

MÔ HÌNH SINH THÁI VÀ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT TẠI NGUỒN PHÂN TÁN

Nguyễn Thị Thu Trang^{1,2}, Nguyễn Thị Hằng Nga¹

¹Trường Đại học Thủy lợi

²Trường Kinh doanh và Quản lý, Đại học RMIT

Tóm tắt

Mô hình kỹ thuật sinh thái phối trộn các tầng đất là kỹ thuật bể lọc ngầm sử dụng vật liệu tự nhiên có nguồn gốc từ đất gồm khoáng sét, kết von đá ong, ... làm chất hấp phụ ô nhiễm, trên bề mặt được phủ đất và trồng cỏ tự nhiên. Kỹ thuật có hiệu quả xử lý cao, hiệu suất xử lý N và P đạt 60 - 70 % do cơ chế yếm khí và hiếu khí trong các tầng đất. Nồng độ BOD₅ và COD giảm đáng kể, đảm bảo đạt chất lượng theo QCVN 14-MT:2015/BTNMT cột B1. Kỹ thuật sử dụng hoàn toàn vật liệu tự nhiên, thân thiện với môi trường, chi phí vận hành thấp. Kỹ thuật này rất phù hợp với điều kiện của các hộ gia đình, cơ quan, trường học, nhà hàng và khách sạn, ... để xử lý nước thải bảo vệ môi trường, kỹ thuật được áp dụng cho các đối tượng phân tán sẽ giảm tải công suất xử lý của các công trình XLNT tập trung.

Từ khóa: Xử lý nước thải sinh hoạt; Kỹ thuật xử lý nước thải nguồn phân tán; Xử lý nước thải sinh thái chi phí thấp.

Abstract

An ecological engineering and energy saving model for wastewater treatment at decentralization sources

The ecological engineering model of mixing soil layers is an underground filter tank technique that uses natural materials derived from soil (i.e., clay minerals, laterite cinders, etc.) as pollutant adsorbents. The surface of the tank is covered with soil and planted with natural grasses. The technique had high treatment efficiency, with N and P treatment efficiency of 60 - 70 %, due to anaerobic and aerobic mechanisms in the soil layers. The concentration of BOD₅ and COD were significantly reduced, ensuring the quality according to QCVN 14-MT:2015/BTNMT column B1. The technique uses completely natural materials, environmentally friendly and low operating costs. This technique is very suitable for households, agencies, schools, restaurants and hotels, ... to treat wastewater in order to protect the environment. The technique applied to decentralised sources will reduce the operation capacity of centralised wastewater treatment plants.

Keywords: Domestic wastewater treatment; Decentralised wastewater treatment technology; Low cost ecological wastewater treatment.

1. Mở đầu

Ô nhiễm môi trường do nước thải diễn ra nghiêm trọng ở nhiều nơi, không chỉ là các đô thị và thành phố lớn mà còn cả ở các vùng nông thôn. Phần lớn lượng nước thải đều không được xử lý, thải qua các trục tiêu thoát vào các ao hồ, sông suối, làm ô nhiễm nước ở sông hồ và kênh rạch tự nhiên. Các thành phố và đô thị đã đầu tư các hệ thống xử lý nước thải tập trung, nhưng không đáp ứng đủ nhu cầu, do vậy tình trạng ô nhiễm môi trường nước rất bất cập ở nhiều nơi. Ngoài những bất cập của hệ thống thu gom và xử lý nước thải tập trung, thì các nguồn thải chưa được xử lý tại chỗ từ các khu dân cư, khu chung cư, các hộ gia đình hay các công sở, trường học phân tán tiếp tục xả thải ra môi trường dẫn đến tình trạng quá tải của các công trình xử lý nước thải (XLNT) hiện nay [12].

Kỹ thuật XLNT chi phí thấp và tiết kiệm năng lượng là hướng đi mới thân thiện với môi trường, hạn chế tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH). Nhiều quốc gia như Ấn Độ, Thái Lan và Nhật Bản đã áp dụng phổ biến trong xử lý nước mặt ô nhiễm trên sông hồ và nguồn thải phân tán hộ gia đình. Kỹ thuật kết hợp vật liệu tự nhiên với trồng sậy loại bỏ $N - NO_3^-$ và $N - NH_4^+$ trong nước thải thông qua quá trình nitrat hóa hoặc hấp thụ bởi thực vật thủy sinh [1, 2, 5]. Kỹ thuật phối trộn các lớp vật liệu có nguồn gốc từ đất cũng là kỹ thuật sinh thái để xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải đạt hiệu quả loại bỏ N , P và chất hữu cơ cao [4, 6, 8, 15]. Kỹ thuật phối trộn đất được các tác giả X. Chen [15], T. Matsunaga, 2007 [10], T. Attanandana, 2007 [11] nghiên cứu, phát triển và ứng dụng như một giải pháp

