

การควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียกระทรวงสาธารณสุข

# การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

ดร.วรพจน์ กนกกันตพงษ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[Vorapot.ka@chula.ac.th](mailto:Vorapot.ka@chula.ac.th)

# การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

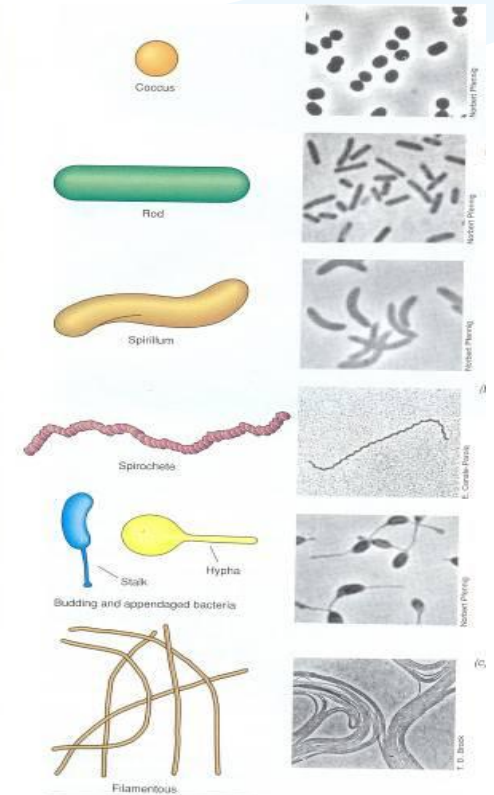
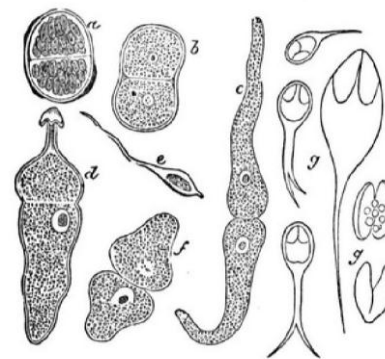
- \* ใช้จุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) บำบัดน้ำเสีย (สารอินทรีย์)
- \* จุลินทรีย์จะย่อยสลายและเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์
- \* มี 2 รูปแบบหลัก
  1. ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน
  2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน



# ชนิดของจุลชีพ

กระบวนการบำบัดทางชีวภาพจะขึ้นอยู่กับจุลชีพเป็นสำคัญ เช่น

- \* แบคทีเรีย (Bacteria)
- \* เห็ดรา (Fungi)
- \* สาหร่าย (Algae)
- \* โปรโตซัว (Protozoa)
- \* ไวรัส (Virus)
- \* Etc. Rotifer, Worms, ...



# ปัจจัยพื้นฐานของคนและแบคทีเรีย

อาหารหลัก เช่น  
ข้าว ก๋วยเตี๋ยว

อาหารรอง เช่น ผัก  
ผลไม้

อาหารเสริม เช่น  
พริก น้ำตาล

อุณหภูมิ เวลา  
อากาศ ที่เหมาะสม



VS.



อาหารหลัก คือ  
สารอินทรีย์ (BOD)

อาหารรอง คือ N P

อาหารเสริม เช่น  
 $\text{Fe CO}_3^{2-}$

อุณหภูมิ เวลา  
อากาศ ที่เหมาะสม

# จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

- \* จุลินทรีย์ --> แบคทีเรีย แยกประเภทจากตัวรับอิเล็กตรอน
- \* ปฏิกริยาแบบใช้ออกซิเจน

แบคทีเรีย + อาหาร + ออกซิเจน --->

แบคทีเรีย + กากอาหาร + น้ำสะอาด



- \* พลังงานที่ได้จะถูกนำมาใช้สร้างเซลล์ใหม่ ดังสมการ



# จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

## \* ปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

แบคทีเรีย + อาหาร --->

แบคทีเรีย + กากอาหาร + ก๊าซชีวภาพ + น้ำสะอาด



\* แบคทีเรียจะใช้ออกซิเจนซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบ  $\text{SO}_4^{2-}$  -->  $\text{H}_2\text{S}$   
หรือ  $\text{CO}_2$  -->  $\text{CH}_4$  หรือ  $\text{NO}_3^-$  -->  $\text{N}_2$  ในน้ำ

# สภาวะแวดล้อมในการทำงาน

## Aerobic

### 1. ออกซิเจนละลายเพียงพอ

- การถ่ายเทออกซิเจนโดยธรรมชาติระหว่างน้ำกับอากาศ
- การอัดอากาศเข้าสู่ตู้โดยตรงด้วยเครื่องมือ

### 2. pH 6.5 - 8.5

- pH ต่ำกว่า 6.5 เชื้อราเจริญได้ดี สลัดจ์ตกตะกอนไม่ดี

## Anaerobic

### 1. ออกซิเจนได้จากสารประกอบ

- สารประกอบไนเตรด
- สารประกอบซัลเฟต

### 2. pH 6.6 - 7.4

- pH < 6.5 ประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์สร้างมีเทนลดลงมาก
- pH < 5 ยับยั้งการเติบโตและตาย

# สภาวะแวดล้อมในการทำงาน

Aerobic	Anaerobic
<p>3. อุณหภูมิ ควร <math>&lt; 40^{\circ}\text{C}</math></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• อุณหภูมิต่ำสัต์จ้ตกตะกอนได้ดี</li><li>• อุณหภูมิแตกต่างกัน <math>2^{\circ}\text{C}</math> อาจเกิดการไหลวนในถังตกตะกอน</li></ul>	<p>3. มี 2 ช่วง <math>30-38^{\circ}\text{C}</math> และ <math>48-57^{\circ}\text{C}</math></p>
<p>4. ธาตุอาหาร</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>BOD : N : P = 100 : 5 : 1</b></li><li>• K, Mn, Ca, Fe</li><li>• การขาดธาตุอาหารทำให้แบคทีเรียเส้นใยเจริญเติบโต --&gt; ทำให้สัต์จ้ไม่จมตัว สัต์จ้เืด (Bulking sludge)</li><li>• เติมยูเรีย กรดฟอสฟอริก เฟอรริกคลอไรด์</li></ul>	<p>4. ธาตุอาหาร</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• BOD : N : P = 100 : 1.1 : 0.2</li><li>• K, Mn, Ca, Fe</li></ul>



# สภาวะแวดล้อมในการทำงาน

Aerobic	Anaerobic
<b>5. ไม่มีสารพิษ</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• เจียบพลัน: ไชยาไนต์ อาร์เซนิก</li><li>• สะสม: โลหะหนัก</li></ul>	<b>5. ไม่มีสารพิษ</b>
<b>6. Sludge</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ต้องมีกระบวนการกำจัดสลัดจ์</li></ul>	<b>6. Sludge</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ไม่ต้องมีการกำจัดสลัดจ์</li></ul>
<b>7. พลังงาน</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ต้องการพลังงานในการเติมอากาศ</li><li>• การละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นกับอุณหภูมิ</li></ul>	<b>7. พลังงาน</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ใช้พลังงานน้อย</li></ul>
<b>8. ประสิทธิภาพ</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• สูงกว่า 80%</li></ul>	<b>8. ประสิทธิภาพ</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 40 – 80%</li></ul>

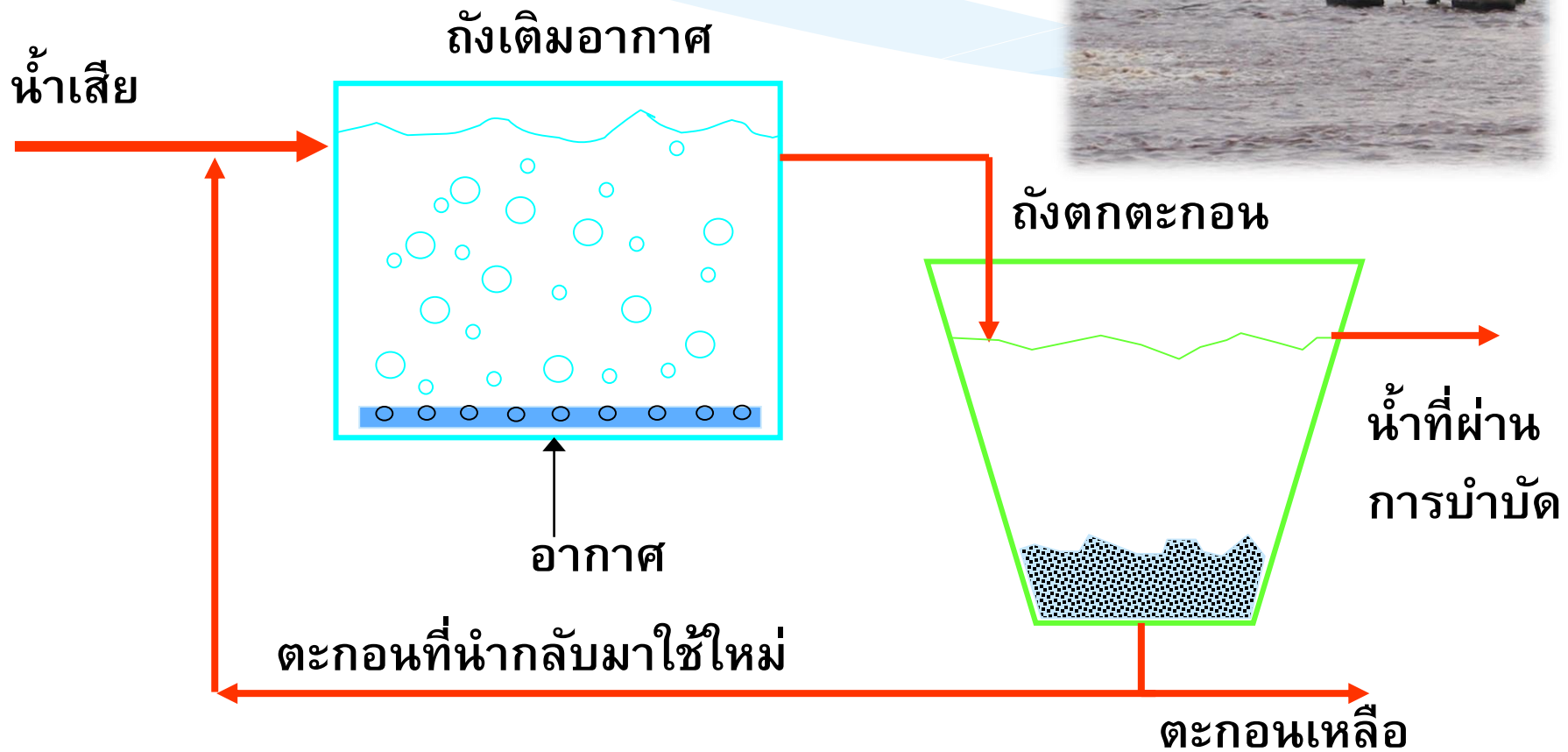
# ประเภทของระบบบำบัดแบบเติมอากาศ

1. ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge)
2. คลองวนเวียน (Oxidation ditch)
3. Contact Stabilization Activated Sludge
4. Sequencing Batch Reactor, SBR
5. สระเติมอากาศ (Aerated lagoon)
6. บ่อปรับเสถียร (Stabilization pond)
7. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating biological contact: RBC)
8. ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters)
9. บึงประดิษฐ์ (Wetland)

# 1. Activated Sludge (AS)

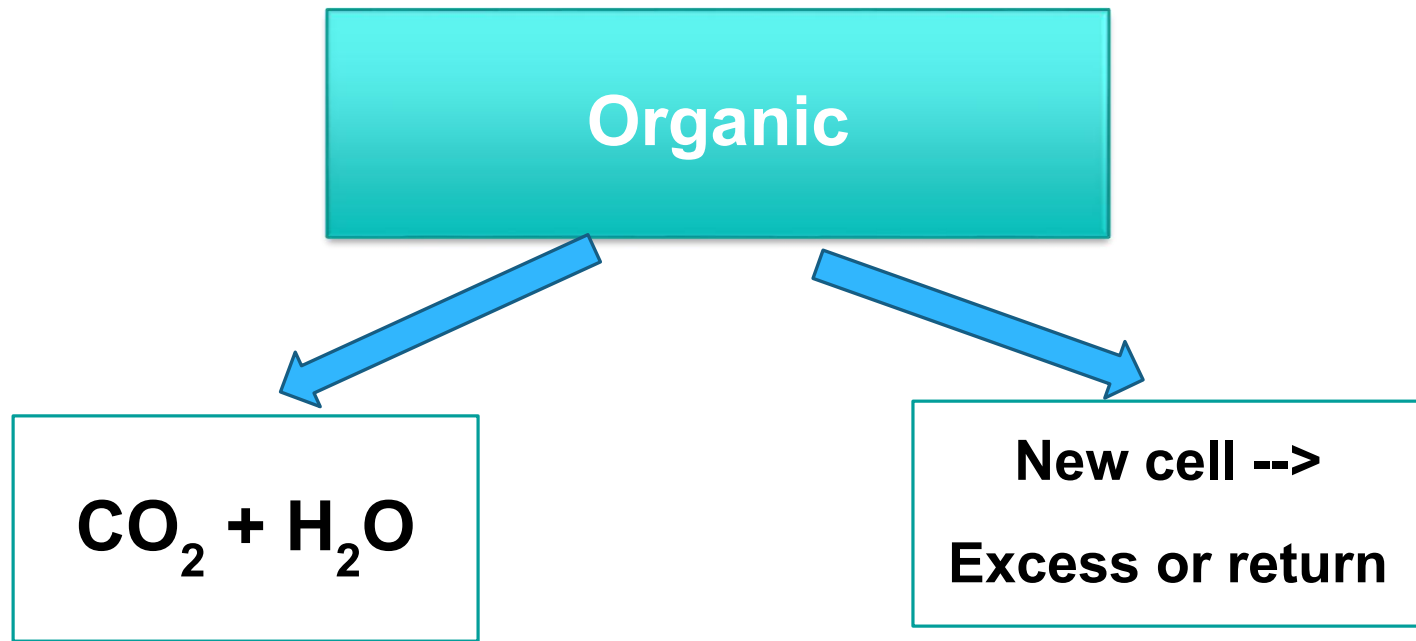
- \* มีแบคทีเรียที่ใช้ ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
- \* ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งน้ำเสียชุมชนและอุตสาหกรรม
- \* มีการแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำที่บำบัดแล้ว (การตกตะกอน) ทำให้น้ำที่บำบัดแล้วมีของแข็งแขวนลอยต่ำ สามารถปล่อยทิ้งได้
- \* มีการเวียนตะกอนจุลินทรีย์ที่เข้มข้นจากกันถึงตกตะกอนกลับไปยังถังเติมอากาศ
- \* มีการระบายทิ้งตะกอนจุลินทรีย์เพื่อควบคุมค่าอายุสลัดจ์ (Sludge Retention Time, SRT) ให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้

# Conventional AS

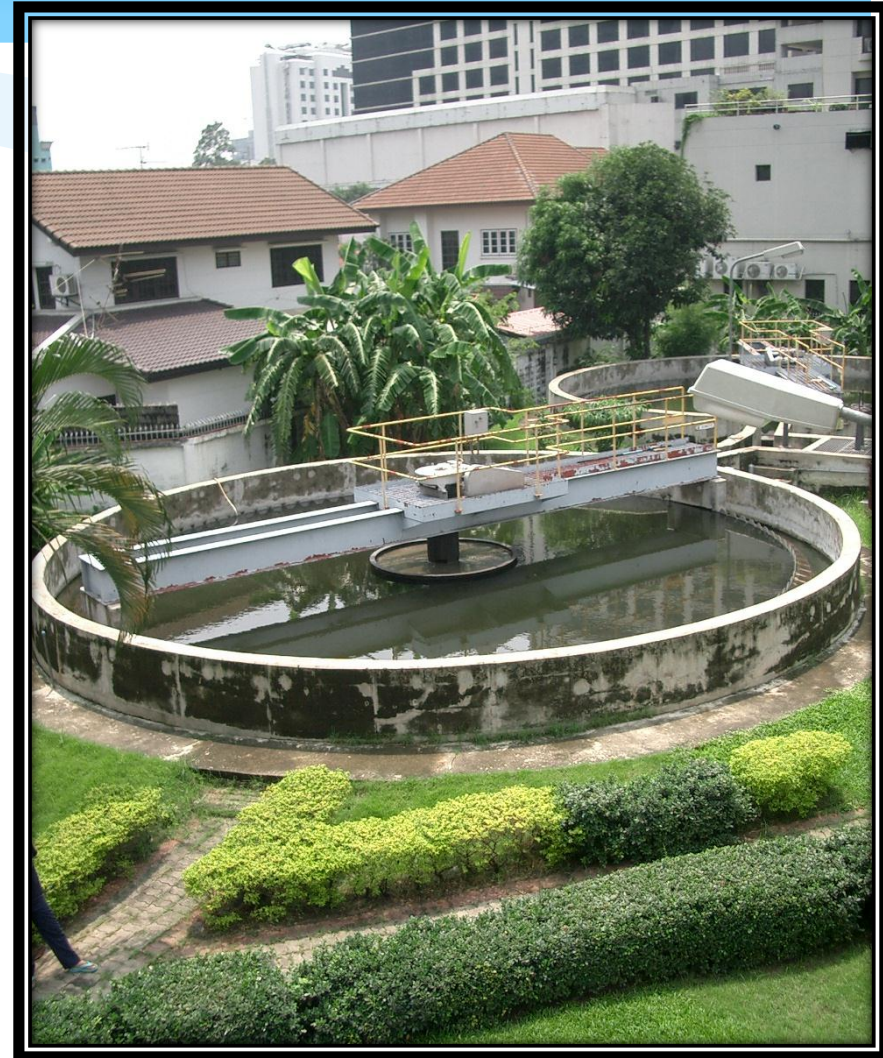


# Conventional AS

- ระบบเอเอสแบบธรรมดา หมายถึง ระบบที่มีถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน โดยอาจเติมอากาศแบบผิวหน้าหรือแบบฟองอากาศก็ได้



# Conventional AS





# Simplified Activated Sludge Description





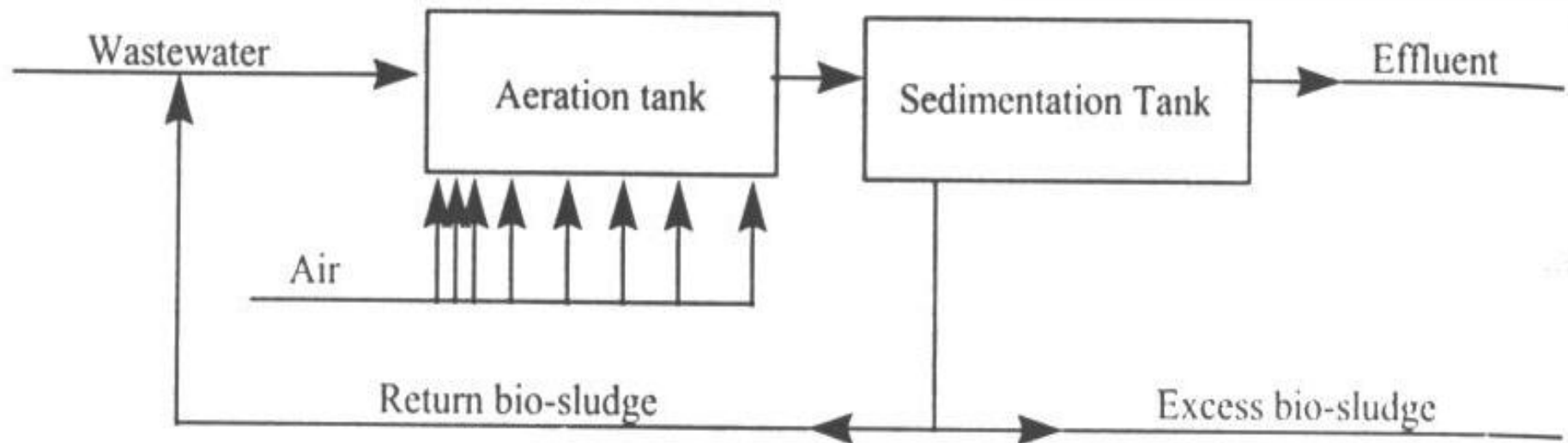
Return  
Sludge

Primary  
Effluent

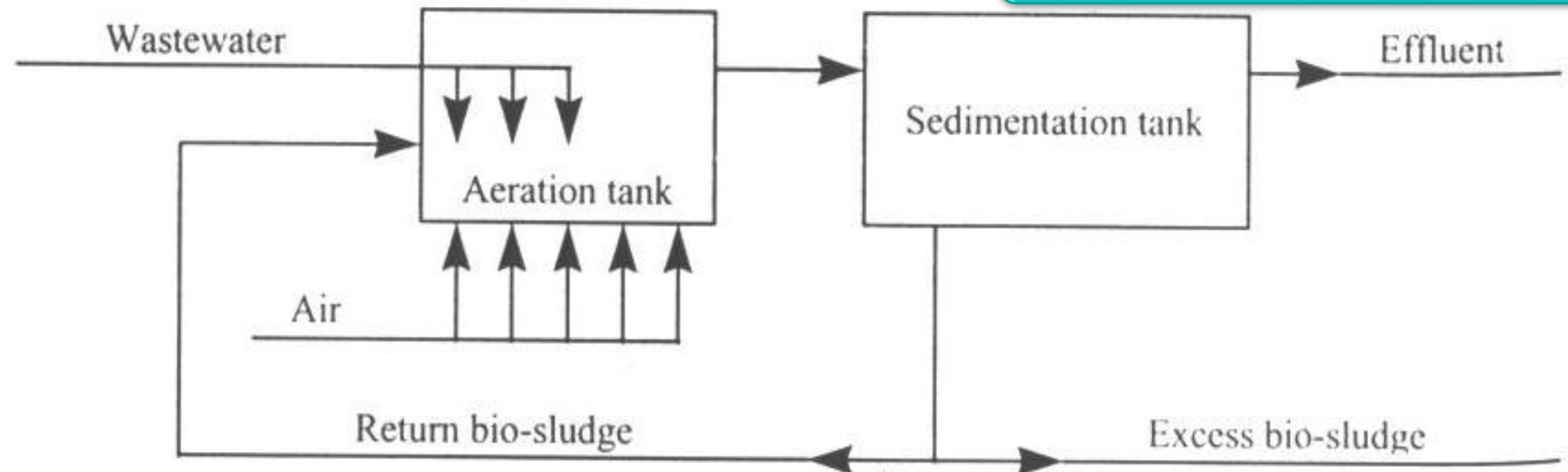




## Tapered Aeration



## Step Aeration



# AS

ถังเติมอากาศ

Criteria	Conventional	Completely Mixed	Extended Aeration
อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก. บีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	0.3 – 0.6	0.8 – 1.9	0.1 – 0.4
อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) (กก.BOD/กก.MLVSS-วัน)	0.2 – 0.4	0.2 – 0.6	0.05 – 0.15
MLSS (มก./ล.)	1,500 – 3,000	2,500 – 4,000	3,000 – 6,000
อายุสลัดจ์ (วัน)	5 - 15	5 - 15	20 – 30
เวลาเก็บพักน้ำเสีย (ชม.)	4 – 8	3 – 5	18 – 36
อัตราส่วนสบสลัดจ์กลับ	0.25 – 1.0	0.25 – 1.0	0.5 – 1.5
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	2.0	2.0	2.0
pH	6.5 – 7.5	6.5 – 7.5	6.5 – 7.5
BOD:N:P	100:5:1	100:5:1	100:5:1

# AS

## ถังตกตะกอน

Criteria	Conventional	Completely Mixed	Extended Aeration
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม/ตร.ม.-วัน)	16 – 33	16 – 33	8 – 16
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-ชม.)	3 – 6	3 – 6	1 – 5
อัตราน้ำล้นฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	250	250	250
ดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (มล./กรัม)	100 – 200	100 – 200	100 – 200

ถังตกตะกอนเล็ก : สลัดจ์ตกตะกอนไม่ดี

ถังตกตะกอนใหญ่ : สลัดจ์ขาดออกซิเจน เน่าได้

# AS

## ข้อดี

- ประสิทธิภาพสูง
- ใช้พื้นที่น้อย
- ใช้เวลาในการบำบัดน้อย
- ไม่มีกลิ่น
- ราคาถูก

## ข้อเสีย

- ใช้พลังงาน
- ใช้ผู้ดูแลที่มีความรู้
- ปัญหาเรื่อง Shock load
- มีกากตะกอนที่ต้องบำบัด

# ก่อนเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

## ก่อนเริ่มเดินระบบ

- \* เดินระบบด้วยน้ำสะอาด ทดสอบอัตราการไหลระดับน้ำ
- \* ทดสอบการทำงานของเครื่องจักร เครื่องสูบน้ำ เครื่องกวาดตะกอน เครื่องสูบล้าง เครื่องป้อนสารเคมี
- \* ทดสอบรอยรั่วต่างๆของถัง ระบบท่อ เครื่องจักรต่างๆ

## การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ : ใช้หัวเชื้อ

- \* หัวเชื้อ : จุลินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อให้แพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว
  - \* จากระบบเอเอส
  - \* ใช้มูลสัตว์ต่างๆ เช่น จากสัตว์ปีก วัว กระบือ หมู
  - \* หัวเชื้อแห้ง

# เริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

1. คำนวณปริมาตรถังเติมอากาศ
2. เติมมูลสัตว์ประมาณ 1 – 2 กก./ลบ.ม. คิดที่ปริมาตรครึ่งหนึ่งของถัง
3. เติมน้ำเปล่าให้ได้ปริมาตรครึ่งหนึ่งของถัง
4. เติมสลัดจ์หัวเชื้อจากระบบเอเอส ให้ได้ MLSS 1000 – 2000 มก./ล.
5. ปรับเครื่องเติมอากาศให้เติมอากาศตลอดเวลา
6. หลังจากนั้น 3 วัน เริ่มเติมน้ำเสียวันละ 5 % ของน้ำเสียที่จะบำบัด
7. ยังไม่ต้องระบายสลัดจ์ทิ้งในระหว่างเริ่มเดินระบบ น้ำยังไม่เต็มถัง
8. เดินเครื่องสูบสลัดจ์กลับเข้าถังเติมอากาศ

# การสังเกตระบบ




- 1) สี-กลิ่น-ตะกอน-ฟองของน้ำเสีย และสลัดจ์ในถังเติมอากาศ
  - \* สลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้ม ระบบทำงานได้ดี
  - \* สลัดจ์มีสีดำ ขาดออกซิเจน
  - \* สลัดจ์มีกลิ่นอับคล้ายดิน ให้ออกซิเจนเพียงพอ
  - \* สลัดจ์มีกลิ่นก๊าซไข่เน่า ออกซิเจนไม่เพียงพอ
  - \* ฟองสีน้ำตาล ขุ่นทรียอายุและจำนวนน้อยไป
  - \* ฟองสีน้ำตาล ขุ่นทรียอายุและจำนวนมากไป
- 2) ลักษณะการเติมอากาศ ต้องทั่วถึงและสม่ำเสมอ
  - \* ค่าออกซิเจนละลาย ต้องไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล.

# การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

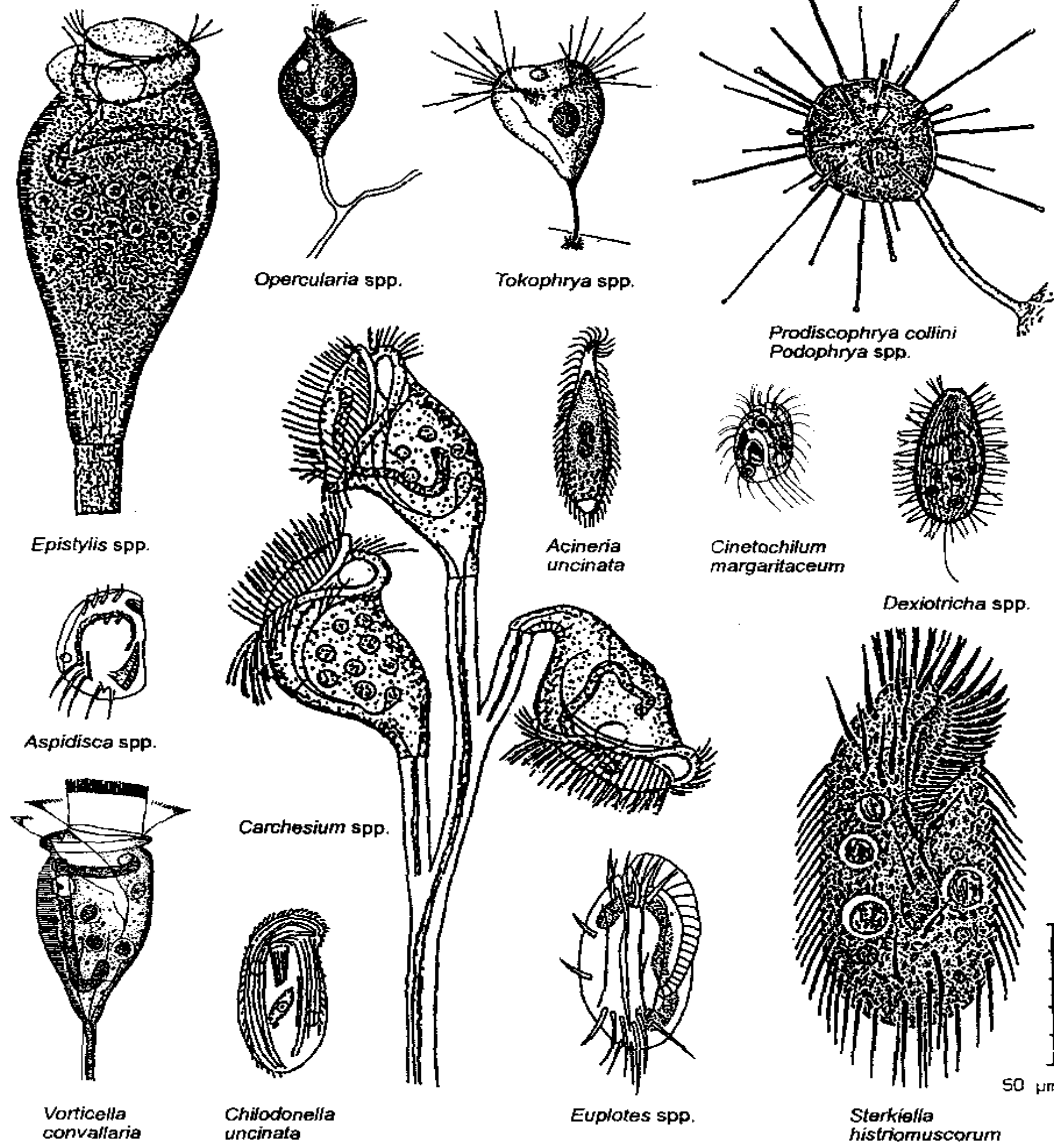
- 1) ตรวจสอบชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำงานอยู่ภายในถังเติมอากาศ
  - \* โปรโตซัว ชนิด ซิลิเอท
  - \* โรติเฟอร์
  - \* ถ้าพบทั้งสองชนิด ระบบเอเอสทำงานได้อย่างดี
- 2) ตรวจสอบในกรณีที่สลัดจ์ไม่จมตัว (Bulking Sludge) สลัดจ์อัด
  - \* จุลินทรีย์เส้นใย (Filamentous Microorganisms)



# การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

	<p>使用前</p> <p>糸状性細菌が大量に増殖している。</p>	<p>沈降性の変化(SV30)</p> 
	<p>添加開始3日後</p> <p>糸状性細菌が変形。切断し減少してきている。</p>	
	<p>添加10日後</p> <p>糸状性細菌がほとんど認められなくなり、良好な微生物相に変化している。</p>	

## HEALTHY ACTIVATED SLUDGE

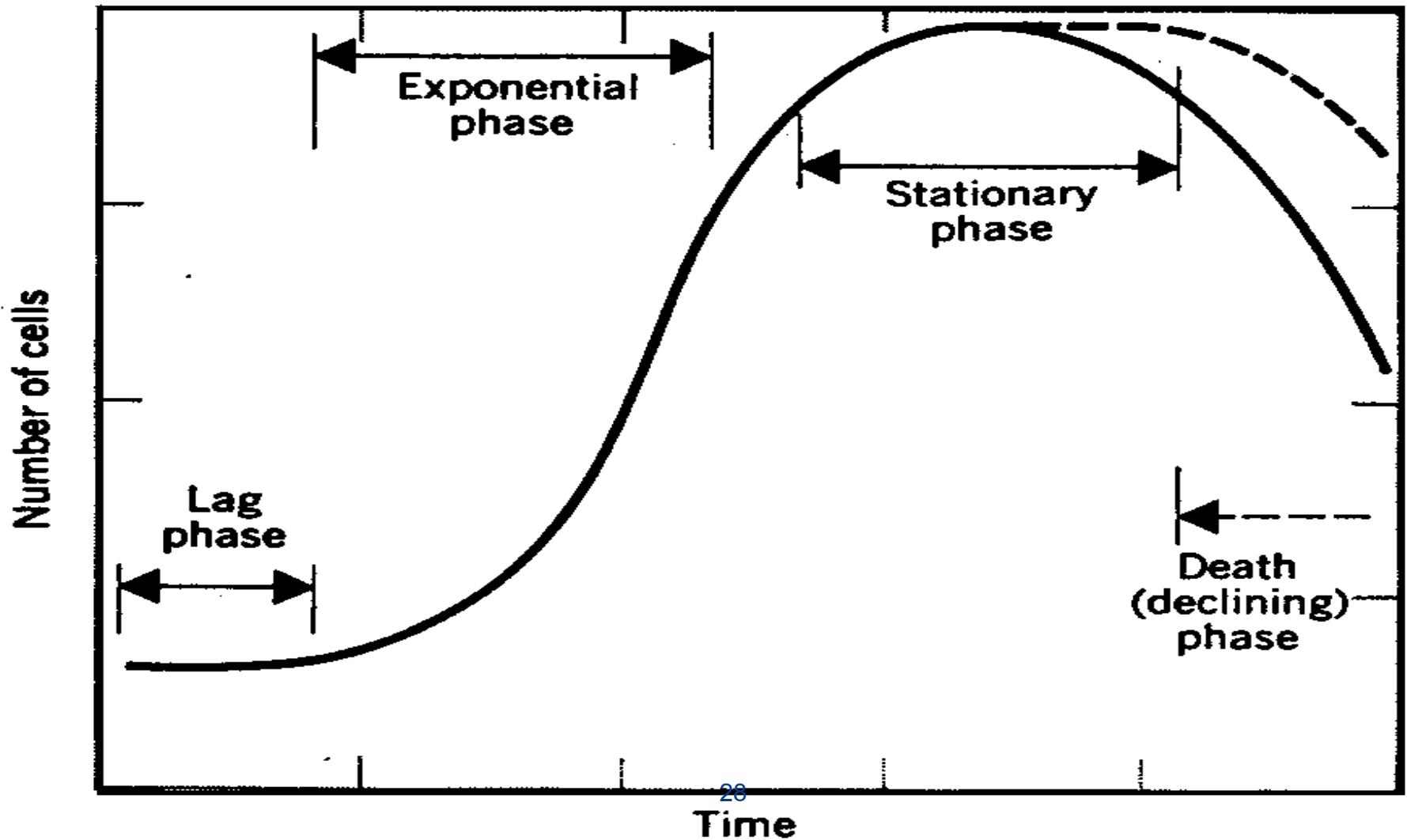


**Ciliate community of healthy ("normal") activated sludge.** An assortment of species usually occurring in moderately and heavily polluted (alpha-mesosaprobic to beta-mesosaprobic, alpha-mesosaprobic) running waters is found in "normal" activated sludge. The species of this community indicate sufficient oxygen supply and appropriate load. Often, ciliates achieve high abundances (> 10000 individuals / ml) and feed on bacteria, thereby reducing the turbidity of the effluent (Curds 1992). See Schleyen & Gschlössl (1992) for detailed advice on activated sludge investigation. Scale bar division 10 µm.

# การควบคุมระบบบำบัดแบบเติมอากาศ



# การเจริญเติบโตของจุลชีพ





# ปริมาณเชื้อในบ่อ

1. **SV30** (Sludge Volume) = ปริมาตรสลัดจ์ที่อ่านได้เมื่อตั้ง imhoff cone  
ทิ้งไว้ 30 นาที (มล./ล.)



# ปริมาณเชื้อในบ่อ

**2. MLSS** (Mixed liquor suspended solids) = ความเข้มข้นของสารแขวนลอยในถังเติมอากาศ

**MLVSS** (Mixed liquor volatile suspended solids) = ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ

$$\text{MLVSS} / \text{MLSS} = 0.8$$

# F/M

อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{น้ำหนักรสารอินทรีย์ที่เข้าระบบต่อวัน}}{\text{น้ำหนักรของสารอินทรีย์ในถังเติมอากาศ}} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักรของบีโอดีที่เข้าระบบ (กก./วัน)}}{\text{น้ำหนักร MLVSS ในถังเติมอากาศ (กก.)}} \end{aligned}$$

$$F/M = \frac{BOD \text{ (mg/L)} \times Q \text{ (m}^3\text{/d)}}{V \text{ (m}^3\text{)} \times MLVSS \text{ (mg/L)}}$$

## F/M

บ่อบำบัดน้ำเสียมีความจุ 100 ลบ.ม. มีอัตราน้ำไหลเข้า 80 ลบ.ม./วัน ค่าบีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 400 มก./ล. ปริมาณจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศมีค่าเท่ากับ 2,000 มก.MLVSS/ล. จงหาอัตราส่วนของอาหารต่อตะกอนจุลินทรีย์

$$\begin{aligned} F/M &= \frac{400 \text{ กรัม/ลบ.ม.} \times 80 \text{ ลบ.ม./วัน}}{2,000 \text{ กรัม/ลบ.ม.} \times 100 \text{ ลบ.ม.}} \\ &= 0.160 \text{ กก.บีโอดี/กก.MLVSS-วัน} \quad \# \end{aligned}$$



# F/M

## **F/M สูง**

- \* จุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว กระจัดกระจายไม่รวมตัว
- \* ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำที่ผ่านการบำบัดมีความขุ่น ค่าบีโอดีสูง
- \* ลดการสูบสลัดจ์ทิ้ง

## **F/M ต่ำ**

- \* จุลินทรีย์เจริญเติบโตน้อยลง ตกตะกอนได้แต่ไม่หมด ลักษณะเป็นก้อน เล็กกระจัดกระจาย (pin floc)
- \* น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความขุ่น
- \* เพิ่มการสูบสลัดจ์ทิ้ง

# อายุสลัดจ์ (SRT)

**Solid retention time:** ระยะเวลาเฉลี่ยที่จุลินทรีย์หมุนเวียนอยู่ในระบบ

$$= \frac{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ}}{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ออกจากระบบต่อวัน}}$$

$$= \frac{\text{น้ำหนักของ MLSS ในถังเติมอากาศ}}$$

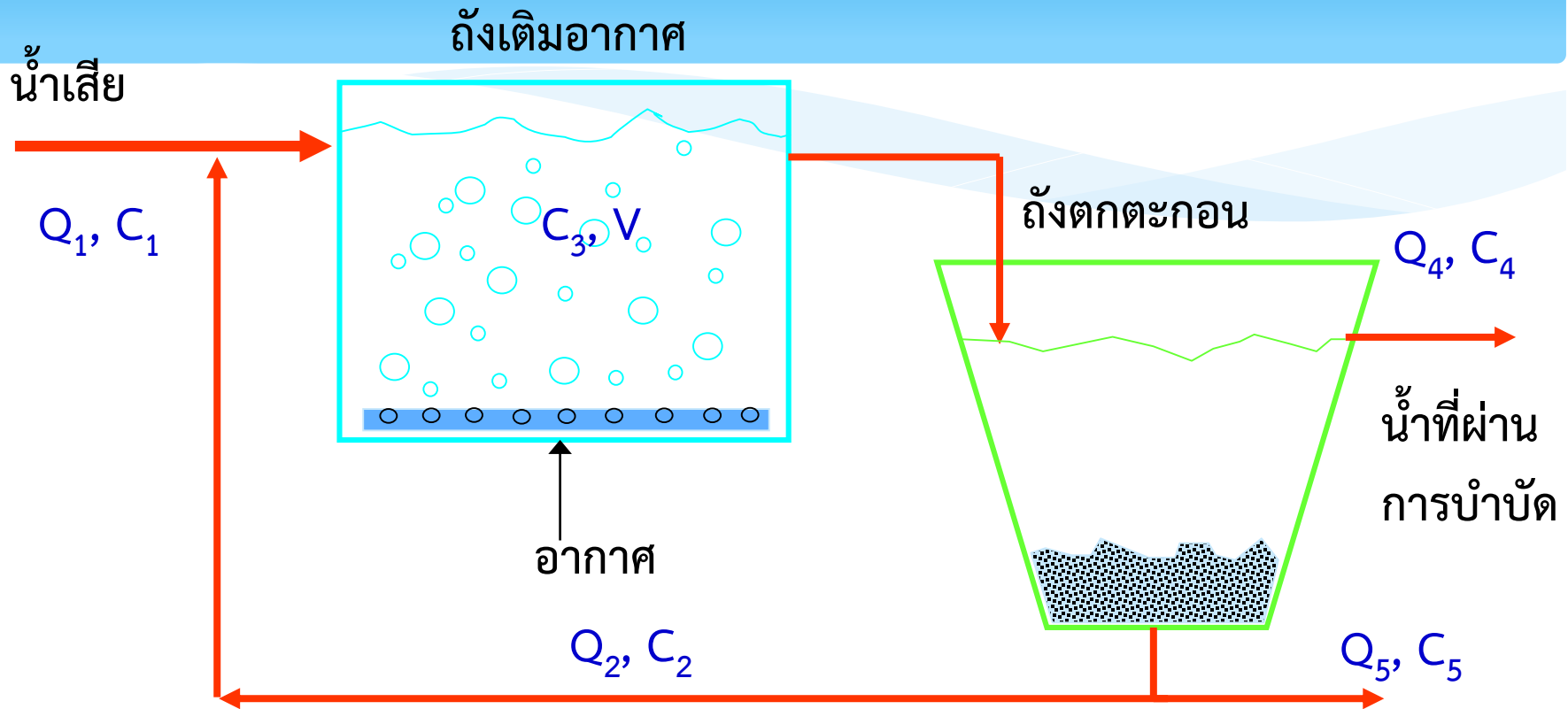
$$\text{น้ำหนักของ MLSS ส่วนเกินที่ทิ้ง} + \text{น้ำหนัก SS ที่ปนในน้ำทิ้ง}$$

$$= \frac{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ (ลบ.ม.)} \times \text{MLSS (มก./ล.)}}{\text{อัตราการสูบสลัดจ์ทิ้ง (ลบ.ม./วัน)} \times \text{ความเข้มข้น SS ในสลัดจ์ส่วนเกินที่ทิ้ง (มก./ล.)} + \text{อัตราน้ำไหลออก (ลบ.ม.)} \times \text{ความเข้มข้น SS ในน้ำทิ้ง (มก./ล.)}}$$

\* ควบคุมอายุสลัดจ์โดยการปรับอัตราการนำสลัดจ์ส่วนเกินไปทิ้ง

\* การคุมค่าอายุสลัดจ์ให้คงที่จะทำให้ค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์มีค่าคงที่ตามไปด้วย

# อายุสลัดจ์ (SRT)



$$SRT = \frac{C_3 V}{(C_5 Q_5) + (C_4 Q_4)}$$

# อายุสลัดจ์ (SRT)

## อายุตะกอนน้อย

- \* ตกตะกอนไม่ดี
- \* น้ำขุ่น
- \* มีฟองขาว
- \*  $O_2$  ถูกใช้มาก



# อายุสลัดจ์ (SRT)

## อายุตะกอนมาก

- \* การใช้อาหารน้อย
- \* การเกิดเซลล์ใหม่ น้อย
- \* ค่า F:M ต่ำ
- \* MLSS สูง
- \* ตะกอนตกแน่น

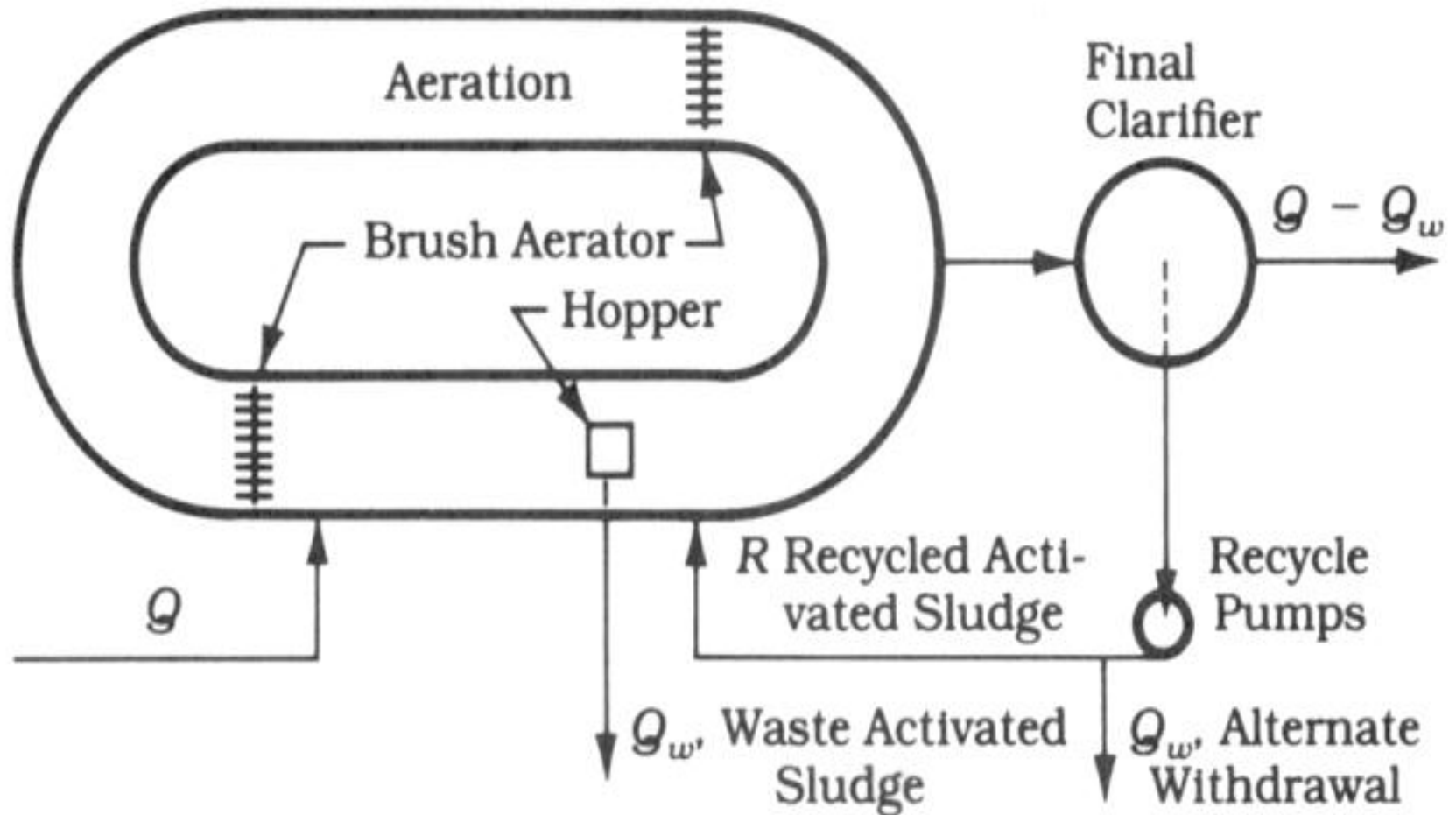




## 2. Oxidation ditch



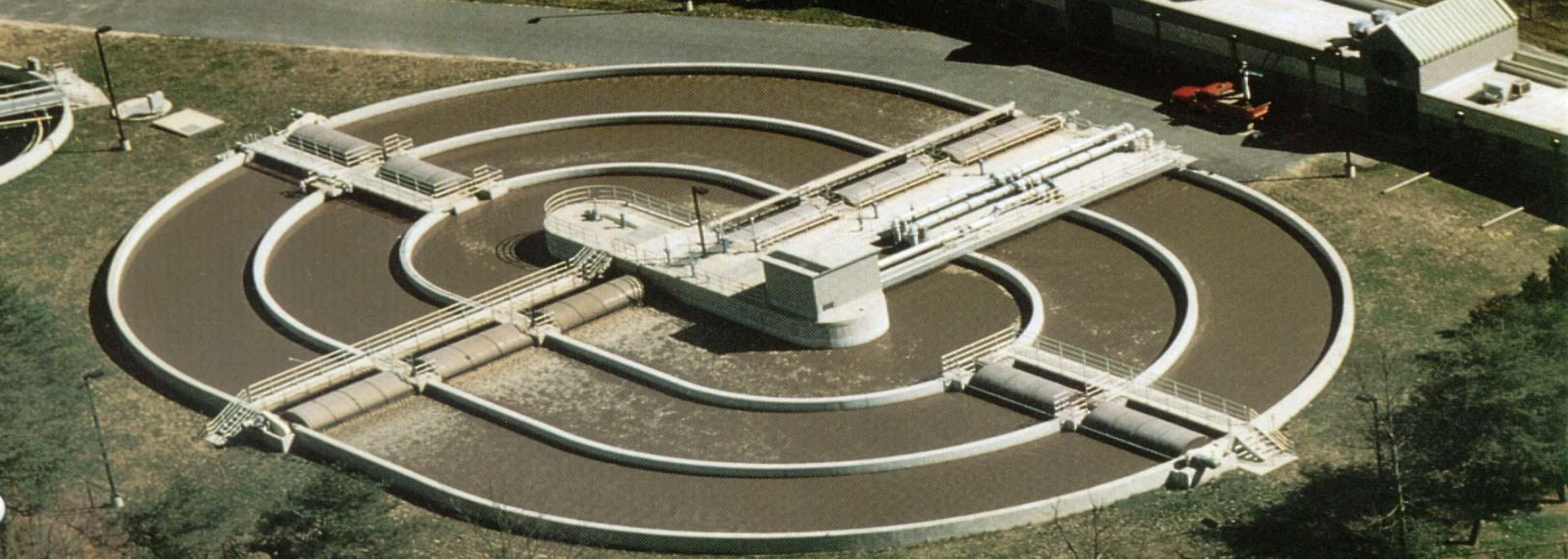
## 2. Oxidation ditch



## 2. Oxidation ditch

- \* ถังเติมอากาศเป็นวงรีหรือวงกลม เกิดการไหลแบบ Plug Flow
- \* ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator)
- \* บางส่วนเป็น Anoxic Zone ทำให้  $\text{NO}_3^-$  เปลี่ยนเป็น  $\text{N}_2$  โดยแบคทีเรีย Nitrosomonas Spp. และ Nitrobacter Spp. ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้







## 2. Oxidation ditch

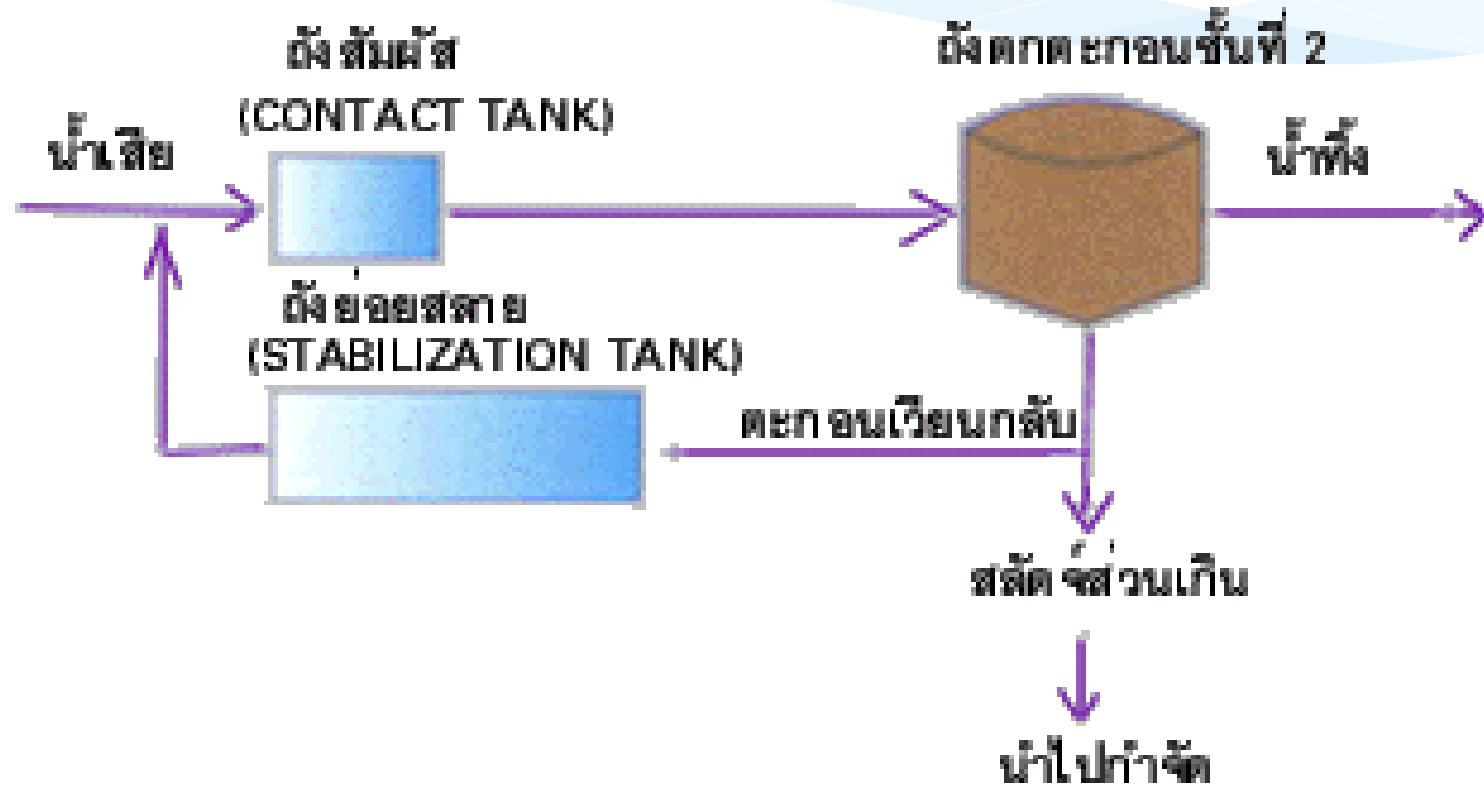


## 2. Oxidation ditch

Parameter	Typical value
F/M Ratio	0.05 - 0.3 กก.บีโอดี/กก. MLSS-วัน
อายุสลัดจ์ (Sludge Age)	10 - 30 วัน
อัตราภาระอินทรีย์ (Organic Loading)	0.1 - 0.5 กก.บีโอดี/ลบ.ม.-วัน
MLSS	3,000 - 6,000 มก./ล.
เวลาเก็บกักน้ำ (HRT)	8 - 36 ชั่วโมง
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.75 - 1.5
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 75 – 95

ที่มา : คำกำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย", สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2540 และ "Wastewater Engineering", Metcalf&Eddy 1991

### 3. Contact Stabilization Activated Sludge



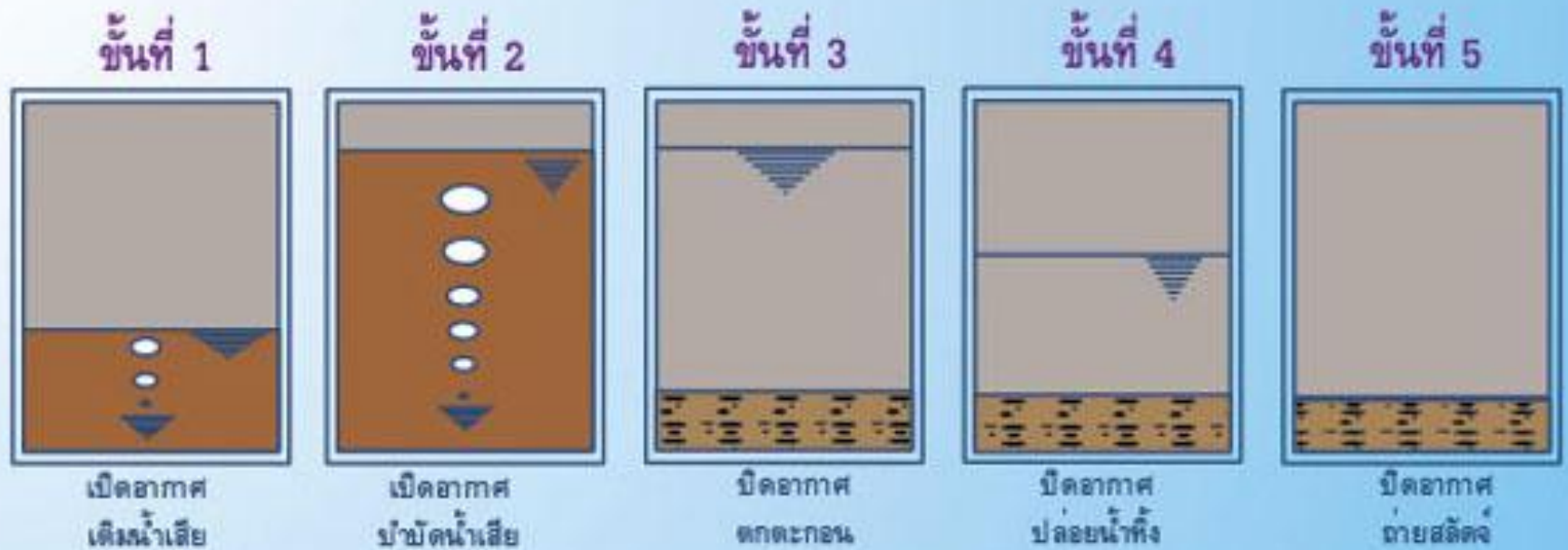
### 3. Contact Stabilization Activated Sludge

- \* มีถังเติมอากาศ 2 ถัง ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank)
- \* ตะกอนจากถังแรกตกตะกอนชั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย
- \* จากนั้นตะกอนจะสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
- \* น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนชั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส
- \* บ่อเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป

### 3. Contact Stabilization Activated Sludge

Parameter	Typical value
F/M Ratio	0.2 - 0.6 กก.บีโอดี / กก. MLSS-วัน
อายุสลัดจ์ (Sludge Age)	5 - 15 วัน
อัตราภาระอินทรีย์ (Organic Loading)	0.9 - 1.2 กก.บีโอดี / ลบ.ม.-วัน
- <b>MLSS</b> ในถังสัมผัส ในถังปรับเสถียร	1,000 - 3,000 มก./ล. 4,000 - 10,000 มก./ล.
- <b>HRT</b> ในถังสัมผัส ในถังปรับเสถียร	0.5 - 1 ชั่วโมง 3 - 8 ชั่วโมง
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.25 - 1.5
- <b>ความต้องการออกซิเจน</b> ในถังสัมผัส ในถังปรับเสถียร	0.4 - 0.6 กก.O <sub>2</sub> / กก. BOD ที่ถูกกำจัด 0.3 - 0.5 กก.O <sub>2</sub> / กก. BOD ที่ถูกกำจัด
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 80 - 90

## 4. Sequencing Batch Reactor, SBR





## 4. Sequencing Batch Reactor, SBR

- \* เอสบีอาร์ 1 รอบการทำงาน (Cycle) จะมี 5 ช่วงตามลำดับ ดังนี้
  - 1) ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ
  - 2) ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (BOD)
  - 3) ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงกันถึงปฏิกิริยา
  - 4) ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด
  - 5) ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่
- \* สามารถกำจัดธาตุอาหารในน้ำได้



## 4. Sequencing Batch Reactor, SBR

เครื่องเติมอากาศ

เครื่องสูบน้ำ

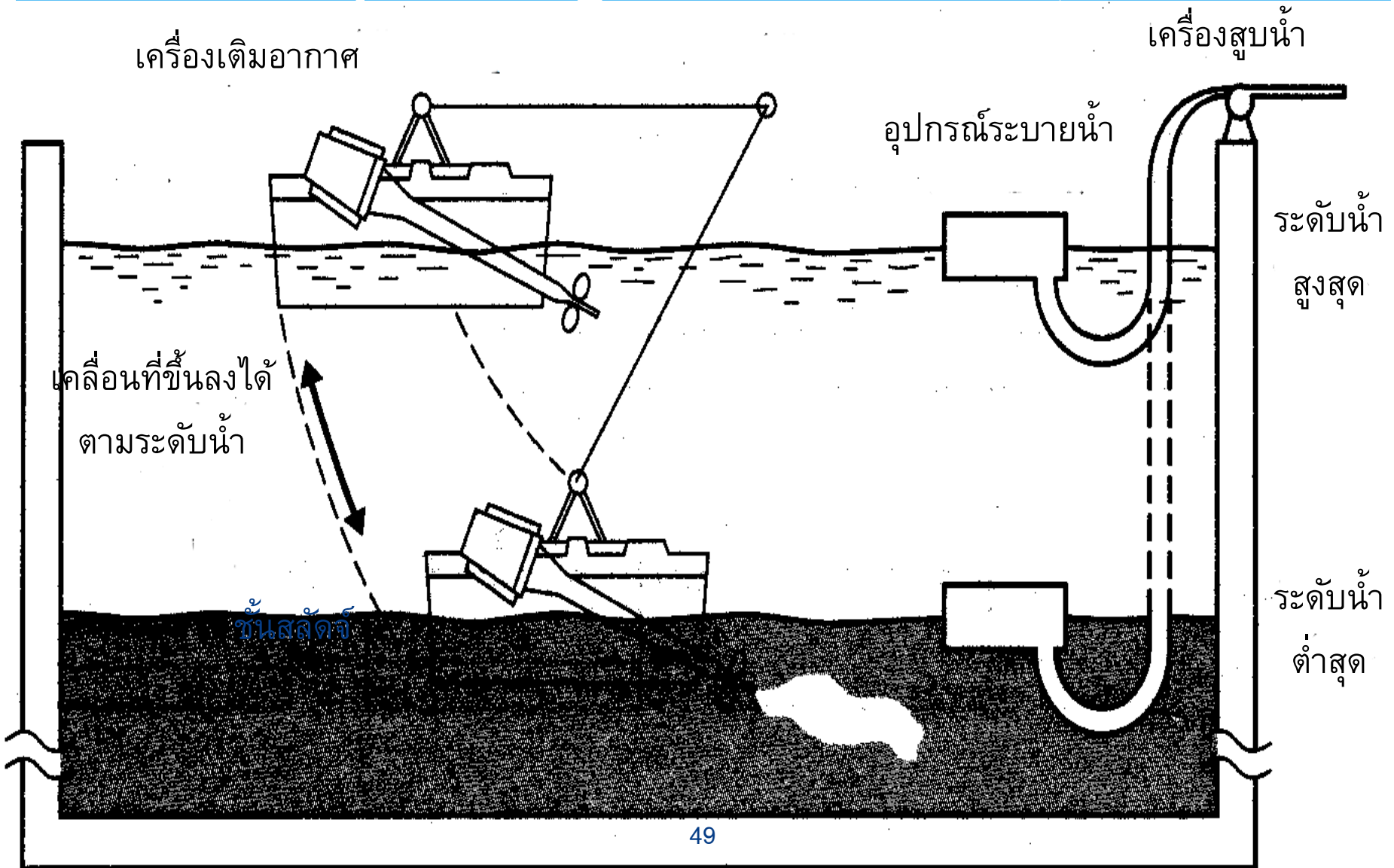
อุปกรณ์ระบายน้ำ

เคลื่อนที่ขึ้นลงได้  
ตามระดับน้ำ

ระดับน้ำ  
สูงสุด

ระดับน้ำ  
ต่ำสุด

ชั้นสลัดจ์



## 4. Sequencing Batch Reactor, SBR

Parameter	Typical value
F/M Ratio	0.05 - 0.3 กก.บีโอดี / กก. MLSS-วัน
ระยะเวลาบำบัดรวม	12 – 24 ชม.
อายุสลัดจ์ (Sludge Age)	8 - 20 วัน
อัตราภาระอินทรีย์ (Organic Loading)	0.1 - 0.3กก.บีโอดี / ลบ.ม.-วัน
MLSS	1,500 - 6,000 มก./ล.
ความจุถังต่ออัตราไหลเข้าของน้ำเข้าระบบ	8 - 50 ชั่วโมง
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 85 - 95

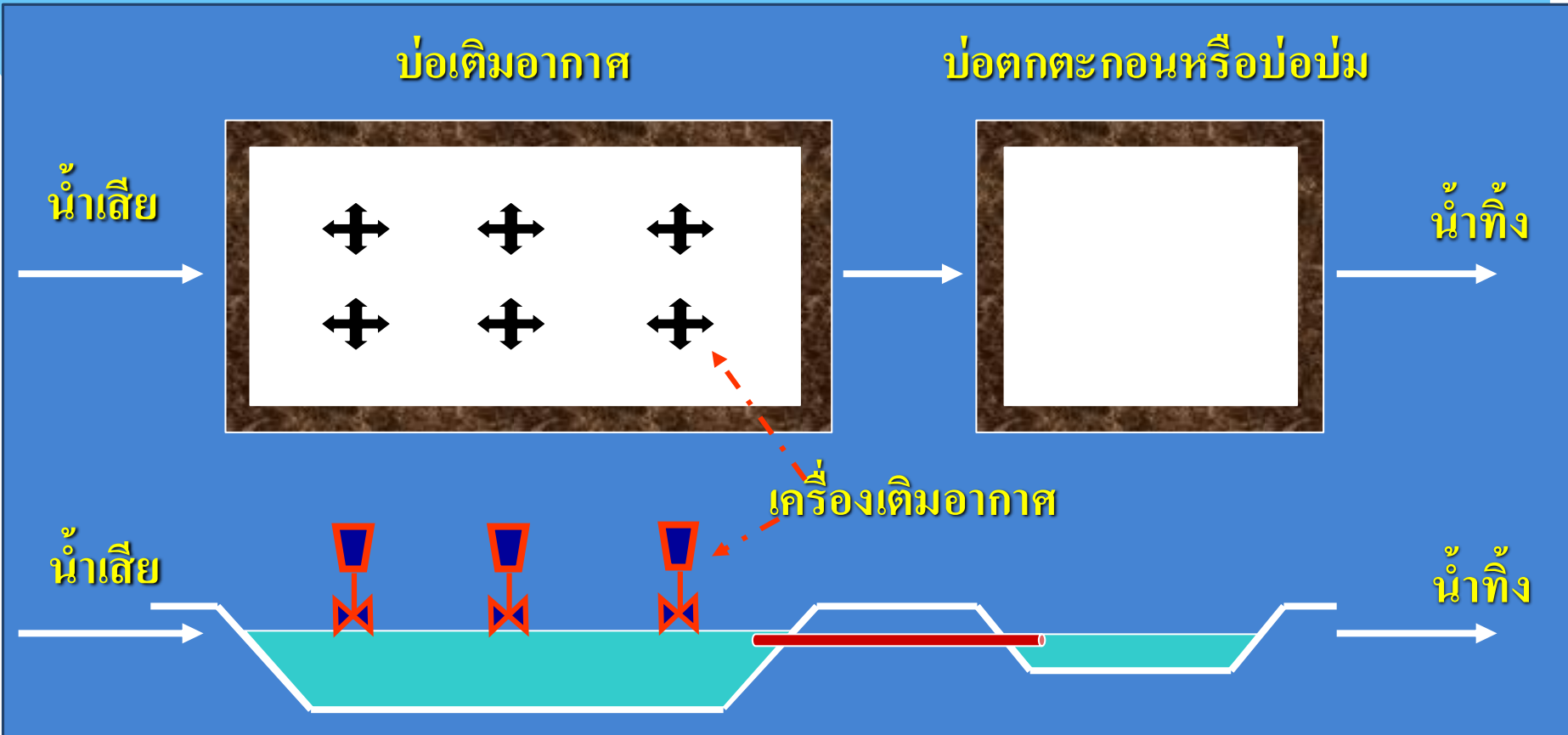
ที่มา : คำกำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย", สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2540 และ "Wastewater Engineering",<sup>50</sup>Metcalf&Eddy 1991

## 4. Sequencing Batch Reactor, SBR





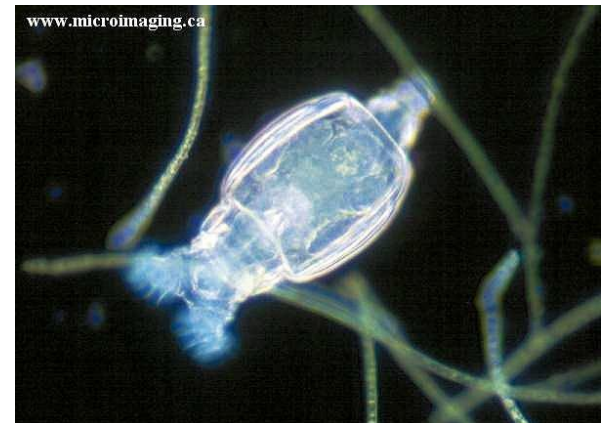
## 5. Aerated lagoon



- ระยะเวลาพักของสระเติมอากาศ 3 – 10 วัน
- ระยะเวลาพักของบ่อตกตะกอน 1 – 2 วัน
- ของแข็งแขวนลอย < 1,000 มก./ล.

## 5. Aerated lagoon

- \* ระบบขนาดใหญ่เล็ก 2 - 6 เมตร
- \* เป็นบ่อดินหรือคอนกรีต
- \* ติดตั้งเครื่องเติมอากาศ (แบบเติมอากาศผิวน้ำ ขนาด 25 แรงม้า : น้ำ 1000 m<sup>3</sup>)
- \* อาจมีหรือไม่มีการเวียนกลับตะกอน
- \* ออกซิเจนละลาย > 1 mg/l
- \* pH ช่วง 6.8 - 8
- \* ระวัง Rotifer จะกินจุลินทรีย์และสาหร่าย



## 5. Aerated lagoon



## 5. Aerated lagoon

### ข้อดี

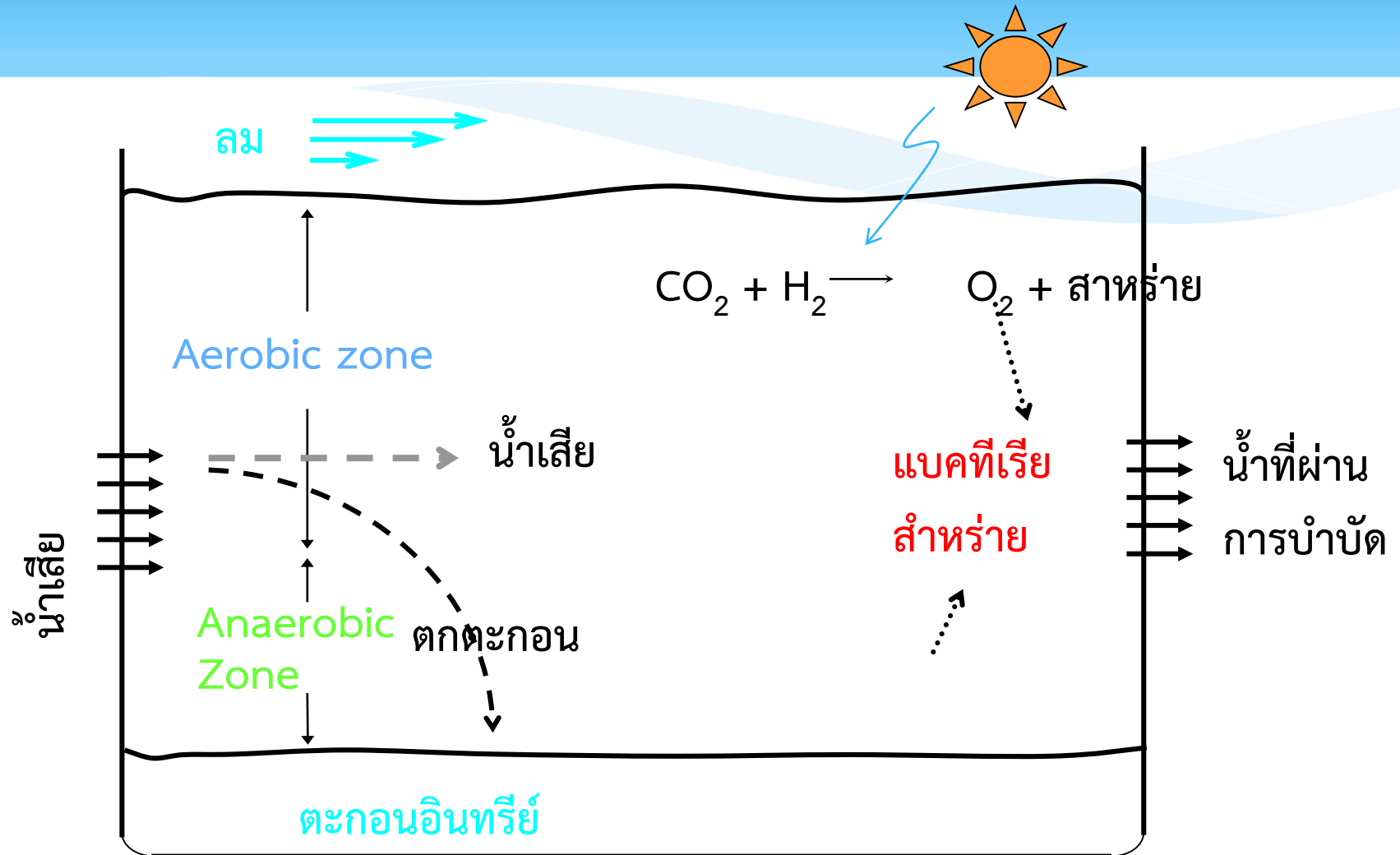
- ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง
- ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง
- ใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าระบบ AS
- ก่อสร้างง่าย
- ตะกอนส่วนเกินที่ต้องบำบัดน้อย

### ข้อเสีย

- อาจมีตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง
- การบำบัดอาจไม่เท่ากันทุกจุด เพราะออกซิเจนกระจายไม่ทั่วถึง
- อาจเกิดฟองจากการกวนของเครื่องเติมอากาศ
- ใช้พื้นที่มาก



## 6. Stabilization pond





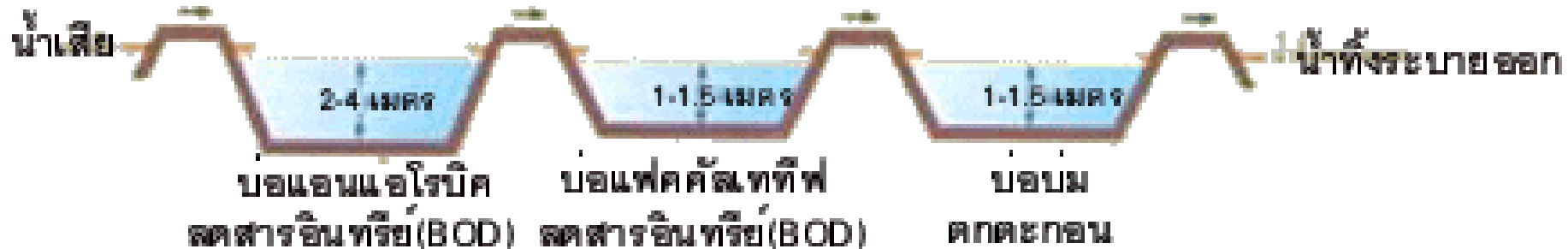
ที่มา: น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย, กรมควบคุมมลพิษ 2545

## 6. Stabilization pond

	HRT (d)	Depth (m)	BOD loading (g.BOD/m <sup>2</sup> -d)	% BOD removal
1. บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Pond)	4 - 5	2 - 4	224 - 672	50
2. บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond)	7 - 30	1 - 1.5	34	70 – 90
3. บ่อแอโรบิก (Aerobic Pond)	4 - 6	0.2 - 0.6	45	80 – 85
4. บ่อบ่ม (Maturation Pond)	5 - 20	1 - 1.5	2	60 - 80

## 6. Stabilization pond

- \* Anaerobic pond ควรนำตะกอนออกไปกำจัด ทุก 3-5 ปี
- \* Facultative pond อาจเกิดความเป็นกรดในบ่อ หากเกิดกลิ่น ให้ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ดับกลิ่น ต้องมีการตัดหญ้า
- \* Aerobic pond อาจเกิดสาหร่ายที่ความลึกของบ่อ 0.2 - 0.6 เมตร ต้องกวำนวันละ 1-2 ครั้ง



ที่มา: “น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย”, กรมควบคุมมลพิษ 2545

## 6. Stabilization pond

### ข้อดี

- ดูแลรักษาง่าย
- ก่อสร้างง่าย
- ประหยัดไฟฟ้า
- ไม่มีกากตะกอนที่ต้องบำบัด
- ทน Shock load
- ประสิทธิภาพพอใช้
- กำจัดเชื้อโรคได้

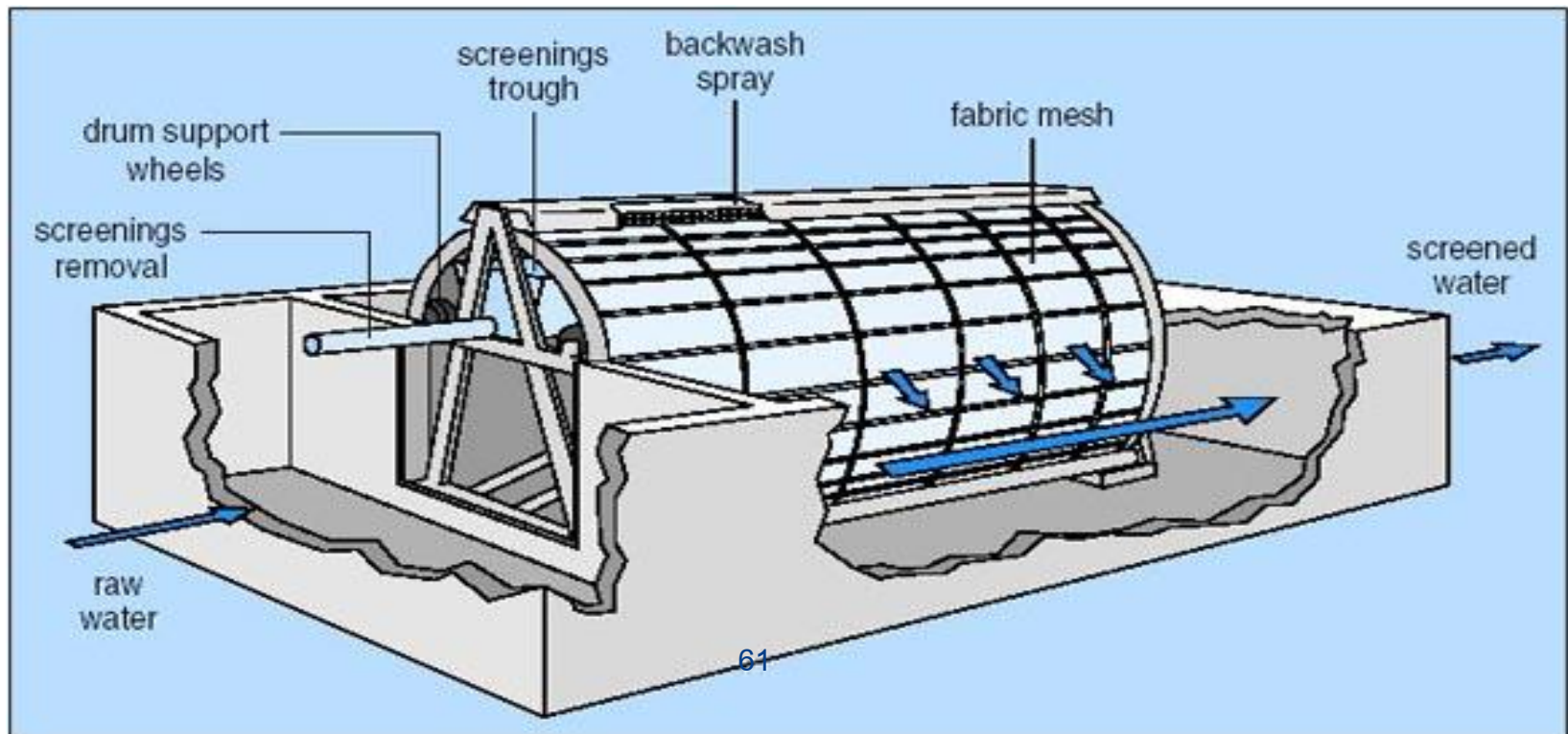
### ข้อเสีย

- ใช้พื้นที่มาก
- เวลาในการบำบัดนาน
- อาจเกิดกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะฤดูฝนที่แสงน้อย
- อาจเกิดมลพิษน้ำใต้ดิน
- อาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง

# 7. RBC (Rotating Biological Contactor)

## หลักการทำงาน

- ขณะที่ฟิล์มจุลินทรีย์หมุนผ่านน้ำเสียจะเกิดแรงเฉือนขึ้นระหว่างฟิล์มกับน้ำเสีย ทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์ (ส่วนเกิน) เกิดการหลุดลอกออกจากตัวกลาง





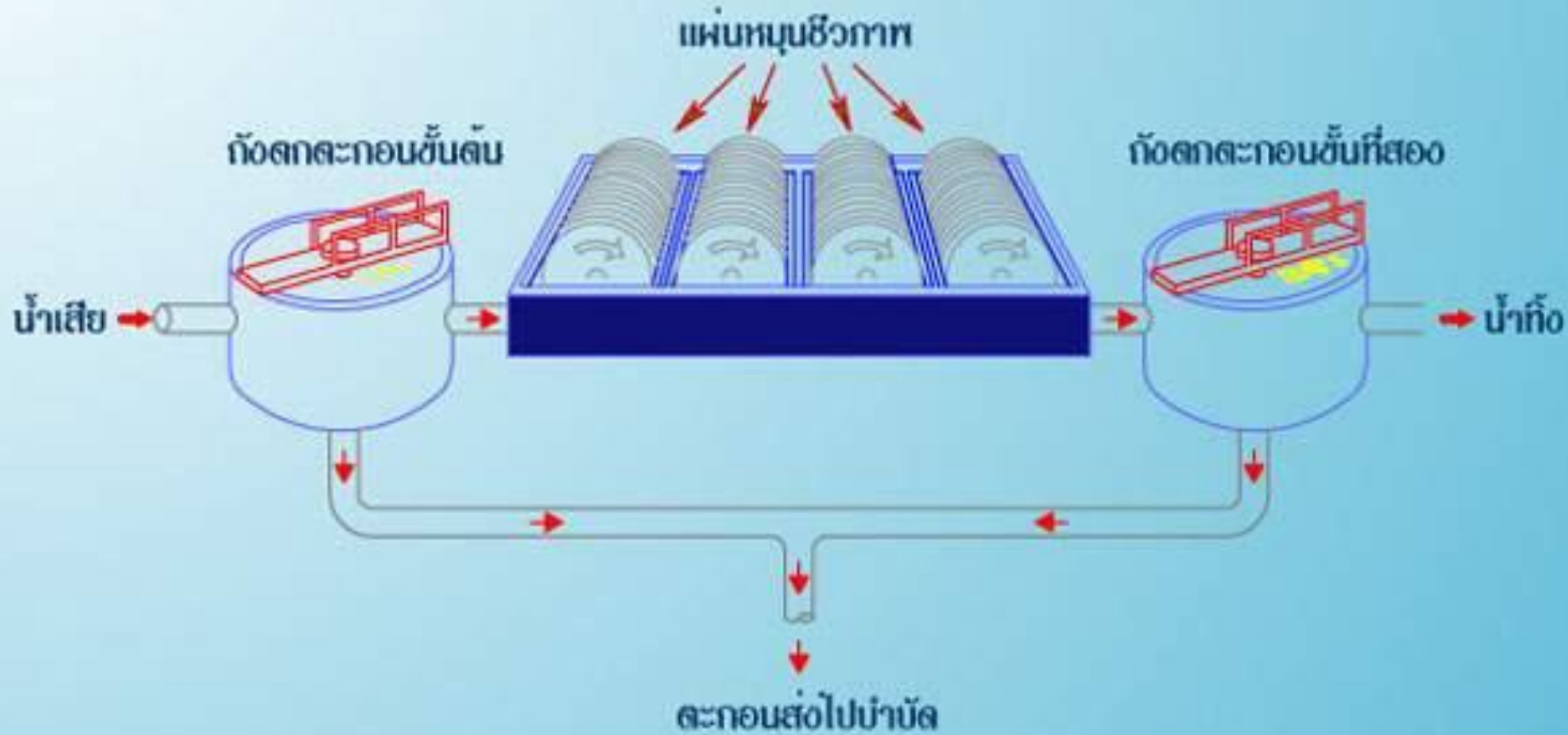
## 7. RBC (Rotating Biological Contactor)



- ขณะที่ตัวกลางหมุนจะพาเอาฟิล์มน้ำเสียขึ้นสู่อากาศ และไหลไปตามผิวตัวกลาง ดูดซับออกซิเจนจากอากาศ
- จุลินทรีย์ที่ผิวตัวกลางจะรับทั้งออกซิเจนและสารอินทรีย์จากฟิล์มน้ำเสีย



## 7. RBC (Rotating Biological Contactor)



## 7. RBC (Rotating Biological Contactor)

ปัญหาที่พบบ่อย



แกนเพลาลัก  
ตัวกลางแตก

## 7. RBC (Rotating Biological Contactor)

### ข้อดี

- ควบคุมง่าย
- กำจัดสารอาหารดี
- ค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบต่ำ
- การบำบัดโดยจุลินทรีย์ที่เป็นทั้ง  
Attached film & Suspended  
microbial growth

### ข้อเสีย

- กลิ่น
- ราคาระบบ (Construction Cost) สูงกว่า Activated Sludge

# 8. Trickling Filter

8-8 AEROBIC ATTACHED-GROWTH TREATMENT PROCESSES

405

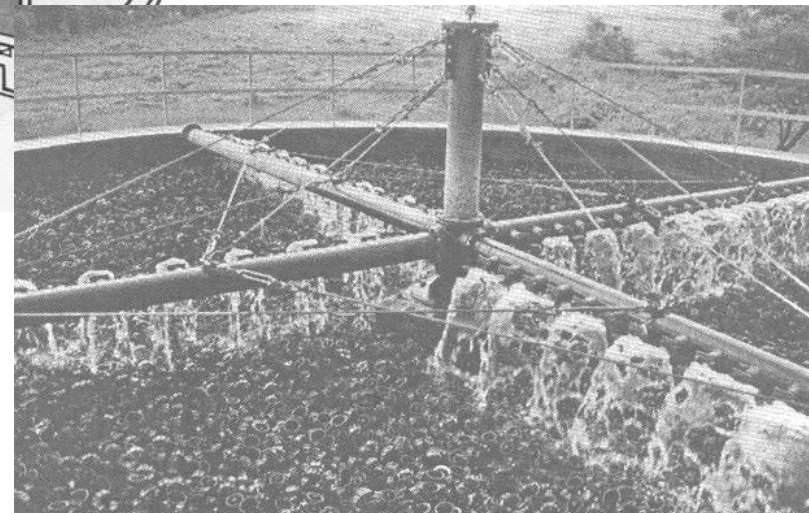
Filter material

Distributor

Filter floor

Underdrain

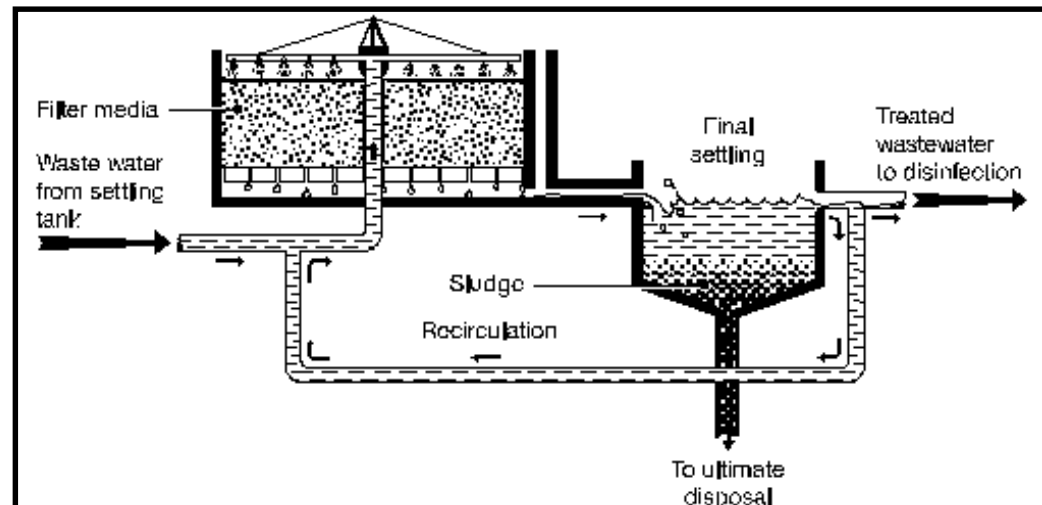
(a)



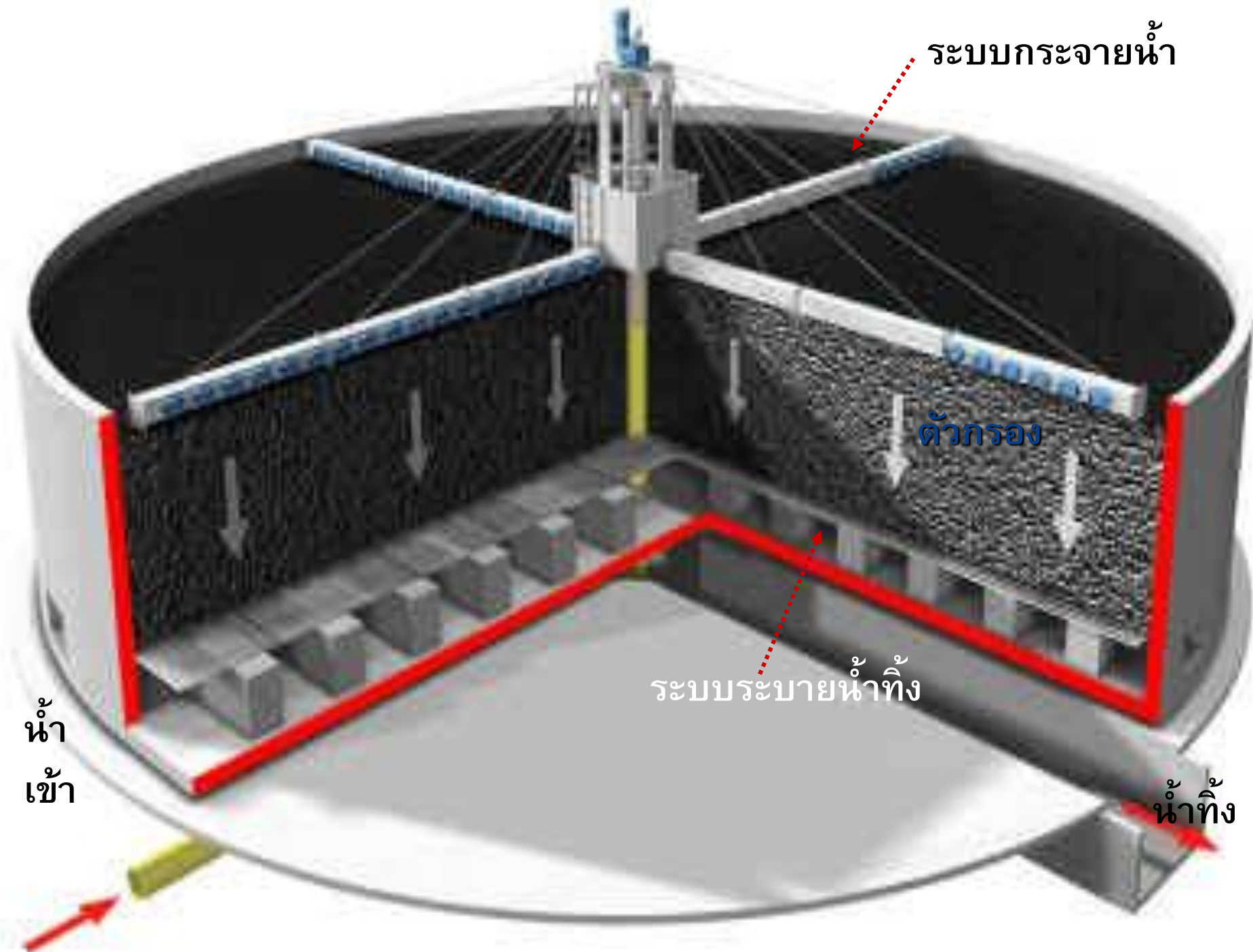
## 8. Trickling Filter

### หลักการทำงาน

- \* จุลินทรีย์จะเจริญเป็นแบบ Attached microbial growth
- \* ใส่ตัวกลาง (media) เช่น หินขนาด 5-10 ซม. (3 นิ้ว) พลาสติก
- \* ความหนาเมือกจุลินทรีย์ประมาณ 1-2 มม.
- \* อาจเวียนตะกอนหรือไม่ก็ได้
- \* Flow rate ประมาณ 1 รอบ/10 นาที
- \* ระวังการอุดตัน













## 8. Trickling Filter

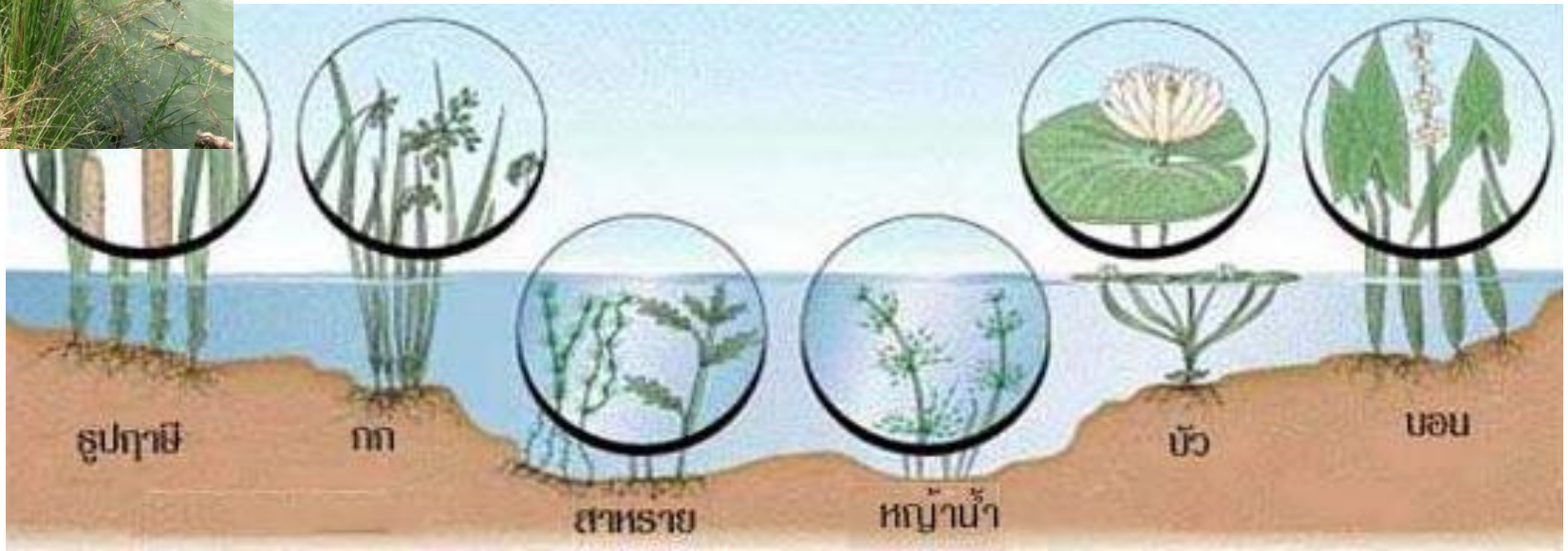
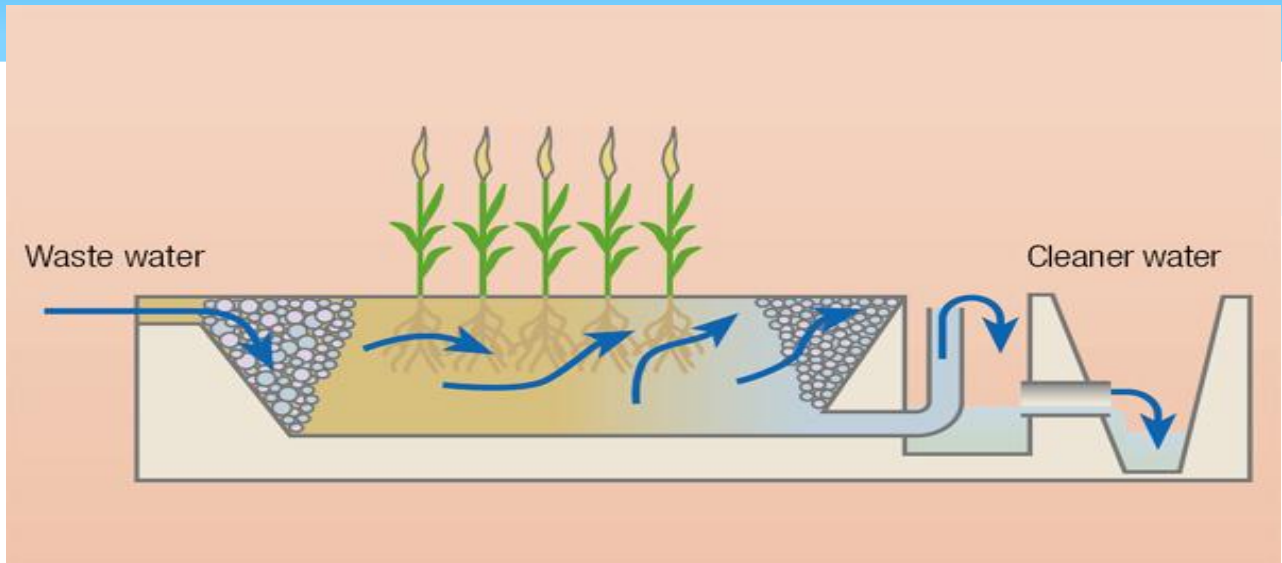
### ข้อดี

- ประสิทธิภาพสูง
- ใช้ได้กับน้ำเสียความเข้มข้นสูง
- ใช้พลังงานต่ำ
- ใช้พื้นที่น้อย

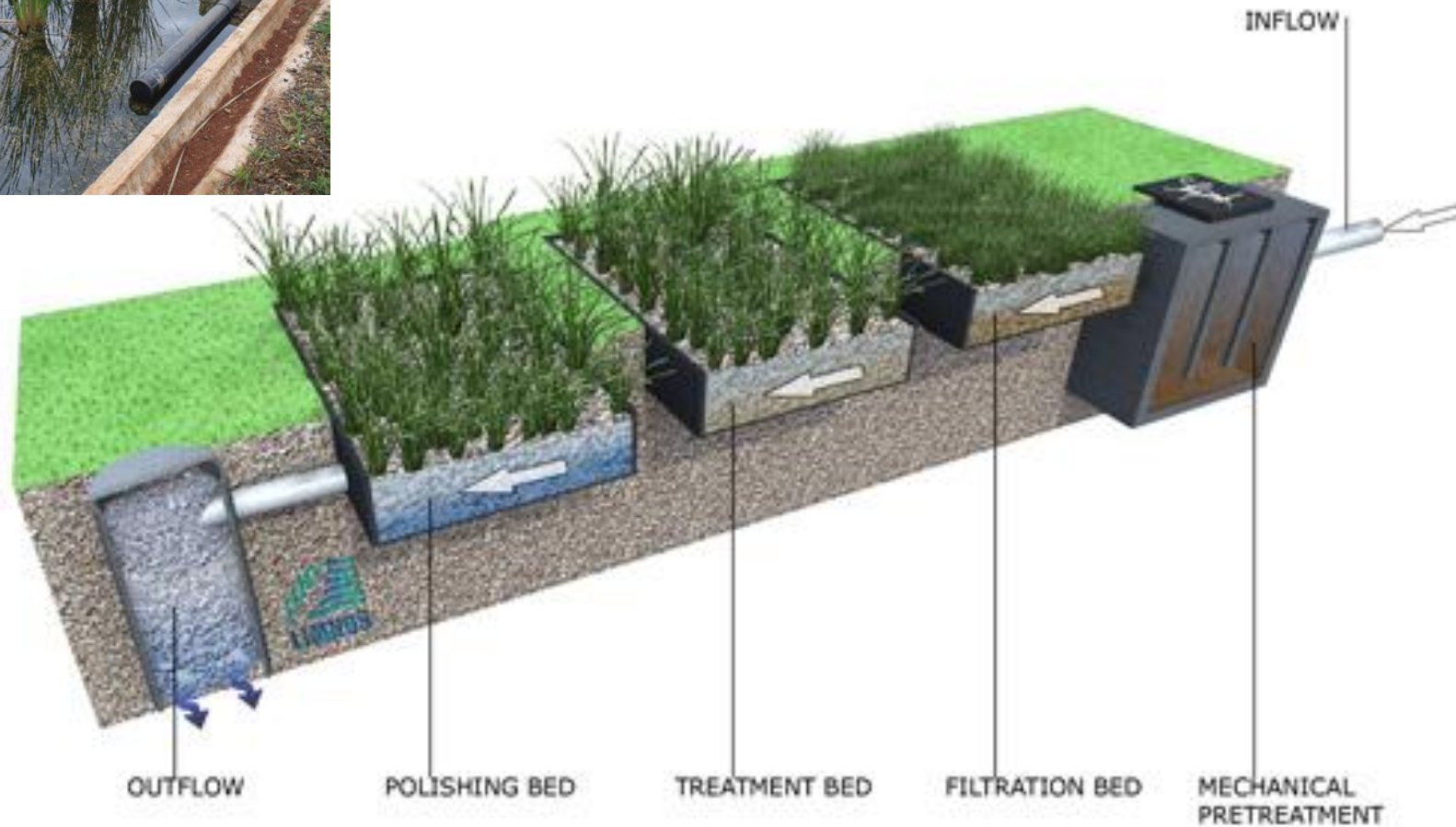
### ข้อเสีย

- ออกแบบและก่อสร้างยาก
- มีกลิ่น
- เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง
- ท่อกระจายน้ำอุดตันง่าย
- ราคาก่อสร้างสูง

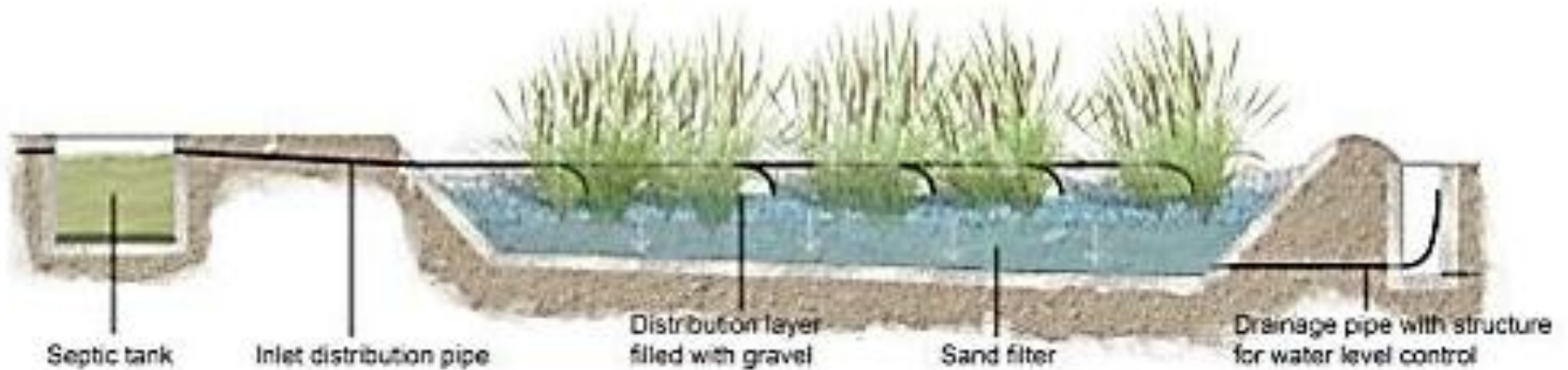
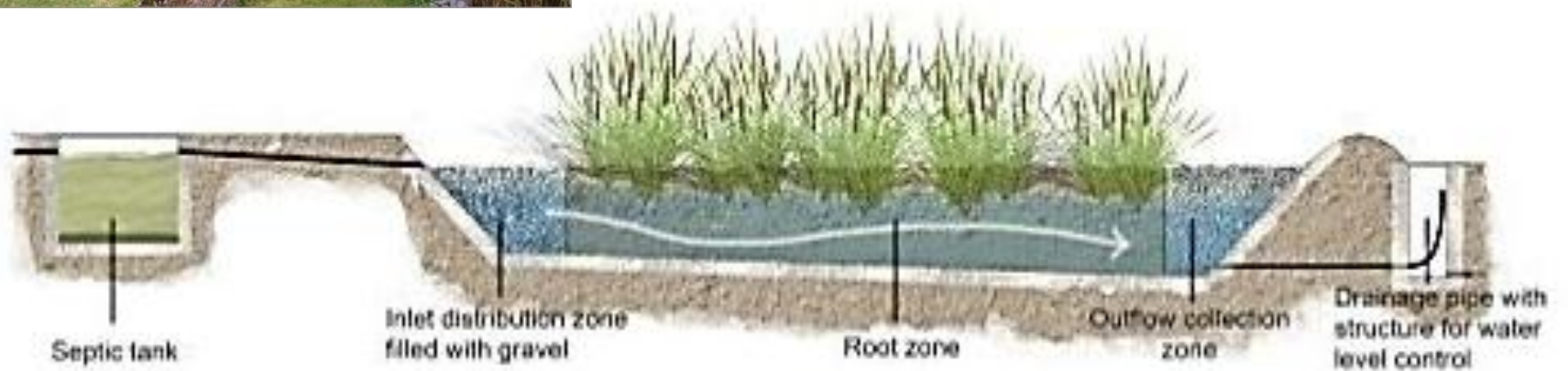
## 9. Wetland



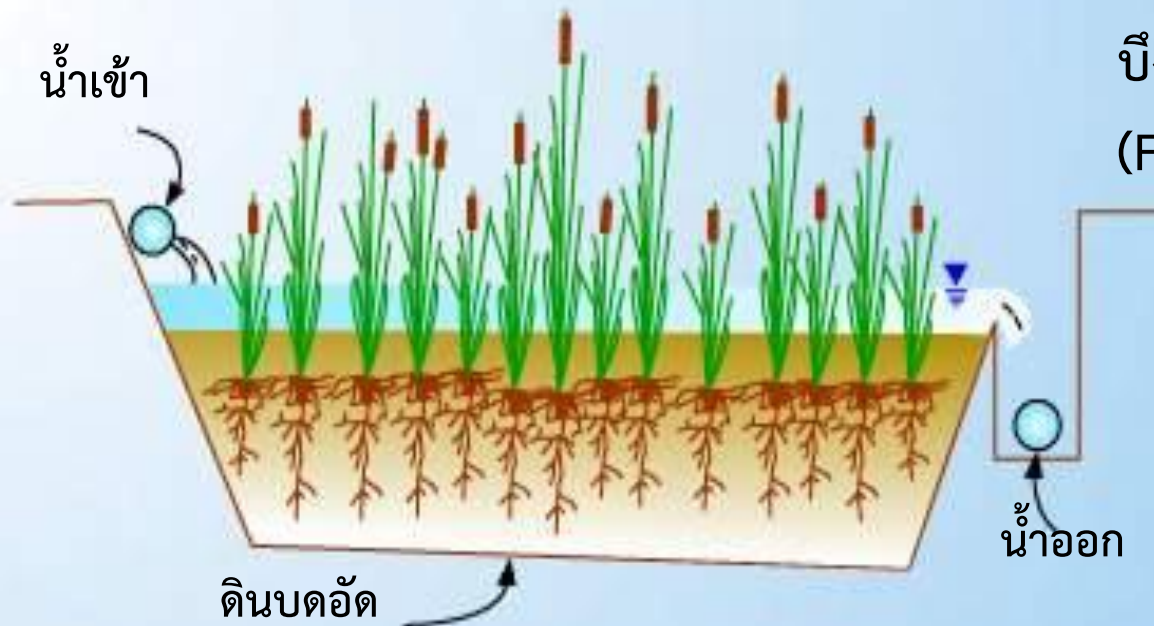
# Constructed wetlands







น้ำเข้า

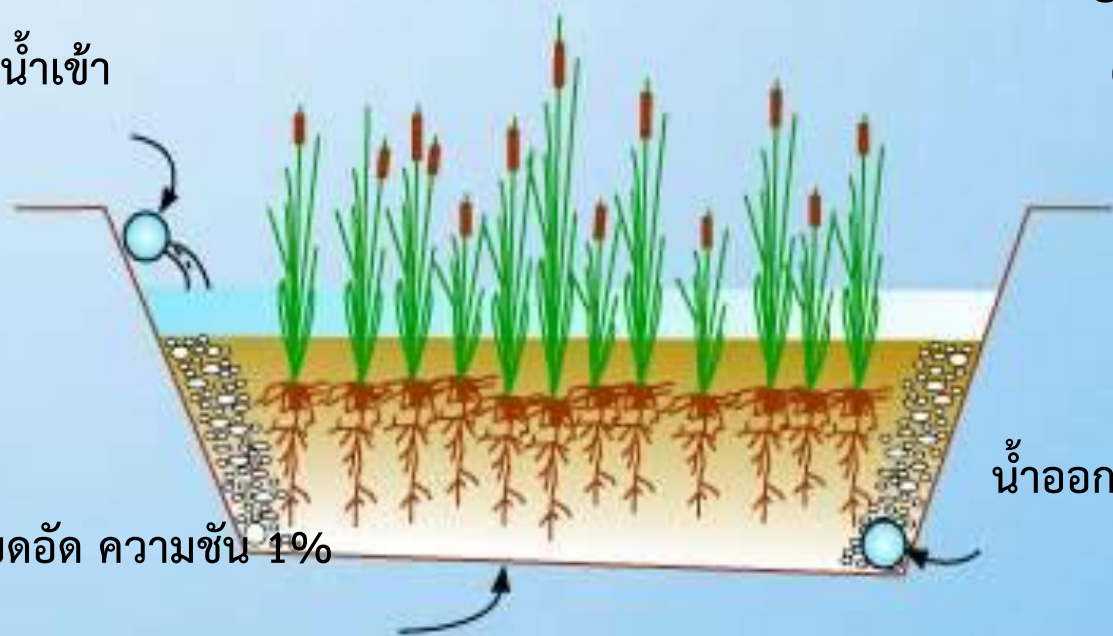


บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลบนผิวชั้นกรอง  
(Free Water Surface Systems)

ดินบดอัด  
ความชัน 1%

น้ำออก

น้ำเข้า



บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรอง  
(Subsurface Flow Systems)

น้ำออก

ดินบดอัด ความชัน 1%

## 9. Wetland

ระบบบึงประดิษฐ์	น้ำไหลบนผิวดิน	น้ำไหลใต้ผิวดิน
Water depth (cm.)	10 – 60	30 - 80
HRT (d)	4 - 15	4 - 15
BOD loading (g.BOD/m <sup>2</sup> /d)	< 6	11 - 13
DO (mg/L)	1	1
% BOD removal	75	75

- ต้องมีการตัดหญ้าและถอนวัชพืช เนื่องจากอาจเกิดการเน่าของพืช
- บำบัดไนโตรเจน (40-90%) และ SS (60-90%) (Koottatep et al., 2002)



การบำบัดทางชีวภาพไร้อากาศ

# ข้อดีของระบบไร้อากาศ

- \* ต้องการพลังงานในการเดินระบบต่ำ
- \* เกิดสลัดจ์ในปริมาณต่ำ
- \* ความต้องการสารอาหารน้อย ( $\text{BOD:N:P} = 100:1.1:0.2$ )
- \* ได้**ก๊าซมีเทน**เป็นแหล่งพลังงาน
- \* ใช้ถึงปฏิกิริยาที่มีขนาดเล็กกว่า
- \* สามารถฟื้นตัวได้เร็วเมื่อหยุดการให้น้ำเสียเป็นเวลานาน

# ข้อเสียของระบบไร้อากาศ

- \* ต้องการเวลาในการเริ่มระบบ (start up) นานเพื่อสร้างจุลินทรีย์
- \* ต้องการต่างในการควบคุมค่า pH
- \* ต้องการระบบบำบัดต่อเนื่องเพื่อให้ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง
- \* ไม่สามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพได้
- \* มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
- \* ระบบหยุดการทำงานเมื่อมีสารพิษ
- \* เกิดกลิ่นเหม็นและเกิดก๊าซที่กัดกร่อนโลหะ

สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่  
(แป้ง โปรตีน ฯลฯ)

ไฮโดรไลซิส

สารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก

การสร้างกรด

กรดไขมัน ( $C > 3$ )

การสร้างอะซิติก

กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก

ก๊าซไฮโดรเจน +  $CO_2$

การสร้างมีเทน

มีเทนและ  
คาร์บอนไดออกไซด์

# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้ออกซิเจน

## 1. อุณหภูมิ : $30 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (หรือมากกว่า)

อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง  $2 - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  มีผลต่อการผลิตก๊าซอย่างมาก  
ลดการเปลี่ยนได้เล็กน้อยโดยการหมุนเวียนน้ำ

## 2. pH : $6.7 - 7.4$

pH ต่ำเกิดการสะสมของกรดระเหยง่าย  
เป็นค่าที่สำคัญในการควบคุมระบบ

## 3. HRT และ SRT

HRT: ต้องพอเหมาะกับความจุของระบบ

HRT น้อย --> ขนาดถังปฏิกรณ์ลดลง แบคทีเรียหลุดออกจากระบบ  
มาก ประสิทธิภาพลด

SRT:  $> 100$  วัน

# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้ออกซิเจน

## 4. สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity)

- \* โดยมาก หมายถึง ค่าคาร์บอเนต ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) แสดงถึงกำลังบัฟเฟอร์ของระบบที่จะช่วยรักษาค่า pH ให้คงที่ เพื่อสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
- \* VFA ควรอยู่ในช่วง 200 – 400 mg/L
- \*  $\text{HCO}_3^-$  ควร  $> 1,000 \text{ mg/l as CaCO}_3$
- \*  $\text{VFA}:\text{HCO}_3^- < 0.4 =$  ระบบมีบัฟเฟอร์สูง
- \*  $\text{VFA}:\text{HCO}_3^- > 0.8 =$  บัฟเฟอร์ต่ำ pH ลดลงอย่างรวดเร็ว



# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้ออกซิเจน

## 5. ความเป็นพิษ

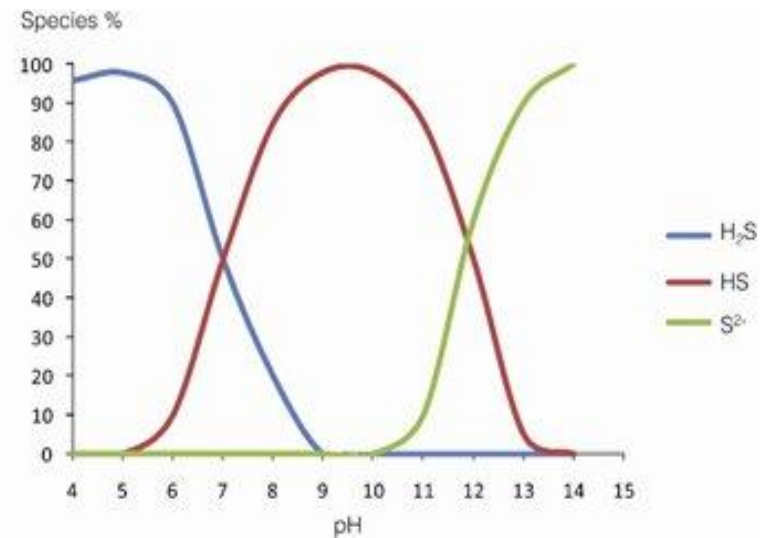
- \* แอมโมเนีย : จากการสลายตัวของโปรตีน
  - \* ที่  $\text{pH} < 7.2$  มักอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) ที่มีพิษน้อย
  - \* ที่  $\text{pH} > 7.2$  มักอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระ ( $\text{NH}_3$ ) มีพิษ
  - \* เป็นพิษที่ 1,500 – 3,000 mg/l
- \* โลหะหนัก
  - \* กลุ่มสร้างมีเทนต้องการ เหล็ก โคบอลต์ นิเกิล ในปริมาณต่ำ
  - \* เป็นพิษที่ความเข้มข้นสูง
  - \* แก้ไขโดยการเติมซัลไฟด์เพื่อตกตะกอนผลึกโลหะหนัก

# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้ออกซิเจน

## 5. ความเป็นพิษ

\* ซัลไฟด์ :  $S_2^-$

- \*  $S_2^- < 100 \text{ mg/l}$  เป็นสารอาหารที่จำเป็น
- \*  $S_2^- > 100 \text{ mg/l}$  ตกตะกอนผลึกโลหะ ทำให้ขาดโลหะบางชนิด และเปลี่ยนเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ควบคุมด้วย  $BaCl_2$ ,  $FeCl_3$
- \*  $SO_4^{2-} + \text{Org.} \rightarrow S^{2-} + H_2O + CO_2$
- \*  $S^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons H_2S$



# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้ออกซิเจน

## 6. ศักยภาพการให้และรับอิเล็กตรอน (Oxidation-Reduction Potential)

- \* มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน ( $e^-$ ) จากสารหนึ่งไปสู่อีกสารหนึ่ง
- \* ความแตกต่างของการให้และรับ  $e^-$  ของปฏิกิริยาทั้งสองเรียกว่า ออกซิเดชัน-รีดักชัน โพเทนเชียล (โออาร์พี, ORP)
- \* ค่า ORP แสดงความสามารถในการรับ  $e^-$  ของสารละลาย
- \* ค่า ORP เป็นบวกมาก = รับ  $e^-$  ได้ดี เช่น มีออกซิเจน คลอรีน
- \* ค่า ORP เป็นลบ = ให้  $e^-$  ได้ดี
- \* ค่า ORP ควรอยู่ระหว่าง -300 ถึง -500 mV

# ประเภทของแอนแอโรบิก

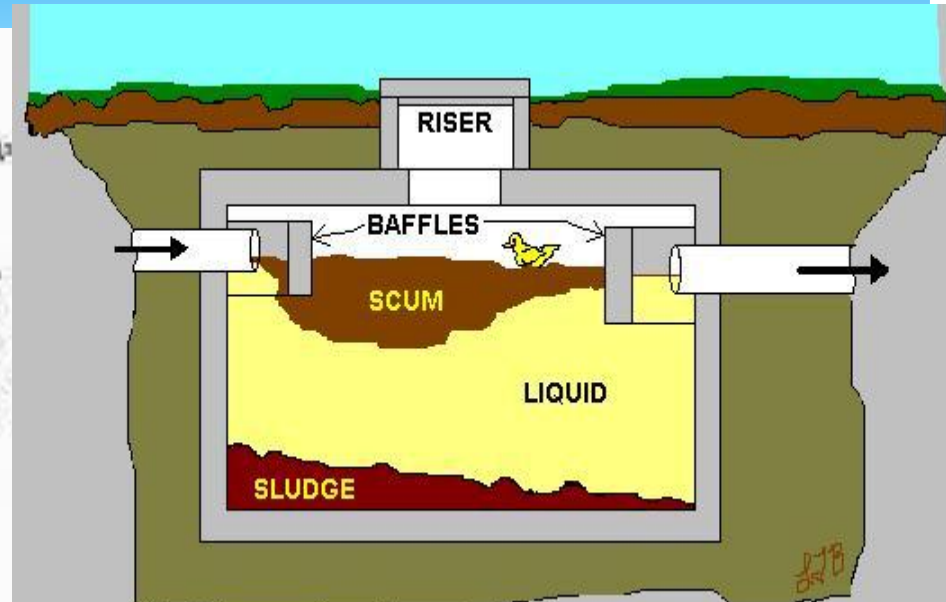
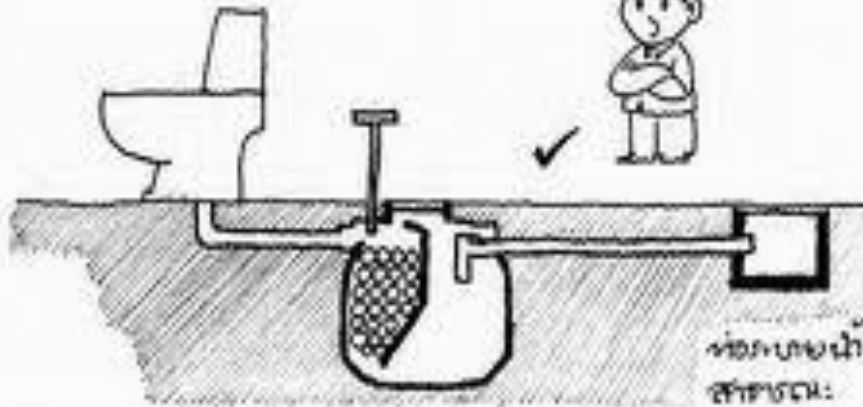
1. บ่อเกรอะ/บ่อซึม (Septic tank/Cesspool)
2. บ่อแอนแอโรบิกหรือบ่อเหม็น (Anaerobic Pond)
3. ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)
4. ถังย่อยแบบแยกเชื้อ (Two phase Digestion)
5. ระบบบวมเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)
6. บ่อปิดคลุม (Covered lagoon)

# 1. บ่อเกรอะ/บ่อซึม

ระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึม

X ห้ามต่อท่อน้ำเสีย

ระบบทิ้งสำเร็จ

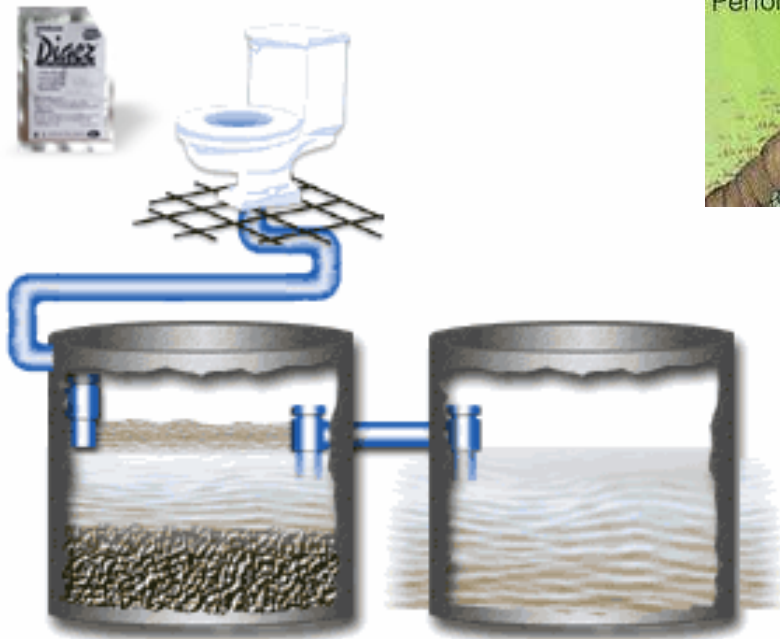
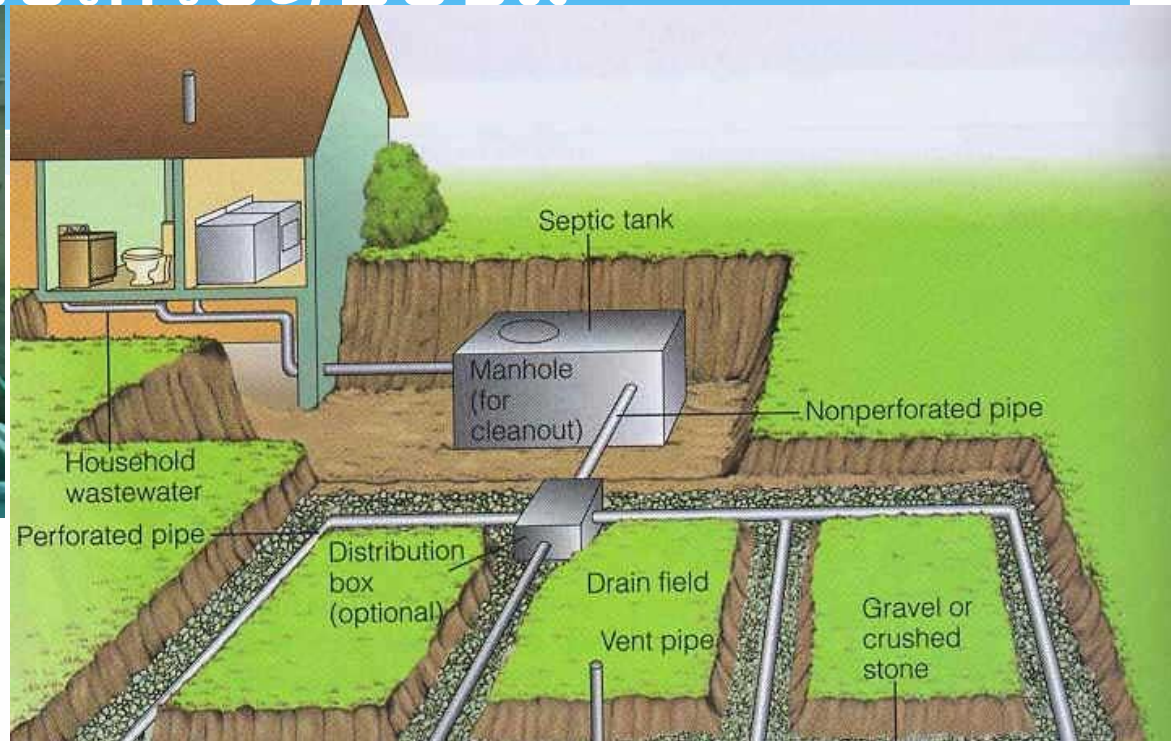




# 1. บ่อเกรอะ/บ่อซึม

- \* Septic Tank มีลักษณะเป็นบ่อปิด ซึ่งน้ำซึมไม่ได้และไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นสภาวะในบ่อจึงเป็นแบบไร้อากาศ (Anaerobic) โดยทั่วไปมักใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากส้วม คร้ว อาคารสำนักงานหรือน้ำเสียอื่นๆ
- \* อัตราการเกิดกากตะกอนประมาณ 1 ลิตร/คน/วัน
- \* ระยะเวลาที่เก็บควร > 24 ชม.
- \* ต้องมีท่อระบายอากาศ (vent)
- \* ต้องมีการสูบกากตะกอนในบ่อเกรอะ ทุกประมาณ 2-3 ปี
- \* ระวังสิ่งที่ย่อยหรือสลายยาก เช่น พลาสติก ผ้าอนามัย กระดาษชำระ
- \* ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ร้อยละ 40 - 60
- \* น้ำทิ้งจากบ่อเกรอะยังคงมีค่าบีโอดีสูงเกินค่ามาตรฐาน

# 1. บ่อเกรอะ/บ่อซึม



## 2. บ่อเหม็น

- \* ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงๆ
- \* สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้
- \* เป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ลึก 3 – 5 เมตร เวลาเก็บกัก 20 – 50 วัน
- \* มีกลิ่นเหม็น ควรอยู่ไกลจากชุมชน
- \* ราคาถูก



### 3. Anaerobic Filter

- \* ถังสูงคล้ายถังกรอง ภายในบรรจุตัวกลาง เช่น พลาสติก
- \* น้ำเสียเข้าทางด้านล่าง แบคทีเรียยึดเกาะติดกับตัวกลาง
- \* ตัวกลางพลาสติกมีพื้นที่ผิวจำนวนมาก ( $> 100$  ตร.ม./ลบ.ม.)
- \* ที่อัตราการระชีโอดี 1 – 6 กก./ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพอาจถึง 90 %
- \* ปัญหา :
  - \* การอุดตัน การสะสมของของแข็งในตัวกลาง เกิดการไหลลัดวงจร
  - \* การกระจายน้ำเสียเข้าอย่างทั่วถึง
- \* ข้อได้เปรียบ : อัตราการสลายอินทรีย์สูง การเดินระบบง่าย
- \* ข้อเสียเปรียบ : ตัวกลางมีราคาแพง เกิดการอุดตันง่าย

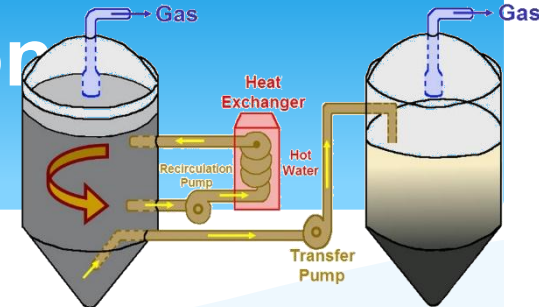


### 3. Anaerobic Filter



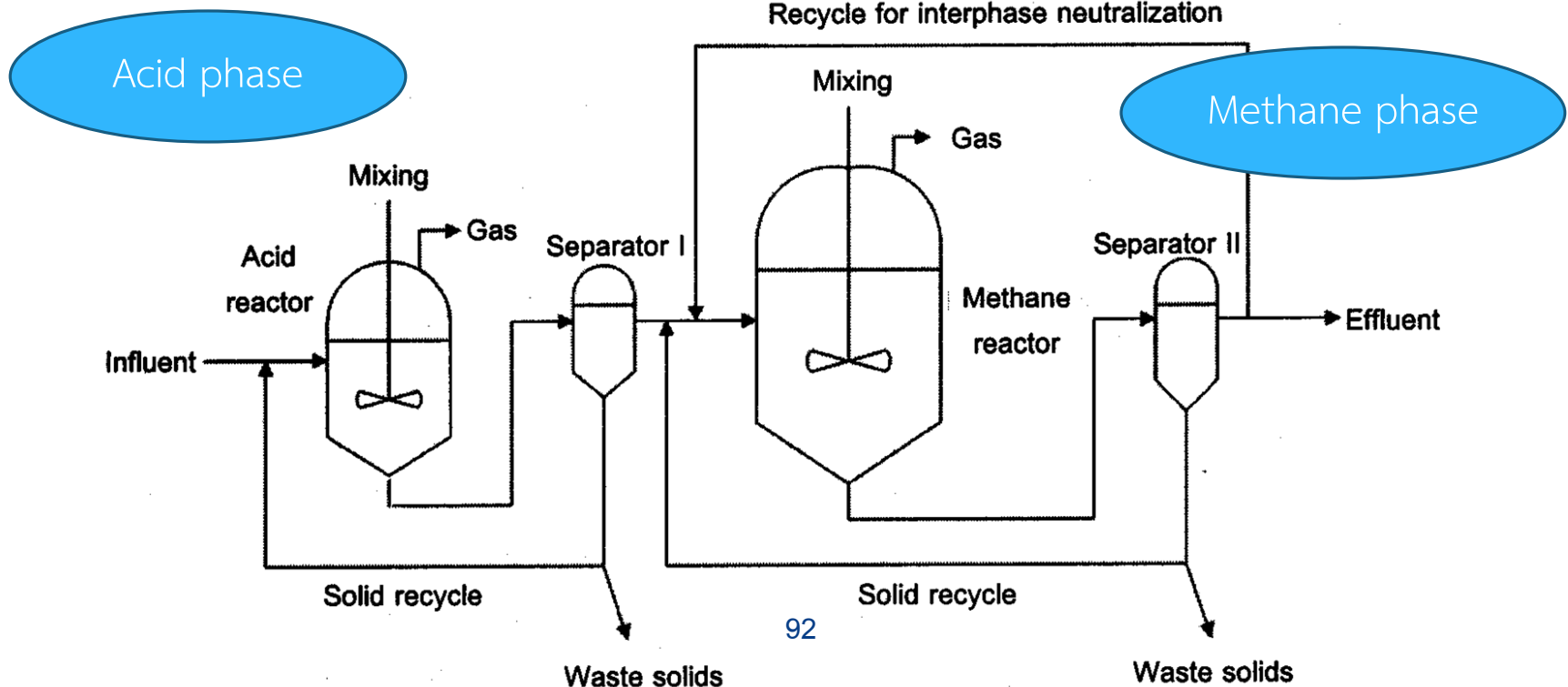


## 4. Two phase Digestion



ประกอบด้วยถังปฏิกรณ์ 2 ใบ

- \* ใบแรกควบคุมการสร้างกรดอะซิติก มีการระบาย  $H_2$  pH = 6
- \* ใบที่สองควบคุมการผลิตก๊าซมีเทน pH = 7



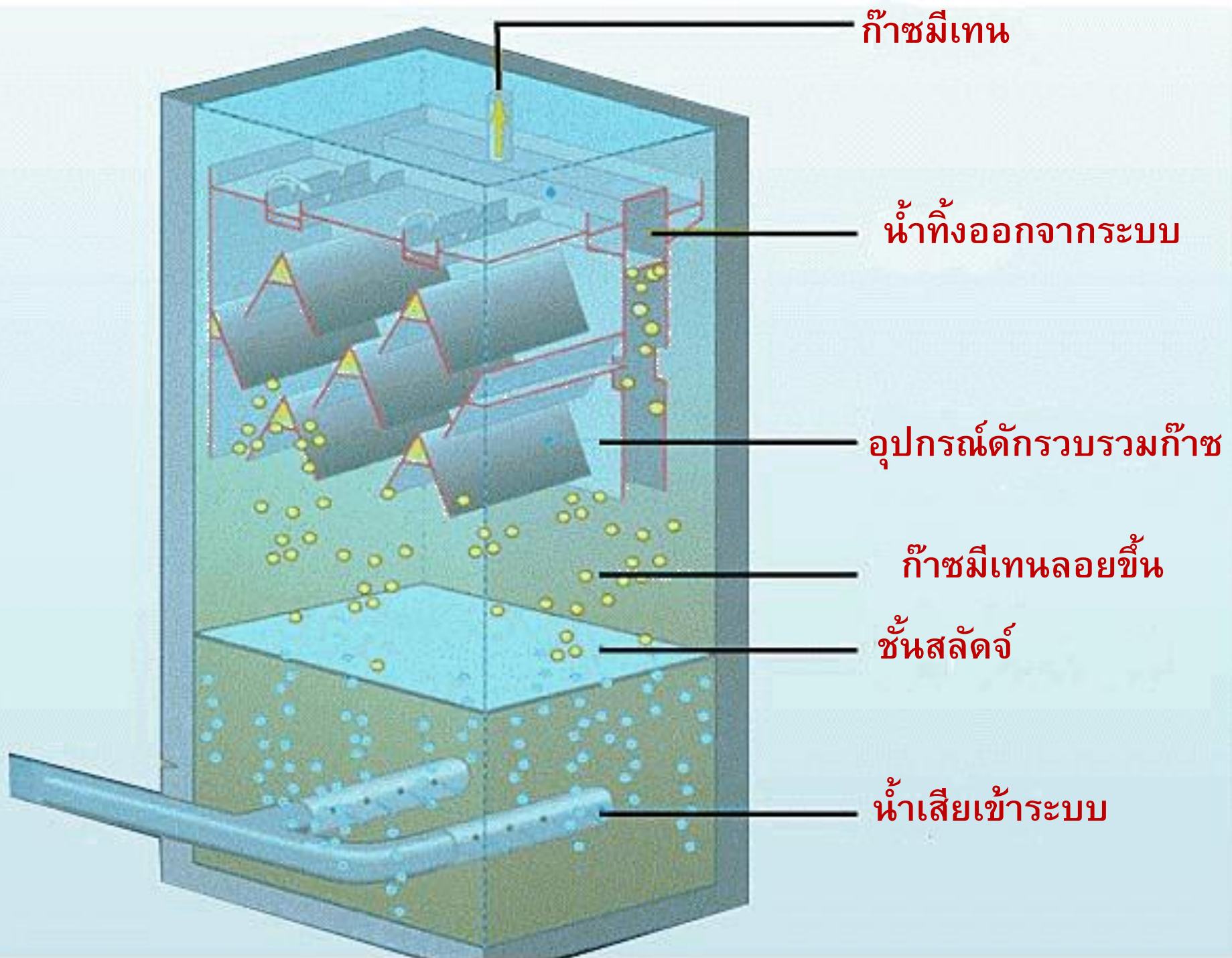
## 5. UASB

### Upflow Anaerobic Sludge Blanket

- \* แบคทีเรียถูกเลี้ยงให้จับตัวเป็นก้อน มีน้ำหนักมาก ตกตะกอนได้ดี
- \* น้ำเสียเข้าทางด้านล่าง ทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัว
- \* เม็ดแบคทีเรียขนาด 1 – 3 มม.
- \* มีประสิทธิภาพสูง เพราะมีแบคทีเรียจำนวนมาก
  - \* ช่วงกระจายตัวด้านบนมีความเข้มข้น 5 – 40 ก./ล.
  - \* ช่วงด้านล่างของถังมีความเข้มข้น 50 – 100 ก./ล.
- \* HRT 4 - 8 ชม. SRT 30-50 วัน
- \* ความเร็วของน้ำไหลขึ้น 2 – 6 ม./ชม.

## 5. UASB

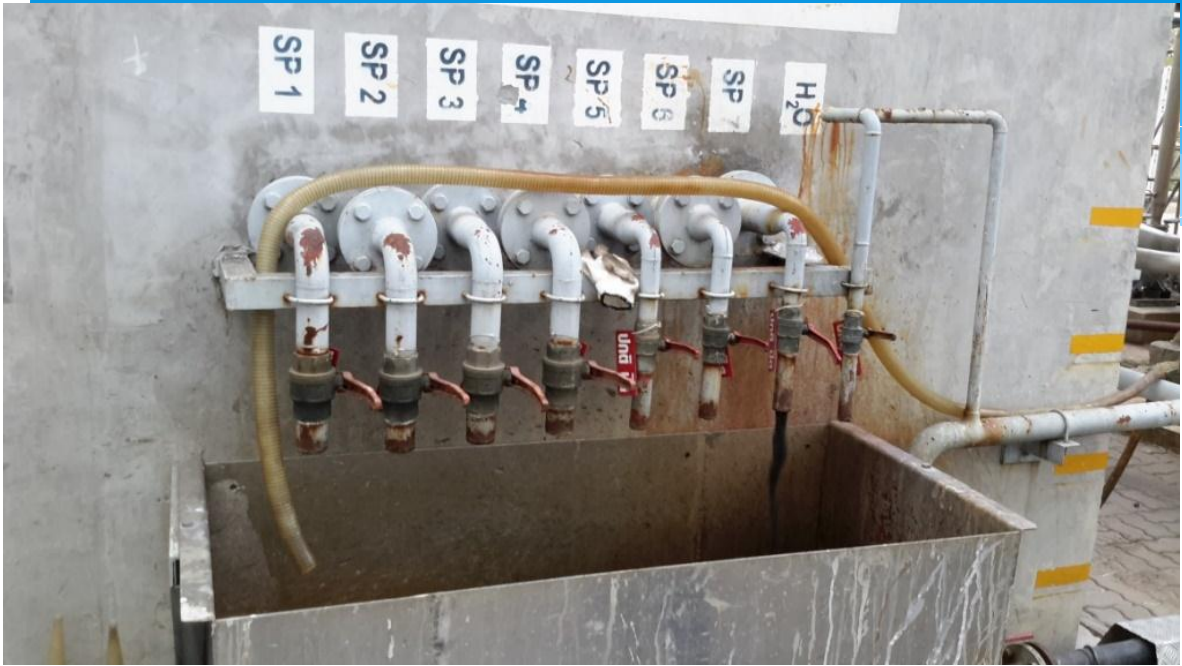
- \* ความลึกถัง > 4.5 ม.
- \* ขนาดชั้นตะกอน 2 – 2.5 ม.
- \* อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ  $\sim 0.38 \text{ m}^3/\text{COD removal}$
- \* ที่อัตราการระชีโอดี 12 – 20 กก./ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพ 75-90 %  
สำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง
- \* ข้อได้เปรียบ : อัตราการสารถอินทรีย์สูง ระยะเวลาที่กักต่ำ ไม่ต้องการ  
ตัวกลางที่มีราคาแพง
- \* ข้อเสียเปรียบ : น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยมากจะทำให้เกิดเม็ด  
แบคทีเรียได้ยาก



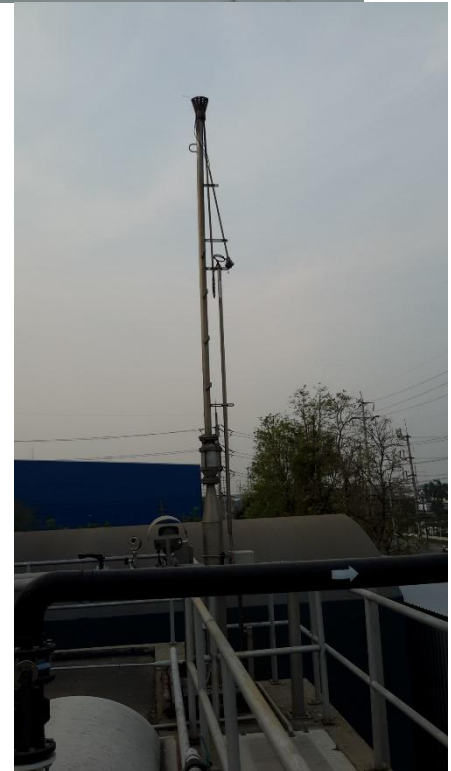














## 6. Covered lagoon

- \* บ่อปิดคลุมด้วย HDPE
- \* HRT 30-45 days
- \* Depth > 4 m
- \* ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD > 60%
- \* ดูแลไม่ยุ่งยาก
- \* ค่าติดตั้งไม่สูง
- \* อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ต่ำ ( $1-2 \text{ kg/m}^3\text{-d}$ )
- \* ต้องการพื้นที่มาก
- \* เพิ่มประสิทธิภาพด้วยการหมุนเวียนน้ำ
- \* ฤดูกาลมีผล

