

ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผล

5.1 การเพาะเลี้ยงฟิล์มชีว

การทดลองได้ทำการเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวให้เกิดขึ้นบนตัวกลางของระบบไบโอক্রิมซึ่งใช้ไม้ไผ่บรจอยู่ภายใน โดยก่อนการเพาะเลี้ยงฟิล์มได้นำตัวกลางไม้ไผ่มาฟานเปลือกออกก่อนแล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้ไม้ไผ่อิ่มตัว ในระหว่างนั้นได้พยายามนำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ (mixed liquor suspended solids) จากถังปฏิกิริยาของระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์มาทำการเพาะเลี้ยง เพื่อคัดเลือกพันธุ์โดยทำการเป่าอากาศในถังด้วยเครื่องเติมอากาศแบบฟองกระจายอากาศ (Diffuser)

การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จากตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed liquor suspended solids) ของระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ได้ดำเนินไปโดยใช้ตะกอนจากระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ของโรงงานกำจัดสิ่งปฏิกูล (Nightsoil Treatment) ซึ่งนำมาจากโรงงานกำจัดสิ่งปฏิกูลหนองแขมของกรุงเทพมหานคร ตะกอนที่นำมาใช้เป็นตะกอนที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อนำมาทำการเจือจางด้วยน้ำสะอาดและเสริมสร้างจุลินทรีย์ด้วยการให้อาหาร แล้วนำไปส่งคูดักด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าจุลินทรีย์มีความหลากหลายและมีปริมาณสูง การเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวให้เกิดบนตัวกลางไม้ไผ่ของไบโอক্রิมจึงเริ่มทำการเพาะเลี้ยงจากจุลินทรีย์ที่คัดเลือกสายพันธุ์จากตะกอนของโรงงานกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ได้เตรียมไว้ตั้งขั้นตอนต่อไป

5.1.1 นำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed liquor suspended solids) ที่เตรียมไว้ในถังเตรียมจุลินทรีย์ และคัดเลือกพันธุ์มาใส่ในถังปฏิกิริยาของระบบไบโอক্রิม 10 ลิตร และเติมน้ำประปาอีก 10 ลิตร จากนั้นจึงเปิดสวิตช์หมุนไบโอক্রิม

5.1.2 เติมน้ำอาหารที่จะใช้ในการเตรียมน้ำเสีย (ในที่นี้ใช้นมถั่วเหลือง เครื่องหมายการค้าตราไวตามิลค์) เพื่อให้จุลินทรีย์ได้รับอาหารและมีความคุ้นเคย (Acclimatize) กับอาหาร พร้อมทั้งทำการติดตามผลโดยส่งคูดักเวทิตยาของระบบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

5.1.3 ทำการเลี้ยงต่อไปเรื่อยๆ จนสังเกตพบว่าเริ่มมีฟิล์มชีวเกิดขึ้นบนผิวของตัวกลางในตอนที่ 1 หลังจากทำการเติมสารอาหารแล้วเป็นเวลา 5 วัน และพบว่า 2-3 วันต่อมา เริ่มมีฟิล์มชีวบาง ๆ เกิดขึ้นที่ผิวรอบนอกของไบโอดรัมตอนที่ 2 และ 3

5.1.4 หลังจากทำการเพาะเลี้ยงต่อไปอีกประมาณ 3-4 วัน พร้อมกับเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยอัตราการไหล 1.8 ลิตร/ชม. พบว่า มีฟิล์มชีวเกิดขึ้นไปในตัวกลางของไบโอดรัมทั้ง 4 ตอน และสีของฟิล์มชีวเริ่มเป็นสีน้ำตาล จึงเริ่มทำการทดลอง ตามแผนการทดลองต่อไป

5.2 การดำเนินการทดลอง

การทดลองได้ทำโดยต่อเนื่องกันไปซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นการทดลอง 3 ชุด การทดลองชุดที่ 1 น้ำเสียมีความเข้มข้น 500 มก. ซีโอดี/ลิตร และยังแบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อยโดยมีภาวะชลศาสตร์เป็นตัวแปรเปลี่ยน 4 ค่า ได้แก่ 25, 50, 75 และ 100 ลิตรต่อตรม.-วัน การทดลองชุดที่ 2 แบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อยเช่นกัน โดยใช้ค่าภาวะชลศาสตร์เดียวกันเป็นตัวแปรแต่เปลี่ยนค่าความเข้มข้นของน้ำเสียเป็น 1,000 มก./ลิตร ส่วนการทดลองชุดสุดท้ายใช้น้ำเสียความเข้มข้น 300 มก. ซีโอดี/ลิตร ที่ภาวะชลศาสตร์ 100 ลิตร/ตรม.-วัน ข้อสรุปของแผนการดำเนินการทดลองและค่าตัวแปรในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

5.3 ลักษณะทางกายภาพและชนิดของจุลชีพที่พบในระบบไบโอดรัม

5.3.1 ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวที่ระดับออร์แกนิกโหลดคิงต่างๆ

ผลการทดลองพบว่า ฟิล์มชีวเกิดขึ้นในไบโอดรัมทุกการทดลอง ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวที่ระดับออร์แกนิกโหลดคิงต่างๆ มีลักษณะรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีความหนามากที่สุดในไบโอดรัมตอนแรก และค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ในไบโอดรัมตอนต่อมา จนถึงน้อยที่สุดในไบโอดรัมตอนสุดท้ายคือ ตอนที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 5.2 การที่ฟิล์มชีวมีความหนามากในตอนแรกของไบโอดรัมและลดลงในตอนอื่นก็เนื่องมาจากสารอาหารมีปริมาณ และความเข้มข้นสูงในตอนแรก เมื่อป้อนเข้าสู่ไบโอดรัม จุลินทรีย์ในไบโอดรัมตอนแรกจึงทำการย่อยสลายและสร้างฟิล์มชีวขึ้นมาใหม่ได้สูง เมื่อสารอาหารในน้ำเสียผ่านเข้าไบโอดรัมชุดต่อไป ปริมาณสารอาหารที่เหลือมีลดลง อัตราการย่อยสลายจึงเกิดน้อยลงเรื่อยๆ ปริมาณสารอาหารที่สามารถนำไปใช้ก็ค่อยๆ ลดลงการเจริญเติบโตของฟิล์มชีวจึงน้อยลงตามไปด้วย

ตารางที่ 5.1 การดำเนินการทดลองและตัวแปรในแต่ละชุดการทดลอง

การวิจัย ชุดที่	การทดลอง ที่	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีโอดี/ลิตร)	ไฮดรอลิกไหลตติง (ลิตร/ตร.ม.-วัน)	ออร์แกนิกไหลตติง (ก. ซีโอดี/ตร.ม.-วัน)	ระยะเวลาที่เก็บ ชั่วโมง : นาที
1	1	500	25	12.5	6:00
	2	500	50	25	3:00
	3	500	75	37.5	2:00
	4	500	100	50	1:30
2	5	1000	25	25	6:00
	6	1000	50	50	3:00
	7	1000	75	75	2:00
	8	1000	100	100	1:30
3	9	300	100	30	1:30

ตารางที่ 5.2 ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวไบโอดีร์มแต่ละตอน

การวิจัย ชุดที่	การทดลอง ที่	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีโอดี/ลิตร)	ไฮดรอลิกโหลดดิ่ง (ลิตร/ตร.ม.-วัน)	ออร์แกนิกโหลดดิ่ง (ก. ซีโอดี/ตร.ม.-วัน)	ระยะเวลาที่เก็บ ชั่วโมง : นาที	ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีว			
						ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	ตอนที่ 4
1	1	500	26	12.5	6:00	มาก	ลดลง	น้อย	น้อย
	2	500	50	25	3:00	มาก	ลดลง	ลดลง	น้อย
	3	500	75	37.5	2:00	มาก	มาก	มาก	ลดลง
	4	500	100	50	1:30	มาก	มาก	มาก	มาก
2	5	1000	25	25	6:00	มาก	มาก	ลดลง	ลดลง
	6	1000	50	50	3:00	มาก	มาก	มาก	ลดลง
	7	1000	75	75	2:00	มาก	มาก	มาก	ลดลง
	8	1000	100	100	1:30	มาก	มาก	มาก	ลดลง
3	9	300	100	30	1:30	มาก	ลดลง	ลดลง	น้อยลง

การเฝ้าติดตามการเจริญเติบโต และการหลุดลอก (sloughing) ของฟิล์มชีวบนไบโอดรัมยังพบอีกว่า ในทุกการทดลองและที่ทุกระดับความเข้มข้นของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ไบโอดรัม รูปแบบวงจรชีวิตของจุลชีพหรือรูปแบบของการเจริญเติบโตของฟิล์มชีวจะเป็นแบบเดียวกัน กล่าวคือ ในการทดลองแรกที่ระดับไฮดรอลิกโหลดคิงต่ำ ฟิล์มชีวจะเกิดขึ้นน้อยและยังไม่มีหลุดลอกแต่ที่ระดับความเข้มข้นสูงและระดับไฮดรอลิกโหลดคิงสูง ฟิล์มชีวจะมีการหลุดลอกออกมา โดยที่ก่อนเกิดการหลุดลอกฟิล์มจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำโดยเริ่มจากเป็นจุดสีดำก่อน แล้วจึงขยายไปเป็นบริเวณกว้าง จากนั้นจึงหลุดลอกออกมา การหลุดลอกจะหลุดจากไบโอดรัมในตอนแรกก่อนจากนั้นจึงขยายไปในไบโอดรัมตอนอื่น ๆ ต่อเนื่องกันไปดังแสดงในตารางที่ 5.3

5.3.2 สีของฟิล์มชีว

ผลการทดลองเมื่อพิจารณาในเรื่องสีของฟิล์มชีว พบว่าในการทดลองทุกชุดที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเสียต่ำและระดับไฮดรอลิกโหลดคิงต่ำ ฟิล์มชีวจะมีสีน้ำตาล โดยที่จะมีสีเข้มมากในตอนแรกและค่อยๆ จางลงในไบโอดรัมตอนหลังๆ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสีย และเพิ่มค่าไฮดรอลิกโหลดคิงสูงขึ้น ฟิล์มชีวจะเริ่มมีจุดสีดำเกิดขึ้น และจำนวนจุดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านไปจนถึงเป็นสีดำทั้งผืนฟิล์มชีว หลังจากนั้นฟิล์มชีวจะหลุดลอกออกจากผิวของไบโอดรัม การที่ฟิล์มชีวเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำเนื่องจากในสภาวะที่ภาระออร์แกนิกโหลดคิงสูง ปริมาณสารอินทรีย์มีค่าสูงเกินกว่าขีดความสามารถในการบำบัดของจุลินทรีย์ ฟิล์มชีวจึงเกิดสภาพไร้ออกซิเจนขึ้นในระบบ เมื่อออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะซึมผ่านเข้าไปถึงชั้นล่างสุดของฟิล์มชีว ฟิล์มชีวจึงขาดออกซิเจนและตายลงเป็นผลให้เกิดการหลุดลอกออกไปในที่สุด สีของฟิล์มชีวในแต่ละการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.4

5.3.3 ชนิดของจุลชีพ

การติดตามผลการเจริญเติบโตของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า มีจุลชีพในการทดลองทุกชุด ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียต่ำและระดับไฮดรอลิกโหลดคิงต่ำในตอนแรกจะพบจุลชีพแบบเส้นใย (filamentous) ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเสียที่สูง และไฮดรอลิกโหลดคิงสูง พบจุลชีพมากขึ้นในทุกตอนของไบโอดรัม จุลชีพที่พบมากที่สุด ได้แก่ โปรโตซัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งซิลิเอต พวกที่ว่ายน้ำอย่างอิสระในน้ำเสีย (Free Swimming Ciliate) เช่น *Paramecium* spp. , *Colpidium* spp. และ *Dileptus* spp. นอกจากนี้ยังพบซิลิเอตที่คลานหากินบนฟล็อก (Crawling Ciliated) เช่น *Aspidisca* spp. จุลชีพที่ทำให้เกิดฟล็อก (Floc Forming Ciliate) และซิลิเอตแบบกึ่งก้าน เช่น *Vorticella* spp. และ *Opercularia* spp.

ตารางที่ 5.3 การหลุดลอกของฟิล์มซีวในไบโอดรัม

การวิจัย ชุดที่	การทดลอง ที่	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีไอดี/ลิตร)	ไฮดรอลิกไหลตติง (ลิตร/ตร.ม.-วัน)	ออร์แกนิกไหลตติง (ก. ซีไอดี/ตร.ม.-วัน)	ระยะเวลาที่เก็บ ชั่วโมง : นาที	ปริมาณและความหนาของฟิล์มซีว			
						ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	ตอนที่ 4
1	1	500	26	12.5	6:00	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
	2	500	50	25	3:00	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
	3	500	75	37.5	2:00	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
	4	500	100	50	1:30	มี	มี	มี	มี
2	5	1000	25	25	6:00	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
	6	1000	50	50	3:00	มี	มี	มี	มี
	7	1000	75	75	2:00	มี	มี	มี	มี
	8	1000	100	100	1:30	มี	มี	มี	มี
3	9	300	100	30	1:30	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 5.4 สีของฟิล์มชีวภาพไบโอดีกรีในแต่ละตอน

การวิจัย ชุดที่	การทดลอง ที่	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีไอดี/ลิตร)	ไฮดรอลิกโหลดคิง (ลิตร/ตร.ม.-วัน)	ออร์แกนิคโหลดคิง (ก. ซีไอดี/ตร.ม.-วัน)	ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีว			
					ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	ตอนที่ 4
1	1	500	26	12.5	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน
	2	500	50	25	สีน้ำตาลปนดำ	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน
	3	500	75	37.5	สีดำ	สีน้ำตาลจุดดำ	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน
	4	500	100	50	สีดำ	สีน้ำตาลปนดำ	สีน้ำตาลจุดดำ	สีน้ำตาลจุดดำ
2	5	1000	25	25	สีน้ำตาลปนดำ	สีน้ำตาลปนดำ	สีน้ำตาลจุดดำ	สีน้ำตาลอ่อน
	6	1000	50	50	สีดำ	สีดำ	สีน้ำตาลจุดดำ	สีน้ำตาลอ่อน
	7	1000	75	75	สีดำ	สีดำ	สีน้ำตาลปนดำ	สีน้ำตาลอ่อน
	8	1000	100	100	สีดำ	สีดำ	สีดำ	สีน้ำตาลจุดดำ
3	9	300	100	30	สีน้ำตาลปนดำ	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน

จูลีฟท์ที่เป็นตัวขัดขวางการตกตะกอน ได้แก่ แบคทีเรียแบบเส้นใยพบบ้างในไบโอดีร้อมตอนแรก เมื่อเริ่มทำการทดลอง แต่ได้หายไปในการทดลองต่อมา ส่วนจูลีฟท์ชั้นสูง เช่น โรติเฟอร์ นีมาโทด พบในตอนหลัง ๆ ของไบโอดีร้อม ชนิดและปริมาณจูลีฟท์ที่พบได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.5

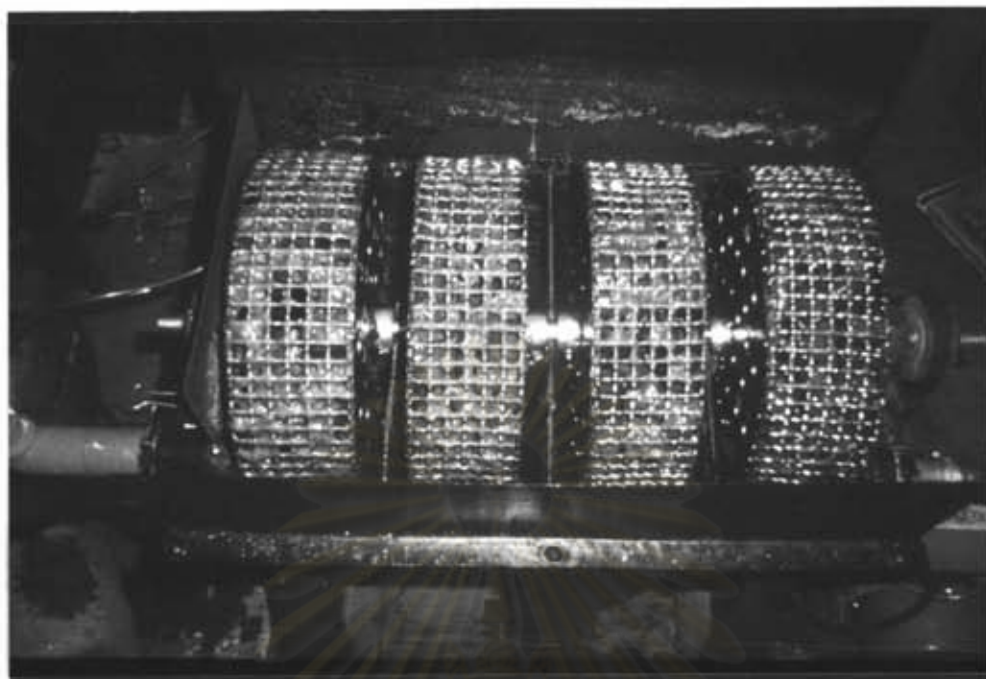
ลักษณะของฟิล์มจูลีฟท์ในแต่ละการทดลอง ตั้งแต่เริ่มเดินระบบจนถึงการทดลองที่ 9 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.1 ถึงรูปที่ 5.10



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ชนิดของจุลชีพพบในไบโอดรัมแต่ละตอน

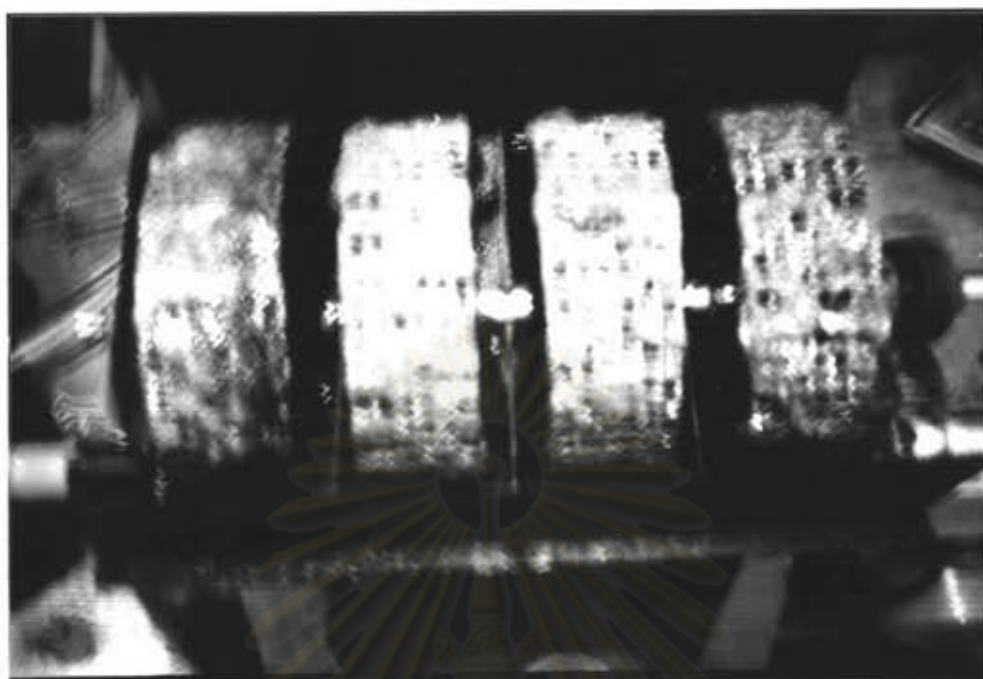
การวิจัย ชุดที่	การทดลอง ที่	ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มก. ซีโอดี/ลิตร)	ไบโอดรัมที่ผลิตตั้ง (ลิตร/ตรม.-วัน)	อุณหภูมิที่ผลิตตั้ง (ก. ซีโอดี/ตรม.-วัน)	ปริมาณและความหนาแน่นของฟิโตชีว			
					ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	ตอนที่ 4
1	1	500	26	12.5	Filamentous , Free swimming ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate rotifer
	2	500	50	25	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate , crawling ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate rotifer , nematode
	3	500	75	37.5	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate rotifer , nematode
	4	500	100	50	Free swimming ciliate stalked ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate	Free swimming ciliate rotifer	Free swimming ciliate rotifer , nematode
2	5	1000	25	25	Free swimming ciliate stalked ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate , crawling ciliate	crawling ciliate , stalked ciliate , rotifer	Free swimming ciliate stalked ciliate , rotifer
	6	1000	50	50	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	crawling ciliate rotifer , nematode	crawling ciliate rotifer , nematode
	7	1000	75	75	Free swimming ciliate stalked ciliate , crawling ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate , rotifer	crawling ciliate rotifer , nematode
	8	1000	100	100	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate , crawling ciliate	rotifer , nematode crawling ciliate	crawling ciliate rotifer , nematode
3	9	300	100	30	Free swimming ciliate stalked ciliate	Free swimming ciliate crawling ciliate	Free swimming ciliate stalked ciliate , rotifer	Free swimming ciliate stalked ciliate , rotifer



รูปที่ 5-1 ลักษณะของฟิล์มจุลชีพเมื่อเริ่มทดลองเดินระบบ



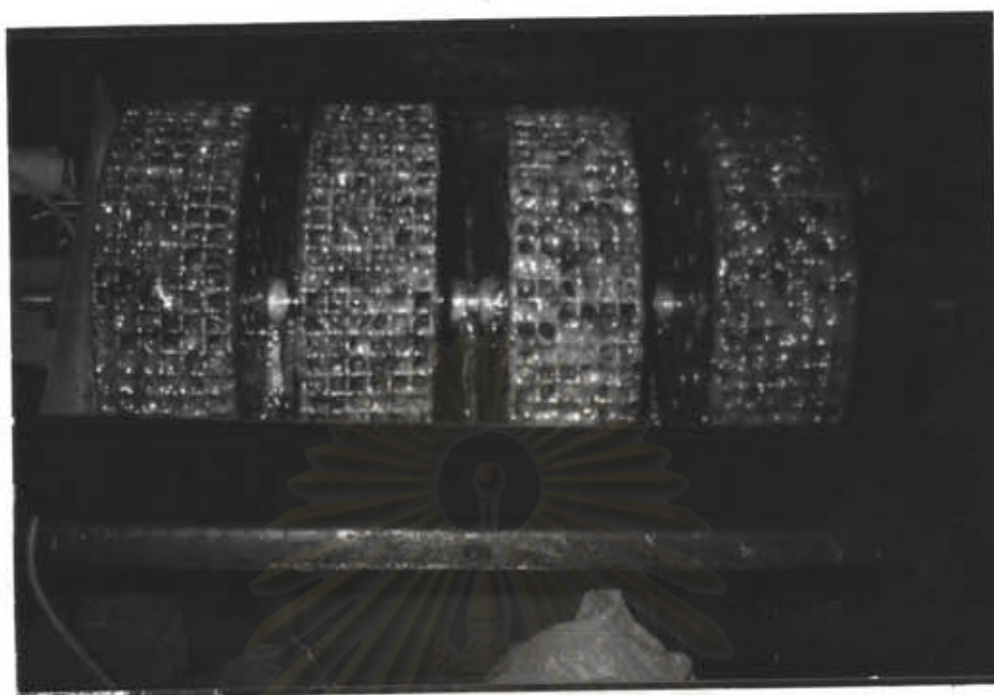
รูปที่ 5-2 ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 1



รูปที่ 5-3 ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 2



รูปที่ 5-4 ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 3



รูปที่ 5-5 ลักษณะของฟิล์มจูลซีทในการทดลองที่ 4



รูปที่ 5-6 ลักษณะของฟิล์มจูลซีทในการทดลองที่ 5



รูปที่ 5-9 ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 8



รูปที่ 5-10 ลักษณะของฟิล์มจุลชีพในการทดลองที่ 9



5.4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

การทดลองทุกชุดได้ทำต่อเนื่องกันโดยไม่มีหยุดเดินระบบหรือล้างไบโอคัม การทดลองเริ่มด้วยการป้อนน้ำเสียความเข้มข้น 500 มก. ซีโอดี/ลิตร เข้าสู่ระบบด้วยค่าไฮดรอลิกไหลคิงที่ต่างกันอันเป็นผลให้ค่าออร์แกนิกไหลคิง และระยะเวลาที่เก็บต่างกันไปด้วย ดังที่แสดงในตารางการดำเนินการวิจัยในตารางที่ 5.1 หลังจากนั้นจึงป้อนน้ำเสียความเข้มข้น 1,000 และ 300 มก. ซีโอดี/ลิตร ตามลำดับ รวมเป็นการทดลองทั้งหมด 3 ชุด ผลการทดลองแบ่งออกเป็นผลเนื่องจากตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

5.4.1 พีเอช

การวัดค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจะวัดทันทีที่เตรียมน้ำเสียเสร็จใหม่ ๆ ส่วนการวัดพีเอชของน้ำในถังปฏิกริยาจะวัดทันทีที่เก็บตัวอย่างน้ำมาจากถังปฏิกริยา ผลการทดลองพบว่าผลการทดลองทั้ง 9 การทดลองมีลักษณะเดียวกันทั้งหมด กล่าวคือ น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบจะมีพีเอชอยู่ในช่วงประมาณ 7.0-7.3 เมื่อน้ำเสียผ่านเข้าสู่การบำบัดด้วยระบบไบโอคัม พีเอชจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในแต่ละตอนของไบโอคัม โดยเฉลี่ยแล้วจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.1-0.2 ในแต่ละตอน พีเอชของน้ำเสียที่ออกจากไบโอคัมทุกการทดลองจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 7.6-7.8 ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกันระหว่างจุดเก็บน้ำเสียแต่ละจุดตั้งแต่ น้ำเสียเข้าสู่ระบบ ตลอดจนน้ำเสียที่อยู่ในไบโอคัมแต่ละตอนจนกระทั่งน้ำเสียออกจากไบโอคัม รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงพีเอชของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุดตั้งแต่ น้ำเสียเข้าสู่ระบบจนออกจาก ระบบได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.11

รูปที่ 5.11 เป็นการแสดงค่า profile ของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงพีเอชที่แต่ละตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ น้ำเสียเริ่มป้อนเข้าสู่ระบบ น้ำเสียในตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 4 และน้ำเสียที่ออกจากระบบตามลำดับ การทดลองทุกชุดและทุกการทดลองในรูปที่ 5.11 แสดงผลในลักษณะเช่นเดียวกันทั้งหมด ค่าพีเอชที่เข้าสู่ระบบจะอยู่ในช่วงกลาง (ประมาณ 7) และเป็นค่าที่ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกันของทุกตำแหน่งที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ค่าพีเอชที่ช่วงอื่นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณารูปที่ 5.11 โดยละเอียด พบว่าจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญได้แก่จากตอนที่ 1 ไปตอนที่ 2 รูปที่ 5.11 ยังแสดงผลที่น่าสนใจได้แก่ ค่าพีเอชจะลดน้อยลงเมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคิงสูงขึ้น กล่าวคือที่ไฮดรอลิกไหลคิงต่ำ ค่าพีเอชจะเปลี่ยนแปลงมากกว่ากรณีของไฮดรอลิกไหลคิงที่สูง ถ้าพิจารณาการทดลองชุดที่ 1 (รูปแรก) จะเห็นว่าการทดลองที่ 4 จะมีค่า profile ที่ต่ำที่สุด ส่วนการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ถ้าพิจารณาให้ชัดเจนค่าพีเอชของการทดลองที่ 1 จะสูงที่สุดตามด้วยค่าพีเอชของการทดลอง 2 และ 3

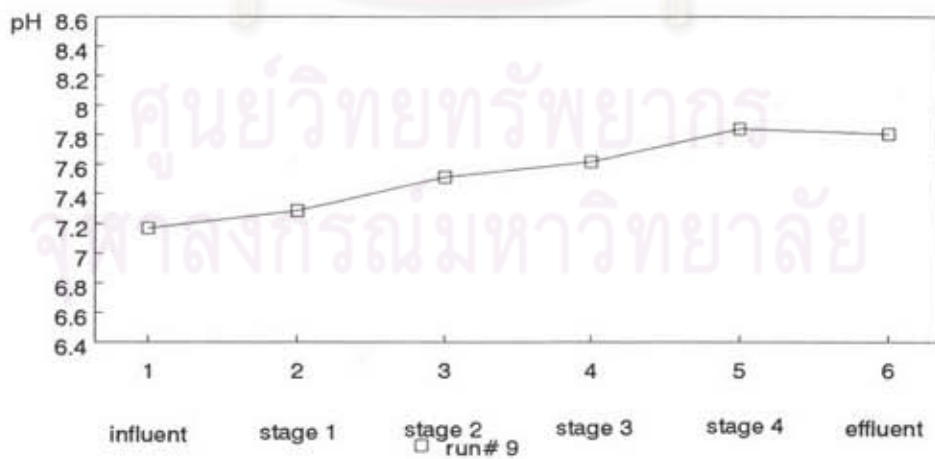
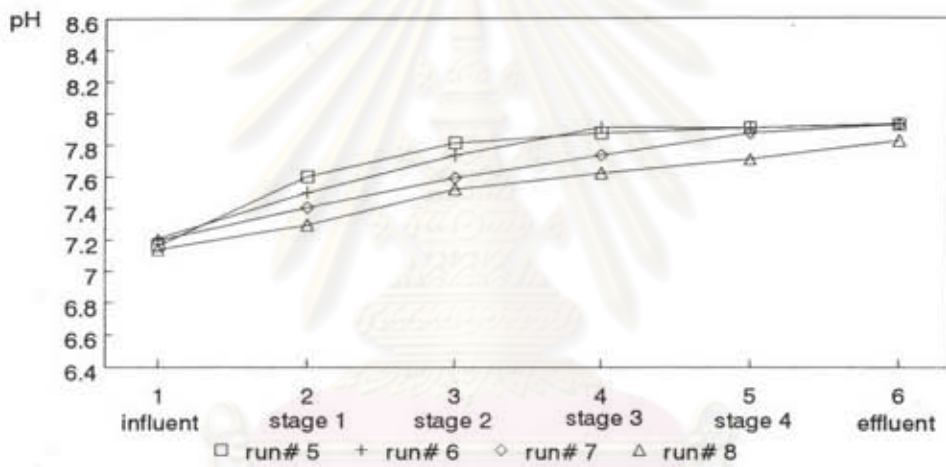
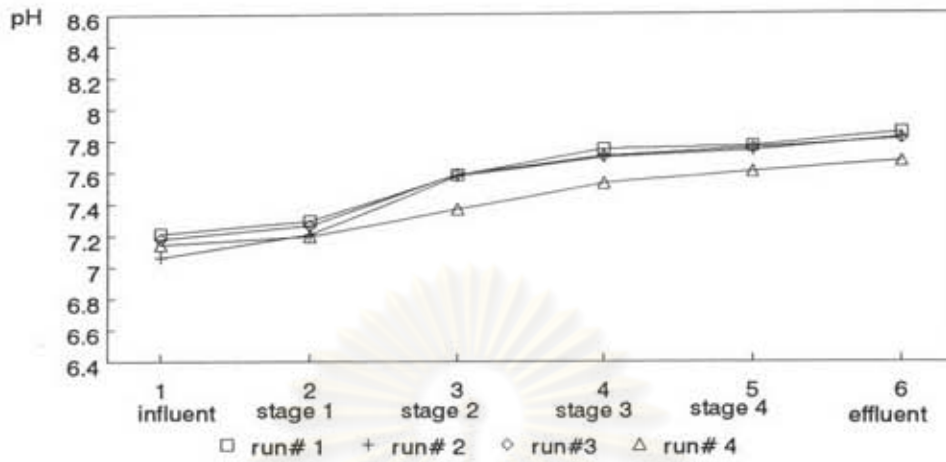
การทดลองชุดที่ 2 แสดงผลที่ค่อนข้างชัดเจนว่าการทดลองที่ 5 ค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดและค่าพีเอชมีค่าสูงกว่าการทดลองอื่น คือ การทดลองที่ 6, 7 และ 8 ซึ่งมีค่าไฮดรอลิกโพลดิงที่สูงกว่า การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงตอนที่ 1 เข้าสู่ตอนที่ 2 มีค่าสูงมาก อย่างไรก็ตามค่าพีเอชในตอนสุดท้ายของไบโอรีแอมจะมี การเปลี่ยนแปลงน้อย และมีค่าใกล้เคียงกันทุกการทดลอง คือ แม้ว่าพีเอชในทุกการทดลองจะเพิ่มสูงขึ้น แต่มีค่าไม่เกิน 8.0

การที่ค่าพีเอชมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในตอนแรกๆ ของไบโอรีแอม และค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ ในตอนหลังอาจเป็นสาเหตุเนื่องมาจากการที่จุลชีพในระบบสามารถย่อยสลายสารอาหารได้มากในตอนแรกๆ ของระบบซึ่งมีปริมาณสารอาหารสูง การใช้สารอาหาร จึงเป็นไปอย่างไม่มีขีดจำกัดด้านปริมาณ สารอาหารประเภทไนโตรเจนซึ่งได้จากการเติมยูเรีย ลงไปในไบโอรีแอมตอนแรกเพื่อเป็นอาหารเสริมให้แก่จุลชีพได้ถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำจะได้เป็นแอมโมเนียไบคาร์บอเนต ($\text{NH}_4 \text{HCO}_3$) ทำให้ค่าพีเอชของระบบสูงขึ้นดังสมการที่แสดง

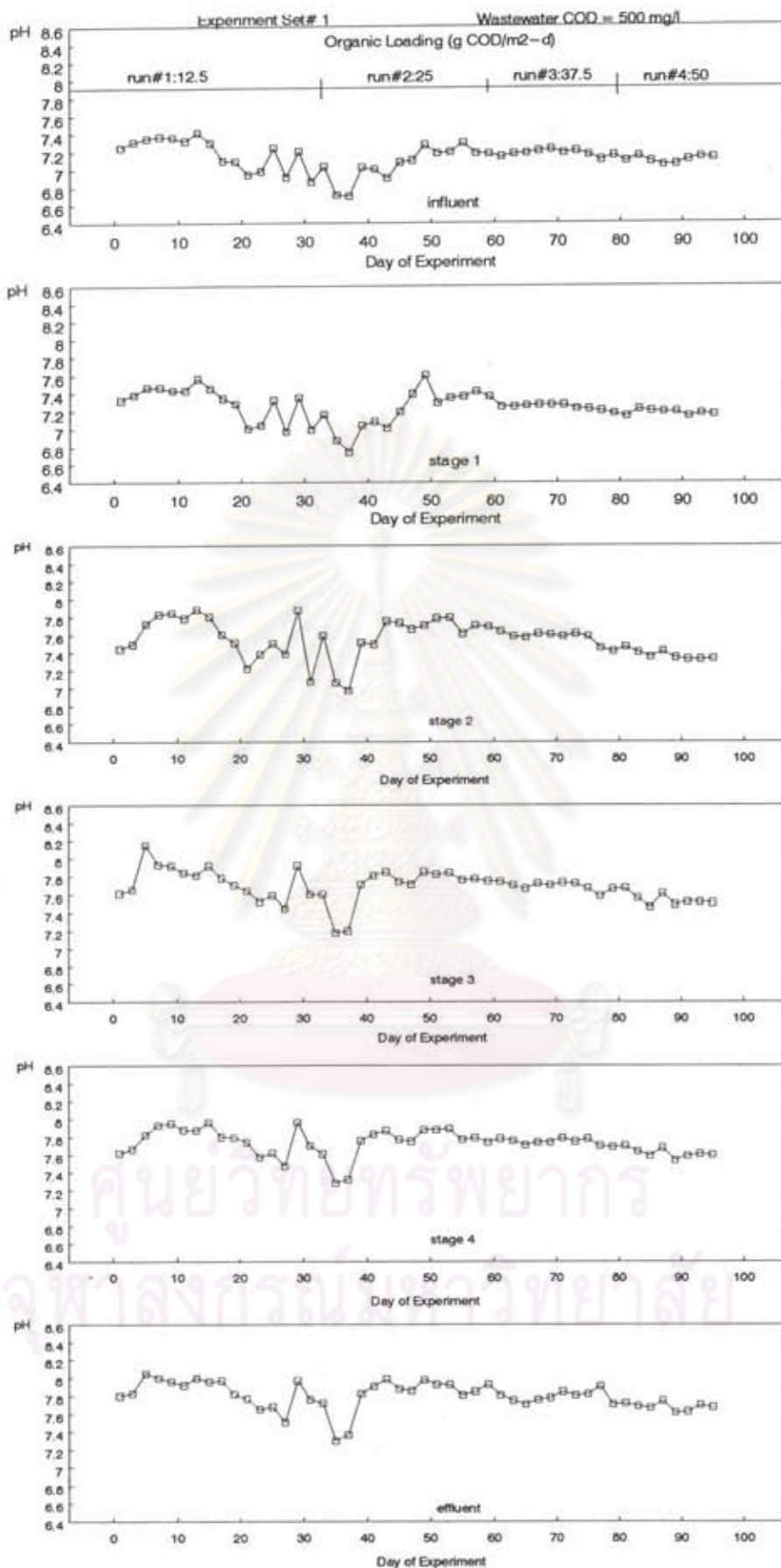


ค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่งต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในการทดลองแต่ละจุดได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.12 สำหรับการทดลองชุดที่ 1 และรูปที่ 5.13 และรูปที่ 5.14 สำหรับการทดลองชุดที่ 2 และการทดลองชุดที่ 3 ตามลำดับ ส่วนค่าข้อมูลพีเอชในแต่ละวันได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

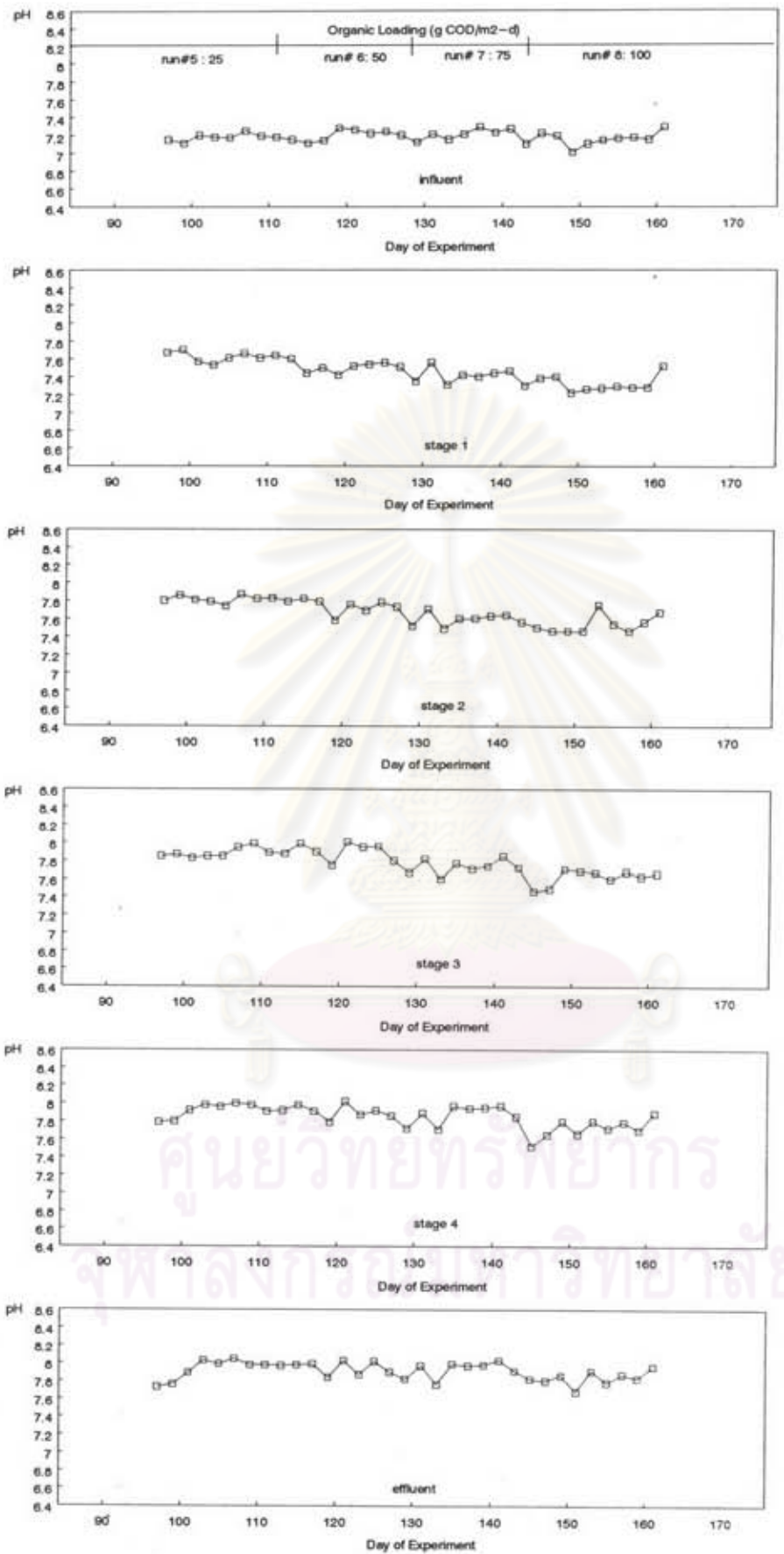
ศูนย์ทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



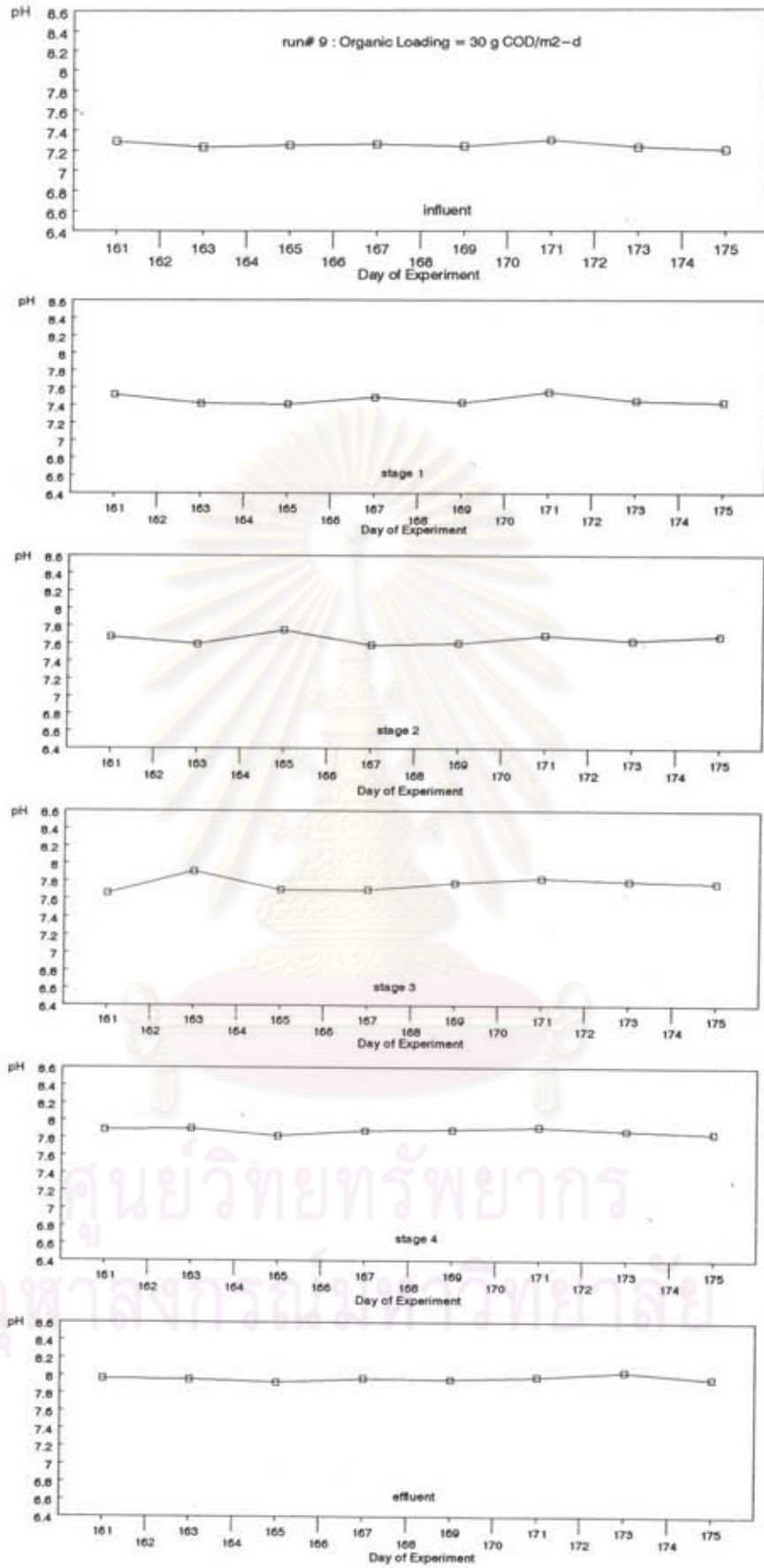
รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่เอชของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด



รูปที่ 5.12 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 5.13 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.14 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3

5.4.2 ซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

5.4.2.1 ค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

การหาค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำเสียในระบบไบโอক্রิมแต่ละตอนได้วิเคราะห์ออกมาในรูปของซีไอดีรวม ส่วนค่าซีไอดีของน้ำเสียออกจากระบบนั้นได้วิเคราะห์ทั้งในรูปของซีไอดีรวม และซีไอดีของน้ำเสียหลังจากทิ้งให้ตะกอนจมตัวแล้ว ค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบได้ทำการเตรียมที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร , 1,000 มก./ลิตร และ 300 มก./ลิตร สำหรับการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งทำขึ้นในห้องปฏิบัติการอาจมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนดไว้ประมาณ $\pm 20\%$ รูปที่ 5.15 เป็นการแสดงค่าซีไอดีที่ทำการบ่อนกันเข้าสู่ระบบไบโอক্রิมของการทดลองแต่ละชุด

5.4.2.2 ผลการทดลอง

การทดลองของระบบพบว่าทุกการทดลอง ค่าซีไอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างน้ำเสียมักเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มที่ค่าเฉลี่ยซีไอดีในไบโอক্রิมตอนหลังๆ และในน้ำทิ้งจะลดต่ำลงดังแสดงในรูปที่ 5.16 อย่างไรก็ตามเมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคิ่งเพิ่มสูงขึ้น รูปแบบแนวโน้มของค่าซีไอดีอาจเปลี่ยนแปลงไปบ้างเนื่องจากอิทธิพลของสารแขวนลอยที่เกิดจากการหลุดลอกตัวของฟิล์มชีว

รูปที่ 5.16 แสดงให้เห็นว่าการทดลองทั้ง 3 ชุด มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงซีไอดีที่ลดลงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียตามเส้นทางการไหลของน้ำจนถึงจุดน้ำเสียออกจากระบบ ข้อแตกต่างที่ค่อนข้างชัดเจนของการทดลองทั้ง 3 ชุด ได้แก่ ในการทดลองที่ 1 ค่าซีไอดีของน้ำเสียของตอนที่ 1 เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่การทดลองชุดอื่นค่าซีไอดีลดลง สาเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากตอนที่ 1 เป็นตอนที่สารอาหารเริ่มถูกบ่อนเข้าสู่ระบบ ดังนั้นจึงเป็นตอนที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูงที่สุด การใช้สารอาหารของจุลชีพจึงสูงที่สุดตามไปด้วยฟิล์มชีวของจุลชีพในตอนนี้เกิดขึ้นในปริมาณมาก การเก็บตัวอย่างน้ำเสียในการทดลองช่วงแรกไม่มีเทคนิคที่ดีพอเนื่องจากยังไม่มี ความชำนาญจึงมีส่วนของฟิล์มชีวติดมาด้วย ประกอบกับไบโอক্রิมที่ใช้ในระบบมีขนาดเล็ก ความจุน้อย หากทำการคูดน้ำเสียออกมามากจะทำให้มีส่วนของฟิล์มปะปนมาด้วยจึงเป็นสาเหตุให้ค่าซีไอดีที่วิเคราะห์ในตอนที่ 1 มีค่าสูง อีกสาเหตุหนึ่งซึ่งน่าจะเป็นผลให้ค่าซีไอดีในช่วงแรกสูงเนื่องจากช่วงแรกเกิดจุลชีพแบบเส้นใยขึ้นในตอนแรกของไบโอক্রิม เมื่อทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจึงมีจุลชีพติดออกมาด้วยเป็นผลให้ค่าซีไอดีสูงขึ้นดังกล่าว ในการ

ทดลองต่อมาจุลชีพแบบเส้นใยถูกแทนที่โดยจุลชีพประเภทอื่นซึ่งเกาะบนผิวไบโอดรัมได้ดีกว่าจึงทำให้การหลุดปะปนกับน้ำเสียมีน้อยเป็นเหตุให้สามารถลดค่าซีโอติลงได้ รูปที่ 5.16 ยังแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำเสียดำและที่ค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งต่ำ ค่าซีโอติในแต่ละตอนจะต่ำตามไปด้วย แต่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งสูง (ดูรูปแรก) เส้นกราฟเส้นล่างสุดเป็นค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งต่ำสุด แม้ว่าค่าซีโอติมีแนวโน้มที่จะเป็นเช่นที่กล่าวมาแล้วแต่อาจมีการกระโดดขึ้นลงในบางช่วงเนื่องจากผลของตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากการหลุดลอกของฟิล์มชีว เมื่อฟิล์มมีความหนาแน่นมากและไม่สามารถต้านทานแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากการหมุนของไบโอดรัม

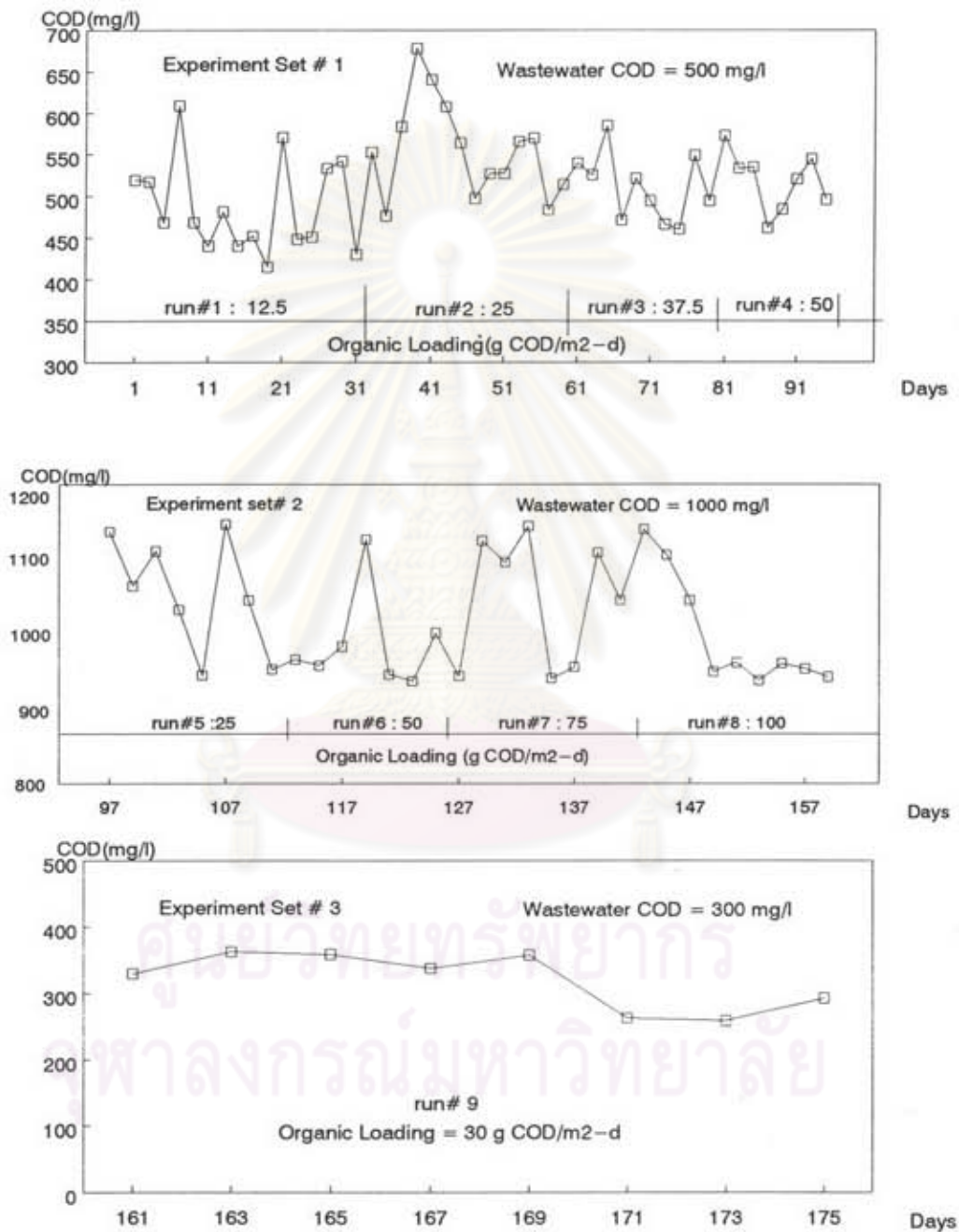
รูปที่ 5.17 และรูปที่ 5.18 เป็นรูปที่แสดงค่าซีโอติที่ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียแต่ละตอนของไบโอดรัมและที่จุดออกของน้ำเสีย ในรูปที่ 5.17 ค่าซีโอติของน้ำเสียเข้า (รูปแรก) แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดมากขึ้นในช่วงท้ายของการทดลอง (ตั้งแต่วันที่ 45) ส่วนในรูปที่ 5.18 นั้นสามารถแสดงถึงประสิทธิภาพของการบำบัดด้วยระบบไบโอดรัมอย่างชัดเจนว่า ที่ค่าความเข้มข้นของน้ำเสีย 500 มก./ลิตร แต่แปรผันค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งตั้งแต่ 25, 50, 75 และ 100 ลิตร/ตรม.-วัน การทดลองที่ 1 ที่ค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งต่ำที่สุด คือ 25 ลิตร/ตรม.-วัน ให้ค่าซีโอติของน้ำทิ้งที่ต่ำมาก และค่อนข้างคงที่ทั้งค่าของซีโอติรวมและซีโอติที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว แต่เมื่อเพิ่มค่าไฮดรอลิกสูงขึ้นจนถึง 100 ลิตร/ตรม.-วันนั้น ค่าซีโอติที่ผ่านการตกตะกอนแล้วยังคงมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่แต่ค่าซีโอติรวมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการแปรปรวนสูง

รูปที่ 5.19 และรูปที่ 5.20 เป็นรูปที่แสดงค่าซีโอติที่ตำแหน่งต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างน้ำเสียแต่ละจุดของการทดลองชุดที่ 2 ในรูปที่ 5.20 ได้แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย 1,000 มก./ลิตร ค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งตั้งแต่ 75 ลิตร/ตรม.-วัน มีผลต่อค่าซีโอติในน้ำเสียออกทั้งค่าซีโอติรวมและค่าซีโอติที่ผ่านการตกตะกอน ผลการทดลองตั้งแต่การทดลองที่ 7 เมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งสูงกว่า 75 ลิตร/ตรม.-วัน ค่าซีโอติที่ผ่านการตกตะกอนแล้วยังคงมีค่าสูงและมีค่าความแปรปรวนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับที่ค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งต่ำ ส่วนรูปที่ 5.21 และรูปที่ 5.22 เป็นการแสดงค่าซีโอติที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของการทดลองชุดที่ 3 ผลการทดลองเป็นเช่นเดียวกันกับการทดลองชุดอื่น แต่การทดลองชุดนี้ทำการทดลองที่ค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งเพียงค่าเดียว เพื่อเปรียบเทียบผลของการทดลองเมื่อบ่อน้ำเสียดำความเข้มข้นต่ำแต่ไฮดรอลิกไหลคดิ่งสูงกับการบ่อน้ำเสียดำความเข้มข้นสูงที่ไฮดรอลิกไหลคดิ่งต่ำ ในขณะที่ค่าออร์แกนิกไหลคดิ่งที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งที่สูงจะเป็นผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดต่ำลง แม้ว่าค่าออร์แกนิกไหลคดิ่งจะใกล้เคียงกัน กล่าวคือการทดลองชุดที่ 1 ที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร หากใช้ค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่ง 50

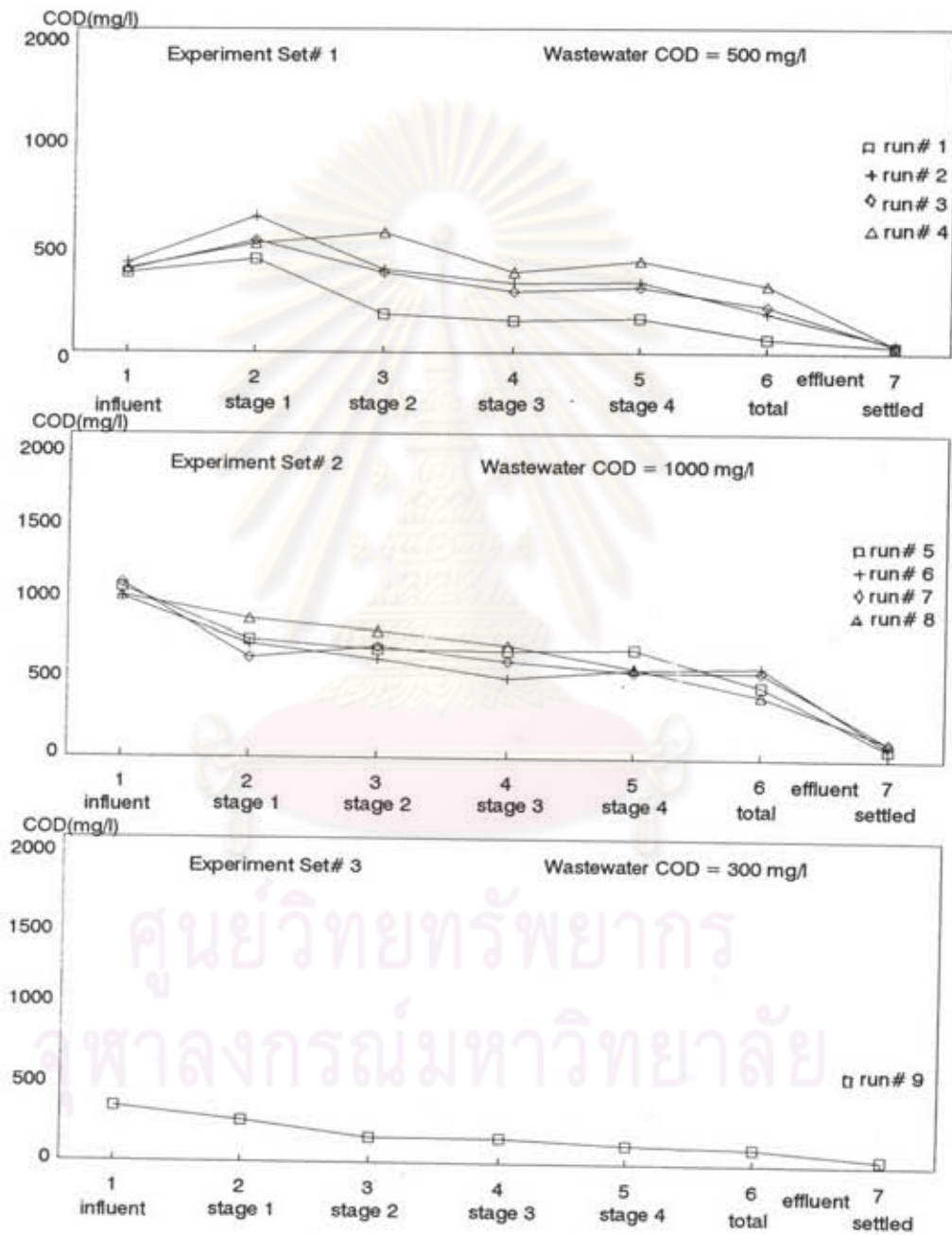
ลิตร/ตรม.-วัน จะได้ออร์แกนิกโพลดิง 25 กรัม/ตรม.-วัน ประสิทธิภาพของระบบจะเป็น 93% เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองชุดที่ 3 ซึ่งใช้น้ำเสี้ยวความเข้มข้น 300 มก./ลิตร ที่ไฮดรอลิกโพลดิง 100 ลิตร/ตรม.-วัน ทำให้ออร์แกนิกโพลดิงเป็น 30 กรัม/ตรม.-วัน ประสิทธิภาพของระบบจะเหลือเพียง 83.69% อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบค่าออร์แกนิกโพลดิงที่เท่ากันคือ 25 กรัม ซีไอดี/ตรม.-วัน แต่ความเข้มข้นของน้ำเสี้ยวต่างกันสองเท่า คือในการทดลองชุดที่ 1 ความเข้มข้นของน้ำเสี้ยว 500 มก./ลิตร และการทดลองชุดที่ 2 ความเข้มข้นของน้ำเสี้ยว 1,000 มก./ลิตร แต่ที่ไฮดรอลิกโพลดิงของการทดลองต่างกัน 2 เท่า เช่นกัน นั่นคือ ไฮดรอลิกโพลดิงของการทดลองชุดที่ 1 เป็น 50 และการทดลองชุดที่ 2 เป็น 25 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของระบบที่มีความเข้มข้นสูงหรือผลการทดลองชุดที่ 2 เป็น 95.31% ในขณะที่การทดลองชุดที่ 1 เป็น 94.20% ดังผลสรุปในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่การะออร์แกนิกโพลดิงใกล้เคียงกัน

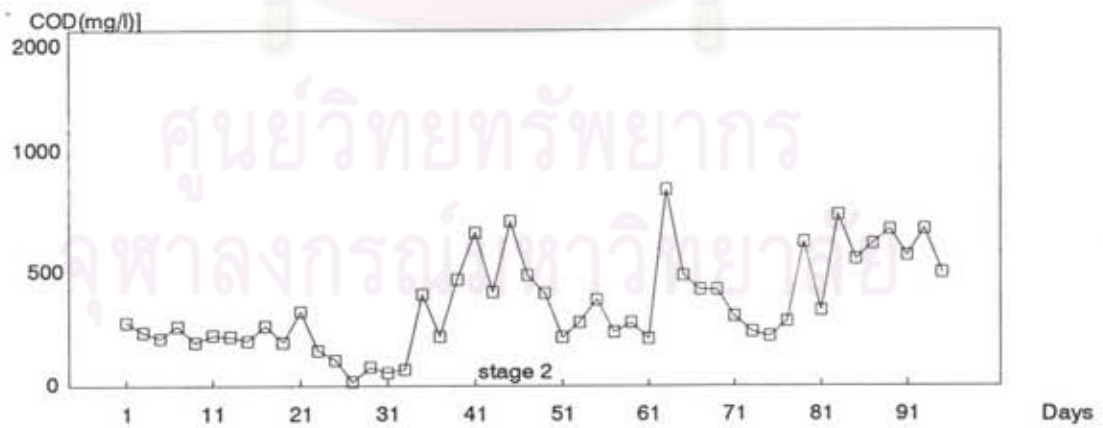
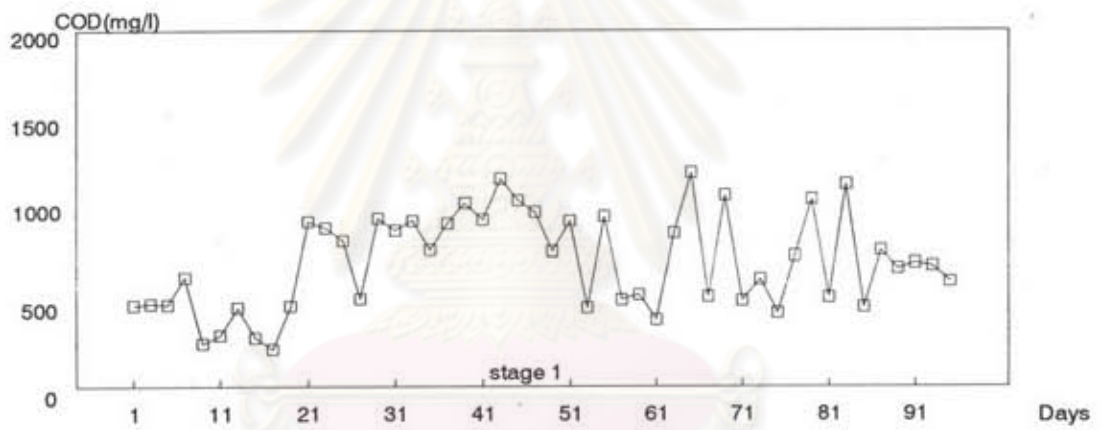
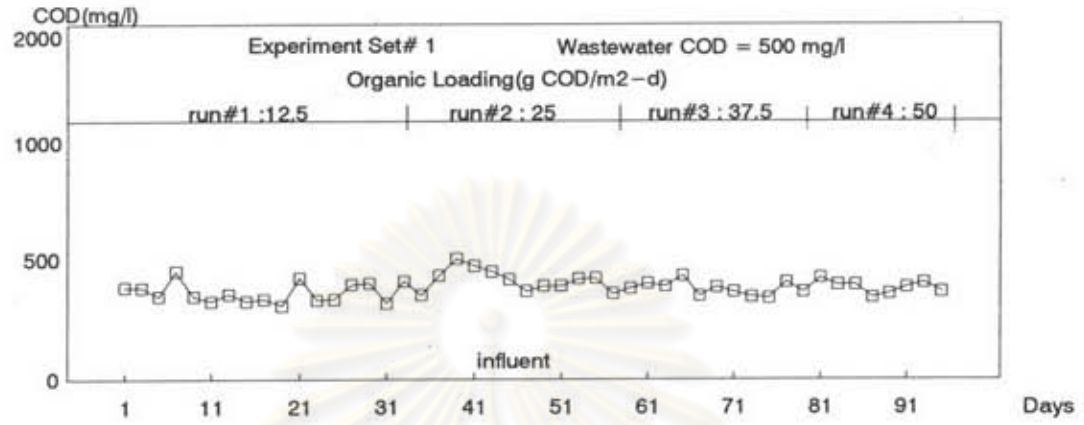
การทดลองชุดที่	การทดลองที่	ความเข้มข้นของน้ำเสี้ยว (มก./ลิตร)	ไฮดรอลิกโพลดิง (ลิตร/ตรม.-วัน)	ออร์แกนิกโพลดิง (กรัม ซีไอดี/ตรม.-วัน)	ประสิทธิภาพ (%)
1	2	500	50	25	93.00
2	5	1000	25	25	95.31
3	9	300	100	30	83.69



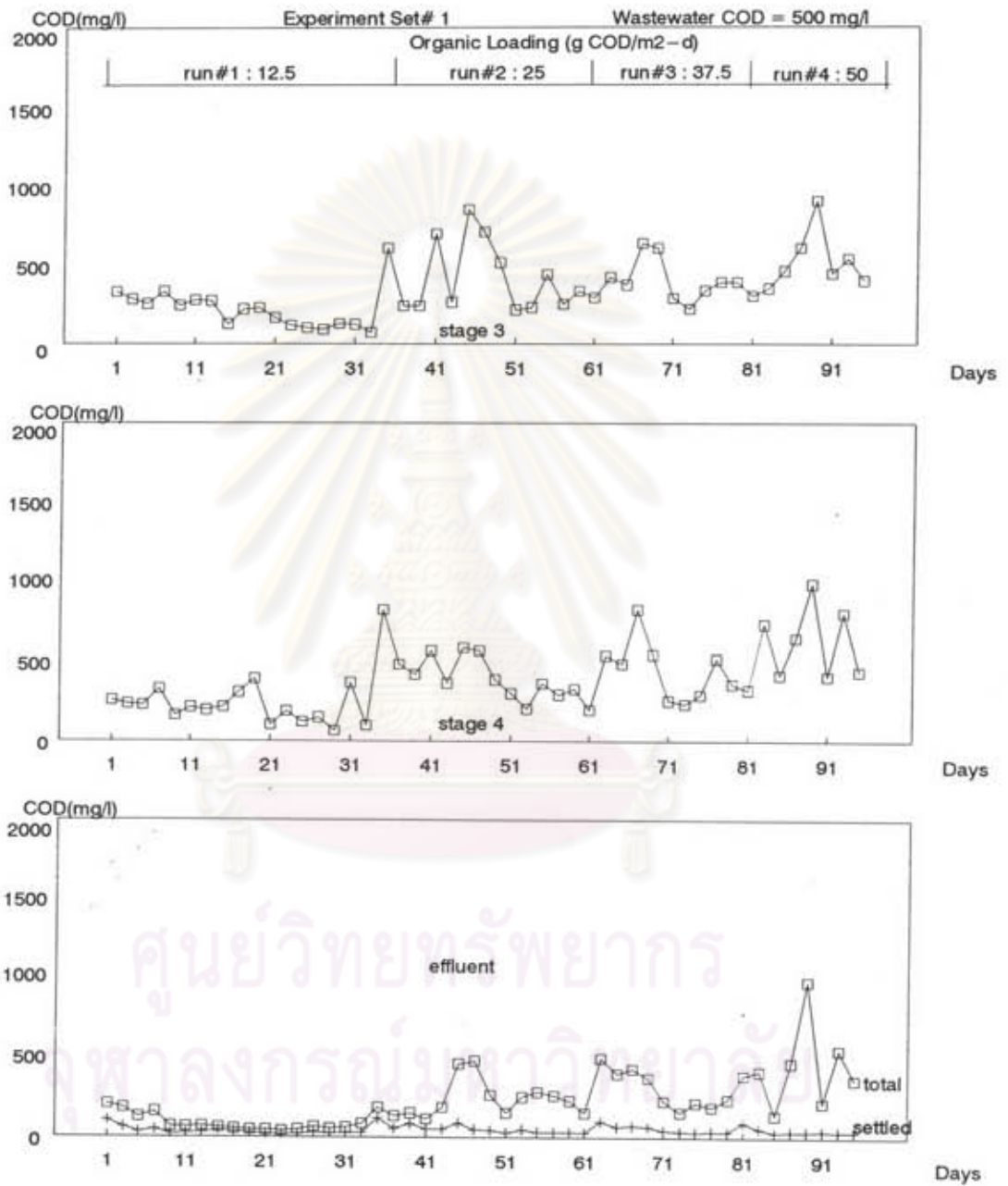
รูปที่ 5.15 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ



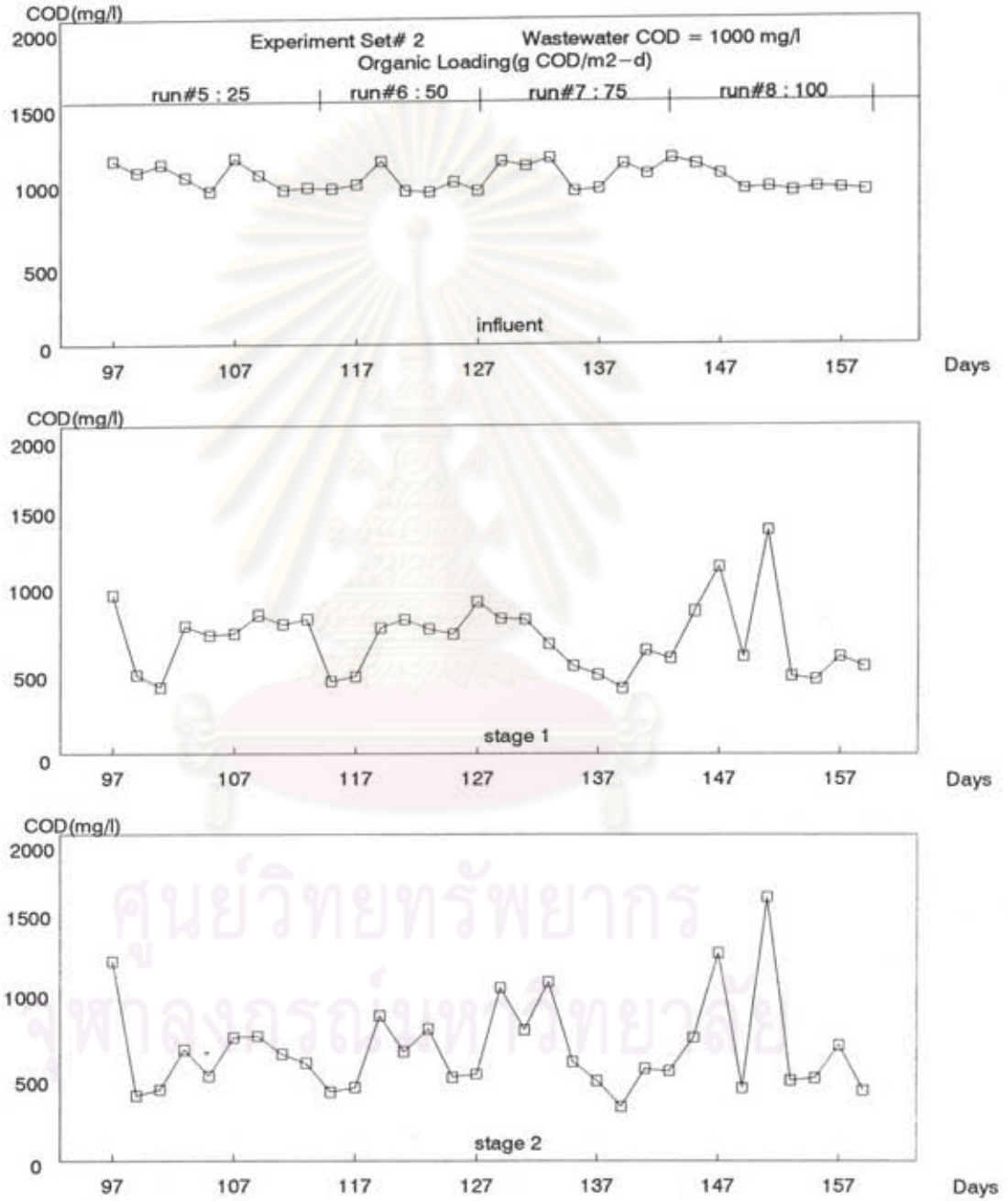
รูปที่ 5.16 ค่าเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยซีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด



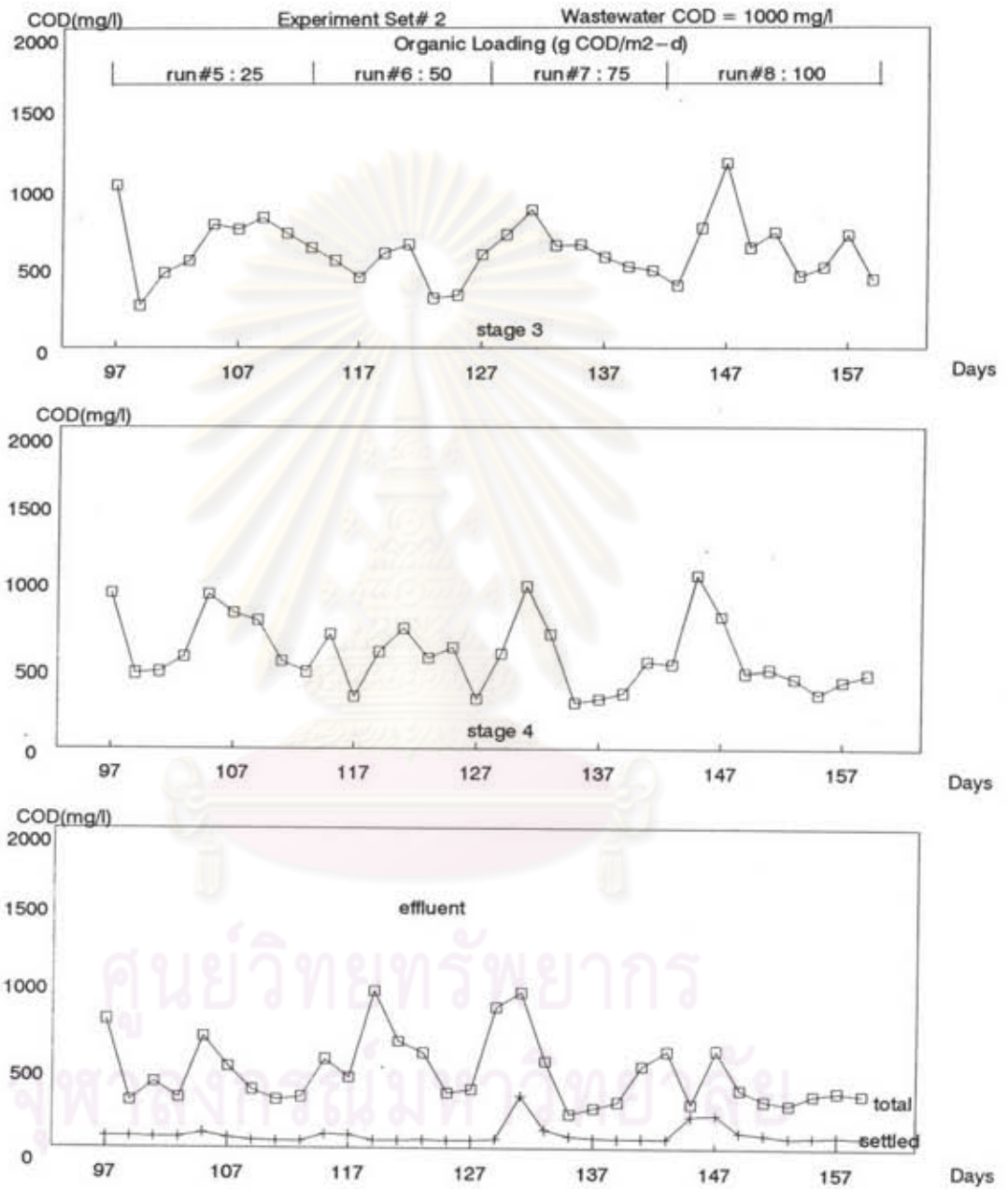
รูปที่ 5.17 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



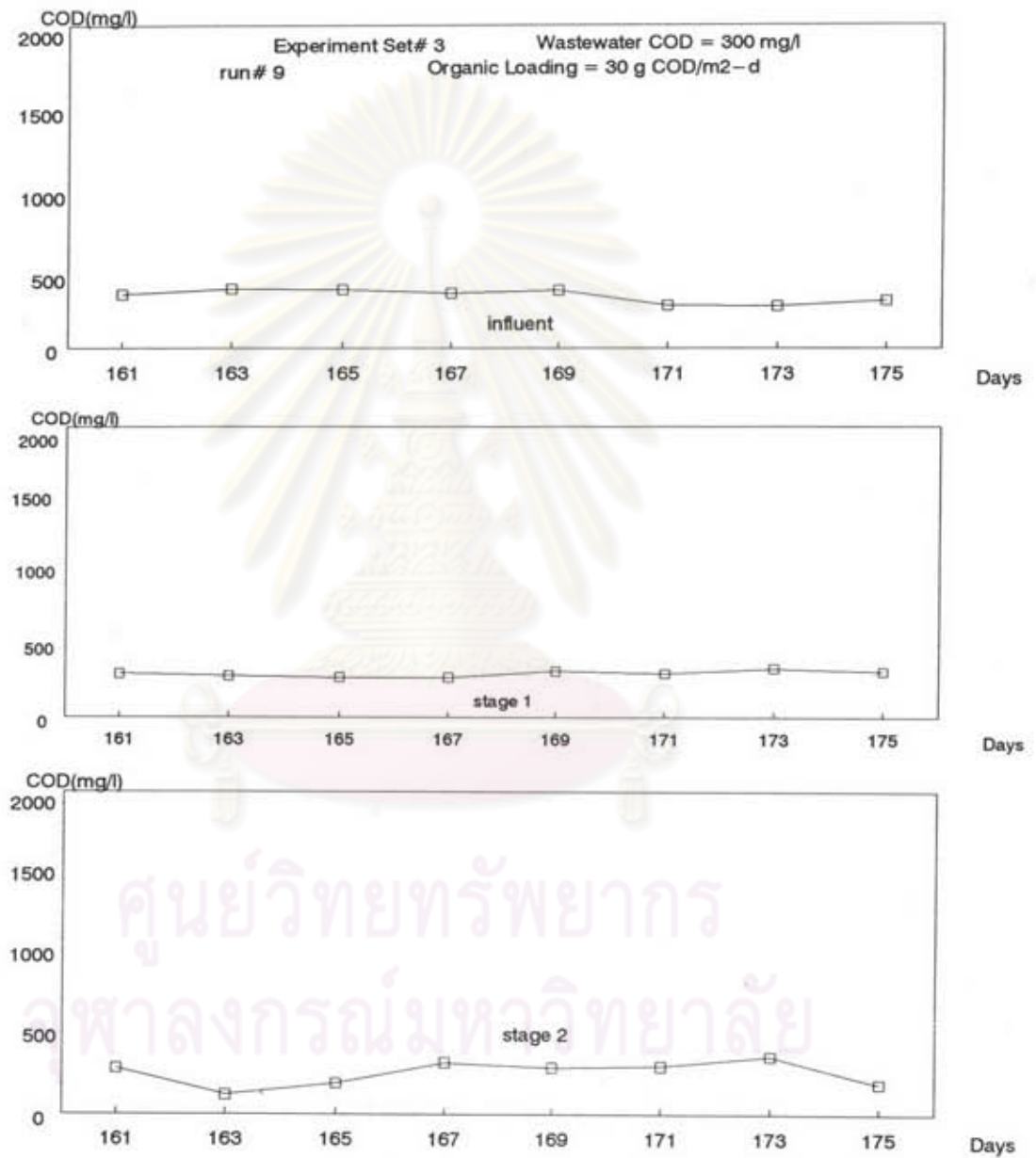
รูปที่ 5.18 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



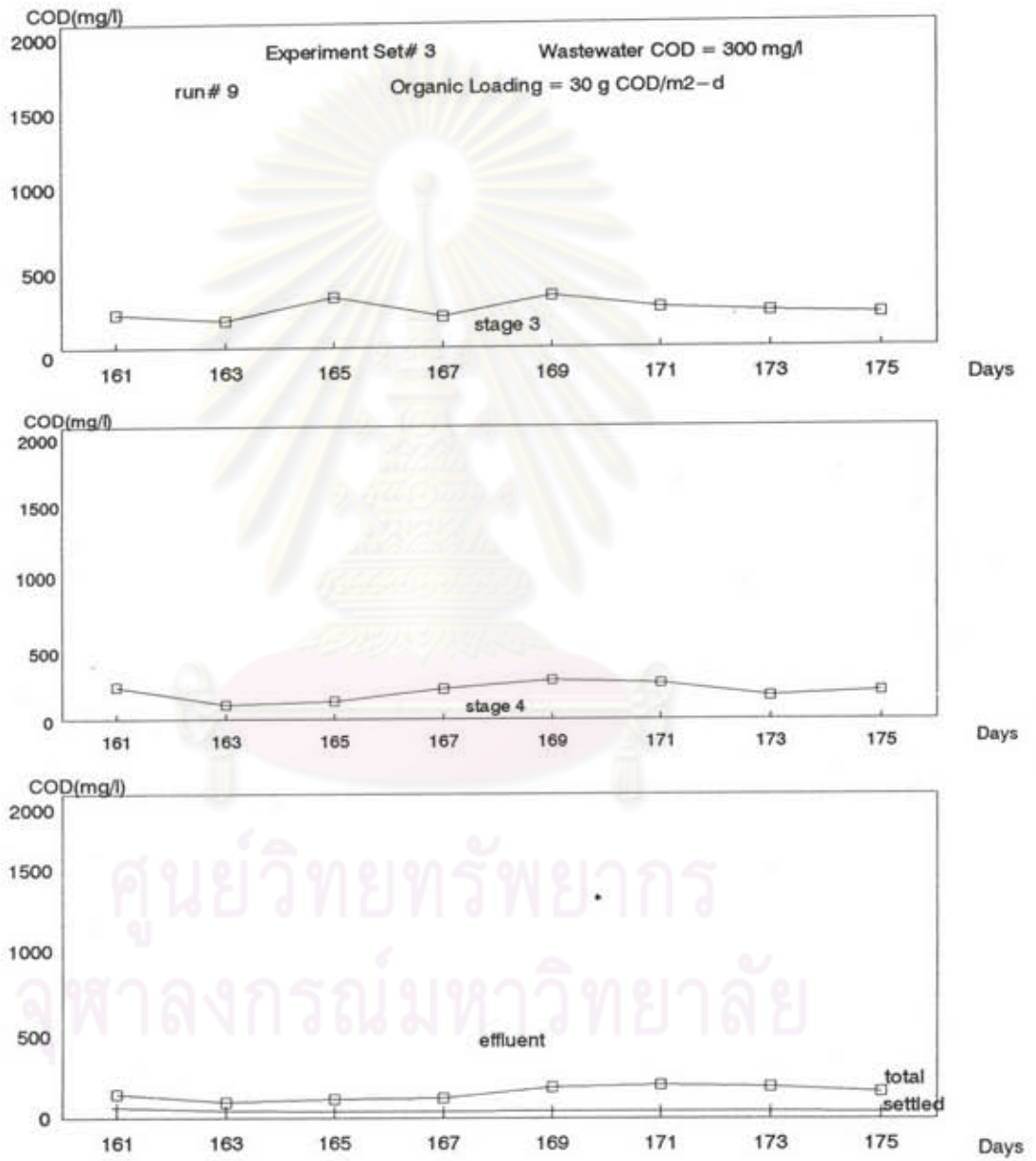
รูปที่ 5.19 การเปลี่ยนแปลงชีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.20 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.21 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.22 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3

5.4.2.3 ประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการทดลองชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 3 ตั้งแต่การทดลองที่ 1 ถึงการทดลองที่ 9 ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.7

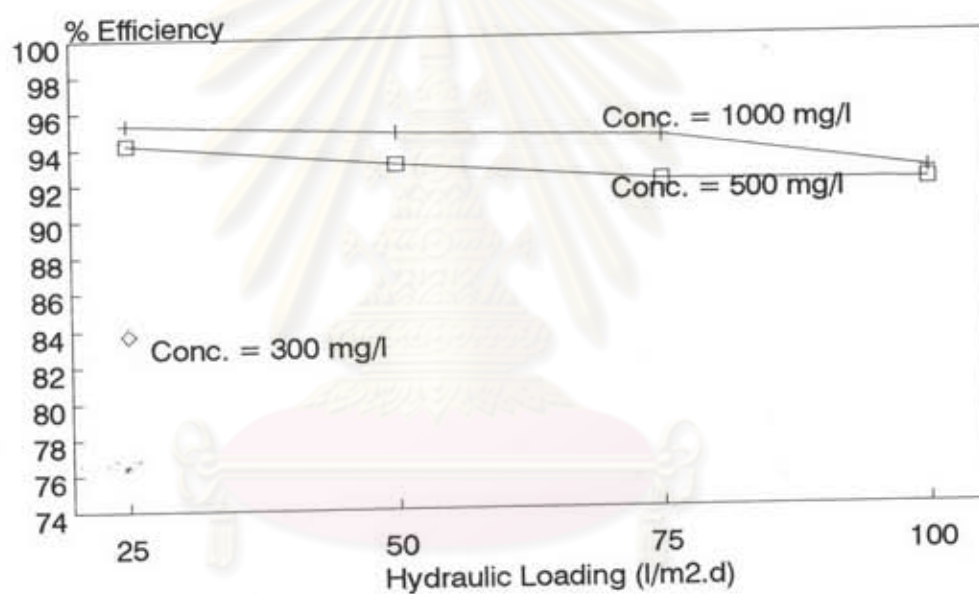
ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

การทดลองชุดที่	การทดลองที่	Hydraulic Loading	Organic Loading	ประสิทธิภาพ %
1	1	25	12.5	94.20
	2	50	25	93.00
	3	75	37.5	92.00
	4	100	50	91.87
2	5	25	25	95.31
	6	50	50	94.75
	7	75	75	94.40
	8	100	100	92.47
3	9	100	30	83.69

ผลของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจากตารางที่ 5.7 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียที่ต่างกัน จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 1,000 มก./ลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ดีกว่าการใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้น 500 และ 300 มก./ลิตร ตามลำดับ รูปที่ 5.23 ผลการทดลองจึงชี้ชัดว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำเสียกระแสดำ

แม้ว่าผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของน้ำเสียที่สูงเป็นผลให้ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้ประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำเสียต่ำ แต่เนื่องจากขอบเขตของการทดลองไม่ได้ครอบคลุมไปถึงการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบไบโอক্রิม การทดลองจึงให้ข้อสรุปดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตามหากเพิ่ม

ความเข้มข้นของน้ำเสียไปถึงจุดหนึ่ง ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบน่าจะลดต่ำลง หรืออีกนัยหนึ่ง ความเข้มข้นสูงสุดที่ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถรับได้จะมีขีดจำกัดอยู่ที่ความเข้มข้นค่าหนึ่งเท่านั้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.23 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

5.4.3 ตะกอนแขวนลอย

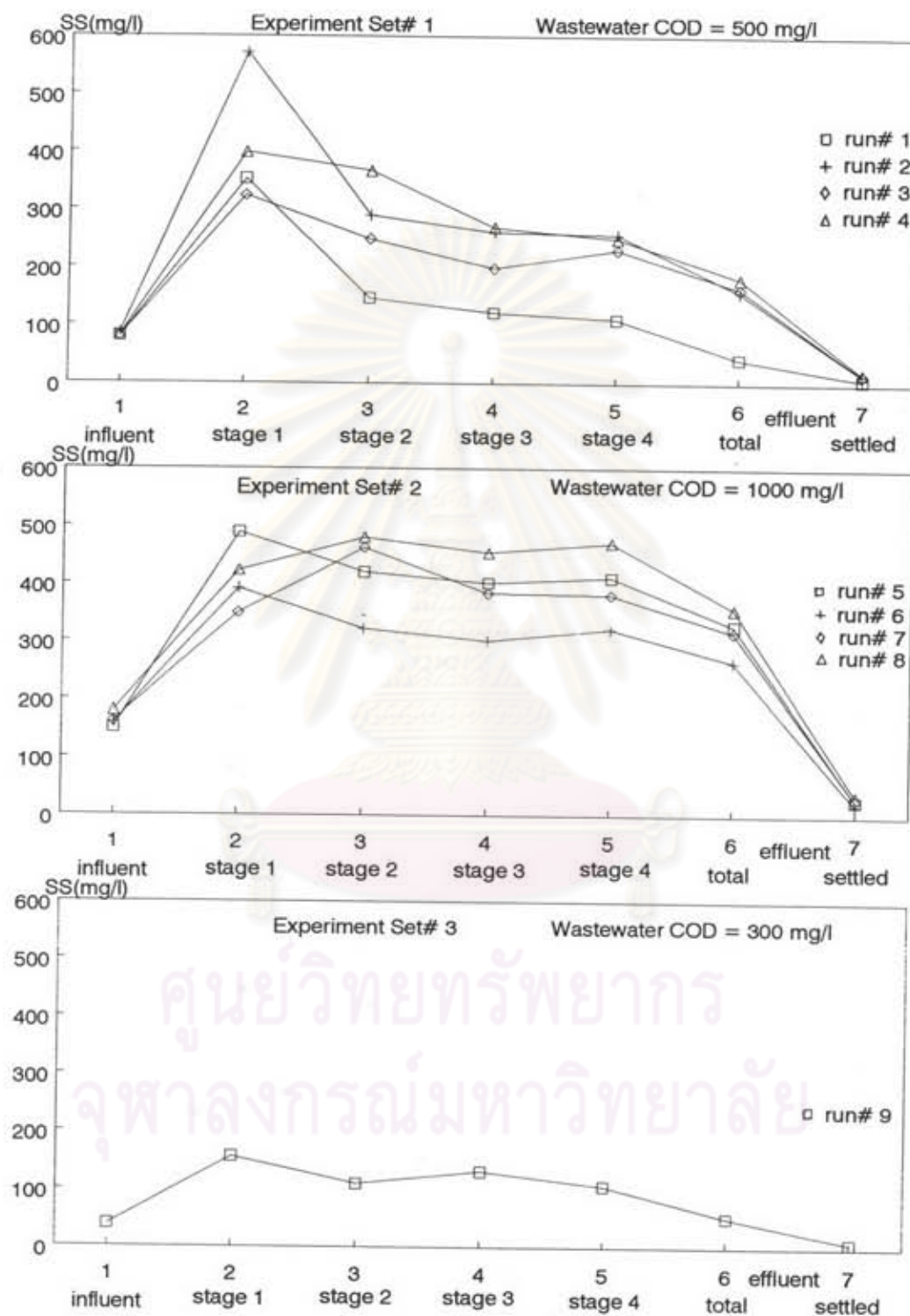
ผลการทดลองสำหรับตะกอนแขวนลอย พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วตะกอนแขวนลอยจะสูงในตอนที่ 1 ของระบบไบโอক্রิมและลดน้อยลงในตอนที่ 2, 3, 4 และน้ำทิ้งตามลำดับ น้ำในถังปฏิกิริยาของไบโอক্রิมทุกตอนมีลักษณะใส ตะกอนสามารถตกได้ดีและรวดเร็ว การที่ตะกอนแขวนลอยมีปริมาณสูงในตอนแรกของไบโอক্রิม ก็เนื่องมาจากปริมาณสารอาหารในตอนแรกมีสูงกว่าตอนอื่น จึงทำให้จุลชีพสามารถใช้สารอาหารได้อย่างเต็มที่และมีอัตราการเจริญเติบโตสูง จุลชีพประเภทแขวนลอยก็เกิดในปริมาณสูงเนื่องจากจุลชีพพวกฟิล์มไม่สามารถกำจัดสารอาหารได้ทัน ส่วนในตอน 2, 3 และ 4 ของไบโอক্রิมสารอาหารเหลืออยู่ในปริมาณน้อย เพราะสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกกำจัดไปแล้วในไบโอক্রิมตอนที่ 1 ปริมาณจุลชีพและตะกอนแขวนลอยจึงเกิดขึ้นน้อย การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจึงได้ค่าตะกอนแขวนลอยที่ต่ำ แต่ในบางช่วงของการทดลองเกิดสาเหตุผิดปกติ เช่น การทดลองชุดที่ 2 การทดลองที่ 6 และการทดลองที่ 7 ซึ่งพบว่าในตอน 2 ของไบโอক্রิมตะกอนแขวนลอยสูงกว่าในตอนแรกสาเหตุเนื่องมาจากค่าตะกอนแขวนลอยจากฟิล์มชีวที่เกิดจากการหลุดลอกของฟิล์มชีวออกจากตัวไบโอক্রิม เนื่องจากฟิล์มชีวมีความหนาแน่นมากไม่สามารถต้านทานแรงเฉือนที่เกิดจากการหมุนของไบโอক্রิม ประกอบกับฟิล์มชีวนั้นหมดอายุการใช้งาน ดังนั้นค่าของตะกอนแขวนลอยจึงมาจากค่าจุลชีพในระบบไม่ว่าจะเป็นจุลชีพแขวนลอย หรือฟิล์มชีวที่เกิดจากการหลุดลอกของไบโอคริม ดังแสดงในรูปที่ 5.24 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งแล้ว พบว่าหากตั้งน้ำทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้วนำไปหาค่าตะกอนแขวนลอย ค่าที่ได้จะลดลงจากค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลของค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่งต่อค่าตะกอนแขวนลอยนั้น พบว่าค่าตะกอนแขวนลอยในระบบไบโอคริมแปรผันตรงกับค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่ง กล่าวคือ หากค่าไฮดรอลิกไหลคดิ่ง ค่าตะกอนแขวนลอยจะสูงตามไปด้วย ส่วนค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอยในแต่ละการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5.8

รูปที่ 5.25 และรูปที่ 5.26 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ในไบโอคริมของการทดลองชุดที่ 1 เช่นเดียวกับรูปที่ 5.27 และ 5.28 ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยที่แต่ละตำแหน่งของการทดลองชุดที่ 2 และรูปที่ 5.29 และรูปที่ 5.30 ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยของทุกตำแหน่งที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำในการทดลองชุดที่ 3

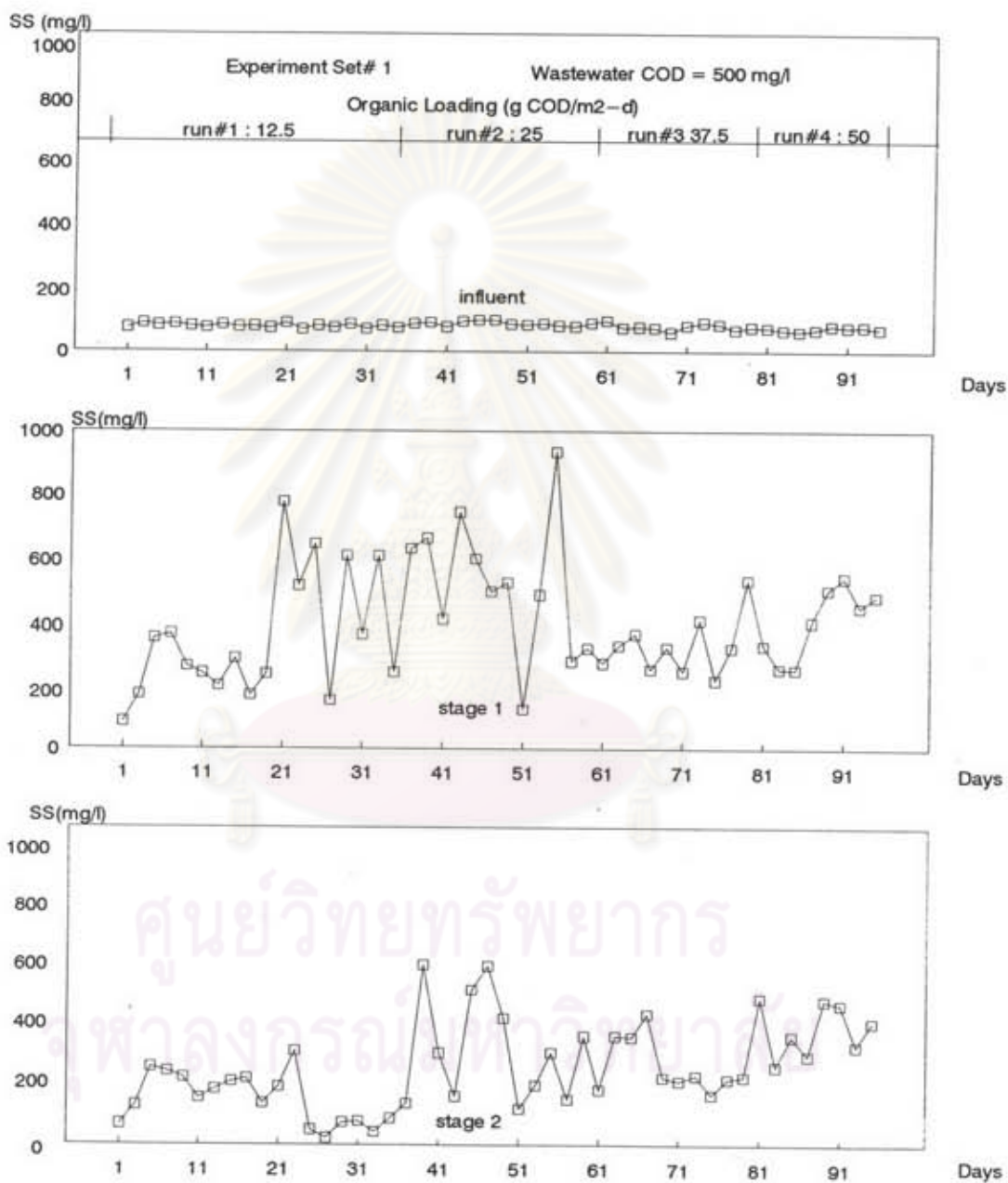
ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดสารแขวนลอยในแต่ละการทดลอง

การทดลองชุดที่	การทดลองที่	ประสิทธิภาพ %
1	1	95.00
	2	83.31
	3	87.84
	4	76.00
2	5	89.00
	6	88.22
	7	88.15
	8	86.94
3	9	78.67

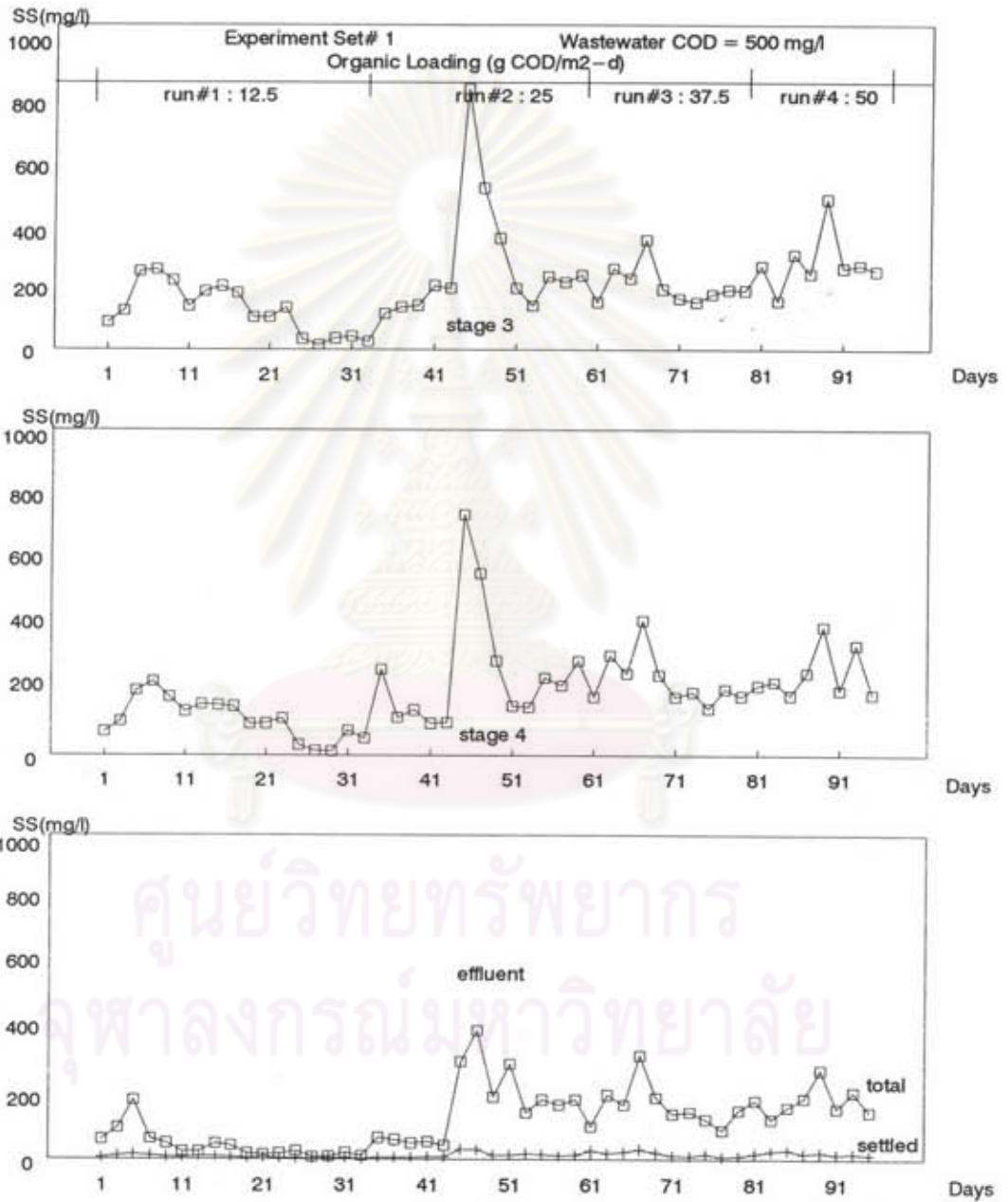
ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ในภาพสุดท้ายของรูปที่ 5.26 และรูปที่ 5.28 แสดงให้เห็นถึงผลของค่าไฮดรอลิกไหลตึงต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบไบโอক্রัมกล่าวคือ ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียค่าเดียวกัน หากค่าไฮดรอลิกไหลตึงเพิ่มสูงขึ้นค่าตะกอนแขวนลอยก็จะมีสูงตามไปด้วย ในรูปที่ 5.26 การทดลองที่ 1 ที่ค่าไฮดรอลิกไหลตึง 25 ลิตร/ตรม.-วัน หรือค่าออร์แกนิกไหลตึงเป็น 12.5 กรัม ซีไอดี/ตรม.-วัน ค่าตะกอนแขวนลอยทั้งจากน้ำเสียที่ออกจากระบบและน้ำเสียที่ทิ้งให้ตกตะกอนมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่แต่เมื่อเพิ่มค่าไฮดรอลิกไหลตึงเป็น 50 ลิตร/ตรม.-วัน ในการทดลองที่ 2 ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำเสียที่ออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การทดลองที่ 2 ในรูปที่ 5.28 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำเสียมีค่า 1,000 มก./ลิตร ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียที่ออกจากระบบจะมีค่าสูงและมีความแปรปรวนสูง แต่เมื่อทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ตะกอนจะจมตัวได้ดี ทำให้น้ำใส่งอมมีค่าตะกอนแขวนลอยต่ำ



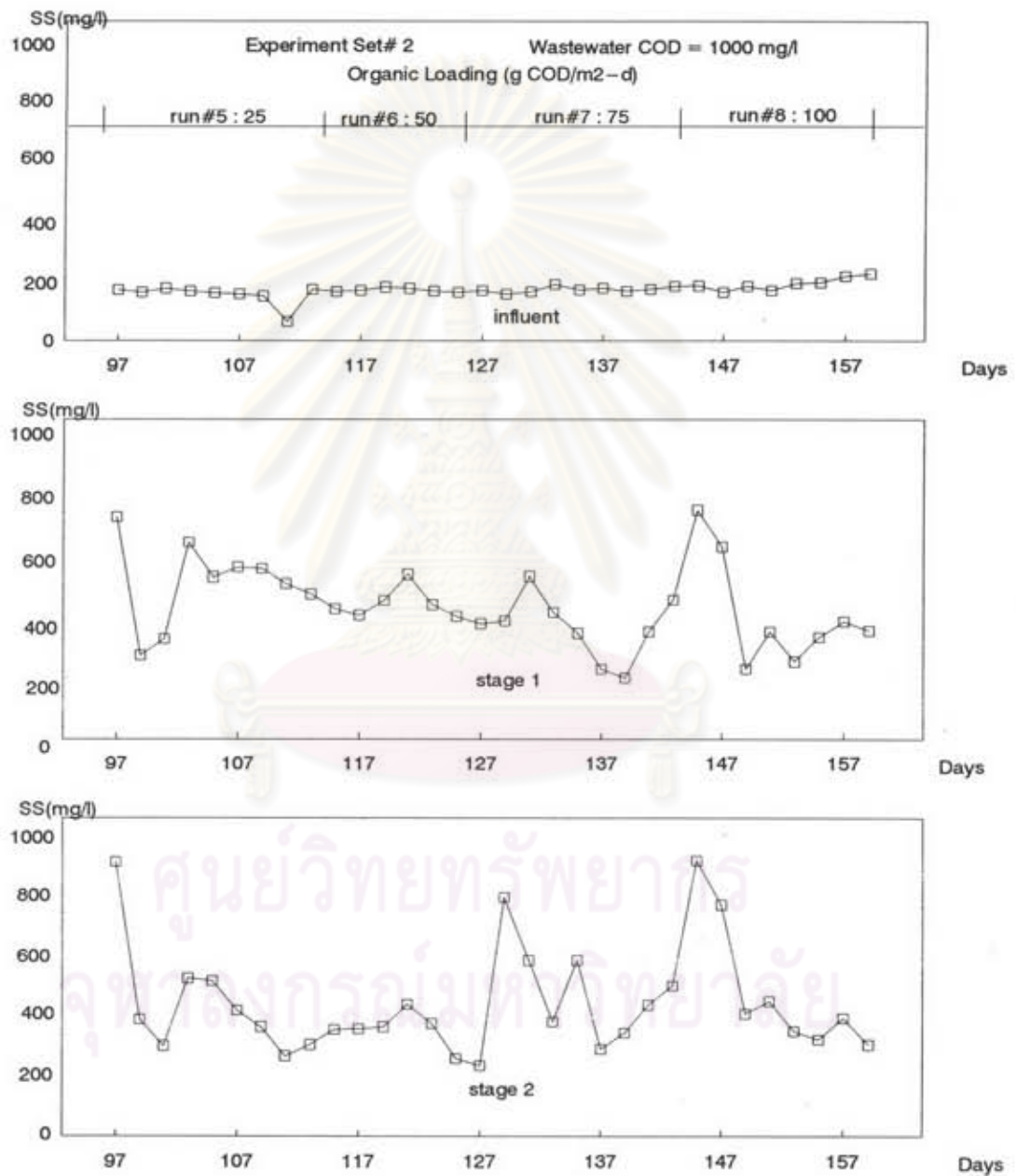
รูปที่ 5.24 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด



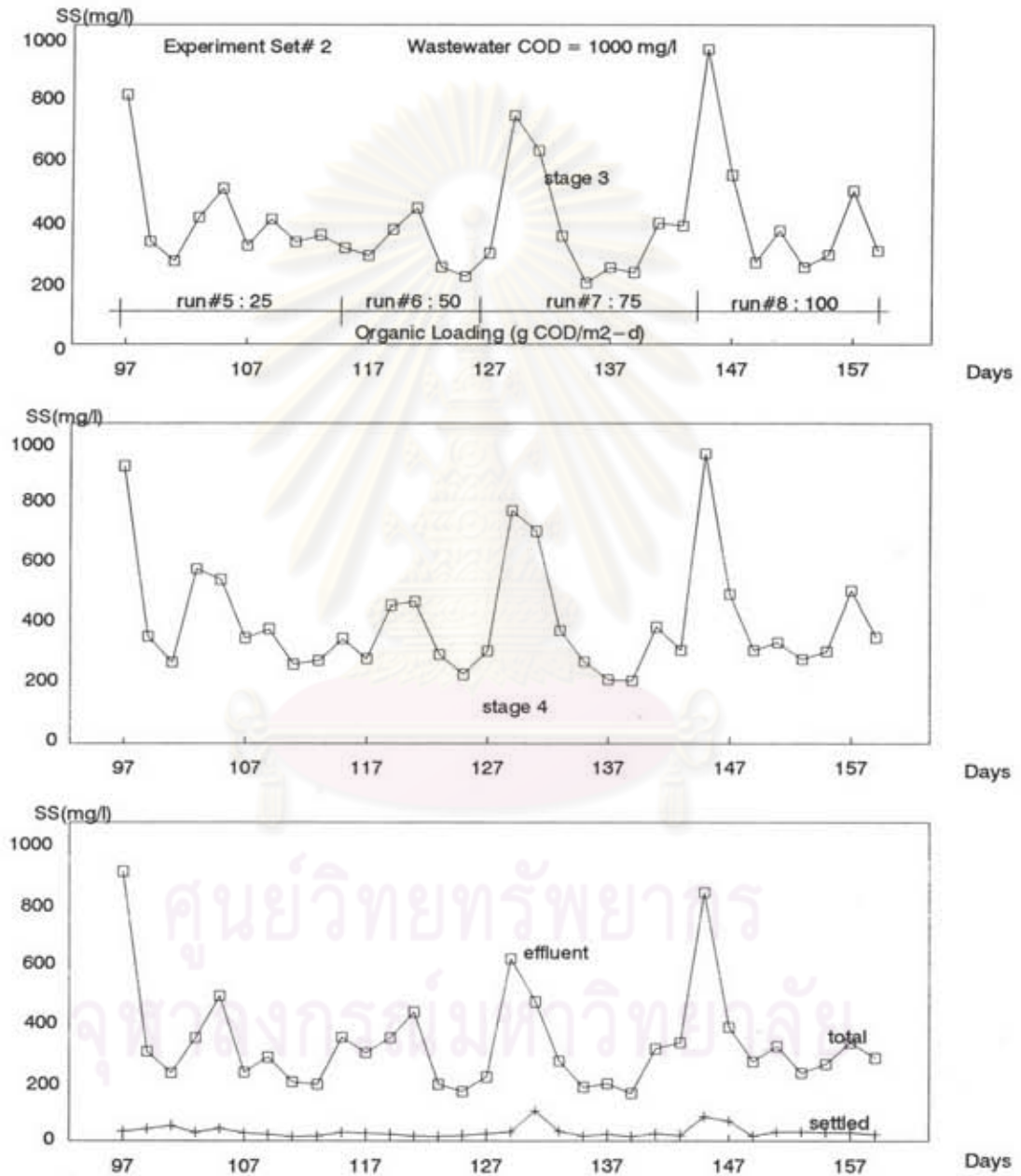
รูปที่ 5.25 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



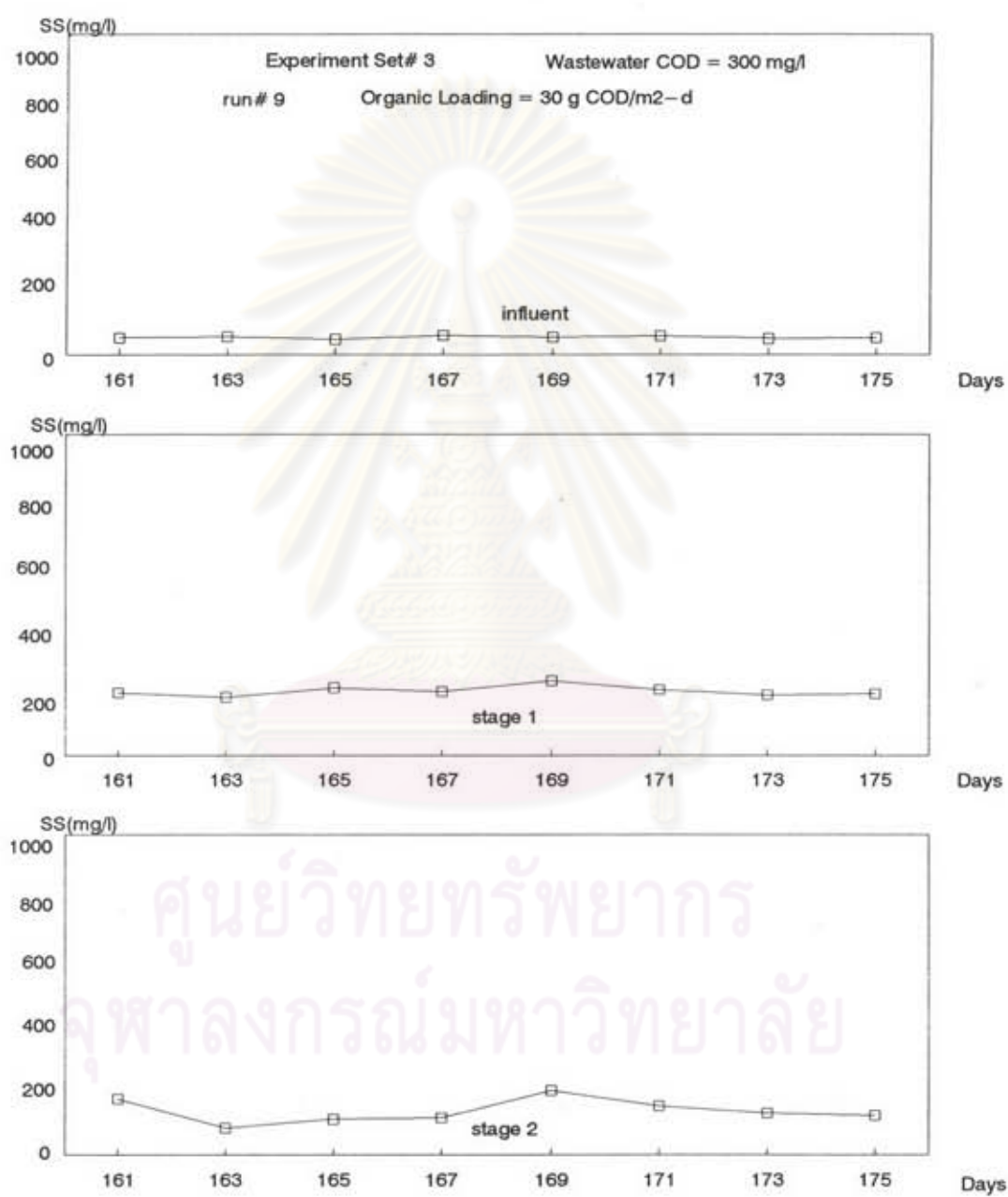
รูปที่ 5.26 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



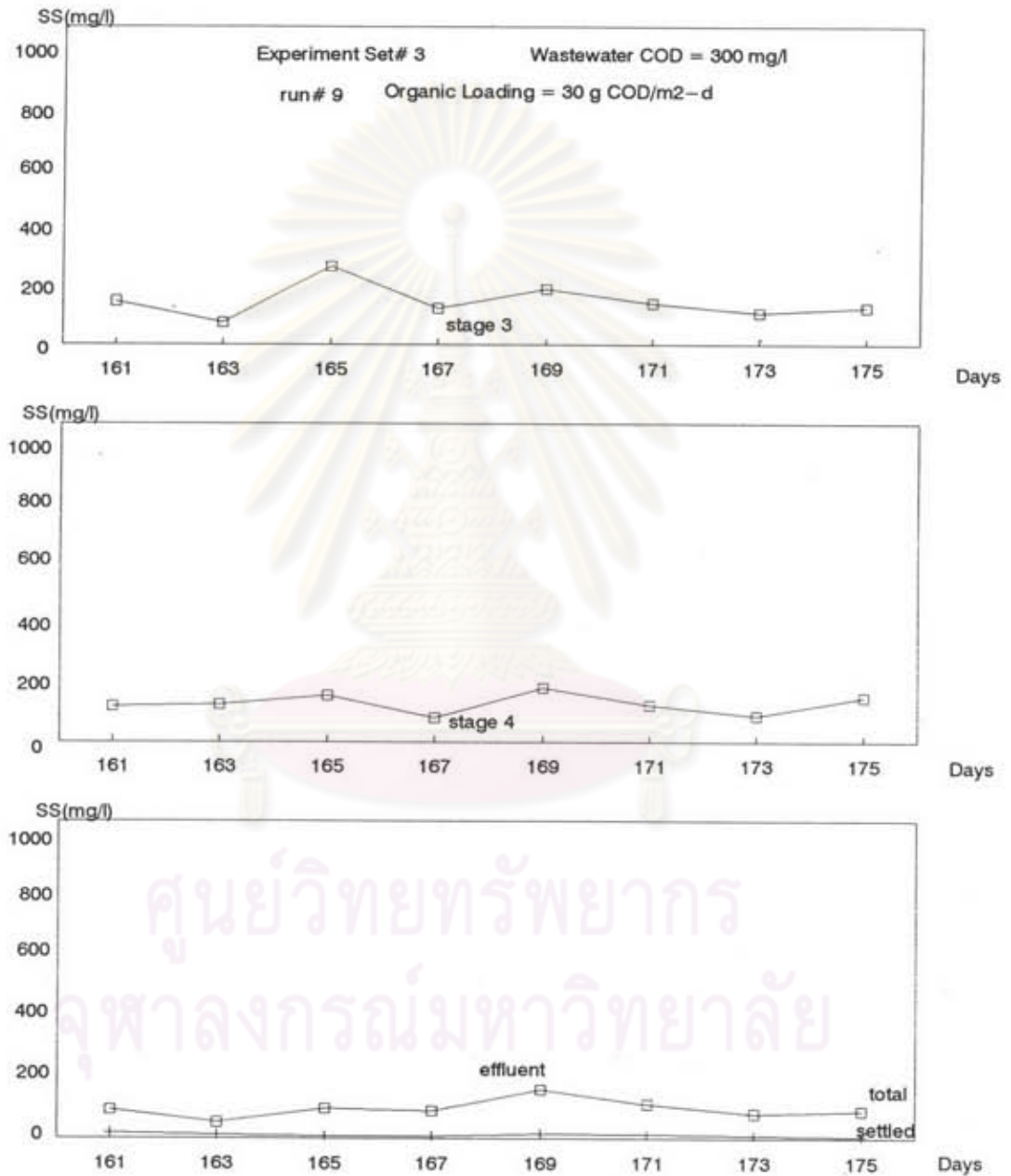
รูปที่ 5.27 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.28 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.29 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.30 การเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3

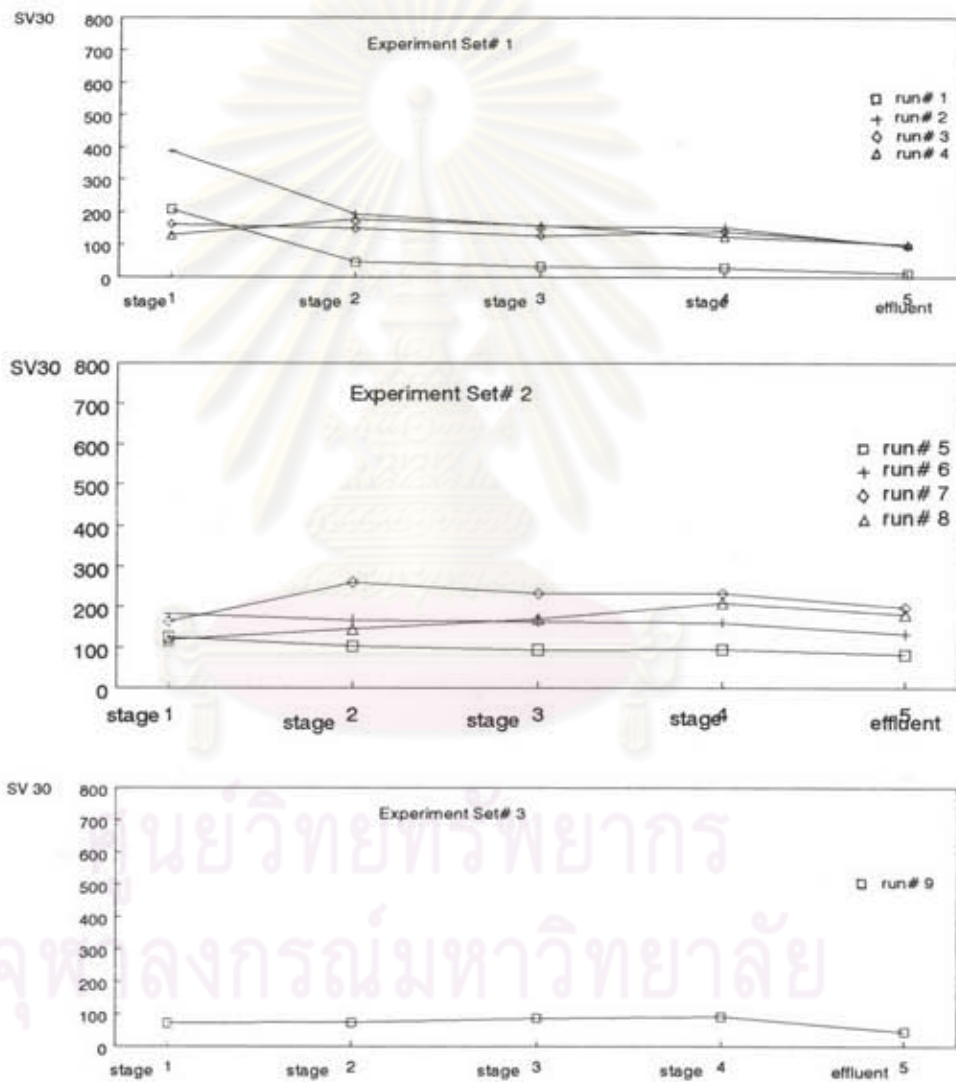
5.4.4 SV₃₀

ผลการทดลองทุกการทดลองพบว่าค่า SV₃₀ มีค่าสูงในไบโอดิรึมตอนแรก และค่อยๆ ลดลงในตอนต่อมา จนมีค่าต่ำสุดในน้ำเสียที่ออกจากระบบ ดังค่าเฉลี่ยของ SV₃₀ ที่แสดงไว้สำหรับการทดลองชุดที่ 1 ถึงการทดลองชุดที่ 3 ในรูปที่ 5.31 อนึ่งเมื่อพิจารณาาร่วมกับรูปที่ 5.24 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยในระบบไบโอดิรึมที่ระดับออร์แกนิกโหลดคิงต่าง ๆ จะเห็นว่าค่า SV₃₀ มีค่าสอดคล้องกับค่าตะกอนแขวนลอย กล่าวคือเมื่อตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงขึ้น SV₃₀ ก็มีค่าสูงขึ้น เมื่อตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำลง SV₃₀ ก็มีค่าลดต่ำลงตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากค่า SV₃₀ เป็นการตกของตะกอนของอนุภาคซึ่งมาจากตะกอนแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสีย การที่ค่า SV₃₀ มีค่าสอดคล้องกับค่า SS นี้ทำให้สามารถสรุปได้อีกข้อหนึ่งว่า ตะกอนแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสียเป็นตะกอนที่จมตัวได้ดี

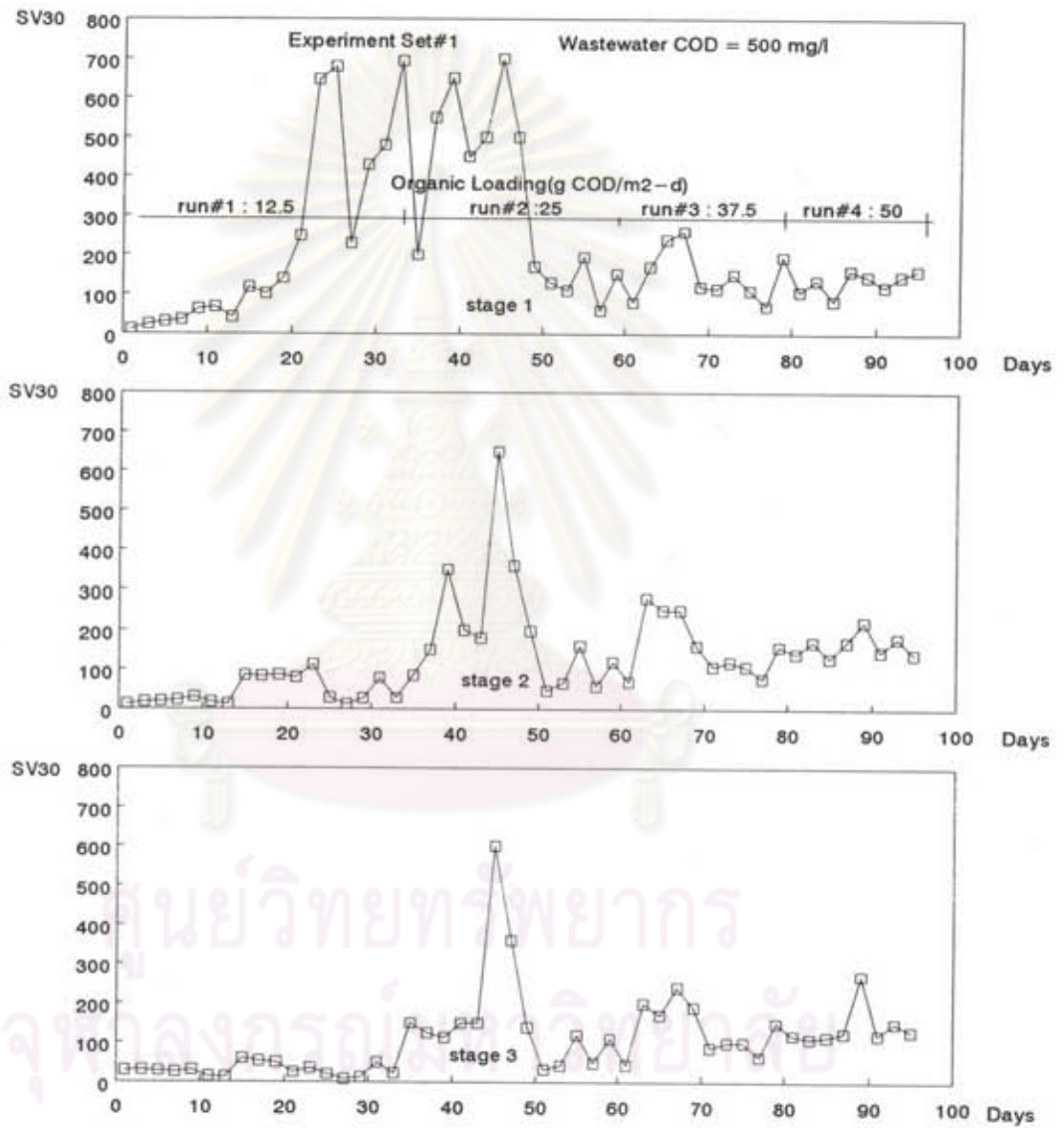
รูปที่ 5.23 ถึงรูปที่ 5.37 เป็นรูปที่แสดงค่า SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของไบโอดิรึมในแต่ละชุดการทดลอง จากรูปที่ 5.32 ถึงรูปที่ 5.37 ผลการทดลองมีแนวโน้มว่าหากค่าไฮดรอลิกโหลดคิงสูงขึ้นค่า SV₃₀ จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดลองบางชุด เช่นในการทดลองชุดที่ 1 การทดลองที่ 3 และการทดลองที่ 4 มีค่า SV₃₀ ต่ำกว่าในการทดลองที่ 2 สาเหตุสามารถอธิบายได้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวได้เกิดสาเหตุผิดปกติอันได้แก่การหลุดลอกตัวของฟิล์มชีวชั้นในการทดลองที่ 2 ดังนั้นค่า SV₃₀ ของการทดลองที่ 2 ที่สูงผิดปกตินี้จึงเกิดขึ้นจากการจมตัวของตะกอนฟิล์มชีวที่หลุดลอกออกมาจากผิของไบโอดิรึม

5.4.5 ออกซิเจนละลายน้ำ

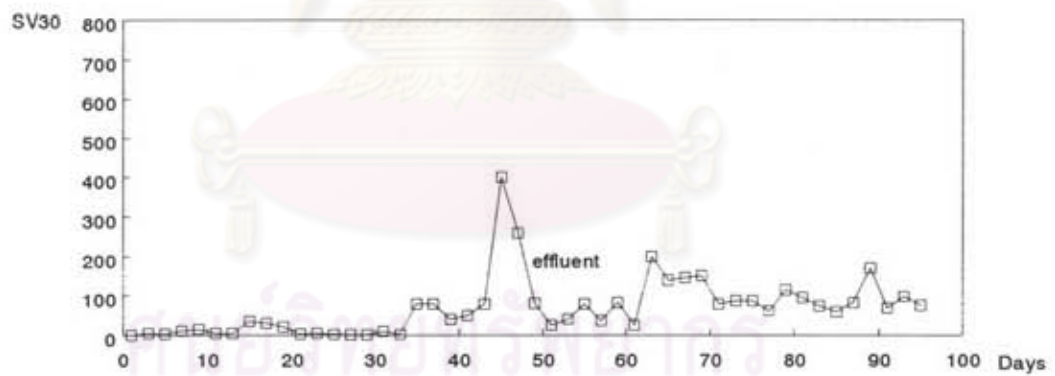
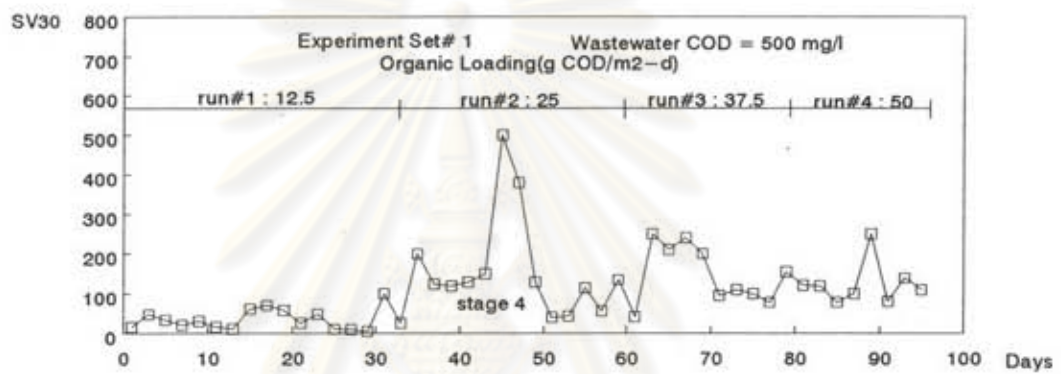
ค่าเฉลี่ยของค่าออกซิเจนละลายน้ำของการทดลองชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 3 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.38 ซึ่งจะเห็นว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ทุกการทดลองจะมีค่าต่ำมากในตอนแรกของไบโอดิรึมและจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในตอนต่อไปจนมีค่าสูงที่สุดในน้ำเสียที่ออกจากระบบ การที่ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำในตอนแรกของไบโอดิรึมสามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเกิดขึ้นสูงในไบโอดิรึมตอนแรกเนื่องจากสารอาหารมีความเข้มข้นสูงที่สุดในระบบ ส่วนในตอนอื่นๆ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ลดลงจึงทำให้การใช้ออกซิเจนลดน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 5.31 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ SV_{30} ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด

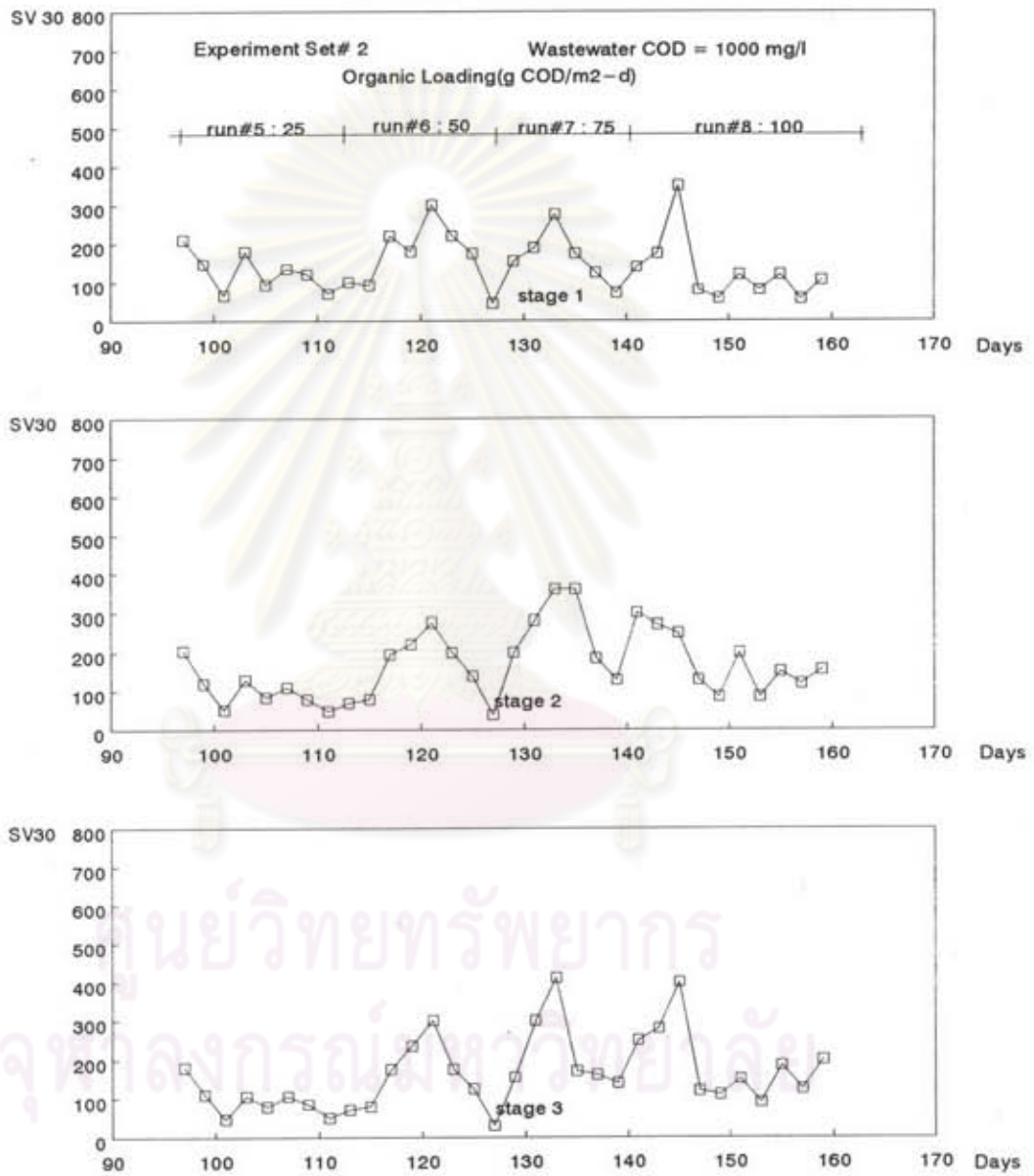


รูปที่ 5.32 การเปลี่ยนแปลง SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1

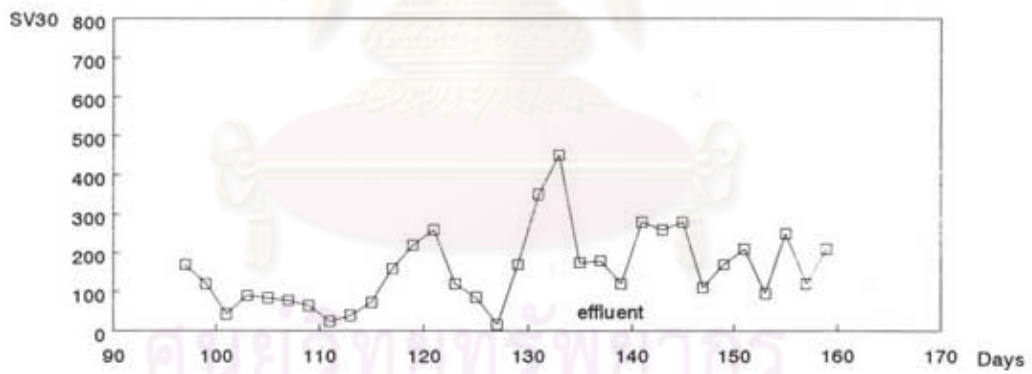
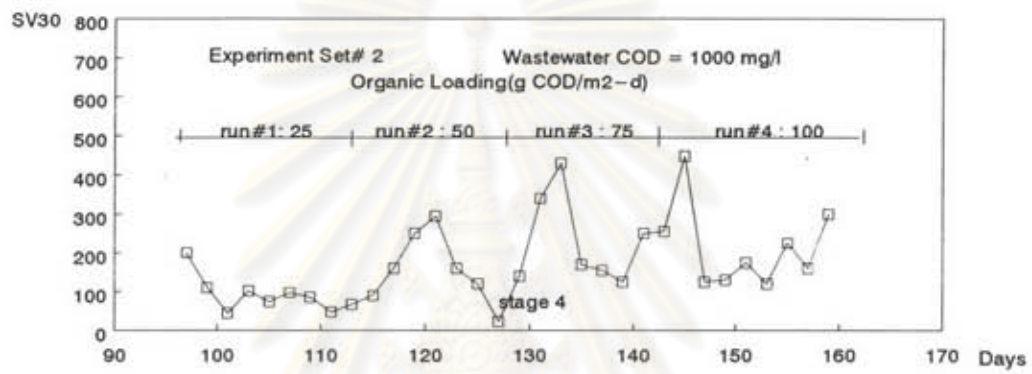


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

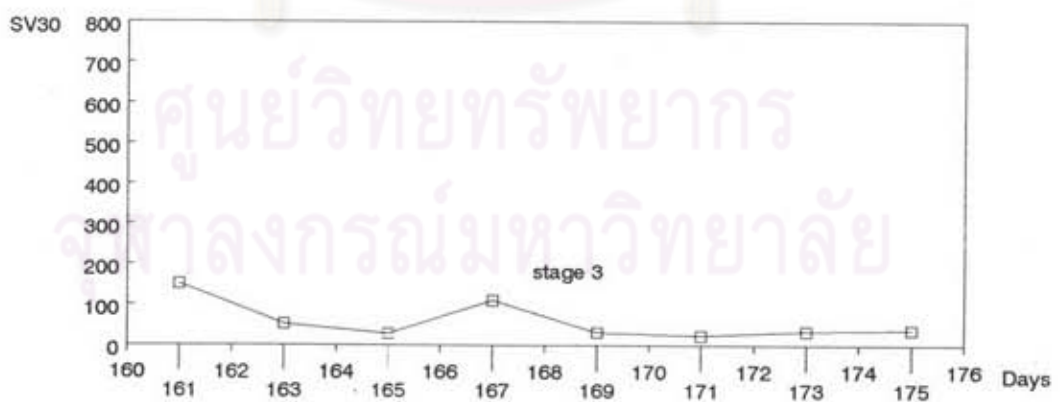
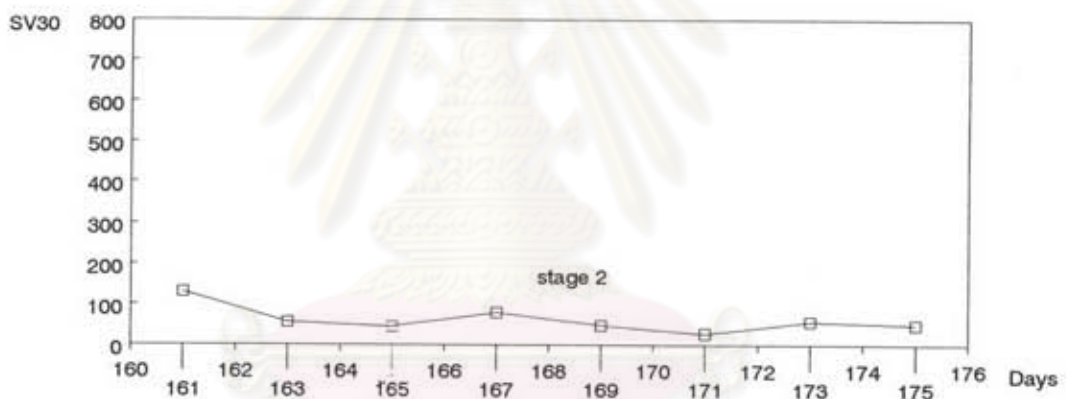
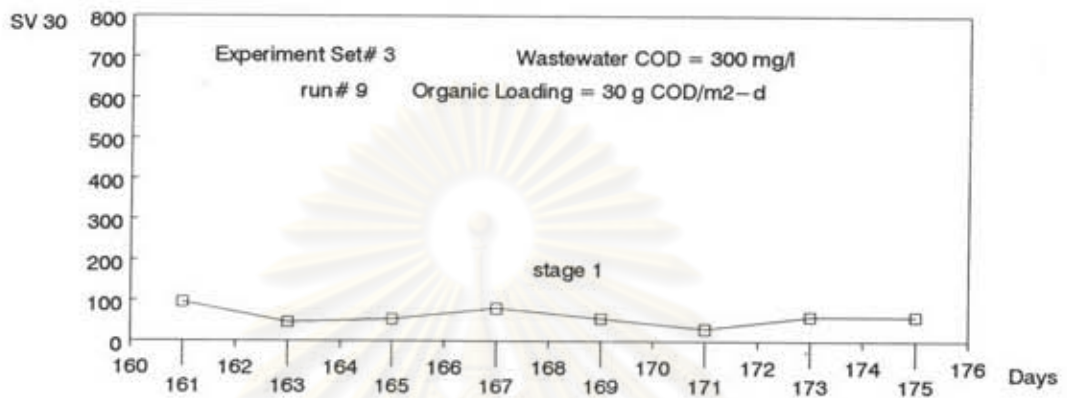
รูปที่ 5.33 การเปลี่ยนแปลง SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



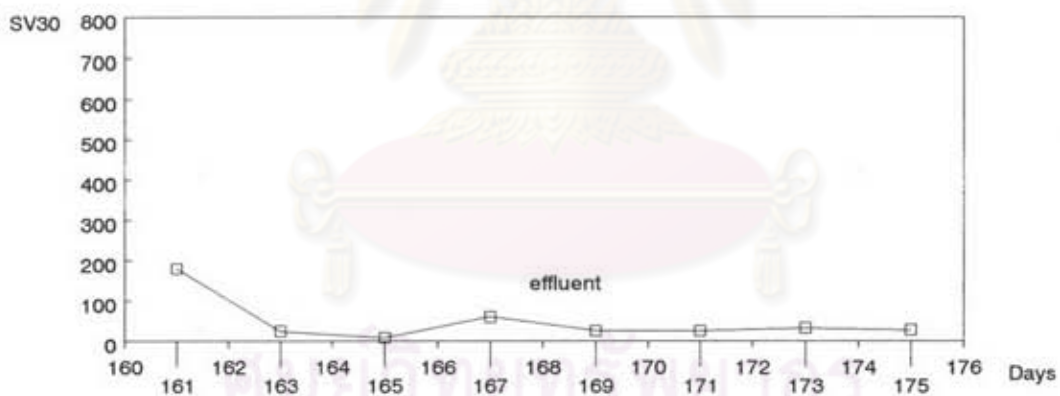
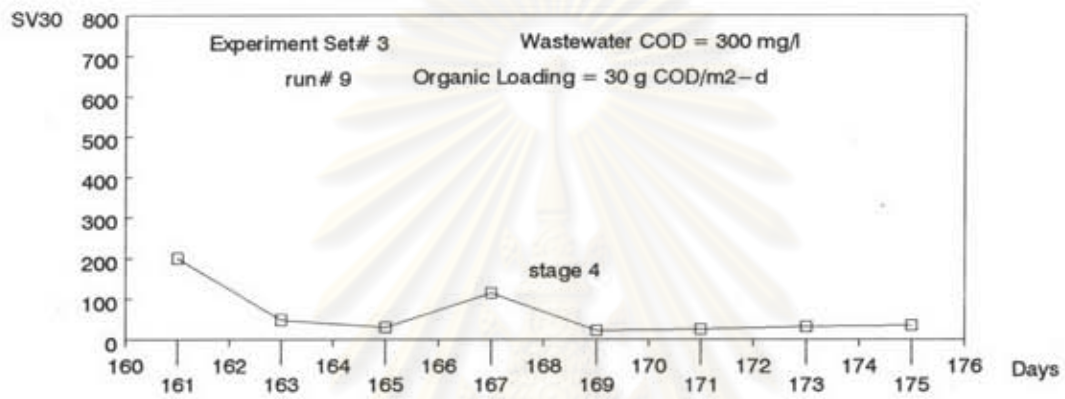
รูปที่ 5.34 การเปลี่ยนแปลง SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



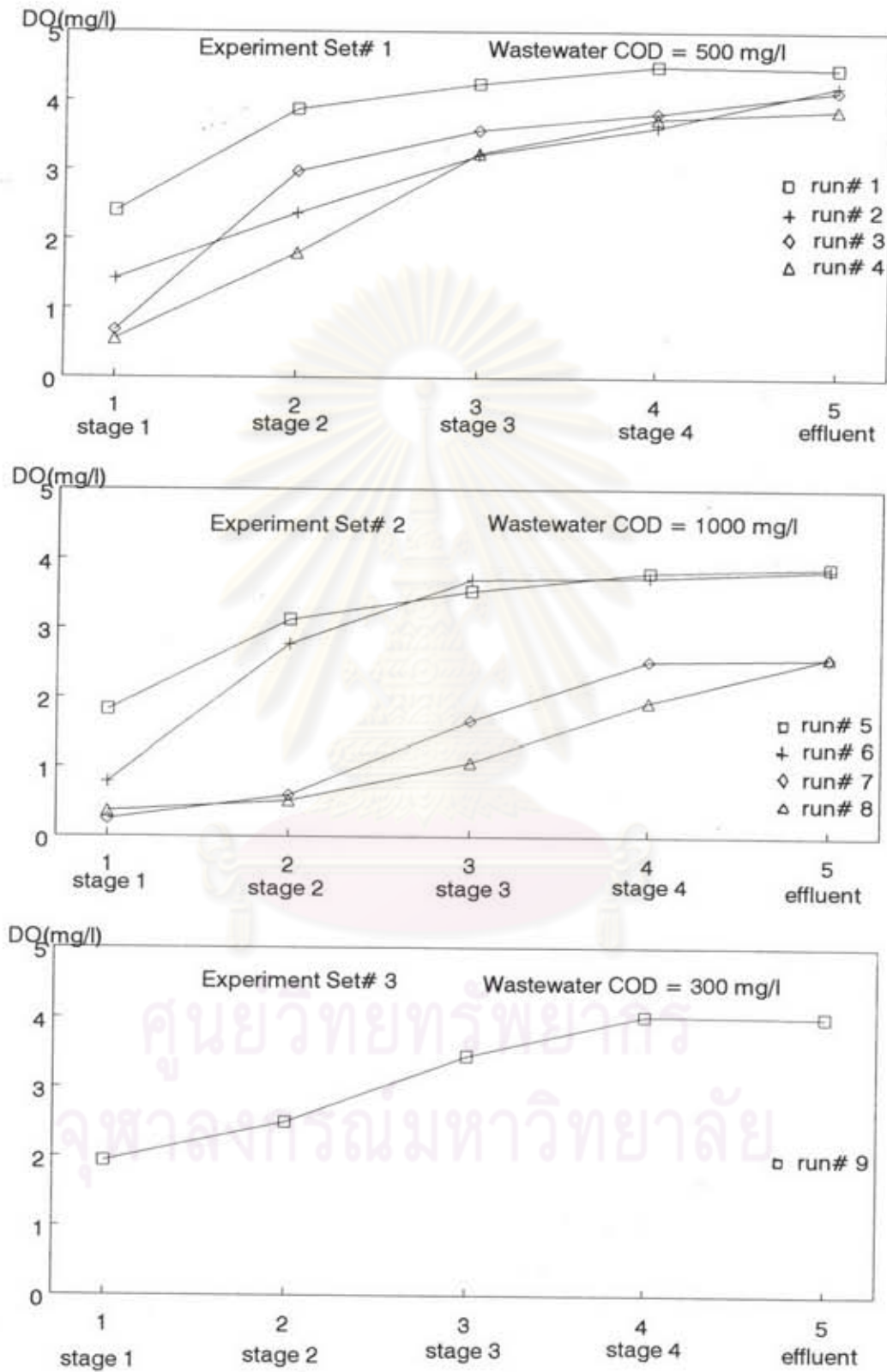
รูปที่ 5.35 การเปลี่ยนแปลง SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.36 การเปลี่ยนแปลง SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.37 การเปลี่ยนแปลง SV₃₀ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3



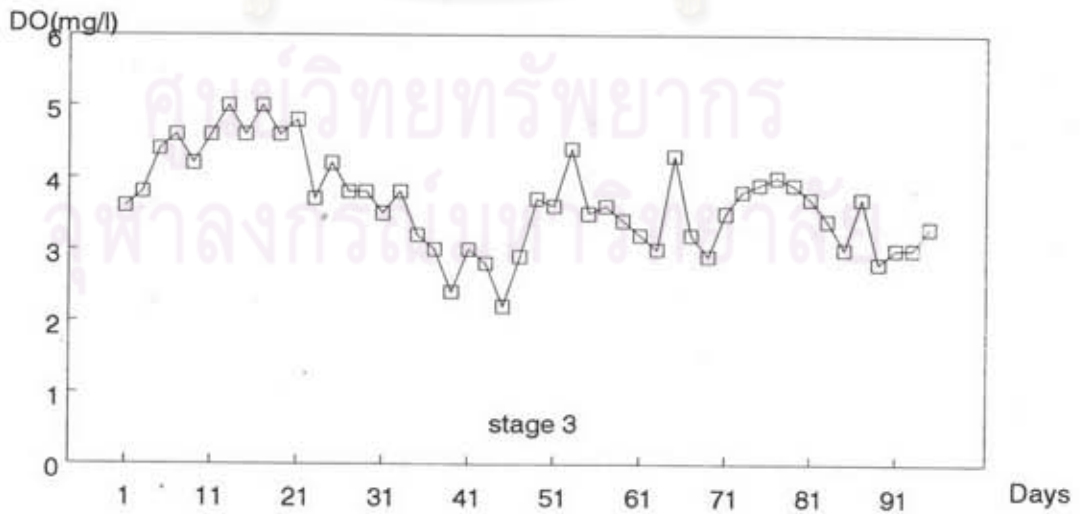
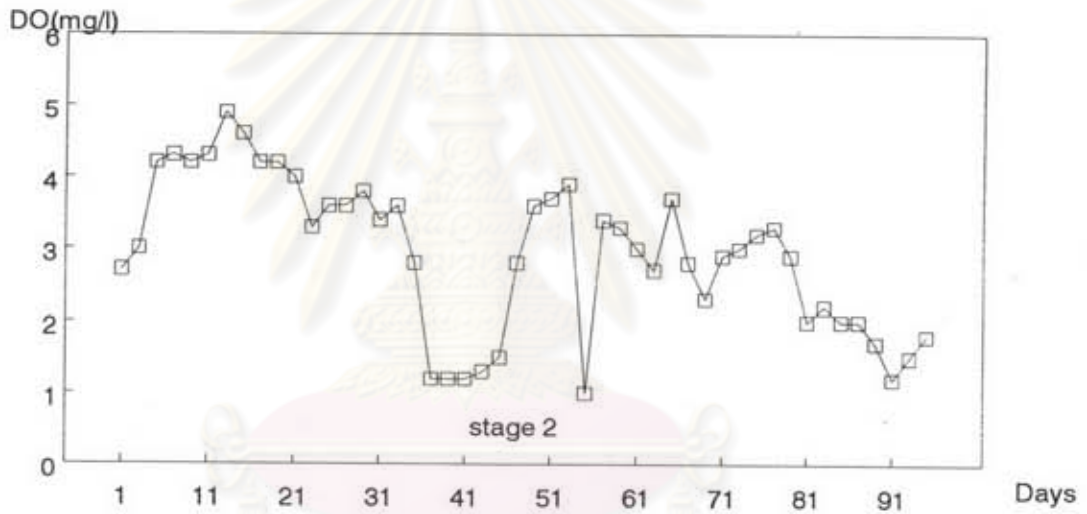
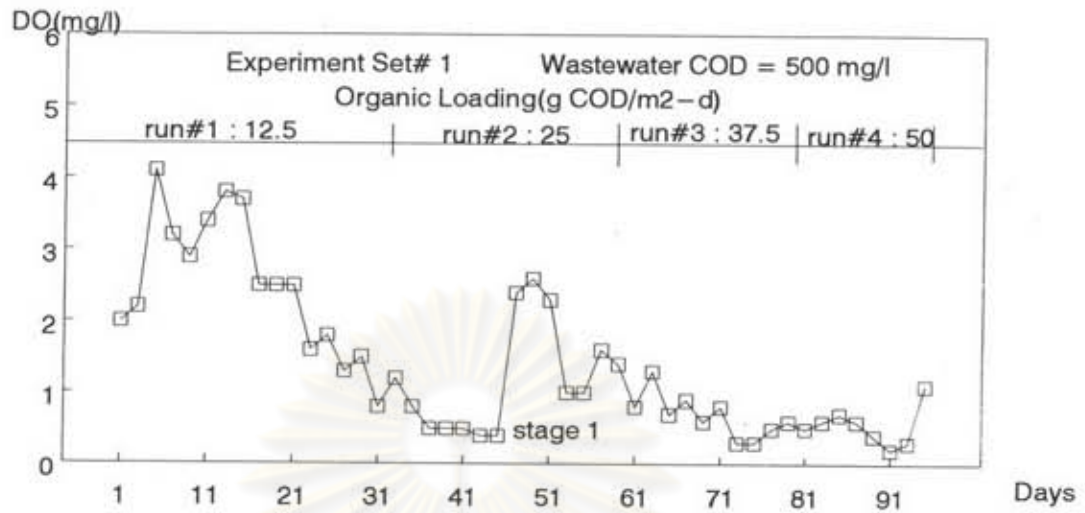
รูปที่ 5.38 การเปลี่ยนแปลง DO ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด

รูปที่ 5.39 ถึงรูปที่ 5.44 ได้แสดงถึงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละตำแหน่งของการทดลอง ผลการทดลองชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าที่ทุกการทดลองการเปลี่ยนแปลงไฮดรอลิกไหลคดโค้งแปรผกผันต่อค่าออกซิเจนละลายน้ำ โดยที่เมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งต่ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำจะสูง แต่เมื่อเพิ่มค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งให้สูงขึ้น ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดต่ำลง ซึ่งเห็นได้ชัดจากการทดลองชุดที่ 1 ในการทดลองที่ 1 จะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงที่สุด ส่วนการทดลองที่ 2, 3 และ 4 จะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ลดต่ำลงมา การทดลองชุดที่ 2 ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกล่าวคือ การทดลองที่ 5 ให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงที่สุดและค่อยๆ ลดต่ำลงในการทดลองที่ 6, 7 และ 8 ซึ่งค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งเพิ่มสูงขึ้น

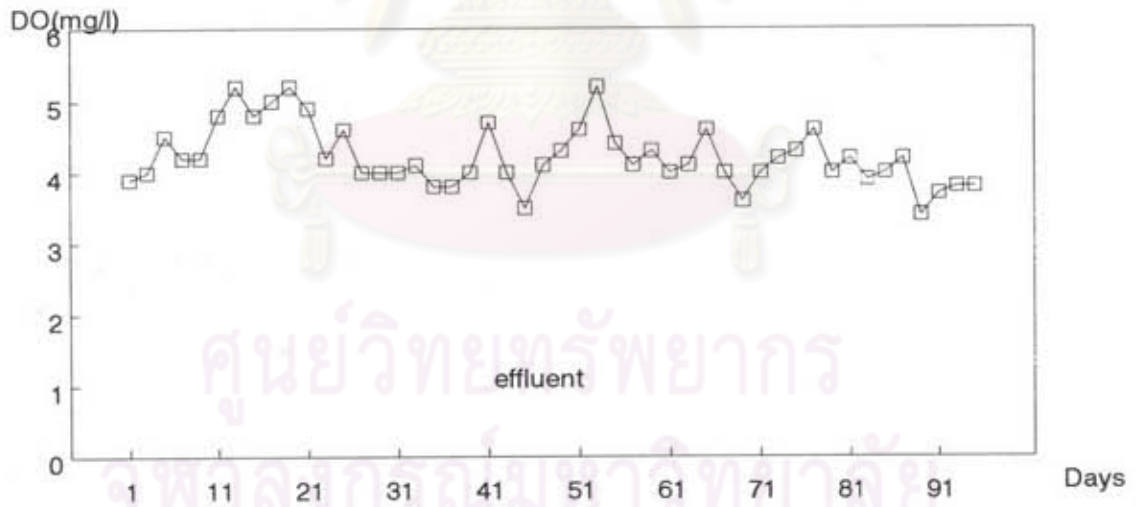
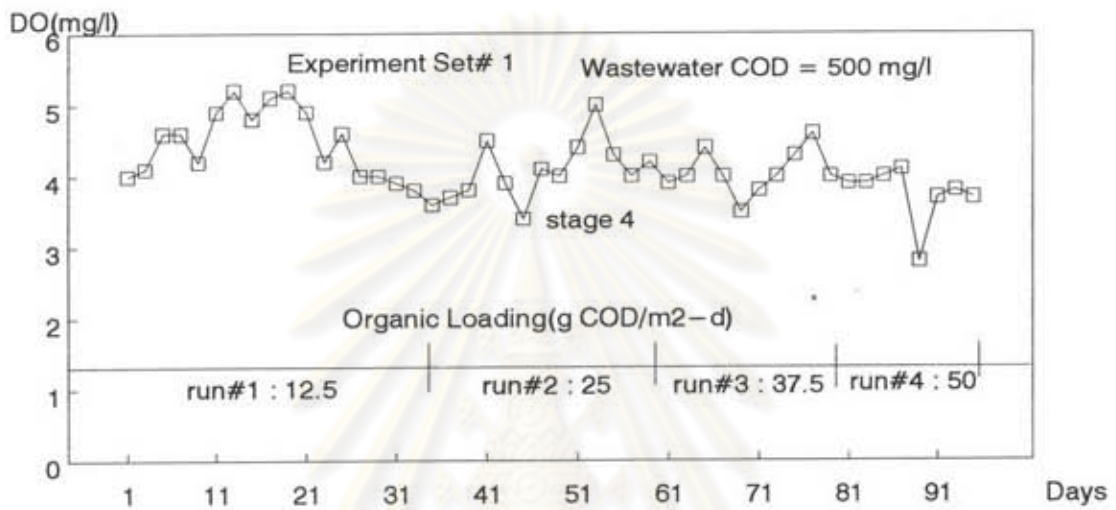
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งที่เพิ่มสูงขึ้น แต่มีค่าออร์แกนิกไหลคดโค้งที่เท่ากันเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำเสียเพิ่มขึ้น พบว่าค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งที่ต่ำแต่ค่าความเข้มข้นของน้ำเสียสูงจะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าดังแสดงในรูปที่ 5.45 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เปรียบเทียบกันระหว่างค่าออกซิเจนละลายน้ำของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 5 ซึ่งค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งเท่ากันหรือจากการทดลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 6 ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกล่าวคือที่ไฮดรอลิกไหลคดโค้งต่ำแต่ค่าความเข้มข้นของน้ำเสียสูงจะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำที่สูงกว่าที่ความเข้มข้นของน้ำเสียต่ำแต่ค่าไฮดรอลิกไหลคดโค้งสูง

5.4.6 เจลดัลไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวม (N และ P)

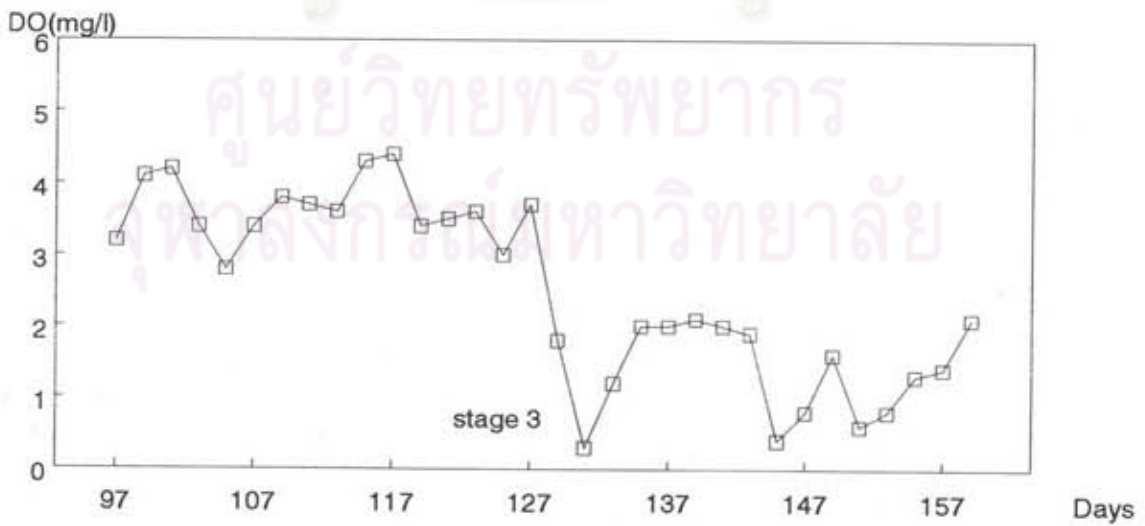
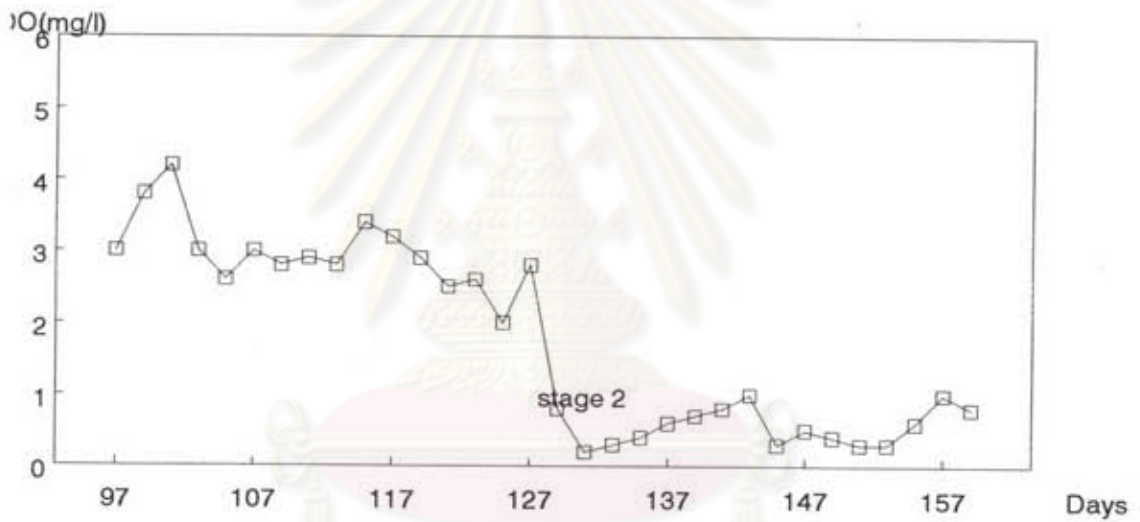
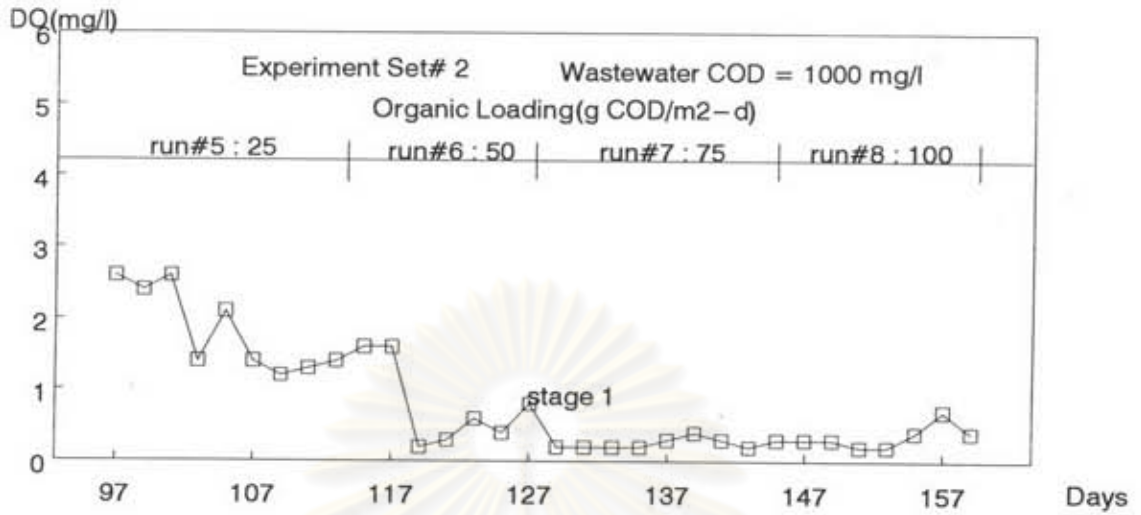
น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นจากน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อนำมาเป็นอาหารแก่จุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียจึงขาดสารอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยปกติแล้วอัตราส่วนของค่าซีโอดีของน้ำเสียต่อสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวมควรมีอัตราส่วนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง COD : N : P เท่ากับ 150 : 5 : 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน หากสารอาหารในระบบมีไม่เพียงพอจะมีผลให้แบคทีเรียทำงานได้ไม่เต็มที่ ซึ่งจะเสถียรภาพของการบำบัดน้ำเสียต่ำตามไปด้วย การเติมสารอาหาร N และ P ในการทดลองนี้ใช้ยูเรียเป็นสารอาหารไนโตรเจนและ KH_2PO_4 เป็นสารอาหารของฟอสฟอรัส โดยควบคุมให้มีอัตราส่วนอยู่ในช่วงเหมาะสมที่กล่าวถึงข้างต้น



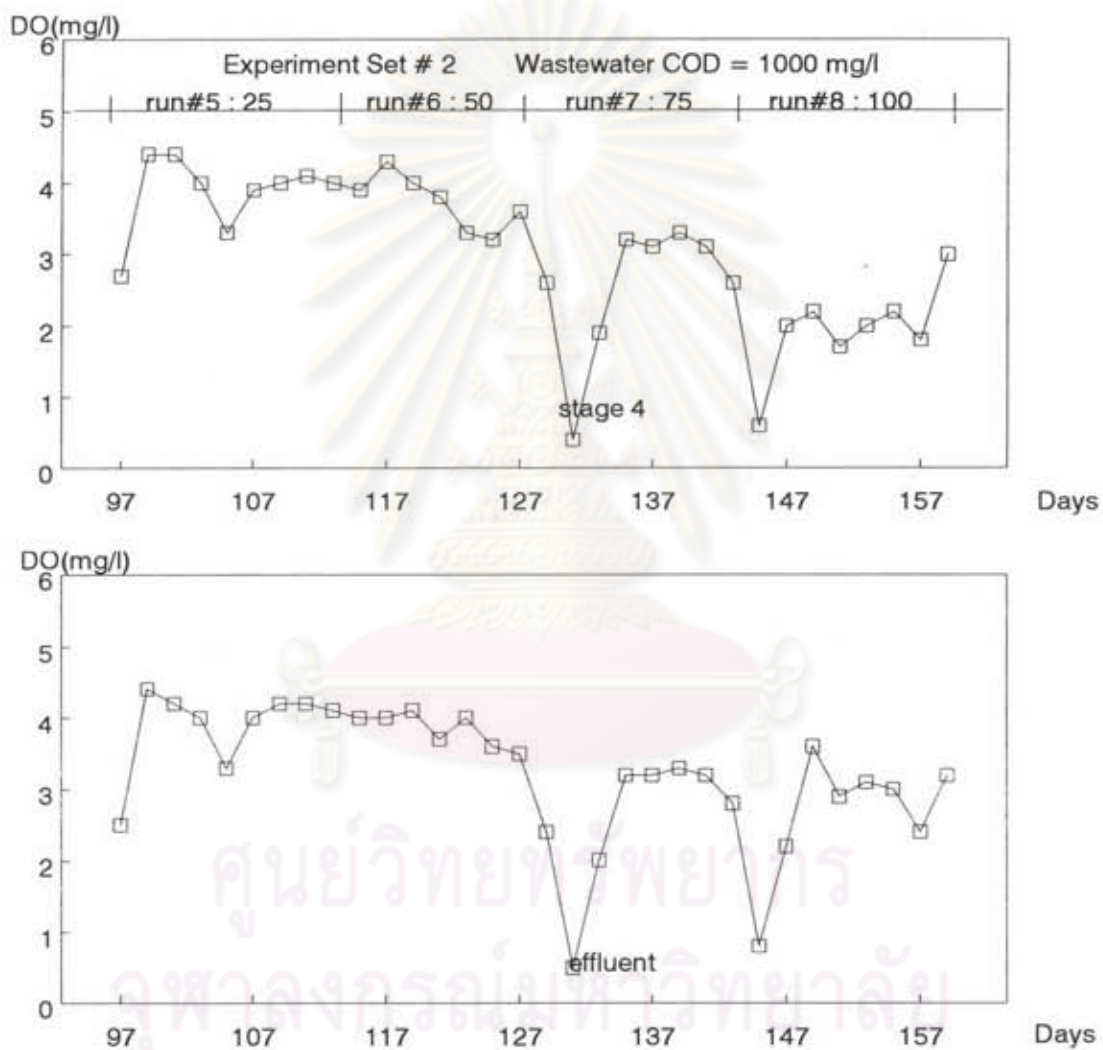
รูปที่ 5.39 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



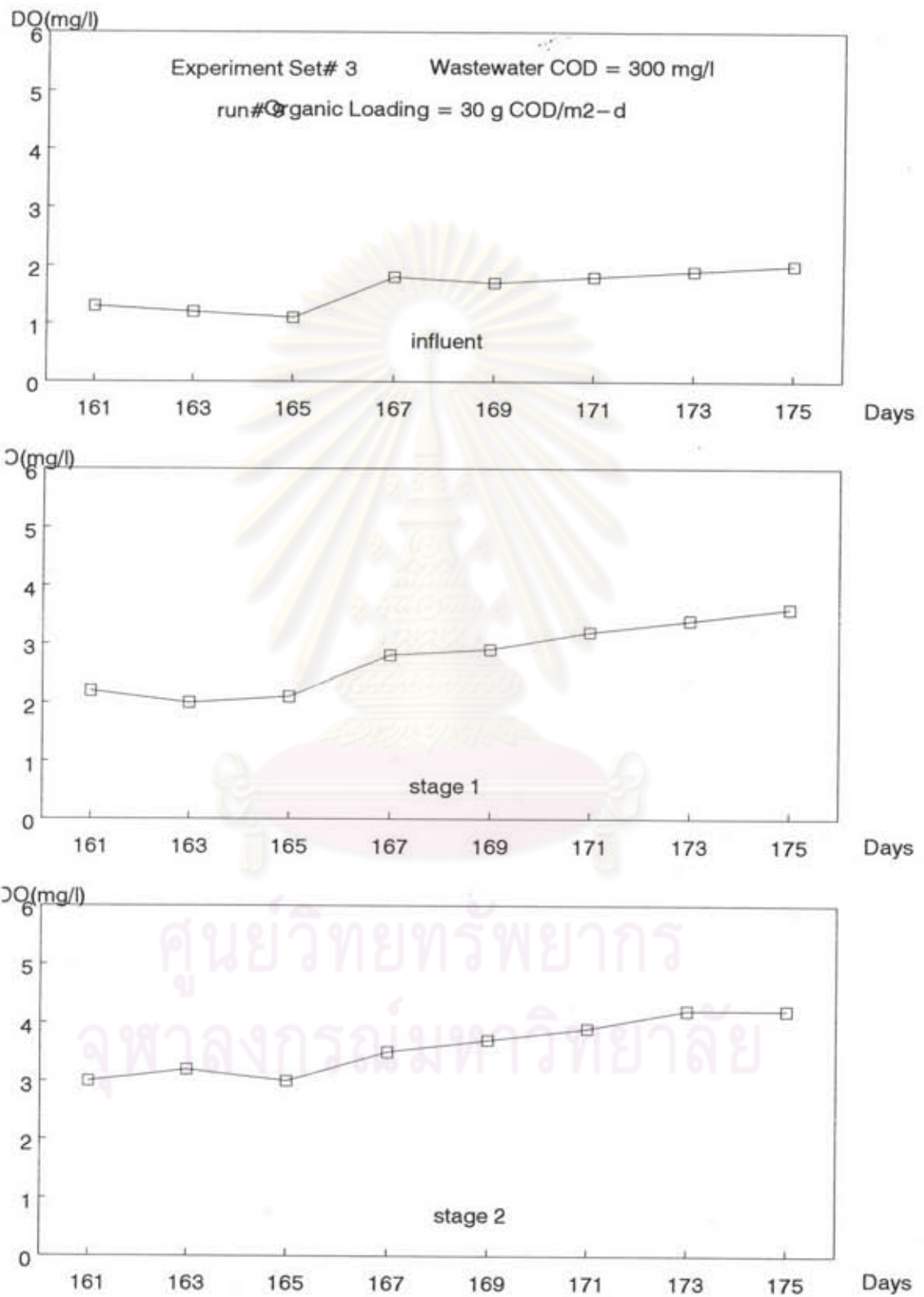
รูปที่ 5.40 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1



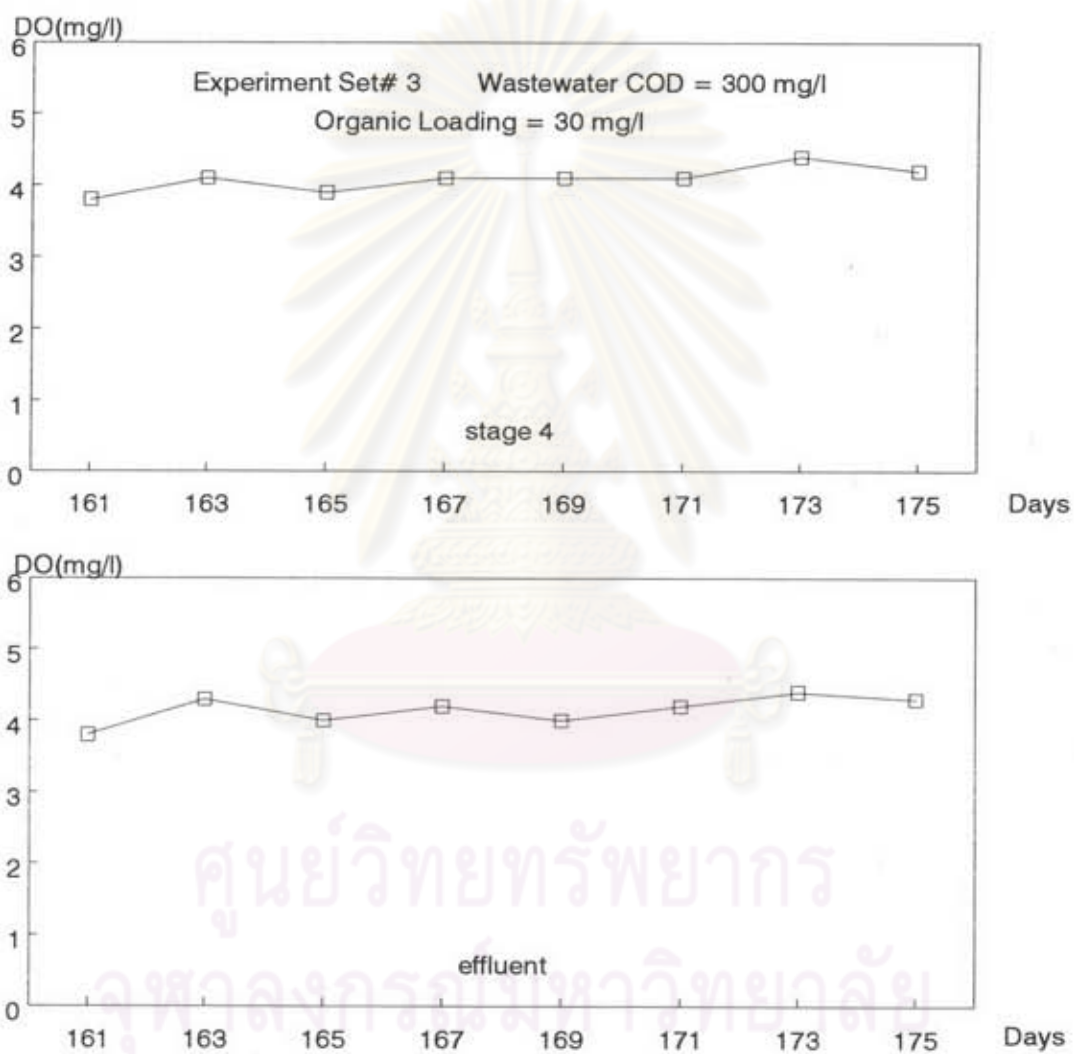
รูปที่ 5.41 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



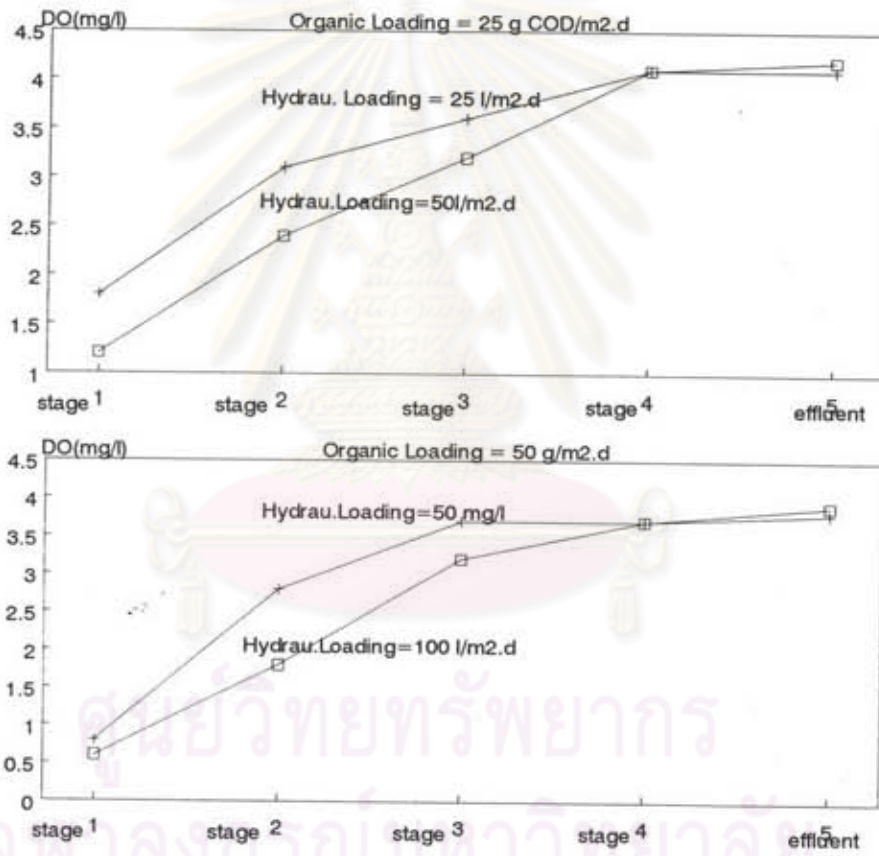
รูปที่ 5.42 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.43 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.44 การเปลี่ยนแปลง DO ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.45 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของทุกการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.9 ส่วนการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่แต่ละการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.46 และรูปที่ 5.47 ตามลำดับ ตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.46 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนของระบบไบโอক্রิมจะสูงเมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคิ่งต่ำ เปรียบเทียบเมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคิ่งสูงขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจะต่ำลง รูปที่ 5.46 แสดงค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ต่ำมากเมื่อน้ำเสียเป็น 500 มก./ลิตร รูปแรกการทดลองที่ 1 ที่ไฮดรอลิกไหลคิ่ง 25 ลิตร/ตรม.-วัน หรือออร์แกนิกไหลคิ่ง 12.5 กรัม/ตรม.-วัน แต่เมื่อค่าไฮดรอลิกไหลคิ่งสูงขึ้นในการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งจะสูงตามไปด้วย การทดลองที่ 2 ก็สามารถสรุปได้ในลักษณะเดียวกันว่าค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนแปรผันกับค่าไฮดรอลิกไหลคิ่ง โดยยืนยันจากผลการทดลองที่ 5 ซึ่งค่าไฮดรอลิกไหลคิ่งต่ำทำให้ค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งต่ำส่วนการทดลองที่ 6, 7 และ 8 ซึ่งค่าไฮดรอลิกไหลคิ่งสูงขึ้นค่าไนโตรเจนน้ำทิ้งจะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนค่าฟอสฟอรัสรวมในน้ำทิ้งของแต่ละการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.47 และค่าประสิทธิภาพการบำบัดดังแสดงในตารางที่ 5.9 ก็สามารถสรุปได้ในลักษณะเดียวกับค่าเจลดลไนโตรเจนว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสแปรผันโดยตรงกับค่าไฮดรอลิกไหลคิ่ง

5.4.7 ความเหมาะสมในการนำไม้ไผ่มาใช้เป็นตัวกลางบีดเกาะสำหรับจุลชีพในระบบไบโอক্রิม

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ไม้ไผ่เป็นตัวกลางสำหรับบีดเกาะของจุลชีพ ไม้ไผ่ที่ใช้มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2.5 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5 เซนติเมตร พื้นที่ผิวของไม้ไผ่ 1 ชั้นเท่ากับ 43.75 ตารางเซนติเมตร เมื่อนำมาคิดพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface area) พบว่ามีค่าสูงถึง 365 ตร.ม./ลบ.ม. ซึ่งจัดเป็นค่าที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวของตัวกลางที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

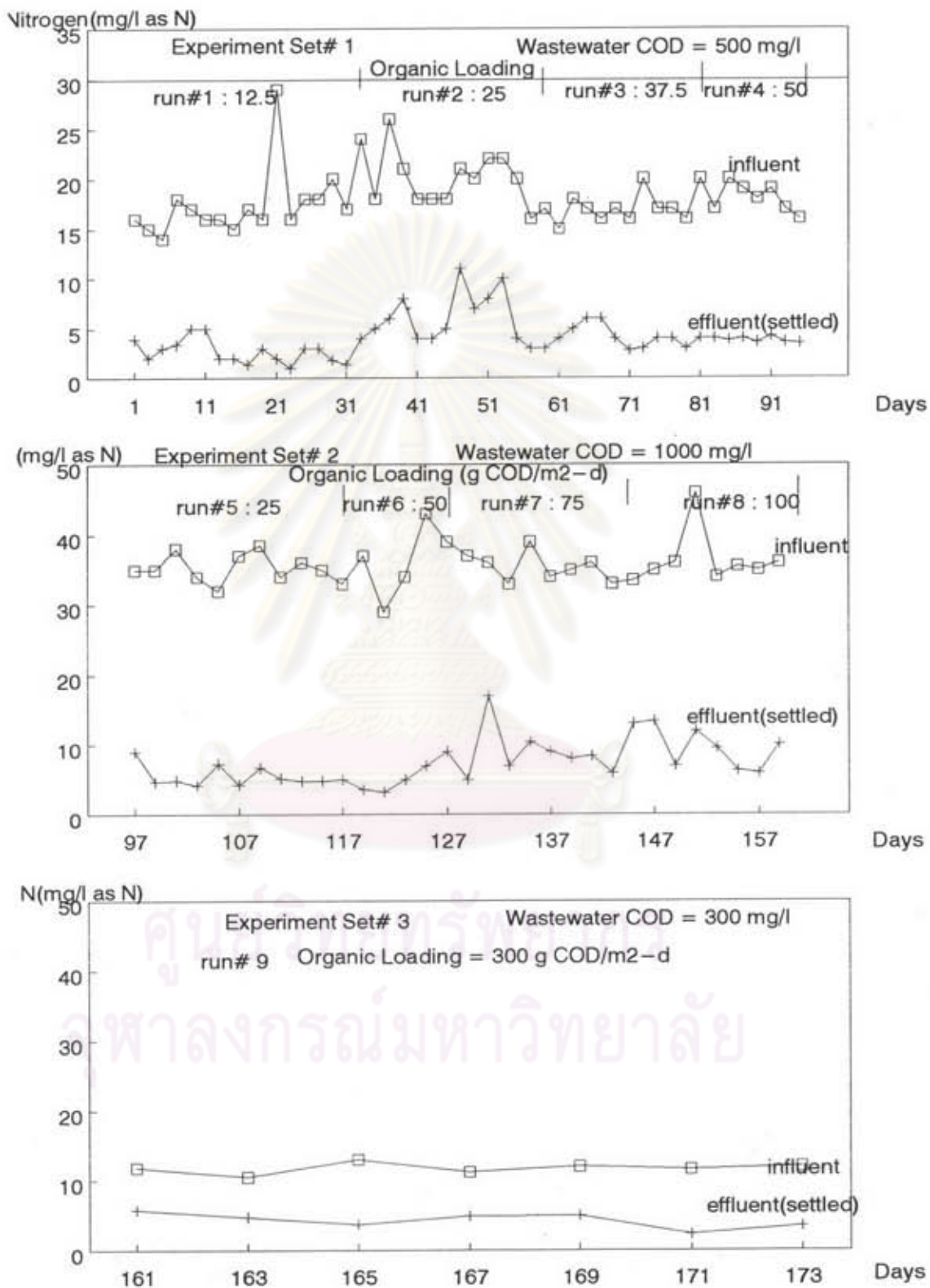
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 ประสิทธิภาพการบำบัดเจลดัลไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

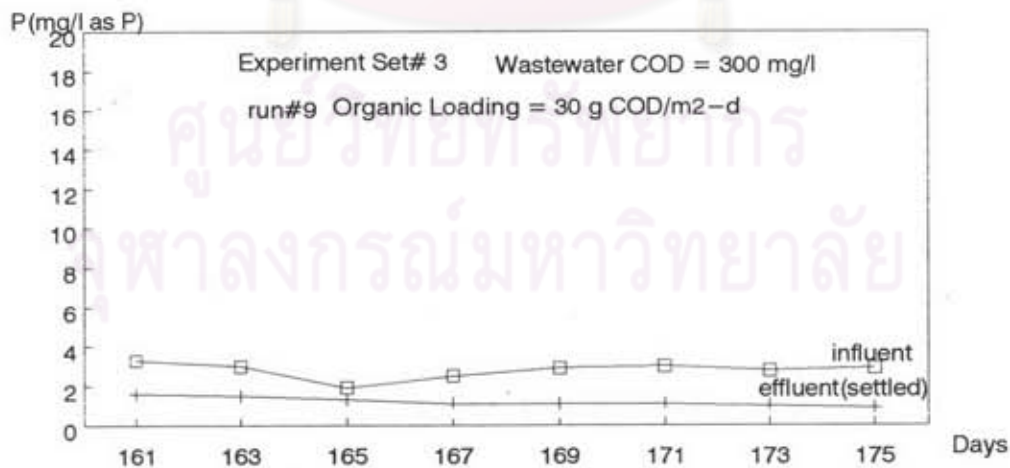
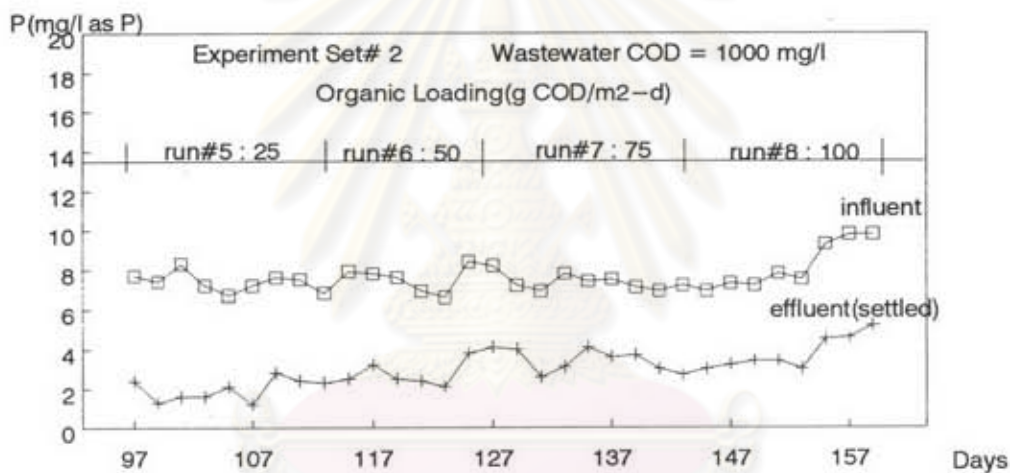
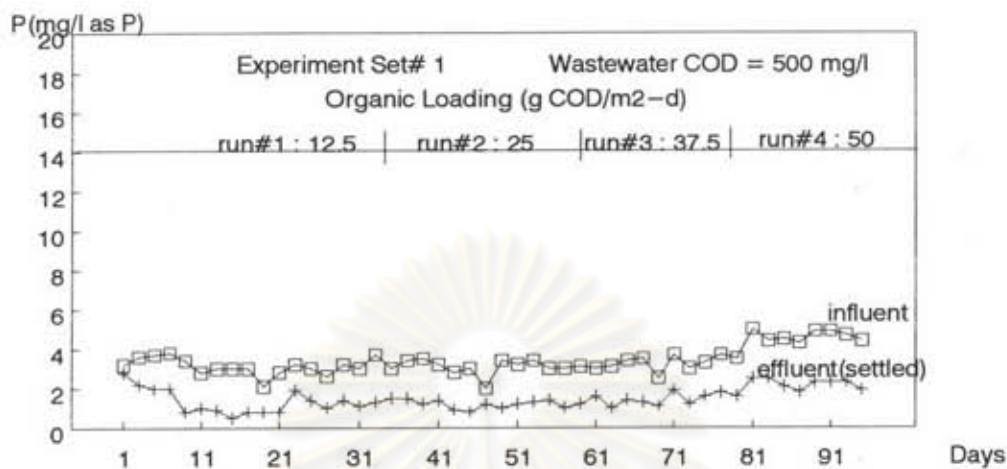
การทดลองชุดที่	การทดลองที่	ประสิทธิภาพ %	
		ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส
1	1	89.40	61.5
	2	75.00	60.43
	3	82.56	55.57
	4	84.40	52.50
2	5	84.60	65.87
	6	82.12	55.84
	7	78.64	56.43
	8	76.92	50.1
3	9	71.56	65.27

เกษมสันต์ สุวรรณรัตน์ (2519) ได้รายงานเรื่องระบบกำจัดสิ่งปฏิกูลในน้ำโสโครกโดยใช้วัสดุสังเคราะห์เป็นตัวกรองในวิศวกรรมสารว่า รูปร่างของตัวกลางที่ได้รับการพัฒนามาใช้ในระบบกำจัดน้ำเสียมีสองประเภท ได้แก่ ประเภทที่ต้องนำมาเรียงในลานกรองและประเภทที่นำมาเทลงบรรจุในลานกรองได้โดยไม่ต้องจัดรูป ประเภทแรกมีพื้นที่ต่อปริมาตรอยู่ระหว่าง 90-200 ตร.ม./ลบ.ม. ส่วนประเภทที่สองมีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากมีพื้นที่ต่อปริมาตรสูงกว่า คือ ประมาณ 330 ตร.ม./ลบ.ม. ในระบบไบโอক্রัมตัวกลางที่นำมาใช้บรรจุในครัมม์มักจะเป็นตัวกลางประเภทที่สอง

เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ผิวจำเพาะของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีค่า 137 ตร.ม./ลบ.ม. กับเอกสารที่อ้างถึงพบว่าไม้ไผ่จัดเป็นตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวสูง การที่ตัวกลางมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงจะทำให้พื้นที่ผิวสำหรับให้ฟิล์มชีวเกาะได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูง อย่างไรก็ตามการที่ฟิล์มชีวเกาะอยู่บนผิวตัวกลางมากเกินไป อาจเกิดผลเสียหายได้เนื่องจากเกิดการอุดตันบนผิวและสภาพแอนแอโรบิกจะเกิดขึ้นได้ง่ายโดยเฉพาะเมื่อนำไปใช้ตอนต้นๆ ของไบโอক্রัมม์ซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์สูง



รูปที่ 5.46 การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด



รูปที่ 5.47 การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุด

ศุภมิตร จันทรคำอ้าย (2533) ได้กล่าวถึงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางชนิดต่างๆ ที่เคยใช้ในระบบอาร์บิซี หรือที่มีขายในท้องตลาดโดยผู้ผลิตต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางที่มีใช้ในระบบอาร์บิซี

ขนาดตัวกลาง	ชื่อทางการค้า	พื้นที่ผิวจำเพาะ (ตรม./ลบ.ม.)	ผู้ทำการวิจัย ผู้ทำการวิจัย	บริษัทผู้ผลิต บริษัทผู้ผลิต
แผ่นจาน	-	130	Suwanarat (1998)	-
แผ่นจาน	-	96.5	Anotonic (1970)	-
แผ่นจาน	-	316	Chittenden & Wells (1971)	-
แผ่นจาน	-	62.5-248	Hseih (1972)	-
แผ่นจาน	KD rotor	100, 135, 165, 190	-	Klargester
ลูกบอลพลาสติก	Euro-matic biodrum	102	-	Biomaco- Copenhagen Denmark
I - ball	I - ball	170-350	-	Tokyo special wire netting Co., Japan
Biofill	Bofill	135	-	Hydro Systems

เมื่อพิจารณาพื้นที่ผิวจำเพาะในตาราง ประกอบกับประสิทธิภาพการบำบัดจากผลการทดลองที่ผ่านมา พบว่า พื้นที่จำเพาะของไม้ไผ่มีค่าค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับตัวกลางบางประเภทที่มีขายตามท้องตลาด และเมื่อนำไปบำบัดน้ำเสียก็พบว่าสามารถบำบัดน้ำเสียได้ในประสิทธิภาพที่สูง แม้ว่าจะเกิดสภาพแอนแอโรบิกเมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำสูง ดังนั้นไม้ไผ่ยังคงเป็นวัสดุพื้นบ้านที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียได้

5.4.8 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบไบโอคริมที่ใช้เป็นตัวกลางชนิดอื่น

ศุภมิตร จันท์คำอ้าย (2533) ทดลองใช้ฟาจูกลาสติกในการบำบัดน้ำเสียและสรุปว่าฟาจูกลาสติกไม่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากมีความพรุนสูงประกอบด้วยมีลักษณะคล้ายคลึงถึงน้ำทำให้ตัวกลางสามารถอุ้มน้ำไว้ในตัวคริมถึง 27% ของปริมาตรช่องว่างทั้งหมดในไบโอคริมซึ่งมีผลเสียต่อระบบคือ ทำให้เกิดการสะสมของฟิล์มชีวอยู่ในตัวคริมได้ในปริมาณสูง ซึ่งเมื่อปริมาณของฟิล์มชีวที่สะสมอยู่เพิ่มสูงขึ้นจะเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทออกซิเจนเข้าสู่ฟิล์มชีวภายในคริม ดังนั้นจึงเกิดการขาดแคลนออกซิเจนขึ้นในฟิล์มชีวได้ง่าย ฟิล์มชีวจะตายและหลุดลอกออกจากตัวกลาง ซึ่งฟิล์มชีวที่หลุดออกมานี้จะมีปริมาณสูงทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในระบบสูงขึ้นและมีจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแบบเส้นใยจึงทำให้ความสามารถในการตกตะกอนของระบบลดต่ำลง เป็นผลให้เกิดการสภาวะตะกอนจนไม่ลงได้ง่าย

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองของศุภมิตร จันท์คำอ้าย พบว่าในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้เกิดสภาวะของตะกอนจมตัวไม่ลง ตะกอนที่เกิดขึ้นของการทดลองทุกการทดลองสามารถจมตัวได้ค้ำแม้ว่าจะมีค่าสูงเมื่อเพิ่มค่าไฮดรอลิกโหลคคิงสูง แต่เมื่อทิ้งไว้ให้ตกตะกอนน้ำใสจะมีค่าตะกอนแขวนลอยต่ำและคงที่ แสดงให้เห็นว่าหากใช้ไม้ไผ่เป็นตัวกลางในไบโอคริมและใช้บำบัดน้ำเสียในช่วงไฮดรอลิกโหลคคิงหรือออร์แกนิกโหลคคิงใกล้เคียงกับค่าที่ใช้ในการทดลอง แม้ว่าจะมีการหลุดลอกของตะกอนและมีค่าตะกอนแขวนลอยสูง แต่หากมีหน่วยบำบัดของการตกตะกอนตามมาภายหลังจากการเติมอากาศด้วยระบบไบโอคริม ปัญหาของตะกอนแขวนลอยจะหมดสิ้นลง อนึ่งตัวกลางที่เป็นไม้ไผ่แม้ว่าจะมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำกว่าฟาจูกลาสติกที่ใช้ในการทดลองของศุภมิตร แต่เนื่องจากตัวกลางไม้ไผ่จะเป็นตัวกลางที่น้ำเสียสามารถลอดผ่านไปได้จึงไม่เกิดการอุดตัน อันเป็นสาเหตุของการขาดแคลนออกซิเจนขึ้น ตัวกลางไม้ไผ่จึงน่าจะมีความได้เปรียบและมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.1 โดยสามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

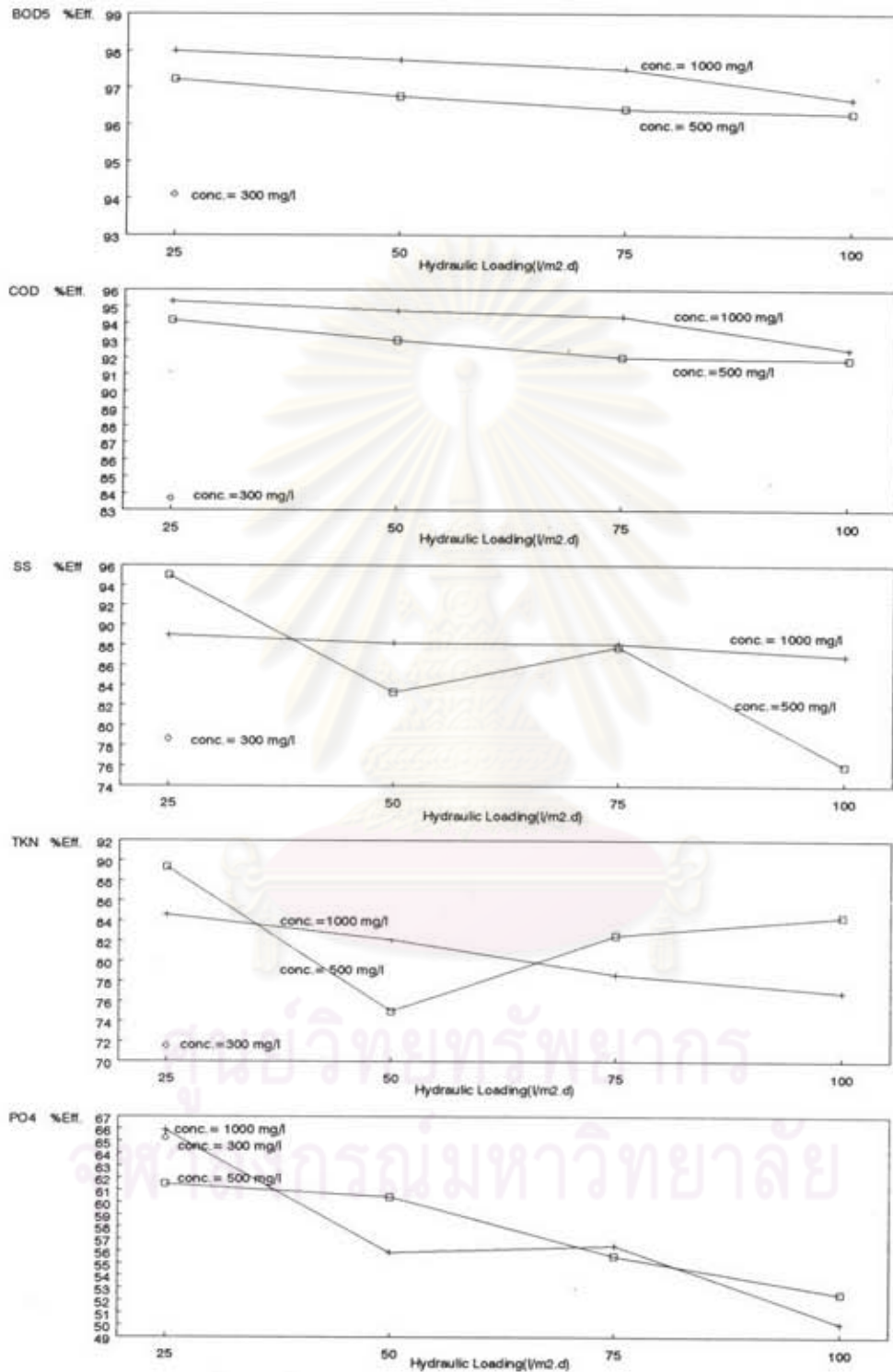
1. การใช้ไม้นี้เป็นตัวกลางบรรจุในไบโอรีแอกเตอร์สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นในช่วง 300-1,000 มก. ซีโอดี/ลิตร ซึ่งค่าไฮดรอลิกโหลดคิงอยู่ระหว่าง 25-100 ลิตร/ตรม.-วัน ไฮดรอลิกโหลดคิง 25 ลิตร/ตรม.-วัน โดยเกิดขึ้นที่ค่า โดยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีไม่ต่ำกว่า 83% โดยประสิทธิภาพสูงสุดเกิดขึ้นที่ค่าออร์แกนิกโหลดคิง 25 กรัม/ตรม.-วัน คิดเป็นค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีได้ 95.31%
2. ตัวกลางไม้นี้เมื่อนำมาใช้ในเงื่อนไขของการทดลองสามารถบำบัดน้ำเสียได้
3. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียแปรผกผันกับค่าไฮดรอลิกโหลดคิง โดยที่ค่าไฮดรอลิกโหลดคิงค่าต่ำประสิทธิภาพในการบำบัดจะสูง และเมื่อค่าไฮดรอลิกโหลดคิงประสิทธิภาพในการบำบัดจะต่ำ
4. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไบโอรีแอกเตอร์ โดยใช้ไม้นี้เป็นตัวกลางสามารถลดค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงได้ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในช่วง 71-89% และประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสในช่วง 50-65%
5. เมื่อค่าไฮดรอลิกโหลดคิงของระบบมีค่าเท่ากัน แต่ความเข้มข้นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบต่างกัน ประสิทธิภาพของระบบจะต่างกัน ดังนั้นค่าออร์แกนิกโหลดคิงจึงเป็นค่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดเช่นเดียวกัน ผลจากการทดลองพบว่าในสภาวะที่ความเข้มข้นของน้ำเสียต่ำกว่า 1,000 มก. ซีโอดี/ลิตร ที่ค่าไฮดรอลิกโหลดคิงเท่ากัน หากความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะสูงขึ้น กล่าวคือที่ไฮดรอลิกโหลดคิงเป็น 100 ลิตร/ตรม.-วัน เมื่อความเข้มข้นของน้ำเสียเป็น 300 , 500 และ 1,000 มก. ซีโอดี/ลิตร ประสิทธิภาพในการบำบัดเป็น 83.69% , 91.87% และ 92.47% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองไม่ได้ทดลองไปจนถึงค่าความเข้มข้นที่จะทำให้ระบบล้มเหลว (failure) จึงไม่สามารถสรุปค่าความเข้มข้นของน้ำเสียสูงสุดที่จะทำให้ผลการทดลองยังคงมีประสิทธิภาพการบำบัดสูง

ตารางที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว

Run No.	COD Influent	Hydraulic Load litre/sq.m.-d	Org. Load g/sq.m.-d	Detention time Hr : Min	Effluent				Efficiency				จำนวนที่ใช้ Avg.		
					COD	BOD5	TKN	T-PO4	SS	COD	BOD5	TKN		T-PO4	SS
1	500	25	12.5	6:00	30	9	2	1.2	4	94.20	97.23	89.40	61.50	95.00	4 ค่า
2	500	50	25	3:00	36	11	3.33	1.2	14	93.00	96.76	75.00	60.43	83.31	3 ค่า
3	500	75	37.5	2:00	38.75	11.5	3.5	1.5	10	92.00	96.41	82.56	55.57	87.84	4 ค่า
4	500	100	50	1:30	41.5	13	3.85	2.2	17	91.87	96.30	84.40	52.50	76.00	4 ค่า
5	1000	25	25	6:00	46	14	5.5	2.5	16	95.31	98.00	84.60	65.87	89.00	3 ค่า
6	1000	50	50	3:00	50	15	6.7	3	17.5	94.75	97.75	82.12	55.84	88.22	4 ค่า
7	1000	75	75	2:00	61	17	7.4	3	18	94.40	97.50	78.64	56.43	88.15	3 ค่า
8	1000	100	100	1:30	72.5	21	8	4.6	25	92.47	96.68	76.92	50.10	86.94	4 ค่า
9	300	100	30	1:30	41.75	12	3.3	1	11.5	83.69	94.10	71.56	65.27	78.67	4 ค่า

หมายเหตุ : 1. เฉพาะค่า BOD5 ใช้ค่าวิเคราะห์เพียงค่าเดียว

2. Effluent และ Efficiency คัดจากนำไปหลังจากการตกตะกอน



รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบที่สภาวะคงตัว

บทที่ 7

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

1. ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรเปลี่ยนอิสระอื่น ๆ ที่มีผลต่อตัวแปรเปลี่ยนตามค่าต่าง ๆ ในระบบไบโอครัม เช่น เปลี่ยนค่าความเร็วในการหมุน การเปลี่ยนระยะจมน้ำของตัวกลาง การเปลี่ยนค่าเวลาเก็บกักน้ำ
2. เปลี่ยนชนิดของน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย โดยทดลองใช้น้ำเสียจริงที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่ใช้ในการวิจัย
3. เพิ่มหรือลดจำนวนคอนของไบโอครัม เพื่อศึกษาอิทธิพลของจำนวนคอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบไบโอครัม
4. ศึกษาอิทธิพลของการขยายขนาดของถังปฏิริยาต่อประสิทธิภาพการบำบัด โดยทดลองหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในถังปฏิริยาขนาดต้นแบบ (Prototype) และขนาดทดลอง (Pilot Scale)
5. ศึกษาอิทธิพลของการหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับเข้ามาในถังปฏิริยาตอนแรกต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบไบโอครัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย