

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การทดลองนี้ เริ่มการทดลองและเก็บข้อมูลเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2534 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2535 รวมระยะเวลาประมาณ 6 เดือน โดยมีรายละเอียดในแต่ละการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิด ไตซ์ เบด

ความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิด ไตซ์ เบด คือ ความเร็วของของไหลที่ผ่านเข้าไปในถึงปฏิกรณ์ที่มีอนุภาคตัวกลาง (ทราย) บรรจุอยู่แล้วทำให้อนุภาคตัวกลางเริ่มขยับตัวเคลื่อนที่ผิวบนของอนุภาคตัวกลางที่เคยไม่เรียบก็จะเรียบเสมอกันอยู่ในแนวระนาบ ซึ่งในการทดลองนี้ทำโดยการเพิ่มความเร็วไหลขึ้นของน้ำไปเรื่อยๆ พร้อมกับอ่านค่าความดันลดที่เกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะพบว่าที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำหนึ่ง กลุ่มอนุภาคทรายจะเริ่มขยับตัว ผิวบนสุดของอนุภาคทรายเรียบเสมอกันอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน ซึ่งค่าความเร็วไหลขึ้นของน้ำนี้จะทำให้ค่าความดันลดที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยมาก กล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ แม้จะมีการเพิ่มความเร็วจนไหลขึ้นของน้ำมากกว่านี้อีกหลายเท่า ค่าความดันลดที่เกิดขึ้นก็ยังคงที่เท่าเดิม เช่นเดียวกับช่วงของความเร็วจนต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิด ไตซ์ เบด ความดันลดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 500.48 เซ็นติเมตรของน้ำ

จากรูปที่ 4.1 พบว่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิด ไตซ์ เบดมีค่าเท่ากับ 14.96 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากการศึกษาของ Chatib, B. et. al., (1977) ที่พบว่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิด ไตซ์ เบดเท่ากับ 13.8 เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของอนุภาคตัวกลาง ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีค่าความหนาแน่นที่ไม่เท่ากัน แต่เมื่อเทียบกับค่าคำนวณตามสมการที่ 2.15 โดยใช้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของทรายเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 มิลลิเมตร (0.48 - 0.60 มิลลิเมตร) จะได้ความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิด ไตซ์ เบดเท่ากับ 11.80 เมตรต่อชั่วโมง ก็จะพบว่าผลการทดลองนี้ให้ค่าที่มากกว่าการคำนวณ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความคาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองและปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบ เช่น อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ ไม่สมบูรณ์และไม่ละเอียดพอ เป็นต้น

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วไหลชั้นของน้ำกับความดันลดที่เกิดขึ้น

อันดับ	อัตราการไหลของน้ำ มล./นาที	ความเร็วไหลชั้นของน้ำ เมตร/ชั่วโมง	ความดันลด, ΔP_{bed} ซม. ของน้ำ
1	78.50	1.03	149.60
2	95.50	1.26	158.49
3	110.00	1.45	176.80
4	151.00	1.99	199.52
5	191.00	2.51	223.87
6	240.00	3.16	251.19
7	303.00	3.99	269.15
8	400.00	5.26	312.80
9	505.00	6.65	340.00
10	650.00	8.55	350.19
11	750.00	9.87	398.48
12	900.00	11.84	446.08
13	1,280.00	16.84	497.08
14	1,730.00	22.76	499.12
15	2,200.00	28.95	500.48
16	3,500.00	46.05	500.48
17	4,500.00	59.21	500.48
18	6,000.00	78.95	500.48
19	8,100.00	106.58	500.48
20	9,400.00	123.68	500.48

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอด (COD) กับบีโอด (BOD₅) ของน้ำเสียสังเคราะห์

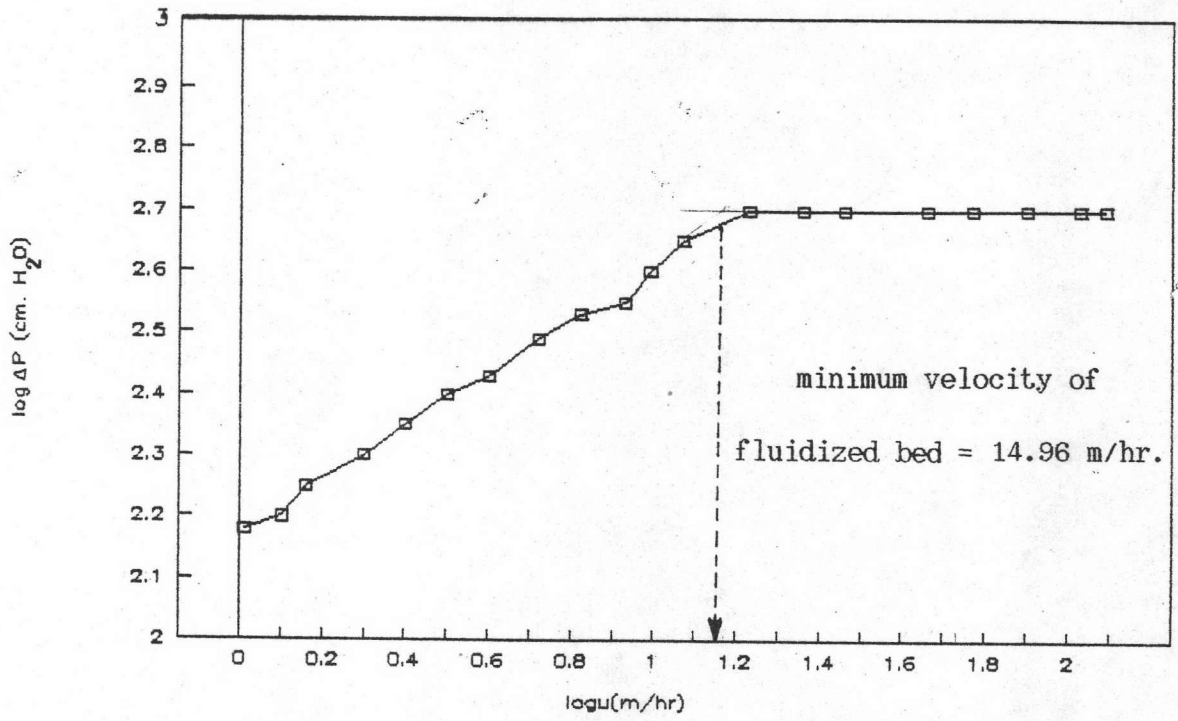
จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 พบว่าอัตราส่วนของซีโอดต่อบีโอด มีค่าอยู่ระหว่าง 1.46 ถึง 1.53 (ค่าเฉลี่ยประมาณ 1.49) และแสดงสัมพันธ์ระหว่างซีโอดกับบีโอดในลักษณะของสมการเส้นตรงคือ BOD₅ เท่ากับ 0.68 (COD) - 2.60

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดกับบีโอดของน้ำเสียสังเคราะห์

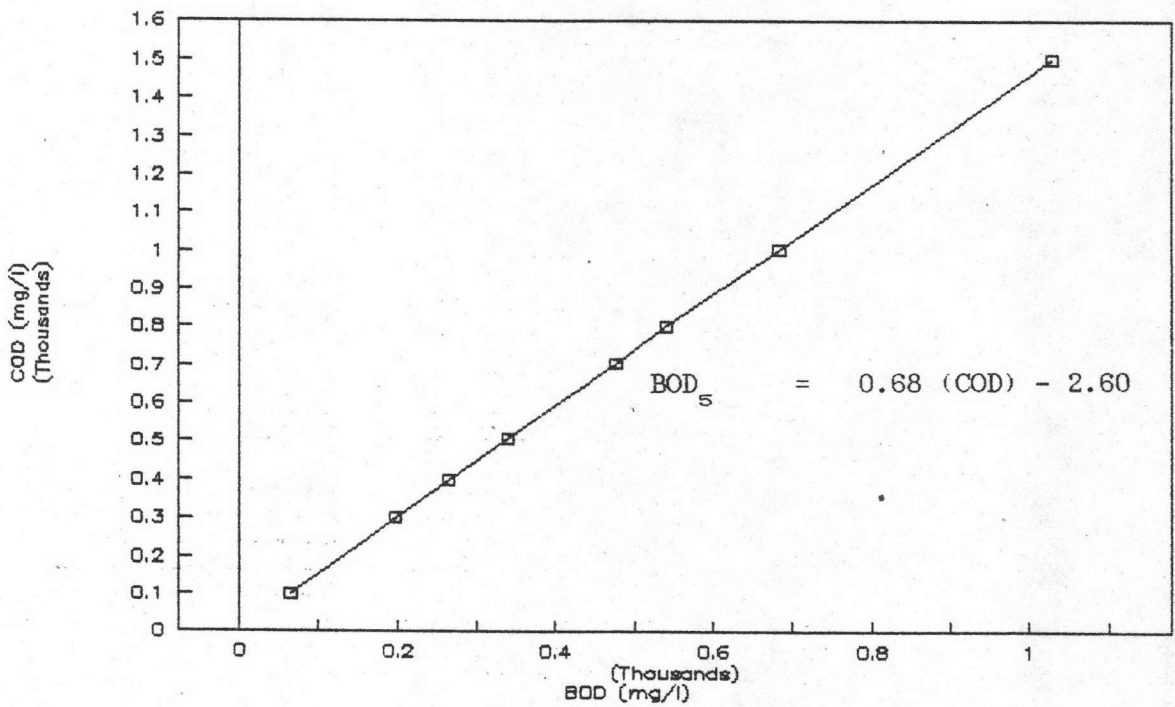
อันดับ	ซีโอด, มก./ล.	บีโอด, มก./ล.
1	98.07	64.43
2	301.76	197.65
3	399.83	264.69
4	505.45	338.81
5	701.59	475.68
6	799.66	539.77
7	1003.35	682.51
8	1501.26	1028.36

4.3 ผลการบำบัดน้ำเสียและวิจารณ์

การทดลองการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน โดยกระบวนการผลิตไคซ์เบด ที่มีทรายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.48-0.60 มิลลิเมตรเป็นอนุภาคตัวกลาง เริ่มต้นโดยการนำตะกอนจุลินทรีย์ที่จะนำมาเป็นหัวเชื้อ (Seed) จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนที่มีความใกล้เคียงกันกับการทดลอง เช่น ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) มาทำการปรับให้คุ้นเคย (Acclimatized) กับน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนแล้วเริ่มการเลี้ยงจุลินทรีย์ โดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์ประมาณ 1 ลิตร ใส่ในถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบด พร้อมกับการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องสูบน้ำแบบรีดสายจากความเข้มข้นของซีโอดประมาณ 100 มก./ลิตร และเพิ่มความเข้มข้นจนได้ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละการทดลองคือ 300 และ 500 มก./ลิตร ในขณะที่เดียวกันก็จะเป่าอากาศเข้าไปในถังหมนเวียนน้ำกลับด้วย เพื่อเป็นการให้



รูปที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วไหลขึ้นของน้ำและความดันตก



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและบีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์

ออกซิเจนแก่ระบบ หลังจากนั้นประมาณ 3 วันจึงเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ตัวอย่างแบบต่อเนื่องติดต่อกันทุกวัน

4.3.1 พีเอช (pH)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า พีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ น้ำจากถังหมัก เวียนน้ำกลับและน้ำที่ออกจากระบบ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.3-4.5 เป็นค่าพีเอชที่แปรเปลี่ยนอยู่ระหว่าง 6.5-8.0 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่อยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์สามารถมีชีวิตอยู่ได้และเจริญเติบโตได้ดี ดังจะเห็นจากค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชในแต่ละการทดลองตามตารางที่ 4.3

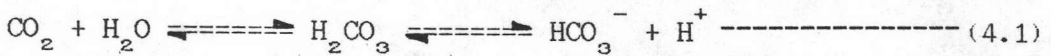
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของพีเอชน้ำเสียเข้า น้ำในถังหมัก เวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบ

การทดลองที่	ปริมาตรบรรทุกน้ำเสียเข้า กก.ซีโอไซด์/ลบ.ม. วัน	พีเอช		
		น้ำเสียเข้า	ถังหมัก เวียนน้ำกลับ	น้ำออก
1	3.83	7.09	7.45	7.47
2	6.77	7.00	7.59	7.64
3	4.81	7.06	7.71	7.70
4	8.27	6.95	7.87	7.84
5	5.92	7.05	7.75	7.73
6	9.84	6.85	7.77	7.76

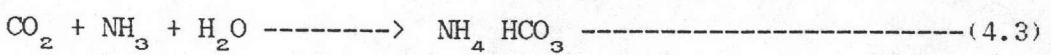
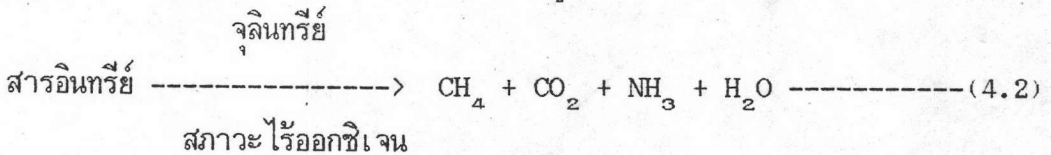
จากทุกการทดลอง จะเห็นว่าน้ำเสียที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบมีค่าพีเอชไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในแต่ละวัน ตามที่แสดงในรูปที่ 4.3-4.5 พบว่ามีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.50-7.45 เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากสารประกอบตามตารางที่ 3.2 ซึ่งสารประกอบแต่ละตัวเมื่อละลายน้ำจะมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน กลาง หรือด่างอ่อนเป็นส่วนใหญ่ และสารประกอบบางตัวเมื่อแตกตัวอยู่ในน้ำก็จะเพิ่มพีเอชให้แก่น้ำเสีย อาทิเช่น ไปรอตัสเซียม ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต

(KH_2PO_4) แยกตัวให้ฟอสเฟตบัพเฟอร์ (H_2PO_4^-) เป็นต้น ดังนั้น ค่าพีเอชของน้ำเสียจึงขึ้นกับค่าพีเอชของน้ำประปาที่นำมาใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์เป็นหลัก และสารปรับพีเอชให้ได้ตามที่ ต้องการ โดยใช้สารละลาย 5% กรดซัลฟูริก ทั้งนี้เนื่องจากน้ำประปาในหอปฏิบัติการที่ใช้เตรียม มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 7.65-7.85

ส่วนค่าพีเอชของน้ำในถังหมัก เวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ดังจะเห็นจากรูปที่ 4.3-4.5 และตารางที่ 4.3 ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างน้ำที่เก็บมานั้นเป็นน้ำที่ออกจากถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดเหมือนกัน แตกต่างกันก็ตรงที่น้ำในถังหมัก เวียนน้ำกลับจะได้รับการเป่าอากาศที่มากกว่าเท่านั้น ดังนั้นจึงอาจมองเป็นภาพรวมได้ว่าค่าพีเอชทั้งสองตำแหน่งมีค่าที่เท่ากัน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบก็จะพบว่าค่าพีเอชสูงขึ้น คาดว่าเนื่องจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน ได้ผลผลิตเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เรียกว่ากรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid) แต่กรดคาร์บอนิกเป็นกรดที่มเสถียรภาพต่ำ จึงสามารถแตกตัวได้เป็นไบคาร์บอเนต ตามสมการที่ 4.1

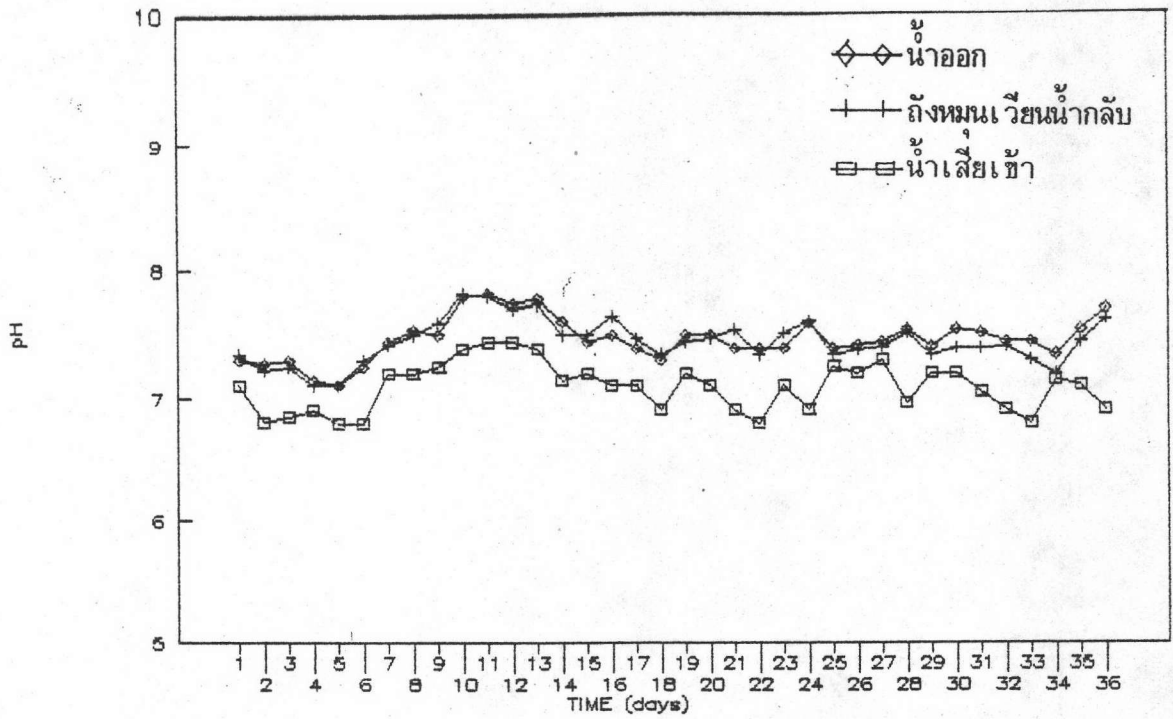


และเกิดจากจุลินทรีย์บางส่วนที่ตกตะกอนอยู่ที่ช่องว่างอนุภาคทราย และที่เกาะติดอยู่บนอนุภาคทรายจนเป็นชั้นฟิล์มหนาก่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน ทำให้ได้แอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ตามสมการที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด และระบายทิ้งออกจากระบบมีค่าสูงขึ้น

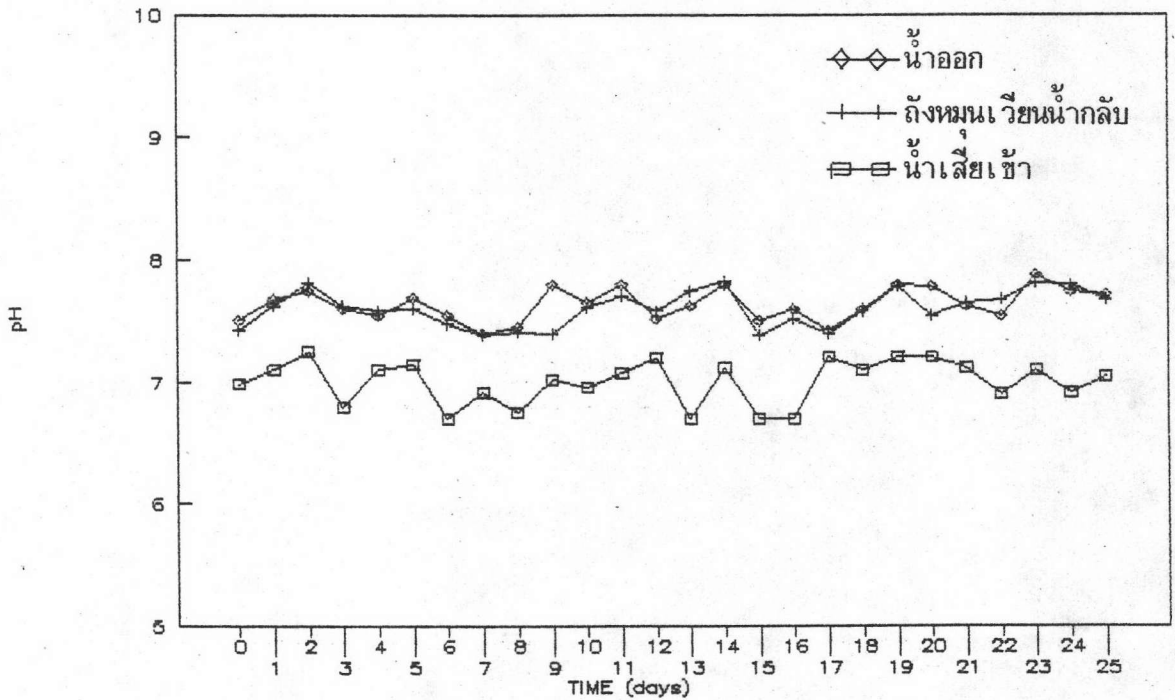


4.3.2 สภาพความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ น้ำจากถังหมัก เวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6-4.8 เป็นค่าสภาพความเป็นด่างรวมที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น - ลงตามค่าพีเอชที่มีการแปรเปลี่ยนในแต่ละวัน พบว่าอยู่ในช่วงระหว่าง 71-158 มก./ลิตร CaCO_3 และจะเห็นจากค่าเฉลี่ยของสภาพความเป็นด่างรวมในแต่ละการทดลองตามตารางที่ 4.4

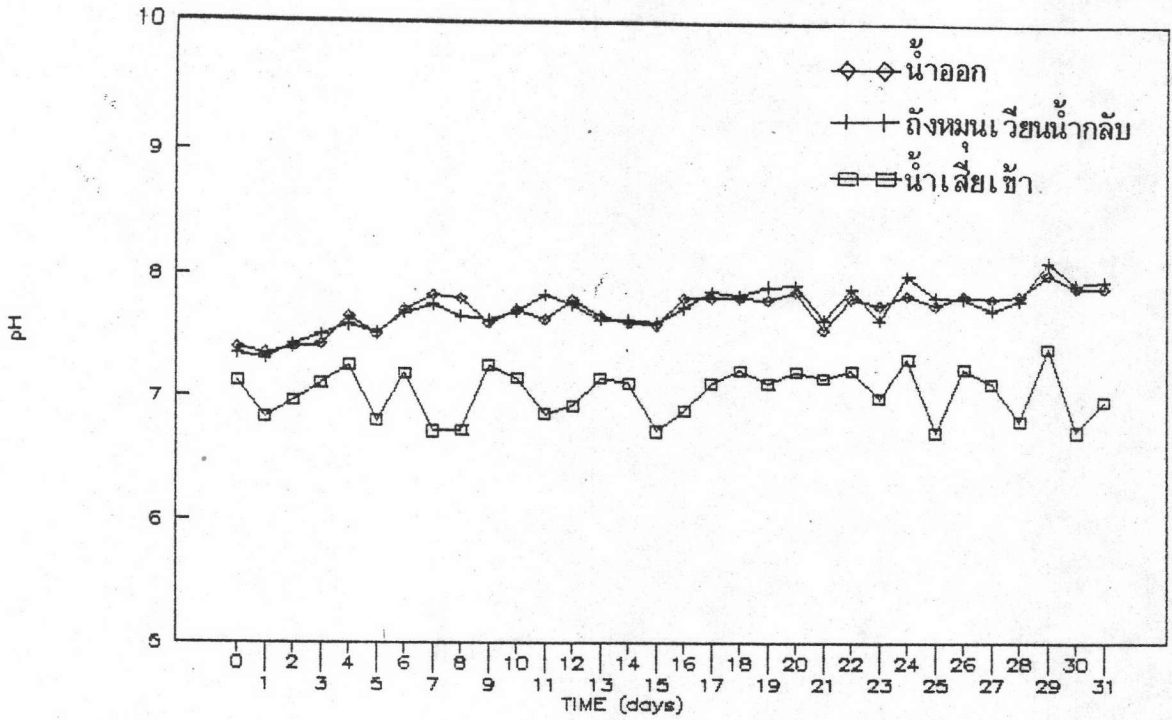


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

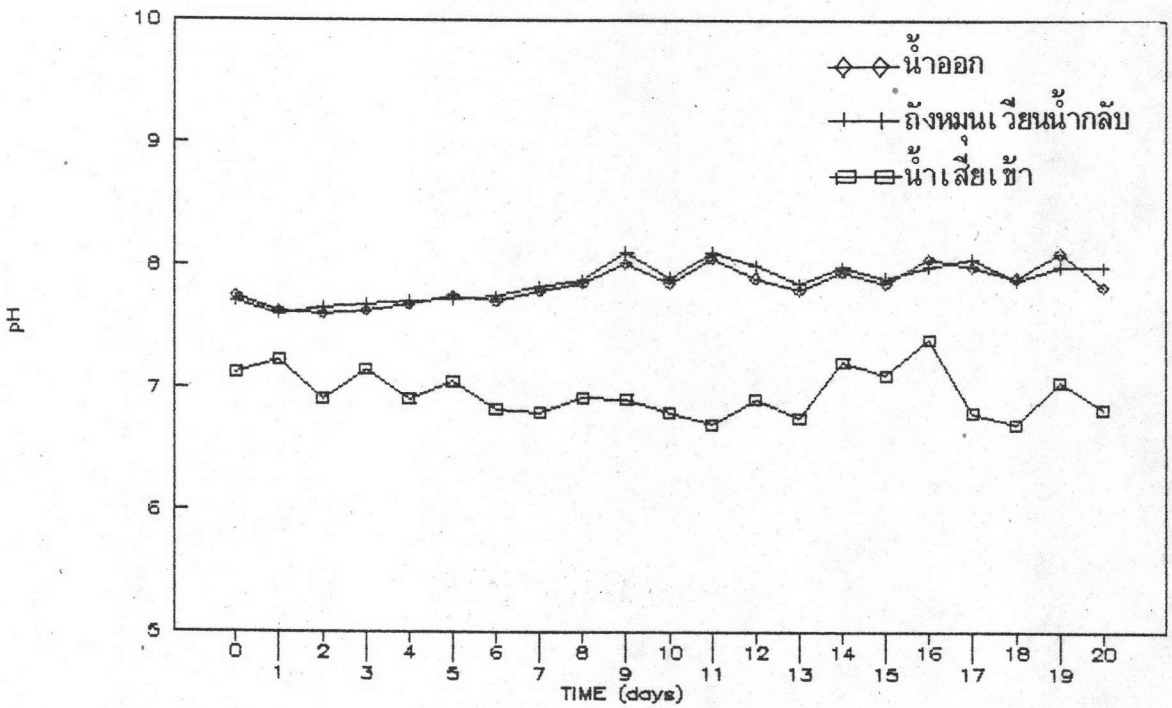


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.3 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

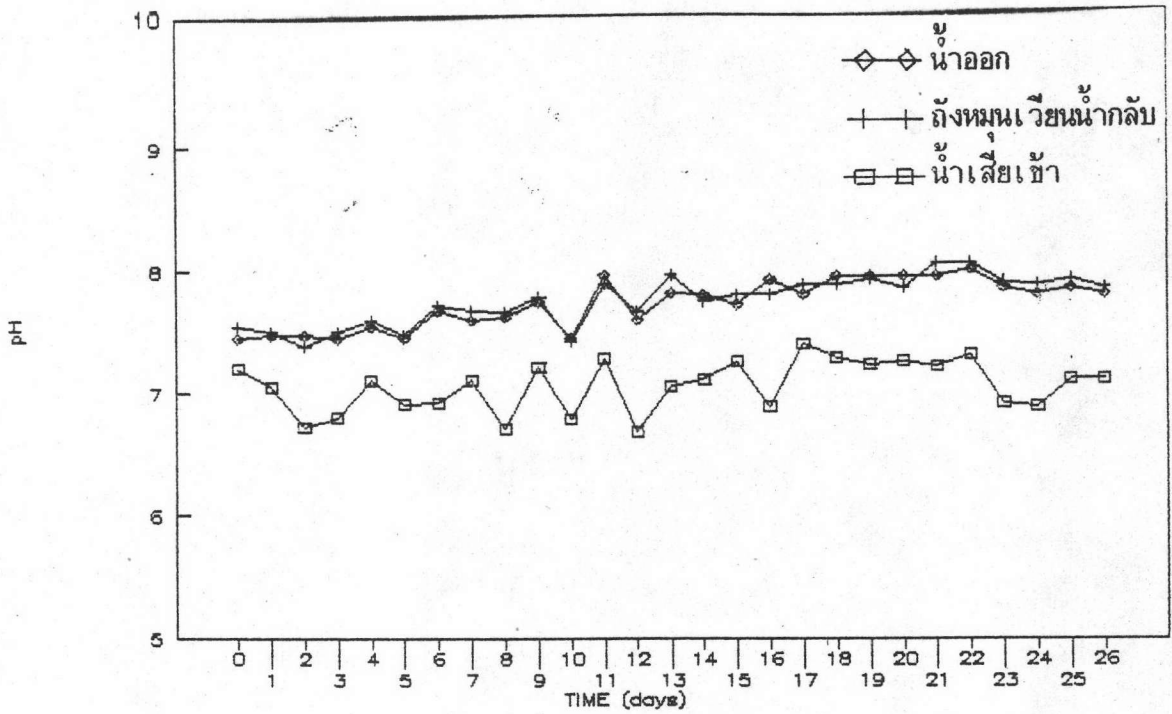


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

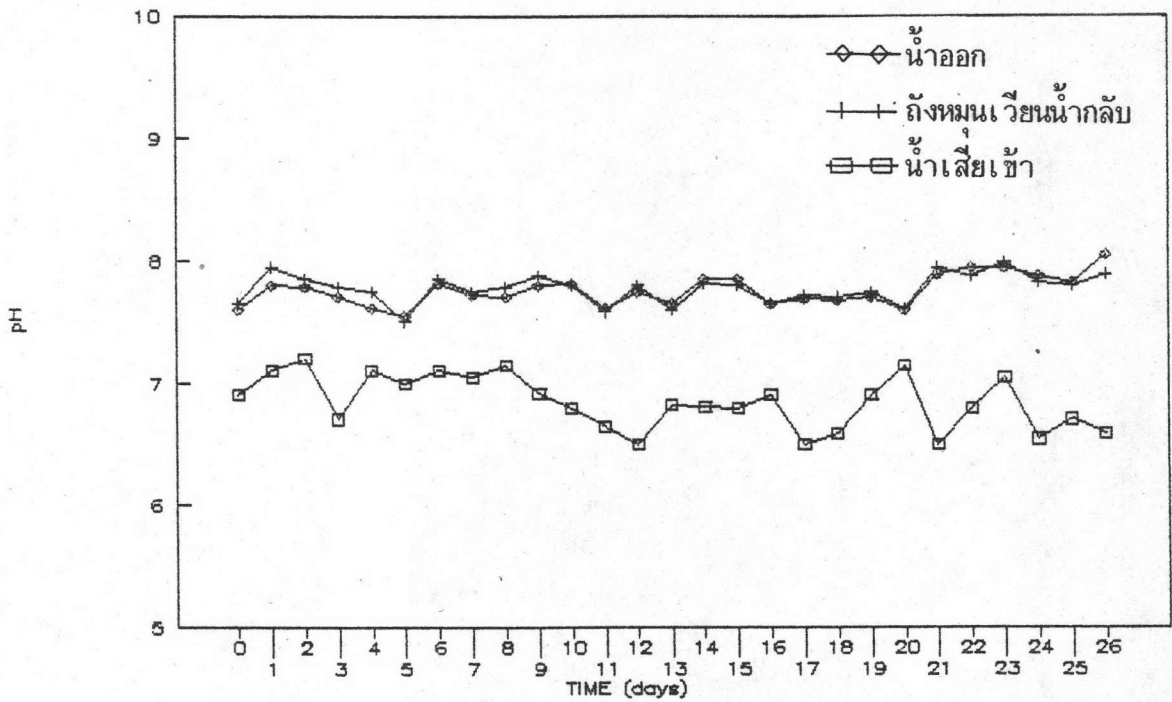


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.4 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่งอกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.5 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียงน้ำกลับ และน้ำที่ส่งออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

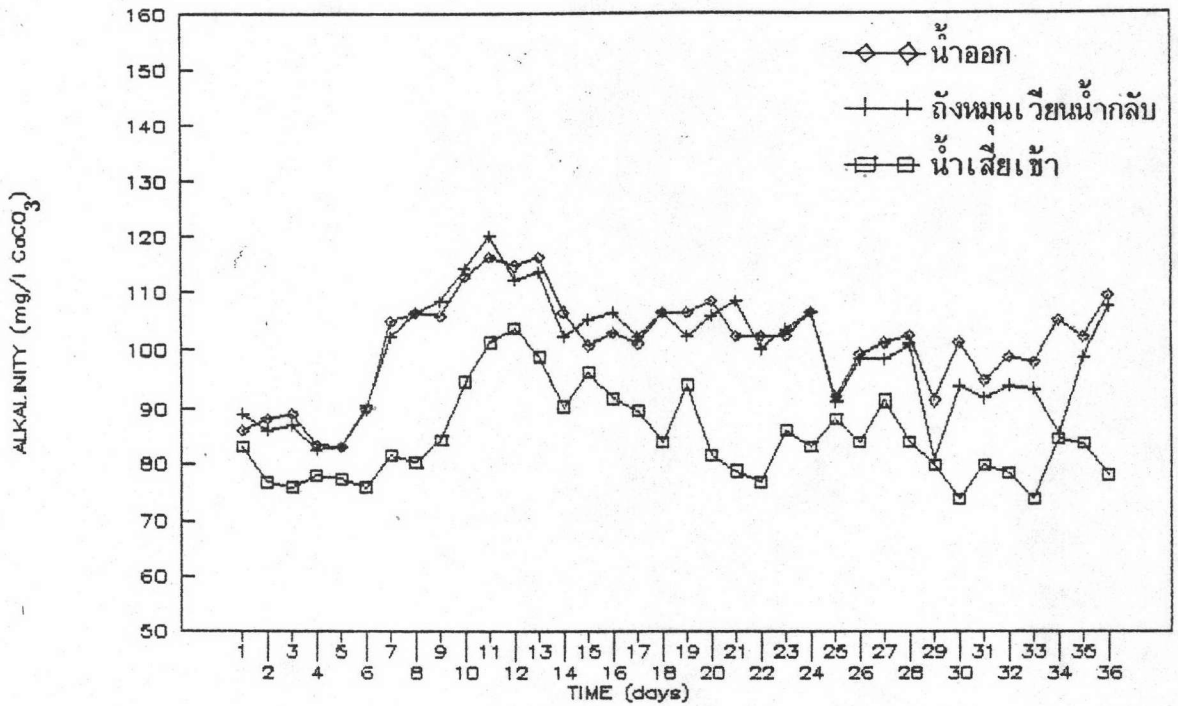
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยสภาพความเป็นต่างรวมของน้ำเสียเข้า น้ำในถังหมักเวียหน้ากลับ และน้ำที่ออกจากระบบ

การทดลองที่	ปริมาตรบรรทุก น้ำเสียเข้า กก. ซีโอดี/ลบ.ม. วัน	สภาพความเป็นต่างรวม มก./ล. CaCO ₃		
		น้ำเสียเข้า	ถังหมักเวีย หน้ากลับ	น้ำออก
1	3.83	84.52	99.15	97.95
2	6.77	92.65	112.39	114.98
3	4.81	90.59	123.28	123.25
4	8.27	86.67	140.14	139.24
5	5.92	89.37	128.44	126.78
6	9.84	80.96	131.89	131.44

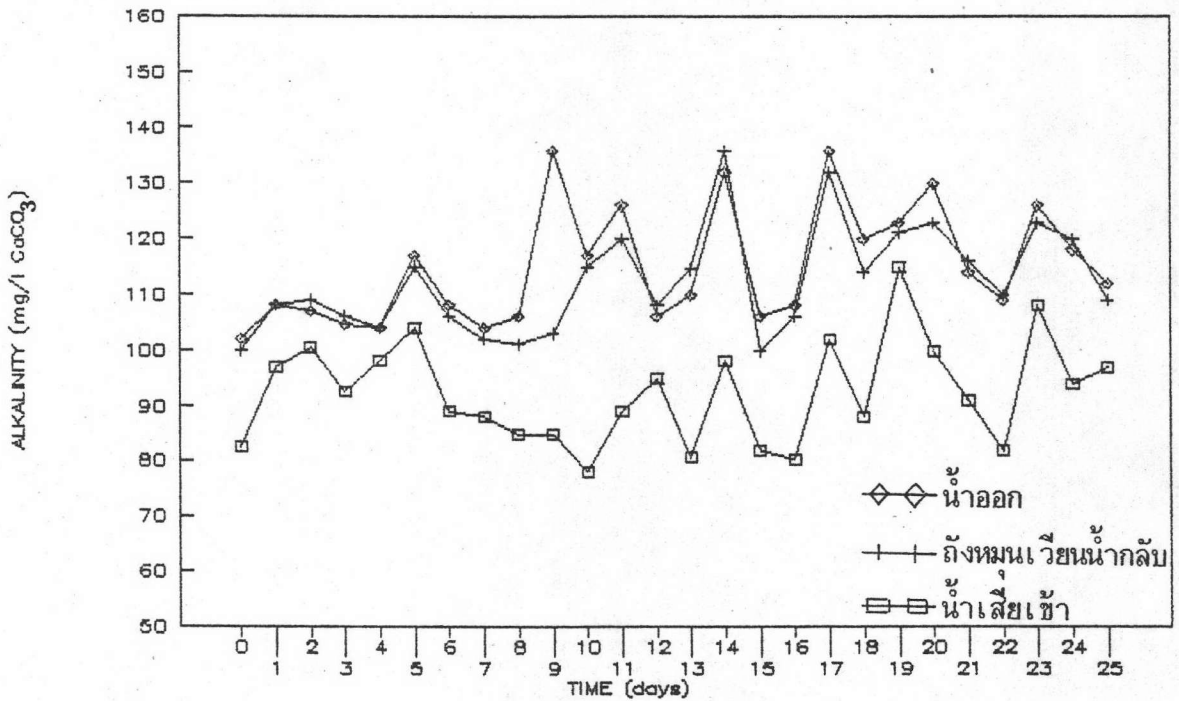
ค่าสภาพความเป็นต่างรวมของน้ำในถังหมักเวียหน้ากลับ และน้ำที่ออกจากระบบ จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แตกต่างกันไปบ้างก็ในบางวันเท่านั้น แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบก็จะพบว่ามีความเป็นต่างรวมสูงขึ้นเช่นเดียวกับค่าพีเอช ในหัวข้อ 4.3.1 ทำให้เห็นผลของความแตกต่างที่ชัดเจนกว่าในถังหมักเวียหน้ากลับและน้ำที่ออกจากระบบ ค่าสภาพความเป็นต่างรวมนี้จะแสดงถึงสมรรถนะในการรักษาค่าพีเอช (buffering capacity) ของระบบ

4.3.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

การทดลองนี้ ได้มีการเติมอากาศให้กับถังหมักเวียหน้ากลับสำหรับทุกชุดการทดลองในปริมาณที่มากเกินไป เพื่อให้เกิดการกระจายอย่างทั่วถึงและเป็นการเติมออกซิเจนให้แก่ระบบ โดยมีจุดมุ่งหมายในการป้องกันมิให้ออกซิเจนเป็นสารจำกัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Limiting Substrate) ในระบบ เนื่องจากหากปล่อยให้ระบบมีออกซิเจนละลายน้ำต่ำเกินไป ก็จะทำให้เกิดการแย่งออกซิเจนกันเองระหว่างจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ พวกที่สามารถที่จะแย่งออกซิเจน

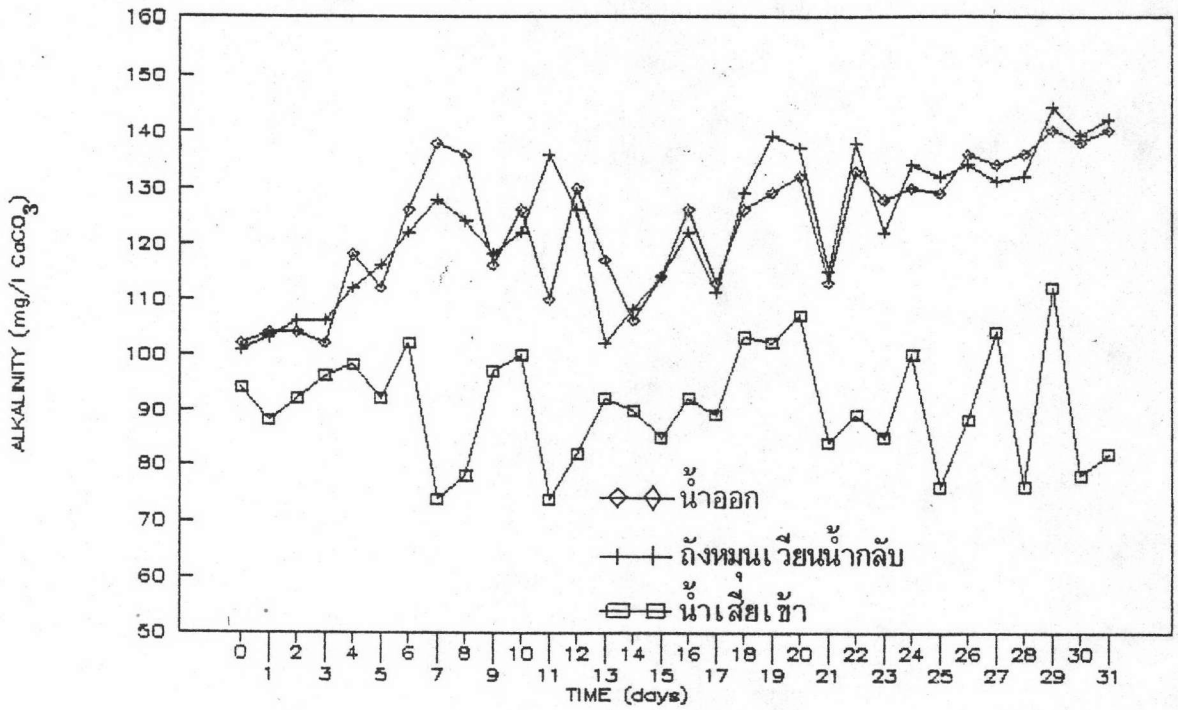


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

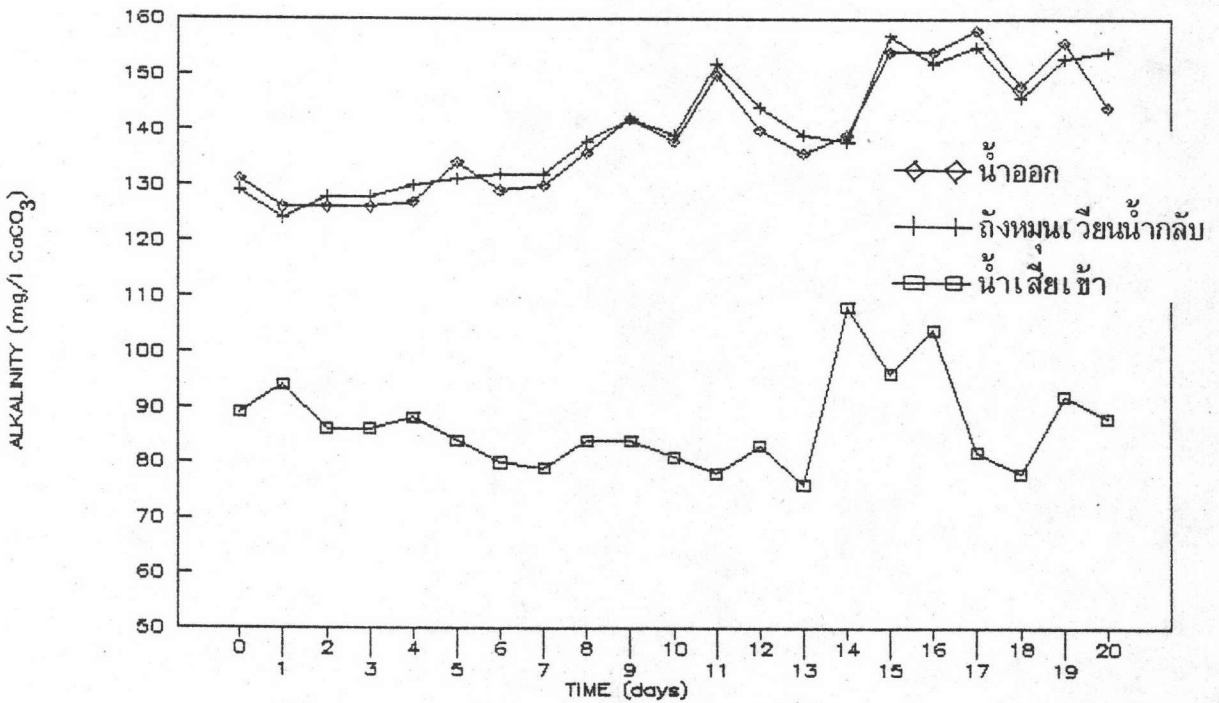


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.6 แสดงค่าสภาพเป็นด่างรวมของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลขนของน้ำ 20 เมตร/ชม.

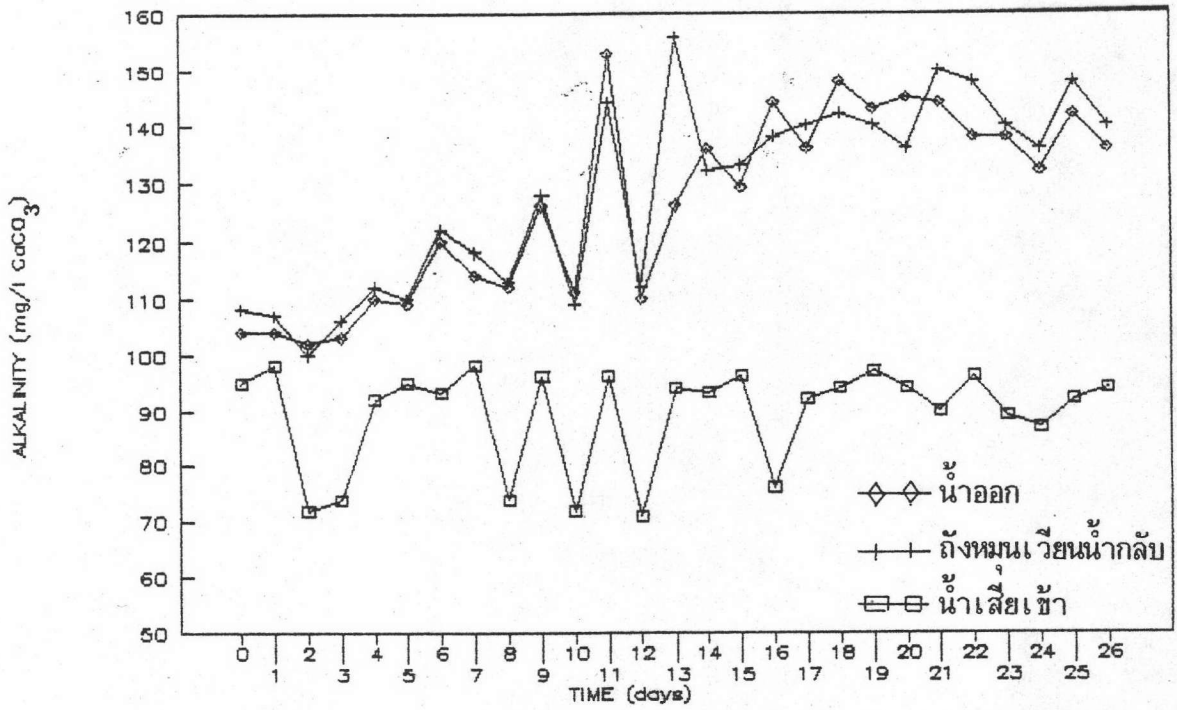


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

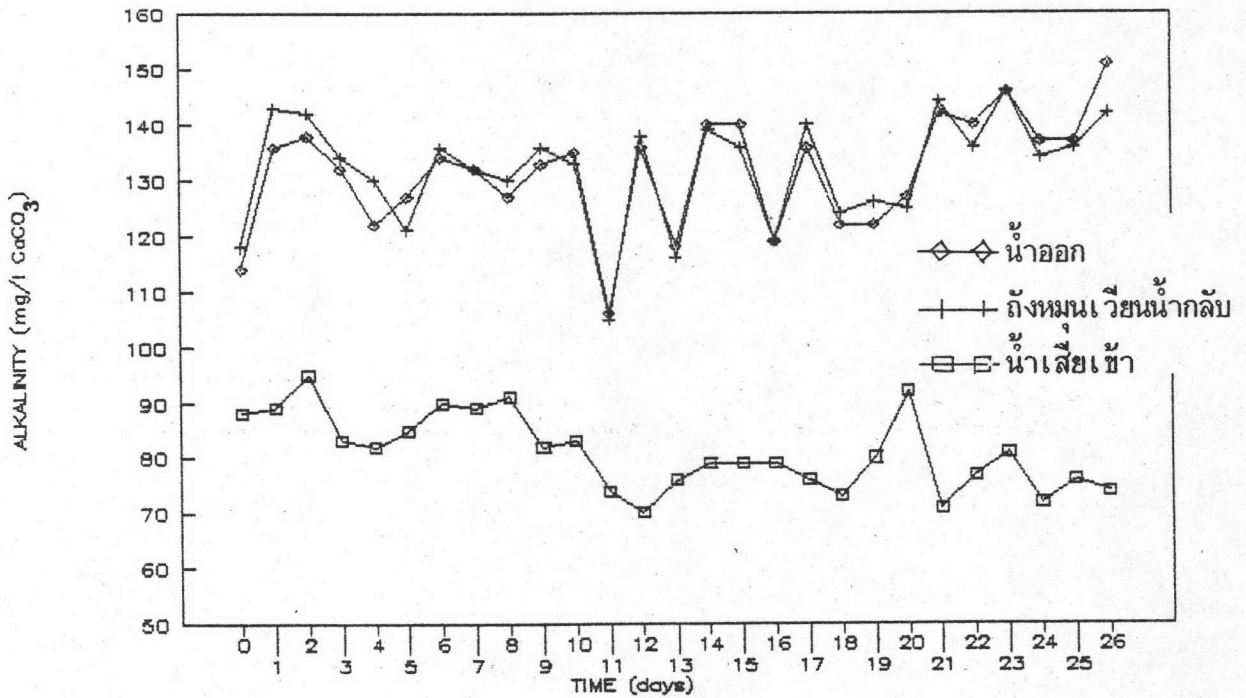


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.7 แสดงค่าสภาพเป็นด่างรวมของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียงน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.

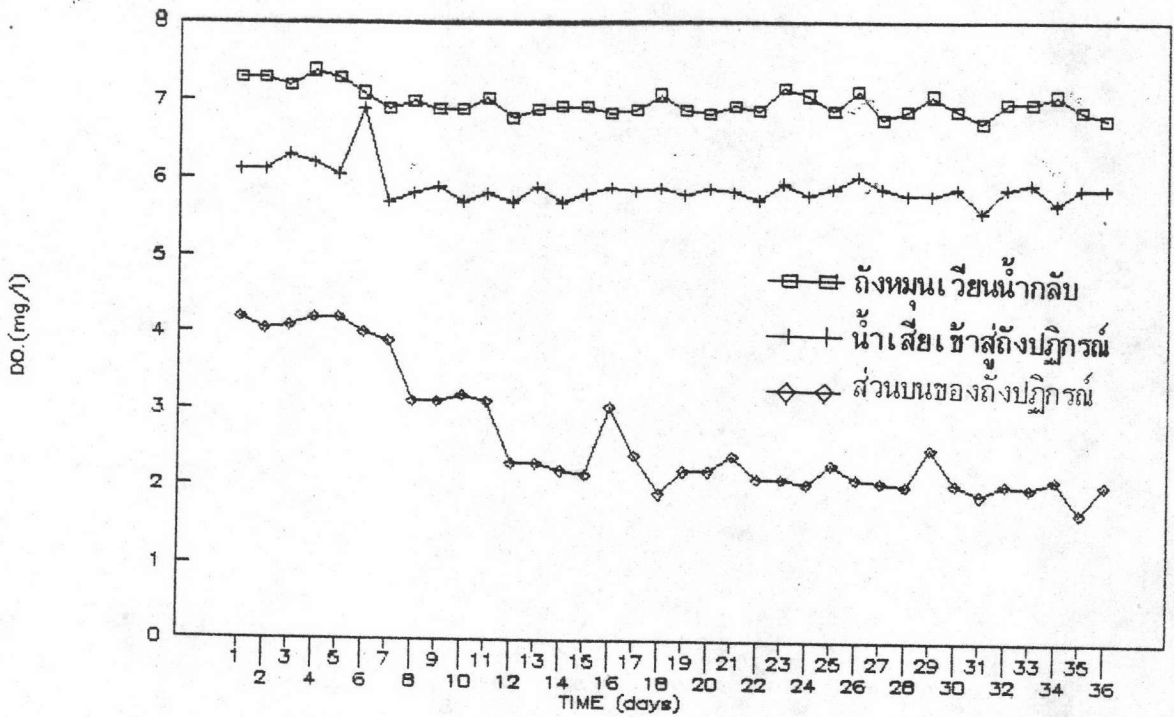


(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

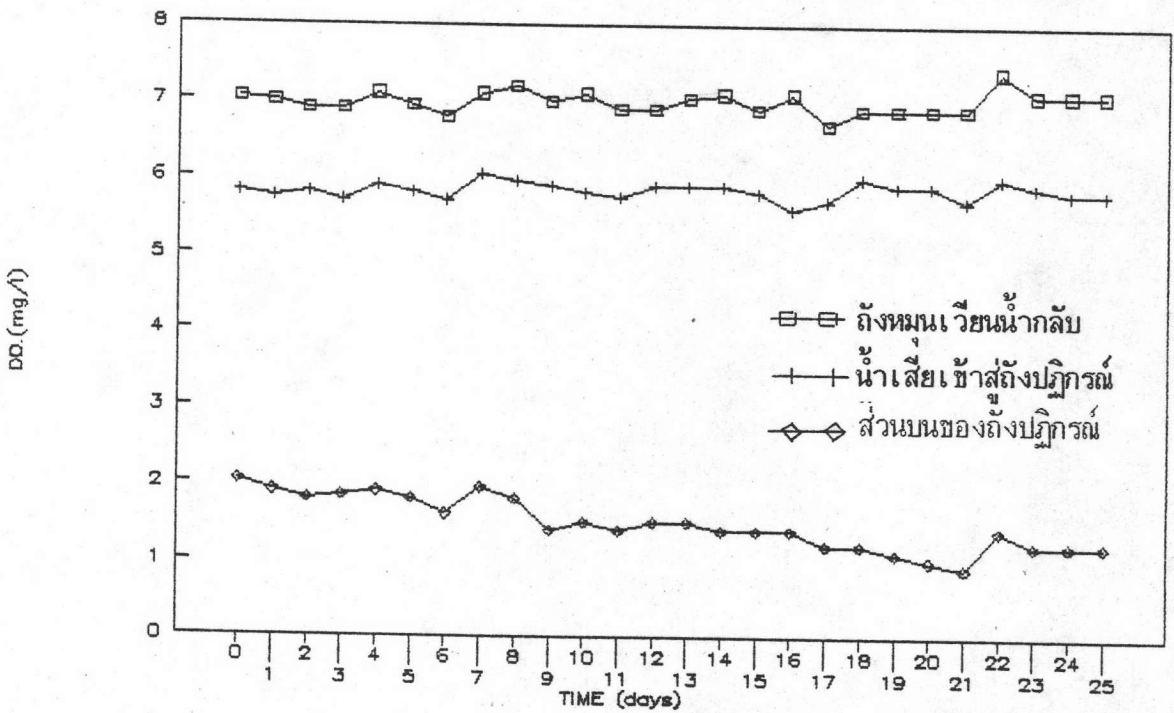
รูปที่ 4.8 แสดงค่าสภาพเป็นด่างรวมของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

ได้ดีกว่าก็จะเจริญเติบโตจนเป็นประชากรส่วนใหญ่ของระบบ และบางพวกก็ตายไปเพราะทนสภาพขาดออกซิเจนไม่ได้ ผลที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ มีจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนเกิดขึ้นมาแทนในระบบ ทำให้เป้าหมายในการทดลองผิดพลาด ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่จะต้องมีการหมนเวียนน้ำที่ผ่านจากถังหมนเวียนน้ำกลับมายังถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบด ในอัตราที่สูงกว่าปกติโดยทั่วไปมากคือ 12 เท่าของน้ำเสียที่เข้าระบบ เพื่อรักษาสภาวะแบคทีเรียใช้ออกซิเจนในถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบด โดยจะควบคุมให้ที่ระดับส่วนบนสุดของถังปฏิกรณ์มีออกซิเจนละลายน้ำเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 1-2 มก./ลิตร ซึ่งเป็นส่วนที่มีออกซิเจนละลายน้ำเหลืออยู่น้อยที่สุดในระบบ

รูปที่ 4.9-4.11 จะแสดงผลการทดลองค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังหมนเวียนน้ำกลับ น้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบด และน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ของการทดลองทั้ง 6 การทดลอง จะสังเกตเห็นได้ว่าตลอดการทดลองทั้ง 6 การทดลอง สามารถที่จะควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในระบบได้ประมาณ 0.88-2.00 มก./ลิตร ซึ่งเพียงพอกับการเกิดสภาวะแบคทีเรียใช้ออกซิเจนในระบบคือ ไม่น้อยกว่า 1-2 มก./ลิตร ในส่วนบนสุดของถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบด ยกเว้นในการทดลองที่ 6 ช่วงท้ายของการทดลองค่าออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลงมาอ่านค่าได้ระหว่าง 0.80-0.95 มก./ลิตร เนื่องจากการทดลองนี้มีความเข้มข้นและปริมาตรบรรทุกน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบมากที่สุด จึงมีความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สูง ประกอบกับอุณหภูมิของน้ำในถังหมนเวียนน้ำกลับมีค่าสูงขึ้นกว่าทำการทดลองคือ ประมาณ 28-30 °C ทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวในถังหมนเวียนน้ำกลับมีค่าต่ำกว่าทุกๆ การทดลองที่ผ่านมา ดังนั้นจะแสดงค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายน้ำที่สภาวะคงตัวในแต่ละการทดลองตามตารางที่ 4.5

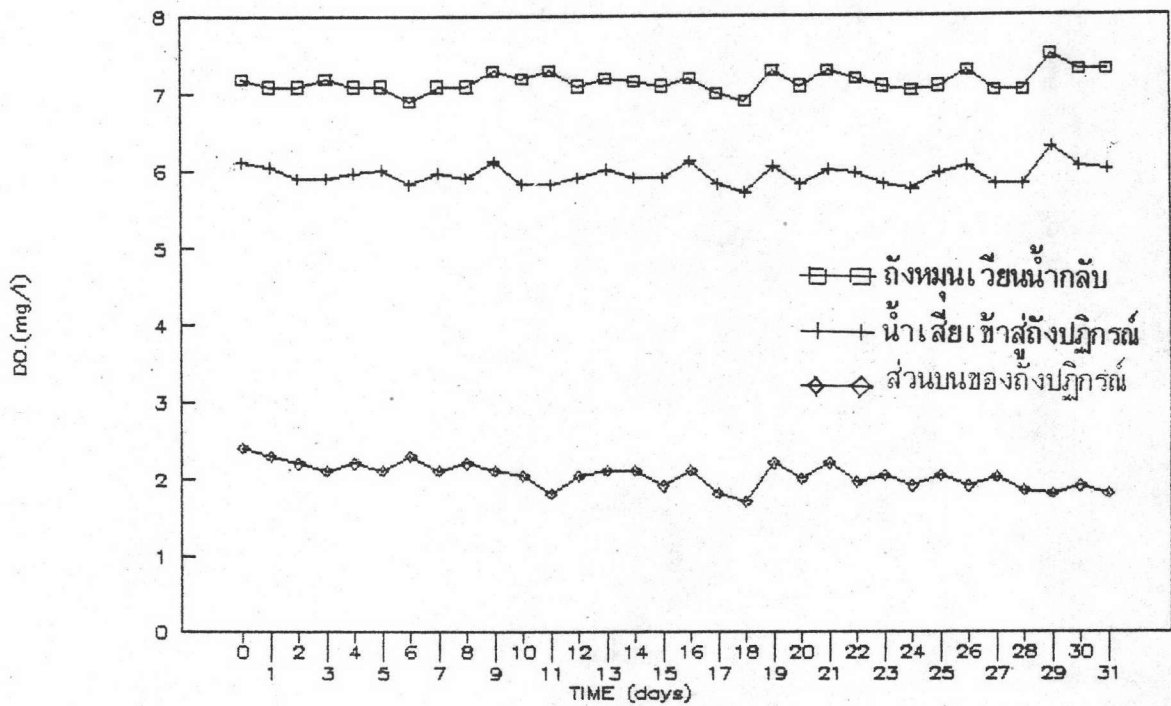


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

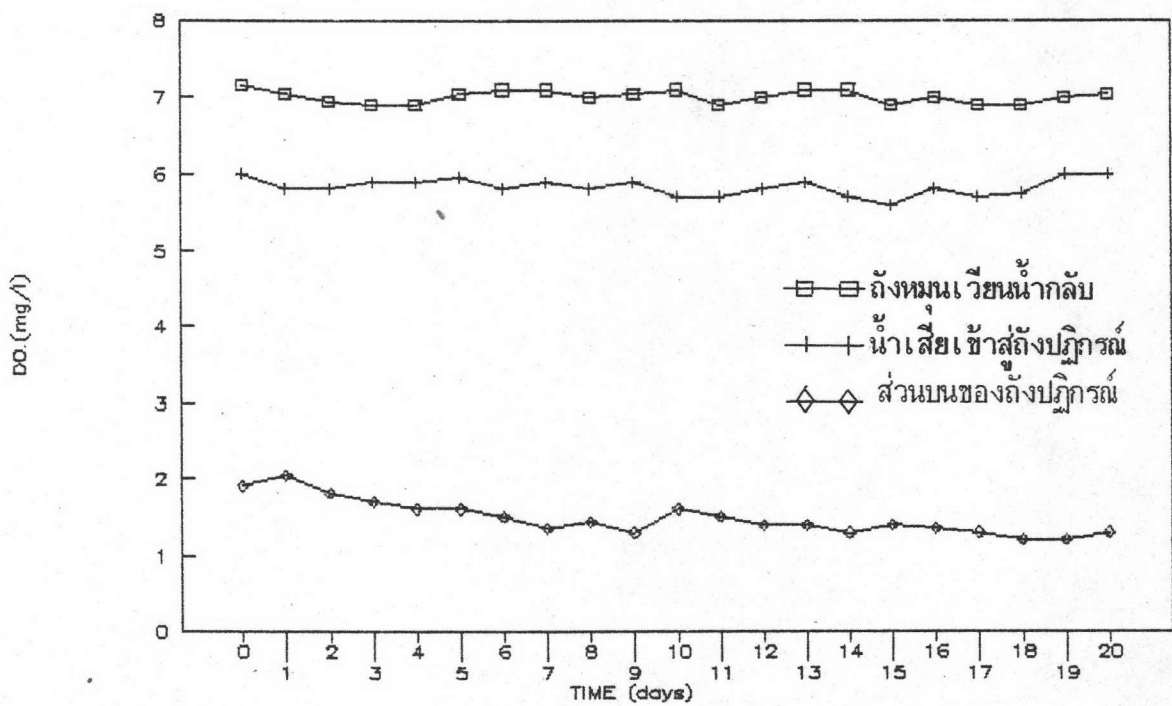


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.9 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังหมนเวียนน้ำกลับ น้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ และน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

