



การบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสปีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บตก 12 ชั่วโมง

THE LEACHATE TREATMENT OF SEQUENCING BATCH REACTOR AT  
12 HOURS RETENTION TIME

นายกิตติพันธ์	เพ็งวัน	รหัส 52364476
นายจีรวัสส์	เส็งทะพันธ์	รหัส 52464513
นางสาวชนิตา	แจ่งจำว	รหัส 52364544
นายสิทธิพงษ์	สิทธิกรรม	รหัส 52364797

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ชื่อกรรมการวิศวกรรมศาสตร์	
วันที่รับ.....	- 7 ส.ค. 2556
เลขทะเบียน.....	16342978
เลขเรียกหนังสือ.....	95
ฉบับที่.....	ก 461

2555



## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบ เอสบีอาร์  
ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง

ผู้ดำเนินโครงการ นายกิตติพันธ์ เพ็งวัน  
นายจิรวุฒิ เต็งหะพันธ์  
นายสิทธิพงษ์ สิทธิกรรม  
นางสาวชนิกา แซ่จ้าว


ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์ วรงค์ศักดิ์ ช่อนกลิ่น

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

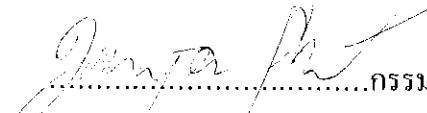
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

  
.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(นางสาววรงค์ศักดิ์ ช่อนกลิ่น)

  
.....กรรมการ  
(นายอำพล เตโชวานิชย์)

  
.....กรรมการ  
(ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายกิตติพันธ์	เพ็งวัน	รหัส 52364476
	นายจิรวุฒิส	เส็งหะพันธ์	รหัส 52364513
	นางสาวชนิดา	แจ่งจำ	รหัส 52364544
	นายสิทธิพงษ์	สิทธิกรรม	รหัส 52364797
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์วรางค์ลักษณ์	ช่อนกลิ่น	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2555		

### บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง มีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แบบจำลองระบบเอสบีอาร์บำบัดน้ำชะขยะจำนวน 3 ถัง ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการศึกษาพบว่าการบำบัดน้ำชะขยะที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 89.57% 90.40% และ 78.81% ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 95.93% 97.46% และ 89.14% ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 52.30% 59.74% และ 49.09% ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 72.53% 70.64% และ 52.14% ตามลำดับ จากการทดลองสรุปได้ว่าน้ำชะขยะที่มีความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงดีที่สุด

<b>Project title</b>	The Leachate Treatment of Sequencing Batch Reactor at 12 Hour Retention Time.		
<b>Name</b>	Mr.Kittipan	Pengwan	ID. 52364476
	Mr.Chirawat	Senghapan	ID. 52364513
	Miss.Chanida	Saejaw	ID. 52364544
	Mr.Sithipong	Sithikum	ID. 52364797
<b>Project advisor</b>	Miss.Warangluck	Sonklin	
<b>Major</b>	Environmental Engineering		
<b>Department</b>	Civil Engineering		
<b>Academic year</b>	2012		

---

### Abstract

The objective of this study the leachate treatment of sequencing batch reactor at 12 hour retention time, was to determine the efficiency of the treatment. Tree tanks were used as sequencing batch reactor model and filled with influent leachate with COD concentration were 200 400 and 600 mg/l.

The result showed that at the influent COD concentration of 200 400 and 600 mg/l ,the average COD removal efficiencies were 89.57% 90.40% and 78.81%, respectively . The average BOD removal efficiencies were 95.93% 97.46% and 89.14%, respectively. The average N removal efficiencies were 52.30% 59.74% and 49.09%, respectively. The average P removal efficiencies were 72.53% 70.64% and 52.14%, respectively. It was found that the leachate treatment efficiency of COD concentration influent at 400 mg/l was the best at 12 hours detention time.



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บกาก 12 ชั่วโมง ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณอาจารย์วรรงค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการตลอดจนการติดตามและประเมินผลการทำโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คุณวิชญา อัมระจ่างและคุณยุพา เอี่ยมบัวหลวง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมที่ให้คำแนะนำ และให้การช่วยเหลือในการปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ทุกท่านในคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณ นางสาวอุกน้ำ มากลิ่น ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านงานเอกสารทางราชการ ระหว่างดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณ ฝ่ายการเงินของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายเงิน ในการดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู และสั่งสอนจนเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางด้านการเงิน และคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่มีได้เอื้อนยามในที่นี้ ที่มีส่วนร่วมช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณคุณงามความดีที่เกิดจากโครงการนี้ แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยร่วมช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากการดำเนินงานโครงการนี้ คณะผู้ดำเนินงานต้องกราบขอภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม  
นายกิตติพันธ์ เพ็งวันและคณะผู้ดำเนินโครงการ  
มีนาคม 2556

## สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	3
<b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี</b>	<b>4</b>
2.1 น้ำชะขยะ ( Leachates )	4
2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	6
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย	9
2.4 ระบบเอสปีอาร์	13
2.5 การประยุกต์ใช้งานระบบเอสปีอาร์	19
2.6 การออกแบบและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบ	20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ</b>	<b>25</b>
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	25
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	29

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	36
4.1 พีเอช	36
4.2 อุณหภูมิ	38
4.3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	39
4.4 ของแข็งละลายน้ำ	41
4.5 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	43
4.6 ของแข็งจมตัว	47
4.7 บีโอดี	47
4.8 ซีโอดี	50
4.9 ออกซิเจนละลายน้ำ	53
4.10 ฟอสฟอรัสทั้งหมด	55
4.11 ไนโตรเจนทั้งหมด	58
4.12 สี	60
4.13 จุลินทรีย์ที่พบในระบบ	64
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผล	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	86
ภาคผนวก ค	90
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	93

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการศึกษาโครงการ	2
2.1 องค์ประกอบของน้ำชะขยะตามอายุของหลุมฝังกลบ	5
2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	6
2.3 ค่ากำหนดการออกแบบระบบเอสปีอาร์	20
2.4 ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเอสปีอาร์ โดยขึ้นกับโครงการ ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1995-1998	21
3.1 ตารางแสดงความเข้มข้นของน้ำชะขยะที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบเอสปีอาร์ ที่ระยะเวลาพักเก็บ 7 วัน	30
3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	33
3.3 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง	34
3.4 มาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบ	35



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แหล่งกำเนิดและประเภทขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่าง ๆ	4
2.2 ตะแกรงหยาบ	10
2.3 ตะแกรงละเอียด	10
2.4 ถังดักกรวดทราย	10
2.5 ถังดักไขมันและน้ำมันขนาดเล็ก	11
2.6 ถังตกตะกอนแบบวงกลม (ภาพด้านบน)	12
2.7 แผนผังแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสปีอาร์	14
2.8 เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator)	14
2.9 เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำ (Submerged Turbine Aerator)	15
2.10 เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator)	15
2.11 แสดงลักษณะการทำงานของถังปฏิกริยา	17
3.1 ถังพลาสติกที่ใช้เป็นแบบจำลองระบบเอสปีอาร์	25
3.2 เครื่องเติมอากาศ	26
3.3 เครื่องสูบน้ำแบบรีด ( High Speed Persistal Pume)	26
3.4 เครื่องสูบน้ำแบบรีด (Peristaltic Pump Variable Speed)	27
3.5 ถังน้ำเข้า	27
3.6 ถังพลาสติกสำหรับใส่น้ำออก	28
3.7 การติดตั้งระบบเอสปีอาร์	29
3.8 แบบจำลองระบบเอสปีอาร์	29
3.9 แผนภูมิวิธีการทดลอง	32
4.1 ค่าที่เอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นของซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	36
4.2 ค่าที่เอชของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	37
4.3 ค่าที่เอชเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	37
4.4 ค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	38
4.5 ค่าอุณหภูมิของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	38
4.6 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	39
4.7 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	39
4.8 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200	40

400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	
4.9 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	40

### สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	41
4.11 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	41
4.12 ค่าของแข็งละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	42
4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	42
4.14 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำ	43
4.15 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	44
4.16 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	44
4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	45
4.18 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเมื่อความซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	46
4.19 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	46
4.20 ค่าของแข็งจมตัวในถังเติมอากาศเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	47
4.21 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	48
4.22 ค่าบีโอดีของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	48
4.23 ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	49
4.24 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	49
4.25 ประสิทธิภาพการบำบัดของบีโอดีเฉลี่ยของระบบ	50
4.26 ค่าซีไอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	51
4.27 ค่าซีไอดีของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	51
4.28 ค่าซีไอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	52
4.29 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	52

4.30	ประสิทธิภาพการบำบัดของซีโอดีเฉลี่ยของระบบ	53
------	---	----

### สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.31	ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	54
4.32	ประสิทธิภาพเฉลี่ยของออกซิเจนละลายน้ำ	54
4.33	ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	55
4.34	ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	56
4.35	ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	56
4.36	ค่าประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	57
4.37	ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมด	57
4.38	ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	58
4.39	ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	58
4.40	ค่าไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	59
4.41	ค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	59
4.42	ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของไนโตรเจน	60
4.43	ค่าสีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	61
4.44	ค่าสีของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	61
4.45	ค่าสีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ	62
4.46	ค่าประสิทธิภาพการบำบัดสีเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	62
4.47	ประสิทธิภาพการบำบัดสีทั้งหมด	63
4.48	จุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศทุกถัง	64
4.49	จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	65
4.50	จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	66
4.51	จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	67
4.52	จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	68
4.53	จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร	69

4.54 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีไอคือ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

70

### สารบัญญัติลักษณะและอักษรย่อ

MLSS	=	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในถังเติมอากาศ
MLVSS	=	ของแข็งระเหยทั้งหมด
V30	=	ของแข็งจมตัว ที่ระยะเวลา 30 นาที
BOD	=	ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์
COD	=	ปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์
P	=	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
N	=	ไนโตรเจนทั้งหมด





# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรและก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปริมาณขยะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น การกำจัดขยะที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ การใช้วิธีฝังกลบ ภายในหลุมฝังกลบมีขยะทับถมกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดน้ำชะขยะปริมาณมาก หากไม่มีการบำบัดน้ำชะขยะก่อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะส่งผลทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย มีกลิ่นเหม็นและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ไม่สามารถนำน้ำนั้นมาอุปโภคและบริโภคได้ จึงจำเป็นต้องบำบัดน้ำชะขยะให้ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบีอาร์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบตะกอนเร่งที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงเหมือนตะกอนเร่งทั่วไป การทำงานของระบบจะรวมถึงฟัก ถึงเติมอากาศและถังตกตะกอนในถังเดียวกัน ทำให้ลดพื้นที่ก่อสร้าง สามารถควบคุมไม่ให้เกิดการผสมระหว่างน้ำใสและตะกอนได้ง่าย ทำให้น้ำทิ้งออกจากระบบอยู่ในมาตรฐานที่ต้องการ ดังนั้นระบบเอสบีอาร์จึงมีความน่าสนใจในการนำมาบำบัดน้ำชะขยะซึ่งเป็นที่มาของโครงการนี้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์ที่ความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์
- 1.3.2 นำความรู้ที่ได้ไปประกอบการตัดสินใจในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย
- 1.3.3 นำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง

### 1.4 ขอบเขตการทำโครงการ

สร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดด้วยระบบเอสบีอาร์ จำนวน 3 ชุด เพื่อบำบัดน้ำชะขยะสังเคราะห์จากน้ำชะขยะจริง ที่ความเข้มข้นซีโอดีแตกต่างกัน คือ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาในการทดลองทำการเก็บน้ำเพื่อวิเคราะห์เป็นเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เดือนมกราคม โดยติดตั้งแบบจำลองระบบที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ พร้อมกับการวิเคราะห์พารามิเตอร์ 16 พารามิเตอร์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการทำงานของแบบจำลอง



**1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ**

1. ค่าอุปกรณ์ทำแบบจำลองระบบ	3,300 บาท
2. ค่าหัวเติมอากาศ	300 บาท
3. ค่าวัสดุสำนักงาน	400 บาท
รวมเป็นเงิน	4,000 บาท



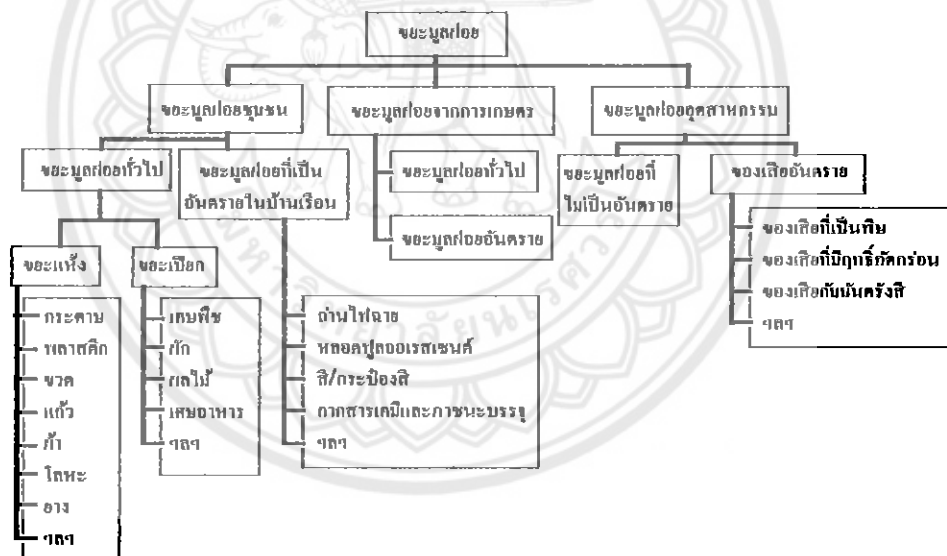
## บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

### 2.1 น้ำชะขยะ ( Leachates )

น้ำชะขยะเกิดจากของเหลวที่ไหลชะล้างผ่านหรือออกมาจากขยะมูลฝอยซึ่งอาจประกอบด้วยสารละลาย สารแขวนลอยผสมอยู่ (กรมควบคุมมลพิษ,2535) ซึ่งของเหลวที่ซึมผ่านลงมาในหลุมฝังกลบมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นน้ำฝนที่ตกลงมาบริเวณหลุมฝังกลบมูลฝอยทำให้มีสิ่งเจือปนต่างๆในปริมาณสูงจนกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไปก่อให้เกิดปัญหาต่างๆแก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ

#### 2.1.1 แหล่งกำเนิดขยะ

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



รูปที่ 2.1 แหล่งกำเนิดและประเภทขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่าง ๆ

ที่มา: [http://www.tungsong.com/Environment/Garbage\\_n/garbage\\_03.html](http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/garbage_03.html), 2553

### 2.1.2 องค์ประกอบของน้ำชะขยะ

จากตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของน้ำชะขยะในหลุมฝังกลบที่อายุน้อยกว่า 2 ปี และมากกว่า 10 ปี จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบต่างๆมีค่าน้อยลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำองค์ประกอบของน้ำชะขยะมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

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
ทีโอดี	1,500-20,000	6,000	80-160
ซีโอดี	3,000-60,000	18,000	100-500
ของแข็งแขวนลอย	200-2,000	500	100-400
สารอินทรีย์ในโตรเจน	10-800	200	80-120
แอมโมเนียในโตรเจน	10-800	200	20-40
ไนเตรด	5-40	25	5-10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	5-100	30	5-10
ฟอสฟอรัส	4-80	20	4-8
การนำไฟฟ้า	1,000-10,000	3,000	200-1,000
ความเป็นกรด-ด่าง	4.5-7.5	6	6.6-7.5
ความกระด้าง	300-10,000	3,500	200-500
แคลเซียม	200-3,000	1,000	100-400
แมกนีเซียม	50-1,500	250	50-200
โปแทสเซียม	200-1,000	300	50-400
โซเดียม	200-2,500	500	100-200
คลอไรด์	200-3,000	500	100-400
ซัลเฟต	50-1,000	300	20-50
เหล็กทั้งหมด	50-1,200	60	20-200

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2537

## 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

จากการออกแบบระบบควบคุมน้ำเสีย เพื่อป้องกันการรั่วไหลของน้ำชะมูลฝอยไปผสมกับน้ำฝน และควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งไม่ให้เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมตาม พรบ.โรงงาน (ที่มา; เกณฑ์ มาตรฐาน และแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolve Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง 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. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H <sub>2</sub> S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate

ตารางที่ 2.2(ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
7. ไซยาไนต์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันแลไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ ลักษณะของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้ว แยกหาน้ำหนักของน้ำมัน และไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyd)	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. สารที่ใช้ป้องกัน หรือ กำจัดศัตรูพืช หรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี 5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแต่ ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภท ของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่ อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl

ตารางที่ 2.2(ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal) 16.1 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.2 โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
16.3 โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
16.4 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
16.5 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
16.6 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
16.7 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
16.8 นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
16.9 แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	



ตารางที่ 2.2(ต่อ) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16.10 อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation
16.11 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation
16.12ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	- Atomic Absorption Cold Vapour Technique

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2535

## 2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

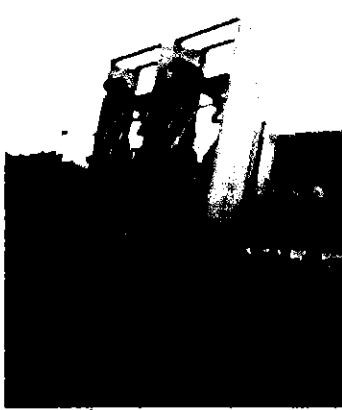
กระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 3 ประเภท คือ

### 2.3.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Process)

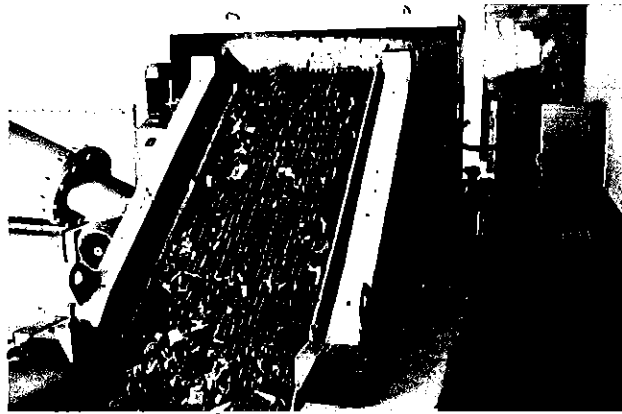
เป็นกระบวนการที่ใช้แยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำด้วยวิธีที่ง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน โดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่เหมาะแก่การแยกสิ่งเจือปน โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของการบำบัดน้ำเสีย อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียทางกายภาพ มีดังนี้คือ

#### 2.3.1.1 ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด (Coarse Screen and Fine Screen)

ตะแกรงหยาบปกติประกอบด้วยเหล็กเส้นซึ่งมีช่องว่างประมาณ 2-15 ซม. ตั้งเอียงมุม 45 – 60° กับแนวตั้ง การทำความสะอาดตะแกรงอาจจะกระทำได้โดยการใช้แรงคนหรือใช้คราดอัตโนมัติของแข็งที่ขจัดออกจากตะแกรงอาจนำไปฝังหรือเผา หรือลดขนาดลงโดยการบดหรือสับเป็นชิ้นเล็กๆแล้วส่งกลับคืนสู่น้ำเสียต่อไป อีกทั้งใช้สำหรับดักสิ่งที่ย่อยน้ำ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถูพลาสติก ฯลฯ ดังรูปที่ 2.2 ตะแกรงละเอียดปกติเป็นตาข่ายมีช่องขนาดประมาณ 0.3 ซม. หรือเล็กกว่าให้น้ำเสียผ่านตะแกรงละเอียดซึ่งอาจจะทำเป็นผิวของรูปทรงกระบอก (Drum Screen) ส่วนมากตะแกรงละเอียดใช้ในการกำจัดน้ำเสียจากการอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ตะแกรงหยาบ



รูปที่ 2.3 ตะแกรงละเอียด

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

#### 2.3.1.2 ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber)

ถังดักกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่านถังดักกรวดทรายเป็นสิ่งจำเป็นทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องสูบน้ำเสียสกปรก และเสียหายเนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย ดังรูปที่ 2.4

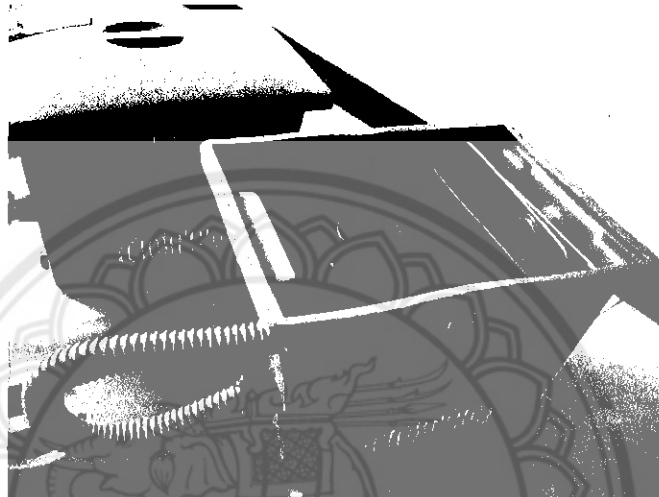


รูปที่ 2.4 ถังดักกรวดทราย

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

### 2.3.1.3 ถังดักไขมัน (Grease Trap)

น้ำเสียหลายประเภทมีไขมันและน้ำมันปนอยู่ด้วยไขมันหรือน้ำมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทำให้สามารถใช้ถังดักไขมันดังรูปที่ 2.5 ทางออกของถังดักไขมันจมอยู่ใต้น้ำ (ต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน) สามารถดึงส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อภาพตัว T ไขมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตัดออกไปทิ้งได้ รูปที่ 2.5 เป็นถังดักไขมันขนาดเล็กที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากการปรุงอาหารซึ่งเป็นน้ำเสียที่ปริมาณต่ำ

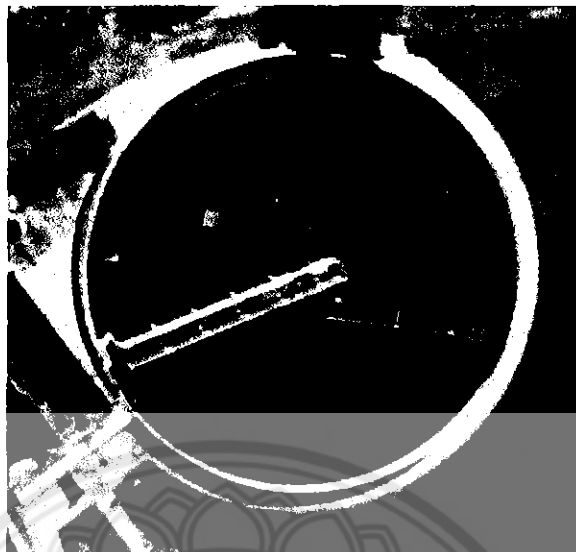


รูปที่ 2.5 ถังดักไขมันและน้ำมันขนาดเล็ก

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

### 2.3.1.4 ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

เป็นการแยกของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำออกจากน้ำด้วยการทำให้ตกจม โดยเมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในถังตกตะกอนมันจะใช้เวลาอยู่ในถังนี้ประมาณ 2-4 ชั่วโมง ทำให้ตะกอนแขวนลอยมีเวลาดตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปออกจึงมีตะกอนแขวนลอยเหลือน้อย ถังตกตะกอนมีบทบาทอยู่ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ เกือบทุกประเภท และถือเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดตะกอนแขวนลอยในน้ำ ถังตกตะกอนแบบวงกลม ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ถังตกตะกอนแบบวงกลม (ภาพด้านบน)  
ที่มา: <http://lgam.wikidot.com/sediment...ion-tank> , 2552

### 2.3.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Process)

เป็นกระบวนการที่ต้องพึ่งพาสารเคมีเพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการ มักใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้วิธีอื่นได้ผลหรือได้ผลแต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง กระบวนการเคมีที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

#### 2.3.2.1 การทำให้เป็นกลางหรือการปรับพีเอช (Neutralization)

ค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำและน้ำเสียเกือบทุกชนิด น้ำเสียที่มีพีเอชต่ำสามารถทำให้เป็นกลางได้ด้วยการเติมปูนขาวหรือโซดาไฟหรือโซดาแอช ส่วนน้ำที่มีพีเอชสูงสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

#### 2.3.2.2 กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามากเรียกว่า คอลลอยด์ (Colloid) ซึ่งไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไป การเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารส้ม ทำให้คอลลอยด์หลายๆอนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ฟล็อก (Floc) จนมีน้ำหนักมากและตกตะกอนได้รวดเร็ว สารเคมีทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมกันเป็นฟล็อก กระบวนการประสานคอลลอยด์นี้ เรียกว่า โคแอกกูเลชัน

#### 2.3.2.3 การตกตะกอนผลึก (Precipitation)

โลหะหนักที่ละลายอยู่ในน้ำเสียมักทำให้ตกผลึกได้โดยการเพิ่มพีเอช ดังนั้นการเติมปูนขาวให้กับน้ำเสียจนมีพีเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสมจะทำให้โลหะหนักตกผลึกได้ จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมตัวกันกลายเป็นฟล็อกด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันแล้ว จึงแยกฟล็อกออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอน

### 2.3.2.4 ออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – Reduction)

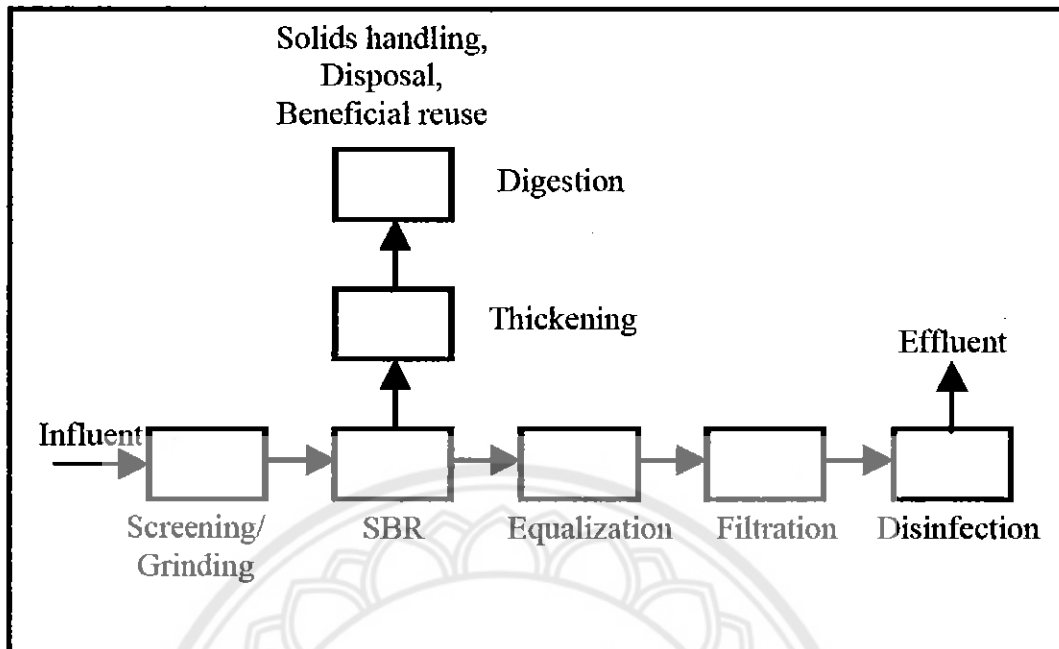
ในกรณีต้องการกำจัดมลพิษที่ละลายอยู่ในน้ำ แต่ไม่สามารถใช้วิธีตกผลึกได้ ก็อาจใช้กระบวนการออกซิเดชัน – รีดักชันเปลี่ยนมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ กระบวนการออกซิเดชัน – รีดักชัน ได้แก่ การเติมสารเคมีซึ่งอาจเป็น Oxidant หรือ Reductant อย่างใดอย่างหนึ่งไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชันกับสารพิษ ทำให้ได้ผลปฏิกิริยาเป็นสารที่ไม่สร้างปัญหา

### 2.3.3 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process)

เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายแบ่งเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) ซึ่งแบบใช้ออกซิเจนอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนสารอินทรีย์ ให้กลายเป็น  $\text{CO}_2$  และน้ำ เช่น กระบวนการเอเอส ระบบฟิล์มตรึง ระบบสระเติมอากาศ ระบบโปรยกรอง เป็นต้น ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรกให้กลายเป็น  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  และ  $\text{H}_2\text{S}$  เช่น กระบวนการย่อยไร้ออกซิเจน ถังกรองไร้อากาศ ระบบยูเอเอสบี เป็นต้น

## 2.4 ระบบเอสปีอาร์

ระบบเอสปีอาร์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ที่มีการทำงาน แบบกะ (Batch) เริ่มมีการใช้งานระบบเอสปีอาร์ในช่วงต้นค.ศ.1960 ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ และสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำเสีย ระบบเอสปีอาร์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถควบคุมง่ายและเหมาะสมสำหรับการบำบัดทั้งน้ำเสียจากชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีน้ำเสียไม่มาก แผนผังแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสปีอาร์ แสดงดังรูปที่ 2.7 ระบบเริ่มจากการนำน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด (Influent) จะไหลผ่านตะแกรงเพื่อแยกขยะ สิ่งปนเปื้อนขนาดใหญ่ (Screening/Grinding) ก่อนที่จะเข้าระบบเอสปีอาร์ ตะกอนชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบเอสปีอาร์จะเข้าสู่กระบวนการบำบัดตะกอน ได้แก่ การเพิ่มความเข้มข้นตะกอน (Thickening) และการหมักตะกอน (Digestion) เพื่อให้ตะกอนคงสภาพแล้วจึงนำไปกำจัด (Disposal) สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดในระบบ เอสปีอาร์มีคุณภาพผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ในกรณีที่ระบบรับอัตราการไหลที่สูง (Peak Flow or Peak Load) น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบเอสปีอาร์ จะเข้าสู่ถังพัก/ถังปรับสภาพ (Equalization) เพื่อป้องกันจุดชีพที่อาจจะหลุดออกมา กับน้ำใสในขั้นตอนของการถ่ายน้ำทิ้งของระบบ เอสปีอาร์ ซึ่งจะทำให้คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดลดลงจากนั้นเข้าสู่กระบวนการกรอง (Filtration) และการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ก่อนปล่อยน้ำออก (Effluent)สู่สิ่งแวดล้อม ระบบเอสปีอาร์ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงเหมือนระบบตะกอนเร่งทั่วไป สิ่งที่แตกต่างก็คือการทำงานของระบบประกอบด้วยถังเติมอากาศเพียงถังเดียว สามารถทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และทำหน้าที่แยกตะกอนด้วยการตกตะกอนภายในถังเดียวกัน ทำให้ช่วยลดพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด การควบคุมระบบง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน



รูปที่ 2.7 แผนผังแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์  
ที่มา : ขวัญเนตร (2551)

#### 2.4.1 การเติมอากาศของระบบ

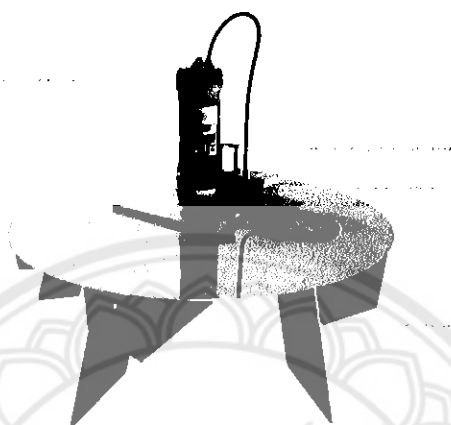
อุปกรณ์ที่สำคัญของในระบบเอสบีอาร์ ได้แก่ เครื่องเติมอากาศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ออกซิเจนแก่ น้ำเสีย เครื่องเติมอากาศแบ่งออกได้ 3 แบบคือ เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator) เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ (Turbine Aerator) และเครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator)

2.4.1.1 เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator) จะทำหน้าที่ตีน้ำที่ระดับผิวน้ำให้กระจายเป็นเม็ดเล็กๆ ขึ้นมาเพื่อสัมผัสกับอากาศเพื่อรับออกซิเจน ในขณะเดียวกันก็จะเป็นการกวนน้ำให้ผสมกันเพื่อกระจายออกซิเจน และมลสารในน้ำเสียให้ทั่วข้อ แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator)  
ที่มา : [http://www.unitechwater.net/fixed\\_\\_surface.html](http://www.unitechwater.net/fixed__surface.html)

2.4.1.2 เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำ (Submerged Turbine Aerator) มีลักษณะการทำงานผสมกันระหว่างระบบเป่าอากาศ และระบบเครื่องกลเติมอากาศ กล่าวคือ อากาศหรือออกซิเจนจะเป่ามาตามท่อมาที่ไต่ใบพัดตีน้ำ จากนั้นอากาศจะถูกใบพัดเทอร์ไบน์ (Turbine) ตีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายไปทั่วถังเติมอากาศ เครื่องเติมอากาศชนิดนี้มีความสามารถในการให้ออกซิเจนสูง แต่มีราคาแพงและต้องการการบำรุงรักษามากกว่าแบบอื่น แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำ (Submerged Turbine Aerator)

ที่มา : <http://www.europolec.com/the-submerged-low-speed-turbine-sofie.html>

2.4.1.3 เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator) มีลักษณะผสมกันระหว่างเครื่องสูบน้ำ (Pump) เครื่องดูดอากาศ (Air Blower) และเครื่องตีอากาศให้ผสมกับน้ำ (Disperser) อยู่ในเครื่องเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดด้านการกวนน้ำ (Mixing) แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator)

ที่มา : <http://www.tradenv.com/chinasuppliers/cqcm198/offers-detail-17f046/Submersible-aerator.html>

#### 2.4.2 ขั้นตอนในการเริ่มเดินระบบเอสปีอาร์

1. เติมน้ำเปล่าให้เต็มถังเติมอากาศและทดสอบเดินระบบ เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องเติมอากาศ (ยังไม่เติมน้ำเสีย)
2. ระบายน้ำออกให้เหลือ 8 ลิตร จาก 40 ลิตร
3. เติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไปจนถึงเติมอากาศ 12 ลิตร เติมน้ำเสียให้ระบบตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน
4. เติมน้ำเสียให้กับบ่อเติมอากาศ ตามกำหนดเวลาดังนี้

ลำดับวัน	อัตราการเติมน้ำเสีย (% ของน้ำเสียทั้งหมด)
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25
6	30
7	35
8	40
9	45
10	50
11	60
12	70
13	80
14	90
15	100

#### 2.4.3 ลักษณะการทำงานของถังปฏิกรณ์ แบ่งเป็น 5 ช่วง

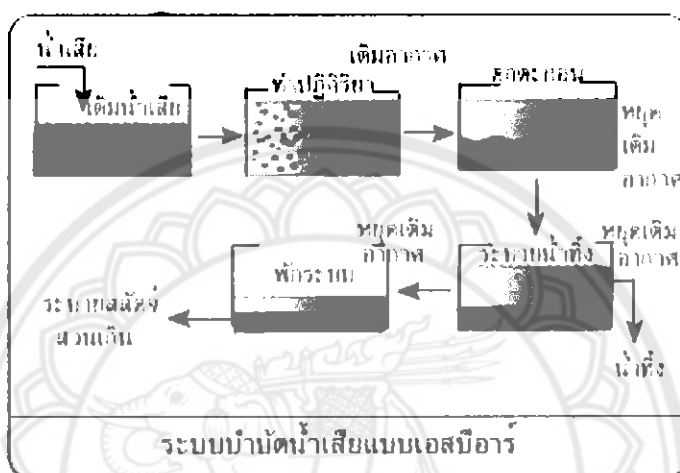
1. ช่วงเติมน้ำเสีย เป็นช่วงที่มีการเติมน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ที่มีน้ำตะกอนจุลินทรีย์จากวงจรการทำงานก่อนหน้านี้การเติมน้ำเสียเข้าไปในถังทำให้ระดับน้ำในถังปฏิกรณ์สูงขึ้น ช่วงเวลาการเติมน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลตามธรรมชาติของน้ำเสียนั้น หรือความสามารถของเครื่องสูบน้ำนั้น
2. ช่วงการย่อยสลาย เป็นช่วงที่เกิดปฏิกริยาบำบัดน้ำเสียอาจจะมีการกวนหรือการเติมอากาศในถังปฏิกรณ์ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายจะขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการแต่ต้องมีระยะเวลาที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกริยาอย่างสมบูรณ์
3. ช่วงที่ตกตะกอน เป็นช่วงที่เกิดการแยกตัวของตะกอนจากน้ำใสโดยช่วงนี้จะ ไม่มีการรบกวนจากการเติมอากาศหรือการกวนระยะเวลาในการตกตะกอนไม่ควรนานเกินไปเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาตะกอนลอยตัว



4. ช่วงระบายน้ำทิ้ง เป็นช่วงระบายน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากถังปฏิกริยา ระยะเวลาการระบายขึ้นอยู่กับกรอกแบบแต่ไม่ควรใช้เวลานานเกินไปและไม่ควรมีตะกอนหลุดออกจากถังปฏิกริยา

5. ช่วงพักระบบ เป็นช่วงการพักระบบเพื่อรองรับน้ำเสียที่จะเข้ามาสู่การบำบัดในถังปฏิกริยา กรณีที่มีน้ำทิ้งมากอาจจะต้องมีถังปฏิกริยามากกว่า 1 ถัง โดยแต่ละถังจะทำหน้าที่ไม่เหมือนกันเพื่อให้สามารถรับและบำบัดน้ำเสียได้อย่างต่อเนื่อง

ลักษณะการทำงานของถังปฏิกริยา แบ่งเป็น 5 ช่วง แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการทำงานของถังปฏิกริยา

ที่มา : [http://www.sri.cmu.ac.th/~srilocal/water/page\\_04e.htm](http://www.sri.cmu.ac.th/~srilocal/water/page_04e.htm)

#### 2.4.4 ข้อดี-ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียในระบบเอสบีอาร์

ข้อดีของระบบเอสบีอาร์

1. ระบบเอสบีอาร์จะรวมส่วนของถังพัก ถังเติมอากาศและถังตกตะกอนในถังเดียวกัน ทำให้ลดพื้นที่ก่อสร้าง

2. ระบบสามารถควบคุมไม่ให้เกิดการผสมระหว่างน้ำใสและตะกอนได้ง่าย ทำให้น้ำทิ้งออกจากระบบอยู่ในมาตรฐานที่ต้องการ และควบคุมปริมาณได้

3. ระบบสามารถรับการเปลี่ยนแปลงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading) ได้ดี โดยน้ำเสียที่เข้าระบบถูกเจือจางลงโดยน้ำในถังปฏิกริยาซึ่งที่ทำการบำบัดแล้วในรอบการทำงานที่ผ่านมา

4. ระบบสามารถเปลี่ยนแปลงวัฏจักรการทำงานให้เหมาะสมกับลักษณะและปริมาณน้ำเสียได้

5. ระบบไม่จำเป็นต้องหมุนเวียนตะกอน เพราะตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในถังปฏิกริยาตลอดเวลา

6. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกเส้นใยสามารถควบคุมได้โดยการควบคุมระบบการทำงานในขั้นตอนการเติมน้ำเสีย

7. ระบบสามารถควบคุมให้เกิดไนตริฟิเคชัน-ดีไนตริฟิเคชัน หรือการกำจัดฟอสฟอรัสได้โดยไม่ต้องเติมสารเคมี แต่อาศัยการควบคุมวัฏจักรของการบำบัด

#### ข้อเสียของระบบเอสปีอาร์

1. การทำงานของระบบต้องอาศัยผู้ควบคุมที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์
2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการควบคุมระบบสูงเนื่องจากการทำงานของระบบเป็นแบบ

อัตโนมัติ

3. ระบบมีความเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบน้อย

### 2.4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบเอสปีอาร์

#### 2.4.5.1 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Organic Loading)

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบเอสปีอาร์ ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ อาจทำให้อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M Ratio) มีค่าสูง ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะเติบโตกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed Growth) แทนที่จะรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนที่ดี (Floc) เป็นผลทำให้การตกตะกอนไม่ดี น้ำทิ้งขุ่น มีค่าสารอินทรีย์หรือบีโอดีเหลืออยู่สูง

#### 2.4.5.2 ธาตุอาหาร (Nutrient)

จุลินทรีย์ต้องการธาตุอาหาร ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส นอกเหนือจากสารอินทรีย์คาร์บอน [1] ธาตุอาหารเหล่านี้พบอยู่ในน้ำเสียชุมชนแต่อาจไม่เพียงพอสำหรับในน้ำเสียอุตสาหกรรม ธาตุอาหารอาจคิดได้เป็น BOD:N:P เท่ากับ 100: 5:1 ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ในระบบ [9] การขาดธาตุอาหารทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างฟล็อกเจริญเติบโตไม่ได้ จุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย (Filamentous) เจริญเติบโตได้ดีกว่า ซึ่งอาจทำให้ตะกอนตกตะกอนได้ยากและเกิดเป็นชั้นตะกอนอัดขึ้นส่งผลให้น้ำทิ้งมีตะกอนปะปน ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ดี

#### 2.4.5.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)

ถังเติมอากาศจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย

#### 2.4.5.4 ระยะเวลาการบำบัด (Detention Time)

ระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสีย จะต้องนานพอเพียงที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายสารต่างๆ หากมีระยะเวลาสั้นเกินไปสารที่ย่อยสลายยาก จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้น้ำทิ้งมีค่าความสกปรกหลงเหลืออยู่มาก

#### 2.4.5.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Positive Potential of Hydrogen Ions: pH)

ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ถ้า pH มีค่าต่ำกว่า 6.5 พวกรา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดี 100 และตะกอนจะตกตะกอนได้ไม่ดี ถ้า pH มีค่าสูง จะทำให้ฟอสฟอรัสแยกตัวออกจากน้ำและจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ระบบทำงานได้ไม่ดีถ้า pH สูงหรือต่ำมากๆ จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

#### 2.4.5.6 สารเป็นพิษ (Toxic)

สารเป็นพิษแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มออกฤทธิ์เฉียบพลัน (Acute Toxicity) ได้แก่ ไซยาไนต์ อาร์เซนิก เป็นต้น ซึ่งมีผลให้จุลินทรีย์ตายหมดในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมงและกลุ่ม ออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity) เช่น ทองแดง และโลหะหนักต่างๆ โดยจุลินทรีย์จะสะสมภายในเซลล์จนเกิดเป็นพิษและตายในที่สุด

#### 2.4.5.7 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 20 องศาเซลเซียสเป็น 35 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงได้เช่นกัน ดังนั้นควรเป็นที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของกลุ่มของจุลินทรีย์ในระบบเอสปีอาร์

#### 2.4.5.8 การกวน (Stirring)

ภายในถังเติมอากาศจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนเกิดสภาวะไร้อากาศ และเพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดโดยใช้เป็นอาหารลดมลสารต่างๆ รวมทั้งจะได้จับตัวเป็นฟล็อกที่ดี ถ้ามีการกวนที่แรงเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนทำงานได้ไม่ดี

#### 2.4.5.9 อัตราการไหลของน้ำเสีย (Flow rate)

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยาและการตกตะกอน หากน้ำเสียมีอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้น จะทำให้มีระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบลดลง ดังนั้นจึงต้องควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียให้เข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอ ในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ถ้า pH มีค่าต่ำกว่า 6.5 พวกรา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดี

### 2.5 การประยุกต์ใช้งานระบบเอสปีอาร์

ปัจจุบันระบบเอสปีอาร์มีใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถรองรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ในช่วงกว้าง และสามารถบำบัดน้ำเสียได้ทุกประเภทเช่นเดียวกับระบบแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งได้แก่ ระบบ (Anoxic/Oxic Systems)ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) (Tricking Filters) ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotary Biological Ditch: RBC) และคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)ระบบเอสปีอาร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียต่างๆ ได้ตั้งน้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากที่พักอาศัยโรงพยาบาล สถานที่ท่องเที่ยว สถานศึกษา สถานบันเทิงต่างๆ เป็นต้นน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมีปิโตรเคมี น้ำชะขยะ (Leachate) อุตสาหกรรมอาหารอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมผลิตนม เครื่องดื่ม อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง น้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง รวมถึงน้ำเสียที่สามารถบำบัดได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ ในระบบเอสปีอาร์แสดง

## 2.6 การออกแบบและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบ

ในการออกแบบระบบเอสปีอาร์สำหรับน้ำเสียทุกประเภท สิ่งที่ต้องพิจารณาเบื้องต้นคือ ลักษณะน้ำเสียที่จะเข้าระบบ คุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการ อัตราการไหลของน้ำ ค่าความสกปรกของน้ำในรูปของ BOD, TSS, pH, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), Ammonia-nitrogen (NH<sub>3</sub>-N) และ TP มาตรฐานน้ำทิ้ง รวมถึงค่ากำหนดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบได้แก่ ค่าอัตราส่วนสารอินทรีย์ต่อจุลชีพ (Food to Microorganism Ratio:F/M) ระยะเวลาการบำบัด (Detention Time: DT) ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศ(Mixed Liquor Suspended Solid: MLSS) และเวลากักพักน้ำ (Hydraulic Retention Time: HRT) ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่ากำหนดการออกแบบระบบเอสปีอาร์

รายการ	คำแนะนำ
	ช่วง
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก.บีโอดี5 /กก.MLVSS-วัน)	0.05—0.30
อายุสลัดจ์ (วัน)	8—20
อัตราการอินทรีย์ (กก. บีโอดี5/ลบ.ม.-วัน)	0.10—0.30
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	1500—5000
ความจุถึงต่ออัตราไหลของน้ำเข้า (ชั่วโมง)	12—50
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85—95
สัดส่วนระยะเวลาในการควบคุม (%)	
— ช่วงเติมน้ำเสีย (fill)	5—25
— ช่วงปฏิกิริยา (react)	35—50
— ช่วงตกตะกอน (settle)	10—20
— ช่วงระบายน้ำออก (draw)	10—20
— ช่วงพักหรือทิ้งสลัดจ์ส่วนเกิน (idle)	0—5

ที่มา : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2540

เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างระบบเอสปีอาร์นั้น ได้มีการประเมินค่าใช้จ่ายเพื่อเป็นแนวทางไว้โดยบริษัท Aqua Aerobic Manufacturer ซึ่งประเมินโดยอิงกับโครงการที่ก่อสร้างในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1995-1998 ค่าใช้จ่ายนี้รวมถึงค่าเครื่องจ่ายอากาศ (Blower) วาล์ว (Electrically Operated Valves) หัวจ่ายอากาศ (Diffusers) เครื่องกวน (Mixers) บั๊มดูดตะกอน (Sludge Pump) เครื่องปล่อยน้ำทิ้ง (Decanters) และระบบควบคุม (Control Panel) แสดงดังตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ขึ้นกับปริมาณอัตราการไหล (Flow Rate) ที่ได้ออกแบบ อัตราการไหลเพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเอสปีอาร์จะสูงขึ้นตามด้วย

ตารางที่ 2.4 ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเอสปีอาร์ โดยขึ้นกับโครงการ ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1995-1998

ตารางที่ 2.4 ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเอสปีอาร์ โดยขึ้นกับโครงการ ในช่วงระหว่าง ปี ค.ศ.1995-1998

Design Flow Rate (MGD)	Budget Level Equipment Costs (\$)
0.012	94,000
0.015	137,000
1.000	339,000
1.400	405,000
1.460	405,000
2.000	564,000
4.250	1,170,000

ที่มา : ขั้วญเนตร (2551)

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1 โครงการบำบัดน้ำชะขยะด้วยเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์

(โดย คุณสุดา อธิติสุภรณ์รัตน์ นักวิชาการสิ่งแวดล้อม ชำนาญการ)

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

จากข้อมูลการจัดการขยะของเทศบาลที่ต้องฝังกลบขยะ จำนวน 50-60 ตันต่อวัน และมีน้ำเสียจำนวนมาก ถูกชะออกมาจากหลุมฝังกลบขยะ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและเป็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมจึงใช้เทคโนโลยีกำแพงดินประดิษฐ์นี้เป็นระบบสาธิต เพื่อการบำบัดสิ่งสกปรกและสารปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นเป็นองค์ประกอบหลักในการทำหน้าที่ยกน้ำที่ปนเปื้อนในน้ำชะขยะ จึงมีต้นทุนไม่สูงมากนักในการจัดสร้างระบบ ท้องถิ่นสามารถจัดการและเดินระบบได้ด้วยตนเอง และที่สำคัญ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียทั่วไป น้ำชะขยะ และน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารมลพิษได้เป็นอย่างดี แต่การออกแบบและจัดสร้างกำแพงดินประดิษฐ์ดังกล่าวให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องทำการวิจัยเพื่อให้ทราบปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อเนื่องและยาวนาน

### องค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำชะขยะ

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

ในการศึกษาได้เลือกใช้วัสดุตัวกลางที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่น หรือเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ ได้แก่ ดินชุดปากช่องซึ่งเป็นดินที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่หลุมฝังกลบขยะของเทศบาล ผงเหล็กที่เหลือใช้จากโรงงานผลิตเหล็กแท่ง เปลือกหอย ทรายหยาบ และถ่านแท่ง โดยพิจารณาการออกแบบจากการมีอัตราการซึมผ่านน้ำที่เหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดการอุดตันในระบบ และสามารถเกิดปฏิกิริยาในการบำบัดสารปนเปื้อนได้เป็นอย่างดี มีความคงตัวต่อการลดความสกปรกของสารปนเปื้อนเป็นระยะเวลานาน

### การออกแบบและจัดสร้างระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิต

ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำชะขยะโดยใช้เทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ให้มีความเหมาะสมและใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรที่จะทราบถึงปฏิกิริยาและกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบระหว่างคุณสมบัติวัสดุตัวกลางที่นำมาใช้เป็นกำแพงประดิษฐ์กับคุณลักษณะของน้ำเสีย ซึ่งในการศึกษานี้วัสดุตัวกลางที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิตได้เน้นการใช้วัสดุตัวกลางที่มีความเหมาะสมในการบำบัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำชะขยะสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นธาตุอาหารพืช และโลหะหนักบางประเภท

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

ในปัจจุบันกำลังดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัด โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำชะขยะสาธิตอย่างต่อเนื่อง ทุกๆ เดือน เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ธาตุอาหารต่างๆ เช่น ฟอสเฟต ไนโตรเจน รวมไปถึงสารพิษและโลหะหนักบางประเภท

ศึกษากระบวนการบำบัดทางเคมี และชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบ รวมทั้ง ศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุนระบบ ซึ่งข้อมูลและผลการศึกษาที่ได้ จะทำการถ่ายทอดประสบการณ์ และองค์ความรู้ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อใช้เป็นทางเลือก และแนวทางในการนำเทคนิคกำแพงดินประดิษฐ์ไปใช้ในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมด้านน้ำและขยะอย่างยั่งยืนต่อไป

## 2.7.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้ออกซิเจน (โดย คุณสายชล มือขุนทด)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้ออกซิเจนที่มีระยะเวลาพักเก็บต่างกัน วิธีการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงทดลองในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครราชสีมา ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยประกอบด้วยถังเกรอะและถังกรองไร้ออกซิเจน สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยพิจารณาจากค่าความสกปรกที่เปลี่ยนแปลงในรูปซีไอดีและสารแขวนลอย โดยแบ่งการทดลอง ออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดการทดลองที่ 1 มีระยะเวลาพักเก็บน้ำชะมูลฝอยในระบบบำบัดรวม 36 ชั่วโมง (ระยะเวลาพักเก็บในถังเกรอะ 24 ชั่วโมง และระยะเวลาพักเก็บในถังกรองไร้ออกซิเจน 12 ชั่วโมง) ชุดการทดลองที่ 2 มีระยะเวลาพักเก็บน้ำชะมูลฝอยในระบบบำบัดรวม 72 ชั่วโมง (ระยะเวลาพักเก็บในถังเกรอะ 48 ชั่วโมง และระยะเวลาพักเก็บในถังกรองไร้ออกซิเจน 24 ชั่วโมง) ซึ่งแต่ละชุดการทดลองมีถังเกรอะและถังกรองไร้ออกซิเจนอย่างละ 1 ถัง

ผลการทดลอง พบว่าเมื่อระยะเวลาพักเก็บเพิ่มขึ้นระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้น กล่าวคือที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำชะมูลฝอยของระบบเท่ากับ 36 ชั่วโมง มีอัตราการรับสารอินทรีย์เข้าระบบ 0.60 กก.ซีไอดี/ม.<sup>3</sup>/วัน มีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 688-960.02 มก./ล. เฉลี่ย  $845.02 \pm SD 70.51$  มก./ล. และสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 157-179 มก./ล. เฉลี่ย  $167.13 \pm SD 5.90$  มก./ล. ตามลำดับ เมื่อน้ำชะมูลฝอยออกจากระบบมีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 306.50-403.50 มก./ล. เฉลี่ย 365.72 มก./ล. และสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 47-59 มก./ล. เฉลี่ย 53.87 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีและสารแขวนลอย เฉลี่ยร้อยละ 56.65 และ 64.74 ตามลำดับและที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำชะมูลฝอยของระบบเท่ากับ 72 ชั่วโมง มีอัตราการรับสารอินทรีย์เข้าระบบ 0.31 กก.ซีไอดี/ม.<sup>3</sup>/วัน น้ำชะมูลฝอยเข้าระบบมีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 782.75-912.00 มก./ล. เฉลี่ย 874.90 มก./ล. และสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 155-197 มก./ล. เฉลี่ย 174.53 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อน้ำชะมูลฝอยออกจากระบบมีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 230.00-329.50 มก./ล. เฉลี่ย 282.78 มก./ล. และสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 20-50 มก./ล. เฉลี่ย  $34.78 \pm SD 9.36$  มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีและสารแขวนลอย เฉลี่ยร้อยละ 67.66 และ 79.96 ตามลำดับ ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยทั้งสองชุดการทดลองสามารถลดค่าซีไอดีและสารแขวนลอยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \text{ value} < 0.001$ ) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีและสารแขวนลอยของระบบบำบัดถังเกรอะ-กรองไร้ออกซิเจนที่ระยะเวลาพักเก็บ 36 ชั่วโมงและ 72 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \text{ value} < 0.001$ ) สำหรับค่าพีเอช ค่าความเป็นต่าง และอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจมีผลกระทบต่อระบบ พบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียในระบบถังเกรอะ-กรองไร้ออกซิเจน

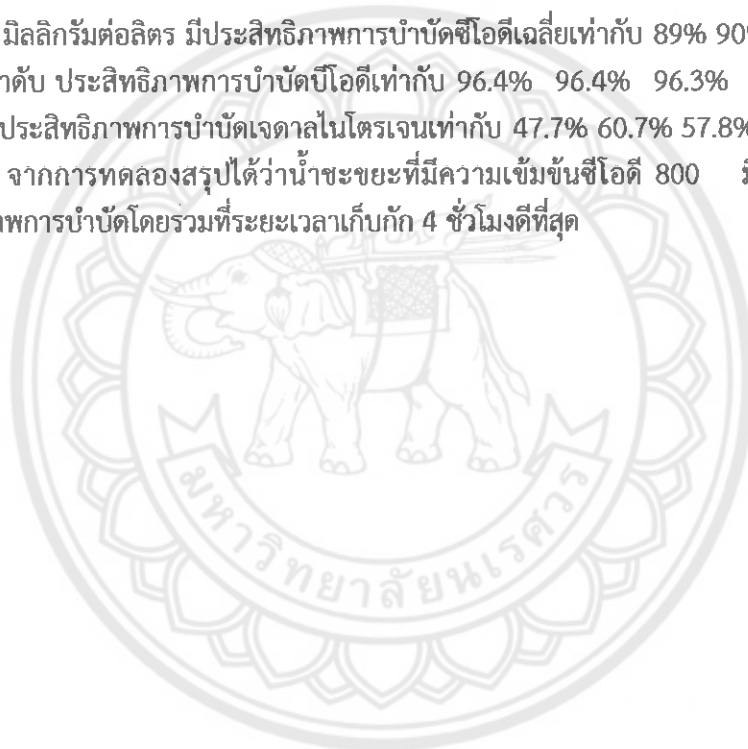
จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าระบบถังเกรอะ-กรองไร้ออกซิเจนสามารถนำมาใช้บำบัดน้ำ  
 ชะมูลฝอยได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาเก็บกักในระบบให้มากกว่า 72 ชั่วโมง หรือ  
 ต้องมีการบำบัดเพิ่มเติมอีก

### 2.7.3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสม บางส่วน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 4 วัน

(โดย คุณชยาวุฒิ จันทภูมิและคณะ)

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสม  
 บางส่วน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 4 วัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำชะขยะต่อ  
 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบสระเติมอากาศแบบกวนผสมบางส่วนบำบัดน้ำชะขยะจำนวน 5 ถึง  
 ที่มีความเข้มข้น ซีไอดีน้ำเข้า 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการศึกษาพบว่า การบำบัดน้ำชะขยะที่ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้า 200 400 600 800  
 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 89% 90% 87% 91% และ  
 88% ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเท่ากับ 96.4% 96.4% 96.3% 96.8% และ 95%  
 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดเจดาลไนโตรเจนเท่ากับ 47.7% 60.7% 57.8% 65% และ 61.8%  
 ตามลำดับ จากการทดลองสรุปได้ว่า น้ำชะขยะที่มีความเข้มข้นซีไอดี 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มี  
 ประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมที่ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมงดีที่สุด





### บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

โครงการนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำชะขยะต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสปีอาร์ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง

#### 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

การทดลองนี้ดำเนินการโดยใช้แบบจำลองระบบเติมอากาศและน้ำชะขยะ รายละเอียดอุปกรณ์และเครื่องมือมีดังนี้

##### 3.1.1 แบบจำลองเอสปีอาร์

แบบจำลองระบบเอสปีอาร์ทำจากกล่องพลาสติกสีขาวขุ่นมีปริมาตรทั้งหมด 40 ลิตร ดังรูปที่ 3.1 แต่ปริมาตรใช้งานจริงเท่ากับ 34 ลิตร มีขนาด กว้าง 36 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และลึก 26 เซนติเมตร จำนวน 3 ถัง แต่ละถังจะติดหัวเติมอากาศจำนวนถังละ 5 หัว โดยที่ให้หัวเติมอากาศอยู่ลึกจากผิวน้ำ 21 เซนติเมตร เพื่อให้มีสภาพกวนผสมแบบสมบูรณ์กวนทั่วทั้งถัง



รูปที่ 3.1 กล่องพลาสติกที่ใช้เป็นแบบจำลองระบบเอสปีอาร์

### 3.1.2 เครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศใช้เครื่องเติมอากาศยี่ห้อ Electromagnetic Air Pump รุ่น AP-30 ดังรูปที่ 3.2 สามารถเติมอากาศได้ 60 ลิตรต่อนาที และเครื่องเติมอากาศ 1 เครื่อง ต่อเข้ากับหัวเติมอากาศจำนวน 5 หัว คิดเป็นอัตราการเติมอากาศ 12 ลิตรต่อนาทีต่อหัว



รูปที่ 3.2 เครื่องเติมอากาศ

### 3.1.3 เครื่องสูบน้ำแบบรีด

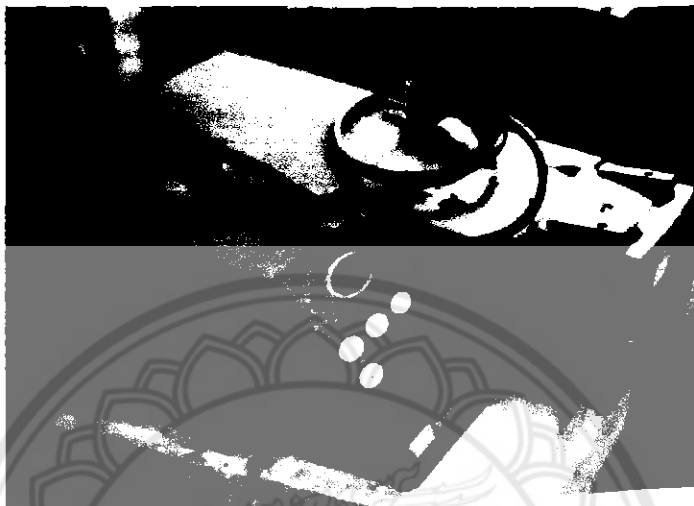
การสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังเติมอากาศซึ่งในการทำโครงการครั้งนี้ใช้น้ำชะขยะ โดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีด ยี่ห้อ Watson Marlow505s ดังรูปที่ 3.3 มีอัตราการไหล 6.67 ลิตรต่อชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง



รูปที่ 3.3 เครื่องสูบน้ำแบบรีด ( High Speed Peristaltic Pump)

### 3.1.4 เครื่องสูบน้ำแบบรีด

การสูบน้ำเสียออกจากถังเดิมอากาศสู่ถังเดิมอากาศซึ่งในการทำโครงการครั้งนี้ใช้น้ำชะขยะ โดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีด ยี่ห้อ Watson Marlow505s ดังรูปที่ 3.4 มีอัตราการไหล 20 ลิตรต่อชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง



รูปที่ 3.4 เครื่องสูบน้ำแบบรีด (Peristaltic Pump Variable Speed)

### 3.1.5 ถังน้ำเข้า

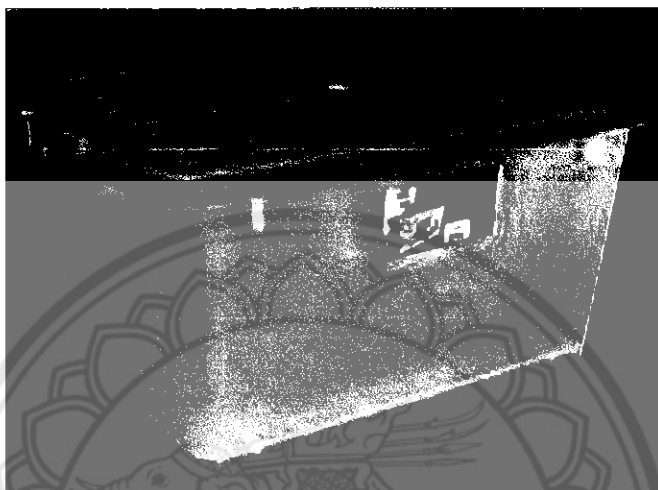
ถังจะบรรจุน้ำชะขยะที่เจือจางตามความเข้มข้นของซีโอดี ซึ่งใช้จำนวน 3 ถัง แต่ละถังบรรจุน้ำชะขยะ 20 ลิตรแล้วสูบน้ำไปยังถังเดิมอากาศ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ถังน้ำเข้า

### 3.1.6 ถังน้ำออก

น้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนในแบบจำลอง น้ำส่วนใสจะถูกสูบโดยเครื่องสูบน้ำแบบรีดจำนวน 20 ลิตรต่อครั้ง ลงสู่ถังน้ำออก ดังรูปที่ 3.6 จากนั้นนำน้ำที่ออกจากระบบไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านต่างๆ

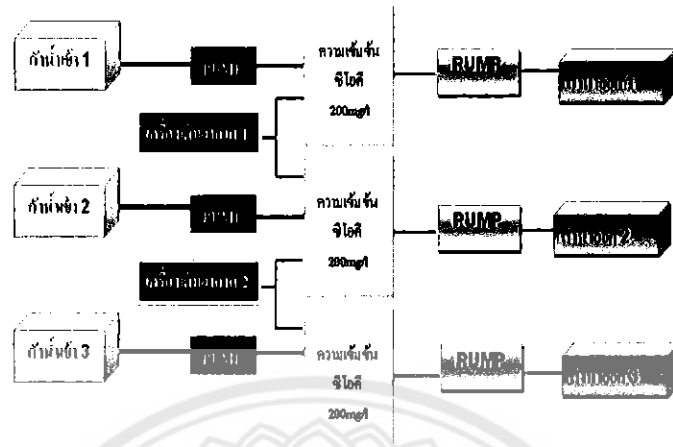


รูปที่ 3.6 กล้องพลาสติกสำหรับใส่น้ำออก

### 3.1.7 การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียด้วยแบบจำลองเอสปีอาร์

การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียด้วย แบบจำลองเอสปีอาร์ ดังรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 เริ่มต้นเดินระบบด้วยการเติมตะกอนที่ได้มาจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก จะใช้ตะกอนในถังที่มีความเข้มข้นของซีโอดีของน้ำชะขยะแตกต่างกัน คือ (200 400 และ 600) มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีการเติมอากาศให้ทั่วทั้งถัง และทิ้งไว้ให้ตกตะกอน และเครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำออกจากถังเติมอากาศไปสู่ถังน้ำออก ซึ่งจะนำที่ผ่านการบำบัดแล้วนั้นไปทำการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ

### แบบจำลองเอสปีอาร์



รูปที่ 3.7 การติดตั้งระบบเอสปีอาร์



รูปที่ 3.8 แบบจำลองระบบเอสปีอาร์

## 3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

### 3.2.1 ขั้นตอนการเก็บและเตรียมน้ำชะขยะ

#### การเก็บน้ำชะขยะ

การดำเนินการเก็บน้ำชะขยะเริ่มต้นจากการติดต่อประสานงานกับองค์การบริหารส่วนตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อขอน้ำชะขยะจากรถเก็บขยะ โดยปริมาณน้ำชะขยะที่ต้องใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ประมาณ 80 ลิตร โดยใส่ไว้ในภาชนะฝาปิด เพื่อมิให้กลิ่นเหม็นแพร่กระจาย เมื่อเก็บน้ำชะขยะมาแล้วก็ทำการตั้งทิ้งไว้ในที่โล่งแจ้งโดยใช้เวลาประมาณ 7 วัน เพื่อให้แบคทีเรียที่กำลังย่อยสลายสารอินทรีย์อยู่ได้ปลดปล่อยแก๊สจากการย่อยออกมาก่อนในขั้นต้น หลังจากตั้งทิ้งไว้แล้วก็ทำการแช่แข็งน้ำชะขยะในตู้ควบคุมอุณหภูมิ โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 4 °C

### การเตรียมน้ำชะขยะ

น้ำชะขยะที่ใช้ในการศึกษามีความเข้มข้นของซีโอดีเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมจากการเจือจางน้ำชะขยะจริงลงในน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วทำการวิเคราะห์หาซีโอดีที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำมาหาปริมาณที่ต้องใช้ ได้ค่าซีโอดี เท่ากับ 117,425 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นของค่าซีโอดีที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เจือจางโดยใช้น้ำประปา 1 ลิตร ต่อ น้ำชะขยะ 1.70 มิลลิตร

ความเข้มข้นของค่าซีโอดีที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร เจือจางโดยใช้น้ำประปา 1 ลิตร ต่อ น้ำชะขยะ 3.42 มิลลิตร

ความเข้มข้นของค่าซีโอดีที่ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เจือจางโดยใช้น้ำประปา 1 ลิตร ต่อ น้ำชะขยะ 5.10 มิลลิตร

### 3.2.2 วิธีการทดลอง

ศึกษาผลของปริมาณน้ำชะขยะเริ่มต้นในระบบต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะ เมื่อมีค่าซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 เริ่มต้นสตาร์ทท่อด้วยการเติมน้ำปริมาณ 8 ลิตร ลงในถังจำลองระบบแบบ แอกติเวเตดสลัดจ์แบบเติมเข้า-ถ่ายออก (Sequencing Batch Reactor) แล้วใส่ตะกอนปริมาณ 12 ลิตร จากนั้นเติมอากาศเป็นระยะเวลา 3 วัน ดังรูปที่ 3.7 แล้วเริ่มใส่น้ำชะขยะจริงเข้าสู่ถังจำลองระบบ ดังข้อมูลจากตารางที่ 3.1

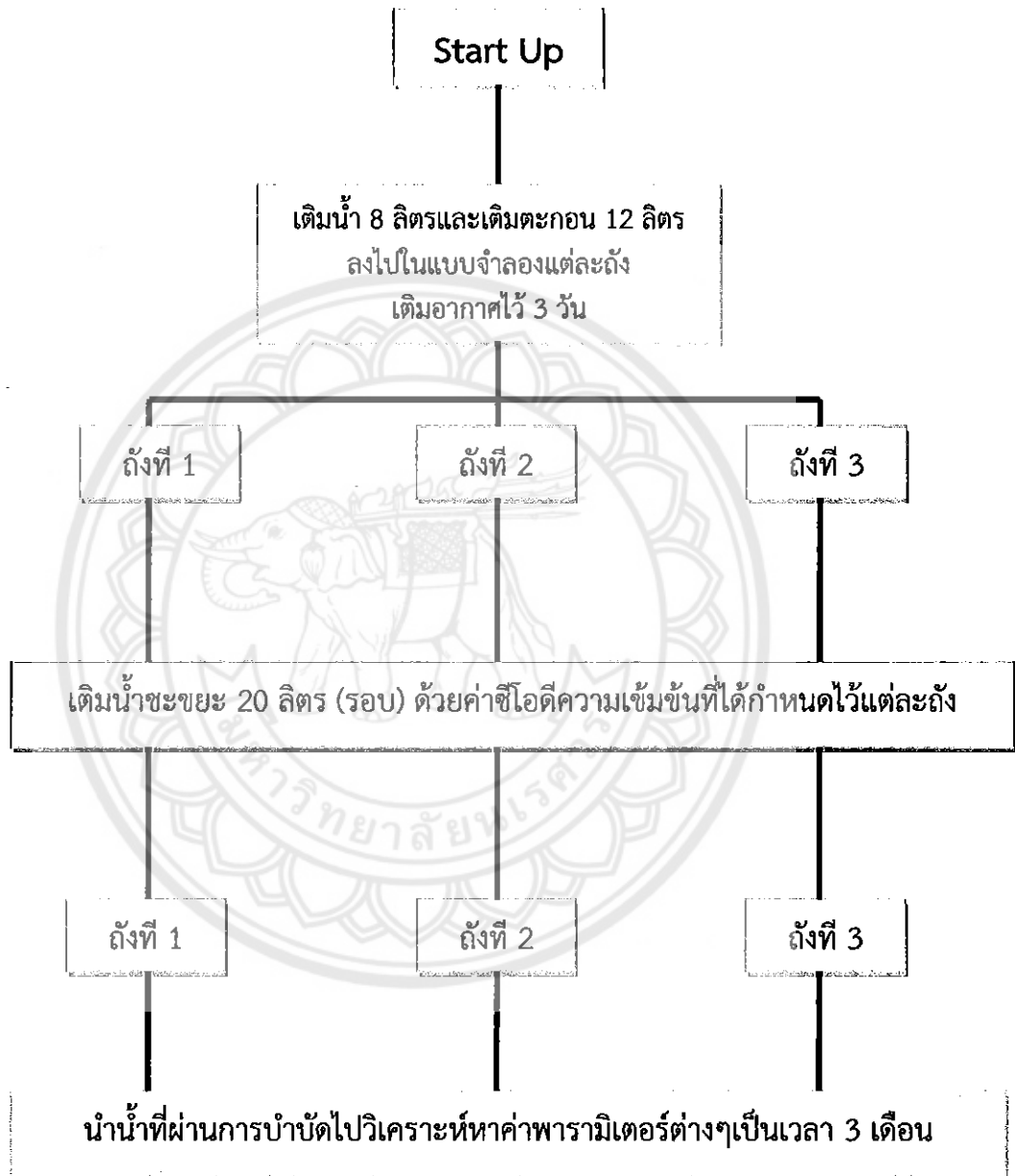
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงความเข้มข้นของน้ำชะขยะที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบเอสบีอาร์ ที่ระยะเวลาพักเก็บ 7 วัน

วันที่	ความเข้มข้นของน้ำชะขยะของน้ำ 20 ลิตร	ปริมาณน้ำในถังเอสบีอาร์ (ลิตร)
1	5 % ของ 20L = 0.5L	20.5
2	10 % ของ 20L = 1.0L	21.5
3	15 % ของ 20L = 1.5L	23.0
4	20 % ของ 20L = 2.0L	25.0
5	25 % ของ 20L = 2.5L	27.5
6	30 % ของ 20L = 3.0L	30.5
7	35 % ของ 20L = 3.5L	34.0
8	40 % ของ 20L = 4.0L	38.0

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงความเข้มข้นของน้ำชะขยะที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบเอสปีอาร์  
ที่ระยะเวลาพักเก็บ 7 วัน

วันที่	ความเข้มข้นของน้ำชะขยะของน้ำ 20 ลิตร	ปริมาณน้ำในถังเอสปีอาร์ (ลิตร)
9	45 % ของ 20L = 4.5L	42.5
10	50 % ของ 20L = 5.0L	47.5
11	60 % ของ 20L = 6.0L	53.5
12	70 % ของ 20L = 7.0L	60.5
13	80 % ของ 20L = 8.0L	68.5
14	90 % ของ 20L = 9.0L	77.5
15	100 % ของ 20L = 10.0L	87.5

3.2.2.2 หลังจากเริ่มใส่น้ำชะขยะจริงเข้าสู่ถังจำลองระบบจนความเข้มข้นของน้ำชะขยะในถังครบ 100 % ทำการเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ โดยทำการเก็บน้ำทุกระยะเวลากักเก็บ 7 วัน



รูปที่ 3.9 แผนภูมิวิธีการทดลอง



### 3.2.3 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์
ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250
ของแข็งทั้งหมด (TS)	TDS-SS
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (SS)	วิธี Gravimetric method
ของแข็งละลายน้ำ (TDS)	วิธี Gravimetric method
ของแข็งจุ่มตัว (V30)	วิธี ตกตะกอนของแข็ง ใช้เวลา 30 นาที
ฟอสฟอรัส	วิธี ซัลฟูริก-ไนตริก
เจดาคไนโตรเจน (TKN)	วิธีการไตเตรท
แอมโมเนีย	วิธีการไตเตรท
ไนโตรท์-ไนโตรเจน	วิธีการ
ไนเตรท-ไนโตรเจน	วิธีการ
BOD	วิธี 5 Day Test
COD	วิธี Close Reflux
ออกซิเจนละลายน้ำ	วิธีเมมเบรน
สี	วิธีการเทียบมาตรฐานสี

### 3.2.4 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บน้ำตัวอย่าง		
	ถังน้ำเข้า	ถัง SBR	ถังน้ำออก
พีเอช	✓		✓
อุณหภูมิ	✓		✓
ค่าสภาพการนำไฟฟ้า	✓		✓
ของแข็งทั้งหมด (TS)	✓		✓
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (SS)	✓	✓	✓
ของแข็งละลายน้ำ (TDS)	✓		✓
ของแข็งจมน้ำ (V30)		✓	
ฟอสฟอรัส	✓		✓
เจดัลไนโตรเจน (TKN)	✓		✓
แอมโมเนีย	✓		✓
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	✓		✓
ไนเตรท-ไนโตรเจน	✓		✓
BOD	✓		✓
COD	✓		✓
ออกซิเจนละลายน้ำ		✓	
สี	✓		✓

### 3.2.5 มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบ

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้วิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจำนวน 16 พารามิเตอร์ สามารถนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3(2539) ลง ณ วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539 ได้จำนวน 9 พารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
1.ความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0
2.อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
3.ค่าบีโอดี (5 วัน ที่ 20 °C)(Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร
5.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)*	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
6.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)*	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
7.ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
9.ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

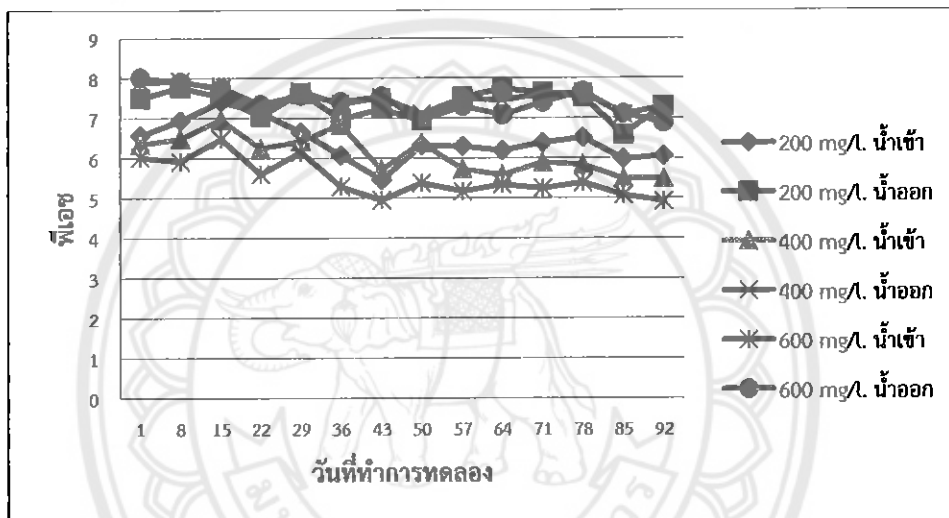
หมายเหตุ \* นำมาจากมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน  
ที่มา: [http://www.wastewaterthai.com\(25/10/55\)](http://www.wastewaterthai.com(25/10/55))

## บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์

โครงการการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสบีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บกาก 12 ชั่วโมง มีผลการทดลองและวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

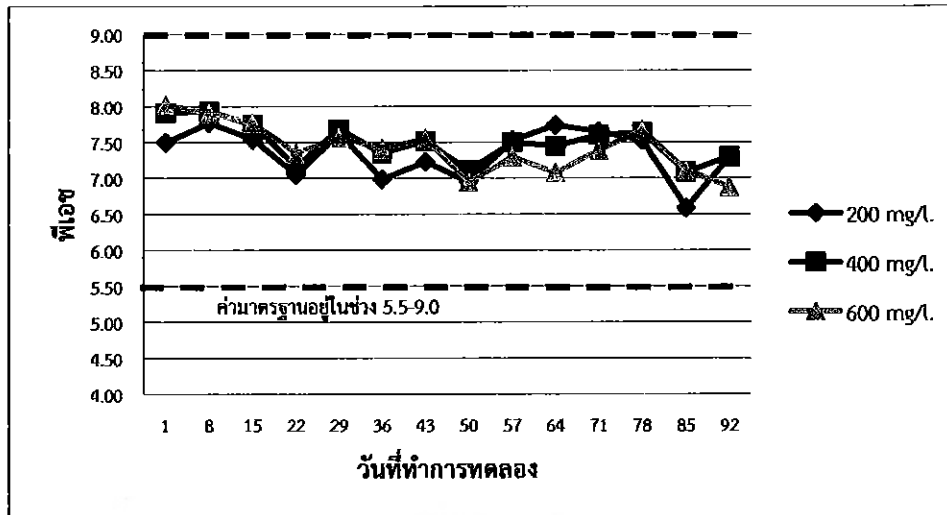
### 4.1 พีเอช

พีเอชของน้ำเข้าและออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 4.1-4.3



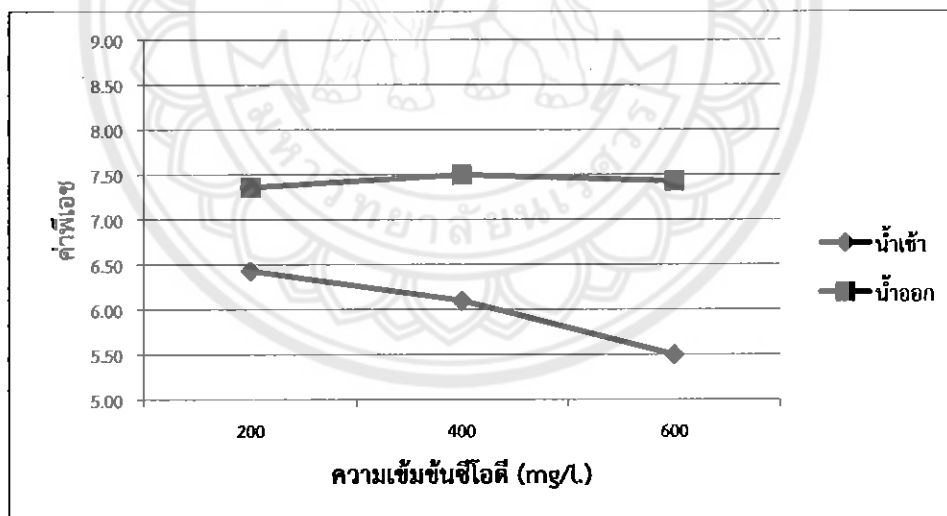
รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นของซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.1 แสดงค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่าค่าพีเอชของน้ำเข้าของค่าซีไอดีต่างๆ ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 7 และค่าพีเอชของน้ำออกของค่าซีไอดีต่างๆ ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า 7 แล้วพบว่าปริมาณความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าแปรผกผันกับค่าพีเอช และซีไอดีน้ำออกมีแนวโน้มคงที่ไม่ต่างแตกต่างกันมากในแต่ละความเข้มข้นตลอดการศึกษาวิจัย



รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.2 แสดงค่าพีเอชของน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าตลอดการศึกษาค่าพีเอชที่ความเข้มข้นซีโอดีต่างๆ อยู่ในช่วง 6.59-8.02 ซึ่งมีแนวโน้มคงที่ และไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมให้ปล่อยออกจึงเหมาะแก่การนำไปออกนอกระบบเอสบีอาร์เพื่อบำบัดน้ำชะขยะ

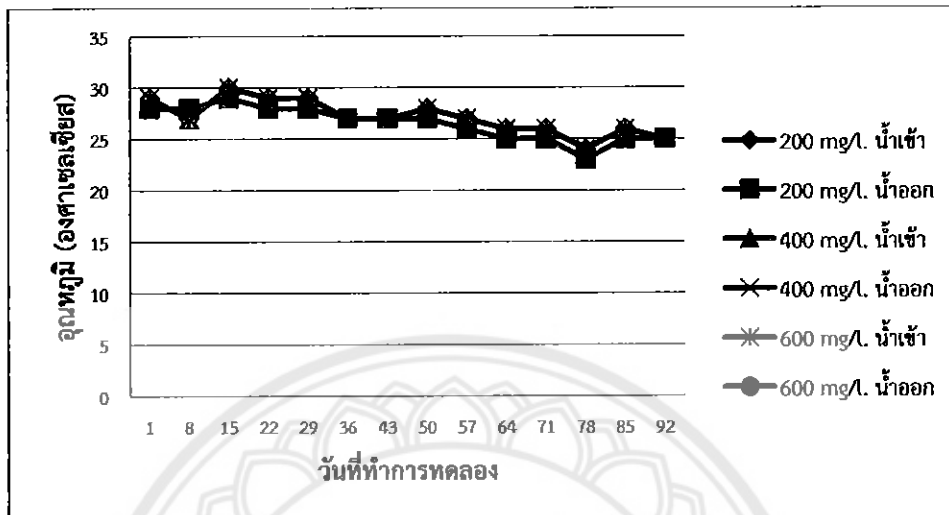


รูปที่ 4.3 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.3 แสดงค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบพบว่า ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเข้ามีค่าน้อยกว่าค่าพีเอชของน้ำออก เมื่อความเข้มข้นของซีโอดีเพิ่มขึ้นค่าพีเอชจะลดลง ในขณะที่พีเอชของน้ำออกมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่แม้ความเข้มข้นของซีโอดีน้ำเข้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.36-7.50

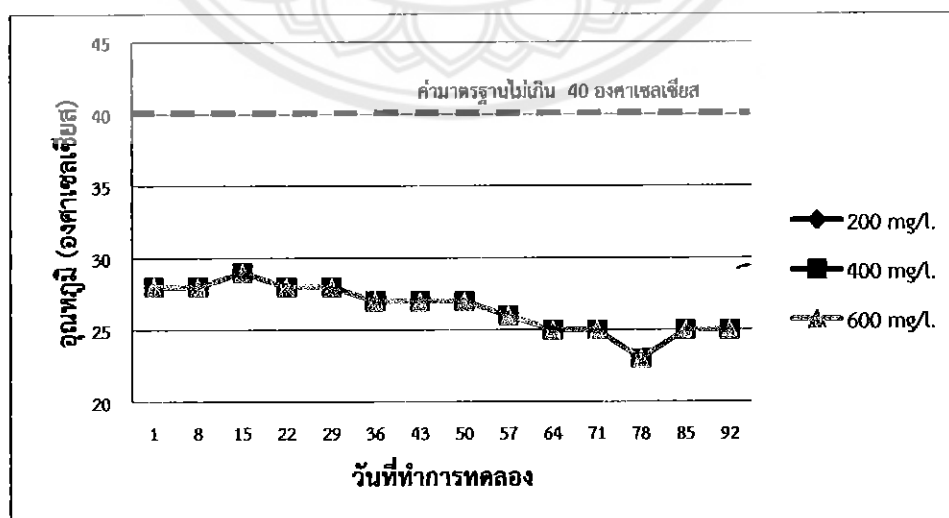
### 4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำในระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.4-4.6



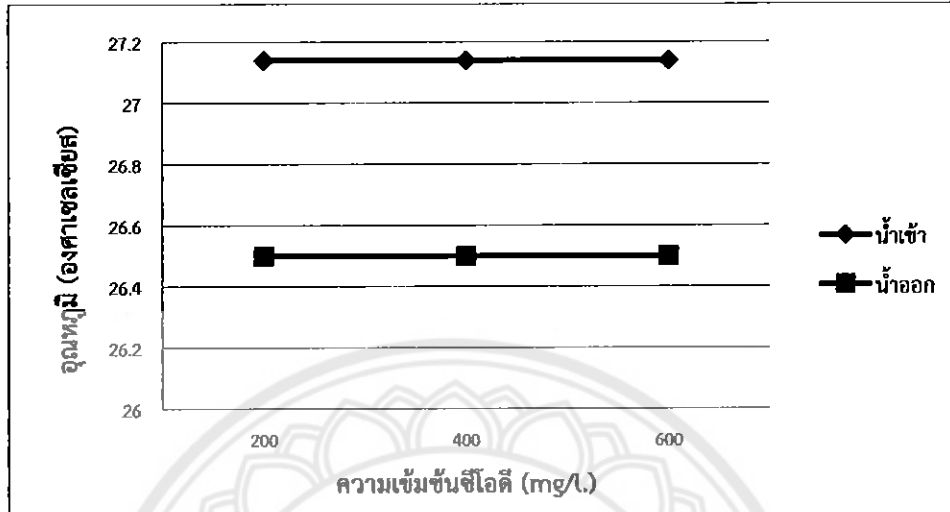
รูปที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกมีความใกล้เคียงกันทุกๆถึง โดยน้ำเข้าและน้ำออกมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 23-30 องศาเซลเซียส และยังมีแนวโน้มค่าอุณหภูมิของน้ำออกเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำเข้า คือ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเข้าระบบมีค่าลดลง อุณหภูมิของน้ำออกก็จะมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 23-29 องศาเซลเซียส และมีค่าเท่ากับทุกๆความเข้มข้นซีโอดี พบว่าความเข้มข้นซีโอดีเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ

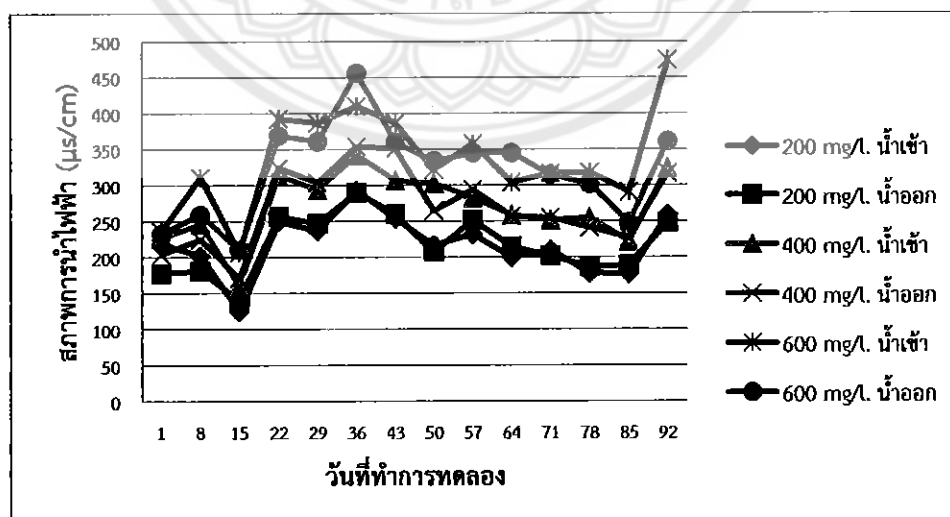


รูปที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.6 พบว่าน้ำเข้าที่มีความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับน้ำออก และค่าความเข้มข้นซีโอดีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

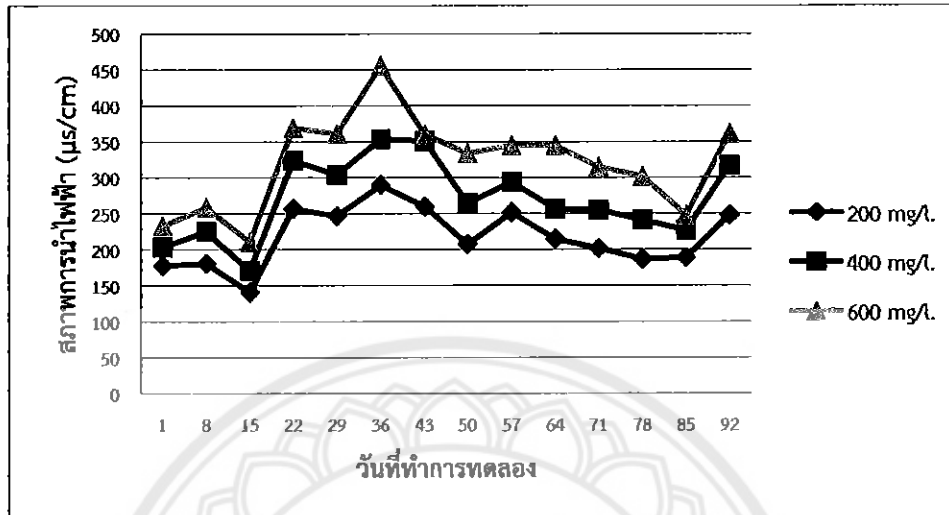
### 4.3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.7-4.9



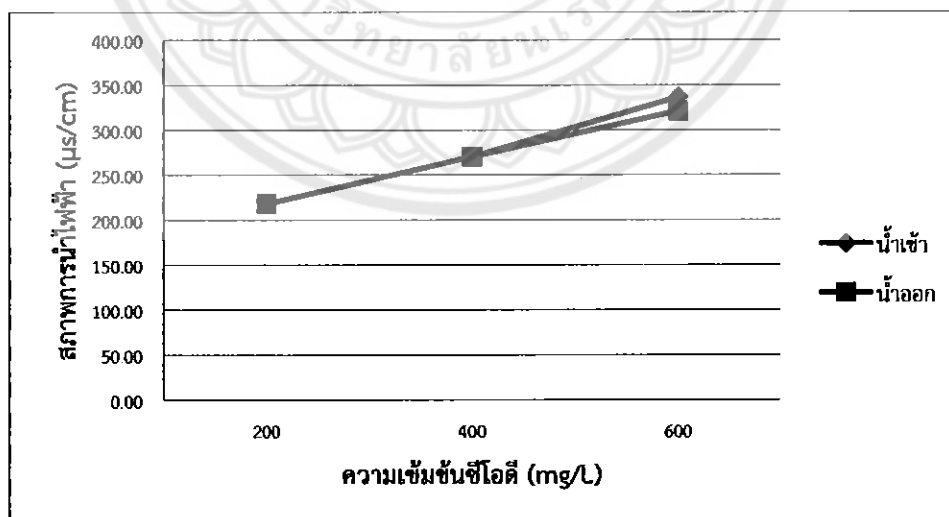
รูปที่ 4.7 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.7 แสดงสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกจะมีค่ามากกว่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าในทุกค่าของความเข้มข้นซีโอดี ค่าความเข้มข้นของน้ำเข้าแปรผันกับสภาพการนำไฟฟ้า



รูปที่ 4.8 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.8 แสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออก มีค่าแปรผันตามความเข้มข้นซีโอดีที่ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่มากที่สุด



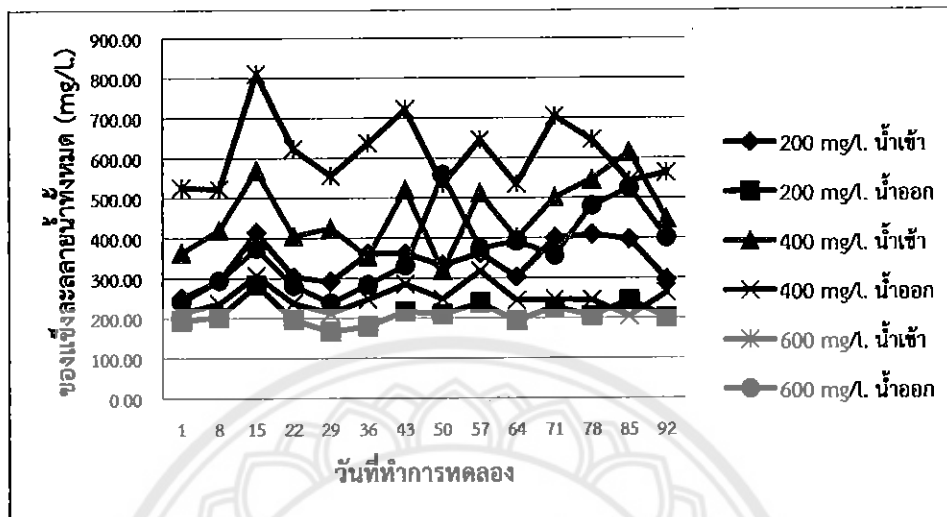
รูปที่ 4.9 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.9 แสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของทั้งน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า



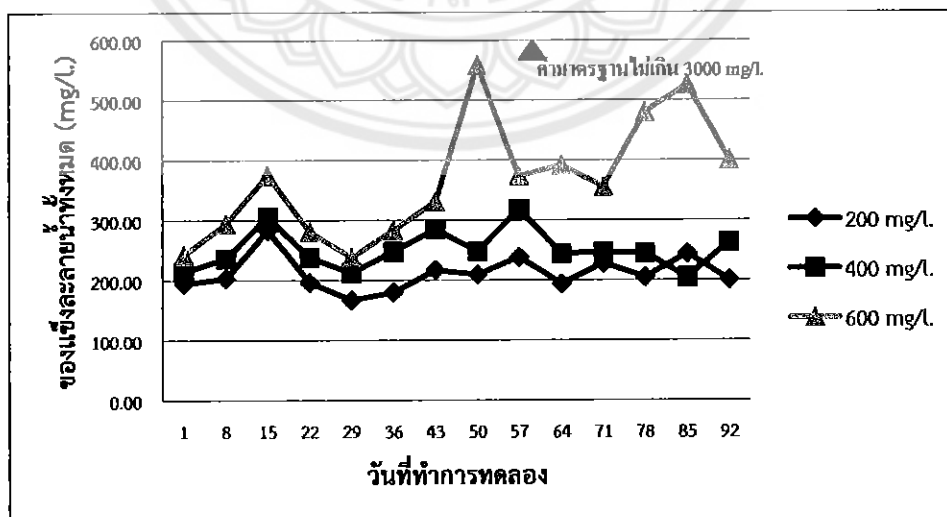
#### 4.4 ค่าของแข็งละลายน้ำ

ของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.10-4.14



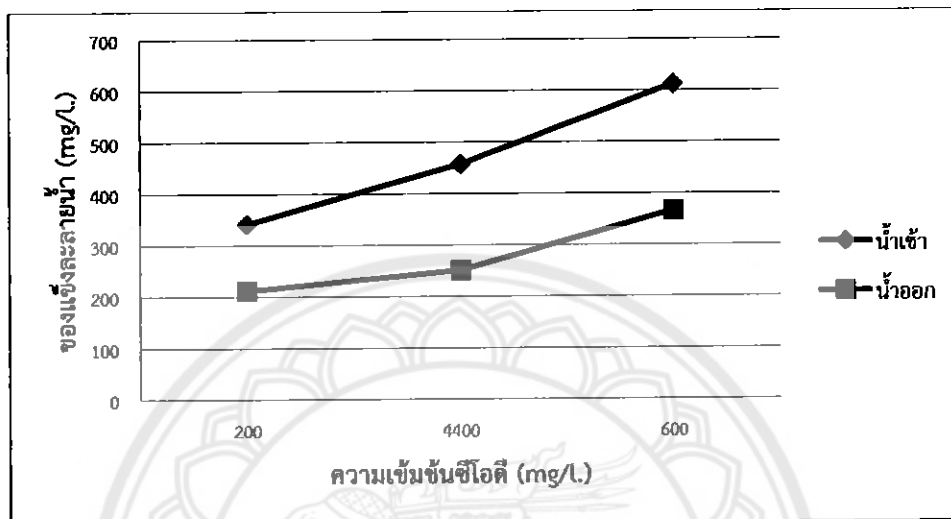
รูปที่ 4.10 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้าและน้ำออก พบว่าน้ำเข้าและน้ำออกที่มีความเข้มข้นซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแปรผันไม่แน่นอนตลอดการทดลอง น้ำออกมีค่าของแข็งละลายน้ำต่ำกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง นอกจากค่าน้ำเข้าที่มีความเข้มข้นซีไอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งละลายน้ำของค่าน้ำออกมากกว่าน้ำเข้าในวันที่ 50 นับจากครั้งแรกที่เก็บน้ำตัวอย่าง



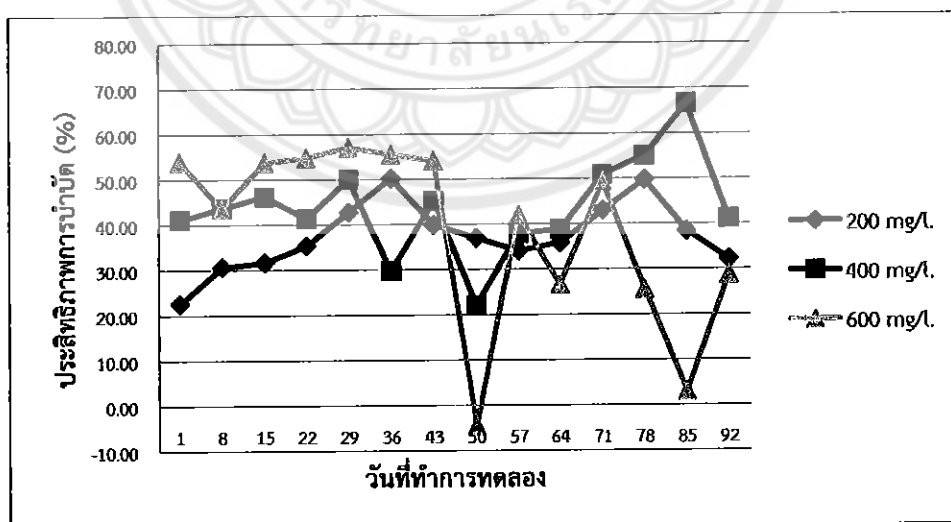
รูปที่ 4.11 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.11 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออกที่ความเข้มข้นของค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าแปรผันไม่มีแนวโน้มที่แน่นอนทุกความเข้มข้นตลอดการทดลอง โดยน้ำออกที่มีค่าของแข็งละลายน้ำต่ำสุดตลอดการทดลองคือ ที่ซีไอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำออกที่มีค่าสูงสุดตลอดการทดลองคือ ที่ซีไอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ทุกความเข้มข้นซีไอดีมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำออกจากระบบไม่เกินค่ามาตรฐาน



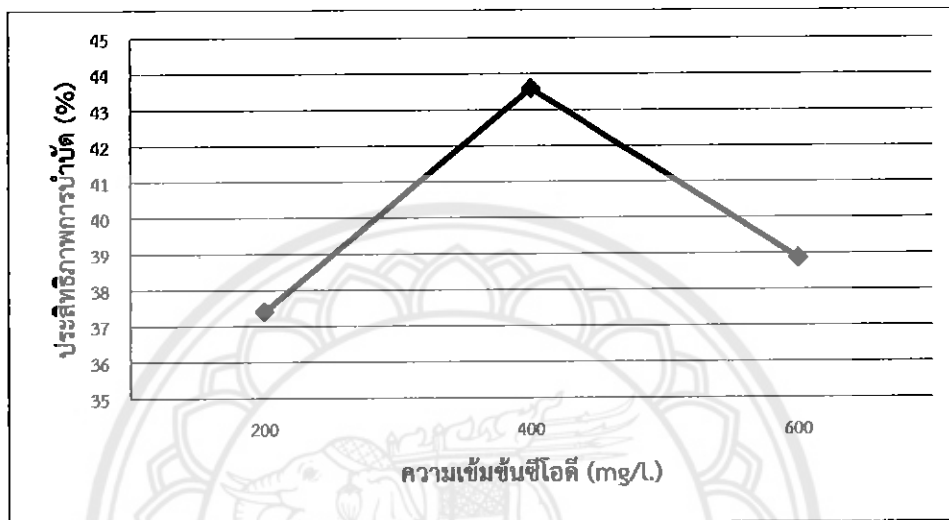
รูปที่ 4.12 ค่าของแข็งละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำเฉลี่ยน้ำออกจากระบบ พบว่าแปรผันตามความเข้มข้นของค่าซีไอดีในน้ำเข้า และน้ำออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้าแสดงว่าระบบเกิดการบำบัดของแข็งละลายน้ำ



รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแฉ่งละลายน้ำที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าวันที่ 50 ของการทดลองมีประสิทธิภาพต่ำลงมาก ที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากระบบมีปัญหาในการบำบัด ทำให้การบำบัดของแฉ่งละลายน้ำไม่มีประสิทธิภาพ และครั้งอื่นๆก็มึประสิทธิภาพต่ำด้วย ส่วนความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 200 และ 400 มีความแปรผันในช่วงที่ไม่กว้างมากนัก และมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 85 ของการทดลอง

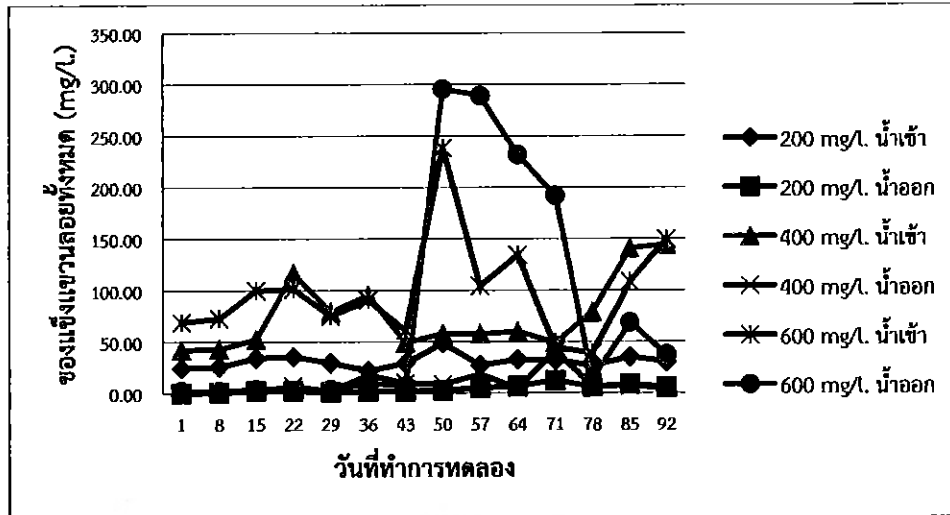


รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของแฉ่งละลายน้ำ

จากรูปที่ 4.14 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของแฉ่งละลายน้ำเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเพิ่มขึ้นจาก 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นมีประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำลงที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 38.87 % และประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงสุดที่ซีโอติน้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 43.6 %

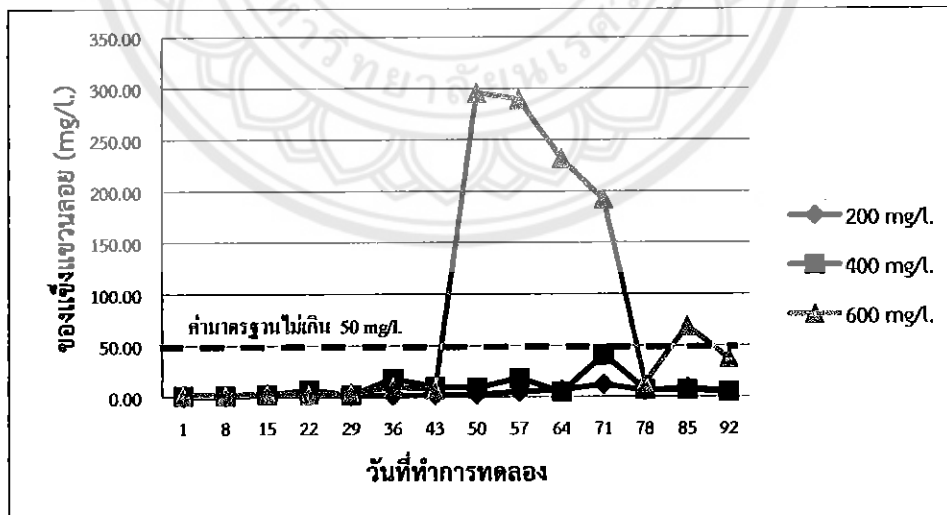
#### 4.5 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ของแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.15-4.19



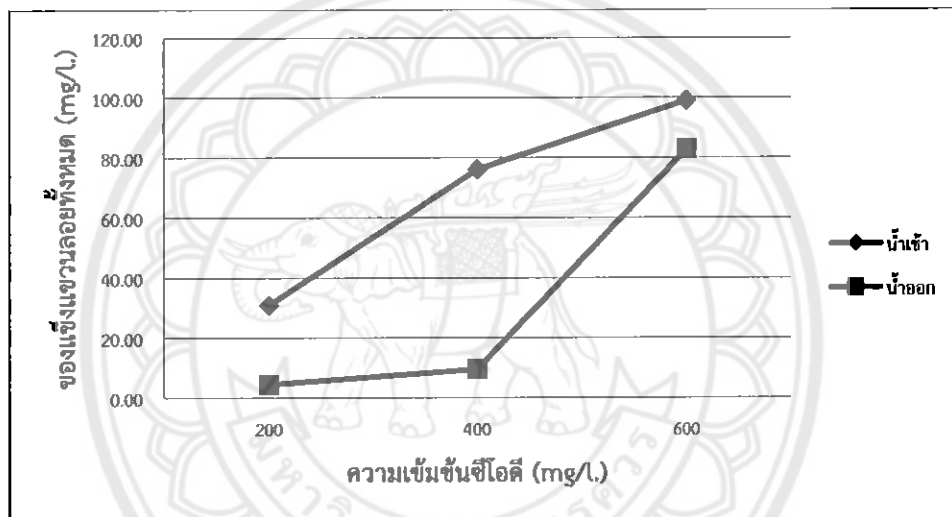
รูปที่ 4.15 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.15 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ พบว่าที่น้ำเข้าความเข้มข้นซีโอติ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแต่ก็ยังมีสารแปรผันที่ไม่คงที่ตลอดการทดลอง ส่วนที่น้ำเข้าความเข้มข้นซีโอติ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 43 ของการทดลองพบว่าการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย แต่หลังจากวันที่ 43 ของการทดลองไม่มีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย เนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกจากระบบมีค่ามากกว่าในน้ำเข้าสู่ระบบ แต่มีค่าลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่ 78 ของการทดลองจึงเริ่มมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแต่ก็ยังมีสารแปรผันที่ไม่คงที่



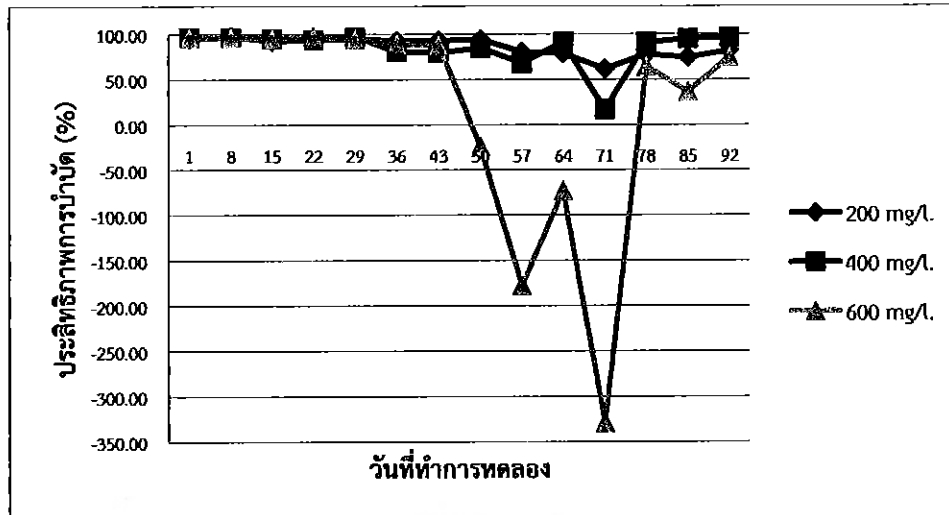
รูปที่ 4.16 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.16 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำออกที่ความเข้มข้นค่าซีไอดีน้ำเข้า 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่และมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกจากระบบที่ต่ำกว่ามาตรฐานมาก ยกเว้นวันที่ 71 ของการทดลองค่าของความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อย ส่วนที่ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงแรกพบว่ามีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่และมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกจากระบบที่ต่ำกว่ามาตรฐานมาก หลังจากวันที่ 43 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกจากระบบเกินค่ามาตรฐานแต่มีค่าลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่ 78 ของการทดลองจึงเริ่มมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกจากระบบที่ต่ำกว่ามาตรฐานมากจนถึงวันที่ 85 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกจากระบบเกินค่ามาตรฐาน และในวันที่ 92 ของการทดลองพบว่าเริ่มมีการบำบัดค่าของแข็งทั้งหมดอีกครั้ง มีแนวโน้มความเข้มข้นค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออกไม่คงที่ โดยมีค่าแปรผันในช่วงกว้างมาก



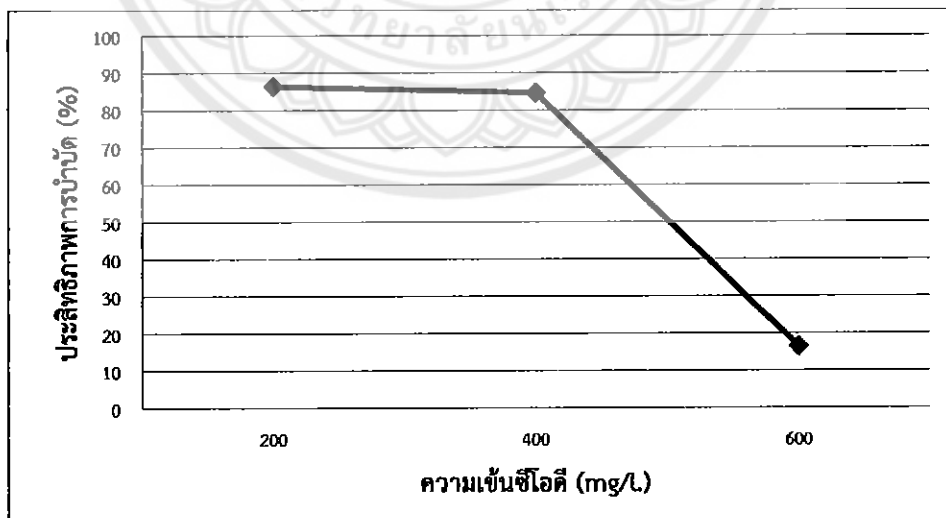
รูปที่ 4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.17 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ พบว่ามีค่าแปรผันตามความเข้มข้นของซีไอดีในน้ำเข้า และค่าน้ำออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้า แสดงว่าระบบเกิดการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด



รูปที่ 4.18 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.18 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีประสิทธิภาพของการบำบัดที่สูงตลอดการทดลอง มีการแปรผันในช่วงที่ไม่กว้างมากนัก และมีแนวโน้มคงที่ ยกเว้นวันที่ 71 ของการทดลองค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการบำบัดเพียงเล็กน้อย แล้วหลังจากนั้นเริ่มมีการบำบัดเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังมีค่าแปรผันในช่วงกว้างและไม่คงที่ ส่วนที่น้ำเข้าที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในช่วงแรกมีประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงมีการแปรผันในช่วงกว้างไม่มากนัก และมีแนวโน้มคงที่ แต่หลังจากวันที่ 43 ของการทดลองมีประสิทธิภาพลดลงจนไม่มีการบำบัด แล้วหลังจากนั้นเริ่มมีประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังมีค่าแปรผันในช่วงกว้างและไม่คงที่

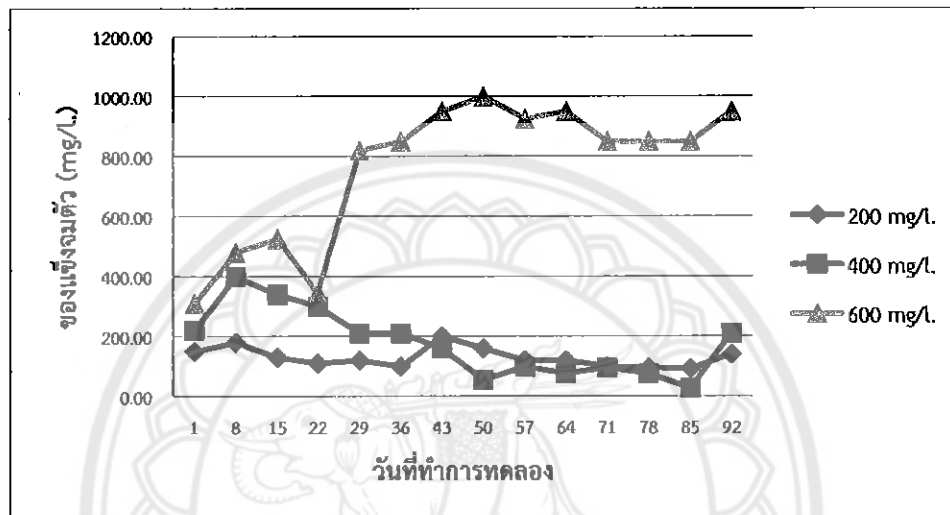


รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

จากรูปที่ 4.19 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 86.41-84.65% และมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.54%

#### 4.6 ของแข็งจมน้ำ

ของแข็งจมน้ำในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.20

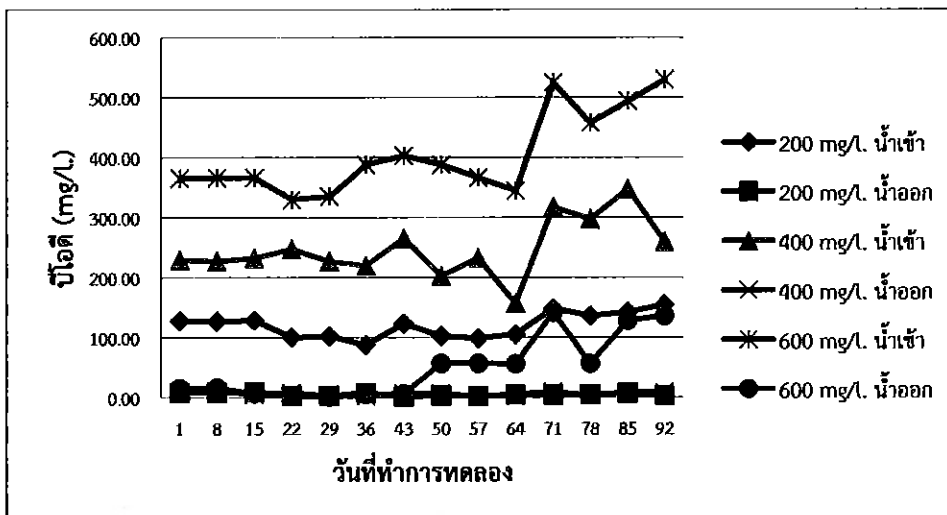


รูปที่ 4.20 ค่าของแข็งจมน้ำในถังเติมอากาศเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.20 แสดงค่าของแข็งจมน้ำในถังเติมอากาศที่เข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าของแข็งจมน้ำในถังเติมอากาศมีของแข็งจมน้ำได้ดีและค่อนข้างคงที่ ส่วนความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดปัญหาขึ้นในวันที่ 29 ของการทดลอง พบว่าของแข็งจมน้ำในถังเติมอากาศได้ไม่ดีตลอดการทดลอง

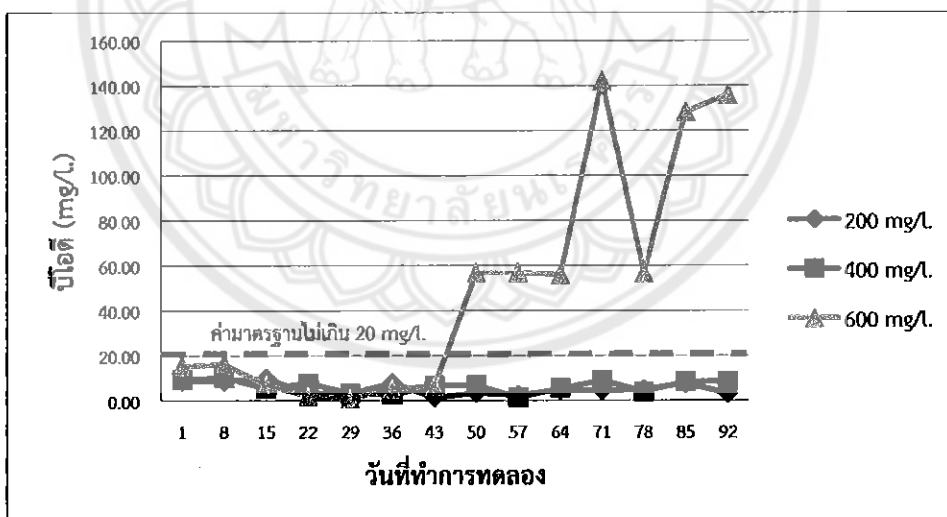
#### 4.7 บีโอดี

บีโอดีของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากกระบอกที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.21-4.25



รูปที่ 4.21 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

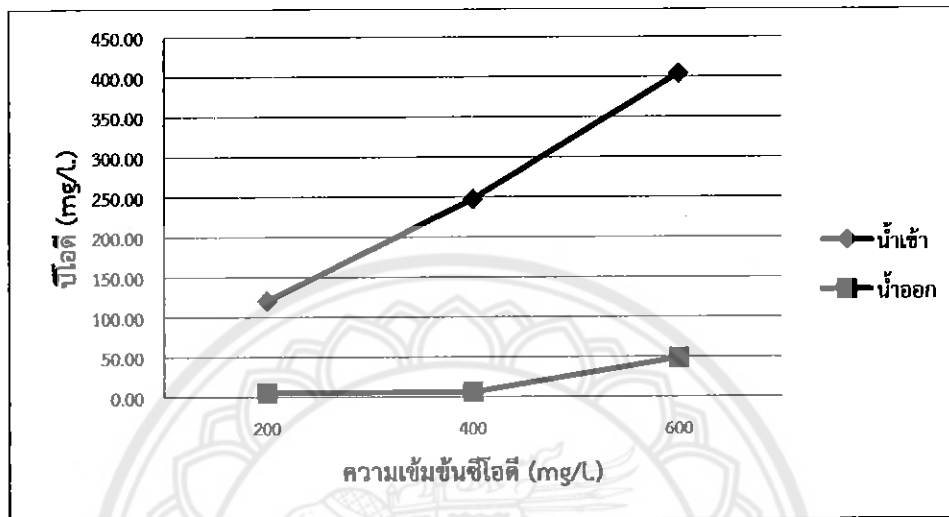
จากรูปที่ 4.21 แสดงค่าบีโอดีของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าบีโอดีต่ำกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แต่จะมีปัญหาที่น้ำออกที่ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าตั้งแต่วันที่ 50 จนถึงตลอดการทดลอง มีค่าบีโอดีน้ำออกเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือเกินกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.22 ค่าบีโอดีของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

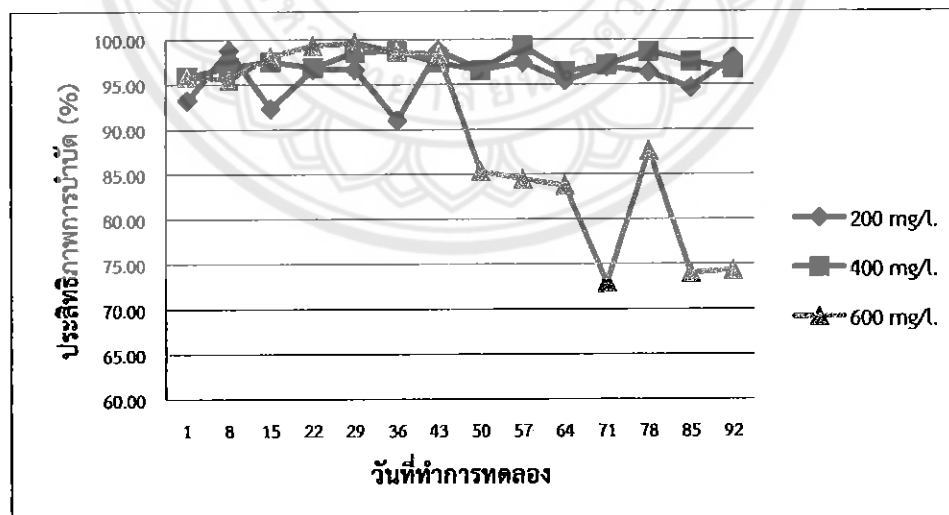


จากรูปที่ 4.22 ค่าบีโอดีของน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองช่วงแรกจะคงที่ แต่พอหลังวันที่ 43 ของการทดลองพบว่ามีค่าบีโอดีเพิ่มสูงขึ้น และมีค่าบีโอดีที่สูงตลอดการทดลอง เนื่องจากระบบมีปัญหาเกิดกลุ่มแบคทีเรียเส้นใยเกิดขึ้น ส่วนค่าบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าคงที่บีโอดีต่ำที่สุดตลอดการทดลอง



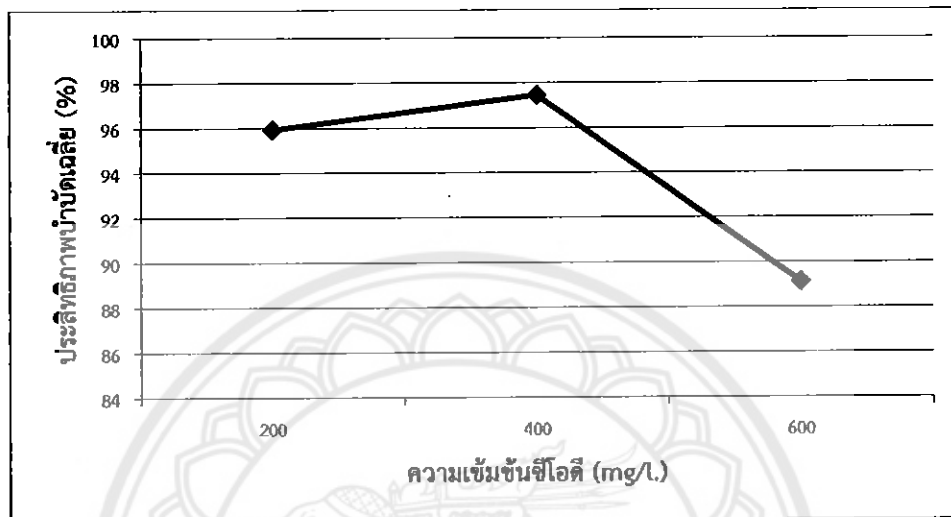
รูปที่ 4.23 ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.23 พบว่าค่าบีโอดีเฉลี่ยในน้ำเข้าและน้ำออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเข้า และน้ำออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้าแสดงว่าระบบเกิดการบำบัดบีโอดี



รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.24 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าคงที่ประสิทธิภาพการบำบัดดี ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าช่วงแรกประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีมีค่าคงที่จนถึงวันที่ 50 ของการทดลองพบว่ามีค่าลดลงและมีแนวโน้มไม่คงที่จนจบการทดลอง

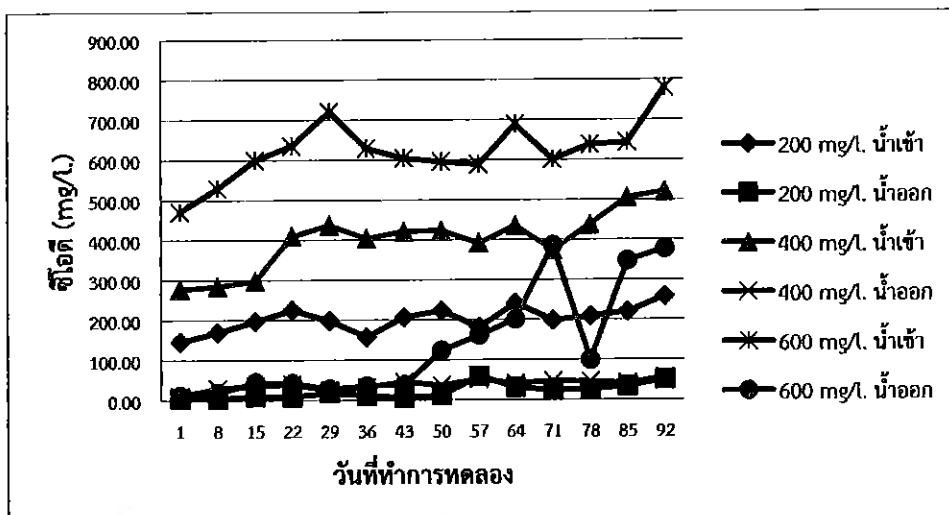


รูปที่ 4.25 ประสิทธิภาพการบำบัดของบีโอดีเฉลี่ยของระบบ

จากรูปที่ 4.25 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของบีโอดีเฉลี่ยของระบบ พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตรมีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 97.46% รองลงมาที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับ 95.93% และที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 89.14%

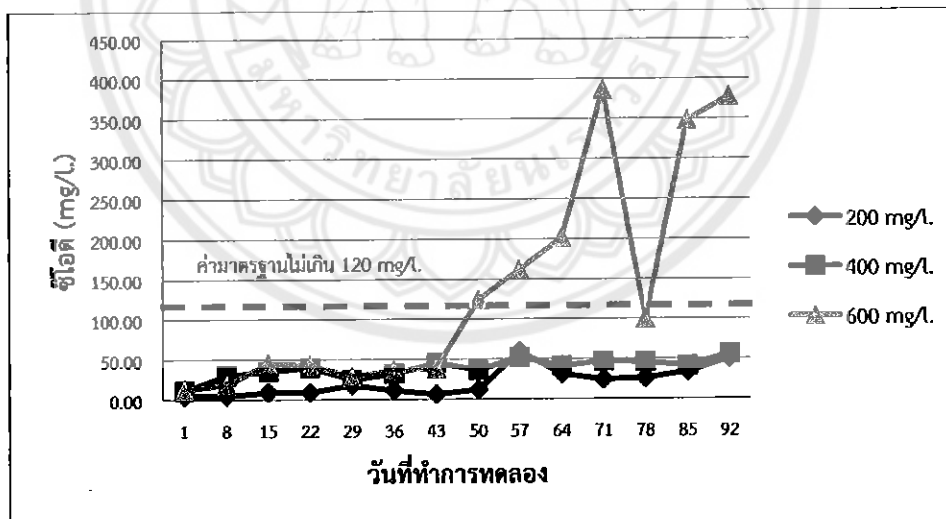
#### 4.8 ซีโอดี

ซีโอดีของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรตั้งรูปที่ 4.26-4.30



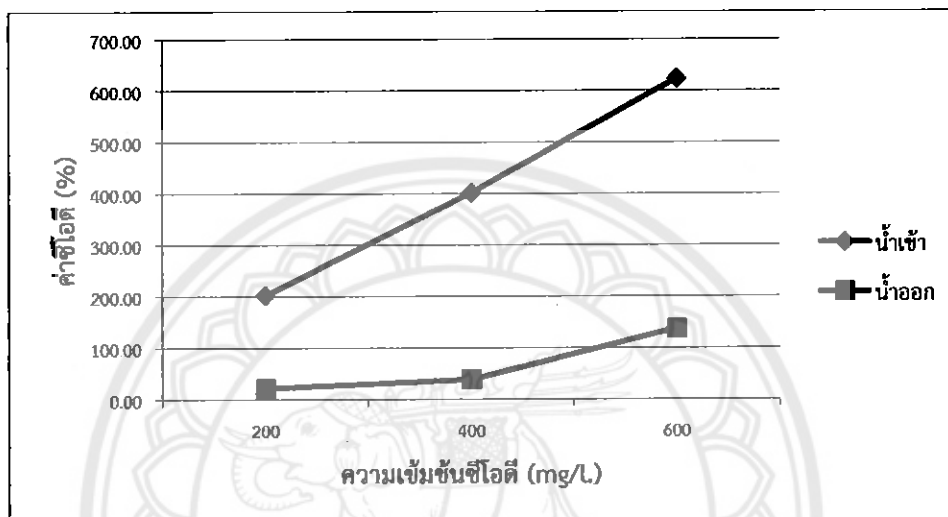
รูปที่ 4.26 ค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.26 แสดงค่าซีโอดีของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำออกมีค่าซีโอดีต่ำกว่าน้ำเข้าตลอดการทดลอง แต่จะมีปัญหาที่น้ำออกที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 50 จนจบการทดลอง มีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าซีโอดีน้ำออกเกินกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าของซีโอดีจะมีปัญหาเป็นไปทิศทางเดียวกันกับบีโอดี



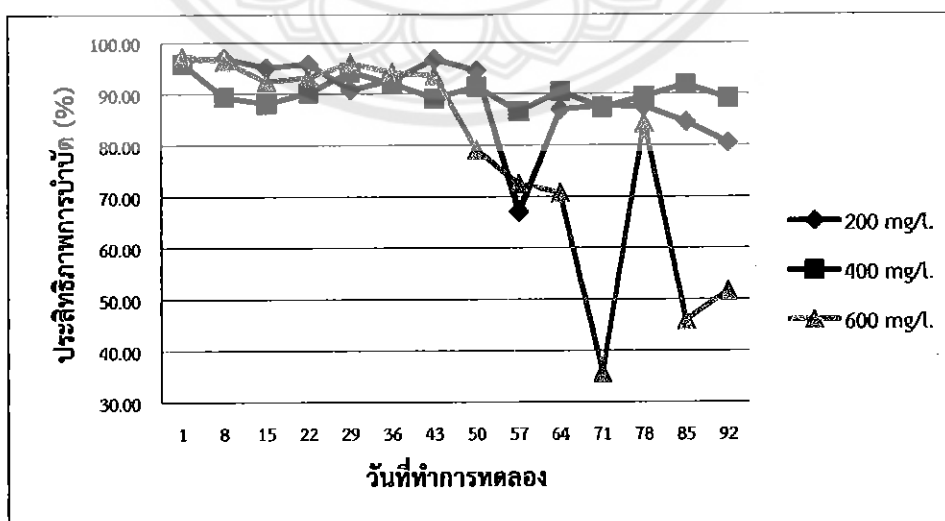
รูปที่ 4.27 ค่าซีโอดีของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.27 แสดงค่าซีโอดีของน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 43 ค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงคงที่ หลังวันที่ 43 ของการเดินระบบมีค่าซีโอดีเพิ่มสูงขึ้นจนจบการทดลอง และมีค่าซีโอดีเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังวันที่ 50 จนจบการทดลองค่าที่ได้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากระบบมีปัญหาเกิดกลุ่มแบคทีเรียเส้นใยเกิดขึ้นส่วนค่าซีโอดีที่ ความเข้มข้นน้ำเข้าซีโอดี 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าซีโอดีคงที่ตลอดการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



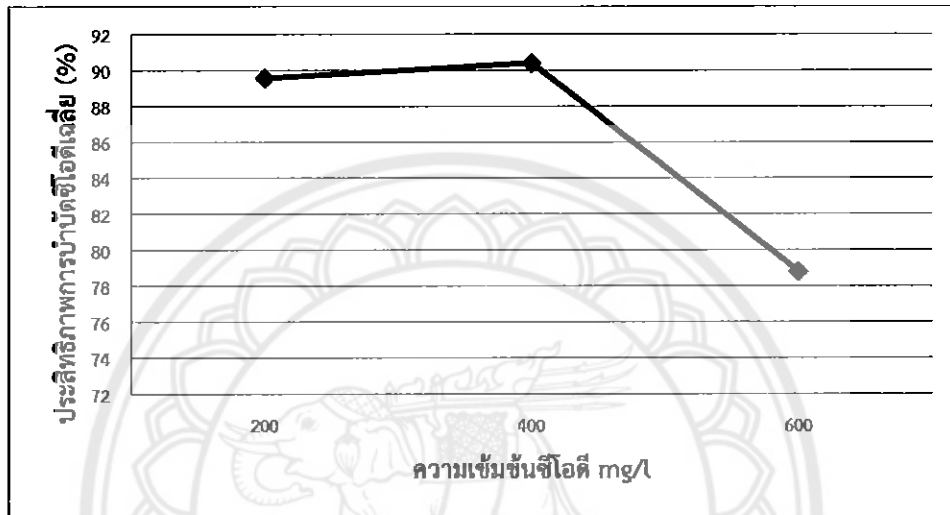
รูปที่ 4.28 ค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.28 แสดงค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ พบว่าค่าซีโอดีเฉลี่ยในน้ำเข้าและน้ำออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเข้า และออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้าแสดงว่าระบบเกิดการบำบัดซีโอดี จะเห็นได้จากน้ำออกมีค่าซีโอดีต่ำกว่าน้ำเข้า



รูปที่ 4.29 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.29 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเมื่อความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่าซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าคงที่ประสิทธิภาพการบำบัดดีตลอดการทดลอง ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกของการทดลองมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีมีแนวโน้มคงที่ และมีค่าลดลงในวันที่ 57 ของการทดลอง ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดค่าซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกของการทดลองมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีมีแนวโน้มคงที่ หลังวันที่ 43 จนจบการทดลอง พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดลดลงและมีแนวโน้มไม่คงที่

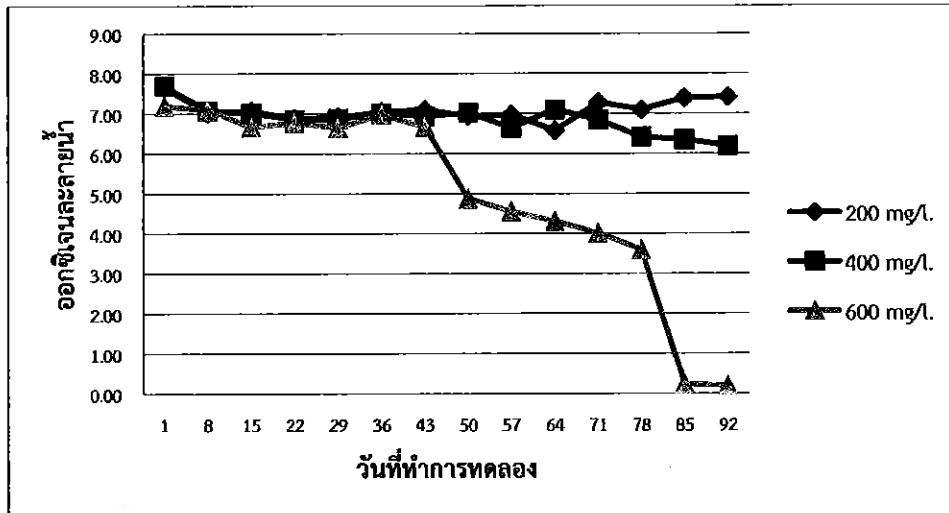


รูปที่ 4.30 ประสิทธิภาพการบำบัดของซีโอดีเฉลี่ยของระบบ

จากรูปที่ 4.30 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของระบบ พบว่าการบำบัดซีโอดีเฉลี่ยโดยความเข้มข้นของซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดเท่ากับ 90.40% รองลงมาคือความเข้มข้นซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 89.57% และความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 78.81 %

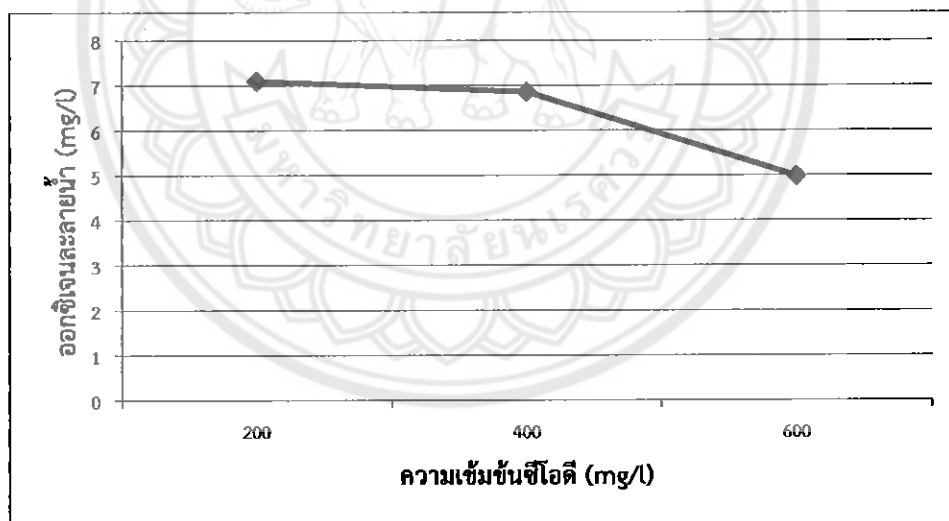
#### 4.9 ออกซิเจนละลายน้ำ

ออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นค่าซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 4.31 – 4.32



รูปที่ 4.31 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเดิมอากาศเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.31 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเดิมอากาศเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเดิมอากาศลดลงตามความเข้มข้นซีโอดีที่เพิ่มขึ้น และจะลดลงมากที่ความเข้มข้นของซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 50 จนจบการทดลอง ทั้งนี้ค่าออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงเรื่อยๆจนจบการทดลอง

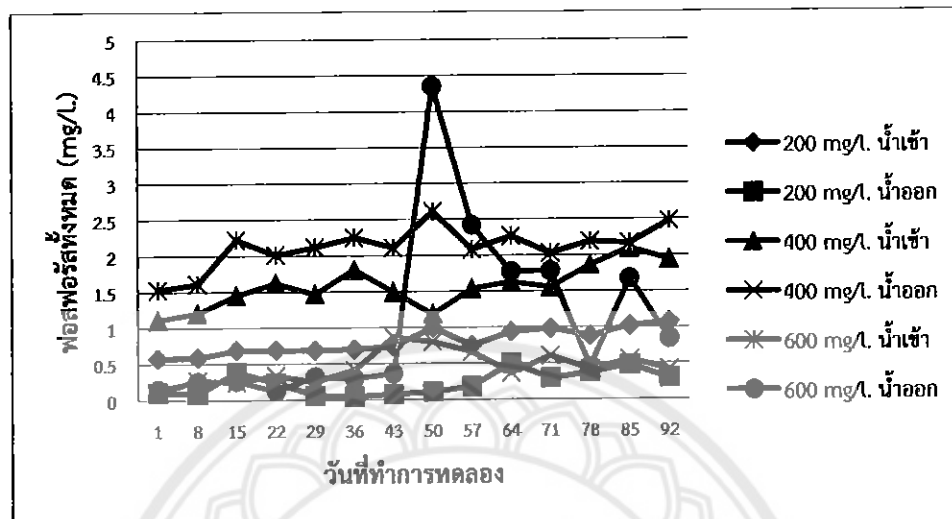


รูปที่ 4.32 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของออกซิเจนละลายน้ำ

จากรูปที่ 4.32 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยของออกซิเจนละลายน้ำพบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลงตามความเข้มข้นของค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีออกซิเจนละลายน้ำสูงสุด

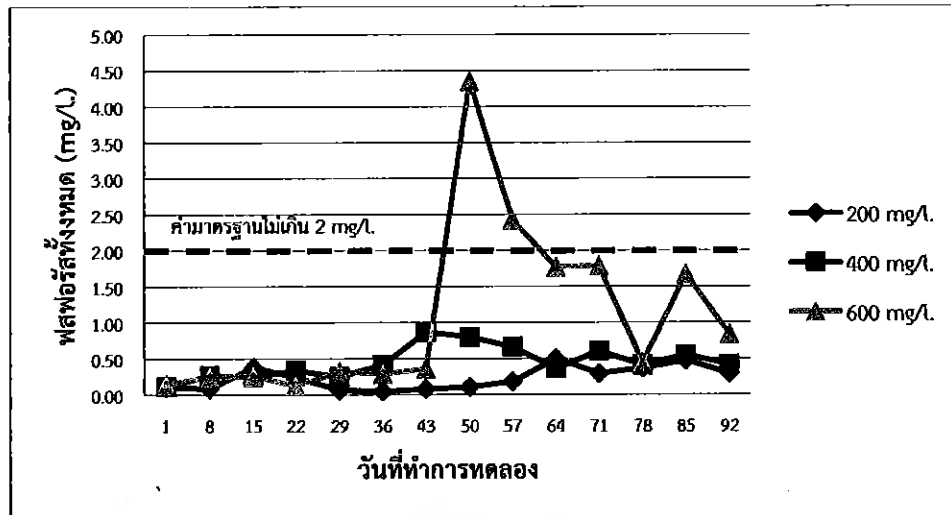
#### 4.10 ฟอสฟอรัสทั้งหมด

ฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้ระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นค่าซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.33-4.37



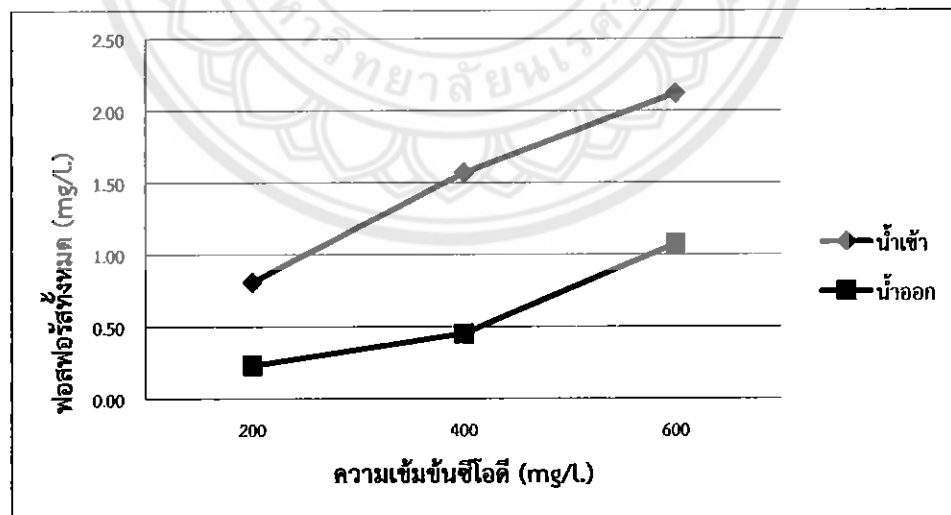
จากรูปที่ 4.33 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้และน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.33 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่าที่ค่าซีไอดี 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเข้มากกว่าน้ำออกและมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ส่วนค่าความเข้มข้นซีไอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกพบว่ามีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเข้มากกว่าน้ำออกและมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ และช่วงวันที่ 50 จนถึงวันที่ 57 ของการทดลองพบว่ามีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำออกมากกว่าน้ำเข้ซึ่งอาจเกิดจากการย่อยสลายตัวเองของจุลินทรีย์เส้นใยที่เกิดขึ้นในถัง และหลังจากวันที่ 57 เป็นต้นไปจนจบการทดลอง พบว่าค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเข้มากกว่าน้ำออก และมีแนวโน้มไม่คงที่



รูปที่ 4.34 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

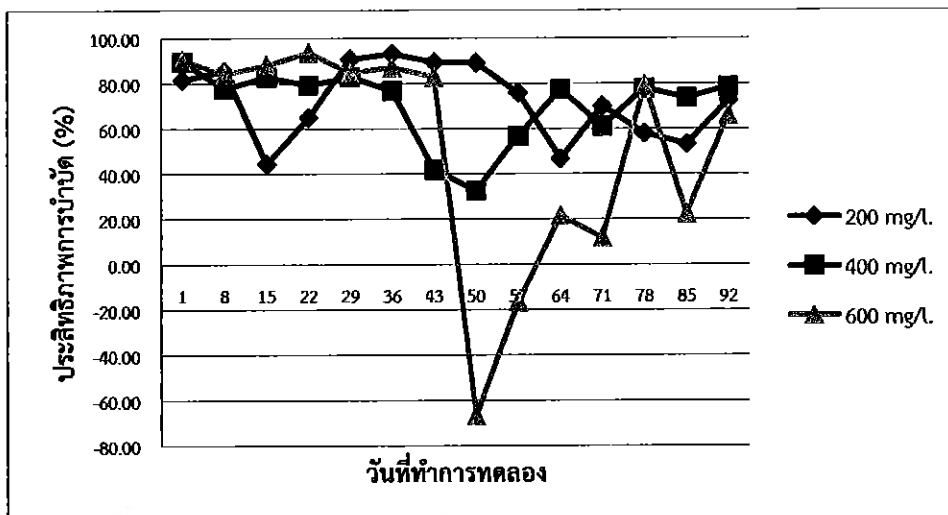
จากรูปที่ 4.34 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าความเข้มข้นทั้งหมดที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 50 จนถึงวันที่ 57 ของการทดลองมีแนวโน้มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำออกเกินมาตรฐานที่ยอมให้ปล่อยออก และในวันที่ 64 จนถึงวันสุดท้ายของการทดลองค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำออกไม่เกินมาตรฐานที่ยอมให้ปล่อยออก ส่วนความเข้มข้นซีโอดี 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการแปรผันในช่วงแคบและแนวโน้มลดลง ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำออกไม่เกินมาตรฐานที่ยอมให้ปล่อยออก



รูปที่ 4.35 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

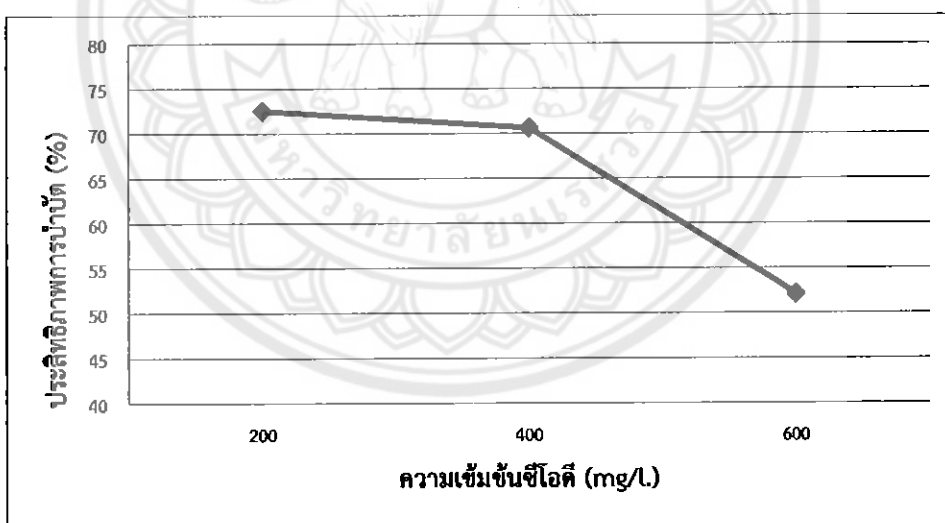
จากรูปที่ 4.35 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ พบว่าค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยในน้ำออกจากระบบแปรผันตามความเข้มข้นของค่าซีโอดีน้ำเข้า และน้ำออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้าแสดงว่าระบบเกิดการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด





รูปที่ 4.36 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.36 แสดงค่าประสิทธิภาพของการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพแปรผันในช่วงกว้างมาก โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงวันที่ 50 จนถึงวันที่ 57 ของการทดลอง ไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด

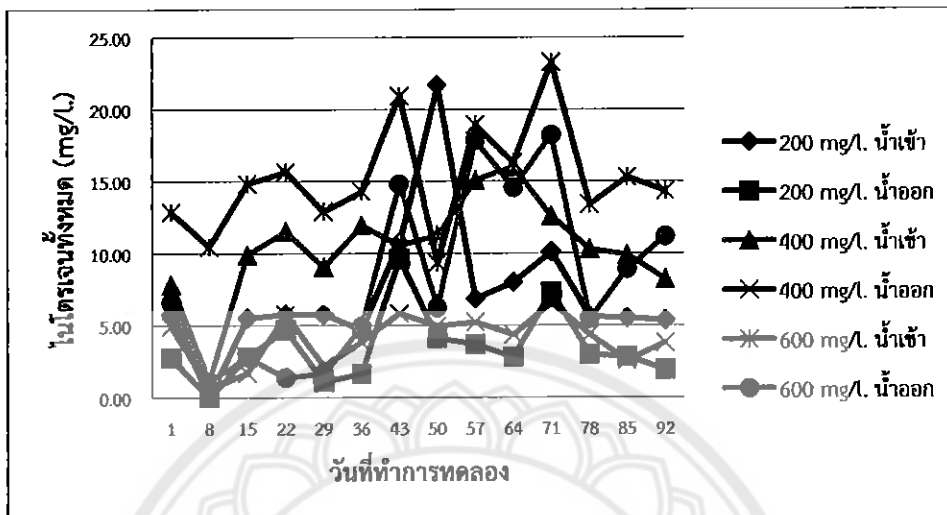


รูปที่ 4.37 ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากรูปที่ 4.37 แสดงค่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของค่าซีโอดีน้ำเข้า โดยประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยต่ำสุดที่ซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 52.14% และประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยสูงสุดที่ซีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 72.53%

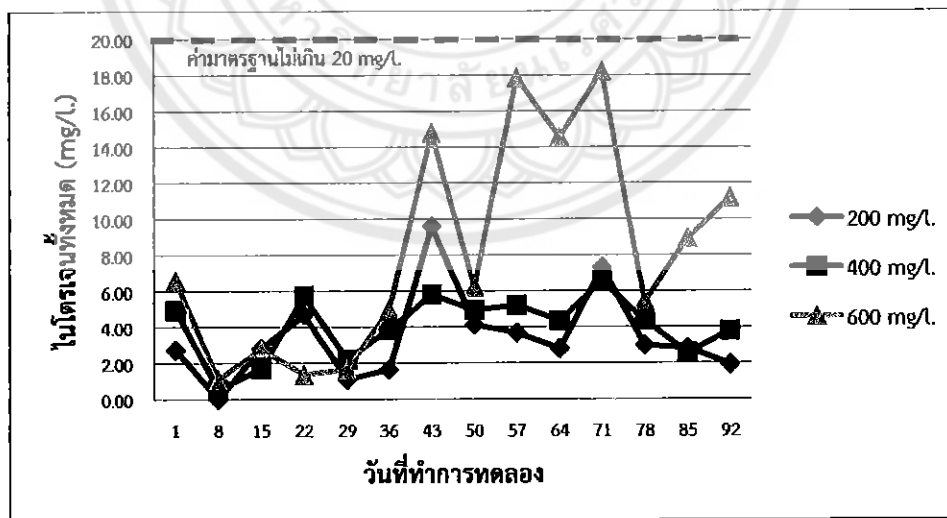
### 4.11 ไนโตรเจนทั้งหมด

ไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเขาระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.38-4.42



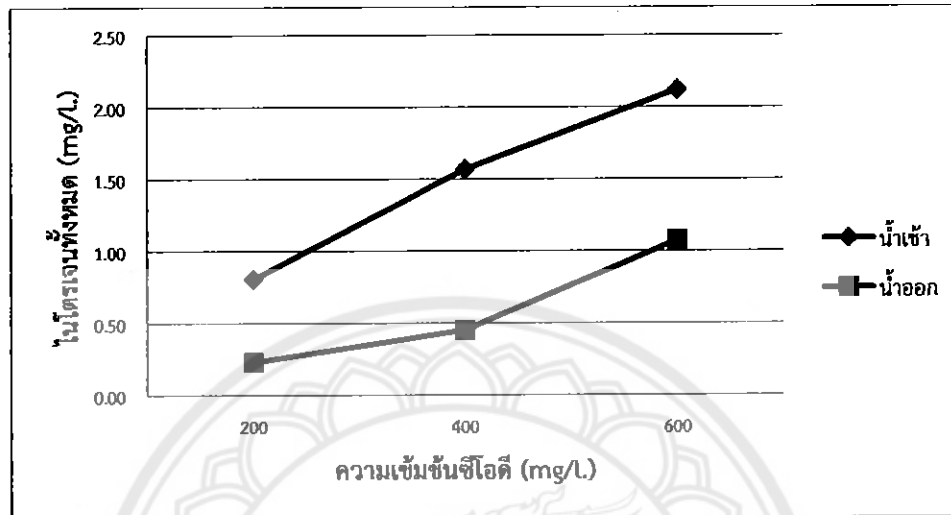
รูปที่ 4.38 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.38 แสดงค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเข้าและออกจากระบบ พบว่าน้ำเข้าความเข้มข้นซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการทดลองค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกมีค่าน้อยกว่าในน้ำเข้า แต่มีการแปรผันในช่วงกว้างจึงมีแนวโน้มค่อนข้างไม่คงที่



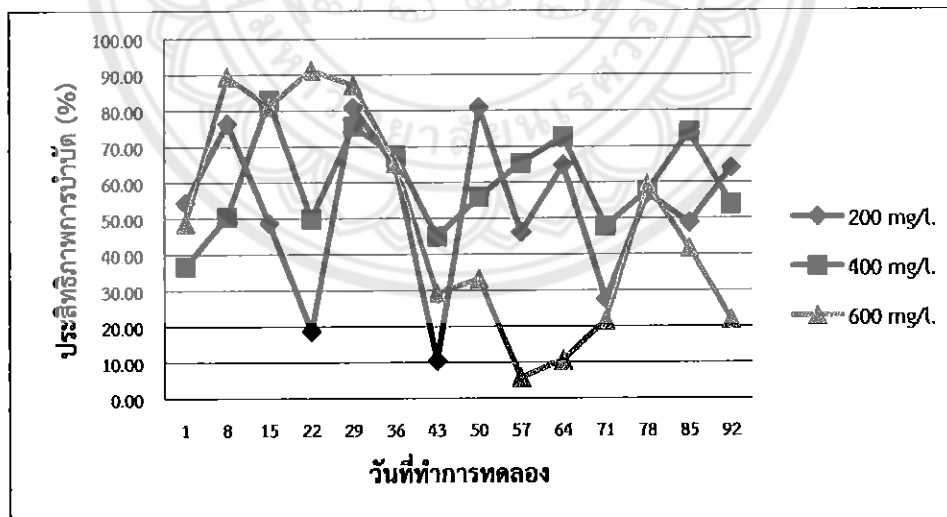
รูปที่ 4.39 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.39 แสดงค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกจากระบบ พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอติ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการทดลองค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกจากระบบมีค่าแปรผันในช่วงแคบมากจึงมีแนวโน้มลดลง ส่วนความเข้มข้นซีโอติ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกมีค่าแปรผันในช่วงแคบ แต่หลังจากวันที่ 36 ของการทดลองพบว่ามีแนวโน้มค่าไนโตรเจนทั้งหมดน้ำออกเพิ่มขึ้น



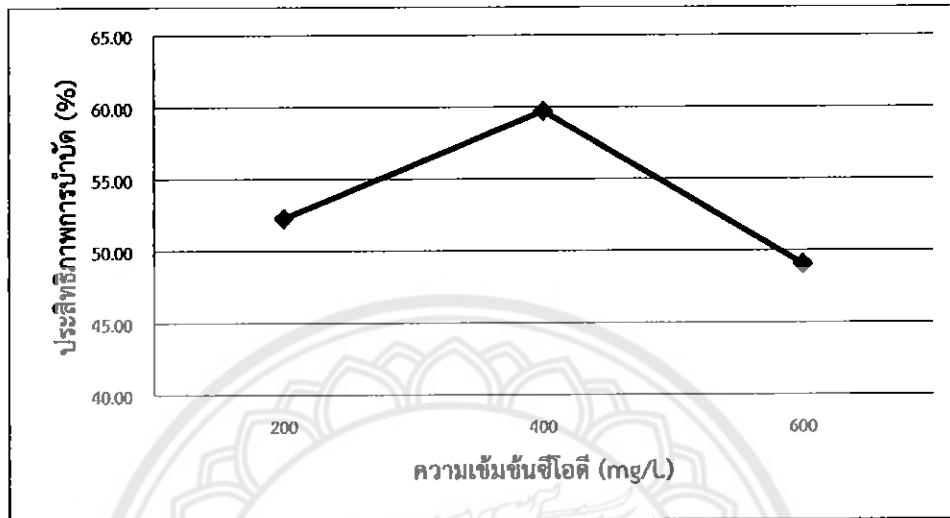
รูปที่ 4.40 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.40 พบว่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำออกจากระบบแปรผันตามความเข้มข้นของค่าซีโอติน้ำเข้า และน้ำออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้าแสดงว่าระบบเกิดการบำบัดไนโตรเจน



รูปที่ 4.41 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.41 แสดงค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าที่ความเข้มข้นซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าประสิทธิภาพแปรผันในช่วงกว้างมาก โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังวันที่ 29 จนจบการทดลอง มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนลดลง

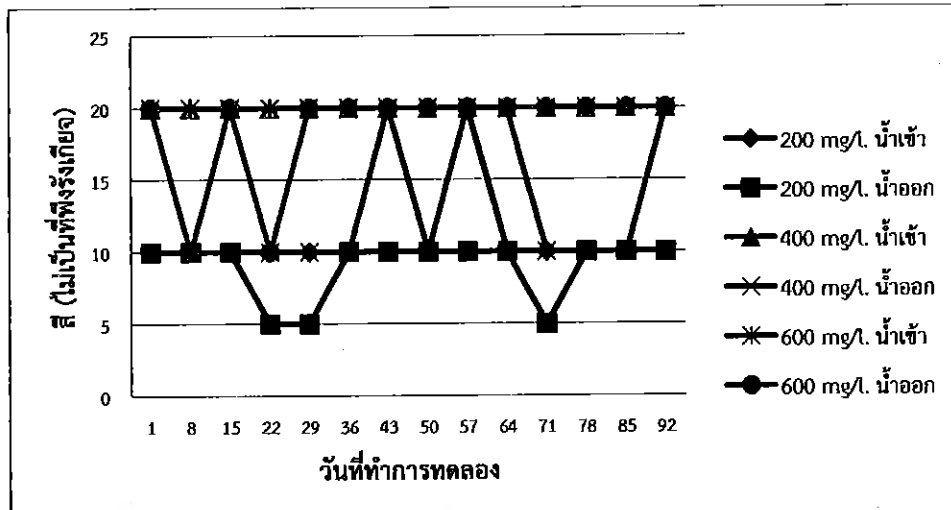


รูปที่ 4.42 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของไนโตรเจน

จากรูปที่ 4.42 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของไนโตรเจน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนแอมโมเนียของความเข้มข้นซีไอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 59.74% ซึ่งมีความสูงที่สุด และที่ความเข้มข้นซีไอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 49.09% ซึ่งมีความต่ำที่สุด

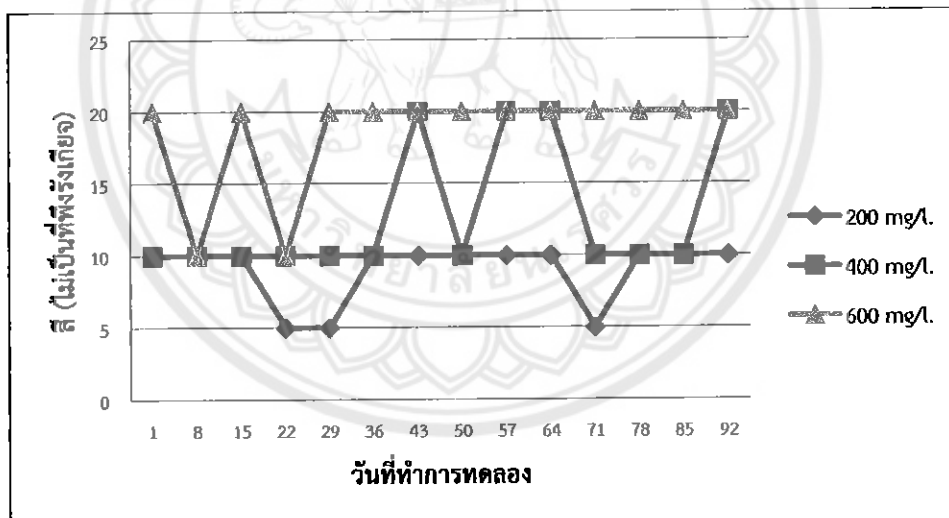
#### 4.12 สี่

สี่ของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีไอดี 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรดังรูปที่ 4.43-4.47



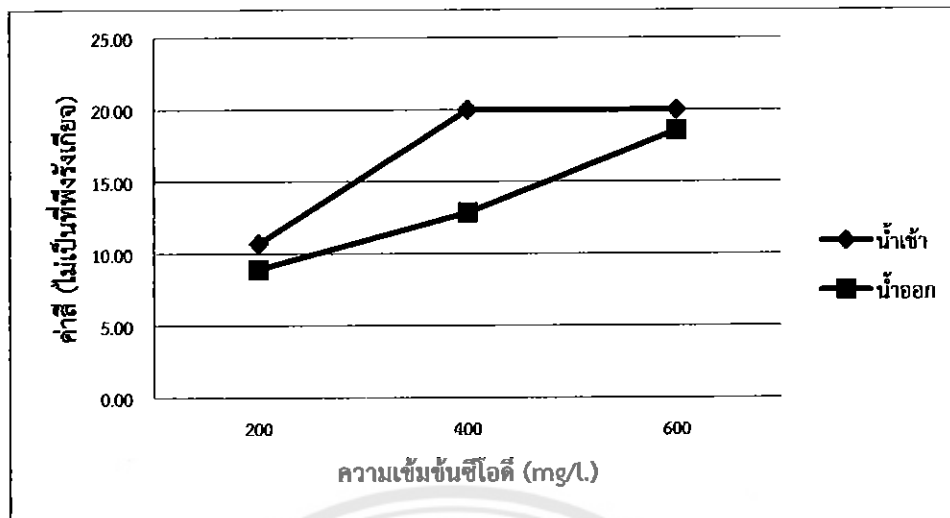
รูปที่ 4.43 ค่าสีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.43 แสดงค่าสีของน้ำเข้าและออกจากระบบ พบว่าน้ำเข้าความเข้มข้นซีโอติ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการทดลองค่าสีของน้ำออกและน้ำเข้ามีค่าไม่ต่างกันมาก มีการแปรผันในช่วงกว้างจึงมีแนวโน้มค่อนข้างไม่คงที่



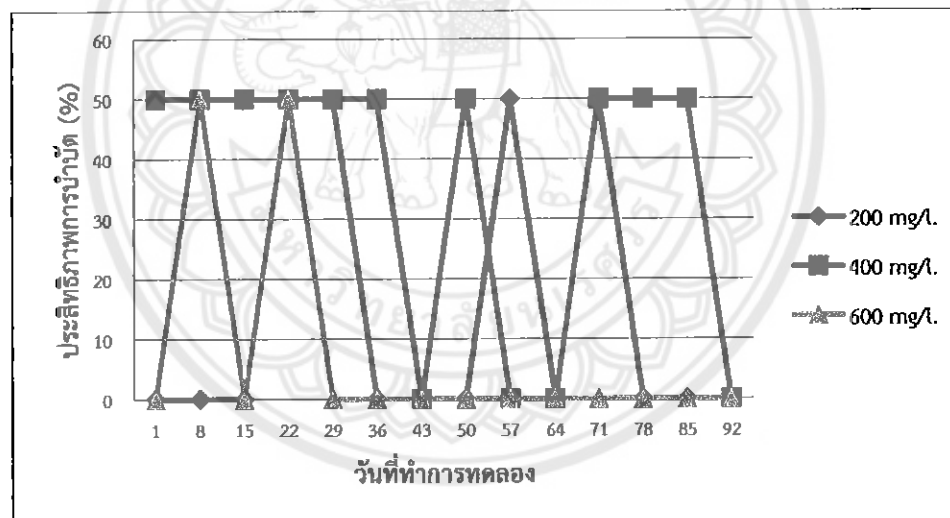
รูปที่ 4.44 ค่าสีของน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.44 แสดงค่าสีของน้ำออกจากระบบที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอติ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสีที่ค่อนข้างแปรผันตลอดการทดลอง ที่ความเข้มข้นซีโอติ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกของการทดลองพบว่าค่าสีมีค่าคงที่จนถึงวันที่ 36 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่าที่แปรผันตลอดการทดลอง ส่วนความเข้มข้นซีโอติ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกค่าสีค่อนข้างแปรผันตลอด แต่หลังจากวันที่ 29 จนจบการทดลองพบว่าค่าสีคงที่



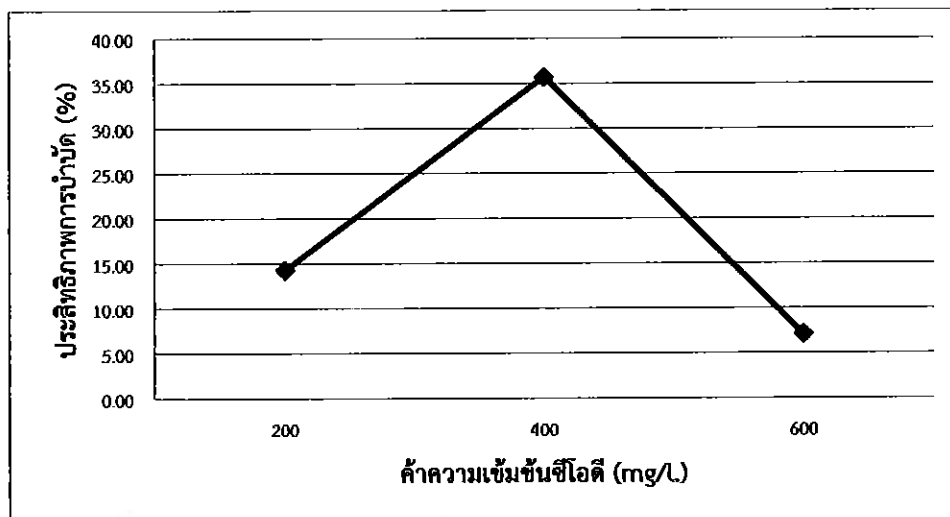
รูปที่ 4.45 ค่าซีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ

จากรูปที่ 4.45 พบว่าค่าซีเฉลี่ยของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบแปรผันตามความเข้มข้นของซีไอต์ในน้ำเข้า และน้ำออกมีค่าต่ำกว่าน้ำเข้า แสดงว่าระบบเกิดการบำบัดซี



รูปที่ 4.46 ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีเมื่อความเข้มข้นซีไอต์น้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.46 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดซีที่ความเข้มข้นซีไอต์ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นซีไอต์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแปรผันในช่วงกว้างและไม่คงที่ ที่ความเข้มข้นซีไอต์ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกมีประสิทธิภาพการบำบัดซีที่ แต่หลังจากวันที่ 36 มีค่าแปรผันในช่วงกว้างและไม่คงที่จนจบการทดลอง ส่วนความเข้มข้นที่ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงแรกมีค่าแปรผันในช่วงกว้างและไม่คงที่จนถึงวันที่ 29 จนจบการทดลองไม่มีประสิทธิภาพการบำบัด

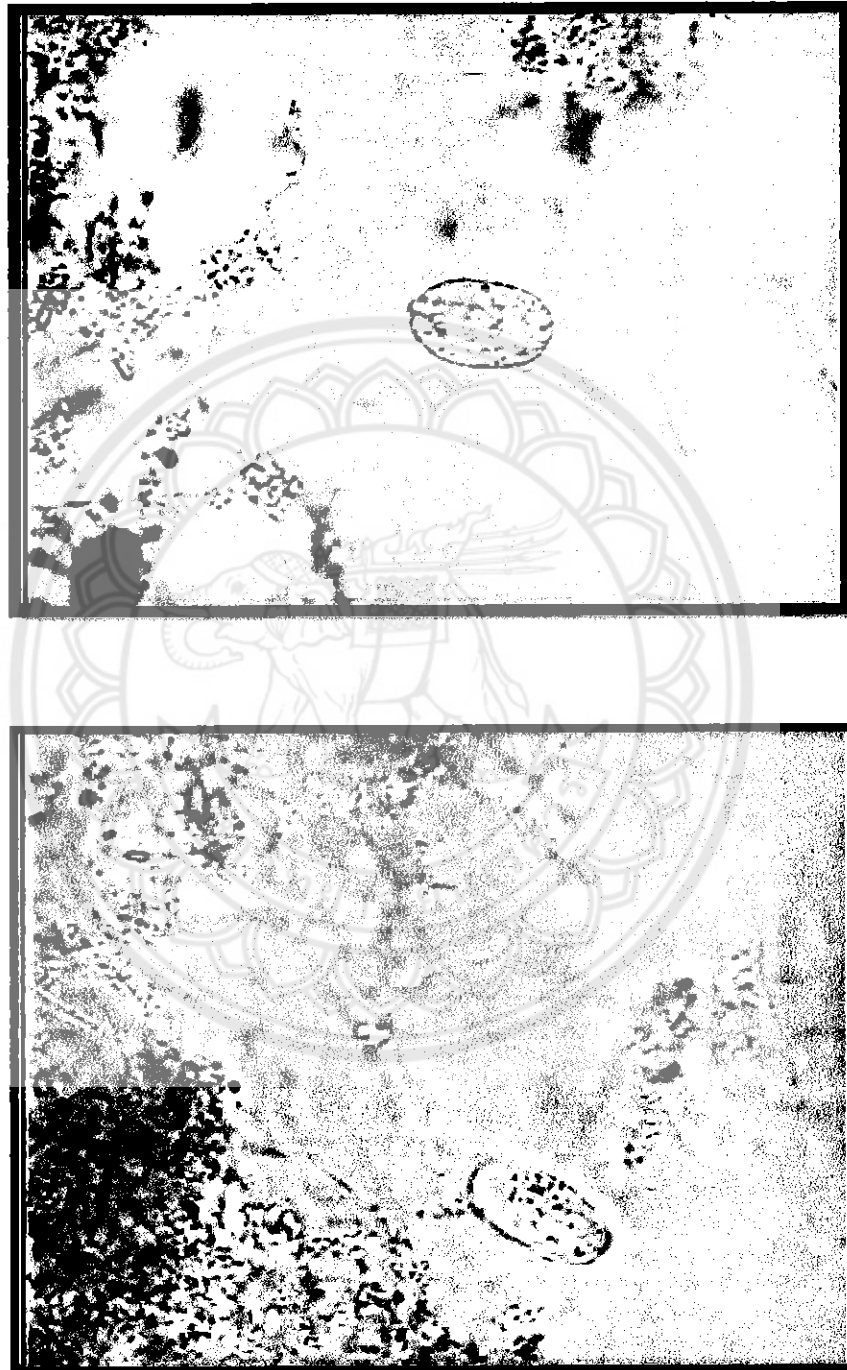


รูปที่ 4.47 ประสิทธิภาพการบำบัดสีทั้งหมด

จากรูปที่ 4.47 พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 35.71% ซึ่งมามีค่าสูงสุด และที่ความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 7.14% ซึ่งมีค่าต่ำสุด

#### 4.15 จุลินทรีย์ที่พบในระบบ

จากตะกอนในถังเติมอากาศเมื่อเริ่มทำการเดินระบบ พบว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศมีความคล้ายคลึงกัน ดังรูปที่ 4.48

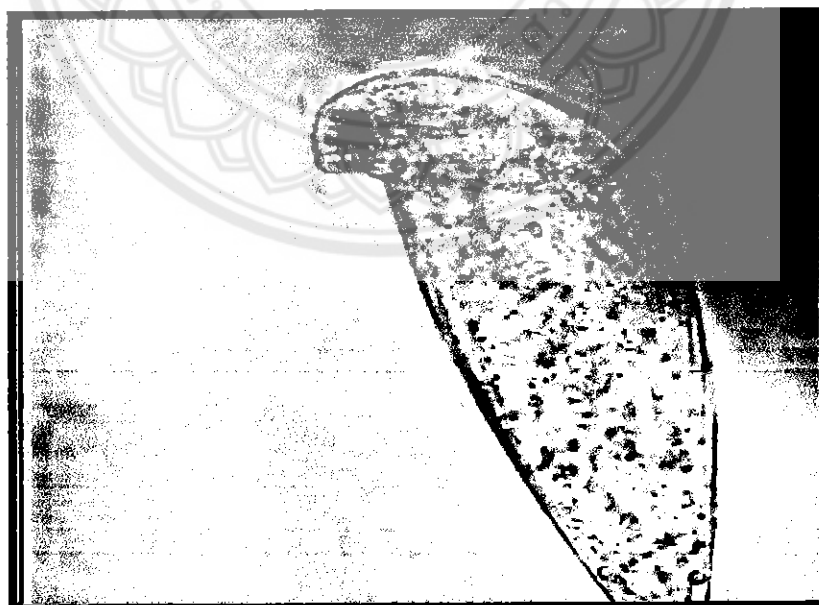
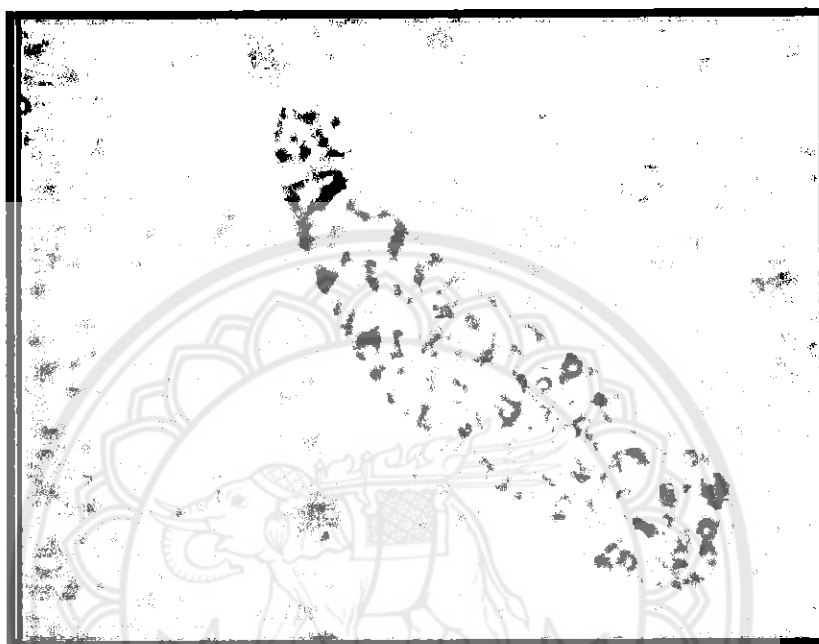


รูปที่ 4.48 จุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศทุกถัง

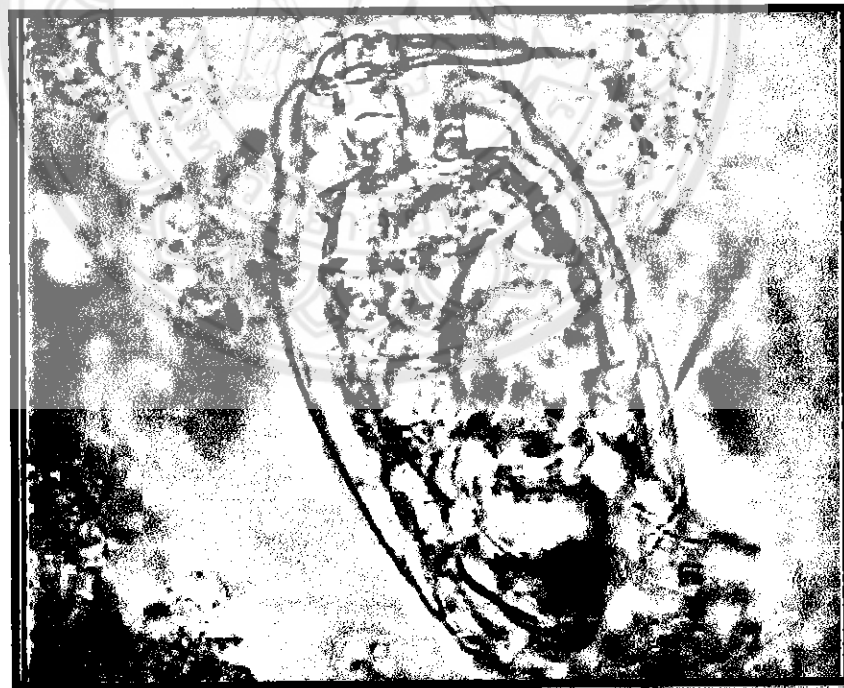
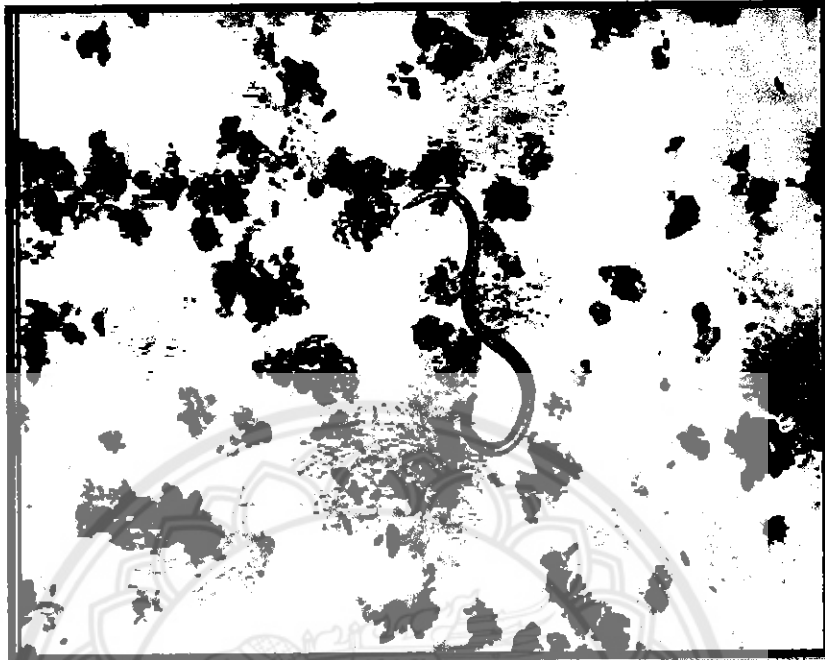


#### 4.13.1 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีไอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีไอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 พบจุลินทรีย์ที่คาดว่าน่าจะเป็นจำพวกโปรโตซัว ดังรูปที่ 4.49 และรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.49 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีไอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.50 จุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศความเข้มข้นซีไอที 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 4.13.2 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีไอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีไอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 พบจุลินทรีย์ที่คาดว่าน่าจะเป็นจำพวกโปรโตซัว ดังรูปที่ 4.51 และรูปที่ 4.52



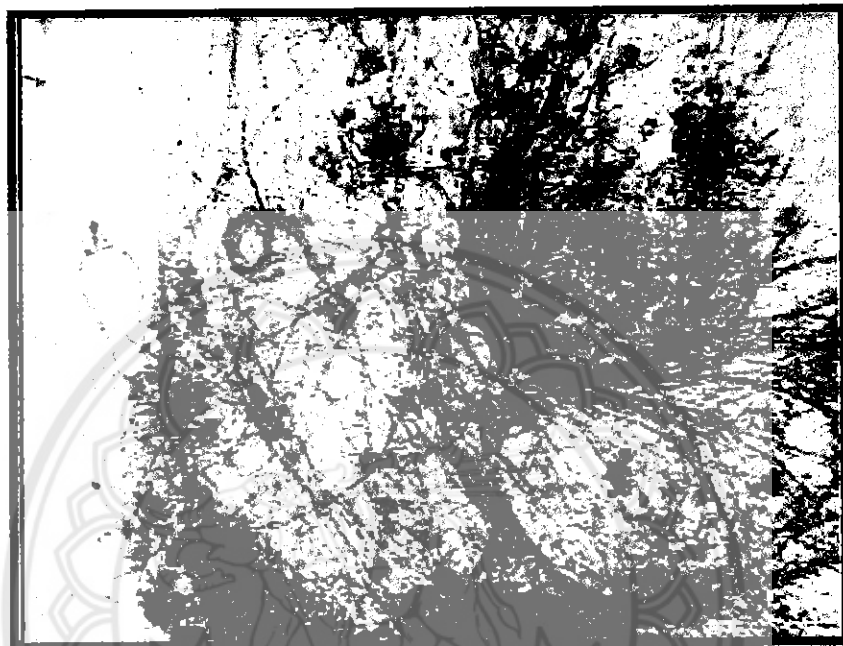
รูปที่ 4.51 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีไอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร



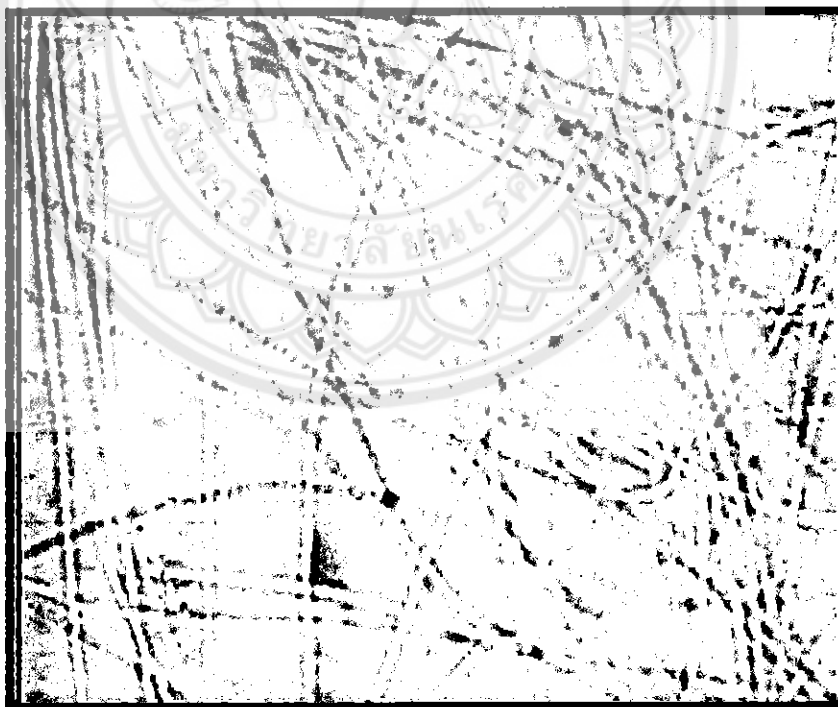
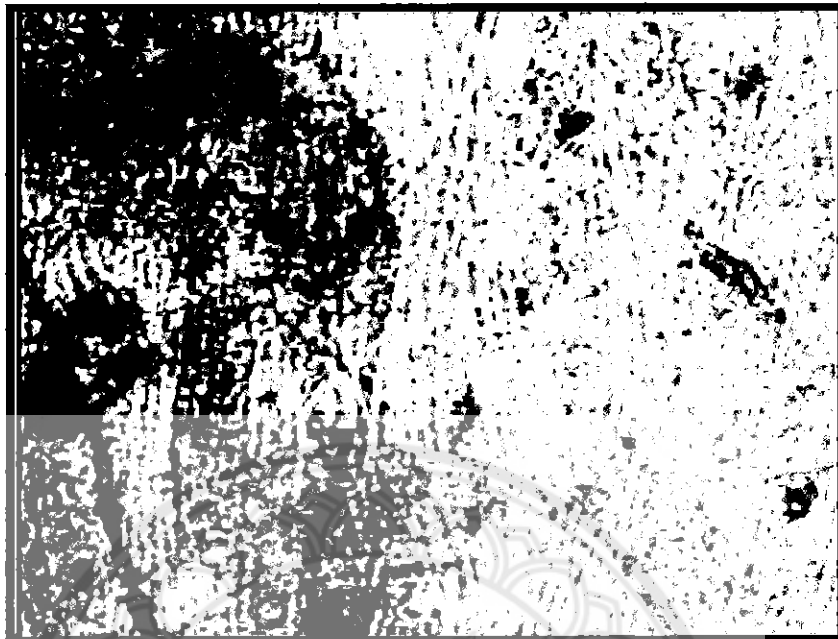
รูปที่ 4.52 จุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 4.13.3 ถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีไอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากตะกอนในถังเติมอากาศที่ความเข้มข้นซีไอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการศึกษา นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 พบจุลินทรีย์ที่คาดว่าจะเป็นจำพวกโปรโตซัว ดังรูปที่ 4.53 และรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.53 จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศความเข้มข้นซีไอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.54 จุลินทรีย์ในถังเดิมอากาศความเข้มข้นซีโอดี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการการบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสปีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง มีบทสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

#### 5.1 สรุปผล

การบำบัดน้ำชะขยะด้วยระบบเอสปีอาร์ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง สามารถสรุปผล ดังนี้

##### 5.1.1 บีโอดี

5.1.1.1 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าบีโอดีน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 95.93

5.1.1.2 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าบีโอดีน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 97.46

5.1.1.3 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าบีโอดีน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้นในช่วงการทดลองตั้งแต่วันที่ 50 จนถึงวันที่ 92 ของการเดินระบบมีค่าบีโอดีน้ำออกเกินมาตรฐาน ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 89.14

##### 5.1.2 ซีโอดี

5.1.2.1 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าซีโอดีน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 89.57

5.1.2.2 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าซีโอดีน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 90.40

5.1.2.3 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าซีโอดีน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้นในช่วงการทดลองตั้งแต่วันที่ 50 จนถึงวันที่ 92 ของการเดินระบบมีค่าซีโอดีน้ำออกเกินมาตรฐาน ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 78.81

##### 5.1.3 ไนโตรเจนทั้งหมด

5.1.3.1 ความเข้มข้นค่าซีโอดีน้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 52.30

5.1.3.2 ความเข้มข้นค่าซีไอได้น้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 59.74

5.1.3.3 ความเข้มข้นค่าซีไอได้น้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 49.09

#### 5.1.4 ฟอสฟอรัสทั้งหมด

5.1.4.1 ความเข้มข้นค่าซีไอได้น้ำเข้า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 72.53

5.1.4.2 ความเข้มข้นค่าซีไอได้น้ำเข้า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 70.64

5.1.4.3 ความเข้มข้นค่าซีไอได้น้ำเข้า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้นในช่วงการทดลองตั้งแต่วันที่ 50 จนถึงวันที่ 57 ของการเดินระบบมีค่าฟอสฟอรัสน้ำออกเกินมาตรฐาน ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยร้อยละ 52.14

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโครงการพบว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบีอาร์ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง เหมาะสมกับระบบที่มีค่าของความเข้มข้นซีไอได้น้ำเข้าเท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร



## เอกสารอ้างอิง

- มันสิน ตันจุลเวศม์.(2542).เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1 :พิมพ์ที่โรงพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันจุลเวศม์.(2542).เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2 :พิมพ์ที่โรงพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วารสารศึกษณ์ ซ่อนกลิ่น และวิชา อิมกระจ่าง.(2544).คู่มือการวิเคราะห์น้ำ: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม.(2545).ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ: กรุงเทพฯ กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
- สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.(2540).คำกำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย  
<http://www.pcd.go.th/> (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)  
[http://www.tungsong.com/Environment/Garbage\\_n/garbage\\_03.html](http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/garbage_03.html), 2553  
<http://www.schreiberwater.com/Fi...en.shtml> , 2552  
<http://www.telem.co.il/Telem/Tem...ID%3D574> , 2552  
<http://khlongngae.go.th/paper/fo.../page/17> , 2552  
<http://lgam.wikidot.com/sediment...ion-tank> , 2552  
[http://www.wastewaterthai.com\(25/10/55\)](http://www.wastewaterthai.com(25/10/55))

## ภาคผนวก ก

คุณภาพน้ำเข้าและน้ำออก  
จากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า  
เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร



ตารางที่ ก1 ผลของพีเอชน้ำเข้าและน้ำออกจากกระบวนการเมื่อความเข้มข้นซีโอทีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L		ความเข้มข้น 400 mg/L		ความเข้มข้น 600 mg/L	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	6.57	7.50	6.35	7.91	6.02	8.02
8	6.94	7.77	6.49	7.93	5.92	7.91
15	7.42	7.54	6.96	7.75	6.48	7.77
22	7.14	7.05	6.25	7.16	5.60	7.35
29	6.65	7.62	6.42	7.68	6.15	7.57
36	6.07	6.99	6.84	7.35	5.29	7.41
43	5.46	7.23	5.71	7.52	4.95	7.55
50	6.32	6.95	6.38	7.11	5.38	6.95
57	6.30	7.53	5.73	7.50	5.17	7.30
64	6.19	7.74	5.58	7.45	5.34	7.08
71	6.39	7.65	5.89	7.60	5.25	7.39
78	6.51	7.53	5.83	7.64	5.39	7.67
85	5.98	6.59	5.49	7.09	5.08	7.11
92	6.06	7.30	5.49	7.30	4.92	6.88
ค่าเฉลี่ย	6.43	7.36	6.10	7.50	5.50	7.43

ตารางที่ ก2 ผลของอุณหภูมิมีน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L		ความเข้มข้น 400 mg/L		ความเข้มข้น 600 mg/L	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	29	28	29	28	29	28
8	27	28	27	28	27	28
15	30	29	30	29	30	29
22	29	28	29	28	29	28
29	29	28	29	28	29	28
36	27	27	27	27	27	27
43	27	27	27	27	27	27
50	28	27	28	27	28	27
57	27	26	27	26	27	26
64	26	25	26	25	26	25
71	26	25	26	25	26	25
78	24	23	24	23	24	23
85	26	25	26	25	26	25
92	25	25	25	25	25	25
ค่าเฉลี่ย	27.14	26.50	27.14	26.50	27.14	26.50

ตารางที่ ก3 ผลของสภาพการนำไฟฟ้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอได้นำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L		ความเข้มข้น 400 mg/L		ความเข้มข้น 600 mg/L	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	ออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	219	178	227	204	236	233
8	202	181	246	225	311	259
15	125	141	160	171	207	211
22	250	257	314	324	393	369
29	237	247	294	304	387	361
36	293	290	342	354	410	456
43	254	260	307	351	387	360
50	217	208	303	265	322	334
57	232	252	283	294	358	345
64	200	215	259	257	304	345
71	210	202	252	255	317	315
78	178	187	255	241	318	302
85	177	189	222	227	291	248
92	259	248	324	317	474	361
ค่าเฉลี่ย	218.07	218.21	270.57	270.64	336.79	321.36

ตารางที่ ก4 ผลของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดค่าน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอค่าน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/l		%การบำบัด	ความเข้มข้น 400 mg/l		% การบำบัด	ความเข้มข้น 600 mg/l		% การบำบัด
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	24.32	1.20	95.07	42.14	1.30	96.92	69.00	2.25	96.74
8	26.00	0.70	97.31	43.00	1.40	96.74	73.00	2.30	96.85
15	34.07	2.50	92.66	52.38	2.60	95.04	100.00	3.81	96.19
22	35.56	2.29	93.57	116.67	7.00	94.00	101.41	2.60	97.44
29	29.50	1.30	95.59	78.70	2.24	97.15	75.10	4.10	94.54
36	21.73	1.61	92.60	95.38	17.95	81.18	90.70	9.60	89.42
43	29.30	2.04	93.05	49.27	10.15	79.40	61.00	7.50	87.70
50	48.63	2.70	94.45	57.91	8.67	85.03	238.33	295.79	-24.11
57	27.07	5.24	80.65	57.73	18.45	68.04	104.30	289.40	-177.47
64	32.66	6.95	78.72	59.91	4.92	91.80	134.24	231.90	-72.75
71	32.08	12.28	61.72	49.10	40.77	16.98	44.84	192.24	-328.77
78	26.78	6.03	77.48	78.75	7.02	91.09	38.89	13.94	64.17
85	35.24	8.93	74.65	140.96	7.00	95.04	108.44	68.75	36.60
92	30.39	5.40	82.23	144.39	4.78	96.69	149.66	37.50	74.94
ค่าเฉลี่ย	30.952	4.459	86.41	76.164	9.589	84.65	99.208	82.977	16.54

ตารางที่ ก5 ผลของของแข็งละลายน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L.		% การบำบัด		ความเข้มข้น 400 mg/L.		% การบำบัด		ความเข้มข้น 600 mg/L.		% การบำบัด
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	251.68	194.80	22.60	214.50	364.36	214.50	41.13	526.00	242.25	53.94	
8	293.50	203.30	30.73	236.60	420.50	236.60	43.73	523.00	294.70	43.65	
15	414.93	283.50	31.68	306.40	570.12	306.40	46.26	811.00	375.20	53.74	
22	303.45	196.22	35.34	238.00	406.34	238.00	41.43	623.10	281.40	54.84	
29	291.90	167.10	42.75	212.63	425.60	212.63	50.04	555.60	238.48	57.08	
36	362.27	180.39	50.21	248.05	353.13	248.05	29.76	637.73	283.90	55.48	
43	362.20	217.47	39.96	285.35	520.73	285.35	45.20	722.00	331.50	54.09	
50	332.98	209.80	36.99	248.34	319.10	248.34	22.17	534.67	558.50	-4.46	
57	362.43	238.76	34.12	318.05	512.77	318.05	37.97	645.70	374.10	42.06	
64	302.84	194.05	35.92	244.58	400.09	244.58	38.87	535.26	392.00	26.76	
71	400.92	228.22	43.08	246.73	502.40	246.73	50.89	704.66	356.26	49.44	
78	409.22	205.53	49.78	245.45	546.25	245.45	55.07	646.11	480.56	25.62	
85	397.26	244.50	38.45	205.06	615.05	205.06	66.66	542.04	525.25	3.10	
92	296.61	201.10	32.20	263.72	448.61	263.72	41.21	563.34	401.00	28.82	
ค่าเฉลี่ย	341.59	211.77	37.41	250.96	457.50	250.96	43.60	612.16	366.79	38.87	

ตารางที่ ก6 ผลของของแข็งจมน้ำของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L		ความเข้มข้น 400 mg/L		ความเข้มข้น 600 mg/L	
	ปริมาณการจมน้ำ ( ml)		ปริมาณการจมน้ำ ( ml)		ปริมาณการจมน้ำ ( ml)	
1	150.00		220.00		310.00	
8	180.00		400.00		480.00	
15	130.00		340.00		525.00	
22	110.00		300.00		345.00	
29	120.00		210.00		820.00	
36	100.00		210.00		850.00	
43	200.00		160.00		950.00	
50	160.00		55.00		1000.00	
57	120.00		98.00		925.00	
64	120.00		76.00		950.00	
71	100.00		95.00		850.00	
78	95.00		75.00		850.00	
85	92.00		27.00		850.00	
92	140.00		210.00		950.00	
ค่าเฉลี่ย	129.79		176.86		761.07	



ตารางที่ ๓7 ผลของปีไวด์ของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L.		% การบำบัด	ความเข้มข้น 400 mg/L.		% การบำบัด	ความเข้มข้น 600 mg/L.		% การบำบัด
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	128.00	8.66	93.23	229.50	9.45	95.88	365.45	15.33	95.89
8	127.50	8.66	98.82	227.50	10.33	96.92	366.67	16.27	95.56
15	128.75	10.00	92.33	232.50	5.67	97.56	366.67	7.00	98.09
22	100.56	3.40	96.67	247.50	7.70	96.89	330.00	2.20	99.33
29	102.23	3.40	96.67	227.50	3.33	98.61	335.56	1.14	99.66
36	87.78	7.90	91.00	220.00	2.80	98.73	388.34	5.30	98.64
43	123.33	1.50	98.78	265.00	6.80	97.43	403.33	6.60	98.36
50	102.78	3.45	96.64	203.33	6.95	96.58	388.34	57.00	85.32
57	98.89	2.50	97.47	232.50	1.60	99.31	366.67	57.00	84.45
64	105.55	4.84	95.41	157.22	5.59	96.44	345.00	56.00	83.77
71	148.34	4.50	96.97	317.50	8.93	97.19	525.00	142.00	72.95
78	136.29	4.94	96.38	297.50	3.96	98.67	457.78	56.67	87.62
85	142.96	7.68	94.63	347.50	8.50	97.55	494.44	128.34	74.04
92	155.00	3.15	97.97	260.00	8.47	96.74	530.00	136.00	74.34
ค่าเฉลี่ย	120.57	5.33	95.93	247.50	6.43	97.46	404.52	49.06	89.14

ตารางที่ ๓8 ผลของซีโอไลท์ของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอไลท์น้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L		%การบำบัด	ความเข้มข้น 400 mg/L		%การบำบัด	ความเข้มข้น 600 mg/L		%การบำบัด
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	146.77	4.84	96.70	277.42	11.29	95.93	470.97	12.90	97.26
8	170.11	5.15	96.97	285.11	30.15	89.43	530.10	18.70	96.47
15	197.20	9.50	95.18	298.19	35.55	88.08	600.00	45.50	92.42
22	225.57	9.23	95.91	410.13	39.99	90.25	635.71	43.06	93.23
29	198.71	18.27	90.81	437.48	25.00	94.29	721.13	28.84	96.00
36	157.72	11.43	92.75	404.31	32.37	91.99	629.61	36.18	94.25
43	207.00	6.67	96.78	421.59	45.71	89.16	605.08	39.04	93.55
50	223.66	12.15	94.57	423.93	36.44	91.40	596.43	124.28	79.16
57	182.13	59.99	67.06	392.49	52.37	86.66	588.73	161.87	72.51
64	241.92	31.53	86.97	435.46	41.44	90.48	689.47	201.60	70.76
71	199.21	24.54	87.68	374.98	47.27	87.39	601.52	386.33	35.77
78	209.62	26.15	87.53	438.46	46.15	89.47	638.46	100.00	84.34
85	220.36	34.07	84.54	506.15	41.48	91.80	644.41	348.13	45.98
92	259.25	50.37	80.57	520.96	56.29	89.19	781.44	377.76	51.66
ค่าเฉลี่ย	202.80	21.71	89.57	401.90	38.68	90.40	623.79	137.44	78.81

ตารางที่ ก9 ผลของออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L	ความเข้มข้น 400 mg/L	ความเข้มข้น 600 mg/L
	ถึงเต็มอากาศ	ถึงเต็มอากาศ	ถึงเต็มอากาศ
1	7.67	7.70	7.20
8	7.03	7.08	7.10
15	7.07	7.02	6.68
22	6.89	6.86	6.78
29	6.92	6.88	6.65
36	7.05	7.02	6.98
43	7.10	6.94	6.68
50	6.95	7.03	4.88
57	6.98	6.65	4.56
64	6.58	7.10	4.32
71	7.28	6.85	4.02
78	7.10	6.42	3.60
85	7.40	6.35	0.24
92	7.42	6.20	0.20
ค่าเฉลี่ย	7.10	6.86	4.99

ตารางที่ ก10 ผลของฟอสฟอรัสของน้ำเข้าและน้ำออกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L		% การบำบัด	ความเข้มข้น 400 mg/L		% การบำบัด	ความเข้มข้น 600 mg/L		% การบำบัด
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	0.575	0.106	81.57	1.113	0.116	89.58	1.533	0.149	90.28
8	0.590	0.086	85.42	1.208	0.270	77.65	1.613	0.254	84.25
15	0.692	0.384	44.51	1.454	0.249	82.87	2.224	0.262	88.22
22	0.695	0.243	65.04	1.622	0.338	79.16	2.016	0.127	93.70
29	0.691	0.064	90.74	1.471	0.252	82.87	2.121	0.321	84.87
36	0.703	0.048	93.17	1.806	0.419	76.80	2.254	0.292	87.05
43	0.741	0.079	89.34	1.497	0.870	41.88	2.110	0.362	82.84
50	0.995	0.108	89.15	1.192	0.803	32.63	2.611	4.351	-66.64
57	0.751	0.181	75.90	1.540	0.665	56.82	2.083	2.424	-16.37
64	0.939	0.500	46.75	1.632	0.367	77.51	2.267	1.776	21.66
71	0.984	0.295	70.02	1.556	0.605	61.12	2.030	1.787	11.97
78	0.879	0.370	57.91	1.865	0.413	77.86	2.194	0.451	79.44
85	1.019	0.476	53.29	2.097	0.552	73.68	2.168	1.678	22.60
92	1.076	0.295	72.58	1.943	0.417	78.54	2.478	0.841	66.06
ค่าเฉลี่ย	0.809	0.231	72.53	1.571	0.453	70.64	2.122	1.077	52.14

ตารางที่ ก11 ผลของไนโตรเจนของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้น 200 mg/L.		% การบำบัด	ความเข้มข้น 400 mg/L.		% การบำบัด	ความเข้มข้นซีโอติ (mg/L.)		% การบำบัด
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	5.778	2.748	52.44	7.817	4.943	36.77	12.859	6.583	48.81
8	0.017	0.004	76.47	1.121	0.554	50.58	10.456	1.105	89.43
15	5.524	2.829	48.79	9.896	1.689	82.93	14.828	2.780	81.25
22	5.782	4.698	18.75	11.535	5.765	50.02	15.653	1.375	91.22
29	5.771	1.101	80.92	9.055	2.207	75.63	12.924	1.664	87.12
36	4.682	1.651	64.74	11.976	3.867	67.71	14.306	4.948	65.41
43	10.744	9.609	10.56	10.590	5.817	45.07	20.933	14.800	29.30
50	21.683	4.129	80.96	11.255	4.956	55.97	9.344	6.235	33.27
57	6.866	3.691	46.24	15.098	5.226	65.39	18.945	17.850	5.78
64	8.013	2.813	64.89	16.026	4.364	72.77	16.309	14.560	10.72
71	10.113	7.312	27.70	12.595	6.564	47.88	23.266	18.213	21.72
78	5.632	2.990	46.91	10.316	4.366	57.68	13.415	5.444	59.42
85	5.524	2.826	48.84	9.896	2.570	74.03	15.316	8.920	41.76
92	5.366	1.930	64.03	8.225	3.790	53.92	14.331	11.180	21.99
ค่าเฉลี่ย	7.250	3.452	52.30	10.386	4.048	59.74	15.206	8.261	49.09

## ภาคผนวก ข

คุณภาพเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออก  
จากระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า  
เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร



ตารางที่ ข1 ผลของค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอติ (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	5.46-7.42	6.43	6.59-7.77	7.36
400	5.49-6.96	6.1	7.09-7.93	7.5
600	4.92-6.48	5.5	6.88-8.02	7.43

ตารางที่ ข2 ผลของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอติ (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	24-30	27.14	23-29	26.5
400	24-30	27.14	23-29	26.5
600	24-30	27.14	23-29	26.5

ตารางที่ ข3 ผลของค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้น ซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอติ (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	125-293	218.07	141-290	218.21
400	160-342	270.57	171.354	270.64
600	207-474	336.78	211-456	321.36

ตารางที่ ข4 ผลของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอติ (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	21.73-48.63	30.95	0.7-12.28	4.459
400	42.14-114.39	76.16	1.3-40.77	9.589
600	38.89-238.33	99.21	2.25-295.79	82.977

ตารางที่ ข5 ผลของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอติ (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	251.68-414.93	341.57	167.10-283.5	211.77
400	319.10-615.05	457.50	205.06-318.05	250.96
600	523.00-811.00	612.96	238.48-558.50	366.79

ตารางที่ ข6 ผลของของบิโอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอติ (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	87.78-155.00	120.57	1.5-10.0	5.33
400	157.22-347.50	247.50	1.60-10.33	6.43
600	330.00-530.0	404.52	1.14-142.0	49.06



ตารางที่ ข7 ผลของของซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอดี (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	146.77-259.25	202.80	4.84-59.99	21.71
400	277.42-520.96	401.90	11.29-56.29	36.68
600	470.97-781.44	623.79	12.90-386.33	132.44

ตารางที่ ข8 ผลของฟอสฟอรัสเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอดี (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	0.575-1.076	0.81	0.048-0.500	0.231
400	1.113-2.097	1.57	0.116-0.870	0.453
600	1.533-2.611	2.12	0.127-4.351	1.077

ตารางที่ ข9 ผลของไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอดี (mg/l)	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	0.017-21.683	7.25	0.004-9.609	3.452
400	1.121-16.026	10.39	0.554-6.564	4.048
600	9.344-23.266	15.21	1.105-18.213	8.261

# ภาคผนวกที่ ค

ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ย

ของพารามิเตอร์ต่างๆเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้า

เท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร



ตารางที่ ค1 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำ  
เข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีไอดี(mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัด	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	61.72-97.31	86.41
400	16.98-97.15	84.65
600	-426.21	16.54

ตารางที่ ค2 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ  
200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีไอดี(mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัด	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	22.60-50.21	37.41
400	22.17-66.66	43.6
600	(-4.46)-57.08	38.87

ตารางที่ ค3 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยบีไอดีเมื่อความเข้มข้นซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400  
และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีไอดี(mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัด	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	91.00-98.82	95.93
400	95.88-99.31	97.46
600	72.95-99.66	89.14

ตารางที่ ค4 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยซีโอดีเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอดี(mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัด	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	67.06-96.97	89.57
400	86.66-95.93	90.4
600	35.77-97.26	78.81

ตารางที่ ค5 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอดี(mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัด	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	44.51-93.17	72.53
400	32.63-89.58	70.64
600	(-66.64)-93.20	52.14

ตารางที่ ค6 ผลของประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 200 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นซีโอดี(mg/l)	ประสิทธิภาพการบำบัด	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
200	10.56-80.96	52.3
400	36.77-82.93	59.74
600	5.78-91.22	49.09

## ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายกิตติพันธ์ เพ็งวัน  
 ภูมิลำเนา 10 หมู่ 2 ต. ชองลม อ.ลานกระบือ  
 จ.กำแพงเพชร

## ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนลานกระบือ  
กำแพงเพชร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Kittipan\_Pengwan@hotmail.com



ชื่อ นายจิรวาสต์ เสงี่ยมพันธ์  
 ภูมิลำเนา 14/1 หมู่ 2 ต.บางแก้ว อ.บรรพตพิสัย  
 จ.นครสวรรค์

## ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบรรพตพิสัย  
นครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Senghapan@hotmail.com

## ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นางสาวนุช ชำแจ้ว

ภูมิลำเนา 107 หมู่ 9 ต.แม่ลาว อ.เชียงคำ จ.พะเยา  
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนฝายกวาง  
วิทยาคม พะเยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : nuch\_chompoo@hotmail.co.th



ชื่อ นายสิทธิพงษ์ สิทธิธรรม

ภูมิลำเนา 9/2 หมู่ 5 ต.หนองแก อ.เมือง จ.อุทัยธานี  
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหนองเต่าวิทยา  
อุทัยธานี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Sithipong\_3318@hotmail.com