บทที่ 3

แผนการและการดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการ โดยใช้ระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่มีไมโครฟิลเทรชันเมมเบรนแบบจมตัว (SMF-MBR.) บำบัดน้ำเสียจากอาคารสูง ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษ และแบคทีเรียก่อโรค ศึกษาความคงตัว ความเหมาะสมของคุณภาพน้ำ และต้นทุนการบำบัด ในการนำกลับมาใช้ใหม่

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำกระทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนชุดทดลองเลือกที่จะติดตั้ง และดำเนินการอยู่ที่ชั้นใต้ดิน อาคาร4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีความเหมาะสมจากเหตุผลในการพิจารณา ดังนี้

กองงานอาคาร บุคคลากรอาคาร 4 ให้ความร่วมมือช่วยเหลือเต็มที่ทั้งด้านสถานที่ ไฟฟ้า เทคนิคและความปลอดภัย ขณะอาคารอื่นที่ติดต่อ ไม่มีสถานที่ในร่มหรือมิดชิด ไม่รับรองความปลอดภัยของอุปกรณ์ เรียกร้องค่าไฟฟ้า บ่อพักไม่อำนวยต่อการติดตั้งปั๊มหรือสูบน้ำเสียขึ้นในระยะยาว เป็นต้น อาคาร 4 อยู่ใกล้ห้องปฏิบัติการ ง่ายต่อการเดินทางไปกลับเฉลี่ย 2-4 ครั้ง/วัน ในการเก็บตัวอย่าง ปรับพีเอช ซ่อมบำรุงระบบ ประกอบกับเครื่องมือวัดที่ใช้งานประจำวัน เช่น พีเอช ดีโอ โออาร์พี เป็นของส่วนรวม ซึ่งมีผู้ใช้จำนวนมาก จึงไม่อาจนำออกนอกสถานที่ได้เป็นเวลานาน

อาคาร 4 จัดเป็นอาคารสูงประเภทสำนักงานและการเรียน อาจไม่ใช้ตัวแทนที่ดีที่สุดของอาคารสูงในกรุงเทพฯ จากค่าซีโอดีเฉลี่ย 172 มก./ล. ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นคือ 250-500 มก./ล. เนื่องจากไม่มีศูนย์อาหารบนอาคาร การศึกษาการกำจัดไนโตรเจน กระทำได้โดยการสังเคราะห์ซีโอดีเพิ่มให้กับน้ำเสีย โดยยังคงมีภาพรวมของลักษณะน้ำเสียใกล้เคียงกับ น้ำเสียจากอาคารสูงประเภทต่างๆในกรุงเทพฯ

ภาพรวมการดำเนินโครงงานวิจัยวิทยานิพนธ์ :

1) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ประกอบติดตั้งชุดทดลอง และทดสอบการทำงาน ดังจะกล่าวในหัวข้อ 3.2 ,3.4
2) เริ่มการทำงานของระบบด้วยหัวเชื้อจุลชีพ จากสลัดจ์เวียนกลับของโรงบำบัดสี่พระยา
3) ดำเนินงานวิจัยตามแผนการทดลอง ดังจะกล่าวในหัวข้อ 3.5 ,3.6 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง
4) ดำเนินการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และเก็บข้อมูล ดังจะกล่าวในหัวข้อที่ 3.7
5) วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ และเขียนรายงานการวิจัย เพื่อนำเสนอต่อไป

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ไมโครฟิลเทรชันเมมเบรน (Microfiltration Membrane ; MF) ของ บจก.มิตซูบิชิ เรยอน. ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2.12 ค. มีรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

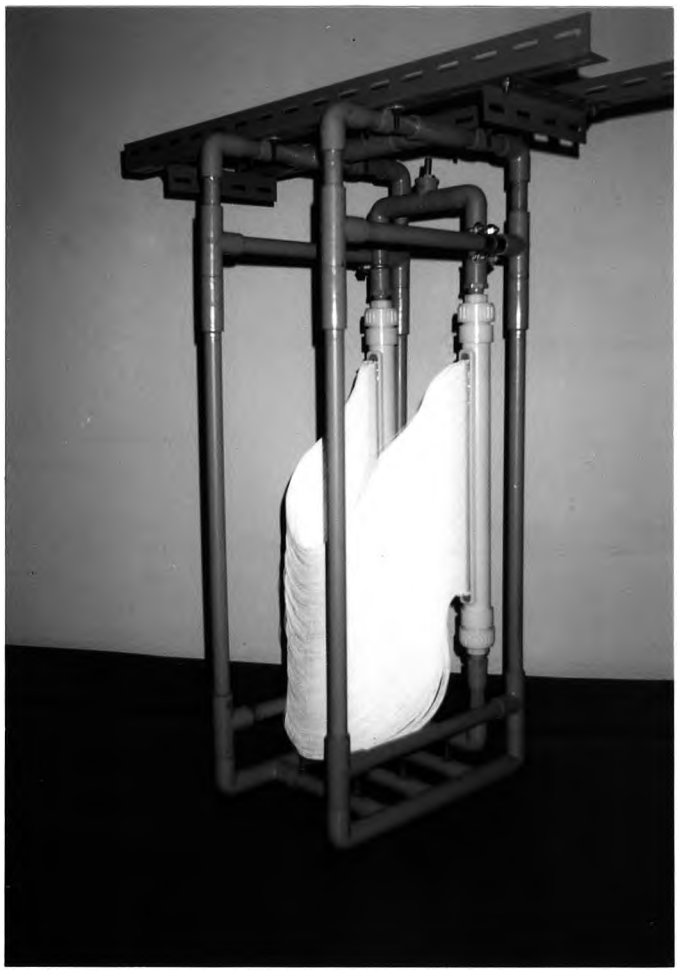
- ชื่อทางการค้า "Sterapore L"(Ultramicrofilter for high concentrated solution of suspended solids)
- รุ่น (Model) : UMF. 424SLI ขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร พื้นที่ผิวของเมมเบรน 4 ตร.ม.
- วัสดุเมมเบรนเป็นชนิด "Polyethylene Hollow Fiber Membrane" (Hydrophilic)
- ข้อต่อท่อทางดูดของปั๊ม (suction pipe) เป็นชนิดเกลียว ขนาด 4 หุน (Union join 1/2")
- อุณหภูมิทำงานปกติ : ต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส

2) เมมเบรนโมดูลยูนิต สร้างขึ้นจากท่อพีวีซี แสดงดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย 2 ส่วนการทำงาน
-: ส่วนของท่อยึดจับเมมเบรน ซึ่งปลายท่อ ต่อกับทางดูดของปั๊ม เพื่อสูบน้ำออกจากถังปฏิกรณ์
-: ส่วนของท่ออากาศ และเติมอากาศแบบฉีดพ่น ปลายท่อต่อเข้ากับระบบลมอัด
พร้อมชุดโครงเหล็กฉากรู ติดตั้งเหนือถังปฏิกรณ์สำหรับยึดโมดูลยูนิต และอุปกรณ์ประกอบ

3) ถังปฏิกรณ์ชีวภาพ : ถังน้ำขนาด 200 ลิตร 1 ถัง พร้อมขาเหล็กรองก้นถัง
4) ถังพัก-จ่ายน้ำเสีย : ถังน้ำขนาด 200 ลิตร 1 ถัง พร้อมขาเหล็กตั้งสูง
5) ถังเก็บน้ำที่บำบัดแล้ว : ถังน้ำขนาด 200 ลิตร 1 ถัง
6) เครื่องสูบน้ำหอยโข่ง (Centrifugal Pump) 2 เครื่อง (Feed และ Circulation) และ ปั๊มรีดสาย (Peristatic Pump) 1 เครื่อง (Suction Pump)
7) ชุดเครื่องเติมอากาศ 1 ชุด ได้แก่ ปั๊มลมอัด เรคกูเรเตอร์ความดัน ท่อพีวีซี ท่อยาง ฯลฯ
8) ท่อน้ำ และข้อต่อต่างๆ พีวีซี.13.5 แคล้มรัดท่อ และหัวฉีดน้ำ
9) วาล์วมือ 5 ตัว โซลินอล์ยวาล์วลม 2 ตัว และวาล์วลูกลอย 1 ชุด

10) อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ได้แก่

- เครื่องวัดอัตราการไหล น้ำและอากาศ (Flow Meter) อย่างละ 1 ตัว (On-Site)
- มาตรวัดความดันน้ำ (Pressure gauge) 2 ตัว (On-Site)
- เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลาย และอุณหภูมิ (DO Meter) 1 เครื่อง (Laboratory)
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH Meter) 1 เครื่อง (Laboratory)
- เครื่องวัดค่าความขุ่น (Turbidity Meter) 1 เครื่อง (Laboratory)



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบ เมมเบรนโมดูลยูนิต ของระบบเอสเอ็มเอฟ-เอ็มบีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

11) อุปกรณ์และวัสดุสำหรับงานทางไฟฟ้า ได้แก่

- ตู้ควบคุม สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ของ "SQ.-D" 1 ตู้
- วัสดุอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการต่อวงจรควบคุมระบบ เช่น เบรคเกอร์ คอนแทคเตอร์ รีเรย์ สายไฟฟ้า และอุปกรณ์เดินสายไฟตามสมควร ฯลฯ
- ไทม์เมอร์ ควบคุม วงจรควบคุมอินเทอร์ล็อค ของมอเตอร์ปั๊มหมุนเวียนน้ำภายใน กับปั๊มลมอัด สำหรับการเติมอากาศเป็นช่วงๆ (Intermittent Aeration) 1 ตัว
- ไทม์เมอร์ หน่วงเวลา 1-5 นาที ควบคุมการเติมอากาศ และเติมอากาศแบบฉีดพ่น
- ไทม์เมอร์ วงจรควบคุมมอเตอร์ขับ ปั๊มดูด ดูดน้ำซึมผ่านเมมเบรน ออกจากถังปฏิกรณ์เดินและหยุด เป็นช่วงๆ
- วัตต์มิเตอร์ วัดค่ากำลังงานไฟฟ้ารวมในการทำงานของระบบ

12) ชุดขวดเก็บตัวอย่างน้ำ เครื่องมือ และอุปกรณ์การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สำหรับการวิเคราะห์ค่าตัวแปร และพารามิเตอร์ ดังจะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.4 และ 3.7

3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองและแผนการเก็บน้ำเสีย

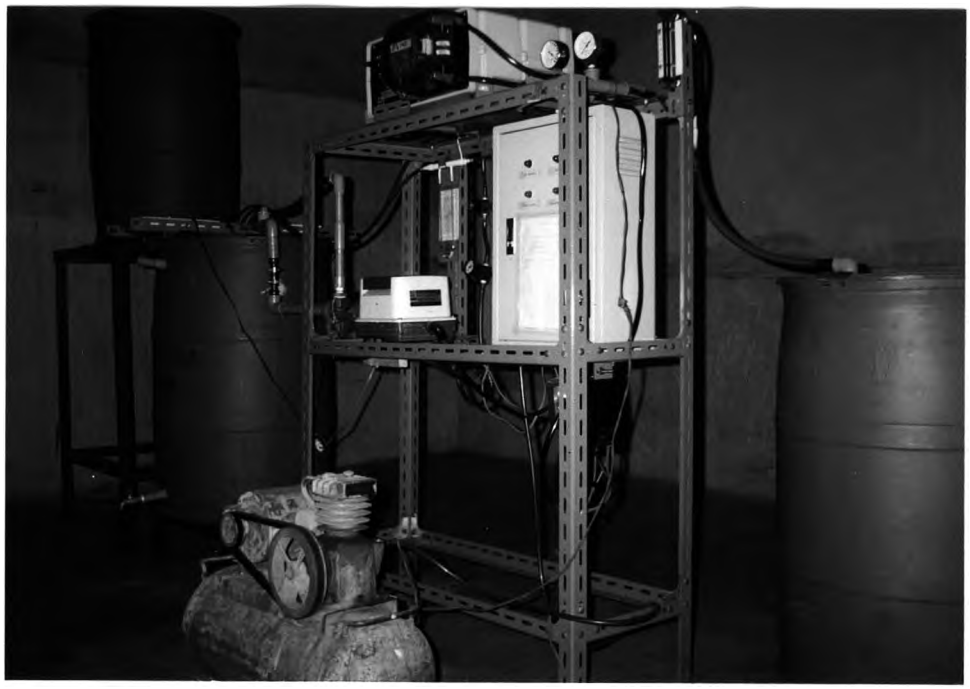
การทดลองที่ 1 และ 5 ใช้น้ำเสียจริงจากอาคาร 4 (อาคารสูงประเภทอาคารเรียนและสำนักงาน) ซึ่งมีค่าซีโอดีและทีเคเอ็นอยู่ในช่วง 80-220 และ 45-100 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองที่ 2-4 ใช้น้ำเสียจริงผสมน้ำตาลเพิ่มค่าซีโอดี 250 มก./ล. เท่ากันทุกวัน ได้น้ำเสียกึ่งสังเคราะห์มีค่าซีโอดีรวม 330-500 มก./ล. โดยมีเหตุผล (มีผลการทดลองขั้นต้นประกอบ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป) เพื่อการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง ต่อปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่นได้อย่างชัดเจน โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป และมีค่าลักษณะน้ำเสียโดยภาพรวมใกล้เคียงกับน้ำเสียจากอาคารสูงในกรุงเทพฯ

ลักษณะน้ำเสียทุกค่า จะทำการตรวจวิเคราะห์ จากการเก็บตัวอย่างที่ถังพักของชุดทดลอง เมื่อมีการเก็บน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โดยแผนการเก็บ และวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง เป็นไปดังที่จะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.7

รวบรวมน้ำเสียเข้าระบบ โดยใช้ปั๊มสูบน้ำเสียขึ้นจากบ่อพักน้ำของอาคาร นำมาเก็บใน ถังพักน้ำของชุดทดลอง โดยปลายท่อดูดจะติดตั้งตาข่ายไนล่อน เพื่อกักแยกเศษซาก หรืออนุภาคขนาดใหญ่ ที่จะเข้าสู่ระบบ ปริมาณน้ำเสียที่สูบขึ้นเก็บในถังพัก เพียงพอสำหรับใช้ในการทดลอง 1 วัน เป็นปริมาตร 160-255 ลิตร ขึ้นกับค่าเวลากักเก็บในถังปฏิกรณ์แต่ละการทดลอง (สารละลายน้ำตาลจะผสมกับน้ำเสียจริง โดยอาศัยความปั่นป่วนขณะเติมน้ำเสียเข้าถังพักจ่ายน้ำเสีย)

3.4 ส่วนประกอบและการควบคุมการทำงานของระบบ

ระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่มีไมโครฟิลเทรชันเมมเบรนแบบจมตัว (SMF.-MBR.) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงชุดทดลองระบบเอสเอ็มเอฟ-เอ็มบีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3.4.1 ระบบการจ่ายน้ำเข้า และนำน้ำออกจากถังปฏิกรณ์ :

-: ระบบจ่ายน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์ ใช้เฮดความสูงของระดับน้ำจากถังพักจ่ายน้ำเสีย และควบคุมการจ่ายน้ำด้วยวาล์วลูกลอย

-: น้ำที่บำบัดแล้วออกจากระบบด้วยปั๊มดูด สูบน้ำให้กรองผ่านเมมเบรน เป็นช่วงๆมีรอบเวลาการทำงาน 10/10 นาที (เดิน/หยุด) ควบคุมจังหวะการทำงานด้วยไทม์เมอร์

-: ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ และมาตรวัดความดันแตกต่าง ที่ท่อทางส่ง และระหว่างตัวเรือนปั๊ม ตามลำดับ ปรับแต่งค่าอัตราการไหลเริ่มต้น โดยปรับรอบการหมุนของปั๊มดูด

-: ติดตั้งวาล์วน้ำควบคุมด้วยมือ ที่ท่อทางจ่าย (ป้องกันความผิดพลาดของวาล์วลูกลอย) และท่อระบายตะกอนสะสมที่ระดับต่ำสุด ของถังของถังพักจ่ายน้ำเสีย

-: ระบบจะต้องหยุดเพื่อล้างทำความสะอาดเมมเบรนเมื่อ ปั๊มสูบน้ำมี "ความดันแตกต่างทำงาน" มากกว่า "ความดันแตกต่างเมื่อระบบคงตัวเริ่มต้นการทดลอง" 20-30 KPa โดยจะสั่งหยุดการทำงานของปั๊มดูด แต่ระบบเติมอากาศ และ การหมุนเวียนน้ำจะยังคงทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

3.4.2 ระบบการทำงานของถังปฏิกรณ์ :

ถังปฏิกรณ์ของระบบเอสเอ็มเอฟ-เอ็มบีอาร์ ที่ใช้ในการทดลองนี้ แสดงดังรูปที่ 3.3 และมีรูปแบบการทำงานแสดงดังตารางที่ 3.1

-: ชุดเมมเบรนโมดูลยูนิต ติดตั้งจมใต้น้ำในถังปฏิกรณ์ ประกอบด้วย ไมโครฟิลเทรชันเมมเบรน ระบบท่ออากาศ และหัวเติมอากาศแบบฉีดพ่นอยู่ในชุดเดียวกัน สามารถถอดแยกชุดจับเมมเบรนออกจากชุดท่อเติมอากาศได้ตามต้องการ

-: ระบบเติมอากาศ และเติมอากาศแบบฉีดพ่น ปรับเปลี่ยนรูปแบบด้วย โซลินอล์ยวาล์ว และเรคกูเรเตอร์ความดัน ควบคุมจังหวะการทำงานด้วยไทม์เมอร์หน่วงเวลา

-: ระบบสูบน้ำหมุนเวียนภายใน จะปั๊มน้ำจากก้นถังปฏิกรณ์ ขึ้นไปตามระบบท่อ และผ่านหัวฉีดน้ำกลับเข้าสู่บริเวณเหนือโมดูลยูนิต เพื่อสร้างกระแสไหลผ่านผิวหน้าเมมเบรน แต่ไม่เกิดความปั่นป่วนจนส่งเสริมการถ่ายเทออกซิเจนจากบรรยากาศ ในช่วงหยุดเติมอากาศ (Anoxic)

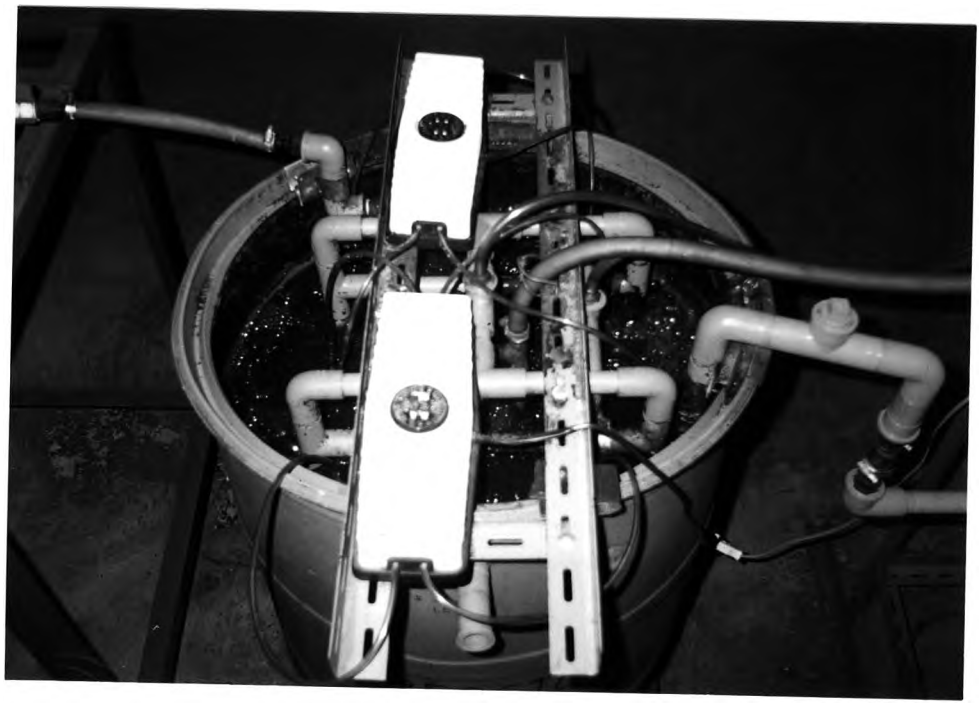
-: ท่อระบายน้ำสลัดจ์ออก อยู่ที่ระดับต่ำสุดของถัง ควบคุมการทำงานด้วยวาล์วมือ

-: รอบเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ เพื่อการสร้างสภาวะแอโรบิค และแอนนอกซิคจะมีช่วงเวลาเท่ากัน (อัตราส่วน เวลาเติมอากาศ ต่อเวลาทั้งหมดคือ 0.5) สามารถปรับตั้งได้ด้วยไทม์เมอร์

ตารางที่ 3.1 รูปแบบควบคุมการทำงานของระบบเอสเอ็มเอฟ-เอ็มบีอาร์ ในงานวิจัยนี้

Operation mode :	Aerobic period	Anoxic period
Continuous aeration mode	aeration / Jet aeration	-
Intermittent aeration mode	*Jet aeration / aeration	Circulation pump

หมายเหตุ : * การฉีดพ่นอากาศ (Jet aeration) ทำงานในช่วง 3 นาทีแรก ของทุกๆรอบการเติมอากาศ



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงถังปฏิกรณ์ของระบบเอสเอ็มเอฟ-เอ็มบีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3.5 ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรอิสระ

1) รอบเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ (Intermittent Aeration Period) 0 , 90 และ 120 นาที
2) ค่าเวลากักเก็บในถังปฏิกรณ์ (Hydrolic Retention Time) 24 และ 16 hr.
3) ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้า ได้แก่ น้ำเสียจริง น้ำเสียกึ่งสังเคราะห์เพิ่มค่าซีโอดี 250 มก./ล.
4) กระแสปั่นป่วนบริเวณผิวหน้าเมมเบรนจาก การเติมอากาศ เติมอากาศแบบฉีดพ่น (ช่วงแอโรบิค) และ ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนภายใน (ช่วงแอนนอกซิค)

ตัวแปรตาม

1) ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และไนโตรเจน (Organic and Nitrogen loading)
2) ความเข้มข้นของซีโอดี และไนโตรเจนในน้ำที่ออกจากระบบ
3) ค่าความดันสูญเสียในระบบการกรองน้ำผ่านไมโครฟิลเทรชั่นเมมเบรน
4) ความเข้มข้นของสลัดจ์จุลชีพภายในถังปฏิกรณ์

ตัวแปรควบคุม

1) พื้นที่ผิวการกรองของไมโครฟิลเทรชันเมมเบรน 4 ตร.ม.
2) ปริมาตรทำงานของถังปฏิกรณ์ 160 ลิตร
3) รอบเวลาการทำงานของปั๊มดูด เดิน 10 นาที หยุด 10 นาที
4) อุณหภูมิน้ำภายในถังปฏิกรณ์ (แปรตามอุณหภูมิห้อง)
5) ปริมาณออกซิเจนละลายภายในถังปฏิกรณ์ มากกว่า 1-2 มก./ล (Aerobic)
6) พีเอช น้ำภายในถังปฏิกรณ์ควบคุมในช่วง 6.5-8.5
7) อัตราการไหลในการเติมอากาศ และฉีดพ่นอากาศ 25 ,75 ลิตร/นาที ตามลำดับ
8) อัตราการไหลของปั๊มน้ำหมุนเวียนภายใน (Anoxic) 20-25 ลิตร/นาที
9) ค่าฟลักซ์ในการกรองน้ำผ่านไมโครฟิลเทรชันเมมเบรนระหว่างแต่ละการทดลอง
10) ค่าความดันแตกต่างทำงานวิกฤติของปั๊มดูด 20-30 KPa

3.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เริ่มการทำงานของระบบโดยใช้หัวเชื้อจุลชีพจากตะกอนเวียนกลับของระบบเอ.เอส. คำนวณค่าความเข้มข้นสุดท้ายของสลัดจ์จุลชีพ เมื่อผสมน้ำเสียเข้าเต็มปริมาตรถังปฏิกรณ์ 160 ลิตร ให้มีค่าในช่วง 2,000 - 3,000 มก./ล ตรวจเช็คระดับท่อ และวาล์วลูกลอย ให้คงรักษาระดับปริมาตรทำงานออกแบบ ดำเนินระบบภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง และไม่จำกัดอายุสลัดจ์ (Infinity Sludge ages)

ลำดับขั้นในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

<u>การทดลองที่ 1</u> (RUN1)

1) กำหนดค่าเวลากักเก็บ 24 ชม. โดยปรับอัตราการไหลของปั๊มดูด ให้มีค่า 345 ลิตร/วัน ขณะเมื่อปั๊มดูดทำงาน เดิน 10 นาที หยุด 10 นาที ค่าฟลักซ์ขณะที่ปั๊มทำงานมีค่า 0.086 m^3/m^2-day

2) เดินระบบด้วยการทำงานแบบเติมอากาศต่อเนื่อง รักษาปริมาณออกซิเจนละลาย ในถังปฏิกรณ์ให้มีค่ามากกว่า 2 มก./ล ปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นได้เต็มประสิทธิภาพ

3) วิเคราะห์ค่าตัวแปร และตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.5 ,3.7 และดำเนินการทดลองไปจนกระทั่งระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแฝง (Pseudo steady state)

<u>การทดลองขั้นต้น (Pretest) ก่อนเริ่มการทดลองที่ 2</u>

ศึกษาผลของการเปลี่ยนรูปแบบการเติมอากาศต่อเนื่องมาเป็นเติมอากาศเป็นช่วงๆ ต่อการกำจัดซีโอดี และไนโตรเจน ใน 37 วัน พบว่า ซีโอดีในน้ำเสียอาคารที่ศึกษา มีค่าต่ำต่อการกำจัดไนโตเจน เนื่องจากไม่มีศูนย์อาหาร และเป็นช่วงปรับสภาวะของระบบ ประสิทธิภาพดีไนตริฟิเคชั่นมีค่าต่ำ การศึกษาผลของรอบเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ การทดลองที่ 2 , 3 ไม่ชัดเจน จากข้อมูลซีโอดีในน้ำเสียอาคารสูงโดยรวมแต่ละประเภทในกรุงเทพฯ ที่จัดว่ามีภาระสารอินทรีย์สูง มีค่า 250-500 มก./ล. จากสาเหตุดังกล่าว จึงมีการเติมน้ำตาลผสมกับน้ำเสียจริง สังเคราะห์เพิ่มค่าซีโอดี ให้มีค่าลักษณะน้ำเสียในภาพรวมใกล้เคียงกัน เพื่อสามารถวิเคราะห์ผลของตัวแปรต่างๆในการทดลองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

<u>การทดลองที่ 2 และ 3</u> (RUN 2 and 3) :

1) กำหนดค่าเวลากักเก็บเท่ากับ 24 ชั่วโมง เช่นกับการทดลองที่ 1

2) เดินระบบด้วยการทำงานแบบเติมอากาศเป็นช่วงๆ มีรอบเวลาการเติมอากาศเท่ากับ 90 นาที (Aerobic) และหยุดเติมอากาศ 90 นาที (Anoxic)

3) เพิ่มค่าซีโอดีให้กับน้ำเสียจ่ายเข้าระบบ 250 มก./ล. เท่ากันทุกๆวัน โดยเติมสารละลายน้ำตาล

4) ตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ และวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.5 , 3.7 ดำเนินการทดลองไปจนกระทั่งระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแฝง (Pseudo steady state)

5) เก็บผล "Profile" ลักษณะน้ำออกของค่า ซีโอดี. ทีเคเอ็น ไนไตรท์ ไนเตรท และ ค่าดีโอ. โออาร์พี ในถังปฏิกรณ์ ครบหนึ่งรอบเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ

6) ดำเนินการทดลองซ้ำตั้งแต่ต้น โดยใช้รอบระยะเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ เท่ากับ 120 นาที

การทดลองที่ 4 และ 5 (RUN 4 and 5) :

1) กำหนดค่าเวลากักเก็บ 16 ชม. โดยปรับอัตราการไหลของปั๊มดูด ให้มีค่า 518 ลิตร/วัน ขณะเมื่อปั๊มดูดทำงาน เดิน 10 นาที หยุด 10 นาที ค่าฟลักซ์ขณะที่ปั๊มทำงานจะมีค่า 0.13 m^3/m^2-day

2) เดินระบบด้วยรอบเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ โดยเลือกค่าที่เหมาะสมจากการทดลอง 2 ,3

3) เพิ่มค่าซีโอดีให้กับน้ำเสียจ่ายเข้าระบบ 250 มก./ล. เท่ากันทุกๆวัน โดยเติมสารละลายน้ำตาล

4) ตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ และวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.5 , 3.7 ดำเนินการทดลองไปจนกระทั่ง ระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแฝง (Pseudo steady state)

5) เก็บผล "Profile" ของลักษณะน้ำออกค่า ซีโอดี. ทีเคเอ็น ไนไตรท์ ไนเตรท และ ค่าดีโอ. โออาร์พีในถังปฏิกรณ์ ครบหนึ่งรอบเวลาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ

6) ดำเนินการทดลองซ้ำตั้งแต่ต้น โดยไม่มีการเพิ่มสารอินทรีย์ให้กับน้ำเสียเข้าระบบ (งดน้ำตาล)

ตารางที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานทดลอง

Experimental NO.	HRT. (hr.)	Sugar add.	Intermittent Aeration period (min.)	Cycles per day	Running Time (days)
Run 1	24	no	0 (Continuous)	0	55
Pre.-test.	24	no	90	8	37
Run 2	24	yes	90	8	56
Run 3	24	yes	120	6	50
Run 4	16	yes	Optimize from Run 2 , 3	6 or 8	60
Run 5	16	no	Run 4	6 or 8	80

เมื่อ "ความดันทำงานของปั๊ม" มีค่ามากกว่า "ความดันเมื่อระบบเข้าสู่ค่าคงตัวเริ่มต้น" เกินกว่า 20-30 KPa (Critical external pressure difference) ให้หยุดการทำงานของปั๊มดูด และ ถอดชุดจับเมมเบรน นำไปฉีดล้างทำความสะอาด โดยระบบเติมอากาศยังคงทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

3.7 พารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์และการเก็บตัวอย่าง

รายชื่อพารามิเตอร์ ที่จะทำการตรวจวิเคราะห์ รวมถึง ตำแหน่ง ความถี่ ในการเก็บตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ แสดงไว้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการตรวจวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ตำแหน่งในการเก็บตัวอย่าง	ความถี่ (วันในสัปดาห์)	วิธีการวิเคราะห์
Eff. flow rate	Eff.	จ - ส	Flow Meter
Different press.	Suc./ Dis. of Pump	จ - ส	Pressure Gauge
KW. * hr	Main curcuit Breaker	จ - ส	Watt - Meter
Temperature	Rea.	จ - ส	DO.Meter (Thermal Prob.)
pH	Inf. / Rea. / Eff.	จ - ส	pH Meter
DO.	Rea.	จ - ส , Profile	DO. Meter
ORP.	Rea.	Profile	ORP. Meter
Turbidity	Inf. / Eff.	จ , พ , ศ	Hack Turbidity Meter
COD.	Inf. / Eff.aero ,Eff.anox	จ , พ , ศ , Profile	Dichromate Close Reflux Method
SS	Inf. / Eff.	จ , พ , ศ	Gravimetric Method
MLSS,MLVSS	Rea.	จ , พ , ศ	Gravimetric Method
TKN.	Inf. / Rea. / Eff.aero , Eff.anox	จ , พฤ , Profile	Macro-Kjeldahl Method
NO_2-N	*Inf. / Eff.aero , Eff.anox	จ , พฤ , Profile	Colorimetric Method
NO_3-N	*Inf. / Eff.aero ,Eff.anox	จ , พฤ , Profile	Ultraviolet Spectrophotometric Method
Fecal coliform	Eff.	ตามสมควร	MPN. Method

หมายเหตุ :

(*) = กรองก่อนทำการตรวจวิเคราะห์

Inf./ Rea./ Eff.aero,anox = จุดเก็บตัวอย่าง น้ำเข้า /ถังปฏิกรณ์/ น้ำออก สิ้นสุดรอบแอโรบิค,แอนนอกซิค

ที่มา : (Standard Method. , 1989)

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินงานทั้งหมด

-: ติดต่ออาคารสูงที่จะอนุเคราะห์ให้ทำงานวิจัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตั้งงบประมาณ หาเงินทุน จัดหาวัสดุอุปกรณ์ ประกอบ และติดตั้ง = 4.5 เดือน

-: งานทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และระบบโดยรวม = 0.5 เดือน

-: ช่วงดำเนินการทดลองทั้งหมด รวมทั้งสิ้น = 11.5 เดือน

-: สรุปเสนอผลต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ปิดการทดลอง และมอบงานชุดทดลองให้ผู้ทำโครงงานวิจัยต่อเนื่อง และแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง = 0.5 เดือน

รวมระยะเวลาดำเนินงานทั้งสิ้น = 17.0 เดือน

3.9 การประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายในการนำกลับน้ำเสียมาใช้ใหม่ต่อหน่วยปริมาตรน้ำ

3.9.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ : ได้แก่

-: ต้นทุนค่าวัสดุ-อุปกรณ์ เครื่องมือ ค่าใช้จ่ายในการประกอบ และติดตั้ง ชุดทดลอง (Inv.) บาท

-: ต้นทุนค่าไมโครฟิลเตรชั่นเมมเบรน (MF.) บาท/หน่วย และ อายุการใช้งาน (n.) ปี

-: อายุการใช้งานของชุดทดลอง (N.) ปี

-: อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (i %)

-: ค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบ (Op.) บาท/ปี ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี อื่นๆ

-: กำลังการผลิต หรือ ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้ต่อปี (Q) ลบ.ม./ปี

3.9.2 ขั้นตอนในการคำนวณ : ตามลำดับดังต่อไปนี้

-: คำนวณหา "มูลค่าปัจจุบัน" ของเมมเบรน ถอดเปลี่ยนทุก n ปี ตลอดอายุระบบ N ปี , ($MF._N$) บาท

-: คำนวณหา "มูลค่าปัจจุบัน" ของค่าใช้จ่ายในการทำงานของระบบตลอด N ปี ($Op._N$)

-: เงินลงทุนทั้งหมด (TInv.) บาท = (Inv.) + ($MF._N$) + ($Op._N$)

-: คำนวณหา "ค่าใช้หนี้คืนเงินต้น" ของ T.Inv. ที่ต้องผ่อนชำระคืนต่อปี เป็นเวลา N ปี ($TInv._N$)

-: ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย (นำกลับน้ำเสียมาใช้ใหม่) ต่อหน่วยปริมาตร บาท/ลบ.ม.

$$\text{ต้นทุนการบำบัด บาท/ลบ.ม.} = (TInv._N / Q)$$