

บทที่ 8

วิธีการลดต้นทุนและการวางแผนการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

จากโครงสร้างต้นทุนของการบำบัดน้ำเสียซึ่งแสดงในตารางที่ 2.1 นั้น จะเห็นได้ว่าต้นทุนตัวที่เป็นต้นทุนหลักในระบบบำบัดน้ำเสีย คือ

1. ค่าโซดาไฟ (NaOH)
2. ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร
3. ค่าไฟฟ้า
4. สารส้ม (Alum)
5. ค่ายูเรีย

ดังนั้นในการพิจารณาหาวิธีการลดต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียจึงพิจารณาตามต้นทุนหลักที่กล่าวมานี้

พิจารณาการลดปริมาณการใช้โซดาไฟ (NaOH)

เนื่องจากสารเคมีโซดาไฟนี้ถูกใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละขั้นตอนให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างได้ตามกำหนด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และยังเป็น การลดฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสียต่อโครงสร้างของบ่อเก็บน้ำเสีย และถังเก็บน้ำเสียต่าง ๆ อีกด้วย

สภาวะของปัญหา

เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชแบบครบวงจร (ซึ่งโรงงานตัวอย่างนี้จัดเป็นโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชแบบครบวงจร คือมีตั้งแต่โรงสกัดน้ำมันพืชออกจากเมล็ดพืชน้ำมัน โรงกลั่นน้ำมันให้บริสุทธิ์ โรงบรรจุน้ำมันพืชใส่ขวด และโรงผลิตน้ำมันดำ) จะมีน้ำเสียเกิดขึ้น 2 ประเภท กล่าวคือน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำมันพืชส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นด่าง และน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลพลอยได้คือน้ำมันดำ หรือน้ำมันกรด (Acid Oil) ซึ่งได้จากการนำเอาสบู่ (ซึ่งจัดเป็นของเสียที่กำจัดออกจากกระบวนการผลิตน้ำมันพืช หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Soap Stock) ซึ่งเกิดจากกรดไขมันอิสระและน้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับโซดาไฟแล้วแยกออกโดยเครื่องแยกสบู่ ไปทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน (H_2SO_4) เพื่อแยกเอากรดไขมันอิสระ และน้ำมันที่ติดไปกับสบู่ออกมาเพื่อจำหน่ายเป็นน้ำมันกรด (Acid Oil) สำหรับทำเป็นอาหารสัตว์ต่อไป ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำมันกรดนี้จะมีกรดกำมะถันติดออกมาด้วย ทำให้น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการนี้มีสภาพเป็นกรด โดยที่น้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้จะเกิดขึ้นในเวลาและปริมาณที่ต่างกันมาก โดยลักษณะการเกิดน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่างนั้นจะมีลักษณะการเกิดแบบต่อเนื่องในอัตราที่ค่อนข้างคงที่แน่นอน แต่สำหรับลักษณะการเกิดน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดนั้นจะเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว โดยเกิดขึ้นครั้งละจำนวนค่อนข้างมากแต่ในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น ดังนั้นส่วนใหญ่แล้วจำเป็นต้องใช้โซดาไฟ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างในการปรับสภาพน้ำเสียให้มีฤทธิ์เป็นกลาง ทำให้ต้องจ่ายปริมาณโซดาไฟจำนวนมากในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียนี้

ดังนั้นในการที่จะลดปริมาณการใช้สารเคมีโซดาไฟที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย ก่อนส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละขั้นตอนนั้นสามารถทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. การแยกเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภท ออกจากกันแล้วค่อนำน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกัน โดยคำนวณอัตราการสูบน้ำแต่ละประเภทเพื่อให้เกิดความสมดุลกันตามค่าพีเอช (pH ซึ่งหมายถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง ถ้าค่าพีเอช >7.0 หมายถึงน้ำเสียนั้นมีฤทธิ์เป็นด่าง แต่ค่าพีเอช < 7.0 หมายถึงน้ำเสียนั้นมีฤทธิ์เป็นกรด) ที่ต้องการ (ตามรายละเอียดดังแสดงในคู่มือการปฏิบัติงานของบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด และคู่มือการปฏิบัติงานของบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง)

จากการแยกเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้ออกจากกันแล้วจึงค่อยสูบน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกันตามอัตราส่วนที่ต้องการ โดยวิธีนี้สามารถคำนวณหาปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้ลดลงจากการแยกน้ำเสีย 2 ประเภท นี้ ออกจากกันได้ดังนี้

การคำนวณหาอัตราการใช้น้ำที่มีสภาพเป็นกรดค่อน้ำที่มีสภาพเป็นด่างจากปฏิกิริยาการสะเทินของกรดและด่าง เนื่องจากน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่างนั้น เกิดจากการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างในกระบวนการผลิต ซึ่งสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างที่ใช้ก็คือ โซดาไฟ (NaOH) ส่วนน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดนั้น เกิดจากการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรดในกระบวนการผลิต ซึ่งสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรดที่ใช้ก็คือ กรดกำมะถัน (H₂SO₄)

ซึ่งเมื่อนำกรดและด่างชนิดที่กล่าวข้างต้นมาผสมกัน จะสามารถเขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาทางเคมี ได้ดังนี้



ความหมายของสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่แสดงในสมการแสดงปฏิกิริยาที่ 1 หมายถึง สารตั้งต้น 2 สาร คือกรด และด่าง (ด้านซ้ายของสมการ) จะทำปฏิกิริยาพอดีกันโดยโซดาด่าง 2 ส่วน ทำปฏิกิริยาพอดีกับ กรด 1 ส่วน (อัตราส่วนโดยโมล) เมื่อทำปฏิกิริยากันแล้วจะเกิดผลผลิตเป็น น้ำ 2 ส่วน และ โซเดียมซัลเฟต (Na₂SO₄) 1 ส่วน (อัตราส่วนโดยโมล) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของสารทั้ง 2 หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วจะได้เท่ากับ 7.0 (pH = 7.0)

จากสมการแสดงปฏิกิริยาที่ 1 สามารถแปลงหน่วยจากอัตราส่วนโดยโมลเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักได้ โดยใช้มวลโมเลกุลของสารแต่ละตัวคูณเข้ากับจำนวนส่วนของสารแต่ละชนิดก็จะ ได้เป็นน้ำหนักของสารแต่ละตัวออกมาเป็นน้ำหนัก ดังนี้

โซดาไฟ (NaOH)	มีมวลโมเลกุลเท่ากับ	23 + 16 + 1 = 40
กรดกำมะถัน (H ₂ SO ₄)	มีมวลโมเลกุลเท่ากับ	2 + 32 + 64 = 98
น้ำ (H ₂ O)	มีมวลโมเลกุลเท่ากับ	2 + 16 = 18
โซเดียมซัลเฟต (Na ₂ SO ₄)	มีมวลโมเลกุลเท่ากับ	46 + 32 + 64 = 146

จากสมการที่ 1 แสดงโดยอัตราส่วนโดยโมล $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ซึ่งสามารถแสดงโดยอัตราส่วนโดยน้ำหนักได้ $2(40) + (98) \longrightarrow 2(18) + 146 \text{ ---- 2}$

จากการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโซดาไฟในน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง และความเข้มข้นของ กรดกำมะถันในน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดแล้ว ได้ผลดังนี้

1. น้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง โดยเฉลี่ยแล้วมีความเข้มข้นของ $\text{NaOH} = 0.10\%$ โดยน้ำหนัก
2. น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด โดยเฉลี่ยแล้วมีความเข้มข้นของ $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.00\%$ โดยน้ำหนัก

จากการตรวจสอบปริมาณน้ำเสียแต่ละชนิดจากแหล่งน้ำเสียได้ผลดังนี้

1. น้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง มีปริมาณ 5,700 ลบ.ม./ เดือน คิดเป็นเนื้อโซดาไฟ = 5.70 ตัน
2. น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด มีปริมาณ 900 ลบ.ม./เดือน คิดเป็นเนื้อ กรดกำมะถัน= 9.00 ตัน

จากสมการแสดงปฏิกิริยาที่แสดงเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก (สมการที่ 2) จะได้ว่า โซดาไฟ จำนวน 80 ตัน ต้องใช้กรดกำมะถัน จำนวน 98 ตัน ในการทำปฏิกิริยาพอดีกัน เนื่องจากมีด่างโซดาไฟ จำนวน 5.7 ตัน (เมื่อคิดจากปริมาณน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง) ดังนั้น ต้องใช้กรด กำมะถันจำนวน 6.98 ตัน นั่นคือ น้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่างจำนวน 5,700 ลูกบาศก์เมตร ต้องใช้น้ำที่มีสภาพเป็นกรดจำนวน 698 ลูกบาศก์เมตร ผสมกันเพื่อต้องการให้น้ำเสียหลังการผสมแล้วมีค่าความเป็นกรด-ด่างตามต้องการ

จะเห็นว่ายังคงเหลือน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดอีกจำนวน 202 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้โซดาไฟ เข้มข้น 50% อีกจำนวน $= (9.00-6.98) \times 80 / 98 \times 2 = 3.30$ ตัน ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียให้ได้ตามต้องการ

และเนื่องจากที่หน่วยกำจัดไขมันและน้ำมัน (DAF UNIT) ยังมีการเติมสารส้มเพื่อทำให้ตะกอนน้ำมันและไขมันรวมตัวกันเพื่อกำจัดออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าระบบต่อไป ซึ่งสารส้มมีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้นเมื่อเติมสารส้มลงในน้ำเสียแล้วจะทำให้ค่า พีเอชของน้ำเสียด่าง จึงจำเป็นต้องมีการเติมโซดาไฟ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียหลังจากเติมสารส้มแล้วให้ได้ตามต้องการ (6.0-7.0) ซึ่งโซดาไฟที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสียหลังจากเติมสารส้มแล้ว โดยเฉลี่ยแล้วจะมีการใช้โซดาไฟในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียหลังจากเติมสารส้มแล้วเป็นปริมาณ = 2.5 ตัน/เดือน (จากการวัดปริมาณโซดาไฟที่เติมลงในน้ำเสียเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างหลังจากเติมสารส้มแล้ว โดยวิธีการวัดอัตราการเติมและปริมาณที่ใส่จริงในหนึ่งหน่วยเวลาแล้ว มาคิดหาปริมาณโซดาไฟที่ใส่จริง)

นั่นคือในแต่ละเดือนจะต้องใช้โซดาไฟเข้มข้น 50% ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียอย่างน้อยเป็นปริมาณ $= 3.30 + 2.5 = 5.8$ ตันต่อเดือน

ซึ่งก่อนที่จะปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียนี้อัตราการใช้โซดาไฟเข้มข้น 50% ในปี 2535 และ 2536 โดยเฉลี่ยแล้วเป็นจำนวน 25 ตันต่อเดือน

นั่นคือสามารถลดปริมาณโซดาไฟเข้มข้น 50% ลงได้ $= 25 - 5.8 = 19.20$ ตันต่อเดือน

คิดเป็นจำนวนเงิน

$$= 19.2 \times 1,000 \times 6.89$$

$$= 132,288 \text{ บาทต่อเดือน}$$

แต่เนื่องจากในปี 2537 ได้มีการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทในปริมาณที่สมดุลกัน (ตามคำแนะนำของวิศวกรที่ปรึกษา) จึงทำให้ปริมาณโซดาไฟเข้มข้น 50% ที่ใช้ลดลงเหลือประมาณ 13 ตันต่อเดือน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบวิธีการใหม่นี้กับวิธีการตามคำแนะนำของวิศวกรที่ปรึกษาแล้ว นั่นคือวิธีการใหม่นี้สามารถลดต้นทุนลงได้คิดเป็นจำนวนเงิน 49,608 บาทต่อเดือน

รายละเอียดของหน่วยบำบัดใหม่ที่ได้สร้างขึ้นใหม่มีดังต่อไปนี้

1. บ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด (พีเอช < 5.0)

หน้าที่และการทำงาน ไซ้เป็นบ่อพักน้ำเสียสด จากกระบวนการผลิตที่มีพีเอชต่ำกว่า 5.0 เพื่อลดค่าไขมันและ บีโอดีลงขั้นหนึ่งก่อนป้อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ขั้นต่อไป และเพื่อควบคุมค่าลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนที่จะเข้าระบบให้มีค่าคงที่

ปริมาตร/ความจุ 400 ลูกบาศก์เมตร

ลักษณะของบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดแสดงดังรูปที่ 3.1

2. บ่อเก็บกักน้ำเสียที่เป็นด่าง

หน้าที่และการทำงาน ไซ้เป็นบ่อพักน้ำเสียสด จากกระบวนการผลิตที่มีพีเอช > 5.0 เพื่อลดไขมันและ บีโอดีลงขั้นหนึ่งก่อนป้อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต่อไป และเพื่อควบคุมค่าลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนที่จะเข้าระบบให้มีค่าคงที่

ปริมาตร/ความจุ 540 ลูกบาศก์เมตร

ลักษณะของบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดแสดงดังรูปที่ 3.2

3. ถังแยกไขมันและน้ำมัน

หน้าที่และการทำงาน ทำหน้าที่แยกไขมันออกจากน้ำเสีย โดยจะรับน้ำเสียจากบ่อเก็บกักน้ำเสีย ที่มีสภาพเป็นกรดและด่าง ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อปรับค่าพีเอชให้น้ำมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยให้เกิดการแยกตัวของไขมันได้ดีขึ้น

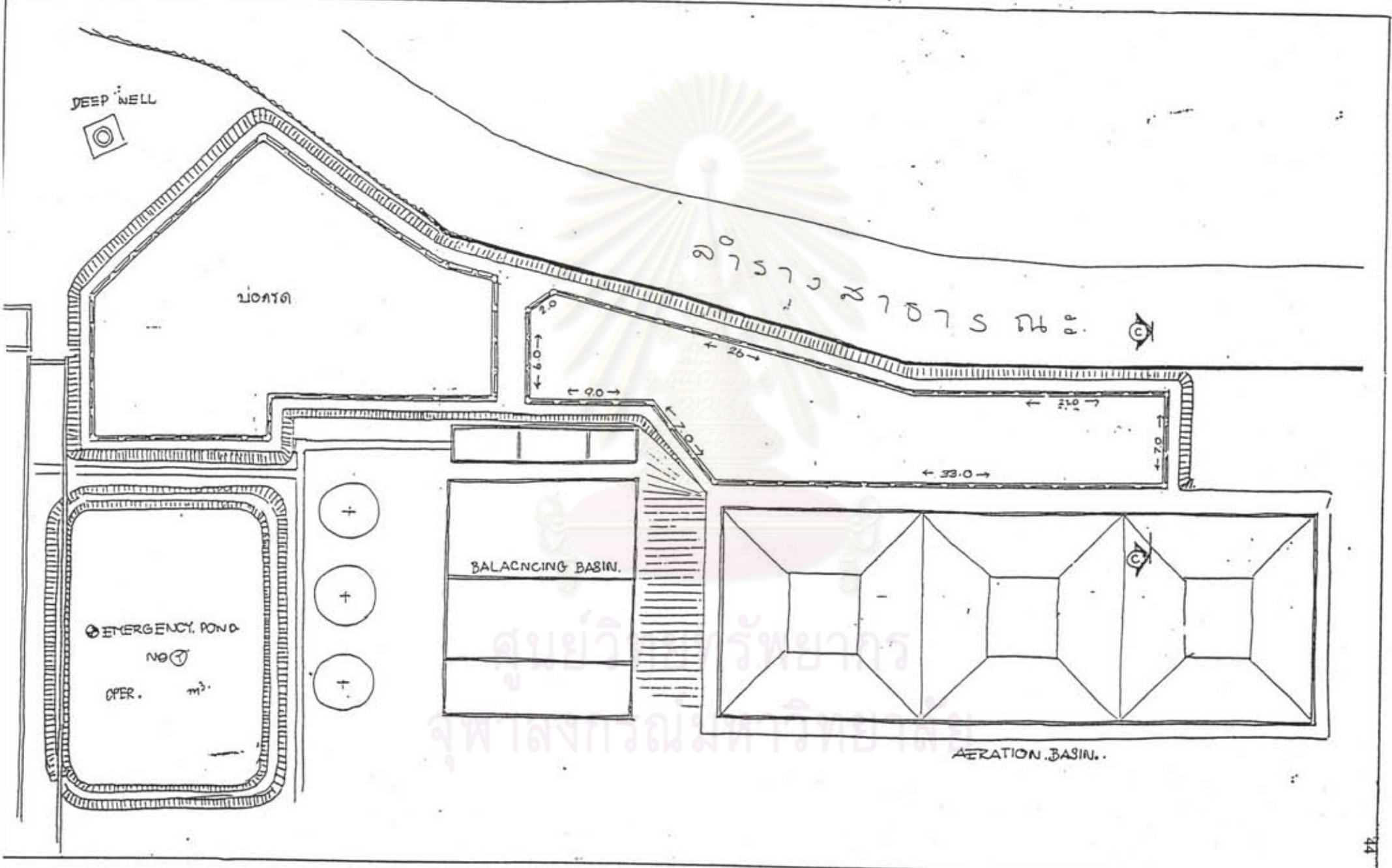
ปริมาตร/ความจุ 11.6 ลูกบาศก์เมตร

ลักษณะของบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดแสดงดังรูปที่ 3.3

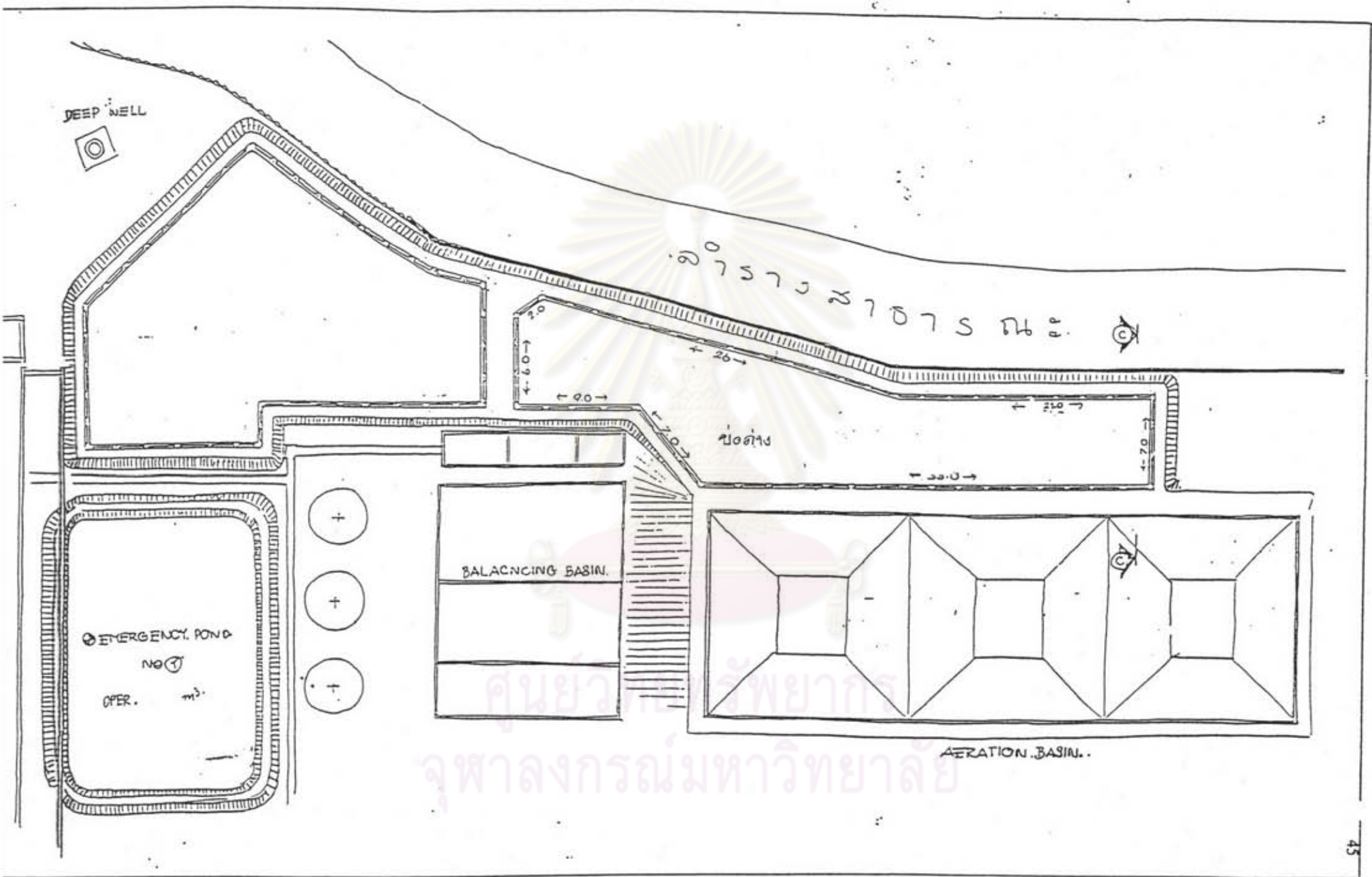
แต่เมื่อพิจารณาจากแหล่งเกิดน้ำเสียทั้งหมดแล้วพบว่ายังมีน้ำเสียที่เป็นด่างอีกแหล่งหนึ่ง นั่นคือน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำไซ้ในโรงงาน (Water Treatment Process) ซึ่งจะมีน้ำเสียที่เป็นด่างเกิดขึ้นในขั้นตอนการล้างเรซินที่ไซ้ในการจับไอออน และ กำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเพื่อผลิตเป็นน้ำสำหรับป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ซึ่งจากการล้างเรซินนี้จะได้น้ำที่สะอาดปราศจากการเจือปนของสารอินทรีย์ซึ่งมีสภาพเป็นด่างที่มี พีเอช เป็น 10 โดยในการล้างเรซินแต่ละครั้งจะเกิดน้ำที่มีสภาพเป็นด่างนี้ครั้งละ 40 ลูกบาศก์เมตร โดยในการล้างเรซินนี้จะทำการล้างประมาณ 2 ครั้งต่อเดือน นั่นคือจะทำให้มีน้ำสะอาดที่ปราศจากการเจือปนของสารอินทรีย์ซึ่งสามารถนำมาใช้ปรับค่าพีเอชแทนสารเคมีโซดาไฟได้ประมาณ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางเคมีแล้วพบว่าน้ำที่เกิดจากการล้างเรซินนี้มีความเข้มข้นของโซดาไฟอยู่ประมาณ 0.5 % โดยน้ำหนัก

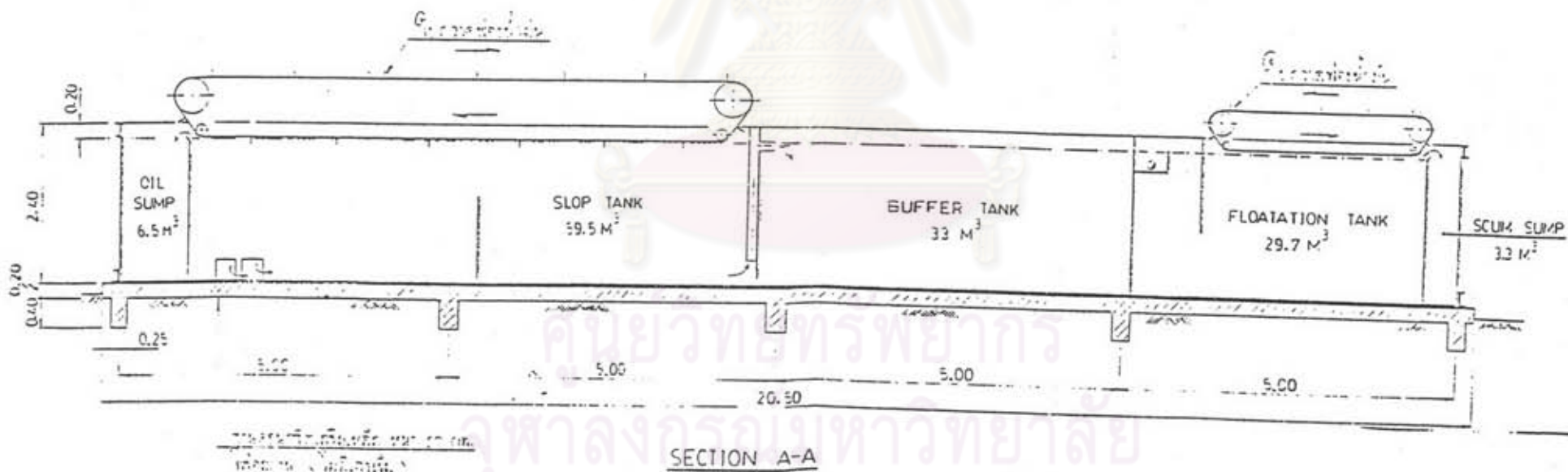
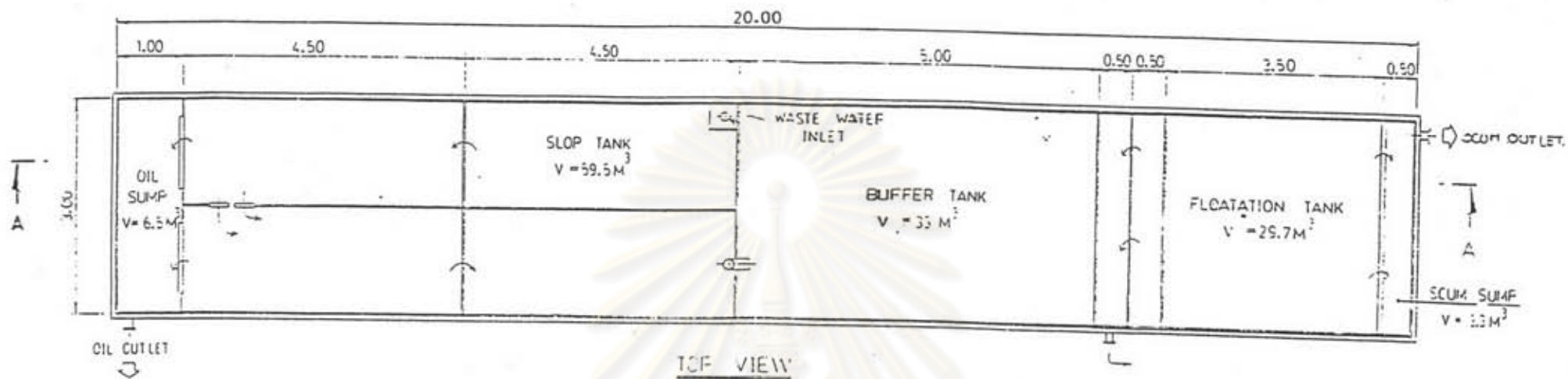
นั่นคือสามารถนำน้ำล้างเรซินนี้มาใช้แทนโซดาไฟเข้มข้น 50% ได้คิดเป็นจำนวนโซดาไฟเข้มข้น 50% แล้ว = $80 \times 0.5 / 100 = 0.80$ ตันของโซดาไฟเข้มข้น 50%



รูปที่ 3.1 แสดงก่อนเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด (Acid Pond)



รูปที่ 3.2 แสดงบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง (Alkali Pond)



รูปที่ 3.3 แสดงถังแยกไขมันและน้ำมัน (Slop Tank)

โดยมีวิธีการนำน้ำที่มีสภาพเป็นด่างจากการล้างเรซิน มาใช้ดังนี้

1. ตรวจสอบปริมาณน้ำด่าง และด่าง 50% ทุกเช้า และรายงานปริมาณน้ำด่าง และด่าง 50% ให้หัวหน้าหน่วยทราบเป็นลายลักษณ์อักษร โดยบันทึกลงในสมุดบันทึกประจำกะ
2. ในการใช้เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียให้ดำเนินการดังต่อไปนี้ ตามลำดับ
 - 2.1 ถ้ายังมีน้ำด่างจากการล้างเรซินเหลืออยู่ ให้ใช้น้ำด่างนี้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง แทนการใช้ด่าง 50% ให้หมดก่อนที่จะใช้ ด่าง 50% ในการปรับค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเสีย
 - 2.2 ถ้ามีน้ำด่างจากการล้างเรซินหมด หรือไม่มีอยู่ขณะนั้น ให้ใช้ด่าง 50% ในการปรับค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเสียได้
3. ยกเว้นการปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่หน่วยกำจัดไขมันและน้ำมันเท่านั้นที่ให้อัตราด่าง 50% เท่านั้น ห้ามใช้น้ำด่างจากการล้างเรซินในการปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง เพราะการปรับค่าความเป็นกรด - ด่างที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่จะต้องปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง ให้ได้ pH = 6.5-7.5 ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียดังกล่าวนี้ลงสู่บ่อเติมอากาศ โดยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ตำแหน่งนี้มีใช้ตัวควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในการเติมด่าง 50% เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้ตามกำหนด ซึ่งหากนำเอาน้ำด่างที่มีความเข้มข้นของโซดาไฟอยู่ประมาณ 0.5% มาใช้แล้วอาจทำให้ไม่สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่างได้ตามกำหนด เนื่องจากบิมที่ออกแบบมานั้นออกแบบมากับการใช้โซดาไฟ 50% ซึ่งอัตราการบิมจะน้อยกว่าการใช้น้ำด่างในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

การพิจารณาการลดต้นทุนด้านค่าไฟฟ้า

เนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช จัดเป็นอุตสาหกรรมอาหารประเภทหนึ่ง ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จึงมีสารอินทรีย์อยู่มาก ดังนั้นในอุตสาหกรรมน้ำมันพืชส่วนใหญ่ จึงใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบชีวภาพ คือ มีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อให้ออกสลายสารอินทรีย์

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานตัวอย่างนี้ใช้ในการบำบัดน้ำเสียปัจจุบัน เป็นระบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อให้ออกสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ดังนั้นในการเดินระบบ จึงจำเป็นต้องเดินระบบแบบต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาจากกิโลวัตต์รวมทั้งหมดของทั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ดังได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3.1 แล้วพบว่ามอเตอร์ และบิมทุกตัวส่วนใหญ่ต้องเดินตลอด 24 ชั่วโมง (ยกเว้นที่เป็นอะไหล่) จึงเป็นการยากที่จะลดต้นทุนค่าไฟฟ้าจากส่วนนี้ แต่เมื่อพิจารณาถึงอุปกรณ์เติมอากาศ (SURFACE AERATOR) ซึ่งมีอยู่ 3 ตัว วางเรียงกันตามแนวยาวของบ่อเติมอากาศ โดยตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ใช้มอเตอร์ ขนาด 11 กิโลวัตต์ และ ตัวที่ 3 ใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 กิโลวัตต์ ซึ่งรวมกิโลวัตต์ของทั้ง 3 ตัว แล้วเท่ากับ 29.5 กิโลวัตต์ คิดเป็น 63.83 % ของกิโลวัตต์รวมทั้งระบบ (ตามรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1)

จากข้อมูลการควบคุมบ่อเติมอากาศนี้ ตามทฤษฎีแล้วค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (เกษมสันต์ สุวรรณรัตน์, 2525) แต่จากข้อมูลในการเดินระบบจริงของโรงงานตัวอย่างแห่งนี้พบว่าค่าออกซิเจนละลายที่เหมาะสมที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีความแข็งแรงสมบูรณ์สามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ถ้ามากเกินไปจะทำให้เกิดการแตกตัว และฝึกขาดของตะกอนจุลินทรีย์ออกเป็นตะกอนขนาดเล็ก ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ไม่สามารถรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ได้ จึงทำให้การตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์

ที่ดังตกระกอนชั้นสุดท้ายไม่ดีซึ่งจะมีผลทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทำให้น้ำขุ่นและคุณภาพไม่ได้ตามกำหนด

ถ้าค่าออกซิเจนละลายน้ำน้อยเกินไป ($DO < 1.0$ มิลลิกรัมต่อลิตร.) จะทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้ไม่เต็มที่ หรือย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ไม่หมด ซึ่งจะมีผลทำให้มีสารอินทรีย์หรือความสกปรกเหลืออยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดมากเกินไปกว่ามาตรฐานที่กำหนด และถ้าค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำมาก ๆ จะทำให้จุลินทรีย์เกิดการขาดออกซิเจนจะทำให้จุลินทรีย์เกิดอาการช็อค และตายในที่สุด ซึ่งจะทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วคุณภาพไม่ได้ตามกำหนด

ดังนั้น ในการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า จึงได้พิจารณาถึงปริมาณออกซิเจนที่ต้องเติมลงในน้ำเสีย (บ่อเติมอากาศ) โดยเครื่องเติมอากาศ ซึ่งจากค่าความสกปรกของน้ำเสียที่สูบเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ที่ต้องการเป็นดังนี้

การคำนวณหาความต้องการออกซิเจนละลายน้ำของจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ

จากข้อมูลการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างพบว่า

1. ค่าความสกปรกที่ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย = 315 กิโล-บีโอดีต่อวัน

(โดยค่าความสกปรกนี้คิดจาก ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ X ปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ ในหนึ่งวัน โดยทั่วไปเรียกค่านี้อีกว่าค่าภาระบรรทุกบีโอดี (BOD Loading)

จากค่าภาระบรรทุกบีโอดีนี้สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องเติม และแรงม้าหรือกิโลวัตต์ของมอเตอร์ที่ต้องใช้กับเครื่องเติมอากาศทั้งหมดได้ดังนี้

ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ (R) (บริษัทซีเทคเอ็นจิเนียริงจำกัด, 2517)

$$R = a' \times Sr \times Q + b'' \times Xa \times MLSS$$

โดย R ; ความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (กิโล-ออกซิเจนต่อวัน)

a' ; อัตราส่วนความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเป็นค่าคงที่ = 0.5

Sr ; ค่าความสกปรกที่ต้องการกำจัดออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Q ; ปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)

b'' ; ความต้องการออกซิเจนสำหรับจุลินทรีย์ซึ่งเป็นค่าคงที่ = 0.15

Xa ; ค่าเฉลี่ยของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ (MLSS) (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V ; ปริมาตรของน้ำในบ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)

ค่าที่ใช้ในการออกแบบระบบเริ่มแรก เป็นดังนี้

1. ค่าความสกปรกที่ต้องการกำจัดออก

- น้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศมีค่าความสกปรก (บีโอดี) = 900 มิลลิกรัมต่อลิตร

- มาตรฐานน้ำที่จะปล่อยลงสู่ลำธารสาธารณะต้องมีค่าความสกปรก < 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดังนั้นค่าความสกปรกที่ต้องการกำจัดออก = $900 - 20 = 880$ มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ = 350 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

3. ปริมาตรของน้ำในบ่อเติมอากาศ = 1,050 ลูกบาศก์เมตร
4. ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ = 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร
แทนค่าลงในสมการจะได้

$$R = \frac{(0.5) (880) (350)}{1,000} + \frac{(0.15) (2,500) (1,050)}{1,000}$$

$$= 547.75 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อวัน}$$

$$= 22.8 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง}$$

เมื่อได้อัตราการเติมออกซิเจนตามความต้องการของจุลินทรีย์แล้ว จึงนำค่าอัตราการเติมออกซิเจนนี้มาคำนวณหาค่าแรงม้า หรือกำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้ในการปั่นเครื่องเติมอากาศให้กับจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศดังนี้

ค่ากำลังม้าของมอเตอร์ที่ต้องการในการปั่นเครื่องเติมอากาศ

เนื่องจากเครื่องเติมอากาศที่ใช้ในโรงงานตัวอย่างนี้เป็นเครื่องเติมอากาศแบบผิวหน้า (Surface Aerator) ซึ่งตามรับประกันตามหลักการทำงานของเครื่องแล้วมีประสิทธิภาพการเติมอากาศเป็น 0.64 กิโล-ออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง (บริษัทซีเทคเอ็นจิเนียริงจำกัด, 2517)

$$\begin{aligned} \text{คั่งนั้นขนาดมอเตอร์ที่ต้องการ} &= \frac{\text{อัตราการเติมออกซิเจนที่ต้องการ}}{\text{ประสิทธิภาพการเติมอากาศของเครื่องเติมอากาศ}} \\ &= \frac{22.8 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง}}{0.64 \text{ กิโลออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง}} \\ &= 33.6 \text{ แรงม้า (25.5 กิโลวัตต์)} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงทำการติดตั้งเครื่องเติมอากาศจำนวน 3 เครื่อง โดย

เครื่องที่ 1 ไซมอเตอร์ขนาด 15 แรงม้า (11.4 กิโลวัตต์)

เครื่องที่ 2 ไซมอเตอร์ขนาด 15 แรงม้า (11.4 กิโลวัตต์)

เครื่องที่ 3 ไซมอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า (7.6 กิโลวัตต์)

ดังนั้นเครื่องเติมอากาศทั้ง 3 เครื่องนี้จึงสามารถเติมอากาศได้ถึง 27.14 กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง

ค่าปัจจุบันที่ตรวจสอบได้จริง ๆ เป็นดังนี้

1. ค่าความสกปรกที่ต้องการกำจัดออก

- น้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศมีค่าความสกปรกเฉลี่ย (BOD) = 388 มิลลิกรัมต่อลิตร

- มาตรฐานน้ำที่จะปล่อยลงสู่ลำรางสาธารณะต้องมีค่าความสกปรก < 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดังนั้นค่าความสกปรกที่ต้องการกำจัดออก = 388 - 20 = 368 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ = 220 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

3. ปริมาตรของน้ำในบ่อเติมอากาศ = 960 ลูกบาศก์เมตร

4. ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ = 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
แทนค่าลงในสมการจะได้

$$R = \frac{(0.5) (368) (200)}{1,000} + \frac{(0.15) (3,000) (960)}{1,000}$$

$$= 468.8 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อวัน}$$

$$= 19.5 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง}$$

เมื่อได้อัตราการเติมออกซิเจนตามความต้องการของจุลินทรีย์แล้ว จึงนำค่าอัตราการเติมออกซิเจนนี้มาคำนวณหาค่าแรงม้า หรือกำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้ในการปั่นเครื่องเติมอากาศให้กับจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศดังนี้

ค่ากำลังม้าของมอเตอร์ที่ต้องการในการปั่นเครื่องเติมอากาศ

$$\text{ดังนั้นขนาดมอเตอร์ที่ต้องการ} = \frac{\text{อัตราการเติมออกซิเจนที่ต้องการ}}{\text{ประสิทธิภาพการเติมอากาศของเครื่องเติมอากาศ}}$$

$$= \frac{19.5 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง}}{0.64 \text{ กิโล-ออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง}}$$

$$= 30.5 \text{ แรงม้า (23.1 กิโลวัตต์)}$$

ดังนั้นจึงได้เปรียบเทียบข้อมูลในการออกแบบระบบเบื้องต้นกับข้อมูลระบบปัจจุบันได้ดังแสดงในตารางที่ 3.2 คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงกิโลวัตต์ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องและเปอร์เซ็นต์

หมายเลข	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	กิโลวัตต์	เปอร์เซ็นต์	หมายเหตุ
1	58-1401-00	ปั๊มสูบน้ำมันดำ	3.7	5.52	
2	58-1402-00	ปั๊มน้ำเสีย 1	7.5	11.19	
3	58-1403-00	ปั๊มน้ำเสีย 2	7.5	11.19	อะไหล่
4	58-1404-00	ปั๊มดูดตะกอนกลับ	0	0.00	เลิกใช้แล้ว
5	58-1471-00	ปั๊มน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 1	3.7	5.52	นำน้ำไปใช้ใหม่
6	58-1472-00	ปั๊มน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 2	3.7	5.52	นำน้ำไปใช้ใหม่
7	58-1481-00	ไดโว้บีม 1	2.2	3.28	
8	58-1482-00	ไดโว้บีม 2	2.2	3.28	อะไหล่
9	58-1483-00	ปั๊มลม	0	0.00	
10	58-1484-00	ปั๊มลม	0	0.00	
11	58-1601-00	ปั๊มดึงตกตะกอนชั้นที่ 1	2.2	3.28	
12	58-1601-10	ใบกวาดตะกอน	0.37	0.55	
13	58-1602-00	ปั๊มดึงตกตะกอนจุลินทรีย์	2.2	3.28	
14	58-1603-00	มอเตอร์ดึงแยกไขมันและน้ำมัน	0.75	1.12	
15	58-1604-00	มอเตอร์ระบบกำจัดไขมันและน้ำมัน	0.75	1.12	
16	58-1661-00	ถังลม	0	0.00	
17	58-1671-00	ถังพักน้ำเสีย	0	0.00	
18	58-1672-00	ถังลม	0	0.00	
19	58-2101-00	ใบกวาดฟองไขมันและน้ำมัน	0.75	1.12	
20	58-3201-00	เครื่องเติมอากาศ 1	11	16.41	
21	58-3202-00	เครื่องเติมอากาศ 2	11	16.41	
22	58-3203-00	เครื่องเติมอากาศ 3	7.5	11.19	
	รวม		67.02	100.00	

หัวข้อการเปรียบเทียบ	การออกแบบเบื้องต้น	ข้อมูลระบบปัจจุบัน
1. ภาระบรรทุกปีโอดี (กิโล-ปีโอดีต่อวัน)	315	80.96
2. ปริมาณน้ำในบ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)	1,050	900
3. ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ (มก./ล.)	4,500	3,000
4. ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ (มล./ล.)	22.8	19.5
5. กำลังมอเตอร์ที่ต้องการ (แรงม้า)	33.6	30.5
6. กำลังมาของมอเตอร์ที่ให้จริง (แรงม้า)	40.0	30
7. ปริมาณออกซิเจนที่เค็มได้ (กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง)	25.6	19.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในการออกแบบระบบเบื้องต้น และข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

ดังนั้นจึงทำการเดินเครื่องเติมอากาศจำนวน 2 เครื่อง โดย
 เครื่องที่ 1 ใ้มอเตอร์ขนาด 15 แรงม้า (11.4 กิโลวัตต์)
 เครื่องที่ 2 ใ้มอเตอร์ขนาด 15 แรงม้า (11.4 กิโลวัตต์)

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าในขณะที่ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ของระบบปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 19.5 กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง ซึ่งถ้าเดินเครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 แล้วจะมีอัตราการเติมอากาศได้เท่ากับ 19.2 กิโล-ปีโอดีต่อชั่วโมง ดังนั้นจึงน่าจะทดลองเดินเครื่องเติมอากาศเพียง 2 เครื่อง คือ เครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 ซึ่งมีแรงแม้รวมเท่ากับ 30 แรงม้า ดังนั้นจึงน่าจะทดลองหยุดเครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 3 ไว้ 1 เครื่องได้

จากผลการทดลองการหยุดเดินเครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 3 ไว้แล้วทำการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศ และสังเกตลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์และสภาพทั่วไปของบ่อเติมอากาศได้ผลดังตารางแสดงผลการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3.3

วันที่ เดือน ปี	จำนวนเครื่อง AERATOR ที่เดิน	ค่า DO เฉลี่ย (mg / lit)	ค่า DO ช่วง (Range) (mg / lit)	หมายเหตุ
ก่อนการทดลอง 14 ต.ค. - 17 พ.ย. 38	3 เครื่อง	3.90	2.98-6.12	ที่ผิวหน้าบ่อเติมอากาศ มีฟองสีน้ำตาล 40%
ขณะทำการทดลอง 15 ม.ค. - 31 พ.ค. 39	2 เครื่อง	1.33	1.25-1.40	ที่ผิวหน้าบ่อเติมอากาศ มีฟองสีน้ำตาลเข้ม 20%
หลังทำการทดลอง มิ.ย. - ก.ย. 39	2 เครื่อง	1.34	1.02-1.60	ที่ผิวหน้าบ่อเติมอากาศ มีฟองสีน้ำตาลเข้ม 5%

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศ

จากตารางที่ 3.3 นี้จะเห็นได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่วัดได้จริงในบ่อเติมอากาศหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงการกำหนดการเดินเครื่องเติมอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 1.02 - 1.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตามข้อมูลการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งของโรงงานตัวอย่างนี้จะได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากสภาพทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียและบ่อเติมอากาศแล้วยังพบว่ามีสภาพดีขึ้นกว่าก่อนการทดลองเดินเครื่องเติมอากาศดังกล่าวนี้ด้วย โดยสภาพทั่วไปที่ดีขึ้นพิจารณาได้จากปริมาณฟองในบ่อเติมอากาศในบ่อเติมอากาศมีปริมาณฟองอยู่มากแสดงว่าระบบในขณะนั้นไม่สมบูรณ์ และดูได้จากสีของน้ำตะกอนของจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ ถ้าตะกอนอยู่ในสภาพสมบูรณ์น้ำตะกอนในบ่อเติมอากาศจะมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งจากตารางที่ 3.3 นี้จะเห็นได้ว่าหลังการทดลองแล้วสภาพน้ำในบ่อเติมอากาศมีสภาพดีขึ้นอีกด้วย

ประกอบกับพิจารณาจากตารางแสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียในภาคผนวก ก. จะเห็นว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วภายหลังจากมีการเดินเครื่องเติมอากาศตามวิธีใหม่ (ในปี 2539) ยังคงมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานกำหนดอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีคุณภาพดีกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานอีกด้วย

การพิจารณาการลดต้นทุนค่ายูเรีย

จากโครงสร้างต้นทุน (Cost Structure) ของปี 2535 - 2537 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นั้น จะเห็นได้ว่าต้นทุนค่ายูเรียในปี 2535-2537 คิดเป็น 0.63% , 0.88% และ 1.60% ตามลำดับ แม้ว่าต้นทุนส่วนนี้จะไม่ใช่มูลค่าหลักก็จริงแต่จากการตรวจสอบปริมาณการใช้ยูเรียนั้นมีอัตราส่วนการใช้ต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียเพิ่มขึ้นทุกปี(ดังแสดงในตารางแสดงปริมาณการใช้สารเคมีและต้นทุนในภาคผนวก ค.) โดยในมีอัตราการใช้ยูเรียในปี 2535-2537 เป็น 0.11, 0.15 และ 0.25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการลดต้นทุนส่วนนี้ด้วย

วิธีการคิดหาปริมาณยูเรียที่จะเติมลงในบ่อเติมอากาศ

ตามหลักการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งแสดงไว้ในรายละเอียดเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งมีสมการแสดงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นดังนี้

$$\text{แบคทีเรีย} + \text{อาหาร (ในน้ำเสีย)} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{สปีพันธุ}]{\text{เจริญเติบโต}} \text{แบคทีเรีย} + \text{กากอาหาร} + \text{น้ำสะอาด}$$

จากสมการข้างต้นนี้อาหารของแบคทีเรียหมายถึงสิ่งสกปรก หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำเสีย ซึ่งอาหารนี้รวมถึงธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย สำหรับฟอสฟอรัสนั้นเนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำมันพืชจะมีการใช้กรดฟอสฟอริกอยู่แล้ว ดังนั้นในน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างนี้จึงมีปริมาณของฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณมากพอ สำหรับธาตุไนโตรเจนนั้นปรกติแล้วจะมีอยู่ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนทั่วไป แต่สำหรับโรงงานตัวอย่างแห่งนี้ระบบน้ำสุขาภิบาล หรือน้ำใช้จากห้องน้ำห้องส้วมจะถูกแยกเก็บต่างหากไม่ได้นำมาลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (ซึ่งเป็นการลดปริมาณน้ำเสียทางหนึ่ง) ดังนั้นในน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างนี้จึงไม่มีธาตุไนโตรเจนอยู่เลย ดังนั้นจึงต้องมีการเติมยูเรียลงไปเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับแบคทีเรียในบ่อเติมอากาศโดยมีหลักการคิดหาปริมาณยูเรียที่จะเติมลงในบ่อเติมอากาศดังนี้

โดยความต้องการธาตุไนโตรเจนของแบคทีเรียนั้นขึ้นอยู่กับค่าการระบรทุกบีโอดีที่เข้าสู่บ่อเติมอากาศ โดยมีอัตราส่วนความต้องการในอัตรา บีโอดี : ไนโตรเจน เป็น 100 : 5 (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

โดยมีวิธีการคำนวณหาปริมาณยูเรียที่ต้องการใช้ตามทฤษฎี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากความต้องการไนโตรเจนของแบคทีเรียในอัตราส่วนของ บีโอดี : ไนโตรเจน เป็น 100 : 5

ค่าการระบรทุกบีโอดี = ค่าบีโอดีของน้ำเสีย(มก./ล.) x ปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ (ลบ.ม.)

1,000

= ค่าการระบรทุกบีโอดี (กิโลบีโอดี)

ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการ = $\frac{\text{ค่าการระบรทุกบีโอดี} \times 5}{100}$

= ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องเติมลงในบ่อเติมอากาศ (กิโลกรัม)

แต่เนื่องจากปุ๋ยยูเรียมีไนโตรเจนอยู่เพียง 46% โดยน้ำหนัก ดังนั้นจะได้

ปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ต้องเติม = ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการ (กก.) X 100

46

= กิโลกรัมของปุ๋ยยูเรียที่ต้องเติม

ซึ่งจากผลการทดลองใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณยูเรียตามวิธีนี้ ประกอบกับสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบ่อเติมอากาศพบว่าสภาพทั่วไปของบ่อเติมอากาศอยู่ในสภาพปกติ และคุณภาพน้ำหลังจากผ่านการบำบัดแล้วยังคงได้ตามมาตรฐานกำหนด ดังแสดงในตารางแสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียและปริมาณสารเคมีที่ใช้ของปี 2538 ในภาคผนวก ก.

ต่อมาในปี 2539 ได้มีการศึกษาถึงปริมาณไนโตรเจนที่ยังหลงเหลืออยู่ในบ่อเติมอากาศ โดยได้มีการเคราะห์หาค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำในบ่อเติมอากาศ (โดยกรองเอาตะกอนจุลินทรีย์ออกก่อน) พบว่าที่หลงเหลืออยู่นี้เป็นไนโตรเจนส่วนเกินที่จุลินทรีย์ใช้ไม่หมด เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดสามารถดึงไนโตรเจนได้เองจากอากาศเหนือผิวน้ำ นอกจากนั้นแล้วพบว่าในน้ำฝนจะมีปริมาณไนโตรเจนผสมอยู่ในปริมาณมากพอสมควร ซึ่งไนโตรเจนที่มีอยู่ในบ่อเติมอากาศนี้สามารถนำมาคิดคำนวณโดยนำมาหักออกจากปริมาณไนโตรเจนที่คำนวณได้จากภาระบรรทุกทุกปีไอดีก่อนแล้วจึงนำค่าที่หักลบกันนี้มาคิดหาปริมาณยูเรียอีกครั้ง ดังต่อไปนี้

จาก ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการ = ค่าภาระบรรทุกทุกปีไอดี $\times 5$

100

= ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องเติมลงบ่อเติมอากาศ (กิโลกรัม)

ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องเติม = ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องเติมลงบ่อเติมอากาศ - ค่าไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากน้ำฝนนำค่าปริมาณไนโตรเจนที่ต้องเติมนี้ไปคำนวณหาปริมาณยูเรียที่ต้องเติมต่อไป

การพิจารณาลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

สภาวะของปัญหา

จากการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรนี้พบว่า สาเหตุที่ทำให้ต้นทุนในส่วนนี้สูงเนื่องจาก สภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้น มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงมาก โดยเฉพาะน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด แต่จากการตรวจสอบอุปกรณ์ และ โครงสร้างต่าง ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียพบว่า วัสดุที่ใช้ ไม่ได้มีการออกแบบเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของน้ำเสีย คือ อุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ ทำจากวัสดุที่เป็นเหล็กธรรมดา ดังนั้นเมื่อใช้ไปไครยะหนึ่งจึงเกิดการสึกกร่อนบ่อย ๆ อายุการใช้งานต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงอะไหล่บ่อย จึงเป็นต้นเหตุให้ต้นทุนในส่วนนี้สูง

แนวทางในการลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

จากสาเหตุดังกล่าว จึงได้มีการสรรหาอุปกรณ์อะไหล่ หรืออุปกรณ์ที่สร้างใหม่ ซึ่งทำจากวัสดุที่สามารถทนฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสียได้ นั่นคือเลือกใช้วัสดุ หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำจากสแตนเลส ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถทนฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำมันพืชได้ (แต่หากมีการใช้กรดเกลือ หรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ในระบบแล้วควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุชนิดนี้ ควรหันไปใช้วิธีการเคลือบด้วยสารโพลีเมอร์ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนจะดีกว่า) ซึ่งการใช้อุปกรณ์ที่ทำจากวัสดุดังกล่าว จำเป็นต้องมีการลงทุนที่สูงขึ้น เพราะราคาอุปกรณ์ที่ทำจากสแตนเลสมีราคาสูงกว่าเหล็กธรรมดาถึง 1 เท่าตัว (โดยประมาณ) ดังนั้นต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในปี 2538 และ 2539 จึงต้องมีค่าสูงกว่าในปี 2535 และ 2536

การวางแผนการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการศึกษาถึงหลักการทำงานและการติดตามข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งนี้พบว่า ถ้าหากมีการควบคุมปริมาณการระบรทุกบีโอดีที่เข้าสู่ระบบให้คงที่แล้ว จะทำให้การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจากการศึกษาถึงแหล่งที่มาและลักษณะสมบัติของน้ำเสียแต่ละประเภทดังแสดงในตารางที่ 1.2 และตารางที่ 1.3 และจากการศึกษาถึงวิธีการลดต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว สามารถจัดเป็นแผนการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งได้ดังนี้คือ

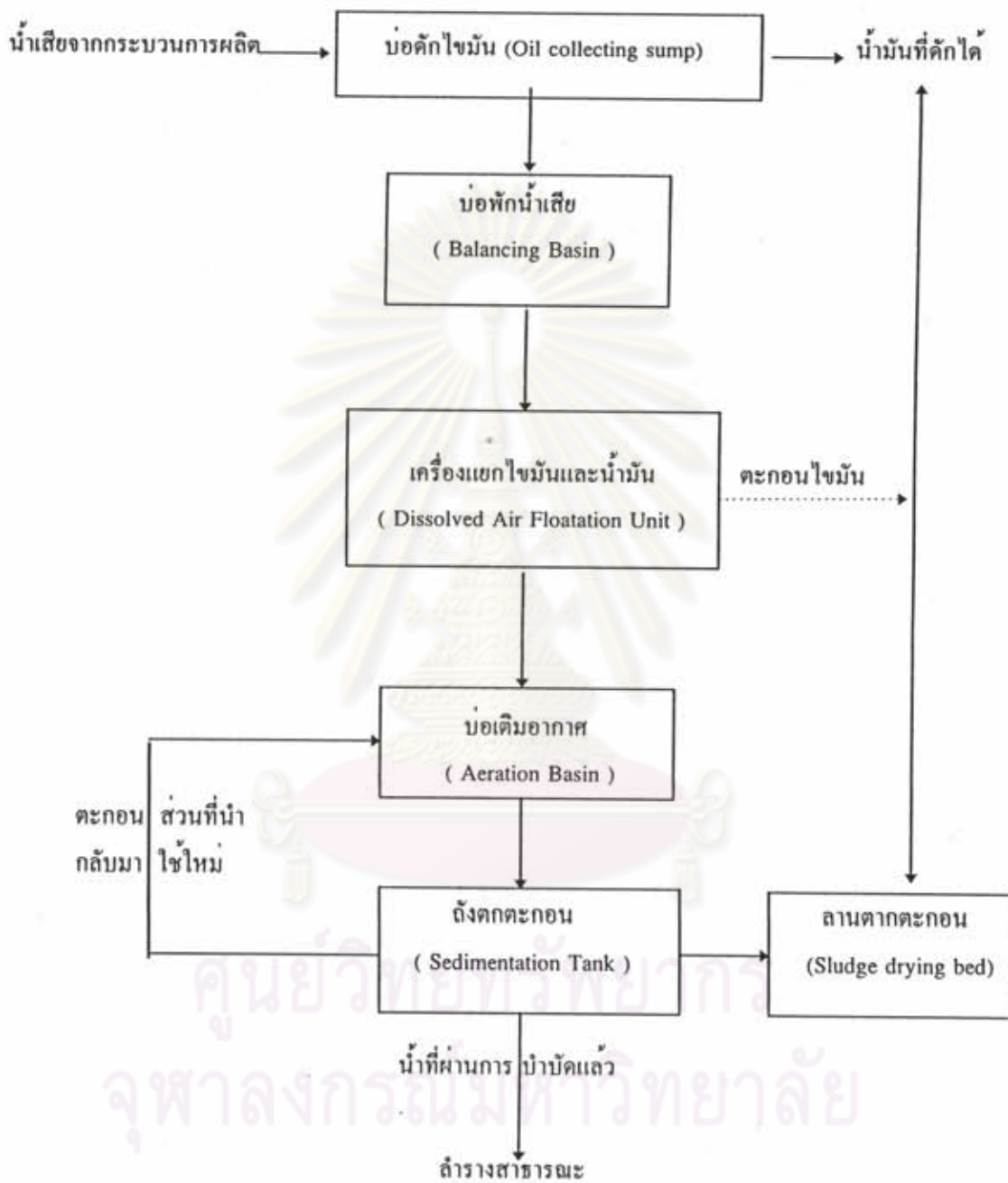
1. สามารถคาดคะเนปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวันได้ จากแผนการผลิตหลักประกอบกับตารางแสดงแหล่งที่มาของน้ำเสีย (ดังแสดงในรูปที่ 1.9) ซึ่งจะช่วยให้ทราบได้ว่าจะมีน้ำเสียเกิดขึ้นในช่วงการผลิตนั้น ๆ เท่าไร และมีลักษณะสมบัติเป็นอย่างไร (ดังแสดงในตารางที่ 1.3)
2. ทำการแยกเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.9
3. ทำการตรวจสอบลักษณะสมบัติของน้ำเสียแต่ละประเภท
4. นำค่าที่ได้ในข้อ 1 และ 3. มาคำนวณหาอัตราการสูบน้ำเสียแต่ละประเภทเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (รายละเอียดดังแสดงในวิธีการควบคุมและปฏิบัติงานที่บ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นค่าง และบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด ในบทที่ 4.)

อย่างไรก็ดีในการวางแผนการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียนี้ในบางช่วงเวลาอาจไม่สามารถควบคุมการระบรทุกบีโอดีของน้ำเสียที่จะส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีค่าคงที่ได้ ดังนั้นในการวางแผนการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียนั้นจะต้องพยายามควบคุมไม่ให้ค่าการระบรทุกบีโอดีของน้ำเสียนี้เกินกว่าค่าที่ควบคุม มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้หน้าที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด

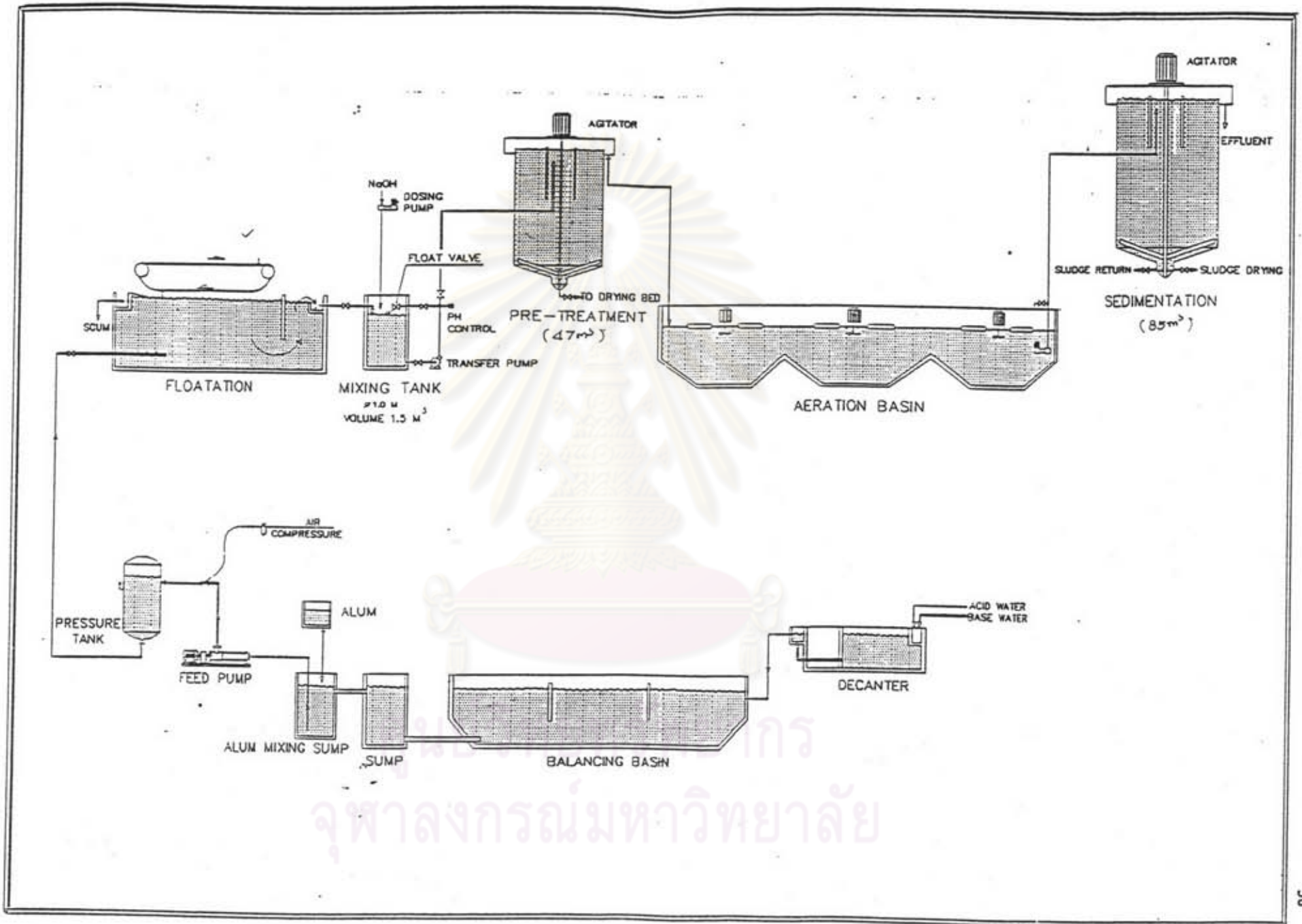
โดยหลังจากการปรับปรุงและพัฒนาาระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ขั้นตอนต่าง ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียหลังจากการปรับปรุงและพัฒนาาระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่าง
(ใช้ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge))



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียหลังจากการปรับปรุงและพัฒนาาระบบ



รูปที่ 3.5 แสดงแบบการไหลของน้ำเสีย (หลังปรับปรุง)