



NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÁC MẪU ĐỊNH HÌNH DÒNG CHẢY KẾT HỢP VỚI BÃI LỌC TRỒNG CÂY ĐỂ XỬ LÝ GIẢM THIỂU Ô NHIỄM NƯỚC HỒ TẠI KHU VỰC BÃI CHÔN LẤP RÁC THẢI ĐÔ THỊ

Lê Thọ Bách¹, Ứng Thị Thúy Hà²

Tóm tắt: Nghiên cứu ứng dụng các mẫu định hình dòng chảy kết hợp với bãi lọc trồng cây nhằm góp phần ngăn chặn ô nhiễm bởi nước rỉ rác từ các bãi chôn lấp rác thải đô thị đã được thực hiện thành công. Kết quả nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm cho thấy hệ thống định hình dòng chảy gồm 7 bát mẫu xếp dạng bậc thang có khả năng làm thoáng tăng cường ôxi hòa tan cho dòng chảy qua từng bậc tăng từ 0 đến 5,6 mg/L. Việc kết nối các hợp phần tạo dòng chảy tuần hoàn liên tục (hồ sinh học → bãi lọc trồng cây → hệ thống mẫu định hình dòng chảy → hồ sinh học) giúp hệ thống có khả năng xử lý nước hồ bị ô nhiễm bởi nước rỉ rác có nồng độ COD, TOC, TN, PO₄, Fe tương ứng ở mức 382; 168; 75; 4; 2 mg/L giảm xuống còn 36; 17; 25; 1,6; 0,09 mg/L sau 11 ngày vận hành liên tục. Nước sau xử lý có thể dùng để tưới cây trồng làm hấp thụ hoàn toàn tạo thành hệ thống xử lý không phát thải và thân thiện với môi trường.

Từ khóa: Mẫu định hình dòng chảy; nước rỉ rác; bãi lọc trồng cây; hồ sinh học.

Summary: The applied study on flowform system in combination with constructed wetland in order to contribute to the environmental pollution prevention of the lakes in the landfill area has been done successfully. Results from the various experimental researches show that the serial flowforms (7 pieces, installed in ladder type) are capable to enhance the DO concentration from 0 to 5,6 mg/L in stream flowed through its. The system installed with the continuous circulation flow biological pond - constructed wetland - flowforms is capable to treat the water polluted by landfill leachate with reduction of COD, TOC, TN, PO₄, Fe concentrations of 382; 168; 75; 4; 2 mg/L, respectively, to 36; 17; 25; 1,6; 0,09 mg/L after 11 days. The treated water can be used for crop irrigation in landfill cover area completely.

Keywords: Flowforms; leachate; constructed wetland; biological pond.

Nhận ngày 17/12/2015, chỉnh sửa ngày 31/12/2015, chấp nhận đăng 07/01/2016



1. Mở đầu

Chôn lấp hợp vệ sinh hiện đang là giải pháp xử lý chất thải rắn sinh hoạt được sử dụng phổ biến ở Việt Nam. Mặc dù đây là giải pháp có nhiều nhược điểm cần hạn chế ứng dụng, tuy nhiên cho tới nay vẫn chưa có công nghệ nào được công nhận là phù hợp và khả thi trong điều kiện Việt Nam để có thể thay thế giải pháp chôn lấp rác thải. Các bãi chôn lấp vẫn tiếp tục được xây dựng hoặc được hình thành một cách tự phát tại nhiều tỉnh thành ở Việt Nam. Một trong những vấn đề bức xúc của cộng đồng sinh sống tại khu vực gần các bãi chôn lấp là ô nhiễm môi trường nước bởi nước rỉ rác từ các bãi chôn lấp rác thải đô thị. Cần có giải pháp cô lập, ngăn chặn và xử lý triệt để nước rỉ rác ngay tại nguồn gây ô nhiễm là các bãi chôn lấp rác thải đô thị.

Xử lý nước rỉ rác hiện cũng đang là vấn đề nan giải đối với các nhà quản lý cũng như các cán bộ nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ. Nước rỉ rác từ các bãi chôn lấp ở Việt Nam chứa nhiều thành phần ô nhiễm độc hại, phức tạp và không thể nhận biết được các thành phần đặc trưng để tập trung xử lý do

¹PGS.TS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: leuthobach@gmail.com.

²ThS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng.

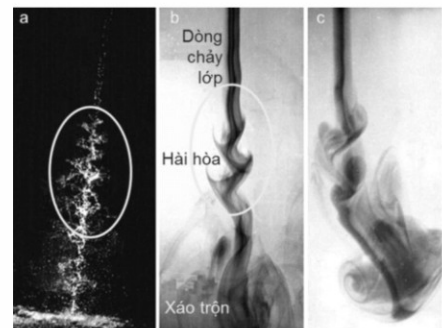
rác đem đến chôn lấp là rác hỗn tạp. Nhiều công nghệ xử lý hiện đại kết hợp các phương pháp hóa lý, sinh học... đã được ứng dụng triển khai thử nghiệm tại các bãi chôn lấp lớn như Nam Sơn, Xuân Sơn... nhưng hầu hết đều thiếu tính bền vững do lượng nước rỉ rác cần xử lý quá nhiều cộng thêm chi phí điện năng và hóa chất sử dụng trong vận hành hệ thống xử lý cao. Các thiết bị xử lý mau bị hỏng do hoạt động trong môi trường nước rỉ rác và các hóa chất có tính ăn mòn cao dẫn tới chi phí bảo dưỡng, sửa chữa và thay thế thiết bị trong quá trình vận hành cũng là những vấn đề nan giải làm bộc lộ tính thiếu bền vững của các dạng công nghệ hiện đại này. Để ngăn chặn được ô nhiễm từ nước rỉ rác tới môi trường xung quanh bãi chôn lấp cần xem xét và có cách tiếp cận hợp lý về vấn đề thu gom và xử lý nước rỉ rác.

A.A. Tatsi, A.I. Zouboulis, 2002 đã thực hiện quan trắc lượng nước rỉ rác từ bãi chôn lấp hợp vệ sinh rác thải sinh hoạt đô thị trong thời gian từ 1995 đến 2002, kết quả cho thấy với diện tích bãi chôn lấp 50 ha, được thiết kế để phục vụ hơn 1.000.000 dân tương đương công suất 1.200 T/ngđ, lượng nước rỉ rác phát sinh là từ 84 - 150 m³/ngđ [1]. Có thể thấy rằng tương quan về lượng nước rỉ rác phát sinh trên diện tích bãi chôn lấp là hoàn toàn không nhiều. Nhưng nếu gom lượng nước rỉ rác đậm đặc này về hồ chứa để từ đó xử lý làm sạch như hiện nay đang thực hiện phổ biến tại Việt Nam thì lượng nước cần xử lý sẽ tăng lên rất nhiều do pha loãng cùng nước mưa, nước chảy tràn bề mặt trong mùa mưa và chi phí xử lý theo đó sẽ tăng lên rất nhiều.

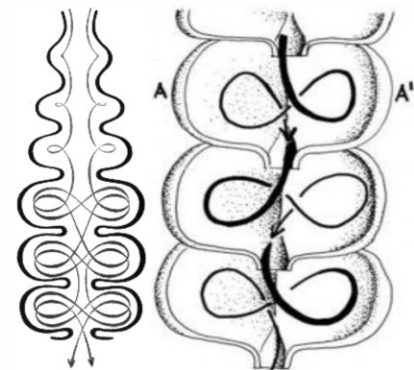
Nếu cô lập và tuần hoàn kín lượng nước rỉ rác đậm đặc về bãi chôn lấp, sử dụng bãi chôn lấp như một công trình xử lý kỵ khí nước rỉ rác, thì vừa tăng cường được độ ẩm và tốc độ phân hủy rác trong lòng bãi vừa giảm được mức độ ô nhiễm của nước rỉ rác. Vào mùa mưa, nước rỉ rác dư từ dòng tuần hoàn, nước mưa, nước chảy tràn trong khu vực bãi chôn lấp có mức độ ô nhiễm nhẹ hơn sẽ được gom về xử lý sơ bộ bằng công nghệ thân thiện như bãi lọc trồng cây, sau đó được chứa trong hồ sinh học. Vào mùa khô, nước rỉ rác dư từ dòng tuần hoàn (hầu như không đáng kể) hợp lưu cùng nước từ hồ chứa được xử lý bằng biện pháp lọc tuần hoàn qua bãi lọc trồng cây nhằm xử lý giảm tối đa mức độ ô nhiễm để sau đó sử dụng hoàn toàn cho việc tưới cây trồng trên bề mặt các ô chôn lấp đã được đóng. Với cách tiếp cận và tổ chức thu gom xử lý như nêu trên sẽ ngăn chặn hoàn toàn được ô nhiễm của nước rỉ rác tới môi trường xung quanh. Giải pháp xử lý bằng bãi lọc đơn giản, chi phí thấp và thân thiện với môi trường.

Vấn đề đặt ra là để cây trồng có thể phát triển và hấp thụ được hoàn toàn nước rỉ rác sau xử lý theo hình thức nêu trên cần thực hiện nghiên cứu đề xuất các giải pháp tăng cường hiệu suất xử lý của hệ thống bãi lọc nhằm giảm thiểu tối đa được các thành phần ô nhiễm như COD, N, P, kim loại... và đặc biệt là ôxi hòa tan, yếu tố quan trọng trong quá trình xử lý cần được tăng cường trong hệ thống để thực hiện ôxi hóa các chất hữu cơ, nitrat hóa góp phần trong quá trình khử nitơ và tăng khả năng hấp thụ cho cây trồng.

Giải pháp tăng cường làm thoáng và khôi phục sức sống của nước thải sau xử lý bằng các hệ thống mẫu định hình dòng chảy đã được ứng dụng nhiều tại Châu Âu, Mỹ [2-4]. Có thể thấy rằng, nhịp điệu thể hiện sự sống động và sức sống trong cơ thể mọi sinh vật và các hiện tượng tự nhiên. Trong môi trường tự nhiên, nước và dòng chảy có thể tạo ra vô số nhịp điệu khác nhau. Nhưng với môi trường sống của các sinh vật thì sự nhịp nhàng và hài hòa là nhịp điệu thích hợp nhất (Hình 1). Dòng chảy dạng bậc thác với nhịp điệu hài hòa sẽ đem lại điều kiện lý tưởng cho sự sống của các sinh vật thủy sinh cũng như tăng cường được khả năng tự làm sạch cho nguồn nước. Bằng các mẫu dạng bất định hình tạo xoáy và đảo dòng hình số 8, xếp dạng bậc thang sẽ tạo sự chuyển động của nước qua hệ thống có được nhịp điệu hài hòa (Hình 2). Hiệu quả làm thoáng tự nhiên của dòng nước được tăng tối đa trong một không gian nhỏ gọn.



Hình 1. Các dạng nhịp điệu của dòng nước khi tiếp xúc với không khí và nước



Hình 2. Định dạng mẫu định hình dòng chảy

Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu ứng dụng sản phẩm mẫu định hình dòng chảy (Hình 3) kết hợp với bãi lọc trồng cây nhằm tăng cường hiệu quả xử lý các thành phần hữu cơ, nitơ, photpho, kim loại và tăng cường ôxi cho nước sau xử lý góp phần ngăn chặn ô nhiễm nước từ các bãi chôn lấp rác thải đô thị.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

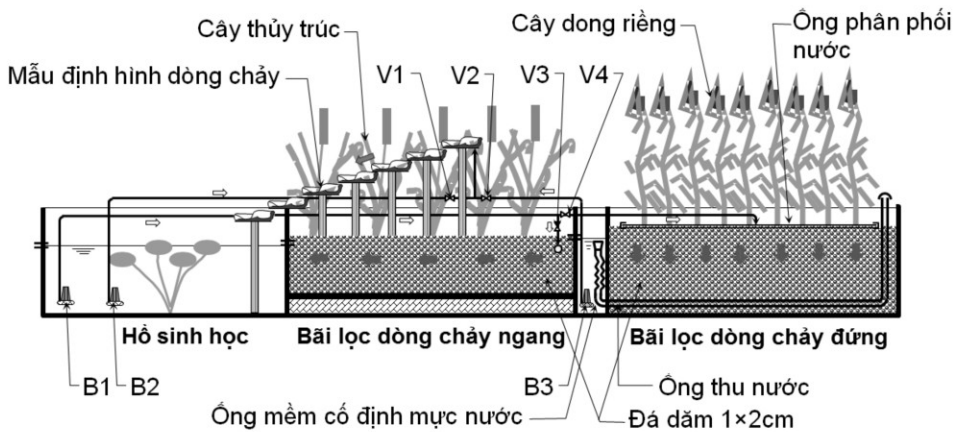
2.1 Vật liệu

Mẫu định hình dòng chảy: Mẫu định hình dòng chảy (Hình 3) được chế tạo dạng bát bằng gốm trắng men thủy tinh kích thước trên mặt bằng 270 x 270 mm. Các mẫu định hình được xếp dạng bậc thang để tạo dòng chảy xoáy và đảo chiều hình số 8 (Hình 2), theo đó nước chảy qua hệ thống sẽ được làm thoáng tăng cường.



Hình 3. Sản phẩm mẫu định hình dòng chảy

Mô hình nghiên cứu thực nghiệm (Hình 4):



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc mô hình nghiên cứu thực nghiệm

Mô hình được xây dựng bằng gạch xi măng, bố trí ngoài trời gồm các hợp phần:

- **Bãi lọc trồng cây dòng chảy đứng (BLĐ):** Kích thước khối vật liệu lọc $B \times L \times H = 0,5 \times 2,7 \times 0,9$ m; ống đục lỗ phân phối nước phía trên - PVC D27; ống thu nước và thông hơi - PVC D42; ống mềm cố định mực nước trong BLĐ - PE D42 bố trí trong hồ thu nước sau lọc.

- **Bãi lọc trồng cây dòng chảy ngang (BLN):** Kích thước khối vật liệu lọc $B \times L \times H = 0,5 \times 2,7 \times 0,5$ m; ống phân phối nước (phía tay phải) gồm 2 ống PVC D34: ống thông từ hồ thu từ BLĐ (sử dụng khi vận hành nối tiếp hai bãi lọc) và ống đục lỗ nằm ngang (sử dụng khi chạy tuần hoàn nước từ hồ sinh học về); ống xả sau lọc - PVC D42 đặt thông sang ngăn hồ sinh học.

- **Hồ sinh học (HSH):** Kích thước chứa nước $B \times L \times H = 0,5 \times 2,7 \times 0,6$ m;

- **Hệ thống mẫu định hình dòng chảy (ĐHDC):** gồm 07 bát gốm trắng men thủy tinh (Hình 3) đặt theo hình bậc thang bằng các trụ đỡ bố trí phía trên BLN.

- **Hệ thống thiết bị vận hành** gồm: Các bơm B1 tuần hoàn nước từ ngăn HSH về các bãi lọc; B2 bơm nước từ HSH lên hệ thống ĐHDC; bơm B3 đưa nước sau BLĐ lên hệ thống ĐHDC. Các máy bơm đều có công suất như nhau là 10 L/phút; tổ hợp các van V1 và V2 dùng để đóng mở nước lên hệ thống ĐHDC từ HSH, BLĐ; các van V3 và V4 quản lý nước từ HSH về BLN và BLĐ. Với hệ thống các máy bơm và tổ hợp van đóng mở như nêu trên có thể triển khai nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm theo các chế độ vận hành khác nhau nêu tại mục 2.2.

Vật liệu lọc - bùn cây - cây trồng: vật liệu lọc là đá dăm sau sàng kích thước 1 × 1 cm và 2 × 2 cm theo tỷ lệ 50:50 thể tích mỗi bãi lọc. Đá dăm sau sàng được rửa sạch bằng nước để đảm bảo loại bỏ mùn đất và cặn vôi. Sau khi phủ hết đá dăm cỡ 2 x 2 phía dưới và 50% cỡ 1 x 1 phía trên, 60 L bùn hoạt tính cô đặc (lấy từ trạm xử lý nước thải Kim Liên) được cấy vào mỗi bãi lọc, tiếp tục làm đầy các ngăn lọc bằng đá dăm 1 x 1. 120 L bùn ao được cấy vào ngăn HSH, làm đầy nước tới mức thiết kế tại mỗi ngăn của mô hình, ngâm nước trong 2 ngày đêm sau đó thực hiện trồng các loại cây thủy trúc tại BLN, dong riềng tại BLĐ, hoa súng, khoai nước và bèo lục bình tại HSH. Các loài cây nêu trên đã được nghiên cứu và ứng dụng phổ biến trong xử lý nước thải và thu hồi dinh dưỡng từ nước thải [5-7].

Nước rỉ rác - nước hồ bị ô nhiễm nhân tạo - khởi động mô hình: Nước hồ bị ô nhiễm bởi nước rỉ rác là đối tượng để nghiên cứu khả năng xử lý của mô hình thực nghiệm theo các hình thức vận hành khác nhau. Nước hồ được làm ô nhiễm nhân tạo bằng cách pha loãng nước rỉ rác lấy từ mô hình cột chôn lấp rác thải sinh hoạt trong phòng thí nghiệm. 60 L nước rỉ rác được lấy và bảo quản trong tủ lạnh ở 4°C để dùng cho các lần triển khai thực nghiệm. 8 L mẫu nước rỉ rác có nồng độ COD là 40.500 mg/L được hòa loãng theo tỷ lệ 1/100 vào ngăn HSH của mô hình. Sau khi pha loãng, nước trong ngăn HSH (M0) có COD là 402 mg/L. Mở các van V3, V4 và bật bơm B1 chạy liên tục trong thời gian 1 tuần để tạo sự ổn định chung trong các bãi lọc và HSH. Sau thời gian chạy khởi động, chất lượng nước mẫu lấy tại các điểm M1- hồ thu sau BLĐ, M2- tại BLN trước ống xả ra HSH và M3- điểm giữa HSH được phân tích và lấy làm giá trị nền của hệ thống (Bảng 1). Tại các lần triển khai nghiên cứu sau, nước hồ ô nhiễm nhân tạo được pha chế bằng cách thêm 8 L nước rỉ rác và bổ sung thêm nước sạch cho đến mức thiết kế trong HSH.

Bảng 1. Chất lượng nước hồ bị ô nhiễm và nồng độ nền trong hệ thống mô hình nghiên cứu

TT	Chỉ tiêu chất lượng	M0 (HSH)	Mẫu lấy sau 1 tuần vận hành liên tục		
			M1 (BLĐ)	M2 (BLN)	M3 (HSH)
1	pH	6,31	7,8	7,7	7,67
2	DO (mg/L)	0	1.2	1.8	2,17
3	COD (mg/L)	402	23,76	16,8	17,5
4	TOC (mg/L)	179,5	11,37	10,6	11,2
5	TN (mg/L)	68	6,2	3,5	3,2
6	PO ₄ (mg/L)	4,3	0,35	0,4	0,31
7	ΣFe (mg/L)	1,7	0,04	0,01	0,03

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm: Mô hình nghiên cứu được vận hành với các quy trình thực nghiệm khác nhau để đánh giá mức độ và khả năng xử lý nước hồ bị ô nhiễm của mô hình và đề xuất phương án kết nối các hợp phần tối ưu nhất. Mục đích nghiên cứu, chế độ vận hành mô hình, số lần và thời gian triển khai thực nghiệm trong mỗi lần theo từng giai đoạn như sau:

- **Giai đoạn 1:** Nghiên cứu khả năng xử lý của BLN. Mô hình được vận hành theo quy trình: đóng van V4; mở van V3 và bật bơm B1 chạy liên tục. Thực hiện 2 lần, mỗi lần 15 ngày.

- **Giai đoạn 2:** Nghiên cứu khả năng xử lý của hệ thống nối tiếp các BLĐ và BLN. Mô hình được vận hành theo quy trình: đóng van V3; mở van V4 và bật bơm B1 chạy liên tục. Thực hiện 2 lần, mỗi lần 11 ngày.

- **Giai đoạn 3:** Nghiên cứu khả năng xử lý của hệ thống kết hợp các BLĐ nối tiếp BLN và hệ thống ĐHDC trong đó hệ thống ĐHDC được sử dụng để tăng cường làm thoáng nước hồ. Mô hình được vận hành theo quy trình: đóng các van V2, V3; mở các van V1, V4 bật các bơm B1 và B2 chạy liên tục. Thực hiện 3 lần, mỗi lần 11 ngày.

- **Giai đoạn 4:** Nghiên cứu khả năng xử lý của hệ thống kết hợp BLĐ và hệ thống ĐHDC trong đó hệ thống ĐHDC được sử dụng để tăng cường làm thoáng nước sau BLĐ. Mô hình được vận hành theo quy trình: đóng các van V1, V3; mở các van V2, V4 bật các bơm B1 và B3 chạy liên tục. Trong đó bơm B1 được thay thế bởi máy bơm có công suất gấp 1,5 lần là 15 L/phút. Thực hiện 3 lần, mỗi lần 11 ngày.

Lấy mẫu phân tích và đánh giá chất lượng nước: Các mẫu nước được lấy và phân tích 2 ngày một lần tại các điểm M1- hồ thu sau BLĐ, M2- tại BLN trước ống xả ra HSH và M3- điểm giữa HSH. Các chỉ tiêu phân tích gồm pH, Độ dẫn điện, DO, độ màu, TOC, COD, N-NH₄, N-NO₃, TN, PO₄³⁻, tổng Fe Việc phân tích mẫu được tiến hành theo các phương pháp chuẩn [8] bằng các máy phân tích: PH-720 inolab WTW (Germany), Conductivity 3210 WTW (Germany), Hana Dissolved Oxygen Portable Meters HI9142 (Rumani); TOC-VCPh +TNM+SSM-500A-SHIMADZU (Japan), Halo DB-20S UV/Vis Double Beam Spectrophotometer (Switzerland).

Tổng hợp phân tích và so sánh: các kết quả nghiên cứu được tổng hợp từ các số liệu phân tích mẫu trong các lần triển khai vận hành mô hình theo các quy trình thực nghiệm khác nhau. Mỗi giai đoạn được thực hiện với số lần lặp lại từ 2 đến 3 lần. Giá trị trung bình về nồng độ các chỉ tiêu phân tích tại các điểm lấy mẫu trong các lần triển khai của từng giai đoạn được lập thành bảng biểu và đồ thị để so sánh, đánh giá và từ đó đề xuất phương án kết nối các hợp phần của mô hình tối ưu nhất.

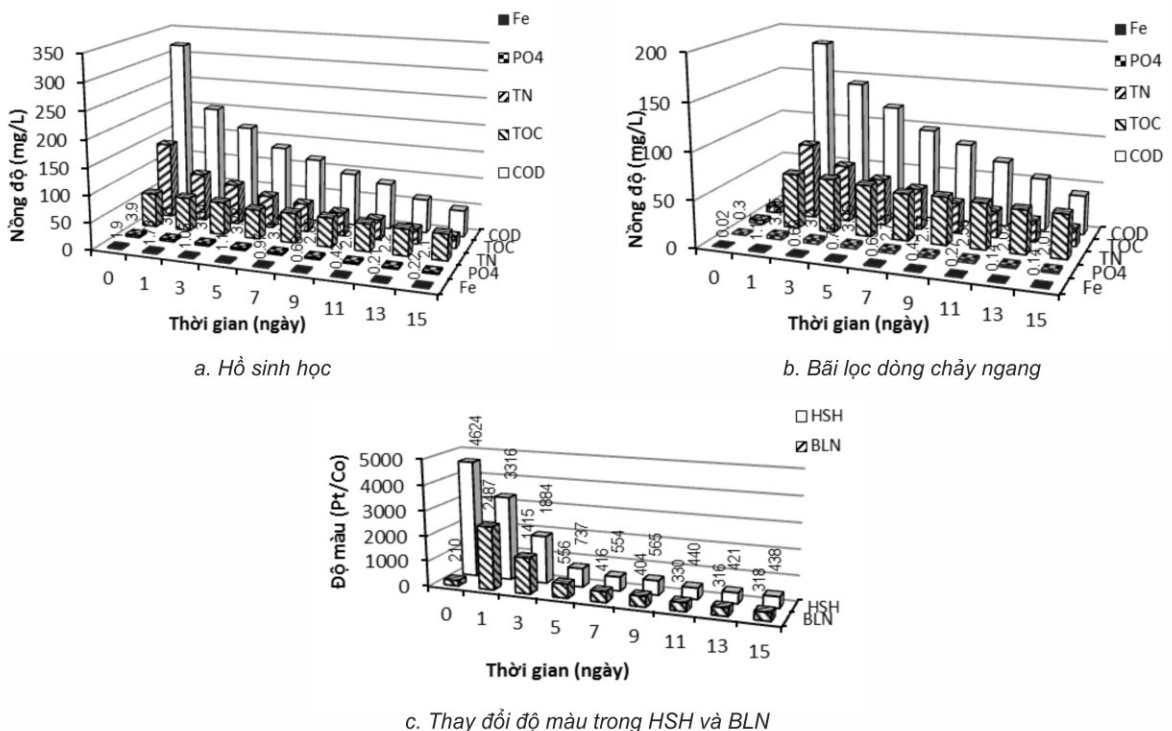


3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1 Khả năng xử lý nước hồ bị ô nhiễm bởi hệ thống bãi lọc trồng cây

Hình 5 diễn giải kết quả theo dõi sự thay đổi nồng độ các thành phần ô nhiễm theo thời gian trong mô hình nghiên cứu tại giai đoạn vận hành 1. Trong giai đoạn này, tại thời điểm ban đầu (ngày 0), sau khi nước được làm ô nhiễm nhân tạo, nồng độ các chất ô nhiễm trong HSH và trong BLN (HSH/BLN) theo các chỉ tiêu COD, TOC, TN, PO₄, Fe, DO, và độ màu tại tương ứng là 320/15,2; 140,8/6,7; 62,6/3,5; 3,9/0,3; 1,9/0,02; 0/1,8 mg/L và 4624/210 Pt/Co. Nước được bơm lọc tuần hoàn liên tục từ HSH qua BLN.

Kết quả cho thấy sau 15 ngày vận hành liên tục, chất lượng nước hồ đã được cải thiện đáng kể, nồng độ các chất ô nhiễm tại ngày thứ 15 theo COD, TOC, TN, PO₄, Fe tương ứng là 48,5; 21,3; 47,9; 2,1; và 0,22 mg/L Hình 5(a). Có thể thấy rằng nồng độ COD, TOC và Fe giảm mạnh trong 5 ngày đầu và giảm dần trong các ngày sau và đạt hiệu suất khử sau 15 ngày tương ứng là 80; 85; 88%. Các chỉ tiêu TN và PO₄ có giảm nhưng chỉ đạt hiệu suất thấp tương ứng là 23 và 46%. Diễn biến thay đổi nồng độ các chất ô nhiễm theo thời gian trong BLN cũng theo xu hướng tương tự, nồng độ các thành phần ô nhiễm sau ngày 1 và ngày 15 theo COD, TOC, TN, PO₄, Fe tương ứng là 185,5/41,7; 80,8/18,6; 58,5/46,6; 3,7/2,0; và 1,15/0,14 mg/L Hình 5 (b).

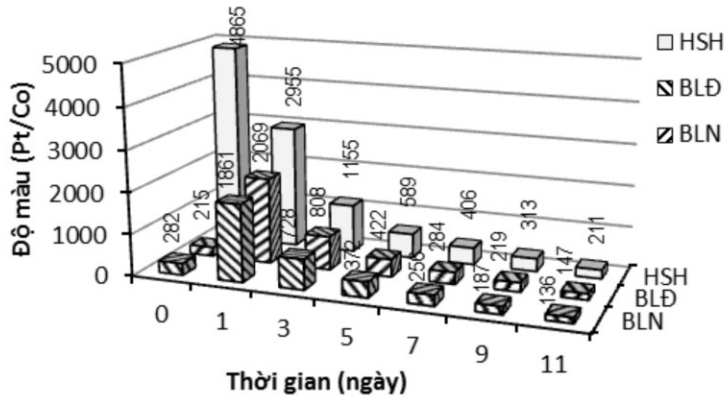


Hình 5. Thay đổi nồng độ các thành phần ô nhiễm theo thời gian trong mô hình tại giai đoạn 1

Nồng độ ôxi hòa tan trong HSH và BLN trong 10 ngày đầu đều tương đương 0 mg/L, tại ngày thứ 15 có tăng tương ứng ở mức rất thấp là 0,37 và 0,22 mg/L.

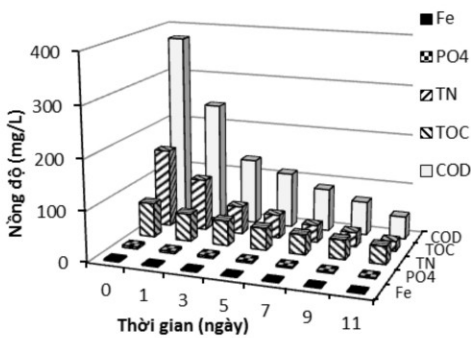
Độ màu giảm đáng kể trong HSH từ 4624 xuống còn 438 Pt/Co tương ứng đạt hiệu suất xử lý 91% sau 15 ngày. Tương tự, trong BLN giảm từ 2487 (ngày 1) xuống còn 318 Pt/Co (ngày 15) Hình 5 (c).

Tại giai đoạn vận hành 2, sau khi được làm ô nhiễm nhân tạo, nước được bơm tuần hoàn từ HSH lọc nối tiếp qua các bãi lọc BLĐ và BLN. Nồng độ các chất ô nhiễm trong HSH, BLĐ và BLN (HSH/BLĐ/BLN) theo các chỉ tiêu COD, TOC, TN, PO₄, Fe, DO, và độ màu tại thời điểm ban đầu tương ứng là 375/18,8/32,3; 157,5/7,9/10,8; 68,8/3,7/35,1; 4,1/0,3/1,7; 2,1/0,02/0,07; 0/ 2.05/0,6 mg/L và 4865/215/282 Pt/Co (Hình 6 và 7).

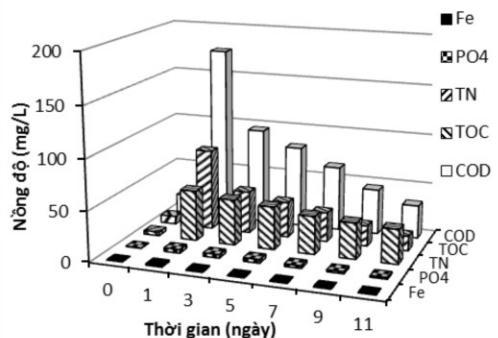


Hình 6. Thay đổi độ màu tại HSH, BLĐ và BLN trong giai đoạn vận hành 2

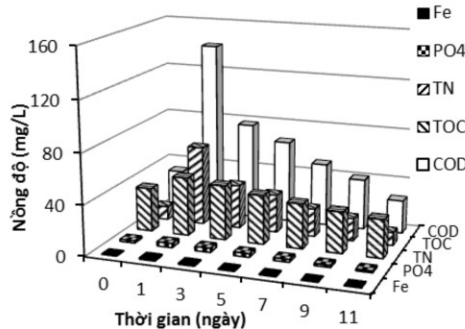
Kết quả nêu trên Hình 6 cho thấy độ màu của nước trong HSH giảm từ 4865 xuống 406 Pt/Co sau 7 ngày (tương đương với giai đoạn 1 đạt 438 Pt/Co sau 15 ngày) và giảm tiếp tới 211 Pt/Co tại ngày thứ 11. Độ màu của nước trong các bãi lọc thấp hơn so với trong HSH tại các thời điểm tương ứng. Điều này cho thấy hệ thống các bãi lọc trồng cây BLĐ-BLN có khả năng khử độ màu tốt đạt hiệu suất 96% sau 11 ngày cao hơn so với tại giai đoạn 1 chỉ sử dụng BLN là 91% sau 15 ngày.



a. Hồ sinh học

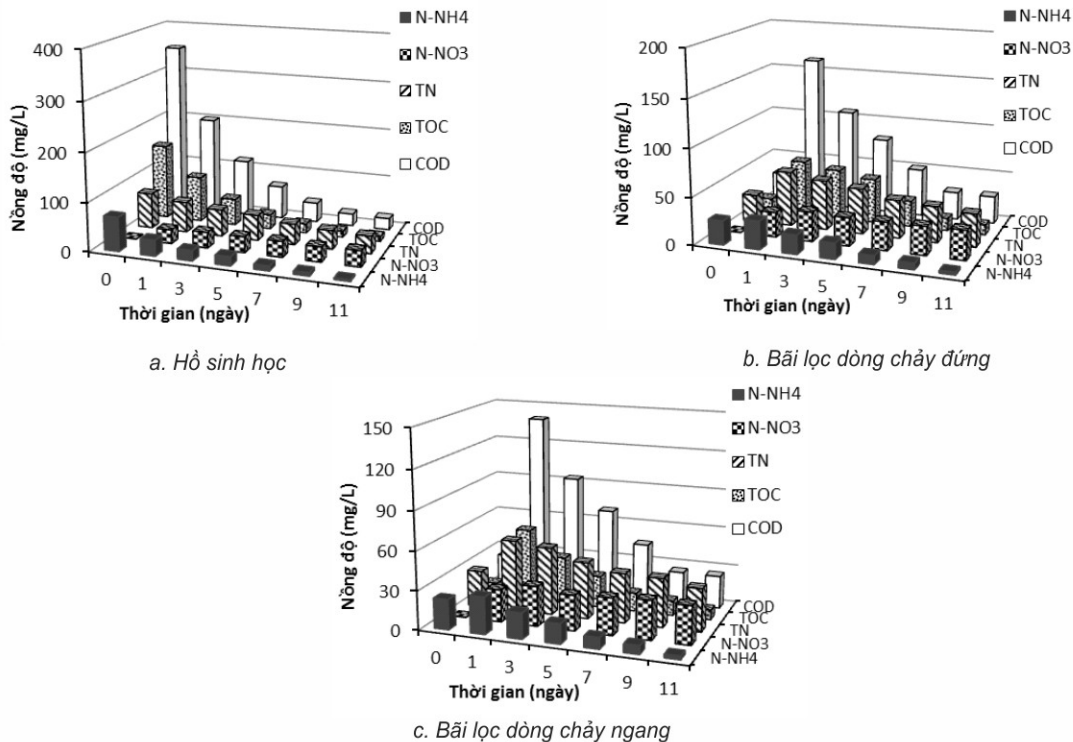


b. Bãi lọc dòng chảy đứng



c. Bãi lọc dòng chảy ngang

Hình 7. Thay đổi nồng độ các thành phần ô nhiễm theo thời gian trong mô hình tại giai đoạn 2



Hình 8. Thay đổi nồng độ các thành phần ô nhiễm theo thời gian trong mô hình tại giai đoạn 3

Kết quả nêu trên Hình 7 (a) cho thấy sau 11 ngày vận hành liên tục hệ thống BLĐ-BLN, nồng độ các chất ô nhiễm trong nước HSH tại ngày thứ 11 theo COD, TOC, TN, PO_4 , Fe giảm xuống tương ứng là 45,3; 19,5; 35,3; 1,6; và 0,09 mg/L. Hiệu suất xử lý đối với các thành phần ô nhiễm tương ứng đạt 87,9; 88,19; 48; 60 và 96%. Khả năng khử TN và PO_4 của hệ thống BLĐ-BLN tăng tương ứng gấp 2 và 1,3 lần so với chỉ sử dụng BLN như tại GDD1. Diễn biến thay đổi nồng độ các chỉ tiêu ô nhiễm COD, TOC, TN, PO_4 và Fe theo thời gian trong các bãi lọc BLĐ và BLN cũng theo xu hướng tương tự và được thể hiện trên Hình 7 (b) và (c).

Nồng độ ôxy hòa tan trong HSH và các BLĐ, BLN trong 9 ngày đầu đều tương đương 0 mg/L, tại ngày thứ 11 có tăng tương ứng ở mức thấp là 0,54; 0,12 và 0,31 mg/L. Có thể thấy rằng với hiện trạng nồng độ ôxy hòa tan thấp và hầu như kỵ khí trong hệ thống mô hình tại các giai đoạn vận hành 1 và 2 chính là nguyên nhân gây ảnh hưởng tới tốc độ xử lý các thành phần hữu cơ như COD, TOC và đối với khử nitơ thì lại càng khó vì quá trình nitrat hóa hầu như không xảy ra. Vì vậy tại các giai đoạn nghiên cứu sau, hệ thống các mẫu định hình dòng chảy được áp dụng để tăng cường làm thoáng ôxy cho các dòng chảy trong mô hình.

3.2 Khả năng xử lý nước hồ bị ô nhiễm bởi hệ thống bãi lọc kết hợp mẫu định hình dòng chảy

a) Làm thoáng tăng cường nước hồ

Tại giai đoạn nghiên cứu 3, hệ thống mẫu định hình dòng chảy gồm 7 bát sứ (Hình 3) được bố trí theo bậc thang (Hình 4), nước được bơm tuần hoàn theo hai dòng HSH → BLĐ → BLN → HSH và HSH → ĐHDC → HSH. Kết quả nghiên cứu khả năng xử lý của hệ thống có làm thoáng tăng cường nước hồ được nêu trên Hình 8 và Hình 9.

Kết quả nêu trên Hình 8(a) cho thấy việc tăng cường làm thoáng nước trong HSH giúp đẩy nhanh tốc độ xử lý COD, TOC và TN trong hệ thống. Thay vì sau 11 ngày để đạt hiệu suất khử COD, TOC và TN tương ứng là 87,9; 88,19; 48% thì tại giai đoạn 3 này chỉ cần 7 ngày, hiệu suất xử lý đã đạt tương ứng là 89,5; 88 và 42% và sau 11 ngày đạt tương ứng 93; 94 và 50,7 %. Tuy nhiên, hiệu quả khử TN chưa thực sự được cải thiện do trong nước HSH nitơ amôn mới chỉ được chuyển hóa thành nitrat nhờ việc làm thoáng bằng hệ thống định hình dòng chảy. Sự thay đổi nồng độ các thành phần ô nhiễm trong các bãi lọc cũng xảy ra theo xu thế tương tự như tại HSH (Hình 8 (b) và (c)) do dòng tuần hoàn HSH → BLĐ → BLN → HSH được duy trì liên tục, theo đó nồng độ COD và TOC trong các bãi lọc từ ngày thứ 7 trở đi có phần nhỉnh hơn so với trong HSH.

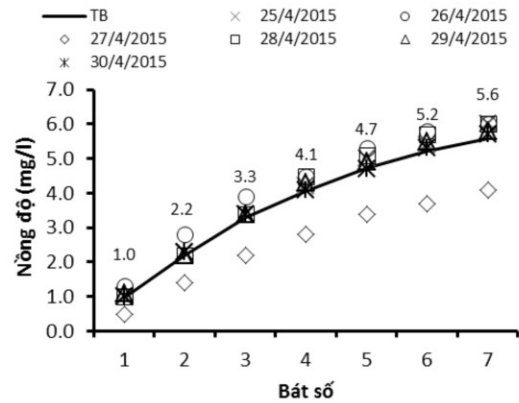
Khả năng làm thoáng tăng cường ôxi bằng hệ thống định hình dòng chảy được thể hiện trên Hình 9. Từ kết quả đo đạt nồng độ DO trong 6 ngày liên tục tại các bậc bát ĐHDC cho thấy DO tăng dần theo mỗi bậc bát trung bình từ 1 tại bậc thứ nhất đến 5,6 mg/L tại bậc thứ 7. Với dòng chảy tuần hoàn liên tục HSH → ĐHDC → HSH, nước hồ được tăng cường ôxi liên tục qua đó tăng được hiệu suất xử lý các thành phần hữu cơ và nitrat hóa nitơ amôn.

Qua các kết quả đo đạc nitơ amôn, nitrat và TN nêu tại Hình 8 có thể nhận thấy rằng với hình thức vận hành hệ thống trong giai đoạn 3 như nêu trên thì hiệu quả khử nitơ của hệ thống vẫn còn giới hạn do mới chỉ thực hiện được phản ứng ôxi hóa nitơ amôn thành nitrat, phản ứng khử nitrat hầu như chưa thấy rõ.

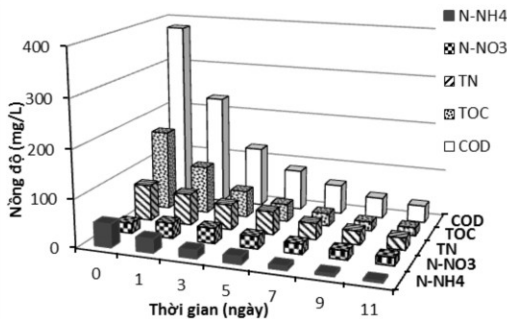
b) Làm thoáng tăng cường nước sau bãi lọc dòng chảy đứng

Với mục đích tăng cường khả năng khử nitrat qua đó cải thiện hiệu suất khử TN của hệ thống, tại giai đoạn nghiên cứu 4, chế độ vận hành mô hình được thiết lập lại như mô tả tại mục 2.2 (GD 4).

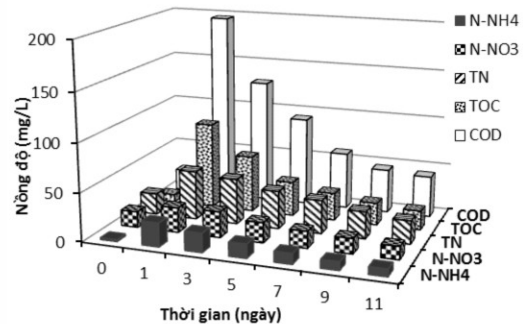
Các kết quả nêu trên Hình 10 (a) và (b) cho thấy, mặc dù chỉ sử dụng BLĐ, nồng độ COD và TOC trong nước hồ sau 11 ngày vận hành giảm từ 382 và 168,1 ở ngày đầu xuống còn 35,5 và 16,7 mg/L ở ngày thứ 11 tương ứng đạt hiệu suất xử lý hữu cơ của hệ thống là 90% tương đương với hiệu suất xử lý đạt được tại giai đoạn 3 có sử dụng cả BLĐ và BLN.



Hình 9. Nồng độ ôxi hòa tan trong hệ thống ĐHDC



a. Hồ sinh học



b. Bãi lọc dòng chảy đứng

Hình 10. Thay đổi nồng độ các thành phần ô nhiễm theo thời gian trong mô hình tại giai đoạn 4

Nồng độ N-NH₄ trong HSH giảm từ 48,4 tại ngày đầu xuống 2,8 mg/L tại ngày thứ 11 tương ứng hiệu suất chuyển hóa là 94,2%. N-NH₄ trong nước được ôxi hóa thành nitrat bởi ôxi xâm nhập từ quá trình làm thoáng tại hệ thống ĐHDC. Khác so với tại giai đoạn 3, nồng độ N-NO₃ tăng theo thời gian (Hình 8), tại giai đoạn 4 này, N-NO₃ trong HSH và BLĐ giảm theo thời gian tương ứng từ 31,5 và 25,5 ở ngày thứ nhất xuống 16,5 và 13,4 mg/L ở ngày thứ 11 (Hình 10 (a) và (b)), chứng tỏ phản ứng khử nitrat có xảy ra trong BLĐ.

Với hình thức tạo dòng tuần hoàn HSH → BLĐ → ĐHDC → HSH, mô hình nghiên cứu được vận hành tương tự như một hệ thống xử lý thiếu khí – hiếu khí (AO) áp dụng để xử lý các thành phần hữu cơ và nitơ trong nước thải. Thiếu khí tại BLĐ và hiếu khí tại hệ thống ĐHDC. Kết quả nêu tại Hình 10 (a) cho thấy nồng độ TN trong HSH giảm từ 75.3 tại ngày đầu xuống 16,5 sau 11 ngày, tương ứng với hiệu quả xử lý đạt 67% cao hơn so với đạt được tại giai đoạn 3 (50,7%).

3.3 Thảo luận

Với khả năng làm thoáng tăng cường ôxi được minh chứng bởi các kết quả nêu tại Hình 9 hệ thống ĐHDC dạng bát tạo (Hình 3) được phát triển từ nghiên cứu này có thể được ứng dụng tốt trong các quá trình xử lý nước thải. Khi ứng dụng kết hợp với bãi lọc trồng cây theo hình thức kết nối tạo dòng tuần hoàn như thực hiện tại giai đoạn 4, hệ thống có khả năng xử lý cả các thành phần hữu cơ và nitơ.

Các cây dong riềng và thủy trúc được trồng trong các bãi lọc trên vật liệu đá dăm chứ không phải đất nhưng đều cho thấy có khả năng phát triển và thích nghi tốt với môi trường nước bị gây ô nhiễm bởi nước rỉ rác.

Các kết quả từ nghiên cứu cho thấy với đối tượng là nước hồ bị ô nhiễm bởi nước rỉ rác tại khu vực bãi chôn lấp, có thành phần tính chất như nêu tại Bảng 1 (mẫu M0), tương đương nước thải bị ô nhiễm nặng có thể được xử lý bởi hệ thống bãi lọc trồng cây kết hợp các mẫu định hình dòng chảy đạt chất lượng có thể tưới cho cây trồng trên diện tích mặt phủ của các bãi chôn lấp đã đóng bãi.

Hệ thống bãi lọc trồng cây kết hợp các mẫu ĐHDC có cấu trúc đơn giản, có khả năng tạo cảnh quan thân thiện với môi trường và có tính bền vững do chỉ tiêu thụ điện năng cho máy bơm nên chi phí vận hành thấp hơn nhiều so với các hệ thống xử lý khác theo cách thiếp cận làm sạch nước rỉ rác.

Với mục đích ngăn chặn ô nhiễm, làm tiêu thụ hoàn toàn và không để nước rỉ rác phát tán ra bên ngoài bãi chôn lấp theo cách tiếp cận mới được đề cập tại phần mở đầu, bằng các kết quả đã thu được từ nghiên cứu này có thể thấy rằng hệ thống ĐHDC kết hợp cùng bãi lọc trồng cây hoàn toàn có thể ứng dụng tốt để góp phần ngăn chặn ô nhiễm bởi nước rỉ rác từ các bãi chôn lấp rác thải sinh hoạt đô thị.



4. Kết luận

- Nghiên cứu đã làm rõ khả năng ứng dụng các mẫu định hình dòng chảy kết hợp với bãi lọc trồng cây nhằm góp phần ngăn chặn ô nhiễm bởi nước rỉ rác từ các bãi chôn lấp rác thải đô thị trên cơ sở tiến hành nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm;

- Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống định hình dòng chảy gồm 7 bát mẫu xếp dạng bậc thang có khả năng làm thoáng tăng cường cho dòng chảy qua hệ thống. Theo đó nồng độ ôxi hòa tan tăng từ 0 đến 5,6 mg/L;

- Việc kết nối các hợp phần tạo dòng chảy tuần hoàn liên tục hồ sinh học → bãi lọc trồng cây → hệ thống mẫu định hình dòng chảy → hồ sinh học giúp hệ thống có khả năng xử lý cải thiện chất lượng nước hồ bị ô nhiễm bởi nước rỉ rác theo các chỉ tiêu COD, TOC, TN, PO₄, ΣFe. Với nồng độ ban đầu của các thành phần ô nhiễm tương ứng 382; 168; 75; 4; 2 mg/L hệ thống có khả năng xử lý giảm xuống còn 36; 17; 25; 1,6; 0,09 mg/L sau 11 ngày vận hành liên tục. Nước sau xử lý có thể dùng để tưới cây trồng làm hấp thụ hoàn toàn tạo thành hệ thống xử lý không phát thải thân thiện với môi trường.

Lời cảm ơn

Bài báo này đăng tải các kết quả nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đề tài KHCN cấp Nhà nước “Nghiên cứu phát triển công nghệ thân thiện môi trường trong xử lý rác thải sinh hoạt bằng phương pháp chôn lấp áp dụng với quy mô nhỏ phù hợp với điều kiện Việt Nam”, mã số: KC.08.27/11-15. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn Ban chủ nhiệm chương trình KC.08/11-15, Văn phòng các chương trình KHCN trọng điểm cấp Nhà nước, Bộ Khoa học Công nghệ vì sự tài trợ và góp ý chuyên môn trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

1. A.A. Tatsi, A.I. Zouboulis (2002), “A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate Thessaloniki, Greece”, *Advances in Environmental Research* Vol. 6, pp. 207 – 219.
2. Jochen Schwuchow, John Wilkes, Iain Troudsell (2010), *Energizing water – Flowform technology and the power of nature*, Sophia Books.
3. Wilkes, John (2003), *Flowforms: The Rhythmic Power of Water*, Floris Books, Edinburgh
4. Troudsell, Iain (1989), “*Flowform Design Types and Oxygenation*”, Healing Water Institute NZ Proceedings, Hastings, NZ.
5. Đỗ Ngọc Khuê, Tô Văn Thiệp, Phạm Kiên Cường, Đỗ Bình Minh, Nguyễn Hoài Nam (2007), “Nghiên cứu khả năng sử dụng một số loại thực vật thủy sinh để khử độc cho nước thải bị nhiễm nitroglycerin của cơ sở sản xuất thuốc phóng”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Tập 45, số 4, tr. 125 - 132.
6. Nguyễn Việt Anh, Phạm Thúy Nga, Lê Hiền Thảo và cộng tác viên (2005), “Nghiên cứu xử lý nước thải bằng bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy thẳng đứng áp dụng trong điều kiện Việt Nam”, Tuyển tập báo cáo khoa học Hội nghị Môi trường toàn quốc 2005, tr. 877 – 811.
7. Robert F.P., Douglas G.B. Ted W., Milton D.B., William C.B., and Stephen J. K. (2007), “Nutrient recovery by seven aquatic garden plants in laboratory-scale subsurface-constructed wetland”, *HortScience* Vol.42, No. 7, pp. 1674 – 1680.
8. APHA, AWWA, WEF (1995), *Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition*, American Public Health Association, Washington, D.C., USA.