

CHƯƠNG 2

XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG CNSH

TS. Lê Quốc Tuấn
Khoa Môi trường và Tài nguyên
Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

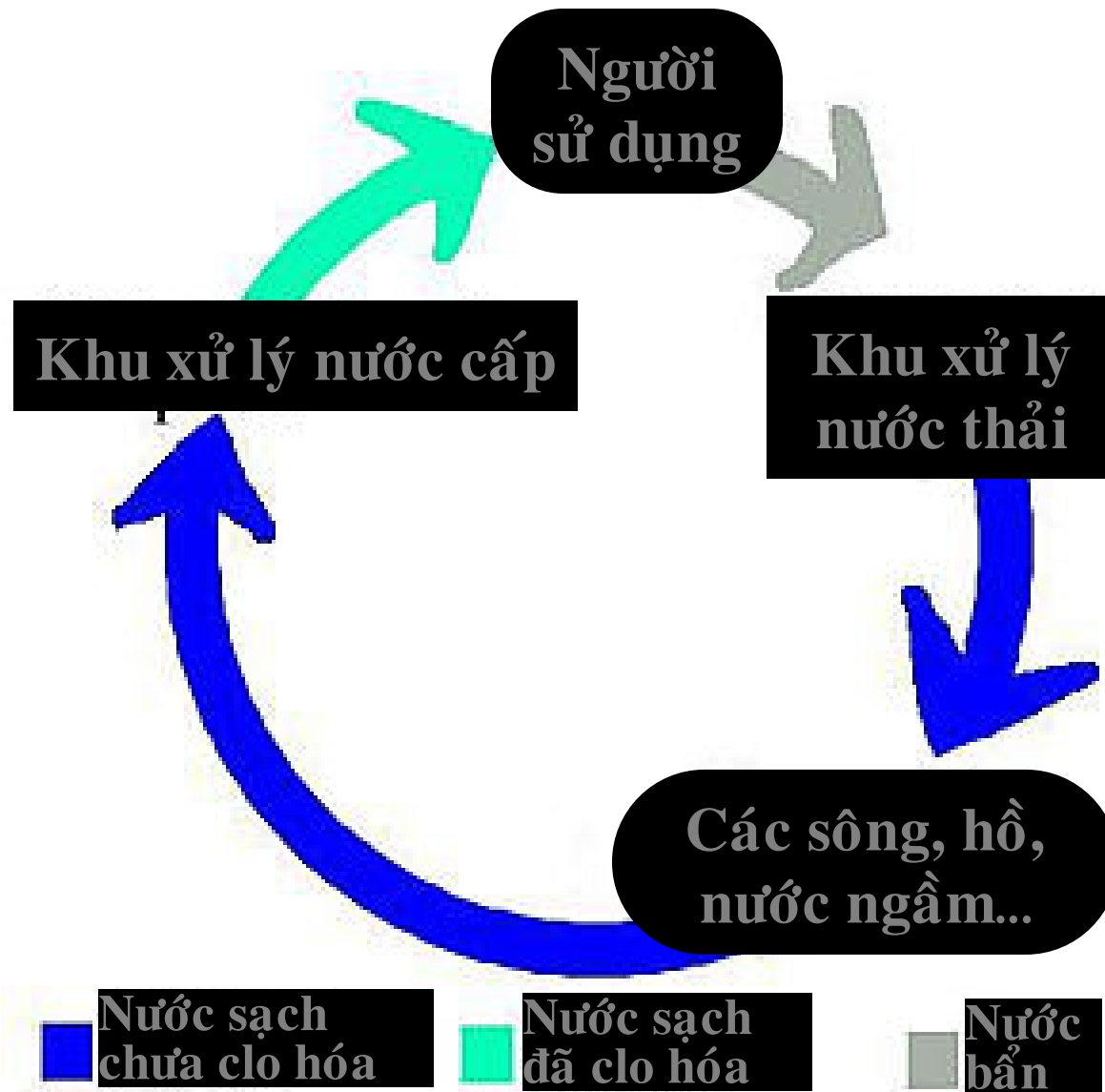
Giới thiệu

- ❖ Nước thải là nguồn gốc gây nên ô nhiễm sông hồ và biển
- ❖ Nước thải gây nên các loại dịch bệnh lan truyền trong môi trường nước
- ❖ Xử lý nước thải là việc áp dụng các **quá trình Sinh - Hóa - Lý** nhằm làm giảm các chất gây ô nhiễm có trong nước
- ❖ Việc xử lý nước thải thường liên kết với việc cung cấp nước sạch

Sự ô nhiễm

- ❖ Sự gia tăng các chất gây ô nhiễm trong nước đặc biệt là các chất hữu cơ khó phân hủy.
- ❖ Chất gây ô nhiễm thường tồn tại ở dạng rắn và lỏng.
- ❖ Nguồn gây ô nhiễm xuất phát từ quá trình sinh hoạt, sản xuất, các bệnh viện
- ❖ Trong nước có một lượng lớn vi sinh tham gia xử lý chất thải, tuy nhiên có rất nhiều vi sinh vật gây bệnh
- ❖ Các quá trình sinh học xảy ra trong nước thải đóng vai trò quan trọng trong việc phân hủy chất thải.
- ❖ Sự mất cân bằng trong chuỗi sinh thái môi trường nước sẽ gây nên hiện tượng ô nhiễm

Vòng tuần hoàn nước và nước thải



Chất thải

- ❖ Chất hữu cơ hòa tan, chất rắn lơ lửng, vi sinh vật (mầm bệnh) và một số các thành phần khác
- ❖ Nồng độ chất thải biến động theo từng ngày và theo mùa
- ❖ Trong nước thải điển hình, 75% SS và 40% chất hòa tan là hữu cơ.
- ❖ Chất vô cơ là sodium, Ca, Mg, Cl, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^- , NO_3^- , NH_4^+ và một ít kim loại nặng.
- ❖ BOD_5 từ 200 – 600 mg/l.

Các thông số của mẫu nước thải sinh hoạt điển hình

Thành phần	Nồng độ (mg/l)
Tổng chất rắn	300 – 1200
Chất rắn lơ lửng	100 – 350
Tổng carbon hữu cơ	80 – 290
BOD ₅	110 – 400
COD	250 – 1000
Tổng nitrogen	20 – 85
Ammonia (NH ₄ ⁺)	12 – 50
Nitrite (NO ₂ ⁻)	0
Nitrate (NO ₃ ⁻)	0
Tổng phosphorus	4 - 15

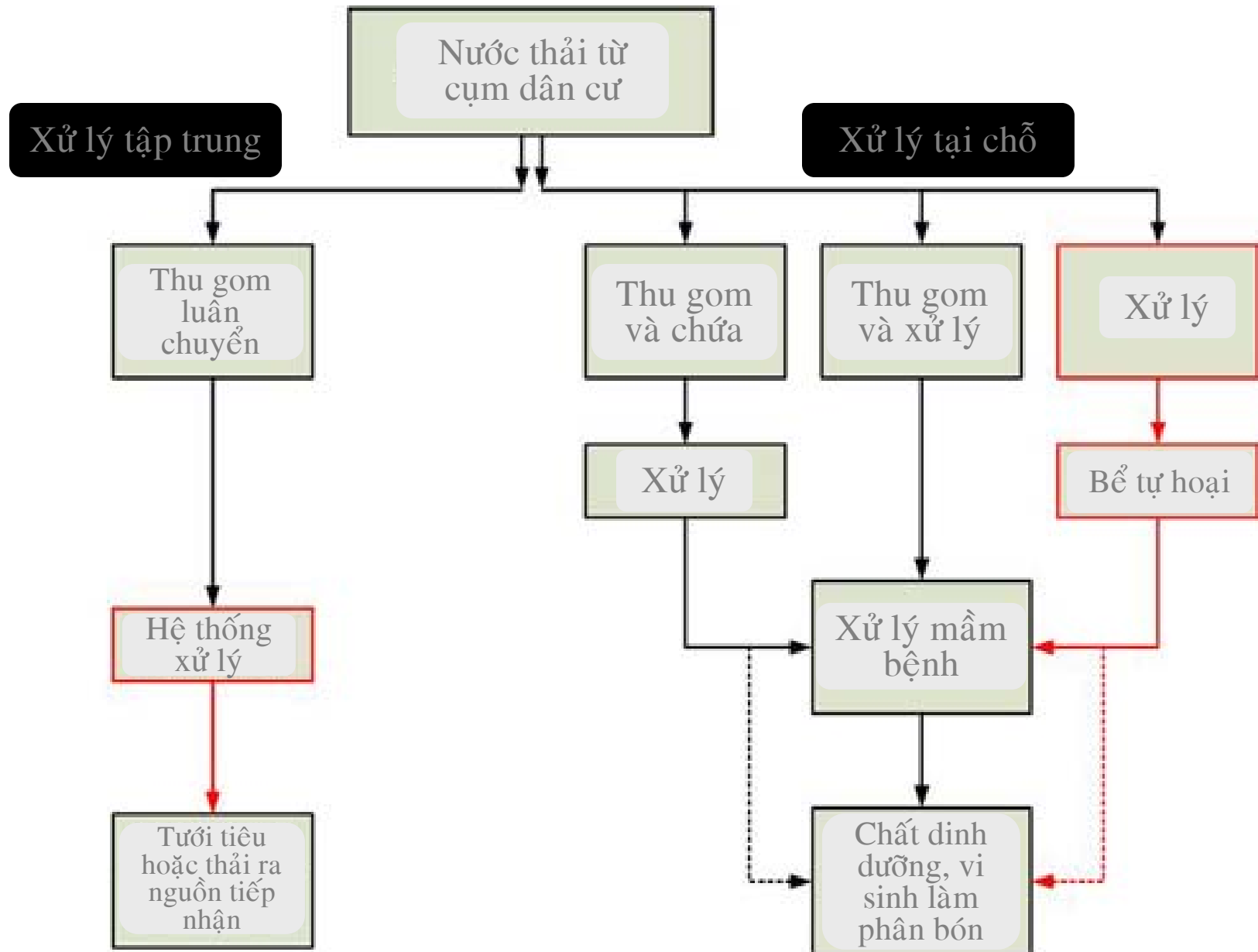
Chức năng của các hệ thống xử lý nước thải

- ✦ Chức năng chính của các hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt là làm giảm thành phần hữu cơ tối đa để đổ ra sông và nước ven bờ mà không gây nên sự ô nhiễm dưỡng chất
- ✦ Hệ thống xử lý loại chất hữu cơ lơ lửng, giảm thành phần gây bệnh, loại nitrate, kim loại nặng và các hóa chất nhân tạo.

Chức năng của các hệ thống xử lý nước thải

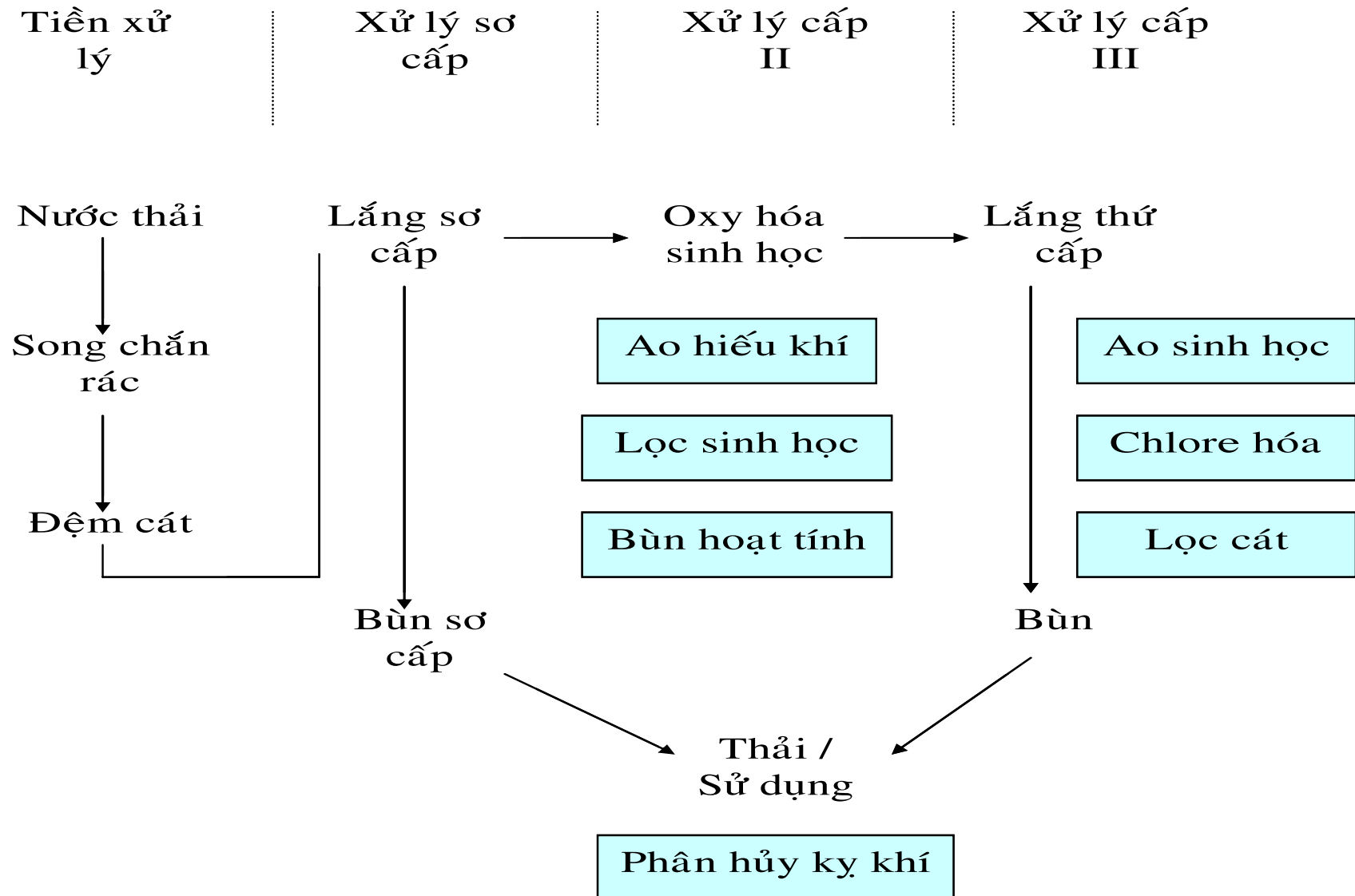
- ✦ Chất lượng nước đã được xử lý đi vào nguồn tiếp nhận phụ thuộc vào thể tích, tình trạng nguồn tiếp nhận và khả năng pha loãng nước thải của nó, thường thì 20mg/l BOD_5 : 30 mg/l SS và pha loãng 8 lần.
- ✦ Với lượng nước thải rất lớn hàng ngày đòi hỏi một quy mô rất lớn cho việc xử lý nhưng đối với công nghệ sinh học thì vấn đề đó sẽ được giải quyết một cách hiệu quả.

Sơ đồ quy hoạch hệ thống XLNT sinh hoạt



Quy trình xử lý nước thải

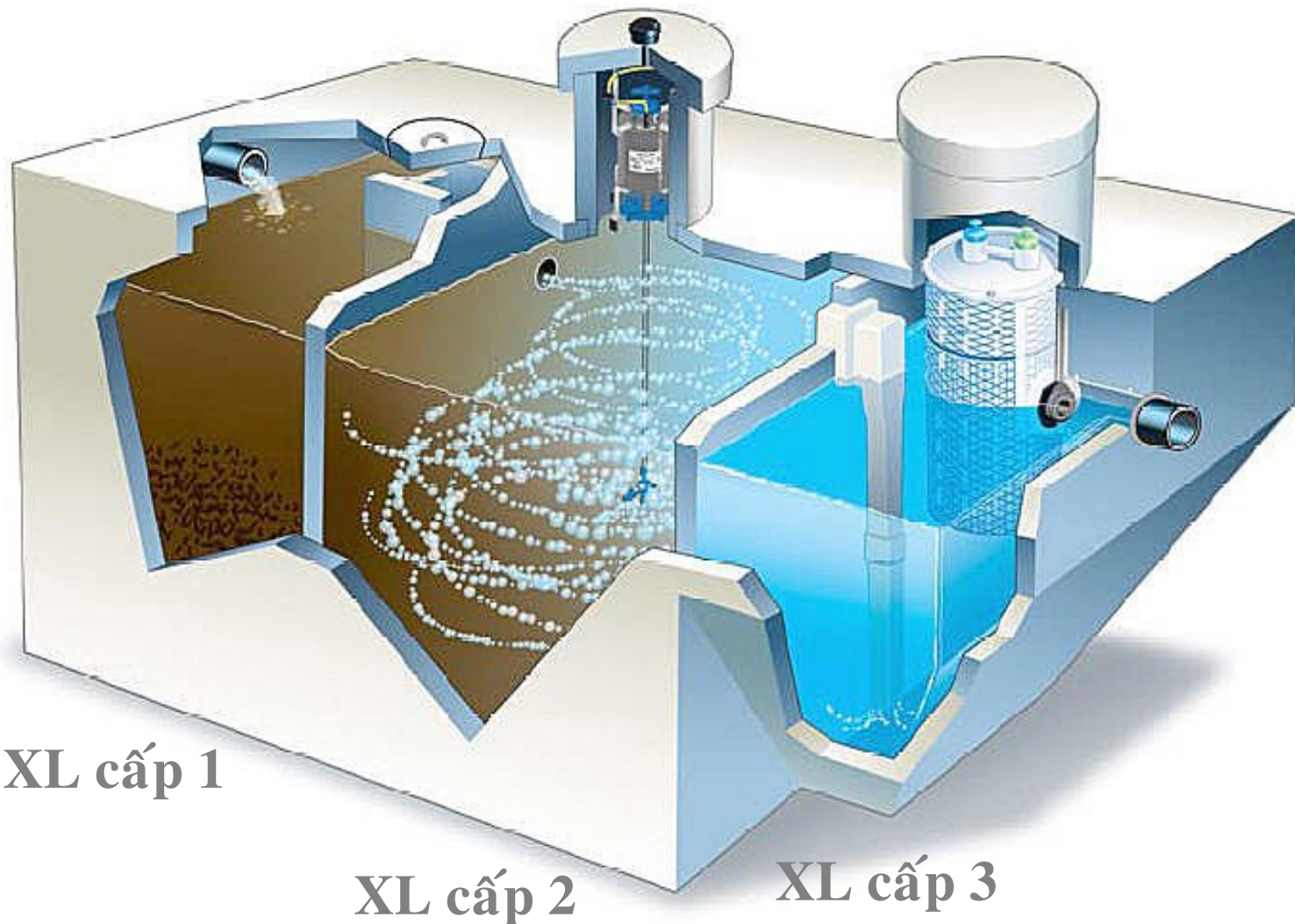
Các giai đoạn xử lý nước thải



Các giai đoạn xử lý nước thải

- **Xử lý cấp 1:** cho phép lắng từ 1.5 – 2.5 giờ để loại SS và làm giảm BOD5 từ 40 – 60%.
- **Xử lý cấp 2:** nước thải từ XLC1 chứa 40-50% chất rắn lơ lửng. Trong giai đoạn này các quá trình sinh học diễn ra để loại thải chất hữu cơ
 - *Quá trình kỵ khí và hiếu khí, xử lý hiếu khí thường nhanh và được ứng dụng nhiều.*
 - *Quá trình xử lý kỵ khí hoặc hiếu khí thường được sử dụng như ao sinh học, lọc nhỏ giọt, bùn hoạt tính, bể tiếp xúc sinh học quay và phân hủy kỵ khí.*
- **Xử lý cấp 3:** loại thải phosphate, nitrate và vi sinh vật nhằm làm cho nước có thể uống được và ngăn cản phú dưỡng.
 - *Kết tủa hóa học, khử trùng bằng chlorine, lọc qua cát và sử dụng ao lắng.*

Mô hình mô tả các giai đoạn xử lý nước thải



XL cấp 1

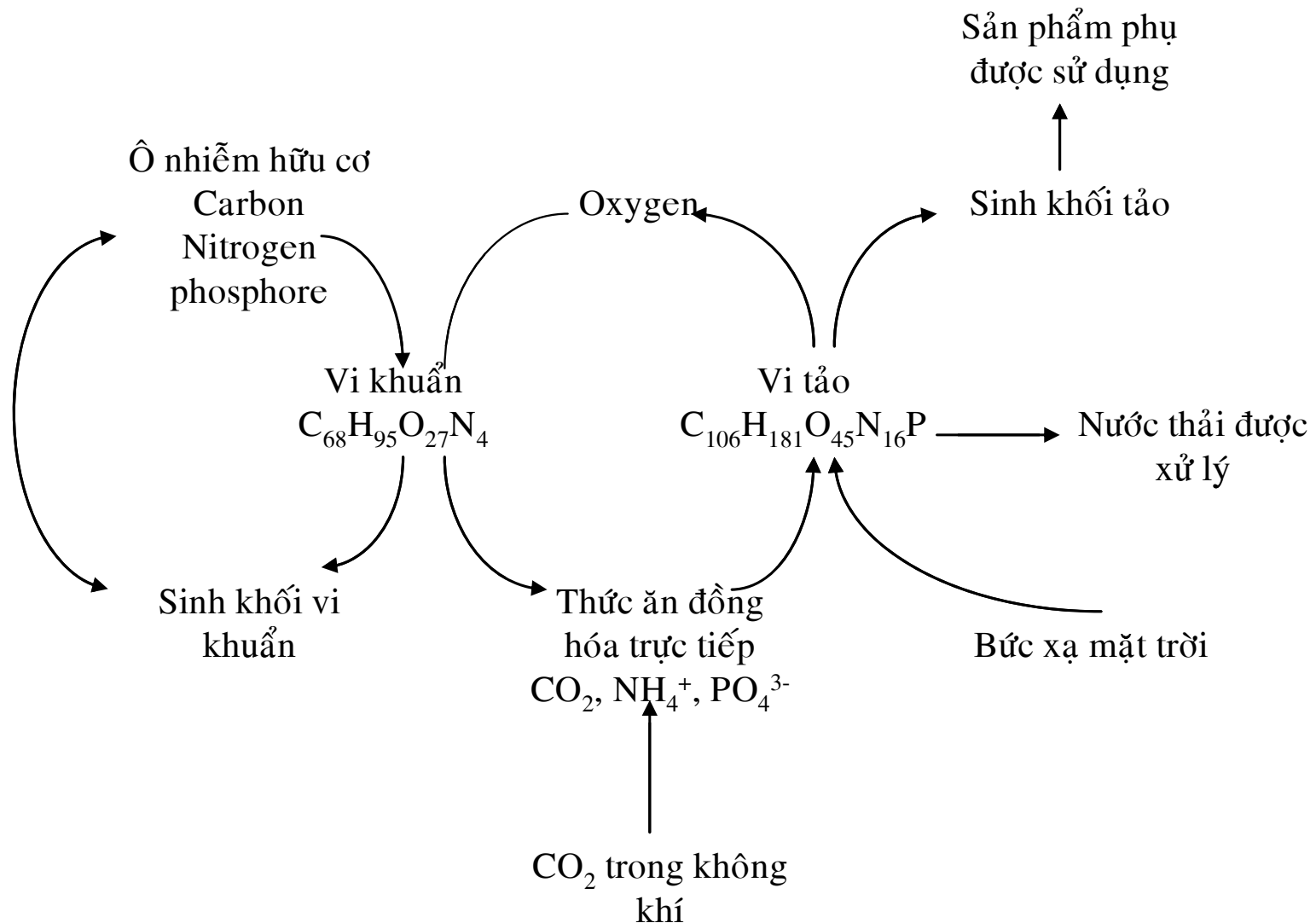
XL cấp 2

XL cấp 3

Hồ sinh học

- Thường áp dụng cho những vùng có nhiều ánh sáng
- Ao tùy nghi thường nông (1-2.5 m) và các quá trình sinh học diễn ra như ở hình (làm sạch nước thải bằng vi tảo và vi sinh vật).
- Ao hiếu khí nông hơn ao tùy nghi, thường 1 m để ánh sáng có thể chiếu xuyên đến đáy được.
 - *Ao sinh học tốc độ cao nhằm bảo đảm quá trình đồng hóa của tảo diễn ra mạnh tăng sinh khối tảo.*

Quá trình làm sạch nước thải bằng tảo và vi sinh vật theo W. J. Oswald (1977)



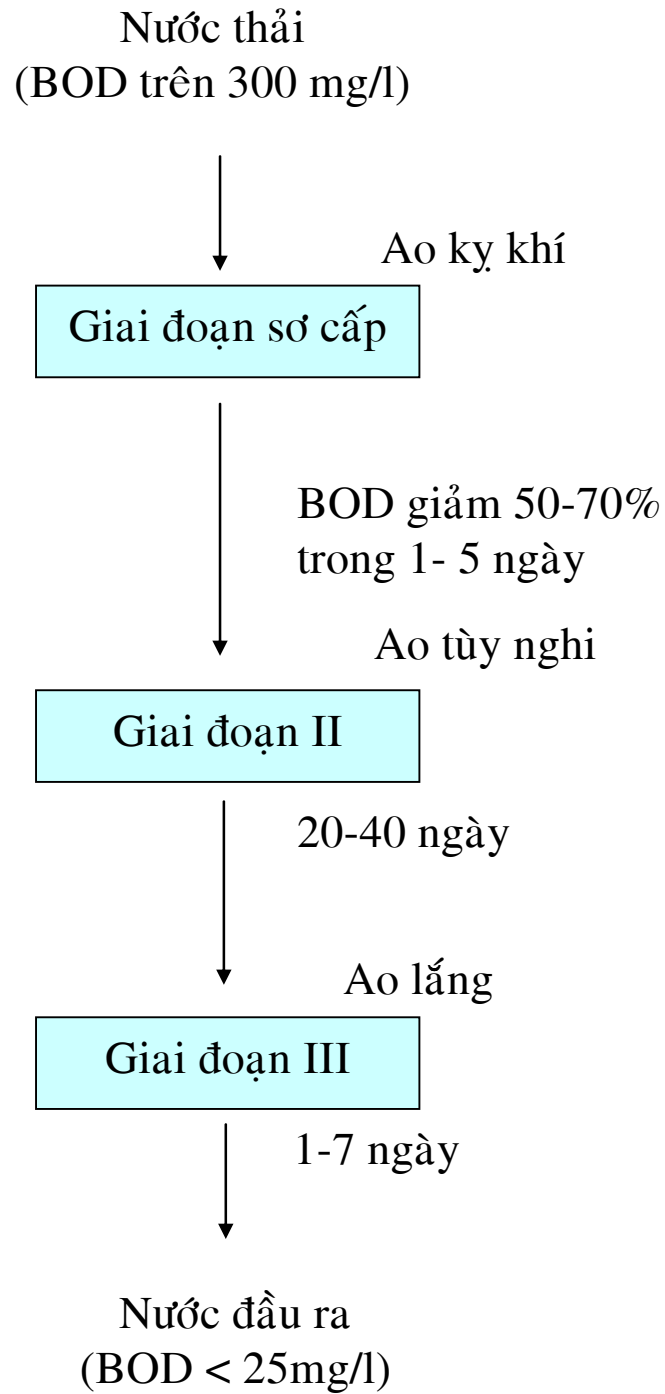
➤ Ao lắng có kết cấu giống với ao tùy nghi nhưng được sử dụng ở giai đoạn 3 với thời gian lưu nước lâu hơn từ 7 – 15 ngày cho phép chất rắn có thể được lắng trước khi nước được thải ra ngoài.

➤ Ao kỵ khí chủ yếu được sử dụng để xử lý nước thải trước khi đi vào ao tùy nghi. Các ao thích hợp cho giá trị BOD cao 300 mg/l.

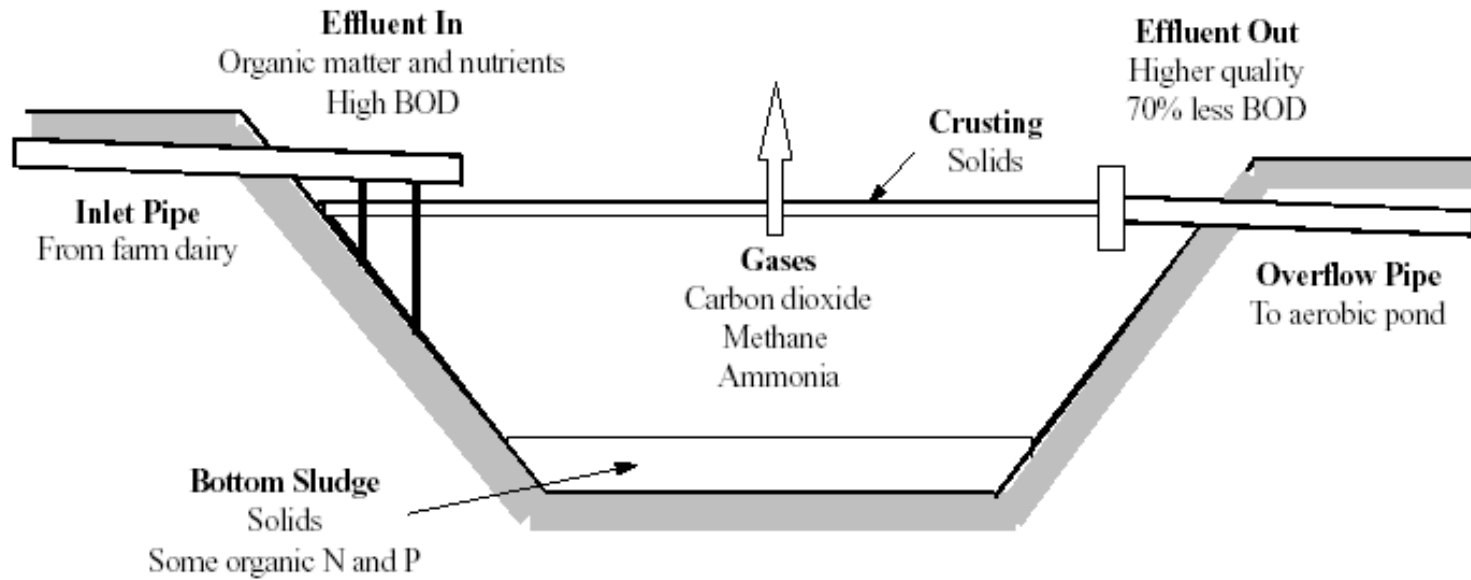
✓ *Các điều kiện kỵ khí được duy trì bằng cách tăng độ sâu của ao từ 1 – 7m và tăng tải lượng BOD. Thời gian lưu nước từ 2 – 160 ngày với khả năng loại thải BOD từ 70 – 80%*

✓ *Ao kỵ khí không giống các ao khác được sử dụng trong xử lý cấp I của nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp.*

Thứ tự các ao dùng cho xử lý nước thải



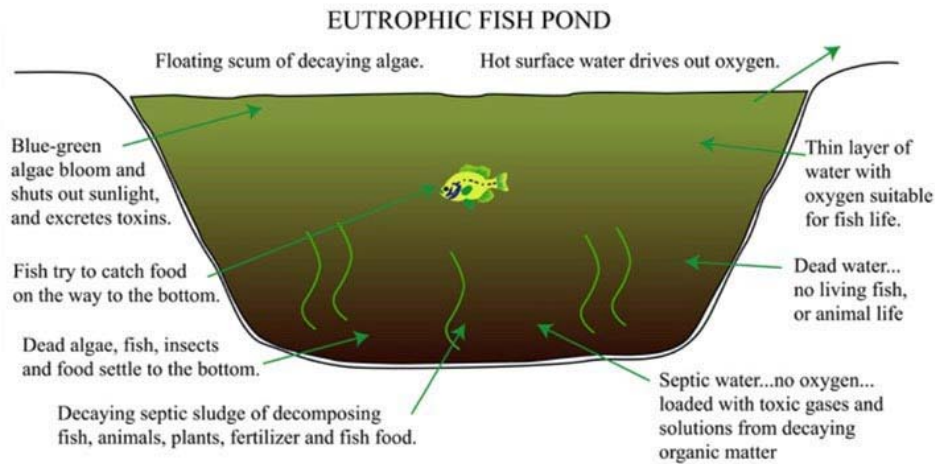
Ao kỵ khí



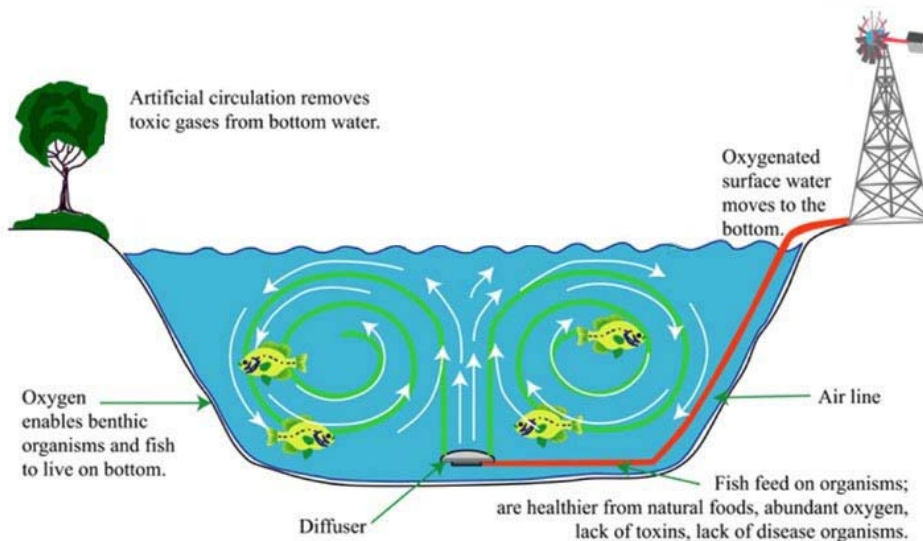
Các dạng ao hiếu khí



BEFORE

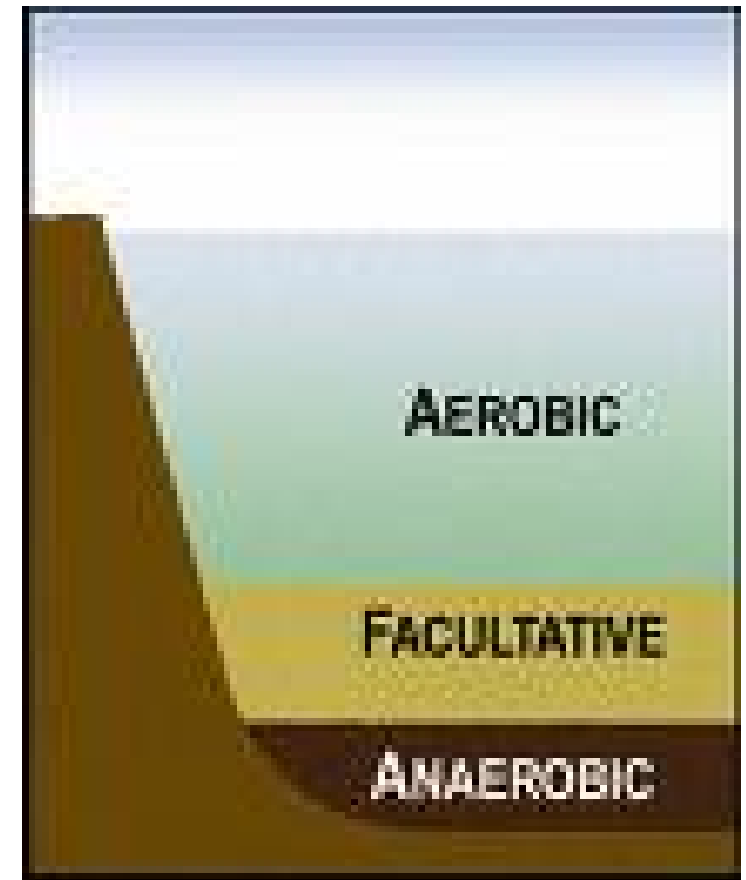
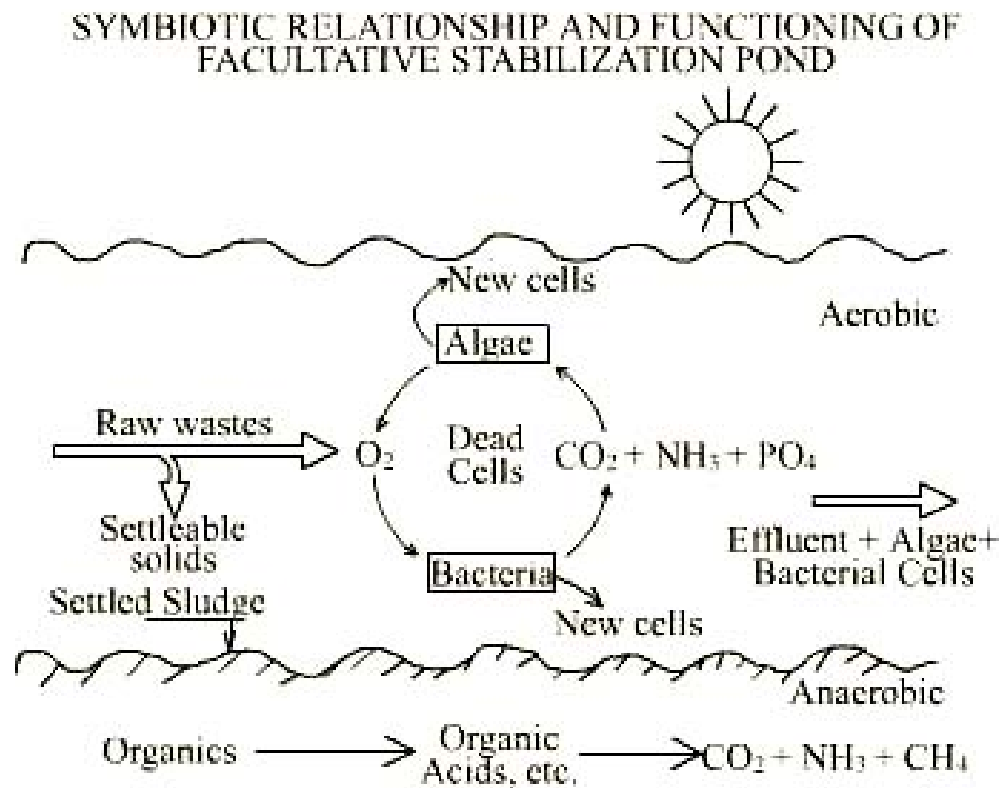


AFTER



So sánh hiệu quả
xử lý nước thải
trước và sau khi
áp dụng Ao hiếu
khí

Ao tù nghi



Các thông số đối với ao tùy nghi

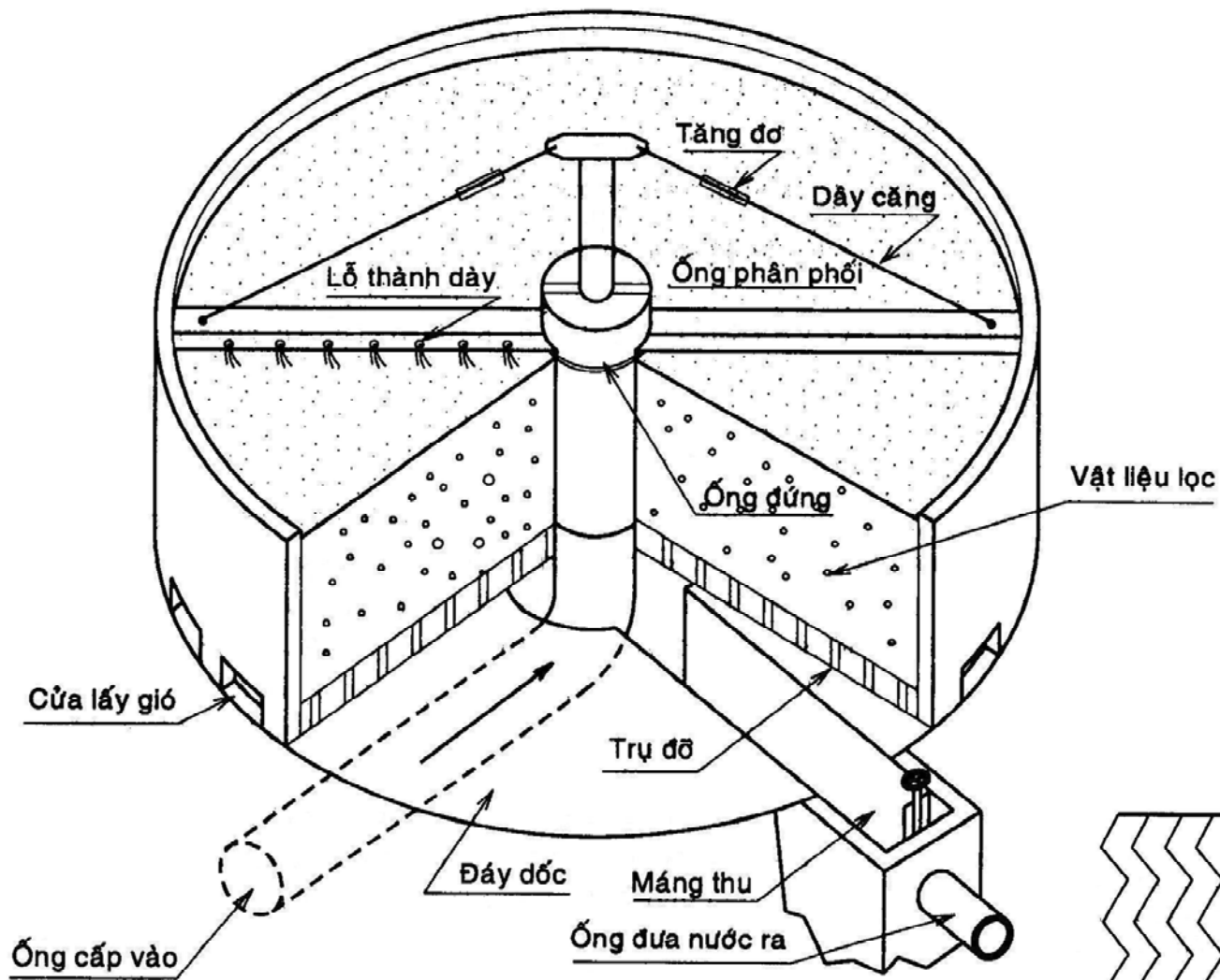
Thông số	Đơn vị	Giá trị
Độ sâu	m	1 – 3
Thời gian lưu nước	ngày	7 – 50
Tải lượng BOD	kg/acre/ngày	9 – 22
BOD ₅ được xử lý	%	70 – 95
Nồng độ tảo	mg/l	10 – 100
Nồng độ chất rắn lơ lửng đầu ra	mg/l	100 - 350

Lọc nhỏ giọt

- ❖ Hầu hết vi sinh vật trong tự nhiên thường bám vào bề mặt chất rắn và được biết là màng sinh học.
- ❖ Màng sinh học phát triển trên bề mặt vật liệu, được cấu tạo chủ yếu là vi khuẩn và nấm.
- ❖ Màng sinh học ngày càng dày thêm, các lớp sẽ được tách ra và những chất rắn lơ lửng này được thu lại trong một bể lắng.

Lọc nhỏ giọt

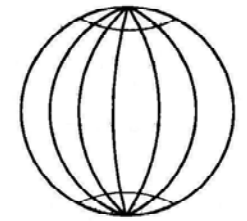
- ❖ Các hệ thống lọc được sử dụng rộng rãi cho xử lý cấp II bởi vì
 - ✓ *Chi phí xây, vận hành và bảo dưỡng thấp*
 - ✓ *Thích ứng với sự thay đổi của các thành phần nước thải.*
- ❖ Lọc sinh học được sử dụng trong một quá trình đơn, cho nước đầu ra có tiêu chuẩn cao.



Cấu tạo Bể lọc sinh học nhỏ giọt



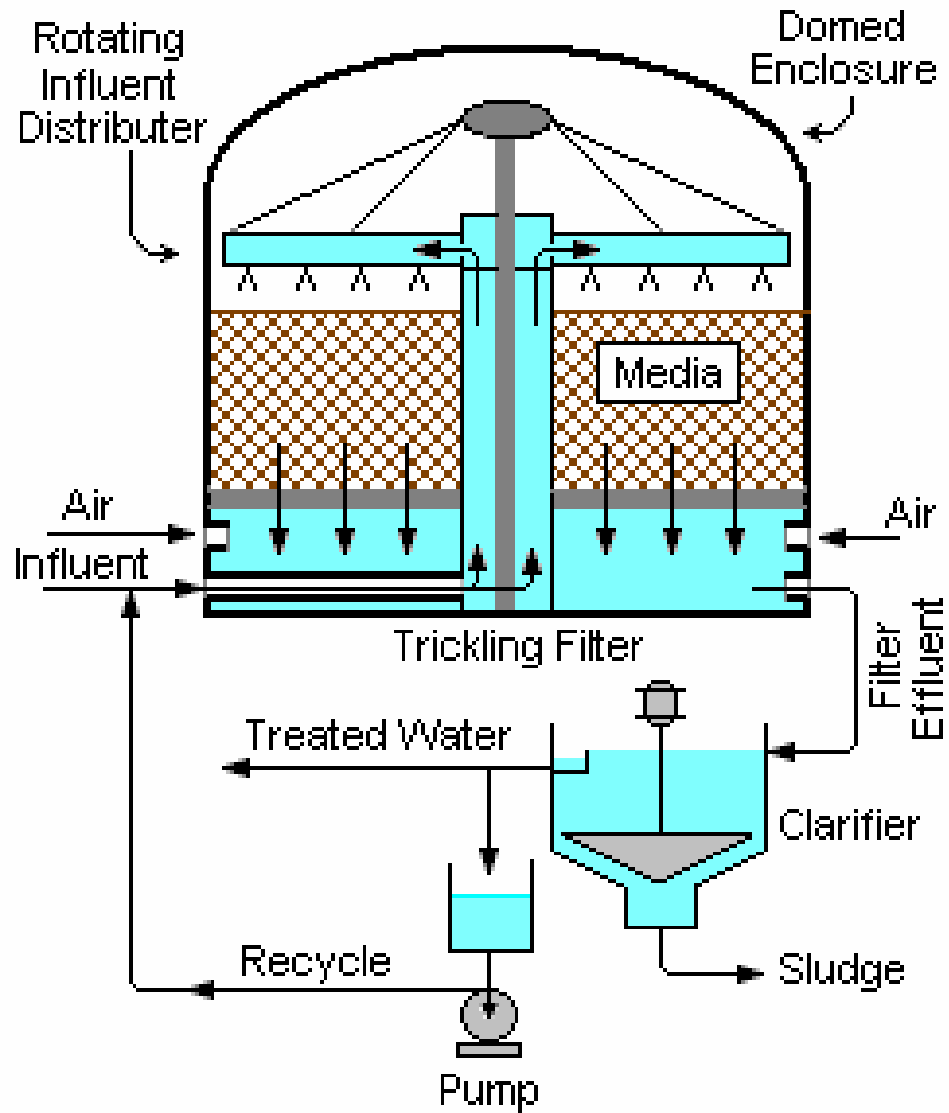
a) Tấm nhựa gấp nếp



b) Quả cầu có khe rỗng

Vật liệu lọc

Lọc nhỏ giọt



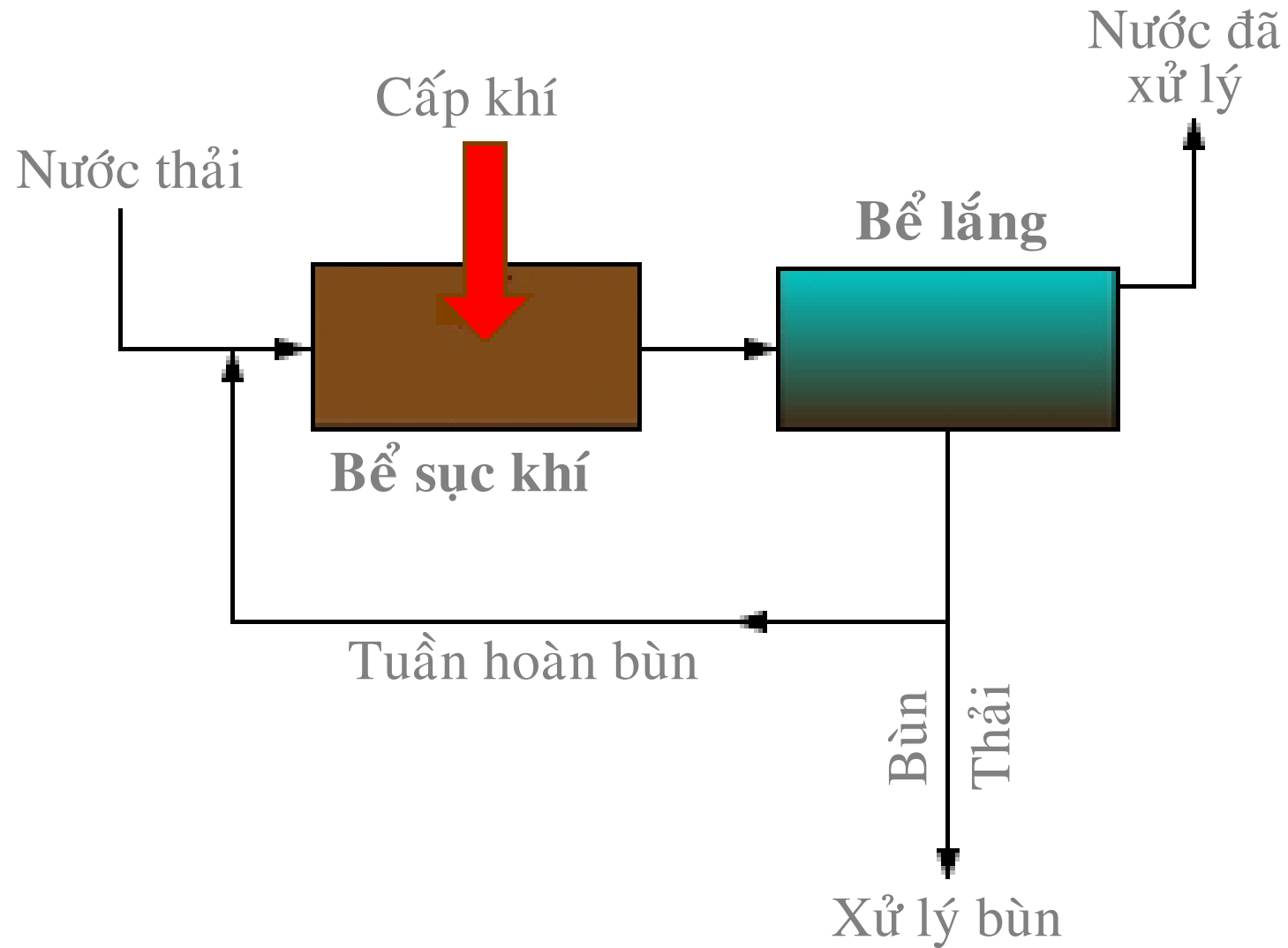
Ứng dụng lọc nhỏ giọt ngoài thực tế



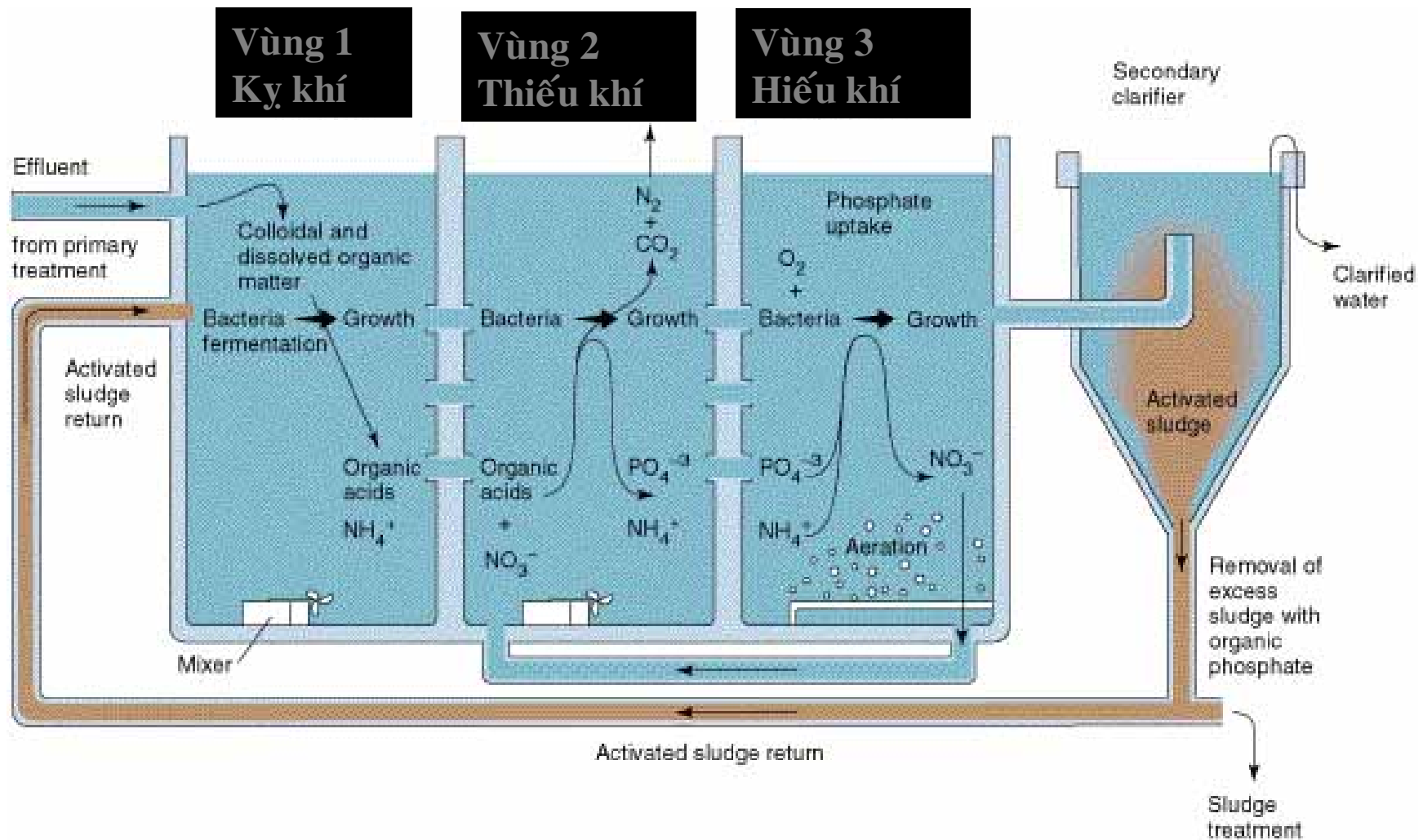
Quá trình bùn hoạt tính

- Trong quá trình này chất thải được đưa vào trong bể tiếp xúc với nồng độ vi sinh vật cao trong điều kiện hiếu khí
- Chất thải từ giai đoạn I chảy liên tục vào trong bể hiếu khí để tạo nên dòng chảy nơi mà sự đồng hóa sinh khối các thành phần hữu cơ, tạo nên nhiều tế bào hơn và sinh khối .
- Sự vận hành bình thường và hệ thống dòng chảy trong một bể hình chữ nhật, thường rộng 6 – 10 m và dài 30 – 100 m sâu 4 – 5 m .

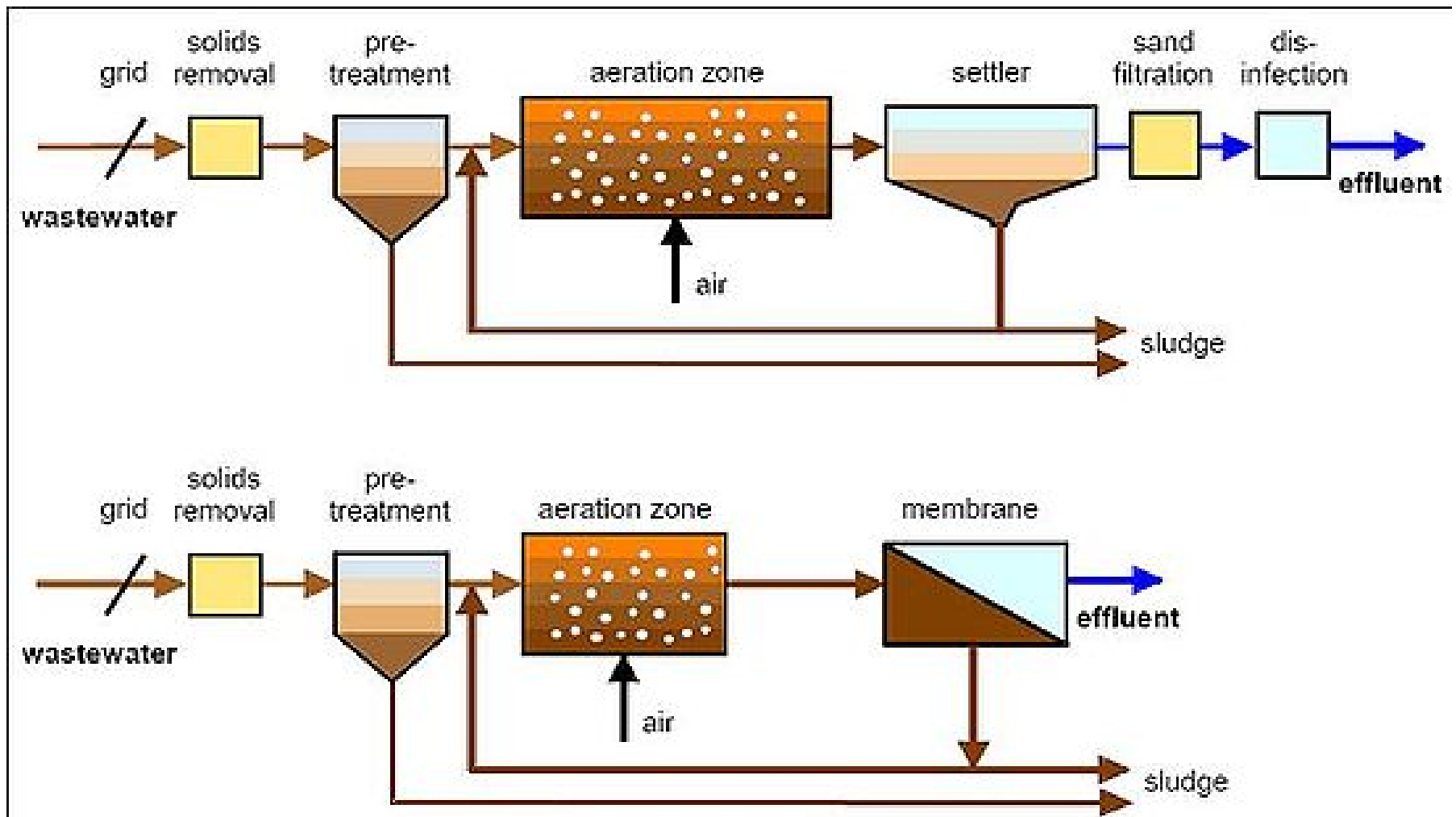
Nguyên tắc quá trình bùn hoạt tính



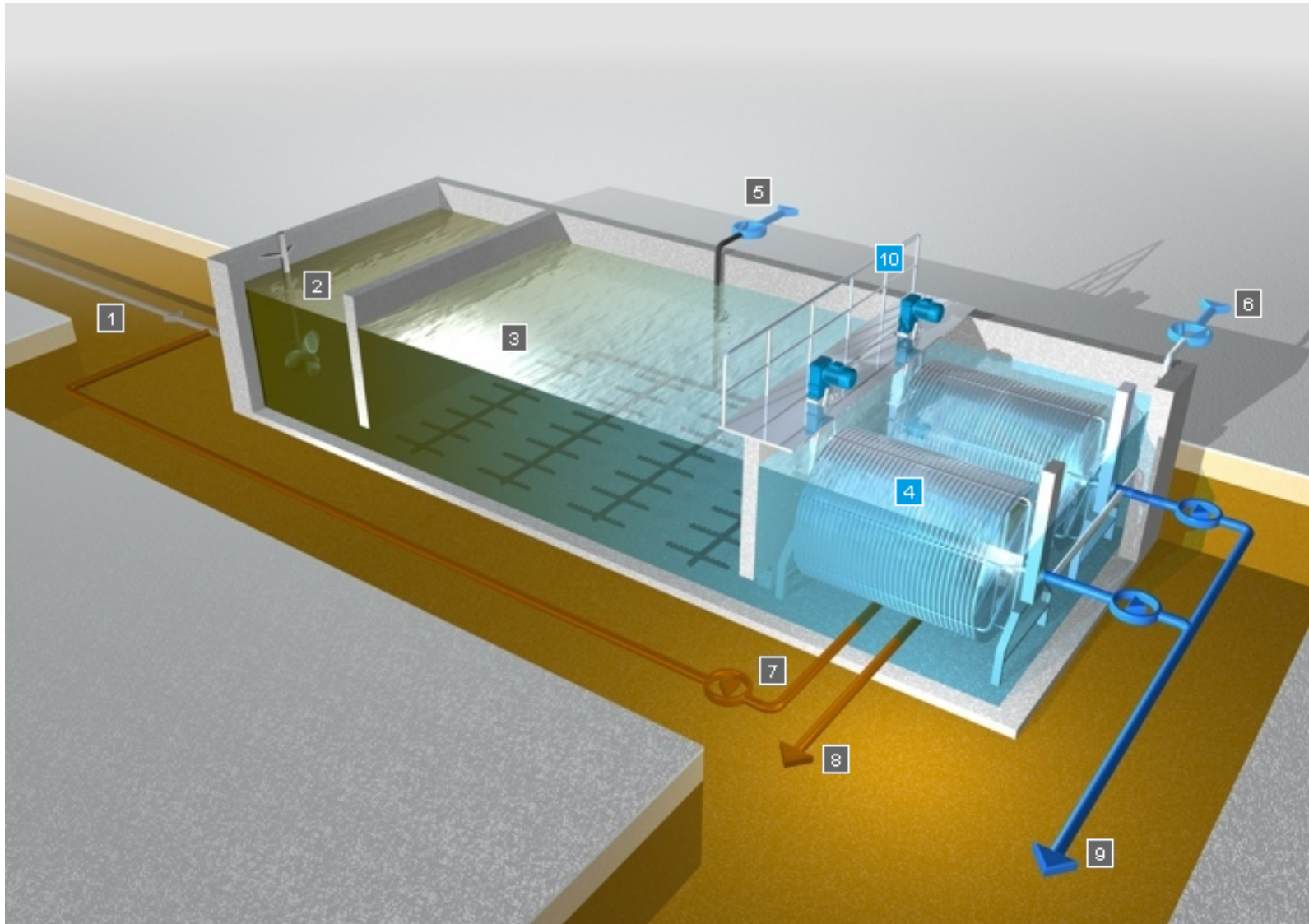
Các cơ chế phản ứng trong quá trình bùn hoạt tính



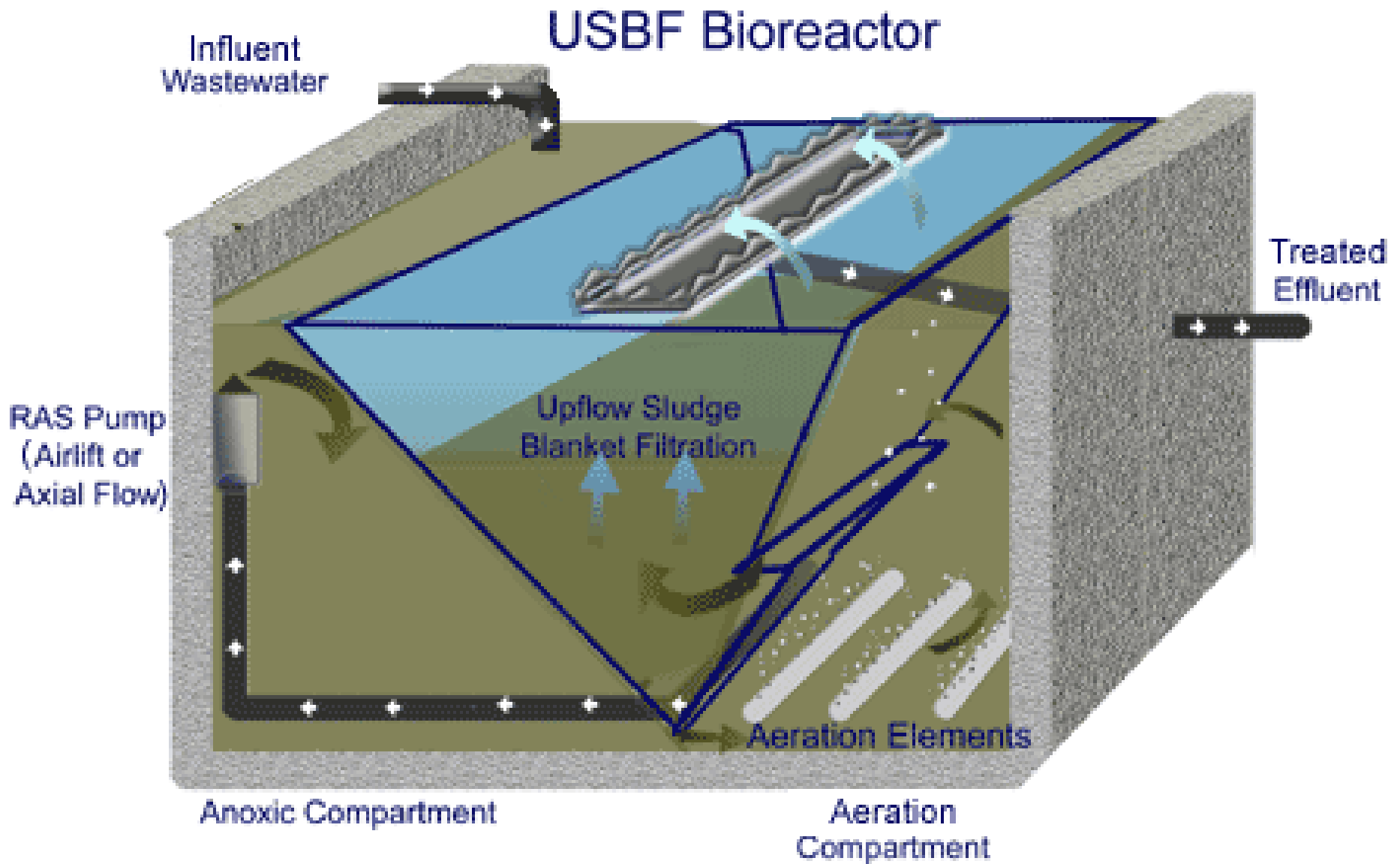
Liên kết với các quá trình khác



Membrane Activated Sludge Process / Membrane Bio-Reactors



Tích hợp các quá trình bùn hoạt tính



Ứng dụng trong thực tế



Thời gian lưu nước, bùn

- Thời gian lưu nước ở bể hiếu khí ít nhất là 5 giờ
- Tải lượng hữu cơ đối với lọc nhỏ giọt từ 0.4 – 1.2 kg BOD/m³/ngày.
- Tải lượng bùn là tỉ số giữa chất hữu cơ phân hủy được so với sinh khối hoạt hóa

$$\text{Tải lượng bùn} = \frac{\text{Lưu lượng x BOD}}{\text{Thể tích x sinh khối}}$$

- Tải lượng bùn giao động trong khoảng 0.15, nhưng đối với hệ thống bùn hoạt tính có thể lên đến 0.6.
- Độ tuổi của bùn 2-3 ngày và thời gian lưu nước từ 5 – 14 giờ

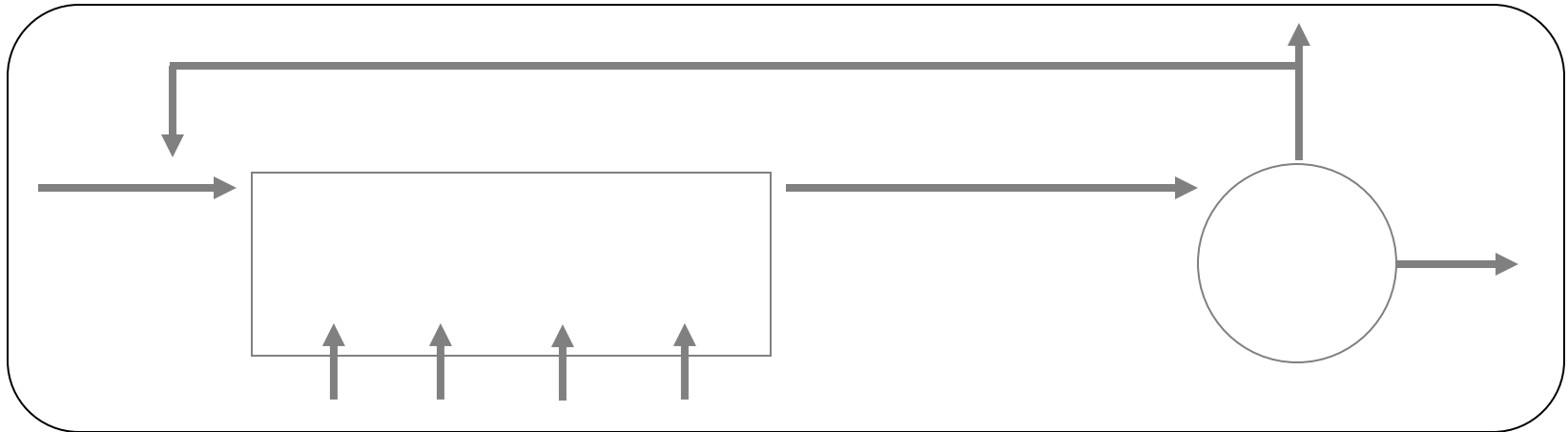
Sục khí

- Vì bùn hoạt tính là một quá trình hiếu khí được xem là hiệu quả khi được tăng cường cung cấp oxygen và tránh giới hạn oxygen
- Khí được cấp qua các hệ thống lỗ mịn và có thể được phun với áp suất cao, với mục đích đánh tan các chất rắn dính bám trên bề mặt thiết bị .
- Giai đoạn tiếp xúc thường 0.5 – 1.0 giờ, chất thải được ổn định và trở lại bề sục khí khoảng 5 giờ để hoàn tất quá trình oxy hóa

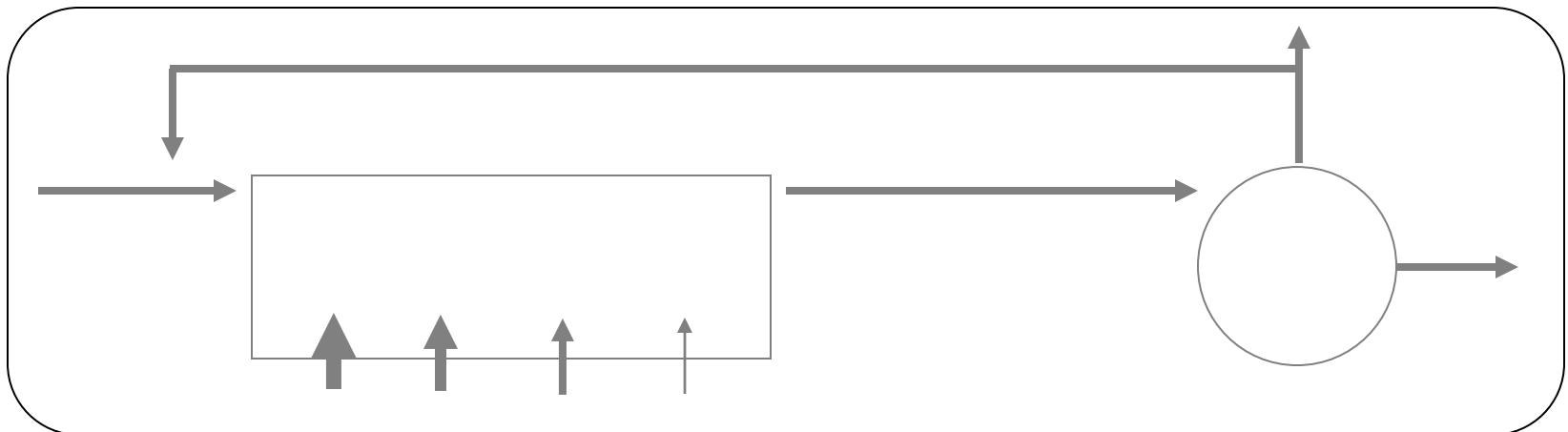
Sục khí

- Các hệ thống luân phiên của quá trình bùn hoạt tính gồm: *hiếu khí truyền thống, sục khí giảm, ổn định tiếp xúc, hiếu khí từng bước, bùn tăng cường*
- Những thuận lợi của hệ thống là sự sục khí tăng cường, cho phép tăng tải lượng BOD, và có khả năng chịu đựng sốc BOD.
- Sự không thuận lợi là bùn sinh ra khó ổn định hơn

Sục khí truyền thống

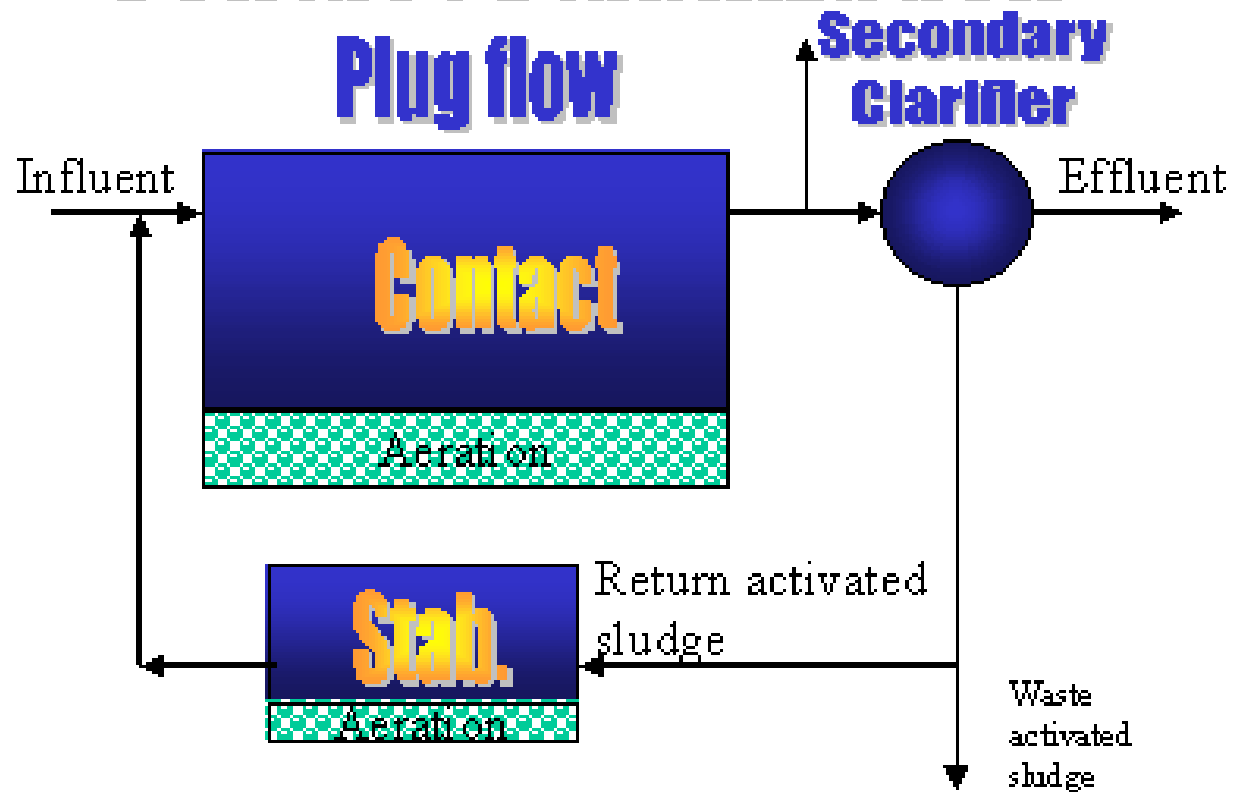


Sục khí giảm dần



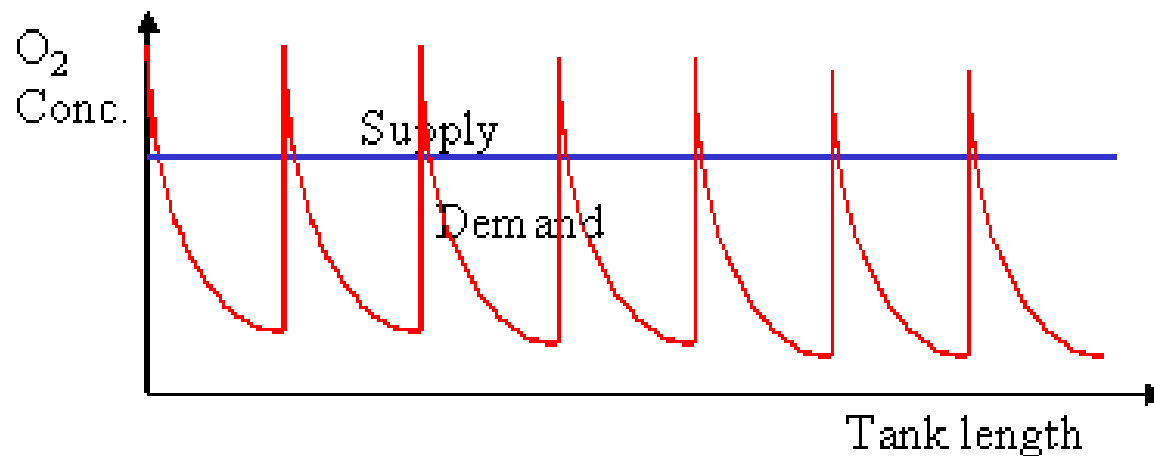
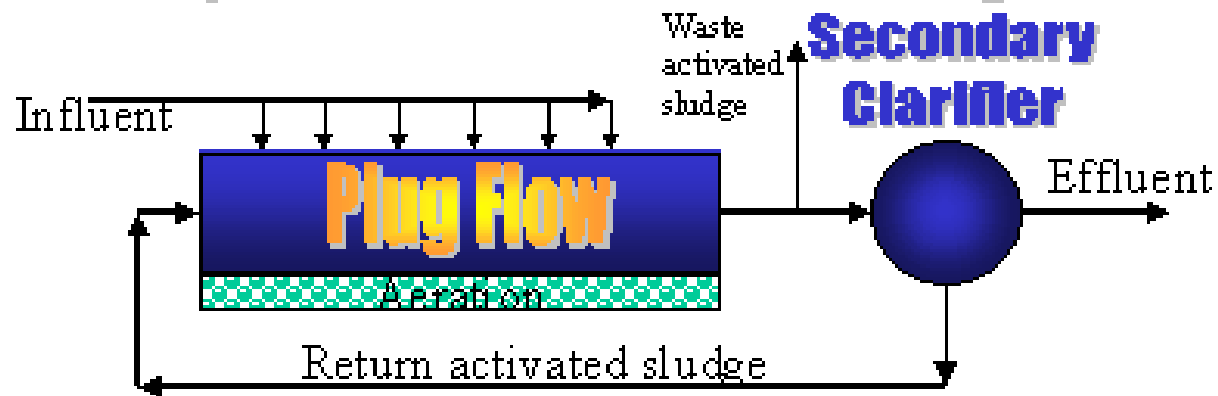
Ổn định tiếp xúc

Contact Stabilization Plug flow

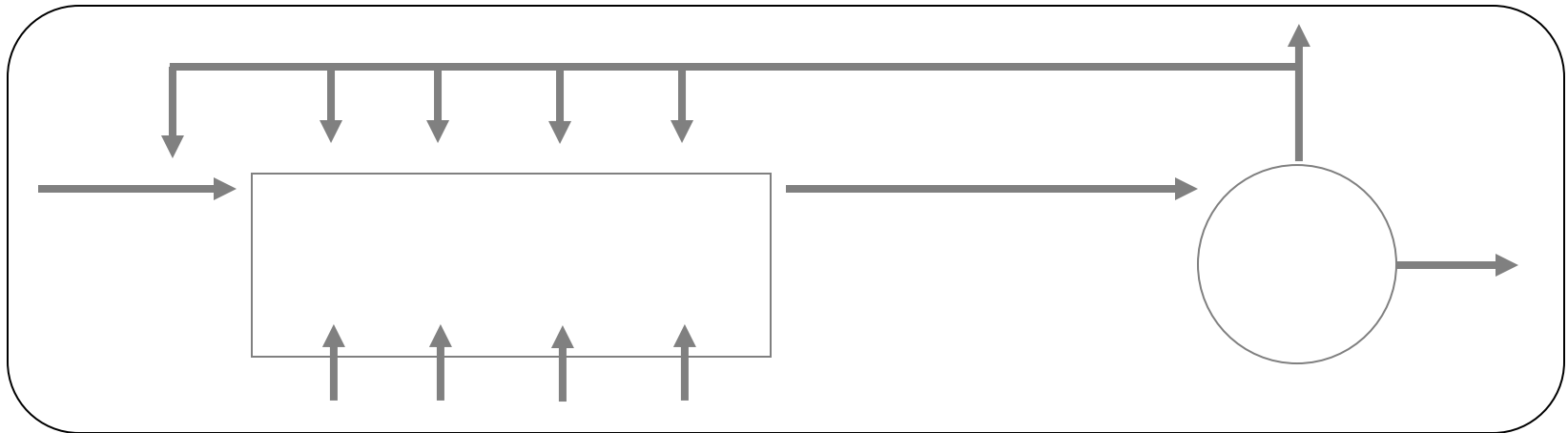


Sục khí từng bước

Step-aeration Activated Sludge

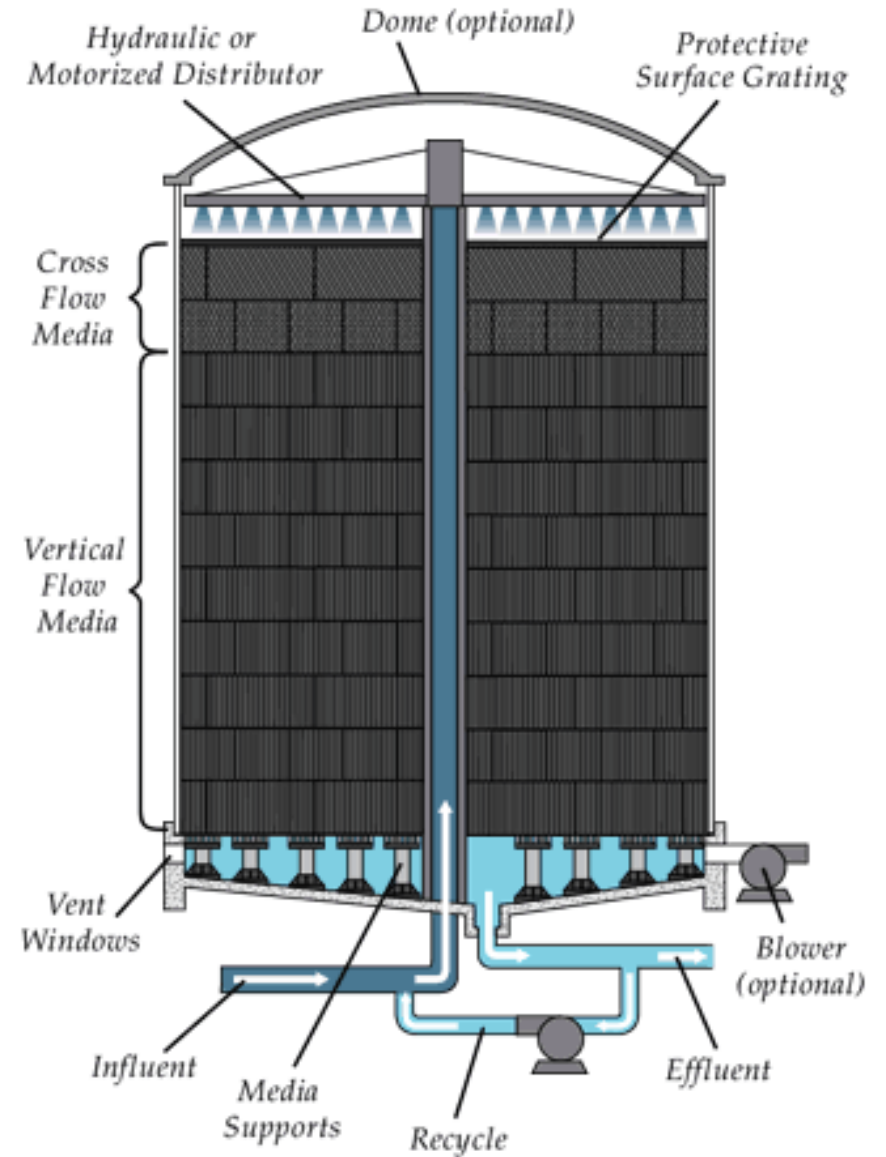
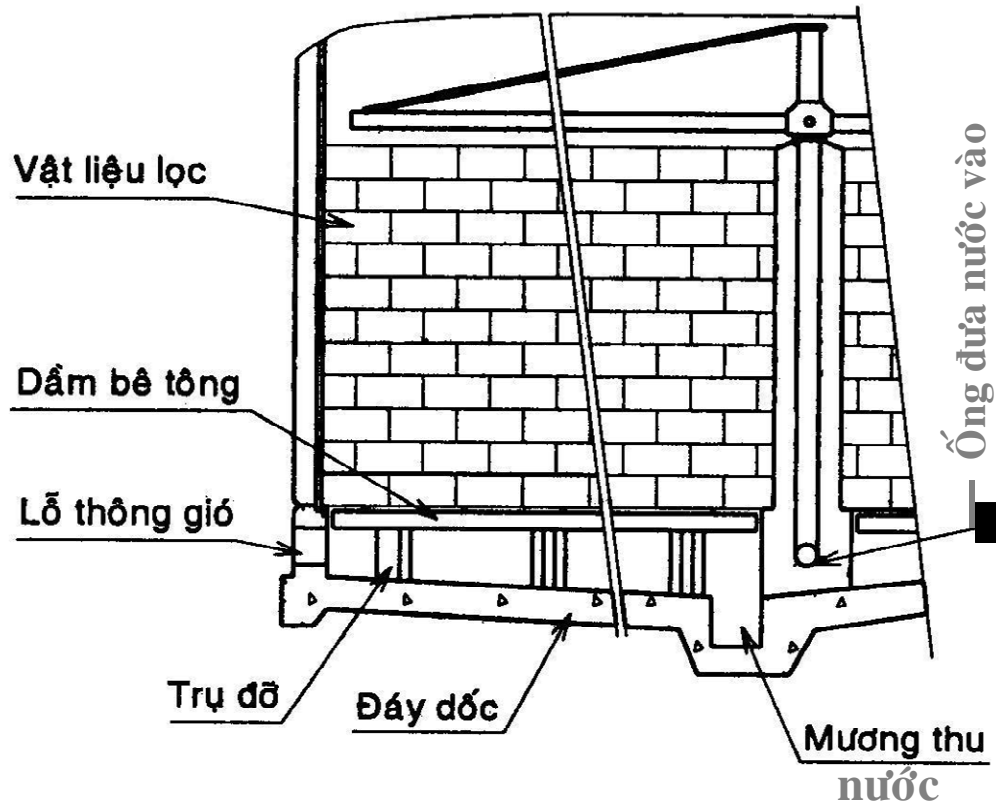


Bùn tăng cường

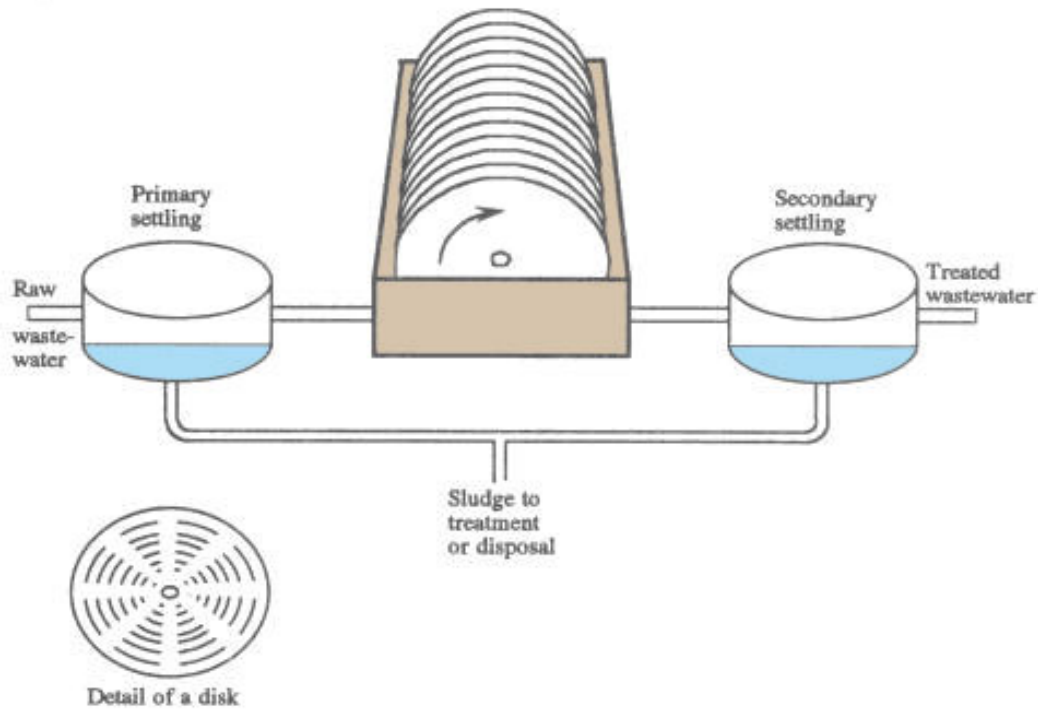


Những chỉnh sửa cho
các quá trình đang tồn
tại

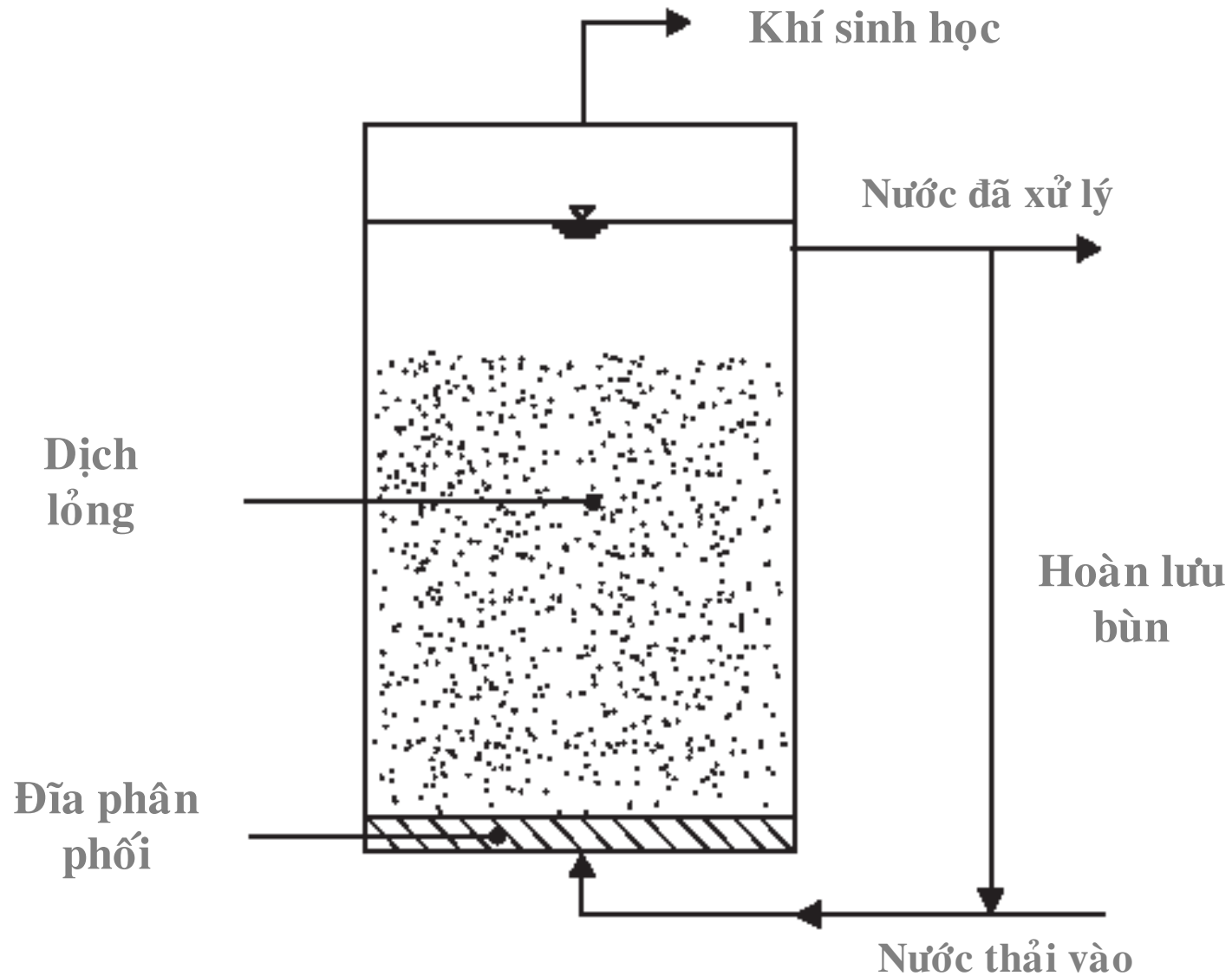
Tháp sinh học



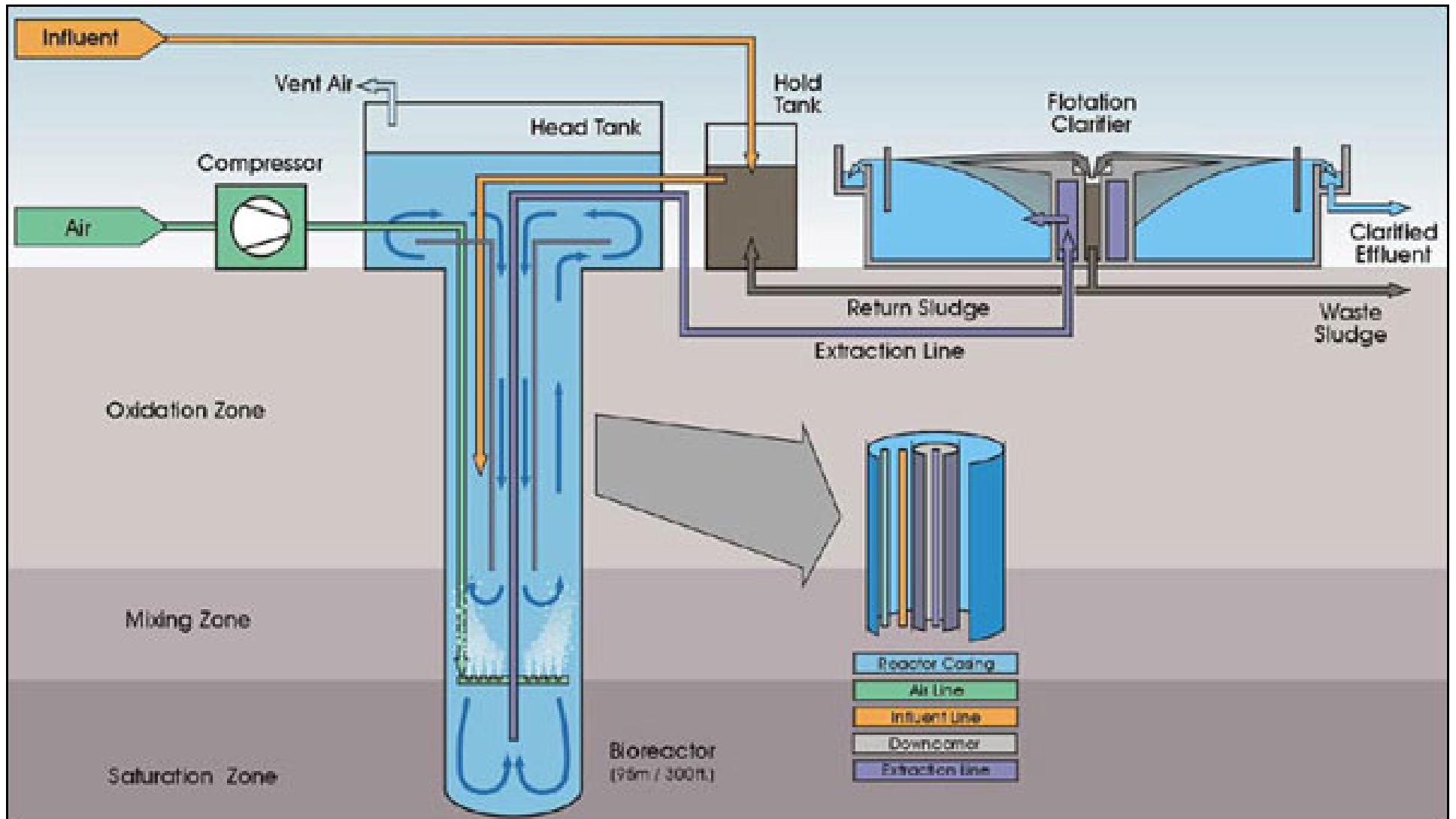
Trục quay tiếp xúc sinh học



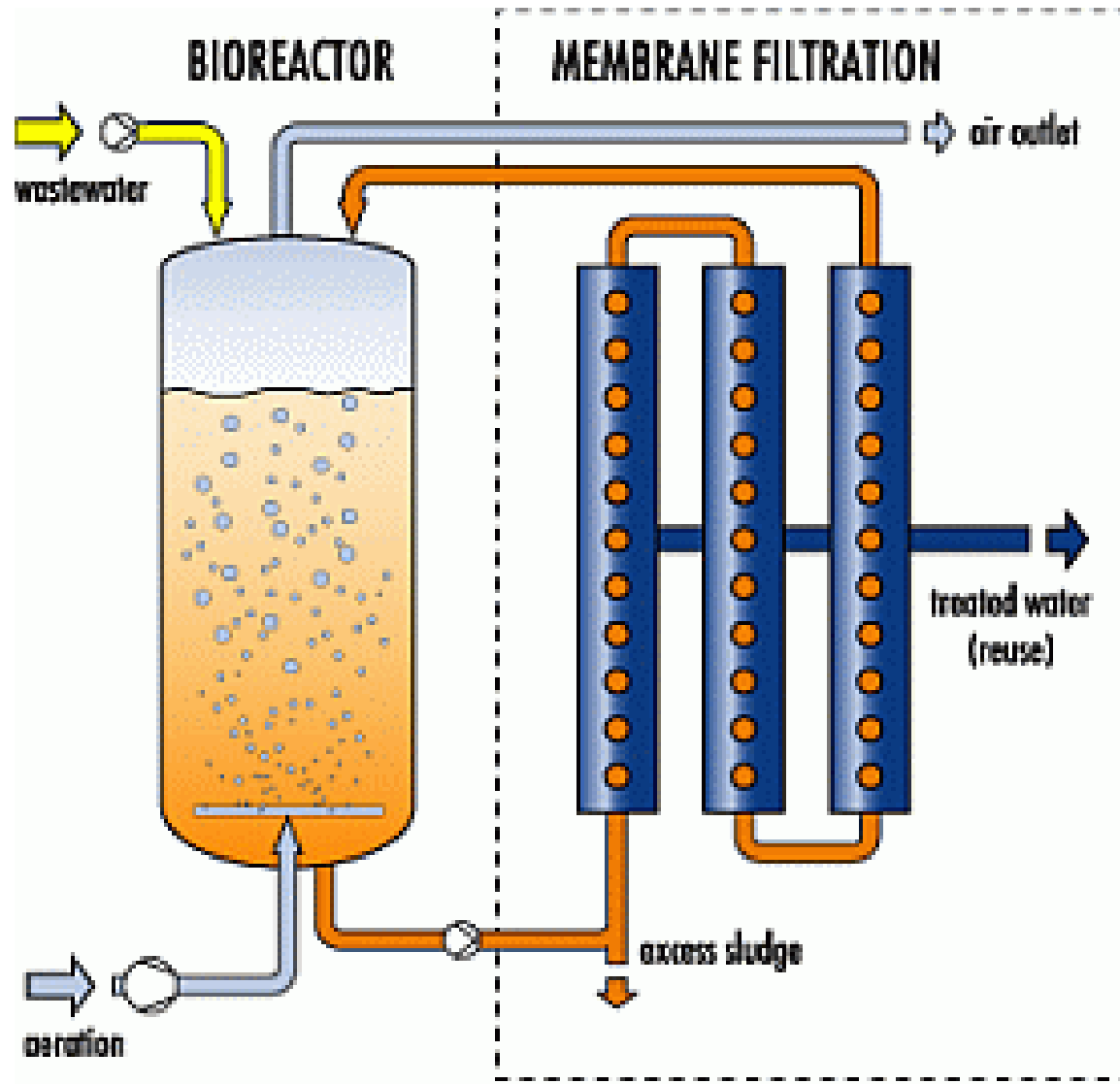
Phản ứng qua lớp dịch lỏng



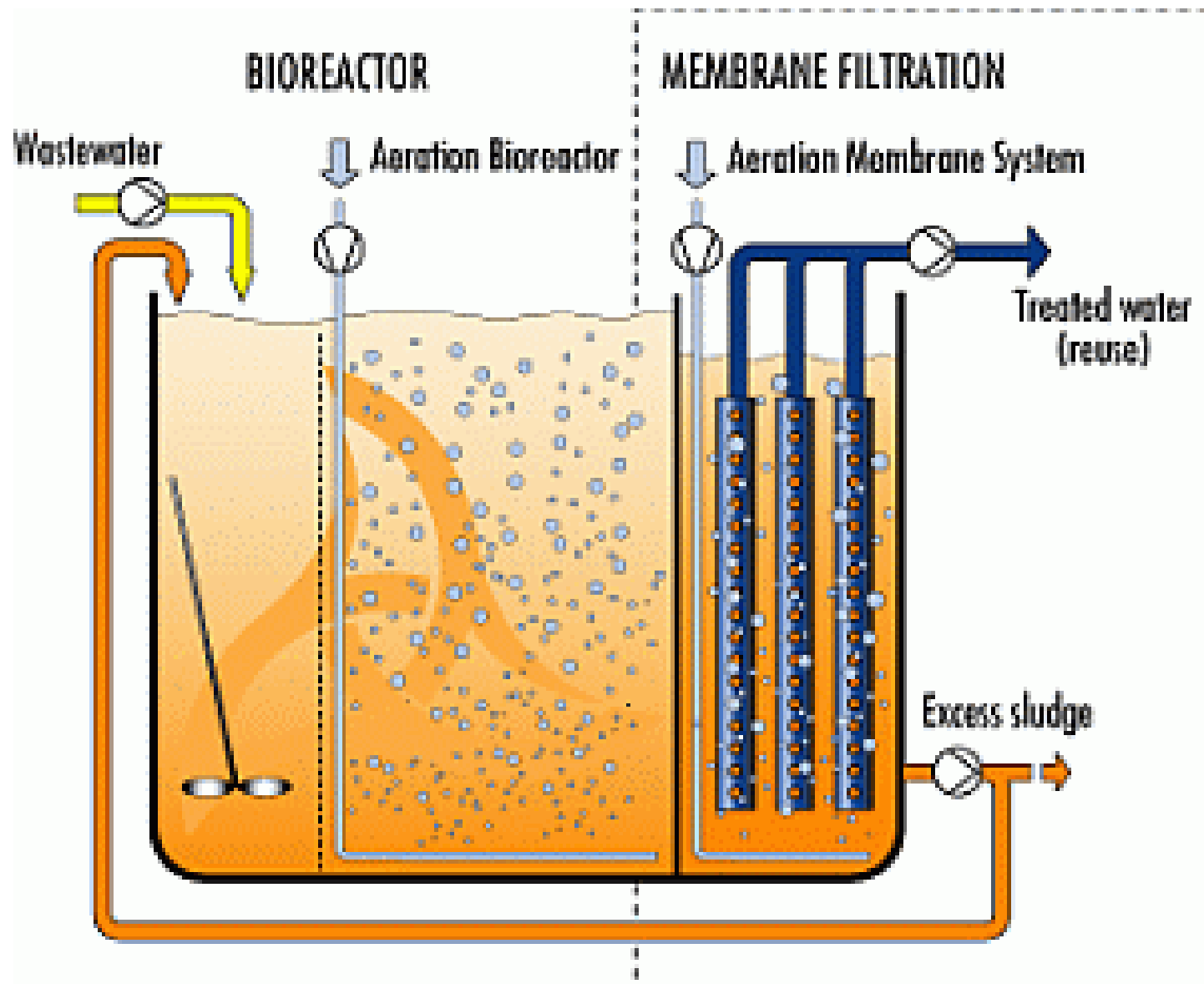
Phản ứng trực sâu



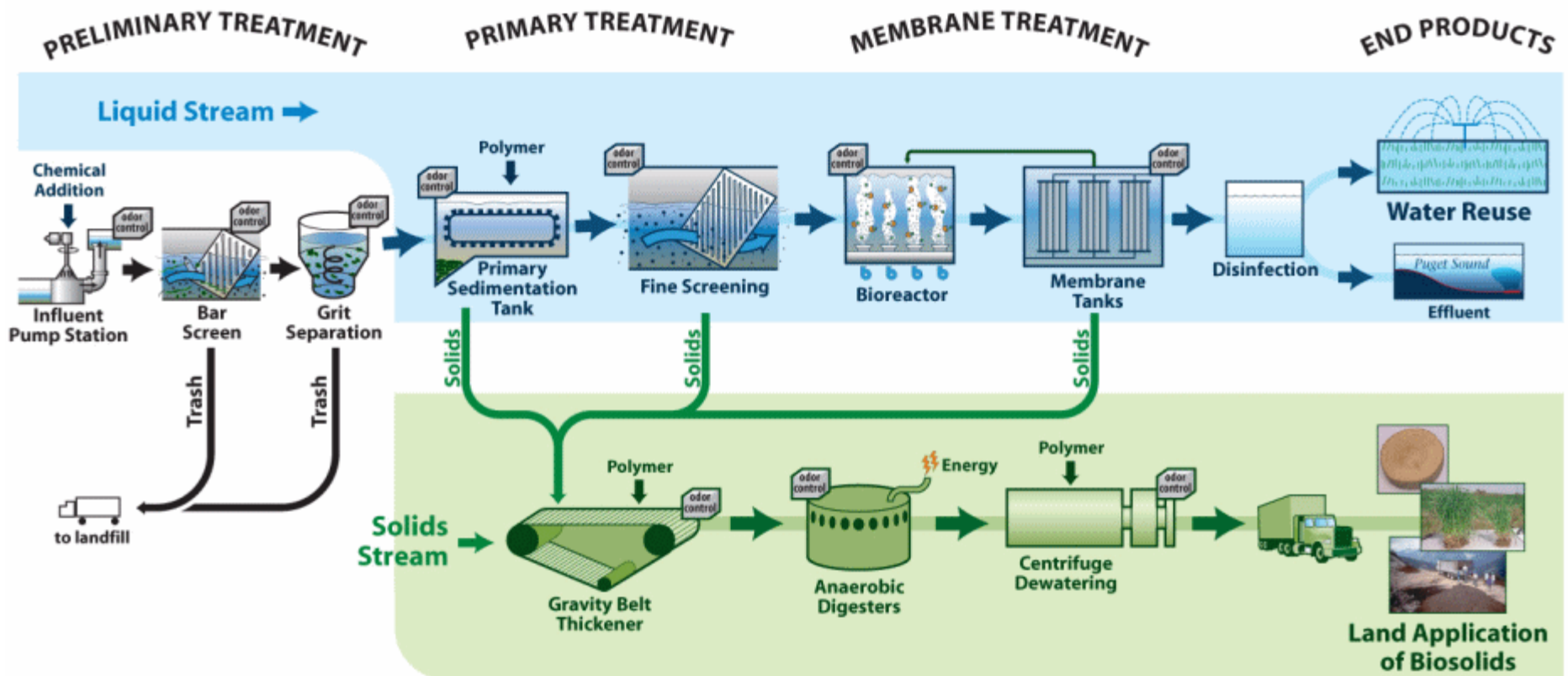
BỂ sinh học màng vi lọc



Màng vi lọc chìm trong nước



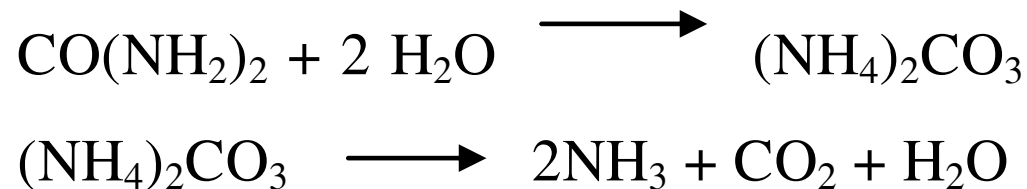
MBR là một công trình đơn vị trong cụm công trình xử lý nước thải



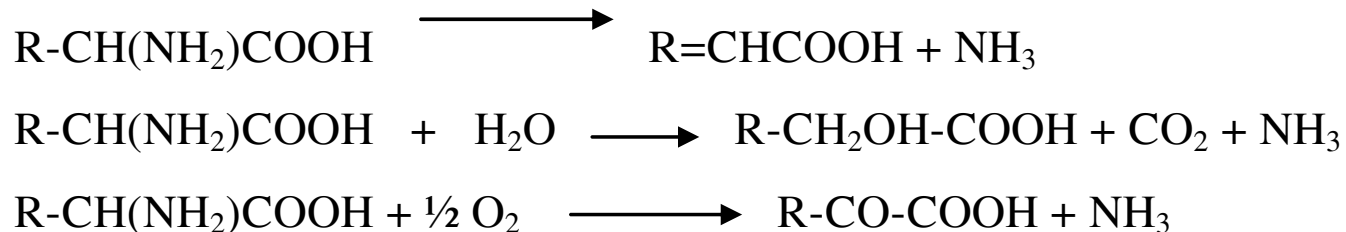
Loại thải hợp chất có chứa
nitrogen

Quá trình amôn hóa

❖ Amôn hóa urê. Thực hiện bởi VSV: *Planosarcina urea*, *Micrococcus urea*, *Bacillus amylovorum*, *Proteus vulgaris*...



❖ Amôn hóa protein. Thực hiện bởi VK: *Bacillus mycoides*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, ... Xạ khuẩn *Streptomyces griseus*... Vi nấm có *Aspergillus oryzae*, *Penicilium camemberti*...



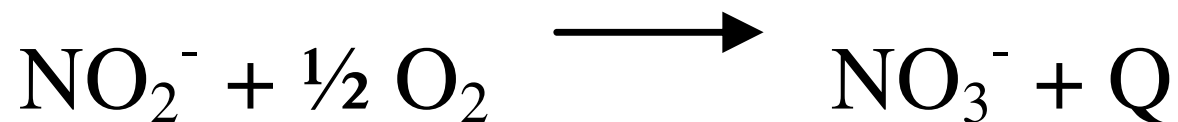
Quá trình nitrate hóa

- ❖ Giai đoạn nitrite hóa. Thực hiện bởi VSV: *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosolobus* và *Nitrospira* chúng đều thuộc loại tự dưỡng bắt buộc.



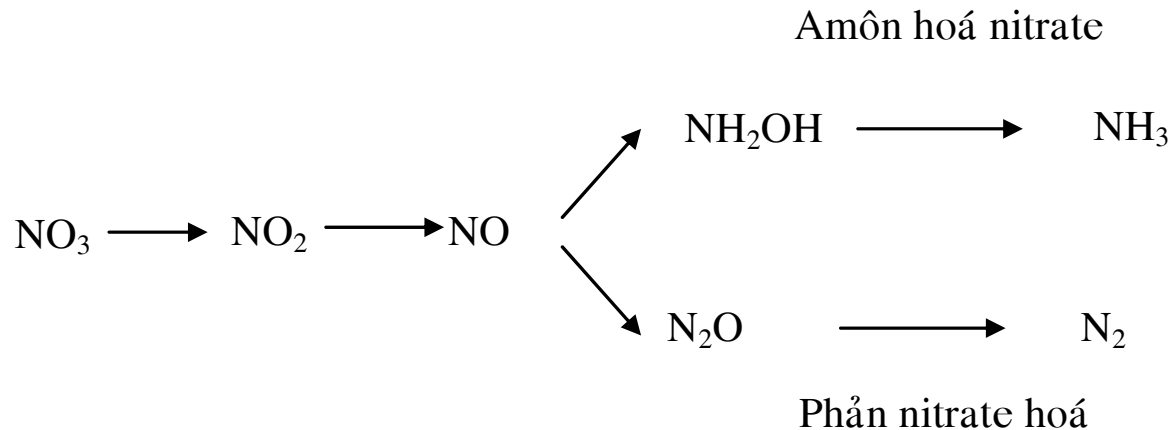
- ✓ Năng lượng sinh ra trong quá trình này dùng để đồng hóa CO_2 thành chất hữu cơ.

- ❖ Amôn hóa protein. Thực hiện bởi VK: *Nitrobacter*, *Nitrospira* và *Nitrococcus*.



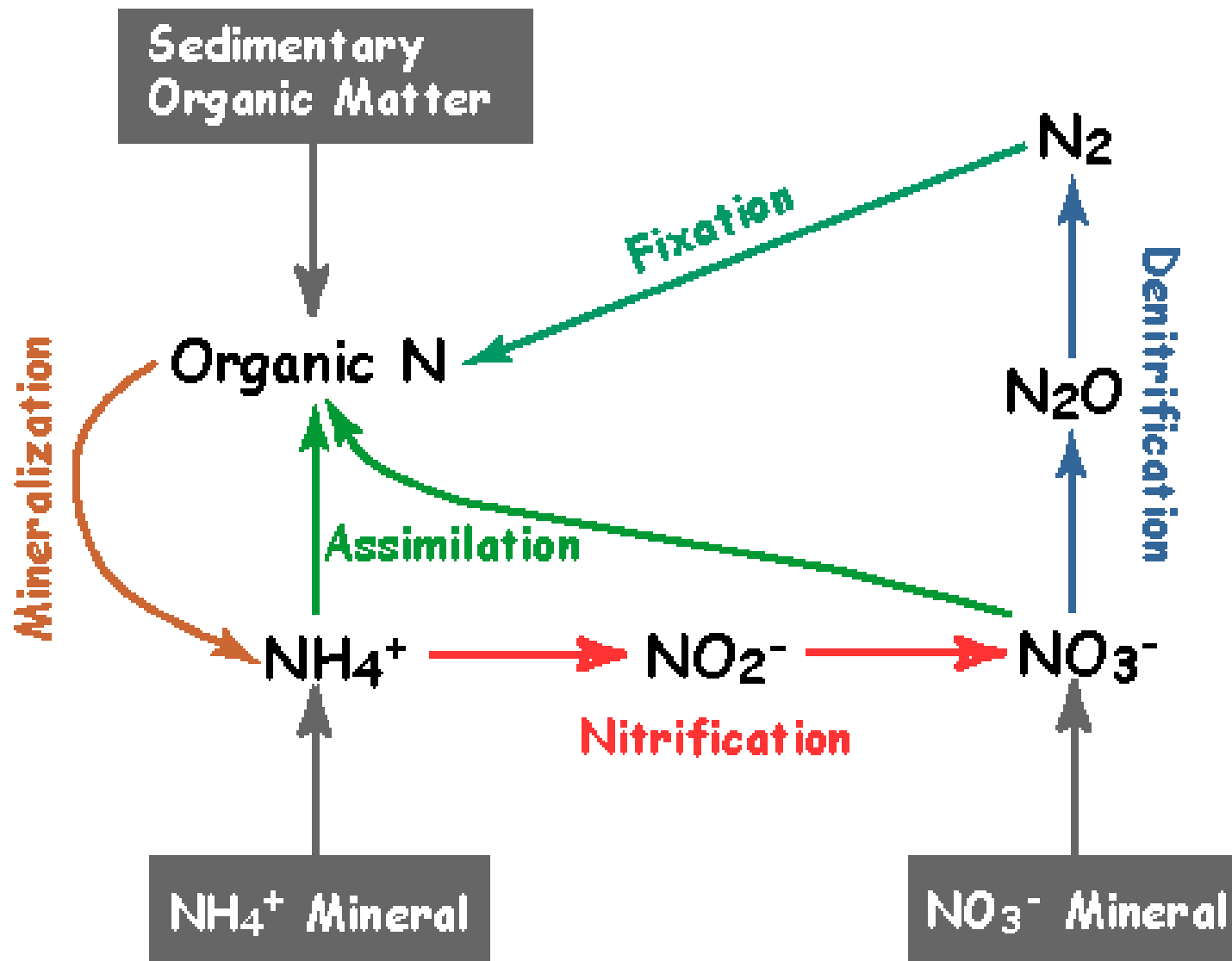
Quá trình phản nitrate hóa

❖ Thực hiện phản ứng khử nitrate thành khí nitơ.

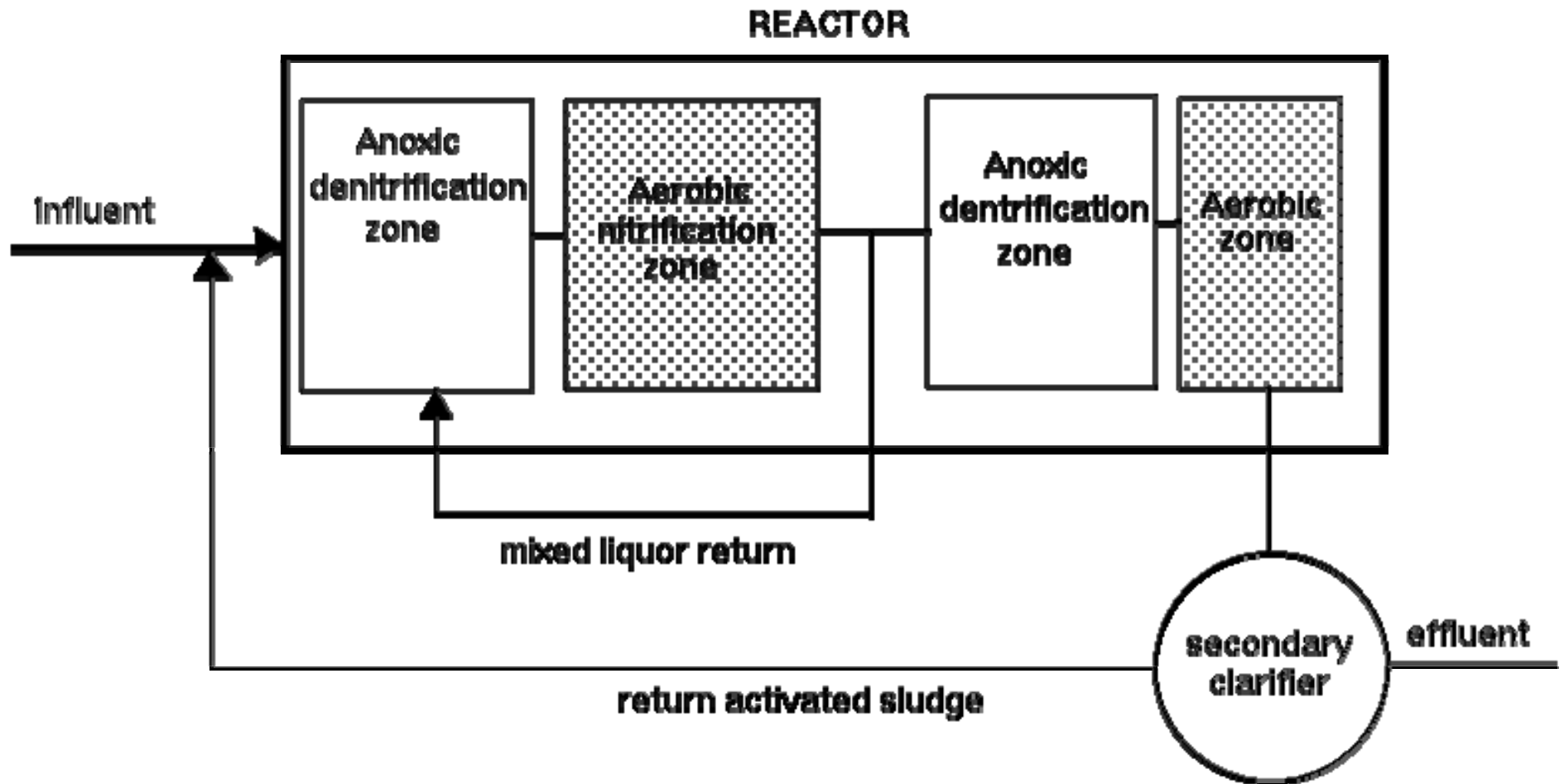


- ❖ Thuộc nhóm tự dưỡng hoá năng có *Thiobacillus denitrificans*, *Hydrogenomonas agilis*...
- ❖ Thuộc nhóm dị dưỡng có *Pseudomonas denitrificans*, *Micrococcus denitrificans*, *Bacillus licheniformis*...sống trong điều kiện kỵ khí, trong những vùng đất ngập nước.
- ❖ Năng lượng tạo ra dùng để tổng hợp ATP

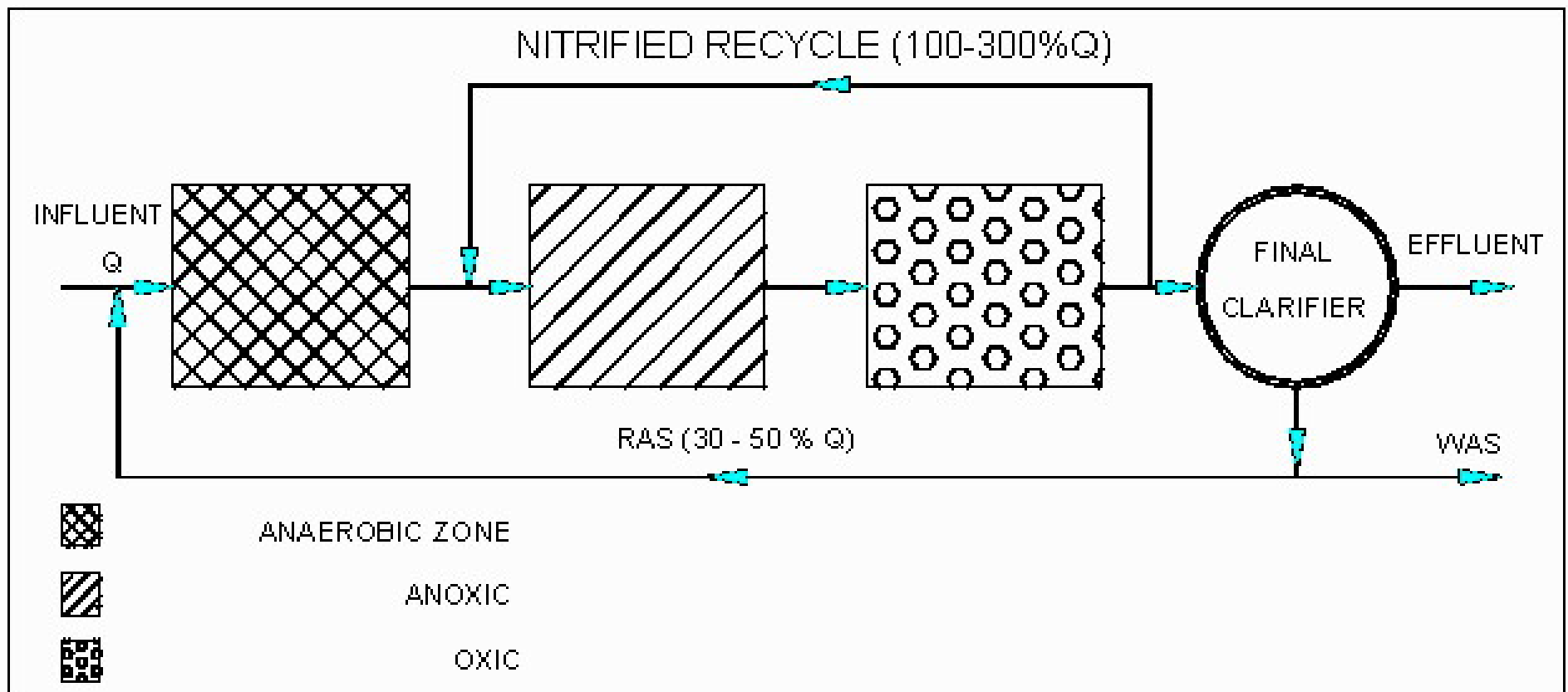
Sơ đồ phản ứng phản chuyển hóa nitrogen



Sơ đồ phản ứng loại thải nitrogen



Sơ đồ phản ứng loại thải nitrogen



Sơ đồ phản ứng loại thải nitrogen

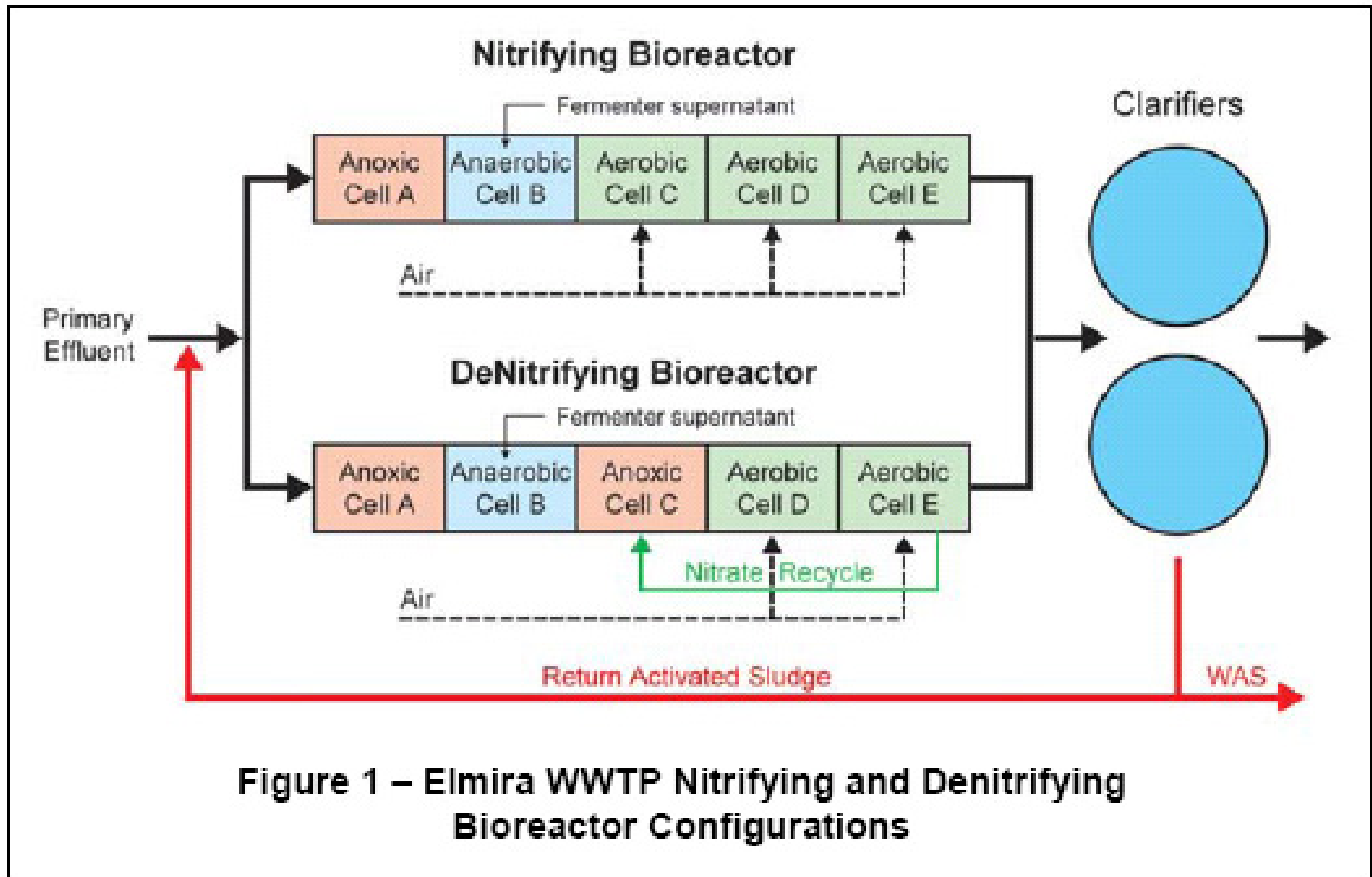
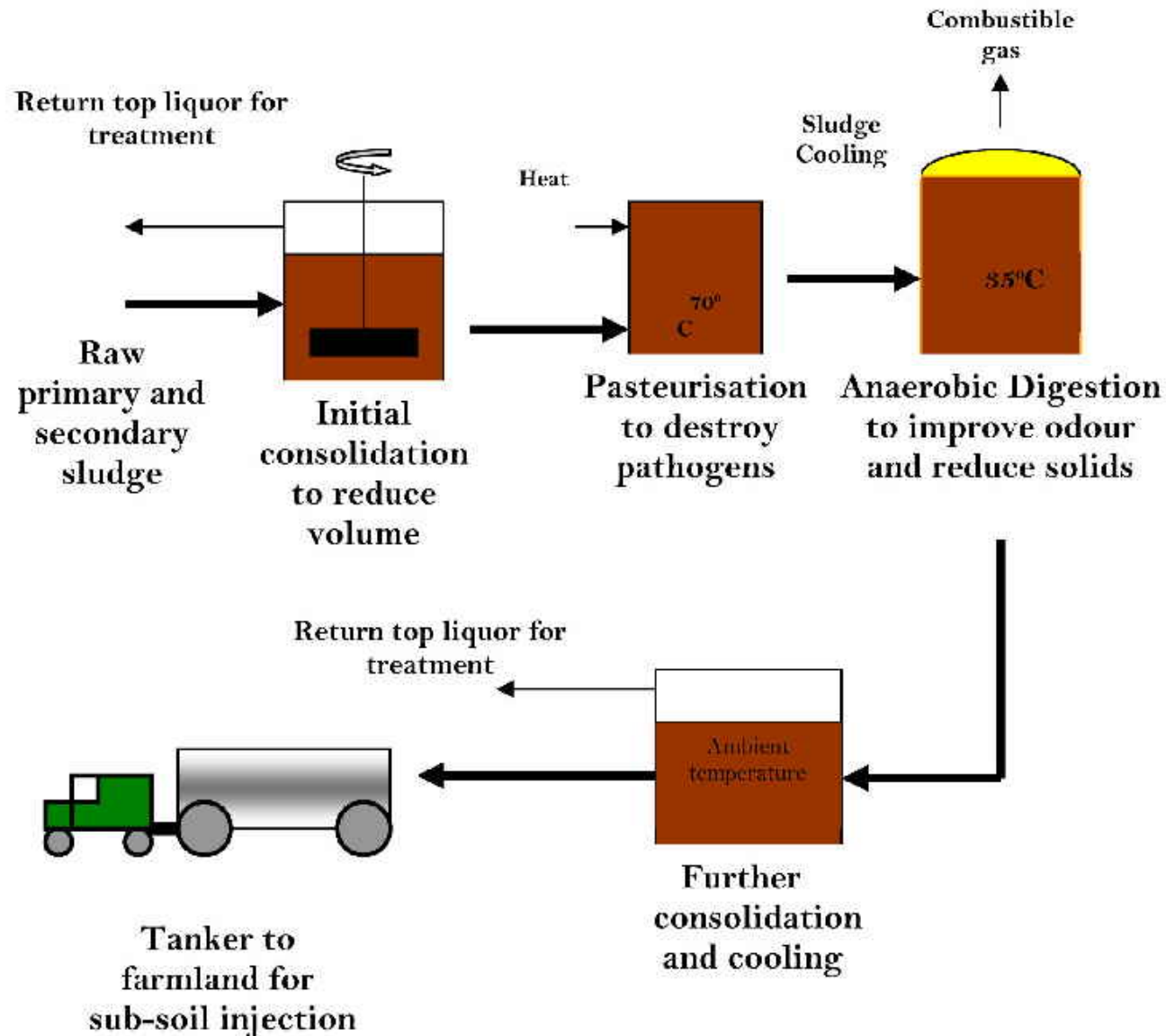


Figure 1 – Elmira WWTP Nitrifying and Denitrifying Bioreactor Configurations

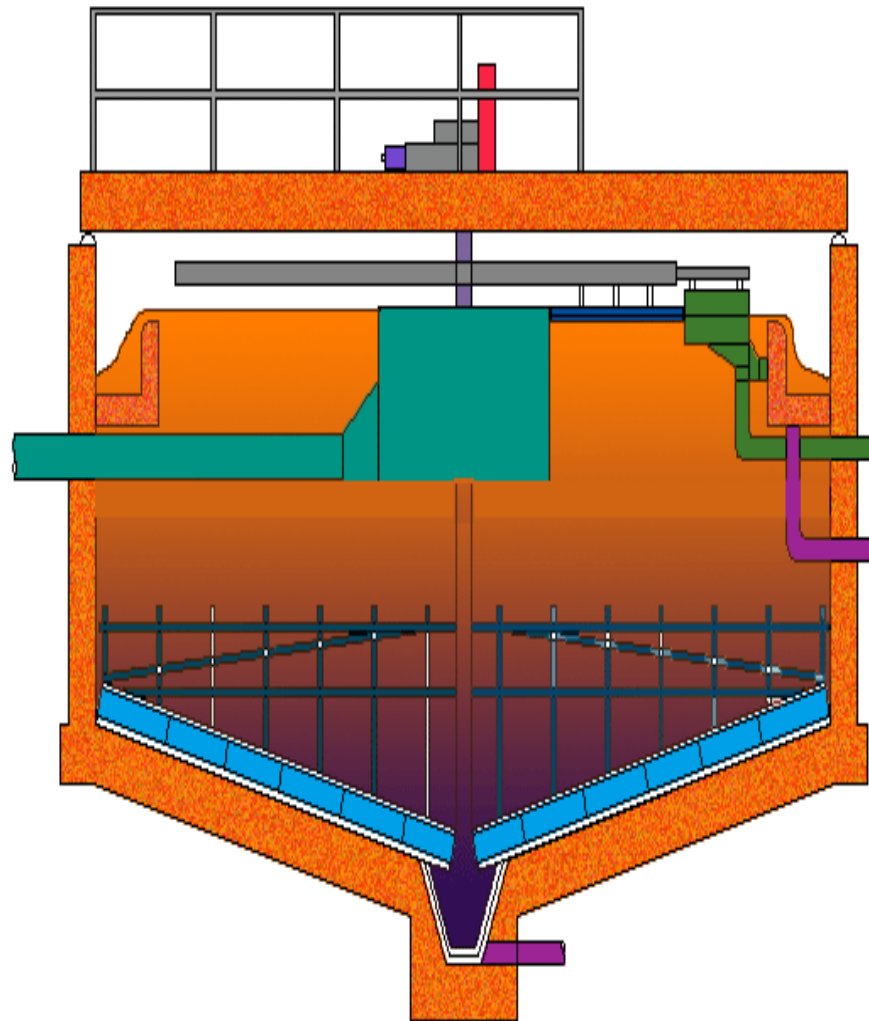
Xử lý bùn

- ✧ Quá trình bùn hoạt tính sinh ra một lượng lớn bùn.
- ✧ Lượng bùn này chủ yếu là sinh khối của vi sinh vật
 - ✧ *Sinh khối của vi sinh vật chiếm đến 50% về khối lượng của bùn hoạt tính. Khoảng 20% được tái tuần hoàn cho các công trình tiền xử lý.*
- ✧ Hiện nay có một số phương pháp xử lý bùn được áp dụng để xử lý lượng bùn dư được tạo ra:
 - ✧ *Chôn trong lòng biển*
 - ✧ *Bãi chôn lấp*
 - ✧ *Đốt*
 - ✧ *Làm khô*
 - ✧ *Làm phân*
 - ✧ *Phân huỷ kỵ khí.*

Quá trình xử lý bùn điển hình



BỂ nén bùn



Máy ép bún



Ứng dụng ngoài thực tế

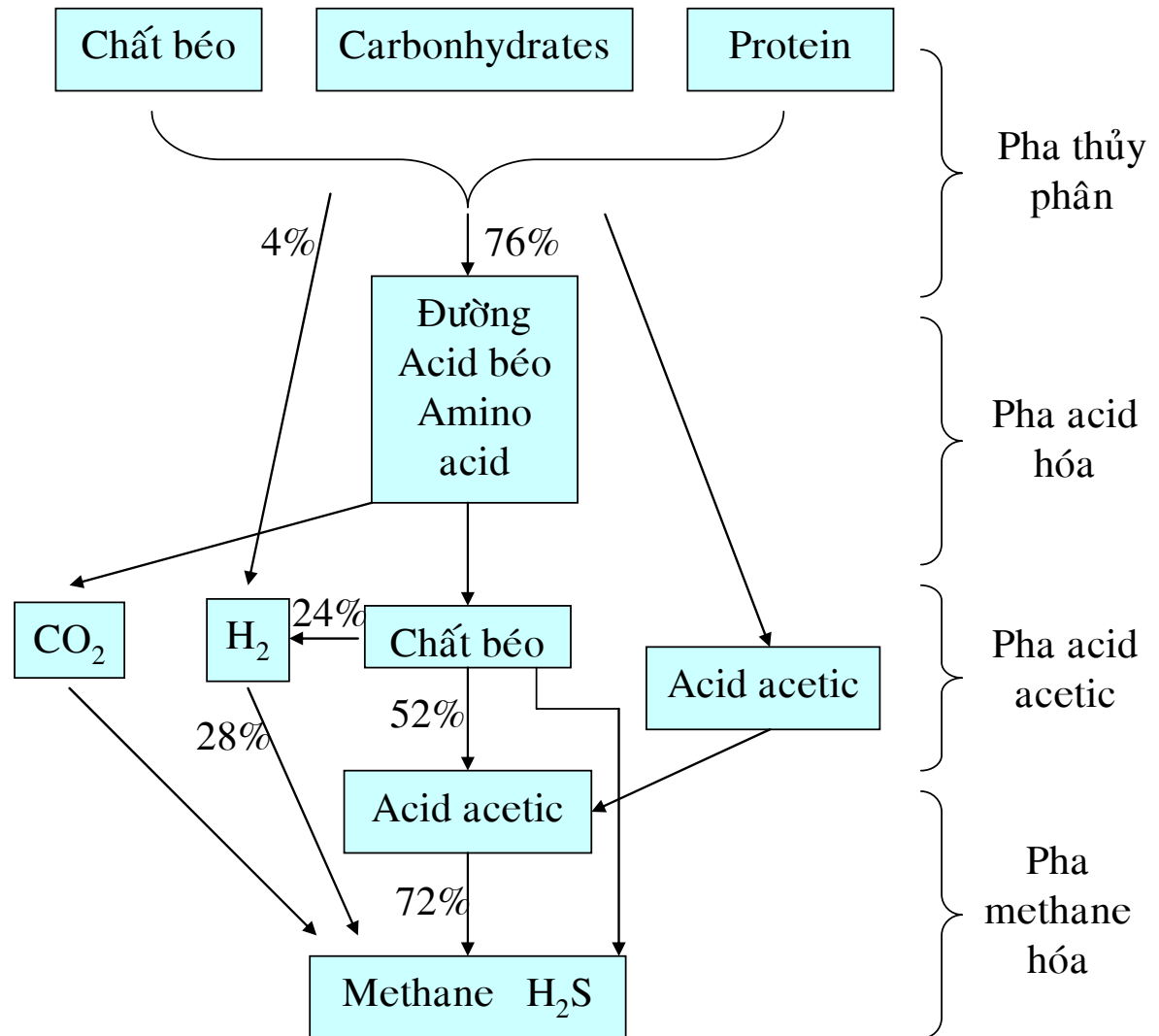


Phân hủy kỵ khí

- ✧ Chất thải lỏng đã được xử lý kỵ khí từ lâu trong các ao hồ tự nhiên hoặc nhân tạo.
- ✧ Thuận lợi của phân hủy kỵ khí là tạo ra ít bùn, sinh khí methane và không cần phải sục khí
- ✧ Bất tiện của phân hủy kỵ khí là phải có hệ thống trộn tốt, nhiệt độ yêu cầu là 37°C , BOD cao 1.2 – 2 g/L, thời gian lưu nước dài 30 – 60 ngày.
- ✧ Phân hủy kỵ khí là một quá trình hoàn chỉnh liên quan đến một loạt các phản ứng với 3 nhóm vi sinh vật và qua 4 giai đoạn

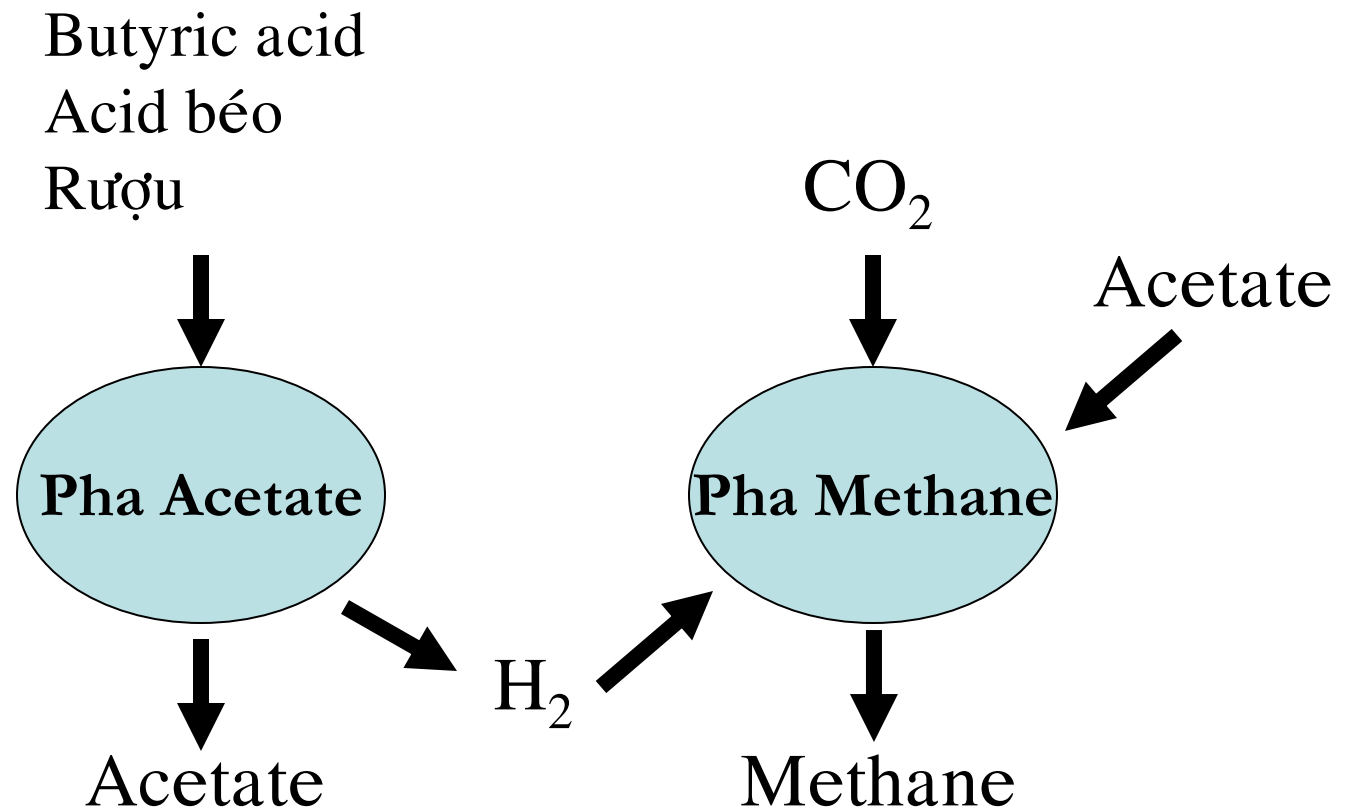
Phân hủy kỵ khí

Các giai đoạn phân hủy kỵ khí chất thải

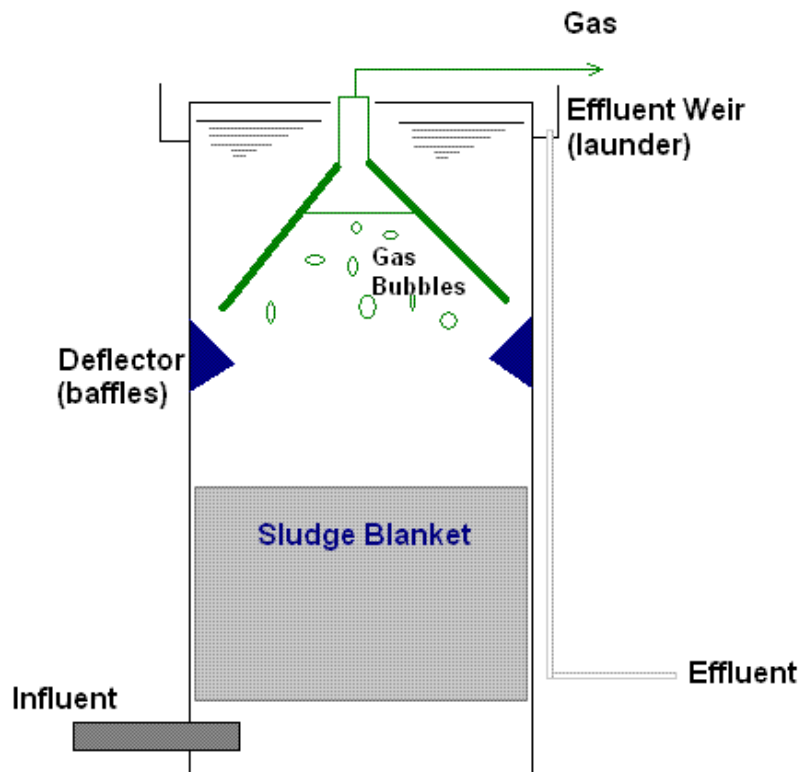


Phân hủy kỵ khí

- ✧ Nhóm sinh vật methane hóa liên quan với nhóm sinh vật acetate hóa.
- ✧ Vi khuẩn methane chuyển hóa H_2 , CO_2 , thành methane

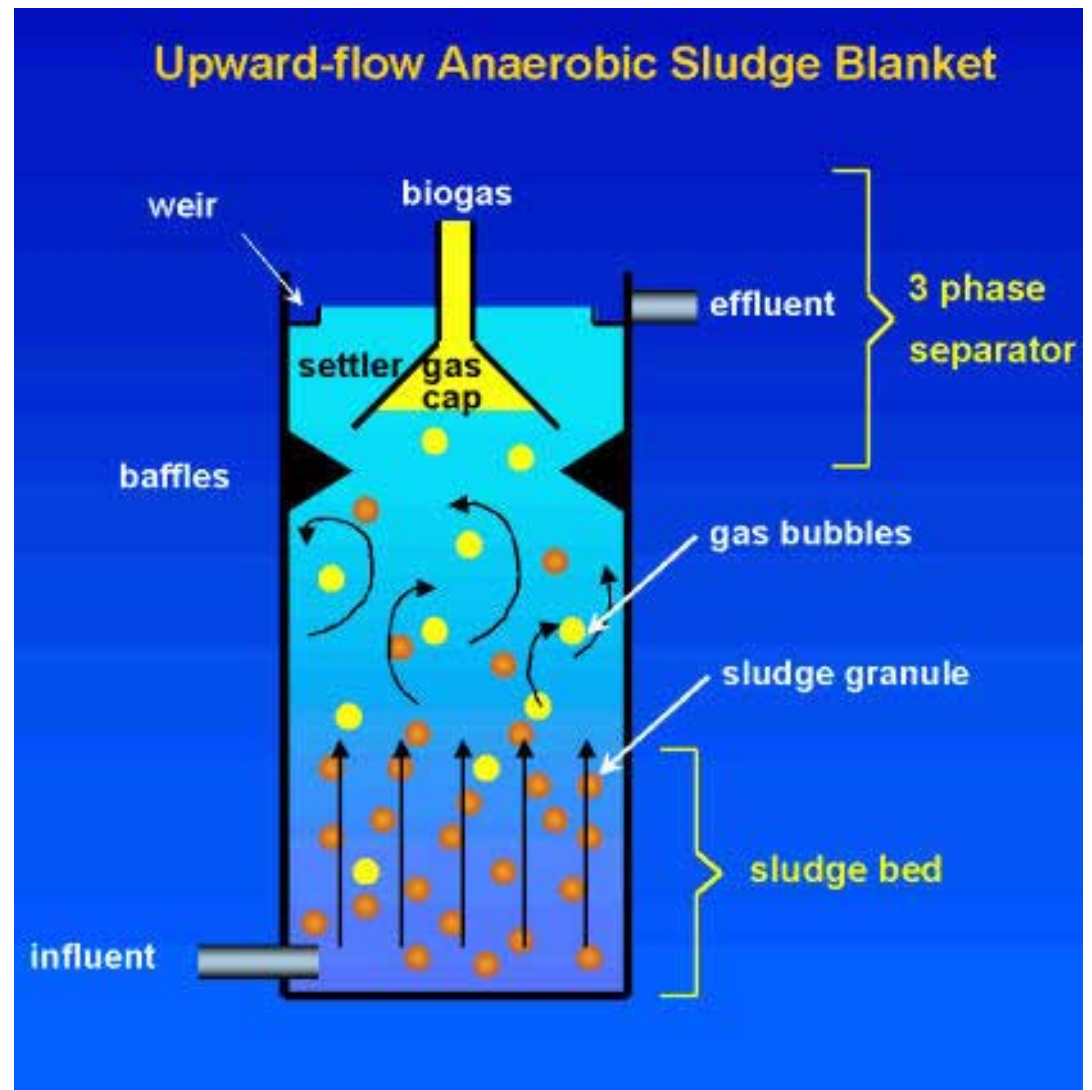


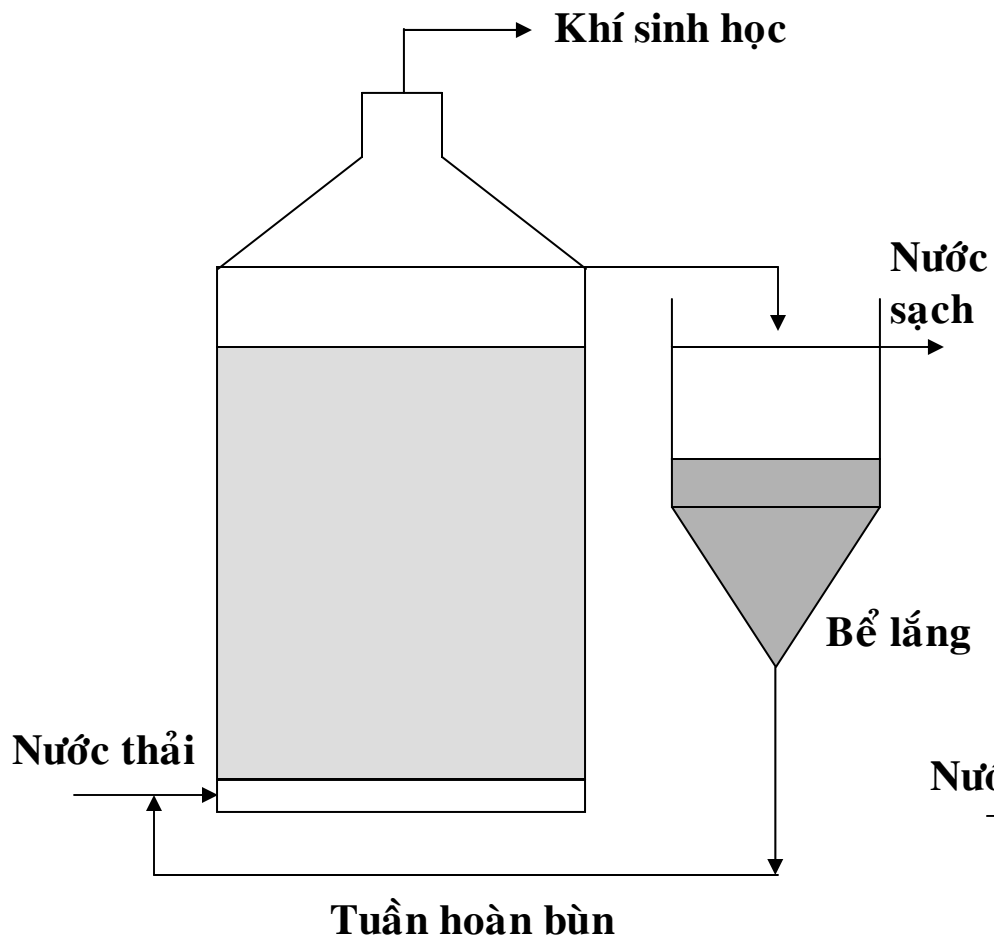
Bể phân hủy kỵ khí



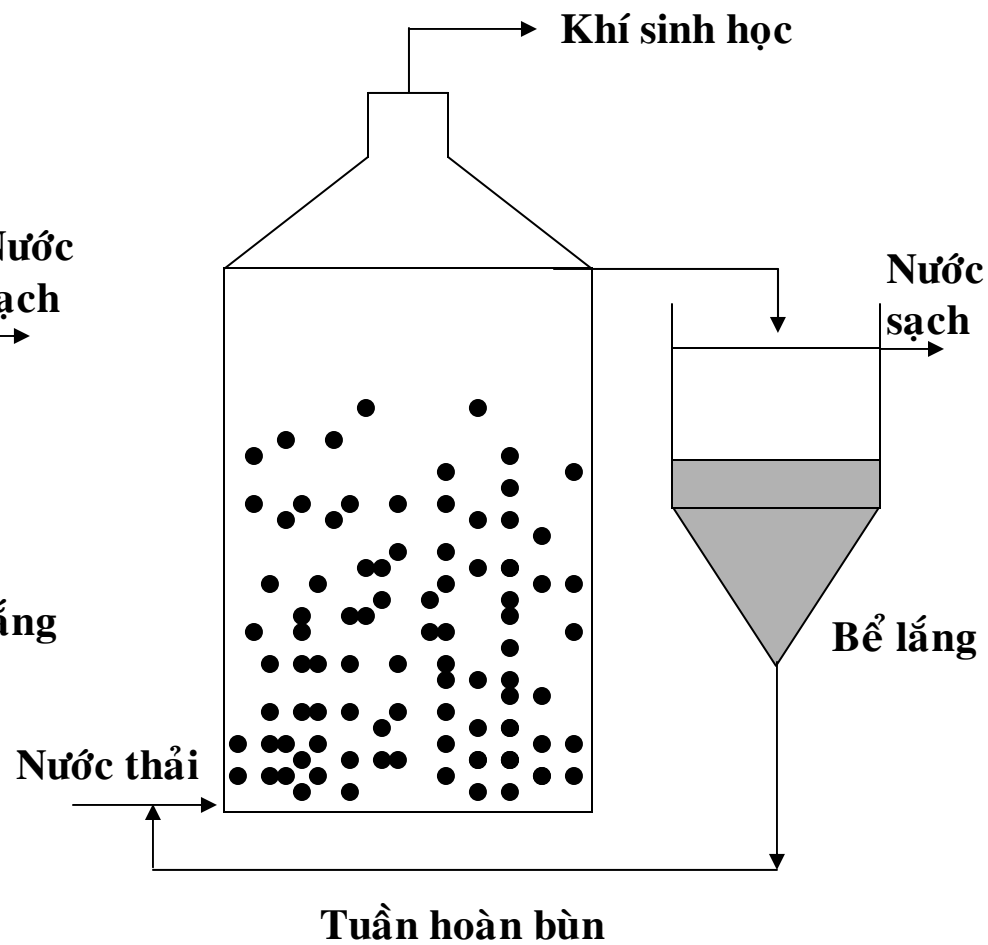
Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)
Reactor Process Schematics

Copyright (c) wastewaterengineering.com





Bể kỵ khí có dòng chảy ngược qua lớp vật liệu cố định



Bể kỵ khí có dòng chảy ngược qua lớp vật liệu lơ lửng

