nghiên cứu trước đây của NAWAPI (2015), sự hiện diện của nước mặn được cho là chỉ giới hạn ở vùng lân cận Sông Lũy và bắt nguồn từ sự thẩm thấu của nước biển từ biển và cửa sông. Trong nhiều đợt điều tra, kết hợp lấy mẫu nước dưới đất và thăm dò địa vật lý, tập thể tác giả đã có thể thành lập một bản đồ độ mặn mới, toàn diện hơn (Công Thị Diệp, 2024, Hình 2).

Tại lưu vực Sông Lũy, bản đồ độ mặn mới thể hiện rằng các vùng nước mặn phân bố rải rác và độ mặn biến đổi mạnh theo diện. Với giá trị ngưỡng được chọn là 3.000 mg/L (màu vàng trên bản đồ), ranh giới xâm nhập nước mặn mở rộng hơn về phía bắc và đông bắc ở bờ trái sông so với các nghiên cứu trước đây. Ngược lại, ranh giới xâm nhập mặn thu hẹp hơn về phía biển ở bờ phải sông, nơi chủ yếu là các cồn cát lớn. Cồn cát chứa nước nhạt được coi là ranh giới ngăn cách ngăn xâm nhập mặn do áp suất thủy lực lớn hơn và nước dưới đất chảy về phía sông và biển. Trong khi đó, ở khu vực đồng bằng bồi tích, các tầng chứa nước dưới đất, đặc biệt ở độ sâu >10m bị nhiễm mặn gần như hoàn toàn (Công Thị Diệp và nnk, 2021).

Các cuộc điều tra của tập thể tác giả cũng cho thấy sự tồn tại của các thấu kính nước nhạt nằm trên nước mặn (Hình 3, các vùng màu vàng nằm nông). Thấu kính nước nhạt như vậy có thể phát triển trong mùa mưa, nhưng cũng có thể biến mất do thoát nước về phía các dòng suối tự nhiên hoặc kênh tưới tiêu trong mùa khô. Các vùng nước mặn xen kẽ với vùng nước nhạt do bản chất không đồng nhất của tầng chứa nước. Độ mặn có xu hướng tăng theo độ sâu (Hình 3, màu xanh lam). Mặc dù dữ liệu thủy văn ở các giếng độ sâu lớn rất hiếm, nhưng quan sát này được hỗ trợ bởi dữ liệu địa vật lý (Công Thị Diệp 2024).



Hình 2. Bản đồ độ mặn nước dưới đất lưu vực Sông Lũy tại độ sâu 0-5m (a), 5-10m (b) và 10-20m (c). Ghi chú: Nước nhạt (TDS < 1.000 mg/L) (Màu xanh lam), Nước lợ (TDS: 1.000- 3.000 mg/L) (Màu vàng và xanh lá cây) và Nước mặn (TDS > 3.000 mg/L) (Màu nâu)



Hình 3. Phân bố của các thấu kính/lớp nước nhạt trong một số mặt cắt địa vật lý ERT ở hạ lưu lưu vực sông Lũy. Ghi chú: Màu xanh biển tương ứng với nước mặn. Nước nhạt có ở các vùng màu nâu vàng nhạt và nước lợ có màu trung gian. Qh, Qp: Tầng chứa nước Holocen và Pleistocene; K: Phức hệ granit Đèo Cả.

Nguồn gốc xâm nhập mặn không chỉ do sự tương tác với biển và sông, mà còn là kết quả của quá trình biển tiến trong lịch sử (xảy ra hơn 5.000 năm trước), trong đó nước mặn lấp đầy các lỗ rỗng trầm tích. Dữ liệu thủy hóa cho thấy quá trình nhạt hóa là quá trình chủ đạo trong các tầng chứa nước và diễn ra mạnh hơn vào mùa mưa so với mùa khô (Phạm Diệu Linh và nnk, 2022). Tuy nhiên, các quá trình nhạt hóa diễn ra trong thời gian dài thông qua sự thẩm thấu nước nhạt và dòng chảy của nước dưới đất. Nước mặn bị giữ lại trong các tầng sét (do độ dẫn thủy lực thấp) và các tầng chứa nước nằm sâu hơn (do vận tốc dòng chảy thấp) làm chậm quá trình nhạt hóa và kéo dài thời gian lưu trú của nước mặn trong tầng chứa nước. Nước mặn cổ này có thể hoạt động như nguồn thứ cấp cho sự xâm nhập mặn khi nước nhạt ở độ sâu nông được khai thác để tưới tiêu và lượng bổ cập thấp trong mùa khô. Điều này giải thích tại sao nhiều giếng bị nhiễm mặn ngay sau khi bắt đầu khai thác, ngay cả khi không nằm ở gần biển hoặc cửa sông (Phạm Diệu Linh và nnk, 2022).

Lượng bổ cập nước nhạt trung bình, ước tính trong giai đoạn quan sát 42 năm, là 312 mm/năm ở đồng bằng bồi tích bờ trái và 531 mm/năm ở cồn cát bờ phải sông Lũy (Phạm Diệu Linh và nnk, 2024). Lượng bổ cập nước này được sử dụng làm đầu vào cho mô phỏng số các hệ thống nước dưới đất. Kết quả mô phỏng theo các kịch bản quản lý khác nhau chỉ ra rằng trong 50 năm tới, nước mặn sẽ tiếp tục hiện diện trong các tầng chứa nước ở trạng thái tự nhiên, ngay cả khi không có bất kỳ hoạt động khai thác nước nào, điều này phù hợp với các quan sát thủy hóa đã đề cập ở trên. Kết hợp giữa việc khai thác nước dưới đất ở đồng bằng bồi tích và mực nước biển dâng, nước mặn được dự báo sẽ xâm nhập sâu vào đất liền khoảng 5 km tính từ cửa sông và độ mặn sẽ tăng lên ở các tầng chứa nước nông do hiện tượng trồi lên và di chuyển ngang của nước mặn cổ dưới sâu. Ngược lại, hệ thống cồn cát (phân bố ở bờ phải sông Lũy) gần như được nhạt hóa hoàn toàn và có khả năng lưu trữ nước dưới đất đáng kể. Hệ thống cồn cát này có thể phục vụ cho cả mục đích cung cấp nước và giảm thiểu xâm nhập mặn (Phạm Diệu Linh và nnk, 2025).

3.2 Các giải pháp để giảm thiểu xâm nhập mặn trên thế giới

Đặc điểm của tầng chứa nước ven biển và khai thác nước dưới đất trên toàn thế giới rất khác nhau, do đó cần có những giải pháp khác nhau để quản lý từng tầng chứa nước. Các giải pháp giảm thiểu xâm nhập mặn bao gồm: giảm hút nước từ giếng khai thác, di dời vị trí giếng khai thác, sử dụng các ranh giới ngăn cách bằng công trình trên mặt đất hoặc ngầm, bổ cập tự nhiên hoặc nhân tạo (ranh giới ngăn cách thủy lực hoặc ranh giới ngăn cách dương), hút nước mặn dọc theo bờ biển (ranh giới ngăn cách bằng hút nước mặn hoặc ranh giới ngăn cách âm) và các kỹ thuật kết hợp (ranh giới ngăn cách hỗn hợp). Tóm lại, các giải pháp được phân thành ba nhóm khác nhau (Mohammed và nnk, 2019): (i) các giải pháp thông thường (truyền thống), (ii) ranh giới ngăn cách bằng công trình và (iii) ranh giới ngăn cách thủy lực, như được trình bày chi tiết trong các phần sau.

Các giải pháp truyền thống

Giải pháp giảm hút nước từ giếng khai thác (Reduction of Pumping)

Giảm khai thác nước từ các giếng bơm là biện pháp đơn giản nhất, trực tiếp nhất và tiết kiệm chi phí nhất để duy trì cân bằng nước dưới đất trong các tầng chứa nước và kiểm soát xâm nhập mặn. Tuy nhiên, việc giảm sản lượng nước khai thác ở một số khu vực có thể không khả thi vì nhu cầu nước cao và không có nguồn nước thay thế trong khu vực. Nông nghiệp là ngành tiêu thụ nước chính trên toàn thế giới, do đó có thể giảm đáng kể lượng nước khai thác bằng cách thay

đổi mô hình cây trồng và giảm việc trồng các loại cây có nhu cầu nước cao. Việc sử dụng các kỹ thuật tưới tiết kiệm nước, chẳng hạn như tưới nhỏ giọt và tưới chính xác, cũng sẽ góp phần giảm lượng nước cần khai thác.

Giải pháp bố trí lại vị trí giếng khai thác (Relocation of Pumping Wells)

Trong giải pháp này, các giếng bơm thường được di dời xa hơn vào đất liền, cách xa bờ biển để tạo ra độ dốc thủy lực hướng ra biển thích hợp, bằng cách giữ mực nước dưới đất cao hơn mực nước biển ở gần bờ biển và giảm tình trạng mất nước dưới đất quá mức do dòng chảy tràn. Giải pháp này cũng có thể không khả thi trong một số trường hợp do không có đất hoặc xung đột với các dự án chiến lược khác trong khu vực công, hoặc thậm chí với các cơ sở hạ tầng tư nhân.

Giải pháp tạo ranh giới ngăn cách bằng công trình (Physical Barriers)

Tạo ranh giới ngăn cách bằng công trình ngầm (Physical Subsurface Barriers)

Các công trình ngầm gồm tường bê tông, vữa, bentonit hoặc tường bùn và cọc, ván, v.v… thường được thiết kế dọc theo bờ biển để ngăn cản nước biển xâm nhập vào các tầng chứa nước dưới đất. Nhìn chung, việc áp dụng ranh giới ngăn cách bằng công trình ngầm là một công việc tốn kém, nhất là khi các tầng chứa nước dưới đất nằm sâu. Một vấn đề khác là tình trạng úng của nước mặn xâm nhập vẫn còn ở sau ranh giới ngăn cách sau khi xây dựng ranh giới ngăn cách.

Tạo ranh giới ngăn cách bằng công trình trên mặt hoặc do cải tạo đất (Physical Surface Barriers or Land Reclamation)

Khai hoang đất ven biển đề cập đến việc mở rộng nhân tạo đường bờ biển về phía biển. Trong giải pháp này, đất mới được bồi đắp để cung cấp diện tích đất cần thiết đáp ứng nhu cầu đô thị hóa ngày càng tăng và gia tăng dân số. Tuy nhiên, theo quan điểm thủy lực, khai hoang đất ven biển tạo ra một vùng đất mới cho khối nước nhạt, đẩy ranh giới mặn-nhạt về phía biển, giúp làm chậm sự tiến triển của xâm nhập mặn.

Giải pháp tạo ranh giới ngăn cách thủy lực (Hydraulic Barriers)

Việc áp dụng ranh giới ngăn cách thủy lực để kiểm soát xâm nhập mặn đã trở nên phổ biến hơn trên thế giới trong những năm gần đây. Hiện nay, có 3 loại ranh giới ngăn cách thủy lực chính được áp dụng trên thế giới, gồm bổ cập nhân tạo, bơm hút nước mặn từ tầng chứa nước dưới đất, và một sự kết hợp bơm hút nước mặn, khử mặn và bổ cập nhân tạo.

Bổ cập nhân tạo (Artificial Recharge)

Trong giải pháp này, tầng chứa nước được bổ cập nhân tạo bằng nước nhạt có chất lượng tốt (ví dụ: nước mặt, nước mưa, nước thải đã qua xử lý hoặc nước khử muối) để duy trì độ dốc thủy lực hướng ra biển bằng cách tăng áp suất nước ở trong nội địa. Nhìn chung, việc bổ cập nước nhân tạo nhằm mục đích giảm dòng chảy lũ, lưu trữ nước nhạt trong các tầng chứa nước, nâng cao mực nước dưới đất, giảm tình trạng bơm quá mức và cuối cùng là cải thiện chất lượng nước và ngăn chặn khối nước mặn xâm nhập. Mahesha (1996) cho rằng việc bổ cập nhân tạo thông qua các giếng bơm là một phương pháp hiệu quả để làm chậm quá trình xâm nhập mặn trong bất kỳ điều kiện địa chất nào của các tầng chứa nước (có áp hoặc không áp). Các hồ chứa trên mặt, hồ, kênh đào và các lưu vực khác cũng có thể được sử dụng làm hệ thống bổ cập nước nhạt cho các tầng chứa nước không áp thông qua sự thẩm thấu của nước từ trên mặt. Việc sử dụng nước tái chế cho lưu trữ nhân tạo trong các tầng chứa ngầm có thể giúp đáp ứng một phần nhu cầu về nước, chống hạn hán và cũng bảo vệ hệ thống khỏi xâm nhập mặn trong các tầng chứa nước ven biển.

Tạo ranh giới ngăn cách bằng giếng khai thác nước lợ hoặc mặn (Abstraction Barriers)

Trong giải pháp này, nước lợ hoặc nước mặn được bơm liên tục qua các giếng khai thác sâu nằm gần bờ biển. Nước khai thác có thể được thải trực tiếp ra biển hoặc có thể được sử dụng làm nguồn nước cho các nhà máy khử muối hoặc các hoạt động công nghiệp. Nhìn chung, việc bơm hút nước mặn từ tầng chứa nước dưới đất gây ra sự sụt giảm áp suất gần bờ biển, giúp tăng độ dốc thủy lực hướng ra biển và bảo vệ tầng chứa nước.

Tạo ranh giới ngăn cách kết hợp (Combined Barriers)

Sự kết hợp của một số giải pháp đã đề cập ở trên có thể giúp kiểm soát tốt hơn xâm nhập mặn bằng cách kết hợp các ưu điểm của từng giải pháp riêng lẻ. Ví dụ, sự kết hợp giữa việc giảm sản lượng khai thác và bổ cập nhân tạo đã được xem là một giải pháp khả thi cho việc giảm thiểu xâm nhập mặn. Ngoài ra, các giải pháp kết hợp sau đây hiện đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới.

Giải pháp lưu trữ và khai thác nước nhạt trong tầng chứa nước (Aquifer Storage and Recovery - ASR): Giải pháp này đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia để quản lý tài nguyên nước như một giải pháp thay thế cho việc lưu trữ nước mặt trong các đập và hồ chứa (Cederstrom, 1997). Giải pháp này bao gồm việc lưu trữ lượng nước dư thừa thông qua bơm sâu qua các giếng bổ cập vào các tầng chứa nước sâu trong mùa mưa hoặc mùa có nhu cầu nước thấp trong năm. Nước dưới đất sau đó được khai thác khi cần thông qua sử dụng cùng giếng như khi lưu trữ để đáp ứng nhu cầu nước của cộng đồng trong mùa khô tiếp theo hoặc mùa có nhu cầu nước cao trong năm.

Giải pháp kết hợp khai thác, khử muối và bổ cập (Abstraction, Desalination, and Recharge - ADR): Giải pháp này dựa trên việc khai thác liên tục nước lợ gần bờ biển, khử muối nước lợ đã khai thác, và sử dụng nước đã khử muối làm nguồn bổ cập nhân tạo thông qua các giếng bơm.

Giải pháp kết hợp khai thác, khử muối và bổ cập lại nước thải đã xử lý (Abstraction, Desalination, and Recharge by treated wastewater- ADRTWW): Giải pháp này bao gồm việc sử dụng các nguồn nước kinh tế hơn, chẳng hạn như nước thải đã xử lý sinh học và nước mưa thu nhận được, hoặc chuyển nước chất lượng tốt từ các con sông, kênh rạch, hồ và ao có sẵn ở các vùng lân cận. Giải pháp này bao gồm 3 bước: (a) Thu hồi nước lợ từ các nêm mặn bằng các giếng khai thác; (b) Khử muối nước lợ được khai thác bằng cách sử dụng một nhà máy thẩm thấu ngược (RO) và bổ sung nước đã khử muối cho hệ thống cấp nước đô thị; và cuối cùng (c) Thu hồi nước thải từ đô thị, xử lý và bổ cập lại vào tầng chứa nước dưới đất.

3.3. Các giải pháp được đề xuất thông qua Hội thảo tháng 8/2024 tại tỉnh Bình Thuận

Thông qua hội thảo với các bên liên quan gồm cán bộ UBND tỉnh, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, UBND các xã trên địa bàn tỉnh Bình Thuận, tập thể tác giả đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp giá trị. Nhìn chung, các giải pháp được đề xuất từ các thành viên tham dự hội thảo tập trung vào các nhóm sau:

- *Nhóm giải pháp nhằm hạn chế khai thác và sử dụng nước dưới đất:* Đưa ra hướng dẫn, biện pháp quản lý khai thác hợp lý nước dưới đất cho các địa phương có nguy cơ xâm nhập mặn, cũng như cần có quy định quản lý, chế tài rõ ràng; Quy định ngưỡng khai thác hợp lý, ví dụ: nông dân khoan giếng sâu bao nhiêu, khai thác bao nhiêu cho toàn lưu vực sông Lũy, cũng như cho từng hộ dân để tránh tình trạng nước mặn xâm nhập; Sử dụng tiết kiệm, hiệu quả nguồn nước nhạt, hạn

chế khai thác quá mức nước nhạt tại các giếng khoan; Quy hoạch, phân vùng khai thác nước dưới đất, tránh tình trạng khai thác tùy tiện, tự phát; Có kế hoạch sản xuất nông nghiệp sử dụng nước hợp lý; Phân định khu vực khai thác, sử dụng nước dưới đất, khu vực bảo vệ chống khai thác nước dưới đất; Hạn chế khai thác, sử dụng nước dưới đất, giảm các giếng khoan, giếng đào sử dụng nguồn nước dưới đất phục vụ tưới tiêu tại các vùng có nguy cơ xâm nhập mặn gia tăng; Thay đổi thói quen khai thác nước dưới đất của người dân, xây dựng thêm các nhà máy nước để cung cấp đủ nước cho các hộ dân sống xa trung tâm hành chính xã, phường, thị trấn.

- *Nhóm giải pháp thay đổi cơ cấu cây trồng:* Lên kế hoạch trồng các loại cây hoặc thảm thực vật ít sử dụng nước nhạt, vừa mang lại lợi ích kinh tế, vừa ngăn chặn sự xâm nhập mặn; Tăng cường bổ sung thảm thực vật và trồng rừng để giảm bốc hơi nước nhạt và tạo điều kiện cho quá trình bổ cập tự nhiên; Thay đổi cơ cấu cây trồng phù hợp với đất mặn để bảo vệ sản xuất nông nghiệp.

- *Giải pháp tích trữ và sử dụng nước mặt thay thế:* Xây dựng thêm các đập thủy lợi và hồ chứa nước nhạt (nước mưa) và mở rộng các hồ chứa nước nhạt hiện có để có thể đáp ứng nhu cầu nước của khu vực; Thực hiện đồng thời vừa tăng khả năng tích trữ nước nhạt vừa tiết kiệm nước; Xây dựng các hồ chứa ở thượng nguồn để tích nước cho hạ lưu, đặc biệt là vào mùa khô.

- *Các giải pháp xây dựng các ranh giới ngăn cách công trình:* Xây dựng các tường bê tông ngầm và đập tại bờ biển và cửa sông để ngăn nước biển xâm nhập vào các tầng chứa nước dưới đất; Hạn chế bê tông hóa bề mặt đất ở các khu vực ven biển để ngăn nước mưa chảy ra biển; Xây dựng các đập và cống tưới tiêu tại cửa sông để ngăn nước biển xâm nhập sâu vào đất liền.

- *Giải pháp xây dựng hệ thống bổ cập nước nhạt nhân tạo:* Tất cả những người tham gia hội thảo đều nhất trí rằng cần phải xây dựng một hệ thống bổ cập nước nhạt có quản lý cho hệ thống cồn cát ven biển ở phía tây nam lưu vực sông Lũy, vừa tăng nguồn nước dưới đất để sử dụng sau này vừa ngăn chặn sự xâm nhập của nước mặn;

Ngoài ra, một số giải pháp khác cũng cần được xem xét, ví dụ: Cần có quy hoạch và phân vùng các vùng nuôi trồng thủy sản; Lắp đặt hệ thống lọc nước mặn để có thêm nước nhạt phục vụ sinh hoạt và tưới tiêu, đặc biệt là vào mùa khô; Ngăn chặn việc khai thác khoáng sản dưới lòng sông và bờ sông làm phá hủy bờ sông và làm tăng sự xâm nhập của nước mặn;

3.3. Đánh giá và đề xuất các giải pháp giảm thiểu xâm nhập mặn trong tầng chứa nước dưới đất ở lưu vực Sông Lũy

Trong các giải pháp giảm thiểu xâm nhập mặn được đề ra ở trên, các giải pháp giảm khai thác và sử dụng nước dưới đất, giải pháp thay đổi cơ cấu cây trồng hoặc giải pháp lưu trữ và sử dụng nước mặt thay thế được coi là thông thường và tạm thời. Tuy nhiên, các giải pháp này hiệu quả về mặt kinh tế và an toàn với môi trường. Các quy định, hướng dẫn và kế hoạch liên quan đến khai thác và sử dụng nước dưới đất nên được phổ biến đến cộng đồng địa phương, đặc biệt là các địa phương có nguy cơ xâm nhập mặn (xem bản đồ độ mặn). Các khu vực nằm trên các tầng đất sét có nguy cơ nhiễm mặn cao nhất và nên tránh khai thác nước ở đó. Các giải pháp thay đổi cơ cấu cây trồng (ví dụ: từ lúa nhu cầu nước cao sang thanh long nhu cầu nước thấp) hoặc tăng thảm thực vật (ví dụ: trồng rừng) cũng như các giải pháp tích trữ và sử dụng nước mặt thay thế (ví dụ: xây dựng hồ chứa mới) đã và đang được áp dụng trong thực tế tại tỉnh Bình Thuận trong những

năm qua. Tuy nhiên, tập thể tác giả vẫn khuyến nghị tăng chất lượng và số lượng các hoạt động này và thúc đẩy các biện pháp tưới tiêu thông minh để giảm lượng nước sử dụng cho sản xuất cây trồng.

Các giải pháp xây dựng ranh giới ngăn cách bằng công trình (ví dụ: tường bê tông ngầm và đập) có thể giải quyết các vấn đề xâm nhập nước biển và nhiễm mặn ở các giếng khoan ven biển. Tuy nhiên, trên thực tế, tình trạng xâm nhập nước mặn ở nhiều khu vực trong lưu vực sông Lũy là do vật liệu giữ nước mặn cổ (ví dụ: các thấu kính sét) nên các ranh giới ngăn cách công trình này dường như không hiệu quả, hơn nữa còn tốn kém và đòi hỏi phải có đất trống để áp dụng.

Các giải pháp tạo ranh giới ngăn cách thủy lực được xem là khả thi và phù hợp với điều kiện tự nhiên, thủy văn và kết quả nghiên cứu xâm nhập mặn của tập thể tác giả, đặc biệt một hệ thống bổ cập nhân tạo có quản lý áp dụng cho hệ thống cồn cát đỏ ở tây nam lưu vực Sông Lũy. Việc thu hồi nước mặn từ tầng chứa, khử muối và bổ cập lại vào tầng chứa có thể khá đắt đỏ, vì vậy tập thể tác giả khuyến nghị sử dụng lượng nước mưa dư thừa trong mùa mưa hoặc nước thải đã qua xử lý cho nguồn nước nhạt bổ cập.

Tóm lại, tập thể tác giả khuyến nghị một sự kết hợp cả các giải pháp công trình và phi công trình để ngăn ngừa và giảm thiểu xâm nhập mặn như sau:

1) Các giải pháp thay đổi cơ cấu cây trồng, điều chỉnh các biện pháp tưới tiêu theo nhu cầu thực tế của cây trồng, tăng thảm thực vật, cũng như các giải pháp tích trữ và sử dụng nước mặt thay thế cần được khuyến khích để giảm lượng khai thác và sử dụng nước dưới đất trong khu vực.

2) Việc khai thác nước dưới đất ở đồng bằng bồi tích bờ trái sông Lũy nên bị cấm hoặc ít nhất là được chính quyền địa phương quản lý chặt chẽ, tức là chỉ được phép nếu không có dấu hiệu nước mặn (ví dụ thông qua khảo sát địa vật lý, giếng gần đó hoặc dấu hiệu cho thấy vùng mục tiêu nằm trong vùng cát) và với số lượng hạn chế. Điều này sẽ tránh được tình trạng xâm nhập mặn hơn nữa vào các tầng chứa nước do hiện tượng trồi lên và di chuyển ngang của nước mặn cổ, do khai thác nước dưới đất gây ra.

3) Chỉ nên khai thác nước dưới đất ở các hệ thống cồn cát bờ phải sông Lũy, với tốc độ bơm được kiểm soát theo lượng bổ cập theo mùa ước tính và sức chứa thực tế của cồn cát. Theo ước tính của tập thể tác giả, với tốc độ bổ cập là 531 mm/năm và diện tích bề mặt của các cồn cát khoảng 80 km², thì lượng bổ cập là khoảng 42 triệu m³/năm. Giả sử có thể khai thác được 100% lượng bổ cập, thì sẽ có tốc độ khai thác tiềm năng là 115.000 m³/ngày, đủ để cung cấp cho sinh hoạt và tưới tiêu trong toàn bộ lưu vực sông Lũy.

4) Hơn nữa, có thể triển khai một hệ thống bổ cập tầng chứa nước được quản lý trong các cồn cát để bổ sung nước nhạt cũng như ngăn chặn sự xâm nhập của nước mặn. Hệ thống cồn cát có thể hoạt động như các vùng thấm phù hợp và tạo thành các hồ ngầm chứa nước nhạt. Nước dư thừa từ mùa mưa (ví dụ: nước mưa chảy tràn, nước thải đã qua xử lý hoặc nước mặt từ đập chứa) có thể được thấm vào cồn cát để tăng trữ lượng nước nhạt cho mùa khô. Các công trình thấm như mương, giếng, bể thẩm thấu, giếng đào hoặc lỗ khoan có thể được lựa chọn tùy thuộc vào điều kiện địa chất và thủy văn của khu vực được bổ cập.

5) Quản lý nước dưới đất tại lưu vực sông Lũy nên phát triển theo hướng tiếp cận tổng hợp, trong đó việc khai thác nước dưới đất không được giao cho cá nhân mà nên được quản lý ở quy mô khu vực bởi các công ty hoặc cơ quan nhà nước.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu của tập thể tác giả chỉ ra rằng xâm nhập mặn phân bố rải rác ở nhiều nơi trong lưu vực sông Lũy, và chủ yếu bắt nguồn từ sự lưu giữ nước mặn cổ của các trầm tích có độ thấm thấp (trầm tích sét). Các quá trình "nhạt hóa" đang diễn ra trong lưu vực, tuy nhiên tình trạng nhiễm mặn thứ cấp vẫn nghiêm trọng do biến đổi khí hậu và khai thác nước dưới đất. Do đó, cần phải kết hợp nhiều giải pháp để ngăn chặn và giảm thiểu sự xâm nhập mặn. Một số giải pháp như tăng thảm thực vật hoặc thay đổi cơ cấu cây trồng, sử dụng nước mặt thay thế, v.v…, cần được tiếp tục khuyến khích. Tập thể tác giả đặc biệt khuyến nghị một kế hoạch quản lý nước dưới đất theo khu vực. Trong đó, khu vực đồng bằng bồi tích bờ trái sông Lũy cần được hạn chế hoặc cấm khai thác nước dưới đất, còn khu vực cồn cát đỏ bờ phải sông sẽ được sử dụng để khai thác thác nước dưới đất kết hợp với một hệ thống bổ cập nhân tạo được quản lý. Giải pháp này có thể cung cấp nước nhạt đầy đủ để sinh hoạt và tưới tiêu, cũng như ngăn chặn sự xâm nhập của nước mặn cho toàn bộ lưu vực sông Lũy, đặc biệt là vào mùa khô. Tuy nhiên, cần một hệ thống phân phối nước khai thác trong cồn cát đến những người dân ở đồng bằng bồi tích, nơi cần giảm khai thác nước dưới đất.

Lời cảm ơn

Bài báo là sản phẩm của Dự án "Tác động của xâm nhập mặn đối với tài nguyên nước và thủy lợi ở khu vực Nam Trung Bộ dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu", do tổ chức Liên trường Đại học khối Flemish VLIR-UOS (Vương quốc Bỉ) tài trợ. Tập thể tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí nghiên cứu này. Ngoài ra, tập thể tác giả còn muốn cảm ơn các cán bộ UBND tỉnh, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, UBND các xã trên địa bàn tỉnh Bình Thuận, vì những góp ý cho các giải pháp giảm thiểu xâm nhập mặn khu vực lưu vực Sông Lũy tỉnh Bình Thuận.

Tài liệu tham khảo

1. Cederstrom, D.J., 1997. *Artificial Recharge of a Brackish Water Well*. The Commonwealth, Virginia Chamber Commerce: Richmond, VA, USA, 1997; Volume 14, pp. 71–73.
2. Công Thị Diệp, 2024. *Hydrogeophysical Characterization of Saltwater Intrusion in the Southern Central Region, Vietnam*. PhD thesis, In Geology at Ghent University, Belgium.
3. Công Thị Diệp, Phạm Diệu Linh, Robin Thibaut, Marieke Paepen, Hồ Hữu Hiếu, Frédéric Nguyen and Thomas Hermans, 2021. *Imaging the Structure and the Saltwater Intrusion Extent of the Luy River Coastal Aquifer (Binh Thuan, Vietnam) Using Electrical Resistivity Tomography*. Water 2021, 13, 1743. https://doi.org/10.3390/w1313174.
4. Công Thị Diệp, Phạm Diệu Linh, David Caterina, Xavier De Pauw, Đặng Thị Huyền, Hồ Hữu Hiếu, Frederic Nguyen, Thomas Hermans, 2024. *Quantifying salinity in heterogeneous coastal aquifers through ERT and IP: Insights from laboratory and field investigations*. Journal of Contaminant Hydrology 262 (2024) 104322.
5. Mahesha A., 1996. *Steady-State Effect of Freshwater Injection on Seawater Intrusion*. J. Irrig. Drain. Eng. 1996, 122, 149–154.
6. Mohammed S. Hussain, Hany F. Abd-Elhamid, Akbar A. Javadi and Mohsen M. Sherif, 2019. *Management of Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: A Review*. Water 2019, 11, 2467; doi:10.3390/w11122467

7. Phạm Diệu Linh, Công Thị Diệp, Tom Segers, Hồ Hữu Hiếu, Frédéric Nguyen and Thomas Hermans, 2022. *Groundwater Salinization and Freshening Processes in the Luy River Coastal Aquifer, Vietnam.* Water 2022, 14, 2358. https://doi.org/10.3390/w14152358.
8. Phạm Diệu Linh, 2024. *Hydrogeological modelling of the saltwater intrusions in the Southern Central Region of Vietnam under changing scenarios: the case of Luy River catchment*. PhD thesis, In Geology at Ghent University, Belgium.
9. Phạm Diệu Linh, Marieke Paepen, Công Thị Diệp, Alexander Vandenbohede, Vũ Thanh Tâm, Hồ Hữu Hiếu, Frédéric Nguyen, Thomas Hermans, 2025. *Groundwater modelling to evaluate saltwater intrusion and freshening processes identified from hydrochemistry in a coastal groundwater system in Vietnam*. Regional Hydrology (in Progress).
10. Trung tâm Điều tra và Qui hoạch Tài nguyên nước quốc gia (NAWAPI), 2015. *Dự án "Đo vẽ lập bản đồ ĐCTV tỷ lệ 1/50.000 các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận.* Sẵn có online http://nawapi.gov.vn/index.php?option=com_content&view=article&id=4712%3A-an-lp-bn-a-cht-thy-vn-t-l-150000-cac-tnh-ninh-thun-va-binh-thunnhng-kt-qu-t-c&catid=62%3Anhim-v-chuyen-mon-hoanthanh&Itemid=134&lang=vi.

PROPOSED SOLUTIONS TO MITIGATE SALTWATER INTRUSION IN THE LUY RIVER CATCHMENT, BINH THUAN PROVINCE

Ho Huu Hieu[1*], Cong Thi Diep[1], Pham Dieu Linh[1], Frederic Nguyen[2], Thomas Hermans[3]

[1] Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources (VIGMR), Vietnam
[2] Catholic University of Leuven (KULeuven), Kingdom of Belgium
[3] University of Gent (UGent), Kingdom of Belgium
*Corresponding author:
Email: hohuuhieu@yahoo.com hoặc hhhieu@mae.gov.vn

Summary

The Luy River's catchment is characterized by different types of sediment on the two sides of the river. Particularly, sandy dunes composed mainly from sands and some grits, were formed in the Pleistocene. Contrarily, the low-elevation flat plains composed by intercalated clayey sand and thin clay layers, were formed in the Pleistocene and Holocene. Our research results indicate that saltwater zones are scattered, with large variations in salinity spatially. Freshwater-bearing sandy dunes constitute a barrier against saltwater intrusion from sea. Saltwater intrusion in the whole catchment cannot be explained solely by interaction with sea and rivers, but also the result of historical transgressions, during which saline water filled in the sediment pores. Freshening is the dominant hydrochemical process in the aquifers. Saltwater trapped inside clay aquitards and lower aquifers slows down freshening processes and act as a secondary source of salinity when freshwater at shallow depth is extracted for irrigation. Groundwater simulation results indicate that over the next 50 years, saltwater will still be present, even without any pumping. If abstraction continues in the alluvial plains, Saltwater intrusion will reach about 5 km from the river mouth, and salinization will increase in shallow aquifers by upconing and lateral migration.

Therefore, we recommend a combination of both structural and non-structural solutions to prevent and mitigate saltwater intrusion as follows: 1) Solutions to change crop structure, adjust irrigation measures according to actual crop needs, increase vegetation, as well as solutions of alternative surface-water storage and use should be encouraged; 2) Groundwater exploitation in the alluvial plain on the left bank of the Luy River should be banned or at least strictly managed by local authorities; 3) Groundwater exploitation should only be carried out in the sand dune systems on the right bank of the Luy River, with pumping rates controlled according to estimated seasonal recharge; and 4) A managed artificial recharge system can be implemented in the sand dunes to replenish fresh water as well as prevent salt water intrusion.

Keywords: Saltwater intrusion, mitigation solutions, artificial recharge