การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ปริมาณการเติมอากาศต่างกัน

THE EFFICIENCY STUDY OF LEACHATE TREATMENT USING PARTIALLY MIXED AERATED LAGOON AT DIFFERENT AERATED FLOW RATE

นายสุภกฤต เจริญด้วงรักษา รหัส 50365857

นายกรีนิฎ สนศิริ รหัส 50360463

นายวิศรุต บัวพันธ์ รหัส 50382892

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 19 ก.ค. 2554
เลขทะเบียน 1554024
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ฟ833 ก 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ปริมาณการเติมอากาศต่างกัน

ผู้ดำเนินโครงงาน นายสุภกฤต เจริญด้วงรักษา รหัส 50365857
นายกรีนิฏ สนศิริ รหัส 50360463
นายวิศรุต บัวพันธ์ รหัส 50382892

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์ วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. ปาจรีย์ ทองสนิท)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ปริมาณการเติมอากาศต่างกัน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสุภกฤต เจริญด้วงรักษา รหัส 50365857
	นายกรีนิฏ สนศิริ รหัส 50360463
	นายวิศรุต บัวพันธ์ รหัส 50382892
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2553

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่มีปริมาณการเติมอากาศต่างกัน ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนจำนวน 3 ถัง มีระยะเวลากักเก็บ 2 วัน โดยมีค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยอัตราการเติมอากาศ 27 54 และ 81 มล./นาที ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ วิเคราะห์จำนวน 12 พารามิเตอร์ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ สภาพการนำไฟฟ้า ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของแข็งทั้งหมด บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน เจดาลไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และออกซิเจนละลายน้ำ

จากการทดลองพบว่า ที่อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที มีประสิทธิภาพบำบัดบีโอดีเท่ากับ 96% 96.6% และ 97.2% ตามลำดับ มีประสิทธิภาพบำบัดซีโอดีเท่ากับ 85.81% 80.85% และ 86.31% ตามลำดับ มีประสิทธิภาพบำบัดเจดาลไนโตรเจนเท่ากับ 19.48% 26.00% และ 24.90% ตามลำดับ มีประสิทธิภาพบำบัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 64.13% 66.77% และ 91.27% ตามลำดับ มีประสิทธิภาพบำบัดฟอสฟอรัสเท่ากับ 19.85% 24.03% และ 26.86% ตามลำดับ สรุปได้ว่าการเติมอากาศที่มีความเหมาะสมที่สุดคือการเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที

Project title	The Efficiency Study of Leachate Treatment Using Partially Mixed Aerated Lagoon at Different Aerated Flow rate		
Name	Mr. Suprakritt	Jarernduangrugsa	ID. 50365857
	Mr. Greenit	Sonsiri	ID. 50360463
	Mr. Wisarut	Buaphan	ID. 50382892
Project advisor	Warangluck Sonklin		
Major	Environmental Engineering		
Department	Cavil Engineering		
Academic year	2010		

Abstract

The objective of this study was to determine leachate removal efficiency by partially mix aerated lagoon at different aerated flow rate. The study was conducted in laboratory using 3 tanks of aerated lagoon models. At aerated rate of 27 54 and 81 ml/min. Influent COD was 300 mg/l with 2 days detention time. The samples water were collected one time per week and 12 parameters were analyzed such as Ph, temperature, conductivity, SS, TDS, TS, BOD, COD, NH_3-N, TKN, TP, and DO

It was found that at 27, 54 and 81 ml/min, BOD removal efficiency were 96%, 96.2%, and 97.2%, respectively. COD removal efficiency were 85.81%, 8.85% and 86.31%, respectively. TKN removal efficiency were 19.48%, 26.0%, and 24.90%, respectively. SS removal efficiency were 64.13% 66.77% and 91.27%, respectively. TP removal efficiency were 19.85% 24.03% and 26.86%, respectively. The optimum aerated flow rate was 81 ml/min.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีทางผู้ดำเนินการต้องขอบพระคุณ อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงานตลอดจนการติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู และสั่งสอนจนเติบโตมาจนถึงปัจจุบันตลอดจนช่วยอุปการะทางด้านการเงิน และคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณคุณงามความดีที่เกิดจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายสุภกฤต เจริญด้วงรักษา
นายกรีนิฏ สนศิริ
นายวิศรุต บัวพันธ์

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ขยะมูลฝอย	5
2.2 องค์ประกอบของน้ำชะขยะ	8
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย	8
2.4 ระบบสระเติมอากาศ	13
2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน	
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	24
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	30

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษา	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	
4.1 พีเอช	33
4.2 อุณหภูมิ	34
4.3 สภาพการนำไฟฟ้า	34
4.4 ของแข็งแขวนลอย	35
4.5 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	37
4.6 ของแข็งทั้งหมด	37
4.7 บีโอดี	38
4.8 ซีโอดี	40
4.9 แอมโมเนียไนโตรเจน	41
4.10 เจดาลไนโตรเจน	43
4.11 ฟอสฟอรัส	45
4.12 ออกซิเจนละลายน้ำ	46
4.13 เปรียบเทียบน้ำออกจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม	48
4.14 จุลินทรีย์ที่พบในถังบำบัดทั้ง 3 แบบจำลอง	49
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุป	55
5.3 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก ก	59
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการศึกษาโครงงาน	3
2.1 ปริมาณขยะเทศบาลในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2548	7
2.2 องค์ประกอบน้ำชะขยะตามอายุของหลุมฝังกลบ	9
2.3 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศ	18
2.4 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศที่เหมาะสมกับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย	19
2.5 ข้อดี และข้อเสียของระบบสระเติมอากาศ	20
2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม	21
3.1 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง	31
3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	31
3.3 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมที่ใช้การเปรียบเทียบ	32
4.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน พารามิเตอร์ที่กำหนดไว้	48
4.2 จุลชีพที่พบมีทั้งหมดในแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง	49
5.1 ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง	55
5.2 ประสิทธิภาพการบำบัด	56
5.3 ค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศแบบจำลองแต่ละเดือน	57
ก1 พีเอช	60
ก2 อุณหภูมิ	61
ก3 สภาพการนำไฟฟ้า	62
ก4 ของแข็งแขวนลอย	63
ก5 ของแข็งแขวนลอยละลายน้ำ	64
ก6 ของแข็งทั้งหมด	65
ก7 บีโอดี	66
ก8 ซีโอดี	67
ก9 แอมโมเนียไนโตรเจน	68
ก10 เจดาลไนโตรเจน	69
ก11 ฟอสฟอรัส	70
ก12 ออกซิเจนละลายน้ำ	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แหล่งกำเนิด และประเภทขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่างๆ	5
2.2 ส่วนประกอบขยะของเทศบาลทั่วประเทศ	7
2.3 ตะแกรงหยาบ	10
2.4 ตะแกรงละเอียด	10
2.5 ถังดักกรวดทราย	10
2.6 ถังดักไขมัน และน้ำมันขนาดเล็ก	11
2.7 ถังตกตะกอนแบบวงกลม	11
2.8 สระเติมอากาศ	13
2.9 หัวฟูชนิดรูพรุน	15
2.10 เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ	16
2.11 เครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ	17
3.1 กล่องพลาสติกที่ใช้เป็นแบบจำลองสระเติมอากาศ	24
3.2 แปลนแบบจำลองสระเติมอากาศ	25
3.3 ถังน้ำเข้า และถังน้ำออก	25
3.4 เครื่องเติมอากาศ	26
3.5 เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ	26
3.6 ตะกอน	27
3.7 น้ำชะขยะ	27
3.8 สายยางสูบน้ำ	28
3.9 หัวกระจายอากาศแบบฟู่	28
3.10 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน	29
3.11 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนในการเดินระบบ	29
4.1 ปริมาณพีเอชน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว	33
4.2 ปริมาณอุณหภูมิน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว	34
4.3 สภาพการนำไฟฟ้าน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว	35
4.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว	36
4.5 ประสิทธิภาพของแข็งแขวนลอยน้ำเข้า และน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน	36

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.6 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยของแบบจำลอง 36
4.7 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย 37
4.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมดน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว 38
4.9 ปริมาณบีโอดีน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย 39
4.10 ประสิทธิภาพบีโอดีน้ำเข้า และน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน 39
4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยบีโอดีของแบบจำลอง 39
4.12 ปริมาณซีโอดีน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว 41
4.13 ประสิทธิภาพซีโอดีน้ำเข้า และน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน 41
4.14 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยซีโอดีของแบบจำลอง 41
4.15 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว 42
4.16 ประสิทธิภาพแอมโมเนียไนโตรเจนน้ำเข้า และน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน 43
4.17 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยแอมโมเนียของแบบจำลอง 43
4.18 ปริมาณเจดาลไนโตรเจนน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว 44
4.19 ประสิทธิภาพเจดาลไนโตรเจนน้ำเข้า และน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน 44
4.20 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยเจดาลไนโตรเจนของแบบจำลอง 45
4.21 ปริมาณฟอสฟอรัสน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัว 46
4.22 ประสิทธิภาพฟอสฟอรัสน้ำเข้า และน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน 46
4.23 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยฟอสฟอรัสของแบบจำลอง 46
4.24 ออกซิเจนละลายน้ำ ในระบบจำลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน 47
4.25 ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในระบบจำลอง 47
4.26 โปโตรซัว 50
4.27 โครงสร้างโปโตรซัว 50

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
4.28 หนอนตัวกลม	52
4.29 โครงสร้างหนอนตัวกลม	52
4.30 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	53
4.31 โครงสร้างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	54

บทที่ 1
บทนำ

การดำเนินโครงงานเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศ ซึ่งเป็นโครงงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันประชากรในประเทศได้เพิ่มมากขึ้น การอุปโภคบริโภคของคนส่งผลให้มีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นในทุกๆวัน การกำจัดขยะที่ได้รับความนิยมมากในประเทศคือใช้วิธีการฝังกลบ ภายในหลุมฝังกลบมีขยะทับถมเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดน้ำชะขยะ ซึ่งน้ำชะขยะมีความเข้มข้นของมลสารสูง การปล่อยน้ำชะขยะออกจากหลุมฝังกลบลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ได้รับการบำบัดนั้นจะส่งผลให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการบำบัดน้ำชะขยะก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแบบสระเติมอากาศซึ่งเป็นระบบบำบัดทางชีวภาพใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะ นอกจากนี้ทางกลุ่มได้สนใจเรื่องเกี่ยวกับการลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ยังคงประสิทธิภาพบำบัดที่ดีควบคู่ไปด้วยจึงได้ทำการทดลองโดยการกำหนดปริมาณอากาศต่างๆกันในแบบจำลองบำบัดน้ำเสีย และทำการตรวจสอบผลการบำบัดเปรียบเทียบ นอกจากนี้ระบบนี้เป็นระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ง่ายต่อการดูแลรักษา ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเดินระบบน้อย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่มีปริมาณอากาศต่างกัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ทราบถึงการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบสระเติมอากาศ

1.3.2 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่มีปริมาณอากาศต่างกัน

1.3.3 สามารถควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบสระเติมอากาศ

1.3.4 นำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบสระเติมอากาศ

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้แบบจำลองสระเติมอากาศจำนวน 3 ถัง แต่ละถังมีปริมาตร 20 ลิตรเท่ากัน เติมน้ำเสีย 10 ลิตรต่อวัน บำบัดน้ำชะขยะที่ระยะเวลากักน้ำเท่ากับ 2 วัน น้ำเข้ามีความเข้มข้นของค่าซีโอดีเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมอากาศด้วยอัตรา 27 54 และ 81 มิลลิลิตรต่อนาที ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำสัปดาห์ละครั้ง ตามพารามิเตอร์ต่อไปนี้คือ อุณหภูมิ พีเอช ความขุ่น สี ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี ไนไตรทไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แอมโมเนียไนโตรเจน โคลิฟอร์ม ทีเคเอ็น และสภาพการนำไฟฟ้า ระยะเวลาในการศึกษารวมทั้งสิ้น 6 เดือน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาข้อมูลเรื่องระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ

1.5.2 ศึกษาข้อมูลเรื่องปัจจัยในการเดินระบบ

1.5.3 ศึกษาข้อมูลเรื่องขั้นตอนการเดินระบบ

1.5.4 กำหนดขอบเขตระยะการดำเนินโครงงาน

1.5.5 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงงาน

1.5.6 เริ่มต้นเดินระบบที่เวลาเก็บกักเท่ากับ 3 วัน

1.5.8 รวบรวมผลการทดลอง

1.5.9 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลโครงงาน

1.5.10 ทำรายงานฉบับโครงร่าง

1.5.11 ปรับปรุงและแก้ไขโครงงาน

1.5.12 ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ตุลาคม 2552	พฤศจิกายน 2552	ธันวาคม 2552	มกราคม 2552	กุมภาพันธ์ 2552	มีนาคม 2553	เมษายน 2553
ศึกษาข้อมูลเรื่องระบบสระเติมอากาศ							
ศึกษาข้อมูลเรื่องปัจจัยในการเดินระบบ							
ศึกษาข้อมูลเรื่องขั้นตอนการเดินระบบ							
กำหนดขอบเขตระยะการดำเนินโครงงาน							
เตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงงาน							
เริ่มต้นเดินระบบที่เวลาเก็บกักเท่ากับ 3 วัน							
เริ่มต้นเดินระบบที่เวลาเก็บกักเท่ากับ 2 วัน							
เริ่มต้นเดินระบบที่เวลาเก็บกักเท่ากับ 1 วัน							
รวบรวมผลการทดลอง							
วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลโครงงาน							
ทำรายงานฉบับโครงร่าง							
ปรับปรุงและแก้ไขโครงงาน							
ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์							

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

รายการ	งบประมาณ
1. ค่าอุปกรณ์ทำแบบจำลอง	1,400 บาท
2. ค่าเครื่องเติมอากาศ	700 บาท
3. ถ่ายเอกสาร	400 บาท
4. จัดทำรูปเล่มรายงาน	500 บาท
รวม	3,000 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ขยะมูลฝอย

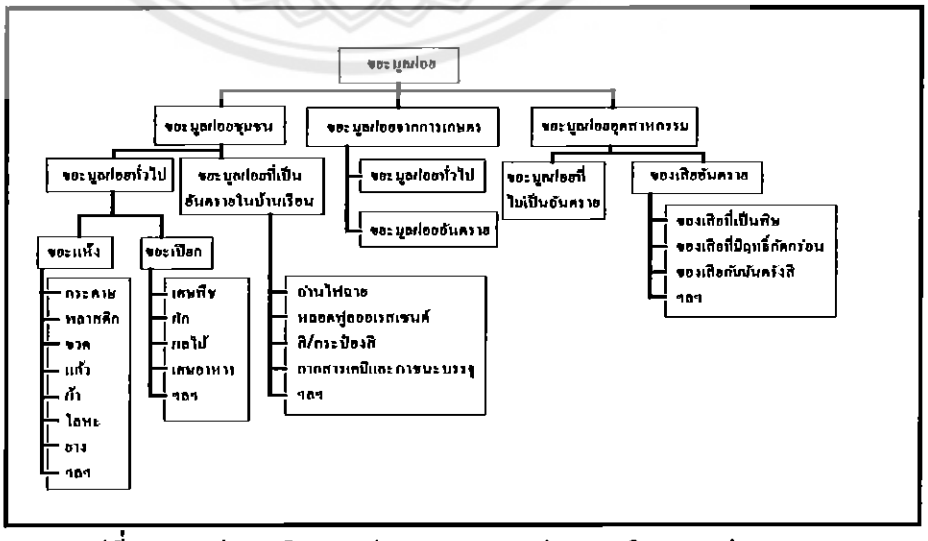
2.1.1 ความหมายของ ขยะชุมชน

ขยะชุมชน มีคำที่ใช้เรียกแตกต่างกันบ้าง เช่น ขยะ มูลฝอย มูลฝอยเทศบาล มูลฝอยบ้านเรือน และขยะมูลฝอยชุมชน เป็นต้น ตรงกับคำว่า Solid Waste, Municipal Waste, Household Waste และ Municipal Solid Waste แต่คนทั่วไปมักเรียกว่า " ขยะ" และในบทความนี้จะใช้คำว่า "ขยะ" ยกเว้นข้อความที่ยกมาจากเอกสารอ้างอิงหรือจากข้อความในกฎหมาย

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ได้ให้ความหมายว่า "ขยะมูลฝอยชุมชน หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ"

2.1.2 แหล่งกำเนิดขยะ

แหล่งชุมชน กิจกรรมอุตสาหกรรม และกิจกรรมเกษตร จัดได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของขยะที่สำคัญ เมื่อประชากรเพิ่มขึ้นขยะก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ประกอบกับมีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ก็ยิ่งทำให้มีขยะใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมาย ขยะมูลฝอยเหล่านี้มีทั้งขยะทั่วไปและของเสียอันตราย แต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แหล่งกำเนิดและประเภทขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่าง ๆ

ที่มา: http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/garbage_03.html, 2553

2.1.3 ประเภทของขยะมูลฝอย

จำแนกตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มี 2 ประเภท คือ

2.1.3.1 ขยะทั่วไป (General Waste) หมายถึง ขยะที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้าและใบไม้ ฯลฯ

2.1.3.2 ขยะอันตราย (Hazardous Waste) เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็กแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่หรืออาจเป็นพวกสำลีและผ้าพันแผลจากสถานพยาบาล

2.1.4 ส่วนประกอบทางกายภาพของขยะ

ส่วนประกอบของขยะในแต่ละพื้นที่หรือประเทศหรือภูมิภาค มักมีความแตกต่างกันในด้านสัดส่วน เนื่องจากความแตกต่างในหลายด้านของแต่ละพื้นที่ เช่น กิจกรรม วัฒนธรรม ฐานะทางเศรษฐกิจ ค่านิยม และระดับการพัฒนาในพื้นที่ เป็นต้น สำหรับในประเทศไทย พบว่าปริมาณขยะในเขตเทศบาล มีสัดส่วนของเศษอาหารและขยะที่เป็นสารอินทรีย์มากที่สุด คือ ร้อยละ 63.57 รองลงมาได้แก่ พลาสติก กระดาษ แก้ว โลหะ ผ้า ไม้ ยางหรือหนัง ตามลำดับ ขยะแยกองค์ประกอบเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

2.1.4.1 ผักผลไม้ และเศษอาหาร ได้แก่ เศษผัก เศษผลไม้ เศษอาหารที่เหลือจากการปรุงอาหารและเหลือจากการบริโภค เช่น ข้าวสุก เปลือกผลไม้ เนื้อสัตว์ ฯลฯ

2.1.4.2 กระดาษ ได้แก่ วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเยื่อกระดาษ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ใบปลิว ถุงกระดาษ กล่องกระดาษ ฯลฯ

2.1.4.3 พลาสติก ได้แก่ วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ภาชนะพลาสติก ของเล่นเด็ก ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส ฯลฯ

2.1.4.3 ผ้า ได้แก่ สิ่งทอต่าง ๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติและใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้าย ลินินขนสัตว์ ผ้าไนลอน ได้แก่ เศษผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ผ้าขี้ริ้ว ฯลฯ

2.1.4.4 แก้ว ได้แก่ วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว เช่น เศษกระจก ขวด หลอดไฟ เครื่องแก้ว ฯลฯ

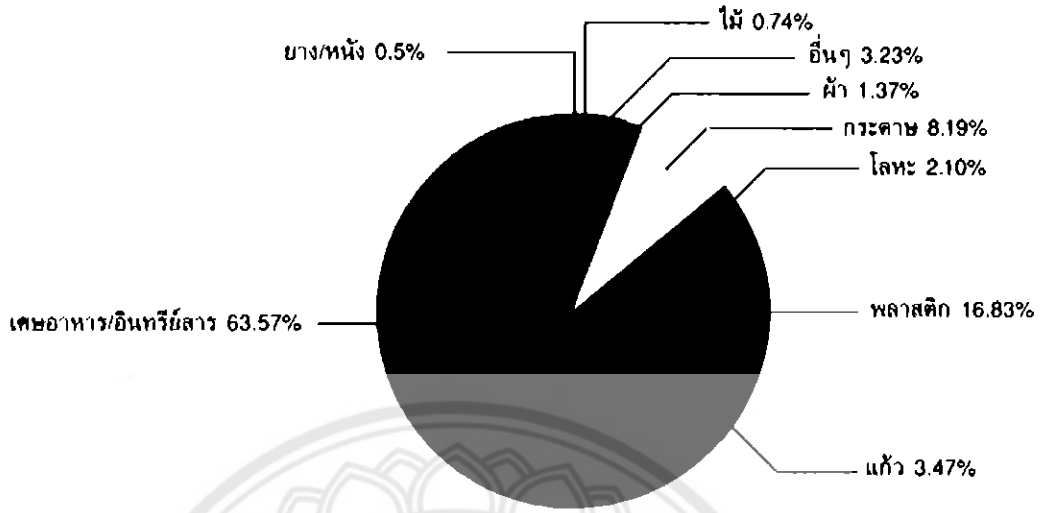
2.1.4.5 ไม้ ได้แก่ วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ เช่น กล่องไม้ เก้าอี้ โต๊ะ เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ฯลฯ

2.1.4.6 โลหะ ได้แก่ วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำจากโลหะ เช่น กระป๋อง ตะปู ลวด ภาชนะที่ทำจากโลหะต่างๆ ฯลฯ

2.1.4.7 หิน กระเบื้อง กระดูก และเปลือกหอย ได้แก่ เศษหิน เปลือกหอย เศษกระดูกสัตว์ เช่น ก้างปลา เครื่องปั้นดินเผา เปลือกหอย กุ้ง ปู เครื่องเคลือบ ฯลฯ

2.1.4.8 ยางและหนัง ได้แก่ วัสดุและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางและหนัง เช่น รองเท้า กระเป๋า ลูกบอล ฯลฯ

2.1.4.9 วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ วัสดุที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มต่าง ๆ ข้างต้น



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบขยะของเทศบาลทั่วประเทศ

ที่มา: สุภาภรณ์, 2549

ตารางที่ 2.1 ปริมาณขยะเทศบาลในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 – พ.ศ.2548

พ.ศ.	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548
ตัน	37500	38000	38500	39000	39200	39500	39500	40000	39800

ที่มา: http://www.scribd.com, 2553

แสดงดังตารางที่ 2.1 พบว่าจากปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2547 พบว่ามีแนวโน้มปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงช่วงระหว่างปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2548 ปริมาณขยะมีปริมาณลดลงแสดงว่ามีการจัดการ ทางด้านขยะ อาทิเช่น การนำกลับมาใช้ใหม่ การลดปริมาณการใช้ เป็นต้น จึงทำให้เกิดขยะในปริมาณที่น้อยลง

2.1.5 หลุมฝังกลบขยะ

การกำจัดขยะโดยการขุดหลุมและฝังกลบเป็นวิธีที่ใช้กันมานับร้อยปี เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุด และเชื่อกันว่าไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่นการไหลซึมน้ำชะจากขยะ (Leachate) ไม่มีผลถึงแหล่งน้ำใต้ดินเพราะถูกกรองโดยชั้นดินก่อน โดยประเทศสหรัฐอเมริกาได้เริ่มเปลี่ยนวิธีการกำจัดมูลฝอยจากการเผาและเททิ้งในพื้นที่กลางแจ้ง มาเป็นการใช้สถานที่ฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกสุขลักษณะ (Sanitary Landfill) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2483 เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งด้านน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และการระบาดของเชื้อโรค แต่จากการศึกษาตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2493 เป็นต้นมาพบว่าน้ำชะขยะ มีผลเสียต่อคุณภาพน้ำใต้ดิน จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการฝังกลบ โดย

แบ่งขยะออกเป็น 2 ประเภทคือ ขยะมูลฝอยทั่วไปและขยะอันตราย โดยขยะมูลฝอยทั่วไปจะถูกฝังกลบโดยการขุดหลุมที่มีการบดอัดพื้นอย่างแน่นหนา ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า ยังคงไม่สามารถป้องกันการรั่วไหลของน้ำชะขยะได้ไม่ว่าจะเพิ่มความหนาของพื้นบดอัดเท่าไรก็ตาม วิธีนี้จึงถูกห้ามใช้ในบางประเทศ ส่วนขยะอันตรายจำเป็นต้องมีการปูผ้ายางรองพื้นในหลุมก่อนการฝังกลบ ซึ่งเป็นวิธีสากลที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน เช่น หลุมฝังกลบขยะของกรุงเทพมหานคร เป็นต้นอย่างไรก็ตามสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (Landfill) ยังเป็นส่วนจำเป็นหลักของระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร (Integrated Solid Waste Management) ซึ่งระบบดังกล่าวประกอบด้วยการฝังกลบมูลฝอย การเผาโดยเตาเผา การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ การทำปุ๋ย และ การลดปริมาณขยะมูลฝอย โดยการฝังกลบมูลฝอยถือว่าเป็นวิธีการหลักในการจัดการมูลฝอย เนื่องจาก

ก. เป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการน้อยกว่าวิธีอื่น

ข. การจัดการไม่สลับซับซ้อนมากนัก

ค. มีความยืดหยุ่นมากในการรองรับ ทั้งด้านปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอย

ง. เป็นระบบกำจัดขยะในขั้นตอนสุดท้าย

2.2 องค์ประกอบของน้ำชะขยะ

องค์ประกอบน้ำชะขยะมีค่าความเข้มข้นแปรผันตามอายุของหลุมฝังกลบ ดังตารางที่ 2.2 หลุมฝังกลบใหม่มีความเข้มข้นของมลสารมากกว่าหลุมฝังกลบเก่า จึงทำให้ค่าความเข้มข้นของมลสารไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับอายุของหลุมฝังกลบดังตารางที่แสดง ดังนั้นการเลือกระบบที่จะมารองรับหลุมฝังกลบต้องมีองค์ประกอบที่มีความเหมาะสมในการบำบัด

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 3 ประเภท คือ

2.3.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Process)

เป็นกระบวนการที่ใช้แยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำด้วยวิธีที่ง่ายๆ ไม่ซับซ้อน โดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่เหมาะแก่การแยกสิ่งเจือปน โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของการบำบัดน้ำเสีย อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียทางกายภาพ มีดังนี้คือ

2.3.1.1 ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด (Coarse Screen and Fine Screen)

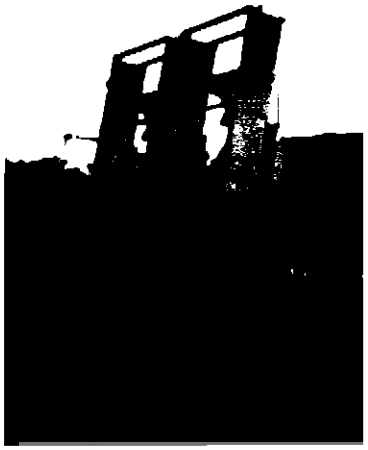
ตะแกรงหยาบปรกติประกอบด้วยเหล็กเส้นซึ่งมีช่องว่างประมาณ 2-15 ซม. ตั้งเอียงมุม 45 – 60° กับแนวตั้ง การทำความสะอาดตะแกรงอาจจะกระทำได้โดยการใช้แรงคนหรือใช้คราดอัตโนมัติของแข็งที่ขจัดออกจากตะแกรงอาจนำไปฝังหรือเผา หรือหารทำลดขนาดลงโดยการบดหรือสับเป็นชิ้นเล็กๆแล้วส่งกลับคืนสู่น้ำเสียต่อไปอีกใช้สำหรับดักสิ่งที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก ฯลฯ ดังรูปที่ 2.3 ตะแกรงละเอียดปรกติเป็นตาข่ายมีช่องขนาดประมาณ

0.3 ซม. หรือเล็กกว่าให้น้ำเสียผ่านตะแกรงละเอียดซึ่งอาจจะทำเป็นผิวของรูปทรงกระบอก (Drum Screen) ส่วนมากตะแกรงละเอียดใช้ในการกำจัดน้ำเสียจากการอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 2.4

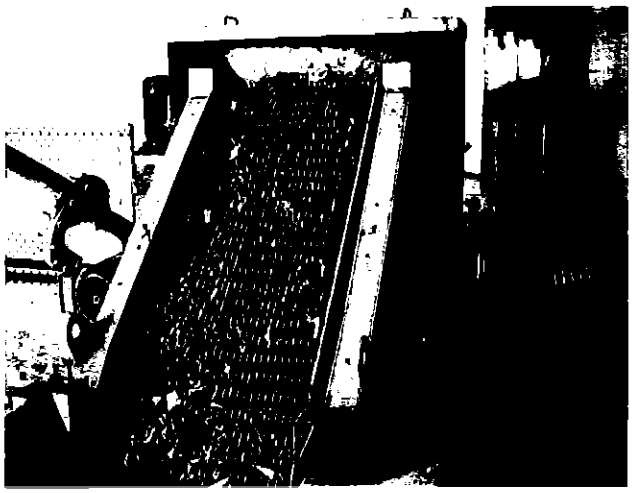
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของน้ำชะขยะตามอายุของหลุมฝังกลบ

องค์ประกอบ	ปริมาณ (มก./ล)		
	หลุมฝังกลบใหม่ (อายุน้อยกว่า 2 ปี)		หลุมฝังกลบเก่า
	ช่วงค่า	ค่าทั่วไป	(อายุมากกว่า 10 ปี)
บีโอดี 5	2,000-30,000	10,000	100-200
ทีโอซี	1,500-20,000	6,000	80-160
ซีโอดี	3,000-60,000	18,000	100-500
ของแข็งแขวนลอย	200-2,000	500	100-400
สารอินทรีย์ไนโตรเจน	10-800	200	80-120
แอมโมเนียไนโตรเจน	10-800	200	20-40
ไนเตรต	5-40	25	5-10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	5-100	30	5-10
ฟอสฟอรัส	4-80	20	4-8
การนำไฟฟ้า	1,000-10,000	3,000	200-1,000
ความเป็นกรด-ด่าง	4.5-7.5	6	6.6-7.5
ความกระด้าง	300-10,000	3,500	200-500
แคลเซียม	200-3,000	1,000	100-400
แมกนีเซียม	50-1,500	250	50-200
โปแทสเซียม	200-1,000	300	50-400
โซเดียม	200-2,500	500	100-200
คลอไรด์	200-3,000	500	100-400
ซัลเฟต	50-1,000	300	20-50
เหล็กทั้งหมด	50-1,200	60	20-200

ที่มา: Tchobanoglous et al., 1993



รูปที่ 2.3 ตะแกรงหยาบ

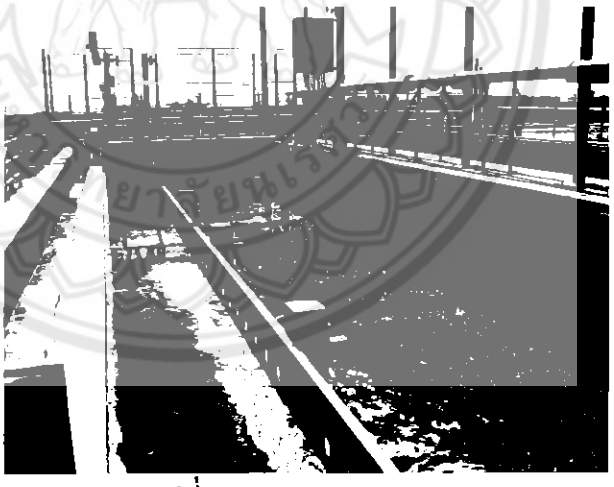


รูปที่ 2.4 ตะแกรงละเอียด

ที่มา: http://www.schreiberwater.com/Fi...en.shtml , 2552

2.3.1.2 ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber)

ถังดักกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่านถังดักกรวดทรายเป็นสิ่งจำเป็นทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อน และเสียหายเนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย ดังรูปที่ 2.5 แสดงถังดักกรวดทราย



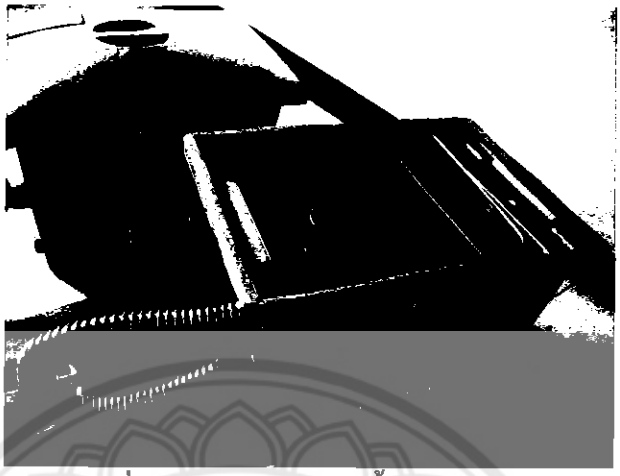
รูปที่ 2.5 ถังดักกรวดทราย

ที่มา: http://www.telem.co.il/Telem/Tem...ID%3D574 , 2552

2.3.1.3 ถังดักไขมัน (Grease Trap)

น้ำเสียหลายประเภทมีไขมันและน้ำมันปนอยู่ด้วย ไขมันหรือน้ำมันเบากว่าน้ำจึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทำให้สามารถใช้ถังดักไขมันดังรูปที่ 2.6 ทางออกของถังดักไขมันจมอยู่ใต้น้ำ (ต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน) สามารถดึงส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อภาพตัว T ไขมันจะ

สะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตัดออกไปทิ้งได้ รูปที่ 2.6 เป็นถังดักไขมันขนาดเล็กที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากการปรุงอาหารซึ่งเป็นน้ำเสียที่ปริมาณต่ำ

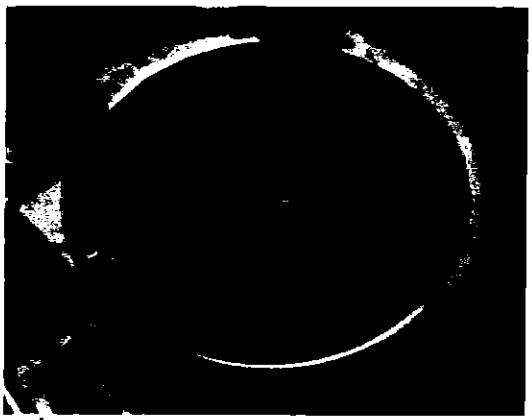


รูปที่ 2.6 ถังดักไขมันและน้ำมันขนาดเล็ก

ที่มา: http://khlongngae.go.th/paper/fo.../page/17 , 2552

2.3.1.4 ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

เป็นการแยกของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำออกจากน้ำด้วยการทำให้ตกจม โดยเมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในถังตกตะกอนมันจะใช้เวลาอยู่ในถังนี้ประมาณ 2-4 ชั่วโมง ทำให้ตะกอนแขวนลอยมีเวลาตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปออกจึงมีตะกอนแขวนลอยเหลือน้อย ถังตกตะกอนมีบทบาทอยู่ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ เกือบทุกประเภท และถือเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดตะกอนแขวนลอยในน้ำ ถังตกตะกอนแบบวงกลม ดังรูปที่ 2.7 ให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานดีกว่าถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม แต่ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมเหมาะสมที่ใช้ในกรณีมีพื้นที่อยู่อย่างจำกัดแต่ต้องการสร้างถังตกตะกอนหลายถัง



รูปที่ 2.7 ถังตกตะกอนแบบวงกลม (ภาพด้านบน)

ที่มา: http://lgam.wikidot.com/sediment...ion-tank , 2552

2.3.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Process)

เป็นกระบวนการที่ต้องพึ่งพาสารเคมีเพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการ มักใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้วิธีอื่นได้ผลหรือได้ผลแต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง กระบวนการเคมีที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

2.3.2.1 การทำให้เป็นกลางหรือการปรับพีเอช (Neutralization)

ค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำและน้ำเสียเกือบทุกชนิด น้ำเสียที่มีพีเอชต่ำสามารถทำให้เป็นกลางได้ด้วยการเติมปูนขาวหรือโซดาไฟหรือโซดาแอช ส่วนน้ำที่มีพีเอชสูงสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.3.2.2 กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามากเรียกว่า **คอลลอยด์** (Colloid) ซึ่งไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไป การเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารส้ม ทำให้คอลลอยด์หลายๆอนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า **ฟล้อค** (Floc) จนมีน้ำหนักมากและตกตะกอนได้รวดเร็ว สารเคมีทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมกันเป็นฟล้อค กระบวนการประสานคอลลอยด์นี้ เรียกว่า โคแอกกูเลชัน

2.3.2.3 การตกตะกอนผลึก (Precipitation)

โลหะหนักที่ละลายอยู่ในน้ำเสียมักทำให้ตกผลึกได้โดยการเพิ่มพีเอช ดังนั้นการเติมปูนขาวให้กับน้ำเสียจนมีพีเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสมจะทำให้โลหะหนักตกผลึกได้ จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมตัวกันกลายเป็นฟล้อคด้วยกระบวนการ โคแอกกูเลชันแล้ว จึงแยกฟล้อคออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอน

2.3.2.4 ออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – Reduction)

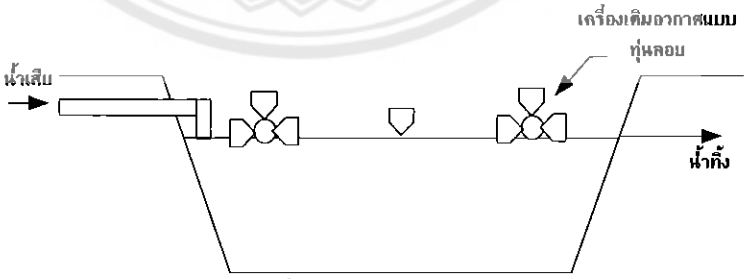
ในกรณีต้องการกำจัดมลพิษที่ละลายอยู่ในน้ำ แต่ไม่สามารถใช้วิธีตกผลึกได้ ก็อาจใช้กระบวนการออกซิเดชัน – รีดักชันเปลี่ยนมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ กระบวนการออกซิเดชัน – รีดักชัน ได้แก่ การเติมสารเคมีซึ่งอาจเป็น Oxidant หรือ Reductant อย่างใดอย่างหนึ่งไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชันกับสารพิษ ทำให้ได้ผลปฏิกิริยาเป็นสารที่ไม่สร้างปัญหา

2.3.3 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process)

เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายแบ่งเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) ซึ่งแบบใช้ออกซิเจนอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนสารอินทรีย์ ให้กลายเป็น CO_2 และน้ำ เช่น กระบวนการเอเอส ระบบฟิล์มตรึง ระบบสระเติมอากาศ ระบบโปรยกรอง เป็นต้น ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรกให้กลายเป็น CO_2 CH_4 และ H_2S เช่น กระบวนการย่อยไร้ออกซิเจน ถังกรองไร้อากาศ ระบบยูเอเอสบี เป็นต้น

2.4 ระบบสระเติมอากาศ

สระเติมอากาศเกิดจากการพัฒนาบ่อปรับเสถียรเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นในขณะที่ใช้ที่ดินเท่ากันหรือน้อยกว่าโดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติมากนัก โดยมีข้อแตกต่างที่ความลึกที่มากกว่า และมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลชีพเป็นหลัก เครื่องเติมอากาศที่ใช้อาจเป็นชนิดเครื่องเป่าอากาศพร้อมหัวกระจายอากาศหรือชนิดอื่นๆขึ้นกับลักษณะของบ่อ แต่ที่นิยมในประเทศไทยมักเป็นชนิดเครื่องกลพร้อมทุ่นลอย ระบบนี้ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศซึ่งมักเป็นบ่อดิน ผนังบ่อมักจะดาดหรือบุด้วยวัสดุที่ช่วยป้องกันการเซาะของคลื่นน้ำที่เกิดจากการเติมอากาศ เช่น หินใหญ่ยาแนวด้วยปูนทราย เทคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือปูแผ่นพลาสติก เป็นต้น และตามด้วยบ่อขัดแต่ง (Polishing pond) ซึ่งเป็นบ่อตกตะกอนอย่างง่ายเพื่อให้จุลชีพที่แขวนลอยจากบ่อเติมอากาศตกลงในบ่อนี้ ก่อนที่จะปล่อยน้ำใสไหลล้นออกไป แต่อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ มักพบว่ามีสารแขวนลอยค่อนข้างสูงเพราะมีสาหร่ายปะปนไปด้วย (ศักดิ์ชัย, 2542) น้ำทิ้งของระบบสระเติมอากาศมีจุลินทรีย์หลุดออกไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่ากระบวนการเอเอสแบบอื่นๆ และเนื่องจากระบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ ความเข้มข้นของ MLSS ในบ่อเติมอากาศจึงมีระบบต่ำกว่าระบบอื่นๆ คือ น้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (มั่นสิน, 2542) การสร้างระบบสระเติมอากาศจะต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงเหมาะสมกับชุมชนที่มีราคาที่ดินไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถรับน้ำเสียหรือสารมลพิษที่ไหลเข้าสู่ระบบอย่างกะทันหันได้ รวมทั้งสามารถควบคุมปัญหาเรื่องกากตะกอนหรือปัญหาเรื่องกลิ่นได้ดี สระเติมอากาศจึงเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียทิ้งจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานกระดาษ และโรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น แสดงระบบการทำงานของระบบสระเติมอากาศแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 สระเติมอากาศ

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

2.4.1 ประเภทของสระเติมอากาศ

สระเติมอากาศแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการกวนผสมภายในสระ ได้แก่ สระเติมอากาศแบบผสมสมบูรณ์ (complete-mix) และสระเติมอากาศแบบผสมบางส่วน (partial-mix) (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546)

2.4.1.1 สระเติมอากาศแบบผสมสมบูรณ์ (complete-mix aerated lagoon)

ต้องใช้พลังงานสูงสำหรับกวนผสมเพื่อป้องกันของแข็งแขวนลอยหรือจุลินทรีย์จมตัว รวมทั้งยังทำให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งสระหรือสภาวะแอโรบิกทั่วทั้งสระ โดยทั่วไปมักใช้พลังงานในการกวนผสมเท่ากับ 11 -19 กิโลวัตต์ต่อปริมาณน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร ทำให้น้ำทิ้งจากสระเติมอากาศชนิดนี้มักมีปริมาณสารแขวนลอยในปริมาณสูง ดังนั้นต้องออกแบบบ่อตกตะกอนหรือบ่อขัดแต่งเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำทิ้งของสระเติมอากาศประเภทนี้ด้วย

2.4.1.2 สระเติมอากาศแบบผสมบางส่วน (partial-mix aerated lagoon)

ต้องการพลังงานในการกวนผสมน้อยกว่าแบบแรก ปริมาณอากาศที่เติมลงไปนั้นเพียงแค่ให้เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เท่านั้น โดยทั่วไปมักใช้พลังงานในการกวนผสมเท่ากับ 1.5 -7.5 กิโลวัตต์ต่อปริมาณน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร (ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย) ซึ่งทำให้ของแข็งแขวนลอย (หรือจุลินทรีย์) บางสวนจมตัวและสะสมอยู่ก้นสระและถูกย่อยสลายในสภาวะแอนแอโรบิกต่อไป จึงทำให้น้ำทิ้งมีปริมาณของแข็งแขวนลอยหลุดออกไปน้อยกว่าน้ำทิ้งของสระเติมอากาศแบบกวนผสมสมบูรณ์ ซึ่งบางกรณีถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นต่ำและมีค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในสระไม่มากนัก อาจไม่จำเป็นต้องมีบ่อตกตะกอนตามหลังสระเติมอากาศก็ได้

2.4.2 เครื่องเติมอากาศ

โดยทั่วไประบบเติมอากาศแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะของเครื่องกลหรือการใช้งาน ได้แก่ เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่ เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ และเครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ ดังนี้

2.4.2.1 เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่ (Diffused Aerator)

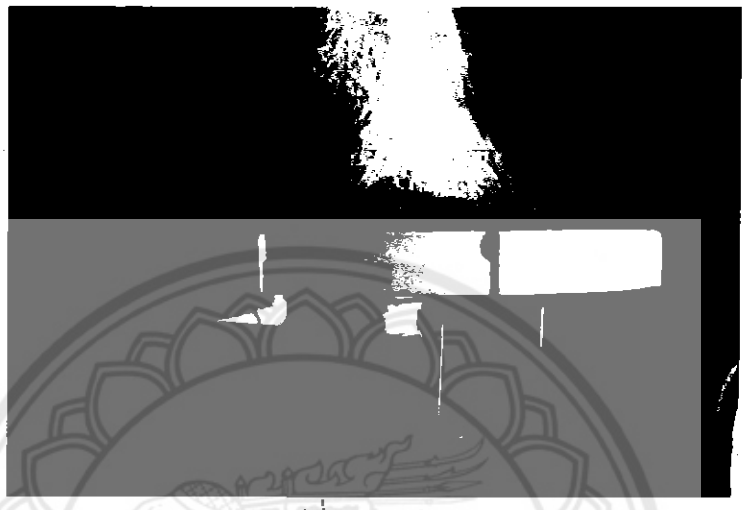
เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่ สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์ได้คือ

ก. หัวฟู่ชนิดรูพรุน

หัวฟู่ชนิดนี้ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนสูง และมีรูปร่างหลายแบบ เช่น แบบแผง โดม จานกลม และท่อ ตัวอย่างดังรูปที่ 2.9 นอกจากนี้อาจแบ่งตามวัสดุที่ผลิตได้อีก คือ กลุ่มที่ผลิจากวัสดุแข็ง และกลุ่มเยื่อเจาะรู

ข. หัวฟู่ชนิดไม่ใช่รูพรุน

หัวฟู่ชนิดนี้จะมีขนาดรูใหญ่กว่าหัวฟู่ชนิดรูพรุน โดยทั่วไปสามารถแบ่งตามวัสดุและรูปร่างได้หลายชนิด เช่น หัวฟู่รูตายตัว หัวฟู่แบบวาล์วกันกลับ หัวฟู่แบบหลอสถิต เป็นต้น โดยทั่วไปมักใช้หัวฟู่ไม่มีรูพรุนในระบบที่อาจเกิดปัญหาอุดตันกับหัวฟู่แบบรูพรุน



รูปที่ 2.9 หัวฟู่ชนิดรูพรุน

ที่มา: www.thaitechno.net/dip/productdetails. , 2553

ค. หัวฟู่ชนิดอื่นๆ

หัวฟู่ชนิดอื่นๆ เช่น หัวฟู่แบบดูดพ่น (Jet Diffuser) ซึ่งทำงานโดยสูบน้ำจากถังเติมอากาศเข้าไปผสมกับอากาศแล้วฉีดผ่านหัวฉีด

2.4.2.2 เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ (Surface Aerator)

เครื่องเติมอากาศผิวน้ำสามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ แบบหมุนช้าไหลตามรัศมี (Radial flow low speeds) แบบหมุนเร็วไหลตามแกน (axial flow high speeds) แบบดูด (aspirating devices) และแบบหมุนแนวนอน (horizontal rotors) เครื่องเติมอากาศผิวน้ำติดตั้งโดยการยึดกับตัวสะพาน แท่น หรือทุ่นลอย ซึ่งควรมีโครงสร้างที่สามารถรับแรงบิดได้อย่างน้อย 4 เท่าของแรงบิดสูงสุดที่เกิดจากใบพัด ประสิทธิภาพและพลังงานที่ใช้จะแปรผันตามความสูงของระดับน้ำในถังหรือสระเติมอากาศ

ก. แบบหมุนช้าไหลตามรัศมี

เครื่องเติมอากาศแบบนี้ได้รับความนิยม เนื่องจากประสิทธิภาพการเติมอากาศสูงและให้การกวนผสมที่ดี

ข. แบบหมุนเร็วไหลตามแกน

เครื่องเติมอากาศแบบนี้มักใช้กับสระเติมอากาศ เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการที่จะใช้งานกับถังเติมอากาศของระบบเอเอส เช่น แรงเฉือนที่เกิดขึ้นกับฟล็อกของสลัดจ์อาจทำให้ฟล็อกแตกออกส่งผลต่อการตกตะกอน ดังรูปที่ 2.10 ข

ค. แบบดูด

เครื่องเติมอากาศแบบนี้ทำงานโดยการดูดอากาศจากบรรยากาศผ่านเพลาด้วยความเร็วลูกปั่นด้วยใบพัดให้ผสมกับน้ำทำให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ สามารถปรับองศาของเครื่องได้ขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ดังรูปที่ 2.10 ข

ง. แบบหมุนแนวนอน

เครื่องเติมอากาศแบบหมุนแนวนอนหรือแบบแปรง (Brush aerator) ใบพัดตีน้ำที่ผิวน้ำเพื่อถ่ายเทออกซิเจนและพัดน้ำให้ไหลในแนวนอน การเปลี่ยนแปลงระดับจมน้ำเพียงเล็กน้อยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเติมอากาศ แต่มีผลต่อพลังงานที่ใช้ ดังรูปที่ 2.10 ก

ก เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ ข เครื่องเติมอากาศแบบหมุนเร็วตามแกน

รูปที่ 2.10 เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ

ที่มา: www.tumcivil.com , 2553

2.4.2.3 เครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ (Submerged Turbine Aeration)

ลักษณะของเครื่อง มอเตอร์และชุดเกียร์มักติดตั้งอยู่เหนือน้ำและต่อแกนใบพัดลงไปใต้น้ำ อากาศจะถูกสูบเข้าไปใต้ใบพัดเพื่อตีให้เกิดฟองและไหลลงเพื่อเพิ่มเวลาสัมผัสของอากาศกับน้ำ ประสิทธิภาพการเติมอากาศต่ำกว่าเครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบไหลตามรัศมีเล็กน้อย แต่มีข้อดีที่สามารถปรับการเติมอากาศได้ตามอัตราการไหลอากาศ ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 เครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ

ที่มา: Peatlll-immotalz.blogspot.com, 2553

2.4.3 การคำนวณออกแบบ

โดยส่วนใหญ่สระเติมอากาศแบบสมบูรณ์และกวนผสมบางส่วนมักออกแบบด้วยสมการไดเนติกส์ ซึ่งทั้งสองแบบสามารถออกแบบได้ดังสมการ 2-1 แต่สระเติมอากาศทั้ง 2 ชนิดจะมีค่าคงที่ระดับหนึ่งของการกำจัดบีโอดีแตกต่างกัน

สมการในการออกแบบสระเติมอากาศ

$$Se / Si = 1 / (1+k_a t) \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ Se = ค่าบีโอดีของน้ำทิ้ง, มิลลิกรัมต่อลิตร

Si = ค่าบีโอดีของน้ำเข้า, มิลลิกรัมต่อลิตร

k_a = ค่าคงที่ลำดับหนึ่งของอัตราการกำจัดบีโอดีของสระเติมอากาศ, วัน$^{-1}$

t = เวลากักน้ำ, วัน

2.4.3.1 ค่าคงที่ของการกำจัดบีโอดี

ถ้าเป็นไปได้ค่าคงที่ระดับหนึ่งของอัตราการกำจัดบีโอดีของสระเติมอากาศควรศึกษาจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการหรือระดับโรงงานนำร่อง แต่จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

ก. สระเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์

จากการรวมเอกสารทางวิชาการต่างๆพบว่า ค่าคงที่ลำดับหนึ่งของการกำจัด บีโอดีของสระเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์ มีความแตกต่างกันตามแต่ละแหล่งข้อมูล ดังสมการที่ 2-2 ถึง 2-4

WEF (1990)

$$k_{ac(T)} = 2.5\ (1.085)^{T-20} \qquad (2\text{-}2)$$

Mara,D.D (1976)

$$k_{ac(T)} = 5.0\ (1.035)^{T-20} \qquad (2\text{-}3)$$

Metcalf & Eddy (1991)

$$k_{ac} = 0.25 - 1.0 \text{ วัน}^{-1} \quad (2\text{-}4)$$

โดยที่ T = อุณหภูมิน้ำหรือองศาเซลเซียส

ข. สระเติมอากาศแบบกวนไม่สม่ำเสมอ

จากการรวมเอกสารทางวิชาการต่างๆพบว่า ค่าคงที่ลำดับหนึ่งของการกำจัด บีโอดีของสระเติมอากาศแบบกวนไม่สม่ำเสมอ มีความแตกต่างกันตามแต่ละแหล่งข้อมูล ดังสมการที่ 2-5 ถึง 2-6

Recommended Standard for Sewage Work (1978)

$$kap(T) = 0.276\ (1.036)T\text{-}20 \quad (2\text{-}5)$$

Boulier, G.A. & Atchinson, T.J.,(1975) อ้างโดย WEF (1990)

$$kap(T) = kap(20)\ (1.036)T\text{-}20 \quad (2\text{-}6)$$

โดยที่ Kap(20) = 0.2 – 0.3 วัน-1 (ที่อุณหภูมิน้ำ 20 องศาเซลเซียส)

T = อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)

2.4.4 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศ

โดยทั่วไปการออกแบบจะออกแบบให้บ่อหรือสระมีความลึกประมาณ 2-6 เมตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำภายในสระเติมอากาศประมาณ 3-10 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีเท่ากับร้อยละ80 – 95 (สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540) ดังตารางที่ 2.3 แต่ในกรณีการบำบัดน้ำเสียชุมชนค่าบีโอดีที่ต่ำอาจทำให้สามารถใช้ระบบสระเติมอากาศโดยลำพังได้และมีระยะเวลาเก็บกักน้ำประมาณ 1-2 วัน เนื่องจากว่าแม้สระเติมอากาศจะกำจัดบีโอดีได้เพียงร้อยละ 80 ดังตารางที่ 2.4 บีโอดีที่เหลือมักต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน อย่างไรก็ตามควรถือเป็นหลักปฏิบัติให้มีบ่อออกซิเดชันหรือบ่อเขียวตามหลังสระเติมอากาศเสมอ (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

ตารางที่ 2.3 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศ

รายการ	ค่าแนะนำ
เวลากักพักชลศาสตร์ (วัน)	3 - 10
ความลึก (เมตร)	2 - 6
พีเอช	6.5 - 8.0
อุณหภูมิ(C)	0 - 30
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี, ละลาย(%)	80 - 90
ของแข็งแขวนลอยในน้ำออก(มก./ล)	80 - 250
ความต้องการออกซิเจน(ก.ออกซิเจน/ ก.บีโอดีที่ถูกกำจัด)	0.7 - 1.4

ที่มา: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540

ตารางที่ 2.4 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศที่เหมาะสมกับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย

รายการ	ค่าแนะนำ
สระเติมอากาศ	
เวลากักน้ำ, วัน	1-2
ความลึกน้ำ,เมตร	2.0-4.0 (3.0)
ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี, ร้อยละ	80
ความต้องการออกซิเจน	
- ก. ออกซิเจน/ก.บีโอดีที่ถูกกำจัด	0.7-.1.0
- กิโลวัตต์/1000 ลบ.ม.	1.5-3.0
บ่อขัดแต่ง	
เวลากักน้ำ, วัน	1-2
ความลึกน้ำ, เมตร	1.5-2.0

หมายเหตุ ( ) คือค่าที่แนะนำ

ที่มา: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546

2.4.5 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- Mara, D.D., 1976 พบว่า สระเติมอากาศหลายบ่อต่อกันแบบอนุกรมมีผลทำให้ความต้องการปริมาตรรวมของสระลดลงเมื่อเทียบกับใช้สระใหญ่สระเดียว

- ความต้องการออกซิเจนของสระเติมอากาศเท่ากับ 1-1.5 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด (WEF & ASCE, 1998b) หรือเท่ากับ 1.5 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม บีโอดีที่ถูกกำจัด (Mara, D.D., 1976)

- สระเติมอากาศมีเวลากักน้ำเท่ากับ 3-10 วัน ความลึกน้ำ 2-4 เมตร (Metcalf & Eddy, 1991)

- บ่อขัดแต่งควรมีเวลากักน้ำเท่ากับ 0.5 – 1.0 วัน (WEF & ASCE, 1998b) ถ้าเวลากักน้ำมากกว่านี้อาจทำให้มีปริมาณสาหร่ายสูง แต่ Metcelf & Eddy, 1991 กล่าวว่าบ่อขัดแต่งควรมีเวลากักน้ำอย่างมากไม่เกิน 2 วัน

- ถ้าก้นสระเป็นดินทรายหรือมีการรั่วซึมควรหามาตรการป้องกันปัญหาดังกล่าว คือ บ่ออัดดินเหนียวหรือปูด้วยวัสดุต่างๆ เช่น เบนโทไนท์ ดินเหนียวสังเคราะห์ เมมเบรน ฯลฯ

- บริเวณขอบบ่อควรคาดด้วยหินหรือคอนกรีต โดยให้ปกคลุมให้ต่ำกว่าและสูงกว่าระดับน้ำในบ่อด้านละ 0.5 เมตร เพื่อป้องกันคลื่นกัดเซาะตลิ่งหรือขอบบ่อ

- เครื่องเติมอากาศเป็นแบบเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหรือแบบฟู่ก็ได้ แต่ถ้าเป็นแบบเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำต้องมีแผ่นคอนกรีตรองก้นสระบริเวณใต้เครื่องเติมอากาศ เพื่อป้องกันการกัดเซาะดิน

- ขอบบ่อควรมีความลาดประมาณ 1:1.5 ถึง 1:2 (แนวดิ่ง: แนวราบ)

ข้อดีและข้อเสียของระบบสระเติมอากาศแสดงดังตารางที่ 2.5 เป็นการบอกถึงข้อดีและข้อเสียของระบบแบบสระเติมอากาศ

ตารางที่ 2.5 ข้อดีและข้อเสียของระบบสระเติมอากาศ

ข้อดี	ข้อเสีย
- มีประสิทธิภาพสูง - ควบคุมระบบง่ายและไม่ต้องการผู้ควบคุมระบบที่มีความเชี่ยวชาญ - ต้องการสารเคมีน้อย - ไม่ต้องมีกระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ - ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น	- ใช้พื้นที่สำหรับการก่อสร้างมาก (น้อยกว่าบ่อปรับเสถียร) เหมาะกับชุมชนที่มีราคาที่ดินปานกลาง - ใช้พลังงานมาก (การเติมอากาศ) - มีความยืดหยุ่นน้อย เพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างจำกัด (เมื่อเทียบกับระบบเอเอส)

ที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#s8

2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.6

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการบำบัดน้ำชะขยะด้วยเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์

(โดย สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์ นักวิชาการสิ่งแวดล้อม ชำนาญการ)

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่อง การบำบัดน้ำชะขยะด้วยเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ (Permeable Reactive Barrier:PRB) ร่วมกับศูนย์วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมแห่งเมืองไซตามะ (Center for Environmental Science in Saitama: CESS) ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งดำเนินการออกแบบและจัดสร้างระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิตขึ้น ณ พื้นที่ศึกษา หลุมฝังกลบขยะเทศบาลเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี

จากข้อมูลการจัดการขยะของเทศบาลที่ต้องฝังกลบขยะ จำนวน 50-60 ตันต่อวัน และมีน้ำเสียจำนวนมาก ถูกชะออกมาจากหลุมฝังกลบขยะ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและเป็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมจึงใช้เทคโนโลยีกำแพงดินประดิษฐ์นี้เป็นระบบสาธิต เพื่อการบำบัดสิ่งสกปรกและสารปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นเป็นองค์ประกอบหลักในการทำหน้าที่บำบัดสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำชะขยะ จึงมีต้นทุนไม่สูงมากนักในการจัดสร้างระบบ ท้องถิ่นสามารถจัดการและเดินระบบได้ด้วยตนเอง และที่สำคัญ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียทั่วไป น้ำชะขยะ และน้ำ

ใต้ดินที่ปนเปื้อนสารมลพิษได้เป็นอย่างดี แต่การออกแบบและจัดสร้างกำแพงดินประดิษฐ์ดังกล่าวให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องทำการวิจัยเพื่อให้ทราบปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อเนื่องและยาวนาน

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก/ล. หรืออาแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่ทึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือ กำจัดศัตรูพืช หรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี 5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม(ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
2. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล	
6. แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	
7. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล	
8. นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล	
10. อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
11. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล	
12. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Techique

ที่มา : http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water04.html#s1 , 2553

องค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำชะขยะ

หลักการของกำแพงดินประดิษฐ์ (PRB) คือ การใช้วัสดุตัวกลางที่มีคุณสมบัติยอมให้น้ำไหลผ่านได้เป็นอย่างดี ทำหน้าที่เป็นตัวกรองน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียผ่านเข้าสู่ระบบ จะเกิดกระบวนการทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ ได้แก่ การดูดซับ การตกตะกอน การแลกเปลี่ยนประจุ และการย่อยสลายทางชีวภาพ เพื่อเปลี่ยนรูป หรือลดปริมาณความสกปรกสารมลพิษในน้ำนั้นลง กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้คุณสมบัติของวัสดุตัวกลางให้เหมาะสมกับสารมลพิษที่ปนเปื้อนและต้องการที่จะทำการบำบัด วิธีนี้สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ สารมลพิษ ธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโลหะหนัก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการศึกษาได้เลือกใช้วัสดุตัวกลางที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น หรือเป็นวัสดุเหลือใช้ให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ ได้แก่ ดินชุดปากช่องซึ่งเป็นดินที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่หลุมฝังกลบขยะของเทศบาล ผงเหล็กที่เหลือใช้จากโรงงานผลิตเหล็กแท่ง เปลือกหอย ทรายหยาบ และถ่านแท่ง โดยพิจารณาการออกแบบจากการมีอัตราการซึมผ่านน้ำที่เหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดการอุดตันในระบบ และสามารถเกิดปฏิกิริยาในการบำบัดสารปนเปื้อนได้เป็นอย่างดี มีความคงตัวต่อการลดความสกปรกของสารปนเปื้อนเป็นระยะเวลานาน

การออกแบบและจัดสร้างระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิต

ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะโดยใช้เทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ให้มีความเหมาะสมและใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรที่จะทราบถึงปฏิกิริยาและกระบวนการที่จะเกิดขึ้นในระบบระหว่างคุณสมบัติวัสดุตัวกลางที่นำมาใช้เป็นกำแพงประดิษฐ์กับคุณลักษณะของน้ำเสีย ซึ่งในการศึกษานี้วัสดุตัวกลางที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิตได้เน้นการใช้วัสดุตัวกลางที่มีความเหมาะสมในการบำบัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำชะขยะ สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นธาตุอาหารพืช และโลหะหนักบางประเภท

เนื่องจากน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบขยะมีปริมาณความสกปรกของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูงจึงได้ทำการบำบัดน้ำชะขยะขั้นต้นก่อน ด้วยการให้น้ำชะขยะไหลผ่านตัวกรองที่เป็นเปลือกหอยแบบแนวนอน (Horizontal flow) และผ่านถังกรองน้ำเสียก่อนที่จะพักน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วเข้าสู่ชุดระบบกำแพงประดิษฐ์ ซึ่งมีจำนวน 3 หน่วย แบบมีการไหลใต้พื้นผิว (Subsurface-flow) โดยหน่วยที่ 1 เป็นการไหลแบบโปรยกรอง จากบนลงล่าง ให้อากาศสามารถแทรกซึมผ่านตัวกลางเข้าไปได้ง่ายเข้าสู่หน่วยที่ 2 ที่มีการไหลของน้ำจากด้านล่างขึ้นด้านบน ทำให้ชั้นตัวกลางอิ่มตัวด้วยน้ำ เสมือนเป็นระบบไร้อากาศ และไหลอย่างต่อเนื่องเข้าสู่หน่วยที่ 3 ที่มีลักษณะการไหลของน้ำเหมือนหน่วยที่ 1 ก่อนที่น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่บ่อพักน้ำทิ้ง เปรียบเทียบผลการบำบัดกับชุดควบคุมที่มีลักษณะการไหลเหมือนกับชุดกำแพงดินประดิษฐ์ เพียงแต่ส่วนของชั้น PRB ที่ประกอบด้วยดินชุดปากช่อง 25% ผงเหล็ก 5% และทรายหยาบ 70% จะถูกแทนที่ด้วยทรายหยาบเป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว ดังแผนผังที่แสดงการเดินระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิตซึ่งได้ดำเนินการสร้างเรียบร้อยแล้ว

ในปัจจุบันกำลังดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัด โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิตอย่างต่อเนื่อง ทุกๆเดือน เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ธาตุอาหารต่างๆ เช่น ฟอสเฟต ไนโตรเจน รวมไปถึงสารพิษและโลหะหนักบางประเภท ศึกษากระบวนการบำบัดทางเคมี และชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบ รวมทั้ง ศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุนระบบ ซึ่งข้อมูลและผลการศึกษาที่ได้ จะทำการถ่ายทอดประสบการณ์ และองค์ความรู้ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อใช้เป็นทางเลือก และแนวทางในการนำเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ไปใช้ในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมด้านน้ำและขยะอย่างยั่งยืนต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่มีปริมาณการเติมอากาศต่างกัน โดยมีวิธีในการดำเนินโครงงานดังนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะขยะโดยใช้แบบจำลองซึ่งทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธาโดยมีวัสดุอุปกรณ์ดังนี้

3.1.1 แบบจำลองสระเติมอากาศ

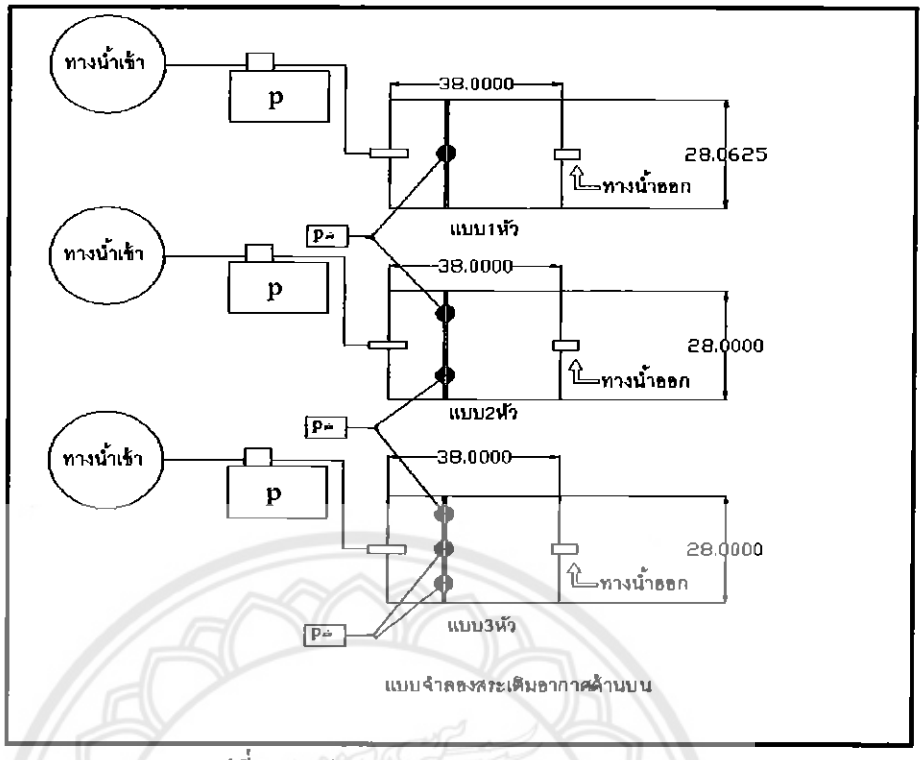
แบบจำลองสระเติมอากาศทำจากพลาสติกใสมีปริมาตร 25 ลิตร ในการทำการทดลองใช้ที่ปริมาตรเท่ากับ 20 ลิตร ขนาดกว้าง 28 เซนติเมตร ยาวขนาด 38 เซนติเมตร และลึกของถัง 26 เซนติเมตร จำนวน 3 ใบ และมีหัวเติมอากาศจำนวนถังละ 1 2 และ 3 หัวตามลำดับ โดยให้หัวเติมอากาศอยู่ลึกจากผิวน้ำ 5 เซนติเมตร เพื่อให้มีสภาพการกวนผสมแบบบางส่วนในระบบ ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

รูปที่ 3.1 กล่องพลาสติกที่ใช้เป็นแบบจำลองสระเติมอากาศ

3.1.2 ถังน้ำเข้าและถังน้ำออก

ถังน้ำเข้าและถังน้ำออกทำจากพลาสติก มีขนาดบรรจุ 25 และ 30 ลิตร ทรงกระบอกสีดำและสีน้ำเงิน รองรับน้ำชะขยะที่ผ่านการบำบัดจากแบบจำลอง ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งน้ำในถังน้ำถูกนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านต่างๆ

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



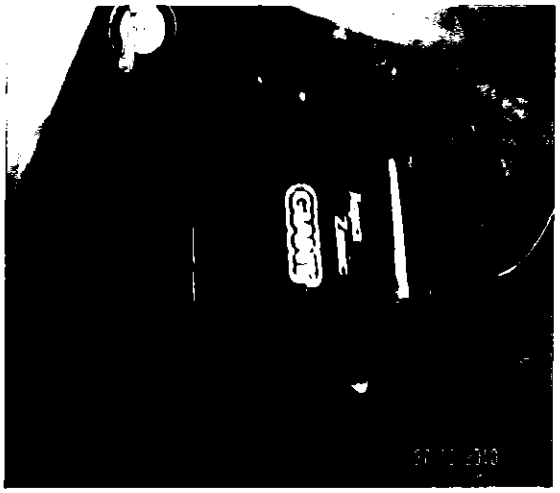
รูปที่ 3.2 แปลนแบบจำลองสระเติมอากาศ

รูปที่ 3.3 ถังน้ำเข้าและถังน้ำออก

3.1.3 เครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศยี่ห้อ APUA ZONIC รุ่น GIANT จำนวน 3 เครื่อง Power 2.5 w. Output 250 L/hr. โดยอัตราการเติมอากาศสำหรับหัวทราย 1 2 และ 3 หัวเท่ากับ 27 54 และ 81 มิลลิลิตรต่อนาที ดังรูปที่ 3.4

I554924
มร.
ว833ก
2553



รูปที่ 3.4 เครื่องเติมอากาศ

3.1.4 เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ

เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ ยี่ห้อ WATSON MARLOW รุ่น 313S MANL DRIVE 400 RPM จำนวน 3 เครื่องปรับให้มีอัตราการเท่ากับ 10 ลิตรต่อวัน หรือ 6.94 มิลลิลิตรต่อนาที ที่เวลาเก็บกักเท่ากับ 2 วัน ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ

3.1.5 ตะกอน

ตะกอนนำมาจากโรงพยาบาลพุทธชินราช โดยใช้ตะกอนบริเวณคลองวนเวียนตรงท่อเวียนสลัดส์จากบ่อตกตะกอนซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นของสลัดส์สูงเหมาะแก่การนำมาเดินระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศ ลักษณะของตะกอนแสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ตะกอน

3.1.6 น้ำชะขยะ

น้ำชะขยะนำมาจากรถเก็บขยะองค์การบริหารส่วนตำบลท่าโพธิ์บริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร ปริมาณ 40 ลิตร มีความเข้มของซีโอดีเท่ากับ 37,500 มลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 3.7

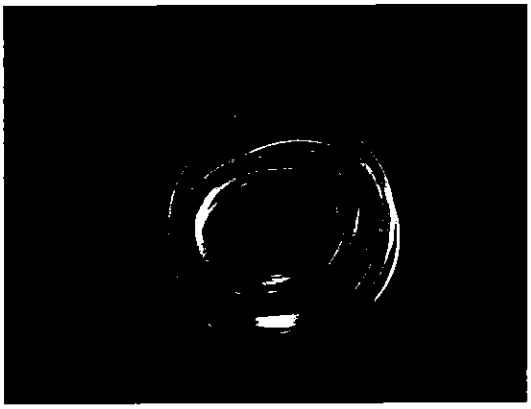
รูปที่ 3.7 น้ำชะขยะ

3.1.7 สายยางสูบน้ำ

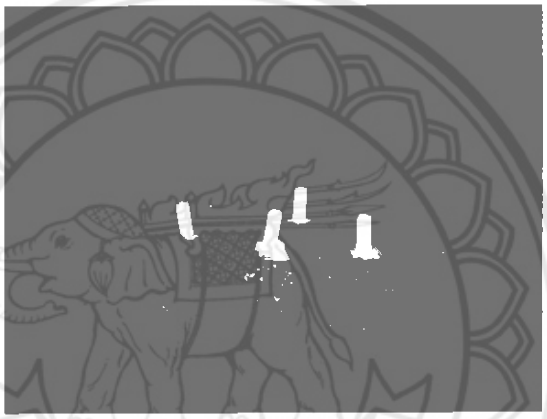
สายยางสูบน้ำทำจากซีลีโคนยาว 1.5 เมตร จำนวน 6 เส้น ยี่ห้อ DURA ขนาด 4x7 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.8

3.1.7 หัวกระจายอากาศแบบฟู่

หัวกระจายอากาศแบบฟู่หรือที่เรียกกันว่า หัวทราย มีลักษณะวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3 เซนติเมตร มีท่อสีขาวต่อตรงกลางเพื่อให้อากาศผ่านเข้าไป นิยมใช้ในการเติมอากาศในตู้ปลาสวยงาม ดังรูปที่ 3.9



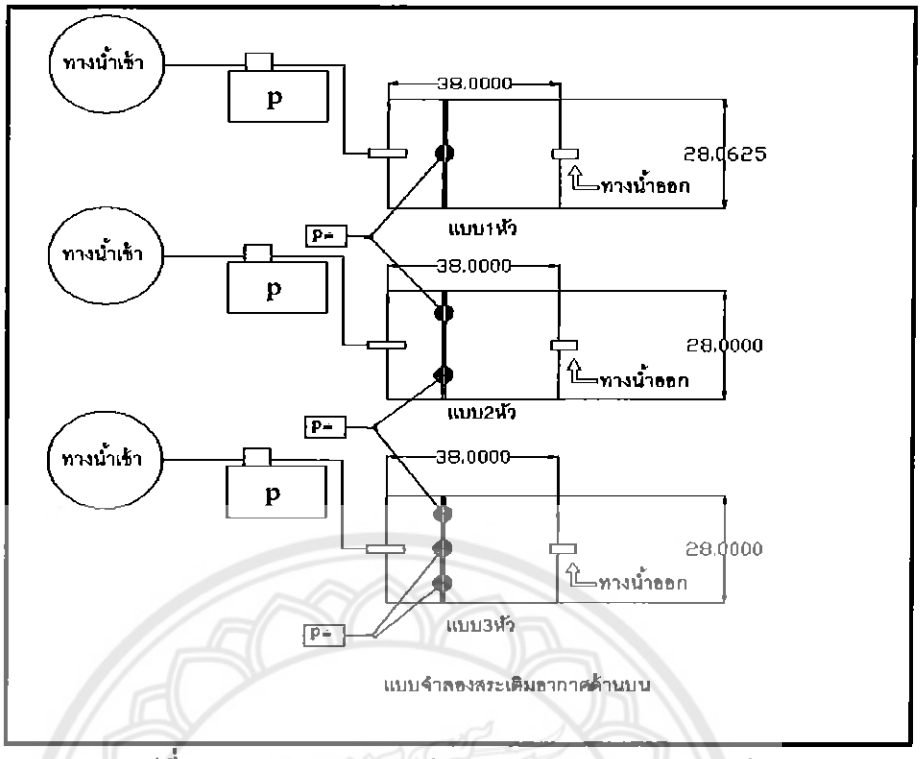
รูปที่ 3.8 สายยางสูบน้ำ



รูปที่ 3.9 หัวกระจายอากาศแบบฟู่

3.1.8 การติดตั้ง แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน

การติดตั้งแบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนประกอบด้วยถังน้ำเข้าขนาด 20 ลิตร โดยมีสายยางซิลิโคนสำหรับสูบน้ำชะขยะ จากเครื่องสูบน้ำจุ่มลงถึงก้นถังโดยมีทุ่นยึดสายยางไว้เพื่อไม่ให้สายยางลอยขึ้นมา ติดตั้งหัวกระจายอากาศแบบฟู่ 1 2 และ 3 หัว ในถังที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับโดยที่หัวกระจายอากาศนั้นอยู่ห่างจากส่วนหน้าของแบบจำลองสระเติมอากาศ 9.5 เซนติเมตร และท้ายแบบจำลองสระเติมอากาศ 19 เซนติเมตร มีท่อน้ำออกต่อกับสายยางยาว 30 เซนติเมตร ลงมายังถังน้ำออกขนาด 30 ลิตรเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11



รูปที่ 3.10 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน

รูปที่ 3.11 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนในการเดินระบบจริง

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 Calibrate ปั๊มน้ำ

ปรับ pH ของน้ำให้ต่ำกว่า 2 จากนั้นนำกระบอกตวงปริมาตร 1 ลิตร จุ่มลงในถังบำบัด จากนั้นทำการปล่อยอากาศจากเครื่องเติมอากาศลงไปในกระบอกตวงให้ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ แสดงว่าอากาศมีปริมาตร 1 ลิตร ทำการจับเวลาเมื่ออากาศมีปริมาตร 1 ลิตร และคำนวณอัตราการเติมอากาศ

3.2.2 วิธีการทดลอง

ก. เริ่มจากการนำตะกอนที่ทราบความเข้มข้นตามที่ต้องการ มาใส่ในแบบจำลองสระเติมอากาศ 4.28 ลิตร แล้วเติมน้ำประปาลงไปจนมีปริมาตรเท่ากับ 10 ลิตร เพื่อให้มีความเข้มข้นของตะกอนเริ่มต้นประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วเติมอากาศทิ้งไว้ 3วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ปรับตัวกับสภาพแวดล้อม จากนั้นนำน้ำชะขยะที่เตรียมความเข้มข้นตามที่กำหนดไว้มาเติมในแบบจำลองสระเติมอากาศในปริมาณที่เพิ่มวันละ 5 %

ข. ทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาเก็บกัก 2 วัน

ค. ดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็นเวลา 3 เดือน ตามคุณภาพน้ำในหัวข้อที่ 3.2.3

3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ตามตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่างแสดงดัง ตารางที่ 3.1 ดังนี้

3.2.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดัง ตารางที่ 3.2 ดังนี้

3.3 มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากแบบจำลองกับมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ทั้งนี้ดำเนินการเปรียบเทียบเฉพาะคุณภาพน้ำทิ้งที่ดำเนินการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง		
	ถังน้ำเข้า	ถังเติมอากาศ	ถังน้ำออก
pH	✓	✓	✓
อุณหภูมิ	✓	✓	✓
ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	✓		✓
ฟอสฟอรัส	✓		✓
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ		✓	
ค่าของแข็งระเหยได้	✓		✓
ค่าของแข็งแขวนลอย	✓	✓	✓
ค่าเจคาลไนโตเจน	✓		✓
ไนไตรต์	✓		✓
ไนเตรต	✓		✓
แอมโมเนียโตรเจน	✓		✓
ซีโอดี	✓		✓
บีโอดี	✓		✓
สี	✓		✓
การตกตะกอน		✓	

หมายเหตุ: ทุกพารามิเตอร์มีความถี่ของการวิเคราะห์ 1 ครั้งต่อสัปดาห์

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์
ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Hanna Instrument รุ่น Dist 3
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ	วิธี Azide Modification
ของแข็งแขวนลอย	วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Filter Disc)
ค่าของแข็งระเหย	วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Filter Disc) แล้วเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส
ค่าของแข็งละลายน้ำ	วิธีระเหยน้ำออกด้วย Water bath
ค่าเจคาลไนโตเจน	วิธีไตเตรท
ซีโอดี	วิธี Close Reflux
บีโอดี	วิธี Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ที่มา : http://www.pcd.go.th/ (11/03/53)

ตารางที่ 3.3 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ใช้การเปรียบเทียบ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1.พีเอช	5.5-9.0	pH Meter
2.อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส	เครื่องวัดอุณหภูมิ
3.ค่าบีโอดี	ไม่เกิน 20 (มก/ล)	วิธี Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน
4.ค่าซีโอดี	ไม่เกิน 120 (มก/ล)	วิธี Close Reflux
5.ค่าทีเคเอ็น	ไม่เกิน 100 (มก/ล)	Kieldahl
6.สารแขวนลอย	ไม่เกิน 50 (มก/ล)	วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Filter Disc)
7.ค่าทีดีเอส	ไม่เกิน 3,000 (มก/ล)	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

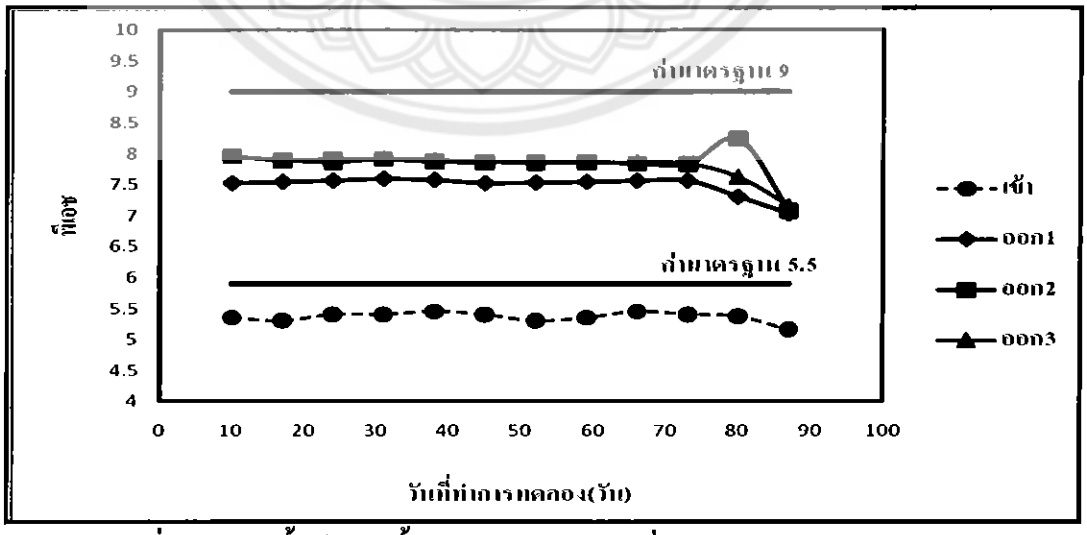
ที่มา : http://www.pcd.go.th/ (11/03/53)

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการศึกษาการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่มีปริมาณอัตราการเติมอากาศต่างกัน รายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และรูปที่ 4.1 ถึง 4.25 ทั้งนี้ให้นิยามน้ำออกจากถังที่ 1 2 และ 3 คือถังที่มีการเติมอากาศ 1 หัวทราย 2 หัวทราย และ 3 หัวทรายตามลำดับ โดยคิดเป็นอัตราเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มิลลิลิตรต่อนาที

4.1 พีเอช

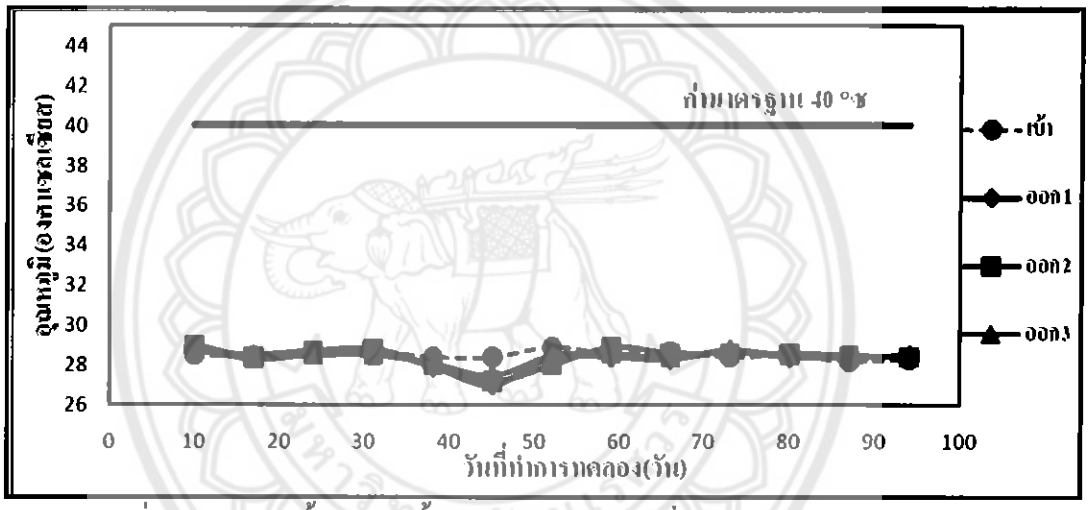
จากรูปที่ 4.1 แสดงค่าพีเอชน้ำเข้า น้ำออกที่มีซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มก/ล. ที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน พบว่าพีเอชของน้ำเข้าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ส่วนพีเอชน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าค่อนข้างคงที่ แล้วลดลงเล็กน้อยในช่วงท้ายของการทดลอง โดยค่าของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.95 ค่าพีเอชน้ำออกถัง 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 ค่าพีเอชน้ำออกถัง 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.63 ค่าพีเอชน้ำออกถัง 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือที่พีเอช 6.5-8.0 ดังนั้นค่าพีเอชน้ำออกทั้ง 3 ถังจึงเหมาะสมกับระบบ และเมื่อพิจารณาจากรูปทำให้วิเคราะห์ได้ว่าการบำบัดทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์นั้น สามารถช่วยปรับพีเอชน้ำเสียได้ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมค่าพีเอช ควรอยู่ในช่วง 5.9-9 ดังนั้นจึงผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกถังตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.1 พีเอชน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

4.2 อุณหภูมิ

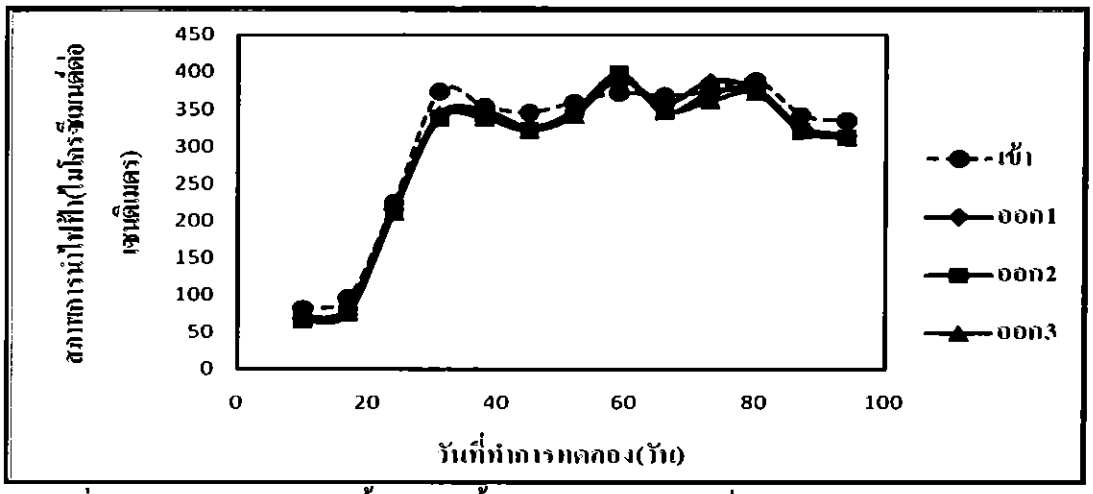
จากรูปที่ 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับน้ำเข้า ทั้งนี้น้ำออกนั้นแนวโน้มคงที่ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองคือวันที่ 10-38 และมีแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อยในช่วงวันที่ 39-52 ของการทดลอง ซึ่งพบว่าน้ำเข้ามีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส น้ำออกถัง 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.4 องศาเซลเซียส น้ำออกถัง 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.4 องศาเซลเซียส น้ำออกถัง 3 มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.4 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม กำหนดให้อุณหภูมิ ไม่ควรเกิน 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกถังตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

4.3 สภาพการนำไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.3 แสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกทั้ง 3 แบบจำลองมีสภาพการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกับน้ำเข้าตลอดระยะเวลาการทดลอง และยังพบว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้ำออกและน้ำเข้ามีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงว่าไม่มีการบำบัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าทุกถัง ค่าเฉลี่ยสภาพการนำไฟฟ้าตลอดช่วงการทดลอง น้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 308.54 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร น้ำออก 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 297.77 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร น้ำออก 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 294.08 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร น้ำออก 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 291.92 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



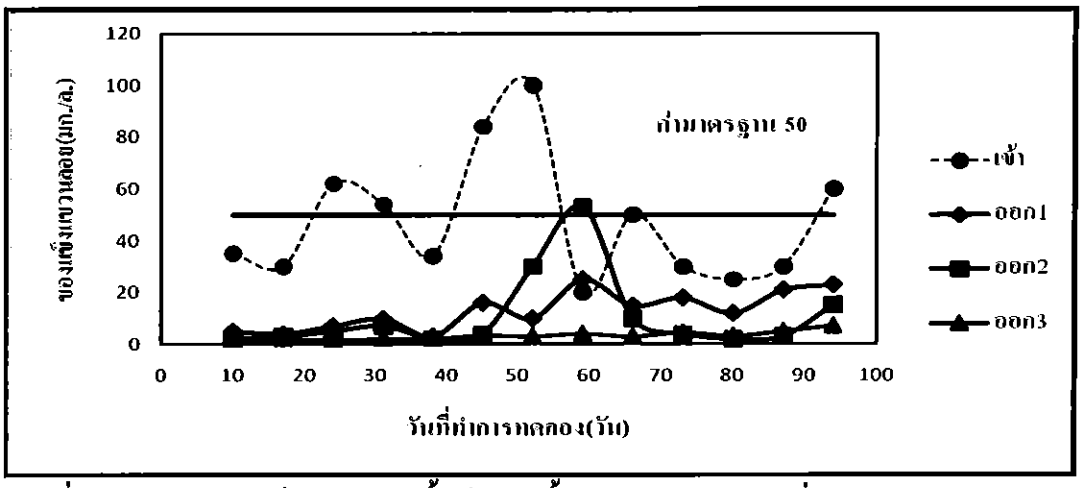
รูปที่ 4.3 สภาพการนำไฟฟ้าน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

4.4 ของแข็งแขวนลอย

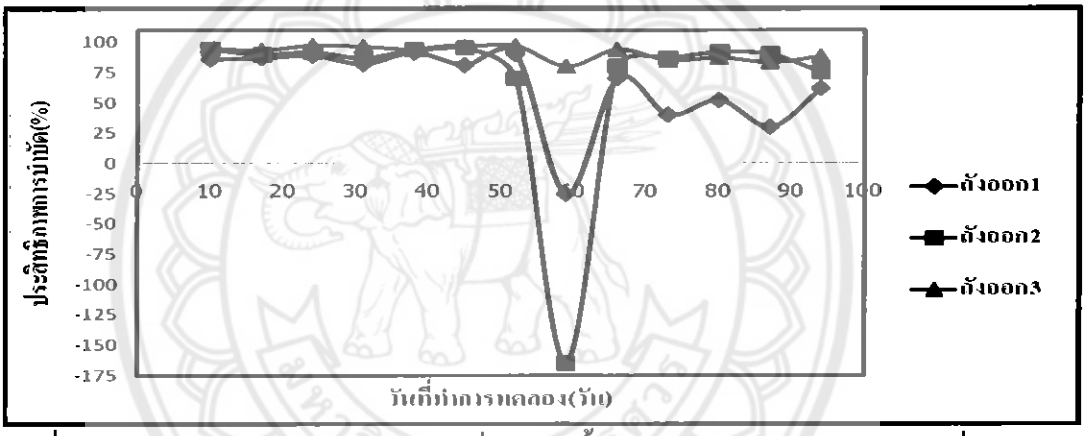
รูปที่ 4.4 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าของแข็งแขวนลอยน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีการบำบัดของแข็งแขวนลอย โดยน้ำออกทั้ง 3 ถังค่าของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดลองยกเว้นน้ำออกถังที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 40 มีค่าสูงขึ้นแล้วแปรผันในช่วงแคบส่วนน้ำเข้ามีค่าแปรผันตลอดการทดลอง โดยมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดให้ค่าของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้ำออกมีค่าผ่านมาตรฐานตลอดการทดลองทุกถัง

รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้ง 3 ถังมีแนวโน้มคงที่จนถึงวันที่ 50 ถังที่ 1 มีประสิทธิภาพลดลงมากแล้วกลับเพิ่มขึ้นโดยค่าแปรผันจนจบการทดลอง ถังที่ 2 มีค่าลดลงมากเช่นเดียวกันแล้วกลับเพิ่มขึ้นในวันที่ 66 แล้วมีแนวโน้มคงที่จนจบการทดลอง สำหรับถังที่ 3 มีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดลองโดยประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ย ถังที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.13 ถังที่ 2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 67.77 และถังที่ 3 มีค่าเท่ากับ 91.27

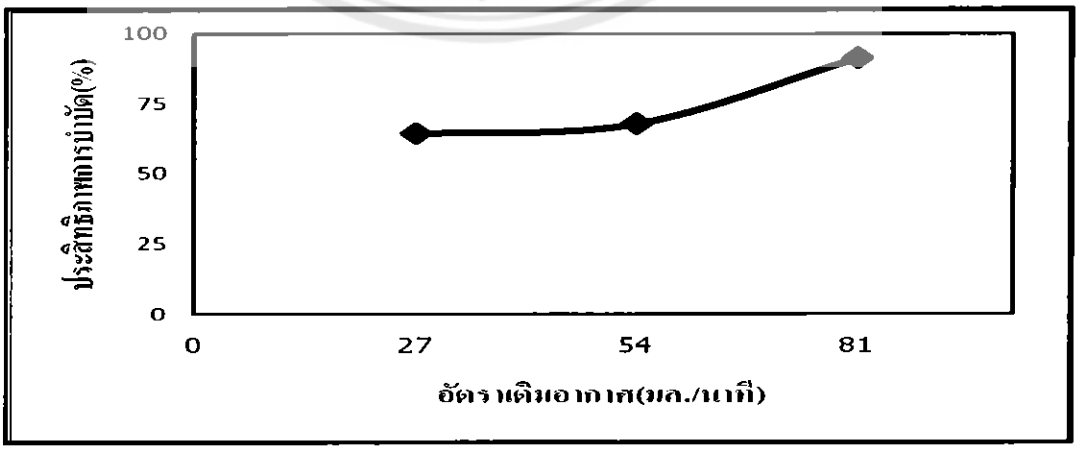
รูปที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่าอัตราการเติมอากาศมีผลต่อการบำบัดคือมีค่าแปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ถังที่ 3 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที



รูปที่ 4.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย



รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพของแข็งแขวนลอยที่มีซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน

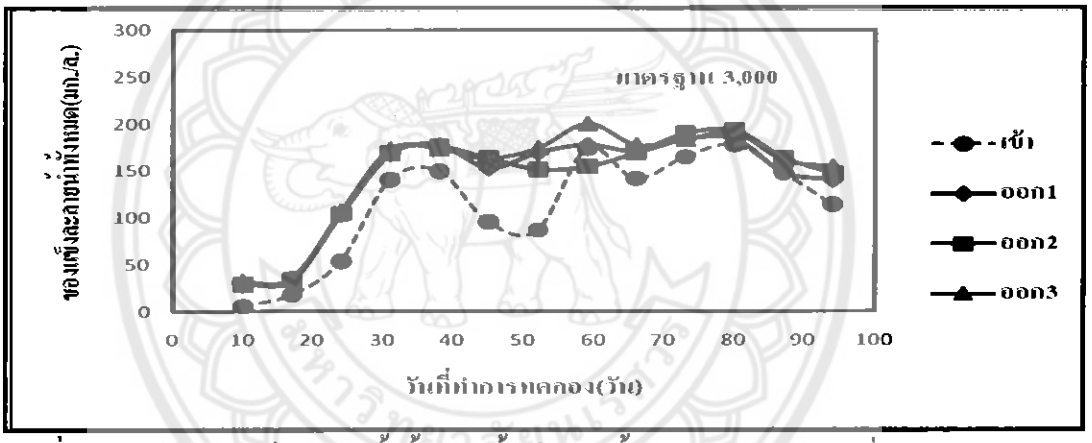


รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของแบบจำลอง

หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 ตามลำดับ

4.5 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

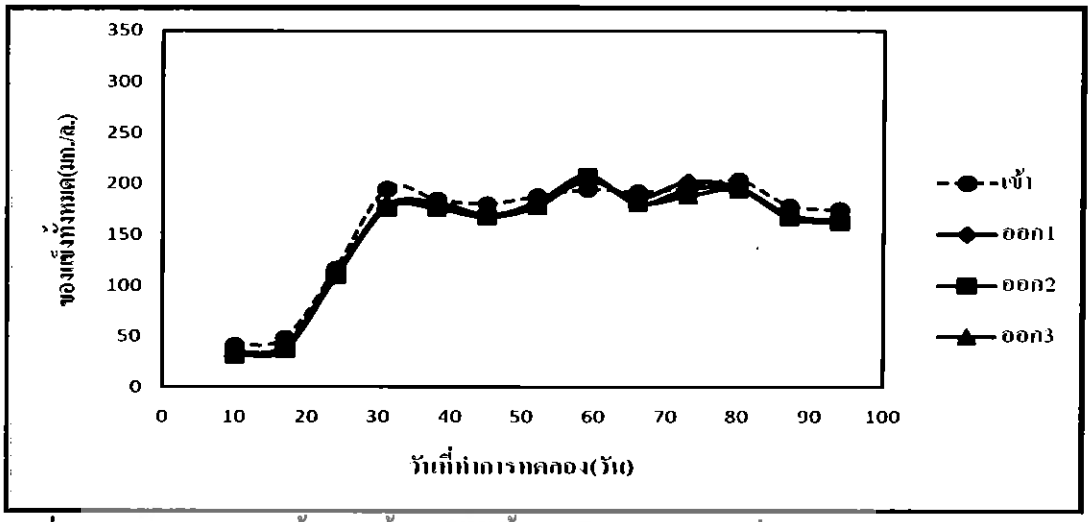
รูปที่ 4.7 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำออกทั้ง 3 แบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่หลังวันที่ 30 จนจบการทดลอง และพบว่าค่าของน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงว่าแบบจำลองทั้ง 3 ถังไม่มีการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดทุกถัง จากการเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดตลอดช่วงการทดลอง พบว่าน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 113.28 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 141.84 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 142.10 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148.46 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ค่าของแข็งทั้งหมดไม่ควรเกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่าผ่านมาตรฐานตลอดการทดลองทุกถัง



รูปที่ 4.7 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

4.6 ของแข็งทั้งหมด

รูปที่ 4.8 แสดงค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าใกล้เคียงกับน้ำเข้าและหลังจากวันที่ 30 มีแนวโน้มคงที่จนจบการทดลอง แสดงว่าแบบจำลองทั้ง 3 ถังมีการบำบัดของแข็งทั้งหมดได้ไม่ดี จากข้อมูลพบว่าน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 160.51 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 154.82 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 152.87 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 151.74 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมดน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

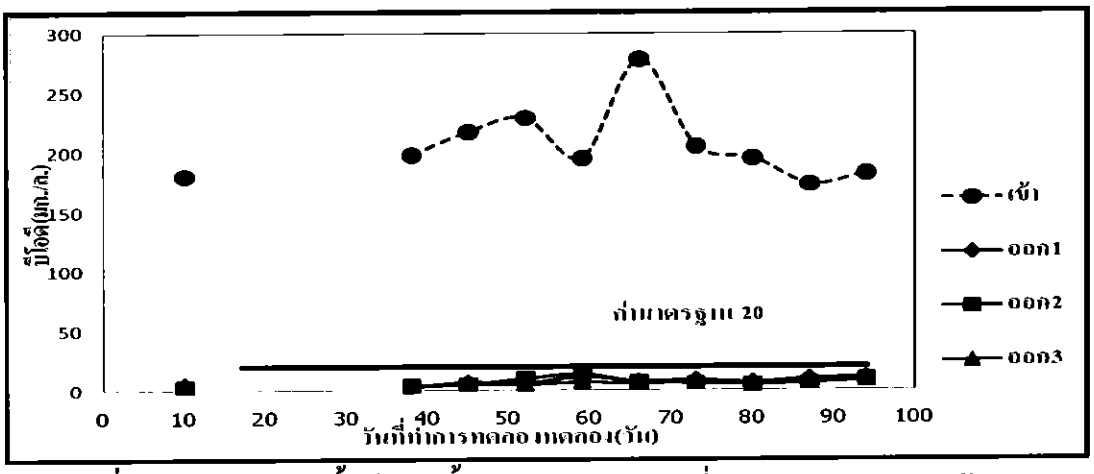
4.7 บีโอดี

จากรูปที่ 4.9 แสดงค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกทั้ง 3 ถัง มีค่าบีโอดีน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงว่ามีการบำบัดบีโอดี จากรูปน้ำออกทั้ง 3 ถัง มีค่าใกล้เคียงกันอย่างเห็นได้ชัดเจน แต่ในช่วงวันที่ 59-73 ค่าบีโอดีของทั้ง 3 ถังมีค่าแปรผันเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากนั้นค่าลดลงและกลับมาคงที่ โดยน้ำเข้ามีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 205 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำออกถังที่ 1 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 7.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังที่ 2 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถังที่ 3 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกำหนดค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าผ่านมาตรฐานทั้ง 3 ถัง

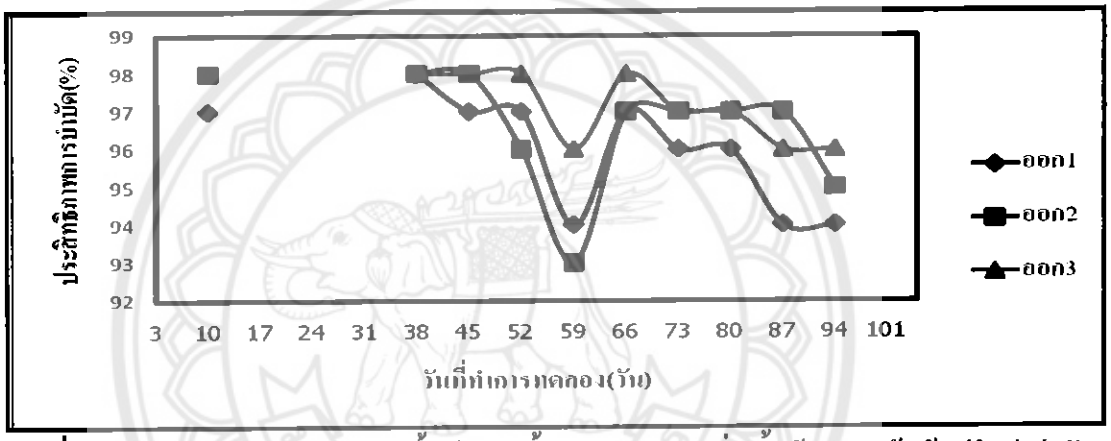
จากรูปที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีทั้ง 3 ถังมีแนวโน้มคงที่ จนถึงวันที่ 52 ขึ้นไป ถังที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งถังมีแนวโน้มลดลงแล้วกลับมาเพิ่มขึ้นจนวันที่ 66 มีค่ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องแปรผันจนสิ้นสุดการทดลองเช่นเดียวกับถังที่ 2 และ 3 แต่ถังที่ 3 มีค่าลดลงน้อยกว่าทั้ง 2 ถังโดยที่ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของถังที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 96 ถังที่ 2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.6 ถังที่ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 97.2

จากรูปที่ 4.11 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของบีโอดีเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่าอัตราเติมอากาศมีผลต่อการบำบัดคือ มีค่าแปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ถังที่ 3 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที

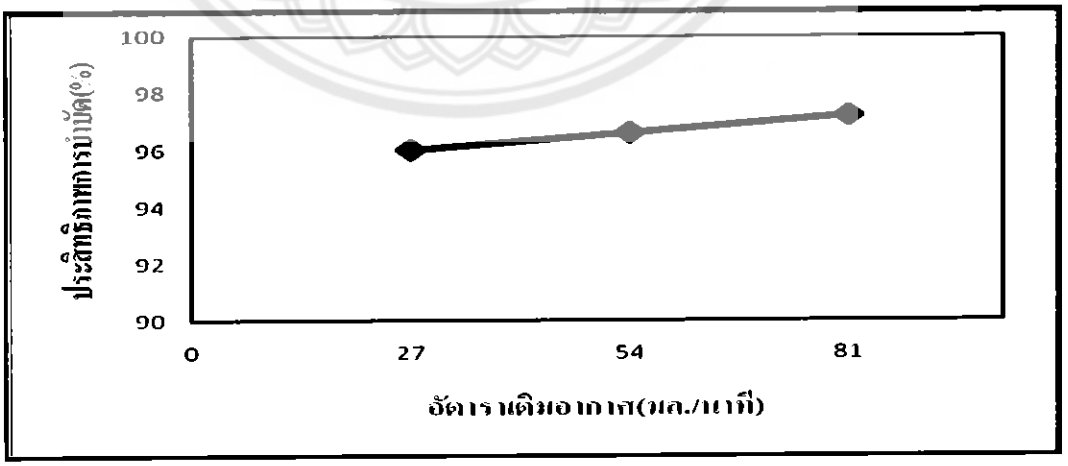
หมายเหตุ : ช่วงอาทิตย์ที่ 2-3 ของการทดลอง ไม่มีค่า เพราะ ข้อมูลเกิดการสูญหาย จึงไม่สามารถนำมาเสนอได้



รูปที่ 4.9 ปริมาณบีโอดีน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพของบีโอดี น้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่มีน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน



รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเฉลี่ยของแบบจำลอง

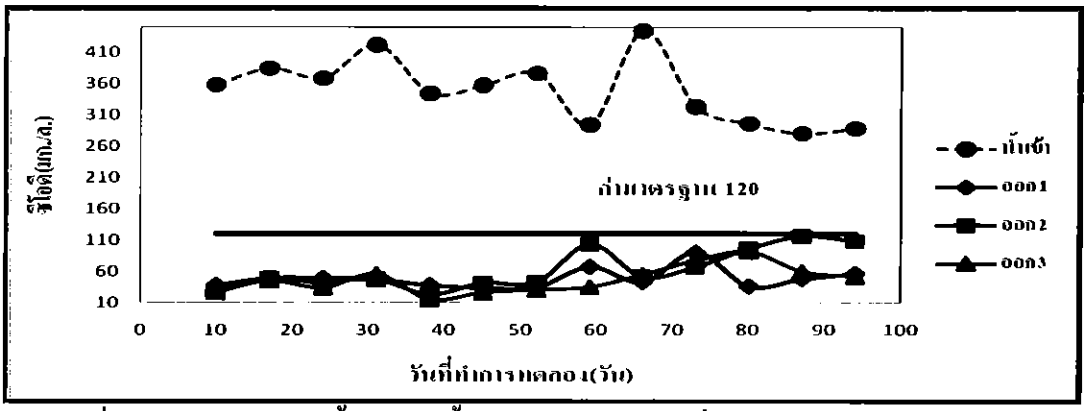
หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 หัวทราย ตามลำดับ

4.8 ซีโอดี

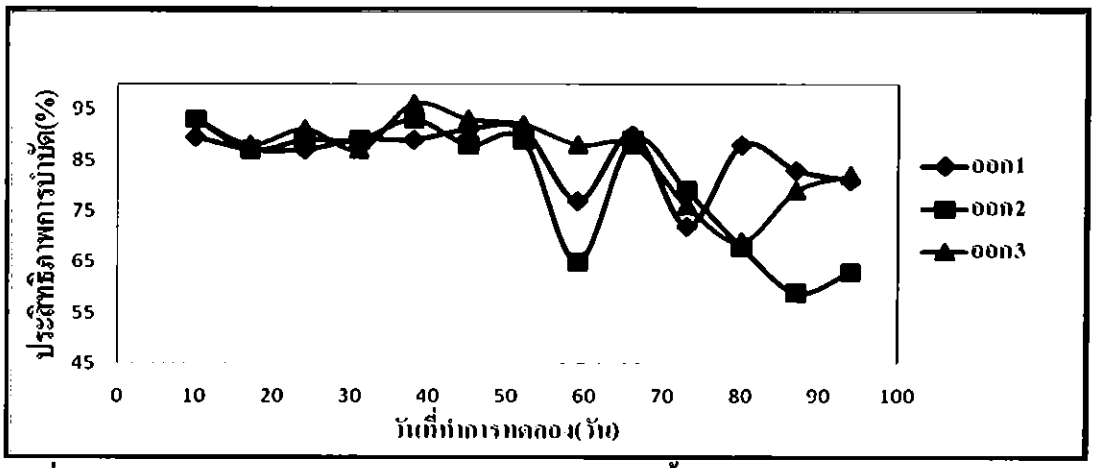
จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร จากรูปจะเห็นว่าน้ำออกทั้ง 3 ถัง มีค่าซีโอดีน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงให้เห็นว่ามีการบำบัดเกิดขึ้นในระบบ โดยน้ำออกถังที่ 1 ค่าซีโอดีมีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่ช่วงวันที่ 10-59 จนวันที่ 66 ค่าซีโอดีมีค่าสูงขึ้นหลังจากนั้น ค่าซีโอดีเริ่มลดลงและมีค่าแปรผันตลอดช่วงการทดลองจนจบการทดลอง ถังที่ 2 ค่าซีโอดีมีค่าคงที่ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนถึงวันที่ 59 ค่าซีโอดีสูงขึ้นหลังจากนั้นค่าซีโอดีเริ่มลดลงจนถึงวันที่ 73 ค่าซีโอดีมีค่าแนวโน้มค่อยๆสูงขึ้นจนจบการทดลองแต่ค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ถังที่ 3 ค่าซีโอดีมีค่าคงที่ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนถึงวันที่ 59 ค่าซีโอดี มีแนวโน้มค่อยๆสูงขึ้นจนถึงวันที่ 80 ค่าเริ่มลดลงและมีแนวโน้มคงที่จนจบการทดลอง โดยน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 348.75 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.34 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.17 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.42 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกำหนดค่าซีโอดีไม่เกิน 120 กรัมต่อลิตร พบว่าผ่านมาตรฐานทั้ง 3 ถัง

จากรูปที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีถังที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกันจนถึงวันที่ 59 ถังที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดลดลงแล้วกลับมาเพิ่มขึ้นถึงวันที่ 66 ค่ามีแนวโน้มที่ลดลงและแปรผันตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง ถังที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดลดลงมากแล้วกลับมาเพิ่มขึ้นถึงวันที่ 66 ค่ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 94 ค่าเริ่มสูงขึ้น ถังที่ 3 มีประสิทธิภาพบำบัดมีแนวโน้มคงที่ จนถึงช่วงวันที่ 73-80 ค่ามีแนวโน้มลดลงหลังจากนั้นค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นจนจบการทดลอง โดยประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของถังที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 85.81 ถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.85 ถังที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 86.31

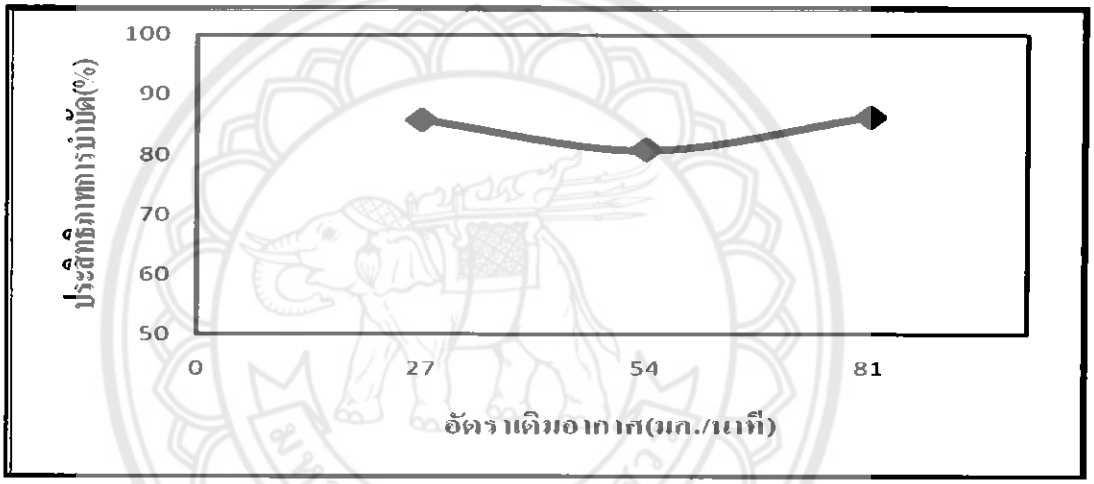
จากรูปที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่าอัตราเติมอากาศมีผลต่อการบำบัดไม่มากเพราะมีค่าไม่แปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ถังที่ 3 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที



รูปที่ 4.12 ปริมาณซีโอดีน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย



รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 300 มก/ล. ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน



รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเฉลี่ยของแบบจำลอง

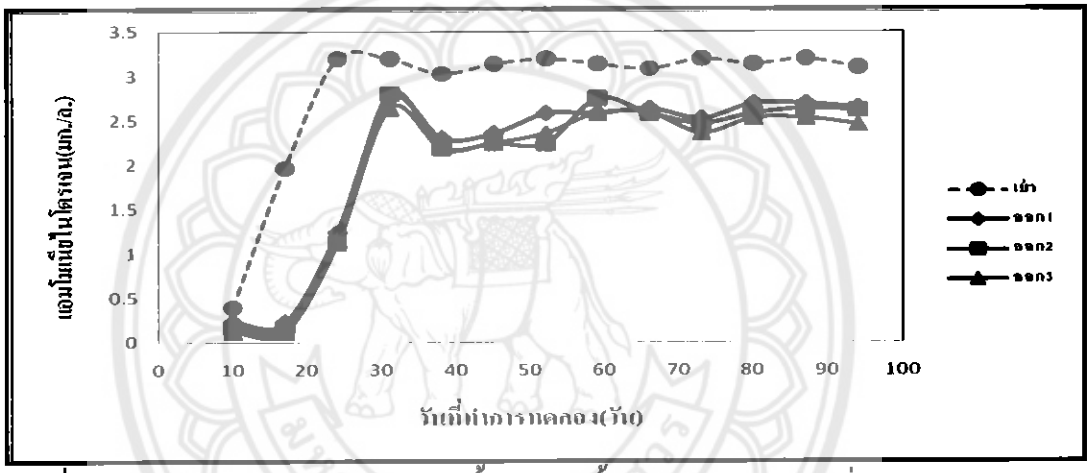
หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 ตามลำดับ

4.9 แอมโมเนียไนโตรเจน

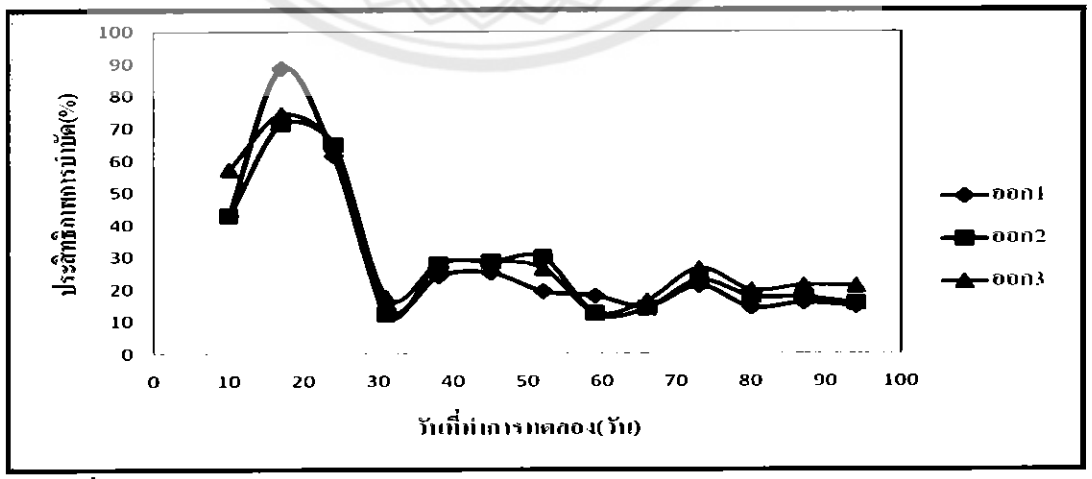
จากรูปที่ 4.15 แสดงค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ พบว่าน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงว่าระบบเกิดการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจน จากรูปค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งสัมพันธ์กับน้ำเข้าที่มีค่าสูงขึ้น จนถึงวันที่ 31 ค่าน้ำออกถังที่ 1 มีค่าลดลงแล้วเริ่มมีแนวโน้มคงที่จนจบการทดลอง ค่าน้ำออกถังที่ 2 มีค่าลดลงโดยมีค่าแปรผันจนจบการทดลอง น้ำออกถังที่ 3 มีค่าลดลงแล้วเริ่มมีแนวโน้มคงที่จนจบการทดลอง โดยน้ำเข้ามีแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.11 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.04 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.98 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดทั้ง 3 ถังมีค่าบำบัดที่ใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่ช่วงเริ่มการทดลองถึงวันที่ 17 ที่ถัง 1 มีค่าบำบัดสูงที่ในทั้ง 3 ถัง จนถึงวันที่ 24 น้ำออกทั้ง 3 ถัง มีค่าประสิทธิภาพบำบัดลดลงอย่างมากจนถึงวันที่ 31 ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นและมีค่าแปรผันตลอดจบการทดลอง โดยค่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของถังที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 28.73 ถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 30.46 ถังที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 31.80

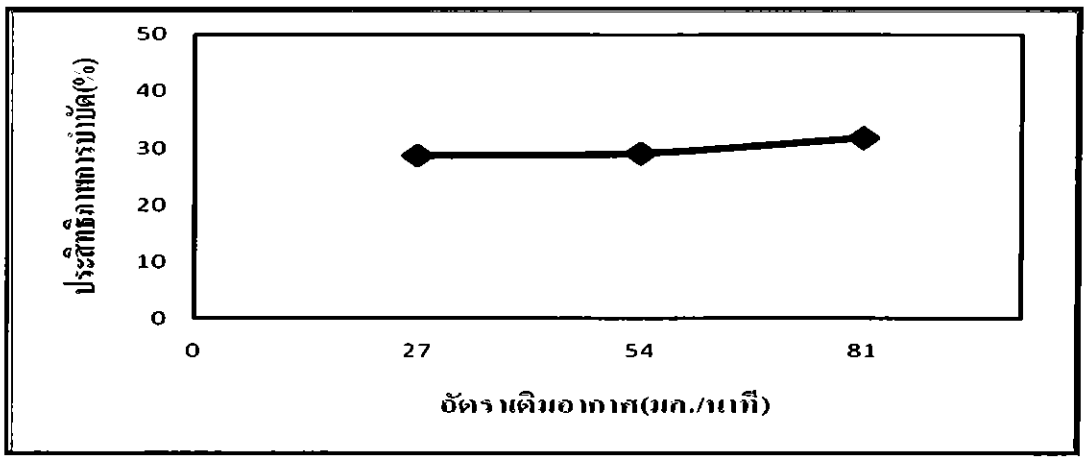
จากรูปที่ 4.17 11 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่าอัตราเติมอากาศมีผลต่อการบำบัดคือมีค่าแปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ถังที่ 3 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที



รูปที่ 4.15 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย



รูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ความเข้มข้นซีโอดี 300 ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน



รูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยแอมโมเนียไนโตรเจนของแบบจำลอง

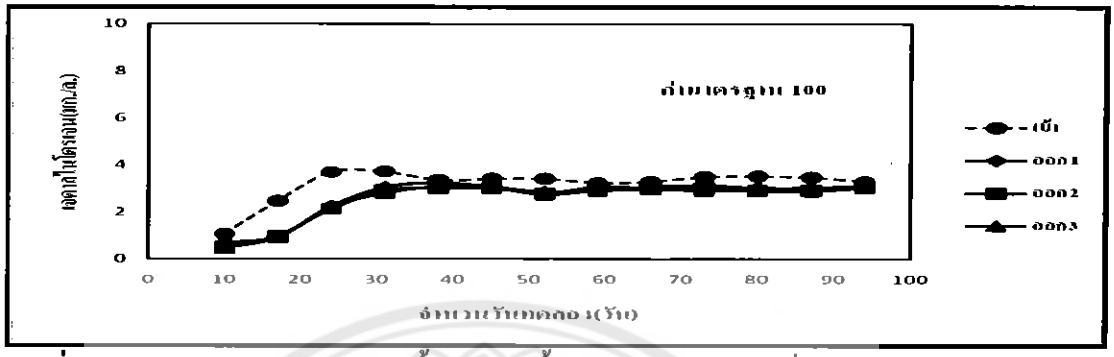
หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 ตามลำดับ

4.10 เจดาลไนโตรเจน

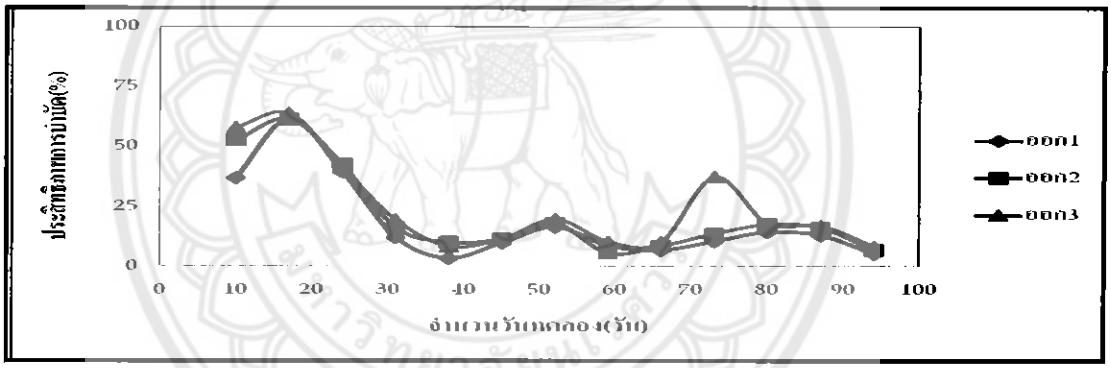
จากรูปที่ 4.18 แสดงค่าเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ กำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าเจดาลไนโตรเจนน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงว่ามีการบำบัดเกิดขึ้นในระบบ จากรูปค่าเจดาลไนโตรเจนของน้ำออกทั้ง 3 ถัง มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งสัมพันธ์กับน้ำเข้าที่มีค่าสูงขึ้นจนถึงวันที่ 31 ค่ามีแนวโน้มคงที่ โดยน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าแนวโน้มคงที่ และใกล้เคียงกันจนจบการทดลอง โดยพบว่าน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.57 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.52 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกำหนดค่าเจดาลไนโตรเจนควรไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าผ่านทั้ง 3 ถัง

จากรูปที่ 4.19 แสดงค่าประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน พบว่าช่วงแรกการบำบัดเจดาลไนโจรเจนทั้ง 3 ถัง มีแนวโน้มสูงขึ้นและค่าใกล้เคียงกัน จนถึงวันที่ 17 ประสิทธิภาพการบำบัดเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยวันที่ 38 ถังที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงต่ำที่สุดจากนั้นค่าเริ่มสูงขึ้นโดยค่ามีความแปรผันตลอดจนจบการทดลอง ถังที่ 2 วันที่ 17 ค่ามีแนวโน้มลดลง และแปรผันจนถึงวันที่ 66 ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นถึงวันที่ 73 ค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และแปรผันจนจบการทดลอง ถังที่ 3 วันที่ 17 ค่ามีแนวโน้มลดลง และมีค่าแปรผันตลอดจนจบการทดลอง โดยค่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของถังที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 19.48 ถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 26 ถังที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 24.9

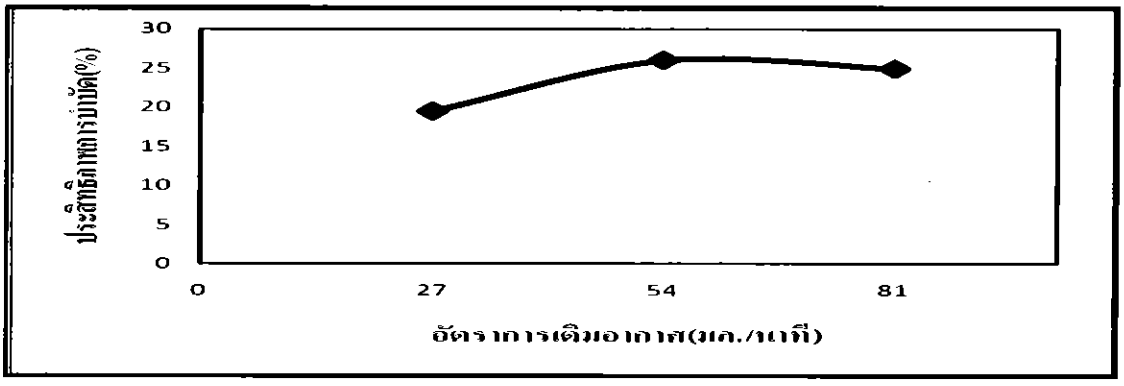
จากรูปที่ 4.20 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่าอัตราเติมอากาศมีผลต่อการบำบัดคือมีค่าแปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ถังที่ 2 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 54 มล./นาที



รูปที่ 4.18 ปริมาณเจดาลไนโตรเจนน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย



รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 300 ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน



รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนเฉลี่ยของแบบจำลอง

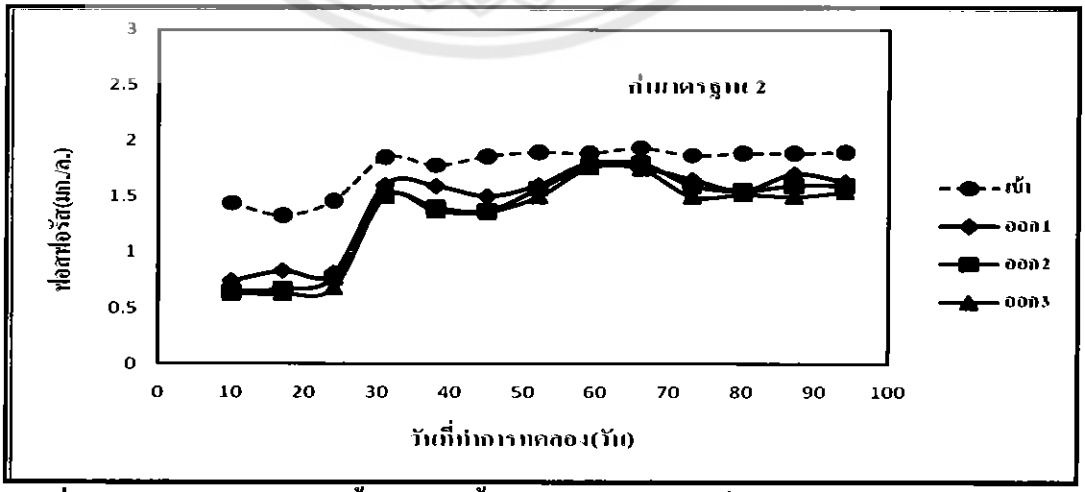
หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 ตามลำดับ

4.11 ฟอสฟอรัส

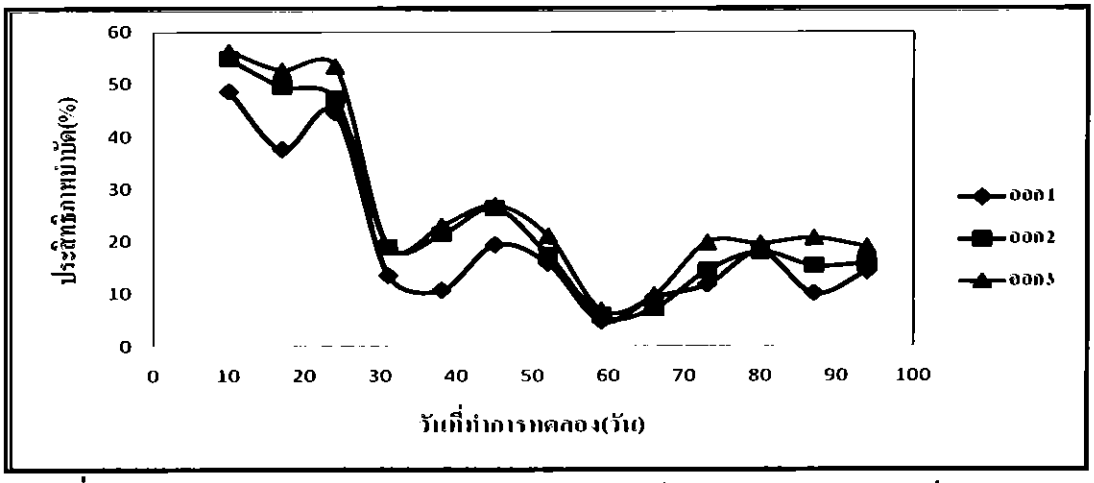
จากรูปที่ 4.21 แสดงค่าฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกทั้ง 3 ถังมีค่าฟอสฟอรัสน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงว่ามีการบำบัดเกิดขึ้นในระบบ จากรูปค่าฟอสฟอรัสของน้ำออกทั้ง 3 ถัง มีค่าใกล้เคียงกัน จนช่วงวันที่ 31-54 น้ำออกถังที่ 1 มีค่าฟอสฟอรัสมากกว่า ถังที่ 2 และ 3 จากนั้นน้ำออกทั้ง 3 ถัง ค่ามีแนวโน้มที่ใกล้กับมาใกล้เคียงกัน และแปรผันตลอดจนจบการทดลองโดยน้ำเข้าค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 1.77 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถัง 1 ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถัง 2 ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 1.38 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกถัง 3 ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 1.33 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.22 แสดงค่าประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส พบว่าโดยถังที่ 1 ที่วันที่ 10 ค่ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องความแปรผันโดยช่วงที่ 10-60 มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดที่ต่ำที่สุดในน้ำออกทั้ง 3 ถัง และค่ามีมีการแปรผันจนจบการทดลอง ถังที่ 2 ในช่วงวันที่ 10-31 ค่ามีแนวโน้มลงลดอย่างต่อเนื่อง จากนั้นค่าเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 45 ค่ามีแนวโน้มลดลง และแปรผันจนถึงวันที่ 80 ค่าเริ่มคงที่จนจบการทดลอง ถังที่ 3 ในช่วงวันที่ 10-31 ค่ามีแนวโน้มลงลดอย่างต่อเนื่องจากนั้นค่าเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 45 ค่ามีแนวโน้มลดลง และแปรผันจนถึงวันที่ 73 ค่าเริ่มคงที่จนจบการทดลอง โดยค่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของถังที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 19.85 ถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 24.03 ถังที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 26.76

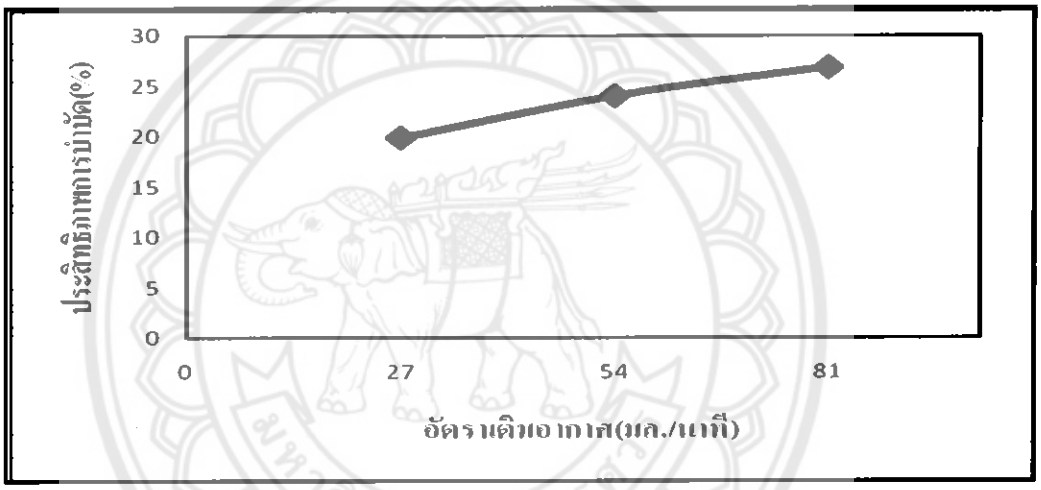
จากรูปที่ 4.23 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่าอัตราเติมอากาศมีผลต่อการบำบัดคือมีค่าแปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ถังที่ 3 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที



รูปที่ 4.21 ปริมาณฟอสฟอรัสน้ำเข้า และน้ำออกจากแบบจำลองที่เติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย



รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส ความเข้มข้นซีโอดี 300 ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน



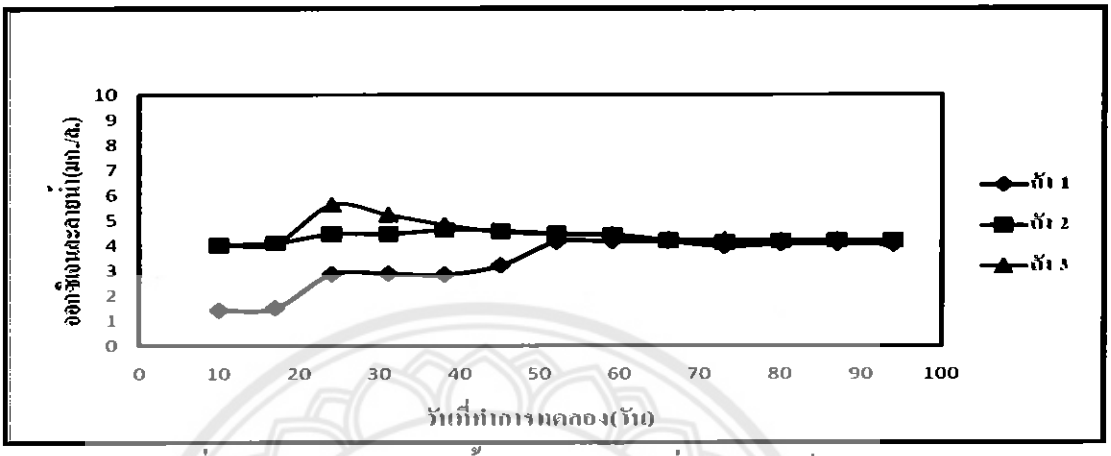
รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยฟอสฟอรัสของแบบจำลอง

หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 ตามลำดับ

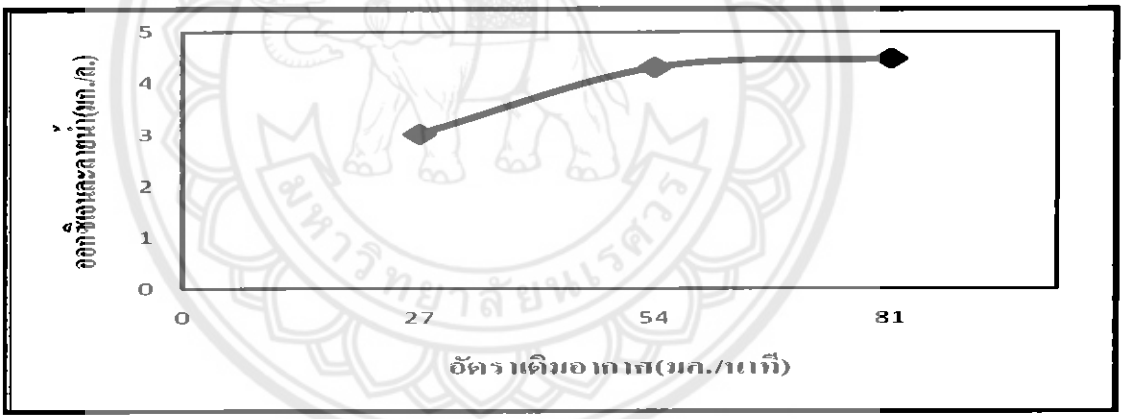
4.12 ออกซิเจนละลายน้ำ

จากรูปที่ 4.24 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศอยู่ระหว่าง 1.5-6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงแรกของการทดลองค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังที่ 2 และ 3 ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกันจนถึงช่วงวันที่ 20 ค่า ออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังที่ 3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนในช่วงวันที่ 50 ค่าทั้ง 3 ถังมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อช่วงวันที่ 55-100 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 3 ถัง มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง

จากรูปที่ 4.25 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของถังที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน พบว่า อัตราเติมอากาศมีผลต่อค่าออกซิเจนละลายน้ำ คือมีค่าแปรผันตามอัตราเติมอากาศโดยถังที่มีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดคือ ถังที่ 3 ซึ่งมีอัตราเติมอากาศเท่ากับ 81 มล./นาที



รูปที่ 4.24 ออกซิเจนละลายน้ำในระบบจำลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน



รูปที่ 4.25 ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในระบบจำลอง

หมายเหตุ : อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 27 54 และ 81 มล./นาที ในแบบจำลอง 1 2 และ 3 ตามลำดับ

4.13 เปรียบเทียบน้ำออกจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4.1 จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากแบบจำลองทั้ง3ถังที่มีปริมาณการเติมอากาศต่างกันกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 2 วัน ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี และเจดาลไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งทุกพารามิเตอร์

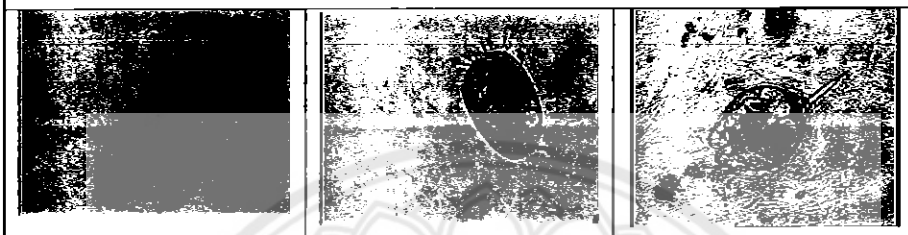
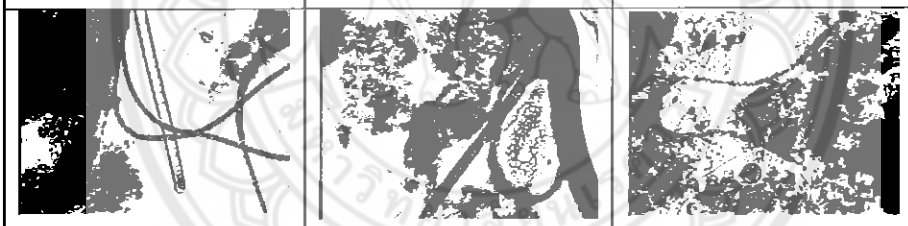
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้

ผลการทดลองเทียบกับค่ามาตรฐาน			
พารามิเตอร์	น้ำออกถัง 1 (27 มล./นาที)	น้ำออกถัง 2 (54 มล./นาที)	น้ำออกถัง 3 (81 มล./นาที)
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง	√	√	√
2. ค่าทีดีเอส	√	√	√
3. สารแขวนลอย	√	√	√
4.ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	√	√	√
5. อุณหภูมิ	√	√	√
6. ค่าบีโอดี	√	√	√
7. ค่าทีเคเอ็น	√	√	√
8. ค่าซีโอดี	√	√	√
9. ฟอสฟอรัส	√	√	√

4.14 จุลินทรีย์ที่พบในแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง

จากตารางที่ 4.2 เป็นการถ่ายจุลลินทรีย์ในแบบจำลองสระเติมอากาศทั้ง 3 แบบจำลองซึ่งมีการพบจุลินทรีย์ชนิดต่างๆดังนี้

ตารางที่ 4.2 จุลชีพที่พบมีทั้งหมด 3 จำพวก มีดังต่อไปนี้

รูป	พบในช่วง
	วันที่ 16-100
	วันที่ 23-100
	วันที่ 58-100

4.14.1 Potozoa

จากรูปที่ 4.26 กับ 4.27 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของจุลินทรีย์ที่พบในแบบจำลองสระเติมอากาศ ซึ่งไฟลัมยูกลีโนไฟตา (Phylum Euglenophyta) สาหร่ายในดิวิชันนี้เรียกว่า ยูกลีนอยด์ (euglenoid) ซึ่งจัดเป็นโปรโตซัวในคลาสแฟลก เจลลาตาด้วย แหล่งที่พบในน้ำจืด ในดินชื้นแฉะ

4.14.1.1 ลักษณะของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมยูกลีโนไฟตา คือ

1. มีคลอโรฟิลล์เป็นชนิด คลอโรฟิลล์ เอและบี และมีคาโรทีน แซนโทฟิลล์ด้วย
2. อาหารสะสมเป็นพวกแห้ง (starch) เช่นเดียวกับพืชชั้นสูงทั่วไป
3. ผนังเซลล์เป็นสารพวกเซลลูโลส บางชนิดอาจมีแคลเซียมและซิลิคอน

ปนอยู่ด้วย

4. มีแฟลกเจลลา 1,2 หรือจำนวนมาก อยู่ทางด้านหน้าสุดของเซลล์

5. ตัวอย่างของสาหร่ายในดิวิชันนี้ได้แก่

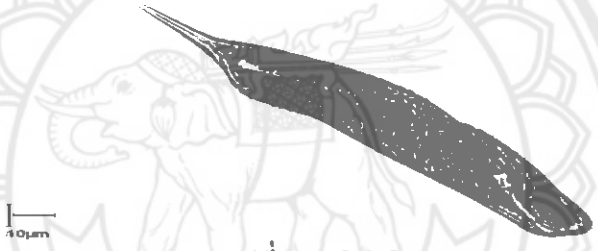
5.1 พวกเป็นกลุ่มเคลื่อนที่ไม่ได้ เช่น ซินเดสมัส (Scenedesmus) เพดิแอสตรัม (Pediastrum)

5.2 พวกเป็นกลุ่มเคลื่อนที่ได้ เช่น วอลวอก (Volvox) ยูกลีนอยด์ (euglena)

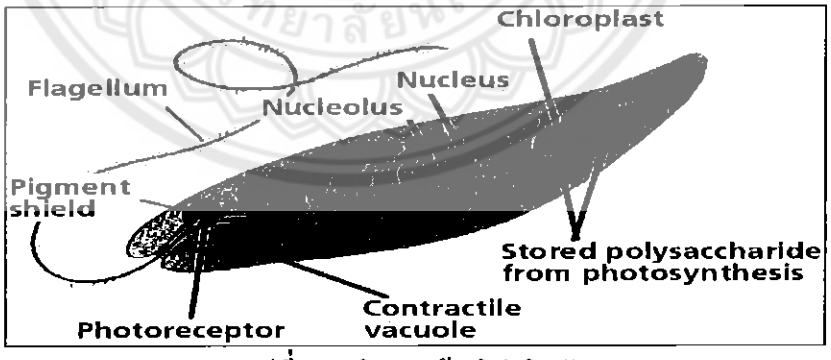
5.3 พวกที่เป็นเซลล์เดียวเคลื่อนที่ไม่ได้ เช่น คลอสทีเรียม (Closterium)

4.14.1.2 ความสำคัญ

1. มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ไดอะตอมมีสารพวกซิลิกา



รูปที่ 4.26 โปรโตซัว
ที่มาจากเวป: www.sudipan.net



รูปที่ 4.27 โครงสร้างโปรโตซัว
ที่มาจากเวป: www.sudipan.net

4.14.2 ไฟลัมเนมาโทดา (Phylum Nematoda)

จากรูปที่ 4.28 และ 2.29 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของจุลินทรีย์ที่พบในแบบจำลองสระเติมอากาศ ซึ่งสัตว์ในไฟลัมนี้เรียกกันทั่วไปว่า หนอนตัวกลม (Round worm) หรือเนมาโทด (Nematode)

4.14.2.1 ลักษณะของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมเนมาโทด คือ

1. มีสมมาตรแบบ bilateral symmetry

2. มีช่องว่างในลำตัวแบบเทียม (Pseudocoelomate animal) โดยช่องว่างอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อ ชั้นกลางและเนื้อเยื่อชั้นใน ช่องลำตัวเทียม (psudocoelom) หนอนตัวกลมเป็นสัตว์ที่มี ช่องลำตัวเทียม ซึ่งมีการพัฒนาช่องระหว่างผนังลำตัวและท่อทางเดินอาหาร โดยที่เป็นช่องตัวที่เจริญมาจาก blastocoel ของระยะเอมบริโอ ช่องตัวชนิดนี้จะไม่มีเยื่อ peritoneum ซึ่งเจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นกลาง อวัยวะภายในช่องตัวจึงลอยอย่างอิสระในของเหลว

3. ลำตัวกลมยาว แหลมหัวแหลมท้าย ไม่มีข้อปล้อง ผิวลำตัวเรียบ มีสารคิวติเคิลหนาหุ้มตัว

4. ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด แต่ใช้ของเหลวในช่องว่างเทียมช่วยในการลำเลียงสาร

5. ไม่มีอวัยวะหายใจโดยเฉพาะ พวกที่ดำรงชีวิตแบบปรสิตหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่พวกที่อยู่อย่างอิสระใช้ผิวหนังในการแลกเปลี่ยนก๊าซ

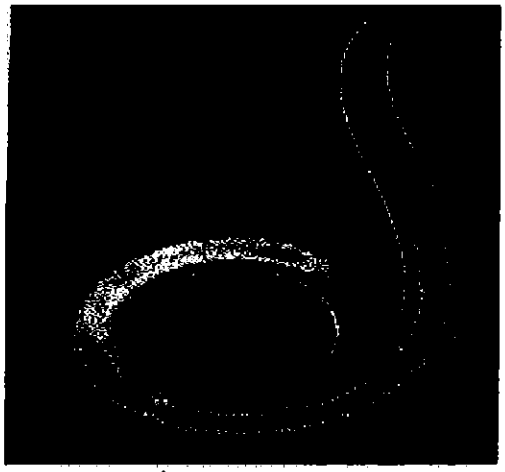
6. ระบบขับถ่ายประกอบด้วยเส้นข้างลำตัว (lateral line) ซึ่งภายในบรรจุท่อขับถ่าย (excretory canal) ไว้

7. ทางเดินอาหารสมบูรณ์ประกอบด้วยปากและทวารหนัก

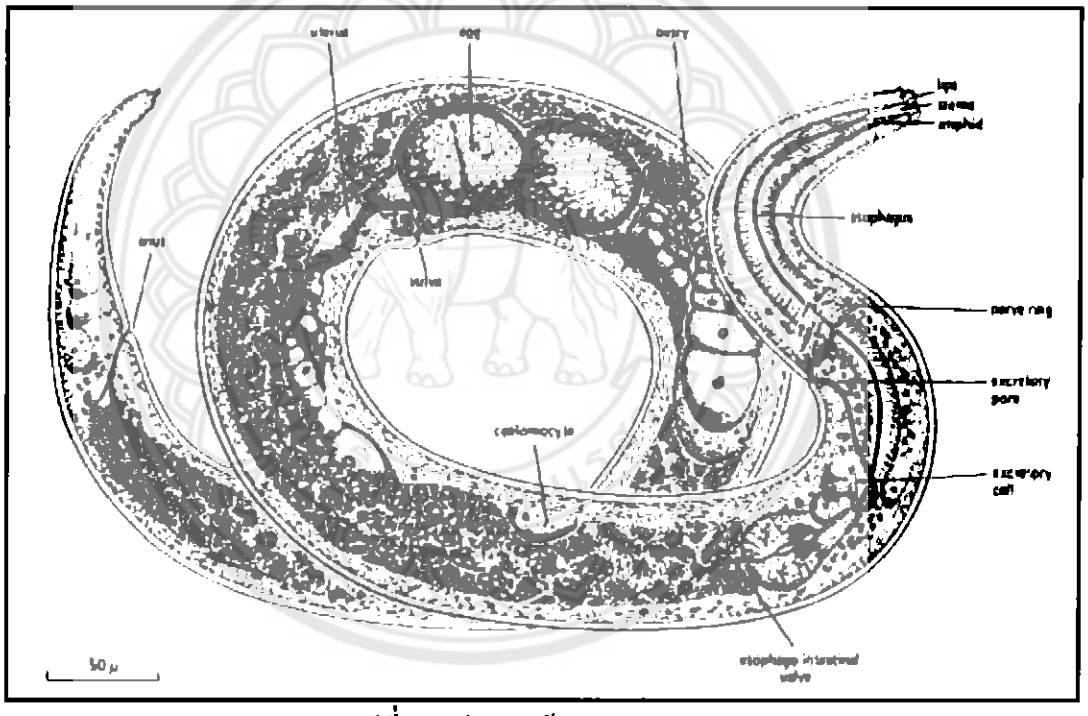
8. มีระบบกล้ามเนื้อยาวตลอดลำตัว 8.ระบบประสาทประกอบด้วยปมประสาทรูปวงแหวน (Nerve ring) อยู่รอบคอหอยและมีแขนงประสาทแยกออกทางด้านท้องและทางด้านหลัง

9. ระบบประสาทประกอบด้วยปมประสาทรูปวงแหวน (Nerve ring) อยู่รอบคอหอยและมี แขนงประสาทแยกออกทางด้านท้องและทางด้านหลัง

10. เป็นสัตว์แยกเพศ ตัวเมียมักมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้เนื่องจากตัวเมียต้องทำหน้าที่ในการออกไข่



รูปที่ 4.28 หนอนตัวกลม
ที่มาจากเวป: www.sudipan.net



รูปที่ 4.29 โครงสร้างหนอนตัวกลม
ที่มาจากเวป: www.sudipan.net

4.14.3 Filamentous

จากรูปที่ 4.30 และ 2.31 เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของจุลินทรีย์ที่พบในแบบจำลองสระเติมอากาศ ซึ่งสัตว์ในไฟลัมนี้คือ ไซยาโนไฟตา (Phylum Cyanophyta) ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) ปัจจุบันเรียกชื่อใหม่ว่า Cyanobacteria

4.14.3.1 ลักษณะของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมไซยาโนไฟตา คือ

1. ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เป็นเซลล์พวกโปรคารีโอต ไม่มี flagella

2. มี chlorophyll phycocyanin phycorythin กระจายในเซลล์ แต่ไม่ได้รวมเป็น chloroplast

3. ผนังเซลล์เป็น cellulose และ pectin

4. มีขนาดเล็ก อาจอยู่ในลักษณะ

4.1 เซลล์เดี่ยว หรือเซลล์กลุ่ม

4.2 เซลล์ที่จัดเรียงเป็นสาย

4.14.3.2 การสืบพันธุ์ของ Cyanocacteria

1. การแบ่งตัว Binary fission.

2. การหักเป็นท่อน (fragmentation) พบในพวกที่เป็นสาย

3. สร้างสปอร์หรือสร้างเซลล์พิเศษ เช่น akinete

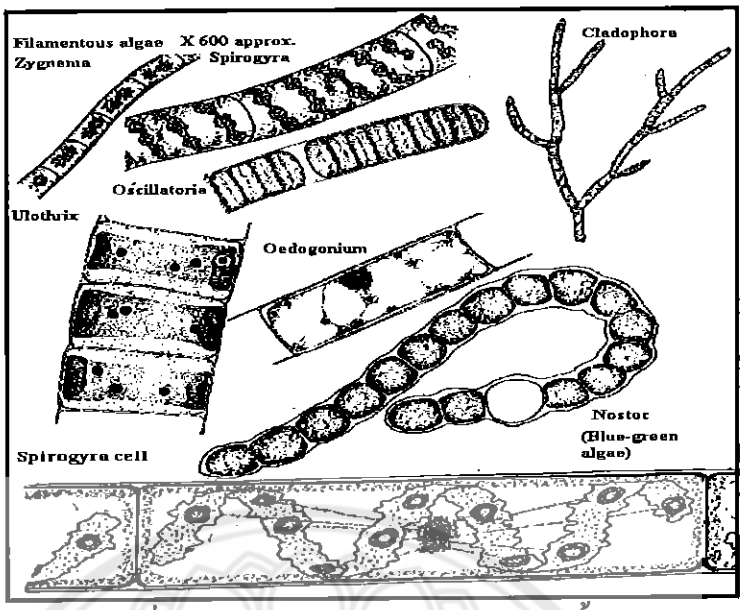
4.14.3.3 ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมไซยาโนไฟตา คือ

1. เป็นผู้ผลิตอาหาร และ O2

2. Spirulina หรือเกลียวทอง มี protein สูง ใช้ทำอาหารเสริมคนและสัตว์

3. Nostoc Anabaena Oscillatori สามารถเพิ่มความตรึง N ทำเป็นปุ๋ยในดิน เช่น แหนแดง (Azolla) ซึ่ง Anabaena อยู่ช่องว่างกลางใบ

รูปที่ 4.30 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
ที่มาจากเวป: www.sudipan.net



รูปที่ 4.31 โครงสร้างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
ที่มาจากเวป: www.sudipan.net

บทที่5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาสามารถสรุปค่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำชะขยะด้วยวิธีสระเติมอากาศที่มีการเติมปริมาณอากาศต่างๆ แบบเติมอากาศไม่สมบูรณ์ มีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลากักเก็บ 2 วัน ดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

จากตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นมลสารในน้ำออก ที่ความเข้มข้นน้ำเข้า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลากักเก็บ 2 วัน ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ซีโอดี บีโอดี ของแข็งละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย และเจดาลไนโตรเจน หากเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมสรุปได้ว่า ถัง 1 (มีการเติมอากาศ 1 หัวทราย) ถัง 2(มีการเติมอากาศ 2หัวทราย) และถัง 3(มีการเติมอากาศ 3หัวทราย) ถังที่ 1 2 และ 3 ผ่านมาตรฐานทุกถัง

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของน้ำออกจากแบบจำลองที่มีอัตราการเติมอากาศต่างกัน

พารามิเตอร์	ถัง 1 (27 มล./นาที)	ถัง 2 (54 มล./นาที)	ถัง 3 (81 มล./นาที)	ค่ามาตรฐาน
พีเอช	6.9	6.63	7.2	5.5–9.0
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.4	28.5	28.4	40
ซีโอดี (มก./ล.)	48.34	59.17	45.42	120
บีโอดี (มก./ล.)	7.8	6.9	5.7	20
ของแข็งละลายน้ำ (มก./ล.)	141.84	142.10	148.46	3,000
ของแข็งแขวนลอย(มก./ล.)	0.013	0.011	0.003	50
เจดาลไนโตรเจน(มก./ล.)	2.651	2.567	2.517	100

จากตารางที่ 5.2 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยแต่ละแบบจำลอง ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลากักเก็บ 2 วันในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ ซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย เจดาลไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อดูจากตาราง 5.2 เมื่อนำแบบจำลองทั้ง 3 ถังมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าถังที่มีประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุดคือถัง 3(มีการเติมอากาศ3หัวทราย) เพราะมีประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด 4 พารามิเตอร์จากทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุดถังที่ 3 (มีการเติมอากาศ3หัวทราย) โดยมีค่าประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย ที่ดีที่สุดดังนี้

ซีโอดี มีประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ86.31

บีโอดี มีประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ97.2

ของแข็งแขวนลอย มีประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ91.27

ฟอสฟอรัส มีประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ26.86

ส่วยถังบำบัดที่ดีรองลงมาเป็นถัง2(มีการเติมอากาศ2หัวทราย) โดยมีค่าประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย ที่ดีที่สุดคือ เจดาลไนโตรเจน มีประสิทธิภาพบำบัดเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ26

ตาราง 5.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยของแบบจำลองที่มีอัตราเติมอากาศต่างกัน

พารามิเตอร์	ถัง 1 (27 มล./นาที)	ถัง 2 (54 มล./นาที)	ถัง 3 (81 มล./นาที)
ซีโอดี	85.81%	80.85%	86.31%
บีโอดี	96%	96.6%	97.2%
ของแข็งแขวนลอย	64.13%	67.77%	91.27%
เจดาลไนโตรเจน	19.48%	26%	24.9%

หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่มีประสิทธิภาพบำบัดที่ดีที่สุด

ความคุ้มค่าในการออกแบบ

จากตารางที่ 5.3 แสดงการบอกค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศใน 1 เดือนของแต่ละแบบจำลอง จากตารางจะพบว่า การเติมอากาศ 1 หัวทรายเสียค่าไฟน้อยที่สุด จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะแก่การนำมาออกแบบระบบ ที่ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน

ใช้ค่าไฟ 21.6 หน่วย โดยค่าไฟ 1 หน่วย มีราคา 86.88 สตางค์การคำนวณค่าไฟฟ้านี้ อ้างอิงวิธีการคำนวณจาก www.epo.go.th สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2554

ตารางที่ 5.3 ค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศที่แบบจำลองแต่ละเดือน

ถังบำบัด	ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย/เดือน)	ค่าไฟฟ้า (บาท/เดือน)
1	21.6	54.2
2	43.2	108.56
3	64.8	162.96

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทำการทดลองการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศ แบบกวนผสมไม่สมบูรณ์ที่มีปริมาณอัตราการเติมอากาศต่างกัน จึงอยากเสนอแนะเกี่ยวกับผู้ที่สนใจในการจะทำเกี่ยวกับโครงงานนี้ต่อดังนี้

- จากการศึกษาที่ค่าความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ทราบประสิทธิภาพการบำบัดของการเติมอัตราการเติมอากาศที่ต่างกัน แต่ทางคณะผู้ดำเนินโครงงานอยากให้มีการเพิ่มค่าความเข้มข้นน้ำเข้าต่างกัน เพื่อที่สามารถเห็นถึงประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างมากขึ้น
- ในช่วงที่มีการเดินระบบควรมีการตรวจเช็คอุปกรณ์อยู่เสมอ ที่สำหรับคือเครื่องเติมอากาศและหัวฟู่ เพราะมีความสำคัญมากต่อโครงงานนี้ ดังนั้นจึงควรดูแล ทำความสะอาดอยู่เสมอ

เอกสารอ้างอิง

วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น และวิชญา อิ่มกระจ่าง. (2544). **คู่มือการวิเคราะห์น้ำ.** พิษณุโลก : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1.** กรุงเทพ : บริษัท แซน อี.68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด.

สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2540). **ค่ากำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2.**

กรมควบคุมมลพิษ. (2537). **คู่มือเล่มที่ 4 สำหรับผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2543). **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** กรุงเทพ : บริษัทแซน.อี 68 แลบ จำกัด.

เทศบาลเมืองทุ่งสง. (2553). **ปัญหาขยะมูลฝอย.** สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2554, จาก http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/garbage_03.html

ตั้มซีวิลดอทคอม. (2553). **TumCivil.** สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2554, จาก www.tumcivil.com

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). **มาตรฐานคุณภาพน้ำ.** สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2554, จาก http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water04.html#s1

นางสาวภัทริน เกื้อศิริเกียรติ. (2552). **Crisis In Wonder-Dingdom.** สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2554, จาก http://www.thaigoodview.com/library

เชาวเลข ชยวัฒนางกูร. (2553). **สภาพนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด สภาพด่าง และพีเอช.** สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2554, จาก http://www.tint.or.th/nkc/nkc53/content/nstkc53-010.html

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2553). **คุณสมบัติน้ำเสีย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2554, จาก http://teenet.tei.or.th/DatabaseGIS/wastewater_characteristics.html

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลองที่มีการเติมอากาศ 1 หัวทราย 2หัวทราย และ 3 หัวทราย ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นน้ำเข้า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลากักเก็บ 2 วัน

ตารางที่ ก1 พีเอชที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

พีเอช				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	28.5	28.7	29.0	28.8
17	28.4	28.5	28.4	28.3
24	28.5	28.7	28.7	28.5
31	28.7	28.7	28.8	28.5
38	28.4	27.9	28.0	28.1
45	28.4	27.0	27.2	27.5
52	28.9	28.4	28.0	28.5
59	28.6	28.4	28.9	28.6
66	28.7	28.3	28.6	28.4
73	28.4	28.7	28.6	28.8
80	28.5	28.4	28.6	28.5
87	28.2	28.4	28.5	28.4
94	28.3	28.5	28.4	28.5

ตารางที่ ก2 อุณหภูมิที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	5.35	7.52	7.96	7.96
17	5.30	7.54	7.89	7.90
24	5.40	7.56	7.91	7.86
31	5.40	7.59	7.91	7.92
38	5.45	7.57	7.87	7.90
45	5.40	7.52	7.86	7.87
52	5.30	7.53	7.86	7.85
59	5.35	7.54	7.86	7.86
66	5.45	7.56	7.84	7.86
73	5.40	7.56	7.83	7.84
80	5.37	7.30	8.24	7.62
87	5.16	7.03	7.07	7.16
94	5.10	7.06	7.07	7.14

ตารางที่ ก3 สภาพการนำไฟฟ้าที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

สภาพการนำไฟฟ้า				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	82	68	64	69
17	96	81	74	76
24	224	215	212	211
31	373	342	338	337
38	353	347	342	337
45	345	325	322	321
52	359	345	349	341
59	373	389	398	392
66	368	357	345	374
73	374	387	373	361
80	389	376	374	372
87	342	325	321	320
94	334	314	312	311

ตารางที่ ก4 ของแข็งแขวนลอยที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

ของแข็งแขวนลอย(มก./ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	35.0	5.0	2.0	1.8
17	30.0	4.0	3.0	2.0
24	62.0	7.0	5.0	1.7
31	54.0	9.8	7.0	2.0
38	34.0	3.0	2.1	2.1
45	84.0	16.0	4.0	3.3
52	100.0	10.0	30.0	3.0
59	20.0	25.0	53.0	4.0
66	50.0	15.0	10.0	3.0
73	30.0	18.0	4.0	4.5
80	25.0	12.0	2.0	3.2
87	30.0	21.0	3.0	5.0
94	60.0	23.0	15.0	7.0

ตารางที่ ก5 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด(มก. /ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	6	29	29	32
17	18	36	34	36
24	54	104	105	107
31	141	168	169	174
38	150	178	176	173
45	96	153	164	164
52	87	170	152	175
59	174	178	155	201
66	142	171	170	178
73	165	184	190	184
80	178	184	193	191
87	148	148	167	162
94	114	140	147	155

ตารางที่ ก6 ของแข็งทั้งหมดที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

ของแข็งทั้งหมด (มก. /ล.)				
วันที่เริ่ม ดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	41	34	31	34
17	48	40	37	38
24	116	111	110	109
31	195	178	176	176
38	184	181	176	176
45	180	169	168	167
52	187	180	182	187
59	194	203	208	205
66	182	186	180	181
73	185	202	194	188
80	203	196	195	194
87	178	169	167	167
94	174	163	162	162

ตารางที่ ก7 บีโอดีที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

บีโอดี (มก. /ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	180	5	3	
17				
24				
31				
38	197.5	3	4	3
45	217	7	5	5
52	229	6	10	5
59	195	12	14	7
66	278	8	7	6
73	205	9	6	7
80	195	7	5	6
87	173	10	6	7
94	182	11	9	8

ตารางที่ ก8 ซีโอดีที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

ซีโอดี(มก./ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	357.70	37.60	26.30	26.30
17	384.16	49.00	49.00	45.12
24	368.48	48.88	41.36	33.84
31	421.40	47.00	47.00	56.00
38	344.00	37.60	22.56	15.00
45	356.98	33.84	41.36	26.32
52	376.00	34.56	42.24	30.72
59	294.00	67.00	103.68	35.00
66	444.00	43.00	51.00	55.00
73	323.00	90.00	67.00	78.00
80	296.00	36.00	96.00	92.00
87	280.00	48.00	116.00	60.00
94	288.00	56.00	108.00	52.00

ตารางที่ ก9 แอมโมเนียไนโตรเจนที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

แอมโมเนียไนโตรเจน(มก./ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออถัง2	น้ำออกถัง3
10	0.392	0.224	0.168	0.112
17	1.960	0.224	0.168	0.112
24	3.192	1.232	1.120	1.120
31	3.192	2.744	2.800	2.632
38	3.024	2.296	2.184	2.184
45	3.136	2.352	2.240	2.240
52	3.192	2.576	2.240	2.352
59	3.136	2.576	2.744	2.576
66	3.080	2.632	2.576	2.576
73	3.192	2.520	2.464	2.352
80	3.136	2.688	2.576	2.520
87	3.192	2.688	2.632	2.520
94	3.098	2.643	2.613	2.450

ตารางที่ ก10 เจดาลไนโตรเจนที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

เจดาลไนโตรเจน(มก./ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	1.064	0.672	0.504	0.448
17	2.468	0.952	0.962	0.896
24	3.696	2.240	2.128	2.184
31	3.720	3.057	2.912	2.800
38	3.360	3.248	3.024	3.080
45	3.416	3.080	2.800	3.024
52	3.416	2.856	3.080	2.744
59	3.248	2.968	3.024	2.912
66	3.304	3.080	3.024	2.968
73	3.500	3.136	3.024	2.912
80	3.528	3.024	2.912	2.896
87	3.472	3.024	2.912	2.884
94	3.304	3.130	3.080	3.024

ตารางที่ ก11 ฟอสฟอรัสที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

ฟอสฟอรัส(มก./ล.)				
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.			
	น้ำเข้า	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	1.44	0.74	0.65	0.63
17	1.33	0.83	0.67	0.63
24	1.46	0.81	0.77	0.68
31	1.85	1.60	1.50	1.50
38	1.78	1.59	1.40	1.37
45	1.86	1.50	1.37	1.36
52	1.90	1.60	1.57	1.50
59	1.89	1.80	1.78	1.76
66	1.94	1.76	1.80	1.75
73	187	1.65	1.60	1.50
80	1.89	1.55	1.55	1.52
87	1.89	1.70	1.60	1.50
94	1.90	1.63	1.60	1.54

ตารางที่ ก12 ออกซิเจนละลายน้ำที่มีการเติมอากาศ 1 2 และ 3 หัวทราย

ออกซิเจนละลายน้ำ			
วันที่เริ่มดำเนินการ	ในแบบจำลอง		
	น้ำออกถัง1	น้ำออกถัง2	น้ำออกถัง3
10	1.42	4.02	4.03
17	1.51	4.10	4.09
24	2.86	4.46	5.61
31	2.88	4.46	5.22
38	2.84	4.62	4.82
45	3.20	4.58	4.54
52	4.14	4.48	4.46
59	4.16	4.40	4.44
66	4.16	4.18	4.24
73	3.96	4.12	4.22
80	4.06	4.17	4.20
87	4.08	4.20	4.22
94	4.04	4.20	4.18

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นาย สุภกฤต เจริญด้วงรักษา

ภูมิลำเนา 502 หมู่ 2 ต.ท่าวังทอง อ.เมือง จ.พะเยา 56000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพะเยาพิทยาคม
- จบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพะเยาพิทยาคม
- จบระดับอุดมศึกษาจากมหาวิทยาลัยนเรศวรคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

E-mail: yoghurtkitt@hotmail.com

ชื่อ นายกรีนิฎ สนศิริ

ภูมิลำเนา 43/2 ถ.สนามบิน ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- จบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- จบระดับอุดมศึกษาจากมหาวิทยาลัยนเรศวรคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

E-mail: kp_zamai@hotmail.com

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน (ต่อ)

ชื่อ นายวิศรุต บัวพันธ์

ภูมิลำเนา 18 หมู่ 19 ต.แม่เปา อ.พญาเม็งราย จ.เชียงราย 57290

ประวัติการศึกษา

- จบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพญาเม็งราย
- จบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพญาเม็งราย
- จบระดับอุดมศึกษาจากมหาวิทยาลัยนเรศวรคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

E-mail: wisarut_buar@windowslive.com