

Chương 6

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TRẠM XỬ LÝ NƯỚC THẢI

6.1 Tính toán thiết kế theo phương án 1

6.1.1 Song chắn rác

Bảng 6.1 lưu lượng nước thải trung bình

Hệ số không điều hòa chung	Lưu lượng nước thải trung bình q_{tb} (l/s)								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	≥ 5000
$K_{0\max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{0\min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

$$Q_{s/tb} = \frac{4000 \times 1000}{86400} = 46,29 \text{ (l/s)}$$

$$K_{ch\max} = 1,73 \Rightarrow Q_{\max} = 46,29 \times 1,73 = 79,58 \text{ (l/s)} = 286,5 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$K_{ch\min} = 0,54 \Rightarrow Q_{\min} = 46,29 \times 0,56 = 24,84 \text{ (l/s)} = 89,424 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Mương dẫn nước thải đến SCR

Nước thải được thu gom về một tuyến cống chính, dẫn về mương dẫn có đặt SCR. Mương dẫn từ nguồn tiếp nhận nước thải đến SCR có dạng hình chữ nhật. Tính toán thủy lực của mương dẫn xác định độ dốc i , vận tốc v , độ đầy h/H .

Ứng với lưu lượng giờ lớn nhất, trung bình và nhỏ nhất. Ta tra bảng 36 – “Các bảng tính toán thủy lực Cống và mương thoát nước” (GS. TSKH Trần Hữu Uyển, 2003), được kết quả sau.

Bảng 6.2 Thông số tính toán thủy lực của mương dẫn từ hố thu qua SCR.

Thông số	Q_{\max} (m ³ /s)	Q_{tb} (m ³ /s)	Q_{\min} (m ³ /s)
		0,08	0,046
Chiều rộng B_s (m)	0,4	0,4	0,4
Độ dốc i	0,001	0,001	0,001
Vận tốc V_m (m/s)	0,2	0,1	0,1
Độ đầy h/H	0,46	0,92	0,24

Mương dẫn nước có chiều rộng 0,4 (m).

Tiết diện ướt của ngăn tiếp nhận

$$w = \frac{Q_{\max}^s}{v} = \frac{0,08}{0,5} = 0,14(\text{m}^2)$$

$Q_{\max} = 0,0712 \text{ m}^3/\text{s}$, lưu lượng nước thải lớn nhất.

V: Vận tốc nước thải tối ưu qua SCR, chọn $v = 0,5 \text{ (m/s)}$ ($0,4\text{m/s} < v < 1\text{m/s}$).

Chiều sâu mực nước trong mương dẫn

$$h_1 = \frac{S}{b} = \frac{0,14}{0,4} = 0,35 \text{ (m)}$$

Chiều cao toàn phần của mương: $h_{\text{tp}} = h + h_{\text{bv}} = 0,35 + 0,55 = 0,9\text{m}$

Chu vi ướt: $P = (B + h) \times 2 = (0,4 + 0,9) \times 2 = 2,6\text{m}$.

Bán kính thủy lực

$$R = \frac{S}{P} = \frac{0,14}{2,6} = 0,05\text{m}$$

Hệ số Sezi = 44,8 (m)

Trong đó :

n: hệ số độ nhám = 0,0154 – 0,0250 phụ thuộc vào vật liệu làm ống và kênh (Trần Hữu Uyển, 2003). Chọn $n = 0,0138$ (bê tông).

y: chỉ số mũ, phụ thuộc vào độ nhám, hình dáng và kích thước của ống;

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1) \\ = 2,5\sqrt{0,0138} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,05}(\sqrt{0,0138} - 0,1) = 0,16$$

Dựa vào công thức vận tốc : $v = C(Ri)^{1/2}$

$$\rightarrow \text{Độ dốc } i: i = \frac{v^2}{C^2 \times R} = \frac{0,5^2}{44,8^2 \times 0,05} = 2,49 \times 10^{-3}$$

Chọn $i = 0,0025$

Với lưu lượng, độ dốc thủy lực i . Tra bảng tính toán thủy lực cống và mương thoát nước (Trần Hữu Uyển, 2003) hoặc bằng cách nội suy ta tính được v , độ đầy h/H .

Thiết kế song chắn rác thô

SCR gồm các thanh thép không gỉ, đặt nghiêng trong phần mương mở rộng, dọc theo 2 khe hở của thành mương dẫn.

Số lượng khe hở SCR:

$$n = \frac{Q_{\max}}{v \times h \times b} = \frac{0,08}{1 \times 0,2 \times 0,016} \times 1,05 = 26 \text{ khe.}$$

Trong đó:

- Q: lưu lượng nước thải (m^3/s);
- v: vận tốc nước thải ứng với lưu lượng lớn nhất qua khe hở của SCR cơ giới là 0,8 – 1,0 m/s (Điều 7.2.10, TCVN 7957:2008). Chọn $v = 1 \text{ m/s}$;
- h: chiều sâu mực nước. Với $h = 0,5 \text{ m}$.
- b: khoảng cách giữa các khe hở, chọn $b = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$ (Bảng 20, TCVN 7957: 2008).
- k_0 : hệ số tính đến mức độ cản trở của dòng chảy do hệ thống cào rác = 1,05

Số lượng thanh chắn của SCR: $n' = n + 1 = 26 + 1 = 27$ thanh chắn.

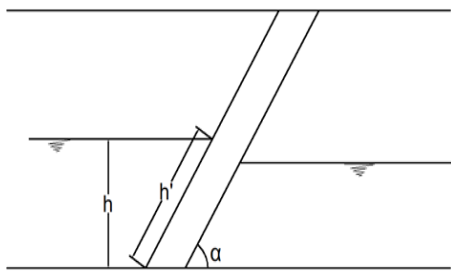
Xác định chiều cao mực nước trong mương dẫn nước thải ứng với Q_{\max} .

Diện tích mặt cắt máng:

$$F = \frac{Q_{\max}}{v} = \frac{0,08}{0,8} = 0,1 \text{ m}^2.$$

Chiều cao mực nước trong mương dẫn:

$$h = \frac{F}{B} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ m.}$$



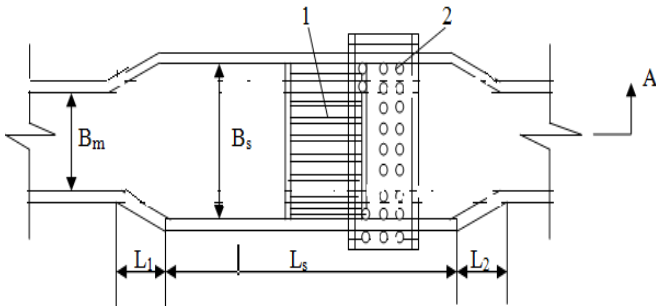
Hình 6.1 Chiều cao mực nước hiệu quả.

Chiều cao mực nước hiệu quả:

$$h' = \frac{h}{\sin 80^\circ} = \frac{0,2}{\sin 80^\circ} = 0,2 \text{ m.}$$

Trong đó:

- h' : chiều sâu mực nước công tác ứng q_{\max} (m);
- h: chiều cao mực nước trong mương ứng với q_{\max} (m);
- $\sin \alpha = 80^\circ$: góc nghiêng của song chắn rác.



Hình 6.2 Sơ đồ cấu tạo mương đặt song chắn rác.

Tổng chiều rộng khe hở của 1 SCR:

$$B_k = b \times n = 26 \times 0,016 = 0,416 \text{ m.}$$

Trong đó:

- b: khoảng cách giữa các khe hở;
- n: số khe hở của 1 SCR;

Diện tích phần khe ngập trong nước:

$$S = n \times l \times h' = 26 \times 0,016 \times 0,2 = 0,1 \text{ m}^2.$$

Chiều rộng của 1 SCR:

$$B_s = s(n - 1) + (b \times n) = 0,01 \times (26 - 1) + (0,016 \times 26) = 0,67 \text{ m.}$$

Trong đó:

- s: bề dày thanh chắn 0,01 m
- n: số khe hở của 1 SCR
- b: khoảng cách giữa các khe hở

Các vận tốc trong mương đặt SCR:

- Vận tốc nước trong mương dẫn sau ngăn thu u' ứng với Q_{\max} , $u' = 0,76 \text{ m/s}$.
- Vận tốc nước chảy trong phần mương mở rộng trước SCR:

$$u = \frac{Q_{\max}}{B_s \times h} = \frac{0,08}{0,7 \times 0,2} = 0,57 \text{ m/s.}$$

- Vận tốc nước chảy qua SCR khi lưu lượng nước thải nhỏ nhất:

$$u = \frac{Q_{\min}}{B_s \times h} = \frac{0,025}{0,7 \times 0,2} = 0,18 \text{ m/s}$$

- Vận tốc nước chảy qua SCR khi lưu lượng nước thải lớn nhất:

$$u = \frac{Q_{\max}}{S} = \frac{0,08}{0,1} = 0,8 \text{ m/s (thỏa } v = 0,6 \div 1,0 \text{ m/s)}.$$

Tính toán chiều dài xây dựng mương dẫn để lắp đặt song chắn rác:

$$L = L_1 + L_2 + L_s$$

Trong đó

- L_1 : chiều dài phần mở rộng trước SCR (m);
- L_2 : chiều dài phần mở rộng sau SCR (m);
- L_s : chiều dài phần đặt SCR (m).

Chiều dài phần mở rộng trước SCR:

$$L_1 = \frac{B_s - B_m}{2 \tan \varphi} = \frac{0,7 - 0,5}{2 \tan 20} = 0,3 \text{ m.}$$

Trong đó:

- B_s : chiều rộng của 1 SCR;
- B_m : chiều rộng mương dẫn;
- φ : góc nghiêng chỗ mở rộng của mương dẫn ($\varphi = 20^\circ$).

Chiều dài phần thu hẹp sau SCR:

$$L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ m.}$$

Chiều dài phần đặt SCR $L_s = 1 \text{ m.}$

Vậy: $L = 0,3 + 0,15 + 1 = 1,45 \text{ m.}$

Tổn thất áp lực qua SCR

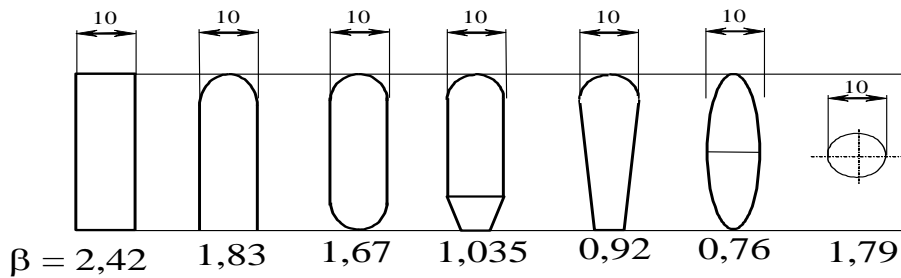
$$h_L = \beta \times \left(\frac{W}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{u^2}{2g} \times \sin \theta$$

$$h_L = 2,42 \times \left(\frac{0,01}{0,016}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0,5^2}{2 \times 9,8} \times \sin 80^\circ = 0,02 \text{ m.}$$

Trong đó:

- h_L : tổn thất áp lực (m);
- W : chiều rộng lớn nhất của thanh chắn, $W = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$;
- b : khe hở nhỏ nhất giữa các thanh chắn, $b = 0,025 \text{ m}$;
- u : vận tốc dòng chảy trong kênh dẫn, $u = 0,5 \text{ m/s}$;

- θ : góc nghiêng của SCR so với phương ngang, $\theta = 80^\circ$;
- g : gia tốc trọng trường, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$;
- β : hệ số phụ thuộc vào hình dạng của thanh chắn, $\beta = 2,42$.



Hình 6.3 Các dạng thanh chắn rác.

Tổn thất áp lực qua SCR xác định theo công thức đối với SCR còn sạch rồi tăng lên với hệ số 3 (8.2.6, TCVN 7957: 2008).

Tổn thất áp lực qua SCR: $0,02 \times 3 = 0,06 \text{ m}$

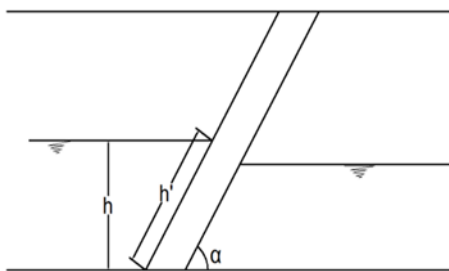
Chiều cao xây dựng phần mương dẫn đặt SCR

$H = h_{\max} + h + h_s = 0,08 + 0,5 + 0,02 = 0,6 \text{ m} \geq 0,5$ (thỏa theo 8.2.5 TCVN 7957:2008)

Trong đó:

- h_{\max} : chiều sâu mực nước công tác ứng Q_{\max} ;
- h : chiều cao bảo vệ (0,3 - 0,5 m);
- h_s : tổn thất áp lực ở song chắn rác.

Tính chiều cao của SCR



Hình 6.4 Mặt cắt song chắn rác thô.

Dựa vào chiều cao xây dựng mương và góc nghiêng của song chắn rác, xác định chiều cao thực của SCR đặt trong mương

$$H = \frac{H}{\sin\theta} = \frac{0,6}{\sin 80^\circ} = 0,6 \text{ m.}$$

6.1.2 Máy lược rác tĩnh

Chọn máy lọc rác tinh trống quay, kích thước lưới nhỏ hơn 0,2 mm (Công suất hoạt động lên đến 1.000m³/h)



Sử dụng máy lọc rác trống quay DEFENDER TR 40/25 chế tạo toàn bộ bằng vật liệu inox SUS304, 316, với kích thước khe 0.15 đến 3 (mm). Đây là thiết bị tách rác hoạt động liên tục, có hệ thống làm sạch tự động sẽ giúp hệ thống hoạt động ổn định lâu dài.

Hình 6.5 Máy lọc rác trống quay.

6.1.3 Bể điều hòa

Mục đích của bể điều hòa là điều chỉnh sự biến thiên lưu lượng hoặc nồng độ của nước thải, ngoài ra cũng có thể điều hòa vừa lưu lượng và nồng độ. Thể tích bể được xác định dựa vào biểu đồ lưu lượng sinh hoạt theo từng giờ trong ngày.

Bể điều hòa làm tăng hiệu quả của hệ thống sinh học vì tránh sự biến động lưu lượng hay hàm lượng chất hữu cơ làm ảnh hưởng đến hoạt động của vi khuẩn trong bể xử lý sinh học. Bên cạnh đó, các chất ức chế quá trình xử lý sinh học sẽ được trung hòa hay pha loãng ở một mức độ thích hợp cho các hoạt động của vi sinh vật.

Kiểm soát pH của nước thải tạo điều kiện tối ưu cho các quá trình sinh học. Làm cho chất lượng nước thải sau xử lý và cô đặc bùn ở đáy bể lắng 2 được tốt hơn.

Theo tiêu chuẩn nồng độ nước thải có SS < 500 mg/l (SS = 200 mg/l) nên chọn thiết kế bể điều hòa khuấy trộn bằng không khí nén (TCVN 7957:2008).

Bảng 6.3 Biến thiên nước thải theo giờ

Giờ trong ngày	Chế độ hoạt động của trạm bơm %Qngđ	Chế độ hoạt động của TXL %Qngđ	Bể điều hòa		
			vào	ra	còn lại
0 - 1	1.25	4.17		2.92	12.39
1 - 2	1.25	4.17		2.92	9.47
2 - 3	1.25	4.17		2.92	6.55
3 - 4	1.25	4.17		2.92	3.63
4 - 5	1.25	4.17		2.92	0.71
5 - 6	3.46	4.17		0.71	0
6 - 7	5.16	4.17	0.99		0.99
7 - 8	7.04	4.17	2.87		3.86

8 - 9	7.18	4.17	3.01		6.87
9 - 10	7.18	4.17	3.01		9.88
10 - 11	7.18	4.17	3.01		12.89
11 - 12	6.48	4.17	2.31		15.2
12 - 13	3.78	4.17		0.39	14.81
13 - 14	3.78	4.17		0.39	14.42
14 - 15	4.16	4.17		0.01	14.41
15 - 16	5.78	4.17	1.61		16.02
16 - 17	6.38	4.17	2.21		18.23
17 - 18	6.38	4.17	2.21		20.44
18 - 19	6.38	4.17	2.21		22.65
19 - 20	5.33	4.17	1.16		23.81
20 - 21	3.4	4.17		0.77	23.04
21 - 22	2.2	4.17		1.97	21.07
22 - 23	1.25	4.17		2.92	18.15
23 -24	1.25	4.09		2.84	15.31
Tổng	100	100			

Dựa vào Bảng 6.3, dung tích bể điều hòa:

$$V_{\text{BDH}} = 23,81\% \times 4000 = 952,4 \text{ m}^3$$

Lớp nước đệm trong bể điều hoà:

$$V_{\text{đệm}} = 10\% \times V_{\text{BDH}} = 10\% \times 952,4 = 95,24 \text{ m}^3$$

Tổng thể tích bể điều hoà:

$$V = V_{\text{BDH}} + V_{\text{đệm}} = 952,4 + 95,24 = 1.047,64 \text{ m}^3$$

Chọn chiều hữu dụng của bể điều hoà $H = 5\text{m}$.

Diện tích bề mặt bể điều hoà:

$$F = \frac{V}{H} = \frac{1048}{5} = 210 \text{ (m}^2\text{)}$$

Thời gian lưu nước:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{952,4}{166,67} = 5,7 \text{ h} = 342 \text{ phút}$$

Để đảm bảo việc thổi khí được hiệu quả ta chọn chiều cao mực nước công tác ta chọn chiều cao của bể là $H = 5\text{m}$ vì đây là chiều cao an toàn đảm bảo cho việc cung cấp khí được thích hợp, điều hòa lưu lượng đi vào bể lắng hóa lý.

Chiều cao an toàn: $0,5\text{m}$

Chiều cao xây dựng: $5 + 0,5 = 5,5\text{m}$

Chiều dài của bể: $L = 17,5\text{m}$

Chiều rộng của bể: $B = 12\text{m}$

Chiều cao lớp nước đệm:

$$H_{\text{đệm}} = \frac{V_{\text{đệm}}}{W} = \frac{95,24}{210} = 0,45\text{m}$$

Tính chiều cao hữu dụng của bể

Theo dây chuyền công nghệ thì sau bể điều hòa là bể phản ứng, nên bể điều hòa cần có thiết bị chống lắng cặn nhằm tránh hiện tượng cặn lắng phân hủy kỵ khí và gây mùi trong bể điều hòa.

Lưu lượng nước được điều hòa sẽ qua bể phản ứng.

Tính toán hệ thống phân phối khí

Do sau bể điều hòa là bể phản ứng, $HRT > 2\text{h}$ ($5,6\text{h}$), $SS = 75\text{ mg/l}$ nên khuấy trộn bằng hệ thống thổi khí.

Chọn tốc độ cấp khí của máy thổi khí là $0,015\text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{phút}$ (Trần Thị Mỹ Diệu, 2016)

Lượng khí cần cấp cho bể điều hòa:

$$Q = R \times V = 0,015 \times 1048 = 15,72\text{ (m}^3/\text{phút)} = 0,262\text{ (m}^3/\text{s)}$$

Lưu lượng máy bơm: $Q = Q = 0,262\text{ (m}^3/\text{s)}$

Chọn vận tốc khí đi trong ống dẫn khí chính là 12 (m/s) (quy phạm $v = 10 - 15\text{ m/s}$, Trịnh Xuân Lai, 2008).

Chọn vận tốc khí đi trong ống dẫn khí nhánh là 14 (m/s) (quy phạm $v = 10 - 15\text{ m/s}$, Trịnh Xuân Lai, 2008).

Tiết diện của ống thổi khí chính:

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{0,262}{12} = 0,022\text{ (m}^2)$$

Đường kính ống thổi khí chính:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,022}{\pi}} = 0,17 \text{ (m)}$$

Đặt ống chính theo chiều dài bể điều hòa cách chiều ngang của bể = 1m.
Đặt 1 đường ống chính chạy dọc theo chiều dài bể, cách thành bể = 0,5 m

Chiều dài làm việc của ống chính:

$$L_{\text{làm việc}} = L \text{ bể} - (2 \times 1\text{m}) = 18 - 2 = 16\text{m}$$

Tổng số ống nhánh thổi khí:

Mỗi ống nhánh thổi khí cách nhau 1m.

