

พฤติกรรมของระบบเอเอสในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีบีโอดีต่ำ



นายรุ่งศักดิ์ หอมศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-715-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 15568143

Behavior of Activated Sludge in Removal of Low BOD. Domestic Sewage

Mr. Rungsak Homsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-715-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์

พฤติกรรมของระบบเอเอสในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีบีโอดีต่ำ

โดย

นายรุ่งศักดิ์ หอมศรี

ภาควิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันทูลเวศม์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันทูลเวศม์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกฤษฎ์ สุจิตตานนท์)

.....
(อาจารย์ ดร.เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

รื่องศักดิ์ หอมศรี : พฤติกรรมของระบบเอเอสในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีบีโอดีต่ำ
(BEHAVIOR OF ACTIVATED SLUDGE IN. REMOVAL OF LOW BOD DOMESTIC SEWAGE)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มันลิน ดัชกุลเวศม์, ๒๕๒ หน้า. ISBN 974-584-715-1

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาพฤติกรรมของระบบเอเอสที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นบีโอดีและซีโอดีต่ำ แต่มีไนโตรเจนสูงภายใต้สภาวะที่มีเวลากักตะกอนต่างๆ กัน น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากชุมชนการเคหะแห่งชาติห้วยขวาง ซึ่งนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาในอัตราส่วนเท่ากัน น้ำเสียเจือจางที่ได้มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีและซีโอดีประมาณ 78.6 และ 157.1 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน 33.9 มก./ล. ในระหว่างการทดลองบำบัดน้ำเสีย ถึงเต็มอากาศจะถูกรวบรวมให้มีเวลากักน้ำคงที่เท่ากับ 4 ชั่วโมง ตลอดทุกการทดลอง

เมื่อควบคุม SRT ของระบบให้มีค่าอยู่ในช่วง 2-22.7 วัน ปรากฏว่าระดับ MLSS มีค่าอยู่ในช่วง 586-3,402 มก./ล. และสามารถผลิตน้ำทิ้งสุดท้ายที่มีซีโอดี 30-40 มก./ล.

สภาวะที่เอชค่าในถังเติมอากาศเนื่องจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน พบว่าเกิดขึ้นในการทดลองที่มีระดับ SRT 3.8-22.7 วัน โดยค่าพีเอชค่าสุดท้ายของแต่ละการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 5.23-6.42

ปัญหาโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนเนื่องจากแบคทีเรียเส้นใย พบว่าเกิดขึ้นเมื่อควบคุม SRT ของระบบให้มีค่าอยู่ในช่วง 3.8-22.7 วัน โดย V30 และ SVI มีค่าสูงสุดถึง 970 มก./ล. และ 1,225 ตามลำดับ แต่เมื่อนำถังคัดพันธุ์มาใช้ร่วมกับระบบเอเอสสามารถช่วยป้องกันและแก้ไขโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนได้ V30 และ SVI มีค่าลดลง

ปัญหาตะกอนลอยในถังตกตะกอน เนื่องจากปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน พบว่าเกิดขึ้นเมื่อควบคุม SRT ของระบบให้มีค่าอยู่ในช่วง 3.8-22.7 วัน เมื่อเพิ่มอัตราการหมุนเวียนตะกอนกลับคืนสามารถลดความรุนแรงลงได้บางส่วน

เมื่อควบคุม SRT ของระบบให้มีค่า 2 วัน ปรากฏว่าไม่มีปัญหาเกี่ยวกับพีเอชค่าในถังเติมอากาศ โรคจมตัวไม่ลงของตะกอนและตะกอนลอยในถังตกตะกอน

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา25๕๖.....

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##C416989 : MAJOR MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: ACTIVATED SLUDGE/DOMESTIC SEWAGE/SOLID RETAINITION TIME

RUNGSAK HOMSRI : BEVIOR OF ACTIVATED SLUDGE IN REMOVAL OF LOW BOD DOMESTIC SEWAGE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. MUNSIN TANTOOLAVEST, Ph.D. 212 pp. ISBN 974-584-715-1

The objective of this research was to study the behavior of activated sludge for treatment of the domestic sewage having low concentration of BOD and COD but high concentration of nitrogen. The sewage had been taken from Huay Kwang Housing Authority wastewater treatment plant. And it had been diluted with tap water at equal volume. Average concentration of BOD, COD and TKN of diluted sewage were 78.6, 157.1 and 33.9 mg/l respectively. The detension time of aeration tank was kept constant at 4 hours in every experiments.

The MLSS concentration was found to be in the range of 586-3402 mg/l when the activated sludge system were operated at SRT 2-22.7 days. The final effluent COD was found in the range of 30-40 mg/l.

Low pH (as low as 5.23-6.42) in the aeration tank due to the occurence of nitrification was experienced when the system was operated at SRT 3.8 days or more.

Sludge bulking due to filamentous bacteria was found in most experiments of SRT 3.8-22.7 days. The maximum V30 was 970 mg/l and SVI was 1,225. But V30 and SVI could be reduced after the installation of the aerobic selector tank into: the activated sludge system.

Rising sludge due to denitrification was normally found in the experiment of SRT 3.8-22.7 days. The higher sludge recycle ratio could partially lessen the sludge rising problem.

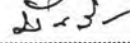
The experiment of 2 days SRT was not found the problem of low pH in aeration tank, sludge bluking and rising sludge.

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา.....วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา.....2536

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันกุลเวศม์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย และการเขียนวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ บริษัท แซน.อี. 68 คอนซัลติง เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่สนับสนุนในการจัดหา เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง และการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. เน็ชรพร เขาวกิจเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ในด้านการศึกษาและถ่ายภาพแบคทีเรียเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้บิดา มารดา ซึ่งได้สนับสนุนการศึกษา ของผู้วิจัยมาโดยตลอด



สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญเรื่อง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฎ
สารบัญตาราง.....	ศ
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
บทที่ 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมา.....	3
2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียชุมชน.....	3
2.2 ลักษณะทั่วไปของระบบเอเอส.....	11
2.3 จุลชีววิทยาของระบบเอเอส.....	11
2.3.1 จุลินทรีย์ที่สร้างฟลอค.....	11
2.3.2 แชนโพรไฟท์.....	11
2.3.3 จุลินทรีย์ทำลาย.....	12
2.3.4 จุลินทรีย์ก่อกลิ่น.....	12
2.4 ส่วนประกอบของระบบเอเอส.....	12
2.4.1 ถังเติมอากาศ.....	13
2.4.2 ถังตกตะกอน.....	13
2.4.3 ระบบหมุนเวียนตะกอน.....	13
2.4.4 ระบบระบายตะกอนทิ้ง.....	13

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
2.5 ระบบเอเอเอสที่นิยมใช้ในประเทศไทย.....	14
2.5.1 Completely Mixed Activated Sludge (CMCS).....	14
2.5.2 Extended Aeration Activated Sludge (EAAS).....	14
2.5.3 Contract Stabilization Activated Sludge (CSAS).....	16
2.6 โมเดลทางจลศาสตร์ขั้นพื้นฐาน.....	17
2.7 พารามิเตอร์ที่สำคัญในการออกแบบและควบคุมการทำงาน ของระบบเอเอเอส.....	22
2.7.1 เวลาพักตะกอนจุลินทรีย์.....	22
2.7.2 Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS).....	23
2.7.3 F/M Ratio.....	23
2.7.4 อัตราส่วนการหมุนเวียนตะกอนกลับคืน ().....	24
2.7.5 อัตราการระบายตะกอนทิ้ง (Fw).....	24
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบเอเอเอส.....	24
2.8.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ดีไอ).....	24
2.8.2 อาหารเสริม.....	25
2.8.3 พีเอช.....	25
2.8.4 อนุหนุมิ.....	25
2.9 ไนตริฟิเคชัน (NITRIFICATION).....	25
2.10 ดีไนตริฟิเคชัน (DENITRIFICATION).....	28
2.11 ปัญหาการตกตะกอนของระบบเอเอเอส.....	29
2.11.1 การตกตะกอนของเซลล์ที่มีอายุน้อย.....	31
2.11.2 การตกตะกอนของแบคทีเรียที่ไม่สมบูรณ์.....	31
2.11.3 การตกตะกอนแบบปกติแต่มีตะกอนลอยในภายหลัง.....	31
2.11.4 โรคมจมตัวไม่ลงของตะกอน.....	31

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3. การวางแผนการวิจัย.....	35
3.1 แผนการทดลอง.....	35
3.2 การเก็บน้ำเสียและการเตรียมน้ำเสีย.....	35
3.2.1 การเก็บน้ำเสีย.....	36
3.2.2 การเตรียมน้ำเสีย.....	37
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	37
3.3.1 เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม.....	41
3.3.2 เครื่องสูบน้ำแบบบริดสาย.....	41
3.3.3 เครื่องเป่าอากาศ.....	41
3.3.4 แบบจำลองถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน.....	41
3.3.5 ถังตกตะกอน 7 ลิตร.....	43
3.3.6 ถังค้ดพันธุ์.....	43
3.4 การเก็บและวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง.....	45
บทที่ 4. ผลการวิจัยและวิจารณ์.....	47
4.1 การควบคุมระดับ SRT.....	47
4.1.1 SRT 25 วัน.....	49
4.1.1.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	49
4.1.1.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	54
4.1.2 SRT 15 วัน.....	58
4.1.3 SRT 7 วัน.....	62
4.1.3.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	62
4.1.3.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	66
4.1.4 SRT 2 วัน.....	69

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
4.2 ระดับ MLSS (ปริมาณตะกอนแบคทีเรียที่เลี้ยงได้ในระบบ).....	72
4.2.1 SRT 25 วัน.....	74
4.2.1.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	74
4.2.1.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	79
4.2.2 SRT 15 วัน.....	84
4.2.3 SRT 7 วัน.....	88
4.2.3.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	88
4.2.3.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	92
4.2.4 SRT 2 วัน.....	96
4.3 ระดับพีเอชและปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน.....	100
4.3.1 SRT 25 วัน.....	102
4.3.1.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	102
4.3.1.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	105
4.3.2 SRT 15 วัน.....	109
4.3.3 SRT 7 วัน.....	113
4.3.3.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	113
4.3.3.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	115
4.3.4 SRT 2 วัน.....	119
4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD.....	125
4.4.1 SRT 25 วัน.....	125
4.4.1.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	125
4.4.1.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	129
4.4.2 SRT 12 วัน.....	133
4.4.3 SRT 7 วัน.....	137

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
4.4.3.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	137
4.4.3.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	141
4.4.4 SRT 2 วัน.....	144
4.5 การตกตะกอนและปัญหาตะกอนไม่จมตัว.....	149
4.5.1 SRT 25 วัน.....	150
4.5.1.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	150
4.5.1.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	168
4.5.2 SRT 15 วัน.....	164
4.5.3 SRT 7 วัน.....	174
4.5.3.1 การทดลองครั้งที่ 1.....	174
4.5.3.2 การทดลองครั้งที่ 2.....	179
4.5.4 SRT 2 วัน.....	184
บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง.....	188
เอกสารอ้างอิง.....	187
ภาคผนวก.....	189
ประวัติผู้เขียน.....	212

สารบัญภาพ

	หน้า
2.1	ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบเอส..... 12
2.2	ส่วนประกอบของระบบเอเอสแบบหมักในตัวแบบธรรมดา..... 15
2.3	ส่วนประกอบของระบบเอเอสแบบหมักในตัวแบบคววนเวียน..... 15
2.4	ส่วนประกอบของระบบ CSAS..... 16
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง Q และ S..... 18
2.6	สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณจลนศาสตร์ของถังกวนผสมบูรณ์ ที่มีการหมุนเวียนตะกอน..... 19
2.7	อิทธิพลของ τ ที่มีต่อปฏิกิริยาในตรีนิเคชั่นในถังกวนผสมบูรณ์ ที่มีการหมุนเวียนตะกอนและทำงานที่สภาวะคงที่..... 27
2.8	การเปรียบเทียบปฏิกิริยาในตรีนิเคชั่นที่สภาวะคงที่และ สภาวะไดนามิกส์ในถังกวนผสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอน..... 27
2.9	โปรโตชีวและจุลินทรีย์ที่มักพบในระบบแอ็คติเวตเต็ดสลัดจ์..... 30
2.10	อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกับระดับสารอาหารในถังเติมอากาศ ซึ่งได้มาจากสมการของโมโนต..... 33
3.1	การเก็บน้ำเสีย..... 36
3.2	รายละเอียดการติดตั้งแบบจำลองระบบเอเอสสำหรับการทดลอง SRT 25 และ 7 วัน ครั้งที่ 1..... 38
3.3	รายละเอียดแสดงการติดตั้งแบบจำลองระบบเอเอสสำหรับการทดลอง SRT 25 และ 7 วัน ครั้งที่ 2 และตอนต้นของการทดลอง SRT 2 วัน..... 39
3.4	รายละเอียดแสดงการติดตั้งแบบจำลองระบบเอเอสสำหรับการทดลอง SRT 15 วัน และตอนท้ายของการทดลอง SRT 2 วัน..... 40
3.5	รูปร่างและขนาดของถังเติมอากาศและถังตกตะกอนขนาด 10 ลิตร..... 42
3.6	รายละเอียดถังตกตะกอนขนาด 7 ลิตร 44

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
3.7 รายละเอียดตั้งค้ดพ้ันธุ์.....	45
4.1 กราฟระหว่าง SRT กับ MLSS ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	50
4.2 กราฟระหว่าง SRT กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	50
4.3 กราฟระหว่าง SRT กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	51
4.4 กราฟระหว่าง SRT กับ v_{30} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	51
4.5 กราฟระหว่าง SRT กับ MLSS ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	55
4.6 กราฟระหว่าง SRT กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	55
4.7 กราฟระหว่าง SRT กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	56
4.8 กราฟระหว่าง SRT กับ v_{30} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	56
4.9 กราฟระหว่าง SRT กับ MLSS ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	59
4.10 กราฟระหว่าง SRT กับ pH ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	59
4.11 กราฟระหว่าง SRT กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 15 วัน	60
4.12 กราฟระหว่าง SRT กับ v_{30} ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	60
4.13 กราฟระหว่าง SRT กับ MLSS ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	63
4.14 กราฟระหว่าง SRT กับ v_{30} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	63
4.15 กราฟระหว่าง SRT กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	64
4.16 กราฟระหว่าง SRT กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	64
4.17 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	67
4.18 กราฟระหว่าง MLSS กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.19 กราฟระหว่าง SRT กับ MLSS และ V_{30} ของการทดลอง SRT 2 วัน	70
4.20 กราฟระหว่าง SRT กับ pH ของการทดลอง SRT 2 วัน	70
4.21 กราฟระหว่าง SRT กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	71
4.22 กราฟระหว่าง MLSS กับ COD ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	75
4.23 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	75
4.24 กราฟระหว่าง MLSS กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	76
4.25 กราฟระหว่าง MLSS กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	76
4.26 กราฟระหว่าง SRT กับ COD_{in} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	80
4.27 กราฟระหว่าง MLSS กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	83
4.28 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	81
4.29 กราฟระหว่าง SRT กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	81
4.30 กราฟระหว่าง MLSS กับ COD_{in} ของการทดลอง SRT 15 วัน	85
4.31 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 15 วัน	85
4.32 กราฟระหว่าง MLSS กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 15 วัน	86
4.33 กราฟระหว่าง MLSS กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 15 วัน	86
4.34 กราฟระหว่าง MLSS กับ COD_{in} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	89
4.35 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	89
4.36 กราฟระหว่าง MLSS กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	90
4.37 กราฟระหว่าง MLSS กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1	90
4.38 กราฟระหว่าง MLSS กับ COD_{in} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	93
4.39 กราฟระหว่าง MLSS กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.40 กราฟระหว่าง MLSS กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	94
4.41 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	94
4.42 กราฟระหว่าง MLSS กับ COD_{1n} ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	97
4.43 กราฟระหว่าง MLSS กับ pH ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	97
4.44 กราฟระหว่าง MLSS กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	98
4.45 กราฟระหว่าง MLSS กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	98
4.46 กราฟระหว่าง MLSS กับ ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1 และ 7 วัน ครั้งที่ 2.....	101
4.47 กราฟระหว่าง MLSS ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2, 7 วัน ครั้งที่ 2, SRT 15 วัน และ SRT 2 วัน.....	101
4.48 กราฟระหว่าง pH กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	103
4.49 กราฟระหว่าง pH กับ NO_3 ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	103
4.50 กราฟระหว่าง pH กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	106
4.51 กราฟระหว่าง pH กับ TKN ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	106
4.52 กราฟระหว่าง pH กับ NO_3 ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	107
4.53 กราฟระหว่าง pH กับ ALKALINITY ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	107
4.54 กราฟระหว่าง pH กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	110
4.55 กราฟระหว่าง pH กับ TKN ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	110
4.56 กราฟระหว่าง pH กับ NO_3 ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	111
4.57 กราฟระหว่าง pH กับ ALKALINITY ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	111
4.58 กราฟระหว่าง pH กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.59 กราฟระหว่าง pH กับ TKN ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	114
4.60 กราฟระหว่าง pH กับ NO ₃ ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	115
4.61 กราฟระหว่าง pH กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	116
4.62 กราฟระหว่าง pH กับ TKN ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	116
4.63 กราฟระหว่าง pH กับ NO ₃ ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	117
4.64 กราฟระหว่าง pH กับ ALKALINITY ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	117
4.65 กราฟระหว่าง pH กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 2.....	120
4.66 กราฟระหว่าง pH กับ TKN ของการทดลอง SRT 7 วัน.....	120
4.67 กราฟระหว่าง pH กับ NO ₃ ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	121
4.68 กราฟระหว่าง pH กับ ALKALINITY ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	121
4.69 กราฟระหว่าง pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1 และ SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	123
4.70 กราฟระหว่าง pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2, SRT 7 วัน ครั้งที่, SRT 15 วัน และ SRT 2 วัน.....	123
4.71 กราฟระหว่าง COD _{eff} กับ EFFICIENCY ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	126
4.72 กราฟระหว่าง COD _{eff} กับ MLSS ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1...126	126
4.73 กราฟระหว่าง COD _{eff} กับ SRT ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1...127	127
4.74 กราฟระหว่าง COD _{eff} กับ V ₃₀ ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1...127	127
4.75 กราฟระหว่าง COD _{eff} กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1...128	128
4.76 กราฟระหว่าง COD _{eff} กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1	128

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.77	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFICIENCY ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	130
4.78	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ MLSS ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2....	130
4.79	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ SRT ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2....	131
4.80	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2....	131
4.81	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	132
4.82	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFSS (X_e) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	132
4.83	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFICIENCY ของการทดลอง SRT 15 วัน ...	134
4.84	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ MLSS ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	134
4.85	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ SRT ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	135
4.86	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	135
4.87	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ pH ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	136
4.88	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFSS (X_e) ของการทดลอง SRT 15 วัน....	136
4.89	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFICIENCY ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	138
4.90	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ MLSS ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1....	138
4.91	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ SRT ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	139
4.92	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	139
4.93	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	140
4.94	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFSS (X_e) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	140
4.95	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ EFFICIENCY ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	142
4.96	กราฟระหว่าง COD_{eff} กับ MLSS ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2....	142

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.97 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ V_{30} ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	143
4.98 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	143
4.99 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ EFFSS (X_e) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	144
4.100 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ EFFICIENCY ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	145
4.101 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ MLSS และ V_{30} ของการทดลอง SRT 2 วัน...	145
4.102 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ SRT ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	146
4.103 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ pH ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	146
4.104 กราฟระหว่าง COD_{EFF} กับ EFFSS (X_e) ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	147
4.105 กราฟระหว่าง COD_{EFF} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1 และ SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	148
4.106 กราฟระหว่าง COD_{EFF} ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2, SRT 7 วัน ครั้งที่ 2, SRT 15 วัน และ SRT 2 วัน	148
4.107 กราฟระหว่าง V_{30} กับ EFFSS (X_e) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	151
4.108 กราฟระหว่าง V_{30} กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 1.....	151
4.109 แสดงลักษณะตะกอนและแบคทีเรียเส้นใยในขณะที่เกิดโรคจมน้ำไม่ลง ของตะกอนซึ่งไม่รุนแรง เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2535.....	152
4.110 แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและโปรโตซัว เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2535.....	154
4.111 แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและโปรโตซัวในช่วงที่ระบบทำงานได้ดี เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2535.....	155
4.112 แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและแบคทีเรียเส้นใยขณะเกิดโรคจมน้ำไม่ลง ของตะกอนเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2535.....	156
4.113 แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและแบคทีเรียเส้นใยขณะเกิดโรคจมน้ำไม่ลง ของตะกอนเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2535.....	157

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.114	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและแบคทีเรียเส้นใยขณะเกิดโรคจมตัวไม่ลง ของตะกอนเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2535.....	157
4.115	กราฟระหว่าง V_{30} กับ SVI และ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	159
4.116	กราฟระหว่าง V_{30} กับ pH ของการทดลอง SRT 25 วัน ครั้งที่ 2.....	159
4.117	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน และแบคทีเรียเส้นใย เมื่อวันที่ 4 มกราคม 2536...	160
4.118	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน และแบคทีเรียเส้นใย เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2536..	161
4.119	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน แบคทีเรียเส้นใยและโปรโตซัว เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2536.....	162
4.120	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน แบคทีเรียเส้นใยและหนอน เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2536.....	163
4.121	กราฟระหว่าง V_{30} กับ SVI และ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	165
4.122	กราฟระหว่าง V_{30} และ pH ของการทดลอง SRT 15 วัน.....	165
4.123	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2535.....	166
4.124	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนโปรโตซัว และแบคทีเรียพวกเส้นใย เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2535.....	166
4.125	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนโปรโตซัว และแบคทีเรียพวกเส้นใย เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2536.....	167
4.126	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน และโปรโตซัว เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2536.....	168
4.127	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน แบคทีเรียเส้นใย และโปรโตซัว เมื่อวันที่ 29 มกราคม 2536.....	169
4.128	แสดงลักษณะกลุ่มตะกอน โปรโตซัว แบคทีเรียเส้นใย และหนอน เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2536.....	169

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.129 กราฟระหว่าง V_{30} กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	172
4.130 กราฟระหว่าง SVI กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	172
4.131 แสดงลักษณะของกลุ่มตะกอน โปรโตชีว และแบคทีเรียเส้นใย เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2535.....	173
4.132 แสดงลักษณะของกลุ่มตะกอน โปรโตชีว และแบคทีเรียเส้นใย เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2535.....	174
4.133 แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและแบคทีเรียเส้นใย ขณะเกิดโรคจมตัวไม่ลง อย่างรุนแรง เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2535.....	175
4.134 แสดงลักษณะกลุ่มตะกอนและแบคทีเรียเส้นใย ขณะเกิดโรคจมตัวไม่ลง อย่างรุนแรง เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2535.....	176
4.135 กราฟระหว่าง SVI กับ pH ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 2.....	178
4.136 กราฟระหว่าง V_{30} กับ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 7 วัน ครั้งที่ 1.....	178
4.137 กราฟแสดงลักษณะกลุ่มตะกอน โปรโตชีว และแบคทีเรียเส้นใย เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2535.....	179
4.138 กราฟแสดงลักษณะกลุ่มตะกอน โปรโตชีว และแบคทีเรียเส้นใย เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2535.....	180
4.139 กราฟระหว่าง V_{30} กับ V_{50} และ EFFSS (Xe) ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	182
4.140 กราฟระหว่าง SVI กับ pH ของการทดลอง SRT 2 วัน.....	182
4.141 แสดงลักษณะของกลุ่มตะกอน โปรโตชีว และแบคทีเรียพวกเส้นใย เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2536.....	183

สารบัญตาราง

	หน้า
2.1	ลักษณะน้ำเสียของชุมชนที่ไม่ใช้ถังเกรอะ..... 4
2.2	ลักษณะน้ำเสียของชุมชนที่ใช้ถังเกรอะ..... 4
2.3	สรุปผลวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด..... 6
2.4	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสียนานาวา..... 7
2.5	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียชุมชนที่เก็บจากท่อระบายน้ำ ในเขตเทศบาลเมืองนนทบุรี..... 8
2.6	ค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำเสียจากท่อระบายน้ำของเทศบาล เมืองนนทบุรี และลวะแวกใกล้เคียง..... 9
3.1	การเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง..... 46