

Ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ (SBR) để xử lý nước thải có tải trọng hữu cơ thấp

Phạm Văn Doanh^{1*}, Nguyễn Bình Minh², Trần Thị Việt Nga²

¹Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

²Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Ngày nhận bài 4/8/2021; ngày chuyển phản biện 9/8/2021; ngày nhận phản biện 6/9/2021; ngày chấp nhận đăng 9/9/2021

Tóm tắt:

Công nghệ xử lý nước thải (XLNT) theo mẻ (Sequencing Batch Reactor - SBR) có nhiều ưu điểm hơn so với các quy trình XLNT khác. Nhiều nghiên cứu cho thấy, bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với các loại nước thải có mức độ tải trọng hữu cơ khác nhau như: nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy rượu bia, nước thải từ rỉ rác, nước thải đô thị... Bài báo trình bày kết quả loại bỏ COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (nitơ amôn), T-N (tổng nitơ), T-P (tổng photpho) của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên bể phản ứng theo mẻ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp trong điều kiện phòng thí nghiệm. Nước thải nghiên cứu được lấy từ bể điều hòa của Trạm XLNT Kim Liên có tải trọng hữu cơ (OLR) là 0,4-0,6 kg COD/m³.ngày, tương ứng với nồng độ nhu cầu oxy hoá học COD là 150-200 mg/l, thời gian nghiên cứu diễn ra trong 55 ngày. Nghiên cứu được thực hiện trên mô hình bể SBR có đường kính ống 0,11 m, cao 1 m, chiều cao chứa nước là 0,8 m, thể tích làm việc của bể là 2,5 l. Bể SBR làm việc với 6 chu kỳ/ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 giờ, trong 1 chu kỳ: pha nạp nước 1-2 phút, pha sục khí 180 phút, pha nghỉ 20-30 phút, pha xả 10-15 phút. Kết quả cho thấy, công nghệ hoạt động ổn định, hiệu quả xử lý trên 92% COD, 90% $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 20% T-N và 50% T-P.

Từ khóa: bể xử lý theo mẻ SBR, bùn hạt hiếu khí, loại bỏ COD, nước thải đô thị tải trọng thấp.

Chỉ số phân loại: 2.7

Đặt vấn đề

Công nghệ XLNT theo mẻ SBR đã chứng minh có nhiều ưu điểm trong XLNT [1]. Tại Việt Nam, theo báo cáo của Ngân hàng thế giới, năm 2013 có 15/32 nhà máy đang hoạt động áp dụng công nghệ XLNT SBR. Nếu tính theo công suất thì có trên 50% lượng nước thải được xử lý bằng công nghệ này tại các đô thị của Việt Nam. Tuy nhiên, hiệu quả XLNT của các nhà máy tại Việt Nam phần lớn chưa đạt hiệu quả như thiết kế, đặc biệt là xử lý nitơ, photpho [2]. Nguyên nhân các công nghệ XLNT đang áp dụng tại Việt Nam làm việc không hiệu quả là do nước thải đô thị Việt Nam phần lớn được thu gom bằng hệ thống cống chung, từ nhiều nguồn khác nhau, nước mưa xâm nhập vào hệ thống thu gom, bể tự hoại được sử dụng phổ biến trong các hộ gia đình nên nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp, tỷ số $\text{BOD}_5/\text{T-N}$ thấp. Nuôi cấy và sử dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ bể phản ứng theo mẻ SBR trên thế giới bắt đầu từ những năm 1970 [2] và đã được nghiên cứu sâu trong những năm sau đó với các chất nền khác nhau như: glucose, acetate, ethanol, mật mía, đường, tinh bột, phenol, axit phtalic... Các nghiên cứu cho thấy, bùn hạt hiếu khí có thể ứng dụng rộng rãi với các chất nền khác nhau và các loại nước thải khác nhau. Đồng thời, bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với các loại nước thải có mức độ tải trọng hữu cơ khác nhau. Theo nghiên cứu của Moy và cs (2007) [3], bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với nước thải có OLR 2,5-15 kg COD/m³.ngày; bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng tốt với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp (OLR 0,3-0,6 kg COD/m³.ngày) tại Singapore [4]. So với

bùn hoạt tính thông thường, bùn hạt hiếu khí có cơ cấu tốt, có khả năng duy trì sinh khối cao và có thể xử lý các hợp chất độc hại có trong nước thải [4]. Bùn hạt hiếu khí không chỉ có tác dụng loại bỏ tốt carbon mà còn có khả năng loại bỏ nitơ và photpho nhờ quá trình hoạt động của các vi sinh vật hiếu khí, thiếu khí và kỵ khí có trong bùn hạt hiếu khí [4], vì vậy nó được ứng dụng để XLNT sinh hoạt, nước thải của các nhà máy chế biến phẩm, nước thải chăn nuôi, nước thải công nghiệp. Đó là sự đảm bảo tin cậy cho những nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT sinh hoạt có tải trọng hữu cơ thấp. Mỗi cấu trúc bùn hạt hiếu khí là tập hợp các nhóm vi khuẩn khác nhau cần thiết cho quá trình chuyển hóa các hợp chất hữu cơ, thành phần của bùn hạt phụ thuộc vào loại cơ chất.

Tại Việt Nam, đã có một vài đề tài nghiên cứu về khả năng loại bỏ COD và nitơ của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải công nghiệp, nước rỉ rác, nước thải chăn nuôi, nước thải lò mổ..., tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào đối với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá hiệu quả xử lý COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, T-N và T-P của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

Nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp: nước thải đô thị dùng cho thí nghiệm được lấy từ bể điều hòa của Trạm XLNT Kim

*Tác giả liên hệ: Email: doanhhkt@gmail.com

Application of aerobic granulation in SBR technology to treat low-strength urban wastewater

Van Doanh Pham^{1*}, Binh Minh Nguyen²,
Thi Viet Nga Tran²

¹Hanoi Architectural University

²Hanoi University of Civil Engineering

Received 4 August 2021; accepted 9 September 2021

Abstract:

Sequencing Batch Reactor - SBR is an advanced technology to treat wastewater in Vietnam and around the world. Many studies showed that aerobic granular sludge could adapt to various types of wastewater with different organic loads such as industrial wastewater, winery and brewery wastewaters, landfill wastewater, municipal wastewaters. This paper presents the removal results of COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, T-N, T-P by applying aerobic granulation in SBR technology to treat low-strength urban wastewater at Hanoi in the laboratory. Research wastewater is taken from Kim Lien wastewater treatment plant with OLR 0.4-0.6 kg COD/m³.day, equivalent to COD 150-200 mg/l, and studied for 55 days. Research is processed using the SBR technology with a bubble column of 0.11 m in diameter, 1 m in height, a water storage height of 0.8 m, and a working volume of 2.5 l. The reactor was sequentially operated 6 cycles/day. A cycle time is 4 h, in which: water filling phase 1-2 min, aeration phase 180 min, resting phase 20-30 min, discharge phase 10-15 min. The results showed the stable operation of the SBR technology with COD removal efficiency over 92% COD, 90% $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 20% T-N, and 50% T-P.

Keywords: aerobic granules, COD removal, low-strength urban wastewater, Sequencing Batch Reactor.

Classification number: 2.7

Liên (Đông Đa, Hà Nội). Nước thải được lấy từ Trạm xử lý 2 lần một tuần và được đựng trong các can nhựa loại 20 lít, bảo quản ở nhiệt độ phòng trong thời gian 3-4 ngày. Trung bình 5 ngày lấy mẫu phân tích 1 lần, tổng thời gian thí nghiệm là 55 ngày. Đặc điểm, thành phần nước thải đầu vào của thí nghiệm như sau: nồng độ COD 163-212 mg COD/l; $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 14-70 mg N/l; T-N 31-43 mg N/l; T-P 1,5-2,16 mg P/l.

