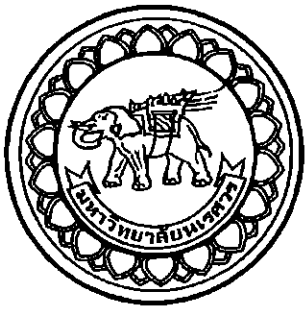


การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน

THE STUDY OF LEACHATE TREATMENT EFFICIENCY USING PARTIALLY MIXED AERATED LAGOON AT 10 DAYS DETENTION TIME

นางสาวกฤษณา ศรีสิทธิ์ รหัส 50360500

นางสาวชุลีพร ใจหมั้น รหัส 50360814

นางสาววิณิตา ขำอินทร์ รหัส 50362306

นางสาวศัลยรดา ปิ่นศรี รหัส 50361354

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันที่รับ 28 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15519025
เลขเรียกหนังสือ TD
มหาวิทยาลัยนเรศวร 745
ท522
2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน

ผู้ดำเนินโครงงาน

นางสาวกฤษณา	ศรีสิทธิ์	รหัส 50360500
นางสาวชุลีพร	ใจหมั้น	รหัส 50360814
นางสาววิณิตา	ขำอินทร์	รหัส 50362306
นางสาวนภัสวรรณ	ปั้นชูศรี	รหัส 50361354

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์ วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวกฤษณา ศรีสิทธิ์ รหัส 50360500
	นางสาวชุลีพร ใจหมั้น รหัส 50360814
	นางสาววิณิตา ขำอินทร์ รหัส 50362306
	นางสาวนภัสวรรณ ปั้นชูศรี รหัส 50361354
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนจำนวน 5 ถังในห้องปฏิบัติการ เดินระบบและเก็บน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำจำนวน 15 พารามิเตอร์ ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ฟอสฟอรัส แอมโมเนียไนโตรเจน เจดาลไนโตรเจน ซีโอดี บีโอดี ออกซิเจนละลายน้ำ ของแข็งจมตัว ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศ และของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศ เป็นเวลา 3 เดือน

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี บีโอดี เจดาลไนโตรเจน ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย ที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 85.37% 94.34% 50.03% 31.72% และ 30.79% ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 89.09% 96.19% 56.67% 10.40% และ 34.94% ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 92.91% 98.20% 94.18% 48.93% และ 44.52% ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 91.50% 96.33% 65.63% 43.% และ 33.01% ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 92.54% 97.09% 71.69% 65.52% และ 44.41 % ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี บีโอดี เจดาลไนโตรเจน ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด สรุปได้ว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มี

ประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุด คุณภาพน้ำทิ้งจากระบบผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

Project title	The Study of Leachate Treatment Efficiency Using Partially Mixed Aerated Lagoon at 10-days Detention Time
Name	Miss.Kritsana Srisith ID. 50360500
	Miss.Chuleeporn chaiman ID. 50360814
	Miss.Vinitta Khum-in ID. 50362306
	Miss.Naphatsawan Punchusri ID. 50361354
Project advisor	Warangluck Sonklin
Major	Environmental Engineering
Department	Civil Engineering
Academic year	2010

Abstract

This project was to study the leachate treatment efficiency using partially mixed aerated lagoon at 10-day detention time. The objectives of this study were to evaluate and compare the efficiency of the leachate treatment using aerated lagoon with varied influent COD concentrations at 200, 400, 600, 800 and 1,000 mg/L. Five partially mixed aerated lagoon models were established in laboratory. The models were operated and water samples were collected and analyzed for 15 parameters such as pH, Temperature, Conductivity, TDS, TS, SS, Phosphorus Ammonia nitrogen, TKN, COD, BOD, DO, $SV_{30,}$ Total suspended solids in the aeration tank and Total volatile solids in the aeration tank for 3 months.

It was found that the average removal efficiency of BOD, COD ,TKN, SS and TDS at 200 mgCOD/L were 91.50% 96.33% 65.63% 43.85% and 33.01% ,respectively At 400 mgCOD/L were 89.09% 96.19% 56.67% 10.40% and 34.94% respectively, at 600 mgCOD/L were 92.91% 98.20% 94.18% 48.93% and 44.52% ,respectively At 800 mgCOD/L were 91.50% 96.33% 65.63% 43.85% and 33.01% ,respectively And at 1,000 mgCOD/L were 91.50% 96.33,% 65.63% 43.85% and 33.01% ,respectively.

In summary, considering the removal efficiency of BOD, COD, TKN, SS and TDS, the 600 mgCOD/L achieved the highest removal efficiency. The effluent quality met the requirement of industrial wastewater and industrial estate standard.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้ดำเนินโครงงานต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงานตลอดจนการติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณวิชญา อิ่มกระจ่าง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมที่ให้คำแนะนำปรึกษา และให้การช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์เครื่องมือ ตลอดระยะเวลาดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และท่านอาจารย์ทุกท่านในคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนินโครงการตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาในเรื่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณโรงพยาบาลพุทธชินราช อ.เมือง จ.พิษณุโลก ที่ได้สนับสนุนตะกอนที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การเลี้ยงดูจนเติบโตและอบรมสั่งสอน คอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์และขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่มีส่วนร่วมทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้ดำเนินงานหวังว่าโครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ศึกษาเรื่องสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากการดำเนินงานโครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ คณะผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวกฤษณา ศรีสิทธิ์
นางสาวชุลีพร ใจหมั้น
นางสาววิณิตา ขำอินทร์
นางสาวนภัสวรรณ ปั้นชูศรี

มีนาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 ขยะมูลฝอย	4
2.2 น้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ	7
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย	10
2.4 ระบบสระเติมอากาศ	11
2.5 การเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย	19
2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน	25
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	25
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	37
4.1 พีเอช	37
4.2 อุณหภูมิ	38
4.3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	39
4.4 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	41
4.5 ของแข็งทั้งหมด	45
4.6 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	48
4.7 ฟอสฟอรัส	51
4.8 แอมโมเนียไนโตรเจน	54
4.9 เจดาลไนโตรเจน	57
4.10 ซีโอดี	61
4.11 บีโอดี	64
4.12 ออกซิเจนละลายน้ำ	67
4.13 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศ	68
4.14 ของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศ	69
4.15 ของแข็งจมตัว	71
4.16 จุลินทรีย์ที่พบในระบบ	72
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	81
5.1 สรุปผลการทดลอง	81
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
เอกสารอ้างอิง	85
ภาคผนวก ก	86
ภาคผนวก ข	105
ประวัติผู้แต่ง	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของน้ำชะยะขยะตามอายุของหลุมฝังกลบ	9
2.2 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศ	16
2.3 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศที่เหมาะสมกับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย	17
2.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบสระเติมอากาศ	18
2.5 ปริมาณ seed ที่ใช้ในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย	20
2.6 แหล่งเชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็นSeed สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ	21
2.7 กำหนดเวลาเติมน้ำเสียให้กับบ่อเติมอากาศ	23
2.8 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	24
3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์	34
3.2 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง	35
3.3 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	36
4.1 จุลินทรีย์ที่พบในระบบ	80
5.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้	83
ก.1 พีเอชที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	87
ก.2 อุณหภูมิที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	88
ก.3 สภาพการนำไฟฟ้าที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	89
ก.4 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	90
ก.5 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	91
ก.6 ของแข็งทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	92
ก.7 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	93
ก.8 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	94
ก.9 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	95
ก.10 ฟอสฟอรัส ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	96
ก.11 แอมโมเนีย ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	97
ก.12 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	98
ก.13 เจดาลไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.14 ประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	100
ก.15 ซีโอดี ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	101
ก.16 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	102
ก.17 บีโอดี ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	103
ก.18 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	104
ข.1 ออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	106
ข.2 ของแข็งจมตัวที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	107
ข.3 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	108
ข.4 ของแข็งระเหยทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน	108

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบขยะของเทศบาลทั่วประเทศ	7
2.2 สระเติมอากาศ	11
2.3 หัวฟู่ชนิดรูพรุน	13
2.4 เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ	14
2.5 เครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ	14
3.1 กล่องพลาสติกที่ใช้เป็นแบบจำลองสระเติมอากาศ	25
3.2 แบบจำลองสระเติมอากาศด้านบน	26
3.3 แบบจำลองสระเติมอากาศด้านข้าง	26
3.4 ถังน้ำเข้าและถังน้ำออกด้านข้างและด้านบน	27
3.5 เครื่องเติมอากาศ	28
3.6 เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ	28
3.7 ตะกอน	29
3.8 น้ำชะขยะ	29
3.9 สายยางสูบน้ำ	30
3.10 หัวกระจายอากาศแบบฟู่	30
3.11 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน	31
3.12 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนในการเดินระบบจริง	32
3.13 วิธีดำเนินการการทดลอง	33
4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	37
4.2 ค่าเฉลี่ยพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	38
4.3 ค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร	39
4.4 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	40
4.5 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ค่าเฉลี่ยสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	41
4.7 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัม ต่อลิตร	42
4.8 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ1, 000มิลลิกรัมต่อลิตร	42
4.9 ค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	43
4.10 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	43
4.11 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำของแบบจำลอง	44
4.12 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	45
4.13 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	46
4.14 ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	46
4.15 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	47
4.16 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมดของแบบจำลอง	47
4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	48
4.18 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกรัม	49
4.19 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	49
4.20 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	50
4.21 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของแบบจำลอง	50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	51
4.23 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	52
4.24 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	52
4.25 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	53
4.26 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสของแบบจำลอง	54
4.27 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	55
4.28 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกรัม	55
4.29 ค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	56
4.30 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	56
4.31 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของแบบจำลอง	57
4.32 ค่าเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	58
4.33 ค่าเจดาลไนโตรเจน ของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกรัม	58
4.34 ค่าเฉลี่ยเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	59
4.35 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	59
4.36 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนของแบบจำลอง	60
4.37 ค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.38 ค่าซีโอดีของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	62
4.39 ค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง	62
4.40 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	63
4.41 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของแบบจำลอง	63
4.42 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	64
4.43 ค่าบีโอดีของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	65
4.44 ค่าเฉลี่ยบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	65
4.45 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	66
4.46 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของแบบจำลอง	66
4.47 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	67
4.48 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศของแบบจำลอง	68
4.49 ค่าของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	69
4.50 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศของแบบจำลอง	69
4.51 ค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	70
4.52 ค่าเฉลี่ยของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลอง	70
4.53 ค่าของแข็งจมตัวในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.54 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	72
4.55 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	72
4.56 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	73
4.57 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	73
4.58 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	74
4.59 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	74
4.60 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	75
4.61 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	75
4.62 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	76
4.63 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร	76
4.64 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร	77
4.65 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร	77
4.66 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	78
4.67 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	78
4.68 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	79

บทที่ 1

บทนำ

การดำเนินโครงงานเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน ซึ่งเป็นโครงงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ(2553) ในปี พ.ศ.2548 มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ 4.3 ล้านตันหรือ 39,211 ตันต่อวัน ประเทศไทยนิยมกำจัดขยะด้วยวิธีการฝังกลบ ปัญหาหนึ่งที่เป็นผลจากการย่อยสลายของขยะในหลุมฝังกลบคือการเกิดน้ำเสียจากกองขยะหรือที่เรียกว่า น้ำชะขยะ ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำชะขยะจะมีค่าความสกปรกสูง มีสีน้ำตาลดำ และมีกลิ่นเหม็นรุนแรง หากไม่มีการควบคุมและป้องกันที่ดีจะทำให้น้ำชะขยะไหลปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำใต้ดิน การบำบัดน้ำชะขยะเป็นการลดมลสารให้มีปริมาณลดลงจนสามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ซึ่งการบำบัดแบบสระเติมอากาศ เป็นระบบที่นิยมมากระบบหนึ่ง จากที่มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศ โดย วัฒนาและคณะ (2552) ซึ่งได้ทำศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะการเก็บกัก 1-3 วัน พบว่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ดังนั้นจึงเกิดความสนใจที่อยากจะทราบว่าถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดของสระเติมอากาศดีขึ้นหรือไม่ จึงต้องการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน เพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่มีความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลากักเก็บ 10 วัน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ทราบถึงหลักการทำงานในการบำบัดน้ำชะขยะแบบสระเติมอากาศ

1.3.2 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะขยะแบบสระเติมอากาศ

1.3.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบสระเติมอากาศที่เวลากักพักชลศาสตร์ในการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้แบบจำลองสระเติมอากาศจำนวน 5 ถัง บำบัดน้ำชะขยะที่ระยะเวลากักเก็บเท่ากับ 10 วัน น้ำเข้ามีความเข้มข้นของค่าซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่อไปนี้ พีเอช อุณหภูมิ สภาพการนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ฟอสฟอรัส แอมโมเนีย-ไนโตรเจน เจดาลไนโตรเจน ซีโอดี บีโอดี ออกซิเจนละลายน้ำ ของแข็งจมตัว ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศ และของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศ ระยะเวลาในการศึกษารวมทั้งสิ้น 4 เดือน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ

1.5.2 กำหนดขอบเขตระยะการดำเนินโครงงาน

1.5.3 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงงาน

1.5.4 ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำชะขยะ

1.5.5 เริ่มต้นการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ

1.5.6 รวบรวมผลการทดลอง

1.5.7 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลโครงงาน

1.5.8 ทำรายงานฉบับโครงร่าง

1.5.9 ปรับปรุงและแก้ไขโครงงาน

1.5.10 ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ก.ค. 2553	ส.ค. 2553	ก.ย. 2553	ต.ค. 2553	พ.ย. 2553	ธ.ค. 2553	ม.ค. 2554	ก.พ. 2554
ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ	—							
เตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงงาน		—						
ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำชะขยะ		—	—					
เริ่มต้นการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ				—	—	—		
รวบรวมผลการทดลอง				—	—	—	—	
วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลโครงงาน							—	—
จัดทำรูปเล่มรายงาน								—

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. วัสดุ 2,000 บาท
   -วัสดุสำนักงาน
   -วัสดุทดลอง
2. อุปกรณ์ 2,000 บาท

รวมเป็นเงิน 4,000 บาท (สี่พันบาทถ้วน)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ขยะมูลฝอย

2.1.1 ความหมายของขยะมูลฝอย

ความหมายของคำว่าขยะมีกำหนดไว้หลากหลายรูปแบบโดยในปัจจุบันได้มีกฎหมายบัญญัติไว้ ดังนี้

1) พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2553

มูลฝอย หมายถึง สิ่งต่างๆที่เราไม่ต้องการที่เป็นของแข็งหรืออ่อน มีความชื้น ได้แก่ เศษกระดา เศษผ้า เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะกล่องใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์รวมตลอดถึงวัตถุอื่น สิ่งใดที่เก็บกวาดได้จากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

2) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553

ของเสีย หมายถึง ขยะ สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสารหรือวัตถุอันตรายอื่นใด ซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ

3) พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535

มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

4) พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานฉบับ พ.ศ. 2542

มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

มูลฝอย หมายถึง เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ

ขยะ หมายถึง หยากเยื่อ มูลฝอย

5) ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง การเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย พ.ศ. 2544

มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติกภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

2.1.2 ความหมายของขยะชุมชน

กรมควบคุมมลพิษ (2547) ให้นิยามไว้ว่า ขยะชุมชน (Municipal soild waste) หมายถึง ขยะที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในชุมชน เช่น ตลาดสด บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ สถาบันต่างๆรวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ

Tchobanoglous และคณะ(1993) ได้ให้ความหมายของ "Solid Waste" และ "Municipal Solid Waste" แตกต่างกันเล็กน้อยกล่าวคือ Solid Waste หมายถึง ของเสียทุกชนิดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ซึ่งโดยปกติเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็งและถูกทิ้งให้เป็นสิ่งที่ไม่มีประโยชน์หรือเป็นเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการและ Municipal Solid Waste หมายถึง ของเสียทุกชนิดที่เกิดขึ้นในชุมชนแต่ไม่รวมของเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

2.1.3 แหล่งกำเนิดของขยะ

แหล่งชุมชน กิจกรรมอุตสาหกรรม และกิจกรรมเกษตร จัดได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของขยะที่สำคัญ เมื่อประชากรเพิ่มขึ้นขยะก็จะเพิ่มขึ้น ประกอบกับมีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วก็ยิ่งทำให้มีขยะใหม่ๆเกิดขึ้นมากมาย ขยะเหล่านี้มีทั้งขยะมูลฝอยทั่วไปและของเสียอันตรายแต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกันสามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

2.1.3.1 ของเสียจากอุตสาหกรรม ของเสียอันตรายทั่วประเทศไทย 73% มาจากระบบอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการที่เหมาะสมโดยทิ้งกระจายอยู่ตามสิ่งแวดล้อมและทิ้งรวมกับขยะ รัฐบาลได้ก่อตั้งศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมขึ้นแห่งแรกที่แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน เริ่มเปิดบริการตั้งแต่ 2531 ซึ่งก็ได้เพียงสามารถกำจัดของเสียได้บางส่วน

2.1.3.2 ของเสียจากโรงพยาบาลและสถานที่ศึกษาวิจัย ของเสียจากโรงพยาบาลเป็นของเสียอันตรายอย่างยิ่ง เช่น ขยะติดเชื้อ เศษอวัยวะจากผู้ป่วย และการรักษาพยาบาล รวมทั้งของเสียที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี สารเคมี ได้ทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม โดยปะปนกับมูลฝอยสิ่งปฏิกูลเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อโรคและสารอันตราย

2.1.3.3 ของเสียจากภาคเกษตรกรรม เช่น ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย มูลสัตว์ น้ำทิ้งจากการทำปศุสัตว์ ฯลฯ

2.1.3.4 ของเสียจากบ้านเรือนแหล่งชุมชน เช่น หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ แก้ว เศษอาหาร พลาสติก โลหะ หินไม้ กระเบื้อง หนัง ยาง ฯล

2.1.3.5 ของเสียจากสถานประกอบการในเมือง เช่น ภัตตาคาร ตลาดสด วัด สถานเริงรมย์

2.1.4 ประเภทของขยะ

2.1.4.1 จำแนกตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมี 2 ประเภท คือ

ก. ขยะทั่วไป (General waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้า และใบไม้ ฯลฯ

ข. ขยะอันตราย (Hazardous waste) เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็กแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ หรืออาจเป็นพวกสำลีและผ้าพันแผลจากสถานพยาบาลที่มีเชื้อโรค

2.1.4.2 จำแนกตามลักษณะของขยะมี 2 ประเภท คือ

ก. ขยะเปียกหรือขยะสด (Garbage) มีความชื้นปนอยู่มากกว่าร้อยละ 50 จึงติดไฟได้ยากส่วนใหญ่ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผัก และผักผลไม้จากบ้านเรือน ร้านจำหน่ายอาหาร และตลาดสดรวมทั้งซากพืชซากสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย ขยะประเภทนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็น เนื่องจากแบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สาร นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคโดยติดไปกับแมลง หนู และสัตว์อื่นที่มาตอมหรือกินเป็นอาหาร

ข. ขยะแห้ง (Rubbish) คือ สิ่งเหลือใช้ที่มีความชื้นอยู่น้อยจึงไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จำแนกได้ 2 ชนิด คือ

ข.1 ขยะที่เป็นเชื้อเพลิง เป็นพวกที่ติดไฟได้ เช่น เศษผ้า เศษกระดาษ ใบไม้ กิ่งไม้แห้ง

ข.2 ขยะที่ไม่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ เศษโลหะ เศษแก้ว และเศษก้อนอิฐ

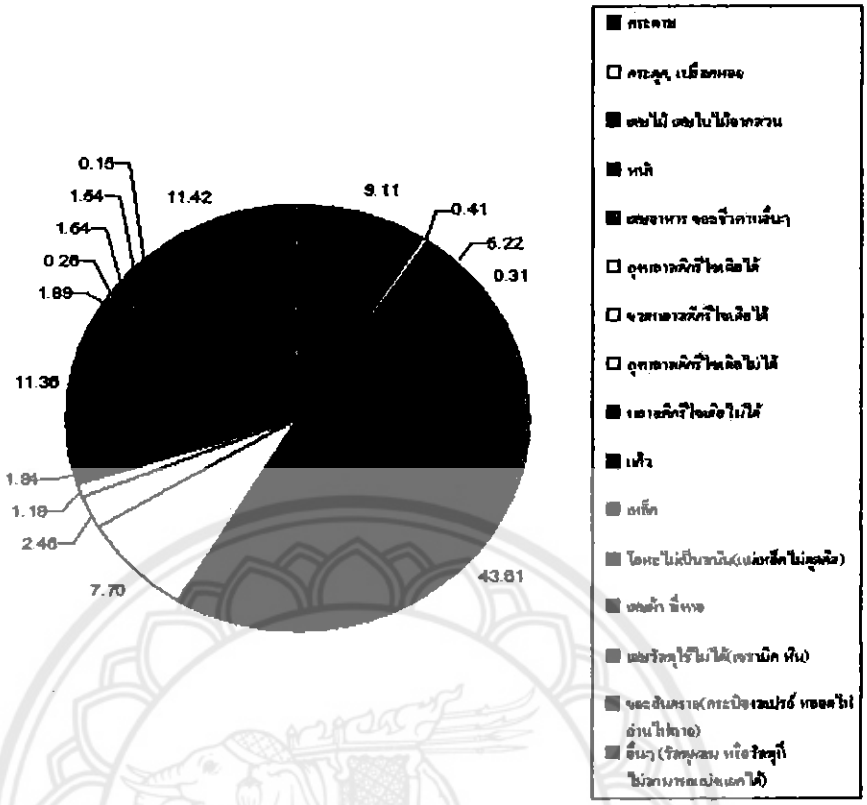
2.1.5 ส่วนประกอบของขยะ

ส่วนประกอบของขยะแต่ละพื้นที่หรือประเทศหรือภูมิภาค มักมีความแตกต่างกันในด้านสัดส่วน เนื่องจากความแตกต่างในหลายด้านของแต่ละพื้นที่ เช่น กิจกรรม วัฒนธรรม ฐานะทางเศรษฐกิจ ค่านิยม และระดับการพัฒนาในพื้นที่ เป็นต้น สำหรับในประเทศไทย พบว่าปริมาณขยะในเขตเทศบาล มีสัดส่วนของเศษอาหารและขยะที่เป็นสารอินทรีย์มากที่สุด คือ ร้อยละ63.57 รองลงมาได้แก่ พลาสติก กระดาษ แก้ว โลหะ ผ้า ไม้ ยางหรือหนัง ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นขยะอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

2.2 น้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ

2.2.1 การฝังกลบขยะ

การกำจัดขยะโดยการขุดหลุมและฝังกลบเป็นวิธีที่ใช้กันมานับร้อยปีเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุดและเชื่อกันว่าไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่นการไหลซึมน้ำชะจากขยะ(Leachate) ไม่มีผลถึงแหล่งน้ำใต้ดินเพราะถูกกรองโดยชั้นดินก่อน โดยประเทศสหรัฐอเมริกาได้เริ่มเปลี่ยนวิธีการกำจัดมูลฝอยจากการเผาและเททิ้งในพื้นที่กลางแจ้ง มาเป็นการใช้สถานที่ฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกสุขลักษณะ (Sanitary Landfill) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2483 เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งด้านน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และการระบาดของเชื้อโรค



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบขยะของเทศบาลทั่วประเทศ

(ที่มา : http://gotoknow.org/file/shantrakul/องค์ประกอบขยะ.jpg)

แต่จากการศึกษาตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2493 เป็นต้นมา พบว่าน้ำชะขยะมีผลเสียต่อคุณภาพน้ำใต้ดิน จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการฝังกลบ โดยแบ่งขยะออกเป็น 2 ประเภทคือ ขยะมูลฝอยทั่วไปและขยะอันตราย โดยขยะมูลฝอยทั่วไปจะถูกฝังกลบโดยการขุดหลุมที่มีการบดอัดพื้นอย่างแน่นหนา ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า ยังคงไม่สามารถป้องกันการรั่วไหลของน้ำชะขยะได้ ไม่ว่าจะเพิ่มความหนาของพื้นบดอัดเท่าไรก็ตาม วิธีนี้จึงถูกห้ามใช้ในบางประเทศ ส่วนขยะอันตรายจำเป็นต้องมีการปูผ้ายางรองพื้นในหลุมก่อนการฝังกลบ ซึ่งเป็นวิธีสากลที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน เช่น หลุมฝังกลบขยะของกรุงเทพมหานคร เป็นต้น

อย่างไรก็ตามสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ยังเป็นส่วนจำเป็นหลักของระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร (Integrated Solid Waste Management) ซึ่งระบบดังกล่าวประกอบด้วยการฝังกลบมูลฝอยการเผาโดยเตาเผา (Combustion) การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) การทำปุ๋ย (Composting) และ การลดปริมาณขยะมูลฝอย โดยการฝังกลบมูลฝอยถือว่าเป็นวิธีการหลักในการจัดการมูลฝอย เนื่องจาก เป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการน้อยกว่าวิธีอื่น มีการ

จัดการไม่สลับซับซ้อนมากนัก มีความยืดหยุ่นมากในการรองรับทั้งด้านปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอย และเป็นระบบกำจัดขยะในขั้นตอนสุดท้าย

2.2.2 น้ำชะขยะ

น้ำชะขยะ คือ สิ่งที่ได้มาจากการย่อยสลายของขยะในหลุมฝังกลบ จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลดำ มีอินทรียวัตถุเจือปนอยู่มาก ซึ่งสามารถปนเปื้อนได้ง่ายในน้ำ ก่อให้เกิดมลภาวะไปสู่น้ำผิวดิน น้ำใต้ดินได้

2.2.3 องค์ประกอบน้ำชะขยะ

น้ำชะขยะที่ออกมาจากการฝังกลบขยะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันตามอายุของหลุมฝังกลบดังตารางที่ 2.1

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้าง ค่าดำเนินการดูแล บำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การบำบัดสามารถแบ่งตามชนิดได้ดังนี้

2.3.1 การบำบัดน้ำเสียแบ่งตามกลไกที่ใช้การกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย

2.3.1.1 การบำบัดทางกายภาพ เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมัน และน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2.3.1.2 การบำบัดทางเคมี เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ โลหะหนัก องแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก ไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

2.3.1.3 การบำบัดทางชีวภาพ เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานจุลินทรีย์ในถังเลี้ยง

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำชะขยะตามอายุของหลุมฝังกลบ

องค์ประกอบ	ปริมาณ (มก./ล)		
	หลุมฝังกลบใหม่ (อายุน้อยกว่า 2 ปี)		หลุมฝังกลบเก่า (อายุมากกว่า 10 ปี)
	ช่วงค่า	ค่าทั่วไป	
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
ไนเตรท	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
โปรแทสเซียม	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

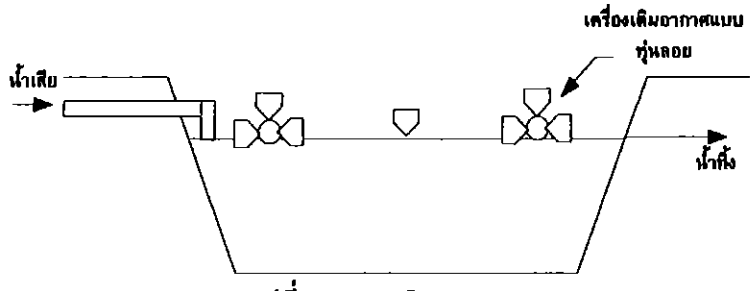
ที่มา: Tchobanolous et al., 1994

เชื้อเพื่อการเจริญเติบโตทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบโปรยกรอง(Trickling Filter) ระบบบ่อบำบัด

น้ำเสีย (Stabilization Pond) ระบบยูเอเอสบี (Up flow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น

2.4 ระบบสระเติมอากาศ

สระเติมอากาศเกิดจากการพัฒนาบ่อปรับเสถียรเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นในขณะที่ใช้ที่ดินเท่ากันหรือน้อยกว่าโดยไม่พึ่งพาธรรมชาติมาก โดยมีข้อแตกต่างที่ความลึกที่มากกว่าและมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลชีพเป็นหลัก เครื่องเติมอากาศที่ใช้อาจเป็นชนิดเครื่องเป่าอากาศพร้อมหัวกระจายอากาศหรือชนิดอื่นๆขึ้นกับลักษณะของบ่อ แต่ที่นิยมในประเทศไทยเป็นชนิดเครื่องกลพร้อมทุ่นลอย ระบบนี้ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศซึ่งนิยมใช้บ่อดินผนังบ่อดาดหรือบุด้วยวัสดุที่ช่วยป้องกันการเซาะของคลื่นน้ำที่เกิดจากการเติมอากาศ เช่น หินใหญ่ยาแนวด้วยปูนทราย เทคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือปูแผ่นพลาสติก เป็นต้น และตามด้วยบ่อขัดแต่ง (Polishing pond) ซึ่งเป็นบ่อตกตะกอนอย่างง่าย เพื่อให้จุลชีพที่แขวนลอยจากบ่อเติมอากาศตกลงในบ่อนี้ก่อนปล่อยน้ำใสไหลออกไป แต่อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ พบว่ามีสารแขวนลอยค่อนข้างสูงเพราะมีสาหร่ายและจุลินทรีย์หลุดออกไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่ากระบวนการเอเอสแบบอื่นๆ และเนื่องจากระบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ความเข้มข้นของ MLSS ในบ่อเติมอากาศจึงต่ำกว่าระบบอื่นๆคือ น้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศักดิ์ชัย,2542;มั่นสิน, 2542) การสร้างระบบสระเติมอากาศจะต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีราคาที่ดินไม่สูงมาก นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถรับน้ำเสียหรือสารมลพิษที่ไหลเข้าสู่ระบบอย่างกะทันหันได้ รวมทั้งสามารถควบคุมปัญหาเรื่องกากตะกอนและกลิ่นได้ดี สระเติมอากาศจึงเหมาะกับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานกระดาษ และโรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น แสดงระบบสระเติมอากาศ แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สระเติมอากาศ

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

2.4.1.1 สระเติมอากาศแบบผสมสมบูรณ์ (complete-mix aerated lagoon)

ต้องใช้พลังงานสูงสำหรับกวนผสมเพื่อป้องกันของแข็งแขวนลอยหรือจุลินทรีย์จมตัว รวมทั้งยังทำให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งสระหรือเกิดสภาวะแอโรบิกทั่วทั้งสระ โดยทั่วไปมักใช้พลังงานในการกวนผสมเท่ากับ 11 -19 กิโลวัตต์ต่อปริมาณน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร ทำให้น้ำทิ้งจากสระเติมอากาศชนิดนี้ปริมาณสารแขวนลอยสูง ดังนั้นต้องออกแบบบ่อตกตะกอนหรือบ่อขัดแต่งเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยจากน้ำทิ้งของสระเติมอากาศประเภทนี้ด้วย

2.4.1.2 สระเติมอากาศแบบผสมบางส่วน (partial-mix aerated lagoon)

ต้องการพลังงานในการกวนผสมน้อยกว่าแบบแรก ปริมาณอากาศที่เติมลงไปเพียงแค่ให้เพียงพอกับความต้อการของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยทั่วไปใช้พลังงานในการกวนผสมเท่ากับ 1.5 -7.5 กิโลวัตต์ต่อปริมาณน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งทำให้ของแข็งแขวนลอย (หรือจุลินทรีย์) บางส่วนจมตัวและสะสมอยู่ก้นสระและถูกย่อยสลายในสภาวะแอนแอโรบิกต่อไป ทำให้น้ำทิ้งมีปริมาณของแข็งแขวนลอยหลุดออกไปน้อยกว่าน้ำทิ้งของสระเติมอากาศแบบกวนผสมสมบูรณ์ บางกรณีน้ำเสียมีความเข้มข้นต่ำและมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยไม่มากอาจไม่จำเป็นต้องมีบ่อตกตะกอนตามหลังสระเติมอากาศ

2.4.2 เครื่องเติมอากาศ

โดยทั่วไประบบเติมอากาศแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะของเครื่องกลหรือการใช้งาน ได้แก่ เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่ เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ และเครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ ดังนี้

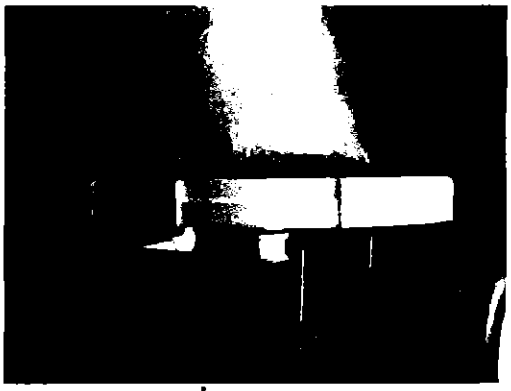
2.4.2.1 เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่ (Diffused Aerator)

เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่ สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์ได้ดังนี้

ก.หัวฟู่ชนิดรูพรุน แสดงดังรูปที่ 2.3 หัวฟู่ชนิดนี้ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนสูงและมีรูปร่างหลายแบบ เช่น แบบแผง โดม จานกลม และท่อ นอกจากนี้อาจแบ่งตามวัสดุที่ผลิตได้อีก คือ กลุ่มที่ผลิจากวัสดุแข็ง และกลุ่มเยื่อเจาะรู

ข.หัวฟู่ชนิดไม่ใช่รูพรุน หัวฟู่ชนิดนี้จะมีขนาดรูใหญ่กว่าหัวฟู่ชนิดรูพรุน โดยทั่วไปสามารถแบ่งตามวัสดุ รูปร่างได้หลายชนิด เช่น หัวฟู่รูตายตัว หัวฟู่แบบวาล์วกันกลับ หัวฟู่แบบหลอดสถิต เป็นต้น โดยทั่วไปมักใช้หัวฟู่ไม่มีรูพรุนในระบบที่อาจเกิดปัญหาอุดตันกับหัวฟู่แบบรูพรุน

ค.หัวฟู่ชนิดอื่นๆ เช่น หัวฟู่แบบดูดพ่น (Jet Diffuser) ซึ่งทำงานโดยสูบน้ำจากถังเติมอากาศเข้าไปผสมกับอากาศแล้วฉีดผ่านหัวฉีด



รูปที่ 2.3 หัวฟู่ชนิดรูพรุน

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

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 เครื่องเติมอากาศแบบนี้มักใช้กับสระเติมอากาศเนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการที่จะใช้งานกับถังเติมอากาศของระบบเอเอส เช่น แรงเฉือนที่เกิดขึ้นกับฟล็อกของสลัดจ์อาจทำให้ฟล็อกแตกออกส่งผลต่อการตกตะกอน

ค. แบบดูด เครื่องเติมอากาศแบบนี้ทำงานโดยการดูดอากาศจากบรรยากาศผ่านเพลาด้วยความเร็วถูกปั่นด้วยใบพัดให้ผสมกับน้ำทำให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ สามารถปรับองศาของเครื่องได้ขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ดังรูปที่ 2.4ก

ง. แบบหมุนแนวนอน เครื่องเติมอากาศแบบหมุนแนวนอนหรือแบบแปรง (Brush aerator) ใบพัดตีที่ผิวน้ำเพื่อถ่ายเทออกซิเจนและพัดน้ำให้ไหลในแนวนอน การเปลี่ยนแปลงระดับจมน้ำ เล็กน้อยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเติมอากาศ แต่มีผลต่อพลังงานที่ใช้ ดังรูปที่ 2.4ข

ก. เครื่องเติมอากาศแบบดูด ข. เครื่องเติมอากาศแบบหมุนเร็วตามแกน

รูปที่ 2.4 เครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ

ที่มา: www.tumcivil.com , 2553

2.4.2.3 เครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ (Submerged Turbine Aeration)

ลักษณะของเครื่อง มอเตอร์และชุดเกียร์มักติดตั้งอยู่เหนือน้ำและต่อแกนใบพัดลงไปใต้น้ำ อากาศจะถูกสูบเข้าไปใต้ใบพัดเพื่อตีให้เกิดฟองและไหลลงเพื่อเพิ่มเวลาสัมผัสของอากาศกับน้ำ ประสิทธิภาพการเติมอากาศต่ำกว่าเครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบไหลตามรัศมีเล็กน้อย แต่มีข้อดีที่สามารถปรับการเติมอากาศได้ตามอัตราการไหลอากาศ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 เครื่องเติมอากาศแบบกังหันจมน้ำ

ที่มา: Peatlll-immotalz.blogspot.com, 2553

2.4.3 ค่าคำนวณการออกแบบ

โดยส่วนใหญ่สระเติมอากาศแบบสมบูรณ์และสระเติมอากาศกวนผสมบางส่วนออกแบบด้วยสมการไดเนติกส์ ซึ่งทั้งสองแบบสามารถออกแบบได้ดังสมการ 2-1 แต่สระเติมอากาศทั้ง 2 ชนิดจะมีค่าคงที่ระดับหนึ่งของการกำจัดบีโอดีแตกต่างกัน

สมการในการออกแบบสระเติมอากาศ

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

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)

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

Mara,D.D (1976)

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

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 – 90 ดังตารางที่ 2.2 ระบบบ่อหรือสระเติมอากาศ เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีต่ำเมื่อเทียบกับระบบเอเอสหรือาร์เอสบี โดยปกติจะไม่ใช้ระบบสระเติมอากาศเพียงลำพังในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากค่าบีโอดีของน้ำออกมักมีค่าสูงเกินมาตรฐานเสมอ กรณีการบำบัดน้ำเสียชุมชน(การออกแบบใช้ค่าตารางที่ 2.3) ค่าบีโอดีที่ต่ำอาจทำให้สามารถใช้ระบบสระเติมอากาศโดยลำพังได้ สระเติมอากาศจะกำจัดบีโอดีได้เพียงร้อยละ80 บีโอดีที่เหลือมักต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน อย่างไรก็ตามควรถือเป็นหลักปฏิบัติให้มีบ่อออกซิเดชันหรือบ่อเขียวตามหลังสระเติมอากาศเสมอ (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

ตารางที่ 2.2 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

2.4.5 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

2.4.5.1 Mara, D.D., 1976 พบว่า สระเติมอากาศหลายบ่อต่อกันแบบอนุกรมมีผลทำให้ความต้องการปริมาตรรวมของสระลดลงเมื่อเทียบกับใช้สระใหญ่สระเดียว

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

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

2.4.5.4 บ่อขัดแต่งควรมีเวลากักน้ำเท่ากับ 0.5 – 1.0 วัน(WEF & ASCE, 1998b) ถ้าเวลากักน้ำมากกว่านนี้อาจทำให้มีปริมาณสาหร่ายสูง แต่ Metcelf & Eddy, 1991 กล่าวว่าบ่อขัดแต่งควรมีเวลากักน้ำไม่เกิน2วัน

2.4.5.5 ถ้าก้นสระเป็นดินทรายหรือมีการรั่วซึมควรหามาตรการป้องกันปัญหาดังกล่าว คือ บ่ออัดดินเหนียวหรือปูด้วยวัสดุต่างๆ เช่น เบนโทไนท์ ดินเหนียวสังเคราะห์ เมมเบรน ฯลฯ

2.4.5.6 บริเวณขอบบ่อควรคาดด้วยหินหรือคอนกรีต โดยให้ปกคลุมให้ต่ำกว่าและสูงกว่าระดับน้ำในบ่อด้านละ 0.5 เมตร เพื่อป้องกันคลื่นกัดเซาะตลิ่งหรือขอบบ่อ

2.4.5.7 เครื่องเติมอากาศเป็นแบบเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหรือแบบฟู่ แต่ถ้าเป็นแบบเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำต้องมีแผ่นคอนกรีตรองก้นสระบริเวณใต้เครื่องเติมอากาศ เพื่อป้องกันการกัดเซาะดิน

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

ตารางที่ 2.3 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

2.4.6.ข้อดีและข้อเสียของระบบสระเติมอากาศ

ข้อดีและข้อเสียของระบบสระเติมอากาศได้แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบสระเติมอากาศ

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

ที่มา:กรมควบคุมมลพิษ,2546

2.5 การเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

เมื่อกล่าวถึงการเริ่มต้นเดินระบบโดยมากหมายถึงการเริ่มต้นเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ เนื่องจากระบบแบบชีวภาพต้องการเวลาเริ่มต้นในการทำให้แบคทีเรียมีความคุ้นเคยกับน้ำ-เสีย การเลี้ยงแบคทีเรียให้มีปริมาณเพียงพอและมีความพร้อมในการย่อยสลายน้ำเสียเป็นความจำเป็นที่ต้องทำให้เรียบร้อยก่อนที่จะดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างจริงจัง เชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็นSeed ควรเป็นแบคทีเรียที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทเดียวกัน หากไม่สามารถหาได้ก็อาจใช้มูลสัตว์ต่างๆ เช่น สัตว์ปีก วัว ควาย หมู เป็นต้น ในทางปฏิบัติไม่ควรใช้สลัดจ์จากบ่อเกรอะหรืออุจจาระของคน เนื่องจากสกปรกและมีกลิ่นน่ารังเกียจมากกว่ามูลสัตว์และหาไม่ได้ในปริมาณมากๆมูลไก่หรือหมูหาได้ง่ายกว่าและมีขายในรูปมูลแห้ง ซึ่งสะดวกในการขนส่งและสะดวกในการเติมให้กับระบบ

2.5.1 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการ

ปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็น Seed ควรใช้ให้มากที่สุดที่จะทำได้ ปริมาณยิ่งมากก็ยิ่งดีทำให้ระบบบำบัดสามารถใช้งานได้เร็ว ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาณของเชื้อแบคทีเรียจากแหล่งต่างๆที่แนะนำให้ใช้เป็น Seed ในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

2.5.2 ขั้นตอนในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป

ในระหว่างการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียทุกประเภทจะมีสภาวะทำงานอยู่ 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 สภาวะก่อนคงตัวเป็นช่วงเวลาที่เลี้ยงแบคทีเรียให้มีปริมาณพอเพียงและเคยชินกับน้ำเสียที่ต้องการบำบัด ระยะแรกนี้แบคทีเรียสามารถผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์แล้ว แต่ระบบยังไม่ได้รับน้ำเสียอย่างเต็มที่

ระยะที่ 2 สภาวะคงตัว (Steady state) เป็นช่วงเวลาที่ระบบมีเสถียรภาพดี มีแบคทีเรียแข็งแรงสมบูรณ์ในปริมาณที่สามารถบำบัดน้ำเสียทั้งหมดที่มีอยู่ได้ น้ำเสียจะถูกบำบัดได้อย่างเต็ม

ขีดความสามารถของระบบ ทำให้น้ำทิ้งสุดท้ายมีคุณภาพดีและไม่แปรปรวนโดยแหล่งเชื้อแบคทีเรียต่างๆที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียแสดงดังตารางที่ 2.6

ในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ควรมีขั้นตอนเพื่อใช้เป็นหลักปฏิบัติดังนี้

2.5.2.1 ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียโดยละเอียด

2.5.2.2 ทดสอบความเรียบร้อยของระบบโดยเดินเครื่องทุกส่วนด้วยน้ำเปล่า

2.5.2.3 วางแผนการเติม Seed

2.5.2.4 วางแผนการเติมน้ำเสีย และวิธีควบคุม(ควบคุม Flow ให้ได้ครบทุกจุดตามความจำเป็น)

2.5.2.5 วางแผนการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์น้ำ

2.5.2.6 เตรียมตารางบันทึกผลการทำงานประจำวัน และทำรายงานประจำเดือน

2.5.3 ขั้นตอนในการเริ่มเดินระบบบ่อเติมอากาศ

2.5.3.1 คำนวณปริมาตรของสระเติมอากาศ

2.5.3.2 เติมน้ำเปล่า (ใช้น้ำฝนหรือน้ำผิวดินที่ไม่ใช่น้ำสกปรก) ให้เต็มบ่อเติมอากาศและทดสอบเดินระบบสระเติมอากาศ เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องเติมอากาศ (ยังไม่เติมน้ำเสีย) และเสถียรภาพของคันดิน

2.5.3.3 ระบายน้ำออกให้เหลือครึ่งหนึ่ง

2.5.3.4 เติม Seed ในปริมาณที่แสดงอยู่ในตารางที่ 2.5

2.5.3.5 เติมน้ำเสียให้กับบ่อเติมอากาศ ตามกำหนดเวลาแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.7

2.5.3.6 ในกรณีน้ำเสียชุมชน ไม่จำเป็นต้องเติมปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และไม่ต้องปรับพีเอชน้ำเสียให้เป็นกลาง

2.5.3.7 ในระหว่างที่มีการเติมน้ำเสีย จะต้องจดบันทึก สังเกต และวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ คือ อัตราน้ำเสีย ปริมาณสารเคมี พีเอช ฟอง สี กลิ่น ความผิดปรกติ และSS หรือV_{30}ซึ่งต้องทำเป็นตารางบันทึกประจำวัน

2.5.3.8 ในระหว่างการเดินระบบต้องเปิดเครื่องเติมอากาศทุกตัวและให้เดินไว้ตลอด 24 ชั่วโมง

ในระบบสระเติมอากาศ การใช้Seed ในปริมาณที่สูงในระยะเริ่มต้นของระบบจะทำให้ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้เร็วเท่านั้น แบคทีเรียจะหลุดออกไปพร้อมกับน้ำออกตลอดเวลา การควบคุมให้ระบบนี้ให้เป็นแบบแบทช์ (Batch คือ เทลงไปครั้งเดียว) ในระยะเริ่มต้นจึงช่วยให้แบคทีเรียมีเวลามากขึ้นในการปรับตัวและสร้างเอมไซม์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ตารางที่ 2.5 ปริมาณ Seed ที่ใช้ในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับที่	ระบบบำบัดน้ำเสีย	สลัดจ์จากระบบบำบัด		ปริมาณมูลสัตว์ที่ใช้ (น้ำหนักแห้ง)
		แหล่งที่มา	ปริมาณที่ใช้	
1	ระบบเอเอสและคลองวนเวียน	สลัดจ์หมุนเวียนจากกล้นถังตกตะกอนของระบบเอเอส	5-20% ของถังเติมอากาศ	2-10 กก. /ลบ.ม.
2	ระบบบ่อเติมอากาศ	สลัดจ์หมุนเวียนจากกล้นถังตกตะกอนของระบบเอเอส	5-10%ของบ่อเติมอากาศ	1-5กก./ลบ.ม.
3	ระบบจานหมุนชีวภาพ	สลัดจ์หมุนเวียนจากกล้นถังตกตะกอนของระบบเอเอส	5-20% ของถังจานหมุนชีวภาพ	2-10 กก. /ลบ.ม.
4	บ่อออกซิเดชันหรือบ่อเขียว	-	-	1-2 กก./ลบ.ม.+ ปุ๋ยยูเรีย 0.2 กก./ลบ.ม.+ ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต 0.2 กก. /ลบ.ม.
5	บ่อหมักถังย่อยสลัดจ์ไม่ใช้อากาศ	สลัดจ์จากระบบไม่ใช้อากาศ	5-10% ของบ่อหรือถัง	5-10 กก. /ลบ.ม.
6	ถังกรองไร้ออกซิเจน	สลัดจ์จากระบบไม่ใช้อากาศ	20-30% ของถังกรองไร้ออกซิเจน	10-20 กก. /ลบ.ม.
7	ระบบยูเอเอส	สลัดจ์จากระบบไม่ใช้อากาศ	20-30% ของถังยูเอเอส	10-20 กก. /ลบ.ม.

ที่มา: hpc4.anamai.moph.go.th/workplace/files/paper_chap4.pdf

ตารางที่ 2.6 แหล่งเชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็น seed สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ

ลำดับที่	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ประเภทของแหล่งเชื้อแบคทีเรีย(Seed)			
		เชื้อจากระบบบำบัด	มูลสัตว์ต่างๆ	ถังเกรอะหรืออุจจาระ	แบคทีเรียแห้ง
1	ระบบเอเอสและคลองวนเวียน	สลัดจ์หมุนเวียนของระบบเอเอส	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่แนะนำนอกจากจะพิสูจน์ได้
2	ระบบบ่อเติมอากาศ	สลัดจ์หมุนเวียนของระบบเอเอส	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่แนะนำนอกจากจะพิสูจน์ได้
3	ระบบจานหมุนชีวภาพหรือระบบที่คล้ายคลึง	สลัดจ์หมุนเวียนของระบบเอเอส	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่แนะนำนอกจากจะพิสูจน์ได้
4	บ่อออกซิเดชันหรือบ่อเขียว	ไม่จำเป็น	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่จำเป็น
5	ระบบบ่อหมักหรือถังย่อยสลัดจ์	สลัดจ์จากระบบไม่ใช้อากาศ	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่แนะนำนอกจากจะพิสูจน์ได้
6	ถังกรองไร้ออกซิเจน	สลัดจ์จากระบบไม่ใช้อากาศ	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่แนะนำนอกจากจะพิสูจน์ได้
7	ระบบยูเอเอส	สลัดจ์จากระบบไม่ใช้อากาศ	ใช้ได้	ไม่แนะนำ	ไม่แนะนำนอกจากจะพิสูจน์ได้

ที่มา: hpc4.anamai.moph.go.th/workplace/files/paper_chap4.pdf

ตารางที่ 2.7 กำหนดเวลาเติมน้ำเสียให้กับบ่อเติมอากาศ

ลำดับที่	ช่วงเวลา(วัน)	อัตราการเติมน้ำเสีย (%ของน้ำเสียทั้งหมด)
1	2-5	20
2	2-5	ไม่เติม
3	2-5	ไม่เติม
4	2-5	20
5	2-5	25
6	2-5	30
7	2-5	35
8	2-5	40
9	2-5	45
10	2-5	50
11	2-5	55
12	2-5	60
13	2-5	65
14	2-5	70
15	2-5	75
16	2-5	80
17	2-5	85
18	2-5	90
19	2-5	95
20	2-5	100

ที่มา: hpc4.anamai.moph.go.th/workplace/files/paper_chap4.pdf

2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 2.8 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	เครื่องวัดอุณหภูมิวัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6.ซัลไฟด์ (Sulfide as H2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate

ตารางที่ 2.8(ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
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 ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 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. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี 5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl

ตารางที่ 2.8(ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างตามประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
17. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
18. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
19. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
20. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
21. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล	
22. แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	
23. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล	
24. นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
25. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล	
26. อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
27. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล	
28. 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

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน โดยมีวิธีในการดำเนินโครงงานดังนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

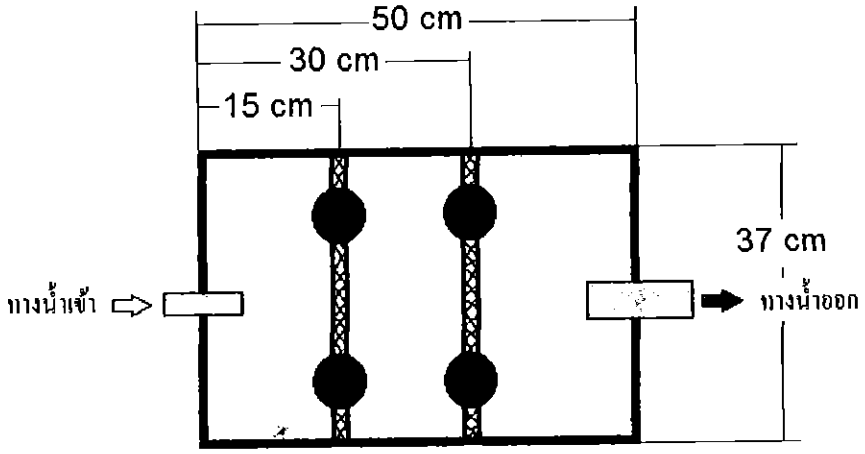
การศึกษาประสิทธิการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนในการบำบัดน้ำชะขยะโดยใช้แบบจำลองซึ่งทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธาโดยมีวัสดุอุปกรณ์ดังนี้

3.1.1 แบบจำลองสระเติมอากาศ

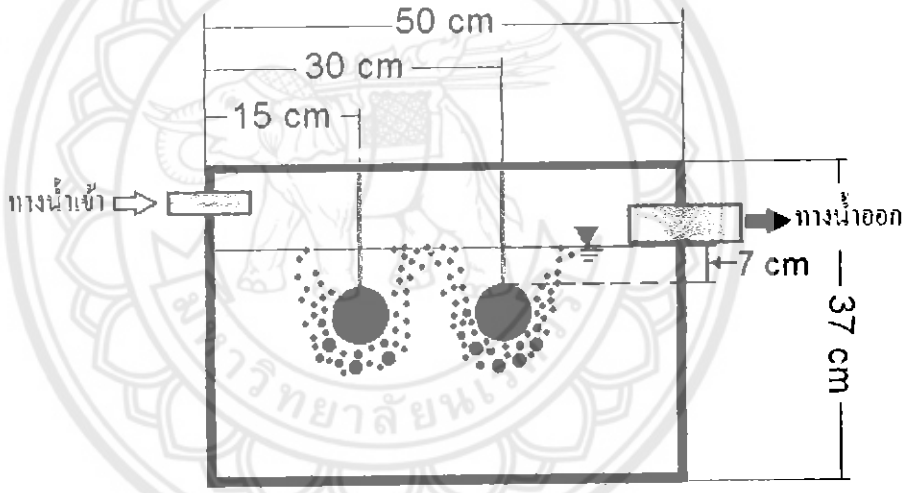
แบบจำลองสระเติมอากาศทำจากพลาสติกสีใสมีปริมาตร 50 ลิตร ปริมาตรการทดลองเท่ากับ 40 ลิตร ขนาดกว้าง 37 เซนติเมตร ยาวขนาด 50 เซนติเมตร และลึกของถัง 27 เซนติเมตร จำนวน 5ใบ และมีหัวเติมอากาศจำนวนถังละ 4 หัวต่อแบบจำลอง โดยที่ให้หัวเติมอากาศอยู่ลึกจากผิวน้ำ 7 เซนติเมตร เพื่อให้มีสภาพการกวนผสมแบบบางส่วนในระบบ ดังรูปที่ 3.1 - 3.3

รูปที่ 3.1 กล่องพลาสติกที่ใช้เป็นแบบจำลองสระเติมอากาศ

I5512025
WS.
ก522
2553



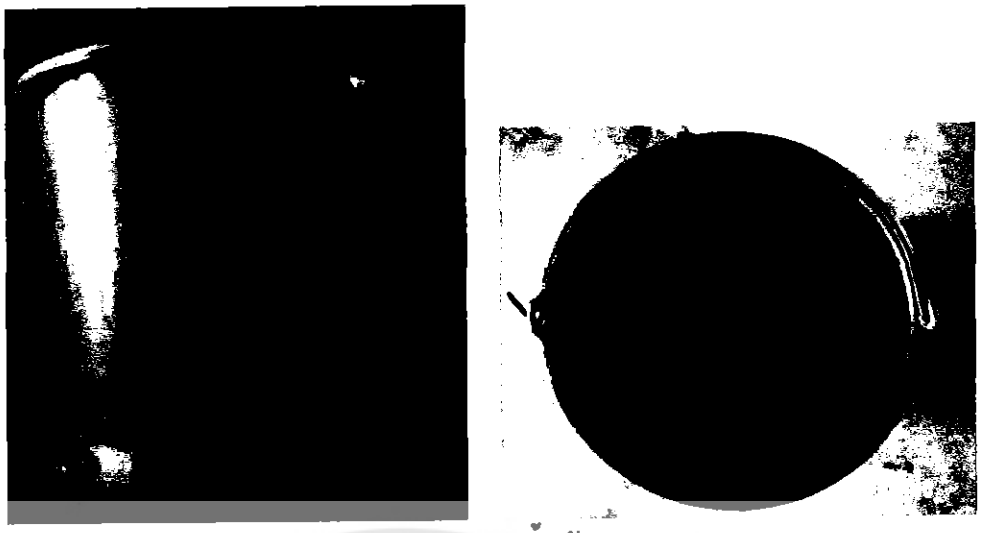
รูปที่ 3.2 แปลนแบบจำลองสระเติมอากาศ



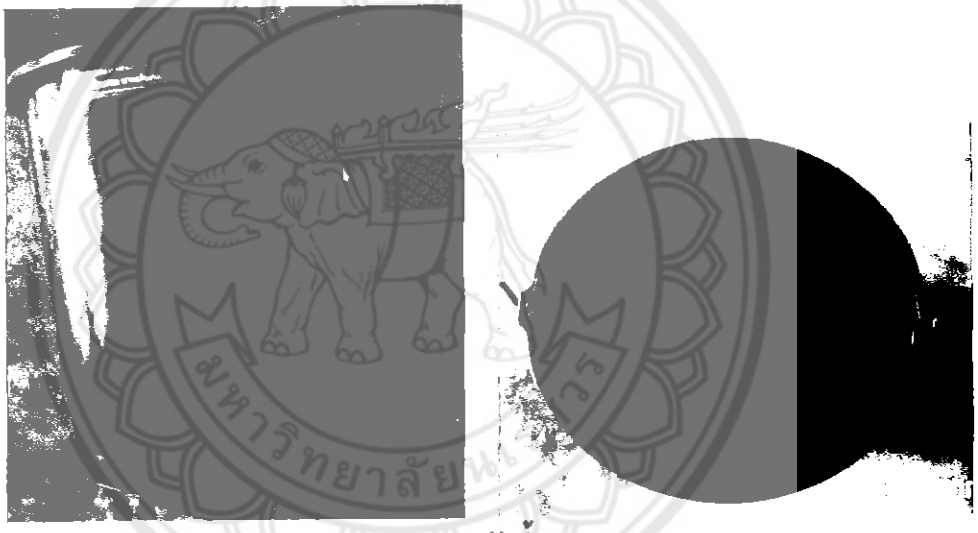
รูปที่ 3.3 รูปตัดแบบจำลองสระเติมอากาศ

3.1.2 ถังน้ำเข้าและถังน้ำออก

ถังน้ำเข้าและถังน้ำออกทำจากพลาสติก มีขนาดบรรจุ 10 ลิตร ทรงกระบอกสีดำและสีน้ำเงิน รองรับน้ำชะขยะที่ผ่านการบำบัดจากแบบจำลอง ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งน้ำในถังน้ำออกถูกนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านต่างๆ



ถังน้ำเข้า



ถังน้ำออก

รูปที่ 3.4 ถังน้ำเข้าและถังน้ำออกด้านข้างและด้านบน

3.1.3 เครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศ ยี่ห้อ YAMANO (Electromagnetic Air Pump) รุ่น AP-30 จำนวน 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.5 สามารถเติมอากาศได้ 60 ลิตรต่อนาที และเครื่องเติมอากาศ 1 เครื่อง ต่อเข้ากับหัวเติมอากาศจำนวน 10 หัว คิดเป็นอัตราการเติมอากาศ 5 ลิตรต่อนาทีต่อหัว

รูปที่ 3.5 เครื่องเติมอากาศ

3.1.4 เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ

การสูบน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังเติมอากาศใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีด **ยี่ห้อ** Watson Marlow 313s ความเร็วเท่ากับ 50 RPM และมีอัตราการไหลเท่ากับ 4.2 มิลลิลิตรต่อนาที **หรือ 4 ลิตรต่อวัน จำนวน** 5 เครื่อง ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ

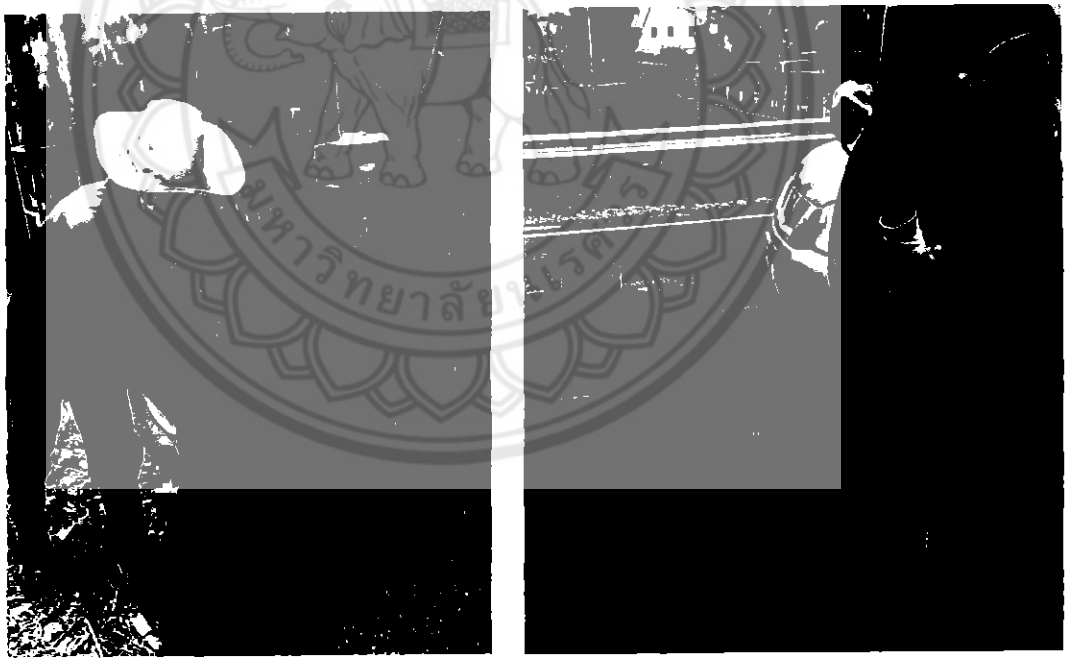
3.1.5 ตะกอน

ตะกอนที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นตะกอนที่นำมาจากถังตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลพุทธชินราช อ.เมือง จ.พิษณุโลก มีลักษณะดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ตะกอน

3.1.6 น้ำชะขยะ

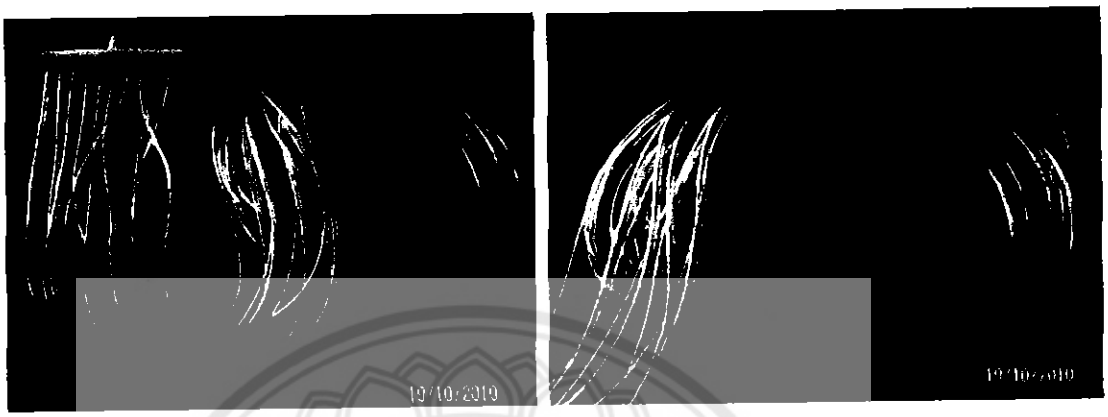
น้ำชะขยะนำมาจากรถเก็บขยะองค์การบริหารส่วนตำบลท่าโพธิ์บริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร ปริมาณ 30 ลิตร ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีค่าความเข้มข้น COD คือ 39,000 mg/l



รูปที่ 3.8 น้ำชะขยะ

3.1.7 สายยางสูบน้ำและสายอากาศ

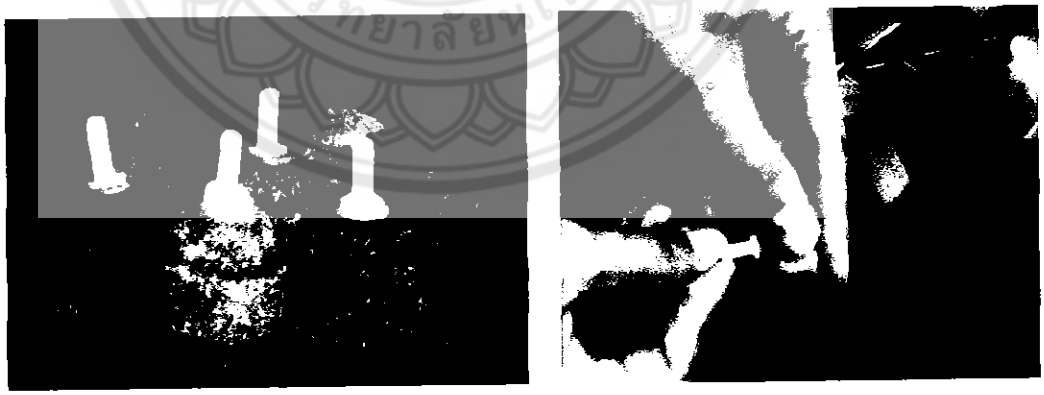
สายยางสูบน้ำและสายยางอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/32 นิ้ว ทำจากวัสดุซิลิโคนและโพลิโพรพิลีน



รูปที่ 3.9 สายยางสูบน้ำ

3.1.8 หัวกระจายอากาศแบบฟู่

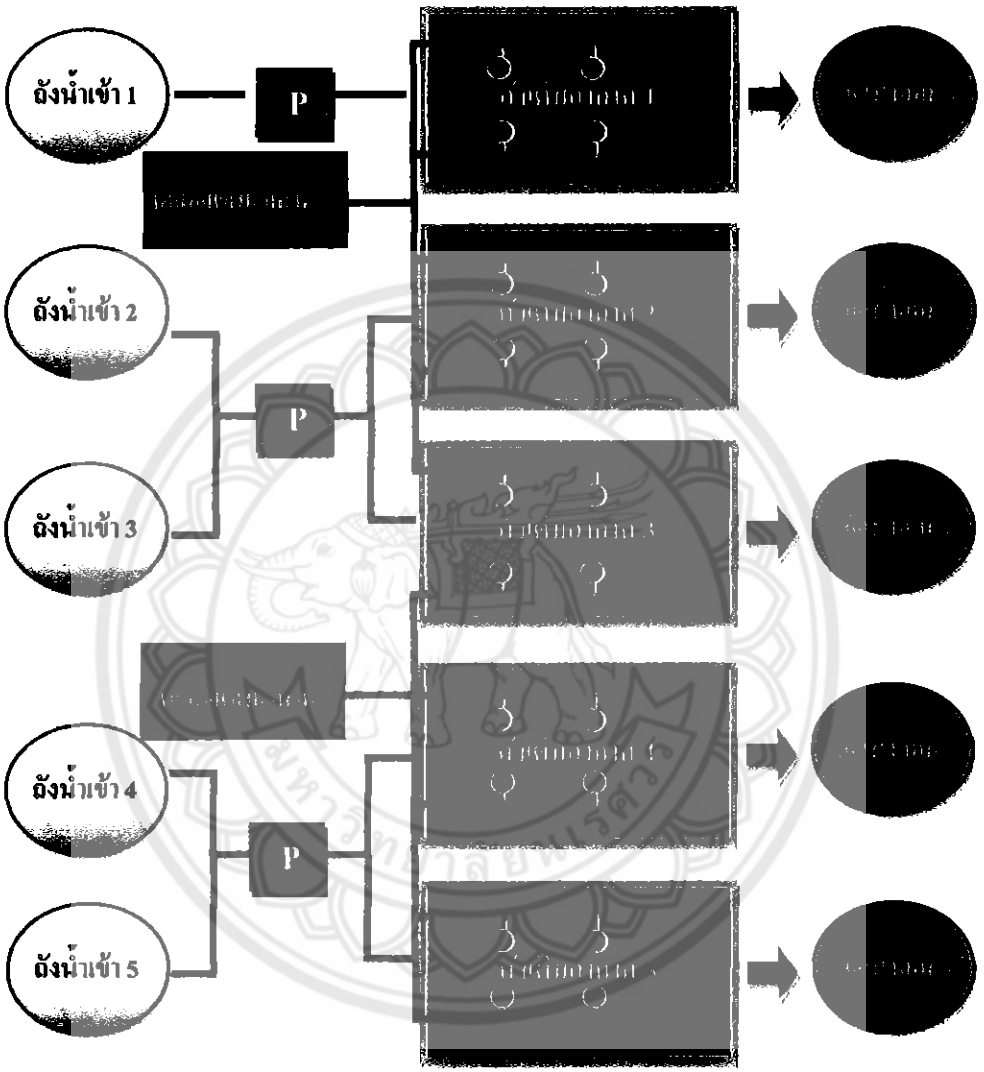
หัวกระจายอากาศแบบฟู่หรือที่เรียกกันว่า หัวทราย มีลักษณะครึ่งวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3 เซนติเมตร มีท่อสีขาวต่อตรงกลางเพื่อให้อากาศผ่านเข้าไป นิยมใช้ในการเติมอากาศในตู้ปลาสวยงาม ดังรูปที่ 3.10



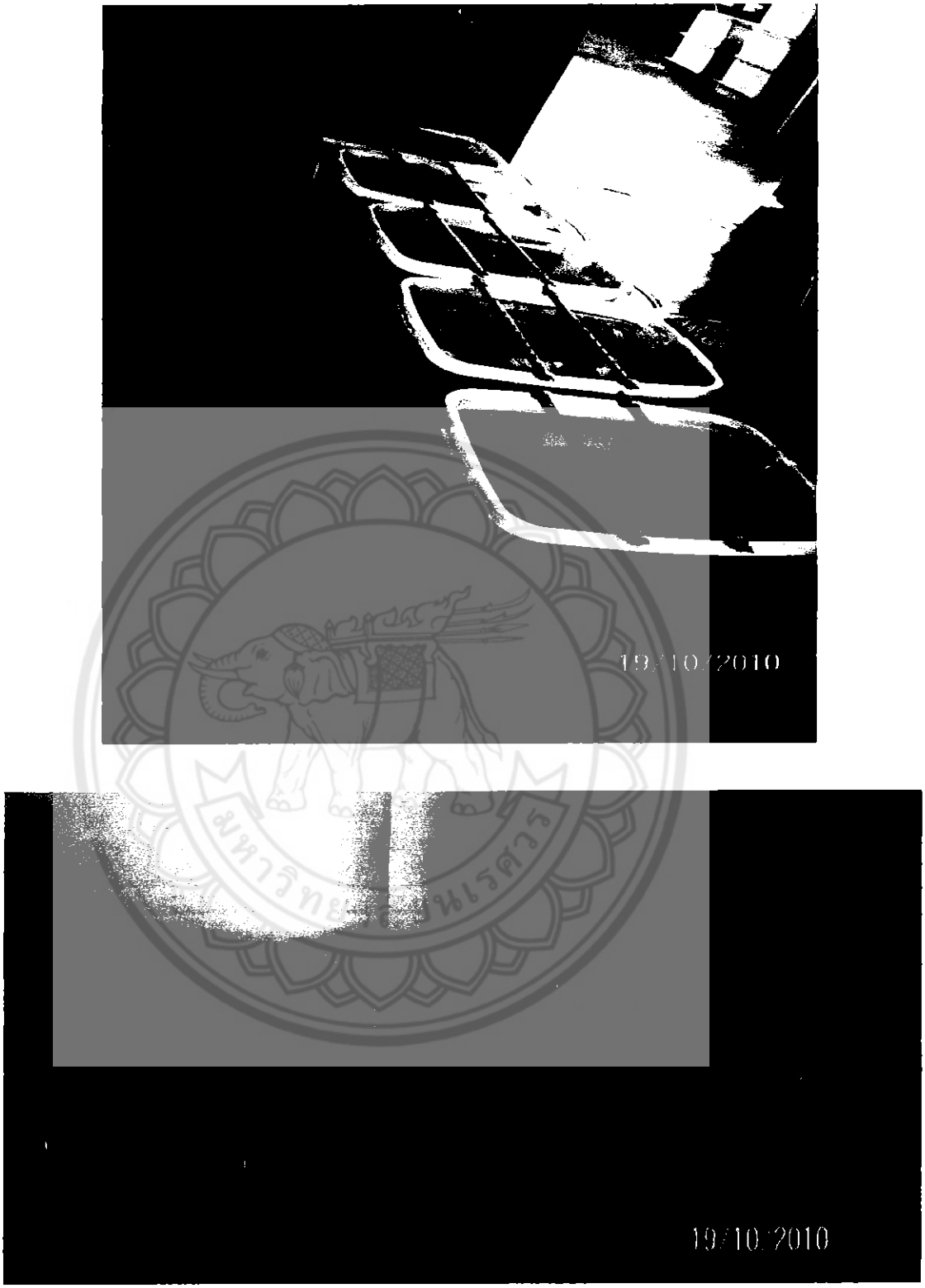
รูปที่ 3.10 หัวกระจายอากาศแบบฟู่

3.1.9 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน

ในการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนจะดำเนินการจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.11 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน



รูปที่ 3.12 แบบจำลองสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน

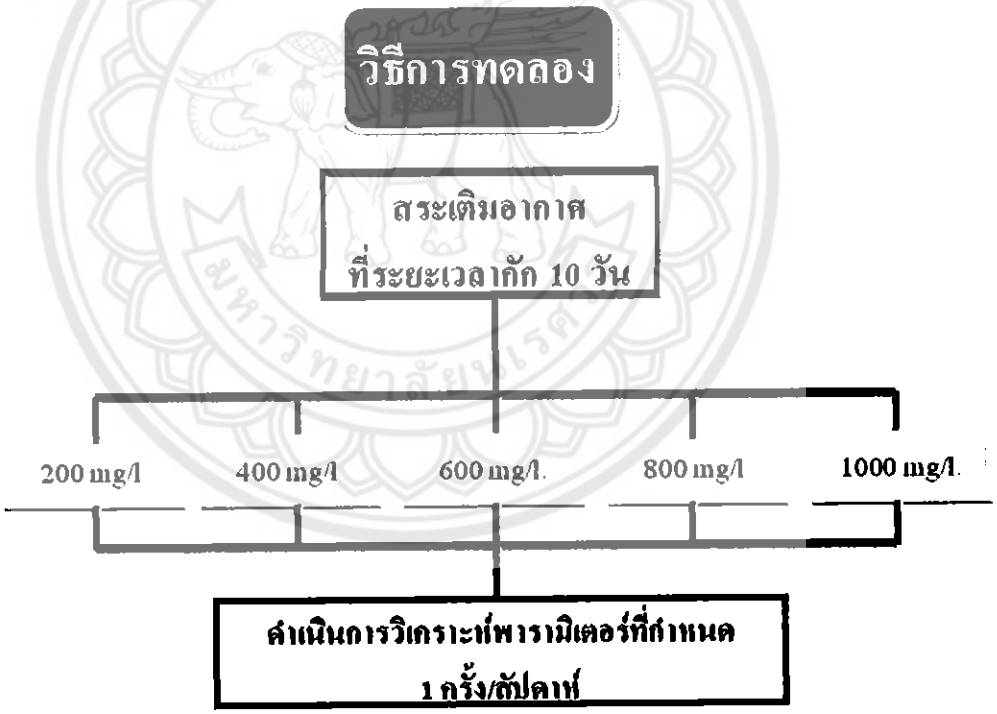
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 วิธีการทดลอง

3.2.1.1 เริ่มจากการนำตะกอนที่ทราบความเข้มข้นตามที่ต้องการ มาใส่ในแบบจำลองสระเติมอากาศ 4 ลิตร แล้วเติมน้ำประปาลงไปจนมีปริมาตรเท่ากับ 20 ลิตร เพื่อให้มีความเข้มข้นของตะกอนเริ่มต้นประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลาเก็บกัก 10 วัน แล้วเติมอากาศทิ้งไว้ 3 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ปรับตัวกับสภาพแวดล้อม จากนั้นนำน้ำชะขยะที่เตรียมความเข้มข้นตามที่กำหนดไว้มาเติมในแบบจำลองสระเติมอากาศในปริมาณที่เพิ่มวันละ5%

3.2.1.2 ทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาเก็บกัก 10วัน

3.2.1.3 ดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ตามคุณภาพน้ำในหัวข้อที่ 3.3 ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วิธีการทดลอง

3.2.2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดัง ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
ความเป็นกรดและด่าง	เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์
สภาพนำไฟฟ้า	เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Hanna Instrument รุ่น Dist 3
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ	วัดด้วย DO probe
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	โดยวิธีทำให้แห้งที่ 103-105 องศาในถ้วยระเหยด้วยเครื่องอังน้ำ(Water bath)
ของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศ	โดยวิธีทำให้แห้งที่ 103-105 องศา ซึ่งกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C
ของแข็งแขวนลอย	โดยวิธีทำให้แห้งที่ 103-105 องศา ซึ่งกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C
ค่าของแข็งระเหย	โดยวิธีการนำไปเผาที่ 550-600 องศา
ฟอสฟอรัส	ไนตริก-ซัลฟิวริก
ค่าซีโอดี	วิธี Close Reflux
ค่าบีโอดี	วิธี Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน
ค่า sv30	วิธี กระบอกตวงตั้งไว้ที่ 30 นาที
แอมโมเนีย	Kjeldahl nitrogen
ค่าทีดีเอส(TDS หรือ Total Dissolved Solids)	โดยวิธีทำให้แห้งที่ 103-105 องศา ซึ่งกรองผ่านกระดาษกรอง GF/Cในถ้วยระเหยด้วยเครื่องอังน้ำ(Water bath)
ค่าทีเคเอ็น(TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	Kjeldahl nitrogen

3.2.3 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่างแสดงดัง ตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง		
	ถังน้ำเข้า	ถังเติมอากาศ	ถังน้ำออก
pH	✓		✓
อุณหภูมิ	✓		✓
ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	✓		✓
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ		✓	
ของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศ		✓	
ค่าของแข็งแขวนลอย	✓		✓
ค่าของแข็งละลายน้ำ	✓		✓
ค่าของแข็งระเหย	✓		✓
ค่าบีโอดี	✓		✓
ค่า sv30		✓	
แอมโมเนีย	✓		✓
TDS	✓		✓
TKN	✓		✓
ค่าซีโอดี	✓		✓

3.2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่ใช้เปรียบเทียบในการทดลอง

มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้เปรียบเทียบในการทดลองนี้เป็นมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 นำมาเฉพาะดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ใช้ในการในการทดลอง

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.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. ค่าบีโอดี 5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
6. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล.	Kjeldahl
7. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion

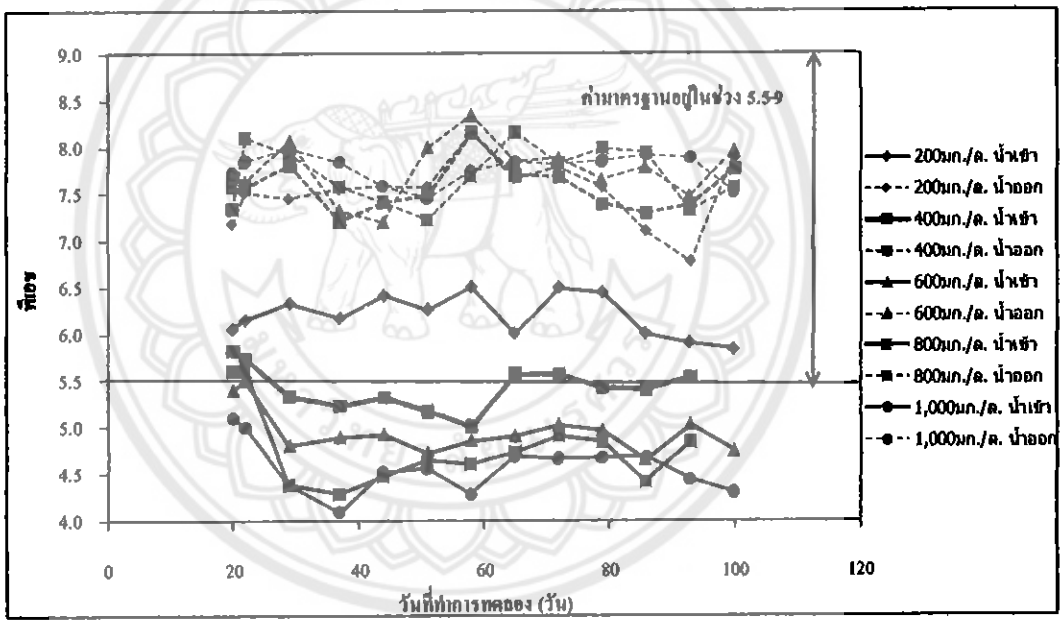
ที่มา : http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water04.html#s1 , 2553

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

โครงงานการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน มีผลการทดลองและวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

4.1 พีเอช

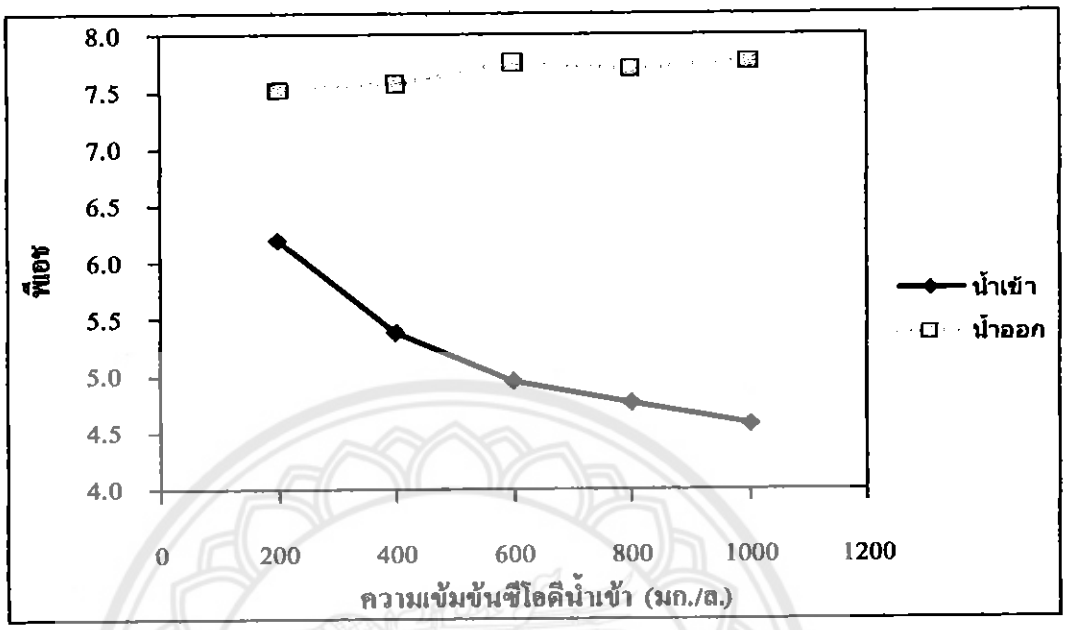
ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.2 ได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.1 แสดงค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่มีซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 100 200 400 600 800และ1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน พบว่าค่าพีเอชน้ำเข้าอยู่ในช่วง 4-6.60 โดยที่ความเข้มข้นของค่าซีโอดีน้ำเข้ามีค่าเป็นกรดและมีความแปรผันไม่มากนักในแต่ละความเข้มข้น ที่ความเข้มข้นมากพีเอชจะมีค่าต่ำเมื่อผ่านระบบบำบัด ค่าพีเอชของน้ำออกอยู่ในช่วง 6.7-8.34จะเห็นว่าค่าพีเอชน้ำเข้ามีค่าต่ำกว่าน้ำออกและแปรผันเล็กน้อย พีเอชไม่เป็นไปตามความเข้มข้น น้ำออกมีพีเอชเป็นกลาง-ด่างอ่อนดังนั้นจึงมีค่าสูงกว่าน้ำเข้า และ เมื่อนำมาเทียบกับค่า

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมค่าพีเอชควรอยู่ในช่วง 5.5-9 พบว่าผ่านมาตรฐานทุกความเข้มข้นตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง

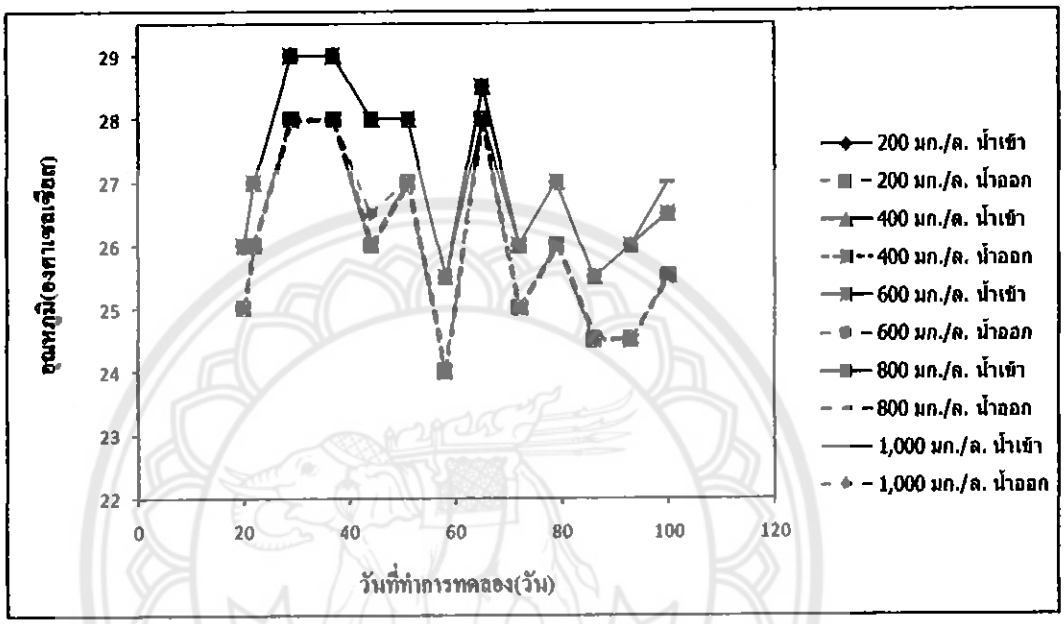
จากรูปที่ 4.2 แสดงค่าพีเอชเฉลี่ยน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่มีซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 100 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 พบว่าค่าพีเอชเฉลี่ยน้ำเข้าอยู่ในช่วง 4.57 - 6.19 ค่าพีเอชเฉลี่ยน้ำออกอยู่ในช่วง 7.52 - 7.77 แสดงให้เห็นว่าพีเอชน้ำออกสูงกว่าน้ำเข้าเพราะระบบมีการปรับตัวและรักษาสภาพให้อยู่ในรูปสมดุล และค่าเฉลี่ยพีเอชน้ำเข้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าคือ เมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชของน้ำเข้ามีค่าลดลง

4.2 อุณหภูมิ

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิของน้ำที่เข้าระบบและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้ทราบถึงอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกมีความใกล้เคียงกันทุกๆถัง โดยส่วนใหญ่น้ำเข้ามีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำออกแสดงว่ามีการปลดปล่อยพลังงานภายในถังและมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 24-29 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงวัน60-80 ของการเดินระบบ

พบว่าที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกเท่ากัน คือที่ 28 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมพบว่ามีค่าผ่านมาตรฐาน คือไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มค่าอุณหภูมิเท่ากันทุกๆความเข้มข้นซีโอดี พบว่าความเข้มข้นซีโอดีเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 4.3 ค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร

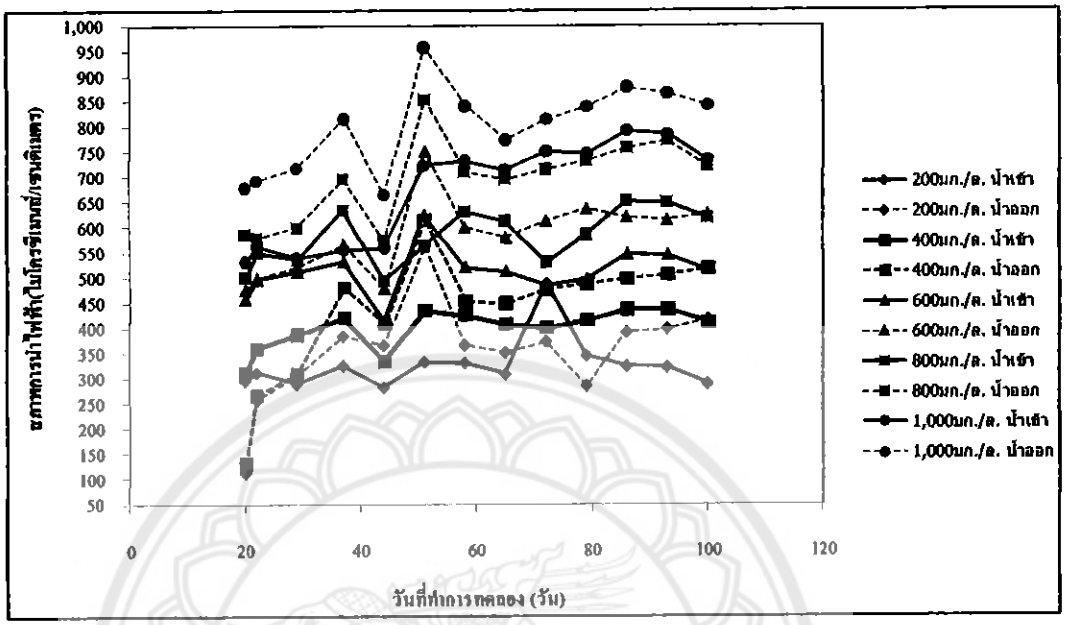
4.3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำที่เข้าระบบและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.6ได้ดังนี้

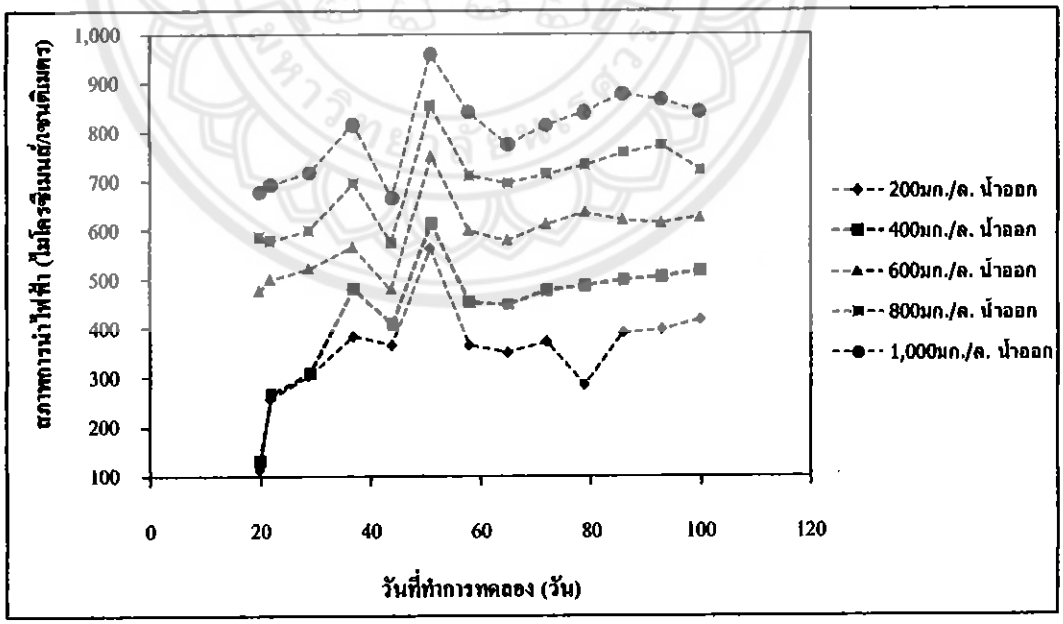
จากรูปที่ 4.4 แสดงให้ทราบว่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน พบว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้าของทั้งน้ำเข้าและน้ำออก มีค่าแปรผันกับค่าความเข้มข้นของน้ำเข้า มีการกำจัดสิ่งที่มีประจุเกิดขึ้นทำให้มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อผ่านการบำบัด

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้ทราบว่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน พบว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้ำออก

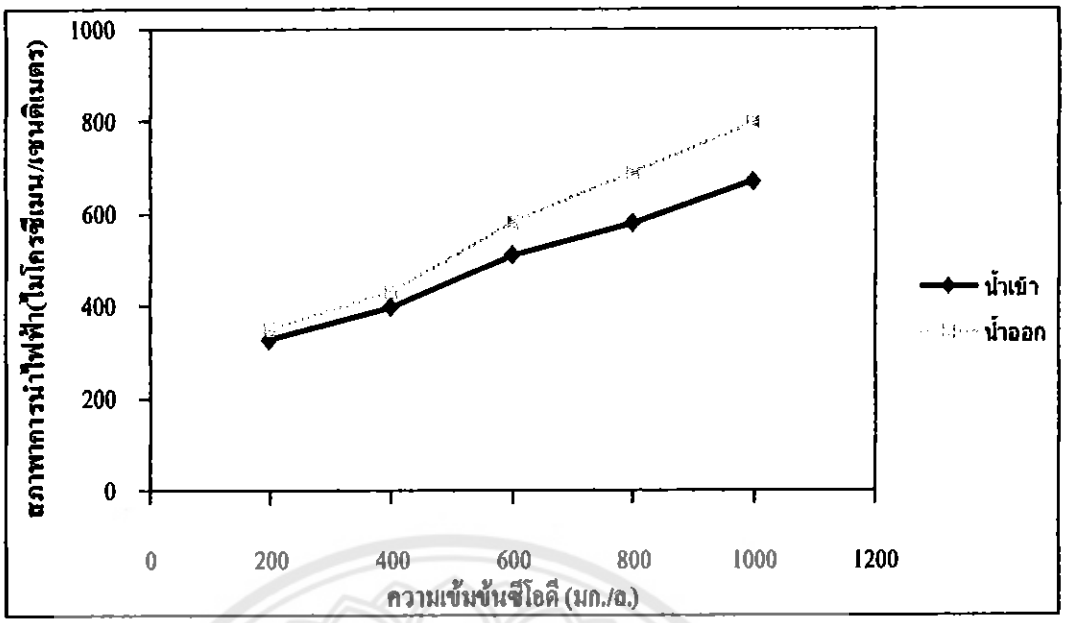
มีค่าแปรผันกับค่าความเข้มข้นของน้ำเข้า ที่ความเข้มข้นต่ำมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกต่ำตามไปด้วย และมีค่าไม่คงที่ในแต่ละความเข้มข้น



รูปที่ 4.4 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.5 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



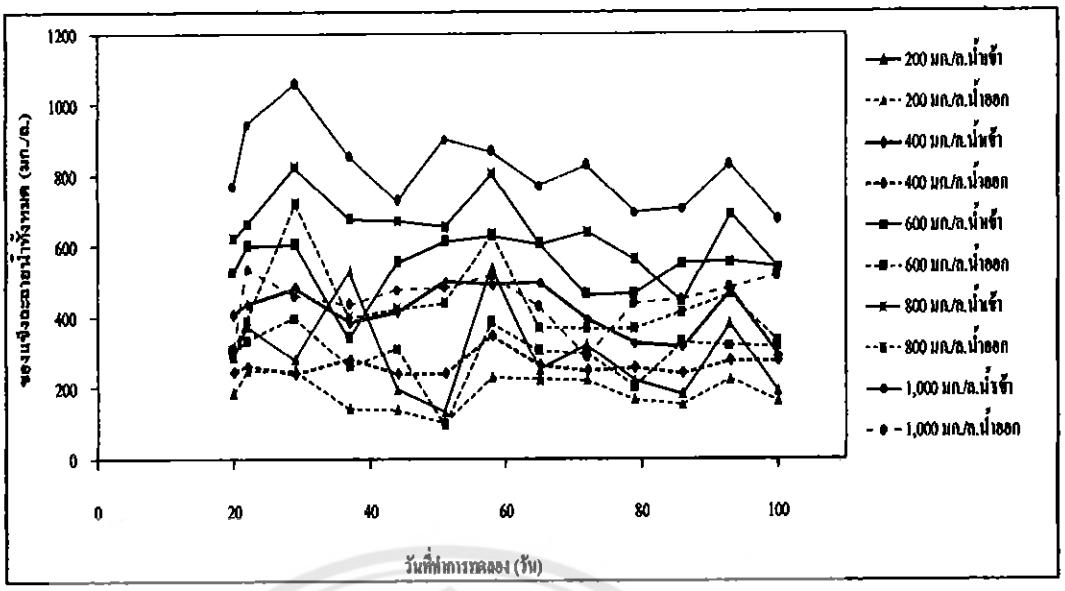
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้ทราบว่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยต่ำสุดของน้ำเข้ามีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 326.77 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้าสูงสุดเท่ากับ 670.54 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และค่าเฉลี่ยต่ำสุดของน้ำออกมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 350.38 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำออกสูงสุดเท่ากับ 797.77 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร จากรูปที่ 4.6 จะทำให้ทราบว่า ค่าเฉลี่ยของสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกมีแนวโน้มส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

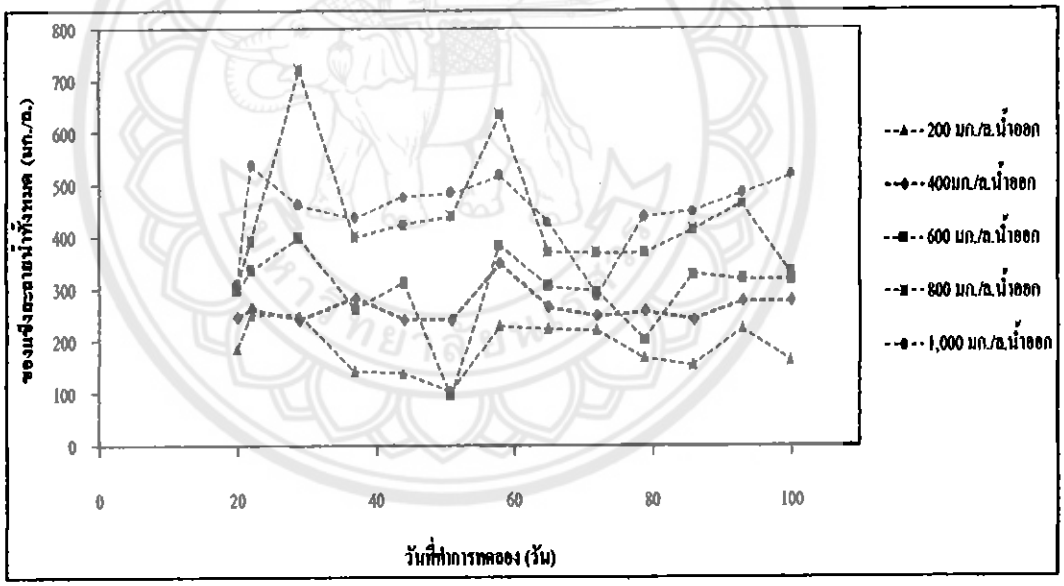
4.4 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.15 ได้ดังนี้

จากรูปที่ 4.7 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด น้ำเข้ามีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นสูงที่สุด จนวันที่ 58 ของการทดลองและมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และน้ำออกมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดค่อนข้างคงที่อย่างต่อเนื่อง



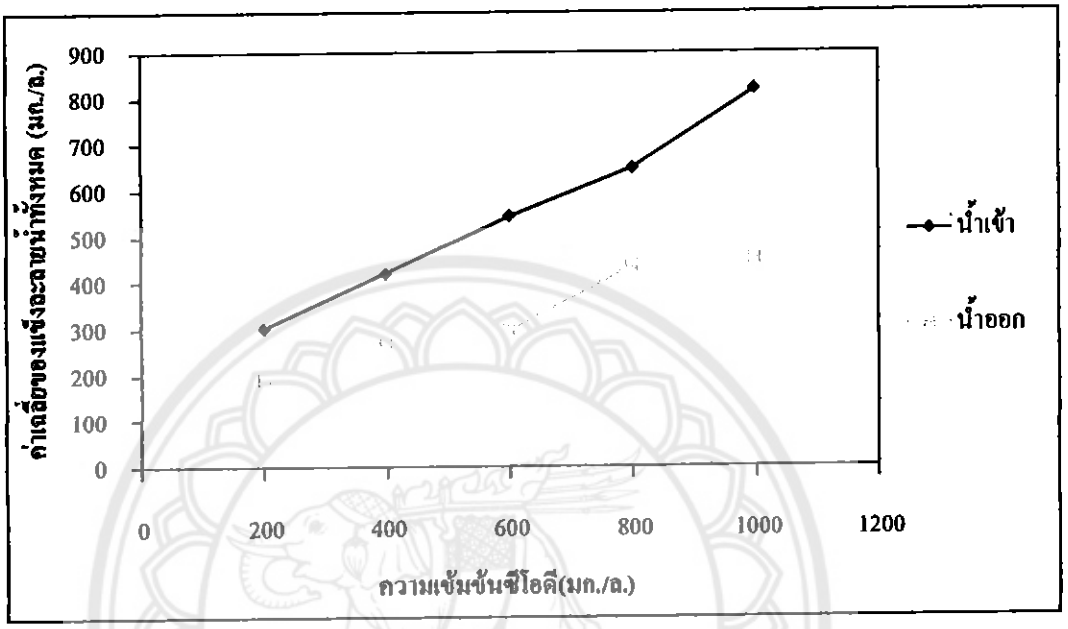
รูปที่ 4.7 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัม ต่อลิตร



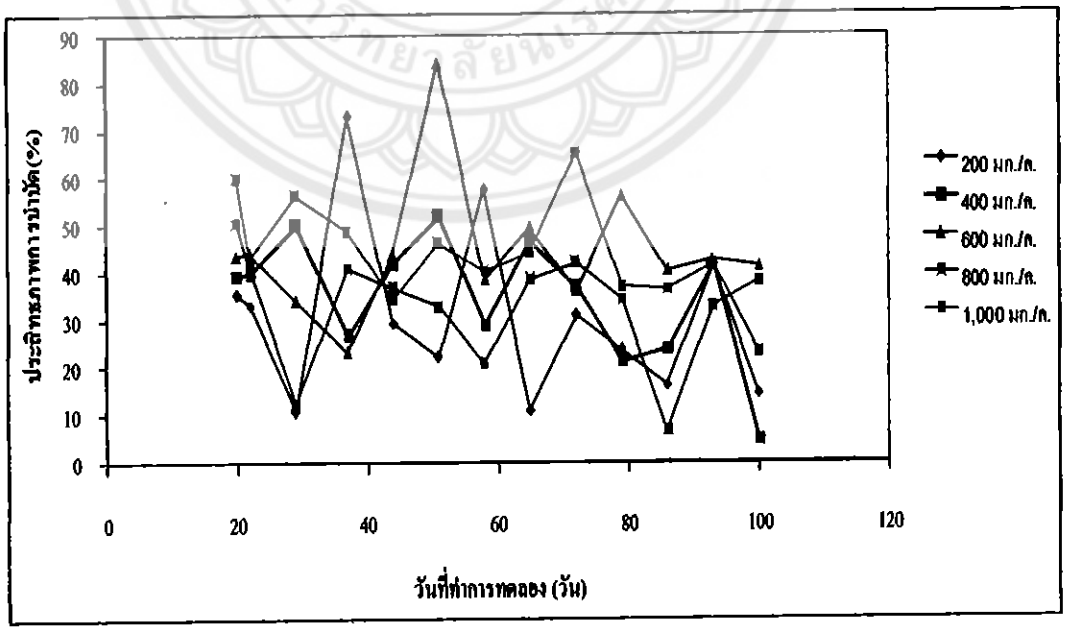
รูปที่ 4.8 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.8 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดน้ำออกมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มขึ้นและลดลงค่อนข้างคงที่อย่างต่อเนื่อง น้ำออกแปรผันตามความเข้มข้น มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 96 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่

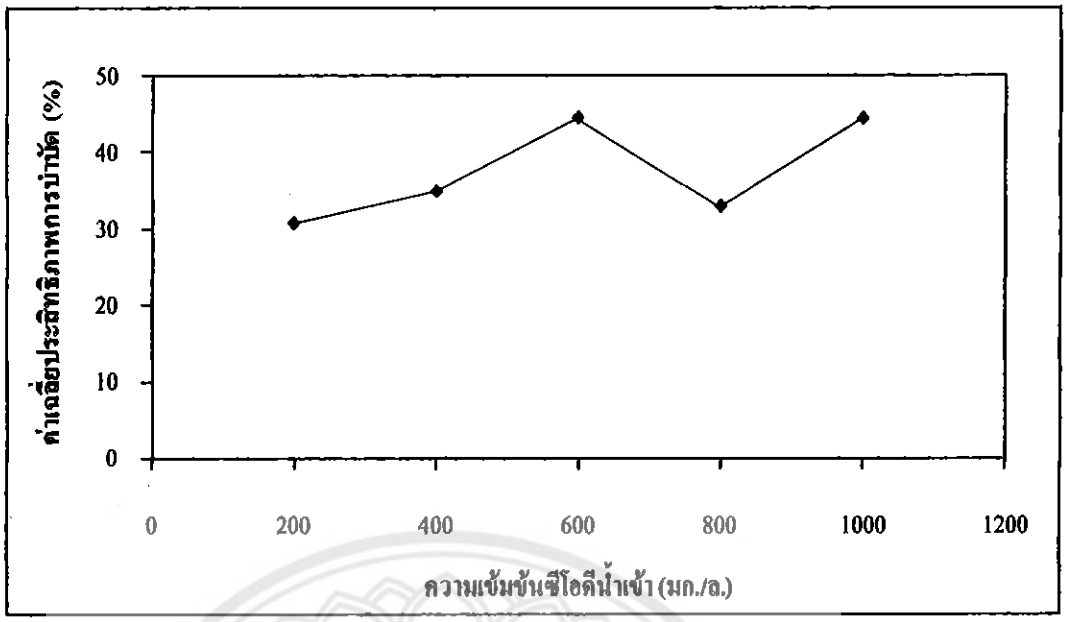
ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดเท่ากับ 1,060 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าผ่านมาตรฐานทุกความเข้มข้นตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง



รูปที่ 4.10 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของแบบจำลอง

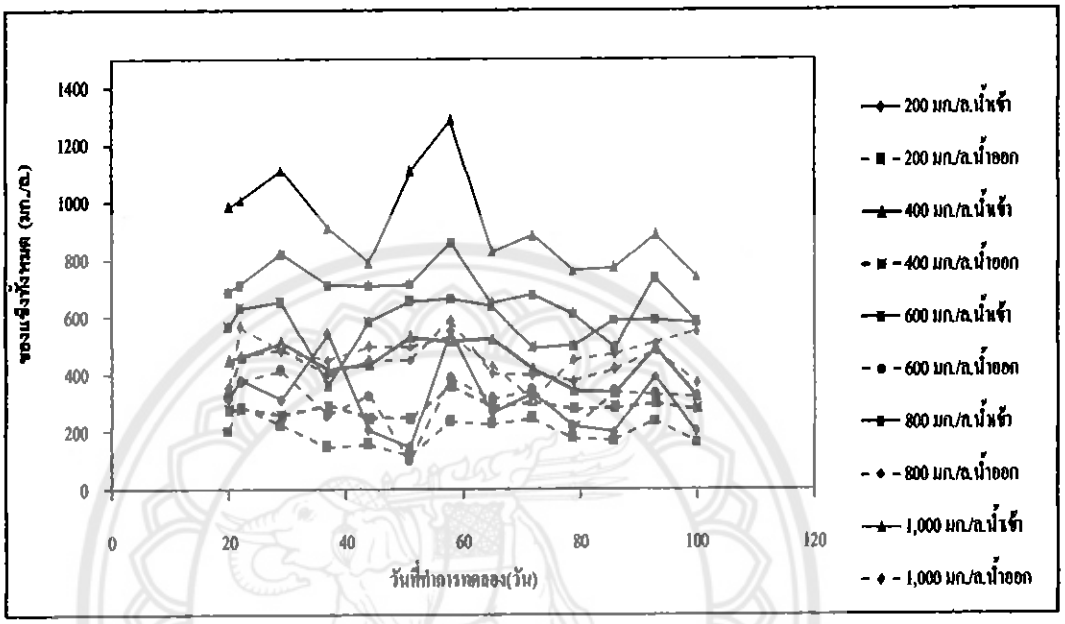
จากรูปที่ 4.9 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด น้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำเข้าและน้ำออกมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า คือ เมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเพิ่มขึ้น ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างไม่คงที่

จากรูปที่ 4.11 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการบำบัดแปรผันอยู่ในช่วง ร้อยละ 30.79- 44.51 และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 44.51 และ ต่ำสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 30.79 ในช่วงแรกของการเดินระบบพบว่ามีค่าประสิทธิภาพในการบำบัดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีค่ามากที่สุดที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.5 ของแข็งทั้งหมด

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.12 ถึง 4.16 ได้ดังนี้



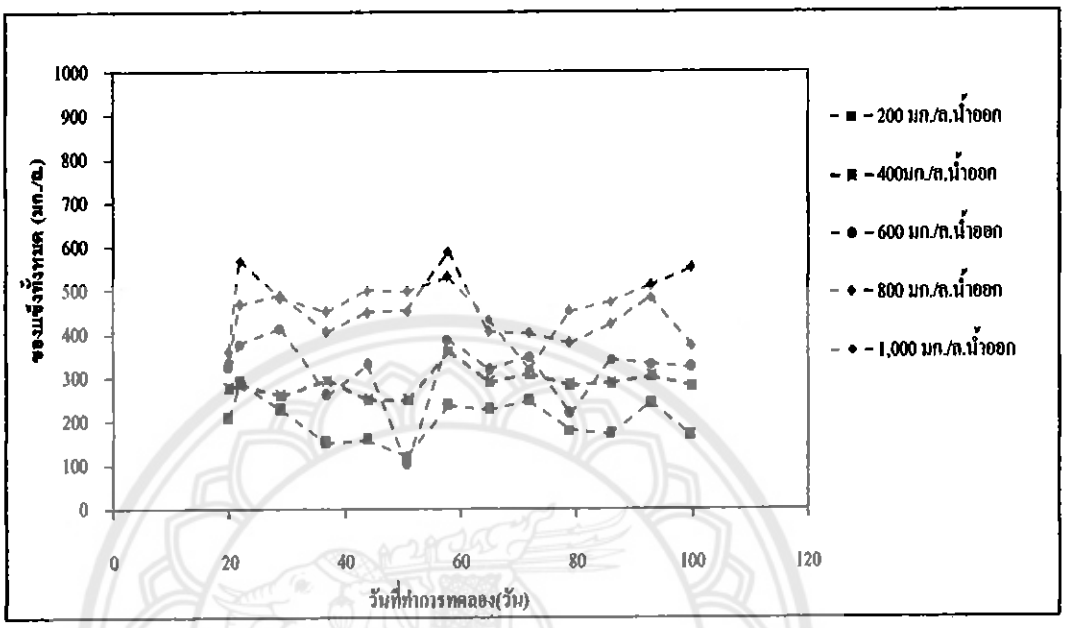
รูปที่ 4.12 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าของแข็งทั้งหมดน้ำเข้ามีค่าของแข็งทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ในวันที่ 58 ของการทดลองและมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และน้ำออกมีค่าของแข็งทั้งหมดค่อนข้างคงที่อย่างต่อเนื่อง

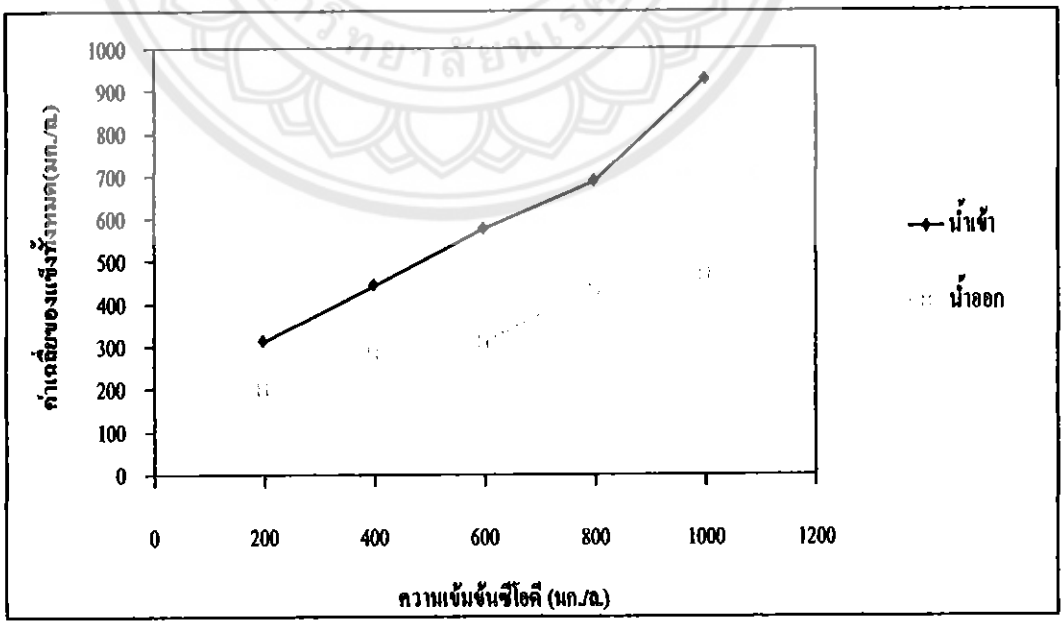
จากรูปที่ 4.13 แสดงค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าของแข็งทั้งหมดน้ำออกมีค่าของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นและลดลงค่อนข้างคงที่อย่างต่อเนื่อง

จากรูปที่ 4.14 แสดงค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าแของแข็งทั้งหมดน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง และค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำเข้าและน้ำออกมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า คือ เมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเพิ่มขึ้น ค่าของแข็งทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

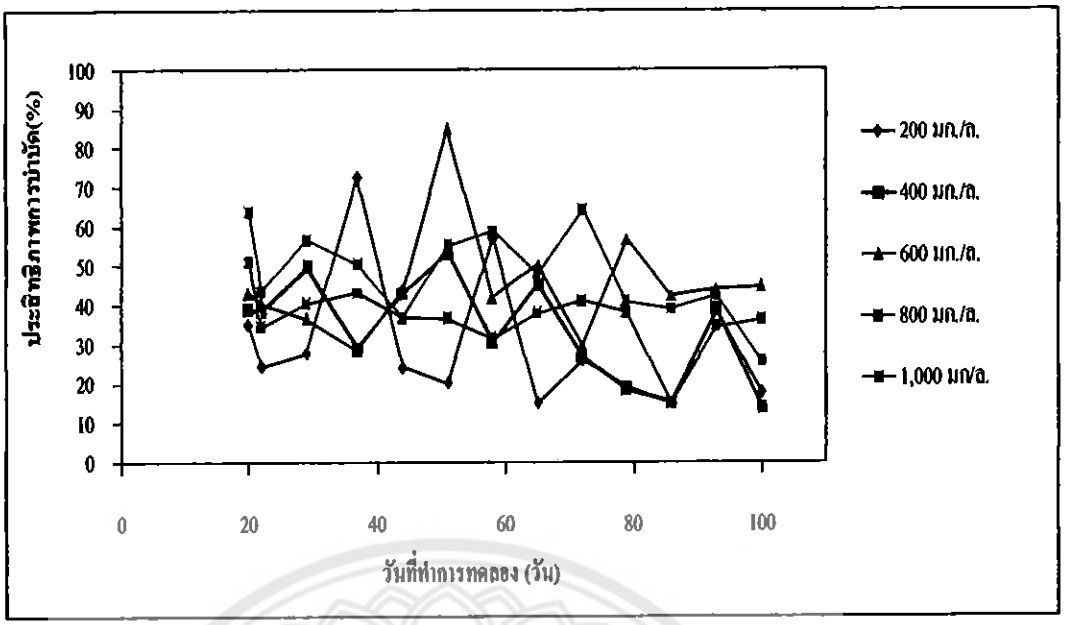
จากรูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่อง



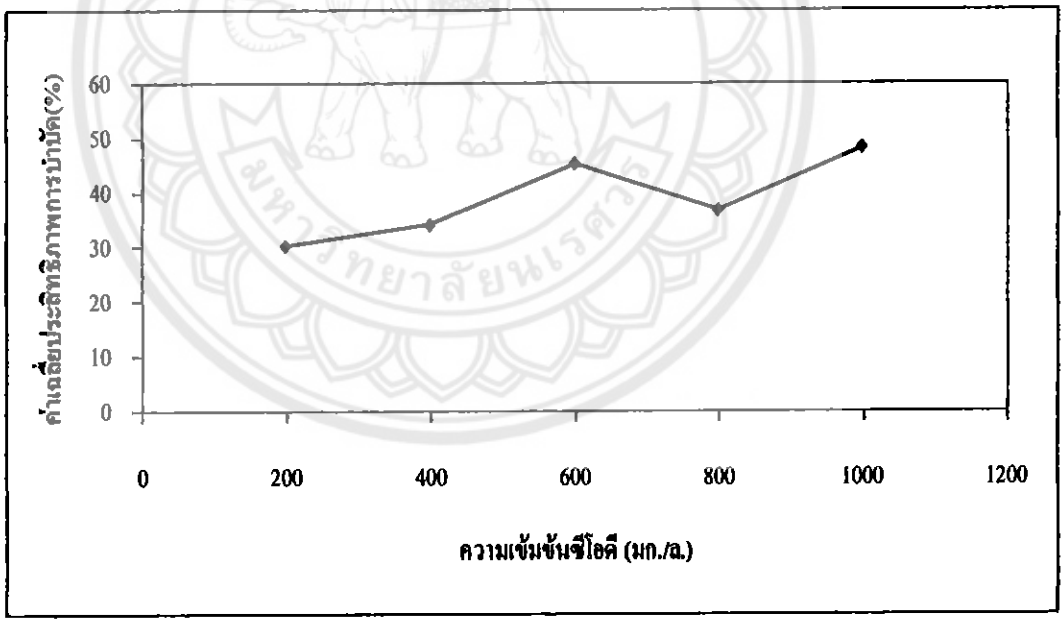
รูปที่ 4.13 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง



รูปที่ 4.15 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



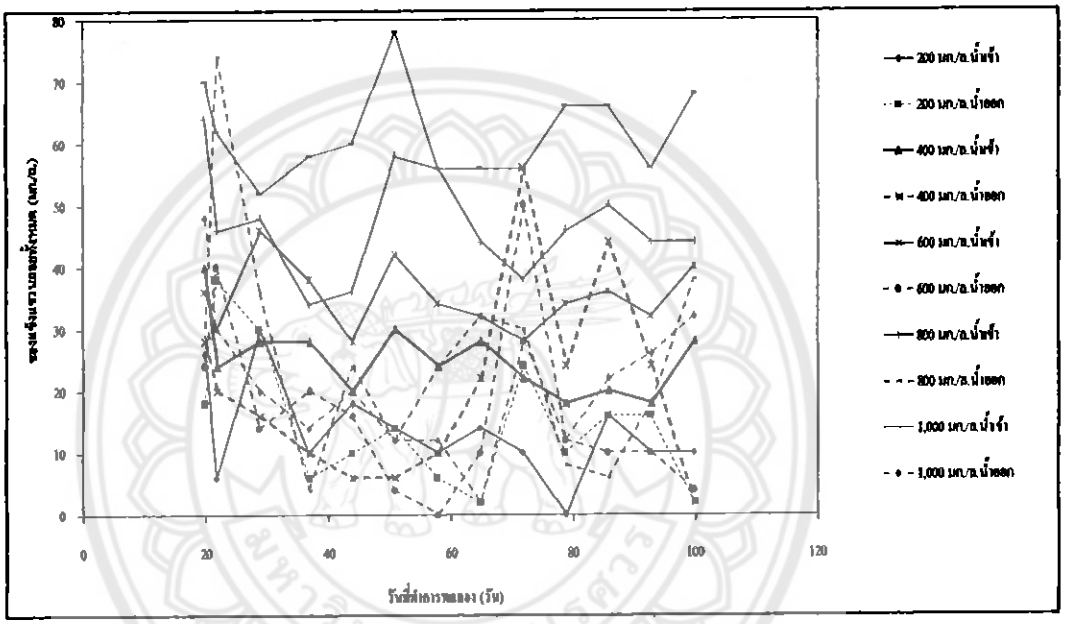
รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมดของแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมด ที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการบำบัดแปรผันอยู่ในช่วง ร้อยละ 30.24- 49.45 และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ

1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 49.45 และ ต่ำสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 30.24

4.6 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.21 ถึง 4.25 ได้ดังนี้

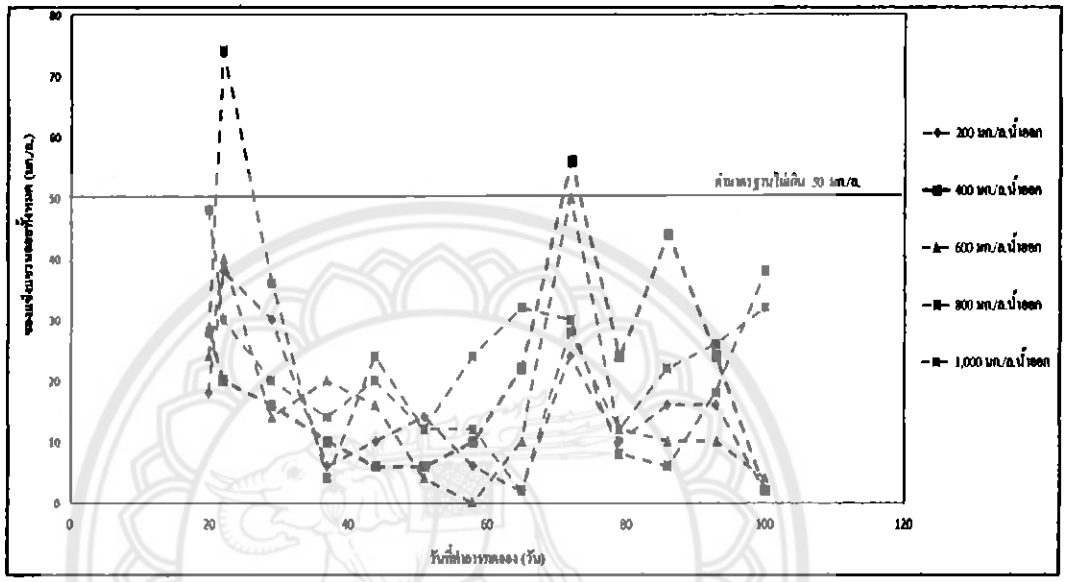


รูปที่ 4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

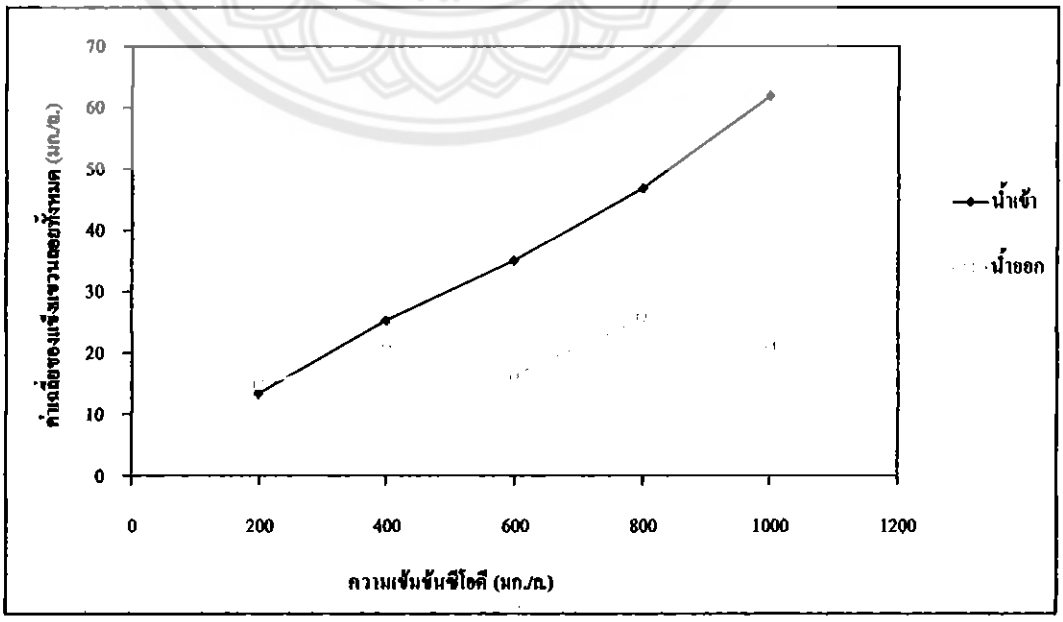
จากรูปที่ 4.17 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดน้ำเข้ามีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นสูงที่สุด จนในวันที่ 51 ของการทดลองและมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และน้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงคอย่างต่อเนื่อง จนวันที่ 72 ของการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่าของแข็งแขวนลอยแปรผันตามความเข้มข้น ที่ความเข้มข้นสูงมีค่าของแข็งแขวนลอยสูง

จากรูปที่ 4.18 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดน้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่แปรผันตามความเข้มข้นและลดลงอย่าง

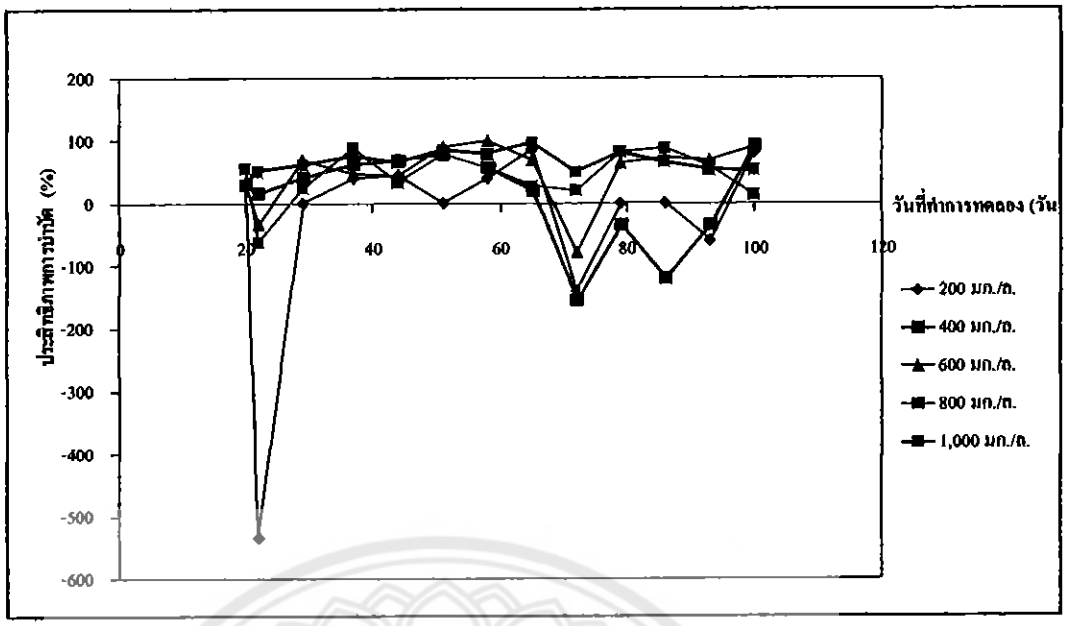
ต่อเนื่อง จนวันที่ 72 ของการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อนำมาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมค่าของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่าของแข็งแขวนลอยที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ยกเว้นวันที่ 22 ของการทดลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตรและวันที่ 72 ของการทดลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งแขวนลอยที่ทำการทดลองมีค่าเกินว่ามาตรฐาน



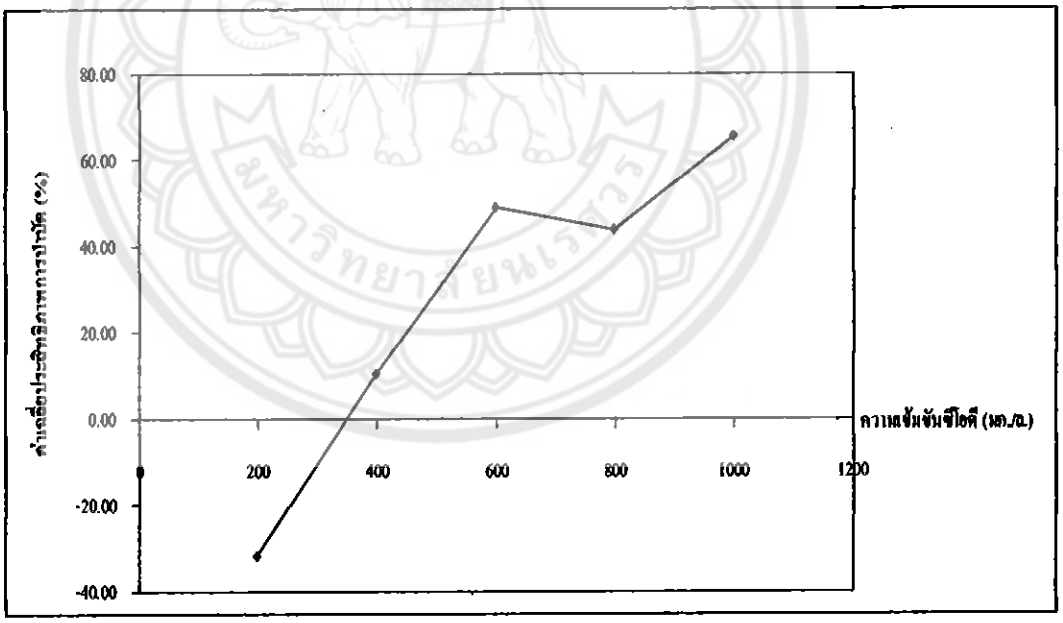
รูปที่ 4.18 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง



รูปที่ 4.20 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.19 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด น้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง ยกเว้นที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่ามากกว่าน้ำเข้า และค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยทั้งหมดน้ำเข้ามี

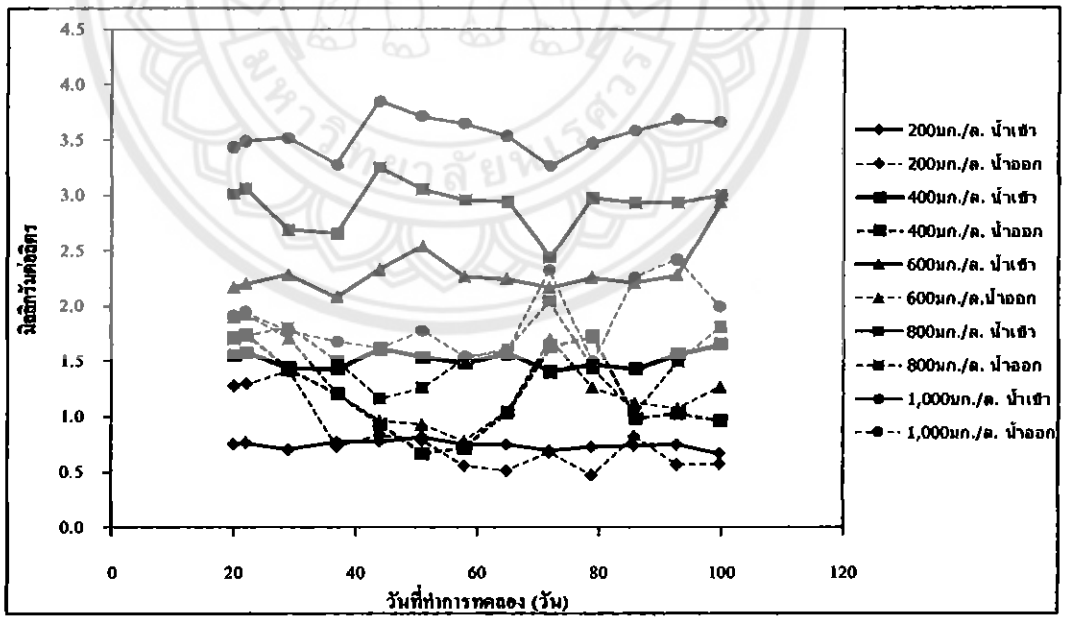
ความสัมพันธ์กับความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าคือ เมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชของน้ำเข้ามีค่าลดลง

จากรูปที่ 4.20 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ยกเว้นที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีประสิทธิภาพติดลบคือไม่มีการบำบัดเกิดขึ้น และในวันที่ 72 ของการทดลองมีประสิทธิภาพลดลง

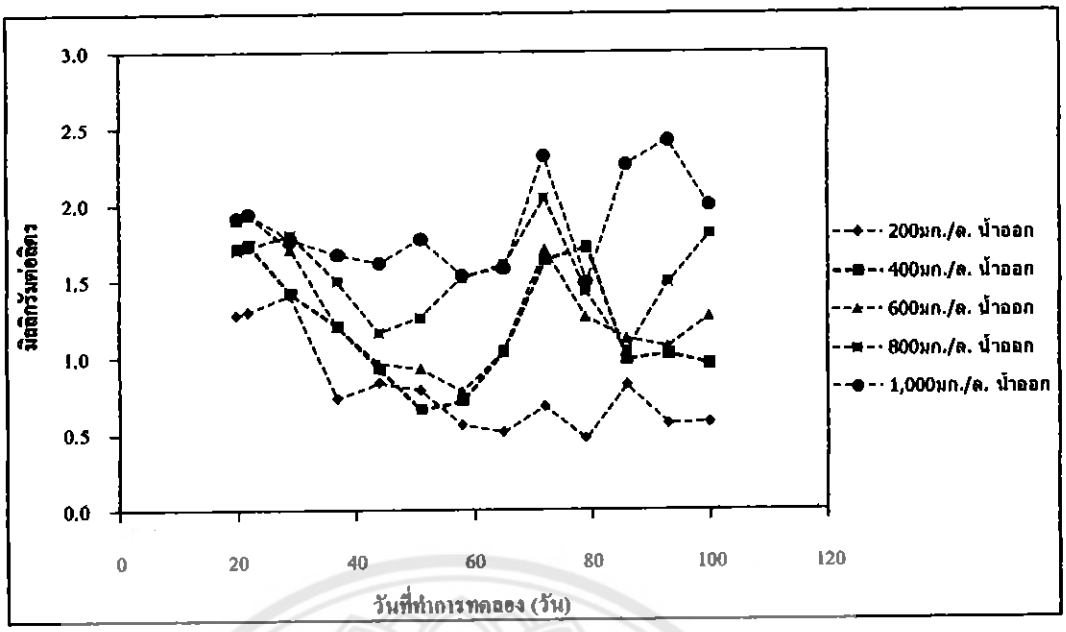
จากรูปที่ 4.21 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการบำบัดแปรผันอยู่ในช่วง ร้อยละ -31.72 – 65.52 และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 65.52 และ ต่ำสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ -31.72

4.7 ฟอสฟอรัส

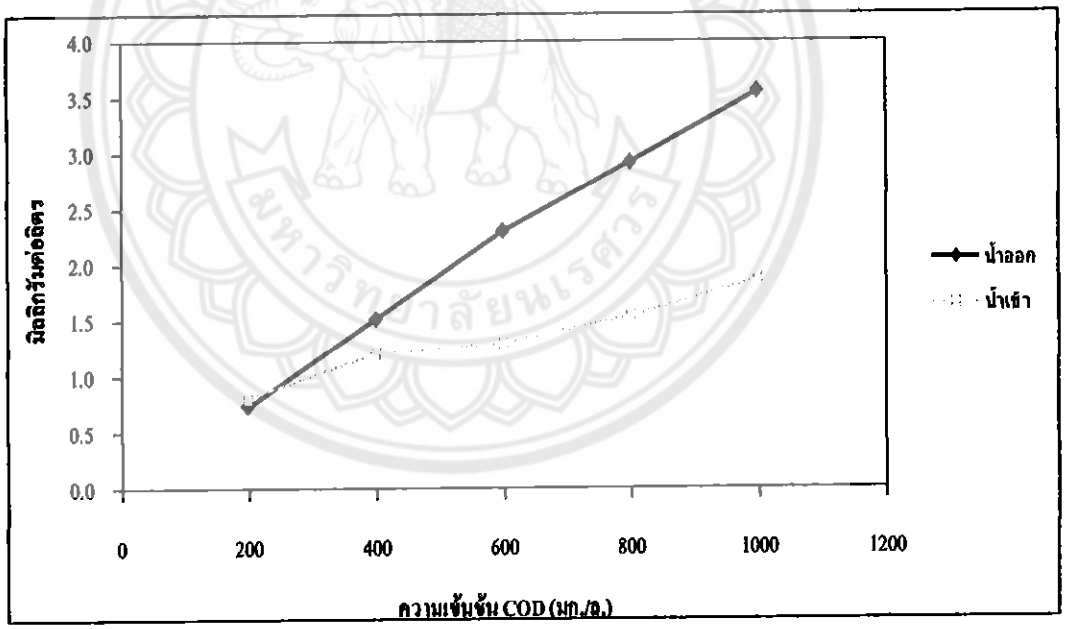
ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.22 ถึง 4.26 ได้ดังนี้



รูปที่ 4.22 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.23 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



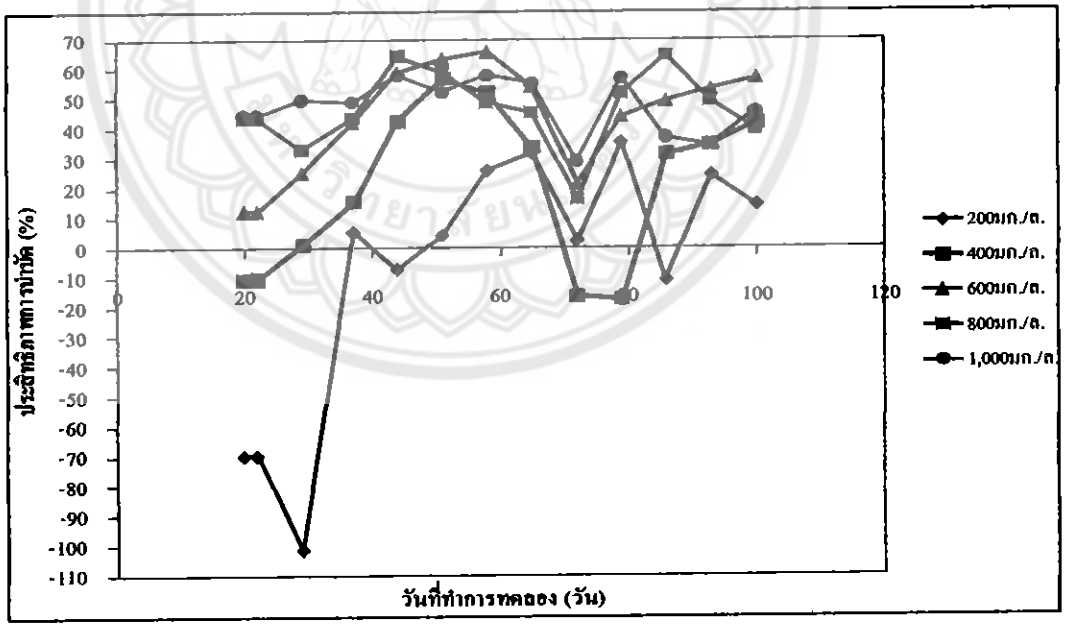
รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.22 แสดงค่าฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าฟอสฟอรัสน้ำเข้ามีค่าไม่คงที่จนถึงวันที่ 44 และ 72 ของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นและน้ำออกมีแนวโน้มของค่าฟอสฟอรัสในวันที่ 51 ของการทดลองและเพิ่มขึ้นในวันที่ 72 ของการทดลอง

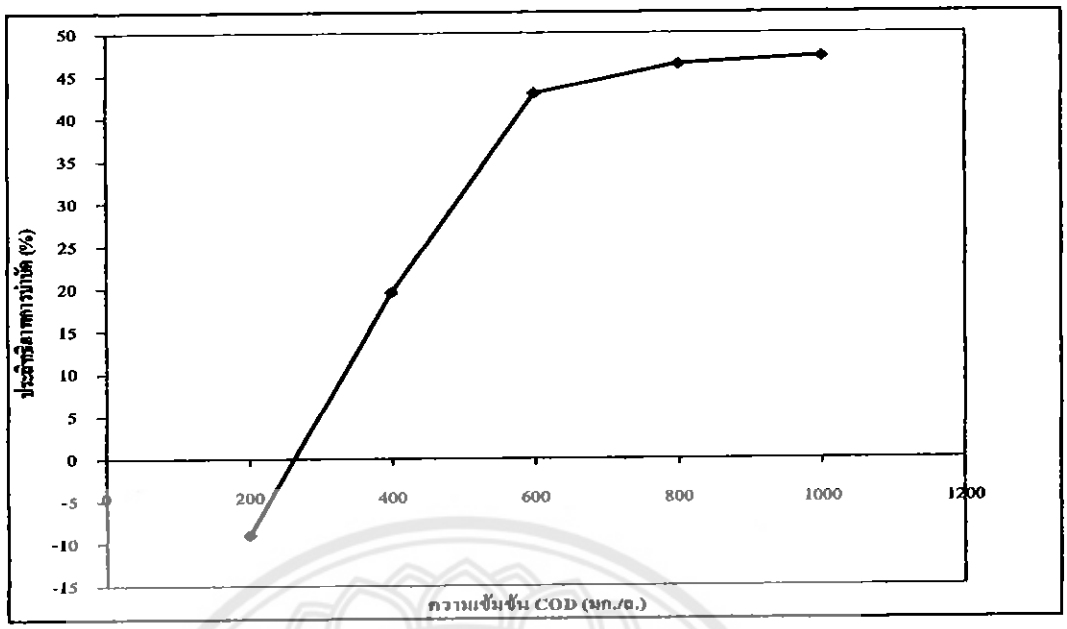
จากรูปที่ 4.23 แสดงค่าฟอสฟอรัสของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า มีแนวโน้มของค่าฟอสฟอรัสน้ำเข้ามีแนวโน้มไม่คงที่จนถึงวันที่ 44 และ 72 ของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นและน้ำออกมีแนวโน้มของค่าฟอสฟอรัสในวันที่ 51 ของการทดลองและเพิ่มขึ้นในวันที่ 72 ของการทดลอง ค่าต่ำสุดคือที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร วันที่ 79 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.468 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าสูงสุดคือที่ความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร วันที่ 86 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 2.414 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.24 แสดงค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำเข้ามีค่าแปรผันกับความเข้มข้นของซีโอดีน้ำเข้า และน้ำออกมีแนวโน้มไม่คงที่

จากรูปที่ 4.25 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในช่วงแรกของการเดินระบบจนถึงวันที่ 40 ของการทดลองระบบไม่มีการบำบัดและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงวันที่ 72 ของการทดลองมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดลดลง และประสิทธิภาพกรบำบัดอยู่ในช่วง 0 ถึง 47 เปอร์เซ็นต์ สารอาหารย่อยไม่บำบัดทำให้เซลล์ตายและเพิ่มฟอสฟอรัสให้ระบบ



รูปที่ 4.25 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสของแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.26 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส ที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มข้นของซีโอดี ในช่วงแรกประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจาก ที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดค่อยๆเพิ่ม และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 47.17 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีการบำบัด

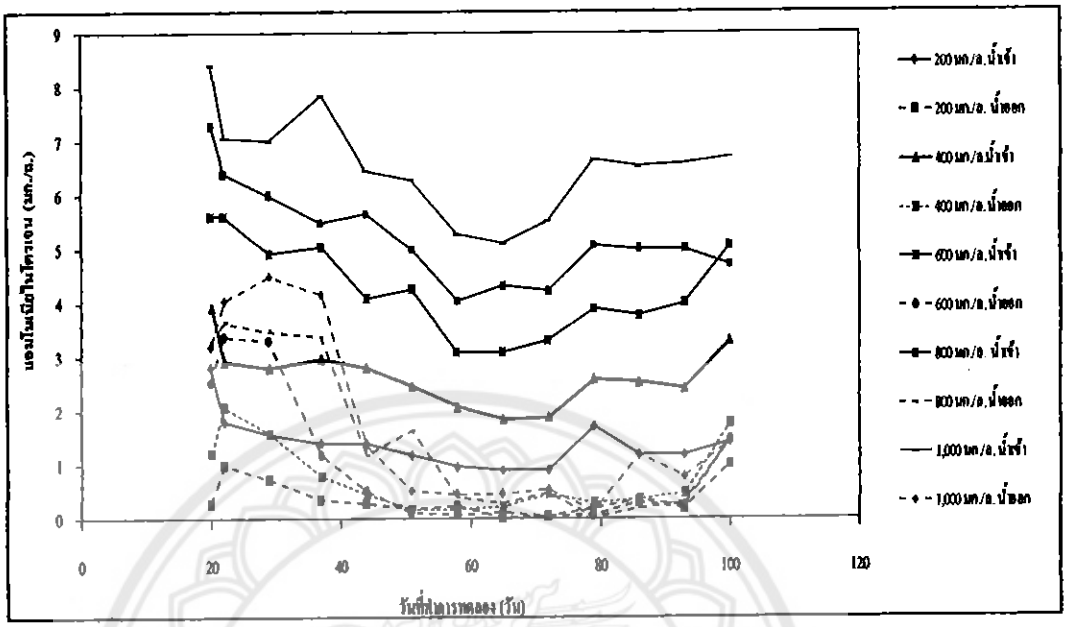
4.8 แอมโมเนีย - ไนโตรเจน

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.27 ถึง 4.31 ได้ดังนี้

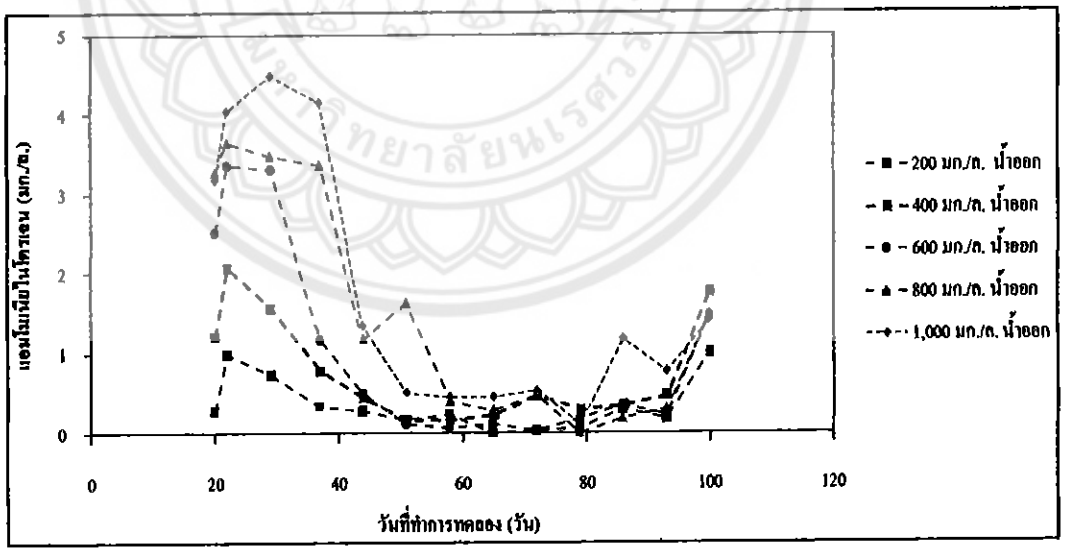
จากรูปที่ 4.27 แสดงค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนน้ำเข้ามีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนคงที่และแปรผันตามค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

จากรูปที่ 4.28 แสดงค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าแอมโมเนีย

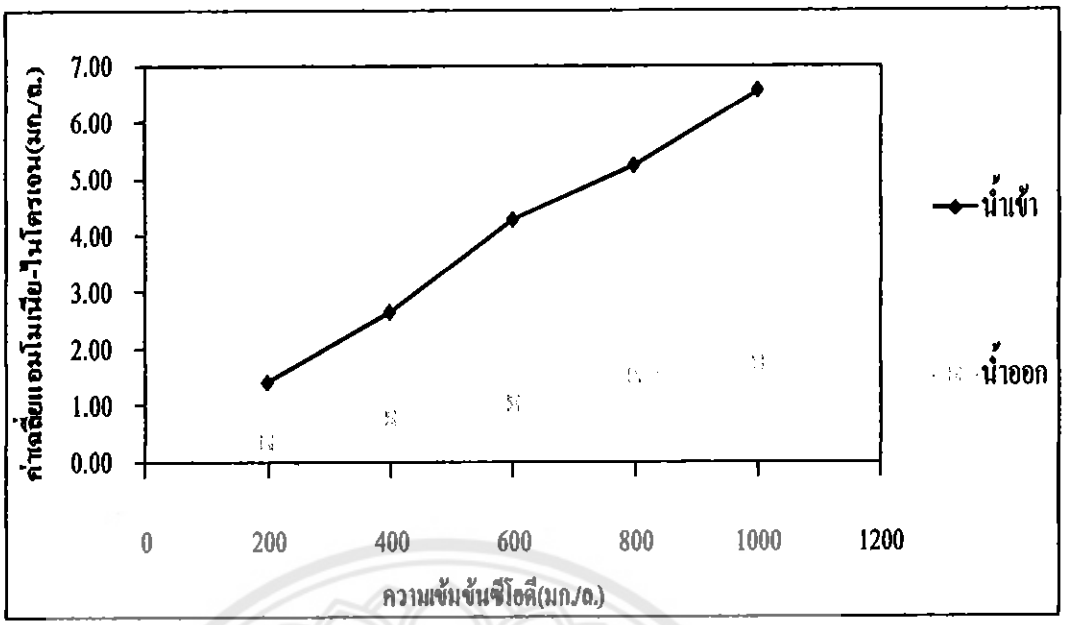
ไนโตรเจนน้ำออกในช่วงวันที่ 20-40 มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและหลังจากวันที่ 40 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงอย่างต่อเนื่อง จนวันที่ 86 ของการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น



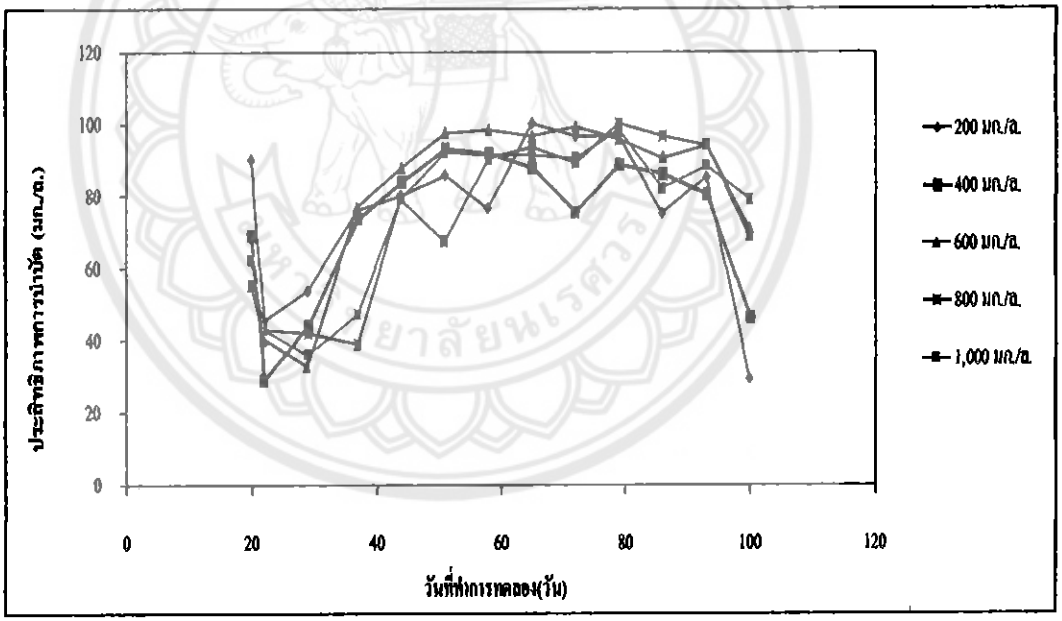
รูปที่ 4.27 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.28 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.29 ค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง

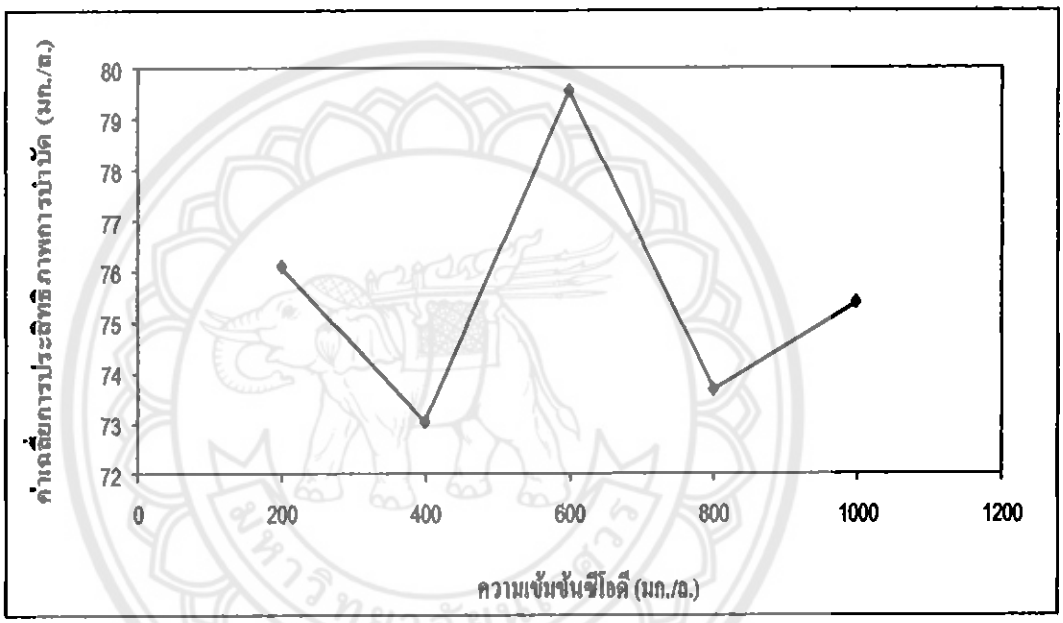


รูปที่ 4.30 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.29 แสดงค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง กำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน น้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง และค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งในน้ำเข้าและน้ำออก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

จากรูปที่ 4.30 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียมีค่าไม่คงที่

จากรูปที่ 4.31 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการบำบัดแปรผันอยู่ในช่วง ร้อยละ 73.03 – 79.55 และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 79.55 และ ต่ำสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 73.03



รูปที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของแบบจำลอง

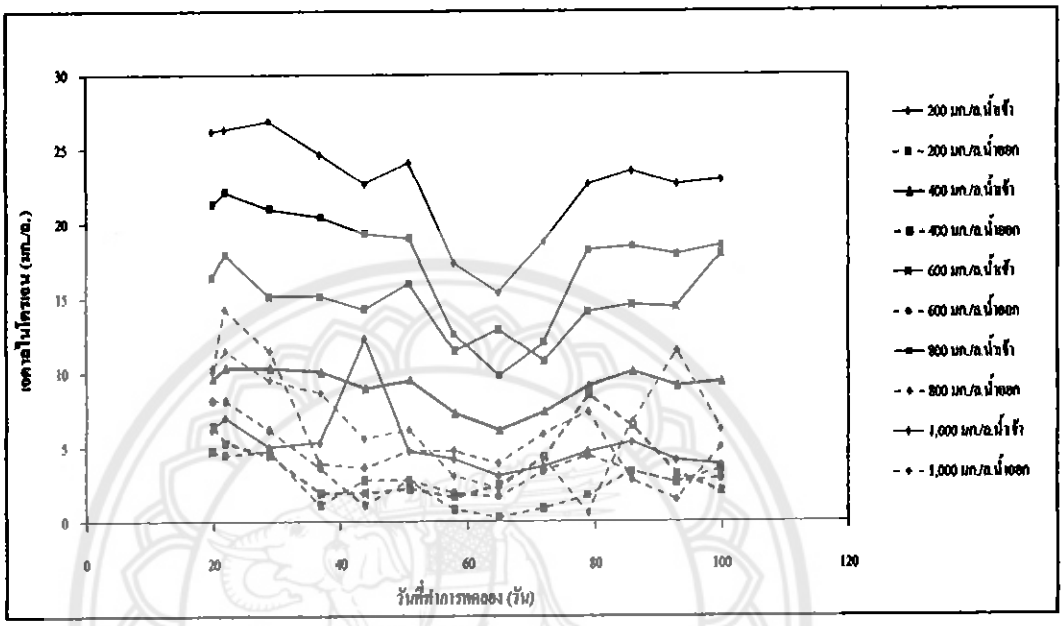
4.9 เจดาลไนโตรเจน

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.32 ถึง 4.36 ได้ดังนี้

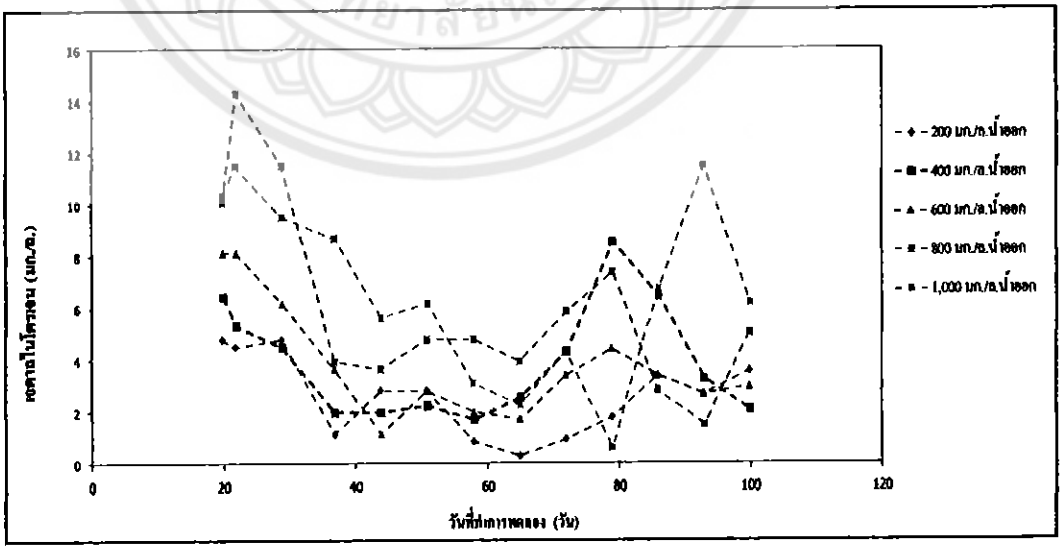
จากรูปที่ 4.32 แสดงค่าเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าเจดาลไนโตรเจนน้ำเข้ามีค่าเจดาลไนโตรเจนค่อนข้างคงที่และแปรผันตามค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

จากรูปที่ 4.33 แสดงค่าเจดาลไนโตรเจนของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าเจดาลไนโตรเจน

น้ำออกไม่คงที่ มีค่าเจคาลไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่อง จนวันที่ 79 ของการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อนำมาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ค่าเจคาลไนโตรเจนไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าผ่านมาตรฐานทุกความเข้มข้นตลอดการทดลอง

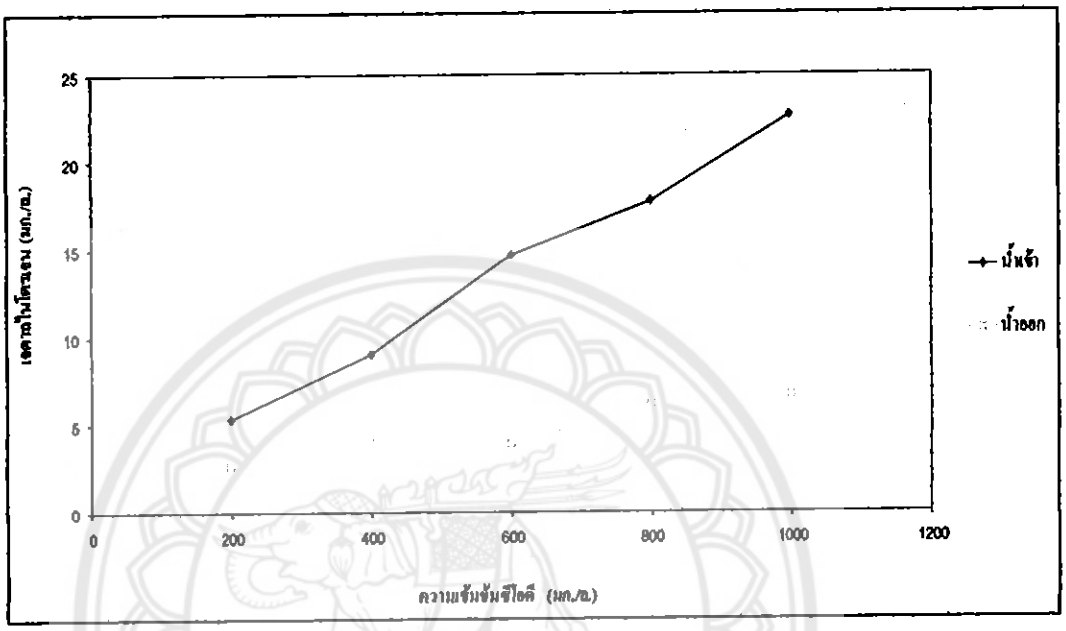


รูปที่ 4.32 ค่าเจคาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

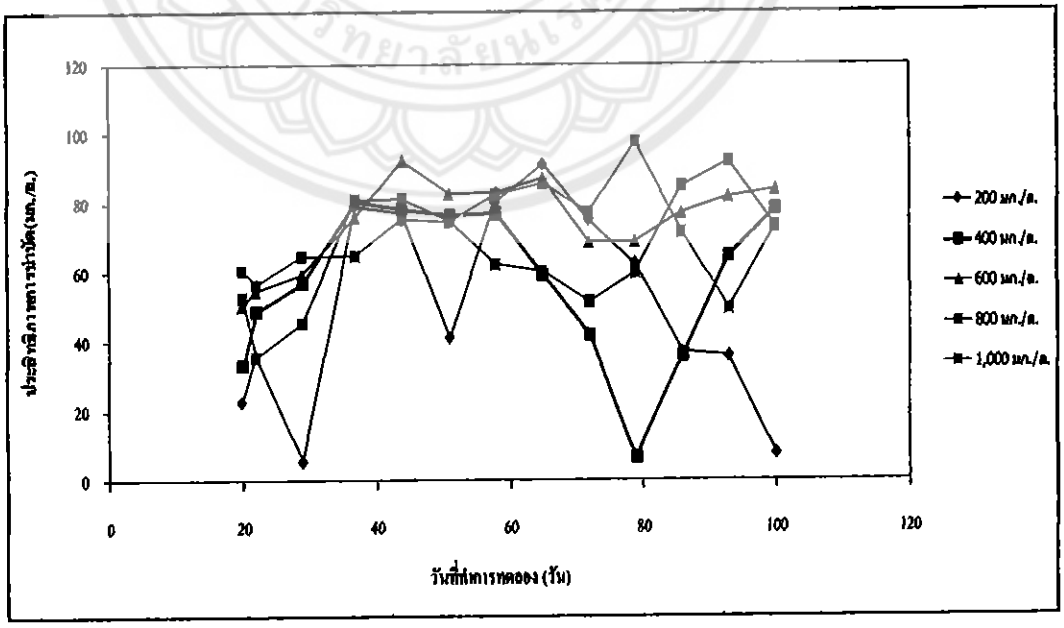


รูปที่ 4.33 ค่าเจคาลไนโตรเจน ของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.34 แสดงค่าเฉลี่ยเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง กำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าเจดาลไนโตรเจน น้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง และค่าเจดาลไนโตรเจนทั้งในน้ำเข้าและน้ำออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

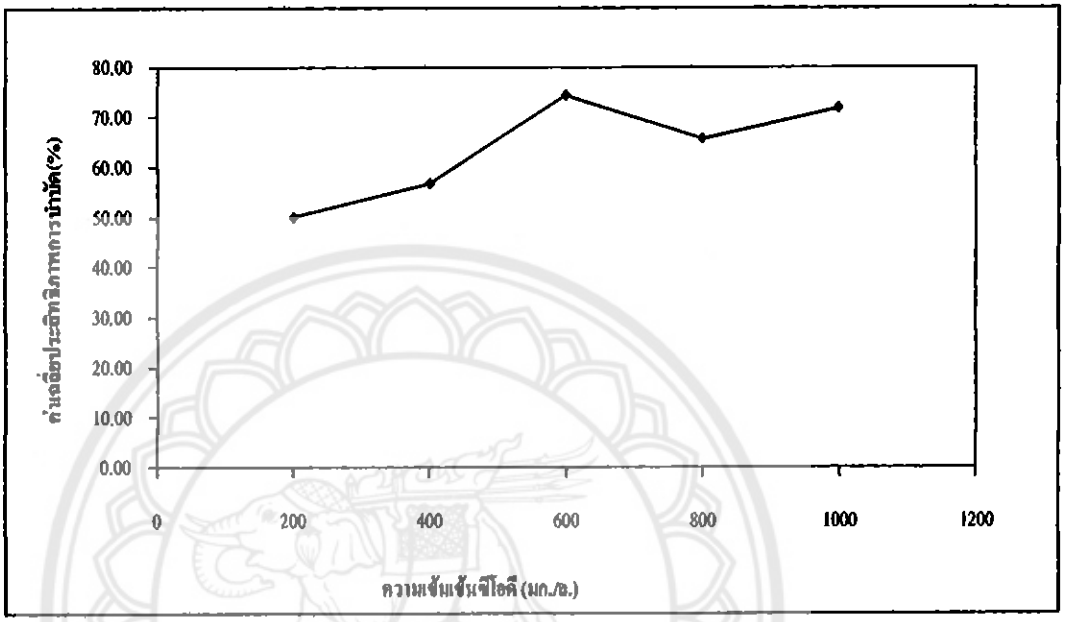


รูปที่ 4.34 ค่าเฉลี่ยเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง



รูปที่ 4.35 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.35 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเจดาไนโตรเจนมีค่าไม่คงที่



รูปที่ 4.36 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนของแบบจำลอง

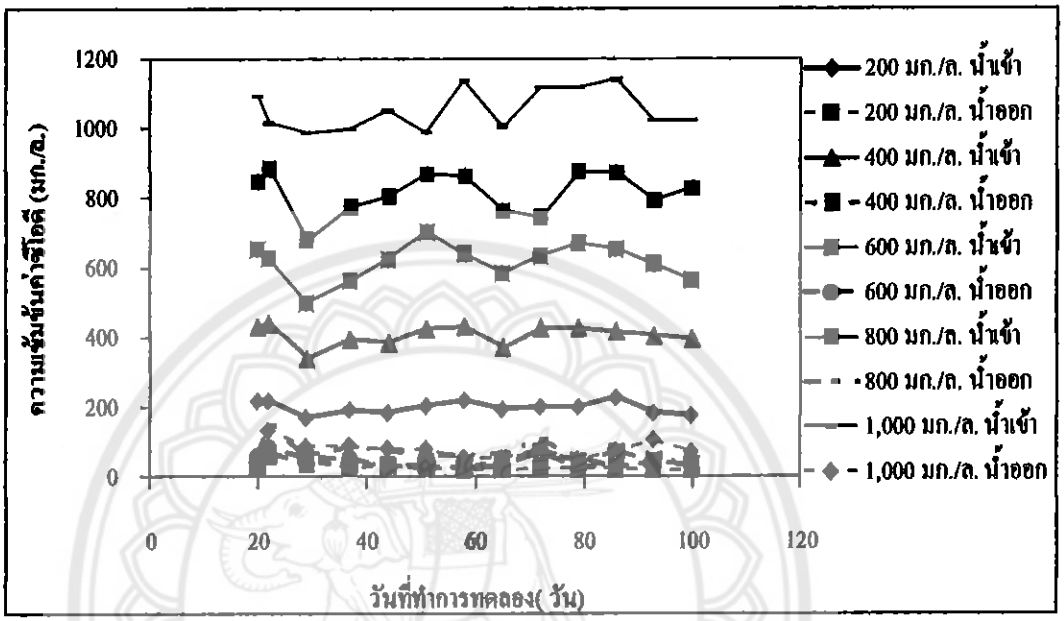
จากรูปที่ 4.34 แสดงค่าเฉลี่ยเจดาลไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ กำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าเจดาลไนโตรเจน น้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แสดงว่าระบบเกิดการบำบัดเจดาลไนโตรเจนตลอดการทดลอง และค่าเจดาลไนโตรเจนทั้งในน้ำเข้าและน้ำออก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

จากรูปที่ 4.35 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเจดาไนโตรเจนมีค่าไม่คงที่

จากรูปที่ 4.36 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการบำบัดแปรผันอยู่ในช่วง ร้อยละ 50.03 – 74.18 และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 50.03 และ ต่ำสุดที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 74.18

4.10 ซีโอดี

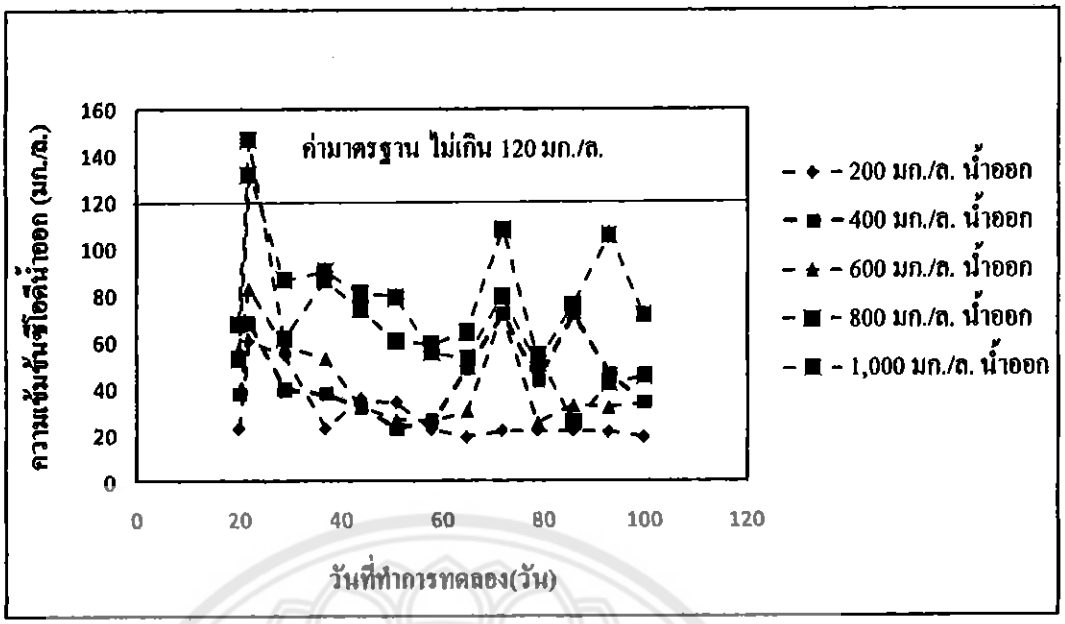
ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ก และแสดงดังรูปที่ 4.37 ถึง 4.41 ได้ดังนี้



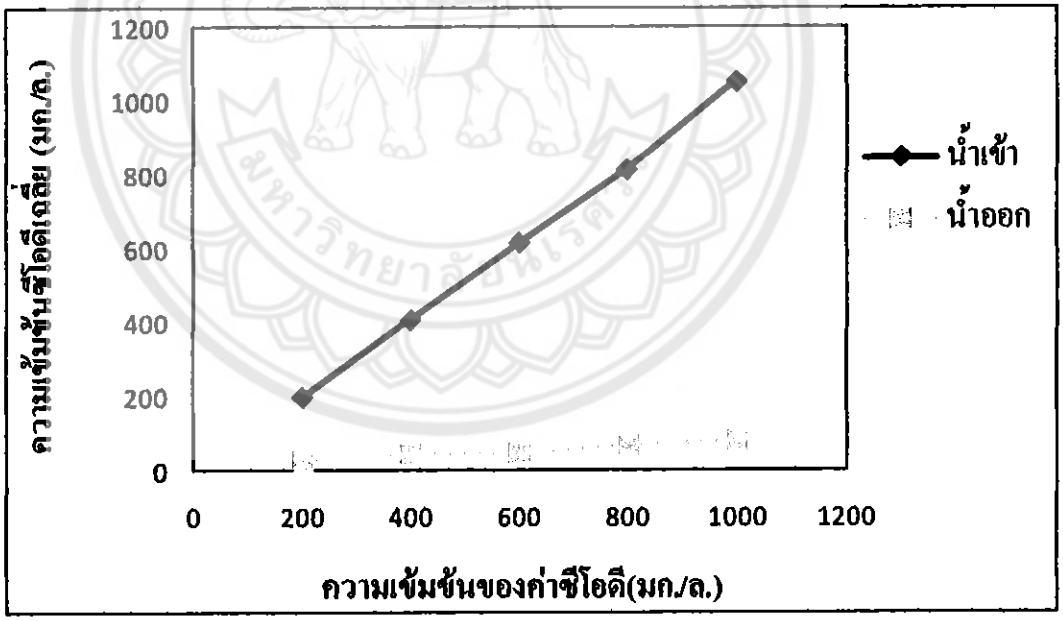
รูปที่ 4.37 ค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.37 แสดงค่าความเข้มข้นของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองเมื่อกำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าซีโอดีน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลองแสดงให้เห็นว่าการบำบัดเกิดขึ้นในระบบ โดยค่าซีโอดีในน้ำเข้ามีค่าค่อนข้างคงที่และแปรผันตามค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า

จากรูปที่ 4.38 แสดงค่าความเข้มข้นของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าซีโอดีน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลองแสดงให้เห็นว่าการบำบัดเกิดขึ้นในระบบ พบว่าค่าน้ำออกมีค่าไม่คงที่ ในช่วงวันที่ 20-40 ของการทดลอง ที่ความเข้มข้นของค่าซีโอดี 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเกินมาตรฐานเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจะไม่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ช่วงวันที่40-100 ของวันที่ทำการทดลองค่าน้ำออกผ่านมาตรฐาน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ทุกความเข้มข้นของซีโอดี

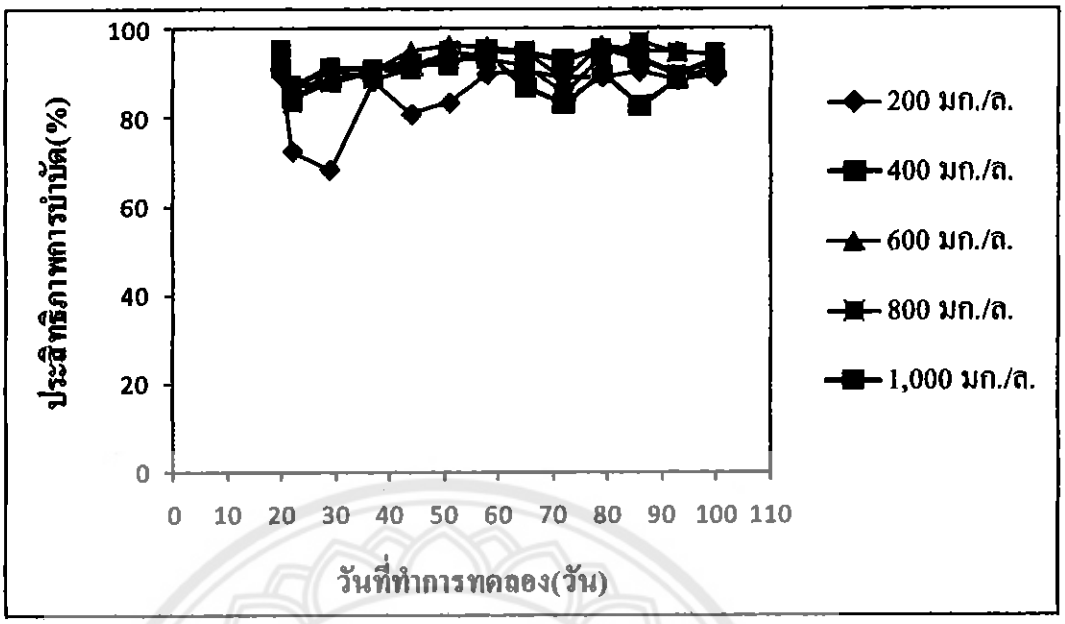


รูปที่ 4.38 ค่าซีโอดีของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

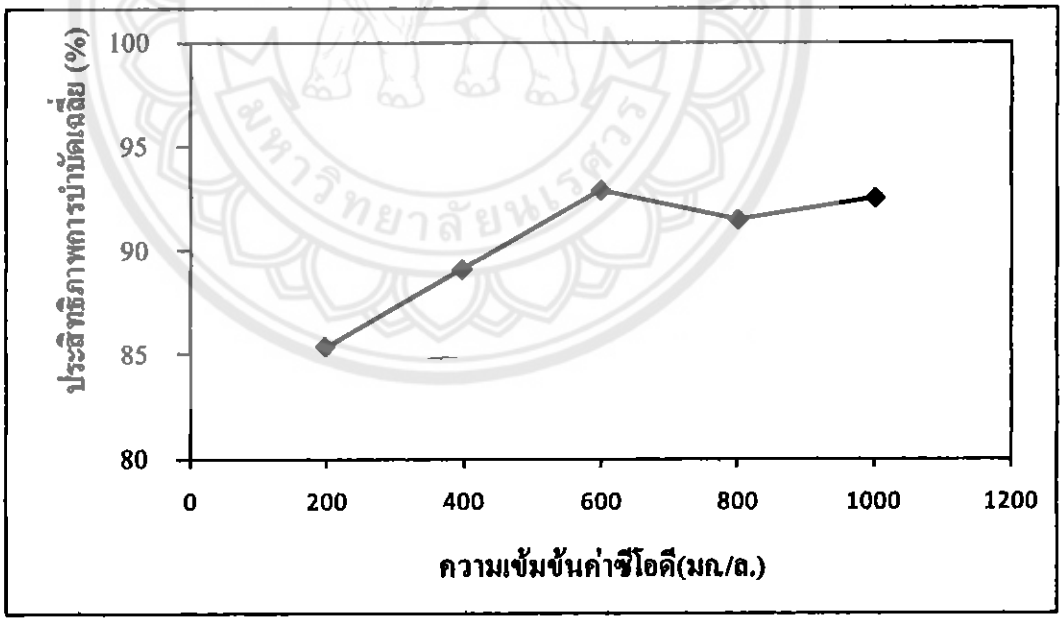


รูปที่ 4.39 ค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.39 แสดงให้เห็นว่ามีการบำบัดเกิดขึ้นในแบบจำลองและพบว่าค่าซีโอดีมีค่าแปรผันตามความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า สำหรับค่าซีโอดีที่เกิดขึ้นในน้ำออกมีค่าคงที่และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.40 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.41 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของแบบจำลอง

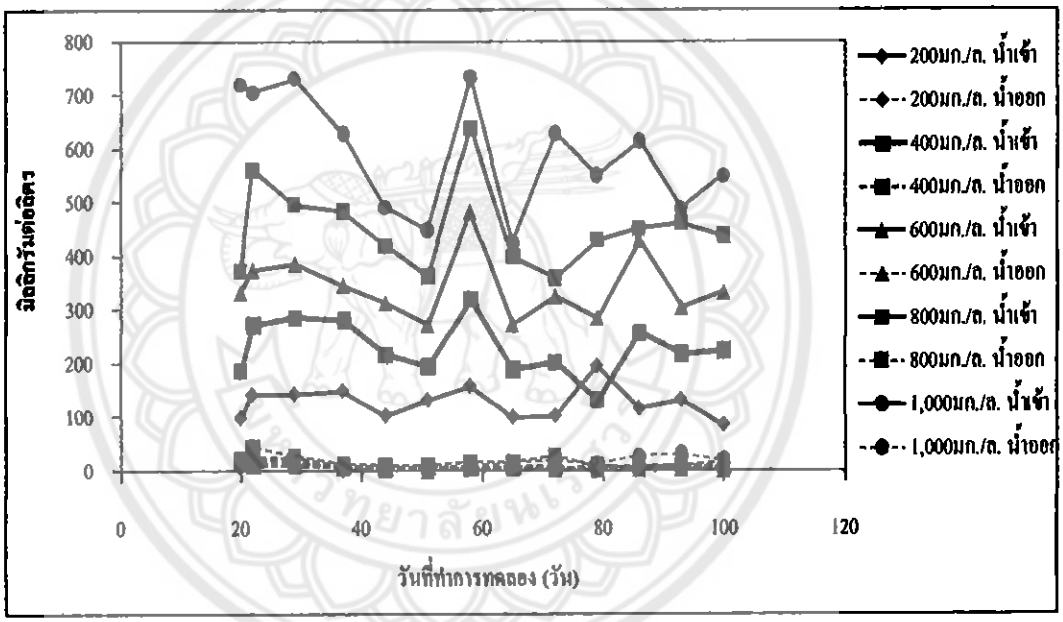
จากรูปที่ 4.40 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าซีโอดีที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดคงที่อยู่ในช่วง 80-100 %ของการบำบัด โดยที่ค่าความเข้มข้นที่

600 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด แต่ที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงวันที่ 20-60 ของวันที่ทำการทดลองมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า 80%

จากรูปที่ 4.41 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดที่เกิดขึ้นในช่วงแรกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงที่ค่าความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ค่าประสิทธิภาพสูงสุด คือ 92.91%

4.11 บีโอดี

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวกตารางที่ 1 และแสดงดังรูปที่ 4.42 ถึง 4.47 ได้ดังนี้

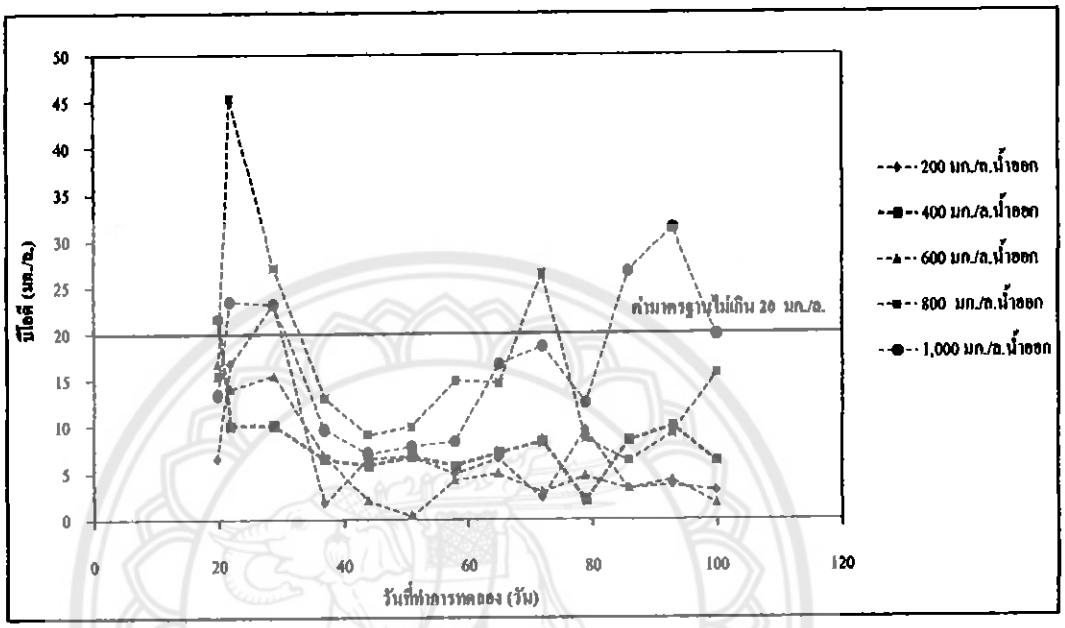


รูปที่ 4.42 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

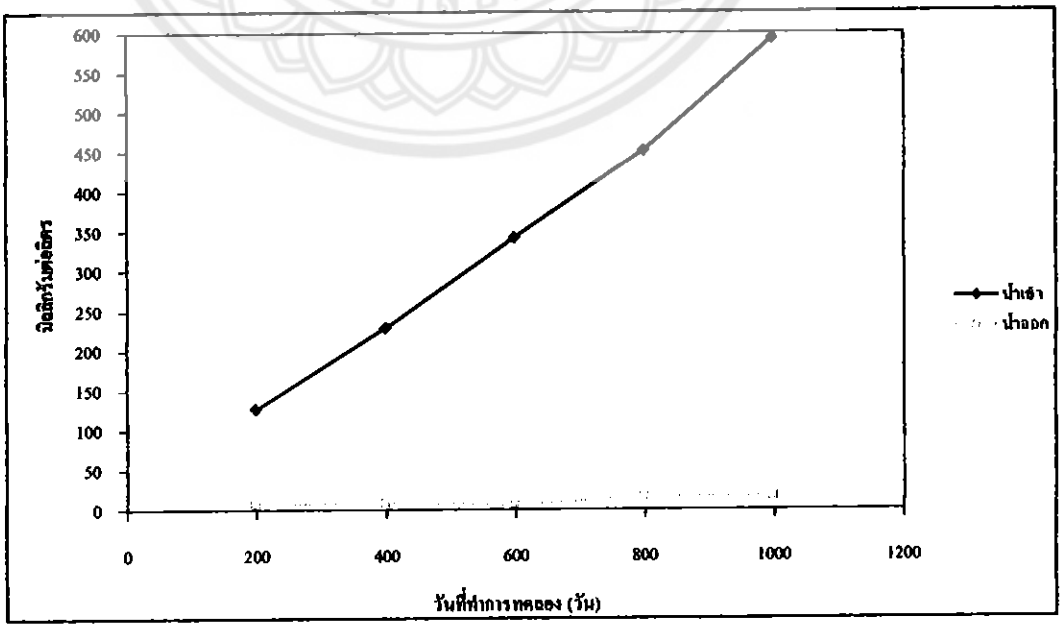
จากรูปที่ 4.42 แสดงค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแนวโน้มของค่าบีโอดีน้ำเข้ามีค่าไม่สม่ำเสมอ มีค่าแปรผันตามความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า และจะเห็นได้ว่าค่าซีโอดีในน้ำออกมีค่าน้อยกว่าน้ำเข้า

จากรูปที่ 4.43 แสดงค่าบีโอดีของน้ำออกจากแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 มีแนวโน้มเดียวกัน คือ ค่อนข้างคงที่ และค่าบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 800 และ 1,000

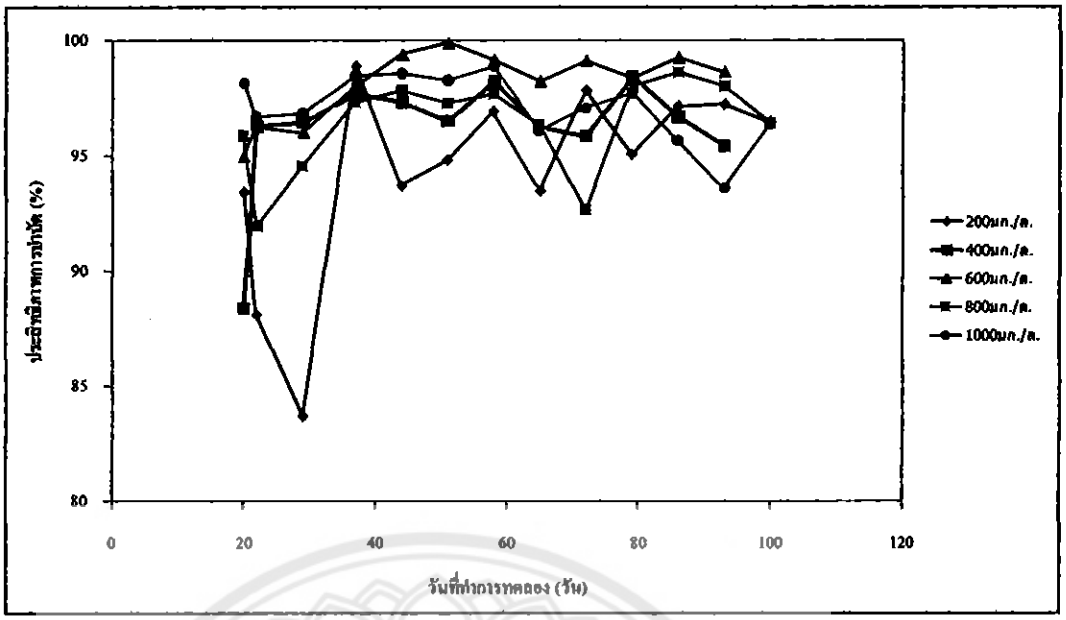
มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มไม่คงที่ เพราะช่วงแรกมีค่าสูง อาจเกิดจากการเริ่มต้นเดินระบบ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่เกินค่ามาตรฐาน ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 400 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เกินค่ามาตรฐาน



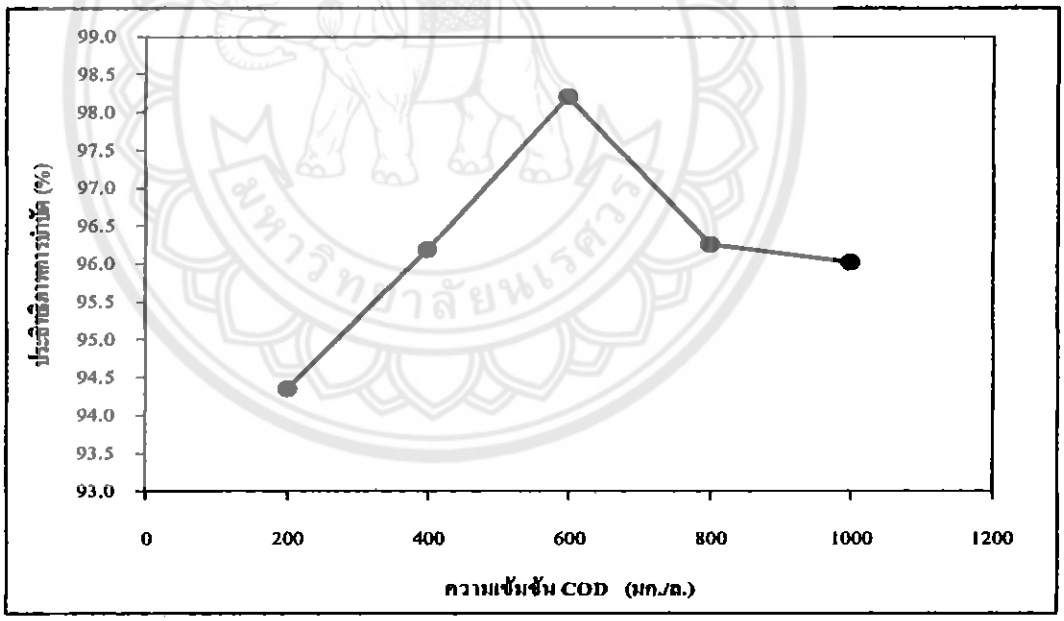
รูปที่ 4.43 ค่าบีโอดีของน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.44 ค่าเฉลี่ยบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.45 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.46 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของแบบจำลอง

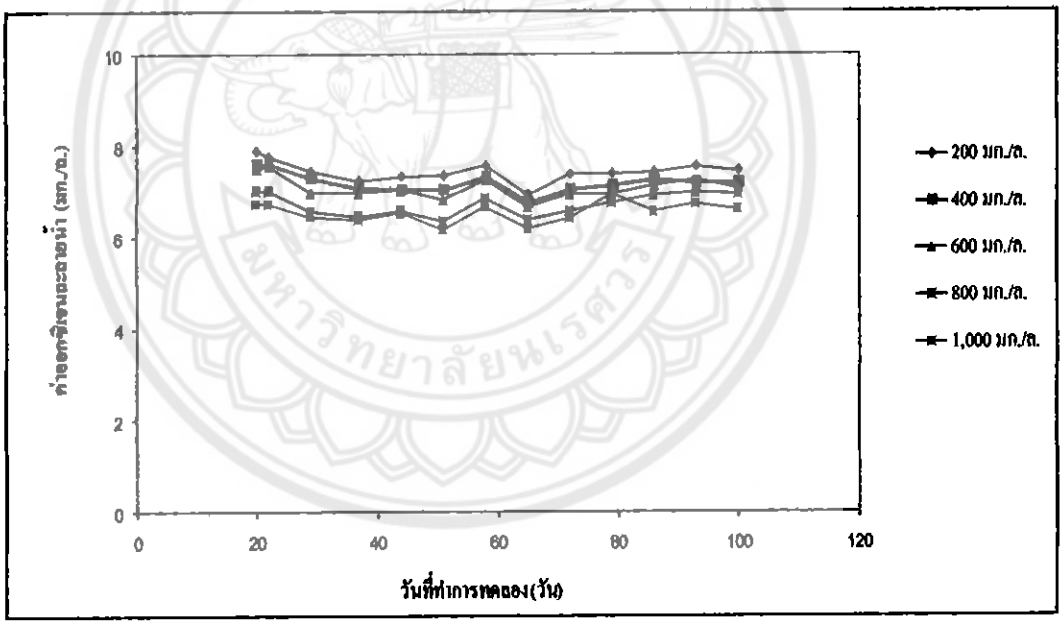
จากรูปที่ 4.44 แสดงค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลอง กำหนดให้ค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำเข้าแปรผันตรงกับความเข้มซีโอดี น้ำออกมีค่าบีโอดีน้อยกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง และค่าความเข้มข้นของบีโอดีเฉลี่ยของน้ำออกจากระบบมีค่าอยู่ในช่วง 6 ถึง 17 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.45 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่อนข้างคงที่ และที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มไม่คงที่

จากรูปที่ 4.46 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพแปรผันตรงกับความเข้มข้น และที่ความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพแปรผกผันตรงกับความเข้มข้น

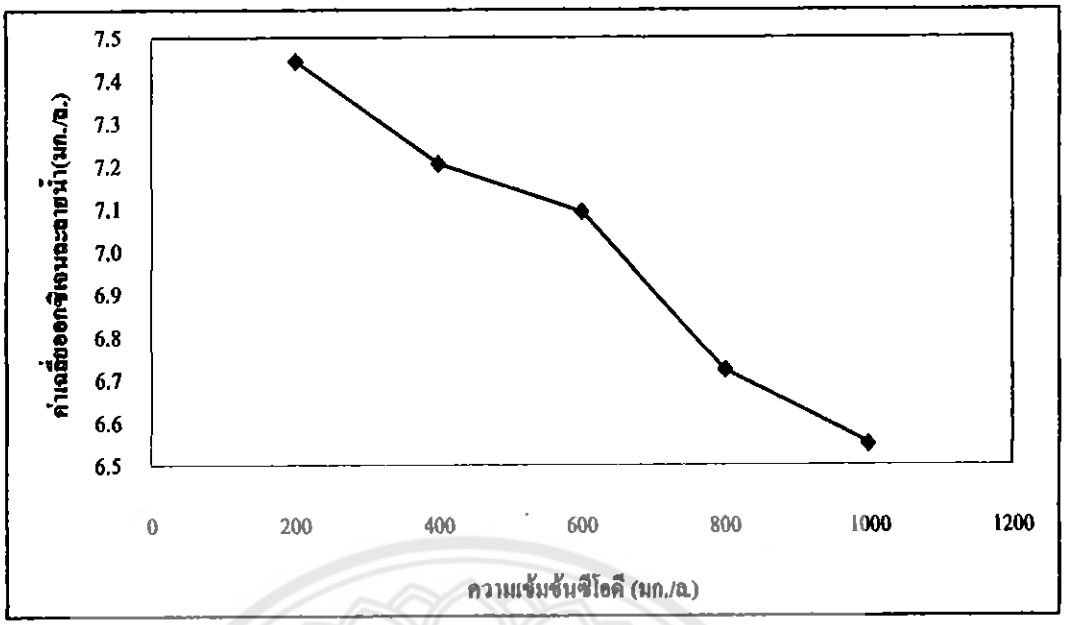
4.12 ออกซิเจนละลายน้ำ

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ข และแสดงดังรูปที่ 4.47 ถึง 4.48 ได้ดังนี้



รูปที่ 4.47 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.47 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน และค่อนข้างคงที่ในช่วง 6-8 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.48 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศของแบบจำลอง

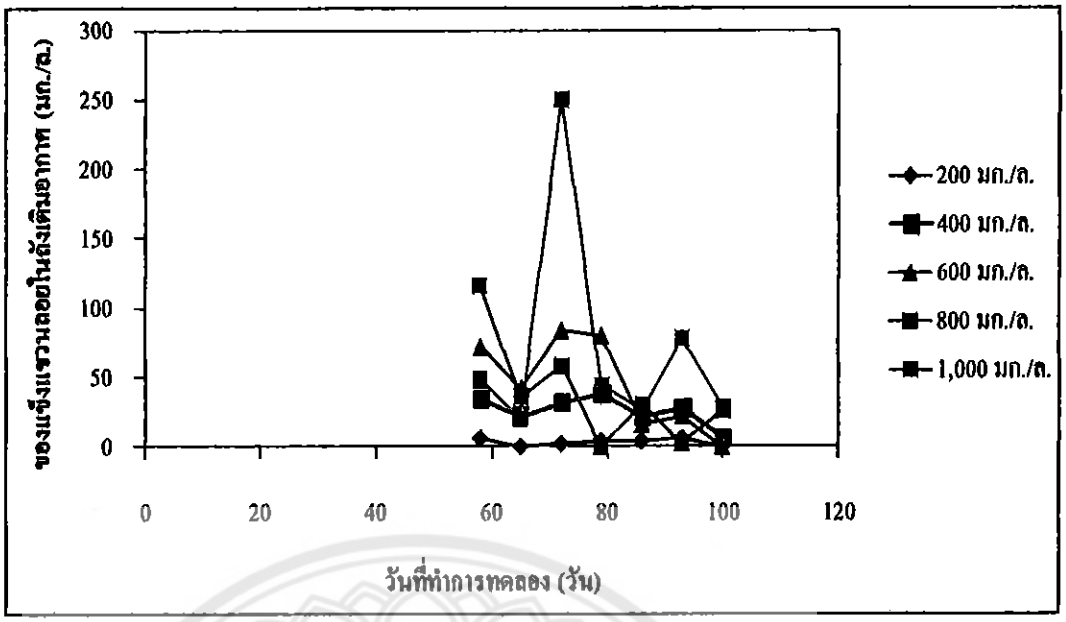
จากรูปที่ 4.48 แสดงค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศแปรผกผันตามความเข้มข้น คือความเข้มข้นมาก ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศจะมีค่าน้อย

4.14 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศ

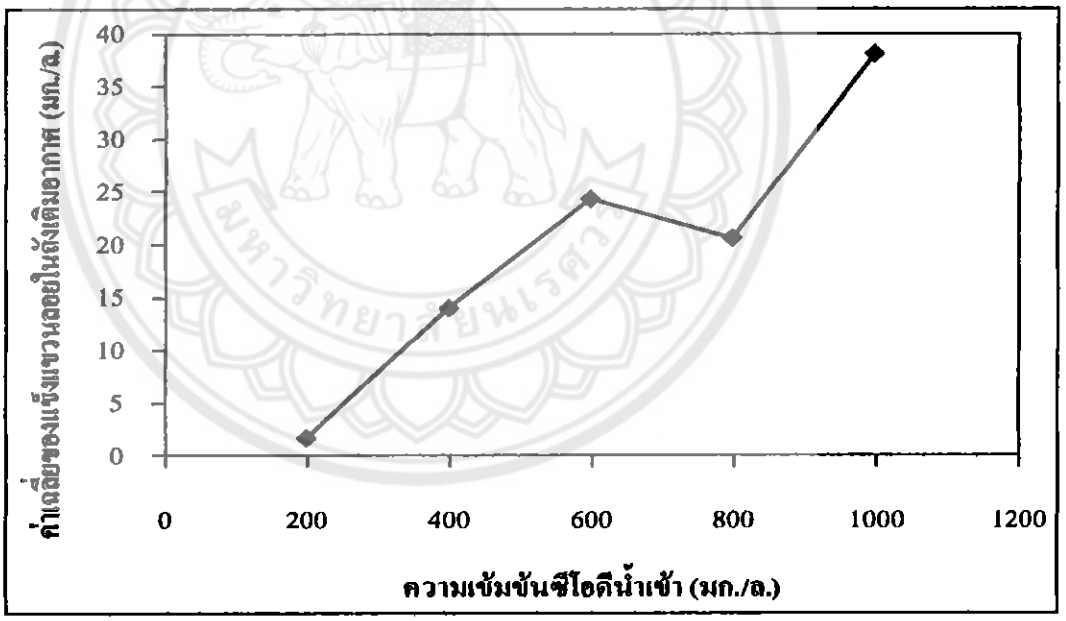
ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ข และแสดงดังรูปที่ 4.49 และ รูปที่ 4.50 ได้ดังนี้

จากรูปที่ 4.49 แสดงให้ทราบค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศมีแนวโน้มคงที่ ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศมีแนวโน้มไม่คงที่ และที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศสูงถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.50 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศสูงที่สุด



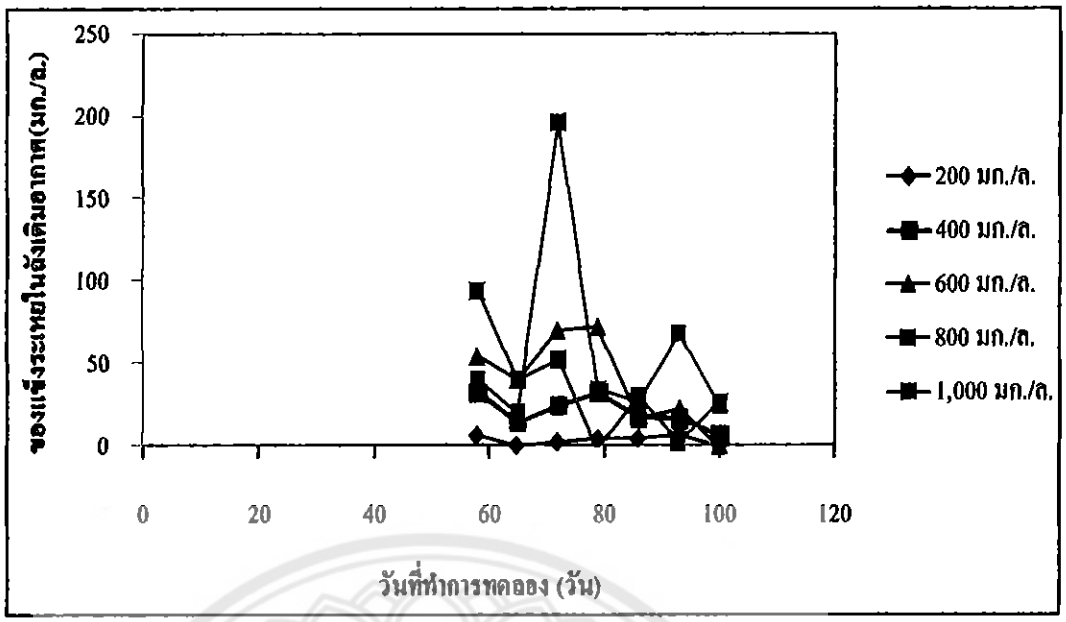
รูปที่ 4.49 ค่าของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



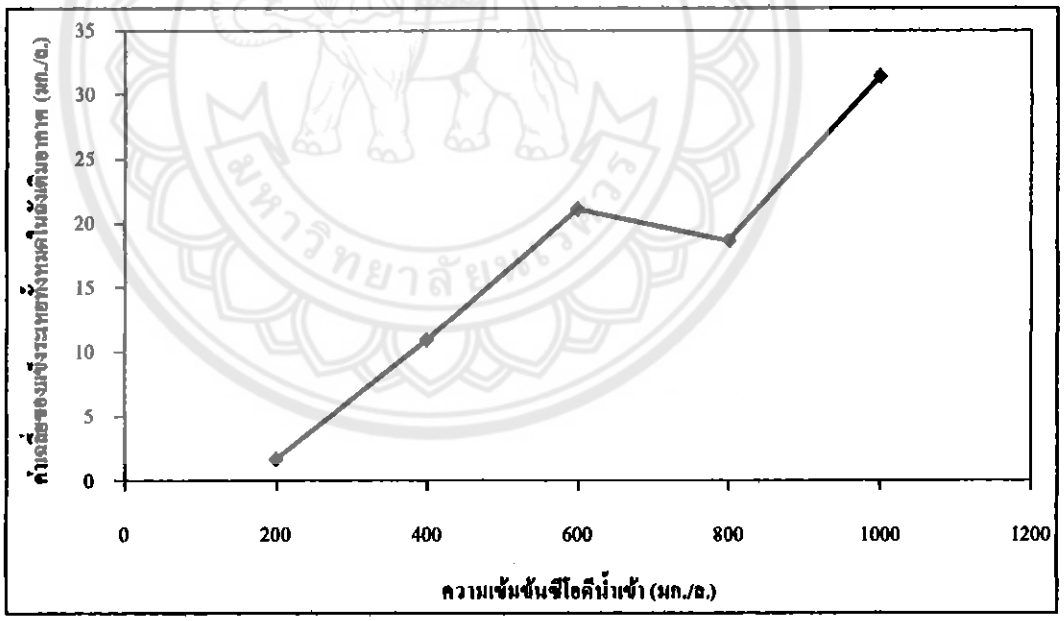
รูปที่ 4.50 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศของแบบจำลอง

4.15 ของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศ

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ข และแสดงดังรูปที่ 4.51 และ รูปที่ 4.52 ได้ดังนี้



รูปที่ 4.51 ค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.52 ค่าเฉลี่ยของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.51 แสดงให้ทราบค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศมีแนวโน้มคงที่ ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 800 และ1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศมี

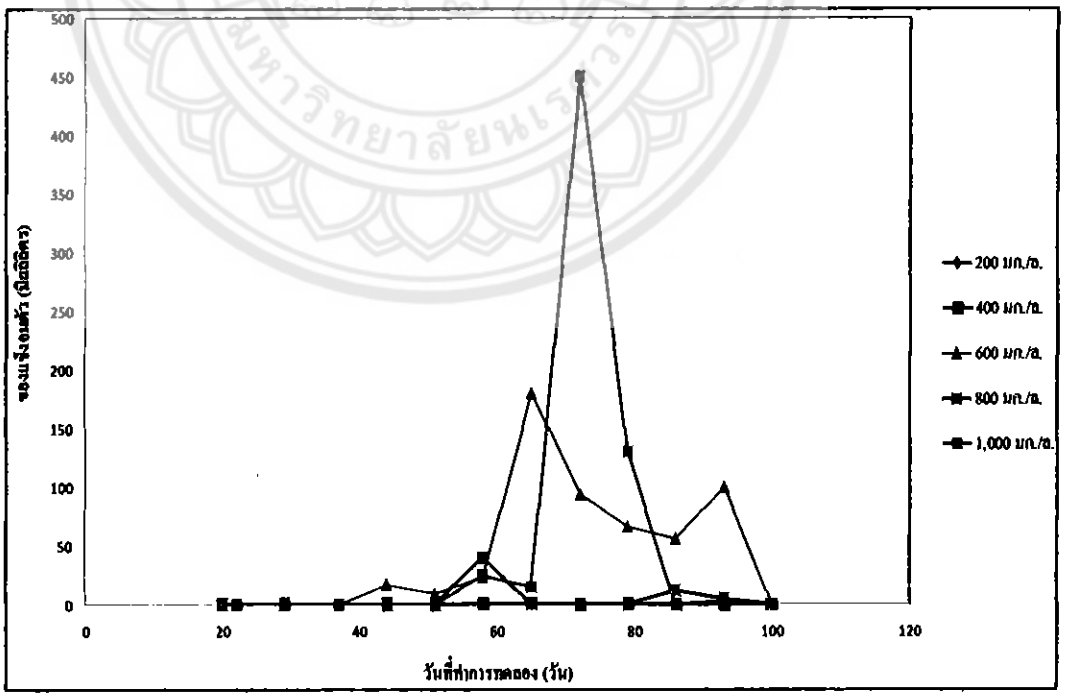
แนวโน้มไม่คงที่ และที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศสูงถึง 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.52 แสดงให้ทราบค่าเฉลี่ยของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งระเหยทั้งหมดในถังเติมอากาศสูงที่สุด

4.13 ของแข็งจมตัว

ผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าของแข็งจมตัวของน้ำในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 600 800 และ 1, 000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองและวิเคราะห์ดังรายละเอียดแสดงในภาพผนวก ข และแสดงดังรูปที่ 4.53 ได้ดังนี้

จากรูปที่ 4.53 แสดงให้ทราบค่าของแข็งจมตัวในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งจมตัวในถังเติมอากาศมีของแข็งจมตัวน้อย และคงที่ แต่ในช่วงวันที่ 60-100 ของการเดินระบบ ที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งจมในถังเติมอากาศมีของแข็งจมตัวเพิ่มสูงขึ้นมากและที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งจมในถังเติมอากาศมีค่าสูงถึง 450 มิลลิกรัมต่อลิตร

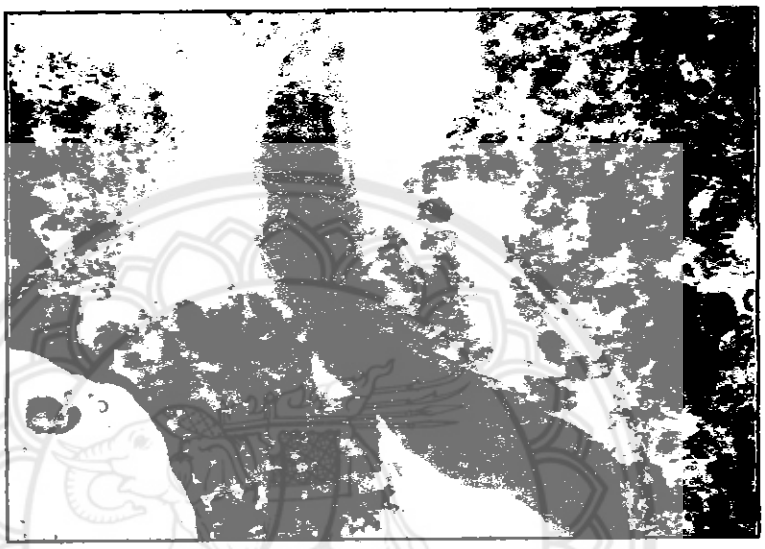


รูปที่ 4.53 ค่าของแข็งจมตัวในถังเติมอากาศของแบบจำลองที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.15 จุลินทรีย์ที่พบในระบบ

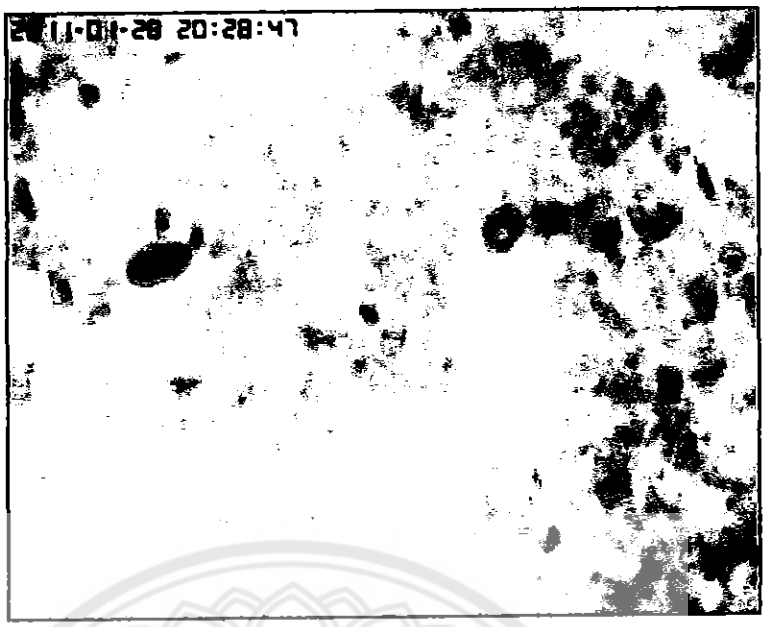
4.15.1 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.54 ถึง รูปที่ 4.56



รูปที่ 4.54 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

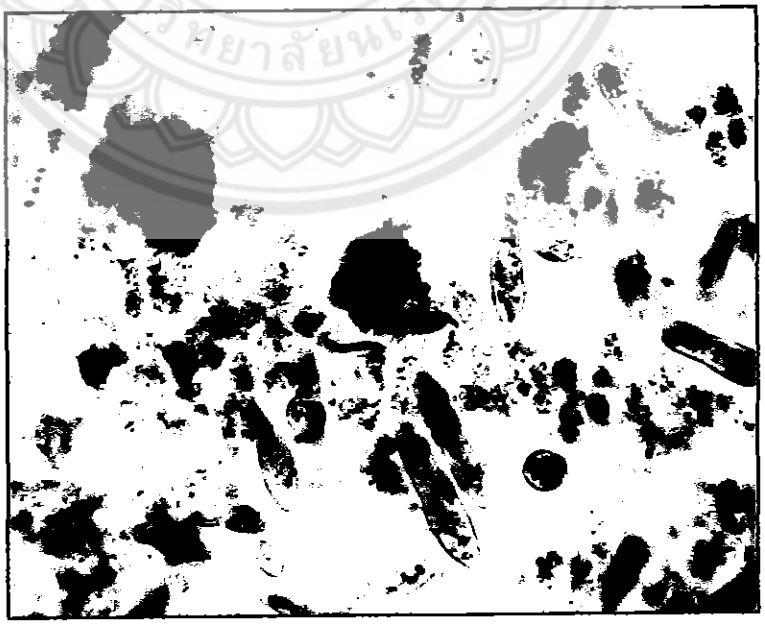
รูปที่ 4.55 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร



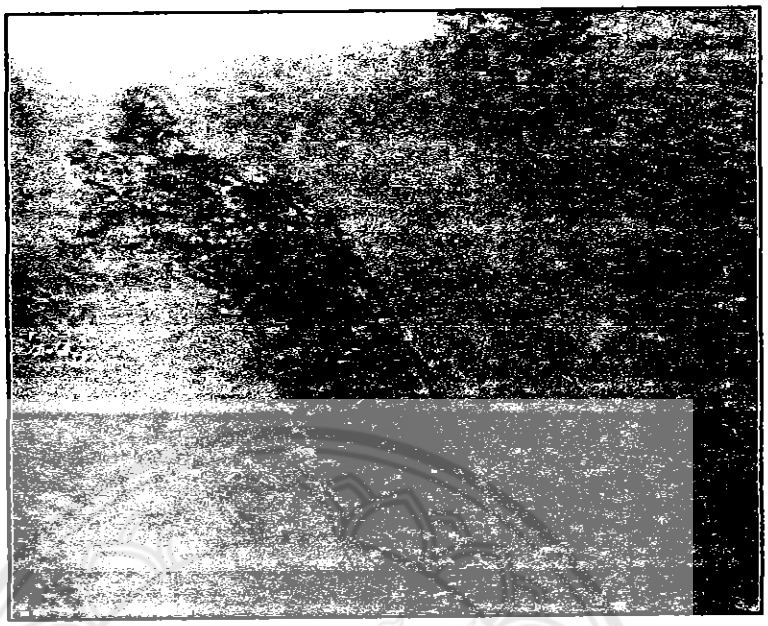
รูปที่ 4.56 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.15.2 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

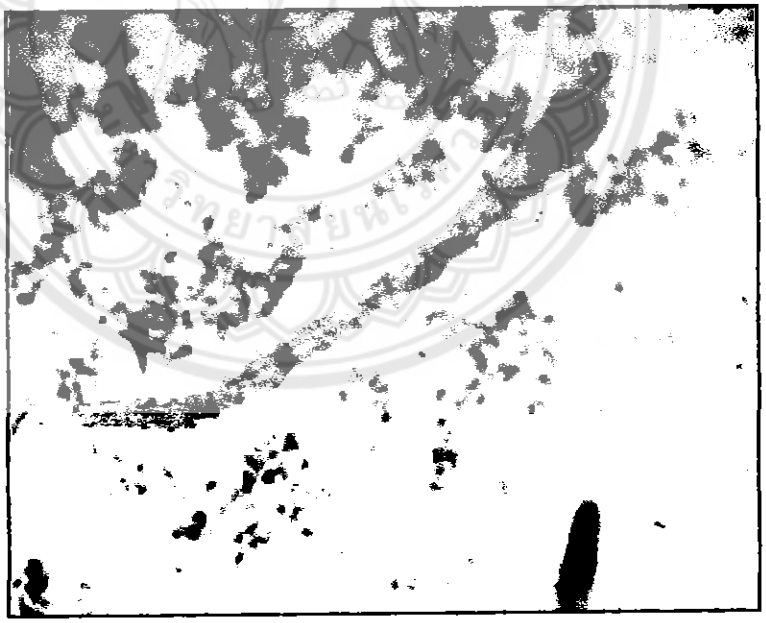
จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.57 ถึง รูปที่ 4.59



รูปที่ 4.57 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร



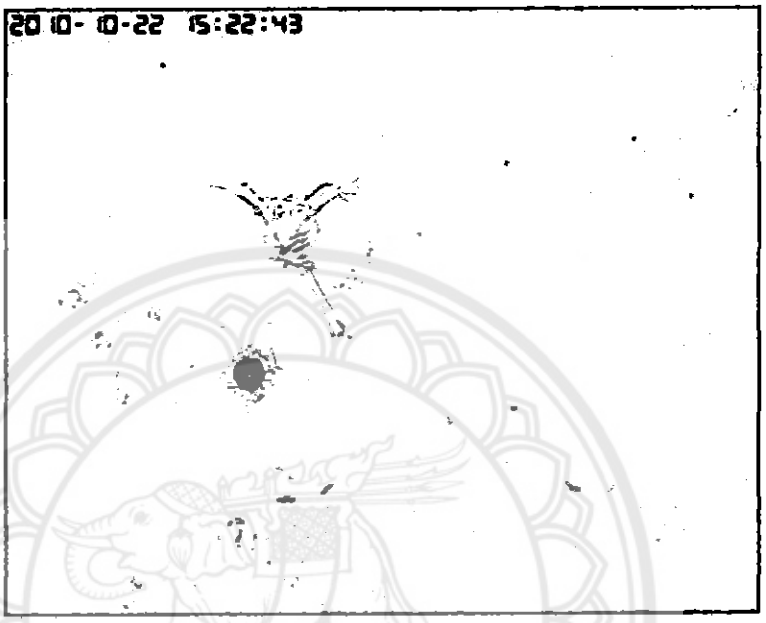
รูปที่ 4.58 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร



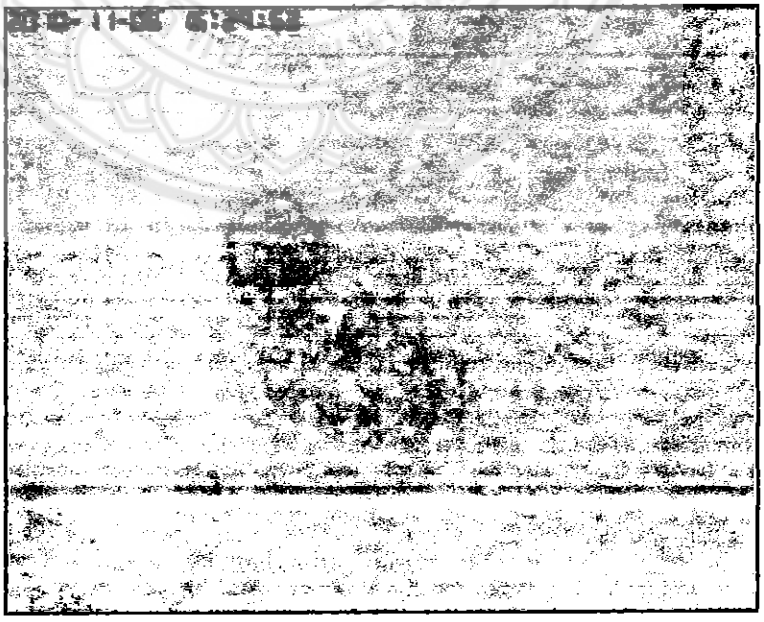
รูปที่ 4.59 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.15.3 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

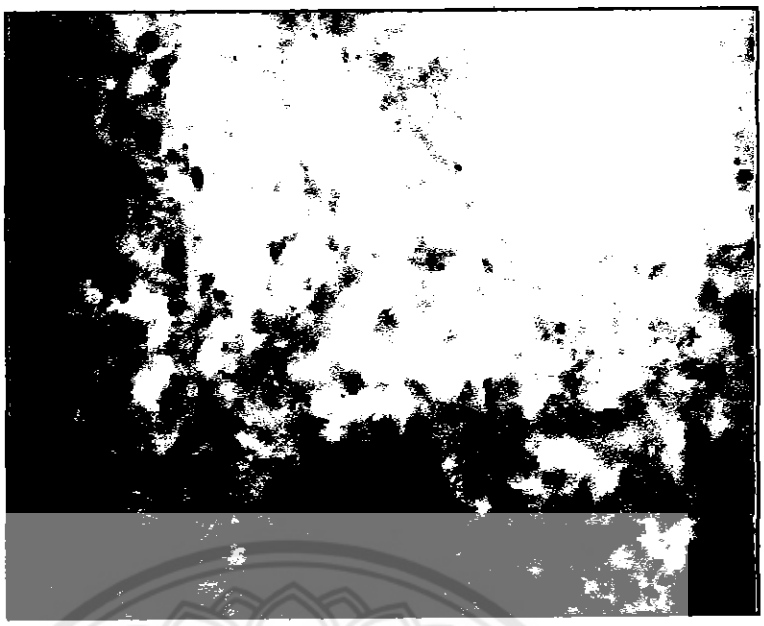
จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.60 ถึง รูปที่ 4.62



รูปที่ 4.60 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร



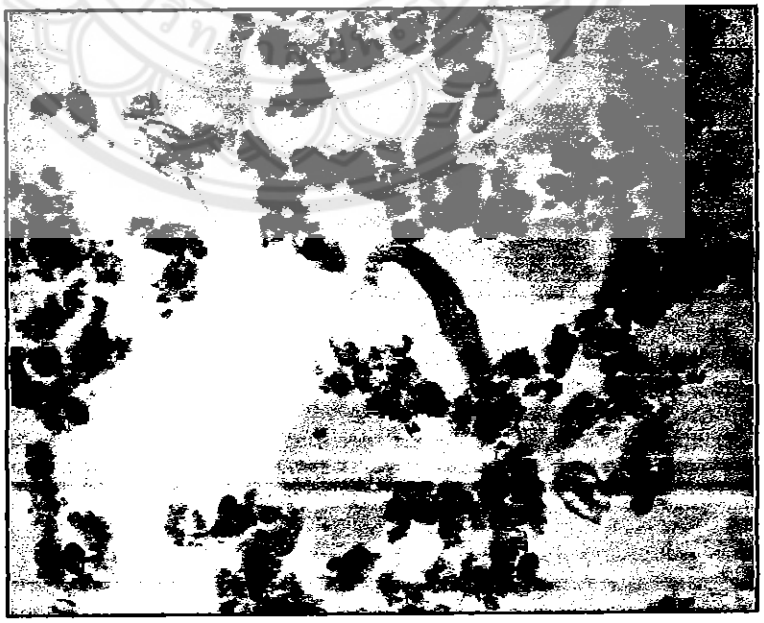
รูปที่ 4.61 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร



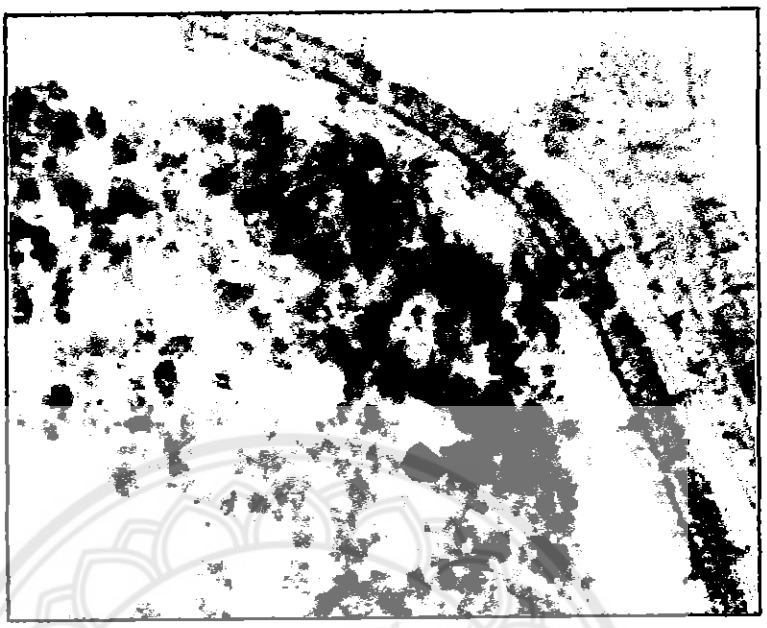
รูปที่ 4.62 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.15.4 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร

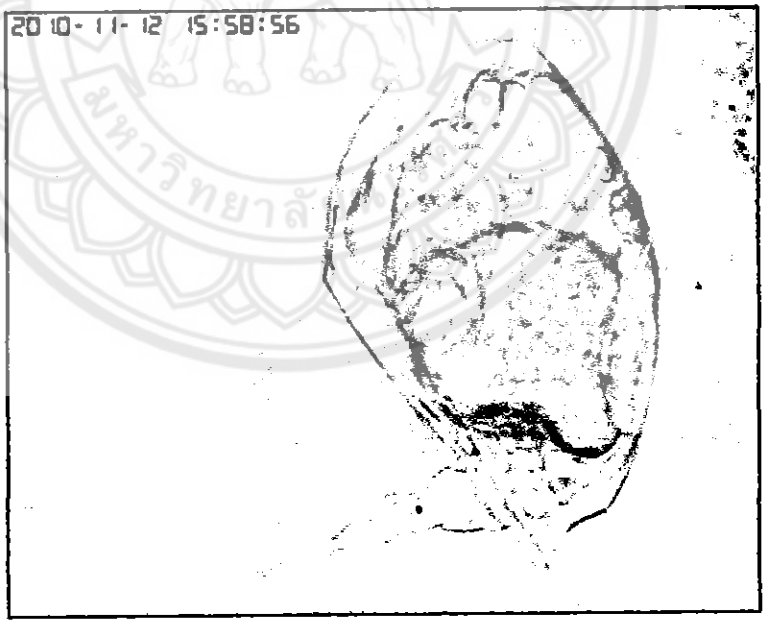
จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.63 ถึง รูปที่ 4.65



รูปที่ 4.63 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.64 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร

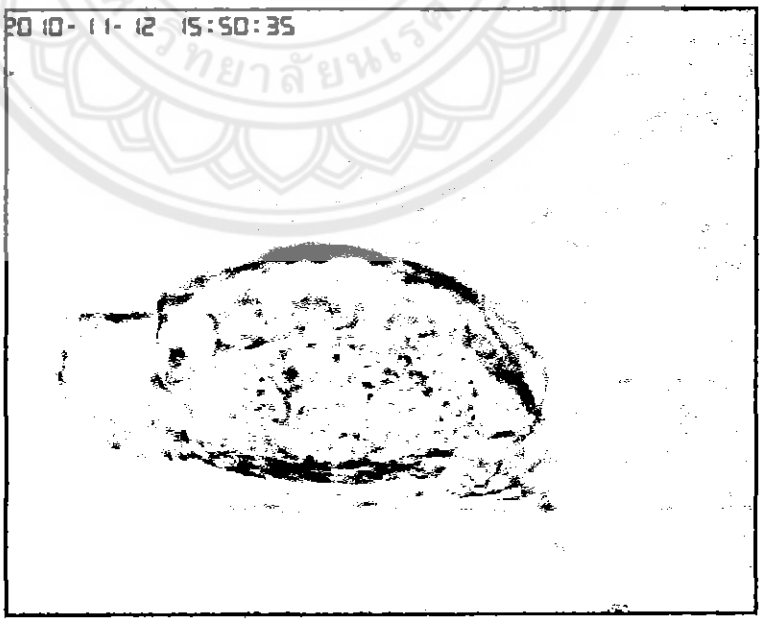


รูปที่ 4.65 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร

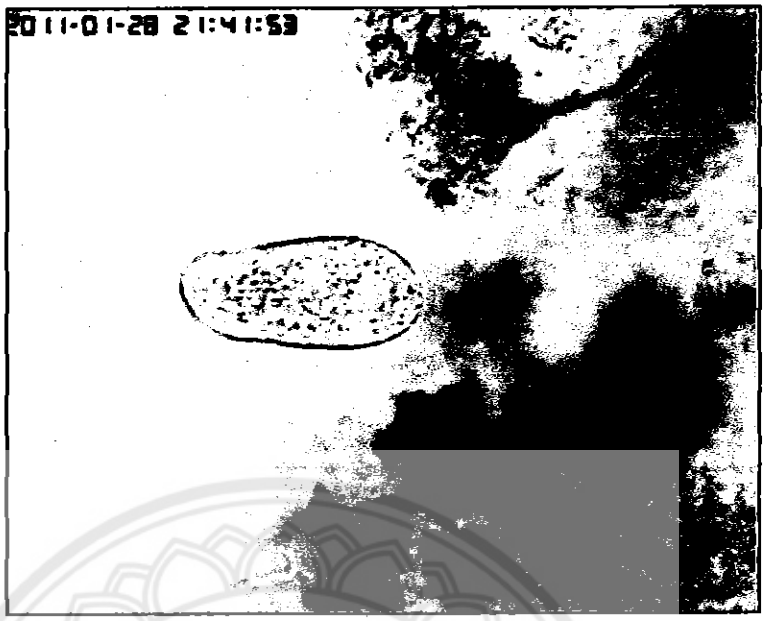
4.15.5 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.66 ถึงรูปที่ 4.68

รูปที่ 4.66 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิ**กรัมต่อลิตร**

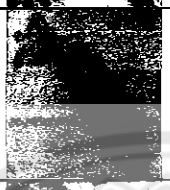
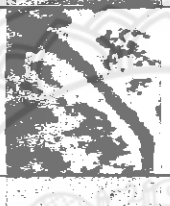
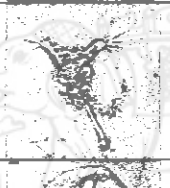
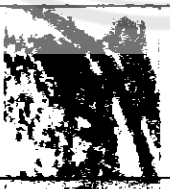


รูปที่ 4.67 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.68 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.1 จุลินทรีย์ที่พบในระบบ

ชื่อจุลินทรีย์	ความเข้มข้นซีโอดี น้ำเข้า / จุลินทรีย์	200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L	1,000 mg/L
Monhystera		✓				
Philodinia			✓		✓	
Monhystera			✓			
Suctoria				✓		
Protozoa				✓	✓	✓
Ciliates free swimming						✓
Monhystera					✓	
Rotife						✓
Philodinia			✓		✓	

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาสามารถสรุปค่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำชะขยะด้วยวิธีสระเติมอากาศ แบบกวนผสมบางส่วน มีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน ดังตารางที่ 5.1

5.1.1 บีโอดี

น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกครั้ง ได้แก่ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 98.20% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 96.25%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.1.2 ซีโอดี

น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกครั้ง ได้แก่ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 , 400 , 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 92.91% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 92.54%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.1.3 แอมโมเนียไนโตรเจน

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 79.55% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.10%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.1.4 เจดาลไนโตรเจน

น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกครั้ง ได้แก่ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 , 400 , 600 , 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 74.18% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 71.69%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.1.5 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกครั้ง ได้แก่ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 600 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 65.52% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 48.93%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 200 600 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.1.6 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกครั้ง ได้แก่ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 49.45% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 45.19%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.1.7 ฟอสฟอรัส

ประสิทธิภาพบำบัดดีที่สุด คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพบำบัดเท่ากับ 47.17% รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 46.29%

ค่าความเข้มข้นที่แนะนำในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน คือ ที่ความเข้มข้น 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน**อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้**

พารามิเตอร์ / ความเข้มข้นซีโอดี	บีโอดี	ซีโอดี	เจคาล ไนโตรเจน	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด
200 (มก/ล)	X	√	√	√	√
400 (มก/ล)	X	√	√	X	√
600 (มก/ล)	√	√	√	√	√
800 (มก/ล)	X	X	√	X	√
1,000 (มก/ล)	X	X	√	√	√

จากตารางที่ 5.1 จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน ในพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ บีโอดี ซีโอดี และเจคาลไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมทุกพารามิเตอร์ แต่ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้น บีโอดีไม่ผ่านคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้น บีโอดีและของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่ผ่านคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมและ

นิคมอุตสาหกรรมพารามิเตอร์เดียวคือ เจคาลไนโตรเจน แต่ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรคุณภาพน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้น บีโอดีและซีโอดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทำการทดลองการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศ แบบกวนผสมไม่สมบูรณ์ ผู้ทำการศึกษาได้พบข้อควรปรับปรุงและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทดลองดังนี้

- ควรสังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำในระบบ เช่น สี กลิ่น ลักษณะของฟองที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและจดบันทึกไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการทดลอง
- ช่วงระหว่างทำการศึกษาจะต้องทำการเติมน้ำเข้าสู่ระบบทุกวัน น้ำเข้าเป็นชะน้ำขยะที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง เมื่อทำการเติมน้ำด้วยปั๊มน้ำ ควรตรวจสอบและสังเกตการทำงานของปั๊มน้ำเข้าอย่างสม่ำเสมอ
- การเก็บตัวอย่างน้ำไม่ควรทำการกวนน้ำก่อนเก็บตัวอย่าง เนื่องจากตะกอนที่นอนก้นจะฟุ้งกระจายทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้
- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด พบว่าค่าพารามิเตอร์บางตัวที่ใช้ในการศึกษาสามารถบอกแนวโน้มของประสิทธิภาพแต่ยังไม่สามารถบอกถึงค่าประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดได้

เอกสารอ้างอิง

วัฒนา กล้าหาญ,ศรัณย์ กลิ่นนิ่มนวลและสงกรานต์ หมึกสม. (2552). **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วน.** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

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

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** กรุงเทพฯ:กรมโรงงาน-อุตสาหกรรม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2.** สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2554, จาก http://www.pcd.go.th/.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : บริษัทแซน อี.68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด.

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

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

สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2546). **เล่ม 2 รายละเอียดสนับสนุนเกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน.** กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สุจิตราภร สำเภาอินทร์. (19/02/2552). กังหันชัยพัฒนา. **เศรษฐกิจพอเพียงกับเทคโนโลยี.** สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2554, จาก http://peatlll-immotalz.blogspot.com

http://gotoknow.org/file/shantrakul/องค์ประกอบขยะ.jpg,2553

http://hpc4.anamai.moph.go.th/workplace/files/paper_chap4.pdf,2553

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

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

www.tumcivil.com , 2553

ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำเข้าและน้ำออกระบบ ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

1.พีเอช

ตารางที่ ก.1 พีเอชที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

พีเอช(มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	6.05	7.18	5.82	7.58	5.39	7.72	5.60	7.34	5.10	7.72
22.00	6.15	7.51	5.73	7.57	5.49	7.63	5.60	8.10	5.00	7.85
29.00	6.33	7.45	5.33	7.81	4.80	8.07	4.38	7.93	4.38	7.98
37.00	6.17	7.55	5.23	7.21	4.89	7.33	4.28	7.58	4.09	7.84
44.00	6.41	7.58	5.32	7.41	4.92	7.20	4.47	7.41	4.52	7.58
51.00	6.26	7.57	5.17	7.49	4.72	8.00	4.64	7.22	4.56	7.45
58.00	6.50	8.16	5.01	8.16	4.85	8.34	4.60	7.69	4.28	7.74
65.00	6.00	7.66	5.57	7.70	4.90	7.84	4.73	8.16	4.68	7.84
72.00	6.49	7.78	5.56	7.68	5.02	7.88	4.90	7.83	4.66	7.81
79.00	6.44	7.57	5.42	7.39	4.96	7.65	4.84	7.99	4.67	7.85
86.00	6.00	7.10	5.40	7.29	4.65	7.78	4.41	7.94	4.68	7.92
93.00	5.90	6.77	5.53	7.38	5.02	7.47	4.84	7.32	4.44	7.89
100.00	5.83	7.88	4.86	7.76	4.74	7.96	4.64	7.56	4.30	7.52
เฉลี่ย	6.19	7.52	5.38	7.57	4.95	7.76	4.76	7.70	4.57	7.77

2.อุณหภูมิ

ตารางที่ ก.2 อุณหภูมิที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	26	25	26	25	26	25	26	25	26	25
22.00	27	26	27	26	27	26	27	26	27	26
29.00	29	28	29	28	29	28	29	28	29	28
37.00	29	28	29	28	29	28	29	28	29	28
44.00	28	26	28	26	28	26	28	26.5	28	26.5
51.00	28	27	28	27	28	27	28	27	28	27
58.00	25.5	24	25.5	24	25.5	24	25.5	24	25.5	24
65.00	28.5	28	28.5	28	28.5	28	28	28	28	28
72.00	26	25	26	25	26	25	26	25	26	25
79.00	27	26	27	26	27	26	27	26	27	26
86.00	25.5	24.5	25.5	24.5	25.5	24.5	25.5	24.5	25.5	24.5
93.00	26	24.5	26	24.5	26	24.5	26	24.5	26	24.5
100.00	26.5	25.5	26.5	25.5	26.5	25.5	26.5	25.5	27	25.5

3.สภาพการนำไฟฟ้า

ตารางที่ ก.3 สภาพการนำไฟฟ้าที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

สภาพการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	296.00	112.00	312.00	131.00	458.00	476.00	500.00	586.00	531.00	678.00
22.00	312.00	256.00	359.00	267.00	496.00	499.00	550.00	578.00	562.00	692.00
29.00	290.00	303.00	387.00	309.00	511.00	521.00	536.00	599.00	540.00	716.00
37.00	326.00	383.00	420.00	481.00	531.00	565.00	633.00	695.00	555.00	815.00
44.00	283.00	365.00	334.00	408.00	414.00	479.00	494.00	573.00	559.00	665.00
51.00	333.00	562.00	435.00	614.00	623.00	751.00	563.00	853.00	722.00	957.00
58.00	331.00	365.00	425.00	453.00	520.00	599.00	631.00	710.00	731.00	840.00
65.00	309.00	350.00	408.00	449.00	512.00	579.00	612.00	695.00	714.00	773.00
72.00	488.00	372.00	400.00	477.00	485.00	612.00	530.00	714.00	750.00	813.00
79.00	345.00	284.00	415.00	487.00	497.00	636.00	585.00	732.00	745.00	839.00
86.00	324.00	390.00	437.00	498.00	546.00	620.00	652.00	757.00	791.00	877.00
93.00	322.00	397.00	437.00	505.00	544.00	614.00	649.00	772.00	784.00	865.00
100.00	289.00	416.00	411.00	518.00	515.00	625.00	618.00	721.00	733.00	841.00
เฉลี่ย	326.77	350.38	398.46	430.54	511.69	582.77	581.00	691.15	670.54	797.77

4.ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

ตารางที่ ก.4 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	290	187	410	248	530	298	623	307	771	309
22.00	376	251	439	264	602	336	665	392	946	538
29.00	282	251	485	242	606	399	824	722	1060	462
37.00	532	143	388	284	342	262	678	400	854	437
44.00	197	139	417	242	555	312	673	424	730	478
51.00	134	104	502	242	614	96	656	440	902	484
58.00	542	230	494	350	630	386	804	635	868	518
65.00	252	224	498	266	606	306	606	372	772	430
72.00	322	222	396	250	464	296	640	370	828	288
79.00	220	168	328	258	466	204	564	370	696	438
86.00	184	154	318	242	554	330	444	414	708	450
93.00	382	224	476	278	558	320	692	464	830	484
100.00	192	164	292	278	542	318	540	334	674	518
เฉลี่ย	300	189	419	265	544	297	647	434	818	449

ตารางที่ ก.5 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	35.52	39.51	43.77	50.72	59.92
22.00	33.24	39.86	44.19	41.05	43.13
29.00	10.99	50.10	34.16	12.38	56.42
37.00	73.12	26.80	23.39	41.00	48.83
44.00	29.44	41.97	43.78	37.00	34.52
51.00	22.39	51.79	84.36	32.93	46.34
58.00	57.56	29.15	38.73	21.02	40.32
65.00	11.11	46.59	49.50	38.61	44.30
72.00	31.06	36.87	36.21	42.19	65.22
79.00	23.64	21.34	56.22	34.40	37.07
86.00	16.30	23.90	40.43	6.76	36.44
93.00	41.36	41.60	42.65	32.95	41.69
100.00	14.58	4.79	41.33	38.15	23.15
เฉลี่ย	30.79	34.94	44.52	33.01	44.41

5.ของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ ก.6 ของแข็งทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	316	205	450	276	566	322	687	335	986	357
22.00	382	289	463	284	632	376	711	466	1008	568
29.00	312	225	513	258	652	413	820	489	1112	482
37.00	542	149	416	294	362	258	712	404	912	451
44.00	207	157	437	248	583	328	709	448	790	498
51.00	148	118	532	248	656	100	714	452	1108	496
58.00	552	236	518	360	664	386	860	588	1287	530
65.00	266	226	526	288	638	316	650	404	828	432
72.00	332	246	418	306	492	346	678	400	884	316
79.00	220	178	346	282	500	216	610	378	762	450
86.00	200	170	338	286	590	340	494	420	774	472
93.00	392	240	494	302	590	330	736	482	886	510
100.00	202	166	326	280	582	322	584	372	742	550
เฉลี่ย	313	200	444	286	577	312	690	434	995	470

ตารางที่ ก.7 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	35.13	38.67	43.11	51.24	80.61
22.00	24.35	38.66	40.51	34.46	43.65
29.00	27.88	49.71	36.66	40.37	56.65
37.00	72.51	29.33	28.73	43.26	50.55
44.00	24.15	43.25	43.74	36.81	36.96
51.00	20.27	53.38	84.76	36.69	55.23
58.00	57.25	30.50	41.87	31.63	58.82
65.00	15.04	45.25	50.47	37.85	47.83
72.00	25.90	26.79	29.67	41.00	64.25
79.00	19.09	18.50	56.80	38.03	40.94
86.00	15.00	15.38	42.37	14.98	39.02
93.00	38.78	38.87	44.07	34.51	42.44
100.00	17.82	14.11	44.67	36.30	25.88
เฉลี่ย	30.24	34.03	45.19	36.70	49.45

6.ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ตารางที่ ก.8 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	26	18	40	28	36	24	64	28	70	48
22.00	6	38	24	20	30	40	46	74	62	30
29.00	30	30	28	16	46	14	48	36	52	20
37.00	10	6	28	10	38	20	34	4	58	14
44.00	18	10	20	6	28	16	36	24	60	20
51.00	14	14	30	6	42	4	58	12	78	12
58.00	10	6	24	10	34	0	56	24	56	12
65.00	14	2	28	22	32	10	44	32	56	2
72.00	10	24	22	56	28	50	38	30	56	28
79.00	0	10	18	24	34	12	46	8	66	12
86.00	16	16	20	44	36	10	50	6	66	22
93.00	10	16	18	24	32	10	44	18	56	26
100.00	10	2	28	2	40	4	44	38	68	32
เฉลี่ย	13	15	25	21	35	16	47	26	62	21

ตารางที่ ก.9 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	30.77	30.00	33.33	56.25	31.43
22.00	-533.33	16.67	-33.33	-60.87	51.61
29.00	0.00	42.86	69.57	25.00	61.54
37.00	40.00	64.29	47.37	88.24	75.86
44.00	44.44	70.00	42.86	33.33	66.67
51.00	0.00	80.00	90.48	79.31	84.62
58.00	40.00	58.33	100.00	57.14	78.57
65.00	85.71	21.43	68.75	27.27	96.43
72.00	-140.00	-154.55	-78.57	21.05	50.00
79.00	0.00	-33.33	64.71	82.61	81.82
86.00	0.00	-120.00	72.22	88.00	66.67
93.00	-60.00	-33.33	68.75	59.09	53.57
100.00	80.00	92.86	90.00	13.64	52.94
เฉลี่ย	-31.72	10.40	48.93	43.85	65.52

7.ฟอสฟอรัส

ตารางที่ ก.10 ฟอสฟอรัส ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ฟอสฟอรัส(มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	0.750	1.274	1.550	1.715	2.164	1.899	3.008	1.700	3.434	1.911
22.00	0.762	1.294	1.576	1.742	2.198	1.929	3.056	1.723	3.488	1.941
29.00	0.698	1.405	1.437	1.421	2.278	1.706	2.683	1.802	3.516	1.770
37.00	0.770	0.730	1.429	1.206	2.079	1.206	2.651	1.500	3.278	1.675
44.00	0.774	0.831	1.613	0.927	2.323	0.960	3.250	1.161	3.847	1.621
51.00	0.815	0.782	1.532	0.661	2.532	0.927	3.048	1.258	3.710	1.774
58.00	0.746	0.554	1.485	0.715	2.262	0.777	2.954	1.515	3.646	1.538
65.00	0.742	0.508	1.565	1.040	2.242	1.032	2.935	1.605	3.532	1.581
72.00	0.690	0.675	1.405	1.635	2.159	1.698	2.437	2.040	3.262	2.317
79.00	0.722	0.468	1.468	1.722	2.254	1.262	2.968	1.429	3.468	1.492
86.00	0.734	0.815	1.432	0.984	2.202	1.121	2.927	1.040	3.581	2.258
93.00	0.742	0.563	1.563	1.023	2.273	1.070	2.930	1.492	3.680	2.414
100.00	0.664	0.570	1.648	0.961	2.933	1.266	2.992	1.805	3.656	1.992
เฉลี่ย	0.739	0.805	1.516	1.212	2.300	1.296	2.911	1.544	3.546	1.868

8.แอมโมเนีย

ตารางที่ ก.11 แอมโมเนีย ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

แอมโมเนีย(มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	2.8	0.28	3.92	1.21	5.60	2.52	7.28	3.27	8.40	3.17
22.00	1.79	0.98	2.91	2.07	5.60	3.36	6.38	3.64	7.06	4.03
29.00	1.57	0.73	2.8	1.57	4.91	3.30	5.99	3.47	7.00	4.48
37.00	1.4	0.34	2.97	0.78	5.04	1.18	5.49	3.36	7.84	4.14
44.00	1.4	0.28	2.8	0.45	4.09	0.50	5.66	1.18	6.44	1.34
51.00	1.18	0.17	2.46	0.17	4.26	0.11	4.98	1.62	6.27	0.50
58.00	0.95	0.22	2.07	0.17	3.08	0.06	4.03	0.39	5.26	0.45
65.00	0.90	0.00	1.85	0.22	3.08	0.11	4.31	0.28	5.10	0.45
72.00	0.89	0.03	1.88	0.46	3.30	0.03	4.22	0.46	5.51	0.52
79.00	1.71	0.06	2.59	0.29	3.88	0.18	5.06	0.00	6.64	0.12
86.00	1.18	0.29	2.53	0.35	3.76	0.35	5.00	0.18	6.53	1.18
93.00	1.18	0.18	2.41	0.47	4.00	0.24	5.00	0.29	6.59	0.76
100.00	1.41	1.00	3.29	1.76	5.06	1.47	4.70	1.47	6.70	1.41
เฉลี่ย	1.41	0.35	2.65	0.77	4.28	1.03	5.24	1.51	6.56	1.74

ตารางที่ ก.12 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	90.00	69.05	55.00	55.13	62.22
22.00	45.31	28.85	40.00	42.98	42.86
29.00	53.57	44.00	32.71	42.06	36.00
37.00	76.00	73.58	76.67	38.78	47.14
44.00	80.00	84.00	87.67	79.21	79.13
51.00	85.71	93.18	97.37	67.42	91.96
58.00	76.47	91.89	98.18	90.28	91.49
65.00	100.00	87.88	96.36	93.51	91.21
72.00	96.55	75.41	99.07	89.05	90.50
79.00	96.55	88.64	95.45	100.00	98.23
86.00	75.00	86.05	90.63	96.47	81.98
93.00	85.00	80.49	94.12	94.12	88.39
100.00	29.17	46.43	70.93	68.75	78.95
เฉลี่ย	76.10	73.03	79.55	73.67	75.39

9.เจดาลไนโตรเจน

ตารางที่ ก.13 เจดาลไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

เจดาลไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	6.16	4.76	9.66	6.44	16.38	8.12	21.28	10.08	26.18	10.36
22.00	7.00	4.48	10.36	5.32	17.92	8.12	22.12	14.28	26.32	11.48
29.00	5.04	4.76	10.36	4.48	15.12	6.16	21.00	11.48	26.88	9.52
37.00	5.32	1.12	10.08	1.96	15.12	3.64	20.44	3.92	24.64	8.68
44.00	12.32	2.80	8.96	1.96	14.28	1.12	19.32	3.64	22.68	5.60
51.00	4.76	2.80	9.52	2.24	15.96	2.80	19.04	4.76	24.08	6.16
58.00	4.20	0.84	7.28	1.68	11.48	1.96	12.60	4.76	17.36	3.08
65.00	3.08	0.28	6.16	2.52	12.88	1.68	9.80	3.92	15.40	2.24
72.00	3.70	0.92	7.39	4.31	10.78	3.39	12.01	5.85	18.79	4.31
79.00	4.70	1.76	9.11	8.53	14.11	4.41	18.23	7.35	22.64	0.59
86.00	5.32	3.36	10.08	6.44	14.56	3.36	18.48	2.80	23.52	6.72
93.00	4.12	2.65	9.11	3.23	14.41	2.65	17.93	1.47	22.64	11.47
100.00	3.82	3.53	9.41	2.06	17.93	2.94	18.52	5.00	22.93	6.17
เฉลี่ย	5.35	2.62	9.04	3.94	14.69	3.87	17.75	6.10	22.62	6.64

ตารางที่ ก.14 ประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	22.73	33.33	50.43	52.63	60.43
22.00	36.00	48.65	54.69	35.44	56.38
29.00	5.56	56.76	59.26	45.33	64.58
37.00	78.95	80.56	75.93	80.82	64.77
44.00	77.27	78.13	92.16	81.16	75.31
51.00	41.18	76.47	82.46	75.00	74.42
58.00	80.00	76.92	82.93	62.22	82.26
65.00	90.91	59.09	86.96	60.00	85.45
72.00	75.00	41.67	68.57	51.28	77.05
79.00	62.50	6.45	68.75	59.68	97.40
86.00	36.84	36.11	76.92	84.85	71.43
93.00	35.71	64.52	81.63	91.80	49.35
100.00	7.69	78.13	83.61	73.02	73.08
เฉลี่ย	50.03	56.67	74.18	65.63	71.69

10.ซีโอดี

ตารางที่ ก.15 ซีโอดี ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ซีโอดี(มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	218.08	22.56	432.40	37.60	651.73	56.40	846.00	67.68	1090.40	52.64
22.00	218.08	60.16	441.80	67.68	626.27	82.72	883.60	146.64	1015.20	131.60
29.00	170.00	54.00	340.00	39.60	498.67	57.60	680.00	61.20	986.00	86.40
37.00	192.64	22.56	395.60	37.60	561.87	52.64	774.00	86.48	997.60	90.24
44.00	183.68	35.20	385.40	31.68	623.20	31.68	803.60	73.92	1049.60	80.96
51.00	204.00	33.84	425.00	22.56	702.67	26.32	867.00	60.16	986.00	78.96
58.00	219.52	22.08	431.20	25.76	640.27	25.76	862.40	58.88	1136.80	55.20
65.00	193.44	18.80	372.00	48.88	582.80	30.08	762.60	63.92	1004.40	52.64
72.00	200.88	21.60	427.80	72.00	632.40	72.00	744.00	108.00	1116.00	79.20
79.00	200.88	21.60	427.80	43.20	669.60	25.20	874.20	54.00	1116.00	50.40
86.00	227.84	21.60	418.30	72.00	652.67	32.40	872.20	25.20	1139.20	75.60
93.00	183.04	21.12	404.80	45.76	610.13	31.68	792.00	42.24	1020.80	105.60
100.00	176.00	18.80	396.00	33.84	563.20	33.84	827.20	45.12	1020.80	71.44
เฉลี่ย	2588.08	373.92	5298.10	578.16	8015.48	558.32	10588.80	893.44	13678.80	1010.88

ตารางที่ ก.16 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	89.66	91.30	91.35	92.00	95.17
22.00	72.41	84.68	86.79	83.40	87.04
29.00	68.24	88.35	88.45	91.00	91.24
37.00	88.29	90.50	90.63	88.83	90.95
44.00	80.84	91.78	94.92	90.80	92.29
51.00	83.41	94.69	96.25	93.06	91.99
58.00	89.94	94.03	95.98	93.17	95.14
65.00	90.28	86.86	94.84	91.62	94.76
72.00	89.25	83.17	88.61	85.48	92.90
79.00	89.25	89.90	96.24	93.82	95.48
86.00	90.52	82.79	95.04	97.11	93.36
93.00	88.46	88.70	94.81	94.67	89.66
100.00	89.32	91.45	93.99	94.55	93.00
เฉลี่ย	1109.86	1158.20	1207.89	1189.51	1202.99

11.บีโอดี

ตารางที่ ก.17 บีโอดี ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

บีโอดี(มิลลิกรัมต่อลิตร)										
วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล		ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
20.00	98.15	6.50	186.24	21.64	332.22	16.78	372.48	15.44	719.08	13.42
22.00	140.94	16.78	271.81	10.07	373.92	14.09	560.88	45.30	704.70	23.49
29.00	142.25	23.20	285.10	10.15	385.43	15.46	495.88	27.06	730.10	23.20
37.00	148.79	1.71	280.47	6.52	345.73	6.87	483.22	13.05	628.19	9.66
44.00	102.28	6.46	215.84	5.80	312.48	1.97	418.79	9.10	491.28	7.09
51.00	130.87	6.81	193.69	6.81	272.22	0.35	361.75	9.95	448.71	7.85
58.00	157.05	4.89	319.33	5.76	481.61	4.19	638.66	14.92	732.89	8.38
65.00	99.46	6.52	188.46	7.15	272.22	4.89	397.85	14.66	425.64	16.75
72.00	102.08	2.24	201.54	8.39	324.56	2.89	358.97	26.46	628.19	18.56
79.00	193.69	9.60	130.87	2.09	284.18	4.65	429.26	8.64	549.66	12.56
86.00	115.17	3.32	256.85	8.55	429.26	3.26	450.20	6.28	613.23	26.70
93.00	130.87	3.66	216.75	9.95	303.62	4.19	460.67	9.16	287.92	31.41
100.00	84.93	3.03	222.77	6.28	331.81	1.63	436.67	15.71	548.80	19.89
เฉลี่ย	126.66	7.28	228.44	8.40	342.25	6.25	443.48	16.59	554.49	16.84

ตารางที่ ก.18 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

วันที่เริ่มดำเนินการ	ความเข้มข้นซีโอดี 200 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 600 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 800 มก./ล	ความเข้มข้นซีโอดี 1000 มก./ล
	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
20.00	93.383	88.379	94.949	95.856	98.133
22.00	88.095	96.296	96.231	91.923	96.667
29.00	83.694	96.441	95.988	94.543	96.823
37.00	98.854	97.674	98.012	97.300	98.462
44.00	93.681	97.313	99.369	97.827	98.557
51.00	94.800	96.487	99.872	96.200	98.250
58.00	96.889	98.197	99.130	97.664	98.857
65.00	93.450	96.204	98.205	96.316	86.666
72.00	97.809	95.839	99.111	92.630	97.045
79.00	95.045	98.400	98.363	97.988	97.714
86.00	97.122	96.671	99.241	98.605	95.646
93.00	97.200	95.411	98.621	98.011	89.091
100.00	96.438	97.180	99.509	96.403	96.375
เฉลี่ย	94.343	96.192	98.200	96.251	96.022

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในถังเติมอากาศ ที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

1. ออกซิเจนละลาย

ตารางที่ ข.1 ออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ออกซิเจนละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร)					
วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น ซีโอดี 200 มก./ล.	ความเข้มข้น ซีโอดี 400 มก./ล.	ความเข้มข้น ซีโอดี 600 มก./ล.	ความเข้มข้น ซีโอดี 800 มก./ล.	ความเข้มข้น ซีโอดี 1000 มก./ล.
20	7.90	7.60	7.51	7.02	6.73
22	7.77	7.60	7.56	7.02	6.73
29	7.45	7.31	6.98	6.56	6.46
37	7.24	7.08	6.97	6.46	6.39
44	7.33	7.06	7.03	6.59	6.53
51	7.35	7.06	6.82	6.35	6.18
58	7.57	7.34	7.27	6.86	6.67
65	6.93	6.76	6.67	6.38	6.19
72	7.38	7.04	6.95	6.57	6.42
79	7.40	7.13	6.96	6.76	6.94
86	7.43	7.27	7.14	6.91	6.56
93	7.55	7.20	7.25	6.97	6.73
100	7.46	7.20	7.09	6.96	6.62
เฉลี่ย	7.44	7.20	7.09	6.72	6.55

2.ของแข็งจมตัว

ตารางที่ ข.2 ของแข็งจมตัวที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ของแข็งจมตัว (มิลลิลิตร)					
วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นซีโอดี	ความเข้มข้นซีโอดี	ความเข้มข้นซีโอดี	ความเข้มข้นซีโอดี	ความเข้มข้นซีโอดี
	200 มก./ล.	400 มก./ล.	600 มก./ล.	800 มก./ล.	1,000 มก./ล.
20	0	0.2	0	0	0.1
22	0	0	0	0	0
29	0	0.5	0	0.5	0
37	0	0	0.1	0.1	0
44	0	0.4	17	0.4	0.5
51	0	0.2	9	0.3	0.3
58	0	1	23	40	25
65	0	0.6	180	0.1	15
72	0	0	94	0	450
79	0	0.6	66	0	130
86	0	0.1	56	12	0
93	0	0	100	5	2.5
100	0	0	0	0	0
เฉลี่ย	0	0.28	41.93	4.49	47.95

3. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ตารางที่ ข.3 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี
วันที่ทำการทดลอง	200 มก./ล.	400 มก./ล.	600 มก./ล.	800 มก./ล.	1000 มก./ล.
58	6.00	34	72.00	116.00	48.00
65	0.00	22	42.00	36.00	20.00
72	2.00	32	84.00	58.00	250.00
79	4.00	38	80.00	0.00	44.00
86	4.00	22	16.00	30.00	26.00
93	6.00	28	22.00	2.00	78.00
100	0.00	6	0.00	26.00	28.00
เฉลี่ย	1.69	14.00	24.31	20.62	38.00

4.ของแข็งระเหยทั้งหมด

ตารางที่ ข.4 ของแข็งระเหยทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 10 วัน

ของแข็งระเหยทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี	ความเข้มข้น ซีโอดี
วันที่ทำการทดลอง	200 มก./ล.	400 มก./ล.	600 มก./ล.	800 มก./ล.	1000 มก./ล.
58	6.00	32	54.00	94.00	40.00
65	0.00	14	40.00	40.00	20.00
72	2.00	24	70.00	52.00	196.00
79	4.00	32	72.00	-2.00	34.00
86	4.00	18	16.00	30.00	26.00
93	6.00	16	22.00	2.00	68.00
100	0.00	6	0.00	26.00	24.00
เฉลี่ย	1.69	10.92	21.08	18.62	31.38