การจำลองกระบวนการคอนแทกต์สเตปไลเซชันแบบไร้อากาศ

นายนราธิป กิจจาธิป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2535

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ISBN 974-581-620-5

018476

MODELLING OF ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS

MR. NARADHIP KIJJADHIP

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1992

ISBN 974-581-620-5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำลองกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบไร้อากาศ
โดย นายนราธิป กิจจาธิป
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สุรพล สายพานิช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

นราธิป กิจจาธิป : การจำลองกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบไร้อากาศ (MODELLING OF ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรพล สายพานิช, 89 หน้า. ISBN 974-581-620-5

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ และจำลองกระบวนการบำบัดชนิดคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอัตราการผลิตก๊าซมีเทน ก๊าซชีวภาพและสัมประสิทธิ์ทางชีววิทยาของกระบวนการ การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำตาลเป็นสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยที่กำหนดค่าความเข้มข้นซีโอดี ประมาณ 500 มก./ลิตร อัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับ 60 ลิตร/วัน คิดเป็นระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียในถังคอนแทกต์เท่ากับ 2 ชั่วโมง และในถังสเตบิไลเซชัน 20 ชั่วโมง อัตราการสูบตะกอนเวียนกลับเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 100% การทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลองด้วยกัน โดยที่จะเปลี่ยนแปลงค่าอายุตะกอนให้เท่ากับ 150, 100, 75 และ 50 วัน ตามลำดับ รวมระยะเวลาทำการทดลองทั้งสิ้น 180 วัน

จากการทดลองพบว่า ตลอดทั้ง 4 การทดลองนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบมีค่าประมาณร้อยละ 80 โดยมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในถังคอนแทกต์ โดยเฉลี่ย 1.42-1.62 ลิตร/วัน และในถังสเตบิไลเซชัน 2.56-3.24 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 60 โดยคิดเป็นปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังคอนแทกต์เท่ากับ 0.072-0.081 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดและในถังสเตบิไลเซชันเท่ากับ 0.88-0.98 ลิตร/กรัมซีโอดีถูกกำจัด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบนี้นับว่าค่อนข้างสูง เนื่องจากใช้เวลากักน้ำในระบบเพียง 1 วัน เมื่อเทียบกับระบบบำบัดแบบใช้อากาศได้ เนื่องจากธรรมชาติของแบคทีเรียเอง สำหรับสัมประสิทธิ์ทางชีววิทยาของระบบนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (Y) เท่ากับ 0.225 กรัม เอ็มแอลเอสเอส/กรัมซีโอดี ค่าสัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์ (k_d) เท่ากับ 2 วัน$^{-1}$ ค่าคงที่ (r_T) เท่ากับ 2.32 วัน$^{-1}$

จากผลการทดลองทั้ง 4 ค่า สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบไร้อากาศชนิดกวนสมบูรณ์นี้ สามารถใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำได้ดี ทำให้ขนาดของระบบบำบัดเล็กกว่าระบบแบบไร้อากาศทั่ว ๆ ไป และยังพบว่าในกระบวนการนี้เกิดการดูดซึมของสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ในถังคอนแทกต์ แล้วนำมาย่อยสลายต่อในถังสเตบิไลเซชัน สำหรับปัญหาของกระบวนการนี้ที่สำคัญคือ การควบคุมระบบโดยใช้ค่าอายุตะกอนเป็นตัวควบคุม ทำให้ต้องมีการระบายตะกอนออก และเวียนตะกอนบางส่วนกลับ นอกจากนั้นแล้วยังต้องใช้พลังงานในการกวนภายในถังปฏิกิริยา เพื่อที่ให้น้ำเสียและจุลินทรีย์แขวนลอยสัมผัสกันอย่างทั่วถึง

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

NARADHIP KIJJADHIP : MODELLING OF ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSC. PROF. SURAPON SAIPHANICH, Ph.D. 89 PP. ISBN 974-581-620-5

This research aims at investigating the possibility to treat the wastewater with low strength soluble organic substances by the anaerobic contact stabilization method. In addition, the production rates of methane gas and biogas including some biological coefficients of the process were determined. In the experiment, sugar was used to prepare the synthetic wastewater at COD concentration of about 500 mg/1. The wastewater flow rate was 60 1/d resulting in 2-h detention period in the contact tank and 20-h in the stabilization tank. The sludge recycle rate as compared to inflow rate was 100%. The experiment was divided into 4 sets by varying sludge ages from 150, 100, 75 to 50 days respectively. The total experiment period is 180 days.

It was found from 4 sets of the experiment that the COD removal efficiency is approximately 80% with the production of biogas from the contact tank and the stabilization tank at average rates of 1.42-1.62 1/d and 2.56-3.24 1/d, respectively. The biogas contains about 60% by volume of methane gas. In the other hand, methane gas was generated from the contact tank and the stabilization tank at rates of 0.072-0.081 1/g COD removed and 0.88-0.98 1/g COD removed, respectively. However, COD removal efficiency is considered rather high since only 1-day retention period is required as compared to the conventional anaerobic treatment process. However, the COD removal efficiency cannot be increased to that of the aerobic process due to nature of bacteria. The biological coefficients as found from the study are the growth rate coefficient (Y) of 0.225 gm MLSS/ gm COD bacterial decay rate (k_d) of 0.0116 d^{-1}, maximum rate of substrate utilization $(K_o)_T$ of 2 d^{-1} and constant (r_T) of 2.32 d^{-1}.

It was found from 4 sets of experiment that the anaerobic contact stabilization process can treat the low content wastewater so that the system is smaller than other general anaerobic processes. In this process, bacteria in the contact tank absorb the organic substances for further biodegrading in the stabilization tank. The major problem of the process is to control the sludge age therefore the discharge and recycling of sludge is important. In addition, power must be supplied to the reactor to facilitate complete mix of wastewater and suspended bacteria.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้จะ ไม่มีทางสำเร็จลง ได้ด้วยดี หากปราศจากความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำ และข้อชี้แนะจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา และท่านกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการวิจัย นอกจากนี้ยัง ได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนนิสิตปริญญามหาบัณฑิตทุกท่าน ดังนั้นผู้วิจัยต้องขอกล่าวขอบคุณทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยชิ้นนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
สัญญลักษณ์	ฒ
บทที่ 1	1
1. บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
2. ทฤษฎีของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	3
2.1 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการ บำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	3
2.1.1 ขั้นตอนไฮโดรไลซิส	4
2.1.2 ขั้นตอนการสร้างกรด	5
2.1.3 ขั้นตอนการสร้างมีเทน	8
2.2 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ บำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	10
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบำบัด น้ำเสียแบบไร้อากาศ	13
2.3.1 อุณหภูมิ	13
2.3.2 ค่าพีเอช	14
2.3.3 กรดอินทรีย์และความเป็นด่าง	15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.4 สารอาหารที่จำเป็น 17
2.3.5 สารพิษ 17
2.4 ชนิดของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ 20
2.4.1 บ่อหมัก 20
2.4.2 บ่อเกรอะ 20
2.4.3 ถังหมักแบบธรรมดา 21
2.4.4 ระบบถังหมักแบบสัมผัส 23
2.4.5 ระบบเครื่องกรองไร้อากาศ 23
2.4.6 ระบบ Anaerobic Fluidized Bed (AFB) และ Anaerobic Attached Film Expanded Bed (AAFEB)..... 25
2.4.7 ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) 25
2.4.8 ระบบถังหมักแบบสองเฟส 26
2.4.9 ระบบจานหมุนชีวภาพแบบไร้อากาศ 27
2.4.10 ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 27
3. กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์ 29
3.1 แนวความคิดของกระบวนการ 29
3.2 หลักการทำงานของกระบวนการ 29
3.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ 30
3.4 การศึกษาที่ผ่านมา 31
3.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการคอนแทกต์เตบิไลเซชัน 33
4. วิธีการและแผนการวิจัย 43
4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 43
4.2 หลักการทำงาน 49
4.3 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์ 49
4.4 การวางแผนการทดลองและวิจัย 51
4.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ 52
5. ผลการทดลองและวิจารณ์ 55
5.1 การรายงานผลการทดลอง 55
5.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 55
5.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ 56

5.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถัง
สเตบิไลเซชัน 56
5.5 การผลิตก๊าซชีวภาพ 57
5.6 กรดไขมันระเหยและค่าความเป็นด่างรวม 59
5.7 ปริมาณจุลินทรีย์ในถังคอนแทกต์และถังสเตบิไลเซชัน 59
5.8 ของแข็งแขวนลอย 60
5.9 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบ 60
5.10 การจำลองผลของกระบวนการ 61
6. ความสำคัญทางวิศวกรรม 81
6.1 การทำงานของระบบ 81
6.2 ข้อดีของกระบวนการ 81
6.3 ข้อเสียของกระบวนการ 82
6.4 ค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์ที่เสนอแนะสำหรับการ
ออกแบบกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน..... 82
7. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 83
7.1 สรุปผลการทดลอง 83
7.2 ข้อเสนอแนะที่ควรศึกษาต่อไป 84
บรรณานุกรม 85
ประวัติผู้เขียน 89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	ชนิดของจุลินทรีย์พวกสร้างกรด	7
ตารางที่ 2.2	ชนิดของจุลินทรีย์พวกสร้างมีเทน	11
ตารางที่ 2.3	คุณสมบัติของก๊าซมีเทน	12
ตารางที่ 2.4	ปริมาณสารอาหารรองที่จำเป็น	17
ตารางที่ 2.5	ความเข้มข้นของอิออนและโลหะหนักที่มีผลต่อการบำบัดแบบไร้อากาศ	19
ตารางที่ 4.1	ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์	49
ตารางที่ 4.2	แผนการวิจัยและระยะเวลาทดลอง	51
ตารางที่ 4.3	ตัวแปรและความถี่ในการวิเคราะห์	53
ตารางที่ 5.1	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้กับการวิจัยชุดก่อน โดยใช้น้ำเสียแป้งมัน	63
ตารางที่ 5.2	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของระบบรวม	64
ตารางที่ 5.3	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของถังคอนแทกต์	65
ตารางที่ 5.4	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของถังสเตบิไลเซชัน	66
ตารางที่ 5.5	เปอร์เซนต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ	67
ตารางที่ 6.1	ตารางแสดงค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์ที่เสนอแนะสำหรับการออกแบบ	82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	ขั้นตอนการทำงานของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ	3
รูปที่ 2.2	การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศของขั้นตอนไฮโดรไลซิส	4
รูปที่ 2.3	การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศของขั้นตอนการสร้างกรด	5
รูปที่ 2.4	การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์พวกสร้างกรด	8
รูปที่ 2.5	การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์พวกสร้างก๊าซมีเทน	9
รูปที่ 2.6	อิทธพลของอุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ในสภาวะ ไร้อากาศ	13
รูปที่ 2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช ค่าความเป็นด่างและคาร์บอนไดออกไซด์ ในก๊าซชีวภาพ	16
รูปที่ 2.8	ผลของกรดอินทรีย์ที่มีต่อความสามารถในการตกตะกอนของ จุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ	18
รูปที่ 2.9	บ่อเกรอะ	20
รูปที่ 2.10	Tmavis Tank	21
รูปที่ 2.11	Imhoff Tank	22
รูปที่ 2.12	ถังหมักชนิดอัตรากำจัดช้า	22
รูปที่ 2.13	ถังหมักชนิดอัตรากำจัดเร็ว	23
รูปที่ 2.14	ถังหมักแบบ Clarigester	24
รูปที่ 2.15	ถังหมักแบบสัมผัส	24
รูปที่ 2.16	ถังกรองไร้อากาศ	25
รูปที่ 2.17	ระบบ Anaerobic Attached - Film Expanded Bed	26
รูปที่ 2.18	ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket	26
รูปที่ 2.19	ระบบถังหมักแบบสองเฟส	27
รูปที่ 2.20	ระบบ Anaerobic Rotating Biological Contactor	28
รูปที่ 2.21	ระบบ Anaerobic Baffled Reactor	28
รูปที่ 3.1	แผนผังการทำงานของกระบวนการคอนแทกต์เตบิไลเซชัน	30
รูปที่ 3.2	แผนภูมิแสดงดุลยภาพทางมวลของระบบคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน.....	34
รูปที่ 4.1	แสดงภาพถังปฏิกิริยาคอนแทกต์	44
รูปที่ 4.2	แสดงภาพถังปฏิกิริยาสเตบิไลเซชัน	45
รูปที่ 4.3	แสดงภาพถังตกตะกอน	46
รูปที่ 4.4	แสดงเครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ	47

รูปที่ 4.5 แสดงภาพถังคัดเลือกสายพันธุ์ 48
รูปที่ 4.6 แสดงสูตรสำหรับการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ 50
รูปที่ 4.7 ภาพแสดงจุดเก็บตัวอย่าง 54
รูปที่ 5.1 การกำจัดซีโอดี (ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 68
รูปที่ 5.2 การกำจัดซีโอดี (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 68
รูปที่ 5.3 การกำจัดซีโอดี (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 68
รูปที่ 5.4 การกำจัดซีโอดี (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 68
รูปที่ 5.5 การกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ (ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 69
รูปที่ 5.6 การกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 69
รูปที่ 5.7 การกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 69
รูปที่ 5.8 การกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 69
รูปที่ 5.9 การกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชัน (ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 70
รูปที่ 5.10 การกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไบเซชัน (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 70
รูปที่ 5.11 การกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชัน (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 70
รูปที่ 5.12 การกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชัน (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 70
รูปที่ 5.13 ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 71
รูปที่ 5.14 ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 71
รูปที่ 5.15 ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 71
รูปที่ 5.16 ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 71
รูปที่ 5.17 กรดไขมันระเหย (ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 72
รูปที่ 5.18 กรดไขมันระเหย (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 72
รูปที่ 5.19 กรดไขมันระเหย (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 72
รูปที่ 5.20 กรดไขมันระเหย (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 72
รูปที่ 5.21 ค่าความเป็นด่างรวม (อายุตะกอน 150 วัน) 73
รูปที่ 5.22 ค่าความเป็นด่างรวม (อายุตะกอน 100 วัน) 73
รูปที่ 5.23 ค่าความเป็นด่างรวม (อายุตะกอน 75 วัน) 73
รูปที่ 5.24 ค่าความเป็นด่างรวม (อายุตะกอน 50 วัน) 73
รูปที่ 5.25 ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ (ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 74
รูปที่ 5.26 ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 74
รูปที่ 5.27 ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 74
รูปที่ 5.28 ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 74
(ค่าอายุตะกอน 150 วัน) 75

รูปที่ 5.29 ของแข็งแขวนลอยที่ออกมากับน้ำทิ้งของระบบ (ค่าอายุตะกอน 150 วัน)..... 75
รูปที่ 5.30 ของแข็งแขวนลอยที่ออกมากับน้ำทิ้งของระบบ
(ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 75
รูปที่ 5.31 ของแข็งแขวนลอยที่ออกมากับน้ำทิ้งของระบบ
(ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 75
รูปที่ 5.32 ของแข็งแขวนลอยที่ออกมากับน้ำทิ้งของระบบ
(ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 75
รูปที่ 5.33 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบ (ค่าอายุตะกอน 150 วัน)..... 76
รูปที่ 5.34 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบ (ค่าอายุตะกอน 100 วัน) 76
รูปที่ 5.35 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบ (ค่าอายุตะกอน 75 วัน) 76
รูปที่ 5.36 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบ (ค่าอายุตะกอน 50 วัน) 76
รูปที่ 5.37 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกซีโอดีกับค่าอายุตะกอน 77
รูปที่ 5.38 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะกับค่าอายุตะกอน 77
รูปที่ 5.39 ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_T$ กับ $1/U_T$ 78
รูปที่ 5.40 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_T กับ U_T 78
รูปที่ 5.41 ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_c$ กับ $1/U_c$ 79
รูปที่ 5.42 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_c กับ U_c 79
รูปที่ 5.43 ความสัมพันธ์ระหว่าง θ_c กับ U_s 80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์

Y	=	สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต
a_i	=	ค่าคงที่ ($i = 1, 2, \ldots\ldots\ldots n$)
C	=	น้ำหนักมลสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์
D	=	อัตราการเจือจาง
k	=	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์
k_d	=	สัมประสิทธิ์การตาย
K_o	=	อัตราการใช้สารอาหารสูงสุด
K_s	=	สัมประสิทธิ์การใช้มลสารอินทรีย์
M	=	มวลจุลินทรีย์
n	=	ประสิทธิภาพ
Q	=	อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ
Q_w	=	อัตราการระบายตะกอนส่วนเกิน
R	=	อัตราส่วนตะกอนหมุนเวียนกลับ
t_c	=	เวลาสัมผัส (เมื่อคิดจากอัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ)
t_{cr}	=	เวลาสัมผัสจริง (เมื่อนำอัตราตะกอนหมุนเวียนกลับมาคิดด้วย)
t_s	=	เวลาย่อยสลาย (เมื่อคิดจากอัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ)
U	=	อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ
V	=	ปริมาตรของถังปฏิกิริยา
x	=	ความเข้มข้นของมลสารอินทรีย์
X	=	ความเข้มข้นของจุลินทรีย์
α	=	สัดส่วนของมวลชีวะในถังคอนแทกต์
β	=	สัดส่วนของมวลชีวะในถังสเตบิไลเซชัน
ϕ	=	สัดส่วนของมวลชีวะในถังตกตะกอน
r	=	ค่าคงที่
Θ_c	=	อายุตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำที่เขียนไว้ข้างท้าย (Subscript)

c	=	ถังคอนแทกต์
e	=	น้ำออก
i	=	น้ำเข้า
r	=	สูบตะกอนกลับ
s	=	ถังสเตบิไลเซชัน
st	=	ถังตกตะกอน
T	=	ระบบทั้งหมด
v	=	ในรูปของตะกอนสารอินทรีย์แขวนลอย
w	=	ทิ้งออกจากระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย