ระบบบำบัดน้ำเสีย

บรรยายโดย...
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธนา มหัจฉริยวงศ์
กรรมการสภาวิศวกร สมัยที่ 7
รองเลขาธิการสภาวิศวกร
อนุกรรมการกำกับดูแลวิศวกรอาสา สภาวิศวกร

ประวัติวิทยากร

ผศ.ยุทธนา มหัจฉริยวงศ์

จบการศึกษา

- ระดับปริญญาโท วศ.ม. (วิศวกรรมสุขาภิบาล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (พ.ศ.2523)
- ระดับปริญญาตรี วศ.บ.(วิศวกรรมโยธา) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (พ.ศ.2518)

การทำงานปัจจุบัน

- รองเลขาธิการสภาวิศวกร สมัย 7
- ประธานอนุกรรมการสวัสดิการและสมาชิกสัมพันธ์ สภาวิศวกร
- ประธานอนุกรรมการถ่ายโอนเทคโนโลยีและนวัตกรรม สภาวิศวกร
- ประธานคณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ว.ส.ท.
- นายกสมาคมที่ปรึกษาสิ่งแวดล้อมไทย (สท.สท.)
- เคยเป็นอาจารย์พิเศษมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเสียคืออะไร ????

น้ำเสีย คือ น้ำที่ผ่านการนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิต เป็นน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการของคนทั่วไป

Council of Engineers™

ประเภทน้ำเสีย

- น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (Domestic Wastewater)
- น้ำเสียจากการเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater)
- น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

Council of Engineers™

ลักษณะของน้ำเสีย

- ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics)
- ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics)
- ลักษณะทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

Council of Engineers™

ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics)

- สี
- กลิ่น
- ความขุ่น
- อุณหภูมิ
- สภาพการนำไฟฟ้า
- ของแข็งต่างๆ

Council of Engineers™

ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics)

- สารอินทรีย์ (Organic Matter)
- ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)
- คลอไรด์ (Chlorides)
- ไขมันและน้ำมัน (Oil & Grease)
- ไนโตรเจน (Nitrogen)
- ฟอสฟอรัส (Phosphorus)
- ซัลเฟอร์ (Sulfur)
- โลหะหนัก (Heavy Metals)
- ก๊าซ (Gases)

ลักษณะทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

ได้แก่ จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก ๆ ซึ่งไม่อาจจะมองด้วยตาเปล่าได้ ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ เช่น

- แบคทีเรีย
- รา
- สาหร่าย
- โปรโตซัว

ลักษณะการไหลของน้ำเสีย

จะแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดของน้ำเสีย เนื่องมาจากกิจกรรมการใช้น้ำที่ไม่เหมือนกัน คือ น้ำเสียชุมชนอัตราการไหลขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารต่าง ๆ ส่วนน้ำเสียอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตและปริมาณน้ำใช้ในอุตสาหกรรมนั้น ๆ เป็นต้น

Council of Engineers™

อัตราการไหลของน้ำเสียและค่าบีโอดีจากชุมชนของอาคารประเภทต่าง ๆ

	(ลิตร/วัน-หน่วย(1))	(กรัม/วัน-หน่วย(2))	
อาคารชุด / บ้านพัก	520	48	ยูนิต
โรงแรม	1061	123	ห้อง
หอพัก	78	76	ห้อง
สถานบริการ	410	26	ห้อง
หมู่บ้านจัดสรร	179	12.6	คน
โรงพยาบาล	800	94	เตียง
โรงมหรสพ	-	0.57	ที่นั่ง
ภัตตาคาร	25	53	ตารางเมตร
ตลาด	69	21	ตารางเมตร
ห้างสรรพสินค้า	4.6	0.27	ตารางเมตร

Council of Engineers™

อัตราการไหลของน้ำเสียจากโรงงานประเภทต่าง ๆ

ประเภทของโรงงาน	หน่วย	อัตราการไหล (ลิตร/หน่วย.วัน)	ประเภทของโรงงาน	หน่วย	อัตราการไหล (ลิตร/หน่วย.วัน)
นม	ลบ.ม./ตัน	2 - 7	นมเปรี้ยว	ลบ.ม./ตัน	20
เนยแข็ง	ลบ.ม./ตัน	10	เนยเหลว	ลบ.ม./ตัน	20
ขนมปัง	ลบ.ม./ตัน	2 - 4	ขนมช๊อคโกแลต	ลบ.ม./ตัน	15 - 17
ไอครีม	ลบ.ม./ตัน	10	มันฝรั่งสำเร็จรูป	ลบ.ม./ตัน	8
ผักกระป๋อง	ลบ.ม./ตัน	2 - 14	ปลากระป๋อง	ลบ.ม./ตัน	16 - 20
ผลไม้กระป๋อง	ลบ.ม./ตัน	1 - 3	เหล้า	ลบ.ม./ตัน	60 - 80
ไวท์	ลบ.ม./ตัน	3	เบียร์	ลบ.ม./ตัน	10 - 20
พลาสติก	ลบ.ม./ตัน	500	กระดาษ	ลบ.ม./ตัน	200 - 800
ไม้อัด	ลบ.ม./ตัน	12	ยาง	ลบ.ม./ตัน	100
ซักผ้า	ลบ.ม./ตัน	20 - 30	กระเบื้องถ้วยชาม	ลบ.ม./ตัน	3 - 40
เหล็กกล้า	ลบ.ม./ตัน	65 - 200	ย้อมผ้า	ลบ.ม./ตันฝ้าย	200 - 300
ซีเมนต์	ลบ.ม./ตัน	2 - 3	เหล็กหล่อ	ลบ.ม./ตัน	3 - 8
โรงฆ่าวัว	ลิตร/(ตัว.วัน)	40 - 50	โรงฆ่าไก่	ลิตร/(ตัว.วัน)	0.3 - 0.4
กลั่นน้ำมัน	ลบ.ม./ลบ.ม. น้ำมัน	3 - 70	โรงรีดนม	ลิตร/(ตัว.วัน)	70 - 80

Council of Engineers™

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

1. ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment)
2. ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)
3. ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)
4. ระบบการฆ่าเชื้อโรคและการบำบัดตะกอน/สลัดจ์ (Disinfecting and Sludge Treatment)

ระบบบำบัดขั้นต้น

- การดักด้วยตะแกรง (Screening)
- การกำจัดกรวด-ทราย (Grit removal)
- การตกตะกอน (Sedimentation)
- การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and grease removal)

Council of Engineers™

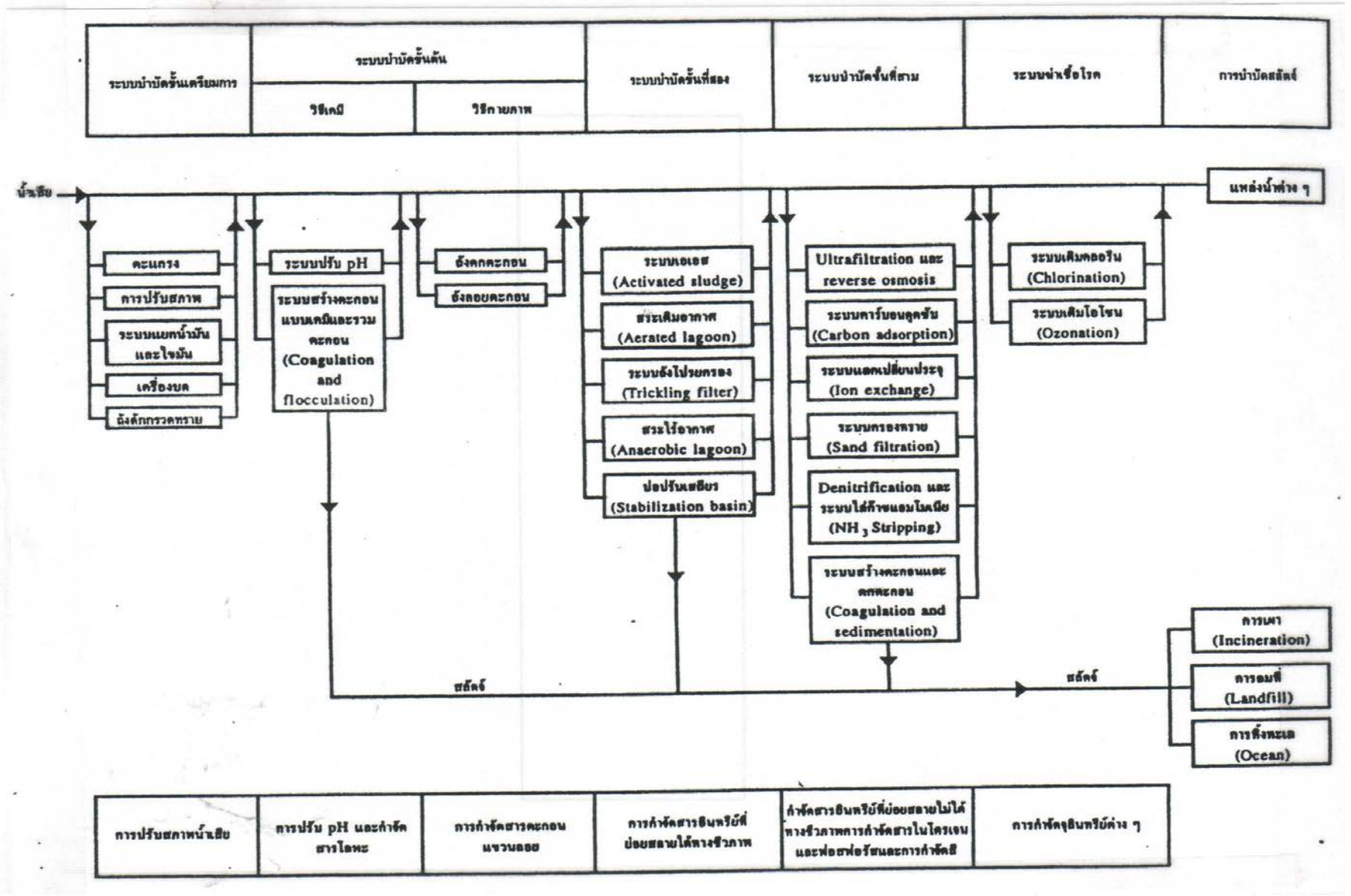
ระบบบำบัดขั้นที่สอง

- ระบบเอเอส (Activated Sludge)
- ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)
- ระบบคูวนเวียน (Oxidation Ditch)
- ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)
- ระบบทริคคลิงฟิลเตอร์ (Trickling Filter)
- ระบบอาร์บีซี (RBC)
- ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket,UASB)

ระบบบำบัดขั้นที่สาม

กำจัดสารแขวนลอยและสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากการบำบัดขั้นที่สอง เพื่อให้น้ำที่ได้ผ่านการบำบัดแล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

กระบวนการบำบัดน้ำเสียและหน้าที่หลักของแต่ละระบบ



แนวทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

- ลักษณะของน้ำเสีย
- ระดับของการบำบัด
- สภาพของท้องถิ่น
- ความยากง่ายของการดูแลรักษาระบบ
- ระบบมีประสิทธิภาพและราคาประหยัด

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

1. กระบวนการทางกายภาพ

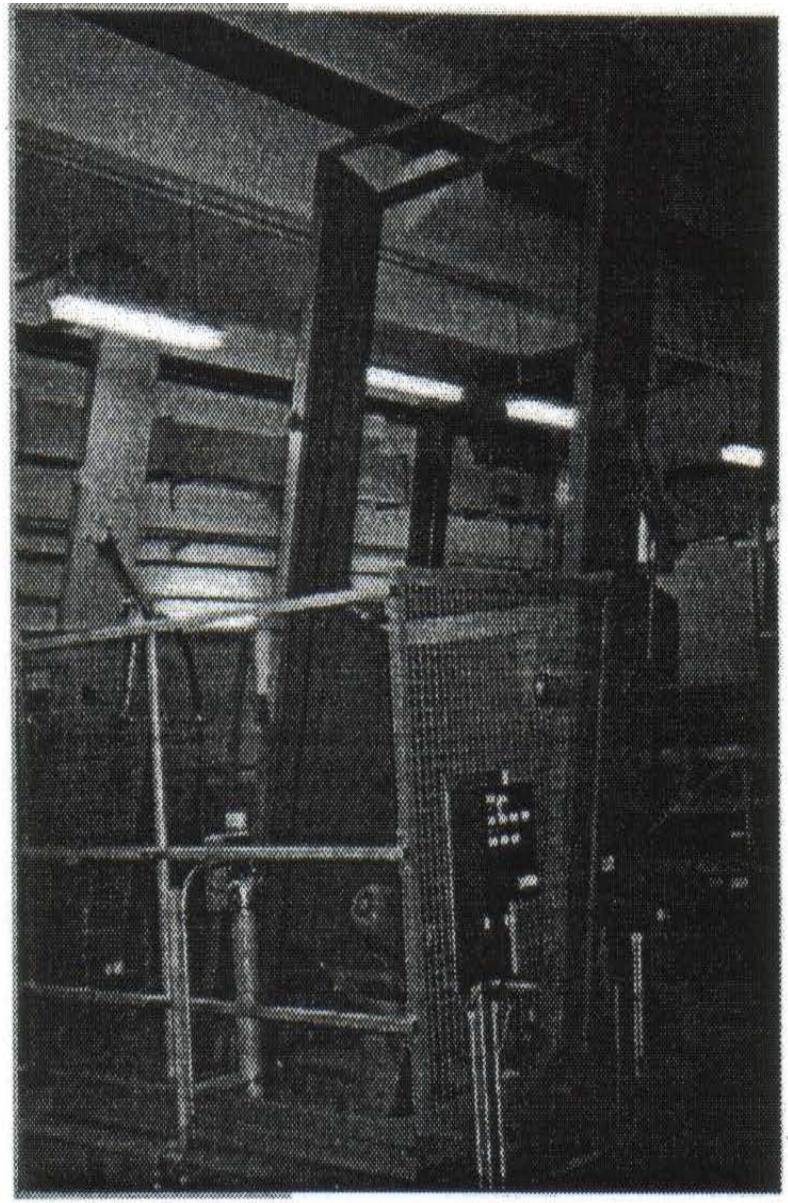
2. กระบวนการทางเคมี

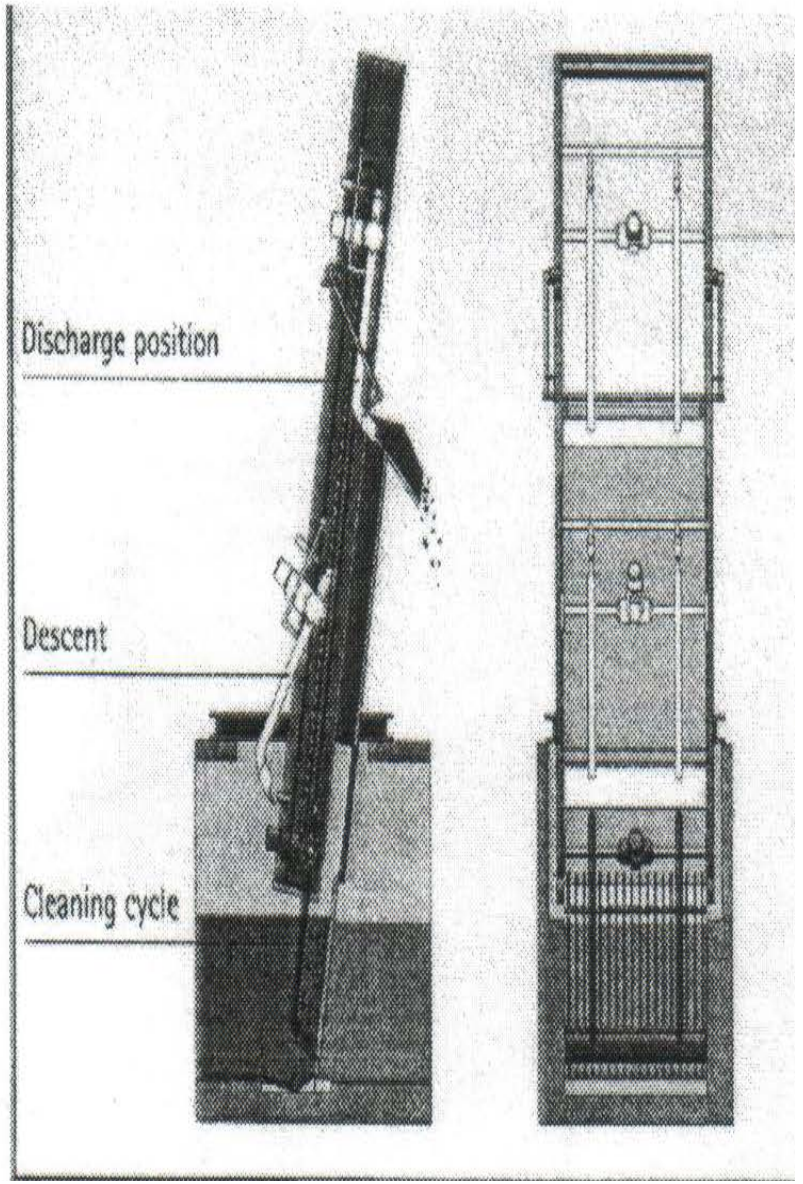
3. กระบวนการทางชีวภาพ

Council of Engineers™

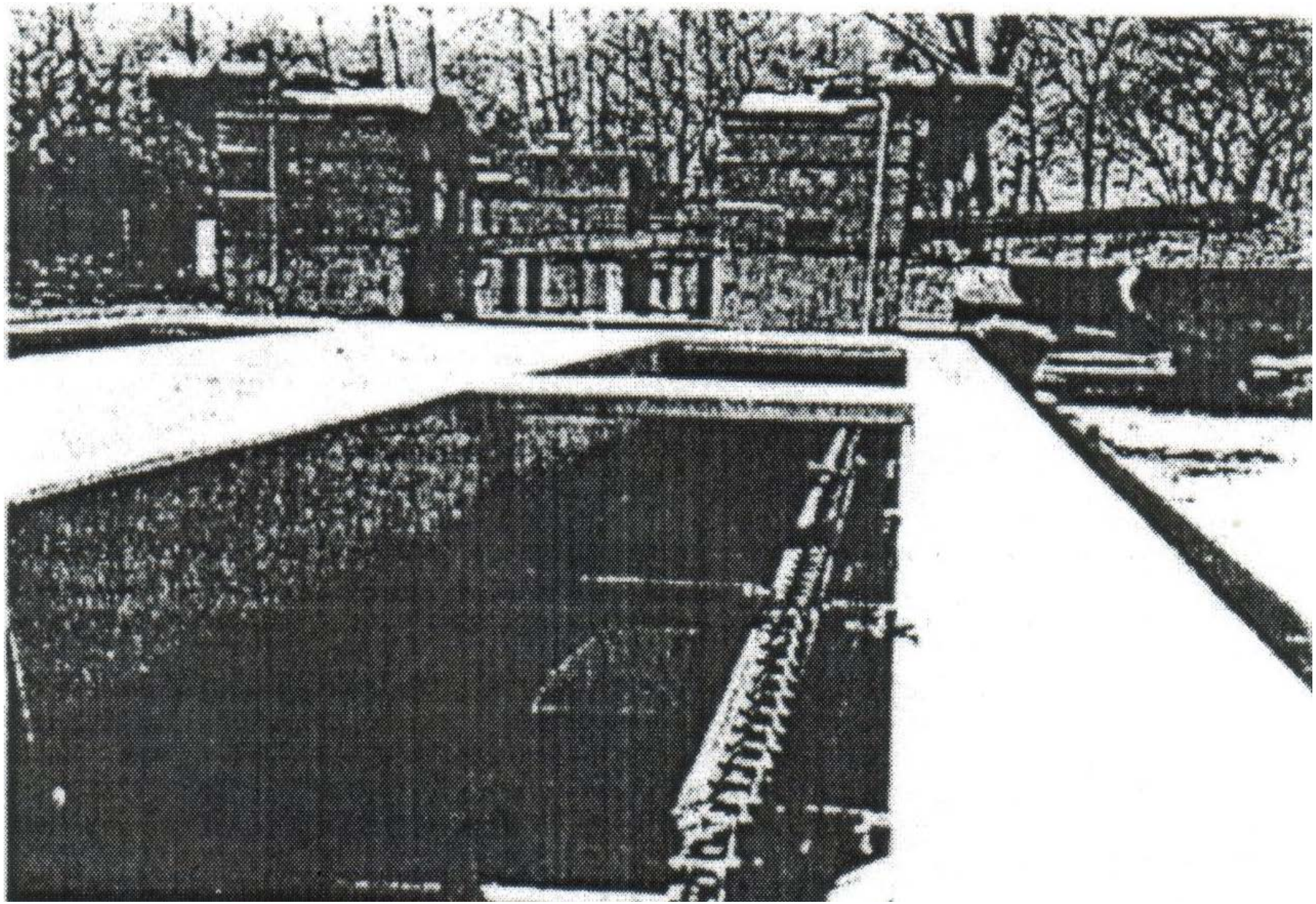
กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ

- ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด
- ถังดักกรวดทราย
- ถังดักไขมันและน้ำมัน
- ถังตกตะกอนขั้นต้น
- ถังตกตะกอนขั้นที่สอง

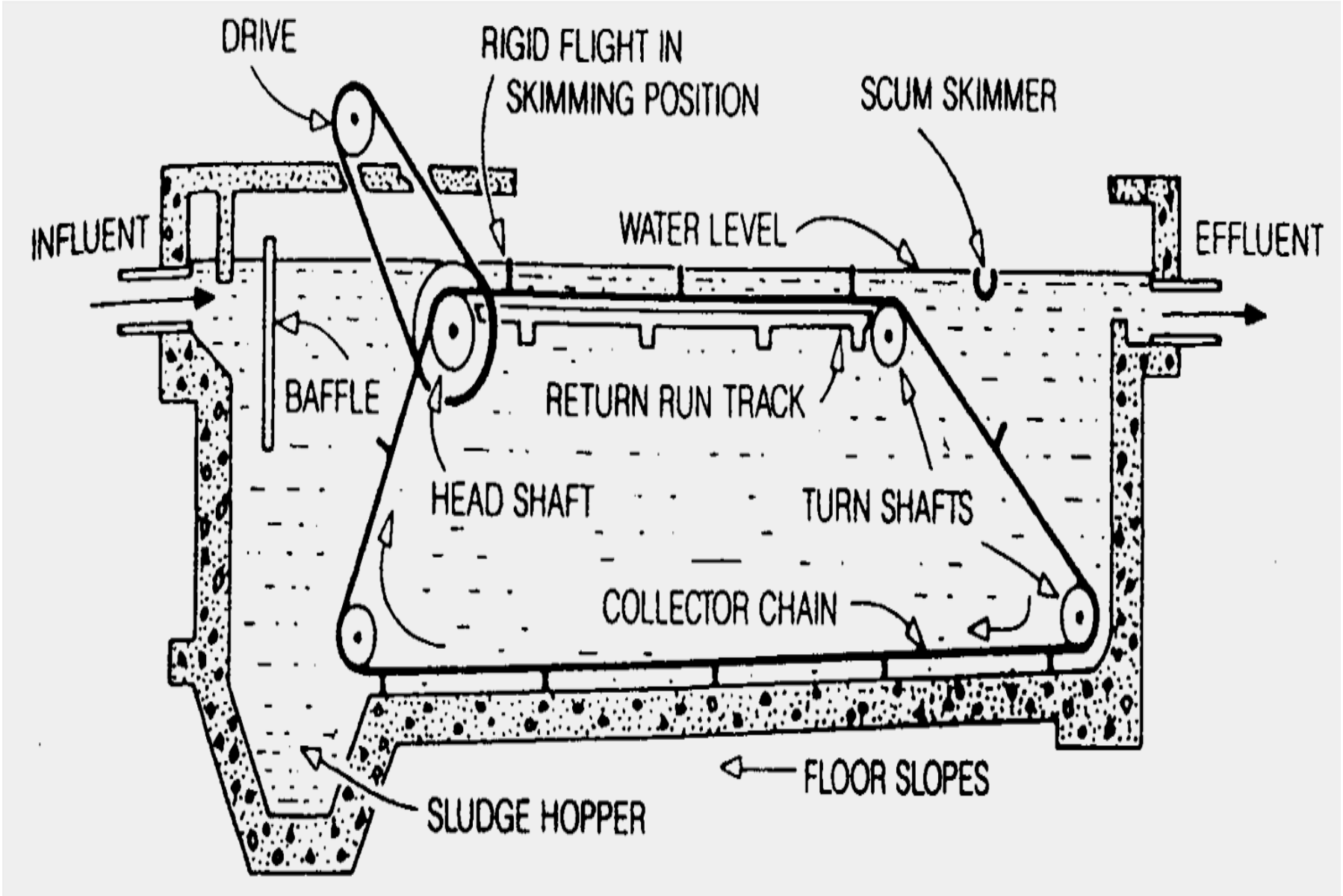




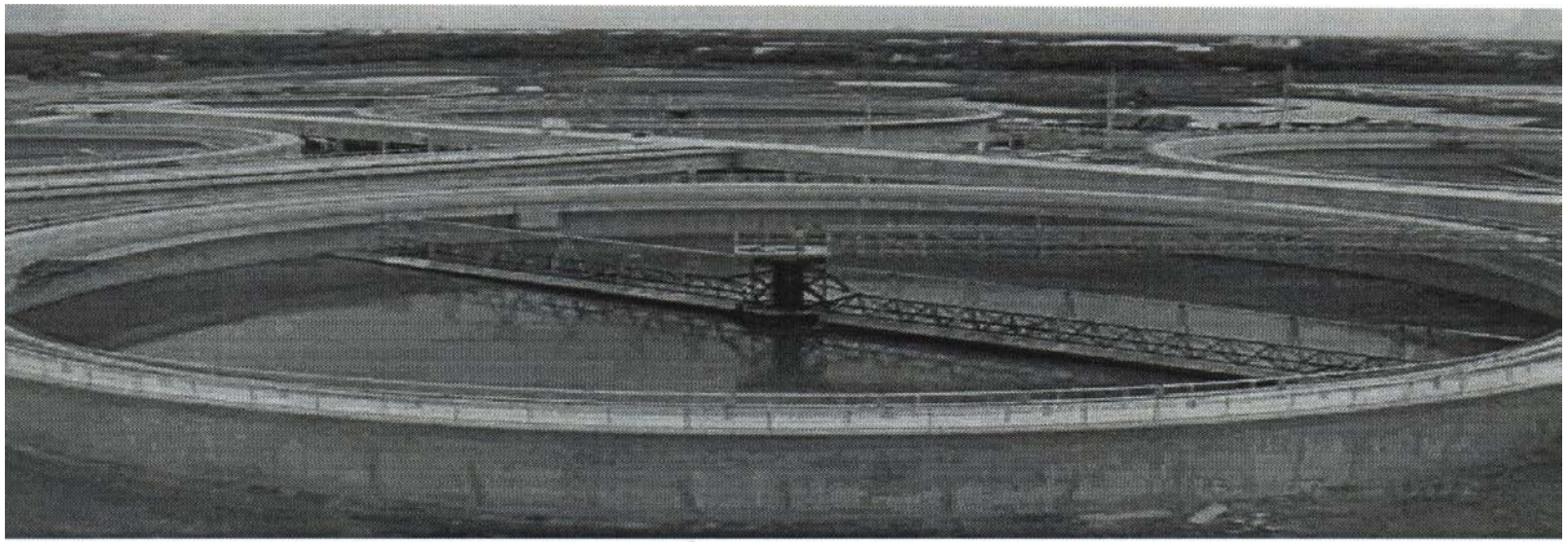
ตะแกรงสำหรับดักจับของแข็งที่มากับน้ำเสีย

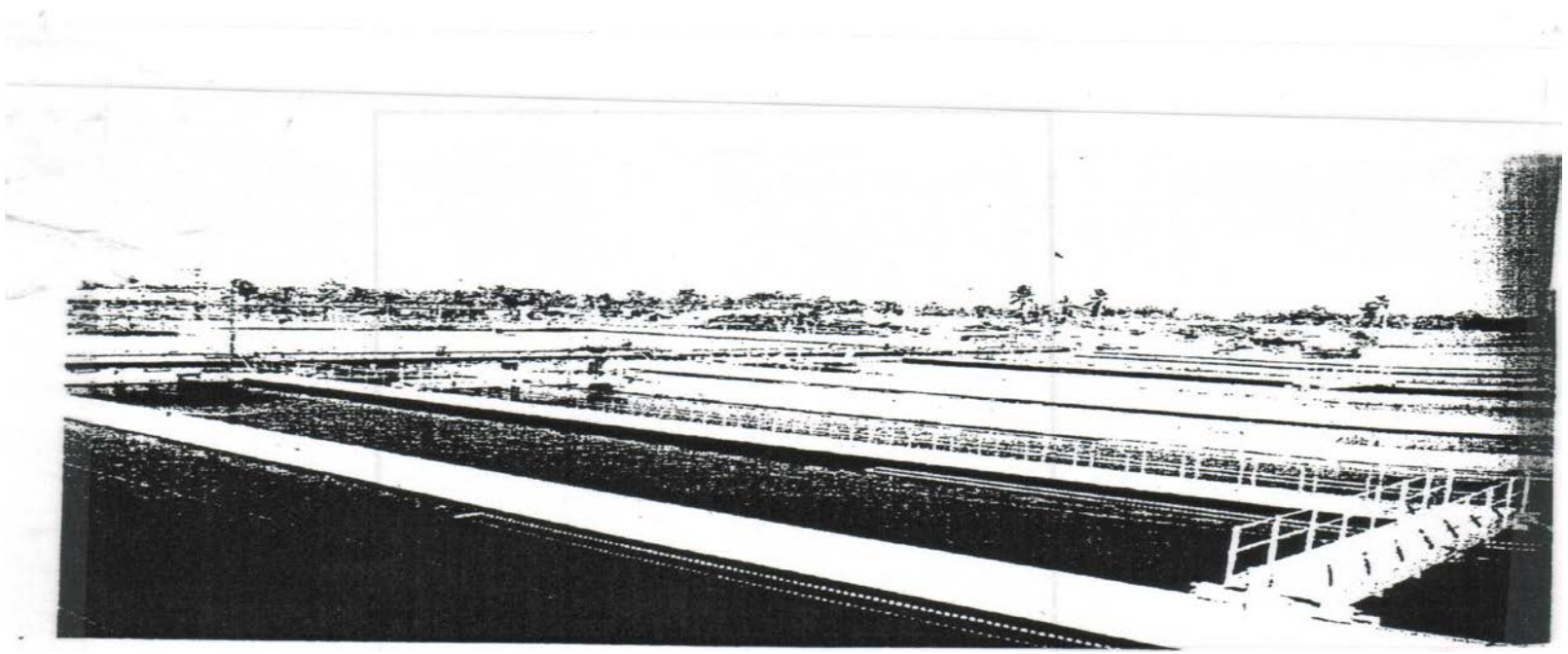


ถังดักกรวดทราย

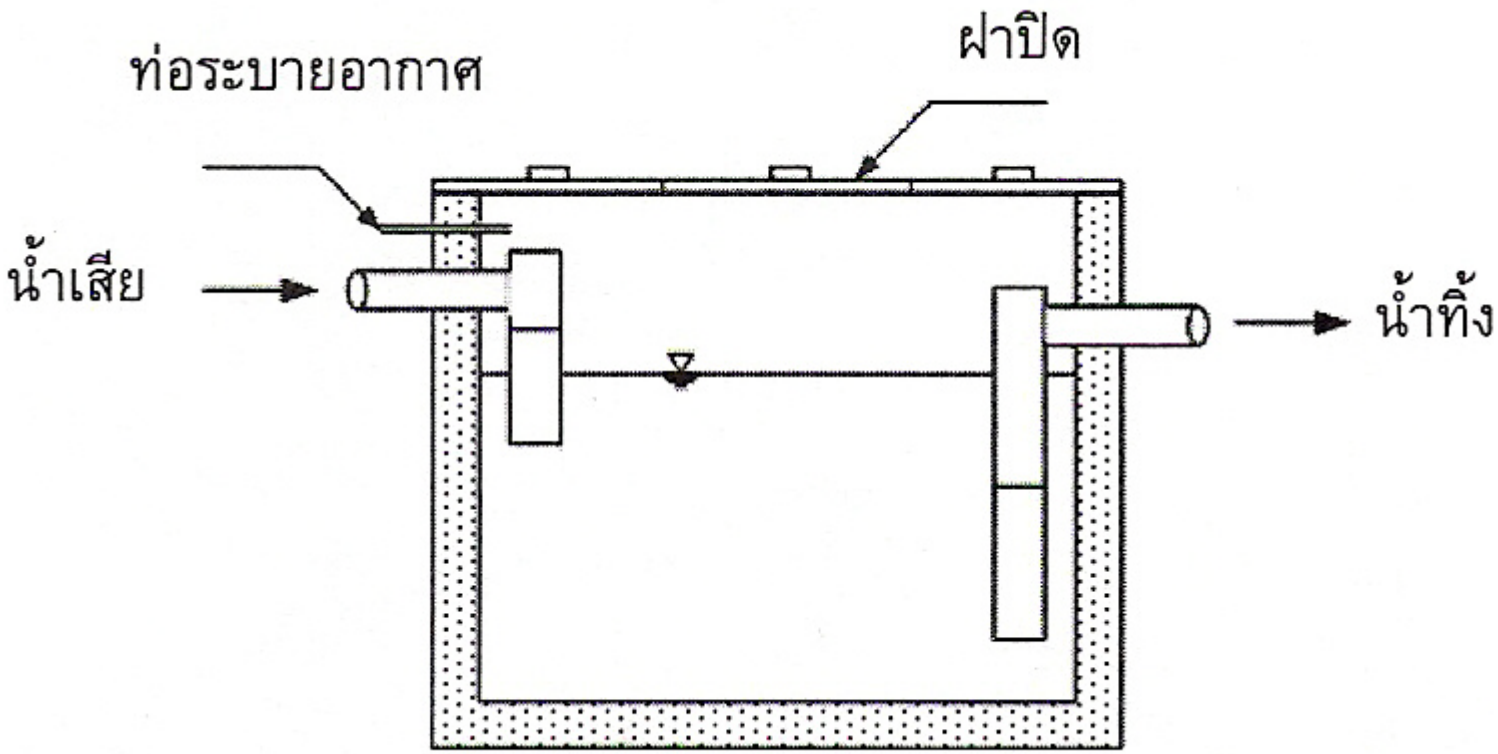


ถังตกตะกอนขั้นต้นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

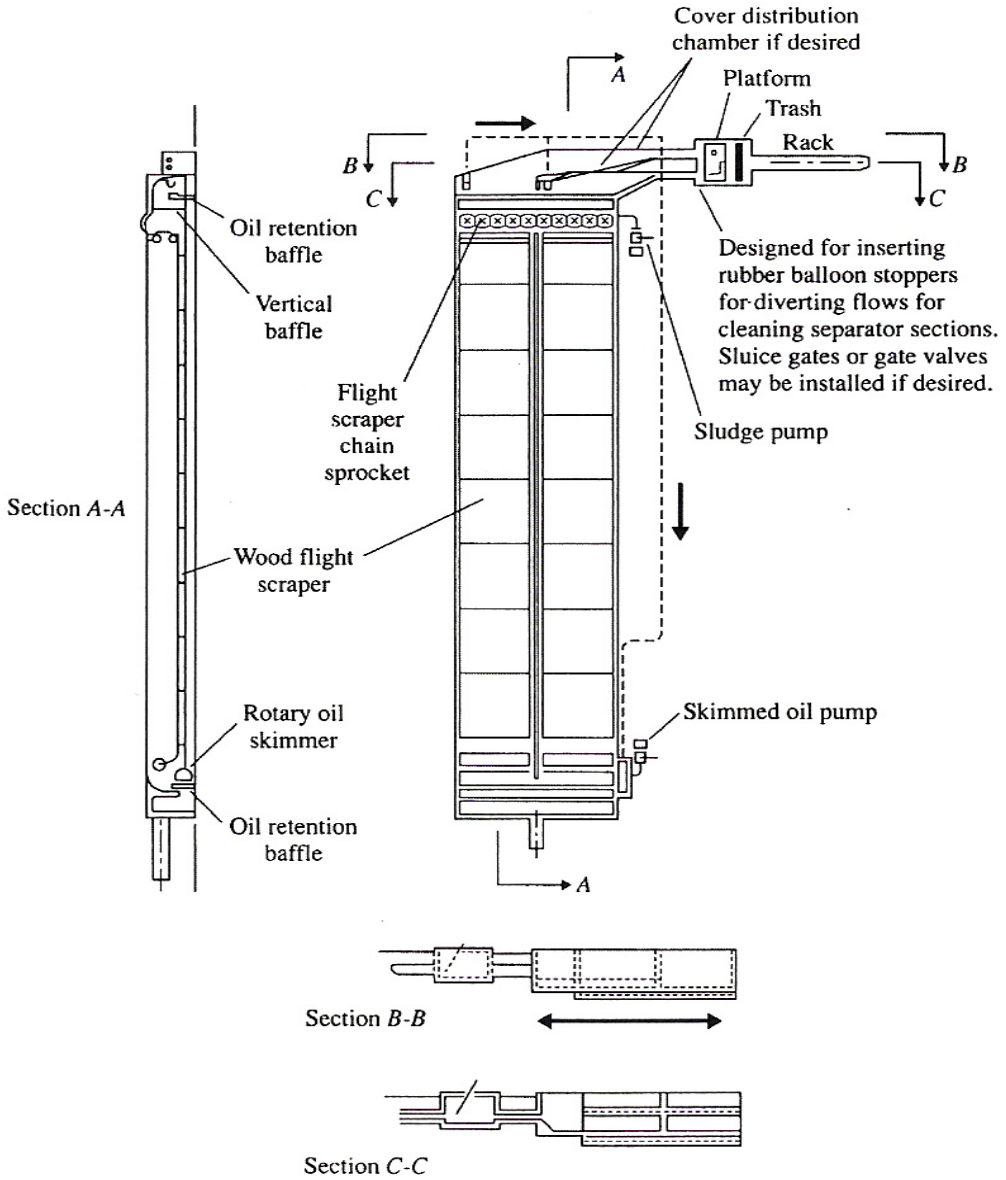




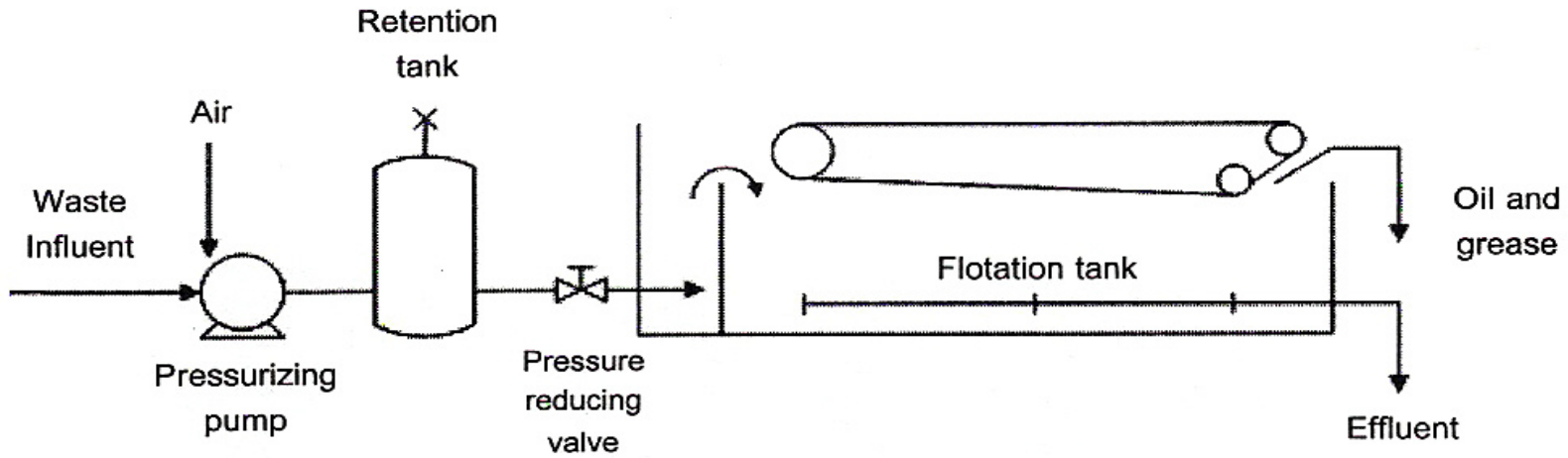
ถังตกตะกอนแบบวงกลมและแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

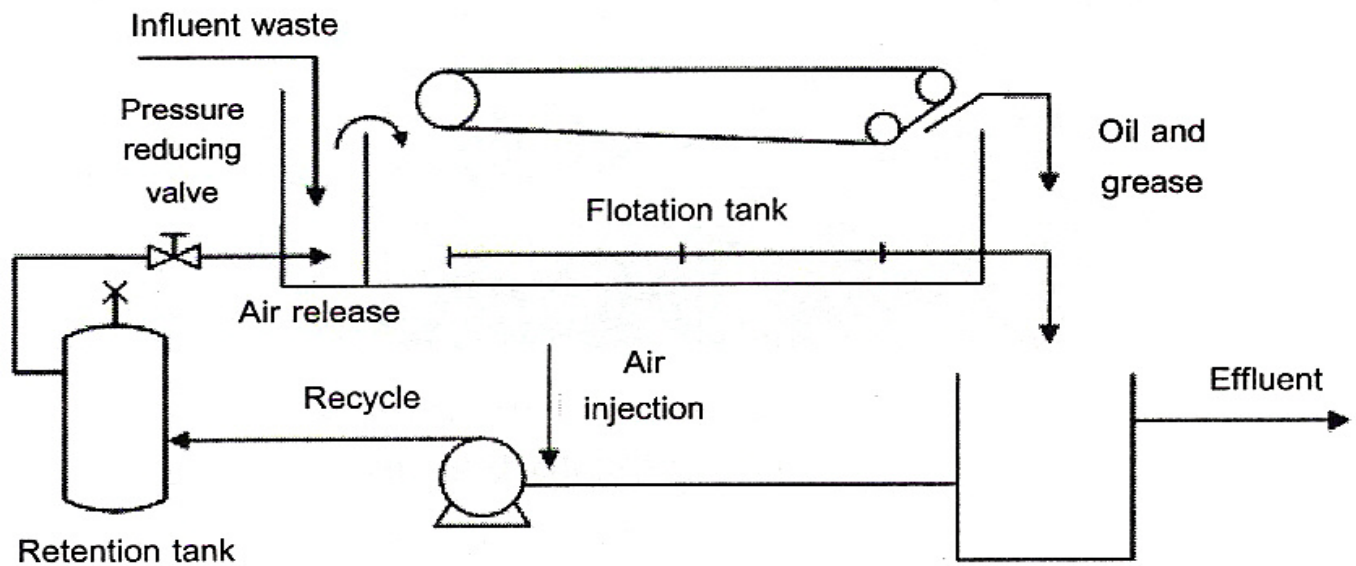


ถังดักไขมันและน้ำมันขนาดเล็ก

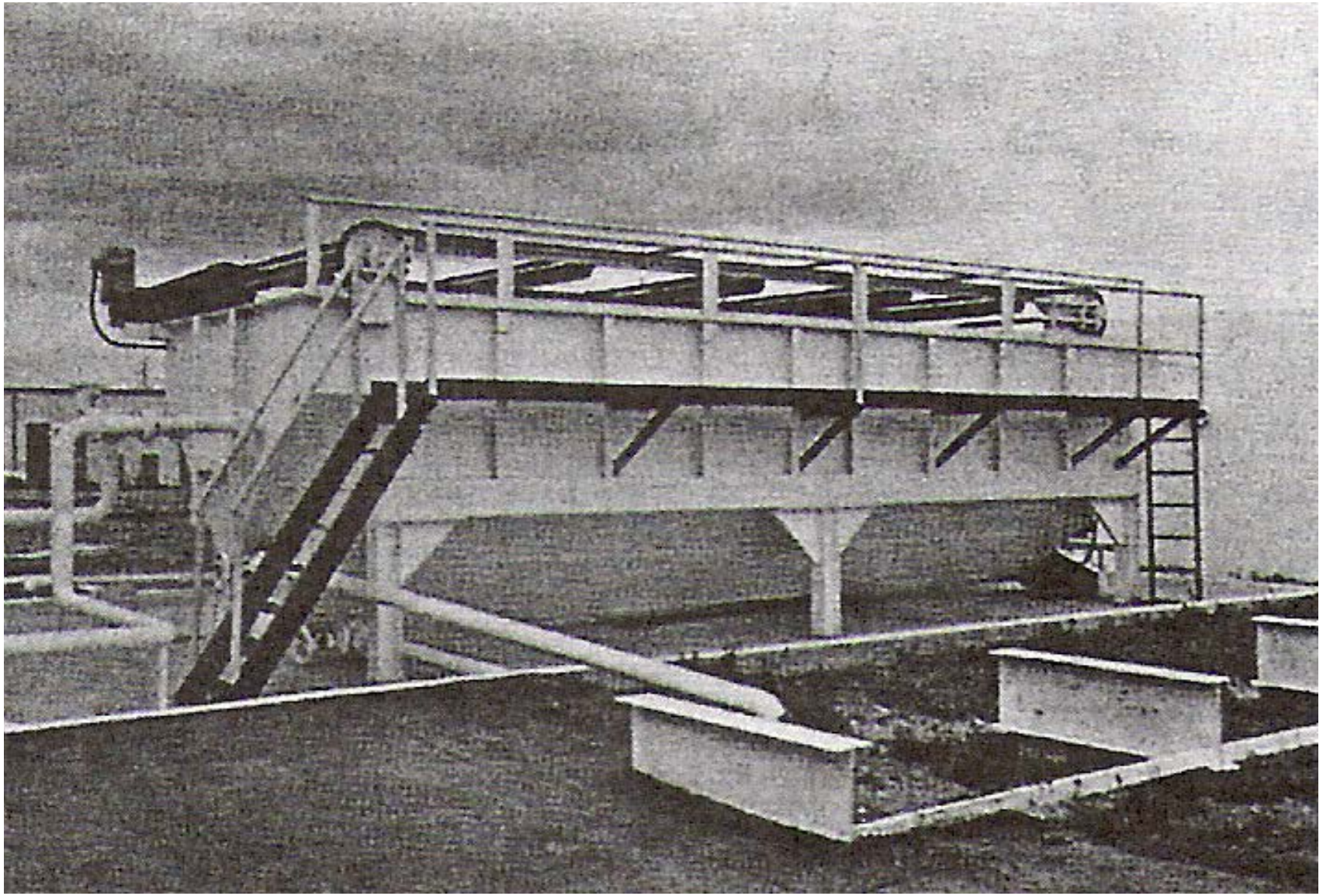


ถังดักไขมันแบบ API Separator





กระบวนการทำงานถังทำให้ลอยตัว

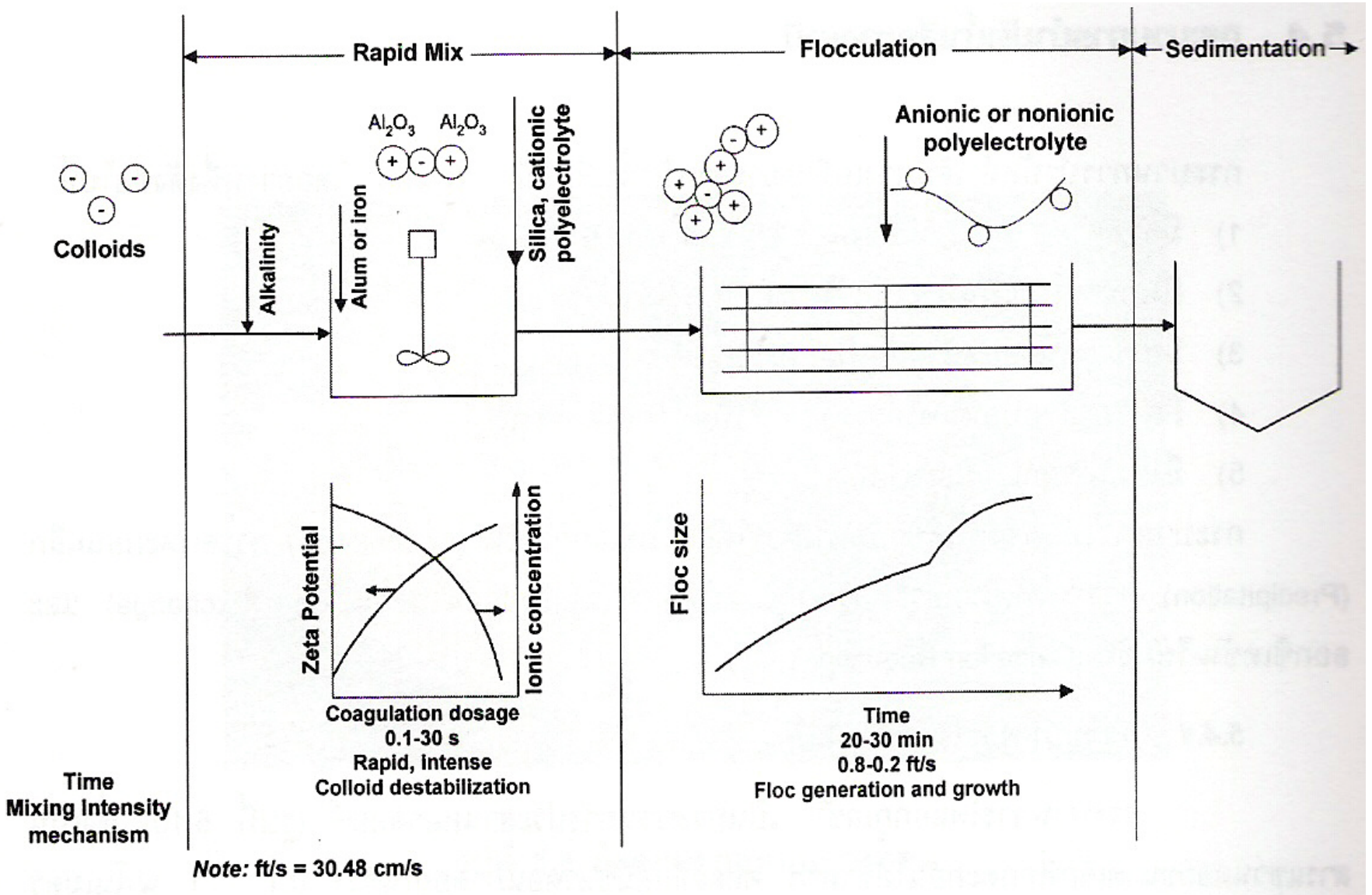


ถังทำให้ลอยตัว

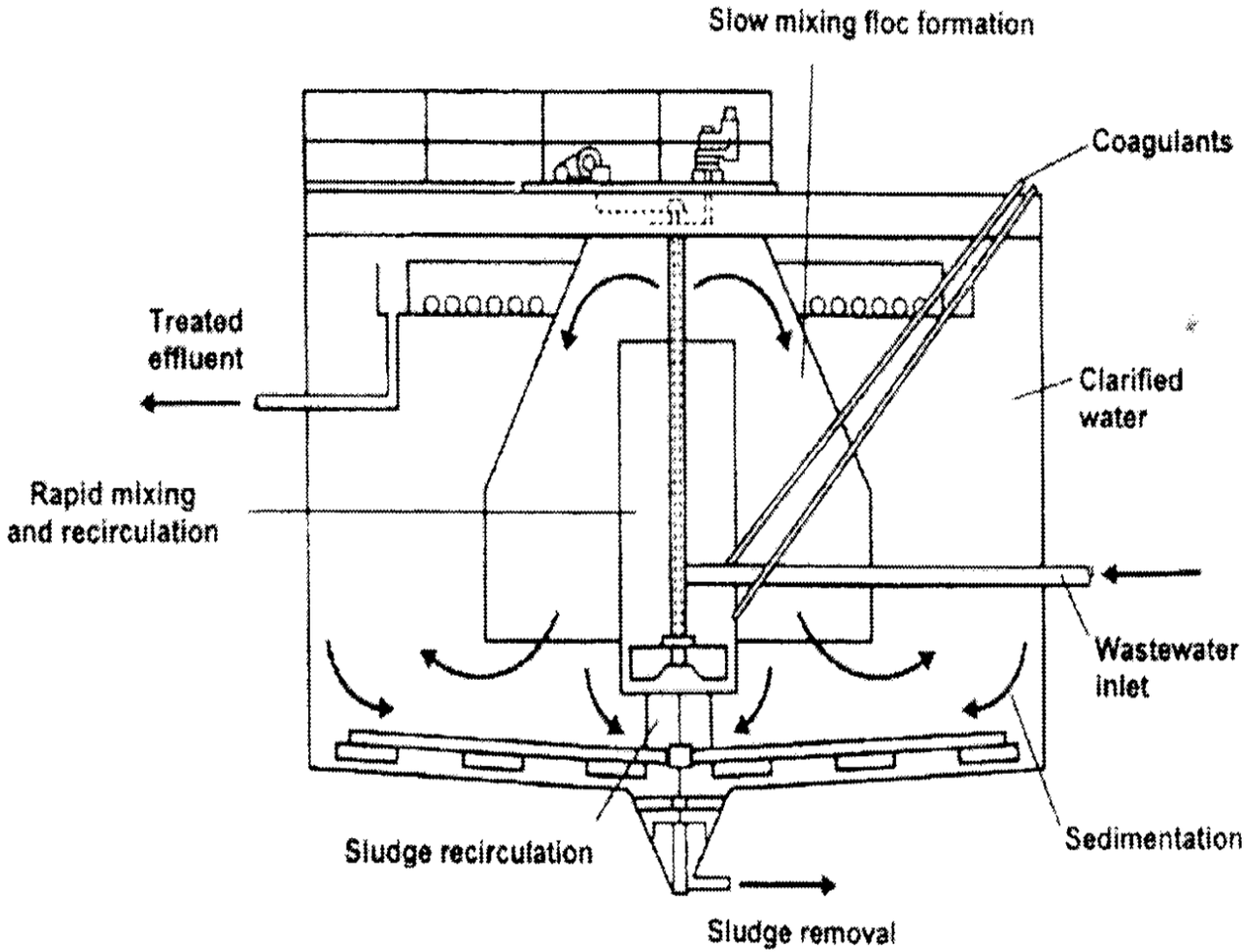
Council of Engineers™

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี

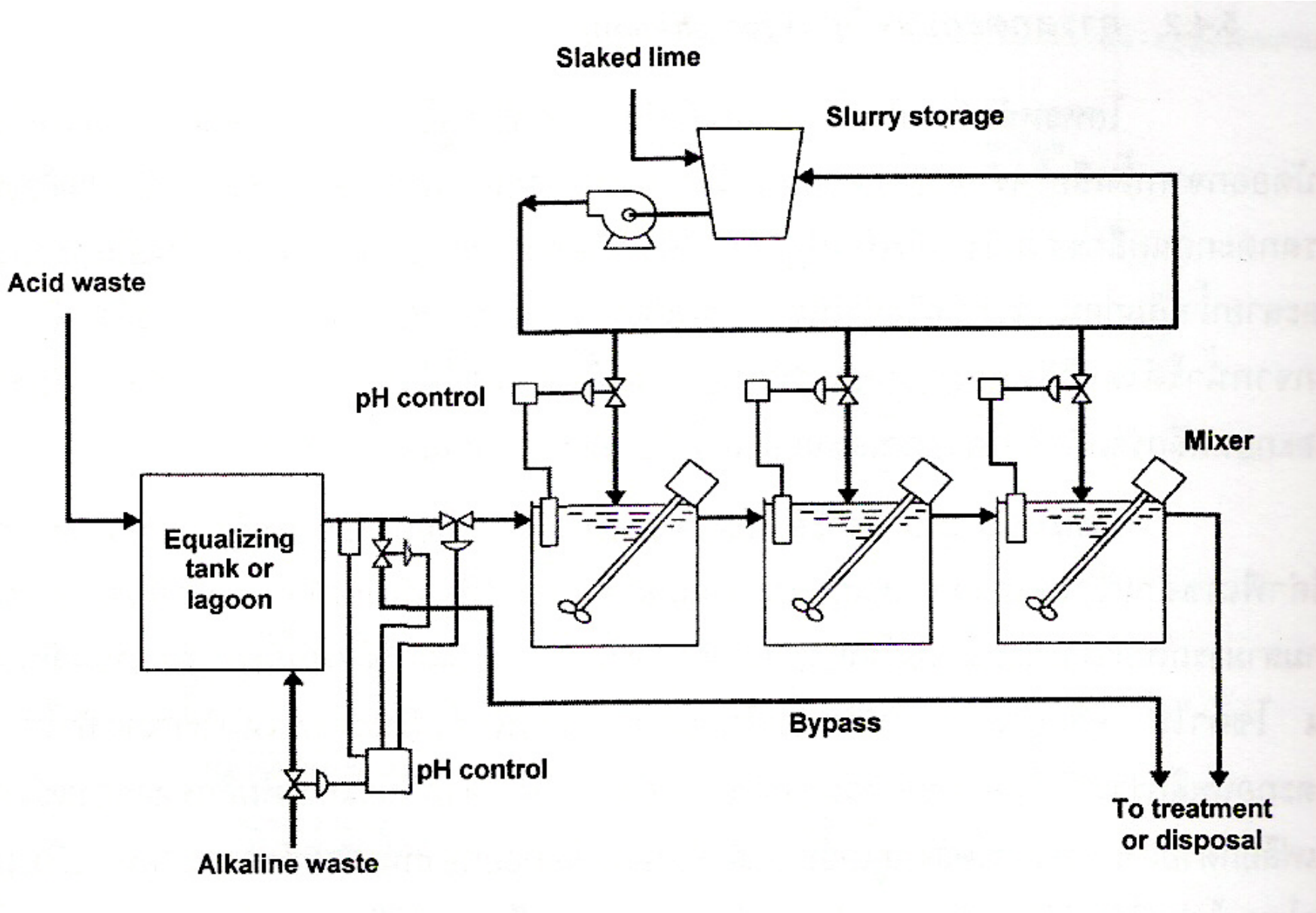
- กระบวนการโคแอกกูเลชั่น
- การทำให้เป็นกลางหรือการปรับค่าพีเอช
- การแลกเปลี่ยนไอออน
- ออกซิเดชั่น - รีดักชั่น



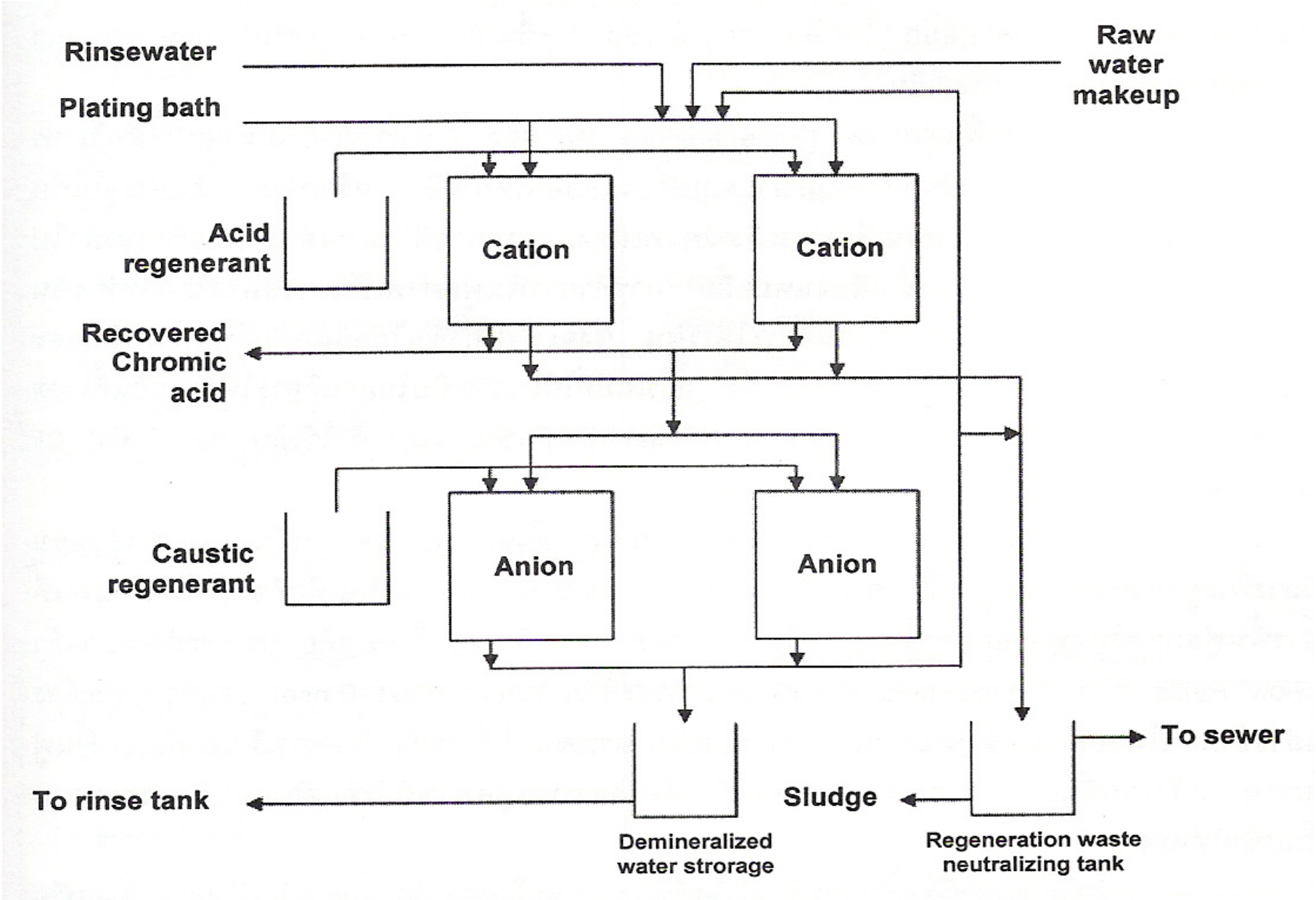
กลไกของโคแอกกูเลชัน



ถังปฏิกิริยาในกระบวนการโคแอกกูเลชัน



กระบวนการปรับพีเอช



กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

Council of Engineers™

สารออกซิไดซ์ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี

สารออกซิไดซ์	สารปนเปื้อนที่ต้องการกำจัดออก
อากาศ หรือออกซิเจน	Sulfite, Sulfides, Ferrous(Fe^{2+})
ก๊าซคลอรีน	Sulfide
ก๊าซคลอรีน และด่าง	Cyanide(CN^-)
คลอรีนไดออกไซด์	Cyanide, Pesticides
Sodium Hypochlorite (NaOCl)	Cyanide, ตะกั่ว
Calcium Hypochlorite [$Ca(OCl)_2$]	Cyanide
Potassium Permanganate ($KMnO_4$)	Cyanide ตะกั่ว กลิ่นจากสารอินทรีย์
Permanganate	Manganese
Hydrogen Peroxide (H_2O_2)	Phenol, Cyanide, สารประกอบ Sulfur, ตะกั่ว

Council of Engineers™

สารรีดิวซ์ที่ใช้งานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี

สารรีดิวซ์	สารปนเปื้อนที่ต้องการกำจัดออก
Sulfur Dioxide (SO_2) หรือ	
Sodium Bisulfite หรือ	Chromium (Cr^{6+})
Sodium Metabisulfite หรือ	
Ferrous Sulfate	
Sodium Borohydride ($NaBH_4$)	Mercury, Silver

Council of Engineers™

Activated Sludge Process
กระบวนการเอเอส

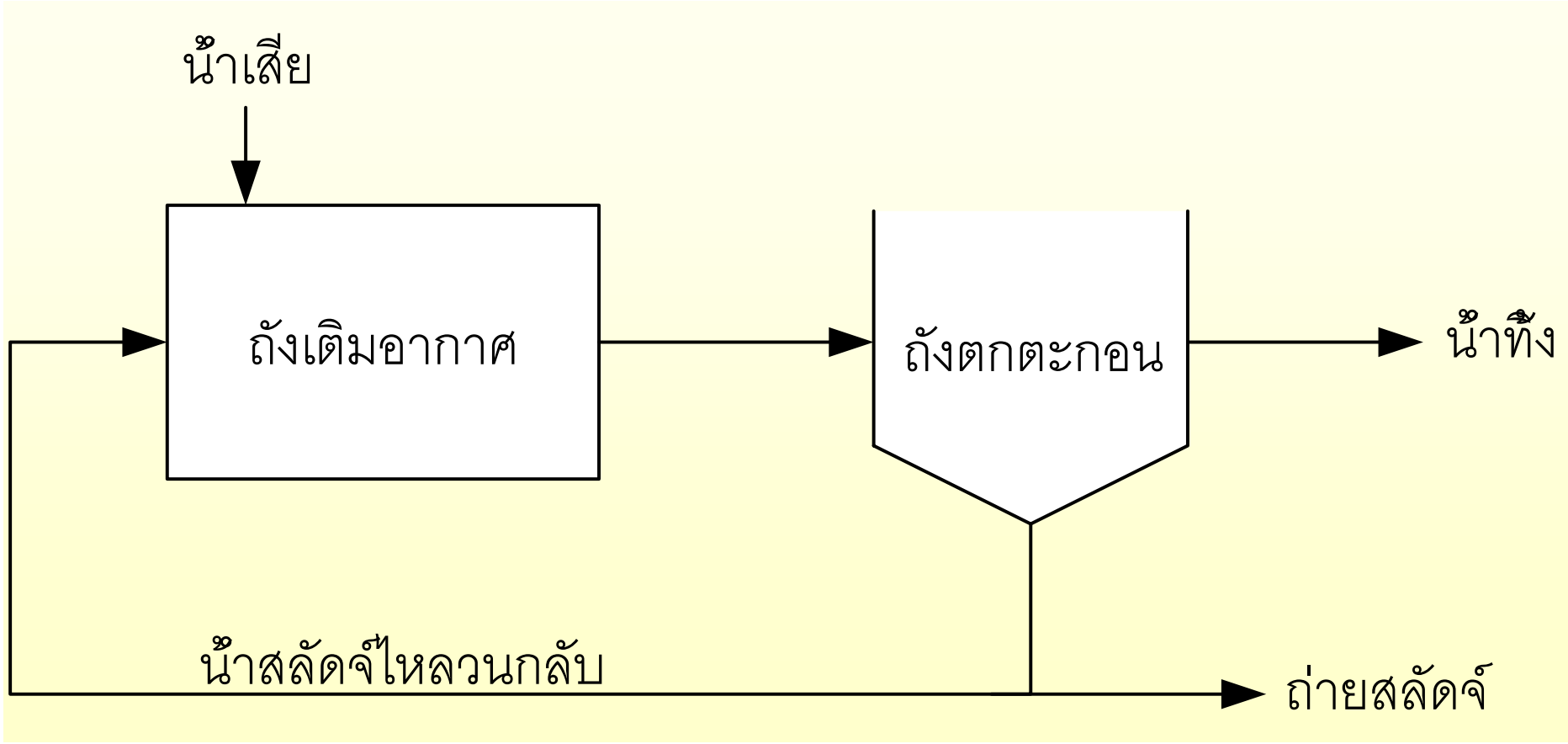
- ระบบเอเอส (Activated Sludge)
- ระบบฟิลม์ตรึง (Fixed Film)
- ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

การเกิดตะกอนสลัดจ์

ตะกอนสลัดจ์ (Activated Sludge) เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอนในถังเติมอากาศ คือ

1. **ขั้นส่งถ่าย** (Transfer Step)
2. **ขั้นเปลี่ยนรูป** (Conversion Step)
3. **ขั้นรวมตะกอน** (Flocculation Step)

ส่วนประกอบของระบบเอเอส



ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบเอเอส

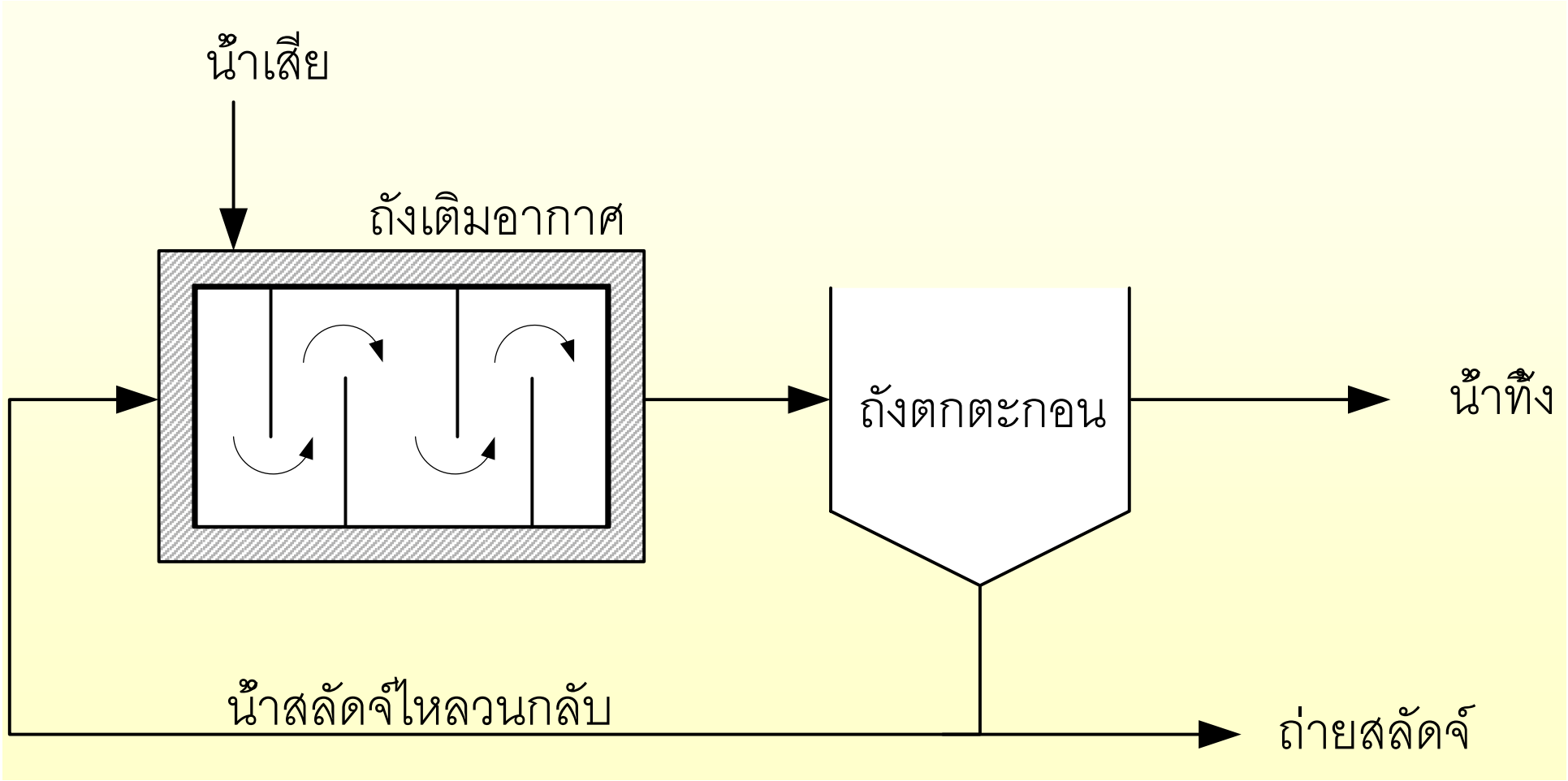
- ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
- อาหารเสริม
- ออกซิเจนละลายน้ำ
- ระยะเวลาในการบำบัด
- พีเอช
- สารพิษ
- อุณหภูมิ
- การกวน
- อัตราการไหลของน้ำเสีย

ประเภทของกระบวนการเอเอส

- Conventional Activated Sludge (CAS)
- Extended Aeration Activated Sludge (EAAS)
- Oxidation Ditch Process
- Contact Stabilization Activated Sludge (CSAS)
- Aerated Lagoon (AL)
- Sequencing Batch Reactor (SBR)

Council of Engineers™

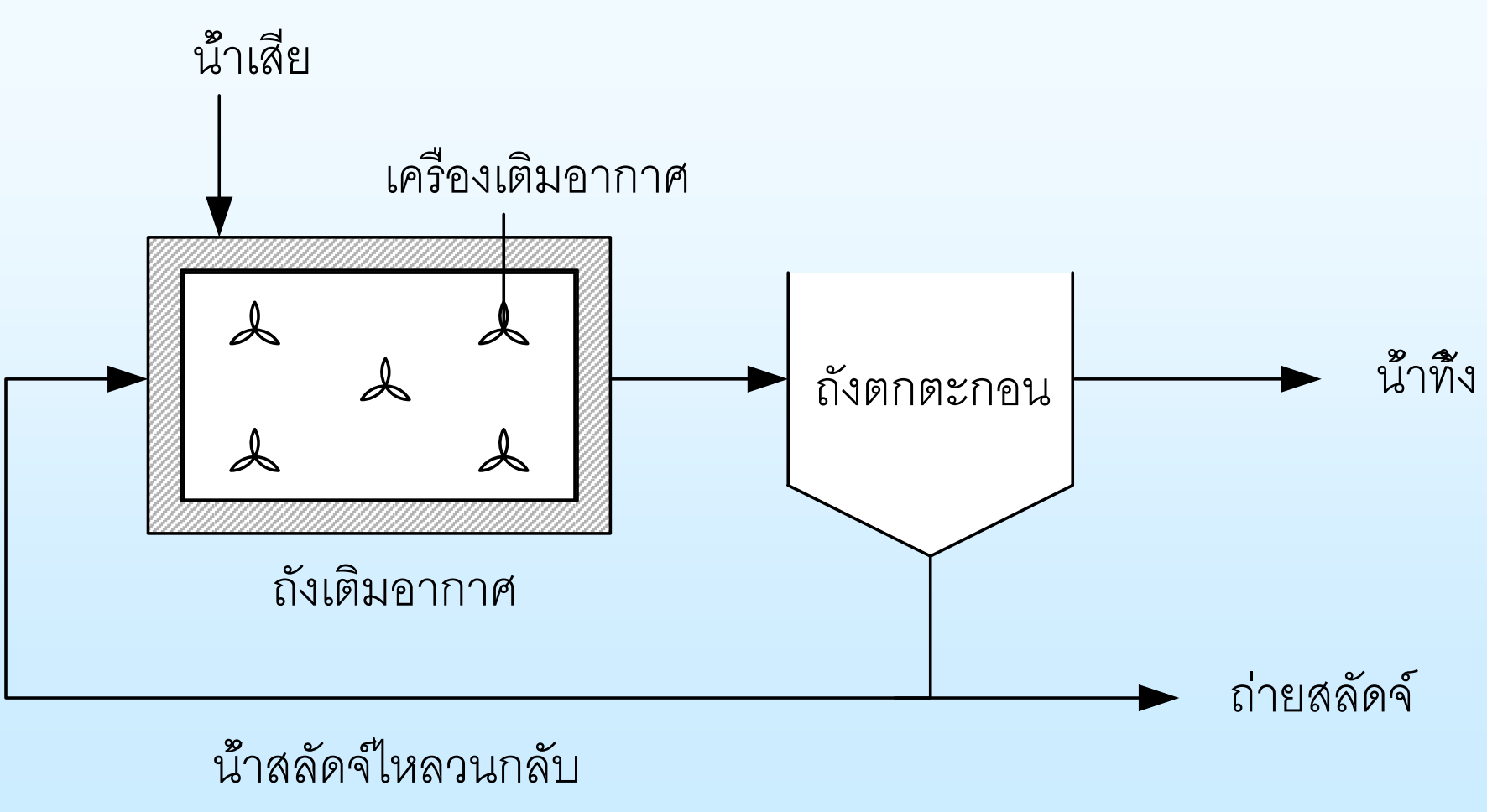
Conventional Activated Sludge



Conventional Activated Sludge

Source: www.college.ucla.edu/.../ Rader/asludge2.htm

Extended Aeration Activated Sludge



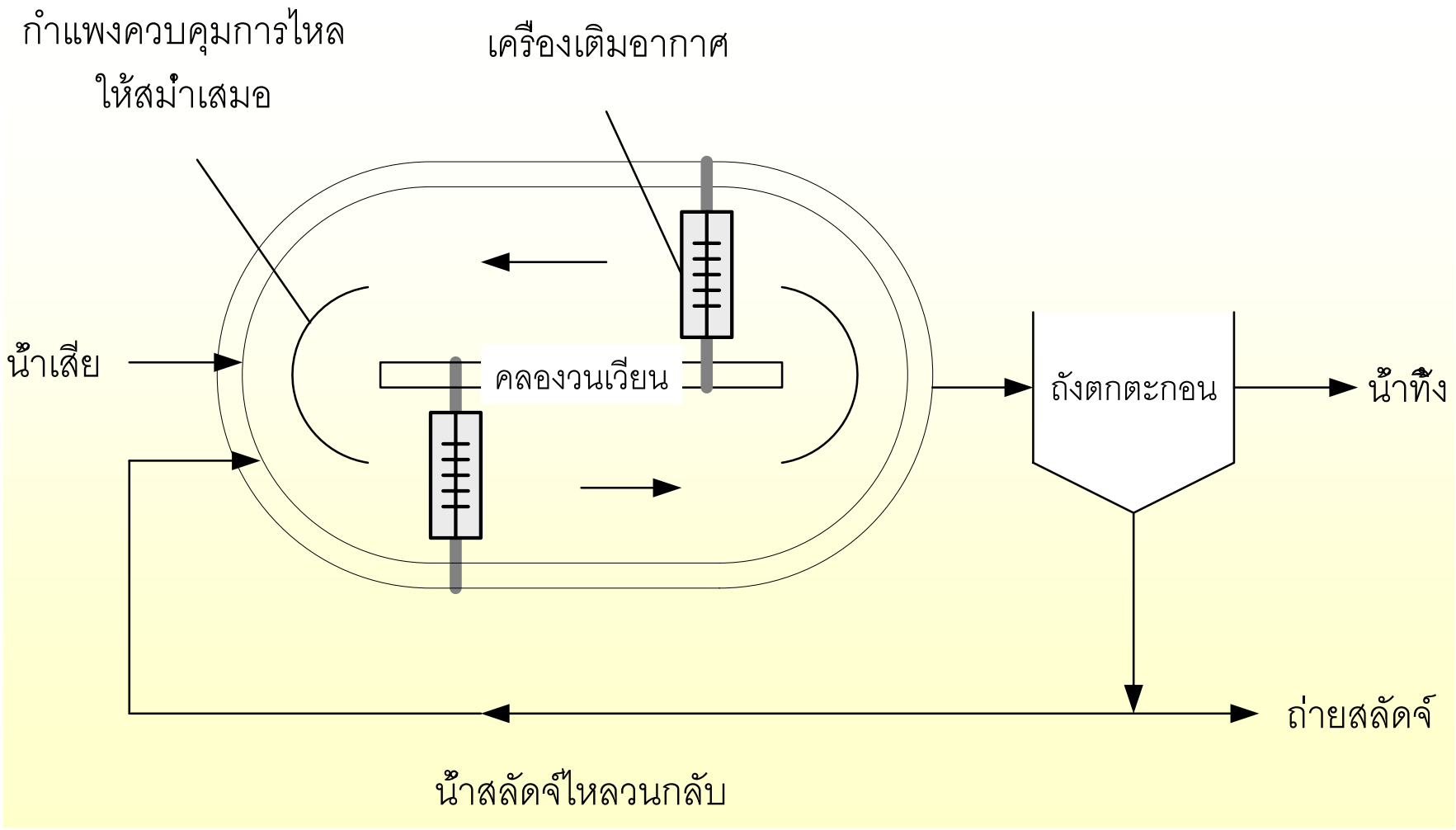
ข้อแตกต่างระหว่าง Conventional Activated Sludge และ Extended Aeration Activated Sludge

พารามิเตอร์	Conventional	Extended Aeration
SRT (วัน)	5-10	20 หรือ มากกว่า
F:M (กก. BOD_5/กก. VSS-วัน)	0.3-0.5	0.05-0.01
MLSS (มก./ล.)	น้อยกว่า 3,000	3,000-5,000
Detention Time (ชั่วโมง)	4-10	24 หรือมากกว่า

กระบวนการคูวนเวียน
(Oxidation Ditch Process)

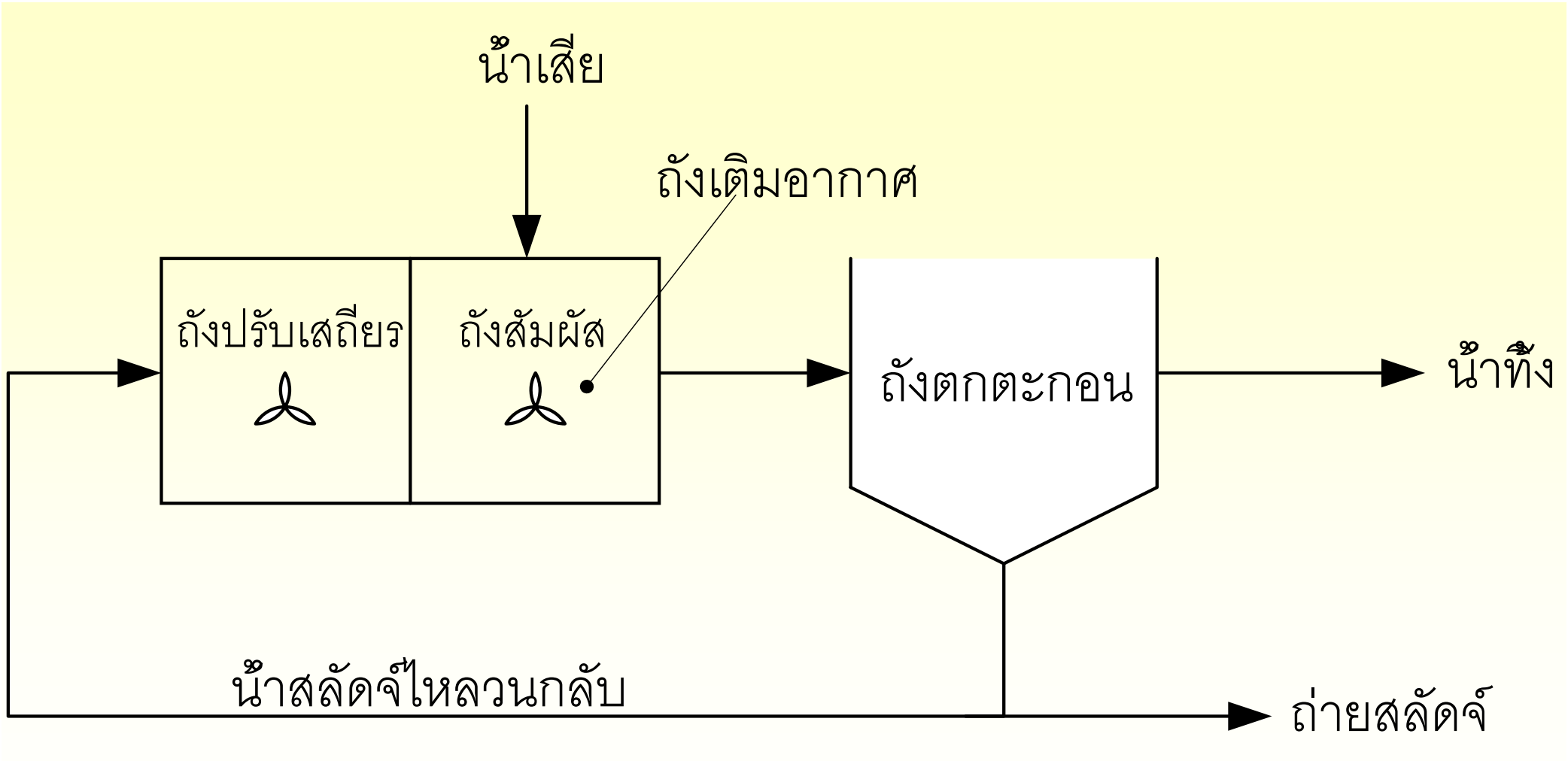
- รูปแบบของถังเป็นลักษณะคูหรือคลองที่สร้างให้เป็น**รูปวงรี** ทำให้น้ำสามารถหมุนเวียนไปมาได้โดยรอบกระบวนการคูวนเวียน
- นิยมใช้กันมากในประเทศไทย เพราะเป็นระบบที่มีการควบคุมดูแลไม่ยุ่งยาก และโดยปกติจะได้น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ

Oxidation Ditch Process

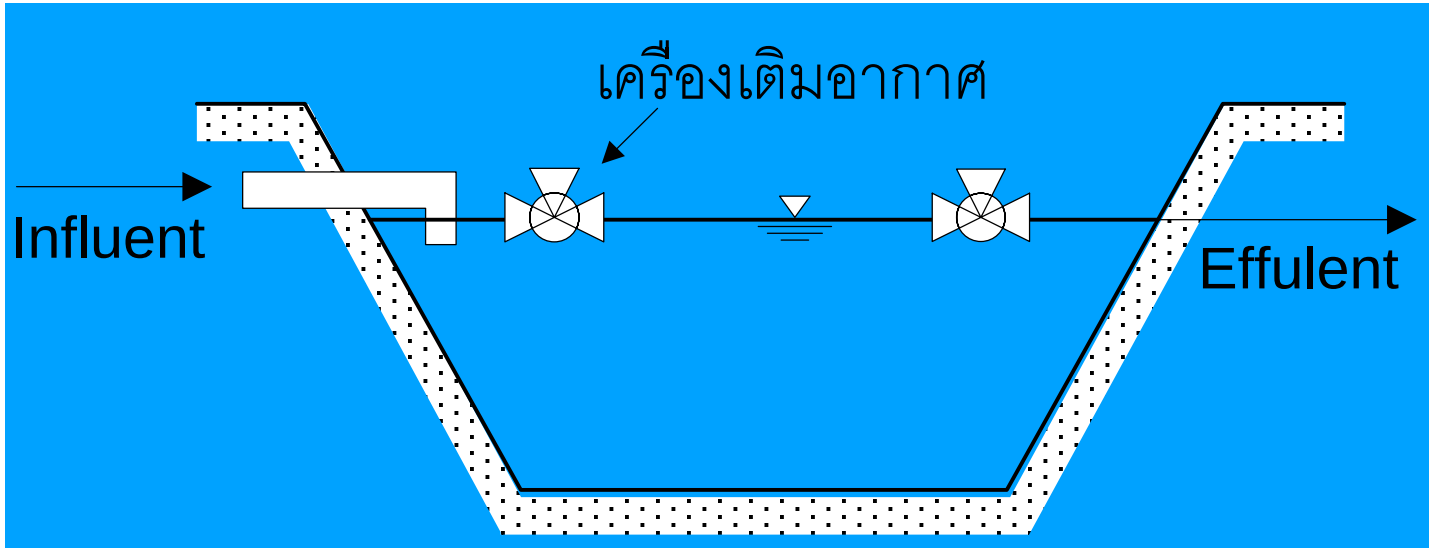


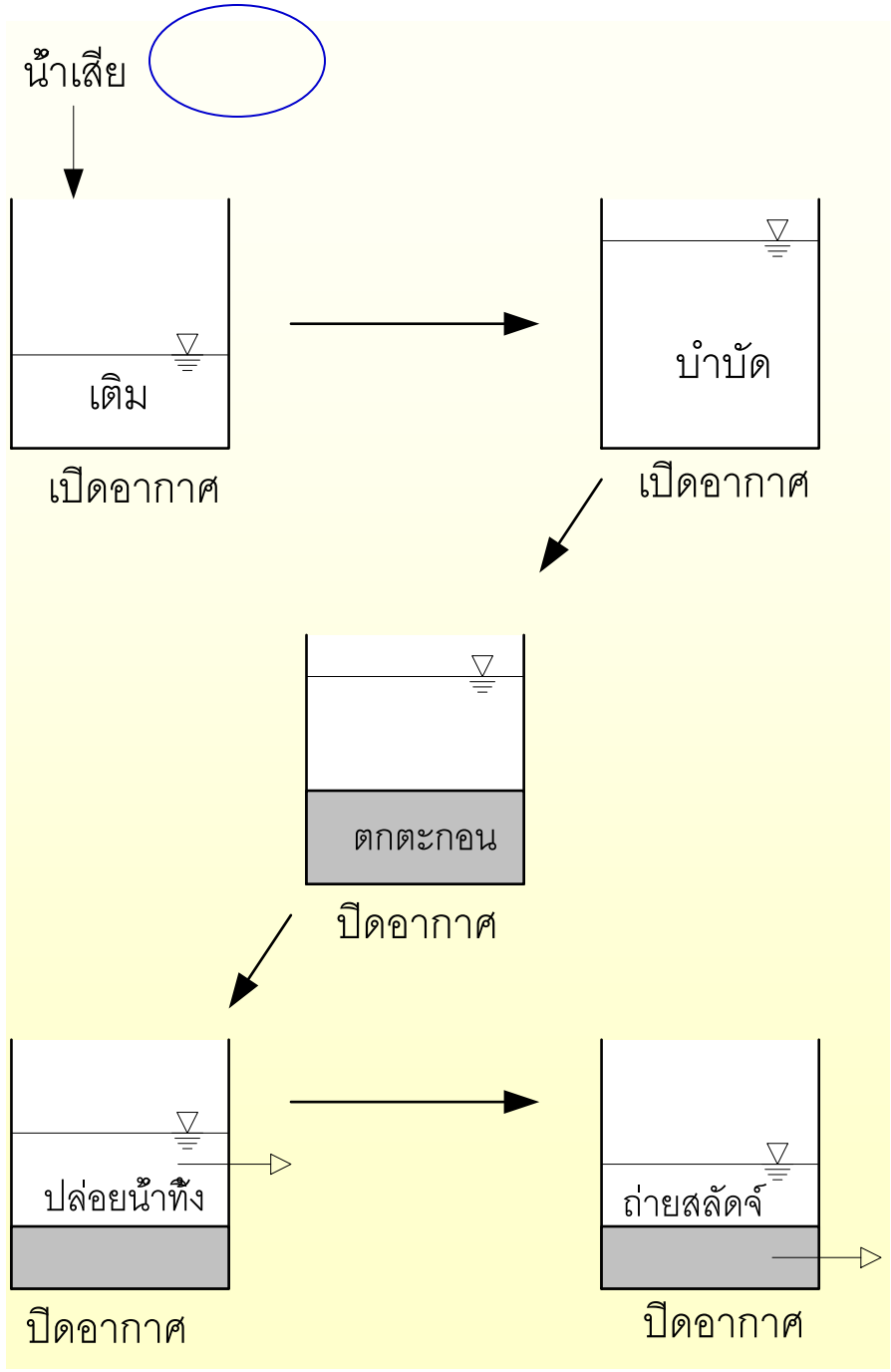
Council of Engineers™

Contact Stabilization Activated Sludge



Aerated Lagoon





Sequencing Batch Reactor
- SBR -

Council of Engineers™

วิธีควบคุมการทำงาน
การควบคุมอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์

$$\text{F/M ratio} = \frac{\text{น้ำหนักของสารอินทรีย์ที่เข้าระบบต่อวัน}}{\text{น้ำหนักของสารอินทรีย์ในถังเติมอากาศ}}$$

$$= \frac{\text{น้ำหนักของบีโอดีที่เข้าระบบ (กิโลกรัม/วัน)}}{\text{น้ำหนักของ MLSS ในถังเติมอากาศ (กิโลกรัม)}}$$

$$= \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)} \times \text{บีโอดี (มก./ล.)}}{\text{ปริมาตรของถังเติมอากาศ (ลบ.ม.)} \times \text{MLSS (มก./ล.)}}$$

การควบคุมค่า F/M ให้เหมาะสมจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของจุลินทรีย์ ซึ่งวัดในรูป MLSS โดยการเพิ่มหรือลดการนำตะกอนส่วนเกินไปทิ้ง

วิธีควบคุมการทำงาน
การควบคุมอายุสลัดจ์

- ***อายุสลัดจ์*** หรือเวลากักพักของแข็ง (Sludge Retention Time, SRT) หมายถึงระยะเวลาเฉลี่ยที่ตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียนอยู่ในระบบ
- การควบคุมค่าอายุสลัดจ์ให้มีค่าคงที่ จะทำให้ F/M ratio มีค่าคงที่ตามไปด้วย ซึ่งค่าที่ควบคุมเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของน้ำทิ้ง

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

- **ระบบโปรยกรอง** - ระบบที่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโตอยู่บนผิวตัวกลาง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านชั้นของตัวกลาง จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่บนตัวกลางจะใช้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำที่ผ่านระบบจะถูกส่งไปเข้าถังตกตะกอนสุดท้ายเพื่อแยกตะกอนออกให้ได้น้ำทิ้งที่สามารถระบายทิ้งได้

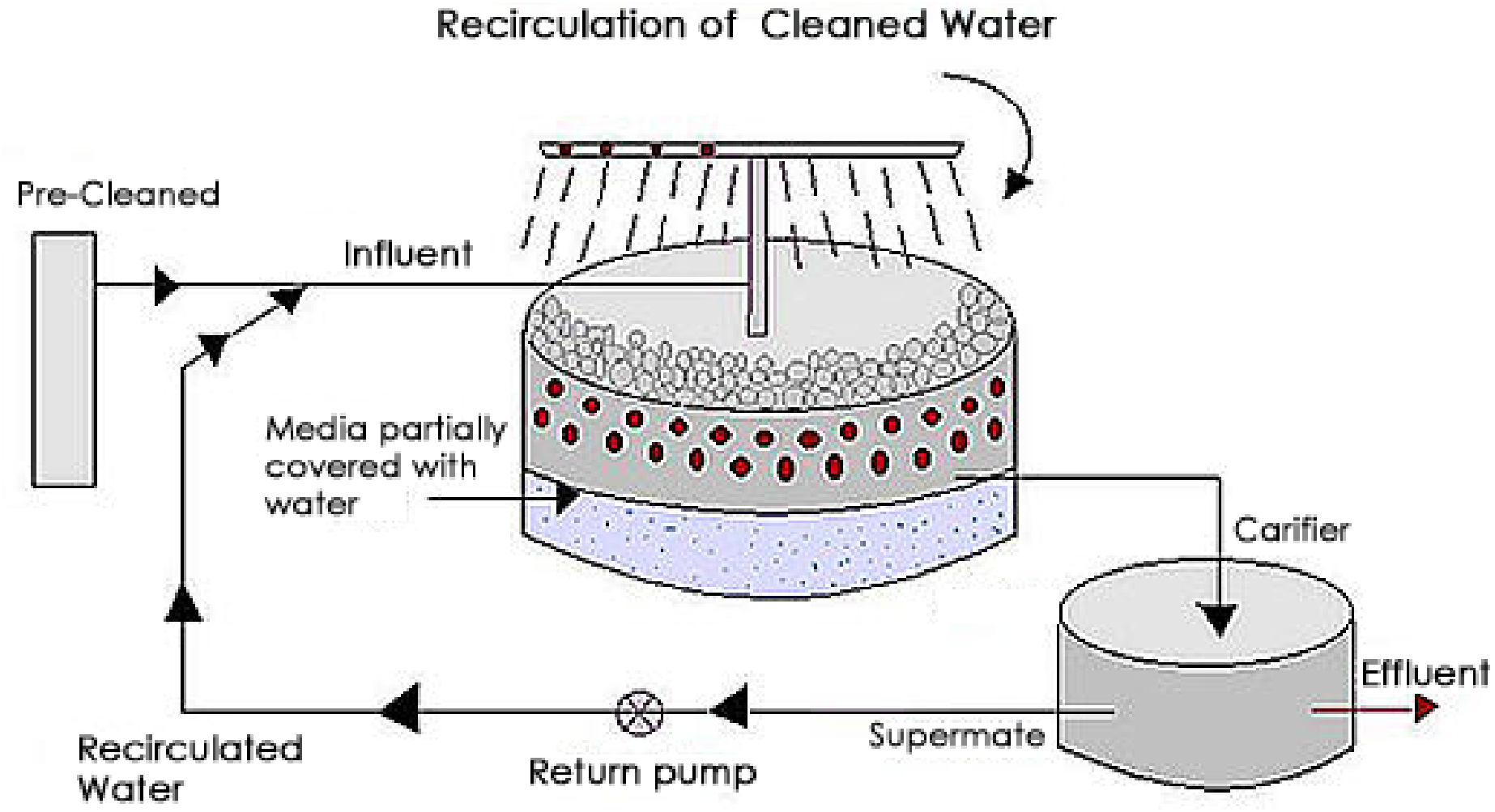
Council of Engineers™

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบโปรยกรอง

- **ภาระปริมาณน้ำ** (Hydraulic Loading)
- จะต้องมีค่าที่สูงเพียงพอที่จะทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์เปียกอยู่ตลอดเวลา
- **ภาระอินทรีย์** (Organic Loading)
- **ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ**

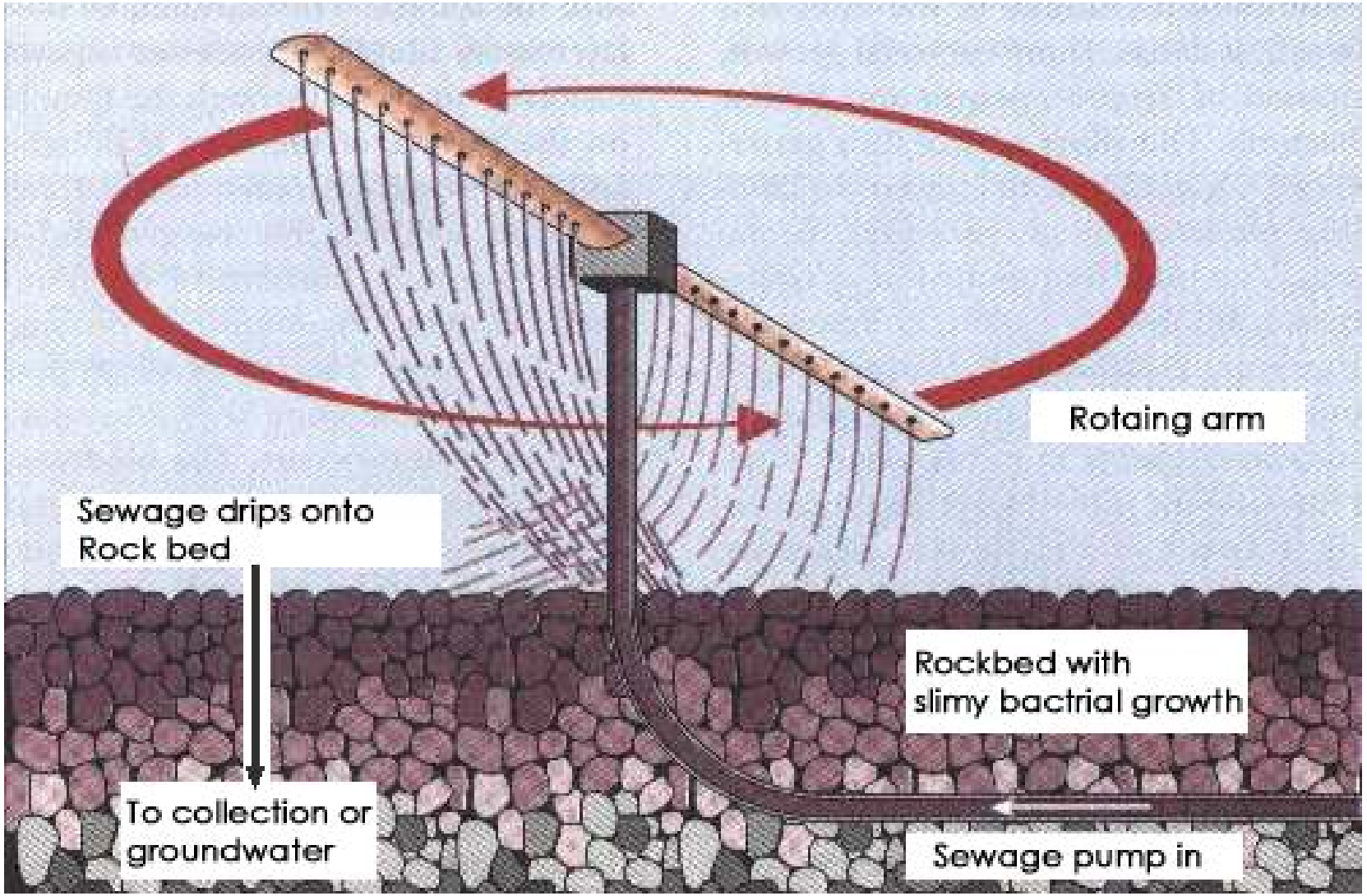
Council of Engineers™

Trickling Filter



Council of Engineers™

Trickling Filter



Trickling Filter

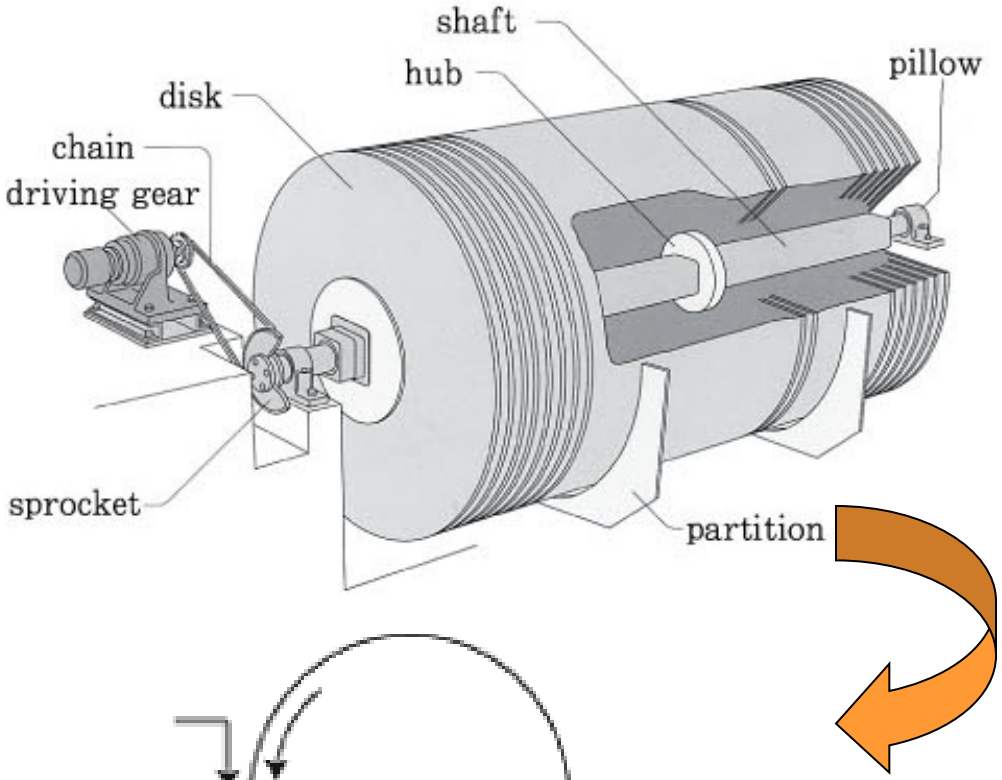
Source: www.ticsa.com.mx/p32.htm
www. org.et.byu.edu/ weau/POTW.htm

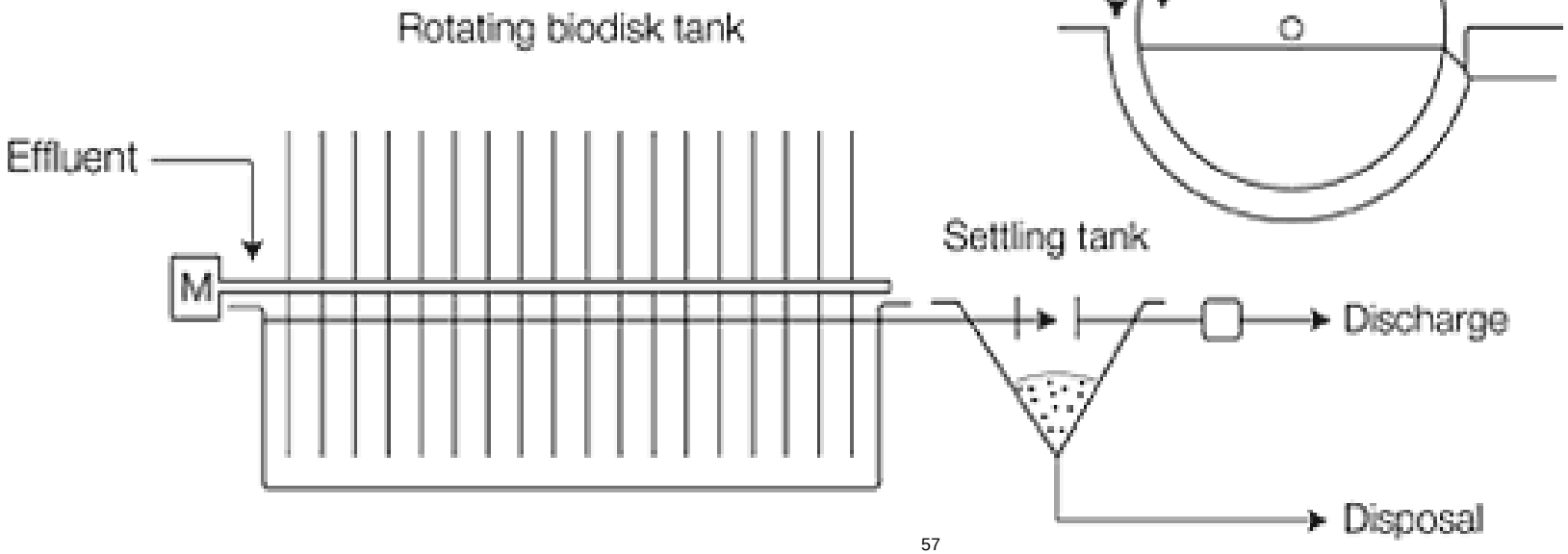
ระบบจานหมุนชีวภาพ
Rotating Biological Contactor, RBC

- **ระบบจานหมุนชีวภาพ** จะประกอบด้วยจานรูปทรงกลมที่ขนานกันหลายๆ อัน ยึดติดตั้งฉากอยู่ด้วยแกนหมุน ณ จุดกึ่งกลางของจาน ส่วนประกอบทั้งหมดวางอยู่ในถังที่มีแกนหมุน

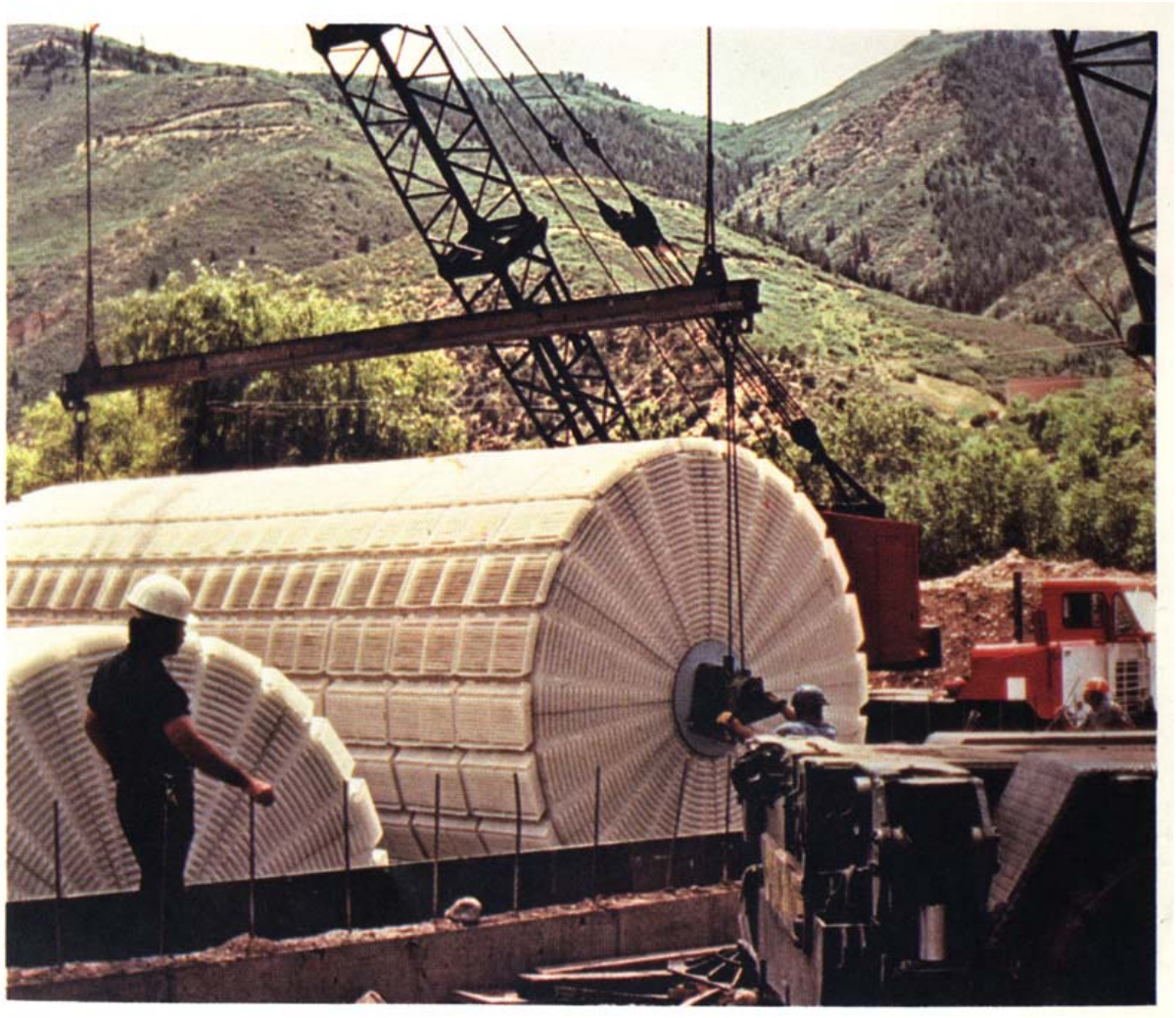
- จุลินทรีย์จะขยายพันธุ์และเกาะอยู่บนผิวของจานที่หมุนอยู่ การหมุนของแกนหมุนทำให้จุลินทรีย์สัมผัสน้ำเสียและเกิดการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

Rotating Biological Contactor, RBC





Rotating Biological Contactor



Rotating Biological Contactor

Source: www.dmw.co.jp/english/ temp/enban/enban-kata.html

ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Ponds)

- บ่อปรับเสถียร เป็นบ่อกักน้ำทิ้งที่มีความลึกของบ่อไม่มากนัก โดยรูปร่างและความลึกของบ่อขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการบำบัดน้ำทิ้ง
- บ่อปรับเสถียรนี้บางทีก็เรียกว่า Oxidation Ponds ระบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในชุมชนขนาดเล็ก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ต้องการพลังงานน้อย และไม่ต้องมีการควบคุมดูแลอย่างพิถีพิถัน

Council of Engineers™

การจำแนกประเภทของบ่อปรับเสถียร

- **บ่อแอโรบิก** (Aerobic Ponds)
- **บ่อแฟคัลเททีฟ** (Facultative Ponds)
- **บ่อแอนแอโรบิก** (Anaerobic Ponds)
- **บ่อบ่ม** (Maturation Ponds)

Council of Engineers™

ข้อดีของบ่อปรับเสถียร

1. เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการบำรุงรักษาต่ำที่สุด ไม่ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถสูง
2. สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้มากกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ
3. ทนทานต่อการเพิ่มอย่างกระทันหันของอัตราภาระสารอินทรีย์และอัตราการไหล เนื่องจากเวลากักที่ยาวนาน
4. สามารถบำบัดน้ำทิ้งต่างๆได้หลายประเภท น้ำเสียจากโรงงานที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี โรงงานผลิตภัณฑ์นม และโรงงานผลิตอาหาร และการเกษตร สามารถบำบัดร่วมกับน้ำเสียชุมชนอย่างได้ผลในบ่อแฟคัลเททีฟ
5. วิธีการสร้างระบบง่ายต่อการนำที่ดินกลับมาใช้เพื่อจุดประสงค์อื่นในอนาคต
6. สาหร่ายที่ผลิตจากบ่อสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูง

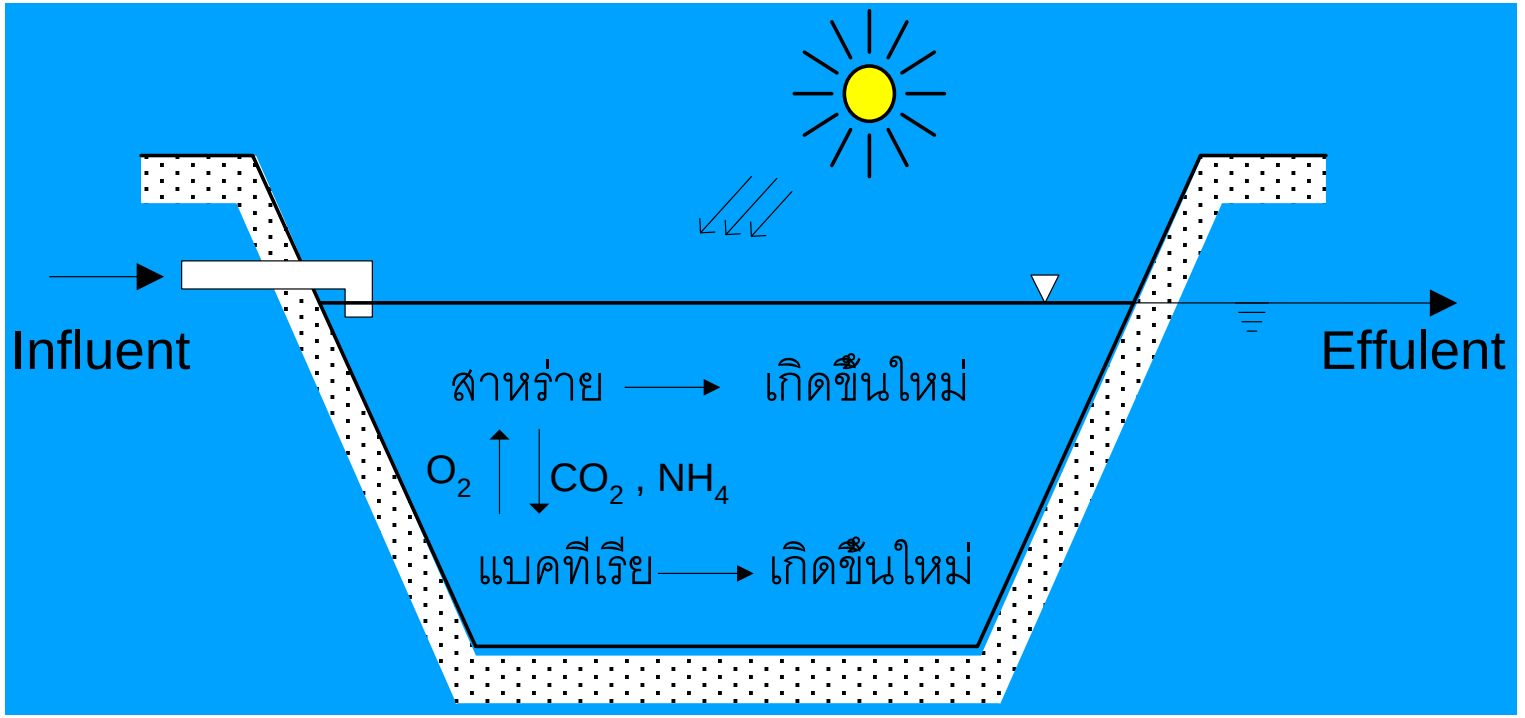
ข้อเสียของบ่อปรับเสถียร

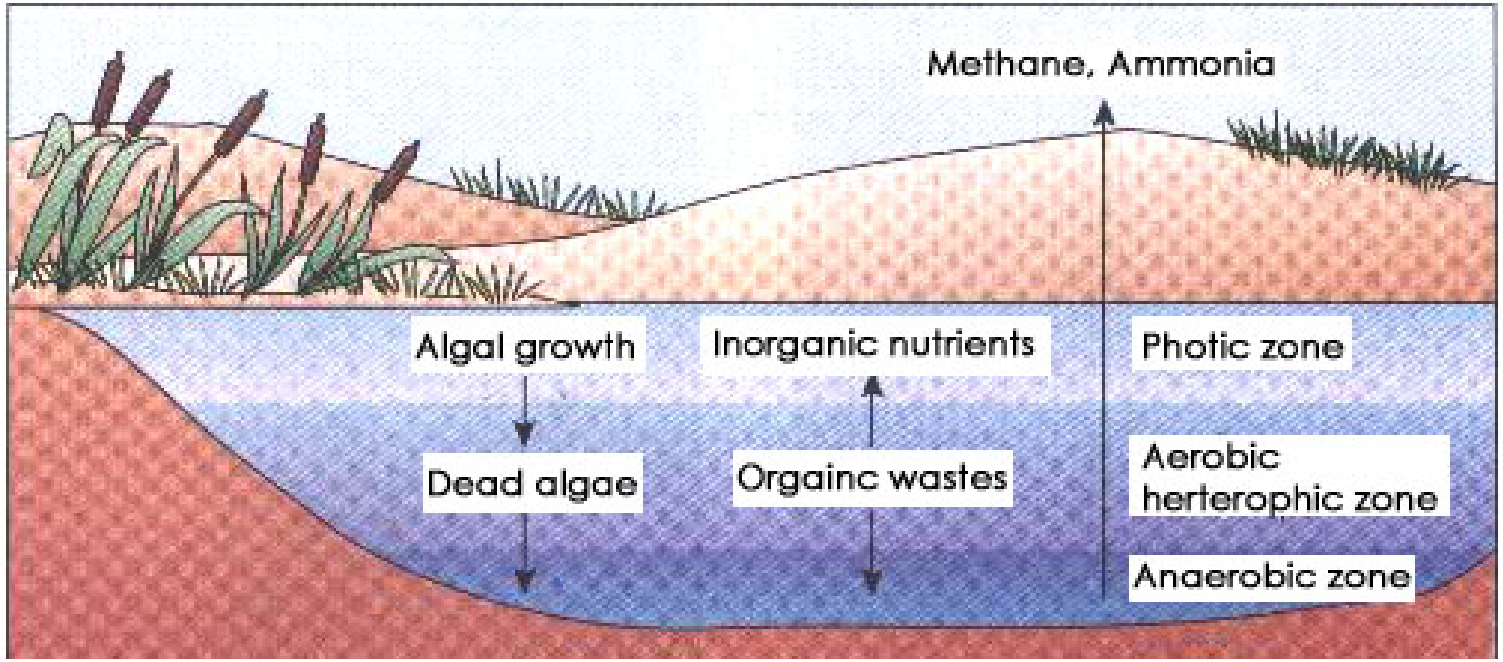
1. ต้องการพื้นที่มาก
2. ในกรณีที่ใช้บ่อหมักอาจมีกลิ่นเหม็นถ้าออกแบบหรือควบคุมไม่ดี บ่อหมักจะมีกลิ่นเป็นที่น่ารังเกียจ ถ้าต้องรับปริมาณสารอินทรีย์สูงเกินไป
3. น้ำทิ้งจากระบบ โดยเฉพาะจากบ่อแอโรบิกอาจมีสาหร่ายปะปนอยู่
4. อาจทำให้เกิดมลพิษต่อน้ำใต้ดิน

กลไกในการทำงานของบ่อปรับเสถียร

- เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบ่อจะตกตะกอนเกิดขึ้นทำให้มีสลัดจ์ที่ก้นบ่อส่วนที่ไม่ตกตะกอนจะถูกย่อยสลายกลายเป็น CO_2 , N, P สลัดจ์ที่ก้นบ่อจะมีการย่อยสลายแบบแอโรบิคทำให้สารอินทรีย์การเป็นก๊าซต่างๆ เช่น CH_4 ,H_2S, CO_2 และมีเซลล์ใหม่เกิดขึ้น
- เมื่อมีแสงแดด อาหาร เวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสม สาหร่ายสีเขียวจะเจริญเติบโตได้ดี สาหร่าย จะใช้ CO_2 N และ P ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในการขยายพันธุ์และสร้างออกซิเจนให้กับน้ำ
- แบคทีเรียจะใช้ออกซิเจนที่สาหร่ายผลิตขึ้นในการหายใจและย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวจึงมีชีวิตอยู่ร่วมกันและพึ่งพาอาศัยกัน ทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงของสารละลายอินทรีย์ที่ไม่คงตัวให้กลายเป็นเซลล์ของสาหร่ายสีเขียว

Council of Engineers™





Council of Engineers™

สภาวิศวกร

THE END