

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN QUI MÔ CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT CHI PHÍ THẤP

Dương Quốc Huy, Tô Việt Thắng,
Vũ Hải Nam, Vũ Thị Thủy
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Cùng với sự gia tăng dân số, sự phát triển của kinh tế xã hội thì nhu cầu sử dụng nước ngày càng tăng dẫn đến việc hàng ngày lượng nước thải sinh hoạt sinh ra càng lớn tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường nếu không có giải pháp xử lý trước khi đổ vào nguồn tiếp nhận. Hiện đã có nhiều giải pháp công nghệ được áp dụng để xử lý ô nhiễm nước thải sinh hoạt bao gồm: xử lý sinh học trong điều kiện tự nhiên rẻ tiền nhưng cần nhiều diện tích (ao hồ, đầm lầy...), xử lý cưỡng bức đắt tiền nhưng chiếm ít diện tích xây dựng (Aerotank, MBR, JOHKASOU...), và các công nghệ kết hợp các quá trình xử lý sinh học (kỵ khí, hiếu khí) tự nhiên hoặc bán tự nhiên nhằm hạn chế các nhược điểm và tận dụng các ưu điểm của hai giải pháp công nghệ trên. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn qui mô cũng như các thông số cơ bản của các hạng mục sử dụng giải pháp xử lý sinh học kỵ khí và hiếu khí phù hợp trong xử lý nước thải sinh hoạt.

Từ khóa: ABR, AF, HGF, kỵ khí, hiếu khí

Summary: Along with the population increasing as well as the development of socio-economic, the demand for water concussion was increased leads to the increasing of domestic wastewater, potentially causing environmental pollution if have no treatment solution before discharging into the receiving source. Currently, there are many technological solutions applied to treat domestic wastewater, including: natural treatment solution that is cheap but requires a lot of space (ponds, lakes, wetland, etc.), expensive but has high treatment efficiency but less construction area (Aerotank, MBR, JOHKASOU...), and semi-natural treatment technologies combine biological treatment processes (anaerobic, aerobic) to limit the disadvantages and using advantages of two above mentioned technological solutions. This paper presents the results of research on selection of scale and basic parameters of modules using suitable anaerobic and aerobic biological treatment solutions for domestic wastewater treatment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Hiện trạng

Với dân số của Việt Nam hiện nay khoảng 94,67 triệu người trong đó tỷ lệ người dân sinh sống, sinh hoạt và lao động sản xuất tại khu vực nông thôn chiếm khoảng 64,26% (Tổng cục thống kê, 2018)¹, đóng vai trò quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của đất nước.

Tại khu vực nông thôn, nước thải chủ yếu xuất

phát từ các nguồn: (1) sản xuất qui mô hộ, cụm hộ và làng nghề; (2) chăn nuôi qui mô hộ gia đình; và (3) sinh hoạt hàng ngày của cộng đồng. Với sự phát triển kinh tế xã hội vùng nông thôn hiện nay, hàng ngày có hàng triệu m³ nước thải từ các hoạt động nêu trên từ cộng đồng dân cư nông thôn hình thành và xả ra môi trường. Các nhà máy xử lý nước thải tập trung thường ở khu vực thành thị, thị tứ còn tại vùng nông thôn thì hầu như không có công trình xử lý nước thải để

Ngày nhận bài: 15/9/2021

Ngày thông qua phản biện: 07/10/2021

Ngày duyệt đăng: 07/02/2022

¹ Tổng cục thống kê, 2018

xử lý các nguồn thải này.

Đối với nước thải sản xuất, chăn nuôi có thành phần phức tạp và tùy thuộc vào tính chất của nước thải mà có thể sử dụng các công nghệ xử lý khác nhau. Trong khuôn khổ bài tham luận này, chúng tôi đề xuất một công nghệ xử lý nước thải sinh hoạt phù hợp với cộng đồng dân cư nông thôn, vốn chiếm một tỷ trọng lớn trong tổng số lượng nước thải hình thành từ khu vực này.

1.2. Lựa chọn công nghệ xử lý nước thải phù hợp

Với đặc thù của nước thải sinh hoạt là nồng độ ô nhiễm hữu cơ như COD, BOD₅, TSS..., mặt khác cộng đồng người dân nông thôn là người hưởng lợi. Do vậy, công nghệ áp dụng cần phải đơn giản, hiệu quả trong xử lý và có chi phí vận hành thấp để đảm bảo tính bền vững trong vận hành.

Hiện nay, các giải pháp công nghệ trong lĩnh vực này rất phong phú và đa dạng có thể kể đến: hệ thống Aerotank, MBR, SBR, MBBR, Trickling Filter, Johkasou... Các giải pháp này tiết kiệm diện tích xây dựng, chủ động trong quá trình xử lý, hiệu quả xử lý tương đối cao nhưng bên cạnh đó chi phí xây dựng và chi phí vận hành cũng rất cao.

Các giải pháp xử lý tự nhiên không sử dụng hóa chất hoặc năng lượng trong quá trình xử lý như USBA, BASTAF, hồ sinh học, đầm lầy... có chi phí rẻ và thân thiện với môi trường hơn nhưng cần nhiều diện tích nên cũng là một rào cản lớn cho việc áp dụng các công nghệ này.

Hiện nay, một số giải pháp dung hòa giữa hai xu hướng trên sử dụng công nghệ công nghệ xử lý sinh học kỵ khí được đề xuất áp dụng để xử lý các chất hữu cơ kèm theo các công nghệ sinh học hiếu khí đơn giản để tăng hiệu quả xử lý Ni tơ, photpho. Do đó, công nghệ đề xuất lựa chọn để xử lý nước thải sinh hoạt

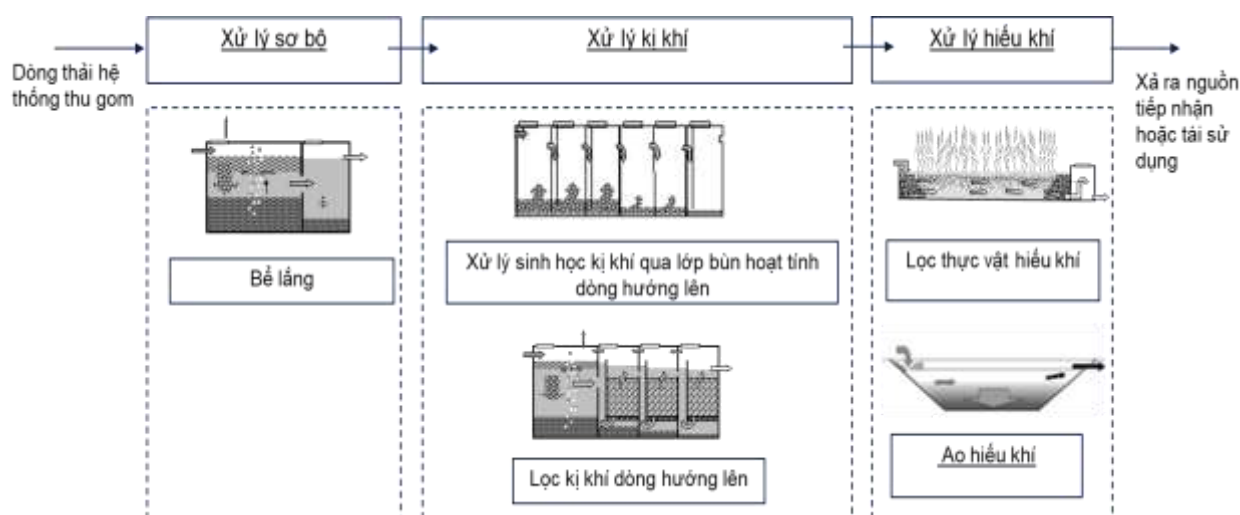
được đề xuất sẽ bao gồm các giai đoạn như sau:

a. Quá trình xử lý sơ bộ: Đối với nước thải sinh hoạt chứa một lượng lớn chất rắn lơ lửng, cát, dầu mỡ... và để làm nhanh đầy hoặc làm tắc các công trình xử lý. Do vậy cần xử lý sơ bộ làm lắng lượng bùn cặn này thông qua các công trình sử dụng phương pháp cơ học với nguyên lý các vật chất có khối lượng riêng nặng hơn sẽ lắng xuống đáy bể, còn các vật chất có khối lượng riêng nhẹ sẽ nổi trên, lớp nước thải ở giữa sẽ tự chảy các quá trình xử lý tiếp theo.

b. Quá trình xử lý sinh học kỵ khí: Như đã phân tích, các công nghệ xử lý sinh học kỵ khí cho hiệu quả xử lý COD, BOD₅ rất cao. Do vậy, trong quá trình này các công nghệ xử lý kỵ khí thông qua lớp bùn hoạt tính dòng hướng lên hoặc/và lọc kỵ khí với vận tốc dòng chảy được giới hạn, chiều dày lớp bùn hợp lý, loại vật liệu lọc cũng như các kích thước hình học phù hợp sẽ xử lý cơ bản các thông số COD, BOD₅, TSS... trong nước thải sinh hoạt. Công nghệ sử dụng trong quá trình này đề xuất là (i) Bể phản ứng kỵ khí vách ngăn dòng hướng lên (ABR); và (ii) Bể lọc kỵ khí (AF)

c. Quá trình xử lý sinh học hiếu khí: Nước thải sinh hoạt sau quá trình xử lý kỵ khí vẫn còn các vấn đề về mùi, màu, các chất dinh dưỡng... Do đó, một quá trình lọc thực vật trong môi trường hiếu khí và/hoặc thông qua các ao, hồ hoặc hệ thống kênh mương là cần thiết để xử lý các vấn đề trên, đảm bảo nước thải đầu ra đạt các chỉ tiêu chính trong các QCVN trước khi đổ vào nguồn tiếp nhận hoặc tái sử dụng cho các mục đích nông nghiệp khác. Công nghệ sử dụng trong quá trình này đề xuất là (i) Bãi lọc thực vật dòng chảy ngang (HGF); hoặc (ii) Ao hiếu khí bởi tính thân thiện với môi trường và dễ dàng trong quản lý vận hành.

Sơ đồ công nghệ lựa chọn để xử lý nước thải sinh hoạt từ cộng đồng dân cư được thể hiện ở hình dưới đây.



Hình 1: Công nghệ đề xuất xử lý nước thải sinh hoạt

2. NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN QUI MÔ CÁC HẠNG MỤC

2.1. Nguyên tắc tính toán

Về mặt hiệu quả xử lý, nước thải sinh hoạt sau khi xử lý phải đạt yêu cầu theo qui định hiện hành tại QCVN 14:2008/BNTNMT và các qui định liên quan khác. Qui mô công trình càng lớn thì hiệu quả xử lý càng cao nhưng đi kèm theo là chi phí xây dựng sẽ tăng lên. Do đó nguyên tắc tính toán lựa chọn sẽ bao gồm (i) đảm bảo hiệu quả xử lý đáp ứng quy chuẩn kỹ thuật; (ii) thời gian lưu nước thải (HRT); và (iii) vận tốc dòng chảy tối đa cho phép tại các module.

2.2. Kết quả tính toán qui mô các hạng mục

2.2.1. Dữ liệu sử dụng tính toán

- Chất lượng đầu vào của nước thải sinh hoạt trung bình để tính toán [3] như sau:

$$\text{COD} = 415 \text{ (mg/l)}; \quad \text{BOD}_5 = 186 \text{ (mg/l)}$$

- Chất lượng nước đầu ra đạt QCVN 14:2008/BNTNMT

- Công suất xử lý: $15\text{m}^3/\text{ngày đêm}$

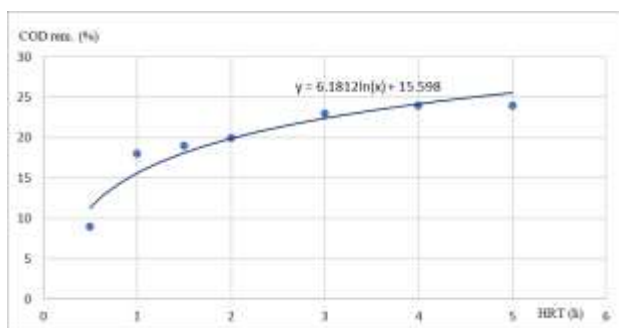
- Hiệu quả xử lý và kích thước các hạng mục được tính toán theo tài liệu hướng dẫn[4].

2.2.2. Kết quả tính toán

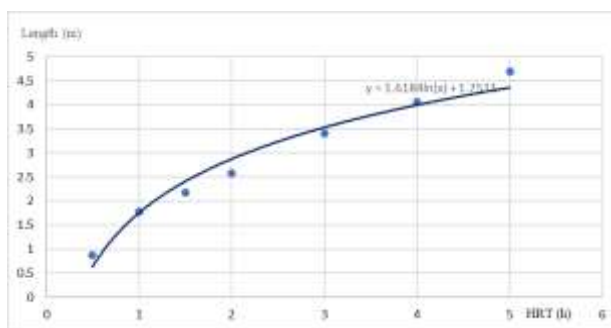
a. Bể lắng kỵ khí

Bể lắng kỵ khí có tác dụng xử lý sơ bộ nguồn thải, có thể sử dụng bể lắng 1 ngăn hoặc 2 ngăn. Trong phạm vi đề tài, đề xuất sử dụng bể lắng 02 ngăn với mục đích: (i) giữ lại tối đa rác thải, vật thải kích thước lớn đi vào công trình XLNT; và (ii) đảm bảo cho hệ thống phía sau không bị tắc nghẽn.

Hiệu quả xử lý và kích thước (chiều dài) của bể lắng phụ thuộc vào thời gian lưu nước trong bể và được nghiên cứu tính toán[4] như hình 2 dưới đây.



Quan hệ hiệu quả và thời gian lưu nước



Quan hệ kích thước và thời gian lưu nước

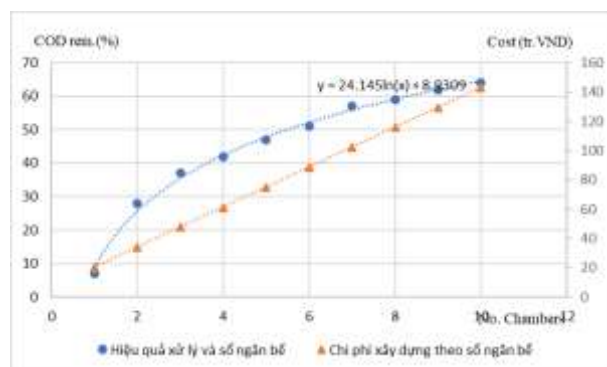
Hình 2: Quan hệ giữa hiệu quả xử lý, kích thước và thời gian lưu nước trong bể lắng

Kết quả tính toán cho thấy thời gian lưu nước trong bể lắng kị khí khoảng 2(h) sẽ cho kết quả tối ưu về hiệu quả xử lý và kích thước của hạng mục bể lắng.

b. Bể phản ứng kị khí vách ngăn dòng hướng lên (ABR)

Bể phản ứng kị khí với các vách ngăn giúp cho nước thải chuyển động lên xuống. Dưới đáy mỗi ngăn, bùn hoạt tính được giữ lại và duy trì, dòng nước thải vào liên tục được tiếp xúc và đảo trộn với lớp bùn hoạt tính có mật độ vi sinh vật kị khí cao, nhờ đó mà quá trình phân huỷ các hợp chất hữu cơ trong nước thải được diễn ra mạnh mẽ giúp làm sạch nước thải hiệu quả hơn các bể tự hoại thông thường

Hiệu quả xử lý, số ngăn của bể ABR và giá trị xây dựng (trường hợp tính toán) của hạng mục bể ABR được nghiên cứu tính toán[4] như hình 3 dưới đây.



Hình 3: Quan hệ giữa hiệu quả xử lý, giá trị xây dựng và số ngăn bể ABR

Kết quả tính toán cho thấy số ngăn bể ABR càng lớn thì hiệu quả xử lý càng cao nhưng kèm theo đó là chi phí xây dựng càng lớn. Khi số ngăn bể ABR tăng trong từ 2÷6 ngăn thì hiệu quả xử lý tăng từ 10÷14%/01 module kép 2 ngăn, còn khi số ngăn bể ABR tăng trong khoảng từ 6÷10 ngăn thì hiệu quả xử lý chỉ tăng từ 5÷8%/01 module kép 2 ngăn, trong khi giá trị xây dựng tỷ lệ thuận với số ngăn bể (khoảng 27 triệu/01 module kép 2 ngăn). Từ đó thấy rằng số ngăn bể ABR hợp lý khi so sánh tương quan giữa hiệu quả xử lý và giá trị xây dựng là từ 4÷6 ngăn bể..

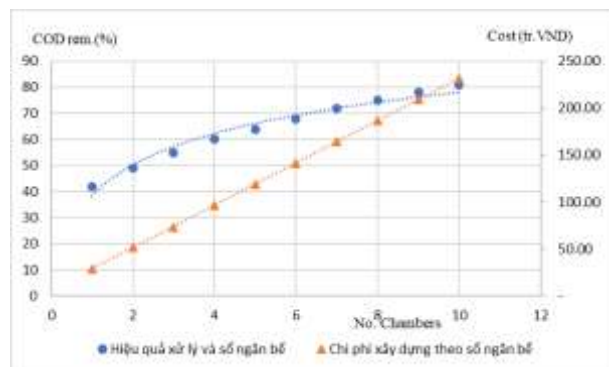
c. Bể lọc kị khí vách ngăn dòng hướng lên (AF)

Bể lọc kị khí với vật liệu lọc có vai trò là giá thể cho các vi sinh vật phát triển, tạo thành các màng vi sinh vật. Các chất ô nhiễm hoà tan trong nước thải được xử lý hiệu quả hơn khi đi qua các lỗ rỗng của vật liệu lọc và tiếp xúc với các màng vi sinh vật

Hiệu quả xử lý, số ngăn của bể lắng và giá trị xây dựng (trường hợp tính toán) của hạng mục bể AF được nghiên cứu tính toán[4] như hình 4 dưới đây. (xem hình 4)

Kết quả tính toán cho thấy số ngăn bể AF càng lớn thì hiệu quả xử lý càng cao nhưng kèm theo đó là chi phí xây dựng càng lớn. Khi số ngăn bể AF tăng trong từ 1÷4 ngăn thì hiệu quả xử lý tăng từ 5÷7%/mỗi ngăn bể tăng thêm, còn khi số ngăn bể AF tăng trong khoảng từ 4÷10 ngăn thì hiệu quả xử lý chỉ tăng khoảng 3% đối với

mỗi ngăn bể tăng thêm, trong khi giá trị xây dựng tỷ lệ thuận với số ngăn bể AF (khoảng 22 triệu/ngăn). Từ đó thấy rằng số ngăn bể AF hợp lý khi so sánh tương quan giữa hiệu quả xử lý và giá trị xây dựng là từ 3÷4 ngăn bể.



Hình 4: Quan hệ giữa hiệu quả xử lý, thời gian lưu nước và số ngăn bể AF

d. Bể lọc thực vật dòng chảy ngang (HGF)

Đây là quá trình xử lý yếm-hiếu bằng sinh học kết hợp hấp thụ chất ô nhiễm vào cây trồng trên bãi lọc. Do đặc tính của bãi lọc ngang nên sẽ tồn tại vùng hiếu khí (tiếp xúc với không khí, và được cung cấp oxy từ bộ rễ của cây trồng trên bãi lọc), và vùng yếm khí ở phần đáy của bãi lọc. Ngoài quá trình lắng và lọc tiếp tục xảy ra trong bãi lọc thì hệ thực vật trồng trong bãi lọc góp phần đáng kể trong xử lý nước thải nhờ khả năng cung cấp ôxy qua bộ rễ của cây xuống bãi lọc cũng là môi trường sống thích hợp cho các

vi sinh vật có khả năng tiêu thụ các chất dinh dưỡng có trong nước thải, tăng hiệu quả xử lý của bãi lọc. Do đó, các chất hữu cơ và đặc biệt là các chất dinh dưỡng dưới dạng N, P sẽ trải qua một quá trình chuyển hóa thành nhiều dạng khác nhau dưới quá trình nitro hóa, khử nitro hóa, cố định Nitơ, anammox, khử ammoniac... Các chất hữu cơ và vô cơ chứa Photpho sẽ trải qua các quá trình lắng, hấp phụ lên bề mặt vật liệu trong bãi lọc, khoáng hóa và hấp thụ vào cây trồng và vi sinh vật

Đối với hạng mục này, quá trình xử lý COD và BOD₅ không còn quan trọng mà vấn đề xử lý dinh dưỡng quan trọng hơn. Chưa có nghiên cứu sâu về mối liên quan giữa hiệu quả xử lý các chất dinh dưỡng và kích thước bãi lọc, nhưng theo khuyến nghị [4] thì diện tích bãi lọc cần đảm bảo 2,5÷3,5m²/m³ công suất xử lý.

2.2.3. Tổ hợp kết quả tính toán

Hiệu quả xử lý chất hữu cơ chủ yếu được diễn ra trong quá trình xử lý kỵ khí của hệ thống xử lý nước thải. Ngoài bể lắng có nhiệm vụ lắng cơ học cho giai đoạn tiền xử lý kỵ khí đã được đề xuất bao gồm 02 ngăn thì tổ hợp số lượng các ngăn bể ABR và AF đáp ứng hiệu quả xử lý và chi phí xây dựng là rất quan trọng để lựa chọn được số lượng các hạng mục một cách hợp lý. Kết quả tổ hợp được trình bày ở hình dưới đây.

n(ABR)	n(AF)									
	AF = 1	AF = 2	AF = 3	AF = 4	AF = 5	AF = 6	AF = 7	AF = 8	AF = 9	AF = 10
ABR = 1	41.7%	49.4%	56.0%	61.9%	67.3%	72.0%	76.8%	81.0%	83.9%	85.1%
ABR = 2	52.4%	58.9%	64.3%	68.5%	73.2%	77.4%	81.0%	83.9%	86.9%	88.1%
ABR = 3	57.1%	63.1%	67.9%	72.0%	76.2%	79.2%	82.7%	85.1%	88.1%	89.3%
ABR = 4	60.1%	64.9%	69.6%	73.2%	77.4%	80.4%	83.3%	86.3%	88.7%	89.9%
ABR = 5	62.5%	67.3%	71.4%	75.0%	78.6%	81.5%	84.5%	86.9%	89.3%	90.5%
ABR = 6	65.5%	69.6%	73.8%	76.8%	80.4%	83.3%	85.7%	88.1%	89.9%	91.1%
ABR = 7	69.0%	72.6%	76.2%	79.2%	82.1%	84.5%	86.9%	89.3%	91.1%	91.7%
ABR = 8	70.2%	74.4%	77.4%	80.4%	83.3%	85.7%	87.5%	89.3%	91.7%	92.3%
ABR = 9	72.0%	75.6%	78.6%	81.5%	83.9%	86.3%	88.1%	89.9%	91.7%	92.9%
ABR = 10	73.8%	77.4%	80.4%	82.7%	85.1%	86.9%	89.3%	90.5%	92.3%	93.5%

Hình 5: Hiệu quả xử lý (BOD₅) khi tổ hợp số ngăn bể ABR và AF

Khu vực màu xanh trong hình trên là các tổ hợp có hiệu quả xử lý đáp ứng được yêu cầu của

QCVN 14:2008 về nước thải sinh hoạt. Việc lựa chọn số lượng các ngăn bể ABR và AF tối ưu chính là đường biên phía bên trái của vùng xanh.

Với các yêu cầu kỹ thuật (thời gian lưu trong bể AF tối thiểu 12h [4] tương đương với 03 ngăn bể AF), và chi phí xây dựng của một ngăn bể AF lớn hơn ngăn bể ABR khoảng 1,5 lần thì

thấy rằng tổ hợp 6 ngăn ABR + 3 ngăn AF là hợp lý cả về kỹ thuật và chi phí.

Do đó, nghiên cứu đề xuất tổ hợp các trường hợp tính toán kích thước và số ngăn bể theo (i) hiệu quả xử lý; và (ii) chi phí xây dựng công trình xử lý nước thải đảm bảo chất lượng nước thải sau xử lý đạt các chỉ tiêu trong QCVN 14:2008/BNMT cột B được tổng hợp như sau:

STT	Hạng mục	Số ngăn – Kích thước	Ghi chú
1	Bể lắng kị khí	02 ngăn, $L_1 = 2(m)$; $L_2 = (1(m))$	H = 1,8÷2,0 (m); B: phụ thuộc công suất xử lý
2	Bể ABR	06 ngăn, $L_i = 0,8(m)$	
3	Bể AF	03 ngăn, $L_i = 1,5(m)$	
4	Bãi lọc thực vật	3,0m ² /m ³ công suất xử lý	

3. ÁP DỤNG THỰC TẾ [2]

Kết quả nghiên cứu được áp dụng tại xóm Nam Tân Dân, xã Tùng Lộc, huyện Can Lộc, tỉnh Hà Tĩnh trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu, lựa chọn công nghệ phù hợp xử lý chất thải (sinh hoạt, chăn nuôi) qui mô vừa và nhỏ phục vụ Chương trình xây dựng nông thôn mới vùng Bắc Trung Bộ” thuộc “Chương trình khoa học công nghệ phục vụ xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2016-2020”

3.1. Thông tin chung về mô hình

Tên mô hình: Mô hình MH01

Loại công trình: Công trình xử lý nước thải sinh hoạt

Địa điểm: Xóm Nam Tân Dân – xã Tùng Lộc – huyện Can Lộc – tỉnh Hà Tĩnh

Qui mô: 15m³/ngày đêm

3.2. Thông số kỹ thuật của mô hình

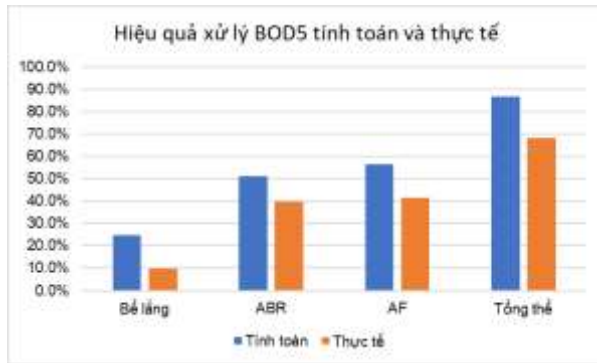
STT	Hạng mục	Số ngăn	Thể tích (m ³)	Kích thước (m)		
				Dài	Rộng	Cao
1	Bể lắng	2	12,83	2,0+1,0	1,5	2,85
2	Bể phản ứng ABR	6	20,52	0,8	1,5	2,85
3	Bể lọc kị khí	3	19,24	1,5	1,5	2,85
4	Bãi lọc thực vật	1	59 m ²	14,7	4,0	

3.3. Hiệu quả hoạt động của mô hình

Hiệu quả xử lý được tính toán về mặt lý thuyết [2] và lấy mẫu phân tích để theo dõi đánh giá hoạt động của mô hình [3]. Kết quả tính toán và theo dõi đánh giá được thể hiện trong hình 6 dưới đây.

Kết quả theo dõi hoạt động cho thấy hiệu quả xử lý giữa tính toán và thực tế có xu hướng

tương đồng với nhau tại các quá trình xử lý. Độ lệch của hiệu quả xử lý trên thực tế theo dõi thấp hơn kết quả tính toán lý thuyết khoảng 20% trong quá trình theo dõi đánh giá hoạt động của mô hình. Độ lệch này có thể sẽ còn giảm tiếp sau khi mô hình đi vào hoạt động ổn định.



Hình 6: Kết quả tính toán và Hiệu quả xử lý thực tế của mô hình

4. THẢO LUẬN

- Tuy công nghệ đơn giản, dễ áp dụng nhưng cần phải tuân thủ thiết kế cũng như quy trình thi công xây dựng công trình đảm bảo đúng yêu cầu của công nghệ.
- Vật liệu lọc trong các ngăn bể lọc kỵ khí thường sử dụng vật liệu xỉ lò gạch hoặc xỉ lò gốm có độ cứng cao, độ rỗng lớn và diện tích bề mặt rất lớn để tăng diện tích màng vi sinh vật trong quá trình này. Trong trường hợp không tìm được loại vật liệu, có thể cân nhắc lựa chọn các vật liệu địa phương khác tương đương như đá ong, mảnh vụn của gạch không nung...
- Trong quá trình xử lý hiếu khí, các loại cây trồng trong bể lọc ngang cũng cần được lựa chọn cho phù hợp. Kết quả thử nghiệm cho thấy cây chuối hoa (còn gọi là chuối cảnh, chuối mỏ két...) là loại cây

có sự thích nghi cao với môi trường không có đất trong bể lọc và có hiệu quả khử mùi và các chất dinh dưỡng rất cao. Nước thải sau xử lý có thể tái sử dụng để tưới cho nông nghiệp.

- Việc vận hành, bảo dưỡng công trình cũng cần tuân theo hướng dẫn được cung cấp để đảm bảo công trình xử lý nước thải hoạt động ổn định và hiệu quả. Do đó, một mô hình quản lý công trình xử lý nước thải dựa vào cộng đồng là rất cần thiết.

- Việc quản lý nước thải ngay tại hộ gia đình để phân tách dòng thải, chất thải rắn trước khi đổ vào hệ thống thu gom chung sẽ làm công trình hoạt động hiệu quả hơn.

5. KẾT LUẬN

Hiệu quả xử lý của công nghệ sinh học kỵ khí - hiếu khí kết hợp cho thấy đây là một hướng đi đúng đắn để xử lý nước thải sinh hoạt trong cộng đồng dân cư nông thôn. Công nghệ thân thiện với môi trường do không sử dụng hóa chất, chi phí vận hành thấp, quy trình vận hành không đòi hỏi nhân công kỹ thuật có trình độ mà chỉ cần được hướng dẫn cơ bản nên có tính bền vững cao và phù hợp với cộng đồng. Tuy việc xây dựng, quản lý và vận hành công trình xử lý nước thải đơn giản nhưng cần có sự tham gia của người hưởng lợi (cộng đồng dân cư) trong việc quản lý vận hành và chia sẻ trách nhiệm để công trình hoạt động được bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008, “Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt - QCVN 14:2008/BTNMT”, Việt Nam.
- [2] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2020, “Báo cáo lựa chọn các điểm xây dựng mô hình và thiết kế các công nghệ phù hợp để xử lý chất thải sinh hoạt, chăn nuôi qui mô vừa và nhỏ vùng Bắc Trung bộ” – Đề tài “Nghiên cứu, lựa chọn công nghệ phù hợp xử lý chất thải (sinh hoạt, chăn nuôi) qui mô vừa và nhỏ phục vụ Chương trình xây dựng nông thôn mới vùng Bắc Trung Bộ”, Việt Nam.
- [3] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2020, Kết quả theo dõi hoạt động của mô hình xử lý nước thải tại mô hình xử lý nước thải sinh hoạt cụm dân cư xóm Nam Tân Dân, xã Tùng Lộc, huyện Can Lộc, tỉnh Hà Tĩnh..
- [4] Adreas Ulrich, Stefan Reuter, et al., (2009), “Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries”, United Kingdom.