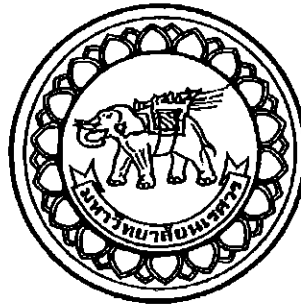




การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษาโรงพยาบาลพุทธชินราช

The study of wastewater treatment efficiency,

Case study; Buddhachinaraj hospital.

นางสาวปฐมา ประสาทเขตการ รหัส 49361041

นางสาวศรีญาพัชร สุยะใหญ่ รหัส 49364851

|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ |                |
| วันที่รับ.....            | 14 / ก.ค. 2553 |
| เลขทะเบียน.....           | 1 5070259 0.2  |
| เลขเรียกหนังสือ.....      | 55.            |
| มหาวิทยาลัยนเรศวร 51451   |                |

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552



## ใบรับรองปริญญาโท

|                   |                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อหัวข้อโครงการ | การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย<br>กรณีศึกษาโรงพยาบาลพุทธชินราช              |
| ผู้ดำเนินโครงการ  | นางสาวปฐมา ประสาทเขตการ รหัส 49361041<br>นางสาวศรีญาพัชร สุยะใหญ่ รหัส 49364851 |
| ที่ปรึกษาโครงการ  | อาจารย์อำพล เตโชวานิชย์                                                         |
| สาขาวิชา          | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม                                                             |
| ภาควิชา           | วิศวกรรมโยธา                                                                    |
| ปีการศึกษา        | 2552                                                                            |

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(อาจารย์อำพล เตโชวานิชย์)

.....กรรมการ  
(ผศ.ดร.ป้างริย์ ทองสนิท)

.....กรรมการ  
(อาจารย์วราภรณ์ วัฒนกุล)

|                   |                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อหัวข้อโครงการ | การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย<br>กรณีศึกษาโรงพยาบาลพุทธชินราช              |
| ผู้ดำเนินโครงการ  | นางสาวปฐมา ประสาทเขตการ รหัส 49361041<br>นางสาวศรีญาพัชร สุยะใหญ่ รหัส 49364851 |
| ที่ปรึกษาโครงการ  | อาจารย์อำพล เตโชวานิชย์                                                         |
| สาขาวิชา          | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม                                                             |
| ภาควิชา           | วิศวกรรมโยธา                                                                    |
| ปีการศึกษา        | 2552                                                                            |

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลพุทธชินราช จังหวัดพิษณุโลกและเทียบค่าน้ำทิ้งกับมาตรฐาน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 2 ครั้งต่อเดือน รวม 4 เดือน โดยเก็บ น้ำเข้าระบบบำบัด น้ำจากบ่อเดิมอากาศ น้ำจากบ่อตกตะกอน น้ำในบ่อเดิมคลอรีน และน้ำทิ้งจากระบบบำบัด มาวิเคราะห์ค่าพีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย ตะกอนจุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำ สารอินทรีย์ระเหยง่าย การตรวจสอบการตกตะกอน ดัชนีปริมาณสลัดจ์ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี บีโอดีต่อซีโอดี ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด เจคาลไนโตรเจน ไนโตรท ไนเตรท

จากการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทิ้งของระบบในรูปพีเอชและทีเคเอ็นส่วนใหญ่ผ่านมาตรฐาน ขณะที่ค่าของแข็งแขวนลอยและบีโอดีบางครั้งไม่ผ่านมาตรฐาน มีประสิทธิภาพในระบบบำบัดของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และทีเคเอ็น เท่ากับร้อยละ 36.3 32.9 31.4 85.4 89.5 90.8 และ 64.4 ตามลำดับ

**Project title** The study of wastewater treatment efficiency,  
Case study; Buddhachinaraj hospital.

**Name** Miss. Patama Prasatkhetkan ID. 49361041  
Miss. Kreeyapat Suyayai ID. 49364851

**Project advisor** Professor AmpolTaechowanich

**Major** Environmental Engineering

**Department** Civil Engineering

**Academic year** 2009

.....

### Abstract

This project was to study the efficiency of wastewater treatment plant in Buddhachinaraj hospital and the effluent quality comparing with effluent standard. The samples were collected 2 times amount within 4 months at influent, aeration tank, sedimentation tank, chlorine contact tank, and effluent. Power of hydrogen ion concentration, Temperature, Suspended Solids, Mixed Liquor Suspended Solids, Total Solids, Total Dissolved Solids, Volatile settleable solids, SV30, Sludge Volume Index, Dissolved oxygen, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, BOD/COD, Total Coliform Bacteria, Total Kjeldahl Nitrogen, Nitrite and Nitrate were analyzed.

It was found that effluent quality in terms of power of hydrogen ion concentration and total Kjeldahl nitrogen usually met the effluent standard, while suspended solids and BOD sometimes failed the requirement. The treatment efficiency of Suspended Solids, Total solids, Biochemical Oxygen Demand, Total Dissolved Solids, Chemical Oxygen Demand and Total Kjeldahl Nitrogen were 36.3 32.9 31.4 85.4 89.5 90.8 and 64.4 percent, respectively.

## กิตติกรรมประกาศ

ตามที่โครงการนี้สำเร็จได้นั้นผู้ดำเนินงานขอขอบคุณ อาจารย์อำพล เตโชวานิชย์ ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อสามารถนำไปใช้ในดำเนินการในแต่ละขั้นตอน การทำโครงการที่ถูกต้อง

ขอขอบคุณฝ่ายปฏิบัติการภาควิชาสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้คำแนะนำทางการปฏิบัติ ทั้งเครื่องมือและวิธีการทดลองที่ถูกต้อง

ขอขอบคุณนายแพทย์ประเสริฐ ชันเงิน ผู้อำนวยการ และคุณบุญรักษ์ นวลศรี นักวิชาการโรงพยาบาล พุทธชินราช พิษณุโลก ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่การเก็บตัวอย่างน้ำพร้อมทั้งคำแนะนำความรู้ และข้อมูลของโรงพยาบาล

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดาที่ให้ความกำลังใจ ตลอดเงินทุนช่วยเหลือ จนกระทั่งทำให้โครงการนี้ เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

น.ส.ปฐมา ประสาทเขตการ

น.ส.ศรียาพัชร สุยะใหญ่

มีนาคม 2553

## สารบัญ

|                                      | หน้า |
|--------------------------------------|------|
| ใบรับรองปริญญาบัตร                   | ก    |
| บทคัดย่อภาษาไทย                      | ข    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                   | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                      | ง    |
| สารบัญ                               | จ    |
| สารบัญตาราง                          | ช    |
| สารบัญรูป                            | ฉ    |
| <br>                                 |      |
| บทที่ 1 บทนำ                         | 1    |
| 1.1 สถานที่เก็บข้อมูล                | 1    |
| 1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ | 1    |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ           | 1    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ        | 2    |
| 1.5 ขอบเขตการทำโครงการ               | 2    |
| 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน              | 2    |
| 1.7 แผนการดำเนินงาน                  | 3    |
| 1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ    | 3    |
| <br>                                 |      |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี              | 4    |
| 2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย           | 4    |
| 2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส    | 17   |
| 2.3 ประเภทของกระบวนการเอเอส          | 36   |
| 2.4 ถึงตกตะกอน                       | 56   |
| 2.5 การฆ่าเชื้อโรค                   | 63   |
| 2.6 กระบวนการบำบัดและกำจัดสัจ        | 71   |

## สารบัญ(ต่อ)

|                                                                   | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ                                         | 99   |
| 3.1 วิธีการทดลอง                                                  | 99   |
| 3.2 จุดเก็บตัวอย่าง                                               | 99   |
| 3.3 วิธีการเก็บน้ำตัวอย่าง                                        | 102  |
| 3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์                                  | 102  |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์                                    | 104  |
| 4.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก                 | 104  |
| 4.2 ผลการทดลอง                                                    | 107  |
| 4.3 ความสามารถในการรองรับอัตราการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน | 133  |
| บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ                                       | 136  |
| 5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบบำบัดกับมาตรฐานน้ำทิ้ง      | 136  |
| 5.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบคลองวนเวียน                       | 137  |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ                                                    | 137  |
| เอกสารอ้างอิง                                                     | 138  |
| ประวัติผู้ดำเนินโครงการ                                           | 139  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                   | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 แผนการดำเนินงาน                                                                        | 3    |
| 2.1 โปรโตคอลที่พบบ่อยๆในระบบเอเอส                                                          | 15   |
| 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ของระบบเอเอส สำหรับน้ำเสียชุมชน                                   | 24   |
| 2.3 ค่าความต้องการออกซิเจนจากคาร์บอนอินทรีย์กับค่าสัดส่วนของปริมาตรถังเดิมอากาศ            | 30   |
| 2.4 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากบ้านเรือนและชุมชนในเขตกรุงเทพมหานครที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม | 54   |
| 2.5 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนแรก                                                              | 62   |
| 2.6 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนที่สอง                                                           | 63   |
| 2.7 ค่ากำหนดการออกแบบถังสัมผัสคลอรีน                                                       | 70   |
| 2.8 ค่าคงที่สำหรับคำนวณกำลังบิดของเครื่องกวาดสลัดจ์ในถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง              | 79   |
| 2.9 ค่ากำหนดการออกแบบถังย่อยแอนแอโรบิก                                                     | 86   |
| 2.10 ลักษณะของเหลวส่วนบนของถังย่อยแอนแอโรบิก                                               | 86   |
| 2.11 ค่ากำหนดการออกแบบถังย่อยแอนแอโรบิก                                                    | 90   |
| 2.12 ลักษณะของของเหลวส่วนบนของถังย่อยสลัดจ์แบบแอโรบิก                                      | 91   |
| 2.13 ค่ากำหนดการออกแบบถังตากสลัดจ์                                                         | 93   |
| 2.14 ธาตุอาหารของปุ๋ยหมักและสลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน                      | 98   |
| 3.1 แสดงพารามิเตอร์ วิธีการวิเคราะห์ เครื่องมือ                                            | 103  |
| 4.1 รายละเอียดของหน่วยบำบัดน้ำเสีย                                                         | 106  |
| 4.2 พีเอช (pH)                                                                             | 107  |
| 4.3 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)                                                              | 109  |
| 4.4 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)                                               | 111  |
| 4.5 ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเดิมอากาศ (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS)                   | 113  |
| 4.6 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS)                                             | 115  |
| 4.7 ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS)                                       | 116  |
| 4.8 ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile settleable solids, VSS)                           | 117  |
| 4.9 ค่าปริมาณสลัดจ์ตกตะกอน (SV30)                                                          | 118  |
| 4.10 ค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index, SVI)                                      | 119  |
| 4.11 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)                                      | 120  |
| 4.12 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)                                            | 122  |



## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                        | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.13 ค่าซีไอดี (Chemical Oxygen Demand , COD)                          | 123  |
| 4.14 ค่าบีไอดีต่อซีไอดี (BOD:COD)                                      | 124  |
| 4.15 ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) | 125  |
| 4.16 ค่าเจดดาห์ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)                 | 126  |
| 4.17 ค่าไนไตรท์ (Nitrite)                                              | 128  |
| 4.18 ค่าไนเตรท (Nitrate)                                               | 130  |
| 5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบบำบัดกับมาตรฐานน้ำทิ้ง           | 133  |
| 5.2 การประเมินผลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบบำบัดกับมาตรฐานน้ำทิ้ง  | 133  |
| 5.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบคลองวนเวียน                            | 134  |



## สารบัญรูป

| รูปที่                                                                                                                   | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 แสดงลักษณะของฟล็อกชีวภาพในถังเติมอากาศ                                                                               | 13   |
| 2.2 แสดงโปรโตชีวที่มีกพบในระบบเอเอส                                                                                      | 14   |
| 2.3 แสดงแบคทีเรียแบบเส้นใยซึ่งทำให้เกิดโรคจนไม่ลงของสลัดจ์ในระบบแอ็กติเวเต็ดสลัดจ์                                       | 16   |
| 2.4 แสดงระบบเอเอส                                                                                                        | 17   |
| 2.5 แสดงชั้นโยกย้ายสารอินทรีย์ผ่านเข้าภายในเซลล์                                                                         | 18   |
| 2.6 แสดงชั้นเกิดฟล็อกในระบบเอเอส                                                                                         | 19   |
| 2.7 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของระบบเอเอส                                                                                | 25   |
| 2.8 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับค่าความเร็วในการตกตะกอน                                                                          | 26   |
| 2.9 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับการกระจายของสลัดจ์                                                                               | 27   |
| 2.10 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับอุณหภูมิของน้ำในระบบ                                                                            | 28   |
| 2.11 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดลง ณ อุณหภูมิ 10, 20, 30 °ซ สำหรับน้ำเสียชุมชน | 30   |
| 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_R/Q$ กับ MLSS และ SVI                                                                    | 32   |
| 2.13 แสดงระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ์                                                                                          | 37   |
| 2.14 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศของระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ์                     | 38   |
| 2.15 แสดงระบบเอเอสแบบไหลตามกัน                                                                                           | 38   |
| 2.16 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศของระบบเอเอสแบบไหลตามกัน                      | 39   |
| 2.17 แสดงระบบเติมอากาศแบบเป็นชั้น                                                                                        | 40   |
| 2.18 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศของระบบเอเอสแบบเป็นชั้น                       | 40   |
| 2.19 แสดงกระบวนการเติมอากาศแบบรีเวอร์ส                                                                                   | 41   |
| 2.20 แสดงระบบปรับเสถียรสัมผัส                                                                                            | 43   |
| 2.21 แสดงเอเอสแบบถังคั่นพันธุ์                                                                                           | 43   |
| 2.22 แสดงการทำงานใน 1 วัฏจักรของระบบเอสบีอาร์                                                                            | 44   |
| 2.23 แสดงระบบเอเอสแบบคลองวนเวียน                                                                                         | 45   |
| 2.24 แสดงระบบบำบัดคลองวนเวียนที่ต้นคลองมีสภาพไร้อากาศ                                                                    | 48   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

|                                                                                                                  | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.25 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลักด์ตลอดความยาวถังเดิมอากาศ<br>ของระบบเดิมอากาศยัดเวลา           | 50   |
| 2.26 แสดงกระบวนการเดิมอากาศแบบอัตราสูง                                                                           | 51   |
| 2.27 แสดงระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ที่ Plum Creek Wastewater Authority,<br>Castle Rock, Colorado, U.S.A. | 52   |
| 2.28 แสดงระบบกรองด้วย Cloth Media Filter ที่ PCWA                                                                | 53   |
| 2.29 แสดงถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า                                                                              | 58   |
| 2.30 แสดงถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมจัตุรัส                                                                             | 59   |
| 2.31 แสดงถังตกตะกอนทรงกลม                                                                                        | 60   |
| 2.32 แสดงถังตกตะกอนที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง                                                                         | 61   |
| 2.33 แสดงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของสารประกอบ HOCl, OCl <sup>-</sup> และ โมโนคลอรามิน                              | 67   |
| 2.34 แสดงกระบวนการและขั้นตอนการบำบัดและกำจัดสลักด์โดยทั่วไป                                                      | 74   |
| 2.35 แสดงภาพตัดของถังทำขึ้นด้วยแรง โน้มถ่วง                                                                      | 77   |
| 2.36 แสดงแผนภาพการไหลของถังทำขึ้นด้วยคิเอเอฟ                                                                     | 80   |
| 2.37 แสดงภาพตัดของถังย่อยแอนแอโรบิกแบบปกติ                                                                       | 83   |
| 2.38 แสดงภาพตัดของถังย่อยแอนแอโรบิกแบบอัตราเร็ว                                                                  | 85   |
| 2.39 แสดงภาพตัดฝากรอบของถังย่อยแอนแอโรบิก                                                                        | 87   |
| 2.40 แสดงลานตากสลักด์                                                                                            | 92   |
| 2.41 แสดงแผนภาพการทำงานของเครื่องสายพานรีดน้ำ                                                                    | 94   |
| 2.42 แสดงตัวอย่างเครื่องอัดกรอง                                                                                  | 96   |
| 3.1 จุดเก็บน้ำที่ 1 ท่อสูบน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย                                                            | 99   |
| 3.2 จุดเก็บน้ำที่ 2 เก็บน้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ (คลองวนเวียน)                                                      | 100  |
| 3.3 จุดเก็บน้ำที่ 3 เก็บน้ำออกจากบ่อตกตะกอน                                                                      | 100  |
| 3.4 จุดเก็บน้ำที่ 4 เก็บน้ำจากท่อเวียนตะกอน                                                                      | 101  |
| 3.5 จุดเก็บน้ำที่ 5 เก็บน้ำในบ่อเดิมคลอรีน                                                                       | 101  |
| 3.6 จุดเก็บน้ำที่ 6 น้ำทิ้งที่ระบายลงคลองสาธารณะ                                                                 | 102  |
| 4.1 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนของโรงพยาบาลพุทธชินราช                                                     | 105  |
| 4.2 ค่าพีเอช (pH)                                                                                                | 108  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

|                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.3 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)                                            | 110  |
| 4.4 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)                             | 112  |
| 4.5 ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเดิมอากาศ (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS) | 114  |
| 4.6 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS)                           | 115  |
| 4.7 ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS)                     | 116  |
| 4.8 สารของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile settleable solids, VSS)         | 117  |
| 4.9 ค่าปริมาณสลัดจ์ตกตะกอน (SV30)                                        | 118  |
| 4.10 ค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index, SVI)                    | 119  |
| 4.11 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)                    | 121  |
| 4.12 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)                          | 122  |
| 4.13 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)                             | 123  |
| 4.14 ค่าบีโอดีต่อซีโอดี (BOD:COD)                                        | 124  |
| 4.15 ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)   | 125  |
| 4.16 ค่าเจคาลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)                     | 127  |
| 4.17 ค่าไนไตรท์ (Nitrite)                                                | 129  |
| 4.18 ค่าไนเตรท (Nitrate)                                                 | 131  |
| 4.19 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์                                        | 132  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 สถานที่เก็บข้อมูล

โรงบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลพุทธชินราช จังหวัดพิษณุโลก

#### 1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากน้ำเสียเป็นน้ำหรือของเหลวที่มีสิ่งเจือปนต่างๆในปริมาณแตกต่างกันได้จนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่ต้องการ และน่ารังเกียจสำหรับคนทั่วไป เป็นมลพิษทางทัศนียภาพและก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมจึงต้องมีการบำบัดน้ำเสียเพื่อทำลายตัวการที่ทำให้เกิดโรคหรือแหล่งแพร่ระบาดของเชื้อโรค เพื่อเปลี่ยนสภาพน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่สามารถนำกลับมาใช้ได้เพื่อไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ ซึ่งความรำคาญที่เกิดขึ้น เช่น กลิ่นของน้ำเสีย หรือสีที่เป็นที่น่ารังเกียจและเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำ โดยการบำบัดน้ำเสียเป็นการปรับปรุงคุณภาพของน้ำให้มีสิ่งเจือปนต่างๆลดลงหรือหมดไป ทำให้น้ำเสียมีลักษณะที่เหมาะสมโดยปริมาตรเท่าเดิมก่อนระบายทิ้ง อีกทั้งน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีการปนเปื้อนของเชื้อ-โรคต่างๆจากขั้นตอนการรักษากิจกรรมต่างๆของโรงพยาบาล เช่น หอพัก โรงอาหาร โรงซักฟอก ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดจากโรงพยาบาล ควรได้รับการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้น้ำที่ออกจากโรงพยาบาลได้เข้าระบบบำบัดแล้วผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานวิธีตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากอาคาร เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโรคสู่ชุมชน รวมทั้งอันตรายจากมลพิษทางน้ำซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยรวมไปถึงสุขภาพจิตของประชากร และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

#### 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.3.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนในระบบแอททิเวเต็ดสลัดจ์
- 1.3.2 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งเทียบกับมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 นิสิตมีความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานและความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนในระบบแยกที่เวเค็ดสลัดจ์
- 1.4.2 นิสิตมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งเทียบกับมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก

## 1.5 ขอบเขตการทำงาน

- 1.5.1 ศึกษาทฤษฎีกระบวนการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน
- 1.5.2 ศึกษารายละเอียดข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย
  - 1.5.2.1 ศึกษาโครงสร้างของระบบ เช่น แผนผังการทำงานของระบบ
  - 1.5.2.2 ศึกษาคำนวณตรวจสอบข้อกำหนดในการออกแบบระบบบำบัด
- 1.5.3 การสำรวจสถานที่ วิเคราะห์และเก็บข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสียโดยเก็บจากจุดเก็บน้ำตัวอย่าง จากน้ำเข้าระบบบำบัด น้ำในบ่อเติมอากาศ น้ำในบ่อตกตะกอน น้ำในบ่อเติมคลอรีนและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด พิจารณาโดยอ้างอิงจากพารามิเตอร์ที่กำหนด คือ พีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย ตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำ สารอินทรีย์ระเหยง่าย การตรวจสอบของการตกตะกอน คำนวณปริมาตรสลัดจ์ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี บีโอดีต่อซีโอดี ปริมาณเบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด เจคาลไนโตรเจน ไนโตรท ไนเตรท และการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.6.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ทฤษฎี หลักการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน
- 1.6.2 กำหนดจุดเก็บน้ำตัวอย่าง
- 1.6.3 กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ โดยอ้างอิงส่วนใหญ่จากมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร
- 1.6.4 ศึกษาขนาดขั้นตอนการทดลองพร้อมทั้งวิเคราะห์น้ำตัวอย่างตามพารามิเตอร์ที่กำหนด
- 1.6.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- 1.6.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน

## 1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

| กิจกรรม                         | 2551 |      |      |      |      |      |      | 2552 |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | ม.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ก. | ก.พ. |
| 1.การศึกษาระบบทำงานของระบบบำบัด |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.ดูสถานที่และขอข้อมูล          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.เก็บน้ำตัวอย่างและทำการทดลอง  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.วิเคราะห์ผลการทดลอง           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5.เขียนโครงการ                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

## 1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.8.1 ค่าอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ 1,500 บาท

1.8.2. ค่าเอกสารและจัดทำเล่มรายงาน 500 บาท

รวมเป็นเงิน 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

#### 2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

##### 2.1.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียทางกายภาพ (Physical properties of wastewater)

###### 2.1.1.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic microorganisms) ในการตรวจวัดจะบ่งชี้ถึงสภาพและประสิทธิภาพของระบบ โดยในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนนี้ค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 1-2 มก./ล. ในการควบคุมบางระบบบำบัดน้ำเสีย อาจควบคุมให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้ต่ำกว่า 1 มก./ล. ก็ได้ เพื่อลดปริมาณเชื้อราซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการในบ่อเติมอากาศลง นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติอีกด้วย ซึ่งต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4 มก./ล. หากต่ำกว่าจะส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำโดยตรง รวมถึงบ่งชี้ว่าปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำนั้นมีค่าสูงหรือต่ำอีกด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะละลายได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น

ก. เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความกดดันอากาศ คือ ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้สูงขึ้น เมื่อความดันอากาศสูงขึ้น

ข. เป็นปฏิภาคกลับกับอุณหภูมิ คือ ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ค. เป็นปฏิภาคกลับกับความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำ คือ ออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลงเมื่อมีการปนเปื้อนเกลือแร่สูงขึ้น

###### 2.1.1.2 ปริมาณของแข็ง (Solids)

ปริมาณของแข็ง หมายถึงสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่ยังคงเหลืออยู่หลังจากที่ระเหยเอาน้ำออกจนหมด สิ่งที่เหลืออยู่หลังจากระเหยน้ำออกไปหมดจะมีทั้งสารอินทรีย์และ สารอนินทรีย์ ซึ่งอาจจะละลายน้ำได้หรือไม่ละลายน้ำก็ได้ ดังนั้นการแบ่งชนิดของของแข็งที่ปนเปื้อนในน้ำเสียอาจจะแบ่งได้ตามลักษณะการละลายได้ ดังนี้

ก. ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Dissolved solids: DS) หมายถึง ส่วนที่ละลายน้ำ และสามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเกลือของสารอนินทรีย์ต่างๆ

ข. ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble solids) หมายถึง ของแข็งส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ตามขนาดและลักษณะสมบัติของการไม่ละลายน้ำ คือ



ข.1 ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) หมายถึงของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ แต่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำ โดยไม่ตกตะกอนจมลงก้นถัง

ข.2 ของแข็งที่เป็นตะกอนหนัก (Settleable solids) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก สามารถตกมารวมกันที่ส่วนกลางของภาชนะได้เมื่อตั้งทิ้งไว้

ในการหาปริมาณของแข็งในน้ำเสียมีความสำคัญมากและสามารถหาได้หลายประเภท ดังนี้

ก. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดที่เหลืออยู่หลังจากระเหยเอาน้ำออกหมดแล้ว เพื่อให้ทราบว่าปริมาณสิ่งสกปรกที่เจือปนในน้ำเสียเท่าไร

ข. ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) หมายถึง ของแข็งส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแต่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งค่าของแข็งแขวนลอยมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติ ตลอดจนใช้ในการออกแบบและเลือกชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียด้วย

ค. ปริมาณของแข็งระเหยได้ (Volatile solids) หมายถึง ค่าของแข็งที่ระเหยได้เมื่อนำไปเผาในอากาศที่อุณหภูมิสูง ( $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ ) ซึ่งค่าของแข็งระเหยได้สามารถบอกถึงปริมาณคร่าวๆ ในน้ำเสีย แบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

ค.1 ของแข็งระเหยทั้งหมด (Total volatile solids) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง ( $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ ) และถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ

ค.2 ของแข็งระเหยแขวนลอย (Volatile suspended solids) หมายถึง ของแข็งแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์ที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง ( $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ ) และถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ

ง. ค่าของแข็งตกตะกอน (Settleable solids) มีความสำคัญมากโดยเฉพาะใช้ในการออกแบบถังตกตะกอนและขนาดของเครื่องสูบ ของแข็งตกตะกอนสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

ง.1 ของแข็งตกตะกอนระเหยได้ (Volatile settleable solids) หมายถึง ของแข็งตกตะกอนที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง ( $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ ) และถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ

ง.2 ของแข็งตกตะกอนไม่ระเหย (Fixed settleable solids) หมายถึง ของแข็งตกตะกอนที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง ( $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ ) แล้วไม่เปลี่ยนสภาพ หรืออาจจะหมายถึงของแข็งส่วนที่เหลือหลังจากเผาที่อุณหภูมิสูง ( $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ )

จ. การตรวจเช็คการตกตะกอนของสลัดจ์ ( $SV_{30}$ ) เป็นค่าปริมาตรของสลัดจ์ที่อ่านได้จากการนำน้ำจากบ่อเติมอากาศมาตกตะกอนใน Imhoff Cone ขนาด 1,000 มล. (1 ลิตร) เป็นระยะเวลา 30 นาที ซึ่งค่าที่ได้จะสามารถนำมาประเมินลักษณะการตกตะกอนของสลัดจ์ได้ว่ามีสภาพอย่างไร โดยเมื่อระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบแบบ Activated Sludge) ทำงานปกติค่า  $SV_{30}$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง 200-300 มล. นอกจากนี้ถ้าสังเกตการตกตะกอนของตะกอนระหว่างทดสอบ ก็สามารถใช้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในเบื้องต้นได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

จ.1 ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้มตะกอนสามารถตกตะกอนได้เร็ว น้ำส่วนบนค่อนข้างใส และปริมาณสลัดจ์ มีค่าระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร จากข้างต้นสรุปได้ว่าระบบทำงานเป็นปกติ

จ.2 ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้มมาก ปริมาณสลัดจ์ มีค่าระหว่าง 300-400 มิลลิลิตร จากข้างต้นสรุปได้ว่าระบบทำงานเป็นปกติ แต่สลัดจ์ภายในบ่อเติมอากาศค่อนข้างมากเกินไปจำเป็นต้องสูบน้ำตะกอนส่วนเกินไปกำจัดให้มากขึ้นเพื่อให้ค่า  $SV_{30}$  อยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร

จ.3 ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้มและตกตะกอนได้เร็ว แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง พบว่ามีสลัดจ์ลอยขึ้นที่ผิวหน้าน้ำ ซึ่งแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีในครีฟิเคชัน ภายในถังตกตะกอนอันเกิดจากการสะสมของสลัดจ์บริเวณก้นถังตกตะกอน จำเป็นต้องสูบน้ำตะกอนส่วนเกินไปกำจัดให้มากขึ้นเพื่อให้ค่า  $SV_{30}$  อยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร

จ.4 ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลและตกตะกอนช้า น้ำส่วนบนมีลักษณะขุ่น ลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากเกินไป หรืออาจเกิดจากระบบการเติมอากาศมีความบกพร่อง จำเป็นจะต้องลดการสูบน้ำสลัดจ์ส่วนเกินไปกำจัดเพื่อเพิ่มปริมาณสลัดจ์ในบ่อเติมอากาศ และให้ตรวจเช็คค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อเติมอากาศว่าเพียงพอหรือไม่ (ค่าปกติอยู่ที่ 1-2 มก./ลิตร)

จ.5 ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลอ่อนและตะกอนตกช้า น้ำส่วนบนมีลักษณะขุ่น ลักษณะดังกล่าวมักพบตอนที่เริ่มมีการเดินระบบใหม่ๆ แต่ถ้าเป็นช่วงปกติแล้ว วัดค่า  $SV_{30}$  ได้ต่ำกว่า 200 มิลลิลิตร อาจเป็นเพราะว่า BOD Loading เข้าระบบมากเกินไป (ตรงนี้ให้ตรวจสอบกับค่าที่ออกแบบไว้)

ฉ. Sludge Volume Index (SVI) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงตะกอนดีหรือไม่ดี ซึ่งเป็นค่าที่ได้รับจากการทดลองหาในห้องปฏิบัติการ หรือในภาคสนามได้ โดยต้องมีขวดวงหรือกระบอกมาตรฐานขนาด 1 ลิตรให้น้ำสลัดจ์ (Mixed Liquor) ที่มาจากถังเติมอากาศมาใส่ลงใน

ขวด รอให้ตกตะกอนประมาณ 30 นาที แล้วจึงอ่านค่าที่ตะกอนได้ตกลงมา คือ ชั้นตะกอนที่แบ่งแยกกันระหว่างชั้นน้ำใสกับชั้นตะกอนที่ตก ซึ่งอ่านค่าเป็น V (มล.ต่อลิตร) แล้วนำตัวอย่างน้ำสลัดจ์นี้มาวิเคราะห์หาค่า MLSS mg/l สามารถคำนวณหาค่า SVI ได้คือ  $SVIเท่ากับ (V, \text{มล./ลิตร}) / (1000 \text{ มก./กรัม}) / (MLSS, \text{มก./ลิตร})$  ซึ่งมีหน่วยเป็น มล.ต่อกรัม โดยปกติ SVI ที่มีการตกตะกอนที่ดีจะมีค่าอยู่ในช่วง 50 – 150 มล./กรัม พบว่าถ้ามีค่า SVI เกิน 200 แสดงว่า การตกตะกอนไม่ดีควรรับทำการแก้ไข

#### 2.1.1.3 กลิ่น (Odor)

กลิ่นของน้ำเสียเกิดขึ้นจาก 2 สาเหตุใหญ่ๆ คือ กลิ่นที่มีอยู่ในน้ำเสียเดิมแต่แรก และกลิ่นที่เกิดหลังจากการกักเก็บน้ำเสียไว้นาน หรือเกิดขึ้นหลังจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียบางประเภท ดังนั้น การกำจัดหรือบำบัดกลิ่นสามารถทำได้ง่ายๆ โดยการเติมออกซิเจนให้กับสารเหล่านั้น (Oxidation reaction) สารที่นิยมใช้กันมากคือ คลอรีน ไฮเปอร์คลอไรด์ เปอร์แมงกานेट นอกจากนี้ อาจใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ในการดูดซับกลิ่นเหล่านั้น

#### 2.1.1.4 สี (Color)

สีของน้ำเสียเกิดได้ 2 กรณี คือ สีของน้ำเสียเองอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนมาแต่แรกในน้ำเสีย เช่น สีของน้ำเสียจากโรงงานทอผ้า ฟอกย้อม เป็นต้น สีที่เกิดขึ้นในน้ำเสียหลังจากการเก็บน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง หรือเกิดขึ้นหลังจากผ่านการบำบัด เช่น ในกรณีระบบบำบัดแบบบ่อฝั่ง (Oxidation pond) ที่อาศัยสาหร่าย (Algae) เป็นตัวให้ออกซิเจนกับบ่อบำบัดน้ำเสีย แต่ตัวสาหร่ายเองจะให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีสีเขียว นอกจากนี้สีของน้ำหรือน้ำเสียอาจเกิดขึ้นจากการย่อยสลายหรือเน่าเสียของสารอินทรีย์ต่างๆ ผลของสีน้ำเสียส่วนใหญ่จะส่งผลกระทบต่อค่าการส่งผ่านของแสงแสงแดงลงได้ทำให้การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดลงเป็นที่น่ารังเกียจ รวมทั้งสีส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ชนิดสารแขวนลอยและสารที่ละลายน้ำ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูงขึ้น การวัดปริมาณหรือความเข้มของสีในน้ำหรือน้ำเสียมีหลายวิธีดังนี้

ก. การวัดโดยหลอดเนสเลอร์ (Nessler tube) นิยมใช้วัดสีของน้ำธรรมชาติที่เป็นวิธีมาตรฐาน โดยวัดสีของน้ำหรือน้ำเสียเทียบกับสีมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น โดยใช้หลอดเนสเลอร์ที่ผลิตจากแก้วชนิดพิเศษ บรรจุสีมาตรฐานและน้ำเสียหรือน้ำตัวอย่างรวมไปถึงสารละลายสีมาตรฐานในปริมาณที่เท่ากัน

ข. การวัดโดยใช้ Test kit เป็นการวัดโดยการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียกับแผ่นจานสีมาตรฐานที่จะมีแถบสีที่ความเข้มต่างๆ โดยการวันนี้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Test kit

ค. วิธีการวัดโดยวัดความเข้มในการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่างโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ซึ่งจะได้ผลวิเคราะห์ที่ค่อนข้างแม่นยำมาก เนื่องจากการวัดจะวัดเฉพาะกับความยาวคลื่นที่เหมาะสม

#### 2.1.1.5 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเสียส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากสารแขวนลอย (Suspended solids or colloid) ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั่นเองที่จะกั้นหรือบังไม่ให้แสงเคลื่อนผ่านได้ น้ำเช่นเดียวกับสีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย การวัดความขุ่นสามารถวัดได้โดยตรง เช่น Jackson candle turbidimeter ซึ่งจะได้ผลการวิเคราะห์ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว (ไม่เกิน 5 นาที) ค่าความขุ่นมีความสำคัญทั้งกรณีคำนวณออกแบบและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

#### 2.1.1.6 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำเสียมีความสำคัญอย่างมากในแง่ของการออกแบบระบบบำบัด การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งเป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น อุณหภูมิจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการบำบัดหรือกำจัดสิ่งสกปรก โดยเฉพาะสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น อัตราการเจริญเติบโตและย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำเสียจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ แต่อุณหภูมิต้องไม่สูงเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะทนได้

### 2.1.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียทางเคมี (Chemical properties of wastewater)

2.1.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าที่แสดงความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน  $[H^+]$  ในน้ำ โดยคำนวณจากสมการ

$$pH = -\log[H^+] \quad (2-1)$$

เมื่อ  $[H^+]$  = ความเข้มข้นของ  $H^+$  มีหน่วยเป็น โมลต่อลิตร

โดย pH ที่มีค่าสูงกว่า 7 แสดงว่ามีฤทธิ์เป็นด่าง ส่วน pH ที่มีค่าต่ำกว่า 7 แสดงว่ามีฤทธิ์เป็นกรด ค่า pH มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบบำบัดทางเคมีและชีววิทยา วิธีการวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียอาจใช้กระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH paper) หรือเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

### 2.1.2.2 สารอินทรีย์ (Organic matters)

สารอินทรีย์ต่างๆที่ปนเปื้อนน้ำเสียอาจอยู่ในรูปสารละลาย (Dissolved matter) สารแขวนลอย (Suspended solid) และอยู่ในรูปของแข็งกาคตะกอนได้ (Settleable solid) สารเหล่านี้อาจแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามคุณสมบัติในการย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ คือ สารที่ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์และสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์หรือย่อยสลายได้ยากในจุลินทรีย์

ก. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสีย เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย โดยใช้สารที่มีความสามารถในการออกซิไดส์สูง นิยมใช้โพแทสเซียมไดโครเมต มีวิธีการวิเคราะห์ 2 แบบ คือ วิธีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open reflux) และวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Close reflux)

ก.1 ซีโอดีวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open reflux) เป็นวิธีที่ใช้กันมาตั้งแต่ดั้งเดิมในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดี วิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ในการวิเคราะห์ แต่การวิเคราะห์ควรระมัดระวังความผิดพลาดของผลวิเคราะห์ที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจากชนิดของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ต้องการวิเคราะห์หรือมีสารปนเปื้อนบางอย่างที่มีผลทำให้ค่าซีโอดีที่วิเคราะห์ผิดไป ดังนี้

ก.1.1 ปัจจัยที่มีผลใช้ค่าซีโอดีมีค่าต่ำกว่าที่เป็นจริง ส่วนใหญ่มักเกิดกับตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์บางชนิดที่ถูกออกซิไดส์ได้ยากด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต

ก.1.2 ปัจจัยที่มีผลใช้ค่าซีโอดีมีค่าสูงกว่าที่เป็นจริง ส่วนใหญ่มักเกิดกับตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์บางชนิดที่มีสมบัติเป็นสารรับอิเล็กตรอน

ก.2 ซีโอดีวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Close reflux) เป็นวิธีที่พัฒนามาใหม่ มีความรวดเร็วและใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ในปริมาณน้อย หลักการจะต่างกันเพียงน้ำตัวอย่างจะถูกรีฟลักซ์ในหลอดแก้วที่มีฝาเกลียวปิดแน่นใส่อยู่ในเตาที่มีอุณหภูมิสูง 150 °ซ ข้อดีคือปฏิกิริยาการออกซิไดส์สารอินทรีย์จะเกิดได้สมบูรณ์กว่าวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ก็เช่นเดียวกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

ข. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) เป็นการวิเคราะห์หาความสกปรกของน้ำหรือน้ำเสียในเทอมของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ โดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่จะใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารในการดำรงชีวิต การตรวจวิเคราะห์มี 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีละลายน้ำ (Soluble BOD) และการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีทั้งหมด

ค. ทีโอดี (Total Oxygen Demand: TOD) คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการเผาผลาญสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การหาค่าทีโอดีอาศัยเครื่องมือเฉพาะที่สามารถจะสันดาปสารอินทรีย์ด้วยออกซิเจน และหาปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการสันดาปซึ่งจะหาได้ค่อนข้างรวดเร็ว รวมทั้งค่าทีโอดีที่มีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี

ง. ThOD (Theory Oxygen Demand) คือ การหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการสันดาปสารอินทรีย์ ซึ่งได้จากการคำนวณ ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ต้องทราบสูตรหรือชนิดที่แน่นอนของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย เพื่อจะได้ทราบปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในน้ำเสียที่จะต้องถูกสันดาปด้วยออกซิเจนและทำการคำนวณตามสมการ การสันดาปสารอินทรีย์อย่างสมบูรณ์นั้นได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ เป็นต้น

จ. การหาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของปริมาณคาร์บอน (Total organic carbon: TOC) เป็นอีกวิธีที่ใช้หาปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่อยู่ในสารอินทรีย์โดยการพ่นตัวอย่างน้ำเสียเขาไปในเตาเผาที่อุณหภูมิสูงเพื่อไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้สารคาร์บอนไดออกไซด์และมีการวิเคราะห์โดยแสงอินฟราเรด ปัจจุบันวิธีนี้มีความสะดวกและนิยมมากและมีการใช้ค่า TOC มาใช้ในการคำนวณออกแบบแทนค่าซีโอดีและบีโอดี ค่าเครื่องมือวิเคราะห์มีราคาแพงมาก

2.1.2.3 ปริมาณสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogenous compounds) ในโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นการบำบัดน้ำเสีย โดยขบวนการทางชีวภาพที่ใช้จุลินทรีย์เป็นตัวกลางในการย่อยสลายสิ่งสกปรก (สารอินทรีย์) จึงมีความจำเป็นที่ต้องทราบปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย เพื่อจะได้ทราบว่าน้ำเสียนั้นมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนเพียงพอหรือไม่สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.1.2.4 ปริมาณสารฟอสฟอรัส (Phosphorus compounds) โดยปกติในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีการปนเปื้อนของน้ำเสียจากชุมชนที่มีการใช้ผงซักฟอก ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของฟอสเฟต โดยฟอสฟอรัสเป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว (Algae bloom) และเมื่อสาหร่ายนั้นตายก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน โดยทั่วไปปริมาณบีโอดี: ในโตรเจน: ฟอสฟอรัส ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 100: 5: 1 หากน้ำเสียนี้อะมีปริมาณฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ จึงต้องมีการเติมฟอสฟอรัสในรูปของสารประกอบต่างๆ เช่น แอมโมเนียฟอสเฟต ฟอสฟอริกแอซิด เป็นต้น

2.1.2.5 ปริมาณไขมันและน้ำมัน (Oil & Grease) เป็นสารอินทรีย์กลุ่มหนึ่งซึ่งส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้จะลอยอยู่ที่ผิวน้ำ และถูกย่อยสลายได้ยากกว่าและใช้เวลานานในการย่อยสลายนานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น แป้งและน้ำตาล เป็นต้น นอกจากนี้ไขมันและน้ำมันยังเป็นปัญหากับระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย โดยเฉพาะระบบบำบัดทางชีววิทยา กล่าวคือจะเป็นปัญหาคือการเติมอากาศของระบบบำบัด ในกรณีที่ใช้เครื่องเติมอากาศชนิดทุ่นลอย การ

ละลายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำเสียจะถูกไขมันที่ลอยอยู่ผิวหน้าของน้ำเสียดักขวาง นอกจากนี้ยังเป็นอุปสรรคต่อการควบคุมตะกอน การไม่จมตัวของตะกอนในถังตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการวิเคราะห์ที่นิยมใช้มี 2 วิธี ดังนี้

ก. วิธีสกัดด้วยกรวยแยก เหมาะสำหรับใช้กับน้ำธรรมชาติหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว ซึ่งปริมาณไขมันและน้ำมันจะต่ำมาก

ข. วิธีสกัดด้วยชอกเลต เหมาะสำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน และตัวอย่างที่เป็นกากตะกอน ซึ่งจะมีปริมาณไขมันและน้ำมันสูง

2.1.2.6 สารอนินทรีย์ (Inorganic matter) สารอนินทรีย์บางชนิดเป็นสาระสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด แต่สารอนินทรีย์บางชนิดอาจมีอยู่ในน้ำเสียไม่ได้เพราะจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ สารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียจำแนกออกได้ดังนี้

ก. ปริมาณโลหะหนัก เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่ละลายอยู่ในน้ำเสียในรูปของไอออนและส่วนใหญ่จะเป็นสารพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วย

ข. สภาพะด่าง (Alkalinity) ค่าสภาพะด่างในน้ำเสียส่วนใหญ่จะเป็นผลมาจากไฮโดรออกไซด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตของโลหะต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย น้ำเสียส่วนใหญ่ค่าสภาพะด่างมักมาจากแคลเซียมไบคาร์บอเนตและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ค่าความเป็นด่างของน้ำจะเป็นความสามารถของน้ำที่จะสะเทินกรดหรือที่จะรับประจุบวก

2.1.2.7 คลอไรด์ (Chloride) น้ำเสียส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนของเกลือชนิดต่างๆ โดยเฉพาะเกลือคลอไรด์ในน้ำเสียอุตสาหกรรม คลอไรด์ในน้ำเสียหากมีปริมาณไม่มากอาจไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมมากนัก แต่หากมีปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียนั้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะปริมาณคลอไรด์มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด

2.1.2.8 สารประกอบซัลเฟอร์ (Sulfur compounds) อยู่ในน้ำเสียหลายรูปแบบตามชนิดและแหล่งกำเนิดของน้ำเสีย อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน และกรดอะมิโน เป็นต้น สารประกอบซัลเฟอร์สามารถเปลี่ยนรูปไปมาโดยขบวนการหรือปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์เป็นสำคัญ วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ในน้ำเสียคือการวิเคราะห์โดยการวัดความขุ่น เพราะง่ายและรวดเร็วแล้วสามารถหาซัลเฟตในน้ำตัวอย่างในปริมาณต่างๆ หากน้ำตัวอย่างมีปริมาณซัลเฟตสูงจะต้องทำการเจือจางก่อน วิธีนี้จะอาศัยหลักการให้แบเรียมคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับซัลเฟต ได้สารประกอบแบเรียมซัลเฟตที่ไม่ละลายน้ำ จึงทำให้เกิดความขุ่นในน้ำ

2.1.2.9 ก๊าซ (Gas) ที่พบในน้ำเสียมีทั้งที่มีอยู่ในน้ำเสียเดิมหรือเกิดจากปฏิกิริยาจากปฏิกิริยาชีวเคมีโดยจุลินทรีย์ในน้ำเสียหรือระบบบำบัดน้ำเสีย ความสามารถในการละลายของก๊าซ

ต่างๆขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเข้มข้นของเกลือต่างๆในน้ำเสียหรือสารแขวนลอยในน้ำเสีย

2.1.2.10 ปริมาณสารพิษ (Toxic substances) ในน้ำเสียบางประเภทอาจมีการปนเปื้อนสารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น การยับยั้งการเจริญเติบโต หรือมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

### 2.1.3 ลักษณะสมบัติน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological properties of wastewater)

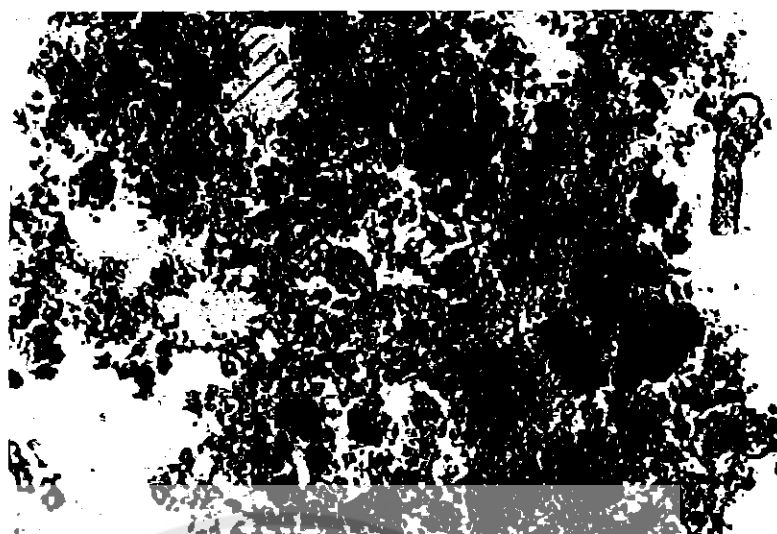
2.1.3.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Observation by microscope) ซึ่งเป็นอีกวิธีที่จำเป็นที่จะทราบถึงลักษณะ รูปร่าง และชนิดของจุลินทรีย์

ก. จุลินทรีย์ ในระบบเอเอสสามารถจำแนกออกได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

ก.1 จุลินทรีย์ที่สร้างฟล็อก (Floc Forming Organisms) มีบทบาทสำคัญมากในระบบเอเอส เพราะถ้าขาดกลุ่มนี้แล้ว จะไม่สามารถแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำได้ดีด้วยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ เดิมเชื่อว่า *Zooglea ramigera* เป็นแบคทีเรียชนิดเดียวที่รับผิดชอบต่อการสร้างฟล็อก ในปัจจุบันเชื่อว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น โปรโตซัว และฟังไจ ก็สามารถทำให้เกิดฟล็อกได้ โดยทั่วไปยอมรับว่าแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบสำคัญของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ กลไกในการสร้างฟล็อกของแอคติเวเต็ดสลัดจ์เรียกว่า ไบโอฟล็อกกูเลชัน (Blue-Flocculation) ลักษณะของฟล็อกที่เกิดจากการจับตัวรวมกันของจุลินทรีย์ได้แสดงในรูปที่ 2.1

ก.2 แซฟโปรไฟท์ (Saprophytes) เป็นจุลินทรีย์ที่รับผิดชอบต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ ส่วนใหญ่ของเซลล์กลุ่มนี้เป็นแบคทีเรีย มักเป็นพวกสร้างฟล็อกด้วยแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างฟล็อกอาจอยู่ในประเภทนี้ได้ แต่จะถูกจับอยู่ในฟล็อก แซฟโปรไฟท์แบ่งได้ 2 ชนิด คือ แบบปฐมภูมิ (Primary) ซึ่งรับผิดชอบในการย่อยสลายของสารอาหารเดิมให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก ระบบเอเอสควรมีแบบปฐมภูมิหลายๆชนิด เพื่อลดปัญหาในเรื่องแย่งชิงอาหารชนิดเดียวกันเพื่อให้สามารถย่อยสารอาหารอย่างกว้างขวาง และแบบทุติยภูมิ (Secondary) มีหน้าที่ต่างจากแบบแรก คือ ช่วยให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของสารอาหารโมเลกุลเล็กที่สร้างโดยแซฟโปรไฟท์ปฐมภูมิ ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาคือคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ด้วยเหตุนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและกันของแซฟโปรไฟท์ทั้งสองแบบอาจจัดเป็นแบบ Commensalism จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อนและมีแกรมลบ แต่อาจมีฟังไจ ยีสต์ และโปรโตซัว รวมอยู่ด้วยบ้างไม่มาก



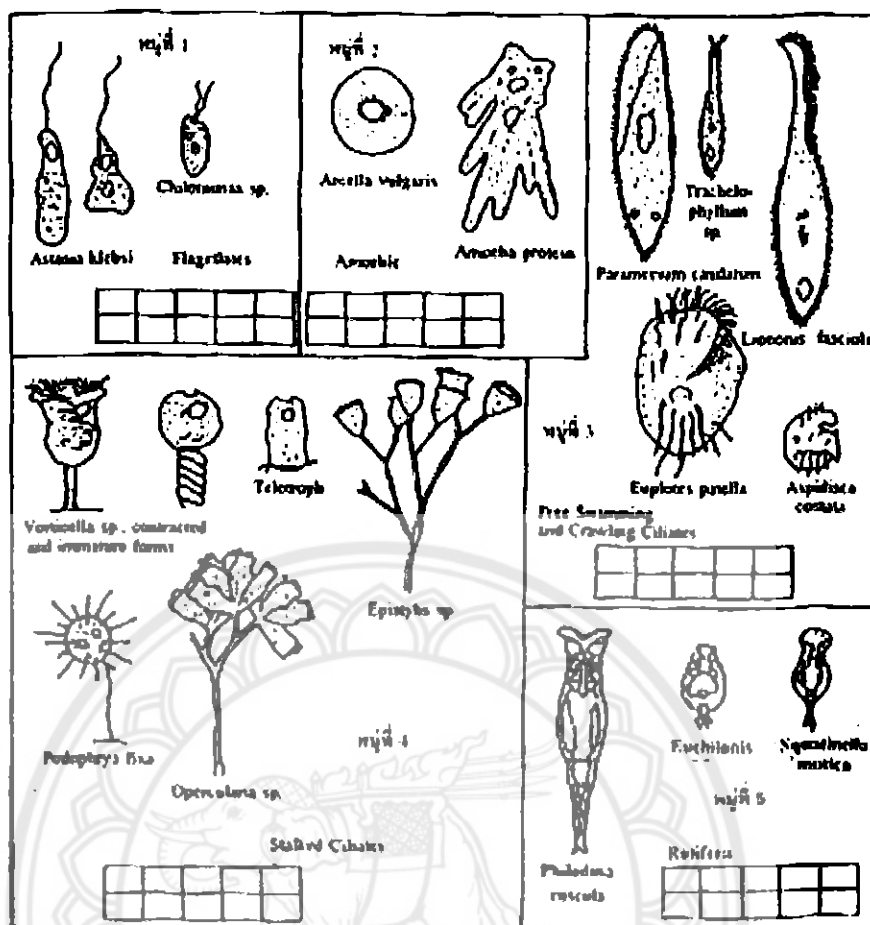


รูปที่ 2.1 ลักษณะของฟล็อกชีวภาพในถังเดิมอากาศ

ที่มา : มั่นสิน คณกุลเวศน์ (2542)

ก.3 จุลินทรีย์ทำลาย (Predator) ชนิดที่สำคัญของระบบเอเอส คือ โปรโตซัว ซึ่งจับแบคทีเรียเป็นอาหาร มีผู้รายงานพบโปรโตซัวในระบบนี้ถึง 230 ชนิด ตัวที่สำคัญ คือ จิลิเอด ซึ่งกลานหากินบนฟล็อก (Crawl Ciliates) หรือเป็นแบบกึ่งก้าน (Stalked Ciliate) ระบบเอเอสที่มี จิลิเอด (โดยเฉพาะแบบที่กลานบนฟล็อก) อาศัยอยู่เป็นจำนวนมากมักเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง โปรโตซัวอาจมีบทบาทสำคัญในการตกตะกอนของจุลินทรีย์ทำให้น้ำใส นอกจากจิลิเอดแล้ว บางครั้งอาจพบอมีบาและแฟลกเจลเลต อาศัยอยู่ในจุลินทรีย์กลุ่มนี้ด้วย แต่จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้ ไม่ถือว่ามีความสำคัญแต่อย่างใด ดังรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงโปรโตซัวต่างๆ ที่พบในระบบเอเอส รายชื่อของโปรโตซัวซึ่งพบบ่อยในระบบเอเอสดังแสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

ก.4 จุลินทรีย์ก่อกรวน (Nuisance Organism) เป็นจุลินทรีย์ที่คอยก่อกรวนการทำงานของระบบเอเอส ปัญหาส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นกับการตกตะกอนของฟล็อก ยกตัวอย่างเช่น แบคทีเรียหรือฟังไจที่มีรูปร่างคล้ายเส้นใย จัดเป็นจุลินทรีย์ประเภทก่อกรวนได้ เพราะเกิดการงอไม่ลงของตะกอนที่เรียกว่า Bulking แบคทีเรียและฟังไจที่รับผิดชอบในเรื่องนี้มักเป็น Sphaerotilus และ Geotrichium ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 แสดงโปรโตซัวที่มักพบในระบบเอเอส

ที่มา : มั่นสิน ดันจุลเวศน์ (2542)

สภาวะแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการกำหนดโครงสร้างและองค์ประกอบของกลุ่มจุลินทรีย์ในแอ็คติเวเต็ดเต็ดสลัดจ์ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ดีโอ ฟิเอช และอุณหภูมิ บทบาทของดีโอที่มีต่อองค์ประกอบของประชากรจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการแยกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีดีโอต่ำกว่าในถังปฏิกริยา ถ้างปฏิกริยามีดีโอไม่พอเพียง แบคทีเรียแบบเส้นใย (Filamentous Bacteria) อาจเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ทำให้มีการเพิ่มจำนวนอย่างมากจนเกิดโรคจมตัวไม่ลงของสลัดจ์ (Bulking) ในทำนองเดียวกันฟิเอชต่ำก็จะส่งเสริมให้ฟังไจแบบเส้นใยเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่นจนเกิดโรคแบบเดียวกันได้ เมื่อมองในกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะของสลัดจ์ที่เป็นโรคจมตัวไม่ลงจะเป็นคังตัวอย่างในรูปที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 โปรโตซัวที่พบบ่อยๆในระบบเอเอส

| RHIZOPODA             | FLAGELLATA              | CILIOPHORA              |                     |                 |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------|
|                       |                         | Free-Swimming           | Crawling            | stalked         |
| Amoeba sp.            | Bodo caudatus           | Paramoecium<br>candatum | Aspidisca sp.       | Acineta sp.     |
| Amoeba<br>actinophora | Cercobodo<br>longicanda | Paramoecium sp.         | Euplotes sp.        | Podopbrya fixa  |
| Arceila vulgaris      | Monas sp.               | Colpidium colpoda       | Oxytricha<br>fallax | Vorticella spp. |
| Actinophrys sp.       | Oikomonas termo         | Ambileptus spp.         | Stylonychia sp.     | Opercularia sp. |
| Vahlkampfia           | Englena sp.             | Lionotus fasciola       |                     | Epistylis       |
| limax                 |                         |                         |                     | plicatilis      |
| V.guttula             | Cercomonas sp.          | Chilodon sp.            |                     | Carebesium sp.  |
|                       | Pleuromonas<br>jaculans | Trichoda pura           |                     |                 |
|                       | Anthobrysa<br>regetans  | Loxophyllum sp.         |                     |                 |
|                       | Peranema sp.            |                         |                     |                 |

ที่มา : มั่นสิน คัมภลเวศน์ (2542)



รูปที่ 2.3 แสดงแบคทีเรียแบบเส้นใยซึ่งทำให้เกิดโรคมะเร็งของสัตว์ในระบบแอดิเวตัส

ที่มา : มั่นสิน คัมพูเวศน์ (2542)

2.1.3.2 การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (Biological measuring) สามารถดำเนินการได้ทั้งในน้ำธรรมชาติ น้ำดื่ม น้ำเสีย ซึ่งจะตรวจสอบอย่างคร่าวๆ หรือละเอียดได้ ซึ่งมักวัดเพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ

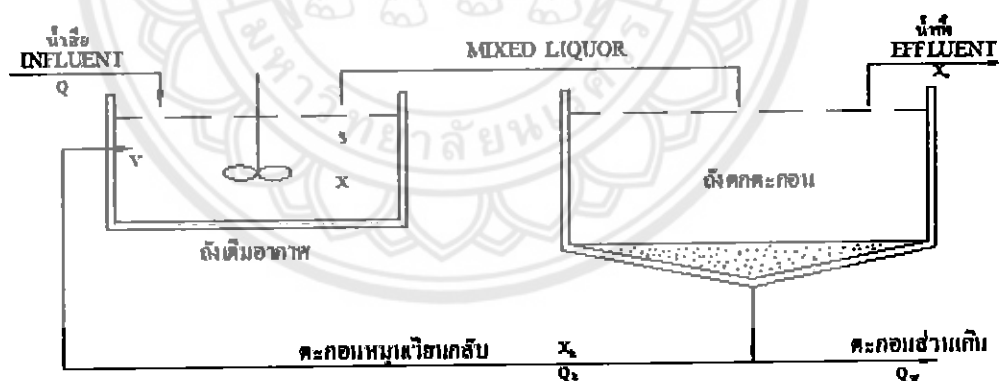
2.1.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำตัวอย่าง ซึ่งอาจวัดทั้งน้ำดื่มหรือน้ำเสียได้

2.1.3.4 การวัดปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเชื้อโรค (Pathogenic microorganism or bacteria) เป็นการวัดปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเชื้อโรค

2.1.3.5 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria, TCB) เป็นค่ารวมของโคลิฟอร์มแบคทีเรียชนิดฟีคาล (Faecal Coliform Bacteria) และแบคทีเรียชนิดอื่น การตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำ เป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใด ถ้าน้ำสกปรกมากจะพบจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มมาก แต่ถ้าน้ำสกปรกน้อยจะพบจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยหรืออาจจะไม่พบเลย ซึ่งเมื่อตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม จะสามารถสรุปได้ว่าน้ำนั้นมีอุจจาระหรือปัสสาวะของคนหรือสัตว์ปนเปื้อน และอาจจะมีเชื้อโรคของระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่ด้วย ทั้งนี้เพราะเชื้อโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารของคนที่มีน้ำเป็นสื่อ จะปะปนออกมากับอุจจาระและปัสสาวะเสมอ

## 2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส

กระบวนการแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์หรือเอเอส (Activated sludge) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพที่นิยมใช้กันมาก โดยอาศัยจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จุลินทรีย์เหล่านี้จะลอยอยู่ในน้ำตะกอนของถังเติมอากาศ ซึ่งจุลินทรีย์จะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณขึ้นในลักษณะที่เรียกว่าการเจริญเติบโตแขวนลอย (Suspended Growth) โดยทั่วไปภายในถังเติมอากาศจะมีระบบกวน ซึ่งมักจะใช้เครื่องจักรทำหน้าที่ให้จุลินทรีย์หรือน้ำสลัดจ์แขวนลอยอยู่ในถังเติมอากาศตลอดเวลา เพื่อให้สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ภายในระบบเอเอส ได้เป็นที่ต้องการ ดังนั้นจำเป็นต้องมีระบบแยกน้ำใสออกจากน้ำสลัดจ์ซึ่งนิยมนำไปตกตะกอนทำน้ำที่แยกน้ำทิ้งออกจากน้ำสลัดจ์ เพื่อปล่อยน้ำทิ้งที่ใสไหลล้นออกจากถังตกตะกอน ส่วนบริเวณก้นถังตกตะกอนจะมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์มาก ซึ่งมักจะนำกลับสู่ถังเติมอากาศเพื่อช่วยในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศได้ ถ้าพบว่าระบบมีน้ำสลัดจ์มากเกินไปเกินความต้องการ ก็อาจสูบถ่ายจากก้นถังตกตะกอนหรือจากถังเติมอากาศโดยตรงก็ได้ และจะนำน้ำสลัดจ์ส่วนเกินนี้ไปบำบัดและกำจัดทิ้งต่อไป ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพมีหลายชนิด เช่น ระบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์, ระบบทริกคลิง ฟิลเตอร์ (Trickling Filter), ระบบจานหมุนชีวภาพ (Biological Contactors), ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) และ ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) เป็นต้น



รูปที่ 2.4 แสดงระบบเอเอส

ที่มา:เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

## 2.2.1 การวิเคราะห์จุลินทรีย์

### 2.2.1.1 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบเอเอส

จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศของระบบเอเอสได้เจริญเติบโต โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ

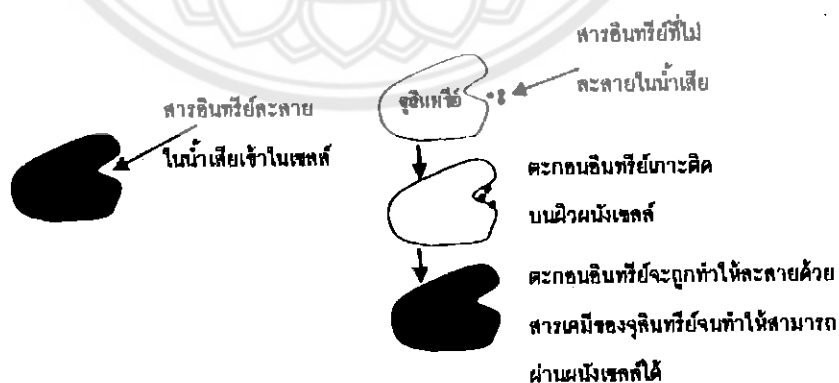
ขั้นแรก คือ ขั้น โยกย้าย (Transfer Step)

ขั้นสอง คือ ขั้นแปรเปลี่ยน (Conversion Step)

ขั้นสาม คือ ขั้นเกิดฟล็อก (Flocculation Step)

โดยทั้งสามขั้นตอนจะเกิดเรียงอย่างต่อเนื่อง ในถังเติมอากาศ และบางส่วนในถังตกตะกอนของ ระบบเอเอส

ขั้นแรก เป็นขั้น โยกย้าย สารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียได้ถูกดูดซับผ่านผนังเซลล์ (Cell wall) ของจุลินทรีย์เข้าไปภายในเซลล์ ซึ่งสารอินทรีย์ต่างๆ เหล่านี้จะถูกย่อยสลาย ส่วนสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายอยู่ในน้ำเสีย (ตะกอนอินทรีย์) จะถูกดูดซับอยู่บนผิวกำแพงเซลล์ และในที่สุดก็จะถูกแบคทีเรียสามารถดูดซับเข้าไปภายในเซลล์ และถูกย่อยสลายไปเช่นเดียวกัน พบว่าในการดูดซับสารอินทรีย์ดังกล่าวจะใช้เวลาเพียงประมาณ 15 – 30 นาที แต่จะใช้เวลานานกว่ามากในการให้สารละลายอินทรีย์ผ่านกำแพงเซลล์และย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้แสดงภาพประกอบในรูปที่ 2.5



สำหรับสารอินทรีย์ละลายในน้ำเสีย

สำหรับสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในน้ำเสีย

รูปที่ 2.5 แสดงขั้น โยกย้ายสารอินทรีย์ผ่านเข้าภายในเซลล์

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

ขั้นตอน เป็นขั้นแปรเปลี่ยนเริ่มต้นจากสารอินทรีย์เข้าไปภายในตัวจุลินทรีย์ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายหรือแปรเปลี่ยน ซึ่งประกอบด้วย การสังเคราะห์ (Synthesis) และการออกซิเดชัน (Oxidation) การสังเคราะห์ในที่นี้หมายถึงการเพิ่มจำนวนเซลล์ การออกซิเดชัน หมายถึงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) น้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) และพลังงาน สำหรับสารอินทรีย์ที่เข้าไปภายในตัวจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ได้ปล่อยสารเคมีที่เรียกว่า เอนไซม์ (Enzymes) เพื่อทำหน้าที่แบ่งจุลินทรีย์ให้มีจำนวนมากขึ้น ในช่วงเริ่มต้นดำเนินการบำบัดน้ำเสีย จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในถังบำบัดต้องเรียนรู้ที่จะปล่อยสารเอนไซม์ให้เหมาะสมกับชนิดของสารอินทรีย์นั้นๆ เสียก่อน ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องให้โอกาสแก่จุลินทรีย์ในการปรับสารเอนไซม์ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียในช่วงต้นๆ ของการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

ขั้นสาม เป็นขั้นเกิดฟล็อก (Floc) คือพวกตัวจุลินทรีย์ไปถูกกวนอยู่ภายในถังเติมอากาศ โดยจุลินทรีย์หลายๆ ตัวได้จับตัวกันเป็นลักษณะคอลลอยด์ (Colloids) จนได้ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นมวลลักษณะวุ้นที่เรียกว่า Floc ซึ่งพวกฟล็อกที่เกิดขึ้นจะมีน้ำหนักเพียงพอที่จะเกิดตะกอนฟล็อกขึ้นภายในถังตกตะกอนที่สอง ดังแสดงการเกิดฟล็อกไว้ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงขั้นเกิดฟล็อกในระบบเอเอส

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

ปริมาณสลัดจ์เพิ่มขึ้นในระบบเอเอส (Activated Sludge) คือมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งแสดงในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์คือสมการ (2-2)

$$\mu = \frac{\mu_m S}{K_s + S} - k_d \quad (2-2)$$

เมื่อ:  $\mu$  = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์, มก./ (มก.วัน)

$\mu_m$  = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของจุลินทรีย์, มก./ (มก.วัน)

$S$  = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในระบบ, มก./ลิตร (โดยมากใช้ค่า Soluble  $BOD_5$ )

$K_s$  = ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในระบบ ณ จุด  $0.5 \mu_m$ , มก./ลิตร

$k_d$  = ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของจุลินทรีย์, มก./ (มก.วัน)

#### 2.2.1.2 อายุจุลินทรีย์หรืออายุสลัดจ์ (Sludge Age)

อายุจุลินทรีย์ในระบบเอเอส หรือเรียกว่า Mean Cell Residence Time (MCRT) เป็นระยะเวลาที่จุลินทรีย์อยู่ในระบบบำบัดแบบเอเอส ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยหารน้ำหนักรวมของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศด้วยน้ำหนักรวมของแข็งแขวนลอยที่ระบายออกจากระบบในแต่ละวัน

อายุจุลินทรีย์หรืออายุสลัดจ์เป็นค่าที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นระยะเวลาที่จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบ ซึ่งมีผลโดยตรงกับคุณภาพน้ำทิ้งที่ไหลออกจากระบบบำบัด อายุสลัดจ์ต้องมีไม่น้อยหรือมากเกินไป ถ้าอายุน้อยเกินไป จุลชีพจะไม่มีเวลาเพียงพอในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งต่ำ ถ้ามีอายุสลัดจ์มากเกินไป ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนได้ตายลงเรื่อยๆ ในระบบบำบัดซึ่งจะส่งผลให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งต่ำ ถ้าพิจารณา



ถึงการตกตะกอนในถังตกตะกอนที่สอง พบว่าถ้าสลัดจ์หรือจุลินทรีย์มีอายุน้อย จุลินทรีย์ยังมีอัตรา  
การเจริญเติบโตสูงและว่องไว จุลินทรีย์อยู่อย่างกระจัดกระจาย ส่งผลให้การตกตะกอนของสลัดจ์  
ประเภทนี้ไม่ดี และถ้าจุลินทรีย์มีอายุมาก จะเริ่มช้า มีการตกตะกอนได้ดีในถังตกตะกอน ดังนั้นใน  
การเดินระบบเอเอส ค่าอายุสลัดจ์จึงเป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างมาก ผู้เดินระบบต้องคอยพิจารณา  
ปริมาณน้ำเสียและความสกปรกของน้ำเสีย (BOD) ให้สอดคล้องกับอายุสลัดจ์อย่างเหมาะสม  
ตลอดเวลาทำให้ระบบเอเอสจำเป็นต้องมีผู้เดินระบบที่มีประสบการณ์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของ  
การบำบัดสูงอย่างสม่ำเสมอ

ค่าอายุสลัดจ์ภายในระบบเอเอส สามารถเขียนในรูปสมการ (2-3) ถึง (2-5) คือ  
เป็นระยะเวลาที่น้ำสลัดจ์อยู่ในระบบนานกี่วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายทิ้งสลัดจ์ออกจากระบบ โดย  
อาจถ่ายจากถังเติมอากาศหรือจากถังตกตะกอนแล้วแต่ความเหมาะสมของระบบ

สมการหาค่า  $\theta_c$  ทั่วไป

$$\theta_c = \frac{x_1}{(x_2 - x_1)t} \quad (2-3)$$

สมการหาค่า  $\theta_c$  จากการถ่ายทิ้งสลัดจ์ออกจากถังตกตะกอน (ดูรูปที่ 2.4 ประกอบ)

$$\theta_c = \frac{x_1 V}{x_2 Q_w + (Q - Q_w)x_e} \quad (2-4)$$

สมการหาค่า  $\theta_c$  จากการถ่ายทิ้งสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ (ดูรูปที่ 2.4 ประกอบ)

$$\theta_c = \frac{x_1 V}{x_2 Q_w + (Q - Q_w)x_e} \quad (2-5)$$

เมื่อ:  $\theta_c$  = อายุสลัค, วัน

$X_1$  = ความเข้มข้นของน้ำสลัคที่ต้องการควบคุมในระบบ (มักจะใช้ค่า Mixed Liquor Volatile Suspended Solids , MLVSS ), มก. /ลิตร MLVSS

$X_2$  = ความเข้มข้นของน้ำสลัคที่มีอยู่ในระบบ, มก. /ลิตร MLVSS

$t$  = ระยะเวลาที่มีสลัคจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจาก  $X_1$  ไปเป็น  $X_2$ , วัน

$V$  = ปริมาตรของถังเดิมอากาศ, ลบ.ม.

$X_R$  = ความเข้มข้นของน้ำสลัคในท่อไหลกลับจากก้นถังตกตะกอนกลับสู่ถังเดิมอากาศ มก./ลิตร MLVSS

$Q_w$  = ปริมาณน้ำสลัคที่ต้องการถ่ายทิ้ง, ลบ.ม.ต่อวัน

$Q$  = อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย, ลบ.ม.ต่อวัน

$X_o$  = ความเข้มข้นของน้ำสลัคที่หลุดลอยไปกับน้ำทิ้งที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนที่สอง, มก./ลิตร TSS

เมื่อต้องการควบคุมระบบเอสอาจใช้สมการ (2-6) มาช่วยในการคำนวณได้

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Q}{V} \left( 1 + r - \frac{rX_R}{X} \right) \quad (2-6)$$

เมื่อ  $r$  =  $Q_R/Q$

$X$  = ความเข้มข้นของสลัคที่ควบคุมในระบบ, มก./ลิตร MLVSS

สำหรับค่าอายุสลักซ์ที่ต่ำที่สุดที่ระบบบำบัดยังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะแทนด้วยค่า  $\theta_c^m$  ซึ่งถ้ามีค่าอายุสลักซ์ต่ำกว่า  $\theta_c^m$  แสดงว่าจุลินทรีย์ถูกถ่ายเททิ้งออกเร็วเกินไป โดยจุลินทรีย์อาจจะยังไม่ทันที่ได้ย่อยสลายสารอินทรีย์เรียบร้อย ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของระบบเอเอสตกต่ำอย่างมากได้

สำหรับค่า  $\theta_c$  ที่นิยมเลือกใช้ในการออกแบบคือ  $\theta_c^d$  ซึ่งจะมีค่ามากกว่าค่าของ  $\theta_c^m$  โดยปกติค่า  $\theta_c^d$  ควรมีค่ามากกว่าค่า  $\theta_c^m$  อย่างน้อยประมาณ 4 เท่า ซึ่งบางครั้งอาจมีค่า  $\theta_c^d / \theta_c^m$  ถึง 20 หรือมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของน้ำเสียนั้นๆ

### 2.2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์กับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบ

ในการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ในระบบเอเอส เมื่อมีความสัมพันธ์กันกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากปัจจัยของความสกปรกมากหรือน้อย ( $BOD_5$ ) ของน้ำเสียจะช่วยเสริมจำนวนจุลินทรีย์ให้มีมากหรือน้อยได้ คือ มี  $BOD_5$  มาก จะมีจำนวนจุลินทรีย์มากด้วยแต่ต้องพิจารณาถึงค่าอายุสลักซ์ด้วย เพราะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากด้วย

สมการ (2-7) และ (2-8) ได้แสดงในรูปทางคณิตศาสตร์ เพื่อการคำนวณหาค่าปริมาณจุลชีพในระบบเอเอส

$$X = \frac{YQ\theta_c (S_0 - S)}{V(1 + k_d\theta_c)} \quad (2-7)$$

หรือ

$$X = \frac{\theta_c}{\theta} \cdot \frac{Y(S_0 - S)}{(1 + k_d\theta_c)} \quad (2-8)$$

จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณการออกแบบระบบเอเอสได้ เมื่อทราบประสิทธิภาพของระบบที่ต้องการและค่าคงที่ต่างๆ ( $Y, k_d, K_s, k$ ) ซึ่งสามารถหาได้จากการทดลอง สำหรับน้ำเสียชุมชนได้มีผู้หาค่าต่างๆ เหล่านี้แล้วดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 สำหรับน้ำเสียจาก

แหล่งอื่นๆ เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ นี้ให้ถูกต้องกับประเภทของน้ำเสีย

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ของระบบเอเอส สำหรับน้ำเสียชุมชน

| ค่าสัมประสิทธิ์ | หน่วย                            | ค่าออกแบบ     |           |
|-----------------|----------------------------------|---------------|-----------|
|                 |                                  | ขอบเขต        | ค่าทั่วไป |
| Y               | มก. MLVSS / มก. BOD <sub>5</sub> | 0.4 – 0.8     | 0.6       |
| K <sub>d</sub>  | ต่อวัน                           | 0.025 – 0.075 | 0.06      |
| K <sub>s</sub>  | มก. /ลิตร BOD <sub>5</sub>       | 25 – 100      | 60        |
|                 | มก. /ลิตร COD                    | 15 – 70       | 40        |
| k               | ต่อวัน                           | 2 – 10        | 5         |

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2543)

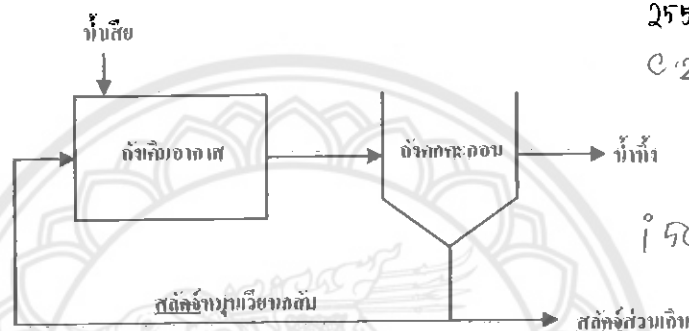
### 2.2.2 ส่วนประกอบของระบบเอเอส

ระบบเอเอส ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอย่างน้อยสองส่วน คือ ถังเติมอากาศและถังตกตะกอน รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของระบบเอเอส น้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศซึ่งมีสลัดจ์เป็นจำนวนมาก ภายในถังจะมีสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน เช่น มีออกซิเจนละลาย ปริมาณสารอินทรีย์ และพีเอชที่เหมาะสม จุลินทรีย์จะทำการลดค่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปต่างๆ ด้วยการย่อยสลายให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

น้ำเสียที่บำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกกลับไปยังถังเติมอากาศ เพื่อลดมวลสารที่เข้ามาใหม่ อีก

ส่วนหนึ่งจะเป็นจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่เป็นผลจากการเจริญเติบโตซึ่งจะต้องนำไปทิ้ง สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทั้งจากระบบ

การนำจุลินทรีย์ส่วนเกินไปทิ้งเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าเหมาะสม ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการควบคุมการทำงานของกระบวนการเอเอสให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ที่สมดุลกัน ซึ่งจะส่งผลให้อาหารหรือมลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียสามารถถูกกำจัดให้หมดไปหรือมีค่าเหลืออยู่น้อย



น/ร.

๗/145ก

255๑

๐.2

๖๕๐๗๐๒๕๙

รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของระบบเอเอส

ที่มา: เครื่องศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ (2543)

### 2.2.3 รายละเอียดของระบบเอเอส

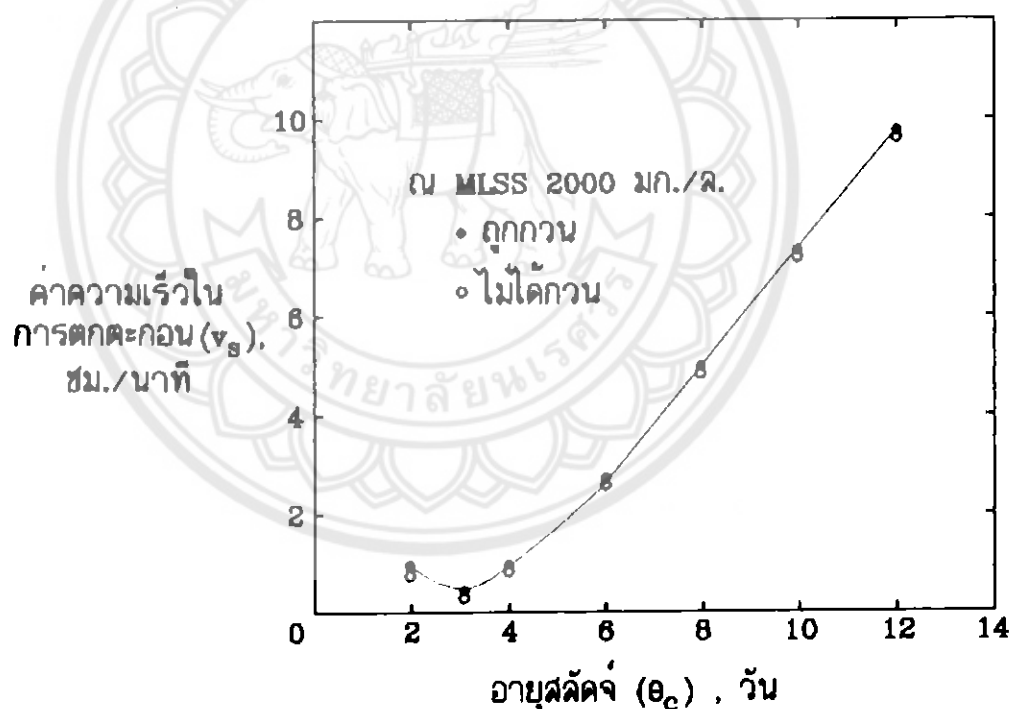
ในการคำนวณออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียของระบบเอเอสควรมีการคำนวณหาค่าต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรของถังเติมอากาศ ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นหรือปล่อยทิ้ง ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ทั้งหมด ปริมาณสลัดจ์ที่ไหลเวียนกลับสู่ถังเติมอากาศ และขนาดของถังตกตะกอนที่สอง ดังต่อไปนี้

#### 2.2.3.1 ปริมาตรของถังเติมอากาศ

ขนาดปริมาตรของถังเติมอากาศมีปัจจัยที่สำคัญอยู่ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยแรกจะเป็นเวลาย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยต้องมีเวลาเพียงพอในการกำจัด BOD<sub>5</sub> และอาจต้องการกำจัดแอมโมเนีย ไนโตรเจน และให้เวลากับจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโตจนถึงลดจำนวนจุลินทรีย์ลง ซึ่งอาจใช้ค่าอัตราการจับใช้ออกซิเจน (Oxygen Uptake Rate, OUR) ในการตรวจสอบวัด ปัจจัยที่สองเพื่อช่วยรักษาสภาพของการตกตะกอนแขวนลอยในถังเติมอากาศให้เป็นมวลลักษณะฟlocs ที่มีคุณสมบัติใน

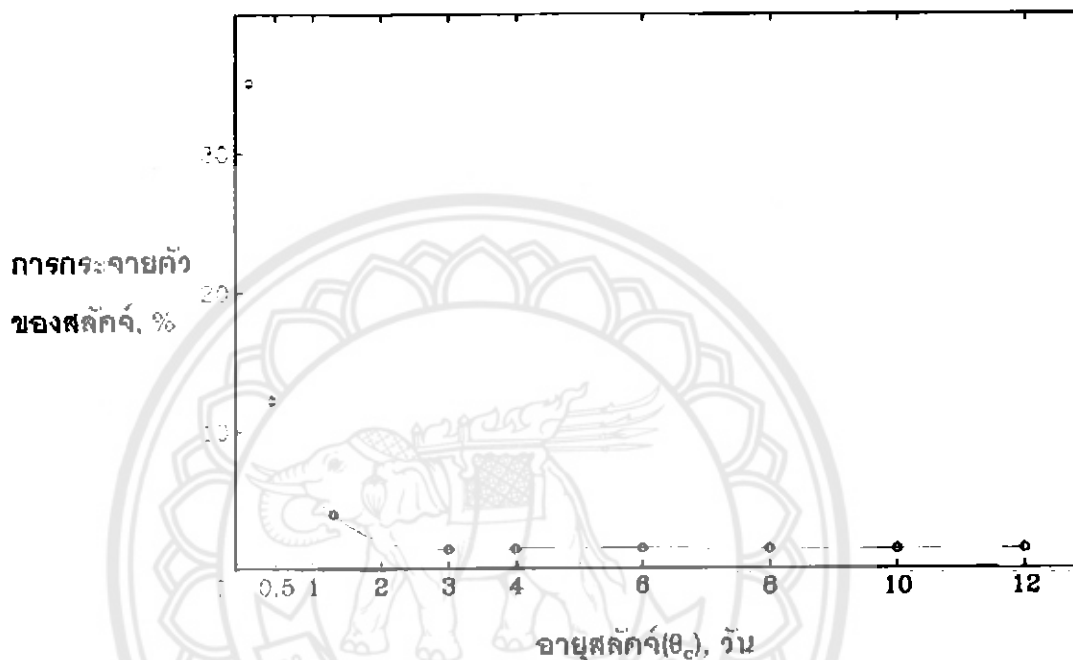
การตกตะกอนในถังตกตะกอนที่ค่อนข้างดี โดยปกติคุณภาพน้ำทิ้งที่ไหลออกจากระบบเอเอสมีค่า  $S_e$  ของน้ำทิ้งมาตรฐาน แต่ปกติจะไม่พิจารณาค่านี้

สำหรับค่าอายุสลัดจ์ ( $\theta_c$ ) มักจะเกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการกำจัด  $BOD_5$  โดยปกติจะได้รับจากประสบการณ์ของแต่ละโรงบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆ ทั้งนี้ทั้งนั้นต้องควบคุมค่าอายุสลัดจ์ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้สลัดจ์ที่มีรูปลักษณะเป็น Floc ซึ่งสามารถตกตะกอนได้ดี ค่าอายุสลัดจ์ควรมีอายุไม่น้อยกว่า 3 วัน เพื่อป้องกันการเกิดสลัดจ์ชนิดเส้นใย (Filamentous Sludge) ในทางปฏิบัติทั่วไป ควรมีอายุสลัดจ์อยู่ในช่วง 3 ถึง 5 วัน สำหรับอากาศในประเทศไทย ค่าอายุสลัดจ์มีความสัมพันธ์กับค่าต่างๆ เช่น ความเร็วในการตกตะกอน อุณหภูมิของน้ำในระบบบำบัด เป็นต้น ในรูปที่ 2.8 และ 2.9 ได้แสดงกราฟสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนและการกระจายของสลัดจ์ (Dispersed growth) ตามลำดับกับค่าอายุสลัดจ์ จากรูปที่ 2.8 จะพบว่าที่ค่าอายุสลัดจ์ 2 – 4 วัน ค่าความเร็วในการตกตะกอนมีต่ำมาก แต่เมื่อมีค่าอายุสลัดจ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากตั้งแต่ 4 วัน ค่าความเร็วของการตกตะกอนมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ค่อนข้างมากขึ้นตามค่าอายุสลัดจ์



รูปที่ 2.8 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับค่าความเร็วในการตกตะกอน  
ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2543)

จากรูปที่ 2.9 จะพบว่าช่วงค่าอายุสลัดจ์ 0 ถึง 0.50 วัน จะมีการกระจายของสลัดจ์ค่อนข้างมาก ทำให้น้ำล้นจากถังตกตะกอนมีความขุ่นค่อนข้างมาก เมื่อค่าอายุสลัดจ์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1 วัน ไปเรื่อยจะมีการกระจายของสลัดจ์น้อย ซึ่งส่งผลได้น้ำล้นจากถังตกตะกอนมีความใส



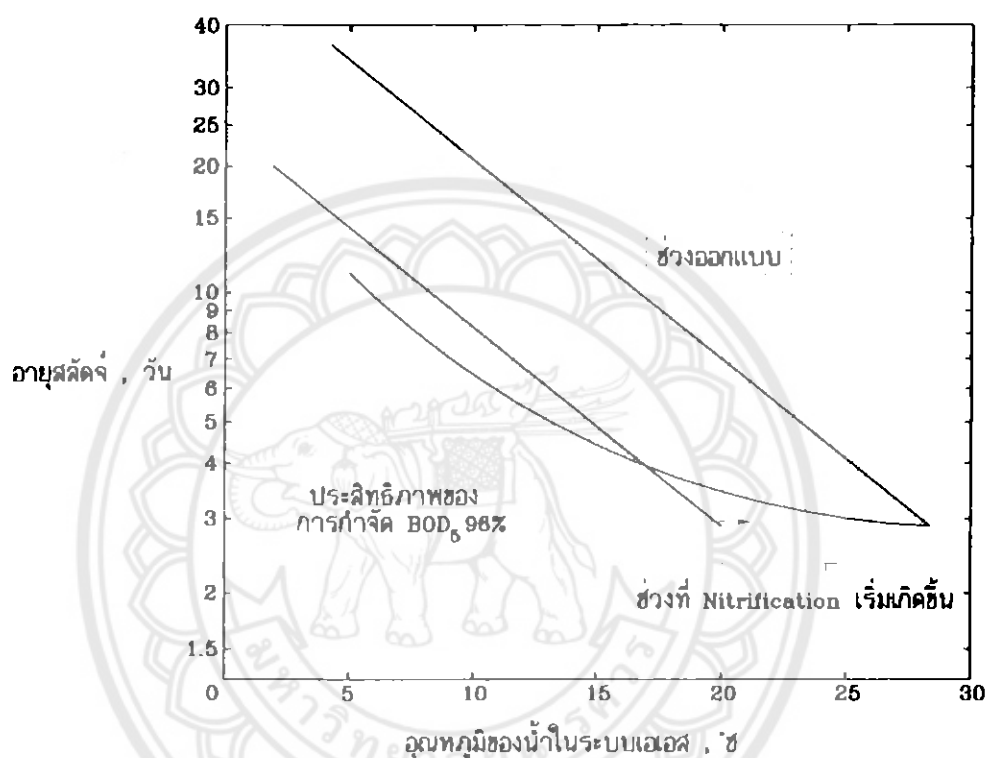
รูปที่ 2.9 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับการกระจายของสลัดจ์  
ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

ในรูปที่ 2.10 ได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอสกับอายุสลัดจ์ จากรูปที่ 2.10 จะพบว่าช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 10 °ซ ถึง 28 °ซ สามารถปรับค่าอายุสลัดจ์ที่จัดอยู่ในช่วงค่อนข้างกว้าง ยิ่งถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้น ช่วงที่อายุสลัดจ์จะมีช่วงยิ่งกว้างคือ ตั้งแต่ 3 ถึง 30 วัน และรูปที่ 2.10 ยังได้แสดงช่วงขอบเขตที่ปฏิกิริยา Nitrification เริ่มเกิดขึ้น

#### 2.2.3.2 ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นหรือปล่อยทิ้งออก

ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยส่วนของไม่ระเหย (nonvolatile) ส่วนของระเหยที่สลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable volatile) และส่วนของของแข็งแขวนลอยระเหยได้สลายไม่ได้ทางชีวภาพ (nonbiodegradable volatile suspended solids) สำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย

แบบเอสที่มีการเติมสารเคมีเพื่อการตกตะกอนผลึกจะมีปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นมากกว่าระบบ เอสปกติเนื่องจากปริมาณสารเคมีที่เติมผสมลงมา ในรูปที่ 2.11 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อายุสลัดจ์ในระบบเอสกับอุณหภูมิกับปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด จะเห็นได้ว่าเมื่ออายุสลัดจ์มีมากขึ้น จะส่งผลทำให้ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดค่อยๆ ลดลงตาม



รูปที่ 2.10 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับอุณหภูมิของน้ำในระบบ  
ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2543)

### 2.2.3.3 ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ทั้งหมด

ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ในถังเติมอากาศ สามารถคำนวณหาได้จาก สมการ (2-9) และ (2-10) ถังเติมอากาศเป็นถังยาวถือเป็นแบบไหลตามกัน (Plug Flow) มีค่า อัตราส่วนระหว่างความยาวถังกับความกว้างถัง ( $L/W$ ) มากกว่า 20 ค่าความต้องการของออกซิเจน จากคาร์บอนอินทรีย์จะมีค่อนข้างมาก และค่อยๆ ลดลง ตามสัดส่วนของปริมาณถังเติมอากาศ ดัง แสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 2.3



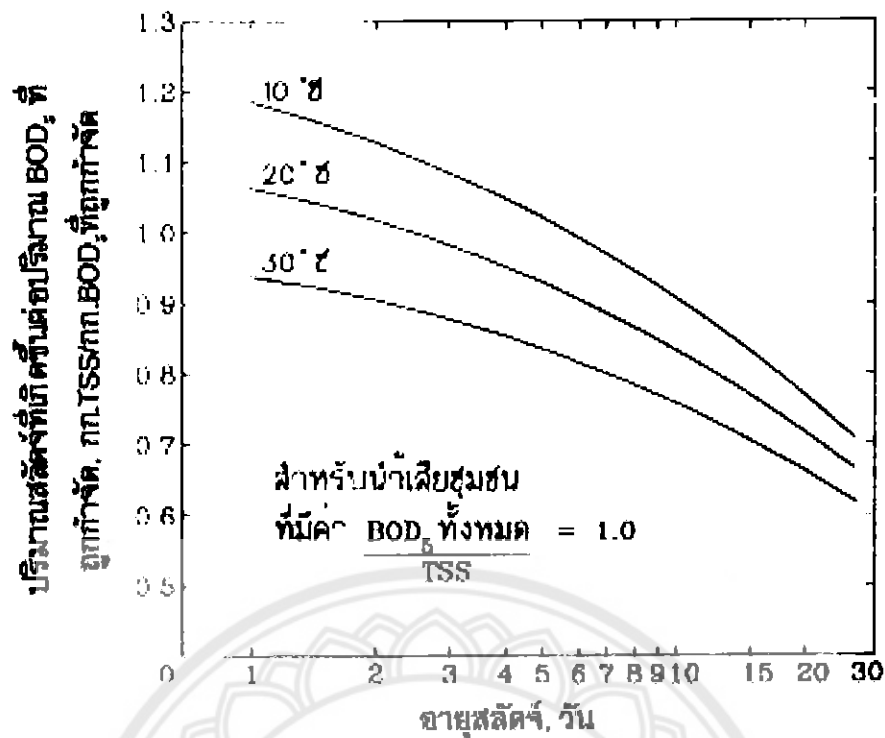
$$R_c = \frac{Q(S_0 - S)(1 + k_d \theta_c - BY)}{(1 + k_d \theta_c)} \quad (2-9)$$

$$R_n = 4.57Q(N_0 - N) - 2.86(N_0 - N - NO_3) \quad (2-10)$$

- เมื่อ  $R_c$  = ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน, กก.O<sub>2</sub>/วัน
- $R_n$  = ปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต (Nitrification), กก. O<sub>2</sub>/วัน
- $k_d$  = อัตราการใช้อาหารมากที่สุดต่อหนึ่งหน่วยของมวลจุลินทรีย์, ต่อวัน
- $Y$  = สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิตเซลล์ใหม่ที่สังเกตได้ (Observed cell yield), มก. MLVSS/กก. BOD<sub>5</sub>
- $B$  = ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้สำหรับมวลจุลินทรีย์หนึ่งหน่วย, มก. O<sub>2</sub>/กก. จุลินทรีย์
- $N_0$  = ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่สามารถออกซิไดซ์ได้ของน้ำเสียเข้า, มก.N/ล.
- $N$  = ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่สามารถออกซิไดซ์ได้ของน้ำออก, มก.N/ล.
- $NO_3$  = ความเข้มข้นของไนเตรตในโตรเจนของน้ำออก, มก. N/ล.

วัตถุประสงค์สำคัญของการเติมอากาศที่มีต่อระบบเอเอส มีอยู่สองข้อหลักคือ

- ก. ต้องการให้ออกซิเจนมีอยู่ในถังเติมอากาศเพื่อเลี้ยงจุลินทรีย์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
- ข. เพื่อให้น้ำในถังเติมอากาศมีการกวนเพียงพอและป้องกันการตกตะกอน แต่ต้องไม่เกิดการกวนมากเกินไป เพราะทำให้พวกฟล็อกแตกตัว ส่งผลให้น้ำทิ้งมี TSS สูง



รูปที่ 2.11 แสดงค่าอายุสลัดจ์กับปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดลง ณ อุณหภูมิ 10, 20, 30 °C สำหรับน้ำเสียชุมชน

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้องการออกซิเจนจากคาร์บอนอินทรีย์กับค่าสัดส่วนของปริมาตรถังเดิมอากาศ

| สัดส่วนของปริมาตรถังเดิมอากาศ (%) | ความต้องการออกซิเจนจากคาร์บอนอินทรีย์ (%) |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| 20                                | 60                                        |
| 20                                | 15                                        |
| 20                                | 10                                        |
| 20                                | 10                                        |
| 20                                | 5                                         |

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

โดยปกติออกซิเจนต้องมีเพียงพอภายในถังเติมอากาศ ซึ่งพิจารณาจากค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) ถ้ามี DO ประมาณ 2-3 มก./ล. ก็จะเพียงพอแก่จุลินทรีย์ในระบบเอเอส

ในระบบเอเอสจะมีการเติมอากาศด้วย ดังนั้นหารคำนวณหาปริมาณออกซิเจนเพื่อสามารถนำไปคำนวณออกแบบระบบเติมอากาศได้ต่อไป สมการ (2-11) และ (2-12) เป็นสมการสำหรับการคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการมีและปริมาณอากาศที่ต้องการเติมตามลำดับ

$$O_R = 10^3 (1.47(S_0 - S)Q - 1.14X_R Q_w) \quad (2-11)$$

$$A_{STP} = \frac{O_R}{(0.232)(1.20)} \quad (2-12)$$

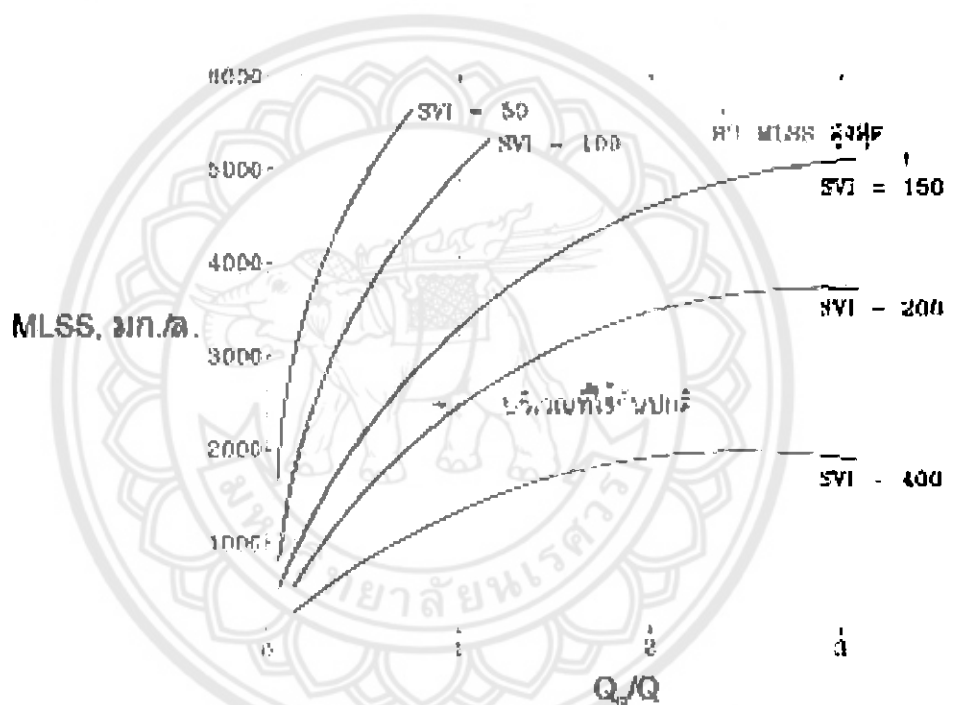
- เมื่อ  $O_R$  = ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ, กก.  $O_2$  ต่อวัน  
 $A_{STP}$  = ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการเติม ณ สภาวะมาตรฐาน (STP), ลบ.ม. ต่อวัน  
 $S_0$  = BOD<sub>5</sub> ของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ, มก./ลิตร  
 $S$  = BOD<sub>5</sub> ของน้ำทิ้งหรือน้ำภายในระบบ, มก./ลิตร  
 $Q$  = อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย, ลบ.ม. ต่อวัน  
 $X_R$  = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ในท่อน้ำสลัดจ์ไหลกลับ, มก./ลิตร MLVSS  
 $Q_w$  = ปริมาณน้ำสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบเอเอส, ลบ.ม. ต่อวัน

2.2.3.4 ปริมาณสลัดจ์ที่ไหลเวียนกลับสู่ถังเติมอากาศ ปริมาณสลัดจ์ที่ไหลเวียนกลับสู่ถังเติมอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการ (2-13) โดยปกติค่า  $Q_R/Q$  (R) ควรอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 1.0 ในรูปที่ 2.12 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R กับค่า MLSS กับค่า SVI ยิ่งเพิ่มค่า R หรือเพิ่มปริมาณสลัดจ์ไหลเวียนกลับมากขึ้น ก็ควรเพิ่มค่า MLSS ในระบบเพื่อให้ได้ผลการตกตะกอนของจุลินทรีย์ดีขึ้น (SVI ลดลง)

$$\frac{Q_R}{Q} = \frac{X}{(X_R - X)} \quad (2-13)$$

2.2.3.5 ขนาดของถังตกตะกอนที่สอง ถังตกตะกอนที่สองมีความสำคัญในระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะจะทำหน้าที่แยกสลัดจ์ที่มาจากถังเติมอากาศด้วยถังตกตะกอน โดยปกติถังตกตะกอน

จะมีน้ำไหลเข้าและออก และมีสลัดจ์บริเวณก้นถังถูกสูบกลับไปถังเดิมอากาศอีกครั้ง และบางส่วนถูกระบายทิ้งออกไป เพื่อนำไปบำบัดและกำจัดตะกอนสลัดจ์ต่อไป ดังนั้นในการออกแบบถังตกตะกอนที่สองไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบเช่นเดียวกับถังตกตะกอนแรก ในการออกแบบถังตกตะกอนที่สองต้องพิจารณาพร้อมๆ กัน ทั้งถังเดิมอากาศและระบบสูบสลัดจ์หมุนเวียนกลับ เพราะฉะนั้นขนาดพื้นที่ผิวบนและความลึกของถังตกตะกอนที่สองจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการตกตะกอนของน้ำสลัดจ์ (mixed liquor) อัตราการไหลสูงสุดของน้ำเสีย และอัตราสูบสลัดจ์หมุนเวียนกลับ ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของถังตกตะกอนที่สองเป็นไปได้ผลดีที่สุดควรพยายามควบคุมปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นให้สม่ำเสมอ



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Q_R/Q$  กับ MLSS และ SVI

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2543)

## 2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบเอเอส

### 2.2.4.1 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารที่จุลินทรีย์ในระบบเอเอส ดังนั้นความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ ในกรณีที่อัตราส่วนของ

อาหารต่อจุลินทรีย์สูง จำนวนจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed Growth) ไม่รวมตัวเป็นกลุ่มก้อนที่ดีเป็นผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีความขุ่นและค่าสารอินทรีย์หรือบีโอดีเหลืออยู่สูง ถ้าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ จำนวนจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง จุลินทรีย์จะตกตะกอนได้รวดเร็วแต่ไม่สามารถจับส่วนเล็กๆ ลงมาได้หมด ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีความขุ่นอยู่ ดังนั้นการควบคุมการทำงานที่ดี จึงต้องควบคุมอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าเหมาะสม

#### 2.2.4.2 ธาตุอาหาร

จุลินทรีย์ต้องการธาตุอาหาร (Nutrient) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือไปจากสารอินทรีย์ต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นพลังงาน โดยปกติแร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) แต่อาจมีไม่เพียงพอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การขาดธาตุอาหารที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างฟล็อกเจริญเติบโตไม่ได้ และทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นชนิดเส้นใย (Filamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่า ซึ่งจะทำให้สลัดจ์ไม่จมตัวและอาจไหลปนออกมากับน้ำทิ้ง

โดยปกติการควบคุมให้บีโอดี 100 กก. ต้องมีไนโตรเจน 5 กก. ฟอสฟอรัส 1 กก. และเหล็ก 0.5 กก. การเติมไนโตรเจนมักเติมในรูปของแอมโมเนียหรือยูเรีย ฟอสฟอรัสจะเติมในรูปของกรดฟอสฟอริก และเหล็กในรูปของเฟอร์ริกคลอไรด์ ในการเติมธาตุอาหารจะต้องสังเกตและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำออกให้มีค่าแร่ธาตุต่างๆ เหลืออยู่เพียงเล็กน้อย การเติมธาตุอาหารที่มากเกินไปจนความจำเป็น นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองแล้ว ยังเป็นสารมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

#### 2.2.4.3 ออกซิเจนละลาย

ในถังเติมอากาศ จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล. ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศสูง จุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้มากและออกซิเจนจะมีค่าการละลายอัตรต่ำ จึงทำให้ต้องการออกซิเจนมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศต่ำ ความต้องการเติมอากาศเพื่อที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

#### 2.2.4.4 ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในถังเดิมอากาศจะต้องมีมากเพียงพอที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่างๆ หากระยะเวลาไม่เพียงพอมลสารบางส่วนโดยเฉพาะสารที่ย่อยสลายยากจะถูกย่อยสลายได้ไม่หมด ทำให้มีค่าบีโอดีเหลืออยู่ในน้ำเสียนมาก สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในถังตกตะกอนชั้นที่สองก็เช่นเดียวกัน หากมีน้อยเกินไปก็จะทำให้สลักจ์ตกตะกอนได้ไม่ดี แต่ถ้านานเกินไปก็จะทำให้สลักจ์ขาดออกซิเจนและเน่าได้

#### 2.2.4.5 ฟีเอช

ค่าฟีเอชมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าฟีเอช ระหว่าง 6.5 – 8.5 ถ้าค่าฟีเอชต่ำกว่า 6.5 รา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงและสลักจ์ตกตะกอนไม่ดี ถ้าค่าฟีเอชสูงจะทำให้ฟอสฟอรัสตกตะกอนผลึก (Precipitate) แยกออกจากน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทำให้ระบบทำงานได้ไม่ดีเช่นกัน ส่วนในกรณีที่ค่าฟีเอชต่ำมากหรือสูงมาก จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้ก็จะตายหมด

#### 2.2.4.6 สารพิษ

สารพิษแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบพิษเฉียบพลัน ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดในระยะเวลาอันสั้น (Acute Toxicity) และพิษแบบออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity) ใช้ระยะเวลานานและค่อยๆ ตาย พิษเฉียบพลันสามารถสังเกตได้ง่ายเนื่องจากมีผลเกิดขึ้นรวดเร็ว ตัวอย่างพิษประเภทนี้ เช่น ไซยาไนด์ สารหนู ส่วนพิษออกฤทธิ์ช้า เช่น ทองแดง และโลหะหนักต่างๆ จุลินทรีย์จะสะสมเอาไว้ภายในเซลล์จนเกิดเป็นพิษและตายในที่สุด นอกจากนี้ความเป็นพิษอาจเกิดจากสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น แอมโมเนียที่มีค่าความเข้มข้นสูงเกิน 500 มก./ล. เป็นต้น

#### 2.2.4.7 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการเอเอส โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุกๆ 10 °ซ จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว จนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 37 °ซ อุณหภูมิจะมีค่าสูงเกินไป จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในระบบจะทำให้ยาก ผู้ควบคุมระบบ จึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเดิมอากาศให้มีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูง และเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ สำหรับประเทศไทย อุณหภูมิในฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่แตกต่างกันมากนัก จึงไม่ค่อยมีความจำเป็นในการปรับค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ตามฤดูกาล นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังมีส่วนต่อการตกตะกอนชั้นที่สอง โดยปกติอุณหภูมิต่ำจะตกตะกอนได้ดีกว่าอุณหภูมิสูง และถ้าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันเกิน  $2^{\circ}\text{C}$  จะเกิดการไหลวนของน้ำ เนื่องจากมีความหนาแน่นที่ต่างกันทำให้ประสิทธิภาพของถังตกตะกอนลดลง

#### 2.2.4.8 การกวน

ภายในถังเดิมอากาศจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันมิให้จุลินทรีย์ตกตะกอน เพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัด และเพื่อให้สลัดจ์จับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดี การกวนที่ถูกต้องจะต้องป้องกันมิให้น้ำเสียไหลลัดวงจร และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์ในถังเดิมอากาศแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) จะต้องมีค่า MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง

#### 2.2.4.9 อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่ส่งมาเข้าระบบบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยาและถังตกตะกอน หากน้ำเสียมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นมาก ระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง ค่าสารอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนในถังตกตะกอนชั้นที่สองลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบไว้ เช่น อาจสร้างเป็นถังปรับเสมอ (Equalizing Tank) เป็นต้น

## 2.3 ประเภทของกระบวนการเอเอส

ปัจจุบันกระบวนการเอเอสมีการพัฒนาจนสามารถแบ่งกระบวนการออกได้หลายแบบ เช่น โดยรูปร่างของถัง อัตราการการบำบัด รูปแบบการป้อนน้ำเสีย รูปแบบการเติมอากาศ และอื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.1 การแบ่งประเภทตามรูปร่าง การป้อนน้ำเสียหรือการเติมอากาศ

#### 2.3.1.1 ระบบแบบผสมสมบูรณ์ (Complete Mix System)

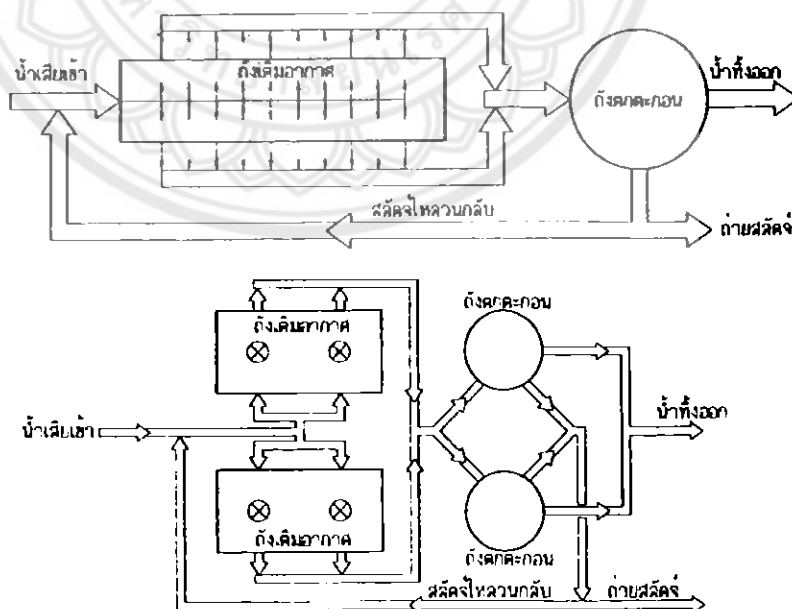
เป็นระบบเอเอสแบบที่มีการกวนรุนแรงทำให้มีการผสมอย่างสมบูรณ์ โดยมีความเข้มข้น ณ จุดใดๆ ในถังมีค่าเท่ากันเสมอ ปริมาณบีโอดีและความต้องการออกซิเจนภายในถังเติมอากาศควรมีค่าเท่ากันสม่ำเสมอทั่วทั้งถังเติมอากาศ มีปฏิกิริยาการใช้สารอาหารแบบ Isotrophic ระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ์สามารถช่วยป้องกันเมื่อมีปริมาณบีโอดีไหลเข้ามากเกินควรในบางเวลา หรือมีการไหลเข้าของสารพิษ โดยระบบนี้จะช่วยผสมกวนกันอย่างดี ทำให้มีความเข้มข้นของบีโอดีหรือสารพิษในถังลดลงไปได้ ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดความเข้มข้นของน้ำเสียมากกว่าปกติอย่างกะทันหัน (Shock loads) โดยทางทฤษฎีพบว่า ความแตกต่างดังกล่าวมีน้อยจนถึงไม่มี ทั้งนี้เพราะการควบคุมระบบบำบัดจะเป็นปัจจัยที่สำคัญกว่ารูปแบบถัง กระบวนการนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 ระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำเสียของสัณฐานตลอดความยาวของถังเติมอากาศ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.14 ค่าบีโอดีตลอดความยาวของถังเติมอากาศจะมีค่าเท่าๆ กัน โดยค่าบีโอดีจะลดลงถึงค่าหนึ่งอย่างสม่ำเสมอตามความสามารถของถังเติมอากาศนั้นๆ โดยปกติมีประสิทธิภาพกำจัดบีโอดีประมาณ 85 ถึง 95% ระบบนี้มักใช้กับน้ำเสียทั่วไป สามารถต้านทานกับปริมาณความสกปรก (เช่น บีโอดี, ไนโตรเจน) อย่างกะทันหันได้ดี แต่มักจะเกิดจุลชีพนินคเส้น (Filamentous Organisms) ในระบบนี้ได้ง่าย

#### 2.3.1.2 ระบบแบบไหลตามกัน (Plug Flow System)

เป็นระบบเอเอสแบบแรกๆ ที่ใช้กันทั่วไปในสมัยแรกๆ ของระบบเอเอส โดยระบบนี้มักจะเป็นระบบที่มีการไหลผ่านถังเป็นรูปตามยาว แต่โดยทั่วไปมักจะมีรูปร่างถังเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีกำแพงกันตามระยะต่างๆ ภายในถัง ทำให้น้ำเสียไหลผ่านเลี้ยวคดไปตามการไหลของ

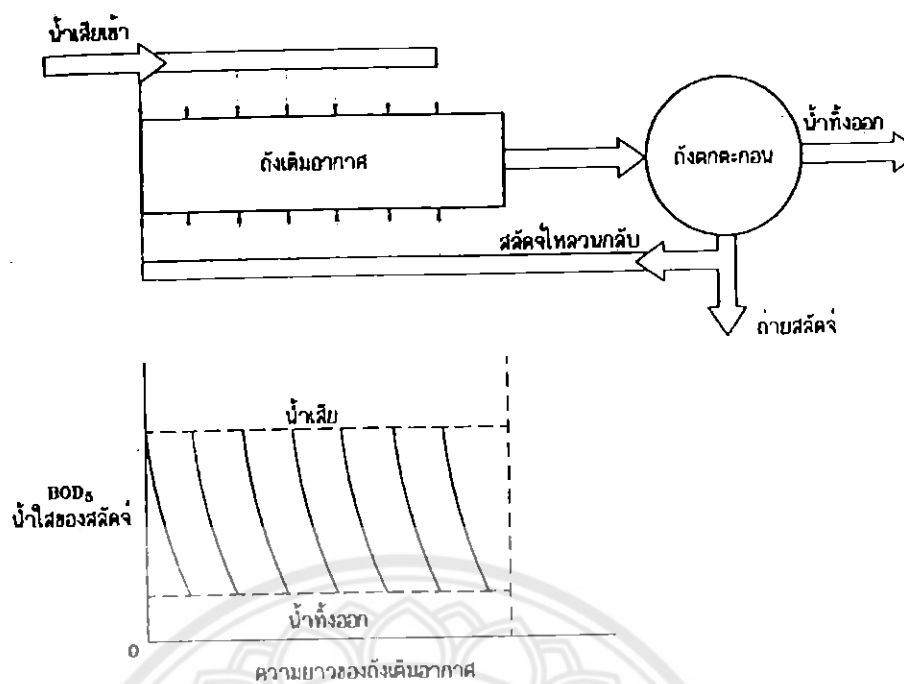


น้ำภายในถังดังแสดงในรูปที่ 2.15 โดยน้ำเสียได้ไหลผ่านภายในถังเดิมอากาศมีการผสมด้วยการเติมอากาศตลอดแนวของถังเดิมอากาศทั่วทั้งถังเท่าๆ กัน พบว่าในหลายแห่งได้เกิดปัญหาการเติมอากาศในบริเวณต้นทางที่ไม่เพียงพอกับความต้องการออกซิเจนของน้ำเสียที่เพิ่งจะไหลเข้าระบบ ขณะที่มีการเติมอากาศ จะเกิดการดูดซับ (Adsorption) จะเกิดการรวมตะกอน (Flocculation) และออกซิเคชันสารอินทรีย์ภายในถัง โดยมีปฏิกิริยาการใช้สารอาหารแบบ Orthotropic ส่วนตะกอนจุลินทรีย์จะถูกแยกออกจากน้ำภายในถังตกตะกอนที่สอง เพื่อนำน้ำที่ออกโดยปราศจากของแข็งแขวนลอย และนำส่วนตะกอนจุลินทรีย์ที่จมอยู่บริเวณก้นถังตกตะกอนไหลกลับสู่ถังเดิมอากาศอีกครั้ง เพื่อรักษาจำนวนจุลินทรีย์ในระบบ ระบบเอเอสแบบไหลตามกันมีลักษณะการเปลี่ยนแปลง บีโอดีของน้ำเสียของสัปดาห์ตลอดความยาวของถังเดิมอากาศ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.16 ค่าบีโอดี ตลอดความยาวของถังจะลดลงคล้ายๆ กับเส้นโค้ง Hyperbola คือค่าบีโอดีช่วงแรกๆ จะลดลงอย่างรวดเร็ว แล้วค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนถึงทางออกของถังเดิมอากาศ โดยปกติมีประสิทธิภาพกำจัด บีโอดีประมาณ 85 ถึง 95% ระบบนี้มักใช้กับน้ำเสียชุมชนที่มีค่าบีโอดีต่ำ และระบบนี้มีความไวกับปริมาณความสกปรกที่มีมากกว่าปกติอย่างกะทันหัน (Shock Load) ไม่สามารถรับพวกรบกวนได้มากนัก



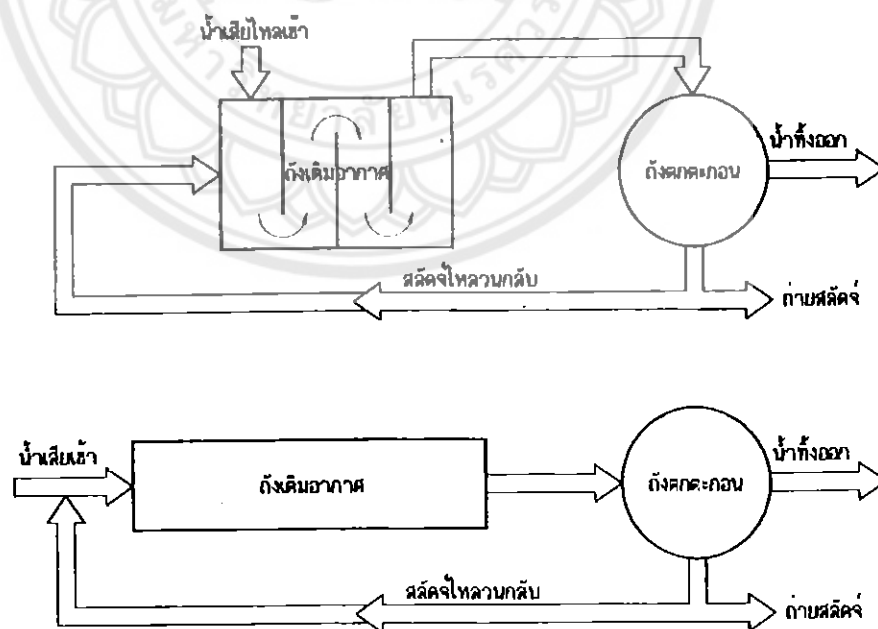
รูปที่ 2.13 แสดงระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ์

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)



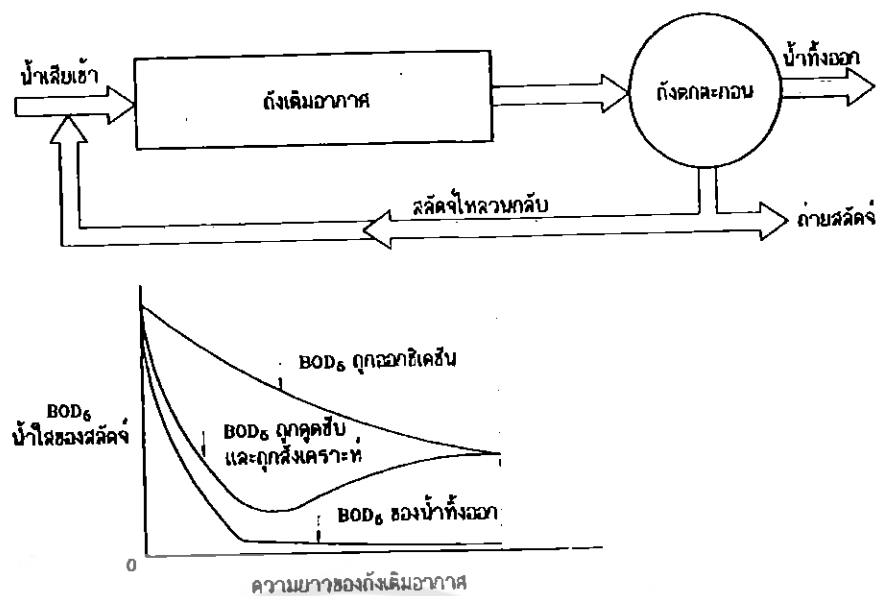
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำเสียของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศ  
ของระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ์

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)



รูปที่ 2.15 แสดงระบบเอเอสแบบไหลตามกัน

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

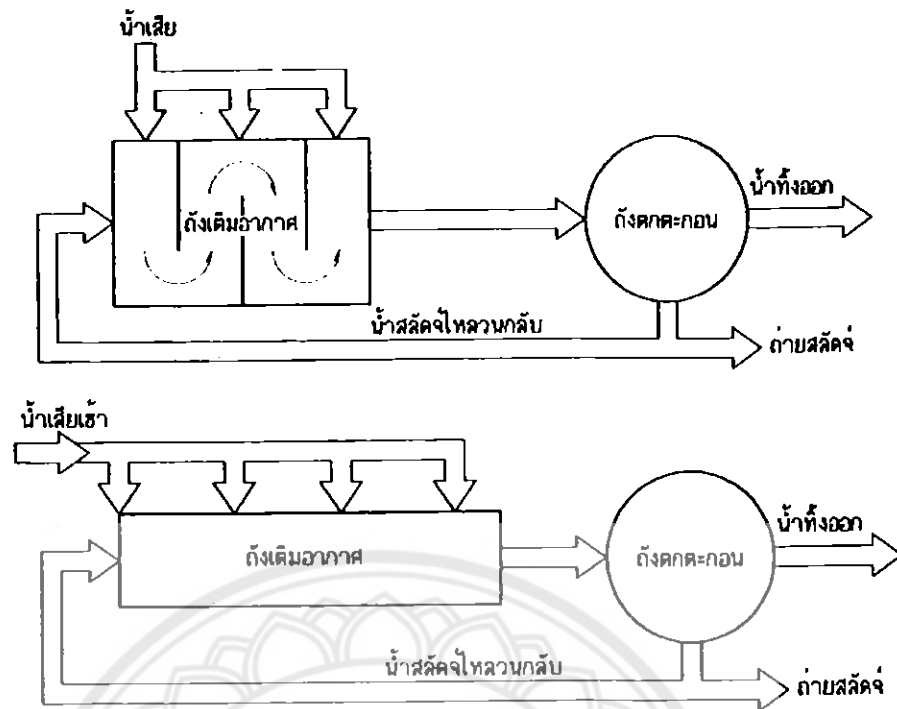


รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศ  
ของระบบเอเอสแบบไหลตามกัน

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ (2543)

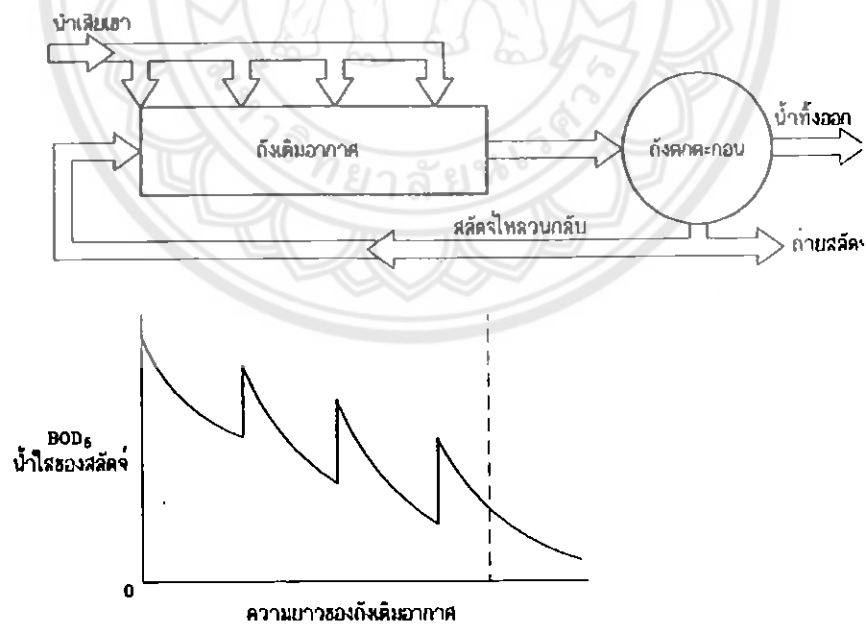
### 2.3.1.3 ระบบเติมอากาศแบบเป็นขั้น (Step Feed Aeration System)

เป็นระบบเอเอสที่มีการป้อนน้ำเสียเข้าหลายจุดตามความยาวของถังเติมอากาศ ซึ่งระบบนี้ได้ดัดแปลงมาจากระบบแบบไหลตามกัน ในการที่ป้อนน้ำเสียเข้าหลายๆ จุดตลอดความยาวของถัง ทำให้ปริมาณ  $F/M$  ในระบบจะถูกปรับให้มีปริมาณสม่ำเสมอ ปัจจัยนี้จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญของระบบนี้ รูปที่ 2.17 ได้แสดงระบบเติมอากาศแบบเป็นขั้น โดยมีปฏิกริยาการใช้สารอาหารแบบ Metatrophic สำหรับรูปที่ 2.18 ได้แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของบีโอดีตลอดความยาวของถัง เนื่องจากได้ป้อนน้ำเสียตามระยะต่างๆ ตลอดความยาวของถัง ทำให้ค่าบีโอดีภายในถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นขั้นๆ ลงๆ ตามตำแหน่งป้อนน้ำเสีย ดังนั้นระบบนี้เป็นระบบที่สามารถรับปริมาณบีโอดีที่ไหลเข้าระบบไม่สม่ำเสมอได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรับพหุสารพิษได้มากกว่าระบบเอเอสแบบไหลตามกัน โดยปกติระบบนี้มีประสิทธิภาพกำจัดบีโอดีประมาณ 85 ถึง 95% ระบบนี้มักใช้กับน้ำเสียทั่วไป สามารถรับน้ำเสียที่มีช่วงเปลี่ยนแปลงความสกปรกค่อนข้างมาก



รูปที่ 2.17 แสดงระบบเติมอากาศแบบเป็นขั้น

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)



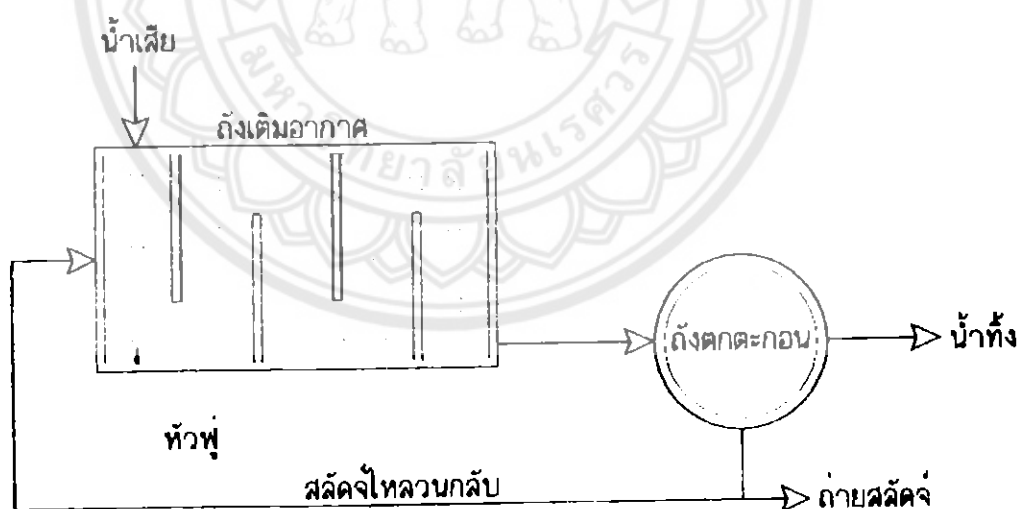
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศ  
ของระบบเอเอสแบบเป็นขั้น

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

#### 2.3.1.4 กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง (Tapered Aeration Process)

กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลงเป็นระบบการเติมอากาศ โดยปรับระดับอากาศในส่วนต่างๆ ของถังเติมอากาศของระบบเอเอส คือให้อากาศมากที่สุดทางเข้าและน้อยลงที่ทางออก โดยประมาณจากระดับความต้องการออกซิเจนของน้ำสลัดจ์ ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นกระบวนการที่มีรูปถังเติมอากาศเหมือนกับของกระบวนการเอเอสแบบธรรมดา คือเป็นแบบไหลตามกัน เพียงแต่จะมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศตรงบริเวณต้นทางมากกว่าปลายทางของถัง ถ้าใช้หัวฟุ้งกระจายอากาศ บริเวณต้นทางของถังจะติดตั้งหัวฟุ้งให้มีระยะห่างน้อยและค่อยๆ เพิ่มระยะห่างจนถึงห่างที่สุดบริเวณปลายทางของถัง เพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนที่เติมลงไปใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.19 เช่นเดียวกับของระบบเอเอสแบบธรรมดา คือปริมาณบีโอดีที่ไหลเข้าระบบควรมีสมาเสมอจึงจะได้ผลดีและไม่สามารถรับพวกลำพิษได้มากนัก

โดยปกติระบบนี้มีประสิทธิภาพกำจัดบีโอดีประมาณ 85 ถึง 95% ระบบนี้มักใช้กับน้ำเสียทั่วไป ระบบนี้มีความสามารถรับน้ำเสียที่แปรเปลี่ยนได้พอสมควร และช่วยประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ



รูปที่ 2.19 แสดงกระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

### 2.3.1.5 ระบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization System)

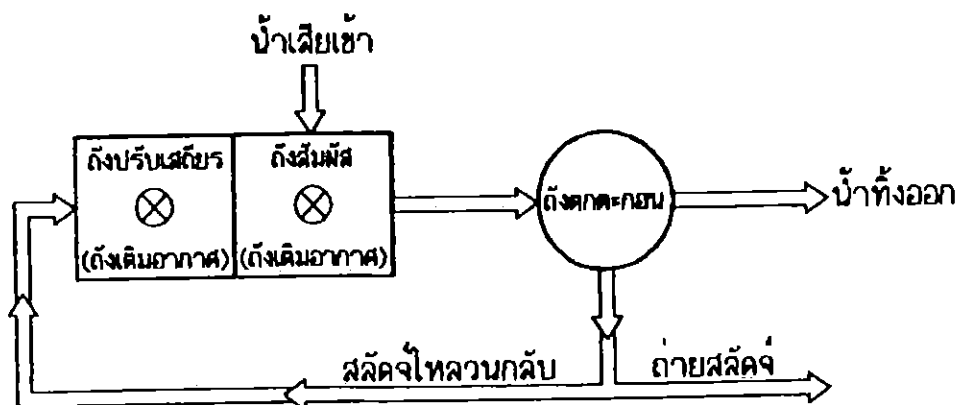
เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสประเภทหนึ่ง น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจะได้รับการเติมอากาศ โดยการรวมตัวกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ โดยปกติมักจะไม่เกิน 60 นาที เพื่อให้จุลินทรีย์ดูดซับสารอินทรีย์ไว้ หลังจากนั้นตะกอนจุลินทรีย์จะถูกทำให้ตกตะกอนแล้วส่งต่อไปยังถังเติมอากาศ เพื่อการออกซิไดส์บีโอดีและจุลินทรีย์ที่เติบโตใหม่ก็จะถูกส่งกลับเข้าผสมน้ำเสียเป็นวัฏจักรต่อไป

กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส เป็นกระบวนการที่นำน้ำสลัดจ์ที่รวบรวมได้จากถังตกตะกอน ส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบและอีกส่วนหนึ่งจะนำมาทำการเติมอากาศในถังปรับเสถียร (Stabilization Tank) ประมาณ 4 – 6 ชม. แล้วจะนำมาผสมกับน้ำเสียภายในถังเติมอากาศอีกครั้ง ซึ่งเรียกถังนี้ว่าถังสัมผัส (Contact Tank) ด้วยการเติมอากาศประมาณ 30 – 60 นาที พบว่ามีการเติมอากาศนานเกินไป อาจส่งผลให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ดี รูปที่ 2.20 ได้แสดงกระบวนการปรับเสถียรสัมผัส โดยระบบประกอบด้วยถังเติมอากาศสองถัง ถังหนึ่งคือ ถังปรับเสถียร ซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์มาก โดยทั่วไปมักจะต่ำกว่า 10,000 มก./ลิตร และอีกถังหนึ่งคือ ถังสัมผัส ซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ประมาณ 2,500 มก./ลิตร เฉพาะขนาดถังสัมผัสจะมีปริมาตรความจุประมาณครึ่งหนึ่งของระบบแบบไหลตามกัน

ระบบนี้สามารถเรียกว่า กระบวนการ Biosorption ซึ่งมีทั้งการดูดซับ (Adsorption) และออกซิเดชัน (Oxidation) ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในรูปสารอินทรีย์มีสูงกว่าของระบบเอเอสแบบธรรมดา ซึ่งส่งผลให้ขนาดความจุของถังเติมอากาศทั้งสองมีขนาดเล็กกว่าของระบบเอเอสแบบธรรมดาประมาณ 50 % และทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าในการเติมอากาศ

### 2.3.1.6 ระบบถังคัดพันธุ์ (Selector System)

ระบบเอเอสมักออกแบบให้มีถังเล็กๆรับน้ำเสียเข้าและสลัดจ์สูบกลับ (และไม่มี การเติมอากาศ) ก่อนป้อนเข้าถังเติมอากาศหลักต่อไปดังรูปที่ 2.21 ถังเล็กๆดังกล่าว เรียกว่า ถังคัดพันธุ์ จุดประสงค์ของถังคัดพันธุ์เพื่อป้องกันการ โศกของจุลินทรีย์แบบเส้นใยหรือป้องกันปัญหา สลัดจ์ไม่จมตัว โดยออกแบบให้ถังคัดพันธุ์มีอัตราการบีโอดีสูง ซึ่งในสภาวะนี้จะทำให้จุลินทรีย์ แบบฟล็อกสามารถจับใช้สารอินทรีย์ละลายและโคได้เร็วกว่าจุลินทรีย์กลุ่มเส้นใย



รูปที่ 2.20 แสดงระบบปรับเสถียรสัสมั

ที่มา: เครื่องซักผ้า อุตสาหกรรม (2543)



รูปที่ 2.21 แสดงเอสเบบถังคัดพันธุ์

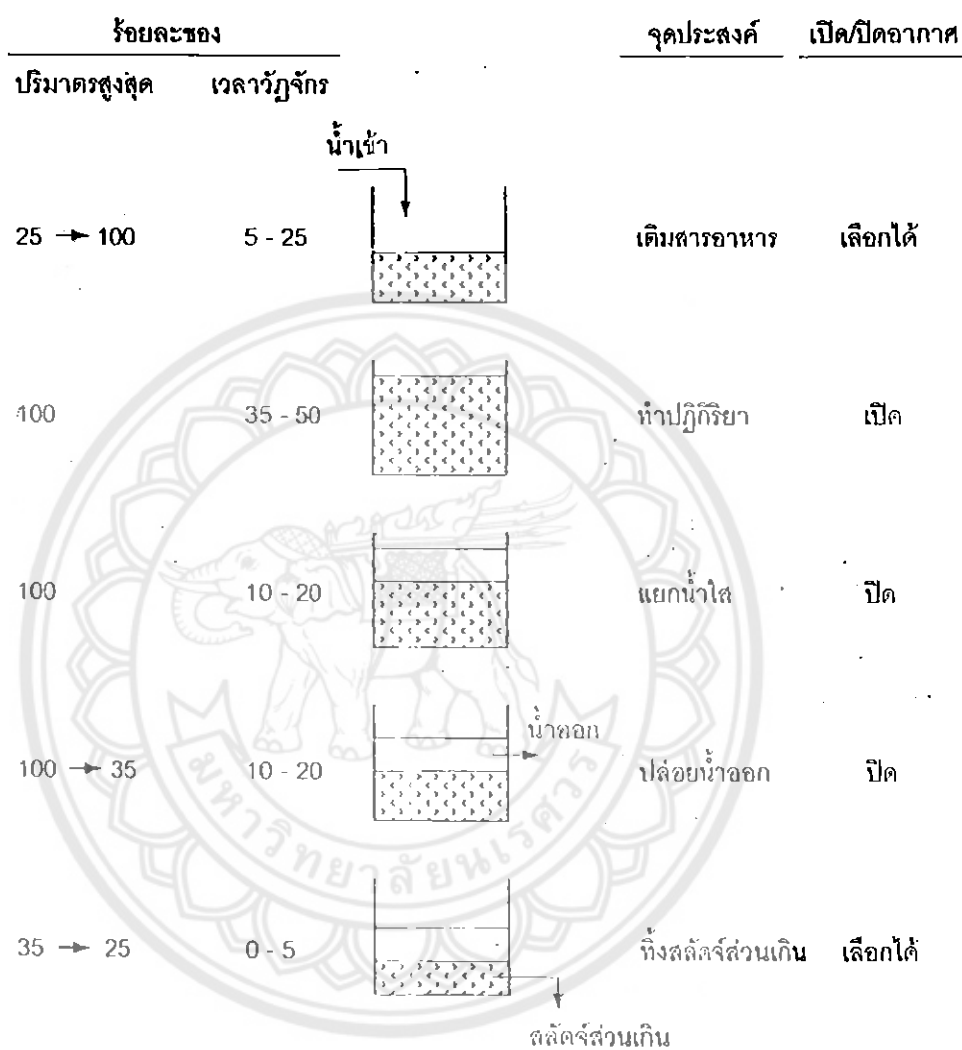
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

### 2.3.1.7 ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor System, SBR)

เอสบีอาร์เป็นการเดินระบบเป็นทีละเท (Batch) ซึ่งเป็นการรวมขั้นตอนการเติมอากาศและตกตะกอนไว้ในถังเดียวกัน โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานตามลำดับตามรูปที่ 2.22 ดังนั้นในกรณีน้ำเสียไหลอย่างต่อเนื่องอาจต้องใช้เอสบีอาร์หลายถังหรือต้องมีถังปรับขนาดให้ใหญ่กว่าปกติ

ข้อดีของเอสบีอาร์ คือ ไม่ต้องมีถังทำไสและเครื่องสูบสลัดจ์เวียนกลับ รับปริมาณช็อกได้ในช่วงกว้างและป้องกันการเกิดการล้างได้ (Washout) ได้ดี สามารถปรับเปลี่ยน

กระบวนการเพื่อควบคุมจุลินทรีย์ชนิดเส้นใยหรือคัดแปลงให้เป็นกระบวนการกำจัดธาตุอาหารได้ง่าย โดยการเพิ่มขั้นตอนไม่เติมอากาศ ซึ่งอาจเป็นแอนอกซิกหรือแอนแอโรบิก



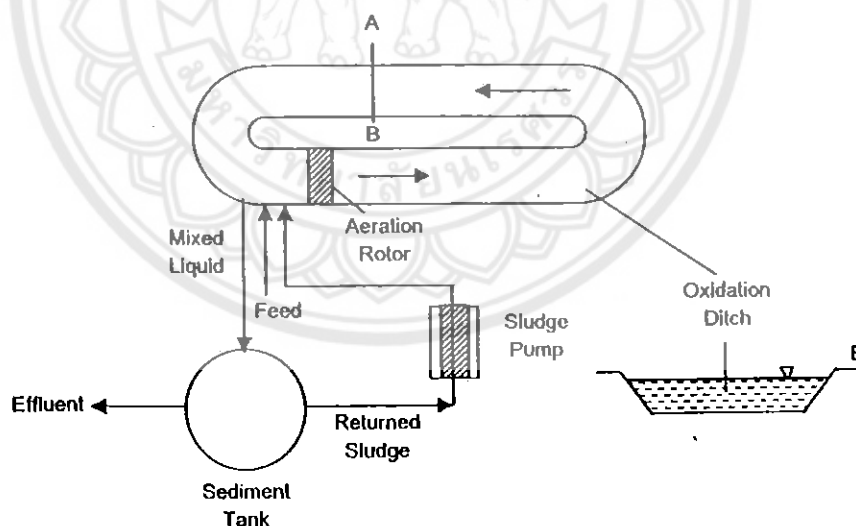
รูปที่ 2.22 แสดงการทำงานใน 1 วัฏจักรของระบบเอสปีอาร์

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย



### 2.3.1.8 ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch System)

ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) เป็นระบบหนึ่งของระบบแอคติเวเตด สลัดจ์หรือระบบเอเอสที่เรียกว่า Extended Aeration ที่มีการไหลของน้ำเป็นวงจร (Circuit Flow Activated Sludge Process) ซึ่งข้อเด่นของระบบนี้ก็คือสามารถทำงานได้ดีและสม่ำเสมอโดยไม่ต้องมีการควบคุมอย่างมากมาย เมื่อเปรียบเทียบกับ การควบคุมระบบเอเอสโดยทั่วไป ระบบบำบัดแบบคลองวนเวียนประกอบด้วย ถังเติมอากาศแบบวงรีซึ่งทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาวของถัง มีการเติมอากาศและมีการกวนโดยใช้เครื่องกลเติมอากาศแบบตีนน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) การไหลของน้ำเสียในถังเติมอากาศแบบคลองวนเวียนมีลักษณะเฉพาะคือ เป็นได้ทั้งแบบไหลตามแนวยาว และแบบกวนสมบูรณ ขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาที่พิจารณาถ้าพิจารณาว่าภายในถังเติมอากาศมีน้ำเสียไหลวนและถูกเติมอากาศในระยะเวลา 15 นาทีต่อรอบ การพิจารณาแบบนี้จะเป็นลักษณะของการไหลตามยาว และถ้าพิจารณาว่าน้ำเสียที่ไหลเข้ามาบำบัดมีระยะเวลาเก็บกักนาน 24 ชั่วโมง มีการถูกกวนผสมอยู่ถึง 96 รอบ การพิจารณาแบบนี้จะเป็นลักษณะของการกวนสมบูรณ ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงระบบเอเอสแบบคลองวนเวียน

ที่มา: พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ (2551)

ระบบเอเอสแบบคลองวนเวียนเป็นระบบที่เหมาะสมกับการบำบัดน้ำทิ้งชุมชนแบบติดกับที่เพราะสามารถกำจัดได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอาหารอย่างมีประสิทธิภาพสูง และประการสำคัญไม่ต้องการผู้ควบคุมที่มีประสบการณ์สูงมากนัก แต่ในประเทศไทยโดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร มักไม่เลือกใช้ระบบนี้ โดยมีเหตุผลหลักสองประการ คือ ระบบดังกล่าวมีราคาก่อสร้างและต้องการพื้นที่มากกว่าระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์หรือระบบเอเอสทั่วไป แต่ในประเทศสหรัฐอเมริกาการบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนมักถูกออกแบบให้กับการบำบัดน้ำเสียเฉพาะพื้นที่ (Decentralized Wastewater Treatment Systems) จากชุมชนตั้งแต่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง จนถึงขนาดใหญ่

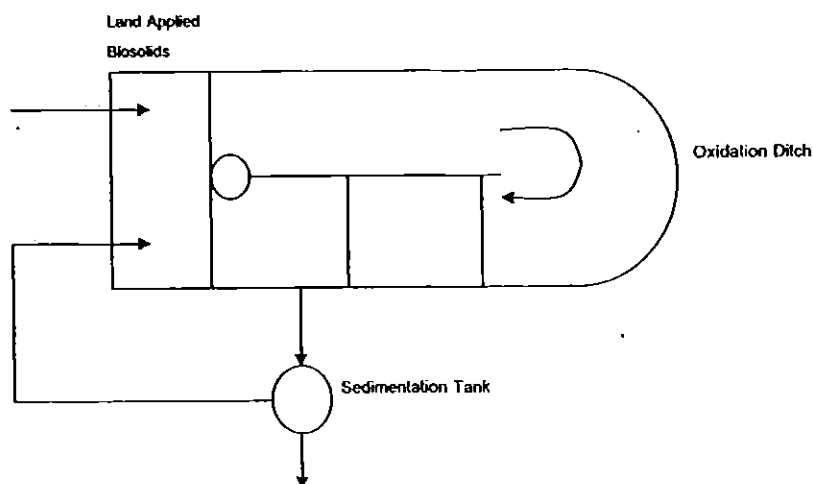
ระบบบำบัดน้ำแบบนี้สามารถใน ไตรเจนและฟอสฟอรัสได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนและอุตสาหกรรมที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่สูงจนเกินไป เพราะลักษณะการเติมออกซิเจนเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของถังเติมอากาศ ถ้าวัดความเข้มของออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นบวกลูกครึ่งหนึ่งของความยาวของถัง และอีกส่วนหนึ่งมีค่าออกซิเจนเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์เรียกว่า Anoxic Zone จะมีระยะเวลาประมาณ 10 นาที

#### ก. การลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระบบคลองวนเวียน

การลดไนโตรเจนด้วยวิธีการบำบัดทางชีววิทยาในระบบคลองวนเวียนเป็นที่ทราบกันอย่างแพร่หลายว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) สามารถบำบัดและลดไนโตรเจนในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี กระบวนการบำบัดแบบไนตริฟิเคชันเปลี่ยนจากแอมโมเนีย ( $\text{NH}_4$ ) เป็นไนเตรท ( $\text{NO}_3$ ) ต้องการปริมาณออกซิเจน 4.3 มก. ปริมาณค่า Alkalinity 7.14 มก.  $\text{CaCO}_3$  ต่อการลด 1 mg  $\text{NH}_4$  -N ค่าพีเอช (pH) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.6 (Mecalf and Eddy, 2003) จากนั้นไนเตรท ( $\text{NO}_3$ ) ที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณสารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์โดยทั่วไปต้องการ 5 mg COD หรือ 4 mg BOD ต่อการลด 1 มก.  $\text{NO}_3$  - N ค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 7-8 (Mecalf and Eddy, 2003) ส่วนปริมาณออกซิเจนเป็นตัวยับยั้ง (Inhibitor) การเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน โดยมีรายงานว่า การยับยั้งจะเกิดขึ้นที่ปริมาณออกซิเจนละลายสูงกว่า 0.5 มก./ล.

กระบวนการบำบัดทางชีวภาพเพื่อลดฟอสฟอรัสเป็นเพียงการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสจากน้ำเสียไปอยู่ในตะกอนของน้ำเสียเท่านั้นไม่ได้ทำให้ฟอสฟอรัสหายไปเป็นก๊าซเหมือนการบำบัดในไตรเจน จากนั้นต้องนำตะกอนไปกำจัดต่อ หลักการสำคัญของการบำบัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการทางชีวภาพ คือ การให้จุลินทรีย์เก็บฟอสฟอรัสไว้ในตัวเซลล์เป็นปริมาณมากๆ จากนั้นใช้วิธีแยกเอาตัวเซลล์ออกจากน้ำเสีย หรือให้เซลล์ปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาและใส่สารเคมีเพื่อให้ตกตะกอน แล้วนำตะกอนไปกำจัดหรือใช้ประโยชน์ต่อไปโดยทั่วไปประสิทธิภาพของการบำบัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพขึ้นกับความสามารถในการทำให้เซลล์สามารถดึงฟอสฟอรัสเข้าไปเก็บไว้ในตัวเซลล์มากๆ โดยการให้จุลินทรีย์อยู่ในสถานะที่ไม่สามารถเจริญเติบโต เช่น สถานะไร้อากาศไม่มีออกซิเจน แต่มีปริมาณสารอาหารภายนอกสูงสลับสถานะที่มีอากาศแต่ขาดสารอาหารภายนอก ในสถานะไร้อากาศจุลินทรีย์จะใช้พลังงานจากการสลายโพลีฟอสเฟตที่สะสมไว้ในเซลล์เพื่อดึงสารอินทรีย์ภายนอกเข้ามาไว้ในเซลล์ ทำให้ในช่วงดังกล่าวเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาอย่างมากมาย และเมื่อเข้าสู่สถานะที่มีออกซิเจน จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติโดยใช้สารอาหารที่สะสมไว้ในเซลล์ และในช่วงนี้จุลินทรีย์จะดึงเอาฟอสฟอรัสเข้าไปเก็บสะสมในตัวเซลล์ได้เป็นปริมาณมากๆ ฟอสฟอรัสจะถูกเก็บอยู่ในรูปพลังงานสะสม ปริมาณที่สะสมไว้จะสูงกว่าปริมาณที่ปลดปล่อยออก ทำให้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม หลักการดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อกำหนดส่วนของสารอินทรีย์ต่อฟอสฟอรัสในรูป BOD/P อยู่ในช่วง 20-30 ถ้าค่า BOD ที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียนี้น้อยเกินไป การลดฟอสฟอรัสด้วยระบบบำบัดทางชีววิทยาไม่สามารถเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้สารอินทรีย์ในน้ำควรเป็นประเภทที่ย่อยสลายได้ง่าย โดยทั่วไปเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids, VFAs) ที่เกิดจากการหมักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง VFA ที่ต้องการควรมีค่าประมาณ 6.7 มก. ต่อการลด 2 mg P ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพทั่วไปที่สามารถลดฟอสฟอรัสต้องมีช่วงไร้อากาศสลับกับช่วงมีอากาศ (Anaerobic/Aerobic)

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนสามารถที่จะออกแบบให้มีการบำบัดได้ทั้งในไตรเจนและฟอสฟอรัสโดยการควบคุมออกซิเจนละลายน้ำในระบบ ให้ช่วงต้นคลองมีสภาพไร้อากาศ และสลับลงวนกลับจะเข้าสู่โซนไร้อากาศ แสดงในภาพที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงระบบบำบัดคลองวนเวียนที่คันคลองมีสภาพไร้อากาศ

ที่มา: พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ (2551)

### 2.3.2 การแบ่งประเภทด้วยอัตราภาระการบำบัด

อัตราภาระการบำบัดของกระบวนการเอเอสมีกหมายถึงปริมาณของบีโอดีถูกป้อนเข้าระบบต่อวันหารด้วยมวลจุลินทรีย์ในระบบหรือเรียกว่า “อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์” (food to microorganism ratio, F/M) ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการเอเอสสามารถแบ่งประเภทกระบวนการตามอัตราภาระการบำบัดได้ 3 ประเภท ได้แก่ แบบ อัตราภาระการบำบัด ธรรมดา แบบอัตราภาระการบำบัดต่ำ และอัตราภาระการบำบัดสูง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกระบวนการเอเอสประเภทต่างๆ ซึ่งแบ่งตามลักษณะรูปร่าง การป้อนน้ำเสีย และการเติมอากาศ จะต้องออกแบบให้มีอัตราภาระการบำบัดแบบใดแบบหนึ่งอยู่ด้วย

#### 2.3.2.1 แบบธรรมดา (Conventional System)

ระบบเอเอสแบบธรรมดาโดยทั่วไปมักหมายถึงระบบเอเอสที่มีอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ประมาณ 0.2 – 0.5 กก.บีโอดี/ กก.เอ็มแอลวีเอสเอส – วัน และมีปริมาณเอ็มแอลวีเอสเอสในถังเติมอากาศประมาณ 1,500 – 3,000 มก./ล. โดยทั่วไปเอเอสแบบนี้ต้องการกระบวนการบำบัดขั้นต้นด้วย (ก่อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ) เนื่องจากเอเอสแบบนี้มีอายุสัณฐานและเวลากักน้ำต่ำ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอยต่ำ จึงต้องกำจัดสารแขวนลอย

ดังกล่าวออกก่อน นอกจากนี้สัณฐานส่วนเกินที่เกิดขึ้นจากเอเอสแบบนี้ยังไม่เสถียรหรือไม่คงตัว (หรือเป็นสัณฐานดิบ, raw sludge) ดังนั้นต้องมีกระบวนการปรับเสถียรแยกอีกต่างหาก เช่น ถังย่อย แอนแอโรบิก ถังย่อยแอโรบิก การหมักทำปุ๋ย เป็นต้น

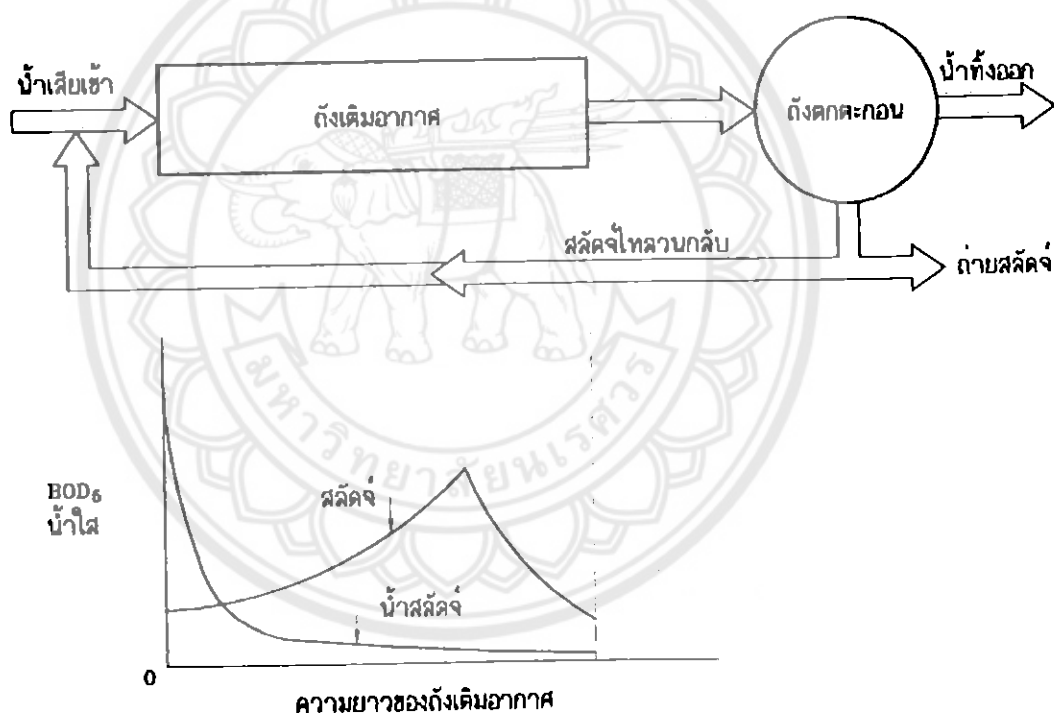
โดยทั่วไปในโครเจนในน้ำทิ้งของเอเอสแบบนี้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเอเอสแบบนี้มีเวลากักน้ำและอายุสัณฐานไม่มากนัก จึงเป็นการกำจัดปฏิกิริยาในครีฟิเคชัน แต่ในประเทศเขตร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูงอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาในครีฟิเคชันได้ ถ้าเป็นเช่นนั้นควรระมัดระวังการเกิดปฏิกิริยาดีในครีฟิเคชัน ในถังน้ำใสด้วย ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาสัณฐานลอยตัว (Sludge rising)

### 2.3.2.2 แบบอัตราต่ำ (Low rate System)

เอเอสแบบอัตราการบำบัดต่ำหรือ ระบบแบบเติมอากาศยืดเวลา (Extended Aeration System) เป็นระบบเอเอสที่มีการเติมอากาศนานกว่าแบบธรรมดา เพื่อให้มีการย่อยสลายสัณฐานและสารอินทรีย์จนได้สัณฐานที่เหมาะสมในการกำจัดขั้นสุดท้าย ระบบเติมอากาศยืดเวลาจะคล้ายกับระบบเอเอสแบบธรรมดา แตกต่างกันตรงที่ช่วงเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของระบบเติมอากาศยืดเวลาจะอยู่ในช่วง Endogenous respiration ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณอาหารและจุลินทรีย์น้อย เนื่องจากอาหารถูกใช้หมดไปจนไม่เพียงพอแก่จุลินทรีย์ เป็นระบบที่นิยมใช้กับปริมาณน้ำเสียไม่มาก โดยเฉพาะกับถังบำบัดน้ำเสียลำเรียงรูปและระบบบำบัดน้ำเสียของหมู่บ้านจัดสรรหรือชุมชนขนาดเล็ก เหมาะกับปริมาณน้ำเสียไม่เกิน 4,000 ม<sup>3</sup>/วัน อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ประมาณ 0.05 – 0.15 กก.บีโอดี/ กก.เอ็มแอลวีเอสเอส – วัน และเอ็มแอลวีเอสเอสในถังเติมอากาศประมาณ 3,000 – 6,000 มก./ล. ระบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ถังตกตะกอนขึ้นต้น ระบบเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสัณฐานได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.25 ระบบนี้เป็นระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักของน้ำเสียและอายุสัณฐานนานกว่าระบบเอเอสแบบอื่นๆ ดังนั้นขนาดถังเติมอากาศจะมีขนาดใหญ่กว่าระบบอื่นๆ แต่มีข้อดีที่ง่ายต่อการควบคุมให้ได้ประสิทธิภาพสูง และอาจไม่จำเป็นต้องถ่ายน้ำสัณฐานทิ้งออกไปจากระบบเหมือนระบบเอเอสอื่นๆ เนื่องจากในทางทฤษฎีแล้วจะไม่มีมวลจุลินทรีย์ส่วนเกินเกิดขึ้นมา แต่ในทางปฏิบัติมักจะมีสารย่อยสลายไม่ได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงยังจำเป็นต้องถ่ายสัณฐานออกจากระบบบ้าง

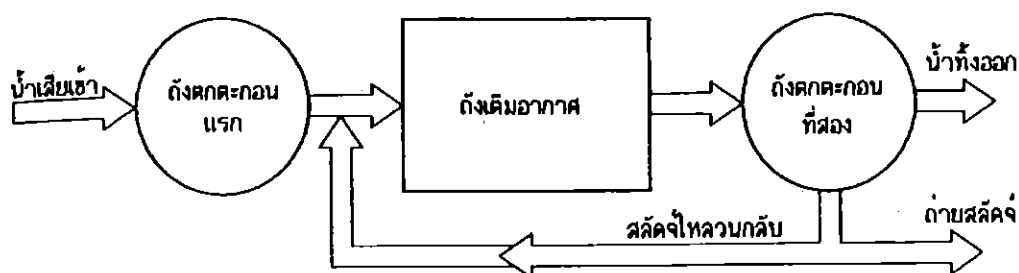
### 2.3.2.3 แบบอัตราสูง (High rate System)

ระบบเอสแบบอัตราสูงมักหมายถึงระบบเอสที่มีอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์สูงกว่า 0.15 กก.บีโอดี/ กก.เอ็มแอลวีเอสเอส – วัน ซึ่งมีเวลากักน้ำและอายุสลัดจ์สั้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.26 ซึ่งมีปริมาณเอ็มแอลวีเอสเอสในถังเติมอากาศแตกต่างกันได้ค่อนข้างมาก ตั้งแต่ 800 – 10,000 มก./ล. การเดินระบบจะควบคุมมวลชีวภาพให้อยู่ในช่วงเติบโต (growth phase) ทำให้จุลินทรีย์กระจายในน้ำ (ไม่เกิดฟล็อก) จึงทำให้น้ำทิ้งจากถังทำไสมีความขุ่นสูง ส่วนใหญ่มักใช้ถังเติมอากาศแบบอัตราสูงเป็นถังเติมอากาศถังที่ 1 สำหรับระบบเอสแบบถังเติมอากาศ 2 ชั้นคอน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำจัดบีโอดีเท่านั้น ส่วนถังเติมอากาศถังที่ 2 มักออกแบบให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันหรือเป็นถังเติมอากาศแบบอัตราต่ำ



รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำใสของสลัดจ์ตลอดความยาวถังเติมอากาศของระบบเติมอากาศขี้นเวลา

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ (2543)



รูปที่ 2.26 แสดงกระบวนการเติมอากาศแบบอัตราสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบคลองวนเวียน (กรณีศึกษาที่ Plum Creek Wastewater Authority (PCWA))

การเติมระบบและดูแลระบบของคลองวนเวียน ที่ Plum Creek Wastewater Authority (PCWA), Castle Rock, Colorado, U.S.A. ระบบบำบัดแห่งนี้มีคลองวนเวียน 3 ชุด (3 Ditches) มีการเดินระบบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 จุดเด่นคือสามารถกำจัดได้ทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีระบบกรองน้ำทิ้งที่ผ่านการตกตะกอนแล้วด้วย Cloth Media Filter และมีระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี (UV Disinfection) ภาพถ่ายระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 2.27 นอกจากนี้น้ำที่ผ่านการบำบัดอีกส่วนหนึ่งถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ จากนั้นน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะนี้จะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในระบบประปาของเมืองเพราะปริมาณน้ำฝนของรัฐโคโรลาโดมีปริมาณต่ำและการประหยัดการใช้น้ำได้ดิน



รูปที่ 2.27 แสดงระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ที่ Plum Creek Wastewater Authority, Castle Rock, Colorado, U.S.A.

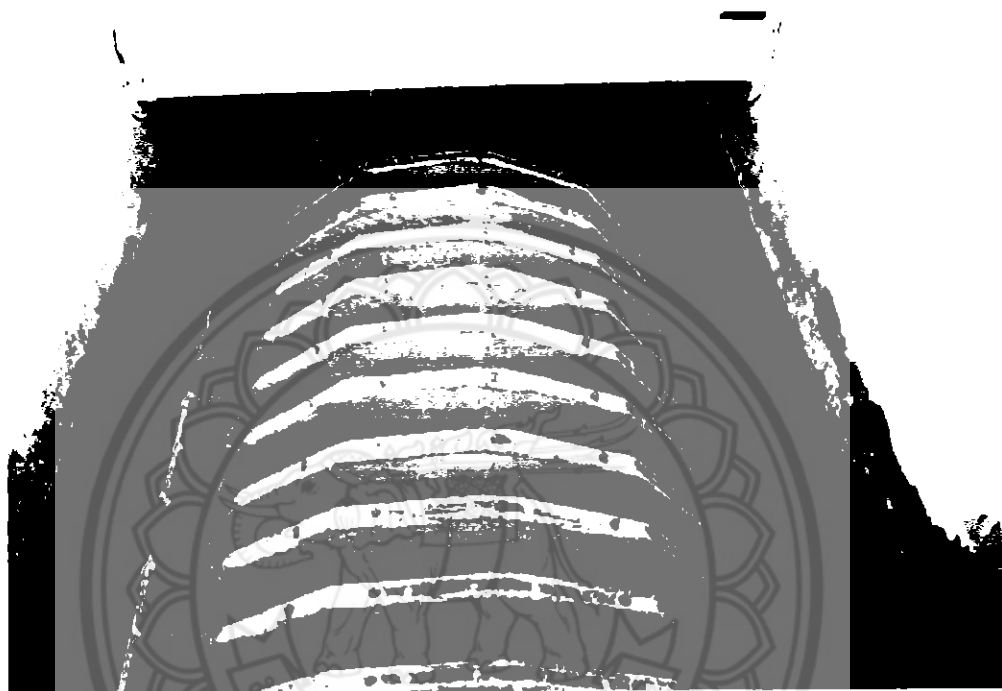
ที่มา: พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ (2551)

ระบบคลองวนเวียนคือการประยุกต์และปรับแต่งระบบเอสแบบหนึ่งทำให้น้ำไหลวนเป็นวนเวียน การไหลของน้ำในระบบคลองวนเวียนเป็นแบบไหลตามกัน (Plug Flow) มีการเติมอากาศในโซน A เพื่อให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน และน้ำเสียไหลวนทวนเข็มนาฬิกาไปสู่โซน B ที่มีการควบคุมการเติมอากาศให้ออกซิเจนละลายน้ำต่ำ จากนั้นน้ำจะไหลเข้าสู่โซนแอนอ็อกซิก (Anoxic Zone) เพื่อทำให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และขณะน้ำทั้งที่ไหลมาจากโซนไร้อากาศ (Anaerobic Zone) ทำให้มีการกำจัดฟอสฟอรัสพร้อมๆกับการเปลี่ยนไนเตรทเป็นก๊าซไนโตรเจน ที่ต้องการอุปกรณ์กวนผสมให้เข้ากันระหว่างที่น้ำเสียไหลวนเวียนอยู่ในคลองวนเวียน

หลังจากน้ำผ่านการบำบัดจากระบบคลองวนเวียนและถังตกตะกอนแล้ว น้ำส่วนนี้ถูกส่งไปสู่ระบบกรองด้วย Cloth Media Filter แสดงดังภาพที่ 2.28 ปัญหาของระบบกรองแบบผ้านี้ คือ เกิดเมือกจุลินทรีย์บนแผ่นผ้ากรอง (Fouling) ต้องมีการใช้คลอรีนกำจัดจุลินทรีย์เหล่านี้ และจนถึงกับต้องมีการเปลี่ยนตัวกรองผ้าใหม่ ค่าใช้จ่ายทั้งค่าตัวกรอง และค่าแรงงานในการเปลี่ยน มีราคาสูงมาก ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของระบบบำบัดแห่งนี้



หลังจากน้ำผ่านระบบกรองแล้ว จะผ่านเข้าสู่ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี (UV Disinfection) ซึ่งสามารถทำลายทั้ง RNA และ DNA ของแบคทีเรียและพยาธิต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก



รูปที่ 2.28 แสดงระบบกรองด้วย Cloth Media Filter ที่ PCWA

ที่มา: พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ (2551)

ตะกอนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปสู่ถังย่อยสลายแบบเติมอากาศ จุดประสงค์เพื่อต้องการรักษาสภาพที่มีออกซิเจน ป้องกันการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกจากเซลล์ ในสภาพที่ไร้อากาศ ตะกอนเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปเพื่อแยกเอาน้ำออกจากตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuges) ตะกอนที่ถูกแยกเอาน้ำออกแล้วจะถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ยเพาะปลูกพืชชนิดที่นำไปเป็นอาหารสัตว์เท่านั้น และบางส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดในบ่อฝังกลบขยะ (Landfill)

ระบบกำจัดกลิ่นแบบไอโอไนเซชัน (Ionization Odor Control) ติดตั้งอยู่ที่จุดรวบรวมน้ำเสีย และจุดที่มีการแยกน้ำเสียออกจากตะกอนด้วยวิธีเหวี่ยงแยก มีการปล่อยประจุทั้งบวกและลบ

ออกมาพร้อมกันเป็นกลุ่มๆ สามารถจะทำลายทั้งแบคทีเรีย น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบที่ PWCA จะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะที่ Cherry Creek ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบหลักที่นำไปใช้ผลิตเป็นน้ำประปาของเมือง Denver

ระบบบำบัดน้ำเสียของประเทศไทยโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครมีปัญหาการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทั้งนี้เพราะลักษณะสมบัติน้ำเสียจากบ้านเรือนและชุมชนในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเข้าสู่ระบบบำบัดมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง และค่าบีโอดีและซีโอดีต่ำ ดังตารางที่ 2.4 ลักษณะสมบัติน้ำเสียนี้มีอัตราส่วนซีโอดีทั้งหมดต่อไนโตรเจน (TCOD:N) และค่าบีโอดีต่อฟอสฟอรัส (BOD:P) ต่ำ แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งแบคทีเรียจะใช้เป็นแหล่งอาหารและคาร์บอนมีปริมาณค่อนข้างน้อย ทำให้กระบวนการดีไนทริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ยาก และมีผลทำให้การบำบัดทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วยวิธีทางชีววิทยามีประสิทธิภาพต่ำ

ตารางที่ 2.4 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากบ้านเรือนและชุมชนในเขตกรุงเทพมหานครที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม

| ระบบ<br>บำบัด | Influent       |                | Effluent       |                | ประสิทธิภาพ<br>การบำบัด<br>ไนโตรเจน | ประสิทธิภาพ<br>การบำบัด<br>ฟอสฟอรัส |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|               | TN<br>(mg N/L) | TP<br>(mg P/L) | TN<br>(mg N/L) | TP<br>(mg P/L) |                                     |                                     |
| ดินแดง        | 12.29          | 2.42           | 8.38           | 1.45           | 32%                                 | 40%                                 |
| หนองแขม       | 12.40          | 2.40           | 6.73           | 0.75           | 46%                                 | 69%                                 |
| ช่องนนทรี     | 10.53          | 2.41           | 6.13           | 1.49           | 42%                                 | 38%                                 |
| จตุจักร       | 14.06          | 2.26           | 9.06           | 1.53           | 35%                                 | 32%                                 |

ที่มา: พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ (2551)

โดยสรุปแล้ว การบำบัดน้ำทิ้งจากชุมชน นอกจากต้องคำนึงถึงการบำบัดเพื่อลดค่าความสกปรกในรูปค่าบีโอดีและซีโอดีแล้ว ต้องมีการบำบัดค่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร เพราะสารอาหารทั้งสองชนิดนี้ สามารถจะก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม การบำบัดเพื่อลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีประสิทธิภาพ สามารถบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ แต่ประการสำคัญ ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบต้องมีค่าอัตราส่วนระหว่างซีโอดีทั้งหมดต่อไนโตรเจน และบีโอดีต่อฟอสฟอรัสที่พอเหมาะอยู่ประมาณ 5 - 8 และ 20 - 30 ตามลำดับ กรณีตัวอย่างที่ PWCA ซึ่งเป็นระบบคลองวนเวียน สามารถจะบำบัดน้ำทิ้งจากชุมชนได้ดีและมีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ระบบบำบัดของกรุงเทพมหานคร เป็นระบบบำบัดแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์หรือระบบเอเอส ซึ่งระบบดังกล่าวเป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูง แต่เป็นระบบที่ต้องการผู้ควบคุมระบบที่มีความรู้และความชำนาญสูงมากด้วย นอกจากนี้อีกเหตุผลที่สำคัญ คือ ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งชุมชนโดยเฉพาะค่าบีโอดีและซีโอดี ที่เข้าสู่ระบบต่ำกว่าค่าการออกแบบประมาณ 2 -3 เท่า ทำให้ยากต่อการเดินระบบเพื่อลดค่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในกรณีนี้ถ้าต้องการกำจัดไนโตรเจน อาจต้องมีการเติมแหล่งคาร์บอนให้กับจุลินทรีย์ ส่วนการกำจัดฟอสฟอรัสควรใช้วิธีการตกตะกอนทางเคมีแทน แต่อย่างไรก็ตามค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในรูปฟอสฟอรัสที่กำหนดเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครยังมีค่าสูงอยู่ คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 มก. ฟอสฟอรัส/ล.

นอกจากนี้ระบบคลองวนเวียนน่าจะเป็นอีกทางเลือกที่นำมาพิจารณาในกรณีที่ต้องการสร้างเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ของชุมชนขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางและขนาดใหญ่ เพื่อลดทั้งปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งชุมชนและอุตสาหกรรมยังเป็นเรื่องค่อนข้างใหม่กับผู้ควบคุมระบบของประเทศไทย และยังต้องการการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพิ่มเติม ถ้าจะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดี แต่เชื่อว่าในอนาคตอันใกล้เรื่องนี้ น่าจะได้รับความสนใจมากขึ้น เพราะเมื่อเราคำนึงถึงการนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ น้ำที่ผ่านการบำบัดต้องมีการลดทั้งค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้อยู่ระดับต่ำเสียก่อน การนำน้ำกลับมาใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ดังตัวอย่างของ PWCA ช่วยในการประหยัดการใช้น้ำดิบที่จะใช้ในการผลิตน้ำประปา ทำให้นึกถึงสภาพการณ์สภาวะวิกฤตเรื่องน้ำของประเทศไทยในช่วงหน้าแล้งหรือช่วงฝนตกน้อย ถ้าเราสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนในกรุงเทพมหานครหรือเมืองใหญ่ๆ ได้จนถึง

ชันน้ำกลับมาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำประปาได้ น้ำดิบจากคลองประปาในปัจจุบันจะสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นหรือนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร แต่ยังต้องการการศึกษาและวิจัยอีกมาก เพราะเรื่องความเสี่ยงต่อเชื้อโรคที่จะเข้ามา กับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ยังรวมถึงทัศนคติของคนในชุมชนที่ต้องนำน้ำที่ใช้แล้วหรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ การใช้ความรู้และความเข้าใจ เป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลาพอสมควร แต่อย่างไรก็ตามแนวทางนี้น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

## 2.4 ดังตกตะกอน

การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมักมีถึงตกตะกอนอยู่ 2 ชนิด คือ ดังตกตะกอนที่ทำหน้าที่แยกตะกอนต่างๆ ออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลไปลงถึงบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพ ซึ่งนิยมเรียกว่าดังตกตะกอนขั้นแรก (Primary Sedimentation Tank) และดังตกตะกอนอีกชนิดหนึ่งคือ ดังตกตะกอนที่ใช้แยกตะกอนชีวภาพ หรือตะกอนเคมีออกจากน้ำเพื่อให้ได้น้ำใสสะอาด ซึ่งนิยมเรียกว่าดังตกตะกอนที่สอง (Secondary Sedimentation Tank)

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการออกแบบเลือกใช้ดังตกตะกอนมีดังต่อไปนี้

1. อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย
2. อุณหภูมิและความดันของบรรยากาศรอบบริเวณที่ตั้ง
3. ปริมาณและลักษณะของตะกอนในน้ำเสีย
4. ลักษณะน้ำเสีย
5. พื้นที่ผิวบนของดังตกตะกอน
6. ความลึกของดังตกตะกอน
7. คุณภาพของน้ำที่ไหลล้นออกจากถัง
8. กระบวนการบำบัดน้ำเสีย
9. ราคาก่อสร้าง

สำหรับดังคตะกอนยังสามารถแบ่งแยกออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

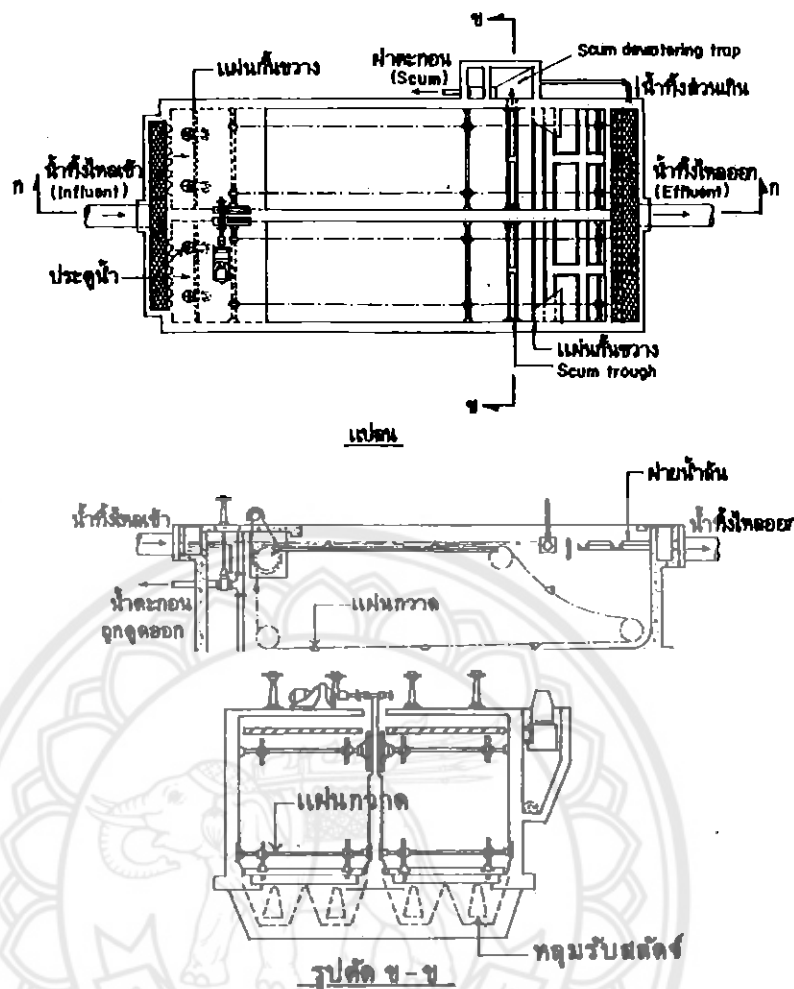
1. ดั้งสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. ดั้งสี่เหลี่ยมจัตุรัส
3. ดั้งทรงกลม
4. ดั้งที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง

#### 2.4.1 ดั้งสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ดังคตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมากมักจะมีพื้นลาดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อให้เครื่องกวาดตะกอนที่กั้นดังทำหน้าที่กวาดตะกอนลงมาที่หลุม หรือบางแบบจะมีพื้นที่กั้นดังเป็นแบบหลุมๆ ตลอดทั่วทั้งดังทำให้ไม่ต้องใช้เครื่องกวาดตะกอน เพราะตะกอนจะตกลงมาทุกๆ หลุมกระจายไปทั่วพื้นกั้นดัง ซึ่งสามารถดูดตะกอนจากแต่ละหลุมออกไปได้ไม่ยากนัก ดังรูปที่ 2.29 โดยทั่วไปมีขนาดความยาว : ความกว้างของดังประมาณ 3 : 1 หรือมากกว่า มีขนาดความกว้าง : ความลึกของดังประมาณ 1 ถึง 2.25 : 1 และความลึกของดั่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าควรมีประมาณ 2.4 ถึง 3.0 และ 3.0 ถึง 3.6 ม. สำหรับดังคตะกอนแรก และดังคตะกอนที่สองตามลำดับ

#### 2.4.2 ดั้งสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ดั่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีลักษณะเป็นดังที่คล้ายกับดังทรงกลม แต่บริเวณขอบมุมของดังจะเป็นข้อค้อยกว่าของดังทรงกลม เพราะตะกอนอาจไปตกค้างอยู่ที่มุมขอบดังนี้ แต่มีข้อดีที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่าของดังทรงกลม ถ้าขนาดพื้นที่เป็นข้อจำกัดในการออกแบบ โดยทั่วไปดังแบบนี้จะมีขนาดความลึกเท่ากับ 3.0 ถึง 5.0 ม. มีขนาดความกว้างเท่ากับ 3.0 ถึง 50 ม. ดังรูปที่ 2.30

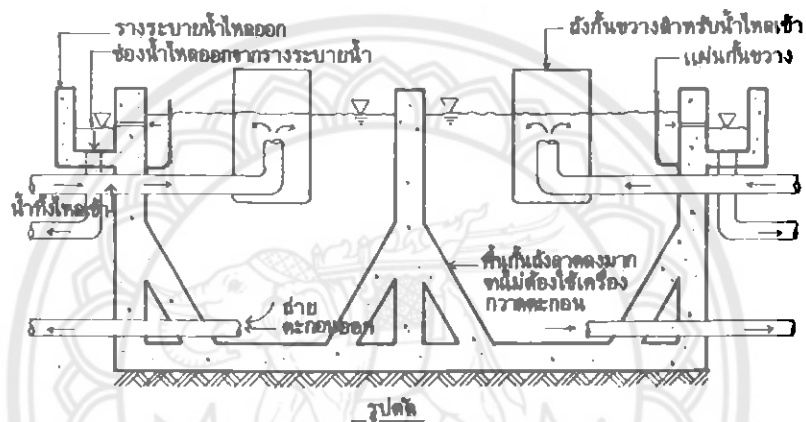
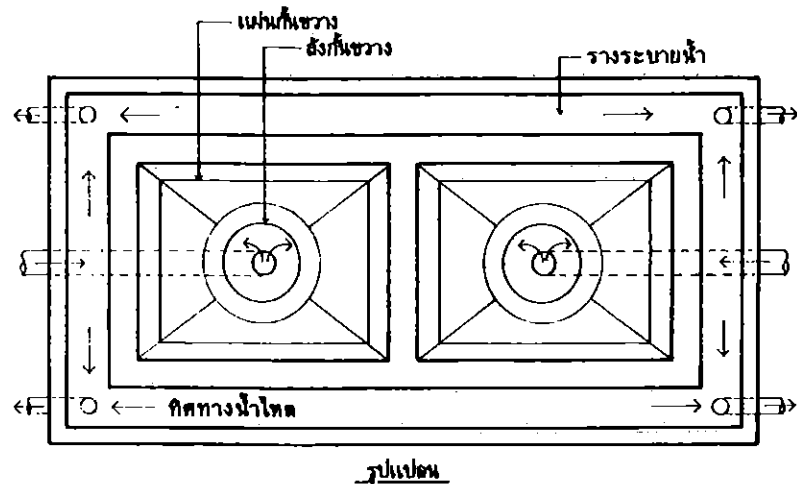


รูปที่ 2.29 แสดงถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

#### 2.4.3 ถังทรงกลม

ถังทรงกลมเป็นถังที่นิยมใช้กันมากในงานบำบัดน้ำเสีย เพราะจะไม่มีตะกอนตกค้างอยู่บริเวณใดๆ รอบถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังจะมีตั้งแต่ 3.0 ถึง 60 ม. สำหรับความลึกของน้ำในถังตกตะกอนแรก และถังตกตะกอนที่สองควรมีประมาณ 2 – 3 ม. และ 3 – 4 ม. ตามลำดับ ความลาดของพื้นก้นถังควรมีประมาณ 1 : 12 โดยจำเป็นต้องมีเครื่องกวาดตะกอนบริเวณพื้นก้นถัง ดังรูปที่ 2.31

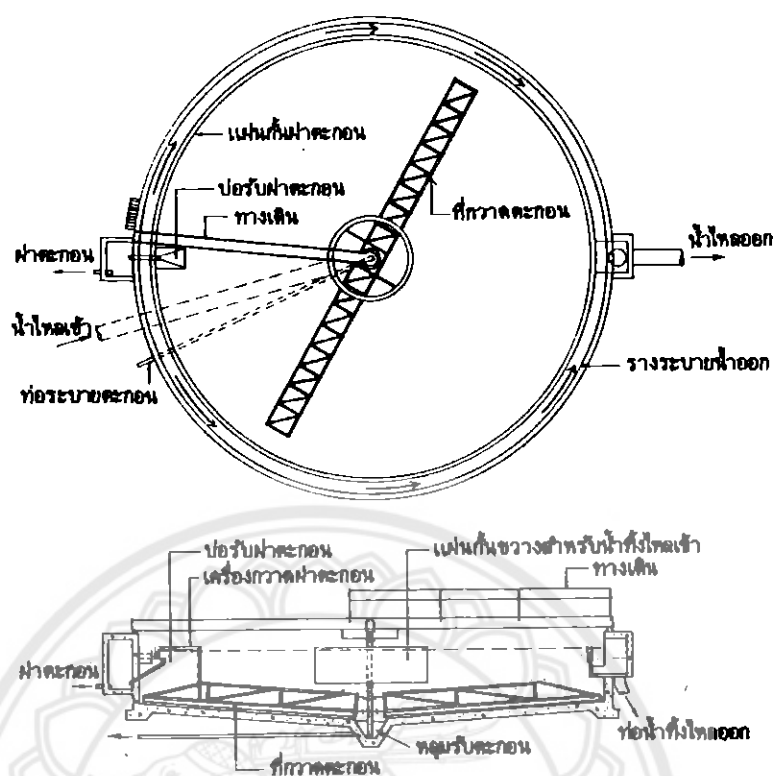


รูปที่ 2.30 แสดงถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

#### 2.4.4 ถังที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง

ถังตกตะกอนที่ให้น้ำไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียงดังรูปที่ 2.32 โดยมีหลายแผ่นหรือหลายท่อวางเรียงขนานกัน โดยมีระยะห่างระหว่างแผ่นประมาณ 2.50 – 5.00 ซม. โดยให้แผ่นทำมุมเอียงประมาณ  $40^\circ$  กับแนวนอน จุดประสงค์หลักของการติดตั้งแผ่นเอียงคือ เพื่อให้น้ำไหลขึ้นมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้การไหลของน้ำภายในถังสงบกว่าของถังตกตะกอนที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเอียง และอีกข้อคือ ต้องการลดความลึกของการตกตะกอน เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุด ควรมีค่าความยาวของท่อเอียง : ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเอียงประมาณ  $20^\circ$



รูปที่ 2.31 แสดงดังตคตะกอนทรงกลม

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2543)

#### 2.4.5 การออกแบบดังตคตะกอนแรกและดังตคตะกอนที่สอง

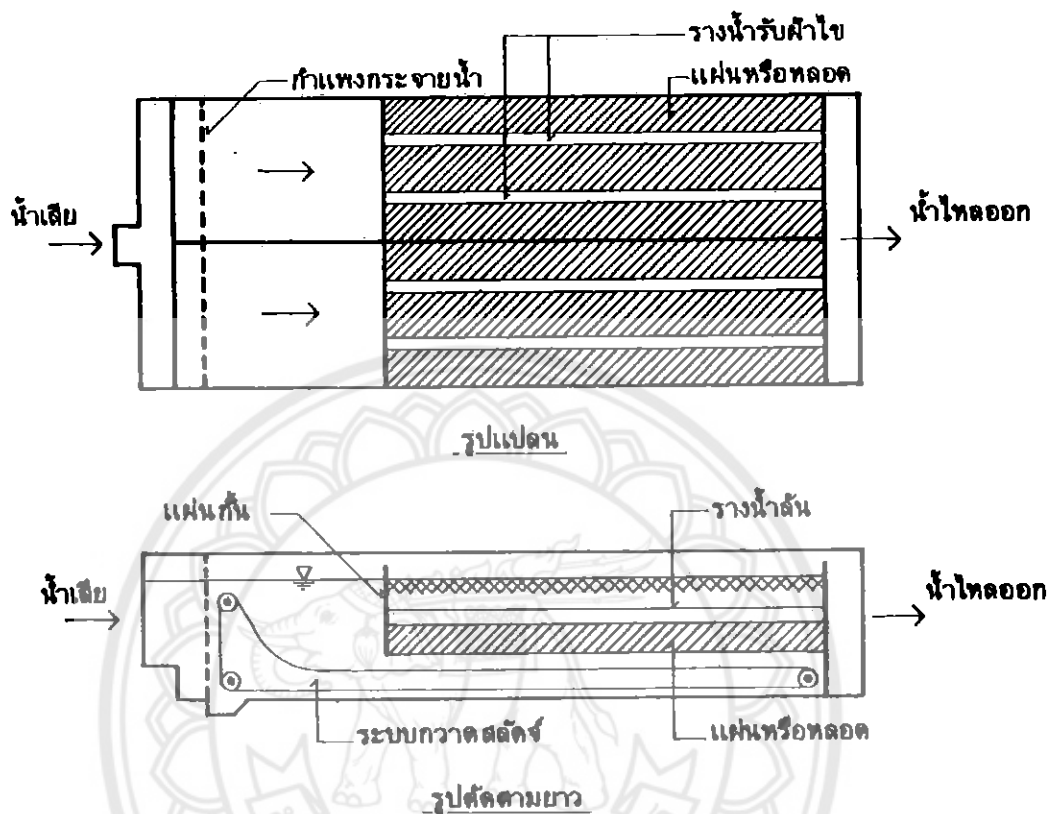
เนื่องจากดังตคตะกอนแรกและดังตคตะกอนที่สองจะมีหน้าที่ในการแยกตะกอนที่มีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้การออกแบบดังตคตะกอนทั้งสองแบบจึงแตกต่างกันด้วย ข้อมูลการออกแบบเกี่ยวกับดังตคตะกอนแรกและดังตคตะกอนที่สองมีดังนี้

##### 2.4.5.1 ดังตคตะกอนขั้นแรก

หลักการของการกำจัดตะกอนออกจากน้ำด้วยดังตคตะกอนขั้นแรกคือพยายามทำให้น้ำเสียที่อยู่ภายในถังนิ่งที่สุด และทำให้ตะกอนที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำได้ตกตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบดังตคตะกอนแรก คือ พื้นที่ผิวของ



ถึงและเวลาเก็บกัก สำหรับความลึกของถังจะมีผลไม่มากต่อประสิทธิภาพของการกำจัดตะกอนในถังตกตะกอน ข้อมูลของการออกแบบถังตกตะกอนแรกแสดงไว้ในตารางที่ 2.5



รูปที่ 2.32 แสดงถังตกตะกอนที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2543)

#### 2.4.5.2 ถังตกตะกอนที่สอง

หลักการของการกำจัดตะกอนออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอนที่สองคือ ต้องการแยกตะกอนชีวภาพออกจากน้ำที่มีตะกอนจุลินทรีย์มากมายจากถังบำบัดหรือถังเติมอากาศ (Mixed Liquor) เช่น จากระบบเอเอส (Activated Sludge) ระบบโปรยกรอง (Tricking Filter) เป็นต้น โดยทั่วไปถังตกตะกอนที่สองจะเป็นขั้นตอนสุดท้าย หรือเกือบสุดท้ายของการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น น้ำที่ไหลผ่านถังตกตะกอนที่สองจำเป็นต้องมีคุณภาพของน้ำที่ดี เช่น มีความเข้มข้นของตะกอน

แขวนลอยต่ำ (TSS ต่ำ) มี BOD<sub>5</sub> ต่ำ เป็นต้น การออกแบบถังตกตะกอนที่สองจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัย ดังนี้

- ก. รูปร่างลักษณะของถังตกตะกอน
- ข. ลักษณะในการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์
- ค. อัตราน้ำล้น (Overflow Rate, OFR)
- ง. อัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate, SLR)
- จ. ความเร็วของน้ำที่ไหลภายในถังตกตะกอน
- ฉ. การจัดวางฝาย และค่าอัตราภาระฝาย (Weir Loading Rate, WLR)
- ช. การกำจัดฝ้าไขมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำในถังตกตะกอน (Scum Removal)

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนแรก

| ข้อมูลออกแบบ                                                               | ค่าออกแบบ  |           |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|
|                                                                            | ช่วงขอบเขต | โดยเฉลี่ย |
| สำหรับถังตกตะกอนที่มีน้ำเสียไหลเข้าเพียงอย่างเดียว                         |            |           |
| เวลากักเก็บ, ชม.                                                           | 1.5 - 2.5  | 2         |
| อัตราน้ำล้น, ม <sup>3</sup> /(ม <sup>2</sup> .วัน) :                       |            |           |
| อัตราไหลเฉลี่ย                                                             | 30 - 50    | 40        |
| อัตราไหลสูงสุด                                                             | 70 - 130   | 100       |
| อัตราภาระฝาย ( Weir Loading Rate ), ม <sup>3</sup> /(ม <sup>3</sup> .วัน ) | 125 - 500  | 250       |
| สำหรับถังตกตะกอนที่มีน้ำเสียและตะกอนชีวภาพ                                 |            |           |
| เวลากักเก็บ, ชม.                                                           | 1.5 - 2.5  | 2         |
| อัตราน้ำล้น, ม <sup>3</sup> /(ม <sup>2</sup> .วัน) :                       |            |           |
| อัตราไหลเฉลี่ย                                                             | 25 - 35    | 30        |
| อัตราไหลสูงสุด                                                             | 45 - 80    | 60        |
| อัตราภาระฝาย ( Weir Loading Rate ), ม <sup>3</sup> /(ม <sup>3</sup> .วัน ) | 125 - 500  | 250       |

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ (2543)

ข้อมูลออกแบบดังตักตะกอนที่สองได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าขึ้นอยู่กับชนิดของตะกอนที่ต้องการแยกออกจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลออกแบบดังตักตะกอนที่สอง

| ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย  | อัตราการน้ำเดิน<br>ม <sup>3</sup> /(ม <sup>2</sup> .วัน) |         | อัตราภาระของแข็ง<br>กก./ม <sup>2</sup> .ชม. |        | ความลึกของถัง<br>ม. |
|----------------------------|----------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------|--------|---------------------|
|                            | ขอบเขต                                                   | สูงสุด  | ขอบเขต                                      | สูงสุด | สูงสุด              |
| ระบบชีวภาพ :               |                                                          |         |                                             |        |                     |
| ระบบเอเอสแบบขี้ดเวลา       | 8 - 16                                                   | 24 - 32 | 1.0 - 5.0                                   | 7      | 3.5 - 5.0           |
| ระบบเอเอสแบบธรรมดา         | 16 - 32                                                  | 40 - 48 | 3.0 - 6.0                                   | 9      | 3.5 - 5.0           |
| ระบบโปรยกรองหรือ           | 16 - 24                                                  | 40 - 48 | 3.0 - 5.0                                   | 8      | 3.0 - 4.0           |
| ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ ( RBC ) |                                                          |         |                                             |        |                     |
| ระบบเคมี :                 |                                                          |         |                                             |        |                     |
| ใช้สารส้ม                  | 24 - 48                                                  | 48      | -                                           | -      | -                   |
| ใช้เกลือของเหล็ก           | 24 - 48                                                  | 48      | -                                           | -      | -                   |
| ใช้ปูนขาว                  | 30 - 60                                                  | 48      | -                                           | -      | -                   |

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2543)

## 2.5 การฆ่าเชื้อโรค

น้ำเสียซึ่งปนเปื้อนเชื้อโรคซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งโดยปกติเมื่อเชื้อโรคถูกระบายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม เชื้อโรคบางส่วนถูกทำลายโดยสภาวะแวดล้อมต่างๆ อยู่แล้ว เช่น ความร้อน แสงแดด และการล่าโดยจุลินทรีย์ชนิดอื่น ฯลฯ ในกรณีที่มีการรวบรวมน้ำเสียและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนระบายทิ้ง พบว่าการบำบัดขั้นสองด้วยกระบวนการชีวภาพก็มีความสามารถในการกำจัดเชื้อโรคได้เช่นกัน และถ้ากระบวนการดังกล่าวสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ดี หรือทำให้น้ำทิ้งมีปริมาณเชื้อโรคต่ำ ก็ไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการฆ่าเชื้ออีก แต่อาจยกเว้นในบางกรณี เช่น เกิดโรคระบาด เป็นต้น

การฆ่าเชื้อมีจุดประสงค์เพื่อทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (ซึ่งมี 3 กลุ่มหลัก) ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส และ amoebic cysts แต่ไม่ได้ทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย ซึ่งจะแตกต่างกับการทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization) ที่มีจุดมุ่งหมายต้องทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด การฆ่าเชื้อที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมีหลายวิธี เช่น การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน การฆ่าเชื้อด้วยโอโซน เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย

### 2.5.1 การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน

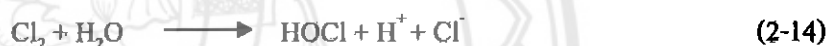
การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายที่สุดในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สารประกอบคลอรีนที่นำมาใช้มีหลายรูปแบบ ได้แก่ คลอรีนก๊าซหรือเหลว แคลเซียมไฮโปคลอไรต์  $[Ca(OCl)_2]$  โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และคลอรีนไดออกไซด์ ( $ClO_2$ )

#### 2.5.1.1 คุณสมบัติของคลอรีน

ในกรณีที่เป็นก๊าซคลอรีน ที่สภาวะปกติจะมีสีเหลืองอมเขียว หนักกว่าอากาศประมาณ 2.5 เท่า ถ้าเป็นคลอรีนเหลวจะหนักกว่าน้ำประมาณ 1.5 เท่า คลอรีนที่จำหน่ายในท้องตลาดจะอยู่ในรูปของคลอรีนเหลวบรรจุในถุงเหล็ก การนำก๊าซคลอรีนมาใช้ในการฆ่าเชื้อมักเตรียมเป็นสารละลายหรือนำก๊าซคลอรีนมาละลายน้ำก่อนนำมาใช้งาน เมื่อก๊าซคลอรีนละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและแตกตัวได้ในรูปต่าง ๆ ได้แก่ คลอรีน กรดไฮโปคลอไรต์ (HOCl) และไฮออนไฮโปคลอไรต์ (OCl<sup>-</sup>) ดังสมการที่ 2-14 และ 2-15 สัดส่วนของสารประกอบในแต่ละตัวขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของน้ำเป็นหลัก กล่าวคือ ถ้ามีพีเอชในช่วง 2 – 6 สารประกอบคลอรีนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของกรดไฮโปคลอรัส ถ้ามีค่าพีเอชน้อยกว่า 2 สารประกอบคลอรีนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของคลอรีน และถ้าพีเอชสูงกว่า 7.8 สารประกอบคลอรีนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไฮออนไฮโปคลอไรต์ แต่เมื่อน้ำมีพีเอชสูงกว่า 8.5 จะแตกตัวให้ไฮออนไฮโปคลอไรต์เกือบหมด

สารไฮโปคลอไรต์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมี 2 ชนิดคือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์และแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ โดยที่โซเดียมไฮโปคลอไรต์มักอยู่ในรูปสารละลายที่มีสีขาวอมเหลืองและมีความเข้มข้นของคลอรีนประมาณ 12 และ 15 สารชนิดนี้มี

สภาพเป็นค่าแ่งที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้ควรทนต่อสภาพดังกล่าวด้วย เช่น ขาง แก้ว ฟิรซี เป็นต้น ส่วนแคลเซียมไฮโปคลอไรด์มักอยู่ในรูปผงหรือเกร็ดสีขาวอมเหลืองและมีความเข้มข้นของคลอรีนประมาณร้อยละ 65 และ 75 ซึ่งปกติก่อนใช้งานมักเตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายก่อน โดยส่วนใหญ่มักเตรียมให้มีความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 3 ซึ่งสารละลายดังกล่าวมีสภาพเป็นค่าแ่งที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเช่นกัน ดังนั้นวัสดุที่ใช้จึงต้องทนต่อสภาพดังกล่าวได้ดีด้วย สารประกอบคลอรีนที่อยู่ในรูปแคลเซียมไฮโปคลอไรด์และโซเดียมไฮโปคลอไรด์ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นกรดไฮโปคลอรัสและสารประกอบไฮดรอกไซด์ ดังสมการที่ 2-16 และ 2-17 ส่วนกรดไฮโปคลอรัสที่เกิดขึ้นจะแตกตัวเป็นไฮออนไฮโปคลอไรด์ต่อไปเช่นเดียวกับสมการที่ 2-15 โดยปกติคลอรีนในรูปกรดไฮโปคลอรัสและไฮออนไฮโปคลอไรด์ เรียกว่า “ คลอรีนอิสระ ” (free available chlorine, FAC) ซึ่งมีความสามารถในการฆ่าเชื้อสูง โดยเฉพาะสารประกอบคลอรีนในรูปกรดไฮโปคลอรัสมีความสามารถในการฆ่าเชื้อสูงที่สุด (สูงกว่าไฮออนไฮโปคลอไรด์ 40 – 80 เท่า)



การใช้ก๊าซคลอรีนในการฆ่าเชื้อมีความแตกต่างกับการใช้สารประกอบไฮโปคลอไรด์บ้างในบางกรณี กล่าวคือ การใช้ก๊าซคลอรีนจะทำให้น้ำมีค่าพีเอชลดลง ส่วนการใช้สารประกอบไฮโปคลอไรด์จะให้น้ำมีค่าพีเอชสูงขึ้น ดังนั้นถ้าในน้ำมีสภาพค่าต่ำ การใช้ก๊าซคลอรีนจะมีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อสูงกว่าสารประกอบไฮโปคลอไรด์ (เมื่อปริมาณคลอรีนกัน)

### 2.5.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน

#### ก. ปริมาณคลอรีนและเวลาสัมผัส

พารามิเตอร์ที่สามารถตรวจวัดและบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ ได้แก่ ปริมาณของแบคทีเรีย โคลิฟอร์มและคลอรีนคงเหลือที่เหลืออยู่ในน้ำ (ในช่วงเวลาที่กำหนด) เมื่อ ปัจจัยทางกายภาพของกระบวนการคงที่ ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับปริมาณคลอรีน คงเหลือและเวลาสัมผัส ดังสมการที่ 2-18 ซึ่งได้จากการทดลองในถังปฏิกรณ์แบบเบดซ์

$$N_t / N_0 = (1 + 0.23 C_t t)^{-3} \quad (2-18)$$

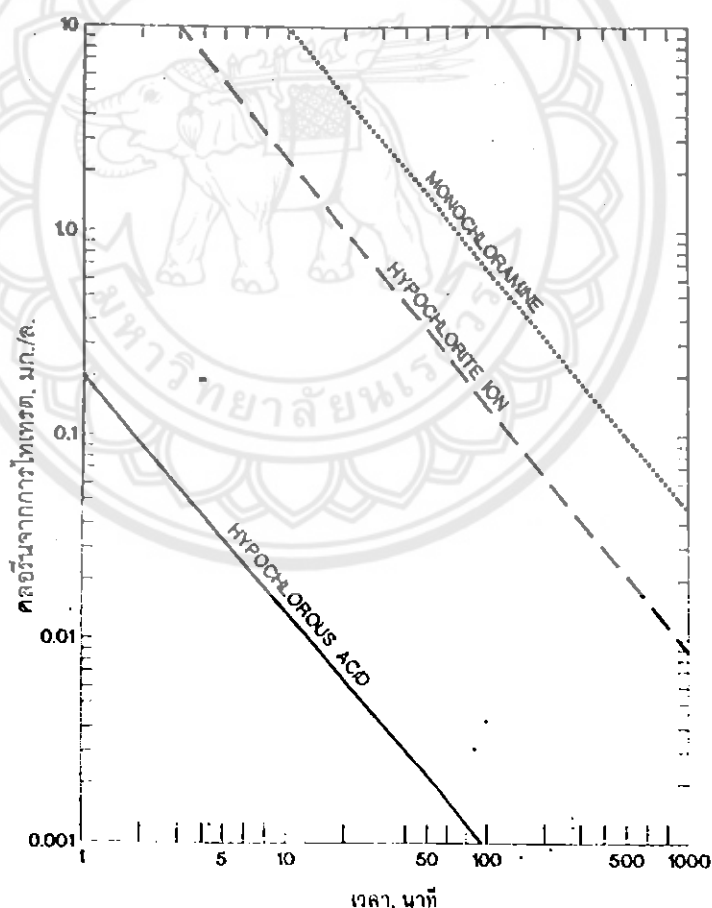
เมื่อ  $N_t$  = จำนวนโคลิฟอร์มที่เวลา  $t$   
 $N_0$  = จำนวนโคลิฟอร์มที่เวลา  $t_0$  (เริ่มต้น)  
 $C_t$  = คลอรีนคงเหลือทั้งหมด, มก./ ล.  
 $T$  = เวลาสัมผัสคลอรีน, นาที

#### ข. ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของสารประกอบคลอรีน

รูปที่ 2.33 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโดยใช้กรดไฮโปคลอรัส ไอออนไฮโปคลอไรด์ และโมโนคลอรามิน จากรูปดังกล่าวพบว่ากรดไฮโปคลอรัสมี ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ไอออนไฮโปคลอไรด์ และโมโนคลอรามิน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามถ้ามีเวลาสัมผัสเพียงพอ โมโนคลอรามินก็ให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อได้ อย่างพอเพียงกับคลอรีนรูปอื่นเช่นกัน

### ค. การผสมตอนเริ่มต้น (กวนเร็ว)

การผสมระหว่างสารละลายคลอรีนกับน้ำเสียมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ถ้าสามารถกวนผสมได้เร็วเท่าไรก็จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น เนื่องจากจะทำให้คลอรีนอิสระสามารถทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียในโครเจนและทำให้เกิดเป็นสารประกอบโมโนคลอรามินได้อย่างรวดเร็ว และเป็นการลดช่วงเวลาการทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนอิสระกับสารอื่นๆ ที่จะทำให้เกิดเป็นสารประกอบคลอรีนอย่างอื่นซึ่งมีความสามารถในการฆ่าเชื้อต่ำ (ต่ำกว่าโมโนคลอรามิน) นอกจากนี้การผสมที่ดี ทำให้สามารถเปลี่ยนจากโมเลกุลคลอรีน ( $\text{Cl}_2$ ) ไปเป็นคลอรีนอิสระ ( $\text{HOCl}$ ,  $\text{OCl}^-$ ) ได้อย่างเร็วที่สุด ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียคลอรีนในรูปก๊าซ เวลาการผสมที่เหมาะสมควรเท่ากับ 1 วินาที



รูปที่ 2.33 แสดงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของสารประกอบ  $\text{HOCl}$ ,  $\text{OCl}^-$  และ โมโนคลอรามิน

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

## ง. ลักษณะน้ำเสีย

ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในแต่ละแห่งสามารถแตกต่างกันได้มาก เนื่องจากประเภทและปริมาณของสารประกอบจะแตกต่างกัน เช่น สารอินทรีย์สารประกอบซึ่งมีพันธะไม่อิ่มตัว สารประกอบที่มีวงแหวนโพลีไซคลิก (Polycyclic ring) สารประกอบที่มีกลุ่มไฮดรอกซิล (Hydroxyl groups) สารประกอบที่มีกลุ่มซัลเฟอร์ (Sulfur groups) เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนได้อย่างรวดเร็วและเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่มีหรือมีความสามารถในการฆ่าเชื้อก็ได้

## จ. ลักษณะของจุลินทรีย์

อายุของจุลินทรีย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความทนทานของจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์มีอายุมากขึ้นจำเป็นต้องใช้เวลาสัมผัสคลอรีนมากขึ้นในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นในกระบวนการเอเอสซึ่งมีอายุสัปดาห์ต่างกัน ย่อมทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อต่างกัน

### 2.5.1.3 ถึงสัมผัสคลอรีน

ถึงสัมผัสคลอรีนอาจออกแบบเป็นท่อหรือรางคเคี้ยวเพื่อให้มีความยาวมากพอที่จะลดการไหลตลัดวงจรและมีสภาพใกล้เคียงการไหลตามกัน (Plug Flow) ซึ่งควรมีเวลาสัมผัสคลอรีนต่ำสุด 30 นาทีที่อัตราไหลเฉลี่ย หรือเท่ากับ 10 นาทีที่อัตราไหลสูงสุด โดยแนะนำให้มีความเร็วน้ำในรางประมาณ 2.4 เมตร/ นาที ในถึงสัมผัสอาจแบ่งด้วยแผ่นกั้นสามารถใช้ได้ทั้งแบบแนวตั้งและแบบแนวนอน แต่ควรระวังการเกิดบริเวณที่น้ำไม่ไหล (dead – flow area) จากการรวบรวมข้อมูลสามารถสรุปค่ากำหนดการออกแบบได้ดังตารางที่ 2.7

### 2.5.1.4 ข้อพิจารณาในการออกแบบถึงสัมผัสคลอรีน

- โดยทั่วไปก๊าซคลอรีนหนักกว่าอากาศ จึงควรจัดระบบระบายอากาศที่ระดับพื้นให้เพียงพอ และควรมีความสามารถอย่างน้อย 60 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง นอกจากนี้ควรเตรียมเครื่องดูดจับ (Scrubber) ไว้เพื่อกำจัดก๊าซคลอรีนที่รั่วออกมา
- ห้องเก็บสารคลอรีนและอุปกรณ์ต่างๆ ควรมีผนังกันแยกจากส่วนอื่นๆ แต่หากอยู่ในอาคารเดียวกันกับส่วนอื่นต้องมีทางเข้าจากภายนอกเท่านั้น นอกจากนี้สวิตช์เปิด/ปิดระบบ



ระบายอากาศควรอยู่ใกล้ประตูทางเข้า ส่วนหน้ากากป้องกันควรอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันและสามารถหยิบใช้ได้ง่าย

- บริเวณจัดเก็บสารคลอรีนต้องป้องกันไม่ให้โดนแสงแดดโดยตรง และมีมาตรการป้องกันอันตรายจากเผาไหม้ นอกจากนี้ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการรั่วของคลอรีน พร้อมกับสัญญาณเตือนภัย

- คลอรีนเหลว (dry chlorine liquid) และก๊าซคลอรีนสามารถใช้ท่อเหล็กกล้า (black steel) ได้ แต่ถ้าเป็นสารละลายคลอรีนซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อน ดังนั้นควรเลือกใช้วัสดุที่สามารถทนต่อสภาพกัดกร่อนได้ เช่น ท่อพีวีซี Schedule 80 เป็นต้น

- ควรมีการสำรองปริมาณคลอรีนไว้ให้เพียงพอ โดยดูจากปริมาณการใช้งานและความสามารถในการขนส่งคลอรีนมายังระบบ

- สำหรับระบบขนาดใหญ่ควรมีระบบตรวจวัดปริมาณคลอรีนคงเหลือเพื่อป้องกันการเติมคลอรีนมากหรือน้อยเกินไป

- การผสมตอนเริ่มต้นหรือการกวนเร็วมีหลายวิธี เช่น น้ำกระโดนในรางน้ำเปิด ฟลูมเวนทูลี ท่อน้ำ เครื่องสูบ เครื่องผสมสถิต (static mixer) ถึงผสมโดยใช้เครื่องกวน เป็นต้น การกวนผสมควรให้มีเวลากักน้ำไม่มากกว่า 1 วินาที และมีเกรเดียนท์ความเร็ว (Velocity Gradient, G) ในช่วง 1,500 – 3,000 วินาที<sup>-1</sup>

## 2.5.2 การฆ่าเชื้อด้วยวิธีอื่น

การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแม้ได้รับความนิยมในประเทศไทย แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือความเป็นพิษของคลอรีนโดยตรงและสารพลอยได้ (by – product) เมื่อคลอรีนไปรวมตัวกับสารอื่นอาจกลายเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นการฆ่าเชื้อด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้โอโซน หรือรังสียูวี กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในต่างประเทศและมีราคาต่ำลง

ตารางที่ 2.7 ค่ากำหนดการออกแบบถังสัมผัสคลอรีน

| รายการ                                    | คำแนะนำ             |
|-------------------------------------------|---------------------|
| ความยาว / ความกว้างของราง                 | $> 40:1$ ( $72:1$ ) |
| ความสูง / ความกว้างของพื้นที่หน้าตัดเปียก | $< 2:1$             |
| เวลาสัมผัส, นาที                          |                     |
| อัตราไหลเฉลี่ย                            | 30                  |
| อัตราไหลสูงสุด                            | 10                  |
| ความเข้มข้นคลอรีนที่ต้องการ, มก./ล.       | 2 – 15              |
| คลอรีนคงเหลือทั้งหมด, มก./ล.              |                     |
| ขั้นต่ำ                                   | 0.3                 |
| ขั้นสูง                                   | 2.0                 |

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ข้อเสียหลักของรังสียูวีคือ การเสียประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเมื่อน้ำที่มีความขุ่น ซึ่งอาจทำให้มีประสิทธิภาพไม่คืนค่าเมื่อใช้กับน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ส่วนข้อเสียหลักของโอโซนคือ อาจทำให้เกิดสีในน้ำทิ้ง นอกจากนี้ข้อเสียของทั้งรังสียูวีและโอโซนคือ มีราคาแพง และไม่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อคงเหลือหลังการบำบัด แต่กรณีหลังนี้ไม่จำเป็นสำหรับการระบายน้ำกลับลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

## 2.6 กระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์

สลัดจ์หมายถึงของแข็งที่แยกออกจากน้ำเสียหรือของแข็งส่วนเกินที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพหรือทางเคมี ดังนั้นลักษณะทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงปริมาณของสลัดจ์ขึ้นอยู่กับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยตรง

### 2.6.1 ประเภทสลัดจ์

#### 2.6.1.1 สลัดจ์ขั้นต้น (Primary sludge)

สลัดจ์ขั้นต้นเป็นสลัดจ์ที่เกิดจากของแข็งที่จมตัวได้และถูกแยกออกจากน้ำเสียโดยตรงด้วยกระบวนการบำบัดขั้นต้น เช่น ถังตกตะกอน (ขั้นต้น) เป็นต้น สลัดจ์ขั้นต้นส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ (อนุภาคอินทรีย์) และประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (กรวดทราย) อีกบางส่วน

#### 2.6.1.2 สลัดจ์ขั้นสอง (Secondary sludge)

สลัดจ์ขั้นสองเป็นส่วนเกินที่เกิดจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพในบางกรณี เช่น ระบบแอส ระบบโปรยกรอง ระบบอาร์พีซี เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว จุลินทรีย์ในระบบจะใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานเพื่อสร้างเซลล์ใหม่ จึงทำให้จุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้น ดังนั้นจำเป็นต้องระบายจุลินทรีย์บางส่วนทิ้งบ้าง เพื่อคงความเข้มข้นจุลินทรีย์ในระบบให้คงที่หรือทำให้ระบบมีสถานะคงตัว (Steady state) จุลินทรีย์ที่ระบายทิ้งเรียกว่า “ สลัดจ์ส่วนเกิน ” (Excess sludge)

ดังนั้นสลัดจ์ขั้นสองจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพจะประกอบด้วยเซลล์จุลินทรีย์เป็นหลัก

#### 2.6.1.3 สลัดจ์เคมี (Chemical sludge)

สลัดจ์เคมีเป็นสลัดจ์ส่วนเกินที่เกิดจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางเคมี เช่น การกำจัดของแข็งแขวนลอยด้วยกระบวนการ โคเอกูเลชัน (Coagulation) การกำจัด

ฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการตกตะกอนผลึก (Precipitation) เป็นต้น ดังนั้นสลัดจ์เคมีย่อมประกอบด้วยสารประกอบระหว่างสารมลพิษที่ต้องการจำกัดกับสารเคมีที่เติมลงไป

#### 2.6.1.4 สลัดจ์ย่อยแล้ว (Digested sludge)

สลัดจ์ย่อยแล้วเป็นสลัดจ์ที่มีความคงตัวและไม่มีปัญหาการเน่าเหม็นเมื่อนำไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายหรือนำไปใช้ประโยชน์ สลัดจ์ย่อยแล้วอาจเป็นสลัดจ์ขั้นต้นหรือสลัดจ์ขั้นสองที่ผ่านกระบวนการปรับเสถียรสลัดจ์แล้ว เช่น ถังย่อยสลัดจ์แเอโรบิก ถังย่อยสลัดจ์แอนแอโรบิก เป็นต้น หรืออาจเป็นสลัดจ์ขั้นสองในบางกรณี เช่น ระบบแอสแบบเดิมอากาศยัดเวลา เป็นต้น

#### 2.6.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกและออกแบบกระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์มีความแตกต่างกันตามประเภทของสลัดจ์หรือแหล่งกำเนิดของสลัดจ์

#### 2.6.3 ปริมาณสลัดจ์

ปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดขนาดของกระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ วิธีที่ดีที่สุดในการหาปริมาณสลัดจ์ส่วนเกิน ได้แก่ การทำดุล (mass balance) ของแฉ่งแขวนลอย ซึ่งทำให้ทราบถึงปริมาณของแฉ่งแขวนลอยในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากหน่วยกระบวนการต่างๆ ปัจจัยที่สำคัญในการทำดุลของแฉ่งแขวนลอย ได้แก่ ลักษณะน้ำเสีย อัตราไหลของเสีย โคลเนติกส์ การเติบโตของจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแขวนลอยในแต่ละหน่วยกระบวนการ

อย่างไรก็ตามอาจคำนวณหาปริมาณสลัดจ์โดยตรงจากแหล่งกำเนิดสลัดจ์นั้นๆ ได้เช่นกัน สำหรับปริมาณสลัดจ์ขั้นต้นหาได้จากปริมาณของแฉ่งแขวนลอยที่ถูกแยกได้จากกระบวนการบำบัดขั้นต้น เช่น ถ้าคำนวณปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินจากถังตกตะกอนขั้นต้น สามารถคำนวณได้จากปริมาณของแฉ่งแขวนลอยในน้ำเสียและประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแขวนลอย

ของถังตกตะกอน แต่ในกรณีที่มีการเวียนของเหลวส่วนบน (Supernatant) จากกระบวนการอื่นกลับเข้าสู่ถังตกตะกอนขึ้นต้นด้วย เช่น น้ำใสส่วนบนจากกระบวนการทำขึ้นสลัดจ์หรือการแยกน้ำจากสลัดจ์ ควรคำนึงถึงปริมาณของแข็งแขวนลอยในของเหลวส่วนบนดังกล่าวด้วย ส่วนปริมาณสลัดจ์ขึ้นสองจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการด้วย กล่าวคือระบบเอเอสซึ่งมีอายุสลัดจ์นานกว่าย่อมมีปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินน้อยกว่าระบบเอเอสที่มีอายุสลัดจ์ต่ำกว่า

#### 2.6.4 วิธีการบำบัดและกำจัดสลัดจ์

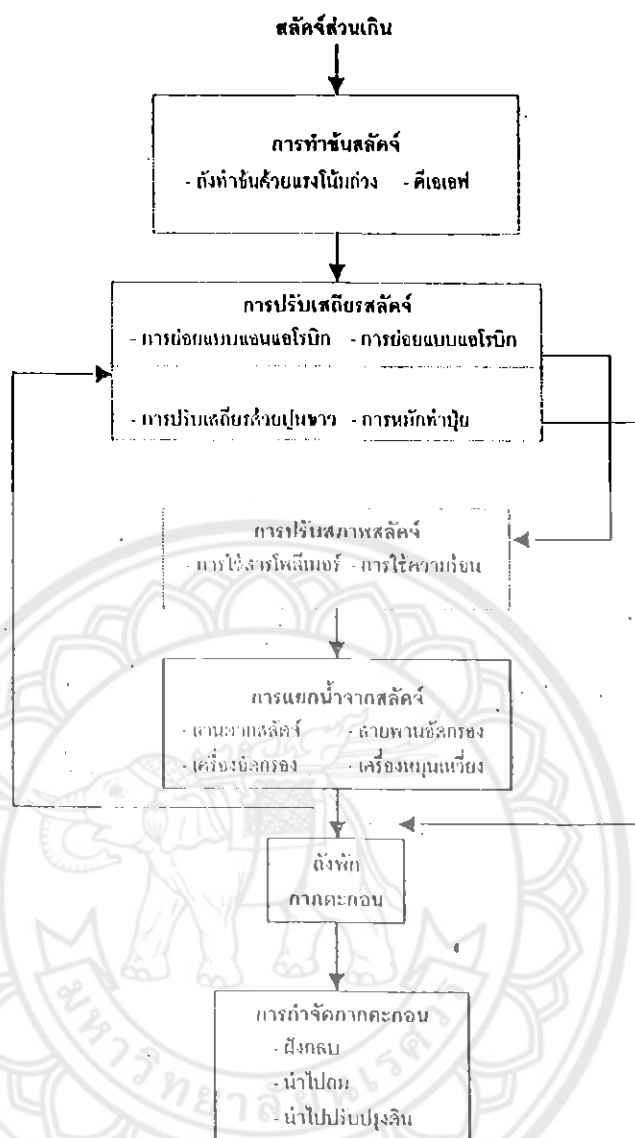
สลัดจ์ส่วนเกินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจะต้องถูกบำบัดอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเมื่อนำสลัดจ์ไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายหรือนำสลัดจ์ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ต่อไป กระบวนการและขั้นตอนการบำบัดสลัดจ์ขึ้นอยู่กับประเภทหรือลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์ แต่โดยทั่วไปสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2.34

##### 2.6.4.1 การทำขึ้นสลัดจ์ (Sludge thickening)

การทำขึ้นสลัดจ์เป็นขั้นตอนแรกของการบำบัดสลัดจ์ เพื่อเพิ่มความเข้มข้นสลัดจ์ ซึ่งทำให้มีปริมาตรรวมลดลงจนเหมาะสมสำหรับการบำบัดในขั้นตอนต่อไป เช่น การย่อยสลัดจ์ (Sludge digestion) การแยกน้ำจากสลัดจ์ (Sludge dewatering) เป็นต้น แต่ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินมีความเข้มข้นสูงอยู่แล้ว สามารถข้ามขั้นตอนนี้ได้ การทำขึ้นสลัดจ์มีหลายวิธี ได้แก่ การทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity thickener) การลอยตัวด้วยอากาศละลายหรือดีเอเอฟ (dissolved air flotation, DAF) และการหมุนเหวี่ยง (centrifugation)

##### 2.6.4.2 การปรับเสถียรสลัดจ์ (Sludge stabilization)

การปรับเสถียรสลัดจ์เป็นขั้นตอนที่ทำให้สลัดจ์มีความคงตัว ซึ่งเป็นการลดเชื้อโรคและการป้องกันการเน่าเหม็นของสลัดจ์ ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินมีความคงตัวอยู่แล้วก็สามารถข้ามขั้นตอนนี้ได้ การปรับเสถียรสลัดจ์มีหลายวิธี เช่น การย่อยแบบแอโรบิก (aerobic sludge digestion) การย่อยแบบแอนแอโรบิก (anaerobic sludge digestion) การหมักทำปุ๋ย (composting) เป็นต้น



รูปที่ 2.34 แสดงกระบวนการและขั้นตอนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์โดยทั่วไป

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### 2.6.4.3 การแยกน้ำออกสลดจ์ (Sludge dewatering)

การแยกน้ำออกสลดจ์เป็นการเพิ่มความเข้มข้นและลดปริมาตรของสลัดจ์ก่อนนำไปกำจัดในขั้นสุดท้าย ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อความสะดวกในการขนย้ายและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เช่น การขนส่ง ลดขนาดของพื้นที่สำหรับฝังกลบ เป็นต้น การแยกน้ำออกสลดจ์มีหลาย

วิธี ได้แก่ ถ่านตากสลัดจ์ (sludge drying bed) สายพานรีดน้ำ (belf press) เครื่องอัดกรอง (filter press) และเครื่องหมุนเหวี่ยง

#### 2.6.4.4 การกำจัดสลัดจ์ (Sludge disposal)

การกำจัดสลัดจ์ คือ การนำสลัดจ์ที่ผ่านการบำบัดในขั้นตอนต่างๆ ข้างต้นไปใช้ประโยชน์ เช่น ปรับสภาพดินสำหรับการเกษตร เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีกำจัดในหลายประเทศ (เยอรมัน ออสเตรเลีย อิตาลี ฯลฯ) หรือนำไปฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

### 2.6.5 ข้อพิจารณาในการเลือกกระบวนการบำบัดสลัดจ์

#### 2.6.5.1 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

กระบวนการเอเอสมีปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินมาก จำเป็นต้องมีหน่วยกระบวนการบำบัดสลัดจ์ให้เหมาะสมก่อนนำไปกำจัดต่อไป ซึ่งต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์หรือมีแผนปฏิบัติการที่แน่นอน

#### 2.6.5.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์

ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินเป็นสลัดจ์ดิบ (ไม่คงตัว) เช่น สลัดจ์ส่วนเกินจากเอเอสแบบธรรมดา ควรปรับเสถียรสลัดจ์ให้มีความคงตัวก่อนนำไปกำจัดต่อไป แต่ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินเป็นสลัดจ์ย่อยแล้ว เช่น สลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการเอเอสแบบเติมอากาศขี้นเวลา ไม่จำเป็นต้องปรับเสถียรสลัดจ์อีก เนื่องจากสลัดจ์ส่วนเกินที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวค่อนข้างคงตัวอยู่แล้ว

#### 2.6.5.3 สภาพท้องถิ่น

ประเทศไทย (ส่วนใหญ่) เป็นสังคมเกษตรกรรม ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าเครื่องจักรกลจากต่างประเทศ รวมทั้งขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลดังกล่าว ดังนั้นควรเลือกกระบวนการที่ค่อนข้างง่าย ไม่ต้องการเครื่องจักรกลมากมาย ยกเว้นเฉพาะชุมชนที่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่หรือมีราคาที่ดินแพง

#### 2.6.5.4 ความต้องการพื้นที่

กระบวนการบำบัดสลัดจ์ที่มีความซับซ้อน มักต้องการพื้นที่น้อย แต่ต้องการพลังงานและบุคลากรในการควบคุมระบบที่มีความเชี่ยวชาญ เช่น ดีเอเอฟ เครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นต้น แต่ถ้าเป็นกระบวนการที่ง่าย ไม่ต้องการเครื่องจักรกลมากนัก แต่ต้องการพื้นที่มาก เช่น ถังทำขึ้นแรง ไน้มถ่วง ถานตากสลัดจ์ เป็นต้น

#### 2.6.6 การทำขึ้นสลัดจ์

การทำขึ้นสลัดจ์เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการบำบัดสลัดจ์ มีจุดประสงค์เพื่อเตรียมน้ำสลัดจ์ให้เข้มข้นเพียงพอ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดในขั้นตอนต่อไป กรณีที่มีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 4,000 ลบ.ม./วัน) อาจออกแบบให้ถังทำไสทำหน้าที่เป็นถังทำขึ้นด้วยก็ได้ และถ้าสลัดจ์ส่วนเกินมีความเข้มข้นอยู่บ้าน (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1 อาจตัดหน่วยกระบวนการทำขึ้นออกได้ (ไม่จำเป็นต้องก่อสร้างกระบวนการทำขึ้นแยกต่างหาก)

โดยปกติการปรับสภาพสลัดจ์ก่อนการทำขึ้น ไม่มีความจำเป็นมากนัก แต่อาจมีความจำเป็นในบางกรณี เช่น ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการทำขึ้น เพิ่มขีดความสามารถในการรับอัตราภาระของแข็ง เป็นต้น โดยส่วนใหญ่นิยมปรับสภาพสลัดจ์ด้วยกระบวนการทางเคมีหรือการใช้โพลีเมอร์ ปริมาณสารปรับสภาพสลัดจ์ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับวิธีการทำขึ้นและลักษณะของสลัดจ์

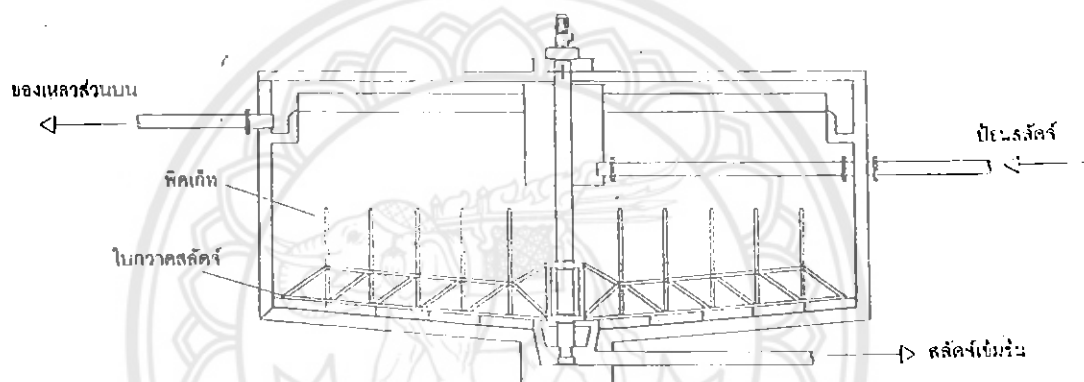
##### 2.6.6.1 ถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity thickener)

##### ก. หลักการทำงาน

ถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วงคือถังตกตะกอนสลัดจ์ ซึ่งเป็นวิธีทำขึ้นสลัดจ์ที่ไม่ต้องการเครื่องจักรมากนัก ไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบและบำรุงรักษาระบบต่ำ และไม่ต้องการบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญมากนัก โดยทั่วไปนิยมใช้ถังกลมมากกว่าถังสี่เหลี่ยม เนื่องจากมีกลไกของอุปกรณ์กวนและกวาดสลัดจ์ง่ายกว่า ถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วงมีรูปร่างคล้ายกับถังตกตะกอน ดังรูปที่ 2.35 โดยที่น้ำใสส่วนบนไหลลงด้านล่างที่อยู่ส่วนบนของถัง ส่วนสลัดจ์จะจมตัวลง



สู่กันถึงและถูกระบายทิ้งต่อไป แต่อย่างไรก็ตามถึงทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วงมีข้อแตกต่างกับถึงตกตะกอนบางประการ คือนอกจากถึงทำขึ้นต้องมีใบกวาดสลัดจ์แล้ว จะต้องมียุทธการสำหรับการกวนชั้นสลัดจ์ด้วย เพื่อเป็นการเปิดช่องระหว่างชั้นสลัดจ์ ซึ่งจะให้น้ำและก๊าซที่สะสมอยู่สามารถหลุดออกมาและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้ จึงทำให้สลัดจ์สามารถจมตัวและอัดตัวได้แน่นขึ้น การกวนสลัดจ์ทำกระทำโดยติดตั้งเสาในแนวตั้งกับแขนกวาดสลัดจ์ เรียกว่า “ พิคเก็ต ” (Picket) ซึ่งจะมีระยะห่างระหว่างพิกเก็ตประมาณ 15 – 46 เซนติเมตร และมีความสูงประมาณ 0.6 – 2.0 เมตร นอกจากนี้ถึงทำขึ้นมีความลาดมากกว่าถึงตกตะกอนขึ้นต้นและขึ้นสองอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การอัดตัวของสลัดจ์ดีขึ้น



รูปที่ 2.35 แสดงภาพตัดของถึงทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### ข. คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบถึงทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับประเภทและลักษณะของสลัดจ์ และสำหรับนำเสียชุมชนในประเทศไทยหรือในประเทศเขตร้อนควรกำหนดให้เวลากักพักสลัดจ์ไม่เกิน 12 ชั่วโมง เนื่องจากในประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงตลอดทั้งปี จึงทำให้สลัดจ์ในถึงมีโอกาที่จะถูกหมักและมีกลิ่นเหม็นได้ง่าย อีกทั้งอาจทำให้เกิดปัญหาสลัดจ์ลอยตัวอีกด้วย

### ค. ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- อัตราภาระของแข็งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกำหนดพื้นที่ของถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง ซึ่งแตกต่างกับถังตกตะกอนชั้นต้นและชั้นสองให้มีความสำคัญกับภาระชลศาสตร์มากกว่า

- ถ้ากำหนดค่าอัตราภาระชลศาสตร์สูงเกินไปจะทำให้ของเหลวส่วนบนมีสารแขวนลอยสูง แต่ถ้าอัตราภาระชลศาสตร์ต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหาสลัดจ์เน่าเหม็นและสลัดจ์ลอยขึ้น ดังนั้นในบางกรณีอาจเพิ่มอัตราไหลด้วยการป้อนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเข้าไปด้วยเพื่อควบคุมอัตราภาระชลศาสตร์ไม่ให้ต่ำเกินไป

- สำหรับพื้นที่ที่อยู่ในเขตร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงเฉลี่ยตลอดปี เช่น ประเทศไทย เป็นต้น ควรกำหนดให้เวลากักพักสลัดจ์ไม่เกิน 12 ชั่วโมง เพื่อป้องกันปัญหาสลัดจ์เน่าเหม็นและสลัดจ์ลอยขึ้น

- ความเร็วที่ใบกวาดสลัดจ์เท่ากับ 4.6 – 6 เมตร/นาที

- น้ำใสส่วนบนมีค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอยสูง ดังนั้นควรนำกลับไปบำบัดใหม่

- นอกจากถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงจะทำหน้าที่เพิ่มความเข้มข้นของสลัดจ์แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นถังพักสลัดจ์ด้วย

- กำลังบิด (torque) ของเครื่องกวาดสลัดจ์ของถังทำชั้นอาจคำนวณได้จากสมการที่ 2-19 (WEF & ASCE, 1998c)

$$T = Kd^2 \quad (2-19)$$

โดยที่  $T$  = กำลังบิด (กก./ม.)

$K$  = ค่าคงที่ กำลังบิด (กก./ม.)

= ขึ้นอยู่กับประเภทสลัดจ์ ดูตารางที่ 2.8

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง, เมตร

ตารางที่ 2.8 ค่าคงที่สำหรับคำนวณกำลังบิดของเครื่องกวาดสลัดจ์ในถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง

| แหล่งกำเนิดสลัดจ์             | เส้นผ่านศูนย์กลาง ( เมตร ) | ค่าคงที่กำลังบิด ( K ) |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------|
| ถังตกตะกอนขั้นต้น             | 3 – 24                     | 11                     |
| ระบบเอเอส                     | 3 – 15                     | 4                      |
| ถังตกตะกอนขั้นต้น + ระบบเอเอส | 3 – 21                     | 7                      |

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### 2.6.6.2 การลอยตัวด้วยอากาศละลายหรือดีเอเอฟ (Dissolved Air Floxtation, DAF)

ดีเอเอฟเป็นวิธีทำขึ้นที่เหมาะสมกับสลัดจ์ส่วนเกินจากระบบเอเอสและสลัดจ์จากถังย่อยสลัดจ์แเอโรบิกและ ไม่คุ้มค่าถ้าจะนำมาใช้กับสลัดจ์ขั้นต้น การทำขึ้นด้วยดีเอเอฟเป็นระบบที่มีความต้องการเครื่องจักรที่ซับซ้อนและมีราคาแพงกว่าถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง รวมทั้งยังต้องการความดูแลเอาใจใส่สูงกว่าด้วย แต่การทำขึ้นด้วยดีเอเอฟมีเวลากักสลัดจ์น้อยกว่าถังทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วงประมาณ 2 – 8 เท่าตัว

#### ก. หลักการทำงาน

ตัวอย่างแผนภาพการไหลการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 2.36 หลักการทำงานกระทำโดยอัดอากาศให้ละลายน้ำอย่างอิมตัวในถังอัดความดันและเมื่อถึงความดันค่าหนึ่งน้ำที่มีอากาศละลายตัวอย่างอิมตัวสามารถผ่านวาล์วลดความดันไปผสมกับสลัดจ์ส่วนเกินก่อนที่จะถูกปั๊มเข้าสู่ถังทำขึ้น ถังทำขึ้นเป็นถังเปิด (มีความดันที่ผิวน้ำเท่ากับความดันบรรยากาศ) ดังนั้นจึง



|             |   |                                                      |
|-------------|---|------------------------------------------------------|
| เมื่อ $A/S$ | = | อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างอากาศกับของแข็งแขวนลอย     |
| $s_u$       | = | ปริมาณอากาศละลายน้ำที่อุณหภูมินี้, มก./ล.            |
| $S_u$       | = | ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในสลัดจ์ส่วนเกิน, มก./ล. |
| $f$         | = | สัดส่วนของอากาศละลายน้ำที่ความดันในถังอัดอากาศ       |
|             | = | 0.5 – 0.8 (โดยทั่วไป)                                |
| $P$         | = | ความดันในถังอัดความดัน, บรรยากาศ                     |
| $q$         | = | อัตราไหลของน้ำใสเวียนกลับมาอัดอากาศ, ลบ.ม./วัน       |
| $Q$         | = | อัตราไหลของสลัดจ์ที่ป้อนเข้าถังทำขึ้น, ลบ.ม./วัน     |

- การอัดอากาศให้ละลายน้ำภายใต้ความดันนั้น อาจนำน้ำสลัดจ์ทั้งหมดหรือบางส่วนมาอัดอากาศและค่อนนำไปผสมกับน้ำสลัดจ์ภายหลัง

- อัตราการระเหยของน้ำที่ลอยตัวด้วยอากาศละลายคำนวณจากผลรวมของอัตราไหลของสลัดจ์และน้ำใสที่สูบกลับมาอัดอากาศหารด้วยพื้นที่ผิวถัง

- ถังทำขึ้นแบบดีเอเอฟอาจเป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือถังกลมก็ได้ แต่นิยมใช้ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้ามากกว่า เนื่องจากประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง กลไกของเครื่องกวาดไขฝ้ายางกว่า และสามารถปรับระดับน้ำในถังได้ง่ายกว่า

- ควรออกแบบให้มีเครื่องกวาดสลัดจ์ที่ก้นถังด้วย เนื่องจากมีของแข็งหนักตกตะกอนที่ก้นถัง

- ควรติดตั้งระบบปรับสภาพสลัดจ์ก่อนป้อนเข้าถังทำขึ้นเพื่อไว้ด้วย เช่น ระบบป้อนสารปรับสภาพ การกวนผสม เป็นต้น

- ประสิทธิภาพการทำขึ้นขึ้นอยู่กับค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (sludge volume index; SVI) ด้วย ถ้าสลัดจ์มีค่าดัชนีปริมาตรสูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการทำขึ้นสลัดจ์ลดลง และถ้าสลัดจ์มีดัชนีปริมาตรสูงกว่า 200 อาจต้องมีการปรับสภาพสลัดจ์ก่อนทำขึ้น

### 2.6.7 การปรับเสถียรสลัดจ์ (Sludge Stabilization)

การปรับเสถียรสลัดจ์เป็นกระบวนการที่ทำให้สลัดจ์มีความคงตัวเพื่อป้องกันปัญหาการเน่าเหม็น เมื่อนำไปกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังสามารถฆ่าเชื้อโรคในสลัดจ์ได้ด้วย

การปรับเสถียรสลัดจ์ทำได้หลายวิธี กระทำได้ทั้งกระบวนการทางชีวภาพ (ถังย่อยแอนแอโรบิก ถังย่อยแอนโรบิก และหมักทำปุ๋ย) กระบวนการทางเคมี (การปรับเสถียรด้วยปูนขาว) และกระบวนการทางกายภาพ (การปรับสภาพด้วยความร้อน) แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามวิธีที่มีงบประมาณในการควบคุมดำเนินระบบต่ำที่สุด ได้แก่ กระบวนการทางชีวภาพ โดยเฉพาะถังย่อยแบบแอนแอโรบิกเป็นวิธีที่ประหยัดพลังงานมากที่สุดและได้ก๊าซมีเทนเป็นผลิตภัณฑ์

#### 2.6.7.1 ถังย่อยแอนแอโรบิก (anaerobic digester)

ถังย่อยแอนแอโรบิกเหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน เนื่องจากมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงตลอดปีทำให้ถังสามารถย่อยสลายได้เร็ว และมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีข้อดีอีกหลายประการ เช่น สามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ประหยัดพลังงาน และมีงบประมาณในการดำเนินการต่ำ เป็นต้น แต่ถังย่อยแอนแอโรบิกจะมีค่าลงทุนค่อนข้างสูงและต้องการผู้ควบคุมระบบที่มีความเชี่ยวชาญสูง

##### ก. หลักการทำงาน

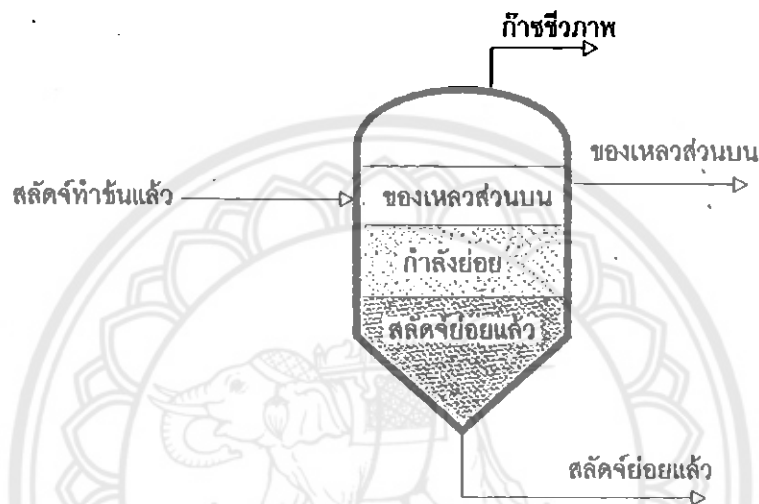
ถังย่อยแอนแอโรบิกอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายอนุภาคอินทรีย์หรือเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งมีปฏิกิริยาชีวเคมีซับซ้อน เนื่องจากมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่ทำงานเฉพาะเจาะจงและเชื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน การทำงานเริ่มด้วยการป้อนสลัดจ์เข้าถังย่อยสลัดจ์ และกักพักสลัดจ์ให้นานพอจนทำให้เกิดการย่อยสลัดจ์ สลัดจ์ที่ย่อยแล้วจะจมตัวและถูกระบายทิ้งที่ก้นถัง ส่วนของเหลวส่วนบนจะล้นออกที่ด้านบนของถัง ในบางกรณีอาจให้ความร้อนและการกวนผสมในถังด้วย เพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการย่อยสลาย ซึ่งทำให้เวลากักพักสลัดจ์สั้นลง

##### ข. ประเภทของถังย่อยแอนแอโรบิก

ถังย่อยแอนแอโรบิกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือถังย่อยแบบปกติและแบบอัตราเร็ว

### ข.1 ถังย่อยแอนแอโรบิกแบบปกติ

ถังย่อยแอนแอโรบิกแบบปกติแสดงดังรูปที่ 2.37 ซึ่งประกอบด้วยถังใบเดียว ไม่มีการกวนผสม ไม่มีการให้ความร้อนและทำงานแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์ จึงทำให้เกิดการแยกชั้นสลัดจ์และน้ำใสส่วนบน สลัดจ์ดิบจะถูกป้อนเข้าส่วนบนของถัง ส่วนสลัดจ์ย่อยแล้วจะจมตัวลงสู่ก้นถังและถูกระบายทิ้งต่อไป



รูปที่ 2.37 แสดงภาพตัดของถังย่อยแอนแอโรบิกแบบปกติ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ถังย่อยแบบนี้มีอัตราการย่อยสลายต่ำ เนื่องจากไม่มีการกวนผสมและให้ความร้อน จึงต้องการเวลากักพักสลัดจ์นาน แต่ในกรณีที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูง เช่น ประเทศไทย เป็นต้น จะทำให้อัตราการย่อยสูงขึ้นแม้ไม่ต้องมีการกวนผสมก็ตาม เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะช่วยให้มีการกวนผสมได้ด้วยตัวมันเอง

### ข.2 ถังย่อยแอนแอโรบิกแบบอัตราเร็ว

ถังย่อยแอนแอโรบิกแบบอัตราเร็วแสดงดังรูปที่ 2.38 โดยทั่วไปถังย่อยแบบนี้จะมีการกวนผสมและมีระบบเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้อัตราการย่อยสลายสลัดจ์เร็วกว่าถังย่อยแบบแรก จึงต้องการเวลากักพักสลัดจ์สั้นกว่าด้วย แต่ต้องการพลังงานในการเดินระบบสูงกว่า เนื่องจากต้องกวนผสมและต้องให้ความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิด้วย ถังย่อยแบบอัตราเร็วอาจ

ประกอบด้วยถังเดียวหรือสองถังก็ได้ กรณีที่มีถังย่อยเพียงใบเดียวจำเป็นต้องหยุดการกวนผสมประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง เพื่อตกตะกอนสลัดจ์ที่ก้นถังและเตรียมป้อนสลัดจ์ป้อนสลัดจ์ดิบเข้าถังอีกครั้ง กรณีที่มีถังย่อย 2 ถัง ถังแรกจะมีการกวนผสมตลอดเวลา ส่วนถังย่อยที่สองจะไม่มีกวนผสมและทำหน้าที่แยกชั้นสลัดจ์และน้ำใสส่วนบน

นอกจากนี้การย่อยแบบอัตราเร็วสามารถแบ่งตามช่วงอุณหภูมิในถังย่อยได้อีก 2 แบบ ได้แก่ การย่อยช่วงไซฟิลิก (mesophilic range) และการย่อยช่วงเทอร์โมฟิลิก (thermophilic range) ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 30 – 38 และ 50 – 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยปกติการย่อยในช่วงเทอร์โมฟิลิกมีอัตราการย่อยสลายสลัดจ์และการฆ่าเชื้อโรคสูงกว่าการย่อยในช่วงเมไซฟิลิก นอกจากนี้ยังทำให้สลัดจ์ที่ย่อยแล้วสามารถแยกน้ำจากสลัดจ์ได้ง่ายกว่าอีกด้วย

#### ค. ค่ากำหนดการออกแบบ

ค่ากำหนดการออกแบบถังย่อยแอนแอโรบิกทั้ง 2 ประเภท สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.9 ส่วนลักษณะของเหลวส่วนบนโดยทั่วไปของถังย่อยแอนแอโรบิกแสดงดังตารางที่ 2.10

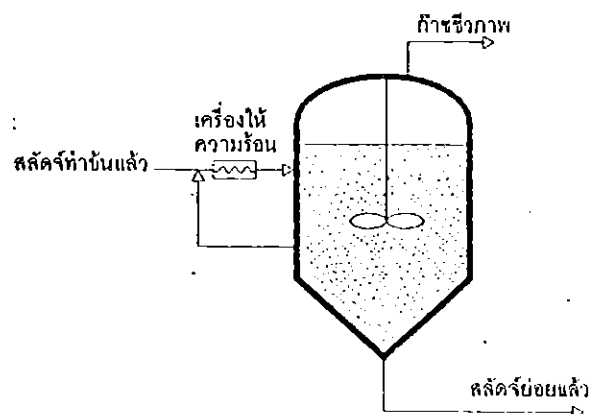
#### ง. ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- ถังย่อยสลัดจ์แอนแอโรบิกเหมาะกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า 20,000 ลบ.ม./วัน และต้องมีขนาดใหญ่กว่า 40,000 ลบ.ม./วัน จึงจะคุ้มทุนเมื่อนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์

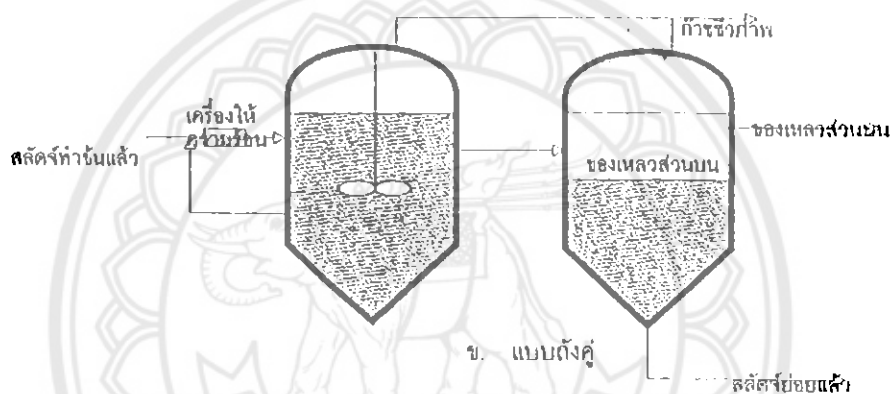
- ฝัครอบของถังย่อยสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ แบบลอยตัวขึ้นลงได้และแบบยึดตายตัว ดังรูปที่ 2.39 โดยปกติฝัครอบถังย่อยแอนแอโรบิกทำหน้าที่ป้องกันปัญหาเรื่องกลิ่นและรวบรวมก๊าซชีวภาพ ฝัครอบแบบยึดตายตัวจะมีระดับคงที่ เมื่อระบายสลัดจ์ทิ้ง อาจทำให้อากาศบางส่วนเข้ามาผสมกับก๊าซชีวภาพ ซึ่งทำให้ติดไฟหรือระเบิดได้ง่ายขึ้น ส่วนถังย่อยแบบฝัครอบลอยตัวขึ้นลงได้จะมีค่าก่อสร้างแพงกว่า แต่ช่วยป้องกันปัญหาดังกล่าว

- ฝัครอบต้องประกอบวาล์วลดความดันและสูญญากาศ เพื่อป้องกันโครงสร้างถังเสียหายในกรณีที่มีการป้อนสลัดจ์เข้าถังหรือระบายสลัดจ์ออกจากถัง รวมทั้งต้องติดตั้งวาล์วป้องกันการติดไฟจากภายนอก (flame traps) ด้วย นอกจากนี้ควรติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวอย่างน้อย 2 ชุด เพื่อความสะดวกเมื่อมีการซ่อมแซม





ก. แบบถังเดี่ยว



ข. แบบถังคู่

รูปที่ 2.38 แสดงภาพตัดของถังย่อยแอนแอโรบิกแบบอัตราเร็ว

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

- ต้องมีระบบเผาไหม้ก๊าซชีวภาพส่วนเกินทิ้ง เพื่อป้องกันอันตรายจากก๊าซชีวภาพดังกล่าว
- ควรออกแบบระบบเติมสารเคมีและชุดควบคุมพีเอชด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทนในกระบวนการแอนแอโรบิกสามารถดำรงชีพอยู่ได้อย่างเหมาะสมที่ช่วงพีเอชประมาณ 6.8 – 7.2
- เมื่อการทำงานของถังย่อยสลัดจ์แอนแอโรบิกล้มเหลว การควบคุมให้กลับมามีประสิทธิภาพใหม่นั้นต้องใช้เวลาาน ดังนั้นควรออกแบบให้มีกระบวนการปรับเสถียรสลัดจ์ด้วยวิธีอื่นสำรองไว้ เช่น การปรับเสถียรปูนขาว เป็นต้น

ตารางที่ 2.9 ค่ากำหนดการออกแบบถังย่อยแอมโมเนีย

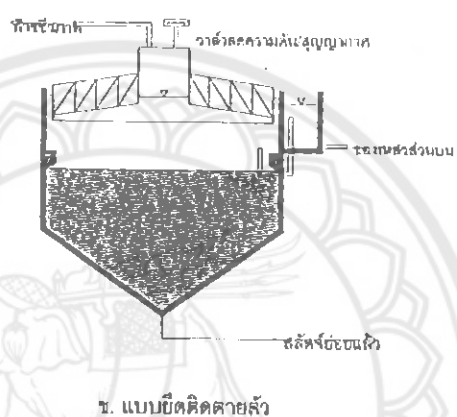
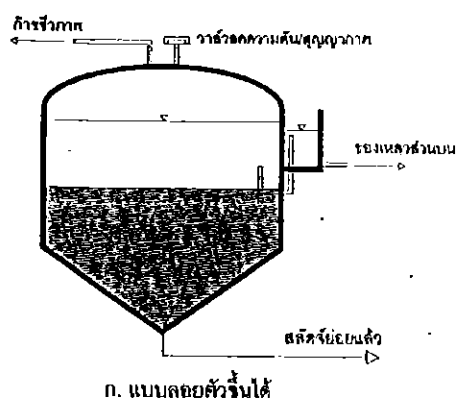
| รายการ                                               | แบบอัตราปกติ | แบบอัตราเร็ว |
|------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| เวลากักเก็บของแข็ง                                   | 30-60        | 10-20        |
| อัตราการสลาย (กก.VSS/ลบ.ม.-วัน)                      | 0.6-1.6      | 1.6-6.4      |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)                               | 6-38         | 6-38         |
| ความลึกขบถ (ม.)                                      | 7-14         | 7-14         |
| ความลาดชันก้นถัง (%)                                 | >25          | >25          |
| ความต้องการพลังงานในการกวนผสม                        |              |              |
| - เครื่องผสมแบบเครื่องกล (กิโลวัตต์/1000ลบ.ม.)       | -            | 5-8          |
| - เครื่องกวนแบบใช้ก๊าซ (ลบ.ม./1000ลบ.ม.-นาที)        | -            | 4.5-7        |
| ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (ลบ.ม./กก.VSSที่ถูกกำจัด)      | 0.8-1.1      | 0.8-1.1      |
| ความเข้มข้นของแข็งที่ผ่านการย่อย (%)                 | 4-6          | 4-6          |
| ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็ง (%)                       | -            | -            |
| ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการผลิต (ก.VSS/ก.บีโอดี)        | 0.04-0.1     | 0.04-0.1     |
| ค่าสัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ (วัน <sup>-1</sup> ) | 0.02-0.04    | 0.02-0.04    |

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 2.10 ลักษณะของเหลวส่วนบนของถังย่อยแอมโมเนีย

| รายการ                      | ช่วง           |
|-----------------------------|----------------|
| ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)     | 3,000 – 15,000 |
| บีโอดี (มก./ล.)             | 1,000 – 10,000 |
| ซีโอดี (มก./ล.)             | 3,000 – 30,000 |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล.) | 400 – 1,000    |
| ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)    | 300 – 1,000    |

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย



รูปที่ 2.39 แสดงภาพตัดฝักรอบของถังข่อยแอโรบิก

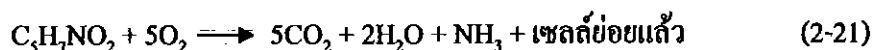
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### 2.6.7.2 ถังข่อยแอโรบิก (aerobic digester)

##### ก. หลักการทำงาน

ถังข่อยแอโรบิกมีหลักการคล้ายกับกระบวนการเอเอส เพียงแต่ถังข่อยแอโรบิกมุ่งกำจัดอนุภาคอินทรีย์หรือของแข็งระเหยง่ายเป็นหลัก ขั้นตอนแรกจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำสลัดจ์ก่อน ต่อมาเมื่อสารอินทรีย์ในน้ำสลัดจ์หมด จุลินทรีย์จะย่อยสลายตัวเองเพื่อนำพลังงานสำรองที่สะสมไว้ในเซลล์มาใช้ต่อไป โดยส่วนใหญ่มักป้อนสลัดจ์เข้าถังเป็นแบบไม่ต่อเนื่องหรือควบคุมการทำงานเป็นแบบแบตช์ ดังนั้นไม่จำเป็นต้องก่อสร้างถังตกตะกอนเพิ่มอีกต่างหาก โดยที่ก่อนป้อนสลัดจ์เข้าถังข่อยรอบที่ใหม่จะต้องหยุดเติมอากาศประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง เพื่อปล่อยให้สลัดจ์ที่ข่อยแล้วจมตัวลงสู่ก้นถังและระบายทิ้งต่อไป

ความต้องการออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายแบบแอโรบิกสามารถแบ่งเป็น 2 กระบวนการหลักๆ ได้แก่ ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ที่ใช้ย่อยสลายตัวเองและความต้องการออกซิเจนใช้ในการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียให้เป็นไนเตรดหรือเรียกว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันดังสมการที่ 2-21 และ 2-22 ตามลำดับ



#### ข. คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบของถังย่อยแอโรบิกซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.11 และมีลักษณะของเหลวส่วนบนดังตารางที่ 2.12 นอกจากนี้สำหรับประเทศเขตร้อนจะมีเวลากักพักสลัดจ์ต่ำกว่าค่าในตารางข้างต้น เนื่องจากมีอัตราการย่อยสลายเร็วกว่าในเขตประเทศอบอุ่น และแนะนำเวลากักพักสลัดจ์ที่เหมาะสมเท่ากับ 5 – 10 วัน

#### ค. ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- ถังย่อยแบบแอโรบิกไม่เหมาะสมกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ เนื่องจากถังย่อยแบบแอโรบิกมีงบประมาณการดำเนินงานสูง
- เครื่องเติมอากาศที่นิยมใช้ในถังย่อยแอโรบิกมี 2 ประเภท ได้แก่ การเติมอากาศแบบฟุ้งและเครื่องเติมอากาศผิวหน้า ถังย่อยแอโรบิกมีความลึก 3 – 4 เมตร การเติมอากาศแบบหัวฟุ้งมีความเหมาะสมกว่า แต่ควรเลือกชนิดที่ป้องกันการอุดตัน
- ถ้าเป็นโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ควรออกแบบถังย่อยแอโรบิกให้มีมากกว่า 1 ถัง เพื่อความสะดวกเมื่อมีการซ่อมบำรุงเครื่องจักร หรืออาจออกแบบเพียง 1 ถัง แต่ต้องเตรียมวิธีอื่นทดแทน เช่น การปรับเสถียรด้วยปูนขาว เป็นต้น
- อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการย่อยแบบแอโรบิกอย่างมาก คือ ถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้อัตราการย่อยช้าและต้องใช้เวลาพักของแข็งนานขึ้น แต่สำหรับประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงตลอดปีจึงไม่มีผลกระทบมากนัก

### 2.6.8 การแยกน้ำจากสลัดจ์ (sludge dewatering)

- การแยกน้ำจากสลัดจ์มีจุดประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพื่อความสะดวกในการขนย้ายหรือขนส่ง รวมทั้งเป็นการลดพื้นที่ที่ใช้ในการกำจัดสลัดจ์ในขั้นสุดท้ายด้วย เช่น การฝังกลบ สุขาภิบาล เป็นต้น

- การแยกน้ำจากสลัดจ์มีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ลานตากตะกอนเป็นวิธีที่อาศัยหลักการตามธรรมชาติมากที่สุดและใช้เครื่องจักรน้อยที่สุด แต่ต้องการพื้นที่มากที่สุด ประสิทธิภาพการแยกน้ำจากสลัดจ์ด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ ส่วนวิธีอื่นๆ เป็นวิธีแบบเครื่องกล ซึ่งมีความต้องการเครื่องจักรกลมาก ทำให้การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบสูงกว่า แต่เป็นวิธีที่ต้องการพื้นที่น้อย

การปรับสภาพสลัดจ์ก่อนแยกน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกน้ำจากสลัดจ์ด้วยวิธีเครื่องกล การปรับสภาพสลัดจ์ที่นิยมมากที่สุด คือ กระบวนการทางเคมี เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมีค่าลงทุนถูกกว่าวิธีทางกายภาพอื่นๆ โดยทั่วไปการปรับสภาพด้วยสารเคมีสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารอนินทรีย์ที่ใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ ได้แก่ เฟอริกคลอไรด์ เฟอรัสซัลเฟต สารส้ม และปูนขาว เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้จะไปทำลายประจุลบของอนุภาคของแข็ง ทำให้อนุภาคของของแข็งจับตัวกันเป็นฟล็อกขนาดใหญ่ขึ้น จึงทำให้การแยกน้ำจากสลัดจ์ง่ายขึ้น แต่การใช้สารเคมีเหล่านี้มักจะทำให้ของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 20 – 30 และสารเคมีบางชนิดเป็นสารกัดกร่อน จึงไม่ค่อยใช้กันมากนักในปัจจุบัน ส่วนสารอินทรีย์ที่ใช้ปรับสภาพสลัดจ์ ได้แก่ สารโพลีเมอร์ ซึ่งเป็นสารที่นิยมใช้กันทั่วไป สารละลายโพลีเมอร์จะมีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่และเป็นสายยาว สามารถสร้างสะพานเชื่อมอนุภาคของของแข็งให้เกาะติดกันเป็นฟล็อกขนาดใหญ่ขึ้น ปริมาณสารปรับสภาพสลัดจ์ขึ้นอยู่กับชนิดของสลัดจ์ ความเข้มข้นสลัดจ์ที่ต้องการ และชนิดของเครื่องแยกน้ำสลัดจ์

#### 2.6.8.1 ลานตากสลัดจ์ (sludge drying bed)

ลานตากสลัดจ์เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน ต้องการเครื่องจักรน้อย และค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบต่ำ เหมาะกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็กและสลัดจ์ค่อนข้างคงตัว แต่การแยกน้ำสลัดจ์ด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ ซึ่งมีข้อจำกัดในกรณีที่เป็นฤดูฝน นอกเสียจากมีการทำหลังคาปกคลุมรูปร่างของลานตากสลัดจ์แสดงดังรูปที่ 2.40

ตารางที่ 2.11 ค่ากำหนดการออกแบบถังข่อยแอโรบิก

| รายการ                                                               | สภาพ.   |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>1. เวลาพักของแข็ง</b>                                             |         |
| - สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้น                                         | 10-15   |
| - สลัดจ์จากระบบเอเอส                                                 | 10-18   |
| - สลัดจ์จากระบบเอเอสและไม่มีถังตกตะกอนขั้นต้น                        | 12-20   |
| - สลัดจ์รวมจากถังตกตะกอนขั้นต้นและระบบเอเอส                          | 10-20   |
| <b>2. อัตราภาระของแข็ง</b>                                           | 0.4-4.8 |
| <b>3. ความต้องการออกซิเจน (กก.ออกซิเจน/กก.ของแข็งที่ถูกย่อยสลาย)</b> |         |
| - ในการย่อยสลายเซลล์แบคทีเรีย                                        | 2.3     |
| - ในการย่อยสลายบีโอดีของสลัดจ์ขั้นต้น                                | 1.6-1.9 |
| <b>4. ความต้องการพลังงานในการกวนผสม</b>                              |         |
| - เติมอากาศแบบเครื่องกล (กิโวลต์/1000ลบ.ม.)                          | 20-40   |
| - เติมอากาศแบบฟู่ (กิโวลต์/1000ลบ.ม.-นาท)                            |         |
| สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้น                                           | 20-40   |
| สลัดจ์จากระบบการเอเอส                                                | 20-40   |
| สลัดจ์รวมจากถังตกตะกอนขั้นต้นและระบบเอเอส                            | >60     |
| <b>5. ประสิทธิภาพในการกำจัด VSS (%)</b>                              | 35-50   |
| <b>6. ความเข้มข้นของสลัดจ์ภายหลังการย่อย</b>                         | 1-8     |

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### ก. หลักการทำงาน

ถานตากสลัดจ์ทำให้เกิดการแยกน้ำได้ 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกน้ำจากสลัดจ์ส่วนหนึ่งซึมผ่านชั้นทรายและถูกรวบรวมด้วยระบบท่อที่วางอยู่ใต้ถานตากสลัดจ์ ส่วนสลัดจ์ชั้นจะคึดค้างอยู่บนผิวหน้าชั้นทราย ซึ่งในขั้นตอนที่ 2 น้ำส่วนหนึ่งถูกแยกโดยการระเหยเข้าสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปต้องใช้เวลากากในขั้นตอนนี้ 10 – 15 วัน หลังจากนั้นจึงขูดลอกกากตะกอนและนำไปกำจัดต่อไป

ตารางที่ 2.12 ลักษณะของของเหลวส่วนบนของถังย่อยสลัดจ์แบบแอโรบิก

| รายการ                         | ช่วง                |
|--------------------------------|---------------------|
| พีเอช                          | 5.9 – 7.7 (7)       |
| บีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)         | 9 – 5,000 (500)     |
|                                | 3 – 183 (50)        |
| บีโอดีละลาย (มก./ล.)           | 300 – 8,200 (2,600) |
| ซีโอดี (มก./ล.)                | 50 – 11,500 (3,400) |
| ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)        | 10 – 400 (170)      |
| เจคาล์ในโครเจนทั้งหมด (มก./ล.) | 20 – 240 (100)      |
| ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)       | 2.5 – 6.4 (25)      |
| ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)         |                     |

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

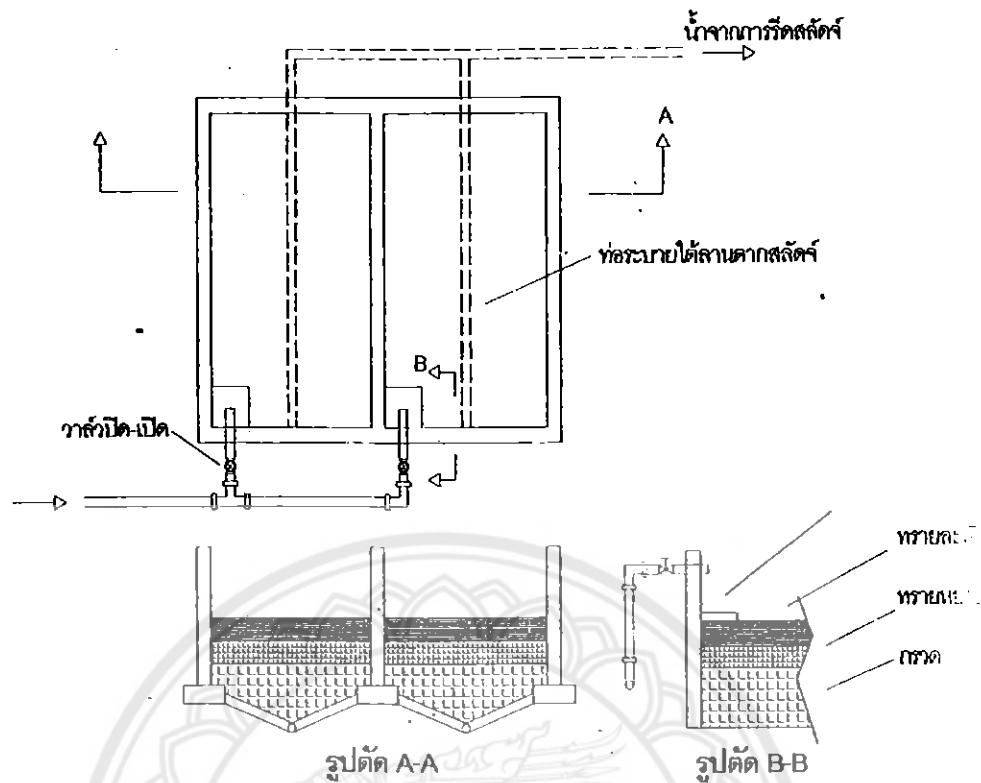
#### ข. คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบลานตากสลัดจ์แบบมีหลังคาและไม่มีหลังคาแสดงดัง

ตารางที่ 2.13

#### ค. ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- ปัจจัยสำคัญที่สุดในการออกแบบลานตากสลัดจ์ ได้แก่ อัตราการระเหย ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศของแต่ละท้องถิ่น
  - ระยะผนังเหนือน้ำ (free board) ของลานตากสลัดจ์ควรมีความสูงเหนือชั้นทรายประมาณ 0.5 – 0.9 เมตร
  - ท่อระบายน้ำได้ลานตากสลัดจ์ควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิเมตร และมีความลาดอย่างน้อยร้อยละ 1 และมีระยะห่างของท่อ 2.5 – 6.0 เมตร



รูปที่ 2.40 แสดงลานตากสลัดจ์

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

- น้ำที่ผ่านชั้นทรายและไหลเข้าท่อระบายน้ำได้ล้นตากควรนำไปบำบัดใหม่
- เหนือท่อระบายน้ำได้ล้นตากสลัดจ์ ควรถมด้วยชั้นกรวดหนาประมาณ 200–400 มิลลิเมตร โดยที่กรวดควรมีขนาดตั้งแต่ 3 – 25 มิลลิเมตร
- ควรแบ่งลานตากสลัดจ์เป็นหลายๆ ส่วนเพื่อสะดวกในการจัดการและการขุดลอกกากตะกอน
- บริเวณผิวทรายที่รับสลัดจ์จากท่อป้อนสลัดจ์ควรก่อสร้างแผ่นคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสปิดทับบนชั้นทราย เพื่อป้องกันการกัดเซาะชั้นทราย



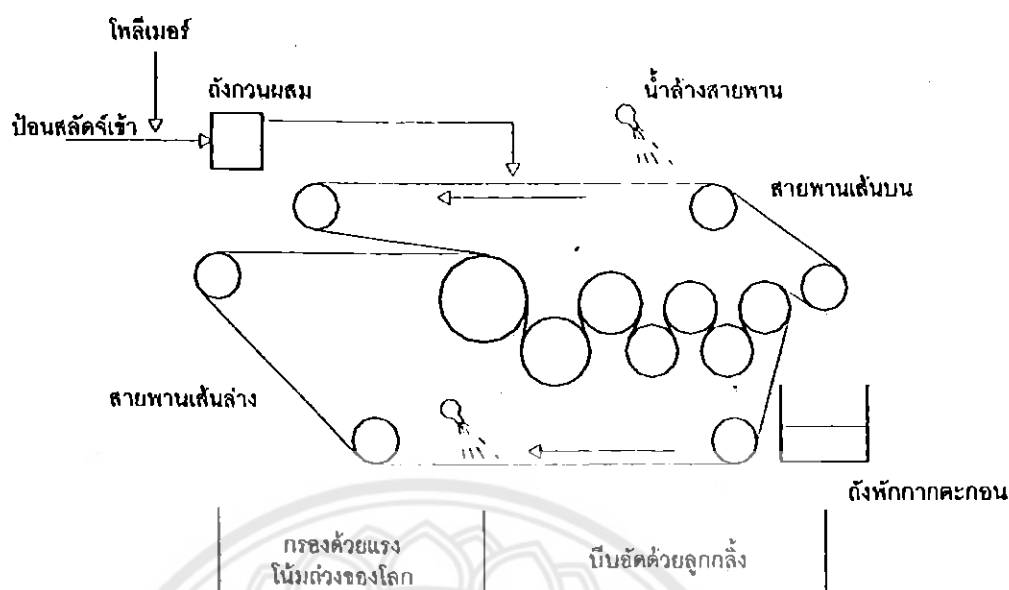
ตารางที่ 2.13 ค่ากำหนดการออกแบบลานตากสัลดั

| รายการ                                                   | คำแนะนำ  |
|----------------------------------------------------------|----------|
| อัตราภาระสัลดั, กก.สัลดั/แห้ง/ตร.ม.-ปี                   |          |
| ลานตากสัลดัแบบไม่มีหลังคา                                |          |
| - สัลดัจากถึงตกตะกอนชั้นต้นที่ย่อยแล้ว                   | 120-150  |
| - สัลดัจากถึงตกตะกอนชั้นต้นและระบบโปรยกรองที่ย่อยแล้ว    | 90-300   |
| - สัลดัจากถึงตกตะกอนชั้นต้นและระบบเจเอสที่ย่อยแล้ว       | 60-300   |
| ลานตากสัลดัแบบมีหลังคา                                   |          |
| - สัลดัจากถึงตกตะกอนชั้นต้นและถึงตกตะกอนชั้นสองย่อยแล้ว  | 150-400  |
| ลักษณะของทรายกรอง                                        |          |
| - สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ(Uniformity coefficient)       | <4       |
| - ขนาดประสิทธิผล (effective size), มม.                   | 0.3-0.75 |
| ความหนาของชั้นทรายของลานตาก, ซม.                         | 15-30    |
| ความเร็วภายในท่อนำสัลดัเข้าสู่ลานตากแห้งสัลดั, ม./วินาที | >0.75    |
| ระยะเวลาในการตากตะกอน, วัน                               | ต.ค.-15  |
| ความหนาของชั้นสัลดับนลานตาก, ซม.                         | 20-30    |
| ความเข้มของกากสัลดั, ร้อยละ                              | 20-40    |

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### 2.6.8.2 สายพานรีดน้ำ (belt press)

สายพานรีดน้ำเป็นการแยกน้ำจากสัลดัแบบใช้เครื่องกลดรูปที่ 2.41 แต่เป็นวิธีที่มีเครื่องจักรและความต้องการพลังงานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการแยกน้ำจากสัลดัด้วยเครื่องกลอื่นๆ และไม่ต้องอาศัยบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญมากนักในการควบคุมระบบ นอกจากนี้การทำงานของสายพานรีดน้ำสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.41 แสดงแผนภาพการทำงานของเครื่องสายพานรัดน้ำ

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ก. หลักการทำงาน

สาขพานีรดน้ำประกอบด้วยสาขพาน 2 เส้น โดยมีลูกกลิ้ง (baring) เป็น  
ฐานรองรับและถูกขับเคลื่อนให้หมุนวนในทิศตรงข้ามกัน (ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา) ซึ่งมีบาง  
ช่วงที่สาขพานทั้งสองประกบกัน เมื่อสลัดจ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วถูกป้อนเข้าในช่วงแรกของ  
สาขพาน น้ำบางส่วนจะถูกแยกออกมาโดยการซึมผ่านสาขพานด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และเมื่อ  
สลัดจ์ชั้นถูกถ้ำเลี้ยงเข้าช่วงที่สาขพานทั้ง 2 เส้นประกบกันด้วยลูกกลิ้งบีบอัด จึงทำให้น้ำอีกส่วน  
หนึ่งถูกแยกและซึมผ่านสาขพานได้เพิ่มขึ้น เมื่อสาขพานทั้ง 2 เส้นลอยห่างออกจากกัน จึงทำให้กาก  
ตะกอนหลุดออกและถูกระบบทิ้งต่อไป หลังจากนั้นสาขพานจะวนกลับไปรับสลัดจ์อีก แต่ต้องมี  
หัวฉีดน้ำแรงดันสูงเพื่อดึงสาขพานทั้งสองเส้นก่อน เพื่อป้องกันการอุดตันของสาขพาน

๗. **คำกำหนดการออกแบบ**

สายพานรีดน้ำไม่สามารถก่อสร้างในที่ใต้ แต่มีการขายกันเป็นชุดสำเร็จรูป

ลักษณะหรือประสิทธิภาพการแยกน้ำขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต โดยทั่วไปขนาดของเครื่องสายพานรีด

น้ำมักถูกกำหนดด้วยความกว้างของสายพานซึ่งมีความกว้างอยู่ในช่วง 0.5 – 3.5 เมตร และมีอัตราการไหลของแข็งในช่วง 100 – 700 กก.สลัดจ์แห้ง/เมตร(ความกว้าง)-ชั่วโมง หรือเท่ากับ 6 – 23 ลบ.ม. สลัดจ์/เมตร-ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับประเภทของสลัดจ์

**ค. ข้อพิจารณาในการออกแบบ**

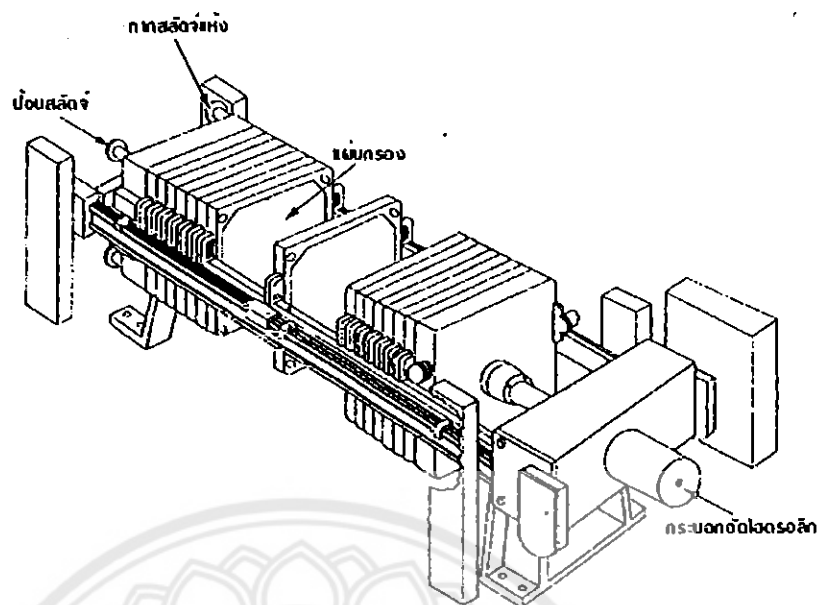
- สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ ควรออกแบบให้มีสายพานรีดน้ำอย่างน้อย 2 ชุด ซึ่งเป็นการสำรองเมื่อมีการซ่อมบำรุงหรือการชำรุด
- การควบคุมระหว่างสารปรับสภาพสลัดจ์กับสลัดจ์อาจกระทำในถังควบคุมเล็กๆ หรือในท่อป้อนสลัดจ์ก็ได้
- เครื่องป้อนสลัดจ์ควรเป็นแบบที่สามารถปรับรอบหรือปรับอัตราการไหลได้ และควรเป็นแบบ progressive cavity pump เพราะไม่ทำให้ฟล็อกแตก ความเร็วการไหลในท่อป้อนสลัดจ์ไม่ควรต่ำกว่า 1 เมตร/วินาที
- ควรออกแบบท่อป้อนสลัดจ์ให้สั้นและมีการหักเลี้ยวน้อยที่สุด

**2.6.8.3 เครื่องอัดกรอง (filter press)**

กากตะกอนที่ได้จากเครื่องอัดกรองมีความเข้มข้นสูงและน้ำที่ผ่านการกรองค่อนข้างใส แต่เป็นระบบที่มีเครื่องจักรมาก ราคาแพง ทำงานแบบแบตช์ อายุการใช้งานของผ้ากรองสั้น และจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการแกะกากตะกอนออกจากผ้ากรองอีกด้วย

**ก. หลักการทำงาน**

องค์ประกอบหลักๆ ของเครื่องอัดกรองประกอบด้วย แผ่นยัดผ้ากรองหลายอันเรียงกันบนแกนของเครื่อง ผ้ากรอง และเครื่องดันผ้ากรองคังรูปที่ 2.42 ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากป้อนสลัดจ์เข้าเครื่องอัดกรอง สลัดจ์จะเข้าไปในช่องว่างระหว่างผ้ากรองจนเต็มภายใต้ความดันขณะเดียวกันน้ำจะซึมผ่านผ้ากรอง ทำให้มีช่องว่างมากขึ้น และป้อนสลัดจ์ภายใต้แรงดันคังกล่าวไปเรื่อยๆจนกระทั่งไม่มีน้ำซึมผ่านผ้ากรองอีก จึงถอดแผ่นหรือเลื่อนแผ่นยัดผ้ากรองออกจากกันและแกะกากตะกอนออกจากแผ่นกรองด้วยแรงงานคน พร้อมทั้งล้างทำความสะอาดผ้ากรองและเตรียมป้อนสลัดจ์รอบใหม่



รูปที่ 2.42 แสดงตัวอย่างเครื่องอัดกรอง

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

#### ข. ค่ากำหนดการออกแบบ

เครื่องอัดกรองมักผลิตเป็นชุดสำเร็จรูป ดังนั้นขนาดและประสิทธิภาพของเครื่องอัดกรองขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ดังนั้นก่อนออกแบบหรือเลือกขนาดของเครื่องอัดกรอง ควรปรึกษาข้อมูลต่างๆ จากผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปขนาดของเครื่องอัดกรองจะถูกกำหนดจากปริมาณของสลัดจ์แห้งที่ได้จากการกรองแต่ละครั้ง ปัจจัยสำคัญในการหาปริมาณของสลัดจ์แห้งได้แก่ จำนวนรอบทำงานในแต่ละวัน ประเภทของสลัดจ์ และประสิทธิภาพของเครื่องอัดกรอง

### 2.6.9 การกำจัดกากตะกอน

#### 2.6.9.1 วิธีการกำจัดกากตะกอน

การกำจัดกากตะกอนกระทำได้ 2 แนวทางหลักๆ คือ การนำไปทิ้ง ได้แก่ การฝังกลบสุขาภิบาล (sanitary landfill) และการนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ นำไปเป็นสารปรับปรุงสภาพดินเพื่อการเกษตร

### 2.6.9.2 ปัจจัยสำคัญในการเลือกวิธีการกำจัดกากตะกอน

ปัจจัยทั่วไปในการเลือกกระบวนการกำจัดสลัดจ์ ได้แก่ ความเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดได้แก่การยอมรับของประชาชนและชุมชน เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อความล่าช้าหรือความล่าช้าต่อหลายๆ โครงการในอดีต แนวทางลดปัญหาดังกล่าวกระทำได้โดยให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการรับรู้ข้อมูลอย่างรอบด้านและโดยตรงไปตรงมาตั้งแต่เริ่มแนวคิดโครงการ พร้อมทั้งให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดด้วย

### 2.6.9.3 การนำไปทิ้ง

การนำไปทิ้งเป็นวิธีการกำจัดสลัดจ์ดิบหรือกากตะกอนที่คงตัวแล้วด้วยวิธีการฝังกลบแบบสุขาภิบาล การฝังกลบแบบสุขาภิบาลเป็นวิธีหนึ่งในการกำจัดขยะของชุมชนอยู่แล้ว ดังนั้นถ้าชุมชนใดมีหลุมฝังกลบขยะอยู่แล้วอาจเลือกกำจัดสลัดจ์ด้วยวิธีฝังกลบก็ได้ หรือถ้าชุมชนใดมีเตาเผาขยะอาจเลือกวิธีเผาสลัดจ์เพื่อลดปริมาตรก่อนนำไปฝังกลบ แต่การกำจัดด้วยวิธีนี้จะมีต้นทุนและค่าดำเนินการสูง นอกจากนี้การก่อสร้างหลุมฝังกลบขยะสุขาภิบาลและเตาเผาขยะชุมชนก็มีปัญหาในตัวของมันเอง เนื่องจากความไม่มั่นใจของประชาชนในชุมชนนั้นต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้น

### 2.6.9.4 การนำสลัดจ์ไปใช้ประโยชน์

การนำสลัดจ์ไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การนำสลัดจ์ที่ผ่านการย่อยสลัดจ์แล้วไปกำจัดบนดินหรือใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร เนื่องจากสลัดจ์มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบและเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการ การเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักกับธาตุอาหารในตะกอนแห้งแสดงดังตารางที่ 2.14 วิธีนี้จะมีค่าลงทุนต่ำกว่าวิธีการฝังกลบสุขาภิบาล แต่ไม่เป็นที่ยอมรับมากนัก เนื่องจากความไม่มั่นใจต่อผลกระทบที่จะเกิดขึ้นคือ การปนเปื้อนเชื้อโรค โทษะหนัก สารประกอบอินทรีย์ต่อแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน รวมทั้งการสะสมในดินและห่วงโซ่อาหารต่อไป

### 2.6.9.5 ปัจจัยที่ควรคำนึงเมื่อนำสลัดจ์ไปปรับปรุงดิน

- การยอมรับของประชาชน
- ความเหมาะสมทางด้านภูมิประเทศและธรณีวิทยา เช่น ความลาดชัน ลักษณะของชั้นดิน ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ ระดับของน้ำใต้ดิน ระยะห่างของแหล่งน้ำผิวดิน การกักเซาะของน้ำท่า เป็นต้น
- การปนเปื้อนโลหะหนัก เชื้อโรค และสารประกอบอินทรีย์ที่สะสมในห่วงโซ่อาหาร รวมทั้งการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดิน
- ความสะดวกในการขนส่ง เช่น ต้องมีถนนเข้าได้ทุกฤดูกาล เป็นต้น
- ระยะทางระหว่างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำกับแหล่งที่จะนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
- การป้องกันการฟุ้งกระจายหรือการหกของกากตะกอนแห้ง
- ธาตุอาหารที่ต้องการของพืชแต่ละชนิด
- ขนาดพื้นที่ที่ต้องเพียงพอต่อปริมาณของกากตะกอนที่เกิดขึ้นจนถึงปี

เป้าหมาย

ตารางที่ 2.14 ธาตุอาหารของปุ๋ยหมักและสลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน

| รายการ   | ธาตุอาหาร (ร้อยละ) |             |            |
|----------|--------------------|-------------|------------|
|          | ไนโตรเจน           | ฟอสฟอรัส    | โพแทสเซียม |
| ปุ๋ยหมัก | 1 ± 0.4            | 0.35 ± 0.26 | -          |
| สลัดจ์   | 3.3                | 2.3         | 0.3        |

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินโครงการ

การดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลพุทธชินราช จังหวัดพิษณุโลก มีรายละเอียดและวิธีการทดลองดังนี้

#### 3.1 วิธีการทดลอง

สำรวจพื้นที่เก็บข้อมูลและกำหนดจุดเก็บน้ำตัวอย่าง จำนวน 11จุด คือ น้ำเข้าระบบบำบัด จำนวน 2 จุด น้ำจากบ่อเติมอากาศ จำนวน 2 จุด น้ำจากบ่อตกตะกอน จำนวน 4 จุด ท่อเวียนตะกอน 1 จุด น้ำในบ่อเติมคลอรีน 1 จุด และน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด 1 จุด แล้วนำมาทำการทดลองตามพารามิเตอร์ต่างๆจำนวน 8 ครั้ง เดือนละ 2 ครั้ง นาน 4 เดือน ตั้งแต่ 28 ตุลาคม 2552 – 5 กุมภาพันธ์ 2553

#### 3.2 จุดเก็บตัวอย่าง

##### 3.2.1 จุดเก็บน้ำที่ 1 เก็บน้ำเสียจากท่อสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 3.1 จุดเก็บน้ำที่ 1 ท่อสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

### 3.2.2 จุดเก็บน้ำที่ 2 เก็บน้ำที่ออกจากบ่อเติมอากาศ จำนวน 2 จุด (คลองวนเวียน)



รูปที่ 3.2 จุดเก็บน้ำที่ 2 เก็บน้ำที่ออกจากบ่อเติมอากาศ (คลองวนเวียน)

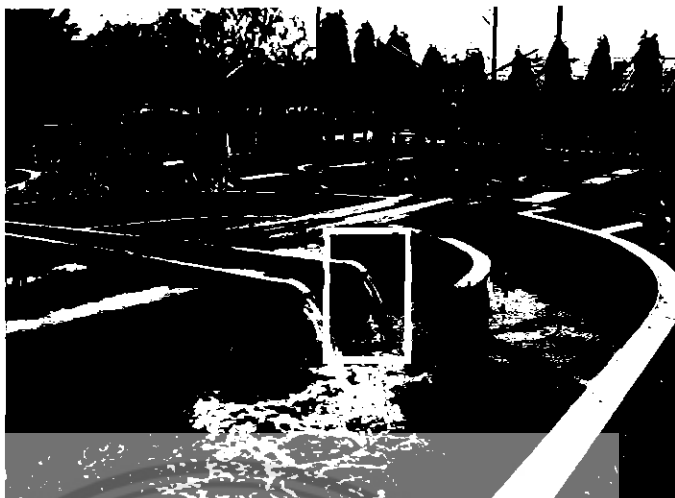
### 3.2.3 จุดเก็บน้ำที่ 3 เก็บน้ำที่ออกจากบ่อดกตะกอน จำนวน 4 จุด



รูปที่ 3.3 จุดเก็บน้ำที่ 3 เก็บน้ำที่ออกจากบ่อดกตะกอน



### 3.2.4 จุดเก็บน้ำที่ 4 เก็บน้ำจากท่อเวียนตะกอน จำนวน 2 จุด



รูปที่ 3.4 จุดเก็บน้ำที่ 4 เก็บน้ำจากท่อเวียนตะกอน

### 3.2.5 จุดเก็บน้ำที่ 5 เก็บน้ำในบ่อเติมคลอรีน



รูปที่ 3.5 จุดเก็บน้ำที่ 5 เก็บน้ำในบ่อเติมคลอรีน

### 3.2.6 จุดเก็บน้ำที่ 6 น้ำทิ้งที่ระบายลงคลองสาธารณะ



รูปที่ 3.6 จุดเก็บน้ำที่ 6 น้ำทิ้งที่ระบายลงคลองสาธารณะ

### 3.3 วิธีการเก็บน้ำตัวอย่าง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บน้ำตัวอย่าง ได้แก่ ขวดเก็บเก็บน้ำตัวอย่าง ขนาด 1,000 มิลลิลิตรจำนวน 5 ขวดและขนาด 2,500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ขวด, ถังเก็บน้ำ

การเก็บน้ำตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบจุด (จ้วงเก็บ) ซึ่งจะดักถังถังเก็บน้ำและขวดเก็บน้ำ โดยใช้ตัวอย่าง ณ จุดนั้นๆล่วงหน้าก่อนอย่างน้อย 1 ครั้งก่อนที่จะเก็บน้ำตัวอย่างจริง หลังจากนั้นเก็บน้ำตัวอย่างใส่ในขวดเก็บน้ำที่เตรียมไว้แล้วปิดฝาให้แน่น จากนั้นล้างขวดตัวอย่างด้วยน้ำสะอาดและปิดฉลากแสดงจุดเก็บให้เรียบร้อย

### 3.4 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำจะถูกวิเคราะห์ค่าพีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย ตะกอนจุลินทรีย์ในถังเดิม อากาศ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำ สารอินทรีย์ระเหยง่าย การตรวจสอบของการตกตะกอน คำนีปริมาณกรด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี บีโอดีต่อซีโอดี ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด เจคาลโนโตรเจน ไนโตรท ไนเตรท การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

ตารางที่ 3.1 แสดงพารามิเตอร์ วิธีการวิเคราะห์ เครื่องมือ

| พารามิเตอร์                                    | วิธีการวิเคราะห์                           | เครื่องมือที่ใช้                                                                                     | ยี่ห้อ                                                         |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| พีเอช                                          | electrometric method.                      | pH meter.                                                                                            | Denver Instrument.                                             |
| อุณหภูมิ                                       | -                                          | Thermometer                                                                                          |                                                                |
| ของแข็งแขวนลอย,<br>เอ็มแอลเอสเอส               | -                                          | Vaccum Pump.<br>Standard Lab Oven.<br>Dual Range Analytical Balance.                                 | Millipore.<br>Binder.<br>Denver Instrument.                    |
| ปริมาณของแข็ง<br>ทั้งหมด                       | -                                          | Water Bath.<br>Standard Lab Oven.<br>Dual Range Analytical Balance.                                  | Binder.<br>Denver Instrument.                                  |
| ของแข็งแขวนลอย<br>ระเหยง่าย                    | -                                          | Muffle Furnace.<br>Auto Desiccator Cabinets.<br>Standard Lab Oven.<br>Dual Range Analytical Balance. | Fisher Scientific.<br>Sanpla.<br>Binder.<br>Denver Instrument. |
| ปริมาณสลัดจ์<br>ตกตะกอน,ดัชนี<br>ปริมาตรสลัดจ์ | โดยปริมาตร                                 | Imhoff Cone.                                                                                         |                                                                |
| บีโอดี                                         | Dilution.                                  | Colled Incubator.                                                                                    | Fisher Scientific.                                             |
| ซีโอดี                                         | Close Reflux Method.                       | Standard Lab Oven.                                                                                   | Binder.                                                        |
| ปริมาณแบคทีเรีย<br>กลุ่มโคลิฟอร์ม<br>ทั้งหมด   | Multiple Tube Fermentation Technique (MPN) | Autoclave.<br>Programmable Series Incubator.                                                         | Sturdy.<br>Gallenkamp.                                         |
| เจดาคไนโตรเจน                                  | ฟีนด                                       | Ammonia Distilled.<br>Digest Nitrogen.                                                               | Gerhardt.<br>Gerhardt.                                         |
| ไนโตรท,ไนเตรท                                  | ไฮดราซีน                                   | Visible Spectrophptometer.                                                                           | Thermo Scientific.                                             |
| การตรวจสอบด้วย<br>กล้องจุลทรรศน์               | -                                          | Binocular Microscope.                                                                                | Olympus.                                                       |

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์

#### 4.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก

น้ำเสียจำเป็นต้องได้รับการบำบัดด้วยความเหมาะสมถูกต้อง ตามหลักเกณฑ์ทางด้านการสุขาภิบาล โดยเฉพาะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงพยาบาล ซึ่งมีการปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคต่างๆ จากผู้ป่วยที่มารับการรักษาทั้งผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก จากห้องผ่าตัด ห้องคลอด รวมทั้งห้องปฏิบัติการทางแบคทีเรียทางโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก ได้ตระหนักถึงความสำคัญในข้อนี้ดี เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียภายในโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก เริ่มสร้างเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2534 สร้างเสร็จและเริ่มใช้เมื่อเดือนพฤษภาคม 2536 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลออกแบบโดยกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย เป็นระบบคลองวนเวียน มี 2 คลองวนเวียน 4 บ่อตกตะกอน 6 ถานตาก โดยใช้เนื้อที่ 2,800 ตารางเมตร ยาว 80 เมตร กว้าง 35 เมตร ปัจจุบันมีเจ้าหน้าที่ดูแล 2 คน

##### 4.1.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

สำหรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงพยาบาลประมาณ 1,000 ลบ.ม./วัน น้ำเสียซึ่งเกิดขึ้นจากอาคารทำการจะไหลผ่านบ่อดักขยะ ดักกลิ่นและสำหรับโรงครัว ก็จะไหลผ่านบ่อดักขยะ ดักไขมัน ซึ่งจะดักขยะและไขมันแล้วไหลมาตามท่อและเข้าบ่อสูบ ที่บ่อสูบจะมีตะแกรงดักขยะอยู่ไว้ดักขยะซึ่งหลุดล่อนออกจากบ่อดักขยะอีกครั้ง

น้ำเสียในบ่อสูบก็จะถูกสูบโดยเครื่องสูบน้ำ 2 เครื่อง ทำงานโดยอาศัยระบบลูกลอยสูบเข้าสู่คลองวนเวียนจะมีใบพัดเติมอากาศ กำลังขนาด 10 HP จะหมุนมีน้ำกระเซ็นเป็นฝอยอยู่ตลอดเวลา

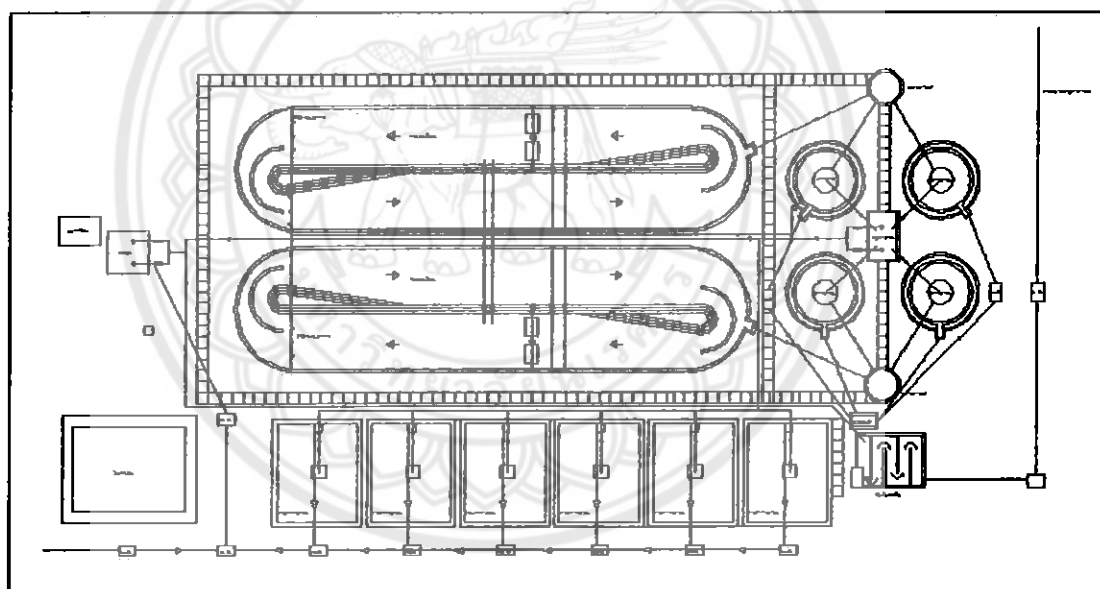
น้ำปนตะกอนในคลองวนเวียนก็จะไหลล้นออกจากคลองวนเวียนทางประตูน้ำเข้าสู่ถังตกตะกอนทั้งสอง ตะกอนก็จะรวมตัวกันแล้วตกตะกอนสู่กันถัง ส่วนด้านบนจะเป็นน้ำเสียก็จะไหลล้นออกมาทางฝายน้ำล้นไปสู่บ่อเติมคลอรีน

ตะกอนซึ่งตกลงสู่กันถังก็จะถูกสูบกลับไปสู่คลองวนเวียนใหม่ ซึ่งตะกอนที่สูบกลับไปสู่คลองวนเวียน เมื่อได้รับออกซิเจน รวมทั้งสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียก็จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป

แต่เนื่องจากน้ำเสียนั้นเข้ามาตลอดเวลาและจำนวนแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ซึ่งทำให้อัตราส่วนระหว่างแบคทีเรียและอาหารไม่สมดุล ตะกอนส่วนเกินนี้ก็จะถูกสูบเข้าสู่ลานตากตะกอน

เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดตะกอนแบคทีเรียในคลองวนเวียนว่า มากเกินไปหรือยัง โดยการใช้กรวยอิมสอพ วัดปริมาณตะกอน ถ้าปริมาณตะกอนเกิน 350 – 400 ml./ น้ำตัวอย่าง 1 L ก็จะถูกสูบเข้าสู่ลานตากตะกอน น้ำปนตะกอนจากถังตกตะกอนเมื่อปล่อยเข้าสู่ลานกรองแล้ว น้ำก็จะซึมผ่านพื้นทรายแล้วไหลกลับไปลงในบ่อสูบ

สำหรับลานตากตะกอนของโรงพยาบาลพุทธชินราช มีอยู่ 6 ลาน น้ำใสในถังตะกอนเมื่อไหลล้นฝายแล้วก็จะไหลไปลงถังเติมคลอรีน ระบบดังกล่าวใช้  $Cl_2$  จำนวน 6 mg./ น้ำเสีย 1 L. จำนวนผงปูนคลอรีนที่ใช้ 6 kg/d ในการเตรียมน้ำยาคลอรีนผงปูนคลอรีนเป็นผงปูนชนิด 60 % ในแต่ละวันก็จะเช็คลอรีนตกค้างทุกวัน ก็สามารถควบคุมคลอรีนอิสระตกค้างให้อยู่ระหว่าง 0.5-1 mg/l อาจจะสูงหรือต่ำกว่านี้บ้างในบางเวลา



รูปที่ 4.1 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนของโรงพยาบาลพุทธชินราช

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของหน่วยบำบัดน้ำเสีย

| ลำดับ | หน่วยบำบัด                        | จำนวน                                                       | มิติ  |      |      |
|-------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|------|------|
|       |                                   |                                                             | กว้าง | ยาว  | ลึก  |
| 1     | ปอดูดน้ำเสีย                      | 1                                                           | 2.5   | 2.5  | 4.3  |
| 2     | คลองวนเวียน                       | 2                                                           | 7.8   | 37.8 | 1.2  |
| 3     | ถังตกตะกอน                        | 4                                                           | 5     |      | 6    |
| 4     | บ่อหมุนเวียนสลัดจ์                | 1                                                           | 2     | 3    | 1.05 |
| 5     | บ่อกลอรีน                         | 1                                                           | 3     | 5    | 1.6  |
| 6     | ลานตากตะกอน                       | 6                                                           | 6     | 6.55 | 0.3  |
| 7     | เครื่องเติมอากาศ                  | จำนวนใบเติม 2 ใบ จำนวนเพลลา 1 อัน/คลอง<br>มอเตอร์ 10 แรงม้า |       |      |      |
| 8     | เครื่องเติมอากาศ<br>Submerged jet | ขนาด 9 KW<br>จำนวนเพลลา 1 ชุด/คลอง                          |       |      |      |
| 9     | เครื่องสูบน้ำเสีย                 | 2 เครื่อง<br>มอเตอร์ 10 แรงม้า                              |       |      |      |
| 10    | เครื่องสูบสลัดจ์<br>หมุนเวียน     | 2 เครื่อง<br>มอเตอร์ 10 แรงม้า                              |       |      |      |

## 4.2 ผลการทดลอง

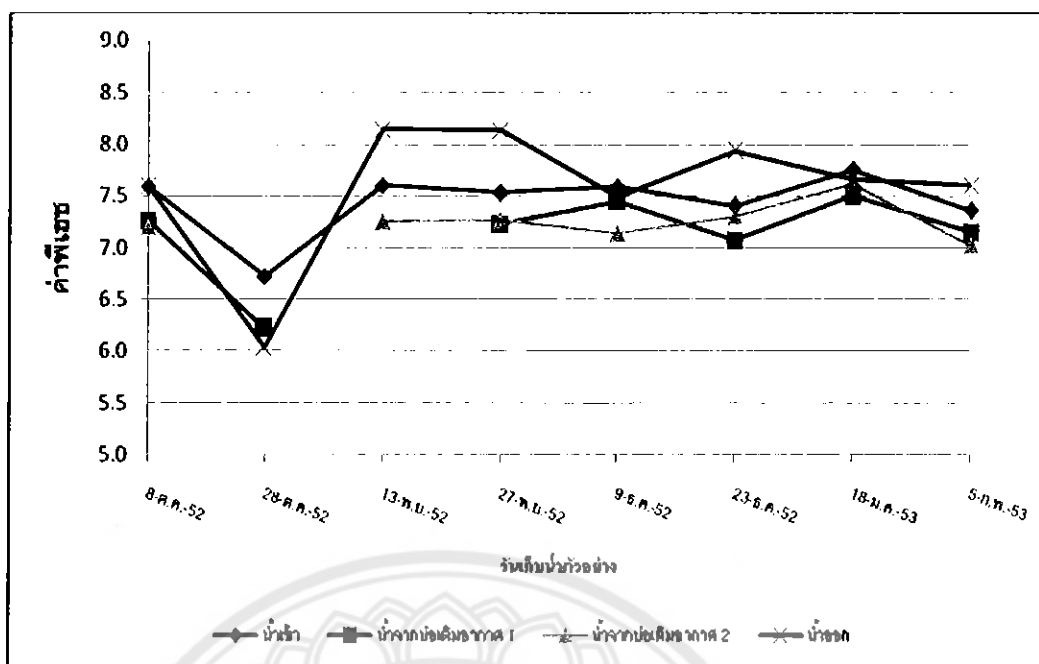
### 4.2.1 ค่าพีเอช (pH)

ตารางที่ 4.2พีเอช (pH)

| จุดเก็บน้ำ / วัน         | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                  | 7.59      | 6.72       | 7.60       | 7.53       | 7.59      | 7.40       | 7.75       | 7.36      | 7.44      |
| น้ำจากบ่อ<br>เติมอากาศ 1 | 7.26      | 6.22       | -          | 7.23       | 7.45      | 7.07       | 7.50       | 7.15      | 7.13      |
| น้ำจากบ่อ<br>เติมอากาศ 2 | 7.20      | -          | 7.25       | 7.26       | 7.14      | 7.30       | 7.61       | 7.02      | 7.25      |
| น้ำออก                   | 7.60      | 6.03       | 8.14       | 8.13       | 7.49      | 7.93       | 7.66       | 7.60      | 7.57      |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.2 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอช เป็นค่าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย ถ้าค่าพีเอชสูงหรือต่ำกว่ามาตรฐาน จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบอาจดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้ ทำให้ระบบล้มเหลว

กราฟแสดงค่าพีเอช จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่าน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 7.44 น้ำจากบ่อเดิมอากาศ 1 น้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 7.57 แต่จุดเก็บในแต่ละครั้งค่าพีเอชมีค่าใกล้เคียง เมื่อนำค่าน้ำออกจากระบบมาเทียบกับค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ซึ่งมีค่าระหว่าง 5 ถึง 9 พบว่าผ่านตามาตรฐาน และค่าพีเอช น้ำออกมีค่าเป็นกลาง ซึ่งเหมาะสมในระบบบำบัดแบบชีวภาพ จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี



## 4.2.2 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

ตารางที่ 4.3 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

| จุดเก็บน้ำ / วัน         | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                  | 30        | 31         | 30         | 27         | 27        | 27         | 26         | 28        | 28.3      |
| น้ำจากบ่อ<br>เดิมอากาศ 1 | 31        | 30         | -          | 27         | 25        | 26         | 26         | 28        | 27.6      |
| น้ำจากบ่อ<br>เดิมอากาศ 2 | 31        | -          | 30         | 26         | 26        | 25         | 26         | 28        | 27.4      |
| น้ำจากบ่อ<br>ตกตะกอน 1   | 30        | 30         | -          | 26         | 25        | 25         | 25         | 28        | 27        |
| น้ำจากบ่อ<br>ตกตะกอน 2   | 30        | 30         | -          | 26         | 25        | 25         | 25         | 28        | 27        |
| น้ำจากบ่อ<br>ตกตะกอน 3   | 30        | -          | 29         | 26         | 25        | 25         | 25         | 28        | 26.9      |
| น้ำจากบ่อ<br>ตกตะกอน 4   | 30        | -          | 29         | 26         | 25        | 25         | 25         | 28        | 26.9      |
| ท่อเวียนตะกอน            | 30        | 31         | 29         | 26         | 25        | 26         | 25         | 28        | 27.5      |
| น้ำออก                   | 31        | 31         | 28         | 29         | 26        | 25         | 26         | 28        | 28        |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเดิมอากาศ  
เพิ่มเติม



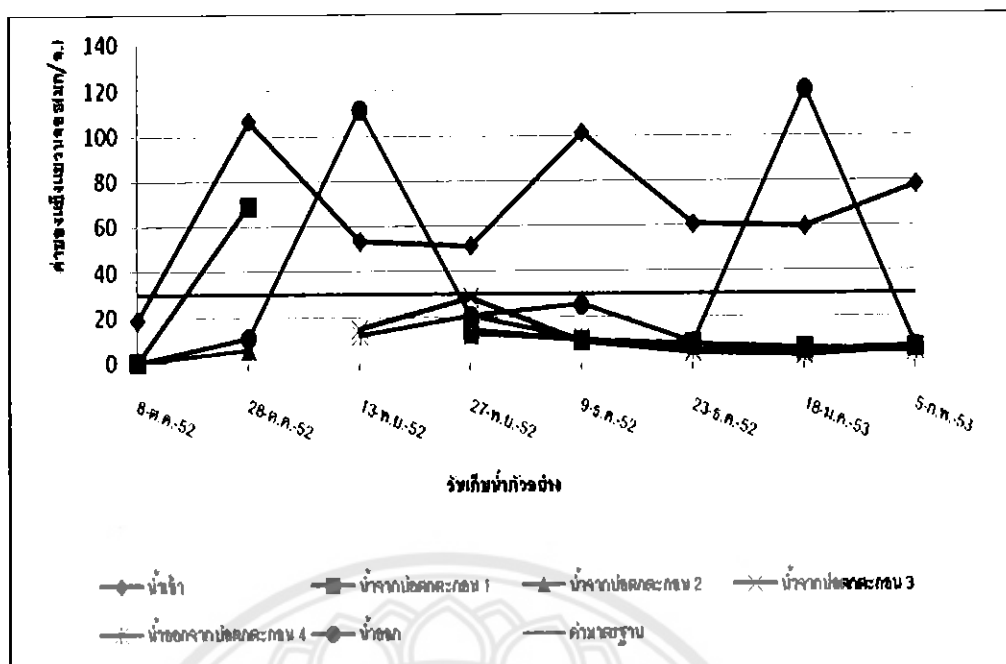
#### 4.2.3 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids , SS)

ตารางที่ 4.4 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids ,SS)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน  | 8-ค.ค.-52 | 28-ค.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า           | 18.7      | 106.3      | 53.3       | 51.3       | 101       | 60.6       | 59.3       | 78        | 66.1      |
| น้ำจากบ่อดกตะกอน1 | 0         | 69.0       | -          | 14.4       | 9.3       | 8          | 5.7        | 6.2       | 16.1      |
| น้ำจากบ่อดกตะกอน2 | 0         | 5.8        | -          | 12.3       | 9.3       | 8          | 5.1        | 7         | 6.8       |
| น้ำจากบ่อดกตะกอน3 | 0         | -          | 14.7       | 28.7       | 9.3       | 4          | 2.9        | 6         | 9.4       |
| น้ำจากบ่อดกตะกอน4 | 0         | -          | 12.0       | 20.6       | 10.6      | 5.3        | 4.7        | 4.7       | 8.3       |
| น้ำออก            | 0         | 11         | 111.4      | 20.4       | 25.2      | 8.7        | 120.0      | 6.8       | 37.9      |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเดิมอากาศเพิ่มเติม



รูปที่ 4.4 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids ,SS)

ค่าของแข็งแขวนลอย เป็นค่าที่ใช้ประมาณค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีความสำคัญในการใช้ออกแบบและเลือกชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย

กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอย จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำเสียเข้าระบบ มีค่าเฉลี่ย 66.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อดกตะกอน 1 มีค่าเฉลี่ย 16.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อดกตะกอน 2 มีค่าเฉลี่ย 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อดกตะกอน 3 มีค่าเฉลี่ย 9.4 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อดกตะกอน 4 มีค่าเฉลี่ย 8.3 น้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 37.9 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับ 36.3 % เมื่อนำค่าของแข็งแขวนลอย ของน้ำออกจากระบบมาเทียบกับค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ซึ่งมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าไม่ผ่านตามมาตรฐาน

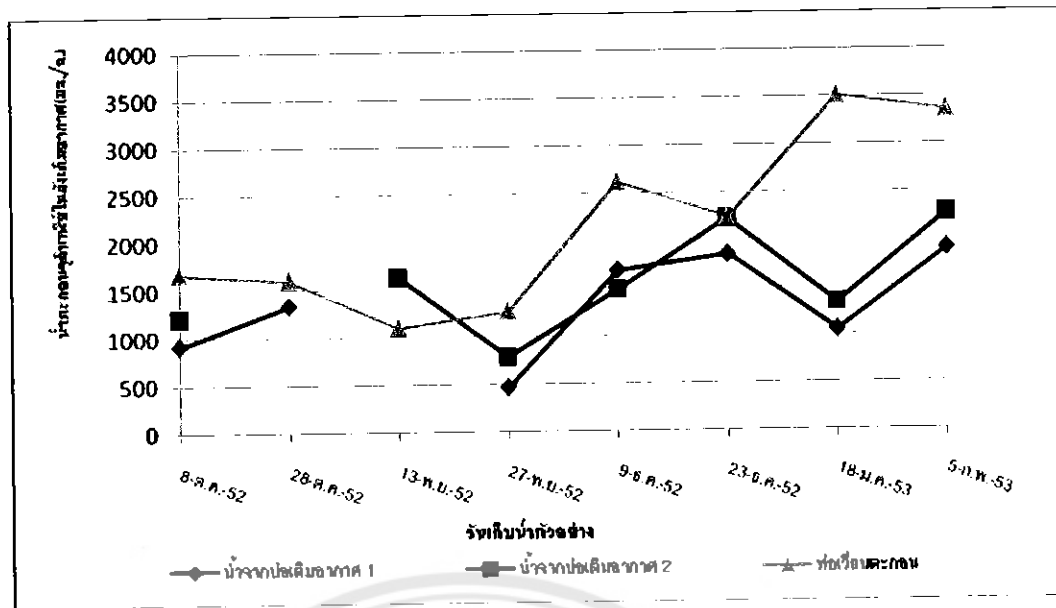
#### 4.2.4 ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเติมอากาศ (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS)

ตารางที่ 4.5 ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเติมอากาศ (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS)

| จุดเก็บน้ำ<br>วัน       | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำจากบ่อ<br>เติมอากาศ1 | 920       | 1340       | -          | 466.7      | 1690      | 1850       | 1050       | 1900      | 1316.7    |
| น้ำจากบ่อ<br>เติมอากาศ2 | 1206.7    | -          | 1635       | 780        | 1490      | 2230       | 1340       | 2280      | 1566      |
| ท่อเวียน<br>ตะกอน       | 1673.3    | 1610       | 1105       | 1270       | 2610      | 2240       | 3500       | 3350      | 2169.8    |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 บิคบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 บิคบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.5 ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเติมอากาศ (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS)

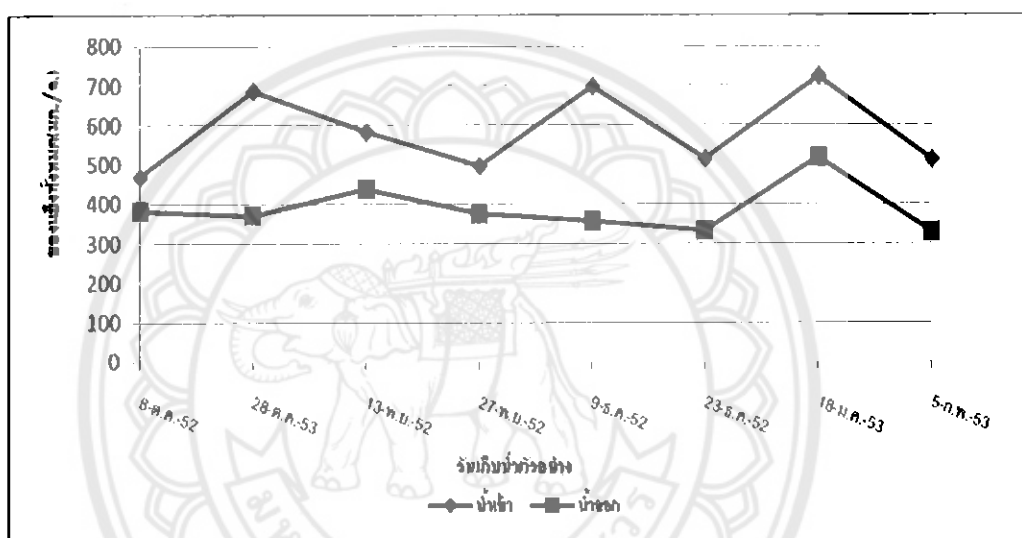
ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเติมอากาศเป็น ค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ รวมไปถึงควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

กราฟแสดงค่าตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำจากบ่อเติมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 1316.7 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจากบ่อเติมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 1566 มิลลิกรัมต่อลิตร ท่อเวียนตะกอน มีค่าเฉลี่ย 2169.8 มิลลิกรัมต่อลิตร การบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนแบบยืดเวลา (extended aeration) ในระบบแอกทีเวเต็ดสลัดจ์มีค่าค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังเติมอากาศที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3000-5000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่น้ำจากบ่อเติมอากาศ 1 น้ำออกจากบ่อเติมอากาศ 2 อยู่ต่ำกว่าช่วงที่กำหนด อาจเป็นผลมาจากการสารอินทรีย์เข้าระบบสูง และระบบมีปัญหา แบบที่เรียบบ่อยเกินไป แต่ค่าดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ของระบบแบบทั่วไป (conventional) ซึ่งอยู่ในช่วง 1000 – 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 4.2.5 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS)

ตารางที่ 4.6 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า          | 468       | 686        | 582        | 496        | 698       | 514        | 724        | 512       | 585       |
| น้ำออก           | 382       | 370        | 436        | 374        | 356       | 332        | 518        | 328       | 387       |



รูปที่ 4.6 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS)

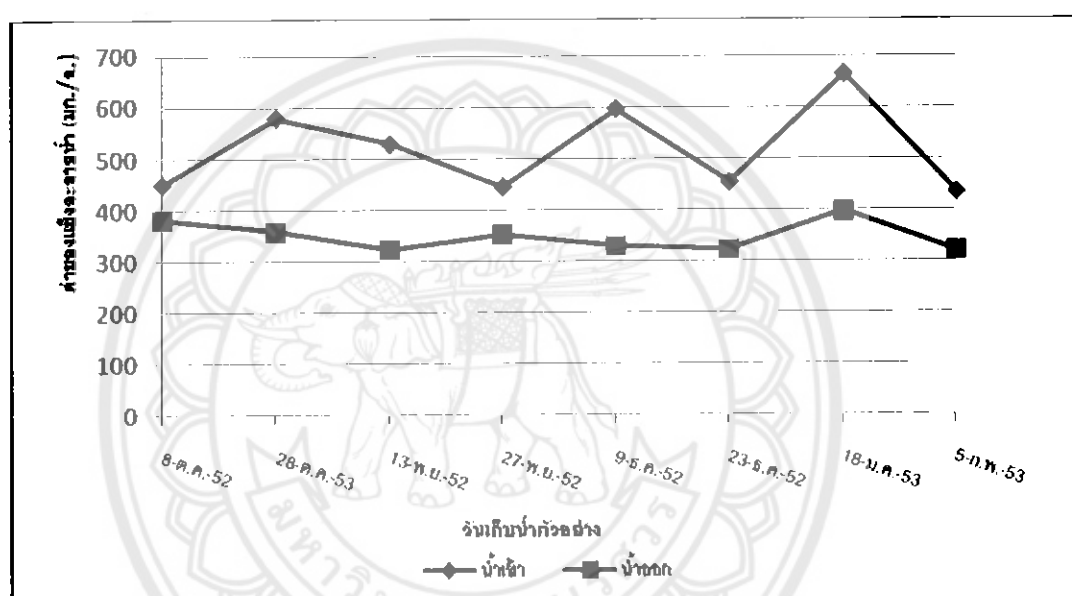
ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นค่าที่มีความสำคัญเพื่อให้ทราบว่าปริมาณสิ่งเจือปนในรูปสารละลายและแขวนลอยเพียงใด

กราฟแสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่าน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 585 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่าเฉลี่ย 387 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 32.9 % จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในแต่ละครั้ง มีสัดส่วนความต่างของปริมาณสิ่งเจือปนระหว่างน้ำเสียเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ใกล้เคียงกัน จากค่ามาตรฐานน้ำธรรมชาติควรมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยน้ำออกมีค่าไม่เกินมาตรฐาน และมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและกรมควบคุมมลพิษ กำหนดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยน้ำออกผ่านมาตรฐานเช่นกัน

#### 4.2.6 ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS)

ตารางที่ 4.7 ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-53 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า          | 449.3     | 579.8      | 528.7      | 444.7      | 597       | 453.4      | 664.7      | 434       | 518.9     |
| น้ำออก           | 382       | 359        | 324.6      | 353.6      | 330.8     | 323.3      | 398        | 321.2     | 349.1     |



รูปที่ 4.7 ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS)

ค่าของแข็งละลายน้ำ แสดงถึงปริมาณสิ่งเจือปนที่ละลายน้ำ อาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ แร่ธาตุต่างๆ

กราฟแสดงค่าของแข็งละลายน้ำ จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำเสียเข้าระบบ มีค่าเฉลี่ย 518.9 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 349.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 31.4% เมื่อนำค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำออกจากระบบมาเทียบกับค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ซึ่งมีค่าไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าผ่านตามมาตรฐาน



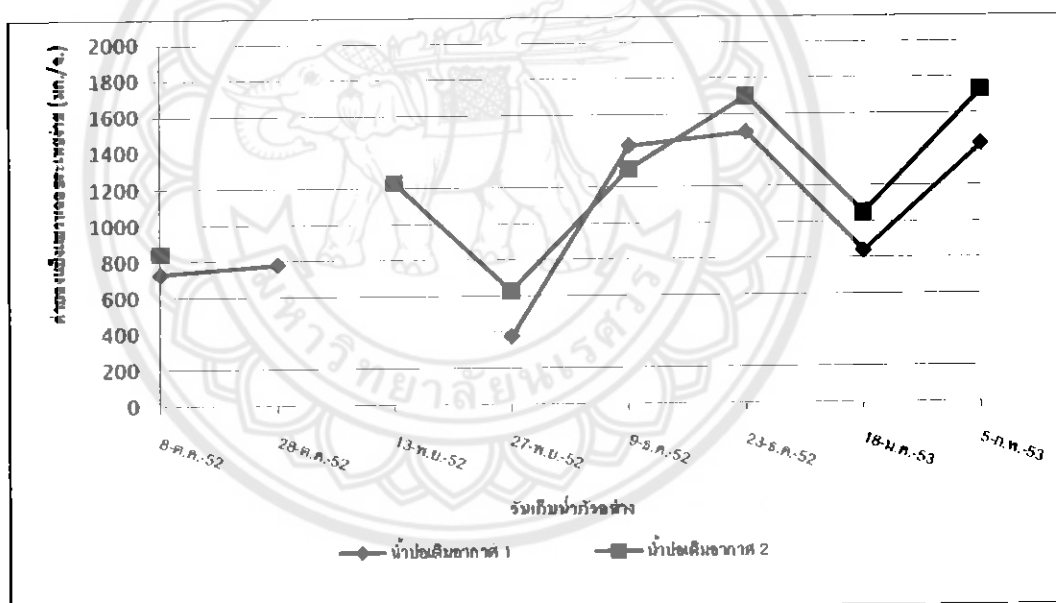
#### 4.2.7 ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile setttable solids, VSS)

ตารางที่ 4.8 ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile setttable solids, VSS)

| จุดเก็บน้ำ<br>วัน        | 8-ค.ค.-52 | 28-ค.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำจากบ่อ<br>เดิมอากาศ 1 | 730       | 780        | -          | 380        | 1430      | 1500       | 840        | 1430.0    | 1012.9    |
| น้ำจากบ่อ<br>เดิมอากาศ 2 | 843.3     | -          | 1230       | 626.7      | 1300      | 1700       | 1050       | 1730.0    | 1211.4    |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเดิมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.8 สารของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile setttable solids, VSS)

ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณจุลินทรีย์ในบ่อเดิมอากาศ

กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำจากบ่อเดิมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 1,012.9 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจากบ่อเดิมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 1,211.4 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราส่วน VSS/SS ในบ่อเดิมอากาศ 1 และ 2 เท่ากับ 0.769 และ 0.774 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (0.7-0.85)

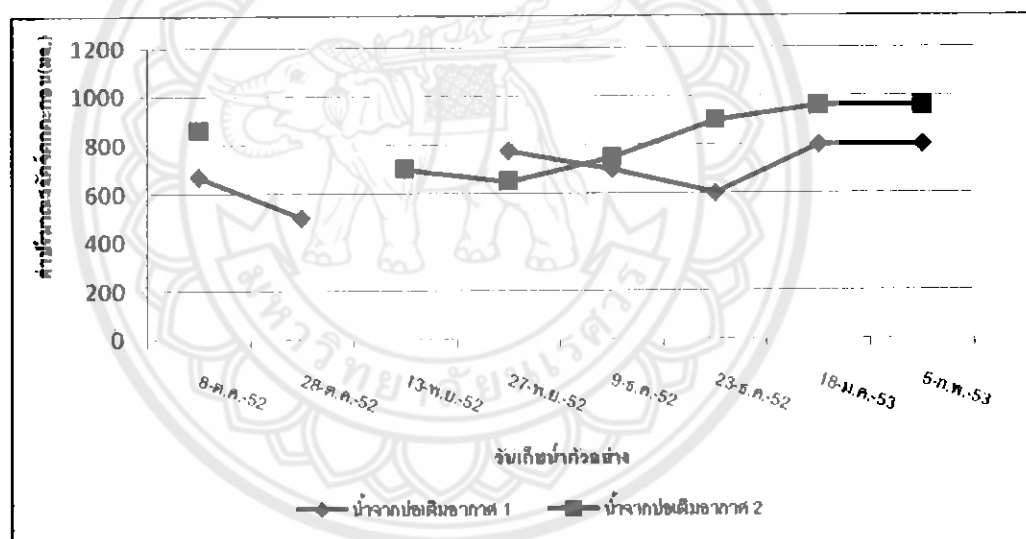
#### 4.2.8 ค่าปริมาณสลัดจ์ตกตะกอน (SV30)

ตารางที่ 4.9 ค่าปริมาณสลัดจ์ตกตะกอน (SV30)

| วัน<br>จุดเก็บน้ำ        | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำจากบ่อเติม<br>อากาศ 1 | 670       | 500        | -          | 775        | 700       | 600        | 800        | 800       | 692.1     |
| น้ำจากบ่อเติม<br>อากาศ 2 | 860       | -          | 700        | 650        | 750       | 900        | 960        | 960       | 825.7     |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปีคบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปีคบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศเพิ่มเติม



รูปที่ 4.9 ค่าปริมาณสลัดจ์ตกตะกอน (SV<sub>30</sub>)

ค่าปริมาณสลัดจ์ตกตะกอน (SV<sub>30</sub>) สามารถใช้บอกความสามารถในการตกตะกอนของสลัดจ์ในถังเติมอากาศ

กราฟแสดงค่าการตรวจสอบของการตกตะกอน ได้จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำออกจากบ่อเติมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 692.1 มิลลิกรัม น้ำออกจากบ่อเติมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 825.7 โดยทั่วไปแล้วมักอยู่ในช่วง 300-800 มิลลิกรัม บางครั้งเกินค่าแนะนำ เนื่องจากผลของแบคทีเรียแบบเส้นใยในระบบ

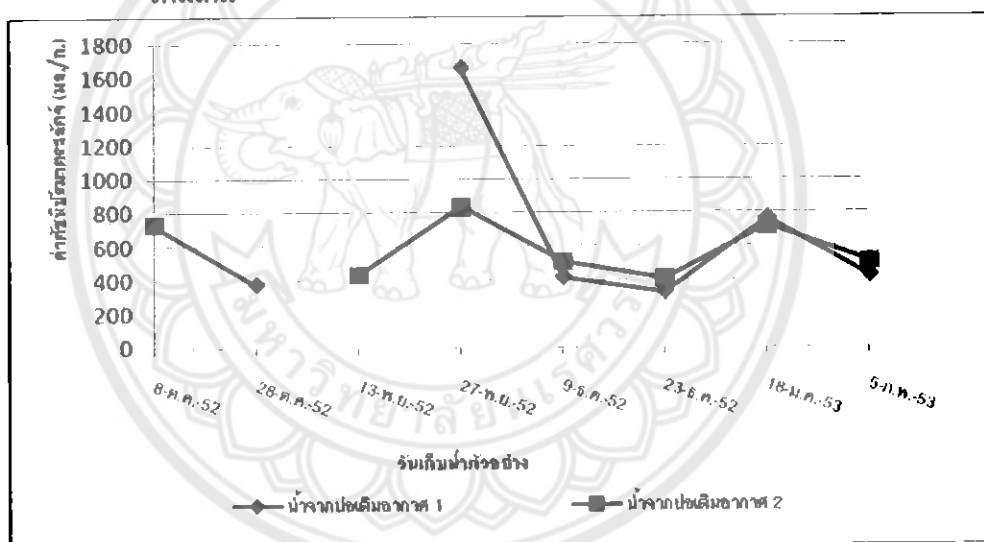
#### 4.2.9 ค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index, SVI)

ตารางที่ 4.10 ค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index, SVI)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน         | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำจากบ่อ<br>เดิมอากาศ 1 | 728.3     | 373.1      | -          | 1659.5     | 414.2     | 324.3      | 761.9      | 421.1     | 716.2     |
| น้ำจากบ่อ<br>เดิมอากาศ 2 | 731.1     | -          | 428.1      | 833.3      | 503.4     | 403.6      | 716.4      | 505.3     | 592.4     |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเดิมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเดิมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.10 ค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index, SVI)

ค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ เป็นค่าที่ใช้วัดลักษณะคุณสมบัติของการตกตะกอนของสลัดจ์ การรวมตัวของกลุ่มตะกอน การแบ่งชั้นความขุ่นตะกอนน้ำใส

กราฟแสดงค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำจากบ่อเดิมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 716.2 มิลลิตรต่อกรัม น้ำจากบ่อเดิมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 592.4 มิลลิตรต่อกรัม สลัดจ์ที่ตกตะกอนคี่มีค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ อยู่ระหว่าง 50-150 มิลลิตรต่อกรัม และไม่ควรเกิน 200 น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศทั้ง 2 บ่อมีค่าเกินค่าดังกล่าวมาก แสดงว่าสลัดจ์ตกตะกอนไม่ดี ซึ่งสอดคล้องกับค่า SV30 ของสลัดจ์ เนื่องจากระบบมีแบคทีเรียแบบเส้นใย ทำให้เกิดปัญหาสลัดจ์อืด (bulking)

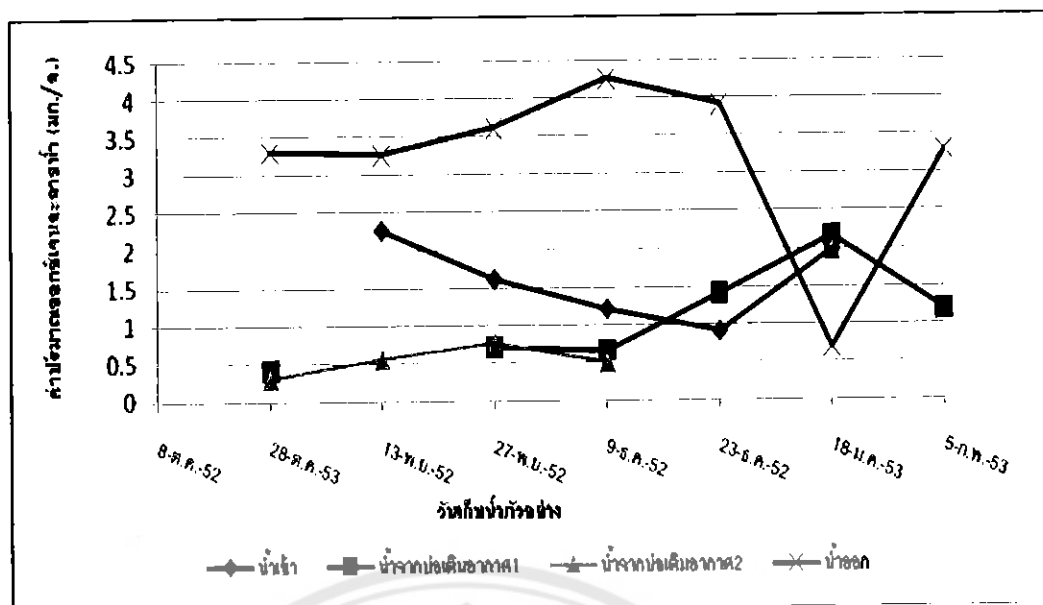
#### 4.2.10 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)

ตารางที่ 4.11 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน        | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-53 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                 | -         | -          | 2.3        | 1.6        | 1.2       | 0.9        | 2.0        | 0         | 1.6       |
| น้ำจากบ่อ<br>เติมอากาศ1 | -         | 0.4        | -          | 0.7        | 0.7       | 1.4        | 2.2        | 1.2       | 1.1       |
| น้ำจากบ่อ<br>เติมอากาศ2 | -         | 0.3        | 0.6        | 0.8        | 0.5       | 0          | 2.0        | 0         | 0.8       |
| น้ำออก                  | -         | 3.3        | 3.3        | 3.6        | 4.3       | 3.9        | 0.7        | 3.3       | 3.2       |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 บิคบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 บิคบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.11 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)

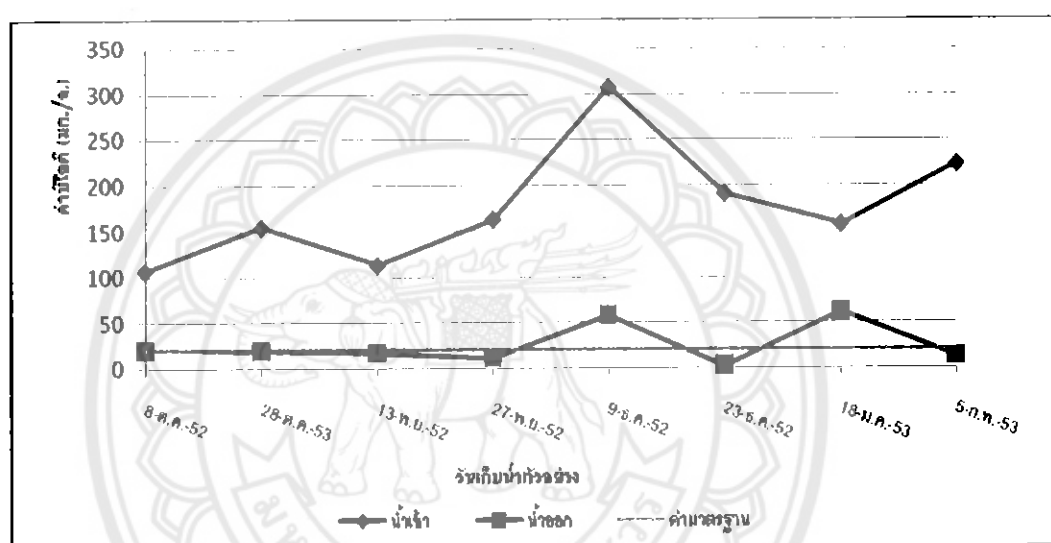
ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีความสำคัญในการตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายน้ำในการควบคุมระบบ เพื่อดูว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำว่ามีเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียหรือไม่

กราฟแสดงค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก มีค่าเฉลี่ย 3.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ควรไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่น้ำเสียเข้าระบบ น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศทั้ง 2 บ่อมีค่าน้อย แสดงว่าการเติมอากาศในถังเดิมอากาศไม่เพียงพอ ส่วนน้ำออกจากระบบบำบัด มีค่ามากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงมีออกซิเจนเพียงพอ

#### 4.2.11 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

ตารางที่ 4.12 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-53 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า          | 106.7     | 154.2      | 112.8      | 162.9      | 307.1     | 190.7      | 157.3      | 222.9     | 176.8     |
| น้ำออก           | 20.1      | 19.1       | 16.5       | 11.0       | 58.2      | 2.2        | 61.7       | 12.6      | 25.2      |



รูปที่ 4.12 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand หรือ BOD)

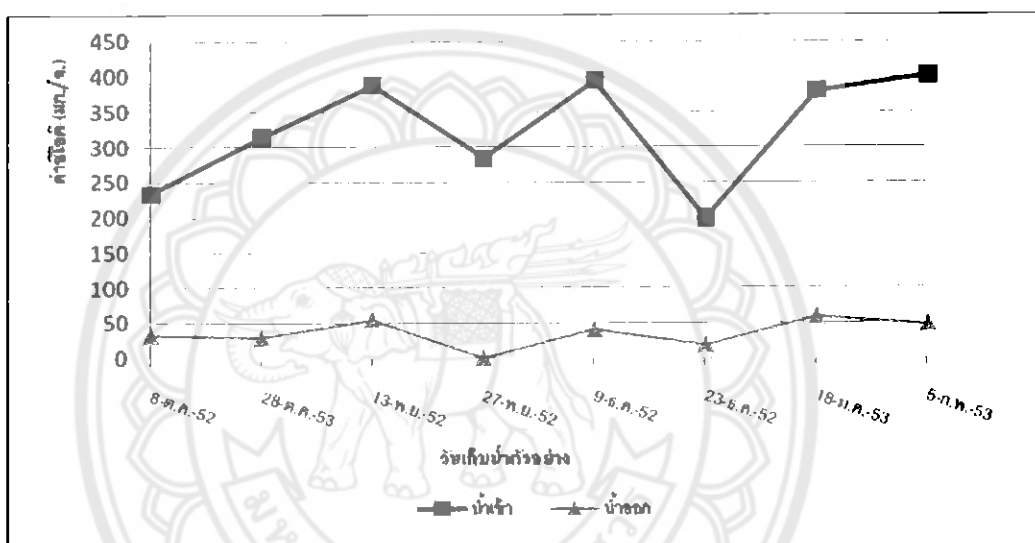
ค่าบีโอดี เป็นพารามิเตอร์แสดงปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำ โดยวัดค่าความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นดัชนีที่ชี้ความสกปรกของน้ำ

กราฟแสดงค่าบีโอดี จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 176.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 25.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัด 85.4 % เมื่อนำค่าบีโอดีของน้ำออกจากระบบมาเทียบกับค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าค่าบีโอดีน้ำออกเกือบทุกครั้งมีค่าผ่านมาตรฐาน แต่มี 2 ครั้งที่ไม่มีผ่านตามมาตรฐาน อาจเนื่องจากในวันดังกล่าวมีภาระอินทรีย์เข้าระบบสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำลง

#### 4.2.12 ค่าซีไอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

ตารางที่ 4.13 ค่าซีไอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-53 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า          | 233.5     | 313.2      | 387.2      | 284        | 393.8     | 198.7      | 379        | 401.1     | 323.8     |
| น้ำออก           | 32.8      | 28.8       | 54.4       | 0          | 40.5      | 18.4       | 58.9       | 47.8      | 35.2      |



รูปที่ 4.13 ค่าซีไอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

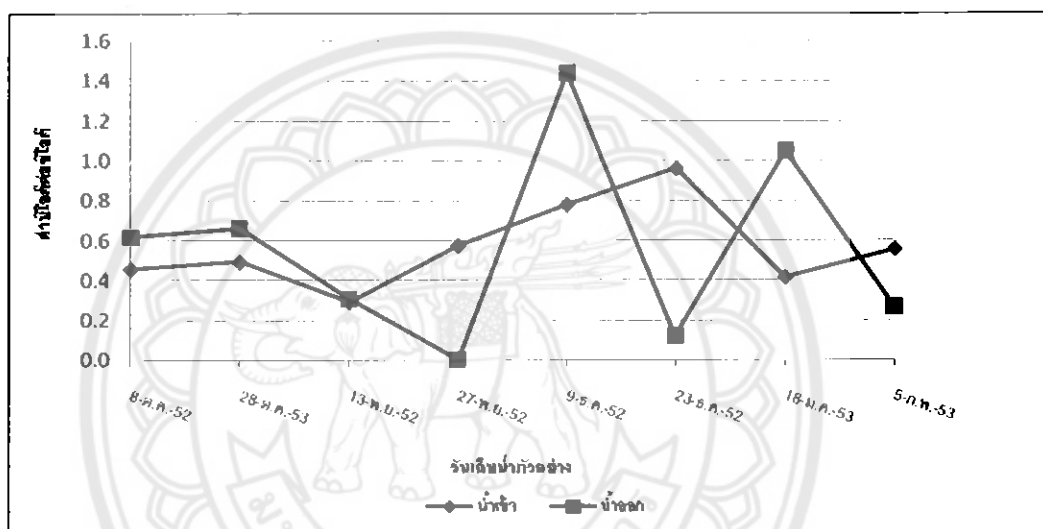
ค่าซีไอดี เป็นพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำ โดยวัดการใช้ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดเพื่อออกซิไดซ์ สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์

กราฟแสดงค่าซีไอดี จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 323.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 35.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัด 89.5%

#### 4.2.13 ค่าบีโอดีต่อซีโอดี (BOD:COD)

ตารางที่ 4.14 ค่าบีโอดีต่อซีโอดี (BOD:COD)

| จุดเก็บน้ำ / วัน | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-53 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า          | 0.5       | 0.5        | 0.3        | 0.6        | 0.8       | 1.0        | 0.4        | 0.6       | 0.6       |
| น้ำออก           | 0.6       | 0.7        | 0.3        | 0.0        | 1.4       | 0.1        | 1.0        | 0.3       | 0.6       |



รูปที่ 4.14 ค่าบีโอดีต่อซีโอดี (BOD:COD)

ค่าค่าบีโอดีต่อซีโอดี เป็นพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำ และบอกการย่อยสลายทางชีวภาพ ในระบบบำบัดน้ำเสียค่าบีโอดีและซีโอดีมีความสัมพันธ์กัน

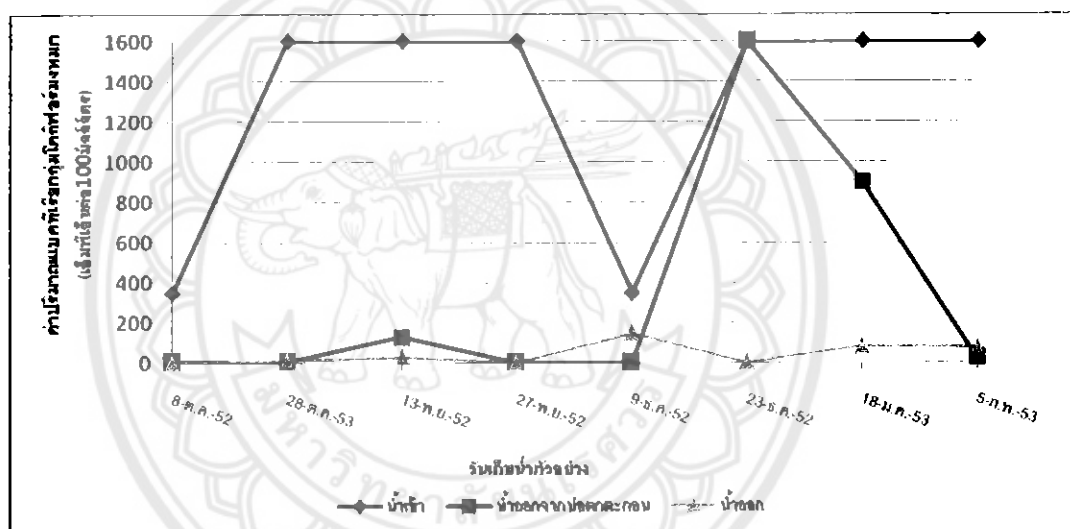
กราฟแสดงค่าบีโอดีต่อซีโอดี จากการเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 0.6 น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 0.6 โดยปกติแล้วอยู่ในช่วง 0.1 – 0.8 ซึ่งน้ำเสียเข้าระบบและน้ำออกอยู่ในช่วงนี้ ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าบีโอดีต่อซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออก อาจเนื่องจากค่าบีโอดีในน้ำเข้าแต่ละครั้ง มีความเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก



#### 4.2.14 ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ตารางที่ 4.15 ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน        | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-53 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                 | 350       | ≥1600      | ≥1600      | 90000      | 350       | 16000      | 3500       | 16000     | 16175     |
| น้ำออกจาก<br>บ่อดกตะกอน | 7         | 8          | 130        | 2          | <2        | ≥1600      | 900        | 23        | 334       |
| น้ำออก                  | <2        | 13         | 30         | <2         | 148       | <2         | 80         | 74.2      | 43.9      |



รูปที่ 4.15 ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด เป็นดัชนีที่จะบ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเพื่อชี้แนะว่าแหล่งน้ำนั้นน่าจะมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายมากน้อยเพียงใด

จากกราฟแสดงค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 16175 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร บ่อดกตะกอน มีค่าเฉลี่ย 334 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 43.9 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อโรคระบบทางเดินอาหาร อุจจาระหรือปัสสาวะ ประสิทธิภาพการบำบัด 90.8 %

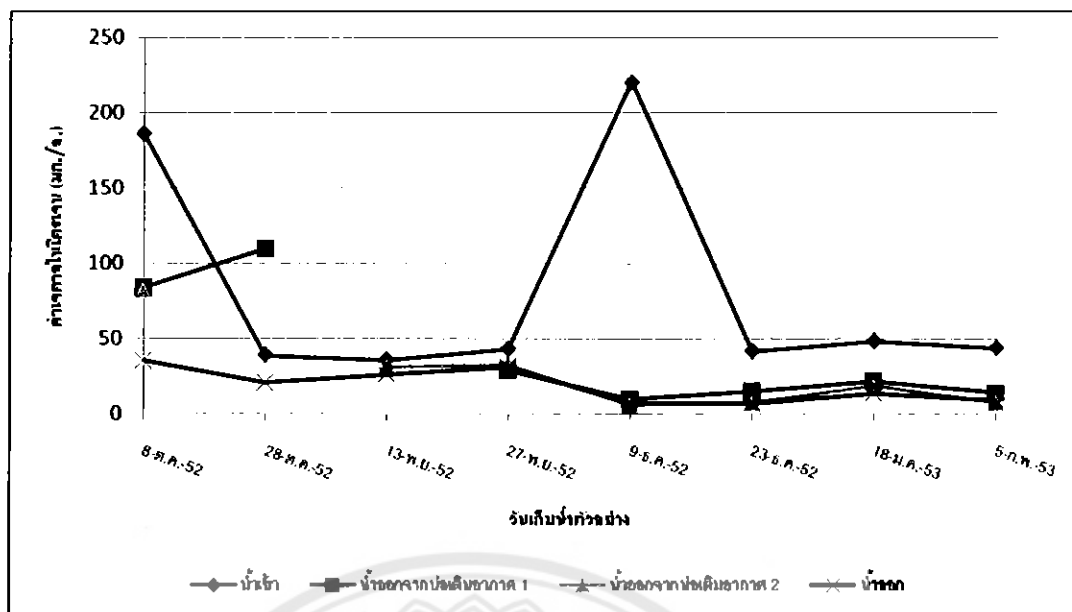
#### 4.2.15 ค่าเจดาคไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

ตารางที่ 4.16 ค่าเจดาคไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

| จุดเก็บน้ำ / วัน         | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                  | 186.2     | 38.8       | 35.6       | 42.9       | 220.3     | 41.4       | 48.1       | 43.6      | 82.1      |
| น้ำจาก<br>บ่อเติมอากาศ 1 | 83.7      | 109.7      | -          | 29         | 9.6       | 15         | 21.6       | 13.8      | 40.4      |
| น้ำจาก<br>บ่อเติมอากาศ 2 | 82.3      | -          | 31.5       | 32.7       | 5.9       | 7.3        | 18.6       | 7.4       | 26.6      |
| น้ำออก                   | 35.3      | 20.6       | 25.9       | 30.6       | 7         | 7          | 13.48      | 9         | 18.6      |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.16 ค่าเจดัลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

ค่าเจดัลไนโตรเจน แสดงถึงปริมาณไนโตรเจนในรูปอินทรีย์และแอมโมเนีย ใช้บอกถึงการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในระบบ

จากกราฟแสดงค่าน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 82.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 40.4 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 26.6 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 18.6 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำค่าเจดัลไนโตรเจน ของน้ำออกจากระบบมาเทียบกับค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ซึ่งต้องมีค่าไม่เกิน 35 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าผ่านตามมาตรฐาน

ประสิทธิภาพการบำบัดเจดัลไนโตรเจน 64.4 % ไนโตรเจนส่วนหนึ่งถูกใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (BOD : N เท่ากับ BOD : 5) ส่วนที่เหลือจะเกิดจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในบ่อเดิมอากาศบางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอ ทำให้น้ำออกจากระบบยังมีค่าเจดัลไนโตรเจนเหลืออยู่พอสมควร

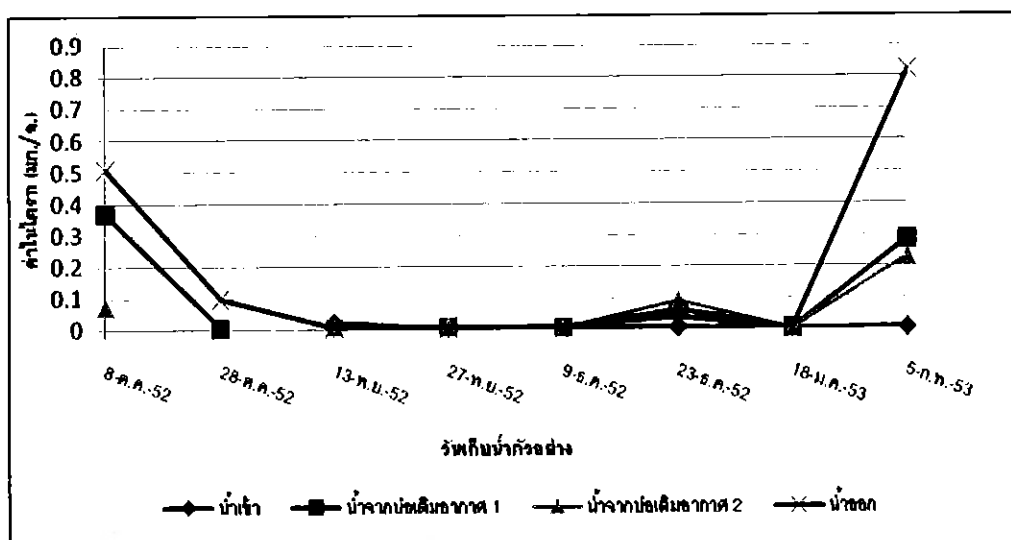
## 4.2.16 ค่าไนไตรท์ (Nitrite)

ตารางที่ 4.17 ค่าไนไตรท์ (Nitrite)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน         | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                  | -         | -          | 0.022      | 0.004      | 0.005     | 0.004      | 0.001      | 0.004     | 0.007     |
| น้ำจาก<br>บ่อเติมอากาศ 1 | 0.368     | 0.003      | -          | 0.006      | 0.002     | 0.059      | 0          | 0.283     | 0.07      |
| น้ำจาก<br>บ่อเติมอากาศ 2 | 0.071     | -          | 0.01       | 0.009      | 0.004     | 0.087      | 0          | 0.226     | 0.056     |
| น้ำออก                   | 0.507     | 0.096      | 0.004      | 0.002      | 0.006     | 0.036      | 0          | 0.822     | 0.145     |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.17 ค่าไนไตรท์ (Nitrite)

ไนไตรท์ปกติจะพบน้อยมากในน้ำ หากมีมาก (เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) จะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

จากกราฟแสดงค่าไนไตรท์ น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.056 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 0.145 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนไตรท์ในระบบบำบัดแสดงถึงปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นในระบบ

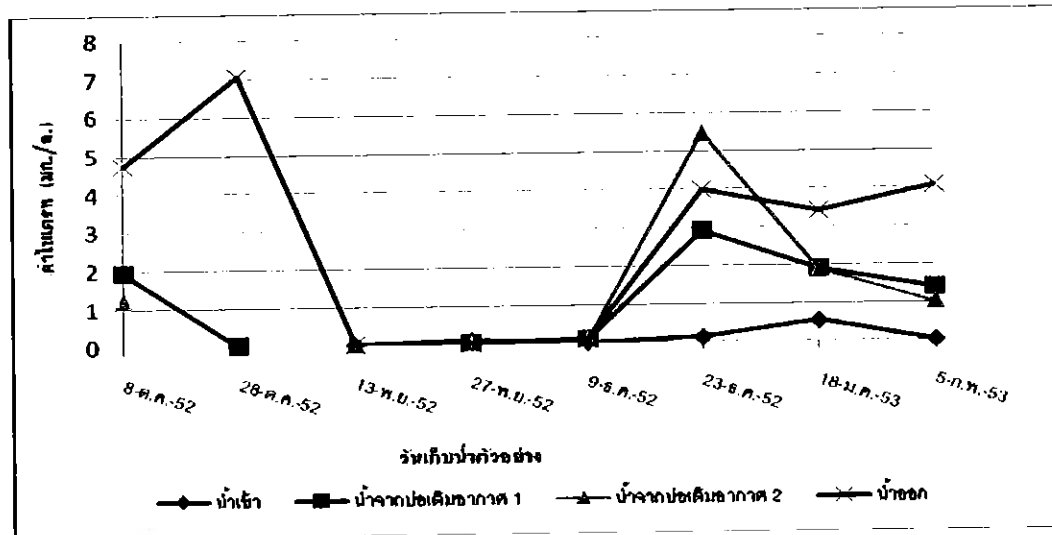
## 4.2.17 ค่าไนเตรท (Nitrate)

ตารางที่ 4.18 ค่าไนเตรท (Nitrate)

| จุดเก็บน้ำ \ วัน         | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| น้ำเข้า                  | -         | -          | 0.03       | 0.12       | 0.03      | 0.14       | 0.6        | 0.043     | 0.15      |
| น้ำจาก<br>บ่อเติมอากาศ 1 | 2         | 0.01       | -          | 0.04       | 0.13      | 2.9        | 1.9        | 1.42      | 1.2       |
| น้ำจาก<br>บ่อเติมอากาศ 2 | 1.2       | -          | 0.01       | 0.03       | 0.11      | 5.5        | 1.9        | 1.03      | 1.4       |
| น้ำออก                   | 4.7       | 7.1        | 0.02       | 0.03       | 0.11      | 4          | 3.4        | 4.1       | 2.9       |

หมายเหตุ: ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 2 และในครั้งที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2552 ปิดบ่อเติมอากาศที่ 1 เพื่อเตรียมลงเครื่องเติมอากาศ  
เพิ่มเติม



รูปที่ 4.18 ค่าไนเตรท (Nitrate)

ค่าไนเตรทในน้ำ หากมีมากอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์เด็กตัวเขียว (blue baby) ค่าไนเตรทในระบบบำบัด แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน จากเจดาลไนโตรเจนเป็นไรโดรต์และไนเตรท ซึ่งจะเกิดได้สมบูรณ์หากบ่อเดิมอากาศมีระยะเวลาที่เก็บน้ำนานพอและเดิมอากาศเพียงพอ

จากกราฟแสดงค่าไนเตรท น้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 0.154 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 1 มีค่าเฉลี่ย 1.199 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากบ่อเดิมอากาศ 2 มีค่าเฉลี่ย 1.388 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ย 2.927 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันบางส่วน แต่ไม่สมบูรณ์ หรืออาจเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน-ดีไนตริฟิเคชัน ขึ้นพร้อมกัน (simultaneous nitrification-denitrification) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีดีไอต่ำ (0.5-1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทำให้ไนเตรทที่เกิดขึ้นถูกรีดิวส์เป็นก๊าซไนโตรเจนออกไปจากน้ำ

#### 4.2.19 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 4.19 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

การตรวจสอบด้วยกล้อง สามารถบอกชนิด ของจุลินทรีย์ที่ทำงานในระบบ สามารถช่วยในการควบคุมการทำงานได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถบอกปัญหาที่สามารถจะเกิดขึ้น และวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

จากรูปแสดงการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นการชຸ່มน้ำตัวอย่างจากบ่อเดิมอากาศทั้ง 2 บ่อมาทดสอบ พบฟิลาเมตัสเป็นจำนวนมาก แสดงว่าสภาพแวดล้อมในการเดินระบบไม่เหมาะสม พบปัญหา ตะกอนจมตัว ได้ยาก สลัดจ์อีค เกิดในถังตกตะกอน



## 4.3 ความสามารถในการรองรับอัตราการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

### 4.3.1 ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของคลองวนเวียน

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ของลานตากตะกอน} &= 6.55 \times 6 \\
 &= 39.3 \text{ ตร.ม.} \\
 \text{กำหนดความหนาของชั้นตะกอน} &= 0.30 \text{ ม./วัน} \\
 \text{ดังนั้น อัตราการทิ้งสลัดจ์, } Q_w &= 39.3 \times 0.30 \\
 &= 11.79 \text{ ลบ.ม./วัน} \\
 \text{ปริมาตรถังเติมอากาศ, } V &= 419.9 \text{ ลบ.ม.} \\
 \text{อายุสลัดจ์, } \theta_c &= \frac{XV}{X_p Q_w} \\
 &= \frac{2,280 \times 419.9}{2,375 \times 11.79} \\
 &= 34.19 \text{ วัน} \\
 &\text{(อยู่ในเกณฑ์ 10 – 30 วัน จากข้อเสนอแนะการออกแบบของ สวสท.)} \\
 \text{BOD น้ำเสีย} &= 307.072 \text{ มก./ล.} \\
 \text{น้ำเสียเข้า} &= 911 \text{ ลบ.ม./วัน} \\
 \text{ของแข็งแขวนลอยระเหยได้, VSS} &= 1730 \text{ มก./ล.} \\
 \text{F/M ratio} &= \frac{\text{BOD น้ำเข้า} \times Q}{\text{VSS} \times V} \\
 &= \frac{307.072 \times 911}{1730 \times 419.9} \\
 &= 0.385
 \end{aligned}$$

(มากกว่าเกณฑ์ 0.05-0.3 จากข้อเสนอแนะการออกแบบของ สวสท.)

#### 4.3.2 ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของถังตกตะกอน

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของถังตกตะกอน} = 5 \text{ ม.}$$

$$\text{ความยาวฝายน้ำล้น, } L_w = \pi(D - 0.6)$$

$$= \pi(5 - 0.6)$$

$$= 13.823 \text{ ม.}$$

$$\text{เวลากักน้ำ, } t = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{(\pi D^2/4) \times H}{Q}$$

$$= \frac{\pi(5)^2/4 \times 6}{911}$$

$$= 3.1 \text{ ชม.}$$

( อยู่ในเกณฑ์ 2 – 4 ชั่วโมง จากข้อเสนอแนะการออกแบบของ สวสท.)

$$\text{Overflow Rate, OR} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{911}{\frac{\pi(5)^2}{4}}$$

$$= 46.4 \text{ ม./วัน}$$

( มากกว่าเกณฑ์ 24 – 33 จากข้อเสนอแนะการออกแบบของ สวสท.)

$$\text{Solid Loading Rate} = \frac{X \times Q}{A}$$

$$= \frac{2,280 \times 911}{1,000 \times \frac{\pi(5)^2}{4} \times 24}$$

$$= 4.41 \text{ กก./ตร.ม.-ชม.}$$

( อยู่ในเกณฑ์ 4 - 6 กก./ตร.ม.-ชม. จากข้อเสนอแนะการออกแบบของ Metcalf)

#### 4.3.3 ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของถังส้มผัสคลอรีน

$$\text{คลอรีนที่เติม} = 11 \text{ กก./วัน}$$

$$= 0.458 \text{ กก./ชม.}$$

$$\text{ปริมาตรถังส้มผัสคลอรีน} = 3 \times 5 \times 1.4$$

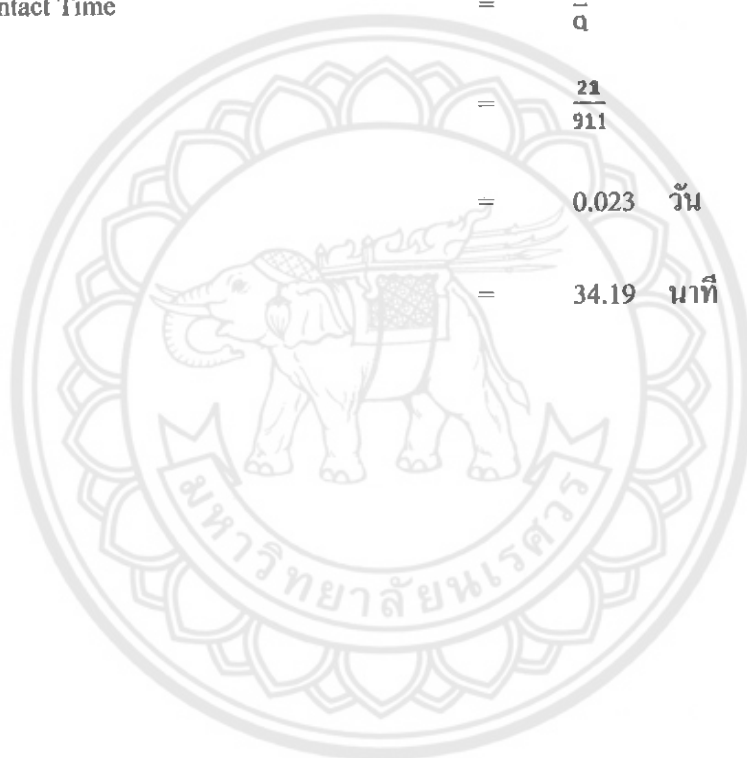
$$= 21 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{Contact Time} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{21}{911}$$

$$= 0.023 \text{ วัน}$$

$$= 34.19 \text{ นาที}$$



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบบำบัดกับมาตรฐานน้ำทิ้ง

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบบำบัดกับมาตรฐานน้ำทิ้ง

| พารามิเตอร์                   | ค่ามาตรฐาน | ค่าวัดได้ | ผล      |
|-------------------------------|------------|-----------|---------|
| พีเอช (pH)                    | 5 ถึง 9    | 7.57      | ผ่าน    |
| ของแข็งแขวนลอย (SS),มก./ล.    | ไม่เกิน 30 | 37.9      | ไม่ผ่าน |
| บีโอดี (BOD),มก./ล            | ไม่เกิน 20 | 25.2      | ไม่ผ่าน |
| ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน(TKN),มก./ล. | ไม่เกิน 35 | 18.6      | ผ่าน    |

ตารางที่ 5.2 การประเมินผลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบบำบัดกับมาตรฐานน้ำทิ้ง

| พารามิเตอร์ \ วันที่           | 8-ต.ค.-52 | 28-ต.ค.-52 | 13-พ.ย.-52 | 27-พ.ย.-52 | 9-ธ.ค.-52 | 23-ธ.ค.-52 | 18-ม.ค.-53 | 5-ก.พ.-53 |
|--------------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| พีเอช (pH)                     | ผ่าน      | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน      | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน      |
| ของแข็งแขวนลอย (SS),มก./ล.     | ผ่าน      | ผ่าน       | ไม่ผ่าน    | ผ่าน       | ผ่าน      | ผ่าน       | ไม่ผ่าน    | ผ่าน      |
| บีโอดี (BOD),มก./ล             | ผ่าน      | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน       | ไม่ผ่าน   | ผ่าน       | ไม่ผ่าน    | ผ่าน      |
| ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน (TKN),มก./ล. | ผ่าน      | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน      | ผ่าน       | ผ่าน       | ผ่าน      |
| รวม                            | ผ่าน      | ผ่าน       | ไม่ผ่าน    | ผ่าน       | ไม่ผ่าน   | ผ่าน       | ไม่ผ่าน    | ผ่าน      |

จากตารางคุณภาพน้ำทิ้ง สรุปได้ว่า ค่าพีเอชและเจดาลไนโตรเจนผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ตลอดช่วงการศึกษา ขณะที่ค่าของแข็งแขวนลอยและบีโอดี ส่วนใหญ่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง แต่มีบางครั้งที่ไม่ผ่านมาตรฐาน อาจเนื่องมาจากปัญหาการอินทรีย์เข้าระบบสูงเกินไป หรือ เกิดปัญหาการเกิดแบคทีเรียฟิลาเมนต์สในระบบ

## 5.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบคลองวนเวียน

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบคลองวนเวียน

| พารามิเตอร์                                       | ประสิทธิภาพการบำบัด(%) |
|---------------------------------------------------|------------------------|
| ของแข็งแขวนลอย (SS),มก./ล.                        | 36.3                   |
| ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS),มก./ล.               | 32.9                   |
| ค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS),มก./ล.                   | 31.4                   |
| บีโอดี (BOD),มก./ล                                | 85.4                   |
| ซีโอดี (COD),มก./ล                                | 89.5                   |
| ปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มทั้งหมด,MPN/100 ml. | 90.8                   |
| Total Kjeldahl Nitrogen( TKN),มก./ล.              | 64.4                   |

จากตารางสรุปได้ว่าระบบบำบัด สารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดีได้มากกว่า 80 %, บำบัดเชื้อโรคในรูปโคลิฟอร์มทั้งหมด 90 % ขณะที่บำบัดเจดาลไนโตรเจนได้ประมาณ 65 % และบำบัดของแข็งในรูปต่างๆ ได้เพียง 30 %

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบน้ำเสีย เช่น แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส ชัลไฟด์ สารแขวนลอยไขมันและน้ำมัน เพื่อให้ครบตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก.
2. ควรเก็บน้ำในช่วงวันเวลาเดียวกันทุกครั้ง

## เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2546). เล่ม 2 รายละเอียดสนับสนุนเกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์. (2543). วิศวกรรมการกักน้ำเสีย เล่ม 4. นนทบุรี : 50/28 หมู่ 4 ถนนแจ้งวัฒนะ ปากเกร็ด. .
- พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. (2551). ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กและบำบัดแบบติดกับที่. นครปฐม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สันศักดิ์ ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2549). ระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.

