

Đánh giá cơ hội và phân tích các vấn đề kỹ thuật trong việc tái sử dụng nước tại các khu công nghiệp

ĐỖ KHẮC UẨN*, VŨ NGỌC THỦY, NGUYỄN THỊ LAN PHƯƠNG,
BÙI HOA DƯƠNG, HOÀNG THỊ THU HƯƠNG

Trường Hóa và Khoa học Sự sống, Đại học Bách Khoa Hà Nội

Tóm tắt:

Tái sử dụng (TSD) nước thải sau xử lý là một vấn đề rất cần được quan tâm, giúp tiết kiệm nguồn tài nguyên nước, giảm chi phí nguồn nước sạch đầu vào và đồng thời giảm chi phí thu gom xử lý nước thải. Việc nghiên cứu, ứng dụng, phát triển công nghệ xử lý nước thải nâng cao, cải tạo, phục hồi nguồn nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt, hỗ trợ TSD nước và công nghệ khác nhằm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả cần được khuyến khích. Lựa chọn công nghệ phù hợp đóng vai trò quan trọng trong việc TSD nước tại các khu công nghiệp (KCN) ở các quy mô khác nhau. Công nghệ lọc màng có khả năng đảm bảo thu được nguồn nước có chất lượng cao, thậm chí thu được nguồn nước tinh khiết. Công nghệ hấp phụ có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý phục vụ cho mục đích TSD. Công nghệ trao đổi ion có tiềm năng dùng trong việc TSD nước. Tuy nhiên, cần cân nhắc lựa chọn công nghệ phù hợp với chi phí đầu tư, vận hành, phù hợp với quy mô và mục đích TSD nước.

Từ khóa: Tái sử dụng nước, nước thải công nghiệp, màng lọc, hấp phụ, trao đổi ion.

JEL Classifications: O13, P18, P48, Q53.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Quá trình công nghiệp hóa ở Việt Nam ngày càng phát triển mạnh mẽ. Các KCN đã được xây dựng và hoạt động tại tất cả các tỉnh, thành phố. Theo thống kê, cả nước hiện có khoảng 563 KCN nằm trong quy hoạch. Trong đó khoảng gần 400 KCN được thành lập và đã đi vào hoạt động với tổng diện tích đất tự nhiên đạt khoảng hơn 87,1 nghìn ha, diện tích đất công nghiệp khoảng hơn 58,7 nghìn ha. Ngoài ra còn có 106 KCN đang trong quá trình xây dựng với diện tích đất công nghiệp khoảng 23,8 nghìn ha [1]. Tính đến hết quý 1/2023, tỷ lệ lấp đầy các KCN cấp 1 trên

cả nước tiếp tục xu hướng tăng, đạt mức trên 80%. Bình Dương có tỷ lệ lấp đầy cao nhất, đạt trên 95%. Tỷ lệ lấp đầy KCN tại các thị trường trọng điểm phía Bắc và phía Nam đều duy trì ở mức trên 90% trong năm 2022. Một số khu công nghiệp tại Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh, Đồng Nai, Bắc Ninh, Bắc Giang, Bình Dương được lấp đầy gần như hoàn toàn. Kết quả thống kê cho thấy, hàng ngày khoảng hơn một triệu mét khối nước thải được xả từ các KCN [2].

Theo quy định về BVMT, nước thải tại các KCN phải được thu gom và xử lý đạt QCVN 40:2011/ BTNMT (sắp tới là QCVN 40:2025/ BTNMT, có hiệu

Bảng 1. TSD nước cho các hoạt động tại nhà máy XLNT [5]

STT	Hoạt động TSD nước	Yêu cầu kỹ thuật	Yêu cầu chất lượng nước
1	Phun bề phản ứng sinh học để dập bọt bề hiếu khí, bể điều hòa, bể lắng cát thổi khí	Lưu lượng nước phun 0,007 m ³ /phút/m dài đường ống phun	SS < 50 mg/l
2	Rửa bể lọc cát	Cường độ 6-8 l/s.m ² trong 5 phút hoặc bằng nước và gió kết hợp cường độ nước 3-4 l/s.m ² trong 5 phút	SS và BOD ₅ < 25 mg/l
3	Làm sạch sơ bộ công trình/ thiết bị xử lý bùn	Lượng nước 0,3 -1,0 m ³ /dàn.phút	SS < 30 mg/l
4	Pha chế các loại hóa chất như PAC, polymer, vôi nước Ca(OH) ₂ , dung dịch hypoclorit	Lượng nước tùy theo quy mô	SS và BOD ₅ < 20 mg/l
5	Dội nhà vệ sinh và rửa sàn công tác nhà máy	Lượng nước 2 lít/m ² sàn/ngày	TSS < 30 mg/l Coliform ≤ 200 MPN/100 ml
6	Tưới cây, rửa đường	Lượng nước 3 lít/m ² /ngày và rửa đường 0,4 lít/m ² /ngày	TSS < 30 mg/l Coliform ≤ 200 MPN/100 ml



lực từ ngày 1/9/2025) trước khi xả thải. Mặc khác, theo Chiến lược phát triển công nghiệp Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035 (Quyết định số 879/QĐ-TTg), ngành công nghiệp của Việt Nam sẽ phát triển theo hướng thân thiện với môi trường, hướng tới một ngành công nghiệp xanh và kết hợp với xu hướng kinh tế tuần hoàn. Do đó, việc tuần hoàn và TSD nước tại các KCN ở Việt Nam là một vấn đề được quan tâm.

Việc TSD nước thải sau khi xử lý đã được đề cập và khuyến khích trong các văn bản Luật, Nghị định. Luật BVMT năm 2020 đã quy định về việc TSD chất thải, trong đó có nước thải. Nước thải được khuyến khích TSD khi đáp ứng yêu cầu về BVMT và mục đích sử dụng nước (Mục 2 Điều 72). Luật Tài nguyên nước năm 2023 (Điều 4) nêu rõ: Khuyến khích tổ chức, cá nhân đầu tư nghiên cứu, ứng dụng khoa học, công nghệ tiên tiến để quản lý, bảo vệ, phát triển các nguồn nước, khai thác, sử dụng tiết kiệm, hiệu quả tài nguyên nước, xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật để TSD. Nghị định số 08/2022 (Khoản 3, Điều 74, mục 5), đề cập đến hoạt động chuyển giao nước thải. Nước thải chuyển giao để TSD chỉ được chuyển giao đến cơ sở sản xuất sử dụng trực tiếp làm nước đầu vào cho hoạt động sản xuất. Như vậy, để đảm bảo yêu cầu chất lượng nước, việc nghiên cứu, ứng dụng, phát triển công nghệ xử lý nước thải, cải tạo, phục hồi nguồn nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt, TSD nước và công nghệ khác nhằm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả cần được khuyến khích. Bài báo tổng hợp các thông tin, đánh giá lợi ích, các cơ hội và phân tích khía cạnh kỹ thuật cho một số công nghệ phục vụ TSD nước tại các KCN.

2. ĐÁNH GIÁ LỢI ÍCH VÀ CƠ HỘI CỦA VIỆC TÁI SỬ DỤNG NƯỚC TẠI CÁC KHU CÔNG NGHIỆP

Lợi ích

Việc TSD nước mang lại nhiều lợi ích về kinh tế và môi trường. TSD nước trong một công đoạn sản xuất có thể giúp tiết kiệm được lượng nước sử dụng, do đó cắt giảm được chi phí sử dụng nước cấp cũng như chi phí đầu tư cho việc xây dựng hệ thống cấp nước cho quy trình sản xuất. TSD nước sẽ làm giảm lưu lượng nước tạo thành, từ đó tiết giảm được thể tích của các bể xử lý nước thải, giúp tiết kiệm chi phí đầu tư hệ thống xử lý và các chi phí vận hành [3].

Việc TSD nước đem lại nhiều lợi ích, góp phần thúc đẩy các cơ sở, khu sản xuất, kinh doanh, dịch vụ tập trung, cụm công nghiệp tiếp cận theo hướng kinh tế tuần hoàn trong xử lý và TSD nước thải, bao gồm: Giảm khai thác tài nguyên nước; tăng hiệu quả

sử dụng nước; kéo dài thời gian sử dụng nước; nâng cao hiệu quả sử dụng và giảm định mức tiêu thụ tài nguyên nước; thu gom, lưu trữ để TSD nước mưa; thu gom, xử lý, TSD nước thải [4]. Ngoài ra, việc TSD nước góp phần giảm thiểu ô nhiễm và lưu lượng nước thải đối với các nguồn tiếp nhận nguồn nước mặt. Tăng nguồn nước cấp cho các nhu cầu sản xuất. Góp phần cải thiện môi trường, cải thiện nguồn nước mặt và nước ngầm.

