บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

บทนี้เป็นการนำผลการวิจัยที่ได้มาสรุปผลและวิเคราะห์ โดยจะแยกสรุปและวิเคราะห์ผลในแต่ละชุดการทดลองรวมทั้งสิ้น 5 ชุด ในแต่ละชุดการทดลองก็จะกล่าวถึงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวัดค่ารวมทั้งสิ้น 12 ค่าพารามิเตอร์

หลังจากนั้นจะทำการสรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัยทั้ง 5 ชุดการทดลอง ตลอดจนทำการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการวิจัย 5 ชุดการทดลองเปรียบเทียบกัน

ผลสรุปและวิเคราะห์ผลของการทดลองทั้ง 5 ชุด มีดังนี้

4.1. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล การทดลองชุดที่ 1

การทดลองชุดที่ 1 นี้ เป็นการทดลองที่ใช้น้ำเสียดิบจริงในการทดลอง ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ของการทดลองชุดนี้มีค่าประมาณ 10 ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 1 แสดงอยู่ใน ตารางที่ 4-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 1

พารามิเตอร์ที่วัด	ตำแหน่งในระบบ							
	น้ำเสีย		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำออก	
	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ซีโอดี*(มก./ล.)	96	18	22	19	23	16	23	12
ทีเคเอ็น*(มก./ล.)	9.6	1.2	1.5	1.6	1.4	1.5	1.4	1.3
ซีโอดีต่อไนโตรเจน*	10.1	2.5	-	-	-	-	-	-
ไนเตรท*(มก./ล.)	-	-	8.3	2.8	8.7	2.9	9.3	2.8
ไนไตรท์*(มก./ล.)	-	-	0.20	0.31	0.24	0.39	0.25	0.39
ความเป็นด่าง*(มก./ล.)	141.1	14.6	98.8	21.2	96.0	20.8	93.4	17.8
ตะกอนแขวนลอย** (มก./ล.)	-	-	598	430	655	475	10	5
พีเอช***	7.44	0.16	7.79	0.12	8.11	0.08	8.03	0.19
ออกซิเจนละลาย*** (มก./ล.)	0.5	0.4	4.1	0.1	6.4	0.5	3.2	0.6
V_{30}(มล./ล.)***	-	-	42	35	44	35	-	-
โออาร์พี****(มิลลิโวลท์)	53	116	453	31	468	28	469	30
อุณหภูมิ***(^{o}C)	27.2	1.62	27.2	1.7	27.1	1.7	27.3	1.7

หมายเหตุ * จำนวนข้อมูล(n) เท่ากับ 16 ,** เท่ากับ 13 ,*** เท่ากับ 31 ,**** เท่ากับ 15

ผลสรุปและการวิเคราะห์ของการทดลองชุดที่ 1 แยกตามพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังนี้

4.1.1 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ; COD)

การทดลองชุดที่ 1 นี้ มีค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเฉลี่ยเท่ากับ 95 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยของซีโอดีในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 21, 22 และ 23 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของซีโอดีในน้ำเสีย ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิกและน้ำออก เท่ากับ 17, 19, 15 และ 12 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าซีโอดีของน้ำในแต่ละตำแหน่งของถังแสดงอยู่ในรูปที่ 4-1

จะเห็นได้ว่าในการทดลองชุดนี้ ค่าซีโอดีของน้ำเสียซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำเสียชุมชนมีค่าต่ำและผลที่ได้ก็ไม่เบี่ยงเบนมากนัก ส่วนค่าซีโอดีของน้ำใน ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก แต่มีค่าค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าการทดลองชุดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีโดยรวมแล้วไม่ดีนัก มีเพียงประมาณ 76 % เท่านั้น

4.1.2 ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen ; TKN)

การทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของค่าทีเคเอ็นในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ9.6, 1.5, 1.4 และ 1.4 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 4 ตำแหน่งเท่ากับ1.2,1.6, 1.5 และ 1.3 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าทีเคเอ็นของน้ำในแต่ละตำแหน่งของถังแสดงอยู่ในรูปที่ 4-2

จะเห็นได้ว่า ในการทดลองชุดนี้ ค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียซึ่งเป็นตัวแทนของ น้ำเสียชุมชนมีค่าต่ำคือมีค่าเฉลี่ย 9.6 มก./ล. เมื่อเทียบกับค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียชุมชนในรายงานต่างๆ ที่เคยทำไว้ประมาณ 20 ถึง 30 มก./ล. ค่าทีเคเอ็นในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยต่ำแสดงถึงประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ดี (ประมาณ 85 %) และถ้าดูจากกราฟจะเห็นได้ว่า ทีเคเอ็นของน้ำภายในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบมีค่าต่ำในช่วงต้นและมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงปลาย แสดงให้เห็นถึงว่าการกำจัดทีเคเอ็นในช่วงต้นของการทดลองดีกว่าในช่วงปลาย และเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าตะกอนแขวนลอย ค่าไนเตรท และไนไตรท์แล้ว ทำให้

สามารถกล่าวได้ว่า กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างดีในช่วงต้นของการทดลอง ส่วนในช่วงปลายของการทดลองนั้นไนตริฟิเคชัน เกิดขึ้นได้ไม่ดีนัก

4.1.3 ค่าอัตราส่วน ซีโอดี ต่อ ไนโตรเจน

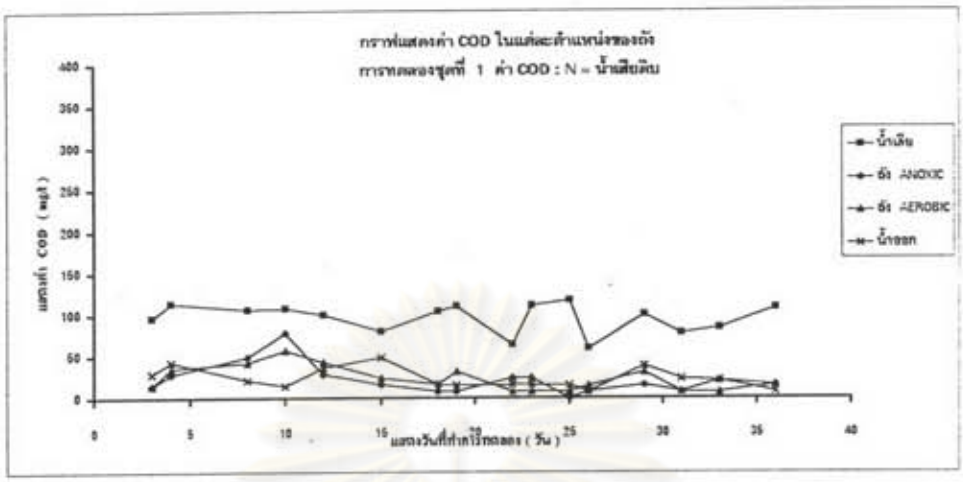
การทดลองชุดนี้ไม่ได้ควบคุมค่า ซีโอดีต่อไนโตรเจน ของน้ำเสีย (ซึ่งเป็นตัวแทนของค่า ซีโอดีต่อไนโตรเจน ในทฤษฎี) ค่าที่ออกมาจึงเป็นค่าของน้ำเสียดิบจริงที่ไม่ได้ผ่านการปรุงแต่งโดยที่ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ของการทดลองชุดที่ 1 นี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.1 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.5 ทั้งนี้รายละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1

ค่าเฉลี่ยที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้มีปรากฏในรายงานต่างๆ แล้วมีค่าสูงโดยที่จากรายงานทั่วไปน้ำเสียชุมชนในประเทศไทยมีค่า ซีโอดีต่อไนโตรเจน ประมาณ 4 ถึง 5 เท่านั้น ทั้งนี้การที่ค่าซีโอดีมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้ในรายงานเล็กน้อย และค่าทีเคเอ็นมีค่าต่ำกว่าในรายงานมาก ทำให้ทราบได้ว่าน้ำเสียอาจถูกเจือจางก็ได้ ทั้งนี้รายละเอียดจะได้กล่าวต่อไปในช่วงสรุปและวิเคราะห์ผลโดยรวมของการทดลองชุดนี้

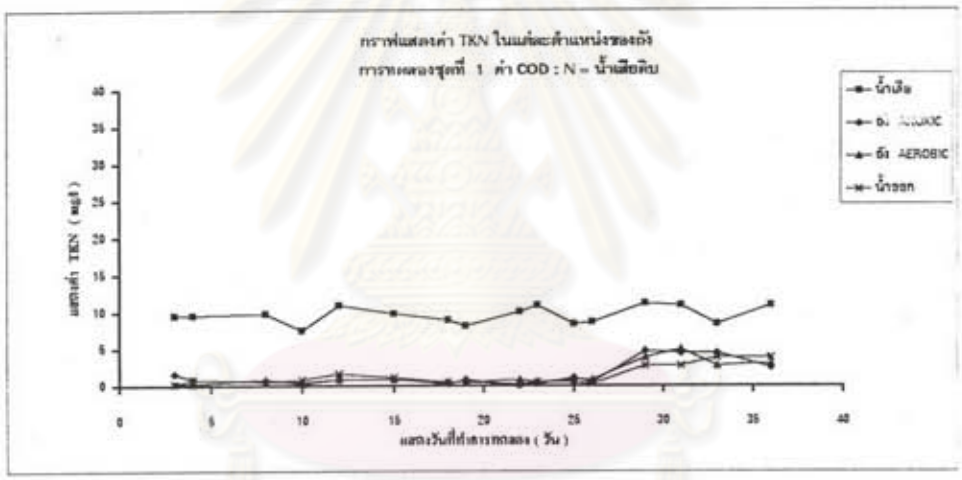
4.1.4 ค่าไนเตรท (Nitrate ; NO_3^-)

การทดลองชุดนี้ค่าเฉลี่ยของไนเตรทใน ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 8.3, 8.7 และ 9.3 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 3 ตำแหน่งเท่ากับ 2.8, 2.9 และ 2.8 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-3

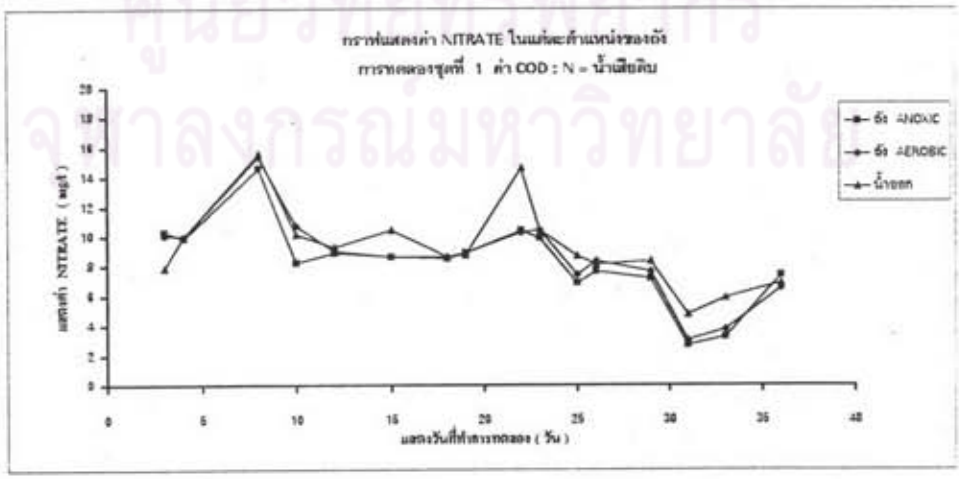
จะเห็นได้ว่าค่าไนเตรทมีค่าสูง เกือบทั้งหมดของทีเคเอ็นถูกแปลงไปเป็นไนเตรทตามกระบวนการไนตริฟิเคชัน นอกจากนี้จากกราฟยังแสดงให้เห็นว่าไนเตรทมีค่าสูงในช่วงต้นและกลางของการทดลอง ส่วนในช่วงท้ายมีค่าต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของ ทีเคเอ็น ในช่วงปลายการทดลอง จากเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการไนตริฟิเคชัน เกิดขึ้นได้ดีในช่วงต้นและกลางของการทดลอง ส่วนในช่วงปลายการทดลอง ไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ไม่ดีนัก และสามารถกล่าวได้ว่า กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการกำจัดไนเตรทแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย



รูปที่ 4 - 1 กราฟแสดงค่า ซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4 - 2 กราฟแสดงค่า ทีเคเอ็น ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4 - 3 กราฟแสดงค่า ไนเตรท ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

4.1.5 ค่าไนไตรท์ (Nitrite ; No^{-}_{2})

การทดลองชุดนี้มีค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ใน ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก เท่ากับ 0.20, 0.24 และ 0.25 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 3 ตำแหน่งเท่ากับ 0.31,0.39 และ 0.39 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก) ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของถังแสดงอยู่ในรูปที่ 4-4

จะเห็นได้ว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย และเมื่อดูกราฟรูปที่ 4-4 ก็เห็นได้ชัดว่าในช่วงต้นของการทดลองไนไตรท์มีค่าต่ำมาก แต่ในช่วงท้ายมีค่าสูงมากและโดยที่ไนไตรท์เป็นทางผ่านของการแปลงรูปของทีเคเอ็นเป็นไนเตรท ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน และการแปลงรูปไนเตรทเป็นกาซไนโตรเจนในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการทดลองชุดนี้ เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันดีในช่วงต้นการทดลอง ทำให้มีไนเตรทสูงและไนไตรท์ต่ำ(ทั้งนี้ไม่มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น) และเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันไม่ดีนักในช่วงท้ายของการทดลองทำให้มีไนเตรทต่ำและไนไตรท์สูง

4.1.6 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

การทดลองชุดนี้มี ค่าเฉลี่ยของความเป็นด่างทั้งในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 141.1, 98.8, 96.0 และ 93.4 มก./ล. ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 14.6, 21.3, 20.8 และ 17.8 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าความเป็นด่างในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-5

จะเห็นได้ว่าน้ำเสียมีค่าความเป็นด่างไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนค่าความเป็นด่างในส่วนอื่นๆ ของถังมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงต้นของการทดลอง ส่วนในช่วงท้ายการทดลองมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้ความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถดูได้จากในรูปที่ 4-5

การที่ค่าความเป็นด่างของน้ำใน ถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าต่ำใกล้กันทั้ง 3 ตำแหน่งตลอดทั้งการทดลองสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า มีกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (ซีโอดี) และกระบวนการไนตริฟิเคชัน (ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ค่าความเป็นด่างทั้งคู่)เกิดขึ้นพร้อมกันในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก ทำให้ค่าความเป็นด่างลดลง แต่กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (ซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้ค่าความเป็นด่างกลับคืนมา) ไม่เกิดขึ้นในถังแอนนอกซิก

ค่าความเป็นด่างที่มีค่าสูงขึ้นในช่วงท้ายการทดลอง อาจแสดงให้เห็นได้ว่าระบบมีการใช้ค่าความเป็นด่างน้อยลง ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าอื่นๆ เช่น ทีเคเอ็น, ตะกอนแขวนลอย แล้วเห็นได้ว่าระบบมีแนวโน้มที่จะล้มเหลวในช่วงท้ายการทดลอง)

นอกจากนี้ การที่ค่าความเป็นด่างมีเหลืออยู่ในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกประกอบกับค่าพีเอช ที่เพิ่มขึ้นใน 3 ตำแหน่งดังกล่าว (ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป) ทำให้สรุปได้ว่า ค่าความเป็นด่างที่มีอยู่ในน้ำเสีย พอเพียงต่อกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์และกระบวนการไนตริฟิเคชัน

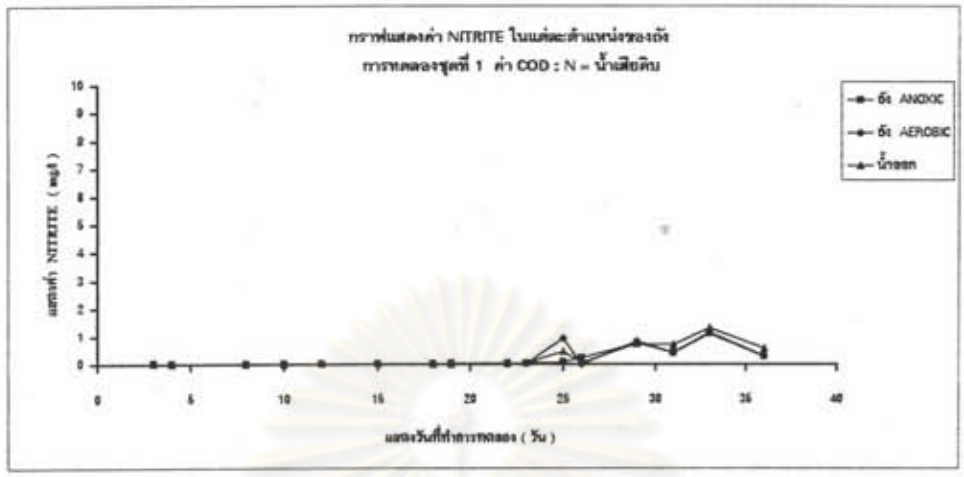
4.1.7 ค่าตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid ; SS.)

ในการทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย ซึ่งแสดงถึงปริมาณจุลินทรีย์ในระบบโดยประมาณเท่ากับ 598, 655 และ 10 มก./ล. ในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 431, 475 และ 5 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอยในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-6

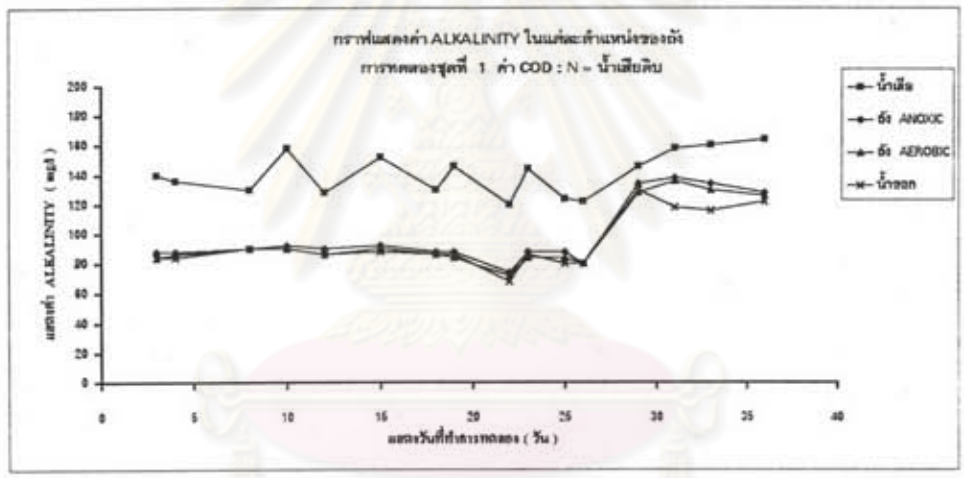
จากกราฟ จะเห็นได้ว่าค่าตะกอนแขวนลอย ทั้งของถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิก มีค่าใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นบางค่าซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องสูบตะกอนหมุนเวียน ค่า ตะกอนแขวนลอย ของการทดลองชุดนี้มีแนวโน้มลดลงรวดเร็วพอควร อันเนื่องมาจากค่าซีโอดี หรืออาหารของจุลินทรีย์มีน้อยทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลง เป็นผลให้ค่าตะกอนแขวนลอย มีค่าต่ำลงมาก

จากค่าตะกอนแขวนลอย ของน้ำออกจะเห็นได้ว่าค่อนข้างน้อยตลอดการทดลอง แต่เมื่อเทียบกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีอยู่ในระบบน้อยแล้ว จะเห็นได้ว่าตะกอนแขวนลอยของน้ำออกเพียง 10 มก./ล. ก็มีผลต่อการควบคุมอายุตะกอนของระบบที่มีตะกอนแขวนลอยต่ำขนาด 200-300 มก./ล. จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมอายุตะกอนของการทดลองได้ ทำให้ระบบมีแนวโน้มที่จะล้มเหลวในช่วงท้ายของการทดลอง

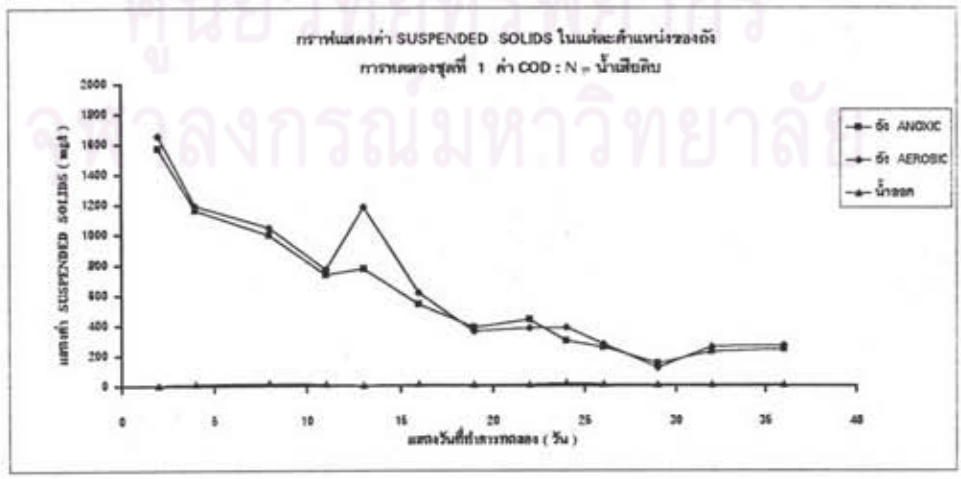
ค่าความเป็นด่างที่มีค่าสูงขึ้นในช่วงท้ายการทดลอง อาจแสดงให้เห็นได้ว่าระบบมีการใช้ค่าความเป็นด่างน้อยลง ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าอื่นๆ เช่น ทีเคเอ็น ตะกอนแขวนลอย แล้ว เห็นได้ว่า ระบบมีแนวโน้มที่จะล้มเหลวในช่วงท้ายการทดลอง



รูปที่ 4 - 4 กราฟแสดงค่า ไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4 - 5 กราฟแสดงค่าความเป็นด่าง ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4- 6 กราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.8 ค่าพีเอช (pH)

ในการทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของพีเอช ทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 7.44, 7.79, 8.11 และ 8.03 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16, 0.12, 0.08 และ 0.19 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-7

ค่าพีเอชของการทดลองชุดนี้ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย แสดงให้เห็นว่าพีเอชมีค่าคงที่ตลอดการทดลองในแต่ละตำแหน่งของระบบ จากกราฟจะเห็นได้ว่าน้ำเสียมีพีเอชต่ำสุดและสูงขึ้นในถังแอนนอกซิก สูงขึ้นอีกในถังแอโรบิก ส่วนน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกับน้ำในถังแอโรบิก

การที่พีเอชมีค่าสูงขึ้นตามตำแหน่งของระบบสามารถกล่าวได้ว่า มีกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้น ทำให้พีเอชมีค่าสูงขึ้น (ถ้ามีบัฟเฟอร์พอเพียง) ข้อสรุปดังกล่าวเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าความเป็นด่างแล้ว จะเห็นได้ว่าการทดลองชุดนี้มีค่าความเป็นด่าง(ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์) พอเพียง

สำหรับน้ำออกในช่วงท้ายการทดลองที่มีพีเอชลดลง เนื่องจากมีความล้มเหลวของระบบเริ่มเกิดขึ้นกล่าวคือ ระบบไม่สามารถกำจัด ทีเคเอ็น และซีโอดีได้ จึงทำให้สารอินทรีย์ทั้งสองหลุดไปกับน้ำออก และเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในถังเก็บน้ำออก ทำให้พีเอชมีค่าต่ำลงไปได้

4.1.9 ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen ; DO.)

ในการทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลาย ทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบ เท่ากับ 0.5, 4.1, 6.4 และ 3.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.4, 0.6, 0.5 และ0.6 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-8

ค่าออกซิเจนละลาย ของน้ำเสียมีค่าสูงเนื่องจากมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์น้อยภายในถังแอนนอกซิก มีค่าออกซิเจนละลายสูง และสูงขึ้นอีกในถังแอโรบิก จะเห็นได้ว่าถังแอนนอกซิก ซึ่งควรมีค่าออกซิเจนละลาย ใกล้เคียงหรือเท่ากับศูนย์ มีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ยถึง 4.1 มก./ล. และจากกราฟก็จะเห็นได้ว่าไม่มีช่วงใดของการทดลองที่ออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิก ใกล้เคียงศูนย์เลย แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าไม่มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังแอนนอกซิกแน่นอน

ค่าออกซิเจนละลายในถังแอโรบิกมีค่าสูงมาก เนื่องจากน้ำเสียมีสารอินทรีย์น้อย ทำให้ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายน้อย ออกซิเจนละลายจึงเหลือมาก

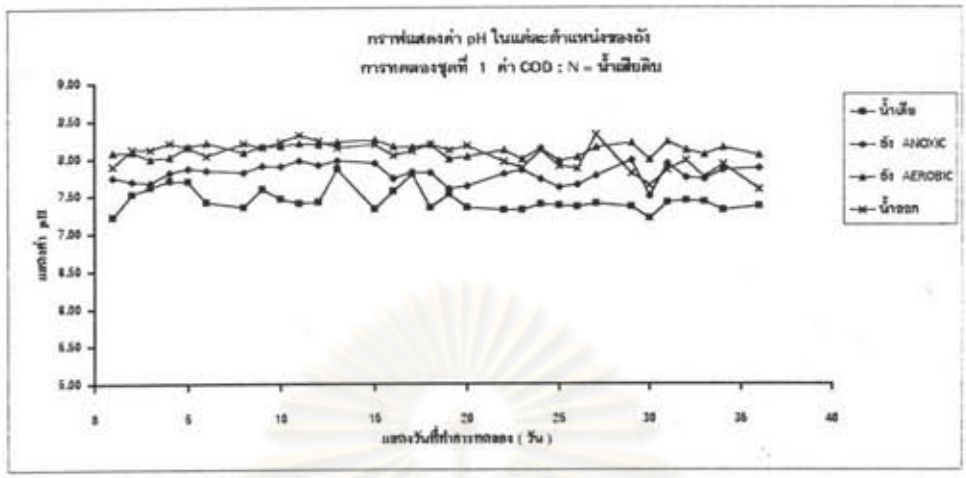
4.1.10 ค่า V_{30}

ในการทดลองชุดนี้ค่าเฉลี่ยของ V_{30} ในถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิกเท่ากับ 42 และ 44 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 35 และ 35 มก./ล. ตามลำดับข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่า V_{30} ในถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิก แสดงอยู่ในรูปที่ 4-9

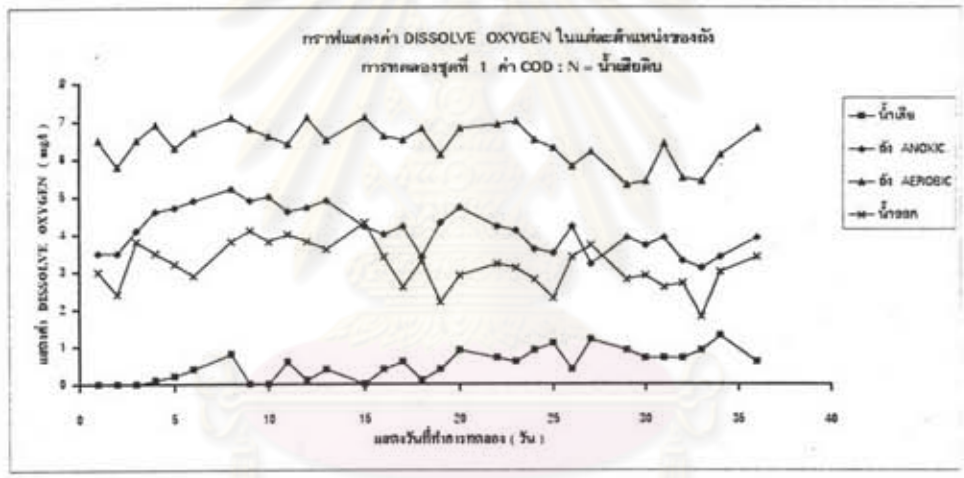
ค่า V_{30} ของการทดลองชุดนี้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง จากกราฟจะเห็นได้ว่า V_{30} ของทั้ง 2 ถังมีค่าใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งยังมีค่าลดลงตลอดชุดการทดลอง ค่า V_{30} ตลอดทั้งชุดการทดลองมีค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่าการทดลองชุดนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวแน่นอน

จะเห็นได้ว่าช่วงท้ายการทดลองค่า V_{30} มีค่าต่ำมาก เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าตะกอนแขวนลอยแล้ว ค่าตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำมากและตกตะกอนได้ดี ทำให้ค่า V_{30} ต่ำมาก

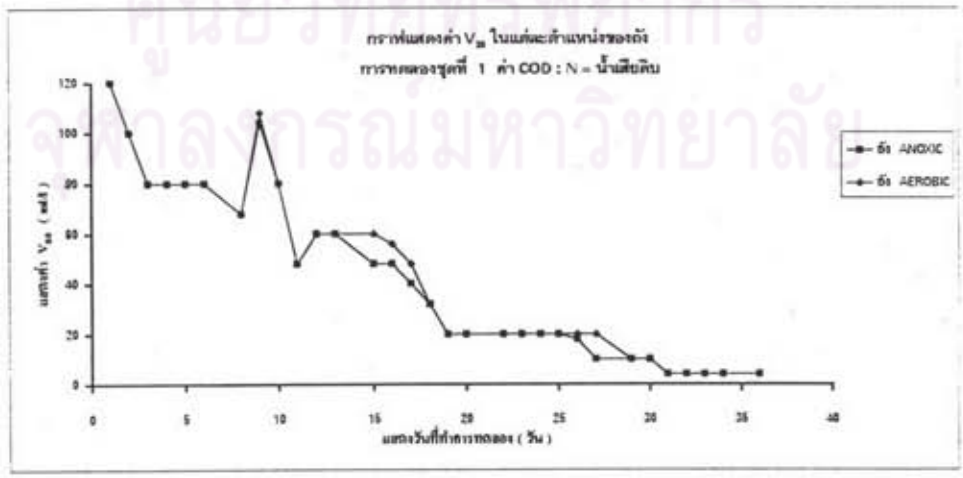
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 7 กราฟแสดงค่าพีเอช ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4 - 8 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4 - 9 กราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

4.1.11 ค่าโออาร์พี (Oxidation Reduction Potential ; ORP.)

ในการทดลองชุดนี้ โออาร์พีมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 53, 453, 468 และ 469 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 116, 31, 28 และ 30 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-10

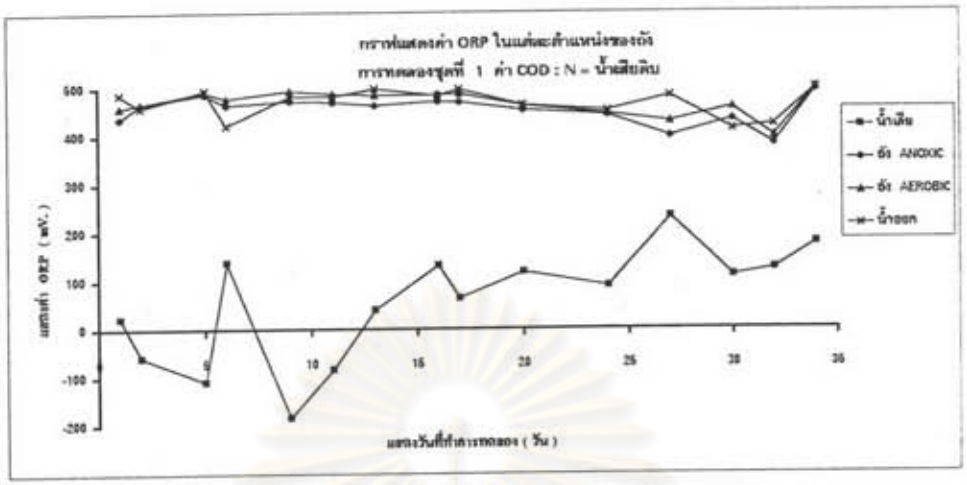
ค่าโออาร์พีของน้ำเสียแปรปรวนมากมีทั้งค่าลบและบวก ส่วนในตำแหน่งอื่นนั้นค่อนข้างคงที่ และมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่างประมาณ +400 ถึง +500 มิลลิโวลท์ ซึ่งเป็นช่วงของค่าโออาร์พีที่บ่งชี้ให้เห็นได้ว่า มี Oxidizing Agent เช่น ไนเตรท ออกซิเจนอยู่มาก

4.1.12 ค่าอุณหภูมิ

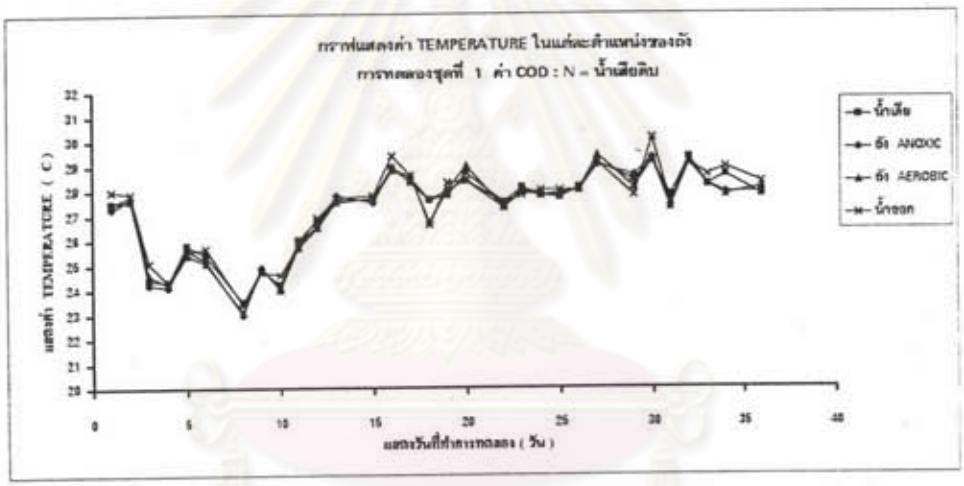
ในการทดลองชุดนี้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 4 ตำแหน่ง ของระบบเท่ากับ 27.2 ,27.2, 27.1 และ 27.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.6, 1.7, 1.7 และ 1.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-11

อุณหภูมิของทุกตำแหน่งในระบบมีค่าใกล้เคียงกัน และจากกราฟอุณหภูมิอุณหภูมิทุกตำแหน่งมีค่าต่ำในช่วงต้นของการทดลอง แล้วสูงขึ้นในช่วงท้าย แต่ทั้งนี้ค่าอุณหภูมิทุกๆ ค่าอยู่ในช่วง 23.0 °C ถึง 30.0 °C ช่วงดังกล่าวมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์น้อย หรืออาจกล่าวได้ว่าช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกันนี้ ไม่มีผลกระทบต่อระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 10 กราฟแสดงค่าโออาร์พี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4 - 11 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล การทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองที่ใช้น้ำเสียดิบเติมสารอินทรีย์คาร์บอน (น้ำตาล) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ยูเรีย) เพื่อควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนให้เท่ากับ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 2 แสดงอยู่ใน ตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 2

พารามิเตอร์ที่วัด	ตำแหน่งในระบบ							
	น้ำเสีย		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำออก	
	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ซีโอดี*(มก./ล.)	147	23	10	5	8	9	10	4
ทีเคเอ็น*(มก./ล.)	19.4	1.5	1.6	1.1	1.8	2.2	1.2	0.5
ซีโอดีต่อไนโตรเจน*	7.6	1.3	-	-	-	-	-	-
ไนเตรท*(มก./ล.)	-	-	11.7	3.5	12.6	3.5	13.3	2.4
ไนไตรท์*(มก./ล.)	-	-	0.27	0.17	0.21	0.20	0.28	0.24
ความเป็นด่าง*(มก./ล.)	142.1	20.8	77.2	10.9	73.3	10.1	70.8	6.8
ตะกอนแขวนลอย** (มก./ล.)	-	-	847	223	859	228	6	4
พีเอช***	6.93	0.30	7.16	0.15	7.45	0.18	7.50	0.12
ออกซิเจนละลาย*** (มก./ล.)	0.2	0.1	0.8	0.9	5.0	0.7	3.0	0.8
V_{30}***(มล./ล.)	-	-	129	139	128	128	-	-
โออาร์พี****(มิลลิโวลท์)	-59	98	318	130	376	104	329	95
อุณหภูมิ***(^{o}C)	28.6	0.8	28.6	0.8	28.4	0.8	28.3	0.8

หมายเหตุ * จำนวนข้อมูล(n) เท่ากับ 16 ,** เท่ากับ 15 ,*** เท่ากับ 33 ,**** เท่ากับ 18

ผลสรุปและการวิเคราะห์ของการทดลองชุดที่ 2 แยกตามพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังนี้

4.2.1. ค่าซีโอดี

การทดลองชุดที่ 2 นี้ มีค่าเฉลี่ยของซีโอดีทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 147, 10, 8, และ 10 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าซีโอดีของน้ำในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-12

การทดลองชุดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ดีพอควร (ประมาณ 9.3 %) ค่าซีโอดีในทุกตำแหน่งของระบบแปรปรวนไม่มากนัก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากกราฟจะเห็นได้ว่า ซีโอดีของน้ำในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำสม่ำเสมอตลอดทั้งชุดการทดลอง

กระบวนการกำจัดซีโอดีนั้น จะบ่งชี้ได้ว่าเป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน หรือเป็นกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน จะต้องพิจารณาพารามิเตอร์อื่นๆ ประกอบด้วย เช่น ทีเคเอ็น ไนเตรท ไนไตรท์ เป็นต้น

4.2.2. ค่า ทีเคเอ็น

การทดลองชุดที่ 2 นี้ มีค่าเฉลี่ยของทีเคเอ็น ในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 19.4, 1.6, 1.8 และ 1.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.4, 1.1, 2.2 และ0.5 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-13

ในการทดลองชุดนี้ ค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียมีความแปรปรวนไม่มากนัก ในขณะที่ในอีก 3 ตำแหน่งมีความแปรปรวนสูง แต่ทว่า เมื่อพิจารณากราฟแล้ว ค่าทีเคเอ็นของถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าต่ำสม่ำเสมอเกือบตลอดชุดการทดลอง ยกเว้นในวันที่ 31 ของการทดลอง ค่าทีเคเอ็นของทั้ง 3 ตำแหน่งสูงขึ้นมาก ทั้งนี้วันที่ 31 นี้ท่อน้ำตะกอนหมุนเวียนแตก ทำให้มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกจากระบบมาก เป็นผลกระทบกระเทือนต่อพารามิเตอร์ต่างๆ รวมทั้งค่าทีเคเอ็น ที่สูงขึ้นผิดปกติด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้ว่า การทดลองชุดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นได้ดี (ประมาณ 95%) และเมื่อพิจารณาค่าไนเตรทที่มีค่าสูงประกอบ สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีในระบบ

4.2.3. ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน

การทดลองชุดนี้ต้องการควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน เท่ากับ 6 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนจริงเท่ากับ 7.6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1..3 ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2

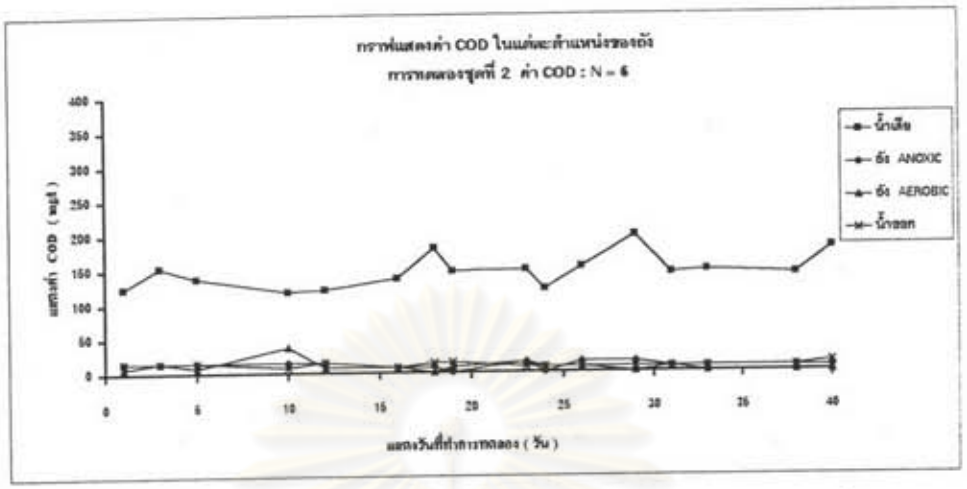
ในการทดลองชุดที่ 2 นี้มีการเติมซีโอดี (น้ำตาล) และทีเคเอ็น (ยูเรีย) เพิ่มเพื่อให้สอดคล้องกับค่าในน้ำเสียชุมชนตามรายงานที่ศึกษาผ่านมา โดยค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 นี้ เหมาะสมกับการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นในระบบ ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนจริงที่เท่ากับ 7.5 มากกว่าที่ตั้งใจควบคุมให้ได้เท่า 6 อยู่เล็กน้อย ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าค่าน้ำเสียดิบมีความแปรปรวนพอควรทีเดียว

4.2.4. ค่าไนเตรท

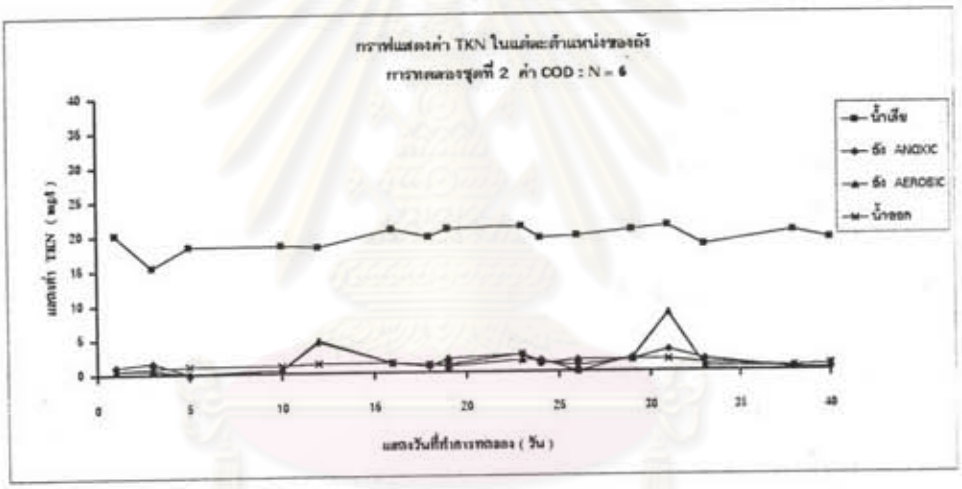
การทดลองชุดนี้ มีค่าเฉลี่ยของไนเตรทใน 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 11.7, 12.6 และ 13.3 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.5, 3.5 และ 2.4 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-14

ค่าไนเตรทในการทดลองชุดนี้มีค่าสูง ประมาณ 60-65% ของทีเคเอ็นถูกแปลงเป็นไนเตรท นอกจากนี้ค่าไนเตรทในระบบทุกตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกัน และจากกราฟค่าไนเตรทก็มีค่าใกล้เคียงกันตลอดทุกช่วงของการทดลอง ยกเว้นช่วงวันที่ 3 ของการทดลองซึ่งมีความผิดพลาดในการเตรียมน้ำเสียเกิดขึ้น (ไม่ได้เติมยูเรียให้กับน้ำเสีย) ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าโดยรวมแล้วไนเตรทในการทดลองชุดที่ 2 มีค่าสูงสม่ำเสมอใกล้เคียงกันทุกตำแหน่งและตลอดชุดการทดลอง

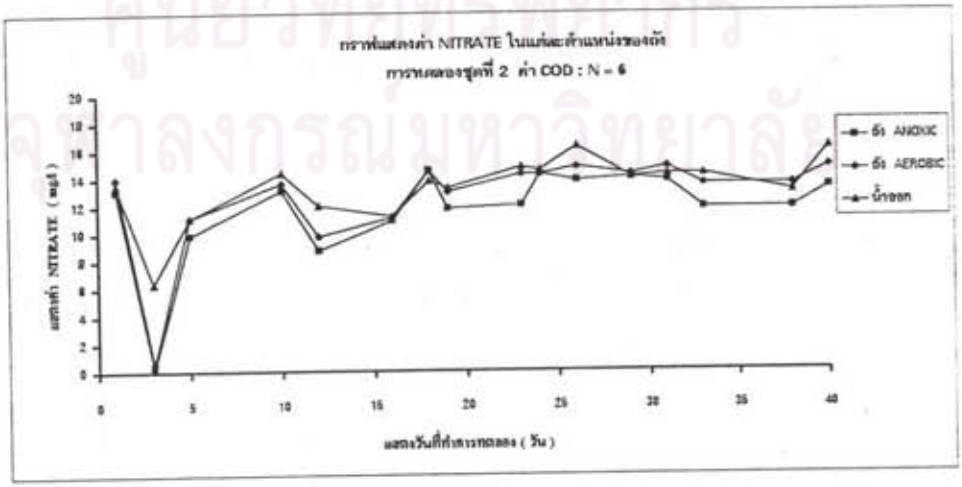
การที่ค่าไนเตรทมีค่าสูง แสดงให้เห็นชัดว่ามีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นโดยแปลงรูปทีเคเอ็นให้กลายเป็นไนเตรทถึง 60-65% โดยประมาณ ทั้งนี้ทีเคเอ็นที่เหลืออยู่ 35-40% นั้นถูกจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งหลุดไปกับน้ำออก นอกจากนี้การที่ไนเตรทมีค่าสูงอาจกล่าวได้ว่า กระบวนการกำจัดไนเตรทหรือดีไนตริฟิเคชัน เกิดขึ้นน้อย ทำให้มีไนเตรทคงค้างอยู่ในระบบมาก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับพารามิเตอร์อื่นๆแล้ว เห็นได้ว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นน้อยจริง



รูปที่ 4 - 12 กราฟแสดงค่า ซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 13 กราฟแสดงค่า ทีเคเอ็น ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 14 กราฟแสดงค่า ไนเตรท ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

4.2.5. ค่าไนไตรท์

การทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ใน 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.27, 0.21 และ 0.28 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.17, 0.20 และ 0.24 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-15

ค่าไนไตรท์มีความแปรปรวนสูง โดยมีค่าสูงในช่วงกลางการทดลองแล้วมีค่าต่ำลงในช่วงท้ายการทดลอง แต่ในแต่ละตำแหน่งของระบบ ไนไตรท์กลับมีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง

การที่ไนไตรท์มีค่าสูง อาจหมายถึงการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากไนไตรท์เป็นทางผ่านของการแปลงรูปวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของทั้งสองกระบวนการ เมื่อพิจารณาร่วมกับไนเตรท จะเห็นได้ว่าช่วงที่ไนไตรท์มีค่าสูง ไนเตรทมีค่าต่ำลง ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นในช่วงนั้นๆ

4.2.6. ค่าความเป็นด่าง

การทดลองชุดนี้ มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ142.1, 77.2, 73.3 และ 70.8 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 20.8, 10.9, 10.1 และ6.8 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าความเป็นด่างในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-16

ค่าความเป็นด่างของการทดลองชุดที่ 2 นี้มีค่าสม่ำเสมอทุกๆ ตำแหน่งของระบบและในทุกๆ ช่วงการทดลอง น้ำเสียมีความเป็นด่างสูง ส่วนน้ำในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าความเป็นด่างต่ำใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากกราฟ

ค่าความเป็นด่างในระบบของชุดนต่ำกว่าการทดลองชุดที่ 1 เนื่องจากมีการเติมทีเคเอ็นให้กับระบบทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดมากขึ้น จึงต้องใช้ค่าความเป็นด่างมากขึ้น และเช่นเดียวกับชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าความเป็นด่างมีค่าต่ำลงมาก ทำให้สรุปได้ว่ามีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น แต่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับพีเอช สามารถสรุปได้เช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 ว่าค่าความเป็นด่างของน้ำเสียพอเพียงต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ และกระบวนการไนตริฟิเคชัน

4.2.7. ค่าตะกอนแขวนลอย

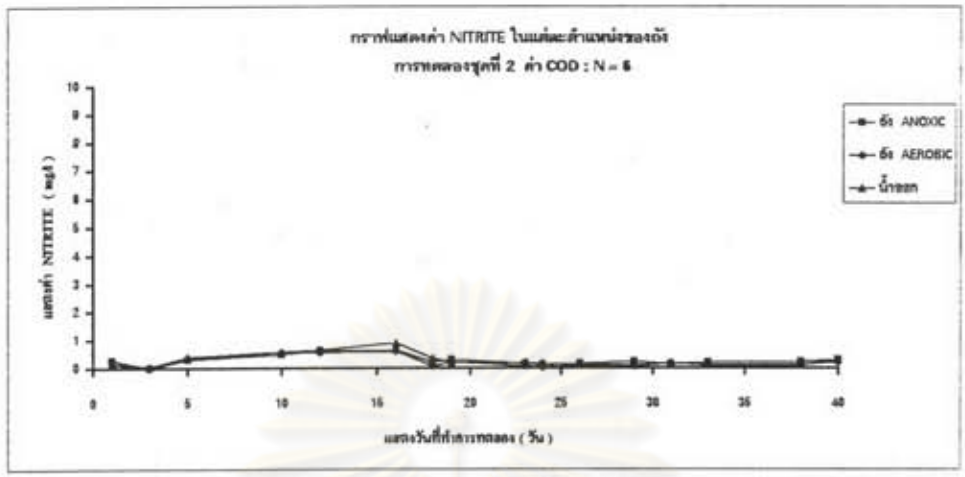
ในการทดลองชุดนี้ มีค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกเท่ากับ 847, 850 และ 6 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 223, 228 และ 4 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-17

จากกราฟและค่าเฉลี่ย เห็นได้ว่าถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกมีค่าตะกอนแขวนลอยใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง ค่าตะกอนแขวนลอยของระบบ (ทั้งถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก) มีค่าสูงในช่วงต้นและลดลงในช่วงปลาย เนื่องจากท่อหมุนเวียนตะกอนแตกในช่วงวันที่ 31 ของการทดลอง

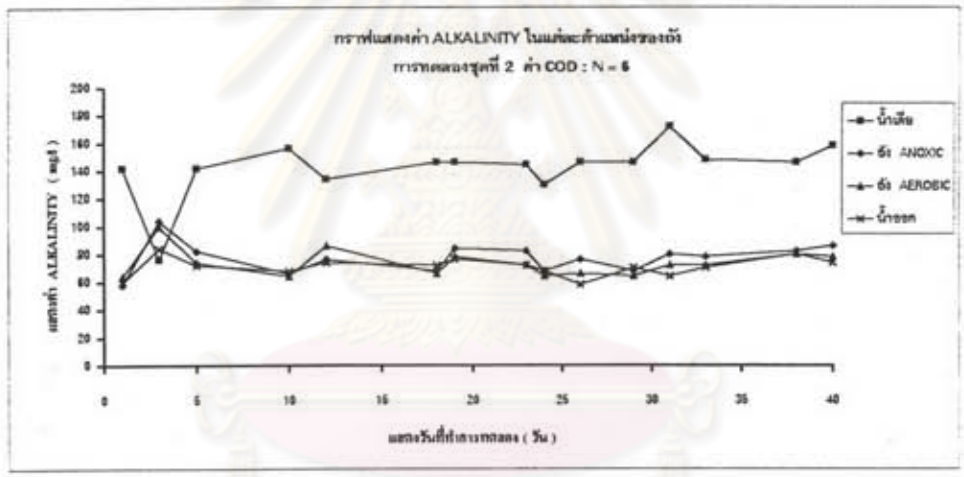
เมื่อมองค่าโดยรวมแล้ว ตะกอนแขวนลอยในชุดนี้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดที่ 1 เนื่องจากมีสารอินทรีย์ทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนเข้าสู่ระบบมากกว่าการทดลองชุดที่ 1

ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำออกในการทดลองชุดนี้มีค่าต่ำ น้ำออกใสทำให้การควบคุมอายุตะกอนของระบบทำได้ดีและถูกต้องมากกว่าการทดลองชุดที่ 1 นอกจากนี้ลักษณะตะกอนยังเป็นตะกอนที่จมตัวดี สังเกตได้จากค่า V_{30} ที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

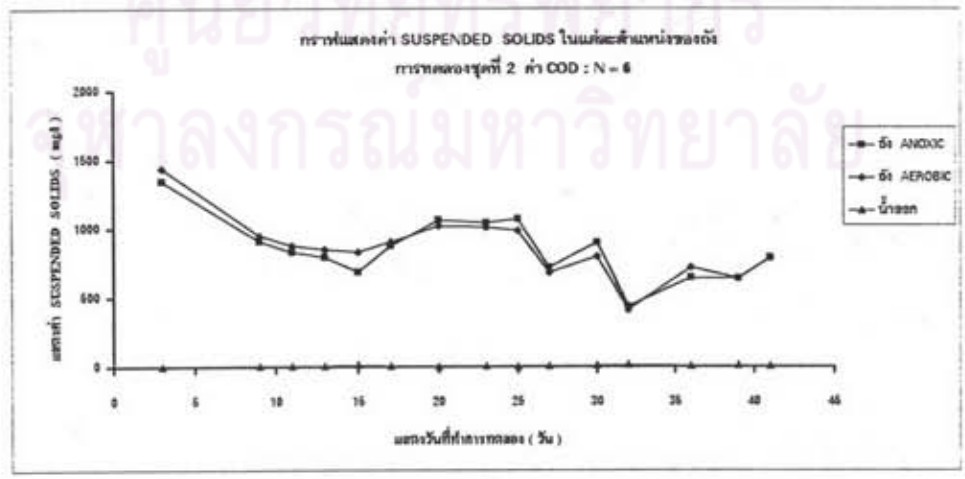
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 15 กราฟแสดงค่า ไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 16 กราฟแสดงค่าความเป็นด่าง ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 17 กราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

4.2.8. พีเอช

ในการทดลองชุดนี้ มีค่าเฉลี่ยของพีเอช ใน 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 6.93, 7.16, 7.45 และ 7.50 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30, 0.15, 0.18 และ 0.12 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-18

ค่าพีเอชของระบบมีค่าสูงขึ้นจากน้ำเสียและมีค่าอยู่ในช่วง 7 - 8 แสดงให้เห็นถึงการเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนขึ้นในระบบ และระบบยังมีบัฟเฟอร์พอเพียงที่ทำให้พีเอช ไม่ลดลง แสดงให้เห็นว่าข้อสรุปที่ว่าค่าความเป็นด่างมีค่าพอเพียงเป็นจริง

จากค่าเฉลี่ยและกราฟ เห็นได้ว่าพีเอชโดยรวมมีค่าต่ำ ถังแอนนอกซิกมีค่าพีเอชต่ำกว่าถังแอโรบิกมาก แสดงให้เห็นถึงการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนที่มีมากกว่าในถังแอโรบิก นอกจากนี้การที่พีเอชโดยรวมต่ำ อาจแสดงให้เห็นว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ไม่เกิดขึ้นในถังแอนนอกซิก เพราะกระบวนการดีไนตริฟิเคชันให้ค่าความเป็นด่างออกมาและมีแนวโน้มทำให้พีเอชสูงขึ้น

4.2.9. ค่าออกซิเจนละลาย

การทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.2, 0.8, 5.0 และ 3.0 มก./ล. ตามลำดับ ค่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1, 0.9, 0.7 และ 0.8 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-19

ค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบมีค่าค่อนข้างคงที่ ยกเว้นในถังแอนนอกซิกที่มีค่าแปรปรวน ค่าออกซิเจนละลายของน้ำเสียมีค่าต่ำเนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนในถังเก็บน้ำเสีย ค่าออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมีค่าแปรปรวน แต่ไม่มีค่าเท่ากับศูนย์เลย ส่วนค่าออกซิเจนละลายในถังแอโรบิกค่อนข้างคงที่และมีค่าสูง น้ำออกก็มีค่าออกซิเจนละลายค่อนข้างคงที่

การที่ออกซิเจนละลายของน้ำในถังแอนนอกซิกไม่เท่ากับศูนย์เลย แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า กระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้นแน่ และค่าออกซิเจนละลายของถังแอนนอกซิกที่แปร ปรวน ก็เนื่องมาจากค่าซีโอดีที่เข้าสู่ถังแอนนอกซิก และออกซิเจนละลายที่ถูกเวียนกลับจากถังแอโรบิกมีค่าแปรปรวน นอกจากนี้การที่ออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำ แสดง

ให้เห็นว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชันอาจเกิดขึ้นได้ ถ้าปรับปรุงสภาพของถังแอนนอกซิกให้เหมาะสมกว่านี้ เช่น เพิ่มซีโอดีเข้าสู่ระบบ หรือลดออกซิเจนละลายที่หมุนเวียนกลับมาเป็นต้น นอกจากนี้ การที่ออกซิเจนละลาย ของน้ำในถังแอโรบิกมีค่าสูงเนื่องจากในถังแอนนอกซิกมีการใช้ซีโอดีไปหมด ทำให้ซีโอดีในถังแอโรบิกมีน้อย ค่าออกซิเจนละลายจึงเหลือมาก

4.2.10. ค่า V_{30}

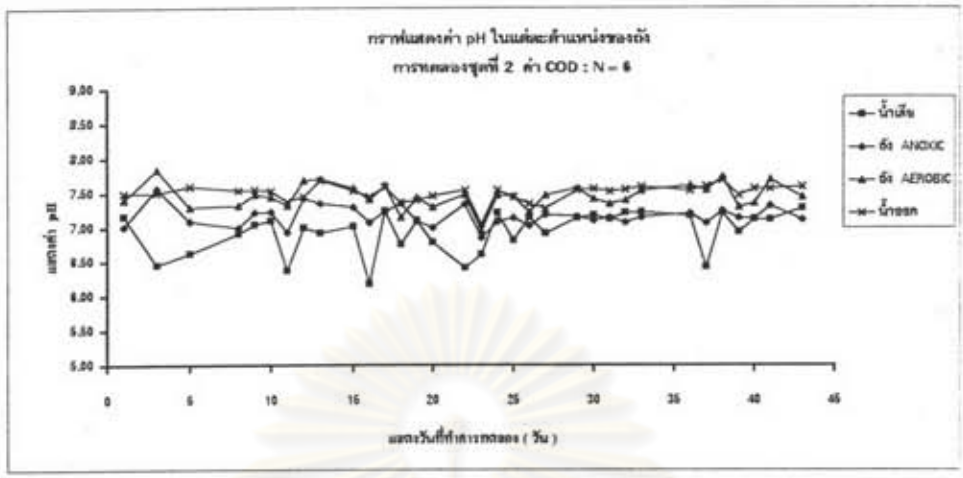
ในการทดลองชุดนี้ มีค่าเฉลี่ยของ V_{30} ในถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิก เท่ากับ 129 และ128 มล./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 139 และ 127 มล./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-20

จากกราฟจะเห็นได้ว่า V_{30} ของถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิก มีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง และมีค่าแปรปรวนสูง โดยสูงปานกลางในช่วงต้นและท้ายการทดลอง ในช่วงกลางจะมีค่าต่ำคงที่ ยกเว้นวันที่ 32 ของการทดลองมีค่าสูงมาก

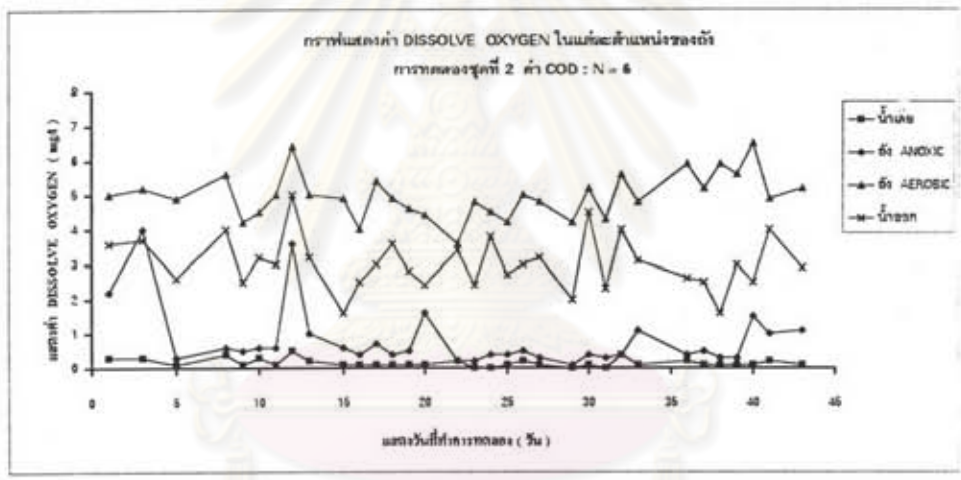
การที่วันที่ 32 มี V_{30} สูงมากเนื่องจากวันที่ 31 มีการสูญเสีย ตะกอนแขวนลอยออกจากระบบมากเนื่องจากท่อเวียนตะกอนแตก ทำให้ระบบต้องรับ Shock Load (เพราะมีจุลินทรีย์น้อย แต่มีสารอินทรีย์เข้ามากในช่วงเวลาสั้นๆ) ทำให้การจมตัวของตะกอนเลวลง และมีแนวโน้มจะเกิดโรคตะกอนไม่จมตัวขึ้น

กล่าวโดยรวมแล้ว การทดลองชุดที่ 2 นี้จัดว่าตะกอนมีลักษณะจมตัวได้ดีและไม่ก่อให้เกิดปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวขึ้น

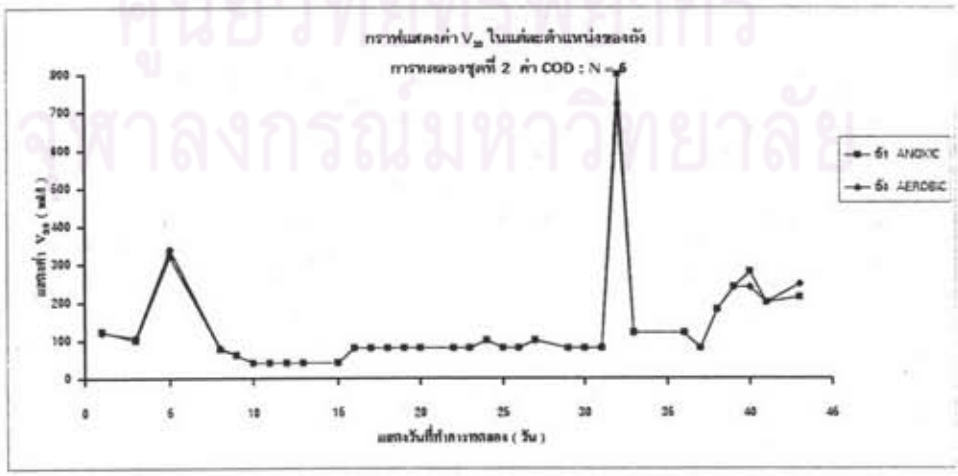
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 18 กราฟแสดงค่าพีเอช ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 19 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 20 กราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

4.2.11. ค่า โออาร์พี

ในการทดลองชุดนี้ มีค่าโออาร์พีเฉลี่ยของทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ -59, 318, 376 และ 329 มิลลิโวทล์ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 98, 130, 104 และ 95 ตามลำดับ ข้อมลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-21

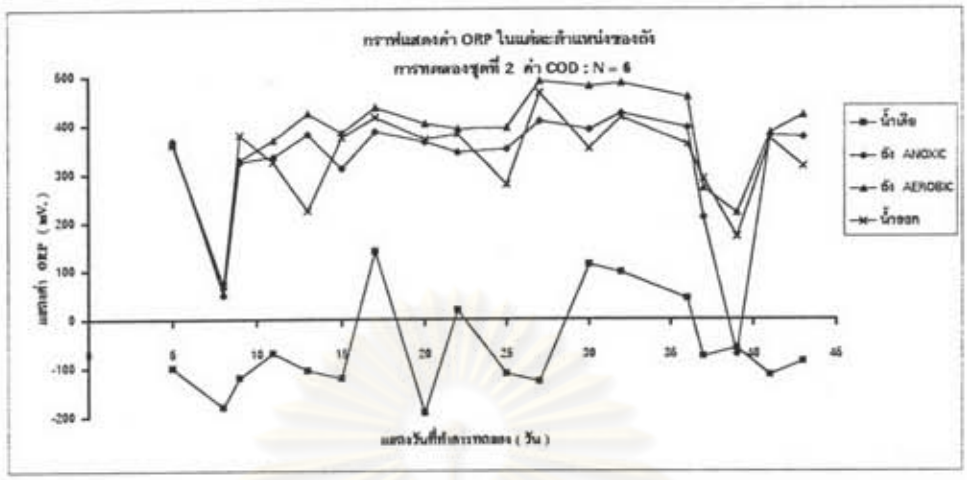
ค่าโออาร์พีของน้ำเสียแปรปรวนมากมีทั้งค่าบวกและลบ โดยส่วนใหญ่จะเป็นค่าลบแสดงให้เห็นถึงการเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนขึ้นในถังเก็บน้ำเสีย ส่วนค่าโออาร์พีของตำแหน่งที่เหลือ มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่าง +300 ถึง +500 มิลลิโวทล์ แสดงให้เห็นว่าในระบบมี Oxidizing Agent เช่น ไนเตรท ออกซิเจนละลาย อยู่ในระบบมาก

4.2.12 ค่าอุณหภูมิ

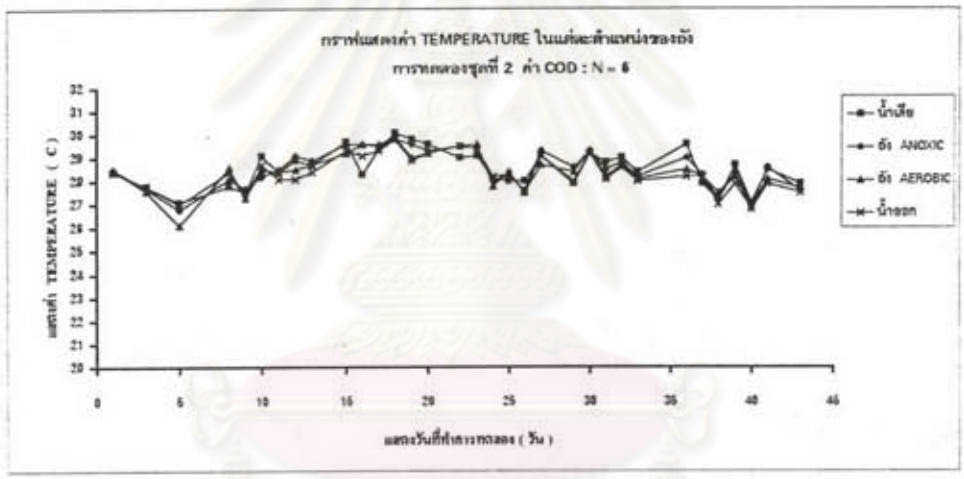
ในการทดลองชุดนี้ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 28.5, 28.6, 28.4 และ28.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.8, 0.8, 0.8 และ 0.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-2 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวกส่วนกราฟแสดงค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-22

ในการทดลองชุดนี้ อุณหภูมิของทุกตำแหน่งในระบบมีค่าใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังมีค่าใกล้เคียงกันตลอดเวลาทำการทดลองอีกด้วย ค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.0-30.0 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ดี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ หรือไม่มีผลกระทบต่อระบบนั่นเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 21 กราฟแสดงค่า โออาร์พี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4 - 22 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3. ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล การทดลองชุดที่ 3

การทดลองชุดที่ 3. เป็นการทดลองที่ใช้น้ำเสียดิบเติมสารอินทรีย์คาร์บอน (น้ำตาล) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ยูเรีย) เพื่อควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ให้เท่ากับ 9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 3 แสดงอยู่ในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 3

พารามิเตอร์ที่วัด	ตำแหน่งในระบบ							
	น้ำเสีย		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำออก	
	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ซีโอดี*(มก./ล.)	180	22	22	11	21	13	27	25
ทีเคเอ็น*(มก./ล.)	20.0	2.8	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.5
ซีโอดีต่อไนโตรเจน*	9.1	1.0	-	-	-	-	-	-
ไนเตรท*(มก./ล.)	-	-	14.5	3.7	14.9	3.8	15.3	3.4
ไนไตรท์*(มก./ล.)	-	-	0.39	0.39	0.29	0.40	0.21	0.26
ความเป็นด่าง*(มก./ล.)	155.5	23.5	73.8	19.3	70.6	20.5	69.5	18.5
ตะกอนแขวนลอย** (มก./ล.)	-	-	1247	561	1260	607	10	7
พีเอช***	7.27	0.16	7.34	0.12	7.71	0.11	7.78	0.10
ออกซิเจนละลาย*** (มก./ล.)	0.0	0.1	1.8	1.2	6.0	0.5	3.1	0.6
V_{30}***(มล./ล.)	-	-	91	36	94	35	-	-
โออาร์พี****(มิลลิโวลท์)	-142	52	435	22	468	17	480	17
อุณหภูมิ***(^{o}C)	27.2	1.5	27.1	1.6	27.0	1.6	27.0	1.5

หมายเหตุ * จำนวนข้อมูล(n) เท่ากับ 16 ,** เท่ากับ 14 ,*** เท่ากับ 32 ,**** เท่ากับ 16

ผลสรุปและการวิเคราะห์การทดลองชุดที่ 3. แยกตามพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังนี้

4.3.1. ค่า ซีโอดี

การทดลองชุดนี้ มีค่าเฉลี่ยของซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ เท่ากับ 180, 22, 21 และ 25 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-23

จากกราฟและค่าเฉลี่ย ซีโอดีของถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสูงในช่วงต้นการทดลอง และต่ำลงในช่วงท้าย ส่วนน้ำเสียมีค่าซีโอดีค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการทดลอง ค่าซีโอดีของน้ำในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ไม่ดีนัก เพียงประมาณ 87% เท่านั้น แต่ทั้งนี้ค่าประสิทธิภาพ 87% ดังกล่าวก็มิได้ถือว่าต่ำมากเกินไปนัก น้ำออกก็ยังมีคุณภาพที่ยอมรับได้

4.3.2. ค่าทีเคเอ็น

การทดลองชุดนี้ มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ย ทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 20.0, 1.2, 10.0 และ 0.8 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 2.8, 1.1, 0.9 และ 0.5 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-24

ค่าทีเคเอ็นของการทดลองชุดที่ 3. นี้ ในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าทีเคเอ็นของทั้ง 3 ตำแหน่ง มีค่าต่ำในช่วงต้นและกลางการทดลอง และมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงปลายการทดลอง ส่วนค่าทีเคเอ็นในน้ำเสียมีค่าค่อนข้างที่ตลอดชุดการทดลอง

การที่ทีเคเอ็นมีค่าต่ำแสดงให้เห็นว่า การทดลองชุดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนสูง (ประมาณ 95%) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีภายในระบบ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าไนเตรทที่มีอยู่สูงทุกตำแหน่งในระบบแล้ว ก็สามารถสรุปสนับสนุนได้ว่าไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีจริง

4.3.3. ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน

การทดลองชุดนี้ ต้องการควบคุมค่าซีโอดีต่อไนโตรเจน ให้เท่ากับ 9 ค่าเฉลี่ยจริงของอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน เท่ากับ 9.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1.0 ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3

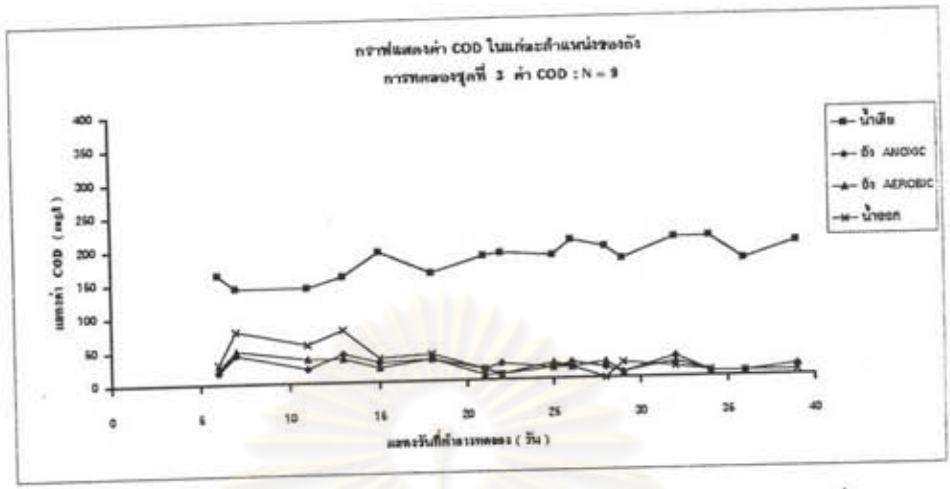
ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน เท่ากับ 9 นี้ เหมาะสมกับการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน เท่ากับ 9.1 ใกล้เคียงกับค่าอัตรส่วนที่ต้องการควบคุมมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานก็ต่ำ แสดงว่าการควบคุมอัตราส่วนทำได้ดีตามต้องการ

4.3.4. ค่าไนเตรท

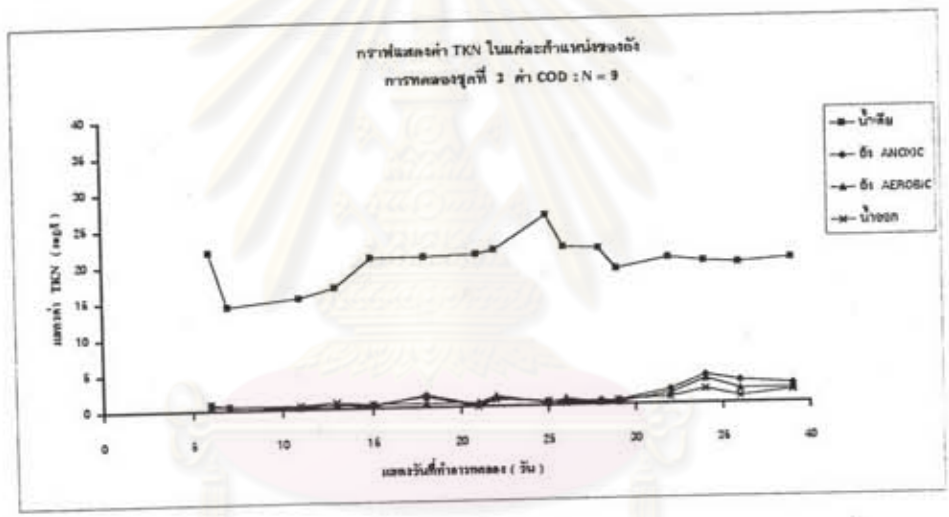
การทดลองนี้ มีค่าไนเตรทเฉลียในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 14.5, 14.9 และ 15.3 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 3.7, 3.8 และ 3.4 มก./ ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-25

ค่าไนเตรทในการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกันในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบ แต่มีค่าไม่คงที่ในช่วงการทดลอง โดยแปรเปลี่ยนขึ้นลงมาก สังเกตได้จากกราฟ นอกจากนี้ไนเตรทโดยรวมแล้วมีค่าสูงเป็นส่วนใหญ่ และมีค่าต่ำลงมาเป็นช่วงสั้นๆ เท่านั้น

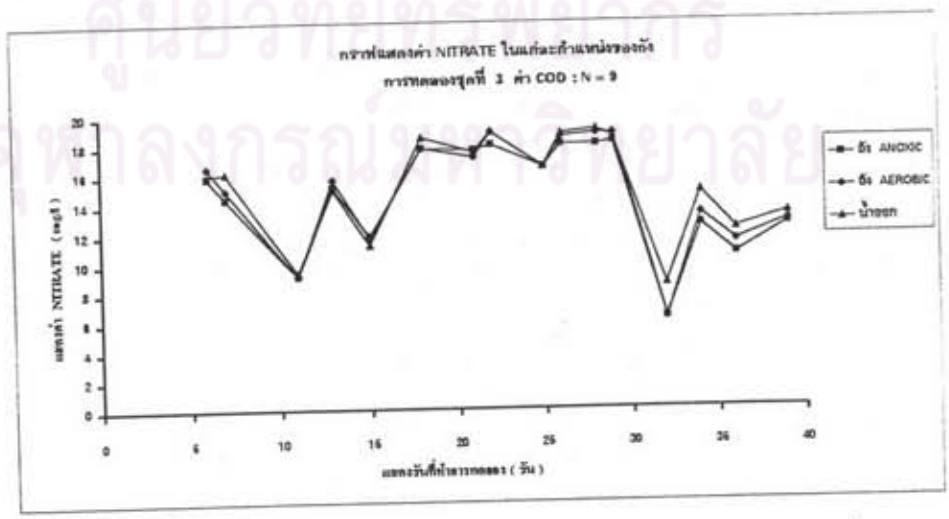
การที่ไนเตรทมีค่าสูง แสดงว่ามีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นมาก ทั้งนี้ประมาณ 70-80% ของทีเคเอ็นถูกแปลงเป็นไนเตรท ส่วนในช่วงที่ไนเตรทมีค่าต่ำนั้น ทีเคเอ็นก็ไม่ได้สูงขึ้น แสดงว่าเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้น โดยแปลงรูปไนเตรทให้กลายเป็นกาซไนโตรเจนหลุดออกไปจากระบบ



รูปที่ 4 - 23 กราฟแสดงค่า ซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 24 กราฟแสดงค่า ทีเคเอ็น ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 25 กราฟแสดงค่า ไนเตรท ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

4.3.5. ค่าไนไตรท์

การทดลองนี้มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 14.51, 14.88 และ 15.26 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 3.71, 3.79 และ 3.45 มก./ ล. ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-26

ค่าไนไตรท์ในการทดลองชุดนี้เห็นได้ว่า ภายในถังแอนนอกซิก มีค่าสูงกว่าถังแอโรบิก และน้ำออก (ทั้ง 2 ตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกัน) นอกจากนี้ ค่าไนไตรท์ยังแปรปรวนมากตลอดช่วงการทดลอง โดยมีค่ากระโดดขึ้นสูงมากในช่วงวันที่ 15 เพียงช่วงเดียว แล้วมีค่าค่อนข้างสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายการทดลอง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากกราฟ

การที่ค่าไนไตรท์มีค่าสูงเป็นช่วงๆ นี้ จะเห็นได้ว่าในช่วงที่ไนไตรท์มีค่าสูงนั้น ถังแอนนอกซิกจะมีไนไตรท์สูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าไนเตรท ในช่วงดังกล่าวยังมีค่าไนเตรทลดลงจากค่าเดิม เช่น วันที่ 15 ของการทดลอง ไนไตรท์มีค่าสูง (สูงมากในถังแอนนอกซิก) ส่วนไนเตรทก็มีค่าลดลงจากประมาณ 18 มก./ ล. เหลือเพียง 10 มก./ ล. เหตุการณ์ดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้ว่า ภายในระบบเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้น ในวันที่ 15 ของการทดลองและช่วงท้ายของการทดลอง ทั้งนี้การที่ไนเตรทยังมีค่าสูงอยู่ ก็แสดงให้เห็นได้อีกว่าดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้น เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์นัก จึงทำให้ไนเตรทถูกกำจัดไปไม่หมด อีกทั้งในช่วงดังกล่าวไนไตรท์ก็มีค่าสูง ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้น เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์

4.3.6. ค่าความเป็นด่าง

ในการทดลองชุดนี้ ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 77.8, 36.9, 35.3 และ 34.8 มก./ ล. ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 11.7, 9.7, 10.2 และ 9.3 มก./ ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าความเป็นด่างในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-27

ในการทดลองชุดนี้ ค่าความเป็นด่างในถังแอนนอกซิก, ถังแอโรบิก และน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกันมากตลอดชุดการทดลอง ค่าดังกล่าวมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงต้นและกลางการทดลอง และมีค่าสูงขึ้นในช่วงท้าย ส่วนน้ำเสียก็มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงต้น และกลาง และมีค่าสูงขึ้นในช่วงท้าย เช่นกัน ทั้งนี้รายละเอียดดังกล่าวสามารถดูได้จากกราฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 2 การทดลองชุดที่ 3 นี้ มีค่าความเป็นด่างต่ำกว่าชุดที่ 1 มาก และต่ำว่าชุดที่ 2 เล็กน้อย เนื่องจากระบบมีค่าทีเคเอ็นมากกว่าชุดที่ 1 และมีค่าซีโอดีมากกว่าการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 จึงต้องใช้ค่าความเป็นด่างในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งสองมากขึ้น

เพื่อพิจารณาค่าความเป็นด่างร่วมกับพีเอช ได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับชุดที่ 1 และชุดที่ 2 กล่าวคือค่าความเป็นด่างมีเหลืออยู่ในระบบ และค่าพีเอชไม่ตกลงมาก ดังนั้นค่าความเป็นด่างจึงพอเพียงสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน และไนตริฟิเคชัน

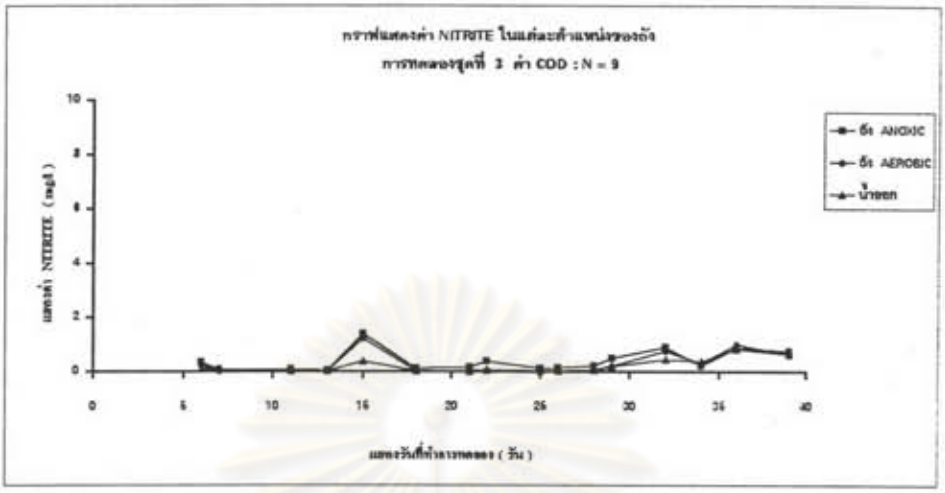
4.3.7. ค่าตะกอนแขวนลอย

ในการทดลองชุดที่ 3 นี้ มีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย ในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกเท่ากับ 1247, 1260 และ 10 มก./ ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 561, 607 และ 7 มก./ ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-28

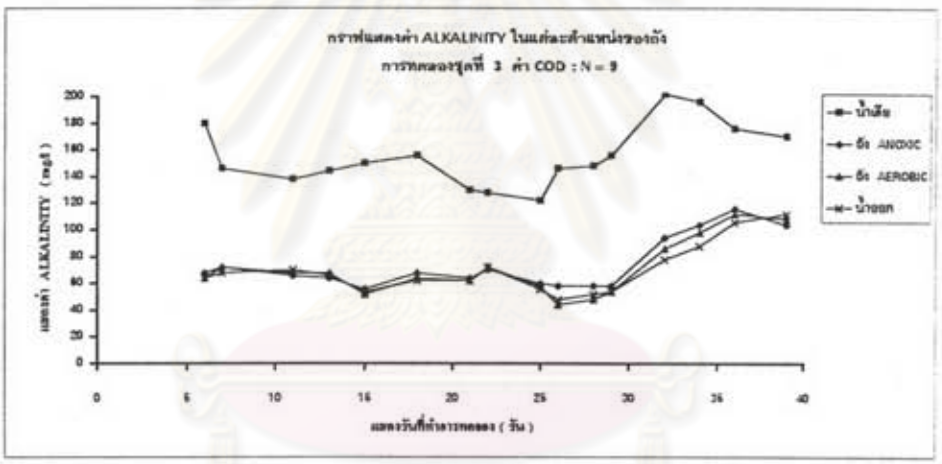
จากกราฟและค่าเฉลี่ย เห็นได้ว่า ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก ของการทดลองชุดนี้ มีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง โดยมีค่าสูงในช่วงต้นแล้วลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงกลางและปลายการทดลอง

โดยรวมแล้ว ตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 3 นี้ สูงขึ้นกว่าชุดที่ 2 และชุดที่ 1 เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (ซีโอดี) เพิ่มขึ้น

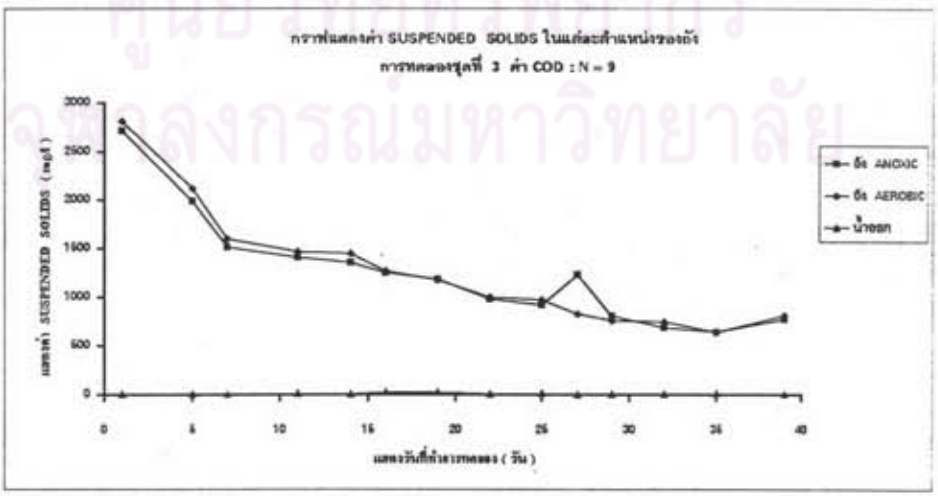
น้ำออกในการทดลองชุดนี้ค่อนข้างใส แต่ก็มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกไป ในบางช่วงของการทดลอง แต่ก็มิได้มากเกินไปจนไม่สามารถควบคุมค่าอายุตะกอนได้ โดยที่ค่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกนั้น เกิดจากการฟุ้งกระจายของตะกอน ส่วนตะกอนยังมีลักษณะจมตัวดี สังเกตได้จากค่า V_{30} ที่มีค่าต่ำ



รูปที่ 4 - 26 กราฟแสดงค่า ไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 27 กราฟแสดงค่าความเป็นด่าง ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 28 กราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.8. ค่าพีเอช

ในการทดลองชุดนี้ ค่าพีเอชเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 7.27, 7.34, 7.71 และ 7.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.16, 0.12, 0.11 และ 0.10 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-29

ค่าพีเอชในการทดลองชุดนี้มีความแปรปรวนน้อย ในแต่ละตำแหน่งของระบบมีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง โดยที่น้ำเสียมีพีเอชต่ำที่สุด ใกล้เคียงกับน้ำภายในถังแอนนอกซิก ส่วนน้ำในถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าสูง

ค่าพีเอชของระบบโดยรวมอยู่ในช่วง 7 - 8 เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าความเป็นด่าง แสดงให้เห็นว่า ภายในระบบมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ และไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น โดยที่พีเอชไม่ลดลงต่ำ แสดงว่าค่าความเป็นด่าง (ซึ่งเป็น บัฟเฟอร์) มีค่าพอเพียง

เช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 2 พีเอชของน้ำในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำกว่าภายในถังแอโรบิก แสดงว่ามีการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังแอนนอกซิกมากกว่าถังแอโรบิก นอกจากนี้การที่พีเอชมีค่าสูงกว่าการทดลองชุดที่ 2 อาจกล่าวได้ว่า มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในบางช่วงของการทดลอง

4.3.9. ค่าออกซิเจนละลาย

การทดลองชุดนี้ มีค่าออกซิเจนละลาย.เฉลี่ยทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.0, 1.8, 6.0 และ 3.1 มก./ ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.1, 1.2, 0.5 และ 0.6 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายในตำแหน่งต่างๆของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-30

ค่าออกซิเจนละลายของน้ำเสีย มีค่าต่ำตลอดชุดการทดลอง เนื่องจากน้ำเสียมีสารอินทรีย์สูงและเกิดการย่อยแบบไร้ออกซิเจนขึ้นในถังเก็บน้ำเสีย ส่วนในถังแอนนอกซิก ค่าออกซิเจนละลาย.มีค่าไม่เท่ากับศูนย์เลย โดยมีค่าค่อนข้างสูงและแปรปรวน ส่วนในถังแอโรบิกค่าออกซิเจนละลายสูงมาก แต่แปรปรวนน้อย และในน้ำออกค่าออกซิเจนละลาย. ก็มีค่าค่อนข้างคงที่

การที่ออกซิเจนละลาย.ในถังแอนนอกซิกมีค่าสูงและไม่เท่ากับศูนย์ แสดงให้เห็นได้ว่า ไม่มีดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังแอนนอกซิก แต่เมื่อพิจารณาค่าไนเตรท ไนไตรท์ ตามหัวข้อ

ที่ผ่านมาแล้ว แสดงให้เห็นถึงการเกิดดีไนตริฟิเคชันบางส่วน ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าว ขัดแย้งกับค่าออกซิเจนละลาย ที่มีค่าสูง เหตุการณ์ดังกล่าวอาจสามารถอธิบายได้ว่าดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นบางส่วนนั้น เกิดขึ้นในช่วงเวลาบางส่วนที่มีออกซิเจนละลายต่ำใกล้ศูนย์บางช่วงเท่านั้น

การที่ออกซิเจนละลายในถังแอโรบิกสูง อาจเนื่องจากในถังแอนนอกซิก เกิดการย่อยซีโอดีไปหมดแล้ว ทำให้ซีโอดีเข้าสู่ถังแอโรบิกน้อย ทำให้ค่าออกซิเจนละลายถูกใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยทำให้เหลือตกค้างมาก ทั้งนี้ค่าออกซิเจนละลายในถังนี้มีค่าสูงทำให้ค่าออกซิเจนละลายถูกหมุนเวียนไปยังถังแอนนอกซิกสูงตามไปด้วย

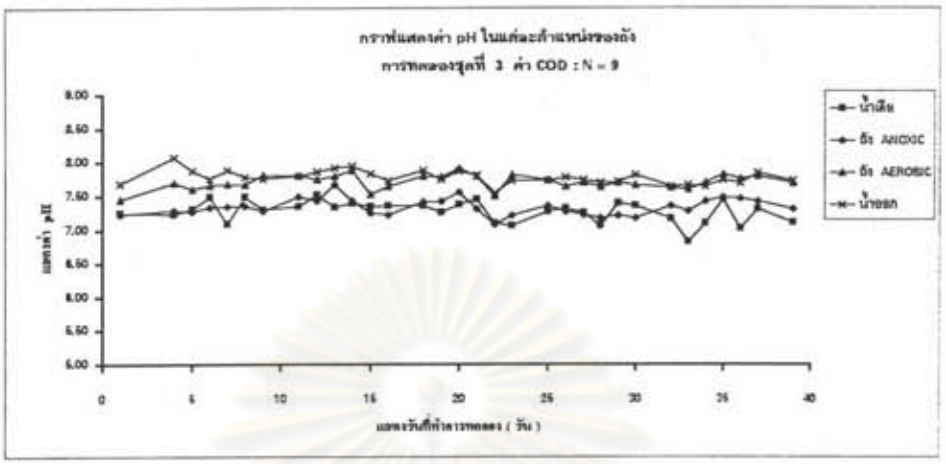
4.3.10. ค่า V_{30}

การทดลองชุดนี้ ค่าเฉลี่ยของ V_{30} ในทั้ง 2 ตำแหน่งของระบบ เท่ากับ 91 และ 94 มล./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 36 และ 35 มล./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่า V_{30} ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-31

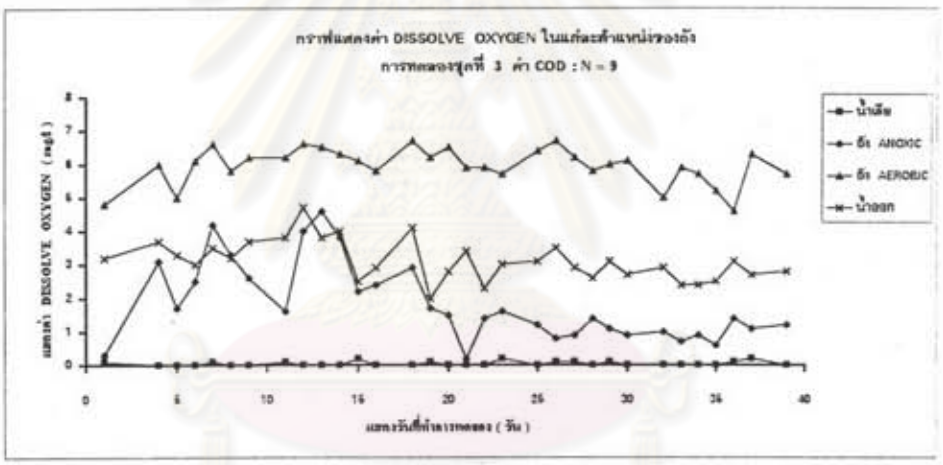
ค่า V_{30} ของถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าต่ำและลดลงตลอดช่วงการทดลอง สังเกตได้จากกราฟ

การที่ V_{30} มีค่าต่ำแสดงให้เห็นว่า ตะกอนมีลักษณะสมบัติจมตัวดี ไม่ก่อปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัว และการที่ V_{30} มีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ลดลงนั่นเอง

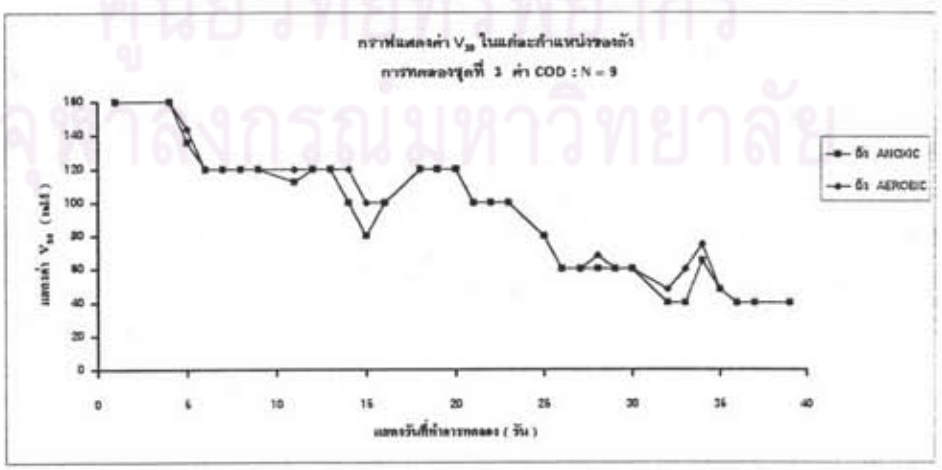
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 29 กราฟแสดงค่าพีเอช ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 30 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 31 กราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

3.11. ค่าโออาร์พี

การทดลองชุดนี้ มีค่าโออาร์พีเฉลี่ยของทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ -142, 435, 468 และ 480 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 52, 22, 17 และ 17 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-32

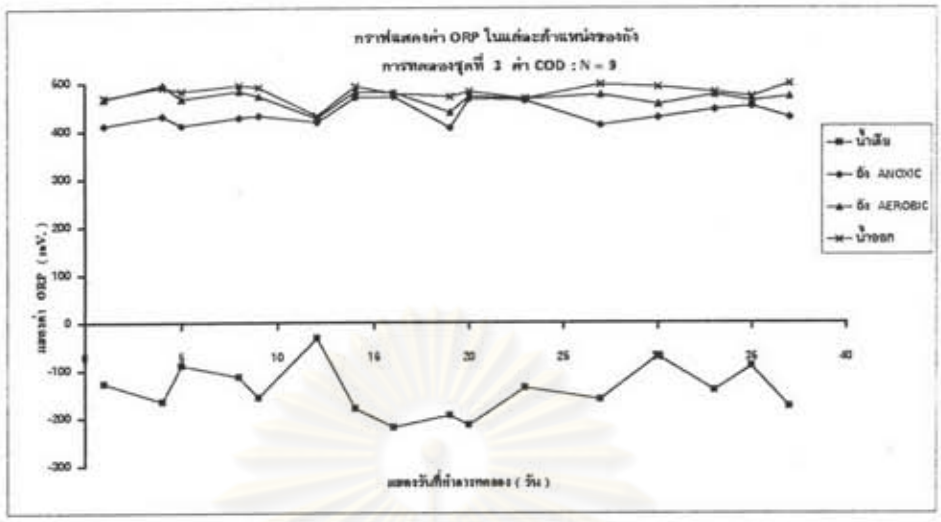
น้ำเสียมีค่าโออาร์พีแปรปรวน และเป็นค่าลบทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงสภาพไร้ออกซิเจนของน้ำเสีย ส่วนในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และ น้ำออก มีค่าใกล้เคียงกันที่ +400 ถึง +500 มิลลิโวลท์ โดยที่ถังแอนนอกซิก มีค่าโออาร์พีต่ำที่สุด ค่าโออาร์พีที่มากขนาดนี้ แสดงให้เห็นว่าในระบบมี Oxidizing Agent เช่น ออกซิเจน ไนเตรท อยู่มาก

3.12. ค่าอุณหภูมิ

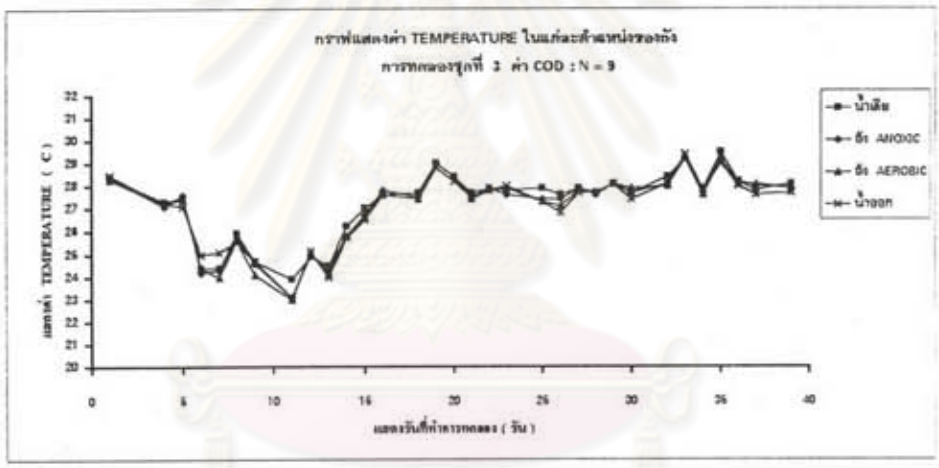
การทดลองชุดนี้ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 27.2, 27.1, 27.0 และ 27.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1.5, 1.6, 1.6 และ 1.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-3 รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของการทดลอง แสดงอยู่ในรูปที่ 4-33

จากกราฟ อุณหภูมิในทุกๆตำแหน่งของระบบ มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยที่ในช่วงต้นการทดลองมีค่าต่ำ และสูงขึ้นจนกระทั่งคงที่ไปตลอดช่วงการทดลองที่เหลือ ทั้งนี้ค่าอุณหภูมิ อยู่ในช่วงประมาณ 23.0- 30.0 °C นี้เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ หรืออาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 32 กราฟแสดงค่าโออาร์พี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4 - 33 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล การทดลองชุดที่ 4

การทดลองชุดที่ 4 นี้ เป็นการทดลองที่ใช้น้ำเสียดิบเติมสารอินทรีย์คาร์บอน (น้ำตาล) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ยูเรีย) เพื่อควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ให้เท่ากับ12 . ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 4 แสดงอยู่ในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 4

พารามิเตอร์ที่วัด	ตำแหน่งในระบบ							
	น้ำเสีย		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำออก	
	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ซีโอดี*(มก./ล.)	263	51	15	14	17.2	15.9	18	13
ทีเคเอ็น*(มก./ล.)	21.9	4.0	1.8	1.8	1.4	1.5	1.2	1.3
ซีโอดีต่อไนโตรเจน*	12.2	2.3	-	-	-	-	-	-
ไนเตรท*(มก./ล.)	-	-	8.8	3.1	10.1	2.8	10.3	2.7
ไนไตรท์*(มก./ล.)	-	-	0.41	0.41	0.15	0.23	0.26	0.30
ความเป็นด่าง*(มก./ล.)	120.1	26.6	97.4	17.0	90.5	16.7	89.2	14.7
ตะกอนแขวนลอย** (มก./ล.)	-	-	1556	517	1811	505	16	18
พีเอช***	6.85	0.45	7.31	0.13	7.67	0.17	7.77	0.26
ออกซิเจนละลาย*** (มก./ล.)	0.0	0.1	0.1	0.2	5.5	0.9	3.6	1.1
V_{30}***(มล./ล.)	-	-	324	243	347	239	-	-
โออาร์พี****(มิลลิโวลท์)	-104	114.5	420	30	470	24	450	30
อุณหภูมิ***(^{o}C)	26.2	1.2	26.1	1.3	26.1	1.2	26.1	1.3

หมายเหตุ * จำนวนข้อมูล(n) เท่ากับ 17 ,** เท่ากับ 16 ,*** เท่ากับ 26 ,**** เท่ากับ 16

ผลสรุปและข้อวิเคราะห์การทดลองชุดที่ 4 แยกตามพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังนี้

4.4.1. ค่าซีโอดี

การทดลองชุดนี้ มีค่าซีโอดีเฉลี่ยทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 263, 15, 17 และ 18 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 51, 14, 16 และ 13 มก./ล. ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-34

จากกราฟค่าซีโอดีของน้ำเสียมีค่าแปรปรวนไม่คงที่ ส่วนในอีก 3 ตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง และมีค่าแปรปรวนสูงต่ำเช่นเดียวกับน้ำเสีย โดยมีค่าสูงเป็นบางช่วง เช่นในวันที่ 16 และวันที่ 22 แขดงการทดลอง

การที่บางช่วงมีค่าซีโอดีในระบบสูงนั้น อาจเกิดจากน้ำเสียดิบมีค่าซีโอดีที่เข้าสู่ระบบแปรปรวนสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเกิด shock Load ขึ้นภายในระบบ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบลดลงเป็นช่วงๆ เช่นในวันที่ 22 ของการทดลอง มีค่าซีโอดีของน้ำเสียสูงถึง 363.28 มก./ล. ทีเดียว

โดยรวมแล้วประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของการทดลองชุดนี้ แม้ว่าจะมีค่าซีโอดีในระบบสูงเป็นบางช่วง แต่ก็ยังถือว่ามีประสิทธิภาพดีพอควร เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย

4.4.2. ค่าทีเคเอ็น

การทดลองชุดนี้ มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 21.9, 1.8, 1.4 และ 1.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 4.0, 1.8, 1.5 และ 1.3 มก./ล. ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-35

จากกราฟ น้ำเสียมีค่าทีเคเอ็นค่อนข้างคงที่ ค่าในวันที่ 22 ที่สูงขึ้นมากผิดปกติ ส่วนในอีก 3 ตำแหน่งของระบบ ทีเคเอ็นมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำตลอดช่วงการทดลอง ยกเว้นในช่วงวันที่ 22 ถึง 23 ของการทดลองที่มีค่าสูงขึ้น

ในช่วงวันที่ 22 ถึง 23 ของการทดลอง ทีเคเอ็นของน้ำเสียมีค่าสูงมากผิดปกติ (มีค่าถึง 35.36 มก./ล.) ทำให้เกิด shock load ขึ้นในระบบส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายทีเคเอ็นได้หมด ทำให้ค่าทีเคเอ็นเหลือค้างในระบบ

กล่าวโดยรวมแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของการทดลองชุดนี้อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าทีเคเอ็นเหลือค้างอยู่ในระบบน้อย หรืออาจกล่าวได้ว่า กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดี สามารถแปรรูปทีเคเอ็นเป็นไนเตรทได้มาก

4.4.3. ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน

การทดลองชุดนี้ ต้องการควบคุมค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนให้เท่ากับ 12 ค่าเฉลี่ยจริงของอัตราส่วนซีโอดีต่อทีเคเอ็น เท่ากับ 12.19 ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 2.34 ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4

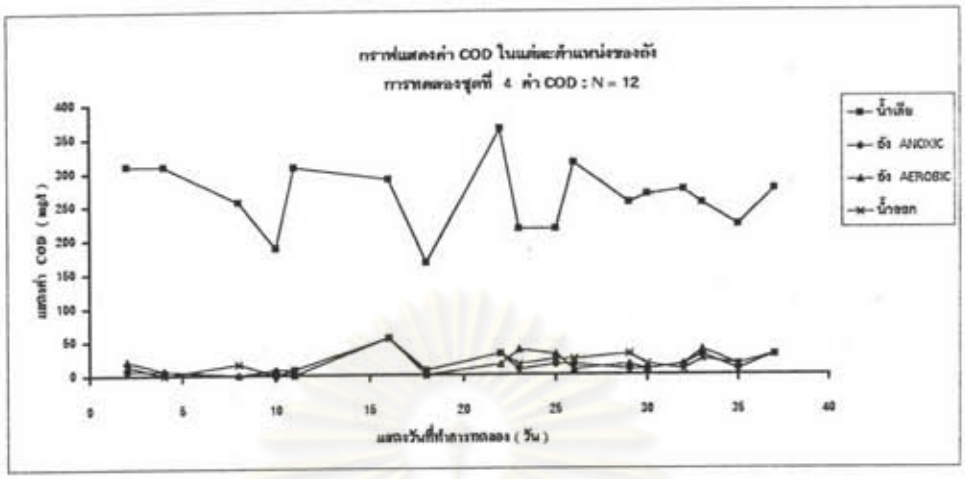
ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนนั้นใกล้เคียงกับที่ต้องการควบคุม แต่ค่าอัตราส่วนมีความแปรปรวนสูง ทั้งนี้ค่าอัตราส่วนดังกล่าว อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นได้

4.4.4. ค่าไนเตรท

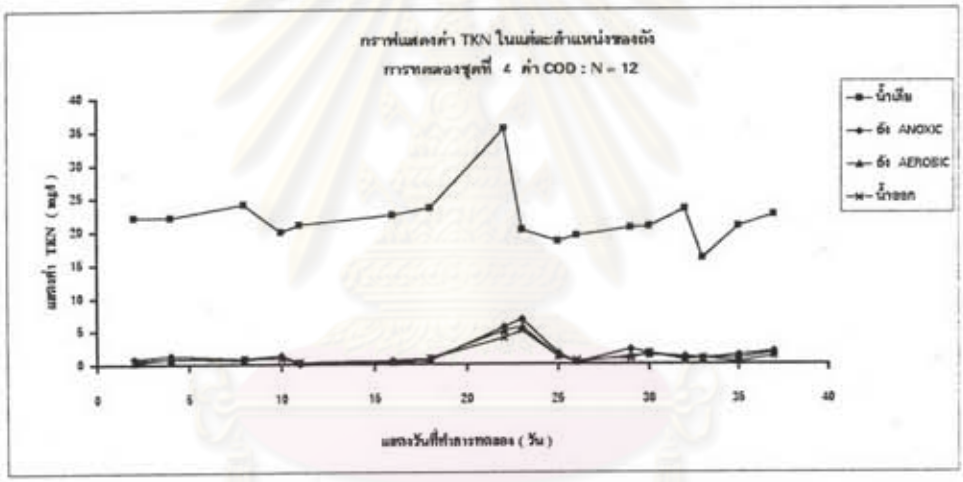
การทดลองชุดนี้ มีค่าไนเตรทเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 8.8, 10.1 และ 10.3 มก./ล. ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 3.1, 2.8 และ 2.7 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-36

ค่าไนเตรทในการทดลองชุดนี้มีค่าใกล้เคียงกันในทั้ง 3 ตำแหน่งของการทดลองตลอดชุดการทดลองนี้ ค่าไนเตรทมีค่าแปรปรวนสูงต่ำตลอดชุด แต่ทั้งนี้มองโดยรวมแล้ว ไนเตรทมีค่าต่ำกว่าการทดลองชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 3 ทั้งนี้ในช่วงวันที่ 22 ถึง 23 และวันที่ 37 ของการทดลองมีค่าไนเตรทต่ำมาก

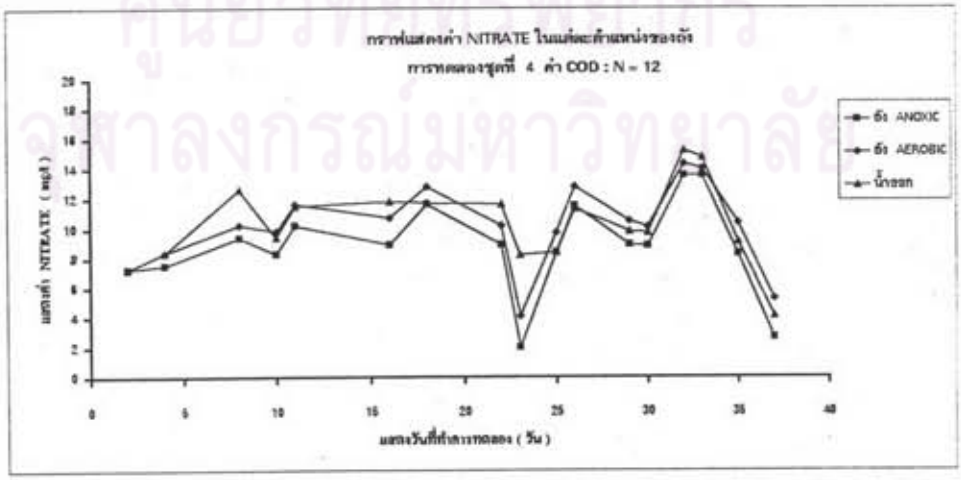
การที่ไนเตรทมีค่าลดลงมากกว่าการทดลองชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 3 โดยที่ทีเคเอ็นยังคงมีค่าต่ำนั้น แสดงให้เห็นว่า มีการกำจัดไนเตรทเกิดขึ้นในระบบ หรืออาจกล่าวได้ว่า มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นภายในระบบ ทั้งนี้ดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นนั้น ยังเกิดได้ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากไนเตรทยังมีเหลืออยู่ในระบบมาก ส่วนการที่มีไนเตรทเหลืออยู่ในระบบน้อยเป็นบางช่วง เช่น ในช่วงวันที่ 22 ถึง 23 และช่วงท้ายสุดวันที่ 37 ของการทดลองนั้น ในช่วงดังกล่าว อาจเกิดสภาพที่เหมาะสมในการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นในอัตราที่สูง เช่น การที่ซีโอดีเข้าสู่ระบบสูง เป็นต้น



รูปที่ 4 - 34 กราฟแสดงค่า ซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 35 กราฟแสดงค่า ทีเคเอ็น ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 36 กราฟแสดงค่า ไนเตรท ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

4.4.5. ค่าไนไตรท์

การทดลองชุดนี้ มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.41, 0.15 และ 0.26 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.41, 0.23 และ 0.30 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-37

จากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าไนไตรท์ในถังแอนนอกซิก มีค่าสูงกว่าภายในถังแอโรบิกและน้ำออก โดยที่ทั้ง 2 ตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ทั้งนี้ค่าไนไตรท์ของทั้ง 3 ตำแหน่งก็มีแนวโน้มขึ้นและลงเหมือนกันตลอดการทดลอง นอกจากนี้ค่าไนไตรท์ในทุกตำแหน่งยังมีค่าความแปรปรวนสูง มีค่ากระโดดสูงขึ้นมากในวันที่ 23 ถึง 25 และช่วงท้ายของการทดลอง

การที่ไนไตรท์มีค่าสูงขึ้นมากในช่วงดังกล่าว เมื่อพิจารณาร่วมกับไนเตรท จะเห็นได้ว่าเป็นช่วงที่ไนเตรทมีค่าต่ำ แต่ยังมีค่าอยู่มากพอควร ค่าไนไตรท์ที่สูงและไนเตรทที่ต่ำชี้ให้เห็นว่ามีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น โดยสามารถแปลงไนเตรทในระบบได้เพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ การที่ไนไตรท์ในถังแอนนอกซิกมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าการทดลองชุดที่ 3 และสูงกว่าส่วนอื่นๆ ของระบบ แสดงให้เห็น ถึงการเกิดดีไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ขึ้นในถังแอนนอกซิกมีมากขึ้นกว่าการทดลองชุดที่ 3

4.4.6. ค่าความเป็นด่าง

การทดลองชุดนี้ มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 120.1, 97.4, 90.5 และ 89.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 26.7, 17.1, 16.7 และ 14.7 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาพผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าความเป็นด่างในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-38

จากกราฟ น้ำเสียมีความเป็นด่างค่อนข้างแปรปรวน แต่ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าอีก 3 ตำแหน่งของระบบ ส่วนในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าความเป็นด่างใกล้เคียงกันทั้ง 3 ตำแหน่งตลอดชุดการทดลอง โดยมีค่าแปรปรวนไม่มากนัก และมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3

การที่การทดลองชุดนี้มีความเป็นด่างสูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 ทั้งๆที่ต้องใช้ความเป็นด่างในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนที่มากกว่าการทดลองที่ 1 ถึง 3 แสดงว่ามีการให้ค่าความเป็นด่างขึ้นในระบบ แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าพีเอชแล้ว ได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 ถึง 3 กล่าวคือ ค่าความเป็นด่างมีคงเหลืออยู่ในระบบและพีเอชไม่ลดลงมาก ดังนั้น ค่าความเป็นด่าง จึงพอเพียงต่อการย่อยสารอินทรีย์คาร์บอน และกระบวนการไนตริฟิเคชัน

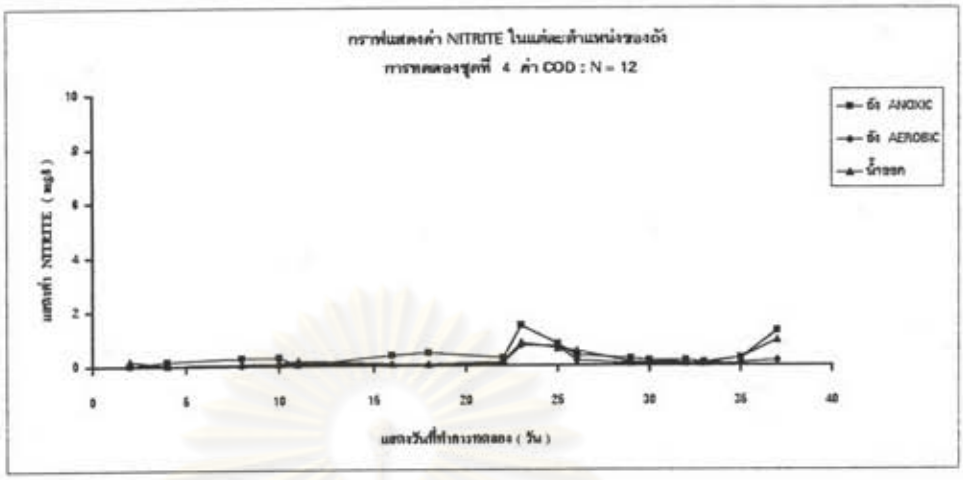
4.4.7. ค่าตะกอนแขวนลอย

การทดลองชุดที่ 4 นี้ มีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยใน 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 1556, 1811 และ 15 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 517, 505 และ 18 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอยในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-39

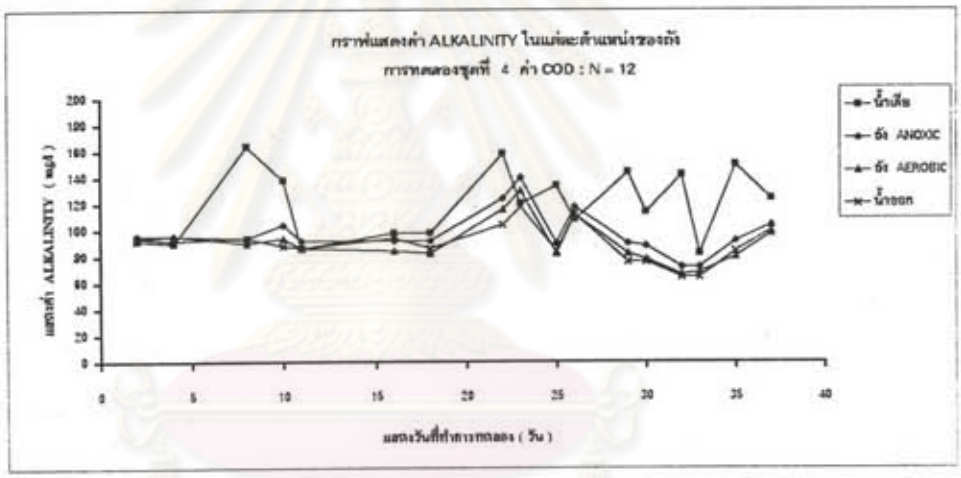
จากกราฟ ค่าตะกอนแขวนลอยของถังแอนนอกซิกจะมีค่าต่ำกว่าค่าตะกอนแขวนลอยในถังแอโรบิกอยู่เล็กน้อยตลอดชุดการทดลอง ทั้งนี้ในทั้งสองถังมีแนวโน้มเหมือนกัน คือลดลงอย่างช้าๆ ตลอดชุดการทดลอง และแปรปรวนน้อย ค่าตะกอนแขวนลอยโดยเฉลี่ยแล้วสูงกว่าในชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 3 เนื่องจากในการทดลองชุดนี้มีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนมากขึ้น

น้ำออกของการทดลองชุดนี้ โดยปกติมีลักษณะใส มีตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกจากระบบน้อย ยกเว้นในบางวันซึ่งเกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนเนื่องจากการเติมอากาศขึ้น ทำให้ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำออกสูงมากเกินกว่าที่จะใช้ในการควบคุมอายุตะกอน ทั้งนี้เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดในช่วงสั้นๆ ทำให้การควบคุมอายุตะกอนยังสามารถทำได้ดีอยู่ และโดยรวมแล้วตะกอนจุลินทรีย์ของการทดลองชุดนี้มีลักษณะตกตะกอนได้ดีพอควร สังเกตได้จากค่า V_{30} ซึ่งมีค่าต่ำเป็นส่วนใหญ่

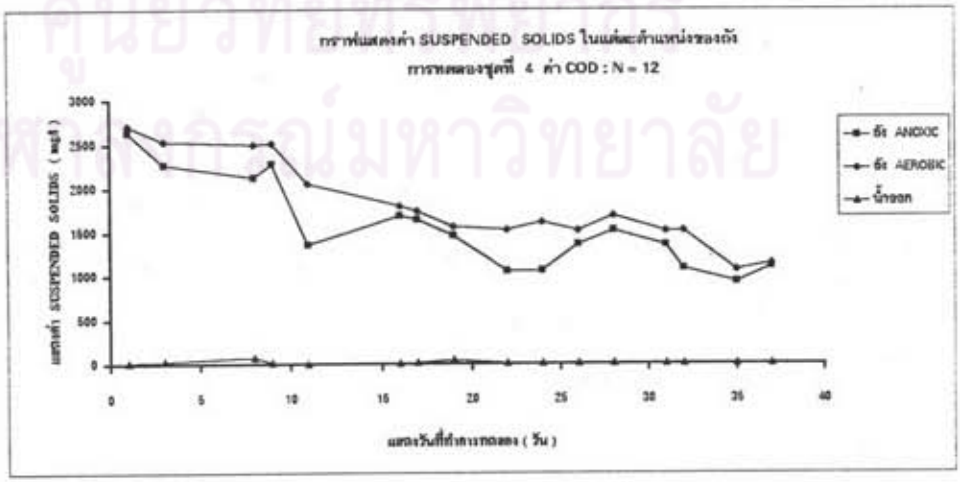
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 37 กราฟแสดงค่า ไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 38 กราฟแสดงค่าความเป็นด่าง ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 39 กราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8 ค่าพีเอช

การทดลองชุดที่ 4 นี้มีค่าพีเอชเฉลี่ยใน 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 6.85, 7.31, 7.67 และ 7.77 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.45, 0.13, 0.17 และ 0.26 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-40

ค่าพีเอชในการทดลองชุดนี้มีค่าความแปรปรวนน้อย โดยที่น้ำเสียมีค่าต่ำที่สุด ถังแอนนอกซิกมีค่าสูงขึ้น ส่วนถังแอโรบิก และน้ำออกมีค่าสูงขึ้นกว่าถังแอนนอกซิก และมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้สามารถ สังเกตได้จากกราฟ

น้ำเสียมีพีเอชต่ำเนื่องจากเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในถังพักน้ำเสียขึ้น ส่วนถังแอนนอกซิกมีพีเอชต่ำกว่าในถังแอโรบิก เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนแบบไร้ออกซิเจนขึ้นภายในถังแอนนอกซิกมาก ทำให้ความเป็นด่างถูกใช้ไปมากพีเอชจึงต่ำลง ถึงแม้ว่าข้อสรุปจากหัวข้อต้นๆ ทำให้ทราบว่ามีกระบวนการดีไนตริคฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบ (ซึ่งหมายถึงพีเอชควรมีค่าสูงขึ้น เพราะดีไนตริฟิเคชันให้ความเป็นด่าง) แต่ดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นยังไม่สมบูรณ์นัก นอกจากนี้ปริมาณความเป็นด่างที่ดีไนตริฟิเคชันให้กับระบบยังมีค่าน้อยกว่าที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนอีกด้วย

การที่ระบบมีพีเอชอยู่ในช่วง 7 ถึง 8 นี้ เมื่อพิจารณาร่วมกับความเป็นด่าง สรุปได้ว่า ความเป็นด่างมีค่าพอเพียงต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและไนตริฟิเคชัน ทำให้พีเอชไม่ลดลงจนก่อปัญหาให้กับระบบ

4.4.9. ค่าออกซิเจนละลาย

การทดลองชุดนี้ มีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ยใน 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.0, 0.1, 5.5 และ 3.6 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.1, 0.2, 0.9 และ 1.1 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-41

ค่าออกซิเจนละลายของน้ำเสียมีค่าต่ำมาก เนื่องจากมีการย่อยแบบไร้ออกซิเจนขึ้นทำให้ออกซิเจนละลายมีค่าใกล้ศูนย์ สำหรับถังแอนนอกซิกมีออกซิเจนละลายต่ำเช่นกัน โดยส่วนใหญ่มีค่าใกล้ศูนย์ ส่วนออกซิเจนละลายในถังแอโรบิกยังคงมีค่าสูงอยู่ น้ำออกก็มีออกซิเจนละลายสูงเช่นกัน

การที่ออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมีค่าใกล้ศูนย์ และบางช่วงก็มีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงให้เห็นถึงสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้น ทั้งนี้ค่าออกซิเจนละลายที่มีค่าใกล้ศูนย์ เช่น 0.1, 0.2 มก./ล. อาจไม่มีออกซิเจนละลายอยู่เลยก็ได้ เนื่องจากความผิดพลาดของเครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายที่วัดได้ค่อนข้างหยาบ

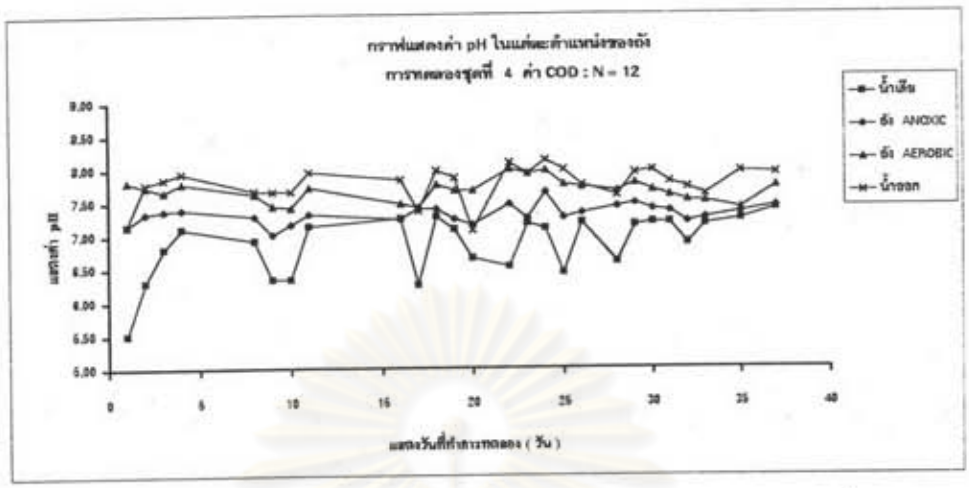
เมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกร่วมกับค่าไนเตรทแล้ว เห็นได้ว่า ดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้บางส่วนเท่านั้น (เพราะมีค่าไนเตรทเหลืออยู่ในระบบสูงเกือบตลอดช่วงการทดลอง) ทั้งนี้ แสดงว่าสารอินทรีย์คาร์บอน ที่เข้าสู่ระบบในถังแอนนอกซิก ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนจากค่าออกซิเจนละลายที่หมุนเวียนจากถังแอโรบิกใช้ไปเกือบหมด ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้อยหรือหมดลง และสารอินทรีย์คาร์บอนก็เหลือน้อยด้วย ไม่เพียงพอต่อการเกิดดีไนตริฟิเคชันที่สมบูรณ์ขึ้นในระบบ

4.4.10. ค่า V_{30}

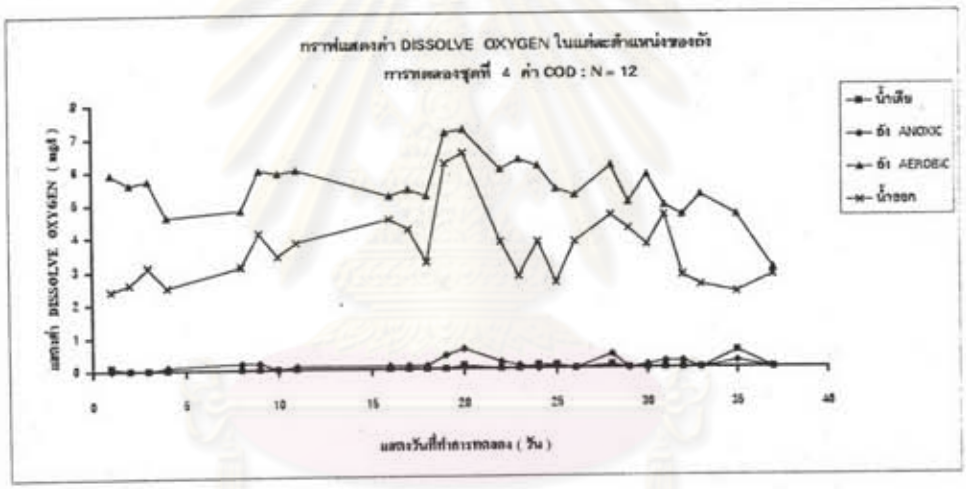
การทดลองชุดนี้ มีค่า V_{30} เฉลี่ยในทั้ง 2 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 324 และ 347 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 243 และ 239 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-42

จากกราฟค่า V_{30} ของถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มขึ้นลงเหมือนกันตลอดชุดการทดลอง โดยที่ถังแอนนอกซิกจะมี V_{30} ต่ำกว่าถังแอโรบิกเล็กน้อย

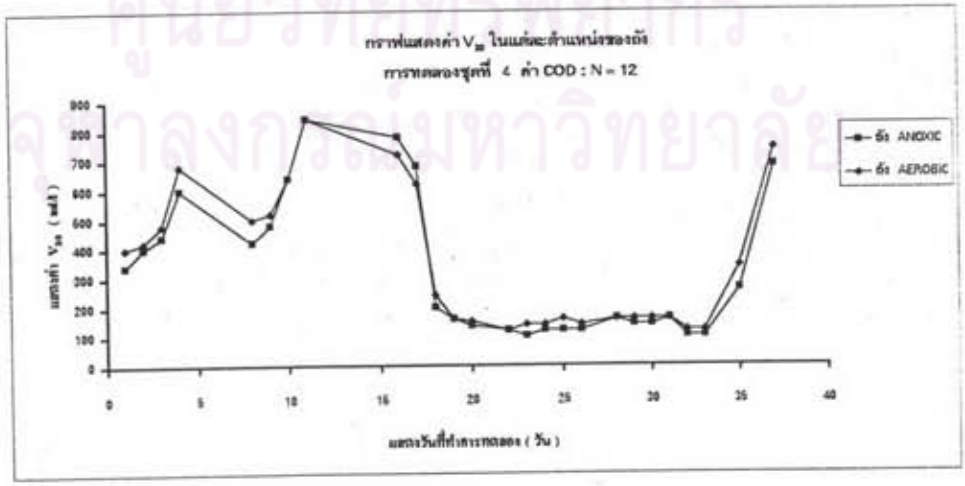
สำหรับการทดลองชุดนี้ V_{30} มีค่าสูงเป็นช่วงๆ ในช่วงต้นและท้ายการทดลองโดยค่า V_{30} ที่สูงนั้นสูงถึง 800 มก./ล. ทีเดียว แสดงให้เห็นว่า ตะกอนจุลินทรีย์มีแนวโน้มที่จะก่อปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวขึ้น แต่ทั้งนี้ในตลอดชุดการทดลองก็ยังสามารถแยกตะกอนออกจากน้ำได้ ค่า V_{30} ที่สูงจึงไม่ก่อปัญหานัก



รูปที่ 4 - 40 กราฟแสดงค่าพีเอช ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 41 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 42 กราฟแสดงค่าV_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

4.4.11. ค่า โออาร์พี

การทดลองชุดนี้ มีค่าโออาร์พีเฉลี่ยใน 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ -104, 420, 470 และ 450 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 115, 30, 24 และ 30 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-43

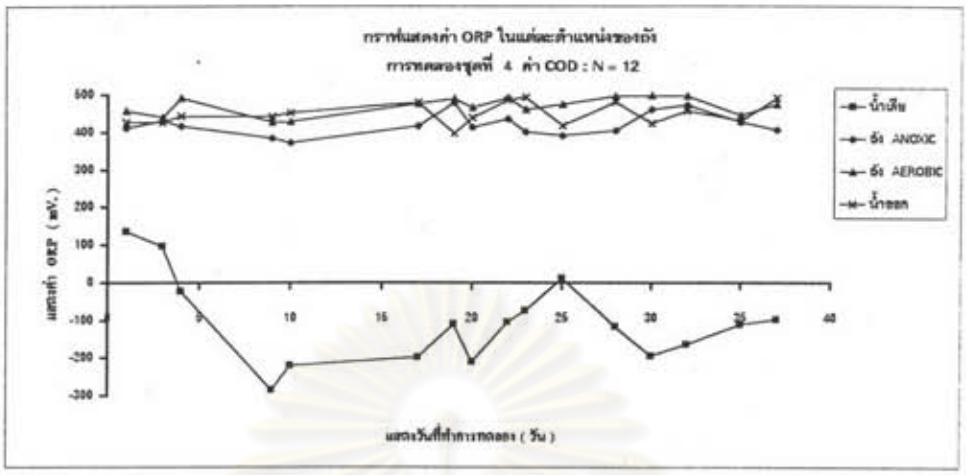
น้ำเสียมีค่าโออาร์พีแปรปรวน และส่วนใหญ่มีค่าลบ แสดงถึงสภาพไร้ออกซิเจนของน้ำเสีย ส่วนถังแอนนอกซิกมีโออาร์พีต่ำกว่าถังแอโรบิกและน้ำออก ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเล็กน้อย ทั้งนี้แสดงถึงการมี Oxidazing Agent ในระบบมากเช่น ออกซิเจนละลาย ไนเตรท เป็นต้น และการที่ถังแอนนอกซิกมีค่าโออาร์พีน้อยกว่าแอโรบิก อาจแสดงให้เห็นว่าในถังแอนนอกซิก มี Oxidazing Agent น้อยกว่า

4.4.12 ค่าอุณหภูมิ

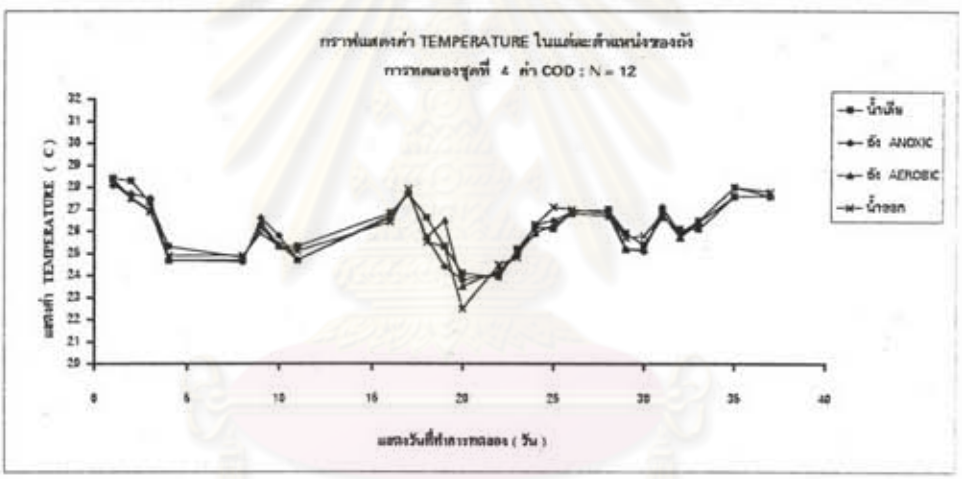
การทดลองชุดนี้ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 26.2, 26.1, 26.1 และ 26.1 องศาเซลเซียสตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 1.2, 1.3, 1.2, 1.2 และ 1.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-4 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-44

จากกราฟ ค่าอุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง โดยมีค่าแปรปรวนไม่มากนัก และมีค่าอยู่ในช่วง 22.0-29.0 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเติบโตและทำงานได้อย่างดี ทำให้สรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไม่มีผลต่อระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 - 43 กราฟแสดงค่าโออาร์พี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4



รูปที่ 4 - 44 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล การทดลองชุดที่ 5

การทดลองชุดที่ 5 นี้ เป็นการทดลองที่ใช้น้ำเสียดิบ เติมสารอินทรีย์คาร์บอน (น้ำตาล) และสารอินทรย์ไนโตรเจน (ยูเรีย) เพื่อควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนให้เท่ากับ 15 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 5 แสดงอยู่ในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของพารามิเตอร์ที่ทำการวัด ในแต่ละตำแหน่งของชุดการทดลองที่ 5

พารามิเตอร์ที่วัด	ตำแหน่งในระบบ							
	น้ำเสีย		ถังแอนนอกซิก		ถังแอโรบิก		น้ำออก	
	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.	เฉลี่ย	SD.
ซีโอดี*(มก./ล.)	317	57	17	14	15	13	19	12
ทีเคเอ็น*(มก./ล.)	22.3	2.8	5.1	3.1	4.9	3.4	4.5	3.3
ซีโอดีต่อไนโตรเจน*	14.4	3.2	-	-	-	-	-	-
ไนเตรท*(มก./ล.)	-	-	0.7	0.7	1.4	1.1	1.5	1.7
ไนไตรท์*(มก./ล.)	-	-	0.25	0.30	0.21	0.26	0.22	0.21
ความเป็นด่าง*(มก./ล.)	112.5	26.1	118.0	15.4	113.2	15.4	99.1	27.9
ตะกอนแขวนลอย** (มก./ล.)	-	-		1759	631	1859	62	89.
พีเอช***	6.45	0.63	7.40	0.18	7.59	0.17	7.59	0.19
ออกซิเจนละลาย*** (มก./ล.)	0.0	0.1	0.1	0.2	5.2	0.7	2.6	0.9
V_{30}***(มล./ล.)	-	-	863	134	886	114	-	-
โออาร์พี****(มิลลิโวลท์)	-126	149	403	39	459	30	445	25
อุณหภูมิ***(^{o}C)	26.2	1.3	26.0	1.4	26.0	1.3	26.0	1.3

หมายเหตุ * จำนวนข้อมูล(n) เท่ากับ 13 ,** เท่ากับ 14 ,*** เท่ากับ 22 ,**** เท่ากับ 15

ผลสรุปและข้อวิเคราะห์การทดลองชุดที่ 5 แยกตามพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

4.5.1. ค่าซีโอดี

การทดลองชุดที่ 5 นี้ มีค่าซีโอดีเฉลี่ยทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 317, 17, 15 และ 19 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 57, 14, 13 และ 12 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-45

จากกราฟ น้ำเสียมีซีโอดีค่อนข้างแปรปรวน ส่วนในอีก 3 ตำแหน่งของระบบ มีซีโอดีใกล้เคียงกันทุกตำแหน่งตลอดช่วงการทดลอง โดยมีค่าค่อนข้างต่ำ และมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงกลางของชุดการทดลอง

โดยรวมแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบดีพอควร (ประมาณ 95%) น้ำออกมีซีโอดีเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทั้งนี้ค่าซีโอดีที่สูงขึ้นในช่วงกลางการทดลองและช่วงท้าย เกิดจากการเกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัว ทำให้สูญเสียจุลินทรีย์ไปกับน้ำออกมาก ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบน้อยลง ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจึงต่ำ

4.5.2. ค่าทีเคเอ็น

การทดลองชุดนี้ มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 22.3, 5.1, 4.9 และ 4.5 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 2.8, 3.1, 3.4 และ 3.3 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-46

จากกราฟ น้ำเสียมีทีเคเอ็นค่อนข้างคงที่ ส่วนในอีก 3 ตำแหน่งของระบบนั้นมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง โดยมีค่าต่ำในช่วงต้นของการทดลอง แล้วมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงกลางและท้ายการทดลอง

จากกราฟจะเห็นได้ว่าในการทดลองชุดนี้ ภายในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิกและน้ำออก มีทีเคเอ็นสูงกว่าชุดก่อนๆ มาก แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการแปลงรูปทีเคเอ็นให้เป็นไนเตรทไม่ดีนัก เพียงประมาณ 80% เท่านั้น หรืออาจกล่าวได้ว่า กระบวนการไนตริฟิเคชัน เกิดขึ้นได้ไม่ดีนัก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าตะกอนแขวนลอยแล้ว เห็นได้ว่า มีตะกอนแขวนลอย

หลุดไปกับน้ำออกมาก ทำให้ระบบไม่สามารถรักษาอายุตะกอนไว้ได้ ส่งผลให้ไนตริฟิเคชันซึ่งจะเกิดเมื่ออายุตะกอนมากกว่า 7 วัน ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ส่งผลให้มีทีเคเอ็นเหลืออยู่ในระบบมาก

4.5.3. ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน

การทดลองชุดนี้ ต้องการควบคุมค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนให้เท่ากับ 15 ส่วนค่าเฉลี่ยจริงของอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 14.4 ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 3.1 ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5

ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนจริงนั้นต่างกว่าค่าที่ต้องการควบคุมเล็กน้อย แต่มีค่าแปรปรวนค่อนข้างมาก ทั้งนี้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าเหมาะสมกับการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นได้

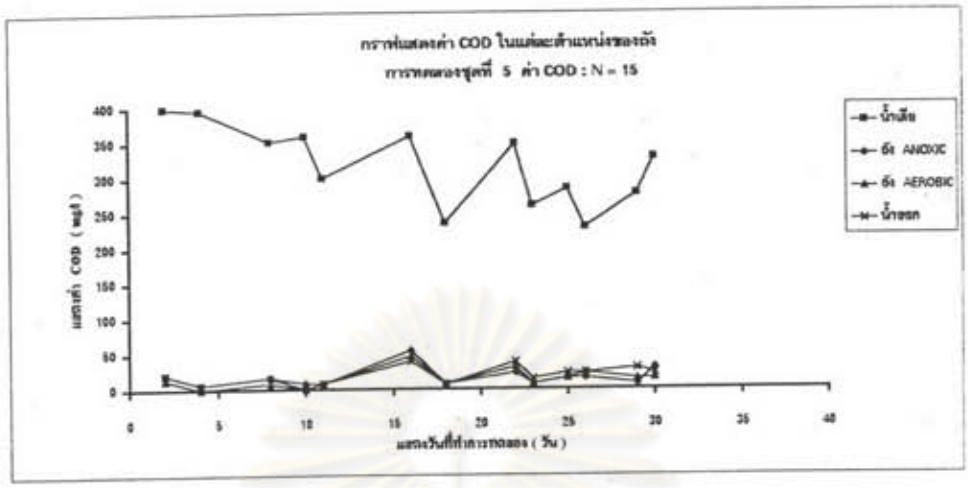
4.5.4. ค่าไนเตรท

การทดลองชุดนี้ มีค่าไนเตรทเฉลี่ยในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.7, 0.4 และ 1.5 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.7, 1.1 และ 1.7 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนเตรทในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-47

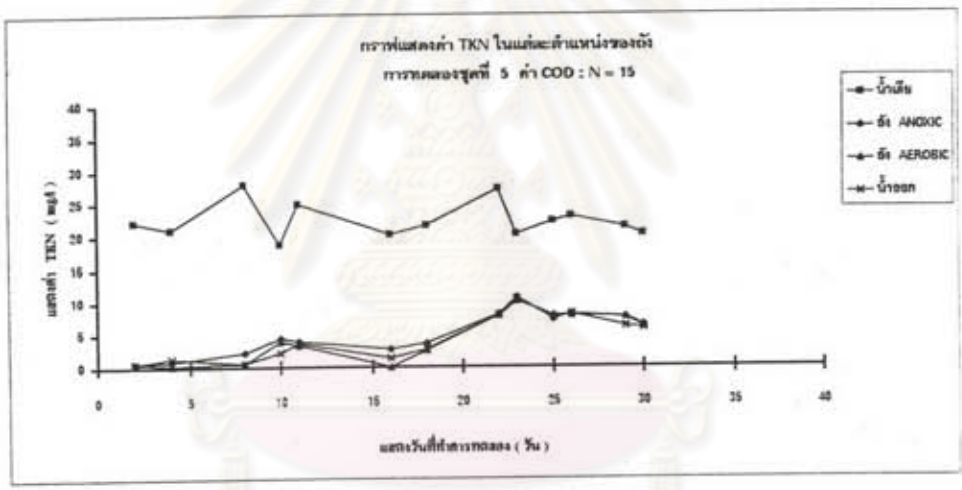
จากกราฟ เห็นได้ว่า ภายในถังแอนนอกซิกมีค่าไนเตรทต่ำกว่าถังแอโรบิกและน้ำออก ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง ค่าไนเตรททั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าต่ำมากเกือบตลอดชุดการทดลอง (ต่ำกว่า 1 มก./ล.) และมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในบางช่วง (ประมาณ 2-3 มก./ล.)

การที่ค่าไนเตรทภายในระบบมีค่าต่ำนั้น แสดงให้เห็นชัดว่า มีกระบวนการกำจัดไนเตรทเกิดขึ้น หรือมีดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาร่วมกับทีเคเอ็นแล้ว ในช่วงต้นการทดลอง ทีเคเอ็นถูกแปลงเป็นไนเตรทจนเกือบหมด สังเกตได้จากทีเคเอ็นที่เหลืออยู่ในระบบต่ำและไนเตรทในระบบก็มีค่าต่ำ แสดงให้เห็นถึงการแปลงรูปไนเตรทเกือบทั้งหมดเป็นกาซไนโตรเจนออกไปจากระบบ ส่วนในช่วงกลางและท้ายการทดลอง มีทีเคเอ็นเหลืออยู่ในระบบมากขึ้นแต่ไนเตรทก็ยังคงมีค่าต่ำแสดงให้เห็นว่ามีดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีตลอดช่วงการทดลอง

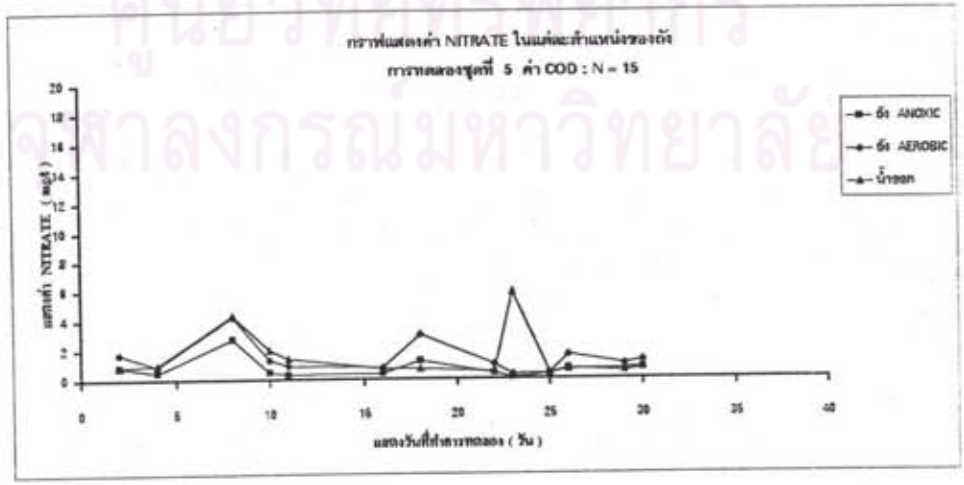
การที่ไนเตรทมีค่าสูงเป็นช่วงในบางช่วง อาจแสดงให้เห็นถึงการเกิดดีไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ขึ้น โดยอาจเกิดจากมีสารอินทรีย์คาร์บอนน้อยเกินไปก็ได้



รูปที่ 4 - 45 กราฟแสดงค่า ซีโอดี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 46 กราฟแสดงค่า ทีเคเอ็น ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 47 กราฟแสดงค่า ไนเตรท ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5

4.5.5. ค่าไนไตรท์

การทดลองชุดนี้ มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.25, 0.21 และ 0.22 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.30, 0.26 และ 0.21 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-48

ค่าไนไตรท์ในการทดลองชุดนี้ มีค่าแปรปรวนในทุกๆตำแหน่งของระบบ โดยมีค่าสูงต่ำตลอดการทดลองทั้งนี้ค่าไนไตรท์โดยรวมแล้วมีค่าไม่สูงนัก เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้ ค่าไนไตรท์มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงท้ายการทดลองอีกด้วย

การที่ไนไตรท์มีค่าสูงในช่วงหนึ่งๆ อาจบอกได้เพียงว่า มีกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์นักทั้งสองกระบวนการ หรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง เมื่อพิจารณาถึงไนไตรท์ที่มีค่าสูงขึ้นในช่วงท้ายการทดลองร่วมกับค่าตะกอนแขวนลอยและค่า V_{30} อาจกล่าวได้ว่า ในช่วงท้ายการทดลองมีปัญหาตะกอนไม่จมตัวเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ทำให้ระบบไม่สามารถรักษาตะกอนแขวนลอยไว้ได้ ค่าอายุตะกอนจึงมีค่าต่ำลงมาก ไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์จึงเกิดขึ้นภายในระบบได้ นอกจากนี้ การที่ไนไตรท์มีค่าสูงขึ้นเป็นช่วงๆ ในชุดการทดลอง เช่นในวันที่ 18 ของการทดลอง เมื่อพิจารณาร่วมกับไนเตรทที่มีเหลืออยู่สูงในระบบ อาจกล่าวได้ว่ามีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นในระบบก็ได้

4.5.6. ค่าความเป็นด่าง

การทดลองชุดนี้ มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 112.5, 118.0, 113.1 และ 99.1 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 26.1, 15.4, 15.4 และ 27.9 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4-49

น้ำเสียมีค่าความเป็นด่างแปรปรวน และมีค่าต่ำกว่าการทดลองชุดอื่นๆ ส่วนในอีก 3 ตำแหน่งของระบบนั้นมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง และมีค่าแปรปรวนไม่มากนัก ยกเว้นในน้ำออกที่มีค่าต่ำลงมากในช่วงท้ายการทดลอง นอกจากนี้ทั้ง 3 ตำแหน่งมีแนวโน้มที่มีค่าต่ำลงในช่วงท้ายการทดลองอีกด้วย

การที่น้ำเสียมีค่าความเป็นด่างต่ำ เนื่องจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนแบบไร้ออกซิเจนขึ้นในถังพักน้ำเสีย ทำให้ค่าความเป็นด่างและพีเอชลดลง และน้ำออกที่มีความ

เป็นด่างต่ำในช่วงท้ายการทดลองก็เนื่องมาจากมีตะกอนหลุดออกไปกับน้ำออก ไปสะสมที่ถังเก็บน้ำออก ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองของตะกอนจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนเช่นกัน ทำให้ค่าความเป็นด่างลดลง

สำหรับค่าความเป็นด่างของระบบ ซึ่งโดยรวมแล้วมีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันซึ่งให้ความเป็นด่างเกิดขึ้นมากในระบบ ส่งผลให้ความเป็นด่างของระบบลดลงไม่มากนัก

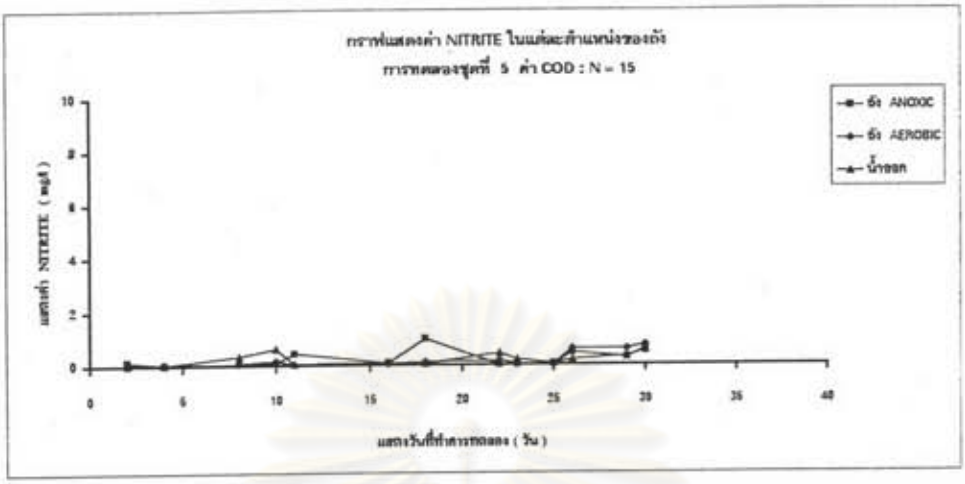
นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความเป็นด่างร่วมกับพีเอชแล้ว เห็นได้ว่ามีค่าความเป็นด่างคงเหลืออยู่ภายในระบบ ในขณะที่พีเอชลดลงไม่มาก ดังนั้นค่าความเป็นด่างจึงพอเพียงสำหรับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน และกระบวนการไนตริฟิเคชัน

4.5.7. ค่าตะกอนแขวนลอย

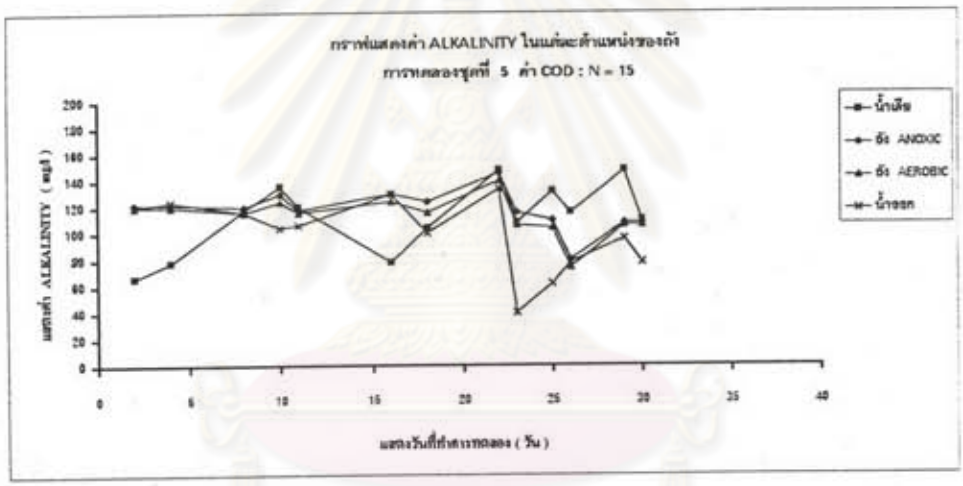
การทดลองชุดนี้ มีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในทั้ง 3 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 1759, 1859 และ 62 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 631, 626 และ 89 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-50

จากกราฟและค่าเฉลี่ย ตะกอนแขวนลอยในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก มีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง โดยมีค่าสูงในช่วงต้นการทดลอง ลดลงในช่วงวันที่ 8 ของการทดลอง แล้วมีค่าค่อนข้างคงที่ จนถึงวันที่ 28 ของการทดลอง ก็มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนน้ำออกนั้นโดยรวมแล้วมีค่าค่อนข้างสูง และมีค่าสูงมากในวันที่ 8 และ 28 ของการทดลอง

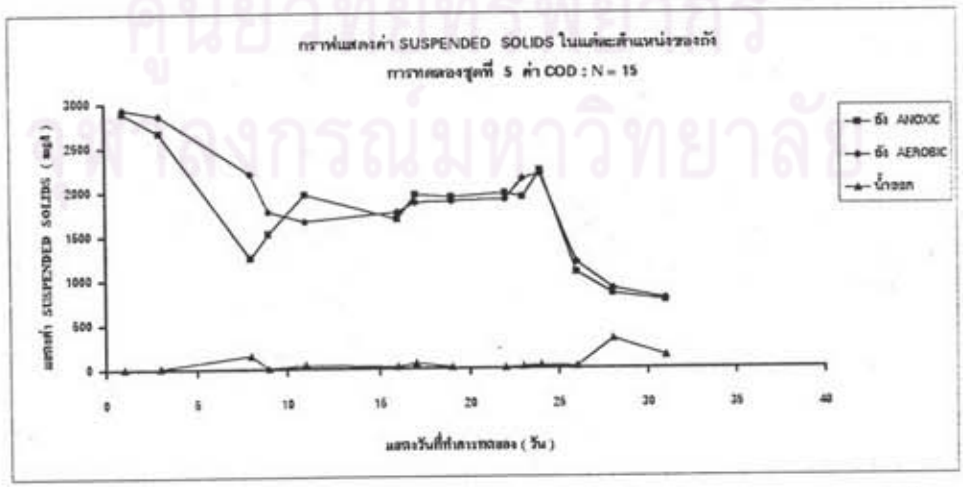
เมื่อพิจารณาร่วมกับค่า V_{30} แล้ว เห็นได้ว่า ในวันที่ 8 ของการทดลอง เกิดปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวขึ้นในระบบอย่างรุนแรง มีตะกอนแขวนลอยหลุดไปหันน้ำออกมาก ส่งผลให้ค่าตะกอนแขวนลอยในระบบลดลงทันที และส่งผลให้การรักษาอายุตะกอนของระบบผิดพลาด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาตะกอนไม่จมตัวโดยใช้สารเคมี โดยเลือกใช้เฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) เติมลงไปในระบบ 10 มก./ล. ทุกๆ วัน ปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวจึงเบาบางลงไป จนกระทั่งถึงในวันที่ 28 ของการทดลอง ปัญหาดังกล่าวก็เกิดขึ้นอีก โดยที่ปัญหาในครั้งนี้เฟอริคคลอไรด์ไม่สามารถรวมตะกอนที่ไม่จมตัวให้เป็นตะกอนใหญ่และจมตัวได้ ส่งผลให้ตะกอนแขวนลอยในระบบลดลงอย่างรวดเร็ว การรักษาอายุตะกอนจึงไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ต้องปิดการทดลองในที่สุด



รูปที่ 4 - 48 กราฟแสดงค่า ไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 49 กราฟแสดงค่าความเป็นด่าง ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 50 กราฟแสดงค่าตะกอนแขวนลอย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5

การที่มีตะกอนแขวนลอยหลุดไปกับน้ำออก ส่งผลให้อายุตะกอนไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลให้การทำงานของจุลินทรีย์ในระบบล้มเหลว ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน (ซีโอดี) ของระบบลดลง และการที่อายุตะกอนของระบบมีค่าต่ำ ทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชัน ไม่สามารถเกิดขึ้นในระบบได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ทีเคเอ็น) ของระบบลดลงนั่นเอง

4.5.8. ค่าพีเอช

การทดลองชุดนี้ มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 6.45, 7.40, 7.59 และ 7.59 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.63, 0.18, 0.17 และ 0.99 ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-51

น้ำเสียมีค่าพีเอชแปรปรวน และโดยรวมแล้วมีค่าต่ำ ส่วนในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออก มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ถังแอนนอกซิก จะมีพีเอชต่ำกว่าในอีกสองถัง เพียงเล็กน้อยตลอดชุดการทดลอง และน้ำออกมีค่าพีเอชลดลงเป็นบางช่วงของการทดลอง

การที่น้ำเสียมีพีเอชต่ำ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนขึ้นในถังพักน้ำเสีย และน้ำออกที่มีพีเอชต่ำเป็นช่วงๆ ก็เนื่องมาจากเกิดการสะสมของตะกอนแขวนลอยที่หลุดไปกับน้ำออกในถังพักน้ำออก ทำให้มีการย่อยสลายตัวเองของตะกอนพีเอชจึงมีค่าต่ำ

สำหรับน้ำในระบบนั้น ในถังแอนนอกซิกมีพีเอชสูงขึ้นกว่าการทดลองชุดอื่นๆ และมีค่าใกล้เคียงกับถังแอโรบิกมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันซึ่งให้ค่าความเป็นด่างแก่ระบบขึ้นในระบบ ส่งผลให้พีเอชของระบบค่อนข้างคงตัว นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นด้วยว่า ค่าความเป็นด่างที่ให้แก่ระบบพอเพียงต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน และพอเพียงต่อกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

4.5.9. ค่าออกซิเจนละลาย

การทดลองชุดนี้ มีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 0.0, 0.1, 5.2 และ 2.6 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.7 และ 0.9

มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-52

จากกราฟ ค่าออกซิเจนละลายของทุกตำแหน่งของระบบมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยน้ำเสียมีออกซิเจนละลายต่ำเท่ากับหรือใกล้ศูนย์ เนื่องจากการย่อยแบบไร้ออกซิเจนในถังพักน้ำเสีย น้ำออกก็เกิดการย่อยแบบไร้ออกซิเจนเช่นกัน จึงทำให้มีค่าออกซิเจนละลายต่ำกว่าชุดอื่นๆ สวนในถังแอนนอกซิกนั้น ออกซิเจนละลายส่วนใหญ่เท่ากับศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ทั้งนี้เครื่องมือวัดออกซิเจนละลายค่อนข้างหยาบ ค่าที่ได้ 0.1-0.3 มก./ล. อาจไม่มีออกซิเจนละลายอยู่เลยก็ได้ สำหรับน้ำในถังแอโรบิกนั้น มีค่าต่ำลงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แต่ก็ยังจัดว่ามีค่าสูงอยู่

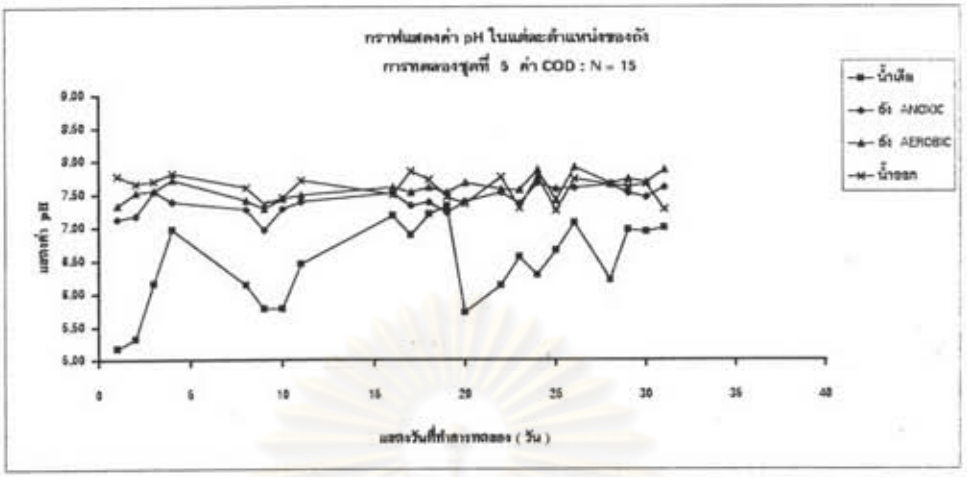
ค่าออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิก มีความเหมาะสมกับการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าไนเตรทแล้ว เห็นได้ว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีจริง กล่าวคือไนเตรทมีค่าต่ำ ทั้งนี้แสดงว่า สารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่ถังแอนนอกซิก มีค่ามากพอเพียงต่อการใช้ออกซิเจนละลายที่เวียนกลับมา 500% จากถังแอโรบิก และมีเหลือสำหรับการเกิดดีไนตริฟิเคชันอีกด้วย

4.5.10. ค่า V_{30}

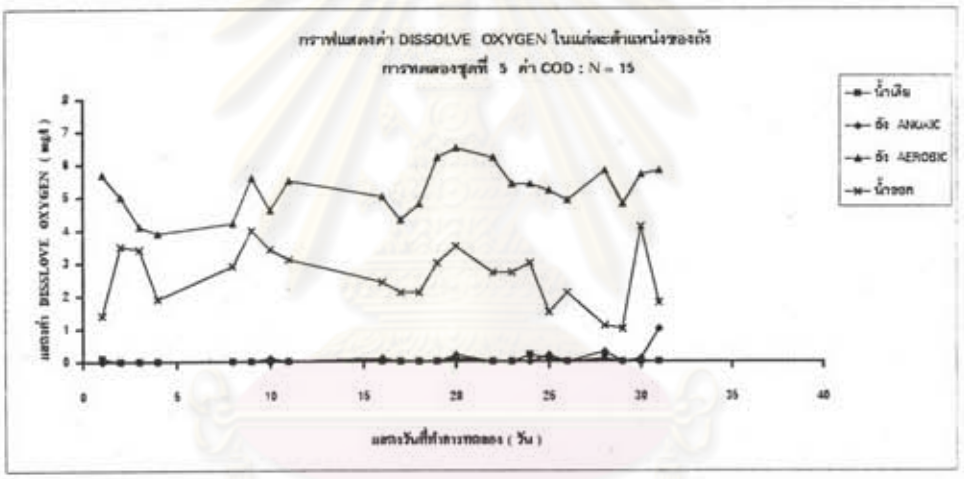
การทดลองชุดนี้ มีค่า V_{30} เฉลี่ยในทั้ง 2 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 863 และ 886 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 134 และ 114 มก./ล. ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-53

จากกราฟเห็นได้ว่า ค่า V_{30} ของถังแอนนอกซิก และถังแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลอง โดยมีค่าสูงปานกลางในช่วงสั้นๆต้นการทดลอง แล้วมีค่าสูงมากตลอดชุดการทดลอง ทั้งนี้ค่า V_{30} ของถังแอนนอกซิกจะต่ำกว่าถังแอโรบิกเล็กน้อย

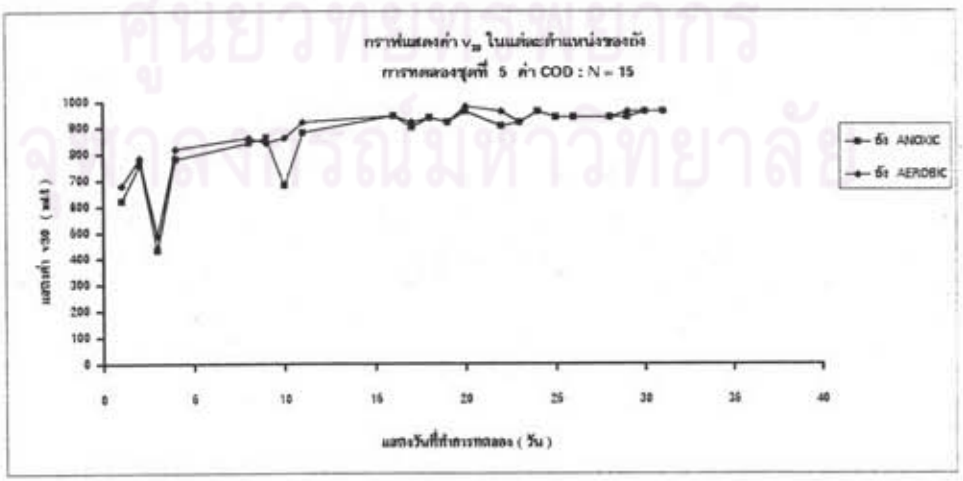
ค่า V_{30} ตลอดชุดการทดลองแสดงให้เห็นถึงปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวของระบบอย่างชัดเจน ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นในการทดลองชุดนี้เพียงชุดเดียว โดยอาจเนื่องมาจากการเติมน้ำตาลเพื่อใช้เป็นสารอินทรีย์คาร์บอนมีมากกว่าในการทดลองชุดอื่นๆ ทำให้ปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวรุนแรงมาก ทั้งนี้ปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวนี้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมอายุตะกอนของระบบได้เลย จึงก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อข้างต้นแล้ว



รูปที่ 4 - 51 กราฟแสดงค่าพีเอช ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 52 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลาย ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 53 กราฟแสดงค่า V_{30} ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5

4.5.11. ค่าโออาร์พี

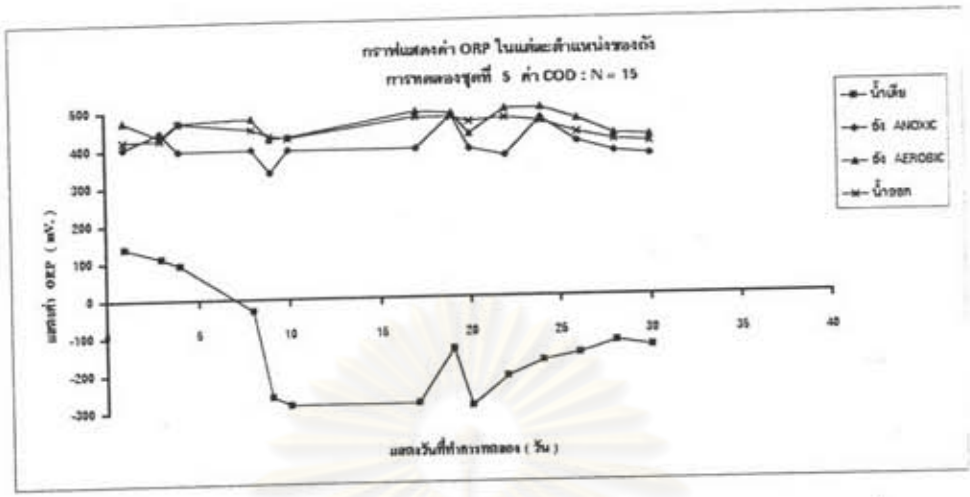
การทดลองชุดนี้ มีค่าโออาร์พีเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ -126, 403, 459 และ 445 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 149, 39, 30 และ 25 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าโออาร์พีในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 4-54

น้ำเสียมีโออาร์พีแปรปรวน ส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบ แสดงถึงสภาพไร้ออกซิเจน ในถังพักน้ำเสีย ส่วนในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำกว่าถังแอโรบิก และน้ำออก ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันอยู่เล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ที่ประมาณ +350 ถึง +450 มิลลิโวลท์ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าไนเตรท และค่าออกซิเจนละลายแล้ว ในถังแอโรบิกและน้ำออกควรมีโออาร์พีสูง เนื่องจากมีออกซิเจนละลายที่เป็นตัวออกซิไดซ์อยู่มาก ส่วนในถังแอนนอกซิก ควรมีโออาร์พีใกล้เคียงศูนย์ ดังนั้นค่าโออาร์พีจึงไม่สอดคล้องกับข้อมูลตัวอื่นๆ

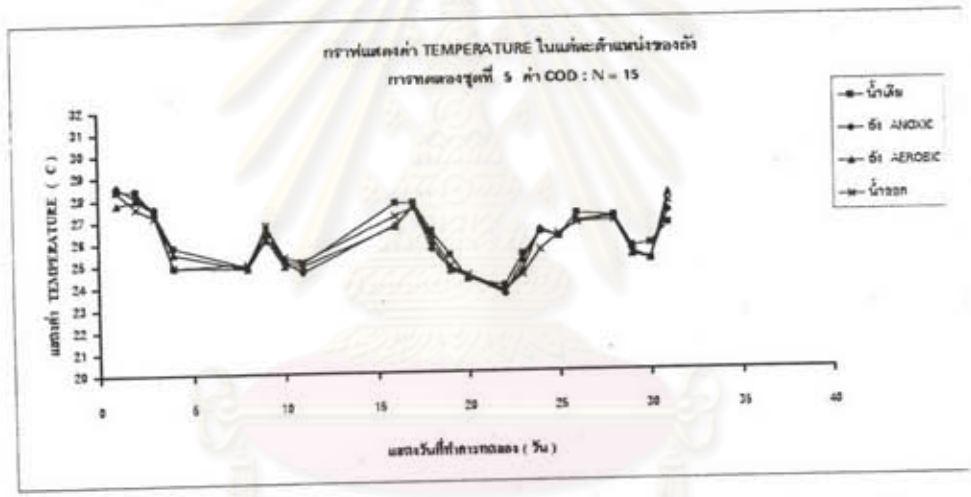
4.5.12. ค่าอุณหภูมิ

การทดลองชุดนี้ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบเท่ากับ 26.2, 26.0, 26.0 และ 26.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 1.3, 1.4, 1.3 และ 1.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4-5 รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ส่วนกราฟแสดงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบแสดงอยู่ในรูปที่ 5.55

จากกราฟค่าอุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบ มีค่าใกล้เคียงกันตลอดชุดการทดลองและมีค่าแปรปรวนน้อย โดยอยู่ในช่วง 23.0-29.0 องศาเซลเซียสเท่านั้น ช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาสมต่อการทำงานและเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดี ทำให้สามรถสรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนี้ไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ



รูปที่ 4 - 54 กราฟแสดงค่า โออาร์พี ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5



รูปที่ 4 - 55 กราฟแสดงค่า อุณหภูมิ ในแต่ละตำแหน่งของระบบ การทดลองชุดที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

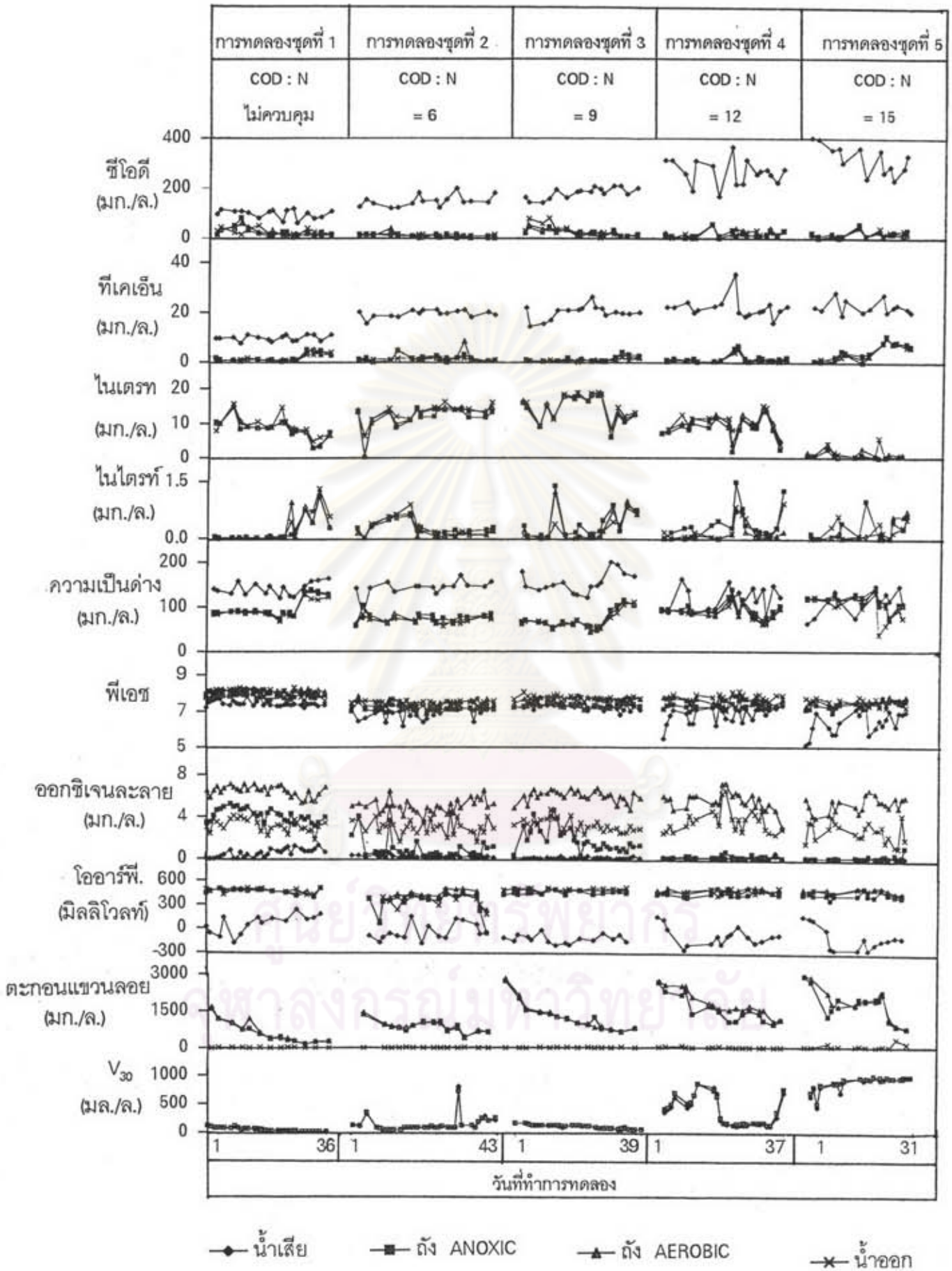
4.6. ความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ

จากผลการวิจัย ได้นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่วัดในทุกๆตำแหน่งของระบบมาแสดงอยู่ในรูปที่ 4-56 โดยแสดงในแต่ละค่าของอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า ในการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งไม่ควบคุมค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน น้ำเสียมีซีโอดีและทีเคเอ็นต่ำและค่อนข้างคงที่ ค่าความเป็นด่างและพีเอชก็มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง ในการทดลองชุดนี้นั้น ในช่วงต้นและกลางการทดลองไนเตรทมีค่าสูง เกือบทั้งหมดของทีเคเอ็นในน้ำเสียถูกแปลงเป็นไนเตรท ไนไตรท์มีค่าต่ำและคงที่ ความเป็นด่าง พีเอช และโออาร์พีก็มีค่าคงที่ แสดงให้เห็นถึงการเกิดไนตริฟิเคชันขึ้นในระบบ นอกจากนี้การที่ออกซิเจนละลายมีค่าสูง(มากกว่าศูนย์มาก) และการที่ไนเตรทมีค่าสูง แสดงให้เห็นถึงไม่มีการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นในระบบ ส่วนค่าตะกอนแขวนลอยและ V_{30} ที่มีค่าต่ำมากนั้น แสดงให้เห็นว่ามีตะกอนแขวนลอยในระบบน้อย และไม่มีปัญหาตะกอนไม่จมตัว และสำหรับในช่วงท้ายการทดลอง ระบบมีตะกอนแขวนลอยต่ำลงมากจนไม่สามารถทำงานได้เห็นได้จาก ค่าซีโอดี ทีเคเอ็น ความเป็นด่าง และไนไตรท์ ของน้ำในระบบที่มีค่าสูงขึ้น แสดงว่าระบบมีแนวโน้มที่จะล้มเหลว

ในการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งควบคุมค่าอัตราส่วนเท่ากับ 6 น้ำเสียจึงมีค่าซีโอดีและทีเคเอ็นสูงขึ้นกว่าชุดที่ 1 ส่วนในระบบนั้น ตลอดช่วงการทดลอง ซีโอดีและทีเคเอ็นมีค่าต่ำ ความเป็นด่างมีค่าคงที่ แสดงถึงประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ที่ดี โดยเกิดทั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและไนตริฟิเคชันขึ้นได้ดี แต่ไนเตรท ออกซิเจนละลาย และโออาร์พี ในระบบมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่า ไม่มีดีไนตริฟิเคชันในระบบ พีเอชก็มีค่าคงที่ และมีค่ามากกว่า 7 เล็กน้อย แสดงว่าระบบมีบัฟเฟอร์พอเพียง ส่วนค่าตะกอนแขวนลอยนั้นมีค่าสูงขึ้นกว่าชุดที่ 1 และมีแนวโน้มลดลง ค่า V_{30} ก็มีค่าต่ำแสดงให้เห็นถึงตะกอนมีลักษณะจมตัวดี ไม่ก่อปัญหา

ในการทดลองชุดที่ 3 ซึ่งควบคุมอัตราส่วนเท่ากับ 9 น้ำเสียมีซีโอดีสูงขึ้น ส่วนในระบบนั้น โดยรวมแล้วซีโอดีและทีเคเอ็นยังมีค่าต่ำอยู่ โดยที่ซีโอดีมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงต้นของการทดลอง ส่วนทีเคเอ็นมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายการทดลอง แสดงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์โดยกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและไนตริฟิเคชันที่ดีพอควร นอกจากนี้ การที่ไนเตรทและไนไตรท์มีค่าไม่คงที่ โดยไนเตรทมีค่าต่ำเป็นช่วงในขณะที่ทีเคเอ็นมีค่าค่อนข้างต่ำตลอดการทดลอง แสดงให้เห็นว่ามีดีไนติฟิเคชันเกิดขึ้นเป็นช่วงๆในการทดลองนี้ นอกจากนี้ พีเอชยังมีค่าสูงขึ้นกว่าชุดที่ 2 สนับสนุนว่ามีดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบ และยังแสดง



กราฟรูปที่ 4-56 แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ที่มีต่อพารามิเตอร์ต่างๆ

ว่าระบบมีบัฟเฟอร์พอเพียง ในด้านตะกอนแขวนลอย ก็มีค่าสูงขึ้นกว่าการทดลองชุดที่ 1 และ 2 และมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ค่า V_{30} ยังคงมีค่าต่ำ แสดงให้เห็นลักษณะตะกอนที่จมตัวดี

ในการทดลองชุดที่ 4 ซึ่งควบคุมค่าอัตราส่วนเท่ากับ 12 น้ำเสียมีซีโอดีและทีเคเอ็นค่อนข้างแปรปรวน และมีค่าความเป็นด่างต่ำลงกว่าชุดต้นๆ เนื่องจากเกิดการย่อยแบบไร้ออกซิเจนขึ้น ส่วนในระบบนั้น ซีโอดีและทีเคเอ็นมีค่าค่อนข้างต่ำแสดงถึงการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดี ส่วนไนเตรทมีค่าแปรปรวนและต่ำกว่าชุดที่ 1 ถึง 3 ไนไตรท์ก็มีค่าแปรปรวนเช่นกัน และมีค่าสูงในช่วงที่ไนเตรทมีค่าต่ำ ค่าความเป็นด่าง และพีเอชมีค่าสูงขึ้นจากชุดที่ 1 ถึง 3 และออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำใกล้ศูนย์ พารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่า มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบเป็นช่วงๆ และเกิดอย่างไม่สมบูรณ์นัก ในด้านตะกอนแขวนลอยนั้น ในระบบมีค่าตะกอนแขวนลอยสูงขึ้นกว่าชุดที่ 1 ถึง 3 และยังคงมีแนวโน้มลดลง ค่า V_{30} เริ่มมีค่าสูงเป็นบางช่วง แสดงให้เห็นว่าระบบเริ่มมีแนวโน้มก่อปัญหาตะกอนไม่จมตัว

ในการทดลองชุดที่ 5 ซึ่งควบคุมค่าอัตราส่วนเท่ากับ 15 น้ำเสียมีซีโอดีแปรปรวน ส่วนทีเคเอ็นค่อนข้างคงที่ ค่าความเป็นด่างก็ต่ำลงเช่นเดียวกับชุดที่ 4 ส่วนในระบบนั้น ซีโอดีมีค่าต่ำตลอดการทดลอง ส่วนทีเคเอ็นมีค่าต่ำในช่วงต้น และสูงขึ้นในช่วงปลาย ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำออกซึ่งมีสูง แสดงว่ามีการหลุดออกของตะกอนในระบบทำให้ค่าอายุตะกอนต่ำลง ค่าความเป็นด่างสูงขึ้น พารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบได้ไม่ดีนัก นอกจากนี้ ค่าไนเตรทในระบบมีค่าต่ำ พีเอชมีค่าสูงขึ้น และออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมีค่าใกล้ศูนย์มาก แสดงให้เห็นว่ามีดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบอีกด้วย นอกจากนี้ ไนไตรท์ยังมีค่าแปรปรวนและสูง ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่ามีดีไนตริฟิเคชันหรือไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นในระบบอีกด้วย และสำหรับค่าตะกอนแแขวนลอยนั้น มีค่าสูงกว่าชุดก่อนๆ แต่แปรปรวนมาก เนื่องจากน้ำออกมีตะกอนแขวนลอยหลุดออกไปมาก และ V_{30} มีค่าสูงมาก แสดงให้เห็นว่า ตะกอนมีลักษณะไม่จมตัว ก่อปัญหากับระบบ ทำให้ไม่สามารถรักษาค่าอายุตะกอนของระบบได้

ทั้งนี้รายละเอียดของกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน และลักษณะของตะกอนแขวนลอยในระบบ จะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

4.7.ผลของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนที่มีต่อกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัดจ์

การทดลองทั้ง 5 ชุดนี้ การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองที่ใช้น้ำเสียดิบจริง ไม่มีการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนและสารอินทรีย์ไนโตรเจน ส่วนการทดลองชุดที่ 2 ถึงการทดลองชุดที่ 5 มีการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนและสารอินทรีย์ไนโตรเจน เพื่อควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนให้เท่ากับ 6, 9, 12 และ 15 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 นั้น จากรายงานที่เคยมีผู้วิจัยไว้ (บริษัท ทีม คอนซัลติ้งเอนจิเนียร์ จำกัด และคณะ,2535) พบว่าจะมีค่าอัตราส่วนซีโอดีไนโตรเจนประมาณ 6 ถึง 7 แต่น้ำเสียชุมชนดิบที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ถูกเจือจาง ทำให้มีค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเฉลี่ยแล้วสูงถึง 10.14 ทีเดียว ส่วนในการทดลองชุดที่ 2 ถึง ชุดที่ 5 นั้น การควบคุมอัตราส่วนทำได้ดีพอควร ทั้งๆที่น้ำเสียดิบมีค่าแปรปรวน ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ในการทดลองชุดที่ 2 ถึงชุดที่ 5 เท่ากับ 7.60, 9.07, 12.19 และ 14.39 ตามลำดับ

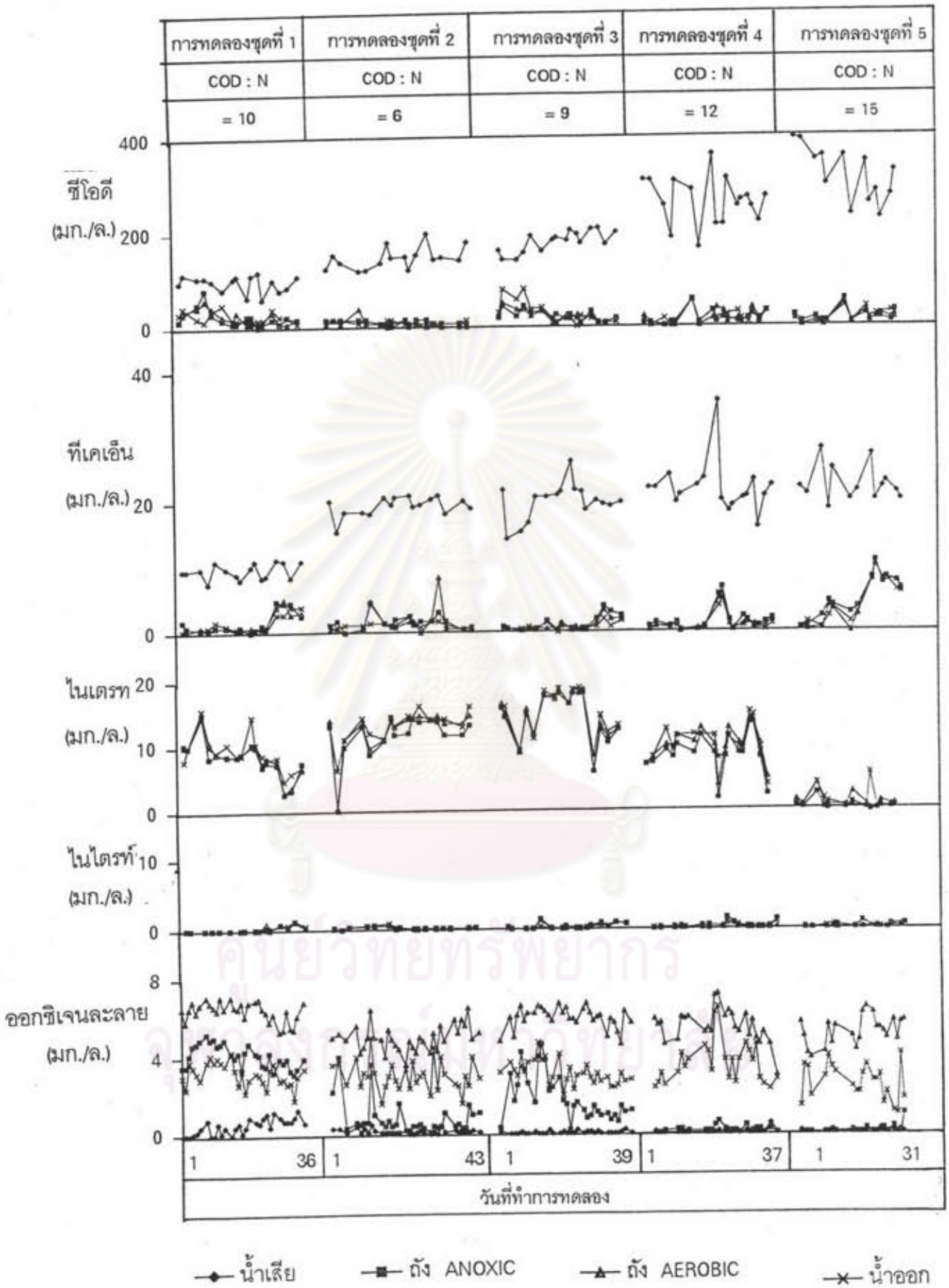
ในระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดก่อนที่ใช้ในการกำจัดไนโตรเจน ภายในระบบจะประกอบด้วย ถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกต่อเนื่องกันอย่างอนุกรม โดยมีถังแอนนอกซิกนำหน้า ภายในถังแอนนอกซิกจะเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเพื่อกำจัดไนเตรทและสารอินทรีย์คาร์บอน ส่วนในถังแอโรบิกจะเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนโดยใช้ออกซิเจนเพื่อกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน (ที่เหลือมาจากการกำจัดโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนอกซิก) และเกิดและกระบวนการไนตริฟิเคชันเพื่อแปลงรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นไนเตรท และเนื่องจากเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นก่อน จึงเรียกกระบวนการนี้ว่า ระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดก่อน

ในการทดลองชุดที่ 1 ภายในถังแอนนอกซิกเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันขึ้นแทนที่จะเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันตามที่ต้องการให้เกิดขึ้น สังเกตได้จากค่าออกซิเจนละลายที่มีสูงในถังแอนนอกซิก (เฉลี่ยเท่ากับ 4.1 มก./ล.) ซึ่งจะยับยั้งการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน นอกจากนี้ค่าไนเตรทที่มีอยู่สูงในทั้งถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก (เฉลี่ยเท่ากับ 8.3 มก./ล และ 8.7 มก./ล.ตามลำดับ) และมีค่าใกล้เคียงกับค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 9.6 มก./ล และค่าไนไตรท์ที่มีอยู่ในระบบต่ำเมื่อเทียบกับค่าไนเตรท (เฉลี่ยเท่ากับ 0.20 มก./ล และ 0.24 มก./ล.ในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกตามลำดับ) ซึ่งหมายความว่าเกือบทั้งหมดของทีเคเอ็นแปรรูปเป็น

ไนเตรท แสดงให้เห็นได้ว่ามีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นมากแต่ดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้น ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวทั้งหมดแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-57

สาเหตุที่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้นภายในถังแอนนอกซิกนั้น เนื่องจากมีค่าออกซิเจนละลายในแอนนอกซิกสูง ทั้งนี้อาจเกิดจากทั้งการหมุนเวียนออกซิเจนละลายจากถังแอโรบิกกลับไปยังถังแอนนอกซิกด้วยอัตราสูง(500 %) เกิดจากการแพร่กระจายของออกซิเจนละลายกลับสู่ถังแอนนอกซิกโดยตรง หรืออาจเกิดจากการแพร่กระจายของออกซิเจนละลายจากอากาศเข้าสู่ถังแอนนอกซิกโดยตรงก็ได้(เนื่องจากถังปฏิกริยาที่ใช้ในการทดลองมีพื้นที่ผิวน้ำที่สัมผัสกับอากาศต่อปริมาตรของถังสูง เมื่อเปรียบเทียบกับถังปฏิกริยาที่ใช้ในงานจริง) นอกจากนี้ ค่าซีโอดีหรือสารอินทรีย์คาร์บอนด์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบในถังแอนนอกซิก (เฉลี่ยเท่ากับ 96 มก./ล.) มีค่าต่ำไม่สมดุลกับออกซิเจนละลายที่มีอยู่ในถังแอนนอกซิก ทำให้ออกซิเจนละลายเหลือและซีโอดีหมด ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-57 ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่าหากต้องการให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นในถังแอนนอกซิกแล้ว จะต้องไม่มีออกซิเจนละลายเหลืออยู่ ต้องมีสารอินทรีย์คาร์บอนพอเพียง และต้องมีไนเตรทอยู่ด้วย

สำหรับการทดลองชุดที่ 2 นั้น กระบวนการที่เกิดขึ้นคล้ายคลึงกับการทดลองชุดที่ 1 กล่าวคือเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันขึ้นทั้งภายในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก สังเกตได้จากออกซิเจนละลายภายในถังแอนนอกซิกที่มีอยู่มากกว่าศูนย์(เฉลี่ยเท่ากับ 0.82 มก./ล.) ค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 19.4 มก./ล ค่าไนเตรทที่มีอยู่สูงทั่วไปทั้งระบบ (เฉลี่ยเท่ากับ 11.7 มก./ล.ในถังแอนนอกซิกและ 12.6 มก./ล.ในถังแอโรบิก) และค่าไนไตรท์ที่มีอยู่ในระบบต่ำเมื่อเทียบกับค่าไนเตรท (เฉลี่ยเท่ากับ 0.27 มก./ล และ 0.21 มก./ล.ในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกตามลำดับ) ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-57 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ทีเคเอ็นถูกแปลงเป็นไนเตรทได้มากและถูกแปลงเป็นไนไตรท์ได้น้อยกว่ามาก ทั้งนี้สาเหตุที่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้นก็เช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 คือ การที่มีออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมากเกินไป เนื่องจากสาเหตุต่างๆที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ดีไนตริฟิเคชันถูกยับยั้ง อย่างไรก็ตาม การที่ออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกมีค่าต่ำ(แต่มากกว่าศูนย์) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มว่าอาจเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นได้ถ้ามีการเพิ่มซีโอดีหรือลดออกซิเจนละลายที่หมุนเวียนกลับมา



รูปที่ 4-57 แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ที่มีต่อ ค่าซีโอดี ค่าทีเคเอ็น ค่าไนเตรท ค่าไนไตรท์ และค่าออกซิเจนละลาย

สำหรับในการทดลองชุดที่ 3 กระบวนการที่เกิดขึ้นคล้ายคลึงกับการทดลองชุดที่ 2 กล่าวคือ มีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบมากทั้งภายในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก สังเกตุได้จากค่าออกซิเจนละลายที่มีอยู่สูงในถังแอนนอกซิก (เฉลี่ยเท่ากับ 1.8 มก./ล.) ทั้งนี้ในการทดลองชุดนี้ มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในบางช่วงของการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองชุดที่ 1 และ 2 ที่ไม่มีดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นเลย

การเกิดดีไนตริฟิเคชันเป็นช่วงๆในการทดลอง สังเกตได้จากค่าไนเตรทที่ลดลงเป็นช่วงๆ และค่าไนไตรท์ในถังแอนนอกซิกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงที่ไนเตรทลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในถังแอนนอกซิก เนื่องจากค่าไนไตรท์ที่สูงขึ้นอาจแสดงถึงการเกิดดีไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ขึ้น สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4-57 ทั้งนี้สาเหตุที่มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นเป็นช่วง เนื่องจากค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ไม่คงที่ สูงต่ำเป็นช่วงๆ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-57 โดยที่ในช่วงที่ซีโอดีของน้ำเสียมีค่าสูงนั้น จุลินทรีย์ในถังแอนนอกซิกก็จะสามารถใช้ออกซิเจนละลายซึ่งมีค่าสูงในถังแอนนอกซิกได้หมด สร้างสภาพแอนนอกซิกที่แท้จริงขึ้นในระบบ ทำให้กระบวนการดีไนตริฟิเคชันสามารถเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก็สนับสนุนข้อสรุปการเกิดดีไนตริฟิเคชันเป็นช่วงๆนี้ด้วย เช่น ค่าพีเอชมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ค่าความเป็นด่างสูงขึ้น มากกว่าการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีดีไนตริฟิเคชันซึ่งให้ความเป็นด่างเกิดขึ้นในระบบ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-56 ส่วนค่าออกซิเจนละลายที่มีค่าสูงในถังแอนนอกซิกซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อสรุปนั้น อาจเกิดจากช่วงเวลาที่วัดเป็นช่วงเวลาที่ดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้น หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดของการวัดและเครื่องมือก็ได้

กระบวนการดีไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นนั้น เกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากไม่สามารถกำจัดไนเตรทได้หมด ยังคงมีไนเตรทเหลืออยู่ในระบบมาก อีกทั้งยังมีค่าไนไตรท์สูงขึ้นในช่วงที่ไนเตรทมีค่าต่ำลง (โดยเฉพาะในถังแอนนอกซิกมีไนไตรท์สูงที่สุด) ทั้งนี้ในช่วงที่ไนเตรทมีค่าต่ำนั้น ก็ยังมีค่าถึงประมาณ 7 มก./ล.ซึ่งนับว่าสูงอยู่ สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4-57 สาเหตุที่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ ก็อาจเนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนไปมาก เหลือสารอินทรีย์คาร์บอนให้กับกระบวนการดีไนตริฟิเคชันน้อย กระบวนการดีไนตริฟิเคชันจึงถูกจำกัดด้วยสารอินทรีย์คาร์บอน นอกจากนี้สาเหตุยังอาจเกิดจากการหมุนเวียนค่าออกซิเจนละลายที่หมุนเวียนกลับมาไม่คงที่ เนื่องจากความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลายในถังแอโรบิกอีกด้วย

สำหรับในการทดลองชุดที่ 4 จากค่าทีเคเอ็น เห็นได้ว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีในระบบ โดยที่ค่าทีเคเอ็นภายในระบบมีค่าต่ำ (เฉลี่ยเท่ากับ 1.8 มก./ล.ในถังแอนนอกซิก

และ 1.4 มก./ล. ในถังแอโรบิก) และค่าไนไตรท์ที่มีอยู่ในระบบก็มีค่าต่ำเช่นกัน(เฉลี่ยเท่ากับ 0.41 มก./ล และ 0.15 มก./ล.ในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกตามลำดับ) กล่าวคือ ทีเคเอ็นสามารถแปลงรูปเป็นไนเตรทได้หมด ส่วนกระบวนการดีไนตริฟิเคชันนั้นเกิดขึ้นได้เพียงบางส่วนหรือเกิดอย่างไม่สมบูรณ์ เห็นได้ชัดจากค่าไนเตรทในระบบที่มีค่าสูง (เฉลี่ยเท่ากับ 8.8 มก./ล.ในถังแอนนอกซิก และ 10.1 มก./ล. ในถังแอโรบิก) แต่ไม่สูงเท่าหรือใกล้เคียงกับค่าทีเคเอ็นของน้ำเสีย แสดงให้เห็นถึงไนเตรทถูกกำจัดไปบางส่วน นอกจากนี้บางช่วงของการทดลองที่ไนเตรทมีค่าต่ำลง ค่าไนไตรท์ก็มีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะในถังแอนนอกซิก แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้สามารถสังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4-57

ค่าออกซิเจนละลายที่ต่ำในถังแอนนอกซิก(เฉลี่ยเท่ากับ 0.1 มก./ล.) แสดงให้เห็นถึงค่าออกซิเจนละลายที่มีอยู่สูงในถังแอนนอกซิกถูกจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนหมด ทำให้ออกซิเจนละลายมีค่าต่ำใกล้ศูนย์ ทั้งนี้สภาพดังกล่าวเหมาะสมกับการเกิดดีไนตริฟิเคชันมาก แต่ทว่าสาเหตุที่ดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้นมากหรือสมบูรณ์เท่าที่ควรนั้น เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกหมุนเวียนกลับมานั้น ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายพร้อมกับใช้ออกซิเจนละลายที่มีอยู่ในถังแอนนอกซิกจนหมดหรือเกือบหมด ทำให้สารอินทรีย์คาร์บอนไม่มีเหลือพอสำหรับการเกิดดีไนตริฟิเคชัน

การที่ไนเตรทมีค่าต่ำเป็นช่วงๆ หรือการเกิดดีไนตริฟิเคชันเป็นช่วงๆนั้น แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในน้ำเสีย ทำให้มีซีโอดีเหลือสำหรับดีไนตริฟิเคชันเป็นช่วงๆ ทั้งนี้การที่ออกซิเจนละลายมีค่าต่ำ แสดงถึงแนวโน้มการเกิดดีไนตริฟิเคชันที่สมบูรณ์น่าจะเกิดขึ้นได้ดีถ้ามีสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียเพิ่มขึ้นในระบบมากขึ้น

สำหรับในการทดลองชุดที่ 5 เมื่อพิจารณาในรายละเอียด ช่วงแรกของการทดลอง ค่าทีเคเอ็นและไนเตรทในระบบมีค่าต่ำ สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4-57 แสดงให้เห็นถึงการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันที่ดีขึ้นพร้อมๆกันในระบบ ในช่วงกลางของการทดลอง (ตั้งแต่วันที่ 8 ของการทดลองได้เกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวขึ้น) ค่าทีเคเอ็นมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ไนเตรทยังคงมีค่าต่ำเป็นส่วนใหญ่ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเริ่มเกิดขึ้นได้น้อยลง เนื่องจากเกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวขึ้น ทำให้มีตะกอนหลุดไปกับน้ำออก ส่งผลให้อายุตะกอนลดลง ส่วนกระบวนการดีไนตริฟิเคชันยังคงเกิดขึ้นได้ดีอยู่ และในช่วงท้ายการทดลอง (ตั้งแต่วันที่ 28 ของการทดลอง) ปัญหาตะกอนไม่จมตัวรุนแรงมากขึ้น และไม่สามารถแก้ไขได้ ส่งผลให้มีตะกอนสูญเสียออกจากระบบอย่างรวดเร็ว ค่าทีเคเอ็นมีค่าสูงขึ้น ค่าไนเตรท ค่าไนไตรท์ และค่าซีโอดีก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน (การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทั้งหมดนี้แสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-57)

แสดงให้เห็นว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดได้น้อยลงมาก เนื่องจากอายุตะกอนต่ำลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและดีไนตริฟิเคชัน ก็มีแนวโน้มที่จะล้มเหลวเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีตะกอนจุลินทรีย์เหลือทำงานอยู่ภายในระบบน้อยลงมาก ส่งผลให้ต้องปิดการทดลองก่อนเวลาอันควร

การที่การทดลองชุดที่ 5 นี้ ตลอดชุดการทดลองมีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดี สังเกตจากค่าไนเตรทที่มีค่าต่ำ เนื่องจากมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดดีไนตริฟิเคชัน ขึ้นในถังแอนนอกซิก กล่าวคือ สารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่ระบบมีค่ามากพอที่จะให้จุลินทรีย์สามารถใช้ร่วมกับค่าออกซิเจนละลายที่มีอยู่ในถังแอนนอกซิกจนออกซิเจนละลายหมดลง ทำให้เกิดสภาพแอนนอกซิกขึ้น และยังมีสารอินทรีย์คาร์บอนเหลือสำหรับจุลินทรีย์ใช้ร่วมกับไนเตรทในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันอีกด้วย

โดยสรุปแล้ว สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบ ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนมีผลต่อการเกิดของกระบวนการดีไนตริฟิเคชันโดยตรงอยู่แล้ว ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 6 ถึง 7 ก็เหมาะสมต่อการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นในระบบแล้ว และเมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนของการทดลองทั้ง 5 ชุดแล้ว พบว่า การทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 3 ถึงชุดที่ 5 เหมาะสมต่อการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้น ส่วนการทดลองชุดที่ 2 นั้น ก็ควรจะมีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ ค่าอายุตะกอนของระบบที่มีค่าสูงถึง 10 วัน ก็เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันขึ้นเช่นกัน

แต่ในสภาพการทดลองจริงแล้ว การทดลองชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 มีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดี สามารถแปลงรูปทีเคเอ็นเป็นไนเตรทได้เกือบหมด ส่วนการทดลองชุดที่ 5 นั้น เนื่องจากเกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวขึ้น จึงไม่สามารถรักษาอายุตะกอนไว้ได้ ทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้น้อยกว่าการทดลองชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 โดยมีค่าทีเคเอ็นเหลือค้างอยู่ในระบบมาก และสำหรับกระบวนการดีไนตริฟิเคชันนั้น การทดลองชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 3 ถึงแม้ว่าจะมีค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเหมาะสมต่อการเกิดดีไนตริฟิเคชันก็ตาม แต่ก็พบว่า มีไนเตรทคงค้างอยู่ในระบบมาก แสดงให้เห็นว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ภายในระบบ เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการประกอบกัน ประการที่หนึ่งคือออกซิเจนละลายที่มีอยู่มากในถังแอนนอกซิก เนื่องมาจากสาเหตุที่กล่าวมาแล้ว และประการที่สองคือค่าสารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่ระบบมีน้อย ไม่พอเพียงต่อจุลินทรีย์ที่จะใช้ย่อยสลายร่วมกับออกซิเจนละลายที่มีอยู่มากในถังแอนนอกซิก สภาพแอนนอกซิกจึงไม่เกิดขึ้นในระบบ กระบวนการดีไนตริฟิเคชันจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ส่วนในการทดลองชุดที่ 4 นั้น ค่าไนเตรทเริ่มลดลงเป็นช่วง แสดงถึงการเกิดดีไนตริ

ฟิเคชันขึ้นในบางช่วงเวลาที่สารอินทรีย์คาร์บอนมีค่ามากพอเพียงกับออกซิเจนละลายที่มีอยู่ในถังแอนนอกซิกและยังเหลือไว้สำหรับใช้ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และสำหรับในการทดลองชุดที่ 5 นั้น แสดงให้เห็นถึงการเกิดดีไนตริฟิเคชันที่ดีขึ้นภายในระบบ เนื่องจากไนเตรทมีค่าต่ำ

สาเหตุที่ดีไนตริฟิเคชันไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในการทดลองชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 ก็ เนื่องจากสาเหตุทั้งสองประการดังที่กล่าวมาแล้ว ส่วนในการทดลองชุดที่ 5 นั้น สารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่ระบบมีค่าพอเพียงต่อจุลินทรีย์ที่จะสามารถใช้ออกซิเจนละลายที่ถูกเวียนกลับมาให้หมดไปได้ และมีเหลือไว้สำหรับใช้ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันอีกด้วย

เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุสองประการที่ทำให้ดีไนตริฟิเคชันไม่สามารถเกิดขึ้นได้นั้น การทดลองชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 5 ได้เพิ่มค่าสารอินทรีย์คาร์บอนขึ้นมาเรื่อยๆ จนพอเพียงต่อการเกิดสภาพแอนนอกซิกขึ้น ส่วนการลดค่าออกซิเจนละลายที่มีอยู่สูงในถังแอนนอกซิกนั้น การลดค่าอัตราการหมุนเวียนที่มีมากถึง 500% ลงเพื่อให้มีออกซิเจนละลายถูกหมุนเวียนกลับมาน้อยลงนั้นไม่สมควรทำ เนื่องจากการลดอัตราการหมุนเวียนน้ำจากถังแอโรบิกกลับมายังถังแอนนอกซิก ทำให้ไนเตรทถูกหมุนเวียนกลับมาจากถังแอโรบิกไปบำบัดในถังแอนนอกซิกน้อยลง ทำให้ไม่สามาถกำจัดไนเตรทได้อย่างหมดจด ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ยิ่งสามารถเวียนกลับน้ำในถังแอโรบิกกลับมามากเท่าไร ก็สามารถกำจัดไนเตรทได้มากขึ้น สำหรับการหมุนเวียน 500% เป็นค่าที่เหมาะสมต่อการใช้ในระบบแล้ว กล่าวคือสามารถกำจัดไนเตรทได้หมดจดพอควร และมีค่าไม่มากจนไม่สามารถหาเครื่องสูบน้ำหมุนเวียนได้ ดังนั้นการลดค่าออกซิเจนละลายในถังแอนนอกซิกลงนั้น จึงควรหาวิธีลดค่าออกซิเจนละลายที่แพร่กระจายจากถังแอโรบิกโดยตรง และจากอากาศ เช่น ทำการแยกถังแอโรบิกและถังแอนนอกซิกออกจากกันเพื่อป้องกันการแพร่ของออกซิเจนละลาย เป็นต้น

สำหรับในระบบแอ็กติเวเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในโรงบำบัดน้ำเสียจริงนั้น ค่าออกซิเจนละลายของถังแอโรบิกมักมีค่าอยู่ประมาณ 2.0 มก./ล. ปริมาณออกซิเจนละลายที่หมุนเวียนกลับมาจึงมีค่าน้อยกว่าในงานวิจัยนี้ (ซึ่งมีค่ามากถึงประมาณ 4.0 - 6.0 มก./ล.ทีเดียว) นอกจากนี้ ในระบบจริงถังปฏิกริยามีขนาดใหญ่ พื้นที่ผิวน้ำที่สัมผัสกับอากาศต่อปริมาตรของถังมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับถังปฏิกริยาที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นในสภาพของระบบจริงแล้ว สภาพแอนนอกซิกจึงควรจะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าในงานวิจัยนี้ แต่ทั้งนี้ในการออกแบบระบบจริงให้มีสภาพแอนนอกซิกเกิดขึ้นจึงควรจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเรื่องการเวียนกลับของออกซิเจนละลายด้วย

4.8.ผลของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนของระบบ

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน สามารถพิจารณาได้จากความสามารถในการลดค่าซีโอดีในน้ำเสีย ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนนั้น ต้องพิจารณาถึงทั้งการแปลงรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนโดยใช้กระบวนการไนตริฟิเคชัน และการกำจัดไนเตรทโดยใช้กระบวนการดีไนตริฟิเคชันพร้อมๆกัน ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่าการกำจัดไนโตรเจนอย่างหมดจดนั้น หมายถึงการแปลงรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้กลายเป็นกาซไนโตรเจนสามารถแยกตัวออกไปจากระบบได้หมด

ในการทดลองชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์คาร์บอน(ซีโอดี) มีประสิทธิภาพการกำจัดที่ไม่ดีนัก (ประมาณ 76 %) แต่น้ำออกก็มีซีโอดีต่ำพอควร สำหรับสารอินทรีย์ไนโตรเจนนั้น ถูกแปลงสภาพเป็นไนเตรทได้ดีมีประสิทธิภาพถึงประมาณ 90 % ในช่วงต้นและกลางการทดลอง สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4-56 ส่วนในช่วงท้ายนั้นประสิทธิภาพไม่ดี มีค่าทีเคเอ็นในระบบสูงขึ้น เพราะระบบกำลังจะล้มเหลว ทั้งนี้การที่สารอินทรีย์ไนโตรเจนแปลงสภาพเป็นไนเตรทนั้น ยังมิได้ถือว่าเป็นการกำจัดไนโตรเจนออกจากน้ำเสียได้หมด เนื่องจากไนเตรทก็ยังก่อปัญหาให้กับแหล่งรับน้ำ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของการทดลองชุดที่ 1 นี้ต่ำมาก

ในการทดลองชุดที่ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนดีพอควร (ประมาณ 93 %) น้ำออกก็มีซีโอดีต่ำ(เฉลี่ยเท่ากับ 10 มก./ล.) ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำเช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 กล่าวคือมีค่าไนเตรทในระบบและในน้ำออกสูงมาก (เฉลี่ยเท่ากับ 11.7 มก./ล. 12.6 มก./ล.และ 13.3 มก./ล. ในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกตามลำดับ) ค่าดังกล่าวแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-56

ในการทดลองชุดที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีไม่ดีนัก (ประมาณ 85%เท่านั้น) โดยน้ำออกมีซีโอดีเฉลี่ยสูงถึง 27 มก./ล. แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนนั้นต่ำมาก เนื่องจากมีไนเตรท เหลืออยู่ในระบบและน้ำออกสูงมาก (เฉลี่ยเท่ากับ 14.5 มก./ล. 14.9 มก./ล.และ 15.3 มก./ล. ในถังแอนนอกซิก ถังแอโรบิก และน้ำออกตามลำดับ) ค่าดังกล่าวแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-56

ในการทดลองชุดที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้(ประมาณ 93%) โดยน้ำออกเฉลี่ยมีคุณภาพดีพอใช้ (เท่ากับ 18 มก./ล.) ส่วนการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนนั้น

ยังไม่ดีนัก เนื่องจากยังมีไนเตรทเหลืออยู่ในระบบมาก(เฉลี่ยเท่ากับ 8.8 มก./ล. 10.1 มก./ล. ในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิกตามลำดับ) ค่าดังกล่าวแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-56

ในการทดลองชุดที่ 5 การกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนหรือซีโอดี มีประสิทธิภาพดีพอควร (ประมาณ 95%) น้ำออกมีซีโอดีต่ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้(เฉลี่ยเท่ากับ 19 มก./ล.) ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-56 ส่วนการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนนั้น ในช่วงต้นการทดลองมีประสิทธิภาพดีมาก โดยมีไนเตรทและทีเคเอ็นในน้ำออกต่ำ ส่วนในช่วงต่อๆมาของระบบค่าไนเตรทยังคงต่ำอยู่ ส่วนทีเคเอ็นมีค่าสูงขึ้น สังเกตุได้จากกราฟรูปที่ 4-56 แต่ทั้งนี้ การทดลองชุดนี้ก็ยังจัดว่าเป็นชุดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนออกจากระบบได้ดีที่สุด เนื่องจากสามารถกำจัดไนเตรทออกจากระบบได้ด้วย

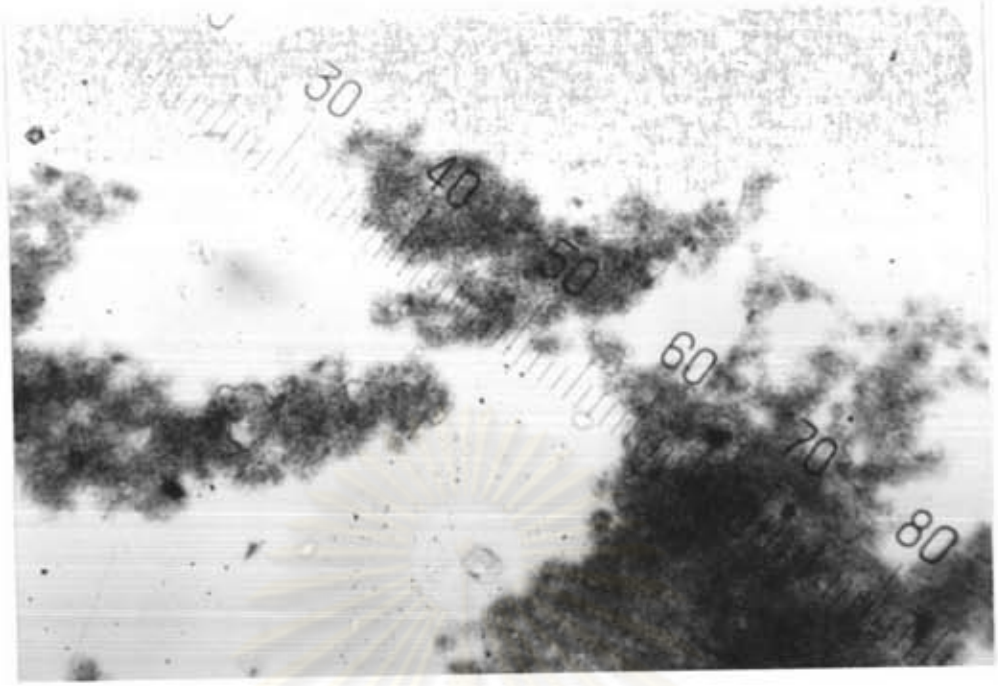
โดยสรุปแล้ว การควบคุมอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนของการทดลองทั้ง 5 ชุด ส่งผลให้การทดลองแต่ละชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน และสารอินทรีย์ไนโตรเจนไม่เหมือนกัน ในแง่ของประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทร์คาร์บอน การทดลองทุกชุดมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทร์คาร์บอนดีใกล้เคียงกันทุกชุด แสดงให้เห็นว่าค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนไม่มีผลต่อการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนนั้น ชุดการทดลองที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 สามารถแปรรูปทีเคเอ็นให้เป็นไนเตรทได้เกือบหมด แต่ไม่สามารถแปรรูปไนเตรทให้เป็นกาซไนโตรเจนหลุดออกไปจากระบบได้ จึงนับว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำมาก ส่วนการทดลองชุดที่ 5 นั้น เนื่องจากมีปัญหาเรื่องตะกอนไม่จมตัว จึงไม่สามารถแปรรูปทีเคเอ็นให้เป็นไนเตรทได้เกือบหมดเหมือนการทดลองชุดอื่น โดยสามารถแปรรูปได้เพียง 70% เท่านั้น แต่สามารถแปรรูปไนเตรทให้เป็นกาซไนโตรเจนได้เกือบหมด จึงนับว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไนโตรเจนดีกว่าทุกชุด แสดงให้เห็นว่า ค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน โดยที่ค่าอัตราส่วนสูงๆ เช่น เท่ากับ 15 เป็นต้น ระบบจะสามารถเกิดสภาพแอนนอกซิกขึ้นได้ ซึ่งทำให้กระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบ และสามารถกำจัดไนเตรทในระบบออกไปได้หมด แต่สำหรับการแปลงรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นไนเตรทนั้น ขึ้นอยู่กับค่าอายุตะกอน ปริมาณออกซิเจนละลาย และปัจจัยอื่นๆมากกว่าค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนไม่มีผลต่อการแปลงรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นไนเตรทโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน

4.9.ผลของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนที่มีต่อลักษณะของตะกอนแขวนลอยในระบบ

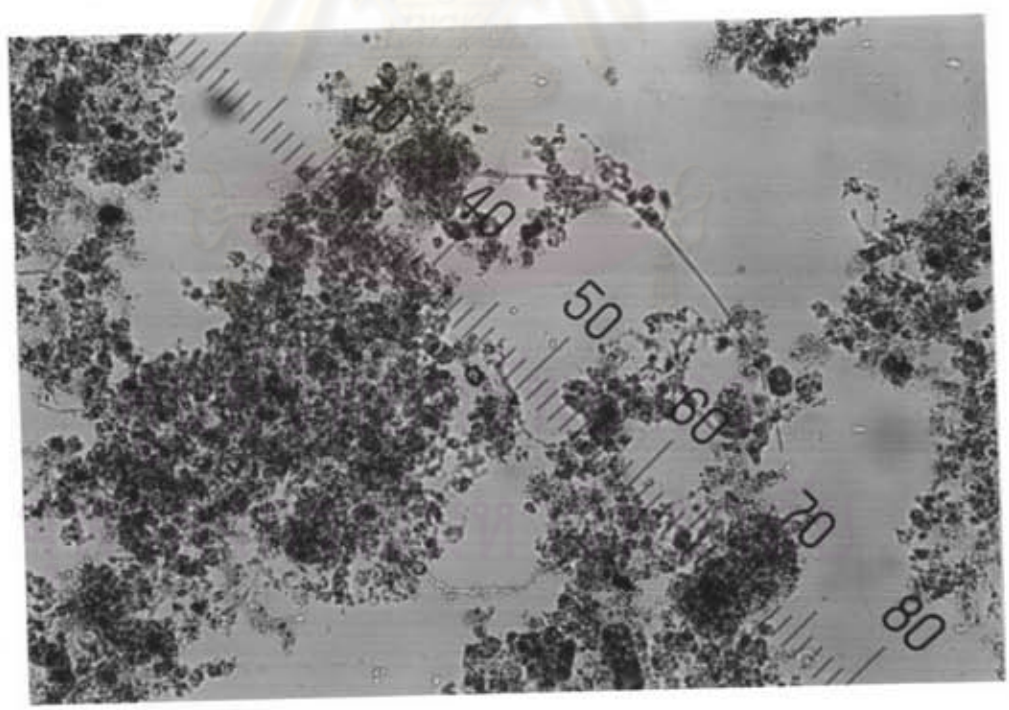
ลักษณะของตะกอนแขวนลอยในระบบที่จะพิจารณา จะหมายถึงค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณของตะกอนแขวนลอยในระบบได้ และยังหมายถึงลักษณะการจมตัวของตะกอน ซึ่งมักก่อให้เกิดปัญหาในระบบแอ็คติเวดเต็ดด์สลัดจ์ทั่วไปอีกด้วย

ในการทดลองชุดที่ 1,2 และ 3 มีปริมาณเซลจุลินทรีย์น้อยดูจากค่าตะกอนแขวนลอยที่น้อย เนื่องจากระบบมีสารอินทรีย์ต่ำ โดยชุดที่ 1 มีตะกอนแขวนลอยต่ำมากโดยเฉพาะในช่วงท้ายการทดลอง ส่วนชุดที่ 2 และชุดที่ 3 เริ่มมีตะกอนแขวนลอยมากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-56 แต่ทั้งนี้ชุดการทดลองทั้ง 3 ชุดนี้ มีตะกอนแขวนลอยที่ตกตะกอนได้ดีตลอดทั้งชุด สังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของ V_{30} ซึ่งมีค่าต่ำ (เฉลี่ยเท่ากับ 42 มล./ล.,43 มล./ล. และ 129 มล./ล., 128 มล./ล. และ 91 มล./ล.,95 มล./ล.ในถังแอนนอกซิกและถังแอโรบิก ในการทดลองชุดที่ 1-3 ตามลำดับ) ค่าดังกล่าวแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-56 ในการทดลองทั้ง 3 ชุดนี้ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวขึ้นเลย และเมื่อตรวจสอบตะกอนแขวนลอยด้วยการส่องกล้องจุลทัศน์ ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พบจุลินทรีย์ประเภทสร้างฟล้อค (Flock Forming) เป็นจำนวนมาก และไม่พบจุลินทรีย์ประเภทเส้นใย (Filamentous Bacteria)เลย ส่วนการทดลองชุดที่ 3 เริ่มพบจุลินทรีย์ประเภทเส้นใยบ้างเล็กน้อย รูปขยายตะกอนแขวนลอยที่ตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทัศน์แสดงอยู่ในรูปที่ 4-58 รูปที่ 4-59 และรูปที่ 4-60

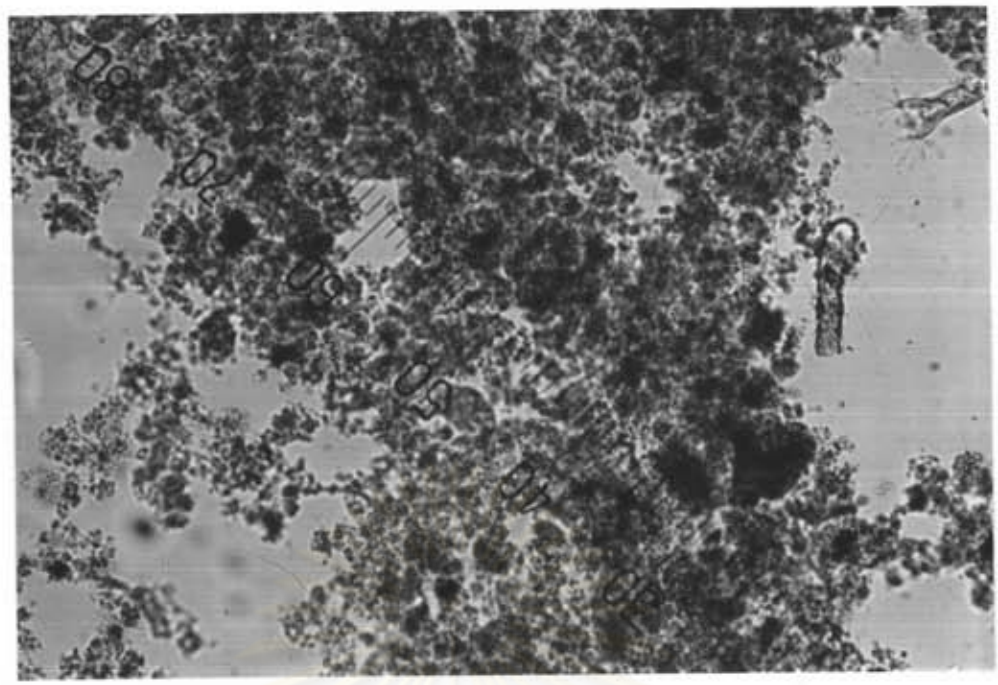
สำหรับในการทดลองชุดที่ 4 มีตะกอนจุลินทรีย์สูงขึ้นมากกว่าชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 3 เนื่องจากมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากขึ้น ดังแสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 4-56 นอกจากนี้ตะกอนแขวนลอยในการทดลองชุดนี้ มีค่า V_{30} สูงเป็นบางช่วงดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-56 มีแนวโน้มว่าการทดลองชุดนี้จะก่อให้เกิดปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวขึ้น เนื่องจากมีสารอินทรีย์คาร์บอนที่เป็นน้ำตาลมากขึ้นตามอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน ทั้งนี้การที่น้ำเสียมีน้ำตาลมาก จะก่อให้เกิดปัญหาโรคตะกอนไม่จมตัวได้ง่าย และเมื่อตรวจสอบตะกอนแขวนลอยด้วยการส่องกล้องจุลทัศน์ ยังคงพบจุลินทรีย์ประเภทสร้างฟล้อคเป็นจำนวนมากอยู่ส่วนจุลินทรีย์ประเภทเส้นใยนั้น มีจำนวนมากขึ้นในระบบจนสามารถมองเห็นได้ รูปขยายตะกอนแขวนลอยที่ตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทัศน์แสดงอยู่ในรูปที่ 4-61



รูปที่ 4-58 แสดงรูปขยายตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 1
(กำลังขยายเท่ากับ 100 เท่า)



รูปที่ 4-59 แสดงรูปขยายตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 2
(กำลังขยายเท่ากับ 100 เท่า)



รูปที่ 4-60 แสดงรูปขยายตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 3
(กำลังขยายเท่ากับ 100 เท่า)

รูปที่ 4-61 แสดงรูปขยายตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 4
(กำลังขยายเท่ากับ 100 เท่า)

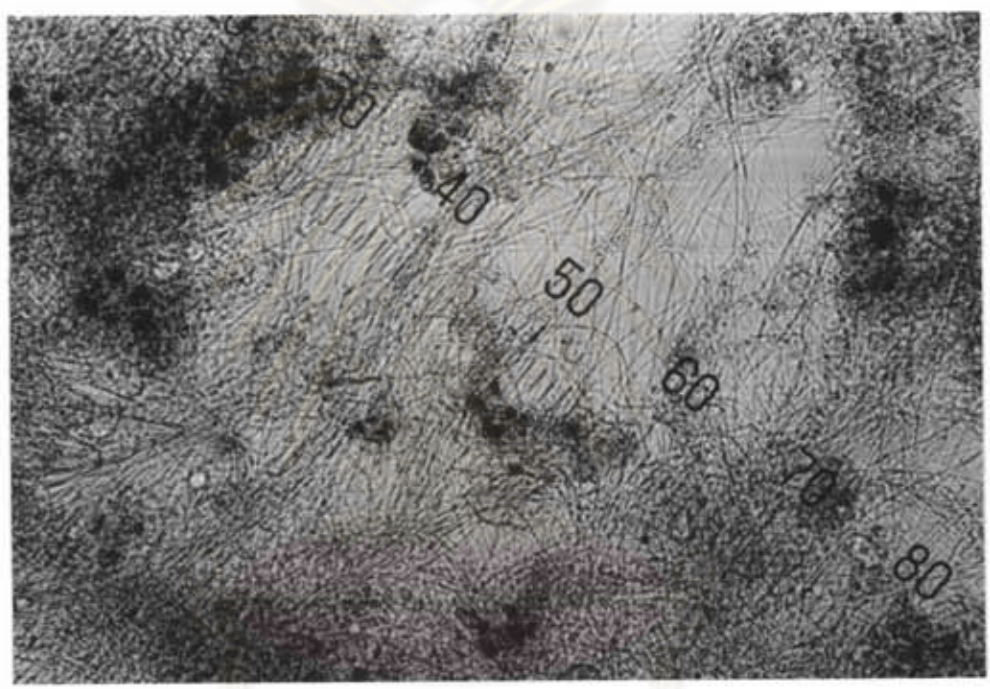
ในการทดลองชุดที่ 5 นี้ เกิดปัญหาเรื่องการไม่จมตัวของตะกอนแขวนลอยภายในระบบขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทดลองชุดนี้มีการเติมน้ำตาล ซึ่งเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าระบบอื่นๆ และโดยที่น้ำเสียที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลและแป้งมักก่อปัญหาตะกอนไม่จมตัวได้ง่าย (มั่นสิน,2530) จึงทำให้การทดลองชุดที่ 5 เกิดปัญหานี้ขึ้น ปัญหาตะกอนไม่จมตัวนี้ก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาอีกมาก กล่าวคือ เมื่อมีตะกอนหลุดไปกับน้ำออกมาก ทำให้ค่าอายุตะกอนในระบบลดลงโดยไม่สามารถควบคุมได้ กระบวนการไนตริฟิเคชันซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่ออายุตะกอนมากกว่า 7 วัน จึงไม่สามารถเกิดขึ้นภายในระบบได้ สารอินทรีย์ไนโตรเจนจึงไม่ถูกกำจัด นอกจากนี้ การที่ระบบสูญเสียตะกอนแขวนลอยออกไปมาก ทำให้ระบบต้องรับ shock load ซึ่งเป็นผลให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนลดลงได้

ปัญหาเรื่องตะกอนไม่จมตัวนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการเติมสารเคมีลงไปในระบบ เพื่อรวมตะกอนให้มีน้ำหนักสามารถจมตัวได้ง่าย สารเคมีที่เลือกใช้คือ เฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) ซึ่งเป็นโคแอกกูแลนด์ (Coagulant) ชนิดหนึ่ง เฟอริคคลอไรด์นี้เป็นสารเคมีที่ไม่เป็นพิษต่อระบบ และไม่ได้เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบ จึงมิได้เข้าไปเพิ่มภาระแกระบบ การเติมเฟอริคคลอไรด์ ผู้วิจัยใช้วิธีเติมสารละลายเฟอริคคลอไรด์เข้าสู่ถังแอโรบิกและถังแอนนอกซิกโดยตรงถังละ 5 มก./ล. ทุกๆวัน โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 8 ของการทดลองซึ่งเป็นวันที่เริ่มเกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวอย่างรุนแรงขึ้น ทั้งนี้ ในช่วงแรกการเติมเฟอริคคลอไรด์ให้ผลดีมาก สามารถผลิตน้ำออกที่ใสไม่มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมาจากระบบมาก ทำให้สามารถควบคุมอายุตะกอนของระบบได้ดี ต่อมาลักษณะของตะกอนแขวนลอยเริ่มรวมตัวกันน้อยลง ตลอดจนมีลักษณะจมตัวยากขึ้นจนกระทั่งถึงวันที่ 28 ของการทดลองเฟอริคคลอไรด์ ไม่สามารถรวมตะกอนแขวนลอยเข้าด้วยกัน ปัญหาตะกอนไม่จมตัวรุนแรงมากยิ่งขึ้น จนไม่สามารถผลิตน้ำออกที่ใสได้เลย ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมอายุตะกอน และการทำงานของระบบได้

นอกจากนี้ในการทดลองชุดที่ 5 นี้ เมื่อตรวจสอบตะกอนแขวนลอยด้วยการส่องกล้องจุลทัศน์ยังคงพบจุลินทรีย์ประเภทสร้างฟล้อคอยู่ ส่วนจุลินทรีย์ประเภทเส้นใยนั้นมีจำนวนมากขึ้นในระบบ จนมีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์ประเภทสร้างฟล้อค รูปขยายตะกอนแขวนลอยที่ตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทัศน์แสดงอยู่ในรูปที่ 4-62

โดยสรุปแล้ว การแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนในแต่ละชุดการทดลอง ต้องใช้น้ำตาลเติมเข้าสู่น้ำเสียเพื่อเพิ่มสารอินทรีย์คาร์บอนให้แก่ระบบ ส่งผลให้เกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการเติมน้ำตาลให้กับระบบมาก ปัญหาการเกิดตะกอนไม่จมตัวนี้ เป็น

เพราะเกิดจากการที่น้ำเสียมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมอยู่มาก ทำให้มีแนวโน้วที่จะเกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวขึ้นมากกว่าเป็นผลเนื่องมาจากค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนที่สูงขึ้นโดยตรง



รูปที่ 4-61 แสดงรูปขยายตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 5
(กำลังขยายเท่ากับ 100 เท่า)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย