การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไบโอดรัมที่มีไม้ไผ่เป็นตัวกลาง

นายธีรวัตร โสมวดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-394-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I14163064

WASTEWATER TREATMENT BY BIODRUM USING BAMBOO AS MEDIA

Mr.Thirawat Somwadi

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master Engineering
Department of Sanitary Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1994

ISBN 974-584-394-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไบโอดรัมที่มีไม้ไผ่เป็นตัวกลาง
โดย	นายธีรวัตร โสมวดี
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

..... กรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุรี ขาวเธียร)

..... กรรมการ
(อาจารย์อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธีรวัตร โสมวดี : การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไบโอดรัมที่มีไม้ไผ่เป็นตัวกลาง (WASTEWATER TREATMENT BY BIODRUM USING BAMBOO AS MEDIA) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ ; 158 หน้า. ISBN 974-584-394-6

การทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบไบโอดรัม ขนาดห้องปฏิบัติการที่มีไม้ไผ่เป็นตัวกลางจำนวน 4 ตอน บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเตรียมความเข้มข้นในรูปของซีโอดีเป็น 300 , 500 และ 1,000 มก./ล. และแปรผันค่าไฮดรอลิกโหลดดิงเป็น 25 , 50 , 75 และ 100 ลิตรต่อตรม.-วัน พบว่าระบบสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยที่ระบบสามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 1,000 มก.ซีโอดี/ลิตร ที่ค่าไฮดรอลิกโหลดดิง 25 ลิตร/ตรม.-วัน หรือค่าออร์แกนิคโหลดดิงเป็น 25 กรัม ซีโอดี/ตรม.-วัน โดยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเป็น 95.31% เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบำบัดในรูปบีโอดีคิดเป็น 98% ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดตะกอนแขวนลอยเป็น 89% นอกจากนี้ที่สภาวะดังกล่าวระบบยังสามารถลดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสลงด้วยประสิทธิภาพถึง 84.60% และ 65.87% ตามลำดับ คุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบในทุกการทดลองอยู่ในช่วง 30-73 มก. ซีโอดี/ลิตร หรือ 9-21 มก. บีโอดี/ลิตร และที่ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคุณภาพของน้ำทิ้งในรูปซีโอดีเป็น 46 มก./ลิตร หรือ 14 มก./ลิตร ในรูปของบีโอดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C216433 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEY WORD: BIODRUM / BAMBOO
THIRAWAT SOMWADI : WASTEWATER TREATMENT BY BIODRUM USING BAMBOO AS MEDIA) THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUTTHIRUK SUJARITTANON , Ph.D. 158 pp. ISBN 974-584-394-6

The experimental study of wastewater treatment on a 4-stage biodrum which using bamboo as media for treating synthetic wastes of 300 , 500 and 1,000 mg COD/l was carried on. The hydraulic loading varied in the range of 25 , 50 , 75 and 100 l/sq.m-d. Very good performance with the highest efficiency was shown when 1,000 mg. COD/l concentration being fed at the hydraulic loading of 25 l/sq.m-d or 25 g COD/sq.m-d organic loading. The COD efficiency at this condition was 95.31% while the BOD_5 was 98% , Results of nitrogen and phosphorus removal were also shown at the rate of 84.60% and 65.85% ,respectively. The effluent quality was between 30-73 mg COD/l or 9-21 mg BOD_5/l. At the highest efficiency the effluent quality was only 46 mg COD/l which equal to 14 mg BOD_5/l.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ควบคุมการวิจัย ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขและให้ข้อคิดเห็นแก่ผู้วิจัยโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต รองศาสตราจารย์สุรี ขาวเธียร และอาจารย์อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลและเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและอำนวยความสะดวกในการวิจัย

ความดี และประโยชน์ทั้งหลายของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นผลมาจากการประสิทธิประสาทวิชาความรู้ของคณาจารย์ ผู้วิจัยจึงขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญเรื่อง..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฎ
บทที่
1. บทนำ
1.1 ความนำ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
2. การบำบัดน้ำเสียโดยระบบไบโอดรัม..... 3
2.1 ต้นกำเนิดของระบบไบโอดรัม..... 3
2.2 การทำงานของระบบไบโอดรัม..... 3
2.3 การศึกษาที่ผ่านมาของระบบ RBC..... 4
2.4 การศึกษาที่ผ่านมาของระบบไบโอดรัม..... 7
3. ทฤษฎี..... 9
3.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา..... 9
3.1.1 จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการบำบัดน้ำเสีย..... 9
3.1.1.1 จุลินทรีย์พวกโปรคาริโอต (Procaryotes).... 10
3.1.1.2 จุลินทรีย์พวกยูคาริโอต (Eucaryotes)..... 11
3.2 ปฏิกิริยาชีวเคมีในการบำบัดน้ำเสีย..... 12
3.2.1 ปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Oxidation)..... 12
3.2.2 ปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Oxidation)... 12
3.3 นิเวศวิทยาของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา..... 13
3.3.1 จุลินทรีย์ที่อยู่ในลักษณะแขวนลอย (Suspension)..... 13

บทที่ หน้า

3.3.1.1 Floc forming organisms..... 13
3.3.1.2 Saprophytes..... 13
3.3.1.3 Predator..... 13
3.3.1.4 Nuisance Organisms..... 14
3.3.2 จุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับตัวกลาง (Bacteria media)..... 14
3.4 ระบบ Biodrum..... 14
3.4.1 กระบวนการกำจัดสารอาหาร..... 14
3.4.2 สมดุลของสารอาหาร..... 16
3.4.3 การเติมอากาศ..... 18
3.4.4 การแพร่ชีมและการถ่ายเทมวล..... 18
3.4.5 วัสดุตัวกลาง (Media)..... 19
3.4.6 องค์ประกอบที่มีผลต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอดรัม..... 20
3.4.6.1 อุณหภูมิ..... 21
3.4.6.2 การถ่ายเทออกซิเจน..... 24
3.4.6.3 ความเร็วรอบในการหมุนตัวกลาง..... 25
3.4.6.4 พื้นที่ผิวของตัวกลาง..... 27
3.4.6.5 ปริมาณส่วนที่จมน้ำของตัวกลาง..... 28
3.4.6.6 จำนวนตอนของตัวกลาง..... 28
3.4.6.7 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในกระแสเข้า..... 32
3.4.6.8 อัตราการไหลของน้ำเสียกระแสเข้า..... 34
3.4.7 ลักษณะสมบัติของเมือกจุลชีพ..... 35
3.4.7.1 องค์ประกอบทางเคมี..... 35
3.4.7.2 ความหนาแน่นของจุลชีพ..... 35
3.4.7.3 ความหนาของฟิล์มจุลชีพ..... 35
3.4.7.4 การเกาะและการหลุดของเมือกจุลชีพ..... 36
4. การดำเนินการวิจัย..... 37
4.1 เครื่องมือในการทดลอง..... 37
4.2 น้ำเสียสำหรับการวิจัย..... 41
4.3 แผนการวิจัย..... 42
4.4 พารามิเตอร์ที่ควบคุม..... 43
4.5 พารามิเตอร์ที่แปรเปลี่ยน..... 44

บทที่ หน้า

4.6 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำ..... 45
4.7 เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 46
5. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล..... 47
5.1 การเพาะเลี้ยงฟิล์มชีว..... 47
5.2 การดำเนินการทดลอง..... 48
5.3 ลักษณะทางกายภาพและชนิดของจุลชีพที่พบในระบบไบโอดรัม..... 48
5.3.1 ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ 51
5.3.2 สีของฟิล์มชีว..... 51
5.3.3 ชนิดของจุลชีพ..... 51
5.4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล..... 61
5.4.1 พีเอช..... 67
5.4.2 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด..... 67
5.4.2.1 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ..... 67
5.4.2.2 ผลการทดลอง..... 67
5.4.2.3 ประสิทธิภาพ..... 78
5.4.3 ตะกอนแขวนลอย..... 80
5.4.4 SV_{30}..... 89
5.4.5 ออกซิเจนละลายน้ำ..... 89
5.4.6 เจลด้ลไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวม (N และ P)..... 98
5.4.7 ความเหมาะสมในการนำไม้ไผ่มาใช้เป็นตัวกลางยึดเกาะ.... 106
สำหรับจุลชีพในระบบไบโอดรัม
5.4.8 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบไบโอดรัมที่ใช้ตัวกลางชนิดอื่น... 111
ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง..... 124
ภาคผนวก ข. ผลการทดลองแยกตามตัวแปร..... 143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	รายละเอียดของถังปฏิกิริยาและส่วนประกอบที่ใช้ในการวิจัย.....	41
4.2	น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย.....	42
4.3	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย.....	44
4.4	แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	45
5.1	การดำเนินการทดลองและตัวแปรในแต่ละชุดการทดลอง.....	49
5.2	ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวในไบโอดรัมแต่ละตอน.....	50
5.3	การหลุดลอกของฟิล์มชีวในไบโอดรัม.....	52
5.4	สีของฟิล์มชีวในไบโอดรัมแต่ละตอน.....	53
5.5	ชนิดของจุลชีพที่พบในไบโอดรัมแต่ละตอน.....	55
5.6	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ภาระออร์แกนิคโหลดดิง ใกล้เคียงกัน.....	69
5.7	ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี.....	78
5.8	ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดสารแขวนลอยในแต่ละการทดลอง.....	81
5.9	ประสิทธิภาพการบำบัดเจลดัลไนโตรเจนและฟอสฟอรัส.....	107
5.10	ค่าพื้นผิวจำเพาะของตัวกลางที่มีใช้ในระบบอาร์บีซี.....	110
6.1	ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว.....	113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในระบบบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการทางชีววิทยา.....	9
3.2	การกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียแบบจุลชีพเกาะติดตัวกลาง.....	15
3.3	รูปแบบ RBC ของ Kornegay.....	17
4.1	ไบโอดรัมและไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง.....	38
4.2	รูปด้านข้างของไบโอดรัม.....	39
4.3	รูปตัดของไบโอดรัม.....	40
4.4	Flow Diagram ของการวิจัย.....	43
5.1	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพเมื่อเริ่มทดลองเดินระบบ.....	56
5.2	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 1.....	56
5.3	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 2.....	57
5.4	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 3.....	57
5.5	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 4.....	58
5.6	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 5.....	58
5.7	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 6.....	59
5.8	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 7.....	59
5.9	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 8.....	60
5.10	ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 9.....	60
5.11	การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยพีเอชของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด.....	63
5.12	การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	64
5.13	การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	65
5.14	การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	66
5.15	ค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ.....	70
5.16	การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยซีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด.....	71
5.17	การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	72
5.18	การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	73
5.19	การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	74

รูปที่ หน้า

5.20 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2..... 75
5.21 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3..... 76
5.22 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3..... 77
5.23 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี..... 79
5.24 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด... 82
5.25 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.. 83
5.26 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.. 84
5.27 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.. 85
5.28 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.. 86
5.29 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.. 87
5.30 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.. 88
5.31 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย SV_{30} ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด..... 90
5.32 การเปลี่ยนแปลง SV_{30} ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1..... 91
5.33 การเปลี่ยนแปลง SV_{30} ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1..... 92
5.34 การเปลี่ยนแปลง SV_{30} ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2..... 93
5.35 การเปลี่ยนแปลง SV_{30} ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2..... 94
5.36 การเปลี่ยนแปลง SV_{30} ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3..... 95
5.37 การเปลี่ยนแปลง SV_{30} ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3..... 96
5.38 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย DO ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด..... 97
5.39 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1..... 99
5.40 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1..... 100
5.41 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2..... 101
5.42 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2..... 102
5.43 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3..... 103
5.44 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3..... 104
5.45 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ..... 105
5.46 การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด..... 108
5.47 การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด..... 109