

# Thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống khử mặn sử dụng công nghệ thẩm tách điện quy mô phòng thí nghiệm

Nguyễn Duy Linh<sup>1,2</sup>, Nguyễn Quốc Văn<sup>1,2</sup>, Nguyễn Thị Thảo Nga<sup>1,2</sup>, Trần Tú San<sup>1,2</sup>, Đoàn Đức Chánh Tín<sup>1,2</sup>, Đặng Thị Mỹ Dung<sup>1,2</sup>, Đặng Mậu Chiến<sup>1,2,\*</sup>



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

## TÓM TẮT

Tình trạng nước sinh hoạt bị nhiễm mặn do hạn hán, xâm nhập mặn tại các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là một trong những vấn đề nghiêm trọng mà người dân nơi đây phải đối mặt mỗi năm. Trong nghiên cứu này, hệ thống khử mặn sử dụng công nghệ thẩm tách điện (*Electrodialysis - ED*) được nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm như một lựa chọn thay thế cho công nghệ thẩm thấu ngược (*Reverse Osmosis - RO*). Cụm màng thẩm tách điện (*ED stack*), một bộ phận quan trọng trong hệ thống khử mặn, được thiết kế với kích thước 12×12 cm, với 16 ngăn (*cell*) gồm màng cation và màng anion được mắc nối tiếp và diện tích hoạt động của các màng chọn lọc ion này là 8×8 cm. Cụm màng (*stack*) ED được thiết kế và chế tạo với các nguyên vật liệu có sẵn trên thị trường. Sau đó, hệ thống khử mặn sử dụng cụm màng ED này được thiết lập và thử nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm; hệ thống hoạt động theo nguyên lý tuần hoàn (*batch process*) với hai kênh giảm mặn và tích tụ mặn cho đến khi độ mặn đạt yêu cầu. Ảnh hưởng của điện thế áp vào cụm màng ED và độ mặn nguồn nước đầu vào đến hiệu suất hoạt động của hệ thống khử mặn ED cũng được khảo sát thực nghiệm. Kết quả cho thấy, hệ thống khử mặn ED được chế tạo có thể khử mặn cho 1,6 lít dung dịch muối, đầu vào với độ mặn 3 g/L, 5 g/L, 7 g/L xuống dưới 0,5 g/L trong thời gian tương ứng là 25 phút, 38 phút, 52 phút với điện thế áp vào là 16 V. Nghiên cứu này cho thấy tính khả thi của hệ thống khử mặn sử dụng công nghệ thẩm tách điện (ED) trong xử lý các nguồn nước bị nhiễm mặn tại Việt Nam.

**Từ khóa:** khử mặn, thẩm tách điện, sản xuất nước, hệ thống ED, cụm màng ED

<sup>1</sup>Viện Công nghệ Nano, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

## Liên hệ

**Đặng Mậu Chiến**, Viện Công nghệ Nano, Việt Nam

Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: dmchien@vnuhcm.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 11-8-2021
- Ngày chấp nhận: 14-01-2022
- Ngày đăng: 08-02-2022

DOI: 10.32508/stdjns.v6i1.1116



## 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.



## GIỚI THIỆU

Sự biến đổi khí hậu và bùng nổ dân số toàn cầu khiến nguồn nước sạch đang dần khan hiếm<sup>1,2</sup>. Việc khử muối từ nước biển đang ngày càng được thực hiện tại nhiều khu vực trên thế giới để đáp ứng nhu cầu cung cấp nước sạch. Tính đến năm 2017, trên toàn cầu có khoảng 55 triệu m<sup>3</sup> nước ngọt được sản xuất bởi các nhà máy khử mặn nước biển<sup>3</sup>. Tại Việt Nam, trình trạng xâm nhập mặn đang diễn ra trên diện rộng tại các tỉnh thành thuộc khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), dẫn đến nguồn nước cung ứng cho sinh hoạt và nông nghiệp cũng bị nhiễm mặn, đặc biệt vào các tháng mùa khô. Năm 2016, khoảng 4.000 hecta tại Long An, 10.000 hecta tại Sóc Trăng, 10.000 hecta tại Bến Tre và 400 hecta tại Hậu Giang có diện tích đất trồng lúa và vườn cây ăn quả bị nhiễm mặn<sup>4</sup>. Đến năm 2020, tình trạng ngập mặn diễn ra ngày càng trầm trọng hơn và được dự báo có nguy cơ cao xảy ra tình trạng thiếu nước vào mùa khô những năm tới<sup>5-7</sup>, do vậy, việc khử mặn nước sử dụng cho tưới tiêu và sinh hoạt tại vùng ĐBSCL là rất cần thiết. Công nghệ khử mặn được phân loại như sau: khử

mặn bằng màng (không thay đổi pha) và khử mặn bằng nhiệt (thay đổi pha). Công nghệ khử mặn bằng màng (*membrane process*) sử dụng màng như một rào cản vật lý để tách chất ô nhiễm khỏi nguồn nước cấp, trong khi công nghệ khử mặn bằng nhiệt (*thermal process*) sử dụng năng lượng cao để làm bốc hơi nước từ nguồn cấp (chưng cất) và để lại các chất ô nhiễm dưới dạng chất rắn<sup>8</sup>. Nén hơi cơ học (*MVC*), nén hơi nhiệt (*TVC*), chưng cất nhanh nhiều bậc (*MSF*), bay hơi/ chưng cất đa hiệu ứng (*MEE/ MED*) là những thí dụ về khử mặn bằng nhiệt.

Thẩm thấu ngược (*Reverse Osmosis - RO*) và thẩm tách điện (*Electrodialysis - ED*) là các công nghệ khử mặn bằng màng. Sau năm 2000, khoảng 70% các nhà máy lọc mặn sử dụng công nghệ khử mặn bằng màng vì tính hiệu quả, ít tiêu thụ năng lượng và chi phí thấp hơn so với khử mặn bằng nhiệt. Trên toàn cầu, MSE, MED, ED và RO là những phương pháp chủ lực trong việc cung cấp nước ngọt cho hàng triệu người<sup>9,10</sup>. Ngoài ra, các công nghệ khử mặn khác đang được phát triển ở quy mô phòng thí nghiệm như: khử ion điện dung (*Capacitive Deionization - CDI*), khử ion điện dung màng (*Membrane CDI - MCDI*)<sup>11,12</sup>. Kể

**Trích dẫn bài báo này:** Linh N D, Văn N Q, Nga N T T, San T T, Tín D D C, Dung D T M, Chiến D M. **Thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống khử mặn sử dụng công nghệ thẩm tách điện quy mô phòng thí nghiệm.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 6(1):1846-1855.

từ những năm 1950, công nghệ khử mặn đã đạt được những tiến bộ vượt bậc như tốc độ tải hữu cơ cao, ít bám bẩn, thông lượng và độ chọn lọc cao, đồng thời chi phí thấp. Trên thực tế, nhu cầu nước ngọt ngày càng tăng trên toàn cầu là động lực chính dẫn đến sự phát triển nhanh các công nghệ khử mặn. Năng lượng cần thiết 20 kWh vào năm 1970 cho 1 m<sup>3</sup> nước ngọt được giảm xuống 2,5 kWh vào năm 2010<sup>8,13,14</sup>. Ngoài ra, chi phí khử mặn đã giảm xuống dưới 0,75 USD/m<sup>3</sup> nước trong năm 2008<sup>8,15</sup>.

Nhu cầu cao về năng lượng cho công nghệ khử mặn làm tăng tốc độ phát thải khí nhà kính như sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), nitrite oxide (NO), và carbon monoxide (CO)<sup>16</sup>. Một số công nghệ khử mặn còn sử dụng một lượng hóa chất (thí dụ: hóa chất tẩy rửa, chống ăn mòn, chống tạo bọt, chất diệt khuẩn (clo) để kiểm soát sự phát triển sinh học,...) gây tác động đáng kể đến môi trường<sup>17,18</sup>. Ban đầu, thẩm tách điện (ED) là công nghệ được phát triển để xử lý nước thải công nghiệp, nước thải đô thị; và được sử dụng trong các ngành công nghiệp dược phẩm và thực phẩm, các quy trình hóa học<sup>19-21</sup>, sản xuất muối ăn<sup>22,23</sup>, điện tử, công nghệ sinh học, loại bỏ kim loại nặng<sup>24-26</sup>, sản xuất acid và base thông qua khả năng loại bỏ các thành phần ion dưới tác động của dòng điện<sup>27</sup>. Ngày nay, công nghệ ED có những tiến bộ vượt bậc do sự phát triển mạnh mẽ trong chế tạo các màng chọn lọc ion (*Ion-Exchange Membrane - IEM*) và công nghệ điện hóa được nâng cao. Ưu điểm chính của công nghệ ED là tỷ lệ thu hồi nước cao hơn so với RO, vận hành dễ dàng, tuổi thọ màng cao. Không giống như RO, ED không yêu cầu tiền xử lý và hậu xử lý nguồn nước cấp một cách nghiêm ngặt. Ngoài ra, ED có thể thực hiện sự phân tách có chọn lọc các ion đơn hóa trị (thí dụ: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) và chừa lại các ion đa hóa trị (thí dụ: PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) để sản xuất nước tưới tiêu<sup>28,29</sup>. Công nghệ ED không thay đổi pha nguồn nước cấp và không yêu cầu hóa chất; do đó, có thể hạn chế tác động đến môi trường đang ngày càng bị ô nhiễm và giảm việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch và chất tẩy rửa hóa học.

Các nhà nghiên cứu cho rằng khử mặn bằng công nghệ ED được xem là tối ưu nhất khi độ mặn của nước cấp không quá 6 g/L chất rắn hòa tan<sup>30</sup>. Đối với các nguồn nước có nồng độ muối tương đối thấp (dưới 5 g/L), công nghệ ED thường mang lại hiệu quả kinh tế hơn so với công nghệ RO<sup>31</sup>. Tuy nhiên, ở một số công trình nghiên cứu khác việc khử mặn nước có nồng độ chất rắn hòa tan cao hơn 30 g/L cũng đã được thực hiện thành công bằng công nghệ ED<sup>32,33</sup>. Năm 2006, L. Banasiak và các cộng sự<sup>34</sup> đã nghiên cứu hiệu suất khử mặn của cụm màng (stack) ED gồm 7 màng

chọn lọc cation và 6 màng chọn lọc anion với diện tích hoạt động là 56 cm<sup>2</sup> cho các dung dịch muối có nồng độ khác nhau và kết quả cho thấy công nghệ ED có khả năng khử mặn cho nước có hàm lượng muối NaCl cao lên đến khoảng 35 g/L. Năm 2012, Buzzi và các cộng sự<sup>35</sup> nghiên cứu sử dụng công nghệ ED để xử lý nguồn nước acid tạo ra từ khai thác than, với kết quả là thẩm tách điện (ED) là công nghệ phù hợp để sử dụng và thu hồi nước từ hệ thống thoát nước của mỏ acid, với hiệu suất loại bỏ chất gây ô nhiễm lớn hơn 97%. Tuy nhiên, sự kết tủa của sắt ở bề mặt của màng trao đổi cation gây ra tắc nghẽn, làm giảm hiệu suất quá trình xử lý. Năm 2016, K. Nayar và cộng sự<sup>36</sup> đã thiết kế hệ thống ED khử mặn cho hộ gia đình với kích thước nhỏ, có thể tạo ra 12 L/giờ với độ mặn đầu ra 350 mg/L từ nguồn nước có độ mặn 3 g/L. Khả năng thu hồi nước của hệ thống ED này là 80%, cao hơn so với các hệ thống RO có mặt trên thị trường. Ngoài ra, nghiên cứu cũng cho thấy, chi phí và kích thước của hệ thống khử mặn ED có thể so sánh và cạnh tranh với thiết bị khử mặn RO. Năm 2019, N. Wright và A. Winter<sup>37</sup> đã đề xuất thiết kế cụm màng (stack) ED có hình dạng xoắn ốc (*spiral-wound*) kiểu mới với mục tiêu tối ưu hóa mật độ dòng điện, sử dụng gắn với mật độ dòng tới hạn có thể, từ đó có thể tối ưu hóa diện tích màng chọn lọc dẫn đến giảm thiểu chi phí sản xuất. Kết quả cho thấy, mô hình ED dạng xoắn ốc được các tác giả thiết kế có thể giúp giảm tổng chi phí (*total cost*) đến 21% so với thiết kế dạng xoắn ốc Archimedean. Tại Việt Nam, năm 2003 Phòng Vật liệu và Công nghệ xử lý nước thuộc Viện Khoa học vật liệu (Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia) đã chế tạo và đưa vào sử dụng 3 thiết bị xử lý nhiễm mặn bằng công nghệ ED cho 3 cơ sở y tế thuộc các tỉnh Thanh Hóa, Ninh Bình và Thái Bình. Đây là các hệ thống khử mặn bằng công nghệ ED có kích cỡ lớn, được ứng dụng trực tiếp vào nguồn nước thực địa. Đến năm 2005, nhóm nghiên cứu của tác giả Nguyễn Hoài Châu<sup>38</sup> đã công bố một số kết quả xử lý nước nhiễm mặn của các hệ thống này, tuy nhiên, các số liệu về quá trình thiết kế, chế tạo, nguyên vật liệu, và tối ưu hóa vận hành các hệ thống khử mặn ED này không được công bố chi tiết. Trong bài báo này, cụm màng thẩm tách điện (ED stack) dạng phẳng được thiết kế và chế tạo với mục tiêu giảm độ mặn từ 3-7 g/L đến dưới 0,5 g/L. Loại cụm màng ED dạng phẳng được thiết kế có ưu điểm là dễ chế tạo, phù hợp với điều kiện thiết bị và nguyên vật liệu tại Việt Nam. Sau đó, hệ thống khử mặn tuần hoàn (*batch process*) sử dụng cụm màng ED nêu trên được thiết lập và thử nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm, và các thông số như độ mặn và điện thế đầu vào được khảo sát và tối ưu hóa.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Nguyên vật liệu được sử dụng để chế tạo cụm màng thấm tách điện (ED stack) bao gồm: màng chọn lọc cation, màng chọn lọc anion (FUJIFILM Manufacturing Europe B.V.), nhựa polypropylene (PP), nhựa polyvinyl chloride (PVC), titanium dạng tấm mạ platinum (10×10×0,05 cm), thanh ren và đai ốc inox (M6). Các hóa chất: NaCl (>99,5%), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (>99,5%), nước khử ion/ nước DI (18,2 MΩ, pure-LAB).

Thiết bị được sử dụng để chế tạo hệ thống khử mặn bằng công nghệ ED bao gồm: cảm biến đo độ mặn (dải đo 0–50 g/L, độ chính xác ±1%), bơm nước nhu động mini (24 V; 0–1,5 L/phút), nguồn cung cấp và điều khiển điện thế DC (Pintek PW-3033), ống nước dẻo và đầu nối gài ống (đường kính 8 mm).

Quy trình thí nghiệm bao gồm các bước: *i*) thiết kế cụm màng ED, *ii*) kiểm tra chất lượng nguyên vật liệu được sử dụng để chế tạo các linh kiện, *iii*) chế tạo và lắp ráp cụm màng ED, *iv*) tích hợp các linh kiện, bộ phận được chế tạo thành hệ thống khử mặn ED, *v*) chuẩn bị các dung dịch muối và các thí nghiệm khử mặn trên hệ thống ED được chế tạo với các điều kiện khác nhau.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Thiết kế cụm màng thấm tách điện (ED stack)

Cấu tạo của cụm màng ED bao gồm hai điện cực: một điện cực âm và một điện cực dương, các màng trao đổi cation (CEM) và anion (AEM) được xếp xen kẽ nhau, được ngăn cách bởi các tấm đệm (spacer) để tạo thành các ngăn trống chứa các dòng nước. Màng trao đổi anion chỉ cho các ion âm đi qua và màng trao đổi cation chỉ cho các ion dương đi qua. Khi điện thế được áp vào hai điện cực của cụm màng ED, các cation trong nước mặn di chuyển về điện cực âm và các anion di chuyển về điện cực dương. Từ đó tạo thành hai kênh nước sau khi lọc: kênh nước được khử mặn (kênh giảm mặn) và kênh nước mặn hơn (kênh tích tụ mặn). Hình 1 mô tả cấu tạo cụm màng ED được thiết kế trong nghiên cứu này.

Ngoài các bộ phận chính nêu trên, một cụm màng ED còn có khung bảo vệ (stack frame), tấm đệm tạo kênh rửa điện cực... Chi tiết các bộ phận như sau:

**Khung bảo vệ:** là bộ phận bảo vệ bên ngoài, được làm bằng tấm nhựa PP với kích thước 12×12×3 cm, với 4 vị trí được khoan lỗ để gắn bu lông có đường kính 6 mm, 2 vị trí cho kênh giảm mặn và kênh tích tụ mặn có đường kính 8 mm, 2 vị trí đầu vào và đầu ra cho dung dịch rửa điện cực với đường kính 6 mm. Hình 2

mô tả bản vẽ chi tiết của khung bảo vệ cho cụm màng ED.

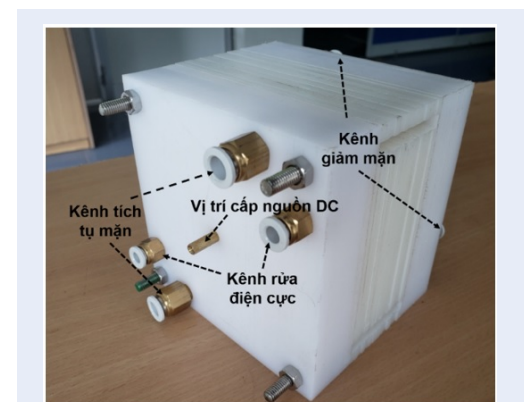
**Điện cực và tấm đệm cho kênh rửa điện cực:** Điện cực được làm từ vật liệu titan mạ platin với kích thước 8×8×0,05 cm, được thiết kế như Hình 3a. Diện tích hoạt động của điện cực là 58,4 cm<sup>2</sup>. Tấm đệm cho kênh rửa điện cực được làm từ vật liệu PVC dẻo với kích thước 8×8×0,15 cm, có 2 vị trí đầu vào và đầu ra như Hình 3b.

**Tấm đệm cho kênh giảm mặn và kênh tích tụ mặn:** được làm từ tấm PVC dẻo với kích thước 12×12×0,15 cm. Tấm đệm có 4 vị trí gắn bu lông với đường kính 6 mm, 4 vị trí thông nước đầu vào và đầu ra với đường kính 8 mm. Tấm đệm cho kênh giảm mặn và kênh tích tụ mặn được mô tả trong Hình 4.

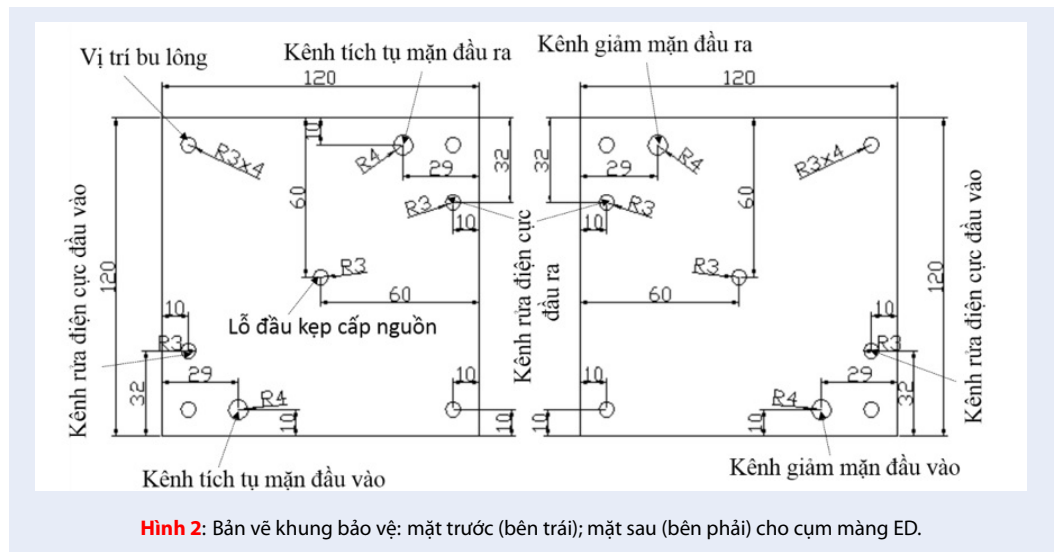
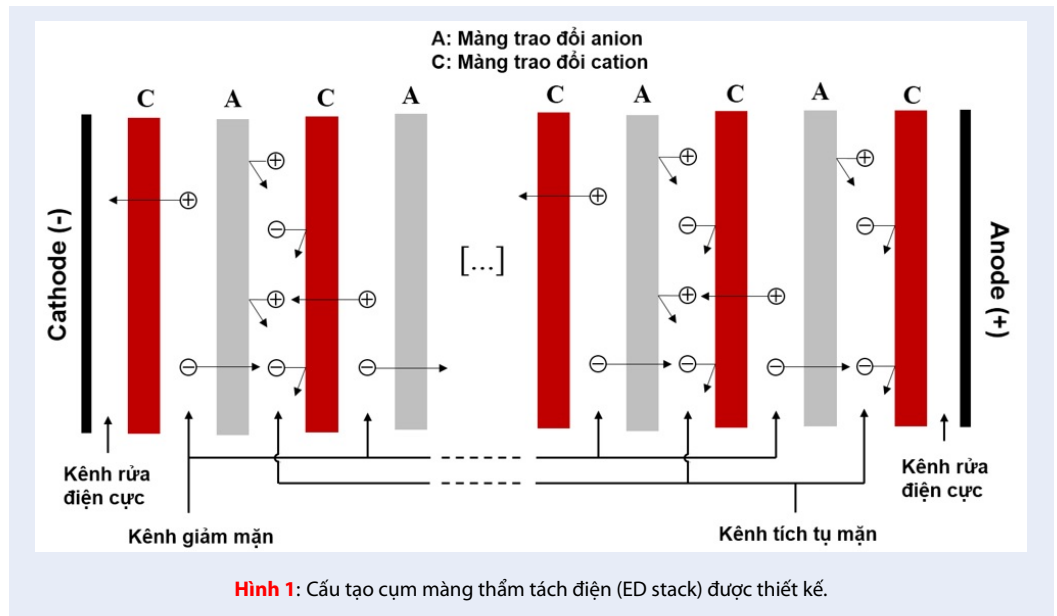
**Màng trao đổi ion:** Màng trao đổi anion (AEM) và cation (CEM), được ký hiệu trên Hình 1 là “A” và “C” được thiết kế với kích thước 12×12 cm, có diện tích bề mặt hoạt động là 64 cm<sup>2</sup>.

### Chế tạo cụm màng thấm tách điện (ED stack)

Các thành phần của cụm màng thấm tách điện (ED stack) được chế tạo theo như bản vẽ thiết kế. Khung bảo vệ được chế tạo bằng máy phay CNC. Điện cực được cắt bằng thiết bị cơ khí thông dụng. Máy cắt laser được sử dụng để gia công các tấm đệm và màng trao đổi ion. Cụm màng ED được thiết kế và lắp ráp có 16 ngăn nối tiếp nhau, bao gồm: 9 màng trao đổi cation (C), 8 màng trao đổi anion (A), 16 tấm đệm tương ứng với 8 kênh giảm mặn và 8 kênh tích tụ mặn, và 2 tấm đệm cho 2 kênh nước rửa điện cực (Hình 1). Cụm màng ED sau khi được chế tạo và lắp ráp hoàn chỉnh được mô tả như trong Hình 5.



**Hình 5:** Cụm màng thấm tách điện (ED stack) sau khi được chế tạo và lắp ráp hoàn chỉnh.

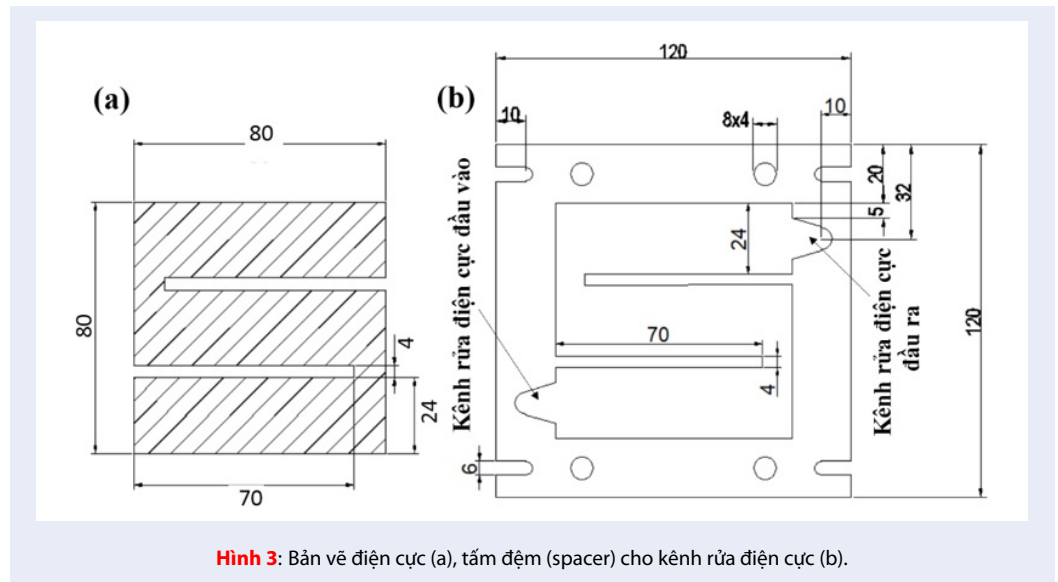


### Thiết lập thử nghiệm hệ thống khử mặn sử dụng công nghệ ED

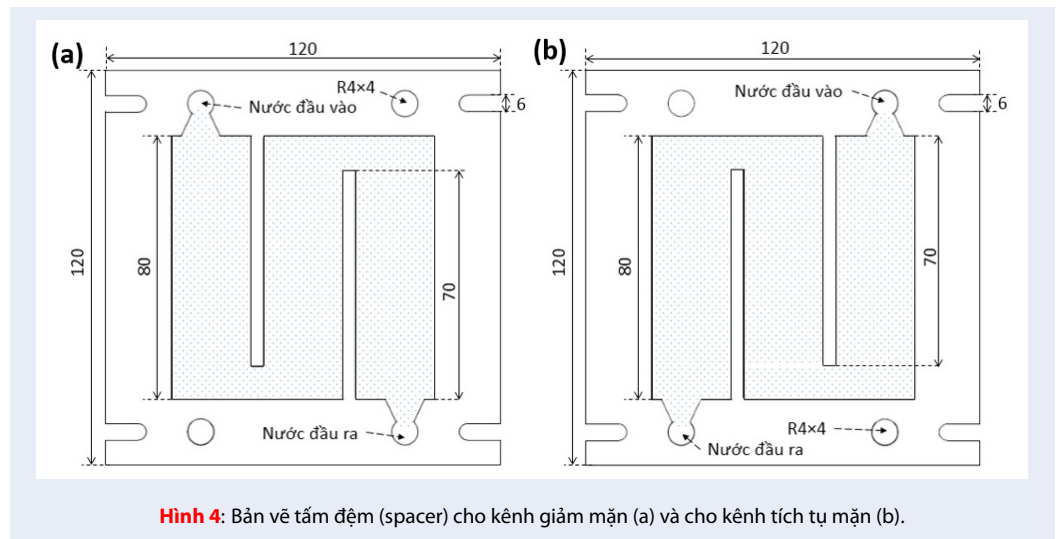
Điện thế áp vào cụm màng thẩm tách điện (ED stack) là một trong những thông số quan trọng trong quá trình khử mặn bằng công nghệ thẩm tách điện vì điện áp quyết định dòng điện và dòng ion chạy qua mỗi ngăn và hiệu quả khử mặn của hệ thống. Do màng chọn lọc ion của hãng FUJIFILM chỉ cho phép điện thế tối đa áp vào mỗi ngăn là 1,2 V nhằm tránh tình trạng hư hỏng màng khi vận hành, nên trong nghiên cứu này điện áp 12 V, 14 V, 16 V lần lượt được áp vào cụm màng ED (tương ứng với 0,75 V; 0,875 V; 1 V cho mỗi ngăn) để đánh giá hiệu quả khử mặn của hệ thống

chế tạo. Với mục đích nghiên cứu sự ảnh hưởng nồng độ muối ban đầu đến hệ thống khử mặn chế tạo, các thí nghiệm được thực hiện với các dung dịch muối có độ mặn là 3, 5, và 7 g/L ở điện áp tối ưu được khảo sát. Các thí nghiệm khử mặn được thực hiện theo nguyên lý lọc tuần hoàn (*batch process*): dòng nước đầu vào được lọc nhiều lần cho đến khi độ mặn trong nước giảm đến ngưỡng yêu cầu. Hình 6 mô tả hệ thống khử mặn bằng công nghệ ED được chế tạo và các thí nghiệm khử mặn trên hệ thống hoạt động theo nguyên lý tuần hoàn.

Nếu không thông tin cụ thể, trong tất cả các thí nghiệm, dung dịch nước muối được chuẩn bị từ nước khử ion và muối NaCl (hoặc Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đối với dung



Hình 3: Bản vẽ điện cực (a), tấm đệm (spacer) cho kênh rửa điện cực (b).

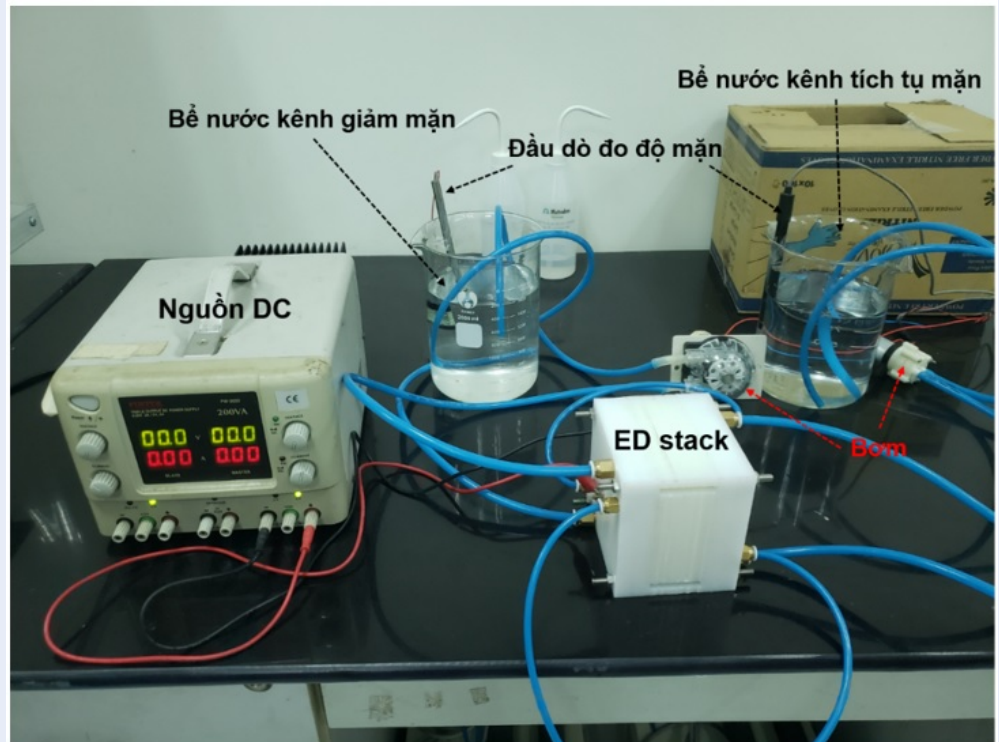


Hình 4: Bản vẽ tấm đệm (spacer) cho kênh giảm mặn (a) và cho kênh tích tụ mặn (b).

dịch rửa điện cực) để tạo thành dung dịch thử nghiệm có độ mặn mong muốn. Dung dịch muối NaCl thử nghiệm được chia thành hai bể: cho kênh giảm mặn (dòng pha loãng) và cho kênh tích tụ mặn (dòng cô đặc), mỗi bể chứa 1,6 L. Tốc độ dòng chảy của cả 2 kênh (giảm mặn và tích tụ mặn) được vận hành với tốc độ dòng chảy 1 L/phút. Dung dịch muối Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nồng độ 0,5 M được sử dụng cho các kênh rửa điện cực với tốc độ dòng 1 L/phút để ngăn chặn sự tạo ra các hợp chất của Cl<sup>-</sup> hoặc ClO<sup>-</sup>. Các thí nghiệm khử mặn trên hệ thống ED chế tạo được thực hiện ở nhiệt độ phòng.

### Khảo sát ảnh hưởng của điện thế áp vào cụm màng thẩm tách điện (ED stack)

Sau các thí nghiệm với các điện thế áp vào cụm màng ED khác nhau, lần lượt là 12 V, 14 V và 16 V với độ mặn của nguồn nước đầu vào là 5 g/L, sự thay đổi độ mặn của dung dịch muối theo thời gian được thiết lập (Hình 7). Kết quả cho thấy, thời gian cần thiết để đạt đến độ mặn 0,5 g/L (giá trị được cho là an toàn đối với nước uống theo khuyến nghị của WHO) cho 1,6 lít dung dịch muối là 38 phút và 55 phút (tương ứng với điện thế đầu vào là 16 V và 14 V). Độ mặn của dung dịch muối giảm nhanh trong khoảng 30 phút đầu, sau đó giảm chậm lại và cuối cùng sự thay đổi là rất nhỏ. Thời gian khử mặn càng nhanh đối với điện thế áp vào càng lớn, tuy nhiên, điện áp quá lớn



**Hình 6:** Hệ thống khử mặn bằng công nghệ ED được chế tạo và các thí nghiệm khử mặn tuần hoàn thực hiện trên hệ thống.

có thể làm hư hại các màng trao đổi ion, do vậy điện thế 16 V có thể được xem là tối ưu trong nghiên cứu này. Đối với điện thế áp vào cụm màng ED là 12 V, hệ thống không thể khử muối trong dung dịch đến giá trị thấp hơn 0,5 g/L, mặc dù thời gian thí nghiệm kéo dài gần 90 phút. Điều này có thể được giải thích bằng: *i/* sự phân cực của nồng độ muối trong lớp ranh giới màng (*membrane boundary layer*), và *ii/* sự suy giảm chất mang điện tử trong kênh giảm mặn. Trong công nghệ ED để quá trình khử muối xảy ra cần phải có đủ dòng điện chạy qua giữa anode và cathode; trong thí nghiệm với điện thế ban đầu là 12 V, dòng điện qua cụm màng ED không đủ để tiếp tục quá trình khử muối xuống dưới giá trị 0,5 g/L.

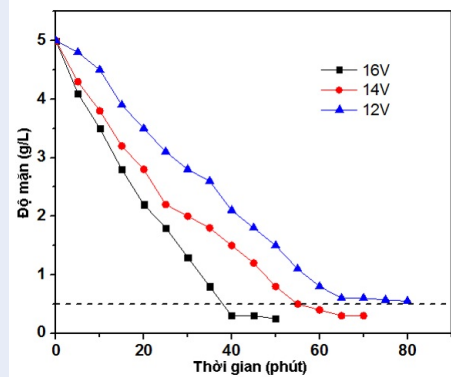
#### **Khảo sát ảnh hưởng của độ mặn dung dịch muối ban đầu**

Dung dịch muối có độ mặn khác nhau, lần lượt là 3 g/L, 5 g/L, 7 g/L được đưa vào thí nghiệm với điện áp tối ưu 16 V để đánh giá ảnh hưởng của độ mặn nguồn nước đầu vào lên thời gian khử mặn. Kết quả trình bày trong Hình 8 cho thấy cả 3 thí nghiệm đều cho độ mặn đầu ra dưới ngưỡng 0,5 g/L sau thời gian khử mặn lần lượt là 25 phút, 38 phút và 52 phút (tương

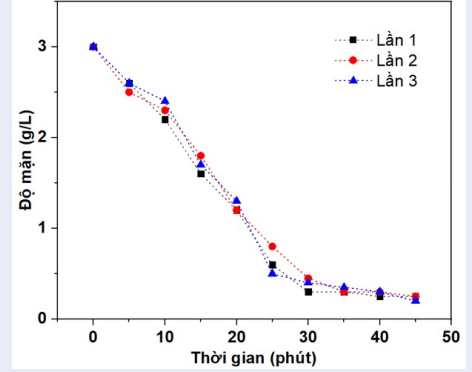
ứng với các độ mặn đầu vào 3 g/L, 5 g/L và 7 g/L) với nhận xét độ mặn dung dịch đầu vào càng thấp, thời gian khử mặn càng ngắn. Như vậy, hệ thống khử mặn sử dụng công nghệ ED được thiết kế và chế tạo trong nghiên cứu này có thể lọc mặn nước có độ mặn từ 3–7 g/L, đưa về độ mặn dưới 0,5 g/L, phù hợp tiêu chuẩn nước tưới tiêu và nước sinh hoạt và thời gian khử mặn tương đối ngắn (30–50 phút).

#### **Khảo sát độ lặp lại của hệ thống khử mặn ED**

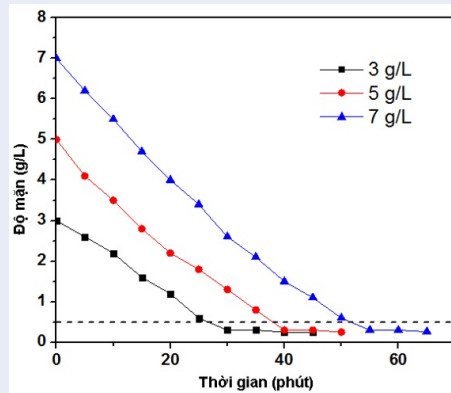
Độ lặp lại của hệ thống khử mặn ED được khảo sát với 3 thí nghiệm độc lập ở các thời điểm khác nhau, với các điều kiện thí nghiệm như nhau (điện thế áp vào cụm màng 16 V, độ mặn đầu vào 3 g/L). Kết quả trình bày trong Hình 9 cho thấy cả 3 thí nghiệm đều cho độ mặn của nguồn nước đầu ra dưới ngưỡng 0,5 g/L trong thời gian 30 phút cho 1,6 lít nước. Sự khác biệt giữa các lần khử mặn trong 3 thí nghiệm độc lập là không đáng kể, vậy hệ thống lọc mặn ED có độ ổn định tốt, có tiềm năng cao trong ứng dụng thực tế.



**Hình 7:** Biểu đồ thể hiện độ mặn dung dịch muối giảm theo thời gian khi thực hiện khử mặn trên hệ thống ED được chế tạo với các điện thế đầu vào khác nhau (độ mặn của nguồn nước đầu vào 5 g/L).



**Hình 9:** Biểu đồ thể hiện độ mặn dung dịch muối giảm theo thời gian khi thực hiện 3 thí nghiệm độc lập trên hệ thống khử mặn ED được chế tạo với điều kiện thí nghiệm như nhau (điện thế áp vào 16 V, độ mặn đầu vào 3 g/L).

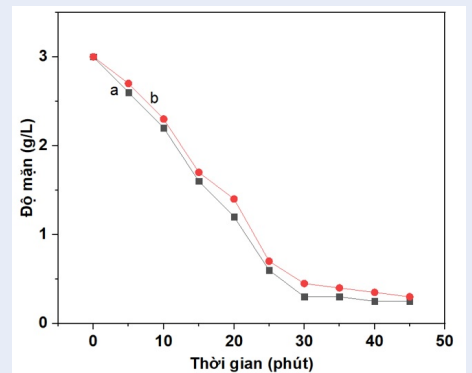


**Hình 8:** Biểu đồ thể hiện độ mặn dung dịch muối giảm theo thời gian khi khử mặn trên hệ thống ED được chế tạo với các độ mặn đầu vào khác nhau (điện thế áp vào 16 V).

### Ứng dụng hệ thống khử mặn ED với nguồn nước giả lập

Bên cạnh ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$ , nguồn nước nhiễm mặn còn chứa nhiều loại ion khác. Để kiểm tra khả năng ứng dụng của hệ thống khử mặn cho nguồn nước thực địa, nhóm nghiên cứu tiến hành tạo môi trường nước nhiễm mặn giả lập bằng cách chuẩn bị dung dịch có độ mặn 3 g/L bằng nước giếng thực địa và muối NaCl, thay vì bằng nước DI và muối NaCl như các thí nghiệm trước đây. Mẫu nước giếng được lấy tại khuôn viên Viện Công nghệ Nano. Kết quả thí nghiệm trình bày trong Hình 10 cho thấy khả năng khử mặn của hệ thống ED không có sự sai lệch đáng kể giữa dung dịch muối được chuẩn bị từ nước DI (đường cong a) và dung dịch muối được chuẩn bị từ nước giếng (đường

cong b). Kết quả cho thấy, hệ thống lọc mặn ED được nhóm nghiên cứu đề xuất có khả năng ứng dụng cho các nguồn nước nhiễm mặn thực địa. Tuy nhiên, để hệ thống làm việc ổn định và tránh xảy ra hiện tượng tắc nghẽn cụm màng trong quá trình vận hành, nguồn nước nhiễm mặn đầu vào cần được lọc thô để loại bỏ rác/chất rắn hữu cơ và vô cơ không hòa tan trước khi được dẫn vào cụm màng ED.



**Hình 10:** Biểu đồ thể hiện độ mặn dung dịch muối giảm theo thời gian khi khử mặn trên hệ thống ED được chế tạo với (a) dung dịch muối đầu vào được chuẩn bị từ nước DI và (b) dung dịch muối đầu vào được chuẩn bị từ nước giếng. Điều kiện thí nghiệm: điện thế áp vào 16 V, độ mặn đầu vào 3 g/L.

## KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, cụm màng thẩm tách điện (ED stack) dạng phẳng đã được thiết kế và chế tạo thành công với 16 ngăn mắc nối tiếp và diện tích hoạt động

là 8×8 cm. Cụm màng ED này được thiết kế đơn giản với các vật liệu sẵn có trên thị trường nên chi phí thấp. Hệ thống có thể khử mặn cho 1,6 lít dung dịch muối đầu vào có độ mặn 3 g/L, 5 g/L, 7 g/L xuống dưới 0,5 g/L trong thời gian tương ứng là 25 phút, 38 phút, 52 phút với điện thế áp vào 16 V. Các thông số độ mặn đầu vào (3–7 g/L) và đầu ra (0,5 g/L) này là phù hợp với điều kiện thực tế về nguồn nước cấp và nước ngọt tại Việt Nam, đặc biệt tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

Nghiên cứu này là kết quả bước đầu, ở quy mô phòng thí nghiệm, cho việc ứng dụng công nghệ mới và hiệu quả để xử lý mặn tại vùng ĐBSCL, sử dụng công nghệ thẩm tách điện thay thế cho công nghệ thẩm thấu ngược (RO) hiện có. Nhằm hoàn thiện công nghệ và nâng cao khả năng ứng dụng thực tế, các hướng nghiên cứu tiếp theo cho công nghệ khử mặn bằng ED là *i/* Các yếu tố liên quan chi phí sản xuất và tối ưu hóa sự vận hành hệ thống như: vật liệu và thiết kế cho tấm đệm, tính toán hiệu suất thu hồi và mật độ dòng tới hạn của cụm màng thẩm tách điện, tính toán và tối ưu số lượng ngăn của cụm màng, khả năng “phóng lớn” của hệ thống quy mô phòng thí nghiệm khi áp dụng trong công nghiệp, chi phí sản xuất và vận hành so với hệ thống khử mặn dùng công nghệ RO,...*ii/* Ảnh hưởng của các loại điện cực (điện cực carbon, titanium, platinum,...) đến quá trình khử mặn và sự tắc nghẽn màng chọn lọc theo thời gian. *iii/* Nghiên cứu này sử dụng màng chọn lọc ion của hãng FUJIFILM, vì vậy, các loại màng chọn lọc ion của các hãng khác và màng lọc tự chế tạo (để giảm giá thành và chủ động trong sản xuất) cũng cần được khảo sát.

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

AEM Anion Exchange Membrane  
 CDI Capacitive Deionization  
 CEM Cation Exchange Membrane  
 CNC Computer Numerical Control  
 DC Direct Current  
 DI Deionized  
 ED Electrodialysis  
 IEM Ion-Exchange Membrane  
 MCDI Membrane Capacitive Deionization  
 MED Multi-effect Distillation  
 MEE Multiple-effect Evaporation  
 MSF Multi-stage Flash  
 MVC Mechanical Vapour Compression  
 PP Polypropylene  
 PVC Polyvinyl chloride  
 RO Reverse Osmosis  
 TVC Thermal Vapour Compression

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả xác nhận không có xung đột lợi ích.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Nhiệm vụ TXTCN mã số TX2021-32-01.

## ĐÓNG GÓP TÁC GIẢ

Thiết kế và chế tạo hệ thống khử mặn ED: Nguyễn Duy Linh, Nguyễn Quốc Văn, Nguyễn Thị Thảo Nga, Trần Tú San, Đặng Mậu Chiến. Thử nghiệm hệ thống khử mặn ED: Nguyễn Duy Linh, Trần Tú San, Đặng Mậu Chiến. Phân tích số liệu, viết và hoàn thiện bản thảo: Nguyễn Duy Linh, Đoàn Đức Chánh Tín, Đặng Thị Mỹ Dung, Đặng Mậu Chiến.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Kundzewicz ZW, Mata LJ, Arnell NW, Döll P, Jimenez B, Miller K, et al. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydro Sci J [Internet]*. 2008;15;53(1):3-10;Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1623/hysj.53.1.3>.
- Oki T. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. *Science (80) [Internet]*. 2006;25;313(5790):1068-72;Available from: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1128845>.
- International Desalination Association. *IDA Desalination Yearbook*. In 2018;.
- Thanh H. Người dân miền Tây khốn đốn vì hạn, mặn [Internet]. 2016 [cited 2020 Nov 10];Available from: <https://vietnamnet.vn/vn/thoi-su/nguoi-dan-mien-tay-khon-don-vi-han-man-290716.html>.
- Hồng V. Năm 2020 tình trạng xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long dự báo sẽ ở mức độ sâu hơn và gay gắt hơn [Internet]. 2020 [cited 2022 Jan 21]. Available from: <http://vem.tapchimoitruong.vn/pages/article.aspx?item=Nam-2020-tinh-trang-xam-nhap-man-o-dong-bang-song-Cuu-Long-dy-bao-se-o-muc-do-sau-hon-va-gay-gat-hon-51169>.
- Văn T. Ứng phó nguy cơ hạn hán, thiếu nước, xâm nhập mặn ở ĐBSCL [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 10];Available from: <http://baochinhphu.vn/Hoat-dong-dia-phuong/Ung-pho-nguy-co-han-han-thieu-nuoc-xam-nhap-man-o-DBSCL/407494.vgp>.
- Tuân Đ. Bao giờ ĐBSCL không còn nhiễm mặn? [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 10];Available from: <http://tphcm.chinhphu.vn/bao-gio-dbscl-khong-con-nhiem-man>.
- Gude VG. Desalination and sustainability - An appraisal and current perspective. *Water Res [Internet]*. 2016;89:87-106;Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135415303390>.
- Carolin CF, Kumar PS, Saravanan A, Joshiba GJ, Naushad M. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *J Environ Chem Eng [Internet]*. 2017;5(3):2782-99;Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213343717302208>.
- Al-Amshawee S, Yunus MYBM, Azoddein AAM, Hassell DG, Dakhil IH, Hasan HA. Electrodialysis desalination for water and wastewater: A review. *Chem Eng J [Internet]*. 2020;380(July 2019):122231;Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1385894719316250>.
- Suss ME, Porada S, Sun X, Biesheuvel PM, Yoon J, Presser V. Water desalination via capacitive deionization: what is it and what can we expect from it? *Energy Environ Sci [Internet]*. 2015;8(8):2296-319;Available from: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C5EE00519A>.



12. Biesheuvel PM, van der Wal A. Membrane capacitive deionization. *J Memb Sci* [Internet]. 2010;346(2):256-62; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0376738809007005>.
13. Gude VG, Nirmalakhandan N, Deng S. Desalination using solar energy: Towards sustainability. *Energy* [Internet]. 2011;36(1):78-85; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544210006341>.
14. Meerganz von Medeazza GL. "Direct" and socially-induced environmental impacts of desalination. *Desalination* [Internet]. 2005;185(1-3):57-70; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916405006089>.
15. Bennett A. Cost effective desalination: Innovation continues to lower desalination costs. *Filtr + Sep* [Internet]. 2011;48(4):24-7; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0015188211701641>.
16. Younos T. Environmental issues of desalination. *J Contemp Water Res Educ* [Internet]. 2009;1;132(1):11-8; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2005.mp132001003.x>.
17. Abu Qdais H. Environmental impacts of the mega desalination project: the Red-Dead Sea conveyor. *Desalination* [Internet]. 2008;220(1-3):16-23; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916407006017>.
18. Lattemann S, Höpner T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination* [Internet]. 2008;220(1-3):1-15; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916407006005>.
19. Gonçalves F, Fernandes C, Cameira dos Santos P, de Pinho MN. Wine tartaric stabilization by electrodialysis and its assessment by the saturation temperature. *J Food Eng* [Internet]. 2003;59(2-3):229-35; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877402004624>.
20. Fidaleo M, Moresi M. Electrodialysis Applications in The Food Industry. In 2006. p. 265-360; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043452606510058>.
21. Vera E, Ruales J, Dornier M, Sandeaux J, Sandeaux R, Pourcelly G. Deacidification of clarified passion fruit juice using different configurations of electrodialysis. *J Chem Technol Biotechnol* [Internet]. 2003;78(8):918-25; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jctb.827>.
22. Yamabe T. Present status of electrodialysis in Japan. *Desalination* [Internet]. 1977;23(1-3):195-202; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916400825229>.
23. Strathmann H. Electrodialysis, a mature technology with a multitude of new applications. *Desalination* [Internet]. 2010;264(3):268-88; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916410002985>.
24. Acheampong MA, Meulepas RJW, Lens PNL. Removal of heavy metals and cyanide from gold mine wastewater. *J Chem Technol Biotechnol* [Internet]. 2010;85(5):590-613; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jctb.2358>.
25. Marder L, Bernardes AM, Zoppas Ferreira J. Cadmium electroplating wastewater treatment using a laboratory-scale electrodialysis system. *Sep Purif Technol* [Internet]. 2004;37(3):247-55; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1383586603002715>.
26. Fu F, Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *J Environ Manage* [Internet]. 2011;92(3):407-18; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479710004147>.
27. Davis JR, Chen Y, Baygents JC, Farrell J. Production of Acids and Bases for Ion Exchange Regeneration from Dilute Salt Solutions Using Bipolar Membrane Electrodialysis. *ACS Sustain Chem Eng* [Internet]. 2015;8(3):2337-42; Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.5b00654>.
28. Zhang Y, Paepen S, Pinoy L, Meesschaert B, Van der Bruggen B. Selectrodialysis: Fractionation of divalent ions from monovalent ions in a novel electrodialysis stack. *Sep Purif Technol* [Internet]. 2012;88:191-201; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1383586611007271>.
29. Cohen B, Lazarovitch N, Gilon J. Upgrading groundwater for irrigation using monovalent selective electrodialysis. *Desalination* [Internet]. 2018;431:126-39; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916417312560>.
30. Kalogirou S. Seawater desalination using renewable energy sources. *Prog Energy Combust Sci* [Internet]. 2005;31(3):242-81; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360128505000146>.
31. Strathmann H. Membrane separation processes. *J Memb Sci* [Internet]. 1981;9(1-2):121-89; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0376738800851212>.
32. Tanaka Y, Ehara R, Itoi S, Goto T. Ion-exchange membrane electrodialytic salt production using brine discharged from a reverse osmosis seawater desalination plant. *J Memb Sci* [Internet]. 2003;222(1-2):71-86; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0376738803002175>.
33. Rodgers VGJ. *Membrane Processes*, by R. Rautenbach and R. Albrecht, John Wiley & Sons, UK (1989, reprinted 1994). 459 pages. ISBN 0-47-191-1100. *Dev Chem Eng Miner Process* [Internet]. 2008;15;3(3-4):236-7; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/apj.5500030310>.
34. Banasiak LJ, Kruttschnitt TW, Schäfer AI. Desalination using electrodialysis as a function of voltage and salt concentration. *Desalination* [Internet]. 2007;205(1-3):38-46; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916406013580>.
35. Buzzi DC, Viegas LS, Rodrigues MAS, Bernardes AM, Tenório JAS. Water recovery from acid mine drainage by electrodialysis. *Miner Eng* [Internet]. 2013;40:82-9; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892687512002750>.
36. Nayar KG, Sundararaman P, O'Connor CL, Schacherl JD, Heath ML, Gabriel MO, et al. Feasibility study of an electrodialysis system for in-home water desalination in urban India. *Dev Eng* [Internet]. 2017;2:38-46; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352728516300045>.
37. Wright NC, Winter AG. Design of spiral-wound electrodialysis modules. *Desalination* [Internet]. 2019;458(February):54-65; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916418319386>.
38. Chau NH, Chung CV, Thinh LX. Một số kết quả nghiên cứu xử lý nước nhiễm mặn bằng thiết bị điện thẩm tách tự chế tạo. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*. 2005;43(2):114-20.

# Designing, fabricating and testing at a laboratory scale a water desalination system using electro dialysis

Linh Duy Nguyen<sup>1,2</sup>, Van Quoc Nguyen<sup>1,2</sup>, Nga Thao Thi Nguyen<sup>1,2</sup>, San Tu Tran<sup>1,2</sup>, Tin Chanh Duc Doan<sup>1,2</sup>,  
Dung My Thi Dang<sup>1,2</sup>, Chien Mau Dang<sup>1,2,\*</sup>



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

## ABSTRACT

Salinity-contaminated water caused by seawater intrusion and droughts in provinces of the Mekong Delta in Vietnam is one of the most serious issues that people here face every year. In this study, a desalination system using electro dialysis (ED) technology was designed, fabricated and tested as an alternative to reverse osmosis (RO) technology. The ED stack, an important part of this desalination system, was designed with a size of 12 × 12 cm. It was composed of 16 cells consisting of cation and anion membranes connected in series and the active area of the ion-selective membranes was 8 × 8 cm. The ED stack was fabricated by commercially available materials. The desalination system using this ED stack was then set up and tested at a laboratory scale in the batch mode where the dilute and concentrate streams were recirculated up to the desired salinity. The effects of the applied voltage and salt concentration were studied. The results showed that the ED system was able to reduce the salinity of 3.0 g/L, 5.0 g/L, and 7.0 g/l to below 0.5 g/L within 25 min, 38 min, and 52 min, respectively, for an input water of 1.6 L at the applied voltage of 16 V. The study showed a promising application of the ED technology for the water desalination in Vietnam.

**Key words:** desalination, electro dialysis, water production, ED system, ED stack

<sup>1</sup>Institute for Nanotechnology, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>2</sup>Vietnam National University Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

## Correspondence

**Chien Mau Dang**, Institute for Nanotechnology, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: dmchien@vnuhcm.edu.vn

## History

- Received: 11-8-2021
- Accepted: 14-01-2022
- Published: 08-02-2022

DOI : 10.32508/stdjns.v6i1.1116



## Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Nguyen L D, Nguyen V Q, Nguyen N T T, Tran S T, Doan T C D, Dang D M T, Dang C M. **Designing, fabricating and testing at a laboratory scale a water desalination system using electro dialysis.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*, 2022; 6(1):1846-1855.

# Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ**

**ISSN: 1859-0128**

**Hình thức xuất bản:** In và trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở (Open Access)

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Anh

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 72%

**Phí xuất bản:** Miễn phí

**Thời gian phản biện:** 43 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -  
Khoa học Tự nhiên**

**ISSN: 2588-106X**

**Hình thức xuất bản:** In & trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Việt

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 75%

**Phí xuất bản:** Miễn phí

**Thời gian phản biện:** 30-45 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -  
Kỹ thuật và Công nghệ**

**ISSN: 2615-9872**

**Hình thức xuất bản:** In & trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Việt

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 61%

**Phí xuất bản:** Miễn phí

**Thời gian phản biện:** 50 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -  
Kinh tế-Luật và Quản lý**

**ISSN: 2588-1051**

**Hình thức xuất bản:** In & trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Việt

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 65%

**Phí xuất bản:** Miễn phí

**Thời gian phản biện:** 45 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -  
Khoa học Xã hội và Nhân văn**

**ISSN: 2588-1043**

**Hình thức xuất bản:** In & trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Việt

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 62%

**Phí xuất bản:** Miễn thu phí đối với tác giả là CBVC của ĐHKHXHNV, ĐHQG-HCM; Tác giả khác: 500.000 VNĐ/bài

**Thời gian phản biện:** 75 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -  
Khoa học Trái đất và Môi trường**

**ISSN: 2588-1078**

**Hình thức xuất bản:** In & trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Việt và tiếng Anh

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 87%

**Phí xuất bản:** liên hệ tòa soạn

**Thời gian phản biện:** 45 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -  
Khoa học Sức khỏe**

**ISSN: 2734-9446**

**Hình thức xuất bản:** In & trực tuyến

**Hình thức truy cập:** Truy cập mở

**Ngôn ngữ bài báo:** Tiếng Việt

**Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021:** 70%

**Phí xuất bản:** Miễn phí

**Thời gian phản biện:** 30 ngày

**Lập chỉ mục (Indexed):** Google Scholar, Scilit



SCAN ME

*Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Đại học Quốc gia Tp.HCM*

*25 năm xuất bản học thuật (1997-2022)*

Tòa soạn: Nhà điều hành Đại học Quốc gia Tp.HCM, P. Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP. HCM

Email: [stj@vnuhcm.edu.vn](mailto:stj@vnuhcm.edu.vn); [tcptkcn@vnuhcm.edu.vn](mailto:tcptkcn@vnuhcm.edu.vn); Website: <http://www.scienceandtechnology.com.vn>