

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ MBBR XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT CÔNG TY TNHH FUJIKURA AUTOMOTIVE VIỆT NAM TẠI ĐÀ NẴNG

RESEARCHING AND APPLYING MBBR TO DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT OF FUJIKURA AUTOMOTIVE VIETNAM CO., LTD IN DANANG

Phan Như Thúc

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; pnthuc@dut.udn.vn

Tóm tắt - Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiện trạng hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt Công ty TNHH Fujikura Automotive Việt Nam (FAVL) tại Đà Nẵng. Nghiên cứu cũng tiến hành ứng dụng công nghệ MBBR ở quy mô pilot để nâng cao hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt Công ty FAVL. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, nước thải đầu vào bể điều hòa của hệ thống xử lý nước thải tập trung tại Công ty có nồng độ BOD₅: 93-157mg/l, nồng độ SS: 210-410mg/l. Công nghệ đang sử dụng tại Công ty là bùn hoạt tính hiếu khí (aeroten) truyền thống hoạt động không ổn định, nước thải sau xử lý đôi lúc vẫn còn cao hơn Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT với COD: 95mg/l, BOD₅: 48mg/l, NH₄⁺: 6.16mg/l. Kết quả vận hành mô hình MBBR xử lý nước thải sinh hoạt Công ty FAVL cho thấy, với: HRT = 6h, F/M = 0,4 kg BOD₅/kg bùn.ngđ, hiệu suất xử lý đạt khá cao, công nghệ MBBR ổn định hơn so với công nghệ aeroten truyền thống và nước thải sau xử lý đảm bảo đạt Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT.

Từ khóa - MBBR; Công ty TNHH Fujikura Automotive Việt Nam (FAVL); hệ thống thoát nước; nước thải sinh hoạt; xử lý nước thải

1. Đặt vấn đề

Công ty TNHH Fujikura Automotive Việt Nam (FAVL) chuyên sản xuất các phụ tùng cho xe ô tô, đóng tại Khu Công nghiệp Hòa Cẩm, TP. Đà Nẵng. Nước thải sinh hoạt phát sinh từ hoạt động sinh hoạt hàng ngày của cán bộ, công nhân viên tại Công ty, bao gồm nước thải từ nhà bếp và nước thải nhà vệ sinh. Hiện tại Công ty chỉ lắp ráp bộ dây truyền dẫn điện ô tô nên không phát sinh nước thải trong quá trình sản xuất. Kết quả khảo sát cho thấy, nước thải sinh hoạt có nồng độ BOD₅ 93-157mg/l, nồng độ SS 210-410mg/l, được thu gom, xử lý tại hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt tập trung của Công ty. Công nghệ xử lý nước thải sinh hoạt đang được áp dụng tại Công ty là aeroten truyền thống, hiệu suất xử lý thấp và hoạt động không ổn định nên nước thải sau xử lý có lúc chỉ đạt cột B của QCVN 14:2008/BTNMT. Công ty đã cam kết nước thải sau xử lý đạt Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT, đồng thời việc nước thải sau xử lý đạt Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT giúp Công ty giảm chi phí phải trả cho Trạm xử lý nước thải tập trung Khu công nghiệp Hòa Cẩm. Do vậy Công ty cần có phương án xử lý, cải tạo để nâng cao chất lượng nước thải sau xử lý, đồng thời đảm bảo hiệu suất hoạt động ổn định của hệ thống xử lý nước thải.

Việc ứng dụng công nghệ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) trong xử lý nước thải (XLNT) giúp kết hợp được ưu điểm và hạn chế nhược điểm của hai công nghệ sinh trưởng lơ lửng Aeroten và sinh trưởng dính bám Biofilm [1], [2].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp đo đạc và phân tích các thông số môi trường

Việc đo đạc và phân tích các thông số môi trường trong

Abstract - This study is conducted to assess the current status of the domestic wastewater treatment system and the quality of treated wastewater from Fujikura Automotive Vietnam Co., Ltd. (FAVL). In addition, this study also researches and applies MBBR technology as pilot to enhance the FAVL's domestic wastewater treatment efficiency. The results have shown that the BOD₅ and TSS concentrations in the input wastewater of equalization tank of FAVL's wastewater treatment system are 93 - 157mg/l and 210-410mg/l, respectively. The technology of FAVL's wastewater treatment system is conventional aeroten; it doesn't function well, and some pollutant concentrations of treated wastewater are still higher than those of Vietnamese regulation (Column A, QCVN 14:2008/BTNMT), such as COD: 95mg/l, BOD₅: 48mg/l, and NH₄⁺: 6.16mg/l. The results of application of MBBR pilot for treatment of FAVL's domestic wastewater have shown that with HRT = 6h, F/M = 0.4 kg BOD₅/kg a day, high treatment efficiency is obtained. MBBR technology is more stable than conventional aeroten technology and the pollutant concentrations of treated wastewater firmly meet Vietnamese regulation, QCVN 14:2008/BTNMT, column A.

Key words - MBBR; Fujikura Automotive Viet Nam Co., Limited (FAVL); drainage system; domestic wastewater; wastewater treatment

nước thải được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam và tham khảo tiêu chuẩn Hoa Kỳ (Bảng 1).

Bảng 1. Phương pháp phân tích các thông số môi trường

TT	Chi tiêu	Phương pháp phân tích
1	COD	TCVN 6491:1999, phương pháp bicromat
2	BOD ₅	TCVN 6001-1:2008
3	SS	TCVN 6625:2000
4	NH ₄ ⁺ -N	TCVN 6179-1:1996, TCVN 6638:2000
5	T-N	TCVN 8557:2010
6	T-P	TCVN 6202:2008
7	DO	Máy đo oxy hòa tan, Hanna HI9142
8	MLVSS	2540E, US standard methods [3]

2.2. Mô hình xử lý nước thải MBBR

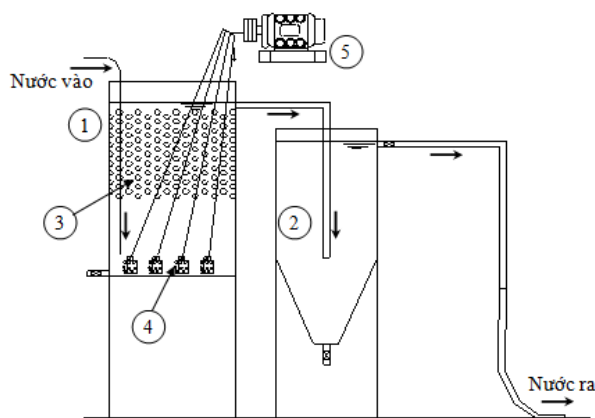
- Kích thước mô hình:

+ Bể MBBR có thể tích 20 lít: 25x20x40 (cm).

+ Bể lắng có thể tích 15 lít: phần hình trụ 200x200x300 (cm) và phần đáy chóp cao 20cm.

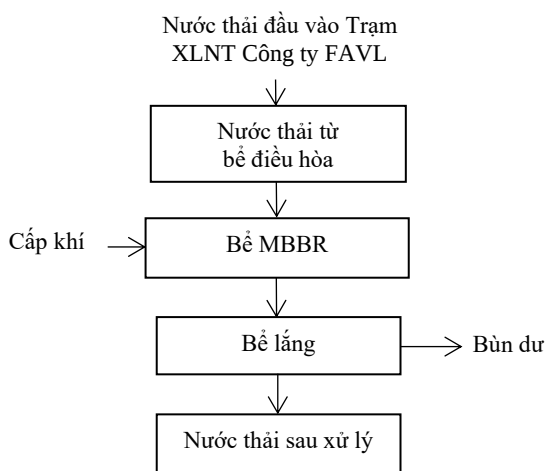
- Hệ thống sục khí cho bể MBBR gồm 4 viên đá bọt sục khí được định vị bằng khung thép ở 4 góc đáy. Chi tiết mô hình MBBR được trình bày ở Hình 1.

- Mô hình sử dụng giá thể polyetylen, dạng bánh xe, kích thước D x L = 15 x 10 mm, diện tích bề mặt 700 m²/m³, tỉ trọng 100 kg/m³ [4]. Số lượng giá thể sử dụng 400g, chiếm 20% thể tích của bể MBBR, tức là 4 lít. Nghiên cứu của Zhang và cộng sự (2016) cho thấy, xử lý tổng cacbon hữu cơ, NH₄⁺, tổng nitơ, quá trình nitrat hóa và khử nitrat đạt hiệu quả cao khi lượng giá thể chiếm 20% thể tích bể MBBR [5].



Hình 1. Sơ đồ mô hình MBBR (1) Bể MBBR, (2) Bể lắng, (3) Giá thể lơ lửng, (4) Đá bọt phân phối khí, (5) Máy thổi khí

Nguyên lý vận hành mô hình MBBR được đặt tại Công ty FAVL thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của mô hình MBBR tại Công ty FAVL

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

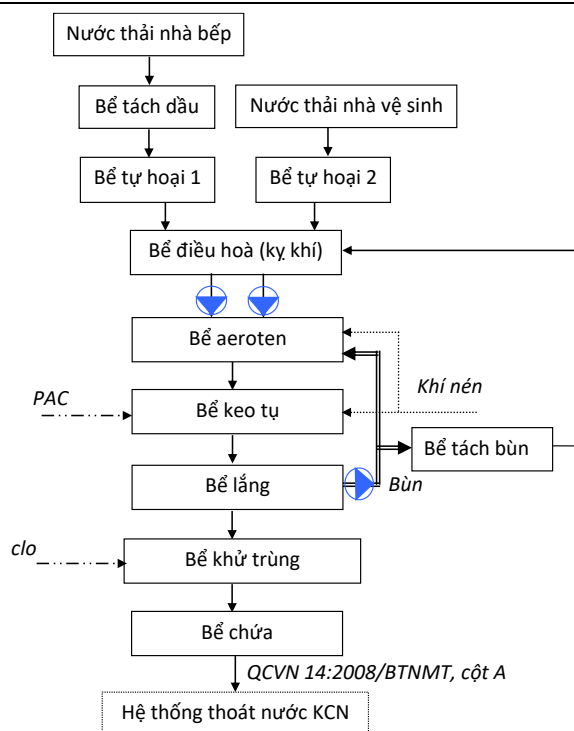
3.1. Đặc điểm nước thải sinh hoạt của công ty FAVL

Nước thải sinh hoạt tại Công ty FAVL bao gồm nước thải từ nhà bếp được xử lý bằng bể tách dầu sau đó qua bể tự hoại và nước thải nhà vệ sinh được xử lý bằng bể tự hoại trước khi đưa về trạm XLNT tập trung của Công ty. Quy trình công nghệ xử lý nước thải tại Công ty FAVL được trình bày ở Hình 3.

Thu mẫu nước thải đầu vào từ bể điều hòa và đầu ra từ bể chứa nước thải sau xử lý của hệ thống XLNT tập trung tại Công ty vào các thời điểm 8h45, 11h30, và 14h30.

Tiến hành phân tích các thông số BOD₅, COD, SS, N-NH₄⁺, Tổng N, Tổng P, kết quả được trình bày tại Bảng 2. Kết quả phân tích nước thải cho thấy, nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải thay đổi theo từng thời điểm, cao vào các thời gian cao điểm sử dụng nước trong ngày.

Công ty FAVL đã đầu tư xây dựng hệ thống XLNT sinh hoạt tập trung có công suất 180 m³/ngày bằng công nghệ aeroten truyền thống. Vi sinh vật hiếu khí trong bể aeroten sử dụng ôxy hòa tan từ hệ thống sục khí để phân hủy các chất hữu cơ có trong nước thải chuyển chúng về dạng vô cơ NO₃⁻, SO₄²⁻, CO₂, H₂O, ... và gia tăng sinh khối [6].



Hình 3. Sơ đồ công nghệ hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt tại Công ty FAVL

Bảng 2. Các thông số nước thải đầu vào của hệ thống XLNT

TT	Chỉ tiêu	ĐVT	Kết quả			QCVN
			V1	V2	V3	
1	SS	mg/l	350	410	210	50 (*)
2	COD	mg/l	185	259	158	75 (**)
3	BOD ₅	mg/l	93	157	99	30 (*)
4	Amoni (NH ₄ ⁺)	mg/l	5,04	7,56	6,35	5 (*)
5	Tổng photpho	mg/l	2,29	1,65	2,01	6 (*)
6	Tổng Nito	mg/l	7,06	8,73	6,61	30 (*)

Chú thích: Mẫu nước thải sinh hoạt Công ty FAVL lấy tại bể điều hòa lúc 8h45 (V1), 11h30 (V2) và 14h30 (V3).

(*): Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt.

(**): Cột A, QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.

Bảng 3. Các thông số nước thải đầu ra của hệ thống XLNT

TT	Chỉ tiêu	ĐVT	Kết quả			QCVN
			R1	R2	R3	
1	SS	mg/l	27	46	15	50 (*)
2	COD	mg/l	54	95	42	75 (**)
3	BOD ₅	mg/l	34	48	26	30 (*)
4	Amoni (NH ₄ ⁺)	mg/l	4,45	6,16	5,62	5 (*)
5	Tổng photpho	mg/l	1,89	1,05	1,86	6 (*)
6	Tổng Nito	mg/l	5,84	7,10	5,83	30 (*)

Chú thích: Mẫu nước thải lấy tại bể chứa nước lúc 8h45 (R1), 11h30 (R2) và 14h30 (R3).

(*): Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt.

(**): Cột A, QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.

Mặc dù, Công ty FAVL đã đầu tư hệ thống xử lý nước thải, tuy nhiên hiệu suất xử lý thấp và không ổn định, các chất ô nhiễm trong nước thải sau xử lý đôi lúc vẫn còn cao hơn quy chuẩn cho phép (Bảng 3). Do vậy, cần phải có công trình xử lý bổ sung, hoặc cải tạo hệ thống để khử N và P tránh gây ô nhiễm cho nguồn tiếp nhận và đảm bảo nước thải sau xử lý đạt quy chuẩn quy định Cột A, QCVN 14:2008/BTNMT.

Để đảm bảo nước thải sau xử lý đạt quy chuẩn quy định, chúng tôi đề xuất nghiên cứu áp dụng công nghệ MBBR để xử lý nước thải của Công ty FAVL. Vận hành mô hình MBBR đặt tại Công ty FAVL để xác định các thông số quá trình công nghệ.

3.2. Vận hành mô hình MBBR xác định các thông số quá trình công nghệ

3.2.1. Vận hành mô hình MBBR trong giai đoạn thích nghi

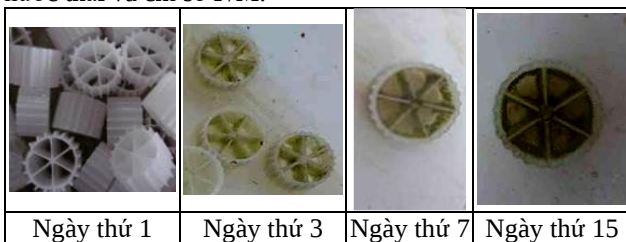
a. Nồng độ COD trong giai đoạn khởi động

Trong những ngày đầu của quá trình khởi động mô hình MBBR, nhóm tác giả không lấy mẫu phân tích vì cần thời gian để vi sinh vật hình thành trên giá thể và thích ứng với bể MBBR. Khi thấy lớp màng biofilm đã hình thành tương đối ổn định trên giá thể, ngày thứ 14, tiến hành phân tích nồng độ COD trong nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình, kết quả tương ứng lần lượt là 182 mg/l và 88 mg/l.

b. Sự phát triển của lớp màng biofilm trên giá thể

Sau 3 ngày kể từ khi khởi động mô hình, bùn bắt đầu bám vào giá thể. Hàm lượng oxy hòa tan (DO) trong bể MBBR luôn duy trì trong khoảng 2 – 4 mg O_2 /l, đảm bảo oxy hòa tan trong bể ở mức đủ để cung cấp cho quá trình hoạt động của vi sinh vật và hình thành lớp màng biofilm trên giá thể. Đến ngày thứ 15, bùn đã bám dính tương đối ổn định trên giá thể (Hình 4).

Sau 15 ngày khởi động, mô hình MBBR đã hoạt động khá ổn định nên chuyển sang giai đoạn thực hiện các thí nghiệm để xác định các chỉ số công nghệ: thời gian lưu nước thải và chỉ số F/M.



Hình 4. Diễn biến lớp màng biofilm trên giá thể

3.2.2. Thí nghiệm xác định thời gian lưu nước thải tối ưu

Thí nghiệm gồm 3 mô hình MBBR dung tích 10 lít, COD đầu vào 220 mg/l, số lượng giá thể sử dụng chiếm 20% thể tích của bể MBBR, vận hành liên tục. Nồng độ bùn hoạt tính trong các mô hình MBBR 1, 2 và 3 lần lượt là 0,5g/l, 1,0g/l và 2,0g/l (Hình 5). Duy trì nồng độ oxy trong khoảng 2-4 mg O_2 /l bằng cách đo nồng độ oxy hòa tan và điều chỉnh van cấp khí. Theo dõi hiệu quả xử lý nước thải theo thời gian để xác định thời gian lưu tối ưu.

Kết quả thí nghiệm cho thấy, nồng độ các chất ô nhiễm trong 3 mô hình đều giảm dần theo thời gian:

- Với thời gian lưu từ 2 - 6 giờ, nồng độ các chất ô

nhiễm giảm rõ rệt.

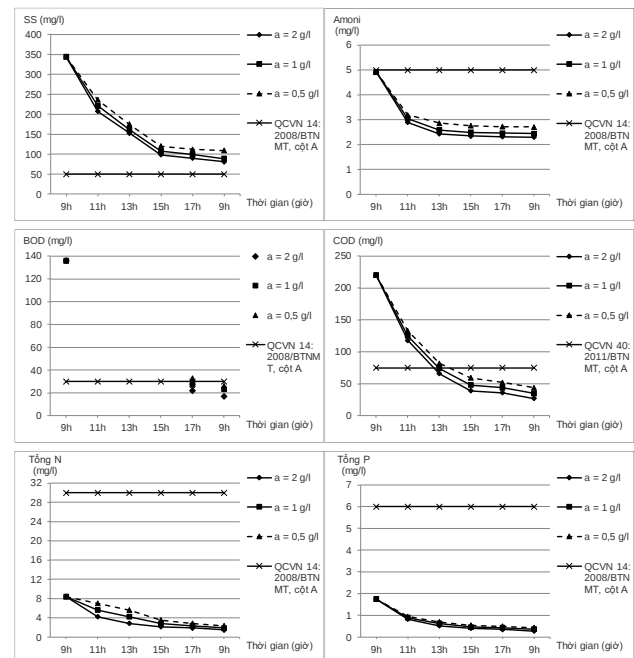
- Khi tăng thời gian lưu lên 8 giờ, nồng độ các chất ô nhiễm vẫn giảm nhưng mức độ giảm không đáng kể.

- Sau thời gian lưu 8 giờ, sự suy giảm nồng độ các chất ô nhiễm không đáng kể, gần như không thay đổi.

Như vậy, chọn thời gian lưu nước tối ưu cho mô hình vận hành tại Công ty FAVL là 6 giờ (Hình 6).



Hình 5. Thí nghiệm xác định thời gian lưu tối ưu: 1. Nồng độ bùn 0,5 g/l, 2. Nồng độ bùn 1,0 g/l và 3. Nồng độ bùn 2,0 g/l



Hình 6. Sự thay đổi nồng độ chất ô nhiễm theo thời gian

3.2.3. Thí nghiệm xác định tải trọng tối ưu

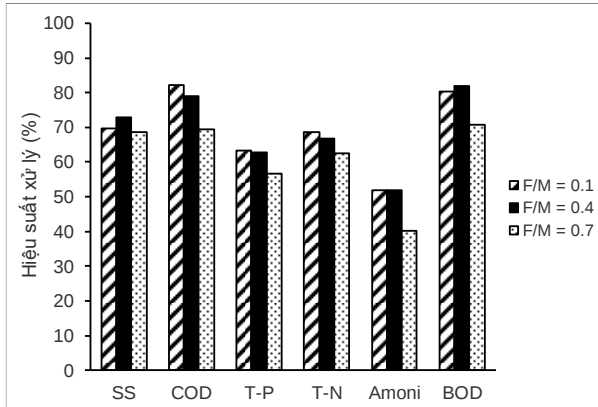


Hình 7. Thí nghiệm xác định tải trọng tối ưu: 1. 0,1 kg BOD₅/kg bùn.ngđ, 2. 0,4 kg BOD₅/kg bùn.ngđ và 3. 0,7 kg BOD₅/kg bùn.ngđ

Thí nghiệm gồm 03 mô hình 10 lít, vận hành song song với nồng độ MLVSS 2,4 g/l và thay đổi nồng độ nước thải đầu

vào đạt tải trọng F/M: 0,1, 0,4 và 0,7 kg BOD₅/kg bùn.ngđ (Hình 7). Hệ thống sục khí: nối ghép đá bọt, ống nhựa mềm vào máy thổi khí, chia đường dẫn khí làm các nhánh sục khí cho các mô hình. Bể lắng là các ống đong 100 ml.

Theo dõi sự suy giảm nồng độ chất bẩn theo thời gian. Sau thời gian lưu nước thải 6 giờ, tiến hành lấy mẫu phân tích các thông số COD, BOD₅, SS, T-N, T-P, Amoni, đánh giá hiệu suất xử lý theo từng tải trọng, chọn tải trọng tối ưu.



Hình 8. Hiệu suất xử lý theo tải trọng

Kết quả vận hành 3 mô hình cho thấy, ở tải trọng 0,1 kg BOD₅/kg bùn.ngđ và tải trọng 0,4 kg BOD₅/kg bùn.ngđ hiệu suất xử lý cao. Ở tải trọng 0,7 kg BOD₅/kg bùn.ngđ hiệu suất xử lý bắt đầu giảm (Hình 8). Chọn tải trọng tối ưu 0,4 kg BOD₅/kg bùn.ngđ. Nghiên cứu của [7], thử nghiệm xử lý nước thải đô thị bằng bể MBBR ở các tải trọng: 0,1; 0,4; 0,7; và 1,0 kg BOD₅/kg bùn.ngđ. kết quả cho thấy, tải trọng tối ưu là 0,4 kg BOD₅/kg bùn.ngđ, là tương tự như kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả.

3.3. Vận hành liên tục mô hình MBBR tại Công ty FAVL

3.3.1. Vận hành liên tục mô hình MBBR tại Công ty FAVL



Hình 9. Mô hình MBBR vận hành liên tục tại Công ty FAVL

Nước thải được bơm từ bể điều hòa của hệ thống XLNT thải sinh hoạt tập trung Công ty FAVL vào bể MBBR. Lưu lượng bơm nước thải được tính tương ứng với thời gian lưu nước trong bể MBBR, HRT = 6h. Dòng nước thải sẽ được bơm vào đáy bể MBBR, đi ngược lên qua tầng giá thể lơ lửng. Chất ô nhiễm trong nước thải sẽ được xử lý bằng bùn hoạt tính hiếu khí và lớp màng vi sinh vật dính bám trên bề mặt giá thể. Nước thải sau khi được xử lý ở bể MBBR sẽ theo ống dẫn đi qua bể lắng. Tại bể lắng, nước được thu

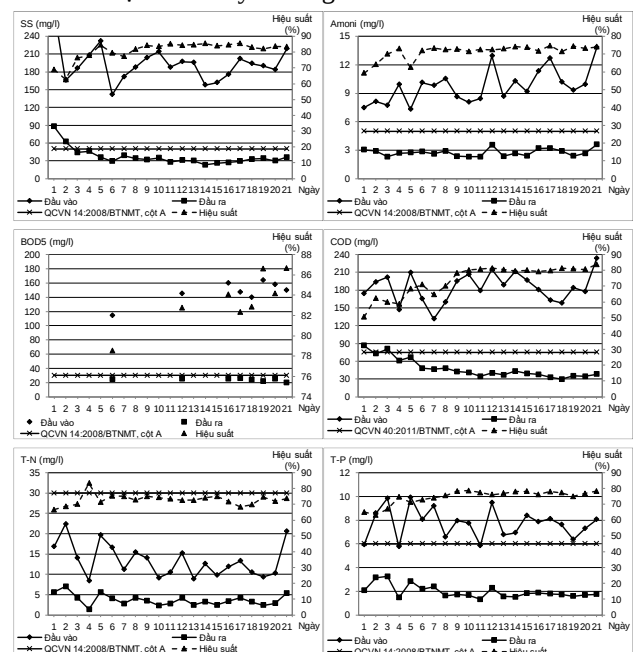
qua ống thu nước bề mặt, bùn lắng xuống đáy bể và xả đáy định kỳ. Khí được cấp liên tục vào bể MBBR qua các viên đá bọt đặt ở đáy bể (Hình 9).

3.3.2. Kết quả vận hành mô hình

Trong thời gian vận hành liên tục, tiến hành lấy mẫu và phân tích với tần suất 1 lần/ngày vào thời điểm cố định lúc 8h00. Vị trí lấy mẫu là nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình. Kết quả về hiệu suất xử lý, nồng độ chất bẩn đầu vào và đầu ra mô hình được trình bày ở Hình 10.

Với thời gian nước thải lưu HRT = 6h, tải trọng F/M = 0,4 kg BOD₅/kg bùn.ngđ hiệu suất xử lý tối ưu của công nghệ đạt 83,8 % về COD, 86,7% về BOD₅, 85,6% về SS, 83,3% về T-N, 78,6% về T-P và 74,7% về Amoni.

So với hiệu quả xử lý từ công trình aeroten truyền thống tại Công ty FAVL thì mô hình MBBR có hiệu suất xử lý tăng lên và ổn định hơn, đặc biệt là khả năng xử lý các chất dinh dưỡng nitơ, photpho và amoni. Kết quả so sánh hiệu suất xử lý của hệ thống XLNT sinh hoạt tập trung (aeroten truyền thống) với hiệu suất xử lý trung bình của mô hình MBBR được trình bày ở Bảng 4.



Hình 10. Hiệu suất xử lý và nồng độ chất bẩn đầu vào - đầu ra mô hình

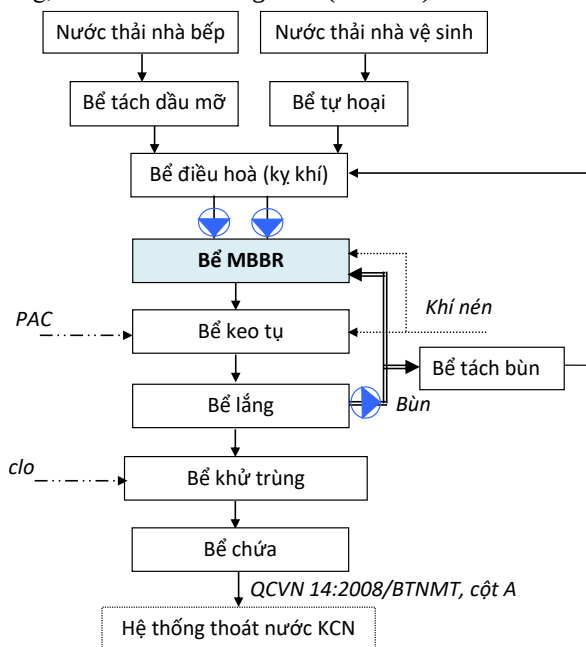
Bảng 4. So sánh hiệu suất xử lý của hệ thống XLNT sinh hoạt tập trung và mô hình MBBR

TT	Chất ô nhiễm	Hiệu suất xử lý (%)	
		Hệ thống XLNT sinh hoạt tập trung	Mô hình MBBR
1	TSS	91,3	81,1
2	COD	69,2	73,9
3	BOD ₅	68,9	83,5
4	Amoni (NH ₄ ⁺)	13,9	71,3
5	Tổng Photpho	20,4	74,8
6	Tổng Nitơ	15,9	72,9

Chất lượng nước thải đầu ra của mô hình MBBR đạt cột A, QCVN 14:2008/BTNMT và QCVN 40:2011/BTNMT.

3.4. Đề xuất áp dụng công nghệ MBBR cải tạo hệ thống xử lý nước thải tập trung Công ty FAVL

Trên cơ sở kết quả vận hành mô hình MBBR và công nghệ xử lý nước thải sinh hoạt hiện đang áp dụng tại Công ty FAVL thì việc cải tạo chủ yếu tập trung vào bể aeroten của hệ thống. Đề xuất cải tạo bể aeroten thành bể MBBR bằng cách bổ sung giá thể vào bể aeroten, đồng thời lắp đặt lưới chắn giá thể tại vị trí máng thu nước từ bể MBBR sang bể lắng, lưới chắn làm bằng inox (Hình 11).



Hình 11. Sơ đồ công nghệ đề xuất áp dụng cho Công ty FAVL

- Bổ sung giá thể:

+ Giá thể: chất liệu polyetylen, kích thước $D \times L = 15 \times 10$ mm như Hình 4.

+ Số lượng giá thể có thể tích nước thay thế bằng 20% thể tích nước bể aeroten của hệ thống XLNT tập trung.

- Thể tích hiệu dụng của bể aeroten hiện tại là:

$$V_1 = 7,8 \times 5 \times 3,2 \approx 125 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Giá thể có thể tích nước thay thế bằng 20% thể tích nước bể MBBR, do vậy thể tích nước thải bị giá thể chiếm chỗ là:

$$V_2 = 125 \times 20\% = 25 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Thể tích bể MBBR cần thiết để lưu nước thải và giá thể trong 6 giờ là:

$$\begin{aligned} V_{\text{MBBR}} &= Q \times R \times t + V_2 \\ &= 12 \times 1,25 \times 6 + 25 = 115 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

(BBT nhận bài: 25/3/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 20/7/2019)

Với:

• Q là lưu lượng tính toán thiết kế hệ thống XLNT sinh hoạt tập trung Công ty FAVL, lưu lượng tại thời điểm cao nhất chọn $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$.

• $R = 1,25$ là tỷ lệ tuần hoàn bùn.

• t là thời gian lưu nước của bể MBBR, $t = 6$ giờ.

Như vậy, $V_{\text{MBBR}} = 115 \text{ m}^3 < V_1 = 125 \text{ m}^3$ nên thể tích bể aeroten hiện tại khi cải tạo thành bể MBBR vẫn đảm bảo khả năng lưu nước trong 6 giờ.

4. Kết luận

Qua nghiên cứu áp dụng công nghệ MBBR ở quy mô pilot cho xử lý nước thải sinh hoạt tại Công ty FAVL, kết quả cho thấy:

- Tải trọng phù hợp cho xử lý nước thải sinh hoạt của Công ty là $0,4 \text{ kg BOD}_5/\text{kg}$ bùn.ngđ.

- Trong các thời gian lưu nước thí nghiệm, thời gian lưu 6 giờ là thích hợp nhất được lựa chọn dựa trên các tiêu chí về hiệu suất xử lý và mức độ ô nhiễm so với quy chuẩn xả thải ra nguồn tiếp nhận.

- Ở thời gian lưu nước 6 giờ, các chỉ tiêu BOD_5 , SS, T-N, T-P và Amoni tại đầu ra của mô hình MBBR đều đạt cột A, QCVN 14:2008/BTNMT và COD sau xử lý đạt cột A, QCVN 40:2011/BTNMT.

- Đề xuất áp dụng công nghệ MBBR cho hệ thống XLNT sinh hoạt tại Công ty FAVL bằng cách cải tạo bể aeroten hiện tại thành bể MBBR với giá thể polyetylen, dạng bánh xe.

TAI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vibeken Rasmussen, "The Kaldnes Moving Bed™ biofilm process – an innovative solution to biological wastewater treatment", Kaldnes Miljøteknologi A.S., Norway, 2011.
- [2] Lê Đức Anh, Lê Thị Minh, Đào Vĩnh Lộc, *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ moving bed biofilm reactor (MBBR) xử lý nước thải sinh hoạt*, Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Yersin Đà Lạt, 2012.
- [3] APHA, *Standard methods for the examination of water and waste water*, 21st Ed., American Public Health Association, Washington DC, 2005.
- [4] Công ty TNHH Công nghệ Môi trường Nam Trung Việt, *Hạt lọc kaldnes pe 03*, Xem tại: <https://demvisinh.vn/en/san-pham/hat-loc-kaldnes-pe-03/>, Ngày truy cập: 25/3/2019.
- [5] Zhang, X., Chen, X., Zhang, C., Wen, H., Guo, W., Ngo, H.H., "Effect of filling fraction on the performance of sponge-based moving bed biofilm reactor", *Bioresource technology*, 219, 2016, 762-767.
- [6] Nguyễn Trung Việt và Trần Thị Mỹ Diệu, *Xử lý nước thải*, Công ty Môi trường Tâm Nhìn Xanh, 2006.
- [7] Phạm Thanh Tùng, *Áp dụng công nghệ MBBR để xử lý nước thải đô thị*, Đồ án tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, 2015.