Bùn hạt: bùn hạt hiếu khí dùng trong thí nghiệm là nguồn bùn được nuôi cấy thành công trong phòng thí nghiệm của nhóm nghiên cứu (hình 1). Bùn hạt hiếu khí được nhóm nghiên cứu nuôi cấy thành công trong thời gian 4-6 tuần với chất nền là Acetate, có kích thước 3-5 mm, màu nâu, cấu trúc tròn đều và đặc, độ bền của

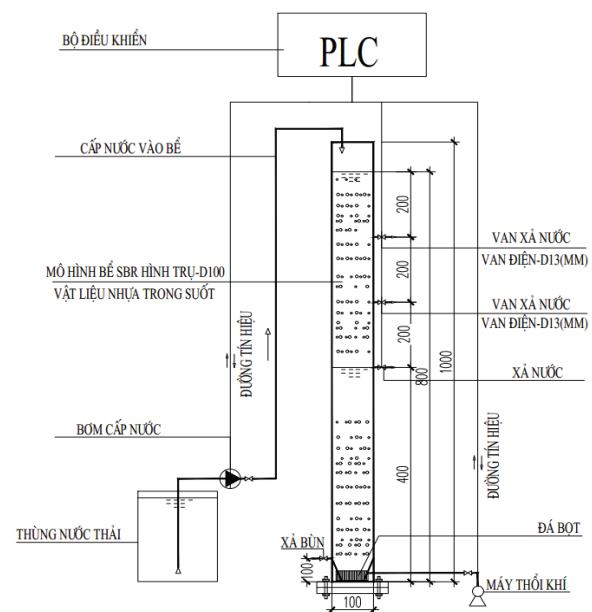
hạt cao, có thể hoạt động ổn định với lưu lượng sục khí 1,5-5 l/phút ở điều kiện nhiệt độ 20-35°C. Nghiên cứu sử dụng 2,5 l dung dịch bùn hạt hiếu khí có nồng độ bùn MLSS 8000 mg/l, MLVSS 7800 mg/l để làm thí nghiệm.



Hình 1. Bùn hạt dùng trong thí nghiệm.

Phương pháp xây dựng mô hình thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện trên mô hình bể SBR làm bằng nhựa acrylic trong suốt có đường kính ống 0,11 m, cao 1 m, trong đó chiều cao chứa nước là 0,8 m, thể tích làm việc của bể là 2,5 l. Bể SBR làm việc với 6 chu kỳ/ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 giờ, trong 1 chu kỳ: pha nạp nước 1-2 phút, pha sục khí 180 phút, pha lắng 30-50 phút, pha xả 10-15 phút (hình 2). Không khí được đưa vào bể SBR bằng máy sục khí với bộ khuếch tán khí bằng đá bọt được đặt ở đáy bể, lưu lượng sục khí tăng dần từ 1,5 đến 4,5 l/phút trong thời gian thí nghiệm; trên đường ống dẫn khí lắp đặt bộ van đo lưu lượng sục khí luôn đảm bảo DO từ 2 đến 4 mg/l. Nhiệt độ thí nghiệm là nhiệt độ phòng dao động trong khoảng 27-33°C. Van xả nước được đặt cách đáy bể 0,4 m để thể tích xả khoảng 50% lượng nước sau một chu kỳ hoạt động. Hệ thống kiểm tra pH, DO được đo bằng máy đo cầm tay hàng ngày. Toàn bộ các thiết bị như: bơm cấp nước, máy thổi khí, van xả nước... đều được điều khiển tự động bởi bộ PLC đã được lập trình sẵn theo yêu cầu thí nghiệm.



Hình 2. Sơ đồ công nghệ mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm.

Quá trình vận hành được thực hiện theo 2 bước:

Bước 1: đưa vào bể phản ứng mô hình SBR 2,5 l bùn hạt hiếu khí có nồng độ bùn MLSS 8000 mg/l, MLVSS 7800 mg/l để làm nguồn bùn vi sinh vật cho mô hình và cho mô hình chạy tự động bằng chương trình đã được cài đặt trước trong bộ điều khiển PLC.

Bước 2: tiến hành kiểm tra các thiết bị, van khoá hàng ngày, lấy mẫu định kỳ 5 ngày/lần theo kế hoạch. Chế độ và điều kiện vận hành mô hình được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Chế độ vận hành bể SBR.

Ngày thí nghiệm	Tải trọng hữu cơ COD (kg COD/m ³ .ngày)	Nồng độ oxy DO (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Độ pH	Thời gian 1 chu kỳ (phút)			
					Nạp nước	Sục khí	Lắng	Xả
1-55	0,4-0,6	2,0-4,0	25-35	6,1-8	1-2	180	20-30	10-15

Phương pháp phân tích

Các thông số được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: COD, NH₄⁺, T-N, T-P, pH, DO, TS (tổng chất rắn), VS (tổng chất rắn bay hơi). Các phương pháp phân tích thông số được thực hiện theo TCVN và được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm.

Tên chỉ số phân tích	Đơn vị đo	Phương pháp phân tích	Tần suất phân tích
COD	mg/l	Phương pháp 8000, COD dùng cho máy DR890 hoặc TCVN 6491:1999	5 ngày 1 lần phân tích
NH ₄ ⁺	mg/l	Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10031 - Hach	5 ngày 1 lần phân tích
T-N	mg/l	Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10072 - Hach	5 ngày 1 lần phân tích
T-P	mg/l	Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 8190 - Hach	5 ngày 1 lần phân tích
pH	-	Đo bằng sensor, máy đo pH cầm tay WTW 340i, Đức	Đo hàng ngày
DO	mg/l	Đo bằng sensor, máy đo DO cầm tay, Oron, Mỹ	Đo hàng ngày
Nhiệt độ		Nhiệt kế thông thường	Đo hàng ngày
TS	mg/l	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000	5 ngày 1 lần phân tích
VS	mg/l	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000	5 ngày 1 lần phân tích

Kết quả

Hiệu quả loại bỏ COD, NH₄⁺-N

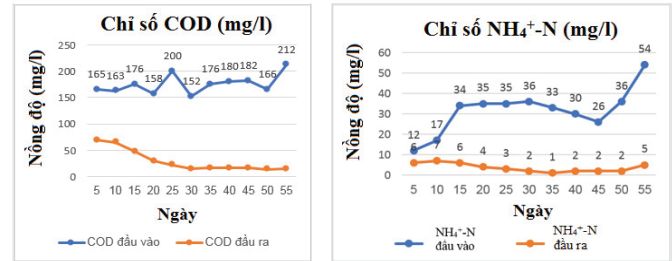
1-5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hạt hiếu khí cho vào chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao (loại bỏ 57-60% COD, 25-30% NH₄⁺-N). Trong các tuần tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hạt đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý tăng theo hiệu suất loại bỏ COD (từ 60 lên 90%), NH₄⁺-N (từ 45 lên 89%) trong khoảng thời gian 10-25 ngày. Đến giai đoạn tiếp theo, do bùn hạt đã thích nghi hoàn toàn với môi trường thí nghiệm nên hiệu quả xử lý ổn định và luôn duy trì ở mức cao, với hiệu suất loại bỏ trên 92% COD và 90% NH₄⁺-N. Điều này có thể lý giải do sự hoạt động của các vi khuẩn trong bể phản ứng SBR đã đạt trạng thái ổn định.

Kết quả loại bỏ T-N, T-P

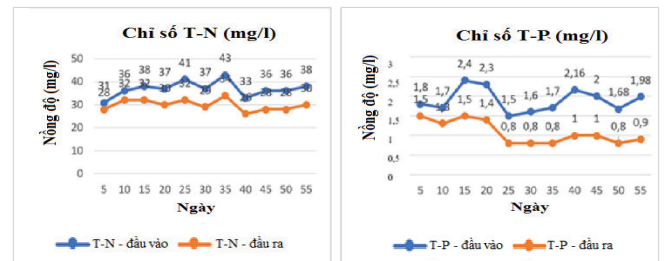
Do trong cấu trúc bùn hạt gồm các vi sinh vật sống ở bề mặt hạt, vi sinh vật thiếu khí và kỵ khí sống ở các lớp dưới bề mặt hạt nên khi các vi sinh vật này hoạt động sẽ tạo ra các quá trình hiếu khí, thiếu khí và

kỵ khí, đây là cơ chế để loại bỏ T-N, T-P trong nước thải. Thí nghiệm bùn hạt hiếu khí XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp trên công nghệ SBR cho kết quả xử lý T-N, T-P không cao nếu so sánh với các nghiên cứu khác tương tự trên thế giới [4]. Giai đoạn 1-5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hạt hiếu khí cho vào chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý còn thấp (9-10% T-N, 16-23% T-P). Trong các tuần tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hạt đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý tăng theo hiệu suất loại bỏ T-N (từ 15 lên 20%), T-P (từ 35 lên 50%) trong khoảng thời gian 10-25 ngày. Hiệu quả xử lý có dao động thay đổi trong khoảng thời gian sau 35 ngày. Tuy nhiên, xu hướng vẫn ổn định và đạt hiệu suất trung bình là 20-21% T-N và 50-52% T-P.

Hiệu quả loại bỏ COD, NH₄⁺-N của công nghệ SBR ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị có tải trọng thấp đạt hiệu suất cao và ổn định khi so sánh với các công nghệ XLNT khác đang áp dụng tại Việt Nam. Kết quả khảo sát hiệu quả loại bỏ COD, NH₄⁺-N của 15 nhà máy XLNT điển hình với các mô hình công nghệ khác nhau tại Việt Nam dao động từ 60 đến 90% tùy vào công nghệ áp dụng. Tuy nhiên, qua nghiên cứu của nhóm tác giả, công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị có tải trọng thấp tại Việt Nam cũng có những hạn chế như: hiệu quả loại bỏ T-N và T-P không cao, chỉ đạt mức trung bình hoặc thấp so với các nghiên cứu tương tự trên thế giới, hiệu suất xử lý chỉ đạt 20-21% T-N và 50-52% T-P. Kết quả loại bỏ các chất hữu cơ có trong nước thải được trình bày ở hình 3 và 4.



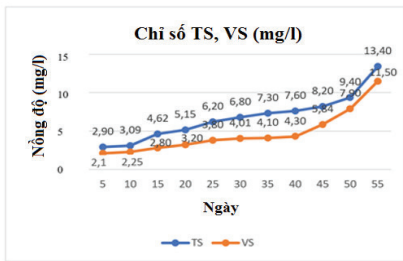
Hình 3. Kết quả xử lý COD và NH₄⁺-N.



Hình 4. Kết quả xử lý T-N và T-P.

Chỉ số TS, VS

Giá trị TS và VS tăng đều trong quá trình làm thí nghiệm, điều đó chứng minh sinh khối vi sinh vật gia tăng. Sinh khối gia tăng sẽ giúp cho hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí tăng theo thời gian và đạt đến trạng thái ổn định. Kết quả thí nghiệm cho thấy nồng độ TS, VS tăng dần theo thời gian làm thí nghiệm. Trong giai đoạn 1-2 tuần đầu, các chỉ số TS và VS có tăng dần nhưng chậm, trung bình TS tăng từ 2,9 đến 3,09 mg/l và VS từ 2,1 đến 2,25 mg/l. Tuy nhiên, các tuần tiếp theo có sự gia tăng sinh khối bùn nhanh hơn nên các chỉ số TS tăng từ 4,6 đến 13,4 mg/l và VS tăng từ 2,8 đến 11,5 mg/l (hình 5).



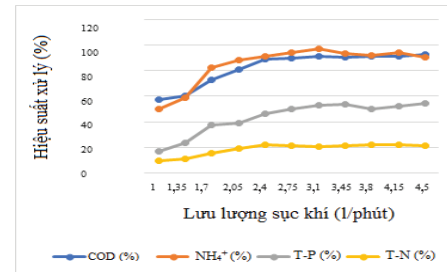
Hình 5. Sự thay đổi nồng độ bùn theo chỉ số TS, VS.

Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý

Thời gian lắng: có vai trò quan trọng đối với hiệu quả xử lý của trạm XLNT, nó ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian của 1 chu kỳ xử lý trong hệ SBR. Khi thời gian lắng càng ngắn, những hạt bùn có khả năng lắng nhanh sẽ được lựa chọn, ngược lại những hạt bùn có khả năng lắng kém sẽ không lắng được và trôi theo dòng nước tại pha xả ra ngoài. Trong 55 ngày thực hiện thí nghiệm, nhóm nghiên cứu đã liên tục điều chỉnh giảm dần thời gian của pha lắng từ 30 xuống 20 phút. Kết quả cho thấy hiệu quả xử lý không giảm và đạt mức ổn định ở thời gian 20 phút. Điều này có thể lý giải là do khi giảm thời gian lắng xuống, các bông bùn lơ lửng sẽ bị đào thải, đây là những bông bùn có khả năng XLNT kém. Những hạt bùn có khả năng lắng tốt hơn được giữ lại, đây là những hạt bùn có khả năng XLNT tốt hơn. Ngoài ra, trong giai đoạn này quá trình hình thành và phát triển của bùn hạt xảy ra mạnh mẽ hơn. Giai đoạn lắng và không cấp thêm nước thải vào được gọi là “giai đoạn đói ăn của vi khuẩn”. Giai đoạn này đóng một vai trò quan trọng đối với sự hình thành các hạt hiếu khí, đồng thời cũng là giai đoạn quan trọng đối với khả năng xử lý hiệu quả của bùn hạt hiếu khí. Sự hình thành hạt hiếu khí được bắt đầu bởi giai đoạn đói. Nó làm cho vi khuẩn kỵ nước hơn, thúc đẩy quá trình tạo hạt từ các bông bùn, đây là cách thức tập hợp của các tế bào chống lại giai đoạn đói thức ăn. Khi bùn hạt tăng trưởng sinh khối thì khả năng loại bỏ các chất hữu cơ có trong nước thải cũng cao hơn. Tuy nhiên, nếu thời gian lắng quá ngắn sẽ dẫn đến rửa trôi thêm nhiều hạt bùn, kéo theo hiệu suất làm việc chung của trạm XLNT giảm xuống, nên việc giảm thời gian lắng chỉ ở một mức độ nhất định. Đối với kết quả thí nghiệm của nhóm nghiên cứu, thời gian lắng tối ưu là 20 phút. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới đã nghiên cứu quá trình XLNT của bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR với thời gian lắng 15-20 phút, kết quả loại bỏ các chất hữu cơ đạt hiệu quả cao (COD>90%) [4].

Lưu lượng sục khí: đây là một trong các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến sự ổn định của bùn hạt hiếu khí. Giai đoạn 1-2 tuần đầu, nhóm nghiên cứu đã vận hành mô hình với lưu lượng sục khí 1-1,5 l/phút, tuy nhiên hiệu suất xử lý không cao (COD<60%, NH₄⁺-N<58%, T-N<15% và T-P<20%). Nhóm nghiên cứu đã điều chỉnh tăng dần lưu lượng sục khí về dần mức 1,5-4,5 l/phút, kết quả là hiệu suất xử lý tăng dần và đạt sự ổn định cao trong các tuần tiếp theo (COD 60-92%, NH₄⁺-N 58-90%, T-N 15-48% và T-P 20-21%). Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng lưu lượng cấp khí vượt 5 l/phút thì hiệu suất xử lý bắt đầu giảm dần. Hiện tượng này có thể được giải thích là do nếu lưu lượng sục khí quá lớn dẫn đến lực cắt tác động lên sự hình thành bùn hạt lớn, làm cho bùn hạt dễ vỡ, cấu trúc bùn hạt phát triển không ổn định. Vì vậy hiệu quả xử lý đạt được không cao. Ngược lại, nếu lưu

lượng cấp khí quá nhỏ sẽ kích thích sự phát triển của các vi sinh vật kỵ khí nên trong bể phản ứng các vi sinh vật hiếu khí không đủ sinh khối cần thiết để XLNT hiệu quả theo mong muốn. Từ kết quả thí nghiệm có thể thấy, hiệu suất xử lý đạt hiệu quả cao khi lưu lượng sục khí dao động từ 1,5 đến 4,5 l/phút. Kết quả này cũng tương đồng với nhiều kết quả nghiên cứu khác trên thế giới [4, 5]. Việc tăng lưu lượng sục khí từ 2,5 lên 3,5 l/phút giúp tăng hiệu quả xử lý COD từ 80 lên trên 90% đối với nước thải đô thị tại Singapore. Mối liên hệ giữa lưu lượng sục khí và hiệu quả xử lý được thể hiện ở hình 6.



Hình 6. Mối liên hệ giữa lưu lượng sục khí và hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí.

Nhiệt độ: trong thời gian 55 ngày thực hiện thí nghiệm, điều kiện thí nghiệm là nhiệt độ phòng luôn biến đổi từ 25 đến 35°C. Qua các phân tích thí nghiệm, nhóm nghiên cứu nhận thấy, khi nhiệt độ dao động hiệu quả xử lý về cơ bản vẫn ổn định, nồng độ bùn và tốc độ lắng vẫn ổn định. Điều này chứng minh nhiệt độ môi trường ít ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của bùn hạt hiếu khí.

Kết luận

- Hiệu quả loại bỏ COD, N-NH₄⁺ của công nghệ SBR ứng dụng bùn hạt hiếu khí trong nghiên cứu XLNT đô thị tại Việt Nam khá tốt so với bùn hoạt tính thông thường, trung bình COD trên 92%, NH₄⁺-N trên 90% khi mô hình đạt trạng thái hoạt động ổn định.
- Kết quả loại bỏ T-N, T-P chỉ ở mức trung bình và thấp (20-21% T-N, 50-52% T-P), điều này cho thấy còn những vấn đề cần khắc phục đối với việc sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam.
- Hiệu quả của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng thấp có sự ảnh hưởng của các yếu tố: thời gian lắng, lưu lượng sục khí.
- Yếu tố nhiệt độ trong phạm vi 25-35°C không ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả loại bỏ COD, N-NH₄⁺, T-P và T-N.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. Mahvi (2018), “Sequencing batch reactor: a promising technology in wastewater treatment”, *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, **2**, pp.79-90.
 [2] Công ty Cổ phần đầu tư xây dựng và thương mại Phú Điền (2019), *Thực trạng các nhà máy XLNT tại Việt Nam*.
 [3] B. Moy, et al. (2007), “COD removal and nitrification of low-strength domestic wastewater in aerobic granular sludge sequencing batch reactors”, *Enzyme and Microbial Technology*, **1**, pp.23-28.
 [4] Sunil S. Adav, et al. (2008), “Aerobic granular sludge: recent advances”, *Biotechnol. Adv.*, **26**, pp.411-423.
 [5] Y. Liu, et al. (2014), “State of the art of biogranulation technology for wastewater treatment”, *Biotechnology Advances*, **22**, pp.533-563.