

การหาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดขั้นต้นสำหรับตะกอนน้ำเสียชุมชน

นางสาวปาริชาติ ขาวสนิท

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6766-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ASSESSMENT OF OPTIMAL CONDITION FOR SEWAGE SLUDGE PRETREATMENT

Miss Parichat Khaosanit



ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

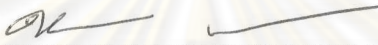
Academic Year 2004

ISBN 974-17-6766-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดขั้นต้นสำหรับตะกอนน้ำเสียชุมชน  
โดย    นางสาวปาริชาติ ขาวสนิท  
สาขาวิชา                                      วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
อาจารย์ที่ปรึกษา                              อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์

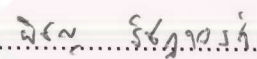
---


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการสอบ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชเวศ ศรีสถิตย์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเขียว)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินุฉัยลักษณ์ พึ่งรัมย์)


ปาริชาติ ชาวสนิท : การหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดขั้นต้นสำหรับตะกอนน้ำเสียชุมชน  
(ASSESSMENT OF OPTIMAL CONDITION FOR SEWAGE SLUDGE PRETREATMENT).

อ. ที่ปรึกษา : ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์, 99 หน้า. ISBN 974-17-6766-8.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดขั้นต้นสำหรับตะกอนน้ำเสียชุมชน ก่อนเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ เพื่อช่วยในการย่อยสลายตะกอน โดยแบ่งการทดลอง ออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 หาคุณสมบัติพื้นฐานของตะกอนที่นำมาใช้ในการวิจัย ช่วงที่ 2 ศึกษาหา สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีและด้วยความร้อนของแต่ละวิธีการบำบัดขั้นต้น จะ แบ่งย่อยการทดลองออกเป็น การบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมี (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร และการบำบัดขั้นต้นด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 35, 60 และ 90 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที เพื่อหาประสิทธิภาพในการย่อยสลายตะกอนของแต่ละวิธี ช่วงที่ 3 เป็นการหาความสัมพันธ์ของการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมี (โซเดียมไฮดรอกไซด์) และด้วยความร้อน ร่วมกัน ตามเทคนิคกระบวนการออกแบบการทดลอง แล้ววิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ค่าร้อยละ การเพิ่มขึ้น (%increase) ของ SCOD และค่าร้อยละการกำจัด (%removal) ของ VS เพื่อเป็นตัวชี้วัด ประสิทธิภาพในบำบัดขั้นต้นตะกอนน้ำเสีย จากนั้นสร้างสมการเพื่อแสดงค่าอิทธิพลของความร้อนและ สารเคมีในการย่อยสลายตะกอนหลังผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลการทดลองช่วงที่ 1 และ 2 พบว่าการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีให้ค่าการย่อยได้ดีที่ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะให้ค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นของ SCOD เท่ากับ 114.38 และให้ร้อยละการกำจัดของ VS เท่ากับ 5.52 สำหรับการบำบัดขั้นต้นด้วยความร้อน พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที โดยจะให้ ค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นของ SCOD เท่ากับ 1814.96 และให้ค่าร้อยละการกำจัดของ VS เท่ากับ 7.06 ผลการทดลองช่วงที่ 3 หาอิทธิพลของการบำบัดขั้นต้นร่วมระหว่างสารเคมีกับความร้อนพบว่า ความร้อนมีผลมากกว่าสารเคมีโดยให้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการดังนี้ ค่าผลกระทบหลัก ( $a_1$ ) ที่เกิดจากความ ร้อนเท่ากับ 145.62, 1.80 ค่าผลกระทบหลัก ( $a_2$ ) ที่เกิดจากสารเคมี (โซเดียมไฮดรอกไซด์) เท่ากับ 88.92, 1.08 และค่าผลกระทบร่วม ( $a_{12}$ ) ที่เกิดจากความร้อนร่วมกับสารเคมี (โซเดียมไฮดรอกไซด์) เท่ากับ 12.42, 0.34 เรียงค่าผลการทดลองตามพารามิเตอร์ SCOD และ VS

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2547.....

# # 4570419421 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : PRETREATMENT / SLUDGE DIGESTION / THERMAL / CHEMICAL

PARICHAT KHAOSANIT: ASSESSMENT OF OPTIMAL CONDITION FOR SEWAGE SLUDGE PRETREATMENT. THESIS ADVISOR: PICHAYA RACHDAWONG, Ph.D., 99 pp. ISBN 974-17-6766-8.

Objective of the research was to assess optimal condition for sewage sludge pretreatment before entering into anaerobic digestion process. The research was divided into 3 phases – Phase 1: To study fundamental property of sludge to be used in the research; Phase 2: To determine optimum condition for chemical and heat pretreatment separately. Two experiments were conducted in this phase in order to assess efficiency of sludge digestion -- chemical pretreatment of sodium hydroxide (NaOH) at the concentration of 10, 20, 30 and 40 milligram/liter (mg/L) were used, and heat pretreatment at 35, 60 and 90 degree Celsius for 15 and 30 minutes were used. Phase 3: To determine relationship of combined chemical and heat pretreatment according to the design of experiment technique. Results from the experiments were analyzed in term of percentage increase of soluble chemical oxygen demand (SCOD) and percentage removal of volatile solids (VS) as the indicators for efficiency, respectively. Effects of chemical and heat pretreatment on sludge digestion process would be expressed in mathematical formula.

Results from Phase 1 and 2 showed that chemical pretreatment provided the best results at NaOH of 20 mg/L., which resulted in percentage SCOD increase of 114.38 and percentage VS removal of 5.52. For heat pretreatment experiment, the highest digestion was found at the temperature of 60 degree Celsius and 30 minutes reaction time. Percent increase of SCOD and percent removal of VS were 1814.96 and 7.06, respectively. Result from Phase 3 indicated that heat pretreatment gave better result compared to chemical treatment as measured by SCOD and VS.

The main effect ( $a_1$ ) suggested that heat pretreatment provided effect equivalent to 145.62 (SCOD) and 1.80 (VS) while main effect ( $a_2$ ) showed that chemical treatment provided 88.92 (SCOD) and 1.08 (VS), respectively. The interaction effect ( $a_{12}$ ), derived from heat treatment and chemical treatment, were 12.42 and 0.34 for SCOD and VS parameters, respectively.

Department.....Environmental Engineering.....Student's Signature.....  
 Field of study....Environmental Engineering.....Advisor's Signature.....  
 Academic year....2004.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้จากความช่วยเหลือของ อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้โอกาสในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ตลอดจนให้ คำปรึกษา คำแนะนำ ถ่ายทอดวิชาความรู้ในด้านต่างๆ และแก้ไขในสิ่งที่บกพร่องของงานวิจัย อย่างดีตลอดมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ในที่สุด จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ. โอกาสนี้

ขอขอบคุณประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพื่อการแก้ไขและปรับปรุง ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ จันทวรรณ ต้นเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยอำนวยความสะดวกในด้านการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณพี่ปริญญา และพี่ๆ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างตะกอนน้ำเสียมาทำการทดลอง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนการวิจัย ในครั้งนี้ และห้องปฏิบัติการวิจัยปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ใช้สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ทำการทดลอง มาโดยตลอดจน การทดลองสำเร็จลุล่วงในที่สุด

ขอขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆน้องๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ให้กำลังใจ แนะนำ และคอยช่วยเหลือในขณะทำงานวิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่อบรมเลี้ยงดู แนะนำ สั่งสอน ผู้วิจัยตลอดมา และให้ความรักที่ยิ่งใหญ่ ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นกำลังใจที่ดีที่สุด และสำคัญที่สุด ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ คุณงามความดีที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้ท่านทั้งสอง

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 คำนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ตะกอน.....	4
2.1.1 แหล่งกำเนิดของตะกอน.....	4
2.1.2 ประเภทของตะกอน.....	8
2.1.3 ปริมาณตะกอน.....	9
2.1.4 คุณสมบัติของตะกอน.....	10
2.1.6 การจัดการตะกอน.....	10
2.2 วิธีการบำบัดขั้นต้น.....	11
2.2.1 สารเคมี.....	12
2.2.2 ความร้อน.....	13
2.3 วิธีเทคนิคการออกแบบการทดลอง.....	14
2.3.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง.....	14
2.3.2 การออกแบบการทดลอง.....	14
2.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	14
2.3.4 การวิเคราะห์ผลกระทบ.....	16
2.3.5 สมการในการคำนวณ.....	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วัตถุประสงค์ สารเคมี และวิธีดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 วิธีการวิเคราะห์.....	24
3.2 ตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.3 แผนการทดลอง.....	25
3.4 วัตถุประสงค์และสารเคมี.....	25
3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	27
3.5.1 ขั้นตอนที่ 1 หาค่าคุณสมบัติพื้นฐานของตะกอนดิบ.....	27
3.5.2 ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณสารเคมีและอุณหภูมิที่เหมาะสม.....	28
3.5.3 ขั้นตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ในรูปสมการ.....	29
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	31
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าตะกอนเบื้องต้น.....	31
4.2 ผลการทดลองจากการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมีและความร้อน.....	32
4.2.1 การบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมี.....	32
4.2.2 การบำบัดขั้นต้นด้วยความร้อน.....	33
4.2.3 ค่าความเป็นกรด – ด่าง.....	34
4.2.4 ค่าสภาพต่าง.....	35
4.2.5 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน.....	36
4.2.6 ค่าซีไอดี.....	38
4.2.7 ค่าซีไอดีละลาย.....	39
4.2.8 ค่าของแข็งระเหย.....	41
4.3 ผลการทดลองในขั้นตอนที่ 3 เทคนิคกระบวนการออกแบบการ ทดลอง.....	42
4.3.1 ผลการทดลองในขั้นตอนที่ 3.....	42
4.3.2 การวิเคราะห์ผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมกับ ค่าตัวแปรตามต่างๆ.....	44
4.3.3 ผลการใช้สมการในการคำนวณ.....	46
4.3.4 ผลการเปรียบเทียบค่าผลการทดลองจริงกับค่าจากสมการ.....	46



## สารบัญ (ต่อ)

### หน้า

บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	49
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	49
5.2	ความสำคัญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และการนำไปใช้ประโยชน์.....	51
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	51
	รายการอ้างอิง.....	53
	ภาคผนวก.....	56
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลการวิเคราะห์ผลขั้นตอนที่ 1-2.....	57
	ภาคผนวก ข. ข้อมูลการวิเคราะห์ผลขั้นตอนที่ 3.....	68
	ภาคผนวก ค. เทคนิคกระบวนการออกแบบการทดลอง.....	73
	ภาคผนวก ง. โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแวม.....	85
	ภาคผนวก จ. กระบวนการย่อยสลายตะกอนแบบไร้อากาศ.....	95
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	99

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	เปอร์เซ็นต์ของแข็งในตะกอน.....	5
ตารางที่ 2.2	ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตะกอน.....	5
ตารางที่ 2.3	แหล่งกำเนิดและลักษณะของตะกอน.....	6
ตารางที่ 2.4	ลักษณะของตะกอนที่มีความเข้มข้นต่างๆ.....	9
ตารางที่ 2.5	ตัวอย่างปริมาณตะกอนน้ำเสียและเปอร์เซ็นต์ของแข็ง.....	9
ตารางที่ 2.6	ออกแบบเมตริกซ์ สำหรับ $2^3$ และ $2^4$ โดย Full Factorial Design.....	15
ตารางที่ 2.7	แบบจำลองเมตริกซ์ $2^3$ แบบ Full Factorial Design.....	16
ตารางที่ 2.8	แบบจำลองเมตริกซ์ $2^2$ แบบ Full Factorial Design.....	18
ตารางที่ 3.1	วิธีการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์.....	24
ตารางที่ 3.2	ชุดการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม.....	28
ตารางที่ 3.3	ชุดการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม.....	29
ตารางที่ 3.4	ชุดการทดลองตามวิธีเทคนิคการออกแบบการทดลอง.....	29
ตารางที่ 4.1	ผลการทดลองเบื้องต้นตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง.....	31
ตารางที่ 4.2	ผลการทดลองในรูปร้อยละการเพิ่มและร้อยละการกำจัด หลังผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยสารเคมี.....	32
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการทดลองในรูปร้อยละการเพิ่มและร้อยละการกำจัด หลังผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยความร้อนเป็นเวลา 15 นาที.....	33
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการทดลองในรูปร้อยละการเพิ่มและร้อยละการกำจัด หลังผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยความร้อนเป็นเวลา 30 นาที.....	33
ตารางที่ 4.5	ค่าปัจจัยเริ่มต้นต่างๆของการทดลองตามกระบวนการออกแบบการทดลอง.....	43
ตารางที่ 4.6	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาความสัมพันธ์ในขั้นตอนที่ 3.....	43
ตารางที่ 4.7	ค่าสัมประสิทธิ์จากพารามิเตอร์ SCOD และ VS.....	44
ตารางที่ 4.8	ผลการป้อนค่าในสมการในโปรแกรมการคำนวณ.....	46
ตารางที่ 4.9	ผลการวิเคราะห์ SCOD ระหว่างค่าผลการทดลองจริงกับค่าจากสมการ.....	47
ตารางที่ 4.10	ผลการวิเคราะห์ VS ระหว่างค่าผลการทดลองจริงกับค่าจากสมการ.....	47

## สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงชุดข้อมูล Run number.....	15
รูปที่ 3.1 ชุดให้ความร้อน.....	26
รูปที่ 3.2 เครื่องกวนผสม.....	26
รูปที่ 3.3 ผังการทดลองขั้นตอนที่ 2.....	28
รูปที่ 3.4 ผังการทดลองขั้นตอนที่ 3.....	30
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับการบำบัดขั้นต้น .....	35
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Alkalinity กับการบำบัดขั้นต้น .....	36
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ กับการบำบัดขั้นต้น.....	38
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า COD กับการบำบัดขั้นต้น.....	39
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCOD กับการบำบัดขั้นต้น.....	40
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VS กับการบำบัดขั้นต้น.....	42

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย