บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์

ระบบแอ็คติเวตเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวเคมี แบบใช้ออกซิเจน และใช้จุลินทรีย์แขวนลอยในการกำจัดสารอินทรีย์ ที่อยู่ในรูปสารละลายและคอลลอยด์ (colloid) ระบบแบบนี้มีรูปแบบดังปฏิกริยาแตกต่างกันหลายแบบ แต่ทุกแบบจะมีลักษณะร่วมกัน 4 ประการคือ

1. ใช้จุลินทรีย์ที่จับตัวเป็นฟล้อค (floc) เป็นตัวทำลายสับสเตรทหรือมลสารอินทรีย์

2. ใช้ถังตกตะกอนเป็นเครื่องแยกจุลินทรีย์ ออกจากน้ำก่อนทำการระบายน้ำทิ้ง

3. มีการสูบตะกอนหมุนเวียนจากก้นถังตกตะกอนกลับคืนมาถังเติมอากาศ

4. มีอายุของตะกอน (mean cell residence time) เป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบน้ำ

ด้วยเหตุนี้ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ จึงจำเป็นต้องมีส่วนประกอบส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน

เมื่อน้ำเสียไหลเข้าถังเติมอากาศ จุลินทรีย์จะกำจัดสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำเสียให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำพลังงาน ฯลฯ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต สำหรับสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่หรือสารแขวนลอยในน้ำ จะถูกจับติดอยู่ในฟล้อค และถูกย่อยทำให้สลายด้วยเอ็นไซม์ที่จุลินทรีย์ส่งออกมา สารอินทรีย์เหล่านี้จะถูกย่อยสลาย และสลายตัวจนกระทั่งอยู่ในรูปสารละลายที่จุลินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์และตะกอนที่ไม่สามารถสลายตัวได้ รวมเรียกว่าตะกอนจุลินทรีย์ MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids ตะกอนจุลินทรีย์ MLSS ในถังเติมอากาศจะถูกปล่อยส่งเข้าไปในถังตกตะกอน จุลินทรีย์ซึ่งหนักกว่าน้ำจะตกตะกอนและอัดตัวลงก้นถังตกตะกอนทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ตะกอนจุลินทรีย์ที่อัดตัวแล้วจากถังตกตะกอน จะถูกส่งกลับไปยังถังเติม

อากาศ ตะกอนส่วนที่เกินจะถูกระบายทิ้งไป เพื่อรักษาอายุของตะกอนให้คงที่ ส่วนน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลออกมาทางตอนบนของถังตกตะกอน

2.2 การทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในระบบแอ็คติเวเต็ดสลัดจ์

ในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ มีโครงสร้างและองค์ประกอบของจุลทรีย์มากมายกว่าระบบหมักไร้อ็อกซิเจน (anaerobic process) ในขณะที่ระบบหมักมีจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกโปรคาริโอติค และระบบยูคาริโอติคอยู่ร่วมกัน แต่ในระบบแอ็คติเวเต็ดสลัดจ์ มีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด อาจจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ (1)

1. จุลินทรีย์ที่สร้างฟล้อค (Floc forming organisms)

2. แซ้พโปรไพท์ (Saprophytes)

3. จุลินทรีย์ทำลาย (Predator)

4. จุลินทรีย์ก่อกวน (Nuisance organism)

จุลินทรีย์ที่สร้างฟล้อค มีบทบาทสำคัญต่อระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ที่สร้างฟล้อคให้ตะกอน จุลินทรีย์จับตัวเป็นกลุ่มก้อน แยกตัวเองออกจากน้ำโดยวิธีการตกตะกอนตามธรรมชาติ เดิมที่เราเชื่อว่าพวก Zooglea ramigera เป็นแบคทีเรียชนิดเดียวที่รับผิดชอบต่อการสร้างฟล้อค แต่ในปัจจุบันเชื่อว่าจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสร้างฟล้อคได้ จุลินทรีย์กลุ่มนี้ประกอบด้วยแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบสำคัญ

แซ้พโปรไพท์ เป็นจุลินทรีย์ที่รับผิดชอบต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ แซ้พโปรไพท์แบบพวกจุลินทรีย์ที่สร้างฟล้อค และแบคทีเรียที่ไม่สร้างก็อาจจะอยู่ในประเภทนี้ จุลินทรีย์ชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 พวกคือ พวกหนึ่งรับผิดชอบย่อยสลายสับสเตรท โดยใช้เอ็นไซม์ย่อยสลายเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ให้อยู่ในรูปสารละลาย และอีกพวกหนึ่งมีหน้าที่ย่อยสลายสับสเตรทโมเลกุลเล็ก ๆ ให้สมบูรณ์ ผลสุดท้ายของปฏิกริยา คือ คาร์บอนไดอ็อกไซด์ และน้ำจะเห็นว่าการทำงานของพวกแซ้พโปรไพท์เป็นการทำงานร่วมกัน

จุลินทรีย์ทำลาย (Predator) ที่สำคัญของระบบแอ็คติเวตเต็ดสลัดจ์ คือโปรตัวชัว ที่จับแบคทีเรียเป็นอาหาร ตัวสำคัญคือพวก crawl ciliates และ stalked ciliates ในระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ที่มี ciliates เหล่านี้มักเป็นเครื่องแสดงว่าการทำงานของระบบได้ผลดี เชื่อกันว่าโปรตัวชัวอาจมีบทบาทสำคัญในการตกตะกอนของจุลินทรีย์ทำให้ได้น้ำใส นอกจากนี้ยังมีพวก อมีบา และ flagellates กับสัตว์หลายเซลเล็กเช่น พวก rotifers, round worm.

จุลินทรีย์ก่อกวน (Nuisance organisms) เป็นจุลินทรีย์ที่คอยก่อกวนการทำงานของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่สูงพอ จะก่อให้เกิดปัญหาการตกตะกอนฟล้อค ตัวอย่างเช่น พวกแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย (Filamentous bacteria) และพวกฟังไจ แบคทีเรียและพวก ฟังไจพวกนี้ได้แก่ Sphaerotilus และ Geotrichum.

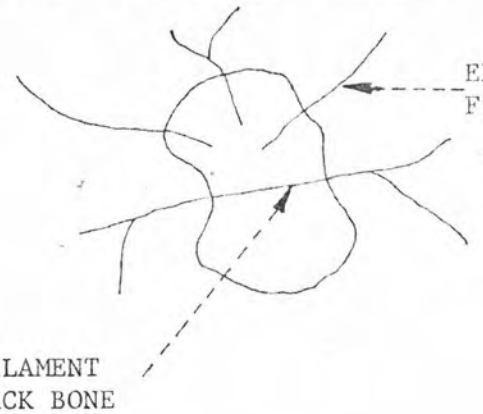
2.3 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์

การควบคุมการทำงานของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ให้เป็นปรกติ ต้องควบคุมค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ที่ป้อนเข้าไปในถังเติมอากาศ
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ
3. อายุของตะกอน
4. ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ป้อนเข้าไปในถังเติมอากาศ

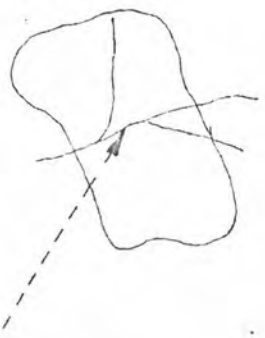
ซึ่งค่าเหล่านี้มีผลต่อการตกตะกอน การทำงานและประสิทธิภาพของถังเติมอากาศว่าดีหรือเลวอย่างไร เราแบ่งลักษณะชนิดของตะกอนแอคติเวทเต็ดสลัดจ์เป็น 3 กรณี (2) ดังรูป 2.1 คือ

CASE I "FILAMENTOUS BULKING"



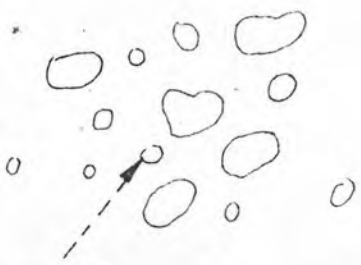
1. FILAMENTOUS ORGANISMS PREDOMINANT
2. STROG LARGE FLOC
3. FILAMENT INTERFERE WITH SETTLING COMPACTION
4. CLEAR SUPERNATANT
5. HIGH SVI

CASE II "NONBULKING"



1. FILAMENTOUS ORGANISMS AND ZOOGLEA IN BALANCE
2. STRONG LARGE FLOC
3. FILAMENTOUS DO MOT INTERFERE
4. CLEAR SUPERNATANT
5. LOW SVI

CASE III "PIN-POINT"



1. NO FILAMENTOUS ORGANISMS
2. WEAK SMALL FLOC
3. FILAMENTOUS DO NOT INTERFERE
4. TURBID SUPERNANTANT
5. LOW SVI

พอลสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 แสดงถึงลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ (Sezgin, 1980)

กรณีที่ 1 ตะกอนจมไม่ลง (filamentous bacteria) กรณีนี้เกิดจากแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยมีปริมาณมากกว่าแผ่คลุมเป็นร่างแหเหนี่ยวตะกอนจุลินทรีย์ไม่ให้จมหรือจมลงได้ช้า ก่อปัญหาการตกตะกอน ซึ่งดูได้จากค่าดรรชนีปริมาณตกตะกอน (Sludge Volume Index) มีค่าสูงประมาณว่า ถ้าค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนมีค่ามากกว่า 150 ถือว่าเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง

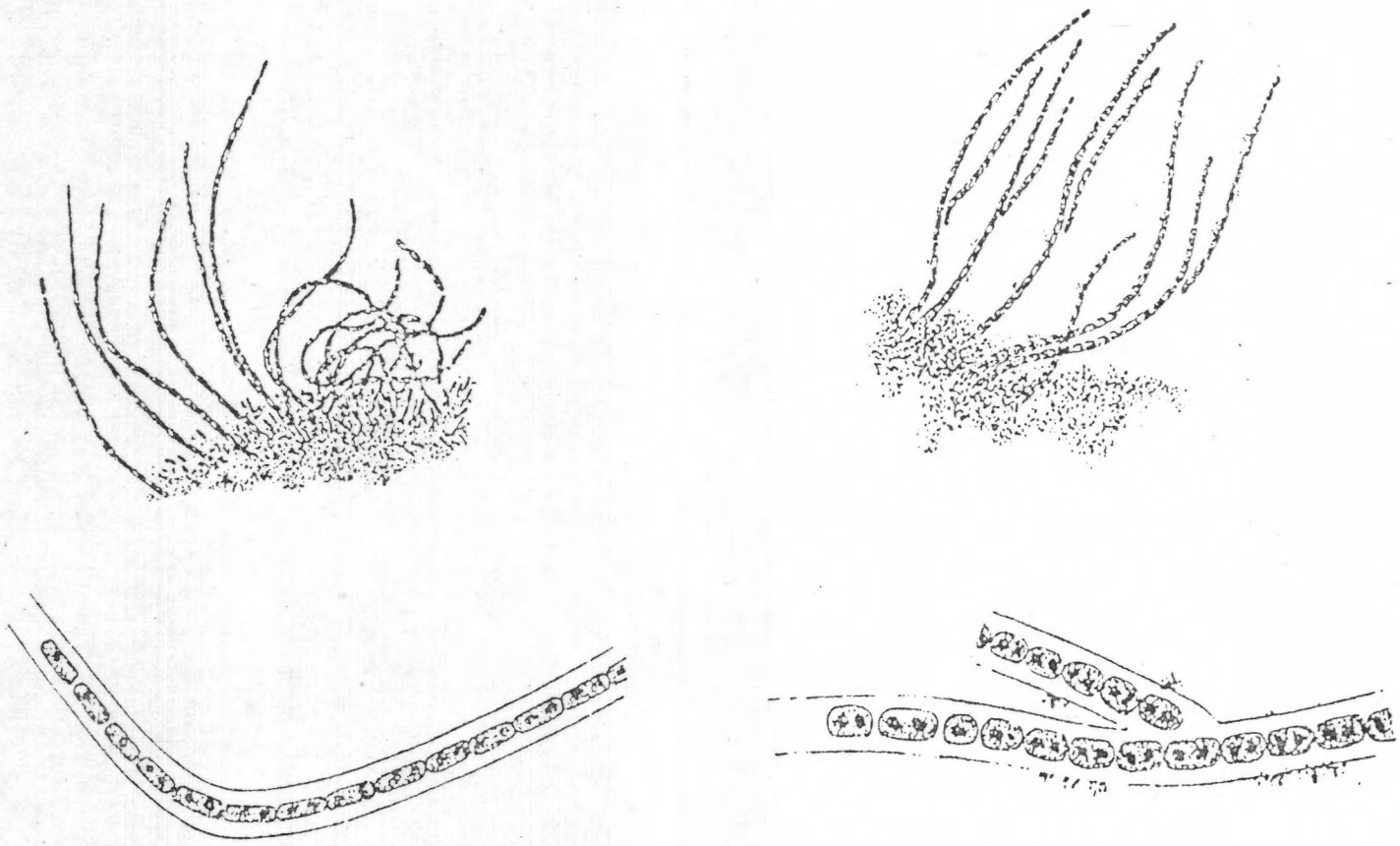
กรณีที่ 2 ตะกอนปรกติ (non bulking) จะมีแบคทีเรียพวกที่เกาะเป็นกลุ่มฟล็อค เกาะเป็นกลุ่มใหญ่ อาจจะมีพวกแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยปะปนอยู่บ้าง ยึดเหนี่ยวไม่ให้ตะกอนจุลินทรีย์แตกกระจาย เป็นผลให้ตะกอนตกได้เร็ว ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำ และน้ำที่แยกตัวเหนือชั้นตะกอนค่อนข้างใส

กรณีที่ 3 ตะกอนหัวเข็ม (pin point) กรณีนี้เกิดจากตะกอนไม่สามารถเกาะเป็นกลุ่มก้อนใหญ่ กระจัดกระจายเป็นกลุ่มเล็ก ๆ (disperse) ลอยอยู่ปะปนกับน้ำเหนือชั้นตะกอน ทำให้น้ำทิ้งออกไปขุ่น เราจะไม่พบแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยปะปนอยู่กับตะกอนชนิดนี้ ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำ

2.4 <u>ชนิดแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยที่พบกันอยู่ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์</u>

นับตั้งแต่ได้มีการค้นพบระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์มาใช้ในระบบกำจัดน้ำเสีย แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยชนิดแรกที่เป็นปัญหาเกิดตะกอนจมไม่ลง คือ <u>Sphaerotilus natans</u> ดังปรากฏในผลการทดลองของ Arden และ Lockett เมื่อปี 1923[3] Busswell และ Long ในปี 1923[4] Martin ในปี 1929[5] เป็นต้น ต่อมาได้แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยอีกหลายชนิดในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ เช่น <u>Beggiatoa trichomes</u>, <u>Bacillus</u>, blue green algae นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่แบคทีเรีย แต่มีลักษณะเป็นเส้นใยที่ก่อปัญหาตะกอนจมไม่ลง เช่น <u>Geotrichum candidum</u> หรือ <u>Leptomitus</u> ซึ่งเป็นพวกฟังไจ พวกนี้ชอบอยู่ในน้ำที่มีค่าเอชต่ำ

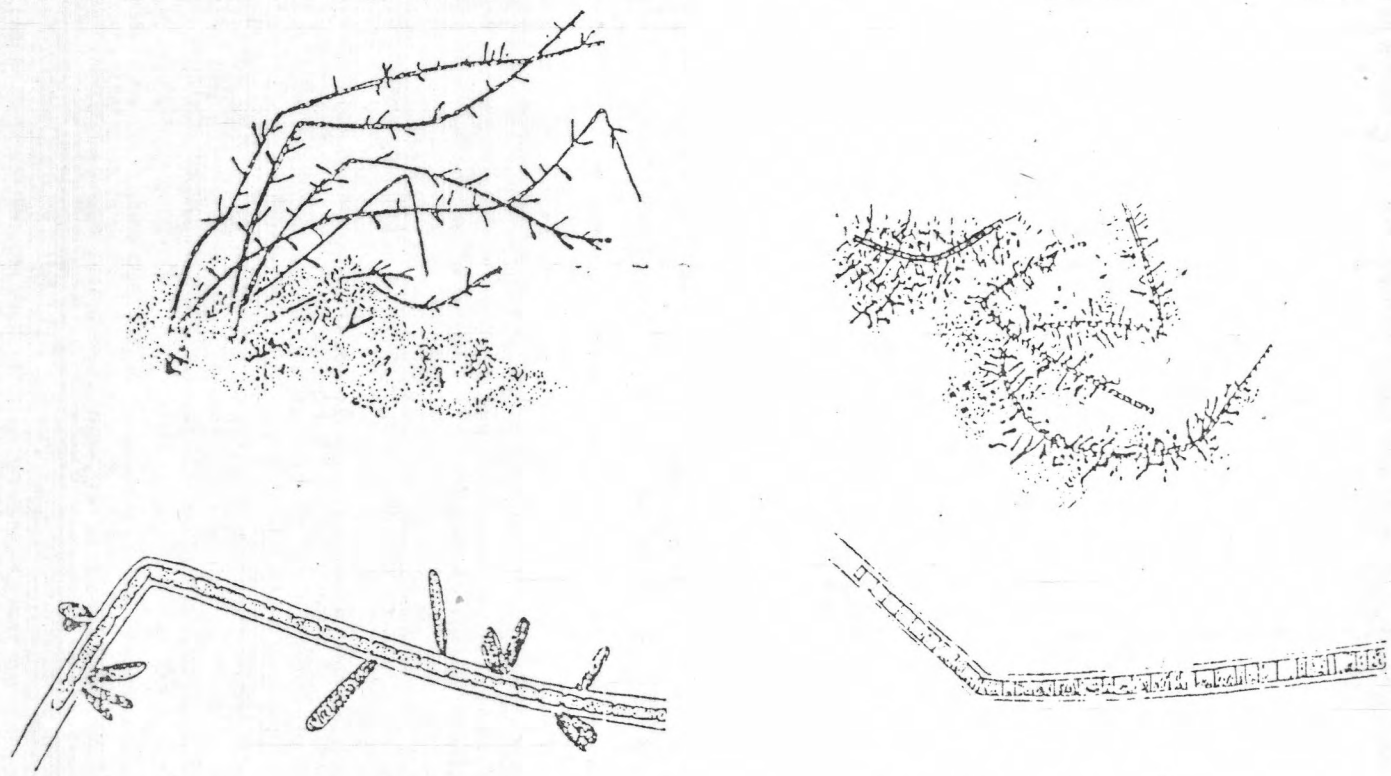
พวกแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่พอที่จะจำแนกตามลักษณะรูปร่างของมันได้ 7 พวก[6]



(ก) Type 1701

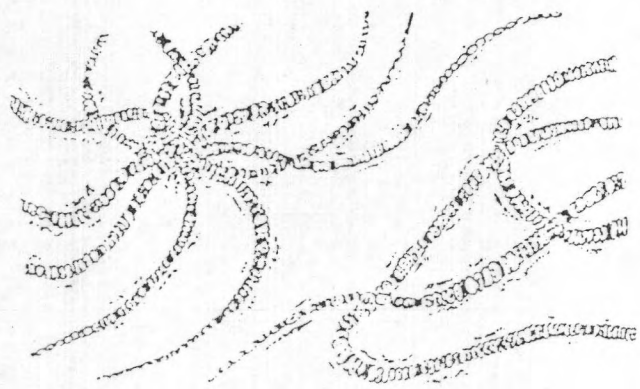
(ข) Sphaerotilus natans

รูปที่ 2.2 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยในกลุ่มที่ 1 (Eikelboom, 1975)



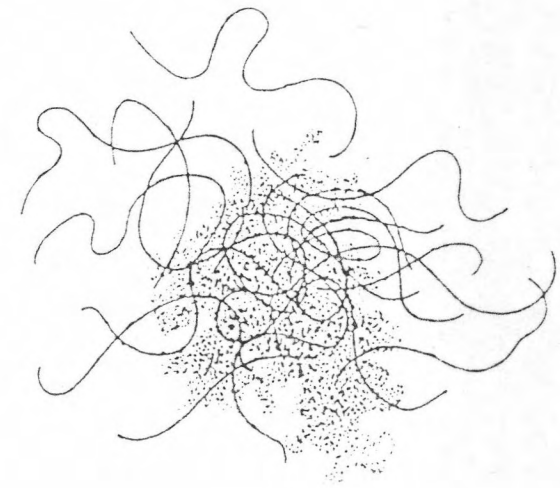
ก) Type 1851 ข) Type 0041

รูปที่ 2.3 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 2 (Eikelboom,1975)



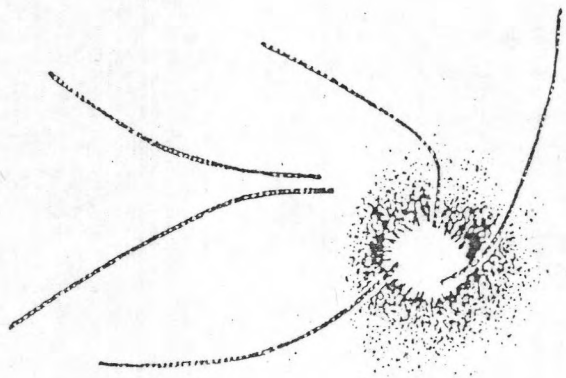
Type 021N

รูปที่ 2.4 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 3

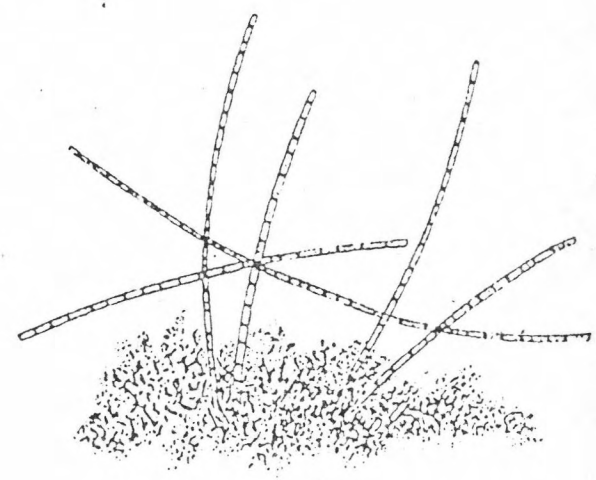


Microthrix Parviccella

รูปที่ 2.5 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 4

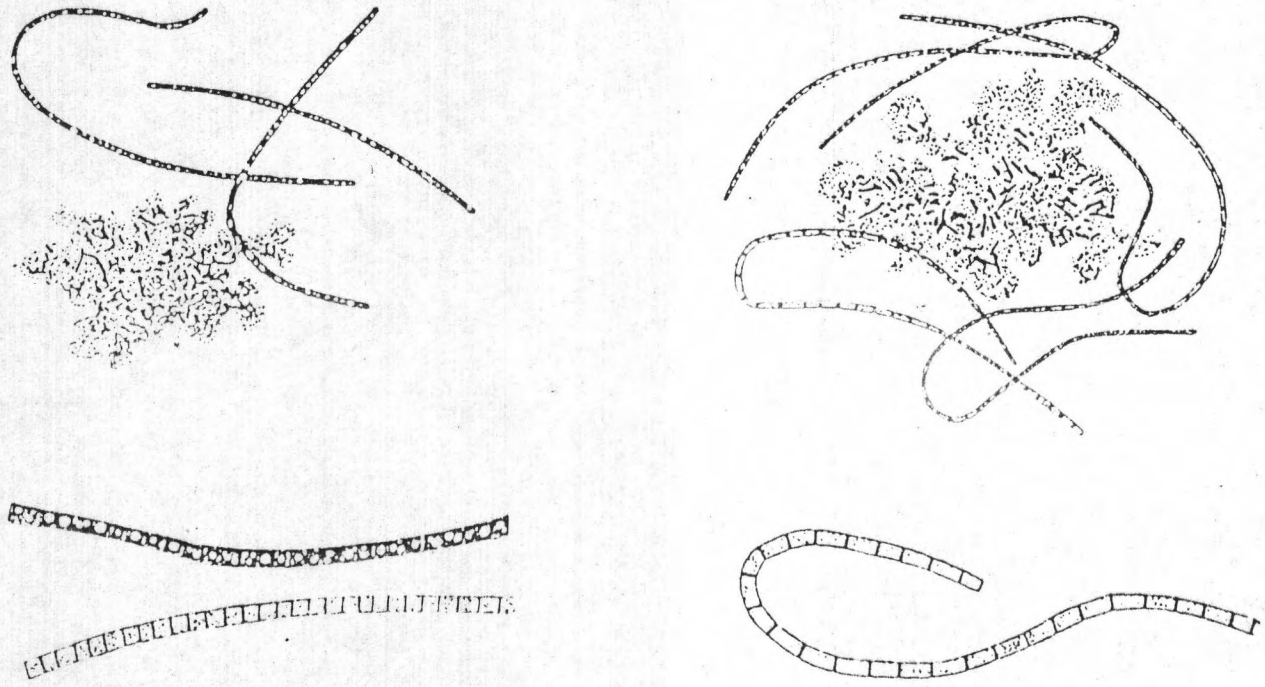


ก) Type 0803



ข) Type 0961

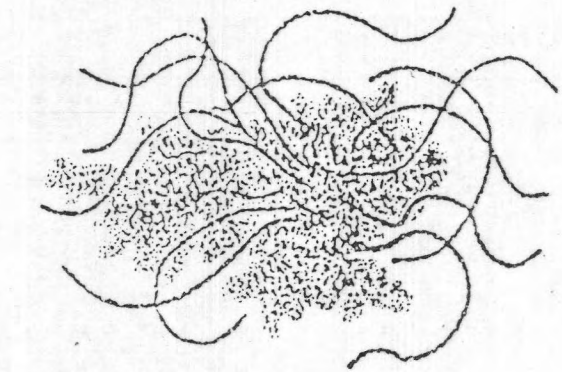
รูปที่ 2.6 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 5 (Eikelboom, 1975)



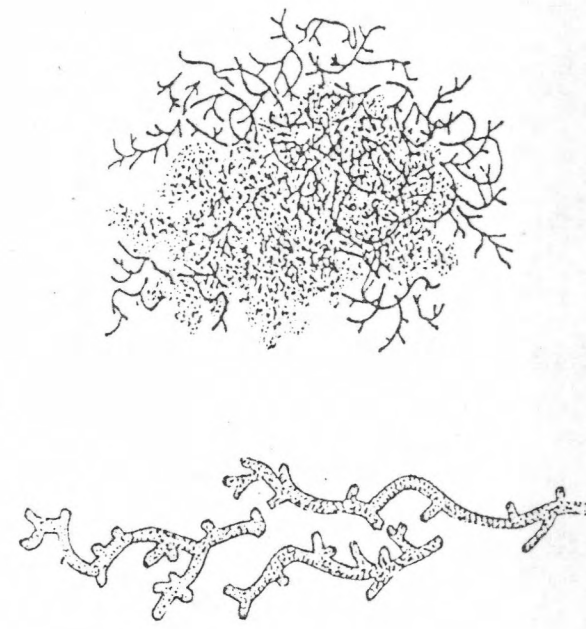
ก) Type 0914

ข) Type 1111

รูปที่ 2.7 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 6 (Eikelboom , 1975)



ก) Type 0411



ข) Nacaria

รูปที่ 2.8 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 7 (Eikelboom, 1975)

1. บักเตรีพวกที่มีเกราะหุ้ม แกรมลบ (sheath, gram negative bacteria) พวกนี้จะมีลักษณะเป็นเส้นใยตรงหรือโค้งเล็กน้อย ได้แก่พวก Sphaerotilus natans, พวก 1701 พวก 1702, พวก 0321, Haliscomenobacter hydrolysis ตามรูป 2.2

2. พวกมีเกราะหุ้ม, แกรมบวก (sheat-forming, gram positive) พวกนี้จะมีลักษณะเป็นเส้นใยตรง หรือคดโค้งเล็กน้อย ไม่มีกิ่งก้านสาขา เป็นพวกแกรมบวก พวกนี้ได้แก่ พวก 0041, 0675, 1851 ตามรูป 2.3

3. พวกที่ไม่มีเกราะหุ้ม เส้นใยคดโค้ง เป็นพวกแบคทีเรียหลายเซลคล้ายพวกสาหร่ายสีน้ำเงิน เขียว (sheatless, curled, multicellerlar bacteria resembling blue green algae) พวกนี้ได้แก่ Cyanophyceae พวกนี้จะไม่มีกิ่งก้านสาขา เห็นเป็นเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาเรียงต่อกันเป็นเส้นได้อย่างชัดเจน พวกนี้ได้แก่ พวก 0211, Nostocoida และ Cyanophyceae ดูตามรูป 2.4

4. พวกที่เป็นเส้นใยเล็กบาง งอโค้งขดเป็นวง (Slender coiled Bacteria) พวกนี้ไม่มีกิ่งก้านสาขา บางครั้งก็ลอยอยู่เป็นอิสระ พวกนี้ได้แก่ Microthrix parviccella ดูตามรูป 2.5

5. พวกที่มีเส้นใยยาวตรง เป็นพวกหลายเซลล์ต่อกัน เป็นแกรมลบ (straight, multicellular, gram negative bacteria) แบคทีเรียพวกนี้มีรูปร่าง เป็นทรงกระบอกต่อเรียงกันเป็นช่อง ๆ ไม่มีกิ่งก้านสาขา เช่นพวก 0803, 1091, 0092 ดูตามรูป 2.6

6. พวกที่มีจุดเล็ก ๆ ตามเซล (filamentous bacteria motile by gliding action) แบคทีเรียพวกนี้มีเส้นใยค่อนข้างจะคดงอ มีกำมะถันเป็นจุดเล็ก ๆ อยู่ในเซลล์ พวกนี้เป็นพวกแกรมบวก เช่นพวก Beggiatoa spp. ดูตามรูป 2.7

7. พวกอื่น ๆ (additional types) พวกนี้ไม่มีจำแนกอยู่ในพวกไหน เช่นพวกที่มีรูปร่างคล้าย streptococcus หรือพวกฟังไจ ก็จัดอยู่ในจำพวกนี้ ดูตามรูป 2.8

Eikelboom[7] ได้จำแนกชนิดแบคทีเรียที่พบในระบบแอดติเวตเต็ดสลัดจ์จากที่หลายแห่ง ตามตาราง ที่ 3.1 พบว่าชนิดแบคทีเรียที่พบมากที่สุดได้แก่ type, 021N, M. parcicella และ Type 0041 ซึ่ง 3 ชนิดรวมกันกว่า 50 % สำหรับ Sphaerotilus พบเพียง 9 % เท่านั้นแบคทีเรียพวก Sphaerotilus มักจะถูกกล่าวอ้างอิงอยู่เสมอ ซึ่งมักจะพบในระบบแอ็ดติเวตเต็ดสลัดจ์ ที่มีปริมาณความเข้มข้นอ็อกซิเจนที่ละลายในน้ำ (D.O) ต่ำ

ตารางที่ 3.1 แสดงโอกาสที่พบแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยชนิดต่าง ๆ (Eikelboom ,1979)

type of filamentous micro-organism	%
type 021N	23.3
M. parvicella	15.2
Type 0041	14.6
S. natans	9.0
Nocardia spec	7.3
H. hydrosis	4.8
N. limicola	4.2
Type 1701	3.4
Type 0961	2.8
Type 0803	2.5
9 other type	6.8
Not definable	6.1

2.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบแอดติเวตเต็ดสลัดจ์

นับตั้งแต่ Ardent และ Locket[8] ค้นพบระบบแอดติเวตเต็ดสลัดจ์ขึ้นมาใช้ครั้งแรกในปี 2457 มาจนกระทั่งทุกวันนี้ ระบบนี้ได้รับความนิยมตลอดเวลาและถูกใช้อย่างกว้างขวางมากกว่าระบบกำจัดน้ำเสียแบบอื่น ๆ เพราะเป็นระบบที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีคุณภาพสูง

010372

และใช้เนื้อที่ดินน้อย

อย่างไรก็ตามระบบกำจัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ก็ยังเป็นระบบที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ต้องต้องใช้ผู้ดูแลที่มีความชำนาญ ใช้เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการใช้ และบำรุงรักษาสูง นอกจากนี้ระบบแอ็คติเวตเต็ดสลัดจ์มักจะมีปัญหาตะกอนจมไม่ลง (bulking sludge) เกิดจากแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย (filamentous bacteria) เจริญเติบโต แทรกแซงการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวกฟล็อค ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถรวมตัวเป็นกลุ่มฟล็อคได้แน่น ตะกอนจึงไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำใส และอัตแน่นที่ก้นถังตกตะกอนได้ ทำให้ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในท่อหมุนเวียนน้อยกว่าปรกติปริมาณตะกอนในถังตกตะกอน และระดับของชั้นตะกอน (Sludge blanket) จึงสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งตะกอนหลุดออกนอกถังตกตะกอนทำให้น้ำทิ้งขุ่นและเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ทำความสกปรกแก่น้ำทิ้ง ก่อปัญหาให้ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ทำงานไม่ได้ผล

2.6 <u>การแก้ไขและควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง</u>

ในกรณีที่ระดับชั้นตะกอนในถังตกตะกอนขึ้นสูงมาก จนกระทั่งมีตะกอนหลุดออกมากับน้ำทิ้ง แสดงว่าการระบายตะกอนคืนกลับไปยังถังตกตะกอนไม่เร็วพอ หรือเกิดจากปัญหาตะกอนจมไม่ลง การแก้ไขปัญหาอาจกระทำได้โดยเพิ่มอัตราการสูบตะกอน ถ้ายังแก้ปัญหาไม่ได้อีกแสดงว่าถังตกตะกอนมีขนาดเล็กเกินไป จนไม่สามารถระบายตะกอนออกจากก้นถังได้ทัน และวิธีเดียวที่อาจแก้ไขปัญหานี้ได้ ก็คือลดปริมาณความเข้มข้นของ MLSS ภายในถังตกตะกอนซึ่งกระทำได้โดยลดอายุของตะกอน แต่ถ้าปัญหาเกิดจากตะกอนจมไม่ลง (bulking sludge) วิธีแก้ปัญหาจะยากมากขึ้น

โดยทั่วไปแล้วปัญหาตะกอนจมไม่ลงมี 2 อย่าง คือ

1. แบบที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย (filamentous bacteria)
2. แบบที่ไม่ได้เกิดจากแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย (non filamentous)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

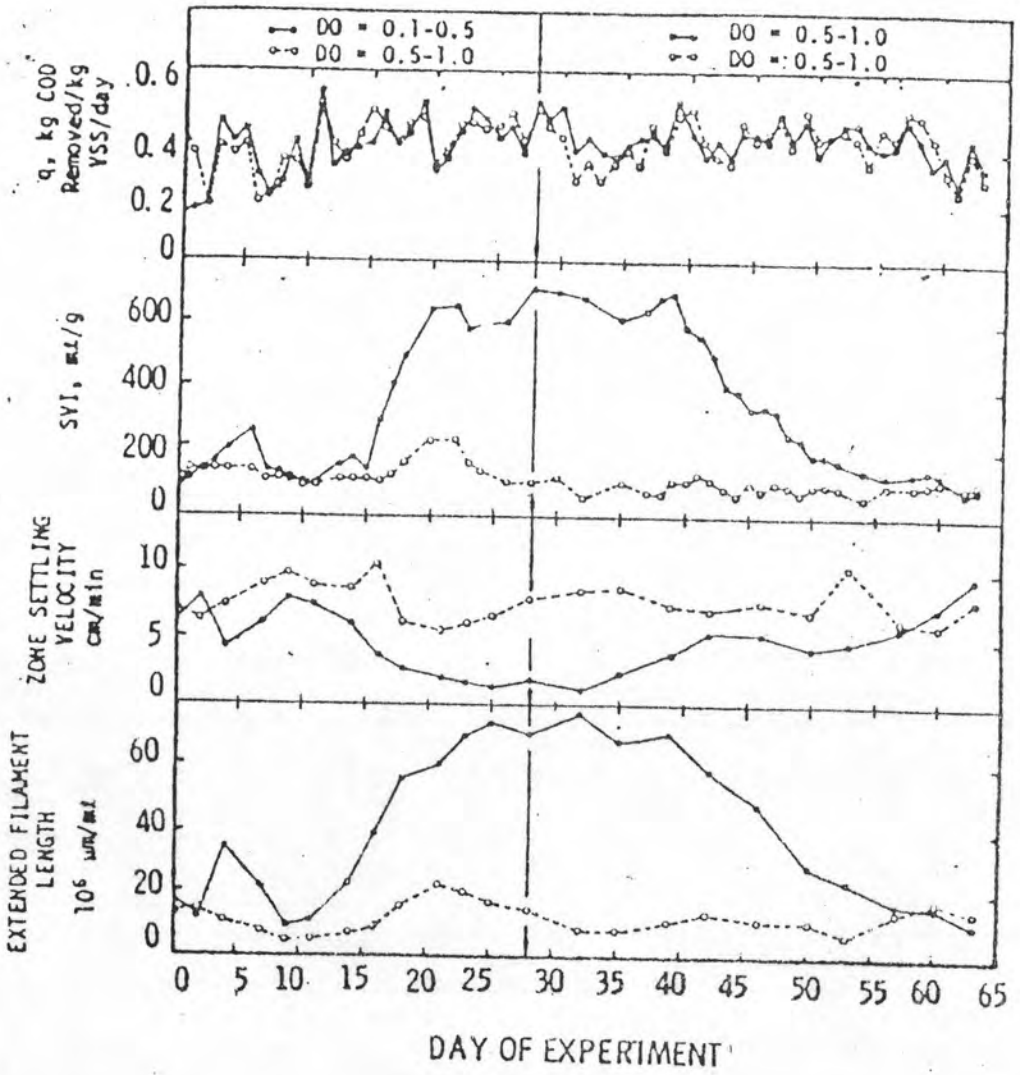
การบอกความแตกต่างว่า เกิดจากชนิดไหน กระทำได้ง่ายโดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้าตรวจดูแล้วพบแบคทีเรียที่มี เส้นยาว ๆ คล้าย เส้นผม ก็แสดงว่า เกิดจากแบคทีเรียที่เป็น เส้นใย ถ้าไม่มีแบคทีเรียที่เป็น เส้นยาว ๆ ก็เป็นอีกแบบหนึ่ง

สำหรับวิธีการแก้ปัญหานั้น ไม่ว่าจะ เกิดจากแบคทีเรียแบบใดก่อนอื่นให้ตรวจดูปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen), ปริมาณไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และเหล็ก หรืออาหารเสริมอย่างอื่นว่ามีพอเพียงหรือไม่ เพราะว่าการขาดแคลนสิ่งใดสิ่งหนึ่งอาจ เป็นสาเหตุให้ เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลงได้ ถ้าขาดหรือมีน้อยไปต้อง เพิ่มส่วนที่ขาดให้พอเพียง หากยัง เกิดปัญหาตกตะกอนจมไม่ลงอีก การแก้ไขต่อไปจะกระทำได้ยากขึ้น แต่อาจช่วยได้บ้างโดยการ เติมสาร เคมีจำพวก polymer หรือ coagulants เพื่อช่วยการตกตะกอนให้ดีขึ้น

การแก้สาเหตุที่ เกิดจากแบคทีเรีย เป็น เส้นใยที่ เป็นสาเหตุให้ เกิดตะกอนจมไม่ลง (filamentous bulking) อาจกระทำได้โดยสาร เคมีบางอย่าง เช่น คลอรีนหรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น เพื่อทำลายโครงสร้างของแบคทีเรียไม่ให้ เกาะกัน เป็นลูกโซ่ ในทางปฏิบัติ การ เติมสาร เคมีดังกล่าวต้องกระทำอย่างระมัดระวัง เพื่อมิให้ เกิดผลเสียแก่แบคทีเรียพวกฟล็อกฟอร์มเมอร์ ปริมาณของคลอรีนที่ต้องการใช้คือประมาณ 10 - 20 มก/ล ส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต้องใช้ 100-200 มก/ล[9] โดย เติมลงทางหมุนเวียนตะกอนกลับ การใช้คลอรีนหรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นการแก้ปัญหาชั่วคราว เท่านั้น สาร เคมีอีกตัวหนึ่งซึ่งอาจนำมาใช้ได้คือสารประกอบของ เหล็กต่าง ๆ เช่น เฟอร์ริคออกไซด์ เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น เชื่อกันว่า เหล็กจะยับยั้งการ เจริญ เติบโตของแบคทีเรียที่ เป็น เส้นใยได้ แต่การ เติมสารประกอบของเหล็กต่าง ๆ บางครั้งอาจใช้ได้ผลในบางกรณี เท่านั้น

2.7 สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการ เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การ เติมสาร เคมีจำพวก polymer หรือ coagulant เพื่อช่วยในการตกตะกอน และการ เติมสาร เคมีจำพวกคลอรีน หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ทำลายโครงสร้างของ เซลล์แบคทีเรียที่ เป็น เส้นใย เป็นวิธีการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลงได้ เพียงชั่วคราว เท่านั้น จึงมีการศึกษาต่อไปว่าอะไร เป็นสาเหตุชักจูงให้แบคทีเรียที่ เป็น เส้นใย เจริญ เติบโตขยายพันธ์



รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดซีโอดีที่มีผลต่อค่า SVI, ZSV จากการทดลองที่ควบคุมค่าความเข้มข้นของออกซิเจนอยู่ในช่วง 0.1 -0.5 mg/l และ 0.5 - 1.0 mg/l (Palm , 1980)

COD Removal Rate, q (g COD removed/ kg VSS/d)	Aeration Basin Bulk DO (mg/l)											
	0.1–0.5	0.5–1.0	1.0 1.5	1.5–2.0	2.0–2.5	2.5–3.0	3.0–3.5	3.5–4.0	4.0–4.5	4.5–5.0	5.0–5.5	5.5–6.0
0.20–0.30	No bulking Bulking											
0.35–0.45		No bulking Bulking										
0.45–0.55			No bulking Bulking									
0.50–0.60				No bulking Bulking								
0.60–0.70					No bulking Bulking							
0.75–0.85						No bulking Bulking						
0.80–0.90							No bulking Bulking					
0.95–1.05								No bulking Bulking				
1.05–1.15									No bulking Bulking			
1.40–1.50										No bulking Bulking		
1.50–1.60											No bulking Bulking	
1.60–1.70												No bulking

ตารางที่ 2.2 สรุปผลจากความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดซีโอดี กับความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีผลต่อการเกิดและไม่เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง (Palm ,1980)

ได้ดี ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง มีดังต่อไปนี้

2.7.1 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์

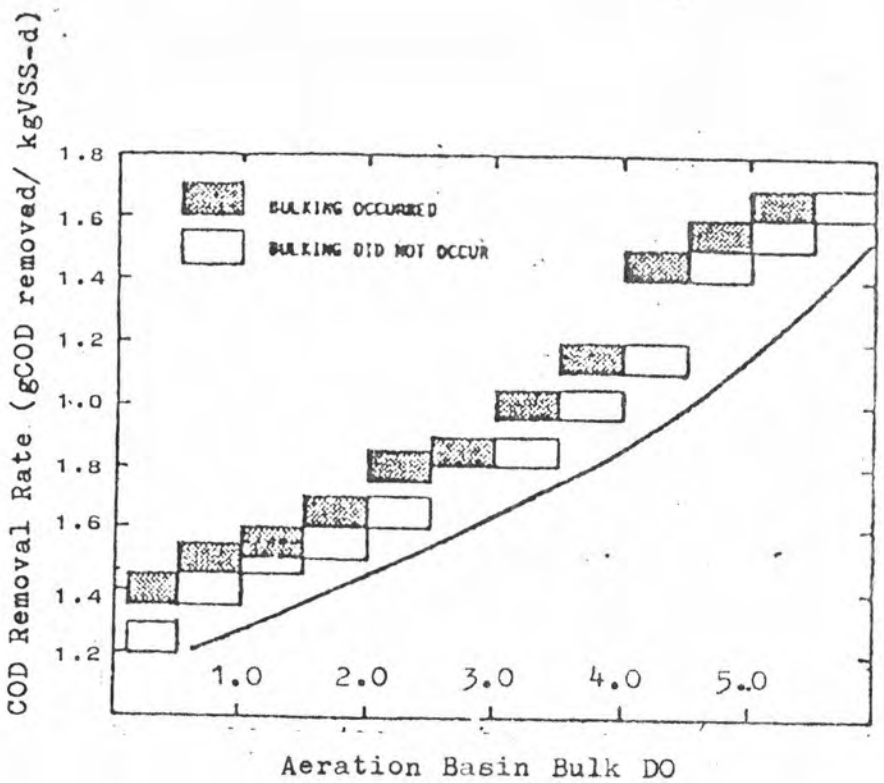
Palm, Jenkins และ Parker[10] ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (organic loading) กับค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ พบว่าหลังจาก 2-3 วัน เมื่อเพิ่มความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 0.17 ก.ก.ซีโอดี/ก.ก. MLSS-วัน เป็น 0.36-0.44 ก.ก.ซีโอดี/ก.ก. MLSS-วัน จะมีแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยเพิ่มขึ้นมาก มีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนเพิ่มขึ้นจาก 153 เป็น 274 มล/ก. ตามรูปที่ 2.9

เมื่อทำการทดลองถึงวันที่ 7 แล้วจึงลดความสามารถในการกำจัดซีโอดี ลงเหลือ 0.2 ก.ก.ซีโอดี/ก.ก. ตะกอนจุลินทรีย์-วัน พบว่าค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนลดลงเหลือ 131 มล/ก. เท่านั้น จากนั้นอีก 4 วัน จึงได้เพิ่มความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้นเรื่อย ๆ จนอยู่ในช่วง 0.3-0.5 ก.ก.ซีโอดี/ก.ก. ตะกอนจุลินทรีย์-วัน พบว่าค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนสูงพรวดขึ้นถึง 700 มล/ก.

2.7.2 ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (D.O.)

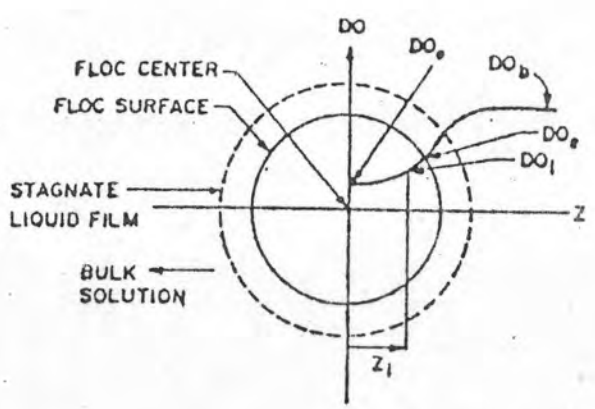
Palm, Jenkins และ Parker[10] ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 2 ชุด โดยแปรเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำกับความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ กัน ดำเนินการทดลองพบว่า เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยได้ ตะกอนจุลินทรีย์จะมีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำ ซึ่งสรุปไว้ตามตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.10

ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวกฟล้อค และพวกที่เป็นเส้นใย Okun[11] ได้ใช้สมมุติฐานอธิบายปรากฏการณ์นี้ตามรูปที่ 2.11 ว่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำรอบ ๆ ฟล้อค (bulk dissolve oxyen conantration) ขนาดของฟล้อค อุณหภูมิความแปรปรวนของน้ำ (turbulence) และความหนืด (viscosity)

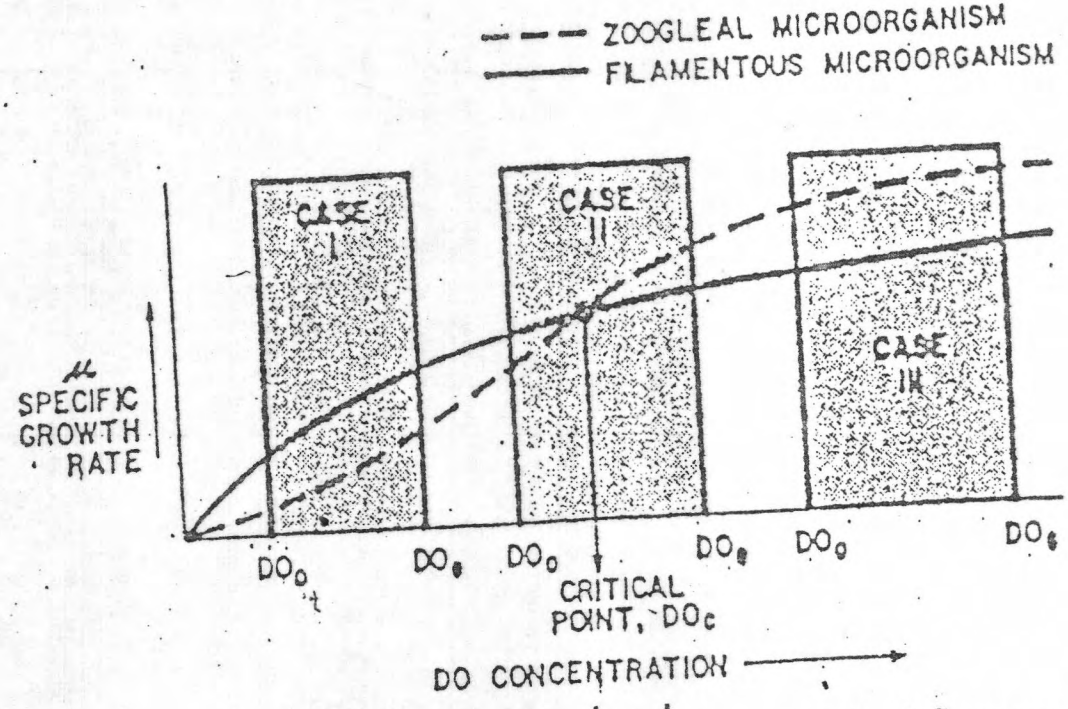


รูปที่ 2.10 สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดซีโอดีกับความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีผลต่อการเกิดและไม่เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง (Palm, 1980)

DO_l = DO CONCENTRATION AT A POINT Z_l FROM FLOC SURFACE
DO_s = FLOC SURFACE DO CONCENTRATION
DO_b = BULK DO CONCENTRATION
DO_o = DO CONCENTRATION AT FLOC CENTER



รูปที่ 2.11 แผนผังอธิบายความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดต่าง ๆ รอบ ๆ ฟล็อค จากภายนอกเข้าสู่ศูนย์กลางของฟล็อค (Okun, 1949)



รูปที่ 2.12 แสดงความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวกฟล็อค และแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย (Okun,1949)

มีผลต่ออัตราการแผ่กระจายของออกซิเจน (diffusion rate of oxygen) เข้าไปภายในฟล้อค และปริมาณการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียภายในฟล้อคนี้ด้วย

ในกรณีความเข้มข้นของอ้อกซิเจนต่ำ แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยสามารถเจริญเติบโตได้เร็วกว่าแบคทีเรียพวกฟล้อก อยู่ทางซ้ายมือของจุดวิกฤต ตามรูปที่ 2.12 ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นกรณีที่ 1 ตะกอนจมไม่ลง (filamentous bulking)

ในกรณีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง อยู่ทางขวามือของจุดวิกฤต ตามรูปที่ 2.12 ตะกอนที่เกิดขึ้นเป็นกรณี 2 ตะกอนปรกติ (non bulking)

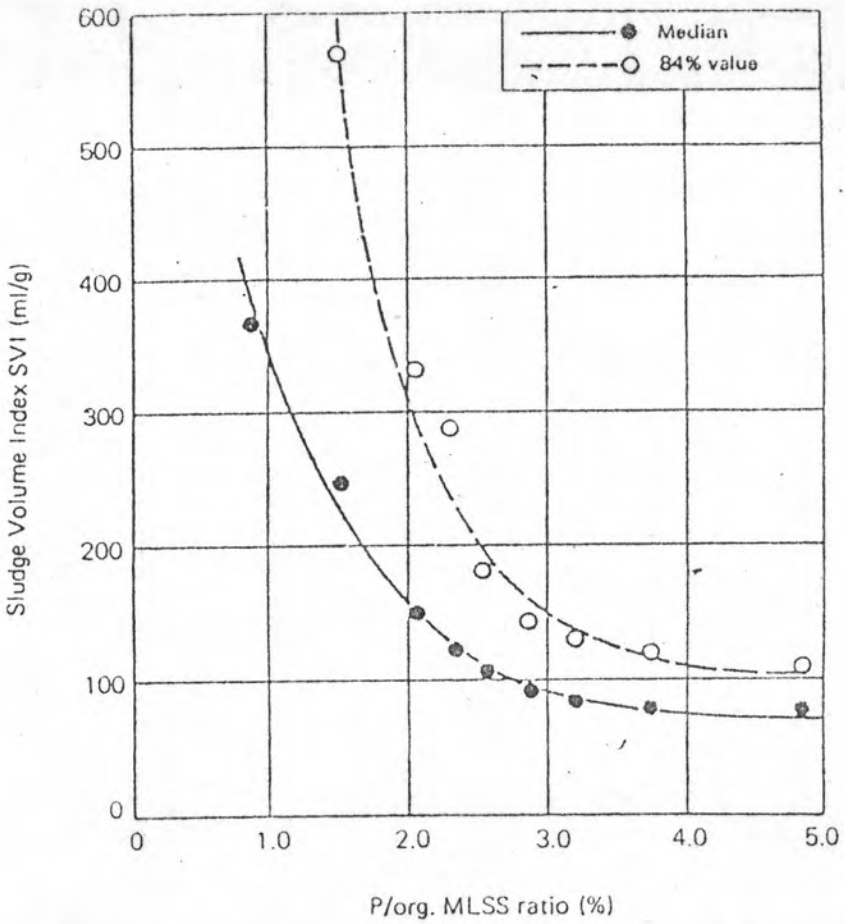
2.5.3 <u>อายุของตะกอน</u>

เมื่อระบบแอ็คติเวทเต็ดสลัดจ์ทำงานอยู่ที่ระดับอายุตะกอนต่ำเกินไปการรวมตัวเป็นฟล้อก ไม่อาจเกิดขึ้น ทำให้การตกตะกอนภายในถังตกตะกอนเป็นอิสระ (discrete settling) ลักษณะของการตกตะกอนแบบนี้สามารถสังเกตุได้ง่าย เมื่อปล่อยให้เกิดขึ้นในกระบอกตวงถ้วยขนาด 1,000 มล. ทั้งนี้เพราะไม่มีการแบ่งชั้นระหว่างสลัดจ์กับน้ำชัดเจน ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำมากและมักจะมีค่าต่ำกว่า 100 หลังจากตกตะกอนแล้ว 30 นาที จะมีตะกอนแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมากอยู่เหนือชั้นสลัดจ์

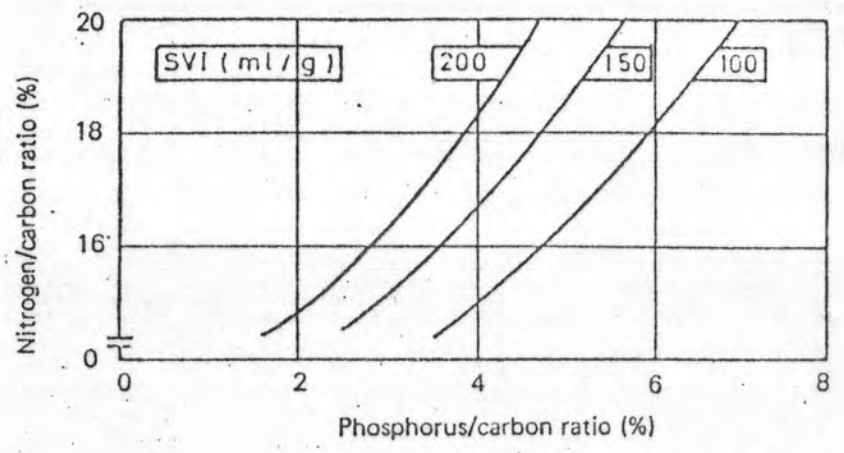
แต่ถ้าอายุของตะกอนสูงเกินไป อาจพบว่ามีตะกอนแขวนลอยจำนวนมากหลุดออกมาปนกับน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนสุดท้าย ตะกอนเหล่านี้เป็นเซลล์โดด หากแต่เป็นตะกอนที่แตกตัวมาจากฟล้อค เชื่อกันว่าปรากฏการณ์เช่นนี้ เนื่องมาจาก restabitization ของฟล้อค เพราะมีอายุตะกอนสูงเกินไป หรืออาจเกิดขึ้นเนื่องจากระดับการกวนน้ำมากเกินไปจนทำให้ฟล้อคแตกตัว

2.5.4 <u>ความไม่สมดุลย์ของสารอาหาร</u>

การเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลงซึ่งมักจะพบอยู่เสมอว่า เกิดจากการไม่สมดุลย์ของสารอาหาร จากการวิเคราะห์สารประกอบของตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใยปรากฏว่ามีปริมาณสารอินทรีย์พวกธาตุคาร์บอน และไนโตรเจนอยู่มาก แต่มีส่วนประกอบของธาตุฟอสฟอรัสอยู่น้อย ซึ่งจะ



รูปที่2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนกับปริมาณฟอสฟอรัสต่อน.น.ตะกอน
(Pipe , 1967)



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนกับปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส
(Pipe , 1967)

แสดงในรูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน กับอัตราส่วนระหว่างฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักตะกอนจุลินทรีย์[12] เราจะเห็นว่าถ้าค่าอัตราส่วนระหว่างฟอสฟอรัสต่อตะกอนจุลินทรีย์ MLSS น้อยกว่า 3 เปอร์เซนต์ จะเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง เพราะค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนเกินกว่า 150 มล/ก.

จากสมมุติฐานของ Pipe[12] กล่าวว่า เนื่องจากตะกอนพวกฟล็อค มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อย ซึ่งต้องใช้ฟอสฟอรัสในความเข้มข้นสูง จึงจะเอาฟอสฟอรัสไปใช้ได้ในปริมาณที่ต้องการ ซึ่งแตกต่างกับตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย ที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่า จึงนำฟอสฟอรัสไปใช้ได้แม้ในความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะต่ำ

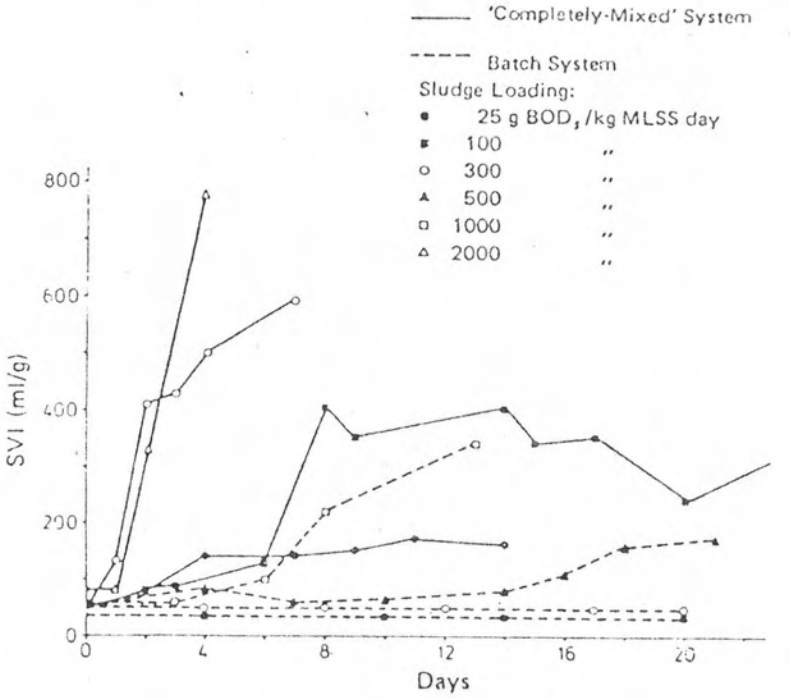
ในการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลง ไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้สูงเกินความจำเป็น[12] ถ้าดูจากรูป 2.14 แสดงให้เห็นว่าค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนไม่ใช่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างฟอสฟอรัสกับคาร์บอนเพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนกับคาร์บอนด้วย ฉะนั้นถ้าปริมาณไนโตรเจนต่ำและปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ ก็พอเพียงที่จะทำให้ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำได้ แต่ถ้าปริมาณไนโตรเจนสูง ก็จำเป็นต้องให้ปริมาณฟอสฟอรัสสูงด้วย เพื่อให้ค่าดรรชนีปริมาณตะกอนต่ำ