Tổng số ống nhánh trên ống chính:

$$n = \frac{L}{1} = \frac{16 + 1}{1} = 17 \text{ ống}$$

Lượng khí đi qua 1 ống nhánh:

$$Q_{1 \text{ nhánh}} = \frac{Q_{\text{chính}}}{n} = \frac{0,262}{17} = 0,015 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Tiết diện của 1 ống thổi khí nhánh:

$$F_{1 \text{ nhánh}} = \frac{Q_{1 \text{ nhánh}}}{v} = \frac{0,015}{14} = 0,0011 \text{ (m}^2)$$

Đường kính ống thổi khí nhánh:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0011}{\pi}} = 0,04 \text{ (m)}$$

Chiều dài ống nhánh:

$$L_{\text{ống nhánh}} = 12 - (0,01 \times 2) = 11,98 \text{ m}$$

Chọn đĩa thổi khí

Đĩa phân phối khí tính EDI

Lưu lượng thiết kế: 2,5 – 5 m³/h

Lưu lượng thổi: 0 – 12 m³/h

Diện tích hoạt động bề mặt: 0,0375 m²

Đường kính cấp khí: 1 m

Số lượng lỗ: 6.600

Trọng lượng: 680g

Vật liệu màng: EPDM hoặc Polymer đặc biệt



Hình 6.6 đĩa phân phối khí tính SSI

Số đĩa thổi khí trên 1 ống nhánh:

$$N = \frac{11,98 - 1}{1} = 11 \text{ đĩa}$$

Có 17 ống nhánh nên cần đĩa thổi khí: $17 \times 7 = 119$ đĩa thổi khí

Bảng 6.4 Thống kê chi tiết trong bể điều hoà

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Lưu lượng thiết kế	m ³ /ngđ	4.000
2	Diện tích bề mặt bể	m ²	210
3	Chiều cao lớp nước đệm	m	0,45
4	Chiều cao xây dựng	m	5,5
5	Chiều rộng bể	m	12
6	Chiều dài bể	m	18
7	Thời gian lưu nước	h	4,4
8	Số bơm khí	bơm	1
9	Chiều dài làm việc của ống chính	m	16
10	Chiều dài 1 ống nhánh	m	11,98
11	Vận tốc khí trong ống chính	m	12

Máy bơm trong bể điều hoà

Xác định máy bơm cho bể điều hoà
 Lưu lượng thiết kế: 4000 m³/ngđ

Máy bơm chạy với hệ số điều hoà $k = 1$

Lưu lượng của bơm trong 1 ngày đêm:

$$Q_{\text{bơm}} = \frac{4.000 \times 4,17}{100} = 167 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$\rightarrow \frac{167 \times 1.000}{3.600} = 46,4 \text{ (l/s)}$$

Ta chọn bơm S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D.63A với công suất 12 kW, mã 97660639

Lắp đặt 1 máy bơm trong bể điều hòa có lưu lượng bơm là 46,4 (l/s). Lưu lượng 46,4 l/s, ta chọn ống thép, tra theo bảng thủy lực:

Ống đẩy:

$$D = 200 \text{ mm}$$

$$v_1 = 1,35 \text{ m/s}$$

$$1000 i_1 = 14,98$$

Ống hút (lớn hơn ống đẩy 1 bậc):

$$D = 250 \text{ mm}$$

$$v_2 = 0,88 \text{ l/s}$$

$$1000 i_2 = 4,93$$

Cột áp toàn phần của máy bơm: $H = H_{\text{hh}} + H_{\text{cb}} + H_l$

$$H_{\text{cb}} = \xi \times \frac{v^2}{2g}$$

Trong đó ξ là hệ số tổn thất cục bộ được tra theo bảng sau:

Van 1 chiều	1,7
Van 2 chiều	1
Phễu hút	0,15
Côn thu	0,1
Côn mở	0,25
Khóa	1
Tê	1,5
Cút 90°	0,5
Lưới chắn rác có van thu	5÷8

H địa hình

H_{dh} = Cao độ mực nước cao nhất qua công trình tiếp theo là Bể phản ứng – Mực nước thấp nhất trong bể điều hoà

Trong đó:

Cao độ mực nước cao nhất của công trình phía trước là hồ thu gom: 11,27 m
Cao trình mực nước thấp nhất = Cao trình đáy bể điều hoà + 0,5 (chiều cao an toàn cho bơm hoạt động) = -3 + 0,5 = -2,5m
 $H_{dh} = 11,27 + 2,5 = 13,77$ m

H toàn phần

Cột áp bơm toàn phần: $13,37 + 0,392 = 13,762$ m

Chọn máy bơm:

Với lưu lượng của 1 máy bơm là 46,3 l/s và cột áp toàn phần $H = 13,762$ m

Áp lực và công suất của hệ thống thổi khí

Áp lực cần thiết cho hệ thống nén khí được xác định theo công thức: $H_{tc} = h_d + h_c + h_f + H$

Trong đó:

h_d : Tổn thất áp lực do ma sát dọc theo chiều dài trên đường ống dẫn

h_{cb} : Tổn thất áp lực cục bộ

h_f : Tổn thất qua thiết bị phân phối

H: Chiều cao hữu ích của bể điều hoà

Tổng tổn thất $h_d + h_{cb}$ không vượt quá 0,4m, tổn thất h_f không vượt quá 0,5m, do đó áp lực cần thiết là:

$$H_{tc} = 0,4 + 0,5 + 5 = 5,9\text{m}$$

Áp lực không khí sẽ là:

$$p = \frac{10,33 + H_{tc}}{10,33} = \frac{10,33 + 5,9}{10,33} = 1,57 \text{ (atm)}$$

Công suất máy thổi khí tính theo công thức sau:

$$N = \frac{34.400 \times (p^{0,29} - 1)k \times q_{kk}}{102 \times n} = \frac{34.400 \times (1,57^{0,29} - 1) \times 2 \times 0,04}{102 \times 0,8} = 4,7\text{kW}$$

Trong đó:

Q_{kk} : Lưu lượng không khí, $q_{kk} = 0,04$ m³/s

N: Hiệu suất máy thổi khí, $n = 0,7 - 0,9$, chọn $n = 0,8$

K: Hệ số an toàn khi sử dụng trong thiết kế thực tế, chọn $k = 2$

Chọn máy thổi khí:

Máy thổi khí Longtech LT-065 5.5kw

Công suất: 5.5kw
Áp suất đẩy: 8m
Lưu lượng: 8m³/phút
Nguồn điện sử dụng: 380V/50Hz/3phase
Độ ồn: 85dB
Kích thước: 500x380x400
Trọng lượng: 150Kg

6.1.4 Cụm bể keo tụ tạo bông

Bể trộn (bể keo tụ)

Nhiệm vụ: Lượng hoá chất cho vào nước chiếm tỉ lệ rất nhỏ nhưng xảy ra phản ứng rất nhanh khi tiếp xúc với nước. Khuấy trộn để phân phối nhanh và trộn đều hoá chất sau khi cho chúng vào nước nhằm đạt hiệu quả xử lý cao.

Tính toán:

Thiết bị khuấy trộn trong bể pha trộn phèn FeCl₃

Thể tích bể trộn:

$$V = Q \times t = 0,046 \text{ m}^3/\text{s} \times 30 \text{ s} = 1,38 \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó:

Q: lưu lượng thiết kế, $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ} = 0,046 \text{ (m/s)}$.

t: thời gian khuấy trộn, $t = 30 \text{ s}$.

Kích thước bể trộn: $L \times B \times H = 0,84\text{m} \times 0,84\text{m} \times 2\text{m}$, trong đó chiều cao bảo vệ là 0,2m.

Chọn cánh khuấy chân vịt 3 cánh

Nước và hoá chất đi vào phần đáy bể, sau khi hoà trộn được thu lại ở trên bề mặt bể và đưa sang bể phản ứng (tạo bông).

Đường kính máy khuấy $D \frac{1}{2}$ chiều rộng bể. Chọn $D = 0,42\text{m}$.

Năng lượng cần truyền vào nước:

$$P = G^2 \times V \times \mu = 500^2 \times 1,38 \times 0,9 \times 10^{-3} = 310,5 \text{ W}$$

Trong đó:

P: Năng lượng cần truyền vào nước, W.

V: Thể tích bể châm phèn, $V = 1,38 \text{ m}^3$.

G: Cường độ khuấy trộn $G = 200 \div 1000 \text{ s}^{-1}$. Chọn $G = 500 \text{ s}^{-1}$.

μ : Độ nhớt động học của nước, $\mu = 0,9 \times 10^{-3} \text{ N. s/m}^2$ ứng với $t = 25^\circ\text{C}$.

Công suất động cơ:

$$P_{tt} = \frac{P}{\eta} = \frac{310,5}{0,75} = 414 \text{ W}$$

Trong đó:

η : Hiệu suất động cơ, $\eta = 0,75$

Chọn máy khuấy:

Hiệu	DOSEURO
Nước	Ý
Loại	DRC - 210 – 5/8
Công suất	0,5HP
Tốc độ cánh khuấy	212vòng/phút
Đường kính máy khuấy	300mm
Chiều dài trục	1200mm

Máy khuấy đặt cách đáy bể một khoảng $h = 0,4\text{m}$.

Sử dụng PAC (Poly Aluminium Chloride)- $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$, Bao 25kg.

Trong quá trình keo tụ lắng PAC có nhiều ưu điểm hơn so với phèn Nhôm.

- Khả năng loại bỏ các chất trong nước (đặc biệt các chất hữu cơ hòa tan và không hòa tan cùng kim loại nặng) tốt hơn. Do đó, chỉ cần dùng lượng ít hơn lượng phèn nhôm thông thường trong cùng điều kiện.
- Có thể được vận chuyển, cất giữ và định lượng dễ dàng, có thể hòa tan vào nước với bất kỳ tỷ lệ nào, có nhiều Al_2O_3 hoạt tính sunfat nhôm, do đó các bể hóa chất sẽ nhỏ hơn.
- Hiệu quả lắng trong cao hơn 4-5 lần,
- Thời gian keo tụ nhanh.
- Không cần hoặc dùng rất ít chất hỗ trợ
- Không cần các thiết bị và thao tác phức tạp.

PAC dùng xử lý 1 m^3 nước thải trong khoảng 15-30 gram, tùy thuộc vào hàm lượng cặn lơ lửng và tính chất của mỗi loại nước thải. Liều lượng chính xác cần xác định thông qua thử trực tiếp với đối tượng cần xử lý.

Tính toán pha hóa chất PAC

Sử dụng $20\text{g}/\text{m}^3$ để keo tụ cho nước thải, với 1 bao là 25kg. Tổng cộng 1 ngày sử dụng hết

$$M = 20\text{g} \times 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ} = 80.000 \text{ g}/\text{ngđ} = 80 \text{ kg}/\text{ngđ}$$

Vậy 1 ngày sử dụng hết 2,8 bao 25kg

Sử dụng bể bằng nhựa PVC sẵn có: 3 bể hoạt động, mỗi bể có dung tích là 8 m^3 , ngày pha 3 lần

Thông số của bể chứa hóa chất $L \times B \times H = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$

Vậy nồng độ PAC trong bồn hóa chất

$$\frac{80.000\text{g}}{2 \times 12 \text{ m}^3} = 3.333 \text{ (g/m}^3\text{)} = 3.333 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Khối lượng PAC cần sử dụng cho 1 lần pha vào bồn 12 m³

$M = 3.333 \times 8 = 26,7 \text{ kg}$; chọn 26,7 kg để tiện cho việc pha hóa chất.

Dùng máy khuấy tuabin sáu cánh nghiêng góc 45° hướng xuống dưới để đưa nước từ trên xuống

Đường kính máy khuấy $D \leq 1/2$ chiều rộng bể.

$$D \leq \frac{1}{2} B = \frac{2}{2} = 1 \text{ m}$$

Cánh khuấy:

- Máy khuấy cách đáy 1 khoảng $h = 1 \text{ m}$.
- Chiều rộng bản cánh khuấy $= \frac{1}{5}$ đường kính cánh khuấy $= 0,2 \text{ m}$
- Chiều dài bản cánh khuấy $= \frac{1}{4}$ đường kính máy khuấy $= 0,25 \text{ m}$
- Đường kính cánh khuấy lấy bằng 1 m
- Máy khuấy đặt cách đáy một khoảng $h = D$

Năng lượng truyền vào nước: $P = G^2 \cdot V \cdot \mu$

Trong đó:

- P : năng lượng cần thiết (W)
- G : Gradient vận tốc (s^{-1}), chọn 200 s^{-1}
- V : thể tích bể (m^3)
- μ : độ nhớt

$$P = (200)^2 \times 12 \times 0,001 = 480 \text{ J/s}$$

Hiệu suất động cơ $\eta = 0,85$, công suất động cơ: $480/0,85 = 565 \text{ J/s}$

Xác định số vòng quay của máy khuấy:

$$N = \left(\frac{P}{K_p D^5} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{565}{1,08 \times 1000 \times 0,5^5} \right)^{\frac{1}{3}} = 2,56 \text{ (vòng/s)} = 153,6 \text{ (vòng/phút)}$$

Bơm định lượng

Với nồng độ 3.333 g/m^3 trong bồn 8 m^3 bơm trong vòng 8 tiếng vận bơm với lưu lượng

$$Q_b = 8/8 = 1 \text{ m}^3/\text{h} = 0,28 \text{ L/s} = 17 \text{ (L/phút)}$$

Sử dụng 1 bơm định lượng và 1 bơm dự phòng.

Sử dụng bơm Injecta TP25089C
Lưu lượng: 1000 L/h
Công suất: 750 W; 220 V - 50 Hz
Trọng lượng: 19 Kg
Đường kính piston: 89
Số nhịp: 116
Áp lực: 5 bar



Hình 6.7 Bơm Injecta TP25089C

Bể phản ứng (tạo bông)

Nhiệm vụ: Tạo điều kiện thuận lợi để các hạt keo tụ phân tán trong nước sau quá trình pha và trộn với phèn đã mất ổn định và có khả năng kết dính với nhau để tạo thành những bông cặn lớn, lắng nhanh, có hoạt tính bề mặt cao, khi lắng hấp phụ kéo theo cặn bẩn cũng như chất hữu cơ gây mùi vị của nước.

Tính toán bể tạo bông cơ khí:

Thể tích bể tạo bông:

$$V = Q \times t = 0,046 \text{ m}^3/\text{s} \times 20 \text{ phút} \times 60 \text{ s/phút} = 55,2 \text{ m}^3.$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng nước xử lý, $Q = 0,042 \text{ m}^3/\text{s}$

t: Thời gian keo tụ $t = 20$ phút.

Diện tích bề mặt của bể:

$$F = \frac{V}{H_{hi}} = \frac{55,2}{3} = 18,4 \text{ (m}^2\text{)}$$

Trong đó:

H_{hi} : chiều cao hữu ích, chọn $h_{bv} = 0,3 \text{ m}$

Bể được chia thành 3 ngăn bởi các tấm chắn khoan lỗ $D = 150 \text{ mm}$

Vận tốc nước qua lỗ trên vách ngăn $v = 0,1 \text{ m/s}$

Vận tích thước mỗi ngăn là $B \times L \times H_{bê} = 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = \text{m}$.

Tính thiết bị khuấy:

Mỗi ngăn đặt 1 máy khuấy

Trong bể phản ứng năng lượng khuấy giảm dần theo từng ngăn cùng với sự gia tăng kích thước của bông bùn, giá trị Gradient tốc độ khuấy giảm dần theo từng ngăn.

Cường độ khuấy 3 bậc $G_1 = 70 \text{ s}^{-1}$; $G_2 = 70 \text{ s}^{-1}$; $G_1 = 50 \text{ s}^{-1}$; $G_3 = 30 \text{ s}^{-1}$.

Năng lượng cần cung cấp cho chất lỏng:

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Trong đó:

G: Cường độ khuấy trộn, s^{-1} .

μ : Độ nhớt động học của nước $\mu = 0,9 \times 10^{-3} \text{N.s/m}^2$ ứng với $t = 25^\circ\text{C}$.

V: thể tích mỗi ngăn khuấy trộn, $V_1 = V_2 = V_3 = 18,5 \text{ m}^3$.

Chọn cánh khuấy chân vịt 3 cánh.

Nước và hoá chất đi vào phần đáy bể, sau khi hoà trộn được thu lại ở trên mặt bể và đưa sang bể phản ứng.

Đường kính máy khuấy D $\frac{1}{2}$ chiều rộng bể. Chọn D = 1,25 m

a. Công suất tiêu thụ cần thiết của máy khuấy bậc 1

$$P = 70^2 \times 0,9 \times 10^{-3} \times 18,5 = 81,585 \text{ (W)}$$

Vòng quay của động cơ:

$$n = \left(\frac{P}{K \times \rho \times d_k^5} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{81,585}{0,32 \times 1.000 \times 0,75^5} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,02 \frac{\text{vòng}}{\text{s}} = 61,5 \text{ vòng/phút}$$

Công suất động cơ:

$$P_n = \frac{P}{\eta} = \frac{81,585}{0,7} = 116,55 \text{ (W)} = 0,16 \text{ HP}$$

η : Hiệu suất động cơ, $\eta = 0,7$.

b. Công suất tiêu thụ cần thiết của máy khuấy bậc 2

$$P = 50^2 \times 0,9 \times 10^{-3} \times 18,5 = 41,625 \text{ (W)}$$

Vòng quay của động cơ:

$$n = \left(\frac{P}{K \times \rho \times d_k^5} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{41,625}{0,32 \times 1.000 \times 0,75^5} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,82 \frac{\text{vòng}}{\text{s}} = 49,1 \text{ vòng/phút}$$

Công suất động cơ:

$$P_n = \frac{P}{\eta} = \frac{41,625}{0,7} = 59,46 \text{ (W)} = 0,08 \text{ HP}$$

η : Hiệu suất động cơ, $\eta = 0,7$.

c. Công suất tiêu thụ cần thiết của máy khuấy bậc 3

$$P = 30^2 \times 0,9 \times 10^{-3} \times 18,5 = 14,985 \text{ (W)}$$

Vòng quay của động cơ:

$$n = \left(\frac{P}{K \times \rho \times d_k^5} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{14,985}{0,32 \times 1.000 \times 0,75^5} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,58 \frac{\text{vòng}}{\text{s}} = 34,93 \text{ vòng/phút}$$

Công suất động cơ:

$$P_n = \frac{P}{\eta} = \frac{14,985}{0,7} = 21,41 \text{ (W)} = 0,0287 \text{ HP}$$

Bảng 6.6 Giá trị K_T các loại cánh khuấy

Loại cánh	K_T
Cánh khuấy chân vịt 3 cánh	0,32
Cánh khuấy chân vịt 2 cánh	1,00
Tua bin 6 cánh phẳng đầu vuông	6,30
Tua bin 4 cánh nghiêng 45°	1,08
Tua bin kiểu quạt 6 cánh	1,65
Tua bin 6 cánh đầu tròn cong	4,80
Cánh khuấy gấn 2-6 cánh dọc trục	1,70

Chọn máy khuấy:

Hiệu	DOSEURO
Nước	Ý
Loại	DRV - 70 – 20/15
Công suất	0,5HP
Tốc độ cánh khuấy	70vòng/phút
Đường kính máy khuấy	1000mm
Chiều dài trục	2000mm
Hộp số đồng trục	
Trục và cánh khuấy bằng inox	

Máy khuấy đặt cách đáy một khoảng $h = 0,8\text{m}$.

Tính toán đường ống dẫn nước vào bể lắng hóa lý:

Nước được dẫn từ bể phản ứng sang bể lắng hóa lý theo chế độ tự chảy

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,046}{\pi \times 0,3}} = 0,44\text{m}$$

Chọn ống dẫn nước thải là ống PVC có đường kính $D = 450\text{mm}$

Kiểm tra vận tốc nước:

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0,046}{\pi \times 0,5^2} = 0,23 \text{ m/s}$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng nước thải, $Q = 0,046 \text{ m}^3/\text{s}$.

D: Đường kính ống dẫn nước thải, m.

v: Vận tốc nước, $v = 0,15 - 0,3 \text{ m/s}$ (Trịnh Xuân Lai, 2008).

Bảng 6.7 Các thông số thiết kế của bể tạo bông

Thông số		Đơn vị	Giá trị
Thời gian lưu nước của bể		phút	20
Kích thước bể	Chiều dài	m	2,5
	Chiều rộng	m	2,5
	Chiều cao	m	3,5
Máy khuấy	Số lượng	Cái	1
	Công suất	HP	0,5

6.1.5 Bể lắng

Theo TCVN 7957:2008, với công suất thiết kế $< 20.000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$, nên chọn thiết kế bể lắng đứng.

Các thông số thiết kế bể lắng

$$Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ} = 166,67 \text{ m}^3/\text{h} = 0,046 \text{ m}^3/\text{s} = 41,92 \text{ l/s}$$

Theo Metcalf and Eddy, 2003:

- Thời gian lưu nước lấy 1,5 – 2,5h, chọn thời gian lưu nước là 2h.
- Tải trọng bề mặt trung bình lấy $30 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$, chọn $U_o = 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$.
- Tải trọng bề mặt cao điểm lấy $80 - 120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$.
- Tải trọng máng thu lấy $125 - 500 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$.
- Đường kính bể lấy 3 – 60m.

Tính toán thiết kế bể lắng

Diện tích bề mặt cần thiết của bể lắng

$$F = \frac{Q}{U_o} = \frac{4.000}{30} = 134 \text{ m}^2$$

Để thuận lợi trong quá trình xây dựng, ta thiết kế bể hình vuông.

Ngăn có tiết diện hình vuông $a = \sqrt{134} = 12 \text{ m}^2$.

Để phù hợp thiết kế mặt bằng, ta thiết kế bể với kích thước:
Chọn chiều rộng (B) = chiều dài (L) = 12m.

Xác định chiều cao bể

Theo TCVN 7957:2008, chiều cao vùng lắng lấy 1,5 – 5m. Chọn $h_{tt} = 2,5m$.

Bể được bố trí bơm hút bùn và thiết bị cào bùn.

Chiều cao phần nón của bể

$$h_n = \left(\frac{D-d}{2}\right) \times \operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{8,6-1}{2}\right) \times \operatorname{tg} 11^\circ = 0,7m$$

Trong đó:

D: đường kính trong của bể lắng.

d: đường kính đáy nhỏ của hình nón cụt. Chọn $d = 1m$.

α : góc nghiêng của đáy bể lắng so với phương ngang, chọn $\alpha = 11^\circ$.

Chiều cao thành bể lắng tính từ mực nước trở lên, $h_1 = 0,5m$. (TCVN 7957:2008).

Chiều cao lớp nước trung hoà 0,3m. (TCVN 7957:2008).

Ống trung tâm

Thông số tính toán bể lắng ly tâm lấy tương tự bể lắng đứng chỉ khác nhau phần nón thu bùn.

Diện tích tiết diện ướt ống trung tâm

$$f = \frac{Q}{v_{tt}} = \frac{0,046}{0,03} = 1,5 \text{ m}^2$$

Trong đó:

Q: lưu lượng cần xử lý, m^3/s .

v_{tt} : vận tốc nước trong ống trung tâm không lớn hơn 0,03m/s. Chọn 0,03m/s (TCVN 7957:2008)

Đường kính ống trung tâm

$$d = \sqrt{\frac{4 \times f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,5}{\pi}} = 1,4m$$

Theo TCVN 7957:2008:

Chiều cao của ống trung tâm lấy bằng chiều cao tính toán vùng lắng, lấy bằng 2,5m.

Đường kính phổ lấy bằng 1,5 đường kính ống trung tâm.

$$L_p = d_p = 1,5 \times 1,4 = 2,1\text{m.}$$

Đường kính ống hút bằng 1,3 đường kính miệng phễu, bằng $d_h = 1,3 \times 2,1 = 2,73\text{m}$.

Góc nghiêng giữa bề mặt tấm hút với mặt phẳng ngang lấy bằng 17° .

Chiều cao tấm hút

$$h = \left(\frac{D_{\text{tấm hút}}}{2} \right) \times \sin \alpha = \left(\frac{2,73}{2} \right) \times \sin 17^\circ = 0,4\text{m.}$$

Khoảng cách giữa mép ngoài cùng của miệng phễu đến mép ngoài cùng của bề mặt tấm hút theo mặt phẳng qua trục.

$$L = \frac{4 \times Q}{V_k \times \pi \times D} = \frac{4 \times 0,046}{0,02 \times \pi \times 2,73} = 1,1\text{m.}$$

Trong đó:

V_k : là vận tốc nước qua khe hở giữa mép dưới của ống trung tâm và bề mặt của tấm hút không lớn hơn 20 mm/s. Chọn 0,02 m/s (theo TCVN 7957:2008).

Chiều cao giữa miệng phễu tới đáy tấm hút:

$$h_2 = \sqrt{L^2 - \left(\frac{(d_h - L_p)}{2} \right)^2} = \sqrt{1,1^2 - \left(\frac{2,73 - 2,1}{2} \right)^2} = 1,1\text{m.}$$

Chiều cao xây dựng bể thực:

$$H = h_1 + h_{bv} + h_3 + h_n = 2,5 + 0,5 + 0,3 + 0,7 = 5\text{m.}$$

Trong đó:

Chiều cao vùng lắng: $h_1 = 2,5\text{m}$.

Chiều cao bảo vệ: $h_{bv} = 0,5\text{m}$.

Chiều cao lớp nước trung hoà: $h_3 = 0,3\text{m}$ (theo TCVN 7957:2008).

Chiều cao nón thu bùn: $h_n = 0,7\text{m}$.

Vận tốc giới hạn

$$V_H = \left(\frac{8K(\rho - 1)gd}{f} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{8 \times 0,06 \times (1,25 - 1) \times 9,81 \times 10^{-4}}{0,025} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,07 \text{ (m/s)}$$

Trong đó:

V_H : hằng số phụ thuộc vào tính chất cặn (m/s).

$k = 0,06$ đối với hạt cặn có khả năng kết dính (Trịnh Xuân Lai, 2009).

ρ : tỉ trọng của hạt, chọn $\rho = 1,25$ (Metcalf and Eddy).

g: gia tốc trọng trường $9,81\text{m/s}^{-2}$.

d: đường kính tương đương của hạt, chọn $d = 10^{-4}\text{m}$ (Metcalf and Eddy).

f: hệ số ma sát phụ thuộc vào đặc tính bề mặt của hạt và số Reynol của hạt khi lắng, chọn $f = 0,025$ (Metcalf and Eddy).

Vận tốc nước chảy trong vùng lắng

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{0,046}{134} = 3,4 \times 10^{-4} \text{ (m/s)} < V_H$$

Máng thu nước

Máng thu nước được bố trí dọc theo thành bể

Chiều dài máng thu nước:

$$L = (12 - 1) \times 4 = 44\text{m}.$$

Trong đó:

Chiều dài cạnh bể 12m.

Chiều rộng máng thu nước + chiều dày máng thu = $(0,4 + 0,1) \times 2 = 1\text{m}$.

Số cạnh bể là 4.

Tải trọng trên 1m dài của máng:

$$a_L = \frac{Q}{L} = \frac{46,29}{44} = 1,05 \left(\frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot \text{m} \right) < 10 \left(\frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot \text{m} \right) \text{ (TCVN 7957: 2008)}.$$

Vận tốc nước chảy vào máng:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{a \times a} = \frac{0,046}{12 \times 12} = 3,2 \times 10^{-4} \text{ (m/s)} < V_H$$

Máng răng cưa

Chọn tấm xẻ hình chữ V với góc ở đáy 90° .

Máng răng cưa có khe điều chỉnh cao độ cho máng. Chiều cao chữ V là 5cm, khoảng cách giữa 2 đỉnh chữ V = 20cm, mỗi mét dài có 5 khe chữ V.

Tổng số khe chữ V trên máng răng cưa:

$$n = L(\text{m}) \times 5(\text{khe/m}) = 44\text{m} \times 5(\text{khe/m}) = 220 \text{ khe}.$$

Lưu lượng nước qua khe chữ V:

$$q_o = \frac{a_L}{5} = \frac{1,025}{5} \times 10^{-3} = 2,05 \times 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Chiều cao mực nước chữ V

$$q_o = 1,4 \times h^{\frac{5}{2}} \text{ (Trịnh Xuân Lai, 2009)}$$

$$\rightarrow 2,05 \times 10^{-4} = 1,4 \times h^{\frac{5}{2}}$$

$$h = \sqrt[5]{\left(\frac{q_o}{1,4}\right)^2} = \sqrt[5]{\left(\frac{2,05 \times 10^{-4}}{1,4}\right)^2} = 0,03 \text{ (m)} < 0,05 \text{ (cm)}$$

=> Đạt yêu cầu.

Thiết kế tấm chắn bọt hình tròn trước khi ra máng răng cưa, có đường kính nhỏ hơn cạnh máng răng cưa là 15cm.

Hiệu quả khử SS

$$R_{TSS} = \frac{HRT}{a + b \times HRT} = \frac{2}{0,0075 + 0,014 \times 2} = 56\%$$

Trong đó:

$a = 0,0075$, $b = 0,014$: hằng số thực nghiệm (Trần Thị Mỹ Diệu, 2011).

R_{TSS} : hàm lượng TSS trong nước thải sau khi ra khỏi bể lắng tính theo %. (Trịnh Xuân Lai, 2004).

$$TSS_{sau} = 200 - (200 \times 0,56) = 88 \text{ (mg/l)}.$$

Hiệu quả khử BOD

$$R_{BOD} = \frac{HRT}{a + b \times HRT} = \frac{2}{0,018 + 0,02 \times 2} = 35\%$$

Trong đó:

$a = 0,018$, $b = 0,02$: hằng số thực nghiệm (Trần Thị Mỹ Diệu, 2011).

R_{BOD} : hàm lượng BOD trong nước thải sau khi ra khỏi bể lắng tính theo %. (Trịnh Xuân Lai, 2004).

Lượng BOD₅ còn lại trong nước thải sau khi lắng

$$BOD_{5ra} = BOD_5 - (BOD_5 \times R) = 200 - (200 \times 35\%) = 130 \text{ (mg/l)}.$$

$$\frac{BOD_5}{COD} = \frac{200}{400} = 0,5$$

$$\rightarrow \frac{\text{BOD}_{5\text{ra}}}{\text{COD}} = 0,5$$

$$\text{COD} = \frac{130}{0,5} = 260$$

Ống phân phối nước ra

Đường kính ống phân phối nước vào và ra:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3.600 \times v \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 166,67}{3.600 \times 1 \times \pi}} = 0,24 \text{ (m)}$$

Chọn ống nhựa PVC có đường kính 250mm.

Tính toán lượng bùn sinh ra

Lượng SS bị khử là 56 (mg/l) = 0,056 (kg/m³).

Khối lượng SS bị khử

$$0,056 \text{ kg/m}^3 \times 4000 \text{ m}^3/\text{ngày} = 224 \text{ (kg/ngày)}$$

Cặn có khối lượng riêng là 1.053 kg/m³.

Giả sử bùn tươi có độ ẩm 98%

Tỉ số MLVSS: MLSS = 0,75

Lưu lượng cặn sinh ra

$$\frac{224 \text{ kg/ngày}}{(1 - 0,98) \times 1.053 \text{ kg/m}^3} = 11 \text{ (m}^3/\text{ngày)}$$

Chọn vận tốc bùn đi trong ống là 1m/s.

Giả sử bơm bùn hoạt động 1h trong ngày, lưu lượng bùn bơm trong 1h:

$$Q = \frac{7}{1} = 7 \text{ (kg/ngđ)}$$

Đường kính ống dẫn bùn

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{86400 \times v \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 7}{86400 \times 1 \times \pi}} = 0,01 \text{ (m)}$$

Theo TCVN 7957:2008, đường kính ống dẫn bùn không nhỏ hơn 200mm nên chọn ống dẫn bùn đường kính 200mm, ống bằng nhựa PVC.

Bảng 6.8 Các thông số thiết kế bể lắng

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Số bể	Đơn nguyên	1
2	Thời gian lưu nước (t)	H	2
3	Chiều cao công tác	M	
4	Chiều cao xây dựng	M	5
5	Diện tích một bể	m ²	12 × 12
6	Đường kính ống phân phối nước vào và ra	Mm	250
7	Chiều dài máng thu	M	44
8	Số khe chữ V	-	220
9	Khoảng cách giữa 2 đỉnh chữ V	M	0,2
10	Chiều cao chữ V	M	0,03
11	Đường kính ống trung tâm	M	1,4
12	Chiều cao ống trung tâm	M	2,5
13	Chiều cao vùng lắng	M	2,5
14	Đường kính phễu	M	2,1
15	Chiều cao phễu	M	1
16	Đường kính tấm hút	M	2,73
17	Đường kính ống dẫn bùn ra khỏi bể	Mm	200

6.1.6 Bể trung hòa

Tính toán lượng hóa chất

$$pH_{\max} = 9; pH_{\min} = 5; pH_{\text{trung hòa}} = 7$$

Liều lượng dung dịch H₂SO₄

Khối lượng phân tử: 98 g/mol

Nồng độ dung dịch: 5% (quy phạm 5 – 10%)

Trọng lượng riêng của dung dịch: 1,84

$$K = 0,000005 \text{ mol/l}$$

Liều lượng H₂SO₄ châm vào:

$$\frac{0,000005 \times 98 \times 83,33 \times 1000}{5\% \times 1,84 \times 1000} = 0,44 \text{ (l/h)}$$

Liều lượng dung dịch NaOH

Khối lượng phân tử: 40g/mol

Nồng độ dung dịch: 5% (quy phạm 5 – 10%)

Trong lượng riêng của dung dịch: 1,53

$K = 0,00001 \text{ mol/l}$

Liều lượng NaOH châm vào:

$$\frac{0,00001 \times 40 \times 83,33 \times 1000}{5\% \times 1,84 \times 1000} = 0,36 \text{ (l/h)}$$

Sử dụng 2 bồn thể tích 1 m^3 , 1 bồn chứa H_2SO_4 và 1 bồn chứa NaOH, 2 bơm định lượng và máy đo pH. Khi pH nước thải không đạt thì hệ thống này hoạt động.

Tính toán bể trung hòa

Thể tích bể trung hòa

$$W = \frac{Q_{tb}}{t} = \frac{166,67 \times 5}{60} = 13,9 \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó

Q_{tb} : Lưu lượng nước thải (m^3/h), $Q_{tb} = 166,67 \text{ m}^3/\text{h}$;

t: Thời gian lưu nước của bể trung hòa (phút), chọn $t = 5$ phút (Lâm Minh Triết, 2009).

Xác định chiều cao bể

$$H_{xd} = H_{ct} + h_{bv} = 4,5 + 0,5 = 5 \text{ (m)}$$

Trong đó

H_{ct} : Chiều cao công tác của bể trung hòa (m), chọn $H_{ct} = 4,5 \text{ m}$;

h_{bv} : Chiều cao bảo vệ (m), chọn $h_{bv} = 0,5 \text{ m}$.

Diện tích bể trung hòa

$$F = \frac{V}{H_{ct}} = \frac{13,9}{4,5} = 3 \text{ (m}^2\text{)}$$

Trong đó

V: Thể tích của bể trung hòa (m^3), $V = 13,9 m^3$

H_{ct} : Chiều cao công tác của bể (m), $H_{ct} = 4,5 m$.

Chọn chiều dài bể trung hòa: $L = 2 m$.

Suy ra chiều rộng của bể trung hòa: $B = \frac{V}{L} = \frac{13,9}{2} = 6,95 (m)$.

Đề hợp khối công trình thiết kế bể lắng đợt 1 với kích thước:

$L = 2 m$

$B = 1,5 m$

$H = 5 m$ (trong đó $H_{bv} = 0,5 m$).

Tính toán ống dẫn nước ra khỏi bể trung hòa

Vận tốc ống dẫn: $v = 0,8 - 2 m/s \rightarrow$ chọn $v = 0,8 m/s$.

Đường kính ống dẫn nước ra

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v \times 3600}} = \sqrt{\frac{4 \times 166,67}{\pi \times 0,8 \times 3600}} = 0,24 (m)$$

Trong đó

Q: Lưu lượng nước thải (m^3/h), $Q = 166,67 m^3/h$;

\rightarrow Chọn ống nhựa uPVC có đường kính $D = 250 mm$.

Bảng 6.9 Thống kê chi tiết trong bể trung hòa

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Lưu lượng thiết kế	$m^3/ngđ$	4.000
2	Diện tích bề mặt bể	m^2	
3	Chiều cao công tác của bể	m	4,5
4	Chiều cao xây dựng	m	5
5	Chiều rộng bể	m	1,5
6	Chiều dài bể	m	2
7	Thời gian lưu nước	phút	5

6.1.7 Bể thiếu khí

Nhiệm vụ của bể thiếu khí

Bể thiếu khí được sử dụng để khử nitrate thành nitơ trong điều kiện thiếu khí thành các hợp chất đơn giản theo sơ đồ sau: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$.

Vi khuẩn thu năng lượng để tăng trưởng từ quá trình chuyển NO_3^- thành khí N_2 và cần có nguồn cacbon để tổng hợp thành tế bào. Do đó, phải thêm các hợp chất cacbon vào nước.

Tính toán thiết kế

Lưu lượng nước thải $Q = 4.000 \text{ (m}^3/\text{ngđ)} = 166,67 \text{ (m}^3/\text{h)} = 0,046 \text{ (m}^3/\text{s)}$.

Bảng 6.10 Thành phần nước thải đầu vào bể thiếu khí

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	pH	-	5,5 – 9
2	COD	mg/l	260
3	BOD ₅ (20°C)	mg/l	130
4	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	88
5	Amoni (tính theo N)	mg/l	15
6	Tổng Nitơ	mg/l	60
7	Tổng Coliform	MPN/100ml	10000

$\text{bCOD} = 1,6 \times \text{BOD}_5 = 1,6 \times 130 = 208 \text{ (mg/l)}$.

$\text{rbCOD} = 25\% \times \text{BOD} = 0,25 \times 130 = 32,5 \text{ (mg/l)}$.

$\text{MLSS} = 3000 \text{ (mg/l)}$.

$\text{MLVSS} = 1.200 \text{ (mg/l)}$.

Thời gian lưu bùn tại bể thổi khí: 9,1 (ngày).

$\text{DO} = 1,5 \text{ (mg/L)}$ (Metcalf & Eddy, 2003).

Tỉ lệ tuần hoàn nước thải là $R = 0,6$ (Metcalf & Eddy, 2003).

Tính toán thiết kế

Xác định nồng độ sinh khối:

$$X_b = \left(\frac{Q \times \text{SRT}}{V} \right) \times \left(\frac{Y \times (S_0 - S)}{1 + k_d \times \text{SRT}} \right)$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng nước thải, $Q = 4.000 \text{ (m}^3/\text{ngđ)}$.

Y: Hệ số sản lượng tế bào, $Y = 0,4 \text{ (gVSS/g bBOD)}$.

S₀: Nồng độ bCOD đầu vào, $S_0 = 208 \text{ (g/m}^3)$.

S: Nồng độ cơ chất trong bể, $S = 0,64$ (g bBOD/m³).

k_d : Hệ số phân hủy nội bào ở 25°C, $k_d = 0,15$ (gVSS/gVSS.ngày).

SRT: Thời gian lưu bùn (ngày).

V: Thể tích bể thổi khí (m³).

$$X_b = \left(\frac{Q \times \text{SRT}}{V} \right) \times \left(\frac{Y \times (S_0 - S)}{1 + k_d \times \text{SRT}} \right)$$

$$= \left(\frac{4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngđ}} \right) \times 9,1 \text{ ngày}}{1735 \text{ m}^3} \right) \times \left(\frac{0,4 \left(\frac{\text{gVSS}}{\text{g}} \right)_{\text{bBOD}} \times (208 - 0,64) \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right)}{1 + 0,15 \left(\frac{\text{gVSS}}{\text{gVSS}} \right)_{\text{ngày}} \times 9,1 \text{ ngày}} \right) = 736 \text{ (g/m}^3\text{)}$$

Xác định khối lượng sinh khối sinh ra:

$$P_{X,\text{bio}} = \frac{QY(S_0-S)}{1+(k_d)\text{SRT}} + \frac{(f_d)(k_d)Q(Y)(S_0-S)\text{SRT}}{1+(k_d)\text{SRT}} + \frac{QY_n(\text{NO}_x)}{1+(k_{dn})\text{SRT}}$$

$$= \frac{4.000 \text{ (m}^3/\text{ngày)} \times 0,5 \text{ (g/g)} \times 208 \times 10^{-3} \text{ (g/m}^3\text{)}}{1+0,15 \text{ (g/g.ngày)} \times 9,1 \text{ (ngày)}} +$$

$$\frac{0,15 \text{ (g/g)} \times 0,12 \text{ (g/g.ngày)} \times 4.000 \text{ (m}^3/\text{ngày)} \times 0,5 \text{ (g/g)} \times 208 \times 10^{-3} \text{ (g/m}^3\text{)} \times 9,1 \text{ (ngày)}}{1+0,15 \text{ (g/g.ngày)} \times 9,1 \text{ (ngày)}} +$$

$$\frac{4.000 \text{ (m}^3/\text{ngày)} \times 0,12 \text{ (g/g)} \times \text{NO}_x \times 10^{-3}}{1+0,1 \text{ (g/g.ngày)} \times 9,1 \text{ (ngày)}}$$

$$= 176+28,8+0,25 \text{ NO}_x = 204,8+0,25\text{NO}_x$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng nước thải, $Q = 4.000$ (m³/ngđ).

Y: Hệ số sản lượng tế bào, $Y = 0,4$ (gVSS/g bBOD).

S_0 : Nồng độ bCOD đầu vào, $S_0 = 208$ (g/m³).

k_d : Hệ số phân hủy nội bào ở 25°C, $k_d = 0,15$ (gVSS/gVSS.ngày).

μ_m : Tốc độ sinh trưởng cực đại ở 25°C. $\mu_m = 8,42$ (gVSS/gVSS.ngày).

S: Nồng độ cơ chất trong bể, $S = 0,3$ (g bCOD/m³).

Y_n : $Y_n = 0,12$ (g VSS/g NO_x).

K_s : Hằng số tốc độ ½, $K_s = 20$ (g BOD/m³).

f_d : Tỷ lệ vụn tế bào, $f_d = 0,15$ (Metcalf & Eddy, 2003).

k_{dn} : Hệ số phân hủy nội bào vi sinh vật nitrate hóa ở 25°C, $k_{dn} = 0,1$ (gVSS/gVSS.ngày).

Xác định lượng nitơ bị oxy hóa thành nitrat:

$$\text{NO}_x = \text{TKN} - \text{N}_e - 0,12 \times P_{X,\text{Bio}}/Q \text{ (Metcalf & Eddy, 2003).}$$

Trong đó:

NO_x : Nitơ bị oxy hóa, (g/m³).

N_e : Nồng độ $\text{NH}_4\text{-N}$ đầu ra, (g/m^3).

$$\text{NO}_x = 60 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) - 9 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) - \frac{0,12 \times 100 \left(\frac{\text{kgVSS}}{\text{ngđ}} \right)}{4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngày}} \right)} = 51 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right)$$

Ta có: $\text{NO}_3^- = 51 \text{ (g}/\text{m}^3)$,

Xác định tỉ lệ tuần hoàn nước thải:

$$\text{IR} = \frac{\text{NO}_x}{N_e} - 1 - R = \frac{51}{9} - 1 - 0,6 = 4,1$$

Trong đó:

NO_x : lượng nitơ bị oxy hóa, $\text{NO}_x = 51 \text{ (g}/\text{m}^3)$

N_e : lượng nitơ có trong nitrat đầu ra (g/m^3), $N_e = 9 \text{ (g}/\text{m}^3)$

Xác định lượng N- NO_3 tuần hoàn từ bể thổi khí sang bể thiếu khí

Lượng nước cần tuần hoàn về bể thiếu khí:

$$Q_{\text{th}} = Q \times (\text{IR} + R) = 4.000 \times (4,1 + 0,6) = 18.800 \text{ (m}^3/\text{ngày)}. \text{ (Metcalt \& Eddy, 2003).}$$

$$\text{NO}_3\text{-N}_{\text{th}} = 18.800 \text{ (m}^3/\text{ngày)} \times 9 \text{ (g}/\text{m}^3) = 169.200 \text{ (g}/\text{ngày)}.$$

Đường kính ống dẫn nước tuần hoàn:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_{\text{th}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 18.800}{\pi \times 86.400}} = 0,53\text{m} = 530\text{mm}.$$

Chọn $D = 550 \text{ mm}$.

Xác định thể tích bể thiếu khí

Ước tính thời gian lưu nước trong bể thiếu khí là 2,5h

Thể tích bể thiếu khí:

$$V_{\text{thiếu khí}} = \text{HRT} \times Q = 2,5 \text{ (h)} \times 166,67 \text{ (m}^3/\text{h)} = 416,675 \text{ (m}^3).$$

$$\text{Xây dựng 2 bể thiếu khí } V_{1 \text{ bể}} = 417/2 = 209 \text{ (m}^3)$$

Chiều cao bể: $H = 4 \text{ (m)}$.

Chiều cao bảo vệ: $h_{\text{bv}} = 0,5 \text{ (m)}$.

Chiều dài bể: $L = 9 \text{ (m)}$.

Chiều rộng bể: $B = 6 \text{ (m)}$.

$$\rightarrow V_{1 \text{ bể}} = L \times B \times H = 10 \times 5,3 \times 4 = 216 \text{ (m}^3).$$

$$V_{2 \text{ bể}} = 209 \text{ (m}^3\text{/1 bể)} \times 2 \text{ (bể)} = 418 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Kiểm tra thời gian lưu nước trong bể thiếu khí:

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q} = \frac{418 \text{ (m}^3\text{)}}{4.000 \text{ (m}^3\text{/ngđ)}} \times 24 \text{ (h)} = 2,5 \text{ h}$$

Xác định tỉ lệ F/M_b (Tỉ lệ dựa trên nồng độ sinh khối hoạt tính, gBOD/g sinh khối.ngày)

$$\frac{F}{M_b} = \frac{Q \times S_0}{X_b \times V} = \frac{4.000 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} \times 208 \text{ (g/m}^3\text{)}}{735 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) \times 418 \text{ (m}^3\text{)}} = 2,7 \text{ (g/g.ngày)}.$$

Tính toán lượng Oxi cần thiết

Lượng Oxi cần để cung cấp cho quá trình khử nitrate:

$$O_c = 2,86 \frac{\text{gO}_2}{\text{gNO}_3\text{-N}} \times (\text{NO}_x - N_e) \text{ (g/m}^3\text{)} \times Q = 2,86 \times (51 - 9) \times 4.000 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} \times 10^{-3}$$

$$\rightarrow O_c = 481 \text{ (kg/ngày)} = 20 \text{ (kg/h)}.$$

Trong bể bố trí 4 máy khuấy chìm đặt ở 4 góc bể hoạt động luân phiên nhau. Mỗi bể thiếu khí có diện tích bề mặt $120 \text{ (m}^2\text{)}$, do đó mỗi máy sẽ phục vụ $30 \text{ (m}^2\text{)}$ bề mặt.

Xác định năng lượng cung cấp cho quá trình khuấy trộn trong bể thiếu khí

Chọn năng lượng khuấy trộn: $10 \text{ (kW/1000 m}^3\text{)}$.

$$\begin{aligned} \text{Năng lượng cần thiết} &= V \times \text{năng lượng khuấy trộn} \\ &= 418 \text{ (m}^3\text{)} \times 10 \text{ (kW/1000 m}^3\text{)} = 4,18 \text{ (kW)}. \end{aligned}$$

Với lưu lượng $166,67 \text{ (m}^3\text{/h)}$, chọn máy khuấy chìm TBM 1.5/6N, công suất $1,5 \text{ kW}$, trọng lượng 54 kg .

Tính toán đường ống dẫn nước ra

Chọn vận tốc nước chảy trong ống $v = 1,2 \text{ m/s}$

Đường kính ống

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4.000 \times 4}{\pi \times 1 \times 86400}} = 0,24 \text{ (m)} = 240 \text{ mm}.$$

Chọn $D = 250 \text{ mm}$

Bảng 6.11 Thông số kỹ thuật thiết kế bể thiếu khí

STT	THÔNG SỐ	ĐƠN VỊ	GIÁ TRỊ
1	Số bể	bể	2
2	Thời gian lưu nước	giờ	2,5
3	Chiều dài 1 bể	m	9
4	Chiều rộng 1 bể	m	6
5	Chiều cao công tác	m	4,5
6	Thể tích 1 bể	m ³	418
7	Đường kính ống dẫn nước vào bể	Mm	250
8	Đường kính ống dẫn nước ra	Mm	250
9	Đường kính ống tuần hoàn nước về bể	Mm	550

6.1.8 Bể hiếu khí

Lưu lượng nước thải $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$

Bảng 6.12 Thông số tính toán bể thổi khí

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	pH	-	5,5 – 9
2	COD	mg/l	260
3	BOD ₅ (20°C)	mg/l	130
4	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	88
5	Amoni (tính theo N)	mg/l	15
6	Tổng Nitơ	mg/l	60
7	Tổng Coliform	MPN/100ml	10000

Tải trọng: $0,8 - 1,60 \text{ kgBOD}_5/\text{m}^3.\text{ngđ}$

→ $b\text{COD} = 1,6 \times \text{BOD}_5 = 1,6 \times 130 = 208 \text{ (mg/l)}$.

Theo Metcalf & Eddy, các thông số sử dụng để tính toán:

Sử dụng hệ thống khuấy tán khí có hiệu quả truyền oxy trong nước sạch bằng 35%.

Khí được giải phóng ra ở vị trí cách bể 0,5 (m).

Hệ số $\alpha = 0,65$; $\beta = 0,95$; $F = 0,9$.

Hàm lượng bùn hoạt tính trong bể thổi khí MLSS: 2.500 – 4.000 (mg/l)

→ Chọn $X = 3.000 \text{ (mg/l)}$.

Bảng 6.13 Hệ số động học quá trình bùn hoạt tính hiếu khí

Hệ số	Đơn vị	Khoảng giá trị	Giá trị đặc trưng
μ_m	g VSS/g VSS.d	3 – 13,2	6

K_S	g bCOD/m ³	5 – 40	20
Y	g VSS/g bCOD	0,3 – 0,5	0,4
k_d	g VSS/g VSS.d	0,06 – 0,2	0,12
f_d		0,08 – 0,2	0,15
μ_m		1,03 – 1,08	1,07
K_S		1	1
k_d		1,03 – 1,08	1,04

Nguồn: Metcalf & Eddy, 2003.

Bảng 6.14 Hệ số động học quá trình bùn hoạt tính hiếu khí thực hiện nitrat hóa

Hệ số	Đơn vị	Khoảng giá trị	Giá trị đặc trưng
μ_{mn}	g VSS/g VSS.d	0,2 – 0,9	0,75
K_{Sn}	g bCOD/m ³	0,5 – 1	0,74
Y_n	g VSS/g bCOD	0,1 – 0,15	0,12
k_{dn}	g VSS/g VSS.d	0,05 – 0,15	0,08
K_0	g/m ³	0,4 – 0,6	0,5
μ_n		1,06 – 1,123	1,07
K_n		1,03 – 1,123	1,053
k_{dn}		1,03 – 1,08	1,04

Nguồn: Metcalf & Eddy, 2003.

VSS = 80 – 90% TSS (Metcalf & Eddy, 2003). Chọn VSS = 80% TSS

$$\rightarrow VSS_{\text{vào}} = 80\% \text{ TSS} = 80\% \times 88 = 70,4 \text{ mg/l}$$

$$p\text{COD} = VSS \times 1,42 = 70,4 \times 1,42 = 100 \text{ (mg/l)}.$$

$$\text{COD}_{\text{tc}} = p\text{COD} + s\text{COD}$$

$$\rightarrow s\text{COD} = \text{COD}_{\text{tc}} - p\text{COD} = 260 - 100 = 160 \text{ (mg/l)}.$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{COD}} = 0,5 \rightarrow \frac{s\text{BOD}}{s\text{COD}} = 0,5$$

$$\rightarrow s\text{BOD} = 0,5 \times s\text{COD} = 0,5 \times 160 = 80 \text{ (mg/l)}.$$

Tính toán bề hiếu khí

$$nb\text{VSS} = \left(1 - \frac{bp\text{COD}}{p\text{COD}}\right) \times VSS$$

$$\frac{bp\text{COD}}{p\text{COD}} = \frac{(b\text{COD}/\text{BOD}) \times (\text{BOD} - s\text{BOD})}{\text{COD} - s\text{COD}} = \frac{1,6 \times (130 - 80)}{260 - 160} = 0,8$$

$$\rightarrow nbVSS = (1 - 0,8) \times 70,4 = 14,08 \text{ (g/m}^3\text{)}.$$

$$iTSS = TSS - VSS = 88 - 14,08 = 73,92 \text{ (mg/l)}.$$

$$sCOD_e = sCOD - 1,6 \times sBOD = 160 \text{ (g/m}^3\text{)} - 1,6 \times 80 \text{ (g/m}^3\text{)} = 32 \text{ (g/m}^3\text{)}.$$

Bảng 6.15 Hệ số động học quá trình bùn hoạt tính trong quá trình nitrate hóa ở 20°C

Hệ số	Đơn vị	Khoảng giá trị ở 20°C	Giá trị đặc trưng ở 20°C
μ_{mn}	g VSS/g VSS.d	0,2 – 0,9	0,75
K_n	g bCOD/m ³	0,5 – 1	0,74
k_{dn}	g VSS/g VSS.d	0,05 – 0,15	0,08

Nguồn: Metcalf & Eddy, 2003.

Các giá trị hệ số động học của quá trình nitrate hóa khi ở nhiệt độ 25°C:

$$\mu_{mn} (25^\circ\text{C}) = \mu_{mn} (20^\circ\text{C}) \times \theta^{T-20}$$

$$\rightarrow \mu_{mn} (25^\circ\text{C}) = 0,75 \text{ (g/g. ngày)} \times 1,07^{25-20} = 1,05 \text{ (g VSS/g VSS.d)}.$$

$$K_n (25^\circ\text{C}) = K_n (20^\circ\text{C}) \times \theta^{T-20}$$

$$\rightarrow K_n (25^\circ\text{C}) = 0,74 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 1,053^{25-20} = 0,96 \text{ (g bCOD/m}^3\text{)}.$$

$$k_{dn} (25^\circ\text{C}) = k_{dn} (20^\circ\text{C}) \times \theta^{T-20}$$

$$\rightarrow k_{dn} (25^\circ\text{C}) = 0,08 \text{ (g/g. ngày)} \times 1,04^{25-20} = 0,1 \text{ (g VSS/g VSS.d)}.$$

Tốc độ tăng trưởng đặc biệt của quá trình nitrat hóa:

$$\begin{aligned} \mu_n &= \left(\frac{\mu_{n,mN}}{K_n + N} \right) \times \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) - k_{dn} = \left(\frac{1,05 \times 0,5}{0,96 + 0,5} \right) \times \left(\frac{4}{0,5 + 4} \right) - 0,1 \\ &= 0,22 \text{ (gVSS/gVSS.ngày)} \end{aligned}$$

Trong đó:

μ_n : Tốc độ tăng trưởng đặc biệt cho vi sinh vật nitrat hóa.

μ_{nm} : Tốc độ tăng trưởng tối đa cho vi sinh vật nitrat hóa ở 25°C.

N: Nồng độ N-NH₄ đầu ra, N-NH₄ = 0,5 (mg/L), (Metcalf & Eddy, 2003).

DO: Nồng độ oxy hòa tan trong bể, DO = 4 (mg/L), (Metcalf & Eddy, 2003).

K_n : Hằng số tốc độ ½ ở 25°C.

K_o : Hệ số bão hòa ½ $K_0 = 0,5$ (g/m³), (Metcalf & Eddy, 2003).

Thời gian lưu bùn trong bể thổi khí

Thời gian lưu bùn lý thuyết:

$$SRT_{LT} = \frac{1}{\mu_n} = \frac{1}{0,22} = 4,55 \text{ (ngày)}$$

Chọn hệ số an toàn FS = 2 (Metcalf and Eddy, 2003)

$$SRT_{TT} = SRT_{LT} \times FS = 4,55 \times 2 = 9,1 \text{ (ngày)}.$$

Thỏa SRT = 8 ÷ 20 (ngày) (Trần Thị Mỹ Diệu, 2015).

Bảng 6.16 Hệ số động học quá trình bùn hoạt tính hiếu khí ở 20°C

Hệ số	Đơn vị	Khoảng giá trị ở 20°C	Giá trị đặc trưng ở 20°C
μ_m	g VSS/g VSS.d	3 – 13,2	6
K_s	g bCOD/m ³	5 – 40	20
k_d	g VSS/g VSS.d	0,06 – 0,2	0,12

Các giá trị hệ số động học của quá trình bùn hoạt tính hiếu khí khi ở nhiệt độ 25°C:

$$\mu_m(25^{\circ}\text{C}) = \mu_m(20^{\circ}\text{C}) \times \theta^{T-20}$$

$$\rightarrow \mu_m(25^{\circ}\text{C}) = 6 \text{ (g/g. ngày)} \times 1,07^{25-20} = 8,42 \text{ (g/g. ngày)}.$$

$$K_d(25^{\circ}\text{C}) = K_d(20^{\circ}\text{C}) \times \theta^{T-20}$$

$$\rightarrow K_d(25^{\circ}\text{C}) = 0,12 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 1,04^{25-20} = 0,15 \text{ (g VSS/g VSS.d)}.$$

$$K_s(25^{\circ}\text{C}) = K_s(20^{\circ}\text{C}) \times \theta^{T-20}$$

$$\rightarrow K_s(25^{\circ}\text{C}) = 20 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 1^{25-20} = 20 \text{ (g bCOD/m}^3\text{)}.$$

Nồng độ cơ chất trong bể:

$$S = \frac{K_s \times (1 + k_d \times SRT)}{SRT \times (\mu_m - k_d) - 1} = \frac{20 \times (1 + 0,15 \times 9,1)}{9,1 \times (8,42 - 0,15) - 1} = 0,64 \text{ (g bCOD/m}^3\text{)}$$

Trong đó:

K_s : Hằng số tốc độ 1/2 ở 25°C

K_d : Hệ số phân hủy nội bào ở 25°C

SRT: Thời gian lưu bùn (ngày).

μ_m : Tốc độ sinh trưởng đặc biệt ở 25°C.

Xác định lượng sinh khối sinh ra:

$$P_{X,bio} = \frac{QY \times (S_o - S)}{1 + k_d \times SRT} + \frac{(f_d)(k_d)Q(Y)(S_o - S)SRT}{1 + (k_d)SRT} + \frac{QY_n(NO_x)}{1 + (k_{dn}SRT)}$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng nước thải, $Q = 4.000 \text{ (m}^3/\text{ngđ)}$.

Y: Hệ số sản lượng tế bào, $Y = 0,4 \text{ (gVSS/g bBOD)}$.

S_0 : Nồng độ bCOD đầu vào, $S_0 = 208 \text{ (g/m}^3)$.

k_d : Hệ số phân hủy nội bào ở 25°C , $k_d = 0,15 \text{ (gVSS/gVSS.ngày)}$.

μ_m : Tốc độ sinh trưởng cực đại ở 25°C . $\mu_m = 8,42 \text{ (gVSS/gVSS.ngày)}$.

S: Nồng độ cơ chất trong bể, $S = 0,64 \text{ (g bCOD/m}^3)$.

Y_n : $Y_n = 0,12 \text{ (g VSS/g NO}_x)$.

K_s : Hằng số tốc độ $1/2$, $K_s = 20 \text{ (g BOD/m}^3)$.

f_d : Tỷ lệ vụn tế bào, $f_d = 0,15 \text{ (Metcalf & Eddy, 2003)}$.

k_{dn} : Hệ số phân hủy nội bào vi sinh vật nitrate hóa ở 25°C , $k_{dn} = 0,1 \text{ (gVSS/gVSS.ngày)}$.

$$\begin{aligned}
 P_{X,\text{bio}} &= \frac{4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngày}}\right) \times 0,4 \left(\frac{\text{g}}{\text{g}}\right) \times (208 - 0,64) \times 10^{-3} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right)}{1 + 0,15 \left(\frac{\text{g}}{\text{g.ngày}}\right) \times 9,1 \text{ (ngày)}} \\
 &+ \frac{0,15 \left(\frac{\text{g}}{\text{g}}\right) \times 0,12 \left(\frac{\text{g}}{\text{g.ngày}}\right) \times 4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngày}}\right) \times 0,4 \left(\frac{\text{g}}{\text{g}}\right) \times (208 - 0,64) \times 10^{-3} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) \times 9,1 \text{ (ngày)}}{1 + 0,15 \left(\frac{\text{g}}{\text{g.ngày}}\right) \times 9,1 \text{ (ngày)}} \\
 &+ \frac{4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngày}}\right) \times 0,12 \left(\frac{\text{g}}{\text{g}}\right) \times \text{NO}_x \times 10^{-3}}{1 + 0,1 \left(\frac{\text{g}}{\text{g.ngày}}\right) \times 9,1 \text{ (ngày)}} \\
 &= 140,3 + 23 + 0,25\text{NO}_x = 163,3 + 0,25\text{NO}_x.
 \end{aligned}$$

Xác định lượng nitơ chuyển hóa thành nitrate

$\text{NO}_x = \text{TKN} - N_e - (0,12 \times P_{X,\text{bio}})/Q$ (Phương trình 8 – 18 Metcalf & Eddy, 2003).

Trong đó:

NO_x : Nitơ bị oxy hóa (g/m^3).

N_e : Nồng độ N-NH₄ đầu ra (g/m^3).

$$\text{NO}_x = 60 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) - 9 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) - \frac{0,12 \times (163,3 + 0,25\text{NO}_x) \left(\frac{\text{kgVSS}}{\text{ngđ}}\right) \times 10^{-3} \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)}{4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngày}}\right)} = 51 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\rightarrow P_{X,\text{bio}} = 163,3 + 0,25 \times 51 = 176 \text{ (kgVSS/ngđ)}.$$

Nồng độ của VSS và TSS trong bể thổi khí

$$\begin{aligned}
 P_{X,\text{VSS}} &= P_{X,\text{Bio}} + Q \times \text{nbVSS} \\
 &= 176 \text{ (kgVSS/ngày)} + 4.000 \text{ (m}^3/\text{ngđ)} \times 14,08 \text{ (g/m}^3) \times 10^{-3} = 232,32 \text{ (kg/ngày)}.
 \end{aligned}$$

$$P_{X,\text{TSS}} = P_{X,\text{Bio}}/0,8 + Q \times \text{nbVSS} + Q \times (\text{TSS}_0 - \text{VSS}_0)$$

$$= 176(\text{kg/ngày})/0,8 (\text{kgVSS/ngày}) + 4.000 (\text{m}^3/\text{ngđ}) \times 14,08 (\text{g/m}^3) \times 10^{-3} + 4.000 (\text{m}^3/\text{ngđ}) \times 73,92 (\text{g/m}^3) \times 10^{-3} = 572 (\text{kg/ngày}).$$

Khối lượng của VSS và TSS trong bể thổi khí:

$$(X_{\text{VSS}})(V) = (P_{\text{X, VSS}}) \times (\text{SRT}) = 232 (\text{kg/ngày}) \times 9,1 (\text{ngày}) = 2.112 (\text{kg}).$$

$$(X_{\text{TSS}})(V) = (P_{\text{X, TSS}}) \times (\text{SRT}) = 572 (\text{kg/ngày}) \times 9,1 (\text{ngày}) = 5.205 (\text{kg}).$$

Thể tích bể thổi khí được tính theo công thức sau: $(X_{\text{TSS}})(V) = 5.205 (\text{kg})$

Khi nồng độ bùn hoạt tính trong bể thổi khí $X = 3.000 \text{ g/m}^3$.

$$V = \frac{5.205 (\text{kg}) \times 10^3}{3.000 (\text{g/m}^3)} = 1735 \text{ m}^3$$

Tính kích thước bể

Thiết kế 2 bể thổi khí, thể tích mỗi bể: $V_{\text{bể}} = \frac{1735}{2} = 868 (\text{m}^3)$.

Kích thước của bể thổi khí được xác định như sau:

Chọn chiều cao bảo vệ: $h_{\text{bv}} = 0,5 (\text{m})$.

Chọn chiều cao công tác: $h_{\text{ct}} = 4 (\text{m})$.

Chiều cao xây dựng của bể thổi khí: $h_{\text{xd}} = h_{\text{ct}} + h_{\text{bv}} = 4 + 0,5 = 4,5 (\text{m})$.

→ Diện tích bề mặt bể (S): $\frac{868 (\text{m}^3)}{4} = 217 (\text{m}^2)$.

Chọn chiều dài của bể là: $L = 16 (\text{m})$. Chiều rộng bể: $B = \frac{S}{L} = \frac{217 (\text{m}^2)}{16 (\text{m})} = 13,6 (\text{m})$.

Thời gian lưu nước trong bể:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{1735 \times 24\text{h}}{4.000 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngày}}\right)} = 10,41 (\text{h})$$

Thoả HRT = 6 ÷ 15 giờ (Trần Thị Mỹ Diệu, 2008).

Xác định giá trị MLVSS:

$$\text{MLVSS} = X \times \frac{P_{\text{X,VSS}}}{P_{\text{X,TSS}}} = 3.000 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) \times 0,4 = 1.200 (\text{g/m}^3)$$

Xác định tỉ lệ F/M:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \times S_0}{X \times V} = \frac{4.000(\text{m}^3/\text{ngđ}) \times 208 (\text{g/m}^3)}{3.000 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right) \times 1735 (\text{m}^3)} = 0,2 (\text{g/g. ngày})$$

Thỏa điều kiện $\frac{F}{M} = 0,2 - 0,6$ (Bảng 8 – 16, Metcalf & Eddy, 2003).

Xác định tải trọng thể tích BOD

$$L_{\text{org}} = \frac{Q \times S_0}{V} = \frac{4.000(\text{m}^3/\text{ngđ}) \times 208 (\text{g}/\text{m}^3)}{1735 (\text{m}^3) \times 10^3} = 0,6 (\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày})$$

Thỏa điều kiện $L_{\text{org}} = 0,3 - 1,6$ (Bảng 8 – 16, Metcalf and Eddy, 2003).

Khối lượng bCOD bị khử:

$$\text{bCOD}_{\text{khử}} = Q \times (S_0 - S) = 4.000 (\text{m}^3/\text{ngđ}) \times (208 - 0,64) (\text{g}/\text{m}^3) \times 10^{-3} = 829 (\text{kg}/\text{ngày}).$$

Trong đó:

Q: Lượng thiết kế, $Q = 4.000 (\text{m}^3/\text{ngđ})$.

S_0 : Nồng độ bCOD đầu vào, $S_0 = 208 (\text{g}/\text{m}^3)$.

S: Nồng độ cơ chất trong bể, $S = 0,64 (\text{g bCOD}/\text{m}^3)$.

Tính toán hệ số Y_{obs} theo TSS và VSS:

$$Y_{\text{obs,TSS}} = \frac{P_{\text{X,TSS}}}{\text{bCOD}_k} = \frac{572 (\text{kg}/\text{ngày})}{829 (\text{kg}/\text{ngày})} = 0,69 (\text{gTSS}/\text{sBOD})$$

$$\text{Ta có: } \frac{\text{VSS}}{\text{TSS}} = 80\%$$

$$Y_{\text{obs, TSS}} = 0,67 \times 0,8 = 0,5 (\text{gVSS}/\text{gBOD}).$$

Xác định tỉ lệ tuần hoàn bùn:

$$\frac{Q_T}{Q_V} = R = \frac{X}{X_T - X} = \frac{3.000(\text{g}/\text{m}^3)}{(8.000 - 3.000)(\text{g}/\text{m}^3)} = 0,6$$

Trong đó:

X_T : nồng độ bùn tuần hoàn từ bể lắng 2

$X_T = 4.000 - 12.000\text{mg}/\text{L}$. Chọn $X_T = 8.000(\text{mg}/\text{L})$.

$$\text{Vận lượng bùn tuần hoàn} = 0,6 \times 4.000\text{m}^3/\text{ngđ} = 2.400\text{m}^3/\text{ngđ} = 100 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Lượng O_2 cần thiết cung cấp cho bể

$$\begin{aligned} \text{AORT} &= Q \times (S_0 - S) - (1,42 \times P_{\text{X, bio}}) + (4,33 \times Q \times (\text{NO}_x)) \\ &= 4.000(\text{m}^3/\text{ngày}) \times 10^{-3} \times (208 - 0,64) (\text{g}/\text{m}^3) - 1,42 \times 176 (\text{kgVSS}/\text{ngày}) + \\ &4,33 \times 4.000 (\text{m}^3/\text{ngày}) \times 51 (\text{g}/\text{m}^3) \times 10^{-3} = 800 (\text{kg}/\text{ngày}) = 33 (\text{kg}/\text{h}). \end{aligned}$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng thiết kế, $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$

S_0 : Nồng độ bCOD đầu vào, $S_0 = 208 \text{ g/m}^3$

S: Nồng độ cơ chất trong bể, $S = 0,64 \text{ g bCOD/m}^3$

$P_{X, \text{bio}}$: Lượng sinh khối sinh ra, $P_{X, \text{bio}} = 176 \text{ kgVSS/ngày}$

Do cần duy trì lượng oxy hòa tan trong bể là 4 (mg/L) nên lượng oxy thực tế cần dùng:

$$\text{SORT} = \text{AORT} \times \frac{C_{S20} \times 1,024^{20-25}}{\alpha F (\beta C_{s,T,h} - C_d)}$$

Theo Metcalf and Eddy:

C_{S20} : Nồng độ Oxy bão hòa trong nước ở 20°C , $C_{S20} = 9,08 \text{ (mg/l)}$.

C_d : Lượng oxy hòa tan cần duy trì trong bể, $C_d = 4 \text{ (mg/l)}$.

$C_{s,T,h}$: Nồng độ oxy bão hòa trong nước ứng với nhiệt độ trong bể thổi khí ở 25°C .

$C_{s,T,h} = 8,24 \text{ (mg/l)}$.

α : Hệ số điều chỉnh lượng oxy hòa tan vào nước thải do ảnh hưởng của hàm lượng cặn, chất hoạt động bề mặt, loại thiết bị làm thoáng, kích thước bể, chọn $\alpha = 0,65$.

F: Hệ số tắc nghẽn, $F = 0,9$.

β : Hệ số điều chỉnh ứng suất bề mặt, $\beta = 0,95$.

$$\rightarrow \text{SORT} = 50 \times \frac{9,08(\text{mg/l}) \times 1,024^{20-25}}{0,65 \times 0,9 \times (0,95 \times 8,24(\text{mg/l}) - 4(\text{mg/l}))} = 180 \text{ (kg/h)}$$

Lưu lượng thổi khí:

$$Q_k = \frac{\text{SORT}}{E \times 60 \times 0,27(\text{kgO}_2/\text{m}^3 \text{ không khí})} = \frac{180 \text{ (kg/h)}}{0,35 \times 60 \times 0,27} = 32 \text{ (m}^3/\text{phút)}$$

Với: E là hiệu suất truyền oxy trong nước. Chọn hệ thống khuếch tán oxy có $E = 35\%$.



Lưu lượng khí $Q_k = 45 \text{ (m}^3/\text{phút)}$

Mã máy: ARS 200.

Công suất: 26,7 (kW).

D ngoài = 200 (mm).

**MÁY THỔI KHÍ SHINMAYWA
MODEL ARS 200**

Xác định lưu lượng bùn xả ra hằng ngày

$$\theta_c = \frac{WX}{Q_w X_T + Q_e X_e}$$

Trong đó:

W: thể tích bể thổi khí (m³).

X: nồng độ MLSS trong hỗn hợp bùn hoạt tính ở bể thổi khí, X = 3.000mg/L.

X_e: nồng độ VSS trong SS ra khỏi lắng. Giả sử chất lơ lửng trong nước thải đầu ra là chất rắn sinh học, có 70% là chất dễ bay hơi. X_e = 0,7 × 208 = 145,6 mg/L.

X_r: nồng độ bùn hoạt tính từ bể lắng sinh học tuần hoàn về bể thổi khí, X_r = 8.000mg/L.

Q_w: lưu lượng bùn thải (m³).

Q_e: lưu lượng nước thải ra khỏi bể (m³/ngày)

θ_c: thời gian lưu bùn (ngày).

$$\begin{aligned} \rightarrow Q_w &= \frac{WX - Q_e X_e \theta_c}{X \theta_c} = \frac{1735 \times 3.000 - 4.000 \times 145,6 \times 9,1}{8.000 \times 9,1} \\ &= 5,8 \text{ (m}^3\text{/ngày)} \end{aligned}$$

Tính toán đường ống dẫn nước ra

Chọn vận tốc nước chảy trong ống v = 1,2m/s

Đường kính ống:

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4.000 \times 4}{\pi \times 1,2 \times 86400}} = 0,22 \text{ m/s}$$

Chọn ống nhựa PVC đường kính 250mm.

Kích thước của ống dẫn khí

Tổng lưu lượng khí cần cung cấp vào bể là Q_{khí} = 32 (m³/phút)

Chọn 1 ống phân phối chính vào bể

Đường kính của ống chính:

$$D_{\text{chính}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{ống chính}} \times 4}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{32 \times 4}{\pi \times 12,5 \times 60}} = 0,23\text{m} = 230 \text{ mm}$$

Chọn ống chính có đường kính là 250 mm

Trong đó:

Q là lưu lượng của ống chính

v: vận tốc trong ống chính là 12,5 m/s

Có 20 ống nhánh , mỗi ống chịu với lưu lượng:

$$Q_{\text{nhánh}} = \frac{32}{20} = 1,6 \text{ m}^3/\text{phút}$$

Đường kính của ống nhánh:

$$D_{\text{nhánh}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{ống nhánh}} \times 4}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{1,6 \times 4}{\pi \times 11,5 \times 60}} = 0,05\text{m} = 50\text{mm}$$

Chọn ống nhánh có đường kính là 100 mm

Trong đó:

Q là lưu lượng của ống nhánh

v: vận tốc trong ống nhánh là 11,5 m/s

Tính toán hệ thống phân phối khí

Sử dụng hệ thống phân phối khí có kích thước bọt mịn, khí được phân phối qua các lỗ đường kính < 0,1 (mm).

Vận tốc dòng khí trong ống dẫn và qua hệ thống phân phối thường lấy 10 -15 (m/s).
Tốc độ qua lỗ phân phối từ 15 – 20 (m/s).

Chọn dạng đĩa xốp SSI ⁽¹⁾: lưu lượng max: 8,3 m³/h, đường kính 330 (mm).

$$\text{Diện tích bề mặt đĩa: } F_d = \frac{\pi \times D_d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,33^2}{4} = 0,085 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Lưu lượng khí qua đĩa là } Q_d = 8,3 \text{ m}^3/\text{h} = 2,3 \text{ (l/s)} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s.đĩa)}$$

Tổng lượng không khí tối thiểu cần cung cấp cho bể là:

$$Q_{\text{khí}} = 32 \text{ (m}^3/\text{phút)} = 0,5 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Số đĩa cần sử dụng:

$$N = \frac{0,5}{2,3 \times 10^{-3}} = 218 \text{ đĩa}$$

Số đĩa cần cho 1 bể là: 218/2 = 109 (đĩa).

Số lượng đĩa trên mỗi ống nhánh

$$n_d = \frac{N}{n} = \frac{109}{20} = 6 \text{ (đĩa)}$$

Tâm đĩa cách tường 0,5 (m). Khoảng cách giữa các đĩa trên một ống nhánh:

¹ Chọn đĩa tương tự trong bể điều hòa

$$b = \frac{L_b - 0,5 \times 2}{n_d - 1} = \frac{20 - 0,5 \times 2}{10 - 1} = 2,1 \text{ (m)}$$

Trong đó:

L_b : Chiều dài bể thổi khí (m)

n_d : số lượng đĩa trên ống nhánh (đĩa)

Bảng 6.17 Thông số thiết kế bể hiếu khí

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Lưu lượng thiết kế	m ³ /ngđ	4.000
2	Số lượng bể	bể	2
3	Chiều cao	m	4,5
4	Chiều dài bể	m	16
5	Chiều rộng bể	m	13,6
6	Đường kính ống dẫn nước vào	h	250
7	Đường kính ống dẫn nước ra	mm	250
8	Số ống khí chính	ống/bể	1
9	Đường kính ống khí chính	mm	250
10	Số ống khí nhánh	ống/bể	20
11	Đường kính ống khí nhánh	mm	100
12	Tổng số đĩa cần thiết	đĩa/bể	109
13	Số đĩa trên ống nhánh	đĩa/1 ống	6
14	Khoảng cách giữa các đĩa	m	2,1
15	Đường kính tuần hoàn bùn	mm	50

6.1.9 Bể lắng đợt 2

Chọn thiết kế bể lắng đứng

Các thông số thiết kế

$$Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ} = 166,67 \text{ m}^3/\text{h} = 0,046 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tỉ số tuần hoàn

$$\alpha = \frac{X}{X_{th} - X} = \frac{3.000}{10.000 - 3.000} = 0,43$$

Trong đó

X: Nồng độ VSS ở bể hiếu khí; X = 3.000 mg/l

X_{th} : Nồng độ VSS trong bùn tuần hoàn; $X_{th} = 10.000 \text{ mg/l}$.

Lưu lượng tuần hoàn bùn

$$Q_{th} = \alpha \times Q_{ngđ} = 0,43 \times 4.000 = 1.720 \text{ (m}^3/\text{ngđ)} = 72 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Diện tích bề mặt thoáng của bể lắng

$$F = \frac{Q_{tb} + Q_{th}}{L} = \frac{4.000 + 1720}{28} = 190 \text{ (m}^2\text{)}$$

Trong đó

Q_{tb} : Lưu lượng trung bình ngày; $Q_{tb} = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$

Q_{th} : Lưu lượng tuần hoàn bùn; $Q_{th} = 1.320 \text{ m}^3/\text{ngđ}$

L: Tải trọng bề mặt ứng với lưu lượng trung bình ngày, $16,3 - 32,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$; chọn $L = 26 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$ (Lâm Minh Triết, 2006).

Chọn thiết kế 2 bể lắng đợt 2

Diện tích 1 bể lắng

$$F_1 = \frac{F}{2} = \frac{190}{2} = 95 \text{ (m}^2\text{)}$$

Trong đó

F: Diện tích bề mặt thoáng của bể lắng (m^2).

Thiết kế bể lắng sinh học hình vuông.

Đường kính bể lắng

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 190}{\pi}} = 11 \text{ (m)}$$

Trong đó

F: Diện tích bề mặt cần thiết kế (m^2); $F = 190 \text{ m}^2$

Chiều cao tổng cộng của bể lắng

Chọn chiều cao bể lắng: $H = 4 \text{ m}$.

Chiều cao phần chóp đáy bể có độ dốc 12% về tâm

$$H_c = 0,12 \times \frac{16}{2} = 0,96 \text{ (m)}$$

Chiều cao phần chứa bùn hình trụ

$$H_b = H - H_{bv} - H_{tt} - H_c = 4 - 0,3 - 2.14 - 0,96 = 0.6 \text{ (m)}$$

Trong đó

H: Chiều cao tổng cộng của bể lắng (m)

H_{tt} : Chiều cao tính toán của vùng lắng (m); chọn $h_{tt} = 2.14 \text{ m}$, $\geq 1,5 \text{ m}$ chiều cao lắng an toàn (Trịnh Xuân Lai, 2009)

H_{bv} : Chiều cao bảo vệ của bể lắng (m); $h_{bv} = 0,3 \text{ m}$

H_c : Chiều cao phần chóp đáy bể (m); $H_c = 0,96 \text{ m}$.

Dung tích 1 bể lắng

$$W = h_{tt} \times F_1 = 2.14 \times 95 = 203 \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó

h_{tt} : Chiều cao tính toán của vùng lắng (m); $h_{tt} = 2.14 \text{ m}$

F_1 : Diện tích 1 bể lắng (m^2); $F_1 = 95 \text{ m}^2$.

Thời gian lưu nước trong bể

$$t = \frac{W \times n}{Q + Q_{th}} = \frac{203 \times 2}{4.000 + 1.320} = 0,07 \text{ (ngày)} = 1,68 \text{ (h)}$$

Trong đó

W: Dung tích của 1 bể lắng sinh học (m^3); $W = 150 \text{ m}^3$

n: Số bể lắng sinh học (bể); $n = 2$ bể

Q: Lưu lượng nước thải ($\text{m}^3/\text{ngđ}$); $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$

Q_{th} : Lưu lượng tuần hoàn bùn của bể lắng sinh học ($\text{m}^3/\text{ngđ}$); $Q_{th} = 1.320 \text{ m}^3/\text{ngđ}$.

Tính toán ống phân phối trung tâm

Diện tích ướt của ống phân phối trung tâm của bể lắng

$$f = \frac{Q}{v_{tt}} = \frac{0,046}{0,03} = 1,5 \text{ (m}^2\text{)}$$

Trong đó

Q: Lưu lượng nước thải (m^3/s), $Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ} = 0,046 \text{ (m}^3/\text{s)}$

v_{tt} : Vận tốc của nước thải trong ống trung tâm. Chọn $v_{tt} = 0,03 \text{ (m/s)}$, (quy phạm $v_{tt} \leq 0,03 \text{ m/s}$, TCVN 7957:2008)

Đường kính ống phân phối trung tâm của bể lắng đợt 2

$$D_{tt} = \sqrt{\frac{4 \times f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,14}{\pi}} = 1,7 \text{ m}$$

Chiều cao của ống trung tâm lấy bằng chiều cao tính toán của vùng lắng lấy bằng 2,14 m.

Đường kính phễu (miệng loe)

$$D_{phễu} = 1,5 \times D_{tt} = 1,5 \times 1,7 = 2,5 \text{ (m)}$$

Đường kính tấm hút

$$D_{hút} = 1,3 \times D_{phễu} = 1,3 \times 2,5 = 3,25 \text{ (m)}$$

Góc nghiêng giữa bề mặt tấm hút với mặt phẳng ngang lấy bằng 17°

$$h = \frac{D_{hút}}{2} \times \sin \alpha = \frac{2,73}{2} \sin(17^\circ) = 0,4 \text{ (m)}$$

Khoảng cách giữa mép ngoài cùng của miệng phễu đến mép ngoài cùng của bề mặt tấm hút theo mặt phẳng qua trục $c = 0,25 \text{ (m)}$.

Tính toán máng thu nước

Máng thu nước được bố trí ở xung quanh bể, chọn máng thu nước có:

Chiều rộng: $B_{máng} = 0,3 \text{ (m)}$. Trong đó chiều dày máng $b = 0,15 \text{ (m)}$

Chiều cao: $H = 0,3 \text{ (m)}$

Chiều dài: $L_{máng} = (10 - 0,5) \times 4 \text{ (cạnh bể)} = 38 \text{ (m)}$

Tính toán máng răng cưa

Chọn máng răng cưa tấm xẻ khe hình chữ V với góc ở đáy 90°

Chiều cao hình chữ V là 5 (cm), khoảng cách giữa hai đỉnh chữ V là 20 (cm), mỗi mét dài có 5 chữ V. Máng răng cưa có khe điều chỉnh độ cao cho máng.

Tổng số khe chữ V trên máng răng cưa

$$N = L_{\text{máng}} \text{ (m)} \times 5 \text{ (khe/m)} = 38 \text{ (m)} \times 5 \text{ (khe/m)} = 190 \text{ (khe)}$$

Tải trọng thu nước trên 1 m dài máng

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{4.000 \times 1.320}{38 \times 86.400} = 1,61 \text{ (l.s/m)} < 10 \text{ (l.s/m)} \text{ (TCVN 7957: 2008)}$$

$$Q: \text{ Lưu lượng nước thải (m}^3\text{/ngđ); } Q = 4.000 \text{ m}^3\text{/ngđ}$$

$L_{\text{máng}}$: Chiều dài máng thu nước (m); $L_{\text{máng}} = 38 \text{ m}$.

Chiều cao mực nước trong khe chữ V

$$q_0 = \frac{q}{5} = \frac{1,61 \times 10^{-3}}{5} = 1,4h^{\frac{5}{2}} \rightarrow h = \left(\frac{1,61 \times 10^{-3}}{5 \times 1,4} \right)^{\frac{2}{5}} = 0,035 \text{ m} = 3,5 \text{ cm}$$

$< 5\text{cm}$ (đạt yêu cầu)

Trong đó

q: Tải trọng máng thu nước (l.s/m); $q = 1,21 \text{ l/s.m}$.

Tải trọng bùn

$$b = \frac{Q \times (1 + \alpha) \times X}{24 \times F} = \frac{4000 \times (1 + 0,33) \times 3.000 \times 10^{-3}}{24 \times 190} = 3,5 \text{ (kg/m}^2\text{.h)}$$

Trong đó

α : Hệ số tuần hoàn bùn; $\alpha = 0,33$

X: Nồng độ bùn hoạt tính trong bể thổi khí (mg/l); $X = 3.000 \text{ mg/l}$

F: Diện tích bể lắng (m²); $F = 190 \text{ m}^2$.

Tính toán phần bùn trong bể lắng đợt 2

Thể tích phần chứa bùn

$$V_b = F \times h_b = 190 \times 0,6 = 114 \text{ m}^3$$

Trong đó

F: Diện tích 2 bể lắng (m²); $F = 190 \text{ m}^2$

h_b : Chiều cao phần chứa bùn (m); $h_b = 0,6 \text{ m}$.

Lượng bùn dư được tính theo công thức

$$Q_{w1} = \frac{X \times Q}{S \times X_e} = \frac{3.000 \times 4.000}{45 \times 10.000} = 26,67 \text{ (m}^3\text{/ngđ)}$$

Trong đó

Q: Lưu lượng nước thải, $Q = 4.000 \text{ m}^3\text{/ngđ}$

X: Nồng độ bùn trong bể thổi khí, $X = 3.000 \text{ (mg/l)}$

S: Nồng độ BOD sau xử lý, $S = 45 \text{ (mg/l)}$

X_e : Nồng độ bùn sau lắng tại bể lắng đợt 2, $X_e = 10.000 \text{ (mg/l)}$

Thời gian lưu giữ bùn trong bể lắng đợt 2

$$SRT_{\text{bùn}} = \frac{V_b}{Q_{w1} + Q_r} = \frac{114}{0,925 + 55} = 2,04 \text{ (h)}$$

Trong đó

V_b : Thể tích phần chứa bùn (m^3); $V_b = 114 \text{ m}^3$

Q_{w1} : Lượng bùn dư ở bể lắng ($\text{m}^3\text{/ngđ}$); $Q_{w1} = 26,67 \text{ m}^3\text{/ngđ} = 0,925 \text{ m}^3\text{/h}$

Q_r : Lưu lượng bùn tuần hoàn ($\text{m}^3\text{/ngđ}$); $Q_r = 1.320 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} = 55 \text{ (m}^3\text{/h)}$

Nồng độ bùn trong bể

$$C_{tb} = \frac{C_L + C_T}{2} = \frac{4.000 + 8.000}{2} = 6.000 \text{ (g/m}^3\text{)} = 6 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Trong đó

C_T : Nồng độ bùn hoạt tính tuần hoàn về bể hiếu khí, $C_T = 8.000 \text{ g/m}^3$

C_L : Nồng độ cặn tại mặt phân chia phân giới giữa vùng lắng trong và vùng nén cặn,

$$C_L = \frac{1}{2} C_T = \frac{1}{2} \times 8000 = 4000 \text{ g/m}^3 \text{ (Trịnh Xuân Lai, 2009)}$$

Lượng bùn chứa trong bể lắng

$$G_{\text{bùn}} = V_b \times C_{tb} = 114 \times 6 = 684 \text{ (kg)}$$

Trong đó

V_b : Thể tích phần chứa bùn (m^3); $V_b = 114 \text{ m}^3$

C_{tb} : Nồng độ bùn trong bể (kg/m^3); $C_{tb} = 6 \text{ kg/m}^3$

Vận tốc bùn chảy trong ống trong điều kiện có bơm: $1 - 2 \text{ m/s}$

Vận tốc bùn tuần hoàn lại trong bể được chọn: 1 m/s

Lưu lượng bùn tuần hoàn: $Q_t = 1320 \text{ m}^3/\text{ngđ} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$

Đường kính ống tuần hoàn của bể lắng đợt 2

$$D_t = \sqrt{\frac{4 \times Q_t}{v \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,015}{1 \times \pi}} = 0,14 \text{ (m)} = 140 \text{ (mm)}$$

Trong đó

Q_t : Lưu lượng bùn tuần hoàn (m^3/s); $Q_t = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$

v : Vận tốc bùn chảy trong ống (m/s); chọn $v = 1 \text{ m/s}$ (quy phạm từ 1 – 2 m/s)

Chọn ống thép: $D = 250 \text{ mm}$, $v = 1 \text{ m/s}$

Theo TCVN 7957:2008, đường kính ống dẫn bùn $\geq 200\text{mm}$ nên chọn ống nhựa PVC có đường kính ống $D_t = 200 \text{ mm}$.

Lượng bùn dư phải xả:

$$Q_x = \frac{V \times X - Q_{ra} \times X_{ra} \times \theta_c}{X_t \times \theta_c} = \frac{910 \times 3.000 - 4.000 \times 89,6 \times 5}{8.000 \times 5} = 63,77 \text{ m}^3/\text{ngđ}$$

Trong đó:

Q_x : lưu lượng bùn xả ($\text{m}^3/\text{ngày}$).

V : thể tích bể thổi khí (m^3).

X_t : nồng độ bùn hoạt tính trong dòng tuần hoàn (mg/L).

X : nồng độ bùn hoạt tính trong bể thổi khí (g/m^3).

X_{ra} : nồng độ bùn hoạt tính trong nước ra khỏi bể lắng (g/m^3).

$X_{ra} = SS \times 0,8 = 33 \times 0,8 = 26,4 \text{ g/m}^3$.

Q_{ra} : lưu lượng đã xử lý ra khỏi bể lắng ($\text{m}^3/\text{ngày}$).

θ_c : thời gian lưu bùn (ngày), $SRT = 5 \text{ ngày}$.

Ống dẫn nước thải ra

Chọn vận tốc nước chảy trong ống dẫn ra khỏi bể lắng 2: $v = 0,4\text{m/s}$ ($v \geq 0,4\text{m/s}$)

Đường kính ống cho 1 bể là

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q/2}{86.400 \times v \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4.000/2}{86.400 \times 0,4 \times \pi}} = 0,27 \text{ m}$$

Ống dẫn nước thải ra

Chọn vận tốc nước chảy trong ống dẫn ra khỏi bể lắng 2: $v = 0,4$ (m/s) ($v \geq 0,4$ m/s)

Trong đó

Q: Lưu lượng nước thải ($m^3/ngđ$); $Q = 4.000$ $m^3/ngđ$

n: Số bể (bể); $n = 2$ bể

v: Vận tốc nước chảy trong ống (m/s); chọn $v = 0,4$ m/s ($v \geq 0,4$ m/s)

Chọn ống thép có đường kính $D = 300$ mm, $v = 0,4$ m/s.

Bảng 6.18 Thông số thiết kế bể lắng đợt 2

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Lưu lượng thiết kế	$m^3/ngđ$	4000
2	Số bể lắng	bể	2
3	Diện tích 1 bể	m^2	95
4	Chiều cao xây dựng	m	4
5	Chiều dài bể	m	11
6	Chiều rộng bể	m	11
7	Thời gian lưu nước	giờ	1,2
8	Đường kính 1 bể lắng	m	11
9	Đường kính ống phân phối trung tâm	m	1,4
10	Đường kính ống dẫn nước thải vào 1 bể lắng	m	300
10	Đường kính ống dẫn nước thải vào	mm	300
11	Đường kính ống tuần hoàn	mm	250
12	Thời gian lưu giữ bùn	h	2,04
13	Lượng bùn dư	$m^3/ngđ$	26,67

6.1.10 Bể tiếp xúc

Thể tích bể tiếp xúc:

$$V = Q \times HRT_4 = \frac{4000}{24 \times 60} \times 30 \approx 85 \text{ m}^3$$

Trong đó:

- Q: Lưu lượng nước cần xử lý ($m^3/ngày$);
- HRT_4 : Thời gian lưu nước trong bể tiếp xúc thường là 30 phút (TCVN 7957:2008).

Chiều cao bể 4 m, chiều cao bảo vệ 0,5 m. Chiều cao xây dựng của bể tiếp xúc $h = 4,5$ m.

Diện tích bề tiếp: $F_b = V_2/h = 85/4 = 21,25 \text{ m}^2$.

Kích thước bề tiếp xúc: 4 m x 6 m.

Vận tốc nước chảy vào bề tiếp xúc:

$$v = \frac{Q}{F_b} = \frac{4000}{22 \times 86400} = 0,002 \text{ m}^3$$

Trong đó:

- Q: Lưu lượng nước thải cần xử lý ($\text{m}^3/\text{ngày}$);
- F_b : Diện tích mặt cắt ướt của bề (m²).

Vách ngăn cách thành bề 1 m. Số lượng vách ngăn trong 1 bề:

$$N = 3 - 1 = 2 \text{ vách ngăn.}$$

Bề dày mỗi vách ngăn là 0,2 m. Chiều dài của vách ngăn = 0,8 x 6 = 4,8 m. Khoảng cách giữa 2 vách ngăn:

$$b = \frac{4 - (0,2 \times 4)}{4} = 0,8 \text{ m.}$$

Thể tích giữa 2 vách ngăn:

$$V_{ng} = L \times H \times B = 4,8 \times 4 \times 0,8 = 16 \text{ m}^3.$$

Vận tốc ống dẫn nước ra

Chọn vận tốc nước chảy trong ống $v = 0,7 \text{ m/s}$

Đường kính ống

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{86.400 \times v \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4.000}{86.400 \times \pi \times 0,7}} = 0,3(\text{m})$$

Chọn $D = 300 \text{ mm}$

Độ ẩm cặn lắng ở bề tiếp xúc là 95%, lượng cặn này được dẫn đến máy ép bùn để làm khô nước. Sử dụng ống có đường kính $d = 300 \text{ mm}$ để dẫn bùn từ bề tiếp xúc đến máy ép bùn.

Bảng 6.19 Thông số thiết kế bề tiếp xúc

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Lưu lượng thiết kế	m^3/s	0,046
Thể tích bề tiếp xúc	m^3	85

Chiều rộng	m	4,00
Chiều dài	m	6,00
Chiều cao	m	4,50
Thời gian lưu nước	phút	30,0
Số vách ngăn	cái	2,00
Bề dày mỗi vách ngăn	m	0,20
Thể tích giữa 2 vách ngăn	m ³	16,0
Đường kính ống dẫn nước vào bể tiếp xúc	mm	300
Đường kính dẫn bùn từ bể tiếp xúc đến máy ép bùn	mm	200
Đường kính ống dẫn nước ra bể tiếp xúc	mm	300

Tính liều lượng hóa chất NaOCl

Liều lượng clo hoạt tính để xử lý vi sinh vật là 3 g/m³ đối với nước thải sau xử lý sinh học (TCVN 7957:2008). Cứ 3 g bột NaOCl phải pha 1 m³ nước sạch (tỷ trọng nước sạch là d = 1000 kg/m³).

Nồng độ phần trăm của nước Javel:

$$C\% = \frac{m_{ct}}{m_{dd}} \times 100\% = \frac{3 \times 10^{-3}}{1000} \times 100\% = 3 \cdot 10^{-4} \%$$

Trong đó:

- m_{ct}: Khối lượng chất tan, g;
- m_{dd}: Khối lượng dung dịch, g.

Thể tích nước cần pha Javel trong bể tiếp xúc:

$$V_1 = \frac{C_1 \times Q}{C_2} = \frac{3 \times 10^{-4} \% \times 4.000}{12\%} = 0,1 \text{ m}^3 = 100 \text{ l.}$$

Trong đó:

- C₁: Nồng độ phần trăm nước Javel 0,3%;
- Q: Thể tích nước cần xử lý trong 1 ngày;
- C₂: Nồng độ phần trăm nước Javel 12%.

Thể tích nước cần pha Javel để rửa màng:

$$V_2 = \frac{C_1 \times Q}{C_2} = \frac{3 \times 10^{-4} \% \times 4.000}{10\%} = 0,12 \text{ m}^3 = 120 \text{ l.}$$

Khối lượng NaOCl cần sử dụng tại bể tiếp xúc: $m_1 = D \times Q = 1,11.10^{-3} \times 4000 = 4,44$ kg/ng.

1,5 tháng nhà máy xử lý mua 1 bồn nhựa hóa chất loại 500 kg/1 bồn

Chọn bồn nhựa 500 lít do Việt Nam sản xuất để chứa dung dịch nước Javel với kích thước 700 mm x 1500 mm. Chọn máy bơm định lượng Blue White C-660P của Mỹ sản xuất với lưu lượng lớn nhất 14 lít/phút, áp suất cao nhất là $4,2 \text{ kg/cm}^2$, đường kính ống nhựa là 16 mm, vận tốc nước trong ống là 0,31 m/s.

Bảng 6.20 Thông số thiết kế bể pha hóa chất NaOCl

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Lưu lượng thiết kế	m^3/s	0,046
Đường kính	m	1,00
Chiều cao	m	1,50
Lượng hóa chất Javel tiêu thụ	kg/ng	4,44

6.1.11 Bể chứa bùn

Lượng bùn sinh ra từ bể lắng hóa lý: $W_1 = 11 \text{ m}^3/\text{ngđ}$.

Lượng bùn sinh ra từ bể lắng 2: $W_2 = 63,77 \text{ m}^3/\text{ngđ}$.

Tổng lượng bùn đưa về bể nén bùn: $W = 11 + 63,77 = 74,77 \text{ m}^3/\text{ngđ}$

Chọn thời gian lưu bùn $t = 2$ ngày.

Volume thể tích bể chứa bùn: $V = Q_{\text{xã}} \times t = 74,77 \times 2 \text{ ngày} = 150 \text{ m}^3$.

Chiều cao bể $H = 2,5$ m, chiều cao bảo vệ $h = 0,5$. Chiều cao xây dựng: $H_{\text{xd}} = 3,0$ m.

Xây dựng 2 bể chứa bùn với thể tích 1 bể: $V_1 = 150/2 = 75 \text{ m}^3$.

Diện tích 1 bể: $F_1 = 75/2,5 = 13,28 \text{ m}^2$.

Chiều dài \times chiều rộng = $6 \text{ m} \times 5 \text{ m}$

Đường kính ống dẫn bùn sang bể nén bùn chọn $d = 200$ mm.

Trong bể trang bị một máy hút bùn để chuyển bùn từ bể chứa bùn sang bể nén bùn.

Chọn máy bơm KRS2 – 150 50Hz để bơm bùn về bể nén bùn, với các thông số lưu lượng 60-250 m^3/h , cột áp: 10 - 30 m, số vòng quay: 2.900 vòng/phút.

Bảng 6.21 Thông số thiết kế bể chứa bùn

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Lưu lượng thiết kế	m ³ /s	0,046
Số bể	bể	2
Thể tích 1 bể	m ³	75
Chiều rộng	m	5,0
Chiều dài	m	6,0
Chiều cao	m	3,00
Thời gian lưu bùn	ngày	2,00
Đường ống dẫn bùn vào bể chứa bùn	mm	200
Đường ống dẫn bùn vào bể nén bùn	mm	200

6.1.12 Máy ép bùn



Máy ép bùn

Công suất : Gồm các loại 0.5 – 18 m³/hr.

- Băng tải được nhập khẩu từ USA, Đài Loan.
- Các rulo lọc bằng Inox hay thép phủ kẽm có khả năng chống ăn mòn hóa học cao.
- Cấp liệu liên tục, bùn vào có hàm lượng từ 5-15%.
- Độ ẩm bã đạt từ 60 – 80%.

6.2 Tính toán thiết kế phương án 2

6.2.1 Tính toán bể SBR

Giới thiệu

Bể SBR (Sequencing Batch Reactor): là bể phản ứng làm việc theo mẻ dạng công trình xử lý bùn hoạt tính nhưng 2 giai đoạn sục khí và lắng diễn ra trong cùng một bể. Hệ thống SBR là hệ thống dùng để xử lý nước thải sinh học chứa hợp chất hữu cơ và nito cao. Hệ thống hoạt động liên tục bao gồm quá trình bơm nước thải – phản ứng – lắng – hút nước ra, trong đó quá trình phản ứng hay còn gọi là quá trình tạo hạt (bùn hạt hiếu khí) quá trình này phụ thuộc vào khả năng cấp khí, đặc điểm của chất nền trong nước thải đầu vào.

Các giai đoạn xử lý bằng SBR:

- Pha làm đầy (Filling): đưa nước thải đủ lượng đã qui định trước vào bể SBR và nó bắt đầu các chất ô nhiễm sinh học bị thổi rửa;

- Pha thổi khí (Reaction): các phản ứng sinh hoá hoạt động nhờ vào việc cung cấp khí, sinh khối tổng hợp BOD, Ammonia và Nitơ hữu cơ;
- Pha lắng (Settling): Sau khi oxy hoá sinh học xảy ra, bùn được lắng và nước nổi trên bề mặt tạo lớp màng phân các bùn nước đặt trung;
- Pha rút nước (Discharge): Nước nổi trên bề mặt sau thời gian lắng (nước đầu ra đã xử lý) được tháo ra khỏi bể SBR mà không có cặn nào theo sau;
- Ngoài ra còn có pha chờ: Chờ đợi để nạp mẻ mới, thời gian đợi phụ thuộc vào thời gian vận hành (pha này có thể bỏ qua).

Ưu điểm của bể SBR

- Trong pha làm đầy bể SBR đóng vai trò như bể cân bằng vì vậy bể SBR có thể chịu đựng được tải trọng cao và sốc tải;
- Ít tốn diện tích đất xây dựng do các quá trình cân bằng cơ chất, xử lý sinh học và lắng được thực hiện trong cùng một bể;
- Hệ thống có thể điều khiển hoàn toàn tự động;
- TSS đầu ra thấp, hiệu quả khử photpho, nitrat hóa và khử nitrat hóa cao;
- Ít tốn diện tích xây dựng do không có bể lắng 2 và quá trình tuần hoàn bùn.

Bảng 6.22 Các thông số đầu vào bể SBR.

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	pH	-	5,5 – 9
2	COD	mg/L	260
3	BOD ₅ (20°C)	mg/L	130
4	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/L	88
5	Amoni (tính theo N)	mg/L	15
6	Tổng Nitơ	mg/L	60
7	Tổng Coliform	MPN/100mL	10000
8	VSS	mg/L	98

Tính toán thiết kế bể SBR

Các điều kiện thiết kế và giả định

- Sử dụng 2 bể
- Amoniac bị oxy hóa: $NO_x = 80\% \times TKN$ (Metcalf & Eddy, 2014).
- Sử dụng các thông số động học từ bảng 8 – 14 (Metcalf & Eddy, 2014)
- $bCOD = 1.6 \times BOD$

Các đặc trưng nước thải cần thiết cho quá trình thiết kế:

Xác định hàm lượng COD có khả năng phân hủy sinh học (biodegradable chemical oxygen demand):

$$b\text{COD} = 1.6 \times (\text{BOD}) = 1.6 \times 130 \text{ (mg/L)} = 208 \text{ (mg/L)}.$$

Xác định hàm lượng COD hòa tan có khả năng phân hủy sinh học (biodegradable soluble chemical oxygen demand):

$$bs\text{COD} = 1.6 \times (s\text{BOD}) = 1.6 \times 45 \text{ (mg/L)} = 72 \text{ (mg/L)}.$$

$$nbs\text{COD} = s\text{COD} - bs\text{COD} = 135 - 72 = 63 \text{ (mg/L)}.$$

$$VSS_{\text{COD}} = \frac{\text{TCOD} - s\text{COD}}{\text{VSS}} = \frac{260 - 135}{98} = 1,3 \text{ (g COD/g VSS)}.$$

Xác định TSS lơ

Ta có: $\frac{\text{VSS}}{\text{TSS}} = 1,11 \rightarrow VSS_{\text{vào}} = 1,11 \times TSS_{\text{vào}} = 1,11 \times 100 \text{ (mg/L)} = 98 \text{ (mg/L)} = 0.098 \text{ (g/L)}.$

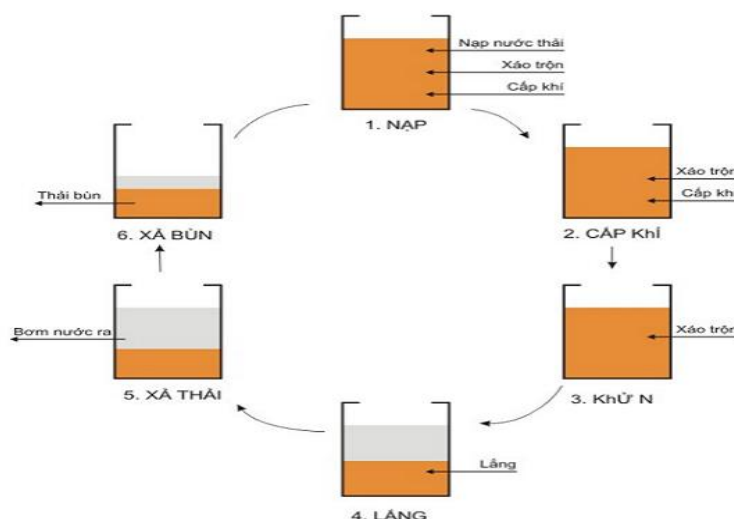
Xác định hàm lượng VSS không phân hủy sinh học:

$$nbVSS = \frac{nb\text{pCOD}}{VSS_{\text{COD}}} = \frac{63}{1,3} = 48,5 \text{ (mg/L)}.$$

Chu kỳ vận hành của bể SBR

Bể SBR với cách hoạt động dạng mẻ với 4 giai đoạn cho 1 chu kỳ gồm thời gian làm đầy nước vào bể, thời gian sục khí, thời gian lắng, thời gian rút nước ra khỏi bể và tổng thời gian cho 1 mẻ.

Chọn phương án sử dụng 2 bể SBR hoạt động luân phiên. Trong khi bể này đang trong giai đoạn làm đầy thì các bể còn lại đang trong giai đoạn phản ứng, lắng và xả nước.



Hình 6.7 Chu kỳ hoạt động của bể SBR.

Thời gian làm đầy bể được tính theo công thức: $t_{\text{ld}} = t_{\text{p.ứ}} + t_{\text{L}} + t_{\text{R}}$

Trong đó:

- T_{ld} : Thời gian làm đầy nước;
- $T_{p.úr}$: Thời gian phản ứng, chọn $t_{p.úr} = 2$ (h) (Thời gian bắt đầu sục khí tính từ lúc sau khi vừa làm đầy);
- T_L : Thời gian lắng, chọn $t_L = 0.5$ (h);
- T_R : Thời gian rút nước, chọn $t_r = 0.5$ (h).

Vậy thời gian làm đầy: $T_{Ld} = t_{p.úr} + t_L + t_r = 2 + 0.5 + 0.5 = 3$ (h).

Thời gian cho tổng cho một chu kỳ

$$T_c = T_{ld} + T_{p.úr} + T_L + T_R = 3 + 2 + 0.5 + 0.5 = 6 \text{ (h)}.$$

$$\text{Số chu kỳ của một bể: } C = \frac{24}{6} = 4 \text{ (chu kỳ)}.$$

$$\text{Tổng số chu kỳ của 2 bể: } N_{ck} = 2 \text{ (bể)} \times 4 \text{ (chu kỳ)} = 8 \text{ (chu kỳ)}.$$

$$\text{Thể tích bể trong một chu kỳ: } V_{ld/bể} = \frac{4000}{8} = 500 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Xác định tỷ lệ v_b so với tổng thể tích v_t

Ta có: Tổng lượng SS dòng vào = Tổng lượng SS sau lắng: $V_T X_{MLSS} = V_s X_s$

Trong đó:

- V_T : Tổng thể tích của bể SBR (m^3);
- X_{MLSS} : Nồng độ MLSS trong dòng vào, $X = 3.500$ (mg/L);
- V_s : Thể tích bùn lắng sau khi rút nước (m^3);
- X_s : Hàm lượng MLSS trong bùn lắng, (mg/L).

Xác định nồng độ bùn sau lắng với $SVI = 120$ (mL/g) (SVI thường là 100 – 200 (mL/g), Trần Thị Mỹ Diệu, 2017).

$$\frac{V_{bùn}}{X} = SVI = X_s = \frac{10^3 \times 10^3}{120} = 8.333 \text{ (g/m}^3\text{)}.$$

Trong đó:

- SVI : Chỉ số thể tích bùn, $SVI = 120$ (mg/g);
- 10^3 (mg/g); 10^3 (mL/L): Hệ số biến đổi để kết quả đầu ra là (g/m^3).

Xác định phần bùn sau lắng (V_s):

$$\text{Ta có tỉ số } \frac{V_s}{V_T} = \frac{X_{MLSS}}{X_s} = \frac{3.500}{8.333} = 0.42$$

Để hàm lượng chất lơ lửng không trôi theo nước khi xả nước, cần tính thêm 20% thể tích bể (Metcalf & Eddy).

Khi đó: $\frac{V_s}{V_t} = (20\% \times 0.42) + 0.42 = 0,5$

Thể tích của bể SBR

$$V_T = V_{ld} + V_b = \frac{V_F}{V_T} + \frac{V_S}{V_T} = 1$$

$$\rightarrow V_T = \frac{V_{ld}}{0,5} = \frac{500}{0,5} = 1.000 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Chọn chiều dài \times chiều rộng \times chiều cao = 18 (m) \times 13 (m) \times 4.5 (m).

Chiều cao xây dựng bảo vệ:

$$H_{xd} = H + h_{bv} = 4.5 + 0.5 = 5 \text{ (m)}.$$

Trong đó:

V_{ld} : Thể tích làm đầy, $V_{ld} = 500 \text{ (m}^3\text{)}$.

Thời gian lưu nước tổng cộng:

$$HRT = \frac{n \times V_T}{Q} = \frac{2 \times 1000 \text{ m}^3 \times 24 \text{ h}}{4000 \text{ m}^3/\text{ngđ}} = 12 \text{ (h)}.$$

Trong đó:

- V_T : Thể tích của bể SBR, $V_T = 1.000 \text{ (m}^3\text{)}$;
- n : Số bể SBR, $n = 2$ (bể).

Thời gian lưu bùn

$$(P_{X, TSS})SRT = \frac{QY(S_o - S)SRT}{(1 + k_d SRT)^{0,85}} + Q(nbVSS)SRT + \frac{QY_N(NO_x)SRT}{(1 + k_{dN} SRT)^{0,85}} + \frac{f_d k_d QY(S_o - S)SRT^2}{(1 + k_{dN} SRT)^{0,85}}$$

$$+ Q(TSS_o - VSS_o)SRT (*)$$

Tổng lượng sinh khối trong bể SBR:

$$(P_{X, TSS})SRT = (V_T)(X_{MLSS}) = 1.000 \text{ (m}^3\text{)} \times 3.500 \text{ (g/m}^3\text{)} = 3.500.000 \text{ (g)}.$$

Trong đó:

- V_T : Thể tích của bể SBR, $V_T = 1.000 \text{ (m}^3\text{)}$;
- X_{MLSS} : Nồng độ chất rắn lơ lửng bay hơi hay bùn hoạt tính $X_{MLSS} = 3.500 \text{ (mg/L)}$.

Từ các dữ liệu đầu vào ta có:

- $nbVSS = 5,7 \text{ (g/m}^3\text{)}$;
- Xem $S_o \approx S_o - S$;

- $S_o = \text{bCOD} = 320 \text{ (g/m}^3\text{)}$;
- $Q = (4.000 \text{ m}^3/\text{ngđ})/2 \text{ bể} = 2.000 \text{ (m}^3/\text{bể})$;
- $i\text{TSS}_o = \text{TSS}_o - \text{VSS}_o = 2 \text{ (g/m}^3\text{)}$;
- $\text{NO}_x = 0.8 \times \text{TKN} = 0.8 \times 60 \text{ (g TKN/m}^3\text{)} = 48 \text{ (g/m}^3\text{)}$.

Tra Bảng 8 – 14, Metcalf and Eddy ta có các hệ số động học:

Quá trình hiếu khí:

- $Y = 0.45 \text{ (g VSS/g bCOD)}$;
- $k_{d,T} = 0.12 \text{ (g/g.d)} \times 1.04^{25-20} = 0.145 \text{ (g/g.d)}$;
- $f_d = 0.15 \text{ (g/g)}$.

Quá trình hiếu khí thực hiện nitrat hoá:

- $Y_N = 0.15 \text{ (g VSS/g NO}_x\text{)}$;
- $K_{dn,T} = 0.08 \text{ (g/g.d)} \times 1.04^{25-20} = 0.1 \text{ (g/g.d)}$.

Thay các thông số vào công thức trên và giải phương trình (*)

→ $\text{SRT} = 18 \text{ (ngày)}$ (quy phạm trong khoảng 10 – 30 ngày) (Trần Thị Mỹ Diệu, 2017).

Xác định nồng độ MLVSS

$$(P_{X,VSS})\text{SRT} = (V_T) \times (X_{MLVSS})$$

$$\begin{aligned} (P_{X,VSS})\text{SRT} &= \frac{QY(S_o-S)\text{SRT}}{(1+k_d\text{SRT})} + Q(\text{nbVSS})\text{SRT} + \frac{QY_N(\text{NO}_x)\text{SRT}}{(1+k_{dN}\text{SRT})} + \frac{f_d k_d QY(S_o-S)\text{SRT}^2}{(1+k_d\text{SRT})} \\ &= \frac{2000 \times 0.45 \times 208 \times 18}{(1+0.145 \times 18)} + 4000 \times 18 \times 18 + \frac{2000 \times 0.15 \times 48 \times 18}{(1+0.1 \times 18)} + \frac{0.15 \times 0.145 \times 2000 \times 0.45 \times 208 \times 18^2}{(1+0.145 \times 18)} \\ &= 2.687.407 \text{ (m}^3 \cdot \text{g/m}^3\text{)} = V_T \times X_{MLVSS} \\ \rightarrow X_{MLVSS} &= \frac{2.687.407}{1.000} = 2.687 \text{ (g/m}^3\text{)}. \end{aligned}$$

Xác định tỉ số của MLVSS/MLSS

$$\frac{X_{MLVSS}}{X_{MLSS}} = \frac{2.687 \text{ g/m}^3}{3.500 \text{ g/m}^3} = 0.77$$

Xác định tỉ số F/M và tải trọng BOD

Tải trọng hữu cơ:

$$L = \frac{S_o \times Q}{V_T} = \frac{208 \times 2000}{1000} = 419 \text{ (gBOD}_5\text{/m}^3 \cdot \text{ngày)} = 0,419 \text{ (kgBOD}_5\text{/m}^3 \cdot \text{ngày)} \text{ (Metcalf \& Eddy, 2003, tải trọng 0.3 – 1.6 kgBOD}_5\text{/m}^3 \cdot \text{ngđ)}.$$

Trong đó:

- Q: Lưu lượng nước thải của 1 bể, $Q = 2000 \text{ (m}^3/\text{ngày.bể)}$;
- S_o : Hàm lượng bCOD đầu vào, $S_o = 208 \text{ (mg/L)}$;
- V_T : Thể tích bể, $V_T = 1000 \text{ (m}^3)$.

Tỉ số F/M:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \times S_o}{V_T \times X} = \frac{2000 \times 208}{1000 \times 1.200} = 0.35 \text{ (kg BOD}_5/\text{m}^3.\text{ng)} \text{ (Theo Metcalf \& Eddy, 2014, bể SBR có tỉ số F/M 0.04 – 0.1 g/g.ngđ)}.$$

Từ hình 8-31, Metcalf & Eddy, 2014; với $F/M_b = 0,25$, $SNDR_b = 0,12 \text{ g/g.ngđ}$ tại 20°C
 Tại 25°C , $SNDR_{25} = SNDR_{20} \times \theta^{25-20} = 0,12 \text{ (g/g.ngđ)} \times 1,026^{25-20} = 0,136 \text{ (g/g.ngđ)}$

Trong đó:

- Q: Lưu lượng nước thải ($\text{m}^3/\text{ngày}$);
- S_o : Hàm lượng BOD₅ đầu vào (g/m^3) = bCOD = 208 (mg/L);
- V_T : Thể tích bể (m^3);
- X: Nồng độ MLVSS (g/m^3), $X = 1.200 \text{ (g/m}^3)$.

Xác định lượng $N_{\text{H}_4\text{-N}}$ bị oxy hóa thành NO_x

$$\text{NO}_x = \text{TKN} - N_e - 0,12 \times P_{X,\text{bio}}/Q$$

Ta có: Hàm lượng TKN = 60 (g/m^3), $N_{\text{NH}_4} = 15 \text{ (g/m}^3)$.

N_e là lượng N_{NH_4} sau khi xử lý, $N_e = 9 \text{ (g/m}^3)$.

$$P_{X,\text{bio}} = \frac{Q \times Y \times (S_o - S)}{1 + (k_d \times \theta_c)} + \frac{Q \times Y_N \times \text{NO}_x}{1 + (k_{dN} \times \theta_c)} + \frac{f_d \times k_d \times Q \times Y \times (S_o - S) \times \theta_c}{1 + (k_d \times \theta_c)}$$

$$= \frac{(2.000 \times 0.45 \times 208)}{1 + (0.145 \times 18)} + \frac{(2.000 \times 0.12 \times 48)}{1 + (0.1 \times 18)} + \frac{(0.15 \times 0.145 \times 2.000 \times 0.45 \times 208 \times 18)}{1 + (0.145 \times 18)}$$

$$= 76.271 \text{ (g/ngày)}$$

Trong đó:

- Y: Hệ số sản lượng bùn (thông số thực nghiệm), chọn $Y = 0.45 \text{ (mg VSS/mg bCOD)}$;
- K_d : Hệ số phân huỷ nội bào 0.145;
- θ_c : Thời gian lưu bùn (tuổi của bùn), $\theta_c = 18 \text{ (ngày)}$;
- f_d : Tỉ lệ vụn tế bào, $f_d = 0.15 \text{ (g/g)}$.
- Xem $S_o \approx S_o - S$;
- $S_o = \text{bCOD} = 208 \text{ (g/m}^3)$;

$$\rightarrow \text{NO}_x = \text{TKN} - N_e - 0.12 \times P_{X,\text{bio}}/Q = 60 - 9 - \frac{0,12 \times 76 \times 10^3}{2000} = 47 \text{ (g/m}^3)$$

Xác định hàm lượng N_{NH_4} bị khử trong quá trình thổi khí

Xác định lượng Nitơ có sẵn bị oxy hóa:

$NO_x = N_{NH_4^+} = 47 \text{ (g/m}^3\text{)}$ trong nước thải vào bể có thể bị oxy hóa.

Lượng N_{NH_4} bị oxy hoá trong 1 chu kì :

$$V_F(NO_x) = 500 \text{ (m}^3\text{)} \times 47 \text{ (g/m}^3\text{)} = 23500 \text{ (g)}.$$

Lượng N_{NH_4} tồn tại trong bể trước khi làm đầy = $V_s(N_e)$.

$$V_s N_e = (V_T - V_{ld}) \times N_e = [1000(\text{m}^3) - 500 \text{ (m}^3\text{)}] \times 9 \text{ (g/m}^3\text{)} = 4500 \text{ (g)}.$$

Tổng N_{NH_4} cần oxy hóa trong 1 chu kì = $23500 + 4500 = 19000 \text{ (g)}$.

Nồng độ N ban đầu trong bể cần oxy hoá:

$$N_o = \frac{m_{N-NH_4^+}}{V_T} = \frac{19.000}{1.000} = 19 \text{ (g/m}^3\text{)}.$$

Trong đó:

- V_T : thể tích của bể SBR, $V_T = 1.000 \text{ (m}^3\text{)}$;
- $M_{N-NH_4^+}$: Tổng N_{NH_4} cần oxy hóa trong 1 chu kì.

Xác định thời gian phản ứng

Thời gian phản ứng (thời khí) sau khi làm đầy hoàn tất nồng độ $N-NH_4$ có thể được tính toán theo phương trình sau:

$$K_n \ln\left(\frac{N_o}{N_t}\right) + (N_o - N_t) = X_N \left(\frac{\mu_{\max, AOB}}{Y_n}\right) \left(\frac{DO}{K_{o, AOB} + DO}\right) t \text{ (*)}$$

Nồng độ Vi Khuẩn Nitrat hóa được tính:

$$X_n = \frac{Q \times Y_n \times (NO_x) \times SRT}{[1 + (K_{dn}) \times SRT] \times V_T} = \frac{2.000 \times 0,12 \times 47 \times 18}{[1 + 0,1 \times 18] \times 1000} = 73 \text{ (g/m}^3\text{)}.$$

Trong đó:

- X_n : Nồng độ vi khuẩn nitrate hóa, (g/m^3) ;
- N_e là lượng N_{NH_4} sau khi xử lý, $N_e = 9 \text{ (g/m}^3\text{)}$;
- Y_n : Hệ số thu hoạch, $Y_n = 0,12 \text{ (gVSS/g } N_{NH_4}\text{)}$;
- K_{dn} : Hệ số phân hủy nội bào, $K_{dn} = 0,08 \text{ (gVSS/gVSS.ngđ)} \times 1,04^{25-20} = 0,1 \text{ (g/g.ngđ)}$
- $\mu_{\max, AOB} = 0,75 \text{ g/g.ngđ} (1,07)^{25-20} = 1,05 \text{ (g/g.ngđ)}$;
- $K_n = 0,74 \text{ g/m}^3 (1,053)^{25-20} = 0,96 \text{ (g/m}^3\text{)}$;
- $K_{o, AOB} = 0,5 \text{ (g/m}^3\text{)}$ (Mecaff & Eddy, 2014).

Xác định thời gian phản ứng để giảm nồng độ từ $31.5 \text{ (g/m}^3\text{)}$ xuống $3 \text{ (g/m}^3\text{)}$, từ phương trình (*)

$$0,96 \times \ln\left(\frac{31.5}{3}\right) + (31.5 - 3) = 88 \times \frac{1.05}{0,12} \times \frac{2}{0.5+2} \times T$$

$$\Leftrightarrow 30 = 616T \rightarrow T = 0,049 \text{ ngày} = 1.2 \text{ (giờ)}.$$

Tổng quá trình thổi khí là 2 giờ, oxi hóa N-NH₄ trong đó khoảng thời gian là 1.2 giờ, thời gian còn lại để làm sạch chất hữu cơ trong nước thải.

Kiểm tra độ kiềm cần cho quá trình khử nitrat

Độ kiềm cần duy trì trong khoảng pH ~ 7 = Độ kiềm đầu vào – Độ kiềm sử dụng + Độ kiềm thêm vào (Metcalf & Eddy, 2014 :766).

Giả định độ kiềm đầu vào = $140 \text{ (g CaCO}_3\text{/m}^3\text{)}$.

Lượng Nitơ có sẵn bị oxi hóa: $\text{NO}_x = \text{N}_{\text{-NH}_4^+} = 47 \text{ (g/m}^3\text{)}$ trong nước thải vào bể có thể bị oxi hóa.

Độ kiềm cần cho quá trình nitrat hóa = $7,14 \text{ g CaCO}_3\text{/g NH}_4\text{-N} \times 47 \text{ (g/m}^3\text{)} = 336 \text{ (g CaCO}_3\text{/m}^3\text{)}$.

Nồng độ kiềm dư để duy trì pH trong khoảng $6,8 - 7 \approx 70 \text{ (g CaCO}_3\text{/m}^3\text{)}$ (Metcalf & Eddy, 2014).

$$70 \text{ g/m}^3 = \text{Độ kiềm đầu vào} - \text{Độ kiềm sử dụng} + \text{Độ kiềm thêm vào}$$

Thay những giá trị ở trên vào ta được:

$$70 \text{ g/m}^3 = 142 \text{ (g/m}^3\text{)} - 336 \text{ (g/m}^3\text{)} + \text{độ kiềm thêm vào}$$

$$\text{Vậy độ kiềm thêm vào} = 335 \text{ (g CaCO}_3\text{/m}^3\text{)} = 265 \text{ (m}_3\text{/ngđ)} \times 335 \text{ (g/m}^3\text{)} \times (1 \text{ kg}/10^3 \text{ g)} = 89 \text{ (kg CaCO}_3\text{/ngày/bể)}.$$

Xác định lượng kiềm NaHCO₃ cần thêm vào

Thực tế người ta thường sử dụng NaHCO₃ thay vì CaCO₃ vì những nó ít có vấn đề hơn trong tăng pH của nước thải.

Khối lượng tính theo đương lượng NaHCO₃ = 132 (g/eq)

Khối lượng tính theo đương lượng CaCO₃ = 60 (g/eq)

Lượng NaHCO₃ cần thêm vào = $\frac{94 \times 132}{60} = 207 \text{ (kg NaHCO}_3\text{/ngày/bể)}$ (Metcalf & Eddy)

Quá trình khử nitrat

Xác định lượng dinh dưỡng cần cung cấp cho quá trình khử Nitrat

Xác định lượng methanol cho quá trình khử nitrat:

Lượng N: 52 (g/m³).

Tỉ lệ bCOD/ N_{NO3-} (Công thức 7-108, Metcalf & Eddy, 2003).

$$\frac{\text{bCOD}}{N_{\text{NO}_3^-}} = \frac{2,86}{1 - 1,42 \times Y_n}$$

Mà giá trị Y_n có thể được xác định:

$$Y_n = \frac{Y}{1 + k_d \times \theta_c} = \frac{0,45}{1 + (0,145 \times 18)} = 0,123 \text{ (gVSS/gbCOD)}.$$

Trong đó:

- Y: Hệ số sản lượng bùn (thông số thực nghiệm), chọn Y = 0,45 (mgVSS/mgCOD);
- K_d: Hệ số phân hủy nội bào 0,145;
- θ_c: Thời gian lưu bùn (tuổi của bùn), θ_c = 18 (ngày).

$$\rightarrow \frac{\text{bCOD}}{N_{\text{NO}_3^-}} = \frac{2,86}{1 - (1,42 \times 0,123)} = 3,5 \text{ (g/g)}$$

Tổng lượng methanol yêu cầu cho quá trình nitrat hóa và giá trị bCOD cần cho quá trình thiếu khí, Methanol (như COD): 3,5 (g/g) × 52 (g/m³) = 182 (g/m³).

Lượng bCOD đầu vào SBR lớn hơn 182 (g/m³) nên ta không cần châm thêm methanol hoặc cơ chất.

Xác định lượng oxi cần thiết sử dụng cho một bể

Lượng oxy yêu cầu cho mỗi bể

$$R_o = Q \times (S_o - S) - (1,42 \times P_{X, \text{bio}}) + 4,57 \times Q \times (\text{NO}_x)$$

$$= 2000 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} \times 320 \text{ (g/m}^3\text{)} \times (1\text{kg}/10^3\text{/g)} - (1,42 \times 10 \text{ kg/ngđ}) + 4,57 \times 2000 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} \times 52 \text{ (g/m}^3\text{)} \times (1\text{kg}/10^3\text{/g)}.$$

$$R_o = 1.101 \text{ (kgO}_2\text{/ngày)} = 45,87 \text{ (kgO}_2\text{/h)}.$$

Trong đó:

- Q: Lưu lượng nước thải của 1 bể (m³/ngđ);
- P_{X, bio}: Hàm lượng VSS có khả năng phân hủy sinh học, P_{X, bio} = 10 (kg/ngđ);
- NO_x: Nitơ có sẵn bị oxi hóa, NO_x = 52 (g/m³).
- Xem S_o ≈ S_o - S;

$$- S_o = \text{bCOD} = 320 \text{ (g/m}^3\text{)};$$

Số chu kỳ của 1 bể trong 1 ngày = 4 (chu kỳ).

Tốc độ truyền tải oxy trung bình trong 1 chu kỳ = $140/4 = 35 \text{ (kgO}_2\text{/chu kỳ)}$

Thời gian thổi khí trong 1 chu kỳ = 2 (giờ).

Tốc độ truyền tải oxy trung bình = $35 \text{ (kgO}_2\text{/chu kỳ)}/2 \text{ h} = 17,5 \text{ (kgO}_2\text{/h)}$.

Lượng không khí cần thiết cấp vào một bể

Nhu cầu oxy sẽ nhiều hơn khi bắt đầu giai đoạn sục khí, do đó tốc độ truyền oxy của hệ thống phải được nhân thêm hệ số f (Theo Metcalf & Eddy, $f = 2.0 - 3.0$) để đảm bảo cung cấp đầy đủ oxy cho quá trình

$$Q_k = \frac{OC_t}{OU} \times f$$

Trong đó:

- OC_t : Lượng oxi cần thiết;
- f : Hệ số an toàn 1,5 – 3 (Mecalf và Eddy, 2014). Chọn $f = 1,5$;
- $OU = O_u \times h$: Công suất hoà tan oxi vào nước thải của thiết bị phân phối chính theo gam oxi cho 1 m^3 không khí.
- h : độ sâu ngập nước của thiết bị phân phối khí, bể SBR cao 3,5m. Chọn $h = 3,5\text{m}$.

O_u : Công suất hoà tan vào nước thải của thiết bị phân phối chính theo gam oxy cho 1 m^3 không khí ở độ sâu ngập nước $h = 1 \text{ (m)}$, có thể chọn theo Bảng 7.2, $O_u = 7 \text{ (grO}_2\text{/m}^3 \cdot \text{m)}$, Trịnh Xuân Lai, 2009.

$$Q_k = \frac{OC_t}{OU} \times f \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ngđ}} \right) = \frac{140 \times 10^3}{3.5 \times 7} \times 1.5 = 8.571 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} = 0,1 \text{ (m}^3\text{/s)} = 99,2 \text{ (L/s)}.$$

Số thời gian thổi khí trong 1 ngày của 1 bể $2 \text{ (h)} \times 4 \text{ (chu kỳ)} = 8 \text{ (h)}$.

Lưu lượng thổi khí 1 (h) là: $\frac{8571}{8} = 1071 \text{ (m}^3\text{/h)} = 17,85 \text{ (m}^3\text{/phút)} = 0,3 \text{ (m}^3\text{/s)}$.

Công suất 1 máy nén khí tính theo công thức:

$$N = \frac{34.400 \times (1,5^{0,29} - 1) \times 0,23}{102 \times 0,85} = 11 \text{ (KW)}.$$

Thiết kế hệ thống phân phối khí

Sử dụng hệ thống phân phối khí có kích thước bọt mịn, khí được phân phối qua các lỗ đường kính $\leq 0.1 \text{ (mm)}$. Dàn ống gồm một ống chính và các ống nhánh đặt vuông góc với ống chính.

Bố trí ống chính dẫn khí chạy dọc thành bể và có ống nhánh chạy dưới đáy bể để phân phối khí qua các đĩa thổi khí, chiều dài ống chính bằng 15,5 m.

Trên các ống nhánh đặt các đĩa phân phối tạo kích thước bọt từ 2 – 5 (mm). Vận tốc dòng khí trong ống phân phối thường lấy 20 m/s ($V_{\text{tối ưu}} = 15 - 20$ m/s, Trịnh Xuân Lai, 2008).

Trên các ống nhánh đặt các đĩa phân phối khí tinh SSI.

Với Q_k vào bể là 8571 ($\text{m}^3/\text{ngđ}$) = 99,2 (L/s), tra bảng tra thủy lực của Nguyễn Thị Hồng, chọn ống thép, với đường kính $D_{\text{ống chính}} = 300$ (mm), $v = 1,3$ (m/s), $1000i = 8,332$.

Từ ống chính sẽ được dẫn qua các ống nhánh. Chọn 4 ống nhánh cấp khí. Các ống nhánh đặt cách tường 0,75 (m) và các ống nhánh thổi khí đặt cách nhau 1,5 (m). Chiều dài mỗi ống nhánh 10 m.

Lưu lượng khí trong ống nhánh:

$$q_{\text{ống}} = \frac{Q_k}{n} = \frac{8.571 \text{ m}^3/\text{ngđ}}{4} = 2.142 \text{ (m}^3/\text{ngđ)} = 24,79 \text{ (L/s)}.$$

Tra bảng tra thủy lực của Nguyễn Thị Hồng, chọn ống thép với đường kính: $D_{\text{ống nhánh}} = 175$ (mm), $v = 1,09$ (m/s), $1000i = 12,99$.

Chọn đĩa phân phối khí tinh SSI AFD350²



Hình 6.8 Đĩa phân phối khí tinh SSI AFD350.

Các thông số kỹ thuật đĩa phân phối khí tinh SSI AFD350:

Màng đĩa: 304 (mm);

Vành đĩa: 350 (mm);

Lưu lượng thổi khí: 0-20 (m^3/h);

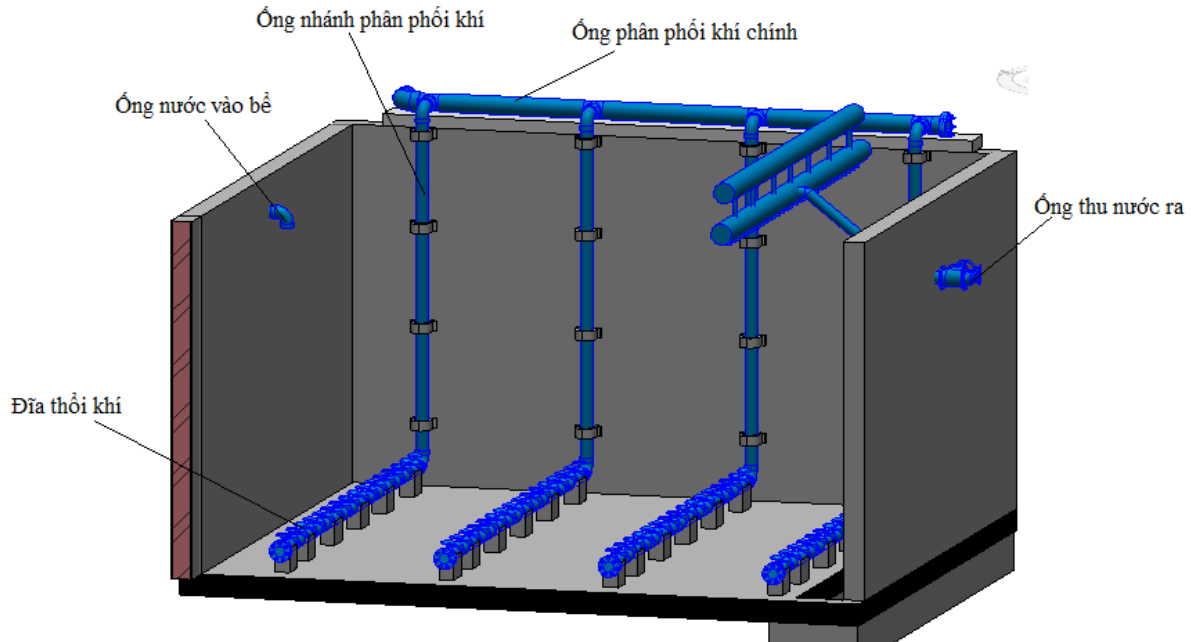
Diện tích bề mặt hoạt động: 0.065 (m^2).

Đĩa đặt cao hơn đáy bể 0.3 (m).

² <http://hanhtrinhxanh.com.vn/dia-phan-phoi-khi-ssi-bot-min.html> 15/05/2018

Số đĩa cần thiết:

$$N_{\text{đĩa}} = \frac{Q_{\text{cần}}}{Q_{\text{đĩa}}} = \frac{1.071 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{20 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)} = 54 \text{ (đĩa)}.$$



Hình 6.9 Bể SBR.

Xác định lượng bùn sinh ra (MLSS = X_{TSS})

Tổng hàm lượng MLSS trong 2 bể tính theo ngày:

$$P_{X, \text{TSS}} = \frac{V \times \text{MLSS}}{\text{SRT}} = \frac{2 \times 1.000 \times 3.500}{18} = 389 \text{ (kg/ngđ)}.$$

Hàm lượng bCOD khử trong bể là:

$$M_{\text{bCOD}} = 4.000 \text{ (m}^3/\text{ng)} \times 208 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 1 \text{ (kg/10}^3\text{g)} = 832.000 \text{ (kg bCOD/ngày)}.$$

Hàm lượng BOD bị khử:

$$M_{\text{BOD}} = \frac{M_{\text{bCOD}}}{1.6} = \frac{832000}{1.6} = 520000 \text{ (kg BOD/ngày)}.$$

- Hệ số tăng trưởng, g TSS/g BOD: $51.3 / 104 = 0.5 \text{ (g TSS/g BOD)}$.
- Hệ số tăng trưởng, g VSS/g BOD: $0.81 \times 0.5 = 0.4 \text{ (g VSS/g BOD)}$.

Tổng lượng bùn sinh ra trong một ngày

$$Q_{\text{bùn}} = 389 + 832000 + 520000 + 0.5 + 0.4 = 1.352.390 \text{ (kg/ngđ)}.$$

Giả sử bùn có trọng lượng riêng $\rho = 1.02 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.

Lưu lượng bùn cần xả trong ngày:

$$V_{\text{bùn xả}} = \frac{1.352.390}{1,02 \times 8.333 \times 10^{-3}} = 291 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Lưu lượng bùn cần xả trong một chu kỳ = $38/8 = 4,75 \text{ (m}^3\text{)} \approx 5 \text{ (m}^3\text{)}$.

Trong đó:

- $Q_{\text{bùn}}$: Tổng lượng bùn sinh ra trong một bể, $Q_{\text{bùn}} = 2470 \text{ (kg/ngđ)}$;
- ρ : Trọng lượng riêng của bùn, $\rho = 1,02 \text{ (kg/m}^3\text{)}$;
- X_s : Hàm lượng MLSS trong bùn lắng, (mg/L) , $X_s = 8.333 \text{ (g/m}^3\text{)}$.

Thiết kế vùng chứa bùn cho bể SBR

Thể tích bùn sinh ra từ bể SBR trong một chu kỳ:

$$V_{\text{bùn}} = 5 \text{ (m}^3\text{/chu kỳ)}. \text{ (Bùn xả 1 lần/1 chu kỳ).}$$

Chọn chiều dài \times chiều rộng \times chiều cao vùng chứa bùn = $2 \text{ (m)} \times 5 \text{ (m)} \times 0.5 \text{ (m)}$.

Xác định đường kính ống vào và ống ra bể:

$Q_{\text{vào}} = 166,67 \text{ (m}^3\text{/h)} = 46,3 \text{ (L/s)}$ tra bảng tra thủy lực ta được:

$$D_{\text{góp}} = 200 \text{ (mm)}, v = 1,35 \text{ (m/s)}, 1000i = 14,91.$$

Lưu lượng làm đầy mỗi bể SBR: $V_{\text{ld}} = 66 \text{ (m}^3\text{/h)}$.

Thời gian làm đầy bể SBR: $t_{\text{ld}} = 3 \text{ (h)}$.

Vậy lưu lượng làm đầy mỗi giờ của bể: $Q_{\text{ld}} = \frac{66}{3} = 22 \text{ (m}^3\text{/h)} = 6.1 \text{ (L/s)}$.

Tra bảng tra thủy lực ta được $D_{\text{vào}} = 80 \text{ (mm)}$, $v = 0,86 \text{ (m/s)}$, $1000i = 17,7$.

Xác định tốc độ xả nước

Thể tích xả nước = thể tích làm đầy

$$\text{Ta có: } V_R = V_{\text{ld}} = 500 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Thời gian xả nước trong bể SBR: $0.5 \text{ (h)} = 30 \text{ (phút)}$.

$$\text{Tốc độ bơm} = \frac{V_{\text{ld}}}{T_L} = \frac{500}{30} = 16,67 \text{ (m}^3\text{/phút)} = 277,8 \text{ (L/s)}.$$

Chọn đường kính ống $D_{\text{ra}} = 500 \text{ (mm)}$, $v = 1,33 \text{ (m/s)}$, $1000i = 4,46$.

Bộ điều khiển

Bộ điều khiển dựa trên mạch PLC (programmable Logical Controller). Bộ vi xử lý Allen Bradley SLC5/04, được thiết kế với mục đích tối ưu hóa các quá trình của hệ thống SBR.

Bộ điều khiển là một hệ thống hoạt động dựa trên nhân tố thời gian, đã được lập trình sẵn theo các yếu tố như thời gian các pha, điều khiển các thiết bị phân phối khí, khuấy trộn, rút nước, mang đến khả năng điều khiển hoàn toàn tự động, giúp giảm bớt tối đa nhân tố con người tham gia vận hành hệ thống.

Bộ điều khiển hệ thống SBR gồm các bộ phận sau:

- Van bướm điều khiển bằng điện đường kính 100 (mm);
- Bộ vi xử lý Allen Braley SLC5/04;
- Mạch PLC;
- Màn hình Allen Braley panel 550;
- Tủ đựng modem điều khiển;
- Dây cáp.

Bảng 6.23 Thông số thiết kế bể SBR.

THÔNG SỐ	ĐƠN VỊ	GIÁ TRỊ
Thể tích của bể SBR	m ³	1000
Chiều cao của bể	m	4,5
Chiều cao bảo vệ	m	0,5
Chiều sâu rút nước	m	1,5
Chiều cao phần chứa bùn	m	0,5
Chiều cao lớp trung hòa	m	1
Chiều rộng bể	m	13
Chiều dài bể	m	18
Thời gian hoạt động 1 chu kì	h	6
Thời gian làm đầy	h	3
Thời gian phản ứng	h	4
Thời gian lắng	h	1
Thời gian chờ	h	1
Số mẻ hoạt động 1 bể	mẻ	4
Lượng oxy cần	m ³ /s	0,038
Số ống chính cấp khí	ống	1
Đường kính ống thổi khí chính	mm	200
Số ống nhánh	ống	4
Đường kính ống nhánh	mm	100
Số đĩa phân phối khí	đĩa	54

Diện tích bề mặt hoạt động đĩa	m ²	0,065
Đĩa đặt cách đáy	m	0,3
Thời gian lưu nước tổng cộng	h	12
Thời gian lưu bùn	ngày	18
F/M	g/g.ngày	0,19
Tải trọng BOD	kgBOD ₅ /m ³ .ngày	0,8
Nồng độ MLVSS	g/m ³	3395
Nồng độ MLSS	g/m ³	3500
Hệ số tăng trưởng	g TSS/g BOD g VSS/g BOD)	0,5 0,4
Tốc độ bơm	m ³ /phút	1,4
Lượng bùn cần xử lí mỗi ngày	kg/ngđ	291
Đường ống góp chung	mm	200
Đường ống cấp nước vào bể	mm	80
Đường kính ống dẫn nước ra bể	mm	500

6.2.2 BỂ chứa bùn

Lượng bùn sinh ra từ bể SBR: $Q = 2.470 \text{ m}^3/\text{ngđ}$.

Chọn thời gian lưu bùn $t = 2$ ngày.

Vậy thể tích bể chứa bùn: $V = Q_{\text{xá}} \times t = 2.470 \times 2 \text{ ngày} = 4.940 \text{ m}^3$.

Chiều cao bể $H = 4,5$ m, chiều cao bảo vệ $h = 0,5$. Chiều cao xây dựng: $H_{\text{xd}} = 5,0$ m.

Xây dựng 2 bể chứa bùn với thể tích 1 bể: $V_1 = /2 = 2.470 \text{ m}^3$.

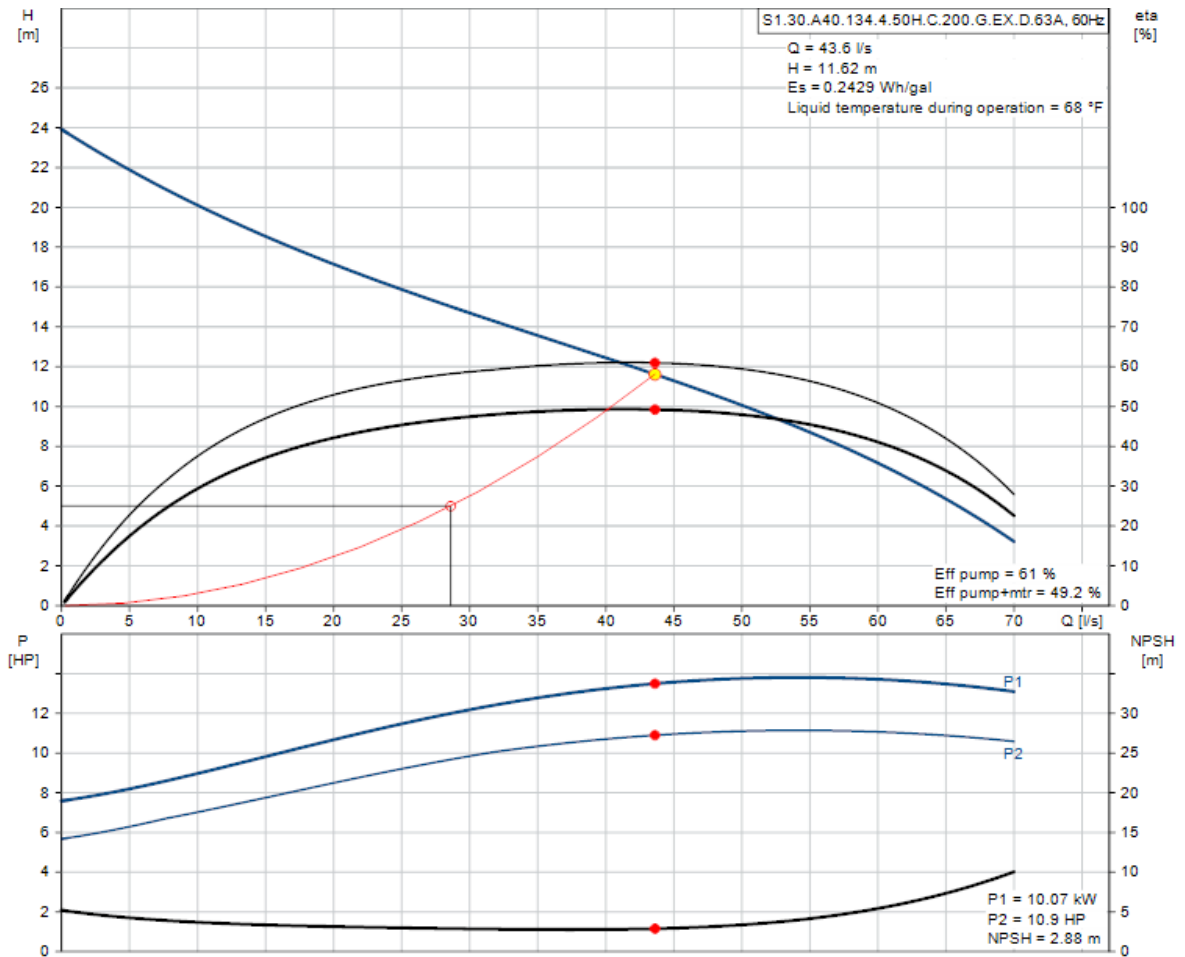
Diện tích 1 bể: $F_1 = 2.470/4,5 = 549 \text{ m}^2$.

Chiều dài \times chiều rộng = $24 \text{ m} \times 23 \text{ m}$

Đường kính ống dẫn bùn sang máy ép bùn chọn $d = 300$ mm.

Trong bể trang bị một máy hút bùn để chuyển bùn từ bể chứa bùn sang bể nén bùn.

Với $Q = 28,5 \text{ l/s}$, $H = 5\text{m}$



Hình 6.10 S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D.63A

Bảng 6.24 Thông số thiết kế bể chứa bùn

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Lưu lượng thiết kế	m ³ /s	0,046
Số bể	bể	2
Thể tích 1 bể	m ³	549
Chiều rộng	m	23,0
Chiều dài	m	24,0
Chiều cao	m	4,50
Thời gian lưu bùn	ngày	2,00
Đường ống dẫn bùn vào bể chứa bùn	mm	300
Đường ống dẫn bùn vào máy ép bùn	mm	300