ระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมในทุกสภาพภูมิประเทศ

นายทวีศักดิ์ นิมาพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2531

ISBN 974 - 568 - 681 - 6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014388

APPROPRIATE WASTEWATER TREATMENT PROCESS FOR DOMESTIC WASTEWATER IN ALL TOPOGRAPHIC CONDITIONS

Mr. Thaveesak Nimarpant

A Thesis Submitted in Partial Fulfullment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Sanitary Engineering
Graduate University
1988

ISBN 974 - 568 - 681 - 6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมในทุกสภาพภูมิประเทศ
โดย	นายทวีศักดิ์ นิมาพันธ์
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... กรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา)

..... กรรมการ
(รองศาสตร์จารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... กรรมการ
(คุณไชยวัฒน์ สินสุวงศ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ทวีศักดิ์ นิมาพันธ์ : ระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมในทุกสภาพภูมิประเทศ (APPROPRIATE WASTEWATER TREATMENT PROCESS FOR DOMESTIC WASTEWATER IN ALL TOPOGRAPHIC CONDITIONS) อ.ที่ปรึกษา รศ.สุดใจ จำปา, 145 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มุ่งหวังที่จะหาระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมในทุกสภาพภูมิประเทศ เพื่อใช้ทดแทนถังเกรอะถังซึมซึ่งไม่สามารถใช้งานได้ในบางพื้นที่ จึงได้ทำการออกแบบระบบบำบัดขึ้นใหม่ ทำการย่อให้เป็นถังขนาดจำลอง แล้วป้อนน้ำเสียจากชุมชนหัวยยาวให้เข้าสู่ถังจำลองอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราการไหล 15 ลิตร/วัน ถังจำลองมีค่าเวลาเก็บกักรวมประมาณ 1.4 วัน

จากการทดลองพบว่า น้ำเสียที่ชุมชนหัวยยาวมีลักษณะสมบัติคล้ายคลึงกับน้ำเสียจากชุมชนทั่วไปของประเทศไทย มีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 139.6 มก./ล. ผลการทดลองใช้เวลาประมาณ 1 เดือนครึ่ง การทำงานของระบบจึงเข้าสู่สภาวะคงที่ ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีในส่วนของถังเกรอะที่ออกแบบไว้ที่เวลาเก็บกักของเหลว 14 ชม. มีค่าเท่ากับร้อยละ 65.3 ส่วนของตัวกรองไร้อากาศซึ่งรับน้ำเสียจากส่วนของถังเกรอะด้วยอัตราออร์แกนิคโหลดดิ้งสูง 0.59 กก.บีโอดี/ลบม.-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีเท่ากับร้อยละ 50.6 ประสิทธิภาพรวมในการกำจัดบีโอดีของทั้งสองมีค่าเท่ากับร้อยละ 82.3 น้ำเสียที่ผ่านจากระบบบำบัดจำลองมีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ย 24.8 มก./ล. ปริมาณ Fecal Coliform Bacteria มีค่าเฉลี่ย 69 x 10^4 MPN/100 ml ปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แต่มีการเปลี่ยนรูปจากออร์แกนิคไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งลักษณะสมบัติส่วนใหญ่ของน้ำเสียที่ผ่านจากระบบบำบัดจำลองมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในปี พ.ศ.2528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

THAVEESAK NIMARPANT : APPROPRIATE WASTEWATER TREATMENT PROCESS FOR DOMESTIC WASTEWATER IN ALL TOPOGRAPHIC CONDITIONS. THESIS ADVISOR: ASSO. PROF. SUDCHAI CHAMPA, Ed.D. 145

The research intended to find the appropriate technology for treating domestic wastewater from a house to substitue septic tanks which unsuccessful in some areas. The principle in designing was to combine the septic tank and the upflow anaerobic filter into together. The tank was designed to a sizable model, treating wasterwater from Huay Kwang Community. The model was operated by continuous feeding wastewater, keeping flow rate at 15 lites/day. The detention time was about 1.4 days.

From the study, the characteristics of Huay Kwang Community wastewater was the same as of every community in Thailand, i.e avcrage BOD concentration was within 1.5 months, BOD removal efficiency in the septic tank section which liquid detention time was about 14 hours was 65.3 percents. The BOD removal efficiency of the upflow anaerobic filter section, receiving wastewater from septic zone with loading rate 0.59 kg. BOD/cu.m - was 50.6 percents. The total BOD rcmoval efficiency of the model was about 82.3 percents. The model effluent, contained BOD 24.8 mg/l suspended solids 5,2 mg/l and Fecal Ciliform Bacteria 69×10^4 MPN/100 ml. The value of total nitrogen did not change, only organic nitrogen was changed into ammonia nitrgen. Most of characteristics of the effluent met the domestic effluent standard of Cffic of The National Environment Board (B.E. 2528)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุดใจ จาบา อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัยเป็นอย่างสูง ที่ท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ธงชัย พรรณสวัสดิ์ รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคุณไชยวัฒน์ สินสุวงศ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการเคหะแห่งชาติที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอให้คุณความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จงตกแก่ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทั้งหลายของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญเรื่อง..... ง

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพประกอบ..... ฌ

บทที่

1. 1.1 ความเป็นมา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 เหตุผลในการเลือกค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในขอบเขตการวิจัย..... 2

2. ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 บ่อเกรอะ..... 4

2.2 ถังกรองไร้อากาศ..... 8

2.3 ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket..... 8

2.4 จุลชีวะ และชีวเคมีของกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ..... 11

2.4.1 ขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด..... 11

2.4.2 ขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน..... 19

2.5 สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย่อยสลายแบบไร้อากาศ..... 23

2.5.1 อุณหภูมิ..... 23

2.5.2 ค่าพีเอช กรดโวลาไทล์ และสภาพความเป็นด่าง..... 27

2.5.3 สารอาหาร..... 31

2.5.4 สารพิษ..... 31

หน้า

2.5.4.1 พิษของกรดโวลาไทล์ 33
2.5.4.2 พิษของอิออนหรือโลหะหนัก..... 33
2.5.4.3 พิษของก๊าซบางชนิด..... 35
2.5.4.4 พิษของสารอินทรีย์..... 38
2.6 การทดลองระบบบำบัดแบบไร้อากาศกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำที่ผ่านมา 38
3. หลักการออกแบบเพื่อการวิจัย..... 41
3.1 แนวความคิด..... 41
3.2 หลักการทำงาน..... 41
3.3 การออกแบบระบบบำบัดจริง และระบบบำบัดจำลอง..... 43
4. แผนการทดลองและวิจัย..... 52
4.1 แผนการทดลอง..... 52
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง..... 52
4.2.1 ระบบบำบัดจำลอง..... 53
4.2.2 เครื่องสูบน้ำเข้าระบบ..... 53
4.2.3 ตัวกลางพลาสติก..... 54
4.2.4 ถังรับน้ำทิ้งที่ผ่านจากระบบบำบัดจำลอง..... 54
4.2.5 การประกอบอุปกรณ์และติดตั้งในการวิจัย..... 54
4.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 56
4.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ..... 56
4.3.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 57
5. ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล..... 58
5.1 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล..... 58
5.1.1 พีเอช..... 59
5.1.2 กรดโวลาไทล์..... 59
5.1.3 ความเป็นด่างรวม..... 64
5.1.4 อัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวม..... 68

หน้า

5.1.5 ของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพในการกำจัด..... 77
5.1.6 ของแข็งรวมและประสิทธิภาพในการกำจัด..... 77
5.1.7 ซีโอดี และประสิทธิภาพในการกำจัด..... 84
5.1.8 บีโอดี และประสิทธิภาพในการกำจัด..... 97
5.1.9 อินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน
และไนโตรเจนรวม..... 77
5.1.10 Fecal Coliform Bacteria..... 115
5.1.11 อุณหภูมิ..... 115
5.2 สรุปผลการวิจัย..... 115
5.2.1 น้ำเสียที่ชุมชนท้วยขวาง..... 121
5.2.2 น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะ..... 123
5.2.3 น้ำเสียที่ผ่านจากตัวกรองไร้อากาศ
(น้ำเสียที่ผ่านจากระบบบำบัดจำลอง)..... 125
5.2.4 ระบบบำบัดจำลอง..... 126
6. ความสำคัญทางวิศวกรรม..... 128
6.1 การทำงานของระบบ..... 128
6.2 ข้อดีของระบบ..... 128
6.3 ข้อเสียของระบบ..... 129
6.4 การนำไปใช้งาน..... 129
7. สรุปผลการทดลอง 130
บรรณานุกรม..... 132
ภาคผนวก..... 142
ประวัติผู้วิจัย..... 145

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แบคทีเรียบางส่วนที่พบในขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรดในแหล่งอาหารประเภทต่าง ๆ 14

ตารางที่ 2.2 ชนิดของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนที่เป็นเชื้อบริสุทธิ์ 20

ตารางที่ 2.3 สมการชีวเคมีและพลังงานอิสระมาตรฐานของปฏิกริยาในการสร้างมีเทนของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน 24

ตารางที่ 2.4 การใช้ซับสเตรตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนชนิดต่าง ๆ 25

ตารางที่ 2.5 ปริมาณอาหารเสริมที่แบคทีเรียต้องการ 32

ตารางที่ 2.6 แอมทาโกนิสซึมและซินเนอร์ยิสซึมของอิออนบวกในขบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ 34

ตารางที่ 2.7 ความเข้มข้นอิออนและโลหะหนักที่เป็นพิษต่อระบบหมักโดยตรง 37

ตารางที่ 2.8 ผลของแอมโมเนียต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ..... 35

ตารางที่ 4.1 ความถี่ในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 57

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์พีเอชของตัวอย่างน้ำ 60

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์กรดโวลาไทล์ของตัวอย่างน้ำ 65

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นด่างรวมของตัวอย่างน้ำ 69

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมของตัวอย่างน้ำ 73

ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำ..... 78

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ของแข็งรวมของตัวอย่างน้ำ 85

ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์ซีโอดีของตัวอย่างน้ำ 91

ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์บีโอดีของตัวอย่างน้ำ 98

ตารางที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์อินทรีย์ไนโตรเจนของตัวอย่างน้ำ..... 103

ตารางที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์แอมโนเนียมไนโตรเจนของตัวอย่างน้ำ... 107

ตารางที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนรวมของตัวอย่างน้ำ..... 111

หน้า

ตารางที่ 5.12 ผลการวิเคราะห์ Fecal Coliform Bacteria ของตัวอย่างน้ำ 116
ตารางที่ 5.13 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิโดยกรมอุตุนิยมวิทยา..... 117
ตารางที่ 5.14 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง..... 121
ตารางที่ 5.15 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ชุมชนในประเทศไทย..... 122
ตารางที่ 5.16 ผลสรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่อาศัย การเคหะแห่งชาติ 6 ชุด..... 122
ตารางที่ 5.17 ลักษณะสมบัติโดยเฉลี่ยของเสียที่ผ่านจากถังเกรอะ และประสิทธิภาพของถังเกรอะจากการทดลอง..... 123
ตารางที่ 5.18 ผลสรุปลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะ และประสิทธิภาพของถังเกรอะโดยทั่วไป..... 124
ตารางที่ 5.19 ลักษณะสมบัติโดยเฉลี่ยของน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดจำลอง.. 125

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่ 2.1 - a ถังเกรอะ..... 6
- b ถังเกรอะ..... 7
- c ถังเกรอะ..... 7
ภาพที่ 2.2 ถังกรองไร้อากาศ (Upflow Anaerobic Filter)..... 9
ภาพที่ 2.3 ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)... 10
ภาพที่ 2.4 ขบวนการเบคบอลิซึมของขบวนการย่อยสลาย
สารอินทรีย์แบบไร้อากาศ..... 12
ภาพที่ 2.5 การย่อยสลายกลูโคสโดยผ่านขบวนการไกลโคไลซิส..... 16
ภาพที่ 2.6 การย่อยสลายไขมันโดยผ่านขบวนการเบต้าออกซิเดชั่น..... 17
ภาพที่ 2.7 การย่อยสลายกรดกลูตามิค..... 18
ภาพที่ 2.8 การเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์ในขบวนการบำบัด
แบบไร้อากาศโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของซีโอดี..... 22
ภาพที่ 2.9 ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ..... 26
ภาพที่ 2.10 ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของแบคทีเรียที่สร้าง
มีเทนบางชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ 26
ภาพที่ 2.11 การผลิตก๊าซมีเทนที่พีเอชต่าง ๆ 28
ภาพที่ 2.12 ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของแบคทีเรียบางชนิด
ที่ค่าพีเอชต่าง ๆ 28
ภาพที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างไบคาร์บอเนตกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ที่พีเอชและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน..... 30
ภาพที่ 2.14 ปฏิกริยาการทำลายพิษของโลหะหนักโดยซัลไฟด์ในสภาวะไร้
ออกซิเจน..... 36

หน้า

ภาพที่ 3.1 ทิศทางการไหลของน้ำเสียในถังเกรอะและตัวกรองไร้อากาศ.. 42
ภาพที่ 3.2 ระบบบำบัดจริง (สำหรับครอบครัว 10 คน)..... 49
ภาพที่ 3.3 ระบบบำบัดจริง (สำหรับครอบครัว 6 คน)..... 50
ภาพที่ 3.4 ระบบบำบัดจำลอง..... 51
ภาพที่ 4.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในการวิจัย..... 55
ภาพที่ 5.1 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียที่ผ่านจาก
ถังเกรอะและน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ..... 63
ภาพที่ 5.2 แสดงค่ากรดโวลาไทล์ของน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง
น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะและน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ.. 67
ภาพที่ 5.3 แสดงค่าความเป็นด่างรวม ของน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง
น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะ และน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ. 72
ภาพที่ 5.4 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่างกรดโวลาไทล์กับความเป็นด่างรวมใน
น้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะและ
น้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ..... 76
ภาพที่ 5.5 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง
น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะและน้ำเสียที่ผ่านจาก
ตัวกรองไร้อากาศ..... 82
ภาพที่ 5.6 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยของถังเกรอะ
ตัวกรองไร้อากาศและระบบบำบัดจำลอง..... 83
ภาพที่ 5.7 แสดงค่าของของแข็งรวมในน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง
น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะและน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ.. 89
ภาพที่ 5.8 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งรวมของถังเกรอะ
ตัวกรองไร้อากาศและระบบบำบัดจำลอง..... 90
ภาพที่ 5.9 แสดงค่าของซีโอดีในน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียที่ผ่านจาก
ถังเกอระและน้ำเสียที่ผ่านตัวหรองไร้อากาศ..... 95
ภาพที่ 5.10 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังเกรอะ
ตัวกรองไร้อากาศและระบบบำบัดจำลอง..... 96

หน้า

ภาพที่ 5.11 แสดงค่าของบีโอดีในน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะและน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ..... 100
ภาพที่ 5.12 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีของถังเกรอะ ตัวกรองไร้อากาศและระบบบำบัดจำลอง..... 101
ภาพที่ 5.13 แสดงค่าของอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียผ่านจากถังเกรอะ และน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ. 106
ภาพที่ 5.14 แสดงค่าของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะและน้ำเสียที่ผ่านตัวกรองไร้อากาศ. 110
ภาพที่ 5.15 แสดงค่าของไนโตรเจนรวมในน้ำเสียที่ชุมชนห้วยขวาง น้ำเสียที่ผ่านจากถังเกอระ และน้ำเสียที่ผ่าน ตัวกรองไร้อากาศ..... 114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย