

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT MÀNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO DÂN CƯ VÙNG VEN BIỂN VÀ HẢI ĐẢO

PGS. TS. TRẦN ĐỨC HẠ

Viện Khoa học và kỹ thuật môi trường (IESE) - Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Sự cạn kiệt nhanh chóng nguồn nước ngọt trên hành tinh bắt nguồn từ sự tăng dân số, biến đổi khí hậu, ... Đảm bảo cấp nước sinh hoạt ổn định và an toàn cho dân cư vùng ven biển và hải đảo là rất cần thiết, đặc biệt là các nước ven biển như Việt Nam. Bài báo giới thiệu một số công nghệ khử mặn để xử lý nước biển thành nước cấp ăn uống. Sự phát triển của công nghệ vật liệu nano mở ra khả năng ứng dụng lọc màng nano (NF) để cấp nước cho dân cư vùng ven biển và hải đảo. Một số công nghệ xử lý nước biển có sử dụng màng lọc nano cũng được giới thiệu trong bài báo này.

1. Yêu cầu đảm bảo an toàn cấp nước sinh hoạt cho dân cư vùng ven biển và hải đảo

Nước ngọt là nhu cầu không thể thiếu được trong đời sống con người. Việc cung cấp đầy đủ nước sạch đảm bảo chất lượng và số lượng luôn là thách thức đối với các quốc gia. Nhu cầu dùng nước trong quá trình phát triển kinh tế xã hội ở Việt Nam đang tăng mạnh. Hiện nay, dân số nước ta đã vượt qua con số 80 triệu người. Theo ước tính, lượng nước ngọt cần dùng vào năm 2010 sẽ là 130 tỷ m³. Mức này gần tương đương với nguồn nước vào mùa khô trên các lưu vực sông của cả nước. Như vậy, việc thiếu nước ngọt đã rất rõ ràng. Nước sử dụng trong sinh hoạt chiếm tỷ lệ khoảng 2% so với tổng nhu cầu. Nếu đối chiếu với tiêu chuẩn thiếu nước của Tổ chức Khí tượng thế giới và của UNESCO, năm 2010 nhiều vùng ở Việt Nam thiếu nước ở mức từ trung bình đến gay gắt, đặc biệt trong các tháng mùa khô. Bên cạnh đó, mục tiêu trong Chiến lược Quốc gia về cấp nước sạch và vệ sinh nông thôn theo Quyết định số 104QĐ/TTG ngày 25/08 /2000 của Thủ tướng Chính phủ đặt ra đến 2020 là “tất cả dân cư nông thôn sử dụng nước sạch đạt tiêu chuẩn quốc gia với số lượng ít nhất 60 lít/người/ngày”. Đây là nhiệm vụ nặng nề và khó khăn đối với một nước đang phát triển như Việt Nam.

Tài nguyên nước mặt phân bố không đều trong lãnh thổ và biến đổi mạnh theo thời gian, do đó tình trạng thiếu nước ngọt đã và đang xảy ra ở nhiều nơi, nhất là vùng núi cao và đồng bằng ven biển. Mặt khác khai thác, sử dụng nước dưới đất không hợp lý đã gây ra sụt lún đất, hạ thấp mực nước ngầm ở một số nơi, nhiễm mặn khá phổ biến ở nhiều vùng ven biển, ảnh hưởng tới tầng chứa nước ngọt. Lượng mưa có thể giảm đáng kể ở Việt Nam trong thập kỷ tới và hơn 12 triệu người sẽ phải chịu tác động của tình trạng thiếu nước ngày càng gia tăng.

Với trên 3.260 km đường biển, Việt Nam có tiềm năng lớn về kinh tế biển. Dân số các tỉnh ven biển rất đông, chiếm khoảng 60% dân số cả nước. Vùng ven biển và hải đảo nước ta có 115 huyện thị với gần 18 triệu người sinh sống.

Trong những năm gần đây, với chiến lược phát triển đất nước theo hướng công nghiệp hóa, hiện đại hóa và hội nhập quốc tế, sự xây dựng công trình và khai thác tài nguyên ven biển rất sôi động. Chiến lược Biển Việt Nam đến năm 2020 nêu rõ: nước ta phải phấn đấu trở thành một quốc gia mạnh về biển, giàu lên từ biển. Chúng ta phải xây dựng các trung tâm kinh tế lớn vùng duyên hải gắn với các hoạt động kinh tế biển làm động lực quan trọng đối với sự phát triển của cả nước.

Biến đổi khí hậu sẽ mang lại nhiều rủi ro thiên tai cho Việt Nam. Mực nước biển dâng cao là yếu tố liên quan trực tiếp đến vấn đề nước sạch và vệ sinh môi trường trong nông nghiệp và nông thôn ở nước ta, làm tăng rủi ro lũ lụt cho các vùng đất trũng ven biển. Biến đổi khí hậu toàn cầu sẽ ảnh hưởng rõ rệt đến cuộc sống của nhân dân và hệ sinh thái ven biển. 70% dân cư sinh sống gần vùng ven bờ hiện đang đối mặt với các đe dọa không dự báo được của mực nước biển dâng cao và các thiên tai khác. Biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng cao có thể làm tăng các vùng ngập lụt, làm cản trở hệ thống tiêu thoát nước, làm tăng thêm cường độ xói lở tại các vùng ven bờ và nhiễm mặn, dẫn đến gây khó khăn cho hoạt động nông nghiệp và cung cấp nước sinh hoạt... Theo báo cáo của Ngân hàng Thế giới (WB) và Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC), mực nước biển dâng cao 1m sẽ có khả năng gây ra “khủng hoảng sinh thái”, ảnh hưởng tới gần 12% diện tích và 11% dân số Việt Nam. Ngoài ra, một số cảng lớn, thành phố và vùng dân cư ven biển có thể bị ngập một phần, việc cung cấp nước sinh hoạt cho nhân dân, các hoạt động thương mại, du lịch cũng sẽ bị ảnh hưởng. Báo cáo nghiên cứu mới nhất về tác động của biến đổi khí hậu ở khu vực Đông Nam Á của Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) công bố ngày 28/4/2009 tại Hà Nội cho rằng sản xuất lúa gạo ở Việt Nam có thể giảm mạnh và mực nước biển tăng có thể nhấn chìm hàng chục ngàn hecta đất canh tác vào cuối thế kỷ này, đồng thời khiến cho hàng ngàn gia đình sống ven biển phải tái định cư.

Để giải quyết tình trạng này, mục tiêu của Chiến lược Quốc gia về tài nguyên nước định hướng hoạt động phát triển và quản lý tài nguyên nước cho một giai đoạn theo quan điểm của Nhà nước về phát triển kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường nhằm tạo bước chuyển đổi cơ bản cho hoạt động quản lý, bảo vệ và phát triển tài nguyên nước.

Từ những yếu tố trên, cần thiết phải tìm một nguồn tài nguyên nước ổn định để cấp nước sinh hoạt cho nhân dân vùng ven biển và hải đảo. Nguồn tài nguyên ổn định và phong phú nhất vẫn là nước biển. Tìm kiếm công nghệ và triển khai lắp đặt các công trình, thiết bị xử lý nước biển và nước lợ để cung cấp nước cho các cụm dân cư, đô thị,... ven biển và hải đảo là một nhiệm vụ cấp bách và cần thiết, đặc biệt là trong tình hình biến đổi khí hậu như hiện nay.

2. Các công nghệ ngọt hóa nước biển để cấp nước cho sinh hoạt

Trên trái đất, nước biển ngày càng đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước uống do việc phát triển các nguồn nước ngọt tự nhiên bị hạn chế. Theo khảo sát của các tổ chức quốc tế, 97,5% nước trên trái đất là nước biển và không hơn 2,5% là nước ngọt. Ngoài ra, phần lớn nước ngọt được dự trữ trong các sông băng, tầng băng và dưới lòng đất. Nước mà con người có thể sử dụng dễ dàng như nước trong sông, hồ,... chỉ chiếm khoảng 0,01% tổng lượng nước ngọt. Trong khi đó, dân số toàn cầu tăng tới tám tỷ vào năm 2025. Gần 3,5 tỷ người trong số này sẽ đối mặt với tình trạng thiếu nước.

Độ mặn của nước biển có không đồng đều trên toàn thế giới, mặc dù phần lớn nằm trong khoảng từ 3,1% đến 3,8%. Nước biển khi sự pha trộn với nước ngọt đổ ra từ các con sông hay gần các sông băng đang tan chảy thì nhạt đi một cách đáng kể. Thành phần nước biển trên trái đất theo các nguyên tố được nêu trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần các nguyên tố chính trong nước biển

Nguyên tố	Phần trăm	Nguyên tố	Phần trăm
Ôxy	85,84	Hiđrô	10,82
Clo	1,94	Natri	1,08
Magiê	0,1292	Lưu huỳnh	0,091
Canxi	0,04	Kali	0,04
Brôm	0,0067	Cacbon	0,0028

(Nguồn: vi.wikipedia.org/wiki)

Ở Việt Nam, theo các số liệu khảo sát năm 2002 của Trần Đức Hạ và các cộng sự thuộc IESE, một số chỉ tiêu chính liên quan đến khả năng sử dụng nước biển để cấp nước cho sinh hoạt được nêu trong bảng 2.

Bảng 2. Các chỉ tiêu pH, Cl⁻ và SO₄²⁻ trong nước biển một số khu vực

	Biển Hòn Gai	Biển Hải Phòng	Biển Đà Nẵng	Biển Bắc Mỹ
pH	7,8-8,4	7,5-8,3	7,7	7,5
Cl ⁻ , g/L	6,5-18	9,0-17,8	0,4-12,1	18
SO ₄ ²⁻ , g/L	0,2-1,2	0,002-1,1	0,2-0,9	1,4

(Nguồn: Trung tâm Kỹ thuật môi trường đô thị và khu công nghiệp CEETIA, 2002)

Trong 40 năm qua, độ mặn ở các vùng biển nhiệt đới đã gia tăng đáng kể trong khi nước biển ở các vùng cực ngày càng ít muối hơn. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy vòng tuần hoàn nước toàn cầu ngày càng trở nên nhanh chóng và dữ dội, các đại dương tại miền nhiệt đới ngày càng bốc hơi nhiều hơn. Ngoài việc làm thay đổi sự phân bố nước ngọt và sự tạo thành bão trên toàn cầu, vòng tuần hoàn nước quá nhanh và mạnh như vậy sẽ làm trầm trọng thêm sự nóng lên của trái đất, vì bản thân hơi nước cũng là một khí nhà kính.

Tình trạng thiếu nước trầm trọng do gia tăng dân số, đô thị hóa và chất lượng cuộc sống trên thế giới ngày càng cao hơn đã khiến nhiều quốc gia (nhất là các vùng khô hạn và bán khô hạn) phải chấp nhận các công nghệ khử mặn, trước hết là để đáp ứng các nhu cầu sinh hoạt. Khử mặn (*desalination*) là quá trình loại bỏ các muối hòa tan và các chất khác có trong nước biển, nước lợ hay nước ngầm hoặc nước mặt bị nhiễm mặn. Dựa vào công nghệ và mục đích xử lý nước, quá trình khử mặn có thể đạt được nước có chất lượng dùng cho sinh hoạt, công nghiệp hay tưới tiêu.

Ngành công nghiệp khử nước mặn đã trở thành một ngành thương mại từ những năm 1960. Do giảm được nhiều về giá thành và tăng hiệu quả, đặc biệt trong những năm 1970 công việc khử mặn, trong đó màng lọc chiếm ưu thế trong các công nghệ xử lý nước biển đã trở thành một chiến lược và là nguồn cung cấp nước đáng tin cậy để đáp ứng nhu cầu sinh hoạt.

Hiện nay ước tính toàn cầu có hơn 12.000 nhà máy xử lý nước biển và nước lợ ở 140 quốc gia, với tổng công suất lên tới 40 triệu m³/ngày. Trong đó xử lý nước biển chiếm 57.4% (WHO, 2008). Công

suất khử mặn trên thế giới đạt gần 9,6 tỷ m³, trong đó các nước thuộc Hội đồng Hợp tác Vùng vịnh (GCC) như Ả Rập, Cô Oét, Tiều Vương quốc Ả Rập thống nhất, Bahrain, Qatar và Oman chiếm 47% tổng công suất.

Trong xử lý nước cấp cho sinh hoạt từ nguồn nước tự nhiên, những vật liệu lọc như cát, sỏi,... chỉ giúp ta khử bỏ những chất bẩn thô, những hạt huyền phù và một phần nhỏ các hợp chất đã kết tủa như sắt, mangan, còn chất độc hại hòa tan trong nước thì hầu như không lọc được. Sau này, những vật liệu khác như gốm, than hoạt tính, nhựa polypropylene, nhựa trao đổi ion,... xuất hiện đã giúp cho việc lọc nước đạt hiệu quả hơn nhiều. Tuy nhiên, nó mới chỉ dừng ở mức độ giữ lại các hạt chất bẩn có kích thước nhỏ. Đối với vi khuẩn và các chất rắn hòa tan, các loại vật liệu lọc truyền thống không thể giữ lại được.

Do những hạn chế của các vật liệu lọc trên đã xuất hiện các phương pháp xử lý nước bằng màng lọc. Lọc màng là một trong những kỹ thuật khá mới được phát triển và ứng dụng trong công nghệ xử lý nước tự nhiên và nước thải trong gần 30 năm trở lại đây. Phương pháp lọc màng có nhiều ưu điểm về phương diện kỹ thuật, quy mô sản xuất và giá thành hoạt động. Phạm vi áp dụng của kỹ thuật màng khá rộng, loại bỏ gần như tất cả tạp chất: chất huyền phù, chất keo, nhũ tương, hữu cơ hòa tan, các ion có kích thước nhỏ. Màng hoạt động như một hàng rào chắn đối với dòng chảy của một hỗn hợp gồm chất lỏng và các cấu tử trong đó. Màng có tính thấm chọn lọc khác nhau đối với các cấu tử khác nhau.

Thẩm thấu ngược (*reverse osmosis* - RO) là quá trình được áp dụng rộng rãi để xử lý nước biển thành nước dùng cho mục đích sinh hoạt. Đây là quá trình ngược lại với quá trình thẩm thấu tự nhiên. Thẩm thấu xuất hiện các dung dịch có nồng độ khác nhau được ngăn cách bởi một màng bán thấm. Khi đó trên toàn bộ màng ngăn sẽ xuất hiện một áp suất thủy lực từ phía dung dịch có nồng độ cao sang phía có nồng độ thấp hơn. Áp lực thẩm thấu sẽ tỷ lệ thuận với sự chênh lệch về nồng độ giữa hai dung dịch. Để chuyển ngược hướng của dòng thẩm thấu ngược thì phải dùng những áp lực bên ngoài. Quá trình thẩm thấu ngược cho phép loại bỏ các hạt chẳng hạn như ion khỏi dung dịch. Thẩm thấu ngược được sử dụng để loại bỏ muối cũng như các tạp chất khác nhằm cải thiện màu, mùi vị hoặc các tính chất của dung dịch. Màng RO sẽ cho phép dung dịch đi qua đồng thời cản các ion và chất ô nhiễm khác. Công nghệ RO được sử dụng để lọc nước, đáp ứng được các chỉ tiêu khắt khe nhất hiện nay.

Với công nghệ RO, để xử lý nước biển với nồng độ muối 35.000 mg/L thành nước đạt yêu cầu dùng cho sinh hoạt (nồng độ muối không vượt quá 250 mg/L) thì cần cung cấp áp lực tổng cộng là 60 -100 atm. Công nghệ RO do đó có chi phí đầu tư, vận hành và quản lý rất cao do cần phải có:

- Vật liệu chế tạo chịu được áp suất cao;
- Bơm tạo được áp suất cao;
- Chi phí điện năng cao;
- Màng lọc phải thay thế thường xuyên do tắc nghẽn.

Do đó, nhu cầu cấp thiết là phải giảm được áp lực cần cung cấp trong xử lý bằng RO.

Phương pháp RO đầu tiên được ứng dụng ở Mỹ để sản xuất nước tinh khiết. Các thử nghiệm cho thấy các màng lọc RO có thể khử bỏ tới 99% tất cả các chất tan, vi trùng và virus, nhưng nồng độ các chất dinh dưỡng cần thiết như các ion canxi, magie,.. đã giảm xuống mức thấp hơn các tiêu chuẩn kỹ thuật nước uống của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO). Vì vậy để có thể cung cấp nguồn nước uống đạt chất lượng theo yêu cầu, sản phẩm nước đã qua xử lý RO phải được bổ sung thêm các chất dinh dưỡng cần thiết.

Trong hơn 30 năm qua các nước thuộc GCC đã tiến hành xây dựng và mở rộng các nhà máy khử mặn nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng lên. Hiện nay, có 6 quốc gia đã xây dựng được 36 nhà máy lớn để khử mặn nước biển và nước lợ: 21 nhà máy nằm trên bờ biển Đỏ và 15 nhà máy trên vùng vịnh. Sản lượng chung của các nhà máy khử mặn ở các quốc gia thuộc GCC tăng từ 1,5 tỷ m³ trong năm 1990 lên 2,7 tỷ m³ năm 2000, do các nhà máy đã được bổ sung và mở rộng. Năm 2001 chỉ riêng công suất của một nhà máy ở Ả Rập Saudi đã đạt hơn 1 tỷ m³, đây là nhà máy khử mặn lớn nhất thế giới. Hơn 85% các nhà máy khử mặn thuộc GCC sử dụng các hệ thống chưng cất nhanh nhiều tầng (MSF). Các hệ thống này có hai tác dụng, vừa có thể sản xuất nước và điện. Phần lớn các nhà máy còn lại dựa trên công nghệ sử dụng các màng lọc thẩm thấu ngược (RO).

Năm 2005, Singapore đã khánh thành nhà máy lọc nước biển thành nước sinh hoạt trị giá 200 triệu USD, có thể cung cấp đến 10% nước cho nhu cầu hàng ngày của người dân Singapore (tương đương với 136 ngàn m³ nước/ngày). Giá nước sản xuất từ nhà máy là 0,45 cent Mỹ/m³, bằng khoảng 1/2 giá nước ở những nhà máy lọc nước biển khác. Nhà máy vừa khánh thành sẽ là nguồn cung cấp nước thứ 4 cho Singapore, bên cạnh sông hồ tự nhiên, nước nhập khẩu và nước xử lý theo công nghệ NEWater.

Công nghệ màng lọc chiếm ưu thế trong các công nghệ xử lý nước biển. Ở các khu vực như Bán đảo Ả Rập hay vùng Caribe, giá thành của nước sau xử lý bằng công nghệ màng và công nghệ truyền thống tương đương nhau từ những năm 1980.

Đối với phương pháp chưng cất, nước biển được đun nóng, áp lực được hạ thấp để nước biển thành hơi và tách muối hoà tan. Tiến trình chưng cất đa hiệu ứng liên quan tới một số máy bốc hơi nước theo chuỗi. Hơi nước từ một chuỗi được sử dụng làm bốc hơi nước trong hiệu ứng tiếp theo. Một số nhà máy chưng cất kết hợp cả ba dạng trên. Chất thải của các tiến trình này là dung dịch muối.

Lợi thế của nhà máy chưng cất là không cần phải đóng cửa một bộ phận lớn để làm sạch hoặc thay thế thiết bị thường xuyên như nhà máy RO. Lợi thế của các nhà máy RO là nước đầu vào không cần đun nóng, giảm mức năng lượng tiêu thụ. Ngoài ra, các nhà máy RO chiếm ít diện tích bề mặt hơn so với nhà máy chưng cất. Mặc dù số lượng nhà máy thẩm thấu ngược nhiều hơn song hệ thống chưng cất hiện sản xuất trên 85% tổng nước được khử mặn trên thế giới.

Tại Việt Nam các công trình nghiên cứu về khử mặn nước biển cũng đã bắt đầu từ cuối những năm 1990.

Công nghệ cất nước biển bằng năng lượng mặt trời đang được Viện Hoá học (Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam) nghiên cứu ứng dụng, với giá thành khoảng 1 triệu đồng/m³ công suất khi đưa vào sử dụng đại trà. Hiện công nghệ này đang được lắp đặt ứng dụng thử nghiệm tại Bến Tre và Thừa Thiên-Huế. Một hệ được đặt tại ngư trường Bình Đại đã cung cấp từ 120-150 lít nước sạch mỗi ngày cho đội công nhân 8 người. Hệ còn lại, nhỏ hơn được lắp đặt tại một hộ gia đình ở thị xã Bến Tre đã mang lại hiệu quả cao.

Năm 2005, Viện Khoa học công nghệ nhiệt lạnh (Trường Đại học Bách khoa Hà Nội) vừa nghiên cứu thành công quy trình chưng cất nước ngọt từ nước biển bằng năng lượng mặt trời. Theo hình thức bay hơi cưỡng bức mỗi mét vuông vật liệu hấp thụ nhiệt của máy có thể tạo ra được 15 – 20 L nước ngọt/ngày, tuy nhiên năng suất hiện ở mức 12 – 13 L/ngày.

Năm 2003, Trung tâm tư vấn và chuyển giao công nghệ nước sạch và môi trường (CTC) nghiên cứu thiết kế và lắp đặt tại đảo Bạch Long Vĩ. Dây chuyền gồm 5 thiết bị xử lý nước biển qua 5 công đoạn khác nhau trong đó thiết bị cuối cùng sử dụng màng lọc RO có kết cấu đặc biệt. Tỷ lệ nội địa hóa thiết bị là 70%. Với dây chuyền nước ngọt sản xuất theo công nghệ RO này có giá khoảng 20.000 đồng/m³.

Năm 2008, Viện Khoa học vật liệu ứng dụng thuộc Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã bàn giao và đưa vào vận hành thiết bị xử lý nước biển thành nước ngọt đáp ứng tiêu chuẩn của Bộ Y tế về nước sinh hoạt công suất 300 lít nước ngọt/h cho ngư dân Đà Nẵng. Thiết bị làm việc dựa trên nguyên lý RO với màng lọc của Mỹ. Dưới áp lực phù hợp, nước biển sẽ được tách thành phần nước ngọt sạch và hàm lượng hoà tan thấp thẩm thấu qua màng. Nước có hàm lượng chất rắn hoà tan cao sẽ được dẫn ra ngoài. Tiếp đó, nước ngọt sẽ được dẫn qua hệ thống tia cực tím UV và vào bồn chứa sử dụng. Toàn bộ thời gian xử lý trong vòng 2 phút.

Mặc dù đã có một số nghiên cứu ứng dụng lọc màng để xử lý nước biển thành nước sinh hoạt, nhưng các nghiên cứu này dừng ở mức thử nghiệm và quy mô nhỏ. Mặt khác các thiết bị ngọt hóa nước biển hiện nay triển khai ở Việt Nam dựa trên nguyên tắc chưng cất hoặc màng lọc RO. Các phương pháp chưng cất khó triển khai vì thiết bị cồng kềnh và phụ thuộc vào điều kiện thời tiết; phương pháp RO tốn kém về năng lượng và tuổi thọ màng không cao.

3. Nghiên cứu ứng dụng màng lọc nano (NF) vào quá trình khử mặn nước biển để cấp nước sinh hoạt vùng ven biển và hải đảo

Với công nghệ RO như hiện nay, để xử lý nước biển với nồng độ muối 35.000 mg/L thành nước đạt yêu cầu dùng cho sinh hoạt (nồng độ muối không vượt quá 250 mg/L) thì cần cung cấp áp lực tổng cộng là 60 -100 atm. Công nghệ RO do đó có chi phí đầu tư, vận hành và quản lý rất cao do cần phải có:

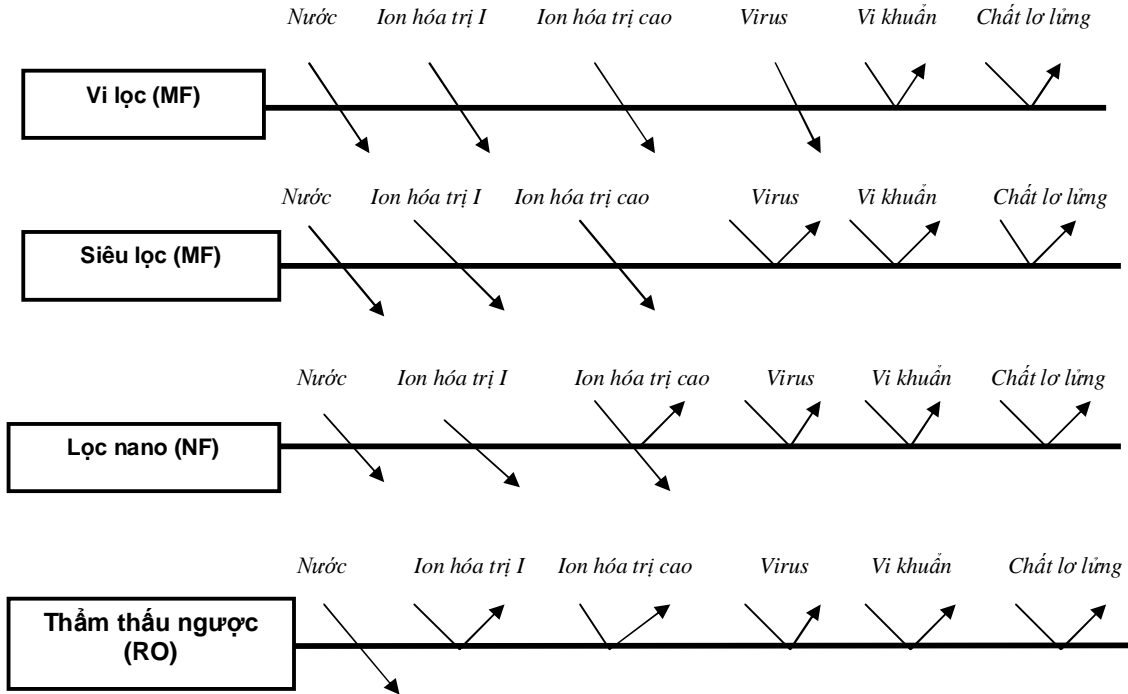
- Vật liệu chế tạo chịu được áp suất cao;
- Bơm tạo được áp suất cao;
- Chi phí điện năng cao;
- Màng lọc phải thay thế thường xuyên do tắc nghẽn.

Do đó, nhu cầu cấp thiết là phải giảm được áp lực cần cung cấp trong xử lý bằng RO.

Màng NF (*nanofilter*) là loại màng có kích thước lỗ nhỏ (10^{-7} cm=10A^o). Phân tử lượng bị chặn từ 200-500. Loại màng này thích hợp cho quá trình làm mềm nước, loại bỏ một số chất hữu cơ tan, áp suất động lực thấp hơn so với màng thẩm thấu ngược. Đây là loại màng bất đối xứng, tổ hợp composite. Độ dày màng gồm lớp đỡ 150 ỡm, lớp da màng 1 ỡm. Đặc tính màng là: kích thước lỗ

xốp <2nm; áp suất động lực từ 15 đến 25 bar, tốc độ lọc trên $0,05\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ngày}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$. Cơ chế hoạt động của màng là hòa tan và khuếch tán.

Các phương pháp lọc màng sẽ giữ lại được các chất ô nhiễm trong nước tự nhiên. Màng NF sẽ giữ lại được các phân tử kích thước 10^{-5} đến 10^{-7} mm, đó là một số chất hữu cơ tan, các ion natri, chì, sắt, niken, thủy ngân (II), các vi khuẩn gây bệnh,.. và cho các ion (I) đi qua. Cũng nhờ có kích thước lỗ lọc cực nhỏ nên màng nano có thể loại bỏ các tạp chất, hầu như chỉ cho nước đi qua.



Hình 1. Sơ đồ vận chuyển các chất trong nước biển qua hệ thống màng lọc

Xét về khía cạnh kinh tế (giá thành màng lọc và áp suất động học tạo trên thành màng), thứ tự sắp xếp các loại màng lọc như sau:

- Giá thành màng: RO > NF > UF > MF;
- Áp suất động học: RO > NF > UF > MF.

Bảng 3. So sánh thông số thiết kế và làm việc của RO và NF

Thông số so sánh	RO	NF
Kích cỡ màng lọc (micron)	0.0001 đến 0.001	0.0008 đến 0.001
Kích cỡ của virus	0.005-0.01	
Kích cỡ vi khuẩn	0.2-10	
Loại bỏ được vi khuẩn và virus	được	được
Mức TDS giảm (%)	99%	70%
Mức giảm pH sau xử lý	hơn 2	nhỏ hơn 1

Như vậy, những ưu điểm của màng NF là:

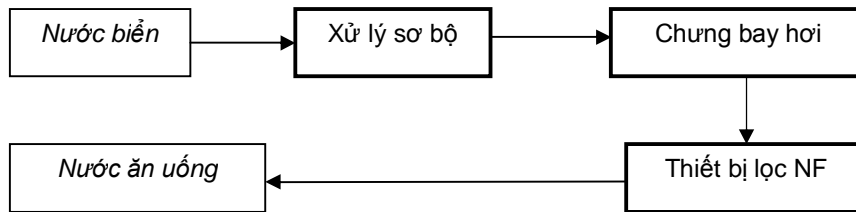
- Chi phí vận hành thấp;
- Chi phí năng lượng thấp;
- Lượng thải sau xử lý ít (so với RO);
- Giảm lượng tổng chất rắn hòa tan (TDS), đặc biệt hiệu quả trong nước lợ;
- Loại bỏ các chất bảo vệ thực vật, thuốc trừ sâu, các hóa chất hữu cơ;
- Loại bỏ kim loại nặng, nitorat và sulphate;
- Loại bỏ màu, độ đục, làm mềm nước cứng;
- Không cần bất cứ hóa chất nào trong quá trình xử lý.

Các phương pháp siêu lọc (UF) và vi lọc (MF) không thể giữ lại được các phân tử ô nhiễm trong nước cũng như các thành phần muối của nước biển. Như vậy xử lý nước biển bằng phương pháp NF để được nước ăn uống theo quy định WHO hoặc theo QCVN 01:2009/BYT có chi phí đầu tư cũng như vận hành thấp hơn so với phương pháp RO. Một ưu điểm của màng nano là có thể xả rửa chống

hiện tượng tắc nghẽn nên có độ bền từ 3 đến 5 năm. Trong công nghệ ngọt hóa nước biển để cấp nước sinh hoạt, trước tiên màng NF được nghiên cứu áp dụng để xử lý sơ bộ nước biển nhằm giảm độ mặn, và sau đó được xử lý bằng công nghệ RO. Công nghệ kết hợp màng NF và RO này đã bắt đầu được áp dụng trong thực tế tại một số nước tiên tiến. Ưu điểm của công nghệ kết hợp NF/RO như sau:

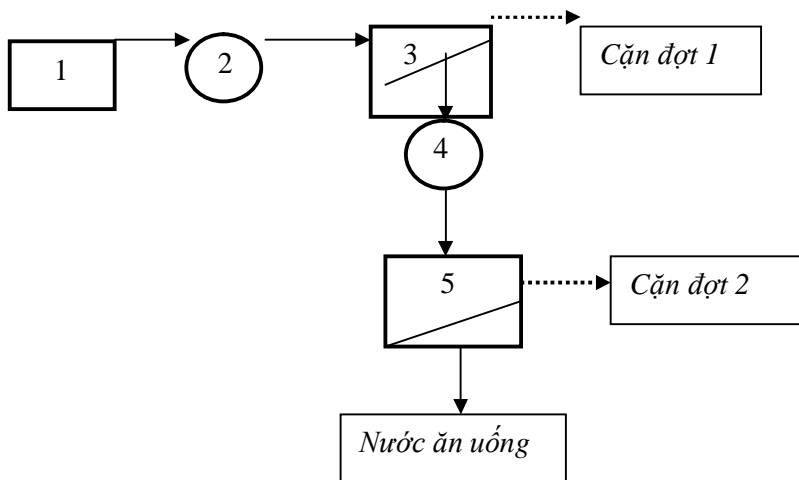
- Sử dụng NF để xử lý sơ bộ nước biển hạn chế việc tắc màng lọc RO;
- Sử dụng NF để xử lý sơ bộ nước biển, hạn chế việc bám cặn trên màng lọc RO;
- Sử dụng NF để xử lý sơ bộ nước biển giúp loại bỏ 40 – 70% hàm lượng TDS, giúp giảm đáng kể áp lực cần cung cấp cho hệ thống màng RO sau đó.

Việc áp dụng màng NF được nghiên cứu rộng rãi với mục tiêu trên và đã đạt được nhiều thành tựu quan trọng tại các nước như Mỹ, Nhật... Một số nghiên cứu đã thành công trong việc khử mặn nước biển thành nước ăn uống bằng hệ thống lọc NF không có quá trình RO. Tiến sĩ Kamalesh Sirkar, Viện Công nghệ New Jersey (NJIT), nghiên cứu phát triển một phương pháp mới khử mặn trong nước biển bằng cách cho chưng bay hơi nước biển từ nguồn nhiệt lượng thấp giá rẻ; sau đó hơi nước tinh khiết được dẫn qua ống lọc có màng nano để tạo thành nước ngọt. Quy trình trên đạt hiệu quả cao đối với nước biển có nồng độ muối trên 5,5%.



Hình 2. Sơ đồ nguyên tắc ngọt hóa nước biển theo phương pháp K. Sirkar

Tiến sĩ Vương D.X. (Mỹ), 2002, đã đề xuất công nghệ ngọt hóa nước biển bằng hệ thống lọc NF hai bậc (hình 3). Theo sơ đồ này, bậc một của hệ thống xử lý có ít nhất là một bộ NF hiệu suất cao (3) được bơm áp lực (2) cung cấp nước biển từ bể chứa (1). Nước lọc được bơm áp lực đợt hai (4) bơm tiếp lên NF bậc 2 (5). Đây cũng là các bộ lọc NF hiệu suất cao. Áp suất hoạt động của các bộ NF nằm trong khoảng 200 đến 300psi.



Hình 3. Sơ đồ ngọt hóa nước biển bằng NF hai bậc

Tổ hợp các màng NF và UF cũng được sử dụng, sau khi xử lý sơ bộ để loại bỏ tạp chất ngăn ngừa những thiệt hại cho máy móc, để xử lý nước biển thành nước ngọt.

Màng NF được ứng dụng để xử lý nước lợ, làm mềm nước, loại bỏ chất hữu cơ, sản xuất nước siêu tinh khiết...

Công nghệ nano được đưa vào ứng dụng ở nhiều loại màng lọc và bộ lọc dựa trên cơ sở ống nano cacbon, gồm xốp nano, các hạt nano từ tính và các vật liệu nano khác. Các loại màng tách rời với cấu trúc ở phạm vi nano cũng có thể được ứng dụng ở các phương pháp chi phí thấp nhằm cung cấp nước

uống. Gần đây ở Nam Phi, nhiều loại màng NF polime và màng RO đã được thử nghiệm để xử lý nước lợ và nước biển.

Hiện nay, công nghệ nano phát triển mạnh ở các nước như Mỹ, Nhật Bản,... Ở Việt Nam, Viện Nghiên cứu Khoa học Vật liệu đã chế tạo thành công và chào bán vật liệu nano (nano carbon tube - NCT) với giá bằng 50% so với giá của nước ngoài (0,6USD/g). Khu công nghệ cao TP. HCM cũng sản xuất 2,4 tấn NCT trong năm 2008. Nghiên cứu vật liệu ống nano carbon (CNT) có nhiều triển vọng cả trong nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng. Màng lọc NF thị trường cũng đã được nhập vào Việt Nam. Các thiết bị xử lý nước bằng màng NF cũng đã bắt đầu có thể chế tạo tại Việt Nam.

Công nghệ nano phục vụ cho xử lý nước đã có mặt trên thị trường, với các loại màng NF khác nhau. Mặc dù thế hệ thiết bị NF hiện nay có thể còn tương đối đơn giản, nhiều nhà nghiên cứu tin tưởng rằng trong tương lai sẽ lợi dụng được nhiều đặc tính mới của vật liệu nano cho các thế hệ thiết bị xử lý nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NICHOLAS P. CHEREMISINOF. Membrane separation technology. *In: Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology. Boston: Butterworth and Heinemann, 2002.*
2. TAYLOR J.S., and E.P. JACOBS. Nanofiltration and reverse osmosis. *In: Water Treatment Membrane Process. New York: McGraw- Hill, 1996.*
3. JOHANNES M.K. TIMMER. Properties of nanofiltration membranes: model development and industrial application. *Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2001.*
4. N. HILAL, H. AL-ZOUBI,... A comprehensive review of nanofiltration membranes: Treatment, pretreatment, modelling, and atomic force microscopy. *In: Desalination 170 (2004), pp. 281-308, 2004.*
5. NACESTI (*Nature Nanotechnology, 21/11/2007*).
6. www.thiennhien.net, 08/11/2007.