การเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ

นาย วิชัย ชินบูรพา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-907-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PERFORMANCE COMPARISON OF ANAEROBIC FILTERS HAVING ROCK, CONCRETE FRAGMENT AND PLASTIC AS MEDIA FOR TREATMENT OF LOW CONCENTRATION WASTEWATER

Mr. Vichai Chinburapa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-633-907-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหินเศษคอนกรีต และพลาสติก สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ
โดย	นาย วิชัย ชินบูรพา
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพฑรรย์ พรประภา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิชัย ชินบูรพา : การเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ (PERFORMANCE COMPARISON OF ANAEROBIC FILTERS HAVING ROCK, CONCRETE FRAGMENT AND PLASTIC AS MEDIA FOR TREATMENT OF LOW CONCENTRATION WASTEWATER) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์, 204 หน้า. ISBN 974-633-907-9

งานวิจัยในครั้งนี้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก เพื่อนำมาใช้งานกับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ โดยใช้ท่อพีวีซี ขนาด 5 นิ้ว สูง 1.20 เมตร บรรจุตัวกลางแบบเต็มถัง ซึ่งในที่นี้จะใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีประมาณ 300 มก./ล. ทดลอง ณ ระยะเวลากักน้ำ 9 และ 12 ชม. คิดเป็นออร์แกนิคโหลดดิ้งเท่ากับ 0.80 และ 0.60 กก. ซีโอดี/ลบ.ม-วัน พบว่าประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีสูงสุดจะเกิดที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. โดยตัวกลางหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก จะมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับร้อยละ 92.6, 92.2 และ 93.2 ตามลำดับ ซึ่งตัวกลางพลาสติกจะให้ค่าสูงกว่าเล็กน้อย สำหรับค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดจะมีค่าต่ำสุดที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. โดยตัวกลางเศษคอนกรีตจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 11.14 บาท/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตัวกลางพลาสติกจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 73.05 บาท/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด สำหรับตัวกลางหินจะมีค่าเท่ากับ 18.21 บาท/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด อัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดของตัวกลางพลาสติกจะมีค่าสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.344 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ณ ระยะเวลากักน้ำ 9 ชม. และมีเปอร์เซนต์ก๊าซมีเทนเท่ากับ 66.85

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C417050 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEY WORD: ANAEROBIC FILTER/ MEDIAS/ WASTEWATER

VICHAI CHINBURAPA : PERFORMANCE COMPARISON OF ANAEROBIC FILTERS HAVING ROCK, CONCRETE FRAGMENT AND PLASTIC AS MEDIA FOR TREATMENT OF LOW CONCENTRATION WASTEWATER. THESIS ADVISOR : ASSISTANCE PROFESSOR SUTHIRAK SUJARITTANONTA, Ph.D. 204 pp. ISBN 974-633-907-9

This research was studied to efficiency of anaerobic filters having rock, concrete fragment and plastic as media for treatment of low concentration wastewater. The anaerobic filter with full media used P.V.C. in with diameter of 5 inches and height of 1.20 meters. This study treated synthetic wastewater with COD about 300 mg/1 and varied the hydraulic retention time 9 and 12 hours at organic loadings about 0.80 and 0.60 kg COD/cum.-day. We found that the maximum efficiency of COD removed was at 12 hours hydraulic retention time by rock, concrete fragment and plastic having near efficiency of COD removed. It was 92.6, 92.2 and 93.2 %, respectively, and plastic media was over than one. The minimum cost per gram of COD removal was at 12 hours hydraulic retention time and concrete fragment was 11.14 baht/g.COD removal which had minimum, plastic was 73.05 baht/g.COD removal which had maximum, for rock was 18.21 baht/g.COD removal. The maximum methane yield was at plastic media about 0.344 1/g.COD removal which had 66.85 % methane and occured at 9 hours hydraulic retention time.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ท่านได้กรุณาอบรมสั่งสอน รวมทั้งให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในเรื่องต่าง ๆ ของการวิจัยจนสำเร็จมาด้วยดีตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ที่ท่านได้กรุณาให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์เครื่องมือวัดปริมาณก๊าซ และคำชี้แนะเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ ที่ท่านได้กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และอบรมสั่งสอนวิชาความรู้ต่าง ๆ อย่างดีมาตลอด รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและประสิทธิ์ประสาทวิชาการต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรีนา ชวนิชย์ และรองศาสตราจารย์ วีระวุฒิ มหามนตรี ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนต์ รวมทั้งคำแนะนำต่าง ๆ และขอขอบคุณ คุณบุญเหลือ ตรีวิโรจน์ นิสิตปริญญาโทภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้กล้องดังกล่าว

ขอขอบคุณ คุณสมบูรณ์ ประทีปะจิตติ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ของโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร ที่เอื้อเฟื้อตะกอนจุลินทรีย์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่ช่วยเหลือทั้งด้านกำลังใจ และกำลังกาย เนื่องจากค่าใช้จ่ายบางส่วนได้รับทุนอุดหนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คุณค่าและความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่คุณพ่อ ผู้ซึ่งล่วงลับไปแล้ว และคุณแม่ผู้ซึ่งสนับสนุนส่งเสริมทางการศึกษาของบุตรเสมอมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญเรื่อง ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

2. ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 จุลชีวะและชีวเคมีของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ 4

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ 13

2.3 ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ 32

2.4 การทดลองระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศกับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำที่ผ่านมา 53

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3.	แผนการทดลองและวิจัย	63
	3.1 แผนการทดลอง	63
	3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	63
	3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	67
	3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	71
4.	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	75
	4.1 การดำเนินการทดลอง	75
	4.2 ผลการวิจัยถังกรองไร้อากาศที่มีหิน เศษคอนกรีต และพลาสติกเป็นตัวกลาง	77
	4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง	133
5.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	144
	5.1 สรุปผลการทดลอง	144
	5.2 ข้อเสนอแนะ	145
รายการอ้างอิง		147
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก	156
	ภาคผนวก ข	193
ประวัติผู้เขียน		204

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชนิดของ non-methanogenic bacteria ที่พบในถังหมักแบบไร้อากาศ 9

2.2 แสดงการจัดหมู่ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนที่เป็นเชื้อบริสุทธิ์ 12

2.3 ปริมาณอาหารเสริมที่แบคทีเรียต้องการ 18

2.4 ปริมาณอิออนบวกที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสาร อินทรีย์แบบไร้อากาศ 20

2.5 แอนทาโกนิสซึม และซินเนอร์ยิสซึมของอิออนบวกในกระบวนการบำบัดแบบไร้-อากาศ 21

2.6 ความเข้มข้นของอิออนและโลหะหนักที่เป็นพิษต่อระบบหมักโดยตรง 23

2.7 ผลของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ 24

2.8 ผลงานวิจัยเกี่ยวกับค่าโออาร์พีที่วัดได้ในสภาพไร้อากาศ 33

3.1 การเปลี่ยนแปลงระดับออร์แกนิคโหลดดั้งเมื่อมีการแปรเปลี่ยนระยะเวลากักน้ำ ... 64

3.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล. 65

3.3 ตัวแปรตามและความถี่ในการวิเคราะห์ 74

4.1 ค่าเฉลี่ยของพีเอช ณ สภาวะคงตัว 83

4.2 ค่าเฉลี่ยของกรดโวลาไทล์ (mg/l as CH_3COOH) ณ สภาวะคงตัว 88

4.3 ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่างรวม (mg/l as $CaCO_3$) ณ สภาวะคงตัว 90

4.4 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวม ณ สภาวะคงตัว 106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.5 ค่าเฉลี่ยของโออาร์พี (mv) ณ สภาวะคงตัว 108

4.6 ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ (mg/l) ณ สภาวะคงตัว 119

4.7 ค่าเฉลี่ยของซีโอดี (mg/l) ณ สภาวะคงตัว 125

4.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซชีวภาพ (ml/day) ณ สภาวะคงตัว 130

4.9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (mg/l) 132

4.10 สมดุลย์ของคาร์บอนในระบบ (mg/day) 139

4.11 อัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด 139

4.12 ค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด 141

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการเมตาบอลิซึมของการย่อยสลายแบบไร้อากาศ 5

2.2 การย่อยสลายกลูโคสโดยผ่านกระบวนการไกลคอริซิส 7

2.3 การย่อยสลายไขมันโดยผ่านกระบวนการเบตาออกซิเดชั่น 8

2.4 การย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงซ้อนแบบไร้อากาศ 13

2.5 ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนบางชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ 14

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับปริมาณความเข้มข้นของ Bicarbonate alkalinity 16

2.7 ปฏิกิริยาการทำลายพิษของโลหะหนักโดยซัลไฟล์ ($s^{=}$) ในสภาวะไร้อากาศ 22

2.8 ค่า ORP ที่ระยะเวลาการวัดต่าง ๆ กัน (Potential variation during the electrode adjustment period) 32

2.9 บ่อเกรอะ 33

2.10 ถังหมักชนิดอัตราต่ำ 35

2.11 ถังหมักชนิดอัตราสูง 35

2.12 ระบบถังหมักแบบสัมผัส 36

2.13 ระบบถังหมักแบบสองเฟส 38

2.14 ระบบ AFB และ AAFEB 39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.15 ระบบ UASB 40

2.16 ระบบ Anaerobic rotating biological reactor 42

2.17 ระบบ Anaerobic baffled reactor 42

2.18 ถังกรองไร้อากาศ 43

2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า SRT และประสิทธิภาพในการลดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศ 50

3.1 สูตรผสมน้ำเสียสังเคราะห์ 66

3.2 ระบบท่อรูปตัวยู (U) ที่ใช้แยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้ง 68

3.3 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ 69

3.4 รายละเอียดและขนาดของถังกรองไร้อากาศ 70

3.5 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งในการวิจัย 72

4.1 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถัง ที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 78

4.2 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 79

4.3 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถัง ที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 80

4.4 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 81

4.5 ค่าพีเอชตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 82

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 ค่ากรดโวลาไทล์ภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 84

4.7 ค่ากรดโวลาไทล์น้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 85

4.8 ค่ากรดโวลาไทล์ภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 86

4.9 ค่ากรดโวลาไทล์ของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 87

4.10 ค่ากรดโวลาไทล์ตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 89

4.11 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 91

4.12 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง..... 92

4.13 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 93

4.14 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง . 94

4.15 ค่าความเป็นด่างรวมตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 96

4.16 ค่าอัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 97

4.17 ค่าอัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 98

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.18 ค่าอัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 99

4.19 ค่าอัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 100

4.20 ค่าอัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 101

4.21 ค่าโออาร์พีภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 102

4.22 ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 103

4.23 ค่าโออาร์พีภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 104

4.24 ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 105

4.25 ค่าโออาร์พีตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 107

4.26 ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 109

4.27 ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง.. 110

4.28 ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 111

4.29 ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง .. 112

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.30 ค่าตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 113
4.31 ค่าตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 114
4.32 ค่าตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 115
4.33 ค่าตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 116
4.34 ค่าตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 117
4.35 ค่าตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง.. 120
4.36 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 121
4.37 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 122
4.38 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 123
4.39 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 124
4.40 ค่าซีโอดีตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง 126
4.41 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง 128
4.42 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง 129

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.43 แสดงจุลินทรีย์ในระบบที่มีลักษณะคล้าย Methanobrevibacter 143

4.44 แสดงจุลินทรีย์ในระบบที่มีลักษณะคล้าย Methanothrix 143