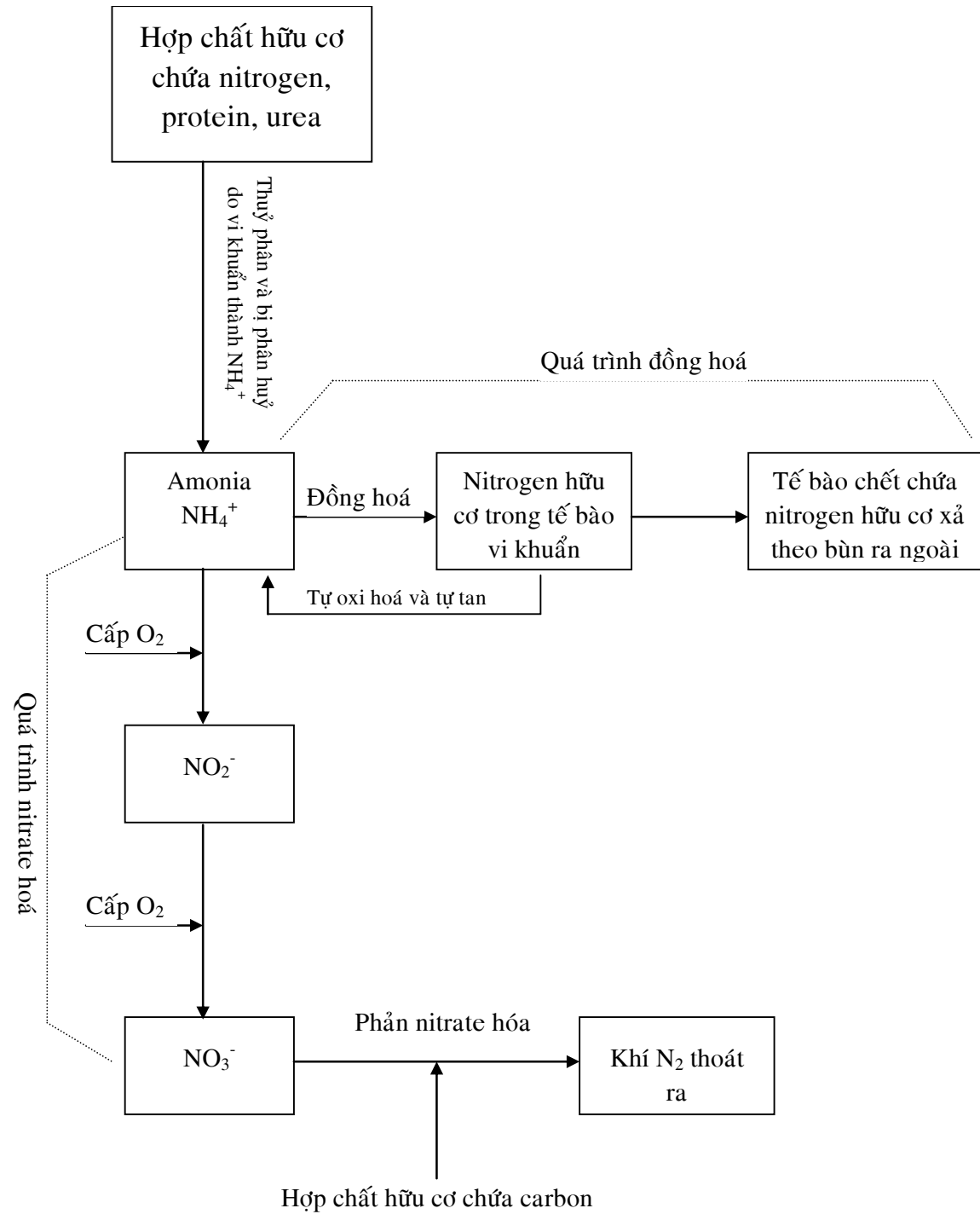


Chương 6

CÁC QUÁ TRÌNH KHỬ NITROGEN BẰNG VI SINH VẬT

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

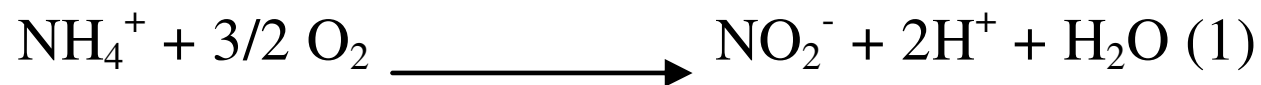
Sơ đồ mô tả quá trình loại thải nitrogen trong nước thải



Chuyển hóa amon bằng quá trình nitrate hóa

- ❖ Nitrate hóa là một quá trình tự dưỡng
- ❖ Vi khuẩn nitrate hóa thường sử dụng CO_2 làm cơ chất để tổng chất hữu cơ cho tế bào.
- ❖ Nitrate hóa amon là một quá trình gồm 2 bước: nitrite hóa và nitrate hóa

Bước 1: được thực hiện bởi vi khuẩn nitrosomonas



Bước 2: được thực hiện bởi vi khuẩn nitrobacter



Chuyển hóa amon bằng quá trình nitrate hóa

- ❖ Năng lượng sinh ra trong quá trình nitrate hóa được vi khuẩn sử dụng cho sự phát triển và duy trì tế bào
- ❖ Năng lượng thu được dùng cho tổng hợp sinh khối theo phương trình sau:



- ❖ Toàn bộ quá trình oxi hóa và tổng hợp được thể hiện qua phương trình sau:



Nitrogen Cycle

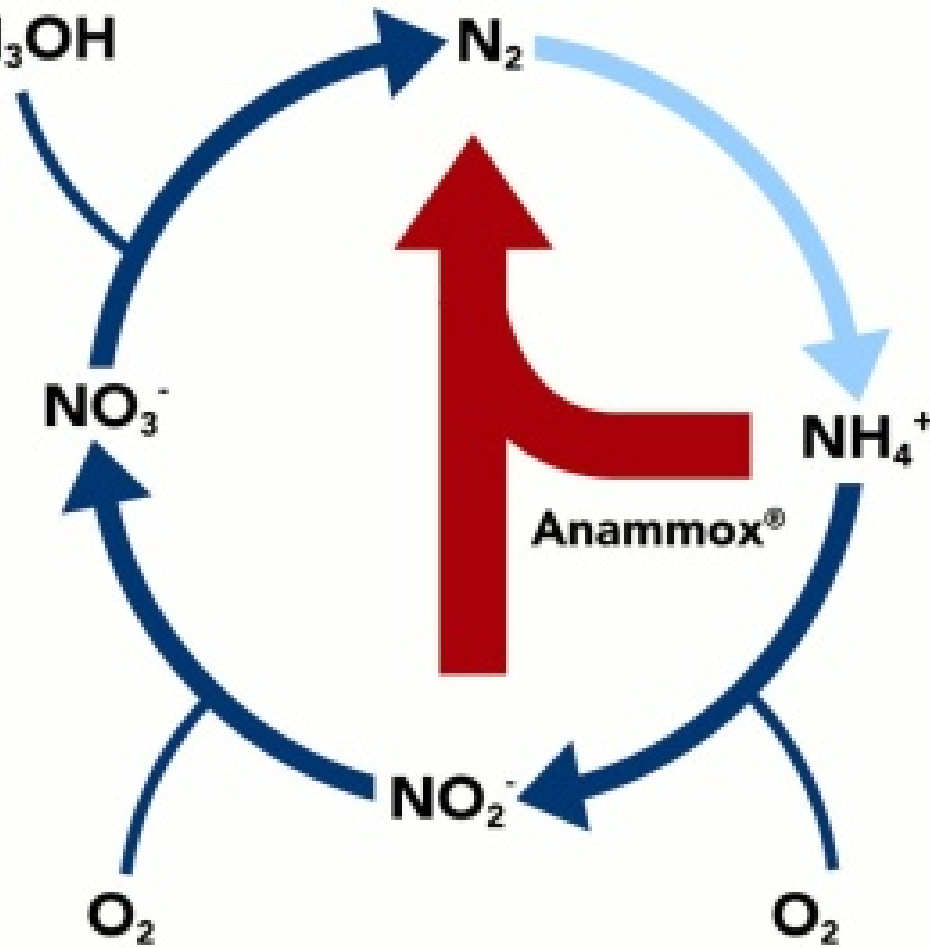
Denitrification



Anammox[®]

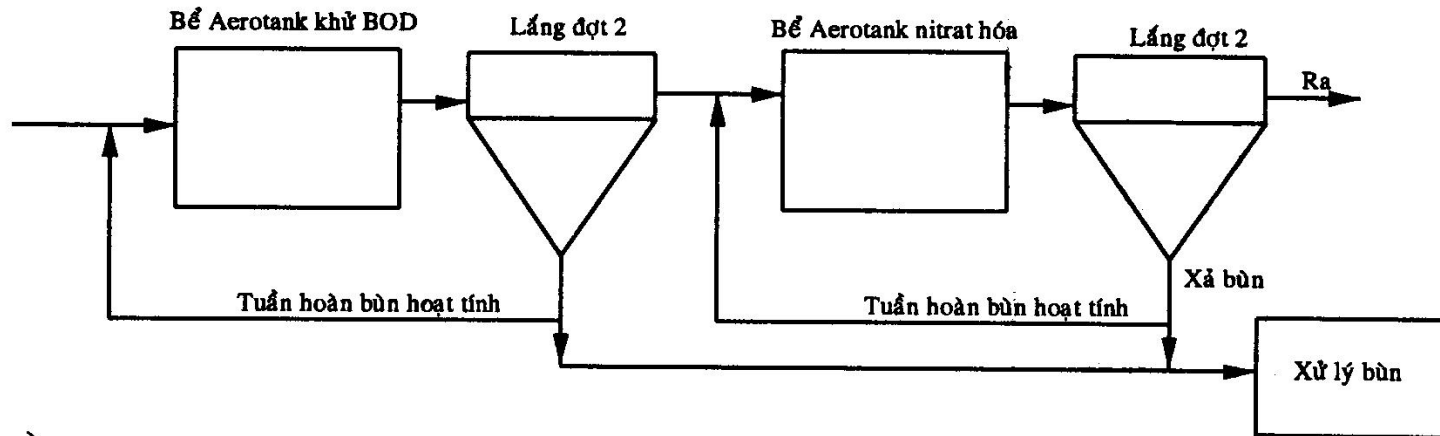


Nitrification



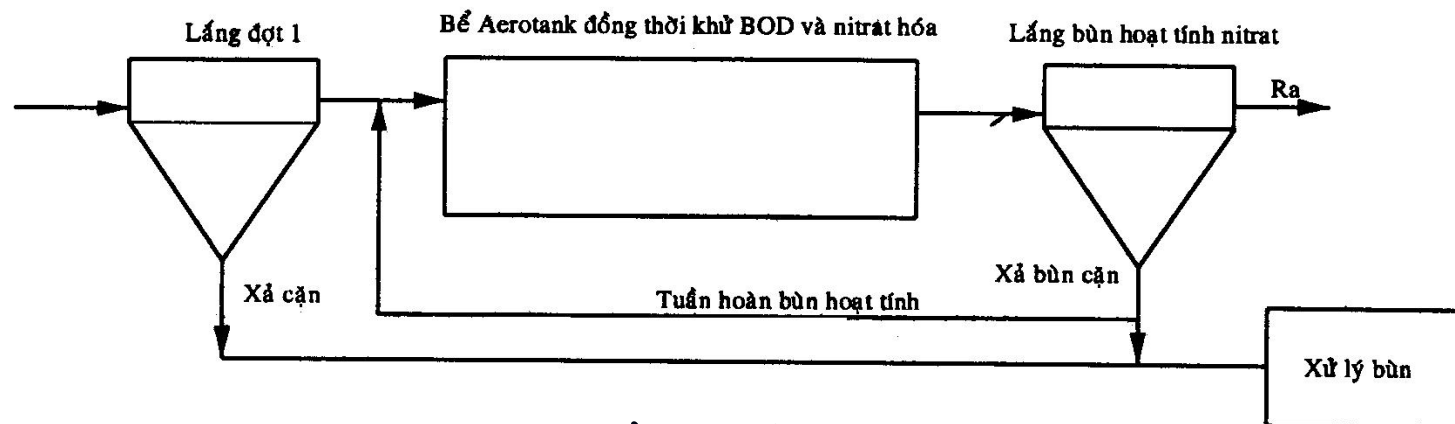
Phân loại các quá trình nitrate hóa

- ❖ Các quá trình nitrate hóa có thể được phân loại theo mức độ khác biệt của sự oxi hóa carbon liên quan đến nitrate hóa.
- ❖ Sự oxi hóa carbon và nitrate hóa có thể xảy ra trong một phản ứng đơn (**Sơ đồ phối hợp**).
- ❖ Trong quá trình nitrate hóa tách biệt, sự oxi hóa carbon và nitrate hóa xảy ra ở các phản ứng khác nhau (**Sơ đồ tách biệt**).



a)

Sơ đồ tách biệt

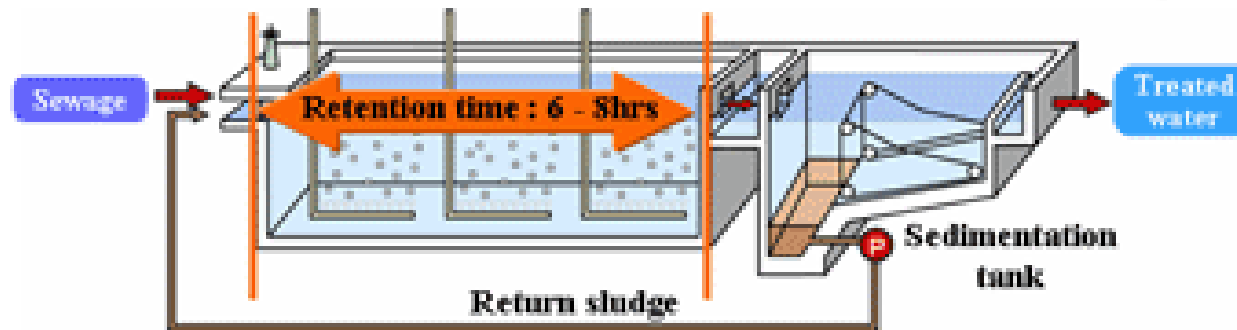


b)

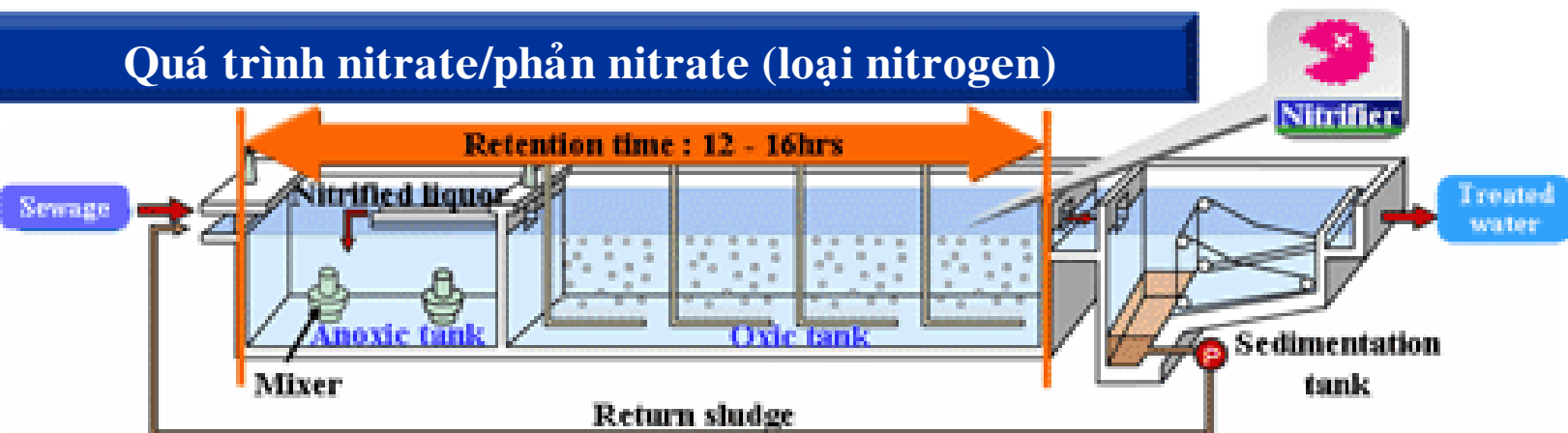
Sơ đồ phối hợp

Quá trình oxi hóa carbon và nitrate hóa tăng cường chất lơ lửng

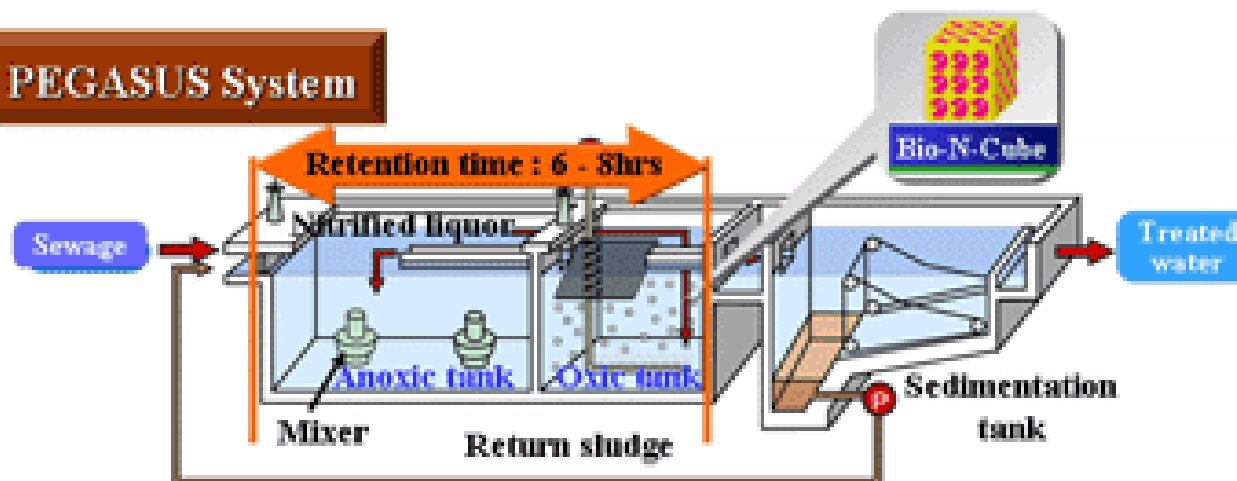
Quá trình bùn hoạt tính chuẩn (không loại nitrogen)



Quá trình nitrate/phản nitrate (loại nitrogen)



PEGASUS System



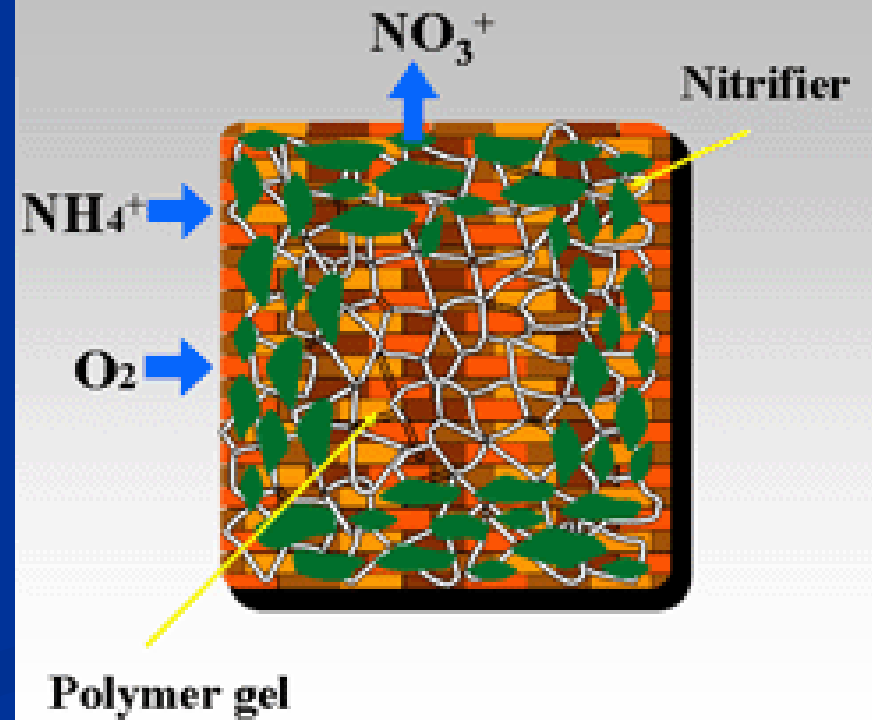


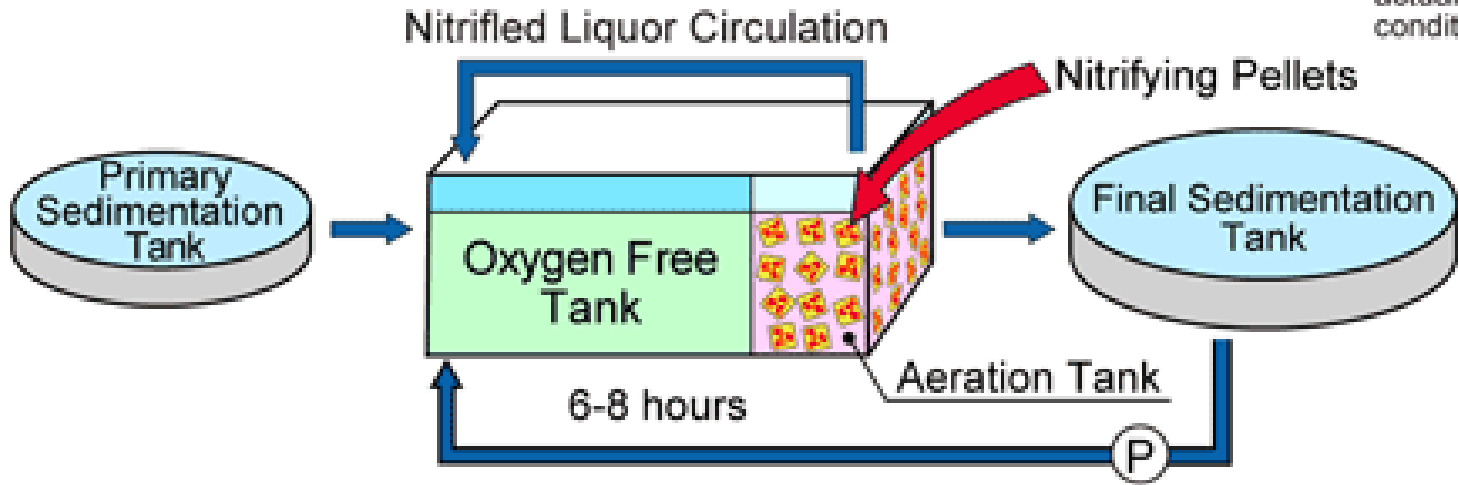
Figure of Nitrifying pellets (Bio-N-cube)

So sánh 2 quá trình khử nitrogen

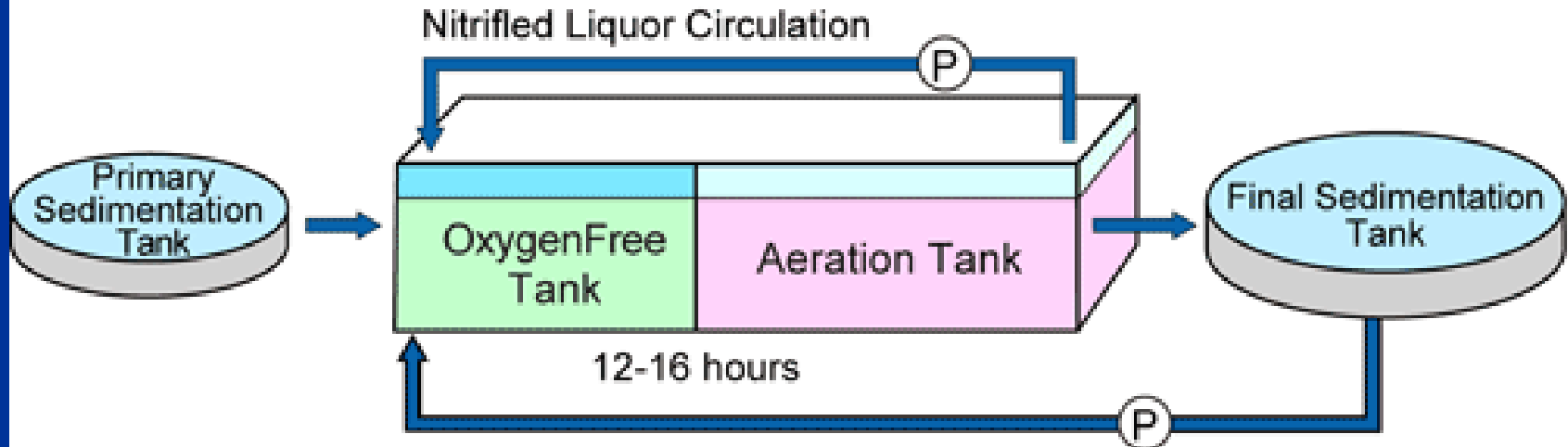
Phương pháp sử dụng vật liệu dính bám khử nitrogen

Treatment Capacity
 (BOD 200mg/l → 20mg/l or less)
 (T-N 40mg/l → 10mg/l or less)

* Figures vary depending on actual operating conditions



Phương pháp tuần hoàn bùn hoạt tính



Phân loại các quá trình nitrate hóa

- ❖ Sinh vật nitrate hóa hiện diện trong hầu hết các quá trình xử lý sinh học nhưng số lượng giới hạn.
- ❖ Quá trình nitrate hóa liên quan đến tỉ lệ BOD_5/TKN (nitrogen tổng)
- ❖ Tỉ số vi sinh vật nitrate hóa liên quan đến tỉ số BOD/N

Tỷ số BOD_5/TKN	Tỷ số sinh vật nitrate hóa	Tỷ số BOD_5/TKN	Tỷ số sinh vật nitrate hóa
0.5	0.35	5	0.054
1	0.21	6	0.043
2	0.12	7	0.037
3	0.083	8	0.033
4	0.064	9	0.029

Quá trình nitrate hóa tách biệt

Quá trình nitrate hóa phối hợp

Sự oxy hóa carbon và nitrate hóa ở giai đoạn đơn (sơ đồ phối hợp)

- ❖ Quá trình nitrate hóa được thực hiện ở nhiều công trình xử lý
 - ✓ *Chảy truyền thống*
 - ✓ *Trộn hoàn chỉnh*
 - ✓ *Sục khí tăng cường*
 - ✓ *Mương oxi hóa*
- ❖ Để quá trình nitrate hóa diễn ra hoàn chỉnh thì phải đảm bảo đủ các điều kiện cho vi sinh vật nitrate hóa phát triển
- ❖ Tăng cường lơ lửng và tăng cường dính bám đều được áp dụng để thực hiện nitrate hóa

Quá trình tăng cường lơ lửng

- ❖ Tăng cường lơ lửng, các yếu tố ảnh hưởng đến nitrate hóa gồm: nồng độ ammonia và nitrite, tỉ số BOD5/TKN, nồng độ oxy hòa tan, nhiệt độ và pH
- ❖ Các yếu tố đồng ảnh hưởng lên nitrate hóa bao gồm: kích cỡ của môi trường và độ sâu của bể

Ảnh hưởng của các thông số môi trường lên quá trình nitrate hóa

Thông số môi trường	Mô tả ảnh hưởng
Nồng độ NH_4^+ và NO_2^-	<p>Nồng độ NH_4^+ và NO_2^- ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng riêng cực đại của nitrosomonas và Nitrobacter. Tốc độ tăng trưởng của nitrobacter lớn hơn rất nhiều so với nitrosomonas. Và tốc độ tăng trưởng chung của chúng trong quá trình là:</p> $\mu = \mu_m \frac{N}{K_s + N}$ <p>μ : tốc độ tăng trưởng riêng (1/s) μ_m : tốc độ tăng trưởng riêng cực đại (1/s) S : nồng độ chất nền trong nước thải ở thời điểm tăng trưởng bị hạn chế K_s : hằng số bán tốc độ Lấy $\mu_m = 0.45 \text{ ngày}^{-1}$ ở 15°C</p>
Tỷ số BOD/TKN	<p>Số phần trăm của các hợp chất hữu cơ bị nitrate hóa trong quá trình khử BOD chịu ảnh hưởng của tỷ số BOD/TKN. Biểu thị bằng:</p> $F_N = [0.16(\text{NH}_3 \text{ bị khử})] / [0.6(\text{BOD}_5 \text{ bị khử}) + 0.16(\text{NH}_3 \text{ bị khử})]$
Nồng độ oxy hòa tan	<p>Mức độ DO ảnh hưởng đến tốc độ phát triển đặc biệt μ_m của các sinh vật nitrate hóa. Ảnh hưởng đó có thể được mô hình hóa với mối tương quan sau:</p> $\mu'_m = \mu_m \frac{DO}{K_{O_2} + DO}$ <p>Dựa vào các thông tin giới hạn có thể lấy $K_{O_2} = 1.3 \text{ mg/l}$</p>
Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$)	<p>Nhiệt độ ảnh hưởng rất lớn đến quá trình nitrate hóa</p> $\mu = \mu_m e^{0.098(T-15)}$
pH	<p>Tốc độ cực đại của nitrate hóa xảy ra trong khoảng pH từ 7.2 đến 9.0. Đối với hệ thống nitrate hóa oxy hóa carbon ảnh hưởng của pH có thể được tính theo công thức</p> $\mu = \mu_m [1 - 0.833(7.2 - pH)]$

Các ứng dụng về động học của của quá trình nitrate hóa

1. Lựa chọn một nhân tố an toàn để duy trì hoạt độ đỉnh, suốt ngày và thời gian tải hoạt ngắn.
2. Lựa chọn nồng độ oxy hòa tan thấp nhất. DO thấp nhất ở mức 2.0 mg/l là thích hợp để tránh việc giảm hiệu quả của DO lên tốc độ nitrate hóa.
3. Xác định pH trong quá trình vận hành. pH biến động từ 7.0-9.0 là thích hợp. Mỗi một mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ bị oxy hóa có thể gây nên sự phân hủy 7.14 mg/l kiềm (biểu hiện qua CaCO_3).
4. Đánh giá tốc độ phát triển cực đại của các vi khuẩn nitrate hóa không ảnh hưởng đến sự thay đổi của nhiệt độ, DO và pH.

Các ứng dụng về động học của của quá trình nitrate hóa

5. Xác định thời gian tồn tại ít nhất của tế bào dựa vào tốc độ phát triển được xác định trong bước (4).
6. Xác định thời gian tồn tại của tế bào theo dự kiến bằng cách sử dụng nhân tố an toàn được xác định ở bước (1).
7. Xác định nồng độ nitrogen của nước thải.
8. Xác định thời gian giữ nước để đạt đến nồng độ nitrogen cần thiết của nước thải.
9. Xác định tốc độ sử dụng chất hữu tại nơi mà quá trình nitrate hóa - oxy hóa giai đoạn đơn được sử dụng.

Quá trình tăng cường dính bám

- ❖ Tăng cường dính bám bao gồm *lọc nhỏ giọt* và *bể tiếp xúc sinh học*
- ❖ Tải lượng là yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của quá trình xử lý
- ❖ Để đạt được hiệu quả nitrate hóa cao, tải hoạt chất hữu cơ được duy trì trong khoảng biến động trong khoảng $0.8-2\text{m}^3/\text{m}^2.\text{phút}$.
- ❖ Vật liệu dính bám thường là plastic (tạo diện dính bám lớn cho vi sinh vật) thường cho tải hoạt BOD cao đồng thời khử nitrate mạnh.
- ❖ Nếu BOD thấp ($<15\text{mg/L}$) thì ảnh hưởng rất lớn đến nitrate hóa

Nitrate hóa giai đoạn kép (sơ đồ tách biệt)

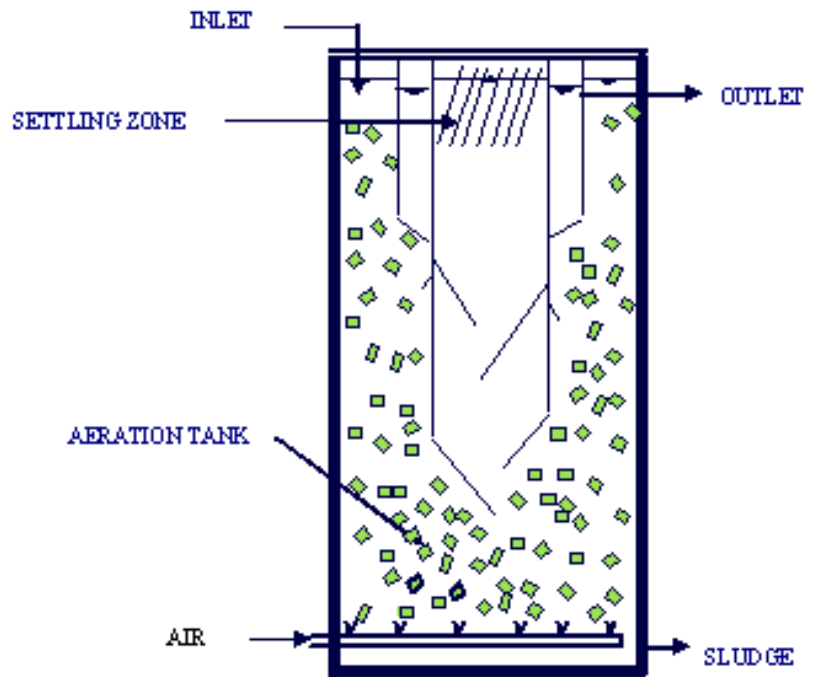
- ❖ Quá trình oxi hóa carbon và nitrate hóa được thực hiện bởi 2 công trình tách biệt
- ❖ Độc tính của quá trình oxi hóa carbon được loại bỏ và không ảnh hưởng đến nitrate hóa
- ❖ Mức độ loại bỏ carbon trong quá trình oxi hóa carbon được áp dụng để thực hiện nitrate hóa
- ❖ Tăng cường lơ lửng và dính bám đều có thể được áp dụng cho nitrate hóa giai đoạn kép

Tăng cường lơ lửng

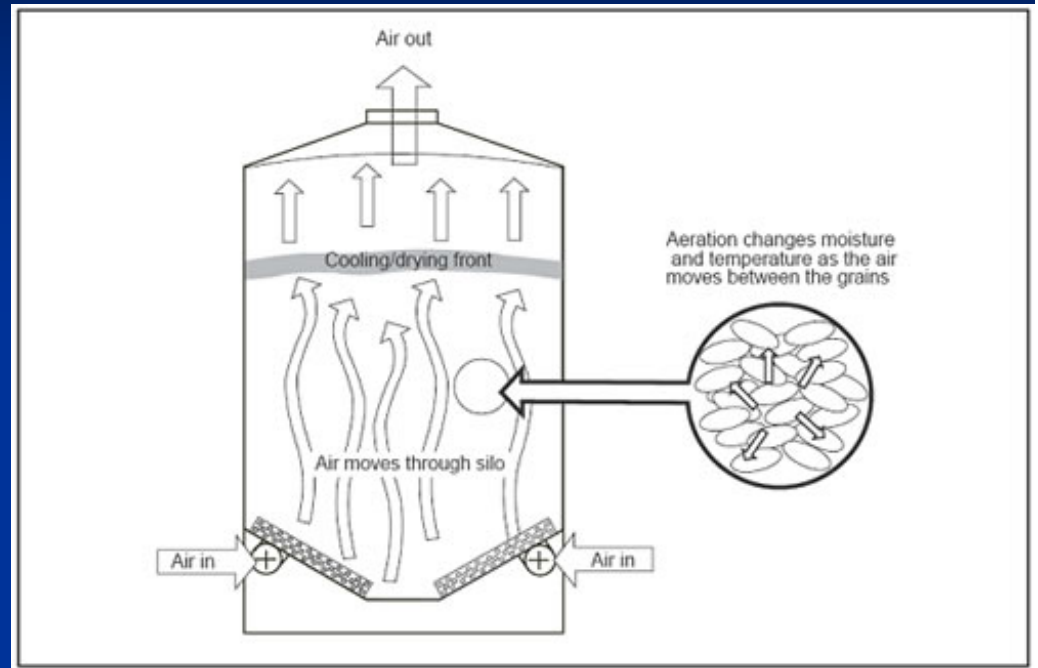
- ❖ Được thiết kế giống quá trình bùn hoạt tính
- ❖ Tốc độ nitrate hóa được theo dõi trong quá trình vận hành, tốc độ này phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ tăng tốc độ nitrate hóa tăng.
- ❖ Giá trị BOD5/TKN quan trọng trong quá trình nitrate hóa, với tốc độ nitrate hóa tăng khi tỷ số này tăng.
- ❖ pH cũng ảnh hưởng trong quá trình này

Tăng cường dinh bám

- ❖ Lọc nhỏ giọt và bề tiếp xúc sinh học được áp dụng và sự thông khí (cấp oxy) có ảnh hưởng quyết định đến quá trình này
- ❖ Bề tiếp xúc sinh học được thiết kế dựa vào nồng độ amon là chính
- ❖ Ứng dụng hợp oxi hóa carbon và nitrate hóa như là một tiếp cận đòi hỏi diện tích bề mặt trong phản ứng nitrate hóa.



Mô hình tăng cường dinh bám



Mô hình tăng cường lưu lượng

Loại bỏ nitrogen bằng nitrate hóa/phản nitrate hóa

- ❖ Quá trình này được xem là tốt nhất trong loại bỏ nitrogen, bởi vì:

(1) *Hiệu suất loại bỏ cao,*

(2) *Tính ổn định và độ chính xác của quá trình cao,*

(3) *Dễ điều khiển,*

(4) *Diện tích đất yêu cầu thấp, và giá thành hợp lý.*

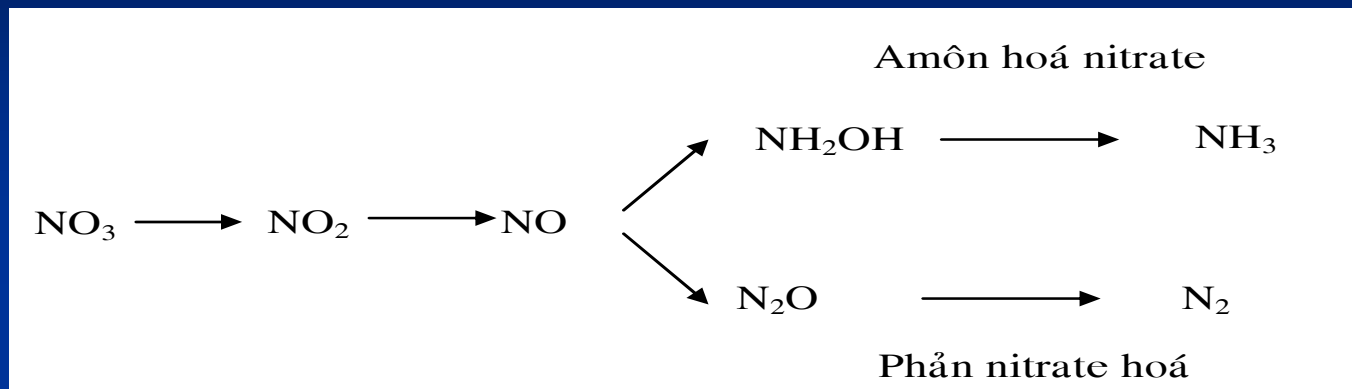
- ❖ Việc loại bỏ nitrogen bằng quá trình nitrate hóa/phản nitrate hóa sinh học là một quá trình gồm hai bước

Bước (1): *ammonia được chuyển hóa hiếu khí thành nitrate (nitrate hóa)*

Bước (2): *nitrate được chuyển hóa thành khí nitrogen (phản nitrate hóa).*

Mô tả quá trình

- ❖ Thực hiện phản ứng khử nitrate thành khí nitơ.



- ❖ Nước thải được nitrate hóa phải chứa đủ hàm lượng carbon (carbon hữu cơ) để cung cấp nguồn năng lượng cho việc chuyển hóa nitrate thành khí nitrogen bởi vi khuẩn.
- ❖ Nhu cầu carbon có thể được cung cấp từ các nguồn bên trong như nước thải và nguyên liệu tế bào hoặc từ bên ngoài (ví dụ như methanol).

Tốc độ nitrate hóa có thể được mô tả bởi công thức sau:

$$U_1 = U_0 \times 1.09^{(T - 20)} (1 - DO)$$

U_1 : tốc độ nitrate hóa tổng số

U_0 : tốc độ nitrate hóa xác định. kg NO_3^- -N/kg chất rắn.d

T: nhiệt độ nước thải. $^{\circ}\text{C}$.

DO: oxy hòa tan trong nước thải. mg/l.

Giá trị DO trong công thức trên cho thấy tốc độ nitrogen giảm đến tiệm cận không khi nồng độ oxy hòa tan tiến đến 1 mg/l.

Sự phụ thuộc tốc độ nitrate hóa và nguồn carbon

Nguồn carbon	Tốc độ nitrate hóa, U_0 , kg NO_3^- -N/kg chất rắn.ngày	Nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$
Methanol	0.21 - 0.32	25
Methanol	0.12 - 0.90	20
Nước thải	0.03 - 0.11	15 - 27
Trao đổi chất nội sinh	0.017 - 0.048	12 - 20

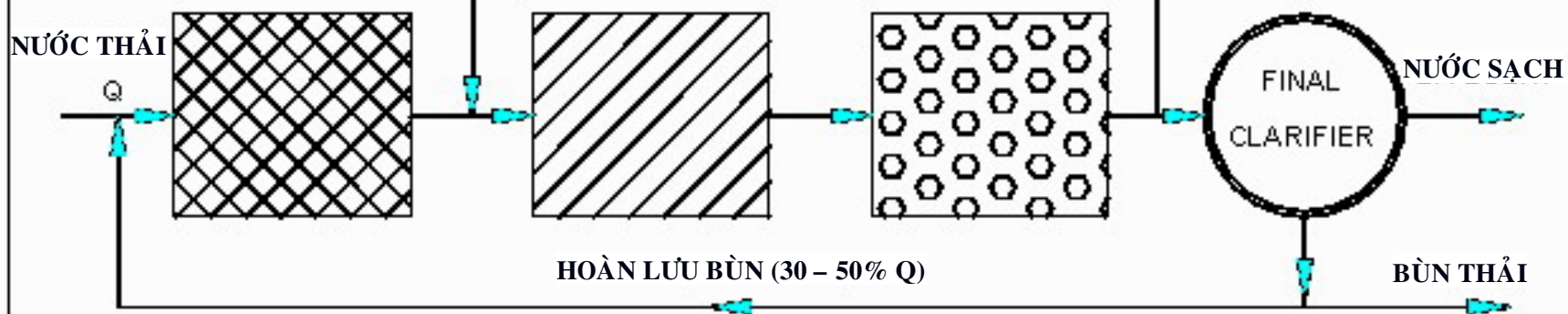
Phân loại quá trình nitrate/phản nitrate

- ❖ Các quá trình phản nitrate hóa được định nghĩa như là quá trình tăng **cường lơ lửng thiếu khí** và **tăng cường dính bám thiếu khí**
- ❖ Quá trình nitrate hóa được thực hiện
 1. Trong các hệ thống nitrate hóa/phản nitrate hóa oxy hóa carbon kết hợp sử dụng nguồn carbon nội tại và bên ngoài
 2. Trong các phản ứng kép sử dụng methanol hoặc một nguồn carbon hữu cơ hợp lý bên ngoài nào đó.

Hệ thống nitrate hóa/phản nitrate hóa kết hợp

- ❖ Hệ thống này tận dụng được nguồn carbon trong nước thải
- ❖ Lợi điểm của hệ thống
 1. *Giảm thể tích khí cung cấp cho nitrate hóa và khử BOD5*
 2. *Bỏ đi việc cung cấp nguồn carbon hữu cơ phụ trội (ví dụ như methanol) cho quá trình nitrate hóa*
 3. *Loại trừ được hệ thống làm sạch trung gian và hoàn lưu bùn trong hệ thống nitrate hóa/phản nitrate hóa một giai đoạn.*
- ❖ Hầu hết các hệ thống đều có thể loại bỏ được từ 60 đến 80% tổng nitrogen; loại bỏ từ 85 đến 95% BOD.

HOÀN BÙ VI SINH VẬT (100 – 300% Q)



VÙNG KỶ KHÍ



VÙNG THIẾU KHÍ

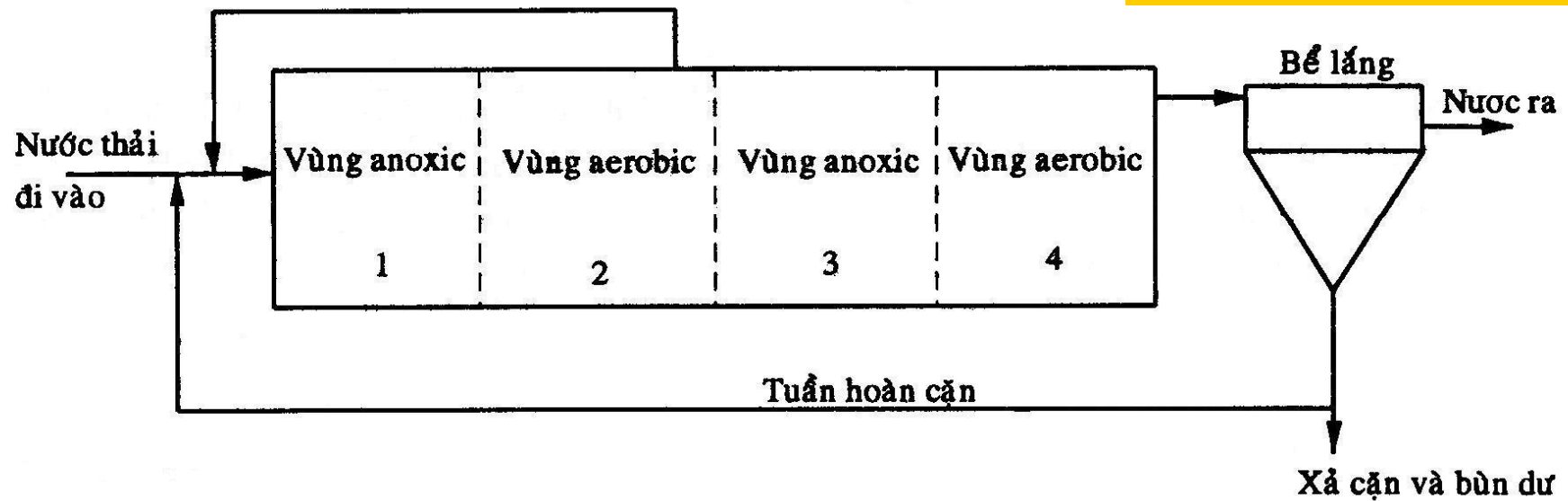


VÙNG HIẾU KHÍ

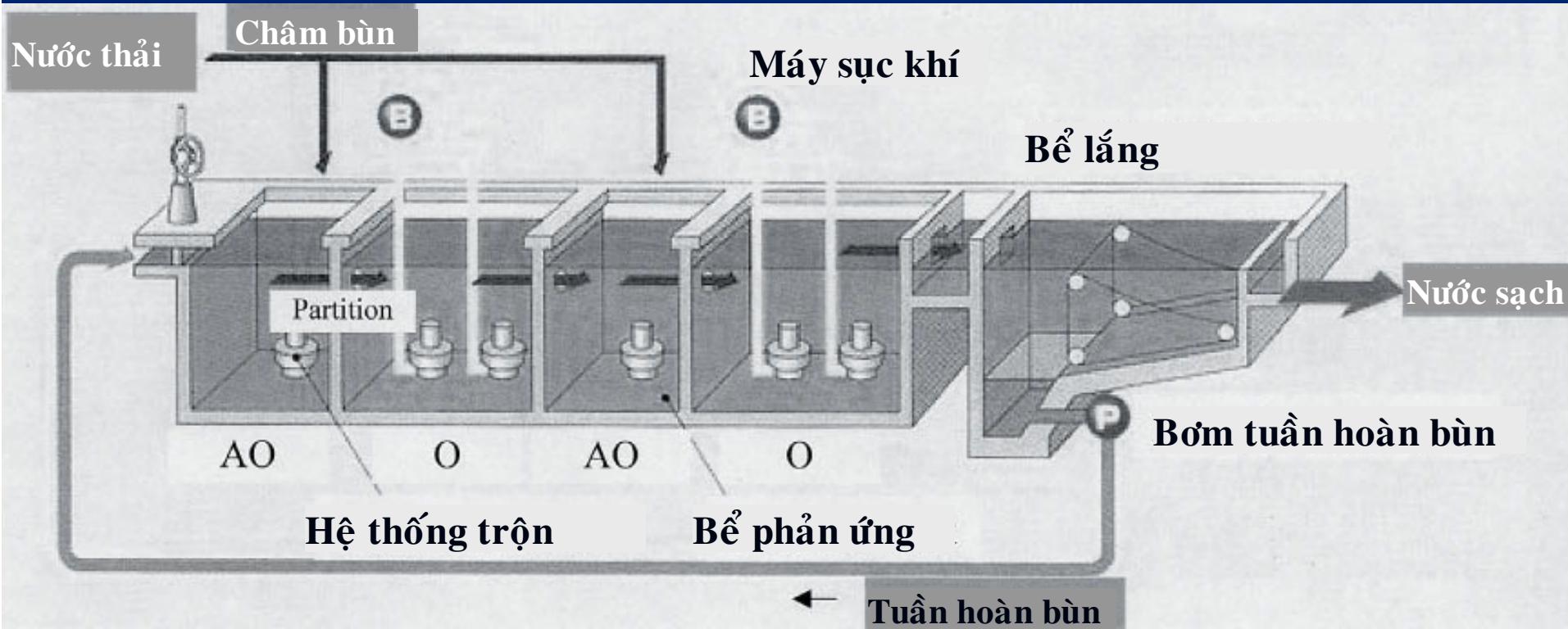
Quá trình 4 giai đoạn

- ❖ Các vùng phản ứng kép được sử dụng cho nitrate hóa oxy hóa carbon và phản nitrate hóa thiếu khí
- ❖ Carbon hiện diện trong nước thải được sử dụng để phản nitrate hóa, nitrate được quay vòng lại.
- ❖ Những sự biến đổi của hệ thống có thể dùng cho quá trình loại bỏ nitrogen và phosphorus kết hợp.

Bể aerotank hỗn hợp



Công trình xử lý kết hợp khử BOD, NH_4^+ , NO_3^-

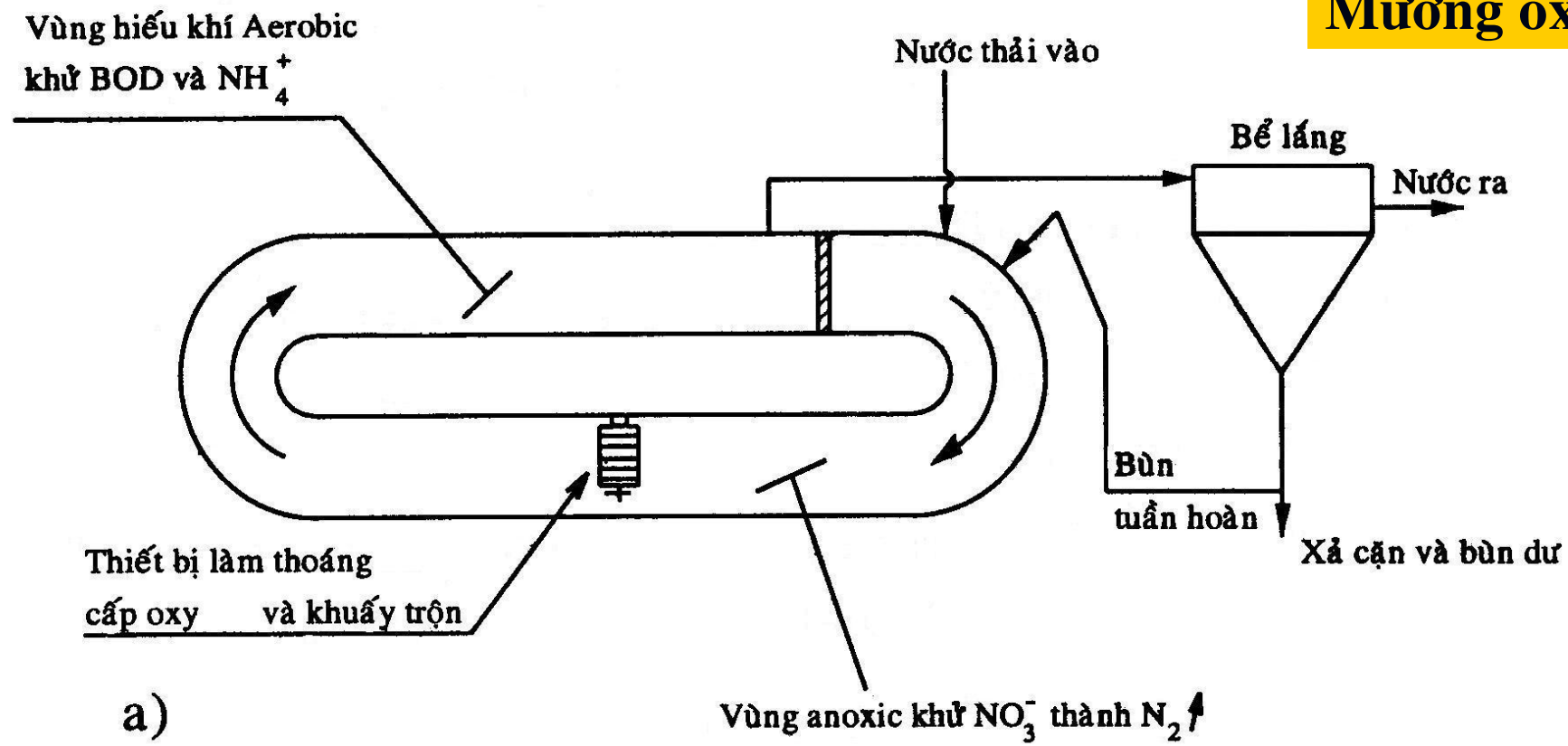


AO: Vùng thiếu khí O : Vùng hiếu khí

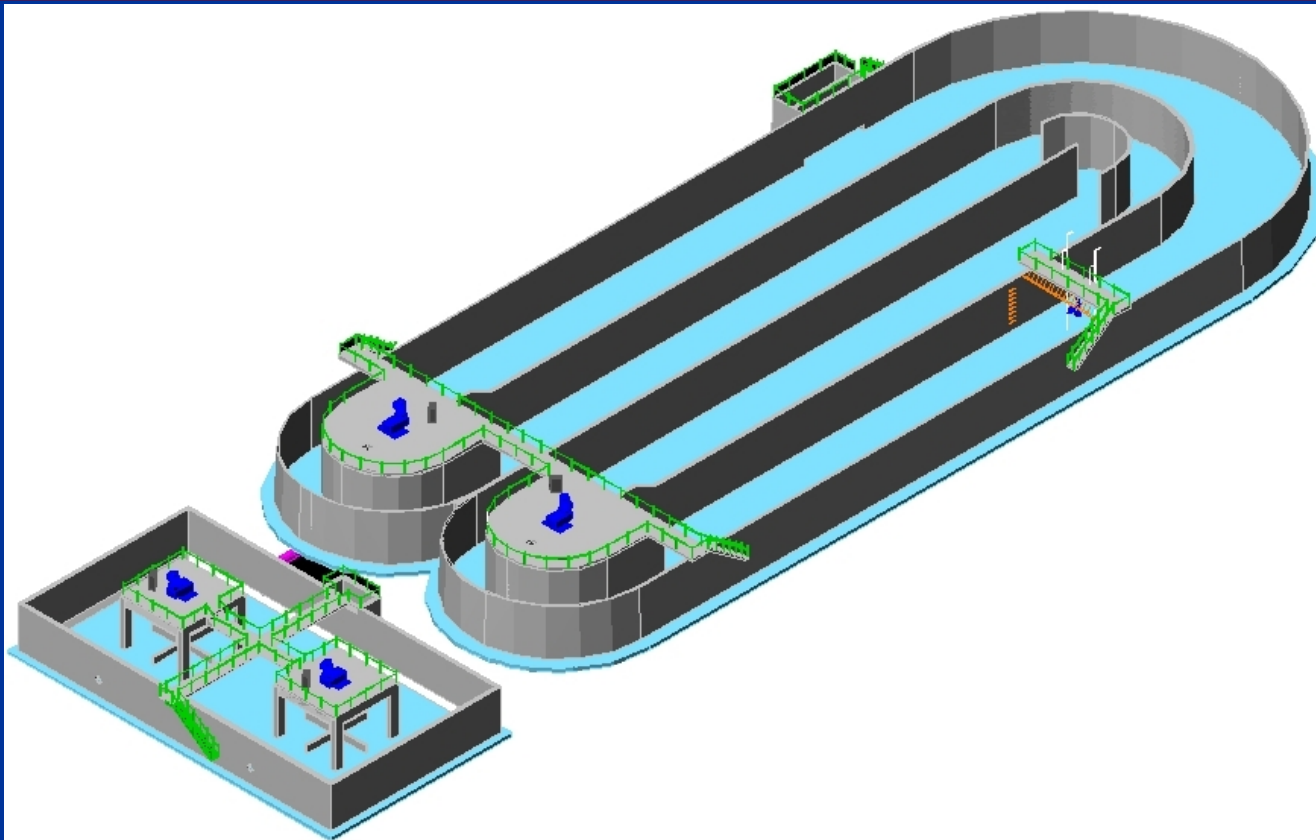
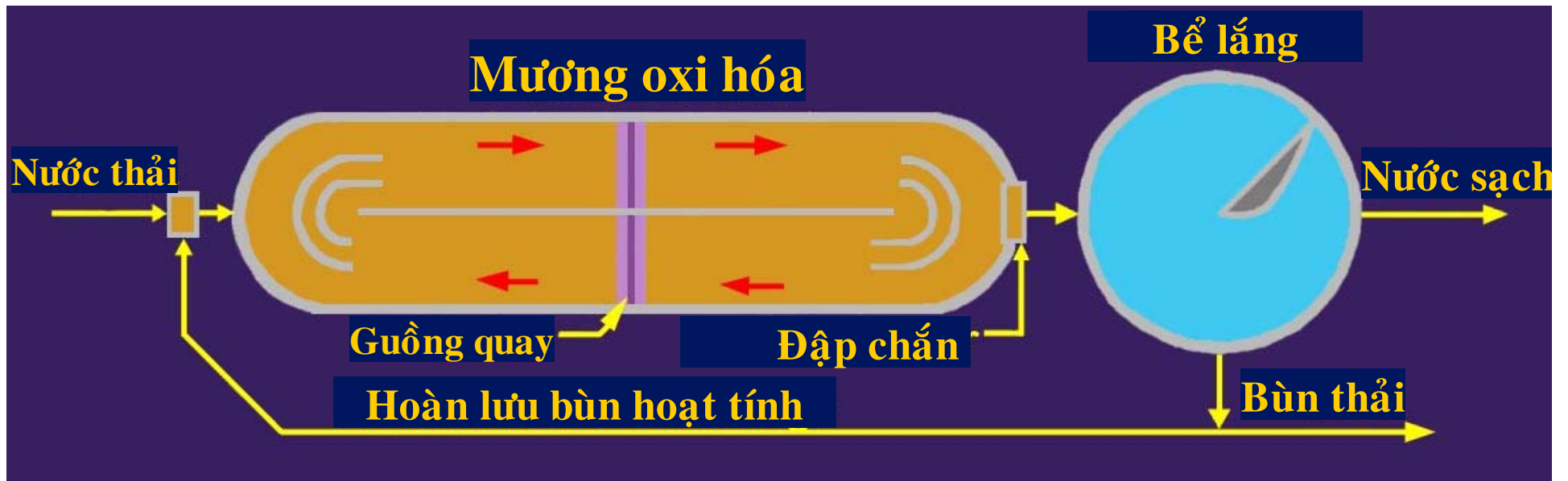
Mương oxi hóa

- ❖ Mương oxi hóa được sử dụng để tiến hành nitrate hóa và phản nitrate hóa
- ❖ Dịch trộn chảy vòng theo kênh, được dẫn đi và sục khí bởi các thiết bị sục khí .
- ❖ Một ít nguồn carbon của nước thải (từ vùng hiếu khí) được sử dụng cho phản nitrate hóa.
- ❖ Nước thải từ bể phản ứng được lấy từ đầu cuối của vùng hiếu khí sử dụng cho việc làm sạch.
- ❖ Bởi vì hệ thống chỉ có 1 vùng thiếu khí, việc loại bỏ nitrogen thấp hơn so với quá trình bốn giai đoạn.

Mương oxi hóa



Công trình xử lý kết hợp khử BOD, NH_4^+ , NO_3^-



Ứng dụng trong thực tế



Sử dụng *methanol* cho *nitrate* và *phản nitrate*

❖ Phương trình phản ứng với methanol

Phản ứng năng lượng, bước 1:



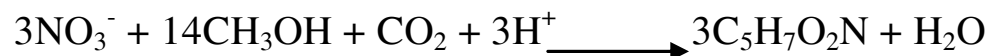
Phản ứng năng lượng, bước 2:



Phản ứng năng lượng toàn phần:



Một phản ứng tổng hợp được đưa ra bởi McCarry như sau:

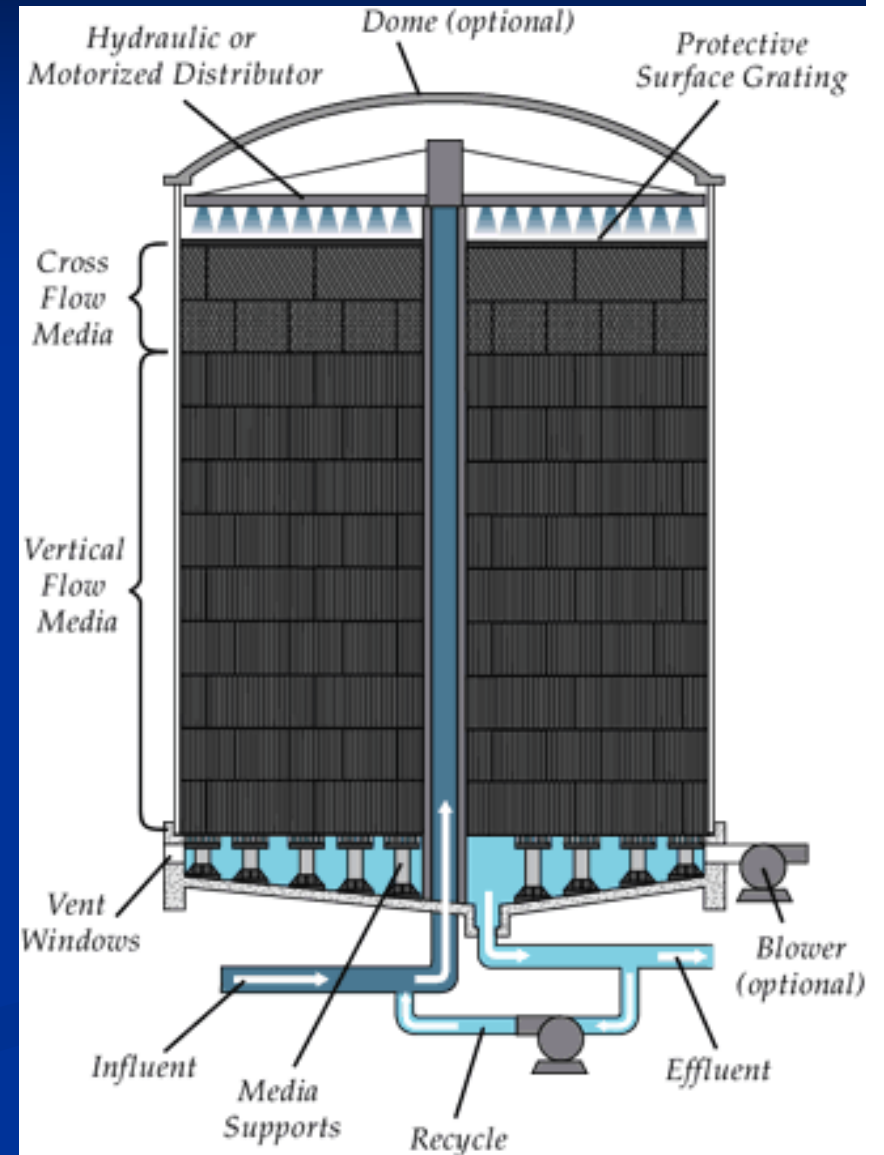
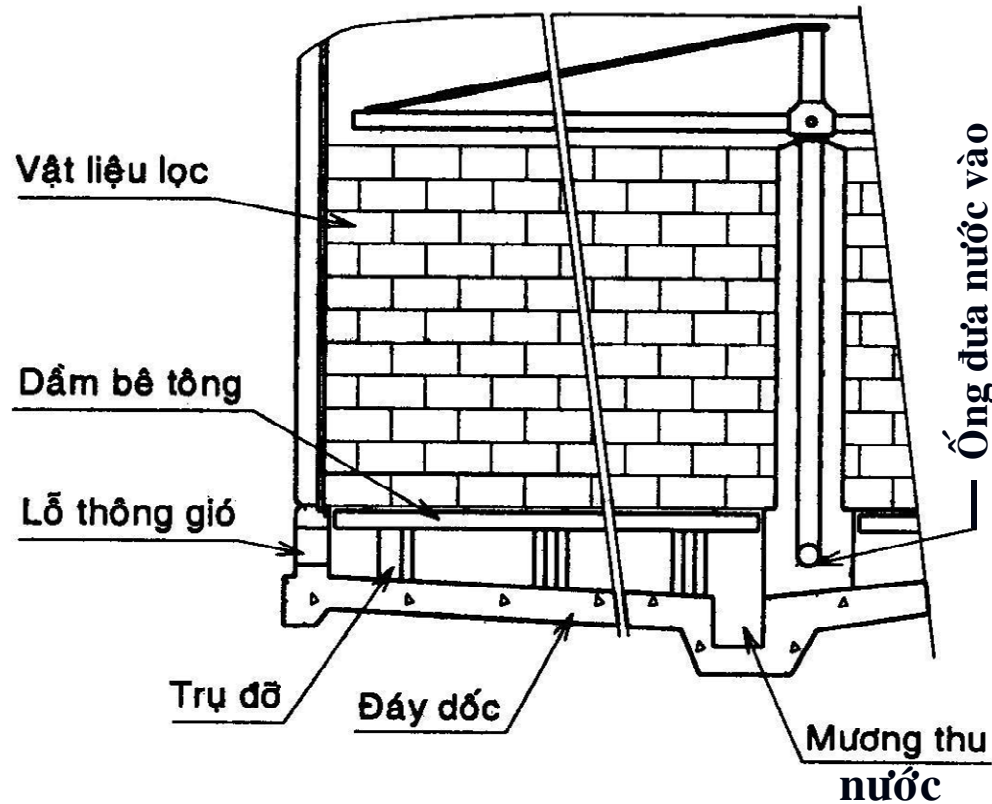


❖ Trong thực nghiệm, 25 đến 30% lượng methanol yêu cầu cấp năng lượng cho việc tổng hợp.

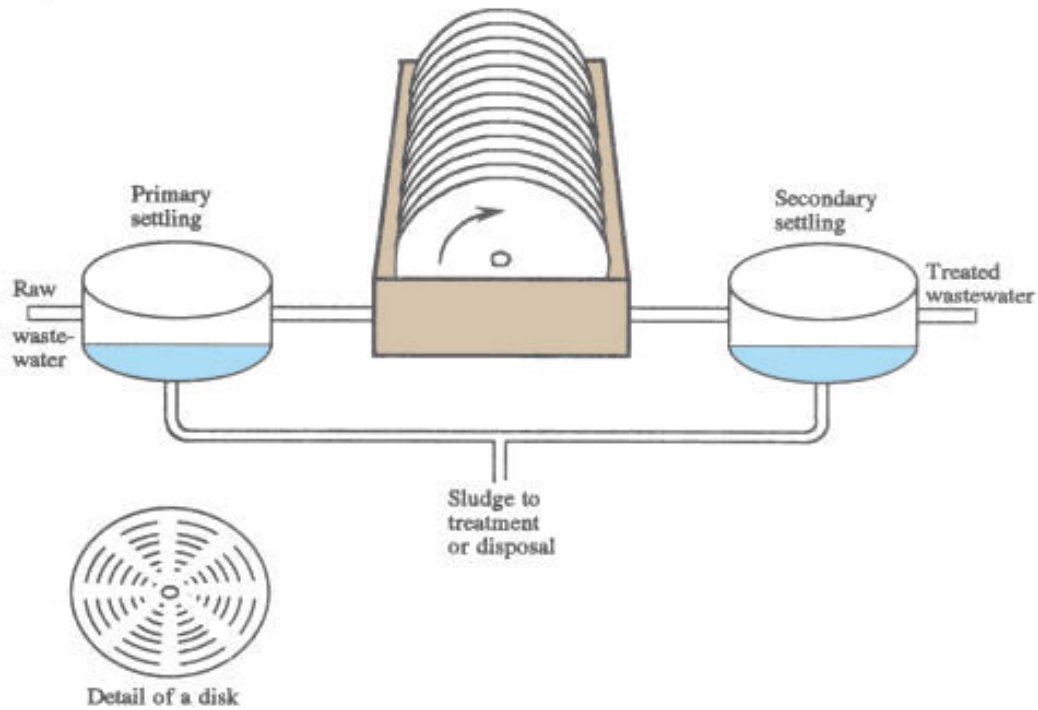
❖ Loại nitrate hòa toàn theo phương trình



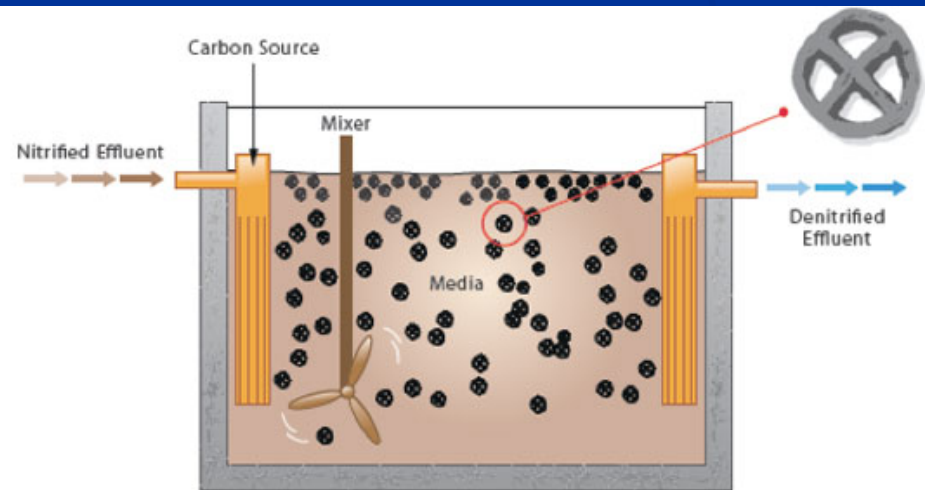
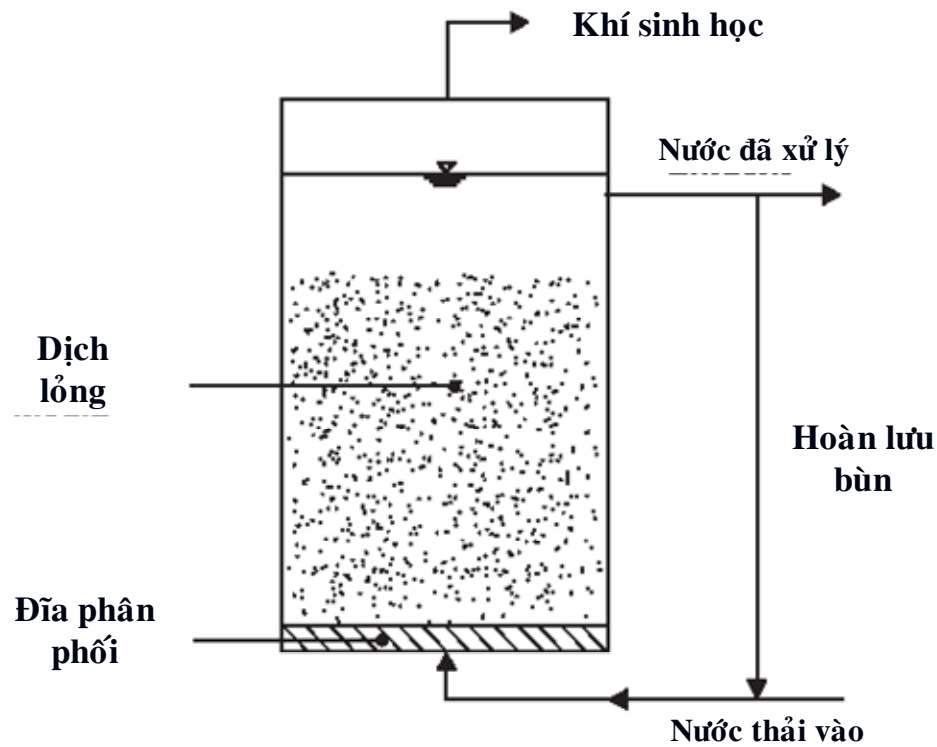
Tháp sinh học



Trục quay tiếp xúc sinh học



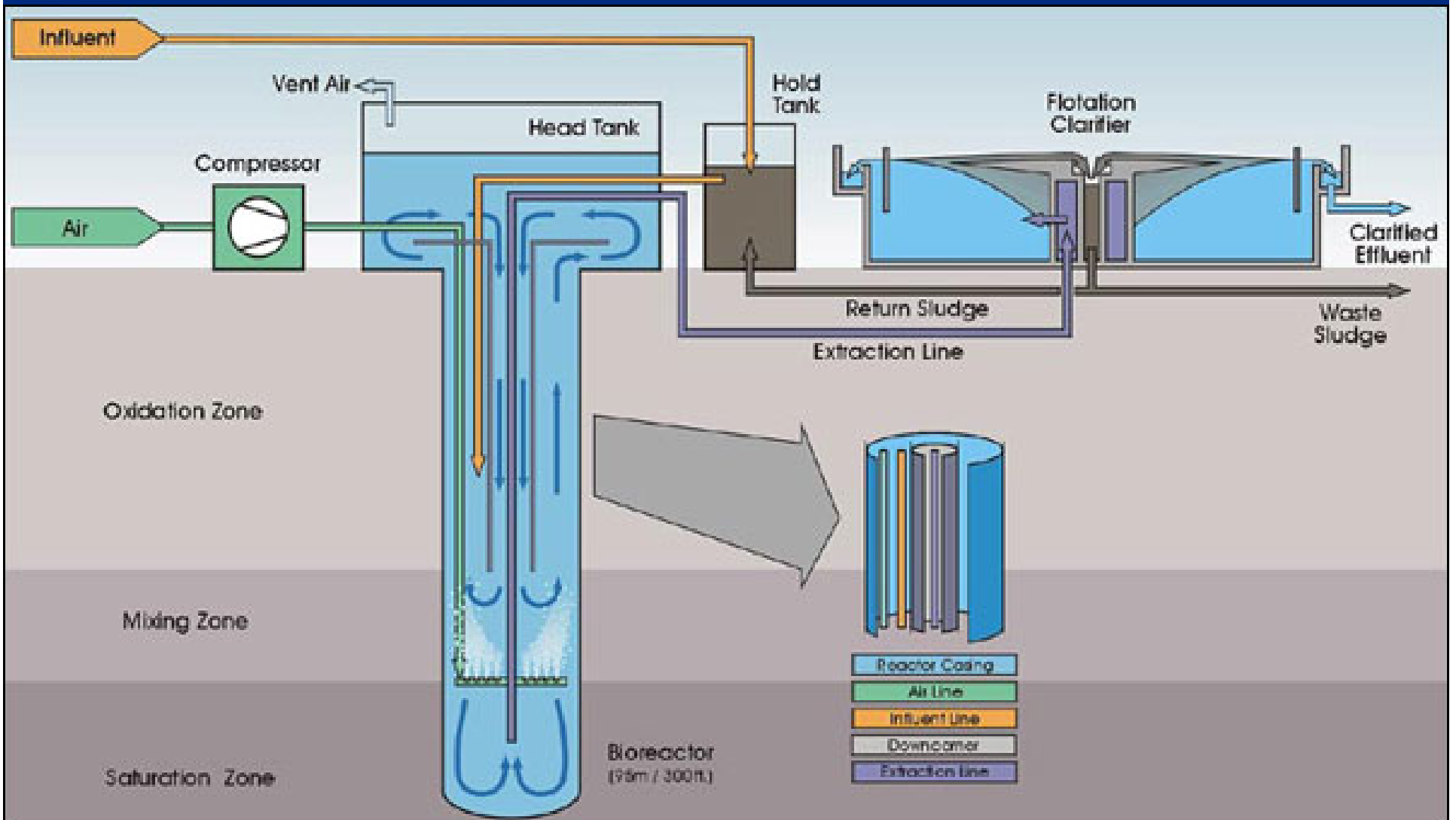
Phản ứng qua lớp dịch lỏng



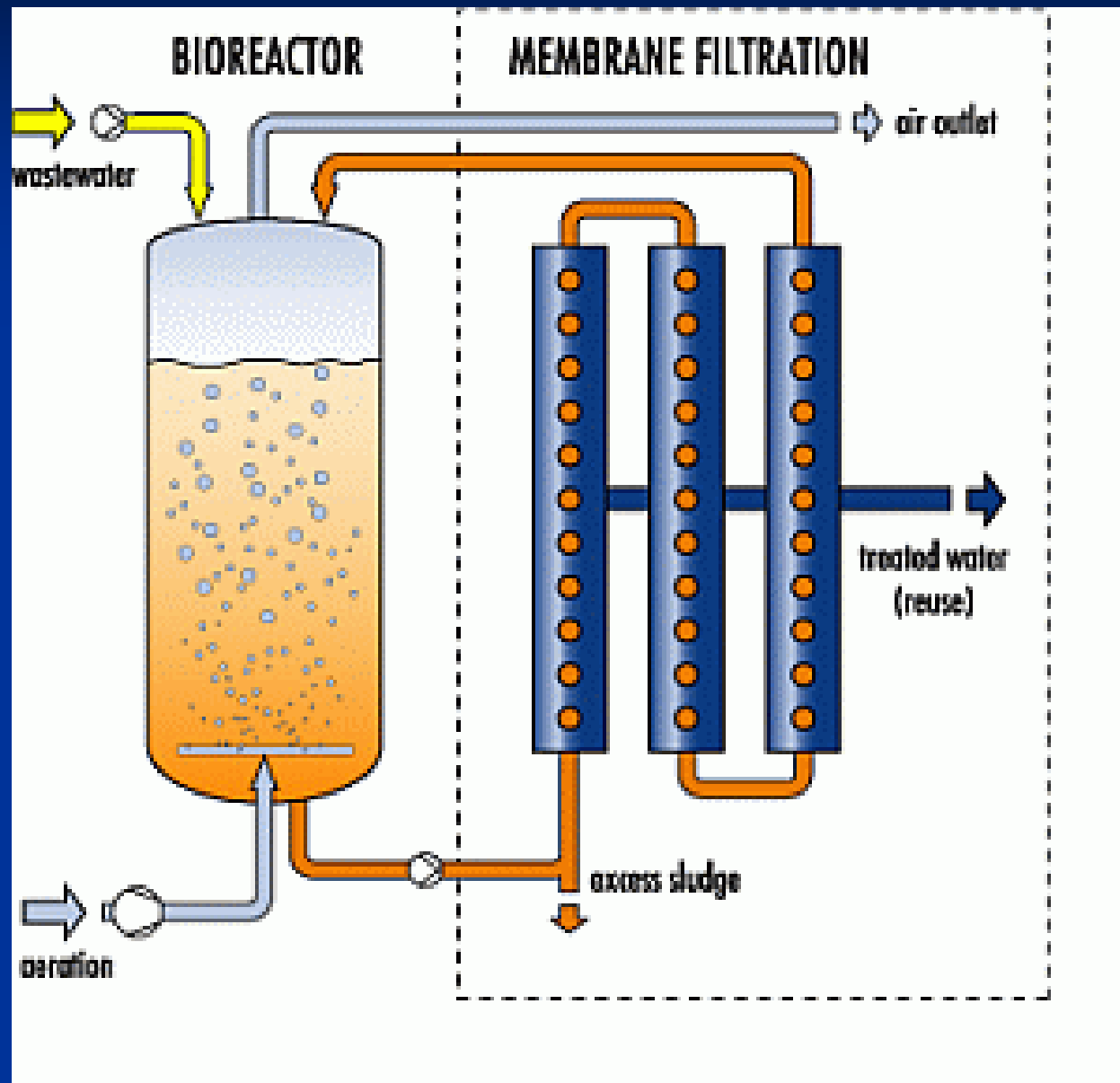
Tăng cường lơ lửng

Tăng cường dính bám

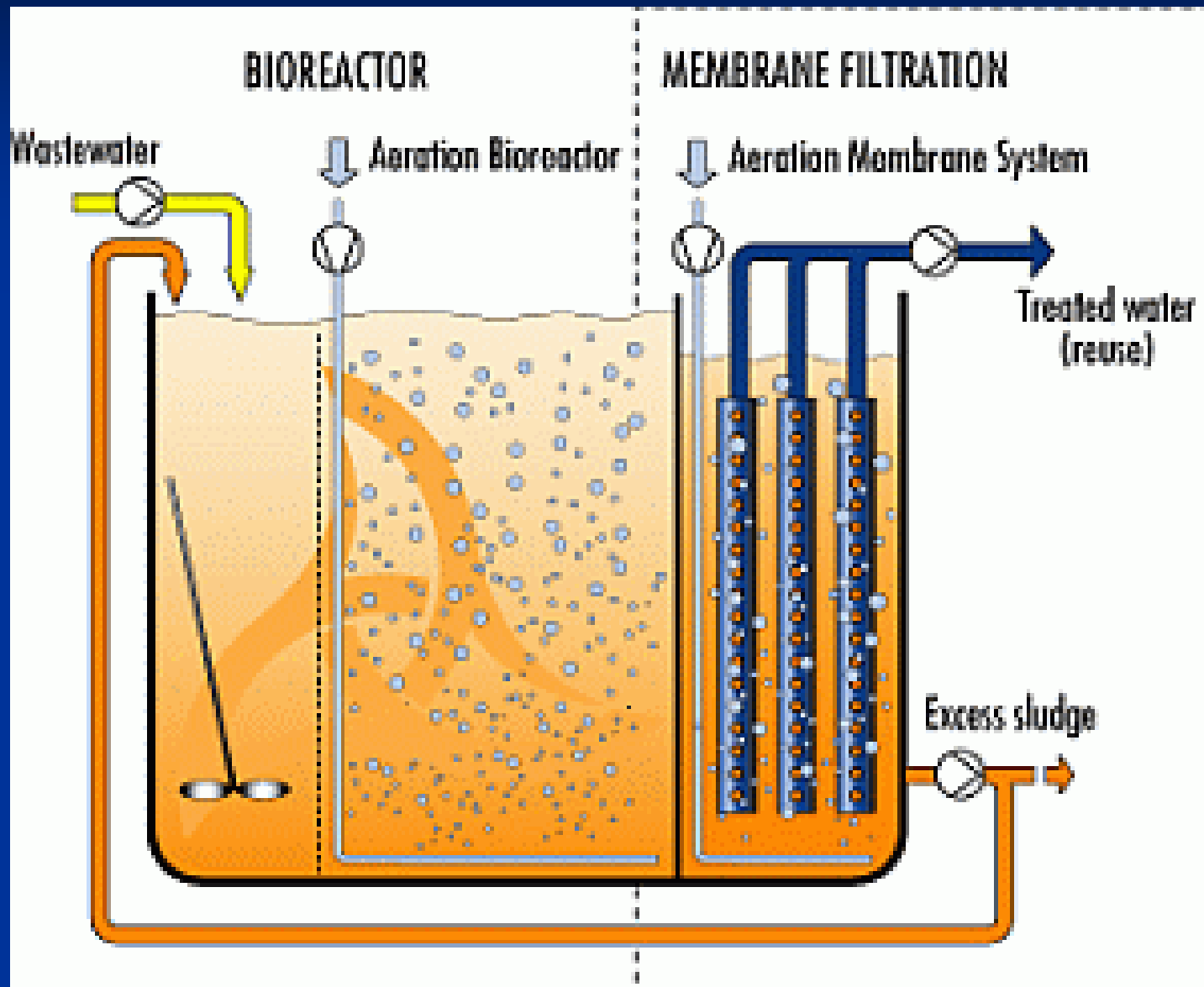
Phản ứng trực sâu



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

TIỀN XỬ LÝ

XỬ LÝ SƠ CẤP

XỬ LÝ MÀNG

SẢN PHẨM

