บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิจารณ์

4.1 การดำเนินการทดลอง

ในการเริ่มต้นทำการทดลอง ได้ทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ให้คุ้นเคยกับน้ำเสียโดยวิธีเลี้ยงแบบทีละเท (Batch) โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ (Seed) จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ภายหลังการทดลองเลี้ยงแบบทีละเทเป็นเวลา 3 สัปดาห์แล้วสามารถวัดค่า MLSS ได้ประมาณ 3,000 มก./ล. จึงนำมาเริ่มต้นทดลองแบบต่อเนื่องในแบบจำลองที่เตรียมไว้

การวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละการทดลองจะทำการวิเคราห์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเคเอ็น (COD:TKN) คงที่ เท่ากับ 10 ทุกชุดการทดลอง และทำการควบคุมอายุตะกอนที่ 10 วัน ซึ่งมีแต่ละชุดการทดลองมีลักษณะดังนี้

<u>การทดลองชุดที่ 1</u>

การทดลองแรก ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนที่มีสภาพแอโรบิก เพื่อหาข้อมูลพื้นฐานในการกำจัดไนโตรเจน อัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 30 ลิตร/วัน

<u>การทดลองชุดที่ 2</u>

การทดลองที่สอง ทำการเดินระบบแบบแอนอกซิก-แอโรบิก โดยมีสัดส่วนของแอนอกซิก 40% และแอโรบิกเท่ากับ 60% ตามลำดับ อัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 30 ลิตร/วัน

<u>การทดลองชุดที่ 3</u>

การทดลองที่สาม ทำการเพิ่มอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 60 ลิตร/วัน

<u>การทดลองชุดที่ 4</u>

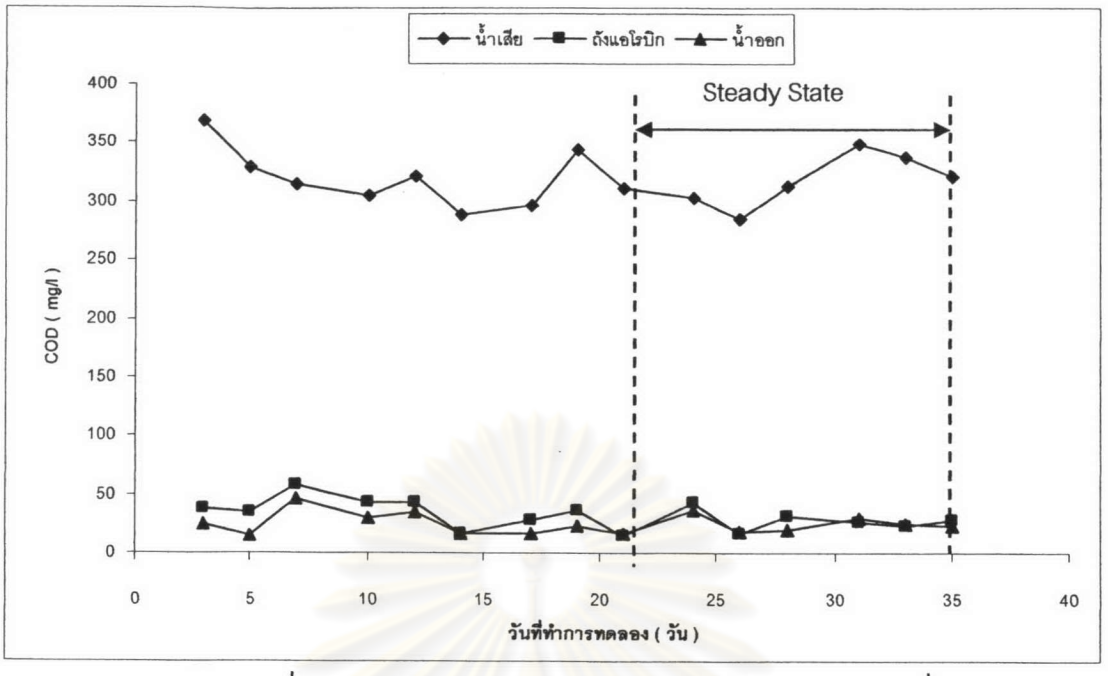
การทดลองที่สี่ ทำการเติมตัวกลาง ประมาณ 50 % ของปริมาตรถัง ทั้งส่วนแอนนอกซิก-แอโรบิก อัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 60 ลิตร/วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

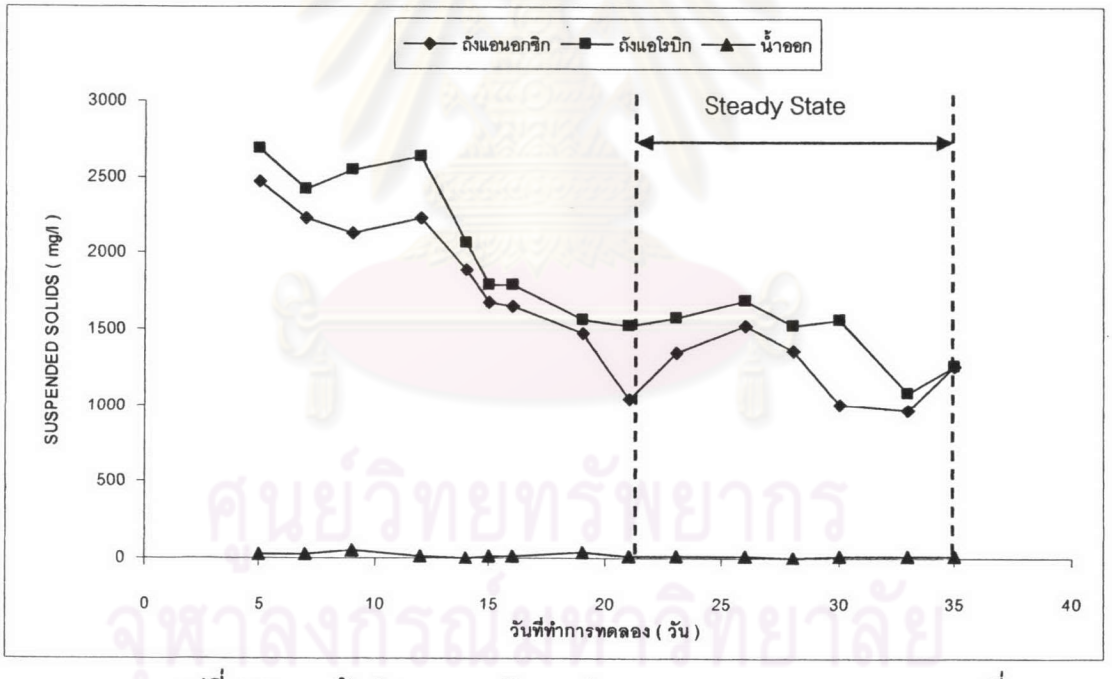
ในการทดลองทั้ง 4 ชุด (ชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4) ได้ทำการทดลองแต่ละชุดเป็นเวลา 35 วัน พบว่าในแต่ละชุดการทดลอง ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) ได้ตั้งแต่ประมาณวันที่ 21, 23, 19 และ 17 ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ระยะเวลา 2-3 เท่า ของค่า SRT โดยทำการสังเกตุจากค่าซีโอดีและเอ็มแอลเอสเอสของน้ำออกที่เริ่มมีค่าคงที่ และแสดงการเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าซีโอดี ของทุกชุดการทดลอง ไว้ดังรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.8

ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก โดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD.) ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองทั้ง 4 ชุด ทั้งในช่วงการทดลองทั้งหมด และในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ส่วนกราฟที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแต่ละตำแหน่งของถังของทุกชุดการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 4.9 ถึง รูปที่ 4.56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

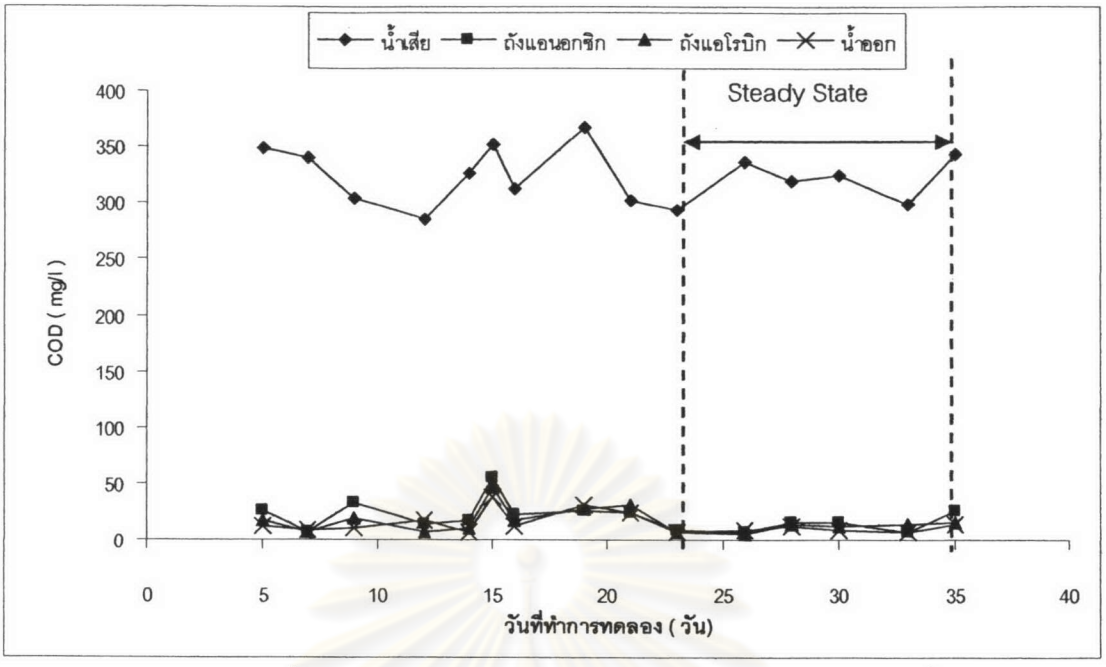


รูปที่ 4.1 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าซีโอดี การทดลองชุดที่ 1

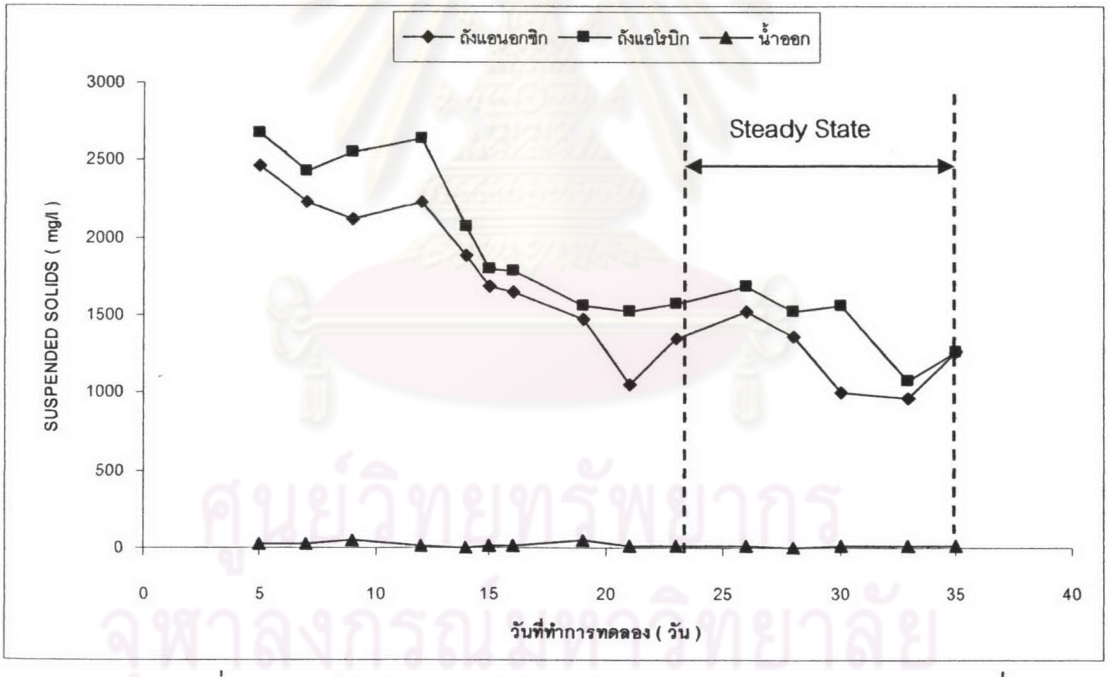


รูปที่ 4.2 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าตะกอนแขวนลอย การทดลองชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

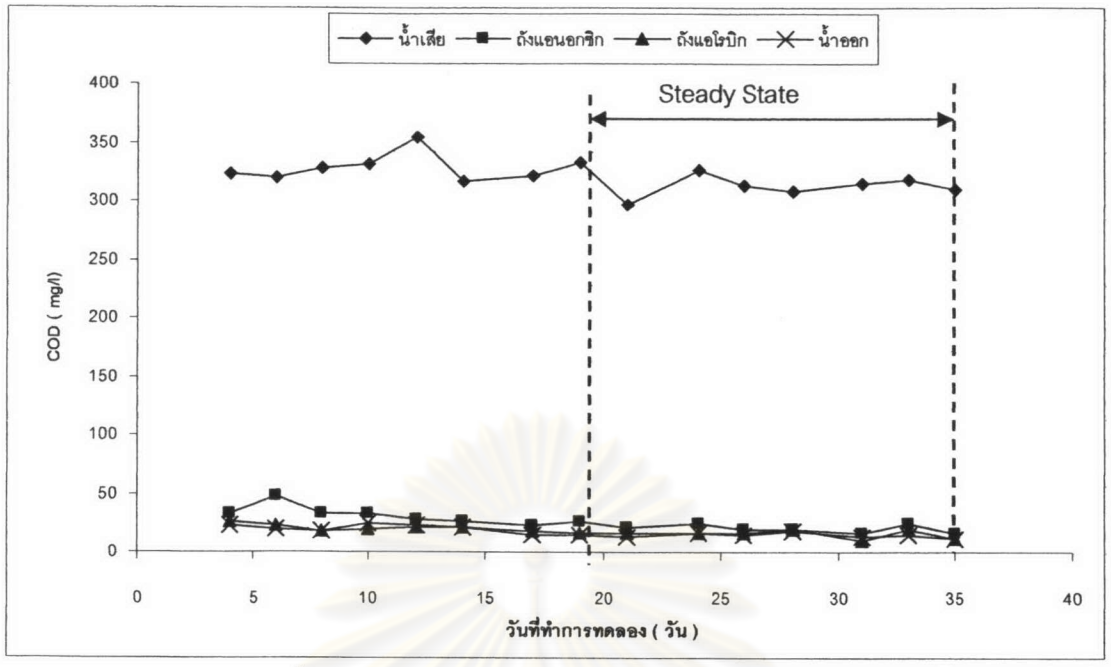


รูปที่ 4.3 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าซีโอดี การทดลองชุดที่ 2

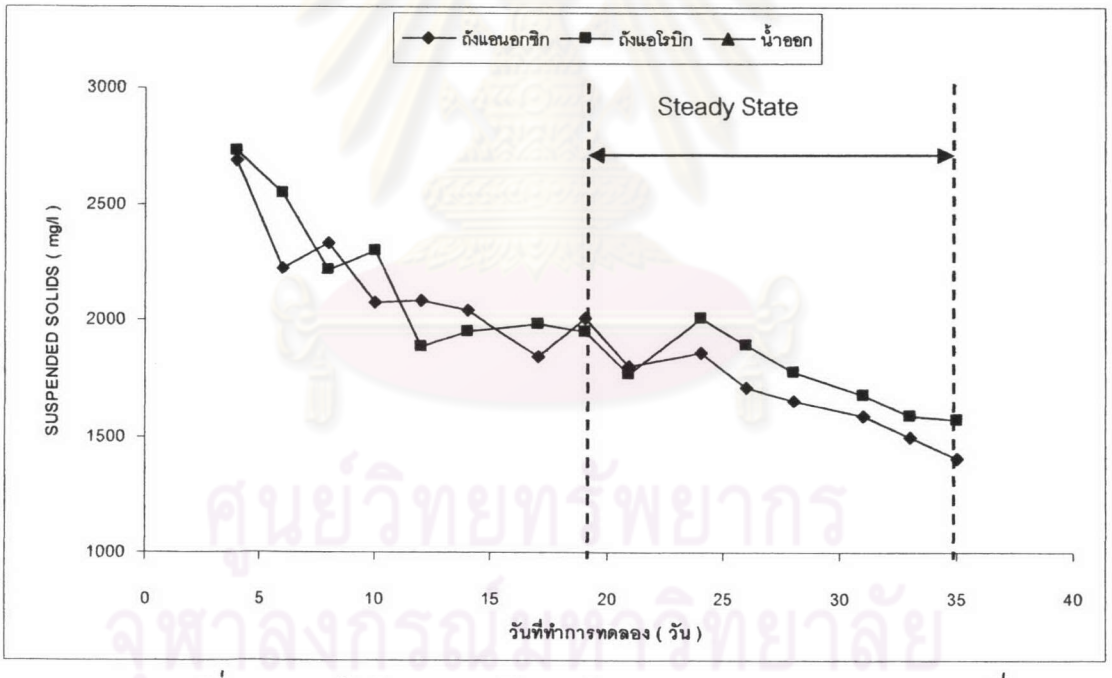


รูปที่ 4.4 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าตะกอนแขวนลอย การทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

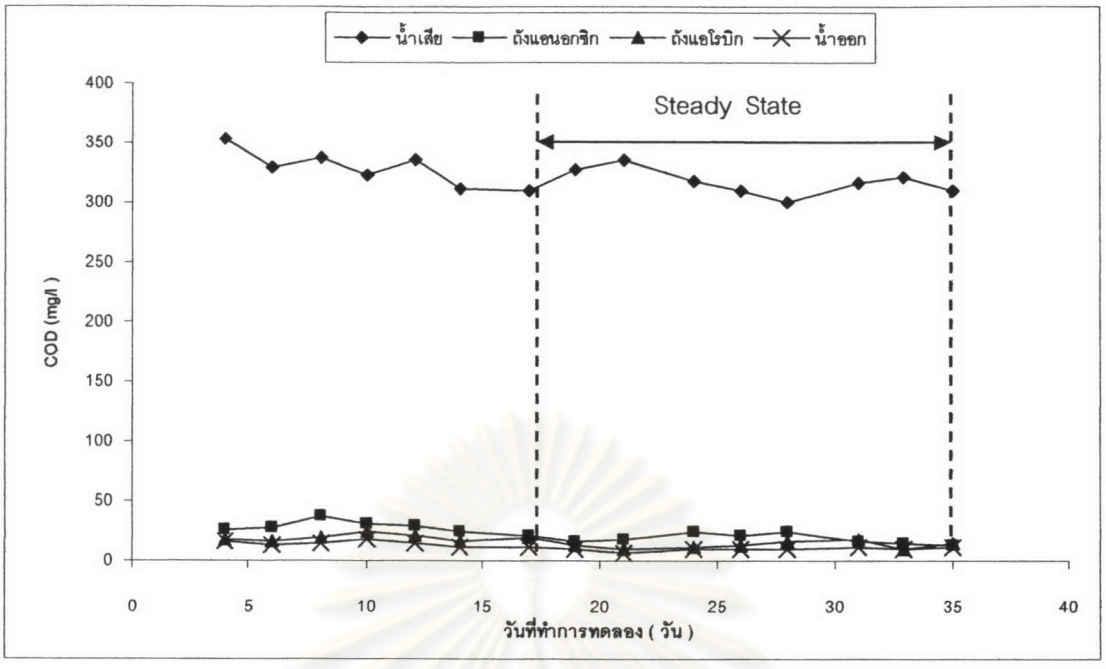


รูปที่ 4.5 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าซีโอดี การทดลองชุดที่ 3

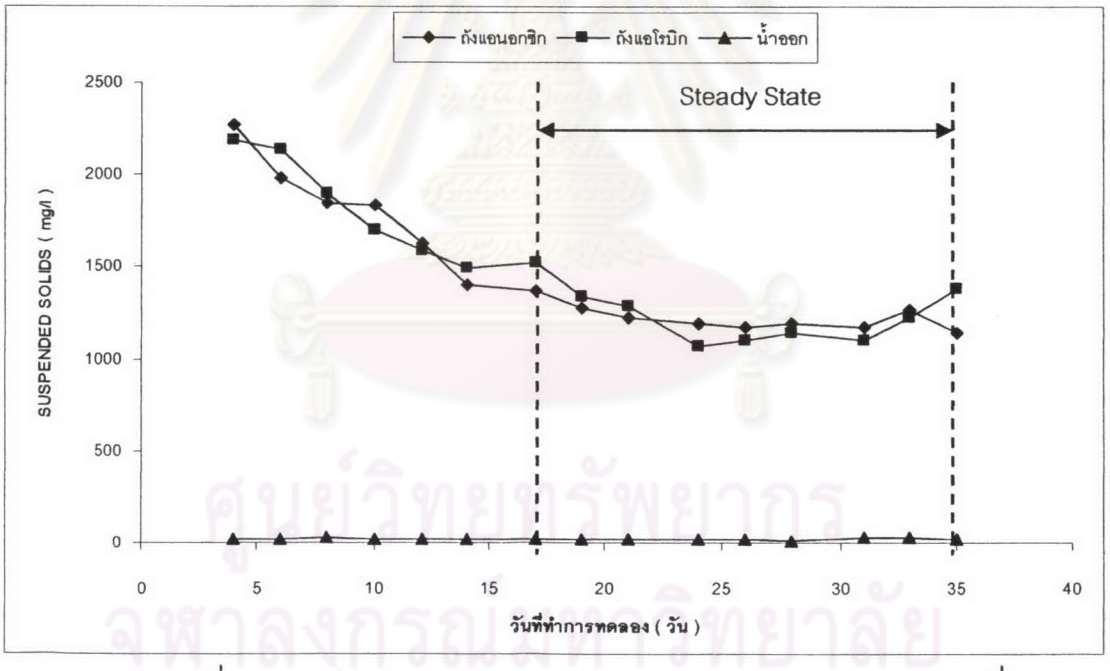


รูปที่ 4.6 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าตะกอนแขวนลอย การทดลองชุดที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าซีโอดี การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4.8 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของค่าตะกอนแขวนลอย การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำเสียออก	
		เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ค่าซีโอดี*	1	318.8	23.39	-	-	31.80	12.05	24.76	8.86
(มก./ล.)	2	323.6	24.27	20.04	12.39	16.49	11.19	14.11	9.19
	3	320.8	13.14	26.14	8.22	18.39	4.02	17.36	4.23
	4	322.3	13.96	22.90	6.59	15.96	4.20	11.84	3.03
ค่าทีเคเอ็น*	1	38.83	2.14	-	-	1.54	1.23	1.05	1.01
(มก./ล.)	2	37.43	3.66	7.84	1.50	2.67	1.66	2.25	1.19
	3	35.08	1.42	7.99	2.56	1.85	1.57	1.13	1.31
	4	36.15	1.93	2.91	0.53	0.37	0.13	0.22	0.09
ค่าแอมโมเนีย*	1	2.79	0.55	-	-	0.77	0.98	0.45	0.64
(มก./ล.)	2	2.69	1.31	6.79	1.55	1.95	1.69	1.68	1.23
	3	1.62	0.56	6.98	2.23	1.12	1.21	0.74	1.14
	4	1.33	0.24	2.31	0.48	0.02	0.04	0.01	0.02
ไนไตรท์*	1	0.00	0.00	-	-	0.23	0.23	0.23	0.17
(มก./ล.)	2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.22	0.06	0.05	0.07
	3	0.00	0.01	0.02	0.02	0.21	0.08	0.15	0.11
	4	0.00	0.00	0.01	0.02	0.23	0.10	0.09	0.14
ไนเตรท*	1	0.00	0.01	-	-	14.72	2.48	15.14	2.33
(มก./ล.)	2	0.04	0.04	0.02	0.01	3.69	0.99	4.24	0.83
	3	0.19	0.08	0.05	0.06	2.30	1.08	2.69	1.23
	4	0.03	0.04	0.01	0.02	2.66	0.64	2.85	0.70
พีเอช**	1	6.90	0.35	-	-	7.68	0.14	7.81	0.18
	2	6.54	0.59	7.41	0.19	7.59	0.17	7.59	0.18
	3	6.13	0.13	7.14	0.16	7.30	0.17	7.73	0.16
	4	6.19	0.13	7.26	0.10	7.50	0.11	7.75	0.14
โออาร์พี**	1	-172	55.57	-	-	30.8	9.95	35.24	10.22
(มิลลิโวลท์)	2	-181	55.08	-115	25.51	7.72	11.76	11.84	10.1
	3	-194	14.69	-143	14.23	12.04	8.30	27.92	8.81
	4	-157	21.04	-197	17.72	19.64	16.65	26.28	15.13

หมายเหตุ : * จำนวนข้อมูล (n) เท่ากับ 15 และ ** เท่ากับ 25

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำเสียออก	
		เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ออกซิเจนละลาย**	1	0.09	0.03	-	-	3.74	1.08	2.36	0.69
(มก./ล.)	2	0.02	0.05	0.19	0.05	2.72	0.72	1.51	0.65
	3	0.02	0.04	0.15	0.05	2.93	0.41	1.58	0.18
	4	0.09	0.02	0.11	0.03	2.65	0.62	1.43	0.25
อุณหภูมิ** ($^{\circ}$ซ)	1	26.35	1.10	-	-	26.22	1.03	26.12	1.09
	2	26.39	1.11	26.32	1.17	26.17	1.10	26.22	1.09
	3	26.84	0.47	28.30	0.47	28.29	0.48	26.88	0.61
	4	26.78	0.56	28.15	0.58	28.16	0.57	26.71	0.71
ตะกอนแขวนลอย*	1	-	-	-	-	1899	571.6	18.37	11.77
(มก./ล.)	2	-	-	1617	479.6	1849	506.6	15.57	14.25
	3	-	-	1919	339.7	1989	332.9	20.41	9.83
	4	-	-	1464	358.1	1477	366.1	21.25	4.80
ตะกอนแขวนลอย	1	-	-	-	-	1511	542.9	-	-
ระเหย*	2	-	-	1350	433.7	1534	476.6	-	-
(มก./ล.)	3	-	-	1699	238.2	1746	240.9	-	-
	4	-	-	1183	348.4	1248	335.7	-	-
V_{30}**	1	-	-	-	-	906	70.39	-	-
(มล./ล.)	2	-	-	631.2	52.06	644	50.92	-	-
	3	-	-	430.8	51.63	427	60.05	-	-
	4	-	-	535.4	75.96	630	81.71	-	-

หมายเหตุ : * จำนวนข้อมูล (n) เท่ากับ 15 และ ** เท่ากับ 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำเสียออก	
		เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ค่าซีโอดี*	1	316.6	21.36	-	-	25.68	9.49	23.79	6.97
(มก./ล.)	2	319.0	19.94	13.28	7.00	11.35	4.18	8.98	2.73
	3	314.8	11.28	20.95	3.46	16.13	3.66	14.45	2.25
	4	316.3	10.74	18.84	4.17	13.67	3.25	9.96	1.44
ค่าทีเคเอ็น*	1	38.20	2.64	-	-	0.76	0.24	0.43	0.14
(มก./ล.)	2	35.08	0.75	7.37	0.62	1.86	0.51	1.61	0.54
	3	34.50	1.57	7.27	0.32	0.86	0.17	0.52	0.23
	4	36.36	1.64	3.06	0.49	0.34	0.07	0.20	0.08
ค่าแอมโมเนีย*	1	2.67	0.64	-	-	0.23	0.19	0.11	0.10
(มก./ล.)	2	1.52	0.19	6.03	0.23	1.07	0.30	0.90	0.34
	3	1.28	0.44	6.37	0.36	0.43	0.20	0.18	0.15
	4	1.27	0.19	2.46	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00
ไนไตรท์*	1	0.00	0.01	-	-	0.43	0.31	0.40	0.16
(มก./ล.)	2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.22	0.05	0.10	0.09
	3	0.01	0.01	0.00	0.00	0.21	0.09	0.09	0.03
	4	0.01	0.01	0.00	0.00	0.16	0.04	0.00	0.00
ไนเตรท*	1	0.00	0.00	-	-	14.01	1.26	14.83	1.28
(มก./ล.)	2	0.01	0.01	0.01	0.01	3.48	0.82	4.15	0.51
	3	0.14	0.06	0.01	0.01	2.13	0.90	2.45	0.91
	4	0.05	0.05	0.00	0.00	2.28	0.31	2.44	0.42
พีเอช**	1	7.07	0.28	-	-	7.74	0.11	7.88	0.12
	2	6.82	0.36	7.54	0.10	7.71	0.08	7.57	0.17
	3	6.14	0.13	7.15	0.20	7.33	0.19	7.72	0.17
	4	6.18	0.09	7.24	0.10	7.48	0.11	7.77	0.15
โออาร์พี**	1	-203	12.37	-	-	31.00	6.24	37.18	5.84
(มิลลิโวลท์)	2	-141	12.86	-104	16.84	16.30	6.36	18.60	6.25
	3	-190	11.26	-141	17.05	14.28	3.98	25.42	8.86
	4	-157	-18.1	-195	16.99	26.43	10.03	32.75	8.70

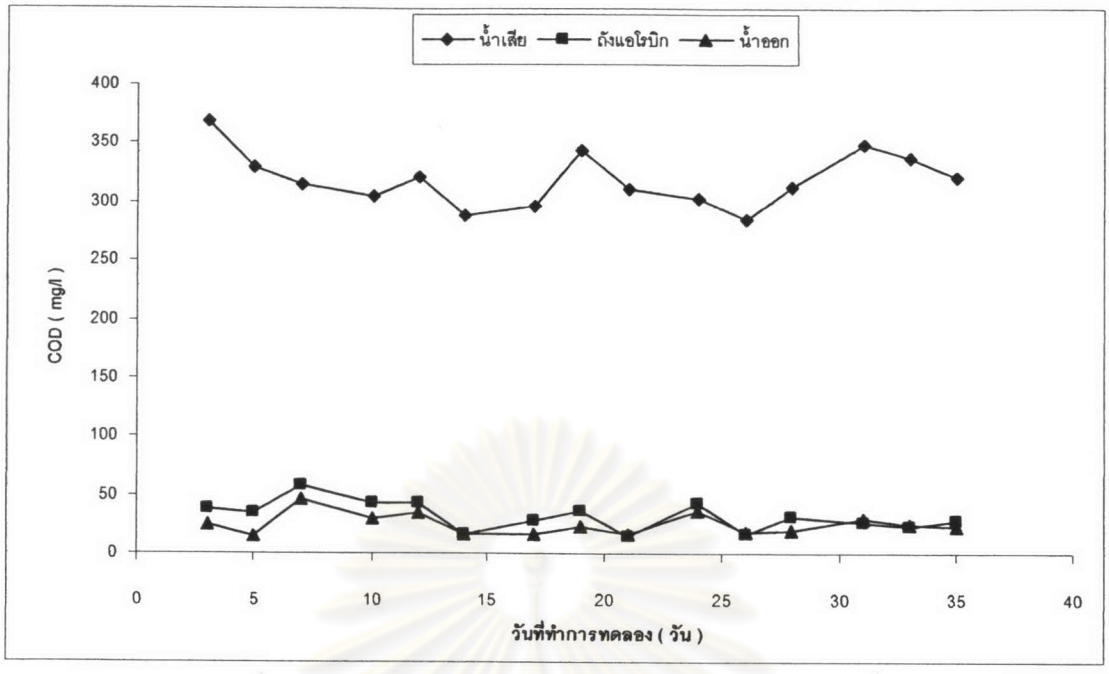
หมายเหตุ : * จำนวนข้อมูล (n) เท่ากับ 15 และ ** เท่ากับ 25

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

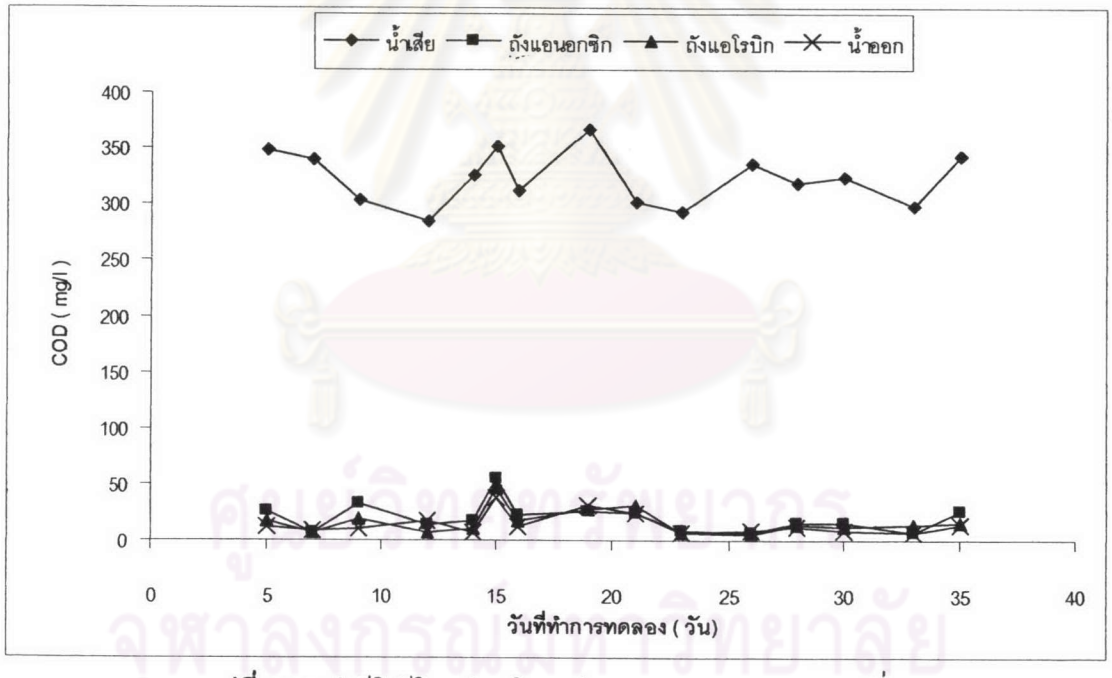
พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำเสียออก	
		เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ออกซิเจนละลาย**	1	0.08	0.04	-	-	3.09	0.56	1.86	0.62
(มก./ล.)	2	0.03	0.04	0.19	0.05	2.41	0.28	1.23	0.33
	3	0.02	0.04	0.16	0.04	2.98	0.40	1.57	0.20
	4	0.08	0.01	0.11	0.02	2.59	0.53	1.38	0.25
อุณหภูมิ** (° ซ)	1	26.70	0.56	-	-	26.52	0.36	26.43	0.44
	2	26.81	0.53	26.75	0.65	26.58	0.30	26.67	0.64
	3	26.50	0.25	28.28	0.55	28.29	0.58	27.05	0.73
	4	26.54	0.50	27.83	0.46	27.86	0.44	26.43	0.69
ตะกอนแขวนลอย*	1	-	-	-	-	1616	529	19.30	7.44
(มก./ล.)	2	-	-	1244	217.0	1449	226.8	7.24	1.13
	3	-	-	1690	198.6	1779	162.1	19.73	7.61
	4	-	-	1222	69.0	1239	153.6	21.5	5.47
ตะกอนแขวนลอย	1	-	-	-	-	1215	454.7	-	-
ระเหย*	2	-	-	975.6	187.8	1164	164.2	-	-
(มก./ล.)	3	-	-	1545	186.3	1607	172.5	-	-
	4	-	-	932.3	84.68	1003	85.62	-	-
V_{30}**	1	-	-	-	-	850.7	73.25	-	-
(มล./ล.)	2	-	-	586	16.46	601.5	10.81	-	-
	3	-	-	392.8	21.63	383.2	32.91	-	-
	4	-	-	487.8	46.93	578.5	47.22		

หมายเหตุ : * จำนวนข้อมูล (n) เท่ากับ 15 และ ** เท่ากับ 25

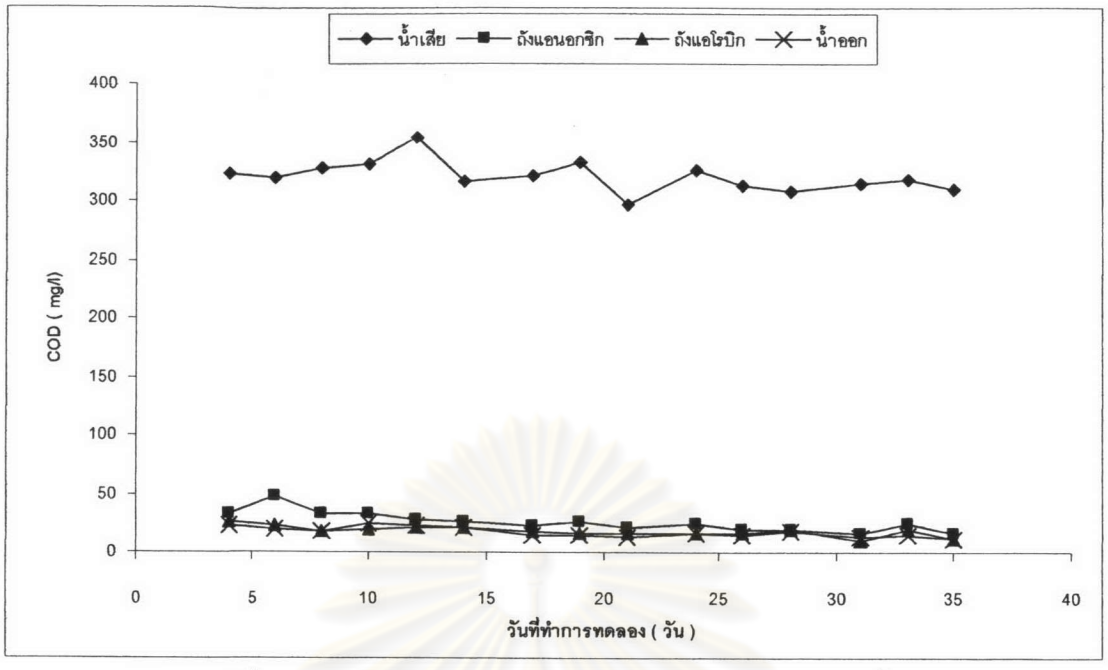
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



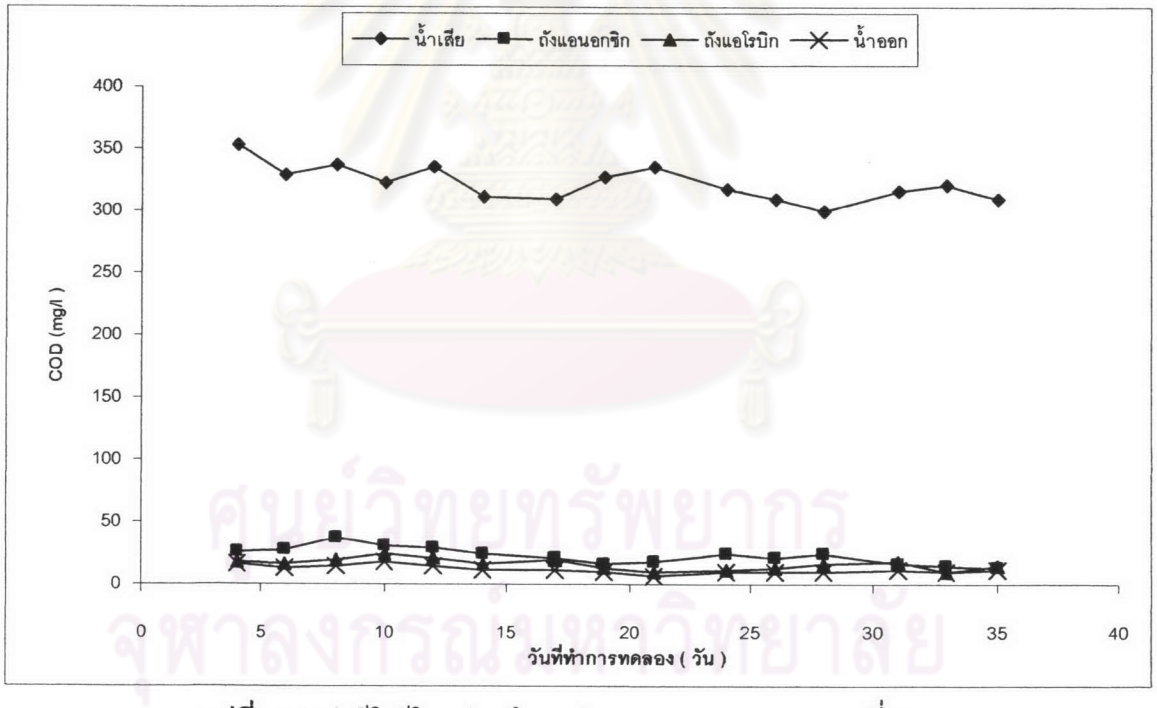
รูปที่ 4.9 ค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



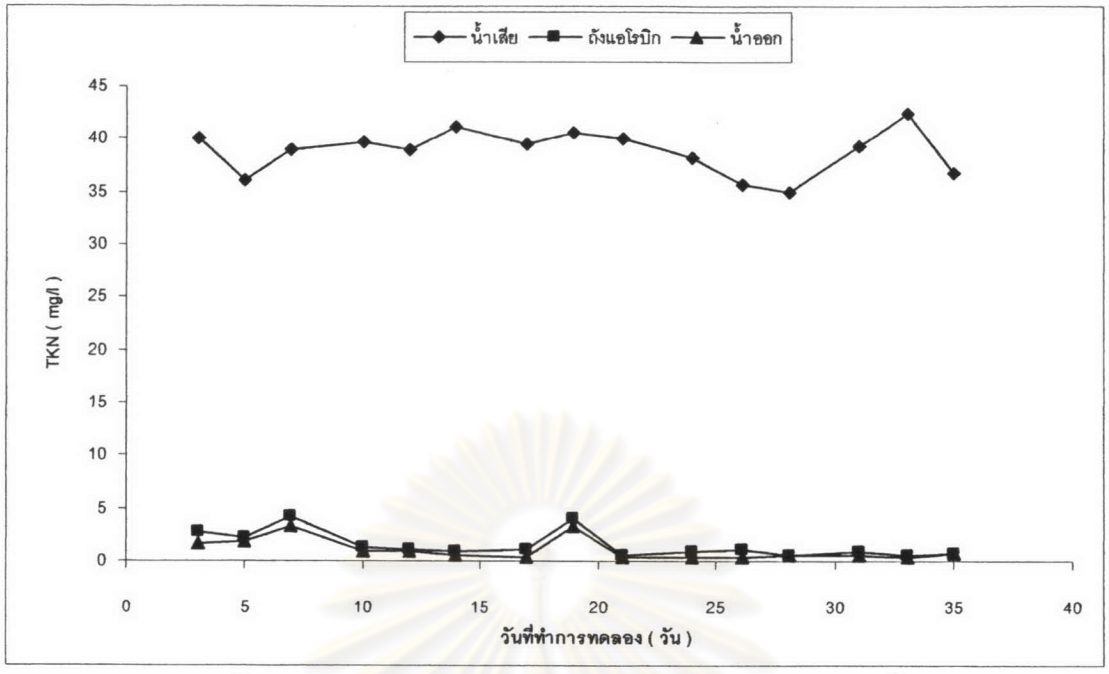
รูปที่ 4.10 ค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



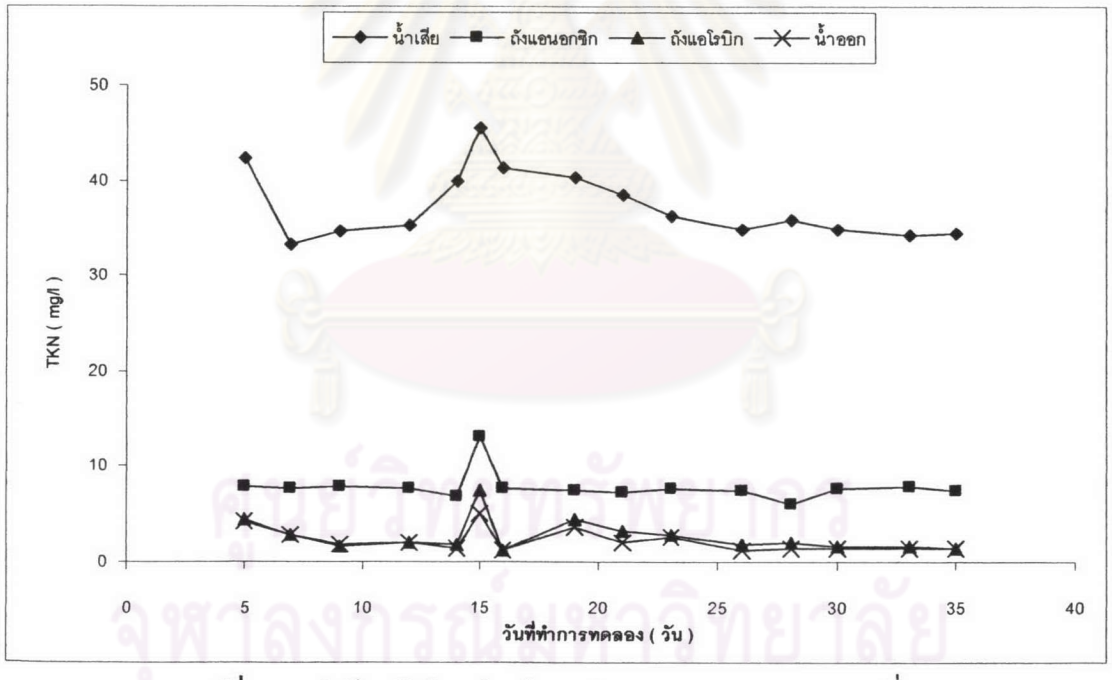
รูปที่ 4.11 ค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



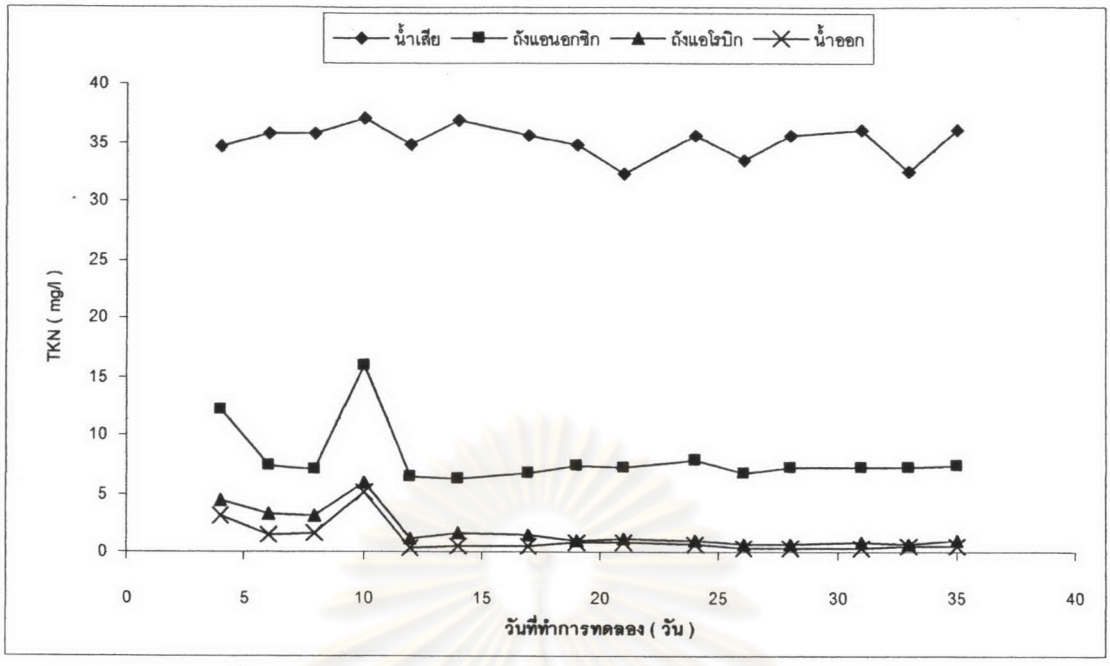
รูปที่ 4.12 ค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



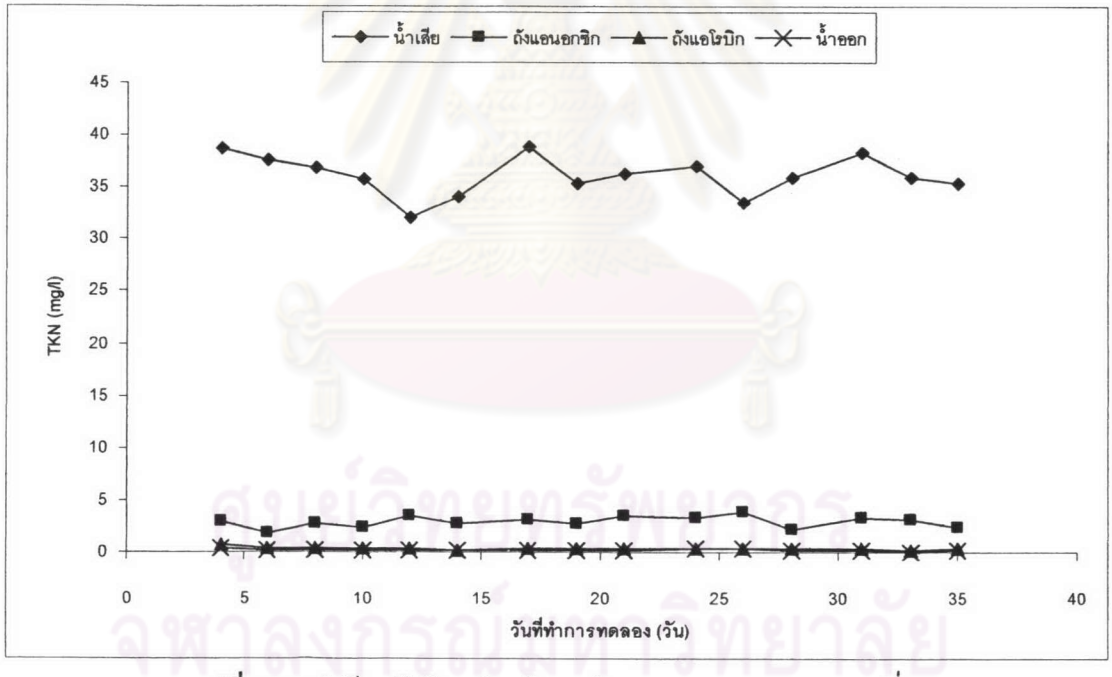
รูปที่ 4.13 ค่าทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



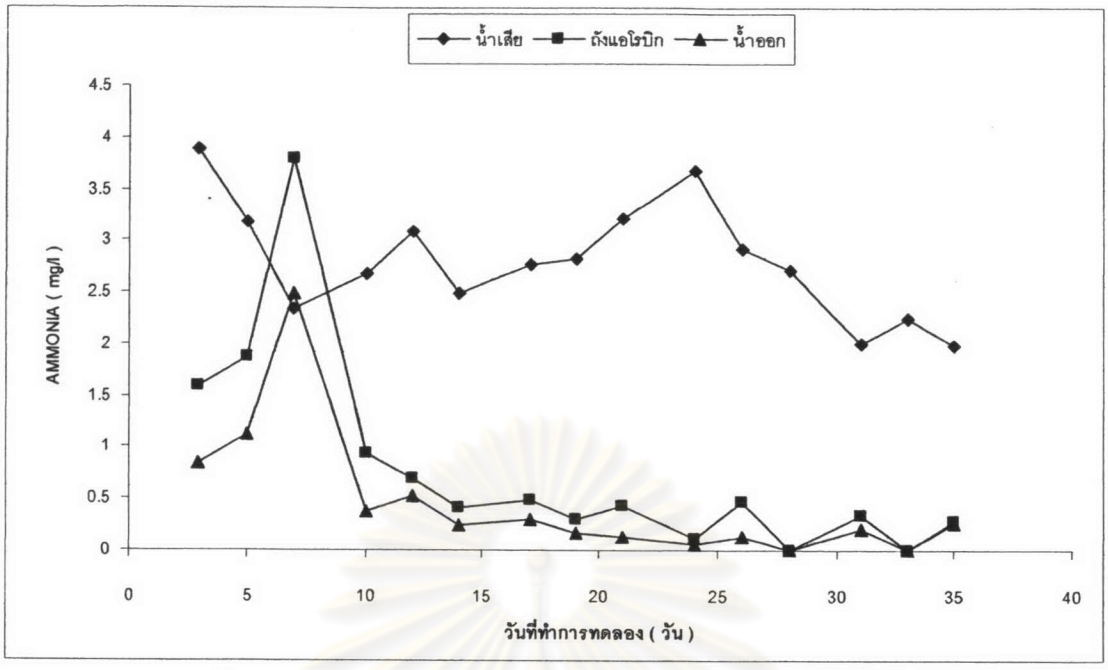
รูปที่ 4.14 ค่าทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



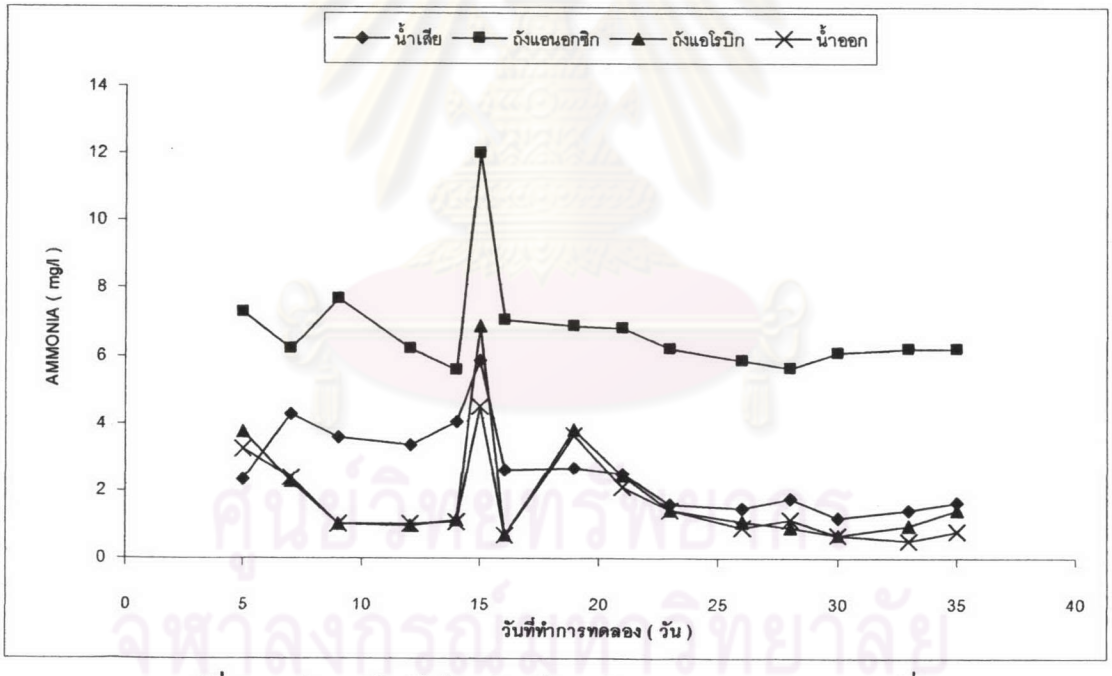
รูปที่ 4.15 ค่าทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



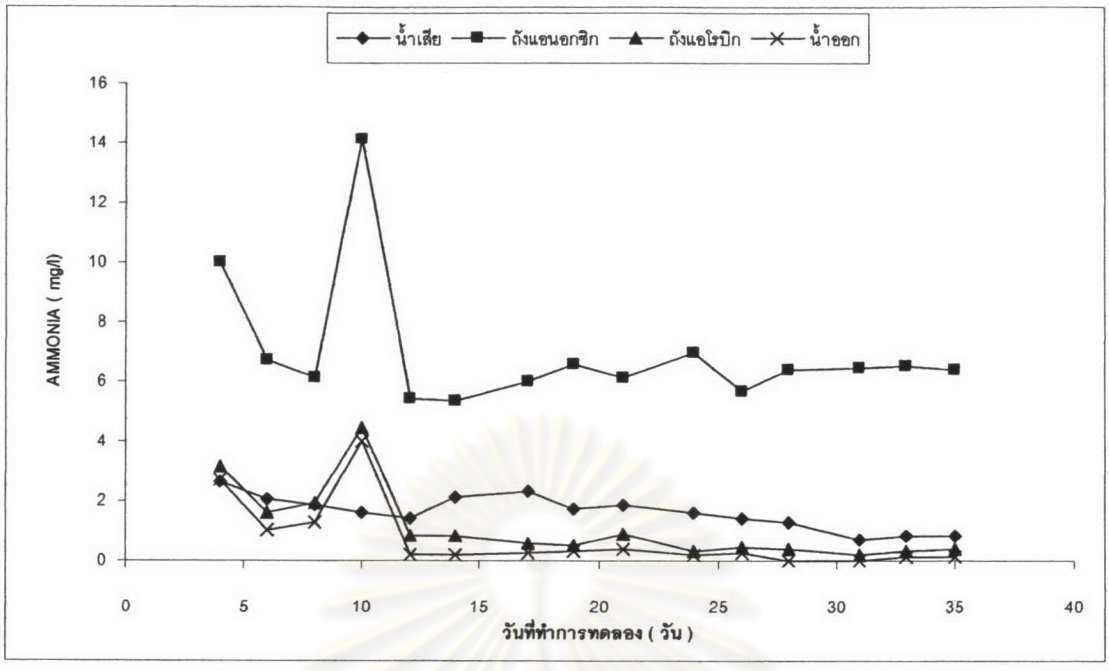
รูปที่ 4.16 ค่าทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



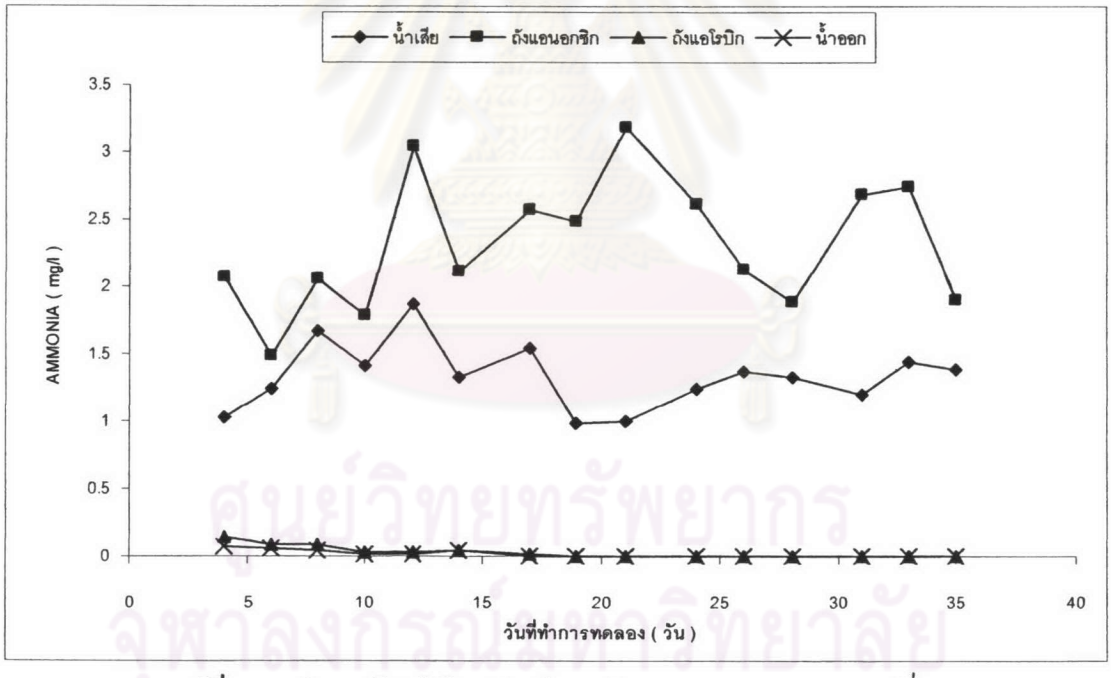
รูปที่ 4.17 ค่าแอมโมเนียในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



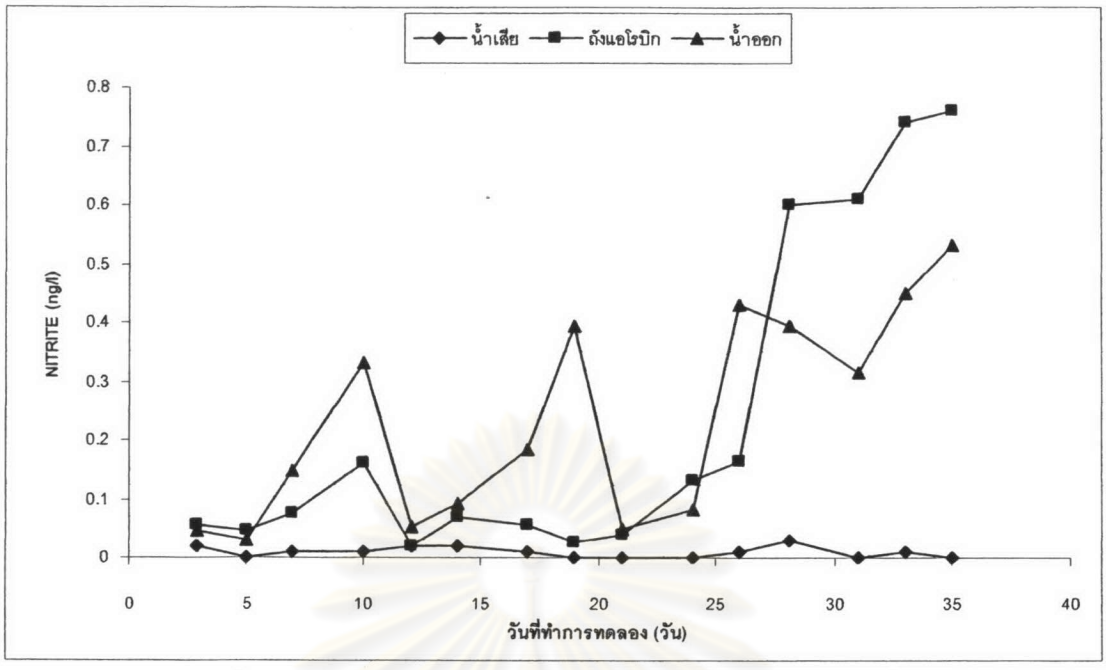
รูปที่ 4.18 ค่าแอมโมเนียในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



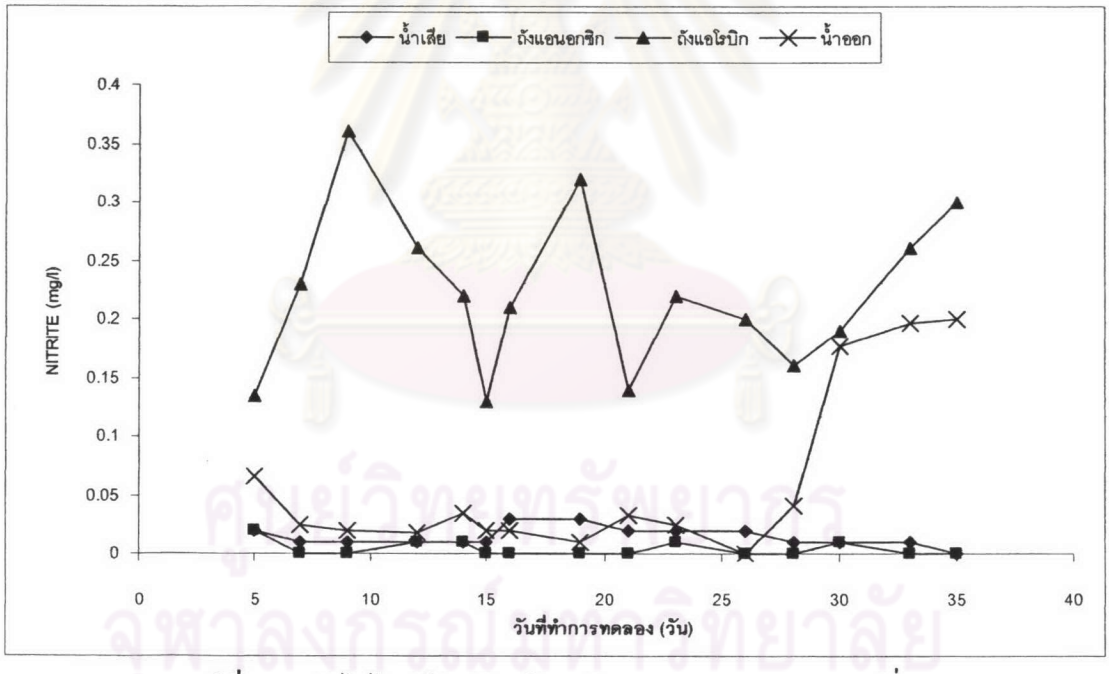
รูปที่ 4.19 ค่าแอมโมเนียในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



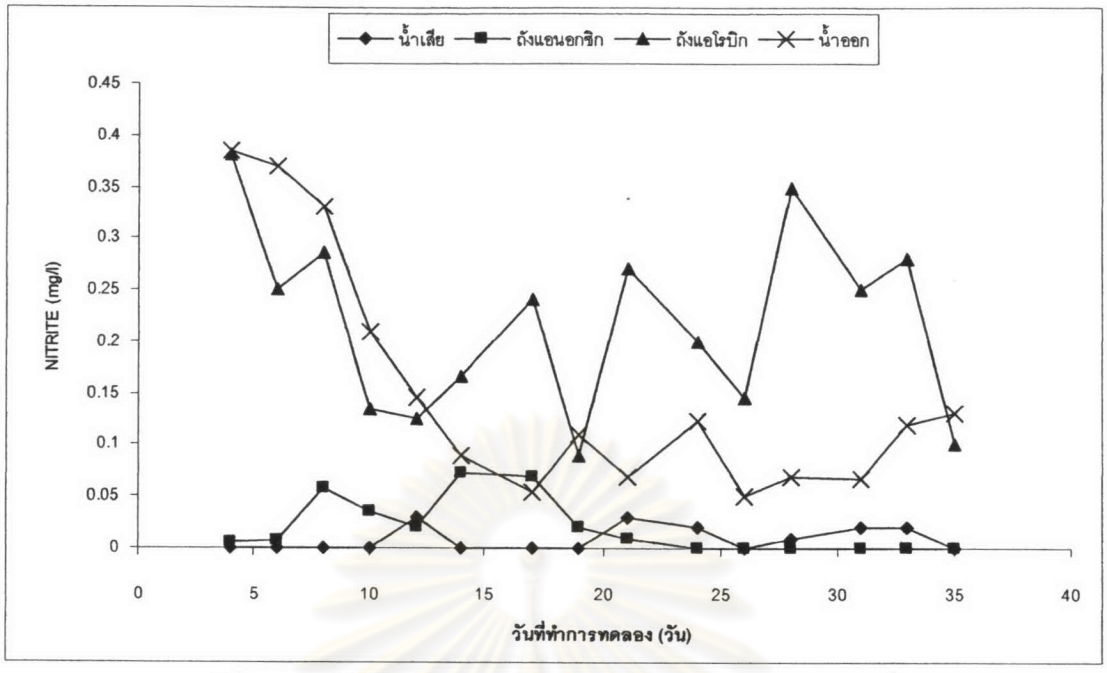
รูปที่ 4.20 ค่าแอมโมเนียในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



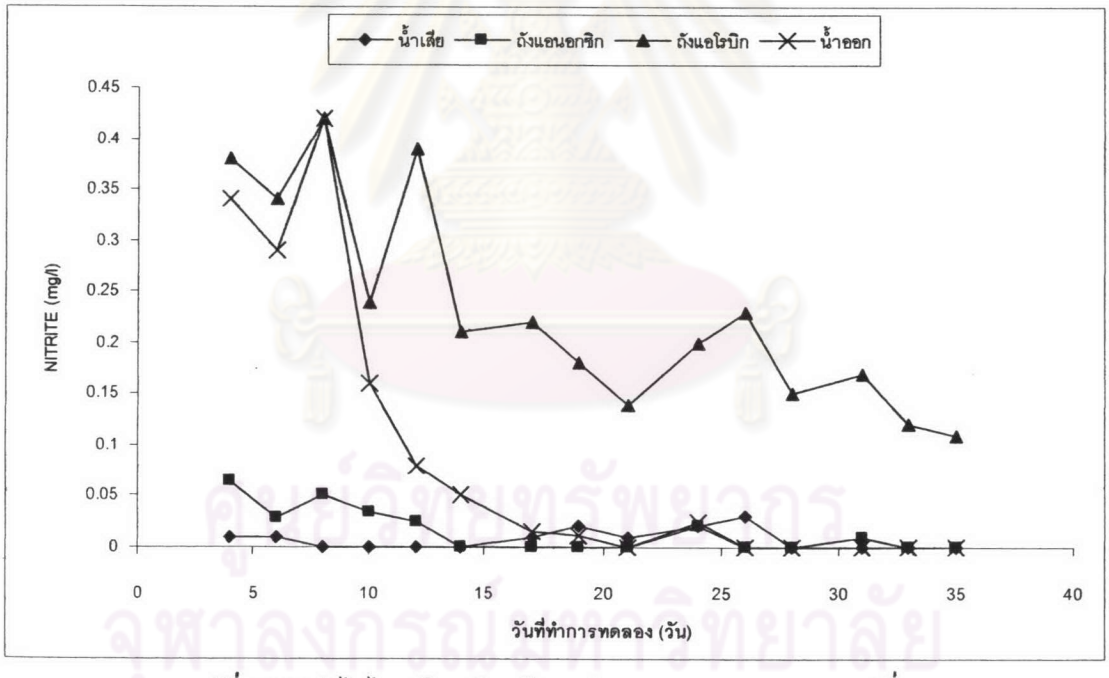
รูปที่ 4.21 ค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



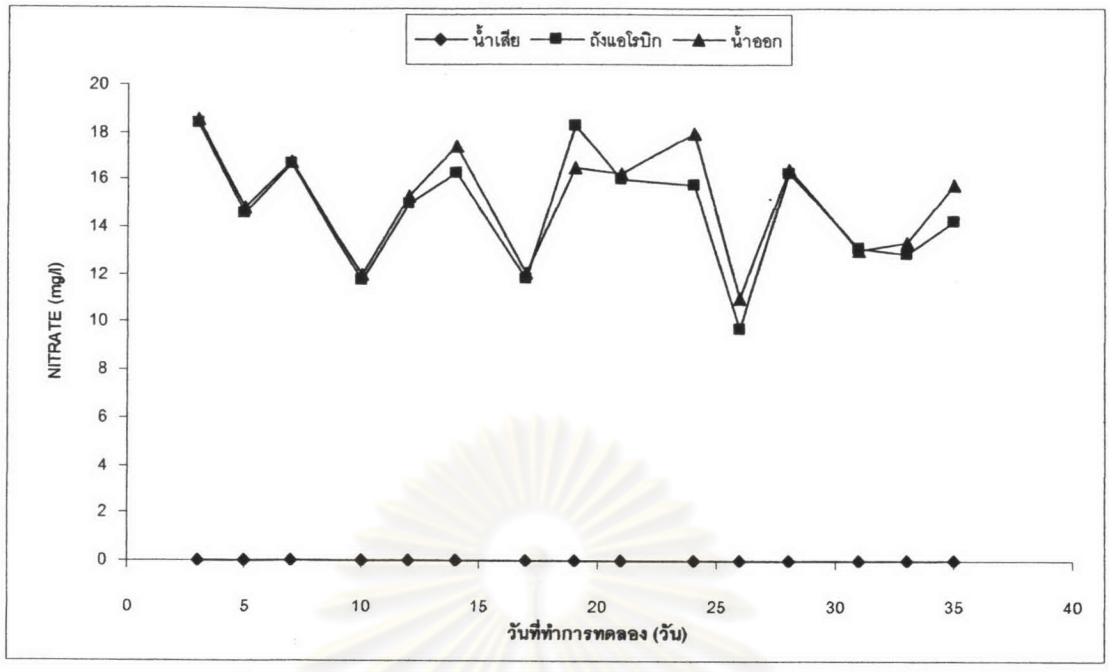
รูปที่ 4.22 ค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



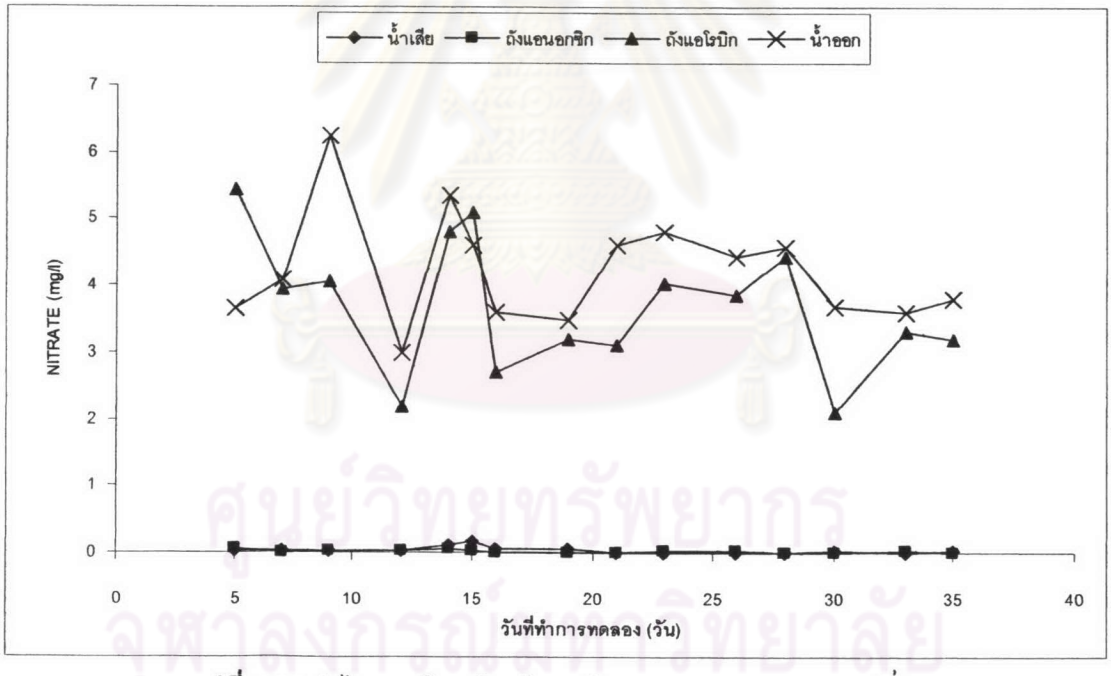
รูปที่ 4.23 ค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4.24 ค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

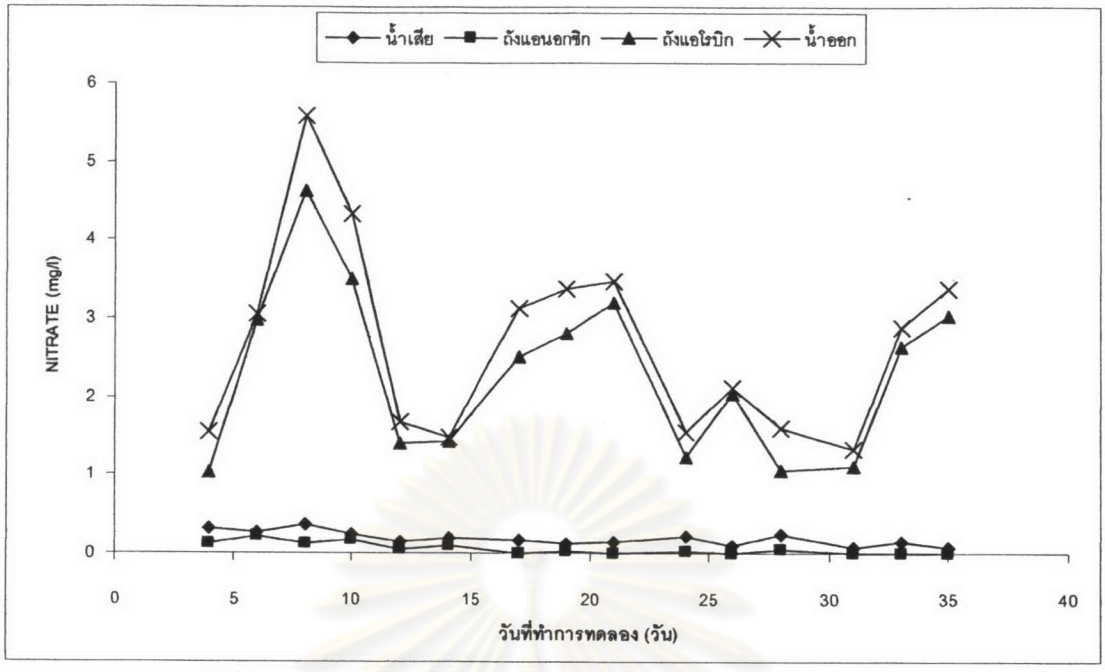


รูปที่ 4.25 ค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

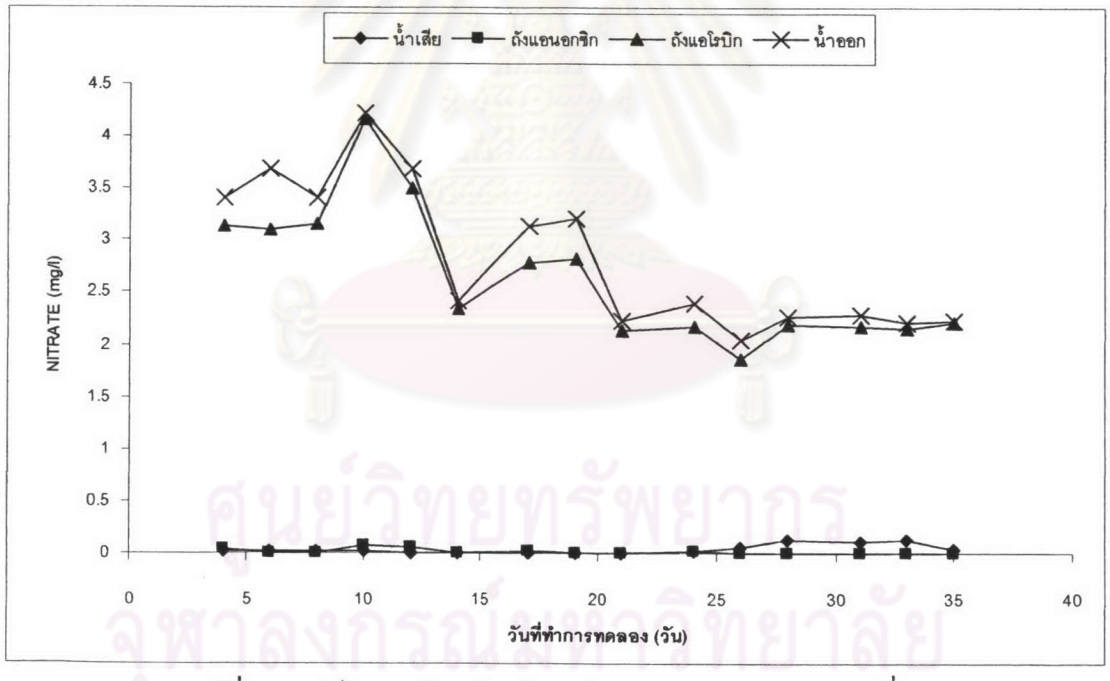


รูปที่ 4.26 ค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

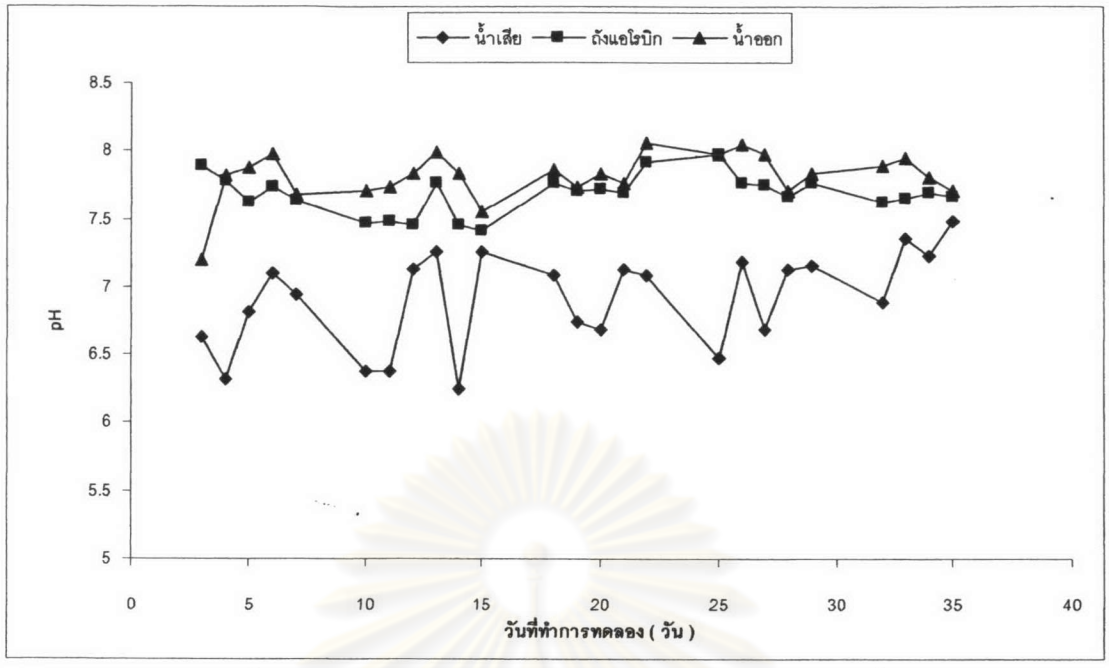
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



