บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

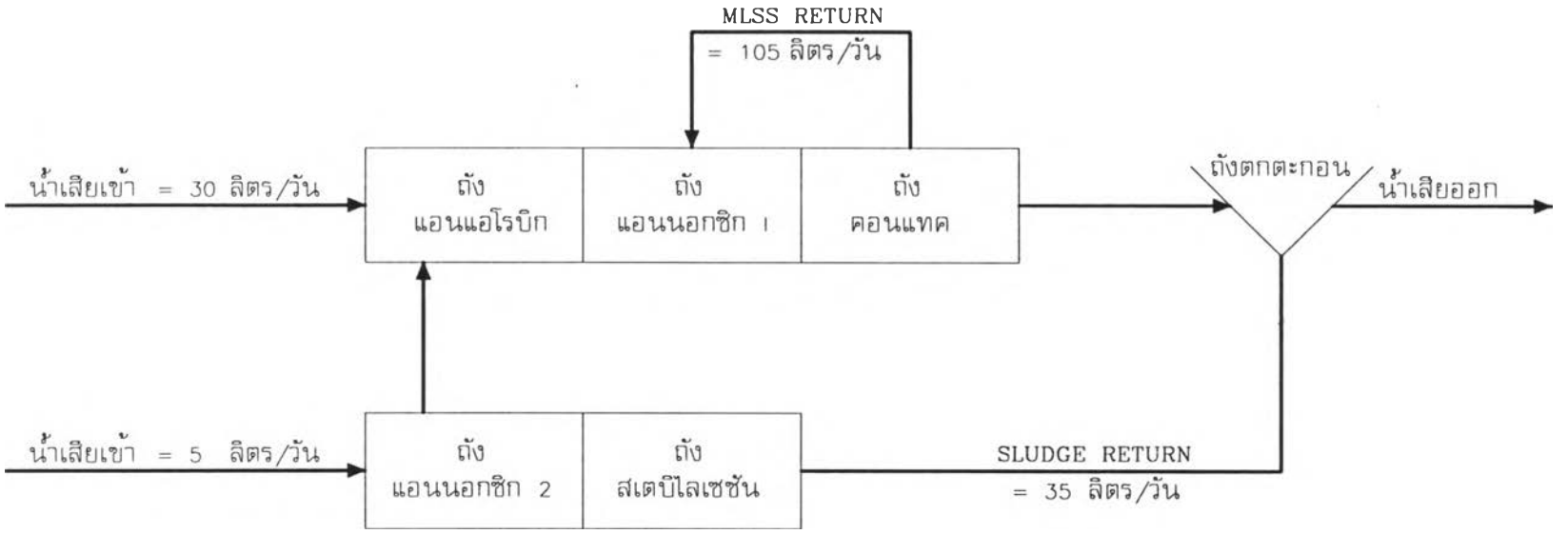
การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์กระบวนการตะกอนเร่งแบบสัมผัส-ย่อยสลายในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ซึ่งมีแผนผังการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 3.1 การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีตัวแปรในการวิจัย ดังนี้

1) ตัวแปรอิสระ

- ค่าอายุตะกอนของระบบ 4 ค่า ได้แก่ 3, 6, 10 และ 16 วัน

2) ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

- อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าถังแอนแอโรบิก	30	ลิตร/วัน
- อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าถังแอนนอกซิก 2	5	ลิตร/วัน
- อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	35	ลิตร/วัน
- อัตราการเวียนตะกอนจากก้นถังตะกอน	35	ลิตร/วัน
- อัตราการเวียนน้ำตะกอนจากถังคอนแทค มายังถังแอนนอกซิก 1	105	ลิตร/วัน
- เวลากักน้ำถังแอนแอโรบิก	2	ชม.
- เวลากักน้ำถังแอนนอกซิก 1	2	ชม.
- เวลากักน้ำถังคอนแทค	4	ชม.
- เวลากักน้ำถังสเตบิไลเซชัน	2	ชม.
- เวลากักน้ำถังแอนนอกซิก 2	2	ชม.



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบ

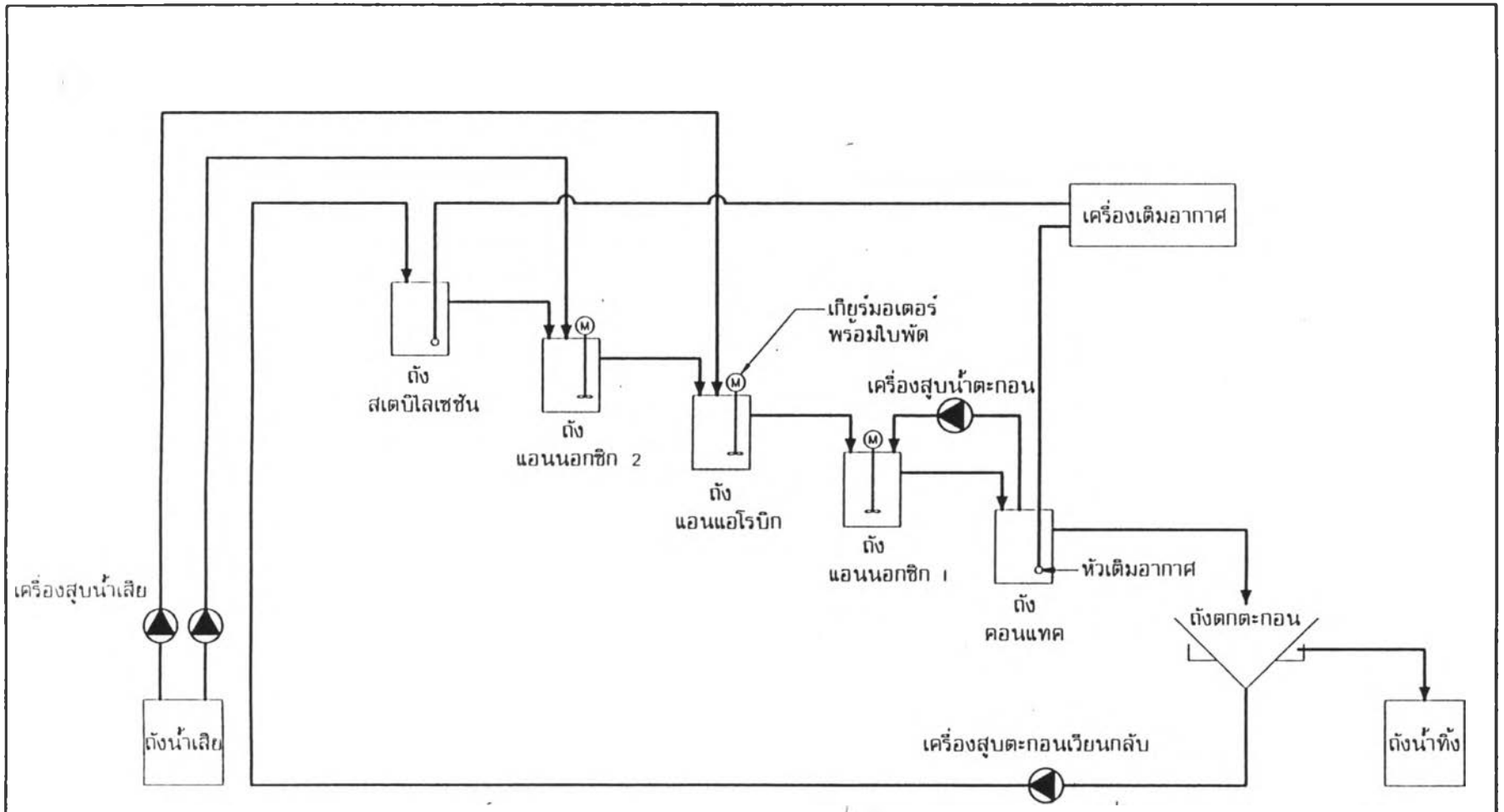
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้แสดงในตารางที่ 3.1 ดังนี้

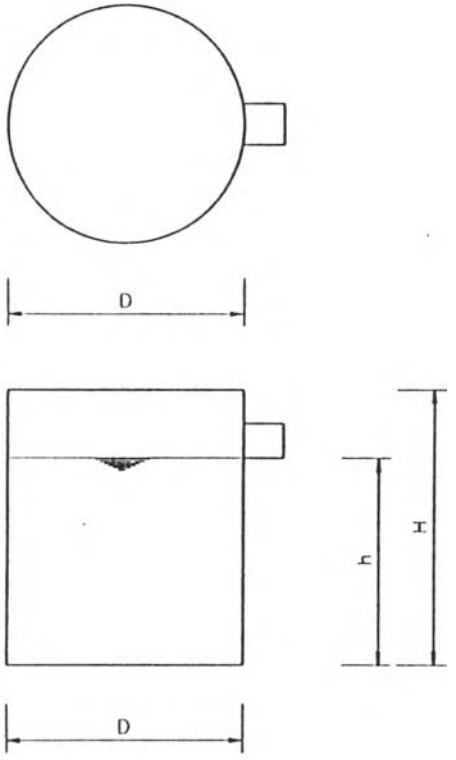
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

ลำดับ	อุปกรณ์	รายละเอียด	ความจุ
1	ถังแอนแอโรบิก	ท่อพลาสติกใส ขนาด 6 นิ้ว	2.9 ลิตร
2	ถังแอนนอกซิก 1	ท่อพลาสติกใส ขนาด 6 นิ้ว	2.9 ลิตร
3	ถังคอนแทค	ท่อพลาสติกใส ขนาด 6 นิ้ว	5.8 ลิตร
4	ถังสเตบิไลเซชัน	ท่อพลาสติกใส ขนาด 6 นิ้ว	2.9 ลิตร
5	ถังแอนนอกซิก 2	ท่อพลาสติกใส ขนาด 6 นิ้ว	2.9 ลิตร
6	ถังตกตะกอน	พลาสติกใสดัดเป็นรูปกรวย	-
7	ถังน้ำเสีย	ถังพลาสติก	100 ลิตร
8	ถังน้ำทิ้ง	ถังพลาสติก	40 ลิตร
9	เครื่องเติมอากาศและหัวเติมอากาศ	ชนิดที่ใช้กับตู้ปลา	-
10	เครื่องกวน	เกียร์มอเตอร์พร้อมใบพัด	150 รอบต่อนาที
11	เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังแอนแอโรบิก	Diaphragm	30 ลิตร/วัน
12	เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังแอนนอกซิก 2	Peristaltic	5 ลิตร/วัน
13	เครื่องสูบเวียนตะกอนกลับ	Peristaltic	35 ลิตร/วัน
14	เครื่องสูบน้ำตะกอนภายในระบบ	Peristaltic	105 ลิตร/วัน

สำหรับรายละเอียดในการเดินระบบ และขนาดของถังปฏิกรณ์ต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ถึง 3.4



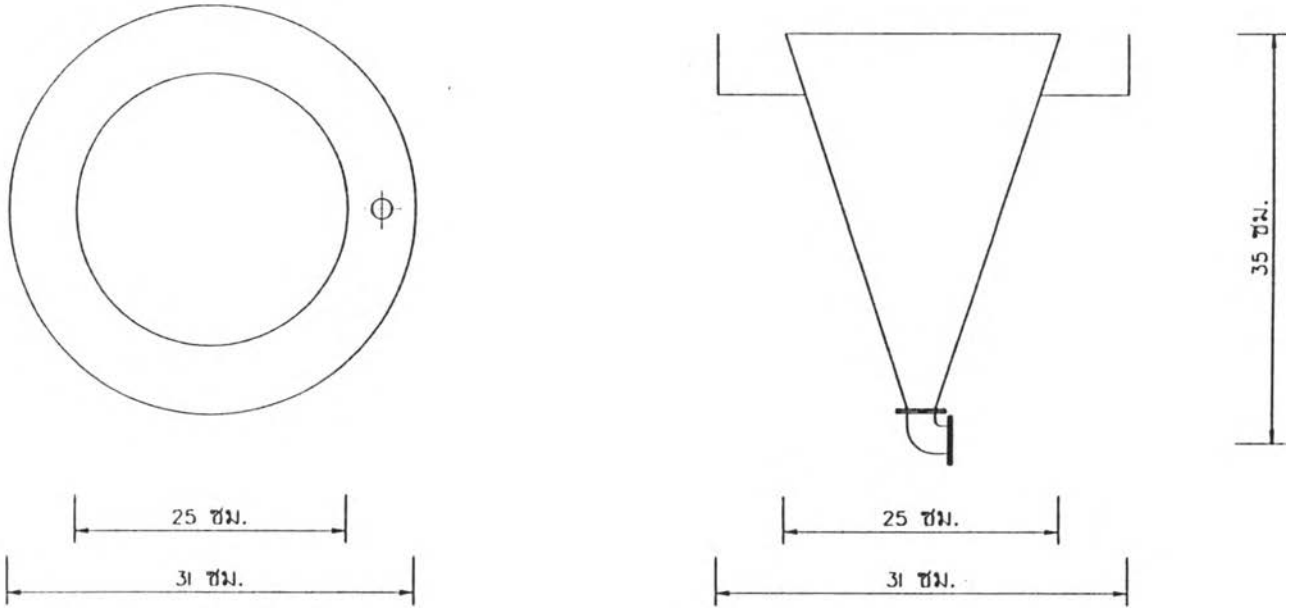
รูปที่ 3.2 รายละเอียดในการเดินระบบ



ถังปฏิกรณ์	D (ซม.)	H (ซม.)	h (ซม.)
สเตบิไลเซชัน	14.4	27	18
แอนนอกซิก 2	14.4	27	18
แอนแอโรบิก	14.4	27	18
แอนนอกซิก 1	14.4	27	18
คอนแทค	14.4	45	36

- ระยะ D แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน โดยเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 15 ซม. (6 นิ้ว)

รูปที่ 3.3 แสดงขนาดของถังปฏิกรณ์ต่าง ๆ



รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของถังตกตะกอน

3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองจะเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีลักษณะของน้ำเสียดังนี้

COD	จากน้ำตาลทราย	450	มก./ล.
COD	จากกรดอะซีติก	150	มก./ล.
COD	รวมของน้ำเสีย	600	มก./ล.
Total Kjedahl Nitrogen (TKN)		30	มก./ล.
Total Phosphorus (TP)		10	มก./ล.

ค่าซีโอดีของน้ำเสียจะได้จาก 2 แหล่ง คือ น้ำตาลทราย และกรดอะซีติก โดยการเติมกรดอะซีติกนั้นเพื่อใช้เป็นแหล่งของกรดไขมันระเหยง่าย (SCVFA) สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบ นอกจากนี้ยังมีการเติมแร่ธาตุอื่น ๆ ที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ โดยส่วนประกอบต่าง ๆ ของน้ำเสียต่อน้ำประปา 1 ลิตร มีดังนี้

น้ำตาลทราย	405	มก.
กรดอะซีติกเข้มข้น	0.16	มล.
NH_4Cl	115	มก.
KH_2PO_4	44	มก.
$FeCl_3$	7.50	มก.
$MgSO_4$	8.75	มก.
$CaCl_2$	0.90	มก.
$NaHCO_3$	375	มก.

3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะทำการวิเคราะห์ทั้งลักษณะทางกายภาพ, เคมี และชีวภาพ โดยลักษณะสมบัติ, จุดเก็บตัวอย่าง และความถี่ในการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 สำหรับวิธีวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย จะใช้วิธีวิเคราะห์ตามหนังสือ "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" เป็นหลัก ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย,จุดเก็บตัวอย่าง และความถี่ในการวิเคราะห์

ลักษณะสมบัติ	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิไลเซชัน	ถัง แอนนอกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนนอกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำทิ้ง
pH	A	A	A	A	A	A	A
DO	-	A	A	A	A	A	A
ORP	-	A	A	A	A	A	A
Temp.	-	A	A	A	A	A	A
MLSS	-	B	B	B	B	B	B
MLVSS	-	B	B	B	B	B	-
SV_{30}	-	B	B	B	B	B	-
SVI	-	B	B	B	B	B	-
COD (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B
Alkalinity (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B
TKN (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B
NH_3-N (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B
NO_3-N (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B
NO_2-N (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B
TP (filt.)	B(1)	B	B	B	B	B	B

A = ตัวแปรที่ต้องทำการวิเคราะห์ทุกวัน

B = ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์สัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง

filt. = นำไปกรองก่อนการวิเคราะห์

(1) ค่าลักษณะสมบัติต่าง ๆของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจะไม่ผ่านการกรองก่อนการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.3 แสดงวิธีการวิเคราะห์ค่าลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสีย

ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย	วิธีวิเคราะห์
pH	pH Meter with Glass Electrode
ORP	ORP Meter with Platinum Electrode
DO	DO. Meter
Temp.	Thermometer
MLSS & MLVSS	Gravimetric Method
SV_{30}	Settled Volume Method
SVI	Calculated from MLSS & SV_{30}
COD	Dicromate Close Reflux Method
TKN	Kjedahl Method
NH_3-N	Titration Method
NO_3-N	UV-Spectrophotometer Method
NO_2-N	NED Colorimetric Method
Total-P	H_2SO_4-HNO_3 Digestion with Vanadomolybdate Colorimetric
Alkalinity	Titration Method

3.5 การดูแลรักษาและควบคุมระบบ

การดูแลรักษาระบบนั้น ประกอบด้วยการดูแลรักษาความสะอาดของถังปฏิกิริยาตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆให้อยู่ในสภาพที่สะอาดเพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เช่น เชื้อราเกิดขึ้นภายในระบบ เนื่องจากเชื้ออื่น ๆ เหล่านี้อาจขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบได้ การดูแลรักษาระบบทำโดยการทำความสะอาดในถังปฏิกริยาไม่ให้มีเมือก (Slime) เกาะติดอยู่ข้างถังปฏิกิริยา ใบพัด หัวเติมอากาศ และภายในท่อหมุนเวียนตะกอน โดยใช้แปลงขัดที่บริเวณ

ถังปฏิกิริยา ใบพัด หัวเติมอากาศ ทุกวัน และเปลี่ยนท่อหมุนเวียนตะกอนทุก 7 วัน นอกจากในถังปฏิกิริยาและท่อหมุนเวียนตะกอนแล้ว ภายในถังพักน้ำเสียต้องล้างถังทุกครั้งที่มีการเตรียมน้ำเสีย (ทุกวัน) และท่อสูบน้ำเสียจะต้องเปลี่ยนทุก 3 วัน เช่นเดียวกับท่อหมุนเวียนตะกอน สำหรับการควบคุมระบบนั้นประกอบด้วยการควบคุมหลายด้าน ดังนี้

3.5.1 การควบคุมอัตราการไหล

อัตราการไหลที่ต้องควบคุมประกอบด้วย อัตราการไหลเข้าสู่ระบบของน้ำเสีย รวมทั้งอัตราการหมุนเวียนตะกอนและน้ำตะกอนภายใน การควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียทำได้โดยสังเกตปริมาตรน้ำเสียในถังพักน้ำเสียเทียบกับเวลา 1 วัน ว่าได้ปริมาตรตามที่ตั้งเครื่องสูบน้ำไว้หรือไม่ ถ้าปริมาตรผิดไปจากเดิมมากให้ทำความสะอาดเครื่องสูบน้ำและทำการตั้งเครื่องสูบน้ำใหม่ ส่วนการควบคุมอัตราการหมุนเวียนตะกอนและน้ำตะกอนภายในนั้น ให้ทำการตรวจสอบโดยวิธีวัดปริมาตรการไหลของเครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนต่อระยะเวลาสั้น ๆ เช่น 5 นาที หล่าย ๆครั้งเพื่อตรวจสอบอัตราการไหล โดยต้องตรวจสอบอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่า ท่อสูบน้ำเสียต้องเปลี่ยนใหม่ทุก ๆ 3 วัน และท่อหมุนเวียนตะกอนต้องเปลี่ยนใหม่ทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันการอุดตัน ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลผิดพลาดได้

3.5.2 การควบคุมอายุตะกอน

การควบคุมอายุตะกอนให้ได้ค่าตามที่กำหนดไว้นั้น ทำได้โดยการระบายน้ำและตะกอนแขวนลอยออกจากถังปฏิกรณ์โดยตรง โดยจะระบายออกจากถังปฏิกรณ์ทุกถัง ปริมาณน้ำและตะกอนแขวนลอยที่ทิ้งในแต่ละวันสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_w = \{(XV/\theta_C)-F_OX_e\}/(X-X_e) \quad \text{.....(3.1)}$$

โดย F_w = อัตราการทิ้งตะกอนออกจากระบบ (ลิตร/วัน)

F_O = อัตราการสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (ลิตร/วัน)

θ_C = ค่าอายุตะกอน (วัน)

X = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในระบบ (มก./ล.)

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ไปกับน้ำออก (มก./ล.)

V = ปริมาตรถังปฏิกิริยา (ลิตร)

จากสมการที่ 3.1 เห็นได้ว่าถ้า X_e มีค่าน้อยมาก ๆ เมื่อเทียบกับ X สมการ 3.1 จะสามารถลดรูปได้อย่างง่ายได้ดังนี้

$$F_W = (XV/SRT)/X \quad \text{.....(3.2)}$$

อย่างไรก็ตามในกรณีที่ X_e มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นสูงกว่า 20 มก./ล. การคำนวณหา F_W ต้องคำนวณจากสมการที่ 3.1 เท่านั้น