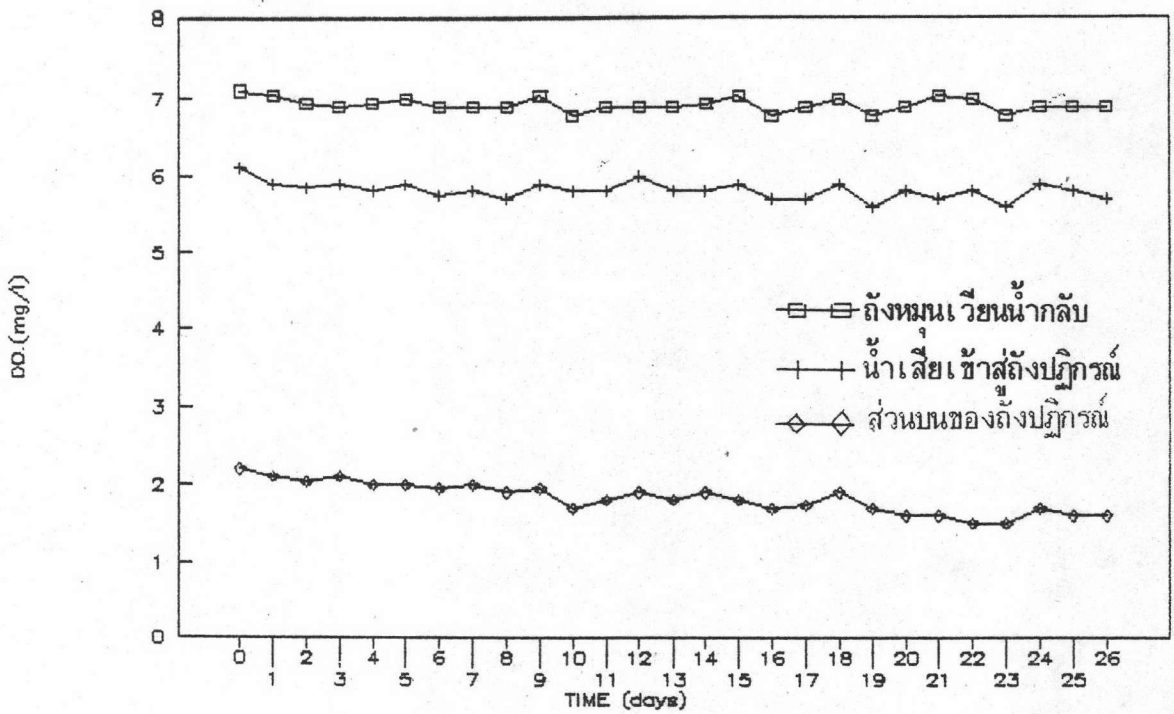


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

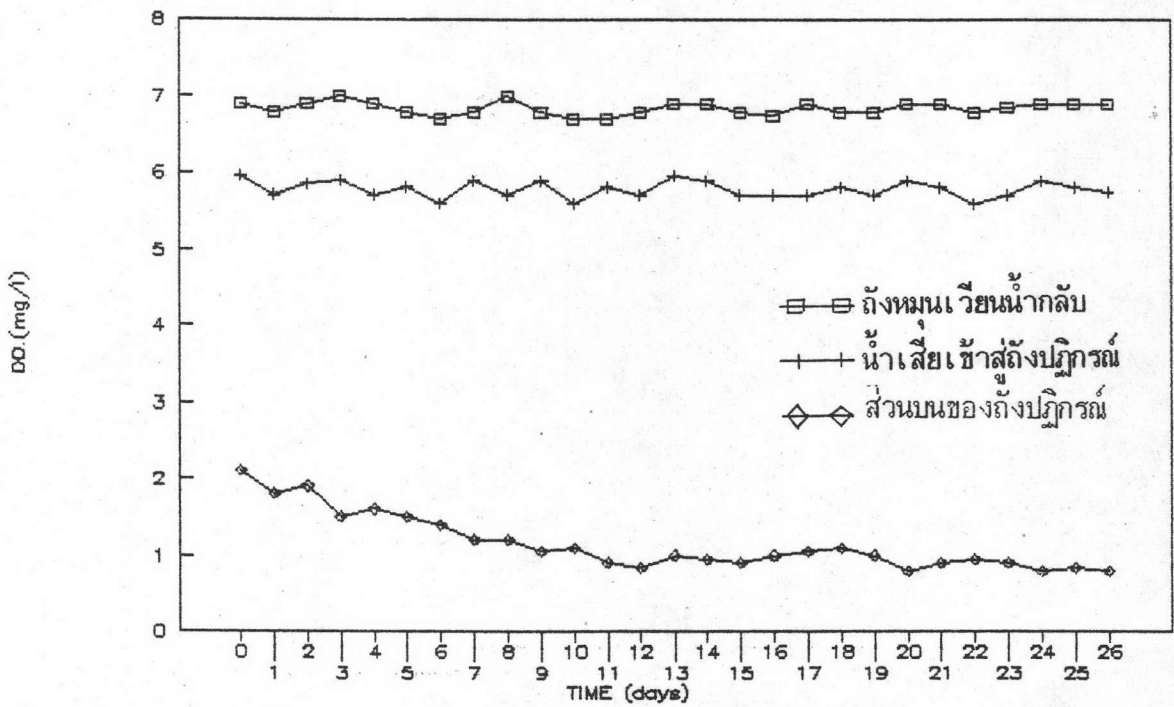


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.10 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังหมนเวียนน้ำกลับ น้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ และน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.11 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในถังหมักเวียนน้ำกลับ น้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ และน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำในช่วงสภาวะคงตัวของน้ำในถังหมักเวียนหน้ากลับ น้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์และน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์

การทดลองที่	ปริมาตรบรรทกน้ำเสียเข้า กก.ซีโอไซด์/ลบ.ม. วัน	ออกซิเจนละลายน้ำ , มก./ล.		
		ถังหมักเวียนหน้ากลับ	น้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์	ส่วนบนของถังปฏิกรณ์
1	3.83	6.94	5.83	2.00
2	6.77	7.04	5.88	1.15
3	4.81	7.20	5.95	1.97
4	8.27	6.99	5.81	1.31
5	5.92	6.92	5.75	1.65
6	9.84	6.87	5.77	0.88

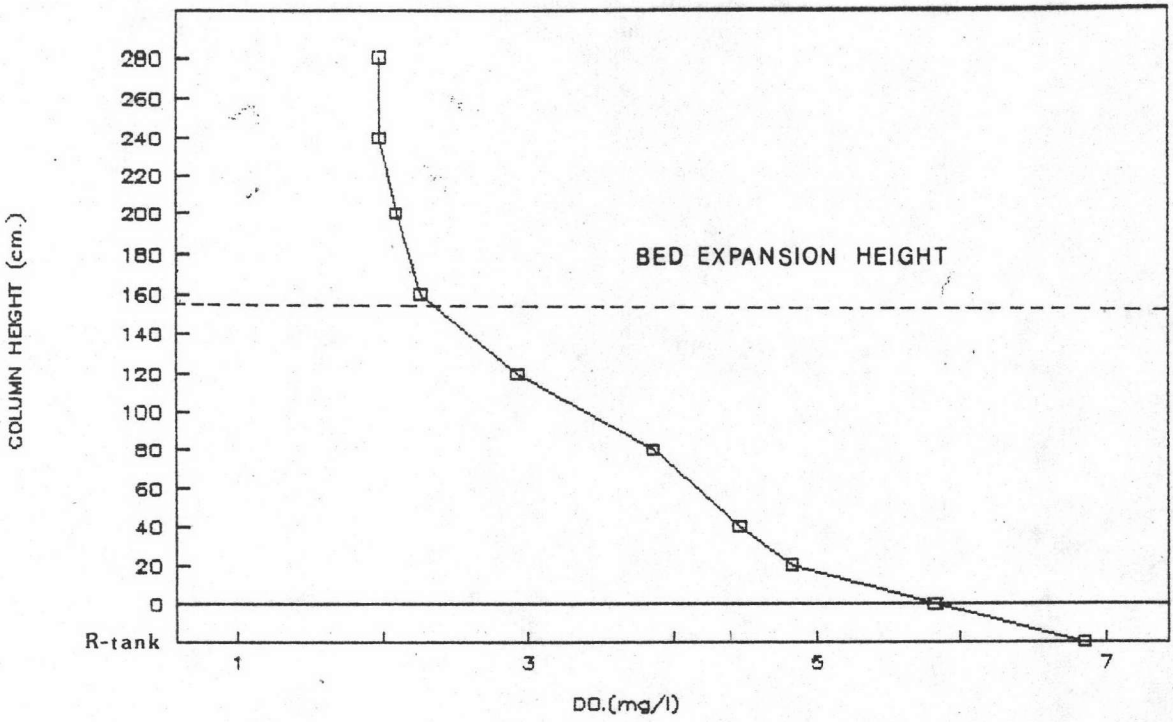
จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าที่สภาวะคงตัวปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ ทดลองที่ 1, 3 และ 5 ที่มีความเข้มข้นของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากันคือ มีค่าซีโอไซด์ประมาณ 300 มก./ลิตร นั้นมีค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.00 , 1.97 และ 1.65 มก./ลิตร ตามลำดับ จะมีค่าสูงกว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ของการทดลองที่ 2, 4 และ 6 ที่มีความเข้มข้นของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากันคือ มีค่าซีโอไซด์ประมาณ 500 มก./ลิตร ซึ่งมีค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 , 1.31 และ 0.88 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำเท่ากัน เนื่องจากการทดลองที่ 2, 4 และ 6 มีค่าความเข้มข้นซีโอไซด์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบสูงกว่า ทำให้อัตราการกำจัดซีโอไซด์มีค่าสูงจึงต้องการใช้ออกซิเจนมาก ส่งผลให้ออกซิเจนละลายน้ำที่วัดได้มีค่าต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบที่น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบความเข้มข้นเท่ากัน คือค่าซีโอไซด์ประมาณ 300 และ 500 มก./ลิตรนั้น จะพบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของความเร็วไหลขึ้นของน้ำที่เท่ากับ 20 , 25 และ 30 เมตร/ชั่วโมงตามลำดับ เนื่องจากอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบมีค่าที่สูงขึ้นตามความเร็วไหลขึ้นของน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้ หรือปริมาตรบรรทกของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเพิ่มขึ้นในขณะที่อัตราส่วนการเวียนหน้ากลับเท่ากันทุกการทดลอง จะทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจนในระบบเพิ่มมากขึ้นสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาตรบรรทกเพิ่มขึ้นซึ่งก็หมายถึงการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ถ้าพิจารณา

ปริมาณสารอินทรีย์ในเทอมของความต้องการออกซิเจนที่จะใช้ในการออกซิเดชันสารอินทรีย์ ก็ จะเห็นได้ชัดเช่นกันว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์หรือปริมาตรบรรทุกน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ย่อมจะมีผลทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น

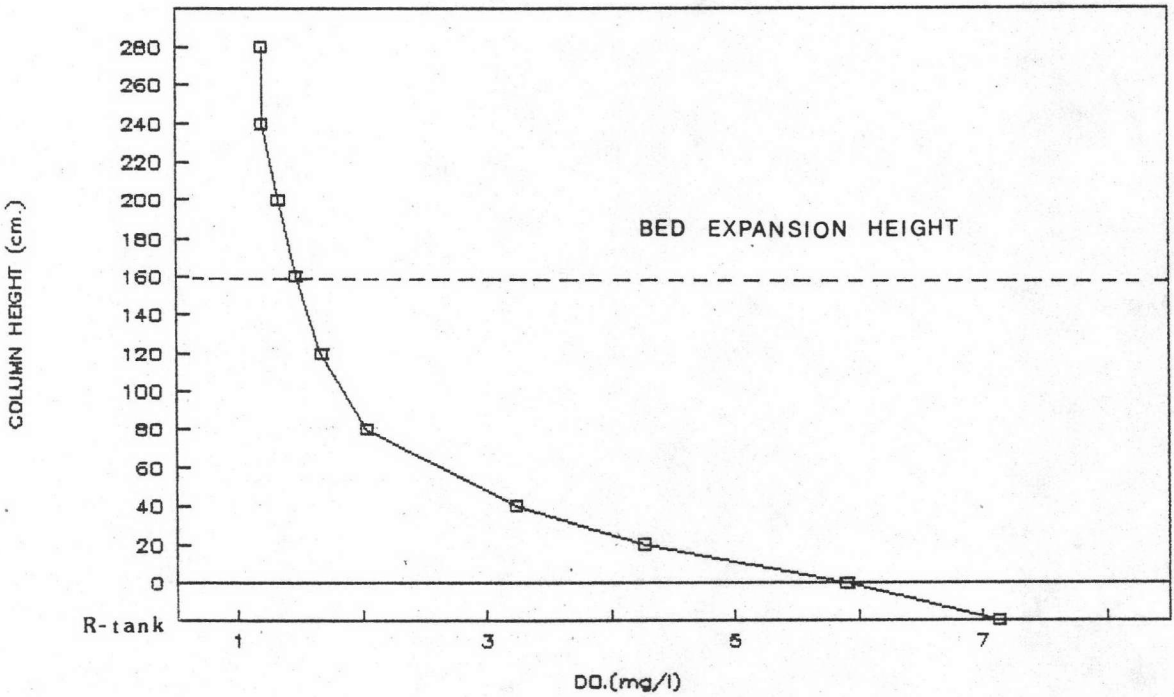
จากผลการทดลองโดยการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างตามแนวระดับความสูงของถัง ปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบด ในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state) เพื่อนำไปทำการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแต่ละการทดลอง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.12-4.14 จะเห็นว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ ฟลูอิด ไตซ์เบด โดยจะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงที่สุดในถังหมวนเวียนน้ำกลับที่มีการเป่าอากาศ เข้าไป ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.75 - 7.40 มก./ลิตร แล้วจะลดลงเรื่อยๆ ตามความสูงของถัง ปฏิกรณ์และจะเห็นการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ชัดเจนที่สุด ในช่วงตั้งแต่ น้ำเสียเข้าสู่ ถังปฏิกรณ์ที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงเหลือประมาณ 5.60-6.05 มก./ลิตร ไปจนถึง ระดับความสูงประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมีออกซิเจน ละลายน้ำเหลืออยู่ประมาณ 2.20-4.40 มก./ลิตร หลังจากระดับความสูง 120 ซม.ขึ้นไป การ ลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีแนวโน้มที่ต่ำลงจนกระทั่งนำไปสู่ค่าที่คงที่ ในช่วงบนสุด ของถังปฏิกรณ์ นับตั้งแต่ส่วนบนที่ระดับความสูง 200 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึง น้ำส่วนบนของถังปฏิกรณ์ ซึ่งจะพบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเหลืออยู่น้อยที่สุดในระบบประมาณ 0.90-2.05 มก./ลิตร ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ในช่วงนี้มีค่าต่ำมาก จึง ทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจนในการออกซิเดชันสารอินทรีย์ต่ำ โดยเฉพาะช่วงระดับความสูงที่ อยู่เหนือจากชั้นเบดที่ขยายตัวขึ้นไป จะพบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์แขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ต่ำมาก จึงทำให้แทบจะไม่มีความต้องการใช้ออกซิเจนอีก เป็นผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากถือได้ว่าคงที่

4.3.4 ปริมาณตะกอนแขวนลอย (TSS)

รูปที่ 4.15-4.17 กราฟแสดงค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำในถังหมวน เวียนน้ำกลับและน้ำที่ออกจากระบบ จะพบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำในถังหมวน เวียนน้ำ กลับและน้ำที่ออกจากระบบมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างกันเห็นได้ชัดก็ในบางวันเท่านั้น เนื่องจากการทำความสะอาดหัวทรายในช่วงที่มีปริมาณจุลินทรีย์มาเกาะติด และเจริญเติบโตบนหัวทรายเป็น จำนวนมาก

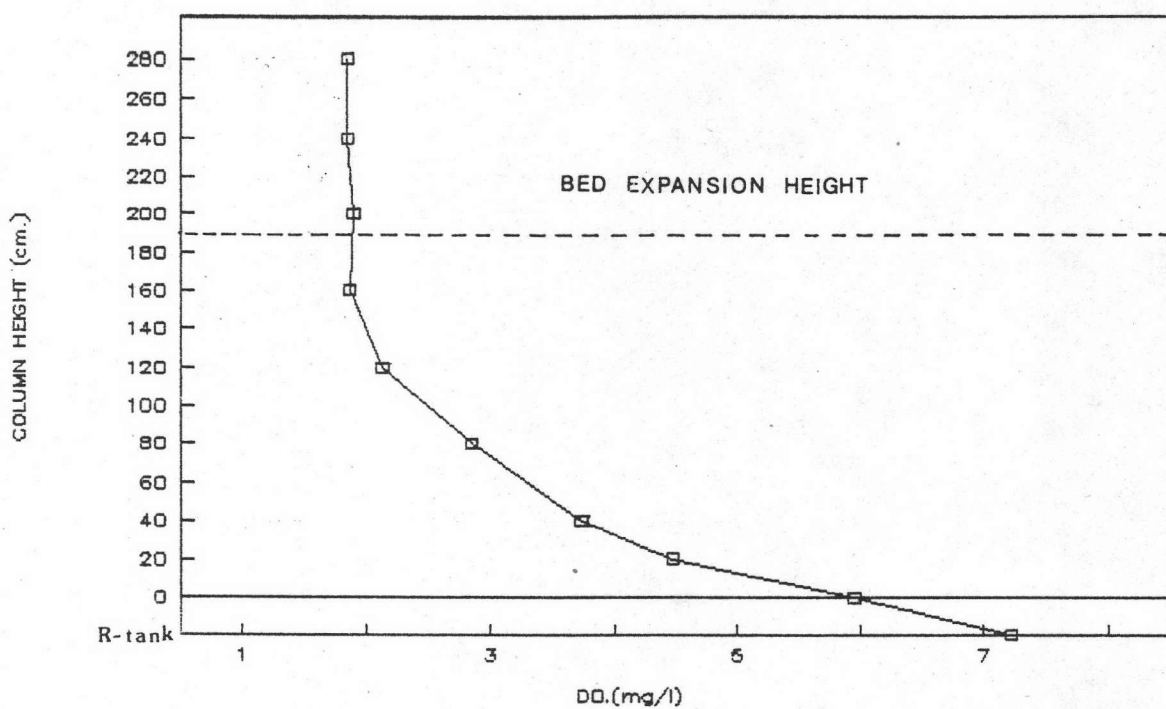


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

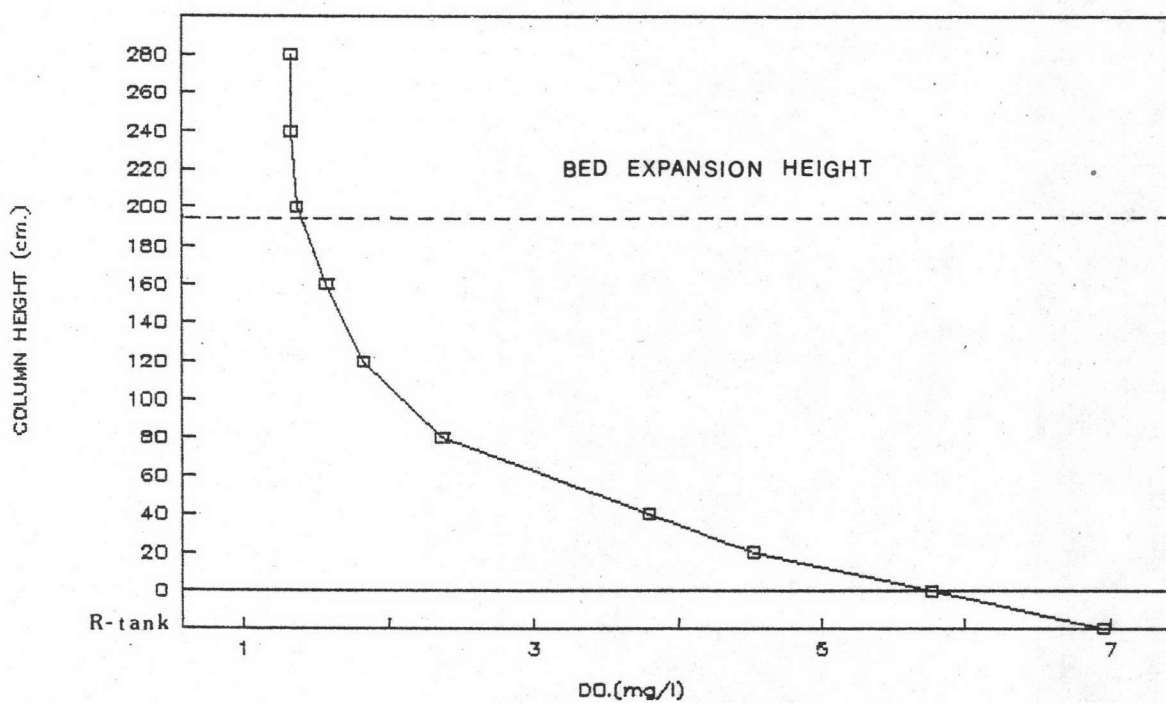


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ผลิตไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

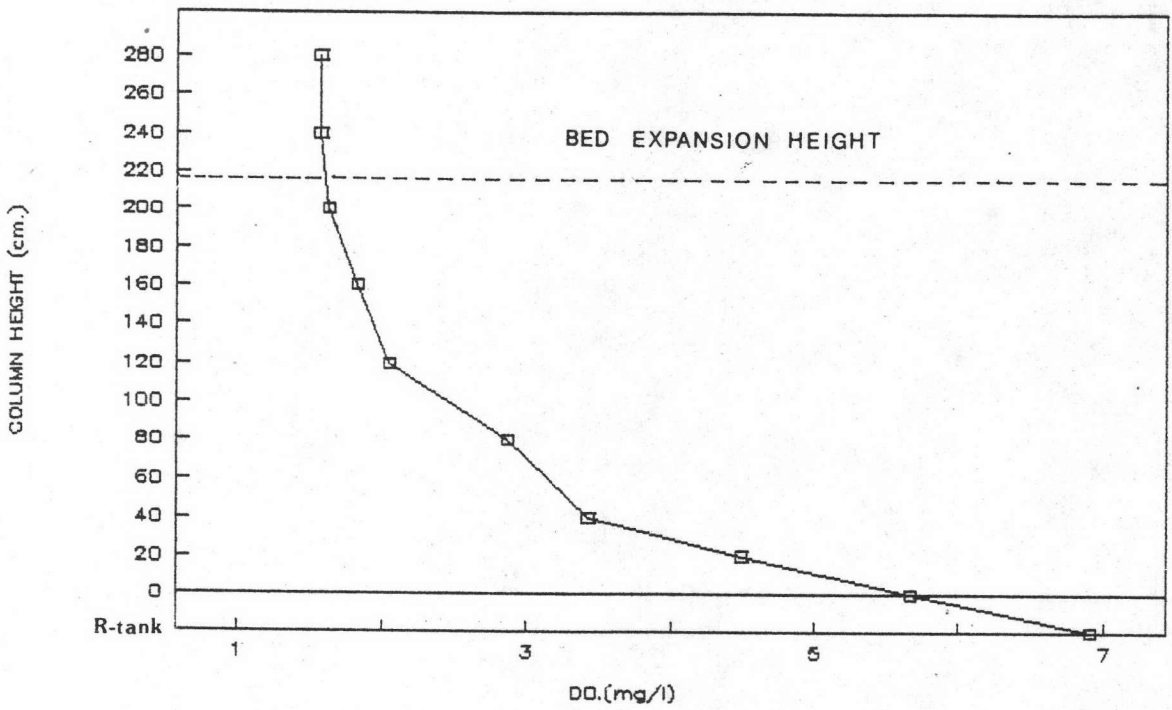


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

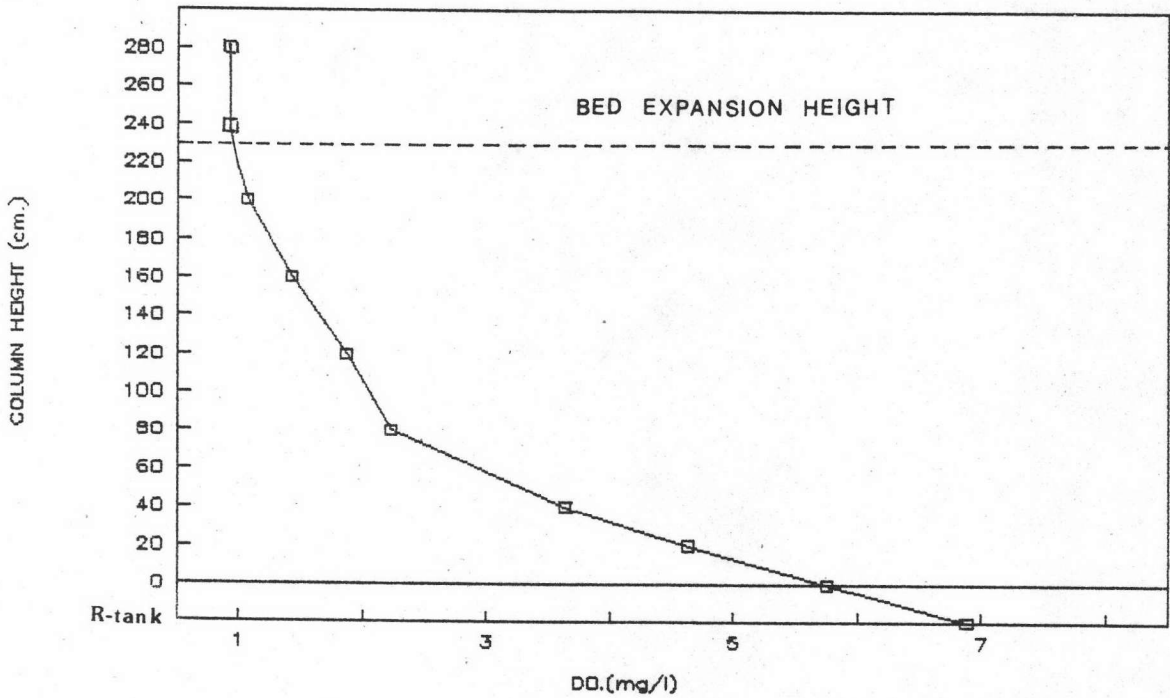


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์แบบเมือระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

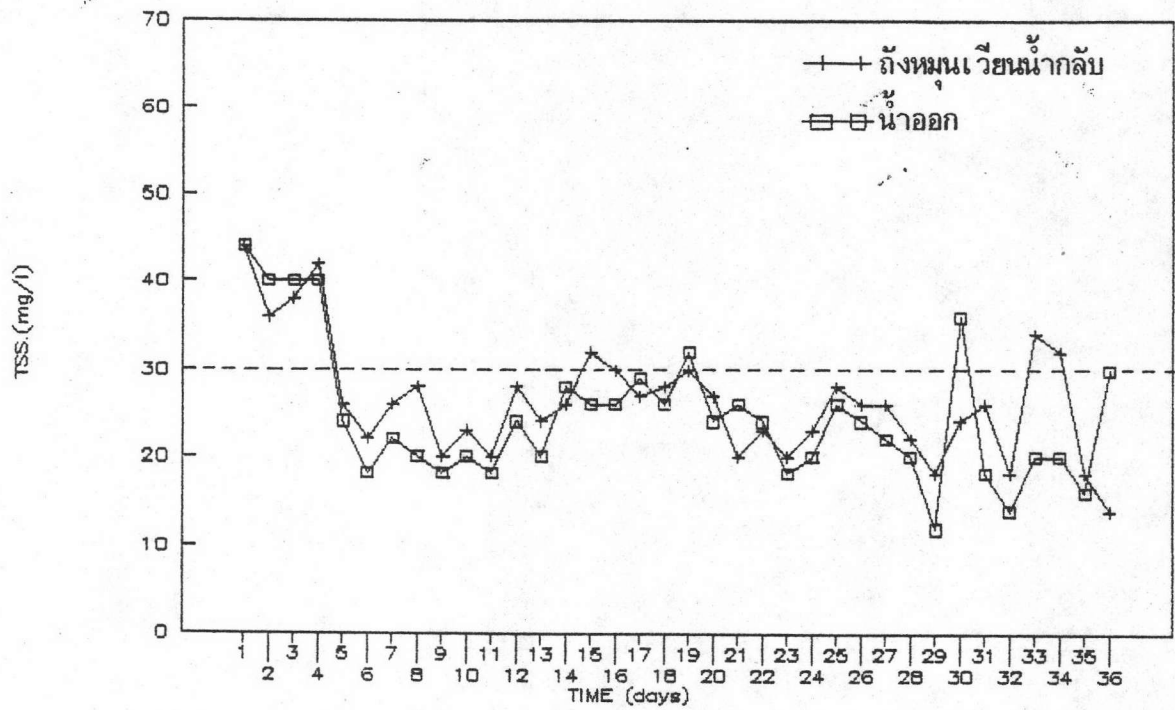
รูปที่ 4.15 ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำที่ออกจากระบบ มีค่าเท่ากับ 24.58 และ 28.23 มก./ลิตร สำหรับการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับที่ความเร็วไหลชั้นของน้ำเท่ากับ 20 เมตร/ชั่วโมง

รูปที่ 4.16 ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำที่ออกจากระบบ มีค่าเท่ากับ 19.25 และ 34.48 มก./ลิตร สำหรับการทดลองที่ 3 และ 4 ตามลำดับที่ความเร็วไหลชั้นของน้ำเท่ากับ 25 เมตร/ชั่วโมง

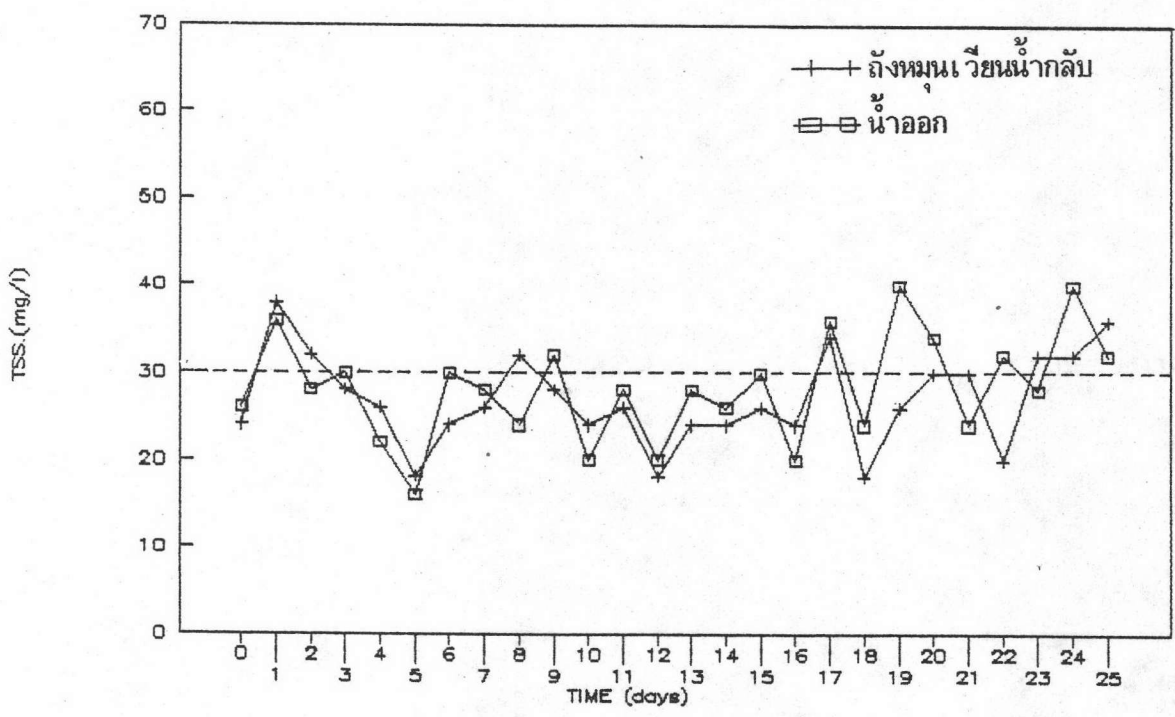
รูปที่ 4.17 ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำที่ออกจากระบบ มีค่าเท่ากับ 28.07 และ 36.48 มก./ลิตร สำหรับการทดลองที่ 5 และ 6 ตามลำดับที่ความเร็วไหลชั้นของน้ำเท่ากับ 30 เมตร/ชั่วโมง

จะพบว่าที่ความเข้มข้นไฮดรอลิกของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่เท่ากัน ความเร็วไหลชั้นของน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำที่ออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการไหลล้นผิวของน้ำมีค่าสูงขึ้น และระยะเวลาการกักเก็บน้ำที่ต่ำ จึงทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนได้น้อย และบางส่วนที่เป็นฟล็อกขนาดเล็กที่แข็งแรงในการตกตะกอนน้อยกว่าแรงลอยตัวเนื่องจากความเร็วไหลชั้นของน้ำ ก็จะหลุดลอยไปกับน้ำที่ออกจากระบบ และความเร็วไหลชั้นของน้ำที่สูงยังทำให้เกิดการขัดสีกันเองระหว่างอนุภาคทราย หรืออนุภาคทรายกับผนังของถังปฏิกรณ์ที่สูงมาก จะทำให้เกิดการหลุดของฟิล์มจุลินทรีย์ด้วย ในทางตรงข้ามความเร็วไหลชั้นของน้ำต่ำการขัดสีจะต่ำและเกิดการขยายตัวของเบดที่ต่ำด้วย ส่งผลให้มีปริมาตรของน้ำเหนือชั้นเบดที่ขยายตัวสูงกว่า จึงทำให้มีพื้นที่เหลือให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนได้มาก นอกจากนี้ความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ป้อนเข้าสู่ระบบที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้การสร้างเซลล์จุลินทรีย์ภายในระบบเพิ่มขึ้นด้วย

จากผลการทดลอง จะเห็นว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานการควบคุมน้ำที่ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งที่ได้รับการบำบัดแล้วจะต้องมีปริมาณตะกอนแขวนลอย(SS) ไม่เกิน 30 มก./ลิตร ในเกือบทุกการทดลอง ยกเว้นการทดลองที่ 4 และ 6 เท่านั้นที่ให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อยคือ 34.48 และ 36.48 มก./ลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วไหลชั้นของน้ำที่สูงและปริมาณสารอินทรีย์ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดเพิ่มขึ้นหรือปริมาตรบรรจุของน้ำเสียเข้าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวตามตารางที่ 4.6 จะพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐานคือ การทดลองที่ 4, 5 และ 6 ที่ให้ค่าเท่ากับ 37, 33 และ 41 มก./ลิตร ตามลำดับ และในบางวันของการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก็จะมีค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงกว่ามาตรฐานเช่นกันตามรูปที่ 4.15-4.16 (ก) เพราะว่าในช่วงสภาวะคงตัวนี้ จะเห็นว่ามีตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยแบบฟล็อกตกตะกอนอยู่เหนือชั้นเบดในปริมาณที่มาก ทำให้มีตะกอนจากส่วนนี้เกิดการหลุดลอยไปกับน้ำที่ออกจากระบบด้วย

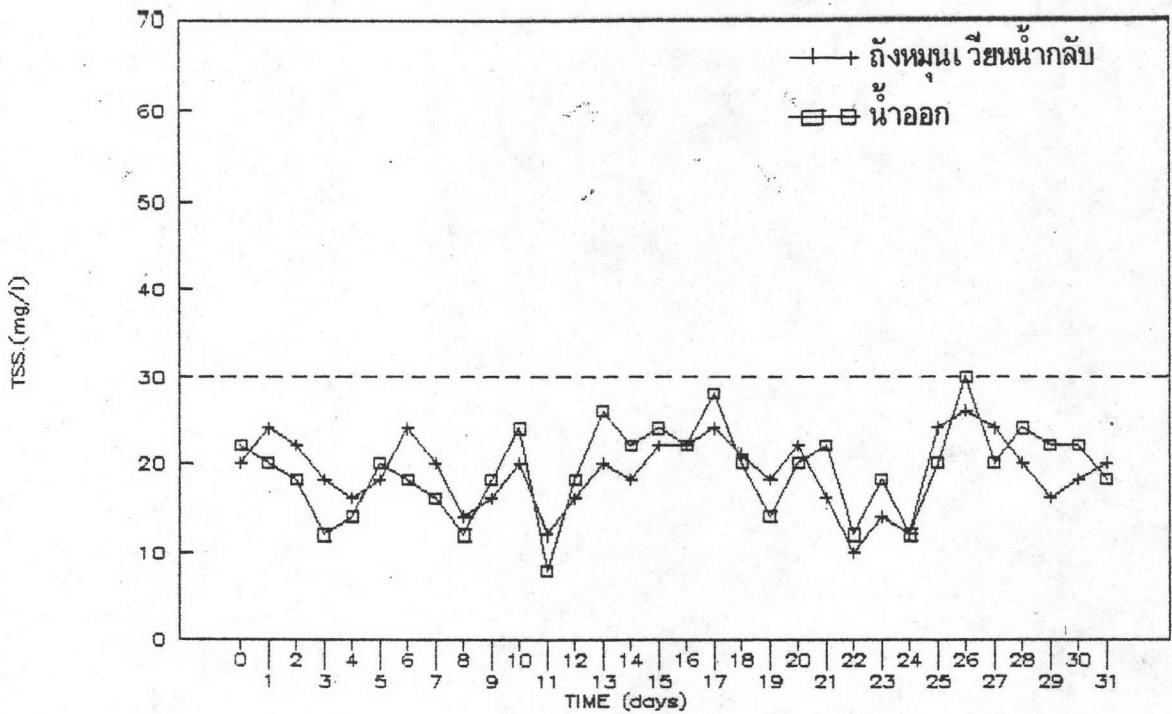


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

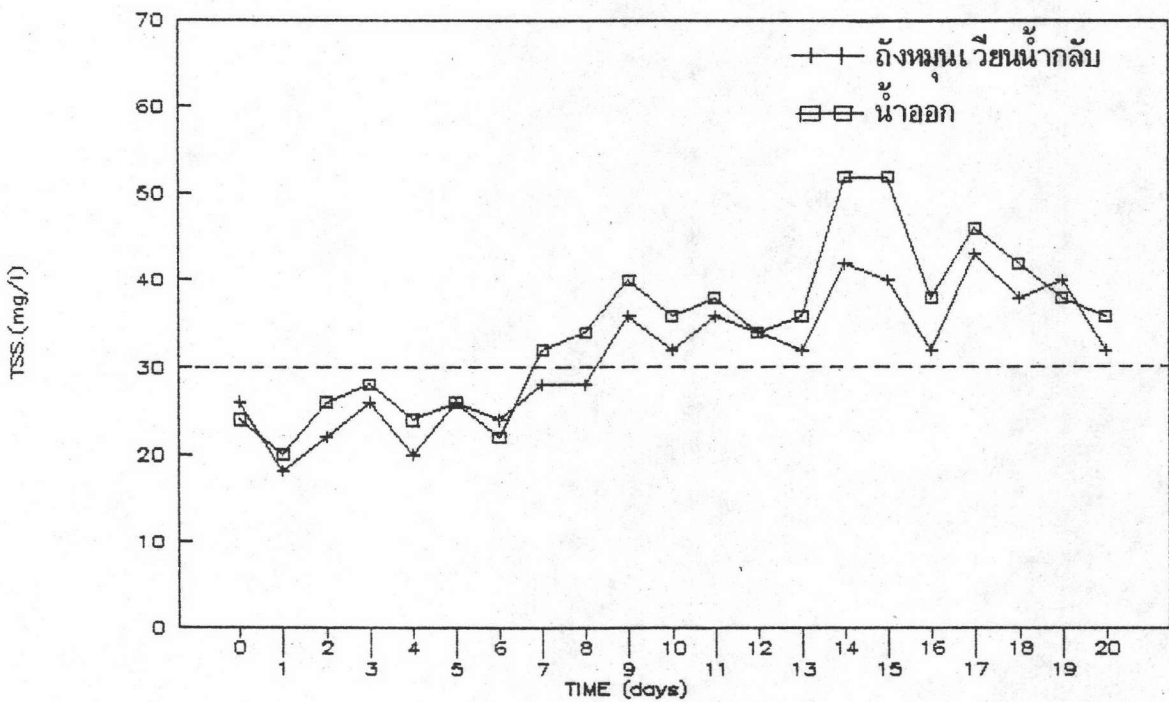


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.15 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังหมุนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบ ที่ระดับความเร็วไหลของน้ำ 20 เมตร/ชม.

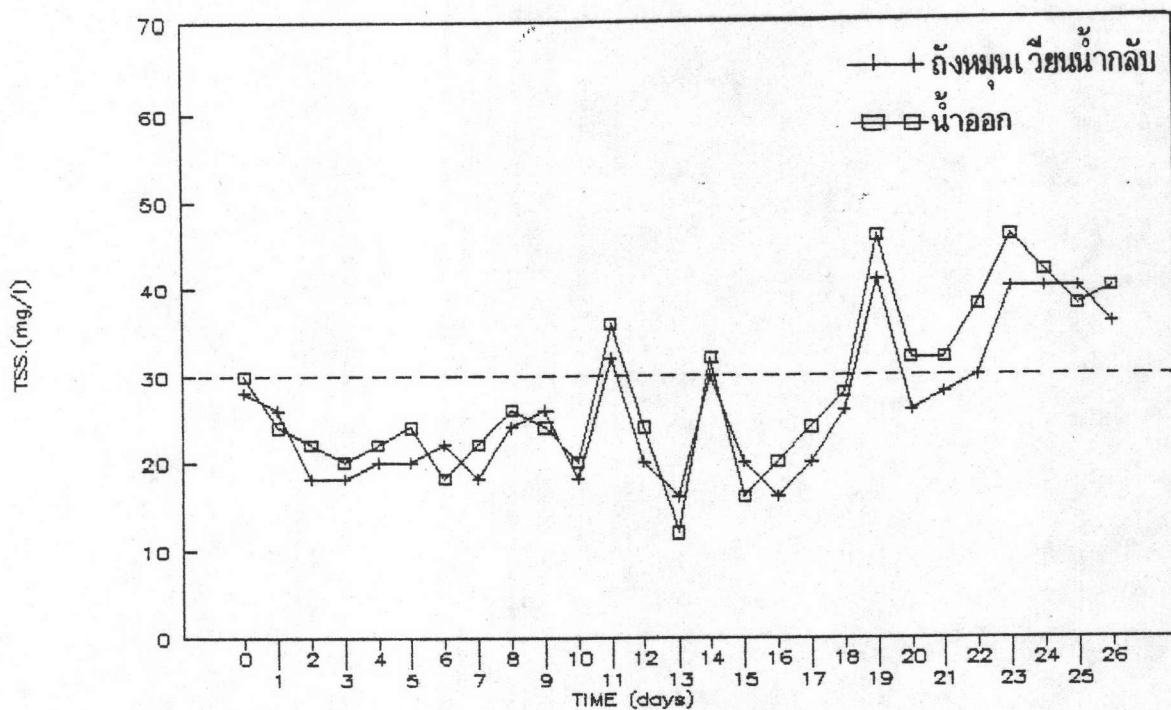


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

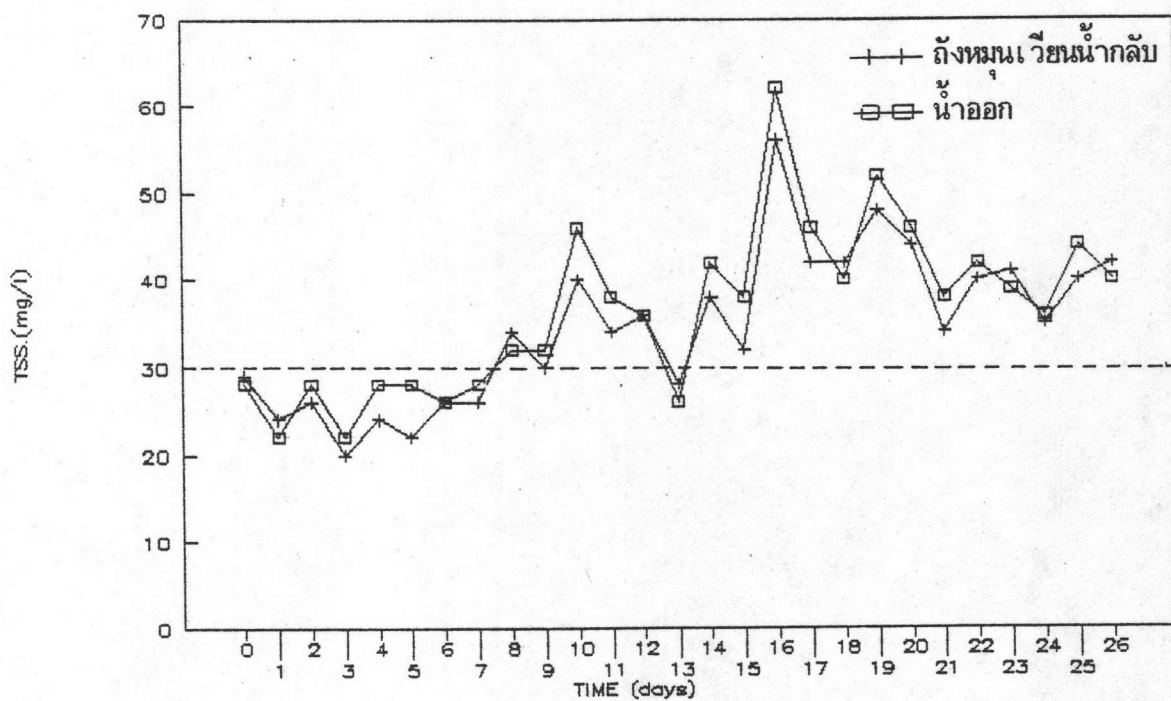


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังหมุนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบ ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังหมักเวียวน้ำกลับ และน้ำทิ้งออกจากระบบ ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำในถังหมัก เวียนน้ำกลับและน้ำที่ออกจากระบบ ปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยในถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบต และความสูงของเบตที่ขยายตัวในช่วงสภาวะคงตัว

การทดลองที่	ปริมาตรบรรทกน้ำเสียเข้า กก.ซีโอดี/ ลบ.ม.วัน	ตะกอนแขวนลอย, มก./ล.		ตะกอนแขวนลอยระเหย มก./ล.	ความสูงของเบตขยายตัว ซม.
		ถังหมักเวียนน้ำกลับ	น้ำออก		
1	3.83	21	23	7,108	154.61
2	6.77	32	28	7,595	159.16
3	4.81	20	19	7,938	188.91
4	8.27	43	37	8,266	195.98
5	5.92	37	33	7,231	218.31
6	9.84	42	41	7,479	230.30

4.3.5 ปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหย (VSS) และความสูงของเบตที่ขยายตัว

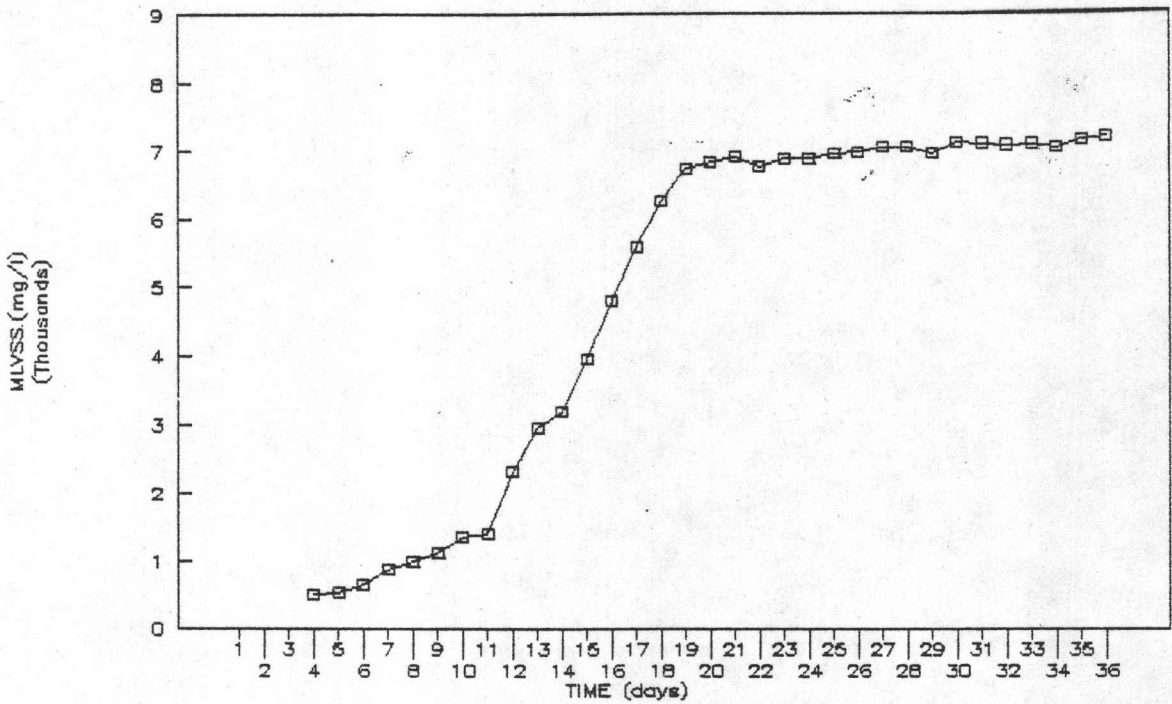
เนื่องจากระบบการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนโดยกระบวนการผลิตไคซ์เบตนี้ จุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบมี 2 รูปแบบด้วยกันคือ จุลินทรีย์ที่เกาะยึดติดกับอนุภาคทรายและจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในระบบ ดังนั้นการหาปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบจึงต้องหาจากจุลินทรีย์ทั้ง 2 รูปแบบรวมกัน การใช้ค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหย (VSS) เป็นตัวแทนแสดงปริมาณของจุลินทรีย์นี้ จึงเป็นวิธีการที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้

รูปที่ 4.18 - 4.20 กราฟแสดงค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยหรือปริมาณของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ผลิตไคซ์เบตที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำเปลี่ยนแปลง 3 ค่าและความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ 2 ค่า

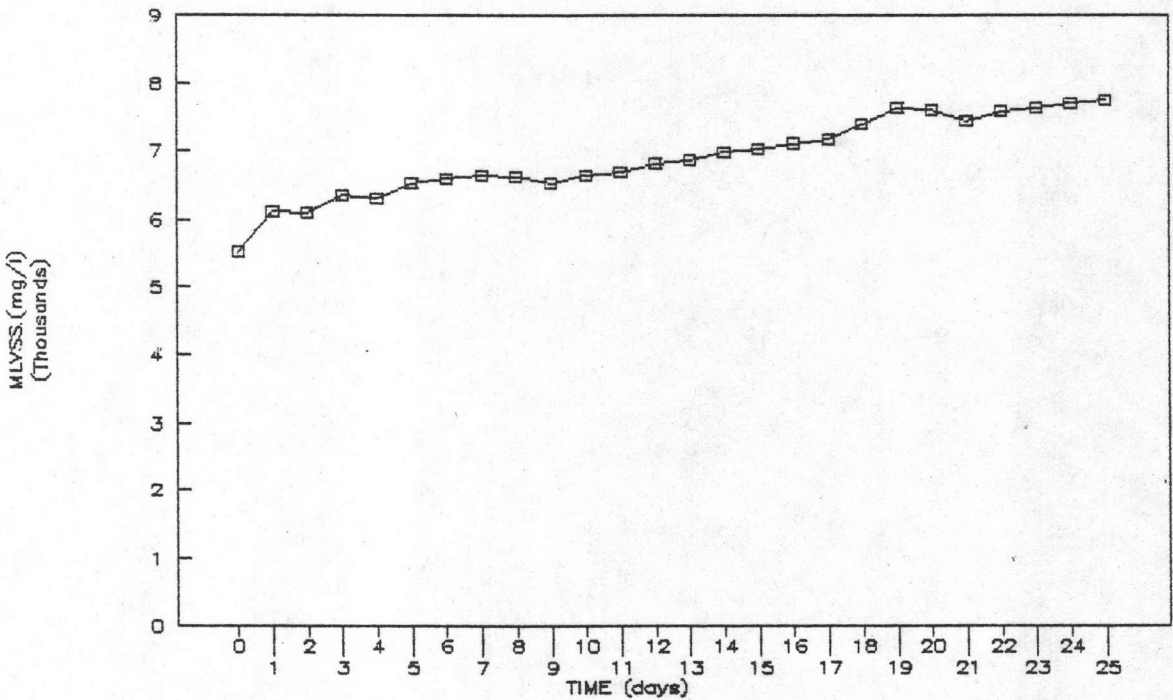
รูปที่ 4.18 (ก) ในช่วง 7 วันแรกเป็นช่วงที่จุลินทรีย์เริ่มปรับสภาพให้คุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์และสภาวะแวดล้อมใหม่ของระบบ จึงมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างช้า ๆ ส่วนใหญ่จุลินทรีย์ยังคงแขวนลอยอยู่ในระบบเปรียบเทียบกับช่วงของ Lag phase และหลังจากนั้นก็จะมีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์พวกที่ยึดเกาะติดกับอนุภาคทราย

และพวกที่แขวนลอยอยู่ในระบบ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะติดกับอนุภาคทรายนี้จะเปลี่ยนแปลงจากฟิล์มที่บาง เป็นฟิล์มที่หนาขึ้นเรื่อยๆ เปรียบเทียบได้กับช่วงของ Log phase หลังจากนั้นประมาณสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวด้วยข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณสารอาหารอินทรีย์ที่สมดุลพอดีกับปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ ส่วนรูปที่ 4.19 (ก) และ 4.20 (ก) ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ในระบบเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 รูปที่ 4.18 (ก) แต่จะเริ่มที่ช่วง Log phase เลย เนื่องจากการปรับสภาพระบบก่อนขึ้นการทดลองใหม่ จะใช้ในลักษณะการระบายทรายออกจากถังปฏิกรณ์ประมาณ 60 - 70 ซม. ของเบตหนึ่ง แล้วเติมทรายสะอาดใหม่เข้าไปแทนที่ให้ความสูงของเบตหนึ่งเท่าเดิมเท่ากับ 1 เมตร ทำให้ระบบมีจุลินทรีย์ที่คุ้นเคยกับระบบอยู่แล้ว และมีพื้นที่ผิวที่ยึดเกาะและเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ และรูปที่ 4.18 (ข) , 4.19 (ข) และ 4.20 (ข) ความเข้มข้นซีโอดีป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 500 มก./ลิตร ของการทดลองที่ 2 , 4 และ 6 ตามลำดับที่ดำเนินการต่อจากสภาวะคงตัวในการทดลองที่ 1, 3 และ 5 ดังแสดงในรูปที่ 4.18 (ก) , 4.19 (ก) และ 4.20 (ก) ตามลำดับความเข้มข้นซีโอดีป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 300 มก./ลิตร แต่จะมีการปรับสภาพระบบเล็กน้อยโดยการระบายทรายออกจากถังปฏิกรณ์ประมาณ 10-20 ซม. ของเบตหนึ่ง เพื่อระบายตะกอนจุลินทรีย์ส่วนบนเหนือชั้นเบตที่ขยายตัวออก แล้วจึงใส่ทรายสะอาดใหม่เข้าไปแทนที่ให้ความสูงของเบตหนึ่งเท่าเดิม จึงทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยที่วัดได้มีค่าลดต่ำลงมาจากสภาวะคงตัวก่อน

ตารางที่ 4.6 พบว่าที่สภาวะคงตัวปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดเท่ากับ 7,108 - 8,266 มก./ลิตร เปรียบเทียบที่ความเข้มข้นของซีโอดีป้อนเข้าสู่ระบบประมาณ 300 และ 500 มก./ลิตร ในขณะที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำเท่ากัน ที่สภาวะคงตัว จะพบว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ป้อนเข้าสู่ระบบ ทำให้เกิดการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ภายในระบบเพิ่มขึ้นด้วยจึงสามารถวัดปริมาณจุลินทรีย์ หรือปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยในระบบได้สูงขึ้น แต่ถ้ามองในแง่ของความเข้มข้นของซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากันที่สภาวะคงตัว การเพิ่มขึ้นของความเร็วไหลขึ้นของน้ำจะมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมีค่าลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากการทดลองที่ 3 และ 5 ที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยเท่ากับ 7,938 และ 7,231 มก./ลิตรตามลำดับ หรือการทดลองที่ 4 และ 6 ที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยเท่ากับ 8,266 และ 7,479 มก./ลิตร ตามลำดับ เนื่องจากความเร็วไหลขึ้นของน้ำที่สูง ทำให้อนุภาคตัวกลางทรายมีการขัดสีกันเอง และขัดสีกับผนังของถังปฏิกรณ์มากกว่าความเร็วไหลขึ้นของน้ำที่ต่ำ ดังนั้นจึงเกิดฟิล์มจุลินทรีย์ที่บางกว่า และเกิดการหลุดลอยของตะกอนแขวนลอยออกจากระบบได้มากกว่า ทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยที่วัดได้ต่ำลง แต่ปริมาณจุลินทรีย์หรือปริมาณตะกอน

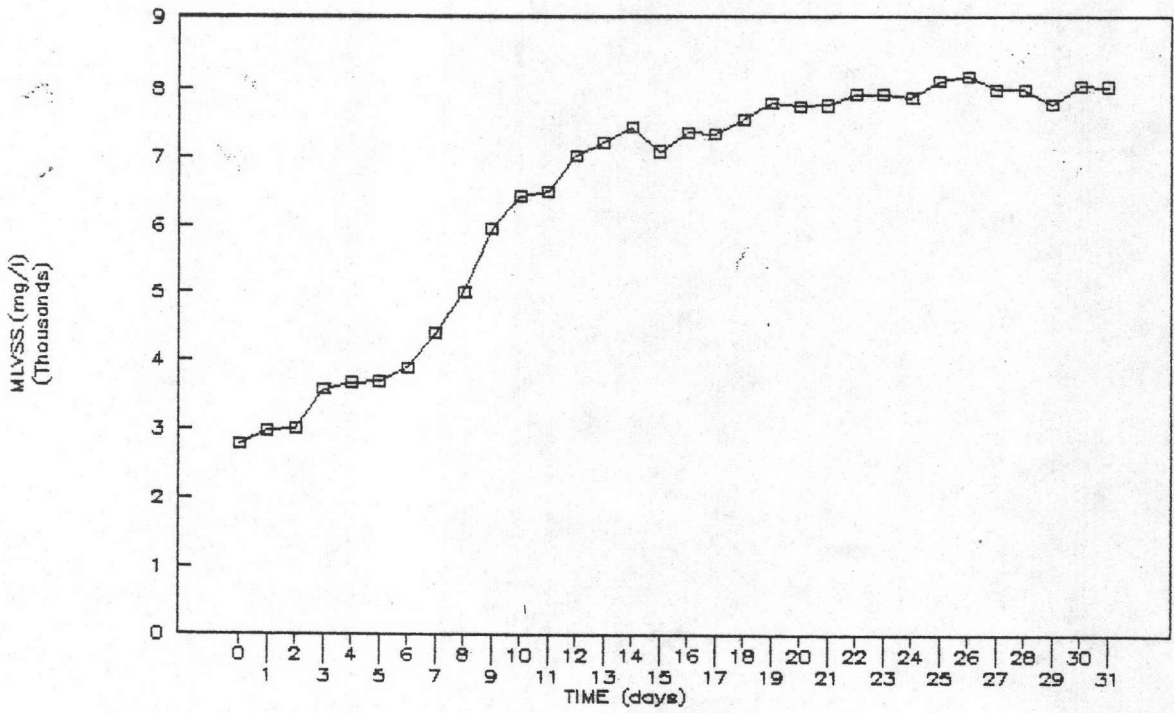


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

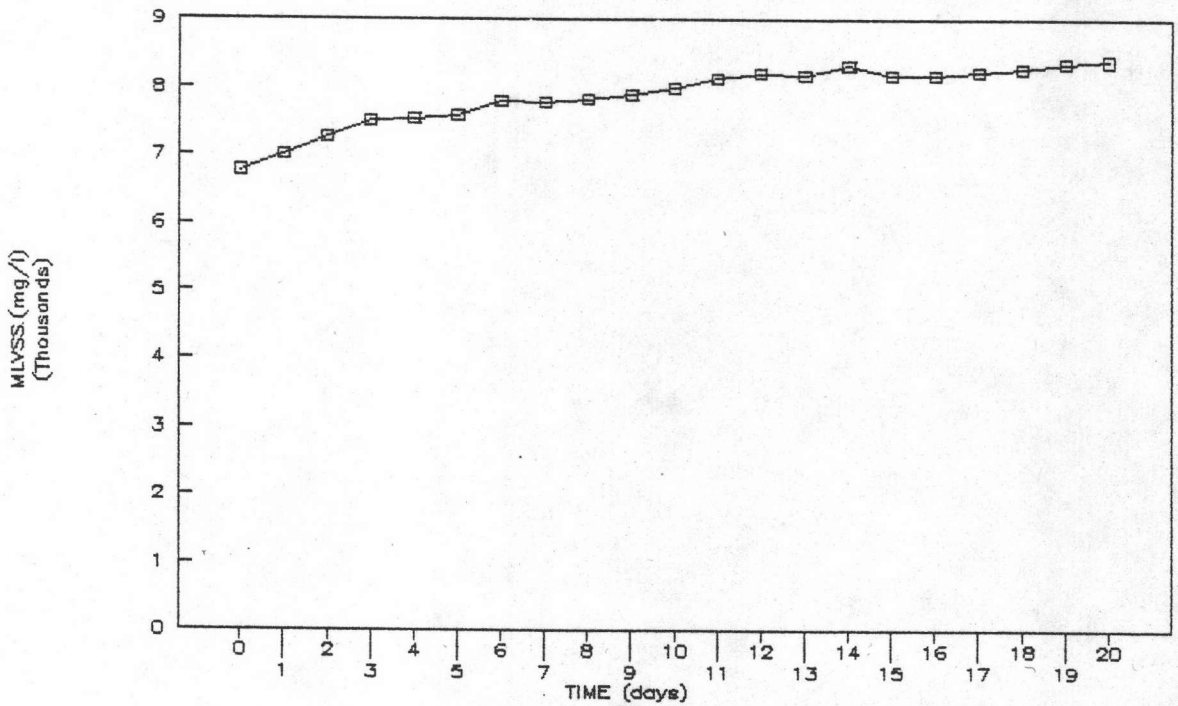


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ผลิต ไบโอดี ที่ระดับความเร็วไหลของน้ำ 20 เมตร/ชม.

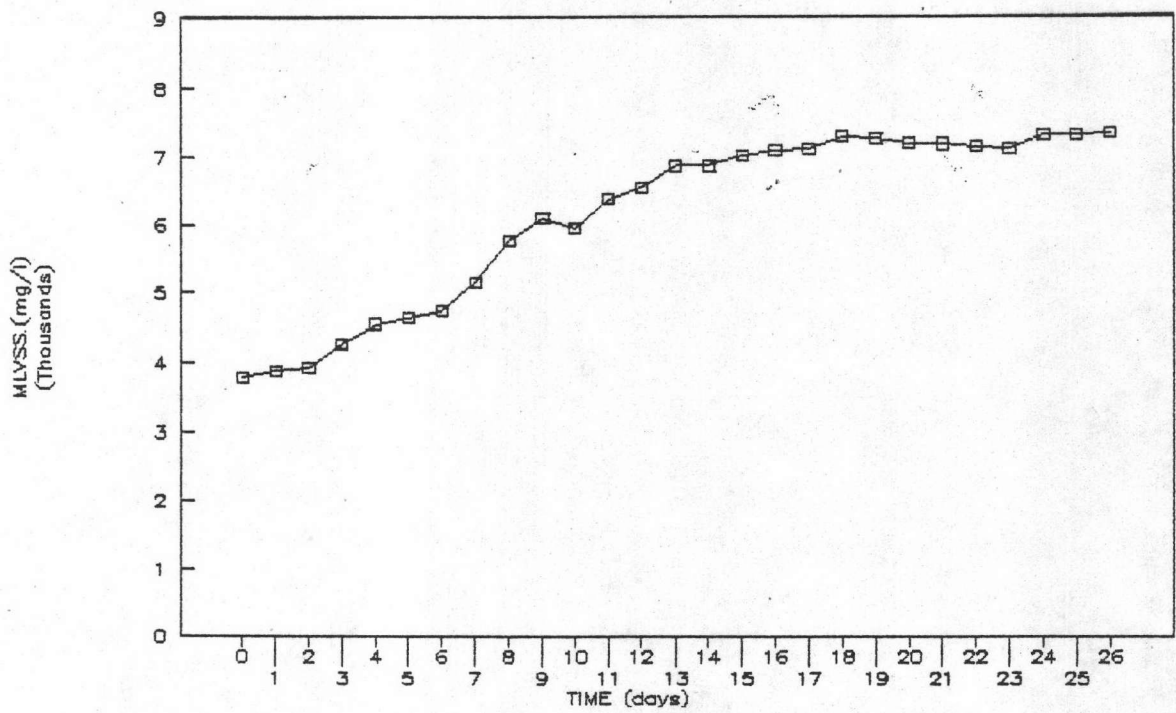


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

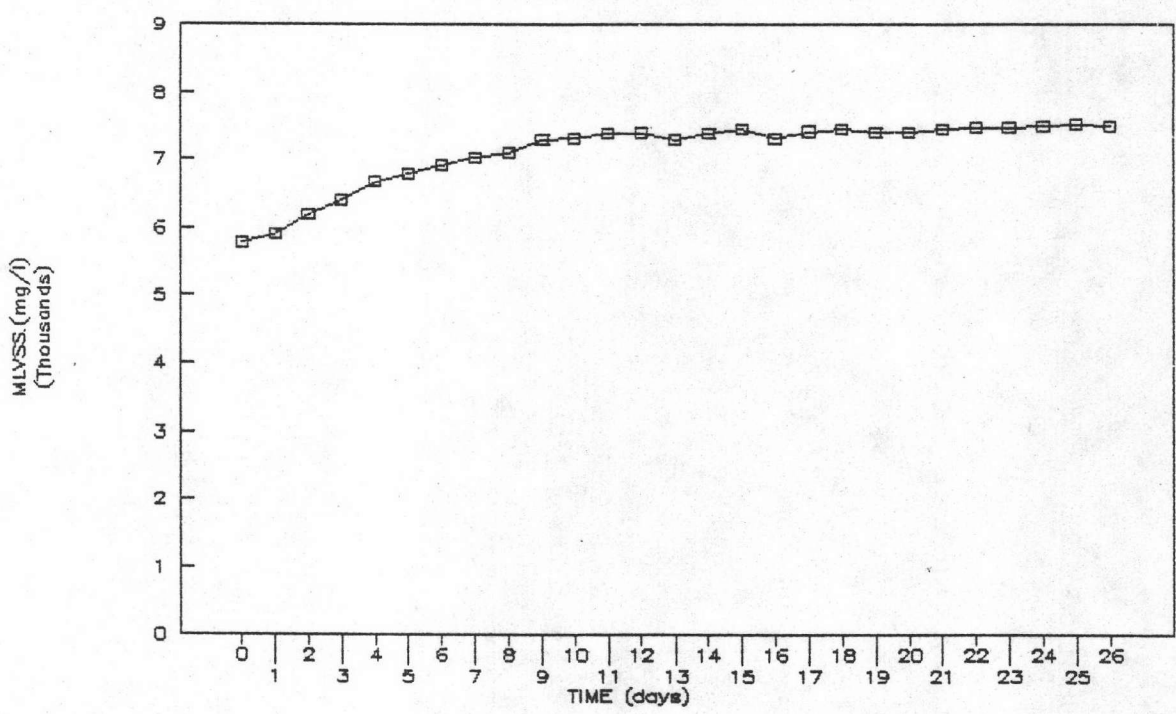


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบด ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ไบโอดี ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

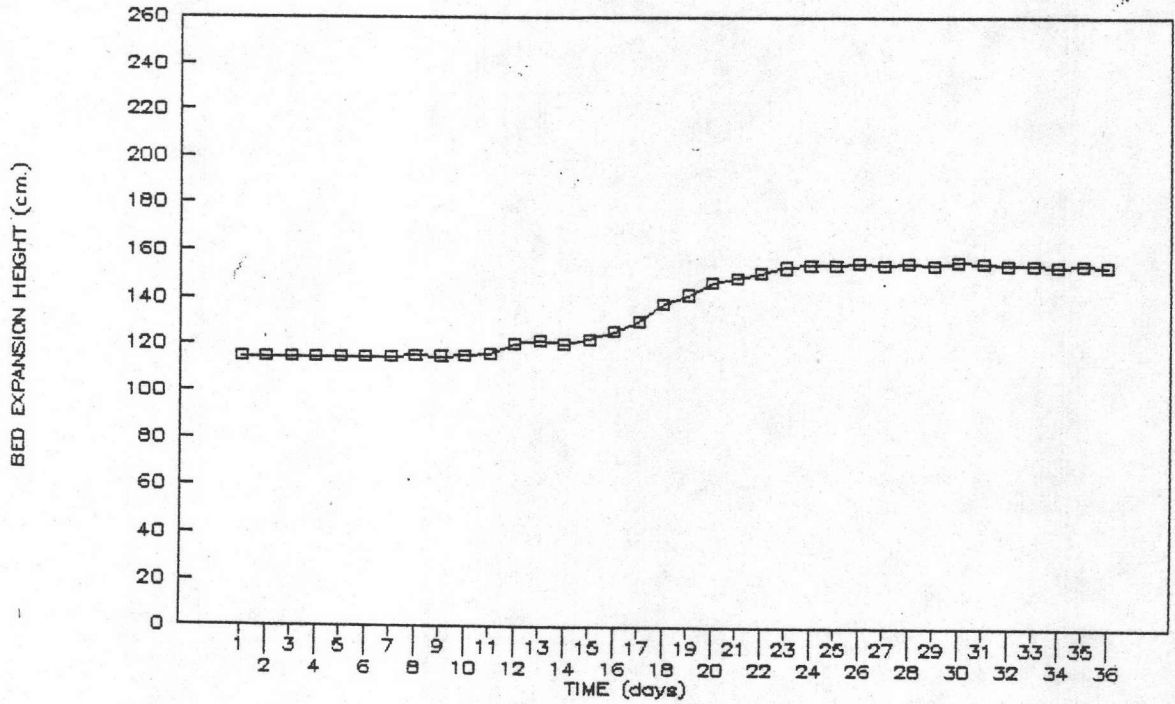
แขวนลอยระเหยในระบบกับขึ้นอยู่กับระยะเวลาการทดลองด้วย (Traverso, P.G., and Cecchi, F., 1989) ดังนั้นในการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มการทดลองแรกระยะเวลาอย่างน้อย ซึ่งทำให้ค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยในระบบต่ำกว่าการทดลองที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

รูปที่ 4.21 - 4.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงความสูงของเบตที่ขยายตัวพบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบ ปริมาณของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบที่สูง และมีจุลินทรีย์ชนิดที่มีก้าน (Stalked Ciliates) มาก ก็จะทำให้ความสูงของเบตขยายตัวเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้ามี Filamentous Bacterias ขึ้นมากก็จะทำให้ความสูงของเบตขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากเกินไป จนเป็นปัญหาในระบบ โดยอาจทำให้อนุภาคทรายหลุดติดไปกับน้ำที่ออกจากระบบ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์ที่มีผลทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้ความสูงของเบตที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นด้วย ดังจะเห็นในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวตามตารางที่ 4.6 ให้ผลการทดลองที่ 2, 4 และ 6 (ความสูงของเบตที่ขยายตัวเท่ากับ 159.16, 195.98 และ 230.30 ซม. ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าการทดลองที่ 1, 3 และ 5 (ค่าความสูงของเบตที่ขยายตัวเท่ากับ 154.61, 188.91 และ 218.31 ซม. ตามลำดับ) ตามลำดับเมื่อความเร็วไหลชั้นของน้ำเท่ากัน และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วไหลชั้นของน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นปริมาณสารอินทรีย์คงที่ จะเห็นว่าความสูงของเบตที่ขยายตัวมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความสูงของเบตที่ขยายตัวมีค่าสูงกว่าความเร็วไหลชั้นของน้ำที่ต่ำ ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นในแต่ละการทดลอง หรืออาจกล่าวรวมได้ว่าเพิ่มขึ้นของความเร็วไหลชั้นของน้ำและปริมาตรบรรทุกของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบทำให้ความสูงของเบตที่ขยายตัวสูงขึ้น

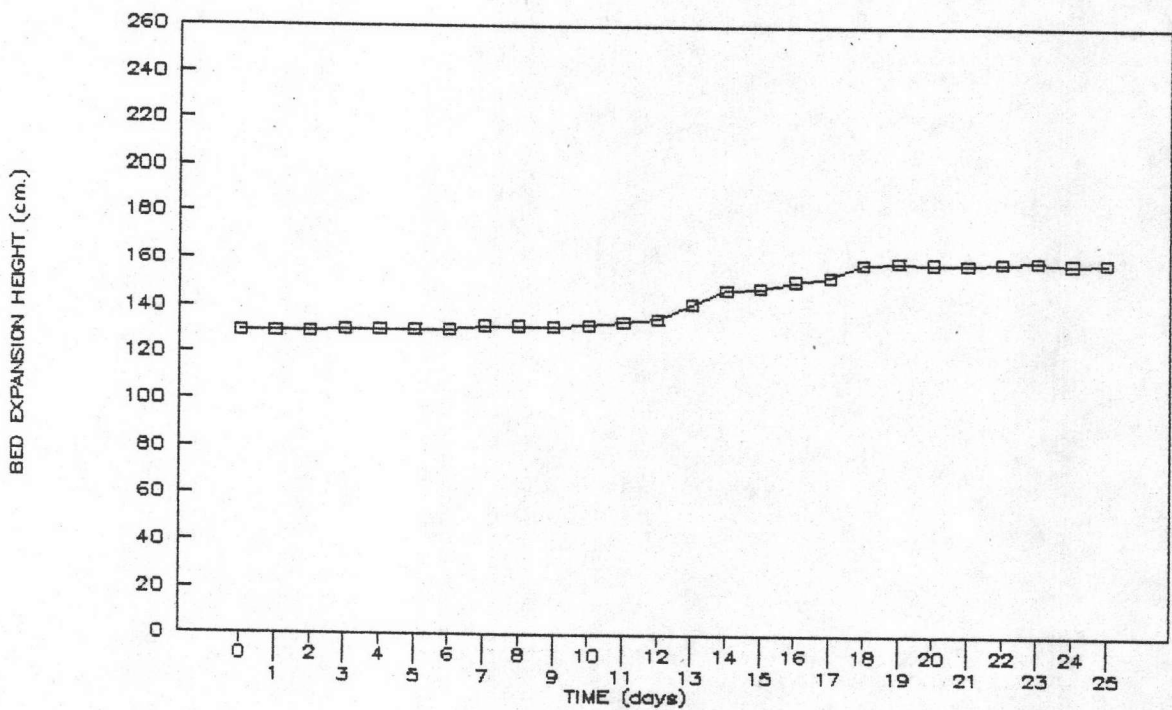
4.3.6 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ซีโอดี เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งสำหรับถึงปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบตที่ใช้ในการทดลองนี้ เพราะว่าค่าซีโอดีจะแสดงให้เห็นถึงการลดหลั่นของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบ นอกจากนี้ยังสามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถึงปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบต

รูปที่ 4.24 - 4.26 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบน้ำในถังหมัก เวียนน้ำกลับและน้ำที่ออกจากระบบและรูปที่ 4.27 - 4.29 จะแสดงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถึงปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบตของการทดลองทั้ง 6 การทดลอง

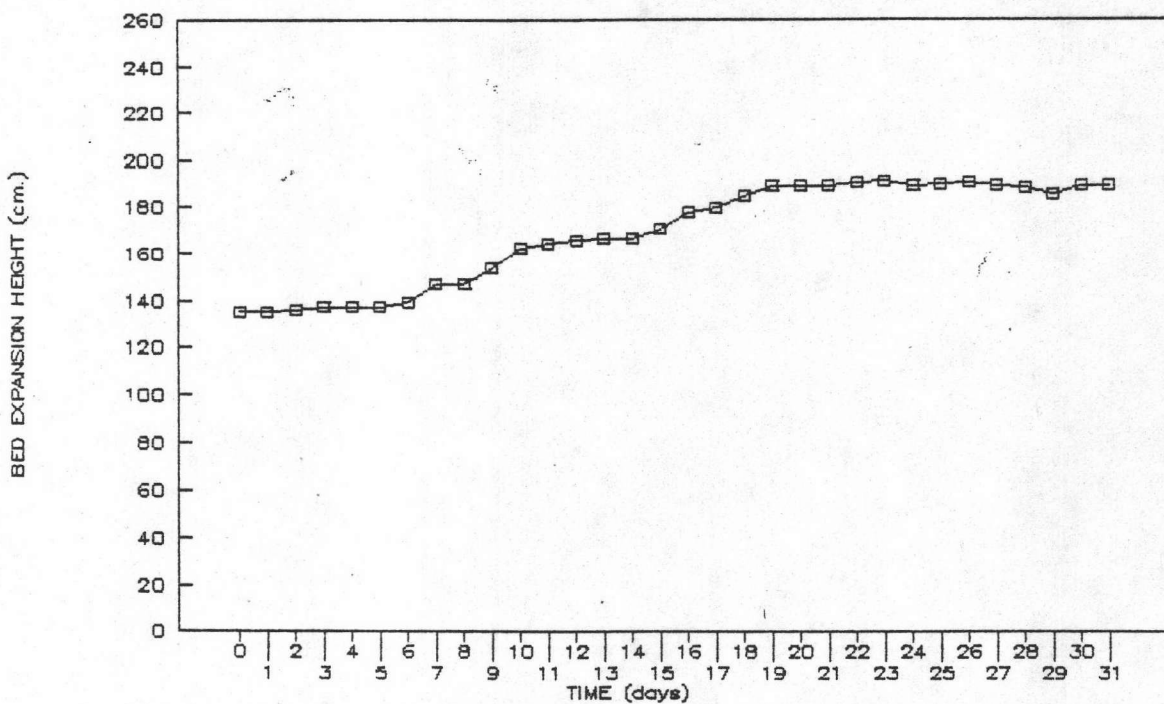


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

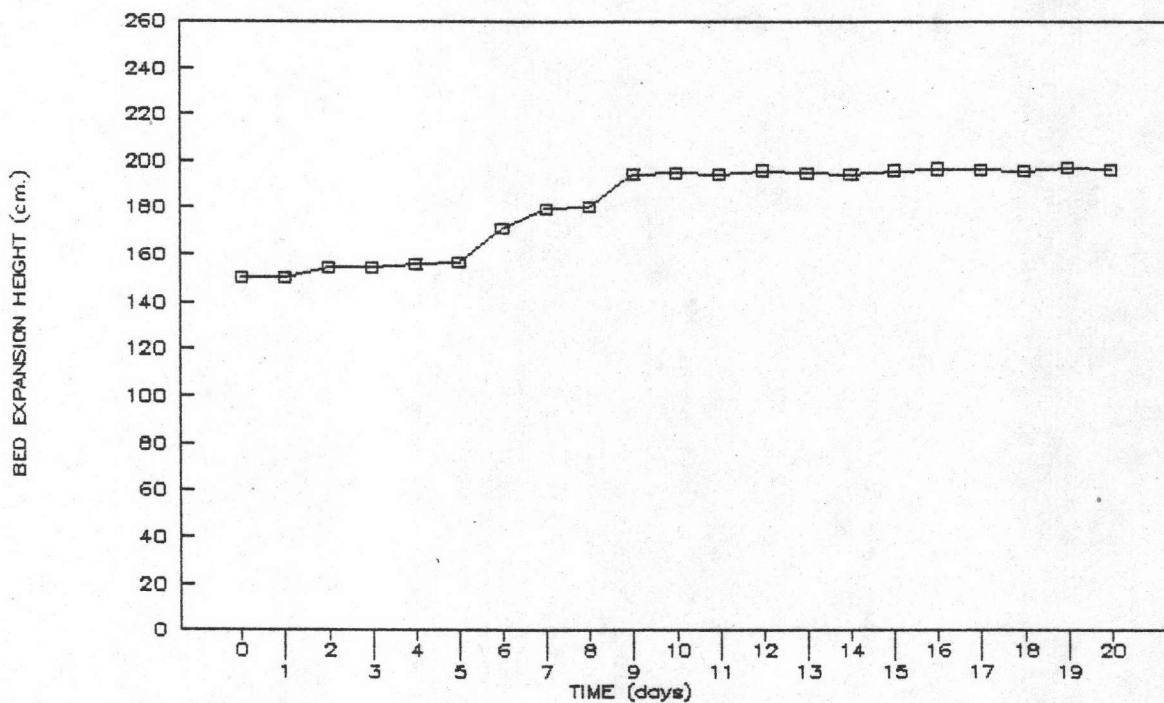


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงความสูงของเบดขยายตัวตามระยะเวลา ที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

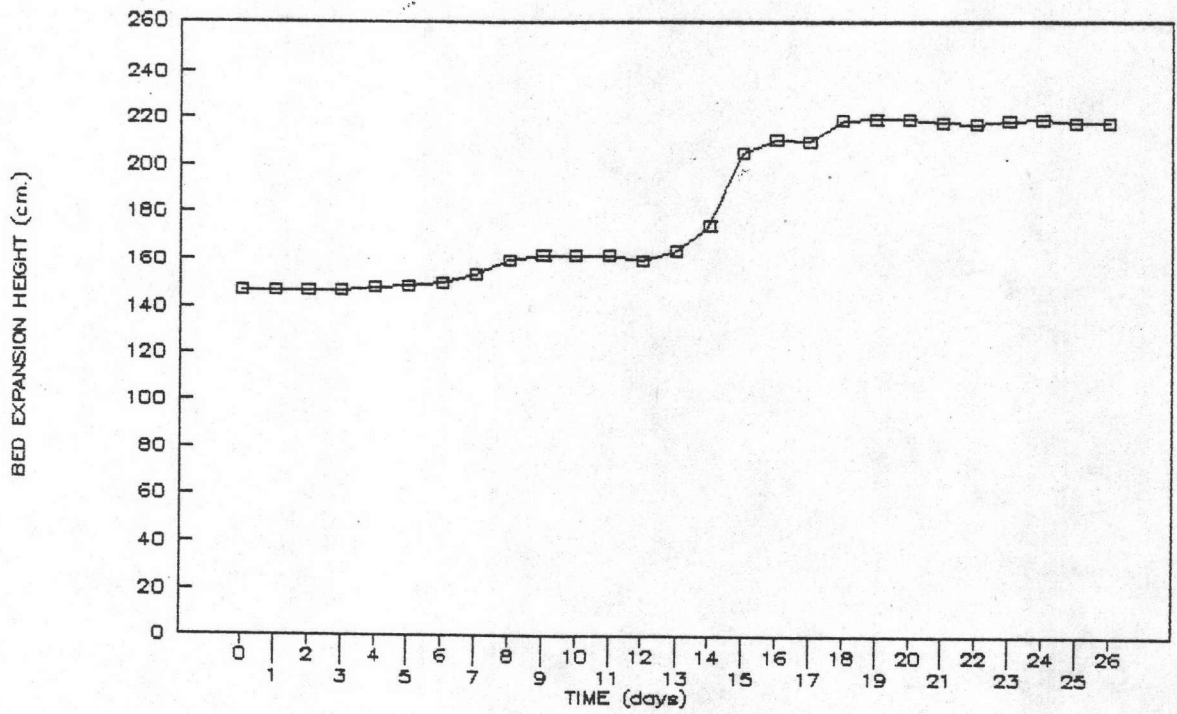


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

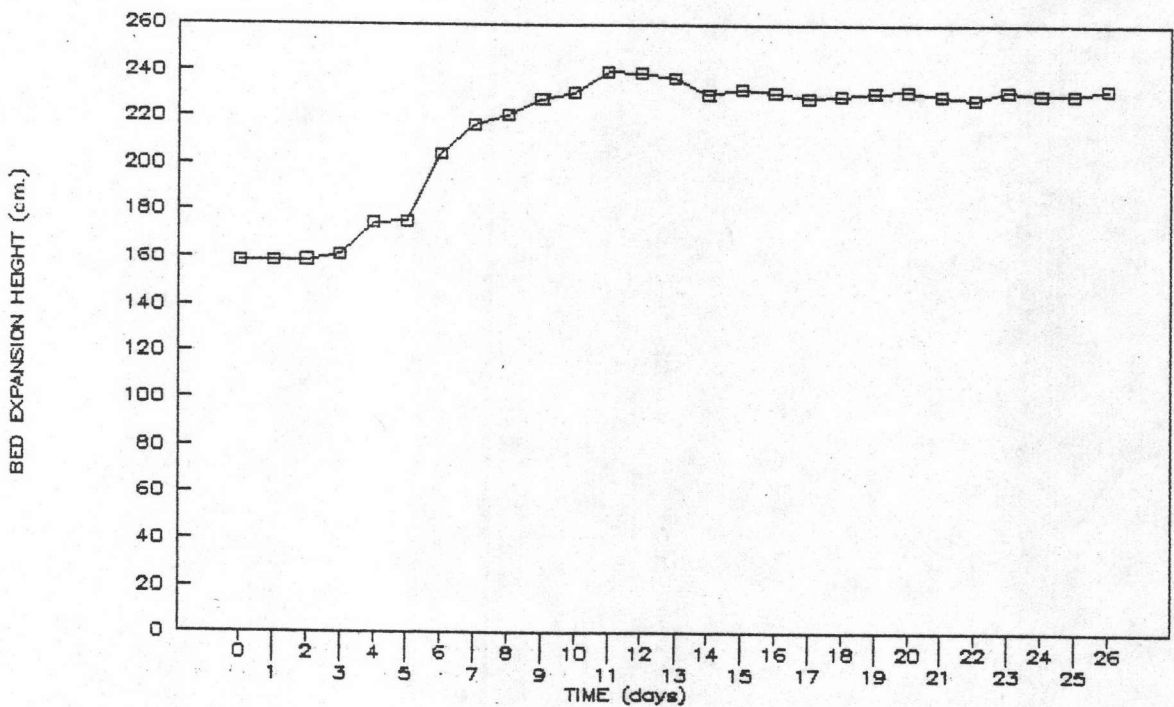


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงความสูงของเบดขยายตัวตามระยะเวลา ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงความสูงของเบตขยายตัวตามระยะเวลา ที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

รูปที่ 4.24 (ก) และ 4.27 (ก) แสดงผลของการทดลองที่ 1 พบว่าในช่วงต้นของการทดลองประมาณ 10 วันแรก จุลินทรีย์ที่นำมาเป็นหัวเชื้อยังอยู่ในสภาพที่ยังไม่พร้อมที่จะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้และยังมีปริมาณที่ต่ำ ทำให้ซีโอไซด์ของน้ำที่ออกจากระบบที่วัดได้มีค่าสูงและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์ต่ำ คือมีค่าประมาณร้อยละ 29-63 สำหรับซีโอไซด์ทั้งหมดและร้อยละ 36-71 สำหรับซีโอไซด์ละลาย ภายหลังจากที่เลี้ยงต่อมา จุลินทรีย์สามารถปรับตัวได้และเริ่มย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้มากขึ้น ทำให้ซีโอไซด์ของน้ำที่ออกจากระบบลดลงมาก จากนั้นจึงทำการศึกษาโดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์และความคมให้คงที่หรือได้ค่าที่ใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง ในการทดลองนี้ปริมาณบรรทกน้ำเสียเข้าเท่ากับ 3.83 กก. ซีโอไซด์/ลบ.ม. วัน พบว่าระบบมีค่าซีโอไซด์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเฉลี่ยประมาณ 292.43 มก./ลิตร โดยในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จะพบว่าน้ำที่ออกจากระบบมีค่าเฉลี่ยของซีโอไซด์เหลือเท่ากับ 13.64 และ 48.99 มก./ลิตร สำหรับค่าซีโอไซด์ละลายและซีโอไซด์ทั้งหมดตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์เท่ากับร้อยละ 95.27 และ 83.02 ตามลำดับ (คิดเทียบจากค่าเฉลี่ยของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 288.60 มก./ลิตร)

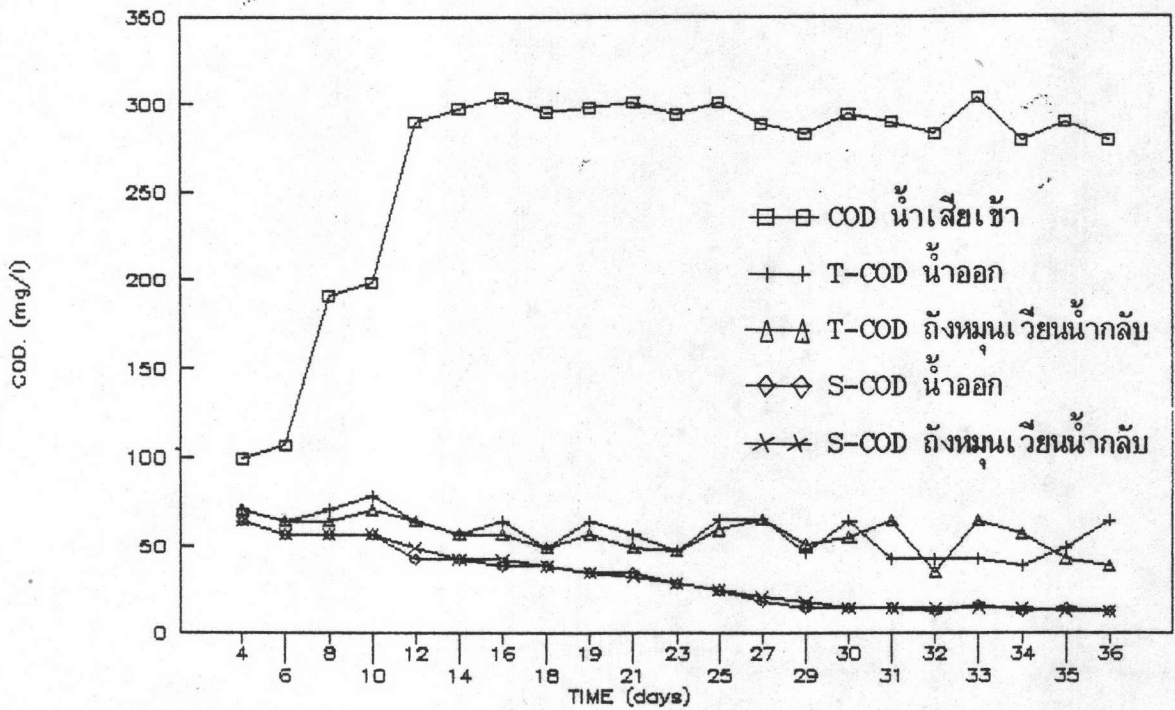
รูปที่ 4.24 (ข) และ 4.27 (ข) แสดงผลของการทดลองที่ 2 ปริมาตรบรรทกน้ำเสียเข้าเท่ากับ 6.77 กก. ซีโอไซด์/ลบ.ม. วัน พบว่าระบบมีค่าซีโอไซด์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเฉลี่ยประมาณ 501.61 มก./ลิตร โดยในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จะพบว่าน้ำที่ออกจากระบบที่มีค่าเฉลี่ยของซีโอไซด์เหลือเท่ากับ 15.66 และ 81.02 มก./ลิตร สำหรับค่าซีโอไซด์ละลายและซีโอไซด์ทั้งหมดตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์เท่ากับร้อยละ 96.92 และ 84.08 ตามลำดับ (คิดเทียบจากค่าเฉลี่ยของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 508.80 มก./ลิตร)

รูปที่ 4.25 (ก) และ 4.28 (ก) แสดงผลของการทดลองที่ 3 ปริมาตรบรรทกน้ำเสียเข้าเท่ากับ 4.81 กก. ซีโอไซด์/ลบ.ม. วัน พบว่าระบบมีค่าซีโอไซด์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเฉลี่ยประมาณ 288.60 มก./ลิตร โดยในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จะพบว่าน้ำที่ออกจากระบบที่มีค่าเฉลี่ยของซีโอไซด์เหลือเท่ากับ 13.44 และ 45.07 มก./ลิตร สำหรับค่าซีโอไซด์ละลายและซีโอไซด์ทั้งหมดตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์เท่ากับร้อยละ 95.36 และ 84.45 ตามลำดับ (คิดเทียบจากค่าเฉลี่ยของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 289.86 มก./ลิตร)

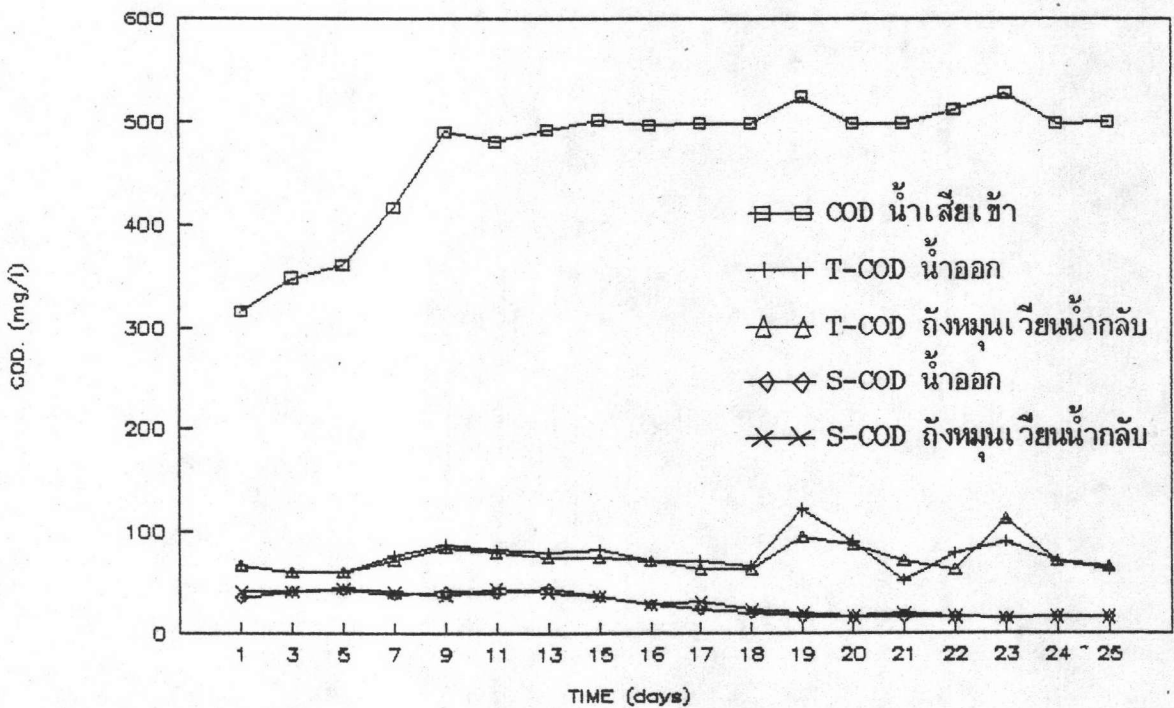
รูปที่ 4.25 (ข) และ 4.28 (ข) แสดงผลของการทดลองที่ 4 ปริมาตรบรรทุก น้ำเสียเข้าเท่ากับ 8.27 กก.ซีโอต์/ลบ.ม.วัน พบว่าระบบมีค่าซีโอต์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ เฉลี่ยประมาณ 497.55 มก./ลิตร โดยในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จะพบว่าน้ำที่ออกจาก ระบบที่มีค่าเฉลี่ยของซีโอต์เหลือเท่ากับ 17.17 และ 79.94 มก./ลิตร สำหรับค่าซีโอต์ละลาย และซีโอต์ทั้งหมดตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอต์เท่ากับร้อยละ 96.55 และ 83.93 ตามลำดับ (คิดเทียบจากค่าเฉลี่ยของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 497.49 มก./ลิตร)

รูปที่ 4.26 (ก) และ 4.29 (ก) แสดงผลของการทดลองที่ 5 ปริมาตรบรรทุก น้ำเสียเข้าเท่ากับ 5.92 กก.ซีโอต์/ลบ.ม.วัน พบว่าระบบมีค่าซีโอต์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ เฉลี่ยประมาณ 299.98 มก./ลิตร โดยในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จะพบว่าน้ำที่ออกจาก ระบบที่มีค่าเฉลี่ยของซีโอต์เหลือเท่ากับ 19.82 และ 64.54 มก./ลิตร สำหรับค่าซีโอต์ละลาย และซีโอต์ทั้งหมดตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอต์เท่ากับร้อยละ 93.33 และ 78.66 ตามลำดับ (คิดเทียบจากค่าเฉลี่ยของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 296.96 มก./ลิตร)

รูปที่ 4.26 (ข) และ 4.29 (ข) แสดงผลของการทดลองที่ 6 ปริมาตรบรรทุก น้ำเสียเข้าเท่ากับ 9.84 กก.ซีโอต์/ลบ.ม.วัน พบว่าระบบมีค่าซีโอต์ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ เฉลี่ยประมาณ 499.07 มก./ลิตร โดยในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จะพบว่าน้ำที่ออกจาก ระบบที่มีค่าเฉลี่ยของซีโอต์เหลือเท่ากับ 22.54 และ 67.60 มก./ลิตร สำหรับค่าซีโอต์ละลาย และซีโอต์ทั้งหมดตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอต์เท่ากับร้อยละ 95.43 และ 86.30 ตามลำดับ (คิดเทียบจากค่าเฉลี่ยของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 493.37 มก./ลิตร)

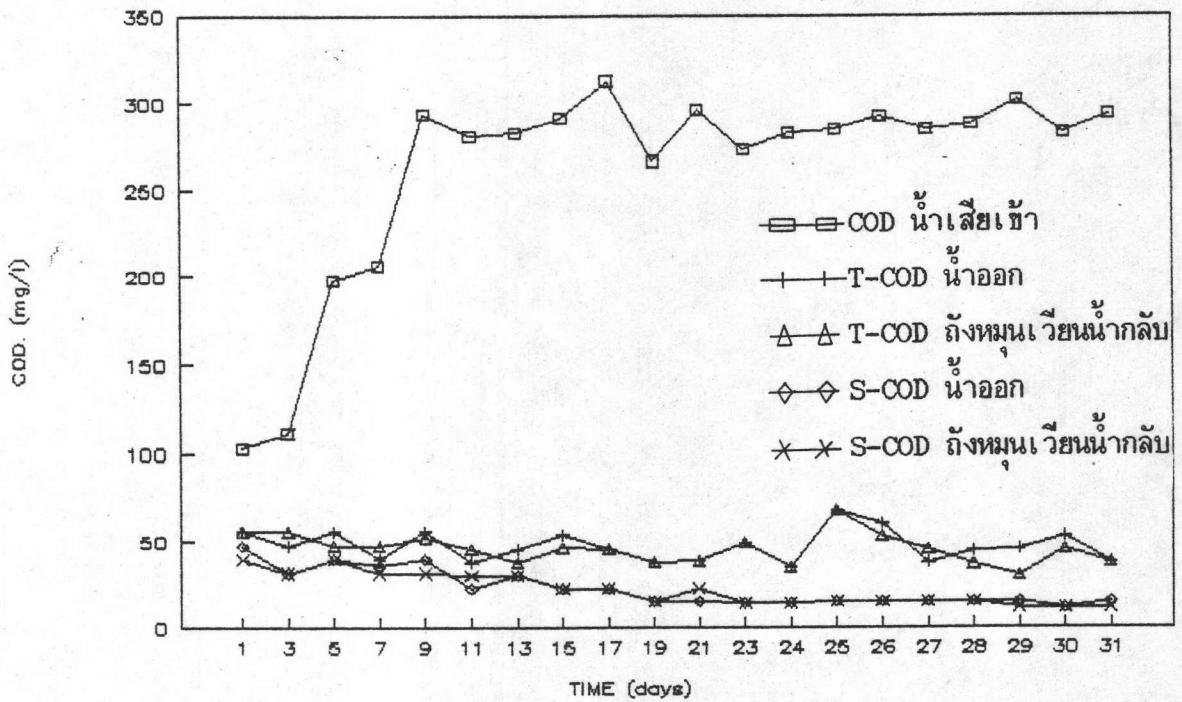


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

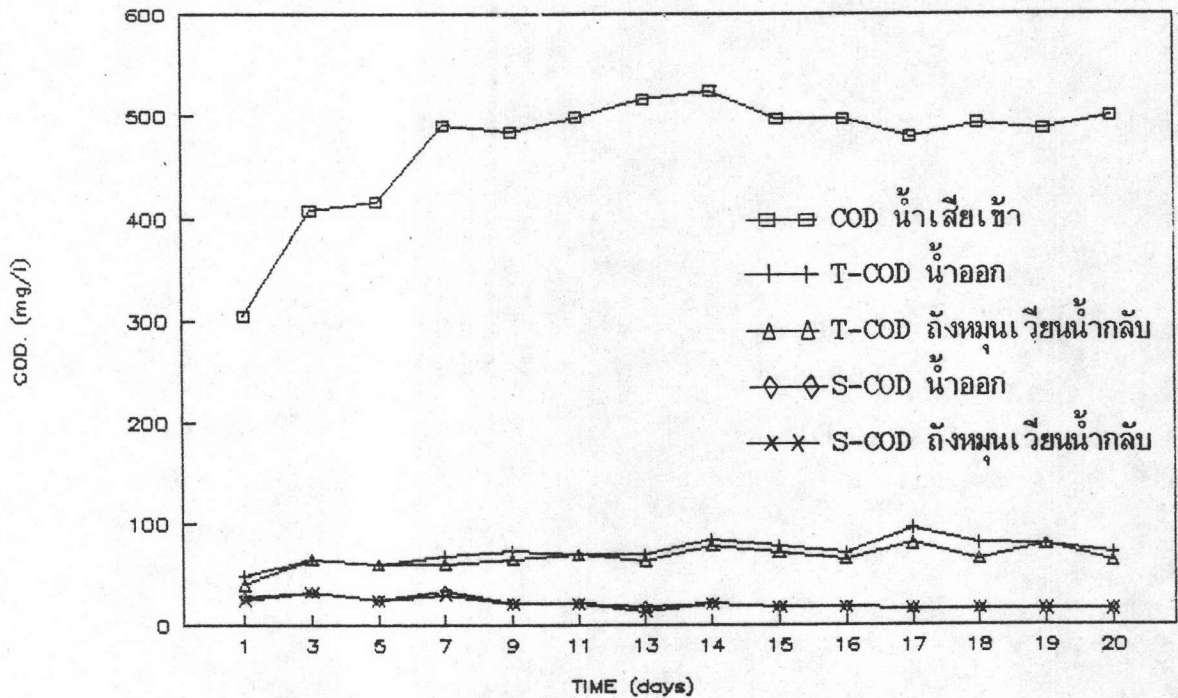


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.24 แสดงปริมาณซีโอดีของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมุนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

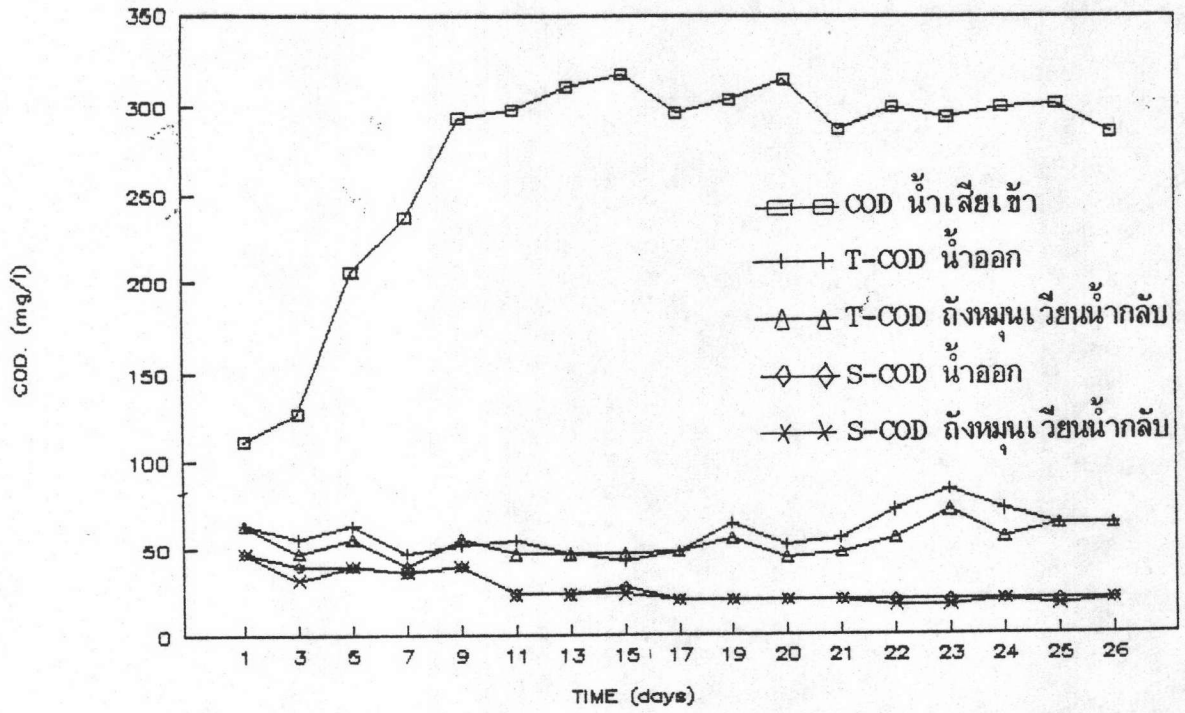


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

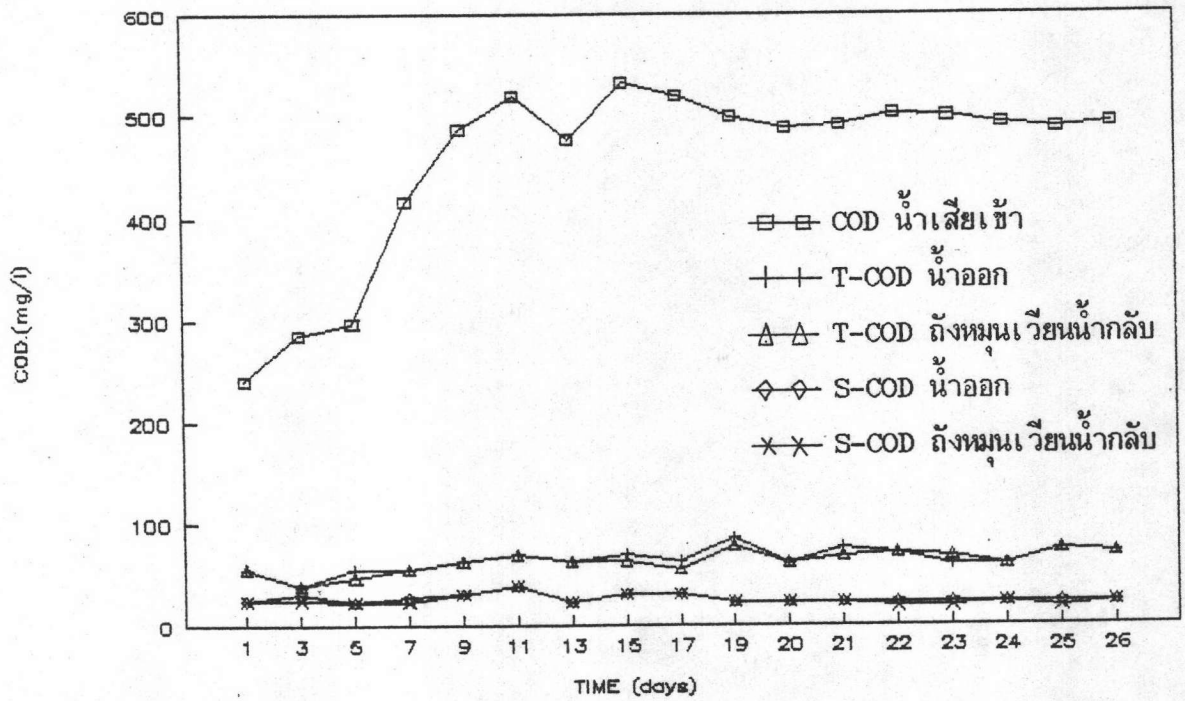


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.25 แสดงปริมาณซีโอดีของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลของน้ำ 25 เมตร/ชม.

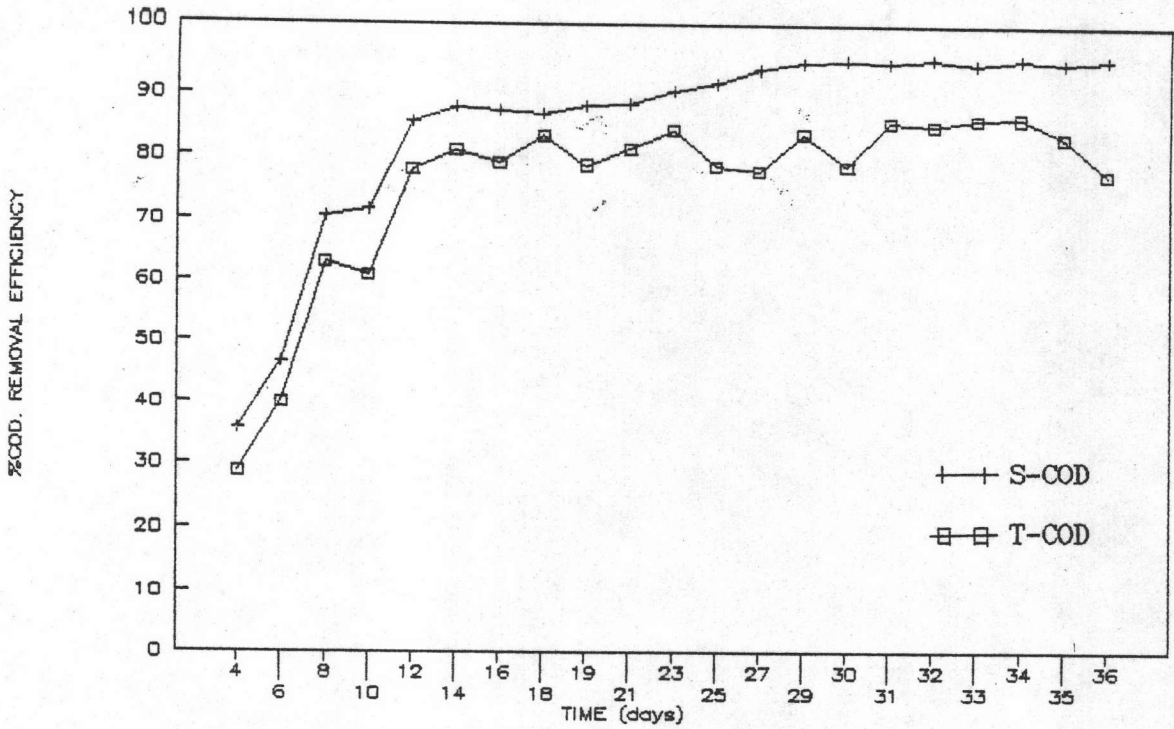


(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.

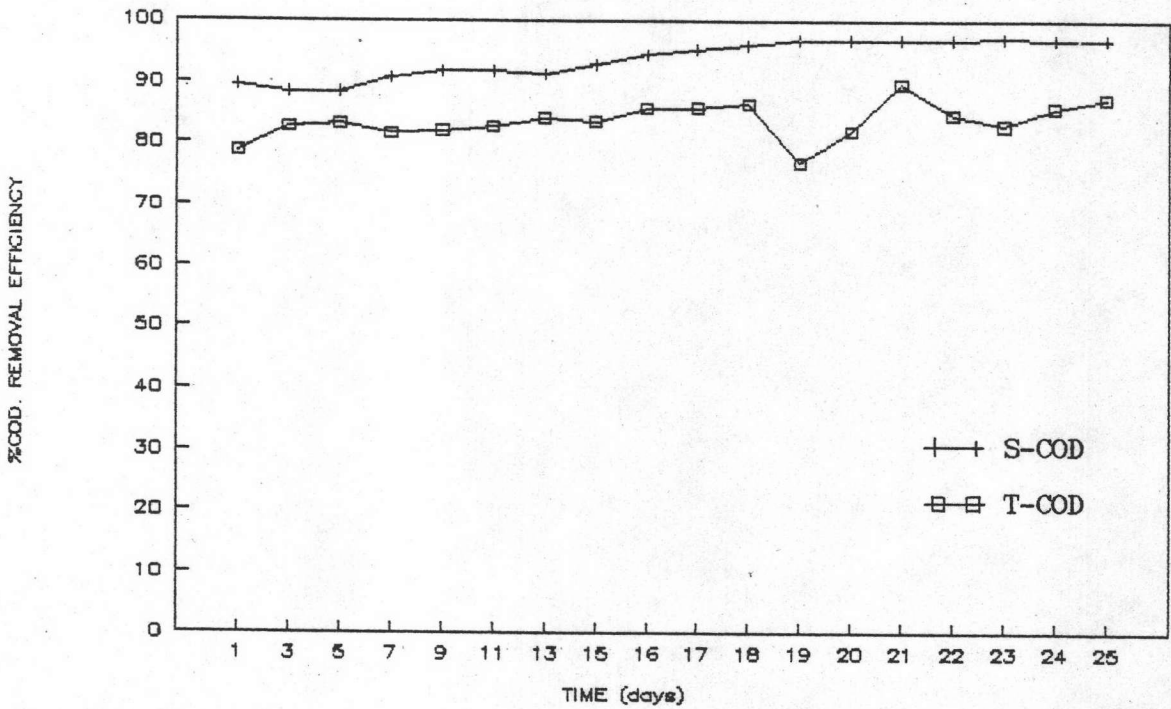


(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.26 แสดงปริมาณซีโอดีของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ ถังหมนเวียนน้ำกลับ และน้ำที่ออกจากระบบที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

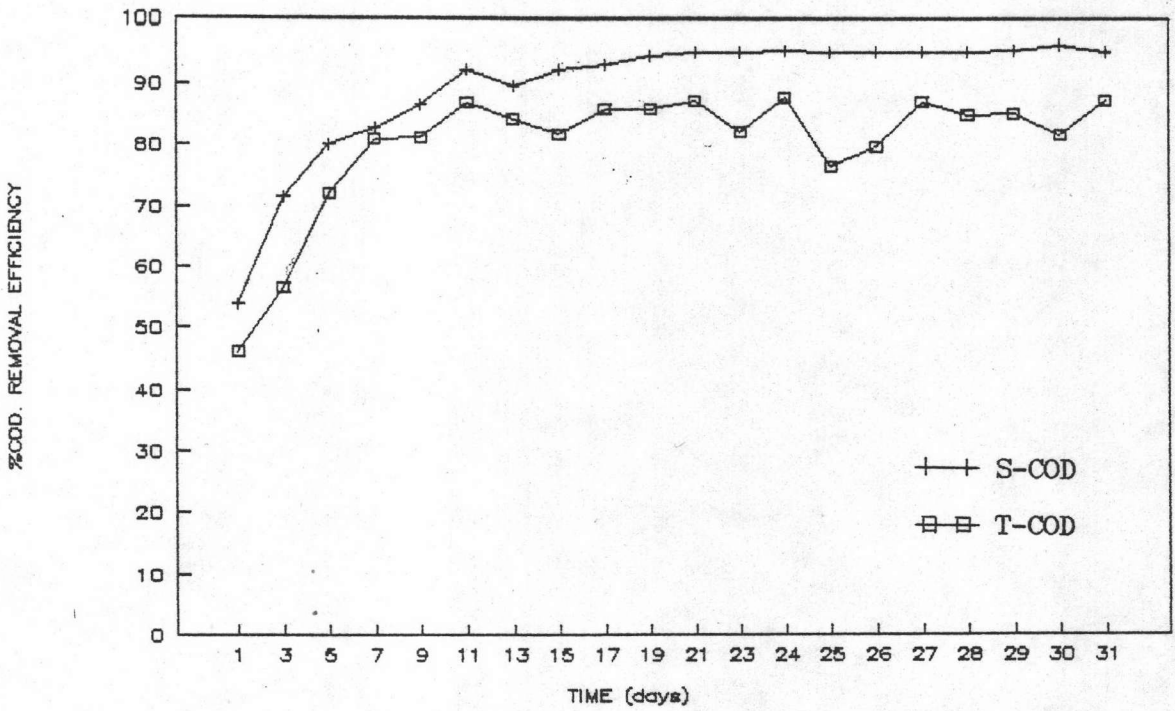


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

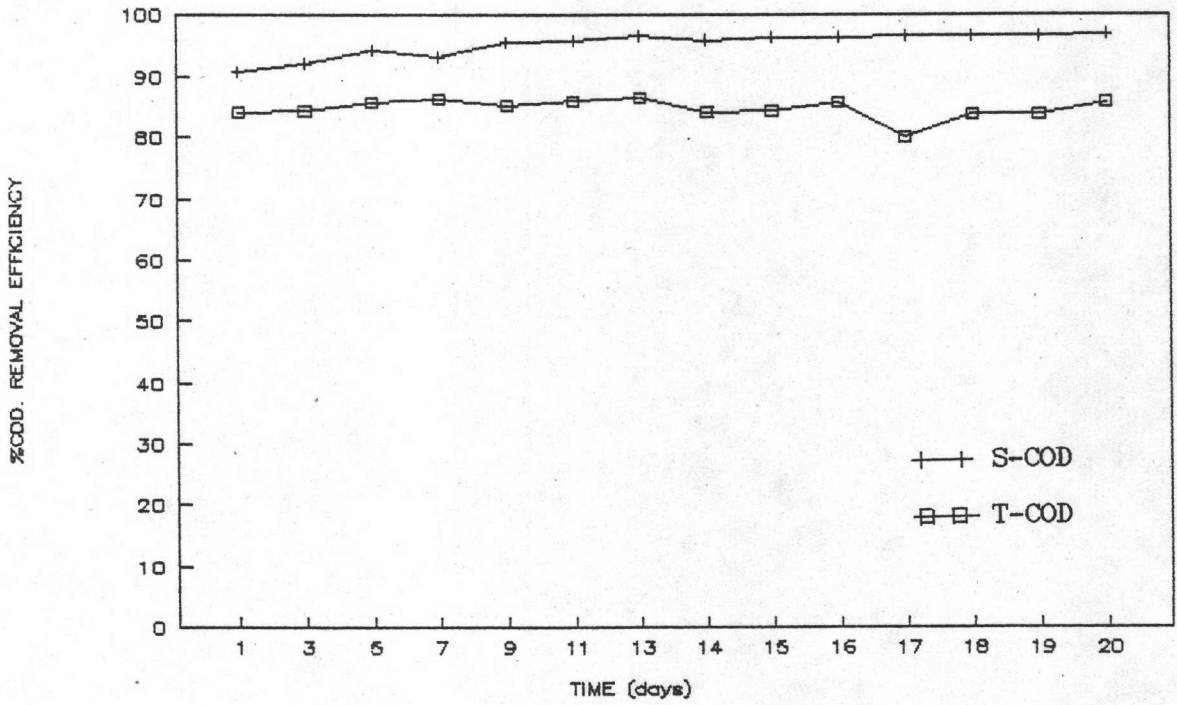


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.27 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด ที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

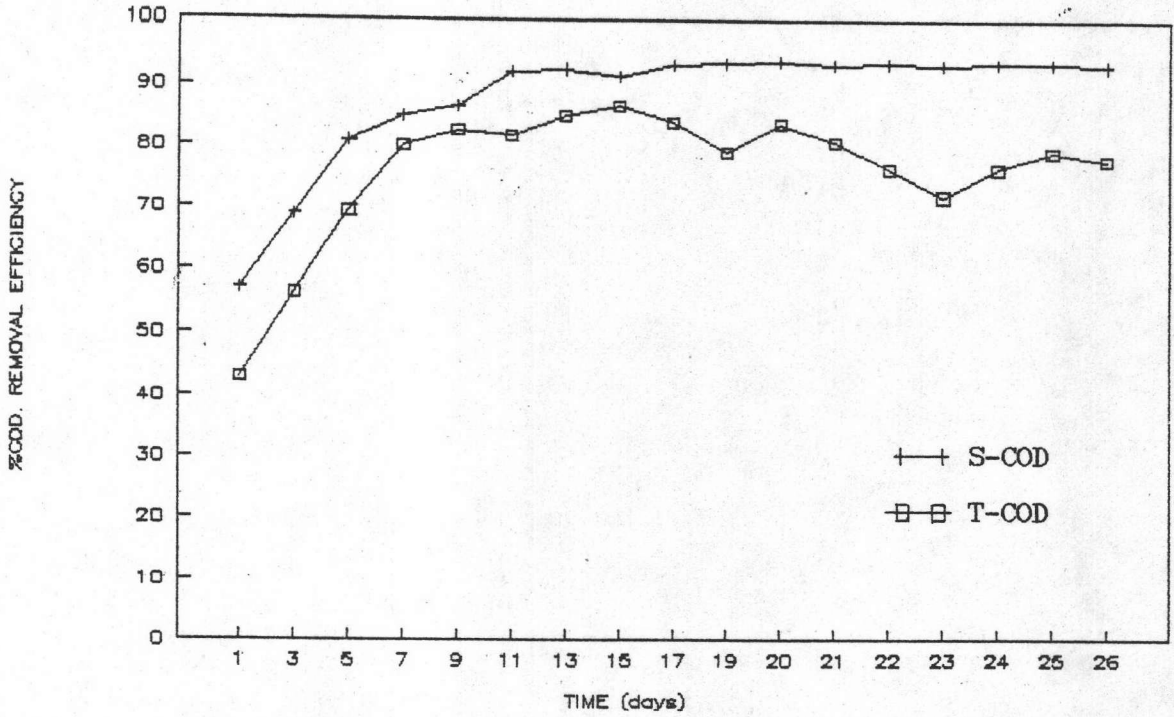


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

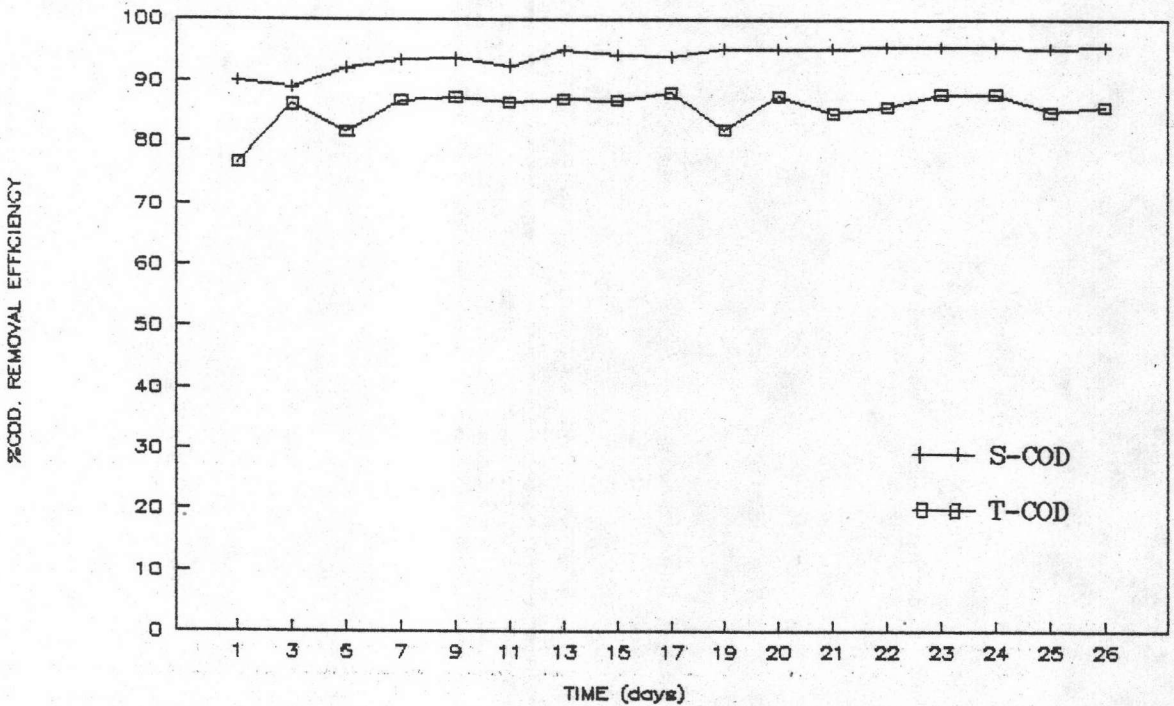


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.28 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด ที่ระดับความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.29 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด ที่ระดับความเร็วไหลชั้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

รูปที่ 4.30 - 4.35 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลาย และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ได้ซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวของการทดลองทั้ง 6 การทดลอง พบว่าปริมาณซีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ได้ซ์เบด โดยจะมีปริมาณซีโอดีสูงสุดที่หน้าเสี่ยป้อนเข้าสู่ระบบ แล้วจะลดลงเรื่อยๆ ตามความสูงของถังปฏิกรณ์ ซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุดในช่วงตั้งแต่น้ำเสี่ยเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ไปจนถึงระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงในช่วงนี้ จึงทำให้มีความต้องการใช้ออกซิเจนสูงตามไปด้วย หลังจากระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 120 ซม.ขึ้นไป การลดลงของปริมาณซีโอดีละลาย จะมีแนวโน้มที่ต่ำลงอีกจนกระทั่งนำไปสู่ค่าปริมาณซีโอดีละลายที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ถือได้ว่าค่อนข้างคงที่ในช่วงบนสุดของถังปฏิกรณ์ เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณจุลินทรีย์แขวนลอยเห็นความสูงของเบดที่ขยายตัวต่ำ จึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในอัตราที่ต่ำ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ได้ซ์เบด โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะตรงกันข้ามกับปริมาณซีโอดีละลายในถังปฏิกรณ์ ซึ่งแนวโน้มของการลดลงของปริมาณซีโอดีละลายและการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายมีลักษณะคล้ายรูปโค้งพาราโบลา

รูปที่ 4.30 (ก) และ 4.33 (ก) พบว่าที่สภาวะคงตัวค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลายของน้ำเสี่ยป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 288.60 มก./ลิตร ผ่านมาที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ได้ซ์เบดประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมีปริมาณซีโอดีละลายลดลงเหลืออยู่ประมาณ 33.84 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 88.27 และตั้งแต่นั้นที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 200 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึงน้ำที่ออกจากระบบจะมีปริมาณซีโอดีละลายเหลืออยู่ประมาณ 13.64-27.54 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 92.65 - 95.27

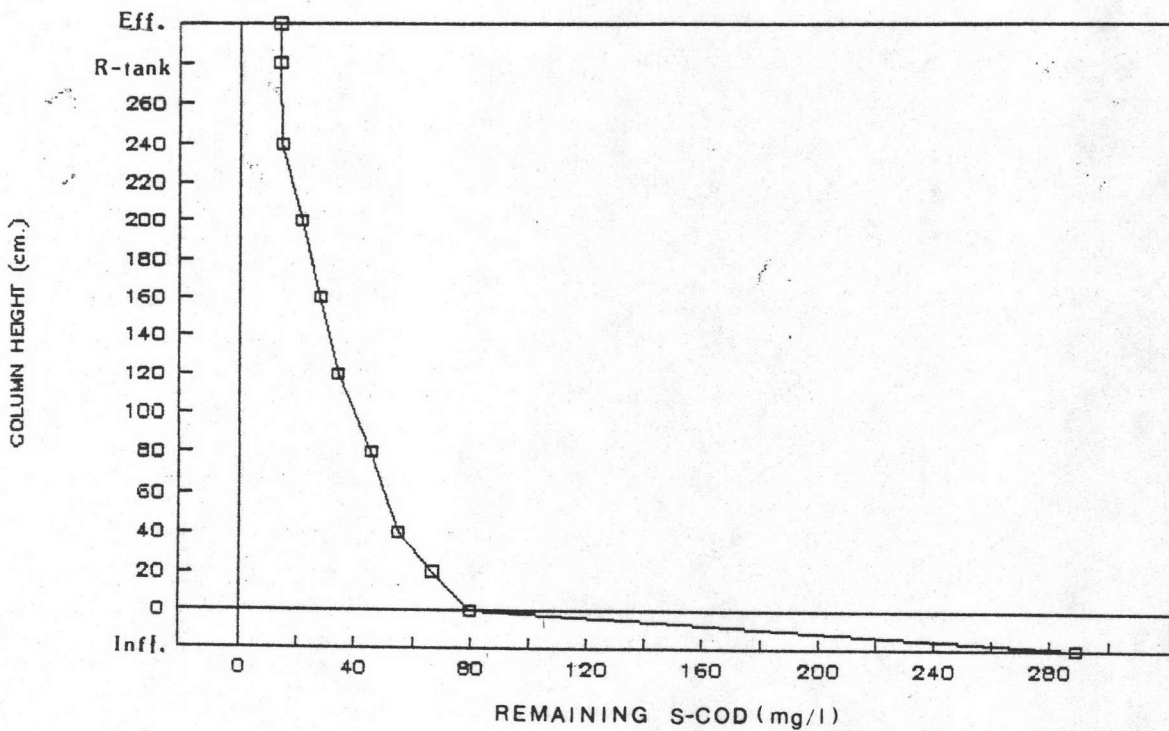
รูปที่ 4.30 (ข) และ 4.33 (ข) และพบว่าที่สภาวะคงตัวค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลายของน้ำเสี่ยป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 508.80 มก./ลิตร ผ่านมาที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ได้ซ์เบดประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมีปริมาณซีโอดีละลายลดลงเหลืออยู่ประมาณ 31.75 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 93.76 และตั้งแต่นั้นที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 200 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึงน้ำที่ออกจากระบบ จะมีปริมาณซีโอดีละลายเหลืออยู่ประมาณ 15.66-21.55 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 95.76-96.92

รูปที่ 4.31 (ก) และ 4.34 (ก) และพบว่าที่สภาวะคงตัวค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลายของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 289.86 มก./ลิตร ผ่านมาที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมีปริมาณซีโอดีละลายลดลงเหลืออยู่ประมาณ 32.18 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 88.90 และตั้งแต่ส่วนบนที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 200 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึงน้ำที่ออกจากกระบวน จะมีปริมาณซีโอดีละลายเหลืออยู่ประมาณ 13.44-20.38 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 92.97-95.36

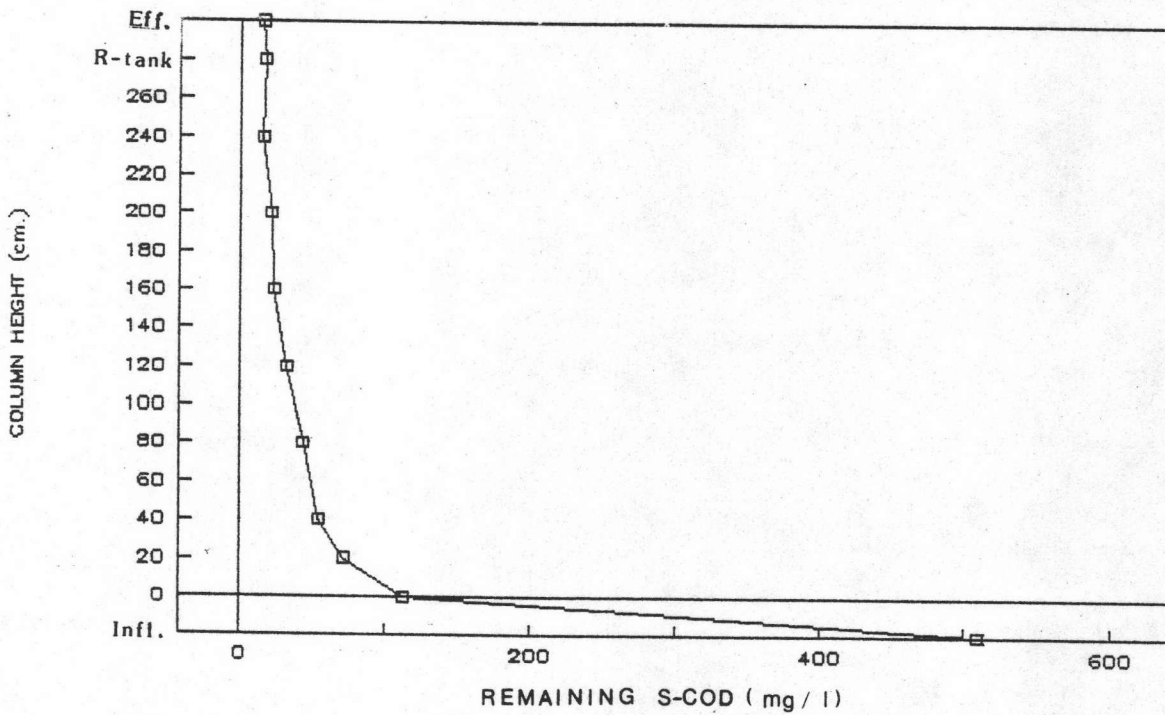
รูปที่ 4.31 (ข) และ 4.34 (ข) และพบว่าที่สภาวะคงตัวค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลายของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 497.49 มก./ลิตร ผ่านมาที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมีปริมาณซีโอดีละลายลดลงเหลืออยู่ประมาณ 37.60 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 92.44 และตั้งแต่ส่วนบนที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 200 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึงน้ำที่ออกจากกระบวน จะมีปริมาณซีโอดีละลายเหลืออยู่ประมาณ 17.17-21.45 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 95.69-96.56

รูปที่ 4.32 (ก) และ 4.35 (ก) และพบว่าที่สภาวะคงตัวค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลายของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 296.96 มก./ลิตร ผ่านมาที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมีปริมาณซีโอดีละลายลดลงเหลืออยู่ประมาณ 32.28 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 89.13 และตั้งแต่ส่วนบนที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 200 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึงน้ำที่ออกจากกระบวน จะมีปริมาณซีโอดีละลายเหลืออยู่ประมาณ 19.82-24.36 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายเท่ากับร้อยละ 91.80-93.33

รูปที่ 4.32 (ข) และ 4.35 (ข) และพบว่าที่สภาวะคงตัวค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีละลายของน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 493.27 มก./ลิตร ผ่านมาที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดประมาณ 120 ซม. เห็นระดับแผ่นกระจายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) จะมี

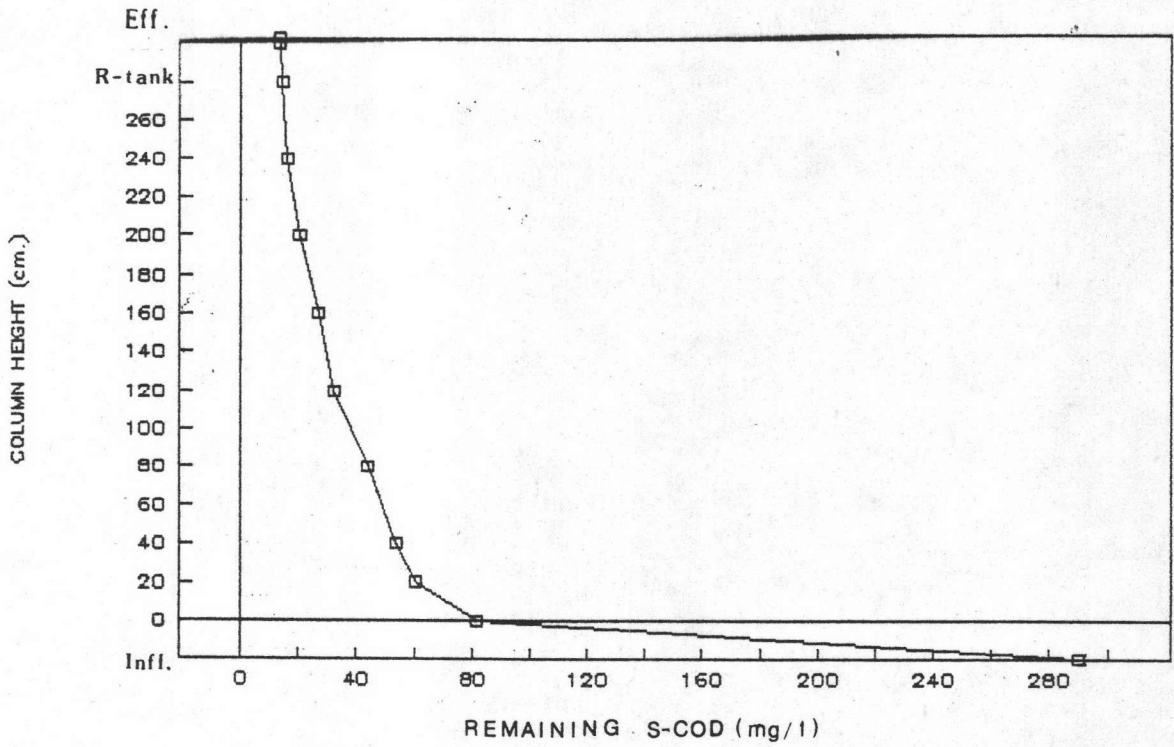


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

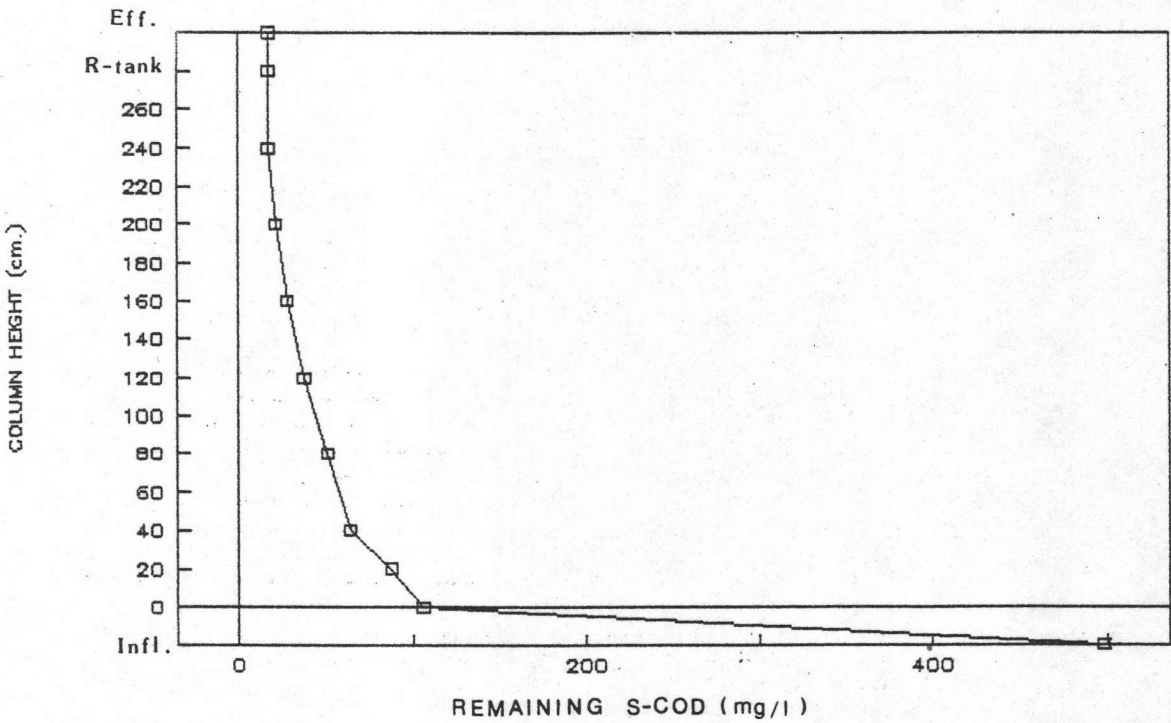


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.30 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

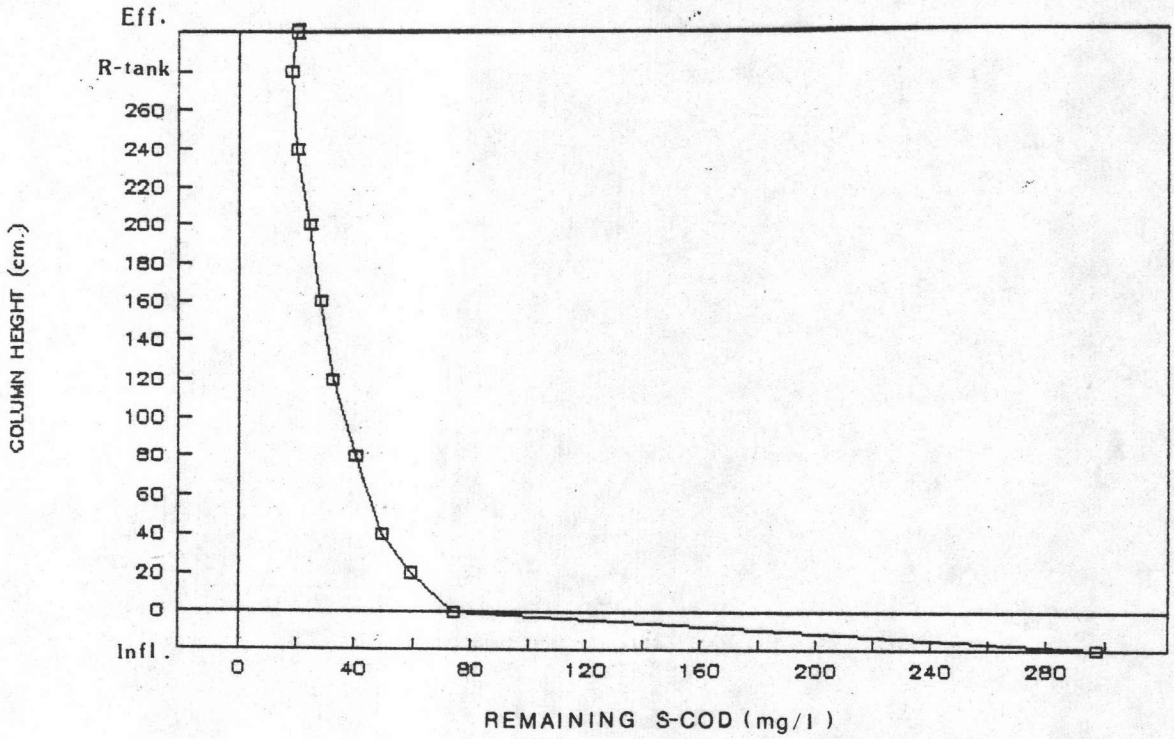


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

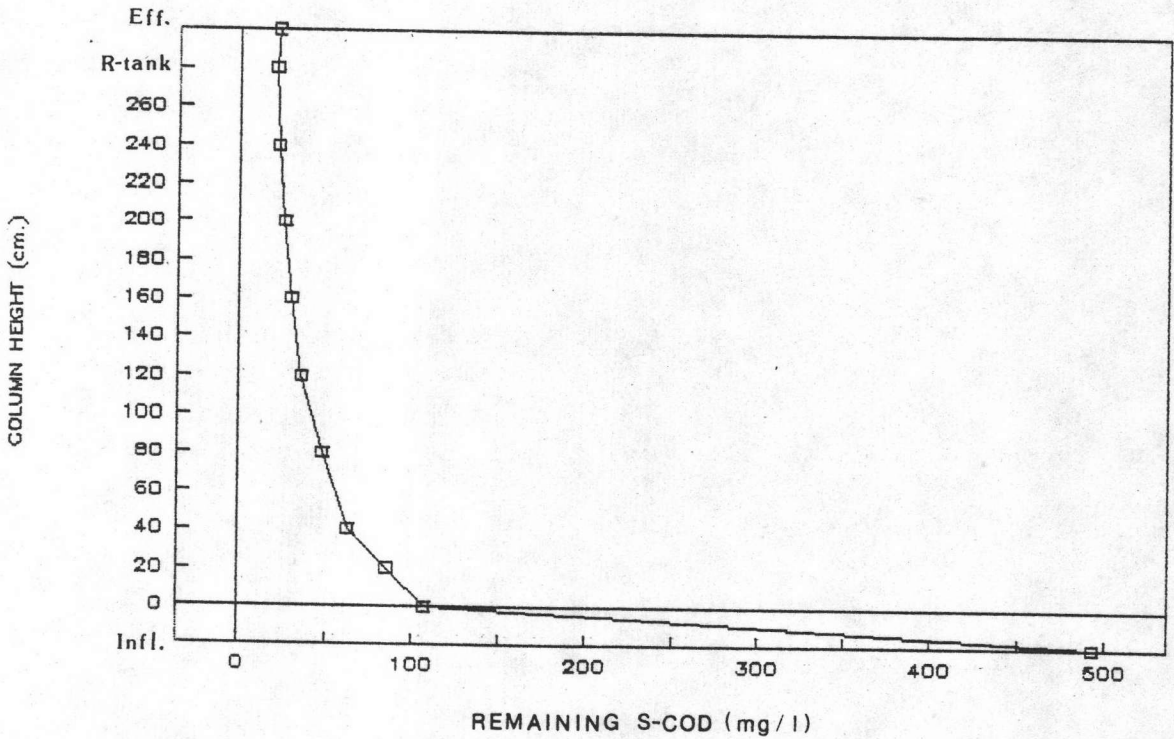


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.31 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.

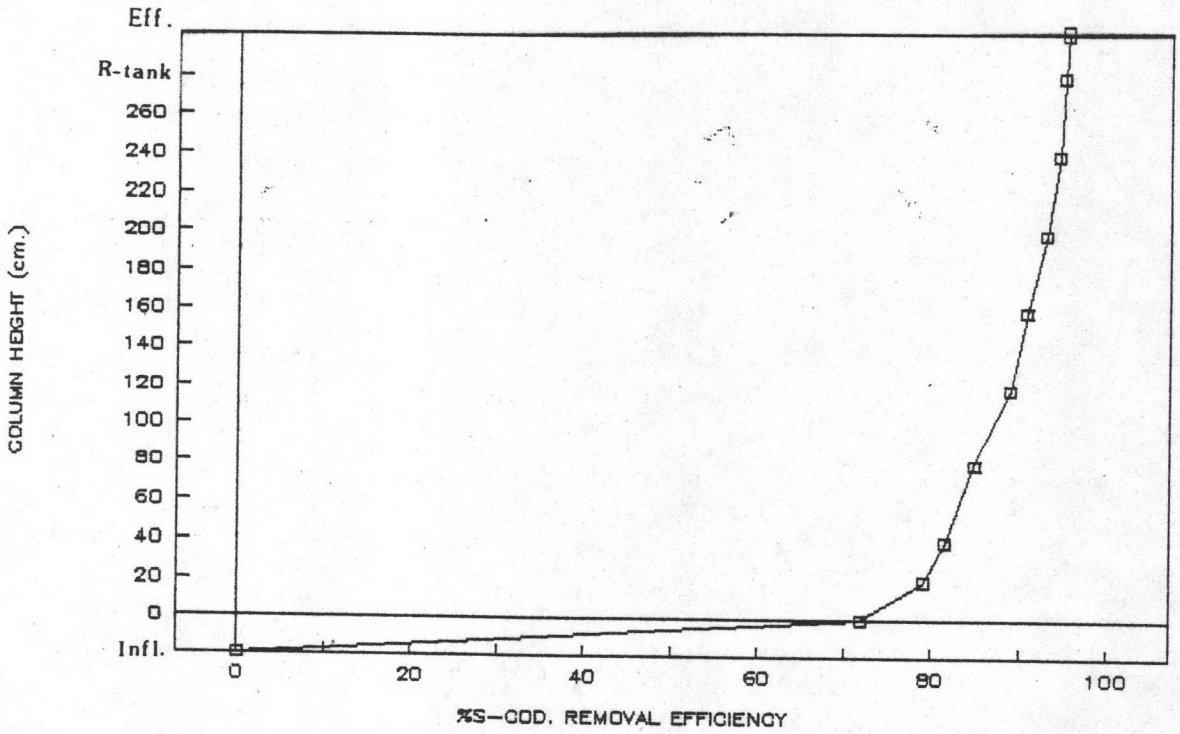


(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.

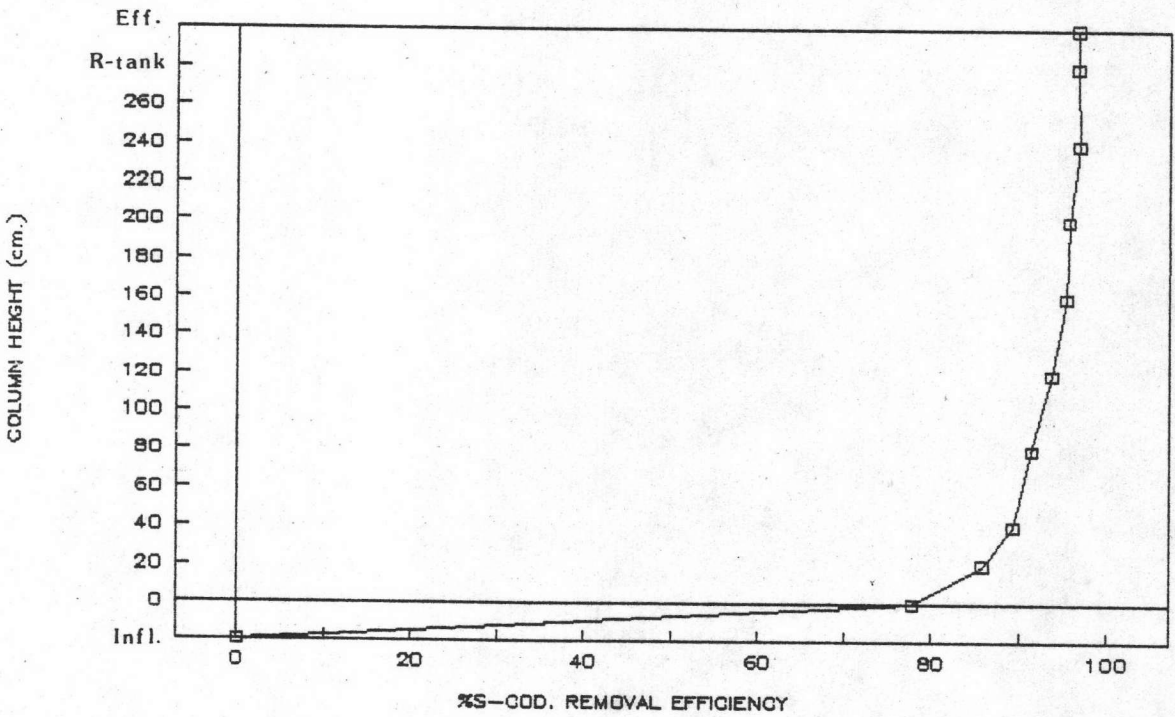


(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณซีโอดีที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

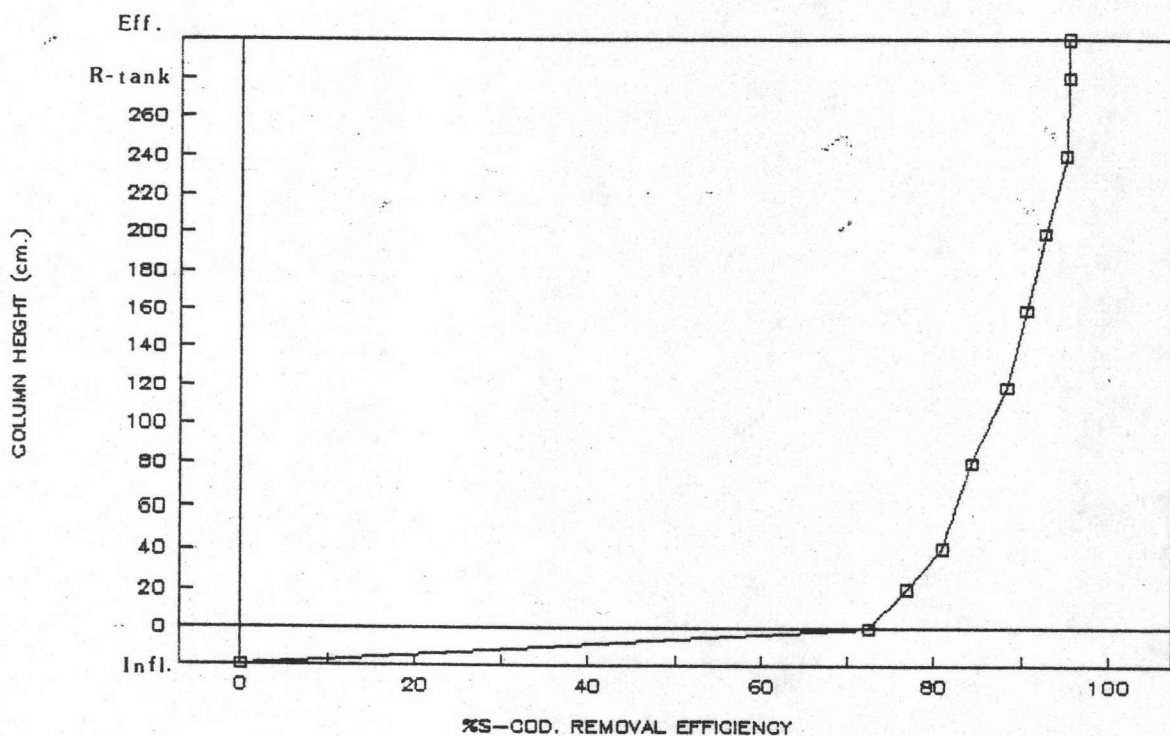


(ก) การทดลองที่ 1 ซีโอดี 300 มก./ล.

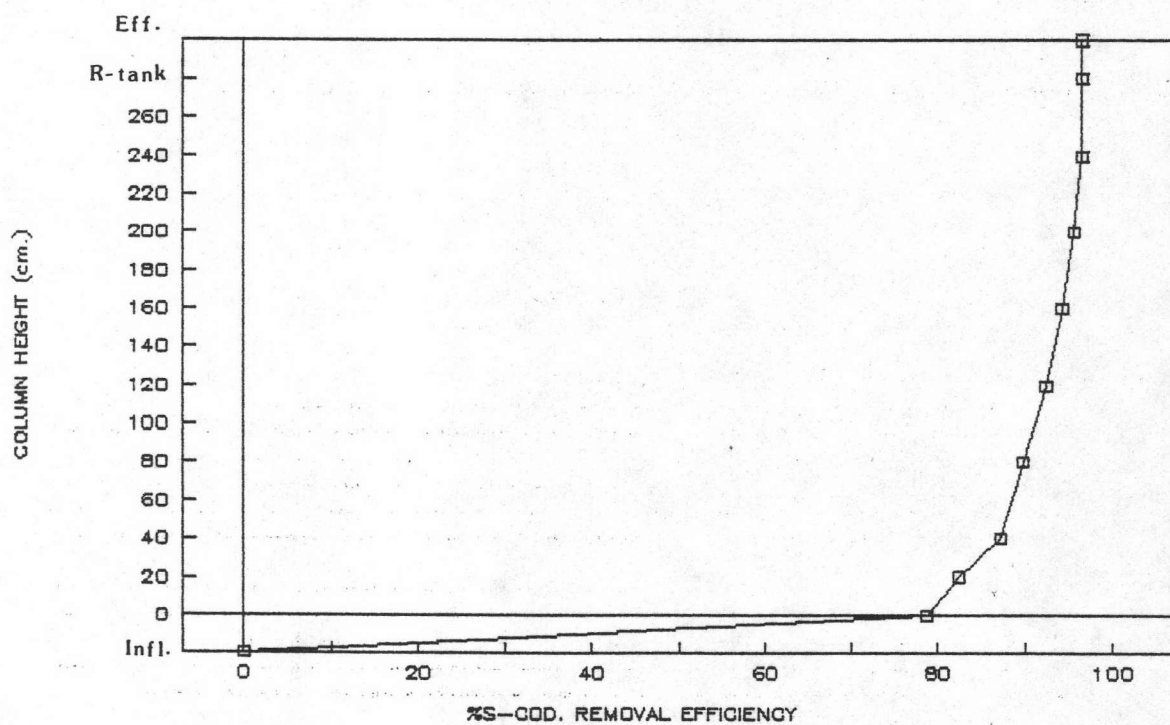


(ข) การทดลองที่ 2 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.33 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ผลผลิต-ไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 20 เมตร/ชม.

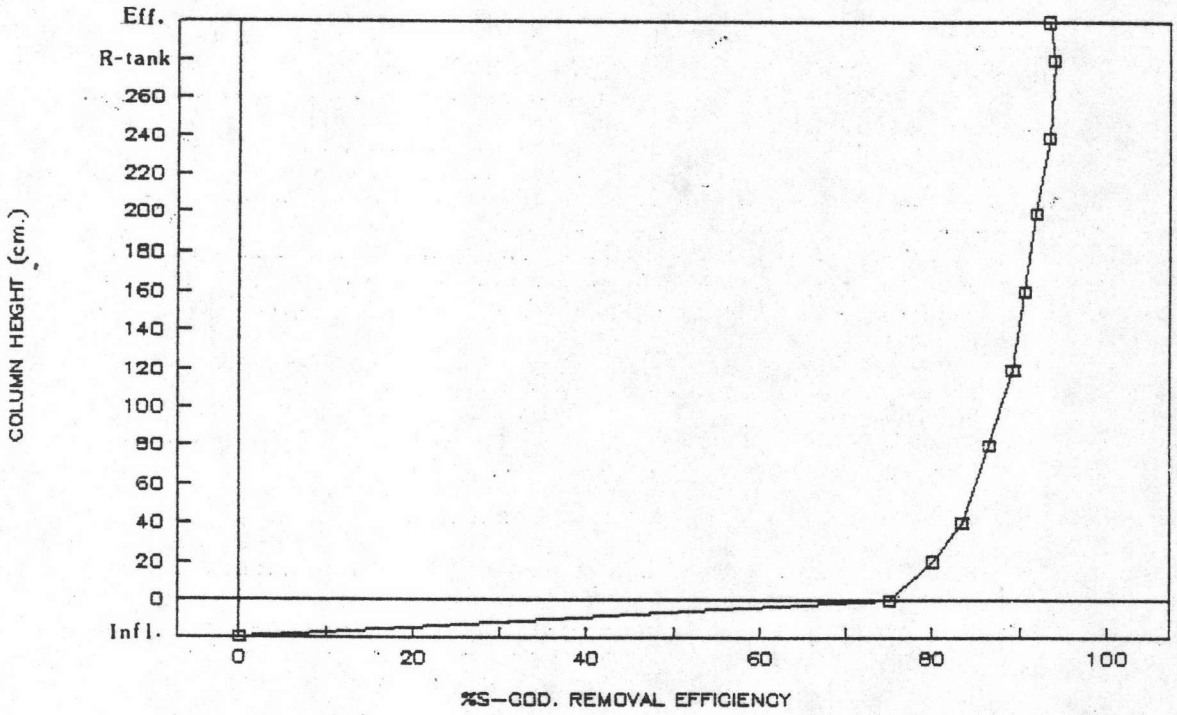


(ก) การทดลองที่ 3 ซีโอดี 300 มก./ล.

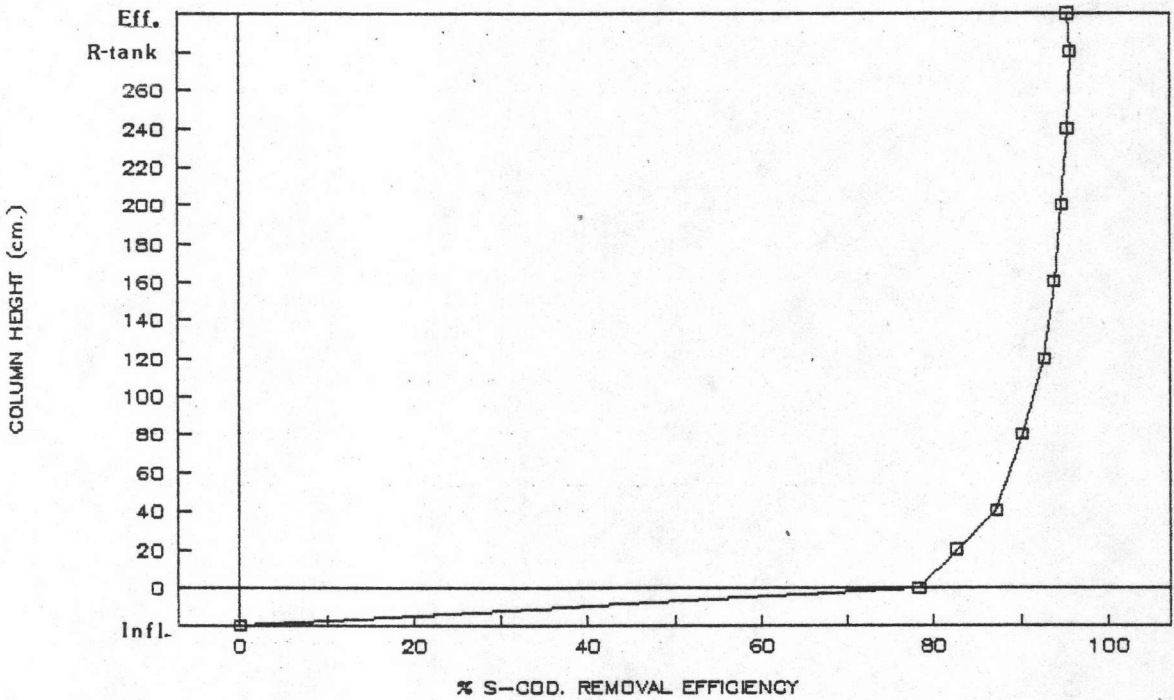


(ข) การทดลองที่ 4 ซีโอดี 500 มก./ล.

รูปที่ 4.34 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ผลผลิต-ไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 25 เมตร/ชม.



(ก) การทดลองที่ 5 ซีโอดี 300 มก./ล.



(ข) การทดลองที่ 6 ซีโอดี 500 มก./ล.

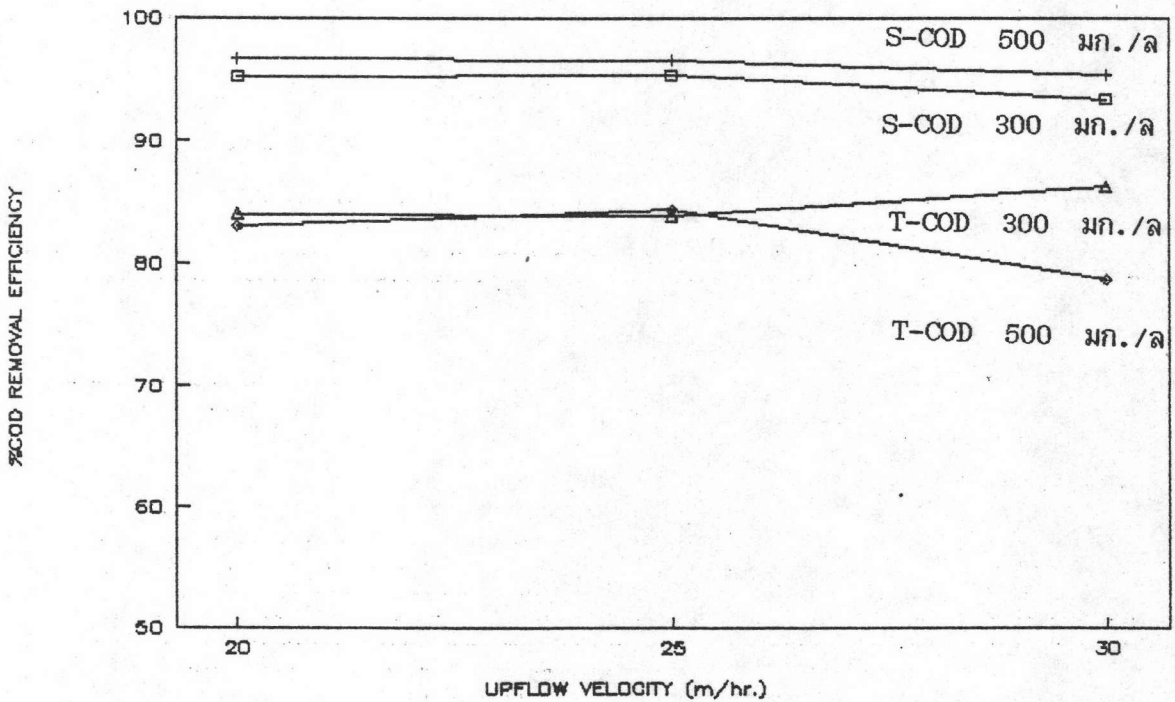
รูปที่ 4.35 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระดับความสูงต่างๆ ในถังปฏิกรณ์ผลูติด-ไดซ์เบด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ 30 เมตร/ชม.

ปริมาณซีโอติละลายลดลงเหลืออยู่ประมาณ 35.97 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติละลายเท่ากับร้อยละ 92.71 และตั้งแต่ส่วนบนที่ระดับความสูงของถังปฏิกรณ์ 200 ซม. เทอร์ระดับแผ่นกระจายน้ำขึ้นไปจนถึงน้ำที่ออกจากระบบ จะมีปริมาณซีโอติละลายเหลืออยู่ประมาณ 22.54-25.77 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติละลายเท่ากับร้อยละ 94.78-95.43

ตารางที่ 4.7 เป็นข้อมูลสรุปที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของซีโอติที่วัดได้ที่ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ และน้ำที่ออกจากระบบ พร้อมกับประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติในช่วงระบบเข้าสู่ภาวะคงตัว และรูปที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติกับความเร็วไหลชั้นของน้ำ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบตามความเร็วไหลชั้นของน้ำที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติละลายมีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยคือเท่ากับ 95.27 , 95.36 และ 93.33 มก./ลิตร ที่ความเข้มข้นซีโอติที่ป้อนเข้าสู่ระบบประมาณ 300 มก./ลิตร หรือเท่ากับ 96.92 , 96.55 และ 95.43 มก./ลิตร ที่ความเข้มข้นซีโอติที่ป้อนเข้าสู่ระบบประมาณ 500 มก./ลิตร สำหรับความเร็วไหลชั้นของน้ำเท่ากับ 20 , 25 และ 30 เมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากความเร็วไหลชั้นของน้ำที่สูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาการกักเก็บน้ำสั้นลง จึงทำให้มีเวลาที่ตะกอนจะย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยลง ประกอบกับการทำงานของกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดนี้ ไม่มีการหมุนเวียนของตะกอนจุลินทรีย์ และไม่สามารถที่จะควบคุมระยะเวลาที่กักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ (Solids Retention time) ได้ ซึ่งจะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบมีค่อนข้างจำกัด และความเร็วไหลชั้นของน้ำที่สูงจะให้มีปริมาณจุลินทรีย์ในระบบน้อยกว่าความเร็วไหลชั้นของน้ำที่ต่ำ แต่ที่ความเร็วไหลชั้นของน้ำที่สูงก็ทำให้เกิดความสูงของเบดที่ขยายตัวที่สูงกว่า ซึ่งส่งผลให้ในช่วงที่ทำงานอย่าง Active ของจุลินทรีย์ได้มากกว่าความเร็วไหลชั้นของน้ำที่ต่ำเช่นกัน ดังนั้นจึงเห็นความแตกต่างในการลดของประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติละลายตามความเร็วไหลชั้นของน้ำที่เพิ่มขึ้นน้อยมาก อาจถือได้ว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ หรือถ้ามองในแง่ความเร็วไหลชั้นของน้ำที่เท่ากัน แต่ค่าความเข้มข้นของซีโอติที่ป้อนเข้าระบบมีค่าเพิ่มขึ้น จะพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติละลายมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ในระบบที่เพิ่มสูงทำให้มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูงขึ้นหรือมีอัตราเร็วของปฏิกิริยาสูง แต่ถ้าเป็นในแง่ของปริมาณซีโอติละลายของน้ำที่ออกจากระบบ จะพบว่าความเข้มข้นซีโอติละลายของน้ำที่ออกจากระบบในการทดลองที่ 1, 3 และ 5 ที่ความเข้มข้นน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าซีโอติประมาณ 300 มก./ลิตร มีปริมาณซีโอติละลายเท่ากับ 13.64 , 13.44 และ 19.82 มก./ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการทดลองที่ 2 , 4 และ 6 ที่ความเข้มข้นน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าซีโอติประมาณ 500 มก./ลิตร ที่มีปริมาณซีโอติละลายเท่ากับ 15.66, 17.17 และ 22.54 มก./ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของซีโอดน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ และน้ำทิ้งออกจากระบบ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอด ในช่วงสภาวะคงตัว

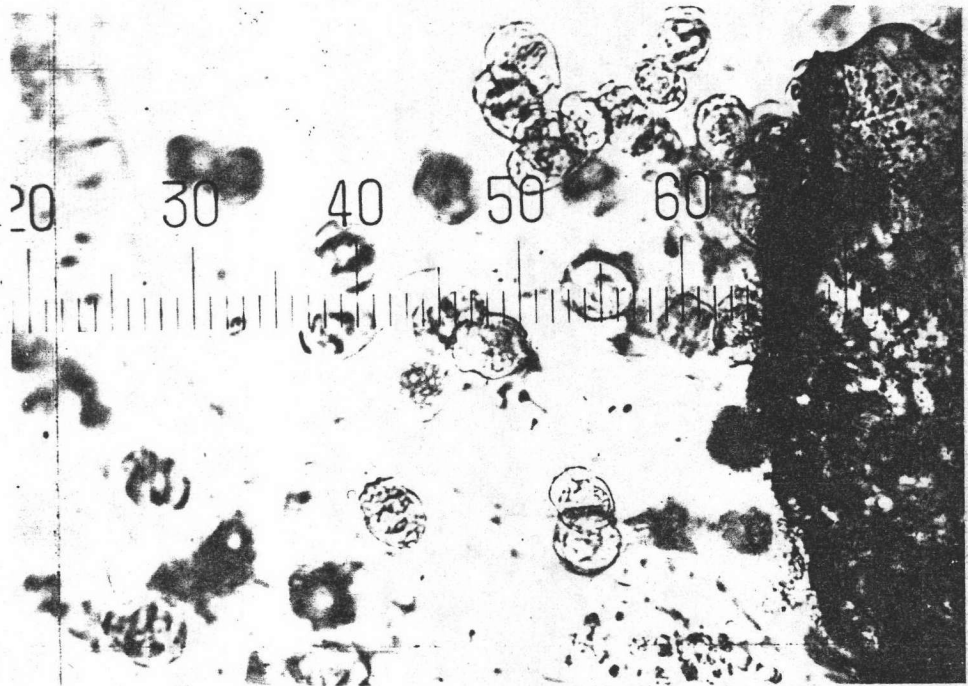
การทดลองที่	ปริมาตรบรรทกน้ำเสียเข้า กก. ซีโอด/ ลบ.ม. วัน	ซีโอดของน้ำเสียเข้า มก./ล.	ซีโอดของน้ำออก, มก./ล.		% ประสิทธิภาพในการกำจัด	
			ซีโอดทั้งหมด	ซีโอดละลาย	ซีโอดทั้งหมด	ซีโอดละลาย
1	3.83	288.60	48.99	13.64	83.02	95.27
2	6.77	508.80	81.02	15.66	84.08	96.92
3	4.81	289.86	45.07	13.44	84.45	95.36
4	8.27	497.49	79.94	17.17	83.93	96.55
5	5.92	296.96	64.54	19.82	78.66	93.33
6	9.84	493.37	67.60	22.54	86.30	95.43



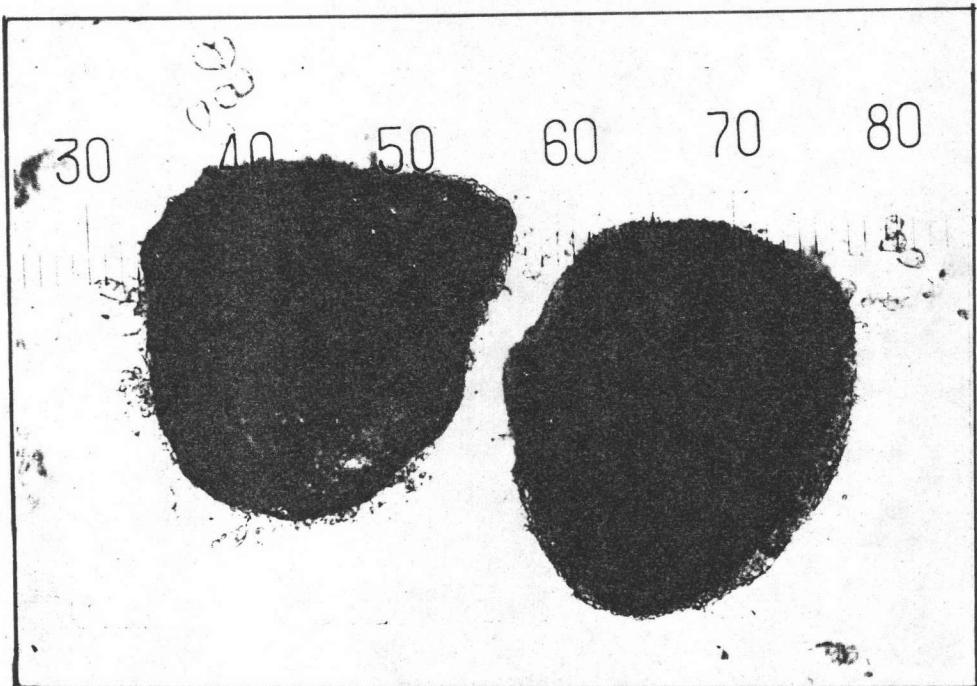
รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดและความเร็วไหลขึ้นของน้ำ

4.3.7 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบในการทดลอง

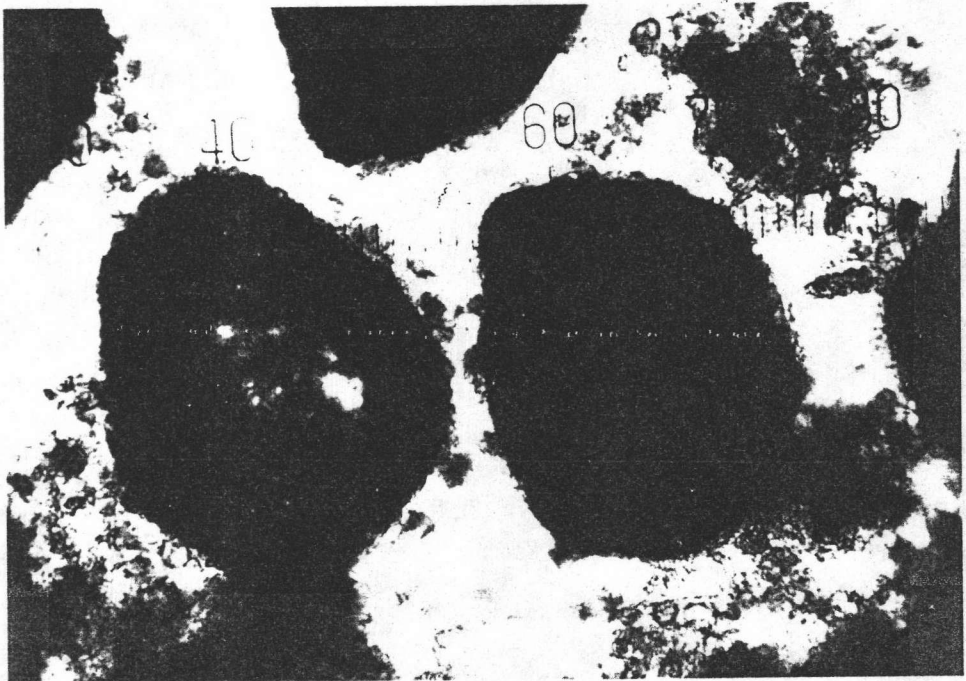
จากการสังเกต โดยการดูล้องจุลทรรศน์ตลอดทุกการทดลองนั้น ลักษณะของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ จะเป็นจุลินทรีย์ที่มักพบกันเสมอในระบบที่ใช้กระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน เช่น ในระบบตะกอนเร่ง ระบบลานกรองจุลินทรีย์ ระบบจานหมุนชีวภาพ และอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตไดซ์เบตนั้น จะประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีลักษณะแขวนลอยและจุลินทรีย์ที่เกาะยึดติดกับอนุภาคตัวกลาง (ทราย) ซึ่งในการทดลองนี้จะพบพวกจุลินทรีย์ที่เคลื่อนที่แบบอิสระ (Free Swimming Ciliates) ได้แก่ *Arcella*, *Astasia*; จุลินทรีย์แบบกิ่งก้าน (Stalked Ciliates) ได้แก่ *Epistylis Sp.*, *Opercularia Sp.*; จุลินทรีย์ที่เป็นเมือก (Slime Bacterias) และจุลินทรีย์อื่นๆ อีกมาก เช่นพวก *Zoogloea ramigera* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ชนิดสร้างฟลอคจับตัวกันเป็นกลุ่มหนาแน่น จุลินทรีย์ชั้นสูง เช่น โรติเฟอร์ (Rotifers) ได้แก่ *Plulodina roscola*, *Squatinella motica*; หนอนตัวกลม (Nematode worms) ได้แก่ หนอนแดง เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวจะพบจุลินทรีย์ชั้นสูงเหล่านี้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้จะพบแบคทีเรียชนิดเส้นใย (Filamentous Bacterias) อยู่บ้างเล็กน้อย ลักษณะเส้นใยคล้ายเส้นผม แต่จุลินทรีย์ที่พบเป็นส่วนใหญ่ในช่วงระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวนั้น ได้แก่ Stalked Ciliates, Slime Bacterias และ Rotifers จุลินทรีย์ที่พบในระบบจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.37 - 4.40



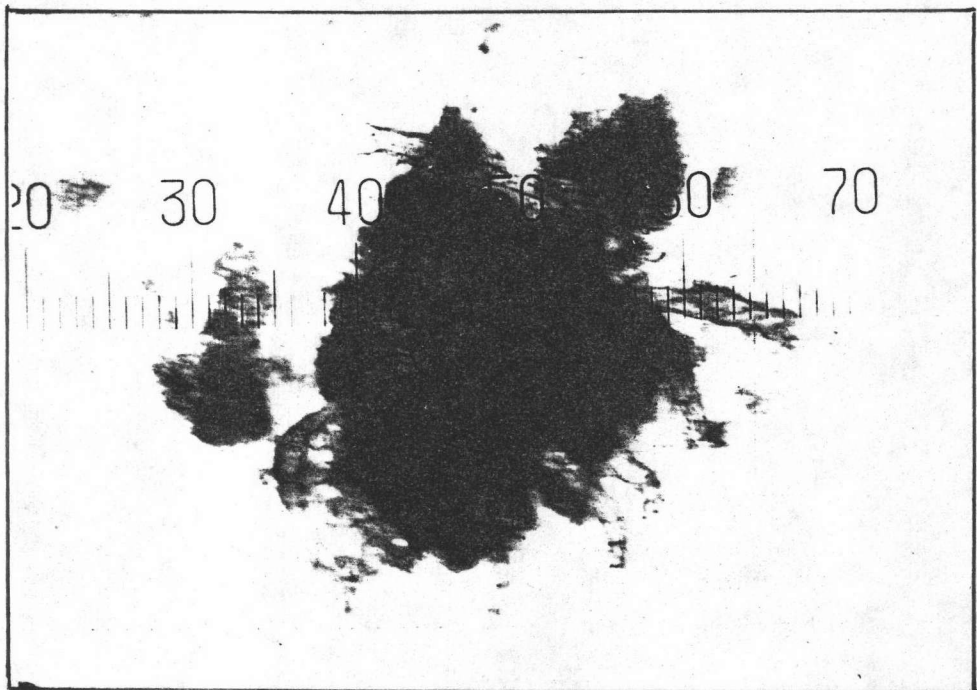
รูปที่ 4.37 แสดงจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบด stalked ciliates
เกาะอยู่บนอนุภาคทราย (กำลังขยาย 50 เท่า)



รูปที่ 4.38 แสดงจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิด ไตซ์เบด Slime Bacterias
และอื่นๆ เกาะอยู่บนอนุภาคทราย (กำลังขยาย 20 เท่า)



รูปที่ 4.39 แสดงจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ผลิต ไตซ์เบด ทั้งชนิดที่เกาะยึดติดกับอนุภาคทรายและแขวนลอยอยู่ในระบบ (กำลังขยาย 20 เท่า)



รูปที่ 4.40 แสดงจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ผลิต ไตซ์เบด ลักษณะกลุ่มผลิตจับตัวกันได้ดี (กำลังขยาย 20 เท่า)