

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

5.1 การเริ่มต้นเลี้ยงจุลชีพ

การวิจัยนี้ได้แบ่งระยะเวลาของการทดลองออกเป็น 2 ช่วง โดยในช่วงแรกได้ทำการทดลองในชุดที่ 1 ก่อน เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการประเมินหาค่าพารามิเตอร์จลน์ และในช่วงที่ 2 ได้ทำการทดลองชุดที่ 2 เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลองทางทฤษฎี โดยเริ่มเลี้ยงจุลชีพต่อหลังจากที่ได้เสร็จสิ้นการเก็บผลข้อมูลของการทดลองชุดที่ 1 แล้ว ซึ่งเมื่อรวมระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้ง 2 ชุดแล้วใช้ระยะเวลาทั้งสิ้นประมาณ 180 วัน

การทดลองชุดที่ 1

การทดลองชุดที่ 1 เริ่มต้นโดยนำหัวเชื้อตะกอน (Seed) จากโรงงานผลิตภัณฑ์อาหารทะเล แซแซ็ง เดิมลงในส่วนที่เป็นถังเติมอากาศประมาณ 1 ลิตร เติมน้ำเสียจริง 2 ลิตรและน้ำประปาจนเต็มปริมาตร 8 ลิตร แล้วเติมอากาศทิ้งไว้ข้ามคืน วันรุ่งขึ้นจึงหยุดเติมอากาศเพื่อดึงน้ำใสส่วนบนทิ้งออกประมาณ 3 ลิตร และเติมน้ำเสียลงไปอีกจนเต็มปริมาตร แล้วจึงเติมอากาศต่อ ทำเช่นนี้เรื่อยไปเพื่อให้หัวเชื้อตะกอนที่นำมาใช้ ได้ค่อยๆปรับตัวให้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียชนิดใหม่ที่ใช้ในการวิจัย จนกระทั่งปริมาณน้ำใสส่วนบนที่ดึงออกและปริมาณน้ำเสียที่เติมเป็น 6 ลิตรแล้ว จึงเริ่มป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้นอีกประมาณ 1 สัปดาห์เมื่อสังเกตได้ว่ามีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นมากพอประมาณแล้วจึงเริ่มทำการควบคุมค่าอายุตะกอนตามแผนการวิจัย โดยระบายน้ำตะกอนทิ้งจากถังเติมอากาศ และเริ่มทดลองติดตามวัดค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศเพียงอย่างเดียวก่อน เพื่อใช้ตรวจสอบว่าระบบเริ่มจะมีการเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) แล้วหรือยัง เมื่อสังเกตได้ว่าค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนเริ่มมีค่าคงที่ โดยไม่แปรปรวนมากแล้ว จึงเริ่มต้นเก็บผลข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่จุดต่างๆ ตามแผนการวิจัย ซึ่งใช้เวลาตั้งแต่ตอนเริ่มต้นเลี้ยงจุลชีพจนถึงเวลาที่เริ่มเก็บผลข้อมูลของช่วงสภาวะคงที่นั้นนานประมาณ 30 วัน ดังนั้นเป็นที่คาดเดาได้ว่า หัวเชื้อตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียต่างชนิดกัน

กับน้ำเสียที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถปรับตัวให้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียชนิดใหม่ได้แล้ว และมีเสถียรภาพเพียงพอที่จะสามารถปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงที่ ที่แต่ละสถานะการดำเนินการของแต่ละระบบที่มีค่าอายุตะกอนต่างกันได้

ในการทดลองชุดที่ 1 นี้ ได้ทำการทดลองเพื่อเก็บผลข้อมูลของระบบที่มีค่าอายุตะกอน 3 วัน , 5 วัน , 9 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ โดยการแปรและการควบคุมค่าอายุตะกอนให้มีค่าอยู่ในช่วงตามที่ต้องการนั้น ทำได้โดยปรับและควบคุมอัตราการระบายน้ำตะกอนทิ้งจากถังเติมอากาศตามที่ได้เสนอไว้ในแผนการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลผลการทดลองในช่วงสภาวะคงที่ ต้องนานพอที่จะสามารถประเมินหาค่าเฉลี่ยทางสถิติได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดไว้ว่าต้องใช้เวลานานอย่างน้อยประมาณ 2-3 เท่าของค่าอายุตะกอนของแต่ละระบบ ซึ่งในการทดลองชุดที่ 1 นี้ได้ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในช่วงสภาวะคงที่นานประมาณ 7 เท่า , 4 เท่า , 3 เท่า และ 2 เท่าของค่าอายุตะกอนของระบบ ในการทดลองที่ควบคุมค่าอายุตะกอนให้มีค่าเท่ากับ 3 วัน , 5 วัน , 9 วัน และ 15 วันตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานพอที่จะสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อแสดงถึงสภาพของระบบในช่วงสภาวะคงที่ได้ที่น่าเชื่อถือและเพื่อการประเมินหาค่าเฉลี่ยทางสถิติของข้อมูล ดังแสดงสรุปในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าอายุตะกอนของแต่ละระบบ ในการทดลองชุดที่ 1

ครั้งที่	θ_c (วัน)	ระยะปรับตัว (วัน)	ระยะเวลาเก็บข้อมูล (วัน)	เทียบกับ θ_c ของระบบ
1	3	8	23	7 เท่าของค่า θ_c
2	5	12	21	4 เท่าของค่า θ_c
3	9	10	27	3 เท่าของค่า θ_c
4	15	10	27	2 เท่าของค่า θ_c

หมายเหตุ : ระยะปรับตัวของระบบก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่ เริ่มนับหลังจากที่ได้เริ่มต้นควบคุมการระบายน้ำตะกอนเพื่อควบคุมค่าอายุตะกอน จนถึงช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเริ่มมีค่าคงที่

การทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 ได้เริ่มต้นเลี้ยงตะกอนจุลชีพ หลังจากที่ได้เก็บผลข้อมูลของการทดลองชุดที่ 1 เสร็จสิ้นแล้ว โดยนำน้ำตะกอนทั้งหมดที่ได้ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 มาเปลี่ยนถ่ายลงในถังเดิมอากาศที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งเป็นแบบที่มีถังเดิมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรม เมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำตะกอนเสร็จแล้วก็เติมอากาศต่อในถัง 4 ถัง และเริ่มป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องเลย ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตะกอนที่ใช้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียที่ใช้เป็นอย่างดีแล้ว โดยในครั้งแรกนี้ได้ทำการทดลองระบบแบบที่มีการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (แบบ Plug Flow) และระบบแบบที่ทำการป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (แบบ Step Feed) ควบคุมกันไปพร้อมกันเป็นชุดแรกก่อน หลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลผลการทดลองของระบบทั้ง 2 เสร็จแล้วจึงเปลี่ยนมาทำการทดลองระบบแบบที่มีการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (แบบ Contact Stabilized) เป็นชุดสุดท้าย

หลังจากที่ได้ป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องเข้าสู่ระบบนานประมาณ 1 สัปดาห์แล้วถึงจะเริ่มทำการควบคุมค่าอายุตะกอน ทั้งนี้เพื่อให้จุลชีพในระบบได้มีระยะเวลาปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ของระบบแบบที่มีถังเดิมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรม และมีรูปแบบการป้อนน้ำเสียที่แตกต่างกัน โดยหลังจากที่ได้เริ่มระบายน้ำตะกอนทิ้งจากถังเดิมอากาศใบที่ 4 เพื่อเป็นการควบคุมค่าอายุตะกอนแล้ว จึงเริ่มทำการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเพื่อติดตามวัดค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศแต่ละใบ และเมื่อสังเกตได้ว่าค่าดังกล่าวมีค่าไม่แปรปรวนมากนักแล้ว จึงจะเริ่มต้นเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องจากการวิเคราะห์น้ำที่จุดต่างๆ ตามแผนการวิจัย

ในการทดลองชุดที่ 2 นี้ได้ใช้ระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในช่วงสภาวะคงที่นานประมาณ 3 เท่าของค่าอายุตะกอนของระบบ ในการทดลองแต่ละชุด ซึ่งนับว่านานเพียงพอที่จะสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อแสดงถึงสถานะของระบบในช่วงสภาวะคงที่ได้เช่นเดียวกัน ดังที่สรุปไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าอายุ ตะกอนของแต่ละระบบ ในการทดลองชุดที่ 2

ลักษณะการป้อนน้ำเสีย	θ_c (วัน)	ระยะปรับตัว	ระยะเวลาเก็บข้อมูล	เทียบกับ θ_c ของระบบ
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1	10	12 วัน	33	3 เท่าของค่า θ_c
ป้อนน้ำเสียสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง	10	12 วัน	33	3 เท่าของค่า θ_c
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3	10	7 วัน	31	3 เท่าของค่า θ_c

หมายเหตุ : ระยะปรับตัวของระบบก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่ เริ่มนับหลังจากที่ได้เริ่มต้นควบคุมการระบายน้ำตะกอน เพื่อควบคุมค่าอายุตะกอน จนถึงช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเริ่มมีค่าคงที่

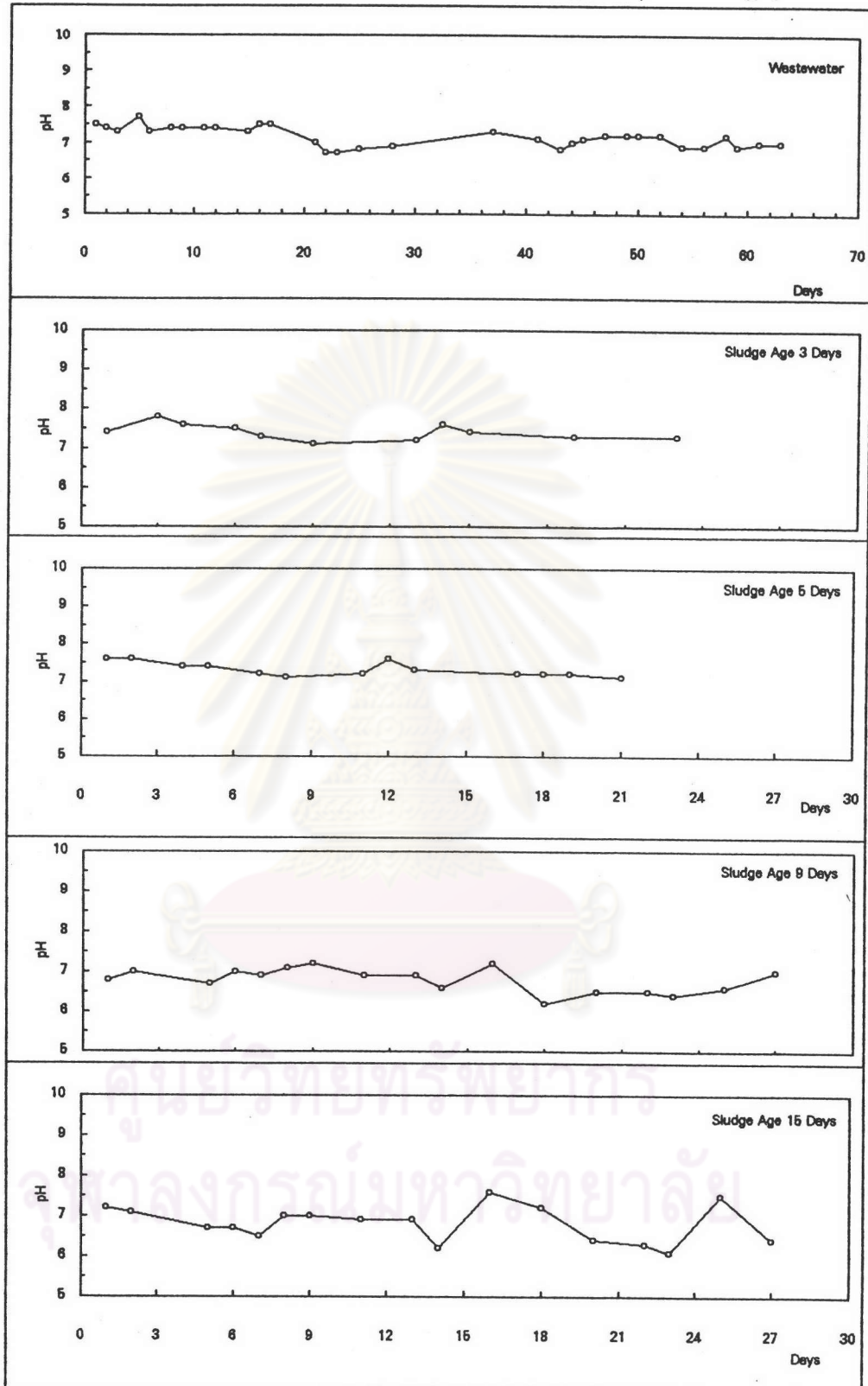
5.2 ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อระบบ

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะด้านการกำจัดสารคาร์บอนอินทรีย์ ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบ แอโรบิก เป็นหลัก ดังนั้นปัจจัยในด้านอื่นๆ ที่มีผลต่อระบบ เช่นปริมาณนิวทริเอนท์ (ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส) พีเอช ค่าดีไอ และอุณหภูมิ จะต้องมีความเพียงพอ และ/หรือมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตลอดที่ทำการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้ปัจจัยดังกล่าวมีผลในการเป็นตัวจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ นอกเหนือไปจากสารคาร์บอนอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งตลอดการทดลองทั้ง 2 ชุด สามารถสรุปถึงปัจจัยดังกล่าวได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 พีเอช

การทดลองชุดที่ 1

การวัดค่าพีเอชของน้ำตัวอย่างกระทำเป็นอันดับแรก โดยทันทีที่เก็บตัวอย่างน้ำ จากจุดต่างๆเพื่อมาทำการวิเคราะห์ในแต่ละวัน โดยในการทดลองชุดที่ 1 พบว่าค่าพีเอชของน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 (อยู่ในช่วง 6.7 - 7.7) ส่วนค่าพีเอชในถังเติมอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4, 7.3, 6.8 และ 6.8 เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 3 วัน, 5 วัน, 9 วันและ 15 วัน ตามลำดับ โดยผลของการวัดระดับการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสียและน้ำในถังเติมอากาศของการทดลองชุดที่ 1 นี้สามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.1



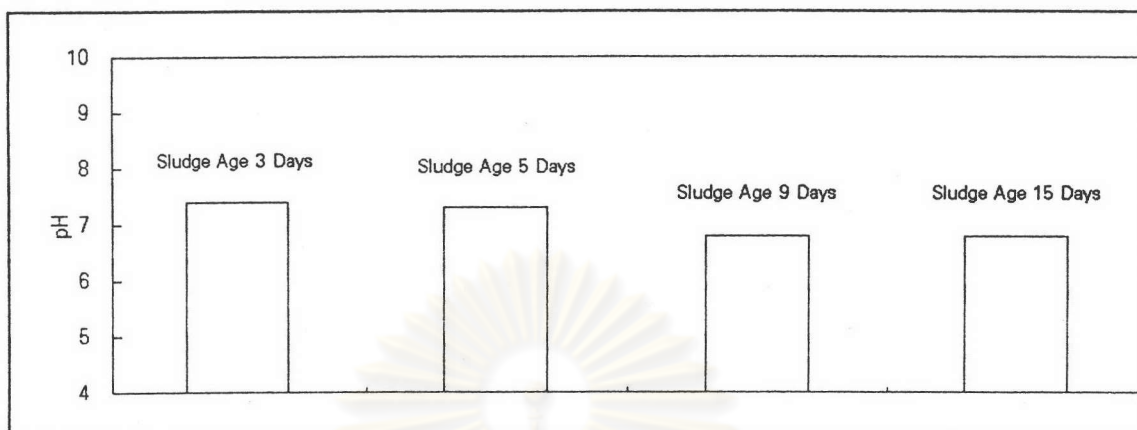
รูปที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ และระดับพีเอช ในถังเติมอากาศ ในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 1

จากผลการทดลองพบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือไม่เป็นสภาพกรด หรือสภาพด่าง มากเกินไป จนที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นธรรมชาติของน้ำเสียเองที่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วงดังกล่าว ประกอบกับการที่ได้นำน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดมาเติมในถังพักน้ำเสียใหม่ทุกวัน และในถังพักน้ำเสียเองก็มีการกวนเป็นระยะๆ โดยอัตโนมัติอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ระดับค่าพีเอชดังกล่าวมีค่าที่ไม่แปรปรวนมากนัก ดังนั้นตลอดที่ทำการทดลองจึงไม่ได้ปรับค่าพีเอชของน้ำเสียด้วยสารเคมีแต่อย่างใด

ส่วนระดับค่าพีเอชในถังเติมอากาศของการทดลองแต่ละครั้ง ระบบสามารถรักษาระดับให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพได้ และจัดว่าเป็นระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของกลุ่มจุลชีพที่มีในระบบเช่นกัน โดยที่ระดับค่าพีเอชดังกล่าวระบบสามารถทำให้เกิดสภาพเช่นนั้นขึ้นได้เอง โดยไม่ต้องทำการปรับค่าด้วยการเติมสารเคมีทุกวัน มีเพียงบางวันเท่านั้นที่ค่าพีเอชของระบบมีค่าลดต่ำลงจึงจะปรับค่าพีเอชด้วยการเติมสารไดโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) ซึ่งมีผลทำให้ระบบมีค่าพีเอชที่สูงขึ้น จนอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และการเติมสารดังกล่าวยังเป็นการช่วยเพิ่มบัฟเฟอร์ให้กับระบบ ทำให้ระบบสามารถรักษาระดับพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้จนเสร็จสิ้นการทดลอง และเป็นที่สังเกตได้ว่า ในระบบแบบที่มีถังเติมอากาศใบเดียวนั้น จะมีค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำในถังเติมอากาศที่ลดลงตามค่าอายุตะกอนของระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงสรุปในตารางที่ 5.3 และกราฟรูปที่ 5.2 ทั้งนี้จะมีสาเหตุมาจากในระบบที่มีค่าอายุตะกอนสูง จะเกิดการกำจัดสารคาร์บอนอินทรีย์ที่สูงกว่า โดยผลผลิตสุดท้ายของปฏิกิริยาจะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ในถังเติมอากาศเสมอ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำจะมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ ทำให้ระบบมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าได้

ตารางที่ 5.3 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียและของน้ำในถังเติมอากาศ ในการทดลองชุดที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่า พีเอชเฉลี่ย
ถังพักน้ำเสีย	7.2
ถังเติมอากาศ เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 3 วัน	7.4
ถังเติมอากาศ เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 5 วัน	7.3
ถังเติมอากาศ เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 9 วัน	6.8
ถังเติมอากาศ เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 15 วัน	6.8



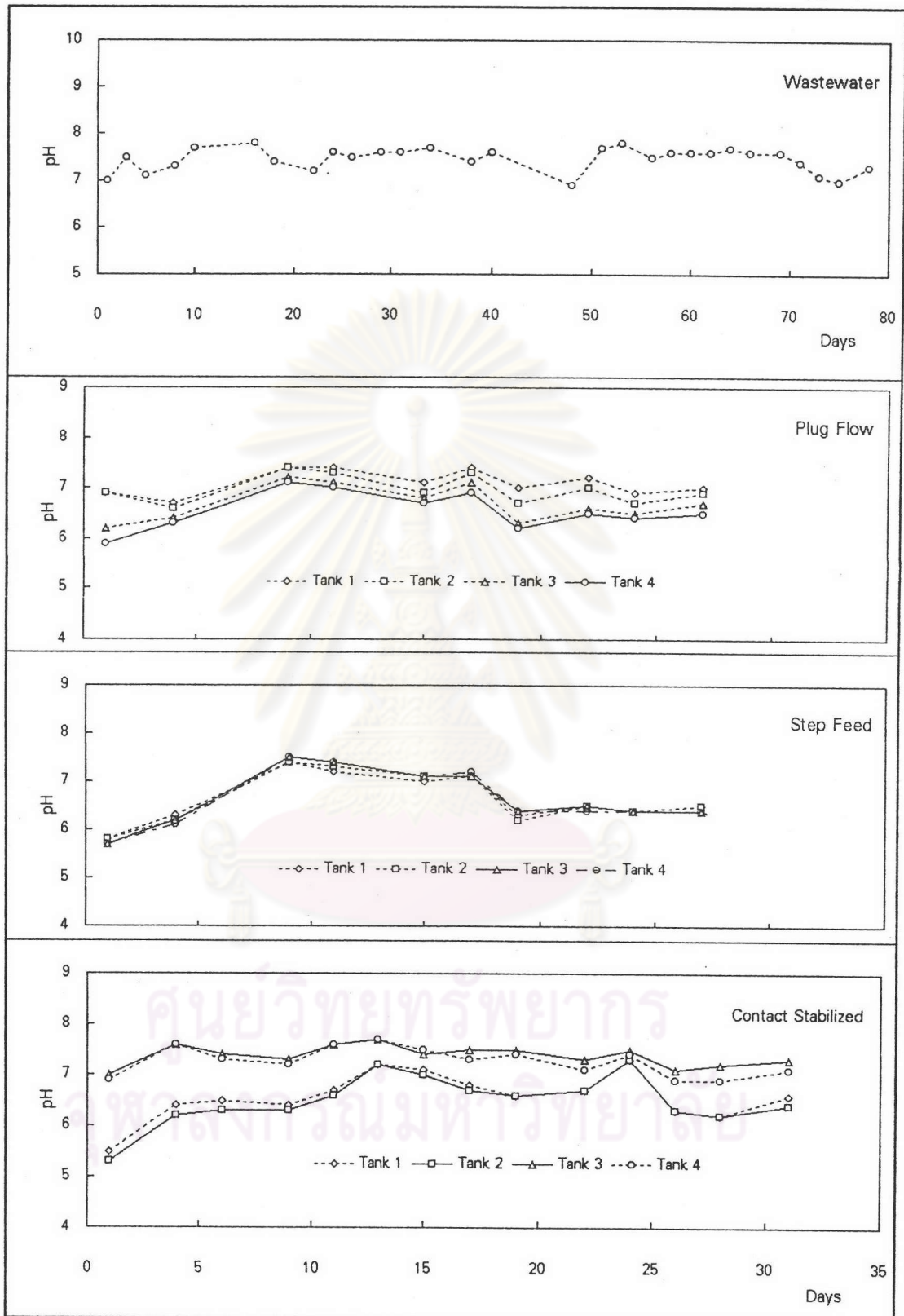
รูปที่ 5.2 ระดับค่าพีเอชเฉลี่ยในถังเติมอากาศที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1

การทดลองชุดที่ 2

ในการทดลองชุดที่ 2 พบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.5 (อยู่ในช่วง 6.9-7.8) และมีค่าพีเอชเฉลี่ยของถังเติมอากาศแต่ละใบ ในการทดลองแต่ละครั้ง แสดงอยู่ในตารางที่ 5.4 โดยผลของการวัดระดับการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสียและน้ำในถังเติมอากาศแต่ละใบ ของการทดลองชุดที่ 2 นี้สามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.4 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียและของน้ำในถังเติมอากาศ ในการทดลองชุดที่ 2

PLUG FLOW		STEP FEED		CONTACT STABILIZED	
จุดเก็บตัวอย่าง	pH	จุดเก็บตัวอย่าง	pH	จุดเก็บตัวอย่าง	pH
ถังเติมอากาศใบที่ 1	7.0	ถังเติมอากาศใบที่ 1	6.5	ถังเติมอากาศใบที่ 1	6.6
ถังเติมอากาศใบที่ 2	6.9	ถังเติมอากาศใบที่ 2	6.5	ถังเติมอากาศใบที่ 2	6.5
ถังเติมอากาศใบที่ 3	6.5	ถังเติมอากาศใบที่ 3	6.5	ถังเติมอากาศใบที่ 3	7.4
ถังเติมอากาศใบที่ 4	6.4	ถังเติมอากาศใบที่ 4	6.5	ถังเติมอากาศใบที่ 4	7.3
ถังพักน้ำเสีย	7.5	ถังพักน้ำเสีย	7.5	ถังพักน้ำเสีย	7.5



รูปที่ 5.3 การเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ และระดับพีเอชของถังเติมอากาศแต่ละใบ ในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2

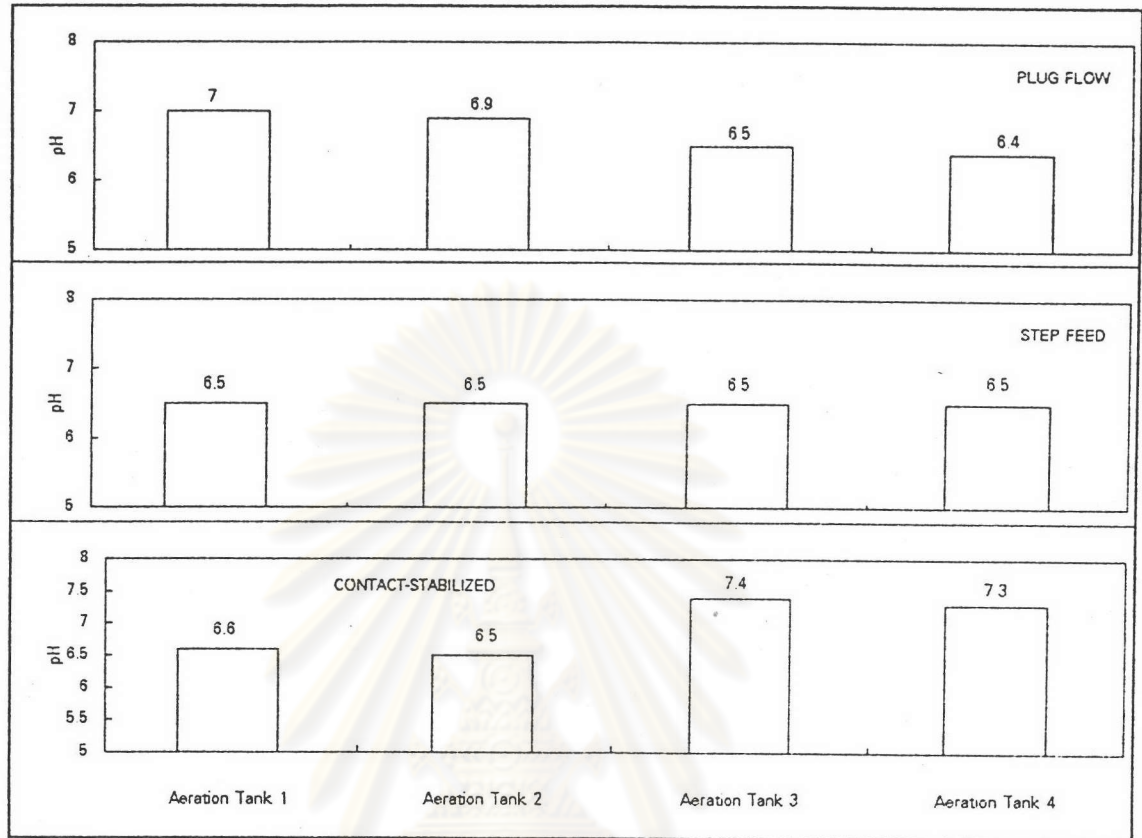
ในการทดลองชุดที่ 2 นี้ยังคงใช้น้ำเสียชนิดเดียวกันและจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ในการทำการวิจัย ซึ่งจากผลการทดลองทำให้พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองชุดนี้ ยังคงมีค่าพีเอช อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยจัดว่าเป็นระดับที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือไม่เป็นสภาพกรด หรือต่าง มากเกินไป เช่นเดียวกับในการทดลองชุดที่ 1 ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการปรับค่าพีเอชของน้ำเสียด้วย สารเคมีใดๆ ส่วนค่าพีเอชของน้ำในถังเติมอากาศแต่ละใบพบว่าระบบสามารถรักษาระดับพีเอชให้ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพได้เช่นเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นระบบจะมีการป้อนน้ำ เสียเป็นรูปแบบใดก็ตาม โดยที่ระดับค่าพีเอชดังกล่าวระบบแต่ละแบบนี้สามารถทำให้เกิดสภาพ เช่นนั้นขึ้นได้เองโดยไม่ต้องปรับค่าด้วยสารเคมีแต่อย่างใด

ในการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งเป็นระบบแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบนั้นพบว่ามีเพียง ระบบที่ทำการป้อนน้ำเสียแบบกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติม อากาศใบที่ 1 (แบบ Step Feed) เพียงระบบเดียวเท่านั้น ที่มีระดับค่าพีเอชของน้ำในถังเติมอากาศ แต่ละใบที่ใกล้เคียงกันมาก (ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.3) โดยเมื่อคิดเป็นค่าพีเอชเฉลี่ยแล้วจะมีค่าเท่า กันทุกๆถัง

ส่วนระบบที่ทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบ ที่ 1 (แบบ Plug Flow) นั้นพบว่าในถังใบที่ 1 จะมีค่าพีเอชเฉลี่ยสูงที่สุดและมีค่าลดหลั่นกันไปในถัง ใบที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ

และเมื่อระบบทำการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียน ตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Contact Stabilized) พบว่าในถังใบที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นถัง Contact จะมีค่าพีเอชเฉลี่ยสูงที่สุด โดยที่ถัง 2 ถึงจะมีค่าพีเอชเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน และมี ค่าพีเอชเฉลี่ยลดลงในถังใบที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นถัง Stabilized ตามลำดับ โดยที่ในถังใบที่ 1 และ 2 นั้น จะมีค่าพีเอชเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

ผลของระดับค่าพีเอชเฉลี่ยในถังเติมอากาศแต่ละใบที่แตกต่างกันทั้ง 3 ลักษณะ ของระบบแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ระดับค่าพีเอชเฉลี่ยในถังเติมอากาศแต่ละใบของการทดลองชุดที่ 2

จากผลของระดับค่าพีเอชดังที่ได้กล่าว แสดงให้เห็นว่าระบบที่ทำการป้อนน้ำเสียแบบกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง จะมีสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพภายในถังแต่ละใบที่คล้ายๆกัน และเหมือนกันกับระบบแบบที่มีถังเติมอากาศใบเดียว เพียงแต่การป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถังนั้นเป็นการช่วยทำให้เกิดสภาพการผสมอย่างสมบูรณ์ (Completely Mixed) ได้ดีขึ้นนั่นเอง ส่วนระบบที่มีการป้อนน้ำเสียแบบ Plug Flow และ Contact Stabilized นั้นผลของระดับค่าพีเอชแสดงให้เห็นว่าภายในถังเติมอากาศแต่ละใบจะมีสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าในระบบแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรมนี้ ลักษณะการจัดวางรูปแบบการป้อนน้ำเสียลงแต่ละจุดในระบบที่แตกต่างกัน มีผลโดยตรงในการกำหนดลักษณะสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีภายในถังเติมอากาศแต่ละใบ ซึ่งจะส่งผลทำให้ระบบแต่ละแบบมีลักษณะผลของการทำงานในการบำบัดโดยรวมที่แตกต่างกันไปด้วย

5.2.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

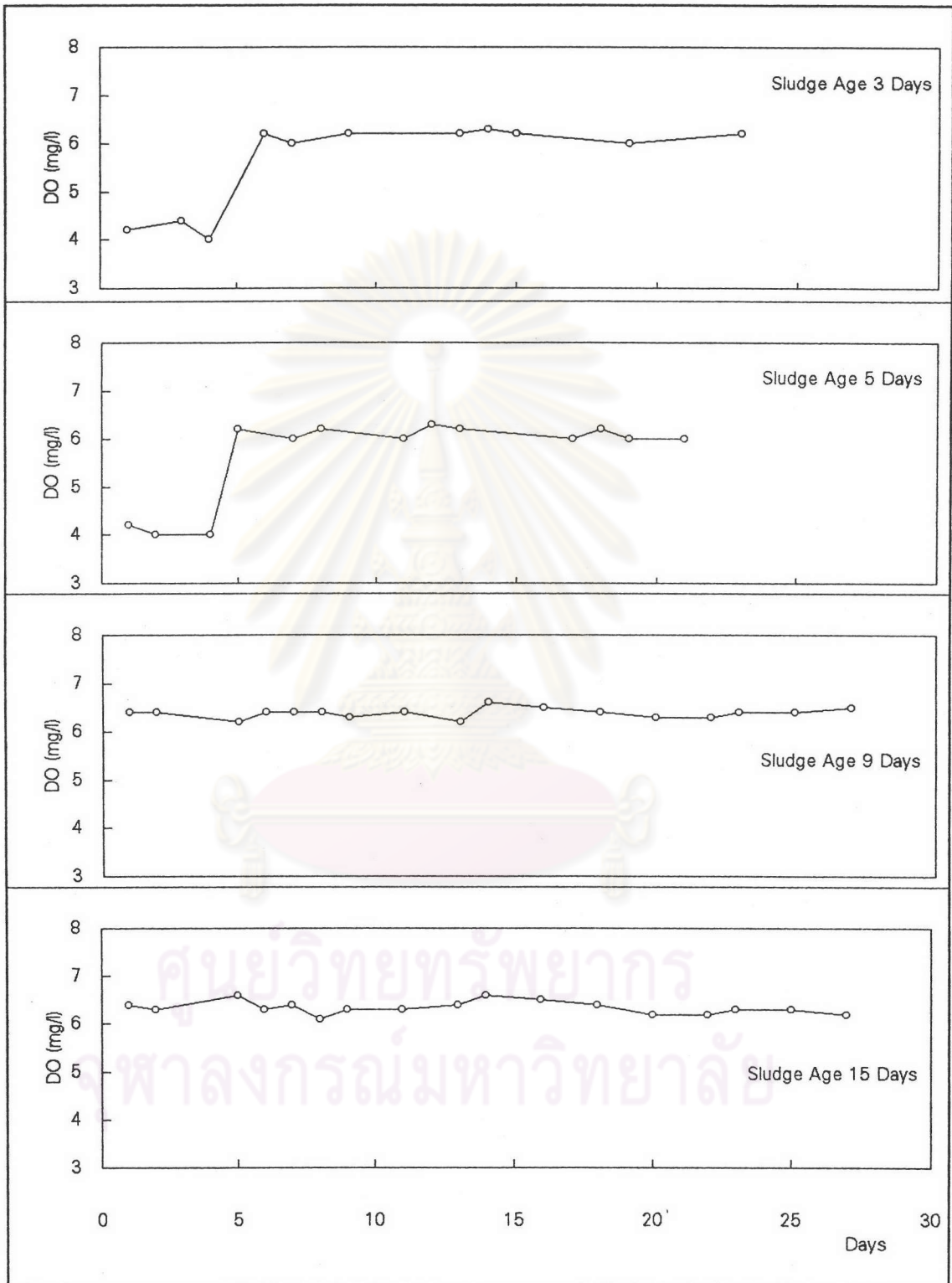
การเติมอากาศในถังเติมอากาศ ของการทดลองทั้ง 2 ชุด ต้องทำการเติมอากาศ ในปริมาณที่มากเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้ภายในถังเติมอากาศของทุกๆการทดลอง มีปริมาณออกซิเจน ละลายน้ำอย่างมากเพียงพอตลอดเวลา (รักษาสภาพแวดล้อมภายในถังให้เป็นแบบแอโรบิก) และ เพื่อให้ได้เกิดการกวนผสม (Mixing) อย่างทั่วถึง สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั้งถัง ซึ่งได้ผลดัง ที่แสดงไว้ในตารางที่ ก.2-ก.5 และตารางที่ ก.12-ก.14 ของภาคผนวก ก. และกราฟรูปที่ 5.5 - 5.6

จากรูปจะเห็นได้ว่า สามารถรักษาค่าดีไอหรือปริมาณออกซิเจนละลายน้ำภายใน ถังเติมอากาศ ให้อยู่ในระดับที่สูงได้ตลอดเวลาที่ทำการวิจัย นั่นคือสามารถควบคุมระบบ โดยไม่ให้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นตัวจำกัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา และการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ ในระบบ ได้ตามขอบเขตของการวิจัย

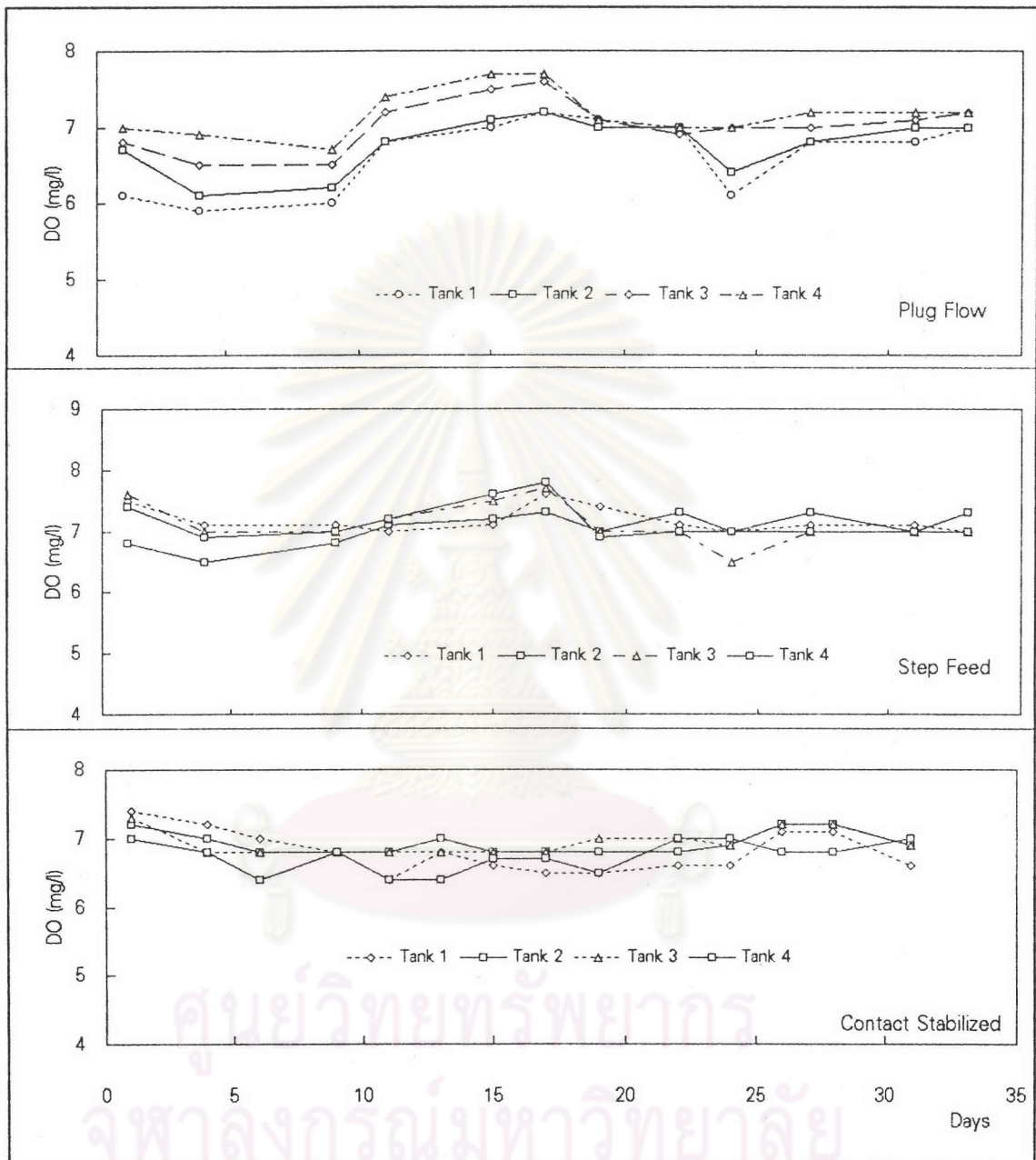
5.2.3 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึม และการ เจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ ในการทดลองบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่องกับแบบทดลองขนาดตั้งโต๊ะ (Bench Scale) เมื่อคิดเป็นอัตราส่วน COD:N:P แล้ว ควรมีค่าต่ำสุดได้ประมาณ 150:5:1 ซึ่งที่ค่า อัตราส่วนดังกล่าวเพียงพอที่จะกำหนดไม่ให้ปริมาณไนโตรเจนที่ทั้งสอง เป็นตัวจำกัดอัตราการ เจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ นอกเหนือไปจากสารคาร์บอนอินทรีย์ได้

จากผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง พบว่าน้ำเสียที่ใช้ตลอดการทดลองทั้ง 2 ชุด มี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (วัดในรูป TKN) เฉลี่ยเท่ากับ 43 มก./ล. (อยู่ในช่วง 30-49 มก./ล.) และ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) เฉลี่ยเท่ากับ 37 มก./ล. (อยู่ในช่วง 25-48 มก./ล.) ซึ่งเป็น ปริมาณที่มากเกินไป เมื่อเทียบกับค่าอัตราส่วนต่ำสุดที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ในตอนแรก โดยเมื่อคิด เป็นอัตราส่วน COD:N:P แล้วมีค่าประมาณ 150:23:20 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นธรรมชาติของน้ำเสีย ประเภทนี้เองที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสค่อนข้างสูงอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการเติมสาร เคมีเพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนที่ทั้งสองแต่อย่างใด



รูปที่ 5.5 ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศช่วงสภาวะคงที่ของการทดลองชุดที่ 1



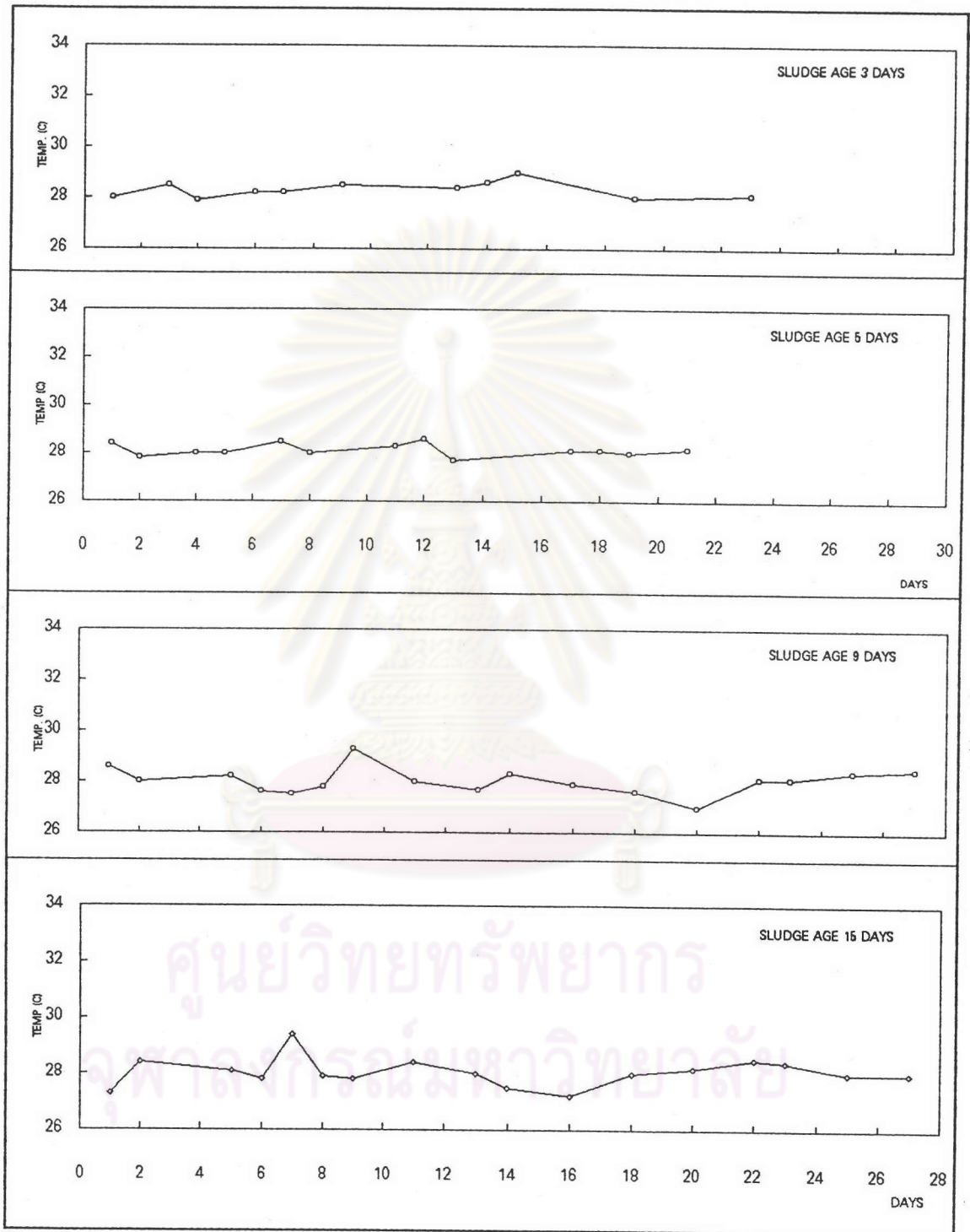
รูปที่ 5.6 ระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2

5.2.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำในถังเดิมอากาศที่ได้วัด เฉพาะในการทดลองชุดที่ 1 เพื่อการประเมินค่าพารามิเตอร์จลน์นั้น พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 , 28.1 , 28.0 และ 28.0 องศาเซลเซียส ในชุดการทดลองที่ควบคุมค่าอายุตะกอนเท่ากับ 3 วัน , 5 วัน , 9 วัน และ 15 วันตามลำดับ โดยที่การเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิของน้ำในถังเดิมอากาศของการทดลองชุดที่ 1 นี้ แสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 5.7

จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำในถังเดิมอากาศมีการแปรเปลี่ยนที่น้อยมาก หรืออาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิดังกล่าวมีค่าคงที่ตลอด แม้ว่าอุณหภูมิของอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละวัน อุณหภูมิของน้ำในถังเดิมอากาศที่คงที่แสดงให้เห็นว่า กลุ่มจุลชีพที่มีในระบบที่ทำการทดลอง จะทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิที่คงที่ตลอดเวลา ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา และการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ ไม่ได้ถูกจำกัดโดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และยังสามารรถใช้ระบุได้ว่าค่าพารามิเตอร์จลน์ที่ประเมินจากการวิจัยครั้งนี้ได้จากสภาพภูมิอากาศแบบในบ้านเรา ภายใต้อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีอุณหภูมิห้องปกติประมาณ 30 องศาเซลเซียส (เมื่อประมาณว่าอุณหภูมิของน้ำในถังเดิมอากาศมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

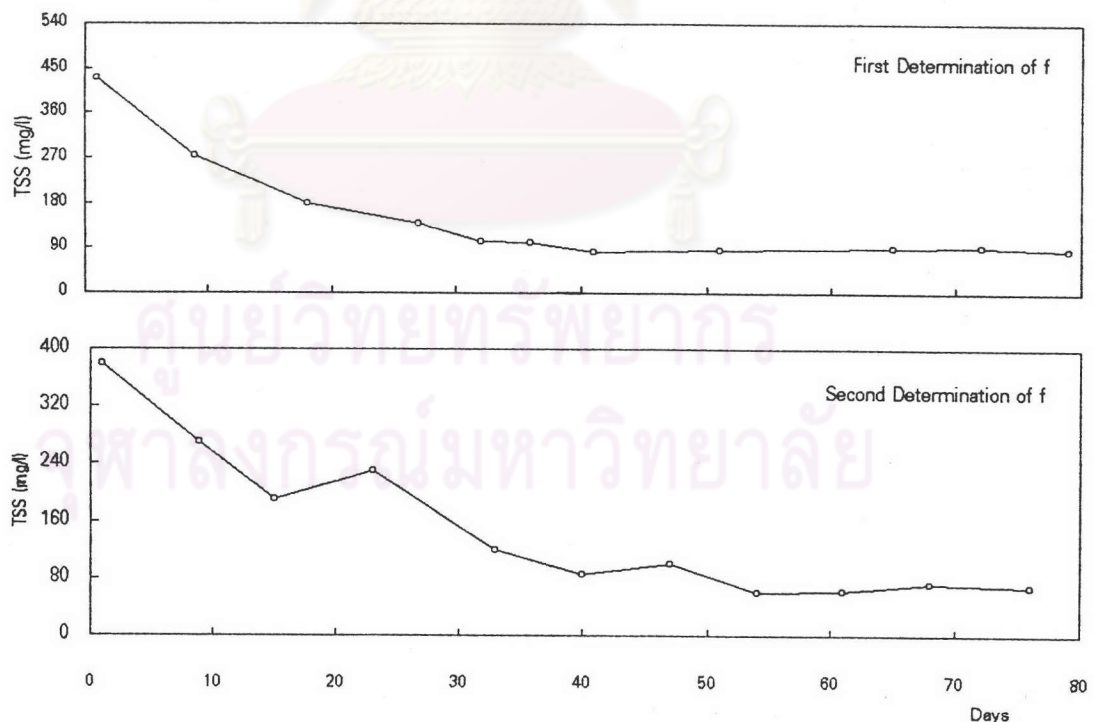


รูปที่ 5.7 การเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศของการทดลองชุดที่ 1

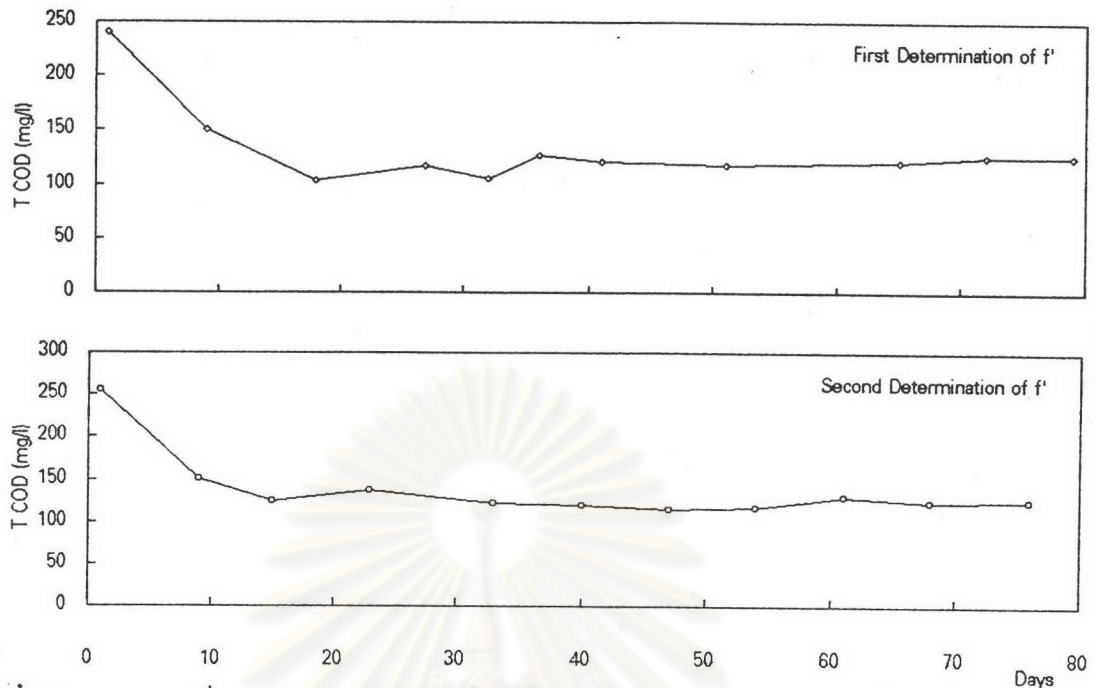
5.3 การหาค่า f และ f'

ค่า f คืออัตราส่วนระหว่างมวลของของแข็งแขวนลอยส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อยกับของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย ซึ่งหาได้จากการทดลองแบบแบทช์ระยะยาว ตามหลักการและวิธีการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 นั้นได้ผลดังที่แสดงในรูปที่ 5.8 ส่วนค่า f' ที่แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีของส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อย กับค่าซีโอดีของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย ซึ่งหาได้จากการทดลองชุดเดียวกัน ได้ผลดังที่แสดงในรูปที่ 5.9 (ข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอย ในการทดลองเพื่อหาค่า f และข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณซีโอดีของของแข็งแขวนลอย ในการทดลองเพื่อหาค่า f' แสดงอยู่ในตารางที่ ก.10 ของภาคผนวก ก.)

ผลการทดลองดังที่แสดงในรูปที่ 5.8-5.9 เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่า f และ f' สำหรับใช้ในการคำนวณร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดที่ 1 เพื่อการประเมินหาค่าพารามิเตอร์จลน์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.18 และ 0.50 ตามลำดับ (ตัวอย่างการคำนวณในการหาค่า f และ f' แสดงอยู่ในภาคผนวก ค.)



รูปที่ 5.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในการทดลองแบบแบทช์ระยะยาว เพื่อการประเมินหาค่า f ของน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีโอดีทั้งหมดในการทดลองแบบแบบที่ระยะยาว เพื่อการประเมินค่า f' ของน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

5.4 การประเมินค่าพารามิเตอร์จลน์

ผลของการทดลองในชุดที่ 1 สามารถนำมาสรุปเป็นข้อมูลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ ได้ดังตารางที่ 5.5 ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการประเมินค่าพารามิเตอร์จลน์ต่อไป

ตารางที่ 5.5 ผลสรุปข้อมูลเฉลี่ยของน้ำเสียจากหอพักวิทยนิเวศน์ที่นำมาใช้ในการวิจัย และของน้ำในถังเติมอากาศในช่วงสภาวะคงที่ของการทดลองชุดที่ 1

จุดเก็บตัวอย่าง	ซีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	TSS (mg/l)	TSS _{in effluent} (mg/l)
น้ำเสีย	276	102	103	-
ถังเติมอากาศ ($\theta_c=3$ วัน)	388	38	209	8
ถังเติมอากาศ ($\theta_c=5$ วัน)	467	34	284	12
ถังเติมอากาศ ($\theta_c=9$ วัน)	970	32	732	15
ถังเติมอากาศ ($\theta_c=15$ วัน)	1279	31	1051	12

โดยที่ TSS = Total Suspended Solids (ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด , มก./ล.)

5.4.1 ค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบ

ค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบ สำหรับใช้ในการคำนวณเพื่อไม่ให้เกิดการประเมินค่าพารามิเตอร์จลน์เกิดความคลาดเคลื่อนไป ซึ่งหาได้โดยการคิดของแข็งแขวนลอยที่หลุดไปในกระแสออกเพิ่มเข้าไปในสมการ ตามสมการที่ (3-25) นั้น จากข้อมูลผลการทดลองชุดที่ 1 สามารถแสดงผลการคำนวณหาอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบ ในการทดลองแต่ละครั้ง ได้ดังตารางที่ 5.6

$$\theta_c = \frac{V.M}{F_w.M + (F - F_w) M_e} \quad \dots\dots\dots (3-25)$$

ตารางที่ 5.6 ผลการคำนวณหาอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบในการทดลองชุดที่ 1

θ_c ที่ควบคุม (วัน)	ปริมาตรถัง (ลิตร)	F (l/d)	$F_{wastage}$ (l/d)	MLSS (mg/l)	TSS _{in effluent} (mg/l)	θ_c ที่แท้จริง (วัน)
3	8	19.20	2.6	209	8	2.47
5	8	19.44	1.5	284	12	3.54
9	8	19.92	0.6	732	15	8.03
15	8	19.92	0.3	1051	12	15.27

θ_c คือค่าอายุตะกอนของระบบ (วัน)

MLSS คือค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอน (มก./ล.)

F คืออัตราการไหล (ลิตร/วัน)

TSS คือค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.)

5.4.2 การหาค่า C_i

ก่อนที่จะทำการประเมินหาค่าซีไอดีละลายส่วนที่ไม่ย่อยสลายทางชีวะ (C_i) ของน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยโดยวิธีกราฟนั้น ต้องทำการประเมินหาความเข้มข้นของน้ำตะกอนเฉพาะส่วนที่เป็นเซลล์ หรือความเข้มข้นประสิทธิภาพของเซลล์ (X') ในถังเดิมอากาศเสียก่อน โดยอาศัยสมการที่ (3-31)

$$X' = M - f.Z_0.(\theta_c / \tau) \quad \dots\dots\dots (3-31)$$

ซึ่งจากข้อมูลที่ประเมินได้จากการทดลองดังที่แสดงในตารางที่ 5.5-5.6 เมื่อนำมาคำนวณร่วมกับค่า f ที่หาได้จากการทดลองแบบแบทช์ระยะยาว ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความเข้มข้นประสิทธิผลของเซลล์ในถังเติมอากาศ ที่ค่าอายุตะกอนต่างๆได้ ดังที่แสดงในตารางที่ 5.7 ต่อจากนั้น จึงนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการกำจัดสารอาหารจำเพาะ (q') ต่อไป ดังที่แสดงผลไว้ในตารางที่ 5.8 (ตัวอย่างการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 5.7 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นประสิทธิผลของเซลล์ (X') ในถังเติมอากาศ ที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1

θ_c (วัน)	τ (วัน)	θ_c / τ	MLSS	f	Z_0	$f \cdot Z_0$	$f \cdot Z_0 \cdot (\theta_c / \tau)$	X'
2.47	0.42	5.88	209	0.18	103	18.54	109	100
3.54	0.41	8.63	284	0.18	103	18.54	160	124
8.03	0.40	20.08	732	0.18	103	18.54	372	360
15.27	0.40	38.18	1051	0.18	103	18.54	707	344

- θ_c คือค่าอายุตะกอนของระบบ (วัน) X' คือค่าความเข้มข้นประสิทธิผลของเซลล์ (มก./ล.)
 τ คือระยะเวลาที่กักน้ำในถังเติมอากาศ (วัน) MLSS คือความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศ (มก./ล.)
 Z_0 คือความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสีย (มก./ล.)
 f คืออัตราส่วนมวลของอนุภาคเฉื่อยต่ออนุภาคของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่หาได้จากการทดลอง

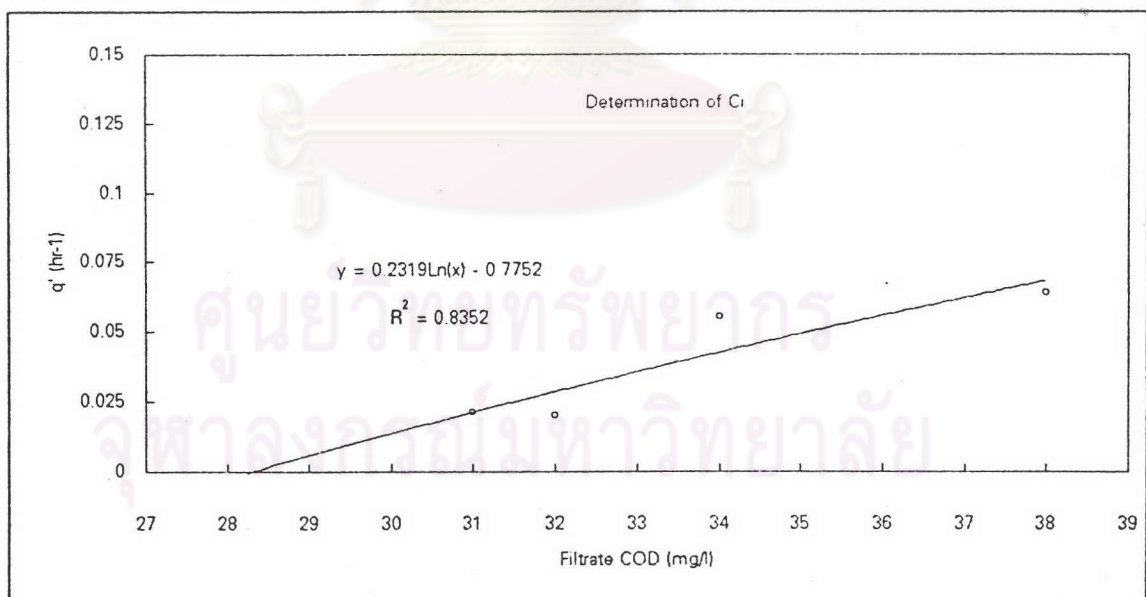
ตารางที่ 5.8 ผลการคำนวณหาอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ (q') ของการทดลองชุดที่ 1

θ_c (วัน)	Flow (l/h)	ปริมาตรถัง (ลิตร)	X'	C_0	C	q' (ชม ⁻¹)
2.47	0.80	8	100	102	38	0.064000
3.54	0.81	8	124	102	34	0.055524
8.03	0.83	8	360	102	32	0.020174
15.27	0.83	8	344	102	31	0.021414

- F อัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังเติมอากาศ (ลิตร/ชม.)
 C_0, C ค่าซีโอดีกรองของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง และค่าซีโอดีกรองของน้ำในถังเติมอากาศ (มก./ล.)

จากตารางที่ 5.8 เมื่อนำค่า q' และ C ที่คำนวณได้ไปทำการลงจุดในกราฟเพื่อ การประเมินค่า C_i ตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ในตอนที่ 3.4.3 โดยให้ q' เป็นแกนตั้ง และ C เป็น แกนนอน ได้ผลดังที่แสดงในรูปที่ 5.10 จากรูปพบว่าจุดตัดบนแกนนอนที่แสดงค่าซีไอดีละลายส่วน ที่ไม่ย่อยสลายทางชีวะของน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 28.3 มก./ล.

ค่า C_i ที่ประเมินได้นี้ ตามหลักการของ Ekama, et al. (1986) และ Grady & Lim (1980) แล้วจะถือได้ว่าเป็นค่าซีไอดีละลายที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะที่มาจากน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ ระบบเท่านั้น ทั้งนี้การที่พิจารณาให้ซีไอดีละลายที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะที่มาจากส่วน อื่นๆ (เช่นส่วนที่เหลือจากการสลายตัวของเซลล์) มีปริมาณเป็นสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับส่วน ที่มาจากน้ำเสียนั้นจะทำให้เป็นการลดความยุ่งยากในการศึกษาลงได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งเมื่อนำค่านี้ ไปหักออกจากค่าซีไอดีกรองที่หาได้จากการทดลอง จะทำให้ทราบว่าในน้ำเสียและในถังเติมอากาศ มีส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ละลายที่จุลชีพสามารถย่อยสลายได้อยู่ปริมาณเท่าไร



รูปที่ 5.10 ผลการประเมินค่า C_i โดยวิธีกราฟ จากผลของการทดลองชุดที่ 1

5.4.3 การหาค่า Y_g และ b

จากค่า C_t ที่ประเมินได้ เมื่อนำมาคำนวณหักออกจากปริมาณซีโอดีกรอง (Filtrate COD) ที่หาได้จากการทดลอง จะได้ค่าซีโอดีเฉพาะส่วนที่เป็นสารอาหารละลายที่มีในน้ำเสีย ที่กลุ่มจุลชีพสามารถย่อยสลายได้ทันที (Readily Biodegradable) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นตัวจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพส่วนใหญ่ในระบบ (S'_0) และค่าซีโอดีเฉพาะส่วนที่เป็นสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศ (S) ดังที่แสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ผลการคำนวณเพื่อหาค่าซีโอดีเฉพาะส่วนที่เป็นสารอาหารละลาย

	ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	ส่วนที่เป็นสารอาหารละลาย (มก./ล.)
น้ำเสีย	102	73.70
น้ำในถังเติมอากาศเมื่อ $\theta_c=3$ วัน	38	9.70
น้ำในถังเติมอากาศเมื่อ $\theta_c=5$ วัน	34	5.70
น้ำในถังเติมอากาศเมื่อ $\theta_c=9$ วัน	32	3.70
น้ำในถังเติมอากาศเมื่อ $\theta_c=15$ วัน	31	2.70

จากค่าดังกล่าวนำมาคำนวณจะได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 5.10 เพื่อใช้ในการลงจุดในกราฟของสมการเส้นตรงตามสมการที่ (3-34) เพื่อการประเมินหาค่า Y_g และ b ตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ในตอนที่ 3.4.4 ซึ่งได้ผลดังที่แสดงในรูปที่ 5.11

$$(S_0 - S) / X \cdot \tau = (1/Y_g) \cdot (1/\theta_c) + (b/Y_g) \dots\dots\dots (3-34)$$

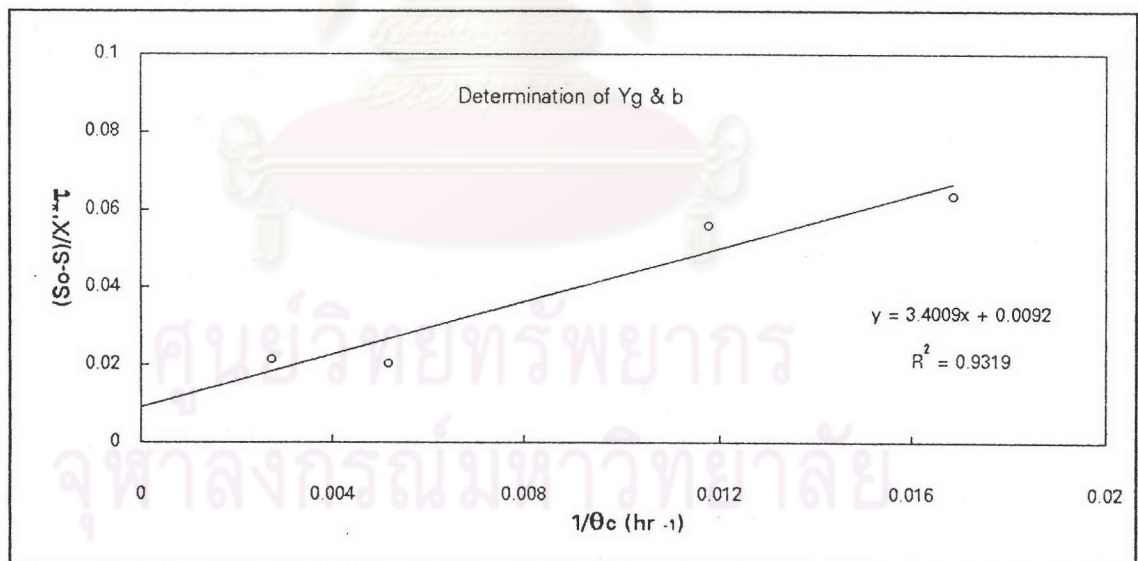
ตารางที่ 5.10 ผลการคำนวณข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดที่ 1 เพื่อใช้ในการลงจุดในกราฟ เพื่อการประเมินค่า Y_g และ b

θ_c (ชม.)	τ (ชม.)	$(S_0 - S)$	X'	$X' \cdot \tau$	$1/\theta_c$ (ชม. ⁻¹)	$(S_0 - S) / X' \cdot \tau$
59.28	10.08	64	100	1008.00	0.016869	0.063492
84.96	9.84	68	124	1220.16	0.011770	0.055730
192.72	9.60	70	360	3456.00	0.005189	0.020255
366.48	9.60	71	344	3302.40	0.002729	0.021500

$S_0 - S$ คือค่าความเข้มข้นของสารอาหารละลาย (มก./ล.)

τ คือเวลากักน้ำของถังเติมอากาศ (ชม.)

X' คือค่าความเข้มข้นประสิทธิผลของเซลล์หรือค่า MLVSS ที่ประเมินได้ (มก./ล.)



รูปที่ 5.11 ผลการประเมินค่า Y_g และ b โดยวิธีกราฟ จากผลการทดลองชุดที่ 1

จากกราฟรูปที่ 5.11 พบว่าความชันของกราฟซึ่งแสดงค่าของ $1/Y_g$ ตามสมการ มีค่าเท่ากับ 3.4009 และจุดตัดบนแกนตั้งที่แสดงค่าของ b/Y_g ตามสมการ มีค่าเท่ากับ 0.0092 ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเป็นค่า Y_g และ b แล้วมีค่าเท่ากับ 0.2940 และ 0.0027 ชม.⁻¹ ตามลำดับ

5.4.4 การหาค่า μ_m และ K_s

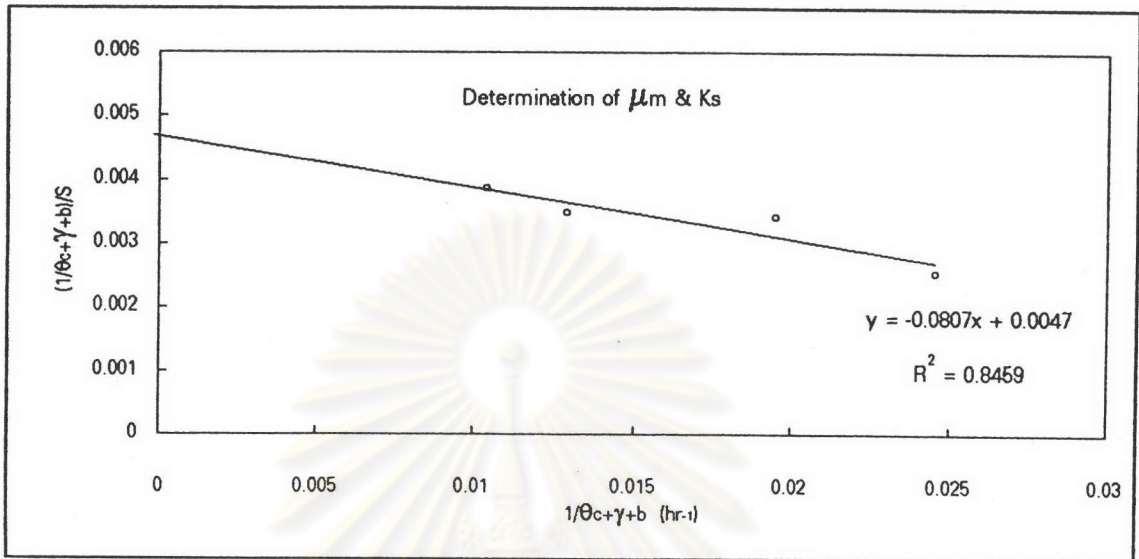
จากค่า b ที่ประเมินได้จากการทดลอง และเลือกใช้ค่า γ เท่ากับ 0.0050 ชม^{-1} (วิธีการและผลการคำนวณ ในการเลือกใช้ค่า γ ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แสดงอยู่ในภาคผนวก ง.) เมื่อรวมกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง สามารถนำมาคำนวณได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 5.11 เพื่อใช้ในการลงจุดในกราฟของสมการเส้นตรงตามสมการที่ (3-35) ในการประเมินหาค่า μ_m และ K_s ตามหลักการและวิธีการที่ได้กล่าวไว้ในตอนที่ 3.4.5 ได้ผลดังที่แสดงในกราฟรูปที่ 5.12

$$(1/\theta_c + \gamma + b)/S = (\mu_m/K_s) - (1/K_s) \cdot (1/\theta_c + \gamma + b) \quad \dots\dots\dots (3-35)$$

ตารางที่ 5.11 ผลการคำนวณข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดที่ 1 เพื่อใช้ในการลงจุดในกราฟ เพื่อการประเมินหาค่า μ_m และ K_s

θ_c (ชม.)	$1/\theta_c$ (ชม. ⁻¹)	S (mg/l)	$1/\theta_c + \gamma + b$	$(1/\theta_c + \gamma + b)/S$
59.28	0.016869	9.70	0.024569	0.002533
84.96	0.011770	5.70	0.019470	0.003416
192.72	0.005189	3.70	0.012889	0.003484
366.48	0.002729	2.70	0.010429	0.003863

S คือค่าความเข้มข้นของสารอาหารละลายในถังเดิมอากาศ (มก./ล.)

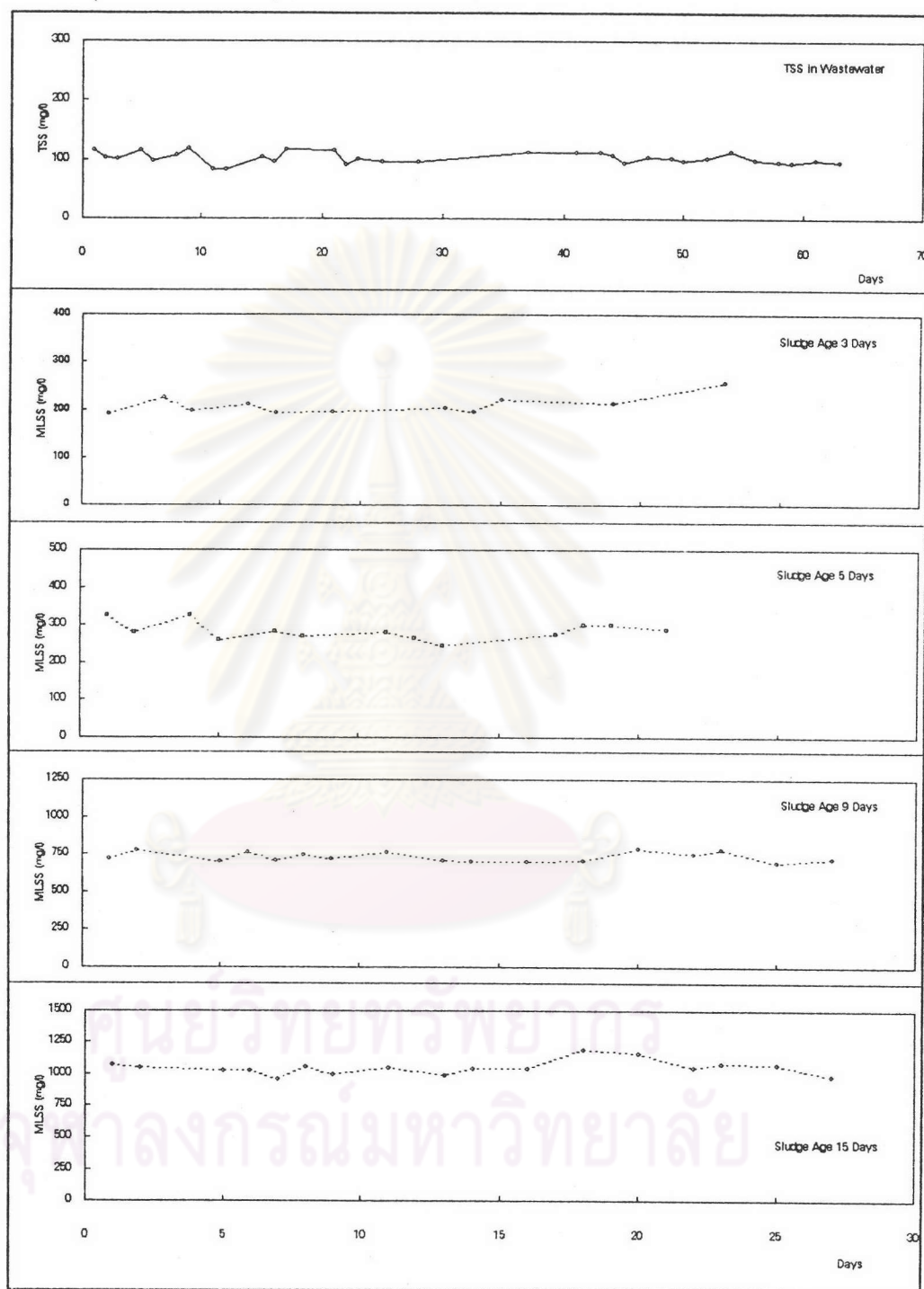


รูปที่ 5.12 ผลการประเมินหาค่า μ_m และ K_s โดยวิธีกราฟ จากผลการทดลองชุดที่ 1

จากรูปพบว่า ความชันของกราฟซึ่งแสดงค่า $1/K_s$ ตามสมการ มีค่าเท่ากับ 0.0807 และจุดตัดบนแกนตั้งที่แสดงค่าของ μ_m/K_s มีค่าเท่ากับ 0.0047 เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่า μ_m และ K_s แล้วมีค่าเท่ากับ 0.0582 ชม⁻¹ และ 12.3916 มก./ล. ตามลำดับ

5.4.5 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ระดับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสีย และในถังเติมอากาศในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 1 แสดงได้ดังรูปที่ 5.13 (ข้อมูลแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสีย และในถังเติมอากาศในช่วงสภาวะคงที่ แสดงในตารางที่ ก.1-ก.5 ในภาคผนวก ก.) สามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.13 ระดับความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย และระดับความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศ ในช่วงสภาวะคงที่ของการทดลองชุดที่ 1

5.4.5.1 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสีย

ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย ที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 103 มก./ล. (อยู่ในช่วง 84-118 มก./ล.) จากค่าเฉลี่ยดังกล่าวเมื่อนำมาคำนวณกับค่า f ที่หาได้จากการทดลองแบบแบทช์ พบว่าสามารถประเมินได้เป็นส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อยเท่ากับ 18 มก./ล. (ดังผลที่แสดงในตารางที่ 5.7) และมีส่วนที่เหลือเป็นอนุภาคอาหารที่กลุ่มจุลชีพสามารถย่อยสลายได้เท่ากับ 85 มก./ล. หรือคิดได้เป็น 17% และ 83% ของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย ตามลำดับ

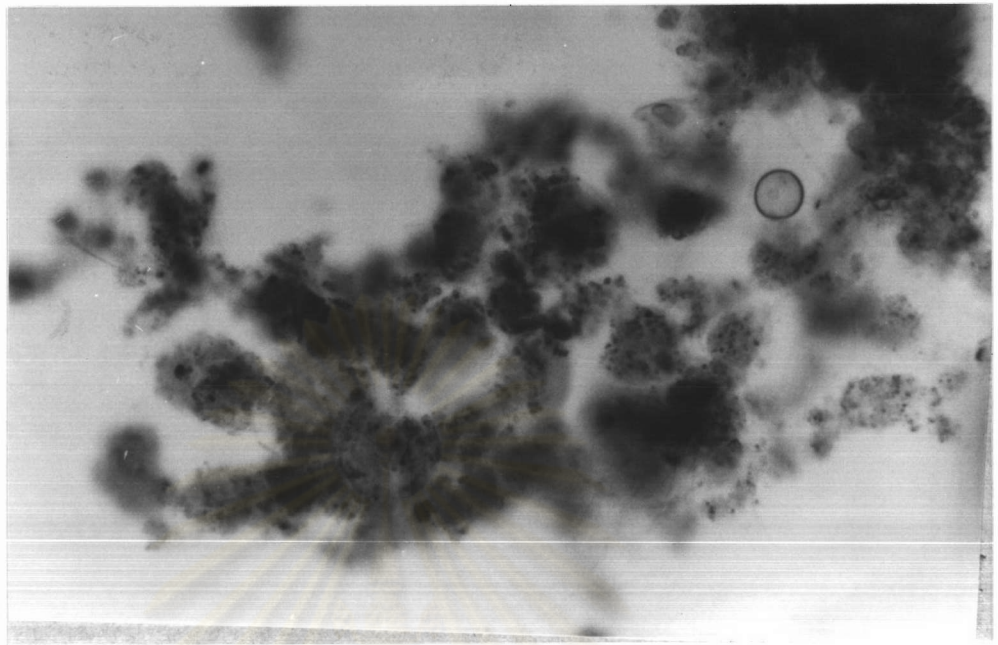
ของแข็งปริมาณดังกล่าวเมื่อเข้าสู่ระบบจะถูกกักขังโดยการกัก(Entrapped) ไว้ในฟล็อกทันที โดยสามารถสังเกตเห็นอนุภาคดังกล่าวได้ จากการใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องตรวจดูลักษณะของฟล็อก ดังที่แสดงในรูปที่ 5.14 ก. และ 5.14 ข. จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่า ลักษณะของฟล็อกมีการเกาะกันเป็นกลุ่มที่ค่อนข้างใหญ่ ตามขนาดและปริมาณของอนุภาคของแข็ง ที่ถูกจับไว้ในกลุ่มของฟล็อก และเป็นสิ่งที่สังเกตได้ว่ามีปริมาณของกลุ่มจุลชีพที่เป็นเส้นใย (filamentous) ค่อนข้างน้อยอีกด้วย และนี่คงเป็นเหตุผลที่ทำให้ไม่พบปัญหาการจมตัวไม่ลงของตะกอน (Bulking) ตลอดที่ทำการวิจัย ทั้งนี้ปริมาณของกลุ่มจุลชีพประเภทที่เป็นเส้นใยที่ค่อนข้างน้อยนี้ สามารถอธิบายได้โดยอาศัยแนวความคิดของ Ekama&Marais (1986) ที่ได้มีการอ้างถึงในงานวิจัยของ Wanner&Novak (1990) ดังนี้ คือ ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีปริมาณของสารอาหารละลายที่กลุ่มจุลชีพสามารถย่อยสลายได้ทันที (Readily Biodegradable) ซึ่งเป็นตัวจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพส่วนใหญ่ในระบบ ที่ค่อนข้างต่ำ (จากการประเมินจากผลการทดลองพบว่ามีค่าประมาณ 27% ของค่าซีโอดีทั้งหมด) ทำให้เกิดกลุ่มจุลชีพประเภทสร้างฟล็อกและประเภทเส้นใย ขึ้นได้ในระดับหนึ่งจากการใช้สารอาหารละลายที่ปริมาณดังกล่าว แต่ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบนั้นยังมีปริมาณของอาหารจากส่วนที่เป็นอนุภาคอีกส่วนหนึ่งที่สูงกว่า (จากการประเมินจากผลการทดลองพบว่ามีค่าประมาณ 32% ของค่าซีโอดีทั้งหมด) โดยที่ปริมาณอาหารจากส่วนดังกล่าวก่อนที่กลุ่มจุลชีพจะนำไปใช้ได้นั้นจะต้องผ่านขั้นตอนของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยสารละลาย และ/หรือจากเอนไซม์จากจุลชีพบางกลุ่ม ให้อยู่ในรูปของสารละลายเสียก่อน ซึ่งกลุ่มจุลชีพประเภทสร้างฟล็อกที่อาศัยเกาะกลุ่มกันอยู่บนฟล็อกและมีอนุภาคอาหารเหล่านี้อยู่ในฟล็อกแล้ว ย่อมจะสามารถแย่งดูดซับสารอาหารละลายส่วนที่ค่อยๆเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าวเข้าสู่เซลล์ได้รวดเร็วและดีกว่า ทำให้แทบจะไม่มีกลุ่มจุลชีพประเภทเส้นใยเกิดขึ้นจากสารอาหารละลายส่วนนี้เพิ่มขึ้นอีก จึงเป็นการจำกัดให้มีปริมาณของกลุ่มจุลชีพประเภทเส้นใยเท่าที่จะเกิดได้จากปริมาณสารอาหารละลาย

(Readily Biodegradable) ที่เข้าสู่ระบบในตอนแรกเท่านั้น ที่ปริมาณดังกล่าวกลุ่มจุลชีพประเภทเส้นใยที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวช่วยประสานระหว่างฟลอคกลุ่มต่างๆเข้าด้วยกันเท่านั้น และไม่มีปริมาณมากพอที่จะเกิดเส้นใยประสานกันเองจนเกิดปัญหาการจมตัวไม่ลงของตะกอน

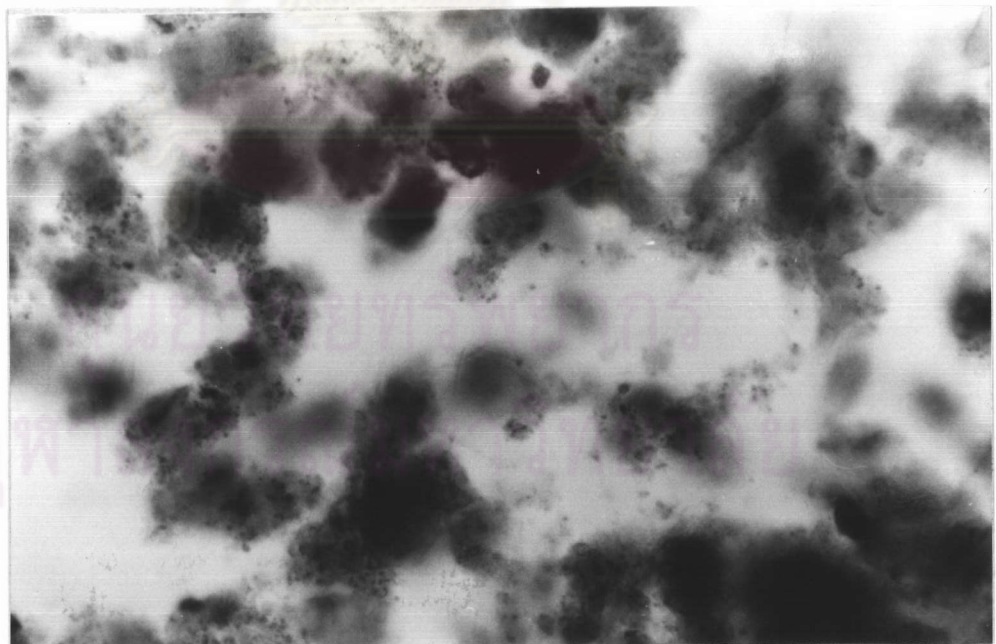
5.4.5.2 ของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศ

ของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศ หรือค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศ ในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 1 ดังที่แสดงในรูปที่ 5.13 นั้นพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 209,284,732 และ 1051 มก./ล. เมื่อค่าอายุตะกอนของระบบมีค่าเท่ากับ 3 วัน ,5 วัน ,9 วัน และ 15 วันตามลำดับ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะการตกของตะกอนที่สังเกตได้ในระหว่างที่ทำการวิจัยที่พบว่าไม่มีปริมาณตะกอนมากพอที่จะจับรวมตัวกันเพื่อการตกตะกอนแบบโซนได้ และน้ำใสส่วนบนมีลักษณะขุ่น ยกเว้นในการทดลองชุดที่ 1 ที่ควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 15 วัน จะสังเกตได้ว่าน้ำส่วนบนจะมีลักษณะใสมาก และแตกต่างจากการทดลองชุดอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องมาจากในระบบที่มีค่าอายุตะกอนของระบบที่ต่ำกว่า 15 วัน นั้นจะมีค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่น้อย (ต่ำกว่า 1000 มก./ล.) ทำให้ไม่มีปริมาณตะกอนมากเพียงพอที่จะจับรวมตัวหรือประสานกันเองระหว่างตะกอนทั้งหมด เพื่อการตกตะกอนแบบโซน (Zone Settling) ได้ จึงเกิดเป็นลักษณะการตกตะกอนแบบที่สังเกตได้ และส่งผลทำให้มีโอกาสน้อยลงที่จะเกิดการจับเอาอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กให้ตกลงมาพร้อมกันขณะที่ตัวมันเองตกตะกอนอีกด้วย นี่ทำให้น้ำใสส่วนบนยังคงมีลักษณะที่ขุ่น

และผลจากการทดลองของระบบที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ สามารถประเมินแยกองค์ประกอบของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศได้ว่ามีส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อย และส่วนที่เป็นเซลล์ ดังที่แสดงในตารางที่ 5.7 โดยส่วนที่เป็นเซลล์ (X') ที่ประเมินได้นั้นจะเป็นผลรวมของส่วนที่เป็นเซลล์ทั้งที่มีชีวิตและเซลล์ที่ตายกับอนุภาคอาหารจากน้ำเสีย โดยสำหรับในระบบที่ทำการทดลองที่ค่าอายุตะกอนแตกต่างกัน 4 ค่านั้น พบว่าจะมีสัดส่วนระหว่างองค์ประกอบทั้งสองแตกต่างกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 5.12 (ตัวอย่างการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก ค.)



รูปที่ 5.14 ก. ส่วนที่เป็นอนุภาคของของแข็งแขวนลอยที่มีในน้ำเสียที่เห็นเป็นลักษณะจุดสีดำทึบและถูกกำจัดโดยการกักไว้ในฟลอก



รูปที่ 5.14 ข. ส่วนที่เป็นอนุภาคของของแข็งแขวนลอยที่มีในน้ำเสียที่เห็นเป็นลักษณะจุดสีดำทึบและถูกกำจัดโดยการกักไว้ในฟลอก

ตารางที่ 5.12 ผลการประเมินแยกส่วนระหว่างส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อยกับส่วนที่เป็นเซลล์
ในน้ำตะกอนของถังเติมอากาศ จากการทดลองชุดที่ 1

θ_c (วัน)	MLSS (mg/l)	ส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อย		X'	
		(มก./ล.)	%MLSS	(มก./ล.)	%MLSS
3	209	109	52.2	100	47.8
5	284	160	56.3	124	43.7
9	732	372	50.8	360	49.2
15	1051	707	67.3	344	32.7

MLSS คือค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศ (มก./ล.)

X' คือค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนส่วนที่เป็นเซลล์ที่สามารถถูกย่อยสลายได้อีก (มก./ล.)

จากตารางจะเห็นได้ว่า กระบวนการตะกอนเร่งที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยเข้าสู่ระบบด้วยนั้น เมื่อระบบดำเนินการอยู่ในช่วงของค่าอายุตะกอนปกติ คือ 3-15 วัน นั้น ความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศจะมีส่วนที่เป็นของแข็งเฉื่อยสะสมอยู่ในระบบมากถึง 50%-67% ของค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอน โดยเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวจะเพิ่มมากขึ้นตามค่าอายุตะกอนของระบบที่เพิ่มขึ้น ส่วนของแข็งแขวนลอยส่วนที่เป็นเซลล์ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้อีกนั้น พอจะประมาณโดยอิงกับผลงานการวิจัยของ Weddle&Jenkins (1971) ได้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของส่วนที่เป็นเซลล์ที่ประเมินได้นี้ ประมาณ 80%-90% เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิต (Non-viable Solids) และมีองค์ประกอบเพียงส่วนน้อยประมาณ 10%-20% เท่านั้นที่เป็นส่วนที่เป็นเซลล์ที่มีชีวิต (Viable or Active cell)

องค์ประกอบส่วนที่ไม่มีชีวิตนั้น Nelson&Lawrence (1980) เสนอว่าน่าจะประกอบขึ้นจากส่วนที่เป็นเซลล์ที่ตายแล้ว (dead cell) ที่มีส่วนที่สามารถถูกย่อยสลายเป็นสารอาหารสำหรับกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มอื่นได้อีก โดยผ่านกระบวนการไลซิส (lysis) กับส่วนที่เป็นอนุภาคอาหารที่จะค่อยๆย่อยสลายโดยผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เป็นสารอาหารละลายและถูกดูดซึมไปใช้โดยเซลล์ได้อีก ดังนั้นจากการประเมินองค์ประกอบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าในเทอมของ X' ที่ใช้ในการประเมินหาค่าพารามิเตอร์จลน์นั้น เป็นผลรวมของอนุภาคอาหารกับอนุภาคส่วนที่เป็นเซลล์ (ทั้งเซลล์ที่ตายแล้วและเซลล์ที่มีชีวิต) โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลล์ที่ตายแล้ว (โดยยังไม่

พิจารณารวมถึงส่วนที่เป็นอนุภาคอาหารเนื่องจากในปัจจุบันนี้ยังไม่สามารถระบุถึงสมการแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวของอนุภาคอาหารได้อย่างชัดเจน) ดังนั้นจึงทำให้ค่า b ที่ประเมินได้มีค่าค่อนข้างสูง เพราะกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ และเป็นกระบวนการที่เด่นของส่วนที่เป็น X' นี่คือการสลายตัวของเซลล์ (decay) นั่นเอง

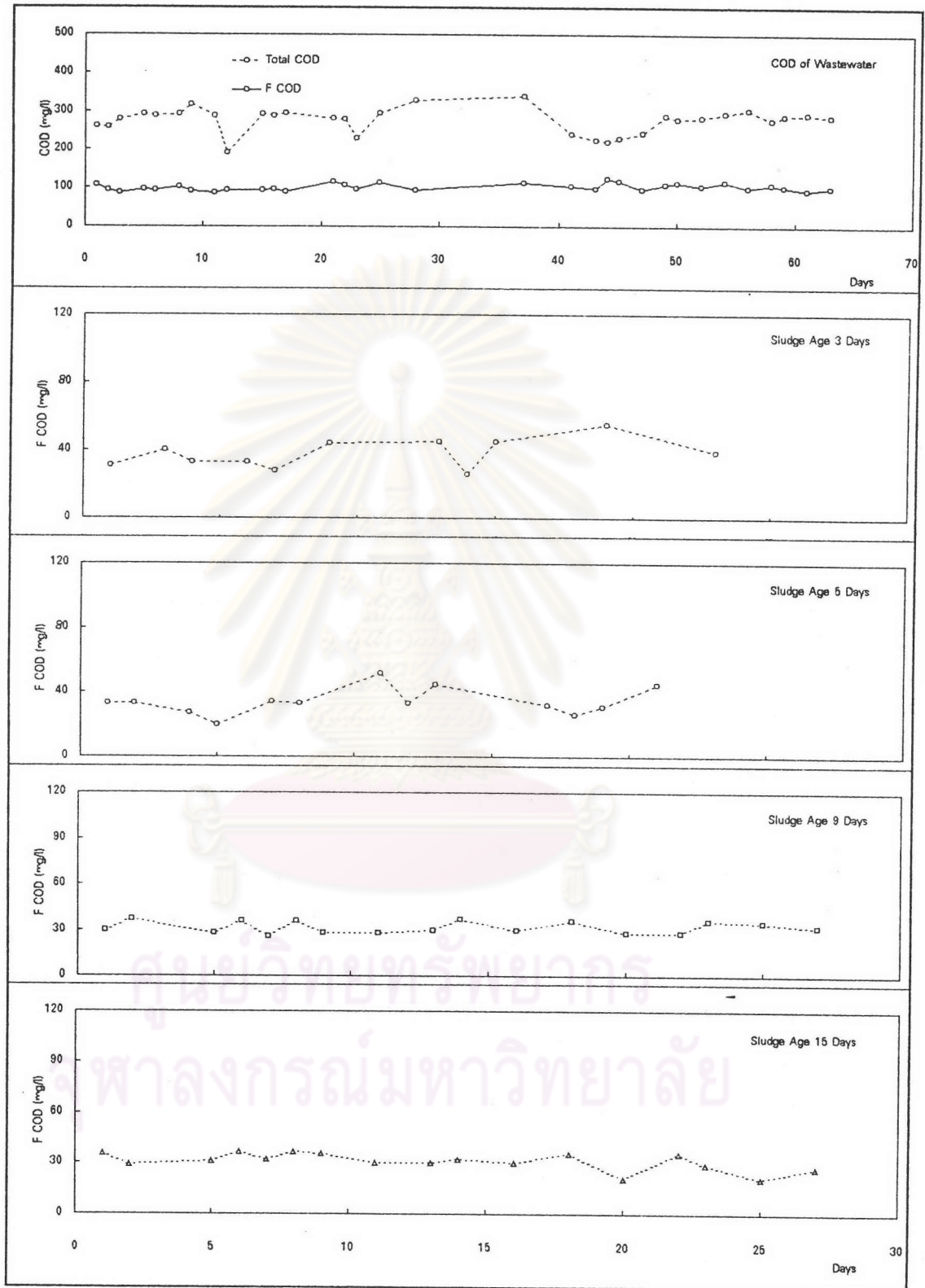
5.4.6 ซีไอติ

ระดับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีไอติทั้งหมด และซีไอติกรองของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 และระดับปริมาณซีไอติกรองของน้ำในถังเติมอากาศ ช่วงสภาวะคงที่ ที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 5.15 (ข้อมูลแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซีไอติของน้ำเสียและน้ำในถังเติมอากาศ ในช่วงสภาวะคงที่ของการทดลองชุดที่ 1 แสดงอยู่ในตารางที่ ก.1-ก.5 ของภาคผนวก ก.) สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.4.6.1 ซีไอติของน้ำเสีย

ปริมาณซีไอติทั้งหมดของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 276 มก./ล. (อยู่ในช่วง 193-339 มก./ล.) ส่วนปริมาณซีไอติกรองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102 มก./ล. (อยู่ในช่วง 87-125 มก./ล.) จากค่าเฉลี่ยดังกล่าวเมื่อนำมาประเมินร่วมกับค่า f ที่หาได้จากการทดลองแบบแบทช์ระยะยาว ทำให้สามารถจำแนกปริมาณซีไอติออกเป็นส่วนต่างๆ ตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้ดังตารางที่ 5.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.15 ระดับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีโอดีในน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 และระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศในช่วงสภาวะคงที่ ที่ค่าอายุตะกอนต่าง

ตารางที่ 5.13 ผลการจำแนกปริมาณซีโอดีของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

CHARACTERIZATION	ค่าซีโอดี (มก./ล.)	% of Total COD
ปริมาณซีโอดีทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย	276	100
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่มีในน้ำเสีย	102	37
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะ	28.3	10
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะ	73.7	27
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นอนุภาคที่มีในน้ำเสีย	174	63
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นอนุภาคที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะ	87	32
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นอนุภาคที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะ	87	32

จากการจำแนกดังกล่าว ทำให้ทราบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเบื้องต้น ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการตะกอนเร่ง ยังคงมีปริมาณซีโอดีจากส่วนที่เป็นอนุภาคสูงกว่าปริมาณซีโอดีจากส่วนที่เป็นสารละลาย โดยคิดได้เป็นอัตราส่วนประมาณ 63% และ 37% ของปริมาณซีโอดีทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในปริมาณทั้งหมดมีส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวะอยู่ถึงประมาณ 42% ของปริมาณซีโอดีทั้งหมด และมีส่วนที่สามารถย่อยสลายได้เพียงประมาณ 59% เท่านั้น ในปริมาณซีโอดีส่วนที่สามารถย่อยสลายได้นั้น หากนำส่วนดังกล่าวทั้งหมดมาคิดเป็นปริมาณซีโอดีที่เป็นตัวจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ ในการประเมินค่า Y_0 แล้วจะทำให้ค่าดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากส่วนที่เป็นอนุภาคอาหาร กลุ่มจุลชีพไม่สามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรงทันที แต่จะต้องรอให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่จะค่อยๆ สลายอนุภาคอาหารเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของสารละลายเสียก่อน โดยปฏิกิริยาดังกล่าว Willi Gujer (1980) อธิบายว่าจะค่อยๆ เกิดเป็นขั้นๆ ไปตามลักษณะและขนาดโมเลกุลของอนุภาคอาหาร และใช้ระยะเวลาอันยาวนาน ดังนั้นปริมาณซีโอดีจากส่วนดังกล่าวจึงไม่สามารถนำมาคิดรวมเป็นส่วนที่เป็นตัวจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพที่มีเป็นส่วนใหญ่ในระบบด้วยได้ เนื่องจากขีดจำกัดในการเกิดปฏิกิริยาของมัน และจากการประเมินดังตารางที่ 5.13 ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่กลุ่มจุลชีพสามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ทันที เพื่อใช้สังเคราะห์เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการสังเคราะห์เป็นเซลล์ใหม่ (ตามนิยามของฮิลด์) จึงมีเพียง 74 มก./ล. หรือคิดเป็น 27% ของปริมาณซีโอดีทั้งหมดเท่านั้น และจากค่าดังกล่าวเมื่อนำไปประเมินค่า Y_0 มีค่าเท่ากับ 0.3 ซึ่งเป็นค่าที่สูงพอสมควรและมีความสอดคล้องกับทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมากกว่า

5.4.6.2 ซีโอดีในถังเติมอากาศ

ปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38, 34, 32 และ 31 มก./ล. เมื่อค่าอายุตะกอนของระบบมีค่าเท่ากับ 3 วัน, 5 วัน, 9 วัน และ 15 วันตามลำดับ โดยที่ค่าเฉลี่ยดังกล่าวเมื่อนำมาหักออกด้วยค่าซีโอดีละลายส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีววะ แล้วพบว่ามีส่วนที่เป็นสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศเท่ากับ 9.7, 5.7, 3.7 และ 2.7 มก./ล. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 สัดส่วนระหว่างส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีววะและส่วนที่เป็นสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศ ที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ

ค่าอายุตะกอนของระบบ	ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	ส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้		ส่วนที่สามารถย่อยสลายได้	
		(มก./ล.)	% of F COD	(มก./ล.)	% of F COD
3 วัน	38	28.3	74	9.7	26
5 วัน	34	28.3	83	5.7	17
9 วัน	32	28.3	88	3.7	12
15 วัน	31	28.3	91	2.7	9

จากผลดังแสดงในตารางจะเห็นว่าน้ำในถังเติมอากาศเมื่อดูจากปริมาณซีโอดีกรองแล้ว พบว่าเป็นส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีววะสูงถึงประมาณ 74-91% ของปริมาณซีโอดีกรองทั้งหมด และเป็นส่วนที่เป็นสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ประมาณ 9-26% เท่านั้น นั่นคือเกือบทั้งหมดของปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศจะเป็นส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีววะ และมีส่วนที่เป็นสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในสัดส่วนที่น้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ใช้ในการประเมินหาค่า C_i ตามที่ได้กล่าวไว้ในตอนที่ 3.4.3 ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มจุลชีพในระบบไม่สามารถกำจัดสารอาหารละลายที่เข้าสู่ระบบได้จนหมด 100% ได้ เพราะต้องมีปริมาณสารอาหารละลายเหลืออยู่อีกส่วนหนึ่งเพื่อคอยขับเคลื่อนการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ (S_{min}) นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าปริมาณสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศมีปริมาณแตกต่างกันเล็กน้อยตามค่าอายุตะกอนของระบบที่มีค่าแตกต่างกัน โดยในระบบที่ค่าอายุตะกอนสูงกว่าจะมีค่าสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ต่ำกว่า และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าอายุตะกอนของระบบลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก

ในระบบที่มีค่าอายุตะกอนสูงกว่าจะมีปริมาณจุลชีพที่จะใช้สารอาหารละลายมากกว่าระบบที่มีค่าอายุตะกอนน้อยกว่า ทำให้มีปริมาณสารอาหารละลายเหลืออยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าได้ แต่ก็มีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อคำนวณเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดสารอาหารละลายแล้วพบว่ามีความสูงถึงประมาณ 90% ในทุกค่าอายุตะกอนที่ทำการทดลอง ดังแสดงสรุปในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอาหารละลายของระบบในการทดลองชุดที่ 1

θc (วัน)	ปริมาณซีโอดีกรองในน้ำเสีย (มก./ล.)	ส่วนที่เป็นสารอาหารละลาย (มก./ล.)	ซีโอดีกรองในถังเติมอากาศ (มก./ล.)	ส่วนที่เป็นสารอาหารละลาย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหาร (%)
3	102	73.7	38	9.7	87
5	102	73.7	34	5.7	92
9	102	73.7	32	3.7	95
15	102	73.7	31	2.7	96

5.5 การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ทำนายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้พารามิเตอร์จลน์ที่หาได้จากการทดลองชุดที่ 1 กับผลจากการทดลองเดินระบบจริงที่ภายใต้สภาวะเดียวกัน ของกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรม

ได้ทำการทดลองและเปรียบเทียบโดยการเปลี่ยนรูปแบบการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบให้แตกต่างกันไป 3 ลักษณะตามที่ได้กล่าวไว้ในแนวทางการวิจัย โดยรักษาค่าของตัวแปรอื่นๆให้มีค่าเหมือนกันทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อมุ่งดูว่าผลที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลองโดยใช้พารามิเตอร์จลน์ชุดเดียวกันทั้งหมดนั้น จะให้ผลที่แตกต่างหรือใกล้เคียงกับผลที่เกิดขึ้นจริงจากการทดลองเดินระบบที่ภายใต้สภาวะเดียวกันหรือไม่อย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการที่จะสรุปว่าการออกแบบกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรมนั้น สามารถที่จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยหลักการพื้นฐานอย่างง่ายของการใช้สารอาหาร(Substrate Utilization) การเจริญเติบโตของกลุ่มจุลชีพ และใช้พารามิเตอร์จลน์ชุดเดียวกันทั้งหมดในสมการที่ได้จากแบบจำลองมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งจากผลการวิจัยสามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

5.5.1 ผลที่ได้จากการทดลองเดินระบบจริง

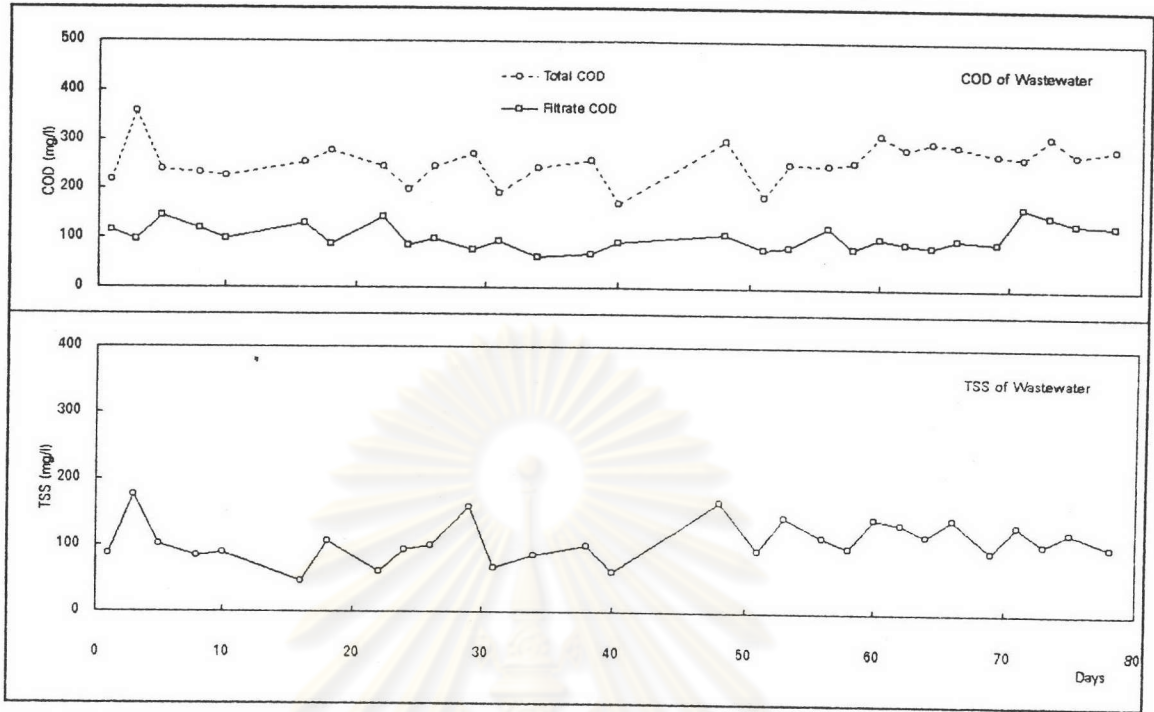
จากการทดลองบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่องกับแบบทดลองขนาดตั้งโต๊ะ (Bench Scale) ของกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรม 3 ลักษณะที่แตกต่างกัน คือ แบบที่ป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (Plug Flow), แบบที่ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถังและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (Step Feed) และแบบที่ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (Contact Stabilized) สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

5.5.1.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 2 นี้ยังคงเป็นน้ำเสียชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ และจากผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างพบว่ามีความเจือปนที่แตกต่างกันไปบ้างเล็กน้อย โดยมีค่าซีโอดีทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 258 มก./ล. ค่าซีโอดีกรองเฉลี่ยเท่ากับ 105 มก./ล. และค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 107 มก./ล. ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าดังกล่าวในการทดลองชุดที่ 2 นี้ แสดงอยู่ในรูปที่ 5.16 และจากผลการทดลองสามารถประเมินเพื่อจำแนกออกเป็นส่วนต่างๆ โดยอาศัยหลักการเหมือนกับที่ใช้ในตอนต้นที่ 5.4 ทั้งนี้เพื่อใช้ในการแทนค่าเพื่อคำนวณหาผลคำตอบของสมการที่ได้จากแบบจำลอง ได้ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 ผลการจำแนกของปริมาณซีโอดีและของแข็งแขวนลอย เพื่อประเมินหาค่า S_0 และ Z_0 เพื่อใช้ในการแทนค่าในสมการของแบบจำลอง

ซีโอดี	มก./ล.
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่มีในน้ำเสีย	105
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ	28
ปริมาณซีโอดีส่วนที่เป็นสารละลายที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (S_0)	77
ปริมาณซีโอดีที่เกิดจากการสลายตัวของส่วนที่เป็นอนุภาคอาหาร	76.5
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย	107
ปริมาณของแข็งแขวนลอยส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อย (Z_0)	19.26



รูปที่ 5.16 ระดับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซีโอดีและของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสีย ที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 2

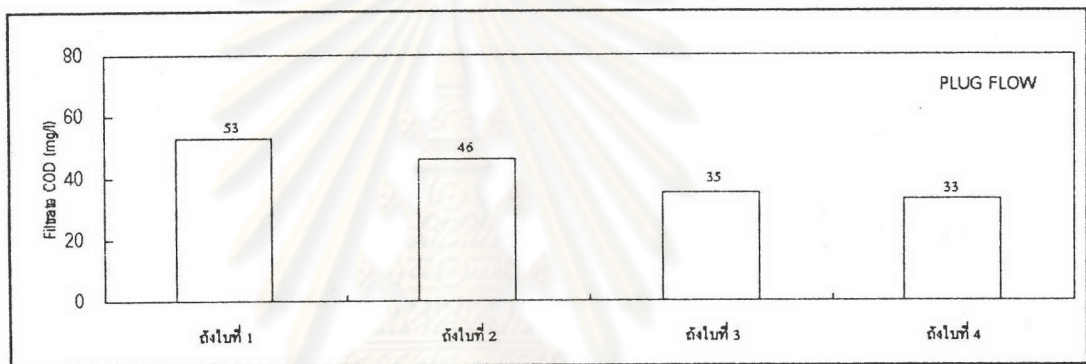
5.5.1.2 ซีโอดีกรองในถังเติมอากาศ

ระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบ ในช่วงสภาวะคงที่ จากการทดลองของกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบ ทั้ง 3 ลักษณะ สามารถสรุปเป็นข้อมูลเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 5.17 (ข้อมูลดิบแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบ ของการทดลองชุดที่ 2 แสดงอยู่ในตารางที่ ก.15-ก.17 ในภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 5.17 สรุปผลข้อมูลเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบ ในช่วงสภาวะคงที่ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน

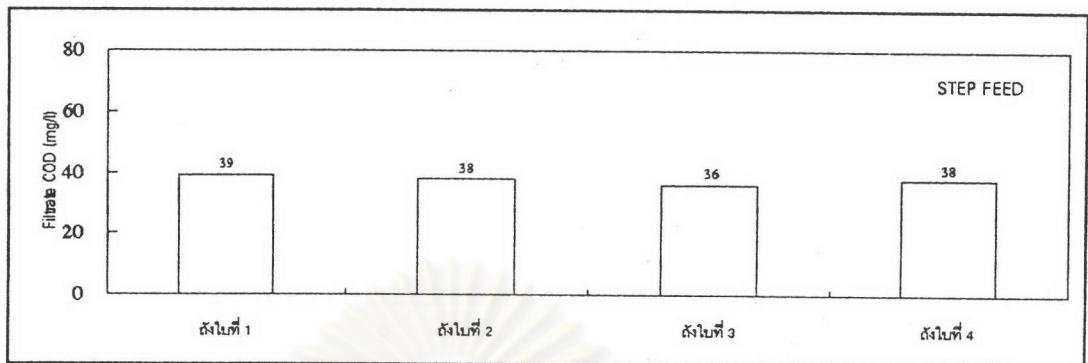
ลักษณะของการป้อนน้ำเสีย	ซีโอดีกรอง (มก./ล.)			
	ถังใบที่ 1	ถังใบที่ 2	ถังใบที่ 3	ถังใบที่ 4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (Plug Flow)	53	46	35	33
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	39	38	36	38
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (Contact Stabilized)	44	35	52	47

จากผลการทดลองเป็นที่สังเกตได้ว่าเมื่อระบบทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ PLUG FLOW) จะพบว่าระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศใบที่ 1 จะมีค่าสูงที่สุด และมีลักษณะที่ลดหลั่นกันไปในถังเติมอากาศใบที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53 มก./ล., 46 มก./ล., 35 มก./ล. และ 33 มก./ล. ในถังเติมอากาศใบที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังที่แสดงในกราฟรูปที่ 5.17



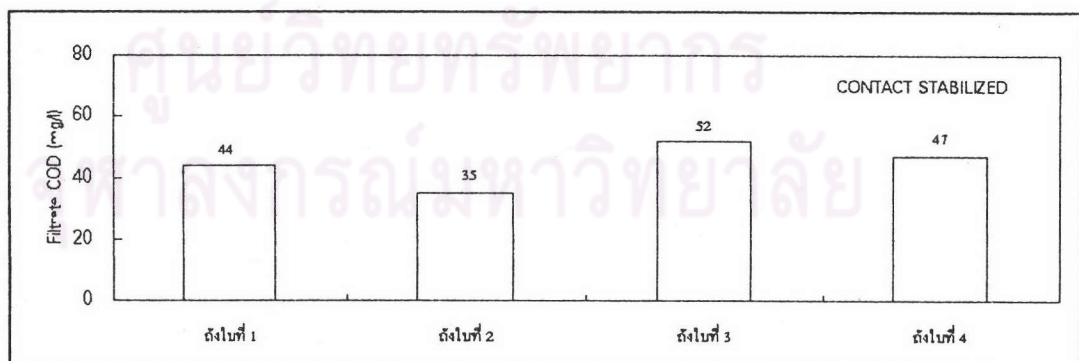
รูปที่ 5.17 ระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบPlug Flow) เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 10 วัน

เมื่อระบบมีการป้อนน้ำเสียแบบกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ STEP FEED) ก็ได้พบว่าระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศทั้ง 4 ใบมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39 มก./ล., 38 มก./ล., 36 มก./ล. และ 38 มก./ล. ในถังเติมอากาศใบที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังที่แสดงในกราฟรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.18 ระดับปริมาณชีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อทำการป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถังและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Step Feed) เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 10 วัน

ส่วนระบบที่ทำการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ CONTACT STABILIZED) นั้นพบว่า ระดับปริมาณชีโอดีกรองในส่วนที่เป็นถัง Contact คือถังใบที่ 3 และ 4 จะมีค่าสูงที่สุด โดยระดับปริมาณชีโอดีกรองในถังใบที่ 3 จะมีค่าสูงกว่าในถังใบที่ 4 ส่วนระดับปริมาณชีโอดีกรองในส่วนที่เป็นถัง Stabilized คือในถังใบที่ 1 และ 2 นั้นพบว่ามีค่าต่ำกว่าถังใบที่ 3 และ 4 ตามลำดับอนุกรมของการไหล โดยสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.19



รูปที่ 5.19 ระดับปริมาณชีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อทำการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Contact Stabilized) เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 10 วัน

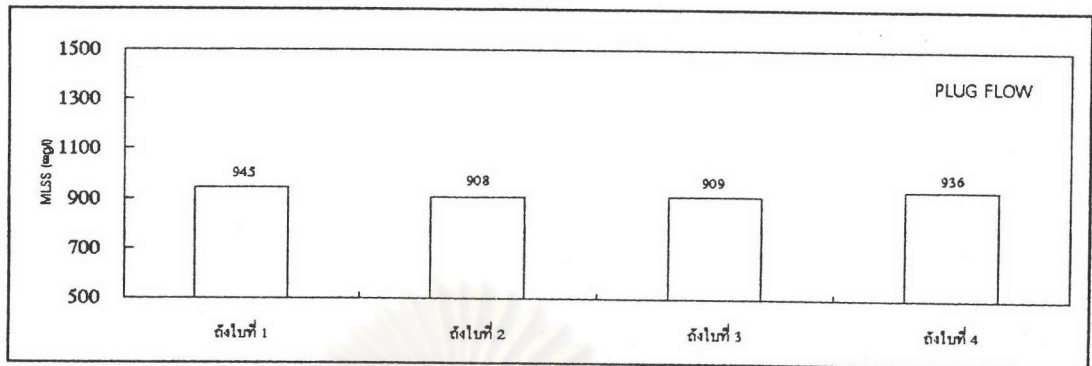
5.5.1.3 ของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศ

ระดับปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศแต่ละใบ ในช่วงสภาวะคงที่ จากการทดลองของกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบ ทั้ง 3 ลักษณะ สามารถสรุปเป็นข้อมูลเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 5.18 (ข้อมูลแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศแต่ละใบ ของการทดลองชุดที่ 2 แสดงอยู่ในตารางที่ ก.15-ก.17 ในภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 5.18 สรุปผลข้อมูลเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศแต่ละใบ (MLSS) ในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2

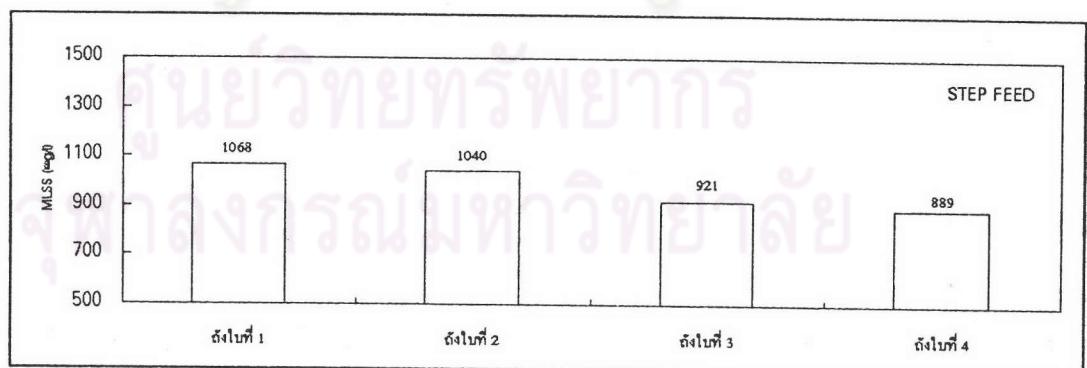
ลักษณะของการป้อนน้ำเสีย	MLSS (มก./ล.)			
	ถังใบที่ 1	ถังใบที่ 2	ถังใบที่ 3	ถังใบที่ 4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (Plug Flow)	945	908	909	936
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	1068	1040	921	889
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (Contact Stabilized)	1562	1476	898	847

จากผลการทดลองเป็นที่สังเกตได้ว่าเมื่อระบบทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ PLUG FLOW) จะพบว่าระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 945 มก./ล., 908 มก./ล., 909 มก./ล. และ 936 มก./ล. ในถังเติมอากาศใบที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.20



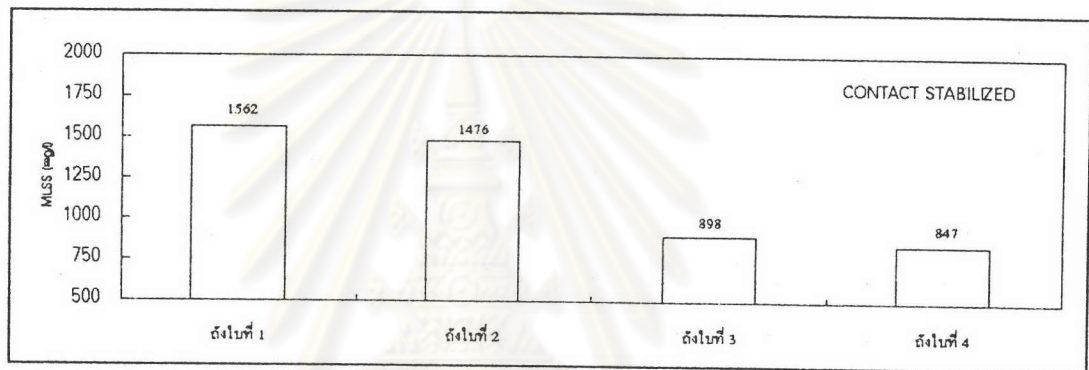
รูปที่ 5.20 ระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Plug Flow) เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 10 วัน

และเมื่อระบบทำการป้อนน้ำเสียแบบกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (แบบ STEP FEED) ก็ได้พบว่าระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศใบที่ 1 จะมีค่าที่สูงที่สุด และมีลักษณะแนวโน้มที่ลดหลั่นกันไปในถังเติมอากาศใบที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1068 มก./ล., 1040 มก./ล., 921 มก./ล. และ 889 มก./ล. ในถังเติมอากาศใบที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.21



รูปที่ 5.21 ระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อทำการป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถังและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Step Feed)

ส่วนระบบที่ทำการบ่อน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าที่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ CONTACT STABILIZED) นั้นพบว่า ระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในส่วนที่เป็นถัง Contact คือถังใบที่ 3 และ 4 จะมีค่าต่ำกว่าระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังใบที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นถัง Stabilized อย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่ามีความเข้มข้นเท่ากับ 898 มก./ล. และ 847 มก./ล. ในถังใบที่ 3 และ 4 และมีความเข้มข้นเท่ากับ 1562 มก./ล. และ 1476 มก./ล. ในถังใบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.22



รูปที่ 5.22 ระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ ของการทดลองชุดที่ 2 เมื่อทำการบ่อน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Contact Stabilized) เมื่อควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้มีค่าเท่ากับ 10 วัน

5.5.2 ผลของการทำนายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผลจากการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณผลคำตอบของสมการที่ได้จากแบบจำลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.19 (สมการที่ได้จากแบบจำลองสำหรับการทดลองทั้ง 3 ระบบ รวมทั้งผลคำตอบของสมการแต่ละชุด แสดงอยู่ในภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 5.19 ผลของการทำนายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการตะกอน
เร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ไบเรียงต่อกันแบบอนุกรม ทั้ง 3 ลักษณะ

ความเข้มข้นของสารอาหารละลาย (S)	ค่าความเข้มข้น (มก./ล.)			
	ถังไบที่1	ถังไบที่2	ถังไบที่3	ถังไบที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 1 (Plug Flow)	24	12	5	2
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	3	3	3	2
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 3 (Contact Stabilized)	16	2	38	21
เซลล์ส่วนที่มีชีวิต (X_v) ที่เกิดจากสารอาหารละลาย	ถังไบที่1	ถังไบที่2	ถังไบที่3	ถังไบที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 1 (Plug Flow)	95	96	96	95
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	180	151	131	114
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 3 (Contact Stabilized)	208	212	97	107
เซลล์ส่วนที่ตาย (X_d) ที่เกิดจากสารอาหารละลาย	ถังไบที่1	ถังไบที่2	ถังไบที่3	ถังไบที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 1 (Plug Flow)	69	69	69	70
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	150	126	108	95
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 3 (Contact Stabilized)	157	159	80	80
ความเข้มข้นของส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อย (Z_i)	ถังไบที่1	ถังไบที่2	ถังไบที่3	ถังไบที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 1 (Plug Flow)	462	462	462	462
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	727	609	525	462
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 3 (Contact Stabilized)	655	655	337	337
เซลล์ส่วนที่มีชีวิต (X_v) ที่เกิดจากอนุภาคอาหาร	ถังไบที่1	ถังไบที่2	ถังไบที่3	ถังไบที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 1 (Plug Flow)	95	96	96	95
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	182	153	132	115
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 3 (Contact Stabilized)	203	207	95	105
เซลล์ส่วนที่ตาย (X_d) ที่เกิดจากอนุภาคอาหาร	ถังไบที่1	ถังไบที่2	ถังไบที่3	ถังไบที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 1 (Plug Flow)	68	69	69	69
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	151	127	109	96
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังไบที่ 3 (Contact Stabilized)	154	156	78	78

5.5.3 การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทำนาย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับผลที่ได้จากการทดลองเดินระบบจริงที่ภายใต้สภาวะเดียวกัน

การเปรียบเทียบผลของปริมาณซีไอดีกรอง และความเข้มข้นของน้ำตะกอน ในถังเดิมอากาศแต่ละใบ ระหว่างค่าที่ได้จากการทำนายกับผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ที่ได้จากการทดลอง ต้องคำนวณเพื่อปรับค่าเพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้ ดังต่อไปนี้

