

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวภาพและเริ่มต้นเดินระบบ

การเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวภาพและเริ่มต้นเดินระบบในการวิจัย ได้กระทำดังนี้

4.1.1 นำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากถังเติมอากาศของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ 3 ลิตร ผสมกับน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นซีโอดี 250 มก./ล. ปริมาตร 10 ลิตร เติมใส่ในถังปฏิกริยา พร้อมกับสารกรอง เปิดวาล์วเติมอากาศให้ระบบเดินแบบที่ละเท (batch reactor) เป็นเวลา 1 วัน

4.1.2 สูบจ่ายน้ำเสียเข้าระบบแบบต่อเนื่อง (continuous feed) ทำการหมุนเวียนตัวกลางภายในถังปฏิกริยา โดยไม่ต้องล้างตัวกลางเป็นเวลา 2 - 3 วันจนเกิดฟิล์มชีวภาพบนผิวตัวกลาง เมื่อเกิดฟิล์มชีวภาพบนผิวตัวกลาง การหมุนเวียนตัวกลางจึงล้างตามปกติ

เนื่องจากการเป่าอากาศมีมากเกินไป มีผลทำให้เกิดการสิ้นเปลือง และเป็นอุปสรรคต่อการเกาะจับของฟิล์มชีวภาพ ในการทดลองการเดินระบบ จึงได้พยายามลดอากาศที่เติมเข้าถังปฏิกริยาให้น้อยที่สุด และควบคุมให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังปฏิกริยาไม่น้อยกว่า 1 มก./ล. อย่างไรก็ตาม ในการทดลองทั้งหมดค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าระหว่าง 0.30 มก./ล. ถึง 7.5 มก./ล. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละผลของการทดลอง

4.2 การทดลองหาตัวกลาง (media) ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลอง

4.2.1 การทดลองโดยใช้ทรายขนาด 2 มม. ถึง 4 มม. เป็นตัวกลางสารกรอง

- จากผลการทดลองพบว่าในระยะเริ่มต้นเดินระบบ การไหลของน้ำเสียและอากาศเป็นไปตามปกติ เมื่อเดินระบบทดลองได้ประมาณ 2-4 วัน ปรากฏว่าน้ำเสียไม่สามารรถ

ไหลลงผ่านชั้นตัวกลางได้ตื้นัก และเมื่อแก้ไขปัญหาโดยเพิ่มอัตราการไหลและแรงดันอากาศจะสามารถช่วยแก้ปัญหาก็ได้ระยะหนึ่งแต่หลังจากนั้นก็เกิดการอุดตันอีก และเมื่อแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มแรงดันอากาศต่อไปเรื่อยๆ อากาศจะไปดันชั้นทรายเกิดการแยกตัว น้ำเสียทะลักล้นด้านบนของถังปฏิกริยา อากาศที่เติมเข้าถังปฏิกริยามีการไหลย้อนกลับออกทางท่อน้ำทิ้ง ระบบไม่สามารถควบคุมการทำงานได้อีก

สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. มวลจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นภายในถังปฏิกริยาเกิดเป็นตะกอนสะสมในชั้นตัวกลางทำให้ถังปฏิกริยาอุดตัน

2. ทิศทางการไหลลงของน้ำสวนทางกับทิศทางการไหลขึ้นของอากาศทำให้น้ำเสียไม่สามารถไหลสวนทางผ่านลงถึงกรองได้ หรือไหลได้ด้วยความไม่สะดวก

3. สารกรองที่ใช้มีคุณสมบัติต้านทานการไหลของน้ำและอากาศ เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของทรายเท่ากับประมาณ 2.65 ทำให้ชั้นตัวกลางอยู่ในลักษณะแน่น การไหลสวนทางกันระหว่างน้ำเสียและอากาศจึงกระทำได้ยาก (V.Lazarova และ J.Manem, 1994) รูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นส่วนผิวบนและส่วนล่างของถังปฏิกริยาซึ่งใช้ทรายเป็นชั้นตัวกลางจะมีลักษณะแน่นมากทำให้การไหลผ่านชั้นตัวกลางของน้ำและอากาศไม่สะดวก

4.2.2 การทดลองโดยใช้ถ่านแอนทราไซท์ ขนาด 0.80 มม. ถึง 2.0 มม. เป็นตัวกลางสารกรอง

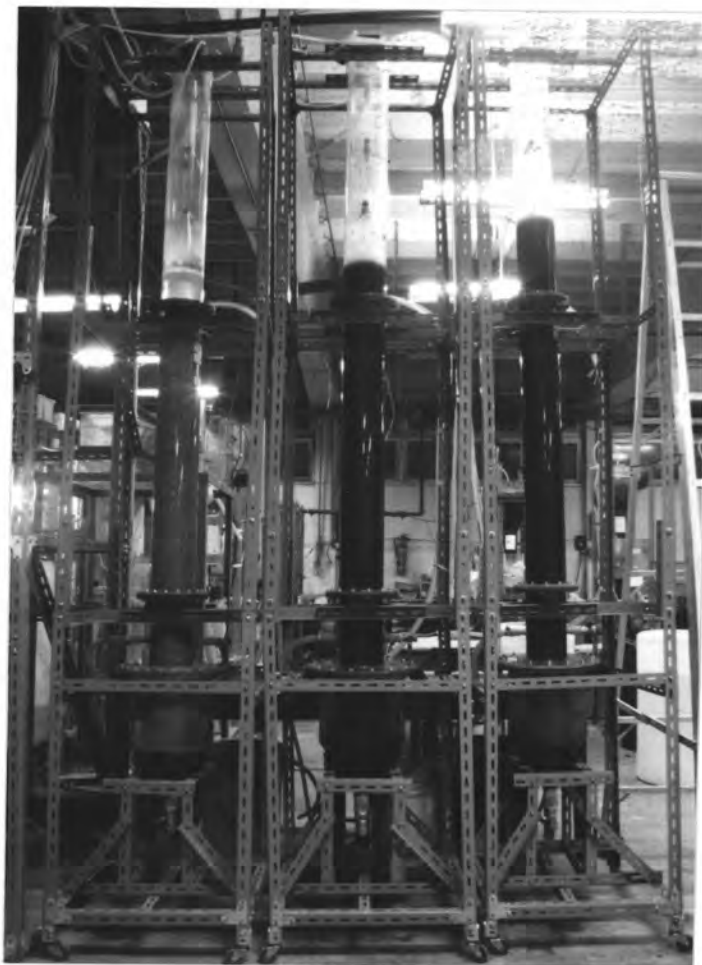
การทดลองใช้ถ่านแอนทราไซท์เป็นตัวกลางในถังปฏิกริยา พบว่าการไหลสวนทางระหว่างน้ำเสียและอากาศเป็นไปด้วยดี ชั้นแอนทราไซท์มีการขยับเล็กน้อยฟองอากาศสามารถแทรกตัวผ่านชั้นตัวกลางขึ้นไปได้ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของแอนทราไซท์ คือมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.6 ซึ่งมีลักษณะเบาเมื่อเทียบกับทรายแต่หนักกว่าน้ำเล็กน้อย ทำให้ความต้านทานต่อการไหลของน้ำและอากาศต่ำกว่าทราย (R.D. Tyagi, 1990) ดังนั้นการทดลองในขั้นต่อไปจึงใช้ถ่านแอนทราไซท์เป็นตัวกลางสารกรอง การเปรียบเทียบแสดงการใช้ทรายและถ่าน แอนทราไซท์ เป็นตัวกลางแสดงในรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนบนของถังกรองชีวภาพที่ใช้ทรายเป็นตัวกลางสารกรอง



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนล่างของถังกรองชีวภาพที่ใช้ทรายเป็นตัวกลางสารกรอง



รูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงเปรียบเทียบการใช้ทราย และถ่านแอนทราไซท์เป็นตัวกลางสารกรอง
ภายในถังปฏิบัติการ

4.3 ผลของภาวะบรรทุสารอินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสีย

(การทดลองเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าภาวะบรรทุสารอินทรีย์เท่ากับ 1,2 และ 5 กก. ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน และควบคุมอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน)

รูปที่ 4.5, 4.6, 4.7 แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ตั้งแต่เริ่มต้นระบบจนถึงสภาวะคงตัวผลการทดลองโดยละเอียดจะกล่าวในหัวข้อ 4.3.1 ถึง 4.3.6

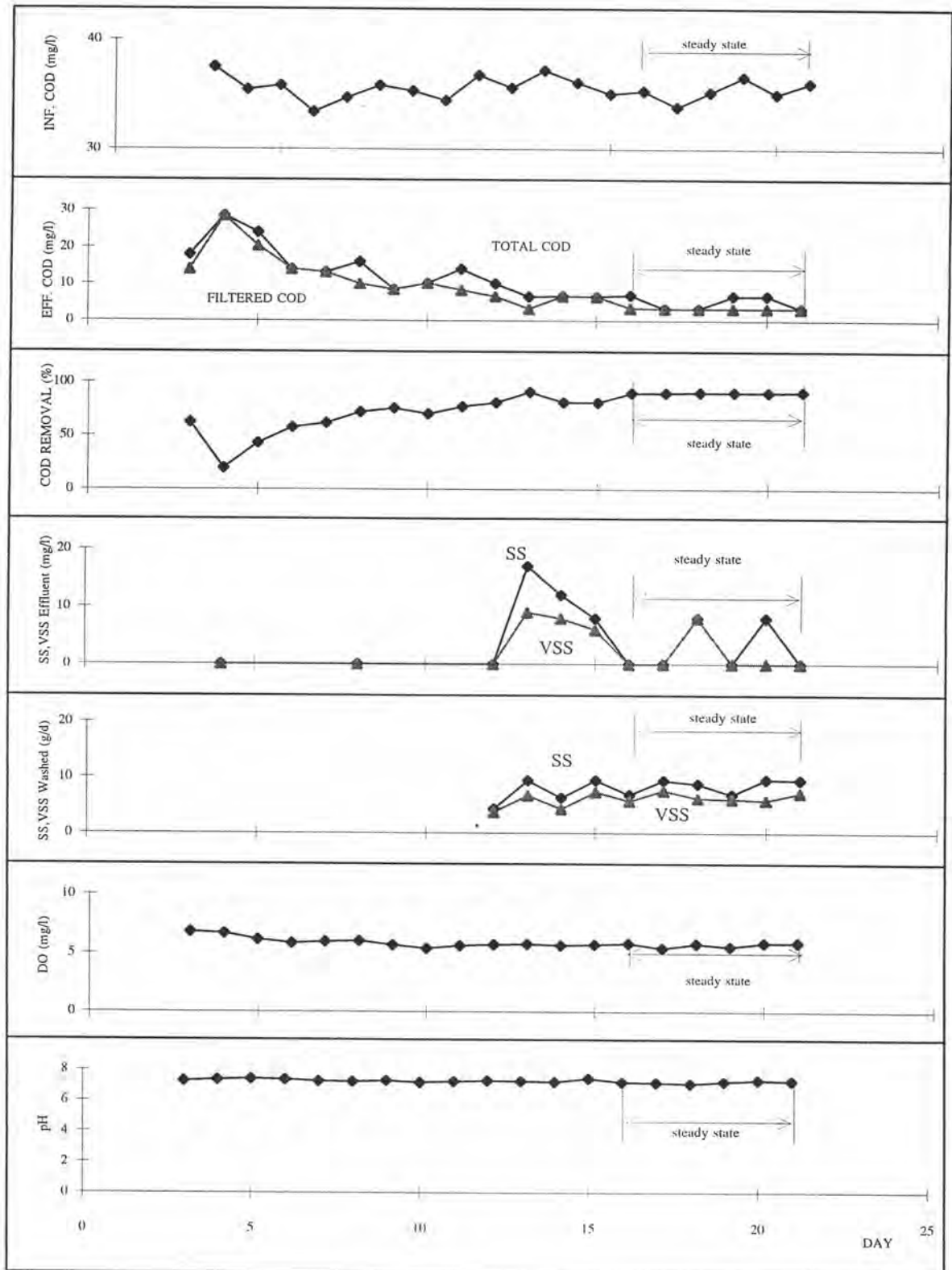
4.3.1 ลักษณะทางกายภาพ

จากการสังเกตด้วยตาพบว่า เมื่อเริ่มเดินระบบจ่ายน้ำเสียต่อเนื่อง น้ำทิ้งในช่วงแรกมีสีดำและขุ่นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการแตกตัวของถ่านแอนทราไซต์ซึ่งมีความเปราะแต่เมื่อเดินระบบต่อไปอีก 2-3 วันพบว่าน้ำทิ้งใสซึ่งเป็นเพราะการแตกตัวของถ่านแอนทราไซต์ลดน้อยลงหรือไม่แตกตัวเลย

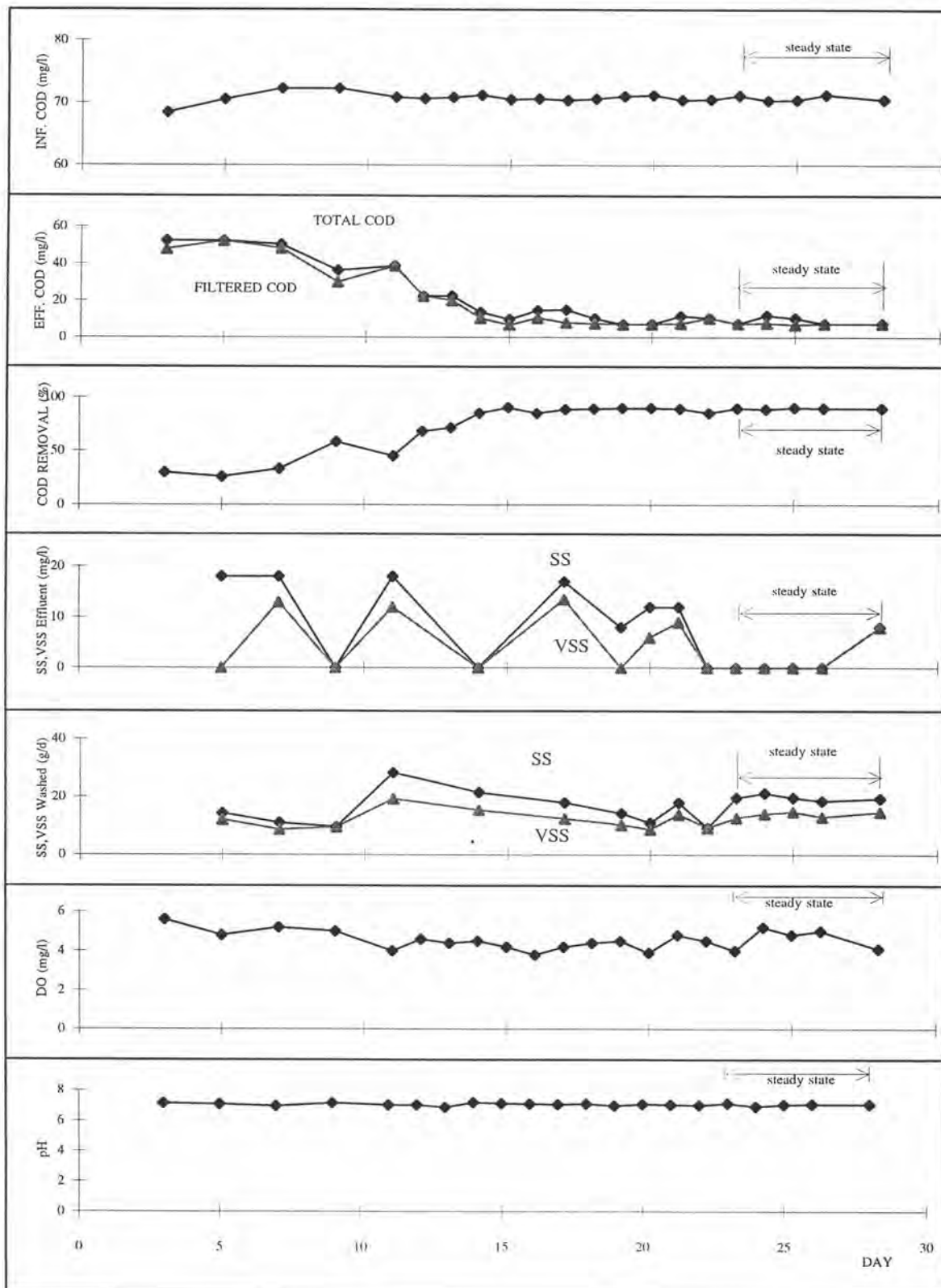
เมื่อพิจารณาผิวน้ำซึ่งอยู่เหนือชั้นตัวกลาง จะมีแอนทราไซต์บางส่วนถูกอากาศเป่าให้หลุดจากชั้นตัวกลางและตกสู่ชั้นตัวกลางโดยน้ำหนักของมันเองหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา เมื่อเดินระบบต่อไปเรื่อยๆ จะพบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแขวนลอยในน้ำมีลักษณะเป็นปุยฟล็อกสีขาว ปุยฟล็อกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามภาวะบรรทุสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น และปุยฟล็อกบางส่วนจะมีการเกาะติดกับเม็ดถ่านแอนทราไซต์ การตรวจดูปุยฟล็อกด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าประกอบด้วย แบคทีเรียแบบสร้างฟล็อก, แบคทีเรียแบบเส้นใย และพบพวก free swimming ciliates แต่ไม่พบจุลินทรีย์ประเภทอื่น ตะกอนจากการล้างตัวกลางจะมีสีน้ำตาลแดงและดำ และพบปุยฟล็อกสีขาวเพิ่มขึ้นตามภาวะบรรทุสารอินทรีย์ที่สูงขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำภายในถังปฏิกิริยาภายหลังการล้างสารกรองระดับน้ำจะลดลง และระดับน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ระดับน้ำสูญเสียในการทดลองจะอยู่ระหว่าง 25 ซม. ถึง 80 ซม. และพบว่าที่ภาวะบรรทุสารอินทรีย์สูงระดับน้ำสูญเสียจะมากกว่าที่ภาวะบรรทุสารอินทรีย์ต่ำ

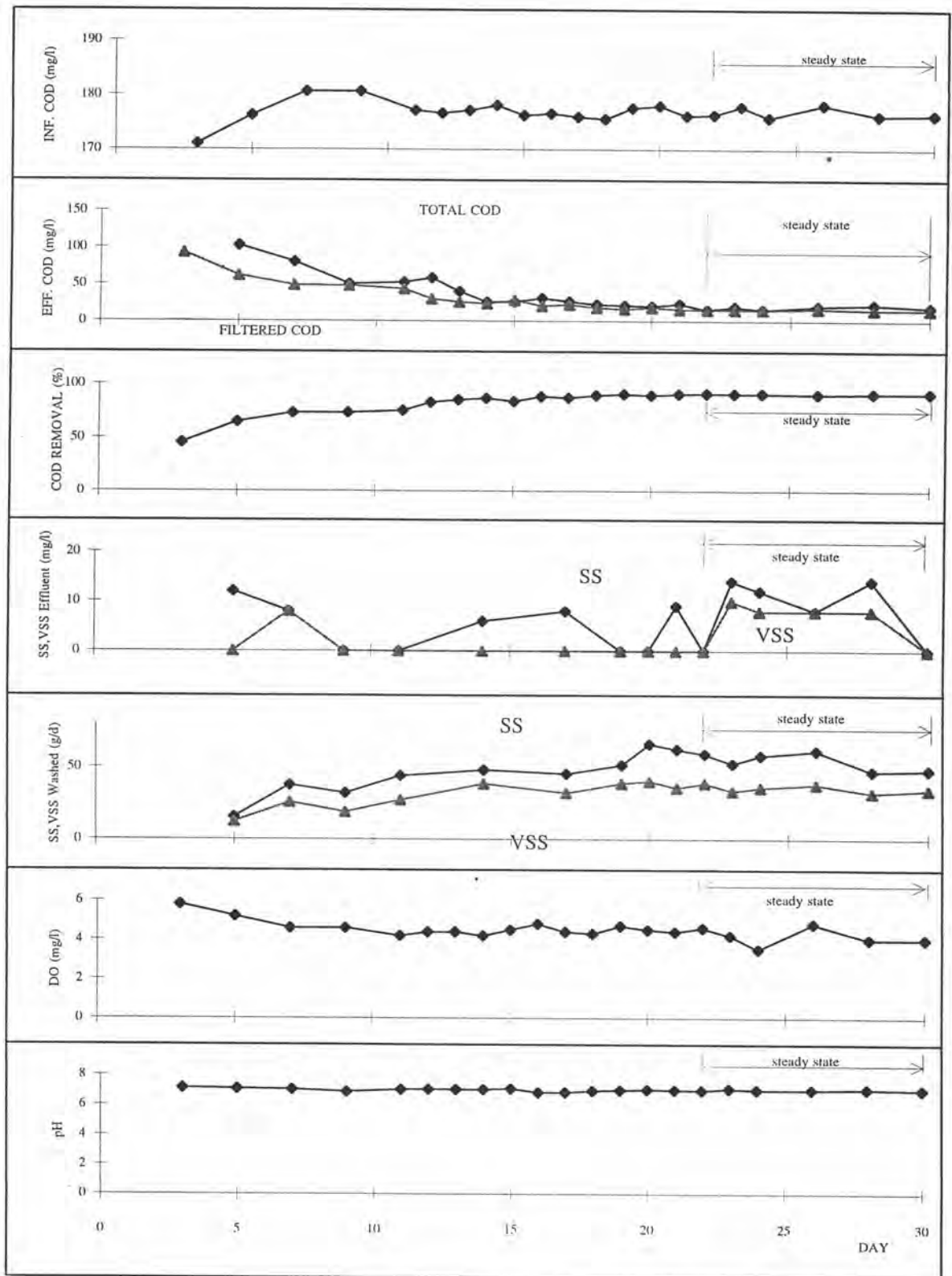
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ = 1 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาะระบบทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน และอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน



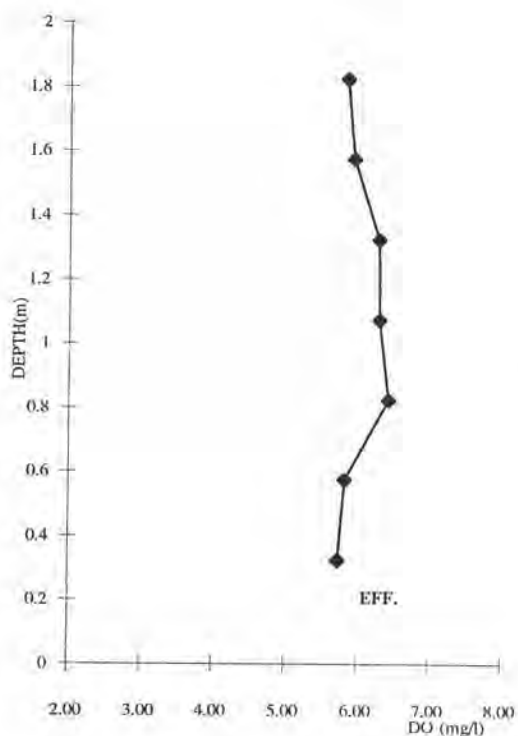
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 5 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน และอัตราการหมุนเวียนถังตัวกลาง = 2 วัน



4.3.2 ออกซิเจนละลายน้ำ, ดีโอ (DO)

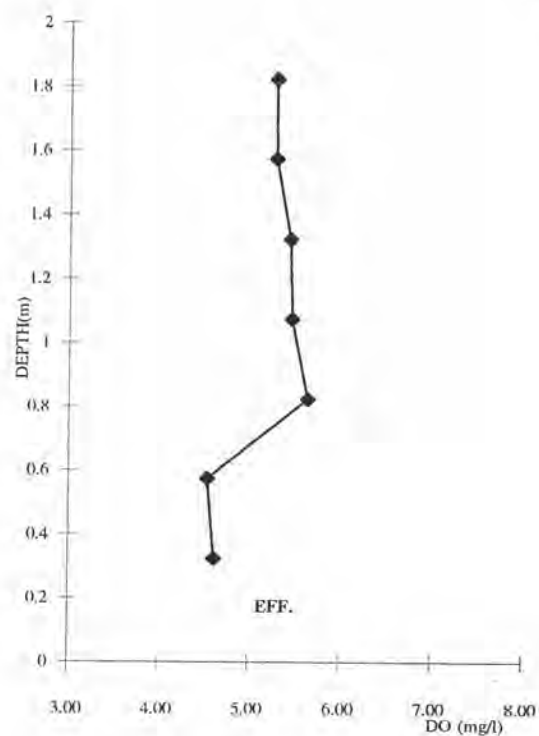
ผลการทดลองโดยการเก็บตัวอย่างน้ำตามความลึกของถังปฏิบัติการ และตำแหน่งน้ำทิ้งเพื่อวัดค่าดีโอที่ภาวะบรรทุksารอินทรีย์เท่ากับ 1, 2, และ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และตารางที่ 4.1 พบว่าค่าดีโอในแต่ละการทดลองจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกตั้งแต่จุดเก็บตัวอย่าง 1 ถึงจุดเก็บตัวอย่าง 5 แล้วจึงมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งหัวเติมอากาศของถังปฏิบัติการอยู่ระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง 5 และ 6 อัตราการละลายของออกซิเจนระหว่างผิวฟองอากาศและผิวน้ำ ขึ้นกับปริมาณอากาศที่เติมเข้าไป และความเร็วของฟองอากาศ (Stere Reiber และ David Stensel, 1985) ดังนั้นอัตราการละลายของออกซิเจนที่บริเวณใกล้หัวเติมอากาศจึงมีค่าสูง และเมื่อระยะทางไกลออกไปอัตราการละลายของออกซิเจนจะลดลงเนื่องจากความเร็วของฟองอากาศและปริมาณอากาศที่ลดลง ขณะเดียวกันมีการใช้ออกซิเจนในน้ำเพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งจ่ายจากด้านบนของถังปฏิบัติการ สารอาหารด้านบนมีความเข้มข้นสูง อัตราการย่อยสลายโดยฟิล์มชีวภาพจะเกิดขึ้นเร็ว ดังนั้นที่ระยะห่างจากหัวเติมอากาศออกไปอัตราการละลายของออกซิเจนที่ลดน้อยลง ขณะที่จุลินทรีย์มีอัตราการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าดีโอมีแนวโน้มลดลง

อิทธิพลของภาวะบรรทุksารอินทรีย์ต่อการใช้ออกซิเจน การเพิ่มภาวะบรรทุksารอินทรีย์หมายถึงสารอินทรีย์ที่เข้าถังปฏิบัติการจะมีปริมาณมากขึ้น จุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอาหาร ภาวะบรรทุksารอินทรีย์สูงจึงมีผลให้ค่าดีโอในน้ำทั้งมีค่าต่ำลงดังแสดงในรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าดีโอตามตำแหน่งต่างๆ จะมีมากขึ้นเมื่อภาวะบรรทุksารอินทรีย์เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะเส้นกราฟชันขึ้นเมื่อภาวะบรรทุksารอินทรีย์เพิ่มขึ้น) ทั้งนี้สาเหตุมาจากอัตราการใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ขณะที่อัตราการละลายออกซิเจนในแต่ละค่าภาวะบรรทุksารอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกันเพราะขึ้นกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเติมอากาศ



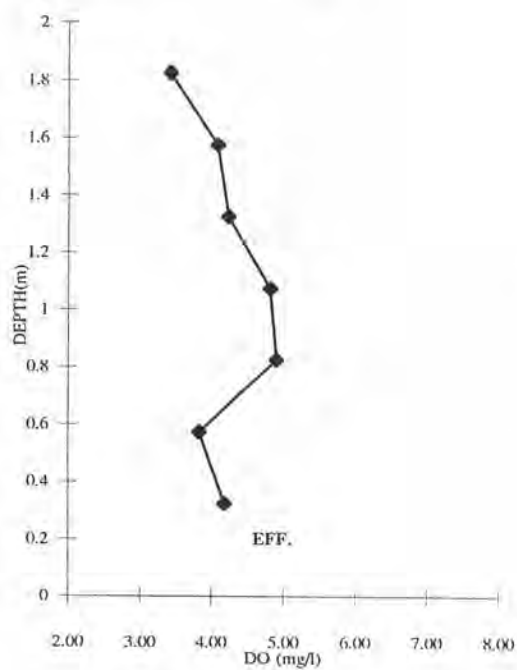
Org-loading = 1 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.



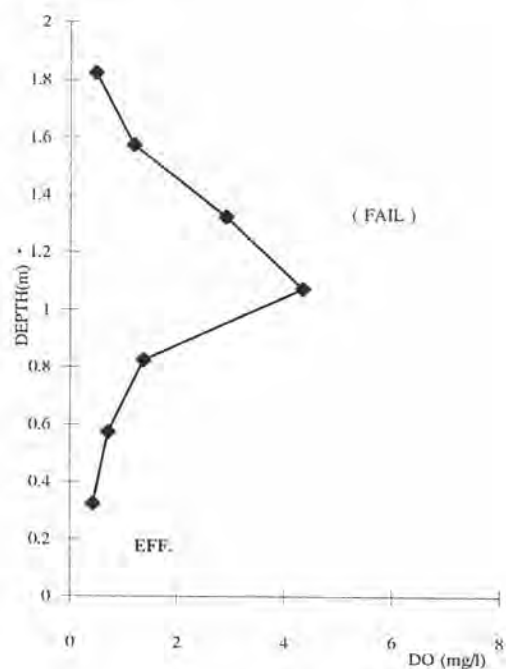
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.



Org-loading = 5 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.

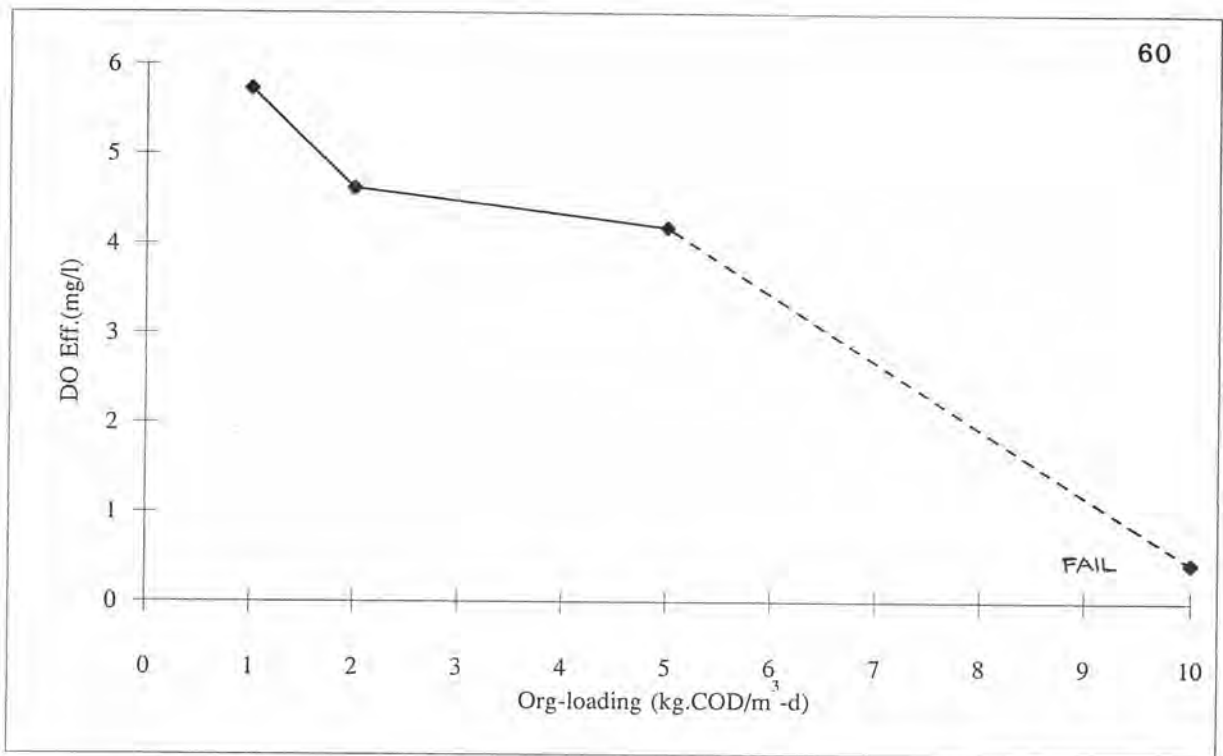


Org-loading = 10 kg. COD/m³-d.

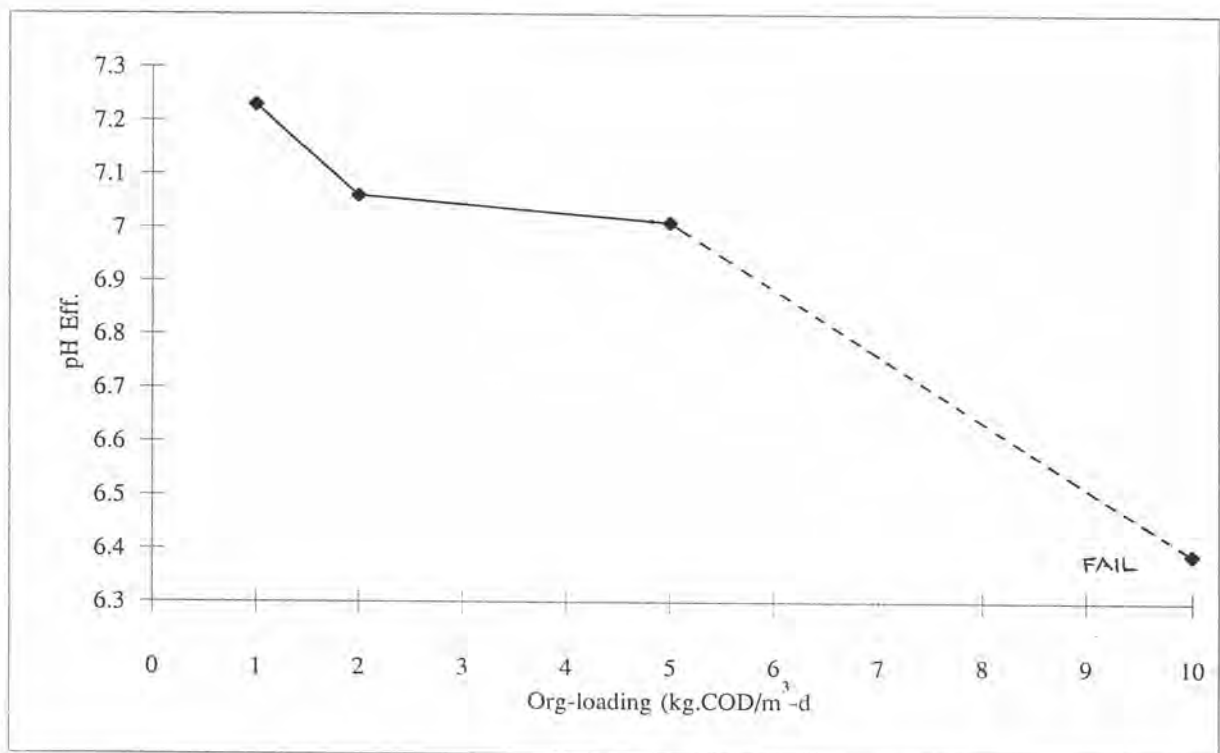
turn over = 2 d.

รูปที่ 4.8 แสดงค่าดีออกซิเจนความลึกของถังปฏิกรณ์และตำแหน่งน้ำทิ้ง

(ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1,2,5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำถังตัวกลางเท่ากับ 2 วัน)



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีไออน้ำทิ้งกับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชน้ำทิ้งกับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน

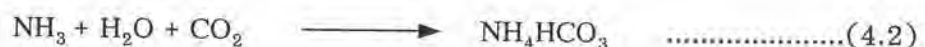


ตารางที่ 4.1 แสดงค่าดีไอตามความลึกของถังปฏิกริยาและตำแหน่งน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว (ภาระ
บรรทุกสารอินทรีย์ = 1, 2, 5 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน อัตราการหมุนเวียนล่าง
ตัวกลาง = 2 วัน)

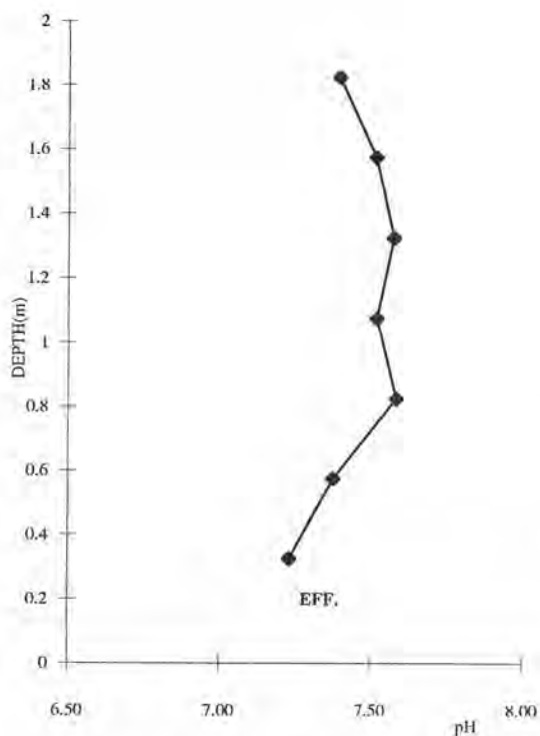
ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)	ค่าดีไอ ณ จุดเก็บตัวอย่าง (มก./ล.)						
	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง
1	5.83	5.92	6.28	6.29	6.42	5.82	5.73
2	5.28	5.28	5.44	5.46	5.64	4.54	4.62
5	3.42	4.08	4.23	4.82	4.90	3.83	4.18

4.3.3 พีเอช (pH)

ค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงตำแหน่งหัวเติมอากาศ และจะ
ลดลงเมื่อพ้นตำแหน่งหัวเติมอากาศไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ชัดเมื่อค่าภาระบรรทุกสาร
อินทรีย์เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.11 และตารางที่ 4.2 คาดว่าเกิดจากการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำ
เสียสังเคราะห์ซึ่งมียูเรียเป็นสารอาหารเสริม ยูเรียจะถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย (NH_3) จาก
นั้นแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งละลายในน้ำกลายเป็นแอมโมเนียม
ไบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ทำให้ค่าพีเอชในระบบสูงขึ้นตามสมการ 4.1 และ 4.2

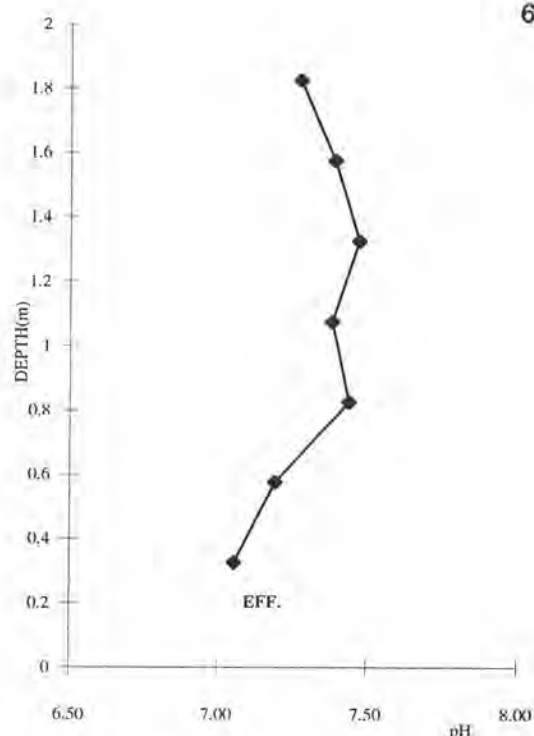


การลดลงของพีเอชใต้หัวเติมอากาศคาดว่าเกิดจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน
แอมโมเนียมจะถูกออกซิไดซ์เปลี่ยนรูปเป็นไนโตรท์ และไนเตรทตามลำดับ ดังสมการที่ 4.3 ถึง
4.6 ซึ่งการเกิดไนตริฟิเคชัน จะมีการใช้ออกซิเจน 4.57 กรัมต่อกรัมแอมโมเนียม-ไนโตรเจน
และมีการใช้ค่าความเป็นด่าง 7.1 กรัม-Alk (as CaCO_3) ค่าพีเอชจึงมีลักษณะต่ำลง



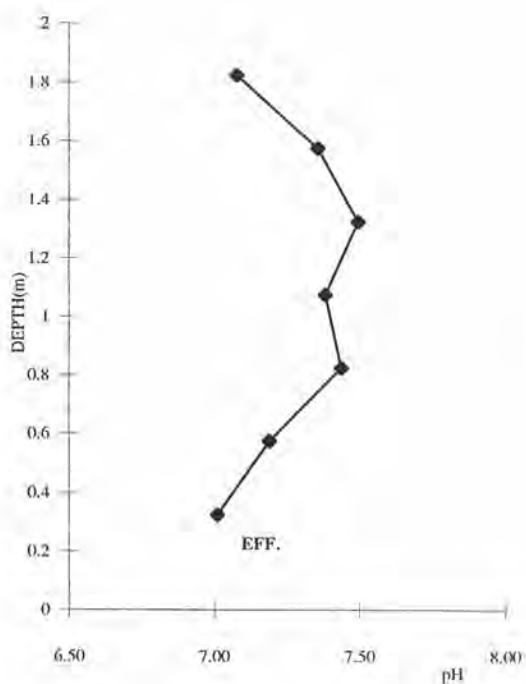
Org-loading = 1 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.



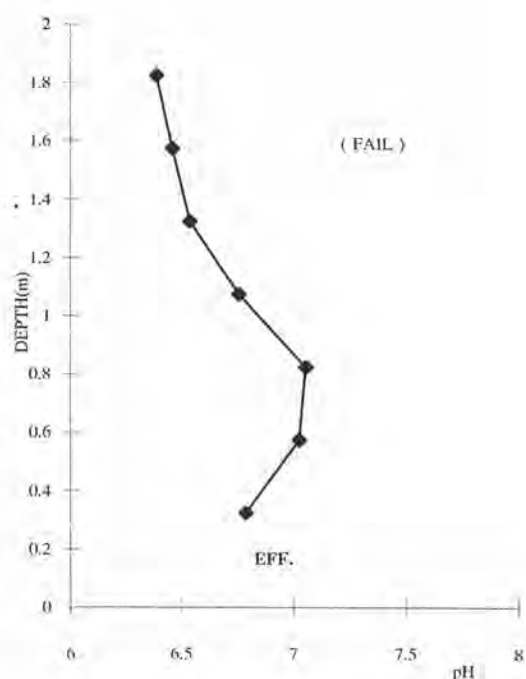
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.



Org-loading = 5 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.

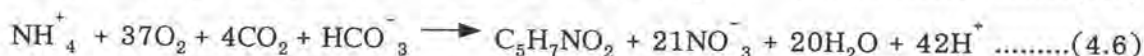
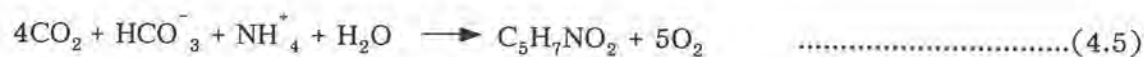
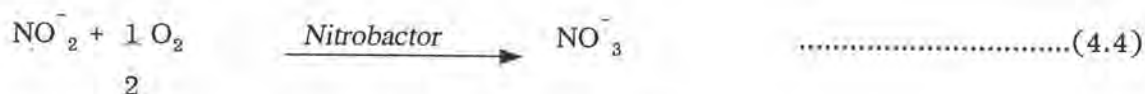
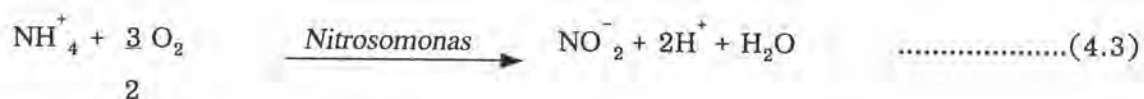


Org-loading = 10 kg. COD/m³-d.

turn over = 2 d.

รูปที่ 4.11 แสดงค่าพีเอชตามความลึกของถังปฏิกิริยาและตำแหน่งน้ำทิ้ง

(ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1,2,5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำถังตั้งตัวกลางเท่ากับ 2 วัน)



พีเอชน้ำทิ้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.10 คาดว่าเกิดจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันที่เกิดมากขึ้น เพราะในน้ำมีปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้น การออกซิไดซ์แอมโมเนียต้องการความเป็นด่างมากขึ้น จึงทำให้ค่าพีเอชในระบบลดลงมากกว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพีเอช ตามความลึกของถังปฏิกิริยาและตำแหน่งน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 1, 2, 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน อัตราการหมุนเวียน ล้างตัวกลาง = 2 วัน)

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ค่าพีเอชที่จุดเก็บตัวอย่าง						
	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง
1	7.39	7.52	7.57	7.52	7.58	7.38	7.23
2	7.28	7.39	7.47	7.38	7.44	7.20	7.06
5	7.08	7.36	7.50	7.38	7.44	7.19	7.01

4.3.4 ซีโอดี และประสิทธิภาพการกำจัด

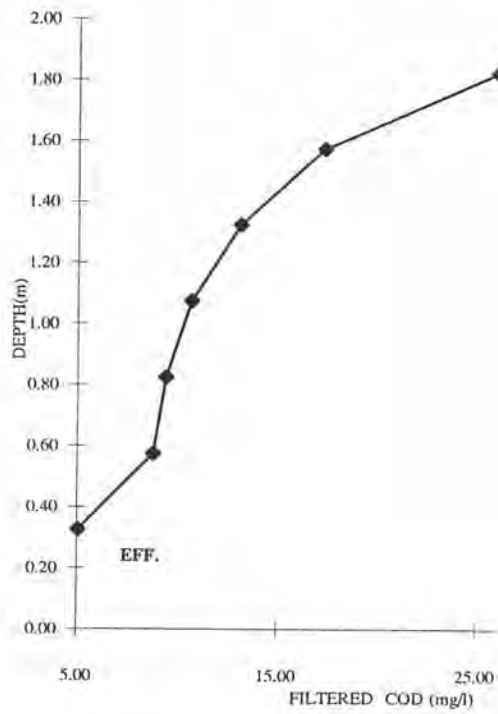
ค่าซีโอดีภายในถังปฏิกิริยาจะมีค่าลดลงตามความลึก การกำจัดซีโอดีในน้ำเสียของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่มีลักษณะคล้ายถังปฏิกิริยา แบบปลั๊กโฟลว์ (plug

flow reactor) ดังรูปที่ 4.12 และตารางที่ 4.3 เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดความลึกของชั้นตัวกลาง การป้อนน้ำเสียเข้าที่ด้านบนจึงมีผลให้ความเข้มข้นของน้ำเสียลดลงตามความลึกของถังปฏิกรณ์ สำหรับส่วนกรองน้ำใสซึ่งอยู่ใต้หัวเติมอากาศ จะมีการกำจัดซีโอติบ้างเล็กน้อยเนื่องจากน้ำเสียยังมีดีโอเหลืออยู่

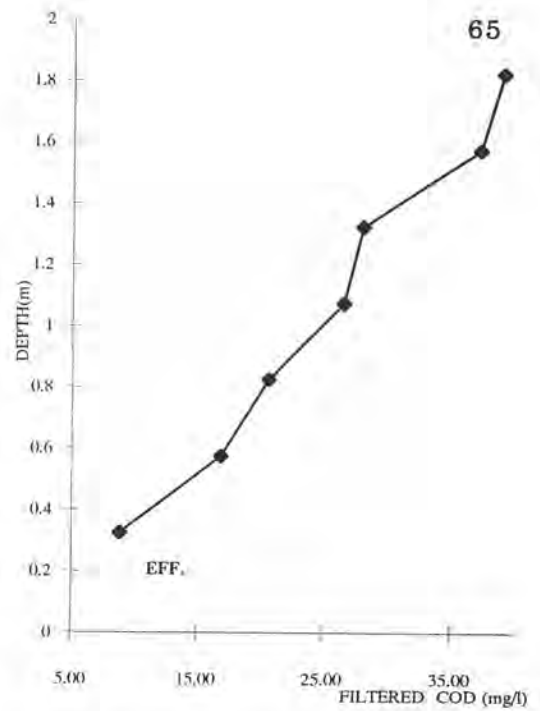
การทดลองหาประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอติ ตามภาวะบรรทุสารอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 4.13, 4.14 และตารางที่ 4.3 เมื่อค่าภาวะบรรทุสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ค่าซีโอติน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อค่าภาวะบรรทุสารอินทรีย์ต่ำ ปริมาณสารอาหารเข้าระบบยังมีไม่มาก ฟิล์มชีวภาพสามารถย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อภาวะบรรทุสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ฟิล์มชีวภาพไม่สามารถย่อยสลายได้ทันเพราะเวลาสัมผัสน้ำเท่าเดิม (J.Condren, 1990) ทำให้น้ำทิ้งมีค่าซีโอติที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติจึงมีแนวโน้มลดลง จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่ออกแบบไว้สามารถรับภาวะบรรทุสารอินทรีย์ได้ไม่เกิน 5 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน และน้ำทิ้งมีค่าซีโอติประมาณ 15.70 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติอยู่ระหว่าง 89 ถึง 92% เมื่ออัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าซีโอติ ตามความลึกของถังปฏิกรณ์และตำแหน่งน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว และประสิทธิภาพการกำจัด (ภาวะบรรทุสารอินทรีย์ = 1, 2, 5 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน อัตราการหมุนเวียน ล้างตัวกลาง = 2 วัน)

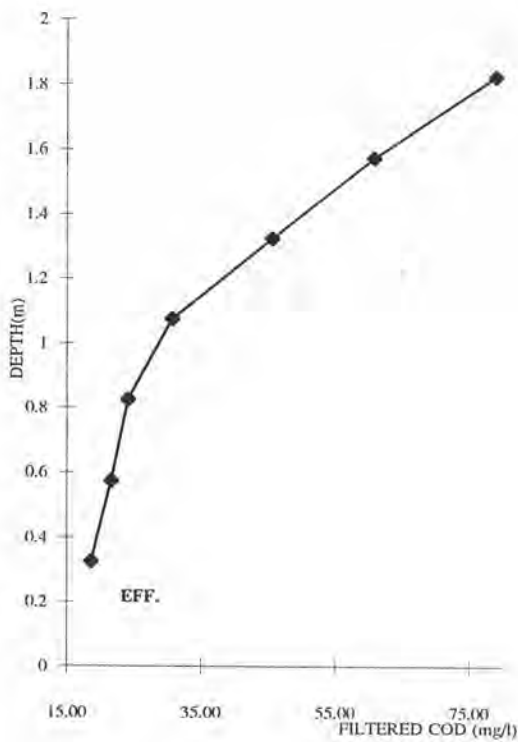
ภาวะบรรทุสารอินทรีย์ (กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน)	ค่าซีโอติที่กรองแล้ว ที่จุดเก็บตัวอย่าง (มก./ล.)								อัตราการกำจัดซีโอติ (%)
	น้ำเข้า	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง	
1	35.33	25.98	17.30	13.10	10.67	9.42	8.81	3.36	90.48
2	70.33	38.98	33.18	28.01	26.53	20.66	16.93	7.39	89.56
5	176.77	78.96	60.76	45.60	30.71	24.15	21.70	15.70	91.12



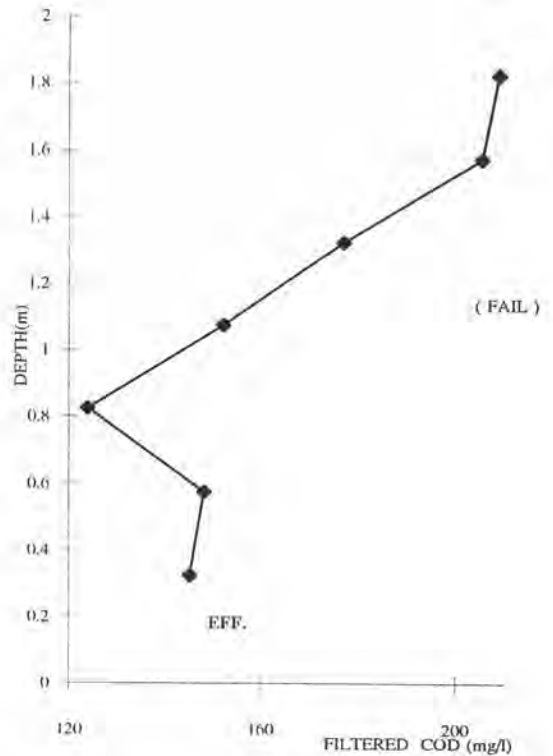
Org-loading = 1 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.



Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.



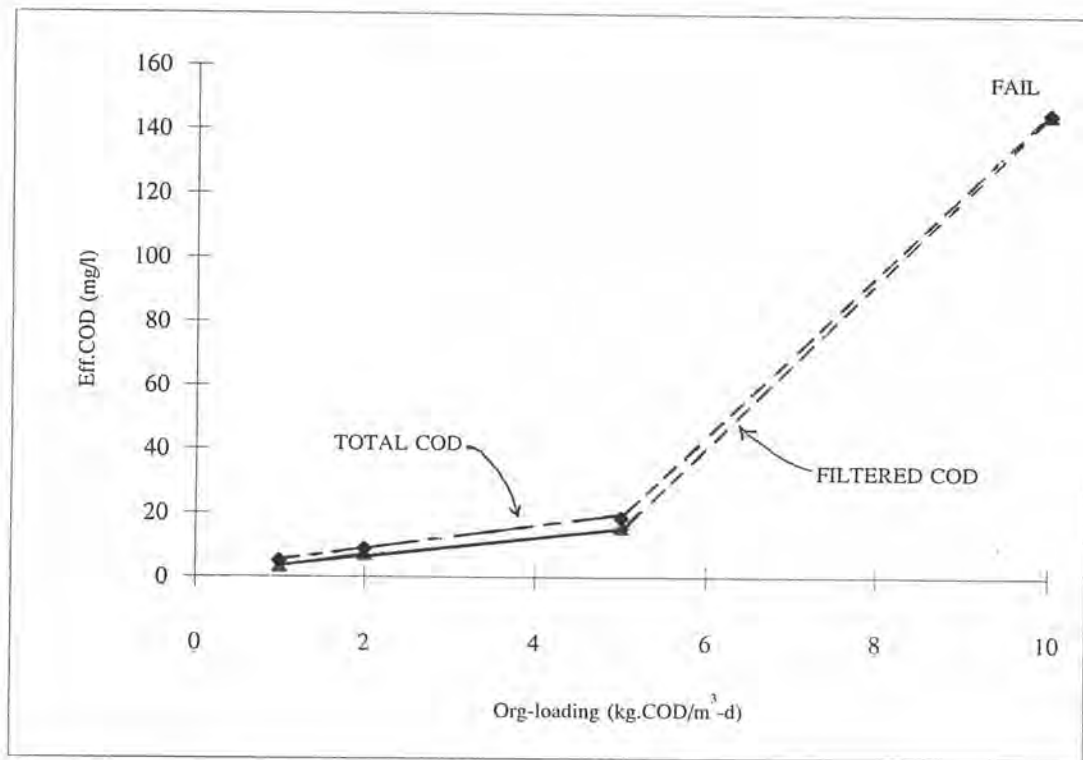
Org-loading = 5 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.



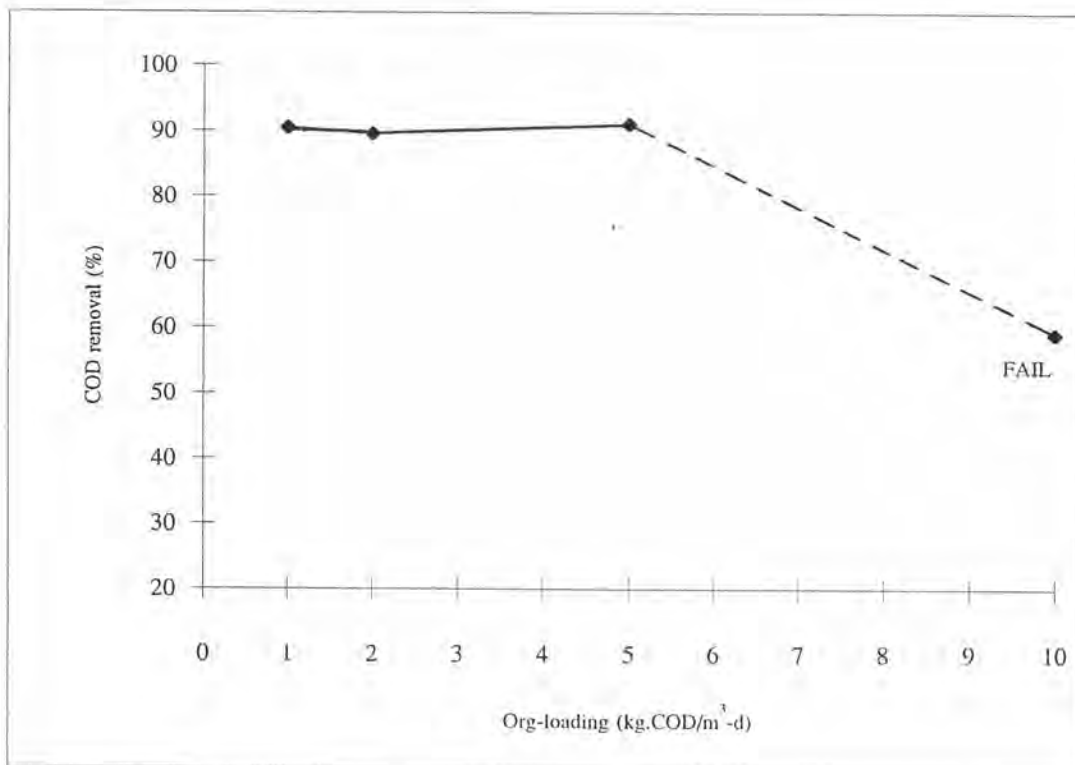
Org-loading = 10 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.

รูปที่ 4.12 แสดงค่าซีโอดีตามความลึกของถังปฏิกรณ์และตำแหน่งน้ำทิ้ง

(ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1, 2, 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่อัตราการหมุนเวียนถังตัวกลางเท่ากับ 2 วัน)



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีน้ำทิ้ง และค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน



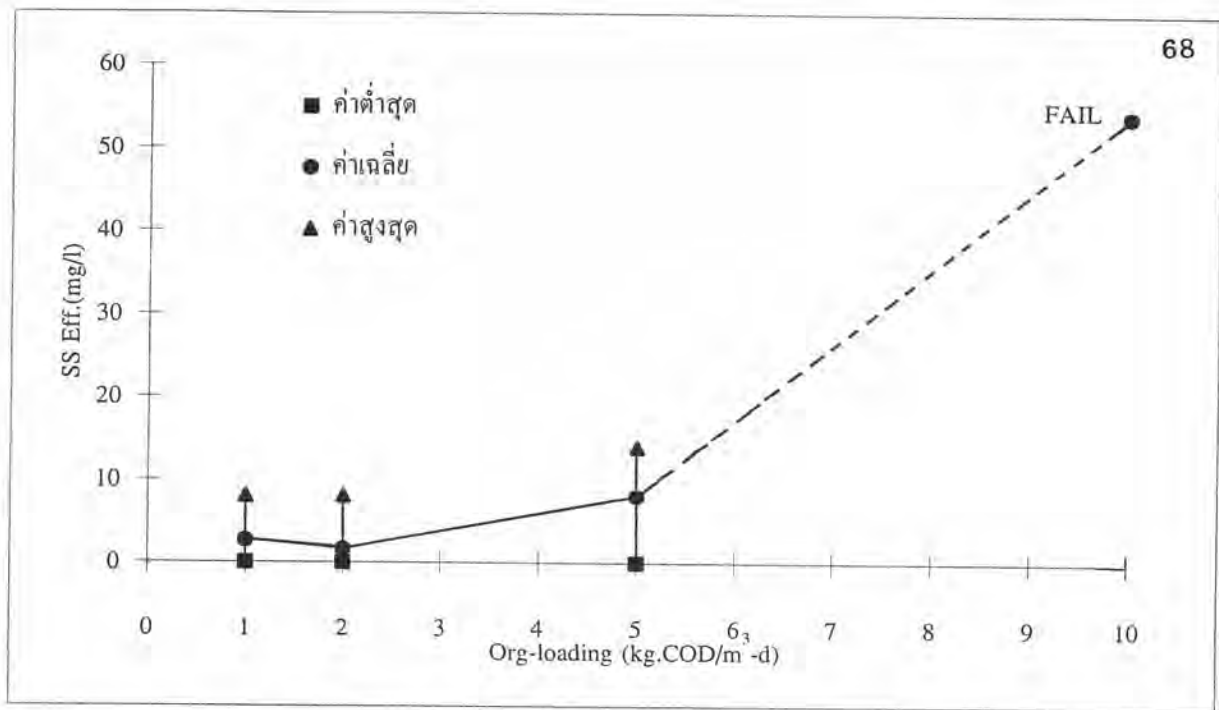
4.3.5 ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง

การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ในลักษณะของสารละลาย จึงไม่คิดของแข็งแขวนลอยในทางน้ำเข้า เมื่อพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งดังแสดงในรูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.4 พบว่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบมีค่าไม่เกิน 6.57 มก./ล. น้ำทิ้งมีลักษณะใส ทั้งนี้เนื่องจากรูปร่างของถังปฏิกริยาที่มีส่วนกรองน้ำใสที่บริเวณใต้หัวเติมอากาศ และคุณสมบัติการจับของแข็งแขวนลอยของฟิล์มชีวภาพ จากความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง และค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์ จะเห็นว่าที่ค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์ต่ำ ของแข็งแขวนลอยที่หลุดจากน้ำทิ้งไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะส่วนกรองที่อยู่ด้านล่างยังมีความสามารถเก็บสะสมตะกอนอยู่ (J.Condren ,1990) แต่เมื่อการบำบัดทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดจากการหลุดของฟิล์มชีวภาพในระบบเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการเก็บตะกอนน้อยลงจึงทำให้น้ำทิ้งมีของแข็งแขวนลอยสูงขึ้น หรืออาจเกิดจากการหลุดของฟิล์มชีวภาพบนผิวแอนทราไซท์บริเวณส่วนกรองน้ำใส

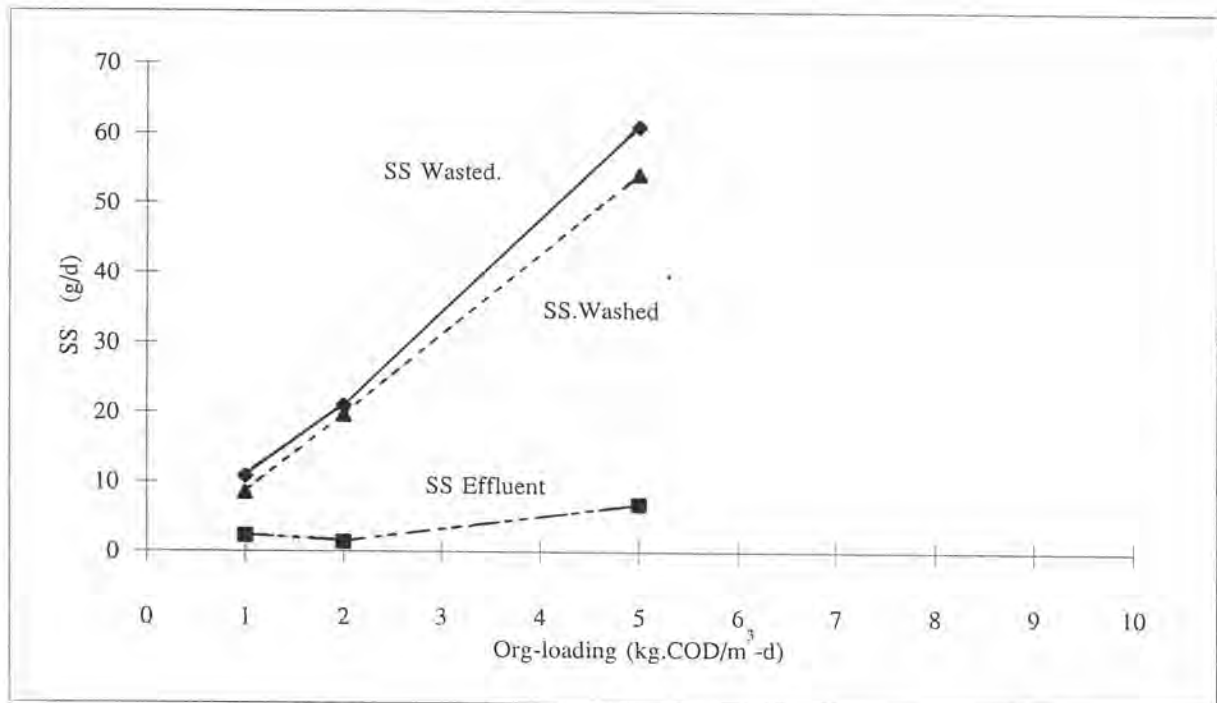
จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่ออกแบบไว้สามารถรับการบำบัดทุกสารอินทรีย์ได้ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และน้ำทิ้งมีค่าของแข็งแขวนลอยประมาณ 6.57 มก./ล. เมื่ออัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน จึงไม่ต้องมีถึงตกตะกอน

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้งของถังปฏิกริยา ที่สภาวะคงตัว (การบำบัดทุกสารอินทรีย์ = 1,2,5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน)

การบำบัดทุกสารอินทรีย์ กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้ง (มก./ล.)
1	2.67
2	1.60
5	8.00



รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้งกับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง, ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง, มวลตะกอน ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน

4.3.6 ของแข็งที่เพิ่มขึ้นและทิ้ง

ระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ไม่มีกรหมุนเวียนตะกอน ของแข็งที่เกิดขึ้นจะมีการนำไปทิ้งตลอดเวลา ของแข็งที่เพิ่มขึ้นและทิ้งไปประกอบด้วย ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้ง และของแข็งแขวนลอยจากการล้างตัวกลาง จากผลการทดลองซึ่งจำลองการล้างตัวกลางเป็นช่วงเวลา ของแข็งแขวนลอยจากการล้าง และของแข็งทั้งหมดที่ทิ้งแสดงในรูปที่ 4.16 และตารางที่ 4.5 เมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นของแข็งแขวนลอยจากการล้างจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจุลินทรีย์ในระบบสามารถใช้อาหารในการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว จุลินทรีย์ซึ่งเป็นตะกอนแขวนลอย ในน้ำทิ้งและน้ำล้างรวมกันจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อคิดเทียบอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ทิ้งไปกับสารอินทรีย์ที่ใช้ไป (observed yield) ค่าดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 0.39 ถึง 0.45 กก. เอสเอส/กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง, ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง และของแข็งที่ทิ้งทั้งหมด และค่าอัตราการทิ้งของแข็งที่สภาวะคงตัว (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 1, 2, 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน)

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง	ปริมาณน้ำทิ้ง	ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง	ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง	ปริมาณน้ำล้าง	จำนวนครั้งในการล้าง	ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง	ของแข็งทิ้ง	สารอาหารที่ใช้ไป	ของแข็งทิ้งสารอาหารที่ใช้ไป
(กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	(มก./ล.)	(ล./วัน)	(กรัม/วัน)	(มก./ล.)	(ล./ครั้ง)	(ครั้ง/วัน)	(กรัม/วัน)	(กรัม/วัน)	(กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	(กก.เอสเอส/กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด)
1	2.67	850	2.27	53.14	40	4	8.5	10.77	27.17	0.40
2	1.60	850	1.36	81.82	60	4	19.64	21	53.84	0.39
5	8.00	850	6.80	150.64	90	4	54.23	61.03	136.91	0.45

4.4 ผลการทดลองเมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 10 กก. ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน และควบคุมอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 2 วัน

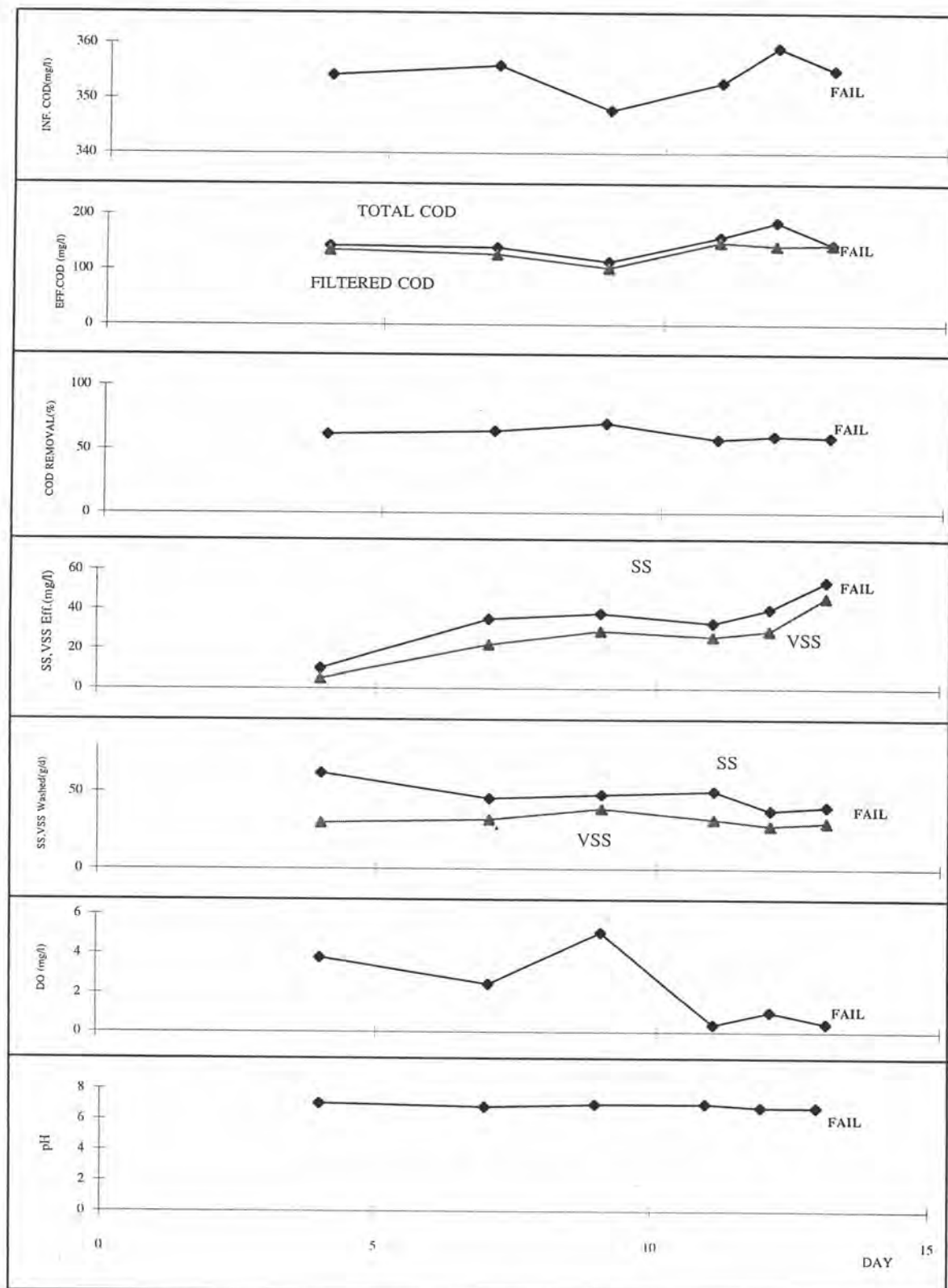
รูปที่ 4.17 แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ตั้งแต่เริ่มเดินระบบจนกระทั่งระบบล้มเหลว ลักษณะทางกายภาพ, สาเหตุความล้มเหลว, และวิธีแนวทางแก้ไขได้อธิบายในหัวข้อ 4.4.1 ถึง 4.4.6

4.4.1 ลักษณะทางกายภาพ

โดยการสังเกตทั่วไปพบว่า มีปุ๋ยฟอสเฟตสีขาวปริมาณมากแขวนลอยอยู่ในน้ำเหนือตัวกลาง และมีบางส่วนเกาะติดกับถ่านแอนทราไซต์ ปุ๋ยฟอสเฟตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเห็นเป็นชั้นสีขาวเหนือตัวกลางเมื่อปิดระบบเติมอากาศดังแสดงในรูปที่ 4.18 และ 4.19 เมื่อเดินระบบต่อไปจะเห็นว่าน้ำไม่สามารถไหลผ่านชั้นตัวกลางได้ ระดับน้ำจะสูงขึ้นจนล้นถัง เมื่อพิจารณาส่วนกรองน้ำใสและส่วนรวบรวมน้ำในด้านล่าง จะเห็นมีฟองอากาศวิ่งสวนออกมาพร้อมพาถ่านแอนทราไซต์หลุดออกทางท่อน้ำทิ้ง จนในที่สุดถ่านแอนทราไซต์จะถูกอากาศดันออกจนเต็มส่วนรวบรวมน้ำใสและทะลักขึ้นไปเต็มท่อน้ำทิ้ง

เหตุการณ์ที่กล่าวข้างต้นใช้ระยะเวลาประมาณ 10 วันนับตั้งแต่เริ่มเดินระบบแบบต่อเนื่อง การล้มเหลวของระบบอธิบายได้ว่า ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณสารอาหารที่เข้าระบบมีมาก จุลินทรีย์ในระบบเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว การหมุนเวียนล้างสารกรองไม่สามารถกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้นเร็วกว่าได้ทัน ทำให้เกิดมวลตะกอนสะสมอยู่ภายในชั้นตัวกลางมากจนตัน น้ำเสียไม่สามารถไหลผ่านชั้นตัวกลางลงมาได้ ขณะเดียวกันอากาศที่เติมเข้าระบบ ฟองอากาศไม่สามารถวิ่งผ่านชั้นตัวกลางขึ้นด้านบนได้ จึงเกิดแรงอัดอากาศดันย้อนออกทางท่อน้ำทิ้งพร้อมถ่านแอนทราไซต์

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน
และอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน





รูปที่ 4.18, 4.19 แสดงชั้นปุ๋ยฟัลโบลีอัสขาวอยู่เหนือตัวกลางแอนทราไซท์



4.4.2 ออกซิเจนละลายน้ำ, ดีโอ (DO)

ค่าดีโอตามความลึกของถังปฏิบัติการและตำแหน่งน้ำทิ้ง แสดงในรูปที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.6 ค่าดีโอภายในถังปฏิบัติการจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมวลสารอินทรีย์เข้า ถังกรองมีมากจุลินทรีย์ในถังกรองมีปริมาณสูงออกซิเจนในน้ำจึงถูกจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสาร อาหารด้วยอัตราที่รวดเร็ว ดังกล่าวแล้วใน 4.3.2 เมื่อพิจารณาค่าดีโอในน้ำทิ้งเท่ากับ 0.43 มก./ล. และค่าดีโอบริเวณจุดเก็บตัวอย่างหนึ่งซึ่งเท่ากับ 0.48 มก./ล. ขณะทำการทดลองได้พยายามควบคุม ค่าดีโอเท่ากับ 1 มก./ล. โดยการเพิ่มปริมาณอากาศเข้าถังปฏิบัติการ แต่ไม่สามารถกระทำได้ เพราะ แรงดันอากาศจะไปดันให้แอนทราไซท์หลุดออกทางท่อน้ำทิ้ง

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าดีโอ และ ค่าพีเอช ตามความลึกของถังปฏิบัติการและตำแหน่งน้ำทิ้งที่วัน สิ้นท้ายของการเดินระบบเมื่อภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ = 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน และ อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 2 วัน

ตัวแปร	ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง						
	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง
ดีโอ (มก./ล.)	0.48	1.2	2.92	4.35	1.38	0.72	0.43
พีเอช	6.39	6.46	6.54	6.76	7.06	7.03	6.79

4.4.3 พีเอช (pH)

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชภายในถังปฏิบัติการ แสดงในรูปที่ 4.11 และตาราง ที่ 4.6 พีเอชภายในถังปฏิบัติการอยู่ระหว่าง 6.39 ถึง 7.06 พีเอชน้ำทิ้งเท่ากับ 6.79 มีคุณสมบัติเป็น กรดเล็กน้อย ค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงบริเวณหัวเติมอากาศ และจะลดลงเมื่อพ้น ตำแหน่งหัวเติมอากาศไปแล้ว ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเมื่อระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำปรากฏ การณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวได้อธิบายแล้วในข้อ 4.3.3

4.4.4 ซีโอดี และประสิทธิภาพการกำจัด

จากผลการทดลองรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่เริ่มเดินระบบต่อเนื่องจนระบบล้มเหลว, ซีโอดีน้ำทิ้งจะมีค่าเท่ากับ 145.24 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 59.11% ทั้งนี้เนื่องจากการบำบัดน้ำเสียของฟิล์มชีวภาพถูกจำกัดด้วยดีโอในระบบโดยที่ค่าดีโอในน้ำเสียตำแหน่งหนึ่งเท่ากับ 0.48 มก./ล. และน้ำทิ้งเท่ากับ 0.43 มก./ล. ดังนั้นถ้าจะให้ระบบสามารถทำงานที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง วิธีการเติมอากาศต้องมีประสิทธิภาพดีมากกว่านี้

4.4.5 ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง

จากรูปที่ 4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง จะมีค่าเพิ่มขึ้นและเท่ากับ 54 มก./ล. ในวันที่ระบบล้มเหลว ทั้งนี้ เนื่องจากมวลตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นในปริมาณมาก ความสามารถในการเก็บตะกอนของส่วนกรองใสไม่พอเพียง คาดว่าการเพิ่มอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางให้เร็วขึ้น จะสามารถช่วยกำจัดตะกอนที่สะสมในส่วนกรองน้ำใสได้ และทำให้น้ำทิ้งมีตะกอนแขวนลอยลดลง

4.4.6 แนวความคิดในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาระบบถังกรองชีวภาพเติมอากาศแบบล้างย้อนธรรมดา สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้มากกว่า 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน (J.P. Canler, และ J.M. Perret, 1994) ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่อาจสามารถทำงานได้ที่ภาระบรรทุกดังกล่าว โดยการปรับปรุงระบบ หรือควบคุมการทำงานของถังกรองดังนี้

1. เพิ่มอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางให้เร็วกว่า 2 วัน การเพิ่มอัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเปรียบเสมือนกับอัตราการล้างย้อนถังกรองที่เพิ่มขึ้น จะสามารถกำจัดตะกอนที่เกิดจากการเติบโตอย่างรวดเร็วของจุลินทรีย์ และการหลุดของฟิล์มชีวภาพในระบบได้ทันที

2. ปรับปรุงระบบการเติมอากาศให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การเติมอากาศในน้ำเสียอิมตัวด้วยออกซิเจนก่อน แล้วจึงเติมเข้าถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ หรือการเพิ่มตำแหน่งหัวเติมอากาศในชั้นตัวกลาง (tapered aeration หรือ step aeration)

3. ปรับปรุงถังกรองเป็นแบบไหลขึ้น (up flow) โดยเปลี่ยนตำแหน่งเดิมน้ำเสียเข้าถึงปฏิกริยามาอยู่เหนือตำแหน่งเดิมอากาศ และให้น้ำล้นออกทางด้านบน การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางกายภาพนี้จะช่วยให้การไหลในถังกรองดีขึ้น เพราะทิศทางไหลของอากาศ และน้ำไปในทิศเดียวกัน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสารอาหารที่เข้มข้น แต่การแก้ปัญหาวิธีนี้ต้องคำนึงถึงตะกอนแขวนลอยที่จะหลุดออกมากับน้ำทิ้ง

4.5 ผลของอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางต่อการบำบัดน้ำเสีย

(การทดลองเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าอัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 5 วัน และควบคุมภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)

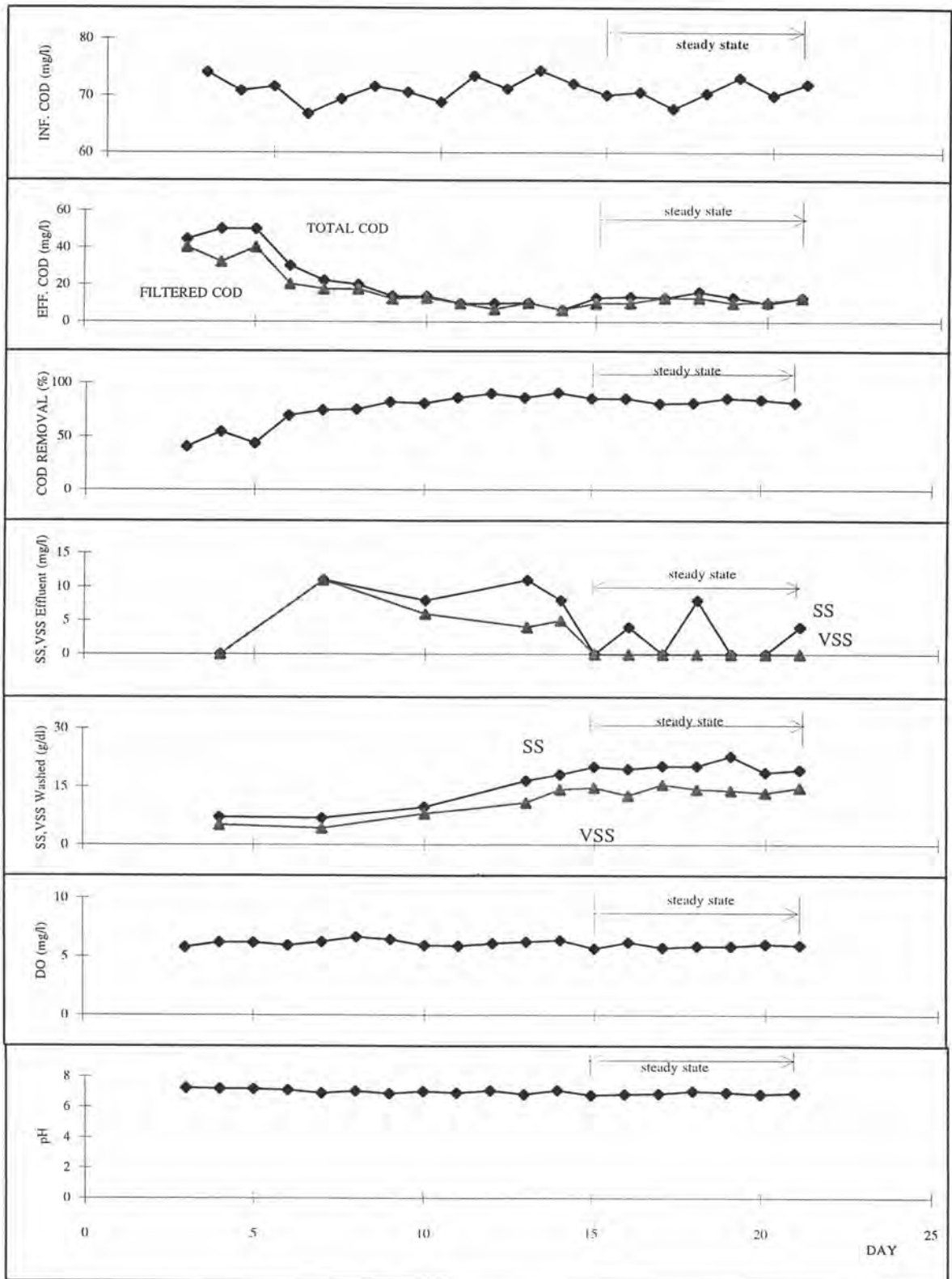
ค่าตัวแปรต่างๆ ตั้งแต่เริ่มเดินระบบจนถึงสภาวะคงตัวของแต่ละผลการทดลองได้แสดงในรูปที่ 4.6, 4.20, 4.21 และ 4.22 ผลการทดลองจะกล่าวในหัวข้อ 4.5.1 ถึง 4.5.6

4.5.1 ลักษณะทางกายภาพ

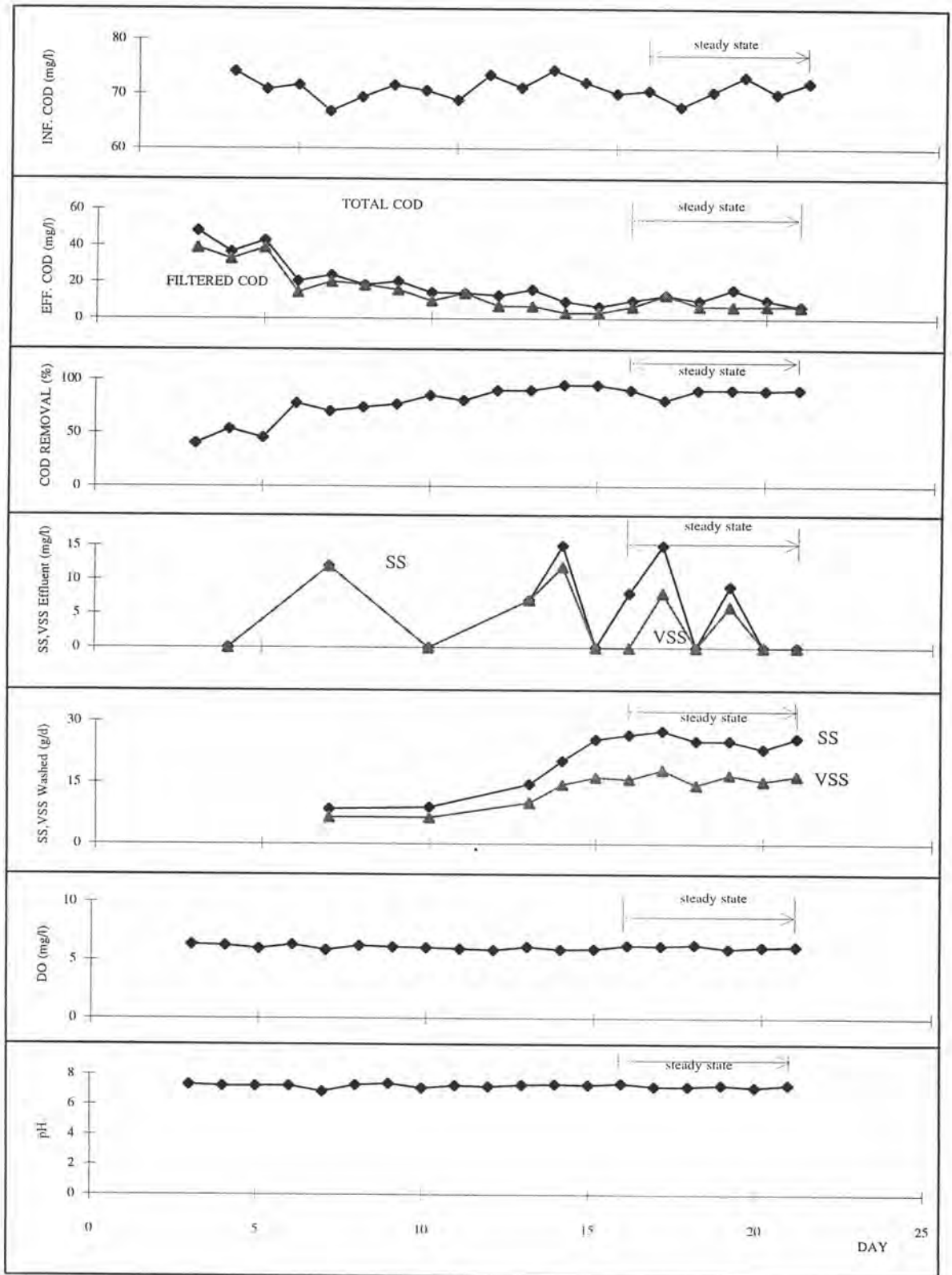
จากการสังเกตพบว่า ปุยฟล็อกที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียเหนือตัวกลางมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อการหมุนเวียนล้างตัวกลางช้าลง . เนื่องจากฟล็อกสามารถแขวนลอยอยู่ในระยะเวลาสั้นขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดแขวนลอยเพิ่มปริมาณมากขึ้น และการเกาะติดของปุยฟล็อกกับถ่านแอนทราไซท์ที่อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางช้าจะมีปริมาณมากกว่า เมื่อนำปุยฟล็อกไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า ประกอบด้วย แบคทีเรียสร้างฟล็อก แบคทีเรียแบบเส้นใย และพบพวก free swimming ciliates โดยที่แบคทีเรียสร้างฟล็อก และพวก free swimming ciliates จะพบมากที่อัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเร็ว แบคทีเรียแบบเส้นใย จะพบมากขึ้นเมื่อการหมุนเวียนล้างตัวกลางช้าลง ตะกอนจากการล้างตัวกลางจะมีสีน้ำตาลแดง และดำ และจะพบปุยฟล็อกสีขาวเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางช้าลง

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำภายในถังปฏิกริยา ระดับน้ำสูญเสียในการทดลองมีค่าระหว่าง 25 ซม. ถึง 70 ซม. และพบว่าที่อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางช้าระดับน้ำสูญเสียจะมากกว่าที่อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางเร็ว

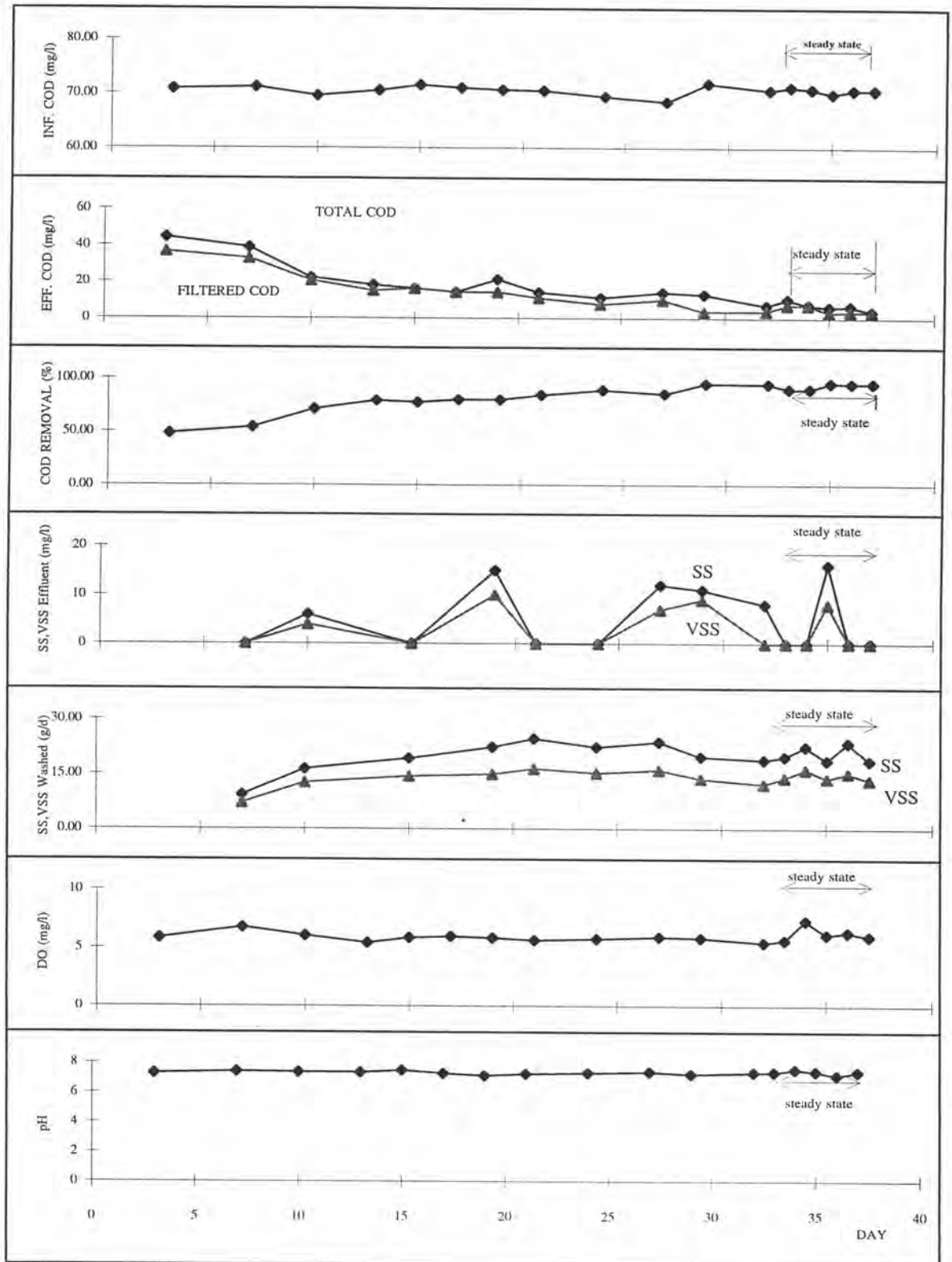
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน
และอัตราการหมุนเวียนถังกลาง = 0.5 วัน



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน และอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 1.0 วัน



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 5 วัน



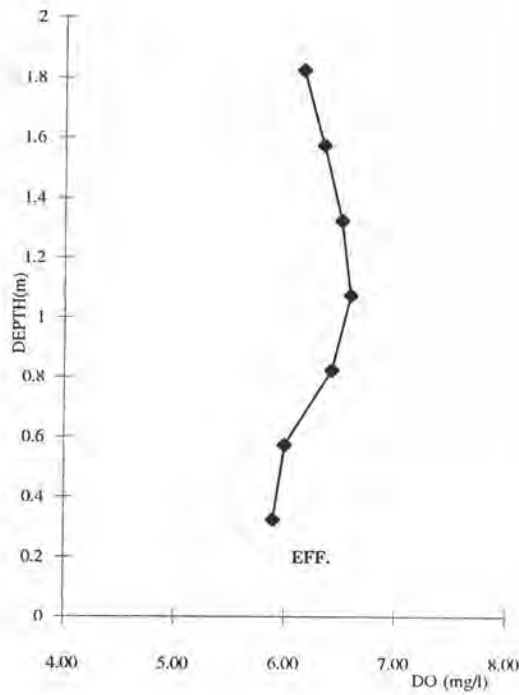
4.5.2 ออกซิเจนละลายน้ำ, ดีโอ (DO)

จากผลการทดลอง ค่าดีโอ ตามตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างที่อัตราหมุนเวียนล้าງตัวกลาง 0.5, 1, 2 และ 5 วันแสดงในรูปที่ 4.23 และตารางที่ 4.7 พบว่าค่าดีโอในแต่ละการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกตั้งจุดเก็บตัวอย่าง 1 ถึง 5 แล้วจึงมีค่าลดลงที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 และตำแหน่งน้ำทิ้ง ซึ่งอยู่ใต้หัวเติมอากาศซึ่งเกิดจากลักษณะการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และการละลายน้ำของออกซิเจน ดังกล่าวแล้วในข้อ 4.3.2

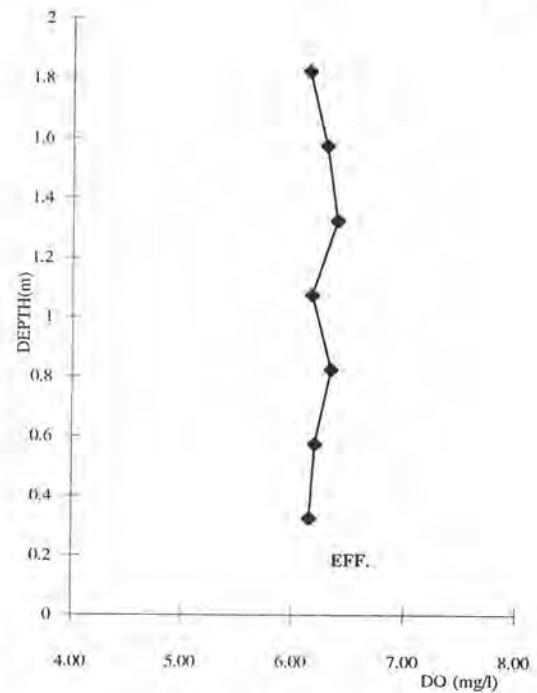
อิทธิพลของอัตราการหมุนเวียนล้าງตัวกลางต่อการใช้ออกซิเจน จากกราฟรูปที่ 4.24 และตารางที่ 4.7 อัตราการหมุนเวียนล้าງตัวกลางไม่มีผลเด่นชัดนักต่อการออกซิเจน ค่าดีโอน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 5.90 ถึง 6.28 ทั้งนี้อาจเนื่องจากภาวะบรรทุกลำอินทรีย์เท่ากัน ความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์จึงใกล้เคียงกัน หรืออาจเนื่องจากการเลือกใช้ภาวะบรรทุกลำอินทรีย์ต่ำ และอุปกรณ์ทดลองที่ใช้ในการเติมอากาศใหญ่เกินไปไม่สามารถปรับลดอัตราการเติมอากาศให้คงที่ได้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าดีโอตามความลึกของถังปฏิกริยาและตำแหน่งน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว (อัตราการหมุนเวียนล้าງตัวกลาง = 0.5, 1, 2, 5 วัน ภาวะบรรทุกลำอินทรีย์ = 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)

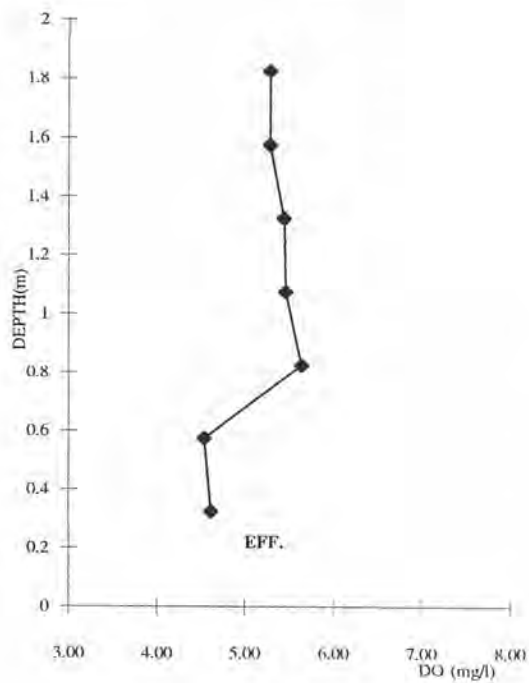
อัตราการหมุนเวียน ล้าງตัวกลาง (วัน)	ค่าดีโอ ณ จุดเก็บตัวอย่าง (มก./ล.)						
	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง
0.5	6.15	6.34	6.50	6.59	6.42	6.00	5.90
1	6.14	6.30	6.40	6.17	6.34	6.20	6.16
2	5.28	5.28	5.44	5.46	5.64	4.54	4.62
5	4.70	6.21	6.47	6.75	6.79	6.19	6.28



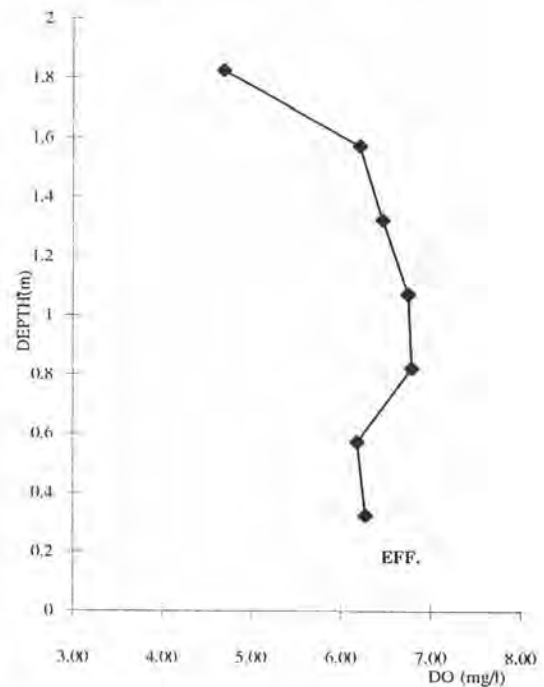
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 0.5 d.



Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 1 d.



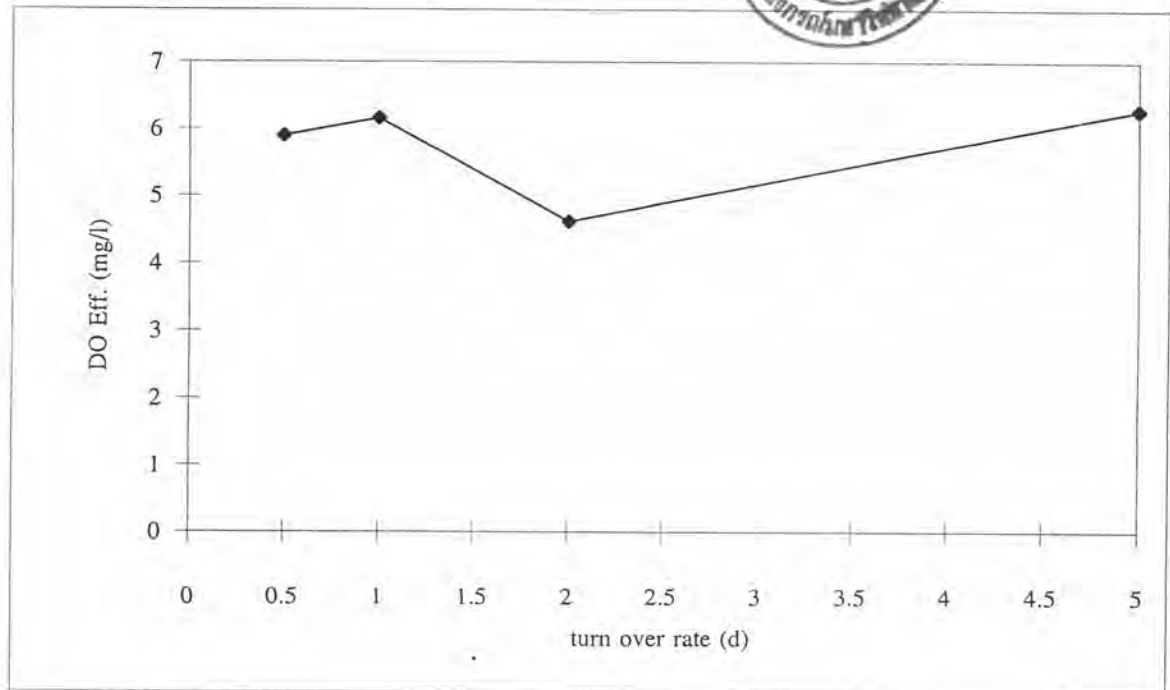
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.



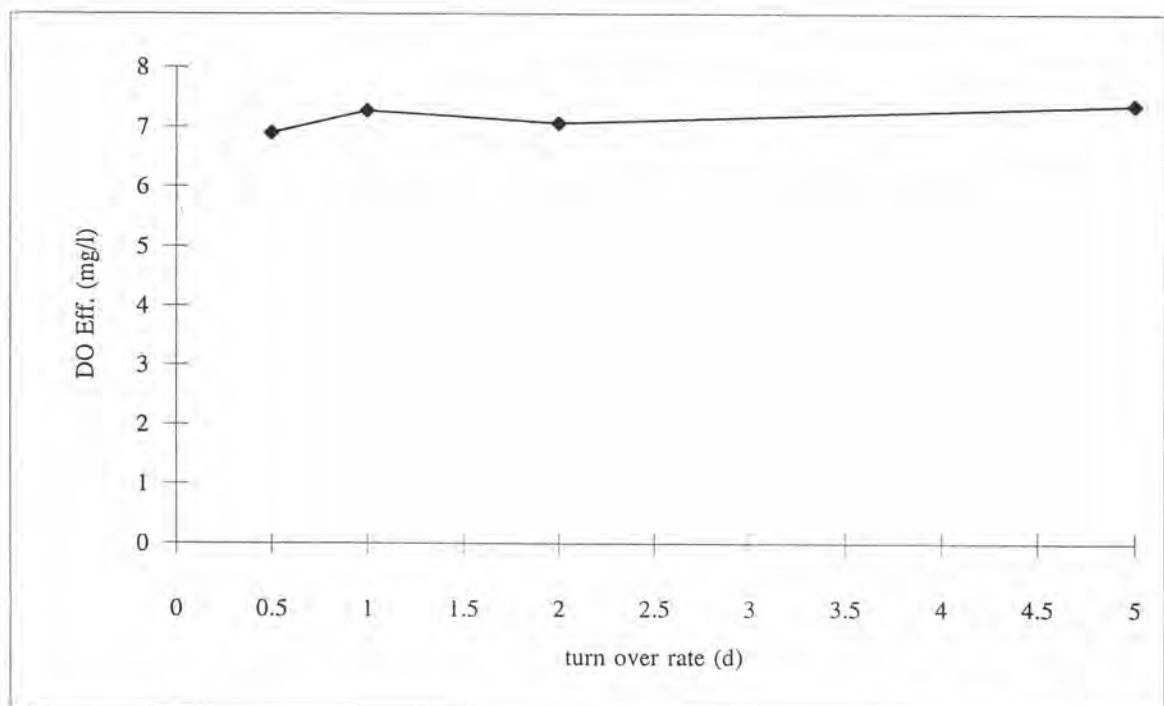
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 5 d.

รูปที่ 4.23 แสดงค่าดีไอตามความลึกของถังปฏิกริยาและตำแหน่งน้ำทิ้ง

(อัตราการหมุนเวียนถังตัวกลางเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 5 วัน ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.)



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีไออน้ำทิ้งกับอัตราหมุนเวียนล้างตัวกลาง
ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม-วัน



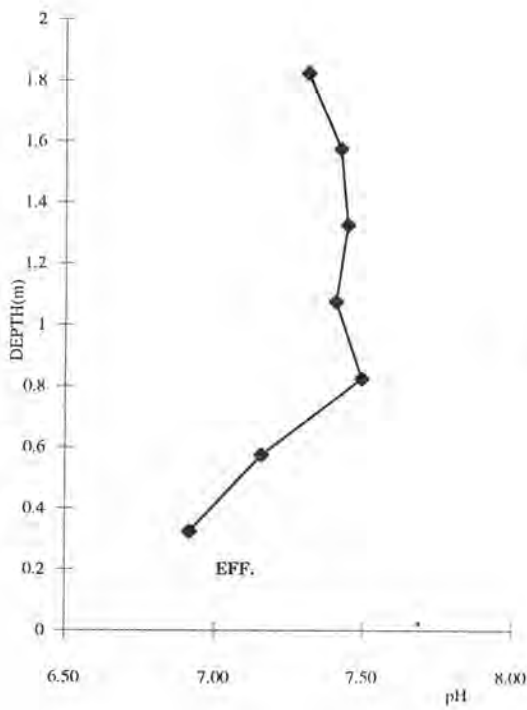
รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชน้ำทิ้งกับอัตราหมุนเวียนล้างตัวกลาง
ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม-วัน

4.5.3 พีเอช (pH)

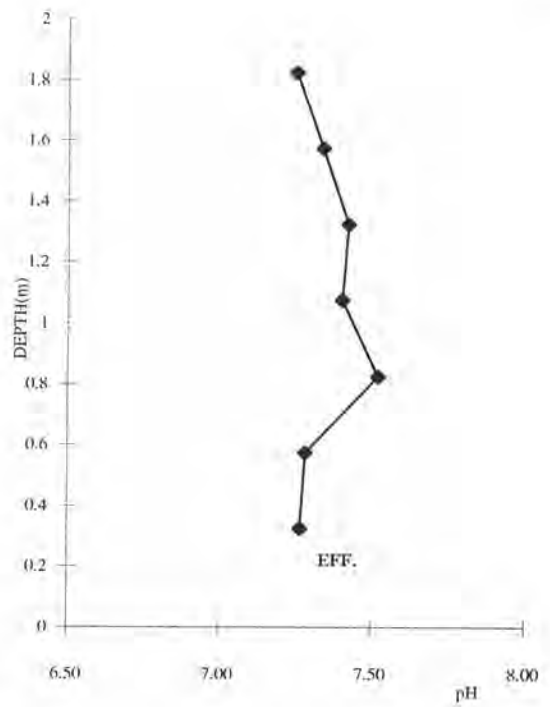
รูปที่ 4.26 และตารางที่ 4.28 ค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงตำแหน่งหัวเติมอากาศ และลดลงเมื่อต่ำกว่าหัวเติมอากาศ พีเอชน้ำทิ้ง ของแต่ละการทดลองจะมีค่าอยู่ระหว่าง 6.90 ถึง 7.37 ทั้งนี้เนื่องจากสารอาหารในระบบมีค่าเท่ากันผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงมีค่าใกล้เคียงกัน และ/หรือการทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีบัฟเฟอร์อยู่ทำให้น้ำทิ้งมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันมากนัก ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางกับพีเอชน้ำทิ้งแสดงในรูปที่ 4.25 และตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าพีเอชตามความลึกของถังปฏิกริยาและตำแหน่งน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว (อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 0.5, 1, 2, 5 วัน ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)

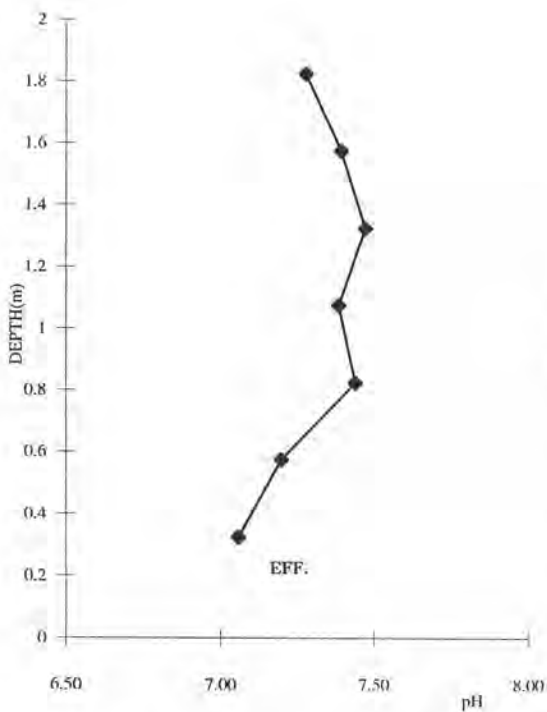
อัตราการหมุนล้างสารกรอง (วัน)	ค่าพีเอช ณ จุดเก็บตัวอย่าง						
	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง
0.5	7.32	7.42	7.44	7.39	7.48	7.15	6.90
1	7.25	7.34	7.42	7.40	7.52	7.28	7.27
2	7.28	7.39	7.47	7.38	7.44	7.20	7.06
5	7.32	7.51	7.59	7.57	7.19	7.02	7.37



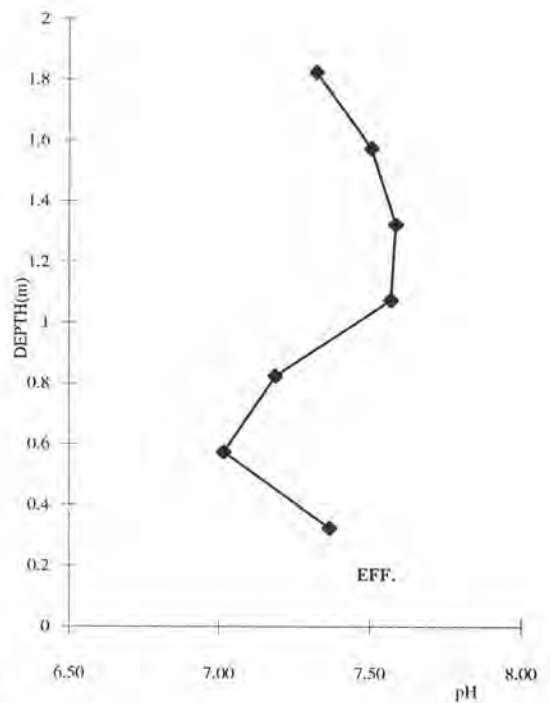
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 0.5 d.



Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 1 d.



Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.



Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 5 d.

รูปที่ 4.26 แสดงค่าพีเอชตามความลึกของถังปฏิกริยาและตำแหน่งน้ำทิ้ง

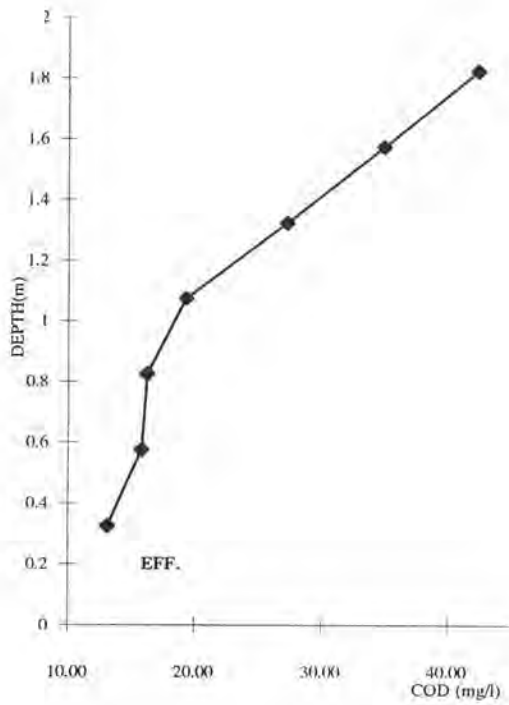
(อัตราการหมุนเวียนถังดังกล่าวเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 5 วัน ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)

4.5.4 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

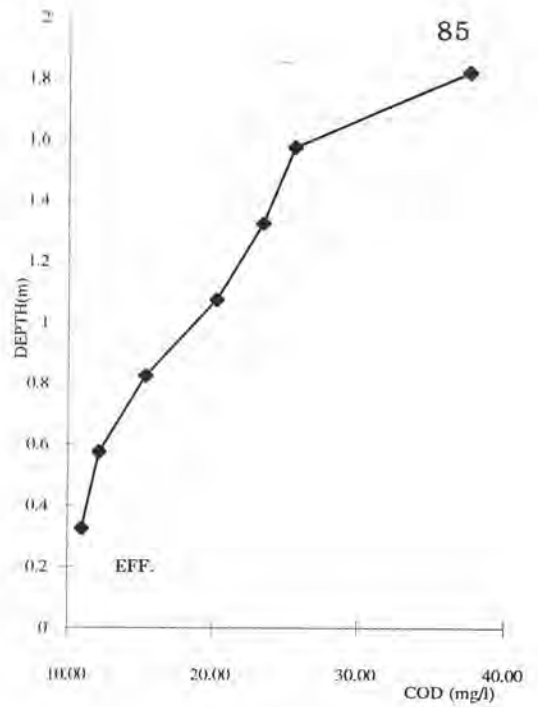
ค่าซีโอดีภายในถังปฏิกิริยา และซีโอดีน้ำทิ้ง ดังรูปที่ 4.27 และตารางที่ 4.9 ค่าซีโอดีจะลดลงตามความลึกของถังปฏิกิริยา ถังปฏิกิริยามีลักษณะการไหลแบบปลั๊กโฟลว์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีน้ำทิ้ง และ/หรือประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกับอัตราการหมุนเวียน ล้างตัวกลาง ดังแสดงในรูปที่ 4.28, 4.29 และตารางที่ 4.9 พบว่าเมื่ออัตราการหมุนเวียนล้าง ตัวกลางข้างล่างซีโอดีน้ำทิ้งจะมีค่าต่ำลง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะเพิ่มขึ้น โดยซีโอดี น้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 5 มก./ล. ถึง 11.46 มก./ล. เนื่องจากเมื่ออัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางข้าง ล่างฟิล์มชีวภาพบนตัวกลางและมวลตะกอนจุลินทรีย์ที่สะสมอยู่ในถังกรองจะมีมากกว่า ทำให้การ ใช้สารอาหารในน้ำเสียเป็นไปได้มากกว่า ค่าซีโอดีน้ำทิ้งจึงต่ำลง จากผลการทดลองสรุปได้ว่าที่ ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เพื่อประหยัดพลังงานสำหรับหมุนเวียน ตัวกลางการเดินระบบที่อัตราหมุนเวียนล้างตัวกลางเท่ากับ 5 วัน สามารถทำได้และจะได้ค่าซีโอดี น้ำทิ้งประมาณ 5 มก/ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 92.93%

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าซีโอดี ตามความลึกของถังปฏิกิริยาและตำแหน่งน้ำทิ้งที่สภาวะคงตัว และประสิทธิภาพการกำจัด (อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 0.5, 1, 2, 5 วัน ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)

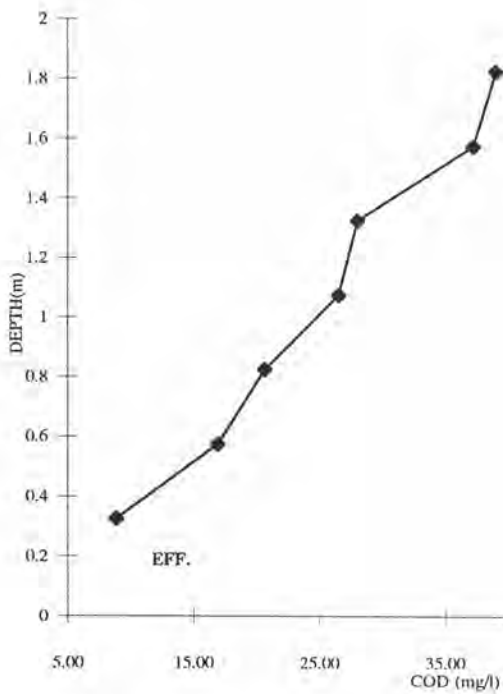
อัตราการหมุนเวียน ล้างตัวกลาง (วัน)	ค่าซีโอดี ที่จุดเก็บตัวอย่าง (มก./ล.)								อัตราการ กำจัด ซีโอดี (%)
	น้ำเข้า	1	2	3	4	5	6	น้ำทิ้ง	
0.5	70.58	42.34	34.94	27.29	19.31	16.25	15.80	11.46	83.74
1	70.66	37.51	25.63	23.49	20.27	15.38	12.17	7.86	88.81
2	70.73	38.98	33.18	28.01	26.53	20.66	16.93	7.39	89.56
5	70.64	34.43	25.70	22.56	18.31	13.71	11.30	5.00	92.93



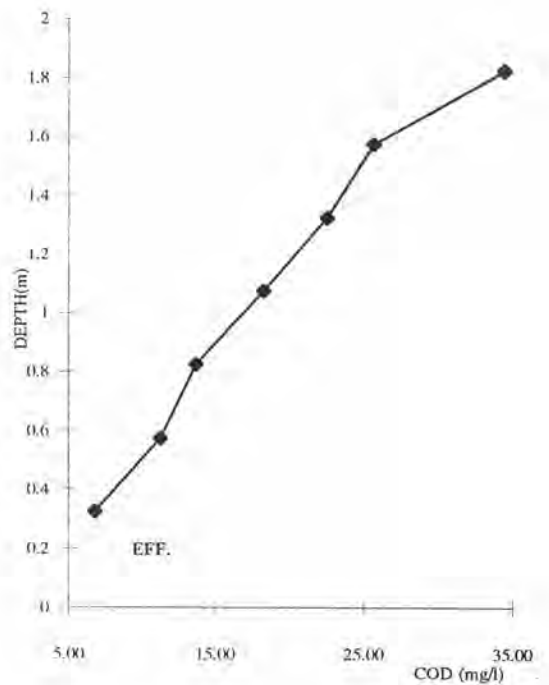
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 0.5 d.



Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 1 d.



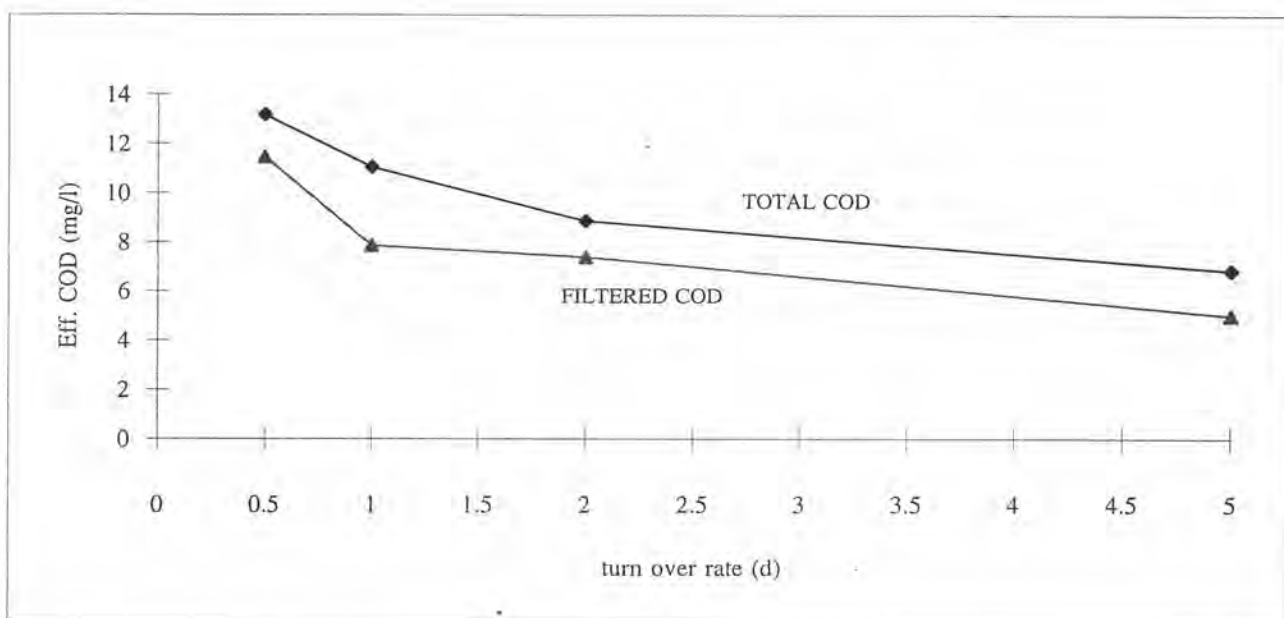
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 2 d.



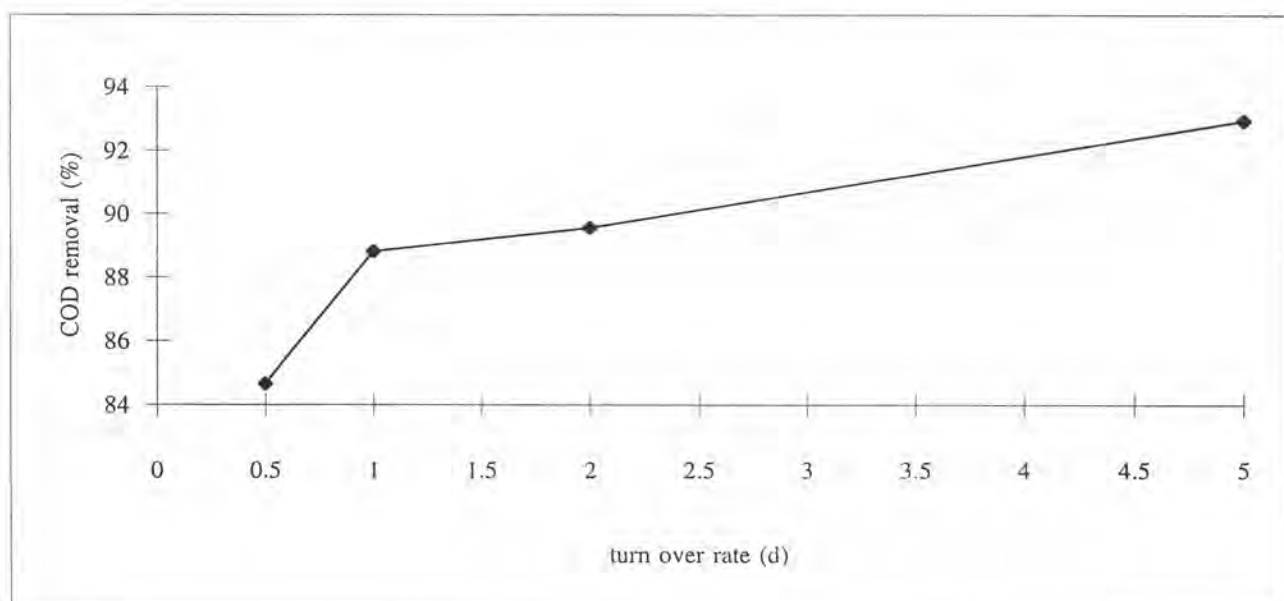
Org-loading = 2 kg. COD/m³-d.
turn over = 5 d.

รูปที่ 4.27 แสดงค่าซีโอดีตามความลึกของถังปฏิกรณ์และตำแหน่งน้ำทิ้ง

(อัตราการหมุนเวียนถังกลางเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 5 วัน ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)



รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีน้ำทิ้งและอัตราการหมุนเวียนถังตัวกลางต่างๆ ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและอัตราการหมุนเวียนถังตัวกลางต่างๆ ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

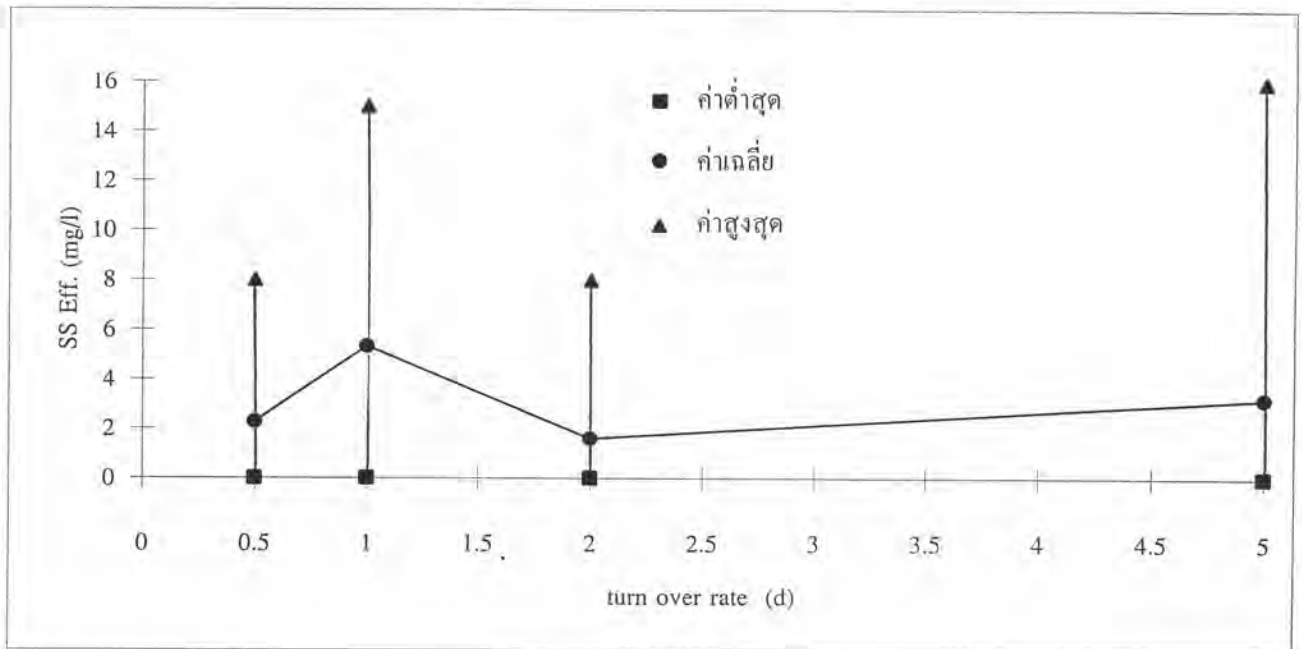
4.5.5 ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง

จากรูปที่ 4.30 และตารางที่ 4.10 พบว่าของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้งไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องจากภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ที่ใช้ทดลองมีค่าต่ำเกินไปการกรองและเก็บสะสมตะกอนของส่วนกรองน้ำใดยังมีความสามารถที่ดีอยู่ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเพื่อประหยัดพลังงานถึงกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่ออกแบบสามารถใช้อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางได้ไม่เร็วกว่า 5 วัน และน้ำทิ้งมีค่าของแข็งแขวนลอยประมาณ 5.33 มก/ล. เมื่อภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จึงไม่ต้องมีถังตกตะกอน

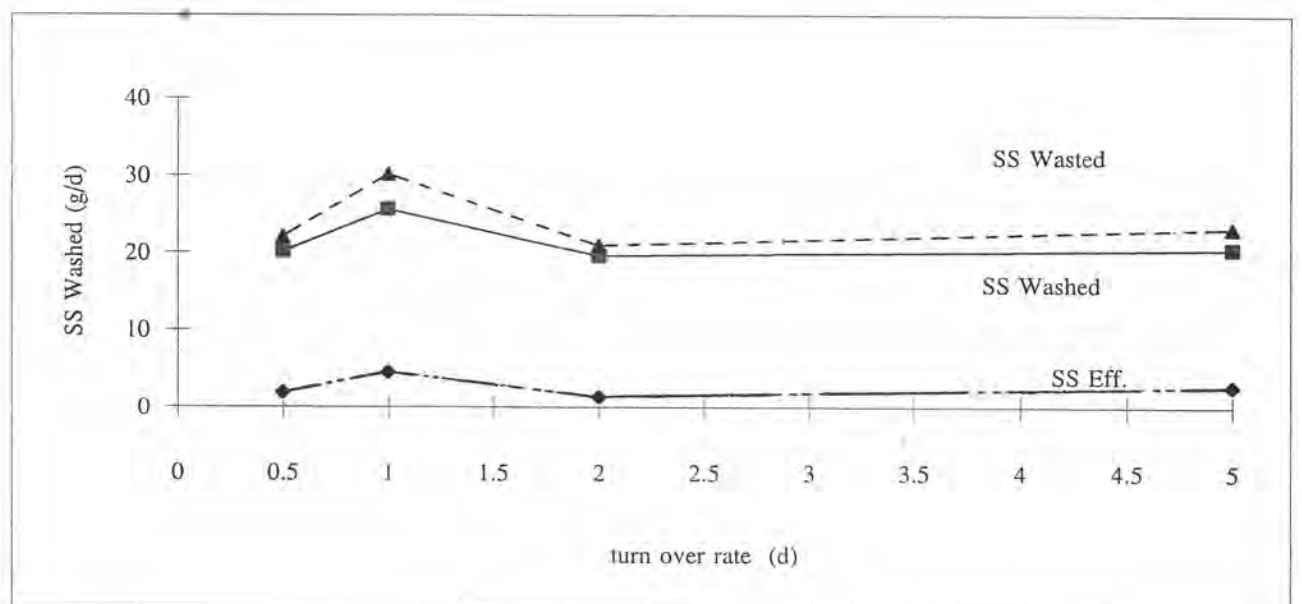
4.5.6 ของแข็งที่เพิ่มขึ้นและทิ้ง

จากผลการทดลอง ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้ง ของแข็งแขวนลอยจากการล้างตัวกลาง และของแข็งที่ทิ้งดังแสดงในรูปที่ 4.31 และ ตารางที่ 4.10 เมื่อพิจารณาของแข็งจากการล้างตัวกลาง จะมีค่าใกล้เคียงกันแม้ว่าอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางจะเร็วช้าต่างกัน อาจอธิบายได้ว่า เมื่ออัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางช้า (เช่น 5 วัน) ตะกอนจากการหลุดของฟิล์มชีวภาพที่อาศัยอยู่บนตัวกลางจะตกตะกอนผ่านชั้นตัวกลาง (เนื่องมาจากการขยับตัวของชั้นตัวกลาง) มาสะสมอยู่ในส่วนกรองน้ำใสทำให้มีความหนาแน่นตะกอนเทียบกับปริมาตรตัวกลางสูง ดังนั้นการดึงตัวกลางออกมาล้างแม้จะมีปริมาณที่น้อยกว่าแต่ความเข้มข้นสูงกว่า ปริมาณของแข็งน้ำล้างจึงมีค่าใกล้เคียงกัน

ของแข็งที่เพิ่มขึ้นและทิ้งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ให้เท่ากัน ทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มของเซลล์ และการตายของเซลล์มีค่าใกล้เคียงกันและพบว่า อีอบเสริฟิไลต์ ของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.39 ถึง 0.56 กก.เอสเอส/กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด ทั้งนี้ ความแตกต่างของค่า อีอบเสริฟิไลต์ อาจมีส่วนมากจากการแตกตัวของแอนทราไซท์ ซึ่งในการทดลองไม่สามารถทำการวัดและวิเคราะห์ได้



รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งลอยน้ำที่ทิ้งกับอัตราการหมุนเวียนน้ำล้างตัวกลางต่างๆ ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง, ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง, มวลตะกอนที่ทิ้งทั้งหมดกับอัตราการหมุนเวียนน้ำล้างตัวกลาง ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง, ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง และของแข็งที่ทิ้งทั้งหมด และค่าอัตราการทิ้งของแข็งที่สภาวะคงตัว (อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = 0.5, 1, 2, 5 วัน ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ = 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง (วัน)	ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง (มก./ล.)	ปริมาณน้ำทิ้ง (ล./วัน)	ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง (กรัม/วัน)	ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง (มก./ล)	ปริมาณน้ำล้าง (ล./ครั้ง)	จำนวนครั้งในการล้าง (ครั้ง/วัน)	ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง (กรัม/วัน)	ของแข็งทิ้ง (กรัม/วัน)	สารอาหารที่ใช้ไป (กรัมซีไอดีที่ถูกกำจัด)	ของแข็งทิ้งสารอาหารที่ใช้ไป (กก.เอสเอส/กก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด)
0.5	2.29	850	1.95	84	30	8	20.16	22.11	50.25	0.44
1	5.33	850	4.53	80.05	40	8	25.62	30.15	53.38	0.56
2	1.60	850	1.36	81.82	60	4	19.64	21	53.84	0.39
5	3.20	850	2.72	85.47	60	4	20.51	23.23	55.79	0.42

4.6 อัตราการทิ้งของแข็ง (observed yield)

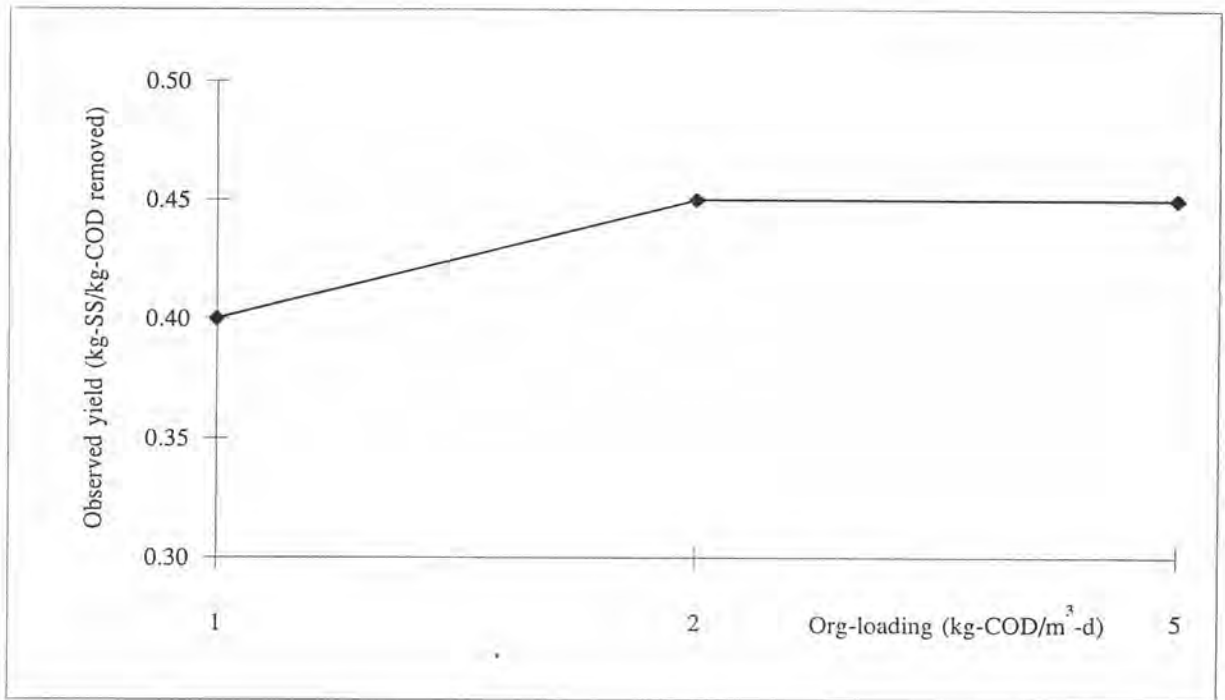
จากผลการทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทิ้งของแข็งกับค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ (ยกเว้นค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน เนื่องจากระบบล้มเหลว) ดังแสดงในรูปที่ 4.32 และตารางที่ 4.11 สามารถสรุปได้ว่าอัตราการทิ้งของแข็งของระบบถังกรองชีวภาพสารกรองเคลื่อนที่มีค่าระหว่าง 0.40 ถึง 0.45 กก.เอสเอส/กก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด ค่าอัตราการทิ้งของแข็งจะทำให้สามารถคาดคะเนของแข็งที่ต้องถูกกำจัดเมื่อระบบรับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ที่ค่าต่างๆ ทำให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหน่วยระบบกำจัดตะกอนของแข็งที่เกิดขึ้นต่อไป

ตารางที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทิ้งของแข็งกับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ของทุกการทดลอง (ยกเว้นภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)

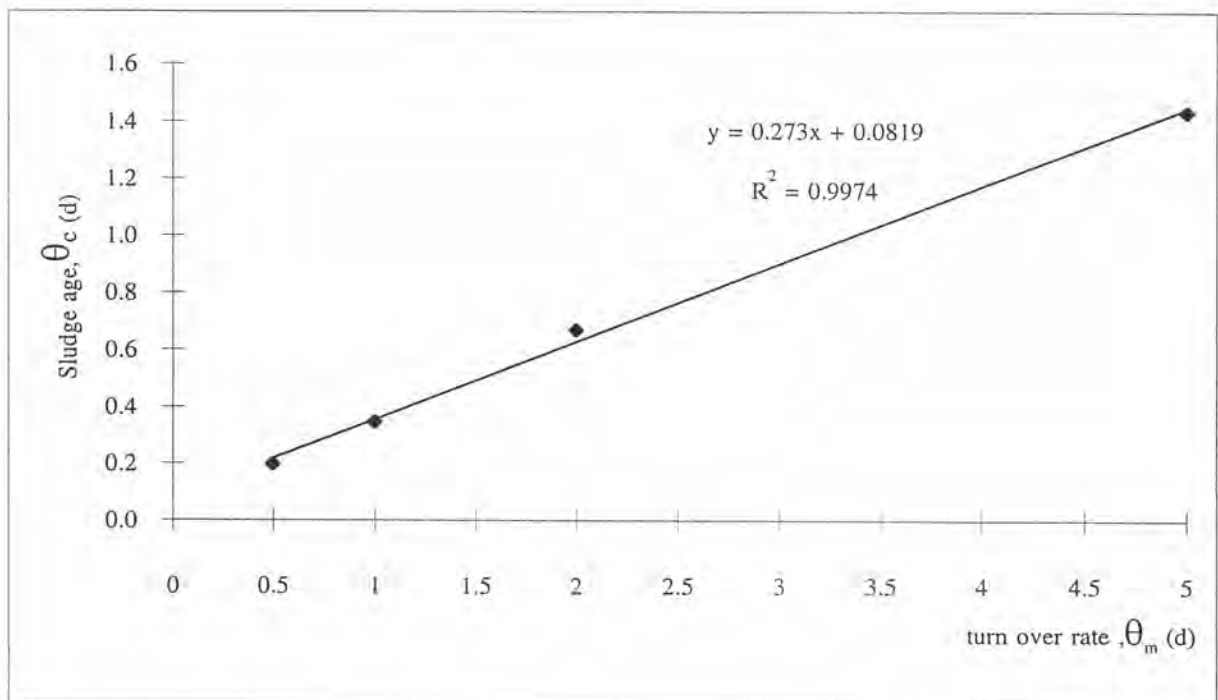
ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)	ค่าอัตราการทิ้งของแข็งของระบบ (กก.เอสเอส/กก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด)				
	อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง (วัน)				ค่าเฉลี่ย
	0.5	1	2	5	
1	-	-	0.4	-	0.4
2	0.44	0.56	0.39	0.42	0.45
5	-	-	0.45	-	0.45

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุตะกอน กับ อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง

การควบคุมการทำงานของระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ หมายถึงต้องควบคุมปริมาณตะกอนของแข็งที่สะสมอยู่ในถังกรอง ซึ่งทำหน้าที่ย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียเช่นเดียวกับฟิล์มชีวภาพบนตัวกลาง แต่ถ้าตะกอนเหล่านี้มีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ถังกรองตัน ระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้ และถ้าตะกอนมีน้อยเกินไป น้ำเสียที่ผ่านระบบอาจมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร การควบคุมปริมาณตะกอนทั้งและตะกอนสะสมในระบบ หมายถึงการควบคุมอายุตะกอนของระบบ แต่เนื่องจากการควบคุมอายุตะกอนโดยตรงในความเป็นจริงไม่สามารถทำได้ง่ายเหมือนกับระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ เพราะไม่สามารถวัดหามวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ ณ เวลาขณะใดขณะหนึ่ง การควบคุมระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่จึงควรควบคุมอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางซึ่งควบคุมได้ง่ายกว่า และจากผลการทดลอง เพื่อหาแนวทางในการควบคุมระบบ ได้หาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอายุตะกอน กับอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางดังแสดงในรูปที่ 4.33 และตารางที่ 4.12 เป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรงดังสมการ 4.1



รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตของแข็งกับภาระบรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ



รูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอายุตะกอนกับอัตราการผลิตของแข็ง

$$\theta_c = 0.273\theta_m + 0.0819 \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

โดยที่

$$\theta_c = \text{อายุตะกอนของระบบ (วัน)}$$

$$\theta_m = \text{อัตราการผลิตมวลชีวภาพ (วัน)}$$

เมื่อพิจารณาค่าอัตราการผลิตมวลชีวภาพ และค่าอายุตะกอน จะพบว่าค่าอายุตะกอนจะมีค่าต่ำกว่าอัตราการผลิตมวลชีวภาพเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตแบบฟิล์มชีวภาพจะมีความหนาประสิทธิผล (effective thickness) ค่าหนึ่งเมื่อเกิดสภาวะแอนแอโรบิกชั้นใน จะเกิดการหลุดเป็นตะกอนจุลินทรีย์ ตะกอนจะตกตะกอนผ่านชั้นตัวกลางลงมาสะสมอยู่ในส่วนกรองน้ำใส ดังนั้นส่วนล่างของถังปฏิกรณ์จึงมีความหนาแน่นของตะกอนสูงกว่าส่วนบน การถ่ายตัวกลางออกมาล้าง ซึ่งมีความหนาแน่นตัวกลางเท่ากันตลอดความสูงของชั้นตัวกลาง จะมีการล้างทิ้งตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งหนาแน่นสูงในบริเวณด้านล่างมากกว่าด้านบนทำให้ค่าอายุตะกอนต่ำกว่าค่าอัตราการผลิตมวลชีวภาพเสมอ

ตารางที่ 4.12 แสดงการคำนวณหาอายุตะกอนที่อัตราการผลิตมวลชีวภาพต่าง ๆ

อัตราการผลิตมวลชีวภาพ ล้างตัวกลาง θ_m (วัน)	น้ำทิ้ง		น้ำล้าง				มวลจุลินทรีย์ ทิ้งจากระบบ (มก./วัน)	มวลจุลินทรีย์ ทั้งหมด ในถังปฏิกรณ์ X	อายุตะกอน θ_c (วัน)	
	วีเอสเอส	ปริมาณ	วีเอสเอส	ปริมาณ	จำนวน	ปริมาณ				
	(มก./ล.)	(ล./วัน)	(มก./วัน)	(มก./ล.)	(ล./วัน)	(ครั้ง/วัน)				(มก./วัน)
0.5	0	850	0	59.26	30	8	14220	14220	2820.01	0.198
1	2.30	850	1955	50.57	40	8	16180	18135	6299.90	0.347
2	1.60	850	1360	57.88	60	4	13890	15250	10199.90	0.669
5	1.60	850	1360	60.09	60	4	14420	15780	22630.00	1.434

4.8 ค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ Kinetic coefficients)

การหาค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ของระบบโดยสมการของโมนด์ ค่ายิลด์ (Y) ซึ่งสามารถหาได้จากค่าความชื้น และค่าสัมประสิทธิ์อัตราการสลายตัว (k_d) ซึ่งสามารถหาได้จากจุดตัดแกนวยของการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับอายุตะกอน ($1/\theta_c$) กับอัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในถังปฏิกรณ์ (U) ดังสมการ

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

การหาค่าความเข้มข้นสารอาหารที่ครึ่งของการเจริญเติบโตสูงสุด (K_s) สามารถหาได้จากความชื้น และค่าอัตราการใช้สารอาหารสูงสุดต่อมวลจุลินทรีย์ในระบบ (k) สามารถหาได้จากจุดตัดแกนวยของการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนกลับอัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในถังปฏิกรณ์ (1/U) กับส่วนกลับความเข้มข้นสารอาหารน้ำทิ้ง ($1/S_e$) ดังสมการ

$$\frac{1}{U} = K_s \cdot \frac{1}{k} + \frac{1}{k} \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุด (μ_m) สามารถหาได้จากสมการ 4.4

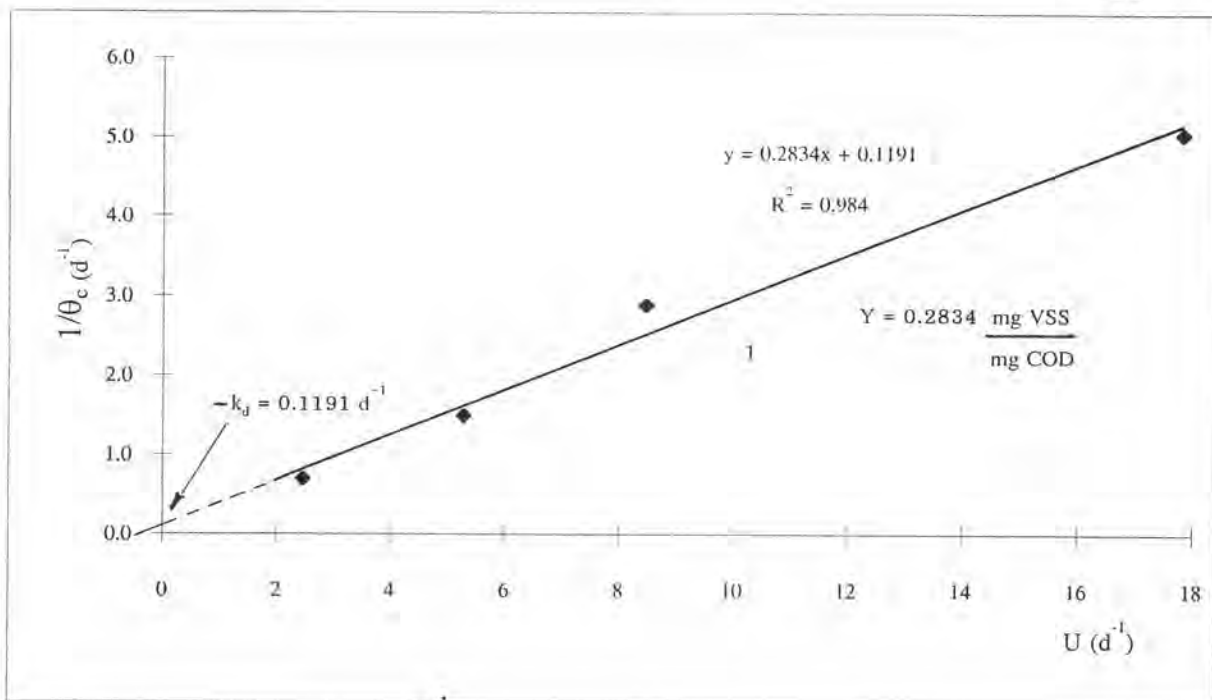
$$\mu_m = kY \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

จากตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.34 และ 4.35 การทดลองครั้งนี้การหาค่าคงที่ทางจลนศาสตร์โดยสมการของโมนด์ ไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากค่าคงที่ส่วนใหญ่หาค่าติดลบ (เช่น ค่า k_d , k, K_s , μ_m) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้การวิเคราะห์หาค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ต่างๆ อาจมีข้อผิดพลาดได้เนื่องจาก

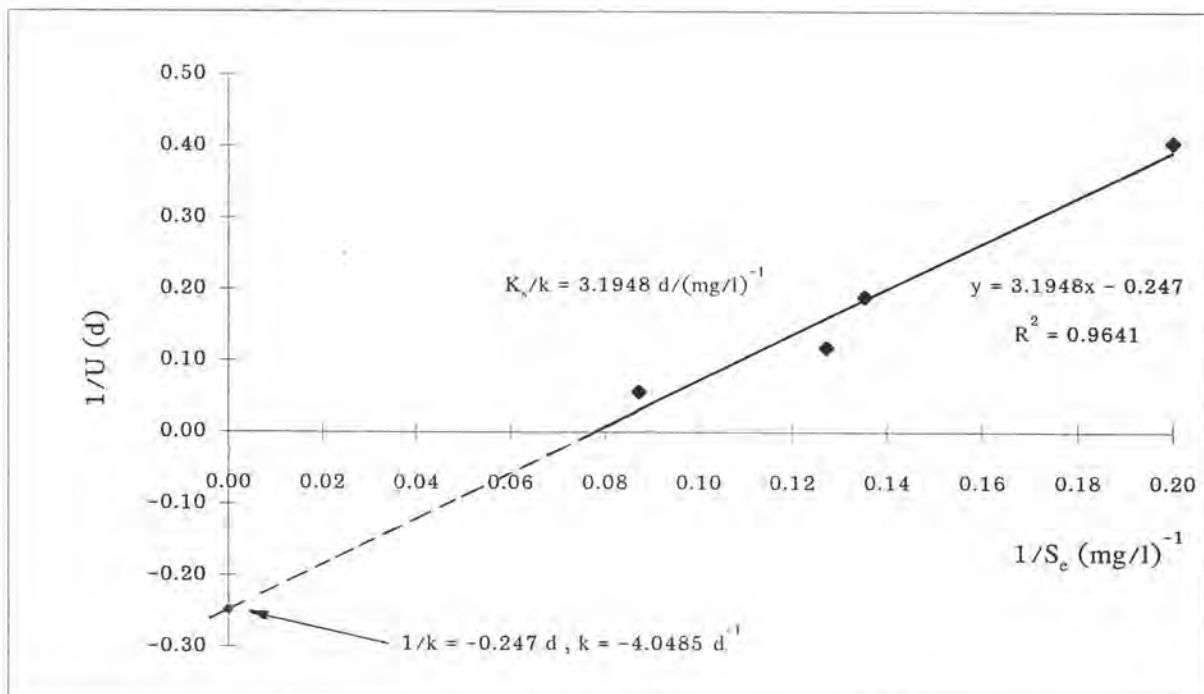
1. น้ำเสียที่ใช้มีความเข้มข้นสารอินทรีย์ต่ำ น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำ ทำให้การวิเคราะห์มีโอกาสผิดพลาดสูง
2. วิธีการหาคะก่อนจากการล้างตัวกลางไม่มีเครื่องมือ และอุปกรณ์มาตรฐานแน่นอน การจัดทำตะกอนโดยวิธีเทียบมาตราส่วนน้ำล้างดังกล่าวในบทที่ 3 มีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูง
3. การวัดหามวลตะกอนทั้งหมดในถังปฏิกิริยา การหามวลที่ติดอยู่บนผิวเม็ดตัวกลาง โดยการเทียบปริมาตรมีโอกาสผิดพลาดสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากการตวงตัวกลางไม่มีเครื่องมือในการอัด (compact) ที่แน่นอน
4. เนื่องจากฟิล์มชีวภาพส่วนใหญ่ เป็นแบบที่เรียกแบบเส้นใยที่มีการเคลื่อนที่ด้วยการไหลของน้ำ การปั่นป่วนของน้ำจะมีผลต่อการผ่านของสารอาหารสู่ฟิล์มชีวภาพ มากกว่าการซึมผ่านด้วยความเข้มข้น ดังนั้นการกำจัดมลสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ ปฏิกิริยาการกำจัดสารอาหารจึงควรเป็นปฏิกิริยาลำดับศูนย์ (zero order reaction) มากกว่าที่จะเป็นทางจลน์ศาสตร์ของฟิล์มชีวภาพ ตามสมการโมโนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบดังกล่าวข้างต้น (Kenze, Harremoes, Jasen และ Arvin, 1995)

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ที่สภาวะคงตัวของ การทดลองโดยควบคุมภาวะบรรทุกสารอินทรีย์คงที่เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ภาวะบรรทุกทางน้ำเท่ากับ 2 ม./ชม. = 850 ลิตร/วัน

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง	อายุตะกอน	1 อายุตะกอน	ซีโอดีน้ำเข้า	ซีโอดีน้ำทิ้ง	ส่วนกลับซีโอดีน้ำทิ้ง	มวลจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์	อัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมด	ส่วนกลับของอัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมด
θ_m (วัน)	θ_c (วัน)	$1/\theta_c$ (วัน)	S_0 (มก./ล.)	S_e (มก./ล.)	$1/S_e$ (มก./ล.) ⁻¹	X (มก.VSS)	U (วัน ⁻¹)	1/U (วัน)
0.5	0.198	5.051	70.58	11.46	0.087	2820.01	17.82	0.056
1	0.347	2.882	70.66	7.86	0.127	6299.90	8.47	0.118
2	0.669	1.495	70.73	7.39	0.135	10199.90	5.28	0.189
5	1.434	0.697	70.64	5.00	0.20	22630.00	2.47	0.405



รูปที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนกลับอายุตะกอนกับอัตราการบริโภคสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์ในระบบ



รูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของอัตราการบริโภคสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบกับส่วนกลับของความเข้มข้นซีโอดีน้ำทิ้ง

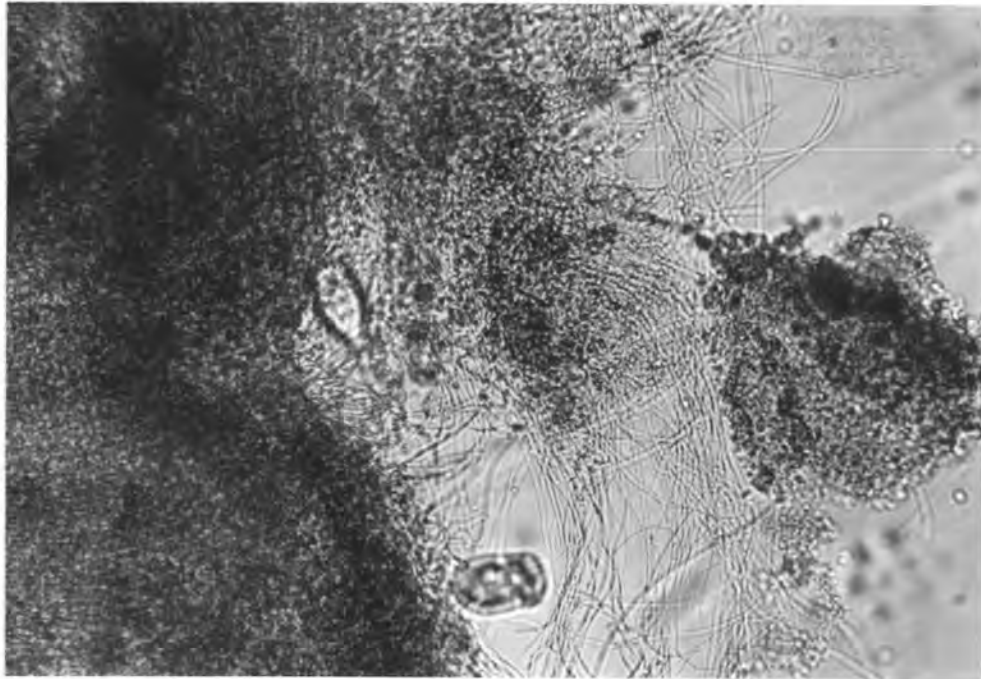
4.9 ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในระบบ

ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในระบบถังกรองชีวภาพแบบสารกรองเคลื่อนที่ส่วนใหญ่จะพบในระบบบำบัดน้ำเสียเติมอากาศทั่วไป ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีลักษณะแขวนลอยและจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับตัวกลาง ซึ่งจะมี Stalked Ciliates, Free Swimming Ciliates, Filamentous Bacterias, Slime โดยจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็น Slime และ Filamentous Bacterias ดังแสดงในรูปที่ 4.36 ถึง 4.43 และตารางที่ 4.14

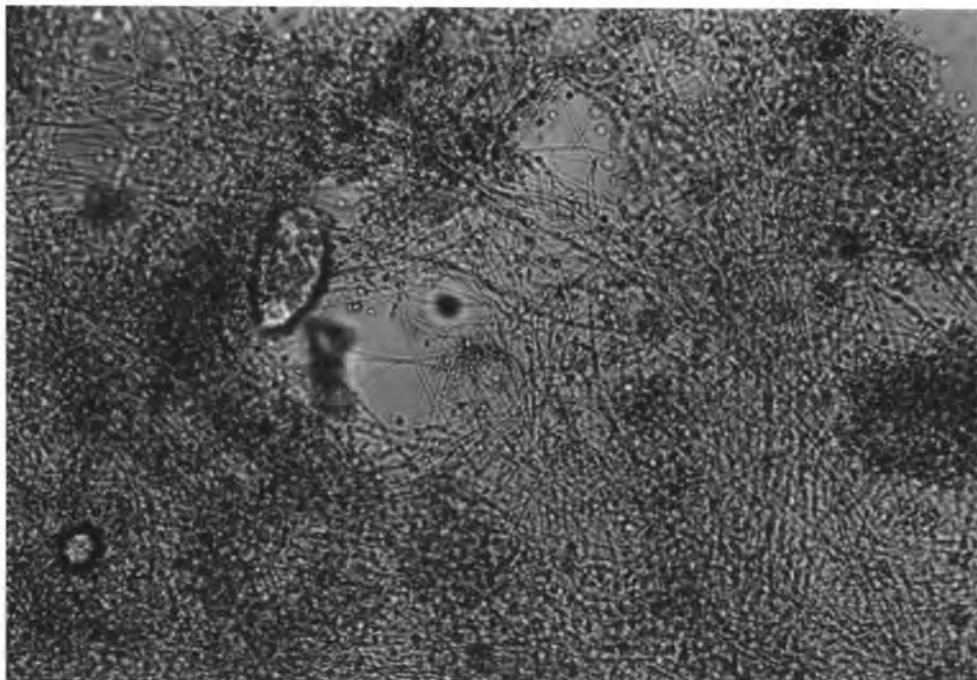
ตารางที่ 4.14 แสดงลักษณะจุลินทรีย์ที่พบโดยกล้องจุลทรรศน์

การทดลองที่	ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	อัตราการหมุนเวียนล้าง ตัวกลาง (วัน)	ลักษณะจุลินทรีย์ที่พบ โดยกล้องจุลทรรศน์
1	1	2	FS, FB*, S
2	2	2	FS, FB*, S*, SC
3	5	2	FS, FB*, S*, SC
4	10	2	FS*, FB*, S*, SC
5	2	0.5	FS, FB*, S
6	2	1	FS, FB*, S
7	2	5	FS, FB*, S*, SC

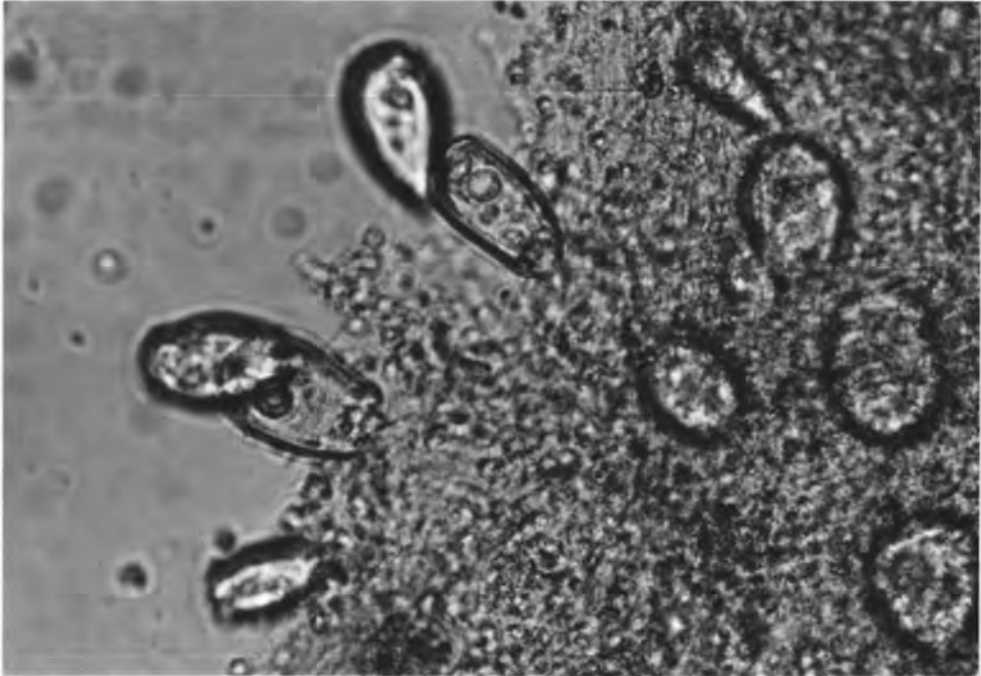
หมายเหตุ FS = Free Swimming Ciliates
 SC = Stalked Ciliates
 FB = Filamentous Bacterias
 S = Slime
 * = มีปริมาณมาก



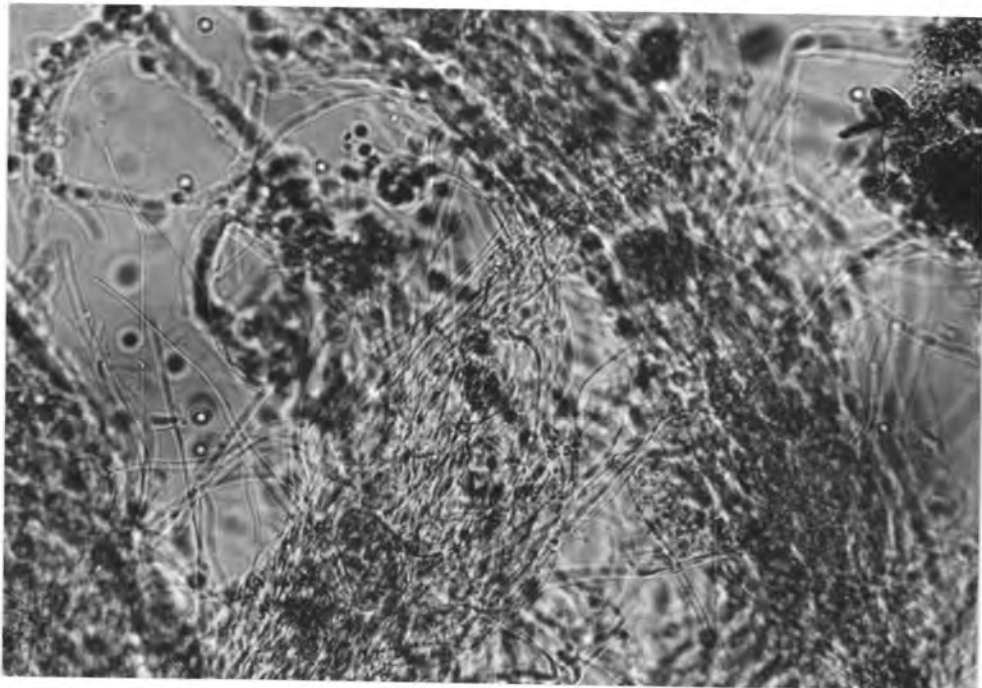
รูปที่ 4.36 แสดงเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยต่างๆ ที่พบในถังปฏิบัติการ



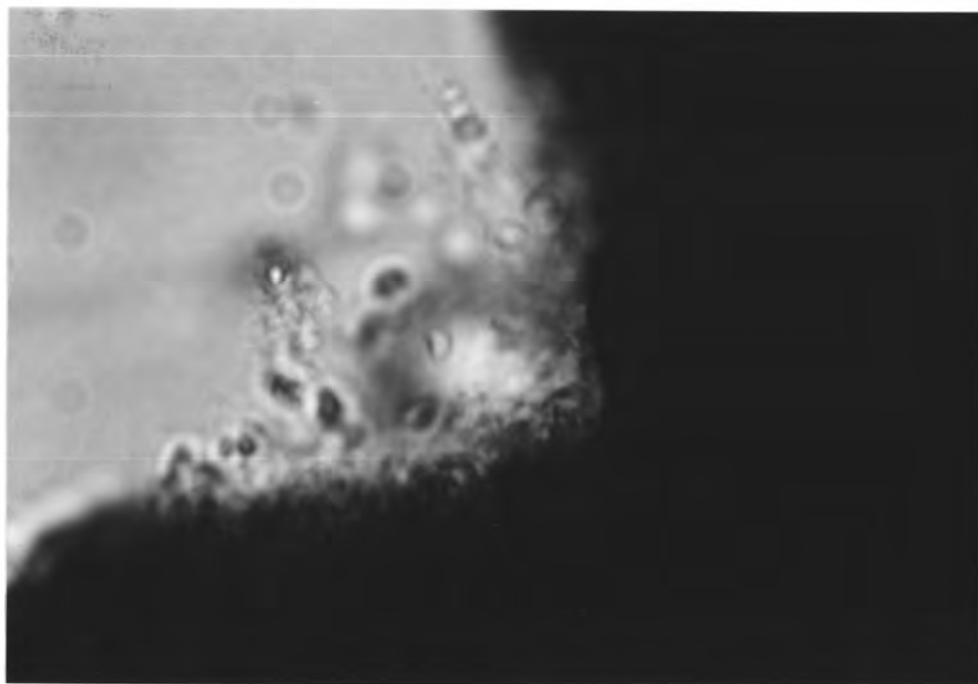
รูปที่ 4.37 แสดงเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยต่างๆ ที่พบในถังปฏิบัติการ



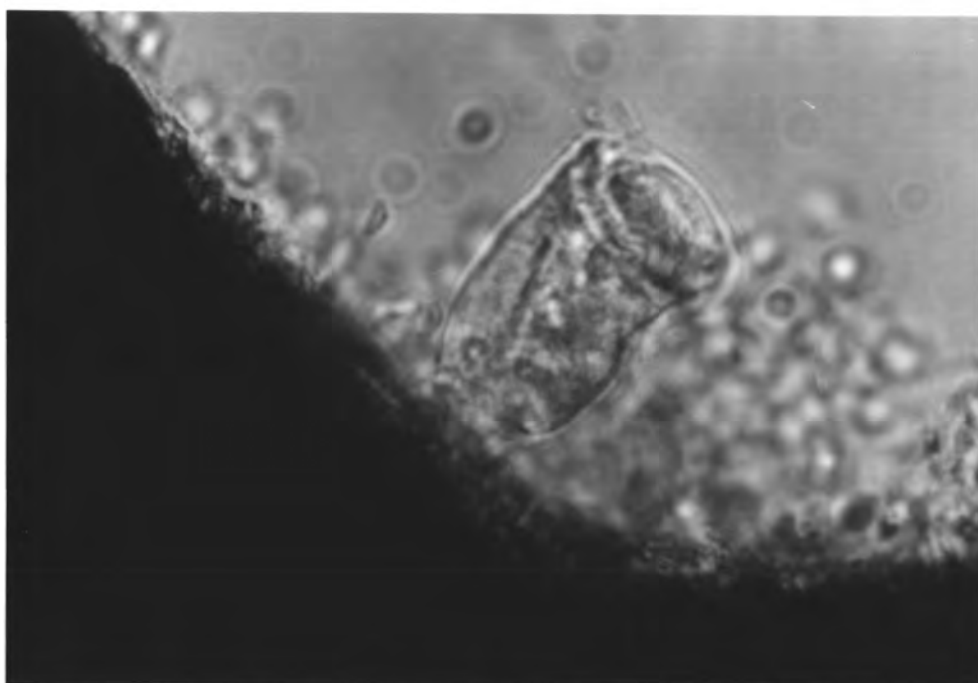
รูปที่ 4.38 แสดงเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยต่างๆ ที่พบในถังปฏิบัติการ



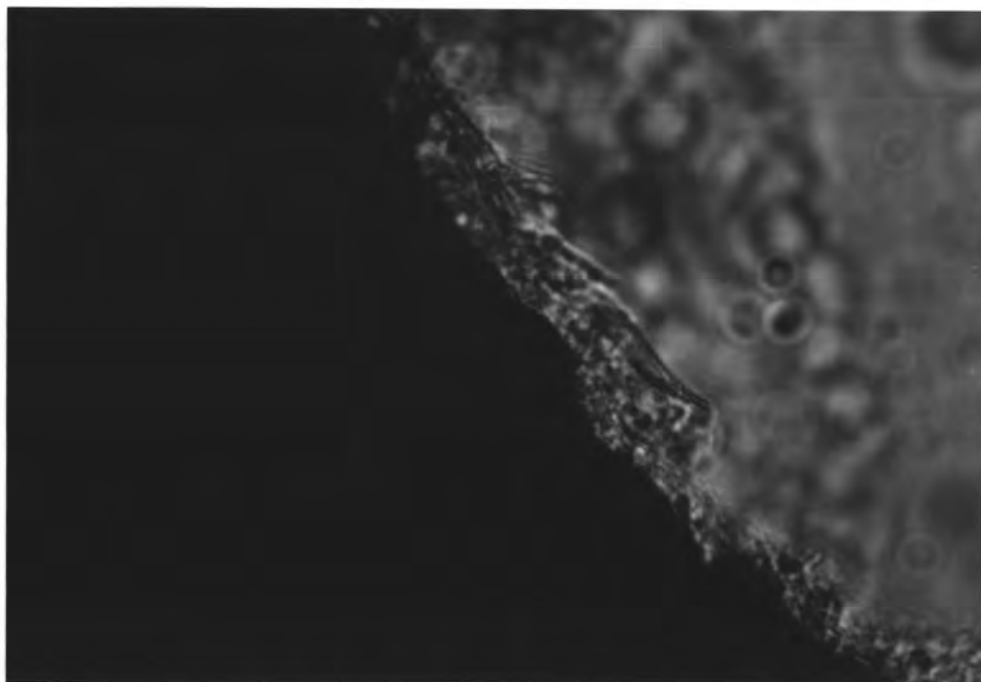
รูปที่ 4.39 แสดงเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยต่างๆ ที่พบในถังปฏิบัติการ



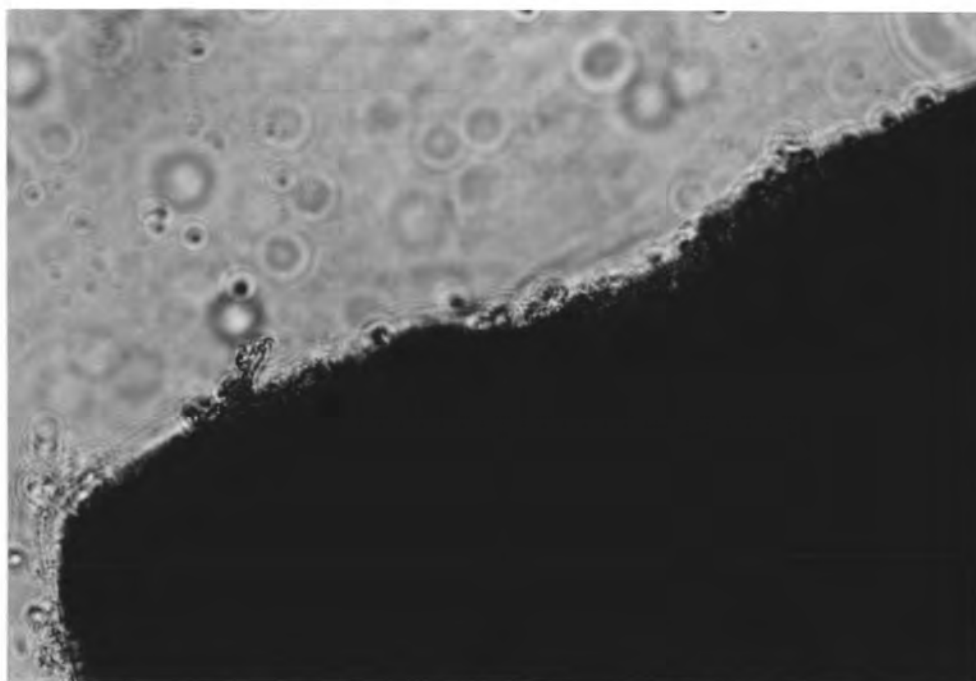
รูปที่ 4.40 แสดงเซลล์จุนทรีย์และเมือกที่เกาะติดอยู่บนผิวตัวกลางที่พบในถังปฏิบัติการ



รูปที่ 4.41 แสดงเซลล์จุนทรีย์และเมือกที่เกาะติดอยู่บนผิวตัวกลางที่พบในถังปฏิบัติการ



รูปที่ 4.42 แสดงเชื้อจุลินทรีย์และเมือกที่เกาะติดอยู่บนผิวตัวกลางที่พบในถังปฏิบัติการ



รูปที่ 4.43 แสดงเชื้อจุลินทรีย์และเมือกที่เกาะติดอยู่บนผิวตัวกลางที่พบในถังปฏิบัติการ