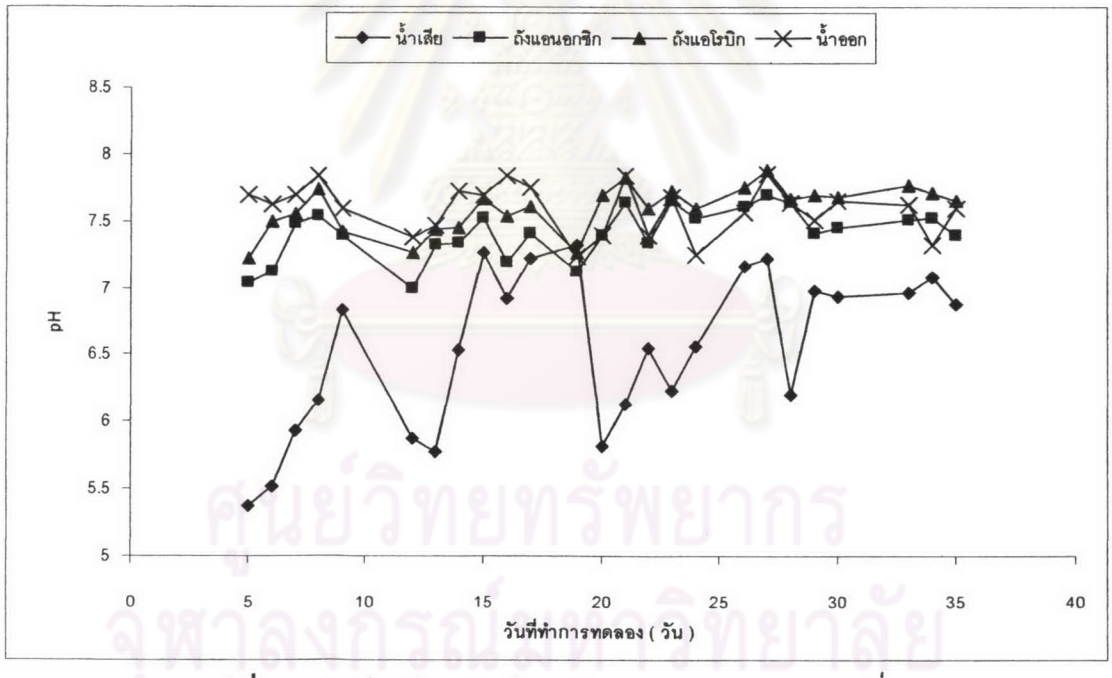
รูปที่ 4.27 ค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4.28 ค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

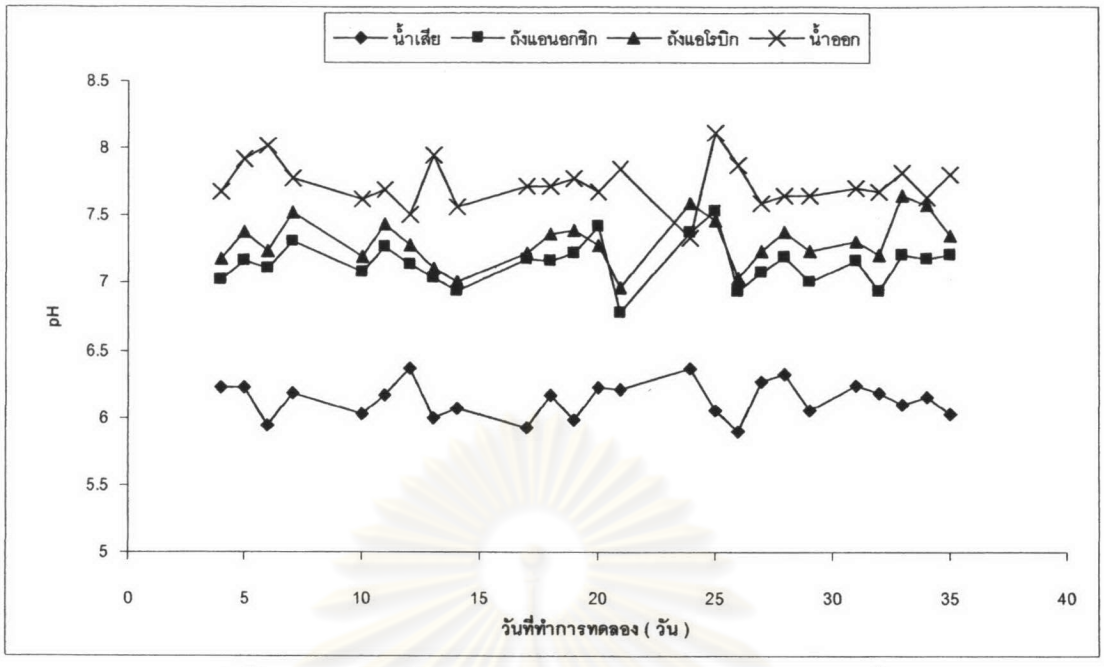


รูปที่ 4.29 ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

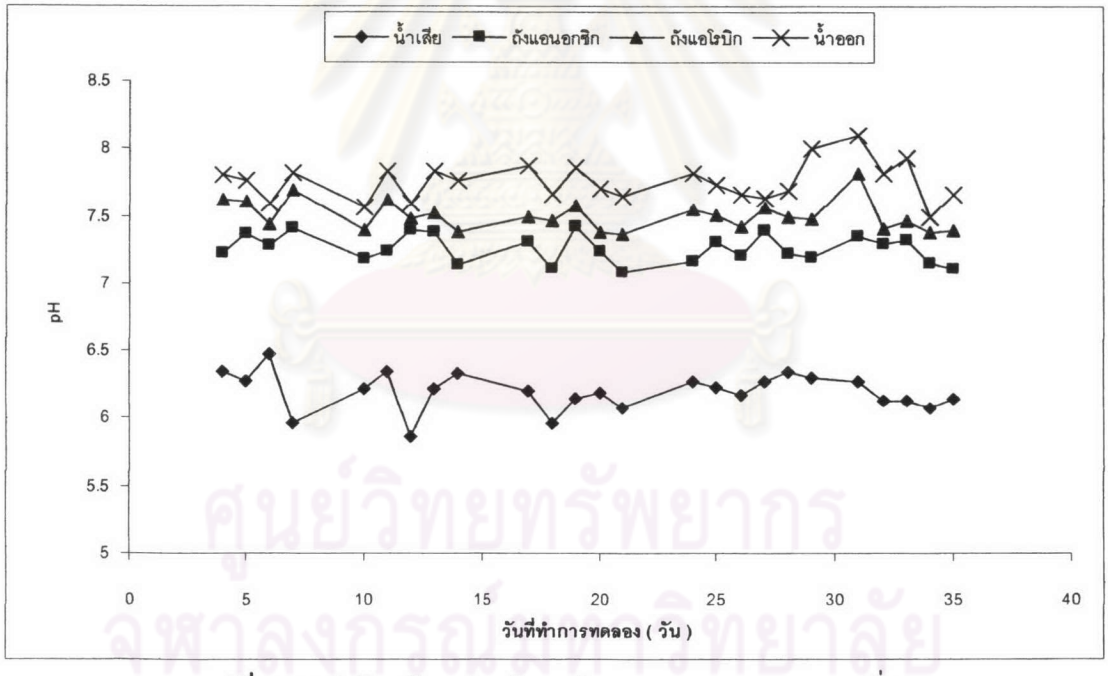


รูปที่ 4.30 ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

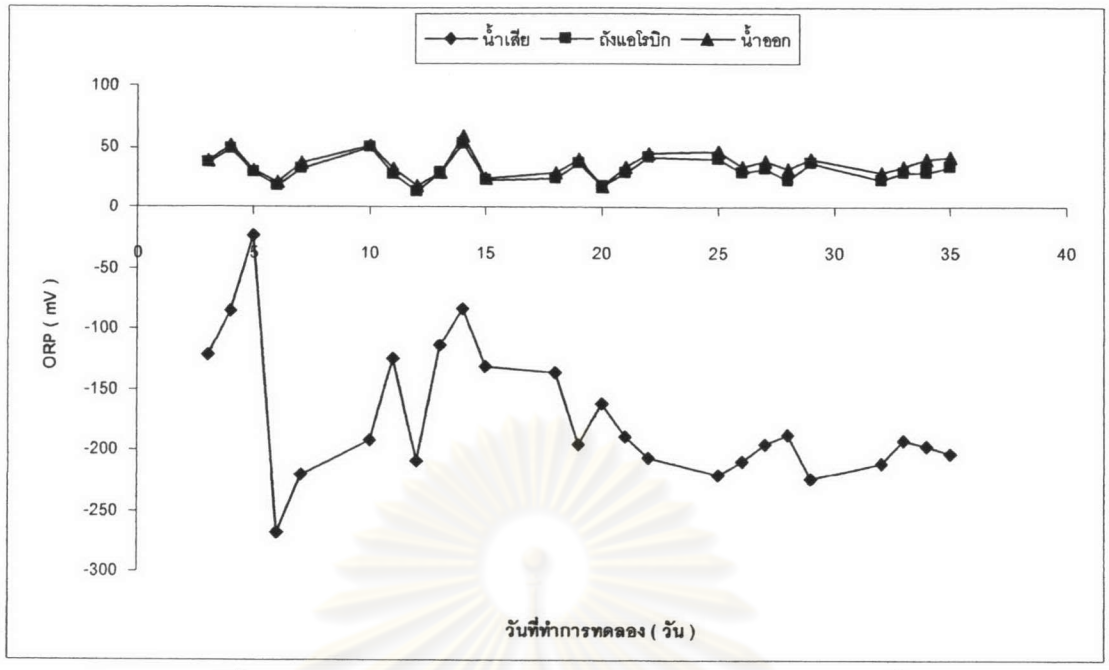


รูปที่ 4.31 ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

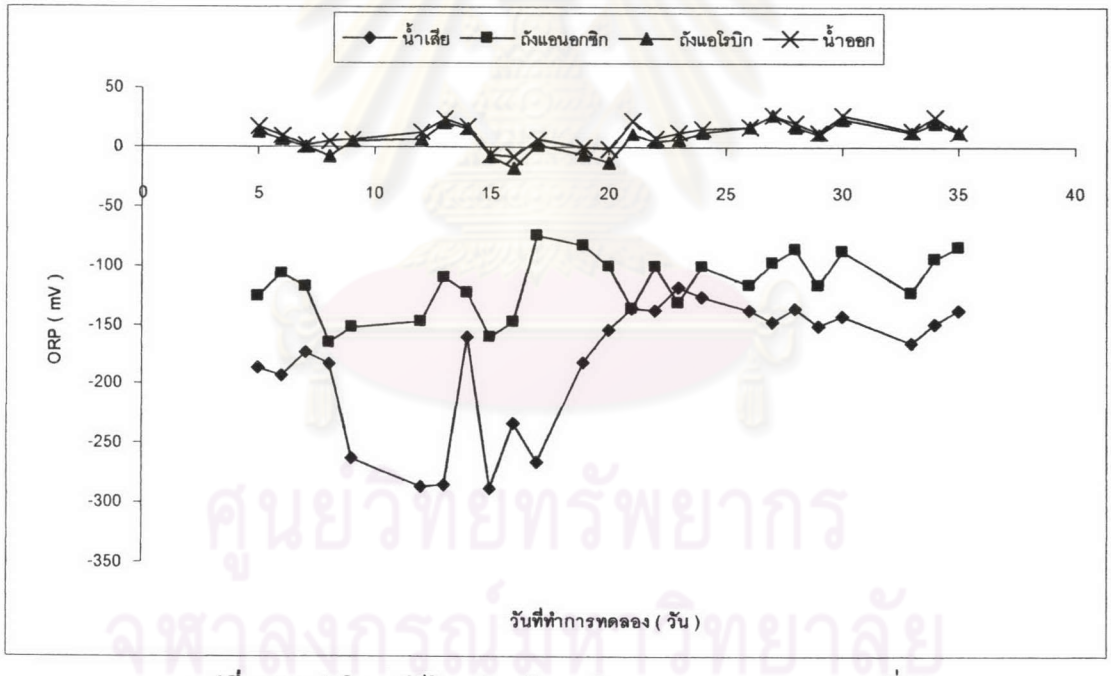


รูปที่ 4.32 ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

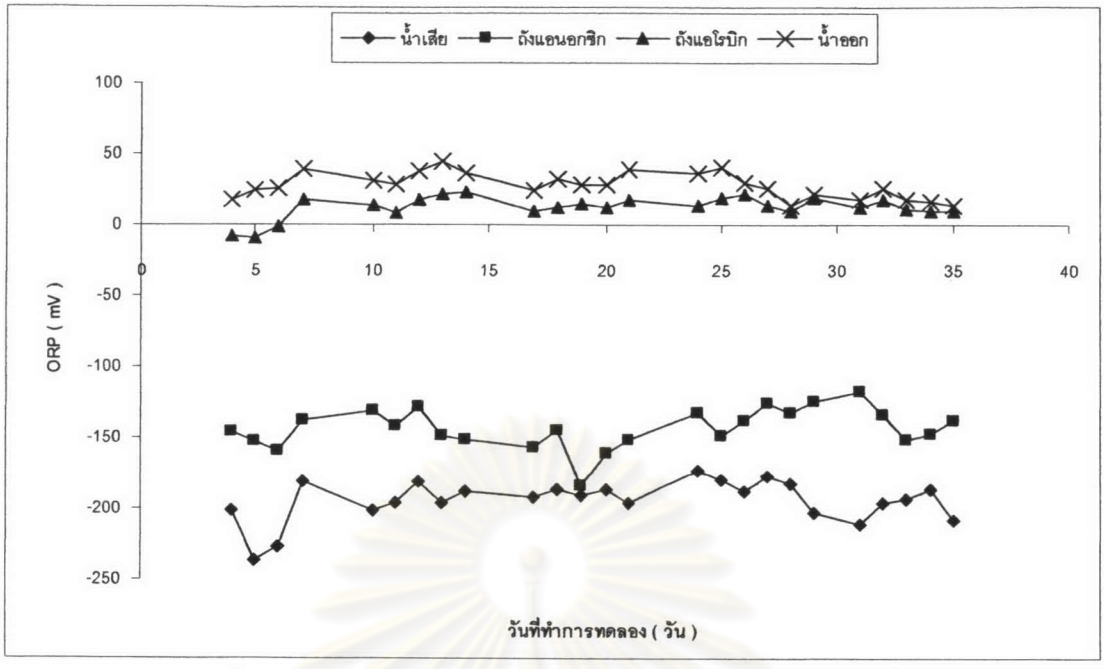


รูปที่ 4.33 ค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

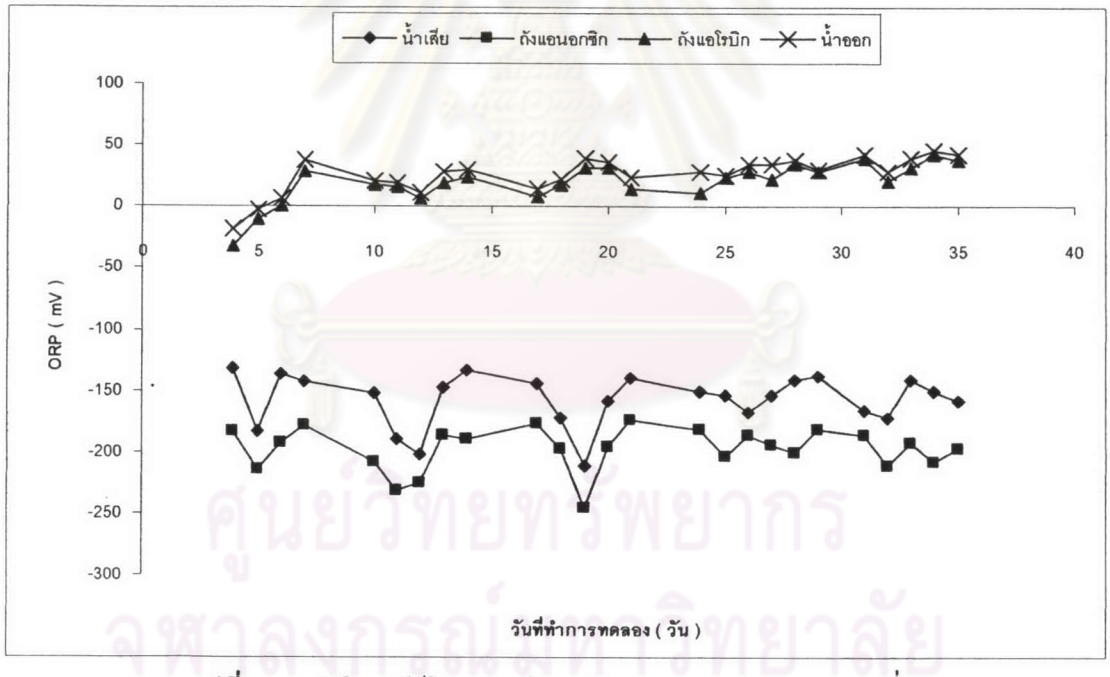


รูปที่ 4.34 ค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

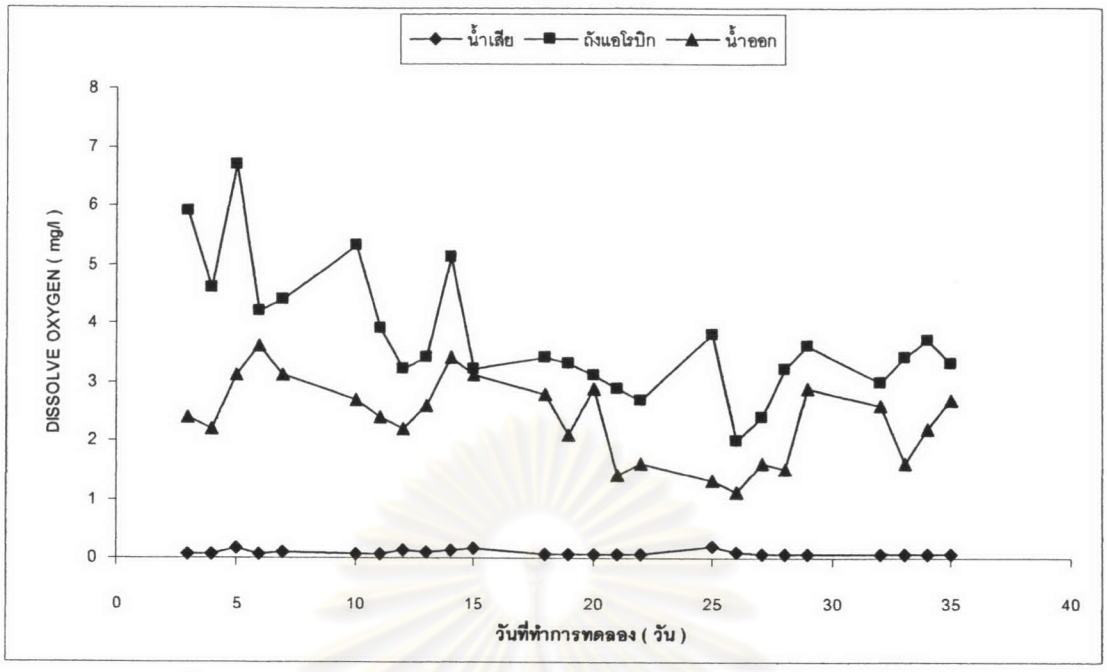
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



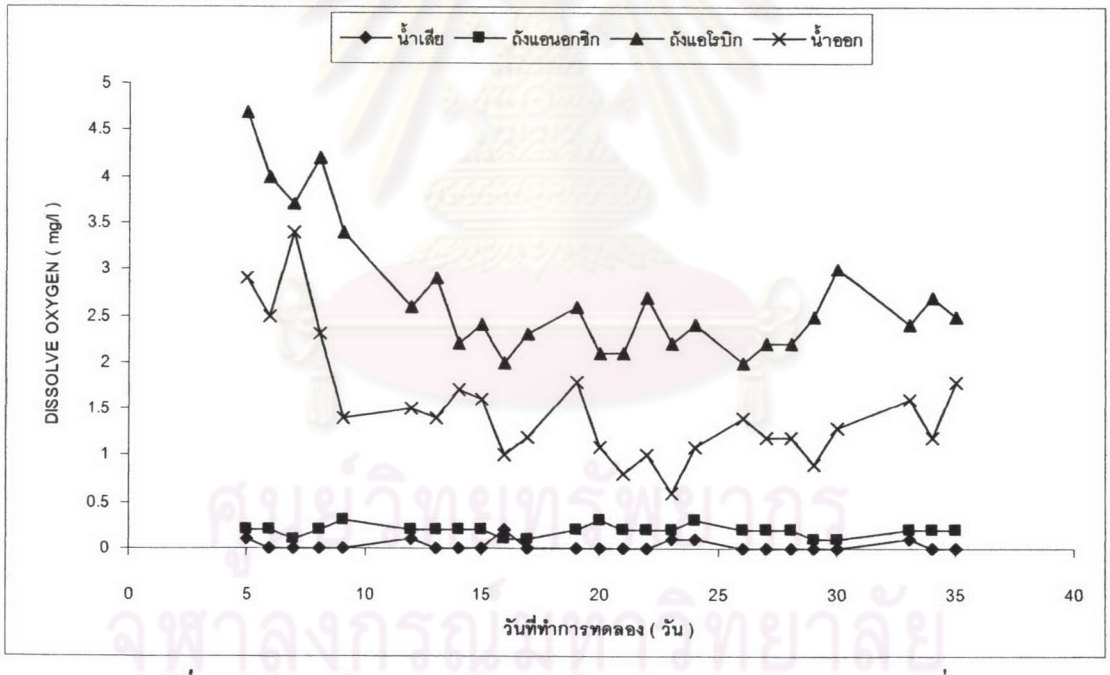
รูปที่ 4.35 ค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



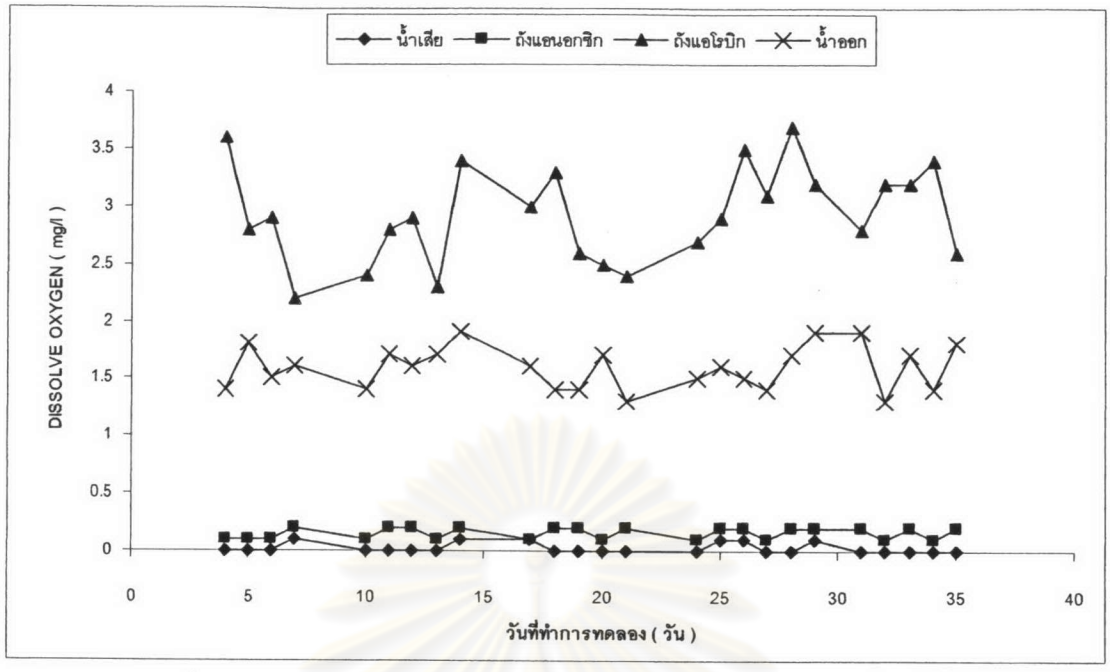
รูปที่ 4.36 ค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



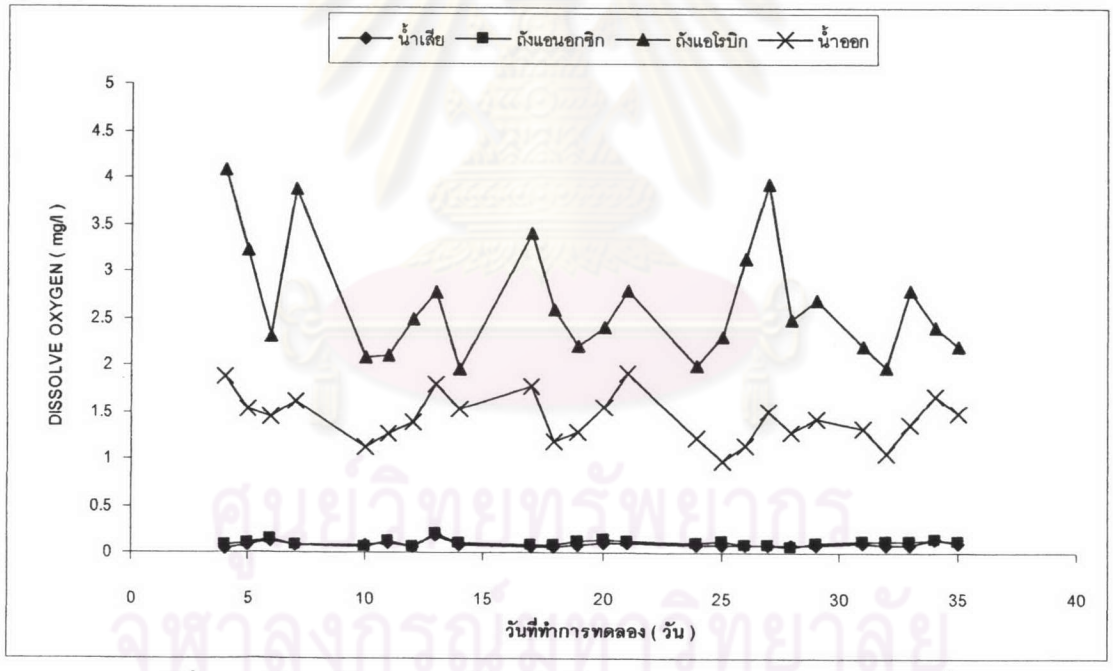
รูปที่ 4.37 ค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



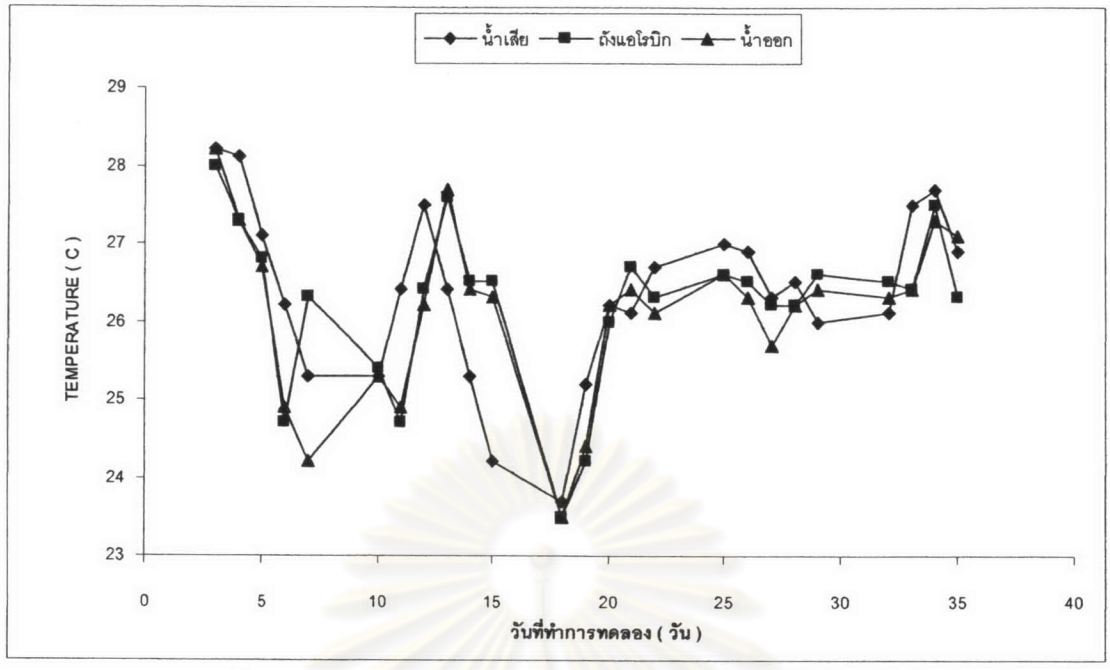
รูปที่ 4.38 ค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



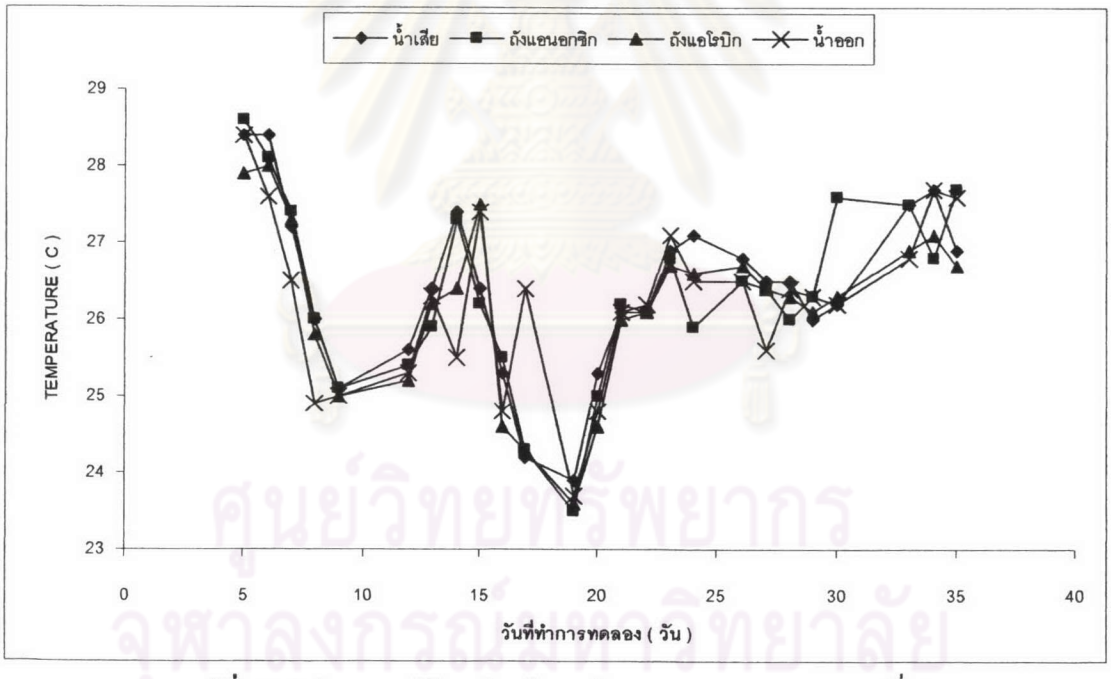
รูปที่ 4.39 ค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4.40 ค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

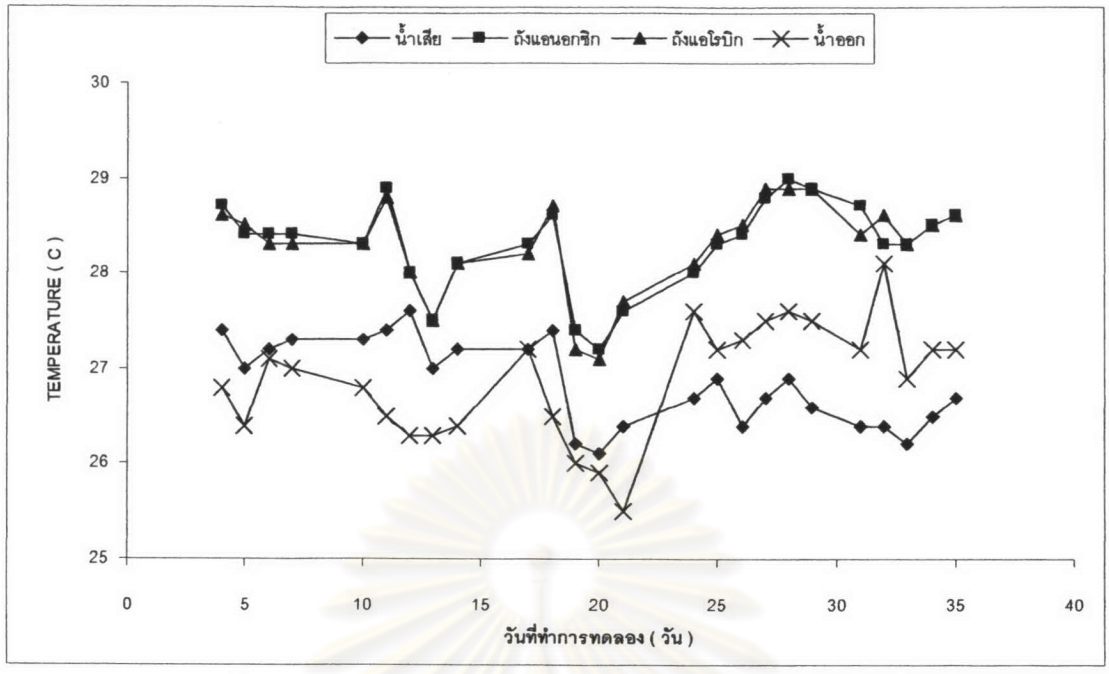


รูปที่ 4.41 ค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

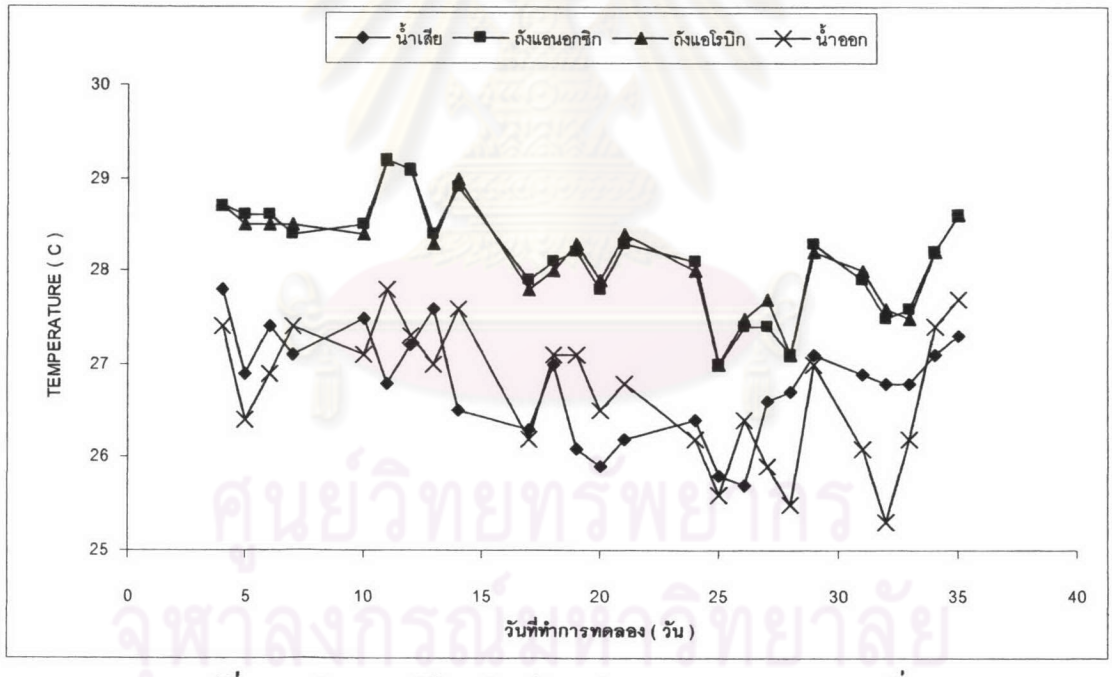


รูปที่ 4.42 ค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

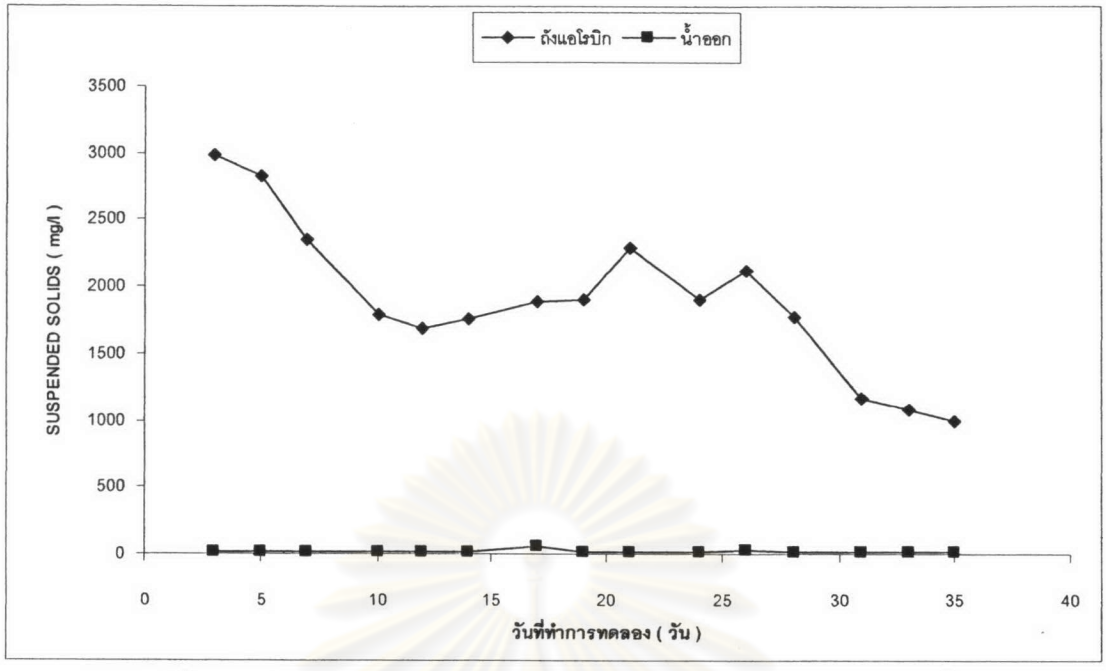


รูปที่ 4.43 ค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

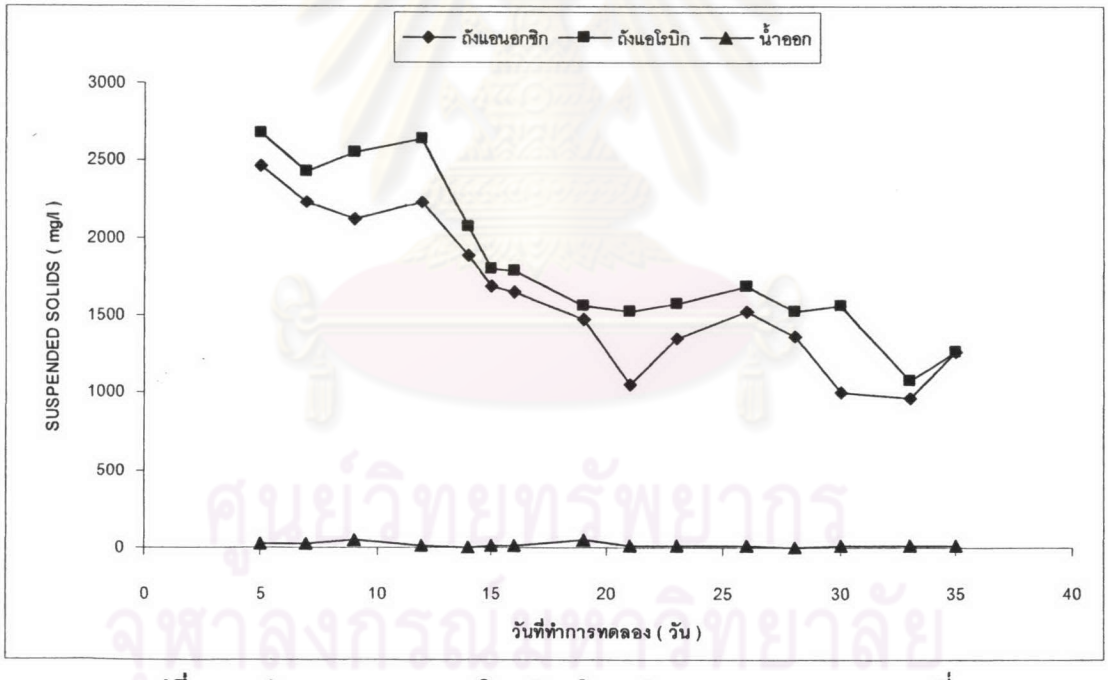


รูปที่ 4.44 ค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

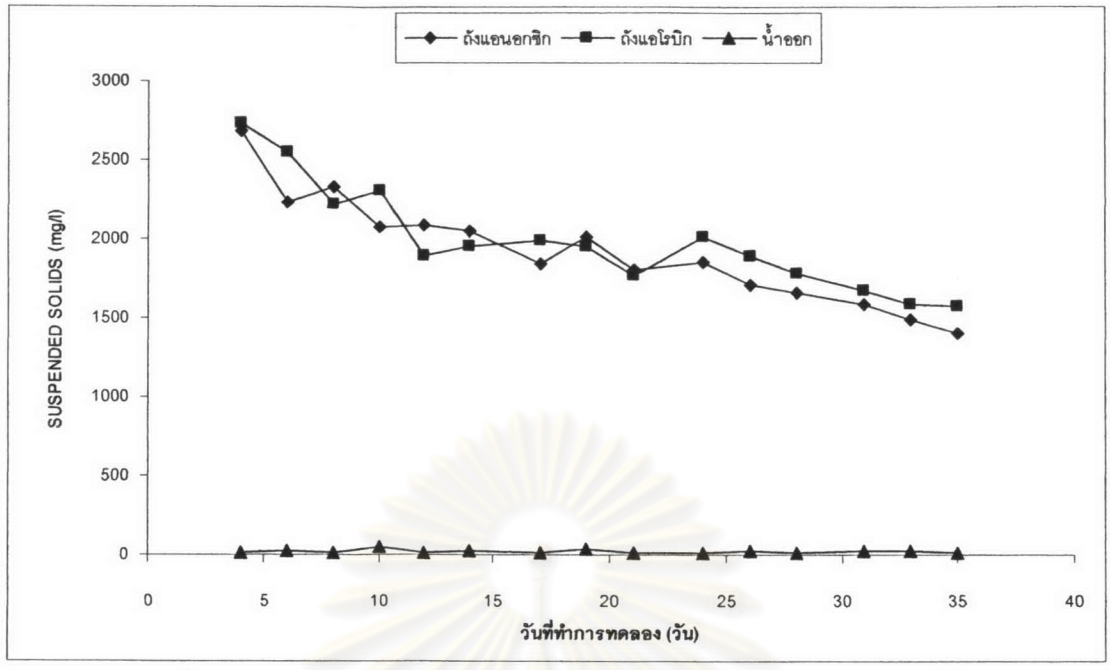


รูปที่ 4.45 ค่าตะกอนแขวนลอยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

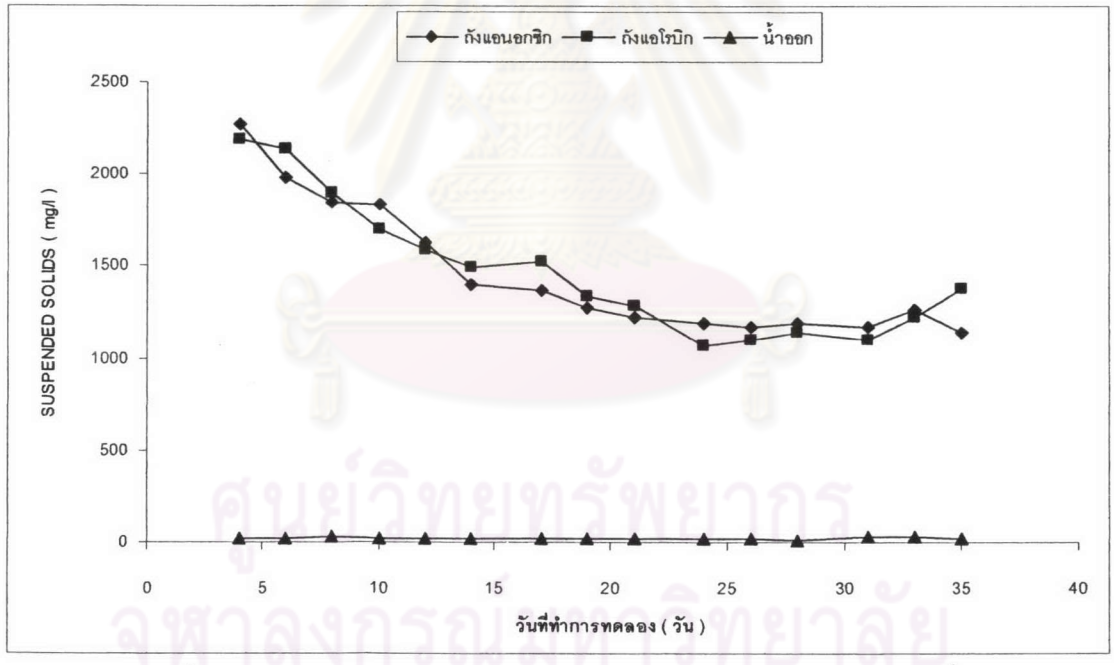


รูปที่ 4.46 ค่าตะกอนแขวนลอยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

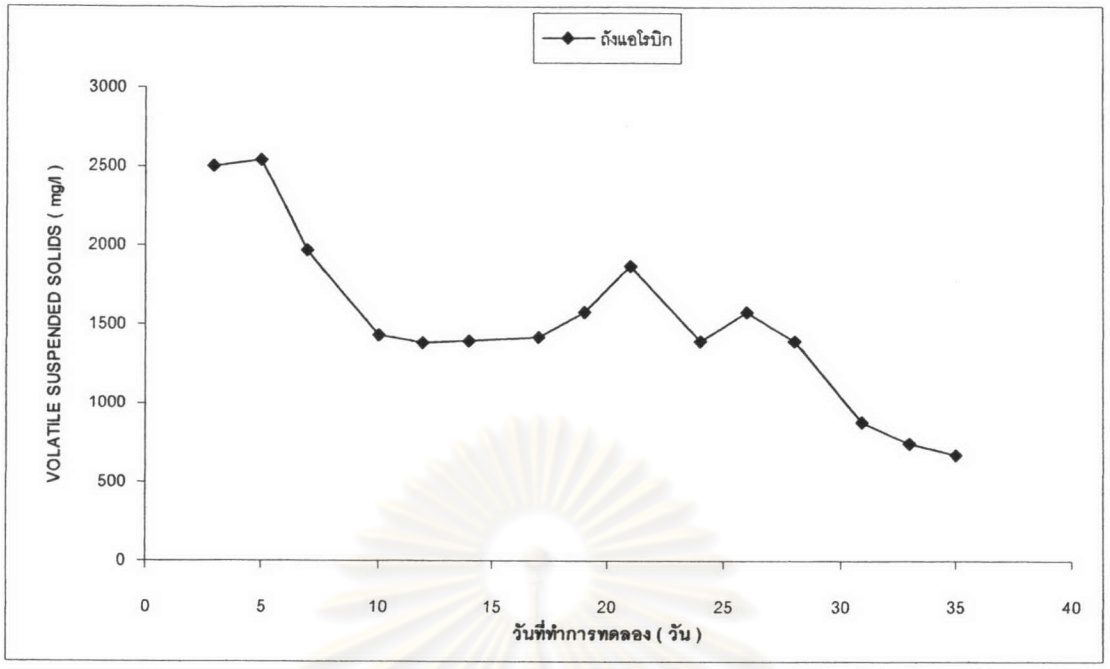


รูปที่ 4.47 ค่าตะกอนแขวนลอยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

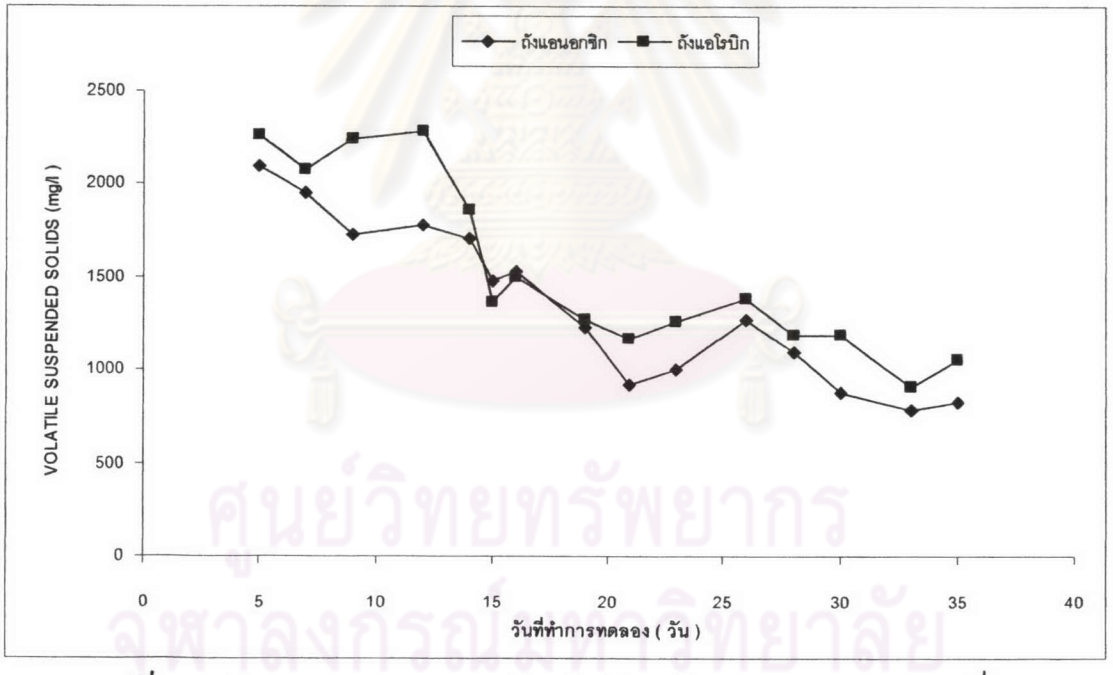


รูปที่ 4.48 ค่าตะกอนแขวนลอยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

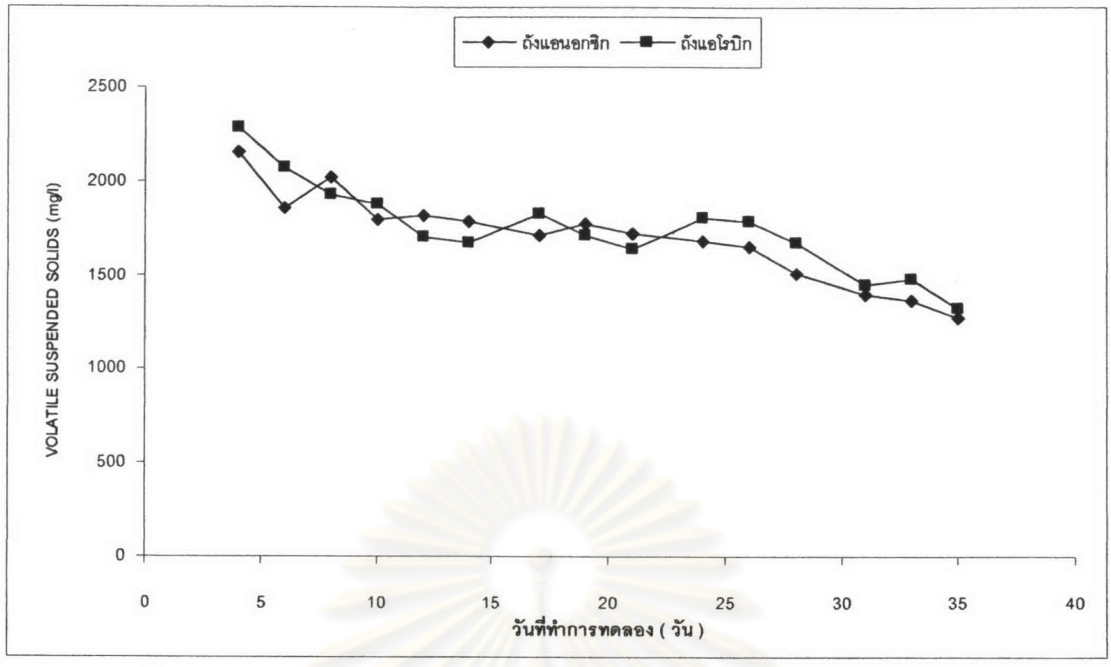


รูปที่ 4.49 ค่าตะกอนแขวนลอยระเหยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

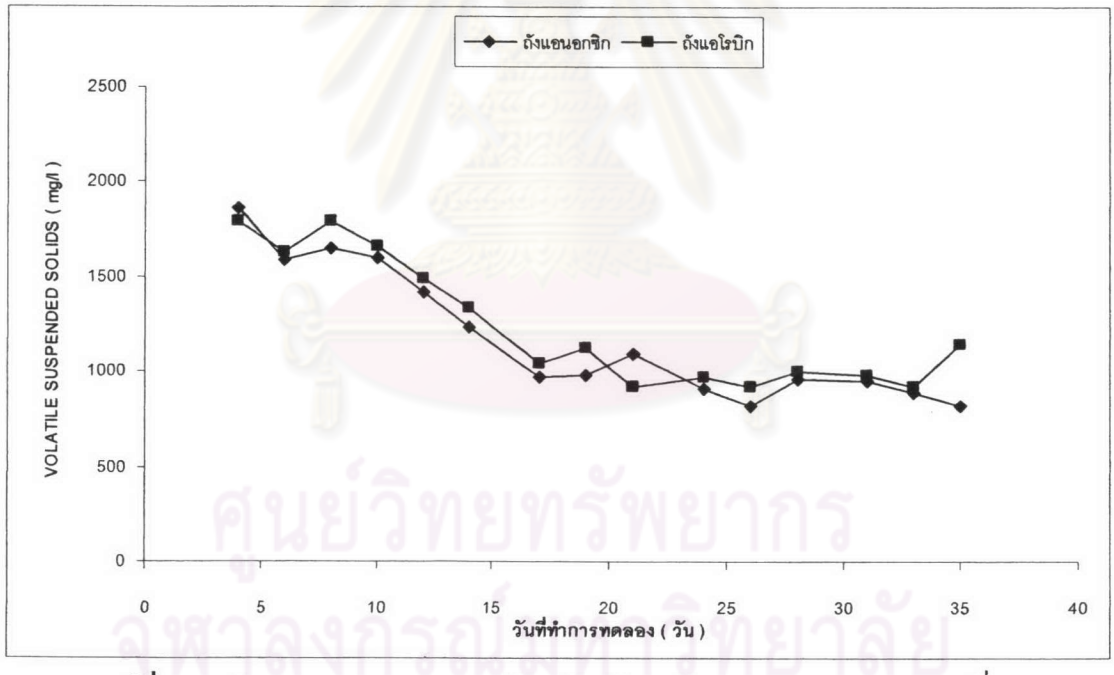


รูปที่ 4.50 ค่าตะกอนแขวนลอยระเหยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

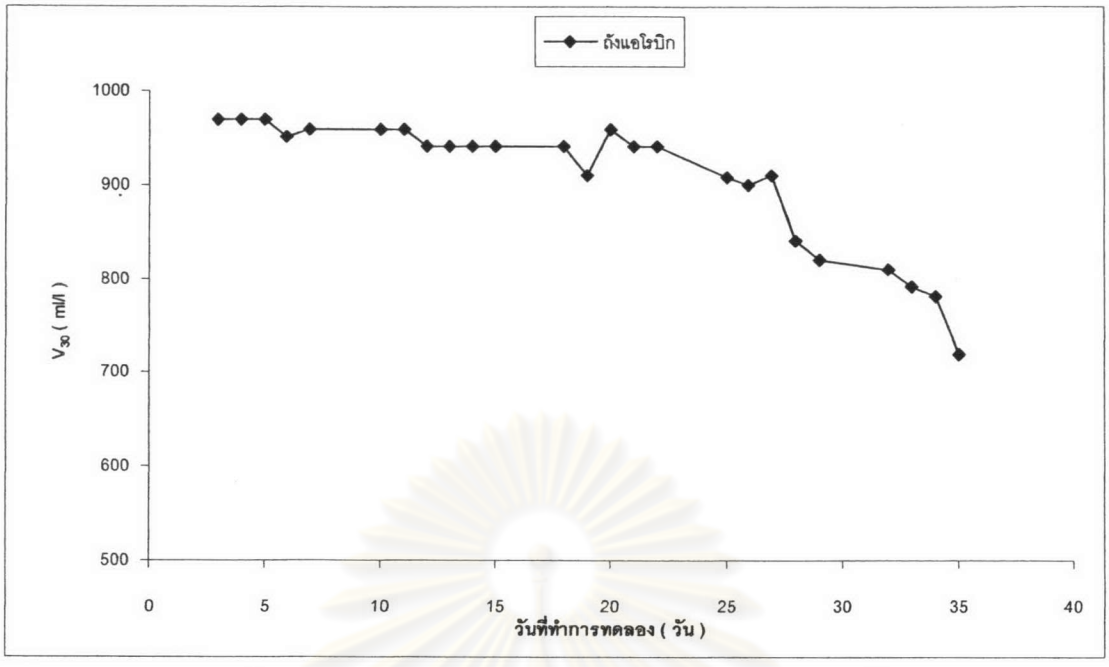


รูปที่ 4.51 ค่าตะกอนแขวนลอยระเหยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

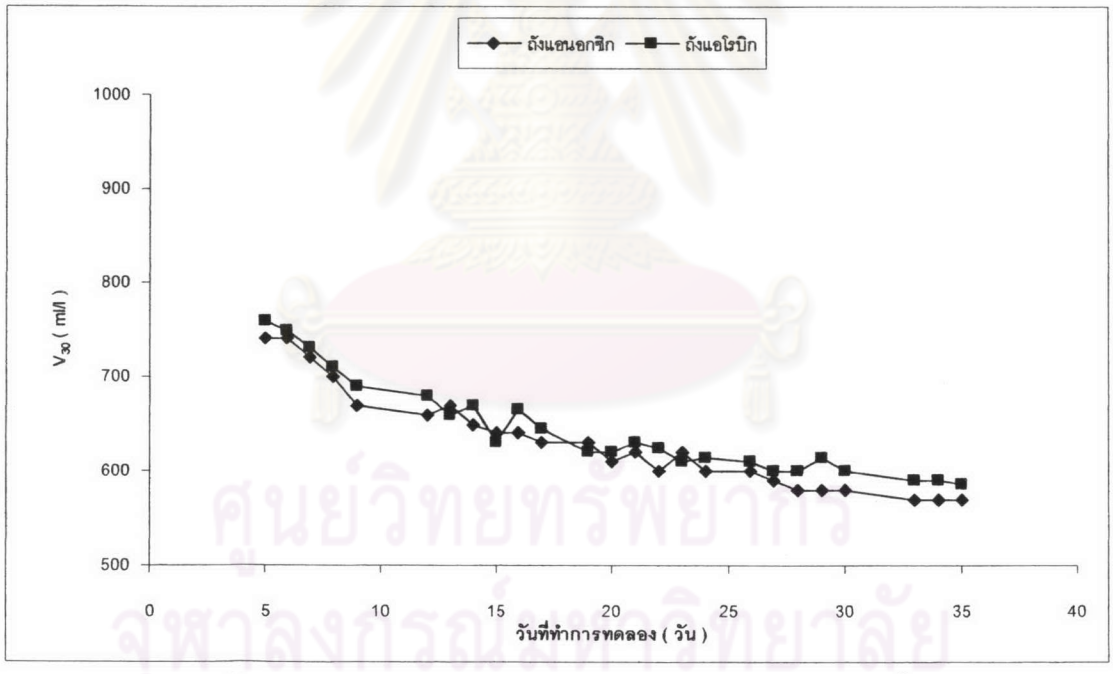


รูปที่ 4.52 ค่าตะกอนแขวนลอยระเหยในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

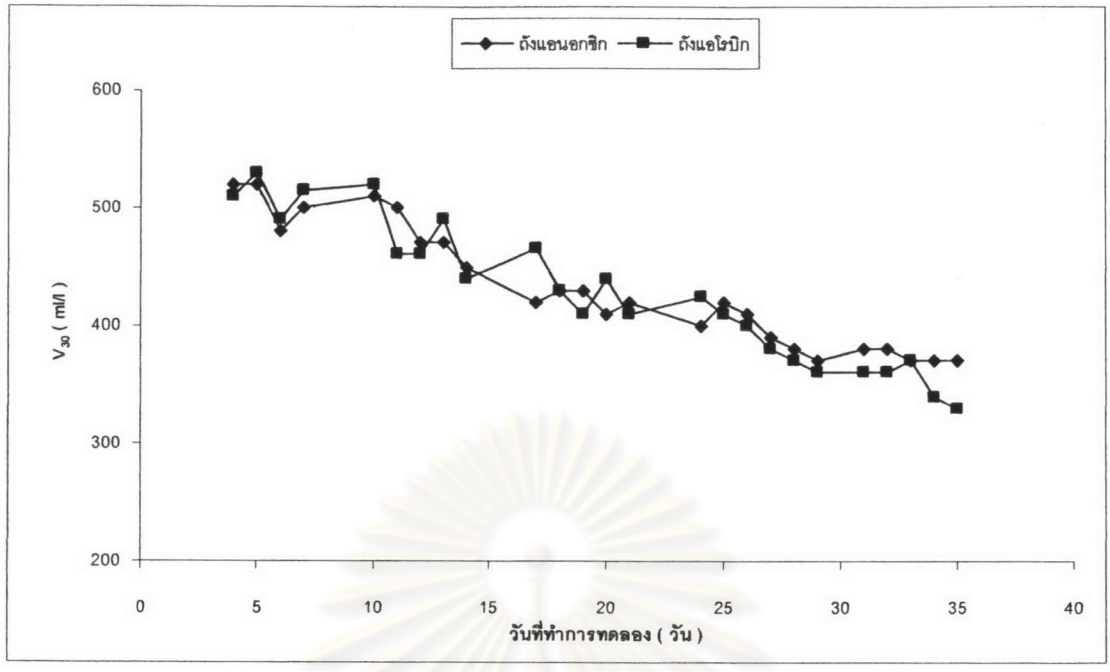


รูปที่ 4.53 ค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

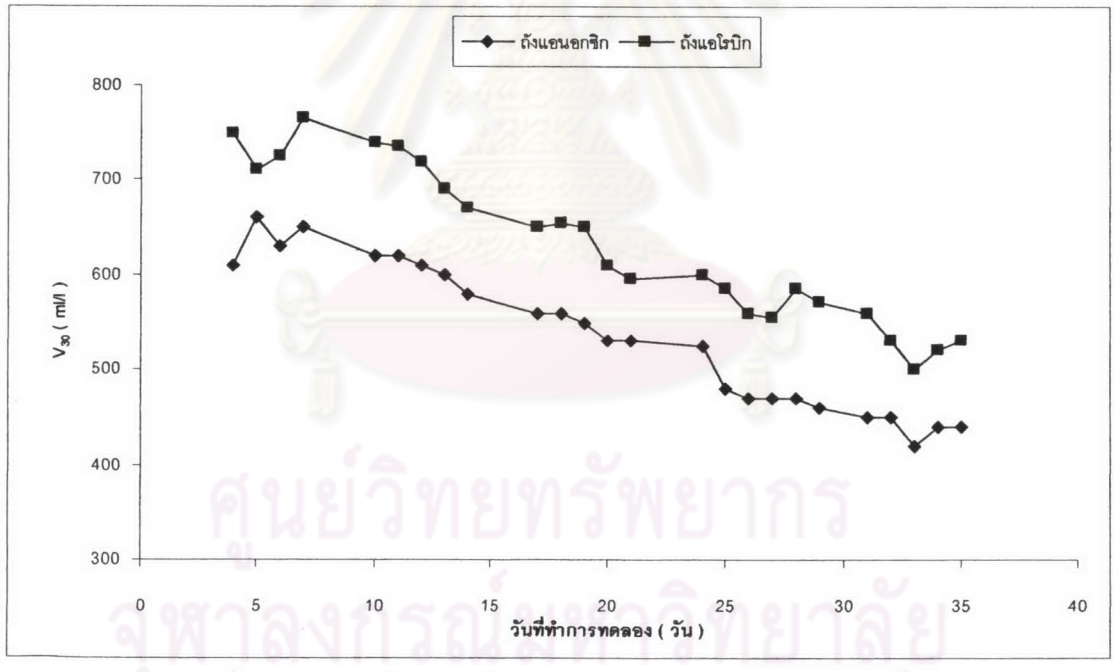


รูปที่ 4.54 ค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ ของการทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.55 ค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ ของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4.56 ค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ ของการทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 วิเคราะห์ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากผลการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง การวิเคราะห์ผลและวิจารณ์ผล ซึ่งจะแยกออกเป็นแต่ละพารามิเตอร์ ดังนี้

4.2.1 การกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 316.60 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยซีโอดีในถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 25.68 และ-24.79 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของซีโอดีในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 21.36, 9.49 และ 6.97 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีสูง อยู่ในช่วง 284.17 – 368.84 มก./ล. ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนน้ำเสียชุมชนสำหรับงานวิจัยนี้ได้ ถังแอโรบิกและน้ำออกมีค่าซีโอดีเฉลี่ยสูงเมื่อเทียบกับการทดลองชุดอื่นๆ แต่ค่าซีโอดีในน้ำออกยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 16.32 – 36.14 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 319.0, 13.28, 11.35 และ 8.98 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของซีโอดีในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 19.94, 7.00, 4.18 และ 2.73 มก./ล. ตามลำดับ ค่าซีโอดีจากการทดลองชุดที่ 2 นี้ ค่าซีโอดีสูงเป็นบางช่วงวันที่ทดลองก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัว คือ วันที่ 15 ของการทดลอง มีค่าซีโอดีในถังแอโรบิก แอนนอกซิก และน้ำออก เท่ากับ 54.21, 46.93 และ 37.02 มก./ล.ตามลำดับ ทำให้มีค่าซีโอดีในน้ำออกสูงมากในช่วงวันดังกล่าว ซึ่งอาจมีผลมาจากมีการเกิด Shock Load ขึ้นภายในระบบ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าแปรปรวนและลดลงเป็นช่วงๆ แต่เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าซีโอดีลดต่ำลงในช่วงท้ายการทดลอง น้ำออกมีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 6.01 – 12.96 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 314.80, 20.95, 16.13 และ 14.45 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของซีโอดีในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 11.28, 3.46, 3.66 และ 2.25 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากกราฟและค่าเฉลี่ยชุดการทดลองที่ 3 นี้ เห็นได้ว่าค่าซีโอดีมีค่าคงที่ในทุกตำแหน่งของระบบ มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง น้ำออกมีค่าซีโอดีต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 10.7 - 18.1 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 316.30, 18.84, 13.67 และ 9.96 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของซีโอดีในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 10.74 , 4.17, 3.25 และ 1.44 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดนี้ น้ำเสียเข้าระบบมีค่าคงที่ตลอดช่วงการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 299.8 – 335.0 มก./ล ค่าซีโอดีในทุกตำแหน่งของระบบมีค่าไม่แปรปรวนนัก ซีโอดีในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำสม่ำเสมอตลอดการทดลอง และ น้ำออกมีค่าต่ำมาก มีค่าอยู่ในช่วง 6.9-11.6 มก./ล

ค่าซีโอดีทั้ง 4 ชุดการทดลองที่สภาวะคงตัว (Steady State) สามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวพร้อมประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (หน่วย ; มก./ล.)

การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก	ประสิทธิภาพในถังแอนนอกซิก (%)	ประสิทธิภาพ (%)
1	316.63	-	25.68	23.79	-	92.48
2	319.04	13.28	11.35	8.98	95.83	97.18
3	314.81	20.95	16.13	14.45	93.34	95.40
4	316.32	18.84	13.67	9.96	94.04	96.85

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการทดลองทั้ง 4 ชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีรวมของทั้งระบบเท่ากับ 92.48 , 97.18, 95.40 และ 96.85 % ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงและมีค่าใกล้เคียงกันมากในทุกชุดการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในถังแอนนอกซิก ของชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 จะเห็นได้ว่าซีโอดีได้ถูกกำจัดไปได้สูงตั้งแต่ในถังแอนนอกซิกแล้ว มีประสิทธิภาพเท่ากับ 95.83 , 93.34 และ 94.04 % ตามลำดับ ดังนั้นจึงถือได้ว่า การเพิ่มในส่วนถังแอนนอกซิกเข้าไปในด้านหน้าของระบบ จะสามารถนำออกซิเจนจากไนเตรทมาออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนได้สูงมาก และในเมื่อสารอินทรีย์คาร์บอนบางส่วนถูกนำไปใช้ในถังแอนนอกซิกสำหรับดีไนตริฟิเคชันแล้ว สารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่ถังแอโรบิกก็จะลดลง เป็นผลทำให้สามารถลดปริมาตรของถังแอโรบิกและลดปริมาณอากาศที่ต้องเติมเข้าไปในถังได้ด้วย จึงช่วยประหยัดพลังงานในการเติมอากาศอีกทางหนึ่ง

4.2.2 การกำจัดแอมโมเนีย, ทีเคเอ็น และค่าอินทรีย์ไนโตรเจน

4.2.2.1 แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว แอมโมเนียในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.67, 0.23 และ 0.11 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนียในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.64, 0.19 และ 0.10 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลองชุดนี้ เห็นได้ว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในถังแอโรบิกมีค่าสูงและค่อนข้างแปรปรวนในช่วงต้นของการทดลอง เนื่องจากเกิดการแปลงรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย และมีค่าลดต่ำลงเมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัว น้ำออกมีค่าแอมโมเนียมีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วง 0.00-2.16 มก./ล.และประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดแอมโมเนียของชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 99.70%

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว แอมโมเนียในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52, 6.03,1.07 และ 0.90 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนียในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.19, 0.23, 0.30 และ 0.34 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลองชุดนี้ ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าคงที่และใกล้เคียงกัน มีการแปลงรูปจากแอมโมเนียไปเป็น ไนไตรท์ และ ไนเตรท ได้ดี แอมโมเนียในน้ำออกมีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วง 0.49-1.43 มก./ล. และประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดแอมโมเนียของชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 97.38 %

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว แอมโมเนียในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.28, 6.37, 0.43 และ 0.18 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนียในน้ำเสีย ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.44, 0.36, 0.20 และ 0.15 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลองชุดนี้ ก่อนสภาวะคงตัวมีค่าสูงในช่วงวันที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับค่าทีเคเอ็นที่เข้าระบบสูงในช่วงวันดังกล่าว ทีเคเอ็นมีการย่อยสลายและเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรต์และไนเตรตไม่หมด จึงมีค่าแอมโมเนียที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่นและมีแอมโมเนียเหลือค้างอยู่ในระบบ แต่เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าคงที่และต่ำตลอดช่วงการทดลอง และแอมโมเนียในน้ำออกของช่วงท้ายการทดลอง มีค่าต่ำมาก จึงกล่าวได้ว่ามีการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นที่ดี ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดแอมโมเนียของชุดการทดลองที่ 3 เท่ากับ 99.47 %

การทดลองชุดที่ 4 แอมโมเนียในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.27, 2.46, 0.00 และ 0.00 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมโมเนียในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.19, 0.42, 0.00 และ 0.00 มก./ล. ตามลำดับ ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียเข้าระบบมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง ในถังแอโรบิกและน้ำออกมีค่าแอมโมเนียต่ำมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ แสดงให้เห็นว่ามีการแปรรูปของแอมโมเนีย ไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทเกือบหมด กล่าวได้ว่า การทดลองชุดนี้มีการเกิดกระบวนไนตริฟิเคชันได้ดีมาก ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดแอมโมเนียของชุดการทดลองที่ 4 เท่ากับ 100 %

การทดลองทั้ง 4 ชุด สามารถสรุปค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย, ทีเคเอ็น และสารอินทรีย์ไนโตรเจนในแต่ละตำแหน่งของถัง แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ยูเรีย ((NH_2))$_2$CO) เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ ทำให้ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ และอยู่ในรูปแอมโมเนียเป็นส่วนน้อย แต่เมื่อผ่านเข้าสู่ระบบจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียเกือบทั้งหมด ดังนั้นประสิทธิภาพโดยรวมของการกำจัดแอมโมเนีย จึงต้องใช้ค่าแอมโมเนียเข้าระบบจากการนำค่าทีเคเอ็นลบด้วยค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำออก

ตารางที่ 4.4 สรุปค่าแอมโมเนีย, อินทรีย์ไนโตรเจนและทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของถังที่สภาวะคงตัวและประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดแอมโมเนีย, ทีเคเอ็น และอินทรีย์ไนโตรเจน (หน่วย ; มก./ล.)

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก	ประสิทธิภาพรวม (%)
แอมโมเนีย	1	2.67	-	0.23	0.11	99.70
	2	1.52	6.03	1.07	0.90	97.38
	3	1.28	6.37	0.43	0.18	99.47
	4	1.27	2.46	0.00	0.00	100.00
ทีเคเอ็น	1	38.20	-	0.76	0.43	98.87
	2	35.08	7.37	1.86	1.61	95.41
	3	34.50	7.27	0.86	0.52	98.49
	4	36.36	3.06	0.34	0.20	99.44

ตารางที่ 4.4 **(ต่อ)** สรุปค่าแอมโมเนีย, อินทรีย์ไนโตรเจนและทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของถังที่สภาวะคงตัวและประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดแอมโมเนีย, ทีเคเอ็น และอินทรีย์ไนโตรเจน (หน่วย ; มก./ล.)

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก	ประสิทธิภาพรวม (%)
สารอินทรีย์ไนโตรเจน	1	35.53	-	0.53	0.32	96.09
	2	32.59	1.34	0.79	0.71	97.88
	3	32.88	0.90	0.43	0.34	98.97
	4	35.03	0.60	0.34	0.20	99.42

หมายเหตุ : (1) ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย เท่ากับ ค่าแอมโมเนียน้ำเข้า (ค่าทีเคเอ็นน้ำเข้าลบด้วยอินทรีย์ไนโตรเจนน้ำออก) เทียบกับ ค่าแอมโมเนียในน้ำออก

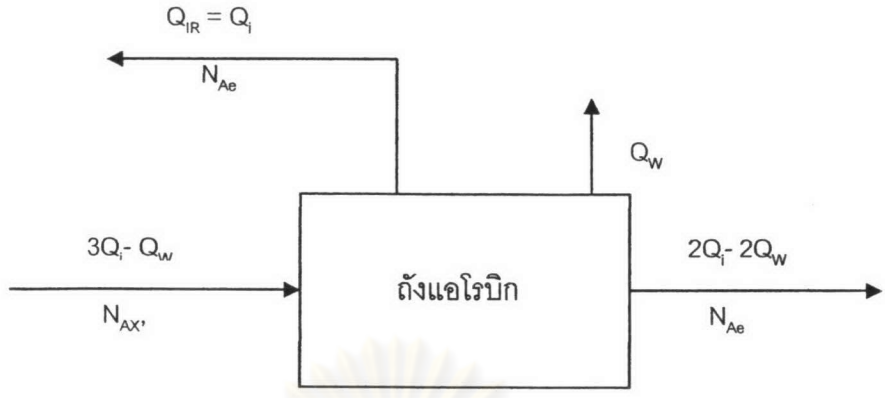
(2) ประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็น เท่ากับ ค่าทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้า เทียบกับ ค่าทีเคเอ็นในน้ำเสียออก

จากตารางที่ 4.4 สรุปได้ว่าทั้ง 4 ชุดการทดลองมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียโดยรวมได้สูงมาก เท่ากับ 99.70, 97.38, 99.47 และ 100.00 % ตามลำดับ แสดงว่าทุกการทดลองมีการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่น

4.2.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังเติมอากาศ

การพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในแต่ละตำแหน่งของถัง จะทำการวิเคราะห์เฉพาะในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ส่วนการทดลองที่ 1 จากที่ได้กล่าวไปในหัวข้อการดำเนินการทดลอง จะทำการวิเคราะห์ผลจากประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเท่านั้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบสำเร็จรูปที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และอีกทั้งการทดลองแรกไม่มีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันแน่นอน จึงไม่สามารถกำจัดไนโตรเจนได้อย่างสมบูรณ์

ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังเติมอากาศ ขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นเป็นสำคัญ หรืออาจกล่าวได้ว่า แอมโมเนียที่ลดลงในถังเติมอากาศเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นเท่านั้น



รูปที่ 4.57 การแยกส่วนถังแอโรบิก ออกจากระบบรวมเพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย

จากรูปที่ 4.57 แสดงการสมดุลย์มวลรอบถังแอโรบิก ค่าแอมโมเนียที่ลดลงในถังเติมอากาศ ซึ่งเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นรวมถึงการนำไปสร้างเซลล์หาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$N = N_{AX} - N_{Ae} \qquad \text{.....(4.1)}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ลดลง (มก./ล.)

N_{AX} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากถังแอนนอกซิก (มก./ล.)

N_{Ae} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำเสียที่ออกจากถังแอโรบิก (มก./ล.)

จากสมการที่ 4.1 สามารถสรุปประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังแอโรบิกของการทดลองทั้ง 4 ชุด ได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปค่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังแอโรบิก (หน่วย; มก./ล.)

การทดลองชุดที่	N_{AX}	N_{Ae}	N	ประสิทธิภาพ (%)
2	6.03	1.07	4.96	82.25
3	6.37	0.43	5.94	93.24
4	2.46	0.00	2.46	100.00

จากตารางที่ 4.5 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียของการทดลองชุดที่ 2, 3 และ 4 มีประสิทธิภาพสูงมาก โดยการทดลองที่ 4 มีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียสูงสุด มีค่าถึง 100 % จึงถือได้ว่าแอมโมเนียที่เข้าสู่ระบบมีการแปรรูปไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้จนหมด และเมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ามีค่าแอมโมเนียในน้ำออกต่ำมาก มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเติมตัวกลางเข้าไปในระบบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียได้ดีขึ้น

4.2.2.3 อัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นจำเพาะ

การคำนวณค่าอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะของระบบจะคำนวณจากอัตราการลดลงของค่าทีเคเอ็นหลังจากผ่านการเติมอากาศ ภายในถังแอโรบิก ดังนี้

$$U_{ni} = \triangle N^* Q/MLVSS^*V \quad \text{.....(4.2)}$$

เมื่อ U_{ni} = อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะ, มก. NH_3/มก. MLVSS-วัน

$\triangle N$ = ค่าแอมโมเนียที่ถูกกำจัด มก.NH_3/ล.

MLVSS*V = ค่ามวลจุลินทรีย์ในระบบ, มก.

Q = อัตราน้ำเสียเข้าระบบ, ล./วัน

อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะสามารถสรุปไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะในแต่ละชุดการทดลอง

การทดลองชุดที่	$\triangle N$ (มก./ล.)	Q (ล./วัน)	$\triangle N^*Q$ (มก./วัน)	MLVSS*V (มก.)	U_{ni} (มก. NH_3/มก. MLVSS-วัน)
2	34.26	30	1027.8	15283	0.067
3	33.98	60	2038.8	21099	0.096
4	36.16	60	2169.6	13169	0.164

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 4 มีอัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นจำเพาะสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.164 มก. NH_3/มก. MLVSS-วัน โดยเมื่อเทียบค่าอัตราน้ำเสียเข้าระบบเท่ากัน การ

ทดลองชุดที่ 3 และ 4 พบว่าทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นจำเพาะสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มตัวกลางเข้าในระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มตัวกลางจะช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ชนิดไนตริไฟอิ้งในระบบมากขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณแอมโมเนียที่ออกจากระบบในทุกชุดการทดลอง จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำมาก อยู่ในช่วง 0.00 – 0.9 มก./ล. ในขณะที่ทีเคเอ็นเข้าระบบมีค่าตั้งแต่ 34.5 – 38.2 มก./ล. ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการออกซิไดซ์แอมโมเนียไนโตรเจนและการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้อย่างดีในทุกชุดการทดลอง

จากงานวิจัยของ M. Goto, S. Kuribayashi, Y. Nonaka และ M. Yamazaki (2002) พบว่าระบบมีไนตริฟายอิงแบคทีเรียร้อยละ 4 และมีสัดส่วนที่ย่อยสลายได้ทางชีวมวลเท่ากับ 0.6 และมีอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.15-0.189 มก./มก. NH_3/มก. MLVSS-วัน ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ การเพิ่มตัวกลางในระบบจะทำให้มีอายุสลัดจ์นาน แต่มีเวลาเก็บกักของน้ำเสียต่ำ แบคทีเรียที่อยู่ภายในระบบไนตริฟิเคชันจะมีทั้งแบบเกาะติดและแบบแขวนลอย ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นและเกาะอยู่บนผิวฟิลม์ชีวภาพ และจะแย่งกันใช้ออกซิเจน แต่ในการทดลองมีค่าออกซิเจนละลายเพียงพอ จึงไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน

4.2.2.4 **ทีเคเอ็น** (TKN)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.20, 0.76 และ 0.43 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทีเคเอ็นในน้ำเสีย ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 2.64, 0.24 และ 0.14 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่า น้ำเสียมีค่าทีเคเอ็นคงที่ตลอดช่วงการทดลอง และน้ำออกมีค่าทีเคเอ็นต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.30 - 0.69 มก./ล.ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 98.87 %

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.08, 7.37, 1.86 และ 1.61 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทีเคเอ็นในน้ำเสีย ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.75, 0.62, 0.51 และ 0.54 มก./ล.จากผลการทดลองจะเห็นว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็นค่อนข้างคงที่ และมีค่าสูงมากในช่วงวันที่ 15 ซึ่งสอดคล้องกับการ Shock Load ของค่าซีโอดี ส่งผลให้ระบบมีทีเคเอ็นค้างอยู่ในระบบ ไม่สามารถย่อยสลายได้ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัว ทีเคเอ็นใน

ถังแอนอกซิกและแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง น้ำออกมีค่าทีเคเอ็นต่ำและคงที่ มีค่าอยู่ในช่วง 1.28 - 2.72 มก./ล.โดยรวมการทดลองชุดนี้มีทีเคเอ็นเหลือค้างในระบบน้อย ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 95.41 %

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.50, 7.27, 0.86 และ 0.52 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทีเคเอ็นในน้ำเสีย ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 1.57, 0.32, 0.17 และ 0.23 มก./ล. เมื่อพิจารณาจากกราฟและค่าเฉลี่ย น้ำเสียเข้ามีค่าทีเคเอ็นคงที่ ส่วนในอีก 3 ตำแหน่งของระบบมีค่าทีเคเอ็นใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง มีเพียงวันที่ 10 ของการทดลอง มีค่าทีเคเอ็นสูงโดดผิดปกติ แต่เนื่องจากวันดังกล่าวมีค่าทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบสูง มีค่าทีเคเอ็นเข้าระบบเท่ากับ 37 มก./ล. ทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายทีเคเอ็นไม่หมด หลังจากเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าทีเคเอ็นคงที่ตลอดทุกตำแหน่งของระบบ ค่าทีเคเอ็นในน้ำออกมีค่าต่ำค่าอยู่ในช่วง 0.28 – 0.86 มก./ล ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่ 3 เท่ากับ 98.49 %

การทดลองชุดที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.36, 3.06, 0.34 และ 0.20 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทีเคเอ็นในน้ำเสีย ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 1.64, 0.49, 0.07 และ 0.08 มก./ล.จากกราฟและผลการทดลองจะเห็นว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็นคงที่และมีความแปรปรวนไม่มากนัก อยู่ในช่วง 33.58 – 38.99 มก./ล. อีก 3 ตำแหน่งของถังมีค่าทีเคเอ็นต่ำมากในช่วงกลางและปลายการทดลอง น้ำออกมีค่าทีเคเอ็นต่ำและคงที่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 – 0.33 มก./ล. ซึ่งแสดงถึงการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นที่สมบูรณ์ ทำให้เหลือทีเคเอ็นค้างอยู่ในระบบน้อย การเปลี่ยนทีเคเอ็นไปอยู่ในรูปไนไตรต์ ไนเตรตได้เกือบหมด จึงกล่าวได้ว่า การทดลองชุดที่ 4 นี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นสูงถึง 98.49 %

4.2.3 การกำจัดไนไตรท์และไนเตรท

4.2.3.1 ค่าไนไตรท์ (NO_2^- - N)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00, 0.43 และ 040 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไน

ไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.01, 0.31 และ 0.16 มก./ล. ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยและกราฟ เห็นได้ว่าค่าไนไตรท์ของระบบมีค่าแปรปรวนตลอดการทดลอง มีค่าต่ำในช่วงต้นและสูงขึ้นในช่วงท้ายการทดลอง ซึ่งไนไตรท์เป็นทางผ่านของการแปลงรูปทีเคเอ็นไปเป็นไนเตรท แสดงว่ากระบวนการไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นได้ดีในช่วงต้นการทดลอง และน้ำออกมีค่าไนไตรท์สูงมากในช่วงปลายการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.05 – 0.53 มก./ล. หากมองโดยรวมแล้วพิจารณาประกอบกับค่าไนเตรทแล้ว ถือว่าระบบเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่น และสามารถแปลงทีเคเอ็นให้อยู่ในรูปไนเตรทได้ดี แต่ไม่เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01, 0.00, 0.22 และ 0.10 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.00, 0.00, 0.05 และ 0.09 มก./ล. ตามลำดับ ในถังแอโรบิกและน้ำออกมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ และยังมีค่าเหลือค้างอยู่ในระบบมาก แสดงว่า มีแนวโน้มการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นลดลงในช่วงท้ายการทดลอง น้ำออกมีค่าไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.00 – 0.20 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01, 0.00, 0.21 และ 0.09 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.01, 0.00, 0.09 และ 0.03 มก./ล. ค่าไนไตรท์ในถังแอโรบิกและน้ำออกมีค่าสูงในช่วงต้นการทดลอง แต่มีแนวโน้มลดลงในช่วงท้ายการทดลอง น้ำออกมีค่าไนไตรท์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.05 – 0.13 มก./ล. เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าไนไตรท์ในถังแอนนอกซิกจะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 มก./ล. แสดงถึงการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้ดี

การทดลองชุดที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01, 0.00, 0.16 และ 0.00 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรท์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.01, 0.00, 0.04 และ 0.00 มก./ล. ค่าไนไตรท์ในถังแอโรบิกมีค่าต่ำและใกล้เคียงตลอดช่วงการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.11 - 0.23 มก./ล. ไนไตรท์ในถังแอนนอกซิกและน้ำออก มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับไนเตรทในถังแอนนอกซิกซึ่งมีค่าต่ำด้วย จึงมีความสอดคล้องกัน และกล่าวได้ว่า การทดลองชุดที่ 4 มีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันสมบูรณ์ และมีการแปรรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจนออกไปจากระบบ

4.2.3.2 **ค่าไนเตรท** (NO_3^- - N)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าไนเตรทของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00, 7.33 และ 15.14 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรต์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.01, 2.48 และ 2.33 มก./ล. ตามลำดับ ค่าไนเตรทมีค่าไม่คงที่ตลอดการทดลองและมีค่าขึ้นลงตลอดการทดลอง ค่าไนเตรทในถังแอโรบิกและน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกันมาก และค่าไนเตรทในน้ำออกมีค่าสูงตลอดการทดลอง อยู่ในช่วง 11.02 – 18.56 มก./ล. แสดงว่าไนเตรทยังคงมีค้างในระบบอยู่มาก ถือได้ว่าการทดลองชุดนี้ไม่มีการเกิดดีไนตริฟิเคชั่น

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าไนเตรทของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04, 0.22, 3.69 และ 4.24 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรต์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิกและน้ำออก เท่ากับ 0.04, 0.01, 0.99 และ 0.83 มก./ล. ตามลำดับ ค่าไนเตรทของการทดลองชุดนี้ในถังแอโรบิกและน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกันมาก มีความแปรปรวนสูง ภายในถังแอนนอกซิกมีค่าไนเตรทต่ำกว่าถังแอโรบิกและน้ำออก แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการกำจัดไนเตรทเกิดขึ้น หรือมีดีไนตริฟิเคชันขึ้นนั่นเอง แต่ยังเกิดได้ไม่มากนัก เนื่องจากยังมีไนเตรทค้างอยู่ในระบบเป็นบางช่วง

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าไนเตรทของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19, 0.05, 2.3 และ 2.69 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนไตรต์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.08, 0.06, 1.08 และ 1.23 มก./ล. ตามลำดับ ค่าไนเตรทใน 3 ตำแหน่งของถังมีค่าสูงในช่วงต้น เนื่องจากมีไนเตรทในน้ำเสียเข้าระบบสูงกว่าทุกชุดการทดลอง ไนเตรทมีค่าลดต่ำลงในช่วงสภาวะคงตัว และมีแนวโน้มสูงขึ้นช่วงท้ายการทดลอง ค่าไนเตรทในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำกว่าภายในถังแอโรบิกและน้ำออก อยู่ในช่วง 0.00 - 0.21 การที่มีไนเตรทสูงเป็นช่วงๆ แสดงให้เห็นว่าการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่สมบูรณ์

การทดลองชุดที่ 4 นี้ ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าไนเตรทของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03, 0.01, 2.66 และ 2.85 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ไนไตรต์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.06, 1.08 และ 1.23 มก./ล. ตามลำดับ ค่าไนเตรทในระบบมีค่าต่ำมาก

และมีค่าต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง การที่ไนเตรทมีค่าลดต่ำลงมากและค่าทีเคเอ็นมีค่าต่ำด้วย แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดกระบวนดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น และเมื่อพิจารณาจากทีเคเอ็นน้ำออกก่อนหน้า ซึ่งมีค่าต่ำแสดงว่าทีเคเอ็นมีการแปลงรูปไนเตรทเกือบทั้งหมดไปเป็นก๊าซไนโตรเจน

ค่าไนไตรท์และไนเตรทเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญมาก ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงสภาพการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน สามารถสรุปค่าความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 สรุปค่าไนไตรท์และไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัว
(หน่วย; มก./ล.)

พารามิเตอร์	การทดลอง ชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก
ไนไตรท์	1	0.00	-	0.43	0.40
	2	0.01	0.00	0.22	0.10
	3	0.01	0.00	0.21	0.09
	4	0.01	0.00	0.16	0.00
ไนเตรท	1	0.00	-	14.01	14.83
	2	0.01	0.01	3.48	4.15
	3	0.14	0.01	2.13	2.45
	4	0.05	0.00	2.28	2.44

จากตารางที่ 4.8 ในการทดลองที่ 1 มีค่าไนเตรทออกไปจากระบบสูงมาก สูงถึง 14.83 มก./ล.แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ดี แต่เป็นเพียงการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน ในสภาพริดิวซ์ไปอยู่ในสภาพออกซิไดซ์เท่านั้น ไม่ได้เกิดการกำจัดหรือลดไนโตรเจนในระบบเลย อาจกล่าวได้ว่าไม่มีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นในระบบ ส่วนในอีก 3 ชุดการทดลอง มีค่าไนไตรท์และไนเตรทในถังแอนนอกซิกและแอโรบิกมีค่าต่ำมาก ซึ่งทำให้มีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้ดีในทุกชุดการทดลอง โดยเฉพาะการทดลองที่ 4 มีค่าไนไตรท์และไนเตรทในน้ำออกต่ำมาก โดยเฉพาะไนไตรท์ในน้ำออกที่มีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงถึงการแปลงรูปของทีเคเอ็นไปอยู่ในรูปไนไตรท์และไนเตรทสูง

4.2.3.3 **อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจำเพาะ**

ในการหาอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันใช้สมมติฐานที่ว่า จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนจากไนเตรทในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน ดังนั้นการเกิดดีไนตริฟิเคชัน หาได้จากไนเตรทที่ถูกกำจัดในถังแอนนอกซิก ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$U_{ni} = \triangle NO_3 * Q/MLVSS*V \quad \text{.....(4.3)}$$

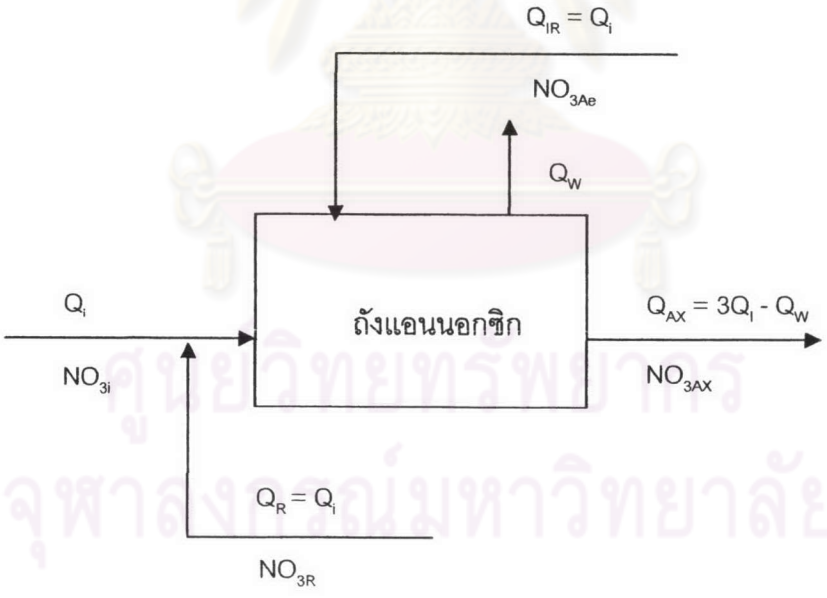
เมื่อ U_{ni} = อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะ, มก. NO_3/มก. MLVSS-วัน

$\triangle NO_3$ = ค่าไนเตรทที่ถูกกำจัด, มก. NO_3/ล.

= $NO_{3i} + NO_{3R} + NO_{3Ae} - 3NO_{3AX}$

MLVSS*V = ค่ามวลจุลินทรีย์ในระบบ, มก.

Q = อัตราน้ำเสียเข้าระบบ, ล./วัน



รูปที่ 4.58 การแยกส่วนถังแอนนอกซิก ออกจากระบบรวมเพื่อหาจากไนเตรทที่ถูกกำจัดในถังแอนนอกซิก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจำเพาะสามารถสรุปไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจำเพาะในถังแอนนอกซิก

การทดลองชุดที่	ΔNO_3 มก./ล.)	Q (ล./วัน)	ΔNO_3*Q (มก./วัน)	MLVSS*V (มก.)	U_{ni} (มก. NO_3/มก. MLVSS-วัน)
2	7.63	30	228.9	1724.1	0.13
3	4.71	60	282.6	1811.2	0.15
4	4.77	60	286.2	899.01	0.31

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.9 พบว่าการเกิดดีไนตริฟิเคชัน มีค่าตั้งแต่ 0.13 ถึง 0.31 มก. NO_3/มก. MLVSS-วัน ซึ่งการทดลองที่ 4 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.31 มก. NO_3/มก. MLVSS-วัน ซึ่งกล่าวได้ว่าได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มส่วนของถังแอนนอกซิกเข้าไปในระบบ จะช่วยให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้ดีขึ้น แต่เนื่องจากชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีความแตกต่างจากการทดลองที่ 2 คือ ทำการเพิ่มอัตราน้ำเสียไหลเข้าระบบ ดังนั้นจึงควรพิจารณาการเกิดดีไนตริฟิเคชันร่วมกับค่าไนเตรทและไนไตรท์ที่ออกจากระบบ ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 4.8 ในการทดลองชุดที่ 2 มีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลอง ซึ่งมีค่าไนไตรท์และไนเตรท เท่ากับ 0.10 และ 4.15 มก./ล. ตามลำดับ และการทดลองชุดที่ 3 และ 4 มีค่าไนไตรท์และไนเตรทออกจากระบบต่ำ โดยเฉพาะการทดลองชุดที่ 4 มีค่าไนไตรท์และไนเตรทต่ำมากในทุกตำแหน่งของระบบ มีค่าไนไตรท์และไนเตรทในน้ำออก เท่ากับ 0.00 และ 2.44 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าการเพิ่มตัวกลางเข้าไปในระบบ จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับจุลินทรีย์ในการยึดเกาะเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ M. Goto, S. Kuribayashi, Y. Nonaka และ M. Yamazaki (2002) พบว่ามีอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.36-0.48 มก. NO_3/มก. MLVSS-วัน ซึ่งผลการทดลองมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าอายุตะกอนเท่ากับ 3.4 ในขณะที่การทดลองชุดนี้ ใช้อายุตะกอนเท่ากับ 10 วัน จึงทำให้อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะในช่วงนี้ใช้แหล่งคาร์บอนภายในเซลล์ ดังนั้นแหล่งคาร์บอนภายในเซลล์ของระบบที่มีอายุตะกอนมากว่าจะมีค่าน้อยกว่าที่ค่าอายุตะกอนต่ำกว่า จึงทำให้มีอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจำเพาะต่ำ

จากงานวิจัย C.W. Randall และ Sen. D (1996) พบว่ามีอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.16 NO_3/มก. MLVSS-วัน โดยใช้ตัวกลางพลาสติก มีขนาดกว้าง 2.5 ซม. ยาว 2.5 ซม. และสูง 1.25 ซม. ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ตัวกลางจากวัสดุโพลีเอทิลีน มีขนาดกว้าง 1.5 ซม. ยาว 1.5 ซม. และสูง 2.0 ซม. ดังนั้นการที่มีตัวกลางขนาดเล็กกว่าทำให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาณสูงกว่าและสามารถรับอัตราดีไนตริฟิเคชันได้สูงกว่าตามไปด้วย เพราะจุลินทรีย์ต้องการพื้นที่ผิวในการย่อยสลายสารอินทรีย์

4.2.4 การกำจัดไนโตรเจนรวม (TN)

ค่าไนโตรเจนรวมเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด และสามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน ซึ่งสามารถสรุปค่าไนโตรเจนรวม ในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 สรุปค่าไนโตรเจนรวมในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวและประสิทธิภาพโดยรวม (หน่วย; มก.N/ล.)

การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก	ประสิทธิภาพ (%)
1	38.20	-	8.52	8.59	77.51
2	35.10	7.38	5.56	5.86	83.30
3	34.65	7.28	3.20	3.06	91.16
4	36.42	3.06	2.78	2.64	92.75

ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน สามารถพิจารณาได้จากค่าไนโตรเจนรวมของระบบจากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 92.75% ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรทในระบบที่สูง ดังได้กล่าวไปในหัวข้อข้างต้น ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในทุกชุดการทดลอง จะเห็นได้ว่าการทดลองชุดที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าทุกชุดการทดลอง เท่ากับ 92.75% และมีการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันสูงสุด

4.2.5 ค่าพีเอช (pH)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว พีเอชในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.07, 7.74 และ 7.88 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28, 0.11 และ 0.12 ตามลำดับ โดยรวมของระบบมีค่าพีเอชคงที่ และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ มีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อย เท่ากับ 6.48 - 7.48 แต่เมื่อเข้าสู่ถังแอโรบิกและออกจากระบบ ค่าพีเอชสูงขึ้น เนื่องจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน และเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นขึ้น ทำให้เกิดการใช้สภาพด่าง แต่เมื่อสังเกตุจากพีเอชในถังแอโรบิกและน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.8 และ 7.88 และสภาพด่างไม่ต่ำลง ถือได้ว่าระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอ

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว พีเอชในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.82, 7.54, 7.71 และ 7.57 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.36, 0.10, 0.08 และ 0.17 ตามลำดับ ค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบค่อนข้างเป็นกรด และมีค่าแปรปรวน มีค่าอยู่ระหว่าง 6.20 – 7.23 ในส่วนตำแหน่งต่างๆ เมื่อผ่านเข้าระบบจะมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ถังแอนนอกซิกมีค่าพีเอชสูงกว่าแอโรบิกเล็กน้อย ส่วนค่าพีเอชของน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกับในถังแอโรบิก และคงที่ตลอดการทดลอง แต่ลดลงมีค่าเพียงบางช่วงการที่ค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าต่ำและค่อนไปทางกรด เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนภายในถังน้ำเสีย ซึ่งทำให้มีสภาพไร้อากาศเกิดขึ้นในน้ำเสียเข้า ส่วนในถังแอนนอกซิกมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับถังแอโรบิก เพราะมีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นขึ้นภายในระบบ จึงเป็นสาเหตุให้มีค่าด่างเพิ่มขึ้นมาในขั้นตอนนี้ มีผลให้ค่าพีเอชของระบบค่อนข้างคงตัว สำหรับน้ำออกมีค่าเฉลี่ยของพีเอชเท่ากับ 7.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว พีเอชในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.14, 7.15, 7.33 และ 7.72 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.13, 0.20, 0.19 และ 0.17 ตามลำดับ ค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบคงที่ตลอดการทดลองและค่อนไปทางกรด มีค่าอยู่ในช่วง 5.89 – 6.37 เนื่องจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศในถังน้ำเสีย พีเอชในระบบไม่ลดลง แสดงให้เห็นว่าระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอต่อกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น ถังแอนนอกซิกมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับถังแอโรบิกมาก เนื่องจากในถังมีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นขึ้นและเกิดการนำสภาพด่างกลับคืนมา จึงมีแนวโน้มพีเอชที่เพิ่มและใกล้เคียงกัน

การทดลองชุดที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว พีเอชในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.18, 7.24, 7.48 และ 7.77 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.09, 0.10, 0.11 และ 0.15 ตามลำดับ น้ำเสียมีค่าพีเอชไม่แปรปรวนนัก และมีค่าต่ำเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังน้ำเสีย ถังแอนนอกซิกมีค่าพีเอชต่ำกว่าในอีกสองถังเนื่องจากเกิดการย่อยสารอินทรีย์คาร์บอนและเกิดไนตริฟิเคชัน ระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอ จึงทำให้พีเอชไม่ลดลง

ค่าพีเอช (pH) ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ที่สภาวะคงตัว สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ค่าพีเอชในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก
1	7.07	-	7.74	7.88
2	6.82	7.54	7.71	7.54
3	6.14	7.15	7.33	7.72
4	6.18	7.24	7.48	7.77

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าพีเอชในช่วงสภาวะคงตัว จะเห็นได้ว่า ค่าพีเอชน้ำเสียเข้าอยู่ในช่วง 6.14 ถึง 7.07 ในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าพีเอชน้ำออกมีค่าสูงขึ้น แม้ว่าจะผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชัน แต่พีเอช ยังมีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าในระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอ ส่วนพีเอชในการทดลอง 2, 3 และ 4 มีการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นขึ้น ทำให้ได้สภาพด่างกลับคืน และค่าพีเอชในระบบคงตัว ทำให้พีเอชมีค่าเพิ่มขึ้น

4.2.6 ค่าออกซิเจนละลาย (DO)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.08, 3.09 และ 1.86 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04, 0.56 และ 0.62 มก./ล. ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายในการทดลองชุดนี้ มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าออกซิเจนละลายต่ำ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศในถังเก็บน้ำเสีย ส่วนค่าออกซิเจนละลายในถังเติมอากาศสูงในช่วงต้นการทดลอง และลดต่ำลงจนคงที่ ซึ่งค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 2.0-6.7 มก.ล. ซึ่งมีค่า

มากเกินพอ ค่าออกซิเจนละลายเพียง 2.0 มก./ล. เป็นช่วงที่เหมาะสมในการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่น แต่หากมีการเติมอากาศมากและมีออกซิเจนละลายที่มากกว่าช่วงดังกล่าว ก็จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเท่านั้น ไม่มีผลในแง่ลบต่อการเกิดไนตริฟิเคชั่น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) แต่การที่ออกซิเจนละลายมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าไม่เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นขึ้นในชุดการทดลองนี้

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.03, 0.19, 2.41 และ 1.23 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04, 0.05, 0.28 และ 0.33 มก./ล. ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายในการทดลองชุดนี้ น้ำเสียเข้ามีออกซิเจนต่ำและเกือบมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เนื่องจากเกิดการย่อยแบบไร้อากาศในถังน้ำเสีย ตำแหน่งถังแอนนอกซิกสามารถควบคุมออกซิเจนละลายให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 0.2 มก./ล. ได้ จึงถือได้ว่าสามารถเกิดสภาพแอนนอกซิกขึ้นในระบบ ซึ่งสภาวะนี้เหมาะสมในการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น ถังแอโรบิกมีค่าออกซิเจนคงที่และสามารถควบคุมค่าออกซิเจนละลายให้อยู่ในสภาพแอโรบิกตลอดการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 2.0 – 3.0 มก./ล.ส่วนในน้ำออกมีออกซิเจนละลายลดลง อยู่ในช่วง 0.6 – 1.8 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.02, 0.16, 2.98 และ 1.57 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04, 0.04, 0.40 และ 0.20 มก./ล. ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเสียเข้าระบบและมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในบางช่วงวัน เนื่องจากเกิดการย่อยสารอินทรีย์แบบไร้อากาศในถังน้ำเสีย ในส่วนถังแอนนอกซิกมีค่าออกซิเจนละลายต่ำและคงที่ตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.1 - 0.2 มก./ล. ซึ่งเหมาะสมในการเกิดสภาพดีไนตริฟิเคชั่น ตำแหน่งของถังแอโรบิกมีค่าออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 2.4 – 3.7 มก./ล. ซึ่งเพียงพอในการเกิดไนตริฟิเคชั่น

การทดลองชุดที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.08, 0.11, 2.59 และ 1.38 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01, 0.02, 0.53 และ 0.25 มก./ล. ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งมีค่าคงที่ สำหรับถังแอนนอกซิกมีออกซิเจนละลายอยู่ต่ำ โดยส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.07 - 0.15 มก./ล. ซึ่งมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าไนเตรทในถังแอนนอกซิกที่เหลือน้อย จึงเห็นได้ว่ามีการใช้

ออกซิเจนจากไนเตรทและทำให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้น น้ำออกจากระบบมีค่าออกซิเจนละลายต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.98 – 1.92 มก./ล.

ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ที่สภาวะคงตัว สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ค่าออกซิเจนละลายในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย; มก./ล.)

การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก
1	0.08	-	3.09	1.86
2	0.03	0.19	2.41	1.23
3	0.02	0.16	2.98	1.57
4	0.08	0.11	2.59	1.38

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าออกซิเจนละลายในช่วงสภาวะคงตัว ซึ่งมีค่าออกซิเจนละลายในถังแอโรบิกอยู่ในช่วง 2.41 ถึง 3.09 มก./ล. ในทุกชุดการทดลอง ซึ่งถือได้ว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเกิดไนตริฟิเคชัน ซึ่งสามารถควบคุมออกซิเจนละลาย โดยใช้หัวฟู่ที่ใช้เติมอากาศในตู้ปลา และกระจายไปทั่วถังปฏิกริยา เพื่อให้เกิดการผสมกันอย่างทั่วถึง ส่วนในถังแอนนอกซิก มีค่าออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 0.11 ถึง 0.19 มก./ล ซึ่งควบคุมไม่ให้เกินกว่า 0.2 มก./ล. ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และเพื่อให้จุลินทรีย์ดึงออกซิเจนจากไนเตรทมาใช้เท่านั้น แต่เนื่องจากออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกนี้ มีความแปรปรวนในแต่ละวันค่อนข้างสูง เนื่องจากเกิดการเวียนตะกอนภายในและตะกอนจากก้นถังตกตะกอนกลับเข้าสู่ระบบ จึงต้องระมัดระวังในการปรับตั้งค่าออกซิเจนละลายอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ค่าออกซิเจนละลายในถังมากเกินไป ซึ่งอาจจะไปยับยั้งการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยยังสามารถควบคุมออกซิเจนละลายในถังแอนนอกไม่ให้เกิน 0.2 มก./ล.

4.2.7 ค่าโออาร์พี (ORP; Oxidation-Reduction Potential)

การทดลองที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของโออาร์พีในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ –203.0, 31.0 และ 37.18 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.37, 6.24 และ 5.84 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าโออาร์พีในชุดการทดลองนี้ โออาร์พีในน้ำเสียเข้ามีมีความแปรปรวน สังเกตุจากกราฟมีค่าขึ้นลงตลอดชุดการทดลอง และค่าโอาร์พีของน้ำเข้ามีค่าติดลบ เพราะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนขึ้น ส่วนค่าโออาร์พีเฉลี่ยในถังแอโรบิก

และน้ำออกมีค่าเป็นบวก และมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าอยู่ในช่วง 22 - 46 มิลลิโวลท์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีปฏิกริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นในถัง

การทดลองที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของโออาร์พีในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ –141.6, -104.7, 16.30 และ 18.60 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.86, 16.84, 6.36 และ 6.25 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าโออาร์พีของน้ำเสียเข้า มีค่าโออาร์พีติดลบ มีค่าอยู่ในช่วง –119 ถึง –165 มิลลิโวลท์ เนื่องจากมีสภาวะไร้อากาศในถังพักน้ำเสีย ส่วนในถังแอนนอกซิกมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วงประมาณ –85 ถึง –131 มิลลิโวลท์ ซึ่งค่อนข้างอยู่ในสภาวะไร้อากาศเล็กน้อย ซึ่งโออาร์พีที่จะอยู่ในสภาพแอนนอกซิกควรอยู่ในช่วง 50-100 มิลลิโวลท์ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าออกซิเจนละลาย จึงกล่าวได้ว่าระบบยังเกิดสภาวะแอนนอกซิก และค่าโออาร์พียังไม่ลดลงถึง –200 มิลลิโวลท์

การทดลองที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของโออาร์พีในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ –190.3, -141.5, 14.28 และ 25.42 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.26, 17.05, 3.98 และ 8.86 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าโออาร์พีของน้ำเสียเข้า มีค่าโออาร์พีติดลบ มีค่าอยู่ในช่วง –173 ถึง –211 มิลลิโวลท์ เนื่องจากมีสภาวะไร้อากาศในถังพักน้ำเสีย ส่วนในถังแอนนอกซิกมีโออาร์พีต่ำกว่าถังแอโรบิกและน้ำออก มีค่าอยู่ในช่วง –124 ถึง –184 มิลลิโวลท์ แสดงให้เห็นว่าในถังแอนนอกซิกมีค่า Oxidazing Agent น้อยกว่า

การทดลองที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าเฉลี่ยของโออาร์พีในน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ –157.4, -195.7, 26.43 และ 32.75 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ -18.12, 16.99, 10.33 และ 8.70 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ น้ำเสียเข้ามีค่าโออาร์พีคงที่ มีค่าอยู่ในช่วง –138 ถึง –211 มิลลิโวลท์ ค่าโออาร์พีในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำกว่าถังแอโรบิกและน้ำออก ซึ่งมีค่ามีค่าอยู่ในช่วง –174 ถึง –245 มิลลิโวลท์

ค่าโออาร์พี (ORP) ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ที่สภาวะคงตัว สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ค่าโออาร์พี ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย; มิลลิโวลท์)

การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก
1	-203	- ·	31.00	37.18
2	-141	-104	16.30	18.60
3	-190	-141	14.28	25.42
4	-157	-195	26.43	32.75

จากตารางที่ 4.13 แสดงค่าโออาร์พีในช่วงสภาวะคงตัว ค่าโออาร์พีในถังแอโรบิก ของทุกชุดการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 14.28 ถึง 31 มิลลิโวลท์ แสดงให้เห็นว่าทุกชุดการทดลอง มีปฏิกริยามีปฏิกริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นสูง โดยเฉพาะการทดลองที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่บ่งชี้ว่ามีการเกิดไนตริฟิเคชันสูง ส่วนค่าโออาร์พีในถังแอนนอกซิก มีค่าอยู่ในช่วง -104 ถึง -195 มิลลิโวลท์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ขึ้น โดยสภาพแอนนอกซิก ซึ่งในบางช่วงวันอาจมีค่าโออาร์พีในถังแอนนอกซิกติดลบมาก และอาจเกิดสภาพไร้ออกซิเจนขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ย พบว่ายังสามารถควบคุมโออาร์พีให้มีสภาวะเหมาะสมในการเกิดดีไนตริฟิเคชันได้

4.2.8 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 26.70, 26.52 และ 26.43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56, 0.36 และ 0.44 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของระบบมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งอยู่ในช่วง 24.2-28.2 องศาเซลเซียส และมีค่าความแปรปรวนต่ำ มีเพียงบางช่วงที่อุณหภูมิของน้ำออกจากระบบ มีค่าสูงมากกว่าอุณหภูมิน้ำเข้า เพราะอุณหภูมิจะแปรผันตามสภาพแวดล้อม แต่จากการทดลองชุดนี้ ผลของอุณหภูมิส่วนใหญ่ในแต่ละตำแหน่งของถัง อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเติบโตในช่วงอุณหภูมิปานกลาง คือในช่วง 25.0-35.0 องศาเซลเซียส

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 26.81, 26.75, 26.58 และ 26.67 องศาเซลเซียสตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53, 0.65, 0.30 และ 0.64 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากกราฟพบว่าอุณหภูมิในทุกตำแหน่งของระบบมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าคงที่ มีค่าอยู่ในช่วง 23-29 องศา

เซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงสรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อระบบ

การทดลองชุดที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 26.50, 28.28, 28.29 และ 27.05 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.25, 0.55, 0.58 และ 0.73 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากกราฟพบว่า อุณหภูมิของระบบมีค่าใกล้เคียงกันทุกตำแหน่ง ค่าอุณหภูมิของการทดลองอยู่ในช่วง 25.9 – 29.0 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงสรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไม่มีผลกระทบต่อระบบ

การทดลองชุดที่ 4 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบ ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 26.54, 27.83, 27.86 และ 26.43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50, 0.46, 0.44 และ 0.69 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากกราฟพบว่า อุณหภูมิของระบบมีค่าความแปรปรวนต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกันทุกตำแหน่ง ค่าอุณหภูมิของการทดลองอยู่ในช่วง 25.3 – 29.2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ที่สภาวะคงตัว สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.13 ค่าอุณหภูมิ ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย; องศาเซลเซียส)

การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก
1	26.70	-	26.52	26.43
2	26.81	26.75	26.58	26.67
3	26.50	28.28	28.29	27.05
4	26.54	27.83	27.86	26.43

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าอุณหภูมิในช่วงสภาวะคงตัว ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิของทุกตำแหน่งของระบบจะมีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง อนึ่งทุกการทดลองทำการทดลองในช่วงหน้าหนาว ทำให้มีค่าไม่ต่างกันมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ

4.2.9 ค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยระเหย (MLSS & MLVSS)

การทดลองชุดที่ 1 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าตะกอนแขวนลอยในถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1616 และ 19.30 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตะกอนแขวนลอยในถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 529 และ 7.44 มก./ล. ตามลำดับ จากกราฟและค่าเฉลี่ย จะเห็นได้ว่าค่าตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงในช่วงต้น และมีแนวโน้มลดลงท้ายการทดลอง ก่อนสภาวะคงตัว มีค่าสูงเป็นช่วงๆ ในช่วงกลางของการทดลอง ซึ่งมีค่าสูงมากในวันที่ 17 ของการทดลอง เกิดจากท่อแตกในช่วงวันดังกล่าว จึงเกิดการหลุดไปกับน้ำออกของระบบ แต่ยังไม่ส่งผลเกิดโรคตะกอนไม่จมตัว เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัว ตะกอนแขวนลอยที่หลุดไปกับน้ำออกค่อนข้างต่ำ เพียงประมาณ 19.3 มก./ล.ถือได้ว่ายังสามารถควบคุมอายุตะกอนของระบบได้

การทดลองชุดที่ 2 ในช่วงสภาวะคงตัว ค่าตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1244, 1449 และ 7.24 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 217.0, 226.8 และ 1.13 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและกราฟ จะเห็นได้ว่าค่าของแข็งแขวนลอยในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1244.6 และ 1242.1 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งสองตำแหน่งมีแนวโน้มของแข็งแขวนลอยลดลงเรื่อยๆ และมีความแปรปรวนไม่มาก ส่วนน้ำออกมีความใส และมีตะกอนจุลินทรีย์ที่หลุดออกจากระบบบ้างในบางช่วงวัน เนื่องจากอาจเกิดการฟุ้งกระจายของตะกอน ทำให้กวนตะกอนก้นถังขึ้นมา แต่ยังสามารถควบคุมอายุตะกอนได้ เมื่อพิจารณาร่วมกับค่า V_{30} ซึ่งมีค่าลดต่ำลงตลอดการทดลอง

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1690, 1779 และ 19.73 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตะกอนแขวนลอยในถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 198.6, 162.1 และ 7.61 มก./ล. ตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยในการทดลองชุดนี้มีค่าสูงในช่วงต้นการทดลองและมีค่าลดลงตลอดการทดลอง ในถังแอนนอกซิกมีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำกว่าในถังแอโรบิก และมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1690 และ 1779 มก./ล. ตามลำดับ ถังน้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำพอควร มีค่าเท่ากับ 19.73 มก./ล. การหลุดออกไปของตะกอนจุลินทรีย์น้อยมาก จึงทำให้สามารถควบคุมค่าอายุตะกอนได้ดี สอดคล้องกับค่า V_{30} ซึ่งตกตะกอนได้ดี

การทดลองชุดที่ 4 มีค่าตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1222, 1239 และ 21.5 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตะกอนแขวนลอยในถังแอนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 69.0, 153.6 และ 5.47 มก./ล. ตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยในการทดลองชุดนี้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง มีค่าลดลงตลอดการทดลอง ค่าตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิกและแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1222 และ 1239 มก./ล. ตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำออกมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย แต่มีค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยในน้ำออกมีค่าเท่ากับ 19.73 มก./ล. จึงไม่มีปัญหาในการควบคุมอายุตะกอนของระบบ

ตารางที่ 4.15 สรุปค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยระเหยในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย; มก./ล.)

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่	น้ำเสียเข้า	ถังแอนนอกซิก	ถังแอโรบิก	น้ำเสียออก
MLSS	1	-	-	1616	19.30
	2	-	1244	1449	7.24
	3	-	1690	1779	19.73
	4	-	1222	1239	21.5
MLVSS	1	-	-	1215	-
	2	-	975	1164	-
	3	-	1545	4607	-
	4	-	932	1003	-

จากตารางที่ 4.15 พบว่าค่าตะกอนแขวนลอยที่ออกจากระบบ มีค่าอยู่ในช่วง 7.24 – 21.50 มก./ล. ซึ่งการทดลองที่ 4 มีค่าตะกอนแขวนลอยสูงสุด การเพิ่มขึ้นของค่าตะกอนแขวนลอยนี้ ถือเป็นปริมาณจุลินทรีย์แขวนลอย รวมกับจุลินทรีย์ที่เป็นชีวภาพ หรือเกิดการขัดสีระหว่างตัวกลางในขณะที่ตัวกลางเคลื่อนที่ ส่วนค่าตะกอนแขวนลอยระเหยทั้งในถังแอโรบิก และแอนนอกซิกมีค่าสูง และมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่าตะกอนแขวนลอย จึงถือได้ว่ามีจุลินทรีย์เพียงพอที่อยู่ในระบบเพื่อใช้ในการเกิดกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจน และจุลินทรีย์ไม่หลุดออกไปกับน้ำออกมาก ทำให้สามารถควบคุมอายุตะกอนได้ดีในทุกชุดการทดลอง

4.2.10 ค่า V_{30}

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของ V_{30}ในน้ำเสียในถังแอโรบิก เท่ากับ 850 มล./ล. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 73.2 มก./ล. จากค่าเฉลี่ยและกราฟจะเห็นได้ว่าค่า V_{30} ในถังแอโรบิก มีค่าสูงในช่วงต้นของการทดลองและมีค่าลดต่ำลงตลอดช่วงการทดลอง อยู่ในช่วง 720 - 940 มล./ล. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตะกอนมีการจมตัวที่ไม่ดีนัก แต่ยังไม่ก่อปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัว ส่วนการที่ค่า V_{30} ลดลง สอดคล้องกับค่าของแข็งแขวนลอยที่ลดลงเช่นกัน

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของ V_{30}ในน้ำเสียในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก เท่ากับ 586 และ 601 มล./ล. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.46 และ 10.81 มล./ล. จากค่าเฉลี่ยและกราฟจะเห็นได้ว่าค่า V_{30} ในถังแอโรบิกและแอนนอกซิกมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง มีแนวโน้มลดลงตลอดช่วงการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตะกอนมีการจมตัวที่ดีซึ่งการลดลงของค่า V_{30} นั้นสอดคล้องกับการลดลงของตะกอนแข็งแขวนลอยนั้นเอง

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของ V_{30}ในน้ำเสียในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก เท่ากับ 392 และ 383 มล./ล. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 21.63 และ 32.91 มล./ล. จากค่าเฉลี่ยและกราฟจะเห็นได้ว่าค่า V_{30} ในถังแอนนอกซิกและแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกัน และลดลงตามค่าการลดลงของของแข็งแขวนลอย แสดงให้เห็นว่าตะกอนมีการจมตัวที่ดี ไม่มีปัญหาเรื่องโรคตะกอนไม่จมตัวเกิดขึ้นในระบบ

การทดลองชุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของ V_{30}ในน้ำเสียในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก เท่ากับ 487 และ 578 มล./ล. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 46.93 และ 47.22 มล./ล. จากค่าเฉลี่ยและกราฟจะเห็นได้ว่าค่า V_{30} มีค่าลดลง ตลอดช่วงการทดลอง การที่ค่า V_{30} ต่ำแสดงให้เห็นว่าตะกอนมีลักษณะการจมตัวที่ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 แนวทางการออกแบบถังปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการพรีดีไนตริฟิเคชัน

น้ำเสียมีลักษณะดังนี้

- อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ = 60 ล./วัน
- ซีโอดีเข้าระบบ = 300 มก./ล.

ดังนั้นเป็นค่าภาระซีโอดี = 60 x 300/1000

= 18 ก./วัน

- ทีเคเอ็นเข้าระบบ = 40 มก./ล.

ดังนั้นเป็นค่าภาระทีเคเอ็น = 60 x 40/1000

= 2.4 ก./วัน

1. คำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด ($\mu_{N,m}$) ของสภาวะแวดล้อมต่างๆ กำหนดให้ $\mu_{N,m}$ ณ 21°ซ. = 0.66 วัน$^{-1}$, K_{DO} = 0.15 มก./ล.

$$\mu_{N,m} = \mu_{N,m,21°C}[DO/(K_{DO} + DO)][1-0.833\ (7.2-pH)] \quad .....(4.4)$$

$$= 0.66[2.1/(0.15+2.1)][1-0.833\ (7.2-7)$$

$$= 0.51 \text{ วัน}^{-1}$$

2. คำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ_N)

กำหนดให้ K_N = 0.5 มก./ล.

$$\mu_N = \mu_{N,m}[N/(K_N+N)] \quad .....(4.5)$$

$$= (0.51x0.5)/(0.5+0.5)$$

$$= 0.26 \text{ วัน}^{-1}$$

3. คำนวณหาค่าอายุสลัดจ์ (θ_C)

คำนวณหาค่า $\theta_{C,ต่ำสุด}$

กำหนดให้ $k_{d,N}$ = 0.03 วัน$^{-1}$

$$1/\theta_{C,ต่ำสุด} = \mu_N \quad .....(4.6)$$

$$\theta_{C,ต่ำสุด} = 1/0.26$$

$$= 3.85 \text{ วัน}^{-1}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณหา $\theta_{c,ออกแบบ}$

กำหนดให้ SF = 2.5

$\theta_{c,ออกแบบ}$ = (SF)($\theta_{c,ต่ำสุด}$) .....(4.7)

= 2.5 x 3.85

= 9.63 วัน

4. คำนวณหาปริมาตรถังแอโรบิก

กำหนดให้ Y = 0.62 มก. TSS/มก.BOD_5 , X = MLSS ในระบบ = 3500 มก./ล.

$V = Y\theta_{c,ออกแบบ}(S_O - S)Q/X$ .....(4.8)

= (0.62) (10) (120-2) 60/3500

= 12.54 ลิตร

5. คำนวณหามวล MLVSS ในถังแอโรบิก (M_{VSS})

กำหนดให้ MLVSS = 2200 มก./ล.

M_{VSS} = 12.54 x 2200/1000

= 27.58 กก.VSS

6. คำนวณหาปริมาณสลัดจ์ถ่ายทิ้งออกจากระบบ (M_{WAS})

$M_{WAS} = YQ(S_O - S) - X_eQ$ .....(4.9)

= [(0.62)(60)(120-2)/1000]-[(20)(60)/1000]

= 3.65 กก.TSS/วัน

7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในสลัดจ์ถ่ายทิ้ง ($M_{N,WAS}$)

สมมุติว่ามีไนโตรเจนใน VSS ของสลัดจ์ถ่ายทิ้งเท่ากับ 9%

$M_{N,WAS}$ = {[(%N)/100][MLVSS/MLSS](M_{WAS})} .....(4.10)

= (9/100)(2200/3500)(3.65)

= 0.2 กก./วัน

6. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียเข้าระบบ ($N_{น้ำเสีย}$)

$N_{น้ำเสีย}$ = Q(TN) .....(4.11)

= 60(40)/1000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= \quad 2.4 \text{ กก.N/วัน}$$

7. คำนวณหาปริมาณไนเทรตในน้ำทิ้งออก (NO_3- $N_{น้ำทิ้ง}$)

$$NO_3\text{-}N_{น้ำทิ้ง} = Q(NO_3\text{-}N) \quad \text{.....(4.12)}$$
$$= 60 \times (3)/1000$$
$$= 0.18 \text{ กก.N/วัน}$$

8. คำนวณหาปริมาณแอมโมเนียในน้ำทิ้งออก (NH_4- $N_{น้ำทิ้ง}$)

$$NH_4\text{-}N_{น้ำทิ้ง} = Q(NH_4\text{-}N) \quad \text{.....(4.13)}$$
$$= 60 \times (0.5)/1000$$
$$= 0.03 \text{ กก.N/วัน}$$

8. คำนวณหาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายของน้ำออก (ORG- $N_{ละลาย,น้ำทิ้ง}$)

$$ORG\text{-}N_{ละลาย,น้ำทิ้ง} = Q(ORG\text{-}N_{ละลาย,น้ำทิ้ง}) \quad \text{.....(4.14)}$$
$$= 60 \times (0.1)/1000$$
$$= 0.006 \text{ กก.N/วัน}$$

8. คำนวณหาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนของของแข็งในน้ำทิ้งออก (ORG- $N_{ละลาย,น้ำทิ้ง}$)

$$ORG\text{-}N_{ของแข็ง,น้ำทิ้ง} = Q(ORG\text{-}N_{ละลาย,น้ำทิ้ง}) \quad \text{.....(4.15)}$$
$$= 60 \times (0.4)/1000$$
$$= 0.024 \text{ กก.N/วัน}$$

9. คำนวณหา TKN ถูกออกซิไดซ์ ($TKN_{ออกซิไดซ์}$)

$$TKN_{ออกซิไดซ์} = N_{น้ำเสีย} - M_{N,\,WAS} - NH_4\text{-}N_{น้ำทิ้ง} - ORG\text{-}N_{ละลาย,น้ำทิ้ง} - ORG\text{-}N_{ของแข็ง,น้ำทิ้ง} \quad \text{.....(4.16)}$$
$$= 2.4 - 0.2 - 0.03 - 0.006 - 0.024$$
$$= 2.14 \text{ กก.N/วัน}$$

10. คำนวณหาค่าความเข้มข้นของไนเตรทในถังแอนนอกซิก

ให้ $Q_{IR}/Q = 1$

ความเข้มข้นไนเทรตของน้ำไหลเวียนกลับภายใน = ความเข้มข้นไนเทรตในถังแอโรบิก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= \quad NO_3\text{-}N_{\text{ถังแอโรบิก}} TKN_{\text{ออกซิไดซ์}}/(Q + Q_{IR} + Q_R)$ .....(4.14)

คำนวณหาค่า Q_R ด้วยการคำนวณหาค่า R_R ดังสมการ (4.14)

$R_R = Q_R/Q = X/(X_R - X)$ .....(4.15)

ให้ $X_R =$ 7000 และที่ X = 3500

$R_R = 3500/(7000-3500)$

$= 1$

แทนค่าลงในสมการ (4.14)

$NO_3\text{-}N_{\text{ถังเติมอากาศ}} = [2.14 \text{ กก.N/วัน } (1000) \text{ ก./กก.}]/[60+60+60]$

$= 11.88$ มก.N/วัน

11. คำนวณหาค่าไนเตรทที่ถูกกำจัดในถังแอนนอกซิก($NO_3\text{-}N_{\text{ถูกกำจัด}}$)

$NO_3\text{-}N_{\text{ถูกกำจัด}} = [(Q_R)(NO_3\text{-}N_R) + (Q_{IR})(NO_3\text{-}N_{I\,R})$ .....(4.16)

$= [(1 \times 60 \times 3) + (1 \times 60 \times 11.88)$

$= 0.89$ กก.N/วัน

12. คำนวณหาค่าไนเทรตที่เทียบกับ DO ในท่อสูบน้ำกลับภายใน ซึ่งสมมุติให้ว่ามี DO ในน้ำเวียนไหลกลับภายใน ซึ่งสมมุติให้ว่ามี DO ในน้ำไหลเวียนกลับภายในเหลือ 0.3 มก./ล. และกำหนดให้ 0.35 มก. NO_3-N เทียบกับ 1 มก. DO

$NO_3\text{-}N_{\text{เทียบกับ DO}} = (Q_{IR})(DO)(0.35 \text{ มก. } NO_3\text{-N})/\text{มก.DO}$ .....(4.17)

$= (1 \times 60)(0.3 \times 0.35)$

$= 0.006$ กก.N/วัน

13. คำนวณหาค่าอัตรากำจัดไนโตรเจน (r_{NO}) ในถังแอนนอกซิก

$r_{NO} = [NO_3\text{-}N_{\text{ถูกกำจัด}} + NO_3\text{-}N_{\text{เทียบกับ DO}}]/(V_{\text{ถังแอนนอกซิก}})(X)$ .....(4.18)

$= (0.89 + 0.006)\ 1000/\ V_{\text{ถังแอนนอกซิก}}\ (3500)$

$= 0.256/\ (V_{\text{ถังแอนนอกซิก}})$ ก.N/(ก.MLSS.วัน)

$r_{NO} = [0.03(F/M) + 0.029]\ \theta^{\,T-20}$ .....(4.19)

$F/M = Q(S_O\text{-}S)/(VX)$ .....(4.20)

สมการ (4.19) เป็นสมการของ Reflig Stensel (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543)

$r_{NO} = [0.03\{\ 60(120-2)/\ V_{\text{ถังแอนนอกซิก}}(3500)\} + 0.029]\ 1.06^{21-20}$

$= [\{0.06/\ V_{\text{ถังแอนนอกซิก}}\} + 0.029]\ 1.06$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= \quad [\{0.063/ V_{\text{ถังแอนนอกซิก}}\} + 0.03]$ ก.N/(ก.MLSS.วัน)

นำสมการ (4.19) มาเทียบเท่ากับสมการ (4.20)

$0.256/ (V_{\text{ถังแอนนอกซิก}}) = [\{0.063/ V_{\text{ถังแอนนอกซิก}}\} + 0.03]$

$V_{\text{ถังแอนนอกซิก}} = 6.4$ ลิตร

และ $r_{NO} = 0.256/6.4$

$= 0.04$ ก.N/(ก.MLSS.วัน)

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบขนาดถังที่นำมาใช้จริงในการทดลองและที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

การแบ่งห้องในระบบ	ปริมาตรถังที่ใช้ในการทดลอง ($ม^3$)	ปริมาตรถังจากการคำนวณทางทฤษฎี ($ม^3$)
ถังแอโรบิก	10.5	6.4
ถังแอนนอกซิก	13.13	12.54

การออกแบบถังปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการพรีดีไนตริฟิเคชันเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปให้สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ได้ทำการเปรียบเทียบขนาดถังที่นำมาใช้จริงในการทดลองและที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าขนาดของถังปฏิกริยามีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าทางทฤษฎีมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ในการออกแบบได้ใช้ค่าอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบ เท่ากับ 60 ลิตร/วัน จึงสรุปได้ว่าถังที่นำมาใช้จริงในการทดลองมีการเผื่อขนาดของถังให้สามารถรองรับอัตราการไหลได้สูงเกินกว่าที่ได้จากการออกแบบทางทฤษฎี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย