

การศึกษาประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB

An Efficiency Study of UASB Waste – Water Treatment Modeling



นายจรัสศักดิ์ ทรัพย์วิไล

นายรัชชัย เดชพุ่มไสว

นายสุรศักดิ์ แซ่ก้อ

1308167

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2543
เลขทะเบียน..... 4310156
เลขเรียกหนังสือ..... TD
มหาวิทยาลัยจันเรศวร 445
2542 1369

โครงการวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยจันเรศวร

ปีการศึกษา 2542



ใบรับรองโครงการวิศวกรรมโยธา

หัวข้อ โครงการวิศวกรรมโยธา : การศึกษาประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB

ผู้ดำเนินงาน : นายขจรศักดิ์ ทรัพย์วิไล รหัส 39361100
: นายถวิชัย เดชพุ่มไสว รหัส 39361175
: นายสุรศักดิ์ แซ่ก้อ รหัส 39361472

ที่ปรึกษาโครงการวิศวกรรมโยธา : อาจารย์โรจนา โคตาอิสระ

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 2542

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุมัติให้โครงการวิศวกรรมโยธาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมโยธา

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์โรจนา โคตาอิสระ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

..... หัวหน้าภาค (คณ.)
(ผศ.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตของโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากซึ่งมีการปลดปล่อยน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงอันตรายต่อมนุษย์ จึงมีความจำเป็นที่ควรจะมีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อแก้ปัญหา

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษาประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ขนาด 25 ลิตร ซึ่งเป็นกระบวนการชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน

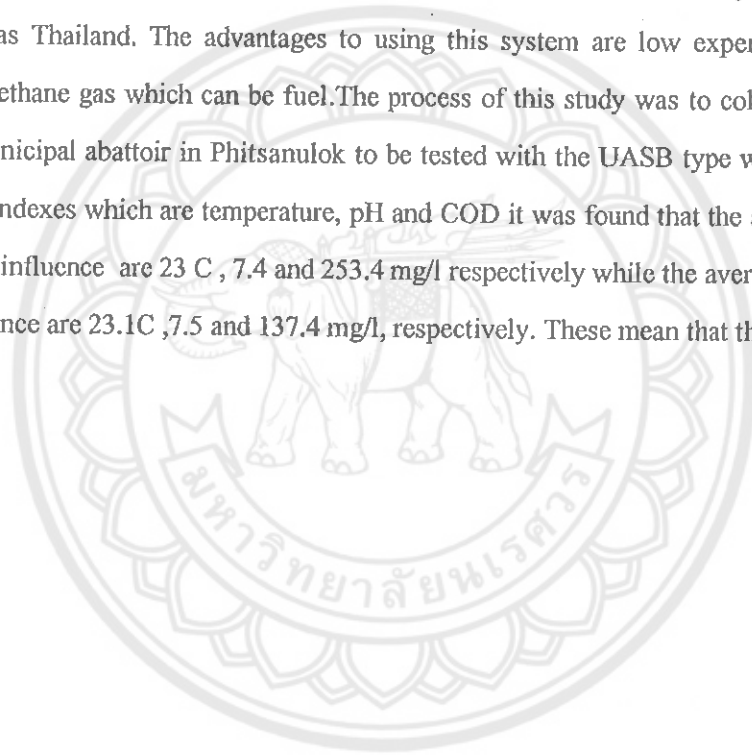
จากการศึกษาพบว่าระบบ UASB เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับเขตร้อน เช่น ประเทศไทย ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ มีตะกอนเกิดขึ้นน้อยมากและ ได้ก๊าซมีเทนเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิง การดำเนิน โครงการ จะใช้ตัวอย่างน้ำเสีย จาก โรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองพิษณุโลก มาทำการทดลองกับแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB โดยทำการศึกษาดรรชนี 3 ตัวแปรคือ อุณหภูมิ, พีเอช (pH) และ COD พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียขาเข้าเท่ากับ 23 องศาเซลเซียส น้ำเสียขาออกเท่ากับ 23.1 องศาเซลเซียส ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียขาเข้ามีค่าเท่ากับ 7.4 ขณะที่น้ำเสียขาออกมีค่าเท่ากับ 7.5 และค่า COD เฉลี่ยของน้ำเสียขาเข้าเท่ากับ 253.4 mg/l ในขณะที่ ค่า COD ของน้ำเสียขาออกเท่ากับ 137.4 mg/l นั่นคือมีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 41.6 %

Abstract

At present, Thailand is the one of countries which is rapidly growing in terms of industry . It causes many environmental problems. Wastewater form factories is one of the environmental serious problem. Therefore, it is necessary to solve this problem.

The purpose of this project is to study the effectiveness of a wastewater treatment. System model called the Upflow Anaerobic Sludge Blanket Type (UASB) for 25 litres. It is anaerobic process.

From the results , it was found that UASB system is a water treatment system which is suitable for hot areas such as Thailand. The advantages to using this system are low expense , little bit of sludge and receiving methane gas which can be fuel. The process of this study was to collect a sample of wastewater from the municipal abattoir in Phitsanulok to be tested with the UASB type water treatment it was studied by using 3 indexes which are temperature, pH and COD it was found that the average temperature , pH and COD of the influence are 23 C , 7.4 and 253.4 mg/l respectively while the average temperture, pH and COD of the effluence are 23.1C , 7.5 and 137.4 mg/l, respectively. These mean that the percentage of effectiveness is 41.6 %



กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก อาจารย์โรจนา โคคาอริยะ และ อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะและตรวจแก้ไขโครงการจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และ อาจารย์วรพงศ์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกสำนึกในความกรุณา และขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และพี่น้องที่สนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการศึกษา



คณะผู้จัดทำ

ขจรศักดิ์ ทรัพย์วิไล

ธวัชชัย เดชพุ่มไสว

สุรศักดิ์ แซ่ก้อ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
คำนิยามศัพท์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 ขอบเขตการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 น้ำเสีย	4
2.2 ประเภทของน้ำเสีย	5
2.3 คุณลักษณะของน้ำเสีย	5
2.3.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ	5
2.3.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี	5
2.3.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา	5
2.4 การเก็บและกักตัวอย่างน้ำเสีย	6
2.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย	6
2.4.2 การกักตัวอย่างน้ำเสีย	7
2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	7
2.6 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย	8
2.7 แนวทางในการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย	9

	หน้า
2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน	10
2.9 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน	11
2.9.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน	11
2.9.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้ออกซิเจน	11
2.9.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน	11
2.10 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน	12
2.10.1 ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์	12
2.10.2 ชีวเคมีของกระบวนการสร้างมีเทน	14
2.10.3 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมของระบบ	15
2.10.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน	16
2.10.5 ความคืบหน้าของประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการไร้ออกซิเจน	17
2.10.6 สาเหตุที่ทำให้มีความคืบหน้าของประสิทธิภาพ	18
2.10.7 สัญญาณที่เตือนถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบไร้ออกซิเจน	19
2.10.8 สาเหตุของการเสียสมดุลของปฏิกิริยาการไร้ออกซิเจน	21
2.10.9 การควบคุมพิเศษ	22
2.11 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอสบี	25
2.11.1 แนวความคิดของถังปฏิริยาและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย แบบไร้ออกซิเจน	25
2.11.2 ลักษณะและการทำงานของกระบวนการยูเอสบี	25
2.11.3 กระบวนการทำงานของน้ำเสียในระบบ	26
2.11.4 ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการยูเอสบี	28
2.11.5 สภาพทางจุลชีวของถังปฏิริยาในสภาพไร้ออกซิเจนใน ถังปฏิริยายูเอสบี	29
2.11.6 การสร้าง Granular Sludge ของ Anaerobic Sludge	30
2.11.7 องค์ประกอบหลักของถังปฏิริยาแบบยูเอสบี	31

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	33
3.1 งานเตรียมการบำบัดน้ำเสีย	33
3.1.1 การตรวจสอบสภาพทั่วไปของระบบบำบัดและ ของระบบท่อน้ำเสีย	33
3.1.2 การตรวจสอบสภาพะใช้งานและทำบัญชีอุปกรณ์เครื่องมือ และเครื่องจักร	34
3.1.3 การตรวจสอบสภาพะใช้งาน และความเที่ยงตรงของ อุปกรณ์วิเคราะห์น้ำ	34
3.2 งานเริ่มต้นระบบบำบัดน้ำเสีย	34
3.3 ขั้นตอนในการเริ่มต้นระบบบำบัดน้ำเสีย	35
3.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย	36
3.5 การดำเนินงานจริงในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบบำบัด UASB ขนาดเล็ก	37
3.5.1 การศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และเริ่มต้นโครงการ	37
3.5.2 การตรวจสอบสภาพ ติดตั้งและตัดแปลงระบบ	37
3.5.3 การจัดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย	39
3.6 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย	45
3.6.1 การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี	45
3.6.2 การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี	48
3.6.3 การวัดค่าพีเอช	52
3.6.4 การวัดอุณหภูมิ	52
3.7 แผนการดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออก	52
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์	53
4.1 สรุปความรู้เกี่ยวกับระบบ UASB	53
4.2 ผลการรวบรวมข้อมูลและการศึกษาขั้นต้น	54
4.3 การวิเคราะห์ค่าครรชนิตัวแปรบำบัด	59

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	67
5.1 สรุปผลการศึกษา	67
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
5.3 สรุปผลการดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบแผนงานเริ่มต้น	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	76
ภาคผนวก ค	79
ประวัติผู้เขียน	83



สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.11.2 องค์ประกอบหลักของถังปฏิกริยาแบบยูเอเอสบี	26
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Granular Sludge	30
รูปที่ 3.1 การคิดแปลงแบบจำลอง	38
รูปที่ 3.2 การต่อป้มน้ำเข้ากับแบบจำลอง	39
รูปที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย	40
รูปที่ 3.4 การนำตัวอย่างน้ำเสียเข้าสู่ระบบ	40
รูปที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำออกจากถังปฏิกริยา	41
รูปที่ 1. ก. การทำความสะอาดท่ออย่าง	42
รูปที่ 2. ข. การทำความสะอาดหัวดูด	43
รูปที่ 3. ค. การทำความสะอาดป้มน้ำ	44
รูปที่ 5.1 ก. การจัดการก่อสร้างถังปฏิกริยา	67
รูปที่ 5.1 ข. การจัดการก่อสร้างท่อนำน้ำเข้าสู่ถังปฏิกริยา	68
รูปที่ 5.1 ค. ลักษณะของทางน้ำต้นถูกระบายออกจากระบบ	68

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 ก. การประมาณน้ำตัวอย่างวิเคราะห์บีไอดี	47
ตาราง 3.1 ข. ขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์บีไอดี	51
ตาราง 4.2.1 ข้อมูลผลจากการตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์	55
ตาราง 4.2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัด	55
ตาราง 4.3 สรุปสิ่งที่ต้องแก้ไขในระบบกำจัดน้ำเสีย	61
ตาราง 4.4 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	62
ตาราง 4.4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัดช่วงที่ 2	62
ตาราง 5.3 สรุปแผนการดำเนินงาน	71



คำนิยามศัพท์

VSS (Volatile Suspended Solids)	คือ ปริมาณอินทรีย์สารที่เป็นของแข็งที่ระเหยไปหลังนำไปเผาที่อุณหภูมิ $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนมวลจุลินทรีย์
COD (Chemical Oxygen Demand)	คือ ค่าวัดความสกปรกของน้ำเสีย โดยเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในการ Oxidize สารอินทรีย์
HRT (Hydraulic Loading Rate)	คือ ปริมาณกักเก็บน้ำ (น้ำเสียที่ต้องการบำบัด)
OLR (Organic Loading Rate)	คือ อัตราการะสารอินทรีย์
SLR (Sludge Loading Rate)	คือ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้บำบัด
BOD (Biochemical Oxygen Demand)	คือ ค่าความสกปรกของน้ำ โดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้หมดภายในเวลา 5 วัน ในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C
SS (Suspended Solids)	คือ ปริมาณของแข็งแขวนลอย (ที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษใยแก้ว มีหน่วย มก./ลบ.ดม.)
TDS (Total Dissolved Solids)	คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (มก./ลบ.ดม.)
TOC (Total Organic Carbon)	คือ ปริมาณคาร์บอนในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ
UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)	คือ ระบบถังกรองไหลกลับไร้ออกซิเจน

บทที่ 1

บทนำ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนในการบำบัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งได้รับการพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 เป็นต้นมาโดย Lettinga (Lettinga, et al., 1980) เป็นระบบที่มีอัตราการบำบัดสูง (High-rate Treatment) สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าซีไอดีสูง เช่น น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์, น้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ยกระป๋อง, และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม, และบำบัดน้ำเสียที่มีค่าซีไอดีต่ำ เช่น น้ำเสียชุมชน, น้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตนม, และน้ำเสียจากโรงงานน้ำอัดลม เป็นต้น

ปัจจุบันคาดว่าจะมีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ในการบำบัดน้ำเสียชนิดต่าง ๆ และได้พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) มีอุปกรณ์แยกก๊าซชีวภาพและตะกอนชีวภาพออกจากน้ำเสียเรียกว่า Gas-Solids Separator (GSS) ติดตั้งอยู่บริเวณส่วนบนของถังปฏิกรณ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกอนชีวภาพหลุดออกไปกับน้ำเสียที่ผ่านระบบ ซึ่งจะมีผลทำให้ตะกอนชีวภาพมีปริมาณสะสมเพิ่มมากขึ้นในถัง จึงสามารถรับปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบได้มากขึ้น และสามารถลดระยะเวลาเก็บกักน้ำให้สั้นลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศชนิดอื่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ขนาดเล็ก (ความจุ 25 ลิตร) โดยเลือกใช้น้ำเสียตัวอย่างจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก ในการศึกษาโครงการนี้ จัดทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานโดยทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียตัวอย่างก่อนและหลังจากผ่านการบำบัดภายในระบบ โดยจักพิจารณาพรรณษณ์ตัวบ่งชี้ (Indicator) จำนวน 4 พรรษณ์ คือ อุณหภูมิ, pH, BOD และ COD ของตัวอย่างน้ำเสีย เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดในเบื้องต้นของระบบบำบัด ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาและทดลองปฏิบัติ เพื่อหาวิธีการดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย UASB ขนาดเล็กที่เหมาะสม และเพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียโดยระบบ UASB โดยคาดว่าผลจากการศึกษานี้จักเป็นประโยชน์ต่อการนำระบบบำบัด UASB มาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจาก แหล่งผลิตน้ำเสียประเภทต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาและควบคุมปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำของประเทศไทยในลำดับต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและการทำงานโดยทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของชุดทดสอบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก
2. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก
3. ศึกษาวิเคราะห์การบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นิสิตมีความรู้และความเข้าใจทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB)
2. นิสิตมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำเสียและความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก
3. นิสิตสามารถนำความรู้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ไปประยุกต์ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปได้
4. ผลจากปริญญานิพนธ์นี้สามารถใช้ประกอบในการนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจอย่างมากไม่ว่าจะเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับประเทศหรือปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับโลก ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก คือ ปัญหาสิ่งแวดล้อมทางด้านอากาศ และปัญหาสิ่งแวดล้อมทางด้านน้ำ ซึ่งจะพบเห็นได้ในบริเวณเขตเมืองอุตสาหกรรมของประเทศที่กำลังพัฒนา

เราจะพบว่าในอดีตการใช้น้ำมีปริมาณน้อย จึงทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยตามไปด้วย ดังนั้นธรรมชาติจึงสามารถบำบัดน้ำเสียได้ด้วยตัวเอง แต่ปัจจุบันอุตสาหกรรมได้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีปริมาณการใช้น้ำมาก จึงทำให้น้ำเสียอันเกิดจากการใช้น้ำมีมากตาม ทำให้ระบบบำบัดโดยตัวเองของธรรมชาติไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ทัน จึงทำให้เกิดมลภาวะเกิดขึ้นมากมาย

2.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่ลำน้ำ ซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นต้น

สิ่งเจือปนทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเสีย อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้ ดังนี้

- 1.) สารอินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ
- 2.) กรด, ด่าง
- 3.) ของแข็งหรือตะกอนแขวนลอย และสิ่งต่าง ๆ ที่ลอยอยู่ในน้ำ
- 4.) น้ำมัน, ไขมัน
- 5.) เกลือและแร่ธาตุที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนักต่าง ๆ
- 6.) สารที่ทำให้เกิดฟอง
- 7.) ความร้อน
- 8.) สารพิษต่าง ๆ เช่น ยาฆ่าแมลง
- 9.) สีและกลิ่น
- 10.) สารกัมมันตภาพรังสี

2.2 ประเภทของน้ำเสีย

น้ำเสียสามารถแบ่งตามลักษณะของการปนเปื้อนเกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดน้ำเสีย เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- 1.) น้ำเสียชุมชน โดยลักษณะของน้ำเสียจะเป็นการปนเปื้อนของอินทรีย์สารและจุลชีพที่สามารถทำให้เกิดโรคติดเชื้อและโรคทางเดินอาหารได้
- 2.) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากแหล่งนี้จะปนเปื้อนในรูปของเคมีที่ออกซิก (Toxic) หรือสารอันตรายทั้งที่เป็นอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร
- 3.) น้ำเสียจากการเกษตร น้ำเสียที่มีลักษณะปนเปื้อนโดยอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร เช่น ยาฆ่าแมลง น้ำมันเครื่องจักรกล เป็นต้น

2.3 คุณลักษณะของน้ำเสีย

คุณลักษณะของน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.3.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Characteristics of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ จะประกอบไปด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด, กลิ่น, อุณหภูมิ, สี, และความขุ่น ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมากน้อยไม่เท่าเทียมกัน

2.3.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Characteristics of Wastewater)

ลักษณะของน้ำเสียทางเคมีจะประกอบด้วยเชิงทางอินทรีย์สาร, เชิงทางอนินทรีย์สาร น้ำเสียที่มาจากคานบ้านเรือนต่าง ๆ (Domestic Wastewater) จะประกอบด้วย 50% ของสารอินทรีย์สาร และ 50% ของสารอนินทรีย์สาร

2.3.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Characteristics of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยาเป็นสิ่งที่วิศวกรผู้ออกแบบ และผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องทราบ ซึ่งประกอบไปด้วย

- ก. พวกจุลินทรีย์ที่พบในน้ำเสียทั่ว ๆ ไปในแม่น้ำลำคลองและในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ
- ข. พวก Pathogenic Organisms ในน้ำเสีย
- ค. พวก Organisms ที่จะบ่งบอกถึงระดับความสกปรกของน้ำเสียและบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ต่าง ๆ
- ง. วิธีที่จะหาคุณภาพของน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วว่ามีอันตรายต่อมนุษย์หรือไม่

2.4 การเก็บและกักตัวอย่างน้ำเสีย

2.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเป็นสิ่งที่สำคัญมากสิ่งหนึ่ง ที่ต้องระมัดระวังในการเก็บ เพราะถ้าขั้นตอนการเก็บไม่ถูกต้อง หรือไม่ระมัดระวังแล้ว ข้อมูลที่ได้รับมาอาจทำให้งานล้มเหลวไปหมดได้ ปัจจัยที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่ดีในการเก็บกักตัวอย่างของน้ำเสียมี 3 ปัจจัยด้วยกัน คือ

- ก. ต้องแน่ใจจริง ๆ ว่าตัวอย่างที่ถูกเก็บมานี้เป็นตัวแทนของน้ำเสียทั้งหมด
- ข. ใช้วิธีการหรือเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำอย่างถูกต้อง
- ค. การกักตัวอย่างน้ำก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ ต้องทำให้ถูกต้อง

2.4.1.1 ตำแหน่งสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ

ตำแหน่งสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ควรพิจารณาตามหลักการต่อไปนี้

- 1.) การใช้แบบแปลนซึ่งจะแสดงทิศทางของน้ำไหลในท่อต่าง ๆ และตำแหน่งของบ่อพักจะช่วยให้มากในการเลือกตำแหน่ง สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ
- 2.) ในท่อระบายน้ำเสีย หรือรางระบายน้ำเสีย ควรจะเก็บตัวอย่างของน้ำที่ระดับความลึก 2/3 ของระยะความลึกของน้ำ
- 3.) ถ้าเป็นรางระบายน้ำที่กว้างมาก ๆ ควรจะเก็บรอบ ๆ บริเวณแนวกว้างของรางระบายน้ำให้ทั่วถึง
- 4.) ความเร็วของน้ำที่ไหลบนจุดที่จะเก็บ ควรจะมีอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนนอนก้นได้

5.) การเก็บตัวอย่างไม่ควรที่จะไปกวน หรือทำให้น้ำบริเวณนั้นปั่นป่วนเพราะ อาจทำให้ก๊าซเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำหนีออกไปได้ ทำให้ไม่ได้ตัวอย่างของน้ำ ที่ถูกต้องได้

2.4.1.2 ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ

ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำควรมีช่วงเวลาที่พักพิงที่จะได้รับตัวอย่างของน้ำที่ถูกต้อง ยังมีช่วงเวลาสั้นเท่าใดก็ยิ่งดีเท่านั้น อย่างเช่น ทุก ๆ 10 หรือ 15 นาที จะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมว่าจะเอียงคอเพียงในการเก็บตัวอย่างของน้ำในรอบของการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่มาจากชุมชนหรืออุตสาหกรรม

2.4.1.3 ปริมาณของน้ำที่จำเป็นต้องเก็บ

ปริมาณของน้ำควรเก็บมาอย่างน้อย 2 ลิตร สำหรับการนำไปวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำที่ถูกเก็บมา สำหรับตัวอย่างน้ำที่เก็บมาสำหรับการวิเคราะห์หาลักษณะทางชีวภาพ ควรมีปริมาณของน้ำอย่างน้อย 300 ลบ.ซม. ภาชนะที่เก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์หาลักษณะทางชีวภาพ ควรผ่านการฆ่าเชื้อโรคอย่างดี ซึ่งอาจทำได้โดยนำภาชนะที่เข้าไปในเตาอบที่อุณหภูมิ 170° ซ ประมาณ 2 ชม.

2.4.2 การกักตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไป ตัวอย่างน้ำที่ถูกเก็บมาแล้วนั้น ควรทำการวิเคราะห์ทันที แต่เนื่องจาก บางครั้ง เวลาไม่อำนวย ดังนั้นการกักตัวอย่างน้ำจึงจำเป็นต้องทำ ในทางปฏิบัติแล้วการเก็บตัวอย่างน้ำ ไม่ควรให้โอกาสแก่อากาศแทรกซึมเข้าไปในขวดเก็บตัวอย่างน้ำได้ เพราะฉะนั้นควรที่จะเก็บตัวอย่างน้ำให้เต็มขวด เพื่อไม่ให้มีที่ว่างให้อากาศเข้าแทนที่ได้ ภาชนะที่เก็บกักตัวอย่างน้ำ ไม่ควรใช้พลาสติก แต่ควรเลือกใช้ภาชนะแก้วสีเข้ม สำหรับการวัดค่า pH ควรที่จะทำทันที ไม่ควรที่จะเก็บกักไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ เนื่องจากจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ค่อนข้างมาก

2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมียู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ เป็น 4 กระบวนการใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

(1) กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Processes)

คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรงต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การคัดด้วยตะแกรง

(Screening), การตัดย่อย (Comminution), การกวาด (Skimming), การกวน (Mixing), การทำให้ลอย (Flotation), การตกตะกอน (Sedimentation), การแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugation), การกรอง (Filtration), การกำจัดตะกอนหนัก (Grit Removal) เป็นต้น

(2.) กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Processes)

คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแยกเอามลสารต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การตกตะกอนผลึก (Precipitation), การทำให้เป็นกลางหรือการสะเทิน (Neutralization), การสร้างแกนตะกอน (Coagulation) หรือ การรวมตะกอน (Flocculation), การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นต้น

(3.) กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Processes)

คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลชีพที่จะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและจะได้จุลชีพเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งจะมีจุลชีพทั้งชนิดใช้ออกซิเจน (Aerobic) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เช่น Activated Sludge, Trickling, Filter, Aerated Lagoon, Anaerobic Filter, Anaerobic Pond, Stabilization Pond เป็นต้น

(4.) กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physicochemical Unit Processes)

คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยทั้งกายภาพและทางเคมีมารวมกัน จะใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ Ion Exchange, Carbon Adsorption, Reverse Osmosis, Electrodialysis เป็นต้น

2.6 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

ถ้าต้องการแบ่งขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียในลักษณะเป็นขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสีย จะสามารถแยกออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

(1.) ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment)

เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรก ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การคัดด้วยตะแกรง, การกำจัดตะกอนหนัก, การทำให้ลอย, การบดตัด เป็นต้น

(2.) ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment)

เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การคัดด้วยตะแกรง, การตกตะกอน เป็นต้น

(3.) ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

เป็นระบบที่กำจัดสารอินทรีย์ และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ สำหรับระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีนจัดอยู่ในระบบบำบัดขั้นที่สองด้วย

(4.) ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)

เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง การกำจัดสารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย และการกำจัดสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขนาดไหน โดยทั่วไประบบบำบัดขั้นที่สามมักจะใช้กับการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ต้องการนำกลับมาใช้อีก เช่น นำมาใช้รดน้ำสนามหญ้า, ใช้กับการซักโครกของโกสั้วม, ใช้กับระบบหอหล่อเย็น แม้กระทั่งนำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา

2.7 แนวทางในการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่ามีอยู่ด้วยกันหลายวิธี และนับวันจะมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ต้องการบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกกระบวนการที่เหมาะสม โดยต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทั้งทางด้านวิศวกรรม, เศรษฐศาสตร์, สังคมและการเมือง และเนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายประเภท การที่จะเลือกระบบใดอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- ลักษณะของน้ำเสีย
- ระดับของการบำบัด
- สภาพท้องถิ่น

ไม่ว่าจะเลือกใช้ระบบใด ๆ ก็ตาม จะต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและต้องมีราคาประหยัด

ลักษณะของน้ำเสียและระดับของการบำบัดจะเป็นเครื่องกำหนดอย่างกว้าง ๆ ถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่อาจนำมาใช้ได้ น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ควรจะต้องใช้ระบบบำบัดแบบชีววิทยา ส่วนน้ำเสียที่มีสารเคมีหรือโลหะหนักก็ควรใช้ระบบเคมี ในกรณีที่ใช้ระบบชีววิทยา ต้องพิจารณาว่าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงหรือต่ำด้วย เพื่อจะได้กำหนดใช้ระบบบำบัดให้เหมาะสมที่สุด

น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่ายที่สุด เนื่องจากส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้ง่ายและมีความเข้มข้นต่ำ มีอาหารเสริมครบถ้วนตามต้องการ

ของจุลินทรีย์ที่ข่อยสลายน้ำเสีย นอกจากนี้ ตัวน้ำเสียเองยังมีสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหมาะสม เช่น ฟิเอชเป็นกลางและมีจุลินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียชุมชนจึงใช้ระบบบำบัดแบบชีววิทยา เช่น ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และบ่อบำบัดกลางแจ้ง เป็นต้น

น้ำเสียจากโรงชุบโลหะต่าง ๆ เป็นตัวอย่างของน้ำเสียที่มีโลหะหนัก เช่น โครเมียม ตะกั่ว สังกะสี เป็นต้น ระบบบำบัดที่ใช้จึงควรเป็นระบบเคมี ซึ่งมักเป็นวิธีแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสีย โดยวิธีตกผลึกให้เกิดสารประกอบโลหะไฮดรอกไซด์ต่าง ๆ และตกตะกอนออกจากน้ำ

ปัจจัยที่สำคัญมากอีกอย่างหนึ่งในการกำหนดระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมคือ สภาพท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ราคาที่ดินที่จะใช้สร้างระบบบำบัด ในชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น ที่ดินมีราคาสูงวิศวกรมักต้องเลือกใช้ระบบบำบัดที่ดินเนื้อที่น้อยแต่ใช้เครื่องจักรกลมาก ระบบเช่นนี้จะมีราคาค่าก่อสร้างสูงและเสียค่าใช้จ่ายมากในการเดินระบบ ตัวอย่างของระบบดังกล่าวได้แก่ ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge, AS), ระบบสัมผัสงานหมุน (RBC) เป็นต้น ในทางตรงข้าม ถ้ามีดินมีราคาถูกก็ควรใช้ระบบบำบัดแบบบ่อต่าง ๆ ซึ่งไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายต่ำทั้งในการก่อสร้างและเดินระบบ

2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน จากการศึกษาของปริญา ทองสุข และเสกสรรค์ พร่าพรัตน์, 2541 สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ ระบบถังกรองแบบไร้ออกซิเจน (ไม่ใช้อากาศ) และระบบถังกรองใช้อากาศ

2.8.1. ระบบถังกรองแบบไร้ออกซิเจน (ไม่ใช้อากาศ) ได้แก่ บ่อไร้ออกซิเจนหรือบ่อเหม็น, บ่อเกรอะ, ถังหมักแบบธรรมดา, ถังหมักแบบสัมผัส, ถังหมักแบบสองเฟส, เครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจน, ระบบ Anaerobic Fluidized Bed (AFB), ระบบถังกรองไหลขึ้นไร้ออกซิเจน Upflow Anaerobic Sludge Blank (UASB), ระบบงานชีวหมุนแบบไร้ออกซิเจน, ระบบแผ่นกั้นแบบไร้ออกซิเจน

2.8.2. ระบบถังกรองแบบใช้อากาศ ได้แก่ ระบบงานชีวหมุนแบบใช้ออกซิเจน, ระบบตะกอนเร่งเอเอส, ระบบเติมอากาศแบบฟู่, ระบบบ่อฝิ่งธรรมชาติ, หรือเครื่องกรองไหลริน เป็นต้น

2.9 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

จากการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนของปริญญา ทองสุข และเสกสรรค์ พร่าพหุรัตน์, 2541 สามารถกล่าวได้ดังนี้

2.9.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน

วัตถุประสงค์หลักของการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน คือ ทำลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ โดยวิธีทางชีววิทยา คือแบคทีเรียชนิดใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยใช้เป็นอาหารในการดำรงชีพ แบคทีเรียเหล่านี้จะเกาะกันในรูปแบบของตะกอน

การใช้งานของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจนนี้ จะใช้กับการบำบัดขั้นที่สองของกระบวนการแยกทิวสคัลด์, เครื่องกรองไหลริน เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดของกระบวนการบำบัดน้ำเสียนี้คือ การทำให้จุลินทรีย์เกิดการดำรงชีพ และย่อยสลายจุลินทรีย์ที่มีอายุมากและตายลงในระบบ

2.9.2 กระบวนการบำบัดที่ไม่ใช้ออกซิเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมอากาศ โดยจะมีวิธีการที่สำคัญคือ แบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ จะย่อยสลายอินทรีย์สารและผลสุดท้าย สารอินทรีย์ในชั้นตะกอนจะถูกย่อยสลายเป็นสารคงตัวไม่มีกลิ่น และไม่เกิดการย่อยสลายอีกต่อไป ข้อดีของการบำบัดขั้นตะกอนด้วยวิธีนี้คือ มีการคงตัวของตะกอนสูง การเกิดของมวลจุลินทรีย์น้อย ไม่ต้องใช้ออกซิเจนอิสระ และผลผลิตสุดท้ายที่ได้ คือ ก๊าซมีเทน และมวลจุลินชีพ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนเหมาะกับน้ำเสียที่มีค่า บีโอดี สูงมาก น้ำเสียเหล่านี้จะมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้เป็นปริมาณมาก

2.9.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสีย หรือตะกอนโดยใช้ออกซิเจน เป็นขบวนการบำบัดที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามยังคงพบปัญหามาก เช่น ความยุ่งยากในการรักษาสภาพใช้ออกซิเจน เมื่อมีสารแขวนลอยมากหรืออาจเรียกว่า ชั้นตะกอนอืด และไม่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณ ซีโอดี หรือ บีโอดี สูงมาก ๆ ได้ ค่าดำเนินการและใช้พลังงานสูง นอกจากนี้ยังมีตะกอนเกิดขึ้นมาก ทำให้มีปัญหาและเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการกำจัดตะกอนชั้นสุดท้าย

การบำบัดโดยไม่ใช้ออกซิเจน พบว่ามีปฏิกิริยาเกิดช้า แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง เกิดชั้นตะกอนส่วนเกินน้อยและค่อนข้างคงตัว นอก

จากนี้จะได้ก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นผลผลิตขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม น้ำเสียหลังจากการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีสารอินทรีย์ละลายน้ำที่สามารถบำบัดต่อไปได้อย่างรวดเร็วในระบบใช้ออกซิเจน

2.10 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของระบบการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา (Biological Treatment) เป็นวิธีที่นำเอาจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่เรียกว่า 95 % ย่อยสลายอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารบางชนิดในน้ำเสียผลที่ได้รับเป็นตะกอนเลน (Sludge) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์แบคทีเรียที่ตายแล้วและบางส่วนเป็นก๊าซชนิดต่าง ๆ เมื่อแยกตะกอนเลนออกไปแล้วน้ำส่วนที่เหลือจะค่อนข้างใส เรียกว่า Effluent ซึ่งจะมีสารอินทรีย์ลดลงไปมาก ซึ่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ต๋อ กเตอร์ เพ็ชรพร เขวกิจเจริญ ได้กล่าวไว้เรื่องระบบบำบัดไร้ออกซิเจน, 2538 จึงสรุปมาดังนี้

2.10.1 ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์

ธรรมชาติของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)
- (2) กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis)
- (3) กระบวนการอะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis)
- (4) กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ขั้นที่ 1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

กระบวนการนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กระบวนการแตกสลายพอลิเมอร์ (Polymer Break-down) ในขั้นนี้สารประกอบอินทรีย์ประเภทซับซ้อนทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันจะถูกทำให้ละลายน้ำ โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเอนไซม์ที่ขับออกมาสู่สภาพนอกเซลล์ของแบคทีเรียเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะได้สารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ซับซ้อนและละลายน้ำได้เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน ในขั้นกระบวนการนี้เป็นเพียงการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อนไปเป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายเท่านั้น ยังไม่มีการลดซีโอดีในขั้นตอนนี้

ขั้นที่ 2 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis)

สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายที่ละลายน้ำ ที่สร้างขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะถูกแบคทีเรียประเภทที่ดำรงชีพอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ (Facultative Bacteria) ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานโดยกระบวนการเฟอร์เมนเตชัน (Fermentation) ผลของปฏิกิริยาจะได้กรดไขมันที่คาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก (Acetic acid), กรดโพรไพโอนิก (Propionic Acid), กรดบิวไทริก (Butyric Acid), กรดวาเลอริก (Valeric Acid), แบคทีเรียจำพวกนี้เรียกว่า แบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid Former หรือ Non - methanogenic Bacteria) ซึ่งชนิดของแบคทีเรียแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และสภาพแวดล้อมของปฏิกิริยาคด้วย

ขั้นที่ 3 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acetogenesis)

กรดไขมันที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) จะถูกเปลี่ยนโดยแบคทีเรียโฮโมอะซิโตเจนิค (Homoacetogenic Bacteria) ให้เป็นอะซิเตท (Acetate), ฟอร์มเมท (Formate), ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการการสร้างมีเทน ปฏิกิริยานี้ถือเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญในการหลีกเลี่ยงการสะสมของกรดไขมัน และไฮโดรเจน ในปริมาณที่สูงพอจะยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทนได้

แบคทีเรียกลุ่มนี้อาจเรียกว่า แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจน (Hydrogen Forming Bacteria) เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนมักสร้างกรดอินทรีย์ได้ แต่ตัวที่สร้างกรดได้อาจไม่สามารถสร้างไฮโดรเจนได้ จึงถือว่าแบคทีเรียที่สร้างกรดไฮโดรเจนเป็นชนิดของแบคทีเรียที่สร้างกรด แบคทีเรียทั้งสองชนิดอาจรวมเรียกได้ว่าเป็นแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน (Non - methanogenic Bacteria)

ขั้นที่ 4 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acetogenesis)

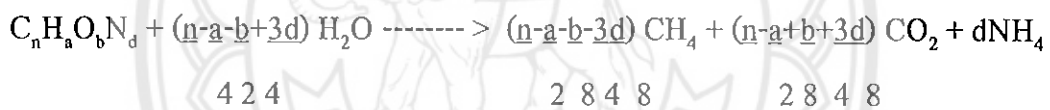
ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอร์มิก และกรดอะซิติก ซึ่งเป็นผลปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่สร้างกรดและไฮโดรเจนจะถูกใช้โดยแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่ง เพื่อสร้างมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้ เรียกว่า แบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจัดอยู่ในกลุ่ม Archaeobacteria รายชื่อของแบคทีเรีย และการแบ่งกลุ่มเท่าที่รวบรวมได้ในปัจจุบัน (William และคณะ, 1987) แบคทีเรียสร้างมีเทนถูกแบ่งกลุ่มตามลักษณะของแบคทีเรีย, สับสเตรทที่

ใช้ และคุณสมบัติของเมมเบรนจะเห็นได้ว่าสัณฐานที่แบคทีเรียทุกตัวสามารถใช้ได้ มีเพียงไฮโดรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และกรดฟอร์มิก มีส่วนน้อยที่สามารถใช้กรดอะซิติกและเมธานอลได้

จากการรายงานของ Albagna และคณะ, 1987 พบว่าแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนและแบคทีเรียสร้างมีเทนเป็นแบคทีเรียที่ดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเท่านั้น (Strictly Anaerobic Bacteria) และเป็นแบคทีเรียที่มีความไวต่อออกซิเจนมาก นอกจากนี้แบคทีเรียจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีถ้า Potential Redox ในสารละลายตัวกลางมีค่าต่ำกว่า -500 mV

2.10.2 ชีวเคมีของกระบวนการสร้างมีเทน

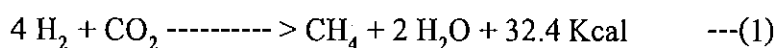
รองศาสตราจารย์ทวิ จิตไมตรี, 2538 ได้กล่าวไว้ว่าการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถเขียนเป็นสมการสตรอยซิโอเมตริกของ Buswell ได้ดังนี้



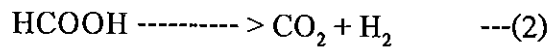
แบคทีเรียแอนแอโรบิกจัดเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอนซึ่งจะมีสารอินทรีย์ถูกออกซิไดส์ ตามรูปแบบปฏิกิริยาดังนี้



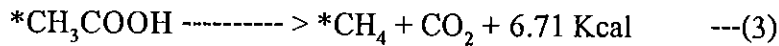
แบคทีเรียที่สร้างมีเทนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ชนิดแรกสร้างมีเทนจากไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ ได้คาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจำนวนมากจากไฮโดรเจน



แบคทีเรียชนิดนี้สามารถใช้กรดฟอร์มิกเป็นสัณฐานเพียงอย่างเดียวได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่ากรดฟอร์มิก สามารถเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย



แบคทีเรียชนิดที่สอง สร้างมีเทนจากกรดอะซิติก จากการทดลองที่ใช้กัมมันตภาพรังสีเป็นตัววัดร่องรอย ได้พบว่ามีเทนส่วนใหญ่ได้จากการแตกตัวของกรดอะซิติก ดังนี้



แต่อย่างไรก็ดียังมีข้อสงสัยว่าปฏิกิริยา (3) นี้จะสามารถให้พลังงานพอเพียงในการดำรงชีวิตของเซลล์หรือไม่ (ทั้งนี้เพราะ ตามทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์อาจพิสูจน์ได้ว่า สมการ (3) ให้พลังงานไม่พอเพียงในการดำรงชีวิตของเซลล์) การเปลี่ยนอะซิเตทให้เป็นมีเทน อาจเกิดขึ้นได้ด้วยปฏิกิริยาที่มีไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานดังนี้



ในปฏิกิริยานี้กรดอะซิติกเป็นสารตัวสุดท้ายในการรับอิเล็กตรอนจากไฮโดรเจน พลังงานที่ได้สูงกว่าที่ได้จากสมการที่ (3) มาก และที่เชื่อได้ว่าพอเพียงสำหรับการดำรงชีวิตเซลล์

2.10.3 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมของระบบ

เนื่องจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนประกอบด้วยจุลชีพ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน และกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างมีเทน จุลชีพทั้ง 2 กลุ่มนี้จะทำงานอย่างต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้มีสภาพที่เหมาะสมที่จะทำให้จุลชีพเหล่านี้อยู่ด้วยกันได้เป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากจะต้องรักษาระบบให้อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนแล้ว ยังต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ ได้แก่

(1.) อุณหภูมิ

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วง คือระหว่าง 30 - 38 °C ช่วงหนึ่ง จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่า "เมโซฟิลิก แบคทีเรีย" (Mesophilic Bacteria) อุณหภูมิระหว่าง 48 - 57 °C อีกช่วงหนึ่ง จุลชีพที่ทำงานใน

ช่วงนี้เรียกว่า “เทอร์โมฟิลิก แบคทีเรีย” (Thermophilic Bacteria) โดยปกติการทำงาน
ของจุลินทรีย์ในช่วงเทอร์โมฟิลิกจะดีกว่าช่วงเมโซฟิลิก

(2.) สารอาหารจำเป็นสำหรับการสร้างเซลล์จุลินทรีย์

ปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยสลายสารอินทรีย์
ในน้ำเสียอย่างน้อยที่สุดต้องมีอัตราส่วนดังนี้ BOD : N : P เท่ากับ 100 : 1.1 : 0.2
ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนจะให้ปริมาณจุลินทรีย์ส่วนเกินน้อยกว่าระบบที่ใช้
ออกซิเจนมาก ดังนั้นจึงมีปัญหาในการจัดการตะกอนส่วนเกินน้อยกว่า

(3.) สภาพความเป็นกรดและด่าง

พีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.6 – 7.6 ถ้าค่าสูงหรือต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพของระบบจะ
ลดลงและถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นค่าพีเอชที่
นิยมใช้ในการควบคุมระบบแบบไร้ออกซิเจนอยู่ในช่วง 6.8 – 7.2 ซึ่งสามารถทำได้
โดยการควบคุมปริมาณกรดโวลาทิลและปริมาณด่าง โดยให้อัตราส่วนระหว่างกรด
โวลาทิลและสภาพความเป็นด่างต้องไม่เกิน 0.3 – 0.4

(4.) สารพิษ

ในระบบบำบัดต้องไม่มีสารพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบ อาทิเช่น โลหะหนักต่าง ๆ, เกลือ
อินทรีย์, แอมโมเนีย, และซัลไฟด์ เป็นต้น ความรุนแรงของพิษขึ้นกับชนิดและความ
เข้มข้นของสารนั้น ๆ

2.10.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

ข้อดี

- (1.) เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง

- (2.) การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนของตะกอนชั้นแรกของน้ำเสียชุมชนลดความเข้มข้นของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- (3.) เหมาะสำหรับใช้ย่อยสารประกอบอินทรีย์ธรรมชาติตะกอนที่เกิดขึ้นไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ และใช้ประโยชน์เป็นตัวปรับสภาพดิน หรือปุ๋ย
- (4.) ปฏิริยาขั้นสุดท้ายได้ก๊าซมีเทนซึ่งเป็นผลผลิตหลักที่มีค่า
- (5.) ตะกอนสลัดจ์ มีเสถียรภาพสูง มีเซลล์เกิดใหม่ในปริมาณต่ำ ไม่ต้องทำการหมุนเวียนตะกอน

ข้อเสีย

- (1.) ระบบต้องการการดูแลและควบคุมอย่างใกล้ชิด เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มจุลินทรีย์หลักไม่คงที่
- (2.) อัตราการเจริญเติบโตต่ำเพราะสูงสุดของจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำ ทำให้การตอบรับการเปลี่ยนแปลงของระบบช้า
- (3.) สารอินทรีย์สังเคราะห์บางอย่างด้านการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน จึงจำกัดการใช้ระบบ และโดยทั่วไปน้ำที่ออกจากระบบจะมีสารอินทรีย์ละลายที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้มากพอทำให้ไม่สามารถทิ้งโดยตรงได้
- (4.) ในบางสภาพต้องการการแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้เงินลงทุนเริ่มแรกของถังปฏิกรณ์แบบไร้ออกซิเจนค่อนข้างสูง

2.10.5 ความด้อยเสถียรภาพของปฏิบัติการไร้ออกซิเจน

ความด้อยเสถียรภาพของปฏิบัติการไร้ออกซิเจนเป็นเรื่องที่รู้กันมานานแล้ว และทำให้ปฏิบัติการแบบนี้ควบคุมได้ยาก อีกทั้งเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบล้มเหลวได้ง่าย จนทำให้วิศวกรพยายามหลีกเลี่ยงไปใช้ระบบการปฏิบัติแบบอื่นแทน การที่วิศวกรไปนิยมใช้ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบ Extended Aeration (ไม่ว่าจะเป็นแบบถังเติมอากาศที่ใช้แอโรเตอร์ หรือระบบคววนเวียนก็ตาม) ก็เป็นข้อพิสูจน์อันหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความพยายามหลีกเลี่ยงการใช้การปฏิบัติการไร้ออกซิเจนทั้งนี้ เพราะระบบ Extended Aeration เป็นถึงปฏิบัติการแบบที่มีระบบการหมักอยู่ในตัว

2.10.6 สาเหตุที่ทำให้มีความด้อยเสถียรภาพ เนื่องมาจาก

สาเหตุที่ทำให้มีความด้อยเสถียรภาพนี้ รองศาสตราจารย์ทวี จิตไมตรี, 2538 ได้ทำการศึกษาและกล่าวไว้ดังนี้

- ก. ความจำเป็นที่ต้องมีแบคทีเรีย 2 ประเภท อาศัยอยู่ร่วมกัน และต้องอาศัยซึ่งกันและกันเป็นอย่างมาก
- ข. ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของแบคทีเรียทั้งสองประเภทอยู่ในระดับต่างกัน โดยที่แบคทีเรียที่สร้างกรดมีความสามารถสูงกว่าแบคทีเรียสร้างก๊าซ

ด้วยเหตุนี้ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของแบคทีเรียการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองประเภทก็จะไม่สอดคล้องกัน ทำให้สมรรถนะของระบบได้รับความเสียหาย และมีประสิทธิภาพลดลง จนในที่สุดถึงหมักอาจเกิดความล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

เพื่อขยายข้อความข้างบนให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น ขอให้เราพิจารณาถึงกรณีดังต่อไปนี้ สมมุติว่าถังหมักได้รับสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ ทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดได้รับสับสเตรตเพิ่มมากขึ้นการตอบสนองต่อการเพิ่มสับสเตรต คือ เพิ่มอัตราจำเพาะของการเติบโตให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำได้สามารถสร้างกรดอินทรีย์ต่าง ๆ และผลปฏิกิริยาอื่น ๆ เพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้จะเร่งให้แบคทีเรียซึ่งสร้างมีเทน เพิ่มอัตราจำเพาะของการเติบโตของตัวเอง เพื่อให้สามารถทำลายสารอินทรีย์อย่างง่ายที่สร้างขึ้นมาโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดได้ทัน แต่เนื่องจากอัตราเร็วจำเพาะสูงสุด ในการเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมีค่าต่ำกว่าของแบคทีเรียที่สร้างกรด อัตราการใช้กรดอินทรีย์ (โดยตัวสร้างมีเทน) จึงต่ำกว่าอัตราการสร้างกรดอินทรีย์ (โดยตัวสร้างกรด) ทำให้มีการสะสมตัวของกรดอินทรีย์เกิดขึ้น ถ้าระบบไร้ออกซิเจนมีกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) พอเพียงอิทธิพลของกรดอินทรีย์จะไม่ปรากฏ แต่ถ้ากำลังบัฟเฟอร์ไม่พอเพียง กรดอินทรีย์จะลดพีเอชของระบบ ซึ่งทำให้เกิดการชล่ออัตราเติบโตของแบคทีเรียซึ่งสร้างมีเทน และเมื่อปล่อยให้สภาวะเช่นนี้เกิดขึ้นต่อไปอีก พีเอชยิ่งลดลงเพราะกรดอินทรีย์สะสมตัวเพิ่มอีก จนในที่สุดถึงหมักจะไม่ให้ก๊าซมีเทนเลย ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า Sour หรือ Stuck

2.10.7 สัญญาณที่เตือนถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบไร้ออกซิเจน

เมื่อปฏิบัติการไร้ออกซิเจนเกิดการเสียดสมดุลงขึ้นจะต้องมีการแก้ไขทันที มิฉะนั้นแล้วการแก้ไขภายหลังจะกระทำได้ยาก และเสียเวลา เนื่องจากการเสียดสมดุลงจะเกิดขึ้นโดยมีสัญญาณเตือนเหตุหลายอย่าง ซึ่งวิศวกรจำเป็นต้องรู้จักสัญญาณเตือนเหตุเหล่านั้นให้ดี

1) ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์

โดยปกติความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ประมาณ 200 – 400 มิลลิกรัม/ลิตร (ในเทอมของกรดอะซิติก) อาจถือเป็นสัญญาณที่แสดงว่าปฏิบัติการไร้ออกซิเจนทำงานได้ดี อย่างไรก็ตาม ปริมาณของกรดยังไม่สำคัญเท่าอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรด ถึงแม้ว่าอาจทำงานได้ดีแม้จะมีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์สูงกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะเป็นสัญญาณให้เห็นถึงการเสียดสมดุลงเกิดขึ้นกับถังหมัก การเพิ่มอย่างรวดเร็ว และทันทีของความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แสดงว่า มีบางอย่างเกิดขึ้นทำให้เกิดการชลอกการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน หรือทำให้การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดถูกเร่งให้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของกรดอินทรีย์ก็มีความสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าความเข้มข้นของกรดโพโรไพอินิกสูงกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะมีปัญหาเรื่องพิษเพิ่มขึ้นมาอีกอย่างหนึ่ง นอกจากปัญหาเรื่องการมีพีเอชต่ำเป็นต้น อย่างไรก็ตามเท่าที่พีเอชมีค่าเป็นกลาง ปัญหาต่าง ๆ จะเกิดขึ้นน้อย แม้ว่าระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์อย่างอื่นจะสูงตาม และโดยทั่วไปแล้วควรตระหนักว่า การที่กรดอินทรีย์มีระดับความเข้มข้นสูงมักเป็นผลมาจากการขาดสมดุลระหว่างแบคทีเรียทั้งสองชนิด และมีใช่เป็นต้นเหตุของการขาดสมดุล

2) ระดับความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนต (Bicarbonate Alkalinity)

ข้อมูลในเรื่องสภาพความเป็นด่างบอกเราให้ทราบถึงว่า มีกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) เหลืออยู่เท่าใดในระบบไร้อากาศ เรื่องนี้ถือว่าสำคัญ เพราะถ้ากำลังบัฟเฟอร์ต่ำ ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้พีเอชลดลงได้อย่างมาก และเร็ว ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ในทางตรงกันข้ามถ้าระบบมีสภาพความเป็นด่างสูงพอ ระบบจะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาทิลได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของพีเอชมากนัก ระดับของสภาพความเป็นด่างควรจะสูงเท่าใดจึงจะทำให้ระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้น กำหนดให้แน่

นอนได้ยากเป็นต่างควรจะสูงเท่าใดจึงจะทำให้ระบบมีค่าลึงบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้น กำหนดให้แน่นอนได้ยาก เพราะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและความเข้มข้นของน้ำทิ้ง ถ้าน้ำทิ้งมีความเข้มข้นสูงจะมีโอกาสที่จะผลิต CO_2 ได้มาก อาจเป็นผลให้ Buffer Capacity ของระบบเพิ่มขึ้นได้ โดยทั่วไประบบไร้ออกซิเจนควรมีสภาพความเป็นต่างประมาณ 1,500 – 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปัจจัยที่สำคัญกว่าระดับของสภาพความเป็นต่าง คือ อัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดโวลาทิล (มก./ล. ของกรดอะซิติก) ต่อระดับของ Bicarbonate Alkalinity (มก. /ล.ของ CaCO_3) ทรายใดที่อัตราส่วนนี้น้อยกว่า 0.4 ระบบไร้ออกซิเจนจัดว่ามีค่าลึงบัฟเฟอร์สูง การเพิ่มของอัตราส่วนนี้เป็นสัญญาณของการเสียสมดุลของระบบและแสดงว่า ค่าลึงบัฟเฟอร์ที่มีอยู่เดิมลดน้อยลง และไม่พอเพียง ถ้าอัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.8 แสดงว่า ระบบไร้อากาศค่าลึงอยู่ในชั้นที่พีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ามีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยของกรดโวลาทิล ด้วยเหตุนี้ ในระหว่างการควบคุมระบบไร้อากาศ เราจึงต้องเอาใส่กับค่าของอัตราส่วนดังกล่าวกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่านั้น ๆ ด้วย

3) ระดับพีเอช

พีเอชไม่ใช่สัญญาณที่เร็วพอจะบอกถึงการทำงานผิดพลาดของระบบไร้ออกซิเจนได้ทันที ทั้งนี้เพราะความเสียหายเกิดขึ้นเสียก่อนที่พีเอชจะลดลง อย่างไรก็ตามข้อมูลของพีเอชก็ยังมี ความสำคัญเพราะว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิด โดยเฉพาะชนิดที่สร้างมีเทนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแคบ ๆ ของพีเอชเท่านั้น ถ้าไม่มีการควบคุมให้พีเอชมีค่าเป็นกลางการเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนจะถูกยับยั้งทำให้ระบบล้มเหลวได้ นอกจากนี้การรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่งถ้าเรากำลังจะแก้ไขให้ระบบฟื้นตัวจากความเสียหาย และถือว่าเป็นเรื่องแรกที่จะต้องกระทำก่อนเรื่องใด ๆ

4) อัตราการผลิตมีเทน

อัตราการสร้างมีเทนเป็นเครื่องวัดโดยตรงของ Metabolic Activity ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน และถือเป็นเครื่องวินิจฉัยสมรรถนะของระบบไร้ออกซิเจนที่มีความสำคัญมาก การเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิตมีเทนมีความสำคัญกว่าค่าปริมาณการผลิต เพราะเป็นสัญญาณที่บอกถึงความผิดปกติเกิดขึ้นกับแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

5) สัญญาณอื่น

สัญญาณที่อาจจะบอกลถึงการเสถียรของระบบไร้ออกซิเจนอีก 2 ชนิด ได้แก่ ส่วนประกอบของก๊าซรวมและอัตราการผลิตก๊าซ เนื่องจากสัญญาณทั้งสองตัวนี้ เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาร่วมกันอย่างซับซ้อนของแบคทีเรียทั้งสองประเภท การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยมักไม่เป็นเครื่องชี้สมรรถนะของระบบที่น่าเชื่อถือได้ การเสถียรของแบคทีเรียประเภทสำคัญทั้งสองอย่างมักทำให้อัตราการสร้างมีเทนลดลงและการสร้าง CO₂ สูงขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากส่วนประกอบของก๊าซที่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซนี้มักเกิดขึ้นก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้

2.10.8 สาเหตุของการเสถียรของปฏิบัติการไร้ออกซิเจน

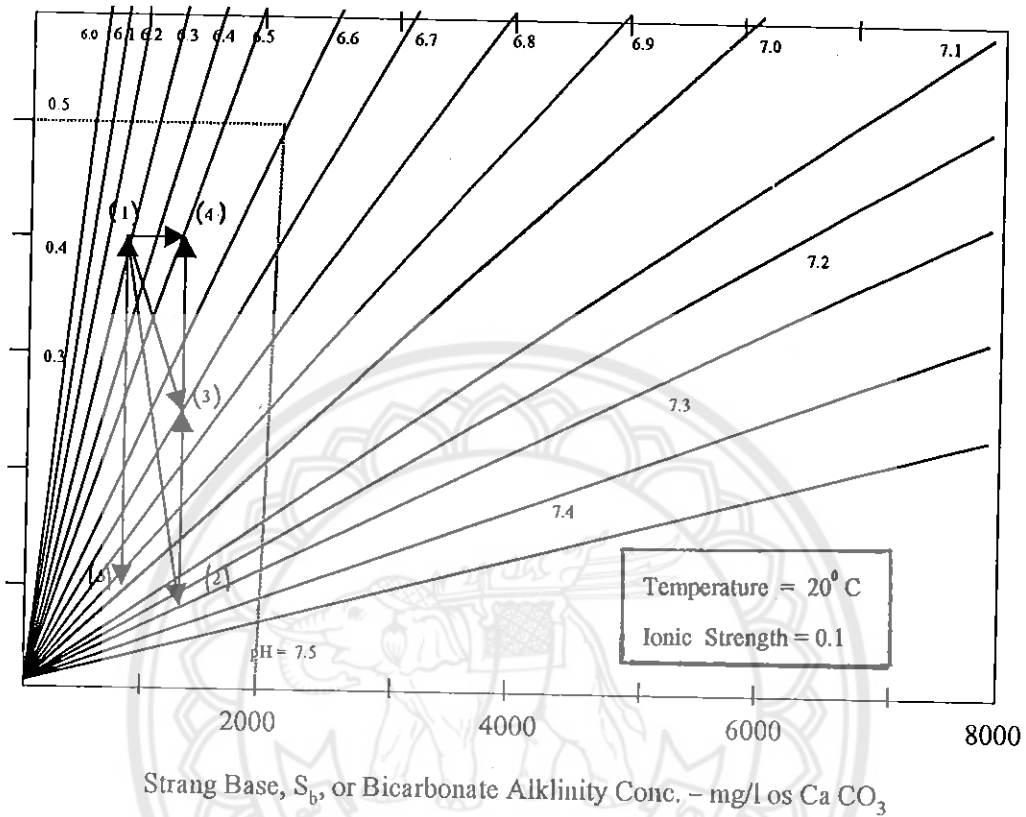
ทันทีที่รู้ว่าเสถียรของถังหมักเกิดขึ้น วิศวกรควรต้องสำรวจว่าสาเหตุนั้นเกิดจากอะไร และแก้ไขสาเหตุนั้น สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเสีย หรือปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนให้กับถังหมัก ผลที่เกิดขึ้นคือทำให้มีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์สูงขึ้น และติดตามด้วยการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสร้างมีเทน ถ้าอัตราการสร้างมีเทนไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมิได้ถูกยับยั้ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และเวลากักน้ำก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสถียรของปฏิบัติการไร้ออกซิเจนได้ อุณหภูมิที่ลดลงหรือเวลากักน้ำที่ลดลง ทำให้อัตราการสร้างมีเทนลดลงได้อย่างเด่นชัด การมีสารพิษอยู่ในน้ำเสียหรือตะกอนสลัดจ์จะเป็นสาเหตุที่สำคัญมากที่จะทำให้ถังหมักต้องเสถียร การลดลงของอัตราการสร้างมีเทนโดยไม่มีการเพิ่มขึ้นของกรดอินทรีย์ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพีเอชเป็นเครื่อง แสดงว่ามีสารพิษยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้งสองประเภท สารพิษเหล่านี้อาจได้แก่ โลหะหนัก หรือซัลไฟด์ ในกรณีเช่นนี้เราต้องพยายามหาแหล่งกำเนิดของสารพิษและหยุดยั้งมันให้ได้ การแก้ไขที่จะกระทำได้ คือ ลดปริมาณน้ำเสียหรือตะกอนที่ป้อนเข้าถังหมักให้เหลือน้อยลง เพื่อป้องกันมิให้ระบบทั้งหมดเกิดความเสียหายและล้มเหลว ในขณะเดียวกันก็พยายามค้นหาสาเหตุที่แท้จริงและแก้ไขให้เรียบร้อย

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ ในระหว่างการค้นหา และแก้ไขสาเหตุ จะต้องควบคุมพีเอชให้มีระดับเป็นกลางตลอดเวลา การกระทำเช่นนี้จะช่วยบรรเทาความเสียหาย และช่วยทำให้ระบบฟื้นตัวได้เร็ว

2.10.9 การควบคุมพีเอช

โดยทั่วไปแล้วระบบคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ และระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซจะเป็นตัวกำหนดระดับพีเอชของการปฏิบัติการไร้ออกซิเจน ดังจะพบได้จากกราฟความสัมพันธ์ทางทฤษฎีระหว่าง CO_2 , pH และความเป็นด่างของถังหมักไร้ออกซิเจนจะเห็นได้ว่าถ้าในก๊าซชีวภาพมีคาร์บอนไดออกไซด์ 30% และระดับความเป็นด่างในถังหมักเท่ากับ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ถังหมักจะมีระดับพีเอชที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 6.8 ที่นี้สมมติว่าถังหมักล้มเหลว ทำให้เปอร์เซ็นต์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 50% สิ่งที่เกิดขึ้นคือพีเอชของถังหมักจะลดลงเหลือประมาณ 6.55

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ความล้มเหลวของปฏิบัติการไร้ออกซิเจนมักติดตามด้วยการลดลงของพีเอชเสมอ ทำให้ต้องมีการเติมสารเคมีเพื่อยกกระดับพีเอชให้สูงขึ้นจนเป็นกลาง สารเคมีที่ใช้มีหลายอย่าง เช่น ปูนขาว โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ถ้าไม่ใช้สารเคมีอาจเพิ่มพีเอชได้โดยการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกเสียบ้างจากส่วนผสมของก๊าซชีวภาพ ผลที่เกิดจากการเติมสารเคมีต่างชนิดจะไม่เหมือนกัน เนื่องจากสารเคมีบางอย่าง เช่น ปูนขาวหรือโซดาไฟ สามารถดึงคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศเหนือน้ำมาทำปฏิกิริยาด้วย แต่สารบางอย่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถเพิ่มพีเอชให้กับน้ำได้โดย ไม่ทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลง เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงความแตกต่าง ที่ได้รับการใช้สารเคมีต่างชนิดกัน ขอให้ดูรูปกราฟ 2.10.9 ความสัมพันธ์ทางทฤษฎีระหว่าง CO_2 , pH และความเป็นด่างของถังหมักไร้ออกซิเจน ประกอบการอธิบาย

Partial Pressure of CO₂

2.10.9 ความสัมพันธ์ทางทฤษฎีระหว่าง CO₂, pH และความเป็นด่างของถังหมักไร้ออกซิเจน (ที่มาข้อมูล รองศาสตราจารย์ทวี จิตไมตรี, 2538)

สมมติให้สภาวะเริ่มต้นอยู่ในตำแหน่งที่ (1) การเติมโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้ระดับความเป็นด่างเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงด้วยทำให้สภาวะใหม่เลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่ง (2) แต่อย่างไรก็ดีแบคทีเรียจะสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นมาใหม่ทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไป ทำให้จุดสมดุลเลื่อนจากตำแหน่ง (2) ไปอยู่ที่ตำแหน่ง (4) ขอให้สังเกตว่าระดับความเป็นด่างคงที่ ตำแหน่ง (4) จึงเป็นจุดสมดุลที่แท้จริงที่ได้จากการเติมโซดาไฟ ที่นี้ถ้าเติมโซดาแอช (โซเดียมคาร์บอเนต) จำนวนโมลเท่ากับโซดาไฟลงไปแทนจุดสมดุลจะเลื่อนจาก (1) ไปที่จุด (3) ทั้งนี้เพราะมีการเพิ่มของบัฟเฟอร์เท่าเดิมแต่โซดาแอชทำลายหรือลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าโซดาไฟอย่างไรก็ตามจุดสมดุลที่แท้จริงยังเป็นจุด (4) เช่นเดิมโดยมีเหตุผลดังที่กล่าวไปแล้ว ในขณะเดียวกันถ้าเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตจำนวนโมลเท่ากัน จุดสมดุลจะเลื่อนจากจุด (1) ไปจุด (4) โดยตรง ทั้งนี้ เพราะสารประกอบไบคาร์บอเนตไม่ดึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปทำปฏิกิริยาด้วย ระดับของก๊าซนี้จึงยังคงที่เช่นเดิม การเพิ่มพีเอชโดยการ

ถ้าจัดการบอนไดออกไซด์ออกไปโดยตรงด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งจะทำให้พีเอชเพิ่มขึ้นได้ชั่วคราวโดยที่ระดับความเป็นด่างไม่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ผลสุดท้ายระดับพีเอชจะลดลงเหลือเท่าเดิม เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ถูกสร้างเพิ่มขึ้นไปแล้ว ในขณะที่เดียวกันถ้าเติมโซเดียมไปคาร์บอนเตจำนวนโมลเท่ากัน จุดสมมูลจะเลื่อนจากจุด (1) ไป จุด (4) โดยตรงทั้งนี้ เพราะสารประกอบไปคาร์บอนเตไม่ดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปโดยตรงด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งจะทำให้พีเอชเพิ่มขึ้นได้ชั่วคราวโดยที่ระดับความเป็นด่างไม่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ผลสุดท้ายระดับพีเอชจะลดลงเหลือเท่าเดิม เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ถูกสร้างเพิ่มขึ้นดังแสดงให้เห็นแสดงกราฟด้วยเส้นประซึ่งชี้ให้เห็นว่า จุดสมมูลจะเลื่อนจาก (1) ไปเป็นจุด (5) แต่จะเลื่อนไปอยู่ที่เดิมคือ จุด (1) อีก ตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่า การเติมสารเคมีทั้งสามชนิดที่มีปริมาณโมลเท่ากัน จะให้ผลสุดท้ายเหมือนกัน กล่าวคือจุดสมมูลเลื่อนจาก (1) ไปอยู่ที่จุด (4) แต่วิถีของการบรรลุถึงจุดสมมูลที่แท้จริงนั้นแตกต่างกัน และยังแสดงให้เห็นอีกด้วยว่าการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปโดยตรงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงพีเอชได้

ตัวอย่างข้างต้น แสดงว่าสารเคมีที่ใช้เพิ่มพีเอชอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท ชนิดแรกสามารถเติมไปคาร์บอนเตให้กับน้ำได้โดยตรง จึงไม่จับคาร์บอนไดออกไซด์ ชนิดที่สองจับคาร์บอนไดออกไซด์และเปลี่ยนมันให้เป็นไปคาร์บอนเต ทำให้ระดับความเป็นด่างและพีเอชเพิ่มขึ้น การเลือกใช้สารเคมีชนิดใดขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ต้องพิจารณา 2 ประการ

ปัจจัยข้อแรกที่ต้องพิจารณาก็คือเกี่ยวข้องกับผลของการเติมสารเคมี สารเคมีที่จับคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้พีเอชอยู่สูงเกินกว่าที่ต้องการก่อนเสมอ จากนั้นเมื่อแบคทีเรียสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นมาใหม่ พีเอชจะค่อยลดลงไปจนถึงจุดที่ต้องการ (ขอให้ดูผลจากการเติมโซดาไฟของตัวอย่างที่เพิ่งพูดไป) ถ้าต้องใช้สารเคมีจำนวนมาก การเติมสารเคมีลงไปทีเดียวอาจจะทำให้พีเอชเพิ่มขึ้นสูงมากจนกระทั่งเป็นพิษได้ด้วยเหตุนี้การเติมสารเคมีที่จับคาร์บอนไดออกไซด์ได้จึงต้องกระทำที่ละน้อยเป็นขั้น ๆ เพื่อให้มีเวลาพอเพียงในการเกิดสมมูลในทุกครั้งที่มีการเติมสารเคมี ทำให้ระดับพีเอชไม่เพิ่มขึ้นรวดเร็วจนเกินไป ส่วนการเติมไปคาร์บอนเตโดยตรงนั้นสามารถกระทำได้ง่ายกว่ามาก ปัจจัยข้อที่สองที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำของผลปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น สารเคมีที่มีแคลเซียม จะทำให้เกิดตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูน จึงควรใช้สารเคมีที่มีโซเดียมมากกว่า เพราะโซเดียมไม่สร้างตะกอน เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกใช้ในการสร้างตะกอนหินปูนมิได้ทำให้ระดับความเป็นด่างเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นแม้ว่าพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน ทั้งนี้ที่ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ถูกสร้างเพิ่มถึงระดับเดิม โดยเหตุนี้ ในทางปฏิบัติจึงมีข้อเสนอแนะให้ใช้ปูนขาว หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการควบคุมพีเอชของถังหมัก ไร้ออกซิเจน เฉพาะในกรณีที่พีเอชมีระดับไม่ต่ำกว่า 6 และการ

เดิมแต่ละครั้งอยู่เดิมปูนขาวให้มีพีเอชสูงกว่า 6.7 หรือ 6.8 โซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารเคมีที่เหมาะสมในการควบคุมพีเอช แต่ก็มีราคาสูงกว่าปูนขาวมาก

2.11 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) System)

2.11.1 แนวความคิดของถังปฏิกริยาและกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่มีองค์ประกอบหลักของระบบคือการใช้ตะกอนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจนอิสระอย่างไรก็ตามกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเท่าที่ผ่านมา ประสบปัญหาบางประการในการออกแบบและควบคุมการทำงานเช่น 1.)การแยกไบโอบีโอสส (Biomass) ไม่ให้หลุดออกไปกับน้ำออก (Effluent) 2.)เวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) นานกว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน และ 3.)เสถียรภาพในการทำงานของระบบต่ำ เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวมาแล้ว Stander, G.J. (1966) ซึ่งเป็นผู้ค้นพบความสำคัญของการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ให้มีอยู่ในถังหมักเป็นจำนวนมาก ๆ โดยทำถังตะกอนติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนของถังหมักเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำมาเก็บในถังหมักอีก การทำเช่นนี้สามารถที่จะลดระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียให้สั้นลง และยังสามารถรับปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบได้มากขึ้นด้วย ในช่วงปี ค.ศ. 1970 ศาสตราจารย์ Lettinga แห่ง Wageningen, Agricultural University ประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้พัฒนาแนวคิดของ Stander, G.J. (1966) โดยการเปลี่ยนแปลงวิธีการแยกก๊าซและการแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำออก จึงได้เรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Process) (โดย:ศตวรรษ นิตส์นวิจิตร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

2.11.2 ลักษณะและการทำงานของกระบวนการยูเอเอสบี

กระบวนการยูเอเอสบี เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนด้วยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระลักษณะทั่วไปของปฏิกริยาเป็นถังปิดลักษณะกลมหรือสี่เหลี่ยม

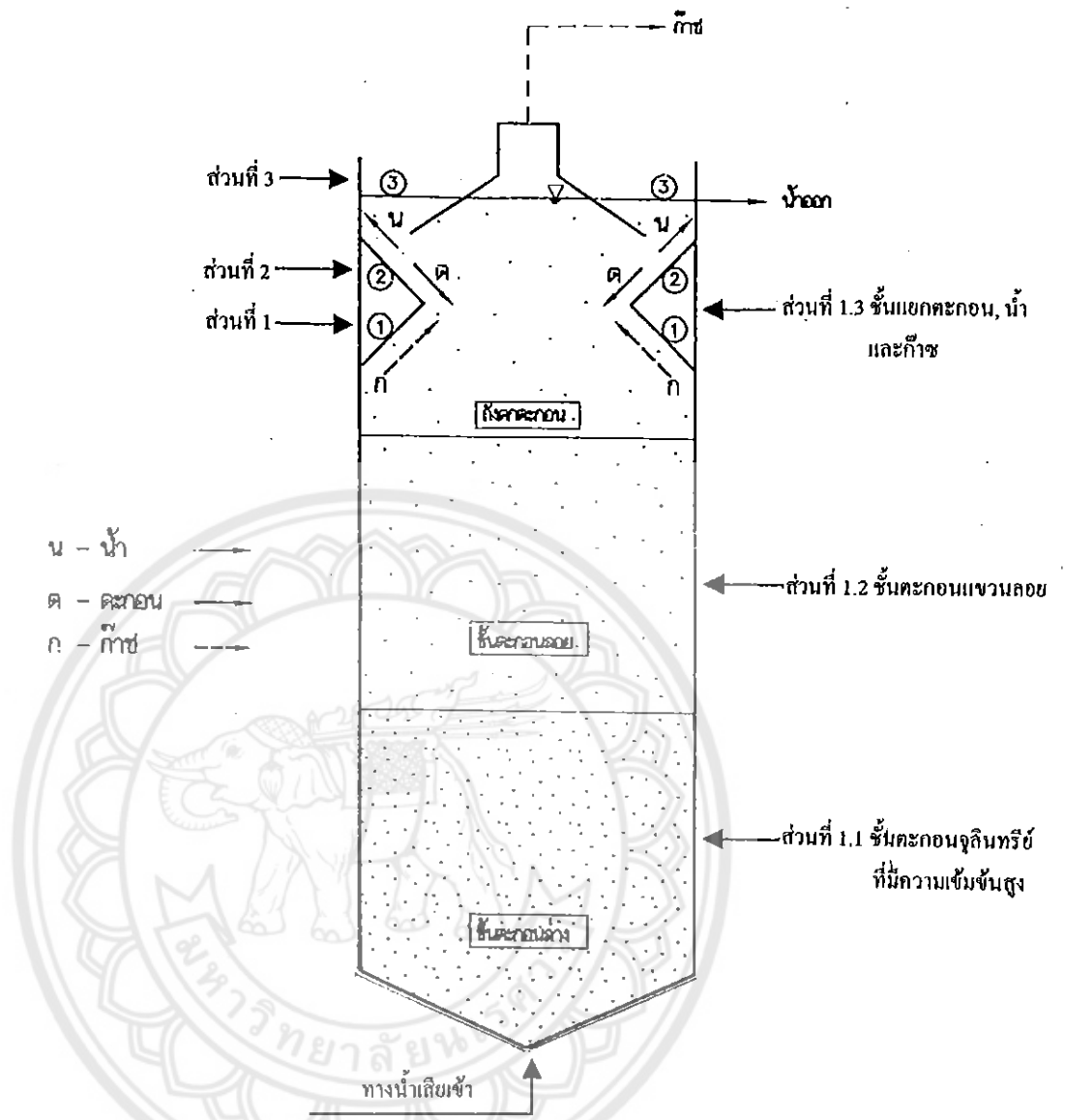
ดังแสดงในรูปที่ 2.11.2 โดยที่

ส่วนที่ 1.1 คือ ชั้นตะกอนล่าง

ส่วนที่ 1.2 ชั้นตะกอนลอย

ส่วนที่ 1.3 เป็นชั้นแยก 3 สถานะ(ของแข็ง, น้ำ, ก๊าซ) ซึ่งประกอบด้วยระบบแผ่นกั้น (Baffle System) ซึ่งเอียงทำมุมประมาณ 50 องศา อยู่ส่วนบนของถังปฏิกริยาทำหน้าที่แยกของเหลว ก๊าซ และตะกอนจุลินทรีย์ ออกจากกัน

4310156
TD
745
91867
2542



รูปที่ 2.11.2 องค์ประกอบหลักของถังปฏิกริยาแบบ UASB

2.11.3 ขบวนการทำงานของน้ำเสียในระบบ

น้ำเสียที่ต้องการบำบัดจะไหลเข้าสู่ส่วนล่างของถังปฏิกริยาจะสัมผัสกับชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง (พิจารณาส่วนที่ 1, รูปที่ 2.11.2) เรียกชั้นตะกอนจุลินทรีย์นี้ว่าชั้นตะกอนล่าง (Sludge Bed) จุลินทรีย์ที่อยู่ชั้นตะกอนล่างจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้เกิดเซลล์ของจุลินทรีย์และก๊าซต่างๆ ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเกาะอยู่ตามผิวของตะกอนจุลินทรีย์ ความเร็วของน้ำเสียและฟองก๊าซที่ไหลขึ้นในถังปฏิกริยาจะพาเอาตะกอนจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนล่างลอยขึ้นสู่ด้านบนทำให้มีการสัมผัสกันระหว่างน้ำเสียกับชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น

ชั้นต่ำกว่าตะกอนล่าง เรียกว่าชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอย (พิจารณาส่วน 1.2, รูปที่ 2.11.2) นี้ว่าชั้นตะกอนลอย (Sludge Blanket) ระหว่างที่น้ำเสียไหลขึ้นสู่ส่วนที่เป็นถังตกตะกอน สารอินทรีย์ยังคงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนลอย การลอยขึ้นของน้ำเสียที่มีตะกอนจุลินทรีย์และก๊าซต่าง ๆ เกาะรวมกัน จะกระทบกับระบบแผ่นกั้นซึ่งแยกตะกอนจุลินทรีย์ให้ตกตะกอนกลับสู่ถังถึงหมักอีกครั้ง

เมื่อน้ำเสีย ตะกอนจุลินทรีย์และก๊าซไหลขึ้นสู่ถังตะกอน (พิจารณาส่วนที่ 1.3, รูปที่ 2.11.2) น้ำเสีย, ตะกอนจุลินทรีย์และก๊าซ จะลอยขึ้นกระทบแผ่นกั้นตะกอน ส่วนที่ 1 ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันมิให้ก๊าซที่ติดมากับตะกอนจุลินทรีย์ไหลเข้าสู่ส่วนที่ 2 และแยกก๊าซออกจากน้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์ ก๊าซที่ถูกแยกออกมาจะลอยขึ้นสู่ส่วนที่เก็บก๊าซ น้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์ที่ถูกแยกออกมาจะไหลเข้าสู่ส่วนที่ 2 และ 3 ซึ่งมีลักษณะการไหลของน้ำเป็นแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug Flow) ทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์ (Heertjes, P.M. and Van der Meer, R.R., 1978) น้ำเสียจะไหลออกจากถังปฏิกิริยากลายเป็นน้ำออก ส่วนตะกอนจุลินทรีย์จะตกตะกอนมาทางส่วนที่ 3 และส่วนที่ 2 จมตัวลงสู่ส่วนที่เป็นถังหมักอีกครั้งหนึ่ง โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง (Gravity Force) ซึ่งมีส่วนที่ 1 เป็นตัวป้องกันมิให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในส่วนที่เป็นถังหมักมารบกวนการตกตะกอนในส่วนที่ 2 และ 3 ได้ นอกจากนี้ตะกอนจุลินทรีย์สามารถที่จะตกตะกอนสู่ชั้นตะกอนล่างโดยการเกิดลักษณะการไหลกลับ (Back-mix Flow) ซึ่งเกิดจากการลอยขึ้นของก๊าซและการไหลขึ้นของน้ำเสีย ทำให้ตะกอน จุลินทรีย์ในถังหมักหลุดออกไปกับน้ำออกน้อยลง (Van der Meer, R.R., 1979)

2.11.4 ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการยูเอสบี

ข้อดีของกระบวนการยูเอสบี

- 1) น้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว ก่อนข้างใต แต่ต้องมีการบำบัดขั้นสุดท้าย (Post Treatment) อีกช่วงหนึ่งก็สามารถทิ้งสู่สาธารณะตามข้อกำหนดได้
- 2) ต้องการพลังงานน้อย มีเพียงแต่ค่ากระแสไฟฟ้าในการสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบเท่านั้น
- 3) ใช้สารเคมีน้อยและสะดวกต่อการควบคุมระบบ ซึ่งโดยปกติจะขึ้นกับความเป็นด่างและพีเอชของน้ำเสียขาเข้า
- 4) ตะกอนส่วนเกินของระบบเกิดขึ้นน้อยมาก ไม่เป็นปัญหาต่อการถ่ายทิ้ง
- 5) เมื่อต้องการหยุดการใช้งานก็สามารถหยุดได้เลยโดยไม่ต้องให้อาหารได้เป็นเวลานานหลายเดือน และพร้อมที่จะทำงานต่อได้โดยระบบพร้อมที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดังเดิมภายในเวลา ประมาณ 2 สัปดาห์
- 6) การลงทุนก่อสร้างใช้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก และสามารถดัดแปลงใช้กับถังปฏิริยาเก่าที่ไม่ใช้แล้ว โดยติดตั้งชุดแยกก๊าซ-ตะกอนจุลินทรีย์เพิ่ม
- 7) ผลพลอยได้คือก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทน โดยปรับให้ถังเก็บก๊าซได้ที่แรงดันต่ำเพื่อลดปริมาณก๊าซสูญเสียเนื่องจากการละลายน้ำ
- 8) มีสลัดจ์เกิดขึ้นน้อย
- 9) ไม่ต้องใช้สารตัวกลาง
- 10) ต้องการอาหารเสริม (nutrient) ต่ำ
- 11) ระบบกระทัดรัด สามารถออกแบบให้อุปกรณ์ GSS (Gas Solid Sludge System) รวมอยู่ในโครงสร้างเดียวกับถังปฏิริยา

ข้อเสียของกระบวนการยูเอสบี

- 1) ในช่วงของการเริ่มต้น (Start Up) ระบบ ต้องสร้างให้เกิดตะกอนแบบเม็ดตะกอน (Granular Sludge) จึงจะใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
- 2) ใช้เวลาเริ่มต้นระบบนานกว่าระบบเดิมอากาศ
- 3) จำเป็นต้องมีการบำบัดต่อ ก่อนทิ้งลงสู่สาธารณะ เพราะน้ำทิ้งจะมีค่าบีโอดีที่เกินมาตรฐานอยู่
- 4) ในเมืองไทยยังมีการใช้ระบบนี้น้อย หา Seed ยาก
- 5) ต้องการอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสม เพื่อช่วยในการกวน

2.11.5 สภาพทางจุลชีววิทยาของการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนในถังปฏิกริยายูเอเอสบี ศตวรรษ นิตส์นวิจิตร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้สรุปทำการศึกษาและสรุปข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางจุลชีววิทยาของการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจน ดังปฏิกริยา ยูเอเอสบี ไว้ดังนี้

จากการที่สามารถเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ไม่ให้หลุดออกไปจากถังปฏิกริยาได้ดี ก่อให้เกิดตะกอนจุลินทรีย์ในรูปของ Granular Sludge ซึ่งสามารถตกตะกอนได้ โดยที่ตะกอนจุลินทรีย์เกาะยึดกันไว้เป็นก้อนเม็ดอย่างเห็นได้ชัด (< 1-5 มม.) ซึ่งมีค่า Methanogenic Activity สูง ลักษณะของ Granular Sludge ที่เกิดขึ้นในถังปฏิกริยายูเอเอสบี ขึ้นอยู่กับชนิดของตะกอนหัวเชื้อ (Seed Sludge) ส่วนประกอบของน้ำเสีย ตลอดจนการเริ่มต้นของการหมักและสิ่งแวดล้อมขณะเริ่มต้นกระบวนการหมักโดยที่ Granular Sludge อาจมีหลายชนิดดังต่อไปนี้ (Lettinga, G. et al., 1984)

- Scrota Granular เป็นชนิดที่มีจุลินทรีย์รูปร่างกลมเกาะกันเป็นกลุ่มโดยส่วนใหญ่ Granular ชนิดนี้สร้างขึ้นมาจากน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก มากกว่า 1,000 มก./ล. ซึ่งมีขนาดเล็ก (< 0.5 มม.) จึงถูกชะล้างออกจากถังปฏิกริยาได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็น Granular ชนิดที่มีประสิทธิภาพในการทำงานของระบบจึงต้องมี ULV (Upflow Liquid Velocity) ที่พอเหมาะต่อการชะล้างตะกอนชนิดนี้ให้หลุดออกจากระบบ

- Spunky Granular ซึ่งมีความยาวมากกว่า 1 มม. มีความหนาแน่นน้อยกว่า 0.5 มม. ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) มากกว่าร้อยละ 60 และเป็นชนิดที่สร้างขึ้นมาจากน้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งข้าวโพด

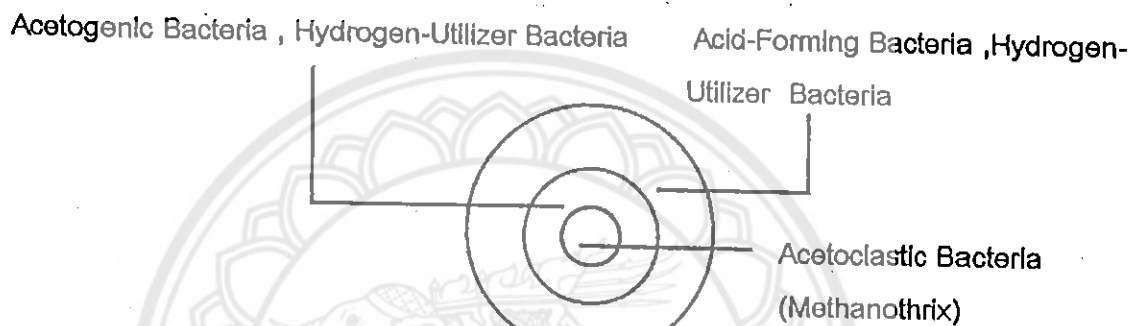
- Filamentous มีรูปร่างเป็นแท่งต่อกันเป็นสายประกอบด้วย Methanotrix ชนิดที่เป็นเส้น สร้างขึ้นมาจากน้ำเสียที่มีแต่กรดระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA)

- Rod มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมประกอบด้วย Methanotrix ชนิดเป็นเส้นสั้นรวมกันประมาณ 5 เซลล์ พบในถังปฏิกริยาที่ใช้บำบัดน้ำเสียโรงงานแป้งมันและโรงงานน้ำตาล

และจากการศึกษาโดยวิธีเทคนิควิทยาภูมิคุ้มกัน (Immunological Techniques) ก่อจุงจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (Scanning Electron Microscope, SEM) และรังสีเอ็กซ์ (X-ray) กับ Granular Sludge พบว่าประกอบด้วย Methanogens เช่น Methanogens soehngenli, Methanobacterium, Methanosarcina และผลึกของแคลเซียม นอกจากนั้น Lettinga, G. et al (1985) พบว่า Granular Sludge ส่วนใหญ่สร้างจาก Methanotrix-Like Bacteria ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่มีรูปร่างต่อกันเป็นเส้นสายโดย Granular ชนิดนี้สร้างขึ้นจากน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำและความเข้มข้นของอะซิเตท (Acetate) ต่ำกว่า 1,000 มก./ล. ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า Granular ชนิดนี้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบในน้ำเสีย (ที่มา: ศตวรรษ นิตส์นวิจิตร หัวข้อโครงร่างวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาการเปรียบเทียบ

ปฏิกิริยาแบบซีเอสทีอาร์กับยูเอเอสบีในกระบวนการสร้างกรดของน้ำจากอุตสาหกรรมผลิตนม (เมษายน 2541)

การศึกษาโครงสร้างของ Granular Sludge โดย Macleod, F.C. et al. (1990) พบว่ามี 3 ชั้น ประกอบด้วย Methanotrix-Like Cells เป็นแกนกลางของ Granular ชั้นกลางประกอบด้วย Methanotrix ชนิดเป็นแท่งสั้น (Rod) ซึ่งรวมทั้ง H_2 -Consuming Organisms ส่วนชั้นนอกสุด ประกอบด้วยการรวมตัวกันของ Rod และ Filamentous Microorganisms ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Granular Sludge

2.11.6 การสร้าง Granular sludge ของ Anaerobic Sludge

จากผลการทดลองของการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์ Wu, W.M. et al. (1985)

แบ่งช่วงการเกิด Granular เป็น 4 ช่วงคือ

- ก.) ช่วงเริ่มต้นระบบ ตะกอนหัวเชื้อที่ใส่ลงไปจะขยายตัวเนื่องจากการเกิดก๊าซ
- ข.) การเริ่มปรากฏของ Granular ฟล็อกที่เบาและตกตะกอนยากจะหลุดออกไปกับน้ำออกจากระบบ ส่วนอนุภาคที่มีน้ำหนักตกตะกอนง่ายจะถูกกักอยู่ในถังหมักจุลินทรีย์จะเริ่มจับกลุ่มกับอนุภาคเหล่านี้และจับตัวกันเป็น Granular โดยจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 2 มม.
- ค.) Granular สร้างตัวอย่างรวดเร็วในชั้นตะกอนล่าง (Sludge Bed) อัตราการเกิด Granular มากกว่าการชะล้างตะกอน
- ง.) สภาวะคงที่ Granular ที่เกิดมีความสามารถในการตกตะกอนได้ดี ตะกอนที่หลุดออกไปกับน้ำออกจากระบบจะเกิดขึ้นได้ยาก

2.11.7 องค์ประกอบหลักของถังปฏิกริยาแบบยูเอสบี แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

(1) ขนาดและสัดส่วนของสัดส่วนของถังปฏิกริยา UASB

โดยทั่วไป ขนาดถังปฏิกริยา UASB จะขึ้นกับอัตราการรับภาระของเหลว (Hydrollic loading) หรืออัตราการรับภาระสารอินทรีย์ ซึ่งความสูงของโซนชั้นตกตะกอนไม่ควรต่ำกว่า 1.5 ม. ส่วนความสูงของโซนย่อยสลายขึ้นอยู่กับความหนาของชั้น Sludge Bed ในทางพาณิชย์จะออกแบบให้รับน้ำเสียที่มีอัตราการ 15 – 20 COD/ม³/วัน และความเร็วของน้ำเสียที่เข้าเพื่อให้เหมาะสมต่อการทำให้เกิดการตกตะกอน จะใช้ที่ 1.2 – 1.5ม./ชม. ขนาดถังปฏิกริยา UASB ปกติไม่ควรมีขนาดที่ใหญ่กว่า 1,500 ลบ.ม เพราะอาจก่อปัญหาในการบำรุงรักษาและก่อสร้าง ถ้าต้องการออกแบบให้รับภาระของเหลวมากกว่า 1,500 ลบ.ม. ควรทำเป็นถังปฏิกริยา UASB หลาย ๆ ใบ ต่อกันแบบขนาน และถังปฏิกริยาควรสูงไม่เกิน 6 เมตร และไม่ควรต่ำกว่า 1.5 เมตร

(2) อุปกรณ์แยกก๊าซและน้ำและของแข็งและตะกอนจุลินทรีย์ (gas – solid - liquid separator)

อุปกรณ์แยกก๊าซและตะกอนจุลินทรีย์ คือ เครื่องแยกสามสถานะ ทำหน้าที่หลักคือ แยก ก๊าซและตะกอน โดยทั่วไปมุมของอุปกรณ์ดักก๊าซ จะเอียงประมาณ 50 องศา กับแนวราบ (Letting, G. Et al.,1983) ซึ่งมีการออกแบบให้สามารถควบคุมให้มีเซลล์หลุดออกไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากถังน้อยลงและสามารถเก็บก๊าซมีเทนไปใช้ได้ ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์แยกก๊าซน้ำเสีย และ ตะกอนจุลินทรีย์ ที่เรียกว่า GSS (gas-solid seperator device) จะทำการติดตั้งไว้ด้านบนของถัง ซึ่ง อุปกรณ์ GSS นี้มีการออกแบบได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างถัง(พิจารณารูปที่.3) และ พื้นที่หน้าตัดของช่องเก็บก๊าซควรมีพื้นที่หน้าตัดไม่ต่ำกว่า 15-20% ของพื้นที่หน้าตัดของถัง ปฏิกริยา

(3) ระบบป้องกันน้ำเสียเข้าระบบ

โดยปกติจะแยกเป็น 2 วิธี คือ กรณีที่ถังปฏิกริยาที่รับน้ำเสียมาก และ กรณีที่ถังปฏิกริยาที่รับน้ำเสียน้อย กรณีที่ถังปฏิกริยา UASB รับน้ำเสีย มาก (มากกว่า 6 กก. COD/ม³/วัน) จะออกแบบเป็นหัวฉีดแบบแพร่ กระจายน้ำ (distribution joint) กรณีที่ถังปฏิกริยา UASB รับน้ำเสีย น้อยหรือเจือจางมาก (น้อยกว่า 2 กก. COD/ม³/วัน) อาจใช้ 1 หัวฉีด ต่อพื้นที่ 1-2 ม. หรืออาจใช้มากถึง 1 วัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ

และอัตราการไหลของน้ำเข้าระบบควรใช้ไม่เกินช่วง 1.2- 1.5 ม./ชม.และในช่วงที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 4-60°C

(4) อุปกรณ์ในการตกตะกอน

อุปกรณ์ในการตกตะกอนของถังปฏิกรณ์ UASB จะเป็นดังรูปที่ 1 (ส่วนที่ 1.3) ซึ่งพื้นที่ของอุปกรณ์ในการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราการไหล ซึ่งอุปกรณ์ในการตกตะกอนนั้น ทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำโดยการตกตะกอน ดังนั้นในส่วนของ GSS จึงต้องมีส่วนน้ำนิ่ง และช่องเปิดใหญ่พอที่ตะกอนจะตกลงมายังถังปฏิกรณ์ได้ ซึ่งโดยปกติน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงการออกแบบอัตราการไหลของน้ำเสียจะต่ำ หรือว่าพื้นที่ของอุปกรณ์ในการตกตะกอนอาจพิจารณาจากค่าของ surface hydrolic load ซึ่งค่า surface hydrolic load ต้องมีค่าต่ำกว่า 0.7 ม./ชม. และความเร็วในการตกตะกอนควรใช้ที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 2 ม./ชม



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 งานเตรียมการบำบัดน้ำเสีย

การดำเนินการศึกษาระบบบำบัดในขั้นตอนของงานเตรียมการก่อนการเริ่มเดินระบบบำบัดงานต่าง ๆ ซึ่งต้องทำก่อนมีดังนี้

- 3.1.1 การตรวจสอบสภาพทั่วไปของระบบบำบัดและของระบบท่อน้ำเสีย
- 3.1.2 การตรวจสอบสภาพะใช้งานและทำบัญชีอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักร
- 3.1.3 การตรวจสอบสภาพะใช้งานและความเที่ยงตรงของอุปกรณ์วิเคราะห์น้ำ

3.1.1 การตรวจสอบสภาพทั่วไปของระบบบำบัดและของระบบท่อน้ำเสีย

การดำเนินการสำรวจและตรวจสอบสภาพทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลที่ต้องการในขั้นตอนนี้ได้แก่ แบบก่อสร้างระบบ, รายการข้อกำหนดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ และรายการคำนวณ โดยแบบก่อสร้างระบบจะเป็นประโยชน์ต่อการสำรวจรายละเอียดต่าง ๆ ของระบบจากการสำรวจและเก็บข้อมูลควรจะต้องมี

- รูปไดอะแกรมแสดงหน่วยบำบัด รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และทิศทางการไหลของน้ำเสีย น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ
- ขนาดต่าง ๆ ของหน่วยบำบัด ซึ่งอาจจะประกอบด้วยอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำและถังปฏิบัติกริยา

การสำรวจสภาพทั่วไปเป็นโอกาสที่ได้ทำความคุ้นเคยกับระบบบำบัดน้ำเสียและได้ตรวจสอบเบื้องต้นถึงความมั่นคงแข็งแรงและความเรียบร้อยของโครงสร้างต่าง ๆ

สิ่งที่ควรสังเกตในระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ ถังต่าง ๆ ชำรุดหรือไม่ เช่น การรั่ว, ซึม, ทุด เป็นต้น ระบบการทำงานของเครื่องจักรเป็นอย่างไรปกติหรือไม่

3.1.2 การตรวจสอบสถานะใช้งานและทำบัญชีอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักร

การสำรวจสภาพทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียในระบบท่อน้ำเสีย, ท่อสัคตส์, ท่อน้ำทิ้ง, และท่อระบายน้ำ รวมทั้งวาล์วและอุปกรณ์อื่น ๆ ว่ามีความเรียบร้อยที่จะใช้งานหรือไม่ นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบขนาดและทิศทางของท่อที่ถูกต้องตามรายละเอียดแบบก่อสร้างด้วย

3.1.3 การตรวจสอบสถานะใช้งานและความเที่ยงตรงของอุปกรณ์วิเคราะห์น้ำ

การสำรวจต้องตรวจสอบสภาพใช้งานของเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ หากอุปกรณ์ใดชำรุดเสียหายต้องทำการแก้ไขและซ่อมแซม เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่

อุปกรณ์วิเคราะห์น้ำเสีย ณ ห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ต่าง ๆ จัดเป็นหน้าที่ประการหนึ่ง โดยอาจสังเกตได้จากใบรับรองการปรับเทียบค่าของเครื่องมือจากทางบริษัทผู้ผลิต

3.2 งานเริ่มต้นระบบบำบัดน้ำเสีย

ความพร้อมในการเดินระบบบำบัดแบบชีวภาพมีความจำเป็นต้องเลี้ยงแบคทีเรียให้มีปริมาณที่พอเพียง และมีความพร้อมในการย่อยสลายน้ำเสียจึงเป็นสิ่งที่ต้องทำให้เรียบร้อยก่อนที่จะดำเนินการบำบัดน้ำเสียอย่างจริงจัง เชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็น SEED ควรเป็นแบคทีเรียที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทเดียวกัน หากไม่สามารถหาที่อาจใช้มูลสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ เช่น สัตว์ปีก, วัว, ควาย, หมู เป็นต้น ซึ่งในทางปฏิบัติไม่แนะนำให้ใช้สัคตส์จากบ่อเกรอะหรืออุจจาระของคน เนื่องจากความสกปรกและมีกลิ่นน่ารังเกียจมากกว่ามูลสัตว์และมักหาไม่ได้ในปริมาณมาก ๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตแบคทีเรียแห้งจำหน่ายและอ้างว่าสามารถใช้เป็น SEED ได้ ผลិតภัณฑ์ดังกล่าวมักใช้บำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีรายงานการทดสอบแบคทีเรียแห้งต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียอย่างจริงจัง ๆ อย่างเป็นทางการและถูกต้องตามหลักวิชาการ

ดังนั้นในการดำเนินการได้ทำการนำ SEED จากระบบ Activated Sludge (AS) มาจากโรงพยาบาลพุทธชินราช ซึ่งเป็นแบคทีเรียต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายมาทดลองใช้ในการบำบัดน้ำเสียในระบบ UASB

3.3 ขั้นตอนในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

ช่วงระหว่างการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียทุกประเภทจะต้องมีสภาวะการทำงานอยู่ 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สภาวะก่อนคงตัว

ระยะที่ 2 สภาวะคงตัว (Steady State)

ระยะที่ 1 สภาวะก่อนคงตัว เป็นช่วงเวลาที่มีการเลี้ยงแบคทีเรียให้มีปริมาณพอเพียงและเคยชินกับน้ำเสียที่ต้องการบำบัด ระยะแรกนี้แบคทีเรียสามารถผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์แล้ว แต่ระบบยังไม่ได้รับน้ำเสียอย่างเต็มที่

ระยะที่ 2 สภาวะคงตัว เป็นช่วงเวลาที่แบคทีเรียแข็งแรงสมบูรณ์ในปริมาณที่สามารถบำบัดน้ำเสียทั้งหมดที่มีอยู่ได้แล้ว น้ำเสียจะถูกบำบัดได้อย่างเต็มขีดความสามารถของระบบและระบบมีเสถียรภาพดี ทำให้น้ำทิ้งสุดท้ายมีคุณภาพดีและไม่แปรปรวน

ในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ควรมีขั้นตอนเพื่อใช้เป็นหลักปฏิบัติดังนี้

- ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียให้ละเอียด
- ทดสอบความเรียบร้อยของระบบโดยเดินเครื่องทุกส่วนด้วยน้ำเปล่า
- วางแผนการ SEED
- วางแผนการเติมน้ำเสีย และวิธีควบคุม Flow
- วางแผนการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและวิเคราะห์น้ำ
- เตรียมตารางบันทึกผลการดำเนินงานประจำวันและทำรายงานประจำเดือน

ขั้นตอนการเริ่มเดินระบบบ่อไร้ออกซิเจน

- (1) ตรวจสอบความเรียบร้อยของระบบ
- (2) ใ้ SEED ประมาณ 1 ตัน ต่อความจุ 100 ม³ ของบ่อย่อยและเติมน้ำเปล่าลงในบ่อย่อยประมาณครึ่งบ่อ ทิ้งให้เกิดการหมักประมาณ 1 สัปดาห์เป็นอย่างน้อย
- (3) เติมน้ำเสียประมาณ 10% ของอัตราการไหลตามออกแบบ เช่น ระบบต้องรับน้ำเสียประมาณวันละ 1,000 ลบ.เมตร ก็เติมน้ำเสีย 100 ลบ.เมตร/วัน เป็นต้น เติมน้ำเสียในอัตรานี้ทุกวันติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบ

ต้องปรับพีเอชให้เป็นกลาง แต่เนื่องจากการตรวจสอบค่าพีเอชของถังปฏิบัติการ แล้วพบว่า มีค่าพีเอชอยู่ในช่วงค่าที่เป็นกลาง (7.0 – 8.0)

(4) เพิ่มปริมาณน้ำเสียสัปดาห์ละ 10% จนกระทั่งครบ 100% ซึ่งจะกินเวลาประมาณ 10 สัปดาห์

(5) ในขณะที่มีการเติมน้ำเสียให้ระบบบ่อยๆ จะต้องวิเคราะห์และบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- อัตราป้อนน้ำเสีย ในอัตราคงที่ 4 ลิตร/ชั่วโมง
- ปริมาณสารเคมีที่ใช้ ในช่วงเริ่มต้นไม่มีการใช้สารเคมี
- พีเอช อยู่ในช่วงที่เป็นกลาง (ทั้งน้ำเข้าและน้ำออก)
- สีและกลิ่นของบ่อ กลิ่นที่พบมีเฉพาะน้ำเข้าซึ่งมีกลิ่นเหม็น
- บีโอดี, ซีโอดี ดูจากบทที่ 4 ข้อมูลการวิเคราะห์
- ความผิดปกติต่าง ๆ พบค่า BOD น้ำออกมีค่ามากกว่าน้ำเข้าระบบ

จากการศึกษาพบว่า พีเอชของบ่อควรจะอยู่ระหว่าง 6 – 7 น้ำควรมีสีดำไม่เหม็นเน่าและมีฟองก๊าซผุดขึ้นทั่วไป หากมีพีเอชต่ำกว่า 6 จะเห็นน้ำในบ่อมีสีขาว และเหม็นเปรี้ยว ต้องหยุดเติมน้ำเสีย จนกว่าน้ำกลายเป็นสีดำใหม่อีก ในเวลาเดียวกัน ควรเติมปูนขาวลงไปบ่อเพื่อปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 6 – 7 จากนั้น จึงเริ่มเติมน้ำเสียในอัตราที่ไม่เกิดปัญหาและเพิ่มน้ำเสียในอัตราที่ช้าลง

3.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ การตรวจสอบประสิทธิภาพรวมของระบบ และประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดที่ย่อยต่าง ๆ การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบไม่ควรจำกัดอยู่เพียงการวัดประสิทธิภาพรวมของระบบเท่านั้นการวิเคราะห์เพียงเฉพาะน้ำเสียและน้ำทิ้งสุดท้ายของระบบว่าแตกต่างกันเท่าใด โดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดย่อย จะทำให้ไม่มีข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยบำบัดย่อย การแก้ไขและพัฒนาให้ระบบมีขีดความสามารถเต็มที่จะไม่อาจกระทำได้นอกจากนี้การขาดแคลนจะทำให้ไม่สามารถเดินระบบได้เหมาะสม และประหยัดค่าใช้จ่ายให้มากที่สุด ด้วยเหตุนี้การตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย จึงจำเป็นต้องตรวจสอบหน่วยบำบัดที่สำคัญอย่างครบถ้วน

ขั้นตอนในการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย

การตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียควรมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเขียนรูปแบบแสดงหน่วยบำบัดรวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และทิศทางของน้ำเสีย, สลัดจ์และน้ำทิ้งที่ออกจากหน่วยต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 สำรวจขนาดของหน่วยบำบัดต่าง ๆ ที่แสดงอยู่ในแผนภาพ และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียและสลัดจ์ ต้องเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำที่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้ถูกต้อง และวัดอัตราไหลของน้ำได้ ถ้าไม่มีจุดเก็บตัวอย่างหรือเครื่องวัดอัตราไหลของน้ำและสลัดจ์ จะต้องหาวิธีการดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์ตามความเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ และอุปกรณ์วิเคราะห์น้ำเสียและสลัดจ์เพื่อให้สามารถทราบถึงลักษณะของน้ำเสียและสลัดจ์ และนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์สมดุลสมรรถนะของหน่วยบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนที่ 4 จัดบันทึก วิเคราะห์ และรายงานผลตรวจสอบ

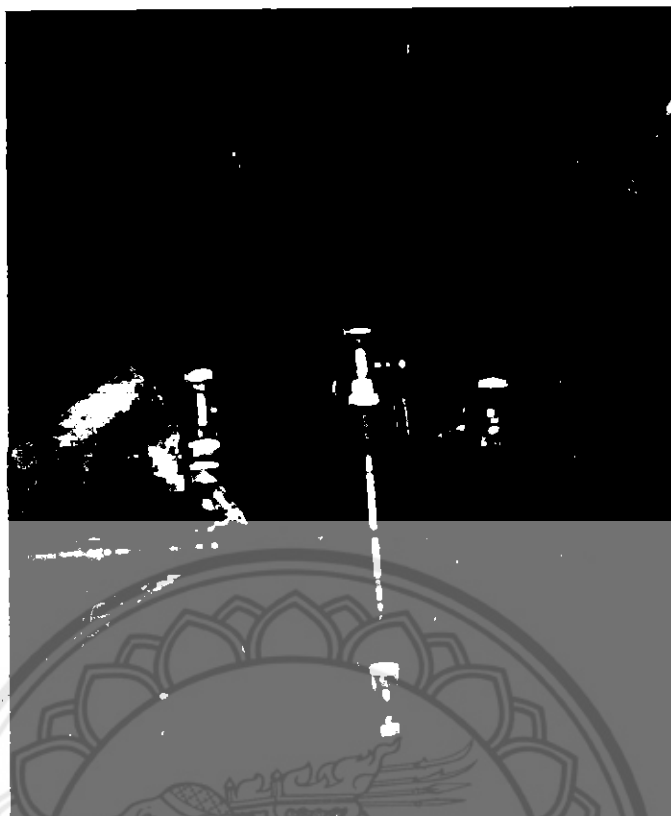
3.5 การดำเนินงานจริงในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบบำบัด UASB ขนาดเล็ก

3.5.1 ทำการศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และเริ่มต้นโครงการ

3.5.2 ทำการตรวจสอบสภาพ ติดตั้งและดัดแปลงระบบ เพื่อเตรียมความพร้อมโดยการติดตั้งดังนี้

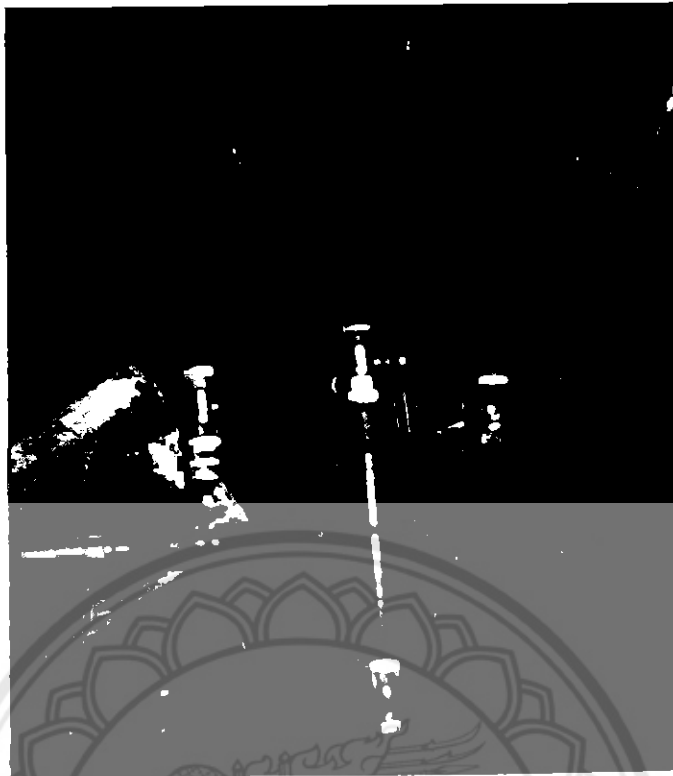
(1) เลือกสถานที่ที่เหมาะสม เนื่องจากตัวแบบจำลองมีความสูงประมาณ 3 เมตรและตัวอย่างน้ำเสียมักกลิ่นเหม็นมาก ฉะนั้นต้องเลือกสถานที่ที่กว้างขวางพอสมควร และมีอากาศถ่ายเทสะดวก

(2) ดัดแปลงแบบจำลองโดยการเสริมวาล์วตรงจุดที่น้ำจากปั๊มจะเข้าสู่ระบบและตรงกลางของตัวแบบจำลอง ซึ่งวาล์วตรงจุดที่น้ำจากปั๊มจะเข้าสู่ระบบมีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการทำความสะอาดถังและปั๊ม หรือในกรณีที่ปั๊มไม่สามารถทำงานได้จะสามารถปิดวาล์วตัวนี้แล้วจึงถอดปั๊มออกเพื่อให้มีน้ำอยู่ในระบบตลอดเวลา ตรงจุดต่อระหว่างท่อจากปั๊มและวาล์วตรงจุดน้ำเข้าใช้ข้อต่อแบบสามทาง (แบบตัว T) ที่ปลายสุดของข้อต่อมีวาล์วอีกหนึ่งตัวเพื่อป้องกันน้ำไหลออก ส่วนบนสุดของแบบจำลอง (ทางน้ำออกจากระบบ) ใช้ข้อต่อแบบข้องอ ต่อลงมายังถังรับน้ำ (ถังน้ำออก) (ดูรูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 การดัดแปลงแบบจำลอง

- (3.) ตรวจสอบการรั่วซึมของแบบจำลอง โดยการปิดวาล์วตรงกลางและตรงจุดที่น้ำเข้า จากนั้นใต้น้ำลงไปแบบจำลองจนระดับน้ำสูงถึงจุดที่น้ำออก ปล่อยทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตการรั่วซึมของน้ำตรงบริเวณข้อต่อ หากเกิดการรั่วซึมต้องทำการแก้ไขให้เรียบร้อย
- (4.) การต่อปั๊มเข้ากับแบบจำลอง กระทำโดยต่อท่อน้ำออกเข้ากับข้อต่อแบบสามทางต่อไปยังวาล์วตรงจุดน้ำเข้าสู่ระบบ และต่อท่อจุดน้ำเข้ากับปั๊ม (เนื่องจากปั๊มมีลักษณะเบาในขณะที่ทำงานมีการสั่นสะเทือนจึงเลือกที่ตั้งปั๊มที่มีความมั่นคง และทำการยึดปั๊มเข้ากับแผ่นไม้เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ (ดูรูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 การต่อปั๊มเข้ากับแบบจำลอง

3.5.3 ทำการจัดเก็บตัวอย่างน้ำเสียโดยใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก เป็นตัวอย่างในการศึกษาโดยเริ่มทำการศึกษาดังแต่วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2542 ถึงวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2543 โดยมีวิธีการปฏิบัติดังนี้

- (1) ใช้ถังน้ำพลาสติก ขนาด 150 ลิตร และ 100 ลิตร อย่างละ 1 ใบ โดยใช้ถังน้ำ ขนาด 100 ลิตรไปรองน้ำ ณ จุดระบายน้ำทิ้งของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก แล้วนำไปเทใส่ถังน้ำพลาสติกขนาด 150 ลิตร จนเกือบเต็มปิดฝาให้แน่นโดยใช้สายยางรัดฝาปิด (ดูรูปที่ 3.5.3.1)
- (2) นำตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมาสมมติให้เป็นน้ำเสียเข้าสู่ระบบ จัดการจุ่มหัวดูดน้ำเสียของปั๊มลงไปจนถึงน้ำเสียตัวอย่างอย่าง ใช้ไม้กวนน้ำเสียให้เข้ากันเพื่อป้องกันการนอนกันของตะกอนในน้ำตัวอย่าง แล้วจึงทำการเดินปั๊มน้ำพร้อมกับเปิดวาล์วตรงจุดที่น้ำเข้าสู่ระบบ ในขั้นตอนนี้จะเก็บตัวอย่างน้ำเสียใส่ขวดประมาณ 2 ลิตร และนำไปทดสอบหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสีย (คุณลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด) (ดูรูปที่ 3.5.3.2)



รูปที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย



รูปที่ 3.4 การนำตัวอย่างน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

- (3.) ใช้ถังน้ำขนาด 150 ลิตร มารองรับน้ำที่จะออกจากระบบทางท่อน้ำออก จากนั้นจัดการเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากระบบบำบัดนำไปทดสอบหาคุณสมบัติของน้ำที่ผ่านระบบบำบัดออกมา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดเทียบกับผลการวิเคราะห์จากคุณสมบัติน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดได้ (ดูรูปที่ 3.5.3.3)



รูปที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำออกจากถังปฏิบัติการ

ในการจัดเก็บน้ำเสียจะใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

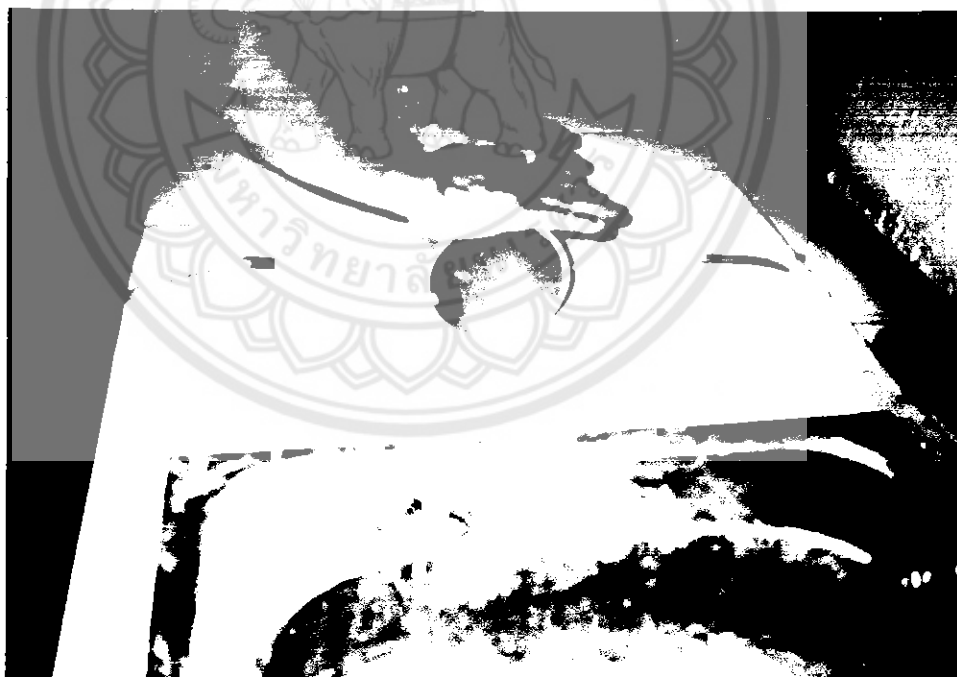
(1.) ถังน้ำพลาสติกพร้อมฝาปิด ขนาด 100 ลิตร	จำนวน	3	ใบ
(2.) ถังน้ำพลาสติกพร้อมฝาปิด ขนาด 150 ลิตร	จำนวน	3	ใบ
(3.) ถุงมือหนัง	จำนวน	3	คู่
(4.) รองเท้าบูท	จำนวน	3	คู่
(5.) ยางรัดผ้าถัง	จำนวน	3	คู่
(6.) ผ้าครอบงมูก	จำนวน	3	ชิ้น

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากน้ำเสียมีความสกปรกทั้งตะกอนและพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ทำให้เมื่อเดินระบบได้ระยะเวลาหนึ่ง มักจะเกิดปัญหาการอุดตันในท่อน้ำและในหัวดูด จึงต้องมีการทำความสะอาดโดยการปิดวาล์วที่จุดน้ำเข้าสู่ระบบบำบัด เพื่อแยกระบบบำบัดออกจากปัม ซึ่งต้องมีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ โดยแยกทำความสะอาดในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

(1.) ท่อยาง

ใช้วัสดุทรงกระบอก เช่น ขวด, ท่อกลมขนาดต่าง ๆ หรือท่อเหล็ก เป็นต้น มารัดท่อยางไปมาเพื่อให้คราบสกปรกที่เกาะบริเวณท่อหลุดออกไป จากนั้นทำการฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดท่อยาง (ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งท่อยางไม่มีคราบสกปรกเหลืออยู่) (ดูรูปที่ 1.ก.)



รูปที่ 1.ก. การทำความสะอาดท่อยาง

(2.) หัวตุค

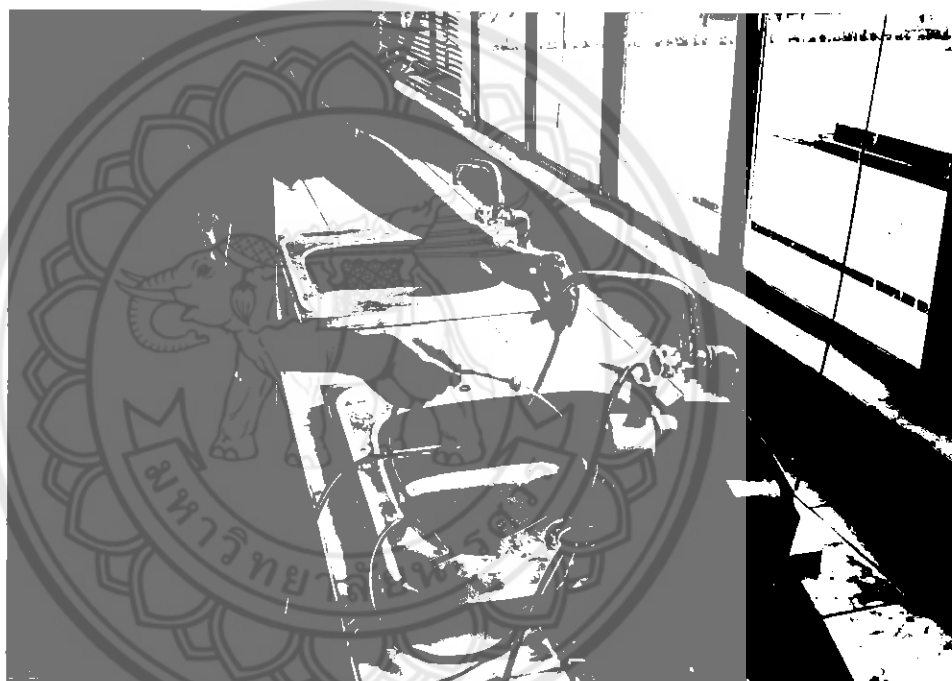
ถอดหัวตุคน้ำเตี้ยออกจากท่อสายยาง ใช้ลวดขนาดเล็ก ๆ เกี่ยวตะแกรงกรองที่อยู่ภายในหัวตุคออกมา จากนั้นทำความสะอาดโดยการใช้แปรงสีฟันทำการขัดถูไปมาเบา ๆ แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด ส่วนที่เป็นเซรามิกใช้แปรงลวดทำการขัดแล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด (ดูรูปที่ 2.ก.)



รูปที่ 2.ก. การทำความสะอาดหัวตุค

(3.) ปิ๊ม

ทำความสะอาดโดยการทำการอัดน้ำจากท่อประปาผ่านทางท่อดูดน้ำเข้าไป เพื่อทำการไล่คราบสกปรกที่เกาะบริเวณตามผนังปิ๊มและที่ผิวของลูกบอลพลาสติก ถอดควาล์วท่อ By pass ออก ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด (ดูรูปที่ 3.ก.)



รูปที่ 3.ก. การทำความสะอาดปิ๊ม

3.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย เนื่องจากปริญญาโทครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก จึงทำการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติของน้ำก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัด Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก และคุณสมบัติของน้ำหลังจากที่ผ่านระบบบำบัด Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process

(UASB) ขนาดเล็ก โดยการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติของน้ำครั้งนี้ จะใช้พารามิเตอร์ที่เป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจำนวน 4 ตัว คือ บีโอดี(BOD), ซีโอดี(COD), พีเอช(pH)และ อุณหภูมิ โดยทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

3.6 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

3.6.1 การวิเคราะห์หาค่า บีโอดี(BOD)

3.6.1.1 การวิเคราะห์หาค่า บีโอดี(BOD) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในลักษณะของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายในสภาวะที่มีออกซิเจน การหาบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยา เพื่อหาปริมาณค่าของออกซิเจน ซึ่งแบบที่เรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ ดังนั้นค่า บีโอดี(BOD) มาตรฐานต้องบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 °C เป็นระยะเวลา 5 วัน

3.6.1.2 วิธีวิเคราะห์ บีโอดี(BOD) วิธีแบบเจือจาง ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกมาก เช่น มีค่า บีโอดี(BOD) เกิน 7 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเป็นปรกาศโดยตรงกับจำนวนสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำนั้น เมื่อตัวอย่างน้ำมีสารอินทรีย์จำนวนมาก จึงต้องเจือจางตัวอย่างน้ำเพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอที่แบคทีเรียจะใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น

3.6.1.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำควรจะทำวิเคราะห์ทันที แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ ควรนำตัวอย่างน้ำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C เมื่อจะนำตัวอย่างที่แช่แข็งมาวิเคราะห์ต้องปล่อยให้ตัวอย่างน้ำมีอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้องเสียก่อน

3.6.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ ขวดบีโอดี ขนาด 300 มล. พร้อมจุกปิดสนิท

3.6.1.4.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

3.6.1.4.2 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น กระจกดวง, บิวเรต, ขวดรูปกรวย และขวดแก้วเก็บสารเคมี เป็นต้น

3.6.1.4.3 สารเคมีต่าง ๆ

- (1.) สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ จำนวน 1 มล. ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร
- (2.) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต จำนวน 1 มล. ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร
- (3.) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จำนวน 1 มล. ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร
- (4.) สารละลายเฟริกคลอไรด์ จำนวน 1 มล. ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

3.6.1.5 วิธีเตรียมน้ำเจือจาง

น้ำเจือจางหมายถึง การนำน้ำสะอาดที่มีออกซิเจนละลายอยู่มากหรือเกือบอิ่มตัว
วิธีเตรียมทำโดย

- (1.) ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ขวดแอสไพเรเตอร์ที่สะอาด
- (2.) ทำการเป่าอากาศที่สะอาด เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำสะอาดอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
- (3.) เติมสารอาหารต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์, สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต, สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายเฟริกคลอไรด์ ในปริมาณอย่างละ 1 มล. ต่อน้ำสะอาดเจือจาง 1 ลิตร

3.6.1.6 วิธีวิเคราะห์

- (1.) ทาบีโอดีพร้อมกับพิจารณาลักษณะของตัวอย่างน้ำ, แหล่งเก็บและตัวอย่างน้ำร่วมด้วย เพื่อประมาณค่าบีโอดี
- (2.) เมื่อทราบค่าบีโอดีโดยประมาณควรเลือกปริมาณตัวอย่างที่คาดว่าจะให้ค่าบีโอดีอยู่ในช่วงที่กำหนดแล้วจึงเลือกปริมาณตัวอย่างที่ใช้ให้สูงหรือต่ำกว่าที่อยู่ติดกัน (ดูตาราง 3.1 ก)

ตาราง 3.1 ก ตารางการประมาณน้ำตัวอย่างวิเคราะห์บีโอดี

ปริมาณตัวอย่าง (มล.)	ช่วงบีโอดี (มก./ล.)	อัตราเจือจาง
0.02	30,000 – 105,000	15,000
0.05	12,000 – 42,000	6,000
0.10	6,000 – 21,000	3,000
0.20	3,000 – 10,500	1,500
0.50	1,200 – 4,200	600
1.00	600 – 2,100	300
2.00	300 – 1,050	150
5.00	210 – 420	60
10.0	60 – 210	30
20.0	30 – 105	15
50.0	12 – 42	6
100	6 – 21	3
300	0 – 7	1

ตารางแสดงอัตราเจือจางปริมาณตัวอย่างน้ำ : ที่มา รงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์ : 2540

- (3.) เมื่อเลือกปริมาณตัวอย่างได้แล้ว เปิดตัวอย่างตามจำนวนที่เลือกไว้ลงในขวด บีโอดี ขนาด 300 มล. อย่างละ 2 ขวด เติมน้ำสำหรับใช้เจือจางจนเต็มขวดบีโอดี ต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ปิดฝาให้แน่น หาขวดบีโอดีขวดหนึ่งของแต่ละปริมาตรที่เลือก มาหาค่าออกซิเจนละลายที่มี เริ่มต้นเป็น DO_0 ส่วนอีกขวดนำไปบ่มที่ตู้ควบคุม อุณหภูมิ $20^{\circ}C$ เป็นเวลา 5 วัน

(4.) เมื่อครบ 5 วัน นำขวดบีโอดีที่บ่มไว้มาหาค่าออกซิเจนที่เหลืออยู่สมมติเป็น DO_5

การคำนวณ ค่าบีโอดี ทำได้ดังนี้

$$\text{ค่าบีโอดี (มก.ออกซิเจน/ลิตร).} = (DO_0 - DO_5) \times \text{อัตราเงื้องาง}$$

เมื่อ

$$DO_0 = \text{ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรตได้ในวันแรก}$$

$$DO_5 = \text{ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรตได้ในวันที่ 5}$$

$$\text{อัตราเงื้องาง} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำเต็มขวดบีโอดี (300 มล.)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้}}$$

การหาค่า DO_0 และการหา DO_5

การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่างน้ำเสีย ซึ่งเก็บไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 ลบ.ซม. ทำได้ดังนี้

- (1.) เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 ลบ.ซม. และอัลคาไล-ไฮโอโดคโฮไซด์ รีเอเจนต์ 1 ลบ.ซม. ลงในขวดบีโอดี หลังจากนั้นปิดจุกขวดอย่างให้มิดฟองอากาศ และผสมให้เข้ากันโดยการคว่ำขวดขึ้นลงอย่างน้อย 15 ครั้ง
- (2.) ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนตกประมาณครึ่งขวด
- (3.) หลังจากนั้นเติมกรดซัลฟูริก จำนวน 1 ลบ.ซม. ผสมให้เข้ากันโดยคว่ำขวดขึ้นลงจนกระทั่งตะกอนละลายหมด
- (4.) ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0021 โมล/ลบ.ซม. จนมีสีเหลืองอ่อน หลังจากนั้นเติมน้ำแปร่ง 6 หยด จนได้สีน้ำเงินเข้ม แล้วไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหายไป (ของเหลวในขวดบีโอดีใส) อ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้

3.6.2 การวิเคราะห์ซีโอดี (COD)

- (1.) การวิเคราะห์ซีโอดี ภายใต้สภาวะการรีฟลักซ์ในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่มีอุณหภูมิสูง สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดส์โดยสารละลายโพตัสเซียมไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้นและมีปริมาณเกินพอที่ทราบจำนวน หลังจากรีฟลักซ์ วัดปริมาณโพตัสเซียมไดโครเมตที่เหลือโดยนำไป

ไตเตรตกับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulfate, FAS) และใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ทำให้ทราบปริมาณของโปรตีนในตัวอย่างโปรตีนที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้ ปฏิกริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

(1.) เมื่อรีฟลักซ์ด้วย $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$



(2.) หาปริมาณ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ที่เหลือโดยการไตเตรตด้วย FAS มีเฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์



$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ที่เหลือจะทำปฏิกิริยากับ Fe^{2+} (FAS) ได้โครมิก (Cr^{3+}) จนหมด แล้ว Fe^{2+} จึงทำปฏิกิริยากับเฟอโรอินได้สารประกอบสีน้ำตาลแดงซึ่งแสดงจุดยุติของการไตเตรต

1.) การเก็บและรักษาตัวอย่าง ควรเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในขวดแก้วและนำมาวิเคราะห์ทันที แต่ถ้าไม่สามารถจะทำได้ ควรแช่เย็นไว้ก่อนหากไม่สามารถวิเคราะห์ภายใน 1 วัน ให้เติมกรดซัลฟูริกจนตัวอย่างน้ำมีค่าพีเอชน้อยกว่า 2

3.) เครื่องมือและอุปกรณ์

- (1.) หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเกต (Borosilicate) ซึ่งใช้ถึงยี่ห้อ ขนาด 16x100 หรือ 20x150 หรือ 25 x 150 มม. มีฝาพลาสติกซึ่งทำด้วย TEE
- (2.) บล็อก หรือที่ใส่หลอดแก้วแบบตัน ทำด้วยอลูมิเนียม ความลึกของช่องในหลอดประมาณ 45 – 50 มม. การให้ความร้อนเพื่อต้มย่อยสลายกระทำโดยวางบล็อกบนเตาแผ่น
- (3.) ตู้อบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ประมาณ $150 \pm 2^\circ\text{C}$

(4.) บิวเรต

(5.) ขวดรูปกรวยขนาด 125 มล.

4.) สารเคมี

(1.) สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

(2.) กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

(3.) สารละลายมาตรฐานเฟร็ดแอมโมเนียม ซัลเฟต 0.05 นอร์มัล

(4.) สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์

5.) วิธีการตรวจสอบความเข้มข้น FAS ปิ่ตสารละลายมาตรฐาน โปตัสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล 5.0 มล. ใส่ขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วจึงค่อย ๆ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มล. ทิ้งไว้ให้เย็นเติมเฟอโรอิน 2 – 3 หยด ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS จนได้สีน้ำตาลเป็นจุดยุติ

6.) วิธีวิเคราะห์

ต้องล้างหลอดแก้วและฝาปิดด้วยสารละลายกรดกำมะถัน 20% เสมอทุกครั้งก่อนใช้งาน

(1.) เลือกขนาดของหลอดแก้วและเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำสำหรับคัมซีโอดีให้เหมาะสม

(2.) ใส่น้ำตัวอย่างลงในหลอดแก้วขนาดเหมาะสม เติมน้ำย่าย่อยสลายหรือโปตัสเซียมไดโครเมต ตามด้วยกรดกำมะถันอย่างช้า ๆ ปิดฝาให้แน่นและเขย่าผสมกันให้ดี สำหรับแบบลงค้ำใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกอย่าง

(3.) วางหลอดแก้วให้อยู่ในบล็อคน้ำได้ค้ำ อุณหภูมิไว้ที่ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชม.

(4.) เมื่อครบ 2 ชม. นำออกจากค้ำปล่อยให้เย็น

เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด แล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 2 – 3 หยด แล้วไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS สีของสารละลายจะค่อย ๆ เปลี่ยนจาก เหลือง ---> เขียวอมเหลือง ---> ฟ้า ---> น้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติ จดปริมาตร FAS ที่ใช้ไตเตรต

ตาราง 3.1 ข ขนาดตัวอย่างและอัตราเงื่อนงาที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ ซีโอดี*

ช่วงซีโอดี	ขนาดตัวอย่าง (มล.)	อัตราเงื่อนงา
< 200	5	1 : 1
200 – 400	4	1 : 1
400 – 800	2	1 : 1
800 – 1,600	1	1 : 1
1,600 – 3,200	5	1 : 10
2,700 – 5,300	3	1 : 10
4,000 – 8,000	4	1 : 20
8,000 – 16,000	2	1 : 20
13,000 – 26,500	3	1 : 50
20,000 – 40,000	2	1 : 50
40,000 – 80,000	2	1 : 100
80,000 – 160,000	1	1 : 100

* เมื่อใช้ FAS ความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล และ $K_2Cr_2O_7$ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
ที่มา : ชงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิชาญศิริศักดิ์ : 2540

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี, มก./ลิตร} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{มล.ของน้ำตัวอย่าง}}$$

เมื่อ

A = มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตแบบลั้งค์

B = มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างน้ำ

N = ความเข้มข้นของ FAS , นอร์มัล

3.6.3 การวัดค่า pH

1. ใช้กระดาษ ฟีเอช จุ่มลงไปใต้น้ำเสียตัวอย่าง
2. นำกระดาษขึ้นมาปล่อยให้แห้งพอสมควร
3. จากนั้นนำกระดาษ ฟีเอช มาเทียบสีกับแถบสีมาตรฐาน จะได้ค่า pH โดยประมาณ

3.6.4 การวัดอุณหภูมิ.

1. นำเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงไปในตัวอย่งน้ำเสียทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
2. อ่านค่าสเกลจากเทอร์มิเตอร์โดยให้อยู่ในระดับสายตา

3.7 แผนการดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเข้า/ออก มาทำการวิเคราะห์

- 1.) การเก็บตัวอย่างน้ำจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก มาทำการบำบัดโดยระบบบำบัด UASB ขนาดเล็ก (ความจุ 25 ลิตร) ทุกวัน
- 2.) การเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบบำบัด UASB ขนาดเล็ก (ความจุ 25 ลิตร) จะทำการวิเคราะห์ค่าบีโอดี, ซีโอดี, อุณหภูมิและพีเอช ตามลำดับของตัวอย่างน้ำแบบวันเว้นวัน (2 วัน/ครั้ง)
- 3.) อัตราการไหล = 4 ลิตร/ชั่วโมง
ระยะเวลาที่อยู่ในระบบ = 7.5 ชั่วโมง

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์การดำเนินโครงการ

4.1 สรุปความรู้เกี่ยวกับระบบ UASB ได้ดังนี้

- 1.) ระบบ UASB เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน มีขบวนการทำงานที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างกรด โดยแบคทีเรียชนิดสร้างกรด และขั้นสร้างก๊าซมีเทน
- 2.) ระบบ UASB มีองค์ประกอบทางกายภาพ คือ ตัวถังระบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ
 - (1.) ชั้นตะกอนล่าง
 - (2.) ชั้นตะกอนลอย
 - (3.) ชั้นแยกสามสถานะ (ของแข็ง, น้ำและก๊าซ) ซึ่งประกอบด้วยระบบแผ่นกั้น (Baffle System) ซึ่งเอียงทำมุมประมาณ 50 องศา อยู่ส่วนบนของถังปฏิบัติการ ทำหน้าที่แยกของเหลว, ก๊าซและตะกอนจุลินทรีย์ออกจากกัน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีหลักการการทำงานคือ น้ำเสียที่ต้องการบำบัดจะไหลเข้าสู่ส่วนล่างของถังปฏิบัติการ จะสัมผัสกับชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงเรียกชั้นตะกอนจุลินทรีย์นี้ว่า ชั้นตะกอนล่าง (Sludge Bed) จุลินทรีย์ที่อยู่ชั้นตะกอนล่างจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้เกิดเซลล์จุลินทรีย์และก๊าซต่าง ๆ ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเกาะอยู่ตามผิวของตะกอนจุลินทรีย์ ความเร็วของน้ำเสียที่ไหลขึ้นในถังปฏิบัติการ จะพาเอาตะกอนจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนล่างขึ้นสู่ด้านบน ทำให้มีการสัมผัสกันระหว่างน้ำเสียกับชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอย ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นต่ำ เรียกชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยนี้ว่า ชั้นตะกอนลอย (Sludge Blanket) ระหว่างที่น้ำเสียไหลขึ้นสู่ส่วนที่เป็นถังตกตะกอนสารอินทรีย์ยังคงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนลอย การลอยขึ้นของน้ำเสียที่มีตะกอนจุลินทรีย์และก๊าซต่าง ๆ เกาะรวมกันจะกระทบกับระบบแผ่นกั้น ซึ่งจะแยกตะกอนจุลินทรีย์ให้ตกลงสู่ถังหมักอีกครั้ง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB นี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ช่วงของการเริ่มต้น (Start Up) ระบบต้องสร้างให้เกิดตะกอนแบบเม็ด ตะกอนจึงจะใช้งานได้มีประสิทธิภาพ และใช้เวลาเริ่มต้นระบบนานกว่าระบบเดิม

อากาศ หลังจากบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ UASB แล้วน้ำเสียที่ออกจากระบบ UASB จำเป็นต้องมีการบำบัดต่อก่อนทิ้งลงสู่สาธารณะ เพราะน้ำทิ้งยังคงมีค่าบีโอดีสูงเกินมาตรฐานที่ยอมรับได้

- 3.) ระบบ UASB มีข้อดี คือ สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD และ COD สูง ๆ ได้ดี ให้ก๊าซมีเทนเป็นผลผลิต ระบบมีขนาดไม่ใหญ่นักทำให้ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างไม่มาก และมีราคาในการดำเนินการบำบัดไม่สูง แต่จะมีข้อเสียคือ เป็นระบบที่ต้องการการดูแลเอาใจใส่เป็นพิเศษ ในช่วงที่เป็นการเริ่มต้นระบบ (Start Up) ระบบต้องสร้างให้เกิดตะกอน

4.2 ผลการรวบรวมข้อมูลและการศึกษาขั้นต้น

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก ประกอบกิจกรรมทำการชำแหละสัตว์ เพื่อการอุปโภค โดยสัตว์ส่วนใหญ่ที่ทำการชำแหละจะเป็นพวกสุกร และไก่ และทำการล้างทำความสะอาดบริเวณโรงฆ่าชำแหละ ทำให้น้ำเสียที่มาจากโรงฆ่าเหล่านี้เป็นน้ำที่มีการปนเปื้อนของเลือด, ขน, เศษชิ้นเนื้อเครื่องในและเศษดิน จะทำการชำแหละสัตว์ทุกวัน ยกเว้นวันพระ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการทำการสำรวจโดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียโดยการทำการสูบน้ำเสียจากบ่อพักน้ำเพื่อรอการสูบทิ้งและนำมาเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียในวันพระจะเป็นน้ำเสียเก่าที่บ่อพักน้ำของวันที่ผ่านมาไม่ใช่ น้ำเสียใหม่ที่ผ่านการทำความสะอาดในวันพระ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจาก โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลกและทำการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด และหลังจากผ่านระบบบำบัด UASB ขนาดเล็ก ได้ผลดังแสดงตาราง 4.2.1 (พิจารณาข้อมูลคุณภาพน้ำโรงฆ่าสัตว์เดิมดูภาคผนวก ค.) จากข้อมูลในตาราง 4.2.1 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าระบบ (เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการบำบัดขั้นต้น) ได้ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.2.1, 4.2.2 และ 4.2.3 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าคุณภาพน้ำตามดัชนีวิเคราะห์จะสามารถสรุปเป็นค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงได้ดังตาราง 4.2.2

ตาราง 4.2.1 ข้อมูลผลจากการตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

วัน/เดือน/ปี	น้ำเข้า			น้ำออก		
	อุณหภูมิ	pH	BOD	อุณหภูมิ	pH	BOD
21/12/42	21	7.5	324.5	21	7.5	44
23/12/42	21	7.6	582	22	7.5	440
26/12/42	26	7.2	481.7	21	7.4	449
28/12/42	22	7.4	162	22.5	7.4	405
31/12/42	23.5	7.6	601	23	7.6	391
02/01/43	22	7.4	252	21	7.2	410
05/01/43	22	7.6	412	22	7.6	502
07/01/43	23	7.2	403	23.7	7.4	482
10/01/43	24.2	7.4	331	23.5	7.4	487
12/01/43	21.7	7.4	425	22	7.6	531
15/01/43	23.9	7.4	161	24.2	7.6	452
17/01/43	22.7	7.6	182	23	7.6	437
20/01/43	23.5	7.4	402	24	7.6	515
22/01/43	24.9	7.4	448	25.7	7.6	503
25/01/43	24.2	7.6	433	24.8	7.4	478
27/01/43	24	7.4	401	25	7.6	486

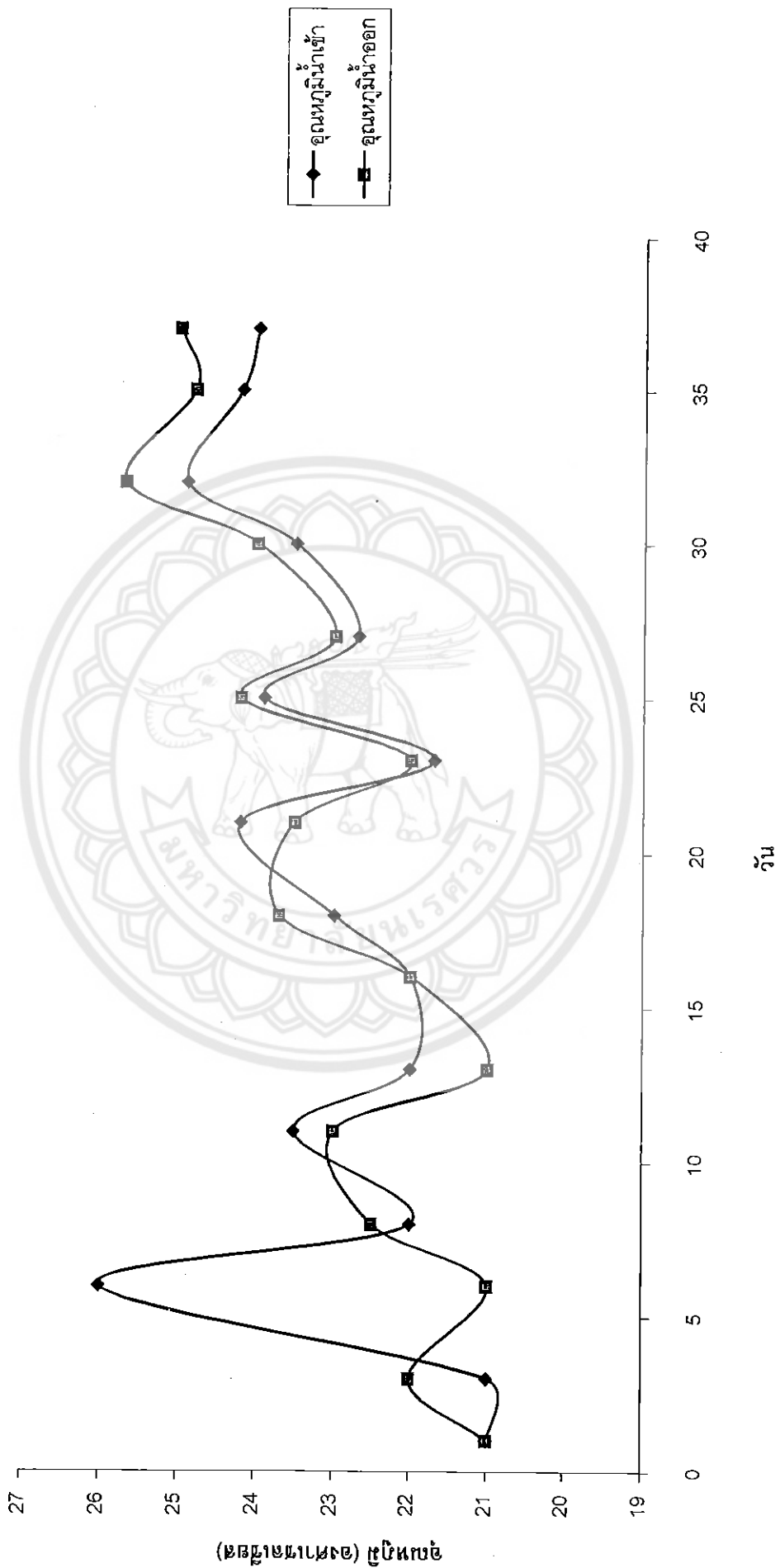
* น้ำทำการทดลองเป็นน้ำที่เก็บไว้ตู้แช่และทำการทดลองวันอื่น

หมายเหตุ ในวันที่ตรงกับวันพระ เนื่องจากไม่มีการฆ่าและตัดหัวจึงทำการใช้ตัวอย่างน้ำเสียของวันก่อนที่จะถึงวันพระเป็นน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด

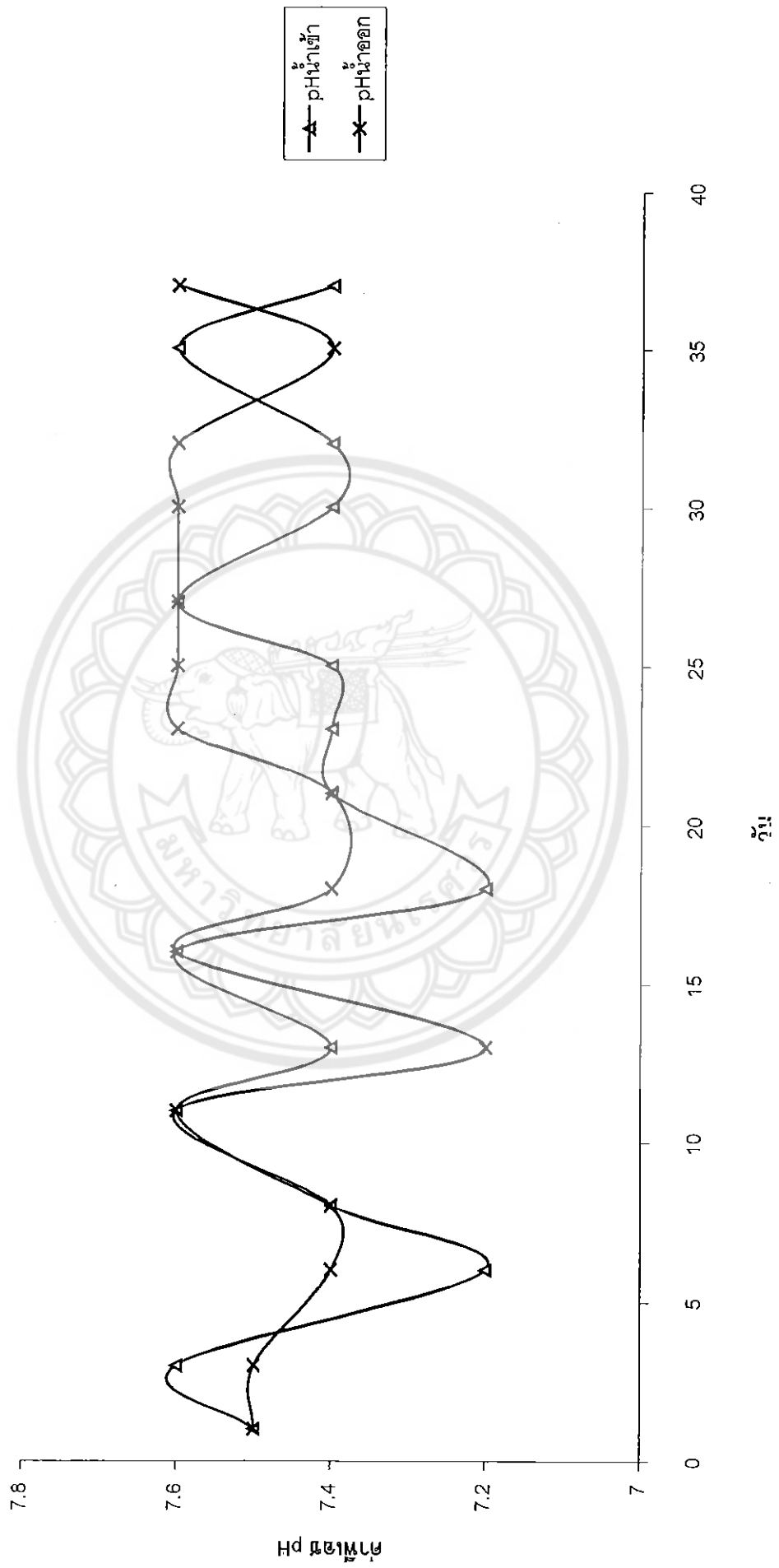
ตาราง 4.2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัด

ค่าเฉลี่ย	น้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด	น้ำเสียหลังออกจากระบบบำบัด
อุณหภูมิเฉลี่ย (°ซ)	23.1	23.0
pH	7.4	7.5
BOD (mg/l)	375	460.81

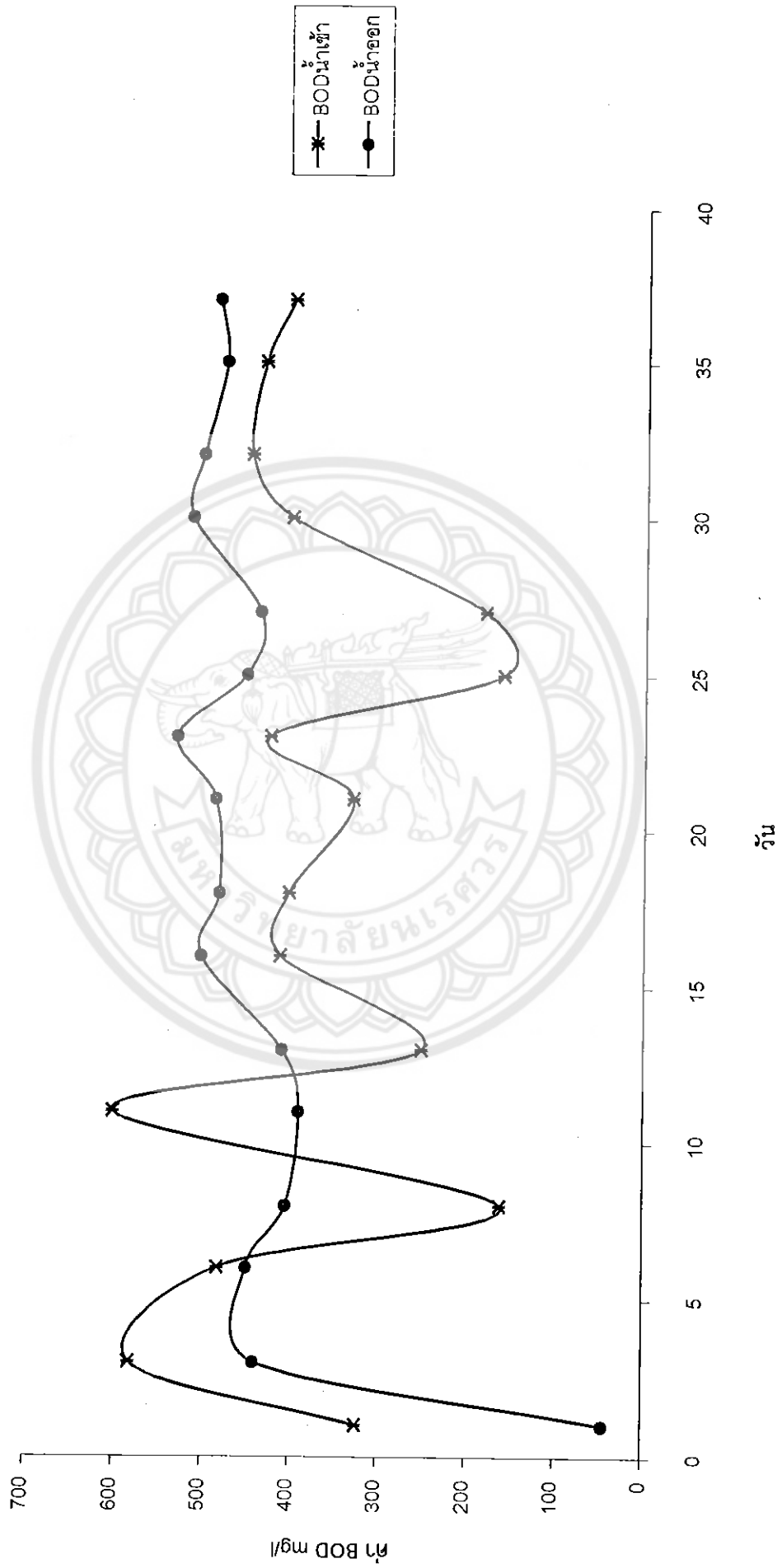
กราฟ 4.2.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิ



ภาพ 4.2.2 เปรียบเทียบค่าพีเอช pH



กราฟ 4.2.3 เปรียบเทียบค่าบีโอดี BOD



4.3 การวิเคราะห์ค่าตรวจที่ตัวแปรการบำบัด

(1.) วิเคราะห์อุณหภูมิ

จากตาราง 4.2.2 และแสดงดังกราฟที่ 4.2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัด พบว่าค่าอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีอุณหภูมิเฉลี่ย 23.1 °ซ และอุณหภูมิของน้ำเสียหลังออกจากระบบบำบัดมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 23.0 °ซ จากการศึกษาของ ปริญญา ทองสุข และเสกสรรค์ พร้าพหุรัตน์, 2541 กล่าวไว้ว่า อุณหภูมิปกติที่เหมาะสมในการย่อยสลาย จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วง Mesophilic 30° – 35° C และช่วง Thermophilic 45° – 55° C ดังนั้นจะพบว่าค่าอุณหภูมิของระบบบำบัด UASB ขนาดเล็กมีช่วงอุณหภูมิที่ไม่จัดอยู่ในช่วงการศึกษาดังกล่าว หรืออาจกล่าวได้ว่าระบบยังไม่เข้าสู่สภาวะการบำบัดที่เหมาะสม

(2.) วิเคราะห์พีเอช pH

จากตาราง 4.2.2 และดังกราฟ 4.2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัด พบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าพีเอชเฉลี่ย เท่ากับ 7.5 และค่าพีเอชของน้ำที่ผ่านออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าพีเอชเฉลี่ย เท่ากับ 7.4 จะพบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดและหลังจากผ่านออกมาจากระบบบำบัดมีค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันคือ มีค่าพีเอชประมาณ 7.4 – 7.6 ซึ่งแสดงว่าน้ำมีความเป็นกรดและความเป็นด่างเท่า ๆ กันและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้ตะกอนแบคทีเรีย สามารถดำเนินการผลิตก๊าซมีเทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ 6.8 – 8.5 (ปริญญา ทองสุข และเสกสรรค์ พร้าพหุรัตน์, 2541) ดังนั้นค่าพีเอชของระบบบำบัดน้ำเสีย UASB ขนาดเล็กจึงมีค่าพีเอชที่พอเหมาะ

(3.) วิเคราะห์การลดค่าบีโอดี BOD

จากตาราง 4.2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัด พบว่า ค่าบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดมีค่าบีโอดีเฉลี่ย เท่ากับ 375 Mg/l และค่าบีโอดีของน้ำเสียหลังจากการผ่านออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่า เท่ากับ 460.81 Mg/l จะพบค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียหลังจากผ่านออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่ามากกว่าค่าบีโอดีของน้ำเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นระบบอาจทำให้ระบบบำบัดยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการบำบัดน้ำเสีย และระบบยังไม่สามารถปรับเข้าสู่สภาวะการบำบัดที่สมบูรณ์ได้ และอาจมีสาเหตุมาจากการที่เราได้ใช้ SEED จากระบบบำบัดแบบ Activated Sludge จากโรงพยาบาลพุทธ

ซินราช ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการบำบัด แต่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เป็นระบบบำบัดที่ใช้แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน ด้วยเหตุนี้เองอาจทำให้แบคทีเรียที่ใช้เป็น SEED อาจจะได้และปนออกมากับน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดได้

ทั้งนี้การเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ อาจมีสาเหตุอันเนื่องมาจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบบำบัดที่ยังใหม่และไม่มีผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคระบบบำบัดแบบยูเอสบี นิติขาดทักษะในการควบคุมระบบเคมี และการตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสีย เช่น บีโอดีและซีโอดี และไม่มีผู้เชี่ยวชาญในการเริ่มเดินระบบและวิธีควบคุม และถึงปฏิบัติเป็นท่อ PVC ชนิดปูน ซึ่งทำให้ไม่สามารถตรวจสอบลักษณะของแบคทีเรีย (โดยการมองเห็นต่างจากท่อใส) ว่ามีลักษณะของ Granule เป็นเม็ดหรือไม่ และสามารถทำการแก้ไขปัญหาการผิดพลาดของการดำเนินการตั้งข้อสรุปในตารางที่ 4.3 ซึ่งมีข้อเสนอแนะโดยย่อ ดังนี้

- แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่แสดงอยู่ในตาราง
- ศึกษาและวางแผนในเรื่องการเริ่มเดินระบบ
- ศึกษาและฝึกฝนทักษะในการควบคุมระบบเคมี เช่น การเตรียมสารละลาย, การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสียและดูแลรักษาระบบบำบัดให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- ศึกษาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบบำบัด UASB และการตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อระบบบำบัดของน้ำเสียให้เข้าใจ

ตารางที่ 4.3 สรุปสิ่งที่จะต้องแก้ไขในระบบกำจัดน้ำเสีย

ข้อบกพร่องที่ต้องแก้ไข	ปัญหาที่เกิดจากข้อบกพร่อง	วิธีดำเนินการแก้ไข
1. ขาดความเชี่ยวชาญด้านทฤษฎีระบบบำบัดน้ำเสีย	ไม่ทราบปัจจัยที่สำคัญและมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียไม่ว่าจะเป็น ฝายน้ำล้น	ศึกษาเนื้อหา ความรู้ข้อผิดพลาดและแนวทางแก้ไข จากแหล่งโครงการ ความรู้ต่าง ๆ และปริยญา นินท์
2. การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเสีย เช่น บีโอดีและซีโอดี	ข้อผิดพลาดในการทดสอบค่าคุณสมบัติของน้ำเสียเช่น บีโอดีและซีโอดี เรื่องการเตรียมสารละลายในการทดสอบและคำนวณเงินงบประมาณ	ผู้ทำโครงการต้องมีความรู้และทักษะในด้านการปฏิบัติทดสอบในห้องปฏิบัติการจริง ซึ่งไม่ใช่เป็นเพียงการศึกษาแต่ในทางทฤษฎีการปฏิบัติเท่านั้น และควรมีความรู้พอสมควรในเรื่องระบบบำบัด UASB ในด้านการวางแผนงานต่าง ๆ และควรจะมีเวลาและงบประมาณพอสมควรเนื่องจากระบบบำบัดเป็นสิ่งที่จะต้องอาศัยระยะเวลา
3. ไม่มีความเชี่ยวชาญในการเริ่มเดินระบบและวิธีควบคุม	ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียไม่ได้ผลเป็นไปตามหลักการทฤษฎี	ผู้ที่ทำการศึกษจะต้องมีความรู้ความสามารถ ความเข้าใจหรือประสบการณ์ในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมาก่อน ซึ่งลักษณะการเริ่มต้นระบบจะมีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก
4. ตั้งปฏิริยาไม่สามารถตรวจสอบลักษณะของแบคทีเรียซึ่งจะมีเป็นลักษณะเป็นเม็ดหรือไม่	ระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีความพร้อมและขาดประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย	ซึ่งในการทำการศึกษกรณีศึกษาในเรื่องการออกแบบควรใช้ตั้งปฏิริยาโดยใช้ท่อไอ เพื่อให้เห็นเม็ดตะกอนภายในระบบได้ลักษณะได้

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดช่วงที่ 2

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ก่อนและหลังเข้าสู่ระบบบำบัด UASB ขนาดเล็กช่วงเดือน มีนาคม 2543

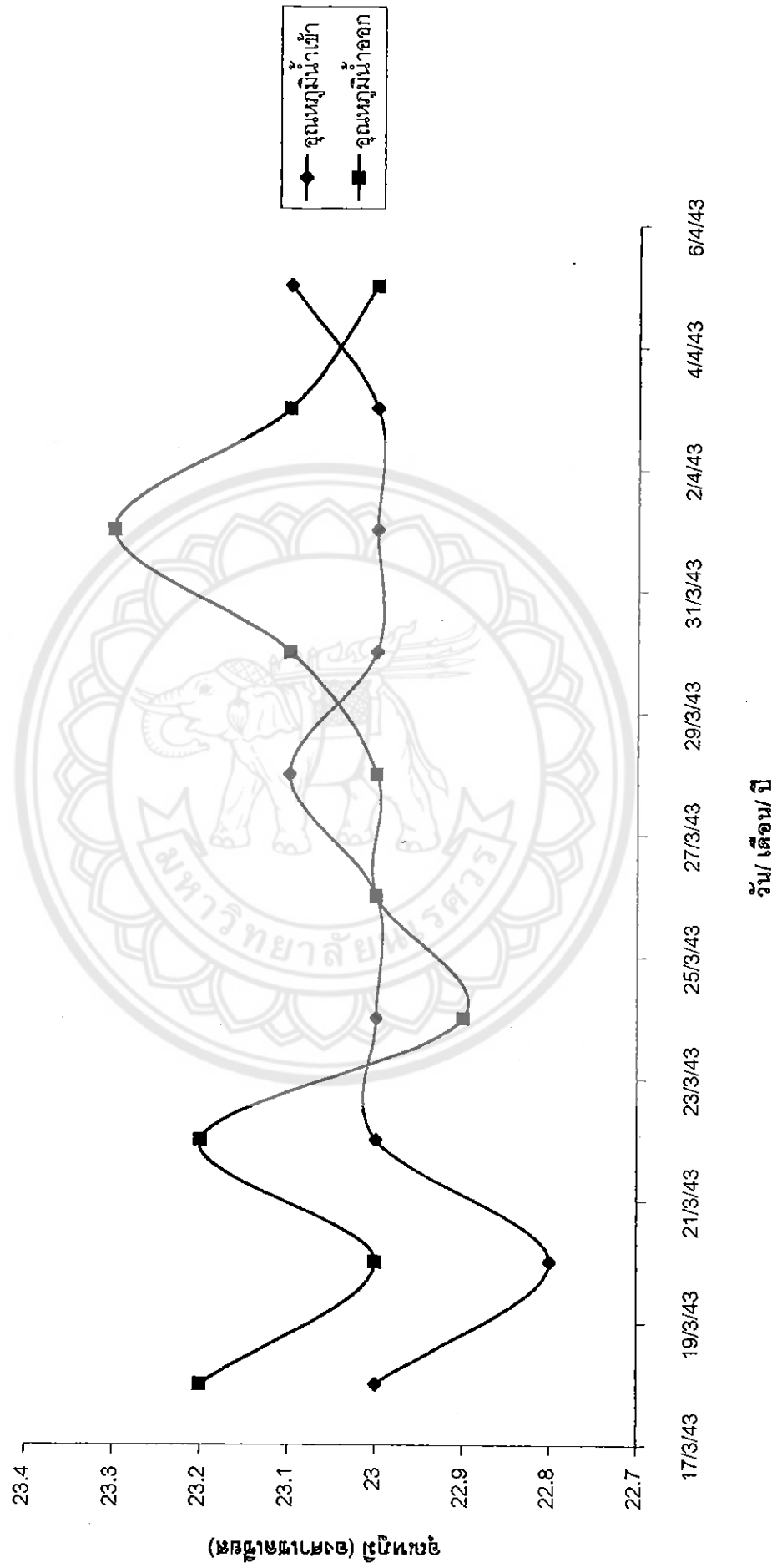
วัน/เดือน/ปี	น้ำเข้า				น้ำออก				ประสิทธิภาพการบำบัดการลด COD
	Temp	pH	BOD	COD	Temp	pH	BOD	COD	
18/03/43	23	7.4	523.2	430	23.2	7.4	215.2	112	73.9 %
20/03/43	22.8	7.4	498.1	170.7	23	7.3	241.7	62.1	63.6 %
22/03/43	23	7.4	860.5	134.5	23.2	7.4	629.9	97.1	27.8 %
24/03/43	23	7.5	563.1	343.7	22.9	7.6	292.7	156.9	54.3 %
26/03/43	23	7.4	517.4	309.6	23	7.5	319.6	75.1	75.7%
28/03/43	23.1	7.6	510.4	186.8	23	7.6	390.6	89.6	52 %
30/03/43	23	7.4	385.5	291.4	23.1	7.7	299.3	199.5	31.5 %
01/04/43	23	7.2	542.8	178.5	23.3	7.5	344.8	162.9	8.7 %
03/04/43	23	7.3	431.2	248.3	23.1	7.5	233.4	217.3	12.5 %
05/04/43	23.1	7.3	426.1	240.5	23	7.5	263.8	201.7	16.1 %

หมายเหตุ ในวันที่ตรงกับวันพระ เนื่องจากไม่มีการชำแหละสัตว์จึงทำการใช้ตัวอย่างน้ำเสียของวันก่อนที่จะถึงวันพระเป็นน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด

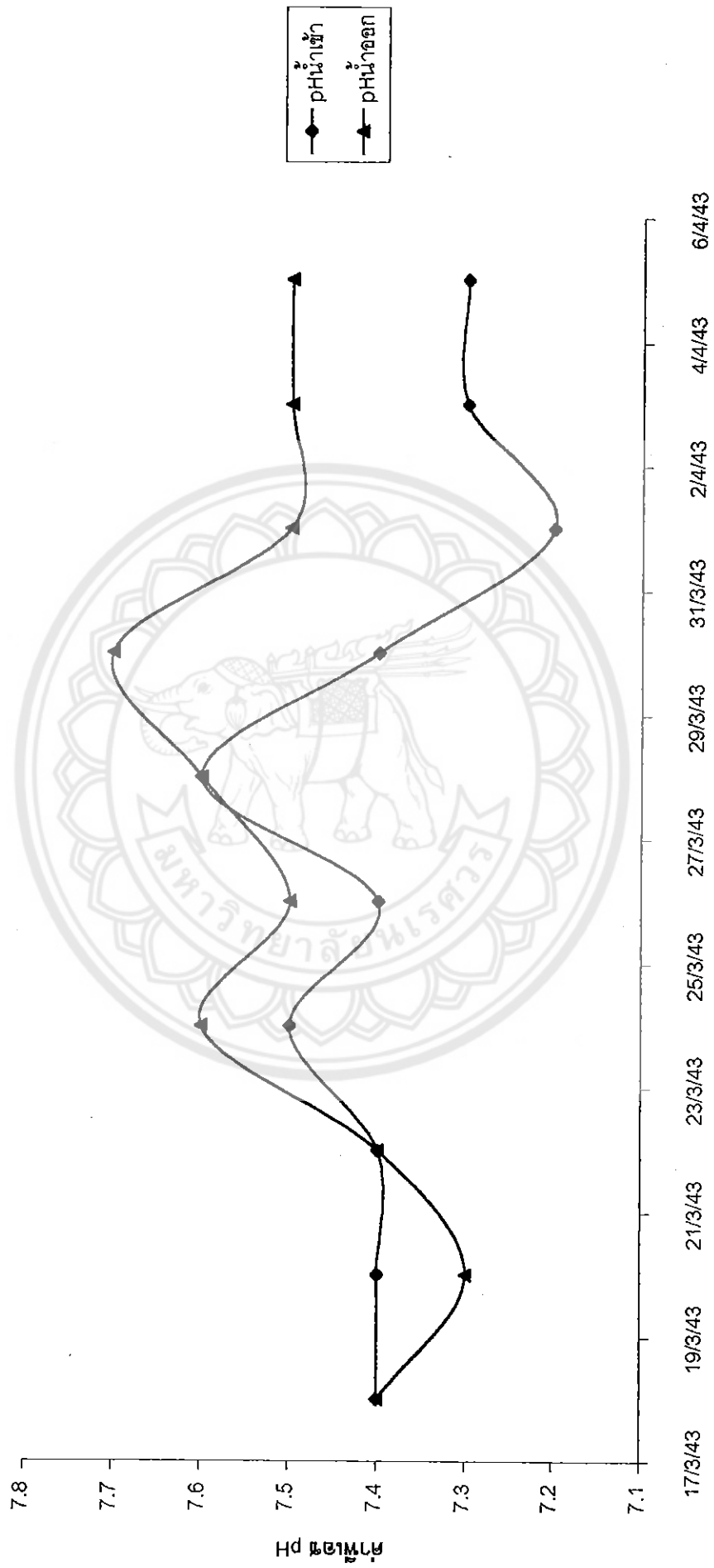
ตาราง 4.4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากระบบบำบัดช่วงที่ 2

ค่าเฉลี่ย	น้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด	น้ำเสียหลังออกจากระบบบำบัด
อุณหภูมิเฉลี่ย (°ซ)	23.1	23.0
pH	7.4	7.5
BOD (mg/l)	525.8	323.1
COD (mg/l)	253.4	137.4

กราฟ 4.2.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิ

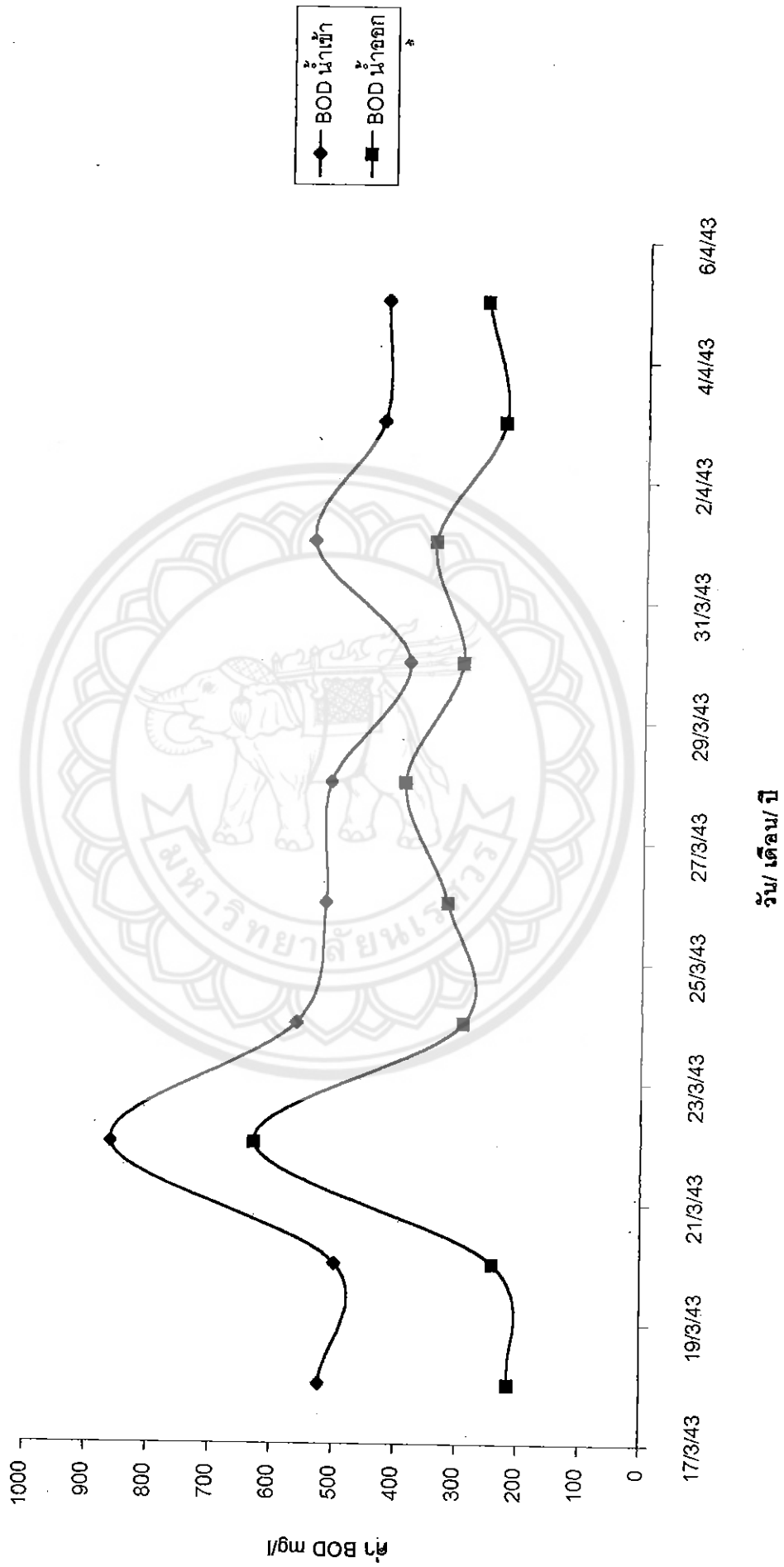


กราฟ 4.2.5 เปรียบเทียบค่าพีเอช pH



วัน/เดือน/ปี

กราฟ 4.2.6 เปรียบเทียบค่าบีโอดี BOD



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

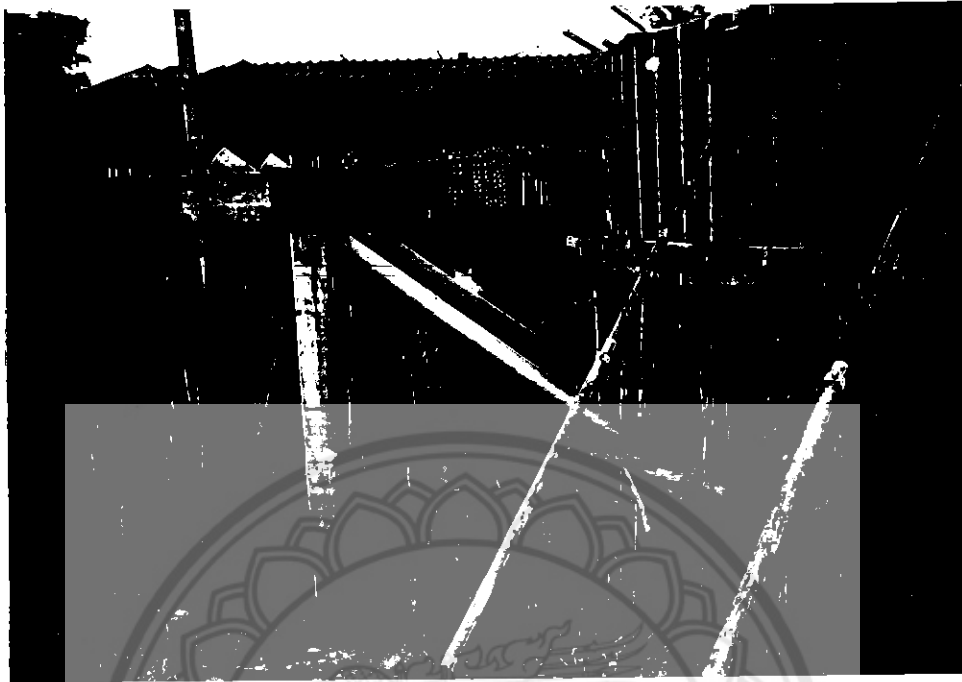
5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาทางภาคทฤษฎีและการตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ขนาดเล็ก (ความจุ 25 ลิตร) โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก พบว่า

- (1.) กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ขนาดเล็ก (ความจุ 25 ลิตร) ซึ่งเป็นระบบที่ได้ได้รับความสนใจ และเป็นทางเลือกหนึ่งของการแก้ไขปัญหาน้ำเสียของประเทศไทย เช่น โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก ได้เลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB นี้ โดยขณะนี้อยู่ในระหว่างการจัดการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ดังรูป (ดูรูป 5.1 ก. - ค.)



รูป 5.1 ก. การจัดการก่อสร้างดังปฎิบัติ



รูป 5.1 ข. การจัดการก่อสร้างเพื่อนำน้ำเข้าสู่ถังปฏิบัติ



รูป 5.1 ค. ลักษณะของทางน้ำที่ถูกระบายออกจากระบบ

ทั้งนี้อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีความเหมาะสม ต่อการใช้งาน เช่น มีราคาในการดำเนินงานและบำรุงรักษาต่ำ, สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD และ COD สูงได้, ขนาดตั้งปฏิกริยามีขนาดเล็กทำให้ใช้พื้นที่น้อยและในขณะที่สามารถให้ผลผลิต คือ ก๊าซมีเทน ที่มีคุณค่าในเชิงธุรกิจ เป็นผลตอบแทน

(2.) ผลการศึกษาคุณภาพน้ำ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบใน ชั้นที่ 1 ได้ทำการศึกษาดรรชนีตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ, พีเอช (pH) และ บีโอดี (BOD) พบว่า

อุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนและหลังจากผ่านการบำบัดมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก จากค่าเฉลี่ยในบทที่ 4 พบว่า ค่าอุณหภูมิน้ำเข้า = 23°C น้ำออก = 23.1°C เทียบกับอุณหภูมิที่ศึกษา ค่าที่ได้จากการตรวจสอบเป็นค่าต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ $30^{\circ} - 35^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเรียกว่า ช่วง Mesophilic และช่วง Thermophilic มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง $45^{\circ} - 55^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เหมาะสมกับระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ทั่วไป

พีเอช (pH) ค่า pH ของน้ำเข้ามีค่า = 7.4 ขณะที่น้ำออกมีค่า = 7.5 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับข้อสรุปจากทฤษฎีแล้ว พบว่า อยู่ในช่วงที่เหมาะสมของระบบ UASB โดยทั่วไป (คือช่วงระหว่าง 6.8 - 8.0)

บีโอดี (BOD) จากการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงของ BOD เข้า = 375 mg/l และในขณะที่ BOD น้ำออก = 460.81 mg/l ซึ่งค่า BOD น้ำออกมีค่าสูงกว่า COD น้ำเข้า (พิจารณาจากกราฟ รูปที่ 4.2.3) ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่าระบบ UASB ที่ทำการเริ่มต้นระบบในระยะแรกไม่มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้ ทั้งนี้มีความผิดพลาดอันเนื่องมาจาก สาเหตุ ดังต่อไปนี้

(ก.) เมื่อพิจารณาวันแรกคือ วันที่ 21 ธันวาคม 2542 ของการตรวจสอบครั้งแรก พบว่าค่า BOD ของน้ำออกลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน คือเนื่องมาจากเดิม ระบบมีการเริ่มต้นโดยการ Seed ผสมกับน้ำประปา ทำให้น้ำในชั้นตะกอนมีค่าค่อนข้างต่ำ และช่วงการไหล (Retention Time) มีค่าประมาณ 7 ชม. อาจได้น้ำตัวอย่างขาออกเป็นน้ำใส ซึ่งอาจไม่ใช่ตัวแทนน้ำที่แท้จริงของระบบ

(ข.) ช่วงการทดลองตั้งแต่วันที่ 23 ธ.ค. 42 ถึง 27 ม.ค. 43 พบว่า ค่า BOD มีเปอร์เซ็นต์ในการบำบัดต่ำและมีช่วงที่ค่า BOD น้ำออกสูงกว่า BOD น้ำเข้า พิจารณาจากกราฟ 4.2.3

(3.) ผลการศึกษาพบว่า

- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ก่อนเข้าและหลังออกจากระบบค่อนข้างคงที่ แต่มีอุณหภูมิไม่เหมาะสมในการย่อยสลายของแบคทีเรีย
- ค่าการเปลี่ยนแปลง pH อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม
- ค่าการเปลี่ยนแปลง BOD อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม
- ค่าการเปลี่ยนแปลง COD อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

ซึ่งจากการทดลองพบว่าหลังจากวันที่ 28/03/43 ค่า COD ลดลงเนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีการปะปนของเลือดสุกรเป็นจำนวนมาก ทำให้การย่อยสลายน้ำเสียในระบบบำบัดย่อยสลายน้ำเสียได้ยาก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของ COD มีค่าลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 41.6 % ทำให้อาจสรุปได้ว่า ระบบเริ่มมีการบำบัดน้ำที่คั่งขึ้น นั่นคือ ระบบบำบัดชุดทดลอง UASB ขนาดเล็ก ได้ปรับตัวเข้าสู่ระบบ UASB ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ และสามารถบำบัดคุณภาพน้ำได้ระดับหนึ่งดังข้อมูลที่ปรากฏ

จากการทดสอบประสิทธิภาพนี้ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ระบบ UASB เป็นระบบบำบัดน้ำที่มีความสามารถบำบัดน้ำเสียได้ระดับหนึ่ง ซึ่งหากมีการพัฒนาที่ถูกต้องและมีการตรวจสอบคุณสมบัติของระบบได้ตรงตามทฤษฎี โดยที่มีห้องปฏิบัติการที่สมบูรณ์ ระบบบำบัดแบบ UASB เป็นระบบบำบัดแบบหนึ่งที่น่าจะมีการพัฒนา เพื่อการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสีย ในประเทศไทยได้เช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและดำเนินการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพระบบ พบปัญหาและข้อจำกัดในการทำงานหลายประการ ดังกล่าวแล้วในบทที่ 4

คณะผู้ดำเนินงาน จึงได้ทำการรวบรวม ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหาและใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ UASB ดังต่อไปนี้

- (1.) ผู้ทำการศึกษาควรมีความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องระบบ UASB มากพอสมควรและควรที่จะมีเวลาและงบประมาณที่มากพอสมควร ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้ระบบ
- (2.) ควรมีการดูแลเอาใจระบบบำบัดให้ดี คอยตรวจสอบค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสีย เพื่อคอยควบคุม ป้องกันการล้มของระบบ

- (3.) หากมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถเปลี่ยนดังปฏิกิริยา ให้มีลักษณะ โปร่งใส ได้จะเป็นการดี เพื่อเป็นการติดตามการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในชั้นตะกอน
- (4.) ควรฝึกฝนทักษะในการตรวจวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ เช่น BOD และ COD เป็นต้น
- (5.) ต้องให้ความสำคัญต่อการศึกษาและการวางแผนในเรื่องการเริ่มต้นระบบอย่างถ่วงถ่วง

5.3 สรุปผลการดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบแผนงานเริ่มต้น

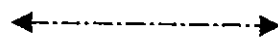
จากการดำเนินโครงการจริงเปรียบเทียบกับแผนที่ได้ตั้งไว้ สามารถสรุปเปรียบเทียบได้ดังตาม ตาราง 5.3 ก. โดยมีกิจกรรมหลัก 5 ข้อ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงาน โดยทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก
2. ติดตั้งอุปกรณ์บำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก
3. ทำการทดลอง, รวบรวมข้อมูลการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก ได้แก่ COD, BOD และ pH
4. วิเคราะห์การทำงานและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process (UASB) ขนาดเล็ก
5. สรุปและจัดทำรายงาน

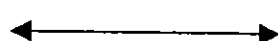
ตาราง 5.3 ก. แสดงแผนงานที่วางแผน

กิจกรรม	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.	←-----→								
2.			←-----→		←-----→				
3.					←-----→		←-----→		
4.					←-----→		←-----→		
5.							←-----→		←-----→

แผนที่คาดการณ์



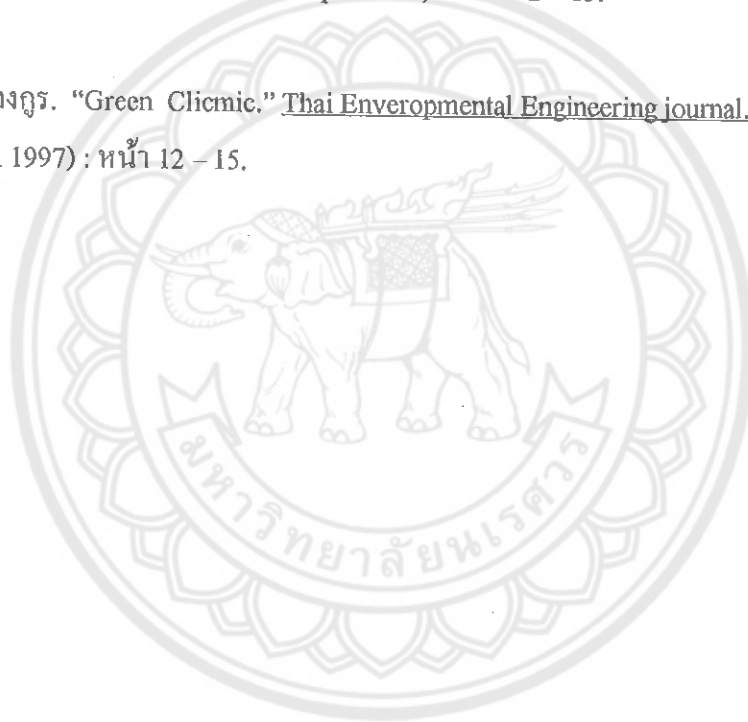
แผนที่ดำเนินการ



บรรณานุกรม

- 1.ปริญญา ทองสุข และ เสกสรรค์ พรำพรัตน์. การศึกษาออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2541.
- 2.อรรถฤทธิ์ รื่นเรืองใจ. บทบาทของสารให้อิเล็กตรอนที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย ที่มีสีเอโซรีแอกทีฟด้วยระบบไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2541.
- 3.ศตวรรษ นิตส์นวิจิตร. การศึกษาเปรียบเทียบดังปฏิกิริยาแบบซีเอสทีอาร์กับยูเอเอสบีในกระบวนการสร้างกรดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตถัณฑ์นม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.
- 4.พีเชรพร เขาวงกตเจริญ, บรรณาธิการ. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- 5.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์, 2539.
- 6.ธีระ เกรอด. วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- 7.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์, บรรณาธิการ. คู่มือการวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. : เรือนแก้วการพิมพ์, 2540.
- 8.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

- 9.กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิกระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2537.
- 10.กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือเล่มที่ 4 สำหรับผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2537.
- 11.เกสาสุชา พูลคำ. “เยี่ยมชมระบบบำบัดน้ำเสียUASB + AS.” Thai Environmental Engineering journal. (March – April 1997) : หน้า 12 – 15.
- 12.มานะ อิศวางกูร. “Green Climic.” Thai Environmental Engineering journal. (March – April 1997) : หน้า 12 – 15.



ภาคผนวก ก

ผลงานวิจัยระบบ UASB ที่ผ่ามา (รวบรวมโดยปริญญา ทองสุข และ เสกสรร พร้าพหุรัตน์, 2541)

สมพงษ์ นิลประยูต และ เสนีย์กาญจนวงศ์ ได้ทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำเสีย โดยใช้ถังปฏิกริยา UASB ปริมาตร 24.4 ลิตร สูง 3 เมตร บำบัดน้ำเสียชุมชนจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเพิ่มความเข้มข้นสารอินทรีย์โดยเติมน้ำตาล และเปลี่ยนแปลงเวลาเก็บกัก 4.5-2.4 ชม. เท่ากับ Organic Loading Rate 0.22-1.59 กก. COD/(ม³.ว) และ Upflow Liquid Velocity ระหว่าง 0.13-0.65 ม./ชม. โดยใช้ตะกอนหัวเชื้อจากบ่อเกรอะ ในการเริ่มต้นระบบในปริมาณ 6.1 กก.VSS/ม³ ระบบได้ใช้เวลาในการปรับสภาพจนถึงสภาวะคงที่ หลังจากเริ่มเดินระบบเป็นเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถ COD, BOD และ SS ได้ 76.4 – 88.1, 76.9 – 92.9 และ 59.7 – 84.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าที่เวลาเก็บกัก 12-24 ชม. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปจะลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บกักทั่วไปจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บกักน้ำสั้นลง ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากระบบมีค่าระหว่าง 25.6-101.3 ล./(กก.COD) โดยมีส่วนประกอบของมีเทน 25-68.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชั้นตะกอนพบว่ามีความเข้มข้น VSS เฉลี่ย 19 กก.VSS/ม³. โดยมีความสูงของชั้นตะกอน 0.55-0.70 ม.

พีรพงษ์ ทิพยาทร ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียเข้มข้นต่ำ และพีเอชสูงด้วยระบบ UASB โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและเครื่องคัมอัดลมอื่น ๆ โดยได้ทำการทดลองสองชุดคือ ทำการทดลองระบบ UASB โดยไม่ใช้ถังสร้างกรด ซึ่งมี 4 การทดลองที่อัตราการสูบน้ำเสียเข้า 89, 106, 212 และ 318 ลิตรต่อวันตามลำดับ ส่วนการทดลองที่สองได้สร้างถังเก็บกรดเพิ่ม โดยทำการทดลอง 5 การทดลอง ที่อัตราการสูบน้ำเสียเข้าเพื่อให้ได้เวลาเก็บกัก 48, 24, 15.9 และ 4 ชม. ตามลำดับ

ในการทดลองที่ 1 น้ำเสียมีความเข้มข้น COD เฉลี่ย 923.38, 1011, 1050 และ 1260.50 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นค่าบรรทุกสารอินทรีย์ 0.775, 1.011, 2.101 และ 3.782 กก. COD/ลบ.ม.วัน ซึ่งสามารถกำจัด COD ได้ร้อยละ 94.07, 88.85, 71.18 และ 55.8 และมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นวันละ 15.88, 15.54, 11.28 , 0 ลิตร โดยที่มีก๊าซมีเทนถึงร้อยละ 90 ส่วนการทดลองที่ 2 มีค่า COD ทั้งหมดเฉลี่ย 851.1, 979.5, 980.6, 1209.1 และ 797 มก./ ลบ.ม. ตามลำดับ และมีค่าบรรทุกสารอินทรีย์ 0.426, 0.979, 1.569, 3.625 และ 4.782 มก./ ลบ.ม. ตามลำดับ และมีค่าบรรทุกสารอินทรีย์ 0.426, 0.979, 1.569, 3.625 และ 4.782 กก. COD/ ลบ.ม. วัน ให้ประสิทธิภาพการลดค่า COD ร้อยละ 92.67, 94.97, 90.45, 93.75 และ 89.98

Indian Institute of Technology ได้ทำการทดลองเพื่อดูประสิทธิภาพของระบบ UASB ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน ซึ่งค่าปัจจัยเพื่อศึกษาค่าความเร็วไหลขึ้นของน้ำเสีย, ระยะเวลาเก็บกักน้ำ อัตราการสารอินทรีย์ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดี โดยจะเริ่มเติม SLR 0.6 Kg. COD/กก. VSS.d ในระบบสามารถบำบัดหรือลด COD ในน้ำเสียได้ถึง 90% โดยทำการทดลองโดยใช้ค่าระยะเวลาเก็บกัก 3 เดือน ซึ่งก๊าซมีเทนที่วัดได้จะอยู่ในช่วง 0.259 ถึง 0.909 Kg CH_4 COD/Kg VSS.d และค่าตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาจะอยู่ในช่วง 0.087 ถึง 0.13 กก. VSS/กก.COD ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาทำไบโอดีเซล เพื่อหาผลผลิตจากตะกอนจุลินทรีย์



ภาคผนวก ข

ตารางเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		≥ 2501 คน	501-2500 คน	101 – 50 คน	≤ 101 คน	
1. BOD	มล./ลบ.คม.	20	30	60	90	เป็น BOD ของตัวอย่างน้ำ ที่ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
2. ปริมาณของแข็ง						
2.1 ปริมาณสารแขวนลอย	มล./ลบ.คม.	30	40	50	60	
2.2 ปริมาณตะกอนหนัก	ลบ.ซม./ลบ.คม.	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.3 ปริมาณเสารละลาย	มล./ลบ.คม.	+500	+500	+500	+500	เพิ่มขึ้นจากปริมาณสาร ละลายในน้ำใช้ไม่เกิน 500 มล./ลบ.คม.
3. ซัลไฟด์	มล./ลบ.คม.	1.0	1.0	3.0	4.0	
4. คลอรีนอิสระตกค้าง	มล./ลบ.คม.	0.3	0.3	-	-	เฉพาะภาวะโรคระบาดต้อง เติมคลอรีนอิสระตกค้างใน น้ำแต่ไม่เกิน 0.3 มล./ลบ. คม. ภาวะปกติไม่กำหนดค่า x คือไม่กำหนดในขณะนี้ + ไม่กำหนดเพราะไม่มี * กำหนดเมื่อแหล่งน้ำมี ปัญหา
5. ไนโตรเจน	มล./ลบ.คม.	-	-	40	40	- ไม่กำหนด
5.1 TKN	มล./ลบ.คม.	10	10	15	15	
5.2 ออร์แกนิก-ไนโตรเจน	มล./ลบ.คม.	-	-	25	25	
5.3 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มล./ลบ.คม.	*	*	+	+	
5.4 ไนเตรต-ไนโตรเจน	-	5-9	5-9	5-9	5-9	
6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง	มล./ลบ.คม.	20	20	20	20	ตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียว
7. น้ำมันและไขมัน	MPN/100ลบ.ซม.	x	x	x	x	กัน
8. ฟีคัล โคลิฟอร์ม	มล./ลบ.คม.	x	x	x	x	
9. ฟอสเฟต						

ตารางคุณสมบัติน้ำทิ้งหลังการบำบัด

1.สารเป็นพิษ	
1.1 ฟีนอล	0.005 มก./ลิตร
1.2 สารหนู	0.01 มก./ลิตร
1.3 ไซยาไนต์	0.05 มก./ลิตร
2. โลหะหนัก	
2.1 ทองแดง	0.1 มก./ลิตร
2.2 นิกเกิล	0.1 มก./ลิตร
2.3 แมงกานีส	0.2 มก./ลิตร
2.4 สังกะสี	1.0 มก./ลิตร
2.5 ปรอทรวม	0.002 มก./ลิตร
2.6 แคลเซียม	0.005 (ในน้ำที่มีความกระด้างไม่เกิน 100 มก./ลิตร คม. CaCO ₃ และ 0.05 มก./ลิตร ในน้ำที่มีกระด้างเกิน 100 มก./ลิตรคม. CaCO ₃)
2.7 โครเมียม	0.05 มก./ลิตร
2.8 ตะกั่ว	0.05 มก./ลิตร

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

ตัวแปร	ปริมาณที่ยอมรับได้
พีเอช	5.8 – 8.6 สำหรับน้ำทิ้งที่ปล่อยลงทางน้ำสาธารณะ, 5.0 – 9.0 สำหรับน้ำทะเล
BOD, COD	160 มก./ล. (ค่าเฉลี่ย 120 มก./ล./วัน)
สารแขวนลอย	200 มก./ล. (ค่าเฉลี่ย 120 มก./ล./วัน)
N-hexane extracts	5 มก./ล.
ฟีนอล	5 มก./ล.
ทองแดง	3 มก./ล.
สังกะสี	5 มก./ล.
เหล็ก (ละลายน้ำ)	10 มก./ล.
แมงกานีส (ละลายน้ำ)	10 มก./ล.
โครเมียม	2 มก./ล.
ฟลูออรีน	15 มก./ล.
Coliforms	3,000 MPN/100 มล. (ค่าเฉลี่ย/วัน)

ภาคผนวก ก.

ตารางข้อมูลการใช้น้ำโรงพยาบาลเมืองพิษณุโลก

ข้อมูลการใช้น้ำโรงพยาบาล	
วันที่	ปริมาณ (ลบ.ม.)
14/12/1998	41.44
15/12/1998	38.87
16/12/1998	46.21
17/12/1998	8.41
18/12/1998	41.36
19/12/1998	38.72
20/12/1998	36.89
21/12/1998	39.14
22/12/1998	37.45
23/12/1998	38.65
24/12/1998	42.22
25/12/1998	7.85
26/12/1998	37.43
27/12/1998	32.64
28/12/1998	35.58
29/12/1998	34.69
30/12/1998	36.30

สถิติการใช้น้ำโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก ตั้งแต่ปี 38-40

เดือน	ปริมาณน้ำที่ใช้ปี 2538-2539 (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่ใช้ปี 2539-2540 (ลบ.ม.)
ตุลาคม	2,805	2,057
พฤศจิกายน	1,124	2,083
ธันวาคม	1,163	1,546
มกราคม	1,948	1,858
กุมภาพันธ์	2,189	1,939
มีนาคม	1,658	2,206
เมษายน	1,632	1,338
พฤษภาคม	2,466	736
มิถุนายน	1,691	54
กรกฎาคม	1,958	75
รวม	18,634	13,892
เฉลี่ย/เดือน	1,863.4	1,389.2
เฉลี่ย/วัน	62.1	46.3

สถิติการใช้ไฟฟ้าโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครพิษณุโลก

เดือน	ไฟฟ้าที่ใช้ในปี 2539 (หน่วย)	ไฟฟ้าที่ใช้ในปี 2540 (หน่วย)	ไฟฟ้าที่ใช้ในปี 2541 (หน่วย)
มกราคม	2,611	2,944	3,656
กุมภาพันธ์	3,019	2,848	3,639
มีนาคม	2,684	2,728	3,753
เมษายน	3,248	3,448	4,479
พฤษภาคม	2,774	3,392	4,215
มิถุนายน	2,839	3,584	3,990
กรกฎาคม	2,953	3,474	3,856
สิงหาคม	3,048	3,149	3,745
กันยายน	2,937	3,508	4,161
ตุลาคม	3,296	3,841	3,174
พฤศจิกายน	3,117	3,704	3,647
ธันวาคม	2,815	3,353	3,257
รวม	35,336	39,973	45,571
เฉลี่ย/เดือน	2,944.67	3,331.08	3,797.58
เฉลี่ย/วัน	98.16	111.04	126.59

องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของของเสียในรูปของแข็ง (Solid wastes)
จากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก

ที่	การวิเคราะห์	หน่วย	ค่าที่วัดได้
1	ความชื้น	%	65.3
2	เถ้า	%	3.39
3	ของแข็งระเหยง่าย	%	16.96
4	คาร์บอนคงตัว	%	5.23
5	ของแข็งไม่ละลายน้ำ	%	66.28
6	ของแข็งละลายน้ำ	%	33.72
7	กาก	%	25.59
8	โปรตีน	%	3.97
9	ไขมัน	%	2.28

ประวัติย่อของผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ นายจรศักดิ์ ทรัพย์วิไล
 เกิดวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2520
 สถานที่เกิด อำเภอขามเฒ่าลักษ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 41 หมู่ 1 ต. ไค้งไผ่ อ. ขามเฒ่าลักษ์บุรี จ.กำแพงเพชร
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2538 โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร

มัธยม 6

พ.ศ. 2542 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ชื่อ นายรัชชัย เดชพุ่มไสว
 เกิดวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2520
 สถานที่เกิด กิ่งอำเภอบึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 309 หมู่ 4 ต. ระหาน กิ่ง อ. บึงสามัคคี จ.กำแพงเพชร
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2538 โรงเรียนลาซาล โชติรวี จังหวัดนครสวรรค์

มัธยม 6

พ.ศ. 2543 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ชื่อ นายสุรศักดิ์ แซ่กือ
 เกิดวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2519
 สถานที่เกิด อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 1320 หมู่ 1 ต. คลองลานพัฒนา อ. คลองลาน จ.กำแพงเพชร
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2538 โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร

มัธยม 6

พ.ศ. 2543 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)