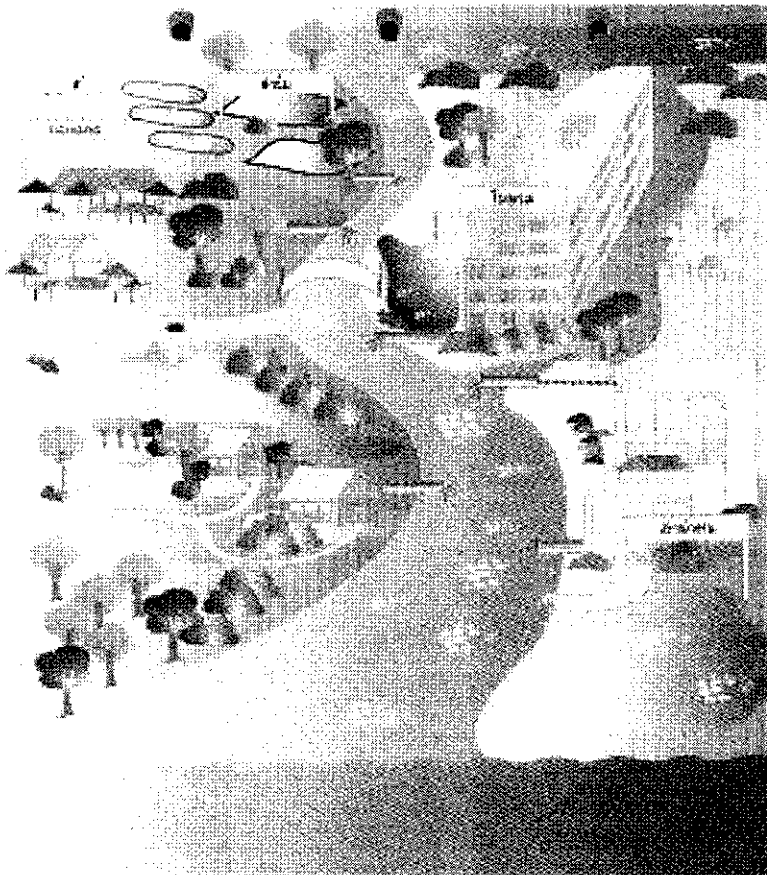


**เอกสารประกอบการเรียนการสอน
รายวิชา 617 428 การบำบัดน้ำเสียชุมชน
(Treatment of Community Wastewater)**

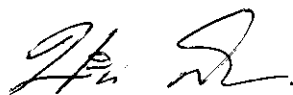


**สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

คำนำ

เอกสารประกอบการเรียนการสอนเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน รายวิชา 617 428 การบำบัดน้ำเสียชุมชน (Treatment of Community Wastewater) สาขาวิชา อณูมัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาและสามารถอ่านทบทวนได้ด้วยตนเอง หากนักศึกษามีข้อสงสัยสามารถ ชักถามได้จากอาจารย์ผู้สอน

ผู้จัดทำหวังว่า เอกสารประกอบการเรียนการสอนเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์กับนักศึกษา ได้พอสมควร หากมีข้อผิดพลาดประการใด กรุณาแจ้งผู้จัดทำเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข ให้ดียิ่งขึ้นในครั้งต่อไป



(อาจารย์นลิน สิทธิชูรณ์)

กุมภาพันธ์ 2548

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
บทที่ 1 บทนำ การบำบัดน้ำเสีย	1
- ความหมาย ลักษณะและปริมาณของน้ำเสีย	1
- การบำบัดน้ำเสีย	10
- ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย	14
บทที่ 2 ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชน	15
- ความหมาย คำจำกัดความ	15
- ระบบท่อระบายน้ำ	15
- องค์ประกอบของระบบท่อระบาย	18
- ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย	18
- ข้อพิจารณาในการเลือกประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย	21
- เกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไป	22
- ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบท่อระบายน้ำ	22
บทที่ 3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ	23
- ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด	23
- ถังดักกรวดทราย	24
- ถังดักไขมันและน้ำมัน	24
- ถังตกตะกอน	27
บทที่ 4 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี	28
- กระบวนการโคแอกกูเลชัน	29
- การตกตะกอนผลึก	31
- การทำให้เป็นกลาง	32
- การแลกเปลี่ยนไอออน	33
- ออกซิเดชัน-รีดักชัน	35
บทที่ 5 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ	36
- กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน	36
- กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน	52
- ระบบบ่อปรับเสถียร	62

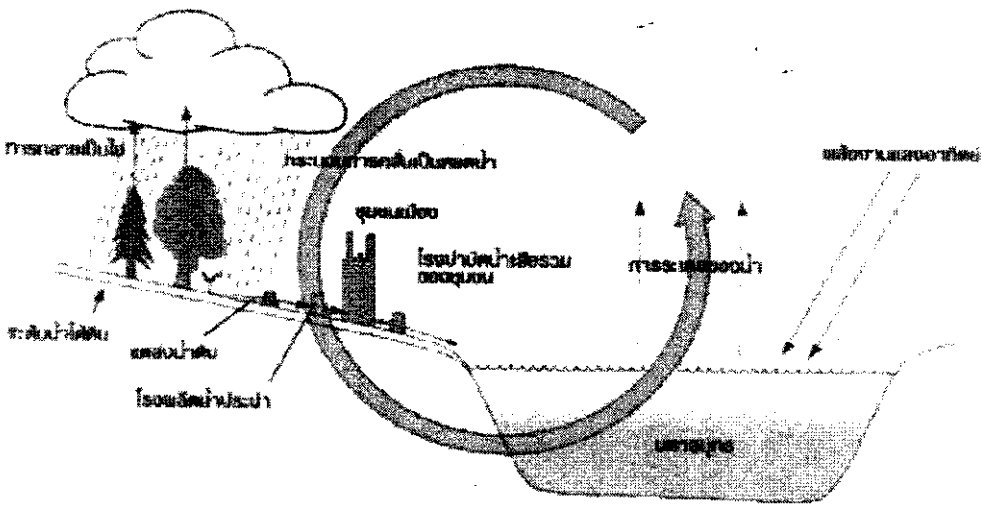
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การบำบัดและกำจัดสลัดจ์	65
- ที่มา ลักษณะและปริมาณของสลัดจ์	65
- การปฏิบัติการขั้นต้น	65
- การทำชั้นสลัดจ์	67
- การปรับเสถียร	68
- การแยกน้ำออก	68
- การกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย	70
บทที่ 7 การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ	71
- ความรู้เบื้องต้น	71
- การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางธรรมชาติ	73
บทที่ 8 การบำบัดเฉพาะเรื่อง	80
- การกำจัดไนโตรเจน	80
- การกำจัดฟอสฟอรัส	85
- การบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักและสารพิษอื่นๆ	87
บทที่ 9 การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	90
- คำจำกัดความสำคัญที่เกี่ยวข้อง	90
- การบำบัดน้ำเสียเพื่อรวบรวมน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์	90
เอกสารอ้างอิง	95

บทที่ 1

บทนำ การบำบัดน้ำเสีย

ปัญหาเรื่องน้ำเสียเกิดขึ้นพร้อมๆกับการเจริญเติบโตของชุมชน เนื่องจากน้ำเสียเกิดขึ้นจากการใช้น้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ในสมัยก่อนปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีจำนวนไม่มาก เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ชุมชนจะสามารถทำความสะอาดน้ำเสียได้ทัน อย่างไรก็ตามเมื่อมีการขยายตัวของชุมชนและมีการพัฒนาอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น น้ำเสียก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่การทำความสะอาดน้ำเสียที่เกิดขึ้นตามวิธีการทางธรรมชาติไม่ได้ผล การเน่าเหม็นของน้ำเสียก็ปรากฏขึ้นทำให้จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่างๆ



รูปที่ 1.1 วัฏจักรของน้ำ

1.1 ความหมาย ลักษณะและปริมาณของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือนอาคาร จะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากรหรือพื้นที่อาคาร ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และ 1.2

ตารางที่ 1.1 อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน)					
	2536	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-342	183-406	189-482
เหนือ	183	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ที่มา : โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2538

ตารางที่ 1.2 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ลิตร/วัน-หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5.0
สำนักงาน	ตารางเมตร	3.0

ที่มา : ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุม สวสท'36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2536

ลักษณะน้ำเสีย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น น้ำเสียจากแหล่งต่างๆจะมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป รายละเอียดของลักษณะน้ำเสียเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับวิศวกรในการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง และสำหรับผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถควบคุมระบบให้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ

ของแข็ง

ของแข็ง หมายถึง สารทุกอย่างในของเหลวยกเว้นน้ำ การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ใช้วิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric Method) ของแข็งแบ่งได้หลายชนิดดังนี้

1. ของแข็งจมตัวได้ (Settleable Solids) หมายถึง ของแข็งที่จมตัวสู่ก้นภาชนะเมื่อตั้งทิ้งไว้ในเวลา 1 ชม. มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อลิตร (มล./ล.) ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้มีประโยชน์ในการออกแบบและควบคุมประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

2. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids หรือ TDS) หมายถึง ของแข็งที่สามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน แล้วยังคงเหลืออยู่ หลังจากระเหยไอน้ำจนแห้งแล้วอบที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ

3. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids หรือ SS) หมายถึง ส่วนของแข็งที่เหลือค้างบนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน หลังจากกรองน้ำตัวอย่างและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำตัวอย่างที่ได้กำจัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำออกแล้วจะใช้ในการหาปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบบำบัดขั้นที่ 2 และใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

4. ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids หรือ VS) หมายถึง ของแข็งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ตรวจวัดโดยนำกระดาษกรองที่วิเคราะห์หาของแข็งแขวนลอยแล้วหรือถ้วยกระเบื้องระเหยที่วิเคราะห์หาของแข็งละลายน้ำทั้งหมดแล้ว ไปเผาที่ 550 °ซ น้ำหนักของแข็งที่ระเหยไปคือปริมาณของแข็งที่ระเหยได้

กลิ่น (Odor)

กลิ่นจากน้ำเสีย ส่วนมากเกิดจากก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ก๊าซส่วนใหญ่เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำการเปลี่ยนแปลงของซัลเฟตเป็นซัลไฟด์ ส่วนสารอื่นๆที่ทำให้เกิดกลิ่นในสภาพไร้ออกซิเจนของน้ำเสียได้แก่ Organic Sulfides Organic Amines Phosphorus และ Organic Acids

อุณหภูมิ (Temperature)

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้สภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำนั้นๆเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

1. ปริมาณออกซิเจนละลายจะลดลงกว่าปกติ เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนละลายจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2. ปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ในน้ำจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ ออกซิเจนในน้ำสูงขึ้นด้วย

3. การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำจะสูงกว่าปกติ

สี (Color)

โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานฟอกย้อม มักมีปัญหาเรื่องสีในน้ำเสีย นอกจากนี้การเกิดสาหร่ายปริมาณมากๆ ในแหล่งน้ำก็จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องสีในน้ำ สีของน้ำในแหล่งน้ำจะมีผลเสียนอกจากจะทำให้แหล่งน้ำไม่น่าดู และยังกันขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงมา ได้นำทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง นอกจากนี้สีที่เกิดจากสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย

ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่น คือ สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำที่กั้นหรือขวางแสงแดด น้ำที่มีความขุ่นสูงจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา และต้องใช้ปริมาณคลอรีนมากกว่าปกติในกระบวนการฆ่าเชื้อโรค การวัดความขุ่นสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นในงานด้านการบำบัดน้ำเสียอาจใช้ค่าความขุ่นประมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ซึ่งใช้เวลาในการวัดนานกว่า

ลักษณะน้ำเสียทางเคมี

สารอินทรีย์

ส่วนประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากชุมชน คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำมัน นอกจากนั้นน้ำเสียจากชุมชนอาจมีปริมาณของ ผงซักฟอก สารประกอบฟีนอล และยาฆ่าแมลงต่างๆ ซึ่งย่อยสลายได้ยากปนเปื้อนอยู่บ้าง สารเหล่านี้มักพบในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมปริมาณสารอินทรีย์สามารถประมาณได้จากค่าปริมาณของแข็งระเหยง่าย (VS) แต่ผลที่ได้อาจมีค่าไม่ละเอียดนัก ดังนั้นการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในปัจจุบันจึงนิยมวัดในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) หรือทีโอซี (Total Organic Carbon, TOC)

1. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C มีหน่วยเป็น มก./ล. ค่าบีโอดี เป็นค่าที่ใช้บอกถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อปริมาณออกซิเจนละลายโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการและเป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยใช้บอกถึงค่าภาระอินทรีย์ (Organic Loading) ใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และใช้สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ

2. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) หมายถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยใช้หลักการว่าสารประกอบอินทรีย์เกือบทุกชนิดจะถูกออกซิไดซ์ด้วย Strong Oxidizing Agents ($K_2Cr_2O_7$) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ค่าซีโอดี มักจะมีค่าสูงกว่าบีโอดี เนื่องจากซีโอดีไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายทางชีวภาพและสารอินทรีย์ที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีวภาพได้ แต่มีข้อดีคือใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 3 ชม. เท่านั้น ค่าซีโอดีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง การคุมระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียของน้ำในแหล่งน้ำเช่นเดียวกับค่าบีโอดี และยังสามารถใช้ในการประเมินค่าบีโอดีอย่างคร่าวๆได้

3. ทีโอซี (Total Organic Carbon, TOC) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำประกอบด้วยอนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic Carbon) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไบคาร์เนตและคาร์บอเนตในน้ำ และอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) หลักการวิเคราะห์ค่าทีโอซี คือ การออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และทำการหาปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียทั่วไป ได้แก่ พีเอช คลอไรด์ ความเป็นต่าง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก และก๊าซละลายน้ำ สารอินทรีย์บางชนิดมีส่วนช่วยให้กระบวนการบำบัดน้ำเสียเป็นไปได้ด้วยดี ในขณะที่สารอินทรีย์บางชนิดอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

1. พีเอช (pH) หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ค่าพีเอชจะแสดงถึงความเป็นกรดหรือต่างของน้ำเสียนั้นๆ เป็นค่าที่มีประโยชน์อย่างมากต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งวิธีทางชีวภาพและวิธีทางเคมี เช่น น้ำเสียที่มีค่าพีเอชเป็นกลาง จะมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

2. ความเป็นต่าง (Alkalinity) หมายถึง ปริมาณต่างที่มีอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปเป็นผลมาจากไฮดรอกไซด์ ไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนต ค่าความเป็นต่างจะมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชและมีประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำเสีย เช่น ใช้ในการเลือกตำแหน่งสำหรับการเติมสารเคมีไปในระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ป้องกันการเปลี่ยนของค่าพีเอชในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

3. ไนโตรเจน (Nitrogen) สารประกอบไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน และสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต สารประกอบไนโตรเจนรูปต่างๆ มีความสัมพันธ์กันโดยสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมากันได้โดยปฏิกิริยาทางเคมีของแบคทีเรีย ไนโตรเจนเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสะอาดของน้ำ โดยในการตรวจสอบคุณภาพในแหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าพบสารประกอบไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) และแอมโมเนีย - ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในปริมาณมาก อาจแสดงว่าน้ำนั้นมีความสกปรกและมีการปนเปื้อน นอกจากนี้ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen หรือ Org-N และ $\text{NH}_3\text{-N}$) จะต้องมีเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมของ BOD:N คือ 100:5

4. ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตในการสร้างเซลล์ใหม่ มักอยู่ในรูปของ ฟอสเฟต โพลีฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่เหมาะสมจะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปล่อยน้ำทิ้งที่มีฟอสฟอรัสลงในแหล่งน้ำอาจกระตุ้นการเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็วจนเกิดสภาพผิดปกติเกิดเป็นปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) และทำให้เกิดปัญหาในแหล่งน้ำนั้นได้

5. โลหะหนัก (Heavy Metals) โลหะหนักในน้ำเสียมีอยู่หลายชนิด เช่น แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส พรอท นิกเกิล สังกะสี เป็นต้น โลหะบางชนิดเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตหากอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม เช่น โครเมียม ทองแดง เหล็ก แต่โลหะบางชนิดก็เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น แคดเมียม พรอท นิกเกิล ดังนั้นในการควบคุมดูแลระบบจึงจำเป็นต้องทราบว่าในน้ำเสียมีโลหะชนิดใดและในปริมาณเท่าไร ปริมาณโลหะจะมีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์และการเลือกกระบวนการบำบัดที่มีความเหมาะสม

ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ

แบคทีเรีย

แบคทีเรีย คือ จุลินทรีย์ที่เป็นเซลล์เดี่ยว มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผงหุ้มเซลล์ 2 ชั้น ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนใหญ่ไม่มีคลอโรฟิลล์ พบอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ร่างกายของคนและสัตว์ มีรูปร่างได้หลายแบบ เช่น รูปร่างแท่ง รูปทรงกลม รูปชดเป็นวง การดำรงชีพของแบคทีเรียต้องใช้พลังงานและสารประกอบต่างๆ ทั้งในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ธาตุที่สำคัญในสารประกอบคือคาร์บอน โดยแบคทีเรียสามารถแบ่งตามแหล่งคาร์บอนที่ได้มาเป็น 2 ประเภท คือ

1. ออโทโทรฟิกแบคทีเรีย (Autotrophic Bacteria หรือ Autotroph) เป็นแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองได้ โดยได้แหล่งคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือการออกซิเดชันของสารอนินทรีย์

2. เฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Heterotrophic Bacteria หรือ Heterotroph) เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ โดยได้แหล่งคาร์บอนมาจากสารอินทรีย์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์

การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย หมายถึง การแบ่งเซลล์ทำให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กิจกรรมของแบคทีเรียจำเป็นจะต้องทำให้แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตสูงสุด เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพสูงด้วย แบคทีเรียต้องการสารอาหารและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อการเจริญเติบโต แบคทีเรียจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะค่าพีเอชที่เป็นกลางและอุณหภูมิที่เหมาะสม พวกที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำๆ (ไซโครไฟล์ หรือ Psychrophile) อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 15 - 20 °ซ และพวกที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (เมโซไฟล์ หรือ Mesophile) อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20-45 °ซ และพวกที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (เทอร์โมไฟล์ หรือ Thermophile) อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 45-55 °ซ นอกจากนี้แบคทีเรียยังสามารถแบ่งตามลักษณะความต้องการออกซิเจนได้ 3 ประเภท คือ

1. แอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่สามารถใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต

2. แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (Anaerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต

3. แฟคัลเททีฟแบคทีเรีย (Facultative Bacteria) คือ แบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ

รา (Fungi)

รา เป็นจุลินทรีย์ที่มีหลายเซลล์ ไม่มีคลอโรฟิลล์ ลักษณะทั่วไปมักเป็นเส้นยาวๆ และมีนิวเคลียสหลายอัน ราสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียในสภาวะที่พีเอชต่ำหรือมีปริมาณไนโตรเจนน้อย สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรตได้ดี และยังสามารถย่อยสลายที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดีกว่าพวกแบคทีเรีย ราสืบพันธุ์โดยการสร้างสปอร์ รามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์บางระบบ เช่น ระบบไปรยกรอง

สาหร่าย (Algae)

สาหร่าย เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดี่ยว มีนิวเคลียสเห็นได้ชัด มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย มีคลอโรฟิลล์และมีรงควัตถุซึ่งอาจใช้จำแนกชนิดได้ พบอยู่ตามบริเวณที่มีความชื้นสูง น้ำนิ่ง น้ำจืด และน้ำเค็ม สาหร่ายมีบทบาทในระบบบำบัดน้ำเสียบางระบบ เช่น ระบบบ่อฝิ่ง

โปรโตซัว (Protozoa)

โปรโตซัวเป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียว มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรียบางชนิดอยู่เป็นกลุ่ม (Colony) เซลล์มักมีรูปร่างคงที่ มีนิวเคลียสเห็นได้ชัดเจน บทบาทของโปรโตซัวในระบบบำบัดน้ำเสียนั้นไม่ค่อยเด่นชัด ส่วนมากจะกินแบคทีเรียทั้งที่มีชีวิตและตายแล้ว

ไวรัส (Virus)

ไวรัส เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สุด ไม่มีลักษณะเป็นเซลล์ ดำรงชีวิตแบบปรสิต สามารถทำให้เกิดโรคแก่ คน สัตว์ และพืช บทบาทของไวรัสในระบบบำบัดน้ำเสียน้อย ไวรัสจะสามารถทำลายเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำเสีย

ลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

น้ำเสียจากชุมชนที่พักอาศัยและย่านพาณิชยกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตประจำวันของประชากร แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชนสามารถแบ่งออกได้เป็น น้ำทิ้งจากที่พักอาศัย อาคารชุด บ้านจัดสรร หอพัก สถานประกอบการต่างๆและน้ำทิ้งย่านพาณิชยกรรม ได้แก่ โรงแรม โรงพยาบาล ตลาดสด ศูนย์การค้า ร้านอาหาร นอกจากนี้ยังรวมถึงสถาบันและหน่วยงานของราชการต่างๆ ได้แก่ สถาบันการศึกษา อาคารที่ทำการราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ลักษณะน้ำเสียจากชุมชนจะมีค่าพีเอชเป็นกลาง มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำโดยมีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีเชื้อโรคปะปนอยู่ น้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน มีองค์ประกอบดังนี้

1. **สารอินทรีย์** ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ชันเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

2. **สารอนินทรีย์** ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์, ซัลเฟต เป็นต้น

3. **โลหะหนักและสารพิษ** อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่นปรอท โครเมียม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขต ชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ ตู้ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

4. **น้ำมันและสารลอยน้ำต่าง ๆ** เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู

5. **ของแข็ง** เมื่อจมน้ำสู่กันลำนํ้า ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อ การดำรงชีพของสัตว์น้ำ

6. **สารก่อให้เกิดฟอง/สารชักฟอง** ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่ น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

7. จุลินทรีย์ น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋อง จะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล

8. ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ

9. กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนหรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

ในตารางที่ 1.3 แสดงองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนในสหรัฐอเมริกา องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ สกปรกมาก ปานกลาง และน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นขององค์ประกอบเหล่านี้ซึ่งในประเทศไทยน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่จะจัดอยู่ในระดับน้ำเสียที่มีความสกปรกน้อยถึงปานกลาง

ตารางที่ 1.3 องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชน

สิ่งปนเปื้อน	หน่วย	ความเข้มข้นเฉลี่ย		
		สกปรกน้อย	สกปรกปานกลาง	สกปรกมาก
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	350	720	1,200
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	100	220	350
ของแข็งจมตัวได้	มก./ล.	5	10	20
บีโอดี	มก./ล.	110	220	400
ซีโอดี	มก./ล.	250	500	1,000
ไนโตรเจน(Total as N)	มก./ล.	20	40	85
- อินทรีย์	มก./ล.	8	15	35
- แอมโมเนีย	มก./ล.	12	25	50
ฟอสฟอรัส(Total as P)	มก./ล.	4	8	15
- อินทรีย์	มก./ล.	1	3	5
- อนินทรีย์	มก./ล.	3	5	10
น้ำมันและไขมัน	มก./ล.	50	100	150
โคลิฟอร์มทั้งหมด	เอ็มพีเอ็น/100มล.	$10^6 - 10^7$	107 - 108	$10^7 - 10^9$
ฟีคัลโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น/100มล.	$10^4 - 10^5$	-	-

ที่มา : Tchobanoglous and Burton,1991(8)

สมมูลประชากร คือ ค่าความสกปรกหรือมลสารในรูปสารอินทรีย์ที่วัดได้โดยหน่วยวัดบีโอดี อันเกิดจากการดำเนินชีวิตของคน ๆ หนึ่ง และสามารถหาได้จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{สมมูลประชากร} &= \text{บีโอดีในน้ำเสีย (กรัม/ลิตร)} \times \text{ปริมาณน้ำเสียที่คน ๆ หนึ่งผลิตออกมาต่อวัน (ลิตร/คน/วัน)} \\ &= \text{บีโอดี เป็น กรัม/คน-วัน} \end{aligned}$$

ตารางที่ 1.4 ค่าสมมูลประชากรแบ่งตามภาคต่าง ๆ

ภาค	ค่าสมมูลประชากร (กรัม บีโอดี/คน-วัน)				
	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	30	34	36	38	40
เหนือ	30	34	36	38	40
ตะวันออกเฉียงเหนือ	35	40	43	47	50
ใต้	35	38	42	46	50

ที่มา : โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2538

ลักษณะน้ำเสียที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์

1. พีเอช (pH) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง คือ pH ประมาณ 6-8

2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก

3. ปริมาณของแข็ง (Solids) หมายถึงปริมาณสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งในลักษณะที่ไม่ละลายน้ำและที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids) ของแข็งบางชนิดมีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended Solids) บางชนิดหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง (Settleable Solids) ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำนี้อาจสร้างปัญหาในอาคารอุดตันเครื่องเติมอากาศ และถ้าปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิดความสกปรกและตื่นเขินในลำน้ำธรรมชาติ ตลอดจนบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

4. ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุจำเป็นในการสร้างเซลล์ ของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนีย ถ้าหากในน้ำมีออกซิเจนพอเพียงก็จะถูกย่อยสลายไปเป็นไนไตรต์และไนเตรท ดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูงจึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในลำน้ำลดน้อยลง

5. ไขมันและน้ำมัน (Fat, Oil, and Grease) ส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันและไขมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร สบู่จากการอาบน้ำ ฟองสารซักฟอกจากการชำระล้าง สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้เกิดสภาพไม่มั่นคงและขวางกั้นการซึมของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีค่าบีโอดีสูง เพราะเป็นสารอินทรีย์

6. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้เทียบหาค่าบีโอดีโดยคร่าวๆ ปกติ COD:BOD ของน้ำเสียชุมชนประมาณ 2-4 เท่า

ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสถานที่รวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือน แหล่งพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และสถาบัน เข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบต่าง ๆ เพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสีย ให้มีคุณภาพดีขึ้นและไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อแม่น้ำ ลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือบางส่วนยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และอื่นๆ

แม้ว่าน้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้งจนเวียนเป็นวัฏจักร และมีกระบวนการ ทำให้สะอาดโดยตัวมันเอง (Self Purification) แต่กระบวนการนี้ก็มิใช่ความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกลไกสำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำในการทำความสะอาดตัวเองตามธรรมชาติและช่วยป้องกันมิให้สารมลพิษปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา

การรวบรวมน้ำเสีย

ระบบท่อระบายน้ำเป็นระบบท่อที่มีการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่ซับซ้อนทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากที่พักอาศัย อุตสาหกรรม ธุรกิจพาณิชยกรรม และสถาบัน ให้ไหลไปตามท่อระบายน้ำซึ่งวางอยู่ใต้ดินไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับอัตราการใช้น้ำในชุมชนนั้นๆ และการไหลของน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียจะแปรผันตามช่วงการใช้น้ำในแต่ละวัน และแปรผันตามฤดูกาลในแต่ละปี ทั้งนี้ระบบท่อระบายน้ำจะต้องมีความสามารถในการรองรับน้ำที่ไหลเข้าท่อระบายน้ำได้ทั้งหมดโดยไม่ก่อให้เกิดการรั่วซึมหรือทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นภายในชุมชน

1.2 การบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย ได้ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) : เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจาก น้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และ ถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) : เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) : เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของ จุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่

ระบบ แอททิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS)

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC)

ระบบคลอง วนเวียน (Oxidation Ditch, OD)

ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)

ระบบโปรยกรอง(Trickling Filter)

ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond)

ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และ

ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น

การบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) และการบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) :

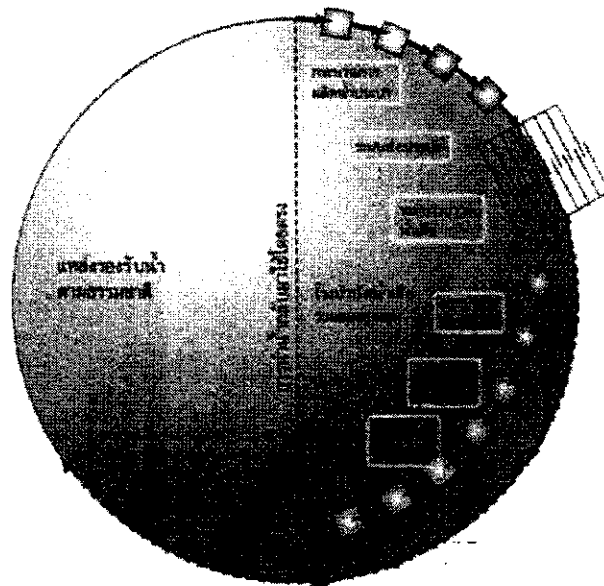
เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ ออกจากของเหลวหรือน้ำเสีย โดยเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ถังตกกรวดทราย (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank) และเครื่องกำจัดไขมัน (Skimming Devices) การบำบัด น้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 - 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้ ร้อยละ 25 - 40

2. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) : เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้น

และการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายใน น้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไป ใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80

3. การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment หรือ Tertiary Treatment) : เป็นกระบวนการกำจัดสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก และอื่นๆ ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ นอกจากนี้ยังช่วย ป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่า แก้ไขปัญหาความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำอันเนื่องจากสี และแก้ไขปัญหาคืออื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สอง ไม่สามารถกำจัดได้ กระบวนการบำบัดขั้นสูง ได้แก่

- การกำจัดฟอสฟอรัส ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ
- การกำจัดไนโตรเจน ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ โดยวิธีการทางชีวภาพนั้นจะมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็น ไนเตรต ที่เกิดขึ้นในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า "กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification)" และขั้นตอนการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า "กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)"
- การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนร่วมกันโดยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นการใช้ทั้งกระบวนการแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศในการกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันร่วมกับกระบวนการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างฟุ่มเฟือย (Phosphorus Luxury Uptake) ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการแบบไม่ใช้อากาศต่อด้วยกระบวนการใช้อากาศด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะต้องมีการประยุกต์ใช้โดยผู้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการดังกล่าวเป็นอย่างดี
- การกรอง (Filtration) ซึ่งเป็นการกำจัดสารที่ไม่ต้องการโดยวิธีการทางกายภาพ เช่น สารแขวนลอยที่ตกตะกอนได้ยาก
- การดูดติดผิว (Adsorption) ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียโดยการดูดติดบนพื้นผิวของของแข็ง รวมถึงการกำจัดกลิ่นหรือก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเดียวกัน



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

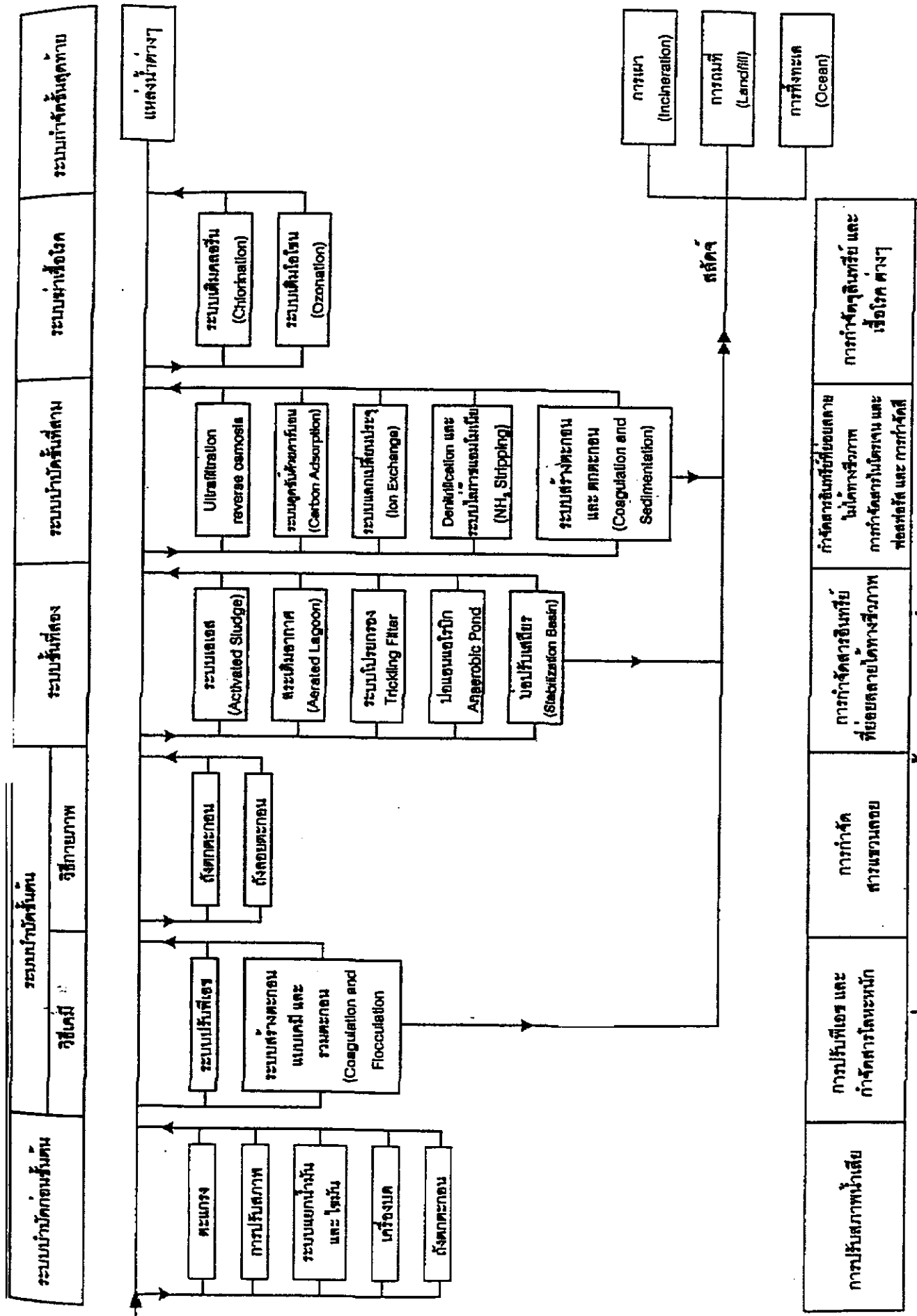
การบำบัดกากตะกอนหรือสลัดจ์ (Sludge Treatment)

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการทางชีวภาพจะมีกากตะกอนจุลินทรีย์หรือสลัดจ์เป็นผลผลิตตามมาด้วยเสมอ ซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการกินสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จึงจำเป็นต้องบำบัดสลัดจ์เหล่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเน่าเหม็น เป็นการทำลายเชื้อโรคและยังเป็นการลดปริมาณของสลัดจ์

การกำจัดกากตะกอนหรือสลัดจ์ (Sludge Disposal)

หลังจากสลัดจ์ที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียได้รับการบำบัดให้มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น และมีปริมาณลดลง เพื่อความสะดวกในการขนส่งแล้ว ในขั้นต่อมาก็คือ การนำสลัดจ์เหล่านั้นไปกำจัดทิ้งโดยวิธีการที่เหมาะสม

ภาพรวมของกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหน้าที่หลักของแต่ละระบบแสดงไว้ในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียและหน้าที่หลักของแต่ละระบบ

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539(2)

1.3 ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย

โดยทั่วไปเชื้อโรคที่พบในน้ำเสียที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ มี 4 ชนิด คือ แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และพยาธิ โดยมีสาเหตุมาจากอุจจาระของมนุษย์ปนมากับน้ำเสีย โรคติดเชื้อจากสิ่งขับถ่ายสามารถติดต่อสู่คน มี 2 วิธี คือ เกิดจากเชื้อโรคที่อยู่ในสิ่งขับถ่ายของบุคคลหนึ่งแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้วเข้าสู่บุคคลอื่น และเกิดจากเชื้อโรคจากสิ่งขับถ่ายเข้าทางปาก โดยที่สัตว์พาหะ เช่น หนูหรือแมลงต่าง ๆ ที่อาศัยสิ่งขับถ่ายในการขยายพันธุ์ จะรับเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย โดยเชื้ออาจอยู่ในตัว ล่าไส้ หรือในเลือดของสัตว์พาหะนั้น โดยที่คนจะได้รับเชื้อผ่านสัตว์เหล่านั้นอีกทีหนึ่ง ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จำแนกเชื้อโรคตามลักษณะการติดเชื้อออกเป็น 6 ประเภท

ประเภทที่ 1 การติดเชื้อไวรัสและโปรโตซัว สามารถทำให้เกิดโรคได้แม้ว่าจะได้รับเชื้อเพียงเล็กน้อย และสามารถติดต่อได้ง่าย ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 2 การติดเชื้อจากแบคทีเรีย จะต้องได้รับเชื้อในปริมาณที่มากพอจึงจะทำให้เกิดโรคได้ แต่ติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ยาก เชื้อนี้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและสามารถแพร่พันธุ์ได้ดีในที่ที่เหมาะสม ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 3 เชื้อชนิดนี้ทำให้เกิดโรคได้ทั้งในระยะแฝงและระยะฝังตัว ได้แก่ ไข้พยาธิ ซึ่งไม่สามารถติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้โดยตรง แต่ต้องการสถานที่และสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเจริญเติบโตเป็นตัวพยาธิและเข้าสู่ร่างกายได้ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี เช่น การกำจัดสิ่งขับถ่ายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 4 พยาธิตัวติดอาศัยอยู่ในลำไส้คน ไข้พยาธิจะปนออกมากับอุจจาระ ถ้าการกำจัดสิ่งขับถ่ายไม่เหมาะสม ก็จะทำให้สัตว์จำพวกโค กระบือ และสุกร ได้รับไข้พยาธิจากการกินหญ้าที่มีไข้พยาธิเข้าไป ซึ่งไข้พยาธินี้เมื่อเข้าไปในร่างกายสัตว์แล้วจะกลายเป็นซีสต์ (Cyst) และฝังตัวอยู่ตามกล้ามเนื้อ คนจะได้รับพยาธิโดยการรับประทานเนื้อสัตว์ดิบ ๆ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี เช่น การกำจัดสิ่งขับถ่ายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 5 พยาธิที่มีบางระยะของวงจรชีวิตอยู่ในน้ำ โดยพยาธิเหล่านี้จะมีระยะติดต่อดอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยจะเข้าสู่ร่างกายคนโดยการไชเข้าทางผิวหนังหรือรับประทานสัตว์น้ำที่ไม่ได้ทำให้สุก ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันมิให้พยาธิเหล่านี้ปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 6 การติดเชื้อโดยมีแมลงเป็นพาหะ แมลงที่เป็นพาหะที่สำคัญ ได้แก่ ยุง แมลงวัน โดยยุงพวก *Culex pipines* จะสามารถสืบพันธุ์ได้น้ำเสีย โดยเชื้อจะติดไปกับตัวแมลง เมื่อสัมผัสอาหารเชื่อก็กินปนเปื้อนกับอาหาร ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันพาหะเหล่านี้

ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค คือ จะต้องจัดระบบสุขาภิบาลตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับชุมชนให้ถูกต้องเหมาะสมและควรมีระบบการจัดการและบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนที่สามารถกำจัดเชื้อโรคในน้ำทิ้งได้ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชน

ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชนทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียที่เกิดจากชุมชนหรือพื้นที่บริการไปบำบัดที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนระบายทิ้งลงแหล่งรับน้ำ เพื่อป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำและปัญหาทางด้านสาธารณสุขของชุมชน ส่วนระบบท่อระบายน้ำฝนทำหน้าที่ระบายน้ำหรือน้ำท่า (runoff) ลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรงเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมขัง

2.1 ความหมาย/ คำจำกัดความ

น้ำเสียชุมชน (Sewage) หมายความว่า น้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่เกิดจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย และกิจกรรมในย่านธุรกิจการค้า ที่ระบายลงท่อระบายน้ำ (Sewers)

ท่อระบาย (Sewer) หมายความว่า ท่อหรือรางสำหรับระบายน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรม (Sanitary Sewer) หรือระบายน้ำฝน (Storm Sewer)

ระบบระบายน้ำเสีย (Sewerage System) หมายความว่า ระบบของท่อพร้อมทั้งส่วนประกอบต่างๆ สำหรับรวบรวมและระบายน้ำเสียจากแหล่งชุมชนไปยังบริเวณที่ต้องการกำจัด

ระบบรวบรวมน้ำ (Collection System) หมายความว่า ระบบระบายน้ำที่รวบรวมน้ำและ น้ำเสียจากหลายแหล่งไปยังจุดรวม ซึ่งอาจเป็นบ่อสูบลiftหรือทางเข้าของท่อประธาน หรืออื่นๆ

ความเร็วในการล้างท่อด้วยตัวเอง (Self Cleansing Velocity) หมายความว่า ความเร็ว น้ำในท่อระบายน้ำที่ทำให้เกิดการล้างท่อด้วยตัวเอง เพื่อป้องกันการตกตะกอนของของแข็งในเส้นท่อ โดยทั่วไปจะไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร/วินาที

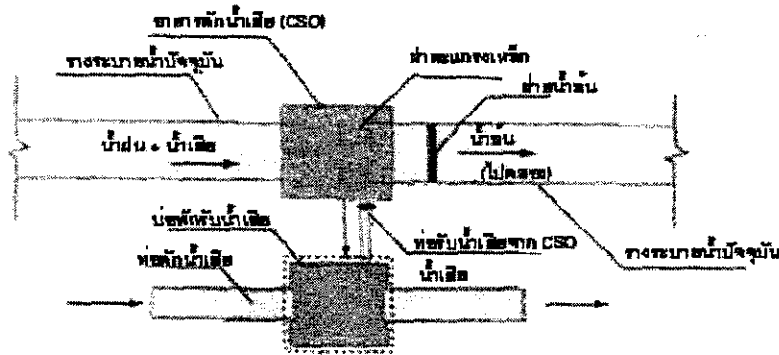
2.2 ระบบท่อระบายน้ำ

ระบบท่อระบายน้ำ หมายความว่า ระบบท่อและส่วนประกอบอื่นที่ใช้สำหรับรวบรวมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทต่างๆ เช่น อาคารที่พักอาศัย สถานที่ราชการ เขตพาณิชย์กรรม โรงพยาบาล โรงแรม เพื่อนำน้ำเสียเหล่านั้นไปบำบัดหรือระบายทิ้งยังแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ต้องการ โดยส่วนประกอบหลักๆ ของระบบท่อระบายน้ำ ได้แก่

ท่อแรงโน้มถ่วง (Gravity Sewer) : เป็นท่อรองรับน้ำเสียที่การไหลของน้ำจะเกิดขึ้นตามแรงโน้มถ่วงของโลกเท่านั้น โดยวางท่อให้ได้ความลาดเอียงที่เป็นไปตามทิศทางการไหลของน้ำเสียที่ต้องการ ดังนั้นขนาดของท่อชนิดนี้จะแปรผันตามปริมาณน้ำเสียในเส้นท่อและเป็นระบบการระบายแบบเปิด (Open Drain)

ท่อแรงดัน (Pressure Sewer) : เป็นท่อที่ส่งน้ำเสียจากที่ต่ำไปยังที่สูงกว่า โดยท่อสามารถรับแรงดันของน้ำซึ่งเกิดจากการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำสวนกับ แรงโน้มถ่วงของโลกได้ดังนั้นท่อแรงดันจึงเป็นระบบการระบายแบบปิด (Close Drain)

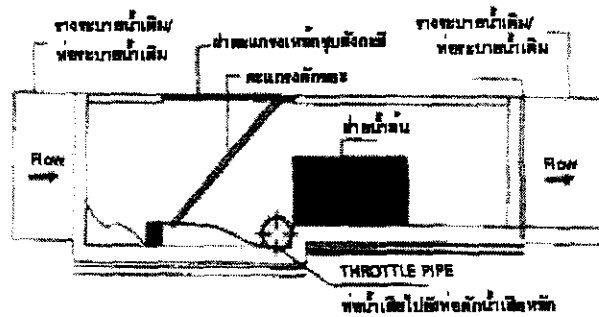
ท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) เป็นท่อที่วางเชื่อมต่อ ณ จุดสุดท้ายของท่อระบายน้ำฝนร่วมกับน้ำเสียในระบบท่อรวม ทำหน้าที่ในการดักน้ำเสียไม่ให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยรวบรวมน้ำเสียเหล่านั้นเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป ซึ่งท่อดักน้ำเสียนี้มีทั้งที่ใช้เป็นท่อแรงโน้มถ่วงและท่อแรงดัน ซึ่งจะขึ้นกับลักษณะภูมิประเทศเป็นสำคัญ



รูปที่ 2.1 แบบการวางท่อระบายน้ำและท่อดักน้ำเสีย

บ่อตรวจระบาย (Manhole) : เป็นบ่อที่ใช้สำหรับบรรจุท่อขนาดต่าง ๆ หรือจุดเปลี่ยนขนาดท่อหรือทิศทางการวางแนวท่อ รวมทั้งใช้สำหรับตรวจซ่อมแซมและทำความสะอาดท่อ

อาคารดักน้ำเสีย (Combined Sewer Overflow, CSO) : เป็นโครงสร้างที่ต่อเชื่อมระหว่างท่อระบายน้ำและท่อดักน้ำเสีย เพื่อรวบรวมน้ำเสียไปยังระบบบำบัดน้ำเสียและระบายน้ำฝนส่วนเกินให้ไหลล้นออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยน้ำล้นนี้จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งรองรับหรือต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง

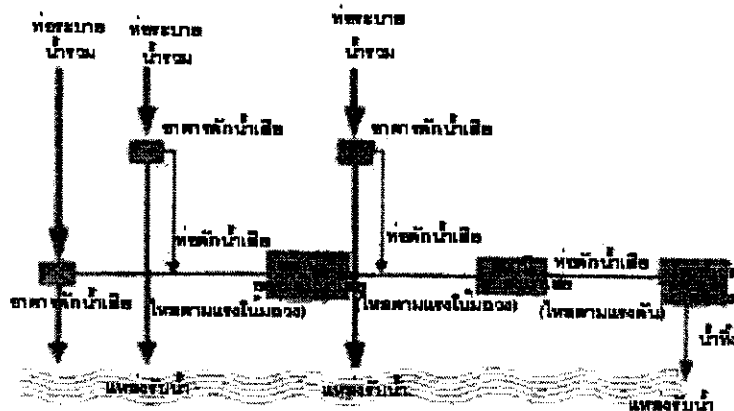


รูปที่ 2.2 อาคารดักน้ำเสีย (Combined Sewer Overflow, CSO)

2.3 องค์ประกอบของระบบท่อระบาย

ระบบระบายน้ำ โดยทั่วไปจะมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ใช้ระบายน้ำฝนและ/หรือน้ำเสียจากบ้านเรือน อาคาร ต่างๆ ในแต่ละพื้นที่ ก่อนที่จะระบายเข้าระบบรวบรวมน้ำเสียต่อไป ประกอบด้วย ท่อแรง โหม่งถ่วงและบ่อตรวจระบาย

ระบบรวบรวมน้ำเสีย ประกอบด้วย ท่อแรง โหม่งถ่วง ท่อแรงดัน ท่อดักน้ำเสีย บ่อตรวจระบาย อาคารดักน้ำเสียพร้อมตะแกรงดักขยะ และสถานีสูบ/ยกน้ำเสียพร้อมตะแกรงดักขยะ



รูปที่ 2.4 ผังแสดงระบบระบายน้ำและระบบรวบรวมน้ำเสีย

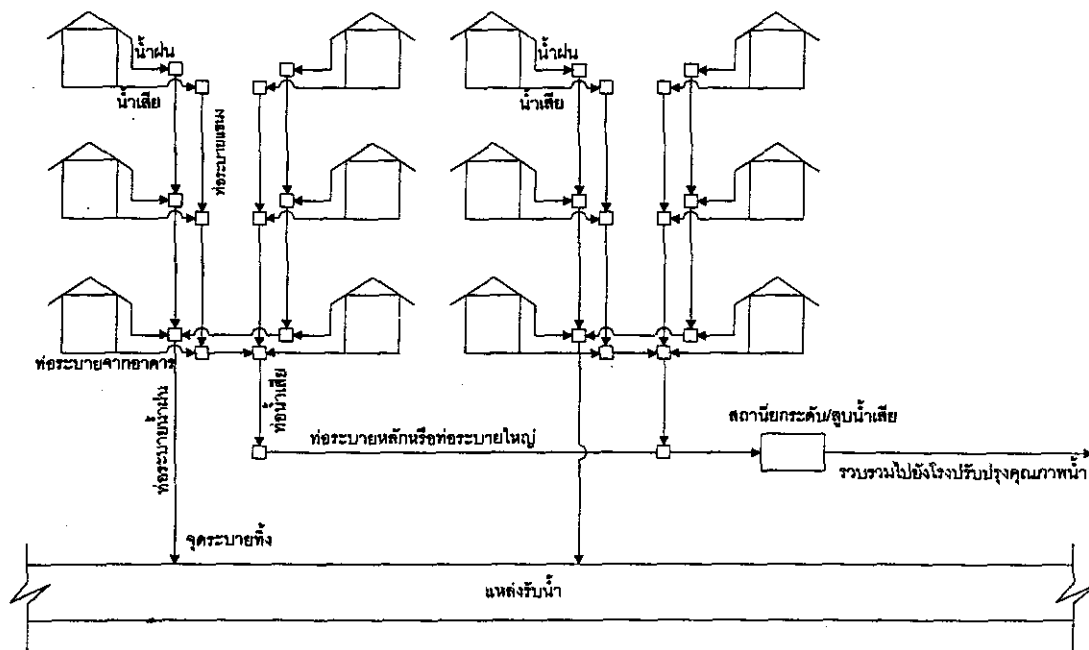
2.4 ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย

ระบบรวบรวมน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 ระบบ ได้แก่

- ระบบท่อระบายแยก (Separate sewer system)
- ระบบท่อระบายรวม (Combined sewer system)

โดยแต่ละระบบมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. ระบบท่อระบายแยก (Separate sewer system) : ระบบท่อแยกเป็นระบบที่เหมาะสมกับชุมชนใหม่ ซึ่งเป็นระบบที่ประกอบด้วยท่อ 2 ชนิด คือ ท่อระบายน้ำฝน (Storm Sewer) ซึ่งทำหน้าที่รับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวแล้วระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะในบริเวณใกล้เคียงที่สุดโดยตรงเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมขัง และท่อระบายน้ำเสีย (Sanitary Sewer) ซึ่งทำหน้าที่ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชน สะกัด้วยกันไม่ให้น้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไป ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำฝนและน้ำเสียจะไม่มีกรไหลปะปนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

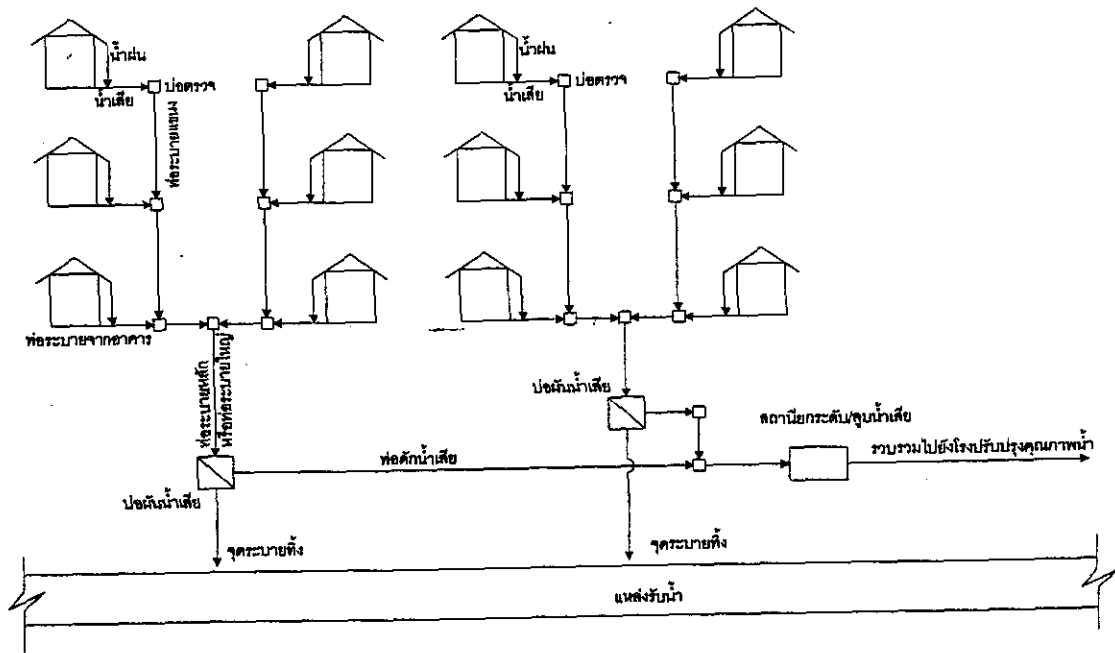


รูปที่ 2.5 ระบบท่อระบายแยก

โดยระบบท่อระบายแยกนี้มีข้อดีคือ

- 1) การก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียมีขนาดเล็กกว่าระบบท่อรวม เนื่องจากจะมีการรวบรวมเฉพาะน้ำเสียเข้าระบบบำบัดเท่านั้น
- 2) ค่าดำเนินการบำรุงรักษาระบบต่ำกว่าระบบท่อรวม เพราะปริมาณน้ำที่ต้องการสูบและปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้มีปริมาณน้อยกว่า
- 3) ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขอนามัยของประชาชน ในกรณีที่ฝนตกหนักจนทำให้น้ำท่วม เพราะจะไม่มีส่วนของน้ำเสียปนมากับน้ำฝน
- 4) ลดปัญหาเรื่องกลิ่นและการกัดกร่อนภายในเส้นท่อในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากมีการออกแบบให้ความเร็วเฉพาะน้ำเสียให้มีค่าที่ทำให้เกิดการล้างท่อด้วยตัวเองในแต่ละวัน ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการหมักภายในเส้นท่อนั้นเป็นสาเหตุของปัญหา แต่การใช้ระบบท่อแยกต้องเสียค่าลงทุนสูงและมีการดำเนินการก่อสร้างที่ยุ่งยาก

2. ระบบท่อระบายรวม (Combined sewer system) : ระบบท่อระบายรวมเป็นระบบที่เหมาะสมกับชุมชนเก่าที่มีพื้นที่ในการวางท่ออย่างจำกัด เป็นระบบที่รวบรวมทั้งน้ำฝนและน้ำเสียภายในท่อเดียวกัน ส่วนประกอบหลักได้แก่ ท่อระบายรวม (combined sewer) บ่อผันน้ำเสีย (Combined Sewer Overflow) และท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) ดังรูปที่ 2.6 กรณีฝนไม่ตก บ่อผันน้ำเสียจะดักน้ำเสียทั้งหมดจากท่อระบายรวม เข้าสู่ท่อดักน้ำเสียเพื่อลำเลียงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนต่อไป ส่วนในกรณีฝนตกท่อระบายรวมจะรวบรวมทั้งน้ำเสียและน้ำฝนทั้งหมดเข้าสู่บ่อผันน้ำเสีย แต่ที่บ่อผันน้ำเสียนี้ น้ำเสียซึ่งถูกเจือจางกับน้ำฝนจนค่าสารมลพิษไม่เกินค่าที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนหนึ่งจะถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง และน้ำเสียปนน้ำฝนที่เหลือจะไหลเข้าสู่ท่อดักน้ำเสียเพื่อลำเลียงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระบบท่อระบายรวม

ระบบท่อรวมมีข้อดี คือ ค่าลงทุนต่ำ ใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อยกว่าระบบท่อแยก แต่มีข้อเสียหลายประการด้วยกัน เช่น

1. ต้องใช้ขนาดท่อใหญ่ขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสียมีขนาดใหญ่ขึ้นและใช้ค่าลงทุนสูง เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดมีปริมาณมาก
2. ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษามาก
3. อาจมีปัญหากลิ่นเหม็นในช่วงหน้าแล้ง เนื่องจากความเร็วน้ำในท่อจะต่ำมาก และอาจมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้กรณีเกิดปัญหาน้ำท่วม เป็นต้น

2.5 ข้อพิจารณาในการเลือกประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย

1. สภาพของชุมชน

ระบบท่อระบายรวมเหมาะสำหรับชุมชนเก่าซึ่งมีประชากรหนาแน่นและมีพื้นที่อย่างจำกัดในการวางท่อ ส่วนระบบระบายแยกเหมาะกับชุมชนใหม่ซึ่งมีพื้นที่สำหรับการท่อแยก

2. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในขณะที่ฝนตกที่ความเข้มข้นสูงถึงค่าหนึ่ง ระบบท่อระบายรวมจะต้องระบายน้ำเสียส่วนหนึ่งทิ้งเฉื่อยด้วยน้ำฝนแล้วลงสู่แหล่งน้ำรับน้ำโดยตรง จึงอาจทำให้แหล่งรับน้ำมีปัญหามลพิษทางน้ำได้โดยเฉพาะในกรณีฝนตกครั้งแรก (first flush) ซึ่งจะมีเศษขยะต่างๆ หรือของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนในท่อ

3. งบประมาณการลงทุน

ผู้ออกแบบควรเปรียบเทียบงบประมาณก่อสร้างและการดำเนินการโดยรวมของโครงการก่อนคัดเลือกประเภทระบบรวบรวมที่เหมาะสม โดยปกติระบบท่อระบายรวมไม่ต้องก่อสร้างท่อใหม่ทั้งหมด เพียงแต่ก่อสร้างบ่อผันน้ำเสียและท่อคักน้ำเสียเพื่อรวบรวมน้ำเสียจากท่อระบายน้ำเดิมไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบอื่นๆ ของระบบท่อระบายรวมนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าระบบท่อระบายแยก เช่น ท่อ สถานีสูบน้ำเสีย บ่อตรวจ ตลอดจนขนาดของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯลฯ ส่วนระบบท่อระบายแยกต้องมีการก่อสร้างท่อใหม่ทั้งหมดรวมทั้งต้องปรับปรุงระบบท่อภายในอาคารอีกด้วย

4. ความเข้าใจของประชาชน

ประชาชนต้องมีความรู้ความเข้าใจการทำงานของระบบ โดยเฉพาะระบบท่อระบายแยก ซึ่งต้องมีการแยกบรรจบท่อจากอาคารเข้ากับท่อระบายน้ำฝนและท่อน้ำเสียของชุมชน ถ้ามีการบรรจบท่อผิดพลาดจะทำให้น้ำเสียบางส่วนถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง

5. ความเร็วการไหลในท่อ

ระบบท่อระบายรวมมีท่อขนาดใหญ่กว่าท่อน้ำเสียของระบบท่อระบายแยก เนื่องจากต้องออกแบบเพื่อการระบายน้ำทำในขณะที่ฝนตก จึงเป็นการยากที่จะออกแบบให้น้ำเสียไหลด้วยความเร็วตัวเอง (self-cleaning velocity) ได้ทุกสภาวะ โดยเฉพาะในช่วงที่ฝนไม่ตก ดังนั้นอาจทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียตกตะกอนและถูกย่อยสลายในท่อได้ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของท่อสั้นกว่าที่ควร

6. ความยากง่ายในการควบคุมระบบ

ระบบท่อระบายรวมจะมีอัตราการไหลของน้ำเสียแปรผันในช่วงกว้าง เนื่องจากในขณะที่ฝนตกจะมีปริมาณน้ำฝนบางส่วนถูกรวบกว่นเข้าโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย จึงทำให้การควบคุมเดินระบบยาก ในขณะที่ระบบท่อระบายแยกมีเฉพาะน้ำเสียเท่านั้นที่ถูกรวบรวมน้ำเข้าโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จึงทำให้อัตราการไหลน้ำเสียแปรผันในช่วงแคบกว่าและทำให้การควบคุมเดินระบบง่ายกว่า

7. การวางแผนผังเมือง

ระบบท่อระบายแยกมีข้อดีกว่าระบบท่อระบายรวม ทั้งในแง่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความง่ายในการควบคุมเดินระบบของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ แต่ชุมชนเก่าโดยทั่วไปมักมีพื้นที่อย่างจำกัดในการวางท่อแยก เนื่องจากไม่มีการวางแผนผังเมืองและต้องกันพื้นที่ไว้ล่วงหน้า จึงจะทำให้การก่อสร้างระบบท่อระบายแยกมีความเป็นไปได้

2.6 เกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไป

1. ความลาดเอียง ของท่อแรงโน้มถ่วงอยู่ในช่วง 1:2,000 (ร้อยละ 0.05) ถึง 1:200 (ร้อยละ 0.5)
2. ระยะห่างสูงสุด ของบ่อตรวจระบาย (Manhold Spacing) ที่มากที่สุดสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อขนาดต่างๆ เป็นดังนี้
 - ท่อเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 600 มิลลิเมตร ระยะห่างไม่เกิน 100 เมตร
 - ท่อเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 700 - 1,200 มิลลิเมตร ระยะห่างไม่เกิน 120 เมตร
 - ท่อเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,200 มิลลิเมตร ระยะห่างให้อยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรและสภาพแวดล้อม
3. ความถี่ฝน ที่ใช้ออกแบบสำหรับการระบายน้ำฝนในเขตที่พิกอศัยใช้ความถี่ 2 - 15 ปี ขึ้นกับลักษณะฝนและลักษณะพื้นที่แต่ละแห่ง และใช้ความถี่ที่ 10-50 ปี สำหรับเขตพาณิชย์ขึ้นกับความสำคัญของเขตนั้นๆ
4. ความเร็วการไหลของน้ำเสีย ขณะที่อัตราการเกิดน้ำเสียสูงสุดต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนภายในเส้นท่อ แต่ต้องไม่เกิน 3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในท่อ

2.7 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบท่อระบายน้ำ

1. กลิ่นเหม็น : เกิดจากการหมักของน้ำเสียในเส้นท่อในสภาพไร้อากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือก๊าซไข่เน่า อันเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งความเร็วในท่อระบายน้ำต่ำมากจนทำให้เกิดการตกตะกอนในเส้นท่อขึ้นและเกิดการหมัก

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบทางสรีระวิทยาของก๊าซไข่เน่า

ความเข้มข้นก๊าซไข่เน่าในอากาศ (ส่วนในล้านส่วน : ppm)	ผลกระทบ
30	กลิ่นเหม็นเหมือนไข่เน่า
100	ประสาทรับรู้กลิ่นเสื่อมสภาพใน 2-15 นาที
200	ไอและตาแดง
300	ประสาทรับรู้กลิ่นเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว
600	สิ้นสติภายใน 30 นาที
800	สิ้นสติอย่างรวดเร็ว
1,000	สิ้นสติทันที
2,000	เสียชีวิตในไม่กี่นาที

2. การกัดกร่อน : เป็นปัญหาที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศ เกิดเป็นไฮดรอกซัลฟิวริก ซึ่งเป็นกรดเข้มข้นที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนเส้นท่อได้

3. ปัญหาน้ำจากภายนอกและน้ำซึมเข้าท่อระบายน้ำ (Infiltration & Inflow) : เกิดจากน้ำจากภายนอก ได้แก่ น้ำใต้ดินหรือน้ำฝน รั่วเข้าสู่ท่อระบายน้ำเสีย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากท่อแตก รอยต่อเชื่อมท่อชำรุดเสื่อมสภาพ บ่อตรวจระบายชำรุด หรือฝาของบ่อตรวจระบายอยู่ต่ำกว่าระดับถนน ซึ่งส่งผลทำให้มีน้ำในระบบท่อระบายมากเกินไปที่ออกแบบไว้และเกินขีดความสามารถของสถานีสูบน้ำ

บทที่ 3

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Unit Operations) เป็นวิธีที่จำเป็นต้องใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย วิธีนี้จะอาศัยแรงต่างๆ กระทำ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงบดตัด แรงลอยตัว การดักสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำ การกวาดน้ำมันไขมันต่างๆ

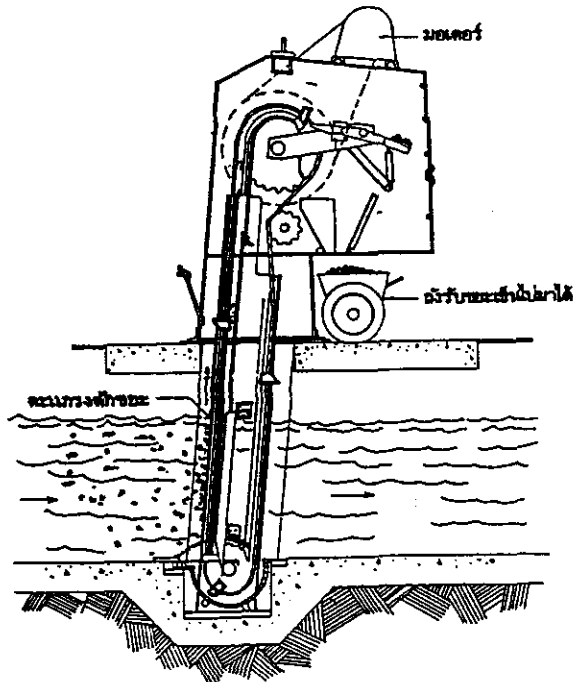
สิ่งเจือปนที่สามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีทางกายภาพ ได้แก่

- 1) ของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร ฯลฯ
- 2) กรวด ทราย
- 3) ไขมัน น้ำมัน (ที่ไม่ละลายน้ำ)

อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ถังดักกรวด ทราย ถังดักไขมัน ถังตกตะกอน

ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

ตะแกรงใช้ในการดักเศษขยะต่างๆ จากน้ำเสีย มีประโยชน์ต่อการเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบ และป้องกันการเสียหายที่มีต่อเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ตะแกรงมี 2 แบบ คือ ตะแกรงหยาบ ซึ่งใช้ในงานบำบัดน้ำเสียทั่วไป มีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็ก 25 มิลลิเมตรขึ้นไป ใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก ฯลฯ ส่วนตะแกรงละเอียดมีขนาดอยู่ระหว่าง 2 - 6 มิลลิเมตร ใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก จะถูกใช้ก็ต่อเมื่อมีความจำเป็นจริงๆ เนื่องจากอุดตันได้ง่าย สำหรับงานบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ เช่น โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนของกรุงเทพมหานคร จะนิยมใช้ตะแกรงแบบเครื่องกล ซึ่งไม่ต้องใช้คนดักขยะที่เกาะตามแท่งเหล็กของตะแกรง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

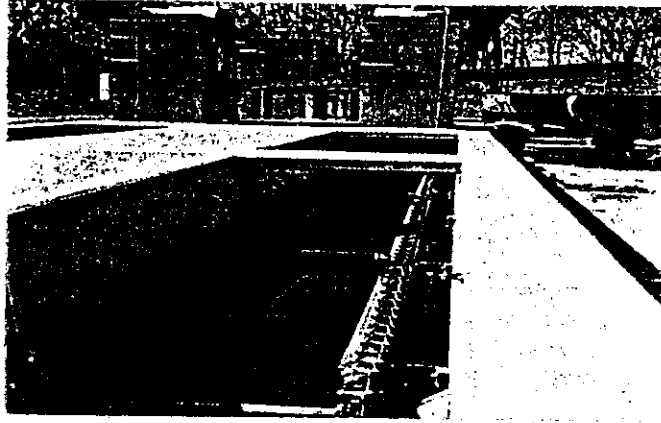


รูปที่ 3.1 ตะแกรงแบบใช้เครื่องกล

ถังดักกรวดทราย

ถังดักกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่าน ถังดักกรวดทรายเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ เหล่านี้ คือ

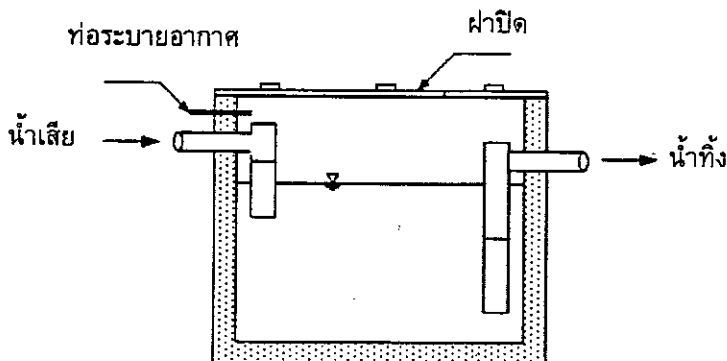
- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ
- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันในระบบท่อของโรงบำบัดน้ำเสีย
- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้นซึ่งทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดความเสียหาย



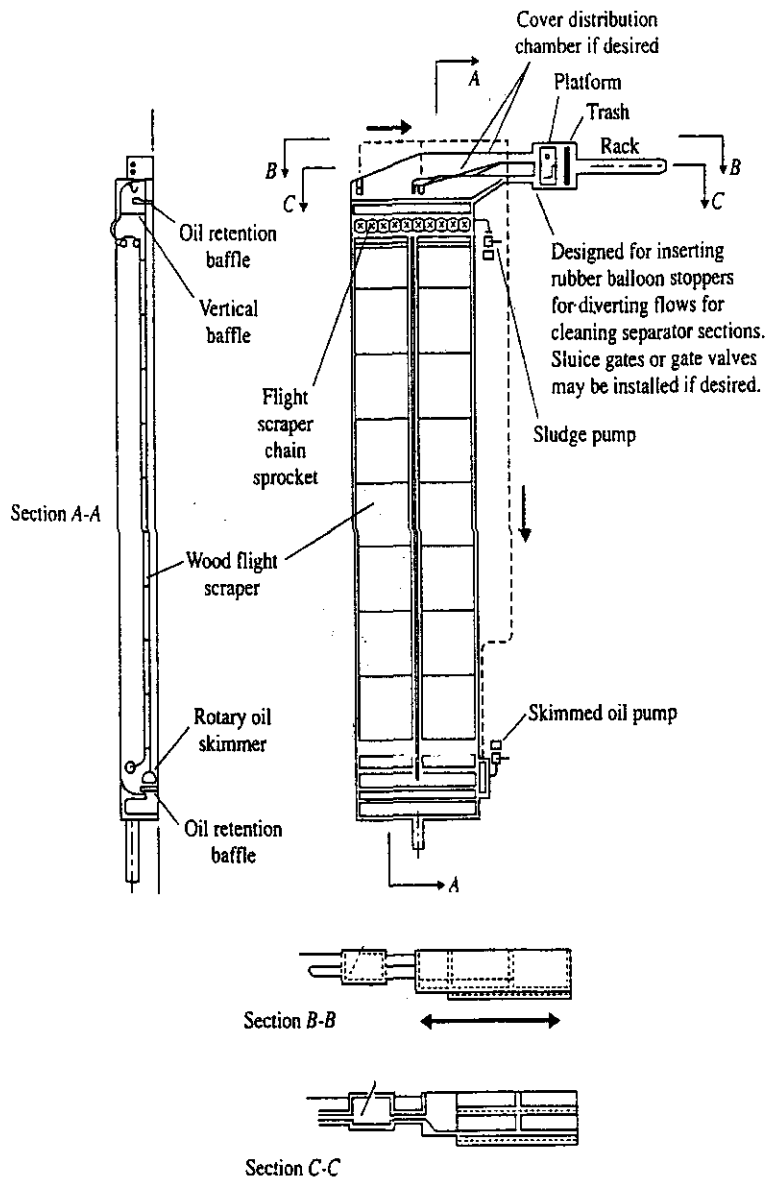
รูปที่ 3.2 ถังดักกรวดทราย

ถังดักไขมันและน้ำมัน

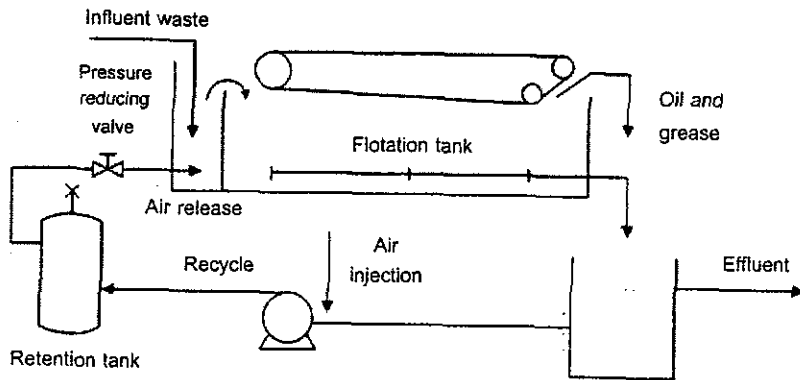
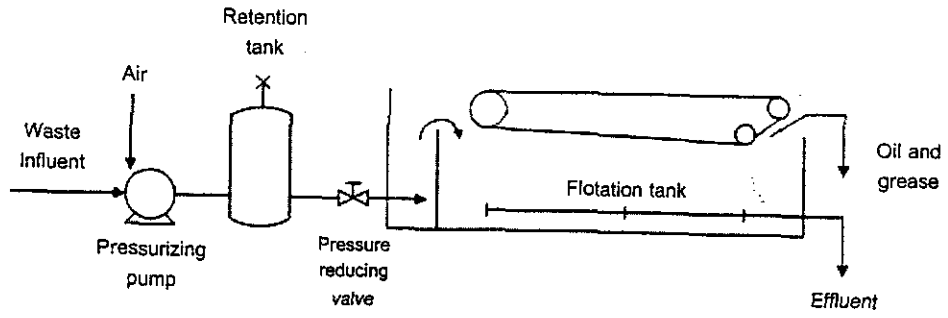
น้ำเสียหลายประเภทมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่ด้วย เนื่องจากไขมันหรือน้ำมันมีความตึงจำเพาะน้อยกว่าน้ำจึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทำให้สามารถใช้ถังดักไขมันและน้ำมัน ทางออกของท่อดักไขมันจุ่มอยู่ใต้น้ำซึ่งต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน จึงสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักที่รูปตัว T ไขมันหรือน้ำมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถดักออกไปทิ้งได้ ถังดักไขมันขนาดเล็กที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากการปรุงอาหารซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณต่ำ (รูปที่ 3.3) ในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาณสูง ควรใช้ถังดักไขมันและน้ำมันแบบชนิด API (American Petroleum Institute) Separator (รูปที่ 3.4) น้ำเสียที่มีไขมันหรือน้ำมันละลายอยู่ไม่สามารถใช้ถังดักหรือแยกน้ำมันดังกล่าวได้ เนื่องจากน้ำมันจับเป็นเนื้อเดียวกับน้ำเสีย วิธีแก้ไขคือต้องทำให้น้ำมันและน้ำเสียแยกตัวออกจากกัน โดยใช้สารเคมีเข้าช่วยเสียก่อน จากนั้นจึงใช้ถังดักหรือแยกไขมันและน้ำมัน บางครั้งการแยกน้ำมันหรือไขมันอาจใช้วิธีทำให้ลอยตัว (Flotation) ดังในรูปที่ 3.5 และ 3.6



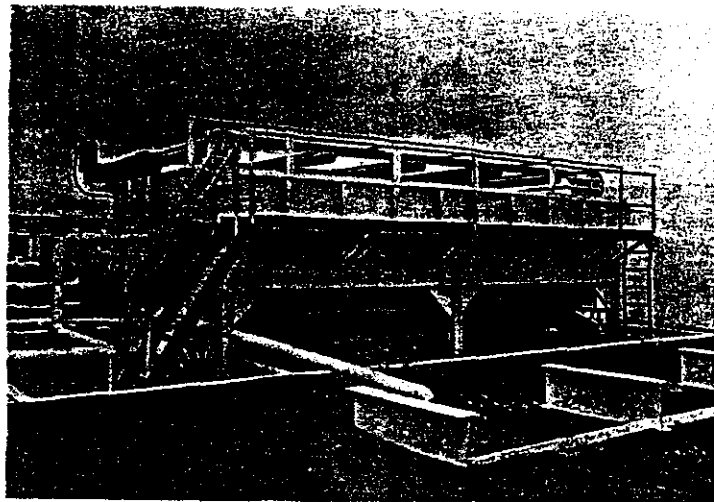
รูปที่ 3.3 ถังดักไขมันและน้ำมันขนาดเล็ก



รูปที่ 3.4 ถังตกไขมันแบบ API Separator
ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr., 2000(9)



รูปที่ 3.5 กระบวนการทำงานถังทำให้ลอย
ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr., 2000(9)

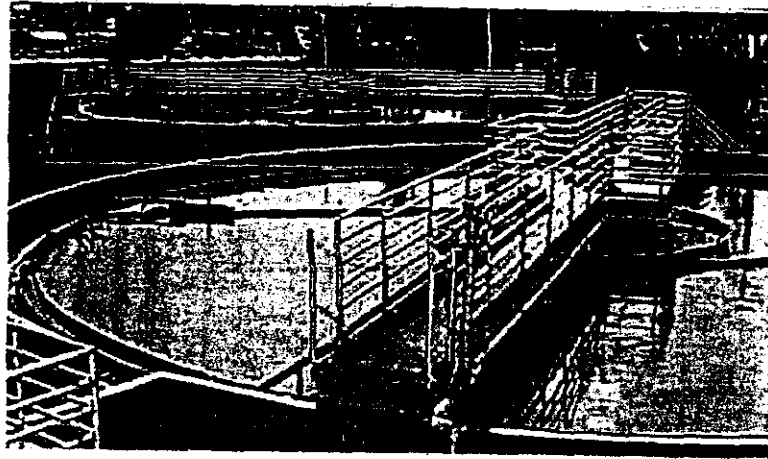


รูปที่ 3.6 ถังทำให้ลอยตัว
ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr., 2000(9)

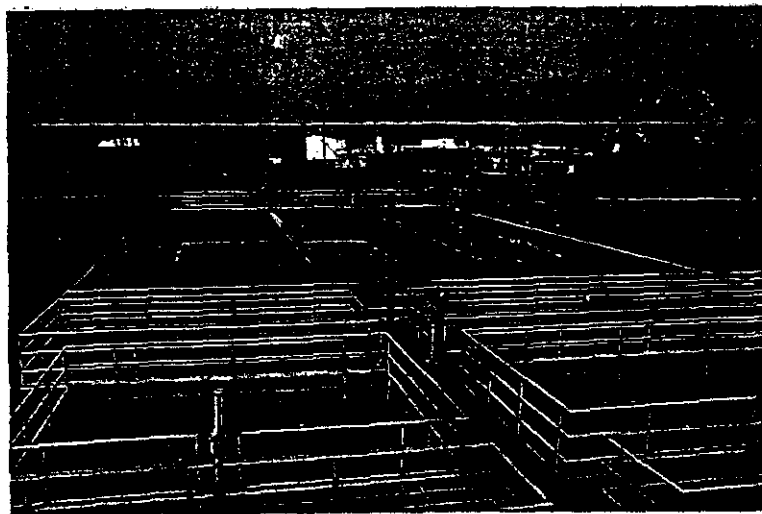
ถังตกตะกอน

ของแข็งหรือสารแขวนลอยที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ จะถูกบำบัดออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอน ซึ่งเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นที่พักน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในถังตกตะกอน น้ำเสียจะใช้เวลาอยู่ในถังนี้ ประมาณ 2 - 4 ชม. อย่างสงบ ทำให้สารแขวนลอยมีเวลาดตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีสารแขวนลอยเหลือน้อย ถังตกตะกอนมีบทบาทอยู่ในการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆเกือบทุกประเภทและถือเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดสารแขวนลอยในน้ำ

ถังตกตะกอนแบบวงกลม (รูปที่ 3.7) ให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานดีกว่าถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม (รูปที่ 3.8) แต่ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมเหมาะสมที่จะใช้ในกรณีที่มีพื้นที่อยู่อย่างจำกัดแต่ต้องการสร้างถังตกตะกอนหลายถัง



รูปที่ 3.7 ถังตกตะกอนแบบวงกลม



รูปที่ 3.8 ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม

บทที่ 4

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียวิธีหนึ่ง โดยต้องการกำจัดหรือแยกสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย วิธีนี้ต้องใช้สารเคมีต่างๆ เติมลงไปลงในน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ที่ทำให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นความรู้ทางด้านเคมีจะช่วยให้ในการเลือกชนิดและปริมาณที่ต้องการผสมลงไป ข้อเสียของการเลือกใช้กระบวนการทางเคมีคือ เมื่อเติมสารเคมีลงไปในน้ำเสียแล้วอาจส่งผลกระทบต่อในด้านอื่นๆ เช่น มีตะกอนเพิ่มขึ้น และเสียค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีด้วย แต่ถ้ากระบวนการทางกายภาพและทางชีวภาพไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ก็มีความจำเป็นต้องเลือกบำบัดด้วยวิธีทางเคมี

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีเหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1) มีกรดหรือด่างสูงเกินไป
- 2) มีโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น สังกะสี ดีบุก ฯลฯ
- 3) มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก
- 4) มีสารประกอบอินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ชัลไฟด์
- 5) มีไขมันหรือน้ำมันละลายตัว

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี สามารถแบ่งได้ดังนี้

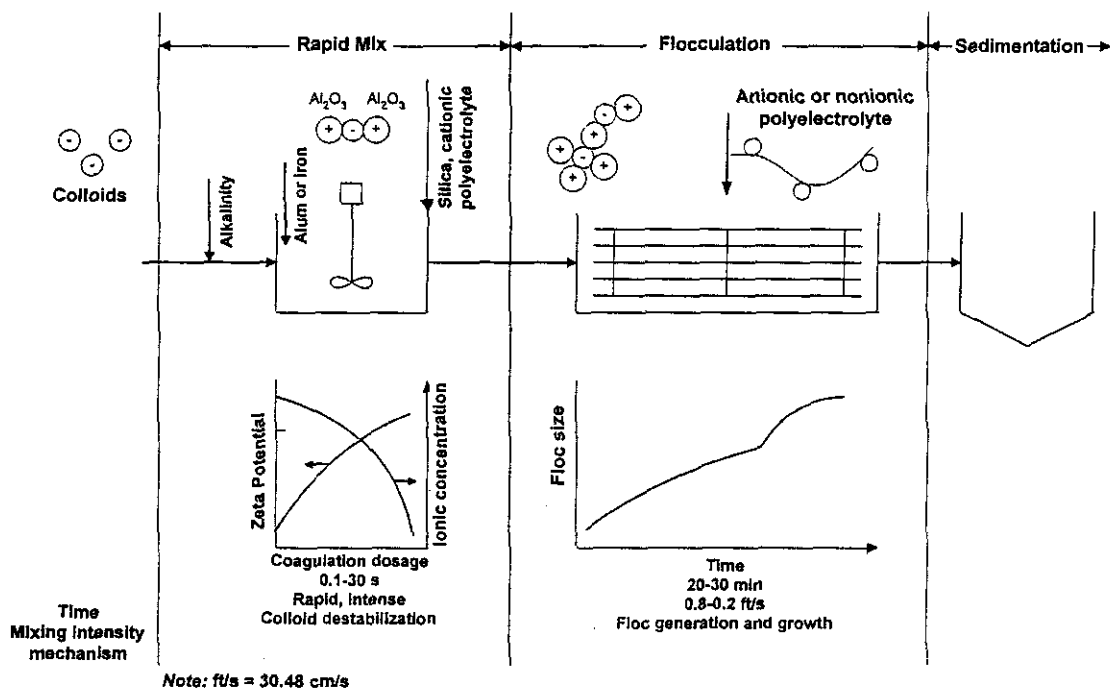
1. ปรับสภาพของน้ำเสียให้เหมาะสมกับความต้องการ เช่น ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เติมสารอาหาร(Nutrients)ให้เหมาะสมกับการบำบัดทางชีวภาพ
2. ทำให้มลสารที่มีอยู่ในน้ำเสีย เช่น โลหะหนัก ชัลไฟด์ เป็นมลสารที่ไม่ละลายน้ำ
3. สร้างตะกอนเล็กๆให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อสามารถตกตะกอนได้ง่าย
4. ทำให้เกิดการฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
5. ปรับสภาพของตะกอนต่างๆ เพื่อใช้ในการย่อยตะกอนและการแยกน้ำออกจากตะกอน

กระบวนการทางเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

- โคแอกกูเลชัน (Coagulation)
- การตกตะกอนผลึก (Precipitation)
- การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)
- การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) และ
- การเกิดออกซิเดชัน - รีดักชัน (Oxidation - Reduction)

กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

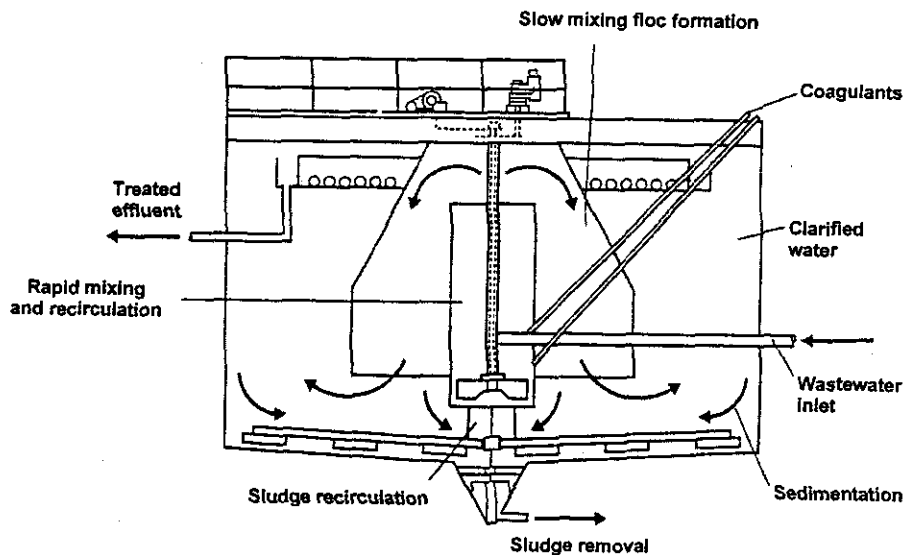
กระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นกระบวนการประสานคอลลอยด์ (รูปที่ 4.1) ซึ่งเป็นสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก คอลลอยด์มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1 - 1 นาโนเมตร ซึ่งไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีการตกตะกอนตามธรรมชาติเนื่องจากอนุภาคของคอลลอยด์มีขนาดเล็กเกินไป หลักการของกระบวนการโคแอกกูเลชัน คือ การเติมสารโคแอกกูแลนต์ (Coagulant) เช่น สารส้ม (Aluminum Sulfate $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) ปูนขาว เกลือของเหล็ก หรือ สาร Polyelectrolytes ลงไปในน้ำเสียทำให้คอลลอยด์หลายอนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า ฟล็อก (Floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนลงมาได้รวดเร็ว สารโคแอกกูแลนต์ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมตัวกันเป็นฟล็อก



รูปที่ 4.1 กลไกของโคแอกกูเลชัน

ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr.,2000 (9)

ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการโคแอกกูเลชัน มี 2 ส่วน คือ ดังกวนเร็วและดังกวนช้า ดังกวนเร็วเป็นที่เติมสารเคมี และเป็นทางเข้าของน้ำเสีย สารเคมีและน้ำเสียจะผสมกันทันที อย่างรวดเร็วในถังนี้ ส่วนดังกวนช้า เป็นที่สำหรับกระบวนการสร้างฟล็อก (Flocculation) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคคอลลอยด์ เพื่อส่งไปตกตะกอนในถังตกตะกอนซึ่งอยู่ตามหลังดังกวนช้า หรืออาจรวมอยู่ในถังเดียวกันกับดังกวนช้า (รูปที่ 4.2) อนุภาคคอลลอยด์ที่ไม่ถูกบำบัดโดยดังกวนช้า จะถูกส่งต่อไปบำบัดในถังกรอง น้ำที่ออกจากถังกรองจึงมีความใสสูงมาก



รูปที่ 4.2 ถึงปฏิกิริยาในกระบวนการโคแอกกูเลชัน

ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr.,2000 (9)

นอกจากนี้ยังสามารถเติมสารช่วยสร้างตะกอน (Coagulant Aid) ซึ่งได้แก่ กรด ด่าง ดินเหนียว Activated Silica และสารเคมีประเภทโพลีอิเล็กโตรไลต์ (Polyelectrolyte) ซึ่งเป็นสารโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยโคแอกกูแลนต์เอ็ดจะทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคหรือฟล็อกให้เกิดเป็นฟล็อกขนาดใหญ่ และตกตะกอนได้ง่าย สารโพลีอิเล็กโตรไลต์ที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน มี 3 ประเภท ได้แก่

1. โพลีเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer)
2. โพลีเมอร์ประจุลบ (Anionic Polymer)
3. โพลีเมอร์ที่ไม่มีประจุ (Non Ionic Polymer)

โดยปกติปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากสารเคมีต่างๆ ข้างต้นจะมีค่า pH ที่เป็นปัจจัยสำคัญ เพราะถ้ามี pH อยู่ในระดับที่เหมาะสมอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารสร้างตะกอนเคมีมากเกินไป โดยจะต้องการปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น สำหรับการหาปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้จำเป็นต้องทำการทดลอง ซึ่งเรียกว่า Jar Test โดยในการทดลองจะมีทั้งการกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที แล้วตามด้วยการกวนช้า 20-70 รอบต่อนาที ประมาณ 20 นาที

การตกตะกอนผลึก (Precipitation)

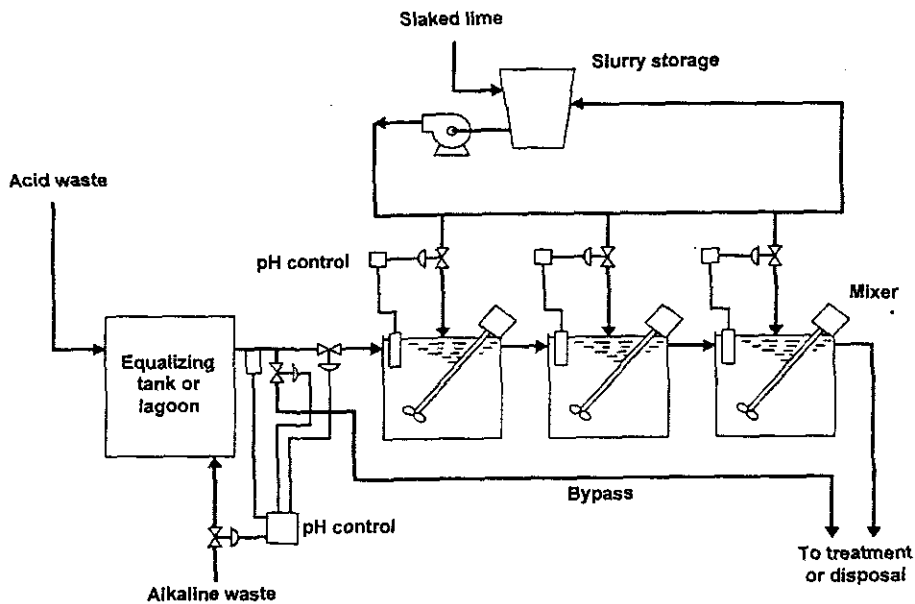
กระบวนการนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในรูปสารละลาย (Soluble) ให้เป็นสารที่อยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ (Insoluble) โดยการเติมสารเคมีผสมกับน้ำเสียให้ทั่วถึง เช่น สารส้ม (Alum) Ferric chloride (FeCl_3) ปูนขาว (Lime) เป็นต้น ตัวอย่างเช่น โลหะหนักที่พบในน้ำเสียและที่เป็นปัญหามักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีตกตะกอนหรือกรองเพียงลำพัง การกำจัดโลหะหนักจำเป็นต้องทำให้เกิดการตกตะกอนผลึกของแข็ง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ไอออนประจุบวกและประจุลบรวมกันเป็นตะกอนของแข็งไม่ละลายน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อก เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนและวิธีการกรอง จะเห็นได้ว่าการกำจัดโลหะหนักต้องใช้วิธีการตกผลึกร่วมกับวิธีโคแอกกูเลชันและตามด้วยวิธีตกตะกอนและวิธีการกรอง

การเกิดการตกตะกอนผลึกให้ได้ผลดีจำเป็นต้องพิจารณาค่า pH หลังจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว โดยทั่วไปต้องมีค่า pH สูงกว่า 7 จึงจะได้ผลดี นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาชนิดของสารเคมีที่จะเติมลงไปด้วย กรณีของโลหะหนัก เช่น สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ จะเป็นปัญหาเฉพาะกับน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำเนื่องจากโลหะหนักสามารถละลายน้ำได้ดีที่ค่าพีเอชต่ำ การเพิ่มค่าพีเอชจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะหนักลดลงและสามารถตกผลึกได้ ดังนั้นการเติมสารเคมีประเภทต่าง เช่น โซดาไฟ หรือปูนขาวให้กับน้ำเสีย จนมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสมจะทำให้โลหะหนักตกผลึกร่วมกับไอออนของไฮดรอกไซด์ (OH^-) ได้ จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมตัวกัน เป็นฟล็อกด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันแล้วจึงแยกฟล็อกออกจากน้ำ ด้วยถังตกตะกอน ปริมาณปูนขาวหรือโซดาไฟที่ต้องใช้อาจคำนวณคร่าวๆได้จากสมการเคมีของปฏิกิริยาการสร้างตะกอน แต่ทางที่ดีควรทำการทดสอบกำจัดโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ เพื่อระดับค่าพีเอชที่เหมาะสมและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับโลหะหนักของแต่ละงาน โดยทำ Titration Curve ของน้ำเสียที่เกิดจากการเติมต่างและทำจาร์เทสต์ (Jar test) เพื่อหาระดับค่าพีเอชและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด

นอกจากการตกตะกอนร่วมกับผลึกไฮดรอกไซด์แล้ว โลหะหนักอาจจะตกตะกอนผลึกร่วมกับไอออนประจุลบอื่นได้ เช่น ซัลไฟด์ (S^{2-}) ซึ่งโลหะซัลไฟด์มีความสามารถในการละลายน้ำน้อยกว่าโลหะไฮดรอกไซด์ จึงมีการใช้ Na_2S หรือ NaHS ทำปฏิกิริยากับโลหะหนักเพื่อตกตะกอนผลึกแต่ข้อเสียของการตกตะกอนผลึกของโลหะร่วมกับซัลไฟด์ คือ ตะกอนมีขนาดเล็กและเกิดฟล็อกขนาดเล็กมาก ทำให้การตกตะกอนเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นยังทำให้เกิดก๊าซพิษ ดังนั้นการตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยปูนขาวหรือโซดาไฟ จึงได้รับความนิยมมากกว่า โดยที่การใช้ปูนขาวจะได้รับความนิยมมากกว่า เพราะว่าเมื่อใช้ปูนขาวจะได้ตะกอนผลึกของโลหะหนักหรือฟล็อก ที่มีขนาดใหญ่กว่าการใช้โซดาไฟ

การทำให้เป็นกลาง(Neutralization)หรือการปรับพีเอช (pH Adjustment)

ค่าพีเอชมีบทบาทสำคัญมากในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นในการเติมกรดหรือด่างเพื่อปรับค่าพีเอชของน้ำเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็น น้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาว โซดาไฟ หรือโซดาแอช ส่วนน้ำที่มีค่าพีเอชสูงทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้ (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 กระบวนการปรับพีเอช

ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr.,2000 (9)

สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับ pH ให้สูงขึ้นได้แก่

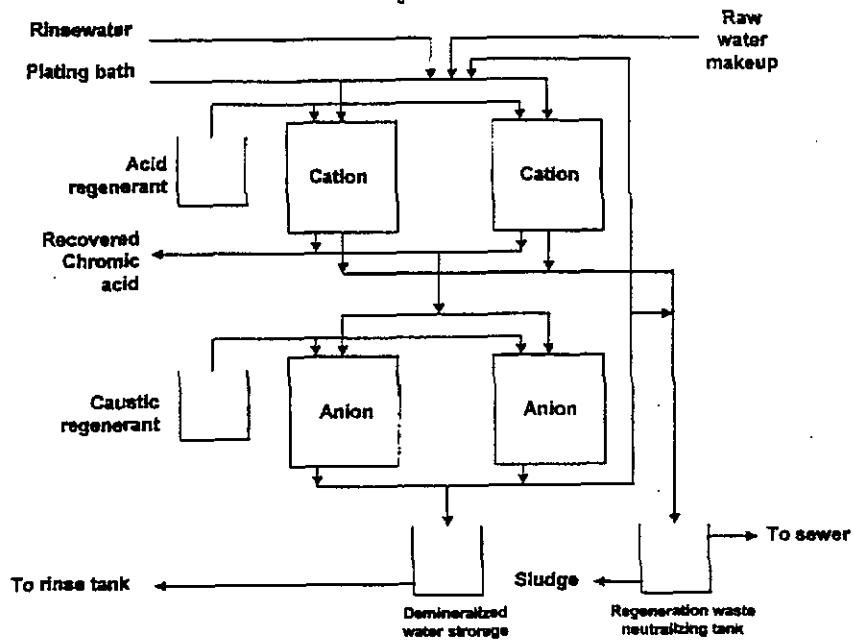
CaCO_3	CaO	Ca(OH)_2
MgO	Mg(OH)_2	Dolomitic quicklime
Dolomitic hydrated lime	NaOH	Na_2CO_3

สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับ pH ให้ต่ำลงได้แก่

H_2SO_4	HCl
HNO_3	ก๊าซ CO_2

การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนสามารถกำจัดไอออนประจุบวก (Cation) และไอออนประจุลบ (Anion) จากน้ำเสียได้ ในปัจจุบันสารแลกเปลี่ยนไอออน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ซีโอไลต์ (Zeolite) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) ซึ่งเรซินแลกเปลี่ยนไอออนเป็นที่นิยมเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาก น้ำเสียจะไหลผ่านถังที่บรรจุเรซินแลกเปลี่ยนไอออน ไอออนประจุบวกในน้ำเสียจะแลกเปลี่ยนกับไอออนของไฮโดรเจน (H^+) หรือไอออนของโซเดียม (Na^+) ของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน ได้แก่ เรซินแบบกรดแก่ (Strong Acid Cation Resin) และเรซินแบบกรดอ่อน (Weak Acid Cation Resin) ส่วนไอออนประจุลบในน้ำเสียจะถูกแลกเปลี่ยนกับไอออนของไฮดรอกไซด์ (OH^-) ของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนแบบต่างแก (Strong Base Anion Resin) เรซินทุกชนิดเมื่อใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งจะหมดประสิทธิภาพ แต่สามารถเรียกประสิทธิภาพกลับคืนมาได้อีก โดยทำการฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) ซึ่งเรซินแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรชัน ต่างกัน (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

ที่มา : W.Wesley Eckenfelder, Jr., 2000 (9)

หน้าที่ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน มี 2 ประการ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1. การกำจัดไอออนต่างๆ ออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+} Mg^{2+} SO_4^{2-} Cl^- นอกจากนี้เรซินอาจใช้ในการกำจัดโลหะต่างๆ ได้ เช่น สารหนู แอมโมเนีย แคดเมียม โคบอลต์ สังกะสี แต่ต้องใช้เรซินที่สังเคราะห์พิเศษ

2. การทำให้ไอออนต่างๆ มีความเข้มข้นสูงมากๆ ส่วนนี้เกิดหลังจากที่ได้น้ำสะอาดแล้ว

กล่าวคือ ไอออนที่ถูกกำจัดออกจากสารละลายจะหลุดออกมากับสารละลายฟื้นฟูสภาพ (Regenerant) ในระหว่างการทำการฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) เนื่องจากปริมาณของสารละลายฟื้นฟูสภาพต่ำกว่าปริมาณสารละลายที่เป็นที่อยู่เดิมของไอออน ทำให้ความเข้มข้นใหม่ของไอออนสูงมาก ในบางระบบสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงดังกล่าวถือว่าเป็นของเสีย แต่ในบางกรณีอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การกำจัดโครเมียมออกจากน้ำ จะต้องการแยกไอออนออกจากสารละลายเจือจาง จึงต้องทำให้ไอออนมีความเข้มข้นสูงมากๆ เรซินแลกเปลี่ยนไอออนจึงใช้ประโยชน์ได้มากในกรณีนี้

หลักการการทำงานของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

ระบบแลกเปลี่ยนไอออนนี้สามารถทำงานได้ทั้งแบบเป็นครั้งคราวไม่ต่อเนื่อง (Batch) หรือแบบต่อเนื่องก็ได้ (Continuous) โดยที่การทำงานแบบต่อเนื่องเป็นการทำงานแบบคอลัมน์ ที่มีเรซินบรรจุอยู่ในถัง แล้วปล่อยให้ น้ำเสียไหลผ่านผ่านชั้นของเรซินจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่าง เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนตลอดเวลา การทำงานของระบบแบบต่อเนื่อง จะได้รับความนิยมมากกว่าแบบเป็นครั้งคราวไม่ต่อเนื่อง

การทำงานของถังเรซินมี 4 ขั้นตอน ต่อเนื่องกัน คือ

1. การแลกเปลี่ยนไอออน (Service) เป็นขั้นตอนหลักของเรซิน คือ ไอออนอิสระในเรซินจะถูกแลกเปลี่ยนกับไอออนอื่นๆ ในน้ำเสีย และการแลกเปลี่ยนไอออนจะลดลงหรือสิ้นสุด เมื่อไอออนอิสระในเรซินเหลือน้อย จนกระทั่งไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนต่างๆในน้ำเสียได้อีก

2. การล้างย้อน (Backwash) หลังจากที่เรซินไอออนหมดประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนแล้ว แต่ยังไม่เสีย ต้องทำการล้างย้อนเพื่อให้เรซินมีการขยายตัวเกิดขึ้น เพื่อทำลายการจับตัวเป็นก้อนของเรซิน การล้างความขุ่นหรือสารแขวนลอยออกจากชั้นเรซิน การกำจัดฟองอากาศที่อาจเกิดขึ้นหรือติดอยู่ในชั้นเรซินและทำให้เกิดการเรียงตัวใหม่ของเรซินที่สามารถจะช่วยให้เกิดการกระจายน้ำผ่านชั้นเรซินเกิดขึ้นได้อย่างสม่ำเสมอ อัตราการล้างย้อนจะขึ้นกับชนิดเรซิน อุณหภูมิของน้ำและระดับการขยายตัวของชั้นเรซิน

3. การฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) หมายถึง การทำให้เรซินที่หมดประสิทธิภาพไปแล้ว คืนสภาพกลับมามีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนใหม่ได้อีก หรือเป็นการเติมประจุให้กับเรซินที่หมดสภาพ การที่ไอออนเสื่อมประสิทธิภาพเนื่องมาจากการที่ไอออนอิสระในเรซินถูกนำไปแลกเปลี่ยนกับไอออนอื่นๆ ในน้ำเสียจนหมดสิ้น การทำการฟื้นฟูสภาพเป็นการขับไล่ไอออนที่เรซินแลกเปลี่ยนมากับน้ำเสียและเติมไอออนอิสระให้กับเรซิน ซึ่งจะทำให้เรซินไอออนกลับคืนสภาพเดิม และมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนได้อีกครั้งหนึ่ง สารเคมีที่ใช้ในการเติมไอออนอิสระให้กับเรซินที่หมดประสิทธิภาพไปแล้ว เรียกว่า สารฟื้นฟูสภาพ (Regenerant) เช่น NaCl ซึ่งใช้เติม Na^+ หรือ Cl^- ให้กับเรซิน หรือ H_2SO_4 ที่ใช้เติม H^+ ให้กับเรซิน

4. การชะล้าง (Rinse) หลังจากที่ผ่านขั้นตอนในการทำการฟื้นฟูสภาพแล้วย่อมมีสารฟื้นฟูสภาพตกค้างอยู่ในชั้นเรซิน จึงจำเป็นต้องใช้น้ำสะอาดชะล้างเรซิน เพื่อที่จะขับไล่หรือแทนที่สารฟื้นฟูสภาพให้หลุดออกจากชั้นของเรซิน การชะล้างเรซินมี 2 ขั้นตอนคือ การชะล้างอย่างช้า (Slow Rinse หรือ Displacement Rinse) และการชะล้างอย่างรวดเร็ว (Fast Rinse) โดยทำการชะล้างอย่างช้าก่อนโดยปล่อยให้ น้ำประมาณ 1 เท่าของปริมาตรเรซิน ไหลผ่านในอัตราเร็วเท่ากับการฟื้นฟูสภาพ หลังจากนั้นจึงทำการชะล้างอย่างรวดเร็วเพื่อไล่สารฟื้นฟูสภาพที่ยังตกค้างอยู่ ให้หลุดออกจากชั้นเรซินให้หมด

น้ำที่ผ่านเข้าถังเรซินควรเป็นน้ำใสที่มีความขุ่นหรือสารแขวนลอยหรือก๊าซละลายน้ำหรือน้ำมันลอยอยู่น้อยที่สุด สารดังกล่าวทำให้อายุของเรซินน้อยกว่าที่ควรจะเป็น และการแลกเปลี่ยนไอออนไม่เหมาะสมสำหรับสารละลายที่มีความขุ่นสูงกว่า 700 มก./ล. เพราะเป็นวิธีที่ไม่ประหยัด

ออกซิเดชัน - รีดักชัน (Oxidation - Reduction)

ในกรณีที่ต้องกำจัดสารมลพิษที่ละลายอยู่ในน้ำแต่ไม่สามารถใช้วิธีการตกตะกอนผลึกได้ อาจใช้กระบวนการออกซิเดชัน - รีดักชัน ที่เปลี่ยนสารมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ กระบวนการออกซิเดชัน - รีดักชัน ได้แก่ การเติมสารเคมีซึ่งอาจเป็นสารออกซิไดซ์ (Oxidant) หรือสารรีดิวซ์ (Reductant) ใดๆ อย่างหนึ่งเพื่อไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน กับสารมลพิษ ผลของปฏิกิริยาทำให้ได้สารที่ไม่เป็นพิษ หรือมีความเป็นพิษลดลง สารเคมีที่ใช้มีดังนี้

1. สารออกซิไดซ์ ได้แก่ โอโซน ออกซิเจน คลอรีนในรูปต่างๆ โพแทสเซียมเปอร์มันганเตต (KMnO_4) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

2. สารรีดิวซ์ ได้แก่ กลีซอลไฟต์ เหล็กซัลเฟต ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

ตัวอย่างสารออกซิไดซ์ และสารรีดิวซ์ ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี แสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 สารออกซิไดซ์ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี

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

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ 2539 (2)

ตารางที่ 4.2 สารรีดิวซ์ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี

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

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ 2539 (2)

บทที่ 5

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ แบ่งเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) ซึ่งแบบใช้ออกซิเจนอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรก (สารอินทรีย์) ให้กลายเป็น CO_2 และ H_2O เช่นในกระบวนการ เอเอส ระบบฟิล์มตรึง ระบบโปรยกรอง เป็นต้น ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน เปลี่ยนความสกปรกให้กลายเป็น CO_2 , CH_4 , และ H_2S เช่น ในกระบวนการย่อยไร้ออกซิเจน ถังกรองไร้อากาศ ระบบยูเอเอสบี เป็นต้น

5.1 กระบวนการเอเอส (Activated Sludge Process)

กระบวนการเอเอสเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ทั้งหลายในการย่อยสลาย ดูดซับหรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง หลักการทำงานของระบบเอเอส เป็นวิธีที่เลียนแบบธรรมชาติ ปฏิกริยาชีวเคมีของกระบวนการ สามารถเขียนได้ดังนี้



มลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไปโดยสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย เมื่อถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์จะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำและสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ

การเกิดสลัดจ์

สลัดจ์ (Activated Sludge) เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน ในถังเติมอากาศ คือ

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

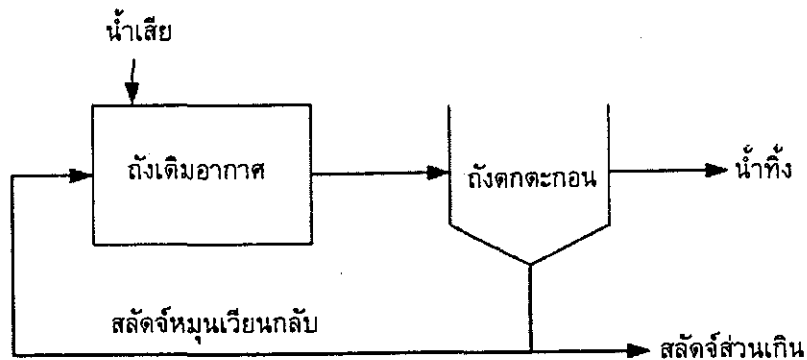
ขั้นแรก สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ดูดมาติดที่ผนังเซลล์และส่งเอนไซม์ (Enzymes) ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลที่เล็กพอที่จะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์เพื่อใช้เป็นอาหารได้ ขั้นตอนที่ 2 จุลินทรีย์จะทำการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กโดยกระบวนการสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งหมายถึงการสร้างเซลล์ใหม่และกระบวนการออกซิเดชัน ผลผลิตที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน กระบวนการทั้งสองนี้ รวมกันเป็นกระบวนการทางชีวเคมี ที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ (Metabolic Process) ขั้นตอนที่ 3 เป็นการรวมตัวของสลัดจ์ โดยจุลินทรีย์จะถูกกวนผสมกันอยู่ในถังเติมอากาศ เมื่อชนกันก็จะจับรวมตัวเป็นก้อนที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่า ฟล็อก หรือสลัดจ์ (Activated Sludge) ซึ่งตกตะกอนได้ดี และสามารถแยกออกจากน้ำที่บำบัดแล้วได้ง่าย นอกจากนี้เมื่อสลัดจ์ไปสัมผัสกับมลสารในน้ำเสียจะกัมมลสารเหล่านี้ไว้ ภายในและทำการย่อยสลายเป็นอาหารต่อไป

ส่วนประกอบของระบบเอเอส

ระบบเอเอส ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอย่างน้อย 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของระบบเอเอส น้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมาก ภายในถังจะมีสภาวะแวดล้อมที่อำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน เช่น มีออกซิเจนละลาย ปริมาณสารอินทรีย์ และพีเอชที่เหมาะสม จุลินทรีย์จะทำการลดค่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปต่างๆ ด้วยการย่อยสลายให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

น้ำเสียที่บำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำใสสลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอน ส่วนหนึ่งจะสูบกลับไปยังถังเติมอากาศ เพื่อลดมลสารที่เข้ามาใหม่อีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่เป็นผลจากการเจริญเติบโตซึ่งต้องนำไปทิ้ง สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทั้งจากระบบ

การนำจุลินทรีย์ส่วนเกินไปทิ้งเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าเหมาะสม ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการควบคุมการทำงานของกระบวนการเอเอสให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ที่สมดุลกัน ซึ่งจะส่งผลให้อาหารหรือมลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียสามารถถูกกำจัดให้หมดไปหรือมีค่าเหลืออยู่น้อย



รูปที่ 5.1 ส่วนประกอบและการทำงานของระบบเอเอส

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ

1. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบเอเอส ดังนั้นความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ ในกรณีที่อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง จำนวนจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีลักษณะกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed Growth) ไม่รวมตัวเป็นกลุ่มก้อนที่ดี เป็นผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีความขุ่นและค่าสารอินทรีย์หรือบีโอดีเหลืออยู่สูง ถ้าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ จำนวนจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง จุลินทรีย์จะตกตะกอนได้รวดเร็ว แต่ไม่สามารถจับส่วนเล็กลงมาทั้งหมด ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีความขุ่นอยู่ ดังนั้นการควบคุมการทำงานที่ดีจึงต้องควบคุมอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบให้มีความเหมาะสม

2. ธาตุอาหาร

จุลินทรีย์ที่ต้องการธาตุอาหาร (Nutrient) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือไปจากสารอินทรีย์ต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นพลังงานโดยปกติแล้วธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) แต่อาจมีไม่เพียงพอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การขาดธาตุอาหารที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างฟล็อกเจริญเติบโตไม่ดี และทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นชนิดเส้นใย (Filamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่า ซึ่งจะทำให้สลัดจ์ไม่จมตัวและอาจไหลปนออกมากับน้ำทิ้ง

โดยปกติจะควบคุมให้อีไอดี 100 กก. ต้องมีไนโตรเจน 5 กก. ฟอสฟอรัส 1 กก. และ เหล็ก 0.5 กก. การเติมไนโตรเจนต้องเติมในรูปของแอมโมเนียหรือยูเรีย ฟอสฟอรัสจะเติมในรูปของกรดฟอสฟอริก และเหล็กในรูปของ เฟอร์ริคคลอไรด์ ในการเติมธาตุอาหารจะต้องสังเกตและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำออก ให้มีค่าแร่ธาตุต่างๆ เหลืออยู่เพียงเล็กน้อย การเติมธาตุอาหารที่มากเกินไปจนความจำเป็น นอกจากเป็นการสิ้นเปลืองแล้ว ยังเป็นสารมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

3. ออกซิเจนละลาย

ในถังเติมอากาศ จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล. ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายนี้ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศสูงจุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้มาก และออกซิเจนจะมีค่าการละลายอิมตัวต่ำ จึงทำให้ต้องการออกซิเจนมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศต่ำ ความต้องการเติมอากาศเพื่อที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

4. ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในถังเติมอากาศจะต้องมีมากเพียงพอที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่างๆ หากระยะเวลาไม่เพียงพอมลสารบางส่วนโดยเฉพาะสารที่ย่อยสลายยากจะถูกย่อยสลายได้ไม่หมด ทำให้มีค่าบีโอดีเหลืออยู่ในน้ำเสียมาก สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในถังตกตะกอนชั้นที่สองก็เช่นเดียวกัน หากมีน้อยเกินไปก็ทำให้สลัดจ์ตกตะกอนได้ไม่ดี แต่ถ้านานเกินไปก็ทำให้สลัดจ์ขาดออกซิเจนและเน่าได้

5. พีเอช

ค่าพีเอชมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าพีเอชระหว่าง 6.5- 8.5 ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 รา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงและสลัดจ์ตกตะกอนไม่ดี ถ้าค่าพีเอชสูงจะทำให้ฟอสฟอรัสตกตะกอนผลึก (Precipitate) และออกจากน้ำ ทำให้จุลชีพไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ระบบทำงานได้ไม่ดีเช่นกัน ส่วนกรณีที่ค่าพีเอชต่ำมากหรือสูงมากจุลชีพก็จะตายหมดไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้

6. สารพิษ

สารพิษแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบพิษเฉียบพลัน ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดในระยะเวลาอันสั้น (Acute Toxicity) และพิษแบบออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity) ใช้เวลานานและค่อยๆ ตายพิษเฉียบพลันสามารถสังเกตดูได้ง่าย เนื่องจากมีผลเกิดขึ้นรวดเร็ว ตัวอย่างสารพิษประเภทนี้ เช่น ไซยาไนด์ สารหนู ส่วนสารพิษออกฤทธิ์ช้า เช่น ทองแดง และโลหะหนักต่างๆ จุลินทรีย์จะสะสมเอาไว้ภายในเซลล์จนเกือบเป็นพิษและตายในที่สุด นอกจากนี้ความเป็นพิษอาจเกิดจากสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น แอมโมเนียที่มีค่าความเข้มข้นสูง เกิน 500 มก./ล. เป็นต้น

7. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการเอเอส โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก 10 °ซ จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว จนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 37 °ซ อุณหภูมิจะมีค่าเกินสูงไป จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง

เนื่องจากการเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำในระบบจะทำให้ยาก ผู้ควบคุมระบบจึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศ ให้มีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงและเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทย อุณหภูมิในฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่แตกต่างกันมากนัก จึงไม่ค่อยมีความจำเป็นในการปรับค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ตามฤดูกาล นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังมีผลต่อการตกตะกอนชั้นที่สอง โดยปกติอุณหภูมิต่ำจะตกตะกอนได้ดีกว่าอุณหภูมิสูง และถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันเกิน 2 °ซ จะเกิดการไหลวนของน้ำเนื่องจากมีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพของถังตกตะกอนลดลง

8. การกวน

ภายในถังเติมอากาศจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอน เพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัด และเพื่อให้สลัดจ์จับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดีการกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้น้ำเสียไหลลัดวงจร และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์ในถังเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) จะต้องมีค่า MLSS (Mix Liquor Suspended Solid) และค่าความเข้มข้น ของออกซิเจนละลายสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง

9. อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่ส่งเข้ามาในระบบบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยาและถังตกตะกอน หากน้ำเสียมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นมากระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง ค่าสารอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนในถังตกตะกอนชั้นที่สองลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบไว้ เช่น อาจสร้างเป็นถังปรับสูง (Equalizing Tank) เป็นต้น

ประเภทของกระบวนการเอเอส

กระบวนการเอเอส มีส่วนประกอบหลัก คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการขึ้นกับการจัดวางและรูปแบบของถังเติมอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียและการควบคุมดูแลระบบ ในปัจจุบันกระบวนการเอเอสมีหลายประเภท เช่น

1. กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Activated Sludge)

กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา หมายถึง ระบบที่มีถังตกตะกอนและถังเติมอากาศ (รูปที่ 3.15) การเติมอากาศจะใช้เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดหรือแบบฟองอากาศก็ได้ โดยปกติระบบจะมีเวลากักตะกอน (Sludge Retention Time ,SRT) ประมาณ 5 - 10 วัน ทำให้ต้องมีการกำจัดสลัดจ์ที่ระบายนทิ้ง ในอดีตระบบนี้มักเป็นระบบที่มีการกวนแบบไหลตามกัน (Plug Flow) แต่ในปัจจุบันการกวนจะเป็นแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) ก็ได้ การกวนแบบไหลตามกันจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ

7. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการเอเอส โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก 10 °ซ จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว จนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 37 °ซ อุณหภูมิจะมีค่าเกินสูงไป จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง

เนื่องจากการเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำในระบบจะทำได้ยาก ผู้ควบคุมระบบจึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศ ให้มีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงและเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทย อุณหภูมิในฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่แตกต่างกันมากนัก จึงไม่ค่อยมีความจำเป็นในการปรับค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ตามฤดูกาล นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมียังมีผลต่อการตกตะกอนชั้นที่สอง โดยปกติอุณหภูมิต่ำจะตกตะกอนได้ดีกว่าอุณหภูมิสูง และถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันเกิน 2 °ซ จะเกิดการไหลวนของน้ำเนื่องจากมีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพของถังตกตะกอนลดลง

8. การกวน

ภายในถังเติมอากาศจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเกิดการตกตะกอน เพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัด และเพื่อให้สลัดจ์จับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดีการกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้น้ำเสียไหลล้นตัวจร และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์ในถังเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) จะต้องมีค่า MLSS (Mix Liquor Suspended Solid) และค่าความเข้มข้น ของออกซิเจนละลายสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง

9. อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่ส่งเข้ามาระบบบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยาและถังตกตะกอน หากน้ำเสียมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นมากระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง ค่าสารอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนในถังตกตะกอนชั้นที่สองลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบไว้ เช่น อาจสร้างเป็นถังปรับสูง (Equalizing Tank) เป็นต้น

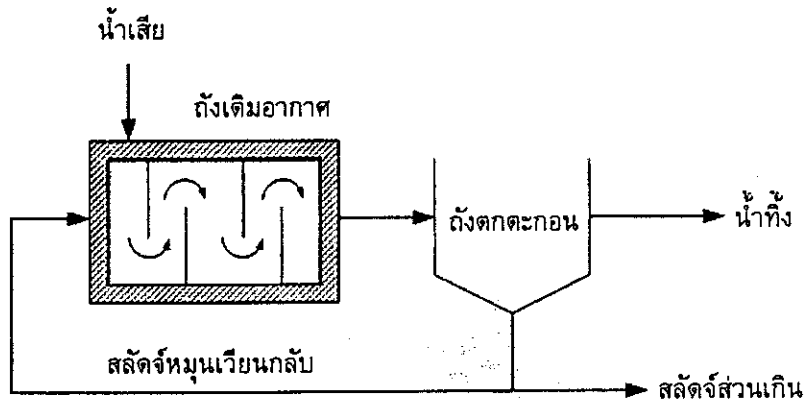
ประเภทของกระบวนการเอเอส

กระบวนการเอเอส มีส่วนประกอบหลัก คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการขึ้นกับการจัดวางและรูปแบบของถังเติมอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียและการควบคุมดูแลระบบ ในปัจจุบันกระบวนการเอเอสมีหลายประเภท เช่น

1. กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Activated Sludge)

กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา หมายถึง ระบบที่มีถังตกตะกอนและถังเติมอากาศ (รูปที่ 5.2) การเติมอากาศจะใช้เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดหรือแบบฟองอากาศก็ได้ โดยปกติระบบจะมีเวลากักตะกอน (Sludge Retention Time ,SRT) ประมาณ 5 - 10 วัน ทำให้ต้องมีการกำจัดสลัดจ์ที่ระบายทิ้ง ในอดีตระบบนี้มักเป็นระบบที่มีการกวนแบบไหลตามกัน (Plug Flow) แต่ในปัจจุบันการกวนจะเป็นแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) ก็ได้ การกวนแบบไหลตามกันจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ

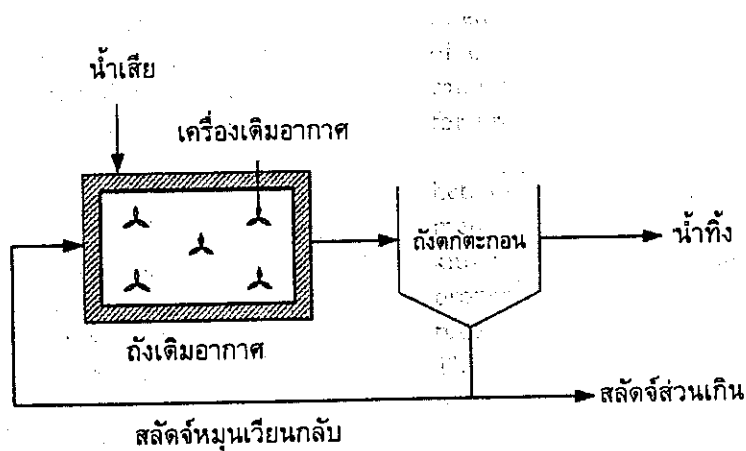
แบบที่เรียกแบบเส้นใยได้ดีกว่าการกวนสมบูรณ์ เนื่องจากการกวนแบบไหลตามกันจะทำให้เกิด Concentration Gradient ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยให้แบคทีเรียแบบสร้างฟล็อกเจริญเติบโตได้ดีกว่าการกวนแบบสมบูรณ์นี้จะสามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจมีสารพิษเจือปนอยู่ เนื่องจากการเจือจางจะเกิดขึ้นทันทีที่ทำให้สารพิษมีความเข้มข้นลดน้อยลง



รูปที่ 5.2 กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา

2. กระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา (Extended Aeration Activated Sludge)

เนื่องจากกระบวนการเอเอสแบบธรรมดาจะมีสลัดจ์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้จำเป็นต้องมีถังสำหรับย่อยสลายสลัดจ์ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ ร่วมกับสารอินทรีย์อื่นๆ ที่เน่าเหม็นได้ง่าย ให้เป็นสลัดจ์ที่มีความคงตัวและสามารถนำไปทิ้งได้ กระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา เป็นกระบวนการที่มีระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียและกักตะกอนนานกว่าระบบเอเอสแบบอื่นๆ (รูปที่ 5.3) โดยมีความมุ่งหมายให้แบคทีเรียอยู่ในถังเติมอากาศนานๆและได้รับอาหารน้อยๆเพื่อให้เกิดการย่อยสลายตัวเอง เป็นผลให้มีสลัดจ์ส่วนเกินเกิดขึ้นน้อยและอยู่ในรูปที่สามารถนำไปทิ้งได้ ดังนั้นระบบนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีถังย่อยสลัดจ์ (ถังหมัก) ความแตกต่างในการควบคุมระบบแบบธรรมดากับระบบยืดเวลา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.3 กระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา

ตารางที่ 5.1 ข้อแตกต่างระหว่างเอเอสแบบธรรมดาและเอเอสแบบยัดเวลา

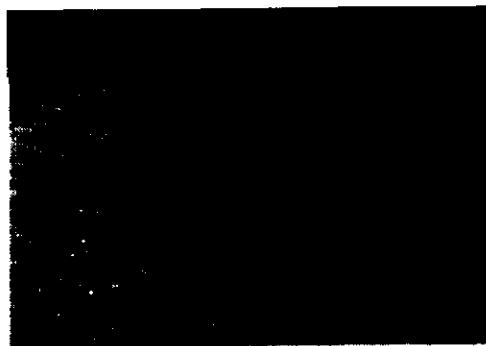
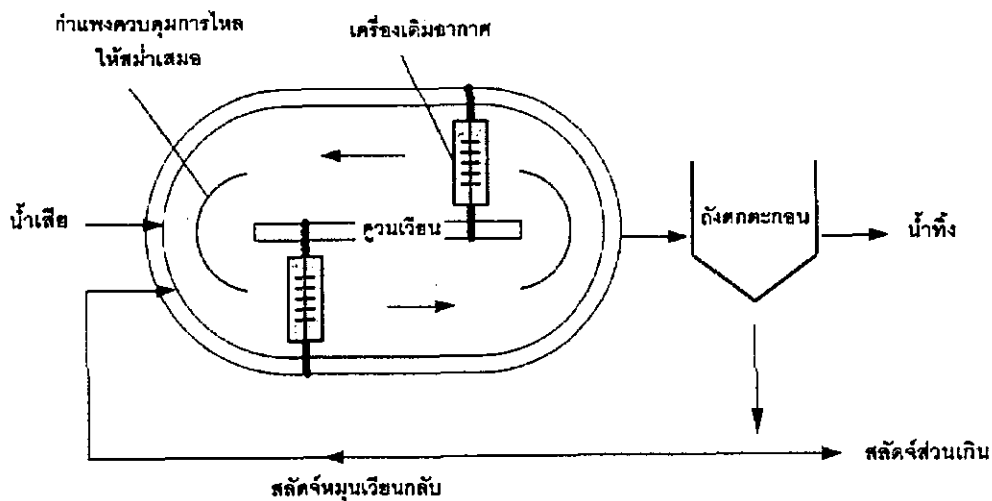
พารามิเตอร์	แบบธรรมดา	แบบยัดเวลา
SRT(วัน)	5 - 10	20 หรือมากกว่า
F:M (กก.BOD ₅ /กก.VSS -วัน)	0.2 - 0.5	0.05 - 0.15
MLSS (มก./ล.)	น้อยกว่า 3,000	3,000 - 5,000
เวลากักพัก (ชม.)	4 - 10	24 หรือมากกว่า

ที่มา : มั่นสิน ตันกุลเวศม์, 2542 (6)

การที่ระบบนี้มีค่า SRT สูง มีผลทำให้เกิดการย่อยสลายตัวของมวลจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ ดังนั้นผู้ออกแบบจึงนิยมออกแบบให้น้ำเสียไหลเข้าในถังเติมอากาศได้โดยไม่ต้องมีถังตกตะกอนขั้นแรก ทั้งนี้เนื่องจากสลัดจ์ในน้ำเสียจะถูกย่อยในถังเติมอากาศได้พร้อมกับสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย

3. กระบวนการคววนเวียน (Oxidation Ditch Process)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีหลักการเช่นเดียวกับกับกระบวนการแบบยัดเวลา เพียงแต่จะมีรูปแบบของถังเป็นลักษณะคูหรือคลองที่สร้างให้เป็นรูปวงรี ทำให้น้ำสามารถหมุนเวียนไปมาได้โดยรอบ (รูปที่ 5.4) กระบวนการคววนเวียนเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย เพราะเป็นระบบที่มีการควบคุมดูแลไม่ยุ่งยากและโดยปกติจะได้น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ

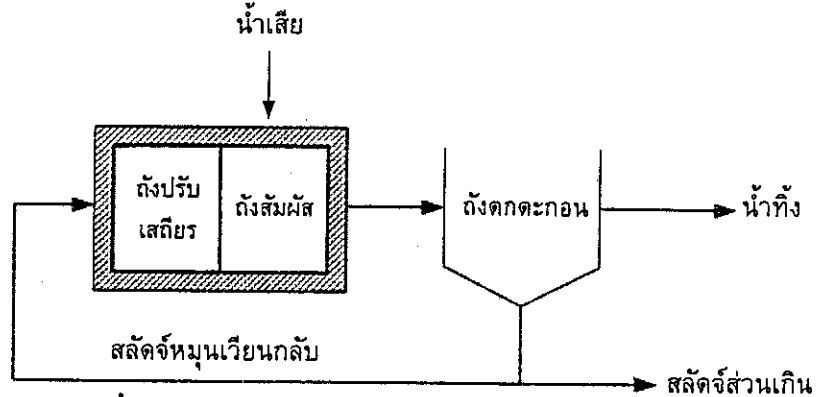


รูปที่ 5.4 กระบวนการคววนเวียน

4. กระบวนการเอเอสแบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge)

กระบวนการปรับเสถียรสัมผัสจะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน

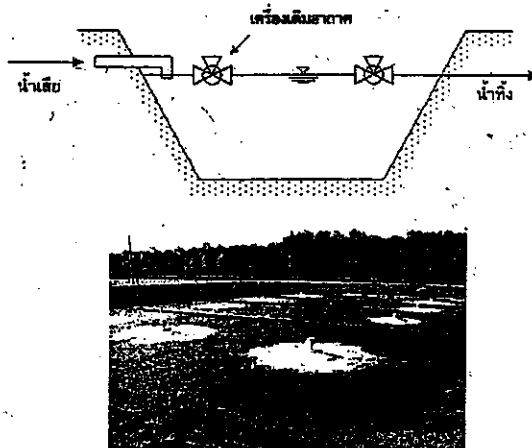
(รูปที่ 5.5) โดยที่สลัดจ์ที่สูบมาจากถังตกตะกอนชั้นที่สองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังปรับเสถียร โดยปกติจะเป็นเวลาประมาณ 4 - 8 ชม. จากนั้นสลัดจ์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์หมดแล้วจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เป็นเวลาประมาณ 30 - 60 นาที เพื่อลดสารอินทรีย์ ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณของน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วและสลัดจ์จะไหลไปยังถังตกตะกอนชั้นที่สอง น้ำเสียส่วนบนจะถูกปล่อยทิ้งออกจากระบบ สลัดจ์ส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลายและอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปทิ้ง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการนี้กับกระบวนการแบบอื่นๆจะพบว่ากระบวนการนี้สามารถรับอัตราภาระอินทรีย์ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณของถังเติมอากาศที่เท่ากัน จุลชีพตกตะกอนได้ดี และสามารถรับสารเป็นพิษหรือการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ดี



รูปที่ 5.5 กระบวนการเอเอสแบบปรับเสถียรสัมผัส

5. บ่อหรือสระเติมอากาศ (Aerate Lagoon)

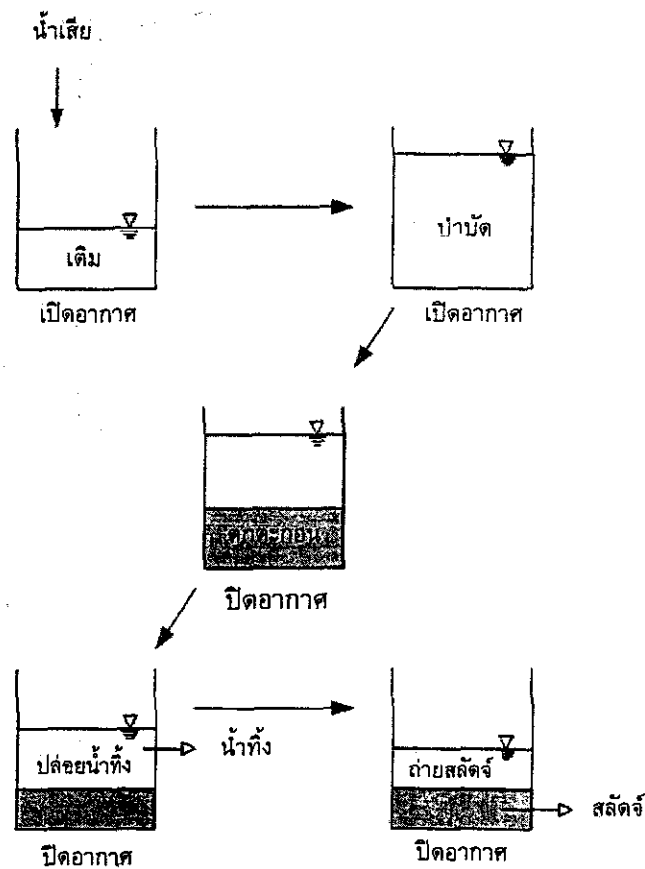
บ่อหรือสระเติมอากาศ อาจถือเป็นกระบวนการเอเอสแบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีเวลากักน้ำหลายวัน มีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแบบลอยน้ำแต่ไม่มีถังตกตะกอน (รูปที่ 5.6) ด้วยเหตุนี้ น้ำทิ้งจึงมีจุลชีพติดออกไปด้วยทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่ากระบวนการเอเอสแบบอื่นๆ และเนื่องจากระบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ความเข้มข้นของ MLSS ในบ่อเติมอากาศจึงมีระดับต่ำกว่าระบบอื่นๆ (น้อยกว่า 1,000 มก./ล.)



รูปที่ 5.6 บ่อหรือสระเติมอากาศ

6. ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor ,SBR)

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กและน้ำเสียไหลเป็นบางช่วง เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งอาจมีน้ำเสียไหลเพียง 4 - 8 ชม./วัน การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow process) จำเป็นต้องมีบ่อเก็บกักน้ำเสียขนาดใหญ่เพื่อควบคุมให้น้ำเสียเข้าสู่ระบบอย่างสม่ำเสมอ ระบบเอสบีอาร์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ถังเติมอากาศ ทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์และทำหน้าที่แยกสลัดจ์ด้วยการตกตะกอนภายในถังเดียวกัน (รูปที่ 5.7) โดยขั้นตอนการทำงานจะปล่อยให้ น้ำเสียไหลเข้าถังที่มีจุลินทรีย์อยู่ในถังแล้วและเติมอากาศอยู่ เมื่อถึงเวลาที่กำหนด (ประมาณ 22 ชม.) จะหยุดเติมอากาศเพื่อทิ้งให้ตกตะกอน (ประมาณ 2 ชม.) ซึ่งจะได้น้ำใสส่วนบนที่สามารถปล่อยทิ้งออกได้เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัดจากนั้นก็เริ่มกระบวนการใหม่ การทำงานแบบไม่ติดต่อกันของระบบนี้ทำให้ระบบมีความเหมาะสมกับโรงงานที่มีขนาดเล็กและมีปริมาณน้ำเสียน้อย ในทางปฏิบัติอาจมีการใช้ถังบำบัดน้ำเสียมากกว่า 2 ถังขึ้นไป เพื่อให้การดำเนินการบำบัดน้ำเสียเป็นไปอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 5.7 ระบบเอสบีอาร์

ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter)

หลักการทํางาน

ระบบโปรยกรอง เป็นระบบที่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโตอยู่บนผิวตัวกลาง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านชั้นของตัวกลาง จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่บนตัวกลางจะใช้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำที่ผ่านระบบจะถูกส่งไปเข้าถังตกตะกอนสุดท้ายเพื่อแยกสลัดจ์ออกให้ได้น้ำทิ้งที่สามารถระบายทิ้งได้ (รูปที่ 5.8 และ รูปที่ 5.9)

องค์ประกอบของระบบโปรยกรอง

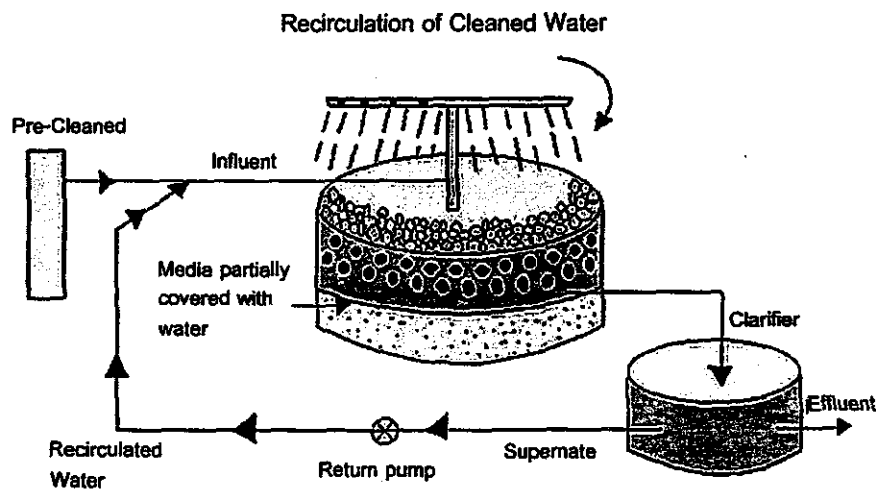
องค์ประกอบที่สำคัญของระบบโปรยกรอง คือ ระบบกระจายน้ำเข้า (Distribution System) ตัวกรอง (Filter Media) และระบบระบายน้ำทิ้ง (Underdrain System) โดยที่ระบบกระจายน้ำเข้ามีหน้าที่ทำให้พื้นที่ดัดขวางของฟิลเตอร์ได้รับน้ำเสียเท่ากันทุกส่วน วัสดุตัวกลางซึ่งอาจเป็นหินหรือพลาสติกจะใช้เป็นที่เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ระบบระบายน้ำซึ่งอยู่ตอนล่างของฟิลเตอร์มีหน้าที่รับน้ำเสียที่ไหลผ่านวัสดุตัวกลาง และระบายอากาศให้กับฟิลเตอร์

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบโปรยกรอง

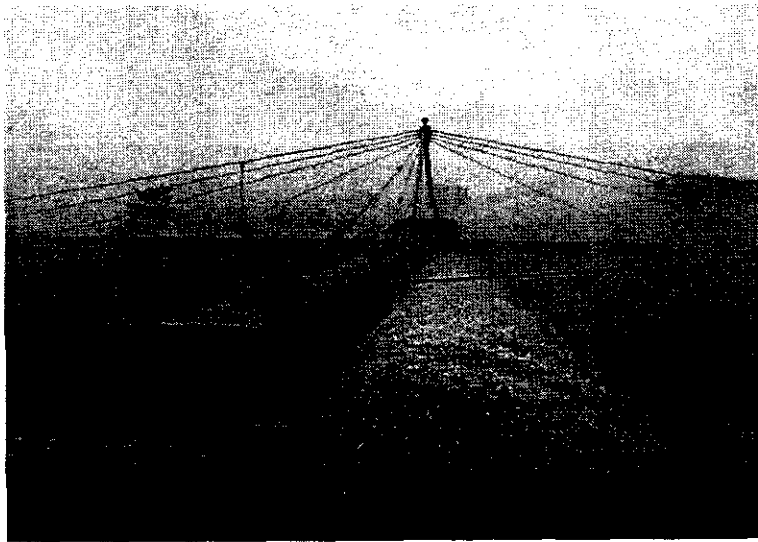
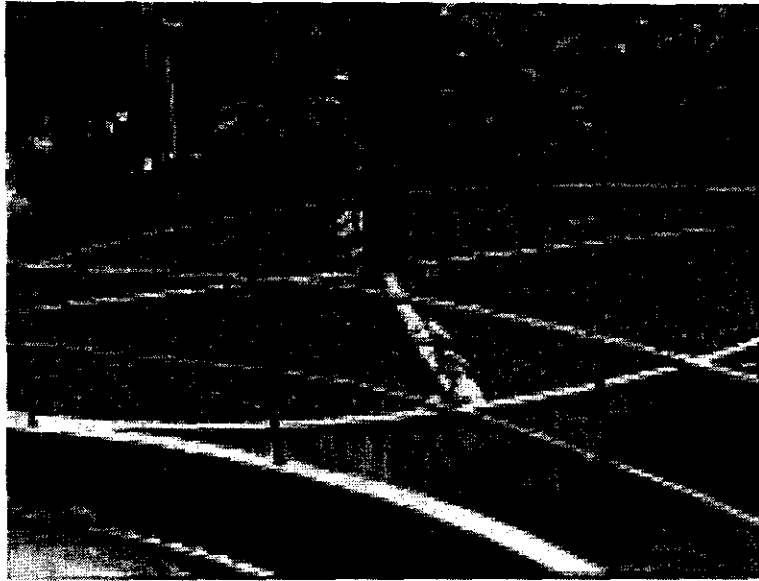
1. ภาระปริมาณน้ำ (Hydraulic Loading) จะต้องมีค่าสูงพอที่จะทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์เปียกอยู่ตลอดเวลา

2. ภาระอินทรีย์ (Organic Loading)

3. ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ



รูปที่ 5.8 การทํางานของระบบโปรยกรอง



รูปที่ 5.9 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

ประเภทของระบบไปรษณีย์

ระบบไปรษณีย์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามภาวะปริมาณน้ำและอัตราภาวะอินทรีย์ (ตารางที่ 5.3)

ตารางที่ 5.3 ประเภทของระบบไปรษณีย์

	อัตรารต่ำ	อัตรารสูง	อัตรารสูงพิเศษ
อัตราภาวะปริมาณน้ำ ลบ.ม./ตร.ม.- วัน	1 - 4	10 - 40	40 - 200
อัตราภาวะอินทรีย์ กก.บีโอดี/ลบ.ม.- วัน	0.08 - 0.32	0.32 - 1.0	0.8 - 6.0
ช่วงเวลาทำงาน	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง
ความสูง, ม.	1.5 - 3	1 - 2	4.5 - 12
อัตราหมุนเวียนน้ำ, %	0	100-250	100 - 400
ชนิดตัวกลาง	หิน	หิน พลาสติก	พลาสติก
% กำจัดบีโอดี	70 - 80	80 - 85	60 - 80

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542(6)

1. ระบบไปรษณีย์แบบอัตรารต่ำ (Low Rate)

ระบบนี้มักเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก ความสูงของฟิลเตอร์อยู่ในช่วง 1.5 - 3 เมตร และมีวัสดุตัวกลางเป็นหิน ระบบนี้จะไม่มีการหมุนเวียนน้ำ ดังนั้นภาวะปริมาณน้ำ และภาวะอินทรีย์ จะมีความสัมพันธ์กันโดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเสีย ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนระบบนี้มักมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 และจะมีไนทรีฟิเคชันเกิดขึ้นได้ในระดับสูง น้ำที่ได้จึงมีไนเตรตมาก ปัญหาที่สำคัญของระบบนี้คือ เรื่องกลิ่นและแมลงต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ระบบนี้ไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทย

2. ระบบไปรษณีย์แบบอัตรารสูง (High Rate)

ระบบนี้สามารถทำงานโดยมีระดับของภาวะปริมาณน้ำ และภาวะอินทรีย์ เป็นอิสระต่อกัน ด้วยการปรับอัตราการหมุนเวียนน้ำ การใช้ภาวะอินทรีย์สูงต้องใช้ควบคู่กับภาวะปริมาณน้ำสูงโดยเฉพาะในกรณีที่มีหินเป็นวัสดุตัวกลางและมีภาวะอินทรีย์สูง จุลินทรีย์จะสามารถเจริญเติบโตได้ทำให้ฟิล์มชีวภาพจับตัวกันหนาแน่นบนหิน การเพิ่มภาวะปริมาณน้ำจะทำให้ฟิล์มบางลง เป็นการป้องกันการอุดตันของฟิลเตอร์ ในกรณีที่ต้องการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นให้กับระบบเอเอส อาจใช้ฟิลเตอร์แบบอัตรารสูงที่มีวัสดุตัวกลางเป็นพลาสติก ระบบนี้หากได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมและถูกต้องจะสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติสูงได้ โดยใช้ปริมาณน้อยกว่าฟิลเตอร์แบบอัตรารต่ำและจะไม่เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น แมลง และการเกิดไนทรีฟิเคชัน

ระบบไปรษณีย์แบบอัตรารสูงขึ้น จะรับภาวะบีโอดีสูงกว่าอัตรารต่ำประมาณ 3-4 เท่า การหมุนเวียนน้ำทำให้ฟิลเตอร์ได้รับอัตราไหลสูงกว่าแบบอัตรารต่ำประมาณ 10 เท่า ฟิลเตอร์แบบนี้มีความสูงเพียง 1-2 เมตร และมีอัตราหมุนเวียนน้ำประมาณ 100 - 250 % ข้อที่ควรระวังคือ จะมีการหลุดของเมือกที่หนาเกินไป ทำให้น้ำทิ้งมีของแข็งแขวนลอยสูง

ระบบโปรยกรองสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามภาวะปริมาณน้ำและอัตราการอินทรีย์

ตารางที่ 5.3 ประเภทของระบบโปรยกรอง

	อัตราต่ำ	อัตราสูง	อัตราสูงพิเศษ
อัตราการปริมาณน้ำ ลบ.ม./ตร.ม.- วัน	1 - 4	10 - 40	40 - 200
อัตราการอินทรีย์ กก.บีโอดี/ลบ.ม.- วัน	0.08 - 0.32	0.32 - 1.0	0.8 - 6.0
ช่วงเวลาทำงาน	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง
ความสูง, ม.	1.5 - 3	1 - 2	4.5 - 12
อัตราหมุนเวียนน้ำ, %	0	100-250	100 - 400
ชนิดตัวกลาง	หิน	หิน พลาสติก	พลาสติก
% กำจัดบีโอดี	70 - 80	80 - 85	60 - 80

ที่มา : มั่นสิน ตันทุลเวศม์, 2542(6)

1. ระบบโปรยกรองแบบอัตราต่ำ (Low Rate)

ระบบนี้มักเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก ความสูงของฟิลเตอร์อยู่ในช่วง 1.5 - 3 เมตร และมีวัสดุตัวกลางเป็นหิน ระบบนี้จะไม่มีการหมุนเวียนน้ำ ดังนั้นภาวะปริมาณน้ำ และภาวะอินทรีย์ จะมีความสัมพันธ์กันโดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเสีย ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนระบบนี้มักมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 และจะมีไนทรีฟิเคชันเกิดขึ้นได้ในระดับสูง น้ำที่ได้จึงมีไนเตรตมาก ปัญหาที่สำคัญของระบบนี้คือ เรื่องกลิ่นและแมลงต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ระบบนี้ไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทย

2. ระบบโปรยกรองแบบอัตราสูง (High Rate)

ระบบนี้สามารถทำงานโดยมีระดับของภาวะปริมาณน้ำ และภาวะอินทรีย์ เป็นอิสระต่อกัน ด้วยการปรับอัตราการหมุนเวียนน้ำ การใช้ภาวะอินทรีย์สูงต้องใช้ควบคู่กับภาวะปริมาณน้ำสูงโดยเฉพาะในกรณีที่มีหินเป็นวัสดุตัวกลางและมีภาวะอินทรีย์สูง จุลินทรีย์จะสามารถเจริญเติบโตได้ทำให้ฟิล์มชีวภาพจับตัวกันหนาจนมากบนหิน การเพิ่มภาวะปริมาณน้ำจะทำให้ฟิล์มบางลง เป็นการป้องกันการอุดตันของฟิลเตอร์ ในกรณีที่ต้องการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นให้กับระบบเอเอส อาจใช้ฟิลเตอร์แบบอัตราสูงที่มีวัสดุตัวกลางเป็นพลาสติก ระบบนี้หากได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมและถูกต้องจะสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติสูงได้ โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าฟิลเตอร์แบบอัตราต่ำและจะไม่เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น แมลง และการเกิดไนทรีฟิเคชัน

ระบบโปรยกรองแบบอัตราสูงขึ้น จะรับภาวะบีโอดีสูงกว่าอัตราต่ำประมาณ 3-4 เท่า การหมุนเวียนน้ำทำให้ฟิลเตอร์ได้รับอัตราไหลสูงกว่าแบบอัตราต่ำประมาณ 10 เท่า ฟิลเตอร์แบบนี้จะมีความสูงเพียง 1-2 เมตร และมีอัตราหมุนเวียนน้ำประมาณ 100 - 250 % ข้อที่ควรระวังคือ จะมีการหลุดของเมือกที่หนาเกินไป ทำให้น้ำทิ้งมีของแข็งแขวนลอยสูง

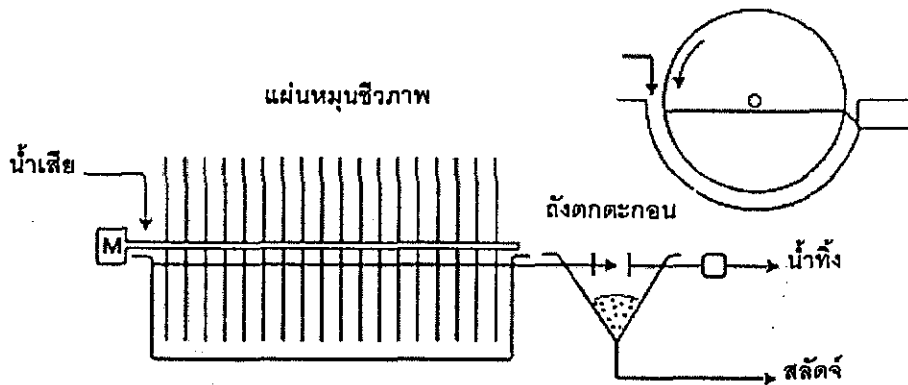
3. ระบบโปรยกรองแบบอัตราสูงพิเศษ (Super-rate Filter)

ระบบนี้มักถูกเรียกว่า Roughing Filter เนื่องจากมีหน้าที่กำจัดสารอินทรีย์บางส่วนเท่านั้น ตัวกลางที่ใช้ในระบบมักเป็นตัวกลางพลาสติก ในทางปฏิบัติจะใช้เป็นระบบขั้นต้นก่อนบ่อเติมอากาศของระบบเอเอส

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)

หลักการทํางาน

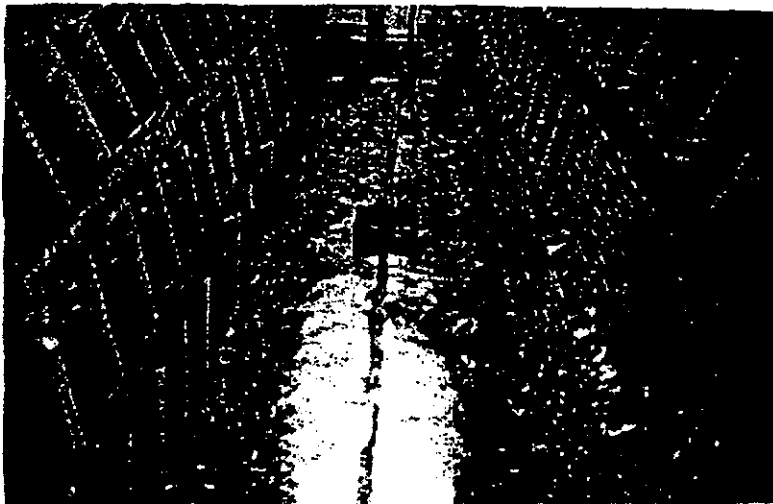
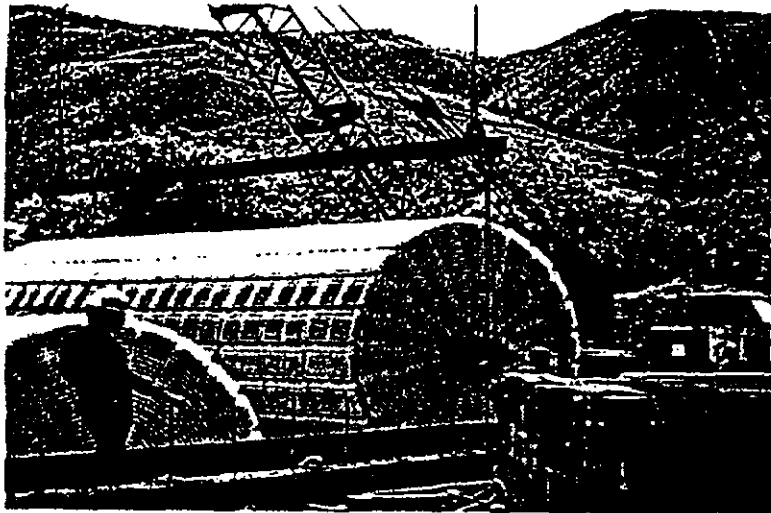
ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ มีหลักการทํางานในการบำบัดน้ำเสียและมีส่วนประกอบเหมือนกับระบบโปรยกรอง โดยมีความแตกต่างอยู่ที่ตัวกลางที่ใช้เป็นที่พักอาศัยของจุลินทรีย์ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพจะประกอบด้วยแผ่นรูปทรงกลมที่ขนานกันหลายๆอัน ยึดติดตั้งฉากด้วยแกนหมุน ณ จุดกึ่งกลางของแผ่น ส่วนประกอบทั้งหมดวางอยู่ในถังที่มีแกนหมุน ซึ่งอยู่เหนือระดับน้ำไรถังเล็กน้อยโดยมีส่วนของแผ่นจมน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 40 จุลินทรีย์จะขยายพันธ์และเกาะอยู่บนผิวของแผ่นที่หมุนอยู่ การหมุนของแกนทำให้จุลินทรีย์สัมผัสน้ำเสียและเกิดการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การกำจัดสารอินทรีย์ส่งผลให้ฟิล์มชีวภาพบนแผ่นหมุนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันการหมุนของแผ่นจะทำให้เกิดแรงเฉือนและทำให้แผ่นฟิล์มชีวภาพหลุดออกจากแผ่น ดังนั้นการหมุนของแผ่นจึงเป็นทั้งการสร้างฟิล์มชีวภาพและการลดความหนาของฟิล์มไปด้วยกัน นอกจากนี้การหมุนของแผ่นขึ้นมาเหนือผิวน้ำยังเป็นการถ่ายเทออกซิเจนในอากาศจากภายนอกถึงเข้าสู่ระบบอีกด้วย (รูปที่ 5.10)



รูปที่ 5.10 การทํางานของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

- (1) อัตราการหมุน อัตราการหมุนของแผ่นมีผลต่อการบำบัดหลายด้านคือ เป็นการเพิ่มจำนวนครั้งของการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับน้ำเสีย เป็นการเพิ่มอัตราการเติมอากาศ และเป็นการเพิ่มอัตราการกวนน้ำเสียในถังบำบัด อย่างไรก็ตามอัตราเร็วในการหมุน จะเพิ่มประสิทธิภาพดังกล่าวจนถึงระดับหนึ่งเท่านั้น
- (2) ปริมาณออกซิเจนละลาย ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในปริมาณสูง จะมีส่วนทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบดีขึ้น
- (3) อุณหภูมิ ผลของอุณหภูมิจะเป็นเช่นเดียวกับระบบบำบัดอื่นๆ
- (4) อัตราการระอินทรีย์



รูปที่ 5.11 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นหมุนชีวภาพ

5.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจน เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ดูดซับ เปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง มลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการไร้ออกซิเจนจะได้พลังงานน้อย เซลล์ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นใหม่จึงมีจำนวนไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน ส่วนก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการไร้ออกซิเจน

การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน คือ กระบวนการแบบใช้ออกซิเจนจะไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนมาเกี่ยวข้อง โดยปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นขั้นตอนที่ซับซ้อน โดยแบคทีเรีย 2 กลุ่ม ใหญ่ๆ ได้แก่

1. แบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน

แบคทีเรียชนิดนี้ประกอบด้วย 2 พวก คือ แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Obligate Anaerobes) และแบคทีเรียที่อยู่ในสภาพมีและไม่มีออกซิเจนอิสระ (Facultative Anaerobes) โดยแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะผลิตไฮโดรเจนจากกรดอินทรีย์ขนาดใหญ่ และทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างแบคทีเรียที่สร้างมีเทนและแบคทีเรียที่สร้างกรดแบบธรรมดา

2. แบคทีเรียที่สร้างมีเทน

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจะเจริญเติบโตได้ช้าและยังเป็นเซลล์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก โดยแบคทีเรียที่สร้างมีเทนแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (Hydrogenotrophic Bacteria) กล่าวคือได้คาร์บอนไดออกไซด์มาจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากไฮโดรเจน



แบคทีเรียชนิดนี้สามารถใช้กรดฟอร์มิกเป็นสารอาหารได้ เนื่องจากกรดฟอร์มิกสามารถเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย ดังสมการ



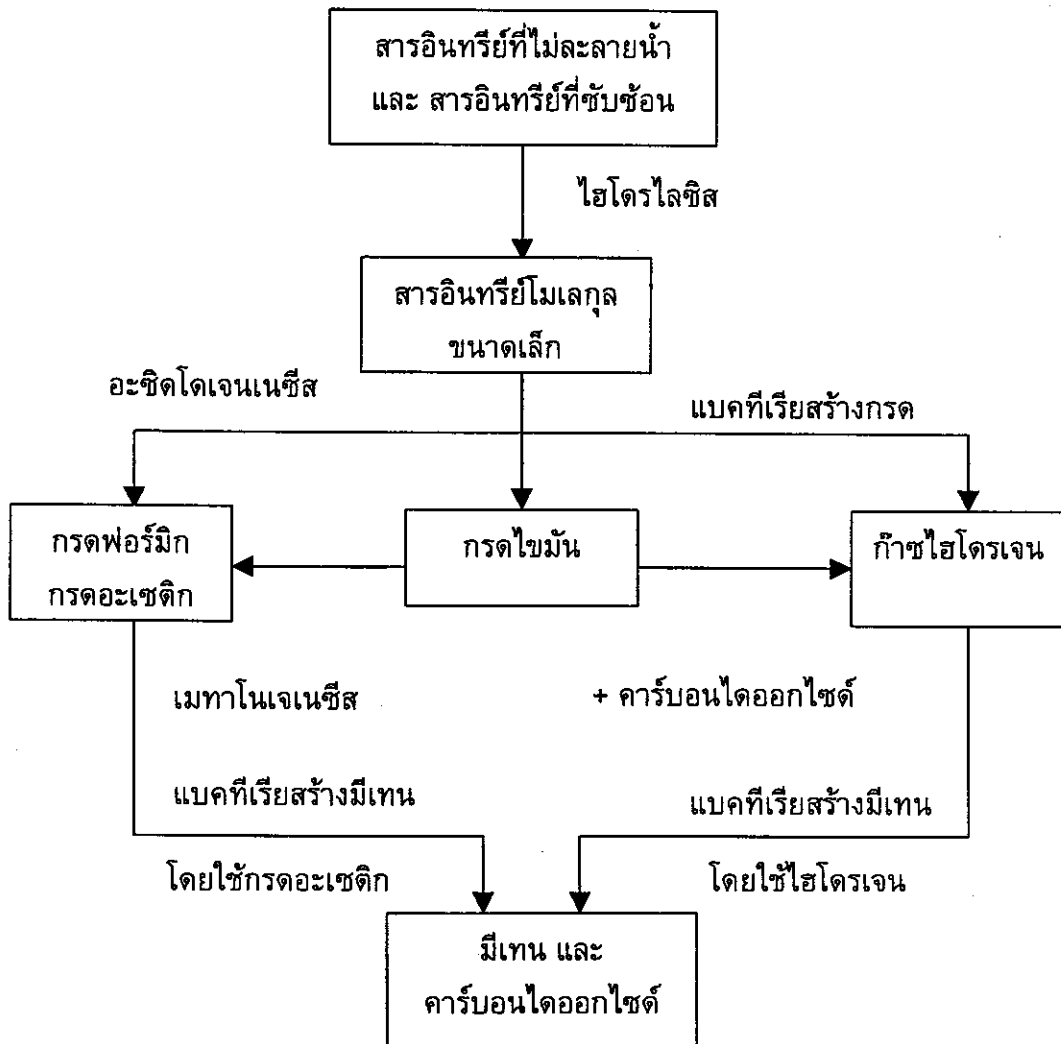
แบคทีเรียชนิดที่สอง จะสร้างมีเทนจากกรดอะซิติกโดยใช้เฮเทคเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย และใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน (Acetoclastic Methanogen) โดยการสร้างมีเทนเป็นดังสมการต่อไปนี้



นอกจากนี้การสร้างมีเทนจากการออกซิเดชันของไฮโดรเจนแล้ว มีเทนส่วนใหญ่ยังสร้างจากการแตกตัวของอะซิเตด ดังสมการ



ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการไร้ออกซิเจน
กระบวนการไร้ออกซิเจนเกิดขึ้น 4 ขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้ (รูปที่ 5.12)



รูปที่ 5.12 ลักษณะขั้นตอนของปฏิกิริยาไร้ออกซิเจน
ที่มา : มั่นสิน ตันกุลเวศม์ 2542(6)

ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการไร้ออกซิเจน 4 ขั้นตอน

1. กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

ไฮโดรไลซิส เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ให้กลายเป็นโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน กรดไขมัน ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นภายนอกเซลล์ โดยเอนไซม์ของแบคทีเรียที่ปล่อยออกมา ในขั้นตอนนี้ยังไม่มีการลดค่าซีโอดี

2. กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis)

ผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในขั้นตอนที่ 1 จะถูกแบคทีเรียพวกสร้างกรดนำไปใช้เพื่อผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA) เช่น กรดอะเซติก กรดโฟลิก กรดบิวไทริก เป็นต้น ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่ให้น้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว

3. กระบวนการสร้างกรดอะเซติกไขมันระเหย (Acetogenesis)

กรดไขมันระเหยง่ายที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดถูกแบคทีเรียอะซิโตจีนิค (Acetogenic Bacteria) เปลี่ยนให้เป็นกรดอะเซติก กรดฟอร์มิก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างมีเทน ปฏิกริยาความสำคัญเนื่องจากเป็นลดการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายซึ่งการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายในปริมาณที่สูงสามารถยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทนได้

4. กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

กรดอะเซติก กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่สร้างกรด จะถูกแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) ใช้สร้างมีเทน

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้ออกซิเจน

เนื่องจากกระบวนการไร้ออกซิเจน ประกอบด้วยแบคทีเรียสองกลุ่ม ทำงานอย่างต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้มีสภาพที่เหมาะสมที่จะทำให้จุลชีพเหล่านี้อยู่ด้วยกันได้เป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากจะต้องรักษาระบบให้อยู่สภาพไร้ออกซิเจนแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้ออกซิเจนนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมมีอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วงการทำงานของ มีโซฟิลิกแบคทีเรีย (Mesophilic Bacteria) ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30 – 40 °ซ และ ช่วงการทำงานของเทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย (Thermophilic Bacteria) ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 45–55 °ซ โดยอุณหภูมินั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงก๊าซมีเทนเป็นอย่างมาก

2. พีเอช

ค่าพีเอชเป็นตัวที่บ่งชี้ถึงสภาพภายในของกระบวนการไร้ออกซิเจนได้ แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช เมื่อค่าของกรดระเหยง่าย (Volatile Acid) มีการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นซ้ำ ดังนั้น ค่าพีเอชจึงเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงผลออกมาได้ซ้ำสำหรับการแก้ไขสภาวะในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของกรดระเหยง่าย อย่างไรก็ตามค่าพีเอชยังเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมระบบการหมักแบบไร้อากาศ โดยค่าพีเอชที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6.7 – 7.4 ซึ่งเหมาะสมแก่การทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

3. ระยะเวลาพักพักชลศาสตร์ (HRT) และเวลากักพักของแข็ง (SRT)

ระยะเวลาพักพักชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time) คือระยะเวลาที่น้ำของระบบเป็นระยะเวลาที่แบคทีเรียสัมผัสกับน้ำเสีย การลดระยะเวลาที่น้ำจะผ่านจะทำให้ขนาดของถังปฏิกรณ์ลดลง แต่ถ้าหากระยะเวลาที่น้ำค้างคาน้ำจะเพิ่ม ตะกอนแบคทีเรียจะหลุดออกจากระบบได้มาก ซึ่งมีผลให้ค่าอายุสลัดจ์ลดลงและทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติลดลง อายุของสลัดจ์ที่เหมาะสมในการทำงานของระบบไร้ออกซิเจนควรมีค่าต่ำกว่า 100 วัน ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมีอัตราการเจริญเติบโตช้า อายุของสลัดจ์ที่มีค่ามากจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติสูง

4. สภาพความเป็นต่าง

ในระบบไร้อากาศสภาพต่างทั้งหมดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย สภาพความเป็นต่างที่มีความสำคัญ คือ สภาพต่างไบคาร์บอเนต เพราะจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เมื่อกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) เกิดขึ้นในระบบ ปัจจัยที่สำคัญกว่าสภาพความเป็นต่างคือ อัตราส่วน VFA : HCO₃ น้อยกว่า 0.4 ระบบบัฟเฟอร์สูง แต่ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบกำลังอยู่ในขั้นที่พีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้ากรดไขมันระเหยง่ายมีการเพิ่มเพียงเล็กน้อย

5. ความเป็นพิษ

ก. กรดระเหยง่าย การสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายจะทำให้พีเอชลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกรดระเหยง่าย กับการเปลี่ยนกรดระเหยง่าย เป็นก๊าซมีเทนให้สมดุลกัน โดยทั่วไประบบไร้ออกซิเจนควรมีปริมาณกรดระเหยง่ายประมาณ 50 – 500 มก./ล. (วัดในรูปกรดอะเซติก)

ข. แอมโมเนีย แอมโมเนียเกิดจากการสลายตัวของโปรตีน และเกิดจากไนโตรเจนในสารอินทรีย์จะถูกปล่อยในรูปของแอมโมเนีย โดยแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือแอมโมเนียอิสระ (NH_3) จะขึ้นกับค่าพีเอชของระบบ ถ้าค่าพีเอชเท่ากับ 7.2 หรือต่ำกว่า แอมโมเนียเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออนซึ่งความเป็นพิษน้อย

ค. แคลไออนของโลหะเบา ในการควบคุมรักษาค่าพีเอชของระบบต้องมีการเติมเบสเพื่อทำปฏิกิริยากับกรดที่เกิดขึ้น การเติมเบสส่งผลให้ปริมาณของแคลไออนของโลหะเบาที่เกี่ยวข้องกับเบสได้แก่ โซเดียม โปตัสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซีย สูงขึ้นและสามารถทำให้เกิดความเป็นพิษได้

ง. ซัลไฟด์ ในระบบไร้ออกซิเจนเกิดจากการรีดักชันของซัลเฟต ที่มีอยู่ในน้ำเสียและในการสลายตัวของโปรตีน บทบาทของซัลไฟด์ในระบบมีทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ ซัลไฟด์ในปริมาณเล็กน้อยเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน ในขณะที่เดียวกันซัลไฟด์ก็มีผลเสียต่อแบคทีเรียสร้างมีเทนเนื่องจากสามารถตกผลึกเหล็ก นิกเกิล และโลหะที่จำเป็นต่างๆ และเมื่อซัลไฟด์ในรูปของก๊าซไฮโดรเจนที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า 100 – 150 มก./ล. จะเป็นพิษต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน

จ. โลหะหนัก แบคทีเรียสร้างมีเทนต้องการธาตุจำเป็น 4 ชนิด คือ เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิล และซัลเฟอร์ แต่ในปริมาณที่ต่ำมาก การขาดแคลนธาตุที่ต้องการในปริมาณเล็กน้อยเหล่านี้ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่เดียวกันปริมาณโลหะหนักที่สูงเกินไปจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย

6. ศักยภาพการให้และรับอิเล็กตรอน (Oxidation- Reduction Potential)

ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปสู่อีกสารหนึ่ง เรียกว่า ปฏิกิริยา

ออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation- Reduction Reaction) หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ความแตกต่างด้านความสามารถในการให้หรือรับอิเล็กตรอนระหว่างปฏิกิริยาทั้งสองอาจวัดได้ด้วยค่า ออกซิเดชัน-รีดักชันโพเทนเชียล หรือเรียกสั้นๆว่า โออาร์พี (ORP) ค่าโออาร์พีในทางทฤษฎีจะแสดงถึงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของสารละลาย ถ้าวัดโออาร์พีได้ค่าเป็นบวกมากแสดงว่า สารละลายมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดี เช่น มีออกซิเจนละลาย แต่ถ้าค่าโออาร์พีเป็นลบแสดงว่า มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนได้ดี เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมี ที่เกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่มักเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยที่สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย มักเป็นตัวให้อิเล็กตรอนและเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ในระบบไร้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือกรดอะเซติก จะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนโดยดึงย่อยไร้ออกซิเจนที่ทำงานได้ดีจะต้องมีค่าโออาร์พี อยู่ในช่วง -300 ถึง -500 มิลลิโวลท์ ถ้าโออาร์พีมีค่าเป็นลบน้อยๆ หรือมีค่าเป็นบวก ย่อมแสดงว่าปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดขึ้น

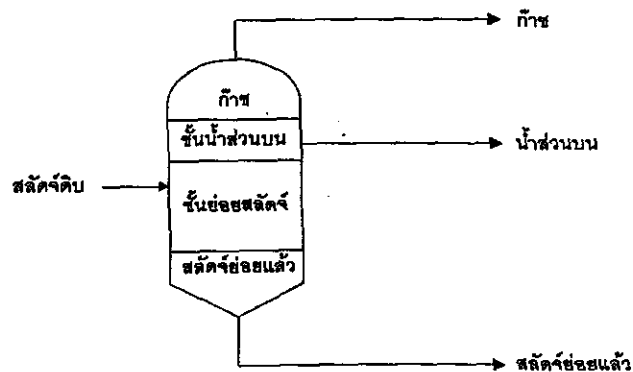
ประเภทของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

1. บ่อแอนแอโรบิกหรือบ่อเหม็น (Anaerobic Ponds)

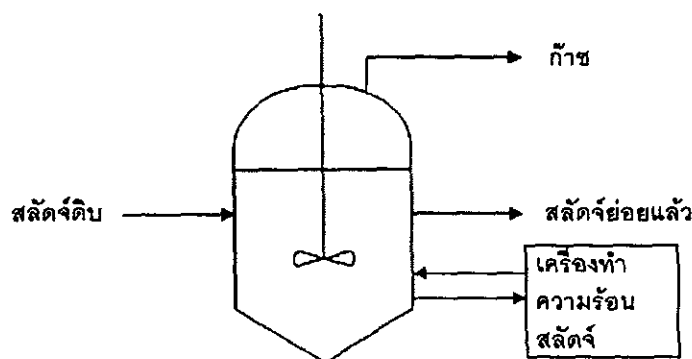
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้ เป็นแบบที่ง่ายที่สุด โดยมักเป็น บ่อดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3 - 4 เมตร และไม่มีฝาปิด มีเวลากักน้ำนานหลายวันภายในระยะเวลาดังกล่าว น้ำเสียจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน บ่อเหม็นมักมีขนาดใหญ่และใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง นอกจากนี้ยังอาจมีกลิ่นไม่ดีจึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบทหรือชานเมืองซึ่งราคาที่ดินไม่สูงนัก

2. ถังย่อยสลายแบบธรรมดา (Conventional Anaerobic Digester)

ระบบนี้เป็นระบบที่ใช้แพร่หลายในการย่อยสลายสลัดจ์จากระบบเอเอส ระบบประกอบด้วยถังปฏิกิริยา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคอนกรีตมีฝาปิดเพื่อเก็บความร้อน กลิ่นและก๊าซ บนฝามีทางระบายก๊าซที่เกิดขึ้น ระบบถังย่อยมี 2 แบบ คือ ถังย่อยชนิดอัตราจำกัดต่ำ (Low Rate Anaerobic Digester) เป็นถังย่อยที่ไม่มีการกวนสลัดจ์และไม่ปรับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถัง จึงช้าและไม่ทั่วถึง (รูปที่ 5.13) และถังย่อยชนิดอัตราจำกัดสูง (High Rate Anaerobic Digester) ซึ่งเป็นถังแบบที่มีการกวนและมีการปรับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาการย่อยสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบแรกเนื่องจากจุลชีพสัมผัสกับของเสียได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น (รูปที่ 5.14) ระบบถังมักทั้งสองชนิดไม่มีการนำจุลชีพกลับมาใช้อีก เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนนั้นช้ามาก

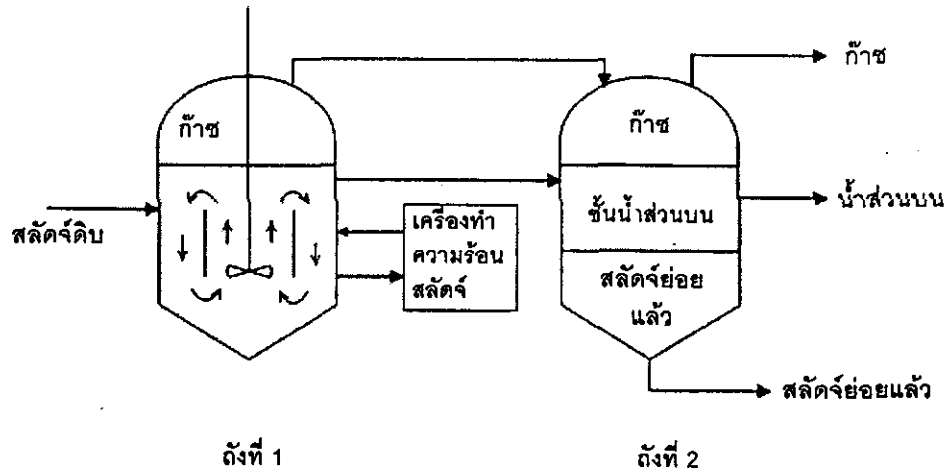


รูปที่ 5.13 ถังย่อยแบบอัตราจำกัดต่ำ



รูปที่ 5.14 ถังย่อยแบบอัตราจำกัดสูง

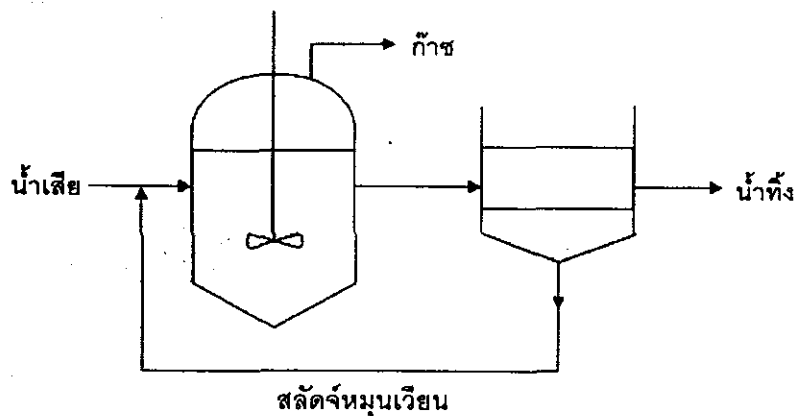
รูปที่ 5.15 เป็นถังย่อยแบบอัตราสูงที่มีถัง 2 ชุด จะเห็นว่าการแยกสลัดจ์ออกจากถังย่อย สลัดจ์ชุดที่ 2 ซึ่งจะสามารถทำให้สลัดจ์ที่ย่อยแล้วมีความเข้มข้นสูง ทำให้น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมี ตะกอนแขวนลอยต่ำ หรือมีความสกปรกน้อย



รูปที่ 5.15 ถังย่อยแบบอัตราสูงที่มีถัง 2 ชุด

3. ถังย่อยแบบสัมผัส (Anaerobic Contact)

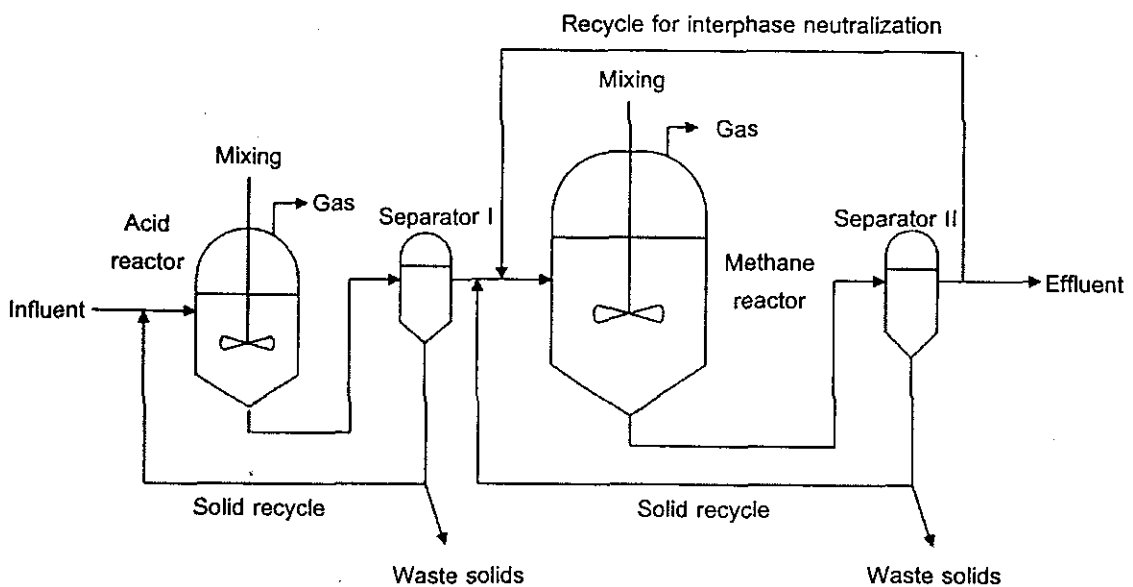
ถังย่อยแบบสัมผัสเป็นถังย่อยที่ดัดแปลงมาจากถังหมักชนิดอัตราจำกัดสูง โดยอาจเป็นถัง ปฏิกริยาแบบมีการหมุนเวียนสลัดจ์หรือไม่ก็ได้ (รูปที่ 5.16) ดังนั้นถังย่อยแบบสัมผัสนี้จึงมีส่วนประกอบที่ คล้ายคลึงกับระบบเอเอส จนในบางครั้งอาจเรียกถังย่อยแบบนี้ว่า เป็นระบบเอเอสแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Activated Sludge) อย่างไรก็ตามระบบนี้ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีเหมือนกับระบบเอเอส การสะสมแบคทีเรียให้คงอยู่ไม่สามารถกระทำได้นี้เนื่องจากสลัดจ์ที่เกิดขึ้นไม่สามารถตกตะกอนได้ดีจึงมีการ หลุดหนีของสลัดจ์เกิดขึ้น



รูปที่ 5.16 ระบบถังย่อยแบบสัมผัส

4. ถังย่อยแบบแยกเชื้อ

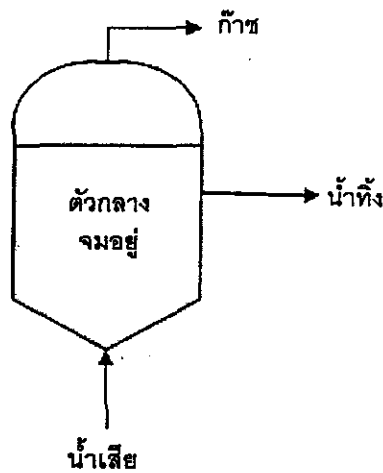
ได้มีความพยายามในการออกแบบถังย่อยแบบแยกเชื้อเพื่อให้แบคทีเรียสร้างกรดและสร้างมีเทน เติบโตอยู่ในถังย่อยคนละใบ ลักษณะเช่นนี้เชื่อว่าแบคทีเรียแต่ละชนิดจะสามารถทำงานได้เต็มที่ กำลัง และเป็นการใช้ประโยชน์จากถังปฏิกริยาอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าการควบคุมการทำงานของถังย่อยมีความสะดวกยิ่งขึ้น ตามรูปที่ 5.17 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของถังย่อยแบบแยกเชื้อที่ให้ค่าพีเอชเป็นตัวกำหนดและควบคุมแบคทีเรียในถังย่อย ในถังใบแรกมีค่าพีเอชประมาณ 6 จะมีแต่แบคทีเรียประเภทสร้างกรด ส่วนถังใบที่สองมีค่าพีเอชประมาณ 7 จะมีแบคทีเรียสร้างมีเทน การควบคุมค่าพีเอชแบบอัตโนมัติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับถังใบแรกเท่านั้น ก๊าซไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นในถังใบแรกจะถูกปล่อยทิ้งออกไปจากถัง เพื่อมิให้เกิดการสะสมตัวจนเป็นพิษต่อแบคทีเรียสร้างกรด วิศวกรบางคนอาจมีวิธีอื่นในการควบคุมแบคทีเรียในถังหมักโดยไม่ใช้ค่าพีเอช เช่น โดยการควบคุม SRT เป็นต้น



รูปที่ 5.17 ระบบถังย่อยแยกเชื้อ
ที่มา : มั่นสิน ตันจุลเวศม์, 2542 (6)

5. ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

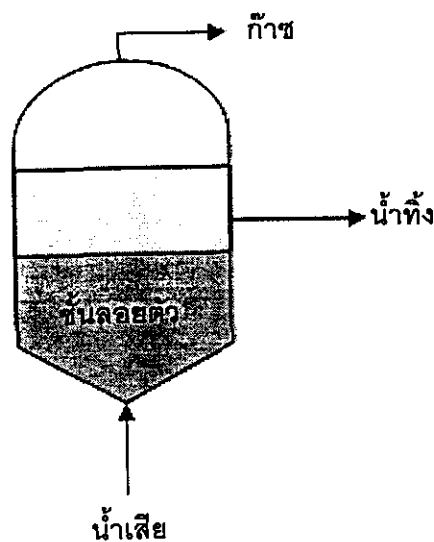
รูปที่ 5.18 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปของถังกรองไร้อากาศ ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง ภายในบรรจุด้วยหินขนาด 1.5 – 2 นิ้ว หรืออาจใช้ตัวกลางพลาสติกแทนก็ได้ น้ำเสียจะไหลเข้าจากข้างล่างขึ้นข้างบน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วม ตัวกลางอยู่ตลอดเวลา ถ้าทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรอง น้ำที่ไหลออกมาจะมีความใส โดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนแยกต่างหาก โดยปกติถังย่อยแบบเครื่องกรองมีขนาดเล็กกว่าถังย่อยแบบธรรมดาเพราะใช้เวลาในการกักน้ำต่ำกว่า อย่างไรก็ตามถังกรองแบบไร้อากาศมีข้อบกพร่องบางอย่างที่ต้องแก้ไข ปัญหาที่สำคัญก็คือ ต้องหาวิธีการกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าถังกรองให้ได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนเรื่องการอุดตันก็เป็นปัญหาเช่นเดียวกันแต่สามารถแก้ไขหรือบรรเทาได้โดยให้มีการตกตะกอนน้ำเสียก่อนส่งเข้าถังกรองไร้อากาศ



รูปที่ 5.18 ถังกรองไร้อากาศ

6. ระบบชั้นลอยตัวไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fluidized Bed, AFB)

ระบบนี้คล้ายกับระบบถังกรองแบบไร้อากาศตรงที่มีน้ำไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบนจัดเป็นระบบฟิล์มตรึง (Fixed Film) แบบไร้อากาศที่มีสารตัวกลางขนาดเล็กเท่าเม็ดทรายเป็นที่จับเกาะของแบคทีเรีย (รูปที่ 5.19) อัตราการไหลของน้ำเสียต้องสูงมากจนกระทั่งทำให้มีการลอยตัวของสารตัวกลาง ตัวอย่างสารตัวกลางที่ทดลองใช้ในการทดลอง ระดับห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ทราย แอนทราไซด์ ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น การใช้สารตัวกลางขนาดเล็ก (เมื่อเปรียบเทียบกับระบบถังกรองไร้อากาศ) ทำให้ระบบนี้มีแบคทีเรียจำนวนมากอาศัยอยู่ในระบบ อัตราเร็วในการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้จึงสูงมาก ถึงปฏิกิริยาที่ใช้ในระบบจึงอาจมีขนาดเล็กกว่าระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามลักษณะการทำงานที่ต้องให้สารตัวกลางลอยตัวตลอดเวลาก่อให้เกิดปัญหาในการออกแบบและการควบคุมระบบหลายอย่างและต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้สารตัวกลางลอยตัวสูงกว่าระบบอื่น ระบบเช่นนี้จึงไม่ได้รับความนิยม

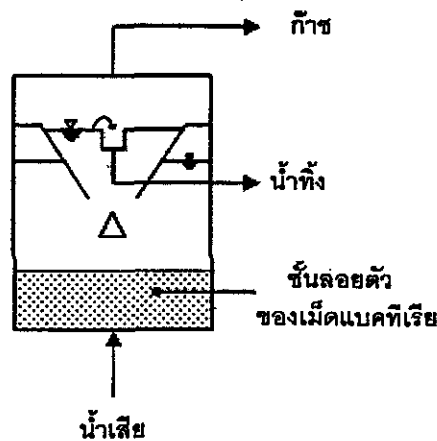


รูปที่ 5.19 ระบบชั้นลอยตัวไร้ออกซิเจน

7. ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)

การที่ต้องมีสารตัวกลางอยู่ในระบบถังกรองไร้อากาศและระบบ AFB ทำให้ถึงปฏิกรณ์ต้องเสียปริมาตรใช้งานและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารตัวกลางเป็นจำนวนมาก วิศวกรจึงได้คิดค้นระบบยูเอเอสบีขึ้น (รูปที่ 5.20) ระบบใหม่นี้มีทิศทางการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นด้านบน โดยไม่มีตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่จนกระทั่งมีน้ำหนักมาก และสามารถตกตะกอนได้ดี น้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกรณ์จะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ไม่จมลงกันถึง การเลี้ยงแบคทีเรียไร้อากาศให้เป็นเม็ดใหญ่นั้นเป็นเรื่องยาก ผู้ใช้ระบบนี้จึงมีเทคนิคต่างๆ ในการทำให้เกิดชั้นสลัดจ์ภายในถังปฏิกรณ์และถือเป็นความรู้เฉพาะด้วยมีรายงานว่าระบบนี้ใช้กันมากในประเทศแถบอเมริกาใต้และในยุโรป

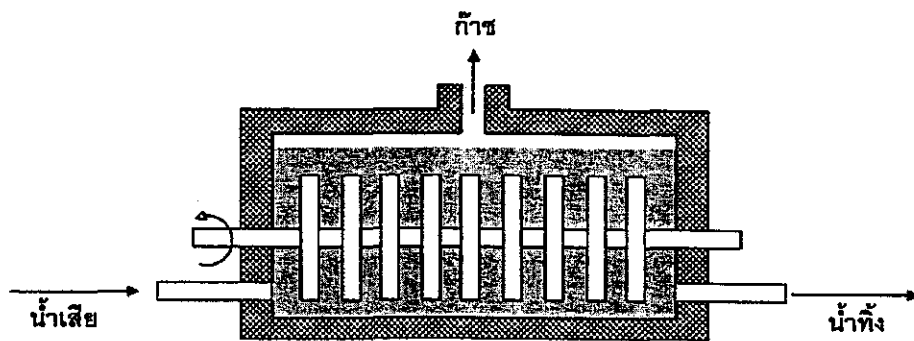
ข้อบกพร่องของระบบนี้คือ การสร้างชั้นสลัดจ์เป็นเรื่องยากและอาจถือว่าเป็นเรื่องผิดธรรมชาติของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนที่จะมีการจับกันเป็นกลุ่มฟล็อก วิศวกรที่นำระบบนี้ไปใช้ และประสบความสำเร็จ อ้างว่าระบบนี้สามารถรับภาระอินทรีย์ได้สูงกว่าระบบบำบัดแบบไร้อากาศแบบอื่นๆ และสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้แบคทีเรียหลุดออกจากระบบได้ดีกว่าแบบอื่น ระบบยูเอเอสบี นี้มักออกแบบให้มีอุปกรณ์แยกแบคทีเรียไม่ให้หลุดออกไปกับน้ำทิ้งด้วยเสมอ



รูปที่ 5.20 ระบบยูเอเอสบี

8. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Rotating Biological Contactor)

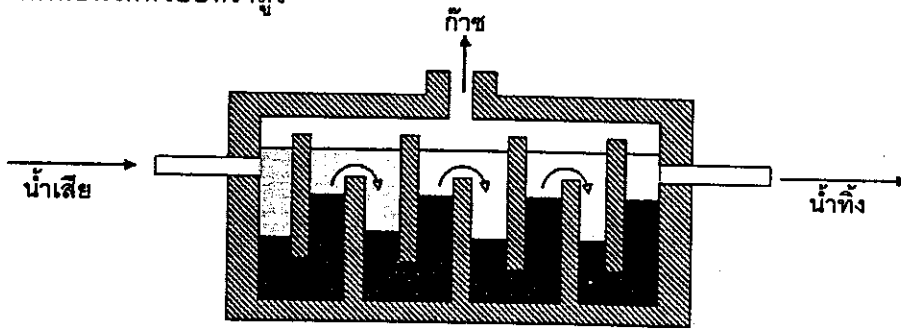
ระบบ AnRBC เป็นระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อต้องการที่จะลดการใช้พลังงานในการสูบน้ำเสียให้หมุนเวียนใน AFB และได้นำข้อดีของระบบฟิล์มตรึง (Fixed Film) กับแผ่นหมุนชีวภาพธรรมดา (RBC) มาใช้ในระบบไร้ออกซิเจน ลักษณะของระบบ AnRBC จะคล้ายคลึงกับระบบแผ่นหมุนชีวภาพธรรมดา เพียงแต่มีฝาปิดเพื่อมิให้สัมผัสอากาศจากภายนอกและมีช่องระบายก๊าซออกทางตอนบน (รูปที่ 5.21)



รูปที่ 5.21 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพไร้ออกซิเจน

9. ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน (Anaerobic Baffled Reactor, ABR)

ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนคือ มีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำเสียไหลมุดขึ้นมุดลงอยู่ในแนวนอน (รูปที่ 5.22) ถึงปฏิกิริยาจึงไม่จำเป็นต้องมีความสูงมากเหมือนของระบบไร้ออกซิเจนแบบอื่นๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ ข้อดีของระบบนี้คือ ระบบที่มีพื้นที่ผิวน้ำมากทำให้แบคทีเรียมีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่นๆ การแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเก็บกักเซลล์สามารถกระทำอย่างได้ผลดี จึงมีมวลแบคทีเรียสะสมอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก การบำบัดน้ำเสีย จึงสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยอัตราสูง



รูปที่ 5.22 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน

ความด้อยเสถียรภาพของกระบวนการไร้ออกซิเจน

ความด้อยเสถียรภาพของกระบวนการไร้ออกซิเจนเป็นเรื่องที่ทราบกันมานาน ทำให้กระบวนการแบบนี้ควบคุมได้ยากและทำให้ระบบล้มเหลวได้ง่าย จนบางครั้งวิศวกรผู้ออกแบบจะเสี่ยงไปใช้ระบบแบบอื่น เช่น ระบบเติมอากาศแบบยัดเวลา ซึ่งเป็นระบบที่มีการหมักอยู่ในตัว สาเหตุที่ทำให้เกิดความด้อยเสถียรภาพของกระบวนการไร้ออกซิเจนคือ

1. ความจำเป็นที่ต้องมีแบคทีเรีย 2 ประเภท อาศัยอยู่ร่วมกันและต้องพึ่งพาอาศัยกันเป็นอย่างมาก
2. ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของแบคทีเรีย

ทั้งสองประเภทอยู่ในระดับต่างกัน โดยแบคทีเรียที่สร้างกรดจะมีความสามารถสูงกว่าแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ด้วยเหตุนี้ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นและทำลายสภาวะสมดุลของการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียการทำงานของแบคทีเรียทั้ง 2 ประเภท ก็จะไม่สอดคล้องกัน ทำให้สมรรถนะของระบบได้รับความเสียหายและมีประสิทธิภาพลดลง จนในที่สุดอาจเกิดความล้มเหลวได้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่กำลังหมักได้รับสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ แบคทีเรียที่สร้างกรดจะได้รับสารอาหารเพิ่มมากขึ้นอัตราการเติบโตของแบคทีเรียดังกล่าวก็จะสูงขึ้นทำให้สามารถสร้างกรดอินทรีย์และผลปฏิกิริยาต่างๆ เพิ่มขึ้น แบคทีเรียที่สร้างมีเทนต้องเพิ่มอัตราการเติบโตของตัวเอง เพื่อให้สามารถทำลายสารอินทรีย์อย่างง่ายที่สร้างขึ้นมาโดย แบคทีเรียที่สร้างกรดได้ทัน แต่เนื่องจากความสามารถสูงสุดในการเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมีค่า ต่ำกว่าของแบคทีเรียที่สร้างกรด อัตราการย่อยสลายของกรดอินทรีย์(โดยตัวสร้างมีเทน) จึงต่ำกว่าอัตราการสร้างกรดอินทรีย์ (โดยตัวสร้างกรด) ทำให้มีการสะสมตัวของกรดอินทรีย์เกิดขึ้น ถ้าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) เพียงพออิทธิพลของกรดก็จะไม่ปรากฏ แต่ถ้าระบบไม่มีกำลังบัฟเฟอร์เพียงพอกับกรดอินทรีย์ ค่าพีเอชของระบบจะลดลง ทำให้เกิดการชะลออัตราเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทน และเมื่อปล่อยให้สภาวะเช่นนี้เกิดขึ้นต่อไป ค่าพีเอชก็จะยิ่งลดลง เพราะกรดอินทรีย์ที่สะสมตัวเพิ่มขึ้นจนในที่สุดถึงแม้จะไม่ให้ก๊าซมีเทนเลยลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Sour หรือ Stuck

5.4 ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Ponds)

บ่อปรับเสถียรเป็นบ่อกักน้ำทิ้ง ที่มีความลึกของบ่อไม่มากนัก โดยรูปร่างและความลึกของบ่อขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการบำบัดน้ำทิ้ง บ่อปรับเสถียรนี้บางทีก็เรียกว่า บ่อผึ่ง (Oxidation Ponds) ระบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในชุมชนขนาดเล็ก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ต้องการพลังงานน้อย และไม่ต้องมีการควบคุมดูแลอย่างพิถีพิถัน

การจำแนกประเภทของบ่อปรับเสถียร

การจำแนกประเภทของบ่อปรับเสถียรสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมที่สุดคือ จำแนกตามระดับออกซิเจนที่มีในบ่อ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1. บ่อแอโรบิก (Aerobic Ponds)

บ่อแอโรบิก เป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ มีออกซิเจนทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิกตลอดความลึก บ่อแอโรบิกได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและการเติมอากาศที่ผิวหน้า บ่อแอโรบิกนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามวัตถุประสงค์การทำงาน คือ

ก. บ่อแอโรบิกแบบผลิตออกซิเจนให้มากที่สุด บ่อแบบนี้มีความลึกประมาณ 1-1.5 เมตร อาจมีการกวนเป็นระยะๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุดโดยใช้เครื่องสูบน้ำหรือเครื่องเติมอากาศแบบผิวหน้า

ข. บ่อแอโรบิกแบบผลิตสาหร่ายให้ได้มากที่สุดหรือบ่อที่มีอัตราการทำงานสูง (High Rate Ponds) ใช้สาหร่ายเปลี่ยนน้ำทิ้งให้เป็นสาหร่ายให้มากที่สุด แล้วเก็บเกี่ยวสาหร่ายเพื่อนำโปรตีนไปใช้ บ่อแบบนี้จะมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ต่อปริมาตรสูง ความลึกประมาณ 0.2-0.6 เมตร สิ่งที่อยู่ในบ่อต้องได้รับการกวนหนึ่งหรือสองครั้งต่อวัน เพื่อให้ตะกอนที่ตกอยู่ลอยขึ้นมา และจำเป็นต้องมีการแยกสาหร่ายออกจากน้ำทิ้งขั้นสุดท้าย

2. บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Ponds)

บ่อแฟคัลเททีฟ หรือบ่อแอโรบิก-แอนแอโรบิก หรือบ่อกึ่งแอโรบิก เป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ที่มีชื่อเรียกเช่นนี้เนื่องจากส่วนบนของบ่อจะอยู่ในสภาพแอโรบิก จากการเติมอากาศที่ผิวหน้าและจากปฏิกิริยาของสาหร่ายซึ่งให้ออกซิเจน ส่วนล่างของบ่อจะอยู่ในสภาพแอนแอโรบิก โดยสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนแล้วจะถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก บ่อแฟคัลเททีฟมีความลึกประมาณ 1-2 เมตร น้ำทิ้งจะถูกกักเป็นเวลาหลายวันเพื่อให้คงตัวและไม่เป็นที่น่ารังเกียจเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีทั้งทาง กายภาพ เคมี ชีวภาพ โดยสาหร่าย และแบคทีเรีย

3. บ่อหมิ่นหรือบ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Ponds)

บ่อหมิ่น ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงและมีปริมาณของแข็งสูง บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตราการรับสารอินทรีย์สูงมากจนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถเติมออกซิเจนได้ทันสภาพภายในบ่อจึงไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่ สารอินทรีย์และของแข็งในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิกภายในบ่อ น้ำใสที่ออกจากบ่อถูกปล่อยเข้าสู่บ่อแฟคัลเททีฟเพื่อบำบัดต่อไป ลักษณะการทำงานของบ่อหมิ่นนี้เป็นเช่นเดียวกับถังย่อยสลายสลัดจ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแบคทีเรียที่สร้างกรดและแบคทีเรียที่สร้างมีเทน อุณหภูมิที่เหมาะสมของบ่อควรสูง 15 °ซ และค่าพีเอชต้องสูงกว่า 6 ตะกอนที่เกิดขึ้นจากบ่อจึงมีน้อย

4. บ่อป๋ม (Maturation Ponds)

บ่อป๋มจะใช้เป็นบ่อที่รับน้ำหนักรับจากบ่อแฟคัลเททีฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อโรคก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การกำจัดบีโอดีในบ่อป๋มจะเกิดขึ้นน้อย โดยสภาพภายในบ่อจะเป็นแอโรบิกทั้งหมด ปกติความลึกของบ่อป๋มมีค่าเท่ากับบ่อแฟคัลเททีฟที่ผ่านมาก่อนแล้ว

ข้อดีและข้อเสียของบ่อปรับเสถียร

ข้อดี

1. สามารถบำบัดน้ำเสียให้สะอาดขึ้นถึงระดับที่ต้องการ โดยเสียค่าใช้จ่ายทั้งในการลงทุนและการบำรุงรักษาต่ำที่สุด ไม่ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถสูง
2. สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้มากกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ
3. สามารถทนทานต่อการเพิ่มอย่างกะทันหันของอัตราภาระสารอินทรีย์และอัตราการไหล เนื่องจากเวลากักพักที่ยาวนาน
4. สามารถบำบัดน้ำทิ้งต่างๆ ได้หลายประเภท สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี เช่น โรงงานผลิตภัณฑนม และโรงงานผลิตอาหาร สามารถบำบัดร่วมกับน้ำเสียชุมชนอย่างได้ผลในบ่อแฟคัลเททีฟ
5. วิธีการสร้างระบบง่ายต่อการนำที่ดินกลับมาใช้เพื่อจุดประสงค์อื่นในอนาคต
6. สาหร่ายที่ผลิตจากบ่อสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูง

ข้อเสีย

1. ต้องการพื้นที่มาก
2. ในกรณีที่ใช้บ่อหมักอาจมีกลิ่นเหม็นถ้าออกแบบหรือควบคุมไม่ดี บ่อหมักจะมีกลิ่นเป็นที่น่ารังเกียจ ถ้าต้องรับปริมาณสารอินทรีย์สูงเกินไป การควบคุมกลิ่นอาจทำได้โดยการเพิ่มค่าพีเอชของบ่อให้มีค่าประมาณ 8 ซึ่งจะช่วยให้ซัลไฟด์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจากการรีดักชันของซัลเฟตอยู่ในรูปของไบซัลไฟด์ไอออน (HS^-) ซึ่งไม่มีกลิ่น หรือการเวียนกลับน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อแฟคัลเททีฟหรือบ่อป๋มไปยังทางเข้าบ่อหมัก
3. น้ำทิ้งจากระบบ โดยเฉพาะจากบ่อแอโรบิกอาจมีสาหร่ายปะปนอยู่
4. อาจทำให้เกิดมลพิษต่อน้ำใต้ดิน

กลไกในการทำงานของบ่อปรับเสถียร

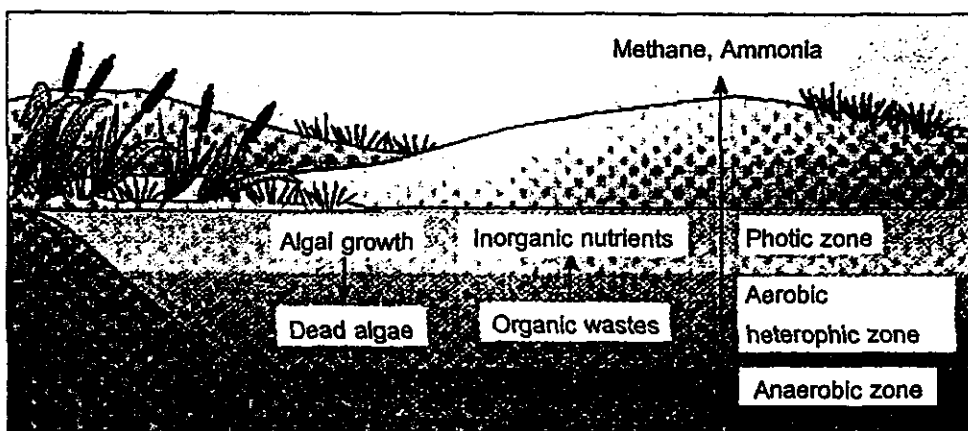
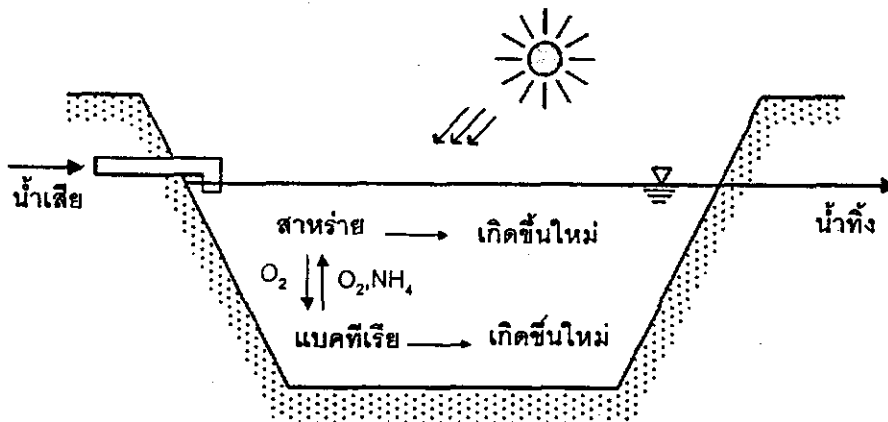
รูปที่ 5.23 แสดงถึงปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในบ่อปรับเสถียร ปฏิกิริยาเหล่านี้เป็นกลไกสำคัญที่มีบทบาทในการบำบัดน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบ่อจะมีการตกตะกอนเกิดขึ้นทำให้มีสลัดจ์ที่ก้นบ่อพร้อมๆ กันนั้น ส่วนที่ไม่ตกตะกอนจะถูกย่อยกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) โดยปกติสลัดจ์ที่ก้นบ่อจะมีการย่อยสลายด้วยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน ทำให้สารอินทรีย์กลายเป็นก๊าซต่างๆ เช่น CH_4 , H_2O , CO_2 และมีเซลล์ใหม่เกิดขึ้นเมื่อมีแสงแดดและอาหาร ประกอบกับเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสม สาหร่ายสีเขียวจะเจริญเติบโตได้ดี สาหร่ายเหล่านี้จะใช้ CO_2 , N และ P ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในการขยายพันธุ์และสร้างออกซิเจนให้กับน้ำแบบที่เรียจะต้องใช้ออกซิเจนที่สาหร่ายผลิตขึ้นในการหายใจและย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ

ดังนั้นแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวในบ่อกองตัวจึงมีชีวิตร่วมกันและพึ่งพาอาศัยกัน ผลที่เกิดขึ้นได้แก่ การแลกเปลี่ยนของสารอินทรีย์ที่ไม่คงตัวให้กลายเป็นเซลล์ของสาหร่ายสีเขียว

การดำเนินการเพื่อให้กระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นภายในบ่อปรับเสถียรได้อย่างสมบูรณ์ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นความต้องการเบื้องต้นในการออกแบบ การสร้างและรักษาสภาวะแวดล้อมภายใน บ่อให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียว ทั้งนี้เพื่อต้องการรักษากลุ่ม จุลินทรีย์ทั้งสองประเภทให้คงอยู่ในบ่อได้โดยไม่สูญพันธุ์ไปอย่างง่ายดาย ถ้าสภาวะแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงก่อนที่แบคทีเรียและสาหร่ายมีความพร้อมในการเจริญเติบโต กระบวนการกำจัดความสกปรกจะไม่ เกิดขึ้นตามต้องการ

กระบวนการซึ่งมีส่วนร่วมในการบำบัดน้ำเสียของบ่อปรับเสถียร ได้แก่

1. การตกตะกอน
2. แอโรบิกออกซิเดชัน (Aerobic Oxidation)
3. การเติมอากาศตามธรรมชาติ (Atmospheric Reaeration)
4. การสังเคราะห์แสง
5. การย่อยไร้ออกซิเจน



รูปที่ 5.23 ปฏิกริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในบ่อปรับเสถียร

บทที่ 6

การบำบัดและกำจัดสลัดจ์ (Sludge Treatment and Disposal)

สลัดจ์ (Sludge) หมายถึง ของแข็งที่แยกออกจากน้ำเสียหรือของแข็งส่วนเกินที่ได้จากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางเคมีหรือกระบวนการทางชีวภาพ ดังนั้นลักษณะทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงปริมาณของสลัดจ์จะขึ้นอยู่กับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยตรง

สลัดจ์ที่ได้มาจากระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องได้รับการบำบัดก่อนที่จะนำไปทิ้ง กรรมวิธีการบำบัดและกำจัดสลัดจ์มีหลายขั้นตอน รูปที่ 6.1 แสดงรูปแบบการจัดการสลัดจ์ตั้งแต่ต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

6.1 ที่มา ลักษณะ และปริมาณของสลัดจ์

สลัดจ์มาจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซึ่งแยกเอาของแข็งและสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียแล้วปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วทิ้งไป คงเหลือแต่สลัดจ์ที่ต้องผ่านการบำบัด (รูปที่ 6.2) ลักษณะของสลัดจ์จะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากแหล่งที่มา ชนิดของของแข็ง อายุสลัดจ์ และกรรมวิธีที่ทำให้เกิดสลัดจ์นั้น

1. สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นแรก มักมีสีเทาเป็นเมือก มีกลิ่นเหม็นมากและสามารถย่อยสลายง่าย
2. สลัดจ์จากการใช้สารเคมี มักจะมีสีดำหรือแดงหากมีเหล็กปนอยู่มาก มีกลิ่นเหม็น เป็นเมือกข้น หากตั้งทิ้งไว้จะย่อยสลายอย่างช้าๆ และมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น
3. สลัดจ์จากถังเติมอากาศ มีสีน้ำตาล ลักษณะเป็นปุ๋ย ไม่มีกลิ่น แต่หากหยุดเติมอากาศจะกลายเป็นสภาพอย่างรวดเร็ว เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของการหมัก
4. สลัดจ์จากถังย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน มีสีน้ำตาลแก่ปนดำ มีก๊าซมากหากย่อยสลายจนเต็มที่แล้ว จะมีเพียงกลิ่นจางๆคล้ายกลิ่นยาง สามารถแตกตัวได้ง่าย

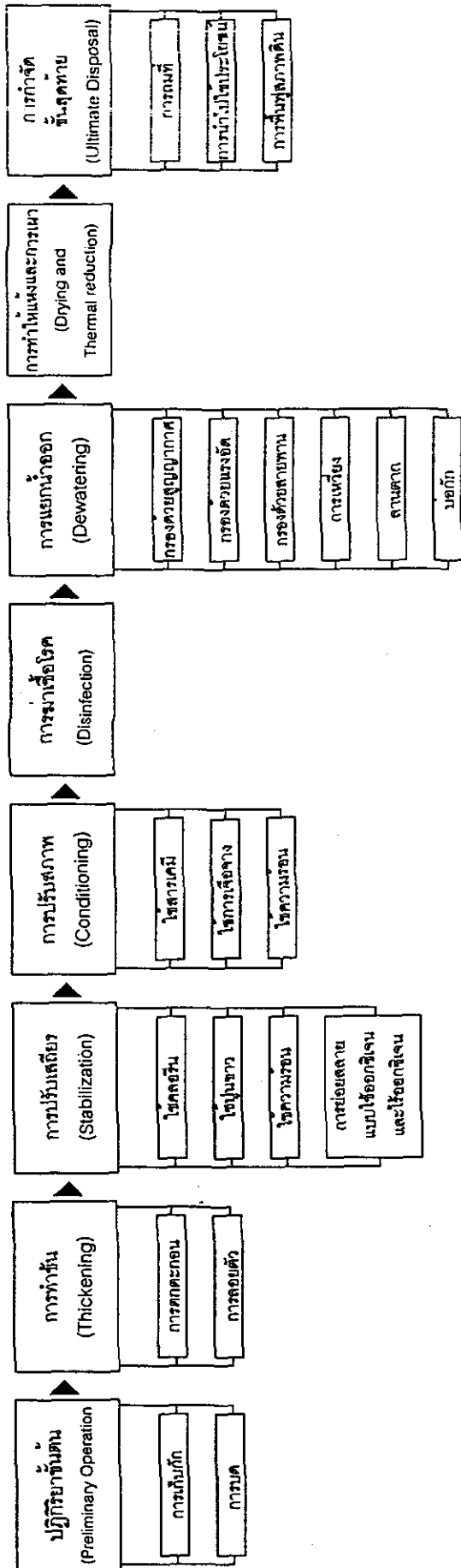
ปริมาณสลัดจ์เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดขนาดของหน่วยกระบวนการบำบัดสลัดจ์ วิธีที่ดีที่สุดในการหาปริมาณสลัดจ์ ได้แก่ การทำดุลยภาพมวล (mass balance) ของของแข็งแขวนลอย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำดุลยภาพมวลของของแข็งแขวนลอย ได้แก่ ลักษณะน้ำเสีย อัตราไหล ไคเนติกส์การไหลของจุลินทรีย์ในหน่วยกระบวนการชีวภาพ และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในแต่ละหน่วยกระบวนการ

6.2 การปฏิบัติการขั้นต้น

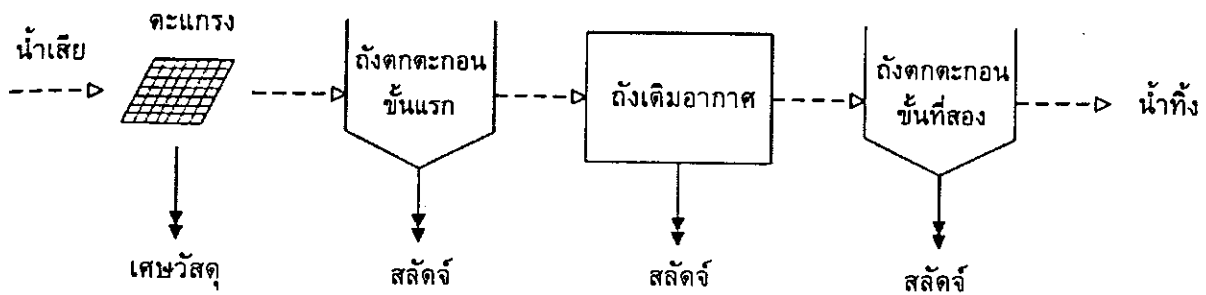
การปฏิบัติการขั้นต้น ได้แก่ การบดสลัดจ์ การแยกกรวดทราย การผสม และการเก็บกัก มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สลัดจ์ที่มาจากส่วนต่างๆ ของระบบมีลักษณะเดียวกัน

1. การบดสลัดจ์ ทำให้ของแข็งในสลัดจ์มีขนาดเล็กลง เพื่อความง่ายในการบำบัดสลัดจ์ ป้องกันการอุดตันในท่อ และยังช่วยให้สลัดจ์ที่เป็นของแข็งทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น
2. การแยกกรวดทราย หากมีกรวดทรายหลุดรอดไปถึงกระบวนการบำบัดสลัดจ์ก็จะเกิดการสะสมในถังย่อยสลายสลัดจ์ และสิ้นเปลืองเนื้อที่ การแยกกรวดและทรายมักอาศัยวิธีแรงหนีศูนย์กลาง
3. การผสมสลัดจ์ ใช้ในกรณีที่มีสลัดจ์หลายชนิด
4. การเก็บสลัดจ์ เป็นการเก็บสลัดจ์ไว้ระยะหนึ่ง เพื่อเตรียมตัวนำไปบำบัดต่อไป

สลัดจ์



รูปที่ 3.37 รูปแบบการจัดการสลัดจ์ตั้งแต่ต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปที่ 6.2 ที่มาของสลัดจ์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 6.1 แสดงปริมาณสลัดจ์จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียในแต่ละขั้นตอน
 ตารางที่ 6.1 ปริมาณสลัดจ์จากน้ำเสียและเปอร์เซ็นต์ของแข็ง

กรรมวิธี	ปริมาณสลัดจ์ กก./1,000 ลบ.ม. น้ำเสีย	% ของแข็งในสลัดจ์
ถังตกตะกอนชั้นแรก	110-170	5
สลัดจ์จากถังเติมอากาศ	70-100	0.75
สลัดจ์จากถังกรอง	55-90	1.5
ถังย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน	-	4

ที่มา : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538(3)

6.3 การทำชั้นสลัดจ์ (Sludge Thickening)

การทำให้สลัดจ์เข้มข้น คือการแยกน้ำออกจากของแข็ง ทำให้ปริมาณของแข็งในสลัดจ์สูงขึ้น
 กรรมวิธีในการทำให้ตะกอนชั้น คือ การตกตะกอน การทำให้ลอย (Flotation) และการหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) การลดปริมาตรของสลัดจ์จะทำให้ขนาดถังและอุปกรณ์ของกระบวนการที่ติดตามมา เช่น ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำให้แห้งและเผาผลาญ ตารางที่ 6.2 แสดงกรรมวิธีทำชั้นสลัดจ์

ตารางที่ 6.2 กรรมวิธีทำชั้นสลัดจ์

กรรมวิธี	ชนิดของสลัดจ์	ความนิยมและผล
ตกตะกอน	สลัดจ์ชั้นแรก	นิยมใช้และได้ผลดี
ตกตะกอน	สลัดจ์ชั้นแรก และ เอเอส	ใช้มากโดยเฉพาะโรงงานขนาดเล็กและตะกอนชั้นร้อยละ 4-6
ตกตะกอน	เอเอส	ไม่ใช่ ได้ผลไม่ดี
ลอยตัวด้วยอากาศ	เอเอส	นิยมใช้และได้ผลดี
หมุนเหวี่ยง	เอเอส	ใช้น้อยและมีปัญหา

ที่มา : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538(3)

1. การทำให้สลัดจ์ชั้นแบบตกตะกอน

การทำให้ชั้นแบบตกตะกอน เป็นการตกตะกอนสลัดจ์โดยใช้ถังทำชั้น (Thickener) ลักษณะของถังทำชั้นจะมีเครื่องกวาดและกวนสลัดจ์ เครื่องกวาดสลัดจ์ทำหน้าที่กวาดสลัดจ์ที่ตกลงกันถึงให้รวมกันและไหลเข้าสู่ในหลุมเก็บสลัดจ์เพื่อระบายทิ้ง ส่วนเครื่องกวนสลัดจ์จะหมุนช้าและมีหน้าที่เปิดช่องว่างในชั้นสลัดจ์เพื่อให้ น้ำที่หนีออกจากชั้นของสลัดจ์จะเป็นผลให้สลัดจ์อัดตัวแน่นขึ้นอีก การตกตะกอนของสลัดจ์จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อน้ำที่อยู่ข้างล่างใต้ชั้นสลัดจ์ถูกเบียดและไหลขึ้นมาข้างบน ถ้าชั้นสลัดจ์มีความเข้มข้นน้อยมากจนกระทั่งมีช่องว่างเหลืออยู่น้อย การจมตัวของสลัดจ์จะเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากว่าน้ำที่ถูกแทนที่ไม่สามารถหนีมาข้างบนได้ การกวนอย่างช้าๆ โดยใบกวนที่มีขนาดใหญ่จะช่วยทำให้เกิดช่องว่างในชั้นสลัดจ์ทำให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาทางด้านบนได้ จะสามารถช่วยการทำชั้นของสลัดจ์ได้ผลดียิ่งขึ้น

2. การทำให้ชั้นแบบลอยตัว (Flotation)

การทำให้ชั้นแบบลอยตัว เป็นการทำให้สลัดจ์ลอยตัวขึ้นข้างบน การลอยตัวของสลัดจ์เกิดขึ้นโดยอาศัยลมช่วยทำให้เกิดฟองอากาศพาสลัดจ์ลอยตัวขึ้นสู่อากาศ การทำชั้นสลัดจ์แบบลอยตัวแบบนี้ นิยมใช้กันคือ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissoved Air Flotation, DAF) อากาศจะถูกอัดอยู่ภายในน้ำ และถูกปล่อยผ่านหัวถูกกวาดออกไป

3. การทำให้ชั้นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

โดยปกติแล้วหมุนเหวี่ยงมักใช้ในการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ (Dewatering) สามารถนำมาใช้ทำชั้นกับสลัดจ์ชีวภาพที่ทิ้งจากระบบเอเอส วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กเนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่มีข้อดีที่ประหยัดพื้นที่ได้มากและกระทัดรัด บางครั้งจึงมีการนำไปใช้กับระบบเอเอสขนาดใหญ่

6.4 การปรับเสถียรสลัดจ์

สลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียมีส่วนประกอบหลักคือ สารอินทรีย์ที่สามารถเนาเปื่อยและย่อยสลายได้ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นที่น่ารังเกียจ การปรับเสถียรสลัดจ์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกลิ่นเหม็นลดจำนวนเชื้อโรคและลดการเนาเปื่อยของสลัดจ์ โดยกรรมวิธีที่ใช้ ได้แก่ การออกซิไดซ์ด้วยคลอรีน การเปลี่ยนสภาพด้วยปูนขาว การใช้ความร้อน การย่อยแบบไร้อากาศ (หัวข้อ 3.5.3) และการย่อยแบบใช้อากาศ

1. การออกซิไดซ์ด้วยคลอรีน กระทำโดยให้ก๊าซคลอรีนปริมาณสูง ทำให้ปฏิกิริยากับสลัดจ์ในถังปิดในเวลาสั้นๆ วิธีกรรมวิธีนี้ขจัดจำกัดในการใช้กับโรงบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดเล็กกว่า 0.2 ลบ.ม./วินาที
2. การเปลี่ยนสภาพด้วยปูนขาว กระทำโดยเติมปูนขาวให้ตะกอนมีค่าพีเอชสูงถึง 12 ที่ค่าพีเอชนี้ จุลินทรีย์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ มีพบว่าหากคงค่าพีเอชที่ 12 ไว้นาน 3 ชม. จะสามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการย่อยสลายแบบไร้อากาศ แต่หลังจากเปลี่ยนสภาพแล้วสารอินทรีย์ที่คงอยู่อาจเนาเปื่อยได้อีกเมื่อค่าพีเอชต่ำลง

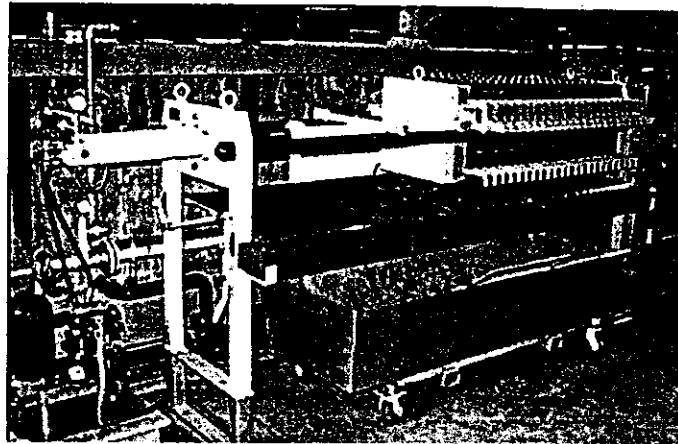
6.5 การแยกน้ำออก

การแยกน้ำออกจากสลัดจ์ ช่วยลดปริมาณสลัดจ์ที่จะต้องนำไปกำจัดในขั้นสุดท้ายเป็นการลดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้สลัดจ์ที่แห้ง (น้ำน้อยกว่าร้อยละ 70) สามารถขนถ่าย ดัก บรรจุได้ง่ายในการถมที่ควรใช้สลัดจ์แห้งเพื่อป้องกันน้ำเสียไหลซึมออกไป กรรมวิธีใช้แยกน้ำ ได้แก่ การกรองด้วยสูญญากาศ

การเหวี่ยง การกรองด้วยแรงอัด การกรองด้วยสายพาน การตากสลัดจ์ และบดกักสลัดจ์ การเลือกใช้วิธี แยกน้ำขึ้นอยู่กับ ชนิดของสลัดจ์ ความแห้งที่ต้องการ และขนาดของที่ดิน โรงบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กที่มี ที่ดินเพียงพอมักจะใช้ลานตากสลัดจ์หรือบดกักสลัดจ์ สำหรับโรงงานที่มีพื้นที่น้อยควรใช้เครื่องจักรกลใน การแยกน้ำ เช่น เครื่องอัดกรอง (Filter Press) สายพานรีดน้ำ (Belt Press) หรือเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

1. เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบอัดกรอง (Filter Press)

การกำจัดน้ำของเครื่องอัดกรอง ทำงานโดยใช้เครื่องสูบลดแรงดันที่มีแรงดันสูงอัดน้ำผ่าน ผ้กรองให้ออกจากสลัดจ์ (รูปที่ 6.3) เครื่องอัดสลัดจ์ประเภทนี้ประกอบด้วยผ้กรองสี่เหลี่ยมขนาดต่างๆวาง ประกอบกันในแนวนอนที่ตั้งฉากกับพื้น สลัดจ์จะถูกสูบเข้าไปในช่องระหว่างผ้กรองซึ่งสามารถถอดออกได้ เมื่อกรองจนแห้งพอแล้วจะมีการถอดแผ่นกรองเพื่อเอาสลัดจ์แห้งออกและทำความสะอาดผ้กรอง

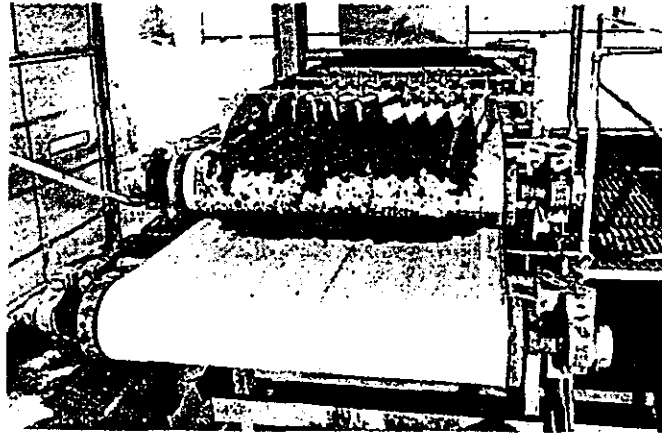


รูปที่ 6.3 เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบอัดกรอง

2. เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบสายพานรีดน้ำ (Belt Press)

เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบสายพานรีดน้ำ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ เครื่องป้อนสลัดจ์ แบบ Mono หรือ Diaphragm เครื่องป้อนโพลิเมอร์ เครื่องกวาดสลัดจ์และเครื่องรีดน้ำสลัดจ์ (รูปที่ 6.4) สลัดจ์จะถูกผสมกับโพลิเมอร์ (ชนิดประจุบวก) เพื่อให้กรองง่ายและป้อนเข้าสู่เครื่องรีดน้ำสลัดจ์ที่มีสายพาน ผ้กรองเคลื่อนที่ผ่านลูกกลิ้ง สลัดจ์จะอยู่บนผ้กรองที่หมุนช้าๆ การกำจัดน้ำจะเกิดขึ้นบนผ้กรอง 2 บริเวณ คือ บริเวณใช้แรงดึงดูดโลก และบริเวณที่มีแรงดัน สลัดจ์จะถูกป้อนเข้าผ้กรองบริเวณแรกที่กรอง น้ำโดยใช้แรงดึงดูดโลก จากนั้นสายพานจะพาสลัดจ์ไปรีดน้ำด้วยลูกกลิ้ง เนื่องจากการกรองสลัดจ์โดย ไม่เติมโพลิเมอร์ชนิดประจุบวก (Cation Polymer) เพื่อให้อนุภาคของสลัดจ์จับตัวเกาะกันเป็นฟล็อกได้ เนื่องจากว่าโพลิเมอร์ชนิดประจุบวกจะไปทำให้อนุภาคประจุลบของสลัดจ์ลดลง สลัดจ์จึงสามารถจับและ เกาะกันได้แน่น น้ำจึงถูกดันออกไปได้

กรรมวิธีในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์บางชนิดจะรวมการปรับสภาพสลัดจ์เพื่อช่วยให้ แยกน้ำออกจากสลัดจ์ได้ง่าย วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ การเติมสารเคมี และการใช้ความร้อน การใช้สารเคมี เป็นวิธีที่ประหยัดกว่า โดยสามารถเพิ่มอัตราการแยกน้ำและเปลี่ยนแปลงการใช้ได้สะดวก



รูปที่ 6.4 เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบสายพานรีดน้ำ

6.6 การกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย

การกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย คือ การขนส่งสลัดจ์เปียกหรือสลัดจ์แห้งไปทิ้ง การทิ้งสลัดจ์ทำได้โดยการเกลี่ยบนดิน ทิ้งในบ่อพัก ผึ่งกลบ และถมที่ ในการนำกากสลัดจ์ไปทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก จำเป็นต้องมีสลัดจ์ที่ได้คุณภาพ คือมีความปลอดภัยต่อคนและสัตว์ไม่ก่อมลพิษอีก ซึ่งต้องพิจารณาสารอินทรีย์ ฆาตุอาหาร เชื้อโรค โลหะหนัก และสารพิษต่างๆ ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด

บทที่ 7

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติจะมีน้ำ ดิน พืช จุลชีพ และบรรยากาศมาเกี่ยวข้องโดยอาศัยกลไกธรรมชาติจึงเป็นวิธีที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้า พึ่งพาอาศัยผู้ควบคุมระบบน้อยกว่าระบบบำบัดแบบอื่น ระบบนี้จะสามารถกำจัดหรือแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสิ่งปนเปื้อนในที่นี้ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ชาติอื่นๆ และจุลชีพ แต่เนื่องจากระบบนี้ต้องการพื้นที่มาก จึงต้องระมัดระวังในเรื่องผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง โดยเฉพาะกรณีที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่มีสารพิษปนเปื้อน

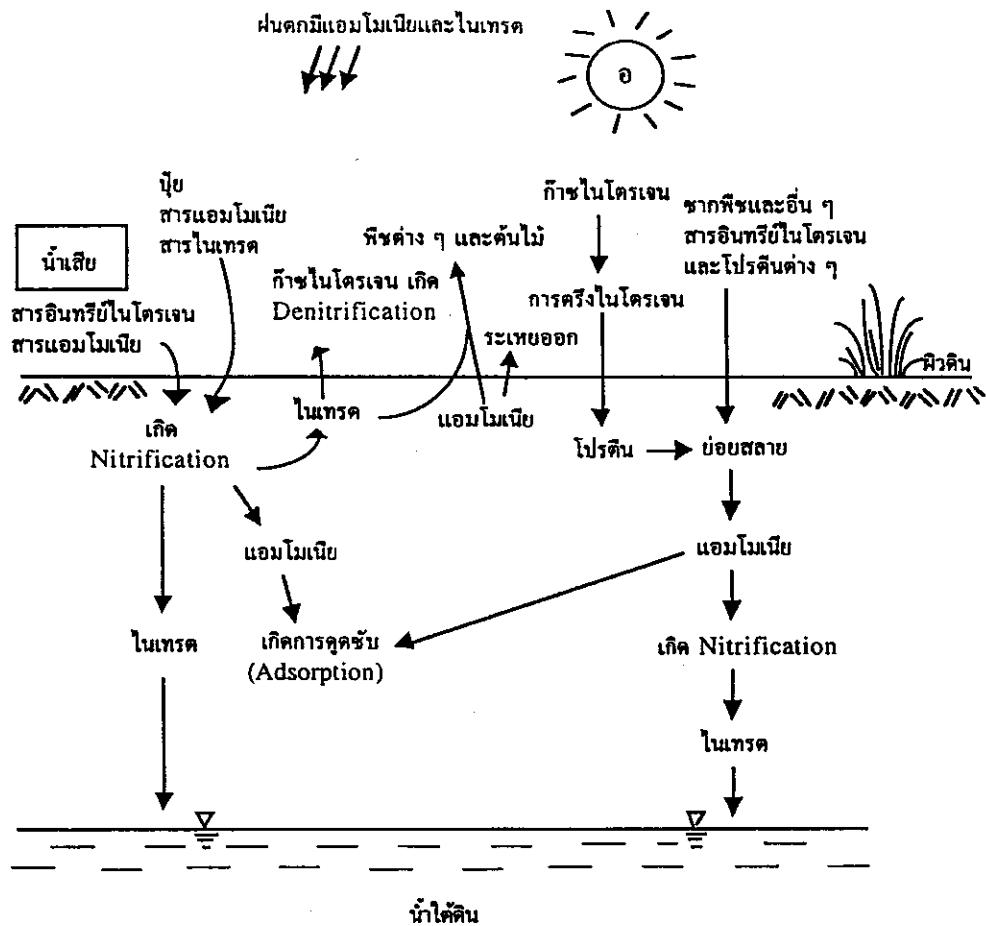
7.1 ความรู้เบื้องต้น

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติจะเกี่ยวข้องกันกับกระบวนการธรรมชาติทางกายภาพทางเคมีและทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมของดินและน้ำ โดยวิธีการบำบัดน้ำเสียนี้สามารถกำจัดหรือแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำเสียได้ในระยะหนึ่ง ซึ่งสิ่งปนเปื้อนในที่นี้ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย (SS) สารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ชาติอื่นๆ จุลชีพ เป็นต้น ดังจะได้อธิบายต่อไปนี้

ของแข็งแขวนลอย (SS) ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ไหลผ่านบนดินสามารถถูกกำจัด หรือแยกออกมาจากน้ำเสียได้ไม่ยากนัก โดยอาศัยการตกตะกอน การกรองผ่านชั้นดิน หรือการกรองผ่านรากพืชต่างๆ พบว่าน้ำเสียมักจะไปอุดตันบริเวณผิวชั้นบนของพื้นที่ ดังนั้นจึงควรจะต้องออกแบบให้ระบบสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้มากที่สุด

สารอินทรีย์ สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียจำเป็นจะร่องถูกกำจัดออก ซึ่งวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดได้โดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพแบบใช้อากาศ คือพวกจุลชีพที่เกาะอยู่ตามผิวเม็ดดินต่างๆ จะอาศัยออกซิเจนจากบรรยากาศดำรงชีวิตอยู่ได้และจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย อนึ่งการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนก็มีบางส่วนเกิดขึ้นภายในชั้นดินบ้าง แต่มีไม่มากนัก ดังนั้น จึงควรคำนึงถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในระบบคือ ปริมาณออกซิเจนถ่ายเทเข้าสู่ระบบต้องมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในระบบ (BOD)

ไนโตรเจน ไนโตรเจนในน้ำเสียมักจะมีรูปของสารอินทรีย์ไนโตรเจน และสารแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งสารไนโตรเจนจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้ เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมากสารหนึ่ง ทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำจึงเกิดปัญหากลิ่นเหม็นได้ วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดสารไนโตรเจนในน้ำเสียได้ โดยจะออกมาในรูปของอากาศ คือก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ในรูปของพืชต่างๆ คือถูกต้นไม้และพืชอื่นๆ นำสารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียและไนเตรตมาใช้ และในรูปของสารไนเตรตต่างๆ ที่ซึมลงไปได้ดินอาจผสมกับน้ำใต้ดิน เพื่อให้เข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจะได้แสดงไว้ในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 การเปลี่ยนแปลงสารไนโตรเจนในระบบบำบัดแบบธรรมชาติ

ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในน้ำเสียมักจะมีในรูปของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส สาร Polyphosphates และสาร Orthophosphates ซึ่งสารฟอสฟอรัสจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้ เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมากสารหนึ่ง โดยทั่วไปการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียสามารถกำจัดได้โดยวิธีทางชีวภาพที่มีระบบขาดอากาศชั่วคราว และระบบเติมอากาศสลับกันไปมา และอาจสามารถกำจัดได้โดยวิธีทางเคมีซึ่งทำให้เกิดปัญหาสลัดจ์เกิดขึ้นมาก ในการกำจัดสารฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติ จะสามารถกำจัดได้โดยหลักการดูดซับ แต่อาจมีปัญหาเกิดการอิมตัวของปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณชั้นดินบางบริเวณได้ หรือถ้าใช้พืชน้ำก็อาจเกิดการอิมตัวขึ้นได้เช่นเดียวกัน

ธาตุอื่น ๆ ธาตุต่าง ๆ ในที่นี้บางตัวอาจเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชต่าง ๆ แต่ธาตุบางตัวจะเป็นธาตุที่มีพิษเมื่อมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อพืชและจุลชีพต่างๆ เช่น แคดเมียม โครเมียม พรอท เป็นต้น เมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยวิธีธรรมชาติแล้ว ธาตุต่างๆ จะถูกจับตัวไว้ โดยอาศัยการดูดซับ การตกผลึกและการแลกเปลี่ยนประจุ โดยทั่วไปจะต้องมี pH ของน้ำเสียหรือบริเวณพื้นที่บำบัดน้ำเสียมากกว่า 7 จึงจะได้ประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง แต่ถ้า pH ต่ำกว่า 7 จะเกิดปัญหากับธาตุต่างๆ โดยเฉพาะตัวที่มีพิษจะละลายปนกับน้ำออกจากระบบได้

จุลชีพ ในการกำจัดพวกจุลชีพต่างๆ ในน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติค่อนข้างได้ผลดี เพราะอาศัยทั้งการตก การดูดซับ การตกตะกอน ฯลฯ ถ้าบริเวณพื้นที่มีพืชขึ้นมากก็ยิ่งช่วยดักเอาไว้ได้อีกทาง ทำให้การกำจัดจุลชีพต่างๆ ด้วยวิธีนี้ค่อนข้างได้ผลดี แต่พบว่าไม่เพียงพอเมื่อต้องการกำจัดจุลชีพต่างๆ ให้หมดสิ้น ซึ่งในบางแห่งอาจต้องการใช้สารเคมี เช่น คลอรีนในการกำจัด

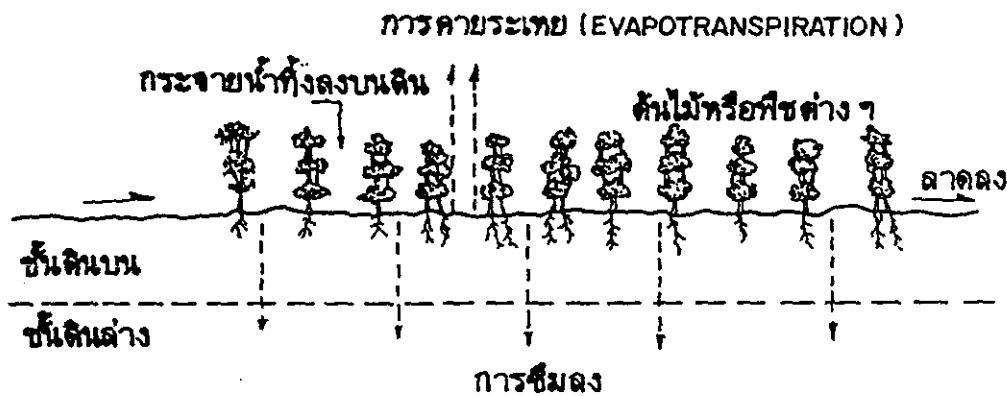
7.2 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางธรรมชาติสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน วิธีบึงประดิษฐ์ และวิธีพืชลอยน้ำ

7.2.1 วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน (Land Treatment System) มี 3 วิธี คือ

1. วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินระบบอัตราไหลช้า (Slow rate Systems)

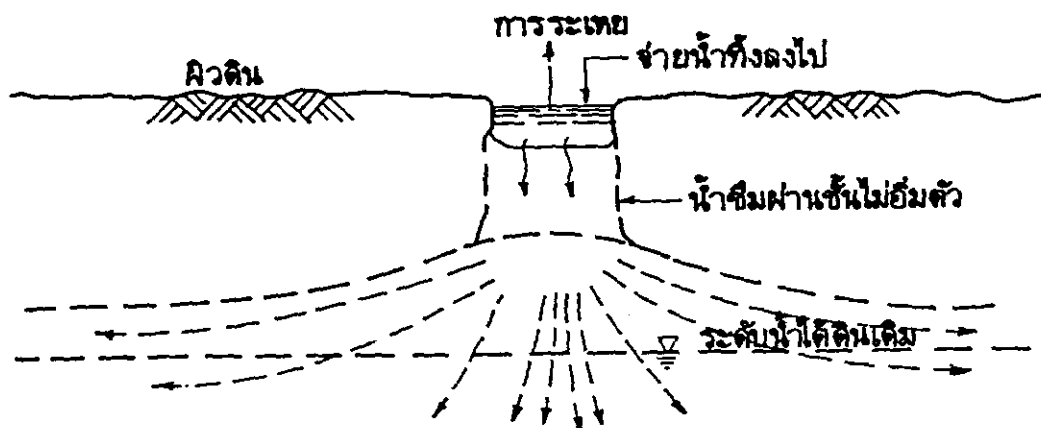
วิธีนี้เป็นการรดน้ำ การปล่อยให้น้ำไหลซึมลงดินและการปล่อยให้เกิดการคายน้ำ ออกจากระบบ ดังแสดงในรูปที่ 7.2 โดยจะมีพืชต่างๆ เช่น ข้าวโพด ผักต่างๆ หรือต้นไม้ทั่วไป อยู่ในระบบนี้ โดยทั่วไปก่อนที่จะนำน้ำเสียมาทำการบำบัดจำเป็นต้องคำนึงถึงบริเวณที่บำบัดด้วยว่า แยกไกลชุมชนมากน้อยเพียงใด ลักษณะของน้ำเสียและความสามารถของพื้นที่ที่จะรองรับปริมาณน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ บางแห่งอาจจำเป็นต้องมีการผ่านกระบวนการบำบัดขั้นแรกก่อน เช่น อาจมีตะแกรงดักขยะ มีถังตกตะกอนแรกก่อนที่จะนำน้ำเสียนี้เข้าสู่พื้นที่บำบัดต่อไป



รูปที่ 7.2 ระบบอัตราไหลช้า

2. ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration Systems)

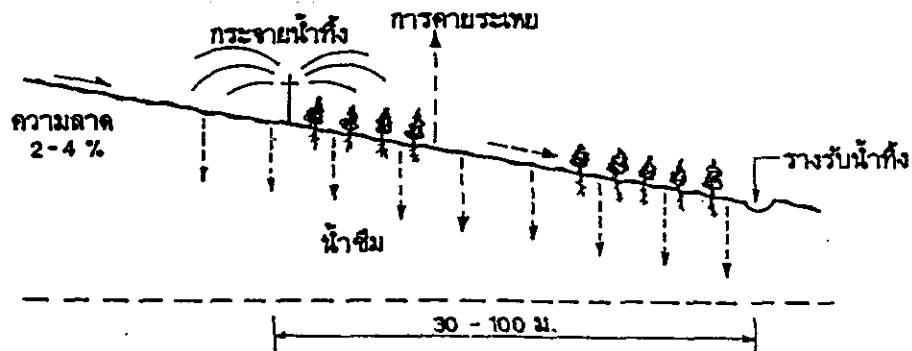
วิธีนี้เป็นการปล่อยน้ำเสียที่ได้ผ่านการตกตะกอนแล้วมาลงที่บ่อหรือร่องรองรับน้ำเสีย ซึ่งจะเกิดการระเหยออกและการซึมลงใต้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 7.3 หากเลือกใช้วิธีนี้จะต้องพิจารณาชั้นดิน ซึ่งควรเป็นดินทรายหรือดินชนิดอื่นที่น้ำซึมผ่านได้สะดวกพอสมควรและในน้ำเสียต้องไม่มีสาหร่ายเพราะอาจทำให้เกิดการอุดตันได้



รูปที่ 7.3 ระบบไหลซึมเร็ว

3. ระบบน้ำไหลนอง (Overland Flow Systems)

วิธีนี้เป็นการปล่อยให้ น้ำเสียที่ไหลออกจากท่อเจาะรู หรือหัวกระจายน้ำเสียซึ่งอยู่ที่สูงไหลจากระบบจ่ายผ่านพืชต่างๆ ที่ปลูกอยู่ในบริเวณที่น้ำไหลลงมาจนถึงรางรองรับน้ำทิ้งเพื่อการระบายน้ำทิ้งต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 ระบบน้ำไหลนอง

7.2.2 วิธีบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland Systems)

บึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ก็ยังสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นที่ 2 (Secondary Treatment) สำหรับบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้อีกด้วย ซึ่งข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง

หลักการทำงานของระบบ

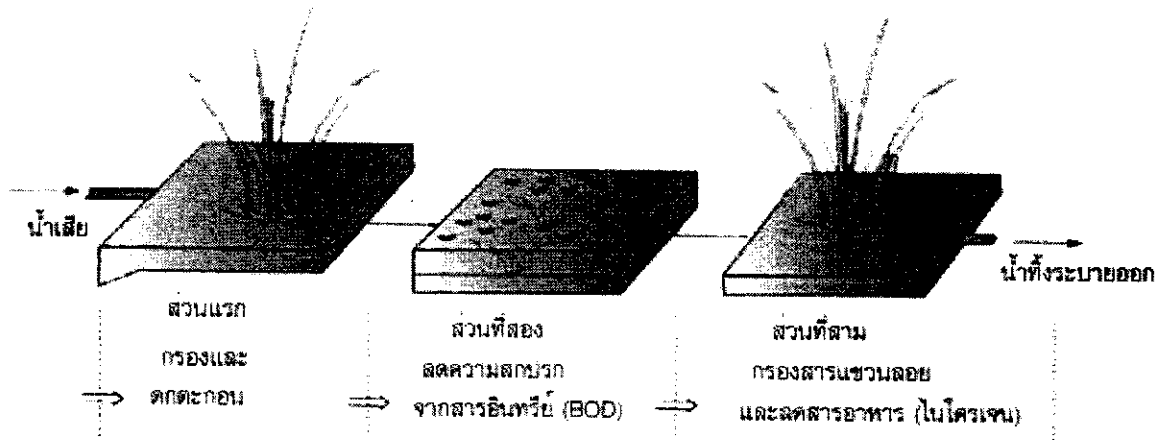
เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นบึง และถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำหรือชั้นหินและจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ระบบนี้จะได้รับออกซิเจนจากการแทรกซึมของอากาศผ่านผิวน้ำหรือชั้นหินลงมา ออกซิเจนบางส่วนจะได้จากการสังเคราะห์แสงแต่มีปริมาณไม่มากนัก สำหรับสารแขวนลอยจะถูกกรองและจมตัวอยู่ในช่วงต้น ๆ ของระบบ การลดปริมาณไนโตรเจนจะเป็นไปตามกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ส่วนการลดปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะเกิดที่ชั้นดินส่วนพื้นบ่อ และพืชน้ำจะช่วยดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางรากและนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถกำจัดโลหะหนัก (Heavy Metal) ได้บางส่วนอีกด้วย

บึงประดิษฐ์ เป็นบึงที่ออกแบบไว้เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมี 2 ประเภท คือ

1. แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface Systems, FWS)

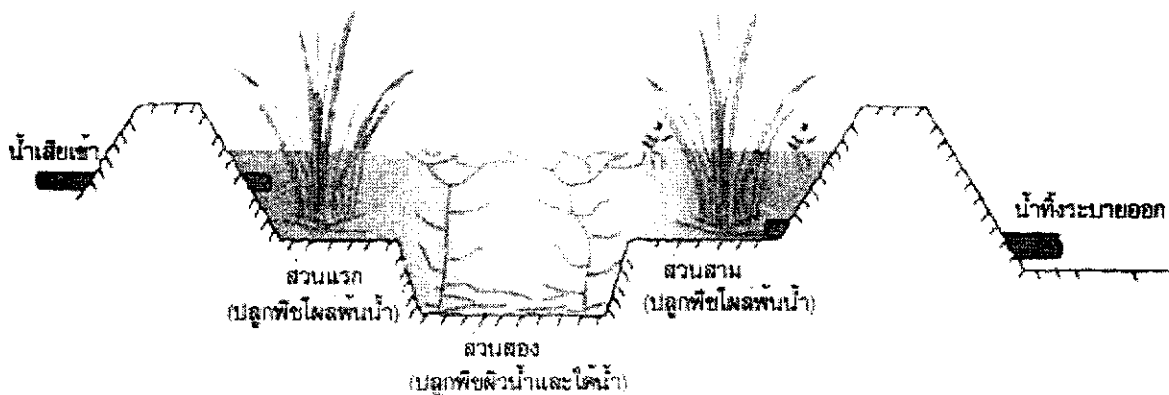
เป็นแบบที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดจากบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว วิธีบึงประดิษฐ์แบบนี้ประกอบด้วยบ่อน้ำที่ไหลซึมลงดินได้น้อย จะมีอยู่หลายบ่อวางเรียงขนานกัน มีระดับน้ำลึกประมาณ 10-60 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7.5 ในการปล่อยน้ำเสียลงในบึงประดิษฐ์ควรปล่อยช้าๆ ให้ผ่านก้านต้นพืชและรากพืชต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนหลักที่ทำการบำบัด

น้ำเสียของระบบนี้ การเติมอากาศในบึงประดิษฐ์มาจากพืช จากลมพัดและจากการสังเคราะห์แสง ในระบบ จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายอย่างน้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาเก็บกักประมาณ 4-15 วัน



รูปที่ 7.5 บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน

ลักษณะของระบบแบบนี้จะเป็นบ่อดินที่มีการบดอัดดินให้แน่นหรือปูพื้นด้วยแผ่น HDPE ให้ได้ระดับ เพื่อให้ น้ำเสียไหลตามแนวนอนขนานกับพื้นดิน บ่อดินจะมีความลึกแตกต่างกันเพื่อให้เกิดกระบวนการบำบัดตามธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ โครงสร้างของระบบแบ่งเป็น 3 ส่วน ซึ่งอาจเป็นบ่อเดียวกันหรือหลายบ่อขึ้นกับการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 โครงสร้างของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน

ส่วนแรก เป็นส่วนที่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงไหลพันน้ำและรากเกาะดินปลูกไว้ เช่น กก แฝก ฐูปฤาษี เพื่อช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้กำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอยและค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่ง

ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่มีพืชชนิดลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น จอก แหน บัว รวมทั้งพืชขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น สาหร่าย จอก แหน เป็นต้น พื้นที่ส่วนที่สองนี้จะไม่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงไหลพันน้ำเหมือนในส่วนแรกและส่วนที่สาม น้ำในส่วนนี้จึงมีการสัมผัสอากาศและแสงแดดทำให้มีการเจริญเติบโต

โดยของสาหร่ายซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย และยังเกิดสภาพไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ด้วย

ส่วนที่สาม มีการปลูกพืชในลักษณะเดียวกับส่วนแรก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ และทำให้เกิดสภาพดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ลดลง ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้

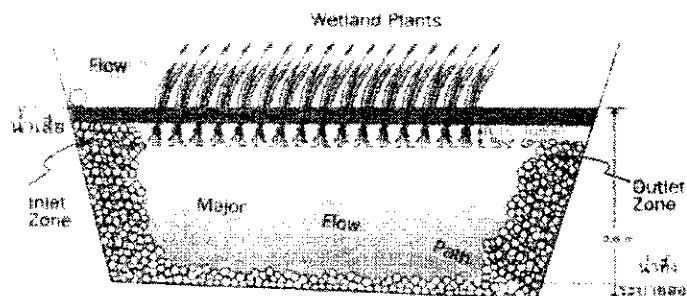
ตัวอย่างระบบบ่อบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในประเทศไทย

แหล่งชุมชนระดับเทศบาลหลายแห่งใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland เช่น

- เทศบาลเมืองสกลนคร ได้สร้างระบบบึงประดิษฐ์เพื่อรับน้ำหลังบำบัดจากระบบบ่อบึงปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว โดยมีขนาดของระบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 16,200 ลูกบาศก์เมตร/วัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบบึงประดิษฐ์ 184.5 ไร่
- เทศบาลนครหาดใหญ่ ได้สร้างระบบบึงประดิษฐ์เพื่อรับน้ำหลังบำบัดจากระบบบ่อบึงปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว โดยมีขนาดของระบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 138,600 ลูกบาศก์เมตร/วัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบบึงประดิษฐ์ 515 ไร่
- เทศบาลเมืองเพชรบุรี ได้สร้างระบบบึงประดิษฐ์เพื่อรับน้ำหลังบำบัดจากระบบบ่อบึงปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว โดยมีขนาดของระบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 10,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบบึงประดิษฐ์ 22 ไร่

2. ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)

ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้จะมีข้อดีกว่าแบบ Free Water Surface Wetland คือ เป็นระบบที่แยกน้ำเสียไม่ให้ถูกรบกวนจากแมลงหรือสัตว์ และป้องกันไม่ให้อินทรีย์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคมาปนเปื้อนกับคนได้ ในบางประเทศใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (Septic Tank) และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบ่อบึงปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดจ์สลัดจ์ (Activated Sludge) และระบบอาร์บีซี (RBC) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากอาคารดักน้ำเสีย (CSO) เป็นต้น รูปที่ 7.7 แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน



รูปที่ 7.7 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน

ส่วนประกอบที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ คือ

1. พืชที่ปลูกในระบบ จะมีหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่ น้ำเสีย และยังทำหน้าที่สนับสนุนให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) จากการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) สามารถระบายออกจากระบบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้โดยการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช

2. ตัวกลาง (Media) จะมีหน้าที่สำคัญคือ เป็นที่สำหรับให้รากของพืชที่ปลูกในระบบยึดเกาะ และ ยังช่วยให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออก เป็นที่สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ และยังสามารถกรองสารแขวนลอยต่าง ๆ ได้

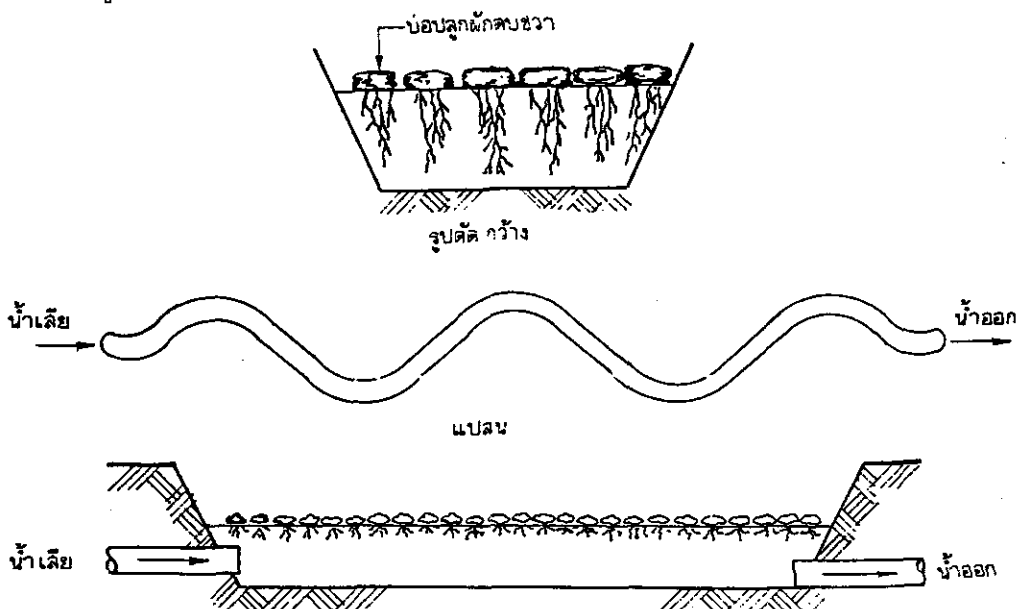
ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบบึงประดิษฐ์

ปัญหาทางด้านเทคนิคมีน้อย เนื่องจากเป็นระบบที่อาศัยธรรมชาติเป็นหลัก ส่วนใหญ่ปัญหาที่พบคือ พืชที่นำมาปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณตามที่ต้องการได้ อาจเนื่องมาจากการเลือกใช้นิเวศของพืช สภาพของดินที่ไม่เหมาะสม หรือถูกรบกวนจากสัตว์ที่กินพืชเหล่านี้เป็นอาหาร เป็นต้น

ประโยชน์ที่ได้จากบึงประดิษฐ์ ประโยชน์ทางตรง คือ สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และสารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้คุณภาพแหล่งรองรับน้ำทิ้งดีขึ้น ส่วนประโยชน์ทางอ้อม คือ การทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศและสภาพแวดล้อม เป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์และนกชนิดต่าง ๆ และเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจและศึกษาทางธรรมชาติ

7.2.3 วิธีพืชลอยน้ำ

วิธีบำบัดด้วยวิธีพืชลอยน้ำ จะคล้ายกับระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (FWS) แต่จะใช้ผักตบชวา (Water Hyacinth) และแห่น (Duckweed) และมีความลึกประมาณ 50-180 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 7.7



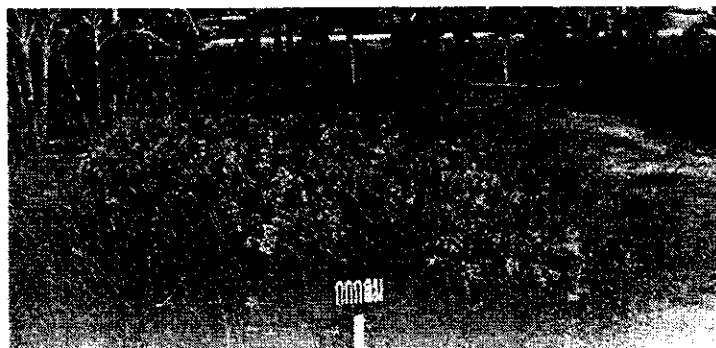
รูปที่ 7.7 วิธีพืชลอยน้ำ

บทความจาก วารสารมูลนิธิชัยพัฒนา เรื่อง แหลมผักเบี้ย การศึกษาวิจัยการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

"...ปัญหาสำคัญ คือ เรื่องสิ่งแวดล้อม เรื่องน้ำเสียกับขยะได้ศึกษามาแล้วเหมือนกันทำไมยากนัก ในทางเทคโนโลยีทำได้แล้ว ในเมืองไทยเองก็ทำได้ หาเทคโนโลยีจากต่างประเทศมาแล้ว ทำในเมืองไทยก็ทำได้ หรือจะจ้างบริษัทต่างประเทศ มาทำก็ได้ นี่แหละ ปัญหาเดียวกัน เดียวนี้ กำลังคิดจะทำแต่ติดอยู่ที่ ที่จะทำ "พระราชดำรัสในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่อัญเชิญมานี้ คือ ที่มาของ "โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำรัส" ด้วยทรงตระหนักดีว่า ปัญหาสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบเป็นอย่างมากและนับวัน ปัญหานี้ได้ทวีคูณมากยิ่งขึ้นส่งผลต่อการดำรงชีพของประชาชน ทั้งหลายที่ต้องประสบกับภาวะวิกฤตที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมอย่างรุนแรงและรวดเร็ว หลังจากนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย เจ้าหน้าที่มูลนิธิชัยพัฒนาและสำนักงานคณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำรัส (สำนักงาน กปร.) และกรมชลประทานไปศึกษาดูงานเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียและการกำจัดขยะมูลฝอยที่ประเทศออสเตรเลีย เพื่อนำรูปแบบ และวิธีการมาปรับปรุงใช้ให้เหมาะสมในประเทศไทยพื้นที่ที่ถูกคัดเลือกให้เป็นพื้นที่ดำเนินการโครงการเพื่อสนองพระราชดำรัส คือ พื้นที่สาธารณประโยชน์ของจังหวัดเพชรบุรีประมาณ 642 ไร่ ตั้งอยู่ในบริเวณตำบล แหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย มูลนิธิชัยพัฒนา สำนักงาน กปร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมชลประทาน กรมป่าไม้ กรมประมง สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สถาบันราชภัฏเพชรบุรี และ จังหวัดเพชรบุรี

ปัจจุบันการดำเนินงานศึกษาวิจัยตามแผนที่กำหนดไว้ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว และสามารถสร้างคู่มือสำหรับประยุกต์ใช้เพื่อเผยแพร่การศึกษาวิจัยคือ

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยการทำแปลง หรือทำบ่อเพื่อกักเก็บน้ำเสียที่รวบรวมได้จากชุมชนและปลูกพืชน้ำที่ผ่านการคัดเลือกแล้วว่าเหมาะสมที่สุด 2 ชนิด คือ กกกลม (กกจันทบูรณ) (*Cyperus corymbosus* Rottb.) และ ธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Linn.) ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยมีลักษณะการให้น้ำเสีย 2 ระบบ คือ ระบบปิดเป็นระบบที่ให้น้ำเสียขังได้ในระดับหนึ่ง และมีการระบายน้ำเสียเดิมลงในระบบทุกวัน ระบบเปิดเป็นระบบที่ให้น้ำเสียลงสู่ระบบบำบัดอย่างต่อเนื่อง น้ำเสียใหม่เข้าไปต้นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบให้ไหลผ่านทางระบายน้ำ หรือ ทางระบบท่อใต้ดินสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีระยะเวลาในการพักน้ำเสีย 1 วัน พืชที่ปลูกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้



รูปที่ 7.8 กกกลม (กกจันทบูรณ) (*Cyperus corymbosus* Rottb.)

2. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพีชกรองน้ำเสียเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยการทำแปลง หรือ ทำบ่อเพื่อกักเก็บน้ำเสียที่รวบรวมได้จากชุมชนและปลูกพืชที่ผ่านการคัดเลือกว่าเหมาะสม 3 ชนิด คือ ฐปฤาษี กกกลม (กกจันทบูรณ) และ หญ้าแฝกอินโดนีเซีย ช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยมีลักษณะการให้น้ำเสีย คือ ระบบที่ให้น้ำเสียขังไว้ 5 วัน และปล่อยทิ้งไว้ ให้แห้ง 2 วัน และระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบโดยปล่อยระบายน้ำสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และพืชที่ปลูกสามารถตัดออกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้
3. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบบำบัดแบบฟึงพาธรรมชาติโดยอาศัยจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและการเติมออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนในน้ำเสียซึ่งในการออกแบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 4,500-10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันโดยมีบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวน 5 บ่อ ประกอบด้วยบ่อตกตะกอน 1 บ่อ บ่อฝึง 3 บ่อ และบ่อปรับสภาพ จำนวน 1 บ่อ ซึ่งคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน
4. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบหญ้ากรองน้ำเสียเป็นการบำบัด โดยการทำแปลงหรือทำบ่อเพื่อกักเก็บน้ำเสียที่รวบรวมได้จากชุมชนและปลูกหญ้าอาหารสัตว์ที่ผ่านการคัดเลือกว่าเหมาะสม 3 ชนิด ช่วยในการบำบัด คือ หญ้าสตาร์ (*Cynodon plectostachyus*) หญ้าคาลลา (*Leptochloa fusca*) และหญ้า โคสครอส (*Sporobolus virginicus*) มีลักษณะการให้น้ำเสีย คือ ระบบที่ให้น้ำเสียขังไว้ 5 วัน และปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง 2 วัน และระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบ โดยปล่อยระบายน้ำสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและหญ้าเหล่านี้สามารถตัดออก นำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้
5. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแปลงพืชป่าชายเลนเป็นการบำบัด โดยการทำแปลงเพื่อกักเก็บน้ำทะเล และน้ำเสียที่รวบรวมได้จากชุมชนและปลูกป่าชายเลนด้วยพันธุ์ไม้ 2 ชนิด คือ ต้นโกงกางและ ต้นแสมเพื่อช่วยในการบำบัดอาศัยการเจือจางระหว่างน้ำทะเลกับน้ำเสียสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชุมชนหรือกิจการเพาะเลี้ยงกุ้งที่มีพื้นที่ติดอยู่กับป่าชายเลนได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการก่อสร้างแปลงพืชป่าชายเลน แต่จะต้องมีบ่อพักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่งและทำการระบายน้ำเสียเหล่านั้นสู่พื้นที่ป่าชายเลนที่มีอยู่ ในขณะที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด ซึ่งจะเป็นการ บำบัดน้ำเสีย ได้ในระดับหนึ่ง



รูปที่ 7.9 บริเวณพื้นที่ในโครงการ

บทที่ 8

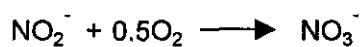
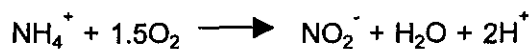
การบำบัดเฉพาะเรื่อง

8.1 การกำจัดไนโตรเจน

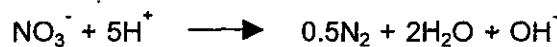
การสะสมของธาตุอาหาร เช่นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติ อาจทำให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของสาหร่ายและพืชน้ำ (Algae Bloom) นอกจากนี้การระบายน้ำทิ้งที่มีแอมโมเนียลงไปนํ้าจะทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในนํ้านั้น โดยปกติสารประกอบไนโตรเจนที่พบในนํ้าเสียมี 4 ชนิด คือ แอมโมเนีย (NH₃) สารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen) ไนไตรต์ (NO₂⁻) และไนเตรต (NO₃⁻) วิธีการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในนํ้าเสีย ประกอบด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การไล่ก๊าซแอมโมเนีย (Ammonia Stripping) วิธีทางเคมี เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน และวิธีทางชีวภาพ โดยอาศัยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน-ดีไนตริฟิเคชัน (Nitrification-Denitrification)

ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน-ดีไนตริฟิเคชัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนได้ โดยขั้นตอนแรกคือ ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาทางชีวภาพที่ทำให้ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียถูกออกซิไดซ์ให้เป็น ไนไตรต์ (NO₂⁻) และไนเตรต (NO₃⁻) ในสภาพที่มีออกซิเจนโดยอโอโทโทรฟิกแบคทีเรีย ไนโตรโซโมนัส (Nitrosomonas) และไนโตรแบกเทอร์ (Nitrobacter) ตามลำดับ และขั้นตอนดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งไนไตรต์และไนเตรตจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนโดยเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรียที่เป็นพวกแพคัลเททีฟ ซึ่งสามารถหายใจด้วยออกซิเจนในสภาพที่มีอากาศ และหายใจด้วยไนเตรต หรือไนไตรต์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนโดยมีสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นตัวให้อิเล็กตรอน

ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน



ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน



การออกซิไดซ์ NH₄-N เป็น NH₃-N ต้องใช้ออกซิเจน 4.6 กก./ NH₄⁺ 1 กก. นอกจากนี้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะมี H⁺ เกิดขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องเติมด่างเพื่อรักษาค่าพีเอชภายในถังบำบัดให้มีค่าเหมาะสม ในทางกลับกันการรีดิวซ์ NO₂-N และ NO₃-N ให้เป็นไนโตรเจนก๊าซจะต้องใช้ H⁺ ให้กับระบบโดยการเติมสารอินทรีย์ เช่น เมทานอล กรดอะเซติก หรือใช้สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในนํ้าเสีย สารอินทรีย์จะทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ของแบคทีเรีย

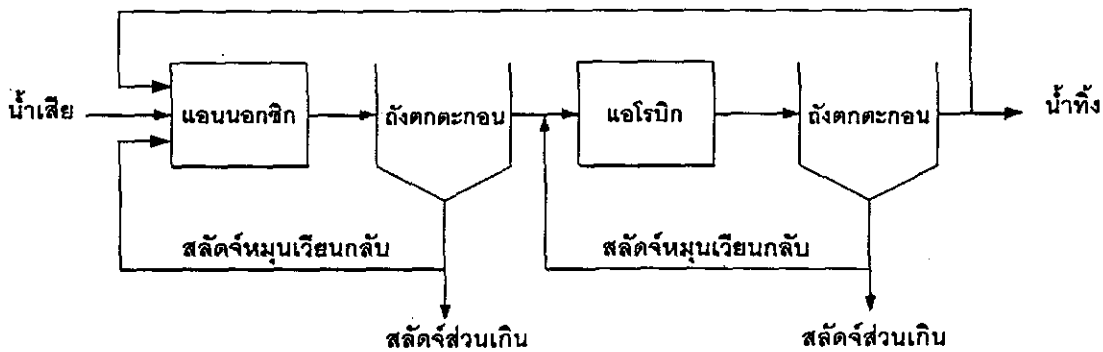
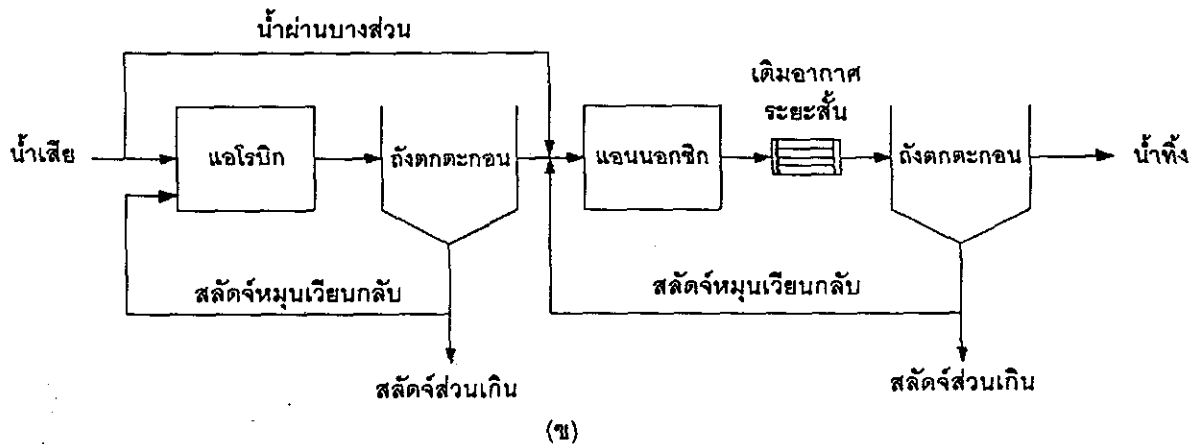
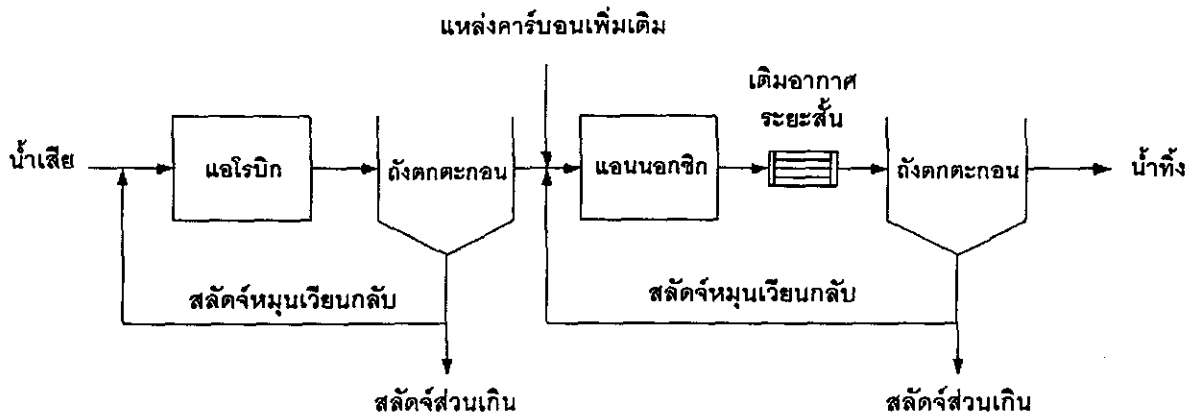
การใช้ระบบเอเอสกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย (6)

ระบบเอเอสทั่วไปใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดไนโตรเจนได้ โดยใช้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในการเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นก๊าซไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนเตรต และอาศัยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน

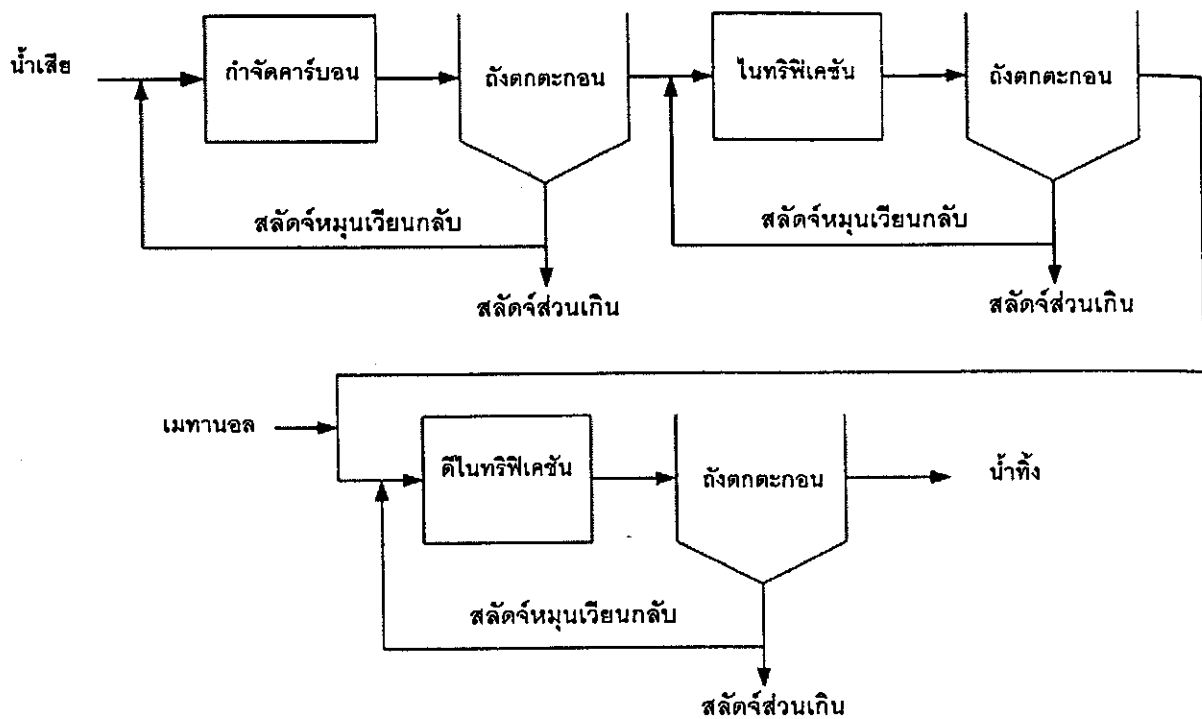
ระบบเอเอสที่ดัดแปลงให้ใช้กำจัดไนโตรเจนได้มี 2 ประเภท คือ ระบบแยกเชื้อ (Separate Culture System หรือ Two Sludge System) และระบบเชื้อผสม (Combined Culture System หรือ Single Sludge System)

1. ระบบแยกเชื้อ เป็นระบบที่ประกอบด้วยระบบเอเอสอย่างน้อย 2 ชุด ต่ออนุกรมกัน (รูปที่ 8.1) ถังชุดแรกหรือถังแอโรบิก มีปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและแอโรบิกออกซิเดชันเกิดขึ้น ทำให้สามารถกำจัดบีโอดีพร้อมกับเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนเตรต โดยอาศัยออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ถังชุดที่สองหรือถังแอนน็อกซิก (Anoxic) มีปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น ใช้ในการกำจัดไนเตรตที่เกิดจากถังปฏิกิริยาชุดแรก โดยไนเตรตทำหน้าที่เป็นสารรับอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการเติมออกซิเจนให้กับระบบเอเอสชุดที่ 2

กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน ไนตริฟิเคชัน อาจแยกออกจากกันได้เป็น 3 ขั้นตอน ที่เรียกว่าระบบสามสลัดจ์ (Triple Sludge) (รูปที่ 8.2)



รูปที่ 8.1 ระบบกำจัดไนโตรเจนแบบแยกเชื้อ
ที่มา : มั่นสิน ตันกุลเวศน์, 2542(6)



รูปที่ 8.2 ระบบกำจัดไนโตรเจนร่วมกับบีโอดีแบบสามสลัดจ์

ที่มา : มั่นสิน ดัชนีกุลเวศน์, 2542(6)

2. ระบบเชื่อมผสม เป็นระบบที่ใช้ระบบเอเอสเพียงชุดเดียวทำหน้าที่ทั้ง 3 อย่าง คือ แอโรบิก-ออกซิเดชัน (กำจัดบีโอดี) ไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน ระบบผสมแบบนี้ประกอบด้วยถังปฏิบัติการ 2 ชนิด คือ ถังแอโรบิก และถังแอนน็อกซิก (รูปที่ 8.3) เช่นเดียวกับระบบแยกเชื้อสิ่งที่แตกต่างกันคือระบบเชื่อมผสมจะมีถังตกตะกอนเพียงชุดเดียว ทำให้สลัดจ์ในถังปฏิบัติการทั้งสองชุดของระบบเชื่อมผสมเป็นแบบที่เรียกลูมเดียวกัน โดยถังตกตะกอนจะอยู่ในตำแหน่งสุดท้าย สลัดจ์จะหมุนเวียนจากถังตกตะกอนมาเข้าปฏิบัติการชุดแรก ซึ่งอาจเป็นถังแอโรบิกหรือนอกซิกก็ได้ สลัดจ์ในถังปฏิบัติการแรกจะไหลเข้าสู่ถังชุดที่สองโดยไม่มีการตกตะกอน

ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิบัติการไนตริฟิเคชัน - ดีไนตริฟิเคชัน

1. ปฏิบัติการไนตริฟิเคชัน

ก. อายุสลัดจ์ เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของไนตริฟิเคชันของไนตริฟายเออร์จะช้ากว่าแบคทีเรียที่ทำกรย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบเอเอส ดังนั้นอายุสลัดจ์ที่เหมาะสมคือ 3-5 วัน

ข. ค่าพีเอช มีผลต่อการเจริญเติบโตของไนตริฟายเออร์เป็นอย่างมาก ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไนโตรโซโมซัส และไนโตรแบคเทอร์ คือ 8.0 - 8.5 และ 7.0 - 8.0 ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าพีเอชยังมีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรต์ซึ่งมีความเป็นพิษต่อไนตริฟายเออร์ และความเป็นต่าง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องควบคุมค่าพีเอชให้มีความเหมาะสมโดยค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อระบบคือสภาพค่าพีเอชที่เป็นกลาง

ค. อุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญเติบโตของไนทรีฟายเออร์มากกว่าแบคทีเรียที่ทำกรย่อยสลายสารอินทรีย์ ปฏิกริยาไนทรีฟิเคชันจะมีอัตราเร็วสูงขึ้นเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

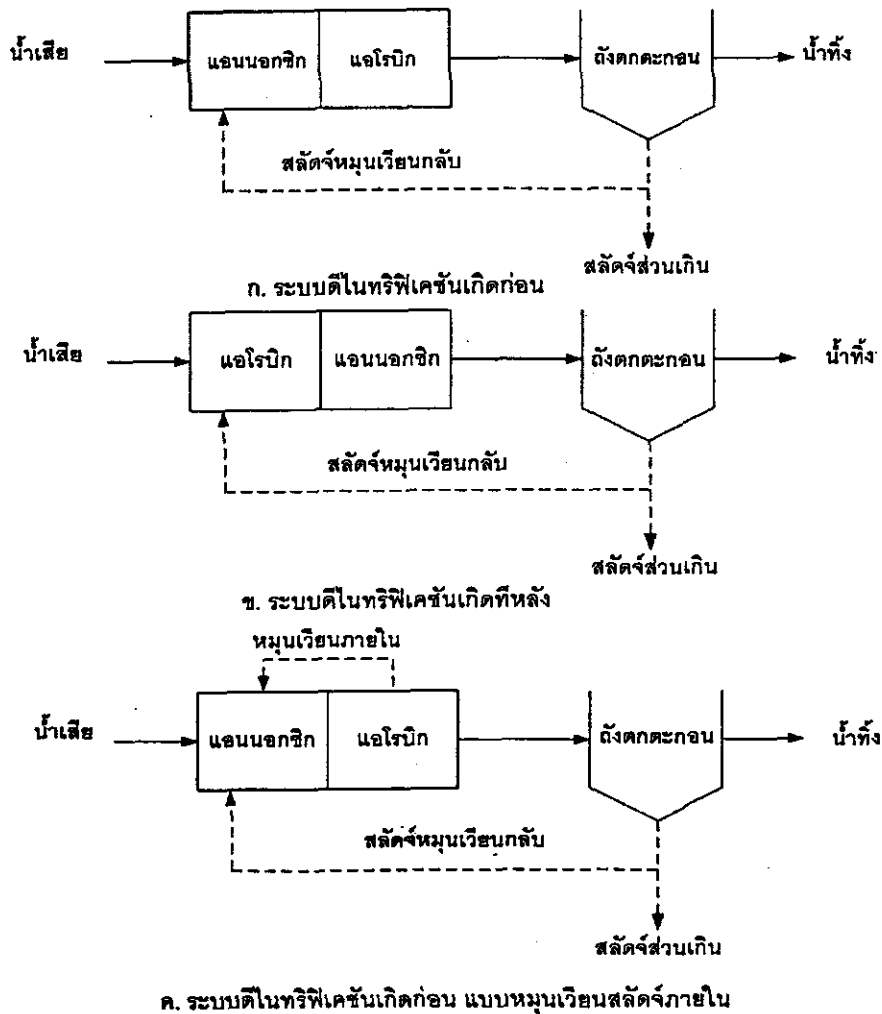
ง. สารพิษ สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์หลายชนิดแสดงความเป็นพิษและขัดขวางการเจริญเติบโตของไนทรีฟายเออร์ เช่น แอมโมเนียอิสระ กรดไนตริกอิสระ

จ. ปริมาณออกซิเจนละลายที่เหมาะสมคือ 2-3 มก./ล.

2. **ปฏิกริยาดีไนทรีฟิเคชัน**

ก. สภาพแอนแอโรบิกที่เหมาะสม ควรมีค่าออกซิเดชัน - รีดักชันโพเทนเชียล (ORP) ประมาณ -200 ถึง -300 มิลลิโวลท์

ข. มีปริมาณสารอินทรีย์เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม สารอินทรีย์คาร์บอนอาจมาจากภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์ ได้แก่ บีโอดีที่มีอยู่ในน้ำเสีย หรือสารเคมีที่เติมลงไป เช่น เมทานอล กรดอะเซติก ในกรณีที่ไม่มีแหล่งคาร์บอนภายนอกเซลล์ ดีไนทรีฟิเคชันอาจยังเกิดขึ้นได้โดยใช้แหล่งคาร์บอนภายนอกเซลล์จุลินทรีย์



รูปที่ 8.3 ระบบกำจัดไนโตรเจนแบบแยกเชื้อผสม

ที่มา : มั่นสิน ดัชนีกุลเวศน์, 2542(6)

8.2 การกำจัดฟอสฟอรัส

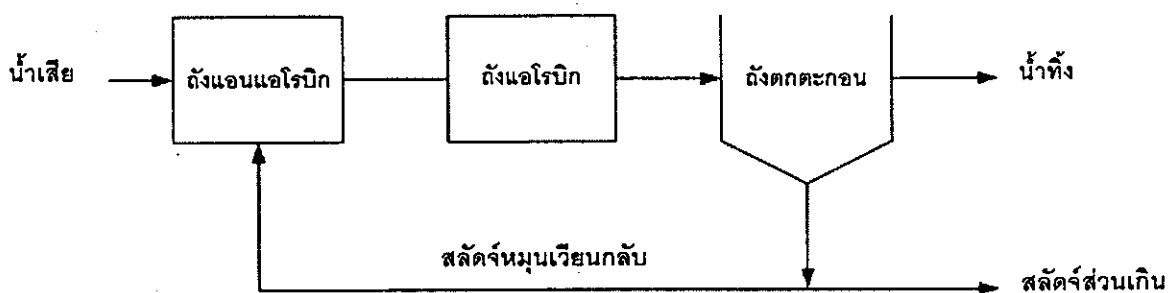
ฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนประกอบด้วยสารประกอบออร์โทฟอสเฟตและโพลีฟอสเฟต รวมกันประมาณร้อยละ 70 - 90 ฟอสฟอรัสที่เหลือจะรวมอยู่กับสารอินทรีย์ในรูปต่างๆ การกำจัดฟอสฟอรัสสามารถทำได้โดยวิธีชีวภาพ หรือวิธีเคมี อย่างไรก็ตามเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเซลล์สิ่งมีชีวิตจะมีปริมาณร้อยละ 1.5 - 2 ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียโดยระบบเอเอสจะสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้เพียง 1/100 ของบีโอดีที่กำจัดได้ ดังนั้นการกำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพโดยปกติจะเกิดขึ้นน้อย และต้องใช้วิธีการทางเคมีได้แก่ ปฏิกริยาตกผลึก ปฏิกริยาโคแอกกูเลชัน และการดูดซับโดยสารเคมีที่สามารถใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัส ได้แก่ สารส้ม เกลือของเหล็ก และปูนขาว

การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

การเลี้ยงเชื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนตามด้วยถังแบบใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการคัดพันธ์แบคทีเรียชนิดพิเศษ ที่สามารถจับฟอสฟอรัสได้มากกว่าปริมาณที่เซลล์ต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ลักษณะนี้เรียกว่า การจับใช้ฟอสฟอรัสแบบฟุ่มเฟือย (Luxury Phosphorus Uptake) ซึ่งแบคทีเรียชนิดพิเศษนี้สามารถจับฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 4-12 หรือมากกว่าระบบธรรมดา 2.5 - 4 เท่า กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพที่อาศัยปฏิกริยาจึงใช้แบบฟุ่มเฟือย ได้แก่ กระบวนการโพร็ดอกซ์ (10) กระบวนการฟอสทริป (Phostrip Process) และกระบวนการเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR)

1. กระบวนการโพร็ดอกซ์

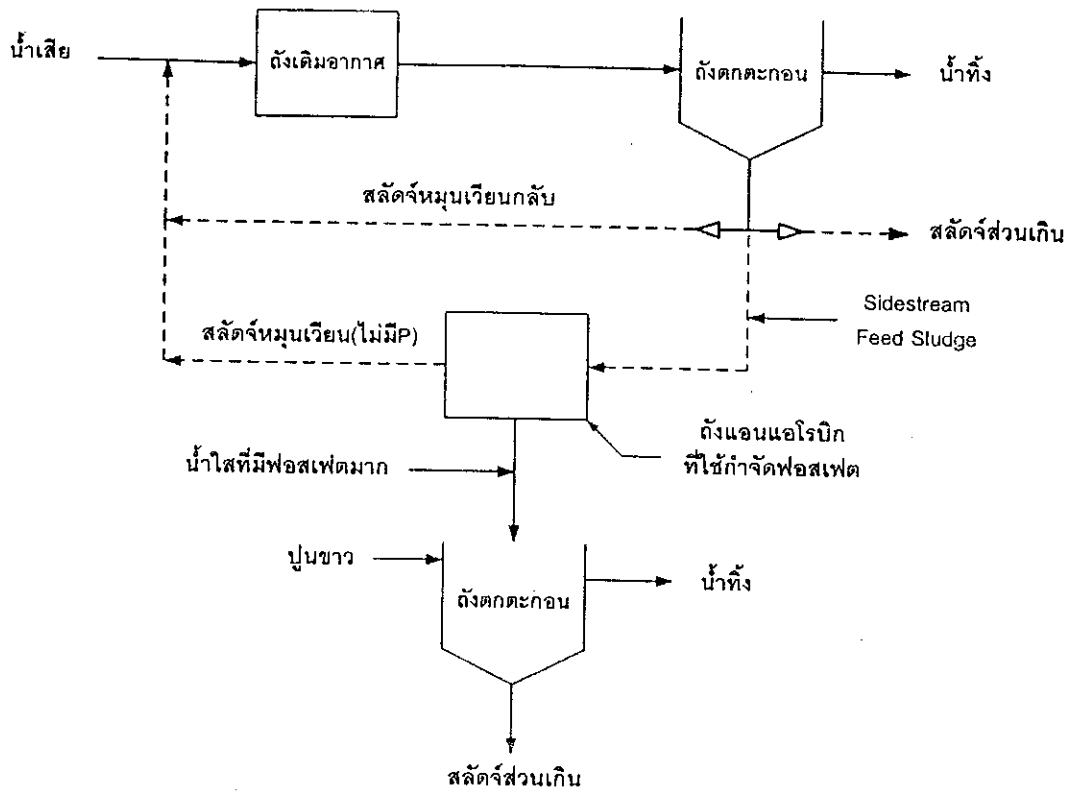
ประกอบด้วยถังเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ ถังแอนแอโรบิก (Anaerobic Tank) และถังแอโรบิก (Aerobic Tank) โดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายถังระบบเอเอสที่มีถังแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น (รูปที่ 8.4) กระบวนการนี้จะมีประสิทธิภาพดีถ้าไม่มีปฏิกริยาไนทริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังแอโรบิก คือไม่ควรมีไนเตรดในถังแอนแอโรบิก



รูปที่ 8.4 กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสแบบโพร็ดอกซ์

2. กระบวนการฟอสทริป

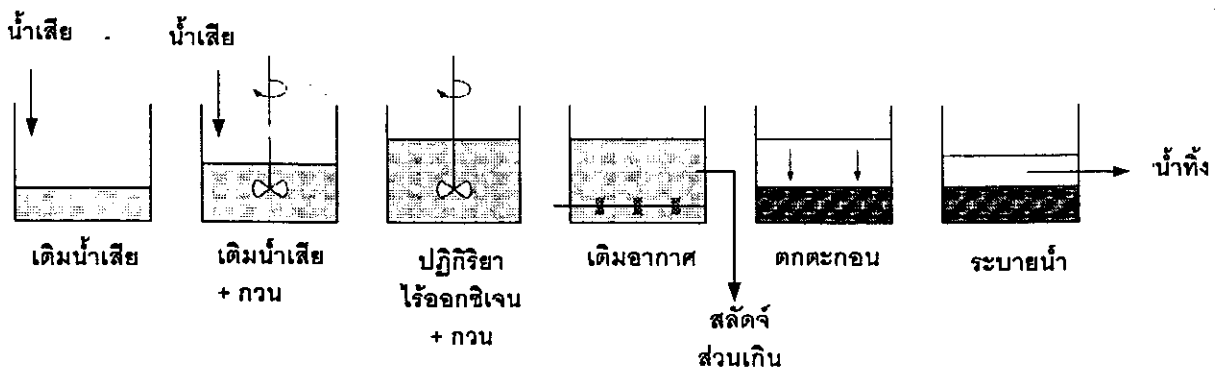
เป็นกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสโดยอาศัยกระบวนการทางเคมี ได้แก่ กระบวนการโคแอกกูเลชัน และการตกผลึกเข้ามาเสริม โดยสลัดจ์จากถังตกตะกอนชั้นที่สองที่จะถูกส่งกลับไปยังถังเดิมอากาศจะถูกส่งไปเข้าถังแอนแอโรบิกก่อนเพื่อให้เกิดการคายฟอสฟอรัส สลัดจ์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยจะถูกส่งกลับไปเข้าถังเดิมอากาศ และฟอสฟอรัสที่แยกออกมาได้จะนำไปบำบัดด้วยวิธีทางเคมี เช่น โคแอกกูเลชัน และตกผลึก (รูปที่ 8.5)



รูปที่ 8.5 กระบวนการฟอสฟอริป
ที่มา : มั่นสิน ตันกุลเวศน์, 2542(6)

3. กระบวนการเอสบีอาร์

สามารถนำมาใช้กำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีจับใช้แบบฟุ่มเฟือยได้ โดยใช้ถังเอสบีอาร์ทำหน้าที่เป็นทั้งถังไร้ออกซิเจนและถังเติมอากาศ (รูปที่ 8.6) การคายฟอสฟอรัสและกำจัดบีโอดีเกิดขึ้นในช่วงไร้ออกซิเจน ตามด้วยการจับฟอสฟอรัส ออกซิเจนของบีโอดีและไนทรีไฟเคชันในช่วงเติมอากาศ เนื่องจากปฏิกิริยาไนทรีไฟเคชันที่เกิดขึ้น การเริ่มวัฏจักรใหม่ของระบบเอสบีอาร์จึงต้องเริ่มด้วยปฏิกิริยาดีไนทรีไฟเคชัน ในช่วงแอนน็อกซิกก่อน การกำจัดฟอสฟอรัส เพื่อให้การกำจัดฟอสฟอรัสได้ผลดี



รูปที่ 8.6 กระบวนการเอสบีอาร์กำจัดฟอสฟอรัส

การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยวิธีชีวภาพ

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยทั่วไปจะสามารถกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้บ้าง โดยแบคทีเรียจะใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโต ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยเฉพาะระบบเอเอส ให้สามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้มากขึ้น เช่นอาจมีการเติมสารเคมี หรือใช้ถังกรองน้ำเข้ามาเสริม ปฏิกริยาชีวเคมีที่สำคัญในการกำจัดไนโตรเจน ได้แก่ ในทริฟิเคชัน และดีไนทริฟิเคชัน ส่วนการกำจัดฟอสฟอรัสนั้นเกิดขึ้นได้ 2 วิธีคือ วิธีชีวภาพโดยอาศัยกลไกจับใช้ฟอสฟอรัสแบบฟุ่มเฟือย และวิธีเคมี ตัวอย่างของกระบวนการต่างๆ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสพร้อมๆ กับการกำจัดบีโอดี คือกระบวนการบาร์เดนโฟแบบดัดแปร (Modified Bardenpho Process) กระบวนการโฟรีดอกซ์แบบสามขั้นตอน กระบวนการยูซีที (UCT Process) กระบวนการยูซีทีแบบดัดแปร (Modified UCT Process) เป็นต้น

8.3 การบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่ว

ตะกั่วธาตุทรานซิชัน (Transition) ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เป็นโลหะหนักที่มีความอ่อนตัว สามารถ ดัด รีด หรือตีได้ง่าย เนี่ยต่อปฏิกริยาเคมี ทนทานต่อการกัดกร่อน สามารถนำมาผสมกับโลหะต่างๆ ได้หลายชนิด มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง อุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยตะกั่ว และโลหะหนักต่าง ได้แก่ อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมชุบโลหะ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจะใช้วิธีการทางเคมีในการเปลี่ยนสารละลายของตะกั่วให้อยู่ในรูปของสารประกอบตะกั่วที่ไม่ละลายน้ำโดยการเติมสารเคมี เช่น ปูนขาว หรือโซดาไฟ เพื่อให้เกิดการตกตะกอนผลึกในรูปของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ($Pb(OH)_2$) โซดาแอซ เพื่อให้เกิดการตกตะกอนผลึกในรูปของตะกั่วคาร์บอเนต ($PbCO_3$) และฟอสเฟตเพื่อให้เกิดการตกตะกอนผลึกในรูปตะกั่วฟอสเฟต ($Pb_3(PO_4)_2$) นอกจากการตกผลึกทางเคมีแล้ว การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสามารถใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มหรือสารประกอบเหล็ก การแลกเปลี่ยนไอออน และการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

8.4 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม

โครเมียมเป็นสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการชุบโลหะและอุตสาหกรรมการพิมพ์ สารประกอบโครเมียมที่พบในธรรมชาติมักปรากฏในรูปโครเมียมที่มีประจุ $3+$ และ $6+$ คือ ไทรวาเลนซ์โครเมียม และเฮกซะวาเลนซ์โครเมียม ตามลำดับ โครเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำเสียมักอยู่ในรูปเฮกซะวาเลนซ์โครเมียม และเกิดเป็นสารประกอบร่วมกับออกซิเจนในรูปของโครเมตไอออน (CrO_4^{2-}) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้สูง การกำจัดเฮกซะวาเลนซ์โครเมียมสามารถใช้วิธีการทางเคมีโดยการเติมสารเคมี เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) หรือเกลือซัลไฟต์ในรูปต่างๆ ที่ระดับค่าพีเอชประมาณ 2 เพื่อทำปฏิกริยารีดักชันทำให้ Cr^{6+} กลายเป็น Cr^{3+} โครเมียมที่อยู่ในรูป Cr^{3+} สามารถสร้างตะกอนผลึกในรูป $Cr(OH)_3$ ได้โดยการเติมโซดาไฟ หรือปูนขาวเพื่อปรับค่าพีเอชให้ได้ประมาณ 8-9 ซึ่งเป็นช่วงที่โครเมียมละลายน้ำได้น้อยที่สุด นอกจากนี้วิธีการทางเคมีโดยอาศัยปฏิกริยารีดักชันแล้ว การกำจัดเฮกซะวาเลนซ์โครเมียมสามารถใช้กระบวนการการแลกเปลี่ยนไอออน และกระบวนการดูดซับโดยใช้ตัวกลางโลหะออกไซด์

8.5 การบำบัดน้ำเสียที่มีปรอท

ปรอท (Mercury) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ในการผลิตสารฆ่าแมลงหรือสารอินทรีย์เคมีต่างๆ ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตถ่านไฟฉาย ปรอทเป็นโลหะที่เป็นของเหลวระเหยง่ายสามารถละลายได้ในกรดไนตริก (HNO_3) แต่ไม่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) นอกจากนี้ปรอทยังเป็นโลหะผสม (Amalgum) กับทองคำ เงิน ทองแดง สังกะสี แคดเมียม และอื่นๆ จากสมบัตินี้จึงทำให้ปรอทมีการนำใช้เป็นขั้วลบในอุตสาหกรรมการผลิต NaOH (Electrolyzed Soda) สารประกอบของปรอทถูกรีดิวซ์ได้ง่าย และจะกลายเป็นโลหะปรอท เกลือ Hg^+ จะสามารถละลายน้ำได้ดีกว่า เกลือของ Hg^{2+} ซึ่งสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ได้ดีจึงเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ง่าย สารประกอบอินทรีย์ของปรอทเป็นสารประกอบที่มีการสร้างพันธะระหว่างปรอท (Hg) กับคาร์บอนอะตอม (C) โดยตรง เป็นที่ทราบกันดีในชื่อของเมทิลเมอร์คิวรี (Methyl-Hg) เอทิลเมอร์คิวรี (Ethyl-Hg) หรือฟีนอลเมอร์คิวรี (Phenyl-Hg) ซึ่งทุกชนิดเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสามารถสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้ดี ทำให้เกิดโรคมินามาตะ (Mina Mata Disease) วิธีที่นิยม ใช้กำจัดปรอทมีหลายวิธี

1. การตกตะกอนให้อยู่ในรูปสารประกอบซัลไฟด์ ไอออนของโลหะหนักจะทำปฏิกิริยากับเกลือไอออนของซัลไฟด์ได้เป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ
2. การดูดซับแอกติเวเตดคาร์บอน อาจใช้หลังจากที่มีการบำบัดตกตะกอนแล้ว ก็คือก่อนอื่นควรมีการกำจัดสารแขวนลอยหรืออนุภาคคอลลอยด์ของสารประกอบปรอทไม่ละลายน้ำจากนั้นปรับค่า พีเอชเป็น 2-6 จากนั้นเติมคลอรีนให้อยู่ในสภาพออกซิเดชัน เพื่อให้ปรอทที่อยู่ในรูปคอลลอยด์นั้นกลายเป็นไอออน จึงจะทำการดูดซับได้ดีกว่า
3. การบำบัดน้ำเสียซึ่งมีสารประกอบอินทรีย์ของปรอท (Organic Mercury) ได้มีการศึกษาในหลายวิธี เช่น วิธีการดูดซับ การรีดักชัน ปะการออกซิเดชัน ซึ่งวิธีออกซิเดชันนับว่าเป็นวิธีที่สมบูรณ์และได้ผลดี คือ ให้สารอินทรีย์ของปรอทอยู่ในรูปของคลอไรด์ โดยใช้คลอรีน จากนั้นจึงใช้วิธีการตกตะกอนให้อยู่ในรูปของสารประกอบซัลไฟด์ ส่วนการบำบัดน้ำเสียที่มีสารประกอบอนินทรีย์ของปรอท (Inorganic Mercury) นิยมใช้สารจับโลหะหนักพวกซัลเฟอร์ วิธีการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์วิธีการแลกเปลี่ยนไอออนและวิธีการออกซิเดชัน-รีดักชัน

8.6 การบำบัดน้ำเสียที่มีสารหนู

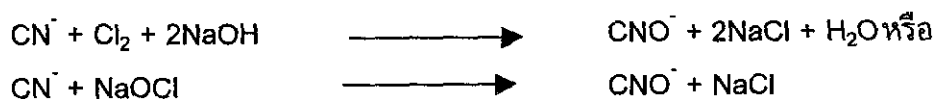
สารหนู (Arsenic) มีสมบัติเป็นทั้งโลหะและอโลหะ มักพบในรูปธาตุหรือโลหะ (Element หรือ Arsenic) และในรูปของสารประกอบ (Arsenic Compounds) ทั้งสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic Arsenic) และสารประกอบอินทรีย์ (Organic Arsenic) ซึ่งสารประกอบอนินทรีย์ที่พบมากจะมีอยู่ 2 รูป คือ อนุมูลประจุ $3+$ หรือ อาร์ซิไนต์ (Arsenite) และ $5+$ หรืออาร์ซิเนต (Arsenate) ในทางอุตสาหกรรมจะใช้สารหนูในรูปของแข็ง (Metallic Arsenic) ผสมกับโลหะอื่น เช่น ตะกั่ว ทองแดง เป็นโลหะอัลลอยด์เพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อน ใช้เป็นวัสดุกึ่งตัวนำ (Semi-Conductor) ในเครื่องมือทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ และโซลาร์แบตเตอรี่ ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว และเซรามิก เพื่อขจัดสีออกจากแก้ว ทำให้เนื้อแก้วใส ใช้ในอุตสาหกรรมกระจกเงา ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง เพื่อรักษาสภาพหนัง และอุตสาหกรรมยารักษาโรค ในแหล่งน้ำจะพบสารหนูในรูปสารประกอบอนินทรีย์ซึ่งในน้ำที่มีออกซิเจนมักพบสารหนูในรูปของอาร์ซิเนต เป็นส่วนใหญ่ โดยอยู่ในรูปประจุลบ (Anionic) ของ $\text{H}^2\text{AsO}^{4-}$ HAsO_4^{3-} และ AsO_4^{3-} ส่วนในน้ำที่มี

ออกซิเจนน้อย เช่น ในบ่อน้ำบาดาล มักพบสารหนูในรูปของอาร์ซีไนต์โดยอยู่ในรูปไม่มีประจุ (Nonionic H_3AsO_3) และในรูปประจุลบ (Anionic $H_2As_3^-$) วิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดสารหนูมีหลายวิธี เช่น วิธีดูดซับ ร่วมกับการตกตะกอน (Adsorption-Coprecipitation) โดยใช้ปูนขาว สารส้ม และเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) การดูดซับด้วยแอกติเวเตดอลูมินา (Activated Alumina) หรือถ่านกัมมันต์ การแลกเปลี่ยนไอออน และวิธีการ อาร์โอ (Reverse Osmosis)

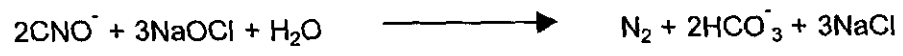
8.7 การบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนต์

น้ำเสียจากการชุบโลหะด้วยสังกะสี แคดเมียม ทองแดง มักเป็นด่างและมีไซยาไนต์ปนอยู่ วิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดไซยาไนต์ ได้แก่ วิธีอัลคาไลคลอรีเนชัน (Alkaline Chlorination) ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชันประเภทหนึ่ง โดยใช้สารเคมี 2 ชนิด คือ โซดาไฟ และคลอรีน หรือสารประกอบคลอรีนต่างๆ วิธีการนี้มี 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ในสภาวะที่เป็นด่าง (ค่าพีเอชประมาณ 9-10) คลอรีนจะออกซิไดซ์ไซยาไนต์ (CN^-) ให้เป็นไซยาเนต (CNO^-)



ขั้นตอนที่ 2 ที่ค่าพีเอชประมาณ 7-8 CNO^- จะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยการเติมคลอรีนหรือไฮโปคลอไรต์



บทที่ 9

การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณน้ำที่ใช้ ดังนั้นก่อนที่จะพิจารณานำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ควรมีการตรวจสอบสภาพการใช้น้ำในปัจจุบัน และวางแผนการใช้น้ำให้ประหยัดและเหมาะสม โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปริมาณน้ำที่ใช้และคุณภาพน้ำที่ใช้แล้ว พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ หรือนำน้ำที่ใช้แล้วไปใช้ในขั้นตอนอื่นๆ เลือกวิธีการบำบัดที่เหมาะสมโดยในการพิจารณาต้องคำนึงถึงความประหยัดและเหมาะสมโดยภาพรวมทั้งหมด เช่น เรื่องการใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนอื่นๆ

9.1 คำจำกัดความสำคัญที่เกี่ยวข้อง

Wastewater Reclamation – ระบบบำบัดน้ำเสียหรือกระบวนการที่ปรับสภาพน้ำเสียให้อยู่ในลักษณะที่จะนำไปใช้ได้ โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนในสหรัฐอเมริกานิยมใช้ชื่อว่า Wastewater Reclamation Plant แทน Waterwater Treatment Plant

Wastewater Reuse, Water Reuse – การนำน้ำทิ้งไปใช้ซึ่งรวมระบบส่งน้ำทิ้ง การเก็บกักในอ่างเก็บน้ำก่อนนำไปใช้งาน

Wastewater Recycling, Water Recycling – การนำน้ำหมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่เพียงจุดเดียว โดยทั่วไปหมายถึงที่จุดเกิดน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ

Direct Reuse – การนำน้ำทิ้งไปใช้โดยตรง เช่น รดสนามกอล์ฟ ฯลฯ

Indirect Reuse – การนำน้ำทิ้งไปใช้ทางอ้อม โดยระบายลงเจือจางกับน้ำธรรมชาติก่อน เช่น เทศบาลเมือง เทศบาลนครต่างๆ ริมฝั่งแม่น้ำสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยา (ปิง วัง ยม น่าน) ระบายน้ำทิ้งหรือน้ำเสียลงสู่แม่น้ำสาขา และการประปานครหลวงสูบน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยามาผลิตน้ำประปา เป็นต้น

9.2 การบำบัดน้ำเสียเพื่อรวบรวมน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์

แนวคิดของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์เกิดขึ้นเนื่องจาก ปริมาณน้ำใช้ที่มีจำกัดและไม่เพียงพอ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ถูกนำมาใช้ใหม่ (reuse) ในหลายๆ ประเทศที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ อาทิ ออสเตรเลีย เม็กซิโก ซาอุดีอาระเบีย สหรัฐอเมริกา ฯลฯ ในอนาคตการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์อาจมีความจำเป็นสูงขึ้นเนื่องมาจากมาตรการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งที่มีแนวโน้มที่จะเข้มงวดมากขึ้น และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียที่สูงขึ้น การนำน้ำเสียมาใช้ใหม่จะต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้านประกอบเช่นเดียวกับโครงการทางสาธารณูปโภคพื้นฐาน (Infrastructure project) เช่น ค่าก่อสร้าง ค่าเดินระบบ ค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ฯลฯ

น้ำที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียนั้นไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพดีเท่ากับน้ำประปาหรือน้ำที่ยังไม่ได้ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การบำบัดขั้นสูง เพียงแค่บำบัดให้ได้คุณภาพตามวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ บางครั้งน้ำที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัด โดยปกติถ้าวัตถุประสงค์ของการนำน้ำกลับมาใช้ และจำนวนครั้งการหมุนเวียนเพิ่มขึ้น วิธีการบำบัดจะซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับไปด้วยการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่หรือหมุนเวียน โดยทั่วไปจะเป็นการแยกสารที่ปนเปื้อนในน้ำ

ในรูปของแข็ง โดยวิธีการตกตะกอนทางเคมี การบำบัดทางชีวภาพ การกรอง การกำจัดเกลืออนินทรีย์และ สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้จะเกิดขึ้นน้อยและจะเกิดการสะสมเมื่อนำน้ำมาใช้ซ้ำหลายๆครั้ง ทำให้คุณภาพ ของน้ำด้อยลงตามลำดับ จนในที่สุดจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย ถูกนำมาใช้ใหม่ในกิจกรรมหลักๆ ได้แก่ การเกษตรกรรม การเติมลงใต้ดินเพื่อเพิ่มน้ำบาด การอุตสาหกรรม การพักผ่อนหย่อนใจและอื่นๆ

9.2.1 การใช้น้ำทิ้งในการเกษตร

เป็นการใช้น้ำทิ้งที่เหมาะสมกับภูมิภาคที่ขาดแคลนแหล่งน้ำชลประทาน เช่น บางจังหวัดใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ถ้าระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ใกล้พื้นที่เกษตรกรรมจะมีความเหมาะสมที่ สุด การใช้น้ำทิ้งในการเกษตรมีการดำเนินงานในต่างประเทศมาเป็นเวลานานแล้ว เช่น

- ประเทศออสเตรเลีย โครงการ Werribee Farm อยู่ห่างจากเมืองเมลเบิร์น 35 กิโลเมตร รวมน้ำทิ้ง และน้ำเสียจากเทศบาลต่างๆ 50 แห่ง ปริมาณ 440,000 ลบ.ม./วัน ทำการบำบัดแบบบ่อผึ่ง และ Overland Flow น้ำเหล่านี้จะใช้ในการปลูกหญ้าเพื่อเลี้ยงวัวและแกะ

- ประเทศซาอุดีอาระเบีย น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเมืองรียาด ปริมาณ 340,000 ลบ.ม./วัน ได้ต่อท่อส่งน้ำความยาว 32-55 กิโลเมตร ไปยังพื้นที่การเกษตร 3 แห่ง โดยมีอ่างเก็บ น้ำก่อนส่งใช้งาน

- ประเทศเม็กซิโก ใช้น้ำทิ้งจากเมืองเม็กซิโกซิตีปริมาณ 3,800,000 ลบ.ม./วัน ซึ่งผ่านการ บำบัดขั้นต้นด้วยการเติมสารเคมีตกตะกอนน้ำเสีย นำไปใช้ในการเกษตร พื้นที่ประมาณ 560,000 ไร่ ที่หุบเขา Mezquital ปลูกข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ถั่ว ฯลฯ

ข้อพิจารณาการวางแผนการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตร

ในการวางแผนการใช้น้ำทิ้งมีประเด็นที่ควรพิจารณาดังนี้

1. การบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติม

การใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตร ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองที่มีอยู่ตามโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำปัจจุบัน ถือว่าพอเพียง ไม่มีความจำเป็นต้องบำบัดเพิ่มเติมก่อนใช้ในการเกษตร

2. ระบบระบายน้ำทิ้งสำรอง

ในทางปฏิบัติ การเกษตรจะมีบางช่วงที่ต้องการน้ำทิ้งปริมาณน้อยลง เช่น ในช่วงฝนตกหนัก ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องมีท่อ/รางเปิดระบายน้ำทิ้งสำรองลงสู่แหล่งน้ำด้วยในช่วงที่ความต้องการใช้น้ำทิ้งมีน้อย

3. ระบบชลประทานเดิม

ในพื้นที่มีระบบชลประทานอยู่ก่อนหรือไม่ ถ้ามี การลงทุนจะต่ำมาก เพียงวางท่อเมนหรือรางเปิด ไปยังคลองชลประทานเท่านั้น ทั้งนี้อาจต้องบำบัดให้ได้มาตรฐานของกรมชลประทานและดำเนินการขออนุญาตก่อน แต่ถ้าไม่มีระบบชลประทานเดิมอยู่ในพื้นที่ จะต้องวางแผนการส่งน้ำไปจนถึงแปลงเกษตรกรรมด้วย ในกรณีส่งน้ำด้วยการสูบน้ำจะต้องวางแผนว่าจำเป็นต้องมีอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ด้วยหรือไม่ รวมทั้งวิธีการบริหารจัดการโครงการซึ่งอาจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ได้รับผลประโยชน์ เช่น องค์กรบริหาร ส่วนตำบล (อบต.) เป็นผู้บริหารจัดการ

4. สารอาหารในน้ำ

จากผลการวิจัยโครงการ “ การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม ” โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ สถาบันวิจัยสังคม) ในช่วงเดือนตุลาคม 2542 – มีนาคม 2545 ได้ใช้น้ำรดหลายชนิดคือ น้ำเสีย (RW) น้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นต้นด้วยการตกตะกอน (AS) น้ำทิ้งจากการบำบัดโดยระบบบ่อเติมอากาศ (AL) น้ำบาดาล (GW) และน้ำคลองชลประทาน (IW) เพื่อเพาะปลูกพืชหลายชนิด พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มน้ำตามปริมาณสารอาหารในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีในน้ำได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มน้ำธรรมชาติ (IW, GW) ซึ่งถือว่ามีสารอาหารระดับต่ำมาก และกลุ่มน้ำทิ้ง(RW, PE, AS, AL) ซึ่งมีความแตกต่างของสารอาหารขึ้นกับชนิดน้ำ

5. ปริมาณและความสม่ำเสมอของปริมาณ

น้ำทิ้งมีความสม่ำเสมอในเชิงปริมาณ เนื่องจากประชาชนใช้น้ำประปาและระบายน้ำเสียออกมาทุกวัน แนวโน้มปริมาณน้ำทิ้งจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรในเขตเทศบาล การใช้น้ำทิ้งเพาะปลูกพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง เช่น ผักคะน้า ฯลฯ จึงลดความเสี่ยงของการขาดน้ำรดไปได้

อย่างไรก็ดี ในระบบบำบัดน้ำเสียนขนาดเล็กบางแห่ง น้ำทิ้งมีปริมาณน้อย จึงครอบคลุมพื้นที่การเกษตรได้ค่อนข้างจำกัด ตัวอย่างเช่น การปลูกผักคะน้าต้องการน้ำประมาณ 350 ลบ.ม./ไร่-crop ในเวลาประมาณ 35 วัน คิดเป็นความต้องการน้ำเฉลี่ยประมาณ 10 ลบ.ม./ไร่-วัน ถ้าระบบบำบัดน้ำเสียมีน้ำทิ้งวันละ 3,000 ลบ.ม./วัน จะมีพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งเพียง 300 ไร่ เท่านั้น

6. ความปลอดภัยของผลผลิตและการเจริญเติบโต

จากผลการวิจัยในโครงการ “การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม” พบว่า ผลผลิตที่ได้จากการใช้น้ำ AL และ AS เพาะปลูกมีความปลอดภัยสูง ผลผลิตมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก (พิจารณาโลหะหนัก 4 ชนิด ที่มีโอกาสปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารคือ แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง) พยาธิและแบคทีเรีย ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงอย่างมากจากการเพาะปลูกเป็นเวลา 2 ปีต่อเนื่องพบว่า ระดับการปนเปื้อนไม่ได้สะสมเพิ่มขึ้นและไม่ได้แตกต่างจากการปนเปื้อนในผลผลิตที่ปลูกโดยใช้น้ำธรรมชาติ คือ น้ำคลองชลประทาน (IW) และน้ำบาดาล (GW) แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของพืช (ข้าวและผัก) ไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแปลงที่รดโดยน้ำ AL หรือน้ำธรรมชาติ โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่าการใช้น้ำทิ้งในการเกษตร ผลผลิตมีการเจริญเติบโตตามปกติเหมือนการใช้น้ำตามธรรมชาติอื่นๆ

7. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการเกษตรที่สำคัญคือ การแพร่กระจายของสารเคมีการเกษตร (ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย) ทั้งต่อดิน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ดังนั้นเมื่อเทียบกับการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติกับการส่งน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเข้าพื้นที่การเกษตรกรรม และมีการทำการเกษตรอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี กรณีหลังย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าอย่างแน่นอน โดยเฉพาะถ้าเกษตรกรใช้สารเคมีทางเกษตรมากเกินไป อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยพบว่า ในกรณีการปลูกข้าวซึ่งไม่มีการระบายน้ำผิวดินออก และมีน้ำซึมในนาตื้นมากเนื่องจากเป็นดินเหนียว คุณภาพน้ำขังในแปลงนาเมื่อรดโดยน้ำทิ้งหรือน้ำธรรมชาติไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสะสมโลหะหนักและธาตุอาหาร (N P K) ในดินก็ไม่ได้แตกต่างกันเมื่อใช้น้ำทิ้งหรือน้ำธรรมชาติ ทั้งนี้การปลูกข้าวให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสุด สำหรับการปลูกผักตามวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติในปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยมากเกินไป และน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกที่

ระดับ 0.3 เมตร จากผิวดิน มีการชะล้างไนเตรด – ไนโตรเจน ออกมาอย่างมากและปนเปื้อนสู่หน้าบ่อต้นในที่สุด จากผลการวิจัยพบว่าแปลงที่รดโดยน้ำทิ้งและน้ำธรรมชาติมีระดับการปนเปื้อนไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะในน้ำซึมหรือการปนเปื้อนในดิน (โลหะหนักและพยาธิ)

อย่างไรก็ตาม แม้จะพบว่าการใช้น้ำทิ้งไม่ได้แตกต่างจากการใช้น้ำธรรมชาติในแง่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในภาพรวมถ้ารัฐมีการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกโดยส่งน้ำชลประทานเข้ามาในพื้นที่ และเกษตรกรใช้สารเคมีการเกษตรมากเกินไป ก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ดังนั้นรัฐจึงควรมีมาตรการอื่นเสริม เช่น การให้ความรู้ในการใช้ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย ฯลฯ ควบคู่ไปกับการส่งน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมด้วย

8. การยอมรับของเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นนี้แม้ผลการวิจัยจะยืนยันว่าไม่เกิดการปนเปื้อนต่อผลผลิตและสิ่งแวดล้อม (ดินและน้ำใต้ดิน) และไม่เกิดผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืช แต่เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ของรัฐบางแห่งก็อาจจะยังลังเลใจที่จะใช้และส่งเสริมการใช้น้ำทิ้ง

9.2.2 การใช้น้ำทิ้งเติมลงใต้ดินเพื่อเพิ่มน้ำบาดาล

วิธีการนี้จะใช้เมื่อมีการสูบน้ำบาดาลไปใช้อุปโภค บริโภค จนปริมาณน้ำบาดาลลดลงและการเติมน้ำใต้ดินตามธรรมชาติมีไม่พอเพียง การใช้น้ำทิ้งเติมลงใต้ดินไม่ว่าในระดับชั้นผิวดินหรือชั้นน้ำบาดาลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มปริมาณน้ำบาดาล วิธีการนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการดำเนินงานแต่มีใช้ในต่างประเทศบางแห่ง เช่น

- ประเทศอิสราเอล โครงการเติมน้ำบาดาลใหญ่ที่สุด คือ Dan Region Wastewater Reclamation Project เติมน้ำบาดาลจากน้ำทิ้ง 189,000 ลบ.ม./วัน

- ประเทศสหรัฐอเมริกา รัฐฟลอริดามีการเติมน้ำบาดาล 114,000 ลบ.ม./วัน และรัฐแคลิฟอร์เนียมีการเติมน้ำบาดาล 170,000 ลบ.ม./วัน โดยทำการบำบัดเพิ่มเติมในระดับ Advanced Treatment ก่อน

วิธีการเติมน้ำบาดาลทำได้หลายแบบ เช่น สูบอัดเข้าใต้ดินโดยตรง (direct injection) ระบายลงในพื้นที่ซึม (surface infiltration) หรือระบายลงพื้นที่ซึมข้างแม่น้ำ (stream infiltration) การดำเนินงานมีข้อพิจารณา ดังนี้

- การสูบอัดเข้าใต้ดินโดยตรง จะต้องบำบัดเพิ่มเติมจนคุณภาพน้ำอยู่ในระดับดีมาก เพราะนิยมเติมในชั้นบาดาลระดับลึก

- ในประเทศไทยมีข้อมูลการเติมน้ำบาดาลจากผิวดินที่คนทำขึ้นน้อยมากและไม่มีการศึกษาวิจัยการเติมน้ำบาดาลจากน้ำทิ้งจึงควรทำการศึกษาวิจัยก่อนใช้งานจริง

9.2.3 การใช้น้ำทิ้งในอุตสาหกรรม

การใช้น้ำทิ้งในอุตสาหกรรมมีการดำเนินงานอยู่ในระดับหนึ่ง แต่เป็นการหมุนเวียนน้ำ (recycling) ในงานอุตสาหกรรมเท่านั้น โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งที่หมุนเวียนน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมหรือจากกระบวนการผลิตเพื่อใช้ในโรงงาน สำหรับการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นยังไม่มีข้อมูลการใช้งาน แต่ในต่างประเทศมีการดำเนินการหลายแห่ง ส่วนใหญ่น้ำทิ้งจะถูกใช้ในกระบวนการหล่อเย็น (cooling water) น้ำดับเพลิง น้ำควบคุม ฝุ่น ฯลฯ ซึ่งไม่ต้องการ

คุณภาพน้ำที่สูงมาก น้ำทิ้งเหล่านี้จะต้องบำบัดเพิ่มเติมโดยการกรองด้วยทรายก่อน ในประเทศไทยมีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนบางแห่งที่อยู่ใกล้เขตอุตสาหกรรม รวมทั้งระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ได้ แต่ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมก่อนดำเนินงาน

ตัวอย่างการนำน้ำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ในอุตสาหกรรม

น้ำหล่อเย็น

ปริมาณน้ำใช้ส่วนใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมหลายๆ ประเภท คือ น้ำหล่อเย็น โดยในระบบหล่อเย็นจะใช้น้ำในการระบายความร้อนจากอุปกรณ์ เครื่องจักรกลต่างๆ หรือผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นน้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะถูกทิ้งให้เย็นลงโดยทิ้งให้สัมผัสกับอากาศภายในหอหล่อเย็น (Cooling Tower) และสามารถนำกลับไปใช้หล่อเย็นอีกครั้ง

ในระบบหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นที่ใช้หอหล่อเย็นนั้น น้ำส่วนใหญ่จะหมุนเวียนอยู่ภายในระบบ น้ำบางส่วนจะสูญเสียไปโดยการระเหยและการรั่วซึม การระเหยของน้ำในระบบทำให้ปริมาณเกลืออนินทรีย์เข้มข้นขึ้น เป็นผลให้โลหะสึกกร่อนและเกิดตะกรันได้ง่าย ดังนั้นจะต้องมีการระบายน้ำที่หมุนเวียนส่วนหนึ่งทิ้งไป แล้วเติมน้ำใหม่ทดแทนเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว

น้ำล้าง

ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมซูปโลหะ และอุตสาหกรรมอาหาร น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นน้ำล้าง โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตจะต้องการน้ำที่มีคุณภาพสูงขึ้นจากวัตถุดิบไปสู่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นน้ำล้างสามารถใช้ได้ในหลายขั้นตอนโดยการใช้ในทิศตรงข้ามกับการผลิตผลิตภัณฑ์ วิธีการล้างย้อนสามารถใช้ในการล้างผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมซูปโลหะ การล้างภาชนะของการผลิตน้ำดื่ม และการบรรจุกระป๋องซึ่งทำให้สามารถลดปริมาณน้ำใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ได้ อุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมการผลิตสารกึ่งตัวนำจะใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์มากในการล้างในแต่ละขั้นตอน น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมดังกล่าวจะมีความบริสุทธิ์มากเมื่อเทียบกับน้ำธรรมชาติ สามารถรวบรวมกลับมา ปรับสภาพโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ และกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

9.2.4 การใช้น้ำทิ้งเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ และอื่นๆ

น้ำทิ้งสามารถใช้เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจและอื่นๆ ได้ อาทิเช่น ใช้เติมในคู คลอง ที่สร้างขึ้นเพื่อพายเรือหรือเสริมสร้างภูมิทัศน์ ใช้รดสนามหญ้า สนามกอล์ฟ ใช้รดต้นไม้ ดอกไม้ เกาะกลางถนน การใช้ในกิจกรรมเหล่านี้ส่วนใหญ่ไม่ต้องการบำบัดเพิ่มเติม แต่ถ้ากิจกรรมที่มีคนลงไปสัมผัสกับน้ำโดยตรง เช่น การว่ายน้ำ การเล่นสกีน้ำ ฯลฯ จะต้องควบคุมให้มีการฆ่าเชื้อที่พอเพียง และกรณีน้ำขังนิ่ง เช่น ในบึงน้ำขนาดใหญ่จะต้องควบคุมสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้อยู่ในระดับต่ำ เพื่อป้องกันการเกิด Eutrophication ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มาตรฐานคุณภาพน้ำและเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย 2543

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ศัพท์บัญญัติและนิยามน้ำเสีย 2540

กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย สรุปเกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน 2546

กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย เทคนิคการบำบัดน้ำเสียบางวิธีการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์และการทดสอบพิษวิทยาสำหรับน้ำทิ้ง 2546

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และ สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ 2545

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ การจัดการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม 2543

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ การบำบัดน้ำเสีย มิตรนราการพิมพ์ 2539

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ วิศวกรรมการจัดน้ำเสีย เล่ม 3 มิตรนราการพิมพ์ 2537

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ สมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย 2544

ธีระ เกรอด วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2539

เพชรพร เขาวกิจเจริญ การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2538

C.P.Leslie Grady, JR. Glen T. Daigger Henry C.Lim BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT Marcel Dekker, Inc. 1999

Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering : Treatment, Disposal & Reuse, 4th edition, McGraw- Hill Book Company, 2000