บทที่ 4

แผนการทดลองและการวิจัย

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการ ของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 แผนการทดลอง

เนื่องจากต้องการศึกษาผลของความเข้มข้น ซีโอดี ที่เข้าระบบต่อการกำจัดฟอสฟอรัสในกระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิค-แอโรบิค (Effect of influent COD concentration on phosphorus removal in the anaerobic - aerobic activated sludge process) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการ พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้คงที่ คือ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งตลอดการทดลองนี้ใช้ค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสเท่ากับ 10 มก./ลิตร พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงคือ ความเข้มข้ม ซีโอดี ที่เข้าระบบ (Influent COD concentration) ซึ่งมี 3 ค่า คือ 200, 400 และ 600 มก./ลิตร การทดลองทั้งหมดได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงาน ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แผนการทดลอง

พารามิเตอร์	การทดลองที่		
	1	2	3
1. Influent COD (mg/l)	200	400	600
2. Influent flow rate (l/day)	24	24	24
3. Return Sludge flow rate (l/day)	36	36	36
4. Solids retention time (day)	6	6	6
5. Hydraulic retention time (hrs)			
5.1 Anaerobic tank 1	1	1	1
5.2 Anaerobic tank 2	1	1	1
5.3 Aerobic tank	6	6	6
6. Phosphorus concentration (mg/l)	10	10	10

4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เพื่อความสะดวกในการจัดเตรียมน้ำเสีย และสามารถควบคุมความเข้มข้นของน้ำเสียได้ง่าย จึงใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ประกอบด้วย ผงชูรส (monosodium glutamate), กรดอะซิติก (acetic acid), เปปโตน (peptone), ผงยีสต์สกัด (yeast extract) และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ สูตรสำหรับการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น ซีโอดี เท่ากับ 400 มก./ลิตร แสดงในตารางที่ 4.2 สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดี เท่ากับ 200 และ 600 มก./ลิตร เตรียมได้โดยลดและเพิ่มปริมาณของผงชูรสและกรดอะซิติกตามอัตราส่วน

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น
1. Monosodium glutamate (MSG)	217 mg/l
2. Acetic acid	0.2 ml/l
3. Peptone	1 mg/l
4. Yeast extract	1 mg/l
5. KH_2PO_4	44 mg/l
6. $(NH_4)_2\ SO_4$	93 mg/l
7. $MgSO_4 . 7\ H_2O$	108 mg/l
8. $CaCl_2 . 2\ H_2O$	20 mg/l
9. NaCl	15 mg/l

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

4.3.1 ถังเก็บน้ำเสียสังเคราะห์

ถังเก็บน้ำเสียสังเคราะห์เป็นถังพลาสติกขนาดจุ 50 ลิตร ถังนี้สามารถบรรจุน้ำเสียสังเคราะห์ได้ครั้งละ 2 วัน และจะทำความสะอาดก่อนนำมาใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ครั้งต่อไป

4.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบและเครื่องสูบตะกอนกลับ

น้ำเสียสังเคราะห์จะถูกสูบเข้าสู่ระบบแบบต่อเนื่องโดยจะเข้าไปสู่ถังแอนแอโรบิคที่ 1 (Anaerobic tank 1) และผสมกับตะกอนที่สูบกลับมาจากก้นถังตกตะกอน

(Sedimentation tank) แบบต่อเนื่องเช่นกัน เครื่องสูบทั้งสองที่ใช้ เป็นเครื่องสูบแบบรีดสาย (Peristaltic pump) ซึ่งสามารถปรับอัตราการไหลได้ผลิตโดยบริษัท Watson-Marlow

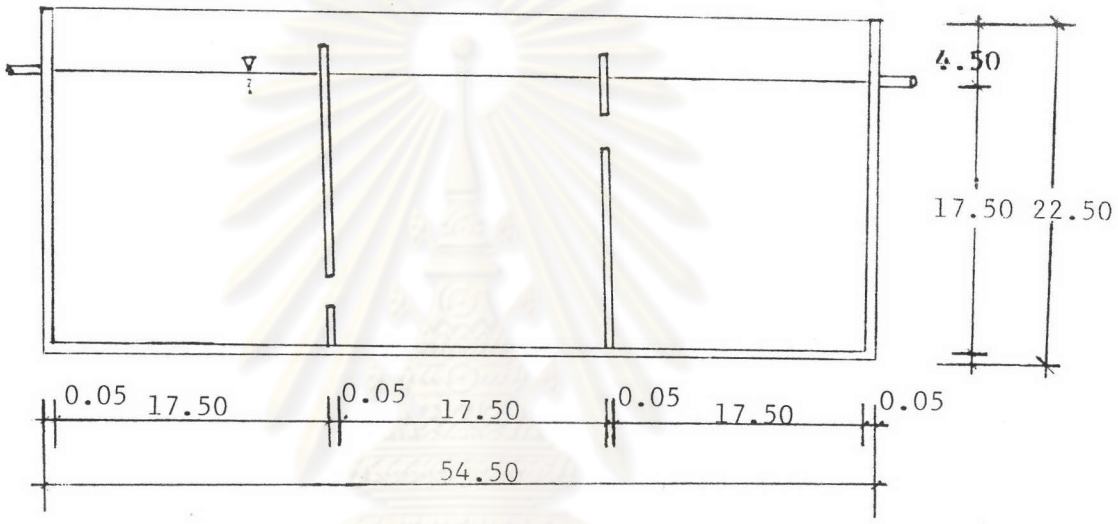
4.3.3 ถังแอนแอโรบิค 1 และ 2

ถังแอนแอโรบิค 1 และ 2 เป็นขวดแก้วรูปชมพู่ (Conical flask) ขนาด 3.0 ลิตร พร้อมทั้งมีแท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar) ขนาด 7 ซม. และเครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic stirrer) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ถังแอนแอโรบิค

4.3.4 ถังแอโรบิค

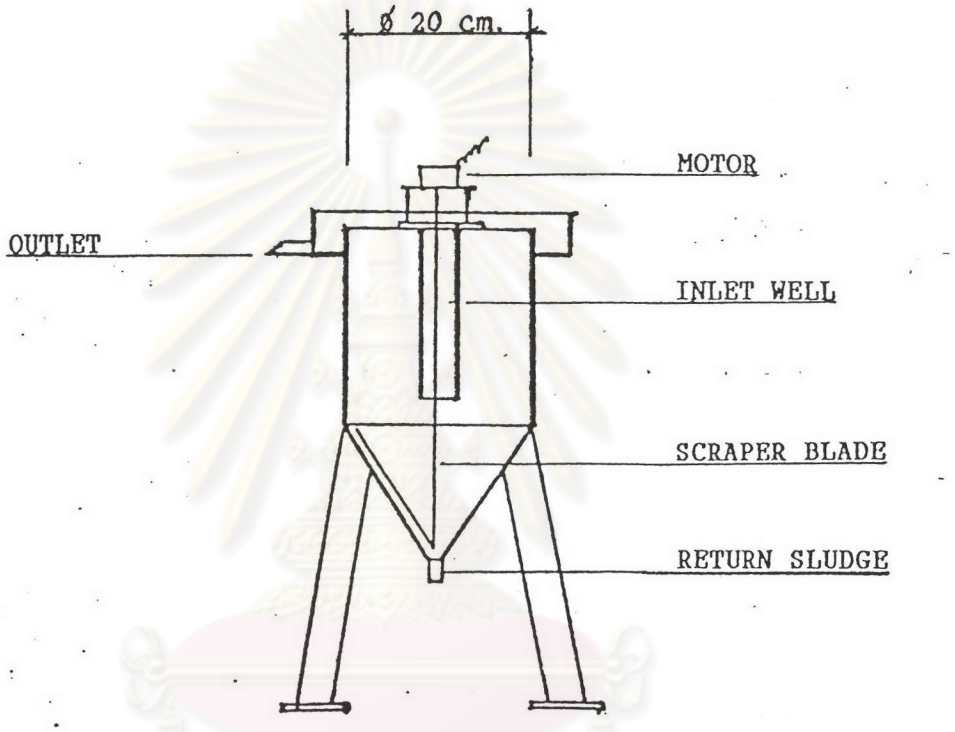
ถังแอโรบิคทำด้วยแผ่นอาร์คริลิคใส มีขนาด 17.5 ซม. x 54.5 ซม. x 22.5 ซม. ปริมาตรใช้งาน 15 ลิตร โดยในถังจะมีแผ่นกั้น (Baffle) 2 แผ่น เพื่อแบ่งถังออกเป็น 3 ส่วนทั้งนี้เป็นการป้องกันการไหลลัดวงจร (Short circuit) ระบบเติมอากาศให้แก่ถังแอโรบิค จะเป็นแบบเดียวกับที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาทั่วไป คือมีหัวทรายสำหรับกระจายฟองอากาศ จากเครื่องปั๊มลม (Air pump) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ถังแอโรบิค

4.3.5 ถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนทำด้วยแผ่นอาร์คริลิคใส รูปทรงกระบอก ซึ่งมีด้านล่างเป็นรูปกรวย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. มีปริมาตรความจุ 7 ลิตร พร้อมติดตั้งเครื่องกวาดตะกอนที่ก้นถังหมุนด้วยความเร็ว 2 รอบต่อนาที ด้านล่างมีท่อสำหรับสูบตะกอนกลับ ด้านบนมีรางรับน้ำส่วนที่ใสทิ้งออกจากระบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



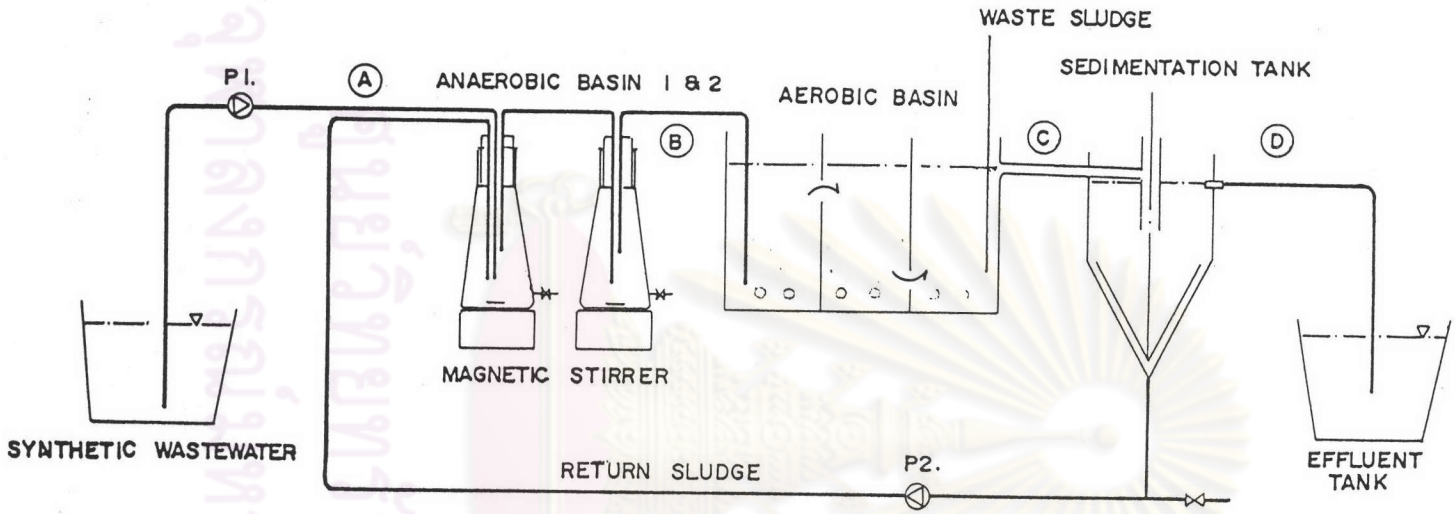
รูปที่ 4.3 ถังตกตะกอน

4.3.6 ท่อเข้าและท่อออก

ท่อเข้าและท่อออก ของแต่ละถังใช้สายยางซิลิโคน (Silicone pipe) ซึ่งสะดวกในการดูแลรักษา และไม่ชำรุดง่าย

4.4 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน

4.4.1 การติดตั้งเครื่องมือ และหลักการทำงานของกระบวนการแอคติเวตเตดสลัจ์แบบแอนแอโรบิค-แอโรบิค แสดงในรูปที่ 4.4 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 4.4 Flow Diagram ของระบบที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องสูบน้ำเสีย P1 สูบน้ำเสียสังเคราะห์ จากถังเก็บน้ำเสียส่งเข้าถังแอนแอโรบิค 1 อีกส่วนหนึ่ง เครื่องสูบตะกอน P2 สูบตะกอนกลับจากก้นถังตกตะกอน ส่งเข้ามายังถังแอนแอโรบิค 1 เช่นกัน ทั้งสองส่วนจะผสมกันมีเวลากักเก็บประมาณ 1 ชั่วโมง

2) น้ำที่ผ่านออกจากถังแอนแอโรบิค 1 แล้วจะไหลไปยังถังแอนแอโรบิค 2 ซึ่งมีเวลากักเก็บประมาณ 1 ชั่วโมงเช่นกัน

3) น้ำจะออกจากถังแอนแอโรบิค 2 ที่จุด B และส่งไปเข้าถังแอโรบิคซึ่งมี 3 ส่วนและมีเวลากักเก็บประมาณ 6 ชั่วโมง

4) น้ำออกจากถังแอโรบิคที่จุด C ส่งไปเข้าถังตกตะกอน น้ำใสส่วนบนของถังตกตะกอนจะไหลเข้ารางรับน้ำรอบๆ ขอบถังและไหลออกจากระบบที่จุด D

4.5 <u>การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์</u>

4.5.1 <u>การเก็บตัวอย่างน้ำ</u>

ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์ จะเก็บจากระบบ 4 ตัวอย่างตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

1) น้ำเสียสังเคราะห์จากถังเก็บน้ำเสีย กำหนดเป็นจุด A

2) น้ำที่ออกจากถังแอนแอโรบิค 2 กำหนดเป็นจุด B

3) น้ำที่ออกจากถังแอโรบิค กำหนดเป็นจุด C

4) น้ำที่ออกจากส่วนบนของถังตกตะกอน กำหนดเป็นจุด D

ตัวอย่างน้ำที่เก็บแต่ละจุดมีปริมาตรประมาณ 200 มล. และจะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดและความถี่ไว้ในตารางที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โพ๑๑๐๗๕๘

ตารางที่ 4.3 ตัวแปรและความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปร	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง				ความถี่
	A	B	C	D	
Total-P	*	–	*	*	2-3 ครั้ง/สัปดาห์
Ortho-P	*	*	*	*	"
COD	*	*	*	*	"
MLSS	–	–	*	–	"
MLVSS	–	–	*	–	"
pH	*	*	*	–	"
DO	–	–	*	–	"
No_2-N	–	–	–	*	2-3 ครั้ง/การทดลอง
No_3-N	–	–	–	*	"

4.5.2 <u>การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ</u>

สำหรับวิธีวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำมีดังต่อไปนี้

1) พีเอช (pH) วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องวัด พีเอชของ BECKMAN
2) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัด ดีโอ ของ YSI
3) ตะกอนแขวนลอย (Suspended solids) วิเคราะห์ตามวิธีของ Standard Methods โดยใช้กระดาษกรอง GF/C ของ WHATMAN
4) ซีโอดี (COD) วิเคราะห์โดยวิธี Closed Reflux Titrimetric Methods
5) Total - P วิเคราะห์โดยวิธี Persulfate digestion + Stannous chloride method
6) Ortho - P วิเคราะห์โดยวิธี Stannous chloride method

7) ไนไตรท์ (No_2-N) วิเคราะห์โดยวิธี Ultraviolet spectrophotometric method

8) ไนเตรท (No_3-N) วิเคราะห์โดยวิธี Ultraviolet spectrophotometric method

4.6 การควบคุมการทดลอง

ในการทดลองนี้สิ่งที่ต้องควบคุม และปฏิบัติเป็นประจำทุกวัน ได้แก่

1) การเตรียม และป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ เข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตรา 24 ลิตรต่อวัน
2) การระบายตะกอนจุลชีพทิ้งออกจากถังแอโรบิค เพื่อรักษาระดับอายุตะกอนของระบบดังจะกล่าวถึงต่อไป
3) การทำความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ ระบบตลอดจนการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำเสีย การตรวจสอบการชำรุดของสายยางซิลิโคน เป็นต้น

4.6.1 การควบคุมอายุตะกอนของระบบ

การควบคุมอายุตะกอนของระบบให้มีค่าคงที่ตลอดการวิจัยครั้งนี้สามารถทำได้ด้วยการระบายตะกอนทั้งจากถังแอโรบิค โดยคุมค่าอายุตะกอนให้มีค่า 6 วัน ซึ่งจะสามารถคำนวณหาปริมาณของตะกอนที่ต้องระบายทิ้งได้ดังนี้คือ

เนื่องจากอายุตะกอน (SRT) หมายถึง ระยะเวลาที่ตะกอนจุลชีพถูกรักษาให้อยู่ในระบบกำจัดน้ำเสีย และเขียนแทนได้ด้วยสูตร

$$SRT = \frac{\text{ปริมาตรตะกอนจุลชีพทั้งหมดที่อยู่ในถังเติมอากาศ}}{\text{อัตราการระบายตะกอนจุลชีพทิ้งจากระบบ}}$$

จากนิยามดังกล่าวสามารถเขียนแทน SRT ของระบบได้ว่า

$$SRT = \frac{VX}{Fw\ X + (F-Fw)\ Xe}$$

โดยที่ SRT = ค่าอายุของตะกอนจุลชีพในระบบ , วัน

V = ปริมาตรของถังเติมอากาศ , ลิตร

X = ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังเติมอากาศ, มก./ล.

Fw = อัตราการระบายตะกอนทิ้ง , ลิตร/วัน

F = อัตราการไหลของน้ำเสียน้ำเข้าสู่ระบบ , ลิตร/วัน

Xe = ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในน้ำทิ้ง ที่ออกจากถังตก-ตะกอน , มก./ล.

ในกรณีที่น้ำทิ้งออกจากถังตกตะกอนมีลักษณะใสมาก ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอย Xe มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับเซลล์จุลชีพในถังเติมอากาศดังนั้นเทอม (F-Fw) Xe จึงมีค่าน้อยมาก และอาจตัดทิ้งได้ ดังนั้น

$$SRT = \frac{VX}{F_wX} = \frac{V}{Fw}$$

เพราะฉะนั้น อัตราการทิ้งตะกอนโดยประมาณของระบบนี้ ซึ่งมี SRT = 6 วัน และปริมาตรของถังเติมอากาศเป็น 15 ลิตรตามลำดับเท่ากับ

$$Fw = \frac{15}{6} = 2.5 \text{ ลิตร}$$

ดังนั้น อัตราการทิ้งตะกอน , Fw = 2.5 ลิตร/วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย