



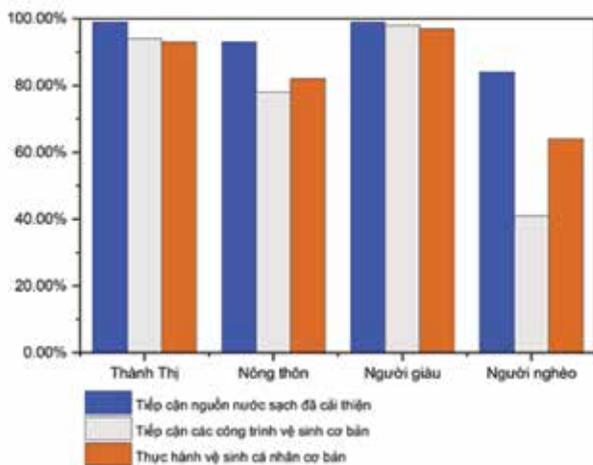
Mô hình xử lý nước bằng công nghệ khử ION (CDI) điện dung cải tiến

NGUYỄN ÁI QUỲNH, LÊ VĂN GIANG

Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

1. MỞ ĐẦU

Thời gian qua, Việt Nam đã đạt được những kết quả quan trọng trong Chương trình nước sạch và vệ sinh môi trường, nhằm thực hiện các Mục tiêu phát triển bền vững vào năm 2030 (SDGs). Đến hết năm 2023, cả nước có khoảng 97% người dân khu vực nông thôn được tiếp cận nguồn nước sinh hoạt hợp vệ sinh, trong đó 57% sử dụng nước sạch đạt quy chuẩn [1]. Kết quả này có được là do Chính phủ đã tập trung nhiều nguồn lực để phát triển hạ tầng cấp nước ở nông thôn; đồng thời nhiều doanh nghiệp tư nhân tham gia đầu tư cấp nước sinh hoạt tập trung ở vùng nông thôn... Tuy nhiên, vẫn còn sự chênh lệch về tỷ lệ tiếp cận nguồn nước sạch giữa thành thị và nông thôn, giữa người giàu và người nghèo. (Hình 1) [2].



▲ Hình 1. Thực trạng tiếp cận nguồn nước sạch và vệ sinh cá nhân cơ bản (Nguồn: UNICEF, Chương trình giám sát chung và Tổ chức Y tế thế giới (2019) Báo cáo về những tiến bộ về nước uống hộ gia đình, vệ sinh môi trường)

Nước sạch và vệ sinh môi trường là chỉ số quan trọng có liên quan chặt chẽ đến giáo dục, phát triển kỹ năng và tình trạng suy dinh dưỡng thể thấp còi [3]. Đầu tư vào nước sạch phục vụ cho mục đích sinh hoạt, như nấu ăn và uống trực tiếp có thể giúp tối ưu hóa khả năng phát triển thể chất của trẻ em, về lâu dài sẽ tăng sức cạnh tranh của Việt Nam trong thị trường nhân lực của khu vực và trên toàn cầu tiến

tới thực hiện được các mục tiêu phát triển bền vững. Như vậy, nước sạch là yếu tố cốt lõi trong phát triển thể chất nguồn nhân lực đất nước nhằm thúc đẩy năng suất lao động và mức tăng trưởng trong hiện tại và tương lai của Việt Nam.

Trong những năm gần đây, sự gia tăng dân số cùng với quá trình công nghiệp hóa, phát triển kinh tế - xã hội đã gây ra sức ép lên các nguồn nước ngày càng cao do khai thác quá mức phục vụ cho nhu cầu sinh hoạt và sản xuất. Đồng thời, tạo ra các loại chất thải lớn vượt quá khả năng xử lý của hạ tầng môi trường cũng như tự phân hủy của môi trường tự nhiên, dẫn đến tình trạng ô nhiễm các nguồn nước cấp và thiếu nước sạch cho sinh hoạt. Ngoài ra, hiện vẫn còn một bộ phận người dân, đặc biệt ở khu vực nông thôn vẫn chưa tiếp cận với nguồn nước sạch, cùng với hoạt động vệ sinh môi trường chưa tốt đã góp phần làm tăng cao tỷ lệ người mắc các bệnh liên quan đến tiêu chảy, viêm phổi, nhiễm ký sinh trùng và các bệnh khác...

Vì vậy, phát triển các công nghệ và kỹ thuật xử lý nước đảm bảo chất lượng phục vụ sinh hoạt, đặc biệt là cho nhu cầu nấu ăn, nước uống là hết sức cần thiết ở Việt Nam hiện nay [4]. Năm 2023, Viện Tài nguyên và Môi trường đã chủ trì Dự án khoa học và công nghệ cấp tỉnh Phú Thọ mang tên “Ứng dụng công nghệ khử ion điện dung cải tiến (CDI) xử lý nước uống tại một số trường học trên địa bàn tỉnh Phú Thọ”. Mục tiêu của Dự án nhằm ứng dụng công nghệ CDI, để xử lý nước uống đạt tiêu chuẩn QCVN 06-1:2010/BYT, qua đó bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Bài viết về hiệu quả của mô hình ứng dụng xử lý nước uống sử dụng công nghệ CDI phù hợp với điều kiện thực tế tại các điểm trường (bao gồm: Hai trường mầm non, một trường tiểu học và một trường trung học cơ sở) trên địa bàn tỉnh Phú Thọ và đề xuất giải pháp nhân rộng mô hình này trong tương lai.

2. THỰC TRẠNG SỬ DỤNG NƯỚC SẠCH TẠI CÁC HỘ DÂN VÀ CÁC ĐIỂM TRƯỜNG TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH PHÚ THỌ

Phú Thọ là tỉnh thuộc vùng Trung du miền núi phía Bắc, có đặc thù về địa hình, nguồn nước và nhu cầu cấp thiết trong lĩnh vực nước sạch nông thôn. Theo Trung tâm Nước sinh hoạt và vệ sinh môi trường nông thôn tỉnh, đến năm 2018, tỷ lệ người dân nông thôn sử dụng nước hợp vệ sinh đạt 96%, cho thấy sự nỗ lực trong việc cải thiện điều kiện sống.



Tuy nhiên, tỉnh Phú Thọ có địa hình miền núi phức tạp, dân cư phân tán, dẫn đến chi phí đầu tư cao và nhiều khu vực vẫn chưa được tiếp cận hệ thống cấp nước sạch, đặc biệt là tại các vùng nghèo và khó khăn. Điều này làm nảy sinh nhu cầu bức thiết về các giải pháp công nghệ phù hợp để nâng cao hiệu quả cấp nước. Đặc biệt, tại các điểm trường học, nơi điều kiện vệ sinh còn nhiều hạn chế, việc cung cấp nước sạch không chỉ góp phần bảo vệ sức khỏe học sinh mà còn cải thiện chất lượng giáo dục. Với các chương trình ưu tiên và sự quan tâm từ UBND tỉnh, Phú Thọ là địa điểm lý tưởng để thử nghiệm và ứng dụng công nghệ mới, góp phần giải quyết các bất cập hiện tại và nâng cao chất lượng sống của người dân.

Theo thống kê về Bộ chỉ số theo dõi đánh giá nước sạch nông thôn của UBND tỉnh Phú Thọ, năm 2021, tỷ lệ hộ gia đình khu vực nông thôn được sử dụng nước hợp vệ sinh đạt 98,27% (338.924 hộ/344.881 hộ); trong đó, tỷ lệ hộ gia đình sử dụng nước hợp vệ sinh từ công trình cấp nước tập trung chỉ đạt 36,57% (126.130 hộ/344.881 hộ); tỷ lệ hộ gia đình sử dụng nước hợp vệ sinh từ công trình cấp nước nhỏ lẻ đạt 61,70% (212.794 hộ/344.881 hộ). Trong tổng số 140 công trình cấp nước khu vực nông thôn trên toàn tỉnh, có 41/140 công trình (chiếm 29,3%) bơm dẫn và 99/140 công trình (chiếm 70,70%). Theo hình thức quản lý, có 96 công trình (chiếm 68,60%) do cộng đồng quản lý; 23 công trình (chiếm 16,40%) do UBND cấp xã và hợp tác xã quản lý; 21 công trình (chiếm 15,4%) do doanh nghiệp quản lý. Tuy nhiên, chỉ số tỷ lệ dân cư nông thôn sử dụng nước uống sạch đáp ứng QCVN 06-01:2010/BYT không được điều tra [5]. Về mức độ bền vững của các công trình cấp nước cho thấy, tỷ lệ công trình cấp nước tập trung hoạt động bền vững còn thấp, chỉ đạt 22,86% (32/140 công trình); tỷ lệ công trình cấp nước tập trung hoạt động tương đối bền vững đạt 7,86% (11/140 công trình); số công trình cấp nước tập trung hoạt động

kém bền vững đạt 41,43% (58/140 công trình); số công trình cấp nước tập trung không hoạt động đạt 27,85% (39/140 công trình) [6]. Như vậy, chất lượng nước đầu ra của các công trình này chưa được đánh giá một cách đầy đủ. Trong số các công trình cấp nước, các công trình nhỏ lẻ do cộng đồng quản lý thường không được kiểm soát chặt chẽ về chất lượng nước đầu ra, nên chất lượng nước đầu ra thường chưa đạt yêu cầu.

Theo Niên giám thống kê tỉnh Phú Thọ năm 2023, tỷ lệ hộ dân được sử dụng nguồn nước hợp vệ sinh đạt 98,6%, trong đó tỷ lệ dân số đô thị được cung cấp nước sạch đạt 93,7%, tỷ lệ dân số nông thôn và đô thị được cung cấp nước sạch chênh lệch rất lớn. Bên cạnh công trình cấp nước không được kiểm soát chặt chẽ về chất lượng nước đầu ra, tỷ lệ dân số được sử dụng nguồn nước hợp vệ sinh trên địa bàn tỉnh Phú Thọ không cao.

Ngoài ra, kết quả khảo sát của nhóm chuyên gia thực hiện Dự án năm 2023 tại 16 điểm trường (bao gồm 5 trường mầm non; 5 trường tiểu học; 6 trường THCS) trên địa bàn 3 huyện (huyện Tân Sơn, huyện Thanh Sơn, huyện Lâm Thao), chỉ 5/16 điểm trường sử dụng nước từ Nhà máy cấp nước sạch của tỉnh Phú Thọ. Cụ thể, tại huyện Lâm Thao, 3/06 điểm trường sử dụng nước sạch từ Nhà máy cấp nước sạch của tỉnh, 3 điểm trường sử dụng nước giếng khoan, trong đó 1 điểm trường sử dụng nước giếng khoan chung của địa phương. Tại huyện Thanh Sơn, 6 điểm trường được khảo sát đều sử dụng nước từ giếng khoan hoặc giếng khơi. Trong đó, 2/4 điểm trường tại huyện Tân Sơn sử dụng nước từ Nhà máy cấp nước sạch của tỉnh, các điểm trường còn lại sử dụng nước giếng khoan và giếng khơi. Bảng 1 cho thấy, tỷ lệ sử dụng nước sạch do Nhà máy cấp nước sạch của tỉnh đạt 31,25%, đặc biệt, tỷ lệ sử dụng và tiếp cận với nguồn nước đảm bảo chất lượng tại các điểm khảo sát trên địa bàn huyện Thanh Sơn là dưới 10%.

Bảng 1. Nguồn nước cấp phục vụ sinh hoạt tại 16 điểm trường được khảo sát

Huyện	Điểm trường	Số lượng học sinh	Số lượng cán bộ, giáo viên	Nguồn nước uống trực tiếp	Nguồn nước cấp đầu vào
Thanh Sơn	Trường Mầm non Tân Lập	305	35	Đun sôi nước giếng khoan sau lọc thô	Giếng khoan và giếng khơi
	Trường Tiểu học Tân Lập	400	35	Mua nước 20L/bình	Giếng khoan và nước lã
	Trường Trung học Cơ sở Tân Lập	400	30	Mua nước 20L/bình	Giếng khơi
	Trường Mầm non Tân Minh	293	35	Mua nước 20L/bình	Giếng khoan
	Trường Tiểu học Tân Minh	451	34	Học sinh mang từ nhà	Giếng khoan và giếng khơi
	Trường Trung học Cơ sở Tân Minh	371	30	Mua nước 20L/bình	Giếng khơi



Huyện	Điểm trường	Số lượng học sinh	Số lượng cán bộ, giáo viên	Nguồn nước uống trực tiếp	Nguồn nước cấp đầu vào
Tân Sơn	Trường Mầm non Thạch Kiệt	330	40	Đun sôi nước giếng khoan sau lọc thô	Nhà máy cấp nước sạch của Tỉnh
	Trường Tiểu học Thạch Kiệt	400	33	Mua nước 20L/bình	Giếng khoan
	Trường Trung học Cơ sở Thạch Kiệt	270	25	Mua nước 20L/bình	Giếng khơi
	Trường PT Dân tộc nội trú THCS huyện Tân Sơn	280	37	Mua nước 20L/bình	Nhà máy cấp nước của tỉnh
Thanh Sơn	Trường Mầm non Tân Lập	305	35	Đun sôi nước giếng khoan sau lọc thô	Giếng khoan và giếng khơi
	Trường Tiểu học Tân Lập	400	35	Mua nước 20L/bình	Giếng khoan và nước lã
	Trường Trung học Cơ sở Tân Lập	400	30	Mua nước 20L/bình	Giếng khơi
	Trường Mầm non Tân Minh	293	35	Mua nước 20L/bình	Giếng khoan
	Trường Tiểu học Tân Minh	451	34	Học sinh mang từ nhà	Giếng khoan và giếng khơi
	Trường Trung học Cơ sở Tân Minh	371	30	Mua nước 20L/bình	Giếng khơi

Sự phát triển nhanh chóng của các khu công nghiệp, cơ sở sản xuất, và khai thác khoáng sản đã làm phát sinh lượng lớn chất thải chưa qua xử lý, gây ô nhiễm nguồn nước mặt và nước ngầm, ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng nước sinh hoạt. Đặc biệt, tại các khu vực núi đá vôi, nước chứa hàm lượng cao kim loại như Ca và Mg, gây bám cặn và ảnh hưởng sức khỏe như bệnh da liễu và rối loạn tiêu hóa. Việc khoan giếng cũng gặp khó khăn vì không tìm được mạch nước ngầm. Bên cạnh đó, nước ngầm cũng đối mặt với vấn đề chứa hàm lượng sắt cao, và bể lọc thủ công của người dân có hiệu quả xử lý thấp, chưa đạt tiêu chuẩn ăn uống. Hơn nữa, khai thác quá mức nguồn nước ngầm làm gia tăng nguy cơ cạn kiệt, đặc biệt vào mùa hè khi nhu cầu sinh hoạt tăng cao.

Trên địa bàn huyện Thanh Sơn và Tân Sơn, phần lớn vẫn chưa có hệ thống cấp nước uống sạch tại chỗ,

nhà trường phải mua nước uống đóng bình (loại 18 lít/bình), với mức giá mua dao động từ 12.000 -15.000 đồng/bình phục vụ cho nước uống của học sinh và cán bộ. Đối với các điểm trường mầm non thuộc huyện Lâm Thao mặc dù đã có hệ thống nước lọc nước sử dụng công nghệ RO hoàn thiện, tuy nhiên hiệu suất xử lý chưa cao, lõi lọc nhanh mau hỏng, công suất lọc chưa đảm bảo cho nhu cầu sử dụng của các trường học hiện nay. Vì vậy, đã làm tăng chi phí sinh hoạt cho các trường và gây khó khăn cho nhân viên tại trường trong quá trình vận hành, kiểm tra và thay lõi lọc. Đáng chú ý, lượng nước thải bỏ quá lớn khi dùng màng lọc RO gây lãng phí nguồn nước cấp. Ngoài ra, thiết bị lọc nước RO sử dụng nhiều loại lõi lọc khác nhau, gây sự bất tiện trong sử dụng và ảnh hưởng tới môi trường vì sau khi hết hạn sẽ thay bỏ các lõi lọc, gây ô nhiễm môi trường.

Bảng 2. Kết quả khảo sát thực địa tại các điểm trường trên địa bàn tỉnh Phú Thọ

TT	Điểm trường khảo sát	Số lượng HS, GV, CNV (người/trường)	Nước uống (lít/ngày)	Chi phí (VNĐ/tháng)
1	Trường MN Phùng Nguyên 1	383	1000-1200	> 700.000
2	Trường TH Phùng Nguyên 1	589	750-900	> 650.000
3	Trường THCS Phùng Nguyên 1	414	700-900	> 600.000
4	Trường MN Phùng Nguyên 2	475	950-1100	> 700.000
5	Trường TH Phùng Nguyên 2	787	600-800	> 600.000
6	Trường THCS Phùng Nguyên 2	654	500-600	> 500.000
7	Trường MN Tân Lập	398	900-1000	> 650.000
8	Trường TH Tân Lập	612	800-900	> 650.000
9	Trường THCS Tân Lập	448	750-950	> 600.000
10	Trường MN Tân Minh	455	1000-1100	> 700.000
11	Trường TH Tân Minh	600	700-900	> 600.000
12	Trường THCS Tân Minh	428	700-1000	> 550.000
13	Trường MN Liên Cơ Lâm Thao	400	750-900	> 500.000



3. HIỆU QUẢ VỀ KINH TẾ - XÃ HỘI VÀ MÔI TRƯỜNG CỦA MÔ HÌNH XỬ LÝ NƯỚC BẰNG CÔNG NGHỆ CDI ĐIỆN DUNG CẢI TIẾN

Triển khai các nhiệm vụ của Dự án, nhóm chuyên gia đã tiến hành lắp đặt 4 mô hình xử lý nước bằng công nghệ CDI tại 4 điểm trường: Trường Mầm non Liên Cơ Lâm Thao, trường Tiểu học Phùng Nguyên 2; trường Trung học Cơ sở Tân Lập; trường Mầm

non Tân Lập (Hình 4). Công nghệ khử ion điện dung là một phương pháp tiên tiến trong xử lý nước uống trực tiếp, đặc biệt hiệu quả trong việc loại bỏ các ion hòa tan, chẳng hạn như muối và kim loại nặng ra khỏi nguồn nước xử lý. CDI được xem là một giải pháp thay thế hấp dẫn cho các công nghệ lọc nước truyền thống như thẩm thấu ngược (RO) hoặc trao đổi ion (Bảng 3).

Bảng 3. So sánh chi phí và ưu nhược điểm giữa công nghệ CDI và RO

Công nghệ	TDS nước nguồn (mg/l)	Chất lượng thành phẩm	Tỷ lệ nước đầu ra thu được (%)	Cấu tạo tiền lọc	Điện năng sử dụng	Tuổi thọ lõi chính	Chi phí vận hành	Chi phí đầu tư
CDI	0 - 500	Nước sau lọc giữ được khoáng	85 - 90	- Nước ngầm từ giếng khoan hoặc giếng khơi: 03 cột lọc thô; bao gồm cả cột cation, màng lọc 5,0 µm và 1,0 µm - Nước máy: 01 cột lọc thô; màng lọc lõi 5,0 µm	Bơm lưu lượng điện năng thấp, trung bình: 0,08 kw/h/Module	5 - 10 năm	Thấp	Tương đương RO Mỹ
RO	0 - 1.000	Nước lọc tinh khiết (mất hoàn toàn khoáng chất tự nhiên)	40 - 70, giảm dần theo thời gian	Lọc thô 3 cột bao gồm cả cột cation, tiền lọc lõi 5,0 µm, lõi 2,0 µm, lõi 1,0 µm	Bơm cao áp điện năng cao. Thường gấp 4-5 lần CDI	2-3 năm, thậm chí chỉ khoảng 6-9 tháng	Cao	Tùy vào nguồn gốc lõi RO: Mỹ, Đài Loan: Cao; Trung Quốc: Thấp

Hệ thống CDI với công suất lọc lớn, lõi lọc có khả năng tự làm sạch, tuổi thọ lõi lọc lên đến 5 năm, tỷ lệ nước đầu ra thu được từ 85 - 90% giúp tiết kiệm chi phí vận hành, tránh lãng phí nguồn nước là công nghệ phù hợp với nhu cầu tại trường học. Ngoài công nghệ khử điện dung ion, hệ thống tiền lọc bao gồm cột lọc thô, cột cation, màng lọc kích thước 5,0 µm và 1,0 µm. Cấu tạo này giúp mô hình xử lý nước bằng công nghệ khử ion điện dung cải tiến phù hợp với hầu hết nguồn nước đầu vào tại các điểm trường: Nước máy từ Nhà máy cấp nước sạch của tỉnh, nước giếng khoan, nước giếng khơi,... Công nghệ CDI không chỉ có khả năng xử lý hoàn toàn được nhóm chất ô nhiễm như: As, Cu, Ni, Cd, Pb, Ba, B,... và các chất hữu cơ, mà còn giữ nguyên khoáng chất thiết yếu: Ca, Mg, K, Na,...

Nguyên lý hoạt động của mô hình được thể hiện trong Hình 2 và 3, công nghệ CDI hoạt động dựa trên một quá trình điện hóa trong đó nước được lọc qua các điện cực tích điện (thường được làm từ vật liệu dẫn điện như than hoạt tính hoặc vật liệu cac-bon). Khi áp dụng một điện áp giữa hai điện cực, các ion trong nước sẽ di chuyển về phía các điện cực có điện

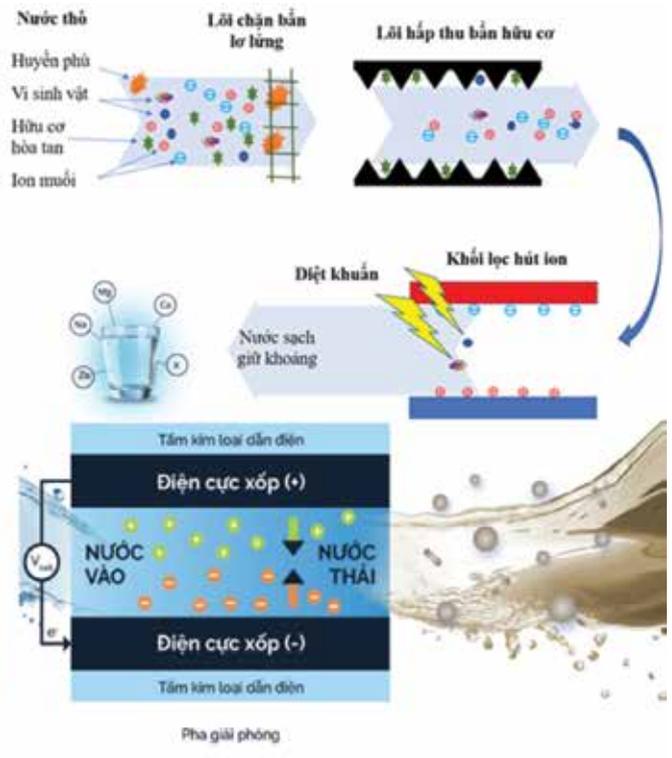
tích đối lập (các ion dương bị hút về điện cực âm và các ion âm bị hút về điện cực dương). Các ion này sẽ bị “đánh bắt” và lưu giữ trên bề mặt điện cực. Sau khi điện áp được tắt, các ion bị giữ lại sẽ không thể quay lại vào dung dịch, giúp làm sạch nước. Sau một thời gian hoạt động, các điện cực sẽ bão hòa với ion, lúc này, cần phải áp dụng một điện áp đảo chiều để loại bỏ các ion đã bị “bắt giữ” khỏi điện cực. Quá trình này gọi là “tái tạo” và giúp tái sử dụng điện cực nhiều lần mà không cần thay thế.

Kết quả đánh giá về hiệu quả kinh tế - xã hội và môi trường của mô hình xử lý nước bằng công nghệ CDI cho thấy, đây là công nghệ xử lý và cung cấp nước sạch hiệu quả, đảm bảo an toàn và đạt chất lượng.

Về hiệu quả xử lý nước: Mô hình CDI cho thấy khả năng xử lý nước rất hiệu quả, với tỷ lệ thu hồi nước đạt 91%, đảm bảo cung cấp nguồn nước sạch đạt tiêu chuẩn chất lượng theo quy định của Bộ Y tế Việt Nam và Tổ chức Y tế Thế giới (WHO). Chất lượng nước đầu ra của CDI vượt qua các chỉ tiêu về hóa học và vi sinh vật, đảm bảo an toàn cho người sử dụng (Bảng 4).



▲ Hình 2. Nhóm nghiên cứu vận hành, hiệu chuẩn máy lọc nước CDI tại phòng thí nghiệm



▲ Hình 3. Cơ chế hoạt động của máy lọc nước uống trực tiếp bằng công nghệ CDI

Bảng 4. Kết quả phân tích chất lượng nước đầu ra CDI tại trường Mầm non Liên Cơ

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Giới hạn tối đa cho phép theo QCVN 6-1:2010/BYT
1	pH	-	7,21	-
2	TDS	mg/l	187	-
3	TSS	mg/l	KPH	-
4	Độ cứng	mg/l	40,1	-
5	Cu	mg/l	KPH	2,00
6	B	mg/l	KPH	0,50
7	As	mg/l	KPH	0,01
8	Cd	mg/l	KPH	0,003
9	Ba	mg/l	0,016	0,70
10	Sb	mg/l	KPH	0,02
11	Se	mg/l	KPH	0,01
12	Ni	mg/l	KPH	0,07
13	Mo	mg/l	KPH	0,07
14	Hg	mg/l	KPH	0,006
15	Pb	mg/l	0,0008	0,01
16	Mn	mg/l	KPH	0,40
17	Cr	mg/l	KPH	0,05
18	Clorit	µg/l	KPH	0,70
19	Clorat	µg/l	KPH	0,70
20	Bromat	µg/l	KPH	0,01
21	Nitrit	mg/l	KPH	3,00
22	Nitrat	mg/l	1,91	50,0



23	Xyanua	µg/l	KPH	0,07
24	Fluoride	mg/l	KPH	1,50
25	Tổng hàm lượng Clo	mg/l	KPH	5,00
26	Hoạt độ phóng xạ Alpha	Bq/l	KPH	-
27	Hoạt độ phóng xạ Beta	Bq/l	KPH	-
28	Định lượng bào tử vi khuẩn kỵ khí khử sulfit	CFU/50ml	<1	0
29	Định lượng Coliforms	CFU/250ml	<1	0
30	Định lượng Streptococci feacal	CFU/250ml	<1	0
31	Định lượng Pseudomonas aeruginosa	CFU/250ml	<1	0
32	Định lượng E.Coli	CFU/250ml	<1	0

Về kinh tế, môi trường: Thông qua việc đánh giá chi phí và hiệu quả cho thấy, công nghệ CDI có giá thành rẻ, đáp ứng yêu cầu chất lượng nước sạch cho các khu vực trường học, cộng đồng. Công nghệ khử ion điện dung được đánh giá cao về hiệu quả kinh tế, đặc biệt so với các phương pháp xử lý nước truyền thống như thẩm thấu ngược RO. Với chi phí đầu tư ban đầu thấp hơn đáng kể, công nghệ CDI phù hợp cho các khu vực nông thôn và cộng đồng có ngân sách hạn chế. Hệ thống CDI có thiết kế và vận hành đơn giản, tiêu thụ ít năng lượng hơn và không yêu cầu sử dụng hóa chất trong quá trình xử lý, giúp giảm chi phí vận hành. Các thành phần của hệ thống, như bộ lọc và điện cực, có tuổi thọ cao và dễ dàng bảo trì, góp phần tiết kiệm chi phí bảo dưỡng. Bài toán kinh tế sơ bộ, để xử lý 1000 lít nước uống phục vụ cho 400 đến 500 học sinh, giáo viên tại các điểm trường, chi phí vận hành mô hình CDI chỉ mất 9.835 đồng/ngày, tương đương 295.000 đồng/tháng, so với việc nhà trường phải mua nước uống đóng thùng loại 18 lít với chi phí gần 700.000 đồng/tháng, thì mô hình CDI tiết kiệm gần 400.000 đồng/tháng. Đây là khoảng tiền không nhỏ, có thể dùng cho các mục đích khác của nhà trường phục vụ cho các em học sinh. Nhờ những ưu điểm này, công nghệ CDI mang lại lợi ích kinh tế lâu dài, đặc biệt trong việc cung cấp nước sạch cho các trường học và cộng đồng khó khăn. Đây được coi là giải pháp bền vững, giúp cải thiện chất lượng cuộc sống tại các khu vực hạn chế về tài chính.

Về xã hội: Việc lắp đặt máy lọc nước sử dụng công nghệ CDI giúp nâng cao chất lượng nước phục vụ nấu ăn, nước uống, từ đó, cải thiện sức khỏe cộng đồng, nâng cao chất lượng cuộc sống, tạo nguồn nước an toàn, không lãng phí. Đồng thời, tăng cường nhận thức của người dân về vai trò của nước sạch, lợi ích nước sạch với sức khỏe con người và sự phát triển của trẻ em.

4. KẾT LUẬN

Hiện nay, công nghệ CDI đang được nghiên cứu và thử nghiệm tại Việt Nam, việc triển khai công nghệ này một cách rộng rãi vẫn đối mặt với một số thách thức đáng kể, bao gồm chi phí đầu tư ban đầu cao và thiếu cơ sở hạ tầng phù hợp. Tuy nhiên, với những ưu điểm rõ ràng về tiết kiệm năng lượng, tuần hoàn 90%

lượng nước thải và hiệu quả trong xử lý nước, CDI có tiềm năng trở thành một giải pháp quan trọng trong việc cải thiện chất lượng nước uống tại các khu vực thiếu nước sạch hoặc bị ô nhiễm. Để thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ này tại Việt Nam, cần có sự hỗ trợ từ các cơ quan Chính phủ và các tổ chức quốc tế.

Do đó, việc triển khai mô hình xử lý nước bằng công nghệ CDI không chỉ giải quyết vấn đề cấp bách liên quan đến xử lý nước uống sạch cho học sinh, cán bộ giáo viên, mà còn tiết kiệm năng lượng và chi phí cho quá trình xử lý nước uống trực tiếp. Bên cạnh đó, mô hình giúp nâng cao nhận thức cộng đồng về BVMT, góp phần vào việc xây dựng một tương lai xanh và bền vững cho các thế hệ tương lai.

Việc thực hiện ứng dụng công nghệ khử ion điện dung cải tiến xử lý nước uống trên địa bàn tỉnh Phú Thọ là phù hợp và cần thiết với hiện tại và tương lai. Chi phí vận hành và bảo trì của công nghệ CDI thấp hơn so với các phương pháp truyền thống. Tiết kiệm chi phí trong quá trình sử dụng CDI, đặc biệt là đối với các khu vực có ngân sách hạn chế hoặc khu vực nông thôn ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Phúc Nguyễn và Vinh Toàn, *Bảo đảm nguồn nước sinh hoạt cho người dân vùng nông thôn*, Báo Nhân dân, ngày 29/07/2024.
2. Unicef, *Tóm tắt chính sách về nước sạch và vệ sinh môi trường tại Việt Nam*, Hà Nội, (2020).
3. V.T. Lượng, T.Q. Trung, C.T.T. Hoài, *Một số biện pháp khắc phục tình trạng suy dinh dưỡng cho trẻ mầm non vùng dân tộc thiểu số*, TNU Journal of Science and Technology, 227 (2022) 568-575.
4. T.Đ. Hoà, Đ.H. Thanh, Đ.H. Nam, *Thách thức và một số giải pháp đảm bảo an ninh nguồn nước ở Việt Nam*, (2017).
5. T.T. Phạm, T.T. Phan, T.T.S. Trần, *Đánh giá hiện trạng công tác quản lý nhà nước về môi trường trên địa bàn huyện Thanh Sơn, tỉnh Phú Thọ* Assessing state management of the environment in Thanh Son district, Phu Tho province, (2022).
6. UBND tỉnh Phú Thọ. *Quyết định số 618/QĐ-UBND ngày 21/3/2022 công bố Bộ chỉ số theo dõi - đánh giá nước sạch nông thôn năm 2021 trên địa bàn tỉnh Phú Thọ* (2022).