

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN  
VĂN PHÒNG ĐIỀU PHỐI NÔNG THÔN MỚI TRUNG ƯƠNG**

---



**HƯỚNG DẪN TẠM THỜI  
THU GOM, XỬ LÝ VÀ QUẢN LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT  
CHO KHU VỰC NÔNG THÔN  
(QUY MÔ HỘ GIA ĐÌNH VÀ CỤM DÂN CƯ)**

*(Kèm theo Công văn số /VPĐP-NV&MT ngày /12/2023  
của Văn phòng Điều phối nông thôn mới Trung ương)*

**Hà Nội, tháng 12 năm 2023**

## MỤC LỤC

<b>1. CÁC KHÁI NIỆM VÀ QUY ĐỊNH CHUNG</b> .....	<b>9</b>
1.1. Các khái niệm chung .....	9
1.1.1. Khái niệm về nước thải, thu gom và xử lý nước thải .....	9
1.1.2. Đặc điểm nước thải sinh hoạt nông thôn.....	11
1.2. Quá trình xử lý nước thải.....	13
1.2.1. Các yêu cầu loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải.....	13
1.2.2. Cơ chế các quá trình xử lý nước thải sinh hoạt .....	15
<b>2. CÔNG NGHỆ VÀ CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT HỘ GIA ĐÌNH VÀ CỤM DÂN CƯ NÔNG THÔN</b> .....	<b>17</b>
2.1. Sơ đồ thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt hộ gia đình và cụm dân cư nông thôn ..	17
2.1.1. Phân cấp xử lý nước thải cụm dân cư nông thôn .....	18
2.1.2. Các sơ đồ thu gom và XLNT sinh hoạt tại hộ gia đình.....	18
2.1.3. Các sơ đồ thu gom và xử lý nước thải cụm hộ gia đình.....	21
2.1.4. Lựa chọn công nghệ XLNT phù hợp cho cụm hộ dân cư nông thôn.....	24
2.2. Các công trình thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt phi tập trung cho hộ gia đình và cho cụm dân cư nông thôn công suất $\leq 100 \text{ m}^3/\text{ngày}$ .....	29
2.2.1. Đường ống thoát nước .....	29
2.2.2. Bể tự hoại.....	29
2.2.3. Hầm biogas .....	34
2.2.4. Bãi lọc trồng cây.....	36
2.2.5. Hồ sinh học .....	39
2.2.6. Các loại công trình XLNT theo nguyên lý vi sinh vật sinh trưởng dính bám.....	42
2.2.7. Các loại công trình bùn hoạt tính .....	47
2.2.8. Hệ thống XLNT hợp khối .....	49
<b>3. VẬN HÀNH BẢO TRÌ CÁC CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI VÀ QUẢN LÝ BÙN THẢI</b> .....	<b>53</b>
3.1. Các quy định chung .....	53
3.1.1. Các quy định chung .....	53
3.1.2. Các thông số kiểm tra và quan sát trong quá trình vận hành hệ thống XLNT ....	53
3.2. Vận hành bảo trì các công trình XLNT phi tập trung .....	55
3.2.1. Đưa các công trình XLNT vào hoạt động .....	55
3.2.2. Vận hành các công trình .....	56
3.2.3. Các sự cố thường gặp trong quá trình vận hành và cách khắc phục .....	56

3.2.4. Nguyên tắc vận hành bảo trì hệ thống XLNT phi tập trung cụm dân cư nông thôn .....	56
3.2.5. Xác định một số chi phí vận hành hệ thống XLNT sinh hoạt cụm dân cư .....	57
<b>4. TÁI SỬ DỤNG NƯỚC THẢI VÀ PHÂN Bùn TỪ CÁC HỘ GIA ĐÌNH NÔNG THÔN .....</b>	<b>58</b>
4.1. Tái sử dụng nước thải sau xử lý .....	58
4.1.1. Mục đích và các yêu cầu tái sử dụng nước thải.....	58
4.1.2. Các sơ đồ tái sử dụng nước thải .....	60
4.2. Quản lý và sử dụng phân bùn từ các hộ gia đình khu vực nông thôn .....	63
4.2.1. Quản lý bùn thải .....	63
4.2.2. Các công trình xử lý phân và bùn thải khu vực nông thôn .....	66
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>67</b>
<b>PHỤ LỤC: MỘT SỐ MÔ HÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI HỘ GIA ĐÌNH VÀ CỤM HỘ GIA ĐÌNH NÔNG THÔN .....</b>	<b>69</b>
1. Mô hình xử lý nước thải hộ gia đình có bãi lọc ngầm trồng cây.....	69
2. Mô hình xử lý nước thải cụm dân cư sử dụng công nghệ lọc kỵ khí kết hợp với bãi lọc trồng cây công suất 30-100 m <sup>3</sup> /ngày .....	71
2.1. Nguyên lý điều khiển hệ thống.....	74
2.2. Hướng dẫn vận hành.....	74
2.3. Các sự cố thường gặp trong quá trình vận hành và cách khắc phục .....	76
3. Mô hình xử lý nước thải tại các công trình công cộng sử dụng công nghệ bùn hoạt tính thiếu khí kết hợp hiếu khí, công suất 25-100 m <sup>3</sup> /ngày.....	77
3.1 Nguyên lý điều khiển hệ thống.....	78
3.2. Hướng dẫn vận hành.....	79
3.3. Sự cố thường gặp và cách khắc phục .....	81

## CÁC CHỮ VIẾT TẮT

<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Tiếng Việt</b>	<b>Tiếng Anh</b>
ABR	Bể kỵ khí vách ngăn dòng hướng lên	Anaerobic Baffled Reactor
BASTAF	Bể tự hoại vách ngăn có ngăn lọc kỵ khí	Baffled Septic Tank with Anaerobic Filter
BNN&PTNT	Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn	
BOD	Nhu cầu oxy hóa sinh hóa	
BTNMT	Bộ Tài nguyên và Môi trường	
BXD	Bộ Xây dựng	
COD	Nhu cầu oxy hóa hóa học	
DEWATS	Hệ thống XLNT phi tập trung	Decentralized Wastewater Treatment System
HTTN	Hệ thống thoát nước	
MBBR	Bể xử lý giá thể vi sinh di động	Moving Bed Bio-reactor
NTSH	Nước thải sinh hoạt	
QCVN	Quy chuẩn Việt Nam	
QĐ	Quyết định	
SS	Chất rắn lơ lửng	Suspended solid
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam	
VAC	Vườn – Ao – Chuồng	
VK	Vi khuẩn	
VSV	Vi sinh vật	
XLNT	Xử lý nước thải	

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. Tải lượng ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt theo TCVN 7957:2023.....	12
Bảng 2. Nồng độ các thông số ô nhiễm trong nước thải đô thị và khu dân cư.....	13
Bảng 3. Các thành phần ô nhiễm cần được loại bỏ trong quá trình xử lý nước thải sinh hoạt.....	13
Bảng 4. Yêu cầu nước thải sinh hoạt phi tập trung xả ra nguồn tiếp nhận.....	14
Bảng 5. Tiêu chí các mô hình XLNT sinh hoạt nông thôn.....	18
Bảng 6. Công nghệ xử lý: nguyên lý hoạt động, ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng.....	26
Bảng 7. Độ dốc ống thoát nước thải sinh hoạt vật liệu nhựa.....	29
Bảng 8. Thông số bể ABR công trình XLNT sinh hoạt.....	34
Bảng 9. Lựa chọn qui mô hầm biogas.....	35
Bảng 10. Thông số bãi lọc thực vật dòng chảy ngang công trình XLNT sinh hoạt.....	39
Bảng 11. Tải trọng hữu cơ theo thể tích của hồ ( $gBOD_5/m^3/ngày$ ).....	41
Bảng 12. Tải trọng thủy lực $q$ của bể lọc sinh học tải trọng thủy lực thấp.....	43
Bảng 13. Thông số bể lọc kỵ khí dòng hướng lên công trình XLNT sinh hoạt.....	45
Bảng 14. Các yêu cầu để khởi động các công trình XLNT quy mô nhỏ cho hộ gia đình hoặc cụm hộ gia đình.....	55
Bảng 15. Các thành phần chính của nước thải sinh hoạt và nguyên tắc xử lý, sử dụng lại.....	58
Bảng 16. Tỷ lệ các nguyên tố dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt và phân bón.....	58
Bảng 17. Thành phần điển hình của phân bùn bể tự hoại các nhà vệ sinh.....	63
Bảng 18. Thành phần và các chất dinh dưỡng trong các loại bùn cặn nước thải, % trọng lượng khô.....	64
Bảng 19. Hàm lượng kim loại nặng trong các loại phân bón.....	64
Bảng PL 1: Các hạng mục công trình hệ thống xử lý nước thải cụm dân cư sử dụng công nghệ lọc kỵ khí kết hợp với bãi lọc trồng cây công suất $30 m^3/ngày$ .....	72
Bảng PL 2. Danh sách thiết bị của hệ thống.....	78
Bảng PL 3. Chế độ vận hành tự động hệ thống johkasou.....	78

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. Nguyên tắc tổ chức thoát nước và XLNT sinh hoạt.....	10
Hình 2. Các thành phần chất rắn trong nước thải sinh hoạt .....	11
Hình 3. Sự hình thành các loại nước thải sinh hoạt trong ngôi nhà .....	12
Hình 4. Sơ đồ tổng quát các quy trình xử lý nước thải .....	15
Hình 5. Sơ đồ tổng quát quy trình xử lý nước thải sinh hoạt .....	16
Hình 6. Sơ đồ XLNT hộ gia đình với bể tự hoại và các công trình sinh thái.....	18
Hình 7. Sơ đồ XLNT hộ gia đình bằng hệ thống công trình và thiết bị hợp khối.....	19
Hình 8. Sơ đồ XLNT hộ gia đình khi tách riêng nước thải đen và nước thải xám .....	19
Hình 9. Sơ đồ xử lý và tái sử dụng nước thải sinh hoạt hộ gia đình .....	19
Hình 10. Sơ đồ xử lý tách riêng nước đen và nước xám.....	20
Hình 11. Sơ đồ xử lý NTSH kết hợp với nước thải chăn nuôi hộ gia đình.....	20
Hình 12. Sơ đồ tổ chức thu gom và XLNT cụm dân cư nông thôn .....	21
Hình 13. Sơ đồ xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ DEWATS .....	21
Hình 14. Sơ đồ XLNT sinh hoạt theo công nghệ DEWATS có hồ sinh học và tái sử dụng nước thải .....	22
Hình 15. Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí và bãi lọc trồng cây.....	22
Hình 16. Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí, bãi lọc trồng cây và tái sử dụng nước thải.....	22
Hình 17. Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình trong điều kiện nhân tạo bằng công trình hợp khối .....	23
Hình 18. Sơ đồ XLNT sinh hoạt không qua bể tự hoại từ cụm hộ gia đình trong điều kiện nhân tạo bằng công trình xây dựng hợp khối .....	23
Hình 19. Sơ đồ XLNT sinh hoạt bằng các công trình sinh học trong điều kiện nhân tạo có tái sử dụng nước thải.....	24
Hình 20. Sơ đồ ứng dụng bể tự hoại để XLNT tại chỗ .....	30
Hình 21. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của bể tự hoại truyền thống .....	30
Hình 22. Kích thước bể lắng hai ngăn công trình XLNT sinh hoạt quy mô hộ gia đình..	31
Hình 23. Sơ đồ cấu tạo bể tự hoại 3 ngăn truyền thống .....	32
Hình 24. Sơ đồ cấu tạo của bể tự hoại có ngăn lọc yếm khí .....	32
Hình 25. Sơ đồ và nguyên lý bể BASTAF.....	33
Hình 26. Cấu tạo bể ABR công trình XLNT sinh hoạt .....	34
Hình 27. Sơ đồ hoạt động của bể biogas .....	35
Hình 28. Sơ đồ XLNT trong công trình đất ngập nước kiến tạo.....	36

Hình 29. Sơ đồ phân loại bãi lọc trồng cây .....	37
Hình 30. Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo bãi lọc dòng chảy thẳng đứng .....	37
Hình 31. Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo bãi lọc dòng chảy ngang .....	37
Hình 32. Cơ chế XLNT trong hồ sinh học .....	40
Hình 33. Bố trí các loại hồ trong hệ thống hồ sinh học.....	40
Hình 34. Sơ đồ thiết bị đĩa quay sinh học .....	44
Hình 35. Kích thước bể lọc kị khí (AF) công trình XLNT sinh hoạt.....	46
Hình 36. Giá thể VSV của bể lọc sinh học ngập nước.....	46
Hình 37. Nguyên tắc XLNT trong bể bùn hoạt tính truyền thống .....	47
Hình 38. Sơ đồ hệ thống bùn hoạt tính hoạt động theo nguyên tắc AO.....	48
Hình 39. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của bể SBR .....	49
Hình 40. Mương oxy hóa.....	49
Hình 41. Sơ đồ dây chuyền công nghệ hệ thống XLNT sinh hoạt hợp khối .....	50
Hình 42. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của hệ thống johkasou .....	51
Hình 43. Sơ đồ cấu tạo thùng johkasou có giá thể vi sinh di động (MBBR).....	52
Hình 44. Giá thể vi sinh di động (a) và vật liệu lọc (b) trong thùng johkasou.....	52
Hình 45. Sơ đồ thoát nước cụm dân cư nông thôn có tái sử dụng nước thải .....	59
Hình 46. Sơ đồ hệ thống xử lý kết hợp sử dụng nước thải quy mô nhỏ (hệ sinh thái VAC). .....	62
Hình 47. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải bằng hồ sinh học kết hợp nuôi cá .....	63
Hình 48. Tổng quan các phương pháp xử lý bùn cặn.....	65
Hình 49. Sơ đồ quản lý bùn thải hệ thống XLNT sinh hoạt cụm dân cư nông thôn.....	66
Hình 50. Sơ đồ chế tạo phân compost từ bùn thải công trình xử lý kết hợp NTSH và nước thải chăn nuôi .....	66
Hình PL 1. Sơ đồ xử lý nước thải quy mô hộ gia đình .....	69
Hình PL 2. Các bước xử lý nước thải của DEWATS .....	70
Hình PL 3. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải công nghệ kỵ khí kết hợp bãi lọc trồng cây cho cụm dân cư nông thôn.....	71
Hình PL 4. Sơ đồ công nghệ của hệ thống xử lý nước thải thiếu khí kết hợp hiếu khí Johkasou .....	77

## LỜI GIỚI THIỆU

Trong khuôn khổ Chương trình Mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025 theo Quyết định số 263/QĐ-TTg ngày 22/02/2022 của Thủ tướng Chính phủ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn được giao chủ trì phối hợp với các đơn vị liên quan hướng dẫn thực hiện nội dung phát triển các mô hình xử lý nước thải sinh hoạt quy mô hộ gia đình, cấp thôn.

Triển khai nhiệm vụ được giao, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã giao Văn phòng Điều phối nông thôn mới Trung ương phối hợp với chuyên gia biên soạn Hướng dẫn tạm thời về thu gom, xử lý và quản lý nước thải sinh hoạt cho khu vực nông thôn (*quy mô hộ gia đình và cụm dân cư*). Hướng dẫn được GS.TS. Trần Đức Hạ, nguyên Viện trưởng Viện Nghiên cứu Cấp thoát nước và Môi trường cùng với các cộng sự biên soạn trên cơ sở kế thừa sản phẩm của một số nhiệm vụ thuộc Chương trình Khoa học và công nghệ phục vụ xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2011-2020; đồng thời đã được hoàn thiện theo ý kiến góp ý của các Bộ ngành và một số địa phương. Đây là tài liệu để các địa phương tham khảo trong quá trình xây dựng, hoàn thiện các mô hình xử lý nước thải sinh hoạt nông thôn quy mô nhỏ, góp phần thực hiện các tiêu chí, chỉ tiêu về bảo vệ môi trường trong xây dựng nông thôn mới. Tài liệu không phải là yêu cầu bắt buộc để đánh giá, giám sát việc tuân thủ các quy định pháp luật về bảo vệ môi trường của các tổ chức, cá nhân và địa phương.

Trong quá trình thực hiện, nếu có khó khăn, vướng mắc phát sinh hoặc có mô hình mới, hiệu quả về thu gom, xử lý và quản lý nước thải sinh hoạt cho khu vực nông thôn, đề nghị các địa phương, tổ chức, cá nhân thông tin về Văn phòng Điều phối nông thôn mới Trung ương để chỉnh sửa, hoàn thiện Hướng dẫn./.



# 1. CÁC KHÁI NIỆM VÀ QUY ĐỊNH CHUNG

## 1.1. Các khái niệm chung

### 1.1.1. Khái niệm về nước thải, thu gom và xử lý nước thải

Theo Nghị định số 80/2014/NĐ-CP ngày 06/8/2014 của Chính phủ về thoát nước và xử lý nước thải (XLNT), các khái niệm về nước thải và hệ thống thoát nước (HTTN) thải như sau:

- *Nước thải* là nước đã bị thay đổi đặc điểm, tính chất do sử dụng hoặc do các hoạt động của con người xả vào HTTN hoặc ra môi trường.

- *Nước thải sinh hoạt* (NTSH) là nước thải ra từ các hoạt động sinh hoạt của con người như ăn uống, tắm giặt, vệ sinh cá nhân...

- *Nước thải khác* là nước đã qua sử dụng mà không phải là NTSH.

- *HTTN* gồm mạng lưới thoát nước (đường ống, cống, kênh, mương, hồ điều hòa...), các trạm bơm thoát nước mưa, nước thải, các công trình XLNT và các công trình phụ trợ khác nhằm mục đích thu gom, chuyển tải, tiêu thoát nước mưa, nước thải, chống ngập úng và XLNT. HTTN được chia làm các loại sau đây:

✓ HTTN chung là hệ thống trong đó nước thải, nước mưa được thu gom trong cùng một hệ thống;

✓ HTTN riêng là HTTN mưa và nước thải riêng biệt.

- *Hệ thống thoát nước* là các tổ chức, cá nhân, hộ gia đình trong nước, nước ngoài sinh sống và hoạt động trên lãnh thổ Việt Nam xả nước thải vào HTTN.

- *Lưu vực thoát nước* là một khu vực nhất định mà nước mưa hoặc nước thải được thu gom vào mạng lưới thoát nước chuyển tải về nhà máy XLNT hoặc xả ra nguồn tiếp nhận.

- *Nguồn tiếp nhận* là các nguồn nước chảy thường xuyên hoặc định kỳ như sông suối, kênh rạch, ao hồ, đầm, phá, biển,...

Dựa vào điều kiện tự nhiên, đặc điểm kinh tế xã hội của các đô thị, khu dân cư và phân bố các hệ thống thoát nước sẽ có hai hình thức tổ chức thoát nước và XLNT như sau:

- *XLNT tập trung*: Nước thải của các hộ thoát nước trong một hoặc nhiều lưu vực thoát nước được thu gom qua giếng đầu nổi vào mạng lưới đường cống thoát nước để dẫn về trạm bơm, trạm/nhà máy XLNT chung cho cả lưu vực hoặc của nhiều lưu vực.

- *XLNT phi tập trung* là hình thức tổ chức xử lý phân tán tại các hộ thoát nước hoặc cụm hộ thoát nước.

Theo Thông tư số 04/2015/TT-BXD ngày 03/4/2015 của Bộ Xây dựng hướng dẫn thi hành một số điều của Nghị định số 80/2014/NĐ-CP, các giải pháp XLNT phi tập trung bao gồm:

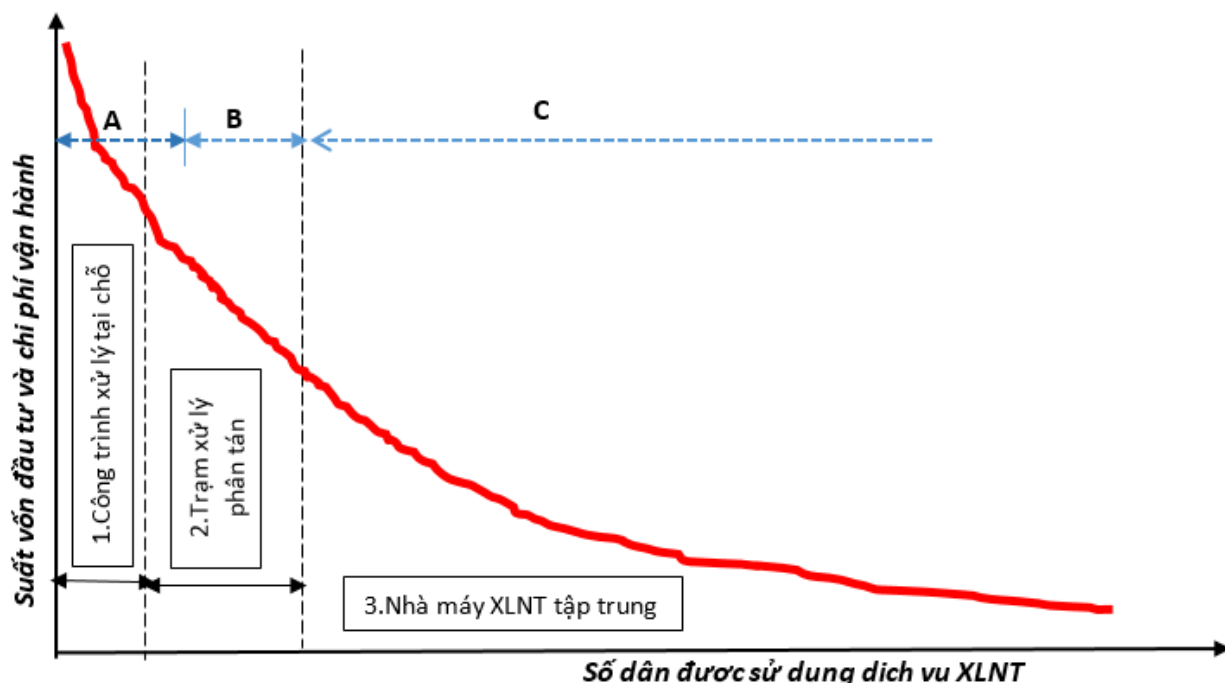
✓ *XLNT phi tập trung tại chỗ*: Thường được áp dụng đối với các hộ thoát nước riêng lẻ với tổng lượng nước thải dưới 50 m<sup>3</sup>/ngày, thiết bị/trạm XLNT được đặt ngay tại khuôn viên của hộ thoát nước.

✓ *XLNT phi tập trung theo cụm*: Thường được áp dụng đối với các hộ thoát nước ở gần nhau với tổng lượng nước thải từ 50 m<sup>3</sup>/ngày đến 200 m<sup>3</sup>/ngày. Tùy thuộc vào

điều kiện cụ thể, trạm XLNT có thể được đặt tại khuôn viên của một hộ thoát nước hoặc ở một vị trí riêng biệt, thuận lợi để thu gom nước thải từ các hộ thoát nước.

✓ *XLNT phi tập trung theo khu vực*: Thường được áp dụng trong một địa giới hành chính nhất định với tổng lượng nước thải từ 200 m<sup>3</sup>/ngày đến 1000 m<sup>3</sup>/ngày, vị trí của trạm/nhà máy XLNT theo quy hoạch xây dựng hoặc quy hoạch thoát nước được cấp có thẩm quyền phê duyệt.

Nguyên lý tổ chức thoát nước và XLNT sinh hoạt được trình bày trên **Hình 1**.



**Hình 1. Nguyên tắc tổ chức thoát nước và XLNT sinh hoạt**

Chất lượng nước thải sinh hoạt sau xử lý đảm bảo các yêu cầu quy chuẩn QCVN 14:2008/BTNMT-Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt.

Hướng dẫn này áp dụng đối với công trình XLNT sinh hoạt tại chỗ cho hộ thoát nước (hộ gia đình khu vực nông thôn) hoặc trạm XLNT theo cụm hộ gia đình khu vực nông thôn công suất dưới 100 m<sup>3</sup>/ngày (không quá 1.000 người) do Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn thực hiện (theo phân công tại Quyết định số 263/QĐ-TTg ngày 22/2/2022 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025).

Đối với trạm XLNT sinh hoạt phân tán công suất từ 100 đến 1.000 m<sup>3</sup>/ngày (cho các cụm dân cư tập trung đô thị, nông thôn, các công trình dịch vụ công cộng, số người phục vụ từ 1000 đến 10000 người); Nhà máy XLNT tập trung có công suất trên 1.000 m<sup>3</sup>/ngày (dùng cho đô thị và khu dân cư tập trung số dân trên 10.000 người, được thu gom nước thải bằng các tuyến cống kín và trạm bơm vận chuyển nước thải về nhà máy) có vị trí theo quy hoạch xây dựng hoặc quy hoạch thoát nước được cấp có thẩm quyền phê duyệt. Các quy chuẩn kỹ thuật, tiêu chuẩn kỹ thuật và văn bản pháp lý liên quan đến hệ thống thu gom và nhà máy XLNT tập trung của đô thị, khu dân cư tập trung được ban hành theo Luật Xây dựng, theo Điều 86 của Luật Bảo vệ môi trường 2020 và Nghị định số 80/2014/NĐ-CP, Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT, Thông tư số 15/2021/TT-BXD,... Hiện nay đã ban hành QCVN 07:2016/BXD về các

công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị (đang được soát xét và điều chỉnh), TCVN 7957:2023- Thoát nước: Mạng lưới và công trình bên ngoài – Yêu cầu thiết kế.

### 1.1.2. Đặc điểm nước thải sinh hoạt nông thôn

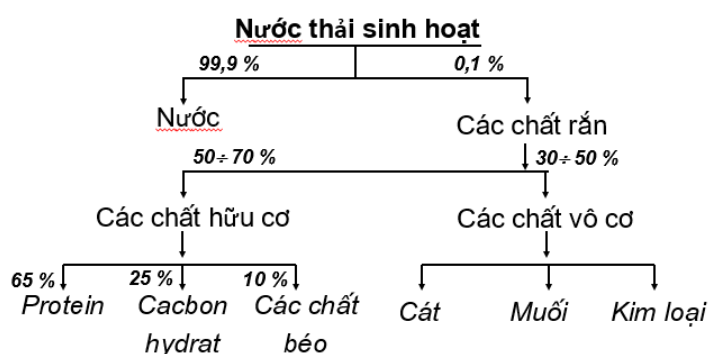
Nước thải sinh hoạt được hình thành trong quá trình sinh hoạt của người dân như vệ sinh, tắm rửa, giặt, chuẩn bị thức ăn. Lưu lượng nước thải phát sinh thường chiếm từ 65%-80% lưu lượng nước cấp đi qua đồng hồ các hộ dân, cơ quan, bệnh viện, trường học, khu thương mại, khu giải trí...

#### a) Số lượng nước thải

Lượng nước thải sinh hoạt của khu dân cư được xác định trên cơ sở nước cấp. Theo Khoản 5.1.2 TCVN 13606:2023 Cấp nước - Mạng lưới đường ống và công trình –Yêu cầu thiết kế, tiêu chuẩn dùng nước cho ăn uống sinh hoạt và các nhu cầu khác tính theo đầu người cần được xác định dựa trên các điều tra, khảo sát về thực tế sử dụng nước tại khu vực tính toán hoặc khu vực lân cận có quy mô, điều kiện thời tiết, điều kiện kinh tế - xã hội tương tự. Trường hợp không có các dữ liệu hiện trạng về mức độ sử dụng nước thì dùng theo khuyến nghị của **Bảng 2** của Tiêu chuẩn. Cụ thể là đối với điểm dân cư nông thôn, tiêu chuẩn cấp nước sinh hoạt là 60-120 L/người.ngày và tỉ lệ dân số được cấp nước là 80-95%.

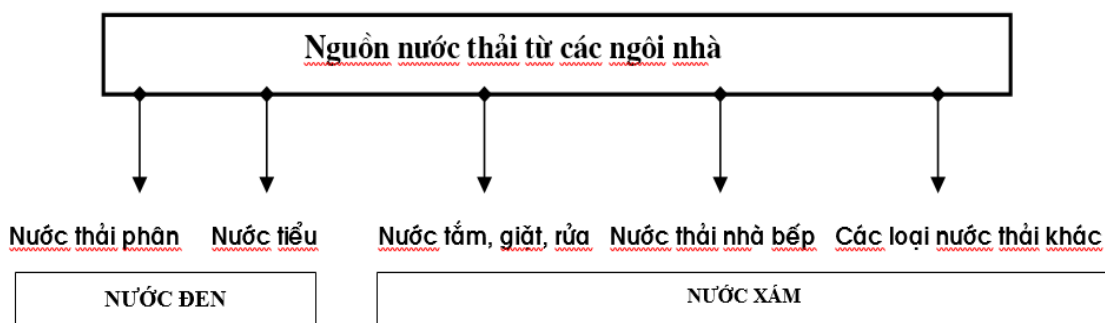
#### b) Thành phần và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt

Nước thải sinh hoạt giữa các khu vực phát sinh thường có các đặc tính và thành phần tính chất tương đương nhau. Cặn lơ lửng, chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, vi sinh vật (VSV) gây bệnh là những thành phần chủ yếu cần phải chú trọng trong quá trình XLNT. Các chỉ tiêu đặc trưng nhất của nước thải là, nhiệt độ, màu sắc, mùi vị, độ trong, độ pH, chất hữu cơ và chất vô cơ, chất lơ lửng (SS – Suspendid solid), chất lắng đọng, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), hàm lượng liên kết các chất khác nhau của nitơ, photpho, sunfat, oxi hoà tan...



**Hình 2. Các thành phần chất rắn trong nước thải sinh hoạt**

Nước thải sinh hoạt trong các hộ gia đình thường được chia thành hai loại: Nước đen và nước xám. Nước đen là nước thải hình thành từ các khu vệ sinh, chứa phân và nước tiểu nên hàm lượng cặn, nồng độ các chất hữu cơ, nitơ amoni,... cao. Nước xám là các loại nước thải sinh hoạt được hình thành từ các quá trình tắm rửa giặt giũ, chuẩn bị thức ăn, vệ sinh nhà cửa,... Nồng độ các chất hữu cơ trong nước thải loại này không cao nhưng thành phần photpho tương đối lớn.



**Hình 3. Sự hình thành các loại nước thải sinh hoạt trong ngôi nhà**

Theo trạng thái vật lý, các chất bẩn trong nước thải được chia thành: (1) Các chất không tan ở dạng lơ lửng, kích thước lớn hơn  $10^{-4}$  mm, có thể ở dạng huyền phù, nhũ tương hoặc dạng sợi, giấy, vải, cây cỏ; (2) Các tạp chất bẩn dạng keo với kích thước hạt trong khoảng  $10^{-4}$  -  $10^{-6}$  mm; và (3) Các chất bẩn dạng tan có kích thước nhỏ hơn  $10^{-6}$  mm, có thể ở dạng phân tử hoặc phân ly thành ion.

Theo bản chất hoá học, các chất ô nhiễm trong nước thải được chia thành các chất vô cơ như sắt, magie, silic, nhiều chất hữu cơ sinh hoạt như phân, nước tiểu và các chất thải khác. Những chất hữu cơ trong nước thải có thể chia thành các chất chứa nitơ và các chất chứa cacbon. Các hợp chất chứa nitơ chủ yếu như ure, porotein, amin và axit amin. các chất dinh dưỡng trong nước thải thường tồn tại dưới dạng  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{PO}_4^{3-}$ . Các hợp chất chứa cacbon như mỡ, xà phòng, hydrocacbon trong đó có cả xenlulo,...

Trong nước thải còn chứa nhiều loại sinh vật, chủ yếu là VSV với số lượng từ  $10^5$  -  $10^6$  tế bào trong 1 mililit. Nguồn chủ yếu đưa VSV vào nước thải là phân, nước tiểu và đất cát.

Thải lượng các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt có thể xác định sơ bộ theo **Bảng 22** của TCVN 7957:2023 - Thoát nước: Mạng lưới bên ngoài và công trình - các yêu cầu thiết kế.

**Bảng 1. Tải lượng ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt theo TCVN 7957:2023**

Các đại lượng	a (g/người/ngày)
Chất rắn lơ lửng (SS)	60÷65
BOD <sub>5</sub> của nước thải đã lắng	30÷35
BOD <sub>5</sub> của nước chưa lắng	55÷60
Nitơ amôni (NH <sub>4</sub> -N)	8÷10,5
Tổng photpho (TP)	1,1÷2,2

CHÚ THÍCH: Nếu các hộ thải nước có bể tự hoại thì cần xem xét giảm tải lượng SS, BOD<sub>5</sub> và TP của nước thải đã lắng. Theo kinh nghiệm, nước thải sau khi được xử lý qua bể tự hoại nồng độ SS giảm khoảng 35% đến 55%, BOD<sub>5</sub> giảm khoảng 30% đến 45% và TP giảm khoảng 25% đến 35%.

Do đặc điểm của hệ thống thoát nước (HTTN) nước thải và sự tồn tại của công trình xử lý tại chỗ (bể tự hoại), có thể sơ bộ xác định nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt ở các đô thị và khu dân cư ở Việt Nam theo **Bảng 2**.

**Bảng 2. Nồng độ các thông số ô nhiễm trong NTSH đô thị và khu dân cư**

Thông số	Loại hệ thống thoát nước			
	Hệ thống chung có kênh mương	Hệ thống chung toàn công	Hệ thống riêng có bể tự hoại	HTTN riêng không bể tự hoại
Đặc điểm HTTN	Có bể tự hoại, có cống và mương hở	Có bể tự hoại, thoát nước bằng cống ngầm	Một số khu vực không có bể tự hoại	không có bể tự hoại
SS, mg/L	70-120	100-150	150-250	200 -300
BOD <sub>5</sub> , mg/L	50-100	70-120	150 - 220	190 – 300
TN, mg/L	30-45	35 -45	45 - 55	45 – 60
NH <sub>4</sub> -N, mg/L	30-40	35-40	40 - 50	45 – 55
TP, mg/L	4 - 6	5 – 6,5	6 – 7,5	7 – 8,6

[Nguồn: *Trần Đức Hạ, 2019*]

## 1.2. Quá trình xử lý nước thải

### 1.2.1. Các yêu cầu loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải

**Bảng 3. Các thành phần ô nhiễm cần được loại bỏ trong quá trình xử lý nước thải sinh hoạt**

Loại chất ô nhiễm	Tác động tới môi trường
<b>Chất rắn lơ lửng</b>	Tạo bùn lắng, nếu tồn tại trong nước thải chưa được xử lý xả ra môi trường, bùn lắng hữu cơ sẽ thối rữa, phân huỷ kỵ khí gây mùi và nhanh chóng thu hẹp (độ sâu) dòng chảy.
<b>Các chất hữu cơ dễ phân huỷ sinh học</b>	Các chất như protein, hydrat cacbon, mỡ là các chất hữu cơ dễ bị phân huỷ sinh học và được xác định bằng các trị số BOD, COD. Nếu nước thải xả ra môi trường sẽ diễn ra quá trình ổn định, phân huỷ sinh học các chất đó, tiêu thụ và làm thiếu hụt nguồn oxy tự nhiên, tạo điều kiện thối rữa, phân huỷ kỵ khí.
<b>Các vi sinh vật gây bệnh</b>	Các bệnh truyền nhiễm liên quan đến đường truyền bệnh là nước đều có liên quan tới các vi sinh vật có trong nước thải
<b>Các chất dinh dưỡng (N, P)</b>	Khi xả các chất này vào môi trường nước, các chất này sẽ có thể dẫn đến hiện tượng phát triển các loài vi sinh vật nước không mong muốn, gây nên hiện tượng phú dưỡng nguồn nước gây tái nhiễm bản nguồn nước. Khi xả quá nhiều chất dinh dưỡng vào đất, chúng có thể gây ô nhiễm nước dưới đất.
<b>Các chất ô nhiễm</b>	Các hợp chất hữu cơ, vô cơ, lựa chọn trên cơ sở đặc tính đã biết của

<b>đặc biệt</b>	chúng như gây ung thư, biến dị, hoặc có tính độc cao. Nhiều trong số những hợp chất này có thể có mặt trong nước thải.
<b>Các chất hữu cơ khó xử lý</b>	Các chất này có tính bền vững mà các phương pháp xử lý thông thường không thể khử được. Thí dụ điển hình là các chất hoạt động bề mặt, các chất phenon, các chất trừ sâu diệt cỏ trong nông nghiệp
<b>Các kim loại nặng</b>	Các kim loại nặng thường chứa trong nước thải từ các hoạt động công nghiệp, thương mại và có thể phải loại bỏ khi tái sử dụng nước thải.
<b>Các chất vô cơ hoà tan</b>	Các chất vô cơ như canxi, natri, sunfat khi lẫn tổng nước cấp sinh hoạt ngay từ đầu và sau khi sử dụng chúng vẫn tồn tại. Cần thiết phải loại bỏ chúng nếu dùng lại nước thải.

[Nguồn: *George Tchobanoglous, Franklin Burton và cộng sự. (2017)*]

Nước thải tại các khu vực nông thôn thường phát sinh ở mức vừa và nhỏ, hàm lượng các chất ô nhiễm như chất hữu cơ, chất dinh dưỡng thường ở mức thấp và trung bình do bị pha loãng với nước mưa, nước rửa khi vận chuyển trong hệ thống cống chung. Ngoài trừ, các khu vực chăn nuôi có phát sinh nước thải từ hoạt động này thì nước thải sẽ có hàm lượng các chất ô nhiễm cao hơn. Một số khu vực nông thôn có các hoạt động sản xuất làng nghề còn phát sinh nước thải từ các hoạt động sản xuất hay còn gọi là nước thải làng nghề. Nước thải làng nghề mang những tính chất riêng phụ thuộc vào loại hình và công nghệ sản xuất của làng nghề. Các làng nghề sản xuất sản phẩm từ nông sản như bún, miến thì nước thải thường có hàm lượng chất hữu cơ, chất dinh dưỡng rất cao, trong khi đó các làng nghề đúc đồng, tái chế kim loại thì nước thải lại chứa nhiều kim loại nặng và các hóa chất. Chính vì thế việc nghiên cứu các công nghệ xử lý nước thải nông thôn cần xem xét, chú ý tới các đặc điểm, tính chất của nước thải phát sinh. Ngoài ra, khu vực nông thôn cũng bị hạn chế bởi các yếu tố như mặt bằng, vị trí lắp đặt, quản lý vận hành sửa chữa các thiết bị, điện năng tiêu thụ cũng như năng lực của các cán bộ quản lý vận hành nên các công nghệ đề xuất áp dụng cho các vùng nông thôn thường yêu cầu phải đơn giản thuận tiện, lắp đặt dễ dàng, đơn giản trong sửa chữa và quản lý vận hành.

Các chỉ tiêu đầu ra của nước thải sau xử lý được quy định bởi các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 14:2008/BTNMT về nước thải sinh hoạt, tập trung vào các hộ (đối tượng) thoát nước là khách sạn, tòa nhà văn phòng, trường học, các cơ sở nghiên cứu, cửa hàng, siêu thị, chợ, nhà hàng, các cơ sở sản xuất, chung cư và nhà ở hộ gia đình,...

**Bảng 4. Yêu cầu nước thải sinh hoạt phi tập trung xả ra nguồn tiếp nhận**

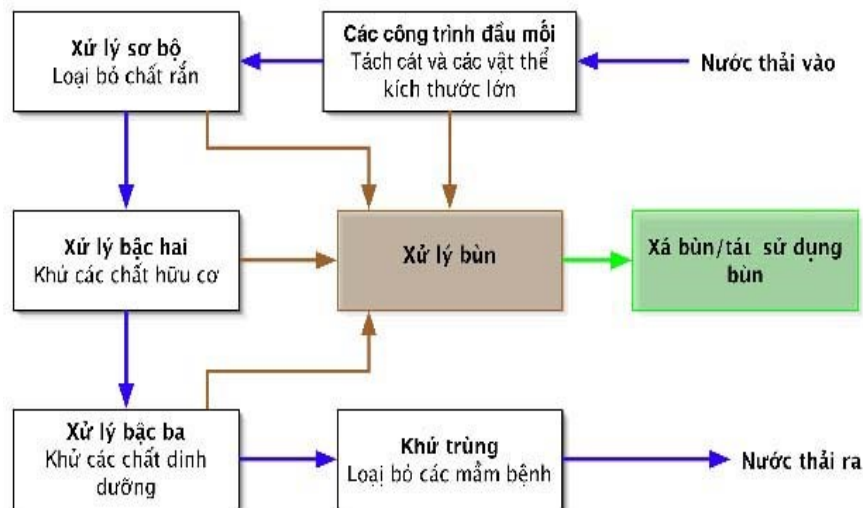
Chỉ tiêu	Đơn vị	QCVN 14:2008/BTNMT	
		Cột A	Cột B
BOD	mg/L	30	50
COD	mg/L	N/A	N/A
TSS	mg/L	50	100

NH <sub>4</sub> -N	mg/L	5	10
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	30	50
Tổng Phốt pho	mg/L	6	10
Coliform	MPN/100mL	3,000	5,000

Nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải được quy định sao cho phù hợp với khả năng tiếp nhận của nguồn nước. Trong **Bảng 4** cột A quy định giá trị các thông số ô nhiễm làm cơ sở tính toán giá trị tối đa cho phép trong nước thải khi thải vào các nguồn nước mặt được dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt và cột B quy định đối với nước thải khi thải vào các nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt.

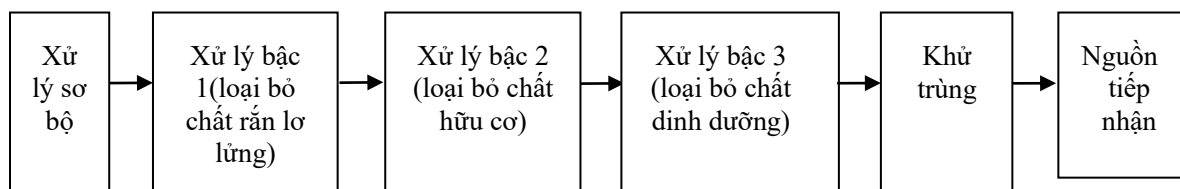
### 1.2.2. Cơ chế các quá trình xử lý nước thải sinh hoạt

Mục đích quá trình XLNT sinh hoạt đô thị và khu dân cư là giảm thiểu ô nhiễm môi trường và loại bỏ các mầm bệnh có thể gây ra các dịch bệnh bằng các biện pháp thực hiện để làm giảm nồng độ cặn, các chất hữu cơ (COD/BOD), các chất dinh dưỡng và vi khuẩn gây bệnh (coliform, E.coli) trên nguyên tắc chuyển các thành phần ô nhiễm từ pha lỏng thành các pha rắn (bùn cặn) và pha khí để dễ xử lý và loại bỏ tiếp tục. Các phương pháp XLNT phải đơn giản, kinh tế, thân thiện với môi trường. Nguyên tắc XLNT sinh hoạt thể hiện trên **Hình 4**.



**Hình 4. Sơ đồ tổng quát các quy trình xử lý nước thải**

Quá trình xử lý nước thải bao gồm các bậc xử lý khác nhau, từ xử lý sơ bộ các chất rắn có kích thước lớn đến bước cuối cùng là khử trùng trước khi xả ra nguồn tiếp nhận.

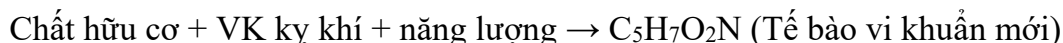


**Hình 5. Sơ đồ tổng quát quy trình xử lý nước thải sinh hoạt**

Chất hữu cơ và các chất dinh dưỡng N, P trong nước thải chủ yếu được xử lý thông qua hai quá trình sinh học chính là quá trình hiếu khí và kỵ khí.

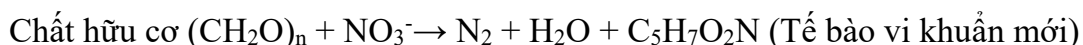
*a) Quá trình kỵ khí*

Trong các bể yếm khí (bể anaerobic) khi duy trì hàm lượng oxy hòa tan trong đó bằng 0, xảy ra quá trình phân hủy các chất hữu cơ hòa tan và các chất dạng keo trong nước thải với sự tham gia của các vi khuẩn (VK) kỵ khí. Trong quá trình sinh trưởng và phát triển, VK kỵ khí sẽ phân hủy các chất hữu cơ bằng cơ chế hấp thụ (chất hữu cơ dạng hòa tan hoặc keo) hoặc lên men trong mức cơ chất (chất hữu cơ không hòa tan) có trong nước thải, theo các phương trình hóa học cơ bản:



Quá trình phân hủy kỵ khí được chia thành 3 giai đoạn chính: phân hủy các chất hữu cơ cao phân tử, tạo các axit, tạo Methane. Hỗn hợp khí sinh ra thường được gọi là khí sinh học hay biogas, có thành phần: Methane (CH<sub>4</sub>): 55 ÷ 65%; Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>): 35 ÷ 45%; Nitrogen (N<sub>2</sub>): 0 ÷ 3%; Hydrogen (H<sub>2</sub>): 0 ÷ 1% và Hydrogen Sulphide (H<sub>2</sub>S): 0 ÷ 1%. Methane có nhiệt trị cao (gần 9000 Kcal/m<sup>3</sup>). Nhiệt trị của khí Biogas khoảng 4500 ÷ 6000 Kcal/m<sup>3</sup>. Nên trong quá trình kỵ khí ở các công trình lớn người ra có thể tận thu khí Biogas làm chất đốt.

Một quá trình kỵ khí khác diễn ra trong các bể/ ngăn thiếu khí (anoxic) với hàm lượng oxy hòa tan trong đó dưới 0,5 mg/L. Trong công trình này kết hợp cả hai quá trình oxy hóa sinh hóa chất hữu cơ bởi oxy liên kết dạng nitrat (NO<sub>3</sub>) và loại bỏ nitơ dưới dạng N<sub>2</sub> bay lên từ phản ứng khử nitrat. Các loại vi khuẩn kỵ khí tùy tiện sẽ dùng oxy liên kết để oxy hóa các chất hữu cơ theo phương trình sau:



Để khử 1g nitrat cần 2,86 g chất hữu cơ tính theo COD và thu được 4,35 g HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> khi nguồn nitơ để tổng hợp tế bào là nitrat hoặc 3,7 g HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> khi nguồn nitơ tổng hợp tế bào là amoni. Lượng sinh khối thu được từ quá trình khử nitrat nằm trong khoảng 0,46 - 0,69 g/g tính theo chất hữu cơ.

*b) Quá trình hiếu khí*

Đây là bể xử lý sử dụng chủng vi sinh vật hiếu khí để phân hủy chất thải trong điều kiện nồng độ oxy hòa tan trong đó phải lớn hơn 1,5 mg/L. Trong bể này, các vi sinh vật (còn gọi là bùn hoạt tính) tồn tại ở dạng lơ lửng sẽ hấp thụ oxy và chất hữu cơ (chất ô nhiễm) và sử dụng chất dinh dưỡng là Nitơ & Photpho để tổng hợp tế bào mới và giải phóng CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O năng lượng, và các sản phẩm khác. Ngoài quá trình tổng hợp tế bào mới, tồn tại phản ứng phân hủy nội sinh (các tế bào vi sinh vật già sẽ tự phân hủy) làm giảm số lượng bùn hoạt tính. Tuy nhiên quá trình tổng hợp tế bào mới vẫn



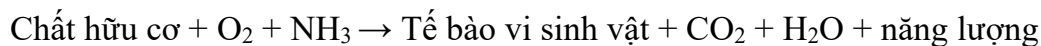
chiếm ưu thế do trong bể duy trì các điều kiện tối ưu vì vậy số lượng tế bào mới tạo thành nhiều hơn tế bào bị phân hủy và tạo thành bùn dư cần phải được thải bỏ định kỳ.

Các phản ứng chính xảy ra trong bể xử lý sinh học hiếu khí như:

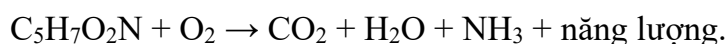
- *Quá trình Oxy hóa và phân hủy chất hữu cơ:*



- *Quá trình tổng hợp tế bào mới:*



- *Quá trình phân hủy nội sinh:*



- *Quá trình nitrat hóa:*



Trong quá trình hiếu khí, lượng oxy cần thiết cho oxy hóa sinh hóa hoàn toàn chất hữu cơ là khoảng 1,2-1,5 g O<sub>2</sub> vi khuẩn hấp thụ được cho 1 g BOD<sub>5</sub> và 4,57 g oxy/g nitơ trong hợp chất amoni (NH<sub>4</sub>-N).

Trong môi trường thiếu oxy, các loại vi khuẩn này sẽ khử Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) và Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) theo chuỗi chuyển hóa: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NO<sub>2</sub><sup>-</sup> → N<sub>2</sub>O → N<sub>2</sub>↑. Khí nitơ phân tử N<sub>2</sub> tạo thành sẽ thoát khỏi nước và ra ngoài. Như vậy là nitơ đã được xử lý.

*c) Khử trùng nước thải*

Khử trùng là khâu cuối cùng của quá trình XLNT sinh hoạt để loại bỏ các mầm bệnh do VSV có trong nước thải gây ra khi nước thải xả vào nguồn tiếp nhận. Khử trùng có thể bằng phương pháp hóa học (hóa chất), vật lý và sinh học.

Tác dụng khử trùng của hóa chất là phá vỡ cấu trúc tế bào VSV, qua đó ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất, tổng hợp sinh khối và phát triển của chúng. Tính năng khử trùng phụ thuộc vào tốc độ khuếch tán của chúng qua màng tế bào vi khuẩn.

Đối với phương pháp vật lý, hiện nay thường dùng bức xạ UV để khử trùng. Với năng lượng bước sóng 250-280nm, bức xạ UV vô hiệu hóa được các tế bào VSV. ánh sáng UV gây thiệt hại di truyền do xuyên vào nhân tế bào, khi các sợi ADN của vi khuẩn hấp phụ sẽ bị “đứt, gãy” thành nhiều đoạn dẫn đến vi khuẩn bị bất hoạt và không thể sinh sản. Sự hấp thụ tối đa bức xạ UV trong vùng bước sóng λ = 252-260 nm.

Trong hồ sinh học với thời gian lưu nước lớn (thường từ 1 tuần đến hàng tháng), bức xạ ánh sáng mặt trời tác động tiêu cực đối với sự phát triển của vi khuẩn gây bệnh. Đồng thời do quan hệ đối kháng, vi khuẩn gây bệnh sẽ bị tiêu diệt sau một thời gian dài tiếp xúc với các loại vi khuẩn hiếu khí phân hủy chất hữu cơ có trong hồ sinh học.

## **2. CÔNG NGHỆ VÀ CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT HỘ GIA ĐÌNH VÀ CỤM DÂN CƯ NÔNG THÔN**

### **2.1. Sơ đồ thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt hộ gia đình và cụm dân cư nông thôn**

### 2.1.1. Phân cấp xử lý nước thải cụm dân cư nông thôn

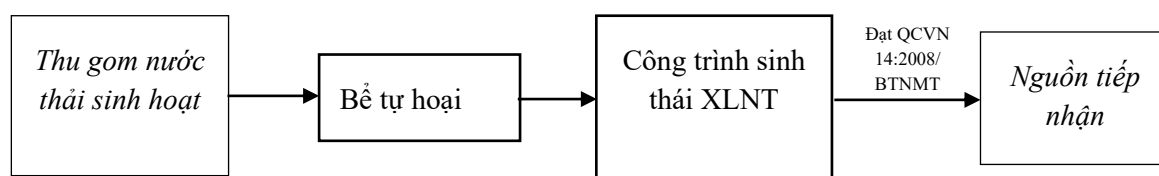
Trong khu vực nông thôn, khi nước thải không được thu gom tập trung bằng các đường ống/cống thoát nước thải thì nước thải sẽ được tổ chức thu gom xử lý riêng rẽ (phi tập trung) tại các hộ thoát nước là các gia đình, các công trình công cộng (trụ sở UBND, nhà văn hóa, trường học, trạm xá,...) hoặc cụm hộ gia đình với lưu lượng nước thải  $\leq 100 \text{ m}^3/\text{ngày}$ . Phân quy mô XLNT sinh hoạt phi tập trung khu vực nông thôn theo các tiêu chí nêu trong **Bảng 5**.

**Bảng 5. Tiêu chí các mô hình XLNT sinh hoạt nông thôn**

Các tiêu chí	Các mô hình khu vực nông thôn		
	Hộ gia đình	Công trình công cộng	Cụm dân cư
Quy mô thải nước	1-3 m <sup>3</sup> /ngày	20-30 m <sup>3</sup> /ngày	20-50 m <sup>3</sup> /ngày
Tính chất nước thải	Nước thải sinh hoạt	Nước thải sinh hoạt	Nước thải sinh hoạt có thể lẫn nước nước thải sản xuất
Điều kiện diện tích, yêu cầu mỹ quan	Không bị giới hạn, thường có vườn ao sau nhà	Giới hạn diện tích, yêu cầu tính mỹ quan, thẩm mỹ cao.	Không bị giới hạn (diện tích phía cuối khu dân cư là cánh đồng)
Điều kiện, trình độ vận hành, chi phí vận hành	Chủ hộ, hạn chế về chi phí vận hành.	Cán bộ vận hành có trình độ, có cơ chế, quy định rõ ràng về chi phí vận hành	Trưởng cụm hoặc các hộ dân, trung bình, hạn chế về cơ chế, chi phí quản lý vận hành.

### 2.1.2. Các sơ đồ thu gom và XLNT sinh hoạt tại hộ gia đình

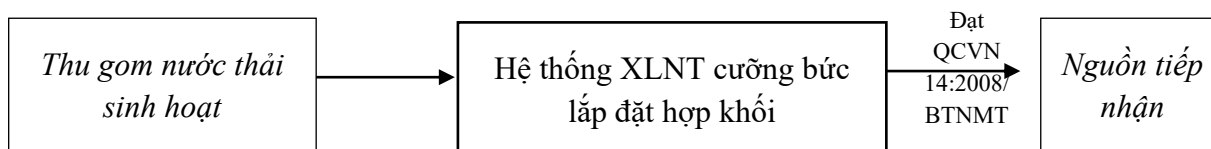
#### a) Sơ đồ XLNT hộ gia đình với bể tự hoại và các công trình sinh thái



**Hình 6. Sơ đồ XLNT hộ gia đình với bể tự hoại và các công trình sinh thái**

Trên sơ đồ XLNT sinh hoạt hộ gia đình (từ 2 đến 10 người), nước thải từ các thiết bị vệ sinh, nước lau rửa nhà, chuẩn bị thức ăn,... thu gom trực tiếp vào bể tự hoại (1 đến 3 ngăn) sau đó được xử lý tiếp tục tại các công trình sinh thái (bãi lọc trồng cây hoặc/và ao sinh học). Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh hoặc trực tiếp vào giếng thấm khi mực nước ngầm trong khuôn viên hộ gia đình sâu trên 1,5 m).

#### b) Sơ đồ XLNT hộ gia đình bằng hệ thống công trình và thiết bị hợp khối

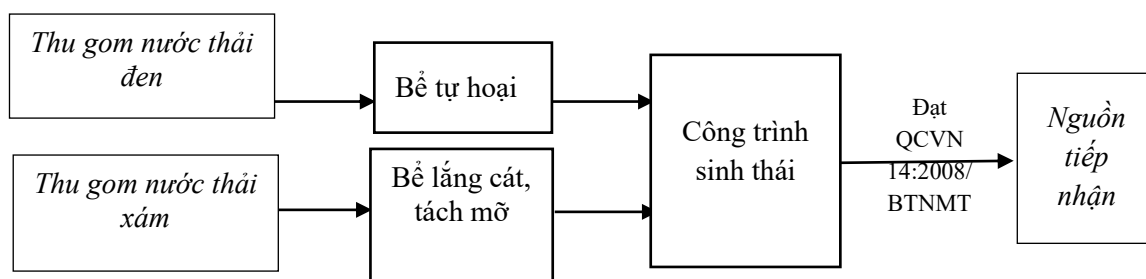


### Hình 7. Sơ đồ XLNT hộ gia đình bằng hệ thống công trình và thiết bị hợp khối

Toàn bộ các loại nước thải sinh hoạt hộ gia đình được thu gom đưa về công trình tích hợp các quá trình xử lý: lắng phân cặn và lên men yếm khí phân cặn lắng, xử lý sinh học nước thải (các quá trình kị khí như lọc kị khí hoặc khử nitrat thiếu khí, bùn hoạt tính hoặc giá thể vi sinh di động hiếu khí, khử trùng bằng muối hypoclorit dạng viên TCCA,...) để nước thải đạt cột A hoặc B của QCVN 14:2008/BTNMT trước khi xả ra kênh mương, ao hồ xung quanh.

Công trình XLNT hợp khối có thể được xây dựng bằng gạch, BTCT, hoặc chế tạo sẵn bằng vật liệu composite cốt sợi thủy tinh – FRP (thường được gọi là bể johkasou), dùng cho hộ gia đình từ 5 đến 10 người. Công trình lắp đặt nổi, nửa chìm nửa nổi hoặc chìm trong đất, phụ thuộc vào điều kiện xây dựng của từng hộ gia đình. Các bể johkasou dùng cho hộ gia đình thường có quy mô công suất 3 đến 5 m<sup>3</sup>/ngày.

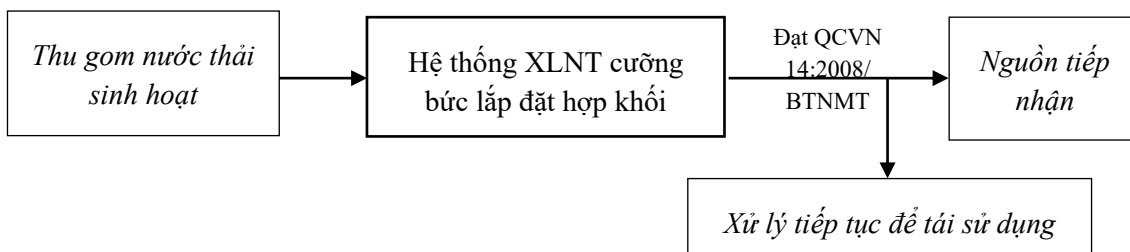
c) Sơ đồ XLNT hộ gia đình khi tách riêng nước thải đen và nước thải xám.



### Hình 8. Sơ đồ XLNT hộ gia đình khi tách riêng nước thải đen và nước thải xám

Theo sơ đồ nêu trên **Hình 8**, nước thải hộ gia đình được tách riêng ra 2 nhóm: nước đen (nước từ các phòng vệ sinh) qua bể tự hoại (1 hoặc 2 ngăn) và nước thải xám (nước thải từ khu vực bếp ăn, tắm giặt, vệ sinh sàn nhà,..) đưa về bể lắng cát và tách mỡ. Sau khi xử lý sơ bộ, 2 dòng nước đen và nước xám tập trung vào hố gom để bơm về xử lý tiếp tục tại các công trình sinh thái (bãi lọc trồng cây hoặc/và ao sinh học). Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh).

d) Sơ đồ xử lý và tái sử dụng nước thải sinh hoạt hộ gia đình

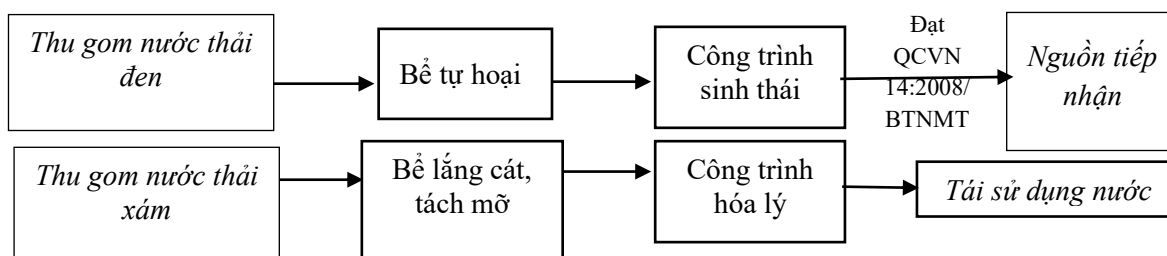


### Hình 9. Sơ đồ xử lý và tái sử dụng nước thải sinh hoạt hộ gia đình

Theo sơ đồ nêu trên **Hình 9**, toàn bộ các loại nước thải sinh hoạt hộ gia đình được thu gom đưa về hệ thống hợp khối với các quá trình xử lý: lắng phân cặn và lên men yếm khí phân cặn lắng, xử lý sinh học nước thải (các quá trình kị khí như lọc kị khí hoặc khử nitrat thiếu khí, bùn hoạt tính hoặc giá thể vi sinh di động hiếu khí, khử trùng bằng muối hypoclorit dạng viên TCCA,..) để nước thải đạt cột A của QCVN

14:2008/BTNMT trước để xả ra xả ra kênh mương, ao hồ xung quanh. Ngoài ra một phần được xử lý tiếp tục như lọc cát, khử trùng,.. để tái sử dụng lại tưới cây, rửa đường, rửa sân, chuồng trại,.. hoặc xả vào ao để nuôi cá theo mô hình VAC.

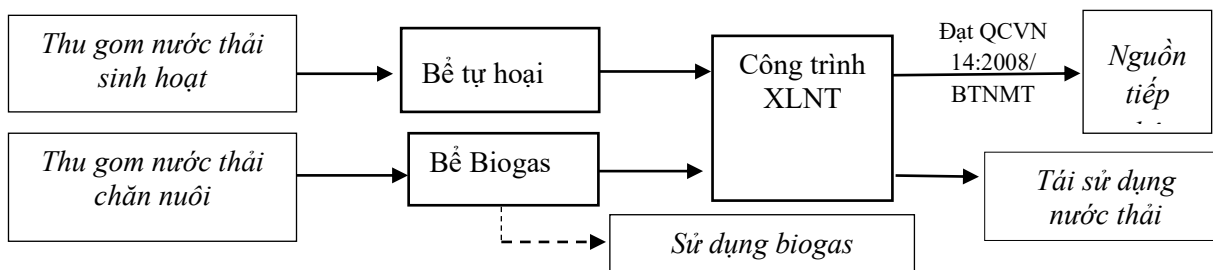
e) Sơ đồ xử lý tách riêng nước đen và nước xám.



**Hình 10. Sơ đồ xử lý tách riêng nước đen và nước xám**

Theo sơ đồ nêu trên **Hình 10**, nước thải hộ gia đình được tách riêng ra 2 nhóm: nước đen (nước từ các phòng vệ sinh) qua bể tự hoại (1 hoặc 2 ngăn) và nước thải xám (nước thải từ khu vực bếp ăn, tắm giặt, vệ sinh sàn nhà,..) đưa về bể lắng cát và tách mỡ. Sau khi xử lý sơ bộ, dòng nước đen đi xử lý sinh thái (bãi lọc trồng cây hoặc/và ao sinh học). Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh) và nước xám tập trung vào hố gom để bơm về xử lý tiếp tục tại các công trình hóa lý như bể lọc cát, bể lọc cát kết hợp hấp phụ zeolite và khử trùng bằng cloramin A, clorua vôi,... để tái sử dụng đội nhà vệ sinh, rửa sàn,...

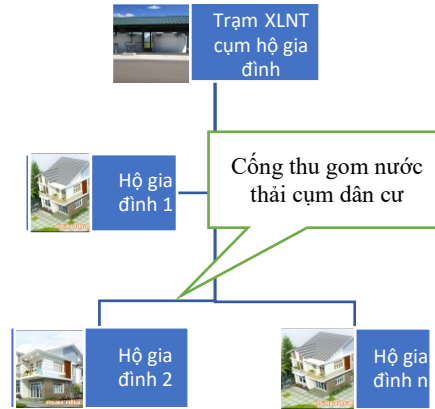
f) Sơ đồ xử lý nước thải sinh hoạt kết hợp với nước thải chăn nuôi hộ gia đình



**Hình 11. Sơ đồ xử lý NTSH kết hợp với nước thải chăn nuôi hộ gia đình**

Trong trường hợp hộ gia đình có chăn nuôi, theo sơ đồ **Hình 11**, nước thải chăn nuôi (chuồng nuôi heo, bò,...) cùng phân gia súc được đưa vào bể biogas để xử lý trong điều kiện yếm khí. Nước thải chăn nuôi sau khi qua bể (hầm) biogas và nước thải sinh hoạt xử lý sơ bộ trong bể tự hoại được tập trung vào bể điều hòa để đưa về hệ thống xử lý sinh học nước thải cường bức như hệ aeroten AO, lọc sinh học kị khí kết hợp sinh học nhỏ giọt, hệ thống johkasou,.... Dòng nước thải chung sau khi đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT sẽ xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh) và tuần hoàn để tái sử dụng tưới cây hoặc vệ sinh chuồng trại. Khí biogas tạo thành được thu gom để làm nguồn nhiên liệu cho các hoạt động sinh hoạt tại hộ gia đình nông thôn.

### 2.1.3. Các sơ đồ thu gom và xử lý nước thải cụm hộ gia đình



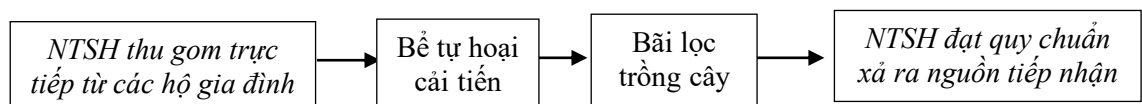
**Hình 12. Sơ đồ tổ chức thu gom và XLNT cụm dân cư nông thôn**

Theo Thông tư số 04/2015/TT-BXD các dây chuyền công nghệ XLNT sinh hoạt phi tập trung có thể thiết lập trên cơ sở các công trình sau đây:

- Bể tự hoại;
- Bể lọc kỵ khí có vách ngăn;
- Bể tự hoại cải tiến có vách ngăn và ngăn lọc kỵ khí dòng hướng lên;
- Hồ kỵ khí, hồ hiếu-kỵ khí, hồ ổn định;
- Bãi lọc trồng cây;
- Bể phản ứng theo mẻ;
- Các công trình khác.

Trạm XLNT theo cụm hộ gia đình khu vực nông thôn công suất dưới 100 m<sup>3</sup>/ngày (không quá 1000 người). Các sơ đồ công nghệ trạm XLNT sinh hoạt quy mô cụm hộ gia đình công suất dưới 100 m<sup>3</sup>/ngày như sau.

#### a) Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình theo công nghệ DEWATS



**Hình 13. Sơ đồ xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ DEWATS**

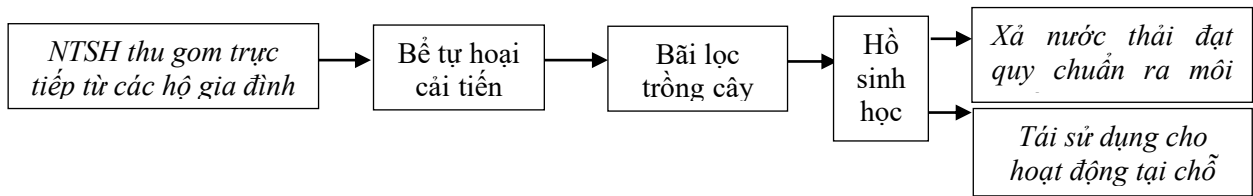
Công nghệ DEWATS do tổ chức Bremen Overseas Research and Development Association (viết tắt là BORDA) - Hiệp hội Nghiên cứu và phát triển Bremen (là một tổ chức phi chính phủ, phi lợi nhuận) Cộng hòa Liên bang Đức, phát triển từ năm 1977. Đây là công nghệ XLNT chi phí thấp, tiếp cận trên nguyên tắc của hệ thống xử lý nước thải phân tán DEWATS (Decentralized Wasterwater Treatment System) cho cụm hộ gia đình.

Nước thải sinh hoạt các hộ gia đình trong một cụm được thu gom bằng đường ống để trực tiếp vào bể tự hoại cải tiến, sau đó được xử lý tiếp tục tại các công trình sinh thái (bãi lọc trồng cây). Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh...).

Sơ đồ công nghệ XLNT trên sơ đồ **Hình 13** phù hợp để XLNT sinh hoạt cụm các hộ gia đình với lưu lượng nước thải từ vài m<sup>3</sup>/ngày đến 30 m<sup>3</sup>/ngày (20 đến 300 người)

với điều kiện các hộ gia đình gần nhau và trong phạm vi cụm hộ gia đình này có diện tích đất khoảng vài trăm m<sup>2</sup> để bố trí bãi lọc trồng cây.

b) Sơ đồ XLNT theo công nghệ DEWATS có hồ sinh học và tái sử dụng nước thải

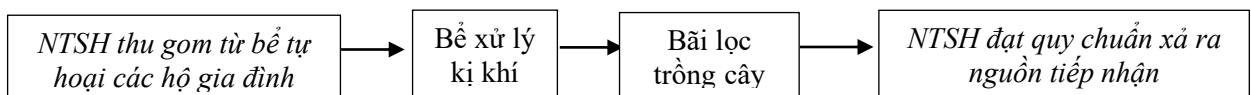


**Hình 14. Sơ đồ XLNT sinh hoạt theo công nghệ DEWATS có hồ sinh học và tái sử dụng nước thải**

Theo sơ đồ **Hình 14**, Nước thải sinh hoạt các hộ gia đình trong một cụm được thu gom bằng đường ống để trực tiếp vào bể tự hoại cải tiến, sau đó được xử lý tiếp tục tại các công trình sinh thái (bãi lọc trồng cây, hồ sinh học). Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh) và một phần được tái sử dụng để nuôi trồng thủy sinh, tưới cây, rửa đường, ...

Dây chuyền công nghệ XLNT này phù hợp cho các cụm hộ gia đình nông thôn từ 50 đến 500 người với lưu lượng nước thải trung bình từ 5 đến 50 m<sup>3</sup>/ngày.

c) Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí và bãi lọc trồng cây

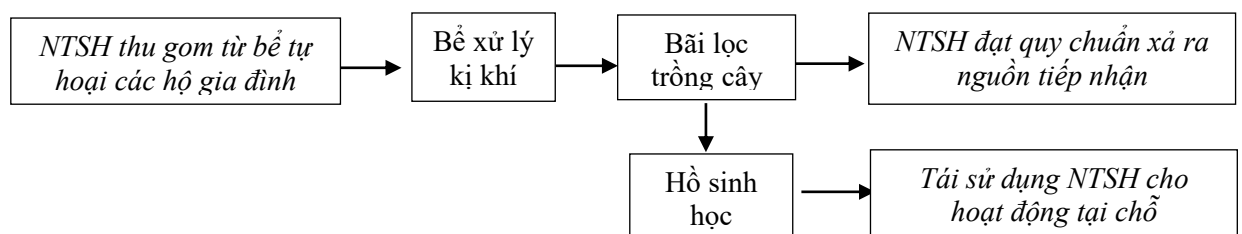


**Hình 15. Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí và bãi lọc trồng cây**

Theo sơ đồ **Hình 15**, nước thải các hộ gia đình được xử lý sơ bộ tại chỗ trong các bể tự hoại, sau đó được dẫn về trạm XLNT với các công trình bể lọc kị khí và bãi lọc trồng cây. Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh).

Dây chuyền công nghệ XLNT này phù hợp cho các cụm hộ gia đình nông thôn từ 100 đến 500 người với lưu lượng nước thải trung bình từ 10 đến 50 m<sup>3</sup>/ngày.

d) Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí, bãi lọc trồng cây và tái sử dụng nước thải

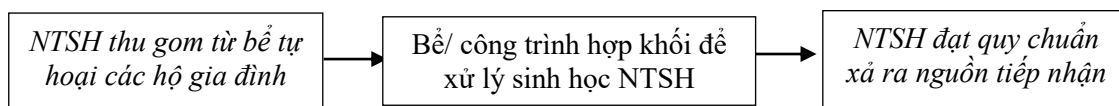


**Hình 16. Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí, bãi lọc trồng cây và tái sử dụng nước thải**

Theo sơ đồ **Hình 16**, nước thải các hộ gia đình được xử lý sơ bộ tại chỗ trong các bể tự hoại, sau đó được dẫn về trạm XLNT với các công trình bể lọc kị khí và bãi lọc trồng cây với chất lượng nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh). Một phần nước thải sau bãi lọc trồng cây được bổ cập cho hồ sinh học hoặc hồ điều hòa trong cụm dân cư để tái sử dụng cho tưới cây, nuôi cá hoặc tạo cảnh quan khu vực.

Dây chuyền công nghệ XLNT này phù hợp cho các cụm hộ gia đình nông thôn từ 100 đến 700 người với lưu lượng nước thải trung bình từ 10 đến 70 m<sup>3</sup>/ngày.

e) *Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình trong điều kiện nhân tạo bằng công trình hợp khối*

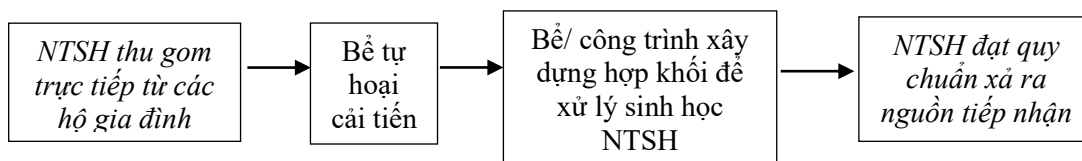


**Hình 17. Sơ đồ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình trong điều kiện nhân tạo bằng công trình hợp khối**

Theo sơ đồ **Hình 17**, nước thải các hộ gia đình được xử lý sơ bộ tại chỗ trong các bể tự hoại, sau đó được dẫn về trạm XLNT với các công trình XLNT bằng phương pháp sinh học hoạt động cường bức (trong điều kiện nhân tạo) được lắp đặt hợp khối. Đó là các loại công trình bùn hoạt tính hệ AO, bể lọc sinh học, ... được xây dựng tại chỗ bằng BTCT hoặc chế tạo sẵn bằng FRP. Nước thải sau xử lý đạt giá trị cột B hoặc cột A của QCVN 14:2008/BTNMT để xả ra thủy vực tiếp nhận (kênh mương, ao hồ xung quanh).

Dây chuyền công nghệ XLNT này phù hợp cho các cụm hộ gia đình nông thôn từ 100 đến 1000 người với lưu lượng nước thải trung bình từ 10 đến 100 m<sup>3</sup>/ngày với điều kiện đất đai khu vực hạn chế hoặc phải lắp đặt các bể johkasou trong điều kiện thi công xây dựng khó khăn.

f) *Sơ đồ XLNT sinh hoạt không qua bể tự hoại từ cụm hộ gia đình trong điều kiện nhân tạo bằng công trình xây dựng hợp khối*

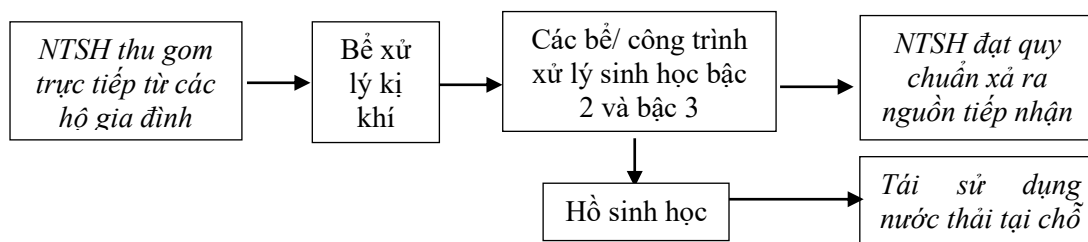


**Hình 18. Sơ đồ XLNT sinh hoạt không qua bể tự hoại từ cụm hộ gia đình trong điều kiện nhân tạo bằng công trình xây dựng hợp khối**

Theo sơ đồ **Hình 18**, nước thải sinh hoạt được thu gom trực tiếp từ các hộ gia đình sau đó xử lý kị khí trong bể yếm khí (dạng bể tự hoại cải tiến) tập trung sau đó qua các công trình xử lý sinh học nước thải trong điều kiện cường bức (nhân tạo) và khử trùng bằng thiết bị UV hoặc nước javen đạt quy chuẩn môi trường để xả ra bên ngoài.

Dây chuyền công nghệ XLNT này phù hợp cho các cụm hộ gia đình nông thôn từ 100 đến 1000 người với lưu lượng nước thải trung bình từ 10 đến 100 m<sup>3</sup>/ngày với điều kiện đất đai khu vực hạn chế.

g) Sơ đồ XLNT sinh hoạt bằng các công trình sinh học trong điều kiện nhân tạo có tái sử dụng nước thải



**Hình 19. Sơ đồ XLNT sinh hoạt bằng các công trình sinh học trong điều kiện nhân tạo có tái sử dụng nước thải**

Theo sơ đồ **Hình 19**, nước thải sinh hoạt được thu gom trực tiếp từ các hộ gia đình sau đó xử lý kỵ khí trong bể yếm khí (dạng bể tự hoại cải tiến) tập trung sau đó qua các công trình xử lý sinh học nước thải trong điều kiện cưỡng bức (nhân tạo) để xử lý các chất hữu cơ và các chất dinh dưỡng N, P. Sau khi khử trùng bằng thiết bị UV hoặc nước javen đạt quy chuẩn môi trường để xả ra bên ngoài hoặc tái sử dụng trong khu vực cụm dân cư.

Để tăng hiệu quả tái sử dụng nước thải cho mục đích tưới cây, rửa đường, phòng cháy chữa cháy,... nước thải sau xử lý tại các công trình sinh học cưỡng bức đưa về hồ sinh học để tiếp tục ổn định. Hồ sinh học có thể sử dụng nuôi cá, trồng thủy sinh vật, tạo cảnh quan,...

Dây chuyền công nghệ XLNT này phù hợp cho các cụm hộ gia đình nông thôn từ 100 đến 1.000 người với lưu lượng nước thải trung bình từ 10 đến 100 m<sup>3</sup>/ngày với điều kiện đất đai khu vực không hạn chế.

#### 2.1.4. Lựa chọn công nghệ XLNT phù hợp cho cụm hộ dân cư nông thôn

##### a) Tiêu chí lựa chọn

Tiêu chí lựa chọn công nghệ để xử lý nước thải phi tập trung theo Điều 1. Quản lý xử lý nước thải phi tập trung của Thông tư số 04/2015/TT-BXD như sau:

- (i) Quy mô công suất trạm xử lý nước thải;
- (ii) Thành phần và tính chất nước thải phát sinh, mức độ ô nhiễm, sức chịu tải nguồn tiếp nhận, vị trí xả nước thải sau xử lý từ nơi phát sinh nước thải;
- (iii) Mức độ sử dụng năng lượng cần thiết cho thu gom xử lý;
- (iv) Các yêu cầu theo tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật về chất lượng nước thải sau xử lý;
- (v) Điều kiện về kỹ thuật, tài chính và năng lực quản lý, vận hành trạm xử lý nước thải;
- (vi) Điều kiện về khí hậu, địa hình, địa chất công trình, địa chất thủy văn;
- (vii) Khả năng mở rộng hoặc nâng công suất và khả năng kết nối với hệ thống xử lý nước thải tập trung trong tương lai;
- (viii) Các yếu tố khác về môi trường có liên quan.



Dựa trên các điều kiện trên, có thể đề xuất một số tiêu chí để lựa chọn công nghệ xử lý cho khu vực nông thôn như sau:

- Đảm bảo hiệu quả xử lý các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, đáp ứng cột B, QCVN 14:2008/BTNMT.
- Phù hợp với điều kiện mặt bằng, dễ dàng lắp đặt đầu nối, vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa, thay thế dễ dàng
- Sử dụng các nguồn vật liệu sẵn có của địa phương
- Có khả năng, hiệu quả trong xử lý các chất độc hại khác như kim loại nặng trong nước thải các hộ sản xuất
- Hạn chế sử dụng hóa chất, tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường.
- Quy mô xử lý nước thải khu vực nông thôn được chia thành 3 nhóm chính sau:
  - Các cụm dân cư nông thôn tuy phân tán nhưng thường có quy mô liên kết thành các ngõ, xóm, mỗi khu vực này có quy mô từ 20 – 50 hộ, sử dụng chung mạng lưới thoát nước bên ngoài, quy mô thải nước từ 20-50 m<sup>3</sup>/ngày.
  - Các công trình công cộng như trụ sở UBND, Nhà Văn hóa, Trạm y tế, trường học, quy mô thải nước từ 20-30 m<sup>3</sup>/ngày.
  - Các hộ gia đình biệt lập, khu vực hẻo lánh không có mạng lưới thoát nước xung quanh, quy mô thải nước từ 1-3 m<sup>3</sup>/ngày.

*b. Phân tích để lựa chọn công nghệ và công trình XLNT sinh hoạt phù hợp cho cụm hộ gia đình khu vực nông thôn*

Làm rõ cơ chế loại bỏ các thành phần ô nhiễm trong các bậc/ công trình xử lý, phân tích ưu nhược điểm, ước tính các chỉ tiêu kinh tế (suất vốn đầu tư, chi phí vận hành bảo trì) và điều kiện, phạm vi ứng dụng các sơ đồ công nghệ XLNT sinh hoạt cụm hộ gia đình nông thôn công suất  $\leq 100$  m<sup>3</sup>/ngày được nêu trong **Bảng 6**. Suất vốn đầu tư và chi phí vận hành bảo trì được ước tính dựa trên các nghiên cứu gần đây của Nguyễn Việt Anh, Demetre X., Lều Thọ Bách, Trần Hiếu Huệ, Trần Đức Hạ, Viện Khoa học Thủy lợi và BORDA [2, 4,5, 6, 7, 9, 10].

**Bảng 6. Công nghệ xử lý nước thải sinh hoạt: Nguyên lý hoạt động, ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng**

Sơ đồ công nghệ	Các công trình xử lý				Phân tích		Chỉ tiêu kinh tế	Điều kiện áp dụng
	Bậc 1	Bậc 2	Bậc 3	Khử trùng	Ưu điểm	Nhược điểm		
<i>Sơ đồ a-</i> công nghệ DEWATS	Lắng cặn và phân hủy yếm khí các chất hữu cơ trong bể tự hoại cải tiến	Xử lý các chất hữu cơ, N và P, và khử trùng trong các bậc bãi lọc trồng cây			Hiệu quả xử lý đảm bảo; Xây dựng đơn giản, chi phí vận hành thấp	Diện tích xây dựng lớn; Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp: nước ngầm, ruồi muỗi, mùi hôi,...	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 7.500.000-12.500.000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 1.300 - 2.300	- Cụm hộ gia đình 20 đến 300 người. - Các hộ gia đình gần nhau và có đất xây dựng.
<i>Sơ đồ b -</i> công nghệ DEWATS có hồ sinh học và tái sử dụng nước thải	Lắng cặn và phân hủy yếm khí các chất hữu cơ trong bể tự hoại cải tiến	Xử lý các chất hữu cơ, N và P, và khử trùng trong các bậc bãi lọc trồng cây và các bậc hồ sinh học			Hiệu quả xử lý đảm bảo; Xây dựng đơn giản, chi phí vận hành thấp; Nước thải tái sử dụng	Diện tích xây dựng lớn; Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp: nước ngầm, ruồi muỗi, mùi hôi,...	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 8.500.000-14.000.000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 1.700 - 2.300	- Cụm hộ gia đình 50 đến 500 người. - Các hộ gia đình gần nhau và có đất xây dựng. - Mục nước ngầm thấp.
<i>Sơ đồ c -</i> XLNT cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí và bãi lọc trồng cây	Lắng và phân hủy yếm khí phân cặn trong bể tự hoại hộ gia đình	Phân hủy chất hữu cơ trong bể lọc kị khí	Xử lý các chất hữu cơ, N và P, và khử trùng trong các bậc bãi lọc trồng cây		Hiệu quả xử lý đảm bảo; Chi phí vận hành không cao;	Diện tích xây dựng lớn, vận hành bể lọc phức tạp. Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp: nước ngầm, ruồi muỗi, mùi hôi,...	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 8.000.000-12.000.000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 1.600 - 2.200	- Cụm hộ gia đình 100 đến 500 người. - Các hộ gia đình gần nhau và có đất xây dựng.

Sơ đồ công nghệ	Các công trình xử lý				Phân tích		Chỉ tiêu kinh tế	Điều kiện áp dụng
	Bậc 1	Bậc 2	Bậc 3	Khử trùng	Ưu điểm	Nhược điểm		
Sơ đồ d – XLNT cụm hộ gia đình bằng bể lọc kị khí, bãi lọc trồng cây và tái sử dụng nước thải	Lắng và phân hủy yếm khí phân cặn trong bể tự hoại hộ gia đình	Phân hủy chất hữu cơ trong bể lọc kị khí	Xử lý các chất hữu cơ, N và P, và khử trùng trong các bậc bãi lọc trồng cây, khử trùng và ổn định nước thải để tái sử dụng trong các bậc hồ sinh học		Hiệu quả xử lý đảm bảo; Chi phí vận hành không cao; Nước thải có thể tái sử dụng được.	Diện tích xây dựng lớn, vận hành bể lọc phức tạp. Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp: nước ngầm, ruồi muỗi, mùi hôi,...	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 8.500.000-12.500.000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 1.800 - 2.400	- Cụm hộ gia đình 100 đến 700 người. - Các hộ gia đình gần nhau và có đất xây dựng, có điều kiện để tái sử dụng nước thải - Có đất xây dựng.
Sơ đồ e-XLNT trong điều kiện nhân tạo bằng công trình hợp khối	Lắng và phân hủy yếm khí phân cặn trong bể tự hoại hộ gia đình	Xử lý chất hữu cơ và nitrat hóa trong ngăn sục khí	Xử lý chất hữu cơ và khử nitrat trong ngăn thiếu khí	Diệt khuẩn trong ngăn khử trùng của bể	Hiệu quả xử lý đảm bảo; Diện tích xây dựng thấp, thời gian thi công ngắn. Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp giảm.	Kinh phí xây dựng cao, cần chi phí điện năng cho sục khí, bơm bùn và hóa chất khử trùng; Phức tạp trong quản lý bể tự hoại hộ gia đình.	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 15.000.000-25.000.000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 2.500 - 3.500	- Cụm hộ gia đình 100 đến 1.000 người. - Các hộ gia đình gần nhau - Đất xây dựng hạn chế. - Mức nước ngầm cho phép cao.
Sơ đồ f - XLNT không qua bể tự hoại trong điều kiện nhân tạo bằng công trình hợp khối	Lắng và phân hủy yếm khí phân cặn, chất hữu cơ không lắng được trong bể tự hoại cải tiến	Xử lý chất hữu cơ và nitrat hóa trong ngăn sục khí	Xử lý chất hữu cơ và khử nitrat trong ngăn thiếu khí	Diệt khuẩn trong ngăn khử trùng của bể	Hiệu quả xử lý đảm bảo; Diện tích xây dựng thấp, thời gian thi công ngắn. Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp giảm. Quản lý được bùn	Kinh phí xây dựng cao, cần chi phí điện năng cho sục khí, bơm bùn và hóa chất khử trùng; Phức tạp hơn trong việc quản lý do có bể tự hoại	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 18.000.000-30.000.000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 2.800 - 4.000	- Cụm hộ gia đình 100 đến 1.000 người. - Các hộ gia đình gần nhau - Đất xây dựng hạn chế. - Mức nước ngầm cho phép cao.

Sơ đồ công nghệ	Các công trình xử lý				Phân tích		Chỉ tiêu kinh tế	Điều kiện áp dụng
	Bậc 1	Bậc 2	Bậc 3	Khử trùng	Ưu điểm	Nhược điểm		
					thải tập trung.	chung.		
Sơ đồ g - XLNT bằng các công trình sinh học trong điều kiện nhân tạo có tái sử dụng nước thải	Tách và phân hủy yếm khí phân cặn, chất hữu cơ không lắng được trong bể kỵ khí	Xử lý chất hữu cơ và nitrat hóa trong ngăn sục khí	Xử lý chất hữu cơ và khử nitrat trong ngăn thiếu khí	Diệt khuẩn trong ngăn khử trùng của bể hoặc trong hồ sinh học. Ổn định nước thải để tái sử dụng trong hồ sinh học	Hiệu quả xử lý đảm bảo; Nước thải có thể tái sử dụng được. Nguy cơ ô nhiễm thứ cấp giảm. Quản lý được bùn thải tập trung. Có thể sử dụng hồ sinh học làm hồ cảnh quan.	Kinh phí xây dựng cao, cần chi phí điện năng cho sục khí, bơm bùn và hóa chất khử trùng; Có nguy cơ ô nhiễm thứ cấp khi nước thải xử lý chưa đạt yêu cầu xả vào hồ sinh học..	- Suất vốn đầu tư (đ/m <sup>3</sup> /ngày): 22.000.000-35.000.0000 - Chi phí vận hành bảo trì (đ/m <sup>3</sup> ): 2.900 - 4.000	- Cụm hộ gia đình 100 đến 1.000 người. - Các hộ gia đình gần nhau - Đất xây dựng hạn chế. - Điều kiện môi trường khu vực thoáng khe. -Mức nước ngầm cho phép cao.

*Ghi chú:* - Xử lý bậc 1: tách các chất rắn không hòa tan (chủ yếu là chất hữu cơ) có kết hợp phân hủy cặn lắng trong điều kiện yếm khí. - Xử lý bậc 2: phân hủy các chất hữu cơ dạng hòa tan và dạng keo nhờ quá trình oxy hóa sinh hóa. – Xử lý bậc 3: tách nitơ ra khỏi nước thải bằng quá trình nitrat hóa hoặc hấp thụ N, P bằng thực vật. – Khử trùng: diệt vi sinh vật gây bệnh bằng chất oxy hóa mạnh (clo hoạt tính, ozon,..), bằng các tác nhân vật lý (bức xạ UV, ánh sáng mặt trời,...) hoặc quan hệ đối kháng các vi khuẩn trong nước thải.

## 2.2. Các công trình thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt phi tập trung cho hộ gia đình và cho cụm dân cư nông thôn công suất $\leq 100 \text{ m}^3/\text{ngày}$

### 2.2.1. Đường ống thoát nước

Thoát nước thải từ các thiết bị vệ sinh hộ gia đình hoặc thu gom nước thải từ các hộ gia đình về bể/ trạm XLNT sinh hoạt tập trung cụm hộ gia đình bằng các đường ống nhựa (plastic) vật liệu uPVC hoặc HDPE. Khi lựa chọn đường ống thoát nước, đường kính ống thoát nước phải luôn lớn hơn hoặc bằng đường kính vòng lớn nhất của phần ống nhánh nối.

Lựa chọn đường kính ống thoát nước D cho các ngôi nhà như sau:

- Ống thoát nước chính của tòa nhà:  $D > 102\text{mm}$
- Ống thoát ngang của sàn tầng nhà:  $D > 78\text{mm}$
- Ống thoát nước cho bồn tiểu, chậu rửa, máy giặt, ...:  $D > 38\text{mm}$
- Ống thoát nước sàn nhà tắm:  $D > 60\text{mm}$
- Ống thoát nước bồn vệ sinh:  $D > 90\text{mm}$

Phải đảm bảo ống thoát nước ứng với lượng nước thoát dự kiến theo diện tích và mật độ dân cư. Các quy cách kỹ thuật để lắp đặt đường ống như sau.

**Bảng 7. Độ dốc ống thoát nước thải sinh hoạt vật liệu nhựa**

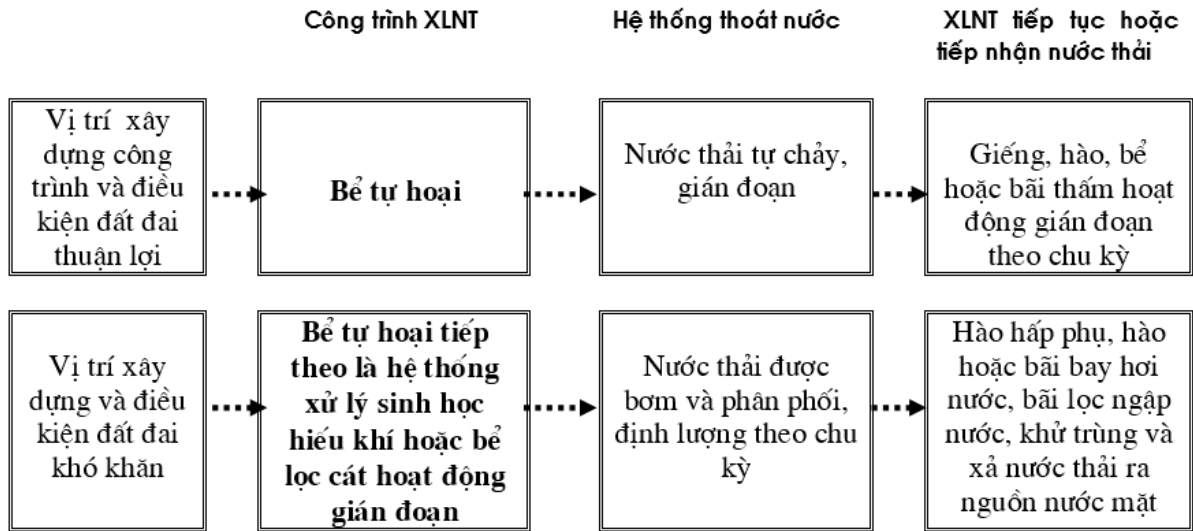
Đường kính ống (mm)		Độ dốc	
Danh nghĩa	Cơ bản	Tiêu chuẩn	Tối thiểu
100	114	0,020	0,012
125	140	0,015	0,010
150	165	0,010	0,007
200	216	0,008	0,005

Đường kính ống  $D \leq 200$  có độ đầy tối đa của nước thải trong ống là  $0,06D$ , vận tốc dòng chảy lớn nhất là  $4 \text{ m/s}$ , vận tốc dòng chảy nhỏ nhất (không lắng cặn) là  $0,6 \text{ m/s}$ .

### 2.2.2. Bể tự hoại

Bể tự hoại được sử dụng để xử lý sơ bộ nước đen từ khu vệ sinh, hay hỗn hợp nước đen và nước xám (nước từ nhà bếp, nhà tắm, ...). Bể tự hoại có cấu tạo đơn giản dễ vận hành quản lý và thường dùng để XLNT tại chỗ cho các ngôi nhà khu tập thể, cụm dân cư dưới 500 người hoặc lưu lượng nước thải dưới  $30 \text{ m}^3/\text{ngày}$ . Bể tự hoại thường được xây dựng độc lập hoặc kết hợp với các công trình XLNT khác như ngăn lọc sinh học kỵ khí,

giếng thăm, hào lọc, bãi lọc ngập nước... , phụ thuộc vào đặc điểm, công suất hệ thống thoát nước, điều kiện đất đai, khí hậu thời tiết khu vực ... Điều kiện hoạt động kết hợp giữa bể tự hoại với các công trình XLNT khác được nêu trên **Hình 20**.

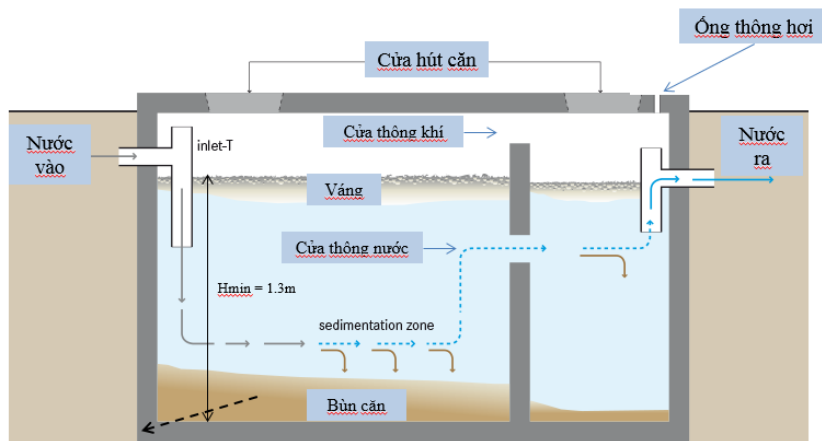


**Hình 20. Sơ đồ ứng dụng bể tự hoại để XLNT tại chỗ**

Có hai loại bể tự hoại: bể tự hoại truyền thống và bể tự hoại cải tiến.

*a) Bể tự hoại truyền thống*

Trong bể tự hoại diễn ra quá trình lắng cặn và lên men, phân huỷ sinh học kỵ khí cặn lắng. Các chất hữu cơ trong nước thải và bùn cặn đã lắng được phân huỷ bởi các vi khuẩn kỵ khí và các loại nấm men, nhờ vậy, cặn được lên men, bớt mùi hôi, giảm thể tích, các chất không tan chuyển thành chất tan và chất khí (chủ yếu là CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, ...). Bể tự hoại được thiết kế và xây dựng đúng cho phép đạt hiệu suất lắng cặn trung bình 50 - 70% theo cặn lơ lửng (TSS) và 25 - 45% theo chất hữu cơ (BOD và COD). Các mầm bệnh có trong phân cũng được loại bỏ một phần trong bể tự hoại, chủ yếu nhờ cơ chế hấp phụ lên cặn và lắng xuống, hoặc chết đi do thời gian lưu bùn và nước trong bể lớn, do môi trường sống không thích hợp.



**Hình 21. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của bể tự hoại truyền thống**

Nước thải sau bể tự hoại được dẫn tới các công trình xử lý tại chỗ (bãi lọc ngầm, hố thấm, vv...) hay dẫn bằng cống, mương thoát nước tới khu xử lý tập trung, ...

Tính toán thiết kế bể tự hoại truyền thống như sau:

- Dung tích bể tự hoại được tính bằng công thức:

$$W = W_n + W_c \quad (1)$$

Trong đó:  $W_n$  - thể tích nước của bể (lấy bằng 80% lượng nước cấp trong một ngày).

$W_c$  - thể tích cặn của bể, được tính theo công thức:

$$W_c = N \times \frac{a \times T \times (100 - p_1)}{1000 \times (100 - p_2)} \quad (2)$$

Trong đó:

$a$ - Lượng cặn trung bình của một người thải ra trong một ngày,  $a=0,4$  L/người.ngày;

$T$ - Thời gian giữa hai lần lấy cặn là 6 tháng,  $T = 180$ ngày;

$p_1$ - Độ ẩm cặn tươi vào bể,  $p_1=95\%$ ;

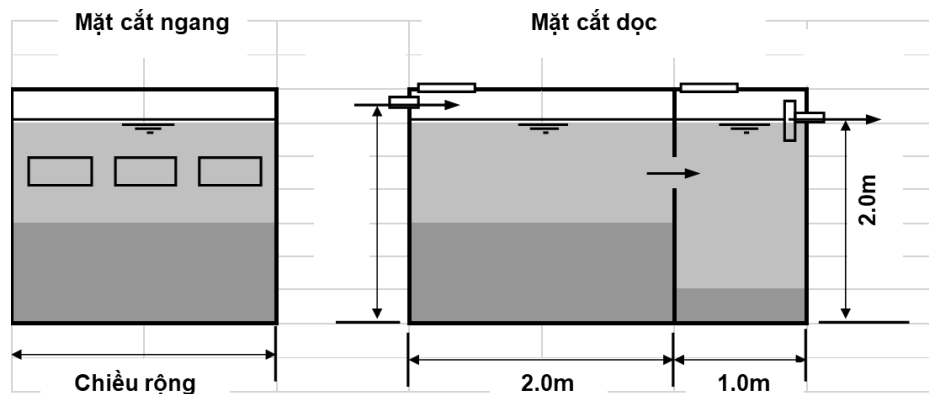
$p_2$ - Độ ẩm cặn lên men,  $p_2=90\%$ ;

$b$ - Hệ số giảm thể tích khi lên men,  $b = 0,7$ ;

$c$ - Hệ số kể đến lượng cặn hoạt tính (giữ lại để lên men đợt tiếp sau),  $c = 1,2$ ;

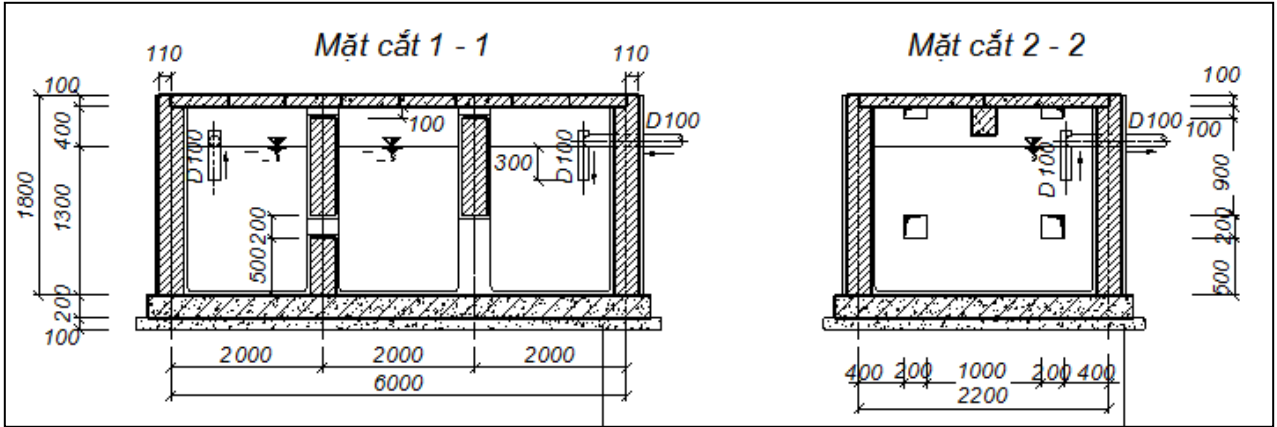
$N$ -Số người bể tự hoại phục vụ.

Bể tự hoại có thể có hai hoặc ba ngăn. Với bể tự hoại hai ngăn: ngăn chứa có kích thước lớn nhất, chiếm tối thiểu 2/3 dung tích bể; ngăn lắng chiếm 1/3 dung tích bể. Với bể tự hoại ba ngăn: ngăn chứa có dung tích tối thiểu 1/2 dung tích bể; hai ngăn lắng, mỗi ngăn chiếm 1/4 dung tích bể. Các nghiên cứu đã cho thấy rằng bể tự hoại hai ngăn (Hình 22) được thiết kế, xây dựng và sử dụng đúng quy cách cũng cho hiệu suất xử lý tương đương như bể tự hoại ba ngăn.



**Hình 22. Kích thước bể lắng hai ngăn công trình XLNT sinh hoạt quy mô hộ gia đình**

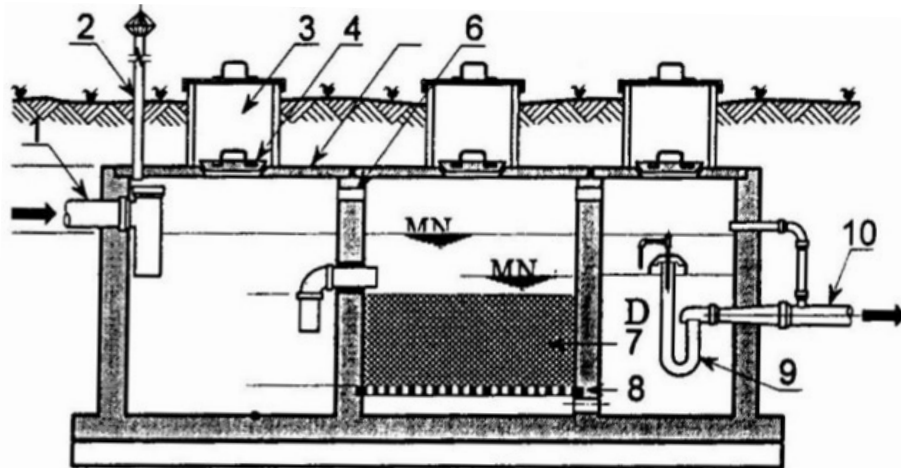
[Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi (2020)]



**Hình 23. Sơ đồ cấu tạo bể tự hoại 3 ngăn truyền thống [Nguồn: Trần Đức Hạ (2006)]**

*b) Bể tự hoại có ngăn lọc kỵ khí*

Đây là loại bể tự hoại có bổ sung thêm ngăn lọc yếm khí bằng vật liệu: đá, cuội sỏi, gạch vỡ, than antraxit, ... phía cuối bể. Bể gồm 3 ngăn: A- ngăn tự hoại (ngăn thứ nhất), B- ngăn lắng (ngăn thứ hai), C- ngăn lọc (ngăn thứ ba), và D- ngăn định lượng với xiphong tự động. Sơ đồ cấu tạo của bể nêu trên **Hình 24**.



**Hình 24. Sơ đồ cấu tạo của bể tự hoại có ngăn lọc yếm khí**

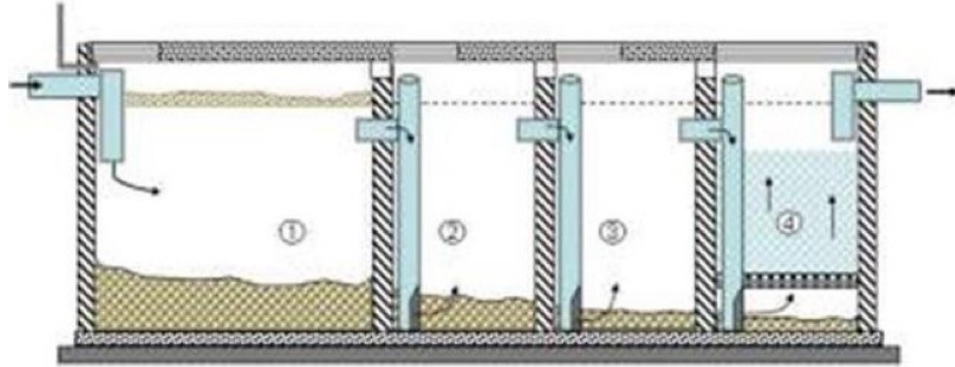
Các trang thiết bị của bể bao gồm: 1). ống dẫn nước thải vào bể tự hoại, 2). ống thông hơi, 3). hộp bảo vệ, 4). nắp đậy hút cặn, 5). nắp bể bê tông cốt thép, 6). lỗ thông hơi, 7). vật liệu lọc (gạch vỡ, đá, cuội sỏi, hoặc than antraxit, ...), 8). tấm đan đỡ vật liệu lọc, 9). xi phông định lượng, và 10). ống dẫn nước thải nối vào công trình xử lý tiếp theo.

*c) Bể tự hoại cải tiến dạng BASTAF*

Một dạng bể tự hoại cải tiến với các vách ngăn mỏng dòng hướng lên và ngăn lọc kỵ khí, thay thế hoặc xử lý bổ sung cho bể tự hoại truyền thống. Mô hình này đang được triển khai áp dụng rộng rãi để xử lý nước thải sinh hoạt v từ các hộ hay nhóm hộ gia đình, khu chung cư cao tầng, trường học, văn phòng làm việc, v.v.. Bể BASTAF cũng được áp



dụng để xử lý một số loại nước thải có thành phần tính chất tương tự như nước thải sinh hoạt như nước thải của các bệnh viện, xí nghiệp công nghiệp thực phẩm, các làng nghề chế biến nông sản, thực phẩm... BASTAF (**Hình 25**) là bể phản ứng kỵ khí với các vách ngăn mỏng và ngăn lọc kỵ khí dòng hướng lên, có chức năng xử lý nước thải sinh hoạt và các loại nước thải khác có thành phần và tính chất tương tự như nước thải sinh hoạt.



**Hình 25. Sơ đồ và nguyên lý bể BASTAF**

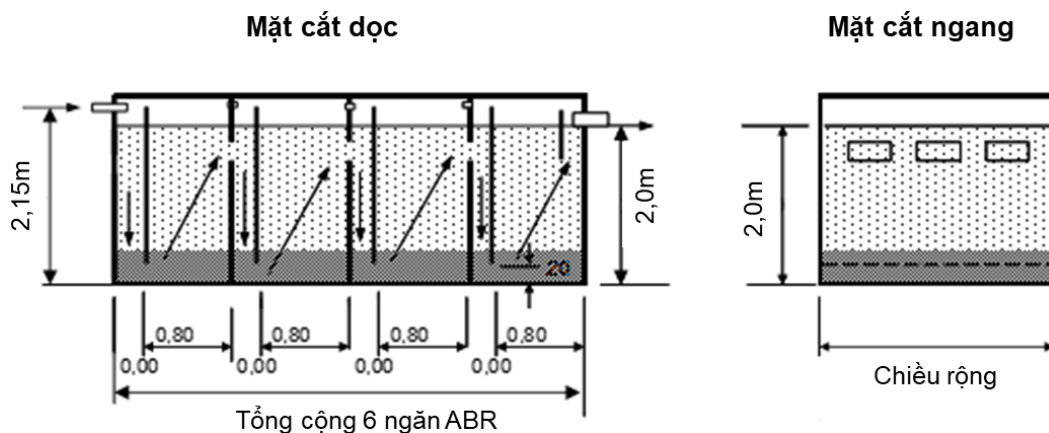
[Nguồn: Nguyễn Việt Anh (2007)]

Bể có ưu điểm: ngoài việc lắng và lên men cặn lắng, bể có hiệu suất giữ lại chất rắn lơ lửng và làm giảm hàm lượng chất hữu cơ (BOD, COD) cao hơn nhiều so với bể tự hoại thông thường nhờ quá trình lọc qua các ngăn chặn yếm khí. Các nhược điểm của bể BASTAF là: có tổn thất thủy lực qua các lớp chặn lọc; trong trường hợp pH đầu vào đột biến, lượng nước thải trong các quá trình tảo, giết lớn có nhiều xà phòng, hóa chất, sẽ gây ức chế hoạt động của các vi sinh vật, làm giảm hiệu quả của quá trình xử lý và gây tắc bể. Bể BASTAF chỉ thích hợp dùng cho các hộ gia đình, dùng cho các khu đô thị nhỏ với yêu cầu nước thải đầu ra đạt QCVN 14:2008/BTNMT mức B, đầu ra BASTAF tiếp tục qua bãi lọc trồng cây và thường áp dụng mô hình này cho các cụm nhà ở có quỹ đất lớn.

*d) Bể phản ứng kỵ khí vách ngăn dòng hướng lên (ABR)*

Bể phản ứng kỵ khí vách ngăn dòng hướng lên xử lý dòng thải thông qua hệ vi sinh vật trong lớp bùn hoạt tính dưới đáy bể và kéo dài dòng chảy thông qua hệ thống ống dẫn/vách ngăn dòng hướng lên. Kích thước của các ngăn bể được tính toán để đảm bảo hiệu quả xử lý cũng như không cho phép hệ vi sinh bị cuốn trôi ra khỏi các ngăn bể.

Nguyên lý hoạt động và bố trí bể phản ứng vách ngăn dòng hướng công trình XLNT sinh hoạt lên được minh họa như trong **Hình 26** dưới đây



**Hình 26. Cấu tạo bể ABR công trình XLNT sinh hoạt**

Thông số bể phản ứng vách ngăn dòng hướng lên công trình XLNT sinh hoạt được tổng hợp thông qua tính toán và thông qua hiệu quả thực tế được tổng hợp trong **Bảng 8** dưới đây.

**Bảng 8. Thông số bể ABR công trình XLNT sinh hoạt.**

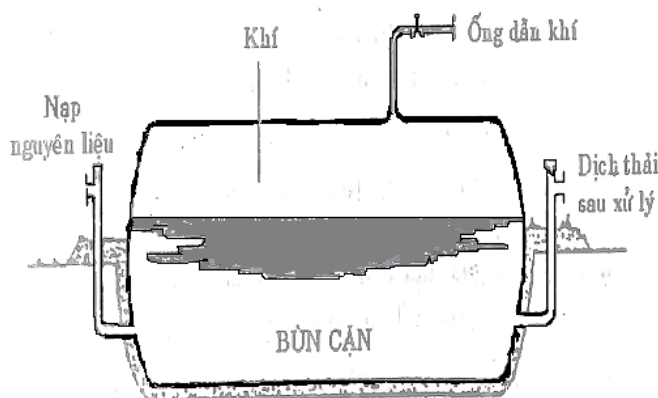
STT	Thông số bể ABR	Công suất xử lý (m <sup>3</sup> /ngày)					
		5	10	20	30	40	50
1	Số ngăn	6	6	6	6	6	6
2	Chiều rộng (m)	1,0	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0
3	Chiều dài một ngăn (m)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
4	Chiều cao bể (m)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
5	Chiều sâu mực nước (m)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
6	Thời gian lưu nước (h)	44	33	33	29	27	26
7	Thời gian hút bùn (tháng)	24	24	24	24	24	24

[Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi, (2020)]

### 2.2.3. Hàm biogas

Hàm biogas hiện nay được sử dụng khá phổ biến tại các trang trại chăn nuôi, đặc biệt là qui mô chăn nuôi hộ gia đình. Tuy nhiên, thời gian lưu trong hàm biogas để xử lý triệt để vào khoảng 45 – 60 ngày là không phù hợp với qui mô trang trại vừa và nhỏ. Bên cạnh đó, với sự linh hoạt và dễ dàng trong xây dựng và lắp đặt thì loại hình hàm biogas composite đang phổ biến trên thị trường. Tuy nhiên, loại hàm biogas này có nhược điểm là áp suất trong hàm rất cao nên nhiều khi chất thải chưa xử lý xong đã bị đẩy ra ngoài.

Với việc sử dụng hầm biogas trong giai đoạn xử lý sơ bộ thì hai vấn đề trên sẽ được giải quyết triệt để.



**Hình 27. Sơ đồ hoạt động của bể biogas**

Qui mô hầm biogas sử dụng trong quá trình xử lý sơ bộ cần đạt tối thiểu thời gian lưu 4- 5 ngày sẽ cho hiệu quả xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ như COD, BOD5 vào khoảng 50%, đặc biệt là hiệu quả xử lý TSS có thể lên tới trên 70%. Tuy nhiên, với thời gian lưu như trên thì bùn cặn trong các hầm biogas sẽ rất nhanh bị đầy và đẩy phần chất thải ra khỏi hầm. Nhưng vấn đề này sẽ được xử lý dễ dàng thông qua qui trình vận hành hợp lý.

Thể tích tối thiểu của hầm biogas có thể được lựa chọn như trong **Bảng 9**.

**Bảng 9. Lựa chọn qui mô hầm biogas**

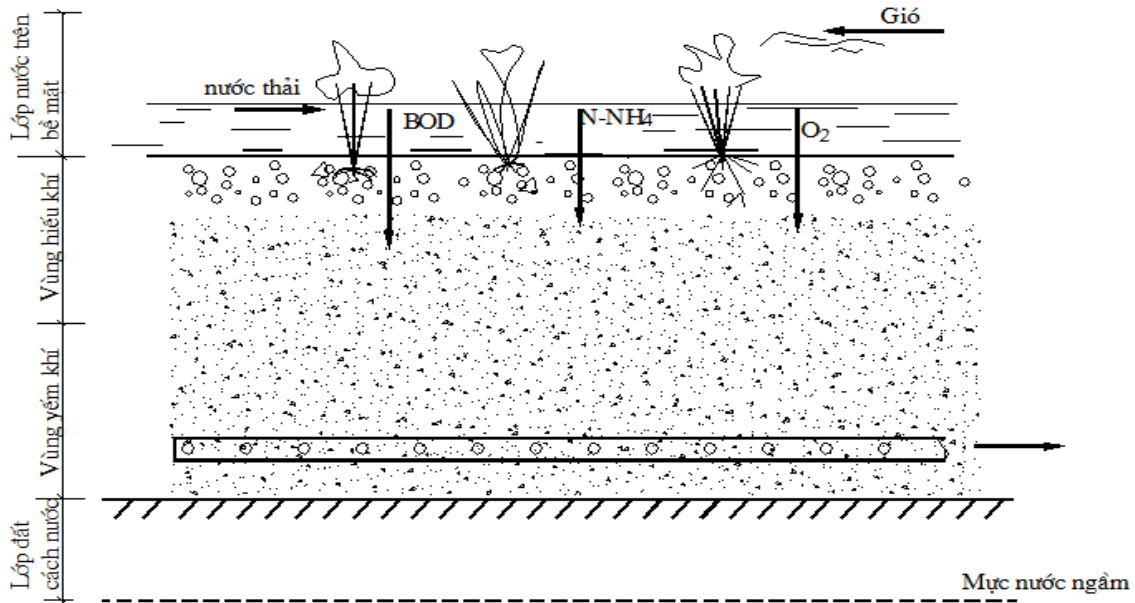
STT	Công suất xử lý (m <sup>3</sup> /ngày)	Thể tích tối thiểu của hầm biogas (m <sup>3</sup> )	Khuyến nghị
1	5	20 ÷ 25	2 ÷ 3 hầm biogas composite lắp song song, V = 10 m <sup>3</sup> /hầm hoặc 01 hầm xây truyền thống
2	10	40 ÷ 50	01 hầm biogas xây truyền thống/ hoặc 4 ÷ 5 hầm biogas composite lắp song song, V = 10 m <sup>3</sup> /hầm.
3	15	60 ÷ 75	01 hầm biogas xây truyền thống hoặc sử dụng hầm biogas phủ bạt HDPE

[Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi (2020)]

Lưu ý rằng đây là thể tích tối thiểu, trong trường hợp lắp đặt thể tích hầm biogas lớn hơn thông số này sẽ cho hiệu quả xử lý cao hơn. Khi thể tích tối thiểu nhỏ nên chọn hầm biogas composite sẽ tiết kiệm thời gian lắp đặt. Khi thể tích tối thiểu lớn nên sử dụng hình thức hầm xây truyền thống bằng gạch xây hoặc hồ biogas phủ bạt HDPE sẽ tiết kiệm chi phí hơn.

#### 2.2.4. Bãi lọc trồng cây

Bãi lọc trồng cây (công trình đất ngập nước hay đất ướt kiến tạo) có thể được sử dụng như một hệ thống XLNT tự nhiên với các quá trình vật lý, hoá học và sinh học trong môi trường tác giữa đất, thực vật, nước và không khí. Mục đích của hệ thống này là phân huỷ các chất bẩn trong nước thải, tưới tiêu, thu hồi dinh dưỡng, tái sử dụng nước và bổ cập nước ngầm.

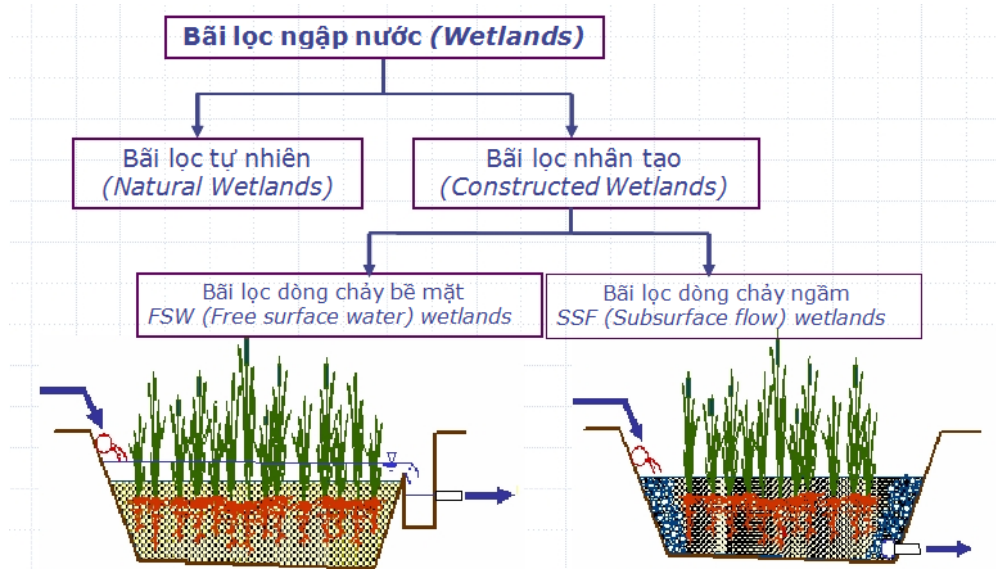


**Hình 28. Sơ đồ XLNT trong công trình đất ngập nước kiến tạo**

Các công trình đất ngập nước được tính toán thiết kế dựa vào khả năng giữ lại và chuyển hoá chất bẩn trong đất. Các cơ chế chính để loại bỏ chất ô nhiễm trong công trình đất ngập nước kiến tạo như: lắng, lọc, hấp phụ SS, P, KLN và chất hữu cơ trong đất ướt; phân huỷ dị dưỡng các chất hữu cơ trên màng VSV trong vùng rễ, lớp đất lọc; phân huỷ sinh học chất hữu cơ, nitrat hoá, kết tủa hydroxit sắt và mangan trong lớp đất hiếu khí; khử nitrat, kết tủa và lắng muối sunphit với các kim loại trong lớp đất yếm khí; diệt trùng theo cơ chế lọc, hấp phụ, cạnh tranh, bức xạ nhiệt độ, pH, .. ; vận chuyển oxy, hấp thụ chất dinh dưỡng, KLN, ... tại vùng rễ và lỗ xốp;... So với các hệ thống nhân tạo thì việc xử lý nước thải bằng cánh đồng lọc cần ít năng lượng hơn. Do ít sử dụng các thiết bị cơ khí, việc vận hành và bảo quản hệ thống xử lý nước thải bằng cánh đồng lọc dễ dàng và ít tốn kém hơn. Nhược điểm của bãi thấm, bãi lọc là chịu ảnh hưởng nhiều của mực nước ngầm, dễ ô nhiễm đất và nước ngầm, đất thấm lọc dễ bị tắc, cần nhiều diện tích đất.

Các công trình xử lý nước thải trên đất ướt nếu là những ô đất nhỏ thì được gọi là bãi lọc trồng cây, nếu là vùng đất quy hoạch tưới nước thải định kỳ thì gọi là cánh đồng ngập nước (cánh đồng lọc).

Phân loại bãi lọc trồng cây theo sơ đồ nêu trên **Hình 29**.

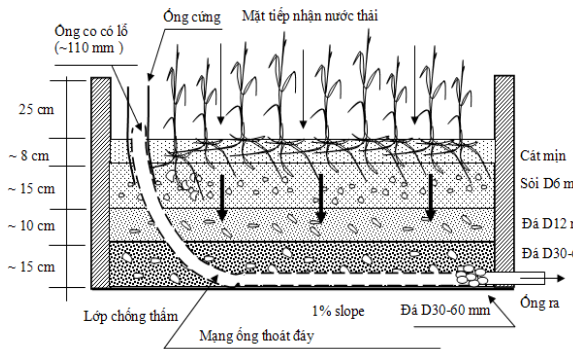
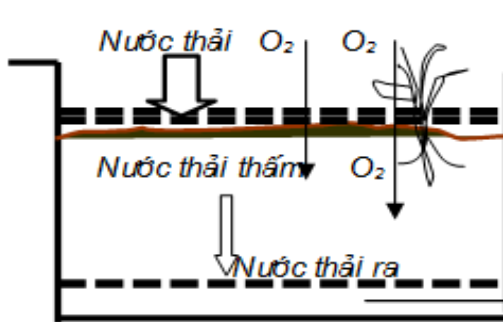


**Hình 29. Sơ đồ phân loại bãi lọc trồng cây**

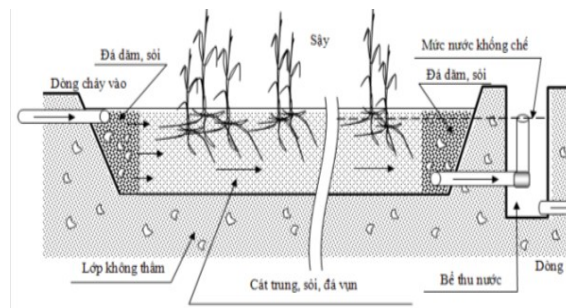
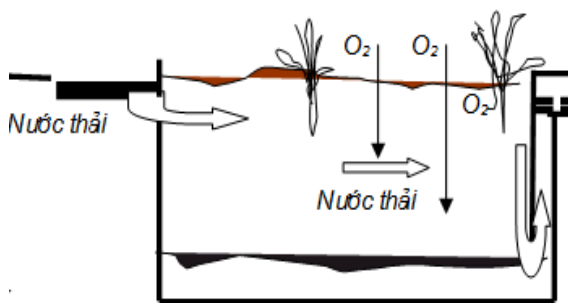
*a) Bãi lọc trồng cây hộ gia đình*

Đối với hộ gia đình có thể dùng 2 loại bãi lọc trồng cây: bãi lọc dòng chảy bề mặt (Free surface water – FSW) hoặc bãi lọc dòng chảy ngầm (Subsurface flow – SSF) như trên hình .... để xử lý nước thải sinh hoạt hoặc nước thải chuồng trại chăn nuôi.

Hướng dòng chảy trong bãi lọc dòng chảy ngầm (SSF) có thể là thẳng đứng hoặc nằm ngang như các hình.



**Hình 30. Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo bãi lọc dòng chảy thẳng đứng**



**Hình 31. Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo bãi lọc dòng chảy ngang**

Bãi lọc trồng cây có cấu tạo gồm hệ thống ống dẫn đục lỗ phân phối nước, lớp đất tơi xốp hoặc lớp đá, sỏi thấm nước tốt. Nước thải có thể được phân phối bằng ống tự chảy hay ống áp lực. Cây trồng trên bãi lọc là các loại cây chịu nước, thân thảo, rễ chùm, phù hợp với điều kiện khí hậu thời tiết các địa phương Việt Nam như: sậy (*Phragmites australis*), thủy trúc (*Cyperus*), chuối hoa (*Canna generalis*), cỏ Vetiver (*Vetiver zizaniodes*),...

Bãi lọc trồng cây không được xây dựng trên những khu đất có sử dụng nước ngầm cũng như những khu vực có hang động ngầm (vùng castơ). Nếu điều kiện này không đảm bảo, phải có biện pháp chống thấm phù hợp.

Diện tích hữu ích của bãi lọc trồng cây dòng chảy bề mặt (FSW)  $F$  ( $m^2$ ) được xác định theo TCVN 7957:2023 như sau:

$$F = \frac{Q \cdot (\ln L_a - \ln L_t + \ln f)}{(A_v)^{1,75} \cdot K_T (d_m \cdot n + d_w)} \quad (3)$$

Trong đó:

$Q$  - Lưu lượng trung bình của nước thải xử lý trên bãi lọc ( $m^3/ngày$ );

$d_m$  - Độ sâu lớp vật liệu lọc (m);

$d_w$  - Chiều cao lớp đất bề mặt (m);

$n$  - Hệ số thành phần cơ giới đất lọc.  $n$  được lấy bằng 0,75;

$A_v$  - Diện tích bề mặt đơn vị hữu hiệu cho hoạt động của vi sinh vật ( $m^2/m^3$ ).  $A_v$  thường được chọn bằng  $15,0 m^2/m^3$ ;

$f$  - Phần BOD chưa chuyển hoá của bùn cặn lắng đọng tại vùng đầu bãi lọc, đối với nước thải sinh hoạt  $f$  chọn bằng 0,52 đến 0,62;

$K_T$  - Hệ số, phụ thuộc vào nhiệt độ nước thải và xác định theo công thức:

$$K_T = K_{20} \cdot \theta^{T-20}, \text{ ngày}^{-1} \quad (4)$$

Ở điều kiện  $20^\circ C$   $K_{20}$  là  $0,0057 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $\theta$  thường lấy bằng 1,1.

Diện tích hữu ích của bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm (SSF)  $F$  ( $m^2$ ) được xác định theo TCVN 7957:2023 như sau:

$$F = \frac{Q}{K} \ln \left( \frac{L_t - L^*}{L_a - L^*} \right) \quad (5)$$

Trong đó:

$Q$  - Lưu lượng trung bình của nước thải xử lý trên bãi lọc ( $m^3/ngày$ );

$K$  - Hệ số phân hủy chất hữu cơ, thường lấy bằng  $0,095 m/ngày$ ;

$L^*$  - Nồng độ BOD chất nền bên trong lớp vật liệu lọc (mg/L) phụ thuộc vào giá trị BOD ban đầu  $L_a$  và xác định theo biểu thức sau:

$$L^* = 3,5 + 0,053 L_a \quad (6)$$

Công trình có thể hoạt động liên tục hoặc luân phiên. Tải trọng thủy lực và tải trọng hữu cơ của bãi lọc trồng cây có phụ thuộc vào loại đất:

- Đất cát: 10 – 30 L/m<sup>2</sup>.ngày và 2 – 5 gBOD/m<sup>2</sup>.ngày;
- Đất cát pha sét: 2,5 – 7,5 L/m<sup>2</sup>.ngày và 0,4 – 1,2 gBOD/m<sup>2</sup>.ngày;

Ống tưới bãi lọc trồng cây phải đặt cao hơn mực nước ngầm ít nhất 1m. Độ sâu đặt giàn ống này không quá 1,8 m và không dưới 0,5 m cách mặt đất. Ống tưới phủ một lớp cuội, sỏi, xỉ lò cao, đá dăm hoặc cát hạt to dày 20 - 250 cm. Chiều dài tổng cộng của ống tưới xác định phụ thuộc tải trọng đơn vị của ống tưới. Chiều dài mỗi đoạn tưới không lớn quá 20m. Mạng lưới ống tưới có thể làm bằng ống chất dẻo hoặc bằng các mương xây, có đường kính hoặc bề rộng 75 - 100mm. Ống tưới đặt trong đất cát có độ dốc 0,001 - 0,003 trong đất cát pha có thể đặt ngang. Khoảng cách giữa các ống tưới đặt song song trong đất cát 1,5 - 2m, trong đất cát pha bằng 2,5 m. Cuối ống tưới phải có ống đứng thông hơi, đường kính 100 mm, đỉnh ống cao hơn mặt đất 0,5m.

Thông số bãi lọc thực vật dòng chảy ngang công trình XLNT sinh hoạt được tổng hợp trong **Bảng 10** dưới đây.

**Bảng 10. Thông số bãi lọc thực vật dòng chảy ngang công trình XLNT sinh hoạt**

STT	Thông số bãi lọc ngang trồng cây (HGF)	Công suất xử lý (m <sup>3</sup> /ngày)					
		5	10	20	30	40	50
1	Chiều rộng (m)	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
2	Chiều dài (m)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6
3	Chiều cao lớp đá lọc (m)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
4	Chiều sâu mực nước (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5	Độ dốc đáy (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%
6	Loại cây trồng khuyến nghị	Cây chuối cảnh (chuối mủ kết)					
7	Thời gian lưu nước (ngày)	1,7	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3

[Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi (2020)]

### 2.2.5. Hồ sinh học

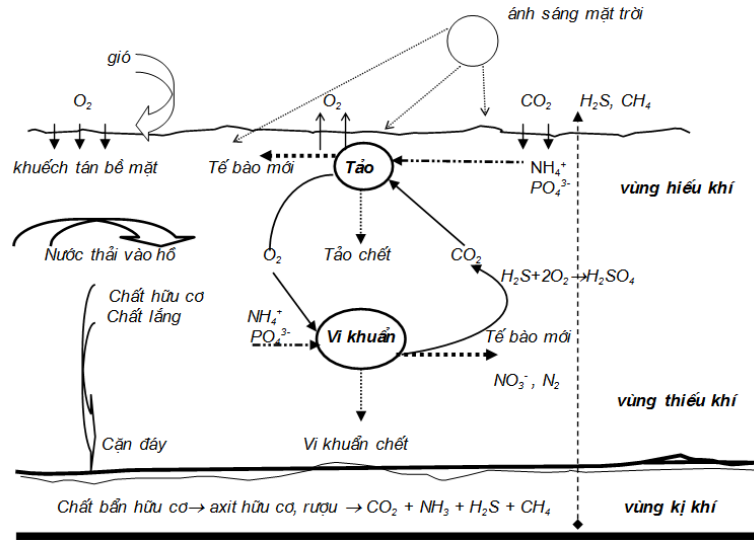
#### a) Cơ chế xử lý nước thải của hồ sinh học

Hồ sinh học là các thủy vực tự nhiên hoặc nhân tạo, không lớn, mà ở đây sẽ diễn ra quá trình chuyển hoá các chất bẩn và khử trùng nước thải.

Khi vào hồ, do vận tốc dòng chảy nhỏ, các loại cặn lắng được lắng xuống đáy. Các chất bẩn hữu cơ còn lại trong nước sẽ được vi khuẩn hấp phụ và ôxy hoá mà sản phẩm tạo ra là sinh khối của nó, CO<sub>2</sub>, các muối nitrat, nitrit... Khí cacbonic và các hợp chất nitơ,



phốt pho được rong tảo sử dụng trong quá trình quang hợp. Trong giai đoạn này sẽ giải phóng oxy cung cấp cho quá trình oxy hoá các chất hữu cơ của vi khuẩn. Sự hoạt động của rong tảo tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình trao đổi chất của vi khuẩn. Tuy nhiên trong trường hợp nước thải đậm đặc chất hữu cơ, tảo có thể chuyển từ hình thức tự dưỡng sang dị dưỡng, tham gia vào quá trình oxy hoá chất hữu cơ. Nấm nước, xạ khuẩn có trong nước thải cũng thực hiện vai trò tương tự.



**Hình 32. Cơ chế XLNT trong hồ sinh học**

Ngoài các hợp chất hữu cơ, các hợp chất nitơ, phốt pho, các bon... trong hồ sinh học cũng được chuyển hoá theo các chu trình riêng với sự tham gia của vi khuẩn, tảo và các loại thực vật bậc cao khác. Quá trình này diễn ra tương tự như quá trình tự làm sạch trong các sông hồ tự nhiên với vai trò chủ yếu là các loại vi khuẩn và tảo.

Hồ sinh học ổn định nước thải có thời gian nước lưu lại lớn (từ 2 - 3 ngày đến hàng tháng) nên điều hoà được lưu lượng và chất lượng nước thải dòng ra. Ôxy cung cấp cho hồ chủ yếu là khuếch tán qua bề mặt hoặc do quang hợp của tảo. Quá trình phân huỷ chất bẩn và diệt khuẩn mang bản chất tự nhiên nhờ tảo, vi khuẩn hiếu khí và tia cực tím từ ánh sáng mặt trời. Theo các phản ứng sinh học chủ yếu diễn ra trong nước, hồ sinh vật ổn định nước thải được chia ra các loại: hồ sinh học kỵ khí, hồ sinh học tùy tiện (Facultative), và hồ sinh học hiếu khí.

Hồ sinh học có thể là một hồ hoặc nhiều hồ làm việc nối tiếp. Bố trí hệ thống hồ sinh học để XLNT sinh hoạt cụm dân cư nông thôn được nêu trên **Hình 33**.



1. Hồ sinh học kỵ khí
2. Hồ sinh học tùy tiện
3. Hồ sinh học hiếu khí

**Hình 33. Bố trí các loại hồ trong hệ thống hồ sinh học**



Lựa chọn và sự sắp xếp các hồ phụ thuộc vào yêu cầu xử lý nước thải, điều kiện tự nhiên khu vực và khả năng sử dụng các hồ cho các mục đích kinh tế kỹ thuật khác.

*b) Hồ sinh học kỵ khí*

Hồ kỵ khí áp dụng để xử lý nước thải sinh hoạt hoặc nước thải sản xuất có thành phần tính chất gần giống với nước thải sinh hoạt. Hồ được dùng để xử lý nước thải kết hợp xử lý bùn cặn lắng. Hồ thích hợp nhất đối với những vùng có nhiệt độ trung bình vào mùa đông trên 15°C. Thời gian nước lưu lại trong hồ kỵ khí từ 1 đến 5 ngày.

Các công thức tính toán hồ kỵ khí:

$$F = \frac{L_a \cdot Q}{L_v \cdot H} \quad (7)$$

Trong đó:

F - Diện tích bề mặt trung bình của hồ (m<sup>2</sup>);

L<sub>a</sub> - BOD<sub>5</sub> của dòng nước thải vào hồ (mg/L);

Q - Lưu lượng nước thải (m<sup>3</sup>/ngày);

H - Chiều sâu hồ, m;

L<sub>v</sub> - Tải trọng hữu cơ theo thể tích của hồ (gBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/ngày), phụ thuộc vào nhiệt độ và xác định theo **Bảng 11**.

**Bảng 11. Tải trọng hữu cơ theo thể tích của hồ (gBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/ngày)**

Nhiệt độ trung bình không khí về mùa đông T (°C)	L <sub>v</sub> (gBOD <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> /ngày)	Hiệu quả xử lý theo BOD <sub>5</sub> (%)
10 ÷ 20	20T - 100	2T+20
20 ÷ 25	10T +100	2T+20
>25	350	70

Chiều sâu hồ kỵ khí từ 2,5 ÷ 5m, khi có điều kiện thuận lợi có thể làm hồ sâu để giảm bớt mùi khó chịu. Ít nhất phải có 2 ngăn hồ làm việc song song. Lượng bùn chứa trong hồ, sơ bộ có thể lấy từ 0,03 ÷ 0,05 m<sup>3</sup>/người/năm. Bùn phải được định kỳ nạo vét để đảm bảo chế độ làm việc bình thường.

*b) Hồ sinh học tùy tiện*

Hồ tùy tiện áp dụng để xử lý nước thải đã được xử lý sơ bộ trong các bể lắng, bể tự hoại, hồ kỵ khí hoặc nước thải chưa được xử lý. Mức độ xử lý tính theo BOD<sub>5</sub> phụ thuộc nhiệt độ trung bình T của nước thải: khi nhiệt độ T ≥ 25°C loại bỏ được 85% BOD đầu vào, khi T ≥ 20°C loại bỏ được 80% BOD đầu vào, và khi T ≥ 15°C loại bỏ được 75% BOD đầu vào.

Diện tích bề mặt công tác của hồ tùy tiện xác định như sau:

$$F = \frac{Q}{H.K} \left( \frac{L_a}{L_t} - 1 \right) \quad (8)$$

Trong đó:

$L_a$  - BOD<sub>5</sub> của nước thải đưa vào hồ (g/m<sup>3</sup>);

$L_t$  - BOD<sub>5</sub> của nước thải sau khi đã làm sạch trong hồ (g/m<sup>3</sup>);

$Q$  - Lưu lượng nước thải (m<sup>3</sup>/ngày);

$H$  - Chiều sâu hồ (m), từ 1,0 ÷ 3,0 m.

$K$  - Hệ số phân huỷ chất hữu cơ trong hồ tùy tiện (ngày<sup>-1</sup>). ở nhiệt độ 20°C,  $K$  chọn bằng 0,25 ngày<sup>-1</sup>. Ở nhiệt độ  $T$ , hệ số  $K$  xác định theo công thức:

$$K = 0,25 \times 1,06^{T-20} \quad (9)$$

c) *Hồ sinh học hiếu khí*

Hồ sinh học hiếu khí làm thoáng tự nhiên thường là hồ xử lý triệt để (hồ maturation), chủ yếu để khử trùng nước thải và xử lý triệt để các chất hữu cơ đảm bảo an toàn vệ sinh cho nguồn tiếp nhận. Thời gian lưu nước trong hồ từ 3 đến 5 ngày hoặc dài hơn. Để xác định sơ bộ hiệu quả xử lý có thể tính như sau:

$$N_t = \frac{N_a}{(1 + K_b t_1)(1 + K_b t_2) \dots (1 + K_b t_n)} \quad (10)$$

Trong đó:

$N_a$  và  $N_t$  - Số lượng gây bệnh trong nước thải vào hồ và ra khỏi hồ (số vi khuẩn coliform /100mL);

$t_1, t_2, \dots, t_n$  - Thời gian lưu nước trong các bậc hồ, ngày;

$n$  - Số bậc của hồ;

$K_b$  - Hệ số diệt khuẩn fecal coliform, ngày<sup>-1</sup>. Ở 20°C  $K_b$  là 2,6 ngày<sup>-1</sup>. Ở nhiệt độ  $T$ ,  $K_b$  xác định như sau :

$$K_b = 2,6 \times 1,19^{T-20} \quad (11)$$

i. *Các loại công trình XLNT theo nguyên lý vi sinh vật sinh trưởng dính bám*

a) *Bể lọc sinh học*

Bể lọc sinh học dùng để XLNT bằng phương pháp sinh học hiếu khí mức độ hoàn toàn hoặc không hoàn toàn. Bể hoạt động theo nguyên tắc VSV dính bám trên vật liệu lọc rắn và hình thành màng lọc sinh học. Theo TCVN 7957 :2023, hàm lượng BOD<sub>5</sub> của nước thải đưa vào bể lọc sinh học không được lớn hơn 250 mg/L. Nếu nước thải có BOD<sub>5</sub> lớn hơn 250 mg/L thì phải tuần hoàn nước.

Bể lọc sinh học dùng cho hệ thống XLNT sinh hoạt lưu lượng  $\leq 100$  m<sup>3</sup>/ngày là loại bể thấp tải, phân phối nước nhỏ giọt với tải trọng thủy lực  $q = 1-3$  m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> vật liệu/ ngày. Vật liệu lọc của bể lọc sinh học chủ yếu là dạng hạt có thể là đá dăm, cuội, sỏi, xi, đá

keramzit, chất dẻo dạng tấm hoặc khối. Vật liệu lọc cần có cỡ hạt đồng đều theo chiều cao bể.

Bể được cấp gió tự nhiên qua các cửa cấp gió bố trí đều khắp bề mặt thành bể. Tổng diện tích lỗ cấp gió trong phạm vi sàn bể và sàn lọc lấy 1–5% diện tích bề lọc. Khi thiết kế bể lọc sinh học thông gió tự nhiên lấy chiều cao công tác  $H$  lấy 1,5–2 m.

Các thông số của bể lọc sinh học nhỏ giọt (bể có tải trọng thủy lực thấp) như chiều cao lớp vật liệu lọc  $H$  (m) và tải trọng thủy lực theo thể tích  $q$  ( $m^3$  nước thải/ $m^3$  vật liệu lọc/ngày) lấy theo **Bảng 12** tương ứng với trị số  $K$  đã được xác định. Tổng diện tích của bể lọc sinh học xác định theo khối lượng nước thải (kể cả nước pha loãng) phải xử lý qua bể lọc trong một ngày và tải trọng thủy lực tính theo thể tích  $q$ .

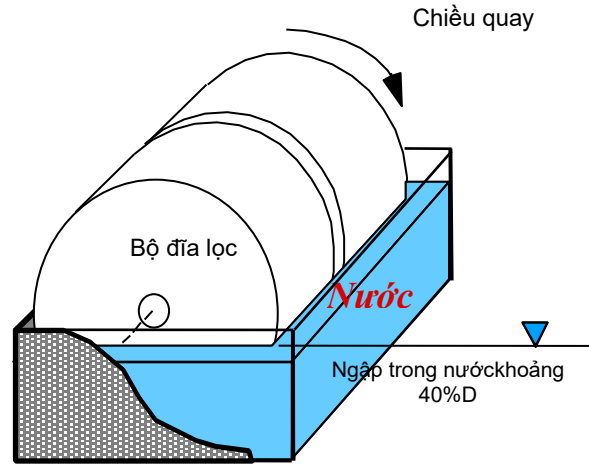
**Bảng 12. Tải trọng thủy lực  $q$  của bể lọc sinh học tải trọng thủy lực thấp**

Tải trọng thủy lực theo thể tích $q$ ( $m^3/m^3/ngày$ )	Giá trị $K$ ứng với chiều cao lớp vật liệu lọc $H$ (m) và nhiệt độ trung bình của nước thải về mùa Đông T từ 14 đến 20°C	
	$H = 1,5$	$H = 2$
1	11,4	15,1
1,5	10	12,8
2	8	11,5
2,5	6,7	10,7
3	5,9	10,2

*b) Đĩa quay sinh học*

Ngoài bể lọc sinh học, đĩa quay sinh học cũng là loại công trình VSV bám dính có thể xử lý nitơ theo bậc. Đĩa quay sinh học để xử lý nước thải thường được bố trí sau bể lắng 1. Căn cứ vào chất lượng nước thải đĩa quay sinh học có thể bố trí 1 cấp hoặc 2 cấp. Vật liệu làm đĩa thường loại nhẹ, cường độ chịu lực cao, chống ăn mòn, chống lão hóa, tỉ lệ bề mặt diện tích lớn và thuận tiện cho lắp đặt, bảo dưỡng và vận chuyển, như: chất dẻo, gỗ,.. Thùng phản ứng của đĩa quay sinh học phải phù hợp với các yêu cầu dưới đây:

- Hình dạng mặt cắt máng phản ứng nên là dạng bán nguyệt;
- Khoảng cách từ mép ngoài của đĩa đến vỏ máng không nên nhỏ hơn 150 mm; Khoảng cách chuẩn của vành bên ngoài đĩa cho nước thải đi vào cửa vào là 25–35 mm, cửa tháo nước là 10–20 mm;
- Phần ngập nước của đĩa trong máng nên có độ sâu không nên nhỏ hơn đường kính đĩa khoảng 35%, tâm trục quay có cao độ cao hơn mực nước thải là trên 150 mm.



**Hình 34. Sơ đồ thiết bị đĩa quay sinh học**

Theo TCVN 7957:2023, tốc độ quay của đĩa quay sinh học là  $2,0 \div 4,0$  vòng/min, vành bên ngoài của đĩa có vận tốc là  $15-19$  m/min ( $1 \div 3$  vòng/min). Cường độ trục quay của đĩa và độ lệch (uốn) nhất định phải thỏa mãn trọng lượng của đĩa và tải trọng phụ phát sinh trong quá trình vận hành. Tải thiết kế của đĩa quay sinh học nên căn cứ theo thí nghiệm mà xác định, khi không có số liệu thí nghiệm, lượng tải hữu cơ bề mặt  $BOD_5$ , tính theo diện tích của đĩa từ  $0,005 \div 0,020$  kg $BOD_5/m^2/ngày$ , cho đĩa thứ cấp không được vượt quá  $0,030 \div 0,040$  kg $BOD_5/m^2/ngày$ ; lượng tải thủy lực bề mặt tính theo diện tích đĩa là  $0,04 \div 0,20$  m $^3/m^2/ngày$ .

#### c) Bể lọc sinh học ngập nước

Bể lọc sinh học ngập nước là loại công trình có giá thể thay cho vật liệu lọc, đặt ngập trong nước để VSV dính bám. VSV phát triển thành màng sinh học (biofilm) để hấp thụ các chất hữu cơ và chất dinh dưỡng trong dòng nước thải khi chuyển động qua bề mặt lớp vật liệu. Bể có thể hoạt động trong điều kiện nước thải không có oxy (bể kỵ khí) hoặc được sục khí để bão hòa oxy (bể hiếu khí). Giá thể của bể lọc sinh học ngập nước là loại có cường độ cao, độ bền cao, dễ sử dụng, độ xốp cao, diện tích bề mặt lớn, độ ổn định lý hóa cao, tỉ trọng nhỏ, dễ tháo rửa vv..

Giá thể của VSV là các tấm nhựa hình sóng vật liệu PVC, HIPS hoặc ABS, dày từ 0,25mm đến 0,35mm, gắn với nhau thành khối hoặc các linh kiện nhựa hình dạng kích thước khác nhau xếp thành khối trong bể. Các khối giá thể có bề mặt tiếp xúc riêng từ 180 đến 250 m $^2/m^3$  với độ rỗng từ 95 đến 98%.

Giá thể VSV hiếu khí ngập nước cũng có thể là khối vật liệu hạt, có thể là cát, than antraxit, sỏi cuội và các vật liệu xốp khác, đường kính tương đương từ 40 mm đến 70 mm, có độ rỗng từ 40%, xếp thành đống trong bể. Chiều cao lớp vật liệu lọc 1,5–4,0m. Tải trọng thiết kế theo COD là 10–60 kg/m $^3$  vật liệu lọc.ngày. Tải trọng thủy lực là 6–30 m $^3/m^2.h$ .

Cấp không khí cho bể bằng máy thổi khí hoặc quạt gió cưỡng bức hoạt động liên tục. Oxy phân tán vào nước nhờ thiết bị khuếch tán khí. Trong bể, nước thải được bão hòa oxy tạo thành dòng động liên tục qua các lớp đệm vi sinh. Lượng không khí cần cấp cho bể tính toán giống như trong trường hợp aeroten. Thời gian nước lưu lại trong bể trên 2 h.

Hiệu suất xử lý theo BOD<sub>5</sub> trong bể từ 70 đến 90%. Bể lọc sinh học hiếu khí ngập nước có hệ thống cấp khí phân tán và hệ thống rửa bằng ống cấp khí đục lỗ. Cường độ không khí rửa là 10–15 L/(m<sup>2</sup>.s), cường độ nước rửa không vượt quá 8 L/(m<sup>2</sup>.s).

*d) Bể lọc sinh học kỵ khí*

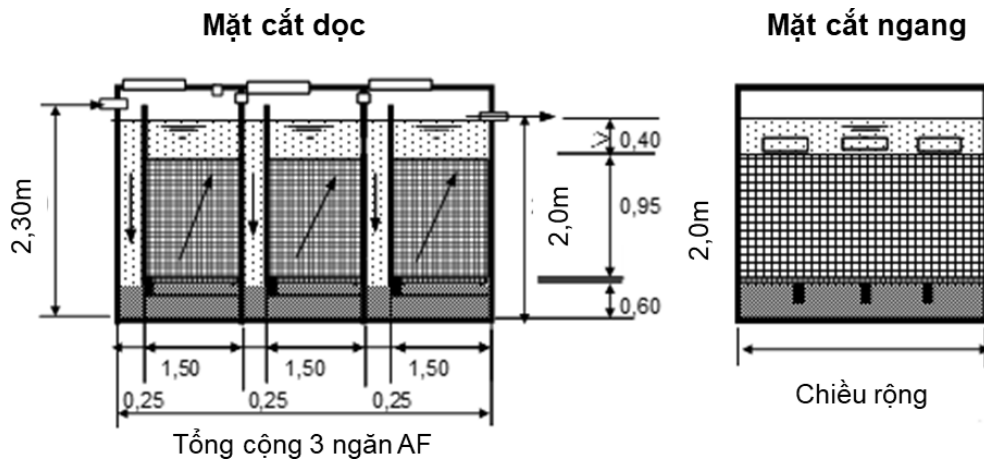
Bể lọc kỵ khí xử lý ô nhiễm trong nước thải bằng màng vi sinh vật bám trên bề mặt của vật liệu lọc và cho hiệu quả xử lý kỵ khí giai đoạn cuối khá cao, đồng thời cũng góp phần làm giảm vi sinh vật gây bệnh của nước thải sau quá trình kỵ khí. Kích thước của các ngăn bể được tính toán đảm bảo hiệu quả xử lý cũng như không cho phép hệ vi sinh bị cuốn trôi ra khỏi các ngăn bể. Thông số bể lọc kỵ khí dòng hướng lên công trình XLNT sinh hoạt được tổng hợp thông qua tính toán và thông qua hiệu quả thực tế được tổng hợp trong **Bảng 13** dưới đây.

**Bảng 13. Thông số bể lọc kỵ khí dòng hướng lên công trình XLNT sinh hoạt**

STT	Thông số bể AF	Công suất xử lý (m <sup>3</sup> /ngày)					
		5	10	20	30	40	50
1	Số ngăn	3	3	3	3	3	3
2	Chiều rộng (m)	1,0	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0
3	Chiều dài một ngăn (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
4	Chiều cao bể (m)	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
5	Chiều sâu mực nước (m)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
6	Chiều dày tối thiểu lớp vật liệu lọc (m)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
7	Độ rỗng vật liệu lọc (%)	35%	35%	35%	35%	35%	35%
8	Thời gian lưu nước (h)	30	22	22	20	19	18
9	Thời gian hút bùn (tháng)	24	24	24	24	24	24

[Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi (2020)]

Nguyên lý hoạt động và bố trí bể lọc kỵ khí công trình XLNT sinh hoạt được minh họa như trong **Hình 35** dưới đây.



**Hình 35. Kích thước bể lọc kỵ khí (AF) công trình XLNT sinh hoạt**

[Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi (2020)]

Đối với bể lọc sinh học kỵ khí, nước thải dẫn vào phải tạo được dòng lan tỏa đều trong khe hở giữa hai bề mặt giá thể. Thời gian nước lưu lại trong bể không nhỏ hơn 1,5h. Hiệu suất XLNT đạt tới 50% theo BOD.

Để kết hợp xử lý nitơ trong nước thải, bể xử lý kỵ khí được bố trí trước bể hiếu khí. Trong bể xử lý hiếu khí, thời gian thổi khí được tính toán kéo dài trên 4 h để đảm bảo cho quá trình nitrat hóa diễn ra. Sau đó một phần hỗn hợp nước thải và bùn thứ cấp từ bể hiếu khí được đưa về bể kỵ khí tạo điều kiện cho quá trình khử nitrat diễn ra. Lượng hỗn hợp nước thải và bùn tuần hoàn từ 0,15 đến 0,25% lưu lượng nước thải vào bể. Tải trọng amoni tính toán 0,3–2 kg/N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/vật liệu đệm/ngày.



**Hình 36. Giá thể VSV của bể lọc sinh học ngập nước**

Tải lượng thể tích của hệ thống lọc sinh học ngập nước thiếu khí và hiếu khí là: từ 3–6 kgBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/d, từ 0,3–0,8kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>/ngày (quá trình Nitrat hóa trong bể hiếu khí), từ 0,8-4,0 kg NO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>/ngày (quá trình khử nitrat trong bể thiếu khí). Tại giai đoạn oxy hóa chất hữu cơ, hệ số phát sinh bùn thải của bể lọc sinh học ngập nước khoảng 0,75 kgVSS/kgBOD<sub>5</sub>.

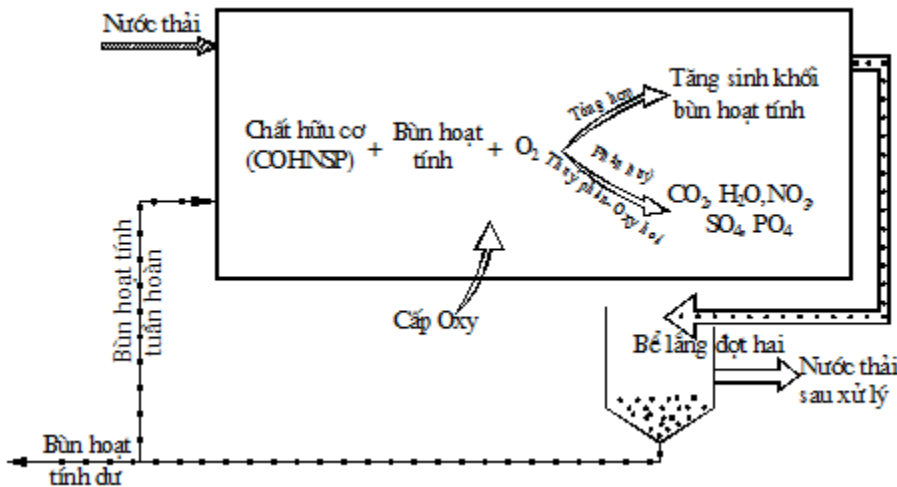
Các bể lọc sinh học kỵ khí và lọc sinh học hiếu khí có giá thể vi sinh ngập nước có thể xây dựng hợp khối với nhau thành modun trong một cụm bể bê tông cốt thép hoặc trong một container thép. Do sự dao động của lưu lượng nước thải cụm dân cư, mỗi modun xử lý có công suất từ 25 m<sup>3</sup>/ngày-100 m<sup>3</sup>/ngày (ứng với lưu lượng nước thải nhỏ

nhất của cụm dân cư). Số modul cần thiết được lắp đặt phụ thuộc vào tổng lưu lượng nước thải. Thời gian lưu nước thải trong mỗi modul không được nhỏ hơn 4,0 h.

ii. Các loại công trình bùn hoạt tính

a) Nguyên tắc chung

Bùn hoạt tính là tập hợp vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm, động vật nguyên sinh,... sinh trưởng lơ lửng thành các bông bùn xốp, dễ hấp thụ chất hữu cơ và dễ lắng. Các công trình chủ yếu là các loại bể aroten, kênh oxy hóa tuần hoàn,... được cấp khí cưỡng bức đủ oxy cho vi khuẩn oxy hóa chất hữu cơ và khuấy trộn đều bùn hoạt tính với nước thải. Nguyên tắc XLNT trong aeroten truyền thống nêu trên **Hình 37**.



**Hình 37. Nguyên tắc XLNT trong bể bùn hoạt tính truyền thống**

Các công trình XLNT bằng phương pháp bùn hoạt tính dùng để xử lý bậc 2 (xử lý các chất hữu cơ dễ oxy sinh hóa) hoặc kết hợp xử lý bậc 2 và bậc 3 (xử lý các chất dinh dưỡng nitơ hoặc photpho). Để XLNT bậc hai bằng phương pháp bùn hoạt tính, dùng các loại aeroten là công trình xử lý sinh học cấp oxy cưỡng bức trong đó diễn ra các quá trình: oxy hóa sinh hóa các chất hữu cơ (aeroten truyền thống) và có quá trình nitrat hóa sau đó (aeroten thổi khí kéo dài). Để kết hợp XLNT bậc ba, dùng các loại công trình bùn hoạt tính hoạt động theo nguyên tắc AO (thiếu khí và hiếu khí) để xử lý các hợp chất hữu cơ dễ oxy sinh hóa và nitơ, hoạt động theo nguyên tắc AAO (yếm khí, thiếu khí và hiếu khí) để xử lý các hợp chất hữu cơ dễ oxy sinh hóa, nitơ và photpho, mương oxy hóa hoặc bể xử lý sinh học hoạt động kế tiếp theo mẻ (SBR) để xử lý các hợp chất hữu cơ dễ oxy sinh hóa và nitơ. Các công trình loại này cho phép tiếp nhận nước thải sinh hoạt hoặc nước thải đô thị có hàm lượng chất rắn lơ lửng (SS) đầu vào đến 200 mg/L.

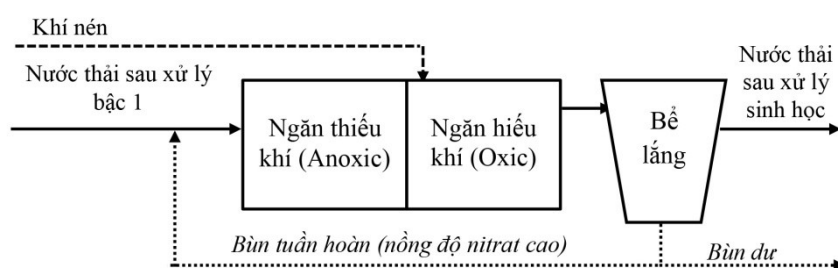
b) Bể bùn hoạt tính truyền thống (Aeroten)

Aeroten trộn là loại bể aeroten dùng để xử lý sinh học hoàn toàn hoặc không hoàn toàn các loại nước thải bệnh viện. Trong quá trình này, các loại vi khuẩn hiếu khí tích tụ thành các bông bùn hoạt tính (sinh trưởng lơ lửng) sẽ hấp thụ các chất hữu cơ và sử dụng oxy được bão hòa trong nước để oxy hóa chất hữu cơ.

Các thông số công nghệ cơ bản của bể aeroten là liều lượng bùn hoạt tính phù hợp với tải lượng hữu cơ tính theo BOD và lượng không khí cấp cho quá trình. Nồng độ oxy hoà tan cần thiết phải duy trì trong bể aeroten là 2÷4 mg/L. Cấp khí cho bể aeroten có thể bằng máy thổi khí hoặc máy khuấy. Chiều sâu đặt thiết bị phân phối khí trong bể aeroten phụ thuộc chiều sâu bể, là 0,5–1 m khi dùng hệ thống cấp khí áp lực thấp hoặc 3–6 m khi dùng các hệ cấp khí khác. Trong các bể aeroten phải có hệ thống thiết bị xả cặn bể và bộ phận xả nước khỏi thiết bị nạp khí. Trường hợp cần thiết, cần có thiết bị phá bọt bằng cách phun nước hoặc bằng hóa chất, cường độ phun nước xác định bằng thực nghiệm.

### c) Bể bùn hoạt tính hệ AO

Hệ thống XLNT theo nguyên tắc bùn hoạt tính hệ thiếu khí và hiếu khí được nêu trên **Hình 38**.



**Hình 38. Sơ đồ hệ thống bùn hoạt tính hoạt động theo nguyên tắc AO**

Bể anoxic có vai trò khử nitơ từ dạng  $\text{NO}_3^-$  và  $\text{NO}_2^-$  trở thành  $\text{N}_2$  nhờ các vi khuẩn tùy tiện. Một phần nước thải từ Aeroten (hiếu khí) được tuần hoàn về bể Anoxic (thiếu khí) theo tỷ lệ lưu lượng từ 1Q đến 2Q tùy nồng độ TN trong nước thải bệnh viện.

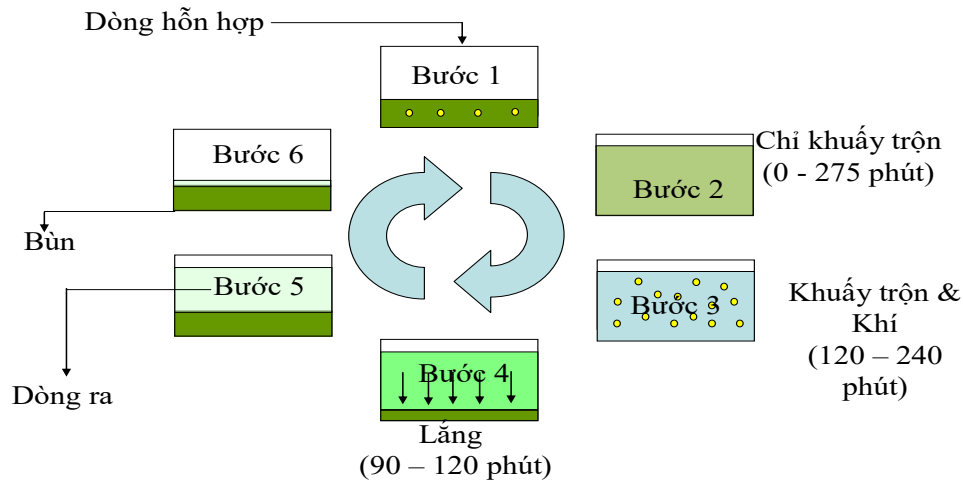
Nước phân trên đi đến bể aeroten. Tại bể này hàm lượng bùn hoạt tính được duy trì lơ lửng để oxy hóa các chất bản, hợp chất hữu cơ thành những chất ổn định tạo bông cặn dễ lắng. Môi trường hiếu khí trong bể đạt được nhờ sử dụng hệ thống sục khí nhằm duy trì hỗn hợp lỏng trong thiết bị luôn ở chế độ khuấy trộn hoàn toàn.

Khác với công nghệ aeroten truyền thống, trong bể aeroten kết hợp xử lý thiếu khí có thời gian sục khí dài hơn, giúp cho quá trình ni trát hóa của sinh vật diễn ra, đây là quá trình VSV sau khi oxy hóa chất hữu cơ đã chuyển sang oxy hóa chất dinh dưỡng trong nước thải. Thông qua quá trình ni trát hóa, nitơ amoni được chuyển thể sang dạng nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) và nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ).

### d) Hệ thống bùn hoạt tính hoạt động gián đoạn theo mẻ

Bể aeroten hoạt động gián đoạn theo mẻ (*Sequencing Batch Reactor - SBR*) kết hợp cả 3 quá trình xử lý thiếu khí, xử lý hiếu khí và lắng bùn hoạt tính, được dùng để xử lý BOD và nitơ trong nước thải bệnh viện. Số bể SBR tối thiểu là 2.





**Hình 39. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của bể SBR**

Trong bể SBR, liều lượng bùn hoạt tính dao động từ 0,5 đến 6 g/L. Thời gian cấp nước thải và để diễn ra quá trình thiếu khí từ 1,0 đến 1,5 h, thời gian sục khí tiếp theo từ 1,5 đến 5,0 h, thời gian lắng, xả nước thải và bùn từ 1,5 đến 2,5 h. Tổng thời gian một chu kỳ trong bể SBR từ 4 đến 9 h. Lượng bùn giữ lại sau mỗi chu kỳ SBR thường chiếm 20 đến 30% thể tích bể.

*e) Mương oxy hóa*

Mương oxy hóa hoạt động theo nguyên lý bùn hoạt tính, được dùng để XLNT bậc hai hay bậc ba. Mương oxy hóa có hình ôvan, chiều sâu khoảng 1,0–2,0m.



**Hình 40. Mương oxy hóa**

Mương oxy hóa làm thoáng trong bằng thiết bị cơ khí như máy khuấy trục đứng hoặc trục ngang, guồng quay, ... đặt ở đoạn kênh thẳng. Lượng bùn hoạt tính dư là 0,4–0,5 kg/kg BOD<sub>5</sub>, lượng không khí đơn vị z là 1,25–1,45 mg/L mg BOD<sub>5</sub> cần xử lý.

Hỗn hợp nước thải và bùn hoạt tính tự chảy từ kênh oxy hóa sang bể lắng thứ cấp. Bùn hoạt tính từ bể lắng thứ cấp được đưa liên tục vào mương. Thời gian nước lưu lại trong bể lắng thứ cấp chọn bằng 1,5 h theo lưu lượng lớn nhất. Bùn tuần hoàn từ bể lắng hai được dẫn liên tục về kênh.

*iii. Hệ thống XLNT hợp khối*

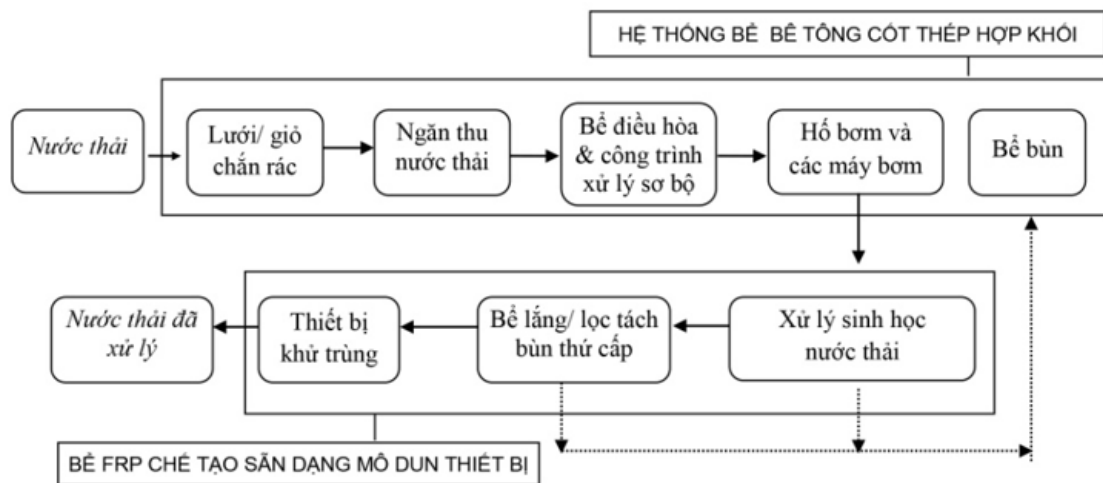
*a) Nguyên tắc hợp khối các quá trình XLNT sinh hoạt*

Hệ thống XLNT sinh hoạt cho cụm dân cư có thể được thiết kế và lắp đặt hợp khối theo các nguyên lý sau đây:

*Nguyên lý mô đun thiết bị:* Hệ thống XLNT được chế tạo thành các mô đun thiết bị. Mỗi mô đun thường ứng với công suất từ 5 đến 100 m<sup>3</sup>/ngày (với 20h hoạt động). Số mô đun cần thiết sẽ được lắp đặt tùy thuộc vào tổng lưu lượng nước thải của cụm dân cư và diện tích đất dành cho hệ thống XLNT.

*Nguyên lý hợp khối:* Nguyên lý này cho phép tích hợp nhiều quá trình XLNT cơ bản trong mỗi mô đun để tăng hiệu quả xử lý, giảm thể tích công trình và chi phí xây dựng. Thiết bị hợp khối còn có thể áp dụng lạng có lớp mỏng (Lamen) để tăng tải trọng thủy lực đồng thời rút ngắn thời gian lưu nước trong công trình.

*Kết cấu bể hợp khối:* Theo nguyên lý hợp khối và để tránh lãng phí toàn bộ các bể và các bộ phận tách rác, bể trộn hóa chất và chế phẩm, xử lý sơ bộ, bể nén bùn đều được xây dựng trong một khối bể hợp khối có các ngăn tương ứng. Hệ thống XLNT được thiết kế và lắp đặt theo kết cấu hợp khối theo nguyên tắc nêu trên **Hình 41**.



**Hình 41. Sơ đồ dây chuyền công nghệ hệ thống XLNT sinh hoạt hợp khối**

Bể bê tông cốt thép là bao gồm các khâu xử lý: ngăn tách cát, song chắn rác, ngăn điều hòa lưu lượng và ngăn khử trùng. Phần cấu trúc FRP (mô đun hợp khối composite) là bao gồm các khâu xử lý bậc 2: khoang tuần hoàn bùn, khoang xử lý sinh học bằng bùn hoạt tính kết hợp với màng sinh học MBR, khoang khử trùng và khoang chứa nước sau xử lý. Giải pháp chia hệ thống hợp khối thành các công trình bê tông cốt thép (hoặc xây gạch) và bể FRP chế tạo sẵn không chỉ cho phép tiết kiệm tường ngăn, xây móng... mà còn có thể linh hoạt sử dụng lẫn một số chức năng như: bể điều hòa, aeroten,... nếu như nước thải có SS và BOD<sub>5</sub> cao.

*Nguyên lý vận hành tự động:* Việc vận hành các máy bơm nước thải, máy bơm bùn, các máy thổi khí và bơm định lượng các chế phẩm vi sinh, keo tụ... được thực hiện tự động tùy thuộc vào lưu lượng nước thải thông qua các phao báo và các sensor tự động khác lắp trong các ngăn bể.

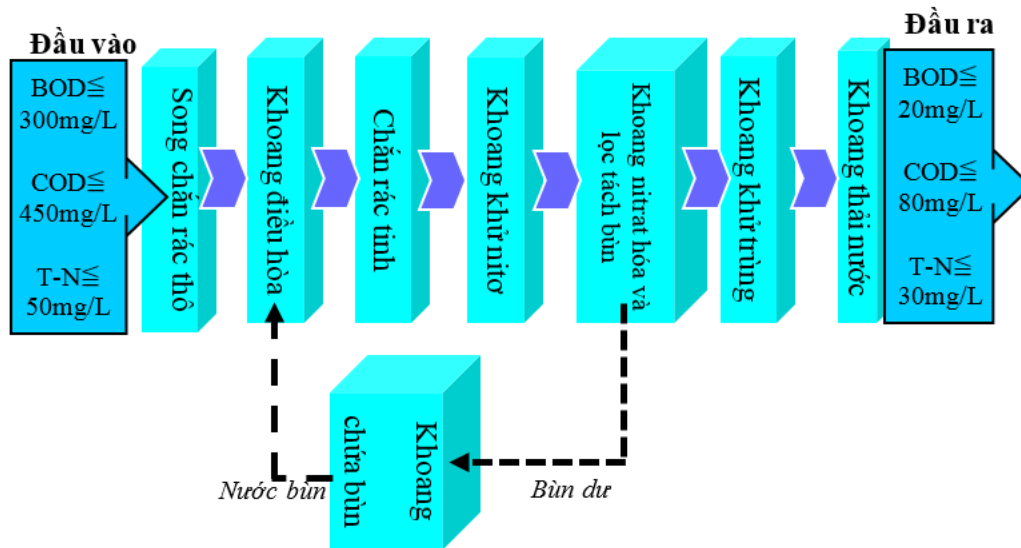
Hệ thống XLNT hợp khối dưới dạng thiết bị chế tạo sẵn có ưu điểm là:

- Kết cấu bền chắc, vật liệu FRP không bị ăn mòn;
- Chế tạo, lắp đặt tương đối đơn giản, thời gian thi công lắp đặt ngắn và có thể di dời để lắp đặt nơi khác khi cần thiết;
- Diện tích xây dựng nhỏ, phù hợp với cảnh quan và các điều kiện kiến trúc của cụm dân cư;
- Không gây mùi và tiếng ồn do lắp đặt chìm và kín;
- Có cấu trúc modun, dễ dàng tự động hóa và quản lý vận hành;
- Chi phí vận hành và bảo trì thấp;
- Phù hợp với các hệ thống XLNT công suất nhỏ và trung bình cũng như dễ nâng cấp khi phát triển cụm dân cư;

Tuy nhiên nhược điểm chính của các hệ thống XLNT với các công trình, thiết bị chế tạo sẵn là chi phí đầu tư ban đầu cao hơn so với các giải pháp thiết kế khác.

#### b) Thiết bị johkasou

Johkasou có nguồn gốc từ Nhật Bản là hệ thống tích hợp các khâu XLNT theo nguyên tắc AO (thiếu khí/anoxic - hiếu khí/oxic) hoặc AAO (yếm khí/ anaerobic - thiếu khí/anoxic - hiếu khí/oxic) trong một thùng chế tạo sẵn bằng composit hoặc trong bể bê tông. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của 1 hệ thống hợp khối các quá trình xử lý sinh học nước thải theo nguyên tắc VSV dính bám trên giá thể di động (MBBR) trong johkasou được nêu trên **Hình 42**.

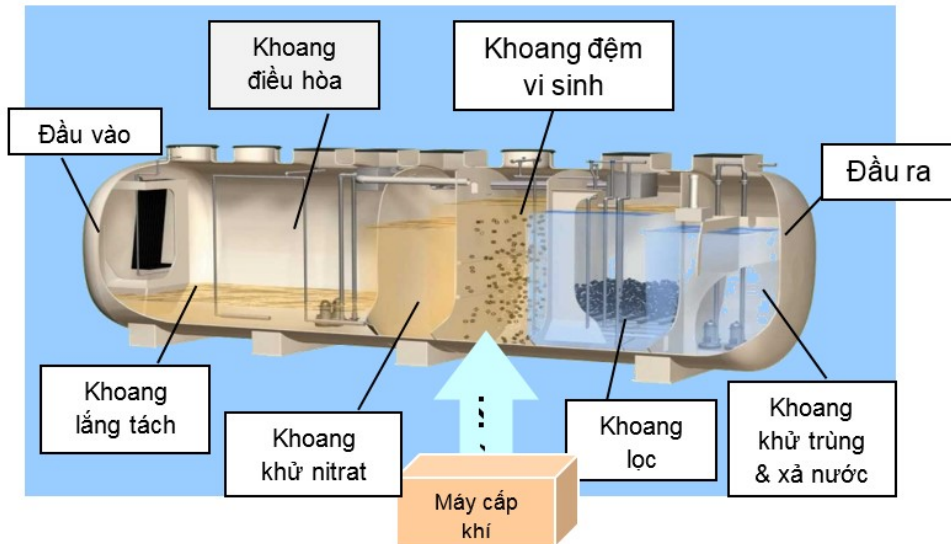


**Hình 42. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của hệ thống johkasou**

Nước thải sau khi được tách rác và các vật thể lớn tại song chắn rác thô sẽ vào khoang điều hòa để ổn định lưu lượng và nồng độ các chất ô nhiễm. Máy bơm tiếp tục bơm nước thải qua thiết bị chắn rác tinh (kích thước khe hở 5-10 mm) về khoang thiếu khí ( $DO \leq 0,5 \text{ mg/L}$ ) để khử nitrat. Sau khoang thiếu khí, nước thải có BOD thấp sang khoang hiếu khí để tiếp tục được oxy hóa các chất hữu cơ và nitrat hóa nhờ hệ VSV dính bám trên giá thể di động. Hỗn hợp bùn nước có hàm lượng nitrat cao trong khoang hiếu

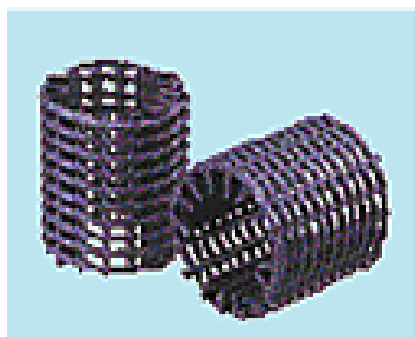
khí được thiết bị khí nâng (airlift) vận chuyển tuần hoàn trở lại khoang thiếu khí. Phần lớn bùn nước từ khoang hiếu khí qua khoang lọc để tách và đưa bùn dư (các VSV bị lão hóa dưới dạng vẩn bùn) về bể chứa bùn. Nước thải sau xử lý được bơm qua khoang khử trùng và xả ra bên ngoài.

Sơ đồ cấu tạo một bể johkasou vật liệu FRP nêu trên **Hình 43**. Trong bể tích hợp tất cả các quá trình XLNT từ chắn rác thô đến khoang chứa nước sau xử lý để bơm ra bên ngoài.



**Hình 43. Sơ đồ cấu tạo thùng johkasou có giá thể vi sinh di động (MBBR)**

Trên **Hình 44** thể hiện cấu tạo của giá thể vi sinh di động và vật liệu lọc chứa trong các bể johkasou giá thể vi sinh di động (Moving bed bio-reactor). Vật liệu này thường là PVC.



a. Ø28×28mm



b. Ø(14÷16)×15mm

**Hình 44. Giá thể vi sinh di động (a) và vật liệu lọc (b) trong thùng johkasou**

Người ta thường khử trùng riêng trong từng bể johkasou bằng NaOCl, Ca(OCl)<sub>2</sub> hoặc C<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub> (TCCA) dạng viên rắn. Khi nước thải sau xử lý đi qua với vận tốc nhất định sẽ làm hòa tan hóa chất khử trùng vào nước.

Do khả năng tự động hóa cao, điện năng tiêu thụ không nhiều, hóa chất ít tổn thất nên chi phí vận hành thiết bị Johkasou thấp hơn nhiều so với các bể XLNT truyền thống.

## 2. VẬN HÀNH BẢO TRÌ CÁC CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI VÀ QUẢN LÝ Bùn THẢI

### a. Các quy định chung

#### i. Các quy định chung

Các công trình XLNT sinh hoạt cụm dân cư nông thôn làm việc bình thường khi chế độ vận hành, bảo dưỡng được đảm bảo, quy trình hoạt động của các công trình và thiết bị thường xuyên được theo dõi và kiểm tra. Chất lượng nước thải sau quá trình xử lý phải đảm bảo các tiêu chuẩn môi trường hiện hành.

Hồ sơ công nghệ cho toàn bộ trạm và cho từng công trình XLNT phải được thiết lập. Trong hồ sơ phải ghi rõ các số liệu kỹ thuật, công suất thiết kế, chế tạo và công suất vận hành thực tế của từng công trình và thiết bị. Trên cơ sở hồ sơ công nghệ này cần xác lập tải trọng giới hạn và chế độ vận hành từng công trình và thiết bị. Để hệ thống xử lý hoạt động ổn định và có hiệu quả, cần phải xác lập và duy trì chế độ làm việc tối ưu của từng công trình và thiết bị đồng thời kiểm tra chặt chẽ từng quy trình công nghệ của trạm XLNT. Phải vận hành các máy móc thiết bị của hệ thống XLNT theo hướng dẫn của nhà máy chế tạo. Để hình thành được hệ VSV trong bùn hoạt tính hoặc màng sinh học nên đưa công trình xử lý sinh học hoạt động vào thời điểm nước thải có nhiệt độ trên 25°C.

Trong hồ sơ công nghệ chỉ rõ các nguyên nhân chính có thể làm cho các công trình XLNT hoạt động không bình thường như là: các công trình làm việc quá tải; các loại chất rắn không hòa tan lớn như cát, rác,... trôi vào hệ thống thoát nước thải bệnh viện; sự cố mất điện; mưa to; không đảm bảo chế độ duy tu bảo dưỡng công trình và thiết bị đúng thời hạn; công nhân quản lý không thực hiện đúng nguyên tắc quản lý kỹ thuật công trình và an toàn lao động;...

Hệ thống thoát nước và trạm XLNT cụm dân cư nông thôn phải được theo dõi thường xuyên và phải được sửa chữa kịp thời các hư hỏng khi phát hiện. Do vậy, cần phải thường xuyên kiểm tra lưu lượng, thành phần và tính chất nước thải dòng vào. Số lượng công trình ngừng làm việc để bảo trì phải được xác định dựa vào chế độ vượt tải cho phép của các công trình còn lại.

Các thiết bị, đường ống, van khóa và công trình XLNT phải được bảo dưỡng thường xuyên. Quy trình bảo dưỡng máy bơm và các thiết bị được thực hiện theo các hướng dẫn của nhà cung ứng và lắp đặt. Tối thiểu mỗi năm một lần phải súc rửa lại đường ống cũng như tra dầu mỡ cho các van khóa. Tối thiểu 3 năm một lần phải xả khô để kiểm tra dò rỉ, sơn lại các công trình XLNT. Tất cả các công trình, trang thiết bị của trạm XLNT phải được giữ gìn sạch sẽ, đảm bảo các điều kiện vệ sinh cần thiết cho công nhân quản lý vận hành trạm.

#### ii. Các thông số kiểm tra và quan sát trong quá trình vận hành hệ thống XLNT

Các đại lượng đảm bảo sự hoạt động bình thường của hệ thống XLNT:

- Lưu lượng: Quyết định khả năng chịu tải của hệ thống và tải lượng bề mặt của bê tông. Cần đảm bảo lưu lượng ổn định trước khi vào công trình sinh học.

- F/M: Thích hợp khoảng 0,2–0,6. Hạn chế tình trạng pH giảm, bùn nổi, lắng kém. Nếu F/M thấp là do vi khuẩn có cấu trúc đặc biệt - nấm; F/M cao là do DO thấp, quá tải, bùn đen, lắng kém, có mùi tanh, hiệu quả xử lý thấp.

- pH: Thích hợp là 6,5–8,5. pH cao do quá trình chuyển hóa N hữu cơ thành nitơ amoni ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ ) tốt, khả năng đệm cao. pH thấp: Quá trình nitrat hóa, hàm lượng  $\text{HCO}_3^-$  thấp. Cần tăng cường hóa chất tăng độ kiềm. Cách khắc phục sự dao động pH này là cần cung cấp đủ dinh dưỡng, hàm lượng hữu cơ, hạn chế quá trình phân hủy nội bào, sử dụng hóa chất tăng độ kiềm.

- Tỷ lệ BOD/COD: Giá trị BOD/COD > 0,5 sẽ thích hợp cho phân hủy sinh học. Kiểm tra thường xuyên BOD và COD tránh hiện tượng thiếu tải hoặc quá tải.

- Tỷ lệ dinh dưỡng. Chất dinh dưỡng: N, P đảm bảo tỷ lệ BOD:N:P = 100:5:1, nếu thiếu, phải bổ sung nguồn từ bên ngoài. Thông thường nước thải sinh hoạt chưa qua bể tự hoại thì không cần thiết bổ sung N, P.

- Hàm lượng các chất độc hại: Kim loại nặng, dầu mỡ,... đảm bảo dưới ngưỡng quy định.

Các thông số chất lượng nước và công nghệ XLNT cần quan trắc và xem xét để điều chỉnh quy trình vận hành và bảo trì hệ thống XLNT là:

- Các chỉ tiêu cơ bản đặc trưng cho nước thải sinh hoạt là: pH, chất rắn lơ lửng (mg/L), BOD<sub>5</sub> (mg/L), nitơ amoni (mg/L), nitơ nitrat (mg/L), phốt phat (mg/L), dầu mỡ (mg/L), tổng coliform (MPN/100 mg/L).

- Thể tích sinh khối: MLSS; MLVSS,... và chỉ số thể tích sinh khối: là thể tích sinh khối lắng/ hàm lượng sinh khối (SVI: mL/g); thể tích bùn lắng sau 30 phút (thể tích nước thí nghiệm là 1lít).

Cần phải đo lưu lượng nước thải chảy về trạm xử lý hàng ngày và hàng giờ trong ngày bằng các phương pháp và thiết bị do tư vấn thiết kế chỉ định như đập tràn, máng đo lưu lượng, thiết bị tự ghi liên tục áp lực trên mặt đập hay mực nước trong máng. Hiệu suất làm việc của từng công trình cũng như toàn hệ thống XLNT được xác định bằng cách so sánh thành phần nước thải trước và sau khi xử lý.

Định kỳ kiểm tra chất lượng XLNT. Có sổ quản lý vận hành và kết quả kiểm tra chất lượng liên quan. Tất cả các hệ thống XLNT đều phải có giếng quan trắc để lấy mẫu, kiểm tra chất lượng nước thải trước khi xả ra sông hồ. Nước thải sau khi xử lý phải được quan trắc định kỳ, tối thiểu 3 tháng/lần. Các thông số quan trắc là: pH, chất rắn lơ lửng, BOD<sub>5</sub>, COD, Tổng chất rắn lơ lửng (TSS), Sunfua (tính theo H<sub>2</sub>S), N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, tổng coliform,... được chỉ rõ trong QCVN 14:2008/BTNMT. Kết quả quan trắc phải được lưu giữ và báo cáo với cơ quan quản lý môi trường địa phương.

Trong quá trình vận hành hệ thống XLNT cụm dân cư cũng cần quan sát các đại lượng (thông số) cảm quan như: mùi, màu, bọt,... Hệ thống hoạt động tốt thường không gây mùi. Trong quá trình sục khí trong bể điều hòa, bể aeroten, ... tạo nên các bọt trắng, nhỏ. Nếu có quá nhiều bọt trắng là do: sinh khối đang trong giai đoạn thích nghi hay hồi phục, quá tải, thiếu oxy, thiếu dưỡng chất, nhiệt độ biến đổi, hàm lượng chất hoạt động bề

mặt cao, hiện diện các chất độc,.. Sự thay đổi màu biểu hiện hoạt động của hệ thống xử lý; chất rắn lơ lửng không lắng được; màu nước thải nguyên sơ;...

## **b. Vận hành bảo trì các công trình XLNT phi tập trung**

### *i. Đưa các công trình XLNT vào hoạt động*

Bước đầu tiên sau khi lắp đặt và xây dựng xong hệ thống XLNT sinh hoạt là đưa các công trình vào hoạt động. Thời gian đưa một số loại công trình XLNT sinh hoạt vào hoạt động được lựa chọn như sau.

**Bảng 14. Các yêu cầu để khởi động các công trình XLNT quy mô nhỏ cho hộ gia đình hoặc cụm hộ gia đình**

<b>Tên công trình</b>	<b>Thời gian khởi động</b>	<b>Yêu cầu quản lý vận hành trong thời gian khởi động</b>
Bể tự hoại	Lắng cặn: Sau 1 - 3 ngày Lên men cặn lắng: Sau 3 tháng	Đưa lượng cặn đã lên men bằng khoảng 15 - 20% dung tích phần chứa cặn để gây men
Bể lắng hai vỏ	Lắng cặn: Sau 3 - 5 ngày Lên men cặn lắng: Sau 3 tháng	Đưa lượng cặn đã lên men bằng khoảng 15 - 20% dung tích phần chứa cặn để gây men
Bể lọc sinh học	Từ 2 - 3 tháng cho đến khi xuất hiện nitorat trong nước thải sau xử lý	Tăng dần lưu lượng nước thải từ 10 đến 25% lưu lượng thiết kế. Thời gian 1 chu kỳ tưới từ 5 đến 6 phút
Bể Aeroten (bể hiếu khí)	Từ 1 đến 2 tháng cho đến khi chỉ số bùn đo trong bình Imhoff là 200 - 300 ml/l (nếu có bùn hoạt tính từ nơi khác đưa về thì thời gian này giảm xuống còn từ 2 tuần đến 1 tháng)	Cho bùn hoạt tính lấy từ nơi khác để sục khí với khoảng 30% lưu lượng nước thải trong thời gian đầu. Sau đó tăng dần công suất cấp nước thải cho đến khi chỉ số bùn là 200 - 300 mL/L
Hồ sinh học	Từ 2 đến 3 tháng sau khi hình thành hệ sinh vật trong hồ	Giai đoạn đầu có thể bơm nước sông vào đầy hồ, sau đó xả nước thải dần dần vào hồ
Bãi lọc trồng cây	Từ 2 đến 3 tháng sau khi cây phát triển phía trên bề mặt	

Trong thời gian đưa công trình vào hoạt động, phải tiến hành lấy mẫu, phân tích nước thải để xác định được là công trình đó có đảm bảo làm sạch theo yêu cầu hay không. Số liệu thu nhận được trong giai đoạn này được bổ sung vào quy trình vận hành công trình XLNT.

## *ii. Vận hành các công trình*

### *a) Bể tự hoại*

- Với bể tự hoại, để tăng hiệu quả xử lý có thể khởi động bằng việc cấy vi sinh bằng cách: sử dụng các gói chế phẩm vi sinh hoặc xin bùn bể tự hoại đang hoạt động để đưa vào bể.

- Định kỳ 6-18 tháng tiến hành hút bùn cặn, khi hút chú ý bớt lại khoảng 10-30% lượng cặn để giữ lại nguồn vi sinh.

- Định kỳ 3-6 tháng tiến hành đảo trộn lớp sỏi lọc để giảm tắc nghẽn.

### *b) Bể tách mỡ, tách dầu*

- Kiểm tra hố ga, bể tách mỡ định kỳ. Tách bỏ váng bọt, dầu mỡ để tránh tắc nghẽn

- Nạo vét bùn cặn lắng dưới đáy bể.

### *c) Các đường cống, hố ga*

- Cần kiểm tra, nạo vét cát trong đoạn mương dẫn về trạm xử lý ngay trước lưới chắn rác. Tần suất nạo vét cát và tách rác tùy theo tình hình thực tế.

- Kiểm tra rác thải bám vào lưới chắn rác. Loại bỏ rác để nước chảy vào hố gom.

### *d) Bãi lọc trồng cây*

- Sau thời gian hoạt động cây trồng trong bãi lọc sẽ mọc và đẻ nhánh ra thêm nhiều cây. Nếu mật độ cây dày quá cần tỉa bớt, cắt bỏ cây già. Trong trường hợp nhiều lá già, khô héo rũ xuống bề mặt bãi lọc cần được lấy ra khỏi bãi lọc.

- Sau khoảng 2-3 năm hoạt động, lớp sỏi lọc có thể bị bít tắc vì có quá nhiều rễ cây mục, hoặc cây quá già, không đẻ nhánh tốt, cần tiến hành nhổ bỏ toàn bộ cây trong bãi, tiến hành vệ sinh và trồng lại cây mới.

## *iii. Các sự cố thường gặp trong quá trình vận hành và cách khắc phục*

Sự cố thường gặp chủ yếu là tắc nghẽn, tràn nước thải

### *❖ Bước 1: Kiểm tra nguyên nhân sự cố*

- Không hút bùn cặn định kỳ, hình thành lớp màng cứng gây tắc nghẽn trong ống

- Không đảo trộn lớp sỏi lọc, không thay thế, lớp sỏi trộn bị tắc

### *❖ Bước 2: Cách khắc phục*

- Tiến hành thông hút bể phốt, sử dụng chế phẩm vi sinh để tăng hiệu quả phân hủy

- Kiểm tra thay thế ống dẫn nếu cần thiết

- Đảo trộn, thay thế lớp sỏi lọc

## *iv. Nguyên tắc vận hành bảo trì hệ thống XLNT phi tập trung cụm dân cư nông thôn*

Bảo trì phòng ngừa là hoạt động bảo dưỡng có lịch trình được thiết kế nhằm ngăn thiết bị bị lỗi và gián đoạn trong quá trình xử lý. Một sự bảo trì phòng ngừa điển hình bao gồm việc kiểm tra bể và kiểm tra thiết bị, thay dầu, bôi trơn động cơ, v.v.. Mục đích của



một chương trình bảo trì phòng ngừa có hiệu quả là để bảo vệ thiết bị có giá trị, tăng tuổi thọ của thiết bị này và để đảm bảo việc xử lý thích hợp.

Nội dung bảo trì phòng ngừa được xây dựng thành quy trình để làm rõ:

(i) Thiết bị sẽ được bảo trì đúng cách. Dựa vào các hướng dẫn bảo trì của nhà sản xuất để có được thông tin chi tiết hơn.

(ii) Tất cả các phân tích sẽ được hiệu chỉnh định kỳ để có được quy trình bảo trì phù hợp.

(iii) Tất cả các hóa chất sẽ được cung cấp đúng cách khi được yêu cầu.

(iv) Lưu lượng bơm xả sẽ được điều khiển đúng cách bằng cách điều chỉnh chu kỳ bơm và/hoặc mở các van.

v. *Xác định một số chi phí vận hành hệ thống XLNT sinh hoạt cụm dân cư*

a) *Điện năng tiêu thụ*

Các phụ tải dùng điện bao gồm động cơ các máy bơm, máy thổi khí, điện chiếu sáng.

Công suất động cơ lấy theo catalogue thiết bị và theo tính toán. Công suất điện yêu cầu trên trục máy bơm nước tính như sau:

$$P_{bom} = \frac{Q.H.\gamma.g}{3600.\eta_1} \text{ (kW)} \quad (12)$$

Trong đó:

$Q$ - Lưu lượng của máy bơm ( $m^3/h$ )

$H$ - Áp lực toàn phần của máy bơm (m cột nước)

$\gamma$  - Tỷ trọng chất lỏng ( $T/m^3$ )

$g$  - Gia tốc trọng trường ( $9,81 m/s^2$ )

$\eta_1$  - Hiệu suất máy bơm (0,8-0,9)

b) *Hóa chất sử dụng:*

Liều lượng clo hoạt tính  $a$  đối với nước thải: sau xử lý cơ học là  $10g/m^3$ , sau xử lý sinh học không hoàn toàn là  $5g/m^3$  và sau xử lý sinh học hoàn toàn là  $3 g/m^3$ . Lượng clo hoạt tính:

$$y = \frac{a \times Q}{1000 \times 24} \text{ (kg/ngày)} \quad (13)$$

Trong đó:

$Q$ - lưu lượng nước thải ( $m^3/ngày$ ).

Canxi hypochloride có hàm lượng clo hoạt tính là 70%.

### 3. TÁI SỬ DỤNG NƯỚC THẢI VÀ PHÂN BÓN TỪ CÁC HỘ GIA ĐÌNH NÔNG THÔN

#### a. Tái sử dụng nước thải sau xử lý

##### i. Mục đích và các yêu cầu tái sử dụng nước thải

Nước thải sinh hoạt chứa lượng lớn các chất hữu cơ và các chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng, vật nuôi... Thành phần chính của nước thải sinh hoạt được nêu trong **Bảng 15** sau đây.

**Bảng 15. Các thành phần chính của nước thải sinh hoạt và nguyên tắc xử lý, tái sử dụng**

Thành phần	Tải lượng, kg/người.năm	Trong đó, %		
		Nước xám	Nước tiêu	Nước phân
Nitơ	4-5	3	87	10
Phốt pho	0,75	10	50	40
Kali	1,8	34	54	12
COD	30	41	12	47
Nguyên tắc xử lý và tái sử dụng		<i>Xử lý sau đó tái sử dụng hoặc xả vào nguồn nước</i>	<i>Xử lý và làm phân bón trực tiếp cho cây</i>	<i>Xử lý, sản xuất khí sinh học và cung cấp chất dinh dưỡng bổ sung cho đất</i>

[Nguồn: Trần Đức Hạ (2002)]

Tỷ lệ các nguyên tố dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt được nêu trong **Bảng 16**. Trong nước thải tỷ lệ N:P:K là 5:1:2, trong lúc đó tron phân chuồng là 2:1:2,4 .

**Bảng 16. Tỷ lệ các nguyên tố dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt và phân bón.**

Dạng phân bón	Hàm lượng, g/L hoặc g/kg.			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
• Nước thải khi tiêu chuẩn thoát nước là 150 L/ng.ngày	0,087	0,014	0,030	0,12
• Phân chuồng	5	2,5	6,3	-

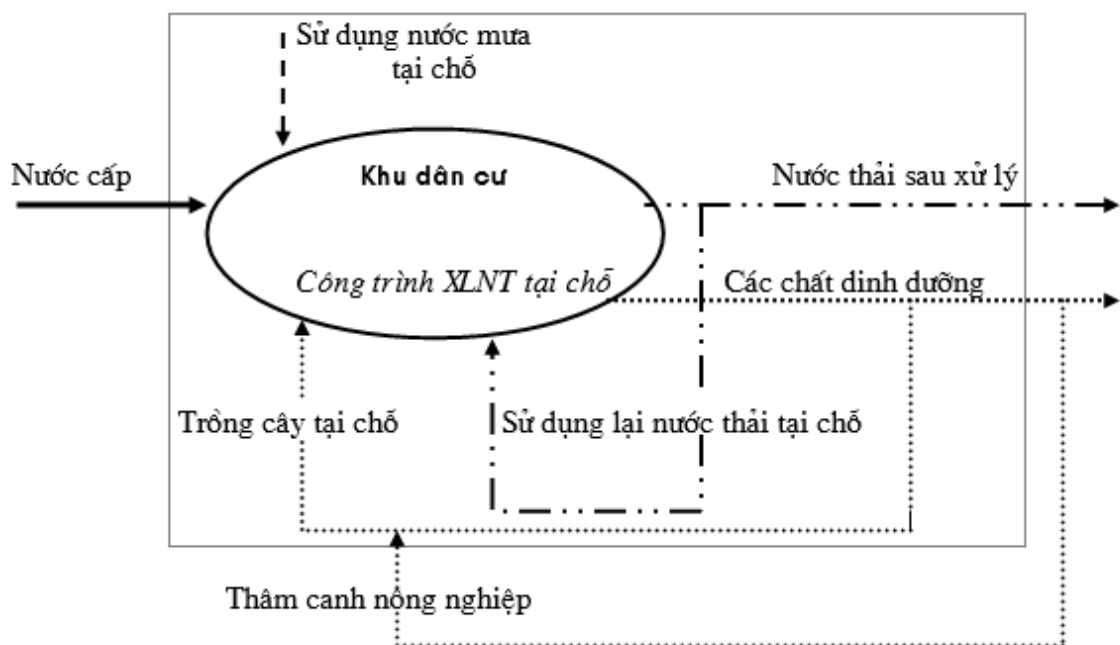
Trong nước thải sinh hoạt, hàm lượng tổng nitơ thông thường từ 20 đến trên 100 mg/L, phụ thuộc vào tiêu chuẩn dùng nước, loại nước thải, đặc điểm công trình công cộng

...Nito ban đầu chủ yếu tồn tại dưới dạng nito hữu cơ, nito amôn và nito nitrat. Tỷ lệ hàm lượng các dạng nito này quyết định thứ tự ưu tiên xử lý nước thải trong đất.

Hàm lượng phốt pho tổng số trong nước thải sinh hoạt cũng dao động lớn, từ 5 đến 50 mg/l. Trong quá trình xử lý sơ bộ nước thải và vận chuyển nước thải vào đất, phốt pho hữu cơ sẽ bị chuyển hoá sinh học thành phốt phát. Trong môi trường đất kiềm tính, phốt phát sẽ kết hợp với ion canxi tạo thành canxi phốt phát. Và ngược lại, trong môi trường axit, phốt phát sẽ tác dụng với ô xit sắt hoặc ô xit nhôm để tạo thành các hợp phần không hoà tan.

Phần lớn nito và hầu hết kali tồn tại ở trạng thái hoà tan và cây trồng dễ hấp thụ. Phốt pho thường bị lắng đọng trong bùn cặn.

Như vậy, nước thải sinh hoạt chứa hàm lượng lớn Nito, Phốt pho, Kali... là những chất cần thiết cho cây trồng. Vì vậy xu thế sử dụng nước thải để tưới cây và bùn cặn của nó làm phân bón ngày càng tăng. Hiện nay, người ta thường có các quan điểm phân chia hệ thống thoát nước phân tán quy mô nhỏ và vừa ra các loại: hệ thống thoát nước không tái sử dụng nước thải, tái sử dụng một phần nước thải và tái sử dụng hoàn toàn nước thải. Hệ thống thoát nước phân tán có tái sử dụng nước thải (*Decentralised Sanitation and Reuse - DESAR*) được nêu trên **Hình 45**.



**Hình 45. Sơ đồ thoát nước cụm dân cư nông thôn có tái sử dụng nước thải**

Trong nước thải và bùn cặn của nó có chứa các loại vi khuẩn gây bệnh, trứng giun sán. Nước thải sinh hoạt là môi trường tồn tại của các loại vi sinh vật trong đó có vi khuẩn gây bệnh. Ước tính có khoảng 7.000 vi khuẩn *Salmoella*, 6.000-7.000 vi khuẩn *Shigella* và 1.000 vi khuẩn *Vibrio cholera* trong 1 lít nước thải. Các loại vi khuẩn *Shigella* và *Vibrio cholera* nhanh chóng bị tiêu diệt trong môi trường nước thải nhưng vi khuẩn *Salmoella* có khả năng tồn tại lâu dài trong đất. Các loại virus cũng xuất hiện nhiều trong nước thải. Ngoài ra trong nước thải sinh hoạt còn có nhiều các loại trứng giun sán như

*Ancylostoma, Ascaris, Trichuris* và *Taenia*... và thường gây ra các hậu quả nghiêm trọng khi sử dụng trực tiếp nước thải để tưới rau, nuôi cá ... Trong 1 gam bùn cặn chứa từ 5 đến 67 trứng giun sán. Trứng giun sán có thể tồn tại trong đất đến 1,5 năm. Vì vậy nên hạn chế tưới nước thải trong mùa thu hoạch. Đối với các loại rau ăn sống thì không được tưới nước thải. Khi tái sử dụng nước thải sinh hoạt trong khu vực tiếp cận đông người cần thực hiện theo TCVN 12525-1:2018 (ISO 20760-1:2018) Hướng dẫn cho hệ thống tái sử dụng nước tập trung- Phần 1: Nguyên tắc thiết kế hệ thống tái sử dụng nước tập trung; và TCVN 12526 (ISO 20761:2018): Hướng dẫn đánh giá an toàn tái sử dụng nước- Thông số và phương pháp đánh giá.

Như vậy, nước thải sau xử lý đảm bảo chất lượng xả vào nguồn tiếp nhận theo qui định trong QCVN có thể xả trực tiếp vào kênh tưới cho mục đích thủy lợi để bổ xung nước tưới cho nông nghiệp. Đối với trồng vườn, các chất dinh dưỡng trong đất luôn bị rau màu sử dụng nên chúng sẽ bị cạn kiệt theo giai đoạn phát triển của rau màu nên thường xuyên cần phải bón thêm phân hữu cơ, phân hóa học cho rau màu để bổ sung dinh dưỡng. Nước thải bị ô nhiễm hữu cơ trong và sau quá trình xử lý chứa một hàm lượng chất dinh dưỡng nhất định có tác dụng thay thế một phần chất dinh dưỡng trong phân bón. Tận dụng nguồn dinh dưỡng này giúp giảm lượng phân bón dùng cho rau màu và tận dụng được nguồn tài nguyên sẵn có từ nước thải.

Với một mức độ nào đó, nước thải sinh hoạt có thể làm tăng hàm lượng kim loại trong đất khi dùng nó để tưới cây. Khi tưới nước thải vào đất chúng có thể lấp kín các khe hở, cản trở xâm nhập ôxy, tăng độ muối, thêm chất độc... trong đất. Cấu trúc của đất có thể bị thay đổi hoặc bị phá vỡ khi dư thừa Natri. Độ hấp thụ Natri của đất phụ thuộc vào tỷ lệ RAS của chất thải:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (14)$$

Nồng độ các ion kim loại trong (14) biểu diễn bằng mg-đgl/L.

Việc tưới các loại nước thải có tỷ lệ RAS xấp xỉ bằng 10 rất dễ gây nguy hiểm cho đất trồng trọt. Vì vậy, cần thiết phải có sự lựa chọn nước thải phù hợp, đã có tách kim loại nặng và khử độc khi sử dụng để tưới cho cây trồng.

#### ii. Các sơ đồ tái sử dụng nước thải

Đối với hệ thống xử lý nước thải phi tập trung (hệ thống thu gom và vận chuyển nước thải ngắn hoặc không có) thì có thể tách thu gom và tổ chức xử lý riêng các loại nước đen và nước xám. Nước xám từ các hộ gia đình, các công trình công cộng, công sở,... nếu được tách riêng thì xử lý sẽ đơn giản hơn so với nước đen và dễ tái sử dụng trực tiếp vào các mục đích: dội khu vệ sinh, tưới cây, rửa đường. Đối với các hộ gia đình và công trình công cộng riêng rẽ, các khu resort,... song song hình thức tổ chức thoát nước và XLNT phi tập trung có thể một vài đối tượng dùng nước không ăn uống có thể tổ chức cấp nước phi tập trung từ nguồn nước xám sau xử lý.

Quy trình thực hiện tái sử dụng nước thải và nước mưa cho các cụm dân cư nông thôn, cơ sở dịch vụ nghỉ dưỡng,... riêng rẽ, độc lập với hệ thống thoát nước tập trung của đô thị được theo trình tự sau đây:

1. Tổ chức thu gom nước: tổ chức thoát nước riêng cho nước thải và nước mưa.
2. Phân tích các điều kiện kinh tế kỹ thuật để đánh giá khả năng tách riêng dòng nước đen và nước xám.
3. Xác định nhu cầu dùng nước và chất lượng nước cấp để sử dụng cho các mục đích của dự án.
4. Đánh giá khả năng tái sử dụng nước thải cho các mục đích sử dụng nước của dự án.
5. Xác định đánh giá mức độ tiếp nhận nước mưa và nước thải (khả năng điều tiết nước mưa và khả năng tự làm sạch nước thải) của hồ cảnh quan sinh thái khu vực .
6. Xác định mức độ xử lý, đề xuất dây chuyền công nghệ, tính toán thiết kế và lắp đặt công trình, thiết bị xử lý nước xám.
7. Xác định mức độ xử lý, đề xuất dây chuyền công nghệ, tính toán thiết kế và lắp đặt công trình, thiết bị xử lý nước đen.
8. Thiết kế và lắp đặt hệ thống cấp nước tái sử dụng nước xám (có tính đến việc bổ sung thêm nước từ hồ cảnh quan sinh thái) cho các mục đích dội nhà vệ sinh, rửa sân đường, chữa cháy (khi cần thiết),...
9. Thiết kế và lắp đặt hệ thống cấp nước tái sử dụng nước đen (có tính đến việc bổ sung thêm nước từ hồ cảnh quan sinh thái) cho các mục đích tưới cây và thảm cỏ,...
10. Tính toán và lắp đặt các công trình và thiết bị bổ cấp nước thải (nước đen và nước xám), điều tiết nước mưa và tạo cảnh quan tăng cường quá trình tự làm sạch cho hồ cảnh quan sinh thái khu vực.
11. Tính toán và lắp đặt các công trình và thiết bị bổ cấp nước thải sau xử lý, nước mưa, nước hồ cảnh quan sinh thái cho nguồn nước ngầm khu vực dự án.

Nước thải sau khi lắng sơ bộ có thể sử dụng tưới cho cây trồng. Cường độ tưới phụ thuộc vào đặc điểm đất, cây trồng và nồng độ các chất trong nước thải và dao động từ 0,1 đến 0,2 m/năm (1000 m<sup>3</sup>/ha đến 20000 m<sup>3</sup>/năm ). Phương pháp tưới là tưới ngập hoặc tưới phun khi dùng nước thải để tưới sản lượng cây trồng sẽ tăng thêm 20% đến 30%.

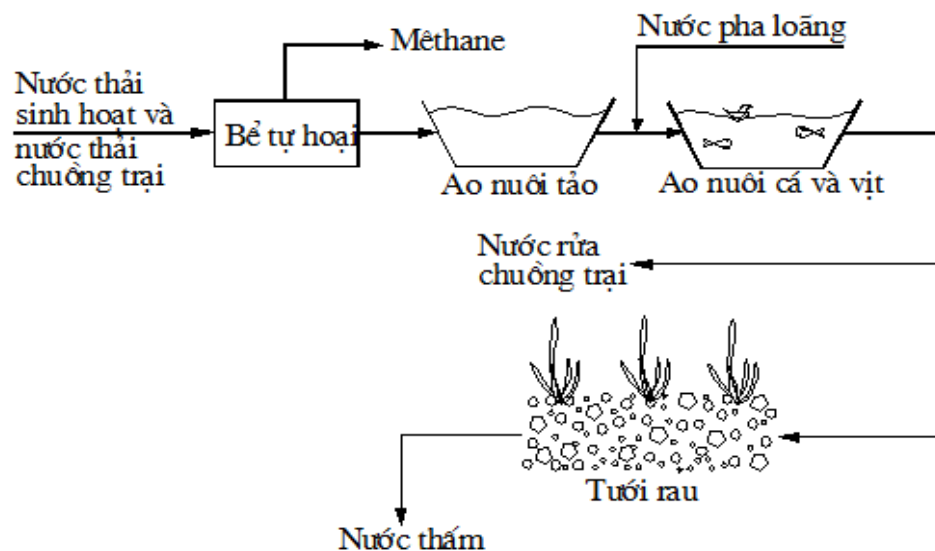
Thực tế cho thấy có thể sử dụng nước thải tại ngăn lọc cuối cùng của cụm xử lý kỵ khí (AF) hoặc sau bãi lọc thực vật dòng chảy ngang (trước khi xả ra môi trường) để tưới cho rau màu trong khu vực xung quanh công trình XLNT theo nhu cầu thực tế. Nước thải tại ngăn cuối cùng có nhiều dinh dưỡng hơn nhưng cần đảm bảo hàm lượng vi sinh vật gây bệnh trong mức cho phép và nên dùng cho đất trồng rau màu trước khi gieo trồng, còn nước thải sau xử lý nên dùng tưới cho rau màu trong quá trình sinh trưởng mà không cần pha loãng.

Một trong những hướng xử lý kết hợp với sử dụng bùn cặn nước thải sinh hoạt là lên men chúng để tạo khí biogas (chủ yếu là khí metan CH<sub>4</sub> chiếm 50-70%). Bùn cặn và sinh

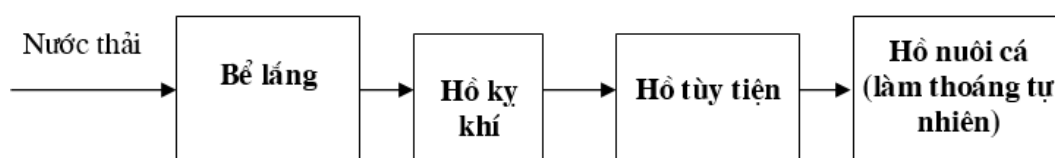
khối thực vật thu hồi từ quá trình XLNT trên cánh đồng ngập nước, trong hồ sinh vật có khả năng phân huỷ để tạo thành biogas. Vật liệu để tạo thành khí biogas thường yêu cầu tỷ lệ C:N=10:30 cho đến 20:25. Trong khi đó bùn cặn nước thải sinh hoạt hoặc phân tiêu có C:N = 6:10, vì vậy việc bổ sung các loại cỏ, bèo ... trong thành phần nguyên liệu các hầm biogas là cần thiết. Nồng độ chất rắn trong nguyên liệu chiếm 10%. Các hầm biogas thường được thiết kế với tải trọng thể tích là 0,5 đến 3 kg nguyên liệu khô không tro /m<sup>3</sup> thể tích công tác. một ngày. Khí sinh học thu hồi sau khi khử CO<sub>2</sub> bằng nước vôi có thể sử dụng trực tiếp làm nhiên liệu.

Nước thải sinh hoạt chứa nhiều chất hữu cơ và nguyên tố dinh dưỡng, là môi trường cho tảo và các loại sinh vật khác phát triển. Theo chu trình dinh dưỡng trong vực nước, nó là nguồn thức ăn cho cá và các loại thủy sản khác. Đối với từng ngôi nhà hoặc cụm ngôi nhà, ao nuôi tảo là một trong các nút của hệ sinh thái vườn-ao-chuồng (VAC). Tảo không cần thu hồi mà được sử dụng trực tiếp để làm thức ăn cho các động vật nguyên sinh, cá vịt. Phần lớn các loại vi khuẩn gây bệnh, các chất hữu cơ có trong nước thải sinh hoạt đã được làm sạch nên nước thải có thể sử dụng để tưới rau hoặc rửa chuồng trại.

Sử dụng nước thải nuôi cá mang lại hiệu quả kinh tế cao, tuy nhiên lượng ôxy đủ, nguồn thức ăn dễ thu nhận và hấp thụ ... là các yếu tố cần thiết để cá phát triển. Vì vậy, cá thường được nuôi ở giai đoạn cuối của hệ thống hồ sinh vật. Các loại cá có sản lượng cao thường được nuôi trong môi trường nước thải là cá trắm, mè, rô phi... Sơ đồ hệ thống hồ sinh học xử lý nước thải kết hợp nuôi cá nêu trong **Hình 46** và **Hình 47**.



**Hình 46. Sơ đồ hệ thống xử lý kết hợp sử dụng nước thải quy mô nhỏ (hệ sinh thái VAC).**



### Hình 47. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải bằng hồ sinh học kết hợp nuôi cá

Yêu cầu cơ bản đối với việc nuôi cá bằng nước thải là đảm bảo chế độ ôxy. Cá chép phát triển trong nguồn nước có hàm lượng ôxy hoà tan lớn hơn 4 mg/l; còn cá hồi đòi hỏi lượng oxy trên 6 mg/l. Tuy nhiên hàm lượng ôxy hoà tan phù thuộc vào tải lượng BOD trong hồ. Trong điều kiện nhiệt đới tải lượng này không lớn hơn 1gBOD/m<sup>2</sup>.ngày. Giá trị pH của nước thải nuôi cá nằm trong khoảng từ 7 đến 8. Thông thường ao hồ nuôi cá có thời gian lưu nước thủy lực từ 3 đến 10 ngày và độ sâu từ 0,5m đến 0,8m. Với việc nuôi cá trong bậc cuối cùng của hệ thống hồ sinh vật ba bậc nguy cơ ô nhiễm vi khuẩn gây bệnh trong cá giảm hẳn. Theo Mara D.D., 1993, số lượng fecal coliform có thể giảm xuống dưới 1000 coli/100ml trong hồ sinh học bậc ba đáp ứng yêu cầu cho phép với nguồn nước nuôi cá theo quy định của tổ chức y tế thế giới. Tuy nhiên khi sử dụng hồ để nuôi cá cần phải biết được hoạt động của nó như một công trình xử lý hay nguồn tiếp nhận nước thải.

### b. Quản lý và sử dụng phân bùn từ các hộ gia đình khu vực nông thôn

#### i. Quản lý bùn thải

Quá trình xử lý nước thải sinh hoạt sẽ tạo nên lượng lớn bùn cặn (bằng khoảng 1% thể tích nước thải xử lý). Trong quá trình xử lý nước thải và chất thải chăn nuôi, luôn sản sinh ra một lượng lớn bã thải (bùn thải) tại hạng mục biogas và các ngăn xử lý kỵ khí. Sau một thời gian nhất định thì lượng bùn thải này cần được hút ra khỏi công trình XLNT.

**Bảng 17. Thành phần điển hình của phân bùn bể tự hoại các nhà vệ sinh**

Nguồn phát sinh	Bùn từ nhà vệ sinh công cộng	Bùn bể tự hoại
Đặc tính	Đậm đặc, tươi, lưu giữ trong vài ngày hoặc vài tuần	Loãng, thường được lưu giữ vài ngày
COD (mg/l)	20.000 - 50.000	< 15.000
COD/BOD	5:1 - 10:1	5:1 - 10:1
NH <sub>4</sub> – N (mg/l)	2.000 - 5000	< 1.000
TS, (%)	≥ 3,5	< 3
SS (mg/l)	≥ 30.000	≈ 7.000
Số trứng giun sán/L	20.000–60.000	≈ 4.000

[Nguồn: Nguyễn Thị Kim Thái, Trần Hiếu Nhuệ, Ứng Quốc Dũng (2008)]

Trong thành phần hữu cơ của bùn thải có tới 80-85% là protit, lipid và hydratcarbon. Còn lại 15-20% là hợp chất mùn và lignin. Hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng như N, P,... cao, dễ sử dụng làm phân bón. Tuy nhiên đặc điểm bùn thải trạm XLNT là độ ẩm lớn, chứa nhiều chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học và gây mùi hôi thối, nhiều trứng giun

sản và vi khuẩn gây bệnh. Vì vậy các loại bùn thải này cần phải: giảm khối lượng của hỗn hợp bùn thải bằng cách tách một phần lượng nước có trong hỗn hợp để giảm thể tích bùn thải đi vào công trình xử lý tiếp theo do giảm được qui mô của công trình và thể tích bùn vận chuyển; và phân huỷ các chất hữu cơ dễ bị thối rữa, chuyển hóa chúng thành các chất hữu cơ ổn định hoặc là chất vô cơ để giảm khối lượng, dễ tách nước và không gây tác động xấu đến môi trường nơi tiếp nhận.

Giá trị các thành phần phân bón và hàm lượng kim loại nặng của từng loại bùn cặn nước thải được nêu trong **Bảng 18** và **Bảng 19**.

**Bảng 18. Thành phần và các chất dinh dưỡng trong các loại bùn cặn nước thải, % trọng lượng khô**

Nguyên tố dinh dưỡng	Cặn tươi	Bùn cặn đã lên men	Bùn hoạt tính	Phân chuồng
Nitơ	1,6-4,0	1,7-6,0	2,4-6,5	2,0-2,6
Phốt pho	0,6-5,2	0,9-6,6	2,3-8,0	1,6-1,3
Kali	0,2-0,6	0,2-0,5	0,3-0,4	1,8-1,9

**Bảng 19. Hàm lượng kim loại nặng trong các loại phân bón**

Nguyên tố	Bùn cặn nước thải	Phân đạm	Phân chuồng
As, mg/kg	2-26	2,2-120	3-25
Cd, mg/kg	2-1500	0,05-8,5	0,3-0,8
Cu, mg/kg	50-3300	<1,0	2-60
Hg, mg/kg	0,1-55	0,3-2,9	0,09-0,2
Pb,mg/kg	50-3000	2-37	6,6-15
Zn, mg/kg	700-49000	1-42	15-250

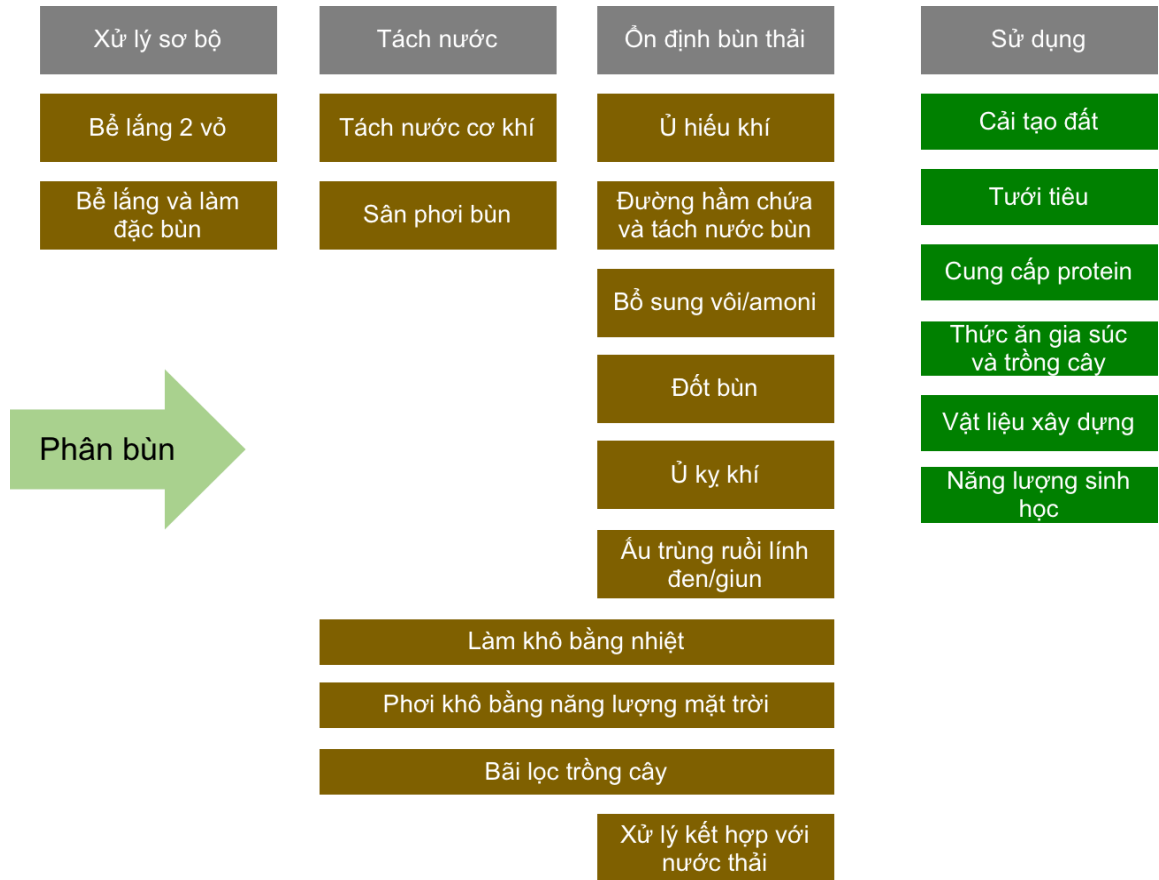
Thành phần của bùn cặn chứa nhiều chất hữu cơ và các nguyên tố dinh dưỡng như N, K, S, Fe, S,... dùng làm phân bón rất tốt. Lượng bùn thải này chứa một hàm lượng lớn chất dinh dưỡng có thể sử dụng để bón cho cây trồng, nhưng đồng thời các chất hữu cơ dễ bị phân huỷ trong môi trường, gây hôi thối và làm ô nhiễm môi trường không khí. Bùn cặn còn chứa nhiều vi khuẩn gây bệnh. Độ ẩm bùn cặn lớn. Việc sử dụng bùn cặn tươi làm phân bón không có lợi và khó vận chuyển. Như vậy bùn cặn tươi không thể sử dụng trực tiếp mà cần chế tạo thành phân vi sinh hữu cơ (compost) để sử dụng, đặc biệt là cho hoạt động làm vườn của người dân chăn nuôi.

Mục đích xử lý bùn cặn nước thải:

- Ổn định bùn cặn, khử các chất hữu cơ dễ gây thối rữa;
- Làm khô bùn cặn để dễ vận chuyển và sử dụng.



Để giảm dung tích công trình cũng như đảm bảo cho quá trình xử lý ổn định, một số loại bùn cặn có độ ẩm cao (như bùn hoạt tính dư có độ ẩm đến 99,2%) cần phải được tách nước sơ bộ. Quá trình xử lý bùn cặn trong nước thải được nêu trên **Hình 48**.



**Hình 48. Tổng quan các phương pháp xử lý bùn cặn** [Nguồn: Đỗ Hồng Anh (2018)]

*Tách nước sơ bộ:* Đây là quá trình giảm độ ẩm bùn cặn để các khâu xử lý tiếp theo diễn ra được ổn định và giảm được khối lượng xây dựng các công trình cũng như tiết kiệm được hoá chất sử dụng trong quá trình xử lý. Tuy nhiên nếu giảm quá mức độ ẩm sẽ tạo nên bùn cặn khô, các điều kiện công nghệ của các công trình ổn định bùn cặn sẽ khó khăn.

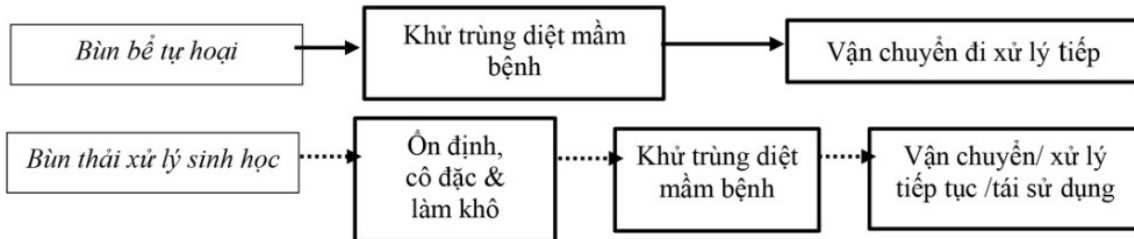
*Ổn định bùn cặn:* Đây là quá trình phân huỷ sinh hoá các chất hữu cơ của bùn cặn, diễn ra trong điều kiện hiếu khí (thực hiện nhờ các vi khuẩn hiếu khí) hoặc yếm khí (lên men nhờ vi khuẩn kỵ khí). Phần hữu cơ còn lại được ổn định (mất khả năng thối rữa).

*Làm khô bùn cặn:* Quá trình này làm giảm độ ẩm của bùn cặn từ 70 – 80%, làm giảm thể tích của bùn giúp cho việc vận chuyển bùn cặn được dễ dàng. Quá trình làm khô bùn cặn có thể thực hiện trong điều kiện tự nhiên nhờ cơ chế nén, bay hơi, thấm...(sân phơi bùn) hoặc làm khô bằng cơ học.

*Tái sử dụng bùn cặn:* Phân bùn sau khi xử lý ổn định và làm khô có thể đem tái sử dụng vào các mục đích khác nhau như chôn lấp, bón ruộng làm chất điều hoà cải tạo đất, làm phân bón cho cây trồng.

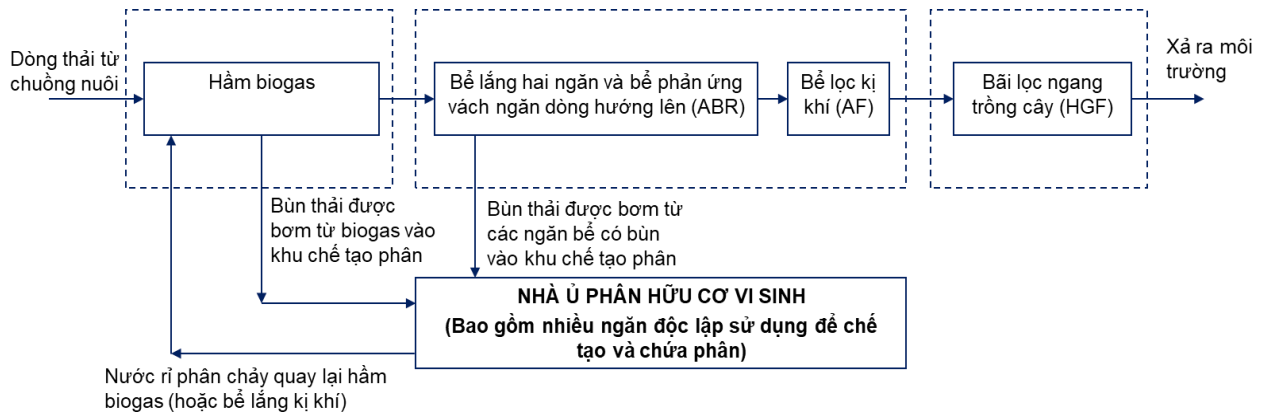
ii. Các công trình xử lý phân và bùn thải khu vực nông thôn

Bùn thải từ nước thải sinh hoạt các hộ gia đình hoặc cụm hộ gia đình khu vực nông thôn cần phải được kiểm soát chặt chẽ như bùn thải thông thường nhưng với nguyên tắc loại bỏ các mầm bệnh dịch trước khi đưa ra khỏi các công trình lưu giữ để đi xử lý tiếp tục hoặc tái sử dụng đối với bùn bề tự hoại, bùn thải cống thoát nước thải hoặc bùn thải trạm XLNT tập trung cụm dân cư.



**Hình 49. Sơ đồ quản lý bùn thải hệ thống XLNT sinh hoạt cụm dân cư nông thôn**

**Hình 50** trình bày sơ đồ công nghệ xử lý phân và bùn cặn bùn thải để chế tạo phân compost để sử dụng cho mục đích bón cho rau màu.



**Hình 50. Sơ đồ chế tạo phân compost từ bùn thải công trình xử lý kết hợp NTSH và nước thải chăn nuôi**

Quy trình chế tạo phân compost như sau:

- Bùn thải trong quá trình xử lý được bơm lên các ngăn của khu chế tạo phân compost. Tại các ngăn chứa, nước lẫn trong bùn thải được bơm lên sẽ được tách ra khỏi hỗn hợp và được dẫn chảy về hầm biogas hoặc bể lắng tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của công trình XLNT. Bơm đầy một ngăn mới chuyển đến ngăn tiếp theo.
- Lượng bã thải sẽ khô dần sau khi được tách nước, bổ xung thêm đạm, lân. Sau đó tưới và trộn đều với chế phẩm vi sinh (có thể tự chế hoặc mua) và để trong thời gian khoảng 45 ngày cho hoại mục là có thể sử dụng.
- Khi phân được chế tạo và có thể sử dụng được, đóng phân vào bao và/hoặc chuyển ra khu vực khác để lấy chỗ cho việc sử dụng nhà chế tạo phân cho mẻ phân tiếp theo.

Nhà ủ phân dùng chứa bùn thải được bơm lên từ biogas hoặc cụm bể kỵ khí để chế tạo phân compost, cũng là nơi diễn ra quá trình chế tạo phân compost. Quy trình thực hiện các bước như sau:

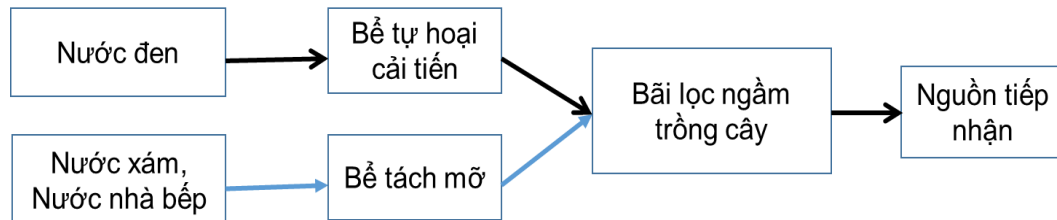
- Sử dụng máy bơm hút bùn thải theo chu kỳ vận hành (khoảng 1 tháng) từ hầm biogas và các ngăn lắng của cụm bể kỵ khí về nhà ủ phân;
- Sau khoảng 24h - 48h kể từ khi kết thúc bơm, việc thoát nước trong bùn thải gần như hoàn tất và ở dạng bùn sệt;
- Rắc một lượng vôi bột vừa đủ lên bề mặt của khối bùn thải đã ráo nước;
- Tưới chế phẩm vi sinh lên khối bùn thải. Chế phẩm vi sinh có thể mua hoặc tự nuôi bằng mật mía theo truyền thống.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Hồng Anh (2018). Luận án tiến sĩ chuyên ngành: Công nghệ môi trường nước và nước thải. Trường Đại học Xây dựng.
2. Nguyễn Việt Anh (2007), *Bể tự hoại và bể tự hoại cải tiến*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
3. Nguyễn Việt Anh, Ứng Thị Linh Chi, Vũ Thị Minh Thanh và cộng sự. (2019), *Xử lý và tái sử dụng nước thải*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
4. Demetre X., Lều Thọ Bách, Trần Hiếu Nhuệ, Trần Đức Hạ và cộng sự. (2009), *Xử lý nước thải chi phí thấp*, NXB Xây dựng.
5. Trần Đức Hạ (2002), *Xử lý nước thải sinh hoạt quy mô nhỏ và vừa*, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
6. Trần Đức Hạ (2006), *Xử lý nước thải đô thị*, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
7. Trần Đức Hạ (2019). Báo cáo đề tài NCKH cấp thành phố Hà Nội: *Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật tổng hợp để bảo vệ môi trường nước sông nội đô thành phố Hà Nội (01C-09/01-2016-3)*. Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội.
8. Nguyễn Thị Kim Thái, Trần Hiếu Nhuệ, Ứng Quốc Dũng (2008). *Quản lý phân bùn từ các công trình vệ sinh*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
9. Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam (2020). Tài liệu hướng dẫn: *Lựa chọn công nghệ phù hợp, thiết kế và xây dựng công trình xử lý chất thải sinh hoạt, chăn nuôi quy mô vừa và nhỏ vùng Bắc Trung bộ*. Chương trình Khoa học và Công nghệ phục vụ xây dựng Nông thôn mới giai đoạn 2016-2020.
10. BORDA (1998). *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries (DEWATS)*. Bremen.
11. Mara D.D., Edwards P. Clark D. and Mills S.W.(1993) *A rational approach to the design of wastewater - feed fishponds*. Water res. vol.27, No 12, 1993.
12. Metcalf & Eddy, Inc., George Tchobanoglous, Franklin Burton và cộng sự. (2017), *Wastewater engineering: Treatment and Reuse*, McGraw Hill Education.
13. TCVN 12525-1:2018 (ISO 20760-1:2018) Hướng dẫn cho hệ thống tái sử dụng nước tập trung- Phần 1: Nguyên tắc thiết kế hệ thống tái sử dụng nước tập trung.
14. TCVN 12526 (ISO 20761:2018): Hướng dẫn đánh giá an toàn tái sử dụng nước- Thông số và phương pháp đánh giá.
15. TCVN 7957:2023- Thoát nước: Mạng lưới bên ngoài và công trình- Các yêu cầu thiết kế.
16. TCVN 13606 : 2023 Cấp nước – Mạng lưới đường ống và công trình –Yêu cầu thiết kế

## PHỤ LỤC: MỘT SỐ MÔ HÌNH THAM KHẢO VỀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI HỘ GIA ĐÌNH VÀ CỤM HỘ GIA ĐÌNH NÔNG THÔN

### 1. Mô hình xử lý nước thải hộ gia đình có bãi lọc ngầm trồng cây



**Hình PL 1. Sơ đồ xử lý nước thải quy mô hộ gia đình**

- Nước thải đen: Nước thải từ nhà vệ sinh được đi qua bể tự hoại để xử lý các chất bài tiết, giữ lại bùn cặn, xử lý kỵ khí các chất hữu cơ khó phân hủy.
- Nước thải xám, nhà bếp: Đi qua bể tách mỡ hoặc hố ga tách mỡ, tách rác, sau đó đi vào bãi lọc ngầm trồng cây.

❖ **Bể tự hoại** Đối với quy mô hộ gia đình 1-3 m<sup>3</sup>/ngày, bể tự hoại thiết kế đảm bảo thời gian lưu nước từ 1 đến 2 ngày, kích thước bể 2 m<sup>3</sup> như sau: BxLxH=1x2x1 m, chia 3 ngăn, ngăn đầu 1m<sup>3</sup> các ngăn sau 0,5m<sup>3</sup>, đầu ra phía sau thiết kế thêm ngăn lọc bằng sỏi to 40-60 mm, sau đó nước ra sau bể tự hoại sẽ dẫn sang bãi lọc/ hào lọc ngầm trồng cây.

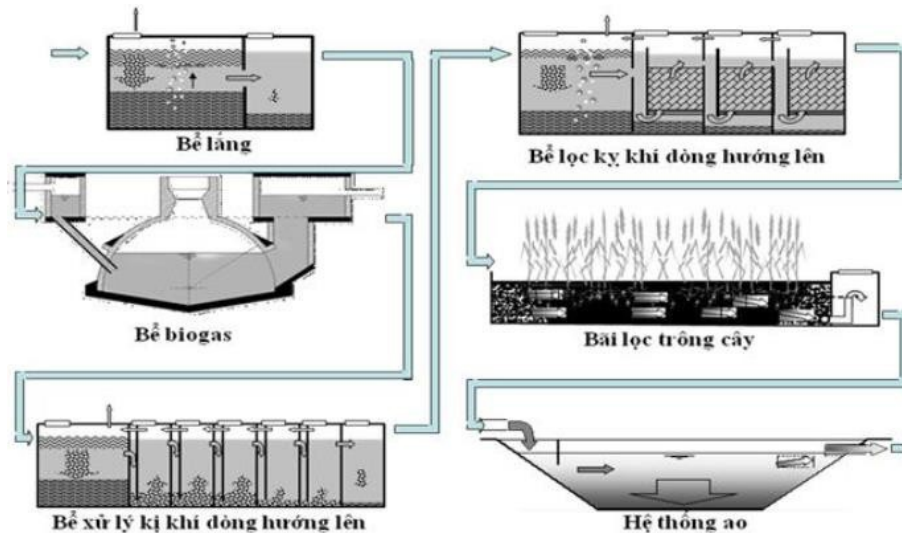
#### ❖ **Bãi lọc ngầm trồng cây**

- Thiết kế bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy ngang để xử lý chất ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng, một phần chất lơ lửng còn lại và vi khuẩn, mầm bệnh. Bãi lọc ngầm trồng cây chính là mô hình đất ngập nước nhân tạo, là công trình mang đầy đủ các đặc điểm chức năng, vai trò và ý nghĩa của đất ngập nước tự nhiên thông thường.

- Đối với quy mô hộ gia đình 1-3 m<sup>3</sup>/ngày, bãi lọc thiết kế dạng hào lọc ngầm trồng cây, kích thước BxLxH=1x3x1 m, xây gạch hoặc đào đất rồi sử dụng vải bạt trồng thấm. Vật liệu lọc sử dụng vật liệu địa phương như gạch vỡ, đá sỏi kích thước 10-20mm cao 0,5m, phía trên phủ lớp cát trồng cây cao 0,1-0,15m.

- Thực vật lựa chọn trồng trong bãi lọc là các cây trồng bản địa như: cây dong riềng, cây thủy trúc, dương xỉ...

### 2. Công nghệ DEWATS cho công suất 20-100 m<sup>3</sup>/ngày



**Hình PL 2. Các bước xử lý nước thải của DEWATS**

Hệ thống DEWATS gồm có bốn bước xử lý cơ bản với các công trình đặc trưng:

- *Xử lý sơ bộ bậc một*: Quá trình lắng loại bỏ các cặn lơ lửng có khả năng lắng được, giảm tải cho các công trình xử lý phía sau.

- *Xử lý bậc hai*: Quá trình xử lý nhờ các vi sinh vật kỵ khí để loại bỏ các chất rắn lơ lửng và hoà tan trong nước thải. Giai đoạn này có hai công nghệ được áp dụng là bể phản ứng kỵ khí Baffle Reactor (BF) có các vách ngăn và bể lắng kỵ khí Anarobic Filter (AF). Bể phản ứng kỵ khí với các vách ngăn giúp cho nước thải chuyển động lên xuống. Dưới đáy mỗi ngăn, bùn hoạt tính được giữ lại và duy trì, dòng nước thải vào liên tục được tiếp xúc và đảo trộn với lớp bùn hoạt tính có mật độ vi sinh vật kỵ khí cao, nhờ đó mà quá trình phân huỷ các hợp chất hữu cơ trong nước thải được diễn ra mạnh mẽ giúp làm sạch nước thải hiệu quả hơn các bể tự hoại thông thường.

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

Toàn bộ phần kỵ khí nằm dưới đất, không gian phía trên có thể sử dụng làm sân chơi, bãi để xe... Điều này rất thích hợp với các khu vực thiếu diện tích xây dựng.

- *Xử lý bậc ba*: Quá trình xử lý hiếu khí. Công nghệ áp dụng chủ yếu của bước này là bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy ngang. Ngoài quá trình lắng và lọc tiếp tục xảy ra trong bãi lọc thì hệ thực vật trồng trong bãi lọc góp phần đáng kể trong xử lý nước thải nhờ khả năng cung cấp oxy qua bộ rễ của cây xuống bãi lọc tạo điều kiện hiếu khí cho các vi sinh vật lơ lửng trên cùng của bãi lọc.

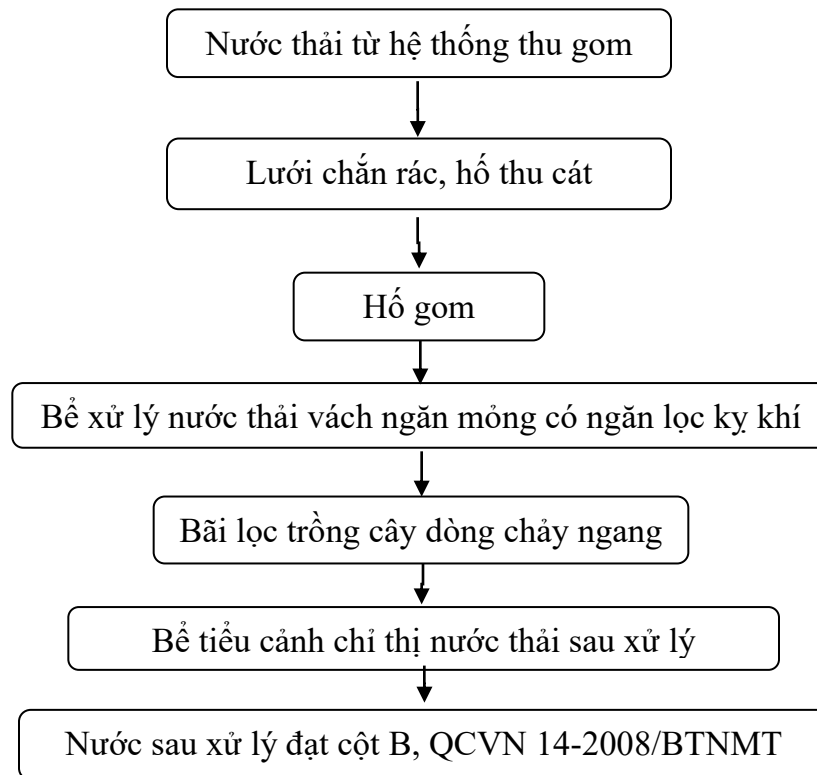
- *Khử trùng*: Hồ chỉ thị với chiều sâu lớp nước nông được thiết kế để loại bỏ các vi khuẩn gây bệnh nhờ bức xạ mặt trời xuyên qua lớp nước trong hồ. Tuy nhiên, đối với nước thải có lượng vi sinh vật gây bệnh cao thì việc sử dụng hoá chất khử trùng là điều cần thiết.

Hiệu quả xử lý của DEWATS có thể đạt được tiêu chuẩn cho phép loại A đối với nước thải sinh hoạt theo quy định của QCVN 14: 2008/BTNMT.

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm mà hệ thống DEWATS mang lại, hệ thống xử lý nước thải này vẫn tồn tại một số nhược điểm như sau:

- Thiết kế xây dựng các công trình xử lý của DEWATS phải phù hợp với điều kiện của địa phương và khu đất để xây hệ thống này phải có chất lượng tốt, không bị sụt lún.
- Tốn nhiều diện tích cho xây dựng.
- Chỉ áp dụng để xử lý nước thải hữu cơ, không xử lý được nước thải vô cơ như nước thải chế biến kim loại, nước thải có chứa hóa chất,...

### 3. Mô hình xử lý nước thải cụm dân cư sử dụng công nghệ lọc kỵ khí kết hợp với bãi lọc trồng cây công suất 30-100 m<sup>3</sup>/ngày



**Hình PL 3. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải công nghệ kỵ khí kết hợp bãi lọc trồng cây cho cụm dân cư nông thôn**

#### a. Các công trình theo sơ đồ dây chuyền công nghệ XLNT

##### ❖ *Lưới chắn rác*

- Nước thải sinh hoạt cụm dân cư được mạng lưới thug om đưa về trạm xử lý. Trước khi vào hố gom, nước thải chảy qua lưới chắn rác làm bằng inox 304 có kích thước mắt lưới 10x10mm để loại bỏ các loại rác thải có trong nước thải chảy về nhằm đảm bảo bơm và hệ thống phía sau hoạt động ổn định.

- Một tấm chắn bê tông cao 15cm đã được xây chắn ngang mương dẫn nước thải về trạm xử lý để hướng dòng nước thải vào hố gom. Đáy cống nối vào hố gom được xây

dựng cao hơn đáy mương 50mm nhằm tạo điều kiện cho cát lắng lại trên mương dẫn và không đi vào hố gom.

#### ❖ **Hố gom**

- Trong hố gom bố trí bơm chìm để bơm nước sang hệ xử lý phía sau. Do đặc điểm lưu lượng nước thải sinh hoạt không đồng đều giữa các giờ trong ngày, nên hố gom cũng có tác dụng như một bể điều hòa nước thải cho hệ xử lý phía sau.

Bơm trong hố gom sẽ tự động bật tắt theo mực nước nhờ phao tự động gắn vào bơm.

#### ❖ **Bể xử lý vách ngăn mỏng có ngăn lọc kỵ khí**

Nước thải từ hố gom được bơm vào bể xử lý vách ngăn mỏng có ngăn lọc kỵ khí. Bể có nguyên lý hoạt động tương tự với bể tự hoại có vách ngăn cải tiến. Trong bể xảy ra đồng thời 2 quá trình xử lý lắng và lên men kỵ khí, phân hủy sinh học các cặn lắng. Các chất hữu cơ trong nước thải sinh hoạt chủ yếu là các hydratcacbon, đạm và chất béo dễ dàng được phân hủy bởi các vi khuẩn kỵ khí cũng như các loài nấm men có trong bể. Sản phẩm của quá trình lên men là các khí sinh học như CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>... và các chất hòa tan. Qua đó giúp giảm thể tích của cặn cũng như giảm bớt mùi hôi.

#### ❖ **Bãi lọc trồng cây**

- Thiết kế bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy ngang để xử lý chất ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng, một phần chất lơ lửng còn lại và vi khuẩn, mầm bệnh. Bãi lọc trồng cây chính là mô hình đất ngập nước nhân tạo, là công trình mang đầy đủ các đặc điểm chức năng, vai trò và ý nghĩa của đất ngập nước tự nhiên thông thường.

- Thực vật lựa chọn trồng trong bãi lọc là cây dong riềng, cây thủy trúc.

#### ❖ **Bể tiêu cảnh chỉ thị**

Bể tiêu cảnh được sử dụng với 2 mục đích: tạo không gian cảnh quan đẹp hơn cho khu vực đặt trạm xử lý. Bể được trồng thêm các loại thực vật như hoa súng, cây dương xỉ; và giúp quá trình khử trùng nước thải tự nhiên nhờ ánh sáng mặt trời. Khi nước được lưu lại trong bể, tia UV từ ánh sáng mặt trời chiếu vào sẽ tiêu diệt các loại vi khuẩn, mầm bệnh, giúp cho nước thải đầu ra sạch hơn về mặt sinh học.

Nước thải đầu ra đạt cột B, QCVN 14: 2008/BTNMT.

Thông số kỹ thuật của các hạng mục trong hệ thống xử lý quy mô 30 m<sup>3</sup>/ ngày như **Bảng PL 1** sau đây.

**Bảng PL 1: Các hạng mục công trình hệ thống xử lý nước thải cụm dân cư sử dụng công nghệ lọc kỵ khí kết hợp với bãi lọc trồng cây công suất 30 m<sup>3</sup>/ngày**

<b>1. Lưới chắn rác</b>	
Số lượng	01
Kiểu loại	Lưới phẳng
Vật liệu	Inox SUS 304



Kích thước mắt lưới	10 mm
Kích thước lưới	LxB = 400 x 400 mm
<b>2. Hồ gom</b>	
Số lượng	01
Vật liệu	Gạch, có đáy và nắp BTCT
Kích thước bể thiết kế	LxBxH = 1,0 × 1,0 × 2,2 m.
<i>Thiết bị lắp đặt kèm theo</i>	
<i>Máy bơm nước thải</i>	
Lưu lượng max	14 m <sup>3</sup> /h
Số lượng bơm	01 cái
Kiểu loại bơm	Loại bơm chìm chuyên dụng để bơm nước thải
Cột áp max	7,5 m
Công suất	750 W (1 pha)
<b>3. Bể xử lý vách ngăn mỏng</b>	
Số lượng	01 bể
Vật liệu	Tường gạch, đáy và mặt BTCT
Kích thước bể	LxBxH=2,5 × 5,0 × 2,2 m
Chia ngăn	5 ngăn, chiều dài mỗi ngăn 1,0 m. Ngăn thứ 4 có giá thể vi sinh bằng nhựa. Ngăn cuối chia đôi để bố trí hai loại vật liệu lọc kỵ khí.
Vật liệu lọc ngăn lọc kỵ khí	Ngăn lọc 1: Bê tông tái chế, hình trụ, kích thước DxH = 80 × 100 mm. Ngăn lọc 2: gạch vỡ kích thước 4-6 cm
<b>4. Bãi lọc trồng cây</b>	
Số lượng	01 bãi
Vật liệu	Tường gạch, đáy bê tông

Kích thước bãi	LxB=3 x 10 m
Chiều cao lớp sỏi	0,6 m, gồm các lớp từ trên xuống như sau: - Lớp vật liệu lọc sỏi/đá cấp phối 0,5×1 cm dày 0,3m - Lớp vật liệu lọc sỏi/đs cấp phối 1×2 cm dày 0,3m - Lớp vải HDPE dày 5mm: nhằm ngăn không cho nước rỉ bùn ngấm xuống tầng ngấm - Lớp đất sét 0,1m: đặt dưới lớp vải HDPE để gia cố và đề phòng trường hợp rễ cây phát triển mạnh, xuyên thủng.
<b>5. Tiểu cảnh</b>	
Số lượng	01
Vật liệu	Tường gạch, đáy bê tông, ghép thêm đá sát tường
Kích thước bãi	L×B=3 × 2 m (hình quả lê)
Chiều sâu	0,7 m

#### **b. Nguyên lý điều khiển hệ thống**

##### ***Bơm chìm nước thải:***

- Lưu lượng max: 14 m<sup>3</sup>/h
- Cột áp max: 7,5 m
- Số lượng: 01 cái
- Công suất điện: 750W/220V
- Mục đích: Bơm nước thải vào bể xử lý
- Hoạt động theo phao:
  - Khi phao báo đầy thì bơm chìm hoạt động
  - Khi phao báo cạn thì bơm chìm nghỉ dừng hoạt động

#### **c. Hướng dẫn vận hành**

Hệ thống hoạt động nhờ hoạt động của các chủng vi sinh vật với thiết kế phù hợp để xử lý nước thải và các chất thải thông thường trong sinh hoạt đổ vào hệ thống xử lý.

##### ***Giới hạn nghiêm ngặt các chất thải sinh hoạt***

Chỉ có các chất thải sinh hoạt với kích thước nhỏ vừa phải sau đây mới được đưa vào thiết bị nếu không chúng sẽ làm hỏng quy trình xử lý. Hãy giảm thiểu số lượng chất thải theo lời khuyên của nhà sản xuất. Nếu lượng chất thải vượt quá mức cho phép thì quá trình xử lý không có hiệu quả và gây lãng phí. Việc sử dụng quá mức có thể làm cho quyền bảo hành mất giá trị.

Chất tẩy thông dụng cần thiết đúng theo số lượng quần áo giặt (trừ các loại thuốc tẩy như axit clohidric, javen, axit sulfuric, ...).

Bột giặt không bổ sung thêm chất tẩy

Nước rửa bát đĩa không có dầu mỡ

Chất làm sạch đồ gia dụng được kiểm soát

Sản phẩm làm sạch nhà vệ sinh là trung tính (không dùng chất hóa học như clo).

Không cho tã lót hoặc đồ vệ sinh không phân hủy được trong nước.

Chỉ sử dụng giấy vệ sinh dễ dàng phân hủy trong nước. Không sử dụng loại giấy lau.

### ***Hướng dẫn vận hành chi tiết***

Để có thể tiến hành chạy hệ thống trước hết phải kiểm tra các hệ thống van, phao, đường ống trên các đường cấp khí và đường bơm cấp nước thải.

*Đóng mở bơm, sửa chữa hoặc thay thế bơm*

- Bơm Hoạt động theo phao:

- Khi phao báo đầy thì bơm chìm hoạt động
- Khi phao báo cạn thì bơm chìm nghỉ dừng hoạt động

- Sau thời gian dài hoạt động, bơm có thể bị hỏng, cần tiến hành sửa chữa hoặc thay thế bơm.

- Khi cần dừng, sửa chữa hoặc thay thế bơm: ngắt điện cấp vào bơm tại aptomat được bố trí trong tủ điện ở tường hố gom.

*Nạo vét cát, loại bỏ rác*

- Cần kiểm tra, nạo vét cát trong đoạn mương dẫn về trạm xử lý ngay trước lưới chắn rác.

- Kiểm tra rác thải bám vào lưới chắn rác. Loại bỏ rác để nước chảy vào hố gom.

- Tần suất nạo vét cát và tách rác tùy theo tình hình thực tế.

*Hút cặn bể xử lý*

- Sau thời gian hoạt động cặn sẽ tích tụ lại dưới đáy bể xử lý. Cần tiến hành thông hút bể.

- Chu kỳ hút bể có thể 01 lần/năm hoặc có thể điều chỉnh trong khoảng thời gian 06 đến 18 tháng tùy theo hàm lượng cặn thực tế chảy về trạm xử lý.

- Khi hút nhớ giữ lại khoảng 20% lượng cặn có trong đáy bể để giữ lại một lượng vi khuẩn kỵ khí cần thiết cho bể.

#### *Chăm sóc cây và vệ sinh bãi lọc*

- Sau thời gian hoạt động cây trồng trong bãi lọc sẽ mọc và đẻ nhánh ra thêm nhiều cây. Nếu mật độ cây dày quá cần tỉa bớt, cắt bỏ cây già.

- Trong trường hợp nhiều lá già, khô héo rủ xuống bề mặt bãi lọc cần được lấy ra khỏi bãi lọc.

- Sau khoảng 05 năm hoạt động, lớp sỏi lọc có thể bị bít tắc vì có quá nhiều rễ cây mục, hoặc cây quá già, không đẻ nhánh tốt, cần tiến hành nhổ bỏ toàn bộ cây trong bãi, tiến hành vệ sinh và trồng lại cây mới.

Khi sửa chữa hay khắc phục sự cố phải tuân theo các yêu cầu an toàn về điện

#### **d. Các sự cố thường gặp trong quá trình vận hành và cách khắc phục**

Thiết bị trước khi khởi động phải được kiểm tra kỹ lưỡng về nguồn điện, về chế độ bôi trơn, dầu mỡ... để đảm bảo tuyệt đối an toàn khi vận hành.

##### **- Sự cố máy bơm:**

Máy bơm gặp sự cố, cần phải xác định xem thiết bị gặp sự cố là thiết bị nào thông qua đèn “trip” màu đỏ sáng trên tủ điện.

##### **Bước 1: Kiểm tra nguyên nhân sự cố**

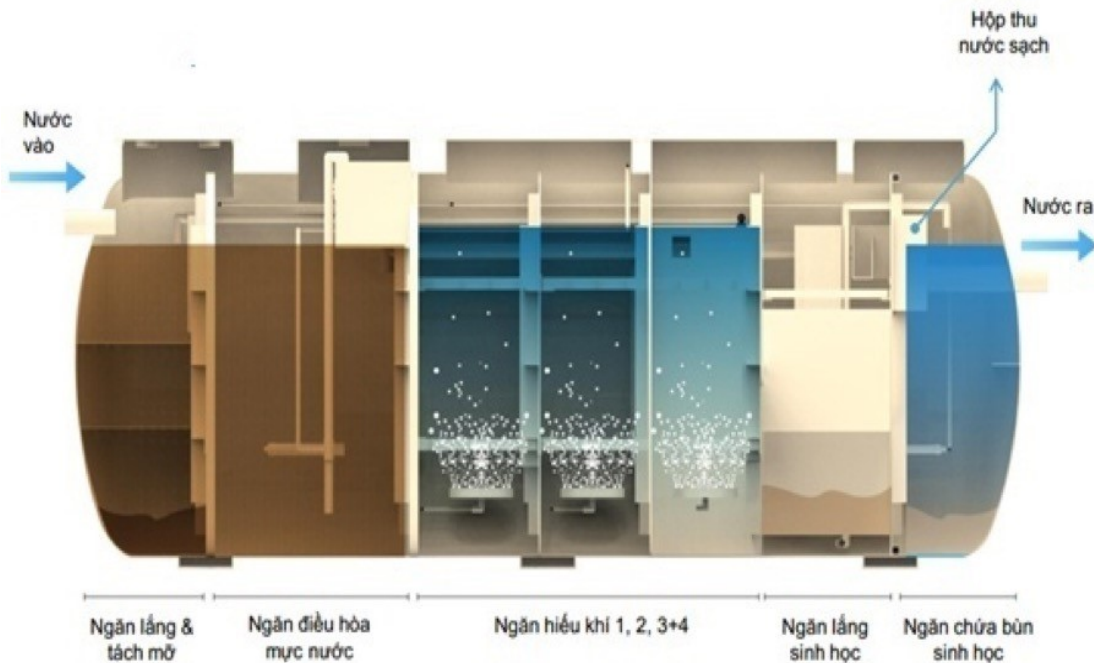
- Do mất điện.
- Đường ống đẩy của bơm bị chặn.
- Bơm bị rác dính vào.
- Bơm bị hỏng. (cháy, rò điện)

##### **Bước 2: Cách khắc phục**

- Kiểm tra lại nguồn điện cấp cho bơm.
- Bể bị hết nước nên không thể cấp nước. Tắt báo động và giữ nguyên hiện trạng.
- Kiểm tra bơm có bị dính rác hay không, nếu có phải vệ sinh sạch sẽ cho bơm.
- Kiểm tra các van trên đường ống đẩy, nếu van đóng thì phải mở van.
- Trường hợp khi kiểm tra tất cả các nguyên nhân trên mà vẫn không tìm được nguyên nhân thì ngắt bơm và đem sửa chữa.

#### 4. Mô hình xử lý nước thải tại các công trình công cộng sử dụng công nghệ bùn hoạt tính thiếu khí kết hợp hiếu khí, tích hợp trong hệ thống FRP công suất 25-100 m<sup>3</sup>/ngày

##### a. Nguyên tắc hoạt động



**Hình PL 4. Sơ đồ công nghệ của hệ thống xử lý nước thải thiếu khí kết hợp hiếu khí Johkasou**

+ Nước thải đầu vào: Nước thải qua hệ thống thu gom được dẫn qua song chắn rác vào vào bể thu gom sau đó bơm vào ngăn lắng và tách mỡ.

+ Ngăn lắng và tách mỡ: Giúp giảm tải cho các hệ xử lý tiếp theo và tránh tắc nghẽn cho hệ thống đường ống.

+ Ngăn điều hòa mực nước và khử nitơ (ngăn thiếu khí): Điều hòa lưu lượng và ổn định chất lượng nước thải đồng thời thúc đẩy quá trình khử nitơ. Nước thải từ ngăn kỵ khí được đưa sang ngăn này và trộn lẫn với dòng nước tuần hoàn từ ngăn hiếu khí. Tại đây, nồng độ nitrat giảm xuống dưới tiêu chuẩn cho phép do hệ vi sinh thiếu khí phát triển có nhiệm vụ khử nitrat thành khí N<sub>2</sub> thoát ra ngoài.

+ Ngăn hiếu khí: Thông qua hệ thống đường ống thiết kế chuyên biệt, không khí được đưa vào ngăn hiếu khí dưới dạng bọt khí mịn (bọt khí mịn sẽ tăng cường khả năng hòa tan oxy vào nước và tốc độ tiếp xúc với vi sinh) cung cấp oxy cho vi khuẩn hiếu khí oxy hóa các chất hữu cơ và amoni; đồng thời vi khuẩn hiếu khí hấp thụ phot pho tăng sinh khối. Trong ngăn hiếu khí có bố trí các giá thể HBC tăng khả năng cư trú và mật độ vi sinh. Quá trình xử lý tổng hợp các chất ô nhiễm có chứa nitơ, phot pho và các chất hữu cơ diễn ra nhờ các vi sinh vật hiếu khí.

+ Ngăn lắng sinh học: Hỗn hợp bùn hoạt tính trong ngăn hiếu khí 4 tự chảy về ngăn lắng qua hệ thống phân phối và ống lắng trung tâm. Do có tỷ trọng lớn nên bùn hoạt tính

sẽ lắng xuống đáy ngăn, nước trong được thu qua máng thu nước vào ngăn khử trùng. Bùn từ ngăn lắng được bơm về ngăn chứa bùn.

+ Ngăn chứa bùn: Nơi chứa bùn cặn được tạo thành trong quá trình xử lý. Một phần hỗn hợp bùn được đưa về ngăn thiếu khí và một phần đưa về ngăn chứa bùn. Bùn dư sẽ được hút bỏ theo định kỳ.

+ Bể thu nước sạch: Lưu trữ nước đã xử lý trước khi xả thải.

+ Sau quá trình khử trùng, nước đạt quy chuẩn thải ra môi trường

**Bảng PL 2. Danh sách thiết bị của hệ thống**

TT	Tên thiết bị	Đơn vị	Số lượng
1	Bơm chìm nước thải	Cái	01
2	Máy thổi khí	Cái	03
3	Tủ điện điều khiển	Bộ	01

### b. Nguyên lý điều khiển hệ thống

Toàn bộ thiết bị chạy ở 2 chế độ: bằng tay và tự động. Chế độ tự động thiết bị chạy theo quy trình được viết dưới đây.

**Bảng PL 3. Chế độ vận hành tự động hệ thống johkasou**

Bơm chìm nước thải:	Bơm khí 1	Bơm khí 2	Bơm khí 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lưu lượng max: 14 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Cột áp max: 7,5 m</li> <li>- Số lượng: 01 cái</li> <li>- Công suất điện: 750W/220V</li> <li>- Mục đích: Bơm nước thải vào bể xử lý Jokaso</li> <li>- Hoạt động theo phao:</li> <li>• Khi phao báo đầy thì bơm chìm hoạt động</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Model: PA80</li> <li>- Lưu lượng khí: 80 lít/min</li> <li>- Số lượng: 1 cái</li> <li>- Công suất điện: 55W/220V</li> <li>- Mục đích: Dùng thổi khí cho bể điều hòa - khử ni tơ</li> <li>- Hoạt động theo thời gian: Chạy 1h nghỉ 2h.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Model: PA200</li> <li>- Lưu lượng khí: 200 lít/min</li> <li>- Số lượng: 1 cái</li> <li>- Công suất điện: 200W/220V</li> <li>- Mục đích: Thổi khí cho bể hiếu khí, bể chứa bùn, bơm airlift bể lắng bùn, và airlift tuần hoàn bể hiếu khí</li> <li>- Hoạt động theo thời gian: Chạy 2h nghỉ 1h.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Model: PA60</li> <li>- Lưu lượng khí: 60 lít/min</li> <li>- Số lượng: 1 cái</li> <li>- Công suất điện: 38W/220V</li> <li>- Mục đích: Thổi khí cho bơm airlift bể điều hòa – khử ni tơ, bể tách mỡ</li> <li>- Hoạt động theo phao:</li> <li>• Khi phao báo đầy thì bơm khí 3 hoạt</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Khi phao báo cạn thì bơm chìm nghỉ dừng hoạt động</li> </ul>			động <ul style="list-style-type: none"> <li>• Khi phao báo cạn thì bơm khí 3 nghỉ dừng hoạt động</li> </ul>
---	--	--	---

### c. Hướng dẫn vận hành

#### **Giới hạn nghiêm ngặt các chất thải sinh hoạt**

Chỉ có các chất thải sinh hoạt với kích thước nhỏ vừa phải sau đây mới được đưa vào thiết bị nếu không chúng sẽ làm hỏng quy trình xử lý. Hãy giảm thiểu số lượng chất thải theo lời khuyên cáo của nhà sản xuất. Nếu lượng chất thải vượt quá mức cho phép thì quá trình xử lý không có hiệu quả và gây lãng phí. Việc sử dụng quá mức có thể làm cho quyền bảo hành mất giá trị.

Chất tẩy thông dụng cần thiết đúng theo số lượng quần áo giặt (trừ các loại thuốc tẩy như axit clohidric, javen, axit sulfuric, ...).

Bột giặt không bổ sung thêm chất tẩy

Nước rửa bát đĩa không có dầu mỡ

Chất làm sạch đồ gia dụng được kiểm soát

Sản phẩm làm sạch nhà vệ sinh là trung tính (không dùng chất hóa học như clo).

Không cho bã lót hoặc đồ vệ sinh không phân hủy được trong nước.

Chỉ sử dụng giấy vệ sinh dễ dàng phân hủy trong nước. Không sử dụng loại giấy lau.

#### **Hướng dẫn vận hành chi tiết**

Để có thể tiến hành chạy hệ thống trước hết phải kiểm tra các hệ thống van, phao, đường ống trên các đường cấp khí và đường bơm cấp nước thải.

##### *Khởi động hệ thống:*

- Bật Aptomat tổng của tủ điện
- Bật Aptomat điều khiển bơm chìm
- Bật Aptomat điều khiển các máy thổi khí 01, 02 và 03
- Hệ thống sẽ hoạt động tự động

##### *Đường nước*

- Nước thải từ các khu dân cư tự chảy về bể thu gom.
- Bơm chìm nước thải đặt trong bể thu gom sẽ bơm vào ngăn đầu tiên của hệ thống xử lý nước thải Jokaso.
- Nước thải sẽ tự chảy từ ngăn đầu tiên sang ngăn kỵ khí và chảy tiếp tục sang ngăn điều hòa và khử ni tơ.

- Tại đây nước thải sẽ được đưa sang ngăn hiếu khí bằng bơm airlift (Lưu lượng nước sẽ được điều chỉnh thông qua lưu lượng khí cấp vào bằng van D21).
- Nước thải qua các ngăn hiếu khí sang ngăn lắng.
- Nước từ ngăn lắng sinh học qua máng răng cưa chảy vào hộp chứa nước sạch.
- Đường nước tuần hoàn về ngăn điều hòa và khử ni tơ bằng bơm airlift (Lưu lượng nước sẽ được điều chỉnh thông qua lưu lượng khí cấp vào bằng van D21).
- Từ hộp chứa nước sạch nước sẽ tự chảy vào cống chung; Tùy vào tình hình thực tế sẽ bổ sung viên clo nén để khử trùng nước sau xử lý.

#### *Đường khí*

- Đường ống khí nối từ máy thổi khí 01 cấp khí cho các ngăn điều hòa khử nitơ
- Đường ống khí nối từ máy thổi khí 02 cấp khí cho các ngăn hiếu khí, ngăn chứa bùn, bơm airlift bùn, và bơm airlift nước tuần hoàn.
- Đường ống khí nối từ máy thổi khí 03 cấp khí cho bơm airlift bể điều hòa khử ni tơ, ngăn lắng và tách mỡ.

#### *Đường bùn*

- Bùn từ ngăn lắng sinh học được bơm về ngăn chứa bùn (Lưu lượng bùn sẽ được điều chỉnh thông qua lưu lượng khí cấp vào bằng van D21)
- Một phần bùn từ ngăn chứa bùn chảy về ngăn kỵ khí
- Bùn tại đây sẽ được hút định kỳ.

#### *Hệ thống điều khiển*

Trước khi chạy khởi động hệ thống phải kiểm tra điện và hệ thống đường ống. Các thiết bị đều ở trạng thái tắt, các van ở vị trí đóng. Sau đó đóng aptomat tổng trong tủ điện điều khiển và kiểm tra hoạt động của các thiết bị. Khi hệ thống có vấn đề cấp thiết, ta ấn nút dừng khẩn cấp (emergency stop) màu đỏ bên ngoài tủ điện.

Aptomat bình thường ở chế độ ON: Điện vào trong tủ. Đèn xanh bên ngoài sáng.

Các aptomat nhánh đầu vào máy thổi khí, máy bơm và các thiết bị bên trong tủ điện.

Bình thường các aptomat này ở chế độ ON

- Tất cả công tắc điều khiển bơm và máy khí trên tủ đặt chế độ tự động (auto).

Switch AUTO/MAN: công tắc chuyển mạch chọn trạng thái điều khiển cho bơm.

- ✓ Khi để chế độ AUTO hệ thống máy thổi khí sẽ chạy tự động theo timer
- ✓ Khi để chế độ MAN, người vận hành phải khởi động máy thổi khí bằng cách chuyển về “MAN” để chạy và nhấn nút STOP để dừng.

Đèn đỏ sáng khi hệ thống gặp sự cố

- Nút dừng khẩn cấp, bóng điện, đèn chớp, còi



✓ Trong quá trình vận hành khi phát hiện hiện tượng không bình thường ta có thể dừng bơm bằng nút dừng khẩn cấp trên mặt tủ điện (bất kể bơm khí đang chạy ở chế độ AUTO hay MAN)

❖ Hệ thống đo lường và báo nguồn

✓ Đèn báo đỏ, vàng, xanh: Báo nguồn cấp 3 pha đưa vào tủ

✓ Đồng hồ Vol hiển thị điện áp giữa các pha và pha với trung tính

✓ Đồng hồ Ampe hiển thị dòng điện tiêu thụ trên các pha của hệ thống

✓ Chuyển mạch VOL METER: Lựa chọn điện áp cần đo (pha-pha, pha trung tính)

✓ Chuyển mạch AMP METER: lựa chọn dòng điện cần đo (pha A, pha B, pha C)

Khi sửa chữa hay khắc phục sự cố phải tuân theo các yêu cầu an toàn về điện và lưu giữ số liệu và các thông số cần kiểm soát trong quá trình vận hành

### ***Sự thay đổi của dòng thải vào hệ thống***

Nước thải tới hệ thống xử lý bao gồm từ nhiều nguồn khác nhau, do đó nước thải có thể thay đổi trong các ngày. Mặt khác, trong quá trình vận hành có thể có các sự cố, bởi vậy, cần thiết phải lưu giữ số liệu ghi chép hoạt động trong hệ thống để góp phần làm hệ thống hoạt động ổn định chất lượng cao.

### ***Các thay đổi trong quá trình vận hành***

Cán bộ vận hành phải liên tục quan sát hiện tượng bằng cảm quan, đo đạc thông số như: lượng nước nội tại đi vào hệ thống mỗi ngày (thông qua lưu lượng bơm cấp vào), thông số dòng điện của mỗi thiết bị trong hệ thống, lượng bùn vi sinh trong ngăn thiếu khí và ngăn hiếu khí. Những số liệu này sẽ giúp cho cán bộ vận hành tìm ra quy luật vận hành để hệ thống hoạt động ổn định nhất. Đặc biệt giúp cho cán bộ vận hành phát hiện sớm những vấn đề nảy sinh phá vỡ sự ổn định của hệ thống từ đó có phương án điều chỉnh kịp thời. Nếu chất lượng của dòng ra không đạt yêu cầu thì cán bộ vận hành phải xác định xem yếu tố nào đã ảnh hưởng tới hoạt động của hệ thống và làm giảm hiệu suất xử lý.

### ***Các thông số quan sát hàng ngày:***

- Thiết bị và động cơ: hoạt động ổn định, độ ồn, độ rung và nhiệt độ máy móc khi làm việc.

- Quá trình vận hành hệ thống gồm: theo dõi và bảo dưỡng thiết bị, kiểm tra tình trạng hoạt động của hệ thống một cách thường xuyên (đặc biệt là kiểm tra bùn hoạt tính) để xác định khi nào cần cấp thêm bùn hoạt tính để đảm bảo dòng nước ra. Cần quan sát kỹ những hiện tượng trong trạm xử lý để có những phương án vận hành cụ thể và hiệu quả.

### **d. Sự cố thường gặp và cách khắc phục**

Tìm hiểu nguyên nhân gây ra sự cố và tìm biện pháp khắc phục sửa chữa theo các bước sau:

- **Tủ điện điều khiển.**

*Bước 1: Kiểm tra nguyên nhân báo sự cố*

Khi đèn trên tủ điện sáng, còi báo động kêu.

- Máy bơm trong hệ thống gặp sự cố.
- Máy thổi khí gặp sự cố.
- Thiết bị khác gặp sự cố.
- Dòng điện của thiết vượt quá dòng điện định mức.

*Bước 2: Cách khắc phục*

• Ấn nút dừng báo. Mở nắp tủ điện kiểm tra xem rơ le nhiệt có bị nhảy hay không, nếu không bị nhảy thì mở nắp bể bơm sự cố, kiểm bơm có bị dính rác hay không. Sau khi làm xong bật bơm chạy. Nếu sau khi vệ sinh bơm mà bơm vẫn không hoạt động được, đường dây ko chập cháy thì phải báo cáo để có phương án giải quyết.

• Ấn nút dừng báo. Bật cường chế các thiết bị sau đó kiểm tra dòng các thiết bị có vượt quá dòng quy định của động cơ không. Nếu quá dòng thì reset lại rơ le nhiệt và kiểm tra động cơ của thiết bị.

**- Sự cố máy thổi khí:**

*Bước 1: Kiểm tra nguyên nhân sự cố*

- Do mất điện.
- Đường ống đẩy, ống hút của máy thổi khí bị chặn.
- Đường điện cấp vào máy thổi khí gặp sự cố.
- Máy thổi khí bị cháy, rò điện tại động cơ.

*Bước 2: Cách khắc phục*

- Kiểm tra lại nguồn điện cấp cho máy thổi khí.
- Kiểm tra đường ống hút của máy khí có bị dính rác hay không.
- Kiểm tra lại van khóa trên đường ống đẩy.
- Kiểm tra xem hệ thống ống phân phối khí có hoạt động bình thường hay là bị tắc.

**- Sự cố máy bơm:**

Máy bơm gặp sự cố, cần phải xác định xem thiết bị gặp sự cố là thiết bị nào thông qua đèn “trip” màu đỏ sáng trên tủ điện.

*Bước 1: Kiểm tra nguyên nhân sự cố*

- Do mất điện.
- Đường ống đẩy của bơm bị chặn.

- Bơm bị rác dính vào.
- Bơm bị hỏng. (cháy, rò điện)

*Bước 2: Cách khắc phục*

- Kiểm tra lại nguồn điện cấp cho bơm.
- Bể bị hết nước nên không thể cấp nước. Tắt báo động và giữ nguyên hiện trạng.
- Kiểm tra bơm có bị dính rác hay không, nếu có phải vệ sinh sạch sẽ cho bơm.
- Kiểm tra các van trên đường ống đẩy, nếu van đóng thì phải mở van.

Trường hợp khi kiểm tra tất cả các nguyên nhân trên mà vẫn không tìm được nguyên nhân thì ngắt bơm và đem sửa chữa.