Cơ hội

Theo yêu cầu về BVMT, nước thải phải được quản lý phù hợp với mục đích sử dụng và khả năng chịu tải của môi trường nước mặt. Đặc biệt, quy định rõ không phê duyệt kết quả thẩm định báo cáo đánh giá tác động môi trường hoặc cấp giấy phép môi trường cho dự án đầu tư mới có hoạt động xả nước thải trực tiếp vào môi trường nước mặt không còn khả năng chịu tải theo công bố của cơ quan nhà nước có thẩm quyền, trừ trường hợp chủ dự án đầu tư có phương án xử lý nước thải đạt QCVN 08:2023/BTNMT trước khi thải vào môi trường tiếp nhận hoặc có phương án tuần hoàn, TSD để không làm phát sinh thêm nước thải hoặc trường hợp dự án đầu tư xử lý ô nhiễm, cải tạo, phục hồi, cải thiện chất lượng môi trường khu vực bị ô nhiễm. Do đó, nước thải được khuyến khích TSD khi đáp ứng yêu cầu về BVMT và mục đích sử dụng nước. Đầu tư và có cơ chế khuyến khích tổ chức, cá nhân đầu tư nghiên cứu, ứng dụng khoa học, công nghệ tiên tiến để quản lý, bảo vệ, phát triển các nguồn nước, khai thác, sử dụng tiết kiệm, hiệu quả tài nguyên nước, xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật để TSD, thu gom, sử dụng nước mưa, bổ sung nhân tạo nước dưới đất, khôi phục nguồn nước bị ô nhiễm (Luật Tài nguyên nước, Điều 58,59,60) [5].

Các phương án TSD nước cho các hoạt động tại mỗi KCN thải bao gồm: Tưới cây; sử dụng cho nhà vệ sinh; rửa đường; cho làm mát; xử lý khí thải; giải nhiệt nhà xưởng; phòng cháy chữa cháy. Cần lưu ý, mỗi mục đích TSD cần có một quy định kiểm soát chất lượng phù hợp. Bên cạnh đó, các KCN đều có hoạt động thu gom, xử lý nước thải. Do đó, nước sau xử lý có thể TSD cho một số hoạt động trong phạm vi nhà máy xử lý nước thải tập trung tại các KCN, ví dụ rửa, vệ sinh các công trình, trang thiết bị, pha chế hóa chất, dội nhà vệ sinh, sàn xưởng hoặc bơm đi tưới cây, rửa đường trong nhà máy (Bảng 1).

3. NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN, ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TSD NƯỚC TẠI CÁC KCN

Các nghiên cứu khoa học, ứng dụng, phát triển công nghệ xử lý nước thải, cải tạo, phục hồi nguồn



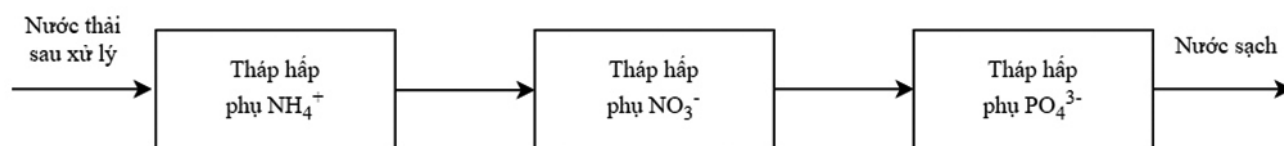
Khảo sát trạm xử lý nước thải tập trung, phục vụ mục đích tái sử dụng nước

nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt, TSD nước và công nghệ khác nhằm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả luôn được khuyến khích [6], bao gồm: Công nghệ nhằm sử dụng nước tuần hoàn, TSD nước nâng cao hiệu quả sử dụng nước trong các ngành công nghiệp, xây dựng, nông nghiệp; Công nghệ xử lý nước thải, cải tạo, phục hồi nguồn nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt; Công nghệ tiên tiến trong việc vận hành điều tiết nước hồ chứa, khai thác và sử dụng hợp lý nguồn nước; Công nghệ để chế tạo mới các phương tiện, thiết bị sử dụng nước tiết kiệm; cải tiến, đổi mới, nâng cấp thiết bị sử dụng nước; Giải pháp sử dụng nước tiết kiệm và hiệu quả trong quá trình thiết kế, thi công công trình xây dựng.

Để đáp ứng yêu cầu TSD, các giải pháp công nghệ cần được nghiên cứu ứng dụng nhằm nâng cao chất lượng nước. Trong đó, các công nghệ màng lọc, trao đổi ion và hấp phụ có khả năng đảm bảo chất lượng để TSD nước cho nhiều mục đích khác nhau [6]. Việc lựa chọn công nghệ xử lý còn phụ thuộc vào chất lượng nước thải, mức độ đầu tư và mục tiêu TSD nước. Việc cân đối giữa chi phí và lợi ích cần được tính toán kỹ trước khi áp dụng. Lợi ích về mặt môi trường cần được lượng giá đầy đủ hơn để có mức đầu tư hợp lý cho các giải pháp TSD nước. Vì vậy, việc định hướng lựa chọn mô hình TSD nước phù hợp sẽ góp phần định hình quy mô TSD. Công nghệ lọc màng có khả năng đảm bảo thu được nguồn nước có

Bảng 2. Loại bỏ amoni, nitrat, photphat bằng các quá trình hấp phụ [7]

STT	Quá trình hấp phụ	Vật liệu hấp phụ điển hình
1	Hấp phụ amoni	Hấp thụ amoni bằng $CeO_2 - Mn_2O_3$
		Hấp phụ amoni bằng than hoạt tính làm từ rơm rạ
		Hấp phụ amoni bằng zeolite
2	Hấp phụ nitrat	Hấp phụ nitrat bằng polystyrene
		Hấp phụ nitrat bằng than sinh học từ tràm
		Hấp phụ amoni và nitrat bằng than sinh học làm từ trấu
3	Hấp phụ phosphate	Hấp phụ photphat bằng ZnO
		Hấp phụ phophat bằng đá ong



Hình 1. Sơ đồ quy trình hấp phụ

chất lượng cao, thậm chí thu được nguồn nước tinh khiết. Tuy nhiên chi phí đầu tư và vận hành cao, nên trong bài này, tập trung phân tích, đánh giá về công nghệ hấp phụ và công nghệ trao đổi ion.

Công nghệ hấp phụ có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm còn lại trong nước thải sau xử lý nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý phục vụ cho mục đích TSD. Ví dụ, loại bỏ các thông số amoni, nitrat, photphat như tổng hợp trên Bảng 2.

Do ion NH_4^+ có khả năng bị oxy hóa thành NO_3^- thông qua quá trình nitrat hóa, cần đặt tháp hấp phụ NO_3^- sau tháp hấp phụ NH_4^+ . Nếu đặt tháp hấp phụ NO_3^- trước tháp hấp phụ NH_4^+ , 1 phần ion NH_4^+ sau khi qua tháp hấp phụ NO_3^- có thể bị oxy hóa thành NO_3^- và không được xử lý ở các tháp hấp phụ phía sau. Khả năng hấp phụ PO_4^{3-} của đá ong bị ảnh hưởng bởi ion NO_3^- có trong nước. Vì vậy, cần đặt tháp hấp phụ NO_3^- phía trước tháp hấp phụ PO_4^{3-} để tránh làm giảm hiệu suất của quá trình hấp phụ PO_4^{3-} của đá ong.

Dựa vào cơ sở trên, có thể áp dụng quy trình hấp phụ phía dưới.

Quá trình hấp phụ có thể thực hiện trong nhiều loại thiết bị khác nhau, ví dụ bể hấp phụ vật liệu dạng bột, tháp hấp phụ tĩnh hoặc tháp hấp phụ tầng sôi (Bảng 3). Trong đó, sử dụng tháp hấp phụ tĩnh có nhiều ưu điểm do chiều di chuyển của nước từ trên xuống, tránh làm xáo trộn vật liệu (Bảng 3).

Phương pháp hấp phụ có khả năng xử lý một số ion trong nước đạt hiệu suất cao nhằm mục đích TSD. Phương pháp hấp phụ vẫn còn một số nhược điểm cần lưu ý: Vật liệu hấp phụ chỉ hấp phụ được một số loại ion nhất định. Vật liệu hấp phụ có kích thước không đồng đều, gây ra sai lệch trong tính toán. Quá trình hấp phụ bị ảnh hưởng bởi một số loại ion khác có trong nước, dẫn đến hiệu suất hấp phụ không cao.

Công nghệ trao đổi ion có tiềm năng dùng trong việc TSD nước. Việc lựa chọn các loại vật liệu trao đổi ion có ý nghĩa quyết định đến hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải. Hiệu quả xử lý các ion phụ thuộc vào tính chất của từng loại nhựa sẽ được nêu ra bên dưới. Các loại nhựa trao đổi ion này có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo. Các loại vật liệu trao đổi làm từ vật liệu nhân tạo sẽ có hiệu suất xử lý cao hơn, còn vật liệu trao đổi ion tự nhiên có hiệu suất xử lý thấp hơn nhưng thân thiện với môi trường và có khả năng tái sinh cao hơn. Để đánh giá và so sánh các vật liệu trao đổi ion cần phải nắm rõ 1 số thông số của các loại nhựa: Hình dạng vật lý; hiệu suất xử lý. Từ các thông số này có thể đưa ra được ưu, nhược điểm của các loại nhựa cũng như đưa ra được loại nhựa phù hợp nhất với ion cần xử lý với hiệu suất xử lý cao nhất và chi phí hợp lý nhất. Bảng 4 đưa ra thông tin tổng hợp về các loại vật liệu trao đổi ion để làm cơ sở cho việc lựa chọn, ứng dụng trong TSD nước. Mặc dù vậy, kỹ thuật trao đổi ion cũng có một vài những điểm hạn chế về

Bảng 3. Đặc điểm một số loại thiết bị hấp phụ [6,7]

STT	Thiết bị	Ưu điểm	Nhược điểm
1	Bể hấp phụ vật liệu dạng bột	Dễ tháo lắp, phù hợp với mục đích sử dụng ngắn hạn Tốc độ hấp phụ nhanh do có diện tích bề mặt lớn	Nước sau xử lý có thể lẫn vật liệu hấp phụ, cần loại bỏ trước khi sử dụng Vật liệu hấp phụ khó tái sinh Thiết bị làm việc theo mẻ, yêu cầu nhân lực vận hành
2	Tháp hấp phụ tĩnh	Vật liệu có thể TSD nhiều lần Không cần các thiết bị xử lý phía sau Có thể làm việc liên tục	Tốc độ hấp phụ chậm
3	Tháp hấp phụ tầng sôi	Diện tích tiếp xúc lớn hơn tháp hấp phụ tĩnh Tận dụng tối đa diện tích bề mặt của vật liệu hấp phụ	Nước chảy với tốc độ cao, không đảm bảo thời gian hấp phụ Vật liệu dễ bị mài mòn

Bảng 4. Tổng hợp các vật liệu trao đổi ion có thể sử dụng cho mục đích TSD nước [4,6,8]

STT	Vật liệu	Phân loại	Hình dạng vật lý	Ứng dụng
1	PLE (Polymeric Ligand Exchanger)	Vật liệu trao đổi anion PO_4^{3-}	Dạng lỗ xốp lớn	Nước thải công nghiệp chứa PO_4^{3-}
2	Nhựa zeolit KF	Vật liệu trao đổi ion NH_4^+	Hạt mịn và hạt thô	Hiệu suất ảnh hưởng bởi sự cạnh tranh anion Hiệu suất phụ thuộc vào tỉ lệ ion trong vật liệu/ tỉ lệ ion trong nước thải
3	Nhựa SIR-600	Vật liệu trao đổi ion NH_4^+	Hình dạng không đồng đều, màu xanh rêu	Loại bỏ NH_4^+ trong nước thải
4	Nhựa zeolit NaP1	Vật liệu trao đổi NH_4^+	Hình dạng: Hạt mịn và hạt thô	tỷ lệ loại bỏ NH_4^+ tốt
5	Nhựa relite A490	Vật liệu trao đổi NO_3^-	Hơi vàng nhạt, hạt đục, hạt màu vàng đục	Loại bỏ NO_3^- trong nước thải với hiệu quả cao
6	Nhựa Purolite A520E	Vật liệu trao đổi NO_3^-	Hạt hình cầu, Màu	Loại bỏ NO_3^- trong nước thải với hiệu quả cao

việc khó khăn trong việc lựa chọn vật liệu đảm bảo được hiệu suất xử lý đồng thời amoni, nitrat, photphat. Ngoài ra cần tính đến các phương án tái sinh vật liệu trao đổi sau vật liệu đã bão hòa.

4. KẾT LUẬN

TSD nước thải sau xử lý giúp tiết kiệm nguồn tài nguyên nước, giúp giảm chi phí nguồn nước sạch đầu vào và giảm chi phí thu gom xử lý nước thải. Yêu cầu về chất lượng nước thải, mức độ cần xử lý liên quan chặt chẽ với mục đích TSD. Việc TSD nước phải được quản lý và giám sát chặt chẽ, bảo đảm các yêu cầu về sức khỏe và môi trường. Ví dụ, sử dụng các thông số (ví dụ pH, Coliform (hoặc E.Coli), độ đục, Clo dư, BOD, TSS) để đánh giá chất lượng nước khi xem xét cho các mục đích sử dụng khác nhau. Lựa chọn công nghệ phù hợp đóng vai trò quan trọng trong việc TSD nước tại các KCN ở các quy mô khác nhau. Công nghệ lọc màng có khả năng đảm bảo thu được nguồn nước có chất lượng cao, thậm chí thu được nguồn nước tinh khiết. Tuy nhiên, chi phí đầu tư và vận hành cao. Công nghệ hấp phụ có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý phục vụ cho mục đích TSD. Quá trình hấp phụ có tính chọn lọc bị ảnh hưởng bởi một số loại ion, ảnh hưởng đến hiệu suất hấp phụ không cao. Công nghệ trao đổi ion có tiềm năng dùng trong việc TSD nước. Tuy nhiên, cần lựa chọn vật liệu trao đổi ion phù hợp đảm bảo được hiệu suất xử lý đồng thời các ion trong nước. Đặc biệt, các nghiên cứu thử nghiệm cần được triển khai với các mô hình thực tế để xác định các công

nghệ phù hợp về kinh tế và kỹ thuật, hỗ trợ hiệu quả việc TSD nước thải■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <https://laodongcongdan.vn/dong-nai-dan-dau-ca-nuoc-ve-so-luong-khu-cong-nghiep-dang-hoat-dong-91274.html>.
2. <https://www.mpi.gov.vn/portal/pages/print.aspx?p=95677>.
3. Phan Mai Linh, Nguyễn Đình Tùng (2021). Kinh nghiệm TSD nước thải trên thế giới và áp dụng đối với Việt Nam. Tạp chí Môi trường, số 2/2021.
4. L. P. Nguyen, T. H. Hoang, D. H. Nguyen, N. A. Hoang, and K.-U. Do, (2022) “Evaluation of water reuse in industrial and service facilities in Da Nang, Viet Nam - Possibilities and bottlenecks”, Vietnam J. Sci. Technol., vol. 60, no. 5B, pp. 184–193, Oct. 2022.
5. Trịnh Tuyết Dung (2018). Kinh nghiệm phát triển khu công nghiệp sinh thái ở Hàn Quốc và bài học cho Việt Nam. Tạp chí Khoa học HNUE, số 63 tập 5, trang 152-159.
6. Hoàng Thị Thu Hương, Đỗ Khắc Uẩn, Nguyễn Thị Lan Phương, Đào Hoàng Hải (2023) Tuần hoàn TSD nước thải sau xử lý trong công nghiệp - Tiềm năng và thách thức. Tạp chí Môi trường, số chuyên đề 3/2023, pp 4-9.
7. Kakwani NS, Kalbar PP. (2020). Review of circular economy in urban water sector: challenges and opportunities in India. J Environ Manag 271:111010.
8. UNESCO (2020), Water reuse within a circular economy context. Republic of Korea by Piena Books.