

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

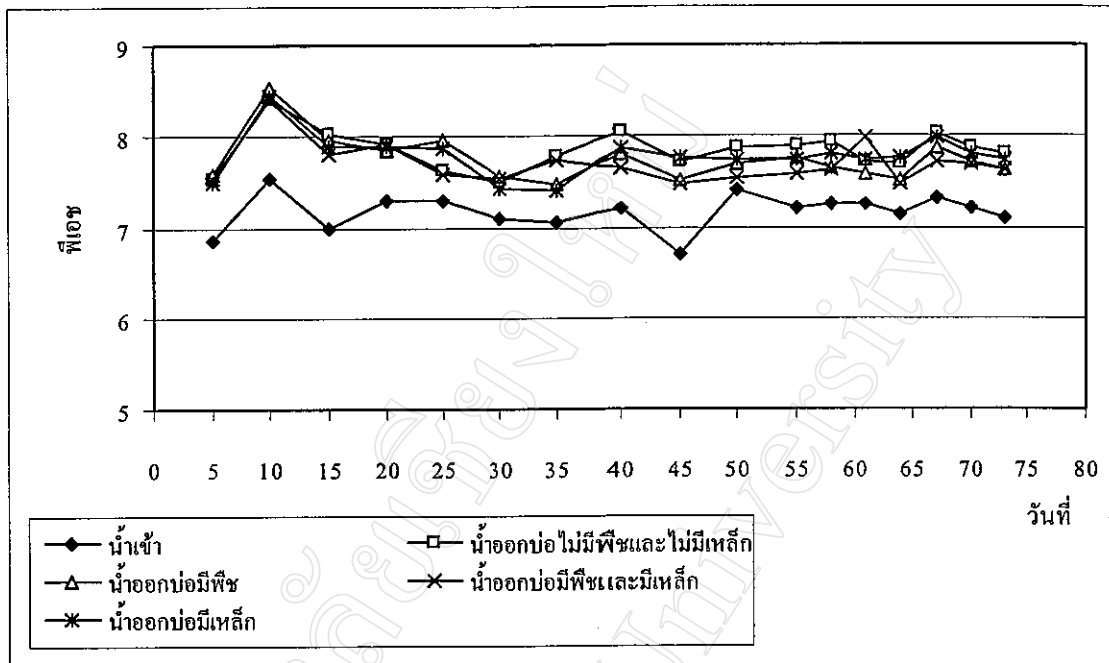
จากการศึกษาการกำจัดซัลเฟตโดยระบบน้ำไหลแนวอนใต้ผิวดินที่มีระยะเวลาในการศึกษาประมาณ 7 เดือน ได้แบ่งการศึกษาทั้งหมดเป็น 3 ช่วงการทดลอง สามารถแยกหัวข้อเสนอผลการทดลอง และการวิจารณ์ผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลของประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตของระบบน้ำไหลใต้ผิวดินแนวอนในสภาพที่ แตกต่างกัน (การทดลองช่วงที่ 1)

การทดลองในช่วงที่ 1 นี้ จะพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตที่เป็นจุดประสงค์หลักของการทดลองทั้งหมด โดยมีสภาพในบ่อทดลองที่แตกต่างกันคือบ่อทดลองที่ 1 ไม่มีพืชและเศษเหล็ก บ่อทดลองที่ 2 มีพืชแต่ไม่มีเศษเหล็ก บ่อทดลองที่ 3 มีทั้งพืชและเศษเหล็ก บ่อทดลองที่ 4 ไม่มีพืชแต่มีเศษเหล็ก ซึ่งจะใช้อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ 7.5 ซม./วัน หรือที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 11.5 วัน และอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.25 เท่ากันทุกบ่อทดลอง ผลการทดลองตลอดช่วงการทดลองที่ 1 นี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1.1 ค่าพีเอชของระบบ

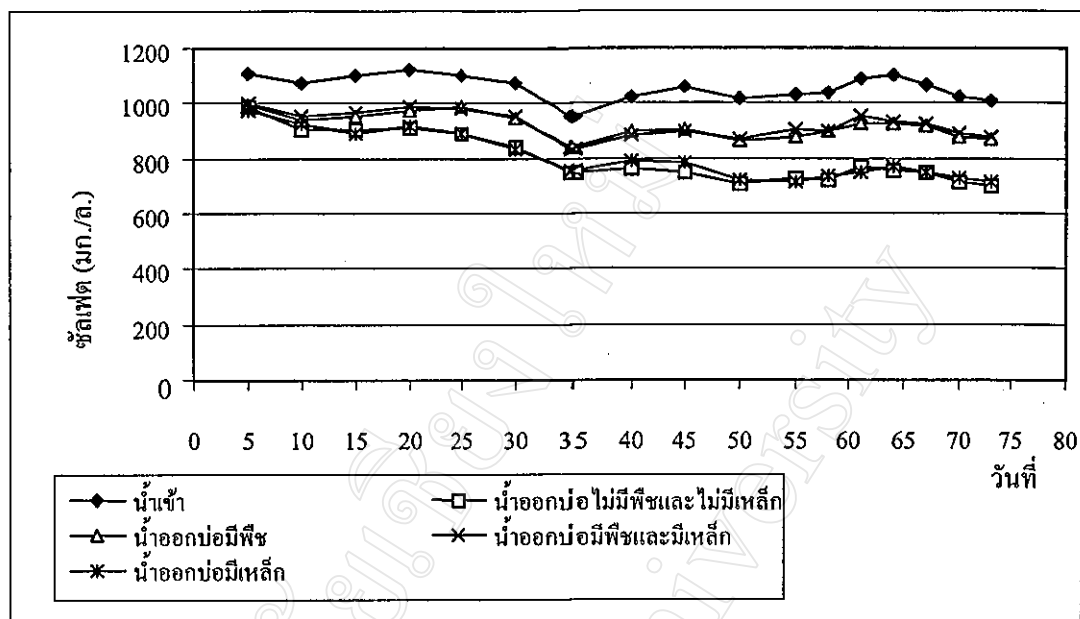
ค่าพีเอช (pH) ของน้ำเสียผสมระหว่างน้ำเสียจากมูลสุกร ที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และน้ำทิ้งจากเหมืองลิคไนต์ที่เข้า และออกจากระบบแสดงดังรูป 4.1 โดยมีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และค่าพีเอชของน้ำออกจากระบบอยู่ในข้อกำหนดลักษณะสมบัติน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ต้องมีพีเอชไม่น้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0 ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 พุทธศักราช 2539



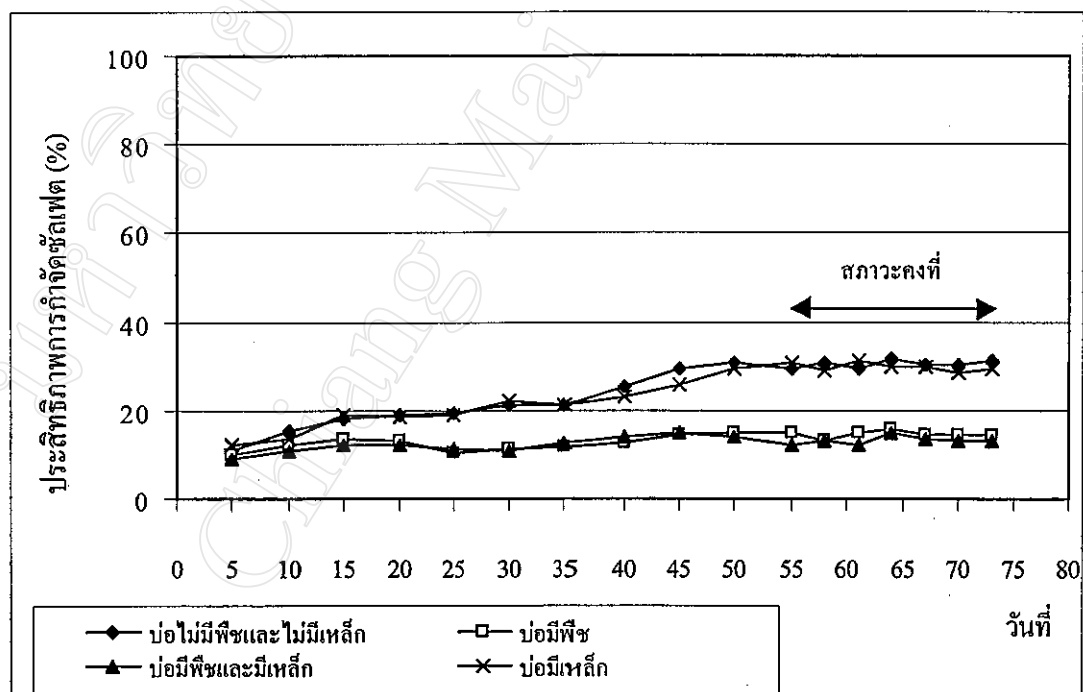
รูปที่ 4.1 ค่าพีเอช (pH) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบของการทดลองที่ 1

4.1.2 ชัลเฟตและเหล็กทั้งหมดของระบบ

ผลการทดลองโดยเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นชัลเฟต และเหล็กทั้งหมดในน้ำในน้ำเสียผสม ประสิทธิภาพในการกำจัดชัลเฟตและเหล็กในน้ำเสียผสมโดยเฉลี่ยทั้งหมด ในช่วงระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงที่ ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1



ก. ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมเข้าและออกจากระบบ



ข. ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตของระบบ

รูปที่ 4.2 ความเข้มข้น และประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองช่วงที่ 1

ความเข้มข้น เฉลี่ย พารามิเตอร์	น้ำเสีย ผสมที่ เข้า	น้ำออกของบ่อดูดซับที่			
		ไม่มีพืชและเหล็ก	มีพืช	มีพืชและเหล็ก	มีเหล็ก
ซัลเฟต (มก./ล.)	1050.3	731.74	897.3	911.2	736.8
ประสิทธิภาพการ กำจัด(%)	-	30.3	14.6	13.2	29.8
เหล็ก (มก./ล.)	0.096	0.032	0.021	0.021	0.027
ซีโอดีรวม (มก./ล.)	307.8	40.3	27.7	27.7	38.1
เจดาร์ลในโครเจน (มก./ล.)	38.0	24.0	10.2	10.0	24.5

หมายเหตุ - บ่อดูดซับที่มีเหล็กหมายถึง บ่อดูดซับที่ผสมเศษเหล็กเข้าไปในตัวกลาง (ทราย)

จากรูปที่ 4.2 แสดงการกำจัดซัลเฟตและประสิทธิภาพในการกำจัดที่อัตราบรรทุกทางชลศาสตร์ 7.5 ชม./วัน จะพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตของระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ในวันที่ 55 ของวันทำการทดลอง โดยดำเนินการทดลองในช่วงที่ 1 นี้เป็นระยะเวลาทั้งหมด 73 วัน และจากตารางที่ 4.1 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตในน้ำของบ่อไม่มีพืชและเหล็ก และบ่อที่มีเหล็กมีค่าใกล้เคียงกันคือ 30.3 % และ 29.8 % และมีค่าสูงกว่าบ่อที่มีพืชและเหล็ก และบ่อที่มีพืช (13.2 % และ 14.6%) ทั้งนี้เนื่องจากบ่อที่ไม่มีพืชมีสภาวะไม่มีออกซิเจนอิสระภายในตัวกลางทรายมากกว่าบ่อที่มีพืชทั้งสองบ่อดูดซับ จึงเกิดการย่อยสลายซัลเฟตโดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระในระบบมาก ส่วนสภาพแวดล้อมภายในบ่อที่มีพืชทั้งสองบ่อมีออกซิเจนจากบรรยากาศถ่ายเทผ่านใบ และลำต้นของพืชน้ำไหลลงสู่ราก เกิดสภาพที่มีออกซิเจนขึ้นในระบบบริเวณโซนราก ทำให้เกิดสภาพแอโรบิกบริเวณโซนรากนี้จึงทำให้ไม่เกิดการย่อยสลายซัลเฟต ส่วนบริเวณที่ไม่มีโซนรากหรือบริเวณที่รากยังลึกลงไปไม่ถึงจะมีการย่อยสลายซัลเฟตเกิดขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตของบ่อที่มีพืชต่ำกว่าบ่อที่ไม่มีพืช

ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำของบ่อที่ไม่มีพืชทั้งสองบ่อยังมีค่าต่ำ น่าจะมีสาเหตุมาจากปริมาณความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียผสมที่เข้าสู่ระบบ มีปริมาณน้อย ยังไม่เพียงพอกับปริมาณซัลเฟตของน้ำที่เข้าสู่ระบบ หรือกล่าวได้ว่าที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 เท่ากับ 0.25 ยังมีค่าต่ำ จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตยังไม่ดีพอ หากเปรียบเทียบกับผลการทดลองเกี่ยวกับการกำจัดซัลเฟตในน้ำทิ้งของโรงชุบโลหะโดยแบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟต พบว่าประสิทธิภาพ

ของแหล่งคาร์บอน ในการลดค่าฟอสฟอรัสที่ต่ำที่สูง โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ อย่างน้อย 0.33 (Young-Chae .et al,1998)

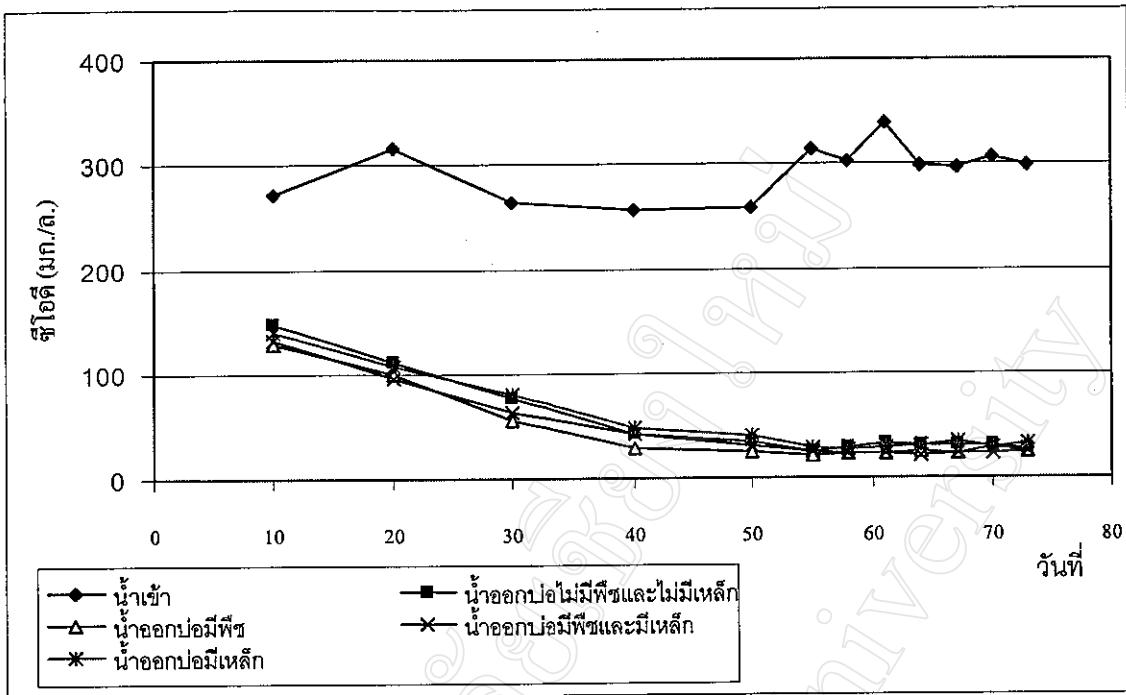
จากตารางที่ 4.1 พบว่าความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในน้ำออกทุกบ่อทดลองไม่แตกต่างกันมากนัก โดยบ่อที่มีพืชทั้งสองบ่อจะมีความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในน้ำออกต่ำกว่าบ่อที่ไม่มีเศษเหล็กเพียงเล็กน้อย น่าจะมีสาเหตุมาจากพืชดูดซับเหล็กเป็นอาหารเสริม โดยที่ธาตุเหล็กเป็นสิ่งจำเป็นในการสังเคราะห์แสงของ Cholorophyll , Cytochromes และใน Enzyme Nitrogenase หรือเนื่องมาจากการที่มีออกซิเจนอิสระเพิ่มขึ้นในระบบ โดยการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศมาสู่บริเวณโซนของรากพืช จึงทำให้เหล็กละลาย Fe (II) เปลี่ยนเป็น Fe (III) และ Fe (III) นี้ ไปรวมตัวไฮดรอกไซด์ไอออน (OH⁻) ในน้ำเกิดเป็นตะกอนในรูป Ferric Hydroxide (Fe (OH)₃) (Robert .et al.,1996)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสเฟตในน้ำของบ่อที่มีเศษเหล็กและบ่อที่ไม่มีเศษเหล็ก พบว่าจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสเฟตไม่แตกต่างกัน กล่าวคือบ่อที่ไม่มีพืชและไม่มีความเข้มข้นของเหล็กจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสเฟต 30.3 % ซึ่งไม่แตกต่างจากบ่อที่ไม่มีพืชแต่มีความเข้มข้นของเหล็กที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสเฟต 29.8 % แสดงให้เห็นว่าเศษเหล็กที่ผสมกับชั้นทรายนั้นไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสเฟตในน้ำเพิ่มขึ้นแต่อย่างใดที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.25 นี้

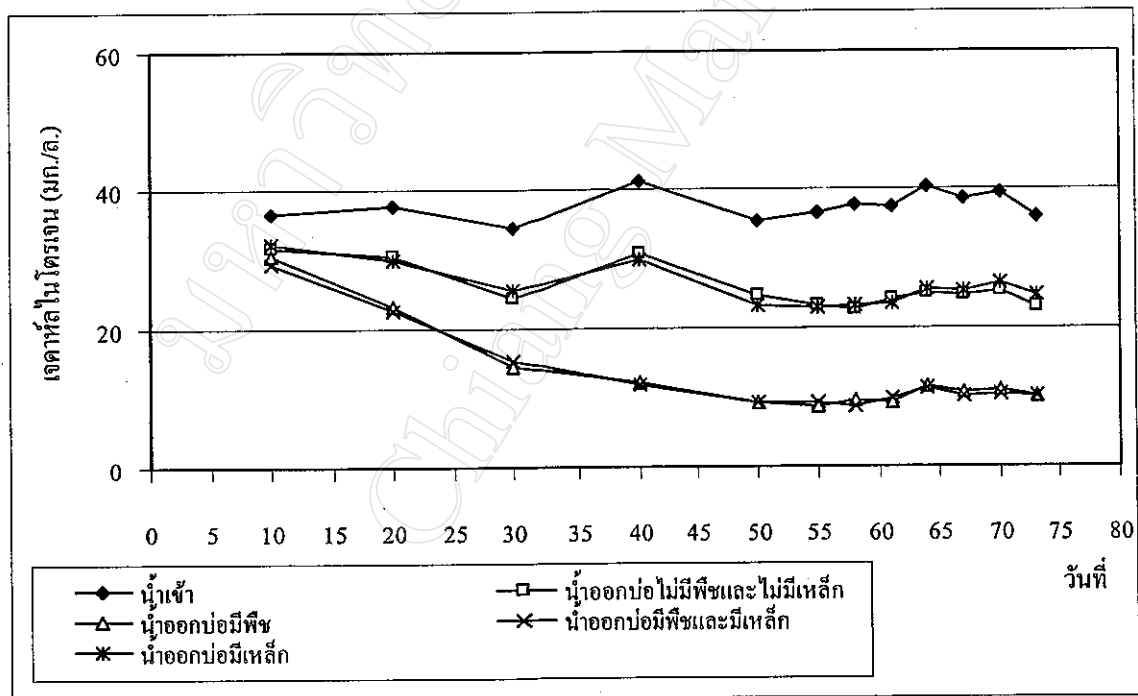
4.1.3 สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่ใช้ในการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบในการทดลองนี้ คือ ซีไอดีรวม (TCOD) ส่วนไนโตรเจน คือ เจคาล์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองของบ่อที่ไม่มีพืชทั้งสองบ่อ ในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 จะพบว่าปริมาณความเข้มข้นของเจคาล์ไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนที่ระบบต้องการ โดยบ่อไม่มีพืชทั้งสองมีอัตราส่วนระหว่าง COD:N ประมาณ 100:12.3 และเมื่อเทียบกับอัตราส่วนของปริมาณสารอาหาร COD:N ที่ระบบกำจัดแบบไร้ออกซิเจนอิสระ ต้องการใช้ในการสร้างเซลล์แบคทีเรียมีค่าเท่ากับ 100:1.2 พบว่าปริมาณสารอาหารที่มีในน้ำเสียผสมมีมากเกินไป และไม่เป็นอุปสรรคต่อแบคทีเรียในการสร้างเซลล์ใหม่



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นซีโอติในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 1



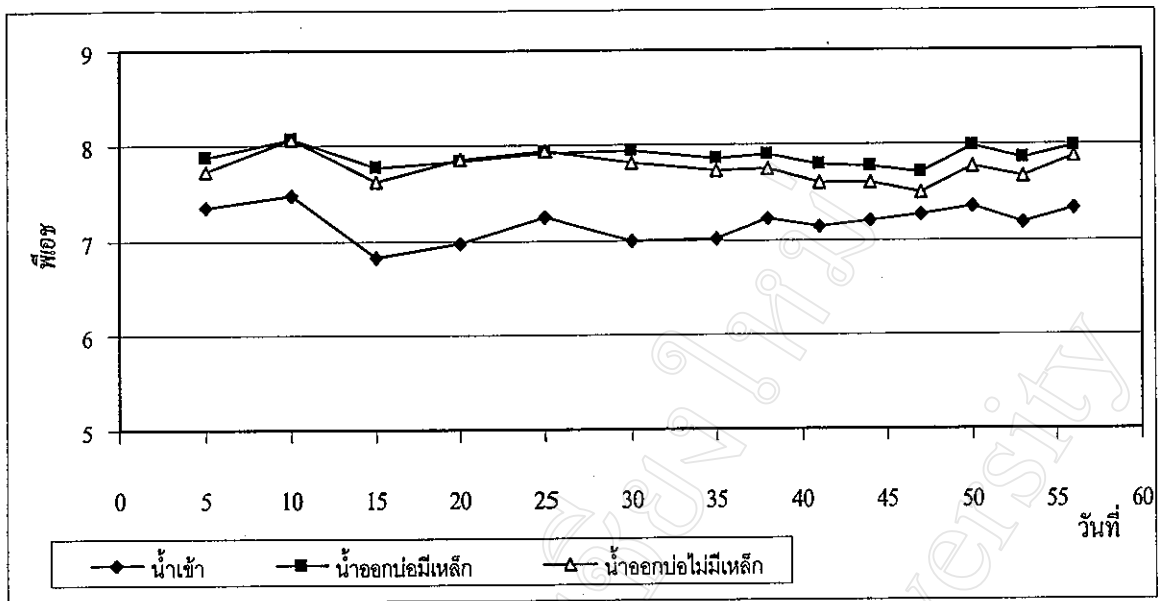
รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นเจดาร์ไนโตรเจนในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 1

ส่วนระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจนอิสระที่มีอยู่ในบ่อที่มีพืชน้ำนั้น ต้องการปริมาณไนโตรเจนในระบบคิดเป็นอัตราส่วนระหว่าง BOD:TN ประมาณ 100:5 เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองที่ผ่านมาของ (นงศ์ลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ, 2541) พบว่าอัตราส่วนของบีโอดี ต่อ ซีโอดี (BOD:COD) ในน้ำเสียมูลสุกรจากฟาร์มสุกรของศูนย์พัฒนาและวิจัยการเกษตรแม่เหียะ (ซึ่งเป็นน้ำมูลสุกรชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองนี้) มีค่าประมาณ 0.6-0.7 และเมื่อเปลี่ยน COD เป็น BOD ที่อัตราส่วน 0.6 แล้วจะได้ว่าปริมาณสารอาหารที่เข้าระบบมีค่า BOD:N ประมาณ 100:8.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณสารอาหารจากมูลสุกรที่ใช้เป็นแหล่งสารอาหารมีมากเกินไป และไม่เป็นอุปสรรคต่อแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระ

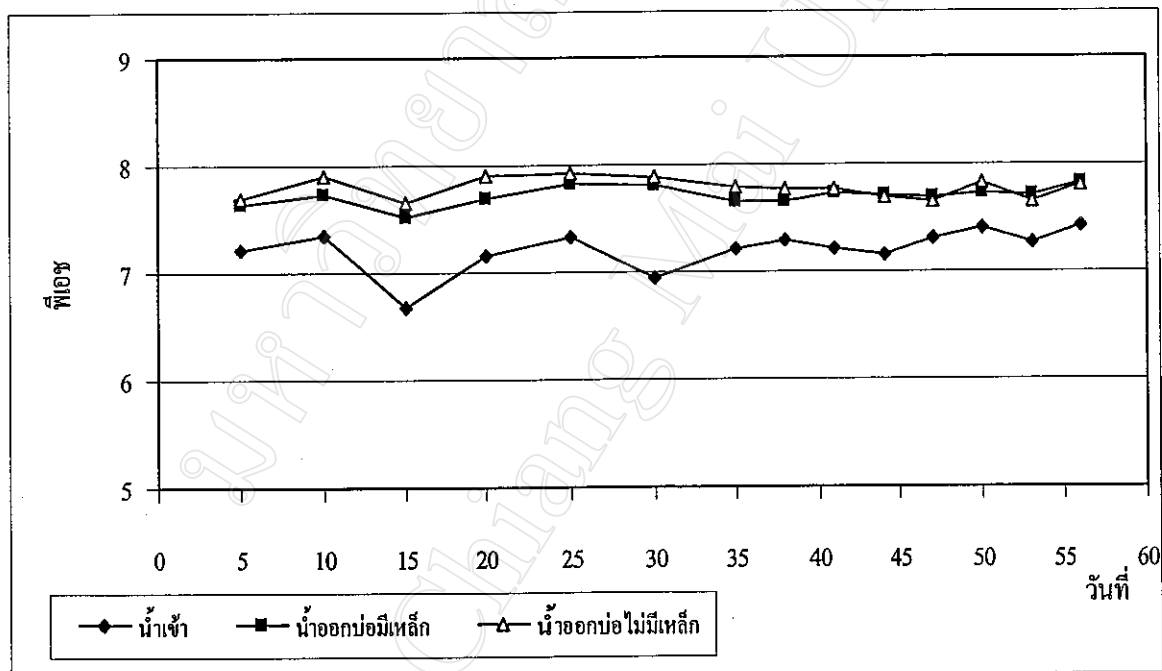
จากรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.1 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่พบว่าความเข้มข้นซีโอดีของบ่อที่มีพืชมีค่าต่ำกว่าบ่อไม่มีพืชน้ำ เนื่องจากบ่อที่มีพืชน้ำมีการย่อยสลายของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นซีโอดีของน้ำออกทุกบ่อทดลองแล้ว พบว่าความเข้มข้นซีโอดีที่ออกจากระบบทุกบ่อทดลองอยู่ในข้อกำหนดลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีความเข้มข้นซีโอดีไม่มากกว่า 120 มก./ล. ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พุทธศักราช 2539

ในรูปที่ 4.4 ที่แสดงความเข้มข้นของเจตาห์ลไนโตรเจนของน้ำเข้าและออกจากระบบพบว่า ปริมาณไนโตรเจนของบ่อที่มีพืชมีค่าต่ำกว่าบ่อที่ไม่มีพืชน้ำ เนื่องจากภายในบ่อที่มีพืชน้ำมีแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระบริเวณโซนรากที่สามารถเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นไนเตรด ส่วนบริเวณที่ไม่มีอากาศในดักกลางทรายจะเปลี่ยนไนเตรดไนโตรเจนไปเป็นไนไตรท์ไนโตรเจนและก๊าซ ซึ่งภายในบ่อที่ไม่มีพืชน้ำจะมีแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นส่วนใหญ่จึงทำให้มีการกำจัดไนโตรเจนได้ไม่ดีเหมือนกับบ่อที่มีพืชน้ำ

จากผลการทดลองทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 1 ได้ว่า บ่อทดลองที่ไม่มีพืชน้ำทั้งสองบ่อคือบ่อไม่มีพืชน้ำและเหล็ก และบ่อมีเหล็ก มีประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตสูงกว่าบ่อที่มีพืชน้ำ แต่บ่อไม่มีพืชน้ำทั้งสองบ่อยังไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกำจัดอย่างชัดเจน ที่ค่าอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.25 นี้จึงยังไม่สามารถบอกได้ว่า การใส่เศษเหล็กลงในดักกลางจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นหรือไม่ จึงได้ทำการทดลองในช่วงที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตระหว่างบ่อทดลองที่มีเศษเหล็กและบ่อทดลองที่ไม่มีเศษเหล็ก โดยเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ให้สูงขึ้นเป็น 0.5 และ 1 ส่วนพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ซีโอดีรวมไนโตรเจน พบว่าบ่อที่มีพืชน้ำมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าบ่อที่ไม่มีพืชน้ำ

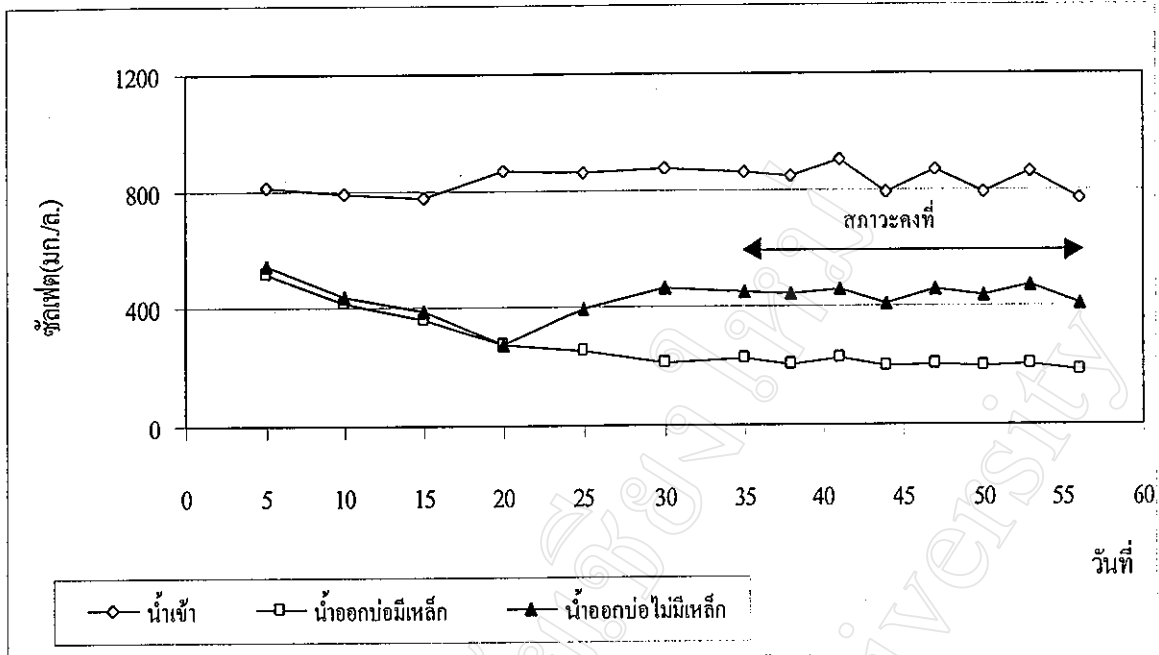


ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/SO_4 มีค่าเท่ากับ 1

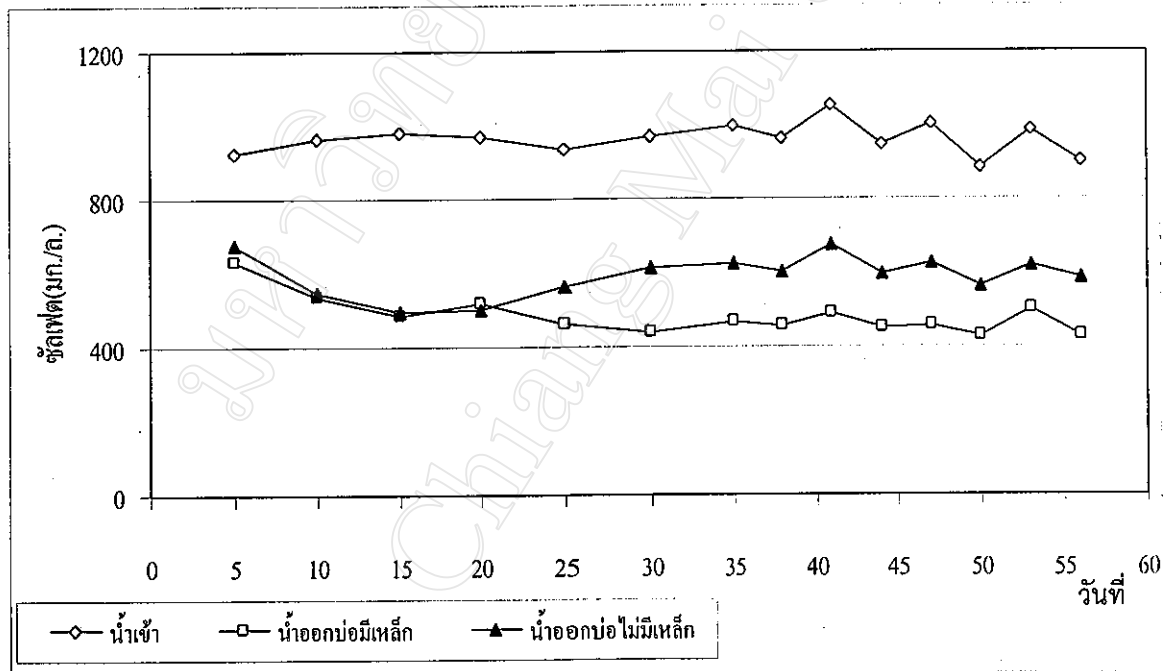


ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.5 ค่าพีเอชในน้ำเสียผสมของการทดลองครั้งที่ 2

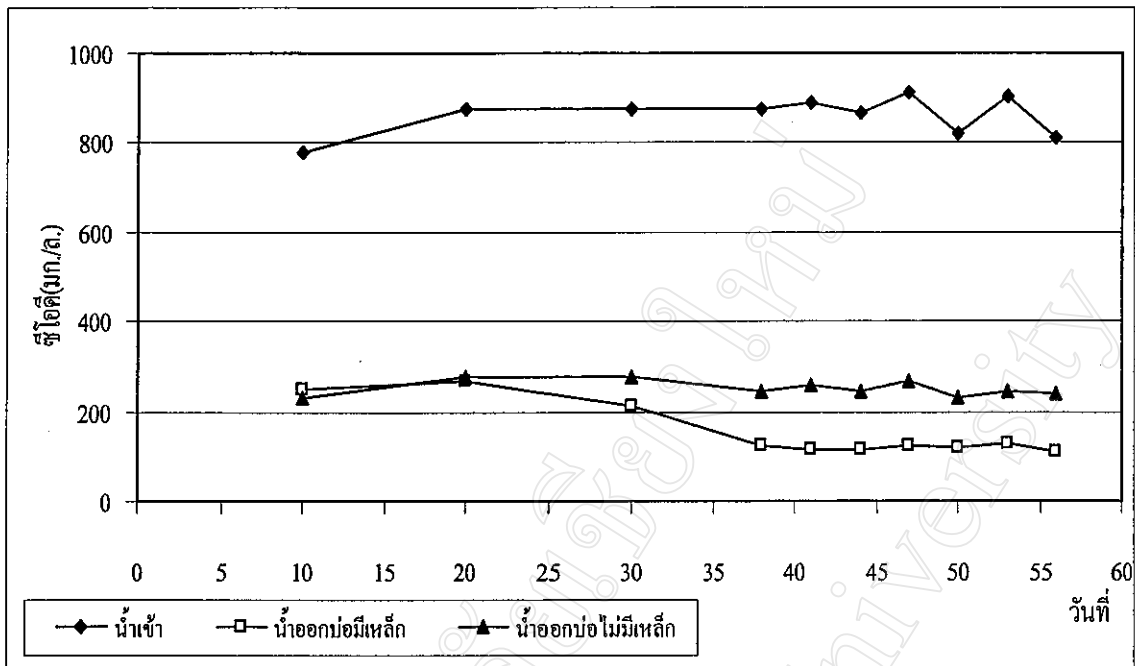


ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1

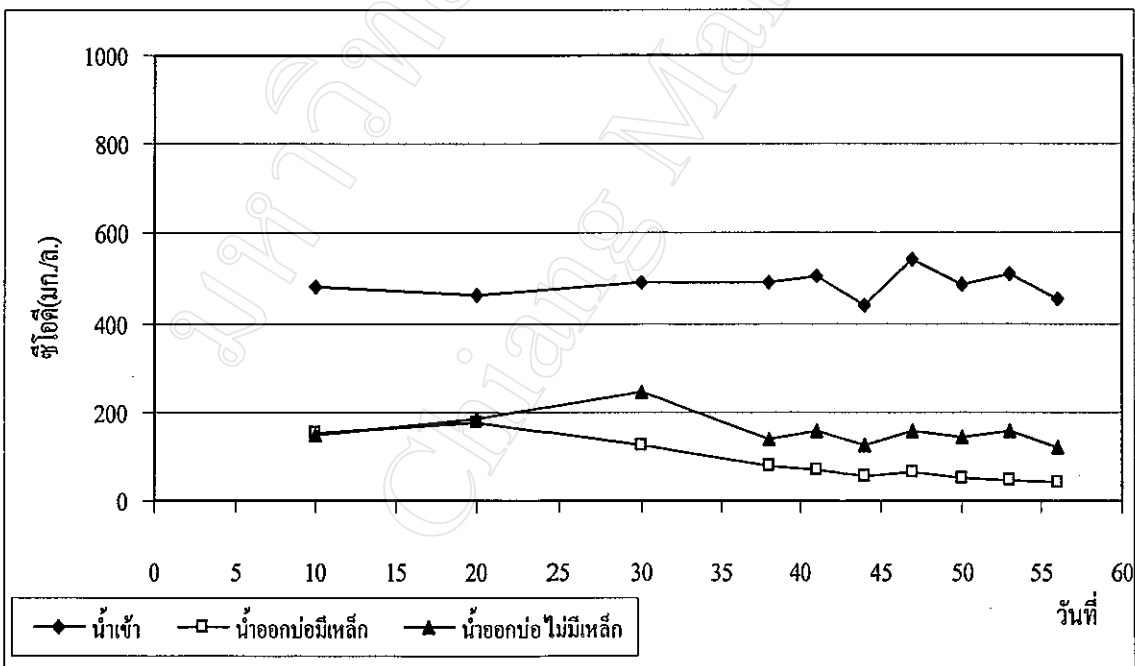


ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมของการทดลองครั้งที่ 2



ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1



ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียผสมของการทดลองครั้งที่ 2

4.2 ผลของความเข้มข้นซีโอดีต่อซัลเฟตที่มีต่อประสิทธิภาพของการกำจัดซัลเฟต (การทดลองช่วงที่2)

ในการทดลองที่ 2 นี้จะศึกษาผลของอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ และเศษเหลือ ที่ใส่ในตัวกลาง(ทราย)ที่มีต่อประสิทธิภาพของการกำจัดซัลเฟตโดยใช้อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 7.5 ชม./วัน เท่ากันทุกบ่อทดลองแต่จะมีอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ต่างกันคือ 0.5 และ 1 เริ่มทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 5 ของการทดลอง ผลการทดลองทั้งหมดทุกพารามิเตอร์ตลอดช่วงการทดลองของการทดลองช่วงที่ 2 แสดงไว้ในภาคผนวก ข. โดยมีผลการทดลองดังนี้

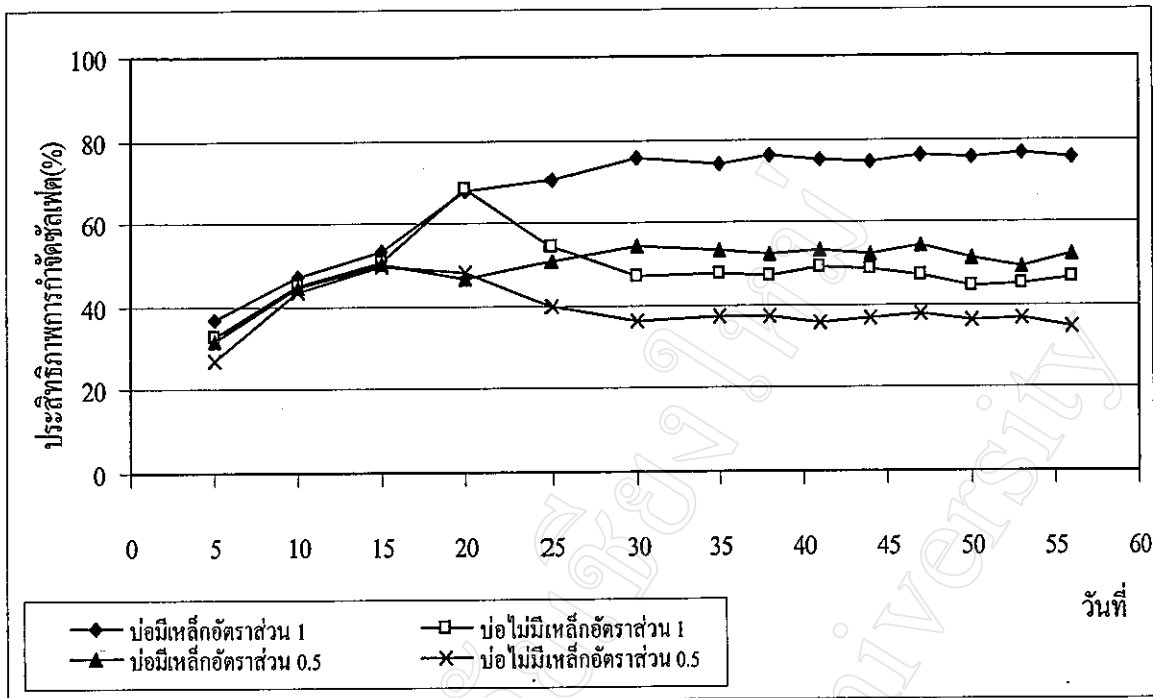
4.2.1 ค่าพีเอชของระบบ

ค่าพีเอชของน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบของการทดลองในช่วงที่ 2 นี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 ซึ่งเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ จะพบว่าค่าพีเอชน้ำเสียผสมที่เข้าและออกทุกบ่อทดลองมีค่าอยู่ในช่วงเป็นกลาง และบ่อที่มีเศษเหลือที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 มีค่าพีเอชของน้ำออกสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากมีความเป็นด่างไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายซัลเฟตในน้ำ ดังสมการที่ 2.5 ที่ได้เสนอไว้แล้วในหัวข้อ 2.1.2

4.2.2 ซัลเฟต,ซีโอดีรวม และกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดของระบบ

ปริมาณความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ซึ่งจะพบว่าระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ในวันที่ 35 ของวันทำการทดลอง ซึ่งจะเร็วกว่าการทดลองในช่วงที่ 1 เนื่องจากได้ทำการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองในช่วงที่ 1

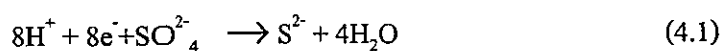
จากรูปที่ 4.8 และตารางที่ 4.2 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ พบว่าบ่อที่ไม่มีเศษเหลือจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตต่ำกว่าบ่อที่มีเศษเหลือที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ทั้งสองค่าคือ 0.5 และ 1 น่าจะมีสาเหตุมาจากความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งถ้าในระบบมีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระที่เกิดจากระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียสูงถึง 40 - 150 มก./ล. จะก่อให้เกิดการยับยั้งออกซิเดชันของอะซิเตทของแบคทีเรียได้ (Chistensen .et al, 1996) และถ้าในระบบมีความเข้มข้นของสารละลายซัลไฟด์ (H₂S+HS⁻) ในปริมาณ 100-300 มก./ล. และไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระ (H₂S) ในปริมาณ 50-150 มก./ล. จะเกิดการยับยั้งต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) อย่างรุนแรง (Tsuyoshi Imai. et al, 1998)



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำเสียผสม ของการทดลองช่วงที่ 2

ในบ่อที่ใส่เศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 และ 0.5 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระจะไม่มี เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระในน้ำที่เกิดขึ้นจะไปรวมตัวกับเหล็ก (Fe²⁺) ที่เกิดจากการกัดกร่อนเศษเหล็กที่ใส่เพิ่มเข้าไปในระบบ โดยสถานะที่ขาดออกซิเจนแบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟตจะทำให้เศษเหล็ก (Fe⁰) เปลี่ยนรูปไปเป็น Fe²⁺ ได้ จากทฤษฎีการลดการเกิดขี้ของขี้ลอบ ดังสมการที่ 2.9 - 2.11 ที่ได้เสนอไว้แล้วในหัวข้อ 2.1.3

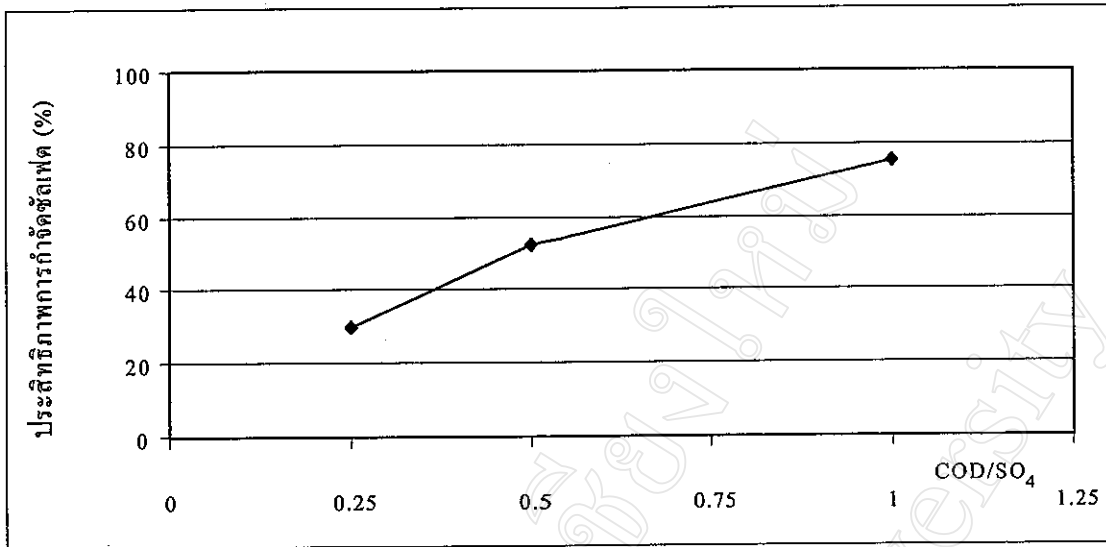
แบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟตสามารถกำจัดซัลเฟต และกำจัดสารอินทรีย์ได้พร้อมกัน ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดทั้งสองกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของซัลเฟต และสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จากความสัมพันธ์ของสมการ 4.1 จะได้ว่าในการลดซัลเฟตปริมาณ 96 กรัมจะต้องใช้ปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของซีโอไซด์ในการออกซิไดส์ (Oxidise) 64 กรัม หรือต้องใช้ค่าอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ มีค่าเท่ากับ 0.67 ตามทฤษฎี (Speece, 1996)



ตารางที่ 4.2. ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองช่วงที่2

พารามิเตอร์	อัตราส่วน COD/SO ₄	บ่อมีเหล็ก		บ่อไม่มีเหล็ก	
		0.5	1	0.5	1
ซัลเฟต					
-น้ำเข้า (มก./ล.)		965.9	836.5	965.9	836.5
-น้ำออก (มก./ล.)		460.5	205.3	612.1	441.9
-ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		52.3	75.5	36.6	47.1
ซีโอดี					
-น้ำเข้า (มก./ล.)		488.6	868.3	488.6	868.3
-น้ำออก (มก./ล.)		57.7	120.0	143.4	247.6
กรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมด					
-น้ำเข้า (มก./ล. CaCO ₃)		72.3	125.1	72.3	125.1
-น้ำออก (มก./ล. CaCO ₃)		18.9	21.2	30.5	50.0
เหล็ก					
-น้ำเข้า (มก./ล.)		0.075	0.065	0.075	0.065
-น้ำออก (มก./ล.)		0.008	0.006	0.012	0.009
-ที่จุดกึ่งกลางบ่อ (มก./ล.)		0.014	0.011	0.017	0.012
สภาพความเป็นด่าง					
-น้ำเข้า (มก./ล. CaCO ₃)		382.2	515.4	382.2	515.4
-น้ำออก (มก./ล. CaCO ₃)		566.4	830.6	482.3	686.8
เจดาร์ไนโตรเจน					
-น้ำเข้า (มก./ล.)		36.0	50.9	36.0	50.9
-น้ำออก (มก./ล.)		25.5	34.3	26.3	35.9
แอมโมเนียไนโตรเจน					
-น้ำเข้า (มก./ล.)		27.2	39.4	27.2	39.4
-น้ำออก (มก./ล.)		22.0	30.2	21.7	31.8
ของแข็งละลายทั้งหมด					
-น้ำเข้า (มก./ล.)		2065.1	2156.9	2065.1	2156.9
-น้ำออก (มก./ล.)		1325.1	1233.0	1603.8	1504.6

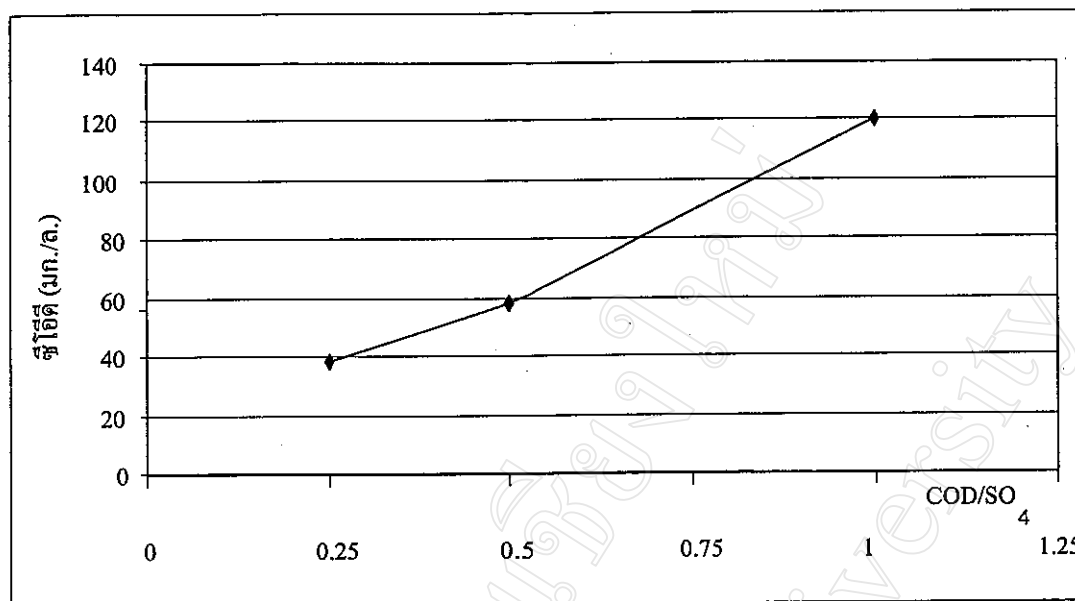
หมายเหตุ - บ่อทดลองที่มีเหล็กหมายถึง บ่อทดลองที่ผสมเศษเหล็กเข้าไปในตัวกลาง (ทราย)



รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำเสียผสม ที่สภาวะคงที่ ของบ่อที่มี
เหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO₄ มีค่าแตกต่างกัน

ถ้าหากพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตของการทดลองนี้ จะเห็นว่าบ่อที่มีเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ มีค่าเท่ากับ 1 มีประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Kosinsk และ Miskiewicz, 1997) ที่พบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดซัลเฟตและกำจัดสารอินทรีย์ จากน้ำมูลสุกรของอุตสาหกรรมฟาร์มสุกรได้สูง ที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ อยู่ระหว่าง 0.8 - 1.2 และสอดคล้องกับการทดลองจาก (Young-Chae . et al, 1998) ที่พบว่าความต้องการในการลดซัลเฟตในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ที่ปริมาณความเข้มข้นซัลเฟต 2,000 มก./ล. ต้องใช้ความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอนประมาณ 2,200 มก. COD/ล. หรือค่าอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ที่ 1.1 มีประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตได้ดีที่สุด

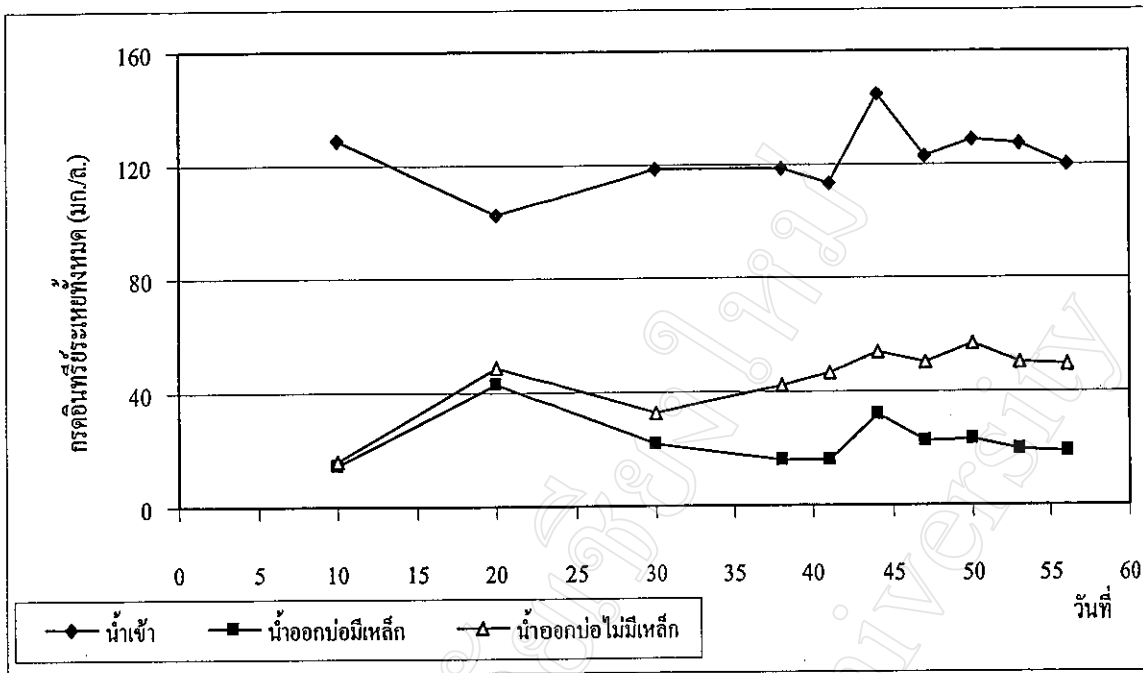
เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำ ที่อัตราความเข้มข้น COD/SO₄ ต่างกันคือที่ 0.25 , 0.5 และ 1 ของบ่อที่มีเหล็กสามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 4.9 จะได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตมีค่าสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่พิจารณาอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ในช่วงระหว่าง 0.25 – 1



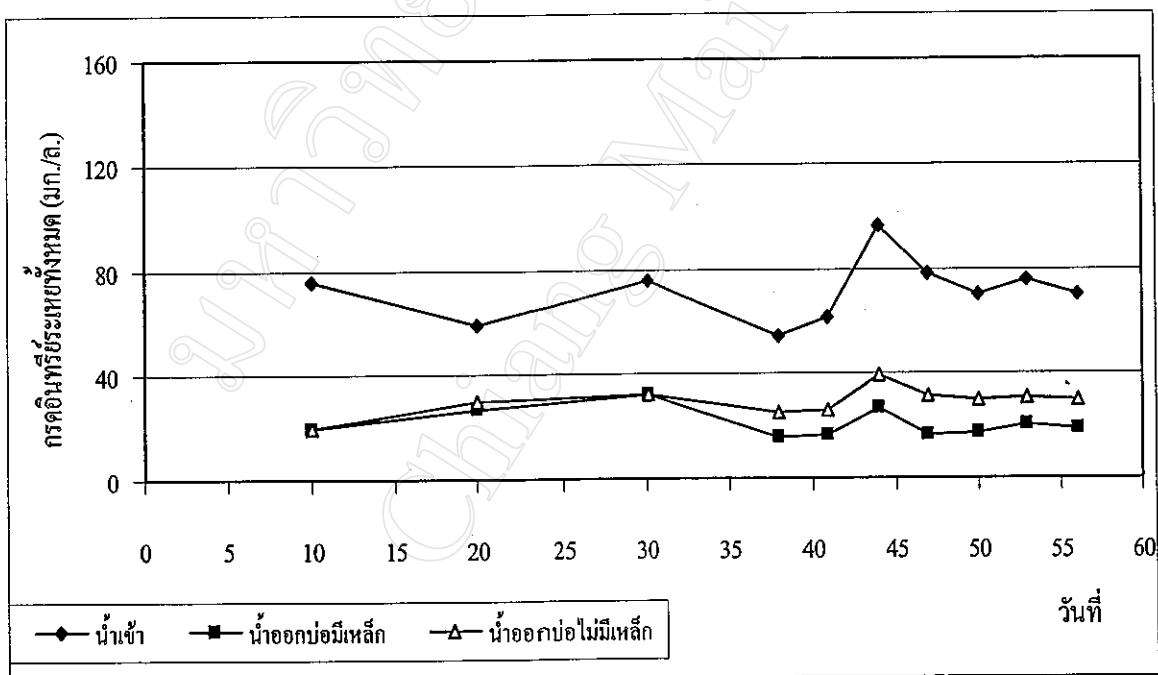
รูปที่ 4.10 ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียผสม ที่ออกจากระบบของบ่อบำบัดที่มีเศษเหล็ก ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO₄ มีค่าแตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการกำจัดซีโอดีของบ่อบำบัดที่มีเศษเหล็กสูงกว่าบ่อบำบัดที่ไม่มีเศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.5 และ 1 โดยบ่อบำบัดที่มีเศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.5 มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกับค่าอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ที่ทำให้การกำจัดซัลเฟตได้สูงสุด โดยที่ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตสูงสุดเมื่ออัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นซีโอดีในน้ำออกจากระบบที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ สูงขึ้นเป็น 0.25 , 0.5 และ 1 ของบ่อบำบัดที่มีเศษเหล็กในรูปที่ 4.10 พบว่าความเข้มข้นซีโอดีในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นเป็น 31.8 มก./ล. , 57.7 มก./ล. และ 120 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ให้สูงกว่า 1 นั้น จะทำให้ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำออกจากระบบมีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม พุทธศักราช 2539 ที่กำหนดให้น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีความเข้มข้นซีโอดีไม่มากกว่า 120 มก./ล.



ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1



ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.11 ความเข้มข้นกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2

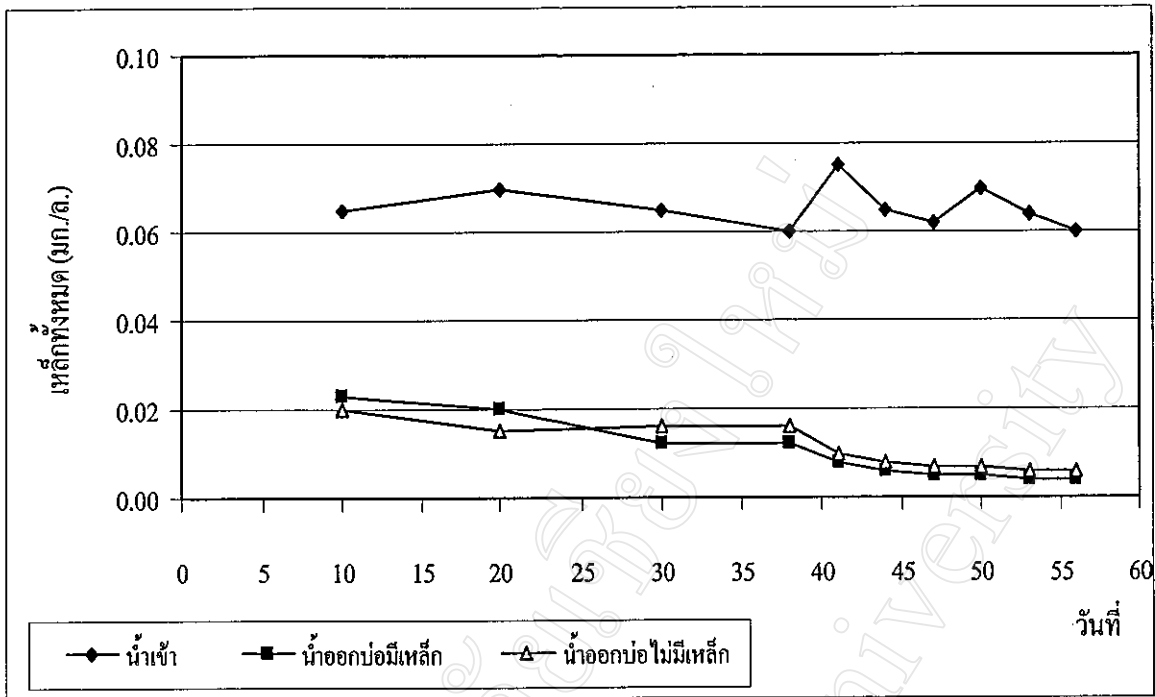
จากรูปที่ 4.11 และตารางที่ 4.2 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ทั้งสองค่าคือ 0.5 และ 1 จะเห็นความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดของน้ำที่ออกจากบ่อที่มีเศษเหล็ก และไม่มีเศษเหล็กได้ชัดเจน โดยบ่อที่ไม่มีเศษเหล็กจะมีปริมาณความเข้มข้นกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดของน้ำที่ออกจากระบบสูงกว่าบ่อที่มีเศษเหล็ก เนื่องมาจากความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ จึงเกิดการยับยั้งการย่อยสลายอะซิเตตซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกรดอินทรีย์ โดยแบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟตในบ่อที่ไม่มีเศษเหล็กซึ่งได้กล่าวมาแล้วในช่วงต้น

4.2.3 เหล็ก และ สภาพความเป็นด่าง

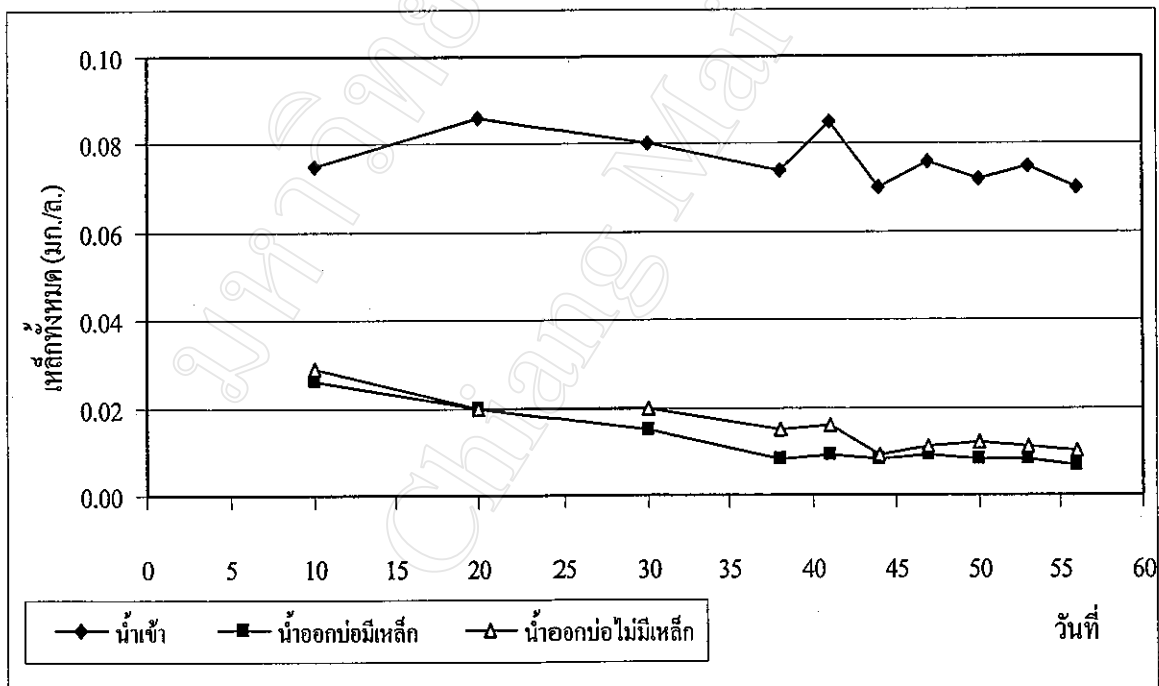
จากรูปที่ 4.12 และตารางที่ 4.2 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในน้ำออกของทุกบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.006 มก./ล. - 0.012 มก./ล. โดยเหล็กทั้งหมดในน้ำที่เข้าระบบส่วนหนึ่งจะไปทำปฏิกิริยาซัลไฟด์อิสระแล้วเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กซัลไฟด์ (FeS) สะสมอยู่ภายในตัวกลางทรายของบ่อทดลองดังรูปที่ 4.13 และในส่วนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาภายในบ่อจะออกมากับน้ำออกจากระบบ

ถ้าหากพิจารณาเหล็กที่จุดกึ่งกลางของบ่อทดลองในรูปที่ 4.14 แล้วพบว่าปริมาณความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในน้ำไม่แตกต่างกันทั้งบ่อทดลองที่มีเศษเหล็กและไม่มีเศษเหล็ก แสดงว่าเศษเหล็กที่ผสมลงในตัวกลาง(ทราย)นั้น ไม่ได้ทำให้มีปริมาณของสารละลายเหล็กเพิ่มขึ้นในน้ำ

และถ้าพิจารณารูปที่ 4.14 แล้วจะพบว่าที่ผิวของเศษเหล็กมีตะกอนดำของเหล็กซัลไฟด์ (FeS) เกาะติดอยู่ที่ผิว เนื่องมาจากซัลไฟด์อิสระที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรีย จะไปรวมตัวกับ Fe²⁺ ที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของเศษเหล็ก โดยที่ Fe²⁺ ที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของเศษเหล็กนี้เกิดจากการเปลี่ยนรูปของเศษเหล็ก Fe⁰ จากทฤษฎีการลดการเกิดขั้วของขั้วลบดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.1.3 ซึ่งน่าจะเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ปริมาณ Fe²⁺ ไม่ได้เพิ่มขึ้นในน้ำ จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในน้ำที่จุดกึ่งกลางบ่อทดลองที่มีเศษเหล็กและไม่มีเศษเหล็กไม่แตกต่างกันมาก

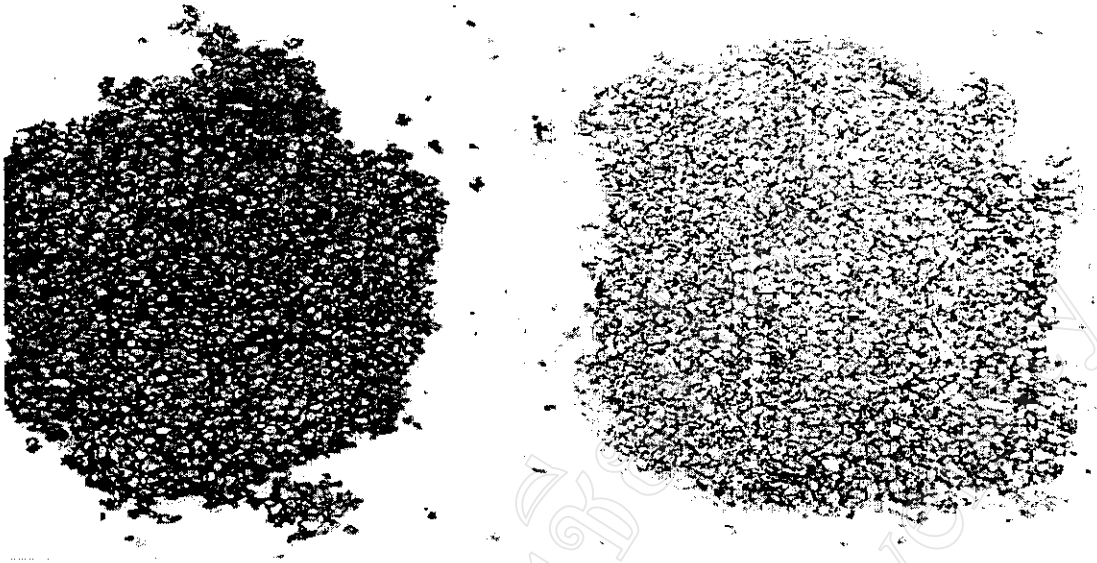


ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1

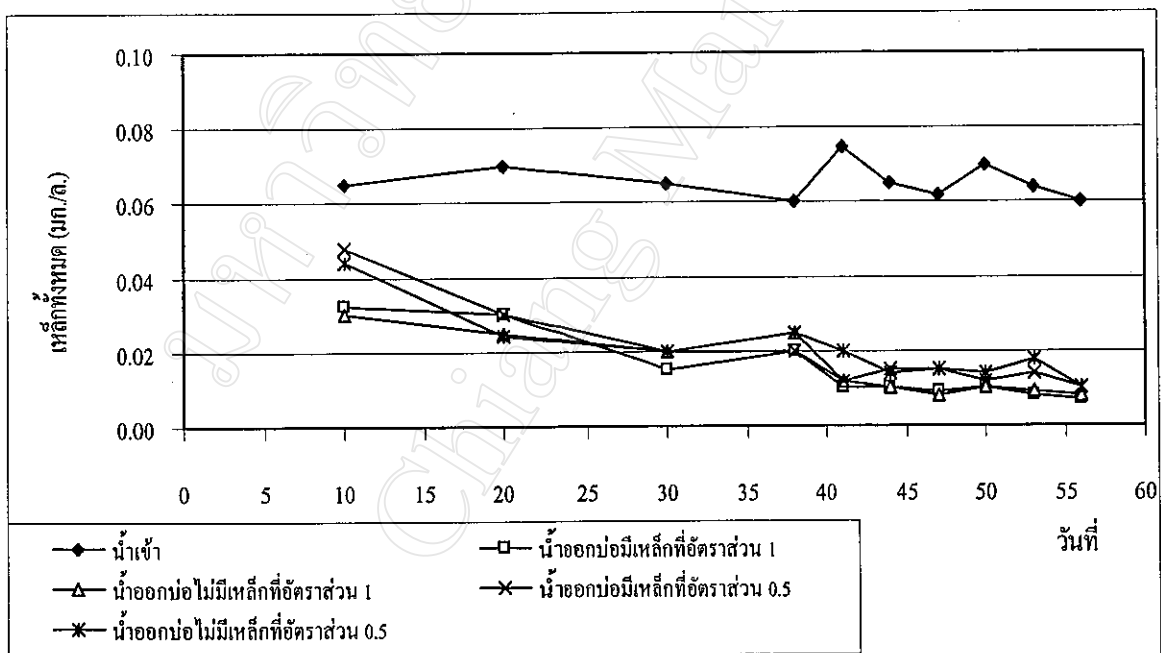


ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2



รูปที่ 4.13 ลักษณะของตัวกลาง (ทราย) ในบ่อดูดซับหลังจากสิ้นสุดการทดลอง (ด้านซ้าย) ทั้ง 3 ช่วงการทดลอง และก่อนการทดลอง (ด้านขวา)

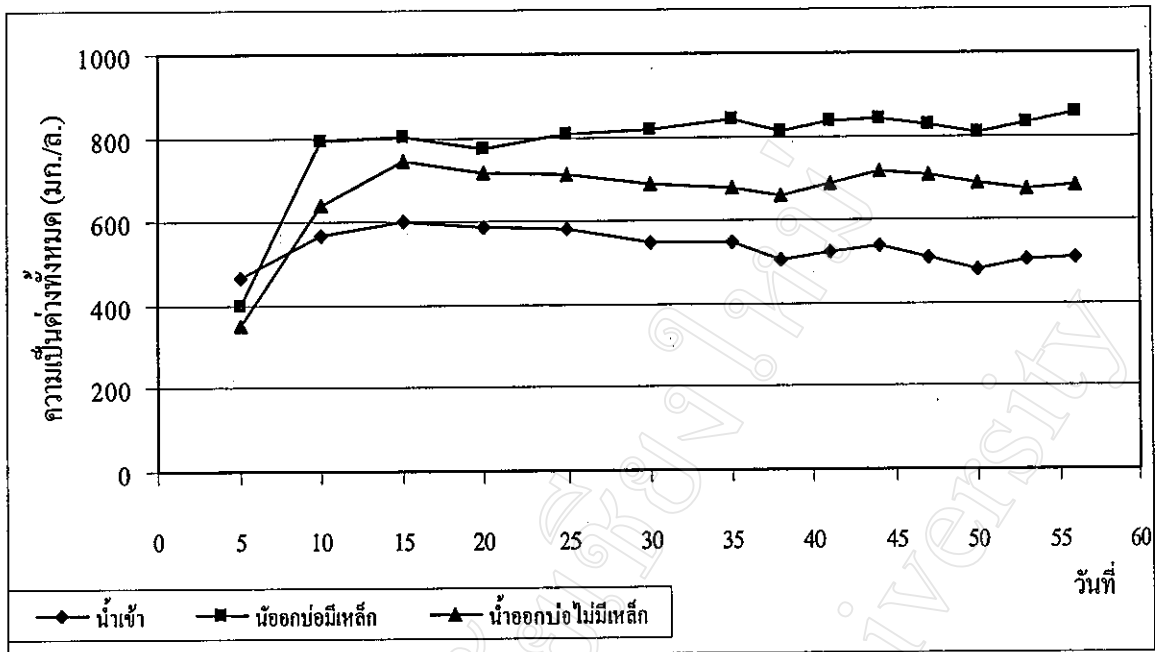


รูปที่ 4.14 ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดที่จุดกึ่งกลางในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2

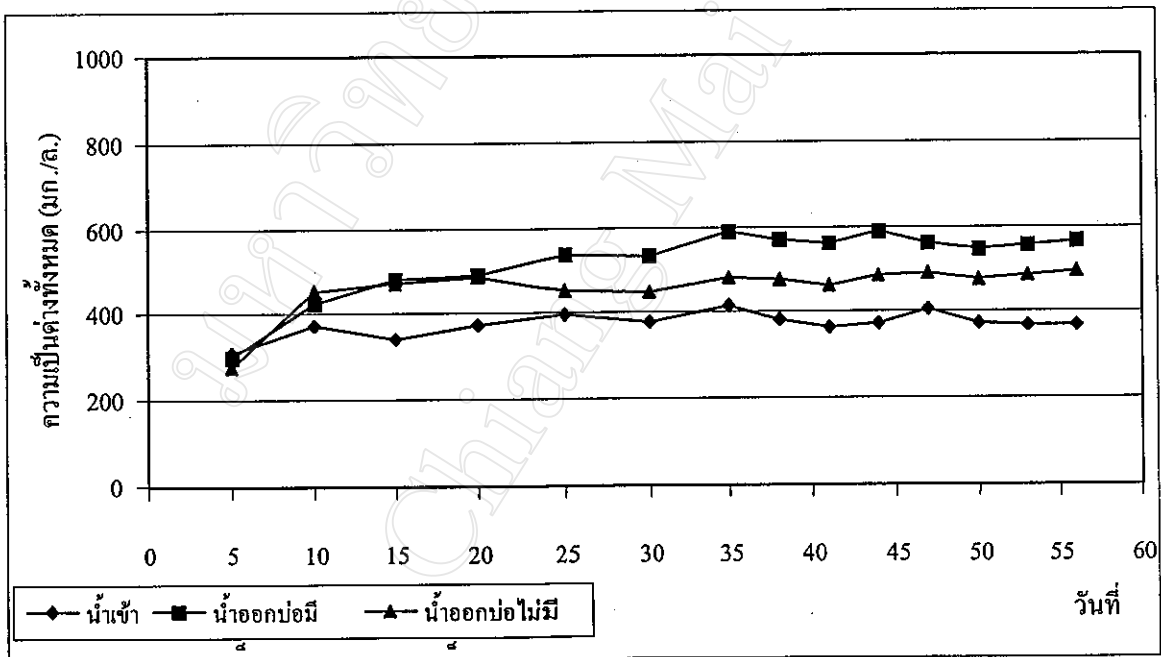


รูปที่ 4.15 ลักษณะของเศษเหล็กภายในบ่อทดลอง ภายหลังจากสิ้นสุดการทดลอง
ทั้ง 3 ช่วงการทดลอง

จากรูป ที่ 4.16 และ ตารางที่ 4.2 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ จะพบว่าสภาพความต่างของบ่อที่มีเศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 เท่ากับ 0.5 และ 1 มีสภาพความเป็นต่างในน้ำออกสูงขึ้นจากน้ำเสียผสมที่เข้า และมากกว่าบ่อไม่มีเศษเหล็ก โดยที่บ่อมีเศษเหล็กและไม่มีเศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 เท่ากับ 1 มีสภาพความเป็นต่างเฉลี่ยในน้ำออกที่สูงขึ้นจากน้ำเสียผสมที่เข้าเป็น 315 มก./ล. และ 171 มก./ล. ตามลำดับ และที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 เท่ากับ 0.5 มีความแตกต่างของสภาพความเป็นต่างเฉลี่ยของน้ำออกและน้ำเสียผสมที่เข้าของที่บ่อมีเศษเหล็กและไม่มีเศษเหล็ก เป็น 184 มก./ล. และ 100 มก./ล. ซึ่งที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 ทั้งสองนี้คือ 0.5 และ 1 ของบ่อที่มีเศษเหล็กจะมีค่าความแตกต่างของสภาพความเป็นต่างของน้ำออกและน้ำเสียผสมที่เข้ามากกว่าบ่อที่ไม่มีเศษเหล็ก ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายซัลเฟตโดยแบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟตจะเกิดความเป็นต่างไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ขึ้นในระบบ และปริมาณซัลเฟตที่ถูกกำจัดในน้ำของบ่อที่มีเศษเหล็กมีปริมาณมากกว่าบ่อไม่มีเศษเหล็ก จึงทำให้มีปริมาณความเป็นต่างไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) เกิดขึ้นในระบบ ทำให้น้ำออกมีสภาพความเป็นต่างสูงขึ้น

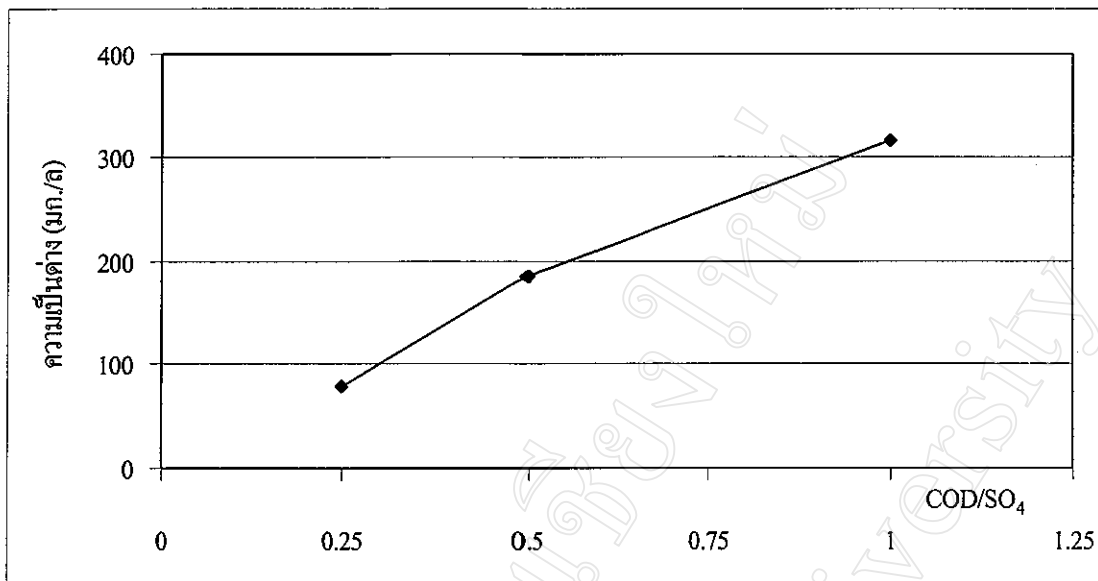


ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO₄ มีค่าเท่ากับ 1



ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO₄ มีค่าเท่ากับ 0.5

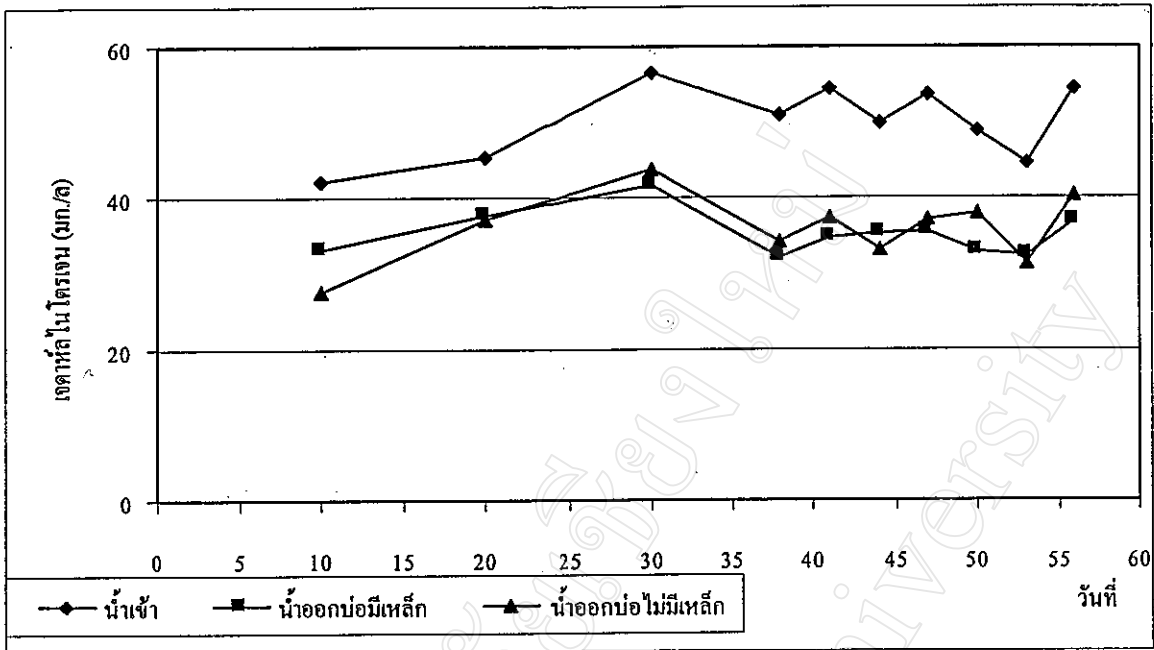
รูปที่ 4.16 สภาพความเป็นต่างเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2



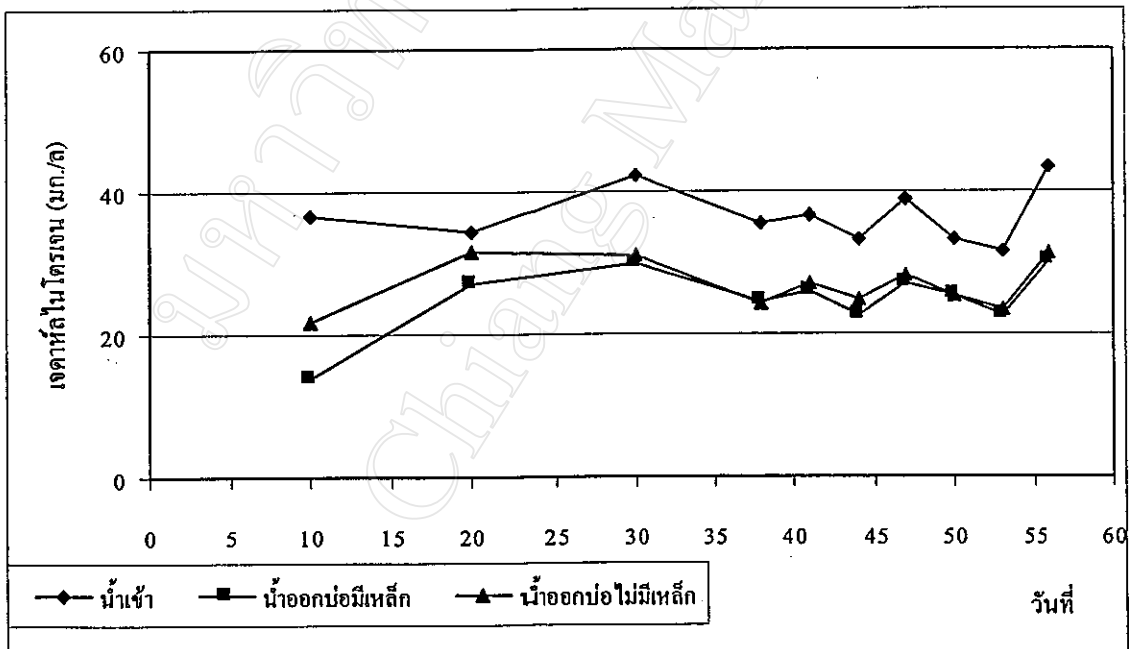
รูปที่ 4.17 ปริมาณความแตกต่างของน้ำออกและน้ำเข้าของความเป็นด่าง ที่สภาวะคงที่ของ บ่อที่มีเศษเหล็ก ที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำออกและน้ำเสียผสมที่เข้าของสภาพความเป็นด่าง ที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ต่างกันคือ 0.25 , 0.5 และ 1 ของบ่อที่มีเศษเหล็กแสดงได้ดังรูปที่ 4.17 จะได้ว่าปริมาณความแตกต่างของน้ำออกและน้ำเสียผสมที่เข้าระบบจะเพิ่มตามอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ที่เพิ่มขึ้น

โดยสภาพความเป็นด่างในน้ำออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นจากน้ำเสียผสมที่เข้าในช่วงระหว่าง 77.4 มก./ล. CaCO₃ - 315.2 มก./ล. CaCO₃ ในขณะที่ปริมาณซัลเฟตที่ถูกกำจัดในน้ำเพิ่มขึ้นจาก 313.5 มก./ล. จนถึง 631.2 มก./ล. เช่นกัน ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของสภาพความเป็นด่างในน้ำออกจากระบบมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการกำจัดซัลเฟตในน้ำ ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Diana et al, (1999) ที่ทดลองเกี่ยวกับการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีส่วนประกอบของซัลเฟตโดยระบบไมโครออกซิเจนอิสระ พบว่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1465 มก./ล. CaCO₃ จนถึง 1846 มก./ล. CaCO₃ ในขณะที่ปริมาณซัลเฟตที่ถูกกำจัดในน้ำเพิ่มขึ้นจาก 93 มก./ล. จนถึง 417 มก./ล.

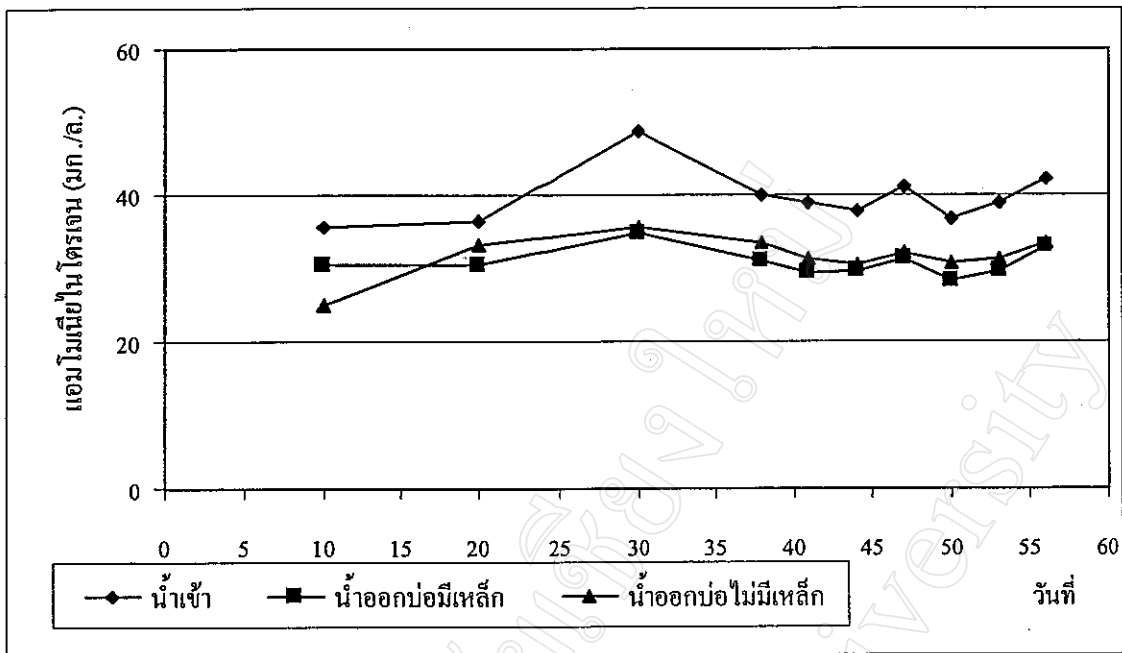


ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1

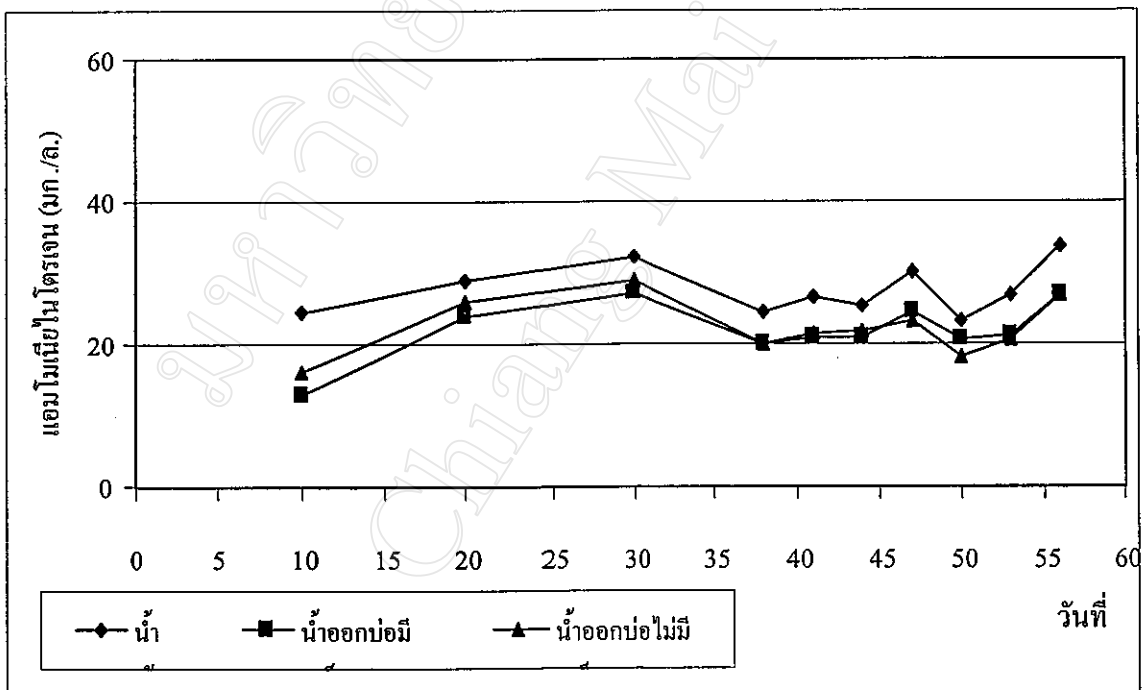


ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.18 ความเข้มข้นเจตาห์ลในโตรเจนในน้ำเสียผสมของการทดลองครั้งที่ 2

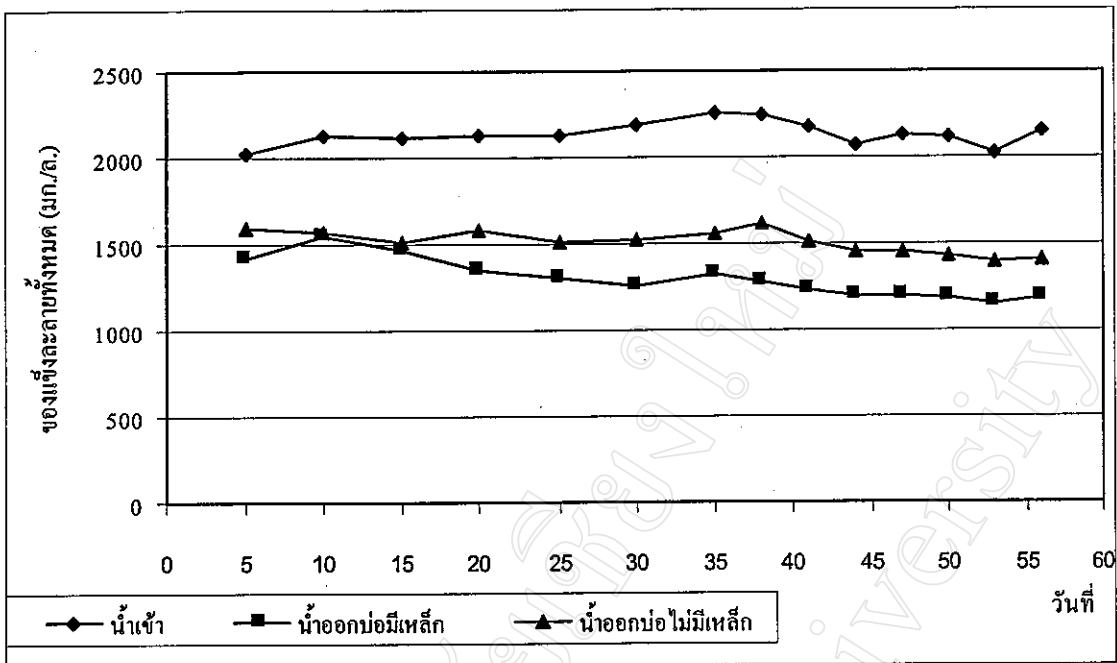


ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1

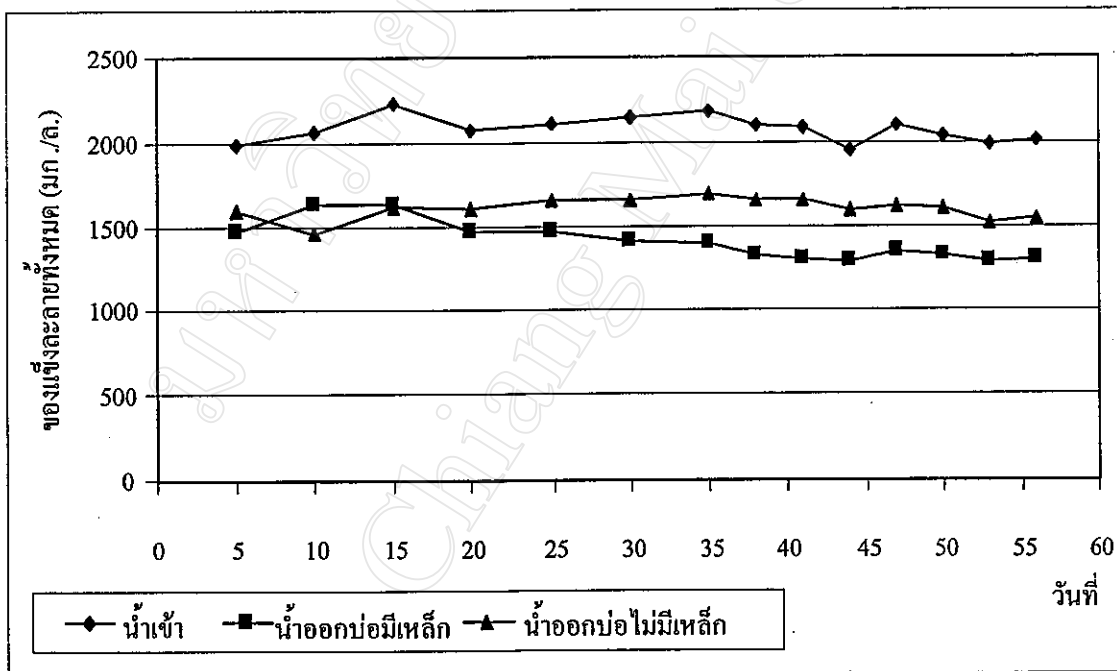


ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.19 ความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียผสมของการทดลองครั้งที่ 2



ก. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 1



ข. ที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO_4 มีค่าเท่ากับ 0.5

รูปที่ 4.20 ความเข้มข้นของของแข็งละลายในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2

4.2.4 ของแข็งละลายทั้งหมด และไนโตรเจนของระบบ

จากรูปที่ 4.18 - 4.19 และตารางที่ 4.2 พบว่าน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้ว มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่แตกต่างกับน้ำเสียผสมที่เข้ามากนัก อันเนื่องมาจากอัตราส่วนในการนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณต่ำคงได้กล่าวมาแล้วในการทดลองช่วงที่ 1 และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วก็ยังมีค่าไม่แตกต่างกับน้ำเสียผสมที่เข้าเหมือนกัน โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่เหลือมีค่าอยู่ระหว่าง 21.7 มก./ล. ถึง 31.8 มก./ล.

สารแขวนลอยที่ใช้ในการพิจารณาของการทดลองในช่วงที่ 2 นี้คือ ของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) จากรูปที่ 4.20 และตารางที่ 4.2 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคง พบว่าบ่อมีเศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ทั้งสองค่าคือ 0.5 และ 1 มีปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำออกต่ำกว่าบ่อไม่มีเศษเหล็กทุกอัตราส่วน COD/SO₄ เดียวกัน ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากในบ่อที่มีเศษเหล็กทั้งสองบ่อทดลอง มีปริมาณความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำออกต่ำกว่าบ่อไม่มีเศษเหล็ก ถึงแม้ว่าจะเกิดความแตกต่างไปคาร์บอนเตชั่นในระบบมากกว่า แต่ถ้าเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตที่ลดลงกับความแตกต่างไปคาร์บอนเตชั่นแล้ว ปริมาณซัลเฟตที่ลดลงในน้ำ(เมื่อเปรียบเทียบน้ำออกจากระบบกับน้ำเข้าระบบ)มีมากกว่า จึงทำให้ของแข็งละลายทั้งหมดต่ำลงได้ และอาจจะมีแร่ธาตุอื่นๆในน้ำลดลง ซึ่งไม่ได้ทำการวิเคราะห์

จากผลการทดลองทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 2 สรุปได้ว่าการใส่เศษเหล็กลงในบ่อทดลอง และน้ำเสียผสมที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 เป็นค่าที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลองในช่วงที่ 3 ต่อไป

4.3 ผลของอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ (การทดลองช่วงที่3)

ในการทดลองช่วงที่ 3 นี้จะใส่เศษเหล็กลงในบ่อทดลองที่ยังไม่มีเศษเหล็กผสมลงในตัวกลาง(ทราย)ทั้งสองบ่อทดลองโดยจะผสมเศษเหล็กเข้าไปในตัวกลาง (ทราย) ให้มีปริมาณเท่ากับการทดลองในช่วงที่ 1 และในการทดลองช่วงที่ 3 นี้จะศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟต โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 ทั้ง 4 บ่อทดลอง แต่มีอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ของบ่อทดลองทั้ง 4 บ่อทดลองแตกต่างกันคือ 10.0, 12.5, 15.0 และ 17 ชม./วัน ซึ่งจะมีระยะเวลากักเก็บน้ำเป็น 8.6, 6.9, 5.7 และ 4.9 วัน โดยประมาณตามลำดับ

ในการทดลองช่วงที่ 3 นี้ จะใช้ค่าอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ ทั้งหมด 5 ค่าคือ 7.5, 10.0, 12.5, 15.0 และ 17 ชม./วัน ซึ่งผลการทดลองที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ 7.5 ชม./วัน

หรือ HRT 11.5 วัน นั้นจะใช้ผลการทดลองในช่วงที่ 2 และผลของการทดลองทั้งหมดทุกพารามิเตอร์ตลอดช่วงการทดลองของการทดลองช่วงที่ 3 แสดงไว้ในภาคผนวก ค. โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ซัลเฟตและซีโอดี

ความเข้มข้นซัลเฟตและค่าซีโอดีในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

จากรูปที่ 4.21 - 4.22 และตารางที่ 4.3 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว จะพบว่าที่อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ต่ำหรือที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำสูง น้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วจะมีความเข้มข้นของซัลเฟต และซีโอดีต่ำกว่าที่อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์สูงหรือที่ (HRT) ต่ำ ซึ่งเนื่องมาจากที่อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ต่ำ มีปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟตและซีโอดีเข้าสู่ระบบน้อย จึงมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในปริมาณที่จำกัด ทำให้มีสารอินทรีย์เหลืออยู่น้อย ประกอบกับมีอัตราการไหลของน้ำที่เข้าและออกจากระบบในปริมาณที่ต่ำกว่า

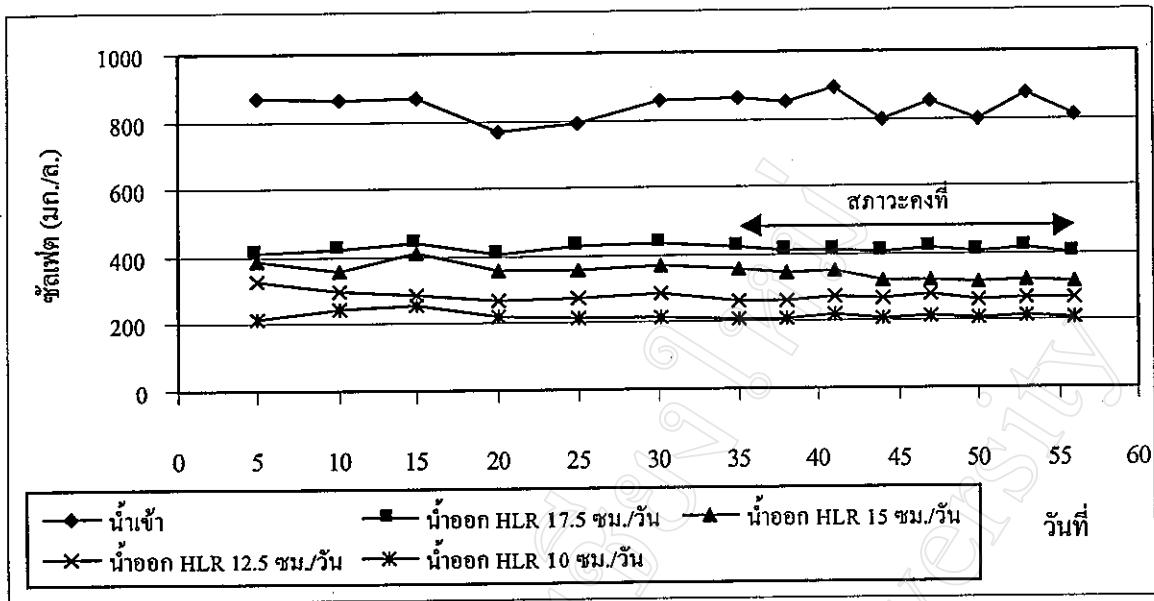
จากรูปที่ 4.23 พบว่าที่อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ 7.5ชม./วันและ10ชม./วันหรือที่ HRT 11.5 วัน และ 8.6 วัน จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตใกล้เคียงกันคือ 75.5 % และ 74.9 % ตามลำดับ ซึ่งจะเป็ค่าที่สูงกว่าอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ อื่น

จากรูปที่ 4.24 ที่แสดงค่าสัมพันธระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตของระบบ และอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ จะเห็นว่าที่อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ 7.5 ชม./วัน หรือที่ HRT 11.5วัน ซึ่งเป็นอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ต่ำสุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตสูงที่สุด โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดจะสูงขึ้นตามอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ต่ำลงหรือที่ HRT เพิ่มขึ้น แต่จะสูงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยที่อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ต่ำกว่า 10 ชม./วัน โดยพิจารณาที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1

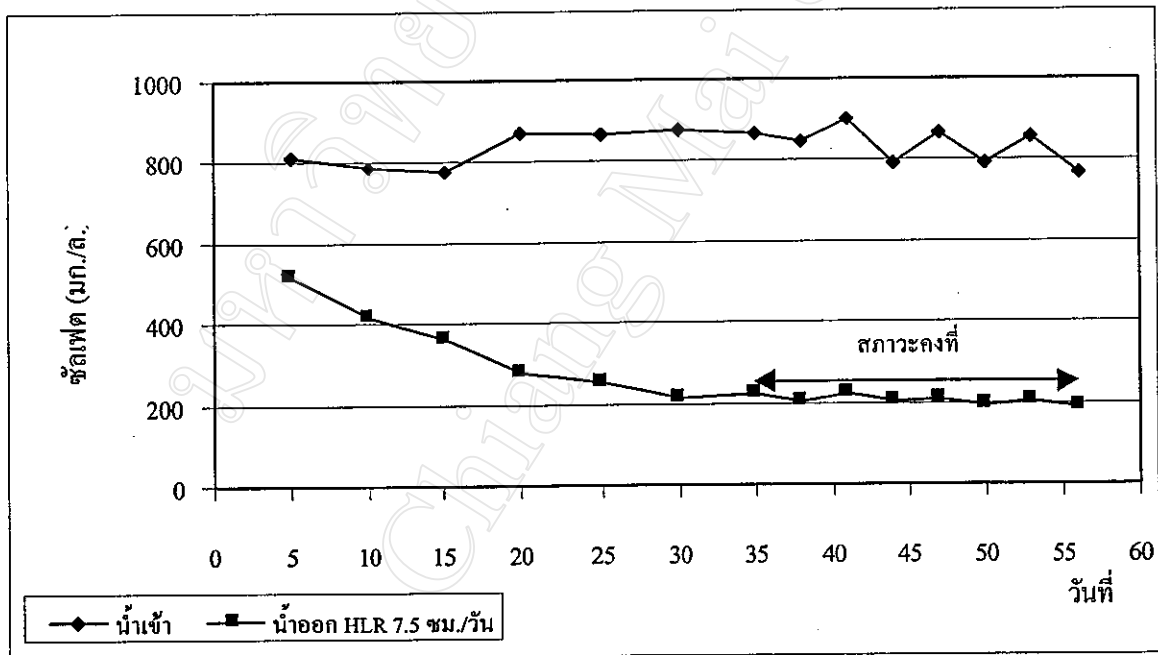
จากรูปที่ 4.25 ที่แสดงค่าสัมพันธระหว่างอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์และความเข้มข้นซีโอดีรวมในน้ำที่ออกจากระบบ พบว่าน้ำที่ออกจากระบบจะมีค่าความเข้มข้นซีโอดีรวมสูงขึ้นเมื่ออัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่ออัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์มีค่าสูงกว่า 10 ชม./วัน จะมีผลทำให้น้ำที่ออกจากระบบมีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม พุทธศักราช 2539 ที่กำหนดให้น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีความเข้มข้นซีโอดีไม่มากกว่า 120 มก./ล.

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพของการกำจัดโดยเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองช่วงที่ 3

HLR ,ชม./วัน (HRT,วัน)	7.5(11.5)	10(8.6)	12.5(6.9)	15(5.6)	17.5(4.9)
พารามิเตอร์					
ซัลเฟต					
-น้ำเข้า (มก./ล.)	836.5	842.1	842.1	842.1	842.1
-น้ำออก (มก./ล.)	205.3	211.1	268.7	331.1	409.8
-ประสิทธิภาพการกำจัด (%)	75.5	74.9	68.1	60.7	51.3
-น้ำออกที่จุดกึ่งกลางบ่อ (มก./ล.)	-	428.9	499.9	541.7	573.1
ซีโอไซด์					
-น้ำเข้า (มก./ล.)	868.3	827.3	827.3	827.3	827.3
-น้ำออก (มก./ล.)	120.0	115.5	152.1	226.3	261.8
-น้ำออกที่จุดกึ่งกลางบ่อ (มก./ล.)	-	252.1	329.6	380.8	411.4
กรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมด					
-น้ำเข้า (มก./ล. CaCO ₃)	125.1	117.8	117.8	117.8	117.8
-น้ำออก (มก./ล. CaCO ₃)	21.2	22.0	32.9	45.4	58.7
สภาพความเป็นด่าง					
-น้ำเข้า (มก./ล. CaCO ₃)	515.4	516.7	516.7	516.7	516.7
-น้ำออก (มก./ล. CaCO ₃)	830.6	829.5	731.8	632.0	587.7
เหล็ก					
-น้ำเข้า (มก./ล.)	0.065	0.069	0.069	0.069	0.069
-น้ำออก (มก./ล.)	0.006	0.007	0.013	0.019	0.027
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด					
-น้ำเข้า (มก./ล.)	-	188.0	188.0	188.0	188.0
-น้ำออก (มก./ล.)	-	9.2	17.7	27.9	37.1
-ประสิทธิภาพการกำจัด (%)	-	95.1	90.6	85.1	80.2
-น้ำออกที่จุดกึ่งกลางบ่อ (มก./ล.)	-	47.1	60.2	72.0	93.4

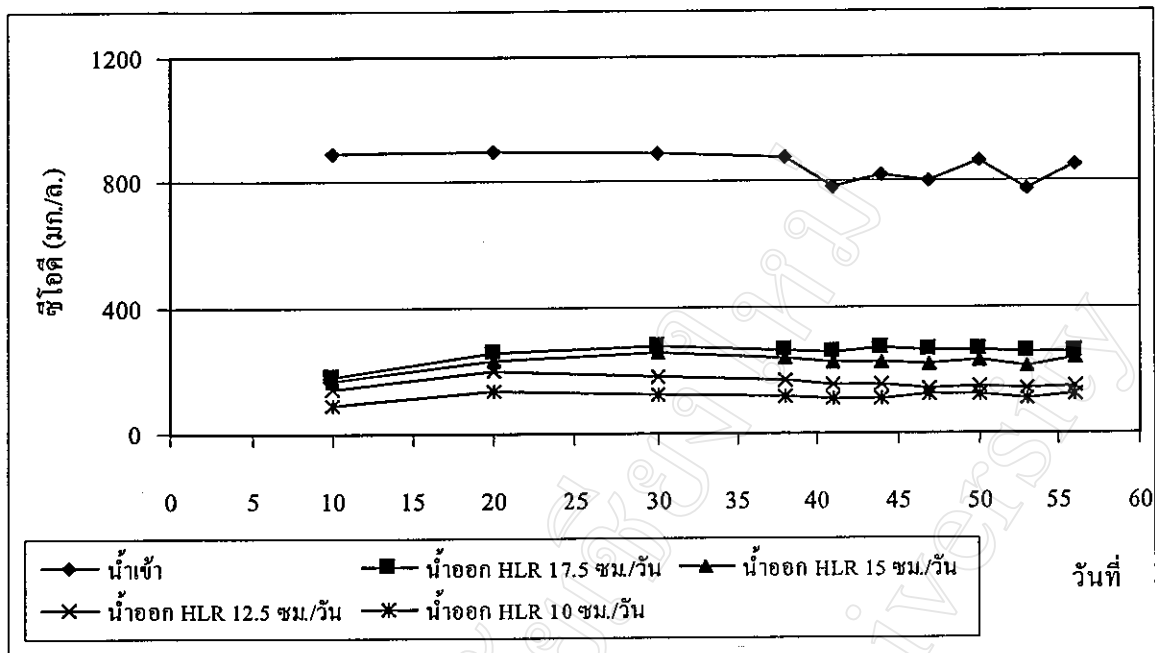


ก. ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 10 ซม./วัน – 17.5 ซม./วัน

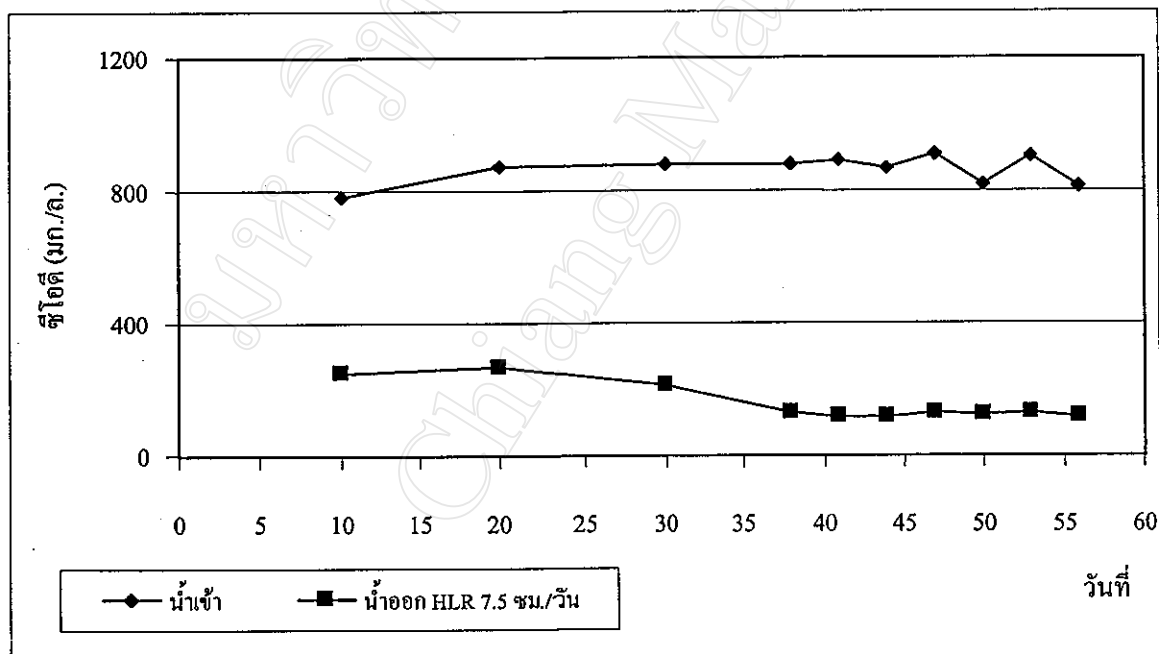


ข. ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 7.5 ซม./วัน

รูปที่ 4.21 ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสม ที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์แตกต่างกัน

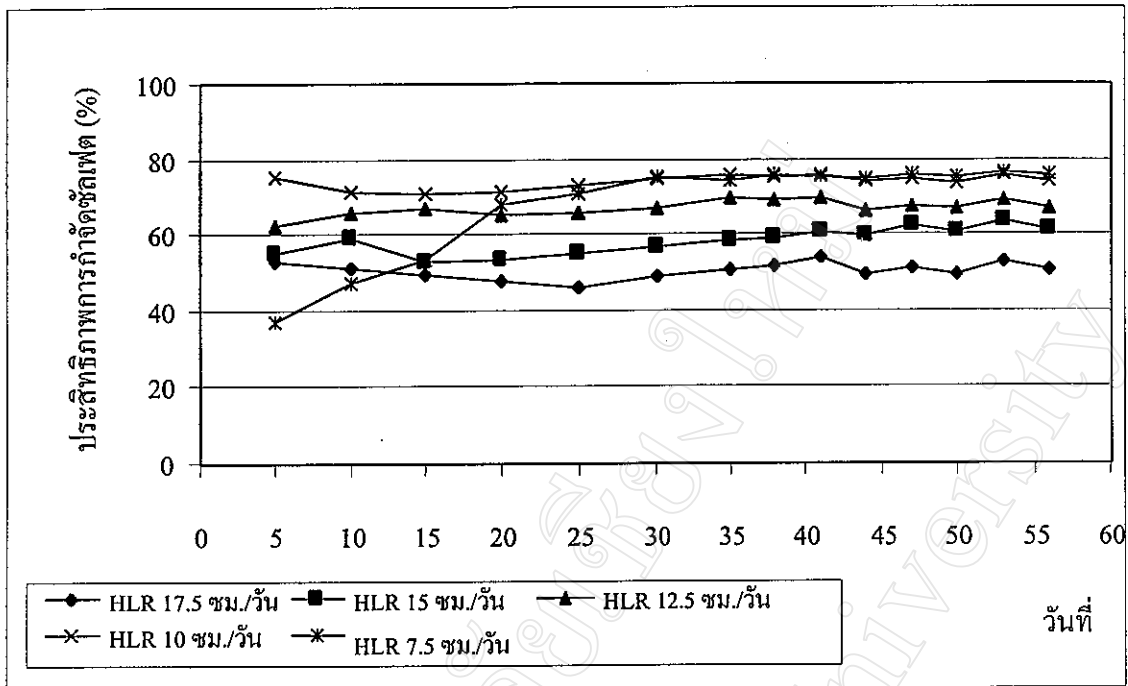


ก. ความเข้มข้นซีโอติในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 10 ชม./วัน – 17.5 ชม./วัน

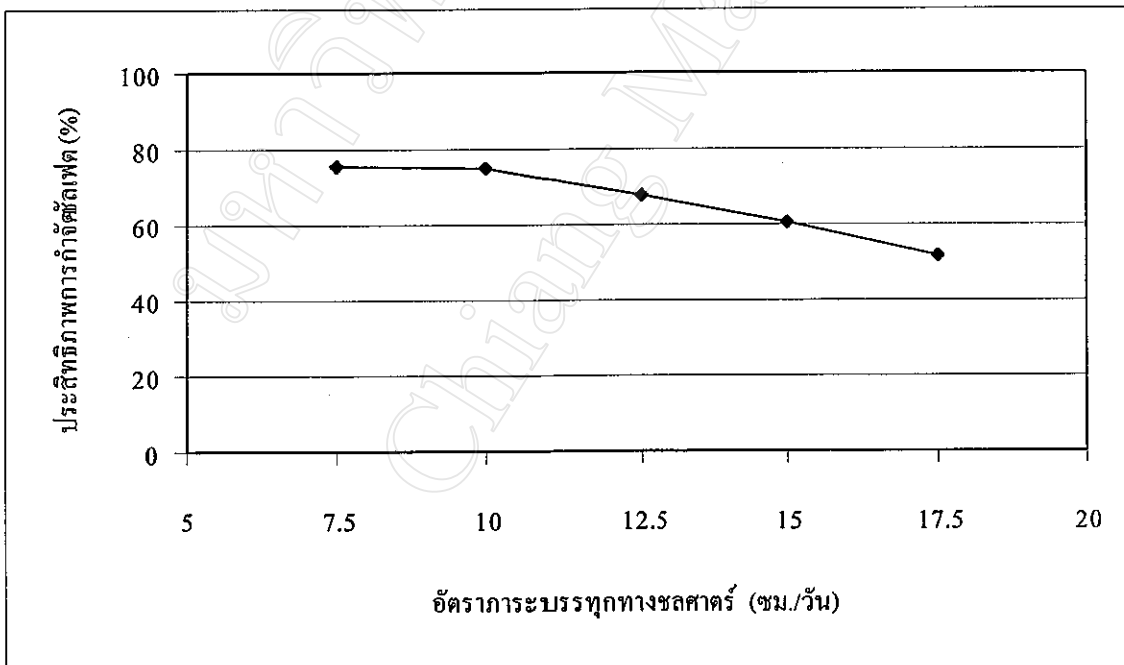


ข. ความเข้มข้นซีโอติในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 7.5 ชม./วัน

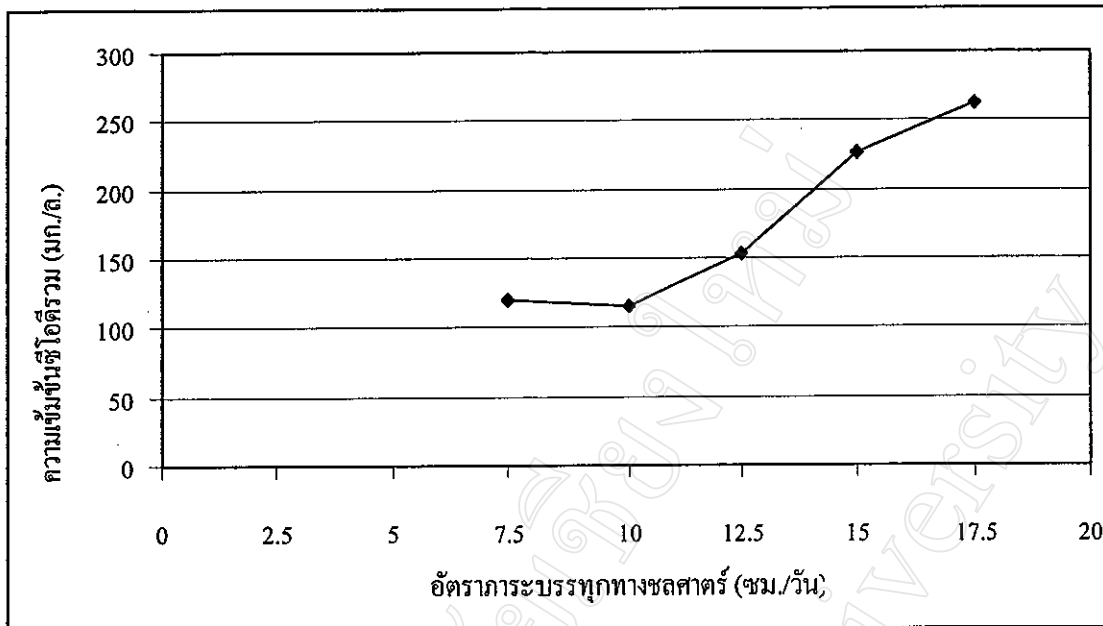
รูปที่ 4.22 ความเข้มข้นซีโอติในน้ำเสียผสม ที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์แตกต่างกัน



รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดไขมันในน้ำเสียผสม ที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์แตกต่างกัน



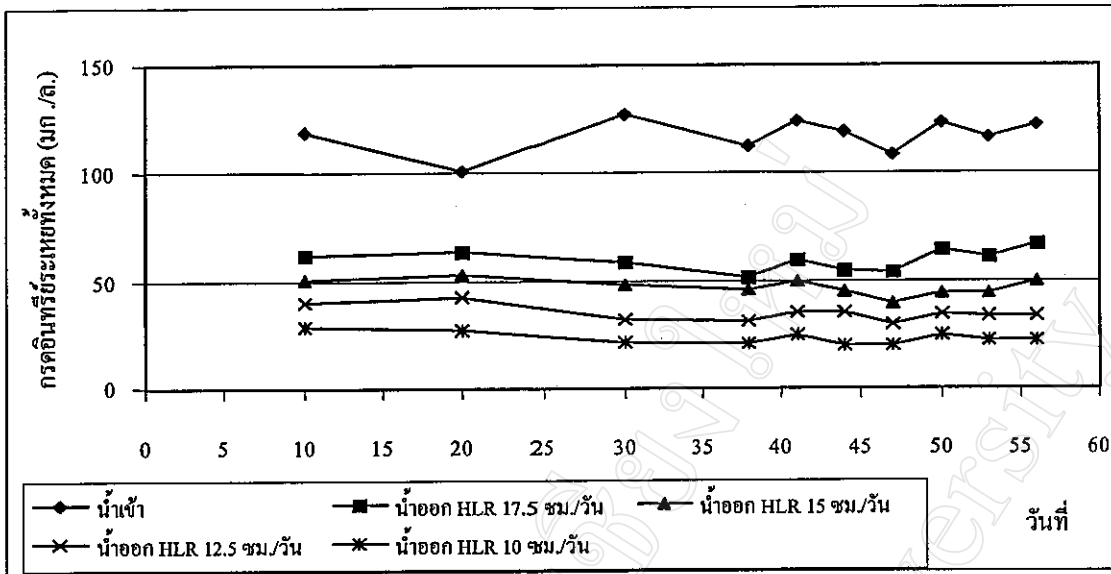
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์



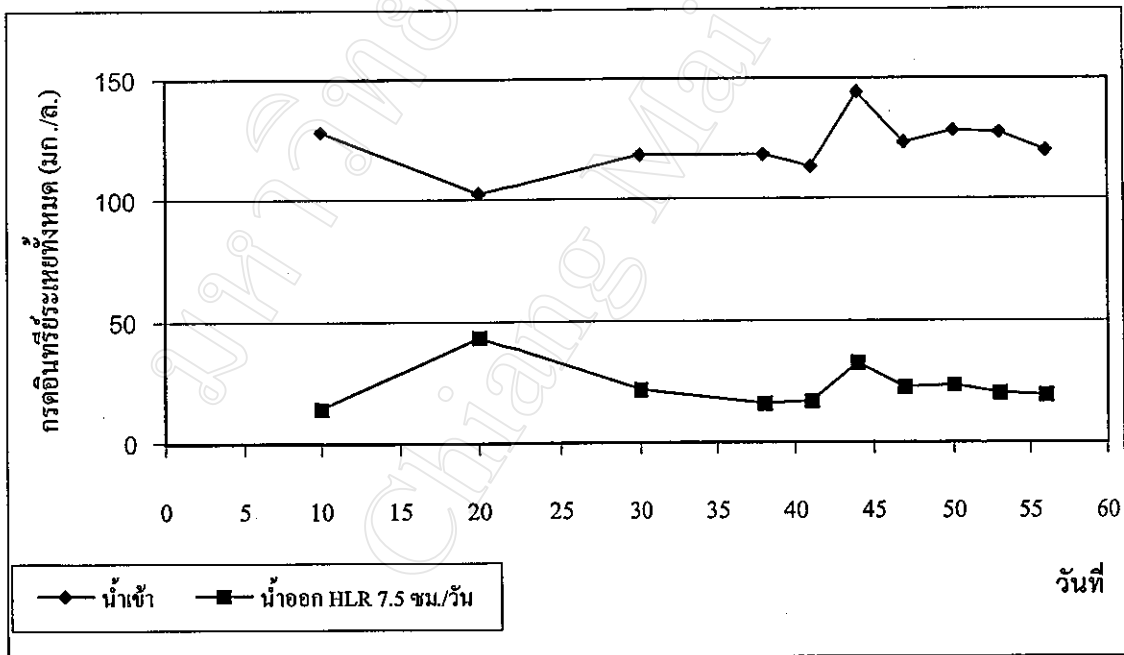
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นซีไอดีในน้ำออกจากระบบ และอัตราการบรรทุกทางชีวศาสตร์

ซึ่งผลการทดลองนี้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียจากเหมืองลิแกนด์ที่เหมาะสม เพื่อนำไปทำการทดลองขั้นต่อไปหรือนำไปใช้งานจริง โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อลดอัตราการบรรทุกทางชีวศาสตร์ให้ต่ำลงหรือเพิ่ม HRT ให้สูงมากๆ ซึ่งในการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าควรมีการออกแบบระบบกำจัดนี้ให้อยู่ในช่วงอัตราการบรรทุกทางชีวศาสตร์ 7.5 ชม./วัน - 10 ชม./วัน หรือที่ HRT 8.6 วัน - 11.5 วัน โดยมีอัตราความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาที่จุดกึ่งกลางบ่อทดลอง พบว่าปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟต และซีไอรวมมีประมาณ 2 เท่าของปริมาณความเข้มข้นซัลเฟต และซีไอรวมของน้ำออกจากระบบ และมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการบรรทุกทางชีวศาสตร์ที่สูงขึ้นหรือที่ HRT ต่ำลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน่าจะมีการลดลงของปริมาณความเข้มข้นซัลเฟต และซีไอรวมเป็นสัดส่วนกับระยะทางของความยาวบ่อทดลอง โดยที่ระยะทางความยาวบ่อทดลองเพิ่มขึ้นจะมีการลดลงของปริมาณความเข้มข้นซัลเฟตและซีไอรวมเพิ่มขึ้น

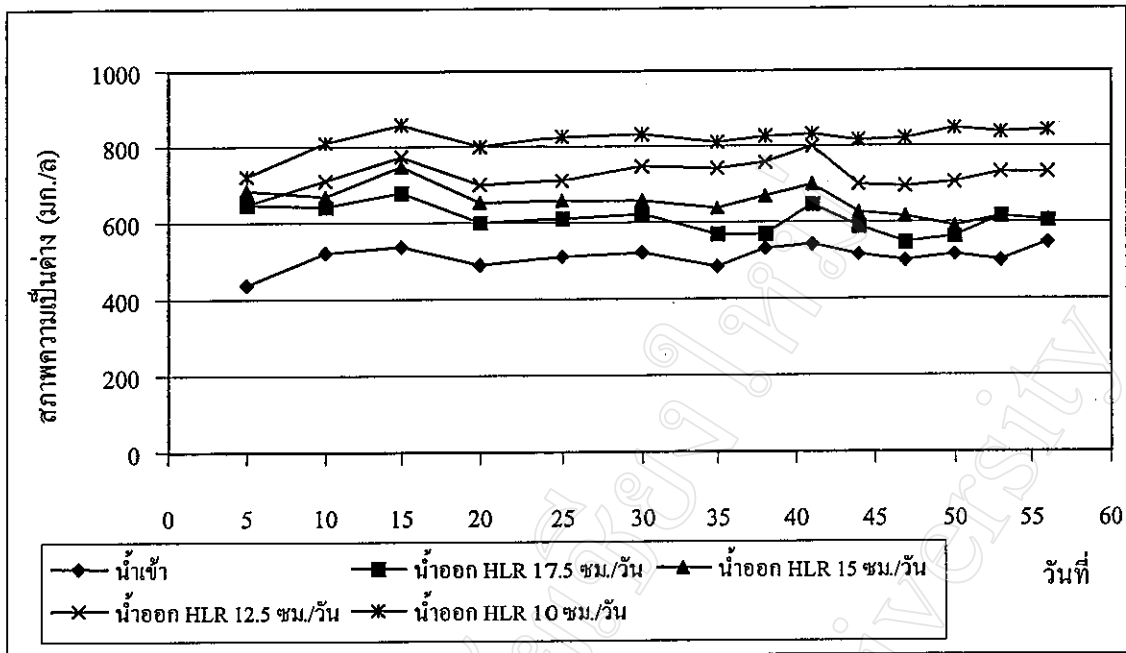


ก. ความเข้มข้นกรดยูเรียทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 10 ซม./วัน – 17.5 ซม./วัน

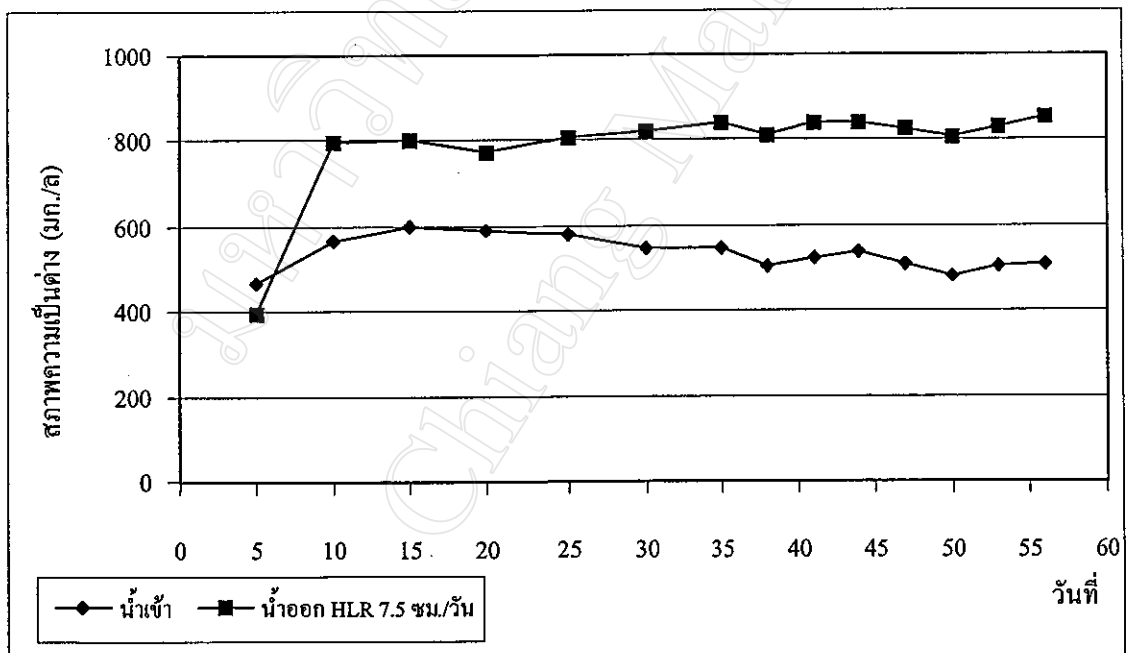


ข. ความเข้มข้นกรดยูเรียทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 7.5 ซม./วัน

รูปที่ 4.26 ความเข้มข้นกรดยูเรียทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทาง
ชลศาสตร์แตกต่างกัน



ก. สภาพความเป็นต่างในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 10 ชม./วัน – 17.5 ชม./วัน



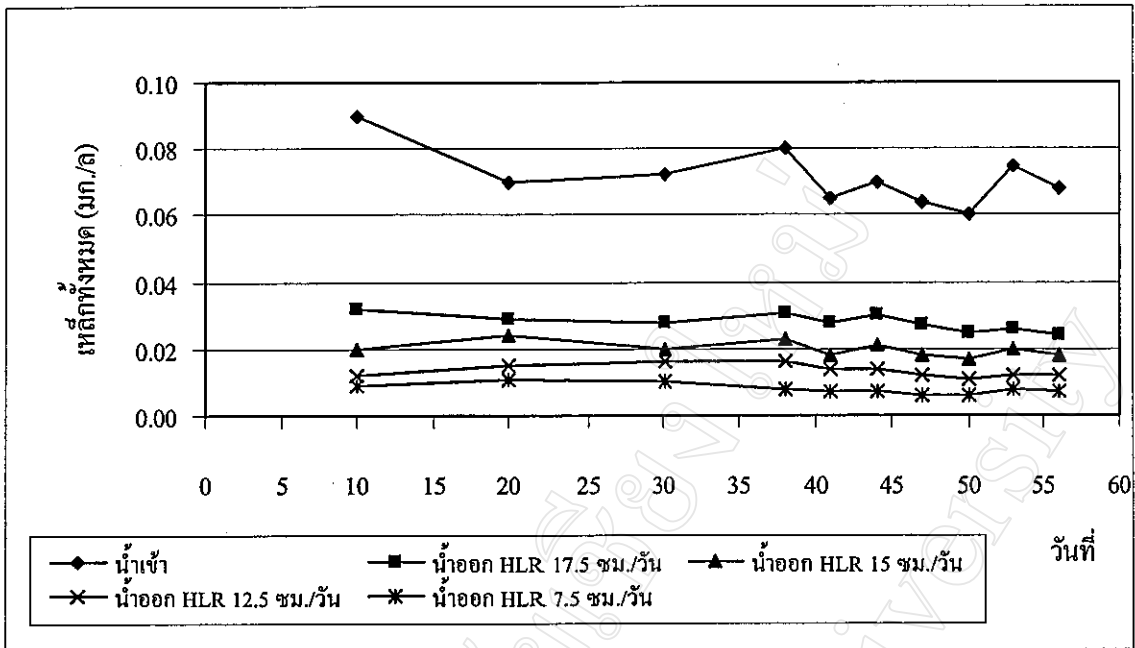
ข. สภาพความเป็นต่างในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 7.5 ชม./วัน

รูปที่ 4.27 สภาพความเป็นต่างในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์แตกต่างกัน

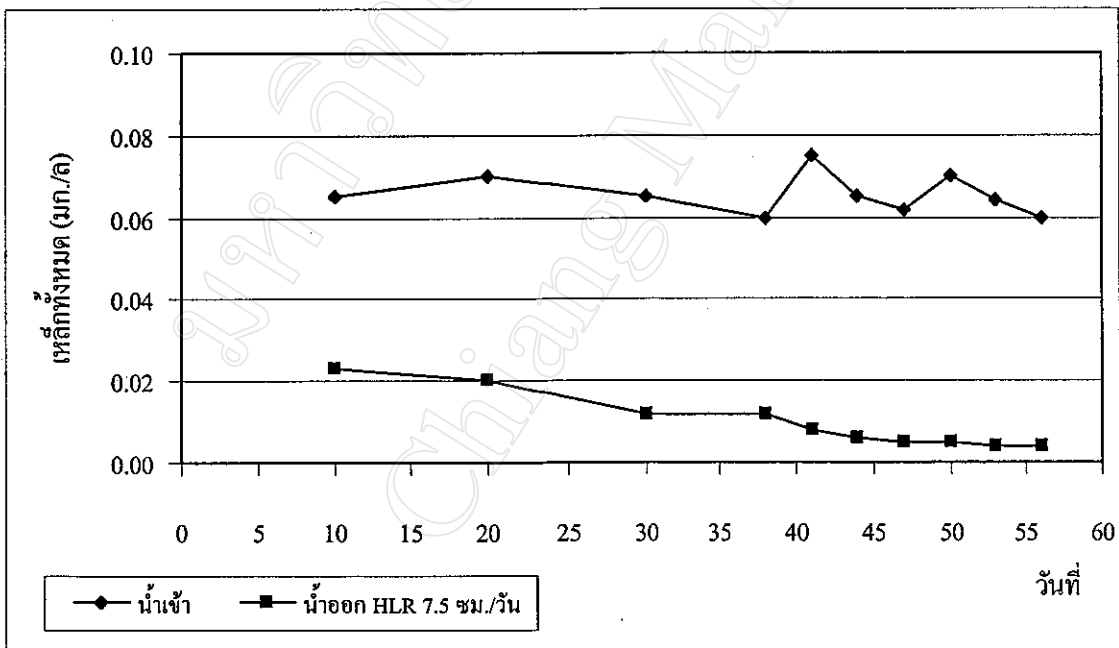
4.3.2 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด, สภาพความเป็นด่าง

ปริมาณความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด และค่าสภาพความเป็นด่าง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27 ที่แสดงปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด และสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบ โดยมีอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์แตกต่างกันที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์หรือการลด HRT ให้ต่ำลง จะมีผลทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดในน้ำออกมีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณของสภาพความเป็นด่างมีค่าต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์สูงหรือที่ HRT ต่ำ แบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟตนำกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย ๆ ไปใช้ในอัตราที่ช้ากว่าการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดโดยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด จึงทำให้มีการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดในปริมาณที่สูงขึ้นและเป็นสาเหตุให้ค่าความเป็นด่างลดต่ำลง เนื่องจากสภาพความเป็นด่างจะทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดและคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดสภาพที่เป็นกลางขึ้นในระบบ ซึ่งโดยปกติแล้วมักจะพบความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในรูปของเกลือแอมโมเนีย เพราะสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการย่อยสลายโปรตีนจะให้ก๊าซแอมโมเนียออกมา และแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ให้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (นงศ์ลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ, 2541) และความเป็นด่างไบคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายซัลเฟตของแบคทีเรีย ดังนั้นเมื่อมีกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมาก จึงต้องใช้ความเป็นด่างในการปรับสภาพมากด้วย ทำให้พบว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์สูงหรือที่ HRT ต่ำจะมีค่าความเป็นด่างน้อยกว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่ำหรือที่ HRT สูง

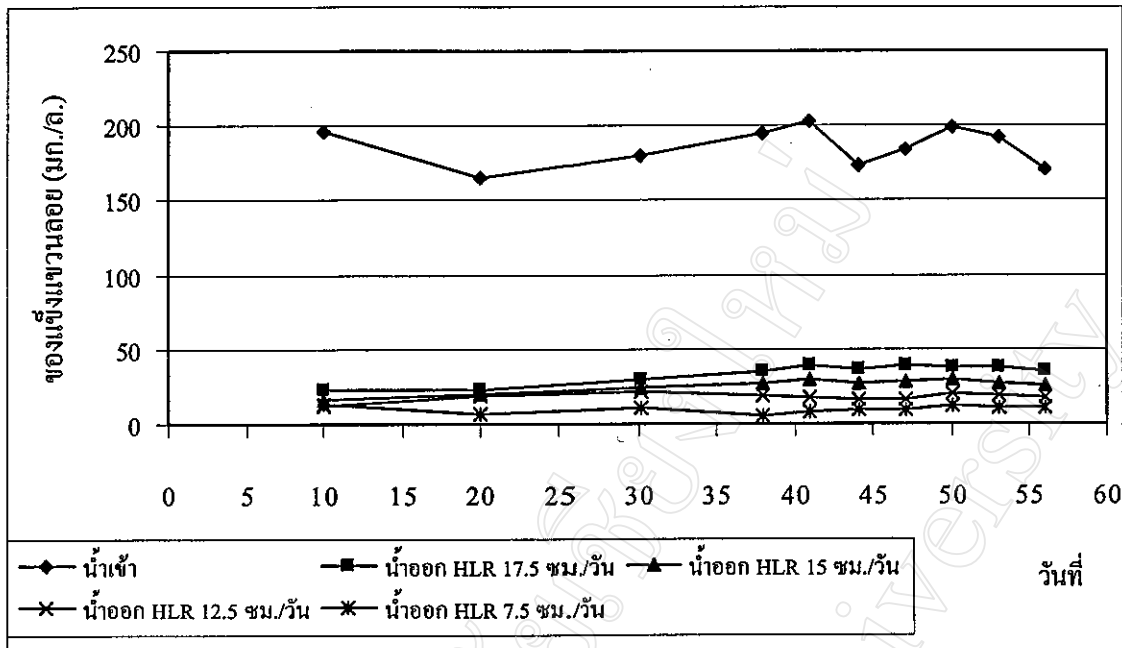


ก. ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 10 ชม./วัน
- 17.5 ชม./วัน



ข. ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบที่ HLR 7.5 ชม./วัน

รูปที่ 4.28 ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่อัตรากระบวนการทุกทางศาสตร์แตกต่างกัน



รูปที่ 4.29. ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทาง
ชลศาสตร์แตกต่างกัน

4.3.3 เหล็กทั้งหมดในน้ำ และของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 4.28 และตารางที่ 4.3 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วพบว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่ำหรือที่ HRT สูงน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วจะมีความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในน้ำต่ำกว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์สูงหรือที่ HRT ต่ำ เนื่องจากที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่ำหรือที่ HRT สูง มีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เปลี่ยนรูปจากปริมาณซัลเฟตที่ถูกกำจัดเกิดขึ้นในระบบมาก จึงทำให้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ไปรวมตัวกับเหล็ก (Fe^{2+}) ในน้ำเสียผสมเป็นตะกอนของเหล็กซัลไฟด์ได้มากขึ้น

จากรูปที่ 4.29 พบว่าของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น หรือมีประสิทธิภาพการกำจัดต่ำลง เมื่อระบบปรับอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากที่อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์สูงๆ มีปริมาณสารอาหารเข้าสู่ระบบมาก แม้จะมีจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก แต่การย่อยสลายของจุลินทรีย์จะมีค่าจำกัด (Limit) ที่ค่าหนึ่ง รวมทั้งมีอัตราการไหลของน้ำเสียผสมเข้าและออกจากระบบสูง ทำให้เกิดการหลุดลอยของตะกอนแขวนลอยและเซลล์ของจุลินทรีย์ออกจากระบบได้มากขึ้น

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาที่จุดกึ่งกลางบ่อทดลอง พบว่าปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยจะขึ้นกับ HRT และระยะทาง โดยน้ำที่จุดกึ่งกลางของบ่อทดลองจะมีปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยสูงกว่าน้ำที่ออกจากระบบ คือประมาณมากกว่า 3 เท่าของน้ำออกจากระบบ ซึ่งเนื่องมาจากการถูกคัดหรือกรองไว้โดยตัวกลาง (ทราย) ในระบบ โดยที่อัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์สูงๆจะมีการสะสมของของแข็งแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมากกว่าอัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์ต่ำ ทั้งนี้เพราะปริมาณของของแข็งแขวนลอยเข้าสู่ระบบมีจำนวนมากกว่า และอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีมาก

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองช่วงที่ 1

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตของระบบน้ำไหลวนนอนได้ผิวดินในสภาพที่แตกต่างกันทั้ง 4 บ่อทดลองคือบ่อที่ไม่มีพืชและไม่มีเหล็ก, บ่อที่มีเหล็ก (บ่อที่ใส่เศษเหล็กในตัวกลางทราย), บ่อที่มีพืช และบ่อที่มีพืชและมีเหล็ก โดยใช้ค่าอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.25 และอัตราการระบรทุกทางชีวศาสตร์ 7.5 ชม./วัน หรือที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 11.5 วันเท่ากันทุกบ่อทดลอง ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ค่าพีเอชตลอดช่วงการทดลองมีค่าเฉลี่ย 7.22 - 7.85 โดยมีอัตราส่วน COD:N ของบ่อที่มีเหล็กและไม่มีเหล็กประมาณ 100:12.3 และอัตราส่วน BOD:N ของบ่อที่มีพืชและบ่อที่มีพืชและเหล็กเท่ากับ 100 : 8.3

- บ่อทดลองที่ไม่มีพืชและไม่มีเหล็ก และบ่อที่มีเหล็ก มีประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตในน้ำใกล้เคียงกันประมาณ 30.3 % และ 29.8 % ซึ่งสูงกว่าบ่อที่มีพืช (14.6%) และบ่อที่มีพืชและเหล็ก (13.2%) อันเนื่องมาจากการที่ไม่มีพืชในบ่อทดลองจะทำให้พื้นที่ที่ไม่มีออกซิเจนอิสระภายในตัวกลางมากกว่าการมีพืชในบ่อทดลอง จึงเกิดการย่อยสลายซัลเฟตในระบบมากกว่า

5.1.2 การทดลองช่วงที่ 2

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น COD/SO₄ และเศษเหล็กที่ใส่ในตัวกลาง (ทราย) ที่มีต่อประสิทธิภาพของการกำจัดซัลเฟต โดยใช้อัตราการระบรทุกทางชีวศาสตร์ 7.5 ชม./วัน หรือที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 11.5 วัน เท่ากันทุกบ่อทดลอง แต่จะมีอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ ต่างกันคือ 0.5 และ 1 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 และ 0.5 จะพบว่า บ่อทดลองที่ใส่เศษเหล็กจะมีประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตมากกว่าบ่อทดลองที่ไม่ได้ใส่เศษเหล็ก โดยที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 1 ของบ่อทดลองที่ใส่เศษเหล็กมีประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตและความเข้มข้นของน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วมีค่าประมาณ 75.5% และ 205.3 มก./ล. ตามลำดับ ความเข้มข้นของซีโอไซด์รวมของน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วมีค่าประมาณ 120 มก./ล. สภาพความเป็นด่างของน้ำที่ผ่านการกำจัดมีค่าประมาณ 830.6 มก./ล. CaCO₃ และที่อัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO₄ เท่ากับ 0.5 มีประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟต และความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วของบ่อ

ที่มีเหล็ก มีค่าประมาณ 52.3 % และ 460 มก./ล. ความเข้มข้นของซีไอโดยรวมของน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วมีค่าประมาณ 57.7 มก./ล. สภาพความเป็นด่างของน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วมีค่าประมาณ 566.4 มก./ล. CaCO_3

- เมื่อเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 อยู่ในช่วงระหว่าง 0.25 - 1 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตมีค่าสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่าง 29.8 % - 75.5 % และความเข้มข้นซีไอโดยรวมในน้ำที่ออกจากระบบมีค่าสูงขึ้นในช่วงระหว่าง 38.1 มก./ล - 120 มก./ล ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 ให้สูงขึ้นนั้น จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตของระบบมีค่าสูงขึ้น แต่ความเข้มข้นซีไอโดยรวมในน้ำที่ออกจากระบบมีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม พุทธศักราช 2539 ที่กำหนดให้น้ำที่ระบายออกจากโรงงาน ต้องมีความเข้มข้นซีไอไม่เกิน 120 มก./ล.

5.1.3 การทดลองช่วงที่ 3

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ของบ่อดูดซับที่มีเศษเหล็ก โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ที่แตกต่างกันคือ 7.5 , 10.0 , 12.5 , 15.0 และ 17.5 ชม./วัน ซึ่งจะมี HRT ประมาณ 11.5 , 8.6 , 6.9 , 5.7 และ 4.9 วันตามลำดับ ทุกบ่อดูดซับจะมีอัตราส่วนความเข้มข้น COD/SO_4 เท่ากับ 1 เท่ากันทุกบ่อดูดซับ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ 7.5 ชม./วัน และ 10 ชม./วัน หรือที่ HRT ประมาณ 11.5 วัน และ 8.6 วัน จะมีประสิทธิภาพการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำใกล้เคียงกัน โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตประมาณ 75.5 % และ 74.9 % ตามลำดับ

เมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์สูงขึ้นจาก 7.5 ชม./วัน ถึง 17.5 ชม./วัน หรือลด HRT ต่ำลงจาก 11.5 วัน ถึง 4.9 วัน จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำมีค่าต่ำลงอยู่ในช่วง 75.5 % ถึง 51.3 % โดยมีความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำที่ผ่านการกำจัดสูงขึ้นในช่วง 205.3 มก./ล. ถึง 409.8 มก./ล. มีความเข้มข้นของซีไอโดยรวมในน้ำที่ผ่านการกำจัดสูงขึ้นในช่วง 120.0 มก./ล. ถึง 261.8 มก./ล. มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ผ่านการกำจัดสูงขึ้นในช่วง 9.2 มก./ล. ถึง 37.1 มก./ล. สภาพความเป็นด่างมีความเข้มข้นของน้ำที่ผ่านการกำจัดต่ำลงในช่วง 830.6 มก./ล. CaCO_3 ถึง 587.7 มก./ล. CaCO_3

- ที่จุดกึ่งกลางบ่อดูดซับมีปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟต และซีไอโดยรวมประมาณ 2 เท่าของปริมาณความเข้มข้นซัลเฟต และซีไอโดยรวมของน้ำออกจากระบบ แสดงให้เห็นว่าน่าจะมี