บทที่ 2
ทฤษฎี

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 กระบวนการคือ

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Process)
2. กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Process)
3. กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Process)

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียมี 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียมี 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment)

เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรกๆของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอยการบดตัด เป็นต้น

2. ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment)

เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

3. ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

เป็นระบบที่กำจัดสารอินทรีย์และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ สำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีนก็จัดอยู่ในระบบบำบัดขั้นที่สองด้วย

4. ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)

เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง เช่น การกำจัดสารไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และสารปนเปื้อนอื่นๆ ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง ระบบบำบัดขั้นที่สามนี้มักจะใช้กับการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ต้องการนำกลับมาใช้อีก เช่น นำมาใช้รดน้ำสนามหญ้า การชักโครกของโถส้วม ระบบหอหล่อเย็น แม้กระทั้งนำไปใช้ผลิตน้ำประปา

การเลือกวิธีบำบัดน้ำเสีย

ในการเลือกวิธีบำบัดน้ำเสียจะมีปัจจัยต่างๆที่ควรพิจารณาคือ

1) ความต้องการในการกำจัดสารต่างๆในน้ำเสีย

2)ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

3) ขนาดพื้นที่ที่ต้องการใช้สำหรับโรงบำบัดน้ำเสีย

4) ราคาค่าก่อสร้าง

5) ราคาค่าบำรุงรักษาและดำเนินงาน

6) จำนวนเครื่องมือกลที่ต้องการใช้ในระบบบำบัด

7) ความยากง่ายในการควบคุมและระบบบำบัด

8) ความต้องการระดับความรู้ความสามารถของผู้ควบคุมดูแลระบบ

2.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Operations)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีกายภาพ จะอาศัยแรงต่างๆกระทำ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงบดตัด แรงลอยตัว การดักสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำ การกวาดพวกไขมันต่างๆ

วิธีบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ

2.1.1 ตะแกรง (Screen)

เครื่องตะแกรงถูกแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ตะแกรงแบบหยาบและตะแกรงแบบละเอียด ตะแกรงแบบหยาบจะถูกใช้ในการดักเศษของแข็งชนิดต่างๆเพื่อป้องกันไม่ให้ระบบต่างๆเกิดความเสียหาย เช่น เครื่องสูบน้ำ วาล์ว เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียดีขึ้น สำหรับตะแกรงแบบละเอียดจะถูกใช้ในการดักพวกสาหร่าย หรือพวกพืชน้ำอื่นๆ

ก.ตะแกรงแบบหยาบ

ตะแกรงแบบหยาบประกอบด้วยแท่งโลหะ อาจมีรูปร่างได้หลายแบบ เช่น แท่งสี่เหลี่ยม แท่งวงกลม เป็นต้น ช่องว่างของตะแกรงจะมีขนาดตั้งแต่ 25 มม. ขึ้นไปโดยตะแกรงประเภทนี้จะใช้ในการสกัดกั้นพวกวัตถุใหญ่ๆไม่ให้ไหลเข้าสู่ระบบบำบัด เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายแก่เครื่องสูบน้ำ ป้องกันการเกิดการอุดตันภายในท่อ ชนิดของตะแกรงหยาบมีอยู่ 2 ชนิด คือ

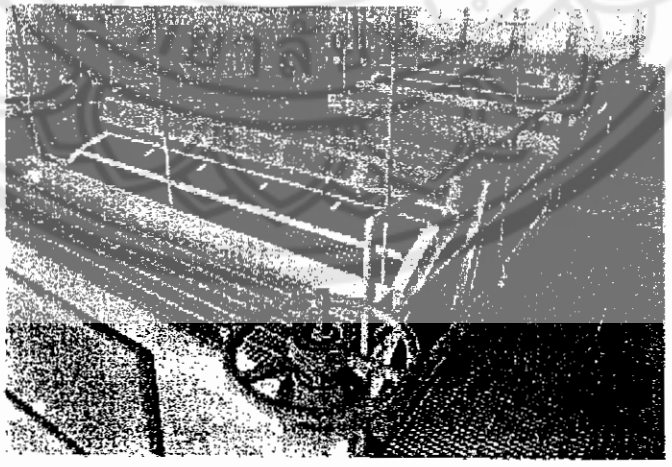
1. ชนิดไม่ใช้เครื่องกล ทำการกวาดสิ่งต่างๆที่สะสมค้างอยู่บนตะแกรง (Hand-cleaned bar racks) ส่วนมากจะติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่น้ำจะไหลเข้าสู่เครื่องสูบน้ำ มีบุคลากรคอยทำการตักและดึบเศษขยะที่ติดค้างอยู่บนตะแกรงอย่างสม่ำเสมอเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตัน

2. <u>ชนิดใช้เครื่องกล</u> ทำการกวาดสิ่งต่างๆที่สะสมค้างอยู่บนตะแกรง (Mechanically-cleaned bar racks) ตะแกรงชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากร เพราะจะมีเครื่องตักหรือกวาดเศษขยะต่างๆได้สะดวกและปลอดภัย ทำให้น้ำเสียไหลผ่านตะแกรงได้อย่างสม่ำเสมอ

ในการติดตั้งตะแกรงทั้งสองชนิดนี้ส่วนมากจะวางพิงบนแผ่นเหล็กหรือพื้นคอนกรีตโดยให้น้ำเสียไหลในท่อระบายน้ำหรือรางระบายน้ำ สถานที่ที่ตั้งตะแกรงควรตั้งบริเวณที่ผู้ควบคุมระบบบำบัดสามารถเข้าถึงสะดวก เพื่อทำการขนถ่ายเศษวัสดุต่างๆที่สกัดกั้นมาได้ แล้วทำการขนไปฝังกลบหรือนำไปเผา จำเป็นต้องติดตั้งอย่างน้อย 2 ชุด เพราะในบางครั้งต้องปิดทำการหนึ่งชุดเพื่อทำการซ่อมแซมหรือบำรุงรักษา

<u>ข.ตะแกรงแบบละเอียด</u>

ตะแกรงแบบละเอียดมีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็ก 2 ถึง 6 มม. ตะแกรงแบบนี้จะใช้เครื่องตักหรือกวาดเศษขยะออกจากตะแกรงและสามารถกำจัดตะกอนแขวนลอยได้ 55-90%,กำจัด BOD_5 ได้ 20-35% และกำจัดไขมันในน้ำเสีย ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย ตะแกรงแบบละเอียดมีหลายชนิด เช่น Cub Screens ตะแกรงมีลักษณะเป็นทรงกระบอก บริเวณทรงกระบอกจะเป็นตะแกรงละเอียดด้านหัวท้ายเปิดทั้งสองด้าน มีมอเตอร์ทำให้หมุน โดยน้ำเสียไหลเข้าทางด้านหัวของทรงกระบอกแล้วไหลผ่านตะแกรง ขยะต่างๆจะเข้าไปในตะกร้าที่อยู่ในตะแกรง เมื่อขยะเต็มก็นำเอาขยะไปทิ้ง ภายนอกตะแกรงจะมีน้ำฉีดอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ขยะหลุดตกลงสู่ตะกร้า, และชนิดอื่นๆเช่น Drum Screens , Microscreening เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ตะแกรงสำหรับตักของแข็งที่มากับน้ำเสีย

(ที่มา : สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ,2545)

การกำจัดเศษตะกอนที่ถูกดักด้วยตะแกรงมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น

1. การบดหรือตัดเศษตะกอนจากชิ้นใหญ่ๆไปเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปทิ้งลงในบ่อตากแห้ง หรือนำไปถมในที่ดินบางแห่งที่สมควร

2. การเผา นิยมใช้ในโรงงานขนาดเล็กถึงปานกลาง

3. นำเศษตะกอนที่บดหรือดัดแล้วเข้าในระบบ Anaerobic Digestion

4.นำเศษตะกอนผ่านเข้าเครื่อง Centrifugesก่อนเพื่อไล่ความชื้นแล้วจึงนำเศษตะกอนไปเผา

2.1.2 การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease Removal)

น้ำมันและไขมันจะพบมากในน้ำทิ้งจากร้านอาหารทั่วๆไป สถานีจำหน่ายน้ำมันอู่ซ่อมรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรมและสถานที่อื่นๆอีกมากมาย น้ำมันและไขมันเหล่านี้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งก่อนที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอื่นอีกต่อไป การกำจัดน้ำมันและไขมันมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

1. เติมคลอรีน อาจเป็นสารละลายโดยเติมลงในถังตกตะกอนแรก หรือในถังเติมอากาศประมาณ 2-5 มก./ลิตร ก็เพียงพอในการกำจัดไขมันออกจากน้ำเสียได้

2. เติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่าการเติมคลอรีนเพียงอย่างเดียว ระบบนี้จะเป็นระบบที่ใช้ก๊าซคลอรีนผสมกับอากาศเพื่อเป่าลงในถังเป่าอากาศจะใช้คลอรีนประมาณ 2-10 มก./ลิตร

3. การทำให้ลอย (Flotation) แล้วเก็บกวาดออกจากน้ำบนผิวน้ำ

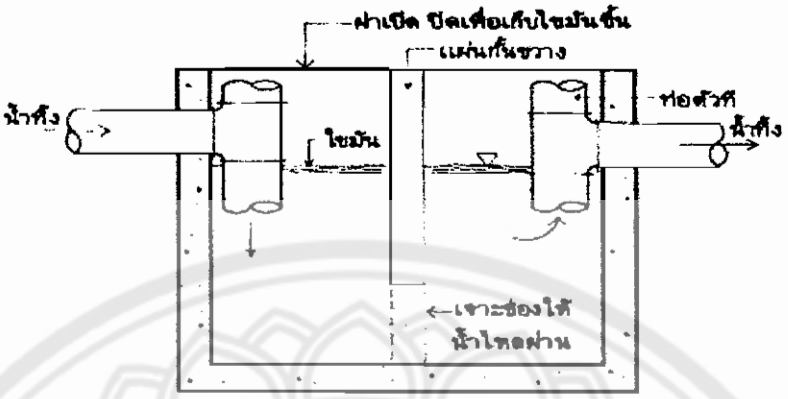
4. การเป่าอากาศ เพื่อให้ฟองอากาศที่มีจำนวนมากมหาศาลพาพวกน้ำมัน หรือไขมันลอยขึ้นมาได้มาก จากนั้นจึงทำการตักหรือกวาดพวกไขมันเหล่านี้ออกจากถังเป่าอากาศ

หลักในการออกแบบถังดักไขมัน มีดังนี้

1. ต้องมีขนาดพื้นที่ผิวของถังเพียงพอกับปริมาณไขมันที่จะลอยขึ้นมาความเร็วของน้ำไหลภายในถังต้องต่ำที่สุดเท่าที่จะมีได้

2. บริเวณทางออกต้องกันไม่ให้พวกไขมันหลุดลอยออกไปได้

3. ถ้าเป็นถังดักไขมันที่ใช้คนเก็บกวาดขึ้นมาต้องหมั่นคอยเก็บขึ้นมาให้หมด เวลาควรมีมากกว่า 30 นาที ต้องไม่นานเกินไปจนเกิดกลิ่นเหม็นตะกอนได้ภายหลัง ปกติแล้วระบบนี้จะลดสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดีได้ประมาณ 30 %



รูปที่ 2.2 ถังดักไขมันหรือน้ำมันทั่วไป

(ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ,2542)

2.1.3 การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวลงของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมักจะมีถังตกตะกอนอยู่ 2 ชนิด คือ ถังตกตะกอนที่ทำหน้าที่แยกตะกอนต่างๆออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลไปลงถังบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพ ซึ่งนิยมเรียกว่า "ถังตกตะกอนแรก(Primary Sedimentation Tank)"และถังตกตะกอนอีกชนิดคือ ถังตกตะกอนที่ใช้แยกตะกอนชีวภาพหรือตะกอนเคมีออกจากน้ำเพื่อให้ได้น้ำใสสะอาด ซึ่งนิยมเรียกว่า"ถังตกตะกอนที่สอง(Secondary Sedimentation Tank)"

หลักการออกแบบถังตกตะกอนแรกและถังตกตะกอนที่สองมีดังนี้

ถังตกตะกอนแรก

หลักการของการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอนแรกคือ พยายามทำให้น้ำเสียที่อยู่ภายในถังนิ่งที่สุดและทำให้ตะกอนที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำได้ตกตะกอน โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก สิ่งที่ควรคำนึงในการออกแบบถังตกตะกอนแรก คือ พื้นที่ผิวของถังและเวลาเก็บกัก สำหรับความลึกของถังจะมีผลไม่มากต่อประสิทธิภาพของการกำจัดตะกอนในถังตกตะกอน ข้อมูลของการออกแบบถังตกตะกอนแรกได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2.1

ถังตกตะกอนที่สอง

หลักการของการกำจัดตะกอนออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอนที่สองคือ ต้องการแยกตะกอนชีวภาพออกจากน้ำที่มีตะกอนจุลชีพมากมาย (Mixed Liquor) เช่น จากระบบเอเอส (Activated Sludge) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) เป็นต้น โดยทั่วไปถังตกตะกอนที่สองจำเป็นต้องมีคุณภาพของน้ำที่ดี เช่น มีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยตัว (TSS ต่ำ) มี BOD เป็นต้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนแรก

ข้อมูลออกแบบ	ค่าออกแบบ	
	ช่วงขอบเขต	โดยเฉลี่ย
สำหรับถังตะกอนแรกที่มีน้ำเสียไหลเข้าเพียงอย่างเดียว		
เวลาเก็บกัก,ชม.	1.5-2.5	2.0
อัตราน้ำล้น,$ม^3/(ม^2.วัน)$:		
Q เฉลี่ย	30-50	40
Q สูงสุด	70-130	100
อัตราภาระฝาย(Weir Loading Rate),$ม^3/(ม.วัน)$	125-500	250
สำหรับถังตกตะกอนแรกที่มีน้ำเสียและตะกอนชีวภาพ:		
เวลาเก็บกัก,ชม.	1.5-2.5	2.0
อัตราน้ำล้น,$ม^3/(ม^2.วัน)$:		
Q เฉลี่ย	25-35	30
Q สูงสุด	45-80	60
อัตราภาระฝาย,$ม^3/(ม.วัน)$	125-500	250

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนที่สอง

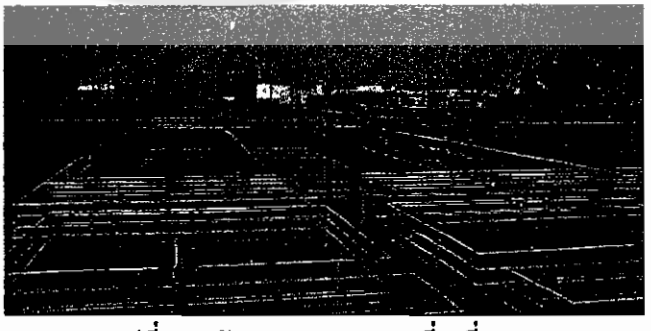
ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย	อัตราน้ำล้น ($ม^3/(ม^2.วัน)$)		อัตราภาระของแข็ง (กก./($ม^2$.ชม.))		ความลึกของถัง (ม.)
	ขอบเขต	สูงสุด	ขอบเขต	สูงสุด	
ระบบชีวภาพ :					
ระบบเอเอสแบบยืดเวลา (Extended Aeration)	8-16	24-32	1-5	7	3.5-5.0
ระบบเอเอสแบบธรรมดา	16-32	40-48	3-6	9	3.5-5.0
ระบบโปรยกรอง หรือ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ	16-24	40-48	3-5	8	3.0-4.0
ระบบเคมี :					
ใช้สารส้ม	24-48	48	-		-
ใช้เกลือของเหล็ก	24-48	48	-		-
ใช้ปูนขาว	24-48	48	-		-

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

สำหรับถังตกตะกอนยังสามารถแบ่งแยกออกได้เป็นประเภทต่างๆดังนี้

1. ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมากมักจะมีพื้นลาดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อให้เครื่องกวาดตะกอนที่ก้นถังทำหน้าที่กวาดตะกอนลงมาที่หลุม หรือบางแบบจะมีพื้นก้นถังเป็นแบบหลุมๆ ตลอดทั่วทั้งถังทำให้ไม่ต้องใช้เครื่องกวาดตะกอน เพราะตะกอนจะตกลงมาทุกๆหลุมกระจายทั่วพื้นก้นถัง ซึ่งสามารถสูบตะกอนจากแต่ละหลุมออกไปได้ไม่ยากนัก

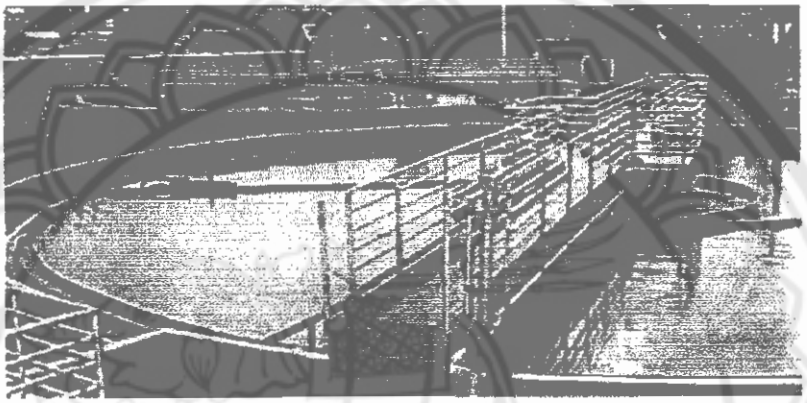


รูปที่ 2.3 ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม

(ที่มา : สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ,2545)

2. ถังตกตะกอนทรงกลม

ถังทรงกลมเป็นถังที่นิยมใช้กันมากในงานบำบัดน้ำเสีย เพราะจะไม่มีตะกอนตกค้างอยู่บริเวณใดๆรอบถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังจะมีตั้งแต่ 3.0 ถึง 60 ม. สำหรับความลึกของน้ำในถังตกตะกอนแรก และถังตกตะกอนที่สองควรมีประมาณ 2-3 ม. และ 3-4 ม.ตามลำดับ ความลาดของพื้นก้นควรมีประมาณ 1:12 โดยจำเป็นต้องมีเครื่องกวาดตะกอนบริเวณพื้นก้นถังดังภาพที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ถังตกตะกอนแบบวงกลม

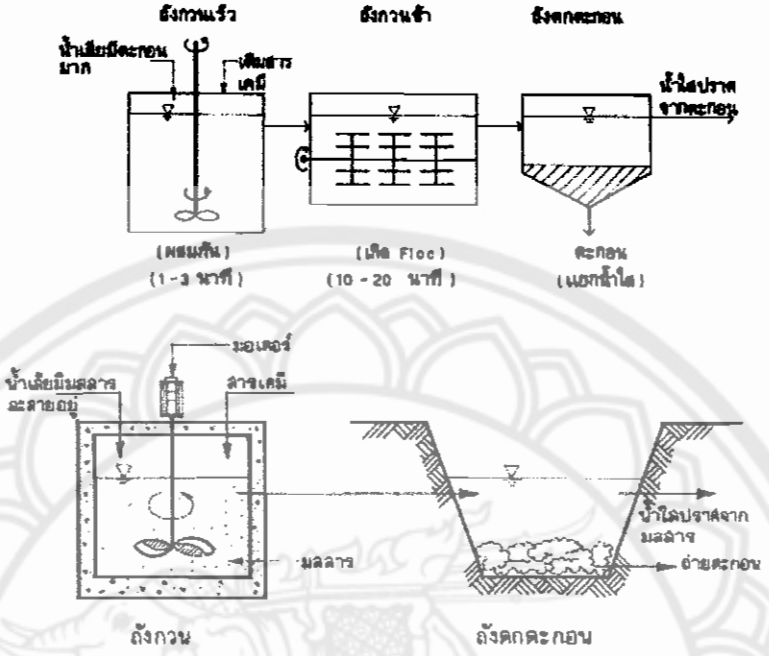
(ที่มา : สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ,2545)

2.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Processes)

สามารถแยกแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

2.2.1 การตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical Precipitation)

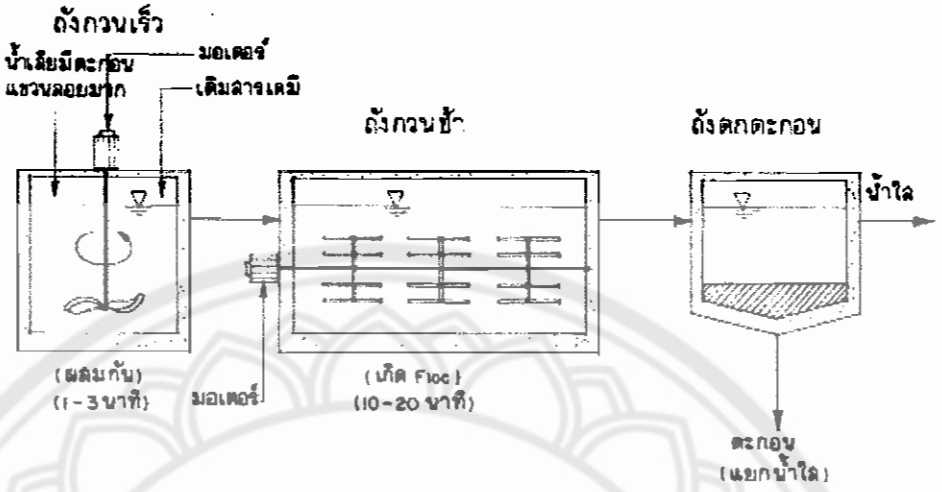
กระบวนการนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของสารต่างๆที่ละลายอยู่ในรูปสารละลาย (Soluble) ให้เป็นสารที่อยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ(Insoluble) โดยวิธีการเติมสารเคมีผสมกับน้ำเสียให้ทั่วถึง เช่น สารส้ม (Alum) , Ferric chloride ($FeCl_3$),ปูนขาว(Lime) เป็นต้น ซึ่งเมื่อผสมเข้ากันดีแล้วจะเกิดการจับตัวกันระหว่างสารเคมีดังกล่าวกับสารละลาย ทำให้สามารถแยกมลสารที่ไม่ต้องการออกจากน้ำเสียด้วยวิธีตกตะกอนผลึกทางเคมี การเกิดการตกตะกอนผลึกให้ได้ดีต้องพิจารณาค่า pH หลังจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว โดยทั่วไปต้องมี pH สูงกว่า 7 จึงจะได้ผลดี



รูปที่ 2.5 วิธีการตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical Precipitation)

2.2.2 <u>การสร้างรวมตะกอนเคมี (Coagulation-Flocculation)</u>

กระบวนการนี้มี 2 ขั้นตอนใหญ่ๆคือ <u>ขั้นตอนแรก</u> คือการเติมสารเคมีพวกสารสร้างตะกอน(Coagulants) ซึ่งได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เกลือของเหล็ก สารPolyelectrolytes เป็นต้น ผสมกับน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยเล็กๆ <u>ขั้นตอนที่สอง</u> คือการกวนช้าๆเพื่อให้เกิดสภาพรวมตะกอน (Flocculation) ซึ่งได้มีการเกาะกันระหว่างตะกอนแขวนลอยเล็กๆกับสารสร้างตะกอน จนได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้ สาเหตุที่ต้องทำการกวนอย่างช้าๆเพราะไม่ให้สภาพการเกาะตัวกันเกิดการแตกหลุดจากกันของตะกอนเล็กๆ เหล่านี้ กระบวนการนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.6



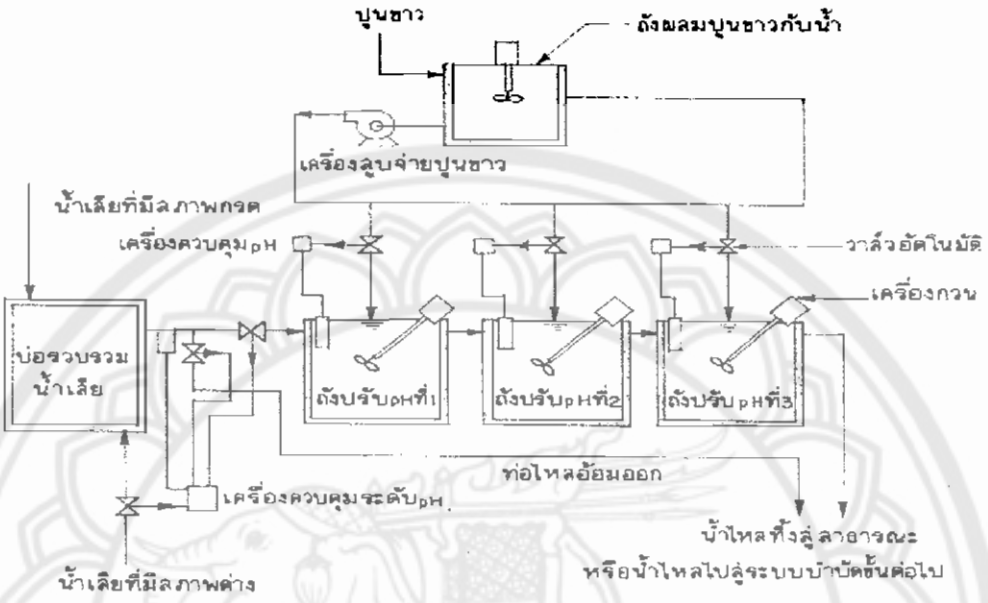
รูปที่ 2.6 กระบวนการสร้าง-รวมตะกอนเคมี (Coagulation-Flocculation)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ ,2539)

สารสร้างตะกอนเคมี

สารสร้างตะกอนเคมีที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันได้แก่ สารส้ม, Ferrous Sulfate , Ferric Salts , Sodium Aluminate เป็นต้น สำหรับในการทำให้ประสิทธิภาพของการสร้างรวมตะกอนเคมีได้ดีจำเป็นต้องเติมสารช่วยสร้างตะกอน(Coagulation Aids) ได้แก่ กรด ด่าง, Activated Silica, Polyelectrolytes, ดินเหนียว เป็นต้น โดยปกติปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารเคมีต่างๆดังกล่าวข้างต้นจะมีค่า pH ที่เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง เพราะถ้ามี pH อยู่ในระดับที่เหมาะสมอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารสร้างตะกอนเคมีมากเกินไป โดยจะต้องการปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น

2.2.3 การปรับ pH (pH Adjustment)

การปรับ pH ในน้ำเสียมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี เพื่อทำหน้าที่แยกมลสารออกจากน้ำได้ ซึ่งต้องมี pH อยู่ในช่วงเหมาะสม โดยจำเป็นต้องทำการทดลองและใช้ความรู้ทางเคมีมาช่วย โดยทั่วไปการปรับค่า pH จะใช้สารเคมี 2 ประเภทคือ ประเภทกรด และประเภทด่าง ซึ่งแล้วแต่ความต้องการในการปรับ pH ถ้าต้องการปรับ pH ให้สูงขึ้นจำเป็นต้องเติมสารประเภทด่าง ถ้าต้องการปรับ pH ให้ต่ำลงจำเป็นต้องเติมสารใดสารหนึ่งแล้วแต่ค่า pH ของน้ำเสียที่ไหลเข้ามา ซึ่งนิยมเรียกวิธีนี้ว่า การสะเทิน(Neutralization)



รูปที่ 2.7 ระบบปรับ pH ของน้ำเสียด้วยปูนขาว

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ ,2539)

<u>การปรับ pH ของน้ำเสียสภาพกรด</u>

1) การใช้ก้อนปูนขาว(Limestone Treatment)

2) การใช้ Na_2CO_3 (Caustic Soda Treatment)

<u>การปรับ pH ของน้ำเสียสภาพด่าง</u>

1) การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2 Treatment)

2) การใช้กรด Sulfuric (Sulfuric Acid Treatment)

2.2.4 <u>การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)</u>

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งในที่นี้จะหมายถึงการกำจัดเชื้อจุลชีพต่างๆ ที่เป็นสื่อให้เกิดโรคติดต่อและโรคที่ไม่ติดต่อ แต่จะมีจุลชีพบางส่วนอาจหลงเหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งวิธีการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยวิธีฆ่าเชื้อโรค(Disinfection) จะไม่สามารถกำจัดหรือฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้หมด ถ้าเป็นการทำไร้เชื้อหรือเรียกว่า Sterilization จะเป็นการทำลายจุลชีพทั้งหมดไม่ว่าในลักษณะพืช สัตว์ รวมทั้งเซลล์สืบพันธุ์ด้วย สำหรับในงานฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียพวกจุลชีพที่จำเป็นต้องกำจัดได้แก่

พวกแบคทีเรีย พวกโปรโตซัว พวกไวรัส เป็นต้น โดยพวกแบคทีเรียจะก่อให้เกิดโรคต่างๆ ดังนี้ Bacillary Dysentrey, Cholera, Paratyphoid, และ Typhoid พวกโปโตรซัวจะก่อให้เกิดโรคต่างๆ ดังนี้ Gastroenteritis, Meningitis, และ Respiratory Disease ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยวิธี Disinfection เป็น

วิธีที่ใช้กันในระบบประปาและระบบบำบัดน้ำเสีย มี 4 วิธี คือ

1.วิธีกายภาพ

2.วิธีเคมี

3.วิธีทางกล

4.วิธีแผ่รังสี

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพ เป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันมากที่สุดในงานบำบัดน้ำเสียเพราะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการบำบัดอื่นๆ จุดประสงค์หลักของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้คือ การกำจัดหรือลดสารอินทรีย์ต่างๆลงให้ได้มากที่สุด นั่นคือต้องการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย โดยอาศัยหลักการที่ใช้จุลชีพต่างๆ มาทำการย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่างๆ ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ถ้าใช้ระบบเติมอากาศ) หรือไปเป็นก๊าซมีเทน (ถ้าใช้ระบบไม่เติมอากาศ) ดังนั้นการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้ต้องคำนึงถึงการมีสภาวะแวดล้อมในถังอย่างเหมาะสม ได้แก่ BOD ปริมาณและอายุจุลชีพ pH อุณหภูมิ สารพิษ เป็นต้น

กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพต่างๆประกอบด้วย

2.3.1 ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters)

2.3.2 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors, RBC)

2.3.3 ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment)

2.3.4 ระบบเอเอส (Activated Sludge)

2.3.5 ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond)

2.3.6 ระบบบ่อธรรมชาติ

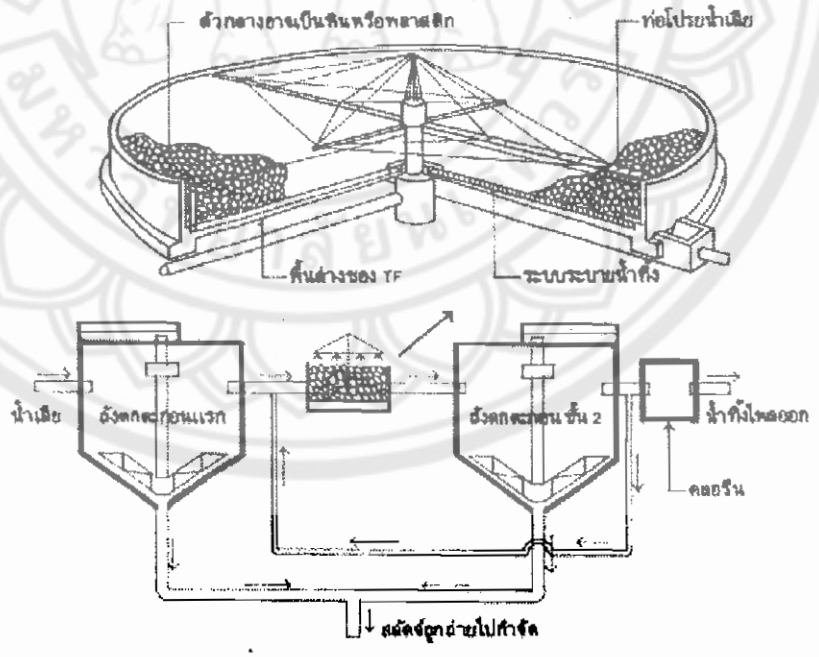
2.3.1. ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters)

ระบบนี้ประกอบด้วยตัวกลางบรรจุอยู่ในถัง เพื่อให้จุลชีพเกาะอยู่ตามผิวตัวกลาง การเติมอากาศจะอาศัยออกซิเจนจากอากาศผสมกับน้ำเสียก่อนที่จะไหลผ่านผิวตัวกลางที่มีจุลชีพเกาะ

อยู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเมือกหนาพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปได้ ยิ่งผิวตัวกลางขรุขระมากเท่าไหร่จะยิ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการเลือกผิวตัวกลางก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมาก

ระบบนี้มักจะมีระบบให้น้ำล้นไหลเวียนกลับสู่ระบบอีกครั้งเป็นวงจร (Recirculation) เพื่อประโยชน์ต่างๆดังนี้

1) เพื่อให้น้ำเสียได้ไหลผ่านจุลชีพที่เกาะบนผิวตัวกลางมากกว่าหนึ่งครั้ง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีขึ้น
2) เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน (DO) ในน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ
3) เพื่อปรับสภาพของน้ำเสียที่อาจมี BOD หรือค่า pH สูงหรือต่ำเกินไปสำหรับระบบ
4) ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการกระจายของน้ำเสียที่ไหลผ่านผิวตัวกลาง ซึ่งมีแนวโน้มช่วยลดปัญหาอุดตันขึ้นในระบบ และลดปัญหาเกี่ยวกับแมลงเกาะตอมได้บ้าง
5) เพื่อให้น้ำได้ไหลผ่านจุลชีพที่เกาะผิวกลางอยู่ตลอดเวลา แม้จะมีน้ำเสียไหลเข้ามาในบางช่วงน้อยมากก็ตาม ซึ่งป้องกันการเกิดจุลชีพแห้งตายหลุดออกไป

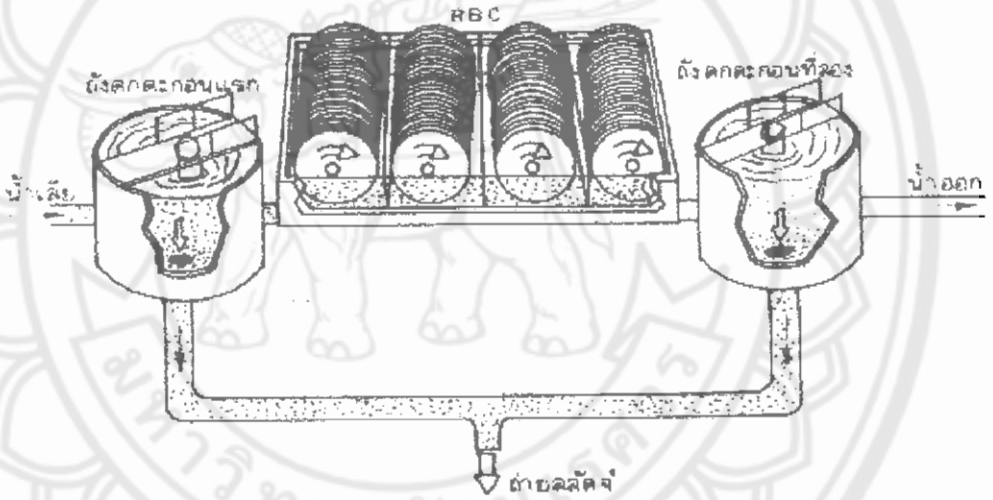


รูปที่ 2.8 ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.2. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC)

ระบบนี้ประกอบด้วยแผ่นจานทำจากพลาสติกจำนวนมากติดกันเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะค่อมอเตอร์หมุนแผ่นจานช้าๆในอัตราประมาณ 1-3 รอบต่อนาที แผ่นจานจุ่มในน้ำประมาณ 40 % ส่วนบนของแผ่นจานจะรับออกซิเจนแล้ววกกลับลงไปในน้ำเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียแล้ววนกลับขึ้นมารับอากาศอีกครั้งวนเป็นวัฏจักร ขณะที่ตัวกลางหมุนจะเกิดแรงเฉือนทำให้จุลินทรีย์ที่ตายแล้วหลุดออกมากับน้ำทิ้ง จึงต้องมีถังตกตะกอนแยกสลัดจ์ออกจากน้ำทิ้ง ระบบนี้มีข้อดีคือใช้พลังงานน้อย ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง เดินระบบง่ายไม่ต้องเวียนตะกอนกลับ และสลัดจ์ตกตะกอนได้ง่าย แต่ข้อเสียคืออุปกรณ์แผ่นจานอาจชำรุดได้ง่าย มีราคาแพงและบำรุงรักษายุ่งยากเพราะซื้อจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

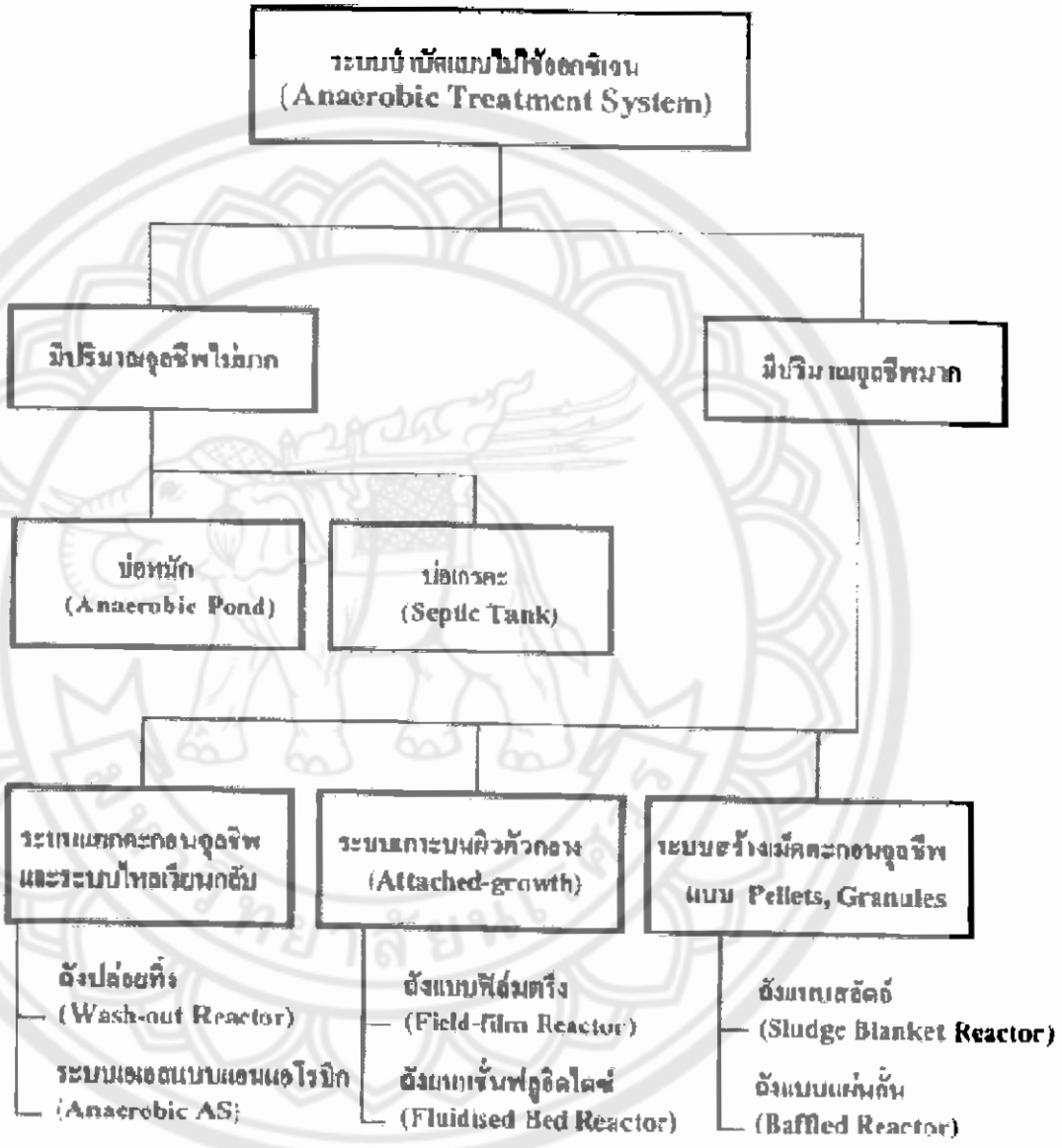


รูปที่ 2.9 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.3. ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment System)

ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี Anaerobic เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจนหรือนิยมเรียกว่าระบบไร้ออกซิเจนหรือถังหมัก ระบบนี้เริ่มนิยมใช้กันแพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะสามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และยังได้พลังงานที่เกิดจากระบบไร้ออกซิเจนได้แก่ ก๊าซมีเธนเป็นต้น ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้ในการหุงต้มทำอาหารได้ และใช้ในการต้มน้ำในหม้อต้มน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี Anaerobic มีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่างๆโดยได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.10 ซึ่งทั้งหมดมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.10 กระบวนการต่างๆของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.3.1 บ่อหมัก (Anaerobic Ponds)

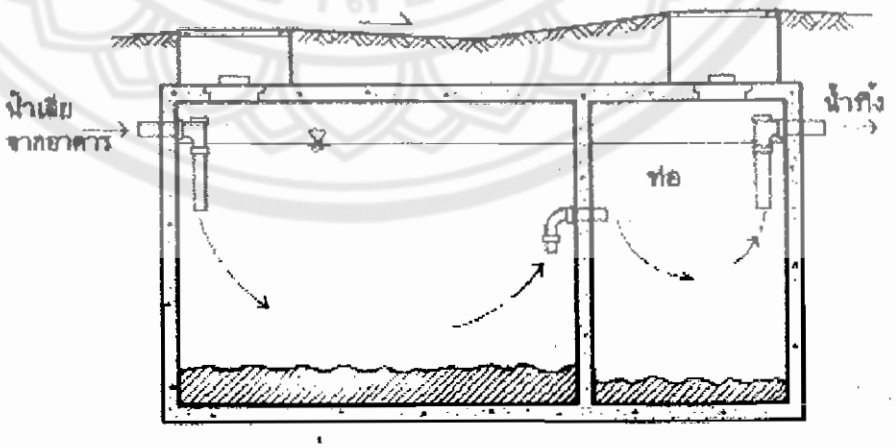
บ่อหมักแบบนี้อาจเป็นบ่อดินหรือบ่อคอนกรีตก็ได้ โดยอาจมีขนาดความลึกบ่อตั้งแต่ 1.0 ม. ถึง 8 – 9 ม. บ่อประเภทนี้จะเป็นบ่อที่รับน้ำเสียปริมาณ BOD (กก.ต่อวัน) มากๆจนทำให้บ่อไม่สามารถผลิตออกซิเจนได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงใน

บ่อสามารถทำให้ไม่เกิดขึ้นได้ โดยลดพื้นที่ผิวของบ่อ เพิ่มความลึกของบ่อ และเพิ่มปริมาณ BOD ขึ้น (กก.ต่อวัน) โดยทั่วไปบ่อประเภทนี้จะมีสีดำเนื่องจากพวก Anaerobic Bacteria เกิดขึ้นภายในบ่อหมัก ถ้าพบว่าบ่อหมักมีสีเขียวแสดงว่าบริเวณผิวชั้นบนจะเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงขึ้นในบ่อ

โดยทั่วไปบ่อหมักจะมีเวลากักเก็บของน้ำเสียในบ่อตั้งแต่ 1 – 200 วัน บ่อประเภทนี้จะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นแรกที่ต้องการลดหรือกำจัด BOD ลงไปส่วนหนึ่งก่อนเพื่อการประหยัดพลังงานในการย่อยสลายสารอินทรีย์ สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ของบ่อหมักอยู่ในช่วง 20 – 95 % และโดยทั่วไปค่า BOD ของน้ำทิ้งที่ไหลผ่านบ่อหมักจะมีค่า BOD ไม่ต่ำกว่า 100 มก./ลิตร ดังนั้นบ่อหมักจึงไม่เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD ของน้ำเสียเพียง 100 – 200 มก./ลิตร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.3.2 ถังเกรอะ (Septic Tank)

ถังเกรอะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียประเภท Anaerobic เช่นเดียวกันเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดเหมาะสำหรับอาคารทั่วไป อาคารสำนักงาน ฯลฯ ที่มีปริมาณน้ำทิ้งไม่มากนัก ระบบนี้จะมีการก่อสร้างไม่ยุ่งยากนัก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญในการดูแลรักษาระบบ แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ น้ำทิ้งที่ไหลผ่านถังเกรอะแล้วยังมีความสกปรกอยู่มาก จึงต้องบำบัดในขั้นต่อไปอีก รูปลักษณะของถังเกรอะได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 ในตารางที่ 2.3 ได้แสดงข้อมูลออกแบบถังเกรอะ และตารางที่ 2.4 ได้แสดงข้อมูลของคุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะ



รูปที่ 2.11 ถังเกรอะ (Septic Tank)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลออกแบบถังเกรอะ

ข้อมูลออกแบบถังเกรอะ	ขนาดต่างๆ
เวลาเก็บกักของถังเกรอะ	1 วัน (เฉพาะน้ำไหลเข้า)
ปริมาตรของน้ำเสียในถัง	อัตราไหลเข้าสูงสุดในรอบวัน, ลบ.ม.
ปริมาตรของตะกอนในก้นถัง	0.06 ลบ.ม./(คน-ปี)
ปริมาตรของฝ้าตะกอนลอยในถัง	0.02 ลบ.ม./(คน-ปี)
ระดับน้ำต่ำกว่าฝาปิดถัง	0.30 ม.
ระดับน้ำลึกในถัง	1.00 ม.
ขนาดท่อน้ำทิ้งเล็กที่สุดที่ยอมให้มี	100 มม.
ขนาดความยาวต่อความกว้างของถัง	> 3 : 1
ระยะห่างระหว่างชั้นตะกอนกับท่อออก	> 100 มม.
พื้นที่ผิวของชั้นตะกอน/ระดับน้ำลึก	> 3 ม.
ขนาดความจุน้อยที่สุดของถัง	3.80 ลบ.ม.

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

ตางรางที่ 2.4 คุณภาพของน้ำทิ้งจากถังเกรอะสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป

คุณภาพ	ข้อมูล	คุณภาพ	ข้อมูล
pH	7-8.5	ออกซิเจนละลายน้ำ(DO)	0 มก./ลิตร
E.Coli	10^6-10^8/100 มล.	อุณหภูมิ ณ 27°ซ ของอากาศ	5-15 °ซ
BOD_5	90-380 มก./ลิตร	COD	150-720 มก./ลิตร
TSS	40-350 มก./ลิตร	VSS	30-280 มก./ลิตร
TS	820 มก./ลิตร	TOC	130 มก./ลิตร
ไนโตรเจน(TN)	30-50 มก./ลิตร	อินทรีย์ไนโตรเจน(Org-N)	9-15 มก./ลิตร
แอมโมเนีย(NH_3-N)	20-35 มก./ลิตร	ฟอสเฟต(PO_4)	20-30มก./ลิตร
คลอไรด์(Cl^-)	75-95 มก./ลิตร	Alkalinity($CaCO_3$)	400 มก./ลิตร
ไขมัน	50-150 มก./ลิตร		

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.3.3 ระบบเอเอสแบบแอนโรบิก (Anaerobic Activated Sludge)

ระบบนี้อาจเรียกอีกชื่อว่า กระบวนการสัมผัสแอนแอโรบิก (Anaerobic Contact Process) ซึ่งระบบนี้จะมีถังปฏิกิริยา (ถังหมัก) และระบบแยกตะกอนซึ่งอาจใช้ถังตกตะกอน ถังทำให้ลอย (Floataton) หรือการหมุนเหวี่ยง (Centrifugalization) ข้อดีของระบบนี้คือ มีก๊าซมีเทนผลิตขึ้นมา สามารถรับปริมาณ BOD สูงๆมากได้ดี และการเพิ่มขึ้นของตะกอนจุลชีพไม่มากนัก ทำให้ลดปัญหาการกำจัดตะกอนจุลชีพได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเอเอสแบบใช้ออกซิเจน จะมีเวลาเก็บกักของน้ำเสียประมาณ 0.5 – 10 วัน

2.3.3.4 ถังแบบฟิล์มตรึง (Fixed – film Reactor)

ระบบนี้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ตัวกลางบรรจุอยู่ภายในระบบถัง ทั้งนี้เพื่อให้มีอายุสลัดจ์หรือเวลาเก็บกักของสลัดจ์ยาวนาน แต่มีเวลาเก็บกักของน้ำเสียต่ำกว่า เพราะพวกสลัดจ์จะไปเกาะผิวตัวกลาง ยิ่งมีผิวขรุขระมากเท่าไหร่ก็จะยิ่งสามารถมีจำนวนสลัดจ์ (จำนวนต่อตร.ม.) มากขึ้นด้วย ระบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้

ก) ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter)

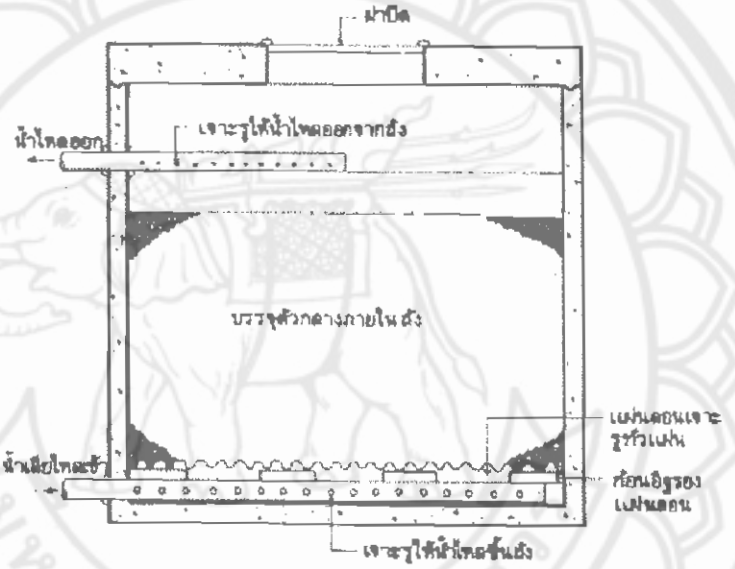
ข) ถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง (Downflow Anaerobic Filter)

- ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น มีรูปลักษณะดังแสดงไว้ดังรูปที่ 2.19 โดยจุลชีพที่บรรจุอยู่ในระบบจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆซึ่งตัวจุลชีพจะเกาะอยู่บริเวณผิวตัวกลางและบางส่วนจะอาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างตัวกลาง ทำให้ระบบนี้ไม่ต้องมีการกวนน้ำเสียภายในถัง การกำจัด BOD ของน้ำเสียโดยระบบนี้จะใช้กระบวนการต่างๆได้แก่ การดูดซับ การกรอง และปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวเคมี ระบบนี้จะใช้เวลาเก็บกักของเสียอาจมีตั้งแต่ 1 – 10 วัน โดยสามารถรับ COD ของน้ำเสียได้ตั้งแต่ 4 – 6 กก.COD/(ลบ.ม.วัน) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวกลางที่สามารถใช้ได้คือ พวกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติได้แก่ ก้อนหิน พลาสติก อิฐ ยาง ดินเผา เป็นต้น พบว่าตัวกลางที่ใช้ดินเผาจะมีประสิทธิภาพในการทำงานของระบบค่อนข้างดีมาก เพราะว่ามีพื้นที่ผิวขรุขระมากสามารถมีจำนวนตะกอนจุลชีพมากในระบบ สำหรับขนาดของตัวกลางไม่ควรมีขนาดเล็กหรือใหญ่จนเกินไป

ในบางเวลาน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบมีค่า BOD สูงมากกว่าปกติ ก็อาจแก้ไขได้โดยการสูบน้ำทิ้งที่ไหลผ่านระบบ Anaerobic Filter นี้แล้วกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้งเพื่อทำให้ BOD ผสมมีขนาดความเข้มข้นปกติหรือมากกว่าเล็กน้อย

ความลึกของตัวกลางในระบบ ไม่จำเป็นต้องมาก เพราะถ้ามีขนาดความลึกของตัวกลางมากเกิน 1.50 ม. ก็อาจเริ่มเกิดปัญหาอุดตันหรือสูญเสียความดันขึ้น ดังนั้นอาจใช้ความลึกของตัวกลางประมาณ 1.20 ม. ก็น่าจะเพียงพอสำหรับการบำบัดน้ำเสียทั่วไป

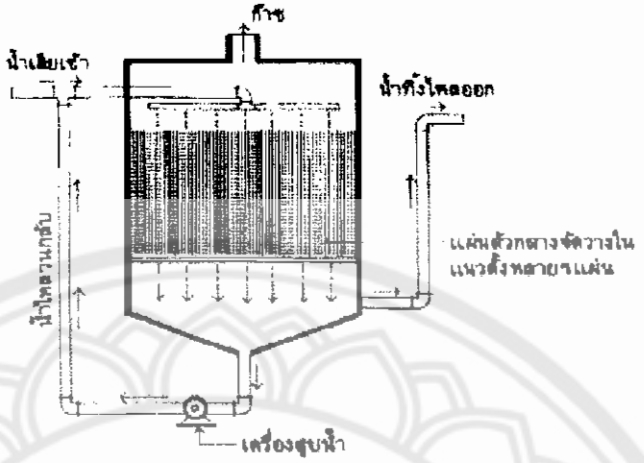
เวลาเก็บกักของถังกรองไร้อากาศประมาณ 7 วันขึ้นไปจะได้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูง และควรมีเวลาเก็บกักอย่างน้อย 4 วัน สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเพื่อสามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำโสโครกด้วย



รูปที่ 2.12 ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

- ระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง มีรูปลักษณะดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.13 จะมีตัวกลางอยู่ในระบบ สำหรับระบบนี้จะมีปริมาณสารแขวนลอยไม่มากเท่ากับของระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลออกทางส่วนก้นถัง และน้ำทิ้งบางส่วนควรสูบกลับไปที่ระบบอีกครั้งเพื่อให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดียิ่งขึ้น

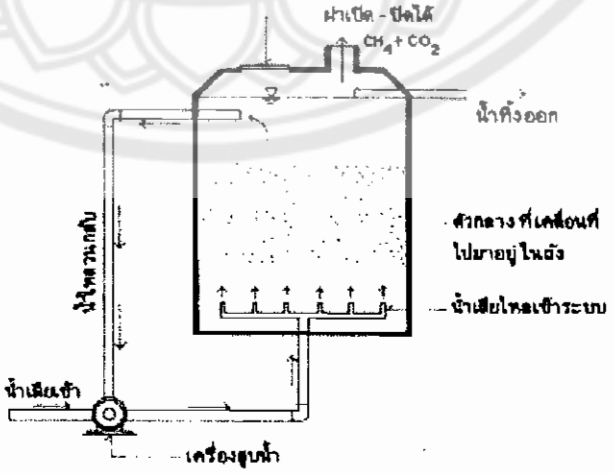


รูปที่ 2.13 ถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง (Downflow Anaerobic Filter)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.3.6 ถังไร้อากาศแบบชั้นฟลูอิดไดซ์ (Fluidised Bed Reactor)

ระบบนี้เป็นระบบที่ได้พัฒนามาจากระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ที่มักมีปัญหาการอุดตัน การเกิดไหลลัดวงจรและการสูญเสียความดัน (Head loss) ทำให้มีการดัดแปลงโดยใช้ตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวมากๆ เช่น ทราย, Anthracite, Activated carbon หรือวัสดุอื่นๆที่มีขนาดใกล้เคียงกับเม็ดทราย โดยจะให้ตัวกลางมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ทำให้สามารถป้องกันปัญหาเกี่ยวกับการอุดตันได้ และทำให้ต้องการเวลาเก็บกักของน้ำเสียต่ำกว่ามาก ถ้าน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบมีค่า BOD สูงมากกระทันหัน อาจต้องเพิ่มอัตราไหลวนกลับสูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อทำให้ BOD ผสมที่ไหลเข้าระบบมีค่าลดลงเทียบเท่าปกติ



รูปที่ 2.14 ถังไร้อากาศแบบชั้นฟลูอิดไดซ์ (Fluidised Bed Reactor)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.3.7 ถังไร้อากาศแบบชั้นสลัดจ์ (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

การที่ต้องมีตัวกลางอยู่ในระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนและระบบ AFB ทำให้ถังปฏิกิริยาต้องเสียปริมาตรใช้งานและเสียเงินซื้อตัวกลางเป็นจำนวนมาก ระบบใหม่นี้มีทิศทางไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นด้านบนโดยไม่ใช้ตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ จนกระทั่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี น้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ที่ไม่จมลงก้นถัง อนึ่งการเลี้ยงแบคทีเรียไร้ออกซิเจนให้สามารถจับตัวกันเป็นเม็ดใหญ่นั้นเป็นเรื่องยาก ผู้ใช้ระบบนี้จึงมีเทคนิคต่างๆในการทำให้เกิดชั้นสลัดจ์ภายในถังปฏิกิริยา เนื่องจากธรรมชาติของแบคทีเรียไร้ออกซิเจนไม่มีนิสัยเกาะจับกันเป็นกลุ่มฟล้อค ระบบนี้สามารถรับออร์แกนิคโหลดได้สูงกว่าระบบไร้ออกซิเจนแบบอื่นๆ และสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้แบคทีเรียหลุดออกจากระบบได้ดีกว่าแบบอื่น

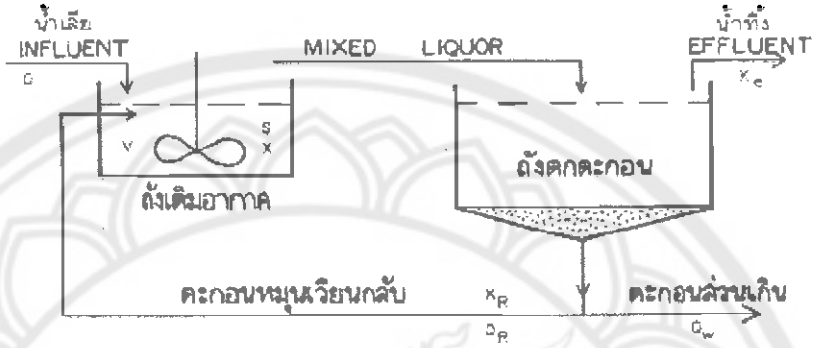
2.3.4. ระบบแอกทีเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) หรือระบบเอเอส (A/S)

ระบบแอกทีเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนหรือแอโรบิก (Aerobic bacteria) ประกอบด้วยถังเติมอากาศ (Aeration tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation tank) น้ำเสียถูกส่งเข้าถังเติมอากาศที่เลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังจะติดตั้งเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ผิวน้ำหรือก้นถังเพื่อเติมอากาศให้กับจุลินทรีย์ในถังให้เพียงพอ และกวนผสมจุลินทรีย์ให้เข้ากับน้ำเสียจุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และทำให้ปริมาณเซลล์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอน สลัดจ์จะแยกตัวออกจากน้ำและตกตะกอนลงก้นถัง โดยสลัดจ์ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบเวียนกลับ (Return sludge) ไปยังถังเติมอากาศเพื่อรักษาความเข้มข้นสลัดจ์ในถังเติมอากาศตามค่าที่ออกแบบไว้ เพื่อให้ระบบทำงานได้ตามที่ต้องการ ส่วนสลัดจ์ส่วนเกิน (excess sludge) ที่ก้นถังตกตะกอนจะถูกสูบไปกำจัด เพื่อควบคุมให้สลัดจ์มีอายุและเวลาอยู่ในระบบตามที่กำหนด น้ำใสส่วนบนของถังตกตะกอนอาจถูกส่งไปฆ่าเชื้อโรคก่อนจึงระบายทิ้งลงแหล่งน้ำสาธารณะได้

ระบบเอเอสได้ถูกนำไปใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย การควบคุมและเดินระบบค่อนข้างซับซ้อน ต้องการผู้ควบคุมที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบอย่างดี และควรมีการตรวจสอบวัตพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบอยู่เป็นประจำ ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง น้ำทิ้งจะมีสารอินทรีย์ (วัดในรูปบีโอดี) และตะกอน

LTD
741
0864ก 2549
15 ก.พ. 2550
5040481
สำนักหอสมุด

แขวนลอยต่ำ แต่มีข้อเสียคือค่าใช้จ่ายในการเดินระบบที่มาจากค่าไฟและการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลค่อนข้างสูง



รูปที่ 2.15 ระบบเอสเอส (Activated Sludge)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

- ค่าภาระอินทรีย์ต่อมวลจุลชีพ หรือ F/M หมายถึงสัดส่วนระหว่างปริมาณสารอาหาร (สารอินทรีย์) ที่เข้ามาในระบบ (ซึ่งเท่ากับความเข้มข้นสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีคูณกับอัตราไหลน้ำเสีย) กับปริมาณมวลจุลชีพในถังเติมอากาศ (เท่ากับความเข้มข้นมวลจุลชีพคูณกับปริมาตรถังเติมอากาศ) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

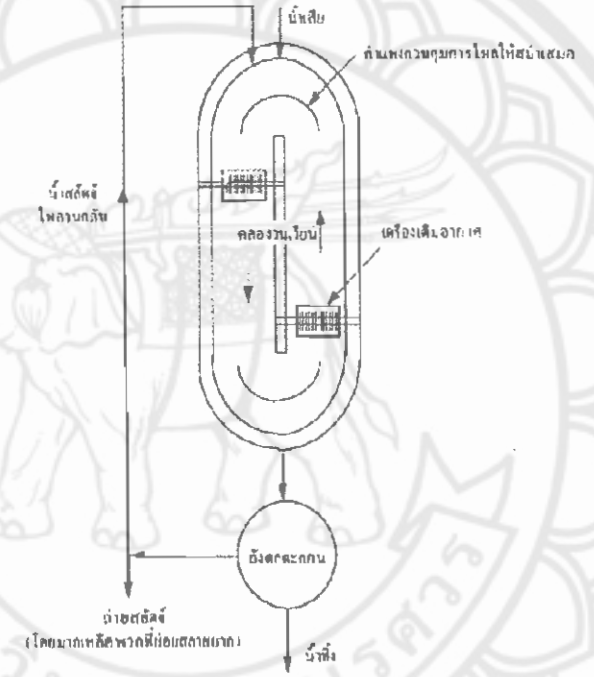
$$F/M = \frac{BOD \times Q}{MLVSS \times V}$$

โดย F/M = อัตราส่วนอาหารต่อมวล วัน$^{-1}$
BOD = ค่าบีโอดี$_5$ของน้ำเสีย มก./ล.
Q = อัตราไหลของน้ำเสีย ม^3/วัน
MLVSS = mixed liquor volatile suspended solids
หรือ ความเข้มข้นมวลจุลชีพในถังเติมอากาศ มก./ล.
V = ปริมาตรถังเติมอากาศ ม^3

ปกติในการวัด MLVSS ทำได้ยากเพราะต้องนำไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°ซ แล้ววัดน้ำหนักที่หายไประหว่างการเผา โดยทั่วไปจึงนิยมวัดค่า MLSS โดยนำไปอบที่ 103°ซ แทนเพราะทำได้ง่ายกว่า แล้วคูณด้วยอัตราส่วน VSS/SS ก็จะได้ค่า MLVSS ที่ต้องการ

2.3.4.1 คลองวนเวียน (Oxidation ditch)

แบบนี้เรียกอีกชื่อว่า คลองวนเวียน (Oxidation ditch) ลักษณะคล้ายแบบไหลตามยาว แต่มีการเวียนน้ำกลับจากด้านท้ายถังมาหัวถัง มักติดตั้งเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำคล้ายระหัดวิดน้ำ เรียกว่า โรเตอร์ (cage rotor) มักออกแบบระบบให้อยู่ในช่วง Extended aeration ถังเติมอากาศลึกเพียง 1 – 1.5 เมตร ความเร็วน้ำไหลในถังประมาณ 0.3 เมตร/วินาที เพื่อกันไม่ให้สลัดจ์ตกตะกอน



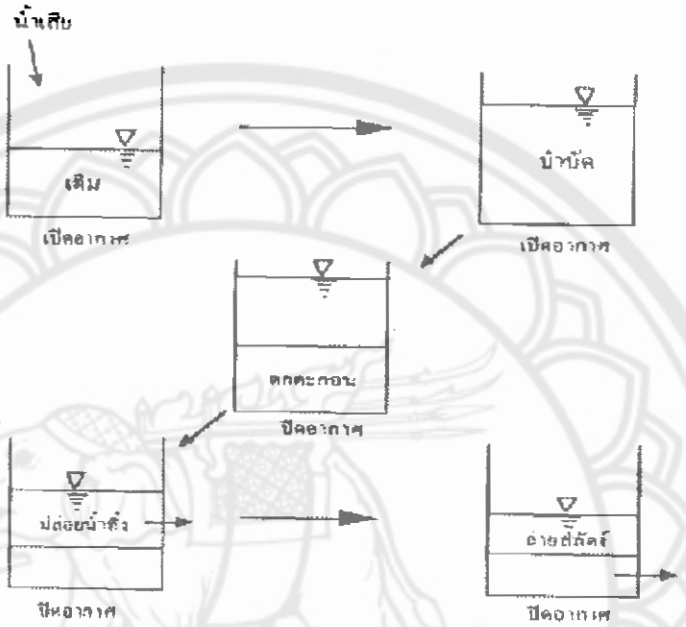
รูปที่ 2.16 แบบไหลวนเวียน (Circuit flow)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.4.2 เอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR)

ระบบนี้ถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเป็นถังใบเดียวกัน ลักษณะการทำงานจะเป็นขั้นตอนตามเวลา กล่าวคือน้ำเสียไหลเข้าถังที่มีตะกอนจุลชีพหรือสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมาก จากนั้นจะเติมอากาศให้นานพอเพื่อกวนผสมน้ำเสียกับสลัดจ์ให้เข้ากัน จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำจนได้น้ำใส แล้วหยุดการเติมอากาศปล่อยให้สลัดจ์ตกตะกอน น้ำใสส่วนบนระบายทิ้ง และอาจระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกทางด้านล่างของถัง ถือว่าครบหนึ่งรอบ (Cycle) แล้วจึงเริ่มรอบใหม่ต่อไป ระบบนี้มีข้อดีคือประหยัดค่าก่อสร้างถังตกตะกอนและเครื่องสูบเวียนตะกอน ระบบนี้จึง

เหมาะกับน้ำเสียจากโรงงานที่มีการไหลในช่วงสั้นๆ หรือไหลไม่ต่อเนื่อง หากนำไปใช้กับน้ำเสียที่ไหลต่อเนื่องอาจต้องใช้ถังเติมอากาศหลายถังสลับกันทำงาน



รูปที่ 2.17 เอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.4.3 แบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

ระบบนี้จะขุดบ่อขนาดใหญ่ติดตั้งเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ ทำหน้าที่เติมอากาศและกวนผสมจุลินทรีย์ให้ผสมกับน้ำทั้งบ่อ เครื่องเติมอากาศมักเป็นแบบทครอบที่ความเร็วต่ำ (low speed) อาจเป็นแบบทุ่นลอย (float) หรือแบบเจ็ท (jet) ก็ได้ น้ำเสียหลังบำบัดมักเข้าไปตกตะกอนในบ่อพักก่อนปล่อยทิ้ง ระบบนี้ไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์กลับบ่อเติมอากาศ จึงมีสลัดจ์ในบ่อเติมอากาศต่ำ น้ำทิ้งจากระบบอาจมีตะกอนแขวนลอยอยู่บ้าง ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 70 – 95 %

<u>การคำนวณ</u>

กรณีออกแบบบ่อเดียว

$BOD_{ออก} = BOD_{เข้า}/(1 + kt_0)$

t_0 = เวลากักเก็บน้ำ = 3 – 10 วัน

กรณีออกแบบหลายบ่อต่ออนุกรม

$BOD_{ออกบ่อท้าย} = BOD_{เข้าบ่อแรก}/(1 + kt_0/N)^N$

N = จำนวนบ่อ

t_0 = เวลากักเก็บน้ำทุกบ่อรวมกัน

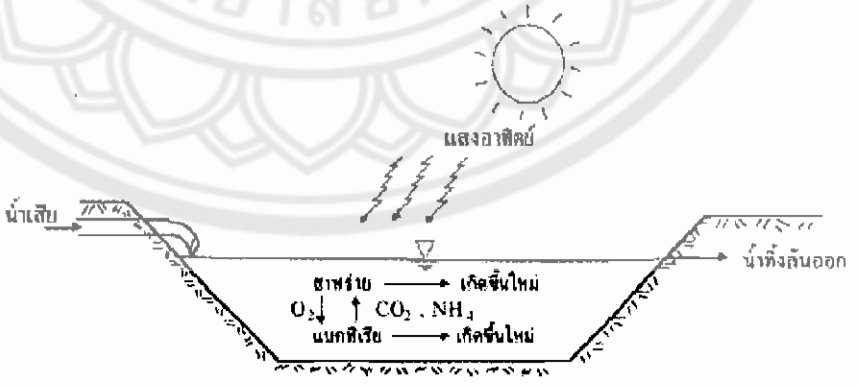
2.3.5. บ่อปรับเสถียร (Stabilization pond)

บ่อปรับเสถียรหรือบ่อคงตัวเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ มักก่อสร้างเป็นบ่อขนาดใหญ่ มีระยะเวลากักเก็บน้ำหลายวัน กลไกในการบำบัดอาจใช้หรือไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นกับลักษณะความลึกและภาระน้ำเสียเข้าบ่อ เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับประเทศเขตร้อนเพราะมีอุณหภูมิเหมาะต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมีลมแรงช่วยในการเติมอากาศและแสงแดดเพียงพอ บ่อสามารถกำจัดเชื้อโรคที่เป็นอันตรายได้จากแสงแดดและการออกแบบให้บ่อมีระยะเวลากักน้ำที่นานพอ (20-30 วัน) บ่อสามารถรับภาระน้ำเสียฉับพลัน (Shock load) ได้ดี เนื่องจากมีขนาดบ่อใหญ่ ข้อเสียของระบบนี้ น้ำทิ้งจากบ่อที่มีอากาศอาจมีสาหร่ายมาก ส่วนน้ำทิ้งจากบ่อที่ไม่มีอากาศอาจมีกลิ่นเหม็น

ประเภทของบ่อคงตัวแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ คือ

2.3.5.1.1 บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond)

บ่อแอโรบิคมีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ เป็นบ่อที่มีออกซิเจนทั่วทั้งบ่อ มีสภาพแอโรบิคตลอดความลึก บ่อแอโรบิคได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและการเติมอากาศที่ผิวหน้า

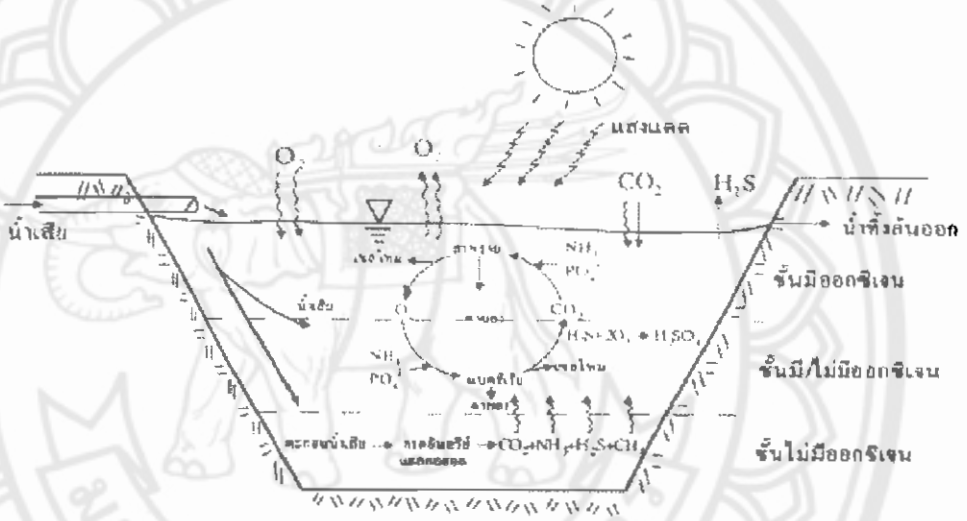


รูปที่ 2.18 บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.3.5.1.2 บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Pond)

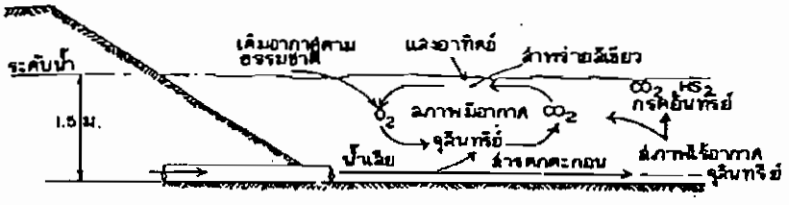
บ่อแฟคัลเททีฟหรือบ่อแอโรบิค – แอนแอโรบิคหรือบ่อกึ่งแอโรบิคเป็นบ่อที่ใช้กันมากที่สุด ที่มีชื่อเรียกอย่างนี้เพราะว่าส่วนบนของบ่ออยู่ในสภาพแอโรบิค เนื่องจากการเติมอากาศที่ผิวหน้าและจากกิริยาของสาหร่ายซึ่งให้ออกซิเจน ส่วนกลางคือ ชั้นแบคทีเรียที่เกิดขึ้นใหม่ และมีแบคทีเรียบางส่วนตายอยู่บริเวณนี้ ส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิค ที่ซึ่งสารอินทรีย์ตกตะกอนแล้วถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค จะมีก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซไข่เน่าและก๊าซมีเทนเกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Pond)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

บ่อแฟคัลเททีฟมีความลึกประมาณ 1.00 ถึง 2.00 เมตร น้ำทิ้งจะถูกกักเป็นเวลาหลายวันเพื่อให้คงตัวและไม่น่ารังเกียจเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งรับน้ำหรือพื้นดิน

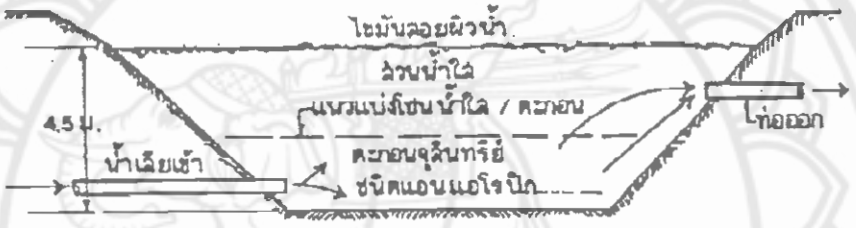


รูปที่ 2.20 บ่อกึ่งแอโรบิค (Facultative Oxidation Pond)

(ที่มา : รองศาสตราจารย์สุรี ขาวเธียร, 2538)

2.3.5.1.3 บ่อแอนแอโรบิค

บ่อแอนแอโรบิคใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถป้อนออกซิเจนได้ทัน ดังนั้นภายในบ่อจะไม่มีออกซิเจนละลาย(D.O.)อยู่ ข้อดีที่สุดของบ่อแบบนี้คือ ใช้สำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูงและมีปริมาณของแข็งสูง ของแข็งเหล่านั้นจะตกลงสู่ก้นบ่อแล้วถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค บ่อแบบนี้มีความลึกประมาณ 2 ถึง 4 เมตร น้ำใสที่ออกจากบ่อจะถูกปล่อยลงบ่อแฟคัลเททีฟสำหรับการบำบัดต่อไป



รูปที่ 2.21 บ่อไร้ออกซิเจน (Anaerobic Pond)

(ที่มา : รองศาสตราจารย์สุรี ขาวเธียร, 2538)

2.3.5.1.4 บ่อบ่ม (Maturation Ponds)

บ่อบ่มนี้ใช้เป็นขั้นที่สองต่อจากบ่อแฟคัลเททีฟ จุดประสงค์ใหญ่ในการใช้ ก็คือการทำลายจุลินทรีย์ที่ให้โทษแบคทีเรียและไวรัสที่มาจากอุจจาระจะตายไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมกับมัน การกำจัด BOD_5 ในบ่อบ่มนี้มีน้อยมาก สำหรับบ่อบ่มสองบ่อต่ออนุกรมกัน แต่ละบ่อจะต้องมีเวลากัก 7 วัน จึงจะลด BOD_5 จากประมาณ 50 – 70 ก/ม^3 ลงมาเหลือน้อยกว่า 25 ก/ม^3

บ่อบ่มนี้จะเป็นแอโรบิคทั้งหมด ความลึกของบ่อบ่มจะเท่ากับบ่อแฟคัลเททีฟที่นำหน้าอยู่ (1 ถึง 5 เมตร)

2.3.5.2 <u>การออกแบบ</u>

เนื่องจากระบบนิเวศวิทยาของบ่อตัวนี้มีความสลับซับซ้อนมากการออกแบบจึงเป็นไปแบบเอมไพริคัลเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลการออกแบบของบ่อประเภทต่างๆ

	บ่อแอนแอโรบิค	บ่อแฟคัลเททีฟ	บ่อแอโรบิค	บ่อบ่ม
การใช้งาน	บำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมและควรมีบ่อAerobicและหรือบ่อFaculatativeบำบัดให้คุณภาพดีขึ้น	บำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยมีการตักขยะออกจากน้ำเสียก่อน	บำบัดน้ำทิ้งที่มาจากระบบบำบัดขั้นที่ 2 และน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปราศจากตะกอน	บ่อบำบัดขั้นสุดท้ายสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำ
การจัดวางบ่อ	อนุกรม	อนุกรมหรือขนาน	อนุกรมหรือขนาน	อนุกรมหรือขนาน
อัตรารับสารอินทรีย์ (BOD_5 ก./ม^2-วัน)	224 – 672	34	45	
ความลึก (เมตร)	2.0 – 4.0	1.0 - 1.5	0.2 – 0.6	1.0 – 1.5
เวลาถักน้ำ (วัน)	20 – 50	7 – 30	4 – 6	5 – 20
pH	6.8 – 7.2	6.5 - 9.0	6.5 – 10.5	6.5 – 10.5
อุณหภูมิ, °ซ	30	20	20	20
ประสิทธิภาพ (%)	50	70 – 90	80 – 95	60 – 80
ปริมาณสาหร่าย,มก./ล	0 – 5	5 – 80	40 – 260	5 – 10
TSS ของน้ำทิ้ง, มก./ล	80 - 160	40 - 100	80 -- 300	10 - 30

2.3.5.2.1 <u>ขั้นตอนการออกแบบ</u>

ก. เลือกความลึกที่ต้องการ

ข. คำนวณหาเวลากักจากอัตรารับสารอินทรีย์

$$L_{OA} = \frac{SF}{A} = \frac{SF}{V/d} = \frac{Sd}{t}$$

หรือ

$$L_{OV} = \frac{SF}{V} = \frac{S}{t}$$

โดยที่ L_{OA} = อัตรารับสารอินทรีย์ต่อพื้นที่

L_{OV} = อัตรารับสารอินทรีย์ต่อปริมาตร

S = ความเข้มข้น BOD_5 เข้า

F = อัตราไหล

d = ความลึกบ่อ

t = เวลากัก

V = ปริมาตรของบ่อ

ค. คำนวณหาพื้นที่ของบ่อ

2.3.6 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ (Natural Treatment)

ในการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติจะมีน้ำ ดิน พืช จุลชีพ และบรรยากาศมาเกี่ยวพันกัน คือ มาช่วยกันบำบัดน้ำเสียหรืออีกนัยหนึ่งว่ามาช่วยกันปรับสภาพน้ำเสียให้เป็นน้ำที่มีสารปนเปื้อนลดน้อยลง วิธีนี้จะอาศัยกลไกธรรมชาติเข้ามาบำบัดเป็นหลัก ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า พึ่งพาอาศัยผู้ควบคุมระบบน้อยกว่าระบบบำบัดอื่นๆ ต้องการพื้นที่มากและต้องแน่ใจว่าไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียที่มีสารปนเปื้อนประเภทสารพิษอันตรายต้องคำนึงถึงอย่างมาก ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติต่างๆดังนี้

2.3.6.1 วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน (Land Treatment System)

การบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินของพื้นที่ต่างๆได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ทำการกิจกรรมใดๆทั้งสิ้น เป็นต้น วิธีนี้จะเป็นวิธีที่ประหยัดค่าบำบัดน้ำเสียมากแต่ต้องการพื้นที่มากในการบำบัดน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมีลักษณะที่มีแร่ธาตุอาหารและมีสารอินทรีย์ต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ก็จะยิ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการเลือกวิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินเสมือนกับการใส่ปุ๋ยให้แก่ดินเพื่อการเกษตรกรรมต่อไป

วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินที่ใช้กันอยู่มี 3 วิธีดังนี้

ก. ระบบอัตราไหลช้า (Slow – Rate Systems)

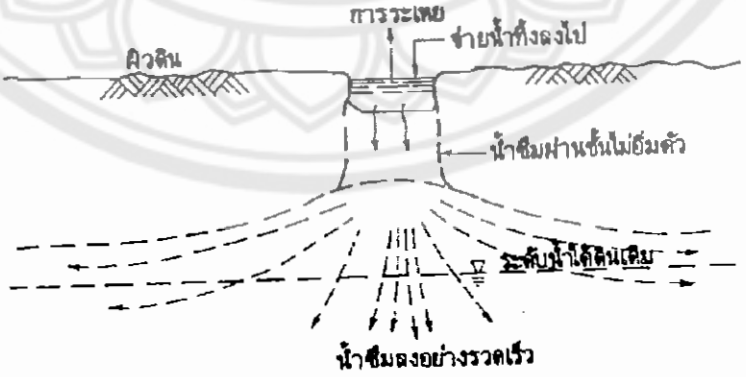
วิธีนี้เป็นการรดน้ำ การปล่อยให้น้ำไหลซึมลงดินและการปล่อยให้เกิดการคายน้ำออกจากระบบ ดังรูปที่ 2.22 โดยจะมีพืชต่างๆอาจเป็นต้นข้าวโพด ผักต่างๆ หรือต้นไม้ทั่วไปอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนี้ อาจจำเป็นต้องมีการผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นแรกก่อน เช่น อาจมีตะแกรงดักขยะ มีถังตกตะกอนแรกก่อนที่จะนำน้ำเสียนี้เข้าสู่พื้นที่บำบัดต่อไป และอาจต้องมีการผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียชนิดเกือบสมบูรณ์แบบ ก่อนที่จะนำเข้าสู่พื้นที่บำบัดต่อไป ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของการออกแบบระบบ

รูปที่ 2.22 ระบบอัตราไหลช้า (Slow – Rate Systems)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

ข. ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration Systems)

วิธีนี้เป็นการปล่อยน้ำเสียที่ได้ถูกบำบัดขั้นต้นแล้ว (การตกตะกอน) มาลงที่บ่อหรือร่องรองรับน้ำเสีย ซึ่งจะเกิดการระเหยออก และเกิดการซึมลงใต้ดิน วิธีนี้ปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าในอัตราที่สูงกว่าของระบบอัตราไหลช้า ดังนั้นปัจจัยที่เกี่ยวกับการระเหยออกจะไม่เป็นปัจจัยที่สำคัญ เมื่อน้ำเสียได้ไหลลงสู่ส่วนล่างของชั้นดินอาจใช้ท่อรองรับน้ำที่ผ่านชั้นดินแล้ว ซึ่งฝังอยู่ใต้ดินเพื่อระบายน้ำทิ้งออก หรือใช้บ่อที่ขุดลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินเพื่อทำการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ 2.23

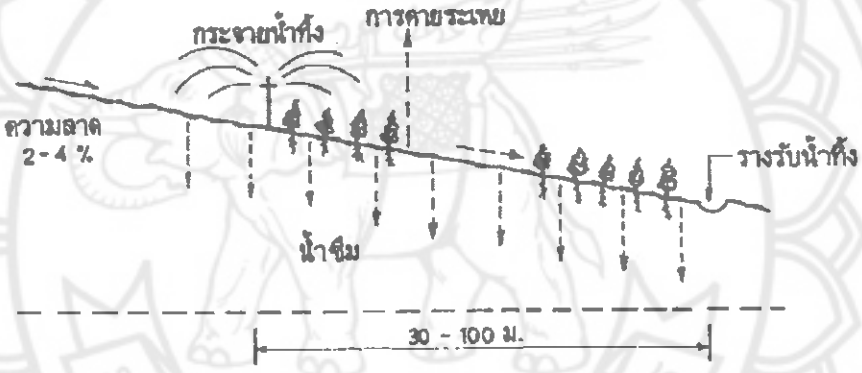


รูปที่ 2.23 ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration Systems)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

ค. ระบบน้ำไหลนอง (Overland – Flow Systems)

วิธีนี้เป็นการปล่อยให้น้ำเสียที่ไหลออกจากท่อเจาะรู หรือหัวกระจายน้ำเสียซึ่งอยู่ที่สูง ไหลจากระบบจ่ายผ่านพืชต่างๆที่ปลูกอยู่บริเวณที่น้ำไหลผ่านลงมาจนถึงรางรองรับน้ำทิ้งเพื่อการระบายน้ำทิ้งต่อไป ขณะที่น้ำไหลผ่านพืชต่างๆลงมาจะมีการไหลซึมลงใต้ดินส่วนหนึ่ง จะมีการคายน้ำออกจากพืชและพื้นดินอีกส่วนหนึ่ง และส่วนที่เหลือจะไหลลงรางรองรับน้ำทิ้ง ระบบนี้ต้องการน้ำเสียที่ได้ผ่านตะแกรงละเอียดแล้ว ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาอุดตันในช่องกระจายน้ำเสียในระบบ ระบบน้ำไหลนองยังใช้ได้กับการบำบัดขั้นสุดท้ายหลังจากได้ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองแล้ว ทั้งนี้เพื่อกำจัดสารไนโตรเจนและธาตุต่างๆออกจากน้ำทิ้งได้



รูปที่ 2.24 ระบบน้ำไหลนอง (Overland – Flow Systems)

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

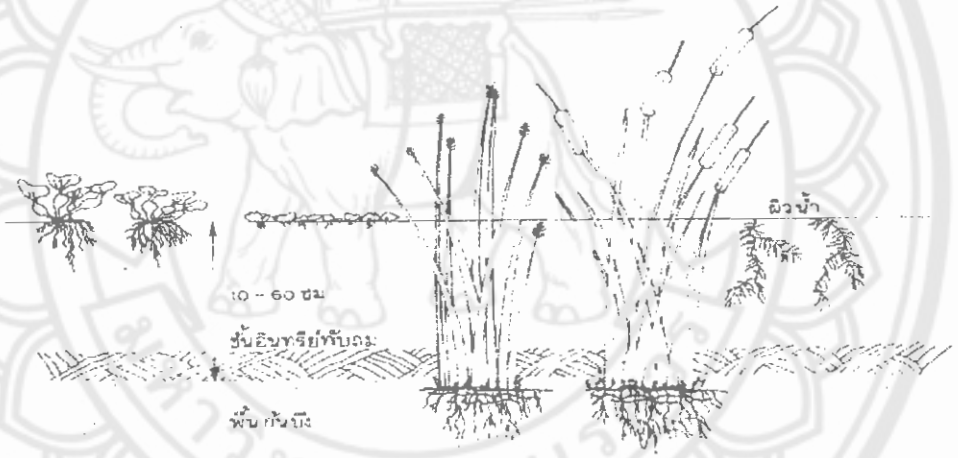
2.3.6.2 บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland Systems)

บึงในที่นี้หมายถึงบึงที่มีน้ำลึกน้อยกว่า 0.6 เมตร ซึ่งเป็นสภาพที่พืชบางชนิดเจริญแพร่พันธ์อย่างรวดเร็ว ส่วนต้นเจริญขึ้นจากพื้นดินใต้น้ำ รากของพืชประเภทนี้ยังคงอยู่ในดินเป็นส่วนใหญ่ พวกใบไม้ของพืชชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้พวกแบคทีเรียเกาะได้ และยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและเป็นตัวดูดซับสารปนเปื้อนต่างๆในน้ำเสียได้ สามารถทำหน้าที่ถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำได้ และป้องกันยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยทำหน้าที่กั้นบังแสงแดดส่องถึงลงไปในบึงน้ำ

วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีบึงประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะวิธีบึงประดิษฐ์มีอยู่ 2 ประเภทคือ

ก. แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface Systems, FWS)

วิธีนี้ประกอบด้วยบ่อดินที่น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย จะมีอยู่หลายบ่อวางเรียงขนานกัน มีพืชชนิดต่างๆขึ้นมากมาย มีระดับน้ำลึกประมาณ 10 - 60 ซม. ในการปล่อยให้น้ำเสียไหลลงบึงประดิษฐ์นี้ควรให้ไหลลงช้าๆ ผ่านก้านต้นพืชและรากพืชต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนหลักที่ทำการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.25 การเติมอากาศในบึงประดิษฐ์แบบนี้มาจากพืช จากลมพัด และจากการสังเคราะห์แสง ระบบนี้ต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำในบึงอย่างน้อย 1 มก./ล. เพื่อให้ปลามีชีวิตอยู่ได้ และระบบนี้จะเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีค่าภาระ BOD ค่อนข้างปานกลาง ซึ่งไม่ควรเกิน 6 ก. BOD_5 ก./ม^2-วัน ควรมีเวลาเก็บกักประมาณ 4 – 15 วัน และมีค่าภาระทางชลศาสตร์เท่ากับ 0.01 – 0.05 ลบ.ม./ม^2-วัน



รูปที่ 2.25 บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface Systems, FWS)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

เมื่อต้องคำนวณหาขนาดกว้าง ยาวและลึกของบึงประดิษฐ์แบบ FWS สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Qt = LWnd$$

ในเมื่อ Q = อัตราไหลเฉลี่ยของระบบ ((Qเข้า + Qออก)/2), ลบ.ม./วัน)

t = เวลากักเก็บ,วัน

L = ความยาวของบึง. ม.

W = ความกว้างของบึง, ม.

n = ค่าเศษส่วนของขนาดพื้นที่หน้าตัดขวางที่พืชไม่ได้ใช้บำบัด, (เท่ากับ 0.75)

d = ความลึกของบึง, ม.

เมื่อพิจารณาค่า BOD ที่ต้องการบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณหาค่าเวลาเก็บกักที่เหมาะสมได้จากสมการ

$$\frac{BOD_{ออก}}{BOD_{เข้า}} = 0.52\, e^{(-0.7K_T t A_m 1.75)}$$

ในเมื่อ K_T = ค่าคงที่ของปฏิกิริยาลำดับที่หนึ่งที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ, ต่อวัน

t = เวลาเก็บกัก, วัน

A_m = ขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะสำหรับจุลชีพ, $ม^2/ม^3$ ($15.7 ม^2/ม^3$)

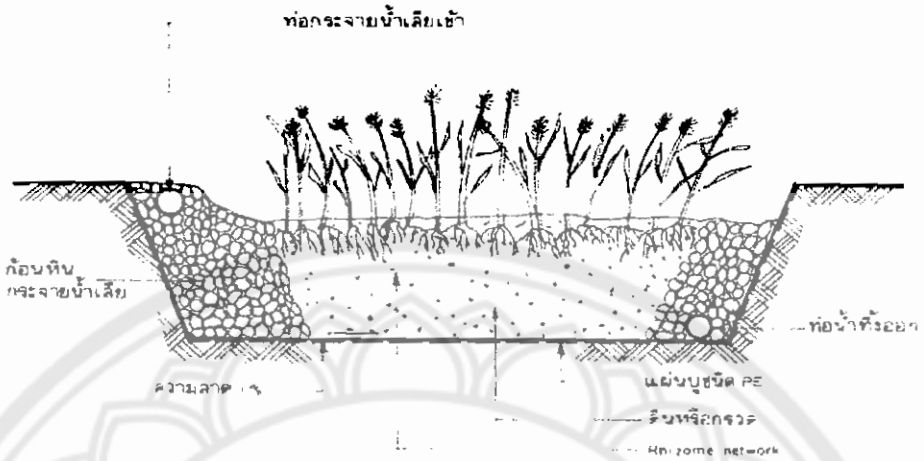
$K_T = K_{20}(1.1)^{T-20}$

ในเมื่อ T = อุณหภูมิในระบบ, °ซ

K_{20} = 0.0057 ต่อวัน

ข. แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow Systems, SFS)

วิธีนี้ประกอบด้วยบ่อดินประมาณ 30 – 80 ซม. แล้วทำการปูด้วยแผ่น Polyethylene (PE) เพื่อกั้นไม่ให้น้ำซึมลงใต้ชั้นดินของบ่อ จากนั้นนำก้อนหินขนาดเหมาะสมเพื่อการปลูกพืชที่อยู่ส่วนบน ดังแสดงในรูปที่ 2.26 ให้ส่วนก้นบ่อมีความลาดของบ่อประมาณ 1% เพื่อให้น้ำไหลลงโดยไม่มีการกักขังเกิดขึ้น ส่วนก้นบ่อบริเวณปลายท้ายน้ำของบ่อจะมีท่อดักที่เจาะรูรอบท่อ เพื่อทำหน้าที่รับน้ำทิ้งออก ระบบนี้จะอาศัยการเติมอากาศด้วยพืชเป็นหลัก สำหรับค่า BOD ที่เหมาะสมควรจะมีค่าประมาณ 11 ก. BOD_5 ก./$ม^2$-วัน แต่ไม่ควรมีค่ามากกว่า 13 ก. BOD_5 ก./$ม^2$-วัน โดยเฉพาะควรระวังการเกิดสภาพไร้อากาศบริเวณต้นน้ำเสียไหลเข้า ควรทำการกระจายน้ำเสียเข้าสู่ระบบให้ทั่วตลอดแนวยาวของบึงนี้ ซึ่งควรมีค่าภาระชลศาสตร์ประมาณ 0.01 – 0.05 ลบ.ม./$ม^2$-วัน



รูปที่ 2.26 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow Systems, SFS)
(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

เมื่อต้องคำนวณหาขนาดกว้าง ยาวและลึกของบึงประดิษฐ์แบบ FWS สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Qt = LWpd$$

ในเมื่อ Q = อัตราไหลเฉลี่ยของระบบ ((Qเข้า + Qออก)/2), ลบ.ม./วัน)

t = เวลากักเก็บ,วัน

L = ความยาวของบึง. ม.

W = ความกว้างของบึง, ม.

p = ค่าความพรุนของก้อนหินในบึง

d = ความลึกของบึง, ม.

เมื่อพิจารณาค่า BOD ที่ต้องการบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณหาค่าเวลาเก็บกักที่เหมาะสมได้จากสมการ

$$\frac{BOD_{ออก}}{BOD_{เข้า}} = e^{-KTt}$$

เมื่อพิจารณาถึงสภาพนำทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conductivity) จะใช้สมการข้างล่างคำนวณหาค่า t

$$t = \frac{L}{k_s S}$$

ในเมื่อ t = เวลาเก็บกักน้ำ, วัน

L = ความยาวของบ่อ, ม.

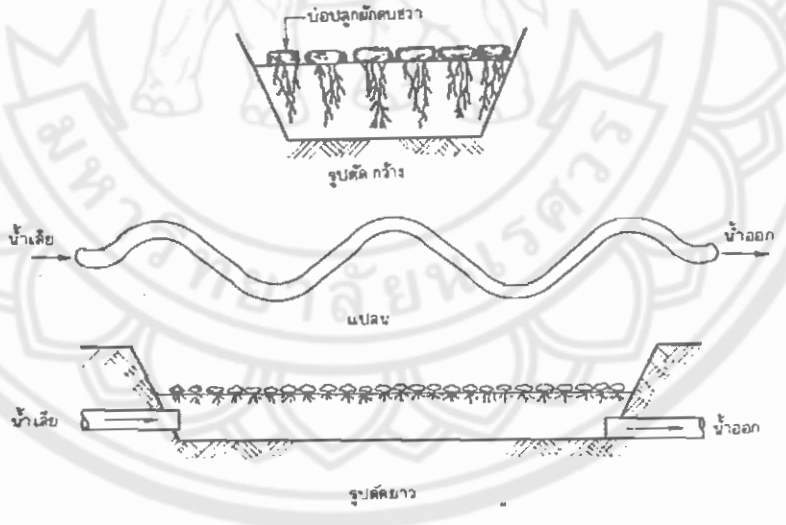
k_s = ค่าสภาพนำทางชลศาสตร์, ลบ.ม./(ตร.ม.)

S = ความลาดของพื้นที่บ่อ, ม./ม.

k_sS = ค่าความเร็วไหลไม่ควรเกิน 6.8 ม./วัน

2.3.6.3 วิธีพืชลอยน้ำ (Floating Aquatic Plant Treatment Systems)

วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีพืชลอยน้ำ จะเกือบเหมือนกับระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (FWS) ยกเว้นว่าพืชที่ใช้ด้วยวิธีนี้จะมีพวกผักตบชวา (Water Hyacinth) และพวกแหน (Duckweed) และมีความลึกของน้ำกว่าคือมีน้ำลึกประมาณ 50 – 180 ซม. สำหรับค่าภาระชลศาสตร์ของวิธีนี้จะเหมือนกับระบบบึงประดิษฐ์ ก่อนที่น้ำเสียจะไหลเข้าระบบต้องการผ่านระบบตกตะกอนแรก และตามด้วยการเติมอากาศในระยะเวลาสั้น ทั้งนี้เพื่อให้บ่อบำบัดแบบนี้มีปริมาณออกซิเจนตลอดเวลา เพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นและแมลงต่างๆมาตอม สำหรับในการออกแบบระบบนี้ก็จะมีขั้นตอนในการออกแบบเหมือนกับของวิธีบึงประดิษฐ์



รูปที่ 2.27 วิธีพืชลอยน้ำ

(ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

- ภาระอินทรีย์ ค่าภาระอินทรีย์สำหรับผักตบชวาควรมีค่าประมาณ 1 – 30 ก. BOD_5 ก./$ม^2$-วัน ถ้ามีค่าภาระ BOD_5 ในบ่อบำบัดแบบใช้ผักตบชวาเกินกว่า 10 ก. BOD_5 ก./$ม^2$-วัน จะเริ่มก่อปัญหากลิ่นเหม็นในบ่อ ปัญหานี้แก้ไขโดยลดค่าภาระ BOD_5 ลงหรือนำระบบเติมอากาศมาช่วยเพิ่ม

ปริมาณออกซิเจนในบ่อ ถ้าน้ำเสียมีปริมาณซัลเฟตมากกว่า 50 มก./ล. แม้จะมีค่าภาระ BOD_5 น้อย ก็อาจมีปัญหากลิ่นเหม็นได้