ก) ปริมาณซีไอดีกรองในถังเดิมอากาศ

เนื่องจากปริมาณดังกล่าวที่วัดได้จากการทดลอง เป็นผลรวมของปริมาณของสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเดิมอากาศ (S) กับปริมาณซีไอดีละลายส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (C_i) ดังนั้นผลที่ได้จากการทำนายซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารอาหารละลายเพียงอย่างเดียวนั้นต้องบวกเพิ่มด้วยค่า C_i ที่หาได้จากการทดลองชุดที่ 1

ข) ความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศ

ปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่วัดได้จากการทดลอง เป็นผลรวมของส่วนที่เป็น อนุภาคอาหาร และอนุภาคเฉื่อยจากน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ กับส่วนที่เป็นเซลล์จุลินทรีย์ ทั้งเซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์ที่ตาย ที่มีในถังเดิมอากาศ ดังนั้นผลที่ได้จากการทำนายซึ่งเป็นค่า X_v , X_d และ Z_i นั้นต้องบวกรวมเข้าด้วยกันเพื่อที่จะให้แสดงเป็นค่าของความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศ

เมื่อได้ทำการคำนวณปรับค่าดังกล่าวแล้ว สามารถสรุปเพื่อทำการเปรียบเทียบกับผลเฉลี่ยของค่าดังกล่าวที่ได้จากการทดลองเดินระบบจริงที่ภายใต้สภาวะเดียวกันได้ดังตารางที่

ตารางที่ 5.20 การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทำนาย กับผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่
ที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้ง

ปริมาณซีไอดีกรองในถังเดิมอากาศ (มก./ล)								
ลักษณะการป้อนน้ำเสีย	ผลจากการทำนาย				ผลจากการทดลอง			
	ถังที่1	ถังที่2	ถังที่3	ถังที่4	ถังที่1	ถังที่2	ถังที่3	ถังที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (Plug Flow)	52	40	33	30	53	46	35	33
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	31	31	31	30	39	38	36	38
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (Contact Stabilized)	44	30	66	49	44	35	52	47
ความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศ (มก./ล.)								
ลักษณะการป้อนน้ำเสีย	ผลจากการทำนาย				ผลจากการทดลอง			
	ถังที่1	ถังที่2	ถังที่3	ถังที่4	ถังที่1	ถังที่2	ถังที่3	ถังที่4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (Plug Flow)	789	792	792	791	945	908	909	936
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	1390	1166	1005	882	1068	1040	921	889
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (Contact Stabilized)	1377	1389	687	707	1562	1476	898	847

จากตารางที่ 5.20 แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการทำนาย ทั้งปริมาณซีไอดีกรอง และผลรวมของส่วนที่เป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอย (ความเข้มข้นของน้ำตะกอน) ในถังเดิมอากาศแต่ละใบ ของการดำเนินการของระบบทั้ง 3 ลักษณะ จะมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงปริมาณดังกล่าวในถังเดิมอากาศแต่ละใบ ที่สอดคล้องกันไปในแนวทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการทดลองเดินระบบจริงทุกระบบ และลักษณะของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็สอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ Grady&Lim (1980) ได้เคยเสนอไว้ ทุกประการ จึงสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

เมื่อทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเดิมอากาศใบที่ 1 (แบบ Plug Flow) จะพบว่าระดับปริมาณซีไอดีกรองในถังเดิมอากาศใบที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และลดหลั่นกันไปในถังใบที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศแต่ละใบจะมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

เมื่อทำการป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเดิมอากาศใบที่ 1 (แบบ Step Feed) จะพบว่าระดับปริมาณซีไอดีกรองในถังเดิมอากาศทุกใบจะ

มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ส่วนระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศใบที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุด และลดหลั่นกันไปใบที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่แตกต่างกันในแต่ละถังนั้นมีผลมาจากลักษณะที่ได้ทำการแบ่งการป้อนน้ำเสียลงทั้ง 4 ถังในอัตราที่เท่ากันนั่นเอง

เมื่อทำการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Contact Stabilized) จะพบว่าระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศส่วนที่เป็นถัง Contact (ถังใบที่ 3,4) จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าส่วนที่เป็นถัง Stabilized (ถังใบที่ 1,2) โดยที่ระดับปริมาณดังกล่าวในถังใบที่ 3 จะสูงกว่าในถังใบที่ 4 และในถังใบที่ 1 จะสูงกว่าในถังใบที่ 2 ตามลำดับอนุกรมของการไหล ส่วนระดับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบ พบว่าส่วนที่เป็นถัง Stabilized จะมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงกว่าในส่วนที่เป็นถัง Contact อย่างเห็นได้ชัด

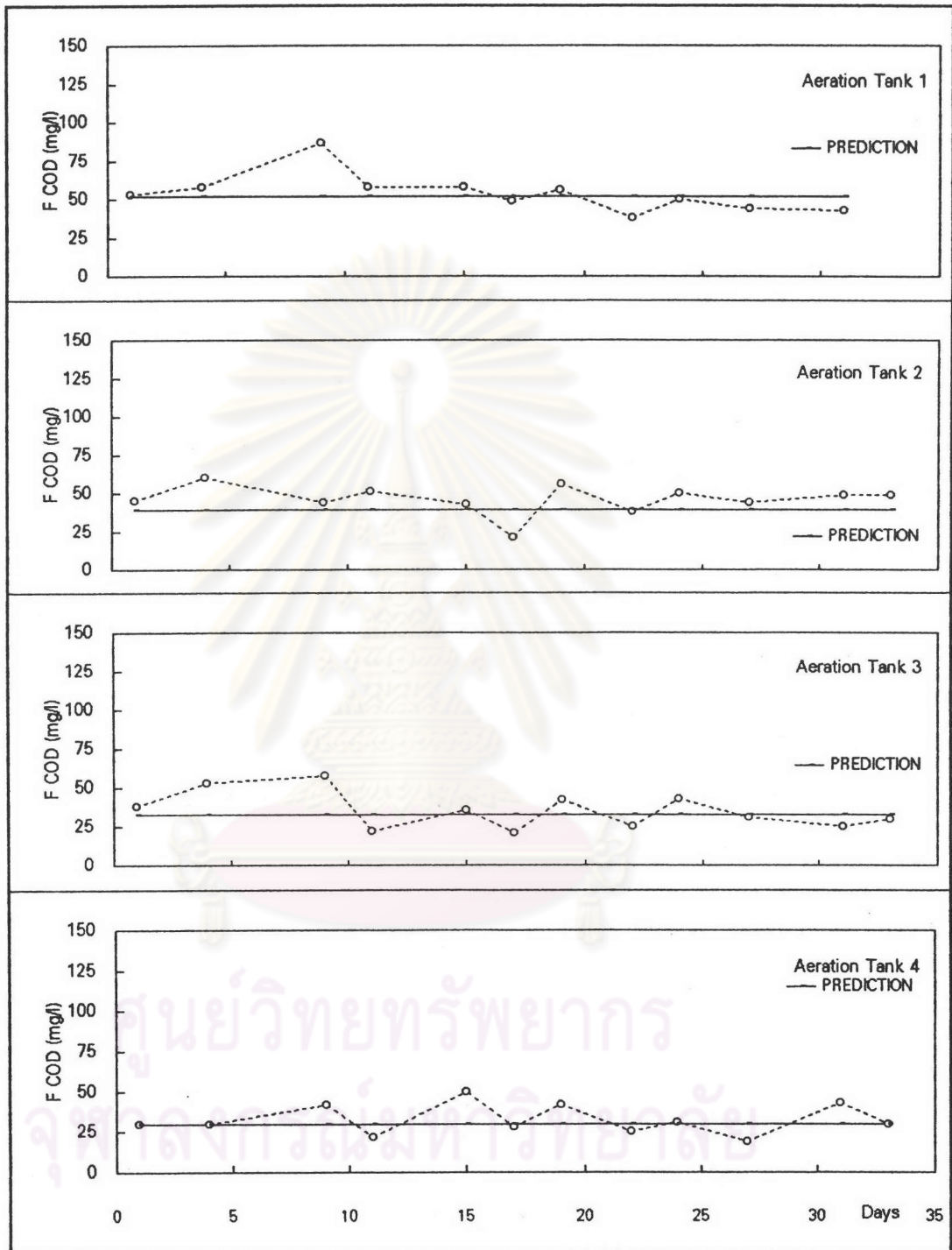
ผลของค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นในการเปรียบเทียบ ระหว่างค่าที่ได้จากการทำนาย (ค่าที่ออกแบบ) กับผลที่ได้จากการทดลองในช่วงสภาวะคงที่ เมื่อระบบได้ดำเนินการจริงแล้วนั้น สามารถแสดงให้เห็นถึงผลดังกล่าวได้ดังกราฟรูปที่ 5.23-5.28 โดยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.5.3.1 การเปรียบเทียบของปริมาณซีโอดีกรอง

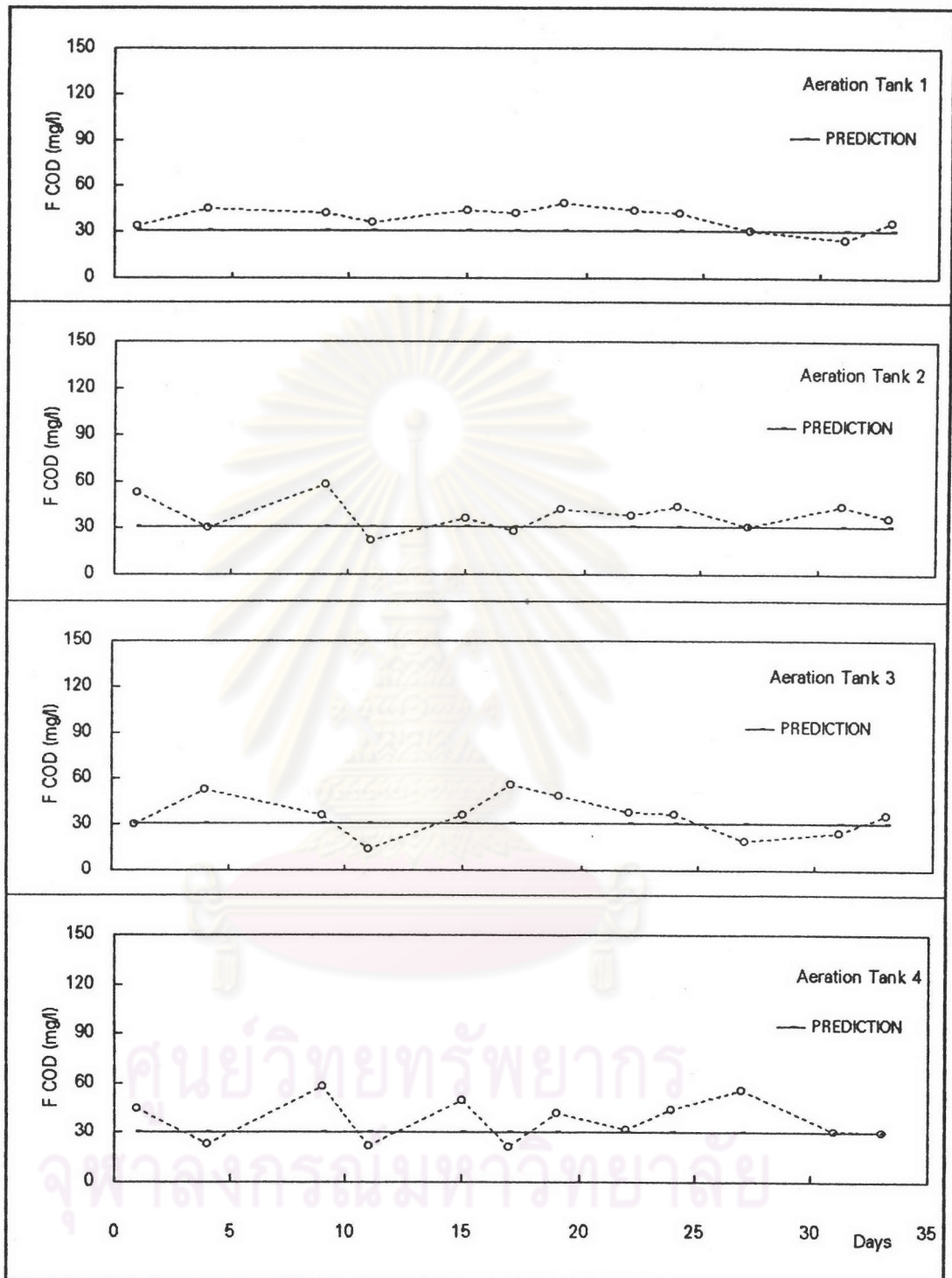
ผลการเปรียบเทียบของปริมาณซีโอดีกรอง ระหว่างค่าที่ได้จากการทำนาย กับผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจริง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.23-5.25 มีค่าความแตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ สรุปได้ดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 ผลความแตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณซีโอดีกรอง ระหว่างค่าที่ได้จากการทำนายกับผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง

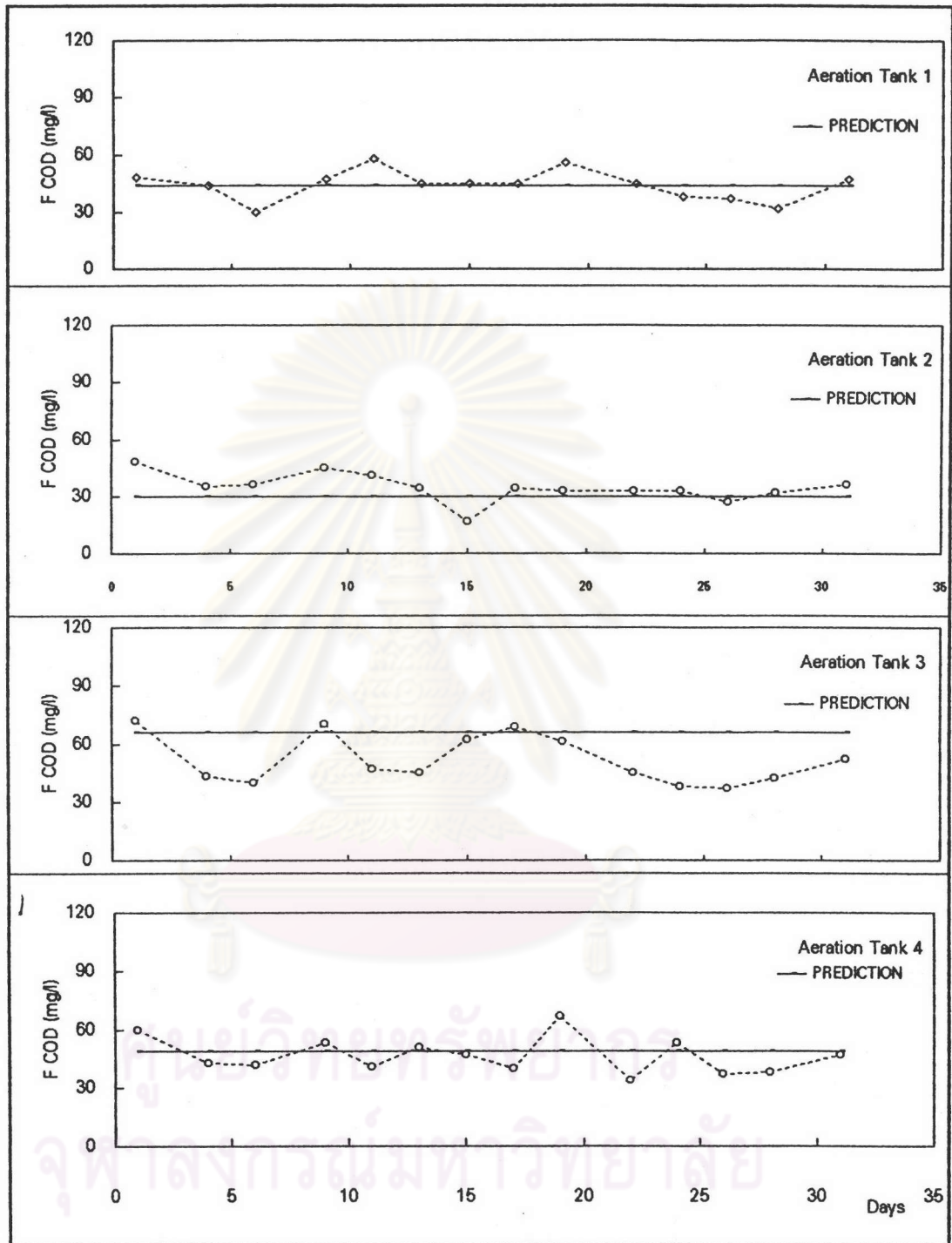
ลักษณะการป้อนน้ำเสีย	ผลจากการทำนาย			
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (Plug Flow)	2%	15%	6%	10%
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	26%	23%	16%	27%
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (Contact-Stabilized)	0%	17%	27%	4%



รูปที่ 5.23 ระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมด ลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Plug Flow) ที่ค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน



รูปที่ 5.24 ระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถังและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Step Feed) ที่ค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน



รูปที่ 5.25 ระดับปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง เมื่อทำการบ่อน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Contact Stabilized) ที่ค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน

จากตารางที่ 5.21 แสดงให้เห็นว่า ในกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบ เรียงต่อกันแบบอนุกรม เมื่อใช้แบบจำลองอย่างง่ายที่อาศัยหลักการพื้นฐานของการใช้สารอาหาร กับการเจริญเติบโตของเซลล์ และใช้พารามิเตอร์จลน์ชุดเดียวกันทั้งหมดในสมการที่ได้จากแบบจำลอง สามารถให้ผลการทำนายของปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศแต่ละใบแตกต่างจากผลที่เกิดจากการทดลองบำบัดน้ำเสียจริง อยู่ในช่วงเฉลี่ยประมาณ 14 % โดยเมื่อระบบมีลักษณะการป้อนน้ำเสียแบบ Plug Flow จะพบว่าผลของปริมาณซีโอดีกรองที่ได้จากการทำนายมีค่าต่ำกว่าผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ ที่ได้จากการทดลองในถังเติมอากาศทุกๆใบ ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างแล้วมีค่าเท่ากับ 2%,15%,6% และ 10% ในถังเติมอากาศใบที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ

เมื่อระบบมีลักษณะการป้อนน้ำเสียแบบกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (แบบ Step Feed) จะพบว่าผลของปริมาณซีโอดีกรองที่ได้จากการทำนายมีค่าต่ำกว่าผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ ที่ได้จากการทดลองในถังเติมอากาศทุกๆใบ ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างแล้วมีค่าเท่ากับ 26%,23%,16% และ 27% ในถังเติมอากาศใบที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ

ส่วนระบบที่ทำการป้อนน้ำเสียแบบ Contact Stabilized นั้นพบว่าในถังเติมอากาศใบที่ 1 ผลที่ได้จากการทำนายมีค่าเท่ากับผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ ที่ได้จากการทดลอง และในถังเติมอากาศใบที่ 2 ผลที่ได้จากการทำนายจะมีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการทดลองอยู่ 17% ส่วนในถังใบที่ 3 และ 4 พบว่าผลที่ได้จากการทำนายมีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากการทดลองอยู่คิดเป็น 27% และ 4% ในถังใบที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

จากผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการที่จะใช้แบบจำลองดังกล่าว และค่าพารามิเตอร์จลน์ชุดเดียวกันกับระบบแบบที่มีถังเติมอากาศใบเดียวทั้งหมด ในการออกแบบระบบแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบ เรียงต่อกันแบบอนุกรม เพื่อใช้ในการกำจัดการอินทรีย์ละลายได้ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างที่เกิดขึ้น มีผลเล็กน้อยต่อความมั่นใจว่าในระบบที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดการอินทรีย์ละลายได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ทั้งนี้โดยพิจารณาได้จากผลที่เกิดขึ้นในช่วงสภาวะคงที่ กับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.23-5.25 โดยจะเห็นได้ว่า ในสภาวะที่น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีความแปรปรวนตลอดเวลา ซึ่งเป็นสภาพที่มักเกิดขึ้นจริงในระบบบำบัดโดยทั่วไป แต่ผลของข้อมูลที่เกิดขึ้นในช่วงสภาวะคงที่ของปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศที่ได้จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจริง

นั้นจะยังคงมีลักษณะที่เกาะเป็นกลุ่มกับเส้นตรงที่แสดงค่าของปริมาณซีไอดีกรองที่ได้ทำนายไว้จากแบบจำลองเสมอ

5.5.3.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตะกอน

ผลการเปรียบเทียบของปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนระหว่างค่าที่ได้จากการทำนาย กับผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจริง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.26-5.28 มีค่าความแตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ สรุปได้ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 ความแตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นของน้ำตะกอน ระหว่างค่าที่ได้จากการทำนายกับผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง

ลักษณะการป้อนน้ำเสีย	ผลจากการทำนาย			
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 1 (Plug Flow)	20%	15%	15%	18%
ป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถัง (Step Feed)	30%	12%	9%	1%
ป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังใบที่ 3 (Contact-Stabilized)	13%	6%	31%	20%

จากตารางที่ 5.22 แสดงให้เห็นว่า ผลการทำนายความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศ มีค่าแตกต่างจากผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ของค่าที่เกิดขึ้นจากการทดลองบำบัดน้ำเสียจริงอยู่ในช่วงเฉลี่ยประมาณ 16% โดยเมื่อระบบมีลักษณะการป้อนน้ำเสียแบบ Plug Flow จะพบว่าผลของปริมาณความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่ได้จากการทำนายมีค่าต่ำกว่าผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ที่ได้จากการทดลองในถังเติมอากาศทุกๆใบ โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างแล้วมีค่าเท่ากับ 20% ,15% ,15% และ 18% ในถังใบที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ

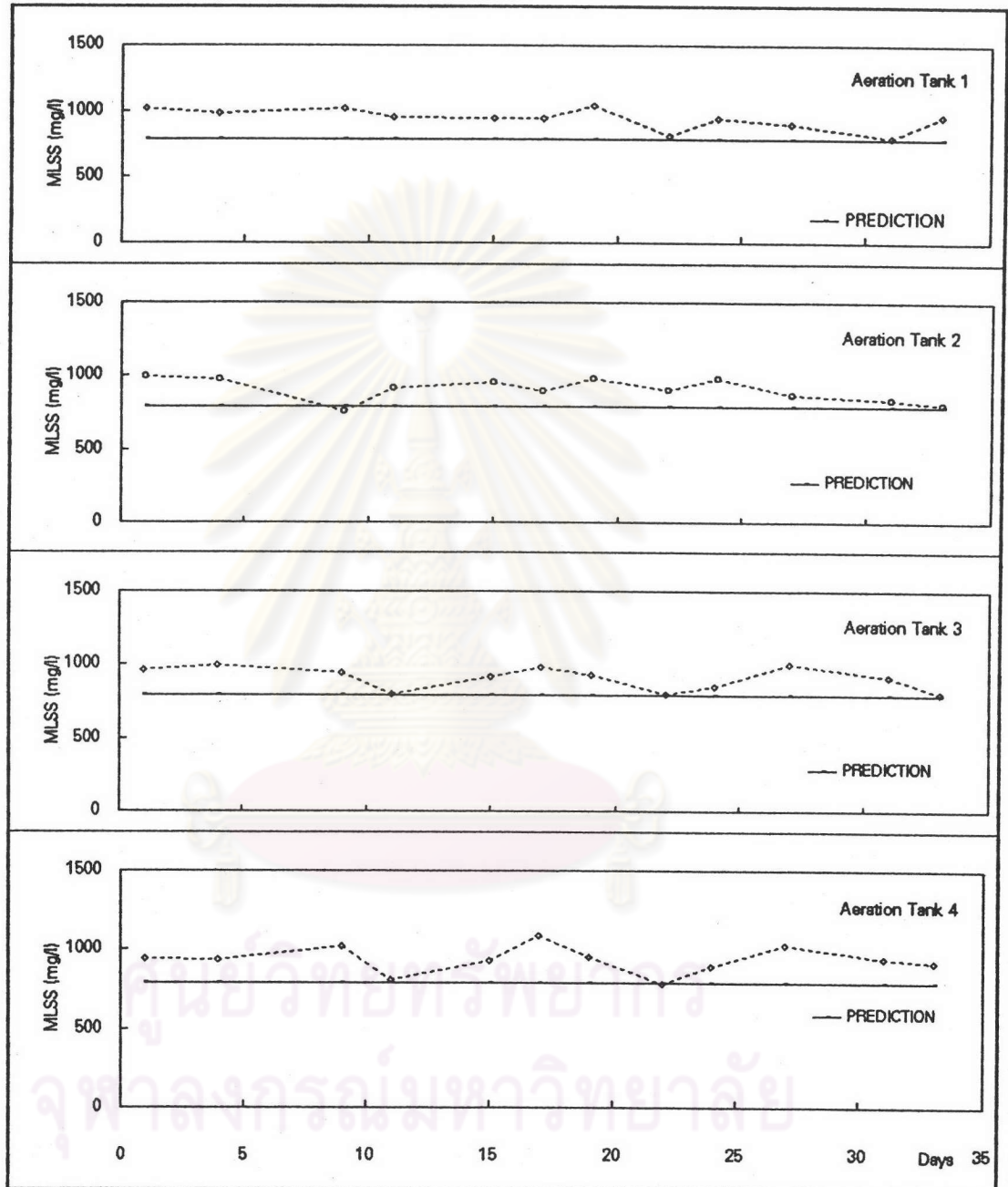
เมื่อระบบมีลักษณะการป้อนน้ำเสียแบบกระจายสม่ำเสมอทั้ง 4 ถังจะพบว่า ในถังเติมอากาศใบที่ 1,2 และ 3 ผลที่ได้จากการทำนายมีค่าสูงกว่าผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ที่ได้จากการทดลองอยู่ 30%, 12% ,9% ตามลำดับ ส่วนในถังเติมอากาศใบที่ 4 นั้นพบว่าผลที่ได้จากการทำนายมีค่าต่ำกว่าผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ ที่ได้จากการทดลองอยู่ 1%

ส่วนระบบที่ทำการป้อนน้ำเสียแบบ Contact Stabilized นั้นพบว่าผลจากการทำนายมีค่าต่ำกว่าผลเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงที่ ที่ได้จากการทดลองในถังเดิมอากาศทุกๆ 1 โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างแล้วมีค่าเท่ากับ 13% , 6% ,31% และ 20% ในถังใบที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ

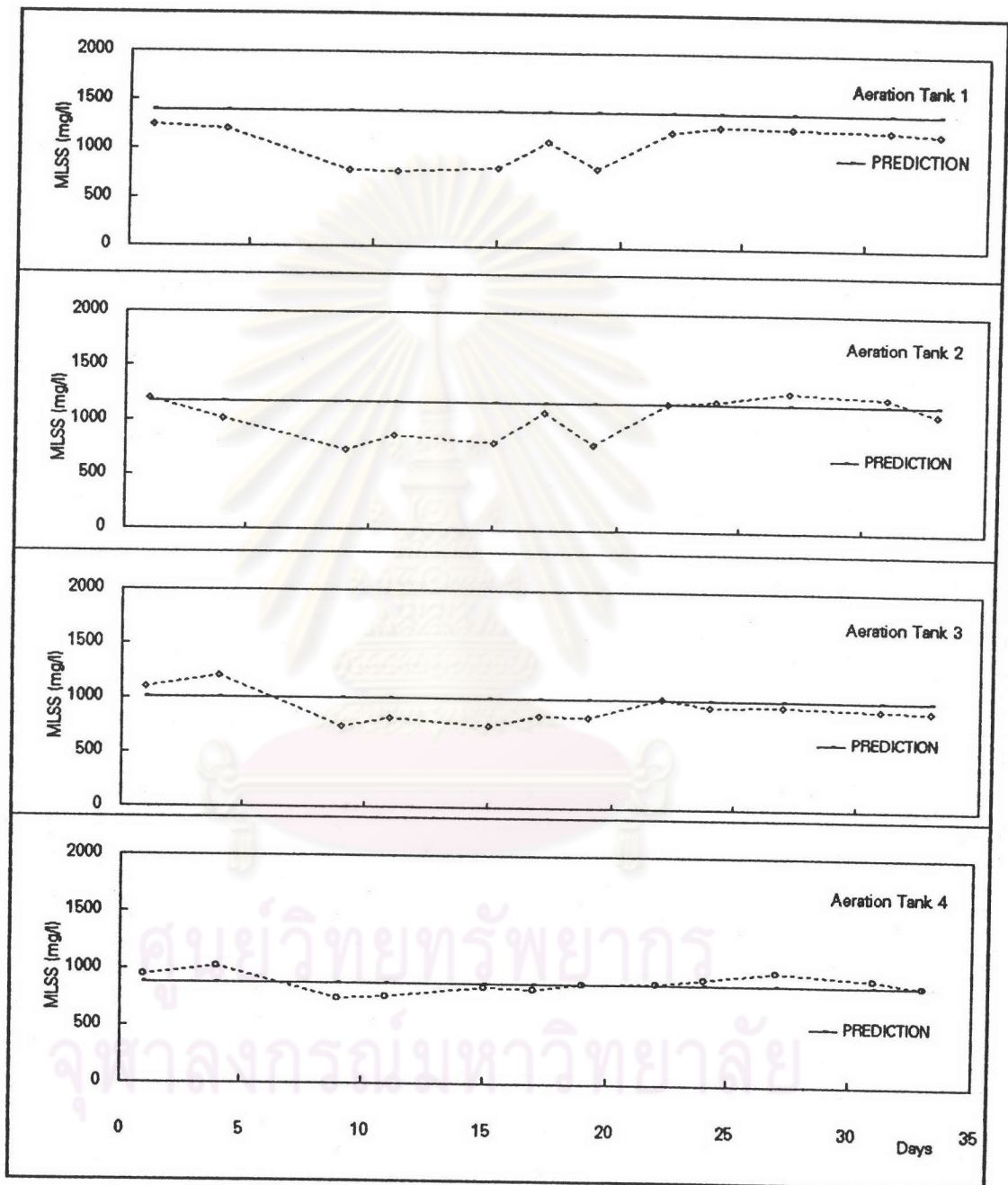
ผลของความแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ จากที่ได้เคยกล่าวไว้ในตอนที่ 3.2.3.4 แล้วว่าค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศที่วัดได้จริงนั้นจะเป็นผลรวมของปริมาณของส่วนที่เป็นเซลล์, ส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อย และส่วนที่เป็นอนุภาคอาหารที่เกิดสะสมขึ้นจริงในถังเดิมอากาศ โดยอนุภาคอาหารเหล่านี้ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานมากจึงยังคงปรากฏมีอยู่ในระบบเสมอจากกระแสที่ป้อนเข้าสู่ระบบตลอดเวลา จึงเห็นได้ว่าอัตราการถูกไฮโดรไลซ์ของอนุภาคอาหารเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของสารละลายนั้นมีค่าต่ำมาก

ส่วนค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่ทำนายจากแบบจำลอง เป็นผลรวมของปริมาณส่วนที่เป็นเซลล์กับส่วนที่เป็นอนุภาคเฉื่อยเท่านั้น โดยไม่สามารถที่จะทำนายถึงปริมาณของอนุภาคอาหารที่เกิดสะสมขึ้นในระบบได้ ทั้งนี้เนื่องจากการคิดสมการจากแบบจำลองไม่ได้พิจารณาถึงส่วนที่เป็นอนุภาคอาหารเข้าไว้ด้วย แต่จากการที่ได้ตั้งสมมติฐานที่ว่าไม่มีอนุภาคอาหารอยู่จริงในระบบ และปริมาณสารอาหารละลายที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของอนุภาคอาหารมีผลเฉพาะแค่เพียงช่วยเพิ่มปริมาณของส่วนที่เป็นเซลล์ขึ้นอีกส่วนหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้โดยไม่มีผลกระทบโดยรวมในการเพิ่มปริมาณของสารอาหารละลายที่ตอนเริ่มต้น (ในส่วนของกระแสที่ป้อนเข้าสู่ระบบ) และปริมาณสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเดิมอากาศ ยังคงทำให้ผลของค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลองมีค่าไม่แตกต่างจากผลเฉลี่ยของช่วงสภาวะคงที่ที่ได้จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจริงมากนัก

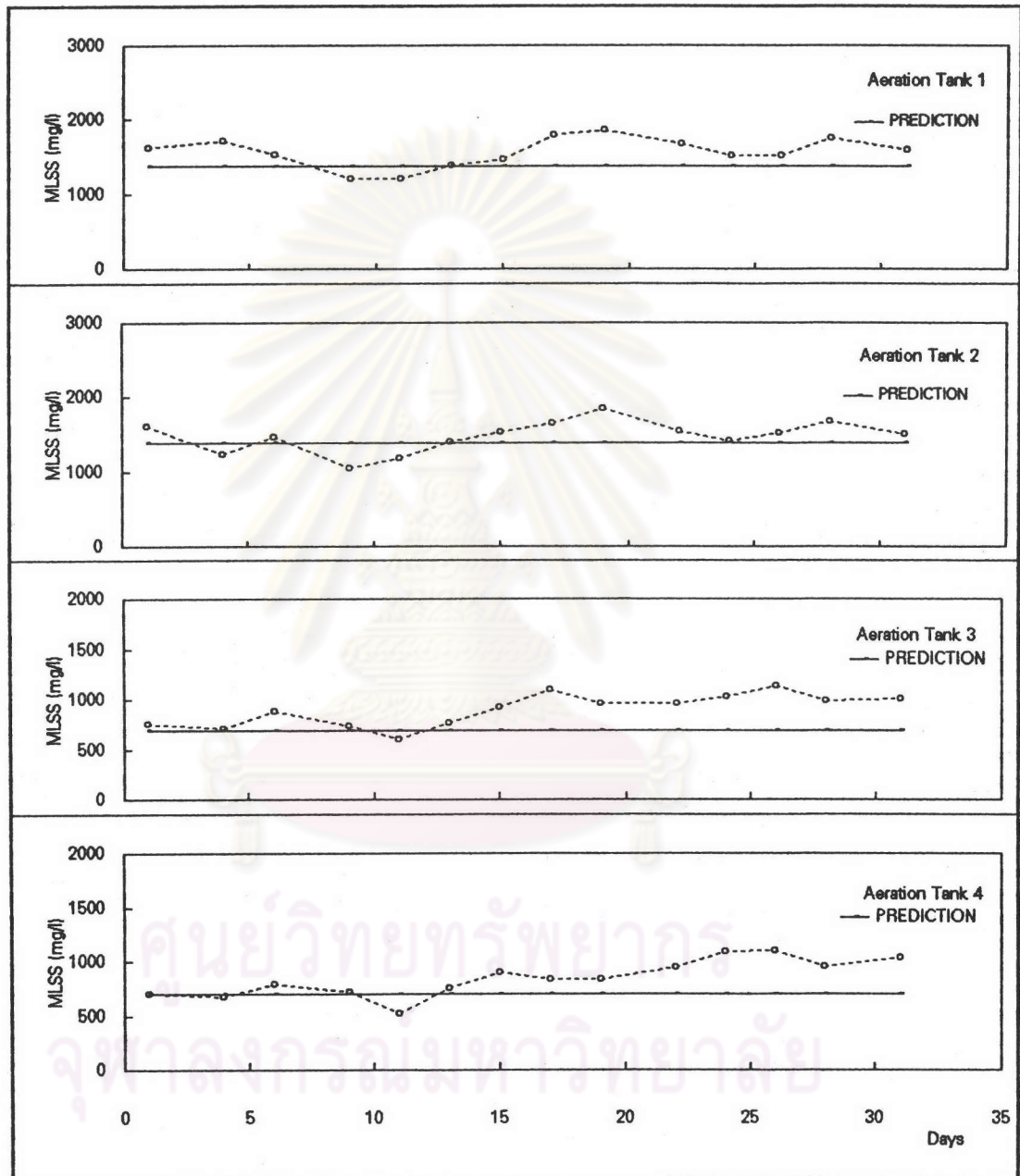
ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ายังคงสามารถใช้แบบจำลองอย่างง่ายของกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเดิมอากาศ 4 ใบ ร่วมกับค่าพารามิเตอร์จลน์ชุดเดียวกันกับระบบแบบที่มีถังเดิมอากาศใบเดียวทั้งหมด ในการทำนายผลของความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเดิมอากาศแต่ละใบของระบบแบบนี้ได้เช่นกัน นั่นคือสามารถใช้แบบจำลองและค่าพารามิเตอร์จลน์ชุดดังกล่าวในการคำนวณเพื่อออกแบบระบบแบบที่มีถังเดิมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรมนี้ได้นั่นเอง



รูปที่ 5.26 ระดับความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Plug Flow) ที่ค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน



รูปที่ 5.27 ระดับความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียกระจายสม่ำเสมอ ทั้ง 4 ถังและเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Step Feed) ที่ ค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน



รูปที่ 5.28 ระดับความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศแต่ละใบในช่วงสภาวะคงที่ เปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียทั้งหมดลงสู่ถังเติมอากาศใบที่ 3 และเวียนตะกอนกลับทั้งหมดเข้าสู่ถังเติมอากาศใบที่ 1 (แบบ Contact Stabilized) ที่ค่าอายุตะกอนของระบบเท่ากับ 10 วัน

5.5.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายของกระบวนการตะกอนเร่งแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรมทั้ง 3 ลักษณะ

เนื่องจากระบบทั้ง 3 ลักษณะมีรูปแบบการป้อนน้ำเสียลงถังเติมอากาศแต่ละใบที่แตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณซีโอดีกรองที่แสดงถึงปริมาณสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศแต่ละใบ ย่อมจะมีความแตกต่างกันไปด้วย ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.17 ดังนั้นการเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของระบบโดยรวมจึงทำได้โดยพิจารณาถึงปริมาณสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศใบที่ 4 ซึ่งเป็นถังใบสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกสู่ภายนอก ระบบ และเนื่องจากผลของปริมาณซีโอดีกรองที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนั้นเป็นผลรวมของปริมาณสารอาหารละลายที่เหลืออยู่กับปริมาณซีโอดีละลายที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (C_i) ดังนั้นก่อนที่จะทำการเปรียบเทียบจึงต้องนำค่า C_i ที่หาได้จากการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.3 มก./ล. ไปหักออกจากค่าซีโอดีกรองที่วัดได้จากการทดลอง เพื่อที่จะให้แสดงเป็นค่าของปริมาณสารอาหารละลายที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศได้ และสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบของประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายของระบบทั้ง 3 ลักษณะได้ดังตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายของระบบแบบที่มีถังเติมอากาศ 4 ใบเรียงต่อกันแบบอนุกรมทั้ง 3 ลักษณะ

ลักษณะของระบบ	ซีโอดีกรองใน น้ำเสีย (มก./ล.)	ส่วนที่เป็นสาร อาหารละลาย (มก./ล.)	ซีโอดีกรองใน ถังเติมอากาศ (มก./ล.)	ส่วนที่เป็นสาร อาหารละลาย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ %
Plug Flow	105	76.7	33	4.7	94
Step Feed	105	76.7	38	9.7	87
Contact-Stabilized	105	76.7	47	18.7	76
ถังเดี่ยวที่ $\theta_c = 9$ วัน	102	73.7	32	3.7	95

จากตารางที่ 5.23 แสดงให้เห็นว่าในการบำบัดน้ำเสียชุมชนประเภท น้ำเสียจากที่พักอาศัยเพียงอย่างเดียว นั้น เมื่อพิจารณาในด้านการกำจัดสารอินทรีย์ละลายเพียงอย่างเดียวพบว่า ที่ค่าอายุตะกอนของระบบที่ใกล้เคียงกัน ระบบแบบที่มีถังเติมอากาศใบเดียว มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายที่สูงกว่า ระบบแบบที่มีถังเติมอากาศหลายใบอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นในระบบที่มีการป้อนน้ำเสียแบบ Plug Flow เพียงแบบเดียวที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ใกล้เคียงกัน

และหากเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพดังกล่าว ในระบบแบบที่มีถังเติมอากาศหลายใบด้วยกันแล้ว พบว่าที่สถานะของระบบดังที่ได้กำหนดขึ้นในการทำการทดลองนั้น ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายของระบบที่มีการป้อนน้ำเสียแบบ Contact-Stabilized จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำที่สุด โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณซีโอดีกรองในถังเติมอากาศใบสุดท้าย ก่อนที่จะผ่านออกสู่ภายนอกระบบนั้นยังคงมีค่าสูงถึง 47 มก./ล. หรือคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้เพียงประมาณ 76%

ดังนั้นในงานออกแบบกระบวนการตะกอนเร่งสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยเพียงอย่างเดียว นั้น สามารถเลือกพิจารณาการออกแบบระบบแบบที่มีถังเติมอากาศใบเดียวก็เพียงพอที่จะใช้ในงานบำบัดจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้โดยไม่ต้องยุ่งยากเสียเวลาในการทำการรายการคำนวณ และง่ายต่อการก่อสร้างอีกด้วย แต่ถ้าหากต้องการที่จะออกแบบระบบแบบที่มีถังเติมอากาศหลายใบ เพื่อที่จะสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการบำบัดเพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตให้ได้แล้วนั้น สามารถทำได้โดยการใช้แบบจำลองอย่างง่ายของกระบวนการ และข้อสมมติฐานดังที่ได้เสนอไว้ รวมทั้งใช้ค่าพารามิเตอร์จลนศาสตร์เดียวกันกับที่ใช้ในการคำนวณของระบบแบบที่มีถังเติมอากาศใบเดียว ก็เพียงพอสำหรับการคำนวณเพื่อออกแบบระบบแบบที่มีถังเติมอากาศหลายใบได้อย่างมั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย