บทที่ 5

ผลการทดลอง และวิจารณ์

5.1 การบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารขั้นต้นด้วยบ่อดักไขมัน

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากภัตตาคาร/ร้านอาหาร ซึ่งในที่นี้ใช้น้ำเสียจริงจากโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ผ่านบ่อดักไขมันแล้ว 3 บ่อ ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าระบบอาร์บีซีแสดงดังตารางที่ 5.1 จากตารางเห็นได้ว่าคุณภาพของน้ำเสียจะดีขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อน้ำเสียผ่านบ่อดักไขมันแต่ละบ่อ นั่นคือปริมาณสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสียจะถูกกำจัดออกได้ส่วนหนึ่งโดยบ่อดักไขมันทำให้น้ำเสียก่อนเข้าระบบที่ถัง feed มีบีโอดีลดลงจาก 1,360 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 490 มิลลิกรัม/ลิตรและซีโอดีลดลงจาก 1,840 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 606 มิลลิกรัม/ลิตร ตัวแปรอื่น ๆ ก็มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน รายละเอียดลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อดักไขมัน บ่อดักไขมัน 1 บ่อดักไขมัน 2 บ่อดักไขมัน 3 และถัง feed แสดงดังตารางที่ ผ.12, 13, 14, 15 และ 16 ตามลำดับ

5.2 การเพาะเลี้ยงเมือกจุลชีพของระบบอาร์บีซี

การเพาะเลี้ยงเมือกจุลชีพทำได้โดยนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบทีละน้อย แล้วทำการหมุนแผ่นตัวกลาง เมือกจุลชีพจะค่อย ๆ เจริญขึ้นบนตัวกลางภายใน 1 สัปดาห์โดยเกิดเป็นเมือกบาง ๆ ใส ๆ ขึ้นในตอนที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และจะค่อย ๆ หนาขึ้น โดยปริมาณเมือกจุลชีพจะหนามากที่สุดในตอนแรก และจะน้อยลงในตอนถัด ๆ ไป สีของเมือกจุลชีพจะมีสีขาวปนเทาในตอนแรก ตอนถัดไปจะมีสีน้ำตาลอ่อน และน้ำตาลเข้มตามลำดับ

การเพาะเลี้ยงเมือกจุลชีพนี้จะทำขึ้นใหม่ทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนภาระบีโอดี และขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเมือกจุลชีพนั้นเหมือนกันทุกครั้ง

ตารางที่ 5.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ที่ความน่าจะเป็น 50 %

ตัวแปร	จุดเก็บตัวอย่าง				
	ก่อนเข้าบ่อดักไขมัน	บ่อดักไขมัน 1	บ่อดักไขมัน 2	บ่อดักไขมัน 3	ถัง feed
พีเอช	4.4	3.7	3.5	3.6	5.9
อุณหภูมิ	29.19	29.23	28.75	29.23	28.00
เอสเอส	405	324.5	350	314.5	126.7
บีโอดี	1360	1080	1030	820	490
ซีโอดี	1840	1320	1000	860	606
ทีเคเอ็น	9.0	13.2	11.2	22.5	7.0
เอฟโอจี	550	220	98	96	26
แอมโมเนียไนโตรเจน	0.4	0.66	0.66	0.74	0.39

หมายเหตุ

1. หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้น พีเอชและอุณหภูมิ
2. n = 5 ยกเว้นที่ถัง feed มี n ของพีเอช, อุณหภูมิ, เอสเอส, บีโอดี, ซีโอดี, ทีเคเอ็น, แอมโมเนียไนโตรเจน และเอฟโอจีเท่ากับ 58, 58, 53, 56, 54, 51, 52 และ 59 ตามลำดับ
3. ข้อมูลดิบดูจากตาราง ผ.2, ผ.3, ผ.4, ผ.5, ผ.7, ผ.8 และ ผ.11 ในภาคผนวก

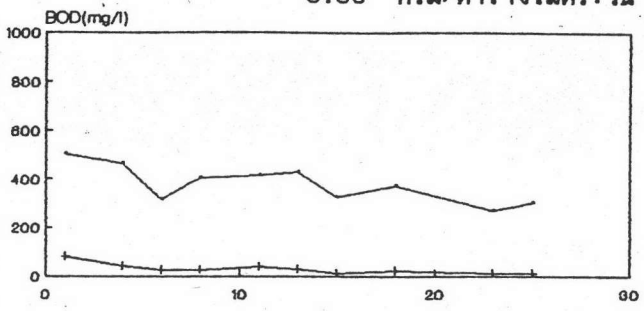
5.3 ผลของภาระบีโอดีต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

5.3.1 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี

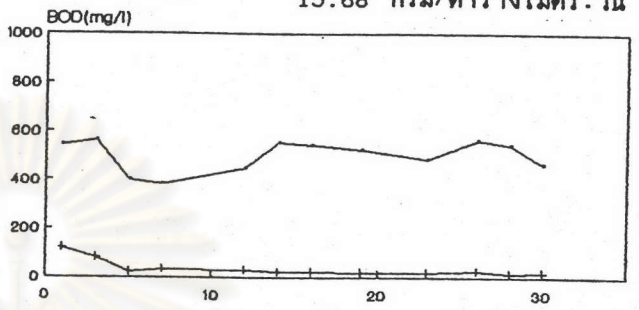
ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ โดยที่แต่ละภาระบีโอดีจะทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เริ่มทำการทดลองมาวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยเฉพาะค่าซีโอดีซึ่งจะทำให้ทราบผลเร็ว จนกระทั่งระบบถึงสภาวะคงตัวช่วงนี้ค่าซีโอดีจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทำการทดลองต่อไปอีกระยะหนึ่งแล้วนำข้อมูลช่วงที่อยู่ในสภาวะคงตัวมาคำนวนหาประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีต่อไป (การเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดแสดงดังรูปที่ 5.1) รูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มค่าภาระบีโอดีให้สูงขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีมีค่าสูงกว่า 80 % ยกเว้นที่ค่าภาระบีโอดีที่สูงที่สุดของการทดลองคือ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีต่ำมากคือเท่ากับ 40.26 % เท่านั้น ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.86, 96.11, 86.35, 86.43 และ 40.26 เมื่อมีค่าภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ ซึ่งจะสอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 0.430, 0.720, 1.008, 1.296 และ 1.870 ลูกบาศก์เมตร/วัน หรือเวลากักเก็บเท่ากับ 1.57, 0.94, 0.67, 0.52 และ 0.36 ชั่วโมงตามลำดับ น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีบีโอดีเท่ากับ 409 มิลลิกรัม/ลิตร (ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 50 %)และบีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 11.88, 19.45, 80.84, 72.75 และ 467.33 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ค่าภาระบีโอดีตั้งแต่ 9.36 - 28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน ระบบอาร์บีซีสามารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดสูง แต่หลังจากภาระบีโอดีเท่ากับ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ระบบอาร์บีซีจะมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำมาก แต่เนื่องจากภาระบีโอดีเท่ากับ 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน มีค่าห่างกันมากทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าหลังจากภาระบีโอดีเท่ากับ 28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน แล้วระบบอาร์บีซียังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ (ภาระบีโอดีของน้ำเสียชนิดต่าง ๆ ที่มีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียจากภัตตาคารที่เคยทำการศึกษากันมาแสดงดังตารางที่ 5.2)

การที่ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีลดลงเมื่อเพิ่มค่าภาระบีโอดีให้สูงขึ้น สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อค่าภาระบีโอดีต่ำ ๆ ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบอาร์บีซียังมีไม่มากจุลชีพในระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อเพิ่มค่าภาระบีโอดีให้สูงขึ้นปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีมากขึ้นจุลชีพในระบบไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์

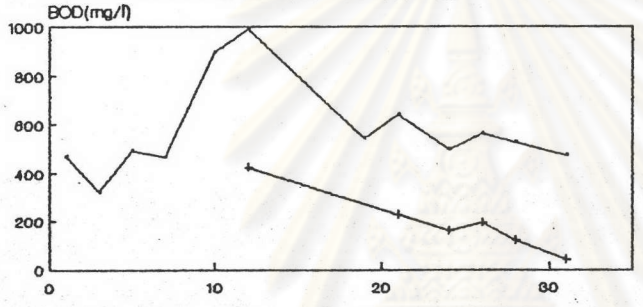
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



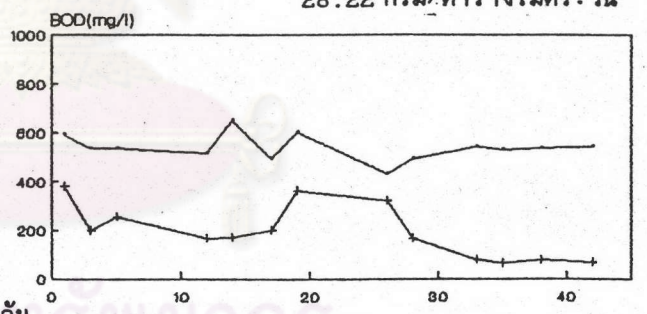
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



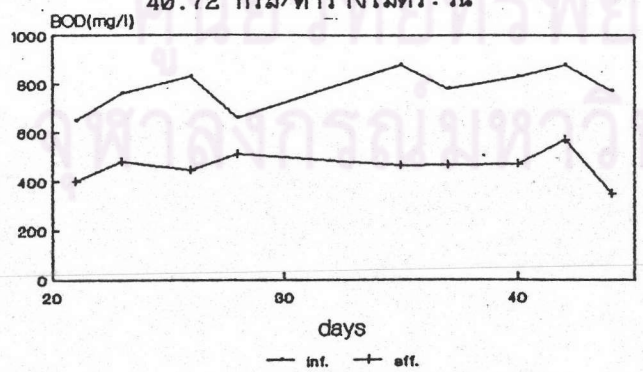
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

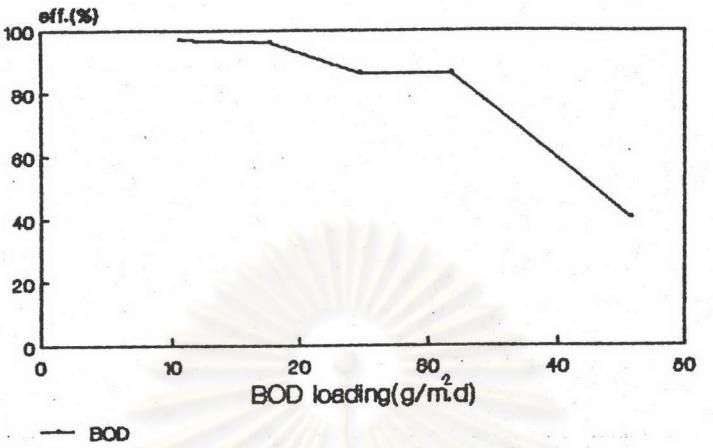


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงบีโอดีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

ได้ทัน นอกจากนี้การเพิ่มค่าภาระบีโอดีให้สูงขึ้นยังเป็นการลดระยะเวลาการกักเก็บจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง



รูปที่ 5.2 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

5.3.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

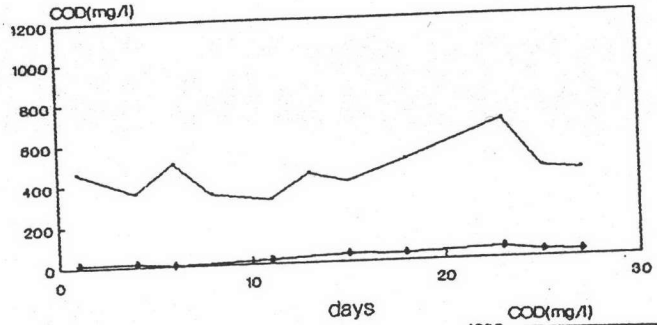
การหาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทำเช่นเดียวกับการหาประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีโดยทำการคำนวนหาประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว (การเปลี่ยนแปลงซีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดแสดงดังรูปที่ 5.3) รูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มค่าภาระบีโอดีให้สูงขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะลดลงแปรผันตามค่าภาระบีโอดีที่สูงขึ้นและเช่นเดียวกับประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี คือที่ค่าภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36 -28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน (ภาระซีโอดีเท่ากับ 11.58-34.90 กรัม/ตารางเมตร.วัน) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะสูง แต่เมื่อค่าภาระบีโอดีเท่ากับ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน (ภาระซีโอดีเท่ากับ 50.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะต่ำลงมาก แต่เนื่องจากช่วงภาระบีโอดีระหว่าง 28.22-40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน(ภาระซีโอดีระหว่าง 34.90-50.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน)ห่างกันมาก ดังนั้นหลังจากค่าภาระบีโอดีเท่ากับ 28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน (ภาระซีโอดีเท่ากับ 34.90 กรัม/ตารางเมตร.วัน)ไปแล้วนั้นไม่สามารถสรุปได้ว่าจะมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีต่ำใกล้เคียงกับที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน(ภาระซีโอดีเท่ากับ 50.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน) หรือสูงใกล้เคียงกับที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน (ภาระซีโอดีเท่ากับ 34.90 กรัม/ตารางเมตร.วัน) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ เท่ากับร้อยละ 93.30, 86.36, 78.28, 77.43 และ 47.28 ที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ

ตารางที่ 5.2 ภาระบีโอดีของน้ำเสียชนิดต่าง ๆ ที่มีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียจากภัตตาคาร/โรงอาหาร

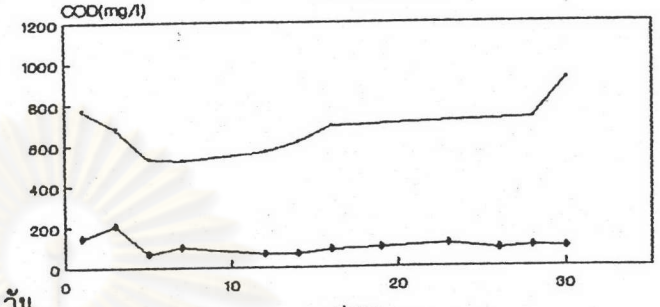
บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	ภาระอินทรีย์ (กรัม/ตารางเมตร.วัน)		ภาระชลศาสตร์ (ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน)	ที่มา
	ภาระบีโอดี	ภาระซีโอดี		
580-720	-	-	8.60, 12.28, 36.86, 73.71	Johnson และ Krill, 1976
น้ำทิ้งชุมชนความเค็มสูง	8.30	-	-	Klemetson และ Lang, 1979
น้ำทิ้งชุมชนความเค็มสูง	9.76-29.28	-	0.04-0.12	Poon และ Chao, 1979
173.56	-	79-196	-	วรวุฒิ ชัยศิริรัตน์ 2531

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

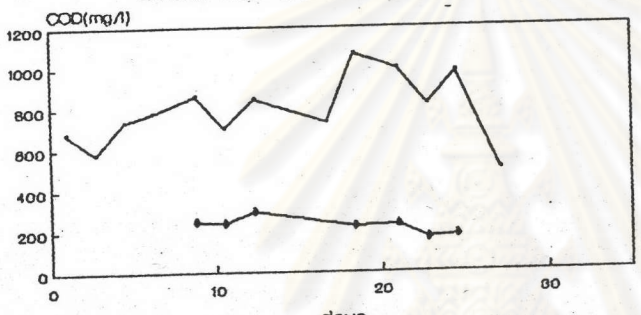
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



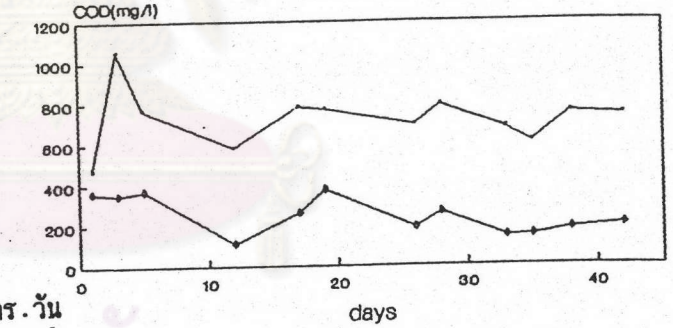
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



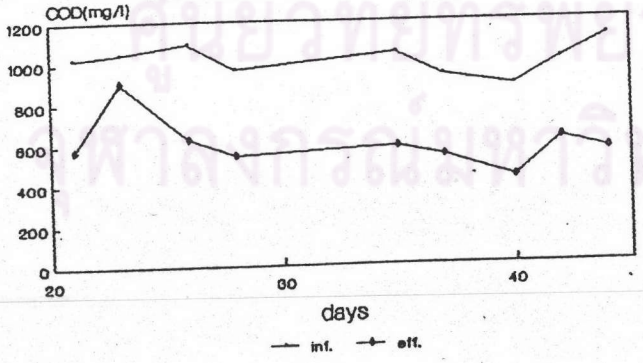
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

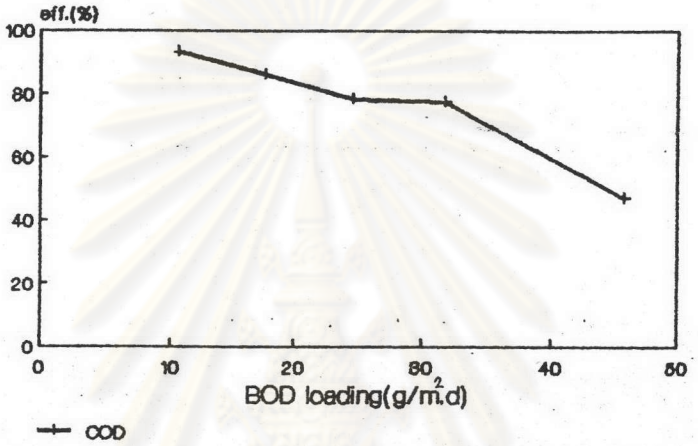


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.3 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ คิดเป็นภาระซีโอดีเท่ากับ 11.58, 19.39, 27.15, 34.90 และ 50.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีซีโอดีเท่ากับ 606 มิลลิกรัม/ลิตร (ที่ความน่าจะเป็น 50 %) และซีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 29.52, 91.50, 143.59, 163.19 และ 532.47 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

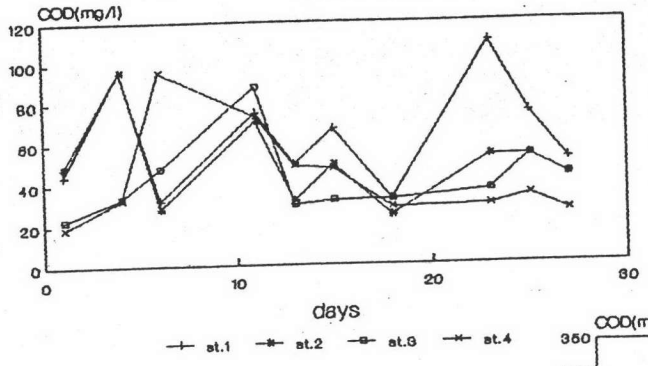


รูปที่ 5.4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

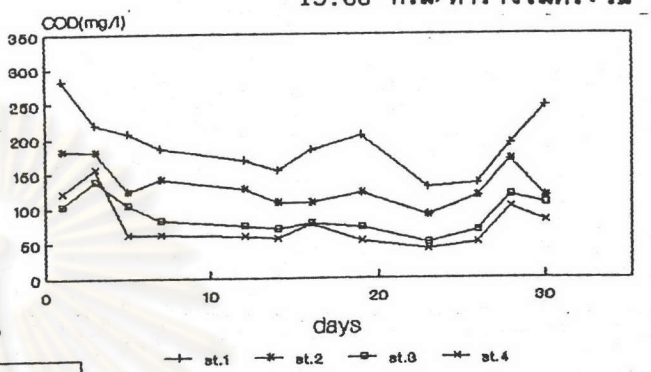
การที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลงเมื่อมีค่าภาระบีโอดีสูงขึ้นนั้น เนื่องจากเมื่อภาระบีโอดีมีค่าสูงขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบอาร์บีซีมีมากขึ้นความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพจึงลดลง และการที่ภาระบีโอดีสูงขึ้นทำให้ระยะเวลาในการกักเก็บลดลงจึงเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงด้วย

นอกจากนี้ในการทดลองได้ทำการทดลองหาค่าซีโอดีในแต่ละตอนของระบบอาร์บีซีด้วย จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าภาระบีโอดีต่ำคือ 9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน (ภาระซีโอดีเท่ากับ 11.58 กรัม/ตารางเมตร.วัน) ค่าซีโอดีในแต่ละตอนจะลดลงแบบไม่มีแบบแผน แต่เมื่อค่าภาระบีโอดีสูงขึ้นค่าซีโอดีจะค่อย ๆ ลดลงจากตอนที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับดูรูปที่ 5.5 อธิบายได้ว่าที่ภาระบีโอดีต่ำ ๆ ค่าซีโอดีที่เข้าสู่ระบบที่ตอนที่ 1 มีค่าต่ำอยู่แล้วจึงทำให้ไม่เห็นผลของตอนต่อการกำจัดซีโอดีอย่างชัดเจน แต่เมื่อภาระบีโอดีสูงขึ้นค่าซีโอดีที่เข้าสู่ระบบในตอนที่ 1 จะมากขึ้นด้วยจึงทำให้เห็นผลของตอนต่อการกำจัดซีโอดีอย่างชัดเจน

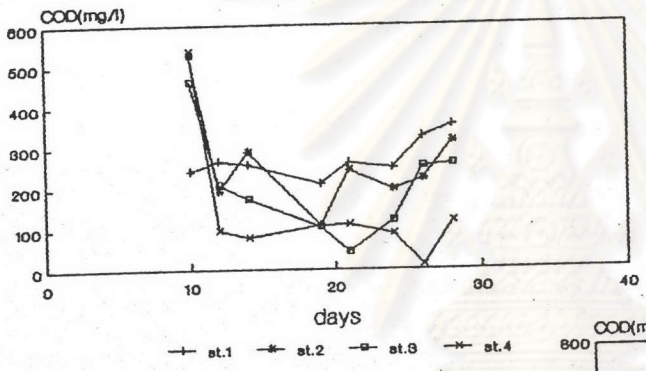
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



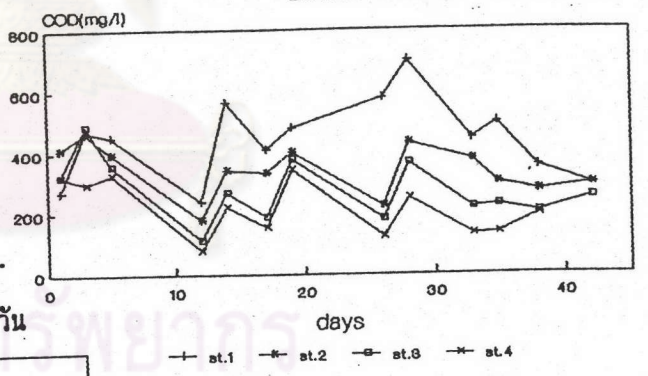
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



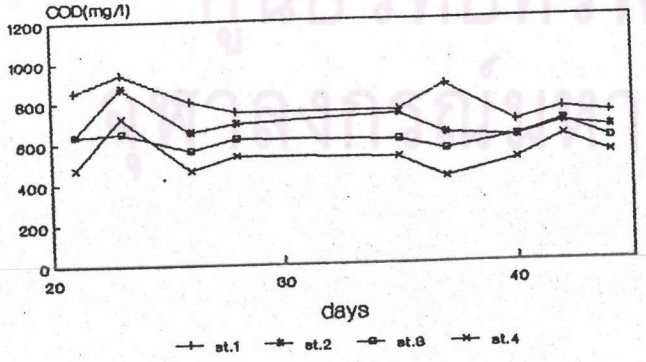
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีในแต่ละตอนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

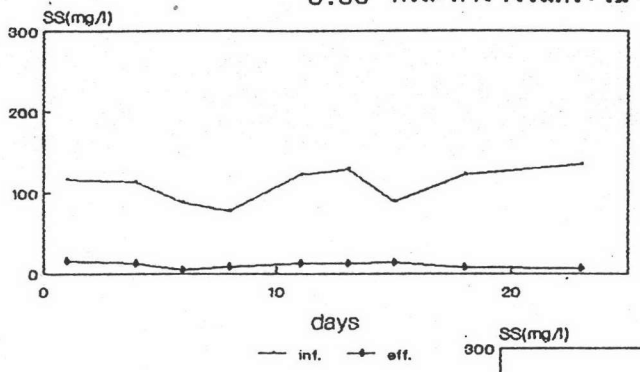
5.3.3 ประสิทธิภาพการกำจัดเอสเอส

เมื่อทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจนกระทั่งระบบดำเนินไปจนถึงสภาวะคงตัวแล้ว จึงทำการคำนวนหาประสิทธิภาพการกำจัดเอสเอส (การเปลี่ยนแปลงเอสเอสของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดจนถึงสภาวะคงตัวแสดงดังรูปที่ 5.6) รูปที่ 5.7 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอสที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเอสเอสเท่ากับร้อยละ 93.66, 90.19, 74.76, 70.60 และ 61.38 ที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีเอสเอสเท่ากับ 126.7 มิลลิกรัม/ลิตร (ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 50 %) และเอสเอสของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 7.0, 10.8, 29.7, 35.5 และ 62.4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ การที่ประสิทธิภาพการกำจัดเอสเอสที่ภาระบีโอดีต่ำคือ 9.36 และ 15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่า 90 % ขึ้นไปก็อาจเนื่องมาจากผลของบ่อตกตะกอนที่มีขนาดใหญ่ไม่ได้สัดส่วนกับภาระบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ และเมื่อดูการกำจัดเอสเอสในแต่ละตอนของระบบอาร์บีซี ที่ภาระบีโอดีต่ำเท่ากับ 9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกเอสเอสมีค่าต่ำและค่าเอสเอสในตอนที่ 1 มีค่ามากกว่าตอนที่ 2, 3 และ 4 เมื่อเวลาผ่านไปจะมีการหลุดของเมือกจุลชีพซึ่งเห็นได้จากค่าเอสเอสที่สูงขึ้นในทุกตอน แต่เมื่อถึงสภาวะคงตัว(หลังจากทำการทดลองผ่านไป 20 วัน, ดูรูปที่ 5.8 ประกอบ) ค่าเอสเอสจะต่ำเนื่องจากจุลชีพเกาะติดบนแผ่นตัวกลางหมด และเมื่อเพิ่มค่าภาระบีโอดีให้สูงขึ้นเมือกจุลชีพจะมีการหลุดของเมือกในรูปแบบที่ไม่แน่นอน เนื่องจากเมื่อมีค่าภาระบีโอดีสูงขึ้นสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีมากขึ้นจุลชีพจึงเกิดบนแผ่นตัวกลางมาก จนกระทั่งออกซิเจนไม่สามารถซึมเข้าไปถึงชั้นในได้ทำให้จุลชีพข้างในเกิดสภาพไร้ออกซิเจนและมีน้ำหนักมากขึ้นประกอบกับเกิดแรงเฉือนระหว่างเมือกจุลชีพกับน้ำเสียในถังปฏิกิริยาทำให้เมือกจุลชีพหลุดออกจากแผ่นตัวกลางมากขึ้น (สุเมธ ชาเดช, 2530)

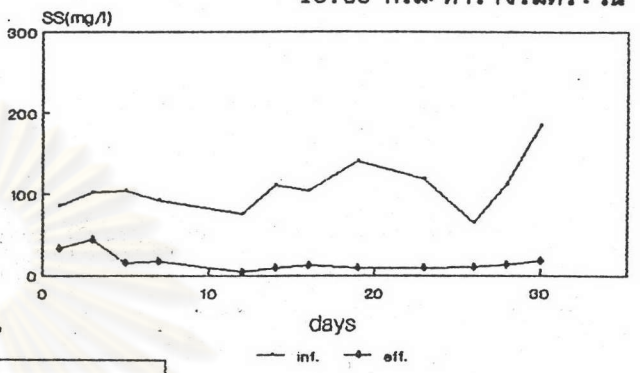
5.3.4 ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจี

หลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วจึงทำการคำนวนหาประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจี (การเปลี่ยนแปลงเอฟโอจีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดจนถึงสภาวะคงตัวแสดงดังรูปที่ 5.9) รูปที่ 5.10 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจีเท่ากับร้อยละ 90.90, 89.76, 89.27, 86.25 และ 80.99 เมื่อมีภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีเอฟโอจีเท่ากับ 26 มิลลิกรัม/ลิตร (ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 50 %) และเอฟโอจีของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเฉลี่ยเท่ากับ

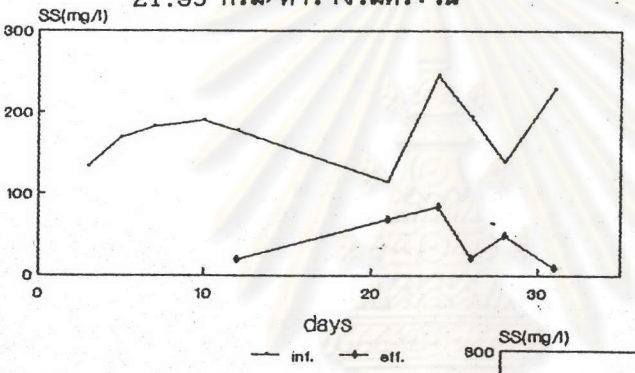
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



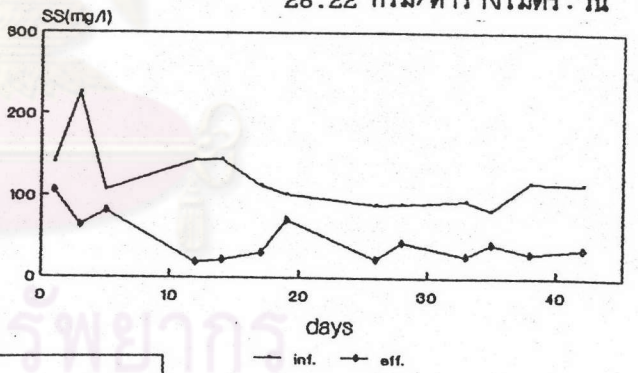
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



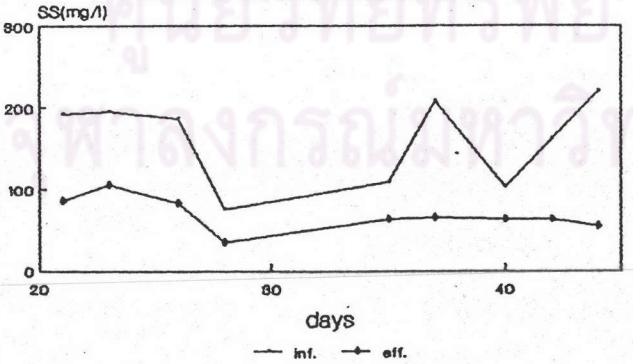
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



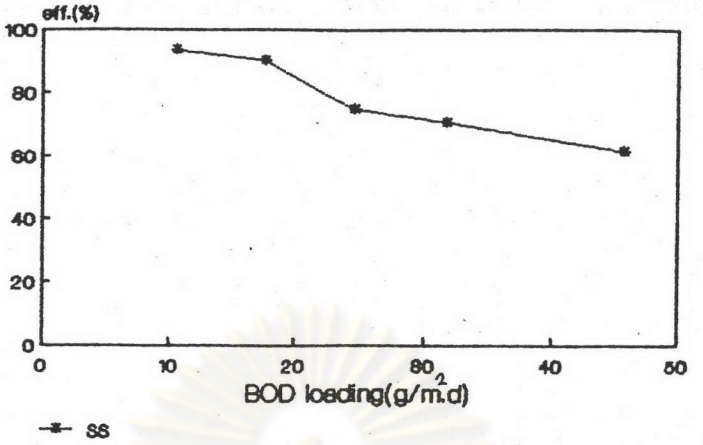
28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงเอสเอสที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ



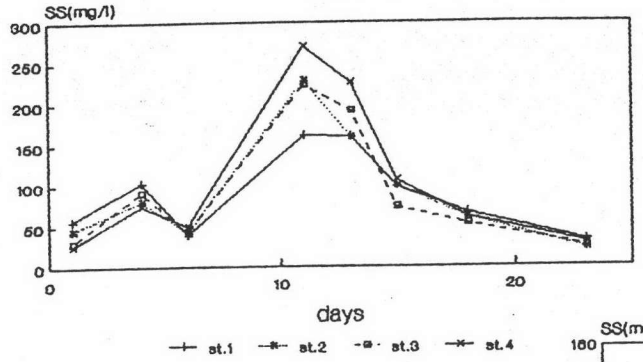
รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพการกำจัดเอสเอสที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

2.47, 2.98, 3.38, 4.58 และ 6.87 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจีจะแปรผกผันกับค่าภาระบีโอดีที่เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจีในทุกภาระบีโอดีจะมีค่าสูงมากกว่า 80 % ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณเอฟโอจีที่เข้าสู่ระบบอาร์บีซีมีปริมาณน้อยเพียง 31.46 มิลลิกรัม/ลิตร จึงไม่เกิดปัญหาการอุดตันหรือเคลือบอยู่บนแผ่นต้วกลางจนทำให้เมือกจุลชีพไม่สามารถเกาะติดแผ่นต้วกลางทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง

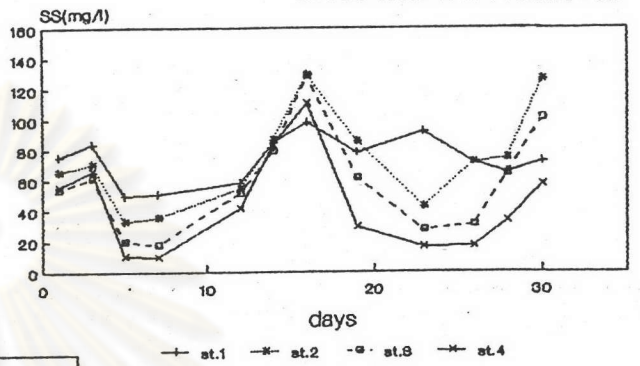
5.3.5 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวจึงนำข้อมูลมาคำนวนมาคำนวนหาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น (การเปลี่ยนแปลงทีเคเอ็นของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดแสดงจนถึงสภาวะคงตัวแสดงดังรูปที่ 5.11) รูปที่ 5.12 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับร้อยละ 61.94, 58.60, 38.67, 37.10 และ 31.67 ที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีทีเคเอ็นเท่ากับ 7 มิลลิกรัม/ลิตร (ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 50 %) และทีเคเอ็นของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 7.93, 4.72, 6.20, 6.56 และ 6.30 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ การที่ระบบอาร์บีซีสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้นั้น เนื่องจากมีกระบวนการไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นในระบบทำให้ทีเคเอ็นที่มีอยู่เปลี่ยนแปลงเป็นไนไตรท์ และไนเตรทไนโตรเจน ตามลำดับ และการที่เพิ่มภาระบีโอดีแล้วทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดลดลงนั้นอาจเนื่องมาจากที่ค่าภาระบีโอดีต่ำ(9.36

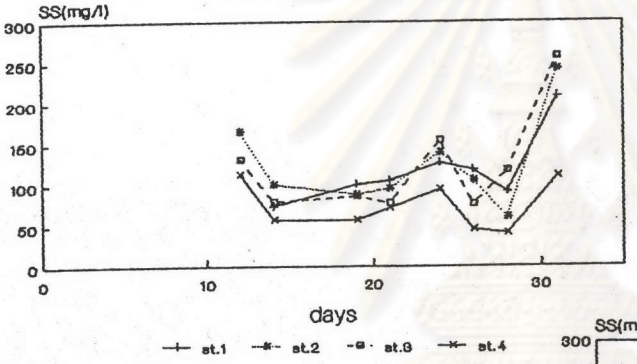
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



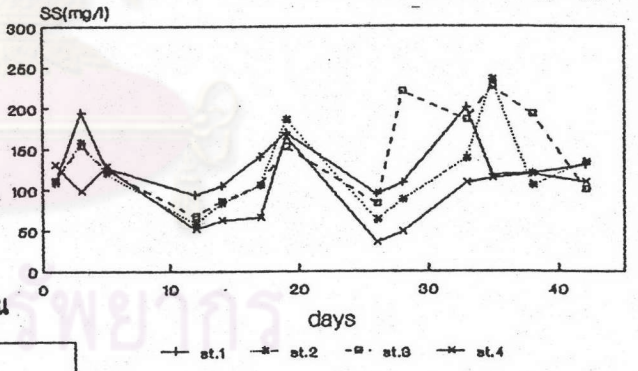
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



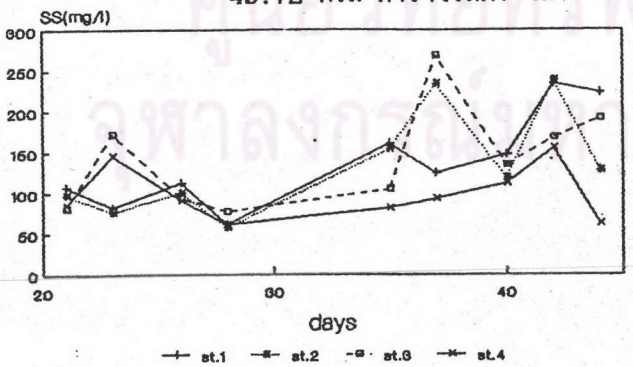
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

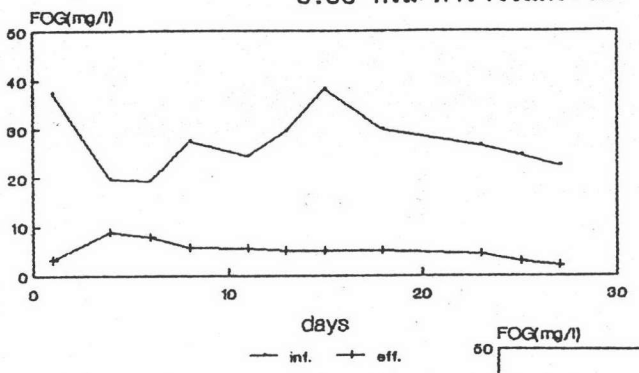


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

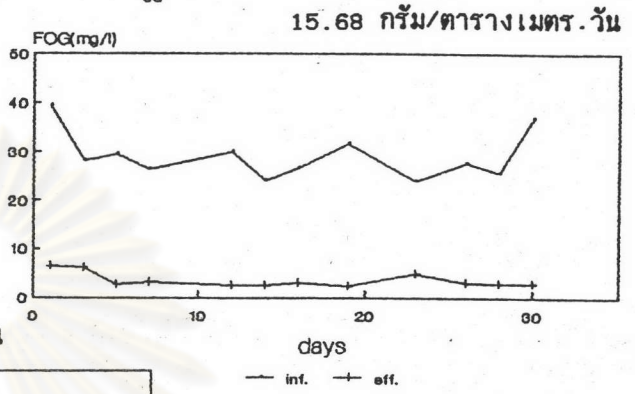


รูปที่ 5.8 การเปลี่ยนแปลงเอสเอสในแต่ละตอนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

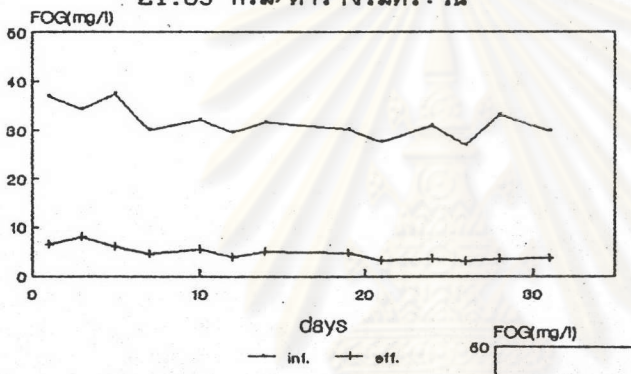
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



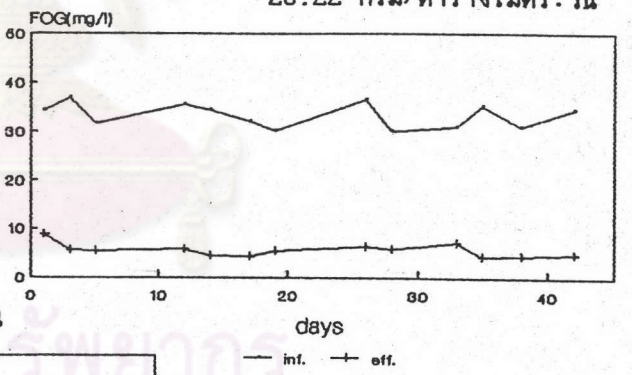
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



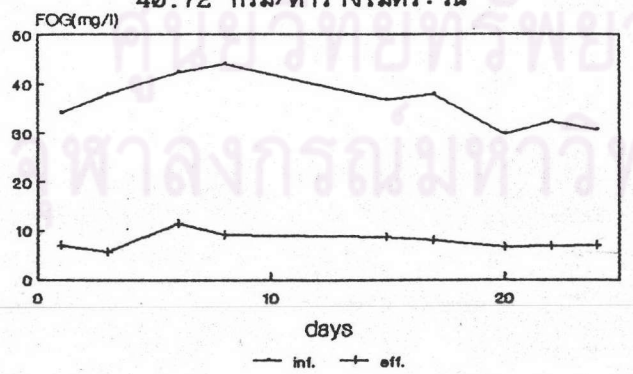
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



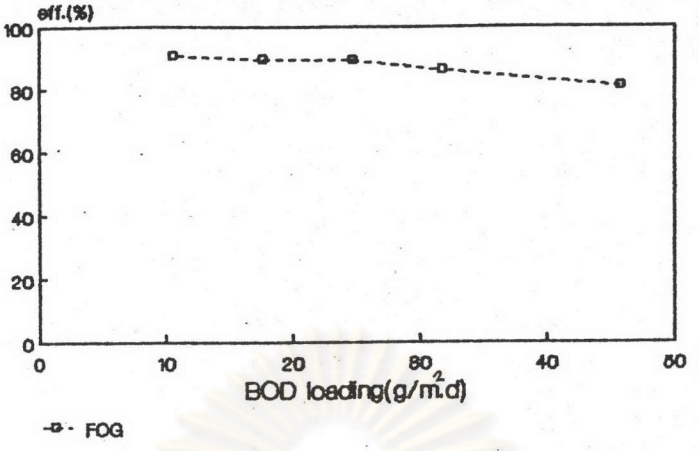
28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงเอฟโอจีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ



รูปที่ 5.10 ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟโอจีที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

และ 15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน) สารอินทรีย์ที่เข้าระบบมีปริมาณน้อยทำให้สามารถลดบีโอดีจนเหลือน้อยกว่า 30 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นบีโอดีที่สามารถเกิดไนตริฟิเคชั่นได้ (Johnson และ Krill, 1976) การเกิดไนตริฟิเคชั่นจึงเกิดค่อนข้างสมบูรณ์ทำให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสูง แต่เมื่อภาระบีโอดีสูง ๆ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบอาร์บีซีมีมากและไม่สามารถลดบีโอดีจนต่ำถึง 30 มิลลิกรัม/ลิตรได้ การเกิดไนตริฟิเคชั่นจึงเกิดไม่สมบูรณ์เปอร์เซ็นต์การกำจัดจึงลดลง

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5.13

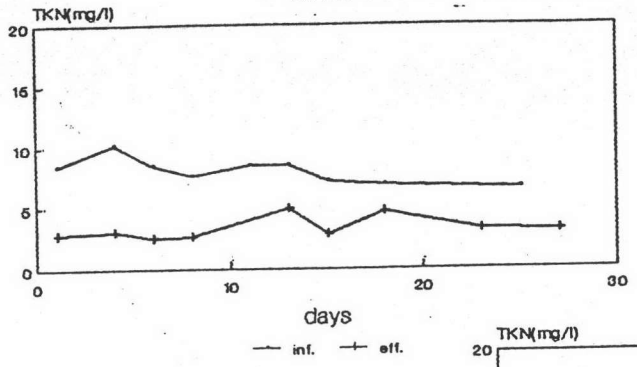
5.3.6 ผลกระทบต่อแอมโมเนียไนโตรเจน

ผลจากการทดลองทั้งหมด (รูปที่ 5.14) พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำที่ผ่านการบำบัดมีปริมาณมากกว่าในน้ำเสียก่อนเข้าระบบอาร์บีซี ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำที่ผ่านการบำบัดออร์กานิกไนโตรเจนในน้ำเสียเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน ในขณะที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของออร์กานิกไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนทำให้มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้อยกว่า

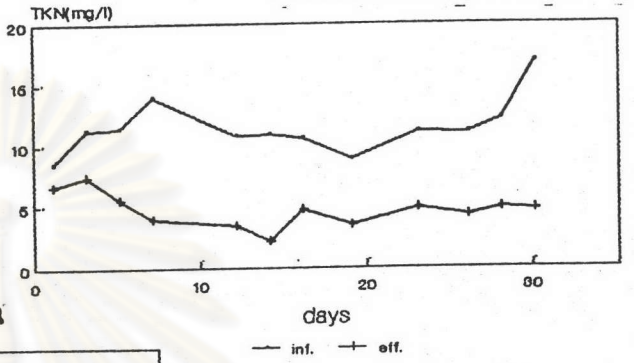
5.3.7 ผลกระทบต่อไนไตรท์ และไนเตรทไนโตรเจน

จากผลการทดลองจะเห็นว่าที่ภาระบีโอดีต่ำตั้งแต่ 9.36, 15.68 จนถึง 21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน จะมีปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนต่ำกว่าที่ภาระบีโอดีสูงคือ 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ในขณะที่ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 5.15 และ 5.16 นั่นแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นที่ค่าภาระบีโอดีต่ำเกิดได้อย่างสมบูรณ์กว่าที่ภาระบีโอดีสูง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณทีเคเอ็นที่ลดลงของภาระบีโอดี 3 ค่าแรกที่ลดลงได้มากกว่า 2 ค่าหลัง

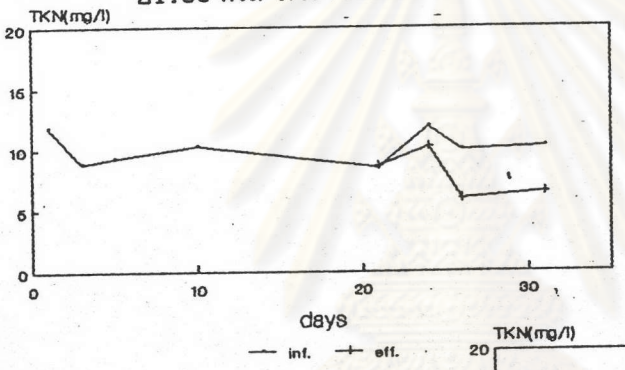
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



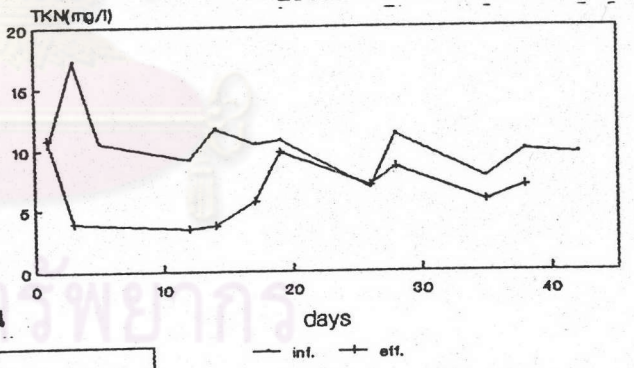
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



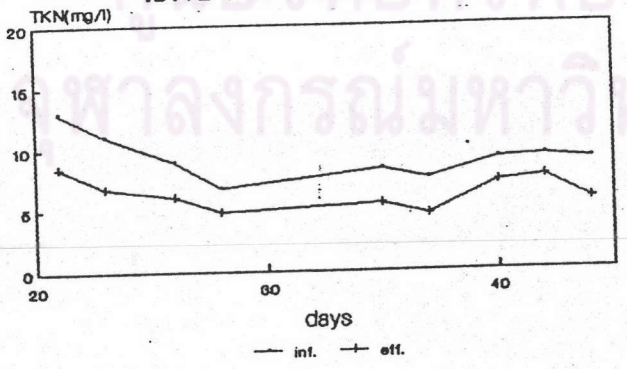
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

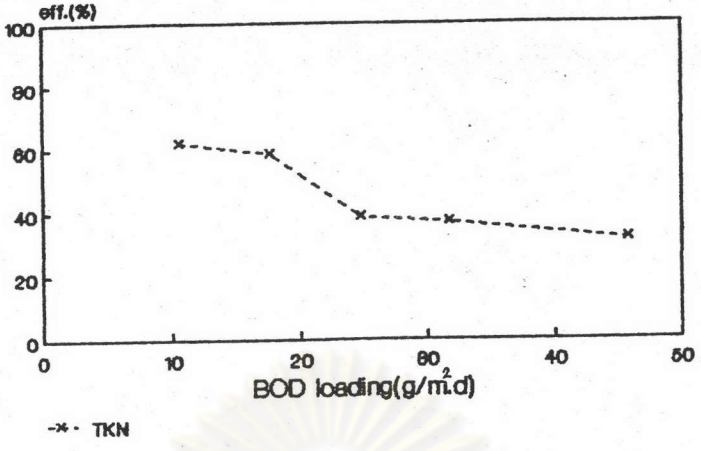


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

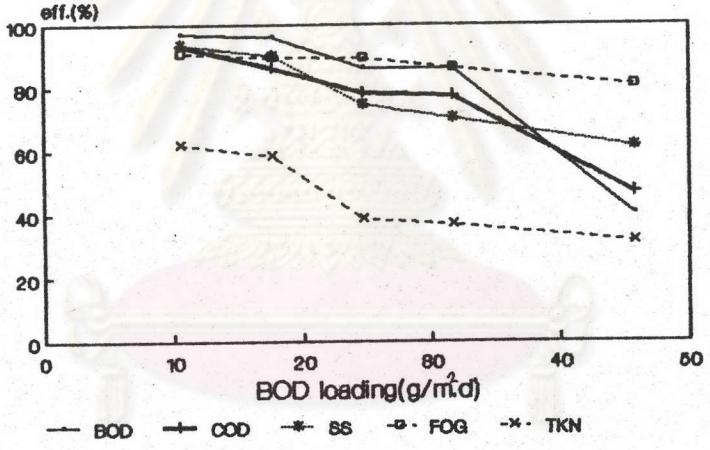


รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงทีเคเอ็นที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

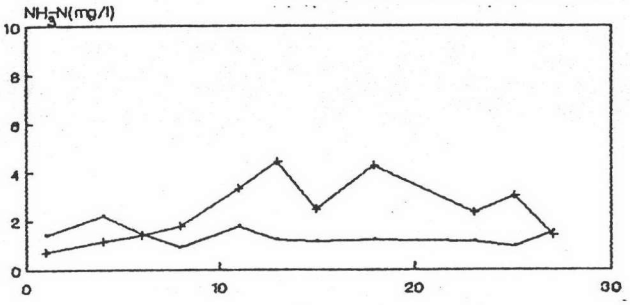


รูปที่ 5.13 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

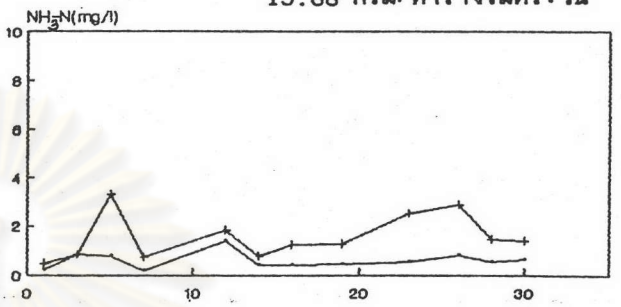
5.3.8 ผลกระทบต่อพีเอช

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าพีเอชที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95 และ 28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน ของน้ำที่ผ่านการบำบัดจะมีค่าสูงกว่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบอาร์บีซีอย่างชัดเจน นั่นคือพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.9 ส่วนพีเอชของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าระหว่าง 6-8 ดังแสดงในรูปที่ 5.17 ทั้งนี้เนื่องจากที่ภาระบีโอดีดังกล่าวกรดอินทรีย์ในน้ำเสียได้ถูกจุลชีพย่อยสลายไปจนเกือบหมด จึงทำให้พีเอชในน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงขึ้นและเมื่อภาระบีโอดีเท่ากับ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน จะเห็นได้ว่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบอาร์บีซีกับน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีพีเอชของน้ำที่ผ่าน

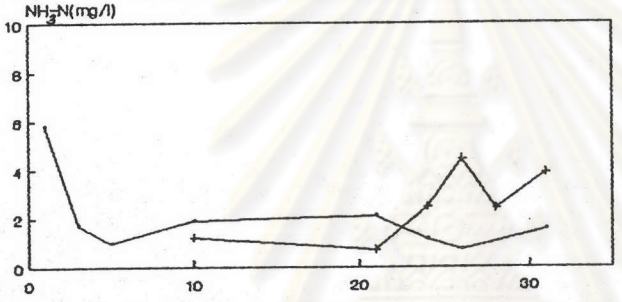
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



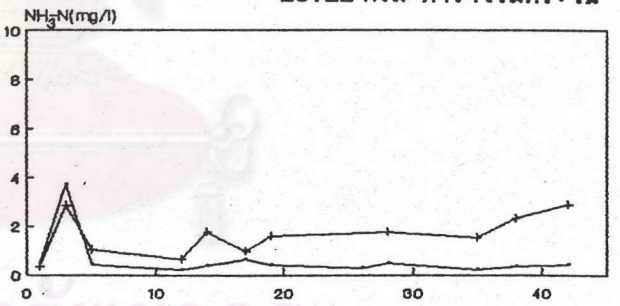
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



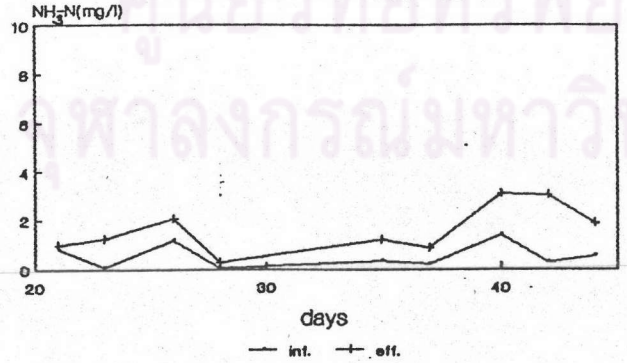
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



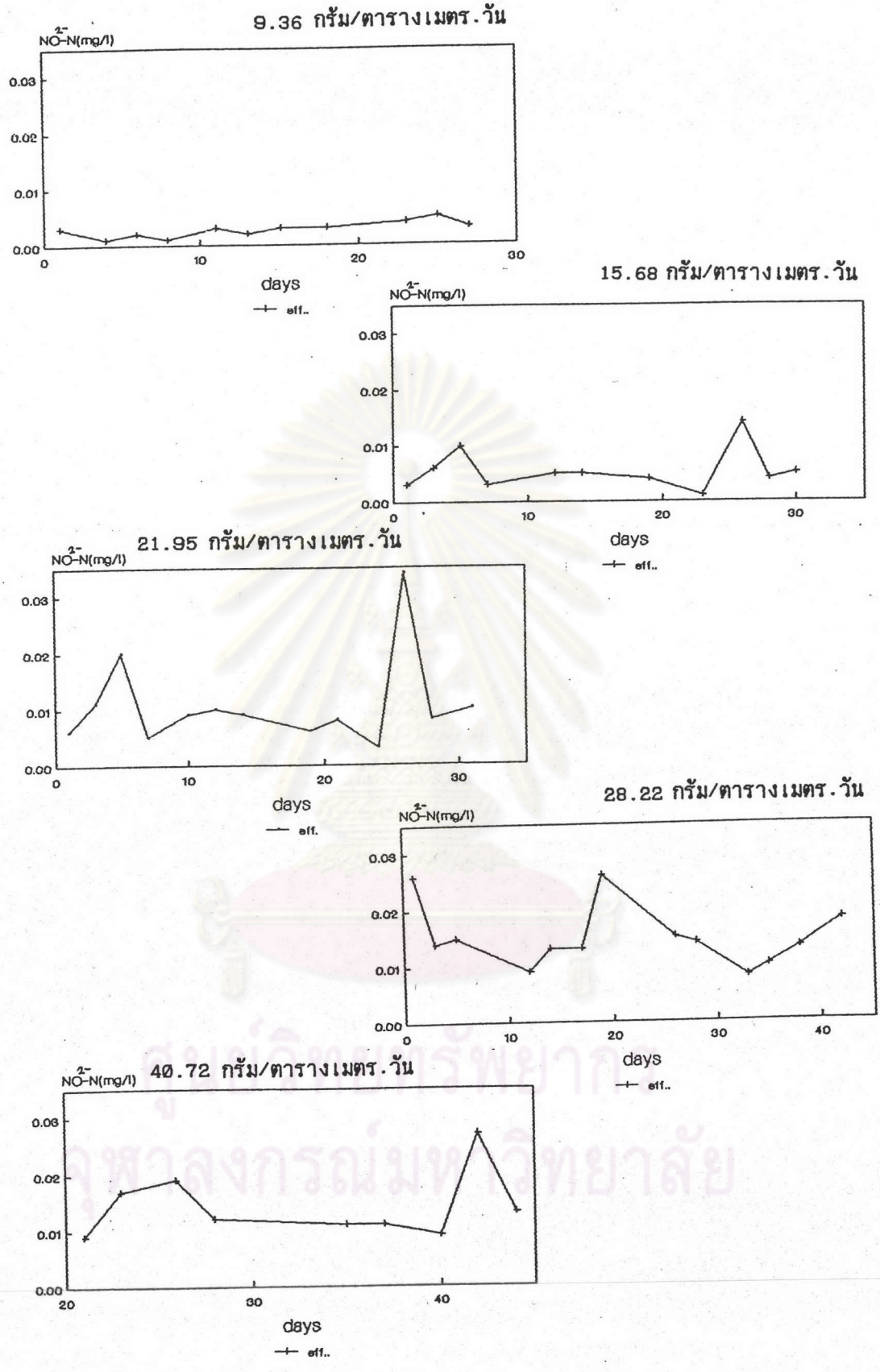
28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

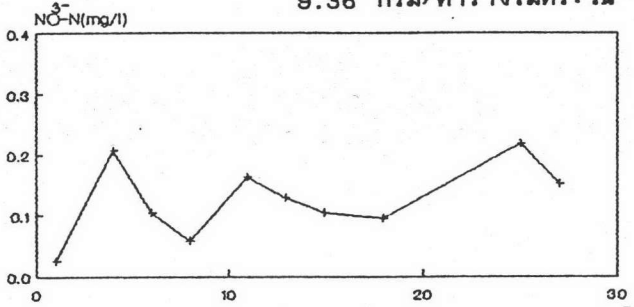


รูปที่ 5.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

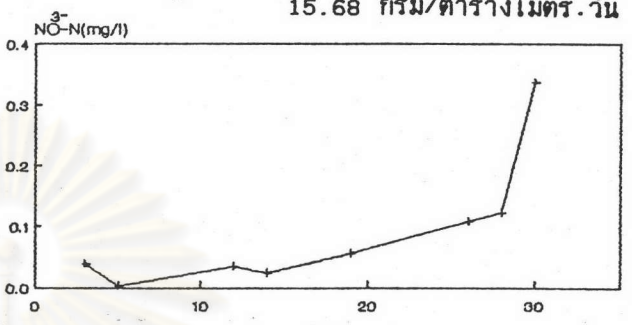


รูปที่ 5.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

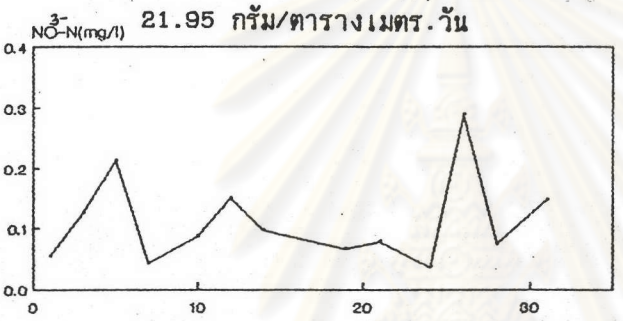
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



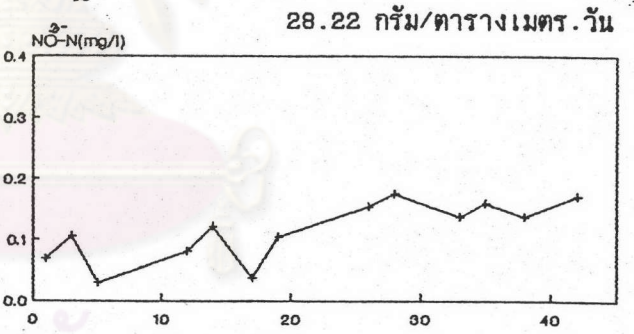
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



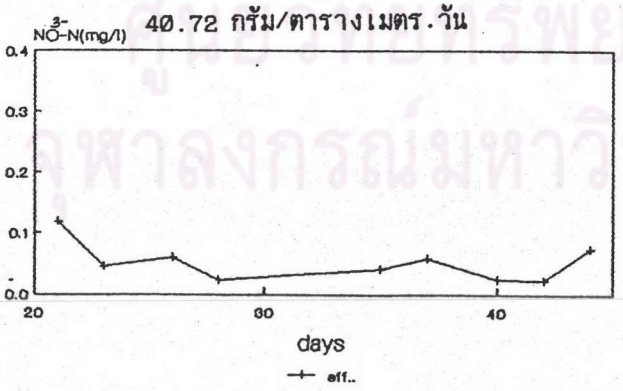
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

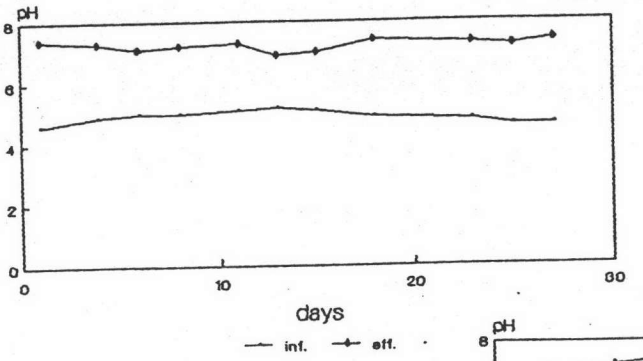


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

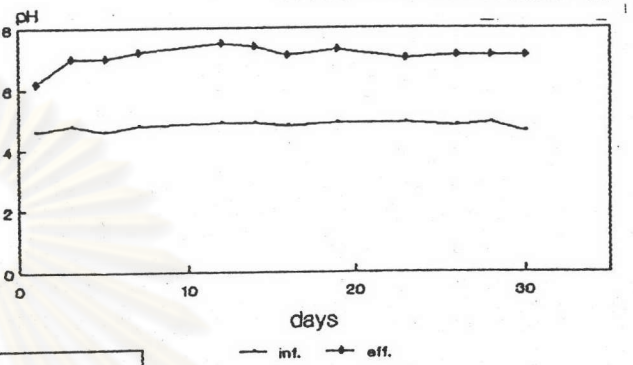


รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทไนโตรเจนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

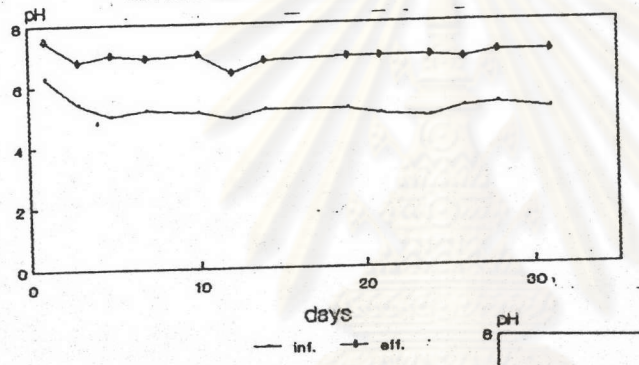
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



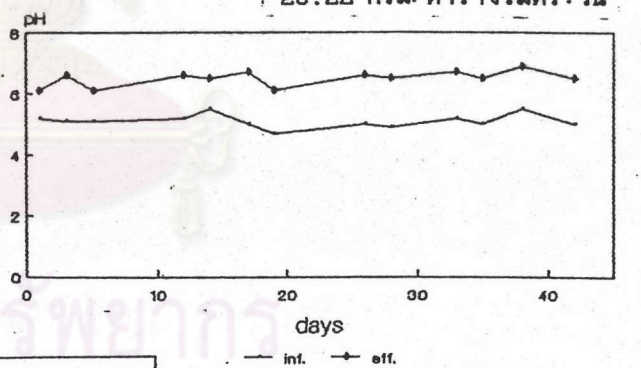
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



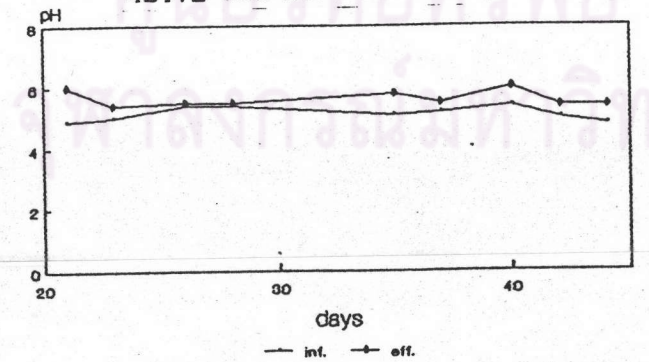
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.17 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

การบำบัดอยู่ในช่วงพีเอชเท่ากับ 5-6 เท่านั้น สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อภาระบีโอดีมีค่าสูง กรดอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณมากจนจุลชีพไม่สามารถย่อยสลายได้ทันจึงทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีพีเอชสูงอยู่ซึ่งการย่อยสลายไม่ทันนี้สังเกตได้จากค่าบีโอดี ซีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ยังสูงอยู่ กล่าวโดยสรุปแล้วการเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบกับน้ำที่ผ่านการบำบัดเมื่อมีภาระบีโอดีต่ำมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชมากซึ่งแปรผกผันกับภาระบีโอดีสูง

สำหรับค่าพีเอชในแต่ละตอนของระบบอาร์บีซีนั้น จะมีค่าสูงขึ้นแปรผันตามจำนวนตอนที่มากขึ้น กล่าวคือพีเอชของตอนที่ 1 จะมากกว่าตอนที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกันกับคำอธิบายข้างต้น (รูปที่ 5.18)

5.3.9 ผลกระทบต่ออุณหภูมิ

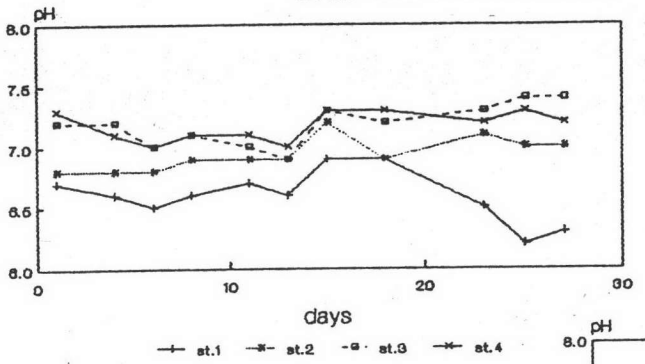
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในทุก ๆ ค่าภาระบีโอดี อุณหภูมิของน้ำเสียก่อนเข้าระบบจะสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำที่ผ่านการบำบัดและอุณหภูมิของน้ำในแต่ละตอนของระบบอาร์บีซีจะต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัด ดังแสดงในรูปที่ 5.19 และ 5.20

5.4 ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เกิดบนผิวตัวกลาง

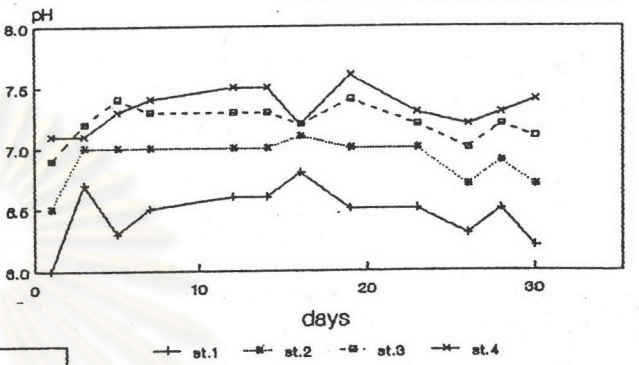
5.4.1 ลักษณะทางกายภาพ

จากการสังเกตุพบว่า เมือกจุลชีพจะมีความหนามากในตอนแรกของระบบ และความหนาของเมือกจุลชีพจะแปรผันตามค่าภาระบีโอดีที่เพิ่มขึ้น ส่วนสีของเมือกจุลชีพในแต่ละภาระบีโอดีจะมีทั้งสีขาวเทา น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม เรียงตามลำดับจากตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 4 ที่ค่าภาระบีโอดีต่ำ ๆ สีของเมือกจุลชีพจะมีสีน้ำตาลในปริมาณมาก เมือกจุลชีพเหล่านี้ประกอบด้วย Ciliates, Algae, Worm, Bacteria และ Rotifer และที่ค่าภาระบีโอดีที่สูงขึ้นเมือกสีน้ำตาลจะมีปริมาณลดลง แต่จะมีเมือกสีขาวเทาของจุลชีพพวก Fungi และ Bacteria โดยเฉพาะพวก Beggiatoa sp. เพิ่มมากขึ้นซึ่งตรงกับที่อ้างถึงโดย สุเมธ ชวเดช, 2530) ดังแสดงในภาพที่ 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 และ 5.5 ซึ่งเป็นภาพของลักษณะเมือกจุลชีพที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อภาระบีโอดีมีค่าต่ำปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบอาร์บีซีมีน้อย เมือกจุลชีพที่เกิดขึ้นจึงมีไม่มากนักและเมื่อเพิ่มค่าภาระบีโอดีสูงขึ้นปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบอาร์บีซีมีมากขึ้น เมือกจุลชีพที่เกิดขึ้นจึงมีปริมาณมากขึ้น ส่วนสีของเมือกจุลชีพเมื่อมีค่าภาระบีโอดีสูงขึ้นปริมาณเมือกสีน้ำตาลจะลดลงและเมือกสีขาวเทาจะมีปริมาณมากขึ้น

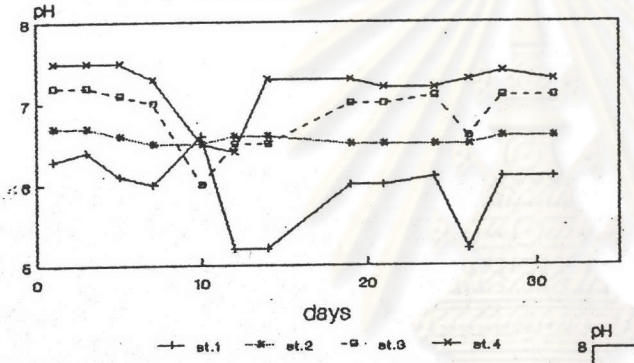
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



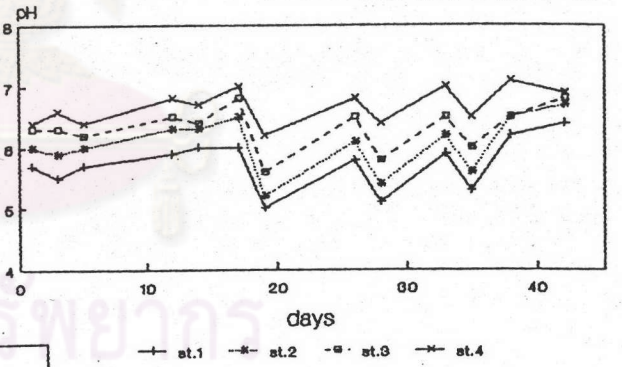
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



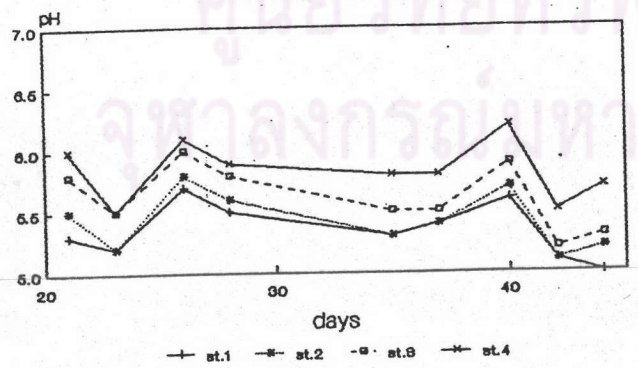
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

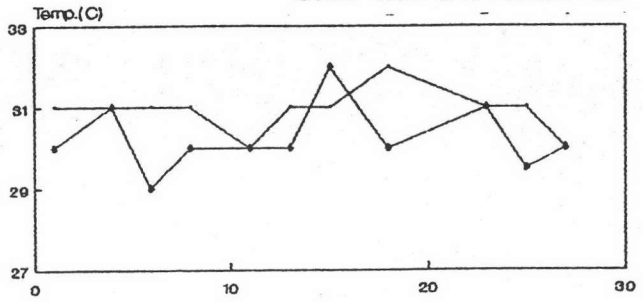


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

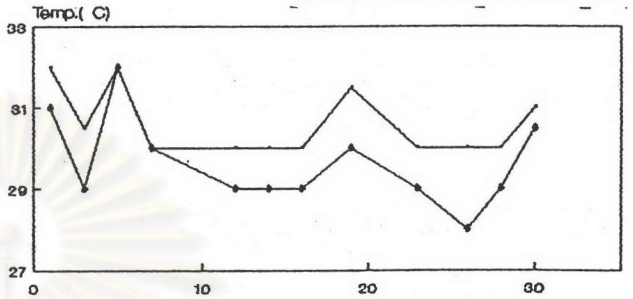


รูปที่ 5.18 การเปลี่ยนแปลงพีเอชในแต่ละตอนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

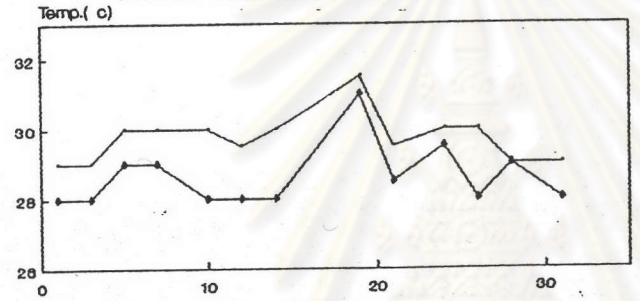
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



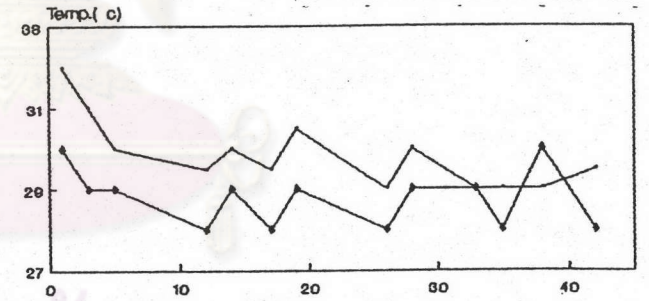
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



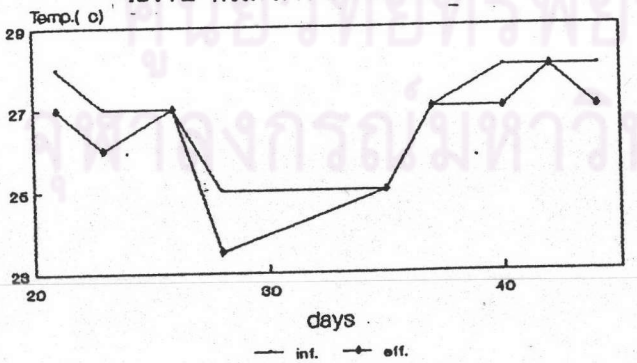
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน

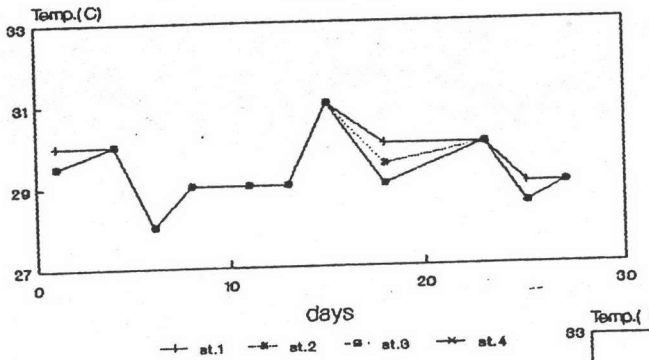


40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

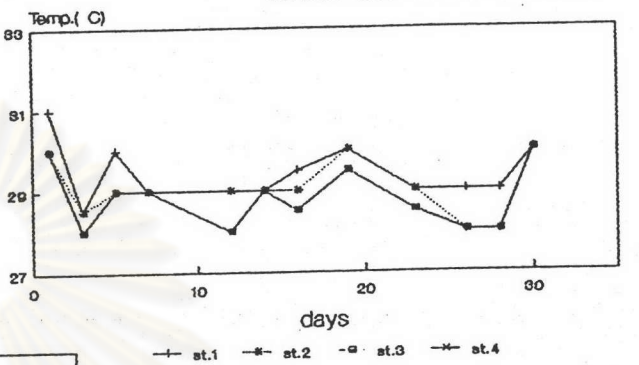


รูปที่ 5.19 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

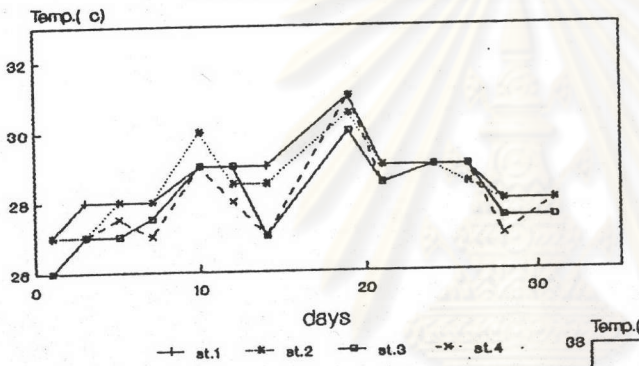
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน



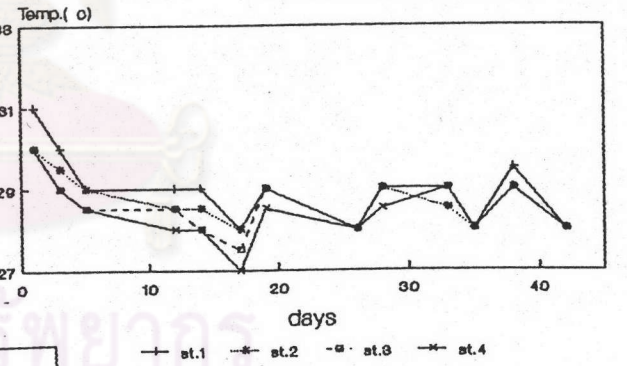
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน



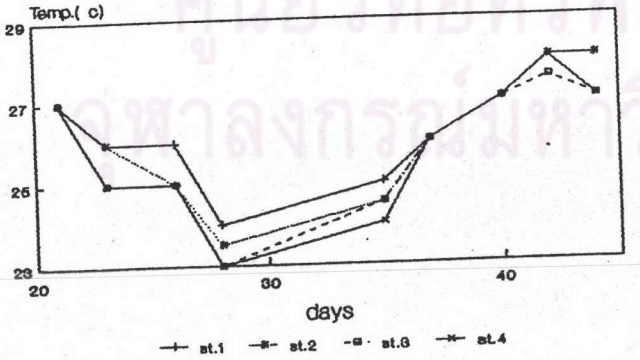
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน



28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน



รูปที่ 5.20 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละตอนที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบอาร์บีซีมีปริมาณสารอินทรีย์มาก ทำให้น้ำเสียมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ จุลชีพที่เกิดจึงเป็นสีขาวเทา ซึ่งเป็นจุลชีพที่อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนหรือกึ่งไร้ออกซิเจน ในตอนหลัง ๆ สารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลงปริมาณออกซิเจนมีเพียงพอจึงมีเมือกจุลชีพสีน้ำตาลเกิดขึ้นซึ่งเป็นจุลชีพที่อยู่ในสภาพต้องการออกซิเจน

5.4.2 ชนิดของสิ่งมีชีวิตบนผิวตัวกลาง

ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่เกิดบนผิวตัวกลางที่ภาระบีโอดีต่ำ (9.36 และ 21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน) พบสิ่งมีชีวิตประเภทแบกทีเรีย ยูกลีนา แอนนาบีนา อมีบา และพารามีเซียมมาก นอกจากนี้ยังพบ Algae และ Worms บ้างเล็กน้อยในตอนแรกของระบบ ส่วนในตอนถัดไปพบอมีบา และพารามีเซียมน้อยลงแต่พบวอร์ติเซลลามาก และตอนสุดท้ายพบโรติเฟอร์ ส่วนที่ภาระบีโอดีสูงขึ้น (28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน)ในตอนแรกของระบบพบรา และแบกทีเรียมาก ตอนถัดมาพบอมีบา และพารามีเซียม ส่วนในตอนสุดท้ายพบพวกวอร์ติเซลลาแต่ไม่พบโรติเฟอร์ แสดงให้เห็นว่าที่ภาระบีโอดีต่ำสิ่งมีชีวิตที่เกิดบนผิวของแผ่นตัวกลางเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดที่ต้องการออกซิเจน ที่ค่าภาระบีโอดีสูงสิ่งมีชีวิตจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนในตอนท้าย ๆ และเป็นกึ่งไร้ออกซิเจนในตอนต้น ๆ

5.5 <u>คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร</u>

5.5.1 บีโอดี

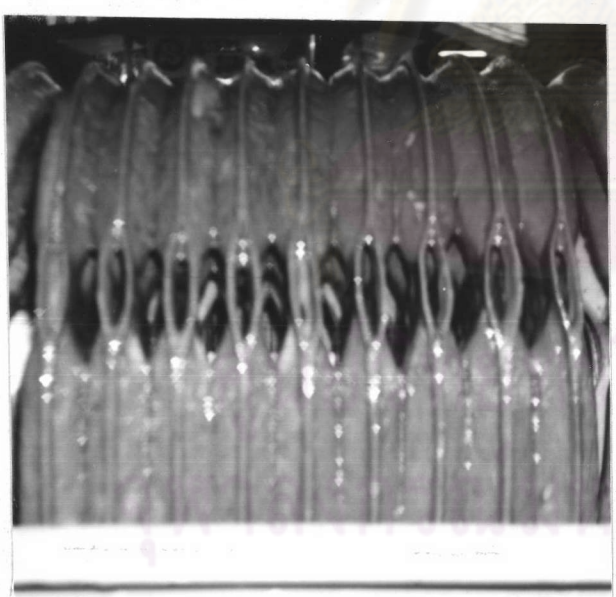
ค่าบีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดเท่ากับ 11.88, 19.45, 80.84, 72.75 และ 467.33 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารของภัตตาคารหรือโรงอาหารประเภท ข (มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร และรายละเอียดการแบ่งประเภทของภัตตาคาร/โรงอาหารแสดงตังตารางที่ ผ.1) พบว่าที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36 และ 15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน บีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ในระดับมาตรฐาน(30 มิลลิกรัม/ลิตร) ส่วนที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 21.95, 28.22 และ40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน บีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดจะมีค่าสูงกว่าระดับมาตรฐาน แต่ถ้าเป็นโรงอาหารประเภท ง ซึ่งมีบีโอดีที่ยอมให้ปล่อยลงแหล่งน้ำได้ถึง 90 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าทุกภาระบีโอดียกเว้น 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วันบีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ในระดับมาตรฐาน

5.5.2 เอสเอส

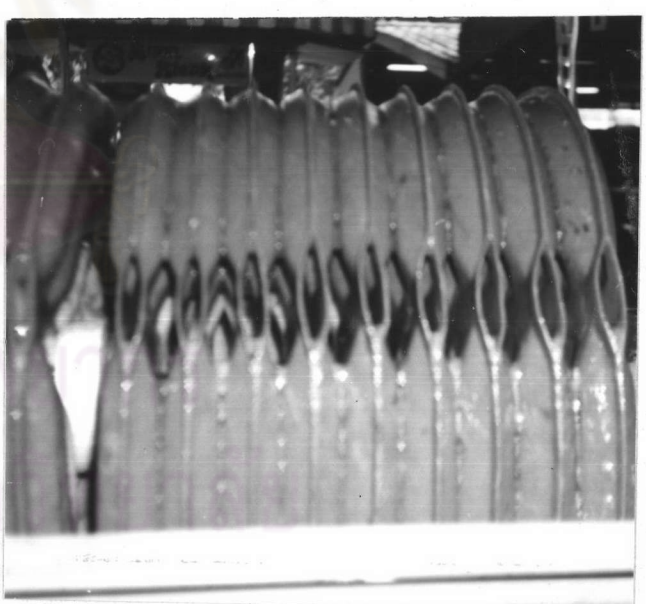
เอสเอสของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเท่ากับ 7.0, 10.80, 29.70, 35.50

ตอนที่ 1

ตอนที่ 2



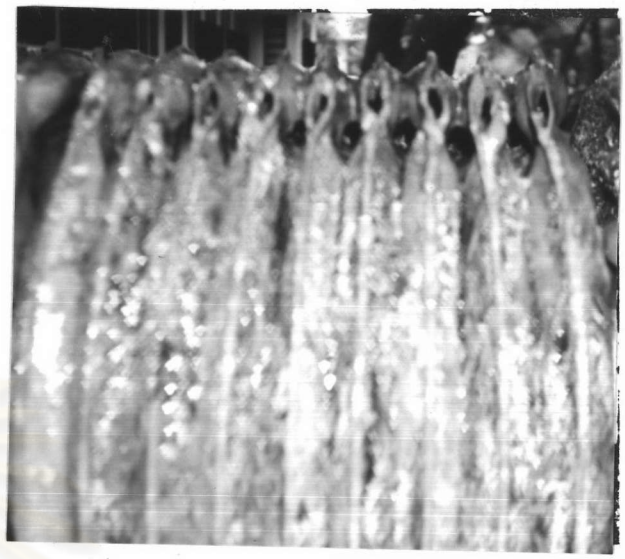
ตอนที่ 3



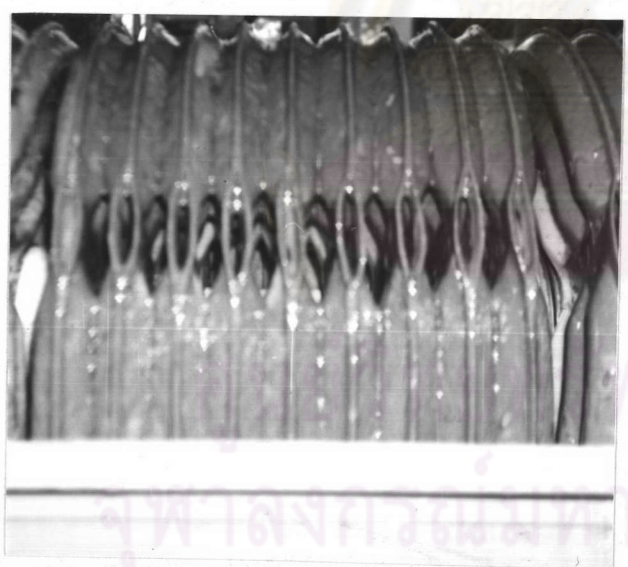
ตอนที่ 4

ภาพที่ 5.1 ลักษณะทางกายภาพของเมือกจุลชีพที่ภาระบีโอดี
9.36 กรัม/ตารางเมตร.วัน

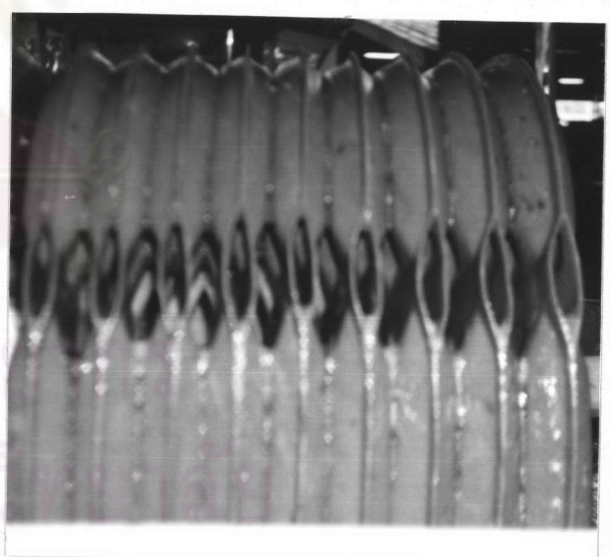
ตอนที่ 1



ตอนที่ 2



ตอนที่ 3



ตอนที่ 4

ภาพที่ 5.2 ลักษณะทางกายภาพของเมือกจุลชีพที่ภาระบีโอดี
15.68 กรัม/ตารางเมตร.วัน

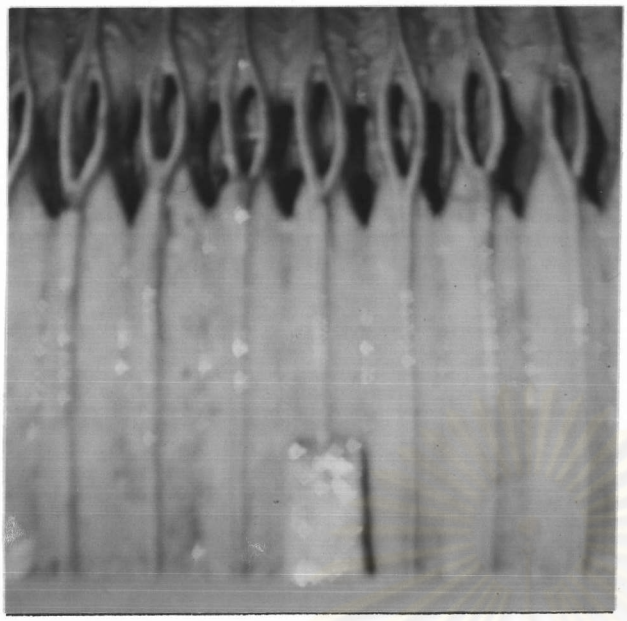
ตอนที่ 1

ตอนที่ 2

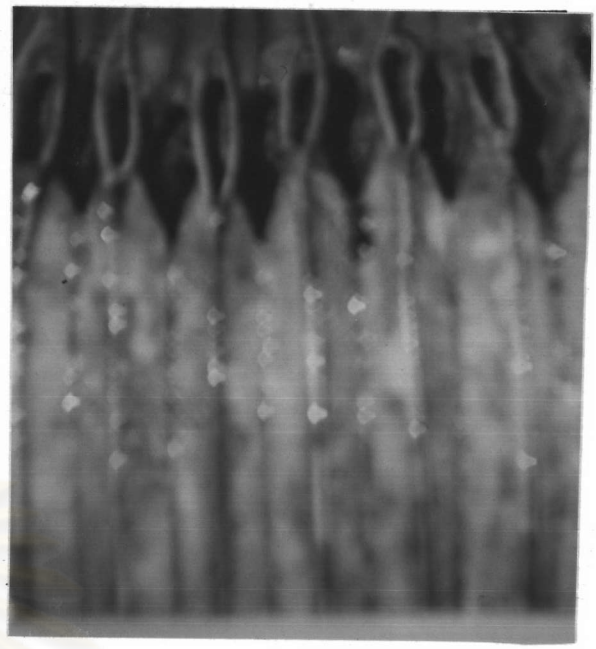
ตอนที่ 3

ตอนที่ 4

ภาพที่ 5.3 ลักษณะทางกายภาพของเมือกจุลชีพที่ภาระบีโอดี
21.95 กรัม/ตารางเมตร.วัน

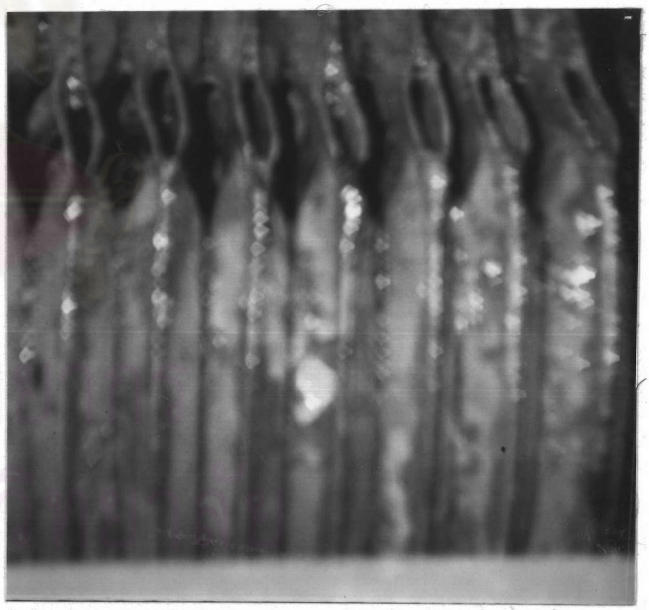


ตอนที่ 1



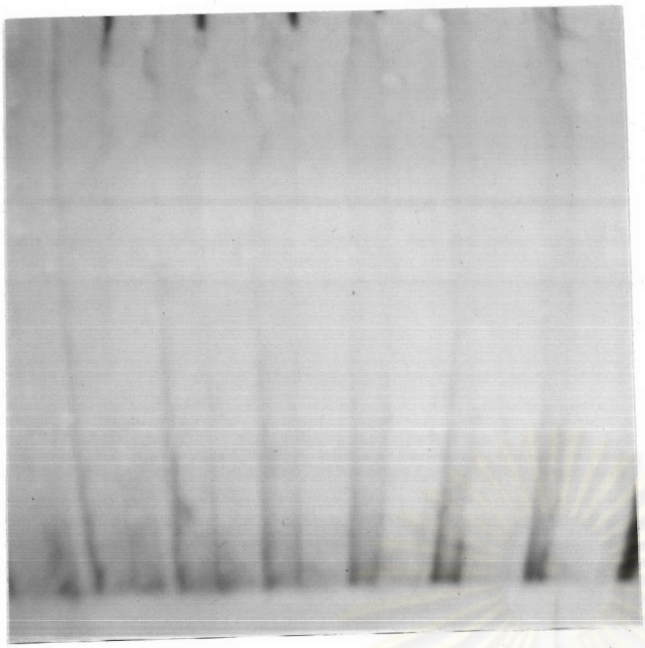
ตอนที่ 2

ตอนที่ 3

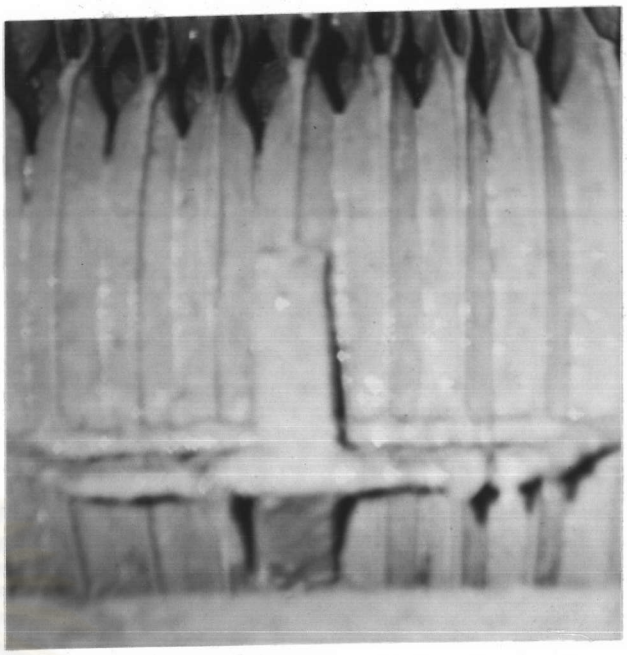


ตอนที่ 4

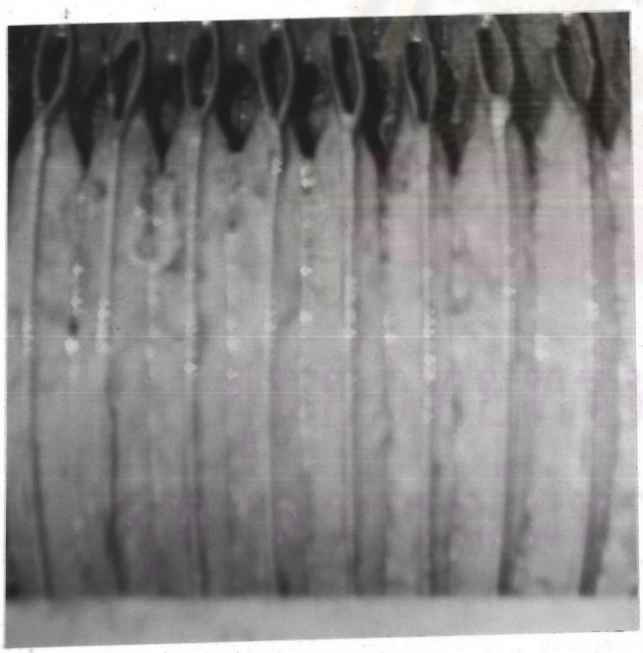
ภาพที่ 5.4 ลักษณะทางกายภาพของเมือกจุลชีพที่ภาระบีโอดี
28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน



ตอนที่ 1



ตอนที่ 2



ตอนที่ 3

ตอนที่ 4

ภาพที่ 5.5 ลักษณะทางกายภาพของเมือกจุลชีพที่ภาระบีโอดี
40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน

และ 62.37 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานของเอสเอสซึ่งมีค่าไม่เกิน 40 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95 และ 28.22 กรัม/ตารางเมตร.วัน ค่าเอสเอสของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ส่วนค่าเอสเอสของน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน จะมีค่าสูงกว่าระดับมาตรฐาน

5.5.3 ออร์กานิกไนโตรเจน

ค่าออร์กานิกไนโตรเจนของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเท่ากับ 5.56, 3.16, 5.16, 4.95 และ 4.67 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับจะเห็นได้ว่าในทุกภาระบีโอดีค่าออร์กานิกไนโตรเจนจะอยู่ในระดับมาตรฐานคือไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร

5.5.4 เอฟโอจี

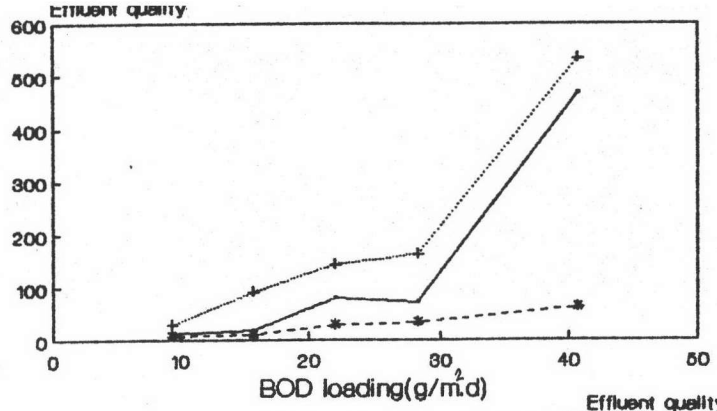
ค่าเอฟโอจีของน้ำที่ผ่านการบำบัดเท่ากับ 2.47, 2.98, 3.38, 4.58 และ 6.87มิลลิกรัม/ลิตรที่ภาระบีโอดีเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร.วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเอฟโอจีของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ในระดับมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารทุกค่าภาระบีโอดี (ระดับมาตรฐานของเอฟโอจีไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร)

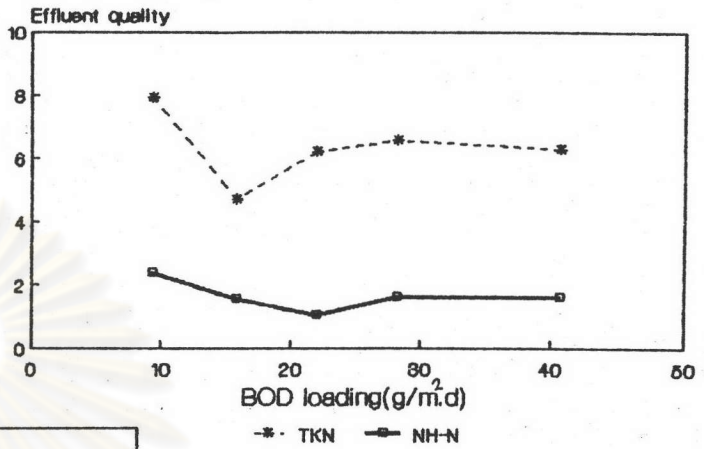
5.5.5 พีเอช

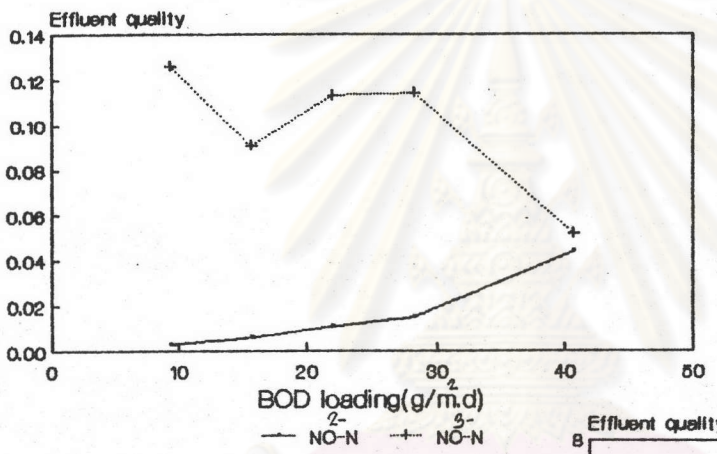
พีเอชของทุกค่าภาระบีโอดีมีค่าระหว่าง 5.6-7.2 ซึ่งอยู่ในระดับมาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารคือ 5-9

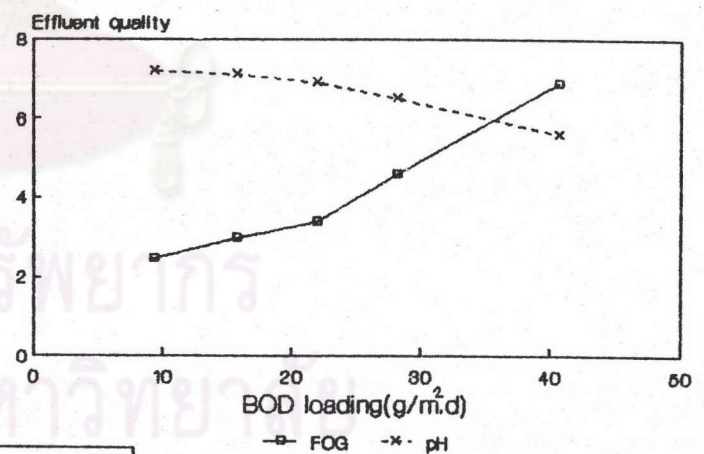
การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารแสดงดังตารางที่ 5.4 คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5.13

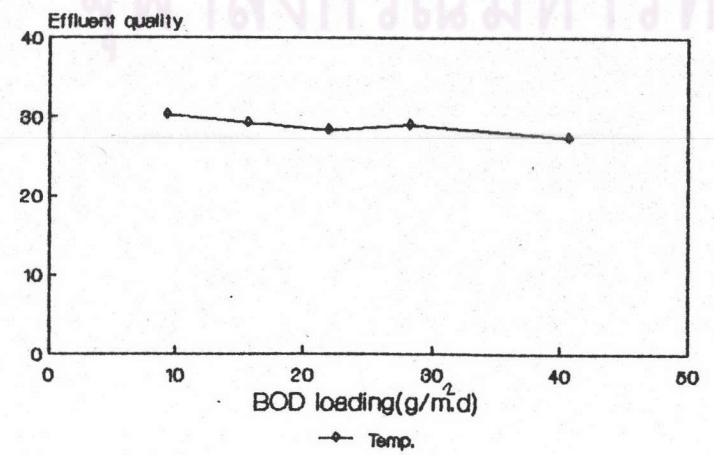
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย











รูปที่ 5.21 คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ภาระบีโอดีต่าง ๆ

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร

ตัวแปร	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง		ภาระบีโอดี (กรัม/ตารางเมตร.วัน)				
	ประเภท ข	ประเภท ง	9.36	15.68	21.95	28.22	40.72
บีโอดี	30	90	11.88	19.45	80.84	72.75	467.33
เอสเอส	40	-	7.0	10.8	29.7	35.5	62.37
ออร์กานิคไนโตรเจน	10	-	5.56	3.16	5.16	4.95	4.67
เอฟโอจี	20	-	2.47	2.98	3.38	4.58	6.87
พีเอช	5-9	-	7.2	7.1	6.9	6.5	5.6

หมายเหตุ หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้นพีเอช

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย