ผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน

นายเจษฎา ศรศึก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-389-5

009741
I15324371

Effects of Depths and Positions of Media on Performances of Anaerobic Filter

Mr. Jesada Sornsuck

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน
โดย	นายเจษฎา ศรศึก
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมมิกรักข์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน
ชื่อ	นายเจษฎา ศรศึก
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	2526

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางวางตัว 4 ลักษณะคือ ตัวกลางเต็มถัง ตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง ตัวกลางลอยครึ่งถังกรองและตัวกลางจมครึ่งถังกรองในการใช้กำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิ้งอย่างต่อเนื่องและช้า ๆ ปรากฏว่าถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถังจะมีสมรรถนะและความสามารถในการลด ซีโอดี ของน้ำเสียได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิ้งปรากฏว่าถังกรองที่มีตัวกลางลอยอีกสองลักษณะก็มีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีขึ้น ผลการทดลองทำให้คาดคะเนว่าตะกอนเซลล์แบคทีเรียส่วนใหญ่จะสะสมตัวอยู่บริเวณก้นถังกรอง มีเพียงบางส่วนของตะกอนเซลล์จะแขวนลอยอยู่ในระหว่างชั้นตะกอนก้นถังและชั้นตัวกลาง บางส่วนจะไปสะสมบริเวณชั้นตัวกลางตอนบนช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์อีกครั้งหนึ่ง

สำหรับถังกรองที่มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ปรากฏว่ายังมีสมรรถนะไม่ดีนักเนื่องจากมีตะกอนแบคทีเรียหลุดออกไปจากถังกรองมาก ความสำเร็จของการกำจัด ซีโอดี ในน้ำเสียขึ้นอยู่กับการทำงานของครึ่งถังกรองตอนล่างเท่านั้น ประกอบกับถังกรองต้องประสบปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในฤดูหนาวซึ่งมีอิทธิพลทำให้สมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

Thesis Title	Effects of Depths and Positions of Media on Performances of Anaerobic Filter
Name	Mr. Jesada Sornsuck
Thesis Advisor	Associate Professor Munsin Tuntoolavest, Ph.D.
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1983

ABSTRACT

This research was performed to compare performances of anaerobic filters with different depth and position of plastic media i.e. 100 % media, 25 % of suspended media, 50 % of suspended media and 50 % of submersed media. The anaerobic filters were operated by slowly and continuously increasing the organic loading. Steady State conditions were not required and never obtained in these experiments.

Among all, the 100 % media filter had the highest COD removal efficiency. The 25 % and 50 % suspended media filters performance were initially poor but gradually improved towards the end of the experiments. It was found that nearly all of the sludge were accumulated at the bottom portion of the filters. Fews were suspended in the media void and also on the top portion of the filters which might help removing more organics in the filter effluents. The 50 % submersed media filter gave poor performances since it could not hold the solids within the column.

It was also found that most of the organics were removed at the bottom of the filters. Filter performances were evidently lowered as the temperature was decreasing during the winter time.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทดลองขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยเป็นอย่างสูง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางในการทดลองและความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ซึ่งทำให้การทดลองครั้งนี้สำเร็จออกมาได้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลองเป็นอย่างดี

และเนื่องจากค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งของการทดลองในครั้งนี้มาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คุณค่าความดีของวิทยานิพนธ์ ขอมอบให้บุพการี ซึ่งได้ส่งเสริมการศึกษาของผู้ทดลองมาโดยตลอด.

นายเจษฎา ศรศึก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญเรื่อง ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 คำนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

2. การสำรวจเอกสาร 3

2.1 การกำจัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้ออกซิเจน 3

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของถังกรองไร้ออกซิเจน 3

2.1.2 สมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจน 4

2.1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนในอดีต 4

2.2 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจน .. 7

2.2.1 ชนิดของตัวกลาง 7

2.2.2 ความลึกและลักษณะการวางตัวของชั้นตัวกลาง .. 7

2.2.3 อุณหภูมิ 8

2.2.4 ลักษณะของน้ำเสีย 9

2.2.5 เวลากักน้ำและออร์แกนิคโหลดดิ้ง 9

2.3 พารามิเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจน 10

2.3.1 ศักยะภาพการให้และรับอีเลคตรอน (ORP.) ... 10

2.3.2 พีเอช 14

หน้า

บทที่

2.3.3 กรดโวลาไทล์ (Volatile Fatty Acid) 18

2.3.4 สภาพความเป็นด่างและอัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต 19

2.3.5 ปริมาณก๊าซชีวภาพและปริมาณเปอร์เซนต์คาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนประกอบก๊าซชีวภาพ 21

2.3.6 ประสิทธิภาพการลด ซีโอดี ของถังกรองไร้ออกซิเจน .. 23

3. แผนการวิจัย 24

3.1 แผนการทดลอง 24

3.2 การเตรียมน้ำเสีย 25

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 29

3.3.1 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์ 29

3.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังกรอง 29

3.3.3 ถังกรองไร้ออกซิเจน 29

3.3.4 ระบบแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้ง 32

3.3.5 ถังเก็บก๊าซ 33

3.4 การเก็บและการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างน้ำและก๊าซชีวภาพ .. 34

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ 34

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 34

3.4.3 การวัดปริมาตรและเปอร์เซนต์ของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ 35

4. การเสนอผลการทดลองและวิจารณ์ 36

4.1 การเริ่มเลี้ยงถังหมัก (Filter Start up) 36

4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของถังหมัก 37

4.2.1 ถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง 37

4.2.2 ถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 44

4.2.3 ถังกรองที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง 51

หน้า

บทที่

4.2.4 ถังกรองที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ... 58
4.2.5 สรุปการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์เคมีของถังกรองทั้ง 4 แบบ 65
4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี 66
4.4 สมรรถนะของถังกรองในการผลิตก๊าซชีวภาพ 72
4.5 ลักษณะของจุลินทรีย์และการสะสมตัวของตะกอนเซลล์ในถังกรอง 76
4.6 อิทธิพลความหนาและลักษณะการวางชั้นตัวกลางต่อการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจน 86
4.7 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงออร์แกนิค์โหลดดิ้ง 90
4.8 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจน 93
5. สรุปผลการทดลอง 99
5.1 บทสรุป 99
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไป 101
เอกสารอ้างอิง 102
ประวัติผู้เขียน 107

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตต่ำสุดที่จะรักษาระดับพีเอช ของระบบให้เป็นกลาง 20

3.1 ขนาดและลักษณะทางกายภาพของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน .. 24

3.2 ตัวแปรตามและความถี่ในการวิเคราะห์ 26

4.1 เปรียบเทียบการกำจัด ซีโอดี ของ 4 ถังกรองที่ตำแหน่ง ... ความสูงต่าง ๆ ภายในถังกรองและน้ำทิ้งออกจากถังกรอง .. 71

4.2 แสดงประสิทธิภาพของถังกรองในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นก๊าซมีเทนของทั้ง 4 ถังกรอง 75

4.3 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ ในทุกการทดลอง 98

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

2.1 ลักษณะทั่วไปของถังกรองไร้ออกซิเจน 3

2.2 ลักษณะทั่วไปของระบบ UASBR. (Upflow Anaerobic Sludge blanket Reactor) 8

2.3 ค่า ORP, ที่ระยะเวลาการวัดต่าง ๆ กัน 13

2.4 ความสัมพันธ์ในทางทฤษฎีระหว่าง CO_2, pH และสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตของถังหมักไร้ออกซิเจน 16

3.1 ลักษณะการวางตัวของชั้นตัวกลางในเครื่องกรองไร้ออกซิเจน ... 25

3.2 สูตรผสมน้ำเสียสังเคราะห์ 27

3.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่ใช้ในการทดลอง 28

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 28

3.5 รายละเอียดสำหรับก่อสร้างเครื่องกรองไร้ออกซิเจน 30

3.6 ตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง 31

3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกดตัวกลางพลาสติกให้จมอยู่ในถังกรอง ... 31

3.8 ระบบท่อรูปตัวยู (U) ที่ใช้แยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้ง .. 32

3.9 ถังเก็บก๊าซชีวภาพ 33

4.1 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 1.1 (15 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง .. 38

4.2 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 1.2 (30 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง .. 39

4.3 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 1.3 (45 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง .. 40

หน้า

ภาพที่

4.4 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 1.4 (75 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง .. 41

4.5 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 1.5 (105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง .. 42

4.6 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่งของน้ำทิ้ง สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง 43

4.7 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 2.1 (15 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 45

4.8 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 2.2 (30 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 46

4.9 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 2.3 (45 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 47

4.10 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 2.4 (75 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 48

4.11 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 2.5 (105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 49

4.12 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่งของน้ำทิ้งสำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง .. 50

4.13 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.1 (15 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถัง 52

หน้า

ภาพที่

4.14 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.2 (30 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถัง 53

4.15 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.3 (45 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถัง 54

4.16 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.4 (75 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถัง 55

4.17 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.5 (105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถัง 56

4.18 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของน้ำทิ้งสำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถัง 57

4.19 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.1 (15 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถัง 59

4.20 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.2 (30 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถัง 60

4.21 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.3 (45 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถัง 61

4.22 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.4 (75 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถัง 62

4.23 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.5 (105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถัง 63

4.24 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของน้ำทิ้งสำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถัง 64

4.25 ความเข้มข้น ซีโอดี ที่ป้อนเข้าถังกรอง ความเข้มข้น ซีโอดี ของน้ำทิ้ง และประสิทธิภาพในการลด ซีโอดี ของถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง 67

หน้า

ภาพที่

4.26 ความเข้มข้น ซีโอดี ที่ป้อนเข้าถังกรอง ความเข้มข้น ซีโอดี ของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพในการลด ซีโอดี ของถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 68

4.27 ความเข้มข้น ซีโอดี ที่ป้อนเข้าถังกรอง ความเข้มข้น ซีโอดี ของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพในการลด ซีโอดี ของถังกรองที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง 69

4.28 ความเข้มข้น ซีโอดี ที่ป้อนเข้าถังกรอง ความเข้มข้น ซีโอดี ของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพในการลด ซีโอดี ของถังกรองที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถังกรอง 70

4.29 สมรรถนะในการผลิตก๊าซชีวภาพและลักษณะการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซนต์มีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ สำหรับถังกรองที่ 1 และถังกรองที่ 2 73

4.30 สมรรถนะในการผลิตก๊าซชีวภาพและลักษณะการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซนต์มีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ สำหรับถังกรองที่ 3 และถังกรองที่ 4 74

4.31 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรียเป็นสาย (Filamentous Bacteria) ซึ่งพบมากที่สุดในถังกรองไร้ออกซิเจน 77

4.32 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจน มีทั้งพวกทรงกลม เป็นท่อนทั้งสั้นและยาว เกลียวสว่าน 77

4.33 เปอร์เซนต์ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์เฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอยสำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง 79

4.34 เปอร์เซนต์ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์เฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอยสำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง 80

หน้า

ภาพที่

4.35 เปอร์เซนต์ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์เฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอยสำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง 81

4.36 เปอร์เซนต์ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์เฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอยสำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง 82

4.37 กราฟแสดงการเพิ่มปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในถังกรอง ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกไปจากถังกรองและค่าประมาณเวลากักตะกอนสำหรับถังกรองทั้ง 4 ถัง 84

4.38 กราฟแสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำจัด ซีโอดี ที่ออร์แกนิคโหลดดิ้งเท่ากันของเครื่องกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง เครื่องกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง เครื่องกรองที่มีตัวกลางลอย 50 % ความสูงถังกรองและเครื่องกรองที่มีตัวกลางจม 50 % ความสูงถังกรอง 88

4.39 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด อัตราการผลิตก๊าซมีเทนและเปอร์เซนต์ก๊าซมีเทนที่ออร์แกนิคโหลดดิ้งต่าง ๆ ของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนเปรียบเทียบระหว่าง 4 ถังกรอง 89

4.40 แสดงผลการเพิ่มโหลด 2 เท่าให้กับถังกรองตัวที่ 1 ต่อการเปลี่ยนแปลงการผลิตก๊าซชีวภาพ เปอร์เซนต์ก๊าซมีเทน ความเข้มข้น ซีโอดี ออกจากถังกรองและประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี 91

4.41 แสดงผลการเพิ่มโหลดเป็น 2 เท่าให้กับถังกรองตัวที่ 1 ต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่งความสูง 30 ซม. จากก้นถังกรองและน้ำทิ้ง 92

4.42 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้องทดลองสำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2 94

4.43 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหันต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ % ก๊าซมีเทน ความสามารถในการลด ซีโอดี สำหรับถังกรองที่มีตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง 95

หน้า

ภาพที่

4.44 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.2 และน้ำทิ้งของถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอยครึ่งถัง จากการเปลี่ยนอุณหภูมิอย่างกระทันหันในช่วงวันที่ 41-71 ของการทดลอง ... 96