# การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์(สุกร)
# เทศบาลนครพิษณุโลก

# THE STUDY OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM OF PHITSANULOK MUNICIPALITY SLUAGHTER HOUSE


นางสาววรรณนิสา ผ่องสุขใส รหัส 49361690

นางสาวสุจิตรา จันธิมา รหัส 49362246

นางสาวทรงศิริ อัครานุชาติ รหัส 49364905



ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 150674ค3 e2
เลขเรียกหนังสือ 2553
มหาวิทยาลัยนเรศวร


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ (สุกร) เทศบาลนครพิษณุโลก | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นางสาววรรณนิสา | ผ่องสุขใส | รหัส 49361690 |
| | นางสาวสุจิตรา | จันธิมา | รหัส 49362246 |
| | นางสาวทรงศิริ | อัครานุชาติ | รหัส 49364905 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | อ.อำพล เตโชวาณิชย์ | | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ปีการศึกษา** | 2552 | | |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อ.อำพล เตโชวาณิชย์)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....กรรมการ

(อ. ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ (สุกร) เทศบาลนครพิษณุโลก | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นางสาววรรณนิสา | ผ่องสุขใส | รหัส 49361690 |
| | นางสาวสุจิตรา | จันธิมา | รหัส 49362246 |
| | นางสาวทรงศิริ | อัครานุชาติ | รหัส 49364905 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | อ.อำพล เตโชวาณิชย์ | | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ปีการศึกษา** | 2552 | | |


## บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ (สุกร) เทศบาลนครพิษณุโลก และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งเทียบกับมาตรฐาน โดยเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 เดือน ที่น้ำเข้า, น้ำในบ่อUASB, น้ำในบ่อผึ่งที่ 1, และน้ำในบ่อผึ่งที่ 5 มาวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ, ค่าพีเอช, ค่าของแข็งทั้งหมด, ค่าของแข็งแขวนลอย, ออกซิเจนละลายน้ำ, บีโอดี, ซีโอดี, ไนไตรท, ไนเตรท, โคลิฟอร์ม, และทีเคเอ็น

จากการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทิ้งของระบบได้มาตรฐาน และประสิทธิภาพในระบบบำบัดบีโอดี, ซีโอดี, โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, ของแข็งทั้งหมด, ของแข็งแขวนลอย, และทีเคเอ็น เท่ากับร้อยละ 81.75, 89.81, 34.35, 67.8, 94.68 และ 75 ตามลำดับ

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project title** | The study of wastewater treatment system of Phitsanulok municipality slaughter house | | |
| **Name** | Miss.Wannisa | Phongsooksai | ID 49361690 |
| | Miss.Sujitta | Jantima | ID 49362246 |
| | Miss.Shongsiri | Aakaranuchat | ID 49364905 |
| **Project advisor** | Mr. Ampol Techowanit | | |
| **Major** | Environmental Engineering | | |
| **Department** | Civil Engineering | | |
| **Academic year** | 2009 | | |

.....


## Abstract

This project was to study wastewater treatment system of slaughter at Phitsanulok municipality and effluent quality comparing with effluent standard. The samples were collected 2 times per month for 4 months at: influent , UASB effluent , pond 1 , and pond 5 . These samples were analyzed for temperature , pH , TS, SS , DO , BOD , COD , Nitrite , Nitrate , Total Coliform and TKN.

The result implied that the effluent quality met the effluent standard. The treatment efficiencies of BOD , COD , TS , SS and TKN were 81.75 , 89.81 , 34.35 , 67.8 , 94.68 and 75 percent, respectively.

# กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์ ที่ปรึกษาโครงงานเป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆที่พบระหว่างการศึกษาและจัดทำโครงงาน รวมทั้งช่วยอำนวยทำความสะดวกในด้านเอกสารต่างๆที่จำเป็นในการจัดทำโครงงานจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และรวมไปถึงการอบรมสั่งสอนในเรื่องที่เกี่ยวกับการทำงานและความรับผิดชอบ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณนายแพทย์นพดล สินไพศาลสมบูรณ์ สัตว์แพทย์ 6 กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครพิษณุโลก และเจ้าหน้าที่ในโรงฆ่าสัตว์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านข้อมูลต่างๆ ทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนในการทำงานต่างๆ ในการจัดทำโครงงาน

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นางสาววรรณนิสา ผ่องสุขใส
นางสาวสุจิตรา จันธิมา
นางสาวทรงศิริ อัครานุชาติ
มีนาคม 2553

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก

บทคัดย่อภาษาไทย.....ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

กิตติกรรมประกาศ.....ง

สารบัญ.....จ

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1

1.4 ขอบเขตในการทำโครงงาน.....1

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.6 แผนการดำเนินงาน.....2

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3

2.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Unit Characteristics).....3

2.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Unit Characteristics).....5

2.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Unit Characteristics).....8

2.4 แหล่งกำเนิดน้ำเสียในโรงฆ่าสัตว์.....8

2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย.....9

2.6 การเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสีย.....11

2.7 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ.....12

2.8 กลไกพื้นฐานของกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ.....16

2.9 การใช้เทคโนโลยีไม่ใช้อากาศในการบำบัดน้ำเสียเกษตรกรรม.....19

2.10 ก๊าซชีวภาพ.....20

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์..... 21
2.12 รูปแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกร..... 22
2.13 น้ำเสียที่ต้องระวังในการใช้เทคโนโลยีไม่ใช้อากาศ..... 24
2.14 น้ำเสียอุตสาหกรรมที่สามารถบำบัดได้ด้วยเทคโนโลยีไม่ใช้อากาศ..... 24
2.15 สระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)..... 24
2.16 บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)..... 25
2.17 ระบบบ่อผึ่ง(OxidationPond)..... 30
2.18 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)..... 30
2.19 โรงฆ่าสัตว์ (Slaughter houses ) ..... 36
2.20 ฟาร์มสุกร..... 39

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 42
3.1 เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 42
3.2 ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์(สุกร) เทศบาลนครพิษณุโลก..... 45
3.3 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์..... 45

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานโครงงาน..... 46
4.1 ผลการทดลอง..... 46
4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์..... 57
4.3 คำนวณตรวจสอบ..... 58

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน..... 64
5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร..... 64
5.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ..... 65
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 66
เอกสารอ้างอิง..... 67

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 2

2.1 เกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond).....29

2.2 เกณฑ์การออกแบบระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland .....33

2.3 เกณฑ์การออกแบบระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ..... 35

2.4 มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ประเภทชำแหละสัตว์)..... 38

2.5 มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร .....40

3.1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์.....45

4.1 ค่าอุณหภูมิ ..... 46

4.2 ค่าพีเอช ..... 47

4.3 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ .....48

4.4 ค่าบีโอดี..... 49

4.5 ค่าซีโอดี..... 50

4.6 ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย..... 51

4.7 ค่าของแข็งทั้งหมด..... 52

4.8 ค่าของแข็งแขวนลอย ..... 53

4.9 ค่าทีเคเอ็น ..... 54

4.10 ค่าไนไตรท.....55

4.11 ค่าไนเตรท..... 56

5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร..... 64

5.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม (ประเภทชำแหละสัตว์)..... 64

5.3 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ..... 65

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 กระบวนการชำแหละสุกร | 8 |
| 2.2 ถังย่อยแบบสัมผัส | 14 |
| 2.3 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบชั้นลอยตัวแบบไม่ใช้อากาศ | 15 |
| 2.4 ส่วนประกอบหลักของถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี | 16 |
| 2.5 Anaerobic Digestion | 17 |
| 2.6 กลไกสร้างมีเทน และซัลไฟด์ในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ | 17 |
| 2.7 ระบบบ่อหมักไม่ใช้อากาศแบบปิดฝาในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร | 19 |
| 2.8 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ | 21 |
| 2.9 บ่อโดมคงที่ | 22 |
| 2.10 ระบบบ่อปิด | 23 |
| 2.11 สระเติมอากาศ | 25 |
| 2.12 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ บ่อหมัก Anaerobic Pond | 26 |
| 2.13 บ่อแฟคคัลเททีฟ | 27 |
| 2.14 บ่อบ่ม | 28 |
| 2.15 บึงประดิษฐ์ | 31 |
| 2.16 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland | 32 |
| 2.17 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland | 34 |
| 2.18 ฟาร์มสุกร | 39 |
| 3.1 จุดเก็บที่ 1 น้ำเข้า | 42 |
| 3.2 จุดเก็บที่ 2 บ่อ UASB | 43 |
| 3.3 จุดเก็บที่ 3 บ่อผึ่งที่ 1 | 43 |
| 3.4 จุดเก็บที่ 4 บ่อผึ่งที่ 5 | 44 |
| 4.1 ค่าอุณหภูมิ | 46 |
| 4.2 กราฟพีเอช | 47 |
| 4.3 กราฟดีโอ | 48 |
| 4.4 กราฟบีโอดี | 49 |
| 4.5 กราฟซีโอดี | 50 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.6 กราฟโคลิฟอร์มแบคทีเรีย | 51 |
| 4.7 กราฟค่าของแข็งทั้งหมด | 52 |
| 4.8 กราฟของแข็งแขวนลอย | 53 |
| 4.9 กราฟทีเคเอ็น | 54 |
| 4.10 กราฟไนไตรท | 55 |
| 4.11 กราฟไนเตรท | 56 |
| 4.12 การทำงานของระบบบำบัด | 57 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน

โรงฆ่าสัตว์ ก่อมลภาวะของความสกปรกที่อยู่รูปแบบสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่สูง และของเสียที่เกิดขึ้นมีทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลว โดยเฉลี่ยการฆ่าสุกร 1 ตัว ก่อให้เกิดน้ำเสีย 300-500 ลิตร ซึ่งโรงฆ่าสัตว์มักไม่มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย และมีการปล่อยน้ำเสียที่เกิดขึ้นลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ทำให้น้ำก่อเกิดความสกปรกและเน่าเสียในที่สุด ดังนั้นทางเทศบาลจึงได้จัดทำระบบบำบัดน้ำเสียในโรงฆ่าสัตว์ของเทศบาลใหม่ โดยเปลี่ยนจากระบบเดิมที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจากบ่อผึ่ง ซึ่งจะไม่สามารถรองรับของเสียได้ในปริมาณที่มากพอกับของเสียที่มีอยู่และมีกลิ่นเหม็น เป็นระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีและได้ก๊าซชีวภาพสามารถนำมา ใช้ต้มน้ำเพื่อใช้ในโรงฆ่าสัตว์ได้อีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบคุณสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

1.3.2 ทราบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

## 1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

สำรวจวิเคราะห์และเก็บข้อมูลของระบบการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครพิษณุโลก จำนวน 4 จุด ซึ่งจะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำอันได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี ไนเตรท โคลิฟอร์ม และทีเคเอ็น เดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 เดือน เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองนี้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

**ตารางที่ 1.1** ขั้นตอนการดำเนินงาน

| ลำดับ | การดำเนินงาน | พ.ย. | | ธ.ค. | | ม.ค. | | ก.พ. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | กำหนดขั้นตอนการทำงาน | | | | | | | | |
| 2. | เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ | | | | | | | | |
| 3. | วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล | | | | | | | | |
| 4. | ทำรายงานฉบับโครงร่าง | | | | | | | | |
| 5. | ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ | | | | | | | | |

## 1.6 แผนการดำเนินงาน

สถานที่ในการดำเนินงาน ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงาน พฤศจิกายน พ.ศ.2552 – กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครพิษณุโลก

## 1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

- วัสดุที่ใช้ในการทดลอง 2000 บาท
- วัสดุคอมพิวเตอร์ 200 บาท
- ขนส่งและการเดินทาง 200 บาท
- ถ่ายเอกสารและเข้าเล่มรายงาน 600 บาท

รวม 3000 บาท

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย และปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียให้สามารถระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรืออาจจะปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งให้ดีพอจนสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้

ในการออกแบบและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย จำเป็นต้องทราบเกี่ยวกับลักษณะน้ำเสียเป็นอย่างดีเพื่อที่สามารถได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง

## 2.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Unit Characteristics)

ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำออก จะประกอบไปด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด กลิ่น อุณหภูมิ สี ความขุ่น ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมากน้อยไม่เท่ากัน กระบวนการบำบัดทางกายภาพ โดยทั่วไปเป็นการบำบัดในขั้นเตรียมการ (Preliminary Treatment) และการบำบัดขั้นเตรียมการ (Primary Treatment)

### 2.1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Solids)

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

ก.ของแข็งจมตัวได้ (Settleable Solids)

ของแข็งที่จมตัวอยู่ก้นภาชนะเมื่อตั้งทิ้งไว้ภายในเวลา 1 ชม.มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อลิตร(มล./ล.) ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้มีประโยชน์ในการออกแบบและควบคุมประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

ข.ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solids หรือ TDS)

หมายถึงของแข็งที่สามารถผ่านกระดาษกรองใยมาตรฐานแล้วยังคงเหลืออยู่หลังจากการระเหยไอน้ำจนแห้ง แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C

ค.ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids หรือ SS )

ส่วนของแข็งที่เหลือค้างบนกระดาษกรองใยมาตรฐานหลังจากกรองน้ำตัวอย่างนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำตัวอย่างที่ได้กำจัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำออกแล้ว จะใช้ในการหาปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบบำบัดขั้นที่ 2 และใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

ง.ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids หรือ VS)

ของแข็งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ ตรวจวัดโดยนำกระดาษกรองที่วิเคราะห์หาของแข็งด้วยถ้วยกระเบื้องระเหยที่วิเคราะห์ของแข็งละลายทั้งหมดแล้วไปเผาที่ 550 °C น้ำหนักของแข็งที่ระเหยไปคือ ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้

**2.1.2 กลิ่น (Odor)**

ส่วนมากจะมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เช่นก๊าซไข่เน่าเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน โดยทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ ในการกำจัดกลิ่นในน้ำเสียอาจใช้สารเคมีที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้ เช่น คลอรีน หรือการใช้ผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

**2.1.3 อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)**

เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นกว่าปกติ จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำถูกใช้เพิ่มมากขึ้น และทำให้การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำมีมากกว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

**2.1.4 สี (Color)**

สีของน้ำเสียเป็นปัญหาเนื่องจากโรงงานหลายแห่ง เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานสีย้อมและอื่นๆ ปล่อยน้ำเสียออกมา หรือสีเขียวซึ่งเกิดจากการเกิดสาหร่ายมากๆ ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดผลเสียคือ จะเป็นตัวกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำทำให้การสังเคราะห์แสงน้อยลง ทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าดู เนื่องจากสามารถมองเห็นสีของน้ำเสียได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้สีที่เกิดจากสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย

**2.1.5 ความขุ่น (Turbidity)**

เกิดจากการมีสารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ จะกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำได้มากถึง 100% เช่นเดียวกันกับสี น้ำที่มีความขุ่นมากจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำ ในงานด้านการบำบัดน้ำเสียใช้ความขุ่นในการหาประสิทธิภาพของการแยกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสีย

## 2.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Unit Characteristics)

ลักษณะน้ำเสียทางเคมีเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแยกเอามลสารต่างๆออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การตกตะกอนผลึก (Precipitation) การทำให้เป็นกลางหรือการสะเทิน (Neutralization) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นต้น

### 2.2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO, Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณสมบัติดีจะมีค่าของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ประมาณ 5 - 7 มิลลิกรัมต่อลิตรน้ำ แต่ถ้าในน้ำมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้การละลายของออกซิเจนลดลง หรือถ้าในน้ำมีสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจนมาก ก็จะมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงเช่นกัน ซึ่งค่าความต้องการออกซิเจนในน้ำจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำ หากออกซิเจนในน้ำมีไม่เพียงพอ อาจแก้ปัญหาโดยการเติมออกซิเจนในน้ำ เช่น ใช้เครื่องเติมอากาศในน้ำ

### 2.2.2 บีโอดี (BOD, Biochemical Oxygen Demand)

สารอินทรีย์ในน้ำจะประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น แป้ง ไขมัน กรดอินทรีย์ ฯลฯ หากต้องการวัดปริมาณสารอินทรีย์จะทำได้ยากเพราะไม่รู้ว่าในน้ำมีสารชนิดบ้าง จึงนิยมวัดโดยใช้ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำในช่วงเวลา 5 วัน (ที่ 20°C) เป็นดัชนีบอกปริมาณสารอินทรีย์แทน เรียกว่า บีโอดี ค่าบีโอดีจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ บีโอดีมากแสดงว่าสารอินทรีย์ในน้ำมาก หากบีโอดีน้อยแสดงว่า สารอินทรีย์จะมีน้อย เช่น แหล่งน้ำแห่งหนึ่ง มีบีโอดี 5 มก./ล. หมายถึง หากเอาน้ำนั้นมา 1 ลิตร ใส่ขวดแช่ตู้เย็นที่ 20°C เป็นเวลา 5 วัน จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในน้ำ 5 มิลลิกรัม ในการย่อยสลายสารอินทรีย์บางส่วนในน้ำ ค่าบีโอดีนอกจากจะใช้บ่งบอกความสกปรกของน้ำเสียและการปนเปื้อนของน้ำเสียในแหล่งน้ำนั้นยังใช้ประกอบในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยขนาดของระบบบำบัดมักจะขึ้นกับอัตราการไหลและความสกปรกของน้ำเสียและบีโอดียังบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยวัดบีโอดีของน้ำเสียเข้าระบบฯและน้ำที่ผ่านการบำบัด

**2.2.3 ซีโอดี (COD , Chemical Oxygen Demand)**

ในการวัดบีโอดีนั้นจะใช้เวลานาน และจะไม่สามารถกระทำได้ในกรณีน้ำเสียมีสภาพไม่เหมาะแก่จุลินทรีย์ ในการเจริญเติบโต (เช่น ขาดสารอาหาร มีสารพิษ หรืออุณหภูมิสูงเกินไป เป็นต้น) จึงทำการวัดสารอินทรีย์โดยกระบวนการทางเคมี โดยการใช้สารเคมีย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาพที่เป็นกรดและมีอุณหภูมิสูง ซึ่งใช้เวลาเพียงประมาณ 2-3 ชั่วโมง จึงเป็นการสะดวกกรณีที่ต้องการรู้ผลเร็ว ค่าซีโอดีมักจะมากกว่าค่าบีโอดี (เพราะสารเคมีย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีกว่าจุลินทรีย์) ซึ่งค่าอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีสำหรับน้ำเสียชนิดหนึ่งๆ มักมีค่าอยู่ในช่วงๆหนึ่ง เมื่อวัดซีโอดีก็จะสามารถคำนวณเป็นค่าบีโอดีเพื่อเทียบปริมาณความสกปรกได้ในที่สุด

**2.2.4 พีเอช (pH)**

หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ที่เป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำว่าจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั่วๆไปในน้ำหรือไม่ ค่าพีเอชจะแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำเสียนั้นๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการบำบัดน้ำเสีย ทั้งวิธีการทางชีวภาพและทางเคมี ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เป็นกลาง (6.5-7.5) จะมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ สำหรับการวัดค่าพีเอชส่วนมากนิยมใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ ซึ่งสะดวกรวดเร็วและได้ค่าที่เชื่อถือได้

**2.2.5 ไนโตรเจน (Nitrogen)**

ธาตุไนโตรเจนนั้นจะเป็นธาตุที่มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพวกพืชทั่วๆไป ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญที่สุดธาตุหนึ่งต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ

ดังนั้น ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการทางชีวภาพนั้นจำเป็นต้องมีสารไนโตรเจนพอเพียงในน้ำเสีย ถ้ามีไม่พอจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเติมสารไนโตรเจนผสมลงไปในน้ำเสีย ให้อยู่ในอัตราส่วน COD : N : P = 150 : 5 :1 หรือ $BOD_5$ : N : P = 100 : 5 :1 แต่ถ้ามีมากเกินไปในแม่น้ำลำคลองหรือบ่อน้ำทั่วๆไปก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้น คือจะมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากหรือนิยมเรียกว่า Algae Blooms ในแม่น้ำลำคลองนั้นๆได้จึงจำเป็นอย่างยิ่งต้องควบคุมปริมาตรของไนโตรเจนในน้ำให้เหมาะสม ดังนั้นถ้ามีค่าความเข้มข้นของสารไนโตรเจนมากในบ่อน้ำใช้ทั่วไปตามชนบท แสดงว่าอาจมีสิ่งปนเปื้อนจากอุจจาระ หรือปัสสาวะไหลลงในบ่อน้ำนี้ ไนโตรเจนที่อยู่ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปแบบต่างๆดังต่อไปนี้คือก๊าซไนโตรเจน($N_2$),แอมโมเนีย($NH_3$),

แอมโมเนียม($NH_4^+$),ไนไตรท์($NO_2^-$),ไนเตรท($NO_3^-$)และสารอินทรีย์ไนโตรเจน(Organic Nitrogen) ซึ่งมี 2 ชนิด คือสารที่สามารถละลายน้ำได้(เช่น Amino acids, Urea)และไม่ละลายน้ำ สำหรับความสัมพันธ์ของสารไนโตรเจนรูปแบบต่างๆได้แสดงไว้ในสมการ

$$TKN = (NH_3^-) + (\text{อินทรีย์ไนโตรเจน}) \quad (2.1)$$

$$TN = \text{ค่าของไนโตรเจนทั้งหมด} = TKN + (NO_2^-) + (NO_3^-) \quad (2.2)$$

ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำเสียที่ได้จากตามบ้านเรือนต่างๆนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณของสาร อินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียชนิดนี้มีปริมาณ 40% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และในน้ำทิ้งที่ถูกผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียเรียบร้อยแล้ว มักจะมีปริมาณของสารอินทรีย์ไนโตรเจนน้อยกว่า 10% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

**2.2.6** ฟอสฟอรัส **(phosphorus)**

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลักธาตุหนึ่งที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ต่างๆ เช่นเดียวกับไนโตรเจน ถ้ามีฟอสฟอรัสมากในแม่น้ำลำคลองหรือบ่อน้ำ จะทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายมาก ซึ่งจะทำให้สิ่งแวดล้อมในแม่น้ำลำคลองนั้นเน่าเสีย

**2.2.7** ซัลเฟอร์ **(Sulfur)**

ซัลเฟอร์ คือเป็นสารที่อยู่ในน้ำธรรมชาติและจะมีซัลเฟอร์ซึ่งอยู่ในสิ่งที่มีชีวิตทุกประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารซัลเฟอร์นั้นจะเป็นสารหนึ่งที่สำคัญประกอบอยู่ใน Amino acids ของโปรตีน สารซัลเฟอร์ ที่มีความสำคัญในงานน้ำเสีย ได้แก่ Organic Sulfur, Hydrogen Sulfide ($H_2S$) , ธาตุซัลเฟอร์ สารซัลเฟต เป็นต้น

**2.2.8 โลหะหนัก (Heavy Metals)**

สารโลหะหนักเป็นสารพิษต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย เช่น คน สัตว์ชนิดต่างๆแม้กระทั่งจุลชีพต่างๆซึ่งมีขนาดเล็กมาก สารโลหะหนักมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดได้แก่ แคดเมียม ,โครเมียม , ทองแดง เหล็ก , ตะกั่ว , แมงกานีส , ปรอท , นิกเกิลและสังกะสี เป็นต้น สารโลหะหนักบางชนิดอาจจำเป็นสำหรับช่วยให้มีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แต่ต้องมีปริมาณพอเหมาะได้แก่โครเมียม , ทองแดง , เหล็ก , แมงกานีส และสังกะสี สารโลหะบางชนิดเป็นสารที่ไม่ต้องการสำหรับสิ่งมีชีวิตและมีพิษอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แคดเมียม , ตะกั่ว , ปรอท และนิกเกิล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบข้อมูล

ของสารโลหะหนักในน้ำเสียว่ามีชนิดใดและมีปริมาณเท่าใด และถ้าหากว่าน้ำเสียจะถูกบำบัดด้วยวิธีชีวภาพ จำเป็นต้องนำข้อมูลของสารโลหะหนักมาคำนวณหาผลกระทบต่อระบบบำบัด ทั้งนี้เพื่อสามารถบ่งชี้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพจะสามารถทำการบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

**2.2.9 ก๊าซ (Gases)**

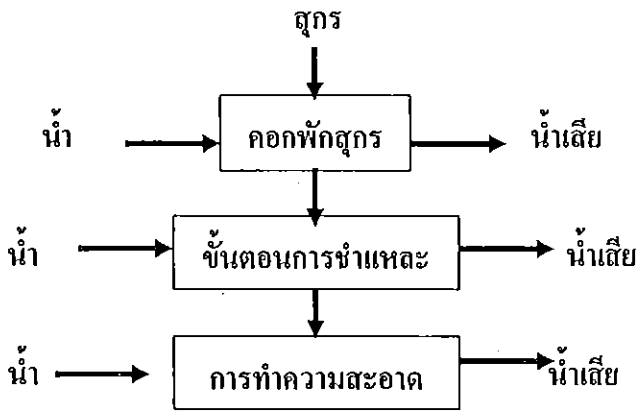
ก๊าซชนิดที่พบในน้ำเสียโดยมากจะเป็นพวกไนโตรเจน($N_2$) ,คาร์บอนไดออกไซด์($CO_2$) ,ออกซิเจน ($O_2$) , ไฮโดรเจนซัลไฟด์($H_2S$) , แอมโมเนีย($NH_3$) และมีเทน($CH_4$)ในบรรยากาศทั่วไปจะพบก๊าซไนโตรเจน,ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนมากสำหรับก๊าซคาร์บอนไดออก-ไซด์จะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศซึ่งก๊าซออกซิเจน,ก๊าซไฮโดรเจนซัล-ไฟด์ และก๊าซมีเทน มีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียเป็นอย่างมาก

## 2.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Unit Characteristics)

ประกอบด้วยจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดเจือปนอยู่ จุลินทรีย์ที่พบในน้ำเสียทั่วๆไป ได้แก่ แบคทีเรียสาหร่าย, ฟังไจ, โปรโตซัว, โรทิเฟอร์, ครัสตาเซี่ยน และไวรัส เป็นต้น

## 2.4 แหล่งกำเนิดน้ำเสียในโรงฆ่าสัตว์

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ส่วนใหญ่มาจากน้ำที่ใช้สเปรย์ เพื่อลดความเครียดของสุกร รวมถึงน้ำที่ใช้ล้างในขั้นตอนการชำแหละซากสัตว์ และน้ำล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และโรงชำแหละสัตว์




**รูปที่ 2.1** กระบวนการชำแหละสุกร

## 2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย คือเป็นกระบวนการที่ทำให้ของแข็งที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียถูกขจัดออก หรือเปลี่ยนแปลงสภาพจากสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย กลายไปเป็นแร่ธาตุหรือสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างคงสภาพ ซึ่งส่งผลให้ความสกปรกในน้ำลดลงไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมเมื่อถูกปล่อยออกไปแต่สำหรับส่วนที่เป็นของแข็งที่แยกออกไปนั้นต้องนำไปกำจัดในทางที่ถูกต้องต่อไป กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

### 2.5.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Process)

เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกเอาของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสียโดยวิธีการต่างๆได้แก่

2.5.1.1 การดักด้วยตะแกรง (screening) เป็นการดักเศษขยะต่าง ๆ ที่ไหลมากับน้ำเสีย ซึ่งจะทำในขั้นตอนแรกของการบำบัด

2.5.1.2 การตัดย่อย (Commination) จะใช้เครื่องตัดย่อยทำการบด ตัดเศษขยะขนาดใหญ่ให้เป็นเศษตะกอนขนาดเล็กเท่า ๆ กัน

2.5.1.3 การกวาด (Skimming) เป็นการกำจัดน้ำมันและไขมันโดยทำการดักหรือกวาดออกจากน้ำเสีย

2.5.1.4 การทำให้ลอย (Floating) เป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำเสียด้วยวิธีทำให้ลอย ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ

2.5.1.5 การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยใช้แรงโน้มถ่วง ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

2.5.1.6 การกรอง (Filtration) เป็นการดักตะกอนแขวนลอยขนาดเล็ก ๆ ด้วยชั้นดิน ชั้นทราย ชั้นหินหรืออื่น ๆ โดยทั่วไปตะกอนส่วนมากจะถูกดักบริเวณผิวชั้นกรองจนเกิดเป็นชั้นฟิล์มบาง ๆ ขึ้น

### 2.5.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Process)

เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกสาร ที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีลงไป เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดแต่วิธีนี้มีข้อเสียคือเมื่อเติมสารเคมีลงในน้ำเสียแล้ว ทำให้เกิดผลกระทบต่างๆเกิดขึ้น เช่น จะมีตะกอนเคมีเกิดเพิ่มขึ้นหรือพีเอชของน้ำอาจเปลี่ยนไป

ทั้งนี้อุปกรณ์ที่จะใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

ทั้งนี้อุปกรณ์ที่จะใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

**2.5.3 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process)**

การบำบัดทางชีวภาพ เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Acrobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge,AS) , ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor,RBC) , ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ,ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) , ระบบโปรยกรอง(Trickling Filter) , ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) , ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น

**2.5.4 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย**

ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.5.4.1 การเตรียมการบำบัดน้ำเสีย (Preliminary Treatment)

เป็นขั้นตอนในการเตรียมการบำบัดก่อนที่จะให้น้ำเสียผ่านเข้าสู่ในระบบบำบัด โดยการแยกเอาวัตถุแขวนลอยซึ่งไม่ละลายน้ำ เช่น ขยะและเศษวัตถุชิ้นใหญ่ ๆ ออกจากน้ำเสีย การแยกวัตถุแขวนลอยเหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 เป็นการแยกสิ่งแขวนลอยใหญ่ ๆ เช่น ถุงพลาสติก ขวด และเศษวัสดุอื่นๆ ออกโดยการใช้ตะแกรงเหล็ก น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนนี้จะยังมีวัตถุแขวนลอยอยู่ แต่จะเป็นพวกที่มีขนาดเล็กและเบา เช่น เศษดิน อินทรีย์วัตถุ และเศษวัตถุชิ้นเล็ก ๆ มากมาย

ขั้นที่ 2 เป็นการทำให้วัตถุแขวนลอยที่ผ่านมาจากขั้นที่ 1 ตกตะกอน โดยให้น้ำเสียลดความเร็วลง และให้ไหลช้าๆ สารแขวนลอยเหล่านั้นจะตกตะกอน จากนั้นทำการแยกตะกอนและเศษขยะที่ตกอยู่ก้นบ่อออกทิ้งไป

2.5.4.2 การบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้ของแข็งบางส่วนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 40 - 60 % ของของแข็งแขวนลอย ของแข็งจะถูกแยกออกจากน้ำเสีย โดยกระบวนการทางกายภาพและทางชีวเคมี น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมการบำบัดน้ำเสียแล้วจะผ่านเข้าสู่ขั้นตอนนี้ ซึ่งประกอบด้วยถังตะกอน ที่มีการออกแบบไว้หลายแบบ เช่น บ่อเกรอะ (Septic Tanks) หรือถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมมีเครื่องกวาดตะกอน เป็นต้น โดยให้การไหลของน้ำให้มีความเร็วน้อยที่สุด เพื่อช่วยให้มีการตกตะกอนดีขึ้น หรืออาจจะมีการเติมสารเคมีลงไปเพื่อช่วยให้ของแข็งแขวนลอยและสิ่งเจือปนในน้ำมีการจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นและตกตะกอนได้ดีขึ้น โดยน้ำที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดขั้นนี้อาจจะนำไปผ่านขั้นตอนในการบำบัดขั้นที่สอง หรืออาจจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยการเติมคลอรีนก่อนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนตะกอนจะนำไปทิ้งหรือนำไปหมักด้วยกระบวนการหมักไร้ออกซิเจน จะได้ก๊าซชีวภาพนำออกไปเป็นเชื้อเพลิงได้ เศษที่เหลือจากการหมักนำไปทำปุ๋ยหรือทิ้งไป

2.5.4.3 การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่อจากการบำบัดขั้นที่หนึ่งในกรณีที่น้ำเสียยังมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากเกินกว่าจะปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมได้ การบำบัดที่ใช้เป็นกระบวนการทางชีวภาพ เพราะต้องใช้จุลินทรีย์ที่มีการเพาะเลี้ยงมาช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำโดยที่การใช้ระบบบำบัดโดยชีวภาพนี้มีหลายระบบได้แก่ ระบบโปรยกรอง ระบบเลี้ยงตะกอน และระบบ oxidation pond เป็นต้น

2.5.4.4 การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)

การบำบัดขั้นสูงเป็นขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียต่อจากขั้นที่สอง ใช้ในกรณีที่ต้องการให้น้ำนั้นมีความสะอาดมากยิ่งขึ้น กระบวนการที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีรวมกัน เช่น การกรองและการแลกเปลี่ยนไอออน เป็นต้น

## 2.6 การเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสีย

การเลือกกระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย มีปัจจัยต่างๆ ที่ควรพิจารณา ดังต่อไปนี้

2.6.1 ความต้องการในการกำจัดสารต่างๆในน้ำเสีย

2.6.2 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

2.6.3 พื้นที่ที่ต้องใช้สำหรับการก่อสร้างและติดตั้งโรงบำบัดน้ำเสีย

2.6.4 ราคาการก่อสร้าง

2.6.5 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการบำรุงรักษา

2.6.6 จำนวนเครื่องจักรกลที่ต้องใช้ในระบบบำบัด

2.6.7 ความยากง่ายในการควบคุมดูแลระบบบำบัด

2.6.8 ความต้องการระดับความรู้ความสามารถของบุคลากรผู้ควบคุมและดูแลระบบบำบัด

## 2.7 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

การบำบัดน้ำเสียแบบที่ไม่ใช้อากาศอาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยสารอื่นที่ไม่ใช่อากาศเป็นผู้ทำลายสารอินทรีย์ แบคทีเรียชนิดนี้จึงไม่เหมือนกับแบคทีเรียที่หายใจด้วยอากาศ

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{สารที่ใช้หายใจ} \xrightarrow[\text{ไม่ใช้อากาศ}]{\text{แบคทีเรีย}} \text{เซลล์ใหม่} + CO_2 + \text{สารอินทรีย์ที่เหลือ} \qquad (2.3)$$

ภายหลังการบำบัดสารอินทรีย์จะเหลืออยู่มาก แต่จะมีเซลล์ใหม่เกิดขึ้นน้อยโดยทั่วไป มักเข้าใจกันว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ หมายถึงระบบไม่ใช้อากาศที่ผลิตกาซมีเทนซึ่งเป็นระบบที่อาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วย $CO_2$ การบำบัดน้ำเสียจึงเขียนแทนได้ด้วยสมการดังนี้

$$\text{สารอินทรีย์} + CO_2 \xrightarrow[\text{ไม่ใช้อากาศ}]{\text{แบคทีเรีย}} \text{เซลล์ใหม่} + CO_2 + CH_4 + \text{สารอินทรีย์ที่เหลือ} \qquad (2.4)$$

แต่แท้ที่จริงแล้ว ในโลกของแบคทีเรียไม่ใช้อากาศยังมีแบคทีเรียอื่นที่ไม่ได้หายใจด้วย $CO_2$ หรือ $O_2$ อีกหลายชนิด แบคทีเรียเหล่านั้น มีชีวิตอยู่ได้โดยหายใจสารอื่น เช่น $NO_3$, $SO_4$, $Fe_2O_3$, FeOOH, $MnO_2$ เป็นต้น

### 2.7.1 รูปแบบของระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

กระบวนการไม่ใช้อากาศอาจใช้ในการบำบัดน้ำเสียหรือบำบัดสลัดจ์ก็ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าถังปฏิกิริยาจะเป็นแบบใด แต่ไม่ว่าวัตถุประสงค์จะเป็นเช่นใดก็ตามกระบวนการไม่ใช้อากาศก็มักมีลักษณะสำคัญร่วมกัน คือสามารถสร้างก๊าซชีวภาพจากสารอินทรีย์ กระบวนการบำบัดสลัดจ์มัก

เป็นถังรูปแบบเดียวคือถังย่อยสลัดจ์ (Sludge Digestion Tank) ส่วนรูปแบบอื่นๆ มักใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพไม่ใช้อากาศได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากถังปฏิกรณ์ ที่ใช้สำหรับหมักธรรมดา จนถึงกระบวนการที่มีอัตราสูงที่ใช้ระยะเวลาสั้นมาก

1) แบบแบคทีเรียเติบโตแขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย (Suspended Growth)

อาศัยการกวนให้แบคทีเรียผสมกับน้ำเสียภายในถังให้เกิดปฏิกิริยา และจำเป็นจะต้องมีถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำที่ผ่านการบำบัดและแบคทีเรียนั้นให้ออกจากกัน โดยหมุนเวียนแบคทีเรียกลับเข้าสู่ถังปฏิกิริยาอีกครั้ง

2) แบบแบคทีเรียเติบโตอยู่ติดกับตัวกลาง (Supported Growth)

เนื่องจากแบคทีเรียแบบไม่ใช้อากาศตกตะกอนได้ไม่ดี และจะอาจหลุดออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำให้มีผู้คิดค้นให้แบคทีเรียเกาะติดกับตัวกลางและเสมือนว่าตัวกลางนั้นถูกใช้เป็นตัวกรองให้แบคทีเรียไม่หลุดออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำให้ค่าใช้จ่ายของการสร้างถังตกตะกอนมาอยู่ที่ราคาของตัวกลางที่ให้แบคทีเรียเกาะติด

3) แบบผสม (Hybrid)

ซึ่งเป็นการนำข้อดีมาใช้และตัดปัญหาข้อด้อยจาก 2 รูปแบบข้างต้น

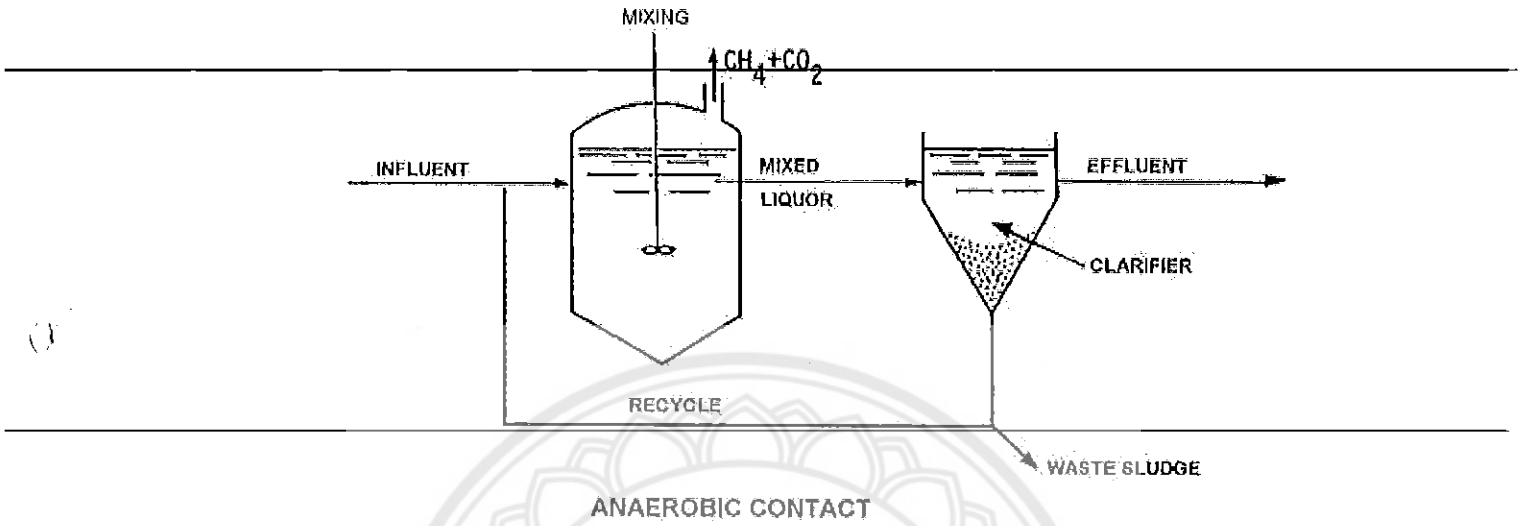
4) ถังย่อยสลัดจ์ (Digester)

ระบบแบบนี้ใช้ในการบำบัดสลัดจ์ซึ่งเป็นตะกอนอินทรีย์ เป็นถังย่อยที่ไม่มีการกวนตะกอนและไม่ปรับอุณหภูมิให้กับสลัดจ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในถังจึงช้าและไม่ทั่วถึง ถังย่อยแบบนี้จึงเรียกว่าถังย่อยแบบอัตราต่ำ (Low Rate Digester) ส่วนถังย่อยแบบที่มีการกวนและมีการปรับอุณหภูมิด้วย ปฏิกิริยากำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบแรก ถังย่อยแบบนี้จึงเรียกว่าถังย่อยแบบอัตราสูง (High Rate Digester)

5) ถังย่อยแบบสัมผัส (Anaerobic Contact)

ถังย่อยแบบนี้ ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัดอาจจะเป็นของแข็งหรืออาจจะสารละลายก็ได้ ซึ่งถังย่อยแบบสัมผัสนี้อาจเป็นถังปฏิกิริยาแบบมีการหมุนเวียนตะกอนหรือไม่มีก็ได้ แต่นิยมใช้แบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน ดังนั้นถังย่อยแบบสัมผัสจึงมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกับระบบเอเอส จนกระทั่งในบางครั้งอาจจะเรียกถังย่อยแบบนี้ว่าเป็นระบบเอเอสแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Activated Sludge) ในปัจจุบันระบบถังย่อยแบบสัมผัสมี

จำนวนน้อยเนื่องจากไม่เป็นที่นิยม ระบบที่ยังคงใช้ได้จะมีความสามารถในการรับภาระสารอินทรีย์ได้ต่ำ




รูปที่ 2.2 ถังย่อยแบบสัมผัส

ที่มา : http://www.thaibiogas.net/en/node/207

6) ถังย่อยแบบแยกเชื้อ

ได้มีความพยายามในการออกแบบถังย่อยรูปแบบแยกเชื้อ เพื่อที่จะให้แบคทีเรียสร้างกรดและแบคทีเรียสร้างมีเทนให้เติบโตอยู่ในถังย่อยคนละใบที่สามารถควบคุมได้ และให้มีสภาวะที่เหมาะสมที่แตกต่างกัน ในลักษณะเช่นนี้ เชื่อว่าแบคทีเรียแต่ละชนิดจะทำงานได้เต็มกำลังและเป็นการใช้ประโยชน์จากถังปฏิกิริยาได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าทำให้การควบคุมการทำงานของถังย่อยมีความสะดวกยิ่งขึ้น

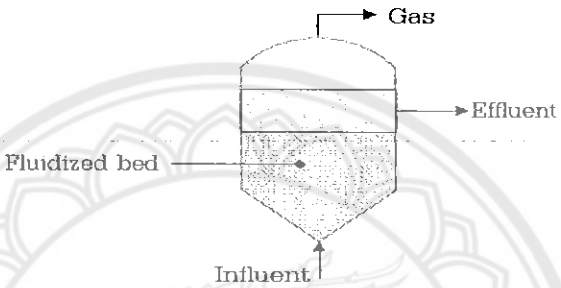
7) เครื่องกรองแบบไม่ใช้อากาศ ( Anaerobic Filter, AF)

ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง แต่บรรจุภายในด้วยหินขนาด 1.5–2 นิ้วหรืออาจใช้ตัวกลางพลาสติกแทนก็ได้ น้ำเสียจะไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมตัวกลางอยู่ตลอดเวลา ถ้าทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรอง น้ำที่ไหลออกมาจะมีความใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนต่างหาก

8) ระบบชั้นลอยตัวแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Fluidized Bed, AFB)

ระบบนี้เป็นระบบที่ได้พัฒนามาจากระบบถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter)

มีการดัดแปลงระบบ โดยเปลี่ยนตัวกลางที่เป็นชนิดติดอยู่กับที่ มาใช้ตัวกลางที่สามารถเคลื่อนไหวได้และมีพื้นที่ผิวมากๆ ซึ่งตัวกลางดังกล่าวจะเป็นทราย ,Anthracite ,Activated Carbon หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงเม็ดทราย การทำงานของระบบจะให้ตัวกลางมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาจึงทำให้ไม่เกิดการอุดตัน และระบบยังมีพื้นที่ผิวของฟิล์มจุลชีพต่อหน่วยปริมาตรมากกว่าถังกรองไร้ออกซิเจนอีกด้วย ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูงกว่า แต่มีข้อเสียของระบบนี้ ก็คือ ต้องสิ้นเปลืองพลังงานจำนวนมากในการที่จะทำให้เกิดการขยายตัวของชั้นตัวกลาง และที่สำคัญที่สุด คือ มีการนำระบบมาใช้งานจริงในระดับ Full Scale น้อยมากในประเทศไทย

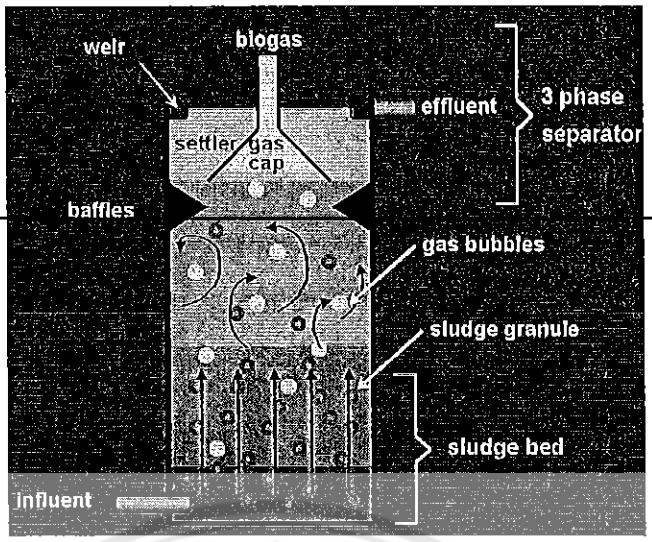



รูปที่ 2.3 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบชั้นลอยตัวแบบไม่ใช้อากาศ

ที่มา: http://www.network4ae.com

9) ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)

การที่ต้องมีสารตัวกลางอยู่ในเครื่องกรองไม่ใช้อากาศและระบบ AFBนั้นจะทำให้ถังปฏิกิริยาต้องเสียปริมาตรใช้งานและเสียเงินซื้อสารตัวกลางเป็นจำนวนมาก จึงได้มีผู้คิดค้นระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้สารตัวกลาง ระบบใหม่นี้มีทิศทางการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นด้านบนโดยไม่ใช้ตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ จนกระทั่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี เม็ดสลัดจ์ขนาดใหญ่จะจมตัวอยู่ข้างล่างส่วนเม็ดขนาดเล็กจะอยู่ข้างบน โดยเม็ดเล็กที่สุดจะลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ เม็ดสลัดจ์บางส่วนนี้อาจหลุดขึ้นถึงส่วนตอนบนของถัง แต่ด้านนบนของระบบยูเอเอสบีจะมีอุปกรณ์ที่คล้ายกับถังตกตะกอนมีหน้าที่แยกเม็ดตะกอนขนาดเล็กและก๊าซชีวภาพออกจากน้ำเรียกว่า ระบบแยกก๊าซและของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำ(Gas Solids Separator, GSS) ก๊าซจะถูกเก็บรวบรวมไปใช้และเม็ดตะกอนถูกส่งกลับลงไปในถัง




รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบหลักของถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี

ที่มา: www.uasb.org

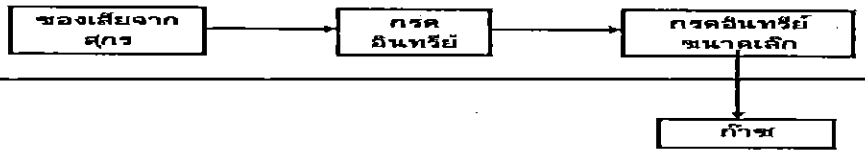
10) บ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

บ่อหมักไม่ใช้อากาศ จะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ง่ายที่สุด มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3 – 4 เมตร และไม่มีฝาปิด มีเวลากักน้ำนานหลายๆ วัน ภายในระยะเวลาดังกล่าวน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้อากาศ เนื่องจากบ่อหมักไม่ใช้อากาศมีขนาดใหญ่ จึงต้องใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง นอกจากนั้นยังอาจจะมีกลิ่นไม่ดี ระบบบ่อหมักไม่ใช้อากาศจึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบทหรือชานเมืองที่ซึ่งราคาที่ดินไม่สูงนัก และมีผู้คนอาศัยอยู่ไม่หนาแน่น

## 2.8 กลไกพื้นฐานของกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

กลไกพื้นฐานในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ นั้นไม่ว่าจะเป็นแบบใช้อากาศหรือไม่ใช้อากาศก็ตามจะมีลักษณะเหมือนกันคือเป็นปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชันรีดักชัน (รีดอกซ์) ปฏิกิริยารีดอกซ์ หมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้อิเล็กตรอนและสารรับอิเล็กตรอน สารให้อิเล็กตรอนในน้ำเสียส่วนใหญ่มักเป็นสารอินทรีย์ ส่วนสารรับอิเล็กตรอนในน้ำเสียมักเป็นสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารอินทรีย์ เช่น ออกซิเจน, ไนเตรทหรือซัลเฟตเป็นต้น การถ่ายเทอิเล็กตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์จะได้พลังงานเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ส่วนหนึ่งสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน และอีกส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้การดำรงชีวิตและสร้างเซลล์

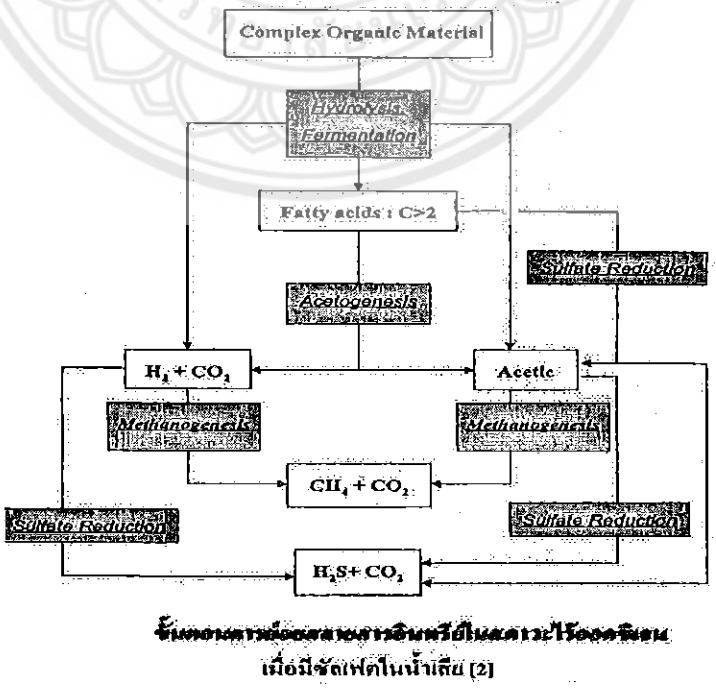
ใหม่ ดังนั้นสารอินทรีย์จึงเป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนของจุลชีพ แต่สารรับอิเล็กตรอนในน้ำเสียมีหลายชนิด ผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็ต่างกันไปตามชนิดของสารรับอิเล็กตรอน




**รูปที่ 2.5** Anaerobic Digestion

**2.8.1** กลไกของการสร้างมีเทน

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย แบบไม่ใช้อากาศที่ไม่มีไนเตรทอยู่ด้วยจะมีแบคทีเรียอาศัยอยู่ในระบบร่วมกัน 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ แบคทีเรียสร้างกรด แบคทีเรียสร้างมีเทน และแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต สาเหตุที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศนั้นมีแบคทีเรียหลายกลุ่มอาศัยอยู่ร่วมกันเป็นเพราะแบคทีเรียสร้างมีเทนและแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟตใช้สารอาหารได้จำกัดชนิด ซึ่งมักจะเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก จึงทำให้แบคทีเรียนั้นสร้างกรดใช้สารอินทรีย์ได้ก่อนและเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ต่อจากนั้นทำให้แบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟตและแบคทีเรียจะสร้างมีเทน จึงใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนั้นต่อไปสารอินทรีย์ที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ จะถูกย่อยสลายผ่านขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 2.6




ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน
เมื่อมีซัลเฟตในน้ำเสีย [2]

**รูปที่ 2.6** กลไกสร้างมีเทน และซัลไฟด์ในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

### 2.8.2 ซัลเฟตรีดักชัน

ในการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศของน้ำเสียที่มีซัลเฟต,ซัลไฟต์, และไธโอซัลเฟตหรือสารประกอบซัลเฟอร์ที่อยู่ในรูปออกซิไดซ์ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะมี 2 อย่างคือ ปฏิกิริยาสร้างมีเทน (Methanogenesis) และปฏิกิริยาซัลเฟตรีดักชัน ซัลเฟตรีดักชันเป็นกระบวนการไม่ใช้อากาศแบบเด็ดขาดที่อาศัยแบคทีเรียรีดิวซิงซัลเฟต(SRB) ซึ่งจะคอยทำหน้าที่การย่อยสลายไฮโดรเจนหรือสารประกอบอะซิเตท หรือสารอินทรีย์อื่น (ใช้เป็นสารให้อิเล็กตรอน) และมีซัลเฟต, ซัลไฟต์หรือไธโอซัลเฟตเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาจะสร้างซัลไฟด์จากการทำซัลเฟตรีดักชัน

### 2.8.3 กลไกของไนเตรทรีดักชัน

ไนเตรทสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์และไนโตรเจน (ตามลำดับ)ได้ด้วยปฏิกิริยาที่เรียกว่า ดีไนตริฟิเคชัน ในกรณีเช่นนี้ไนเตรทเป็นสารรับอิเล็กตรอน (มีบทบาทเหมือนออกซิเจนในปฏิกิริยาใช้อากาศ) ที่มีสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นสารที่ให้อีเล็กตรอน โดยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทได้ตามชนิดของสารคาร์บอน ดังนี้

#### 2.8.3.1 Substrate Nitrate Denitrification

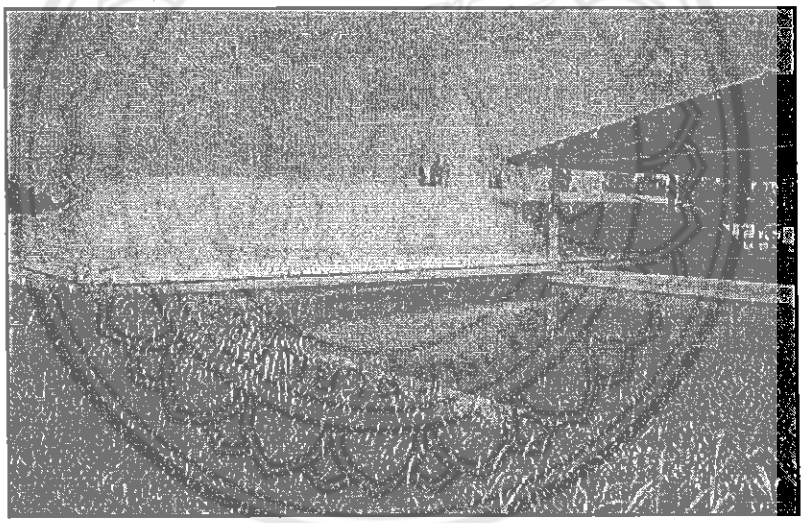
ดีไนตริฟิเคชันกระบวนนี้จะใช้สารอินทรีย์คาร์บอนที่ได้จากแหล่งใดก็ได้ที่ไม่ใช่คาร์บอนในเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์คาร์บอนอาจเป็นซีโอดี/บีโอดีที่อยู่ในน้ำเสียหรือเป็นสารเคมีที่เติมลงไปก็ได้ แหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนที่นิยมเติมให้กับน้ำได้แก่ เมทธานอล

#### 2.8.3.2 Endogenous Nitrate Denitrification

ในกรณีที่ไม่มีแหล่งคาร์บอนภายนอก ดีไนตริฟิเคชันอาจยังเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้โดยใช้แหล่งคาร์บอนภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาปฏิกิริยาทั้งสองประเภท จะเห็นได้ว่า Substrate Denitrification เป็นปฏิกิริยาของการเจริญเติบโตของเซลล์แบบปรกติที่ได้ออกซิเจนจากไนเตรท ส่วน Endogenous Denitrification เป็นการย่อยสลายตัวเองซึ่งทั้งสองปฏิกิริยาเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีไนเตรทเป็นแหล่งรับอิเล็กตรอน (คล้ายกับกรณีของปฏิกิริยาใช้อากาศที่มีออกซิเจนเป็นแหล่งรับอิเล็กตรอน)

## 2.9 การใช้เทคโนโลยีไม่ใช้อากาศในการบำบัดน้ำเสียเกษตรกรรม

น้ำเสียจากภาคเกษตรกรรม หมายถึง น้ำเหลือใช้จากพื้นที่เพาะปลูก น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การบำบัดน้ำเสียจากภาคเกษตรด้วยเทคโนโลยีไม่ใช้อากาศก็มีมานานในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น การใช้ถังหมักไม่ใช้อากาศบำบัดมูลสัตว์ต่างๆ เพื่อจะผลิตก๊าซชีวภาพเป็นต้น และปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มปศุสัตว์สามารถแก้ไขได้โดยใช้ระบบการย่อยไม่ใช้อากาศ บ่อหมักไม่ใช้อากาศสามารถใช้บำบัดน้ำเสียจากคอกสัตว์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมูลสัตว์เป็นแหล่งเชื้อแบคทีเรียไม่ใช้อากาศ การเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นในบ่อหมักจึงสามารถทำได้ง่ายโดยไม่ต้องมีการขนเชื้อแบคทีเรียมาจากที่อื่น การเริ่มเดินระบบ (Starting Up) ของกรณีนี้จึงใช้เวลาสั้นและไม่เสียค่าใช้จ่ายมากในปัจจุบัน และบ่อหมักไม่ใช้อากาศของฟาร์มปศุสัตว์อาจมีฝาทำด้วยแผ่นพลาสติกปิดครอบบ่อเพื่อเก็บก๊าซชีวภาพสำหรับใช้เป็นพลังงานและเพื่อใช้ป้องกันกลิ่นเหม็นที่อาจเกิดขึ้น



**รูปที่ 2.7** ระบบบ่อหมักไม่ใช้อากาศแบบปิดฝาในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

ที่มา: http://www.network4ae.com/download

## 2.10 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะไร้อากาศองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพได้แก่ก๊าซมีเทนประมาณ 60-70% ก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ ประมาณ 28-38 % ก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไนโตรเจน เป็นต้น ประมาณ 2 %

คุณสมบัติและประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้มีคุณสมบัติจุดติดไฟได้ดีและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่างๆ ได้ เช่น ใช้กับเครื่องกกลูกสุกร และหม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler) ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่างๆ และใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

ผลเสียเมื่อปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซที่ร่วมก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่ให้ผลรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 25 เท่า ดังนั้น หากปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศจะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดภาวะเรือนกระจกหรือเร่งให้โลกมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น การนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน ต้องทำการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ (Gas Purification) ก่อนการนำไปใช้งานมีข้อที่พิจารณาดังนี้

### 2.10.1 การดักน้ำในท่อส่งก๊าซชีวภาพ

ปกติก๊าซชีวภาพ ที่ผลิตได้มักจะมีความชื้นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัว และเมื่อก๊าซชีวภาพไหลผ่านท่อส่งก๊าซที่ฝังอยู่ในดินที่มีอุณหภูมิต่ำมักจะทำให้ความชื้น(ไอน้ำ) ในก๊าซชีวภาพกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและสะสมจนเกิดเป็นอุปสรรคในการส่งก๊าซไปตามท่อได้ ดังนั้นต้องมีการติดตั้งชุดดักน้ำก่อนนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

### 2.10.2 ปรับลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

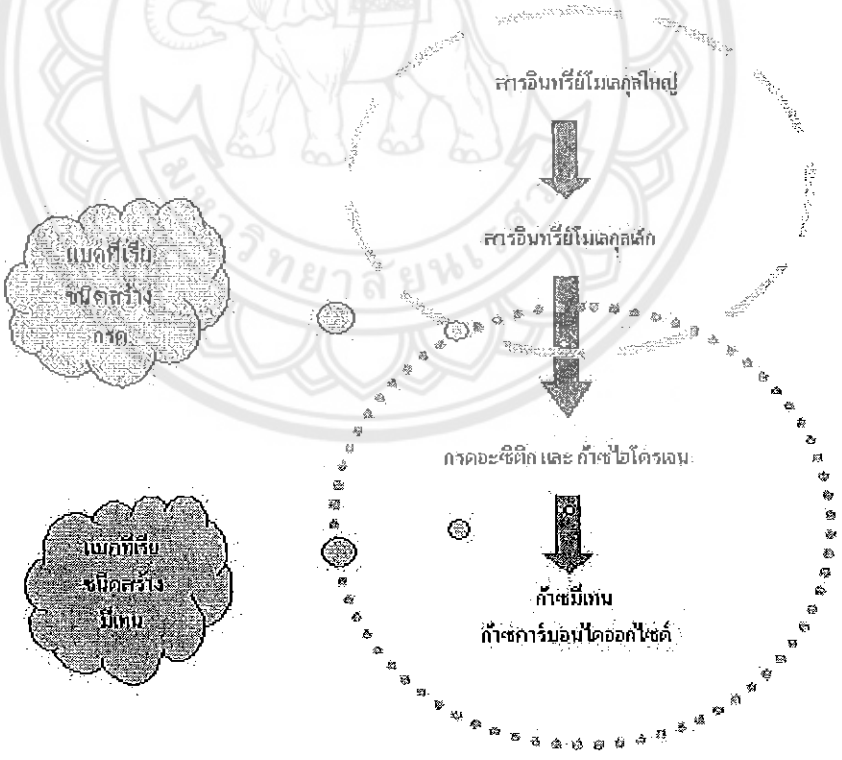
ในการปรับลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากก๊าซชีวภาพนี้จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็น เช่น ในกรณีที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน ต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยาก คือประมาณเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนน้อยกว่า 45 % แต่ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรนั้นไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงไม่จำเป็น

**2.10.3 การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์**

การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพนั้น มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษและเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริค ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรดหรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์ได้ ดังนั้นในการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพก่อนการนำไปใช้ประโยชน์นั้น จะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปและจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ใช้ก๊าซด้วย

## 2.11 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์

การย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียในสภาวะที่ไร้อากาศ (ไร้ออกซิเจน) ผลที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายส่วนใหญ่ คือ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2.8




**รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์**

ที่มา: http://www.agro.cmu.ac.th/office/KMnetwork/?cat=2

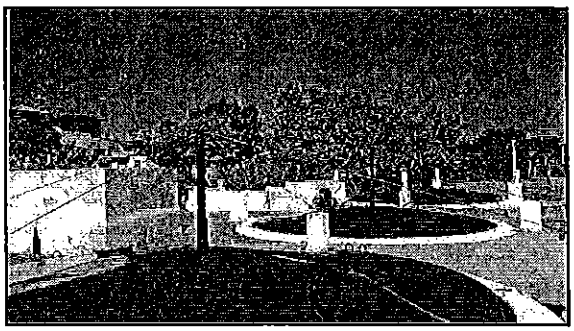
จากรูปที่ 2.8 ในสภาวะไร้อากาศหรือไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรตโปรตีนและไขมันจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่แบคทีเรียชนิดสร้างกรดหลั่งออกมานอกเซลล์ ผลที่ได้จะทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จะถูกย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาล โมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโนและกรดไขมัน เป็นต้น และหลังจากนั้นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กจะถูกแบคทีเรียดังกล่าวดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และจะหลั่งเอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็น กรดอะซิติก และก๊าซไฮโดรเจนแล้วขับออกมานอกเซลล์จากนั้น แบคทีเรียชนิดสร้างมีเทน จะย่อยสลายและเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้เป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ก๊าซที่เกิดขึ้นซึ่งจะลอยตัวขึ้นอยู่เหนือผิวน้ำและกระจายสู่บรรยากาศหรือถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทนต่อไป

## 2.12 รูปแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกร

รูปแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมให้นำมาใช้ในการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรเพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ได้แก่

### 2.12.1 บ่อโดมคงที่ (Fixed Dome)

เป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมให้ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดเล็ก (ฟาร์มที่เลี้ยงสุกรเทียบเท่าสุกรขุน ไม่เกิน 500 ตัว) โดยได้มีการส่งเสริมในช่วงปี พ.ศ. 2538 – 2544 ในโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ส่วนที่ 2: เกษตรกรรายย่อย (ระยะที่ 1 และระยะที่ 2)



**รูปที่ 2.9 บ่อโดมคงที่**

ที่มา : http://www.network4ac.com/download

**2.12.2 บ่อหมักแบบรางตามด้วยบ่อหมักยูเอเอสบี (Channel Digester + UASB)**

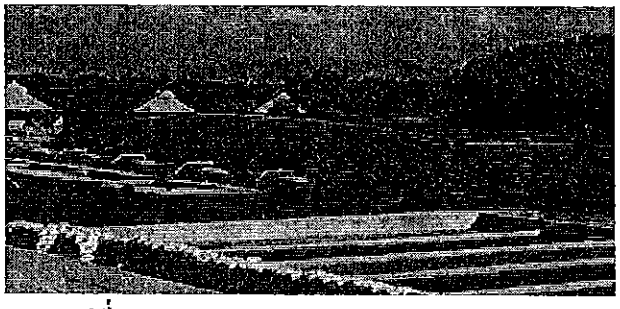
เป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีการพัฒนาขึ้นโดยหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ(ปัจจุบันนั้น คือ สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลักทำงานต่อเนื่องกัน คือ บ่อหมักแบบราง (Channel Digester) ทำงานต่อเนื่องด้วยบ่อหมักยูเอเอสบี ซึ่งบ่อหมักดังกล่าวได้มีการส่งเสริมให้ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่

**2.12.3 บ่อหมักเร็วน้ำข้น (HSS-UASB)**

บ่อหมักเร็วน้ำข้น (HSS-UASB : High suspension solids - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักที่หน่วยบริการก๊าซชีวภาพพัฒนาขึ้นโดยปรับปรุงจากบ่อหมักแบบ Channel Digester + UASB เพื่อให้สามารถรองรับและบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น บ่อหมักดังกล่าวได้เริ่มนำมาใช้งานในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดใหญ่ในโครงการฯ ระยะที่ 2 จำนวน 2 ฟาร์ม คิดเป็นปริมาตรบ่อหมักรวม 12,000 ลบ.ม. พบว่า บ่อหมักดังกล่าวสามารถทำงานได้ดี จึงถูกนำมาใช้ส่งเสริมในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดใหญ่ในโครงการฯ ระยะที่ 3

**2.12.4 บ่อ Covered Lagoon**

บ่อ Covered Lagoon เป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพอีกรูปแบบหนึ่ง ส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นบ่อดิน ด้านบนคลุมด้วยผืนพลาสติกขนาดใหญ่เพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นก่อนนำก๊าซไปใช้ประโยชน์ บ่อหมักแบบนี้ได้มีการนำมาใช้งานเมื่อประมาณ 3-5 ปีที่ผ่านมา จึงถือว่ายังอยู่ในช่วงต้นๆ ของอายุการใช้งานของบ่อซึ่งประเมินไว้ที่ประมาณ 15 ปี ปัจจุบันจึงยังไม่มีข้อมูลผลการทำงานของบ่อ Covered Lagoon ที่สมบูรณ์เพียงพอ และจำเป็นต้องติดตามผลการใช้งานของบ่อดังกล่าวต่อไป



**รูปที่ 2.10** ระบบบ่อปิด (Covered Lagoon)

ที่มา: http://www.network4ae.com

## 2.13 น้ำเสียที่ต้องระวังในการใช้เทคโนโลยีไม่ใช้อากาศ

แม้เทคโนโลยีที่ไม่ใช้อากาศ จะมีขีดความสามารถสูงดังได้กล่าวมาแล้ว แต่ก็มีลักษณะน้ำเสียบางอย่างที่ผู้ใช้ต้องเอาใจใส่และระมัดระวังเนื่องจากเป็นน้ำเสียที่ย่อยยากหรืออาจเป็นพิษ ทำให้ต้องมีการใช้อัตราบำบัดที่ต่ำกว่าปกติ ลักษณะน้ำเสียที่ต้องระวังมีดังนี้

1) น้ำเสียที่มีโลหะหนักปริมาณสูงเช่น โรงงานผลิตยางยืด (น้ำเสียมีกรดฟอร์มิกและสังกะสีเข้มข้นสูง)

2) น้ำเสียที่มีสารทำละลาย (Solvent) ต่างๆ

3) น้ำเสียที่มีสารก่อฟองหรือสารก่อชั้นสกัม เช่น โปรตีนและไขมัน จะทำให้เกิดฟองหนาในถังยูเอเอสบี

4) น้ำเสียที่มีไขมันและน้ำมันปริมาณสูง

5) น้ำเสียที่อาจก่อให้เกิดปัญหาตะกรันหินปูนหรือตะกรันอื่นๆ

6) น้ำเสียที่มีพีเอชสูงมากหรือต่ำมาก

7) น้ำเสียที่มีซัลเฟตสูงมาก จะไม่ผลิตกาซชีวภาพ (ถ้าต้องการใช้กาซชีวภาพ)

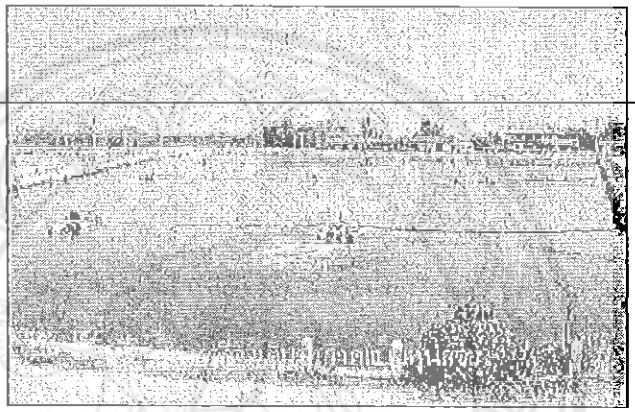
## 2.14 น้ำเสียอุตสาหกรรมที่สามารถบำบัดได้ด้วยเทคโนโลยีไม่ใช้อากาศ

ลักษณะน้ำเสียที่ควรพิจารณาบำบัดด้วยเทคโนโลยีไม่ใช้อากาศมีดังนี้ BOD เข้มข้นสูงและสัดส่วนของ BOD : COD มีค่ามากกว่า 0.5 %TVS สูง VSS เข้มข้นสูง และ %VSS สูงมาก N, P พอเพียง มีแร่ธาตุ (Co, Mo, Fe, Mn, Ni) พอเพียง มีสภาพด่างพอเพียง น้ำเสียที่อุณหภูมิสูง (50 – 70° ซ) และมี COD > 1,000 มก/ล. น้ำเสียที่มีปริมาณไนเตรทสูงกว่า 100 มก/ล. (ใช้ระบบดีไนตริฟิเคชัน) น้ำเสียที่มีซัลเฟตสูงๆ เช่น สูงกว่า 100 มก/ล.(ใช้ระบบซัลเฟตรีดักชัน)

## 2.15 สระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือจะยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณที่เพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์

สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี ได้ร้อยละ 80-95 โดยจะอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าเพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ



รูปที่ 2.11 สระเติมอากาศ

ที่มา: http://www.tumcivil.com/tips/gen.php?id=89

## 2.16 บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

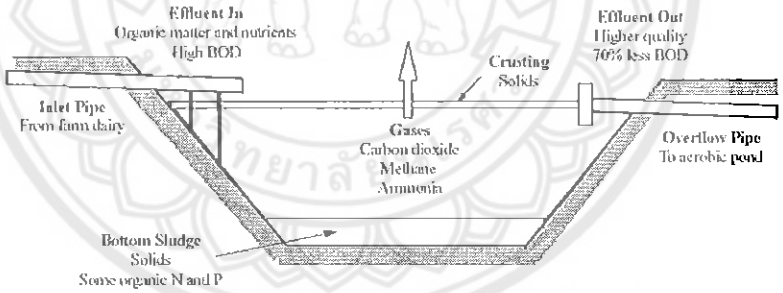
บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) เป็นระบบการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) บ่อแอโรบิค (Acrobic Pond) และหากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกัน บ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation Pond) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม บ่อปรับเสถียรสามารถบำบัดน้ำเสียจากชุมชน หรือโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานผลิตอาหาร โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น และเป็นระบบที่มีค่าก่อสร้างและค่าดูแลรักษาต่ำ วิธีการเดินระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ผู้ควบคุมระบบไม่ต้องมีความรู้สูง แต่ต้องใช้พื้นที่ก่อสร้าง

มากจึงเป็นระบบที่เหมาะกับชุมชน ที่มีพื้นที่เพียงพอและราคาต้องไม่แพง ซึ่งโดยปกติระบบบ่อปรับเสถียรจะมีการต่อกันแบบอนุกรมอย่างน้อย 3 บ่อ

**2.16.1 บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond)**

บ่อแอนแอโรบิค เป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง โดยไม่ต้องการออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิตและป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อ จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค น้ำเสียส่วนที่จะผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยังบ่อแฟคคัลเททีฟเพื่อบำบัดต่อไป

การทำงานของบ่อแบบนี้ จะขึ้นอยู่กับความสมดุลระหว่างแบคทีเรียที่จะทำให้เกิดกรดและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ดังนั้นอุณหภูมิของบ่อควรมากกว่า 15 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชมากกว่า 6




**รูปที่ 2.12** ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ บ่อหมัก Anaerobic Pond

ที่มา : http://www.network4ae.com/download

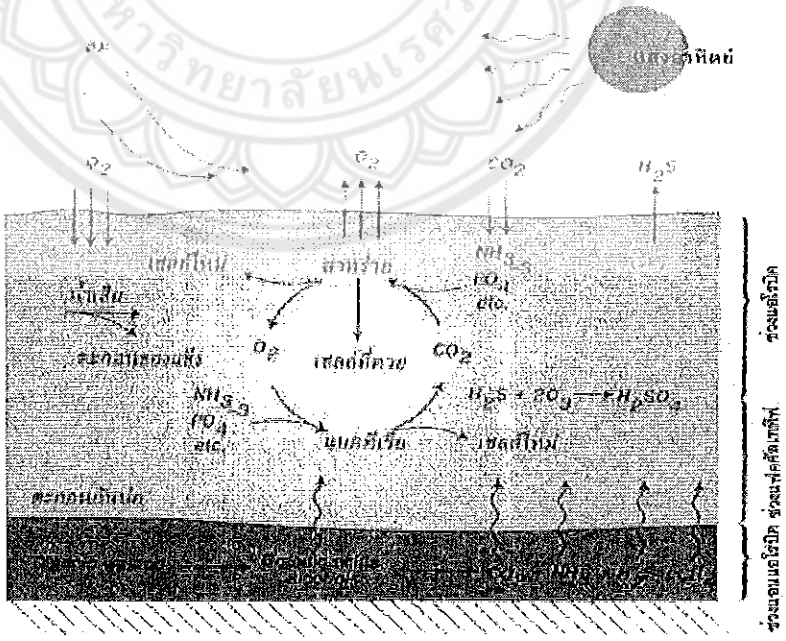
**2.16.2 บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond)**

บ่อแฟคคัลเททีฟเป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ภายในบ่อมีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของบ่อเป็นแบบแอโรบิค ได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำ

และจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิค บ่อแฟคัลเททีฟนี้โดยปกติแล้วจะรับน้ำเสียจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อน

กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นในบ่อแฟคคัลเททีฟ เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-Purification) โดยสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลาย และจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) เพื่อเป็นอาหารและสำหรับการสร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงาน โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่อยู่ในบ่อของส่วนบน สำหรับบ่อส่วนล่างจนถึงก้นบ่อซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึง จะมีปริมาณออกซิเจนต่ำจนเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic - condition) และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับบ่อแอนแอโรบิค แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น

อย่างไรก็ตาม ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบสูงเกินไป จนออกซิเจนในน้ำไม่เพียงพอ แต่เมื่อถึงเวลากลางคืนสาหร่ายจะหายใจเอาออกซิเจนและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้ค่าพีเอชลดต่ำลงและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำลงจนอาจเกิดสภาวะขาดออกซิเจนและเกิดปัญหากลิ่นเหม็นขึ้นได้




**รูปที่ 2.13** บ่อแฟคคัลเททีฟ

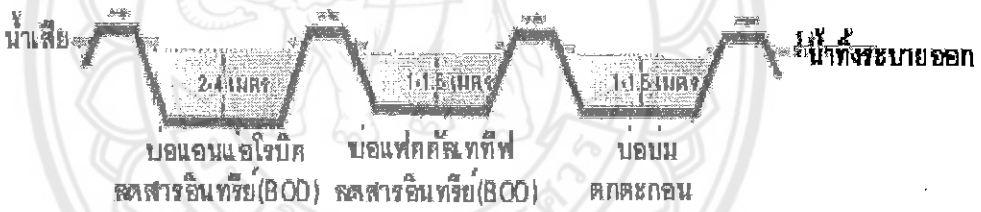
ที่มา: http://www.tumcivil.com/tips/gen.php?id=89

**2.16.3 บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond)**

บ่อแอโรบิค เป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ และเป็นบ่อที่มีความลึกไม่มากนัก เพื่อทำให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดความลึก โดยอาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายในการเติมอากาศที่ผิวหน้า และยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งโดยอาศัยแสงแดดอีกด้วย

**2.16.4 บ่อบ่ม (Maturation Pond)**

บ่อบ่มมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดทั้งบ่อ จึงมีความลึกไม่มากและแสงแดดส่องถึงก้นบ่อใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อฟอกน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้น อาศัยแสงแดดทำลายเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม




รูปที่ 2.14 บ่อบ่ม

ที่มา: http://www.tumcivil.com/tips/gen.php?id=89

ระบบบ่อปรับเสถียรที่นิยมใช้กันจะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

1) บ่อแอนแอโรบิค (กรณีที่น้ำเสียมีค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์สูง ๆ )

2) บ่อแฟคคัลเททีฟ

3) บ่อแอโรบิค

4) บ่อบ่มโดยต่อกันแบบอนุกรม

**ตารางที่ 2.1** เกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

| หน่วยบำบัด | เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) | |
|---|---|---|
| | พารามิเตอร์ | ค่าที่ใช้ออกแบบ |
| 1. บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) | ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time; HRT) | 4-5 วัน |
| | ความลึกของน้ำในบ่อ | 2-4 เมตร |
| | อัตราภาระบีโอดี | 224 -672 กรัมบีโอดี5 /ตร.ม.วัน |
| | ประสิทธิภาพการกำจัด BOD | ร้อยละ 50 |
| 2. บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) | ระยะเวลาเก็บกักน้ำ | 7-30 วัน |
| | ความลึกของน้ำในบ่อ | 1-1.5 เมตร |
| | อัตราภาระบีโอดี | 34 กรัมบีโอดี5 /ตร.ม.วัน |
| | ประสิทธิภาพการกำจัด BOD | ร้อยละ 70-90 |
| 3. บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond) | ระยะเวลาเก็บกักน้ำ | 4-6 วัน |
| | ความลึกของน้ำในบ่อ | 0.2-0.6 เมตร |
| | อัตราภาระบีโอดี | 45 กรัมบีโอดี5 /ตร.ม.วัน |
| | ประสิทธิภาพการกำจัด BOD | ร้อยละ 80-95 |
| 4. บ่อบ่ม (Maturation Pond) | ระยะเวลาเก็บกักน้ำ | 5-20 วัน |
| | ความลึกของน้ำในบ่อ | 1-1.5 เมตร |
| | อัตราภาระบีโอดี | < 2 กรัม /ตร.ม.วัน |
| | ประสิทธิภาพการกำจัด BOD | ร้อยละ 60-80 |

ที่มา : http://www.tumcivil.com/tips/gen.php?id=87

## 2.17 ระบบบ่อผึ่ง(OxidationPond)

เป็นบ่อดินที่มีการออกแบบให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสียใช้วิธีการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนเป็นหลัก โดยจะมีแสงแดดและสาหร่ายนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มปริมาณของออกซิเจนในบ่อ เพื่อให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นความลึกของบ่อจึงอยู่ในระดับที่แสงแดดสามารถส่องได้อย่างทั่วถึง โดยทั่วไปมีความลึกไม่เกิน 1.5 เมตร ส่วนปัจจัยอื่นๆที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบนี้ ได้แก่ ปริมาณสาหร่าย ความเข้มข้นของน้ำเสีย และระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสีย เพื่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์เป็นต้น โดยทั่วๆไปบ่อผึ่งจะสามารถลดค่า BOD ลงได้ร้อยละ 60 - 80 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการใช้บ่อผึ่งนี้ จะต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมากจึงเหมาะสำหรับชุมชนที่มีราคาที่ดินต่ำ ดูแลและควบคุมได้ง่าย รวมทั้งน้ำเสียจะต้องมีความสกปรกไม่มากจนเกินไป ปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปของบ่อผึ่ง ได้แก่ ปัญหาเรื่องกลิ่น ซึ่งอาจจะเกิดจากความสกปรกของน้ำเสียสูงเกินกว่าที่ระบบสามารถรองรับได้ จึงทำให้เกิดภาวะมีออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุมาจากการขาดแคลนปริมาณสาหร่ายหรือพืชน้ำที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจน จากขบวนการสังเคราะห์ของแสง และรวมทั้งขบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในบริเวณส่วนล่างของบ่อจะทำให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น อาทิ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซมีเทนเป็นต้น การเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อผึ่งให้เหมาะสมกับความสกปรกของน้ำเสียจึงเป็น มาตรการที่สำคัญต่อการแก้ไขปัญหานี้ ซึ่งอาจจะทำได้โดยการใช้เครื่องจักรกลเข้ามาช่วยเช่น การติดตั้งเครื่องเติมอากาศ รวมทั้งการก่อสร้างบ่อให้เพียงพอ ส่วนทำเลที่ตั้งของระบบนี้จะต้องอยู่ห่างไกลจากชุมชน และควรปลูกต้นไม้เพื่อเป็นรั้วธรรมชาติเพื่อลดการฟุ้งกระจายของกลิ่นสู่ภายนอก

## 2.18 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)

บึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนที่จะระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง นอกจากนี้ในระบบบึงประดิษฐ์ก็ยังสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นที่ 2 (Secondary Treatment) สำหรับบำบัดน้ำ

เสียจากชุมชนได้อีกด้วย ซึ่งข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง

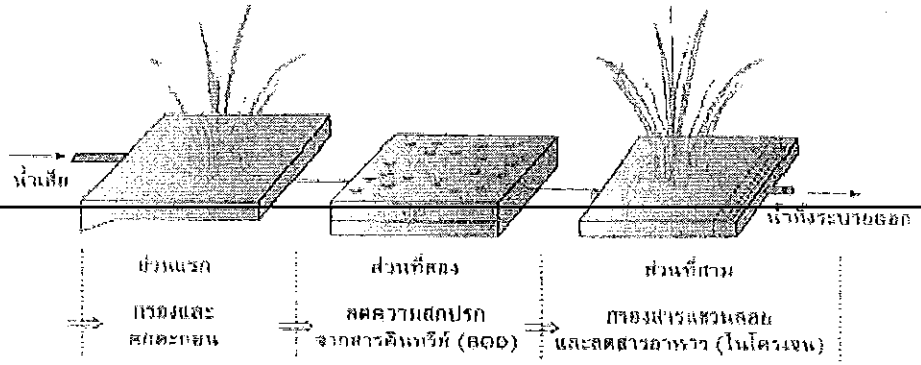
รูปที่ 2.15 บึงประดิษฐ์

ที่มา: http://images.google.co.th/imglanding?q=wetland&imgurl

บึงประดิษฐ์ มี 2 ประเภท ได้แก่ แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) ซึ่งจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันกับบึงธรรมชาติ และแบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชน้ำและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็นตัวกรองน้ำเสีย

1) ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS)

เป็นแบบที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดจากบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว ลักษณะของระบบแบบนี้จะเป็นบ่อดินที่มีการบดอัดดินให้แน่นหรือปูพื้นด้วยแผ่น HDPE ให้ได้ระดับเพื่อให้น้ำเสียไหลตามแนวนอนขนานกับพื้นดิน บ่อดินจะมีความลึกแตกต่างกันเพื่อให้เกิดกระบวนการบำบัดตามธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ โครงสร้างของระบบแบ่งเป็น 3 ส่วน (อาจเป็นบ่อเดียวกันหรือหลายบ่อขึ้นกับการออกแบบ) คือ




รูปที่ 2.16 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland

ที่มา: http://images.google.co.th/imglanding?q=wetland&imgurl

ส่วนแรกเป็นส่วนที่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงโผล่พ้นน้ำและรากเกาะดินปลูกไว้ เช่น กก แฝก ธูปฤาษี เพื่อช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้กำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอยและค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่ง

ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่มีพืชชนิดที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น จอก แหน บัว รวมทั้งพืชขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น สาหร่าย จอก แหน เป็นต้น พื้นที่ส่วนที่สองนี้จะไม่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงโผล่พ้นน้ำเหมือนในส่วนแรกและส่วนที่สาม น้ำในส่วนนี้จึงมีการสัมผัสกับอากาศและแสงแดดทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย และก่อให้เกิดสภาพไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ด้วย

ส่วนที่สาม มีการปลูกพืชในลักษณะเดียวกับส่วนแรก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ และจะทำให้เกิดสภาพดิไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำลดลง ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การออกแบบระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland

| หน่วยบำบัด | เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) | |
|---|---|---|
| | พารามิเตอร์ | ค่าที่ใช้ออกแบบ |
| | Maximum BOD Loading | |
| | กรณีที่ต้องการค่า BOD ของน้ำทิ้ง 20 มก.ล. | 4.5 ก./ตร.ม.-วัน |
| | กรณีที่ต้องการค่า BOD ของน้ำทิ้ง 30 มก.ล. | 6.0 ก./ตร.ม.-วัน |
| | Maximum TSS Loading | |
| 1. ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface : FAS | กรณีที่ต้องการค่า TSS ของน้ำทิ้ง 20 มก.ล. | 3.0 ก./ตร.ม.-วัน |
| | กรณีที่ต้องการค่า TSS ของน้ำทิ้ง 30 มก.ล. | 5.0 ก./ตร.ม.-วัน |
| | ขนาดบ่อ(ความยาว:ความกว้าง) | 3:1 -5:1 |
| | ความลึกน้ำ (เมตร) | |
| | ส่วนที่ 1 และ 3 | 0.6-0.9 เมตร |
| | ส่วนที่ 2 | 1.2-1.5 เมตร |
| | Maximum HRT (at Qmax) | |
| | ของส่วนที่ 1 และ 3 (วัน) | 2 วัน |
| | Maximum HRT (at Qmax) | |
| | ของส่วนที่ 2 (วัน) | 2-3 วัน |

หมายเหตุ : TSS = ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids)

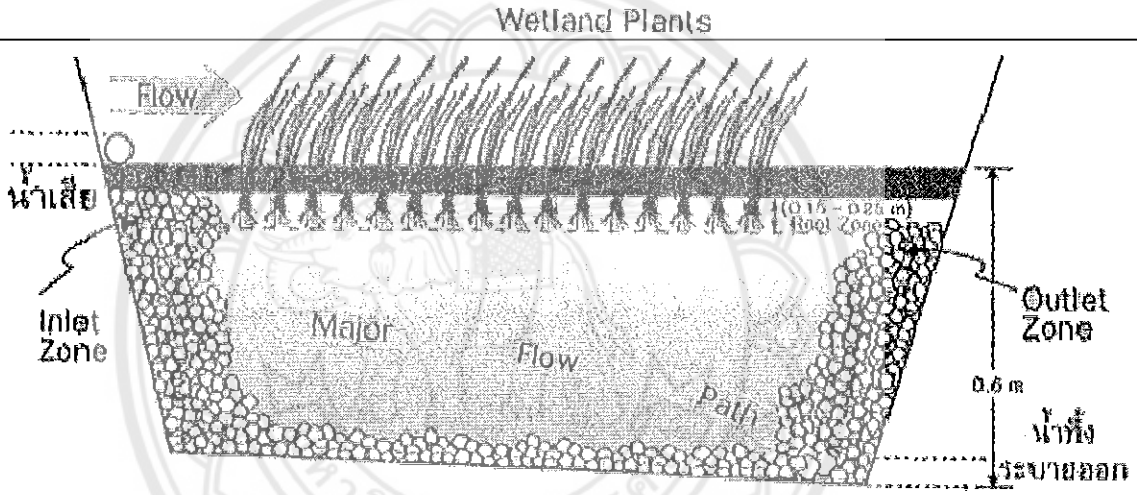
Qmax = Maximum monthly flow และ Qave = Average flow,

HRT = เวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time)

ที่มา : Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater, EPA/625/R-99/010

2) ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)

ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้จะมีข้อดีกว่าแบบ Free Water Surface Wetland คือ เป็นระบบที่แยกน้ำเสียไม่ให้ถูกรบกวนจากแมลงหรือสัตว์ และป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคมาปนเปื้อนกับคนได้ ซึ่งในบางประเทศใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (Septic Tank) และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบ่อปรับเสถียรหรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดจ์สลัดจ์ (Activated Sludge) และระบบอาร์บีซี (RBC) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากอาคารดักน้ำเสีย (CSO) เป็นต้น




รูปที่ 2.17 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System

ที่มา: http://images.google.co.th/imglanding?q=wetland&imgurl

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การออกแบบระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)

| หน่วยบำบัด | เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) | |
|---|---|---|
| | พารามิเตอร์ | ค่าที่ใช้ออกแบบ |
| 1. ระบบบึงประดิษฐ์แบบVegetated Submerged Bed : VSB | **Area Loading Rate** | |
| | กรณีที่ต้องการค่า BOD ของน้ำทิ้ง 20 มก.ล. | 1.6 ก./ตร.ม.-วัน |
| | กรณีที่ต้องการค่า BOD ของน้ำทิ้ง 30 มก.ล. | 6.0 ก./ตร.ม.-วัน |
| | กรณีที่ต้องการค่า TSS ของน้ำทิ้ง 30 มก.ล. | 20 ก./ตร.ม.-วัน |
| | ความลึก (เมตร) | |
| | ตัวกลาง (Media) | 0.5-0.6 เมตร |
| | น้ำ | 0.4-0.5 เมตร |
| | ความกว้าง (เมตร) | < 61 เมตร |
| | ความยาว (เมตร) | > 15 เมตร |
| | ความลาดเอียง (Slope) ของก้นบ่อ % | 0.5-1 |
| | ขนาดของตัวกลาง (Media)(นิ้ว) | |
| | ส่วนรับน้ำเสีย (Inlet Zone) | 1.5 - 3.0 |
| | ส่วนที่ใช้ในการบำบัด (Treatment Zone) | 3/4 - 1 |
| | ส่วนระบายน้ำทิ้ง (Outlet Zone) | 1.5 - 3.0 |
| | ส่วนสำหรับปลูกพืชน้ำ (Planting Media) | 1/4 - 3/4 |

ที่มา : Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater, EPA/625/R-99/010

## 2.19 โรงฆ่าสัตว์ (Slaughter houses )

โดยปกติการฆ่าสุกรของโรงฆ่าสัตว์จะก่อให้เกิดน้ำเสียเฉลี่ยระหว่าง 300-500 ลิตร/ตัว ซึ่งของเสียเหล่านี้จะมีสิ่งสกปรกในรูปของไขมัน น้ำมัน และสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง หากโรงฆ่าสัตว์ไม่มีการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียเหล่านี้ หรือไม่มีการจัดการของเสียและน้ำเสียที่ดีก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือสิ่งแวดล้อมได้ รวมทั้งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนได้อีกด้วยปัจจุบันได้มีการสร้างโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐานมากขึ้น และมีระบบการบำบัดน้ำเสีย โดยส่วนใหญ่จะเป็นระบบบ่อผึ่ง ซึ่งต้องใช้พื้นที่มาก และประสบปัญหาบ่อตื้นเขินเนื่องจากการตกตะกอนของของเสียจากกิจกรรมการฆ่าสัตว์ ทำให้ต้องขุดลอกอยู่บ่อยๆ และในบางส่วนใช้เทคโนโลยีเครื่องเติมอากาศ หรือเครื่องกวนตะกอน ซึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายมากในการบำรุงรักษาและเดินเครื่อง ด้วยเหตุนี้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยจัดการกับน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนนั้นมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ ช่วยลดความสกปรกและกลิ่นเหม็น เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและเดินเครื่องน้อย ยิ่งไปกว่านั้น การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจะได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลพลอยได้ ซึ่งสามารถที่จะนำก๊าซนี้ไปทดแทนการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงหรือใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงฆ่าสัตว์

### 2.19.1 มาตรฐานโรงฆ่าสัตว์

โรงฆ่าสัตว์ควรมีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

2.19.1.1 สถานที่ตั้ง และโรงพักสัตว์ควรตั้งอยู่ในทำเลที่เหมาะสม และควรมีรั้วเพื่อป้องกันบุคคลภายนอกผ่านเข้าออก

2.19.1.2 โรงพักสัตว์ ควรมีพื้นที่ให้เพียงพอสำหรับรองรับจำนวนสัตว์ อากาศถ่ายเทสะดวก ควรมีน้ำที่สะอาด หรืออุปกรณ์ให้น้ำสัตว์อย่างเพียงพอ มีหลังคาในการป้องกันแสงแดดและฝนสำหรับสัตว์ทุกตัว และจะต้องมีระบบระบายน้ำที่ดี

2.19.1.3 โครงสร้างอาคารโรงฆ่าสัตว์ ตัวอาคารโรงฆ่าสัตว์ควรมีความมั่นคง แข็งแรง มีการออกแบบให้ทำความสะอาดง่าย และพื้นผิวภายนอกอาคารควรทำจากวัสดุที่ทนทานต่อสภาพของภูมิอากาศ

2.19.1.4 โครงสร้างภายในโรงฆ่าสัตว์ เช่นพื้น ผนัง เพดาน ประตูและวงกบประตู ต้องทำจากวัสดุที่กันน้ำได้ โดยให้มีความแข็งแรงทนทานต่อการกระทบกระแทกและการสึกกร่อน สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย

2.19.1.5 บริเวณภายในโรงฆ่าสัตว์ ควรมีส่วนประกอบดังนี้

1) บริเวณที่ฆ่าสัตว์และเอาเลือดออก

2) บริเวณเลวกหนัง และขูดขน

3) บริเวณเอาเครื่องในออก

4) ห้องล้างทำความสะอาดเครื่องใน

5) ห้องแช่เย็น

6) บริเวณที่ใช้รับส่งซากสัตว์และเนื้อสัตว์

7) ห้องล้างภาชนะและอุปกรณ์

8) สถานที่เก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำความสะอาด

9) ระบบแสงสว่าง

10) น้ำใช้

11) สิ่งอำนวยความสะดวก

12) อ่างล้างมือ

13) ห้องทำงานพนักงานตรวจโรคสัตว์และพนักงานเจ้าหน้าที่

2.19.1.6 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ ทำมาจากวัสดุที่ไม่เป็นสนิม พื้นผิวเรียบ ไม่มีรอยแยก หรือรอยแตก การบัดกรีเชื่อมรอยต่อต้องเรียบสนิท สามารถล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้

- วัสดุที่ไม่อนุญาตในการทำเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ ที่สัมผัสกับซากสัตว์ และเนื้อสัตว์ ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง รวมถึงโลหะที่มีส่วนผสมของแคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว การทาสีหรือมีการเคลือบผิวหน้าวัสดุ ไม้ อลูมิเนียม และเครื่องปั้นดินเผา

2.19.1.7 ระบบบำบัดน้ำเสีย

1) สถานที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงฆ่าสัตว์นั้นควรที่จะตั้งอยู่ห่างจากอาคารผลิต เพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่ปนเปื้อนซากสัตว์หรือเนื้อสัตว์

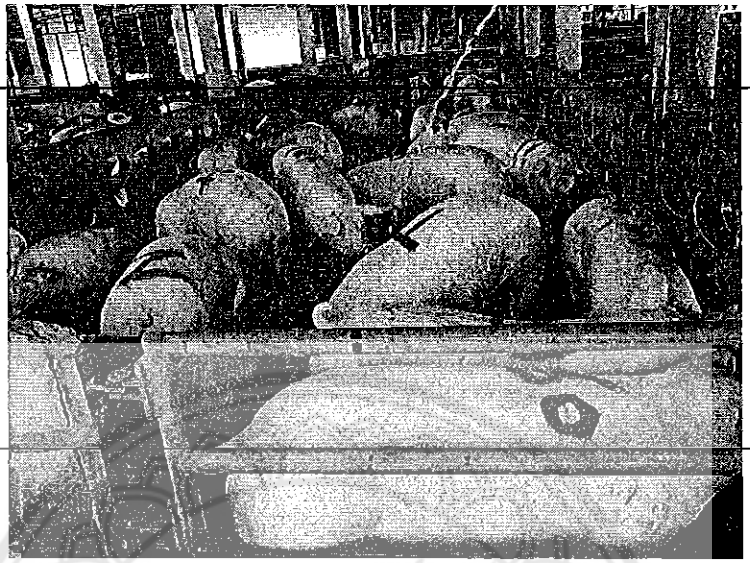
2) ต้องมีระบบในบำบัดน้ำเสีย เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งให้มีมาตรฐานน้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

**ตารางที่** 2.4 มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ประเภทชำแหละสัตว์)

| ดัชนีคุณภาพน้ำ | เกณฑ์สูงสุด |
|---|---|
| pH | 5.5 - 9 |
| BOD | 60 (mg/l) |
| COD | 120 - 400 (mg/l) |
| TDS | 3000 – 5000 (mg/l) |
| SS | 50 – 150 (mg/l) |
| TKN | 100-200 (mg/l) |
| น้ำมันและไขมัน | 5 - 15 (mg/l) |

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม และกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

## 2.20 ฟาร์มสุกร



รูปที่ 2.18 ฟาร์มสุกร

### 2.20.1 ของเสียจากฟาร์มสุกร

ของเสียจากฟาร์มสุกรมี 2 ประเภทหลัก คือ ส่วนที่เป็นมูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอก อีกส่วนหนึ่งเกิดจากการล้างคอกด้วยน้ำ และปัสสาวะสุกรซึ่งจะกลายเป็นน้ำเสีย

-มูลสุกรการเลี้ยงสุกรทำให้เกิดมูลสุกรเป็นจำนวนมากหากไม่มีการจัดการที่ดีโดยเฉพาะด้านความสะอาดจะเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะบนพื้นคอกที่มีการหมักหมมของมูลสุกรและใต้พื้นคอกที่มีการตกค้างของมูลสุกรปัสสาวะและน้ำจากการล้างคอก

-น้ำเสียน้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เกิดจากการล้างทำความสะอาดคอกและโรงเรียน ซึ่งในการทำความสะอาดคอก ควรเก็บกวาดมูลสุกรออกจากพื้นคอกก่อน เพื่อลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย

-ของเสียอื่น ในการเลี้ยงสุกรยังทำให้เกิดของเสียอื่น ๆ อีกหลายชนิดซึ่งต้องมีการกำจัดที่ถูกต้อง เช่น ขวดยา ขวดน้ำเสีย เข็มฉีดยา รก และซากสุกรที่ตายต้องมีการฝังกลบให้เรียบร้อย สำหรับถุงใส่อาหารสัตว์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือใช้เป็นถุงบรรจุมูลสุกรขายเป็นปุ๋ย เป็นต้น

**ตารางที่ 2.5** มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

| มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ดัชนีคุณภาพน้ำ | หน่วย | เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด | | |
| | | มาตรฐาน ก | มาตรฐาน ข | วิธีการตรวจสอบ |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | - | 5.5-9 | 5.5-9 | pH meter แบบ Electronmetric Titration ที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย |
| 2. บีโอดี (BOD) | มก./ล. | 60 | 100 | Azide Modification หรือ Membrane Electrode |
| 3. ซีโอดี (COD) | มก./ล. | 300 | 400 | Potassium Dichromate Digestion แบบ Open Reflux หรือ Closed Reflux |
| 4. สารแขวนลอย (SS) | มก./ล. | 150 | 200 | Glass Fiber Filter Disc และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 ° - 105 ° C |
| 5. ไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น (TKN) | มก./ล. | 120 | 200 | Kjeldahl และตรวจวัดแอมโมเนียด้วยวิธีการ Colorimetric หรือ Ammonia Selective Electrode |

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม และกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

หมายเหตุ : มาตรฐาน ก ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มประเภท ก และมาตรฐาน ข ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งสำหรับฟาร์ม ประเภท ข และ ค

การแบ่งประเภทของฟาร์มสุกรจะใช้น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ (นปส.) หรือ Livestock Unit เป็นเกณฑ์ เนื่องจากฟาร์มแต่ละแห่งจะประกอบด้วยสุกรที่มีความแตกต่างกันทั้งประเภท ขนาด และช่วงอายุ ซึ่งจะทำให้เกิดของเสียและน้ำเสียในปริมาณที่แตกต่าง โดยมีข้อกำหนดดังนี้

**2.20.1 ประเภทของฟาร์มสุกร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้**

1) ประเภท ก มีน้ำหนักหน่วยปศุสสัตว์ มากกว่า 600 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสูตรมากกว่า 5,000 ตัว)

2) ประเภท ข มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ ตั้งแต่ 60-600 นปส.(เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 500-5,000 ตัว)

3) ประเภท ค มีน้ำหนักปศุสัตว์ ตั้งแต่ 6-น้อยกว่า 60 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 50-น้อยกว่า 500 ตัว)

**2.20.2 หลักเกณฑ์การใช้น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์**

เมื่อ น้ำหนักหน่วยของปศุสัตว์ 1 หน่วย จะเท่ากับน้ำหนักของสุกรรวม 500 กิโลกรัม

โดย น้ำหนักเฉลี่ยสุกรพ่อ-แม่พันธ์ เท่ากับ 170 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยสุกรขุน เท่ากับ 60 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยลูกสุกร เท่ากับ 12 กิโลกรัม

การบังคับใช้มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรจะเริ่มใช้บังคับกับฟาร์มสุกรประเภท ก (ขนาดใหญ่) และ ประเภท ข (ขนาดกลาง) ก่อนโดยกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษตามมาตรา 69 ของพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งของแหล่งกำเนิดมลพิษ

สำหรับฟาร์มสุกรประเภท ค (ขนาดเล็ก) จะยังไม่บังคับใช้มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มดังกล่าว แต่การที่จะใช้เสมือนเป็นมาตรฐานทางวิชาการที่จะสนับสนุนและส่งเสริมให้ฟาร์มสุกร ขนาดเล็กมีการจัดการฟาร์มที่ถูกต้องก่อนที่จะมีการใช้บังคับในระยะต่อไป เนื่องจากฟาร์มประเภท ค มีเป็นจำนวนมากและมีศักยภาพในการลงทุนต่ำ จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการประชาสัมพันธ์ สนับสนุนการปรับปรุงวิธีการจัดการฟาร์ม ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ หรือช่วยเหลือในการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินโครงงาน

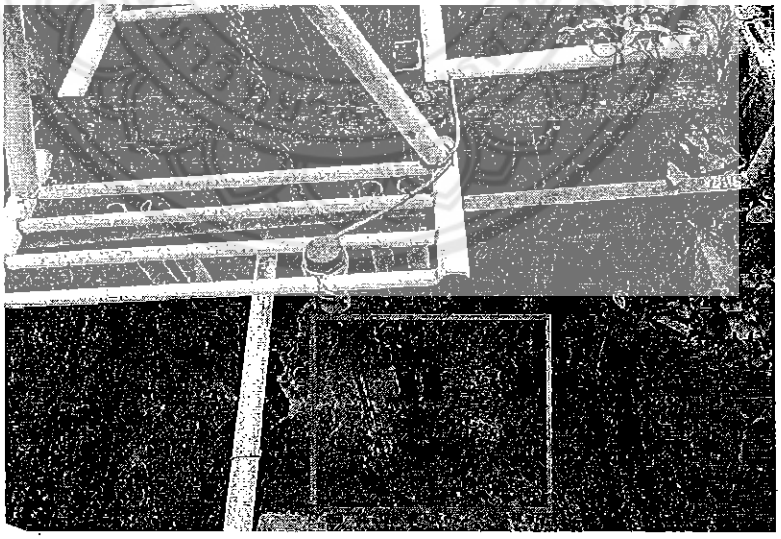
การดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย ของโรงฆ่าสัตว์ (สุกร) เทศบาลนครพิษณุโลก

## 3.1 เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.1.1 ตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดจนปล่อยน้ำออก โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤจิกายน 2552 – เดือนกุมภาพันธ์ 2553

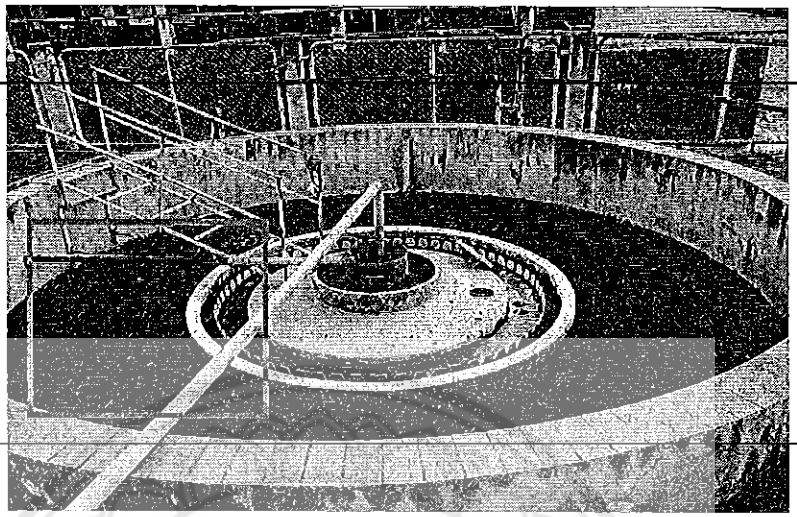
จุดที่เก็บมีดังนี้

ก. จุดเก็บที่ 1 บ่อสูบน้ำเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัด



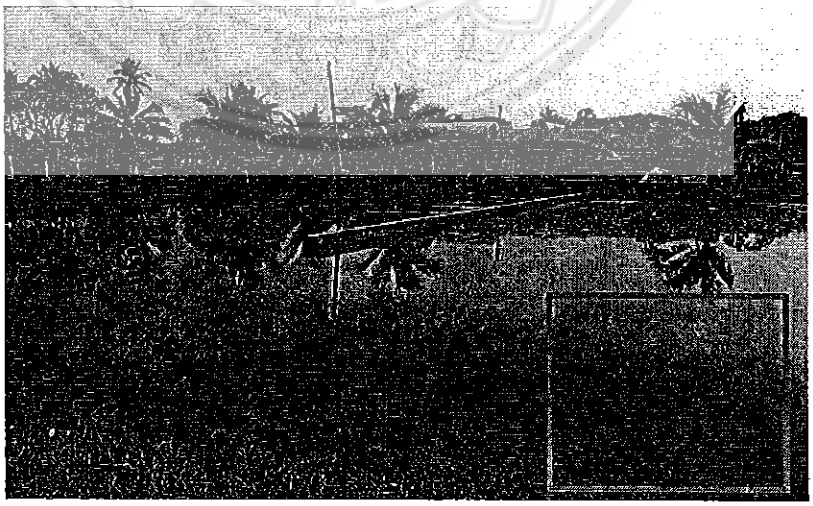
รูปที่ 3.1 จุดเก็บที่ 1 น้ำเข้า

ข. จุดเก็บที่ 2 เก็บน้ำออกจากบ่อ UASB



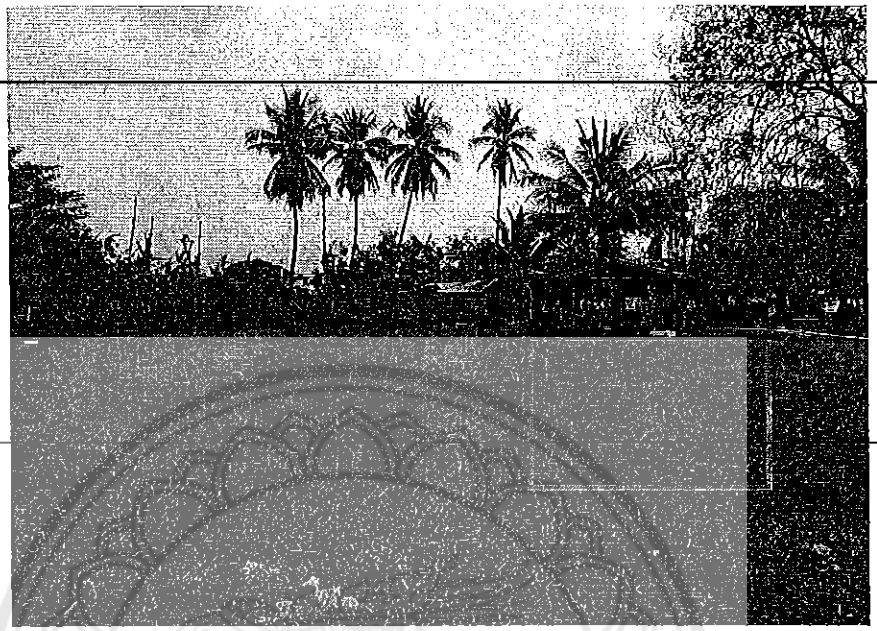
**รูปที่ 3.2** จุดเก็บที่ 2 บ่อ UASB

ค. จุดเก็บที่ 3 เก็บน้ำจากบ่อผึ่งที่ 1



**รูปที่ 3.3** จุดเก็บที่ 3 บ่อผึ่งที่ 1

ง. จุดเก็บที่ 4 เก็บน้ำจากบ่อผึ่งที่ 5



รูปที่ 3.4 จุดเก็บที่ 4 บ่อผึ่งที่ 5

3.1.2 วิธีการเก็บน้ำตัวอย่าง

ในการเก็บน้ำตัวอย่างทั้ง 4 จุด ทำโดยการเก็บตัวอย่างจากข้างสระน้ำโดยใช้ถังตักน้ำ มีวิธีการเก็บดังนี้

3.1.2.1 ตักน้ำตัวอย่างแล้วทำการวัดอุณหภูมิทันที ด้วยเทอร์โมมิเตอร์

3.1.2.2 เทน้ำใส่ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่นๆที่ห้องทดลองต่อ ปิดฉลากแสดงชนิดของน้ำแต่ละจุดที่เก็บมา และเขียน วัน /เดือน/ ปี ที่เก็บน้ำตัวอย่างให้เรียบร้อย

3.1.2.3 เทน้ำตัวอย่างใส่ขวดบีโอดีจนเต็มขวด แล้วเติมสารสะลายแมงกานีสซัลเฟต ตามด้วยสารละลาย AIA อย่างละ 1 มิลลิลิตร ด้วยปิเปต เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำมาวิเคราะห์ต่อที่ห้องทดลอง(สำหรับการวิเคราะห์ค่า DO)

3.1.2.4 ทำความสะอาดอุปกรณ์การเก็บนน้ำ

3.1.3 นำข้อมูลคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ และประสิทธิภาพของระบบ

## 3.2 ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์(สุกร) เทศบาลนครพิษณุโลก

การดำเนินงานได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ โดย

3.2.1 ศึกษาจากข้อมูลเดิมโดยจะทำให้ได้ทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์

3.2.2 ศึกษาแบบแปลนของโรงฆ่าสัตว์

3.2.3 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียและวิธีการใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย โดยสอบถามจากเจ้าหน้าที่

## 3.3 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์

ทำการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ, ค่าพีเอช(pH), ค่าของแข็งทั้งหมด(TS) ,ค่าของแข็งแขวนลอย(SS), ออกซิเจนละลายน้ำ(DO), บีโอดี(BOD), ซีโอดี(COD), ไนเตรท, โคลิฟอร์ม, และทีเคเอ็น (TKN)

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

| พารามิเตอร์ | วิธีวิเคราะห์ | เครื่องมือที่ใช้ |
|---|---|---|
| อุณหภูมิ | Thermometer | - |
| pH | Electrometric Method | pH Meter ยี่ห้อ Denver instrument |
| ซีโอดี | Close reflux | ตู้อบ 150°c |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | Azide Modification | - |
| บีโอดี | $BOD_5$ Test | ตู้อบ 20°c |
| โคลิฟอร์มแบคทีเรีย | Multiple Tube Fermentation Technique | ตู้อบ 35°c |
| ของแข็งทั้งหมด | Dried at 103 – 105° C | Water Bath |
| ของแข็งแขวนลอย | Gravimetric method | Vacuum pump |
| ทีเคเอ็น | Kjeldahl method | ชุดย่อยและกลั่นไนโตรเจน |
| ไนไตรท-ไนเตรท | Colorimetric method | Vis-spectrophotometer |

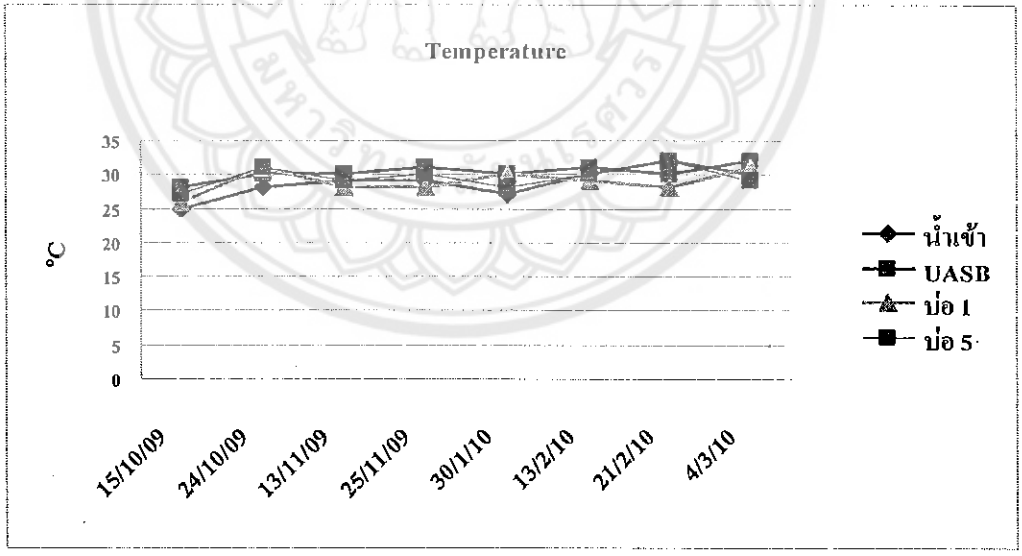
# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิเคราะห์

## 4.1 ผลการทดลอง

### 4.1.1 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

**ตารางที่ 4.1** ค่าอุณหภูมิ

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 25 | 28 | 29 | 29 | 27 | 30 | 32 | 30 | 29 |
| UASB | 28 | 30 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 32 | 30 |
| บ่อ 1 | 26 | 31 | 28 | 28 | 30 | 29 | 28 | 31 | 29 |
| บ่อ 5 | 27 | 31 | 29 | 30 | 28 | 30 | 32 | 29 | 30 |




**รูปที่ 4.1** กราฟอุณหภูมิ

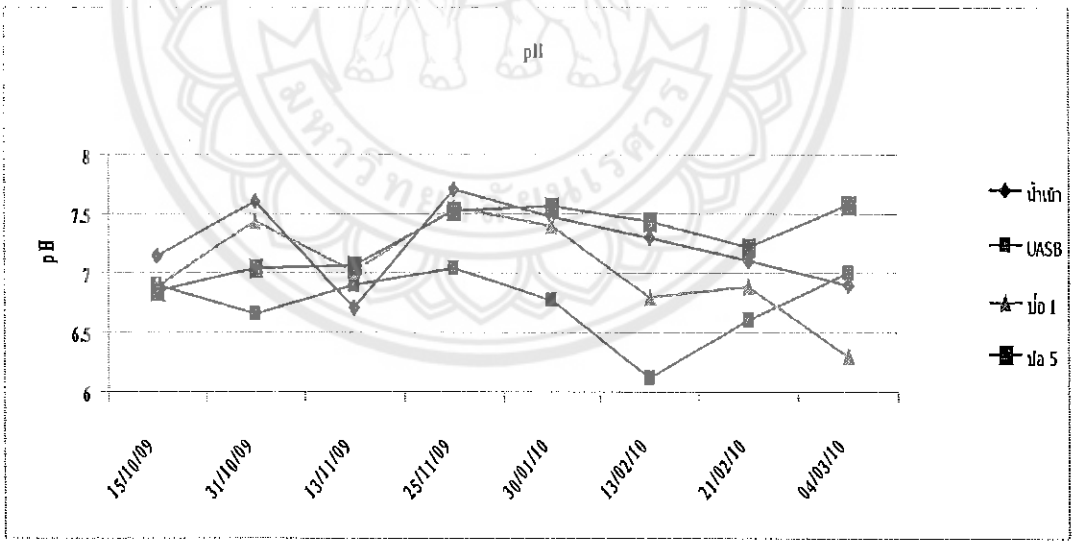
ค่าอุณหภูมิที่สูงเกินไป จะทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้ยังทำให้ออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวมีค่าลดลง

จากกราฟแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29 °c น้ำผ่าน UASB มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในน้ำออกบ่อ 5 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30 °c

**4.1.2 ค่าพีเอช (pH)**

**ตารางที่ 4.2 ค่าพีเอช**

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 7.14 | 7.6 | 6.7 | 7.7 | 7.47 | 7.3 | 7.1 | 6.9 | 7.2 |
| UASB | 6.9 | 6.65 | 6.9 | 7.04 | 6.77 | 6.11 | 6.6 | 7 | 6.7 |
| บ่อ 1 | 6.89 | 7.43 | 7.01 | 7.55 | 7.4 | 6.8 | 6.89 | 6.3 | 7 |
| บ่อ 5 | 6.84 | 7.04 | 7.06 | 7.53 | 7.57 | 7.43 | 7.22 | 7.58 | 7.3 |




**รูปที่ 4.2 กราฟพีเอช**

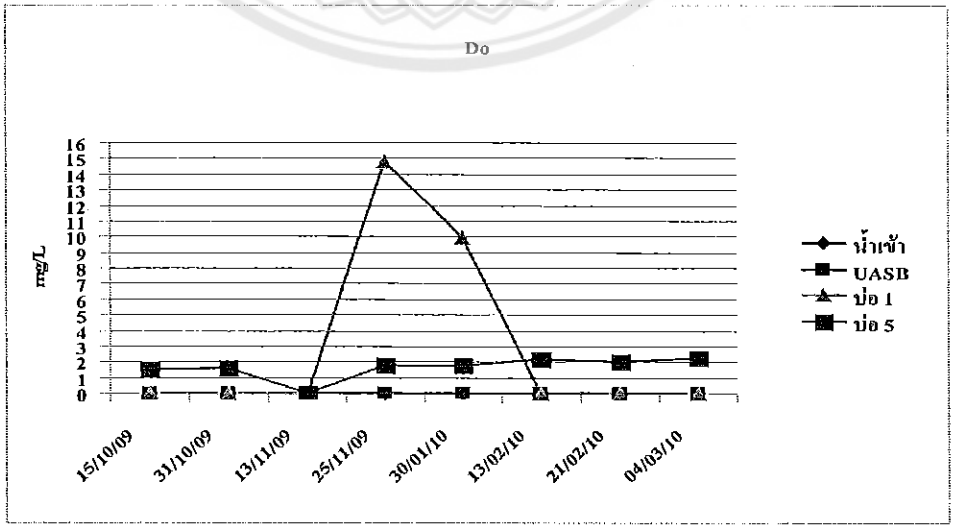
ค่าพีเอช จะแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำเสียนั้นๆซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งวิธีการทางชีวภาพและทางเคมี

จากกราฟแสดงค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.2 น้ำผ่าน UASB มีพีเอชลดลงเล็กน้อยน่าจะมาจากกรดที่เกิดขึ้นจากการย่อยแบบแอนแอโรบิค ในน้ำออกบ่อ 5 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3 และเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร และเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทชำแหละสัตว์ (5.5-9) พบว่าผ่านทั้งสองมาตรฐาน

### 4.1.3 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

**ตารางที่ 4.3** ค่าออกซิเจนละลายน้ำ

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UASB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| บ่อ 1 | 0 | 0 | 0 | 14.8 | 9.9 | 0 | 0 | 0 | 3.09 |
| บ่อ 5 | 1.5 | 1.6 | 0 | 1.8 | 1.8 | 2.2 | 2 | 2.3 | 1.65 |




**รูปที่ 4.3** กราฟดีโอ

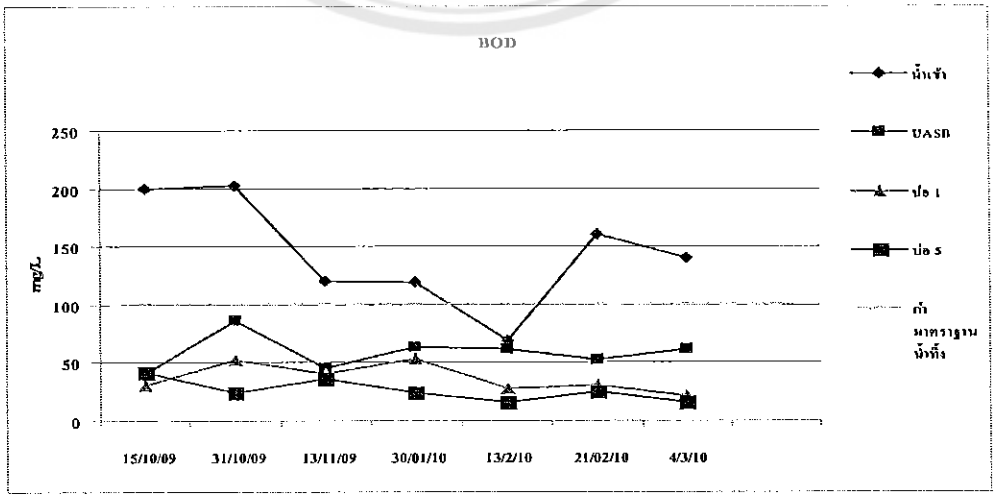
สิ่งมีชีวิตในน้ำจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยการอาศัยออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำนี้ ซึ่งมาจากการละลายของออกซิเจนในอากาศ และจากกระบวนการสังเคราะห์แสง

จากกราฟแสดงค่าดีโอของน้ำเสียเข้าระบบและน้ำที่ผ่าน UASB ไม่พบค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ส่วนในน้ำออกบ่อ 5 มีค่าดีโอเฉลี่ยอยู่ที่ 1.65 มก./ล. แสดงว่ามีการย่อยสลายแบบแอโรบิคโดยได้ออกซิเจนจากอากาศ ส่วนน้ำในบ่อที่ 1 ส่วนใหญ่จะไม่มีออกซิเจนแสดงว่า เกิดการบำบัดแบบแอนแอโรบิค แต่มีสองครั้งที่มีดีโอในบ่อสูงมาก (10-14 มก./ล.) อาจเนื่องจากสาหร่ายในบ่อสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจน

**4.1.4 ค่าบีโอดี (BOD)**

ตารางที่ 4.4 ค่าบีโอดี

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 200 | 202.5 | 120 | 119.2 | 68.4 | 160 | 140 | 144.3 |
| UASB | 40 | 86 | 45 | 63.3 | 61.7 | 53 | 61.7 | 58.7 |
| บ่อ 1 | 30 | 52 | 40 | 53.3 | 27.5 | 30 | 21.5 | 36.3 |
| บ่อ 5 | 41.5 | 24 | 36 | 24.2 | 15.8 | 25 | 15.9 | 26.1 |




รูปที่ 4.4 กราฟบีโอดี

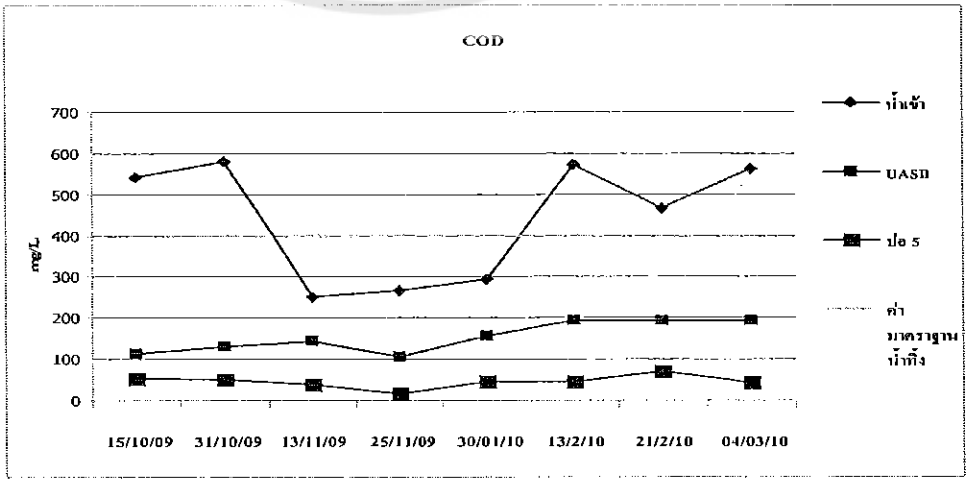
บีโอดีเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่เป็นตัวชี้วัดปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ค่าบีโอดีนี้จะสัมพันธ์กับการปนเปื้อน หรือการเน่าเสียของน้ำโดยสารอินทรีย์

จากกราฟแสดงค่าบีโอดีของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 144.3 มก./ล. เมื่อผ่าน UASB แล้วลดเหลือเฉลี่ย 58.7 มก./ล. ในน้ำออกมีค่าบีโอดีเฉลี่ยอยู่ที่ 26.1 มก./ล.ประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อผ่าน UASB และบ่อ 5 เท่ากับ 59.39 , 78.96 % ตามลำดับ โดยค่าบีโอดีเฉลี่ยในน้ำออกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร(ไม่เกิน100 มก./ล.) พบว่า ผ่านมาตรฐาน และเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทชำแหละสัตว์ (ไม่เกิน 60 มก./ล.) จะพบได้ว่าผ่านมาตรฐาน

**4.1.5** ค่าซีโอดี (COD)

ตารางที่ 4.5 ค่าซีโอดี

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 543 | 578.5 | 250 | 267 | 293.5 | 572.5 | 465.5 | 562.5 | 442 |
| UASB | 114.00 | 131.7 | 144.2 | 105 | 154.9 | 192.10 | 194 | 194 | 154 |
| บ่อ 5 | 53.4 | 49.9 | 37.4 | 16 | 46.3 | 44.6 | 69.80 | 42.7 | 45 |




**รูปที่ 4.5** กราฟซีโอดี

ซีโอดีเป็นปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นคาร์บอน-ไดออกไซด์และน้ำ ค่าซีโอดีนี้จะบอกถึงปริมาณของสารอินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ

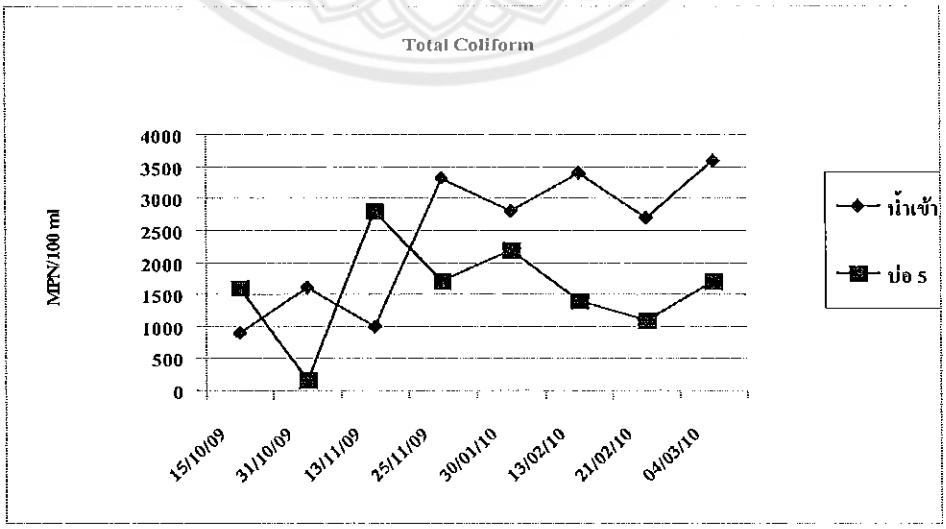
จากกราฟแสดงค่าซีโอดีของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 442 มก./ล. เมื่อผ่าน UASB แล้วมีค่าเฉลี่ย 154 มก./ล. ในน้ำออกมีค่าซีโอดีเฉลี่ยอยู่ที่ 45 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อผ่าน UASB และบ่อ 5 เท่ากับ 65.18, 89.81 % ตามลำดับ ค่าซีโอดีเฉลี่ยในน้ำออกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร (ไม่เกิน 400 มก./ล.) พบว่าผ่านมาตรฐาน และเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทชำแหละสัตว์ (สูงสุด 120 - 400 มก./ล.) พบว่าผ่านมาตรฐาน

อนึ่งค่าบีโอดี/ซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกจากบ่อ 5 เท่ากับ 0.33 , 0.51 ตามลำดับ

### 4.1.6 ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform)

ตารางที่ 4.6 ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (MPN/100ml) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 900 | 1600 | 1000 | 3300 | 2800 | 3400 | 2700 | 3600 | 2412.5 |
| บ่อ 5 | 1600 | 170 | 2800 | 1700 | 2200 | 1400 | 1100 | 1700 | 1583.75 |




รูปที่ 4.6 กราฟโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

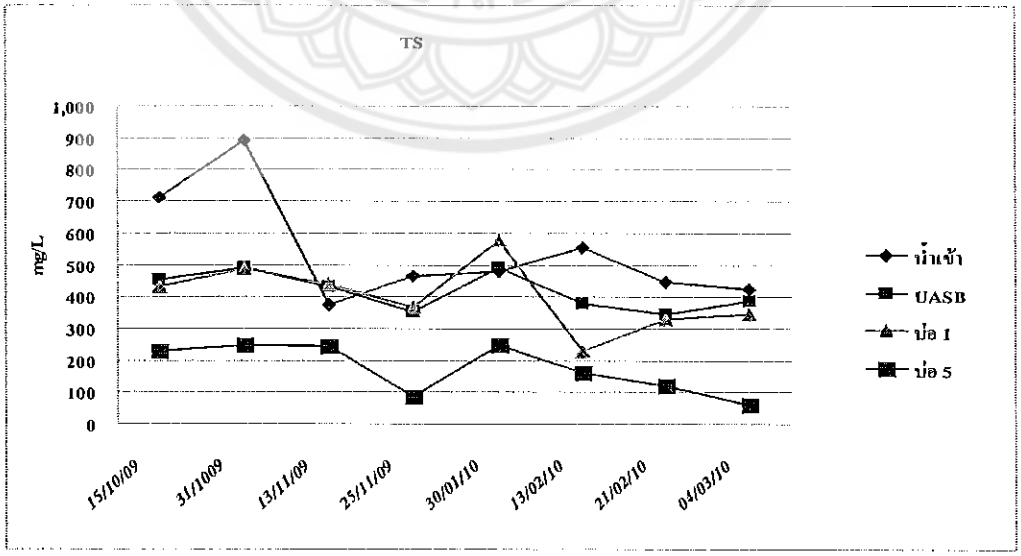
จากการตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำเป็นดัชนีชี้ให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใด และจะสามารถสรุปได้ว่าน้ำนั้นมีอุจจาระหรือปัสสาวะของคนหรือสัตว์ปนเปื้อนอยู่

จากกราฟแสดงค่าโคลิฟอร์มของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2412.5 MPN/100ml ในน้ำออกมีค่าโคลิฟอร์มเฉลี่ยอยู่ที่ 1583.75 MPN/100ml ประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 34.35 %

### 4.1.7 ค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS)

**ตารางที่ 4.7** ค่าของแข็งทั้งหมด

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 710 | 890 | 376 | 464 | 480 | 556 | 444 | 422 | 543 |
| UASB | 453 | 492 | 432 | 352 | 490 | 380 | 346 | 386 | 416 |
| บ่อ 1 | 432 | 486 | 440 | 368 | 578 | 228 | 330 | 344 | 401 |
| บ่อ 5 | 230 | 249 | 245 | 88 | 246 | 161 | 120 | 59 | 175 |




**รูปที่ 4.7** กราฟค่าของแข็งทั้งหมด

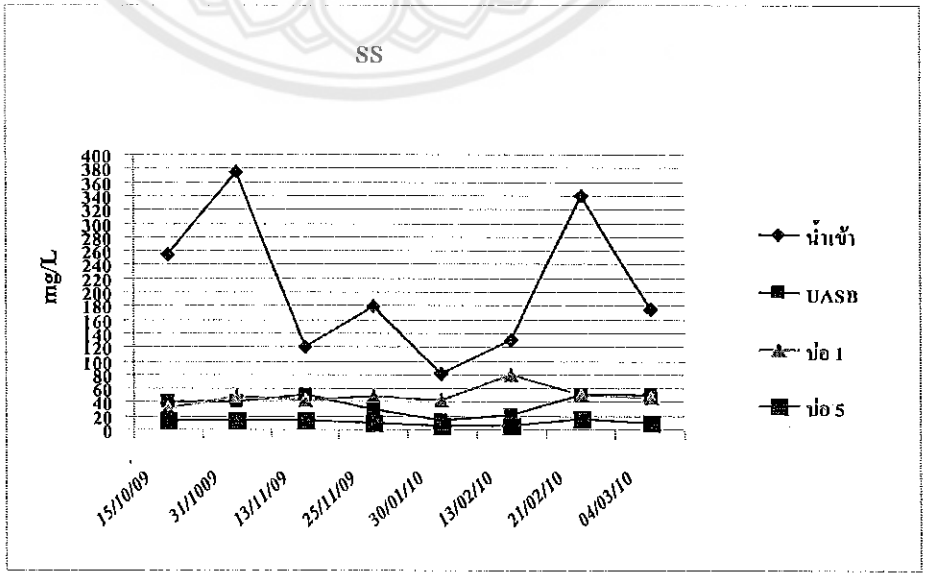
ของแข็งทั้งหมดในน้ำ คือ ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย ตะกอนและสารที่ละลายน้ำได้ซึ่งเหลือเป็นตะกอนเมื่อผ่านการระเหยในถ้วย ส่วนใหญ่เป็นเกลืออนินทรีย์ มีอินทรีย์สารน้อย

จากกราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำ ของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 543 มก./ล. เมื่อผ่าน UASB แล้วลดลงเหลือ 416 มก./ล. ในน้ำออกมีค่าของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ที่ 175 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อผ่าน UASB และบ่อ 5 เท่ากับ 23.28 , 67.8 % ตามลำดับ

**4.1.8 ค่าของแข็งแขวนลอย (SS)**

ตารางที่ 4.8 ค่าของแข็งแขวนลอย

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 255 | 375 | 120 | 178 | 81 | 130 | 340 | 175 | 207 |
| UASB | 40 | 40 | 51 | 29 | 13 | 21 | 51 | 51 | 37 |
| บ่อ 1 | 32 | 48 | 42 | 48 | 43 | 79 | 50 | 46 | 49 |
| บ่อ 5 | 14 | 13 | 14 | 9 | 6 | 6 | 16 | 10 | 11 |




**รูปที่ 4.8** กราฟของแข็งแขวนลอย

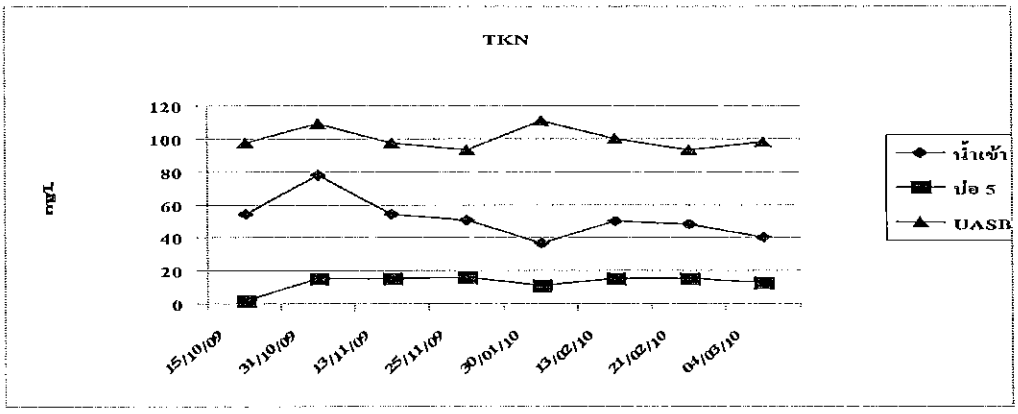
ค่าของแข็งแขวนลอย แสดงถึงปริมาณสิ่งเจือปนที่ไม่ละลายทั้งหมดในน้ำ ซึ่งหากมีค่ามากแหล่งน้ำจะมีความขุ่นมาก

จากกราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 207 มก./ล. เมื่อผ่าน UASB ลดเหลือ 37 มก./ล. ในน้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยอยู่ที่ 11 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อผ่าน UASB และบ่อ 5 เท่ากับ 82.1 , 94.68 % ตามลำดับ ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในน้ำออกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร (ไม่เกิน200 มก./ล.) พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทชำแหละสัตว์ (สูงสุด 50-150 มก./ล.) พบว่าผ่านมาตรฐาน

4.1.9 ค่าทีเคเอ็น (TKN)

ตารางที่ 4.9 ค่าทีเคเอ็น

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 54.4 | 77.7 | 54.3 | 50.4 | 36.4 | 50.1 | 48.2 | 40.4 | 51.5 |
| UASB | 97.3 | 108.8 | 97.3 | 93.2 | 110.6 | 100.2 | 93.3 | 98.3 | 99.9 |
| บ่อ 5 | 1.8 | 15.5 | 15.3 | 15.6 | 11.2 | 15.3 | 15.3 | 12.8 | 12.9 |




รูปที่ 4.9 กราฟทีเคเอ็น

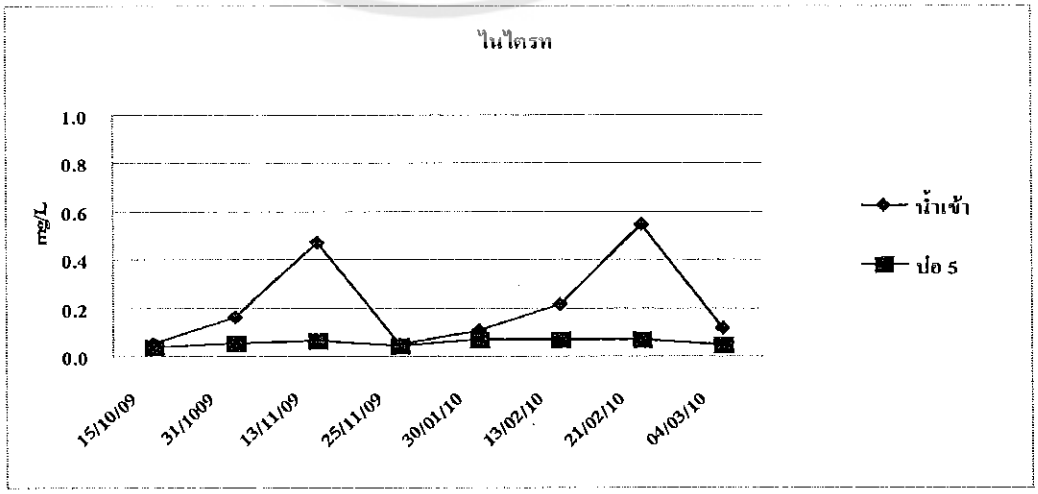
ค่าทีเคเอ็นเป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ ผลรวมระหว่างอินทรีย์สารไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนที่อยู่ในโปรตีนของพืชหรือสัตว์

จากกราฟแสดงค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 51.5 มก./ล. เมื่อผ่าน UASB ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นไปที่ 99.9 มก./ล. อาจเนื่องจากตะกอนที่เจ้าหน้าที่ใส่ในรางหมักเป็นระยะๆเพื่อผลิตก๊าซ ในน้ำออกมีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยอยู่ที่ 12.9 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อผ่าน UASB และบ่อ 5 เท่ากับ -93.98 , 75 % ตามลำดับ ค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยในน้ำออกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร (ไม่เกิน200 มก./ล.) พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานและเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทชำแหละสัตว์ (สูงสุด 100-150 มก./ล.) พบว่าผ่านมาตรฐาน

### 4.1.10 ค่าไนไตรท ($NO_2^-$)

ตารางที่ 4.10 ค่าไนไตรท

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 0.052 | 0.162 | 0.469 | 0.049 | 0.107 | 0.214 | 0.544 | 0.117 | 0.21 |
| บ่อ 5 | 0.039 | 0.052 | 0.062 | 0.042 | 0.068 | 0.071 | 0.071 | 0.049 | 0.06 |




**รูปที่ 4.10** กราฟไนไตรท

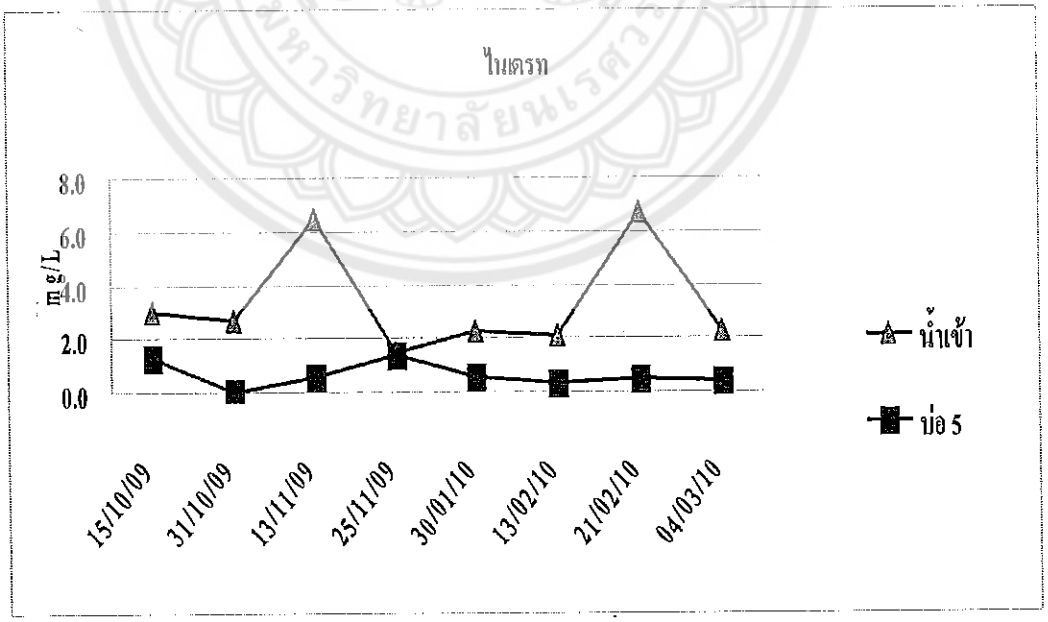
ค่าไนไตรทหากมีค่ามาก (เกิน 1 มก./ล.) อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

จากกราฟแสดงค่าไนไตรทของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.21 มก./ล.ในน้ำออกมีค่าไนไตรทเฉลี่ยอยู่ที่ 0.06 มก./ล.

**4.1.11 ค่าไนเตรท ($NO_3^-$)**

**ตารางที่ 4.11 ค่าไนเตรท**

| จุดเก็บ/วันที่ | 15/10/09 | 31/10/09 | 13/11/09 | 25/11/09 | 30/01/10 | 13/02/10 | 21/02/10 | 04/03/10 | ค่าเฉลี่ย (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำเข้า | 2.958 | 2.704 | 6.464 | 1.429 | 2.233 | 2.078 | 6.724 | 2.271 | 3 |
| บ่อ 5 | 1.296 | 0.039 | 0.555 | 1.341 | 0.549 | 0.307 | 0.498 | 0.425 | 1 |



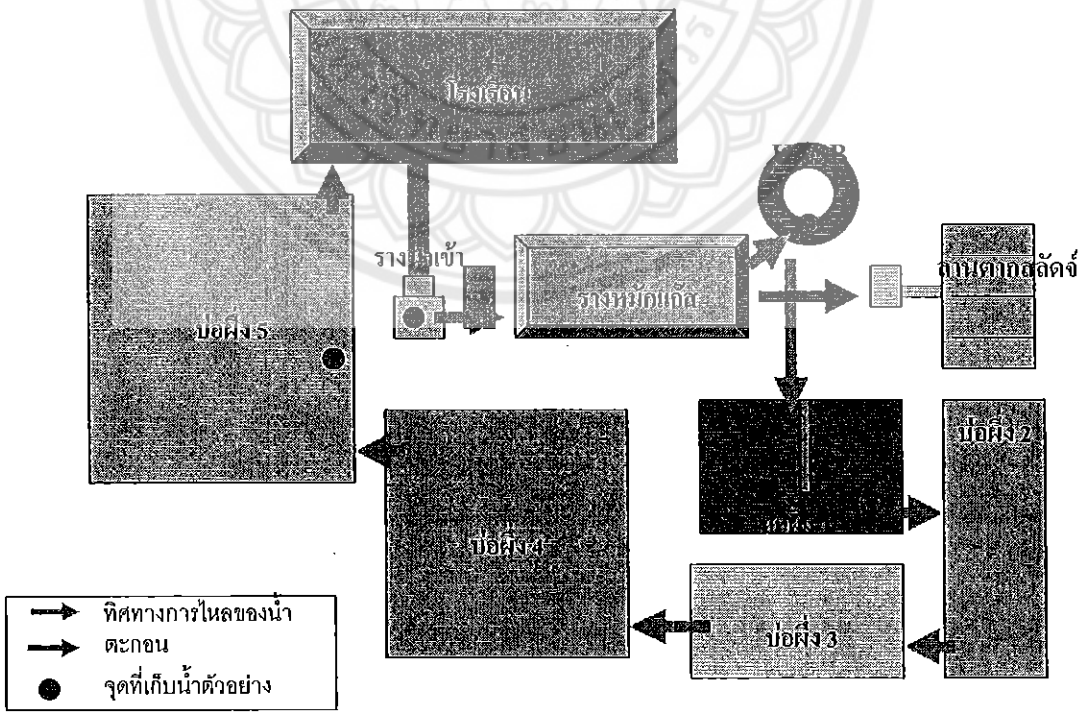

**รูปที่ 4.11 กราฟไนเตรท**

ค่าไนเตรท แสดงให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในระบบ ปริมาณไนเตรตที่สูงเกินค่ากำหนดในแหล่งน้ำ มีผลสุขภาพของสัตว์ และสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และทำให้เกิดโรค Blue Baby Syndrome ในเด็กทารกได้

จากกราฟแสดงค่าไนเตรทของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3 มก./ล.และในน้ำออกจะมีค่าไนเตรทเฉลี่ยอยู่ที่ 1 มก./ล.

## 4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์

รูปที่ 4.12 แสดงถึงลักษณะการไหล (Flow chart) ของน้ำเสียในระบบบำบัด จะเห็นว่าน้ำเสียไหลเข้ารางหมักแก๊ส เพื่อหมักให้ได้แก๊สชีวภาพ และไหลไปที่บ่อ UASB ตะกอนส่วนเกินจากระบบทั้งสองจะถูกปล่อยไปตากที่ลานตากสลัดจ์ น้ำที่ออกจาก UASB จะไหลไปบำบัดยังบ่อบำบัดแบบธรรมชาติ (บ่อผึ่ง) ซึ่งต่ออนุกรมกัน 5 บ่อ น้ำออกจากบ่อสุดท้ายจะนำกลับไปล้างพื้น อุปกรณ์ และล้างตัวสุกร




**รูปที่ 4.12 การทำงานของระบบบำบัด**

บ่อบำบัดที่สำคัญมีขนาดดังนี้

บ่อ UASB ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 เมตร ลึก 5 เมตร ปริมาตรบ่อ 35 ลบ.ม.
บ่อผึ่งที่ 1 ขนาดกว้าง 25 เมตร, ยาว 30 เมตร, ลึก 3 เมตร, ปริมาตรบ่อ 2250 ลบ.ม.
บ่อผึ่งที่ 2 ขนาดกว้าง 26 เมตร, ยาว 41 เมตร, ลึก 3 เมตร, ปริมาตรบ่อ 3198 ลบ.ม.
บ่อผึ่งที่ 3 ขนาดกว้าง 20 เมตร, ยาว 26 เมตร, ลึก 3 เมตร, ปริมาตรบ่อ 1560 ลบ.ม.
บ่อผึ่งที่ 4 ขนาดกว้าง 20 เมตร, ยาว 48 เมตร, ลึก 3 เมตร, ปริมาตรบ่อ 2880 ลบ.ม.
บ่อผึ่งที่ 5 ขนาดกว้าง 40 เมตร, ยาว 46 เมตร, ลึก 5 เมตร, ปริมาตรบ่อ 9200 ลบ.ม.

## 4.3 คำนวณตรวจสอบระบบบำบัด

### 4.3.1 บ่อ UASB

กำหนดให้

เส้นผ่าศูนย์กลางบ่อ = 5.2 เมตร

ความลึกบ่อ = 5 เมตร

น้ำเสียมีค่า BOD = 144.3 มก./ล.

อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน = 60 ลบ.ม./วัน (ประมาณ หมู 200 ตัว ใช้น้ำ 60,000 ลิตร)

ปริมาณ BOD = 144.3 x 60

= 8,658 ก.บีโอดี / วัน

ปริมาตรบ่อ UASB = $(\pi D^2/4) \times$ ลึก

= $(\pi(5.2^2)/4) \times 5$

= 106. 2 ลบ.ม.

อัตราภาระ BOD = (8,658 / 106.2)

= 81.5 ก.บีโอดี / ลบ.ม – วัน

เวลากักน้ำของบ่อ = (106.2/60)

= 1.8 วัน (OK.)

( 6-8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ > 26 องศาเซลเซียส )

**4.3.2 บ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 1)**

กำหนดให้

น้ำเสียชุมชนมีค่าบีโอดี = 58.7 มก./ล.

อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน = 60 ลบ.ม./วัน (ประมาณ หมู 200 ตัว ใช้น้ำ 60,000 ลิตร)

ความลึก = 4 เมตร

ความยาวบ่อ = 30 เมตร

ความกว้างบ่อ = 25 เมตร

ปริมาณบีโอดีบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 1) = บีโอดี x อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน

= 58.7 x 60

= 3,522 ก.บีโอดี / วัน

พื้นที่บ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 1) = กว้าง x ยาว

= (30x25)

= 750 ตร.ม.

อัตราภาระบีโอดีบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 1) = (3,522 / 750)

= 4.7 ก.บีโอดี / ตร.ม. – วัน

ปริมาตรบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 1) = กว้าง x ยาว x ลึก

= 21 x 26 x 4

= 2,184 ลบ.ม

เวลากักน้ำบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 1) = ( ปริมาตรบ่อ/อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน )

= (2,184 /60)

= 36.4 วัน

ณ.อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส ค่า k = 0.15 x $(1.05)^{(T-20)}$

= 0.15 x $(1.05)^{(30-20)}$

k = 0.2

บีโอดีของน้ำออกบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 1) = ( 58.7) / ( 1+ (0.2)(36.4)

= 7 มก./ล.

**4.3.3 บ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 2)**

กำหนดให้

อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน = 60 ลบ.ม./วัน (ประมาณ หมู 200 ตัว ใช้น้ำ 60,000 ลิตร)

ความลึก = 4 เมตร

ความยาวบ่อ = 41 เมตร

ความกว้างบ่อ = 26 เมตร

น้ำที่เข้าบ่อที่ 2 คือน้ำทิ้งจากบ่อที่ 1 ซึ่งมีค่าบีโอดี = 7 มก./ล.

ปริมาณบีโอดีบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 2) = บีโอดี x อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน

= 7 x 60 = 420 ก.บีโอดี / วัน

พื้นที่บ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 2) = กว้าง x ยาว

= (26 x41) = 1,066 ตร.ม.

อัตราภาระบีโอดีบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 2) = (420 /1,066 )

= 0.4 ก.บีโอดี / ตร.ม. – วัน

ปริมาตรบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 2) = กว้าง x ยาว x ลึก

= 22 x 37 x 4

= 3,256 ลบ.ม

เวลากักน้ำบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 2) = ( ปริมาตรบ่อ/อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน )

= (3,256 /60)

= 54.3 วัน

(ณ.อุณหภูมิเฉลี่ย 30 °c) , k $= 0.15 \times (1.05)^{(T-20)}$

$= 0.15 \times (1.05)^{(30-20)}$

k = 0.2

บีโอดีของน้ำออกบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 1) = 7 / ( 1+ (0.2)(54.3))

= 0.6 มก./ล.

**4.3.4 บ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 3)**

กำหนดให้

อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน = 60 ลบ.ม./วัน (ประมาณ หมู 200 ตัว ใช้น้ำ 60,000 ลิตร)

ความลึก = 4 เมตร

ความยาวบ่อ = 26 เมตร

ความกว้างบ่อ = 20 เมตร

น้ำที่เข้าบ่อที่ 3 คือน้ำทิ้งจากบ่อที่ 2 ซึ่งมีค่าบีโอดี = 0.6 มก./ล.

ปริมาตรบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 3) = กว้าง x ยาว x ลึก

= 16 x 22 x 4

= 1,408 ลบ.ม

เวลากักน้ำบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 3) = ( ปริมาตรบ่อ/อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน )

= (1,408 /60)

= 23.5 วัน

**4.3.5 บ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 4)**

กำหนดให้

อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน = 60 ลบ.ม./วัน (ประมาณ หมู 200 ตัว ใช้น้ำ 60,000 ลิตร)

ความลึก = 3 เมตร

ความยาวบ่อ = 48 เมตร

ความกว้างบ่อ = 20 เมตร

น้ำที่เข้าบ่อที่ 4 คือน้ำทิ้งจากบ่อที่ 3 ซึ่งมีค่า BOD = 0.1 มก./ล.

ปริมาตรบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 4) = กว้าง x ยาว x ลึก

= 16 x 44 x 4

= 2,816 ลบ.ม

เวลากักน้ำบ่อแฟคัลเททีฟ(บ่อที่ 4) = ( ปริมาตรบ่อ/อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน )

= (2,816 /60)

= 47 วัน

**4.3.6 บ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 5)**

**กำหนดให้**

อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน = 60 ลบ.ม./วัน (ประมาณ หมู 200 ตัว ใช้น้ำ 60,000 ลิตร)

ความลึก = 3 เมตร

ความยาวบ่อ = 46 เมตร

ความกว้างบ่อ = 40 เมตร

น้ำที่เข้าบ่อที่ 5 คือน้ำทิ้งจากบ่อที่ 4 ซึ่งมีค่าบีโอดี = 0.009 มก./ล.

ปริมาตรบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 5) = กว้าง x ยาว x ลึก

= 16 x 22 x 4

= 1,408 ลบ.ม

เวลากักน้ำบ่อแฟคัลเททีฟ (บ่อที่ 5) = ( ปริมาตรบ่อ/อัตราไหลเฉลี่ยรายวัน )

= (1,408 /60)

= 23.5 วัน

# บทที่ 5
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

**ตารางที่ 5.1** การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

| จุดเก็บน้ำ | พารามิเตอร์ | ค่ามาตรฐาน | ค่าที่วัดได้ (เฉลี่ย) | สรุป |
|---|---|---|---|---|
| น้ำออก | pH | 5.5 -9 | 7.3 | ผ่าน |
| | ซีโอดี | 400 mg/l | 45 | ผ่าน |
| | บีโอดี | 100 mg/l | 26.1 | ผ่าน |
| | ของแข็งแขวนลอย | 200 mg/l | 11 | ผ่าน |
| | ทีเคเอ็น | 200 mg/l | 12.9 | ผ่าน |

จากการวิเคราะห์ผลน้ำและเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดเมื่อนำผลเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร พบว่าคุณภาพของน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว

**ตารางที่ 5.2** การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งของระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ประเภทชำแหละสัตว์)

| จุดเก็บน้ำ | พารามิเตอร์ | ค่ามาตรฐาน | ค่าที่วัดได้ (เฉลี่ย) | สรุป |
|---|---|---|---|---|
| น้ำออก | pH | 5.5 -9 | 7.3 | ผ่าน |
| | ซีโอดี | 400 mg/l | 45 | ผ่าน |
| | บีโอดี | 60 mg/l | 26.1 | ผ่าน |
| | ของแข็งแขวนลอย | 150 mg/l | 11 | ผ่าน |
| | ทีเคเอ็น | 200 mg/l | 12.9 | ผ่าน |

จากการวิเคราะห์ผลน้ำและเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดเมื่อนำผลเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม (ประเภทชำแหละสัตว์) พบว่าคุณภาพของน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว

## 5.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

**ตารางที่ 5.3** ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

| พารามิเตอร์ | ประสิทธิภาพการบำบัด % | |
|---|---|---|
| | เมื่อผ่าน UASB | เมื่อผ่านบ่อ 5 |
| บีโอดี | 59.39 | 81.75 |
| ซีโอดี | 65.18 | 89.81 |
| โคลิฟอร์มแบคทีเรีย | - | 34.35 |
| ของแข็งทั้งหมด | 23.28 | 67.8 |
| ของแข็งแขวนลอย | 82.1 | 94.68 |
| ทีเคเอ็น | -93.98 | 75 |

จากการผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัด UASB และผ่านบ่อ 5 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดี มากกว่า 80% ระบบกำจัดของแข็งแขวนลอยได้สูงถึง 95 % แต่กำจัดของแข็งทั้งหมดได้ไม่ถึง 70 % ระบบกำจัดทีเคเอ็นได้ประมาณสามในสี่ แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันบางส่วน อย่างไรก็ตามระบบสามารถกำจัดโคลิฟอร์มได้เพียงหนึ่งในสาม อาจเนื่องจากเวลากักเก็บน้ำในบ่อผึ่งไม่เพียงพอ และเชื้อโรคส่วนหนึ่งมาจากตะกอนที่เจ้าหน้าที่ใช้เติมในรางหมักแก๊สเป็นระยะๆ

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การจัดการตะกอนส่วนเกินในบ่อที่ 1 ควรมีการดำเนินการเป็นช่วงๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะของแต่ละฟาร์ม (โดยทั่วไปขุดลอกบ่อแรกอย่างน้อยทุกๆ 3 ปี)

5.3.2 ควรมีการปรับสภาพขอบบ่อ เช่นดาดคอนกรีต เรียงหิน เป็นต้น เพื่อป้องกันการกัดเซาะขอบบ่อจากคลื่นน้ำ และป้องกันวัชพืช

# เอกสารอ้างอิง


สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2540) **"รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม"**

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2545)**"โครงการการจัดทำแนวทางการออกแบบวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานโดยระบบไม่ใช้ออกซิเจน"**, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2542) , "**เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1,2**", พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2544), " การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ", สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

**"ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร"**, ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

**"ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม"** ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

http://www.tumcivil.com/tips/gen.php?id=89

http://www.tumcivil.com/engfanatic/article_gen.php? article_id=34&hit=1

http://www.ist.cmu.ac.th/riseat/teenet/btc/introbioga s02.php

http://www.pcd.go.th/info _ serv/water_swine.html #s2

# ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาววรรณนิสา ผ่องสุขใส

ภูมิลำเนา 14/2 หมู่ 4 ต.แสนตอ อ.ขาณุวรลักษบุรี

จ.กำแพงเพชร 62130

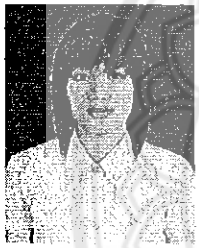

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนขาณุวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4


สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Potter_tien@hotmail.com


ชื่อ นางสาวสุจิตรา จันธิมา

ภูมิลำเนา 160 หมู่ 10 ต. เชียงแลง อ. ภูซาง

จ. พะเยา 56110


ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนภูซางวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4


สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: noon-u-55@hotmail.com

ชื่อ นางสาวทรงศิริ อัครานุชาติ

ภูมิลำเนา 30/106 ถ.พระลือ ซ.9 ต.ในเมือง อ.เมือง

จ. พิษณุโลก 65000


ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร


E-mail: **endro_967@hotmail.com**