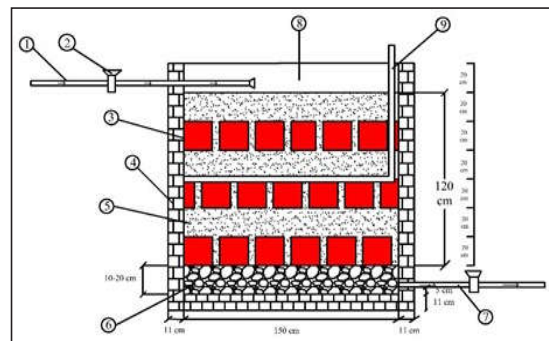
xử lý nước thải chi phí thấp tại Ấn Độ và Indonesia.

Mô hình sinh thái tiết kiệm năng lượng ứng dụng trong xử lý nước thải tại nguồn phân tán là một trong những giải pháp hiệu quả để kiểm soát ô nhiễm trong tình hình thiếu cơ sở hạ tầng hiện nay ở nước ta. Bài báo tổng hợp kết quả nghiên cứu đề xuất mô hình nhằm lan tỏa ứng dụng trong thực tiễn cho các đối tượng nguồn thải phân tán để áp dụng trong XLNT góp phần bảo vệ nguồn nước và môi trường.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Bố trí thí nghiệm

Bố trí mô hình XLNT sinh hoạt quy mô nhỏ, công suất xử lý $10 \text{ m}^3/\text{ngày}$ đêm tại khu ký túc xá Trường Đại học Thủy lợi cơ sở Phố Hiến, tỉnh Hưng Yên, gồm một bể ngầm như hình vẽ. Nước thải trực tiếp từ bể thu nước thải sinh hoạt chưa đầu nối với nước thải từ bồn cầu.



Hình 1: Sơ đồ mô hình xử lý nước 1 cấp

- 1- Ống dẫn nước thải đầu vào;**
- 2- Van khóa trên ống dẫn nước;**
- 3- Lớp đất chặt;**
- 4- Tường xây;**
- 5- Lớp vật liệu thấm (Zeolite, đá ong nhỏ, cát, than hoạt tính);**
- 6- Sỏi;**
- 7- Ống dẫn nước sau xử lý;**
- 8- Khoảng chứa nước thải đầu vào;**
- 9- Ống thông khí.**

Hệ thống XLNT được đặt ngầm trong bãi. Tổng diện tích toàn bãi xử lý là 6 m², trong đó phần lõi vật liệu là 5 m². Diện tích còn lại được đổ cát và đất xung quanh để trồng cây tạo cảnh quan. Kích thước bể lọc ngầm có chiều rộng × dài là 1,6 × 1,6 m. Chiều cao hố ngầm là 1,6 m, bao gồm phần chứa nước thải vào (h = 20 cm), phần đá cuội ở phía dưới đáy hố dùng để giữ vật liệu phía trên và chống tắc đầu ra (h = 20 cm), phần vật liệu xử lý H = 1,2 m bao gồm các lớp vật liệu xen kẽ (lớp đất thấm - lớp đất chặt - lớp thấm - lớp chặt), mỗi lớp có chiều dày 20 cm. Lớp đất chặt được dùng đá ong dạng tảng kích thước khoảng 20 × 20 cm ± 5cm (Nghĩa là kích thước không cần bằng nhau và tận dụng cả các viên đá nhỏ để xếp lớp), sau đó bỏ vào túi lưới sắt. Lớp đất thấm gồm các vật liệu trộn với nhau như zeolite, đá ong (phần lõi cứng) thu thập tại huyện Thạch Thất, kích thước 10 - 20 mm, than hoạt tính, cát vàng tạo ra 1 lớp vật liệu thấm tạo dòng chảy cho nước thấm nhanh và không bị tắc. Tỷ lệ phối trộn trong lớp vật liệu thấm bao gồm zeolite 3 - 5 mm, hạt đá ong kích thước 5 - 10 mm, tỷ lệ trộn hai loại vật liệu này là 1:1. Than hoạt tính dạng hạt, kích thước 4 - 5 mm, tỷ lệ 1:10 để tăng mức độ khử mùi. Ống thông khí đặt ở khoảng giữa H = 80 cm kể từ bề mặt đất, hệ thống thông khí gồm các ống nhựa đường kính 3 cm, được thông lỗ khí có bịt lưới sắt, khoảng cách giữa các lỗ là 20 cm, ống được đặt nhô lên khỏi mặt nước 10 cm để thoáng khí. Tại các lỗ đều đặt lưới sắt bảo vệ tránh đất đá rơi vào làm cản trở lưu lượng nước thải.

2.2. Các chỉ tiêu phân tích

Các thông số được phân tích bao gồm pH, TSS, N - NH₄⁺, P - PO₄³⁻, BOD₅, COD. Quy trình lấy mẫu, bảo quản và phân tích được thực hiện theo các tiêu chuẩn quy định TCVN hoặc ISO tương ứng. Nước thải sau xử lý được đối chiếu với quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 14:2015/BTNMT cột B1.

2.3. Thời gian đo đạc và phân tích mẫu

Nước thải được đo đạc các thông số 05 lần trong thời gian 30 ngày, tần suất 6 ngày/lần. Mẫu được lấy và thí nghiệm 03 lần lặp lại. Kết quả được trình bày là trung bình của các lần lặp. Mẫu nước được lấy vào khoảng thời gian từ 10 - 12 giờ trưa là thời điểm có lưu lượng xả thải lớn. Mẫu nước thải phân tích đầu vào được lấy mẫu tại hệ thống thoát nước thải và đầu ra được lấy sau công trình xử lý.

2.4. Tính toán kích thước công trình, tuổi thọ công trình

Dựa vào kết quả thí nghiệm hiệu suất xử lý của các thông số BOD₅, TSS, sử dụng các công thức kinh nghiệm và tham khảo tài liệu để tính toán.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải

Chất lượng nước đầu vào trung bình 05 lần lấy mẫu phân tích, gồm BOD₅ 150 - 170 mg/L COD 250 - 300 mg/l. TSS 200 - 250 mg/l, N - NH₄⁺ từ 40 - 45 mg/l, P - PO₄³⁻ từ 6 - 7 mg/l. Sau thời gian theo dõi thí nghiệm vận hành mô hình xử lý trong 30 ngày, kết quả cho thấy các thông số trong nước thải sinh hoạt sau xử lý đều giảm và nằm trong khoảng cho phép được quy định trong QCVN 14:2015/BTNMT (B1).

Bảng 1. Hiệu suất xử lý nước thải

Thông số	Đơn vị	Trước xử lý	Sau xử lý	Hiệu suất (%)	QCVN14:2015/ BTNMT B1
BOD ₅	mg/L	150 - 170	55 - 60	70 - 75	60
COD	mg/L	250 - 300	80 - 100	70 - 75	175
TSS	mg/L	200 - 250	80 - 100	70 - 75	125
N - NH ₄ ⁺	mg/L	40 - 45	15 - 20	60 - 65	50
P - PO ₄ ³⁻	mg/L	6 - 7	< 1,0	85 - 90	8

Hiệu suất xử lý N đạt khoảng 60 - 65 %, COD và TSS đạt trên 70 - 75 %, hiệu suất xử lý P khá cao (85 - 90 %). Tác giả Khương Thị Hải Yến và cộng sự, 2020 [3] đã cho rằng COD giảm là do trong môi trường hiếu khí và yếm khí một phần chất hữu cơ có trong nước thải phản ứng trong điều kiện hiếu khí và thiếu khí bên trong các lớp vật liệu tạo thành CO₂ và CH₄ thoát ra ngoài môi trường, N chủ yếu được loại bỏ trong môi trường hiếu khí tương ứng với quá trình nitrat hóa. TSS giảm do bị giữ lại qua các lỗ rỗng của đá ong và bị vi sinh vật yếm khí phân hủy, tiêu thụ trong quá trình xử lý.

3.2. Xác định kích thước mô hình ($Q_{thái} = 10m^3/ng.đ$)

$Q_{thái} = 10 m^3/ng.đ$ tương đương với số lượng 100 người tham gia thải nước.

Lượng nước thải cần xử lý là:

$$Q_{thái} = q_0^{thái} * N \text{ (l/ngày)}$$

Trong đó: N là số người tham gia thải nước (người);

$q_0^{thái}$ là tiêu chuẩn thải nước (l/người.ngày).

Lấy theo quy định hiện tại trong TCVN 33-2006 về tiêu chuẩn cấp nước trung bình cho một người dân đô thị thì $q = 100 \text{ l/ng.ngày}$. Lưu lượng thải nước lấy sơ bộ bằng lưu lượng cấp nước $q_0^{thái} = 100 \text{ l/người.ngày}$.

$$\text{nên } Q_{thái} = q_0^{thái} * N = 100 * 100 = 10000 \text{ l/ngày}$$

Theo kết quả nghiên cứu của K. Sato, 2005 [7], lấy tải trọng thủy lực phân phối là $2000 \text{ l/m}^2.\text{ngày}$.

Từ công thức: $S=Q/q$ [9]

S là diện tích công trình (m²)

Q là công suất thiết kế ($10 \text{ m}^3/ng.đ$)

q là tải trọng thủy lực ($2000 \text{ l/m}^2 - ng.đ$)

Như vậy diện tích lõi bể xử lý là 5 m^2 , (chưa bao gồm diện tích phụ trợ để chèn đất và tạo mặt thoáng). Chọn dung tích bể xử lý là $V = 6 \text{ m}^3$ với hai hố vật liệu xử lý.

Từ công thức $V= S \times H$ [9]

H là chiều cao lớp vật liệu xử lý.

Ta có $H = 1,2 \text{ m}$

Thể tích mỗi hố vật liệu $L \times B \times H = 1,6 \times 1,6 \times 1,2 \text{ m}$.

Ngoài ra, cần diện tích phụ trợ để trồng cây xanh, tạo mặt thoáng chiếm khoảng 20 % diện tích đất khối vật liệu [9]. Tổng diện tích sử dụng của mô hình dự kiến 6 m^2 .

3.3 Tính lượng cần hấp phụ và đánh giá tuổi thọ công trình.

Theo kết quả nghiên cứu của tác giả Trịnh Xuân Lai [13]:

- Hệ số sinh cặn của vi khuẩn dị dưỡng khử BOD là $y_H = 0,64 \text{ kg cặn/kg BOD}$.

Nghiên cứu

- Hệ số sinh cần của vi khuẩn tự dưỡng $y_A = 0,24$ kg cần/kg $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ được oxi hóa.

Chất lượng nước đầu vào: $\text{BOD}_5 = 170$ mg/l; $\text{NH}_4^+ - \text{N} = 45$ mg/l

Chất lượng nước đầu ra: $\text{BOD}_5 = 60$ mg/l; $\text{NH}_4^+ - \text{N} = 20$ mg/l

Hàm lượng $\text{BOD}_5 = 110$ mg/l và $\text{NH}_4^+ - \text{N} = 25$ mg/l được giữ lại trong hệ thống xử lý. Từ đó lượng cần sinh ra là:

$$y_{\text{sinh cần}} = \frac{110 \times 0,64 + 25 \times 0,24}{110 + 25} = 0,57$$

(kg cần vi sinh/kg chất nền)

Hằng số phân hủy cần do hô hấp nội bào được tham khảo theo nghiên cứu của Metcalf & Eddy, 2014 [14]:

- Đối với vi sinh dị dưỡng:

$$\gamma_h = 0,2/\text{ngày}$$

- Đối với vi sinh tự dưỡng:

$$\gamma_a = 0,1/\text{ngày}$$

- Hằng số tổng:

$$\gamma_{\text{tổng}} = \frac{110 \times 0,2 + 25 \times 0,1}{122 + 26} = 0,182/\text{ngày}$$

Hệ số cần cuối cùng theo thời gian lưu cần θ_x :

$$y_{\text{cần}} = \frac{y_{\text{sinh cần}}}{1 + \gamma_{\text{tổng}} \times \theta_x}$$

Gọi cần sinh ra ngày đầu do $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ là $g = 0,025$ kg $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{m}^3$, $\text{BOD}_5 = 0,11$ kg BOD_5/m^3 .

Với tải trọng thủy lực là 2.000 l/m². ngày, thời gian tính cho θ_x ngày thì:

- Lượng cần sinh ra do BOD_5 trong 1 ngày là: $2 \text{ m}^3 \times 0,11 \text{ kg } \text{BOD}_5/\text{m}^3 = 0,22$ kg/ngày

- Lượng cần sinh ra do $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ trong 1 ngày là: $2 \text{ m}^3 \times 0,025 \text{ kg } \text{BOD}_5/\text{m}^3 = 0,045$ kg/ngày

- Tổng lượng sinh ra do chất nền và $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ là:

$$G = 0,22 + 0,045 = 0,265 \text{ kg/ngày}$$

Lượng cần sinh ra:

$$a = y_{\text{cần}} \times G = \frac{y_{\text{sinh cần}}}{1 + \gamma_{\text{tổng}} \times \theta_x} \times G$$

Trong ngày đầu tiên, $\theta_x = 1$:

$$a_1 = \frac{0,57}{1 + 0,182 \times 1} \times 0,265 = 0,12 \text{ kg/ngày}$$

Sau 30 ngày, $\theta_x = 30$:

$$a_{30} = \frac{0,57}{1 + 0,182 \times 30} \times 0,265 = 0,02 \text{ kg/ngày}$$

-Tổng cần phát sinh sau 30 ngày:

$$A_{30} = a_1 + a_2 + \dots + a_{30} \\ \left(\frac{0,57}{1 + 0,182 \times 1} + \frac{0,57}{1 + 0,182 \times 2} + \dots + \frac{0,57}{1 + 0,182 \times 30} \right) \times 0,265$$

$A_{30} = 1,25$ kg cần/30 ngày. Với dung trọng cần là 1100 kg/m³ thì thể tích chiếm chỗ tổng lượng cần phát sinh sau 30 ngày (1 tháng) là:

$$V_c = \frac{1,25}{1.100} = 0,0011 \text{ m}^3/\text{tháng}.$$

Với thể tích lớp vật liệu thấm $V_{\text{vlt}} = 0,81$ m³ và độ rỗng lớp vật liệu thấm được xác định là $p = 40$ % thì thể tích lỗ rỗng trong lớp vật liệu thấm $V_r = 0,4 \times 0,81 = 0,324$ m³. Với tốc độ lọc thấm của lớp vật liệu thấm trong bể xử lý, theo Trịnh Xuân Lai [13] và Trần Đức Hạ [12], hàm lượng cần sẽ được chứa trong 1/3 thể tích của các lỗ rỗng, tương đương với thể tích chứa cần cho phép trong các lỗ rỗng là $V_{\text{rc}} = 1/3 \times 0,324 = 0,108$ m³.

Như vậy, với tải trọng thủy lực là 2.000 l/m². ngày, thời gian vận hành (tuổi thọ) của bể xử lý để bể xử lý có thể chứa

được lượng cặn phát sinh trong phần thể tích chứa cặn cho phép của bể xử lý là:

$$T = \frac{V_{rc}}{V_c} = \frac{0,108 \text{ m}^3}{0,0011 \text{ m}^3/\text{tháng}} = 98,2 \text{ tháng} \approx 8,2 \text{ năm}$$

3.4. Hiệu quả kinh tế, môi trường và tiết kiệm năng lượng của mô hình.

Nếu sử dụng nguồn vật liệu sẵn có, tự xây dựng công trình, thì đầu tư kinh phí ban đầu không cao (Bảng 3)

Bảng 3. Chi phí vật liệu và thiết bị để xây dựng bể 1 m³ (xử lý cho 1 hộ gia đình)

STT	Tên vật liệu	Đơn vị	Đơn giá (đồng)	Tính cho 1 m ³	Giá thành 1 m ³ xây dựng (đồng)
1	Đất kết von đá ong (40 %)	viên	4.000	105	420.000
2	Than hoạt tính (5 %)	kg	20.000	20	400.000
3	Đá vôi (10 %)	m ³	200.000	0,1	20.000
4	Khoáng sét zeolite (30 %)	kg	4.000	100	400.000
5	Cát vàng (15 %)	m ³	220.000	0,15	33.000
Tổng chi phí vật liệu					1.273.000
1	Đường ống nhựa PVC	mét	5.000	3	150.000
Tổng chi phí thiết bị					1.423.000

Ngoài ra, có thể trồng cây trên bề mặt công trình để tạo cảnh quan sinh thái, thân thiện với môi trường. Nếu các hộ gia đình áp dụng kỹ thuật XLNT tại nguồn sẽ giảm thiểu nhiều nhất ô nhiễm nước thải trên các hệ thống tiêu thoát nước chung, tạo môi trường sống trong lành đồng thời cũng sẽ giảm đáng kể giá thành chi phí cho các hệ thống XLNT tập trung.

Hệ thống xử lý này được thiết kế trên cơ sở tự chảy. Mô hình xử lý được đặt ngầm dưới đất với cao độ phù hợp để đón nước thải từ hệ thống thoát nước trong nhà tự chảy vào công trình. Do đó không cần dùng bơm để đưa nước đến công trình xử lý, tiết kiệm được điện năng so với các công trình có sử dụng bơm và các thiết bị điện khác. Hơn nữa, việc đặt công trình ngầm cũng sẽ tiết kiệm diện tích xây dựng và gần như không cần kể đến chi phí đất đai cho xây dựng công trình.

3.5. Hướng dẫn xây dựng mô hình

- Chuẩn bị vật liệu lọc xử lý nước như sau:

+ Đá ong được khai thác, mua từ các vùng có trữ lượng đá ong lớn. Đá ong có chất lượng tốt nên được khai thác ở độ sâu 1,8 m;

+ Cát đá ong theo dạng viên có kích thước (dài:rộng:cao) là (20 cm:20 cm:20 cm);

+ Lớp vật liệu có khả năng thấm chèn giữa các viên đá ong bao gồm các loại vật liệu đá ong nghiền nhỏ có đường kính hạt là 10 - 20 mm, zeolite và than hoạt tính 3 - 5 mm. Các loại vật liệu này được phối trộn với nhau theo tỷ lệ lần lượt là: Đá ong nghiền nhỏ (60 %); zeolite (30 %) và than hoạt tính (10 %);

+ Hạt sỏi có kích thước từ 3 cm đến 4 cm;

+ Toàn bộ các vật liệu này cần phải được làm vệ sinh sạch, loại bỏ các tạp chất bẩn trong quá trình chuẩn bị.

- Đào hố sâu 1,2 m theo diện tích tính toán

- Xếp vật liệu lọc trong bể xử lý theo trình tự sau:

+ Lắp đặt ống thoát nước sau xử lý $\phi 34$ mm (7) cùng van khóa $\phi 34$ mm trên đường ống. Ống đặt cách đáy bể 5 cm. Ống này có nhiệm vụ chuyển nước sau xử lý đến hệ thống thoát nước chung của khu dân cư. Sau đó chít vữa phần tiếp giáp giữa tường và ống;

+ Rải lớp sỏi ở phía đáy bể có chiều dày 20 cm;

+ Xếp các lớp đá ong đã được cắt dưới dạng viên theo hình thức so le. Khoảng cách giữa các lớp đá ong là 20 cm. Khoảng cách giữa các viên đá ong là 5 cm. Vật liệu chèn sẽ được lấp đầy ở khoảng trống giữa các lớp đá ong và các viên đá ong theo như sơ đồ;

+ Ở vị trí giữa bể bố trí ống thông khí $\phi 21$ mm (9) có đục lỗ kích thước 5 mm dọc thân ống. Đầu trên của ống cao hơn đỉnh bể. Ống này có nhiệm vụ cung cấp lượng oxy thường xuyên để duy trì hiệu quả xử lý nước của vật liệu lọc;

+ Lắp đặt ống cấp nước thải đầu vào $\phi 34$ mm (1) cùng van khóa $\phi 34$ mm trên đường ống. Ống đặt cách đỉnh bể 5 cm. Ống này được đấu nối với đầu ra của hệ thống thu gom nước thải từ hộ hoặc cụm hộ gia đình. Sau đó chít vữa phần tiếp giáp giữa tường và ống.

3.6. Điều kiện áp dụng mô hình

- Áp dụng để xử lý nước thải sinh hoạt quy mô hộ gia đình và cụm hộ gia đình sau bể tự hoại.

- Hộ gia đình hoặc cụm hộ gia đình có hệ thống thu gom và xử lý sơ bộ nước thải sinh hoạt (Có bể lắng sơ bộ để loại bỏ rác và tạp chất có kích thước lớn).

- Áp dụng để xử lý nước thải sinh hoạt có chỉ tiêu chất lượng nước $BOD_5 <$

200 mg/l và $COD < 300$ mg/l. (Nước thải có chất hữu cơ cao)

- Tải trọng thủy lực tối đa áp dụng cho hệ thống là 2.000 l/m²-ngày.

- Đảm bảo lưu lượng đơn vị của nước thải qua hệ thống xử lý nước là 2.000 l/m²-ngày.

4. Kết luận

Mô hình sinh thái tiết kiệm năng lượng để xử lý nước thải sinh hoạt tại nguồn phân tán giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường, xử lý nước thải đạt yêu cầu xả thải theo QCVN 14:2015/BTNMT cột B1, chi phí đầu tư xây dựng mô hình thấp, dễ vận hành, sử dụng vật liệu sẵn có dễ tìm kiếm là mô hình phù hợp với điều kiện hiện nay.

Mô hình kỹ thuật xử lý hiệu quả 60 - 70 % các thông số chất hữu cơ COD trong nước thải. Chất hữu cơ nền (thể hiện qua thông số COD) đã giảm nồng độ rõ rệt khi qua xử lý. Giá trị COD của nước thải đầu ra đạt tiêu chuẩn nước thải sinh hoạt QCVN 14:2015/BTNMT.

- Nồng độ N - NH₄ trong nước thải sau xử lý đã giảm đáng kể so với nước thải ban đầu, hiệu suất xử lý Nitơ tăng khoảng 60 - 70 %.

- Mô hình xử lý được Phốt pho trong nước thải với hiệu suất rất cao do khả năng hấp phụ bề mặt của các ion Fe và Al trong thành phần của vật liệu. Hiệu suất xử lý đạt trên 80 %.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Chadde, S. (2002). *A great lakes wetland flora*. 2nd Ed. Pocketflora Press, Laurium, MI.

[2]. Farahbakhshazad, N. and G. M. Morrison (1997). *Ammonium removal processes for urine in an upflow macrophyte*

system. Environmental Science & Technology, vol. 31, no. 11, p. 3314 - 3317.

[3]. Khương Thị Hải Yến và cộng sự (2022). *Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt tại nguồn phân tán bằng kỹ thuật phối trộn vật liệu có nguồn gốc từ đất*. Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường, p. 22 - 25.

[4]. LiaLiang Zhang et al. (2011). *Adsorption characteristics studies phosphorus onto laterite*. J. Chemosphere, vol. 51, p. 98 - 105.

[5]. Moreno, C., N. Farahbakhshazad and G. M. Morrison (2002). *Ammonia removal from oil refinery effluent in vertical upflow macrophyte column systems*. Water, Air and Soil Pollution, vol. 135, p. 237 - 247.

[6]. Nga. N. T. H, Mori Yuki, Shin - Ichiro Wada (2013). *Laterite in Vietnam and their ability for waste water treatment*. J. Agriculture, Kyushu University.

[7]. Sato K., Masunaga T., Inada K., Tanaka T., Arai Y., Unno S. and Wakatsuki T. (2005). *The development of high speed treatment of polluted river water by the multi - soil - layering method, examination of various materials and structure*. Jpn J. Soil Sci. Plant Nutr., vol. 200.

[8]. Sato, K., Iwashima, N., Matsumoto, T., Wakatsuki, T. and Masunaga, T. (2010). *Wastewater treatment processes and mechanisms of organic matter, phosphorus and nitrogen removal in a multi - soil - layering system*. Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science.

[9]. McGraw-Hill (2007). *Water and wastewater calculations manual*. Chemistry & Biodiversity, vol. 1, p. 1829 - 1841. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdiv.200490137/abstract>.

[10]. T. Masunaga et al. (2007). *Characteristics of wastewater treatment using a multi soil layering system in relation to wastewater contamination level and hydrolic loading rates*. Soil Science and Plant Nutrition, p. 123 - 125.

[11]. T. Attanandana et al. (2007). *Treatment of domestic wastewater with a Multi - Soil - Layering (MSL) system in a temperate and a tropical climate*.

[12]. Trần Đức Hạ (2002). *Xử lý nước thải quy mô vừa và nhỏ*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

[13]. Trịnh Xuân Lai (2016). *Xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp theo công nghệ A/O*. Nhà xuất bản Xây dựng.

[14]. Tchobanoglous, G, Burton, FL & Stensel, HD. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. Fourth edition. McGraw-Hill series in civil and environmental engineering, McGraw-Hill, New York, NY.

[15]. Xin CHEN et al. (2007). *Effect of structural difference on wastewater treatment efficiency in Multi - Soil - Layering systems: Relationship between soil mixture*. Soil Science and Plant Nutrition, vol. 53, p. 206 - 214.

Ngày nhận bài: 12/7/2022; Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2022