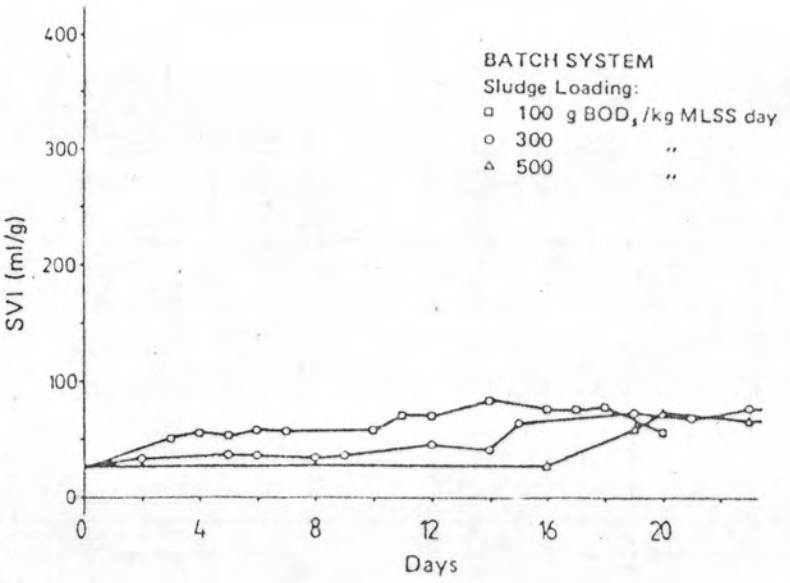
2.6 รูปแบบการบ่อนน้ำเสียแบบต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง

Metcalf และ Eddy [13] ได้สรุปสาเหตุที่ทำให้ตะกอนจมไม่ลง ดังนี้

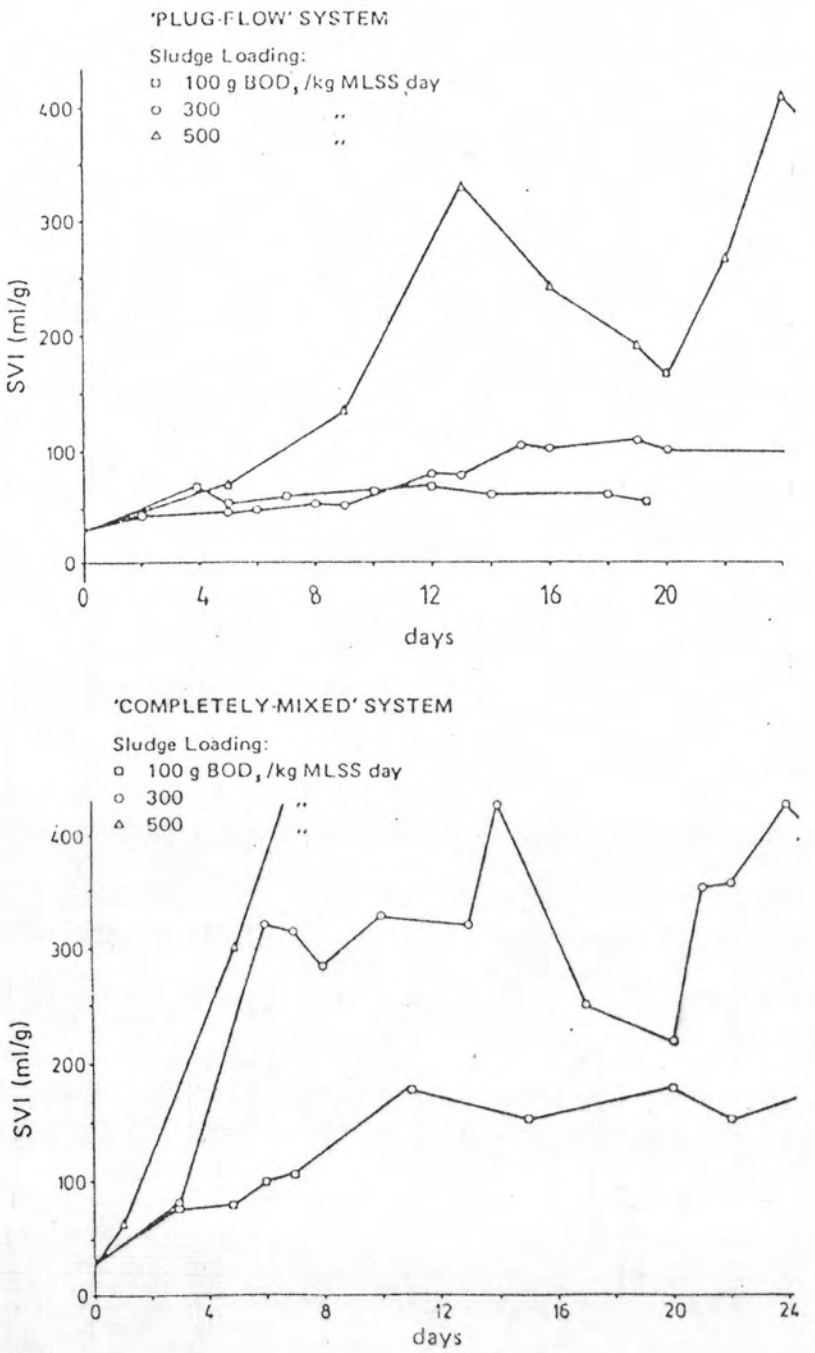
1. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของน้ำเสีย
2. การควบคุมระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์
3. การออกแบบ ขัดจำกัดความสามารถของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของน้ำเสีย ที่มีผลต่อการเกิดตะกอนจมไม่ลงได้แก่อัตราไหลและความสกปรกของน้ำเสียไม่สม่ำเสมอ (fluctuation) ค่าพีเอช อุณหภูมิ ปริมาณอาหารเสริม และองค์ประกอบสารอินทรีย์ในน้ำเสีย





รูปที่ 2.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนที่ความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ กัน (Rensink, 1979)



รูปที่ 2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ที่ความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ กัน (Rensink, 1979)

การควบคุมระบบไม่ดี เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำน้อยเกินไป ความสกปรกหรือสารอินทรีย์ภาระเข้าสู่ระบบมากเกินไป ก็เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง

การออกแบบขีดจำกัดความสามารถของระบบกำจัดน้ำเสีย ได้แก่ กำลังเครื่องเติมอากาศขีดความสามารถของเครื่องสูบหมุนเวียนตะกอน ความสามารถในการผสมให้ตะกอนจุลินทรีย์ทั่วถึงกันตลอดทั้งถัง การออกแบบถังตกตะกอน และที่สำคัญก็คือรูปแบบการบ้อนน้ำเสีย

2.6.1 การบ้อนน้ำเสียแบบเท

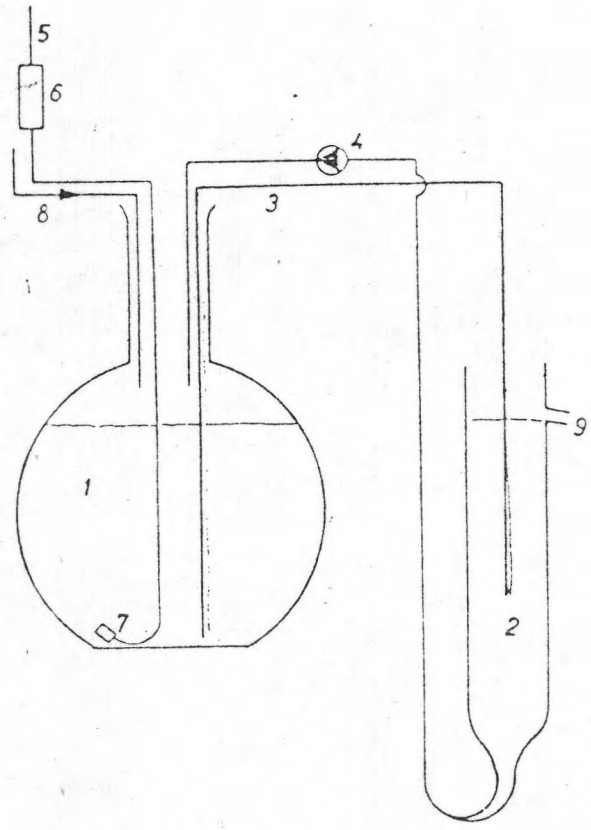
การบ้อนน้ำเสียแบบเท(batch system) เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลในการควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง เคยมีการเปรียบเทียบการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ [14] ระหว่างการบ้อนน้ำเสียแบบเท กับ แบบผสมกันทั่วถึง (completely-mixed) ตามรูป 2.15 ปรากฏว่าระบบกำจัดน้ำเสียแบบเท ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนได้ดีมีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำ และค่อนข้างคงที่แต่ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์แบบผสมกันทั่วถึง ให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนได้ช้า มีปัญหาตะกอนจมไม่ลง และแบคทีเรียที่พบเป็นพวกที่เป็นเส้นใย ชนิด Sphaerotilus natans

2.6.2 การบ้อนน้ำเสียแบบไหลตามแนวยาว

การบ้อนน้ำเสียแบบไหลตามแนวยาว (Plug flow) ก็เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่ใช้ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ในการควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลงอย่างได้ผล เมื่อเปรียบเทียบค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนระหว่างการบ้อนน้ำเสียแบบไหลตามแนวยาว กับแบบผสมกันทั่วถึง [14] ตามรูป 2.16 พบว่ากรรมวิธีบ้อนน้ำเสียตามแนวยาวให้ตะกอนจุลินทรีย์มีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำกว่า เนื่องจากกรรมวิธีบ้อนน้ำเสียไหลตามแนวยาว ก่อให้เกิดความแตกต่างความเข้มข้นของสับสเตรทตามแนวยาว (concentration substrate gradient) เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวกฟล้อค มากกว่าพวกแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบการบ้อนน้ำเสียตามแนวยาวจึงตกตะกอนได้ดีกว่า และมีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำกว่า

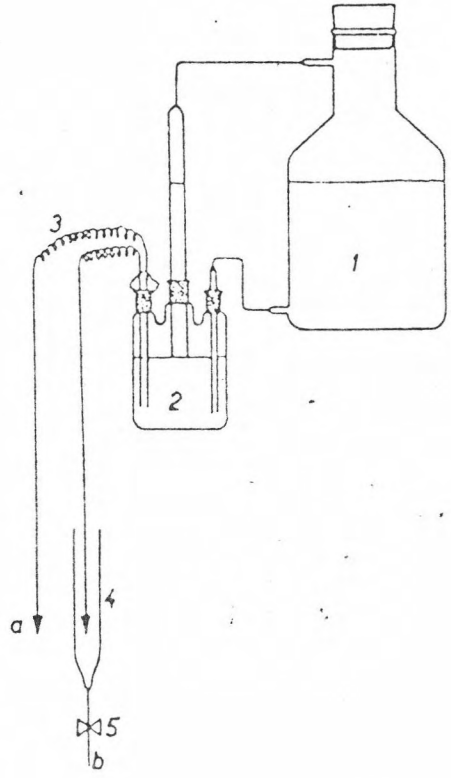
2.6.3 การบ้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ

การบ้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ (intermittent) ตามรูป 2.17 ได้มีการ



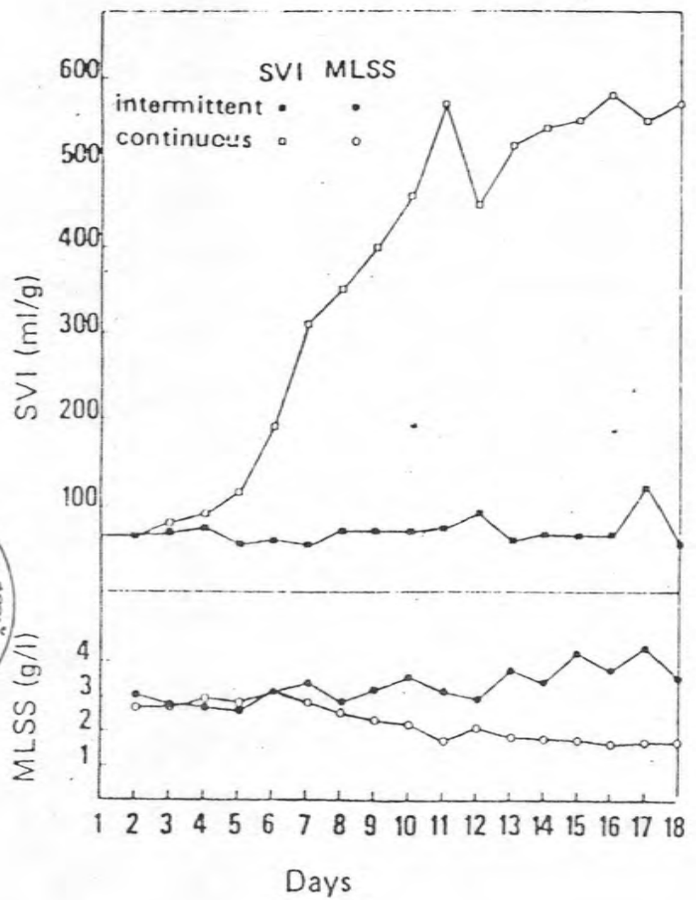
รูปที่ 2.17 แสดงรูปเครื่องมือทดลอง (Houtmeyer, 1980)

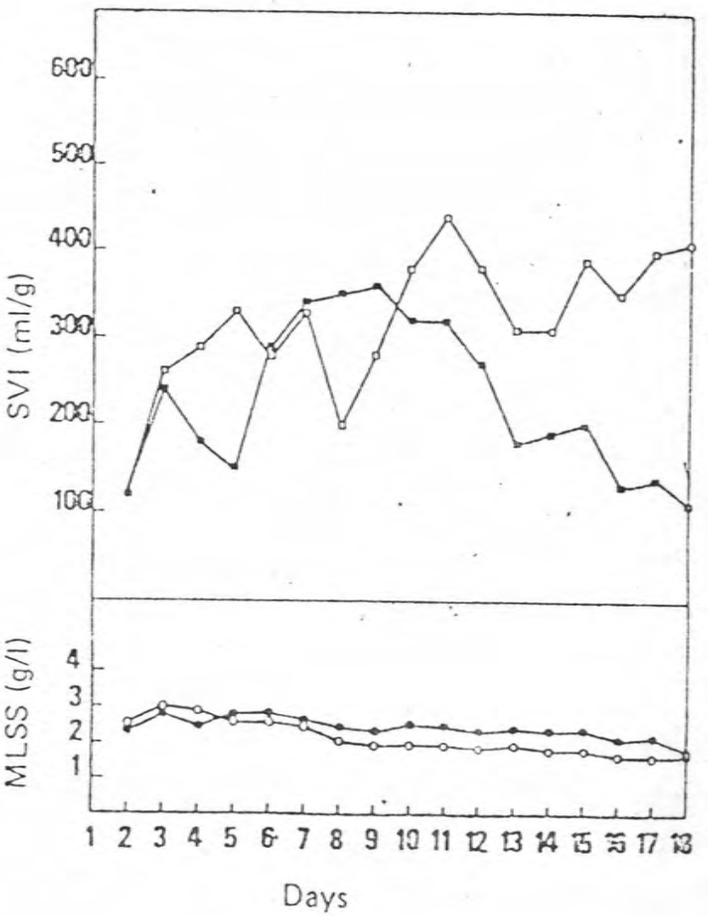
1) ถังเติมอากาศ 2) ถังตกตะกอน
3) Siphon 4) ปั๊ม
5) เครื่องวัดอากาศ 6) เครื่องวัดอัตราไหลของอากาศ
7) หินรูพรุน 8) ท่อป้อนน้ำเสีย
9) ทางออกน้ำทิ้ง



แสดงเครื่องป้อนน้ำเสีย

1) ถังเก็บน้ำเสีย 2) ถังเก็บชั่วคราว
3) ท่อรูเข็ม 4) ท่อรับน้ำเสียชั่วคราว
5) โซลินอยวาล์ว





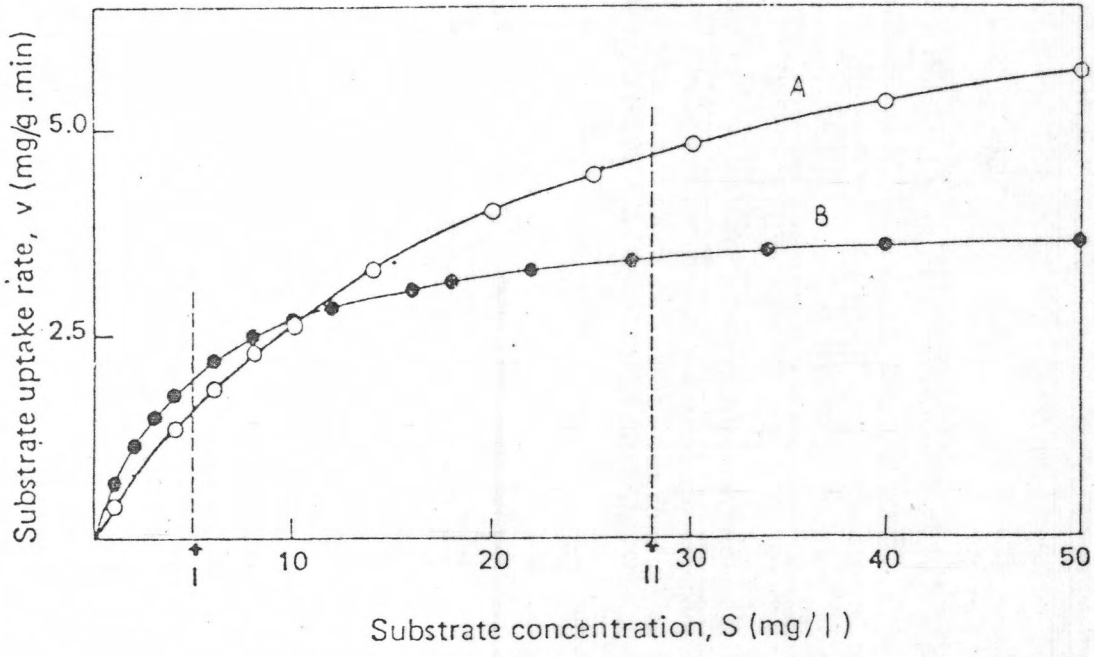
รูปที่ 2.18 แสดงคุณสมบัติของตะกอนแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ เมื่อบ่อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ และ แบบต่อเนื่อง ด้วยอาหาร glocose อย่างเดียวกับ glocose และ mutrient broth (**Houtmeyer , 1980**)

ทดลอง[15] เปรียบเทียบการทำงานระหว่างการป้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ กับการป้อนน้ำเสียแบบต่อเนื่อง ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และอายุของตะกอนที่เท่ากัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอน MLSS ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน กับเวลาที่ทำการทดลอง ตามรูปที่ 2.18 จากผลการทดลองพบว่าตะกอนจุลินทรีย์ในระบบป้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ ให้ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำกว่า เนื่องจากการป้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ ช่วงละ 1 ชั่วโมง ทำให้ความเข้มข้นของสับสเตรทในช่วงเริ่มแรก สูงกว่าการป้อนน้ำเสียแบบต่อเนื่อง และมีอัตราการใช้สับสเตรทสูงกว่าด้วย ดังแสดงตามตาราง 3.1

ตารางที่ 2.3 อัตราการกำจัดกลูโคสในระบบแอดติเวทเต็ดสลัดจ์แบบป้อนน้ำเสียเป็นช่วง ๆ กับแบบป้อนน้ำเสียแบบต่อเนื่อง (Houtmeyer , 1980)

รูปแบบการป้อนน้ำเสีย	ความเข้มข้นของกลูโคส (mg/l)	อัตราการกำจัดกลูโคส (mgGlucose/gMLSSmin)
ป้อนน้ำเสียเป็นช่วง	100	5.7
ป้อนน้ำเสียเป็นช่วง	200	5.8
ป้อนน้ำเสียเป็นช่วง	500	5.6
ป้อนน้ำเสียต่อเนื่อง	200	3.4

ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบป้อนน้ำเสียเป็นช่วง ๆ มีการใช้สับสเตรทสูงในช่วงระยะเวลาสั้นไม่ถึง 5 นาที ในช่วงนี้เรียกว่า เอกโซจีนัสเฟส หลังจากนั้นจะเป็นช่วง เอนโดจีนัสเฟส ด้วยวิธีการดังนี้สามารถคัดเลือกชนิดแบคทีเรียให้เหลือแต่แบคทีเรียพวกฟล้อค จากสมมุติฐานเชื่อว่าในเงื่อนไขที่มีการใช้สับสเตรทสูง แบคทีเรียพวกฟล้อคสามารถเจริญเติบโตได้เร็วกว่าแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยดังแสดงในรูป 2.19 ในสเตรทที่ II แต่ในระบบแอดติเวทเต็ดสลัดจ์แบบป้อนน้ำเสียต่อเนื่องความเข้มข้นของสับสเตรทต่ำแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยเจริญเติบโตได้ดีกว่าดังแสดงในรูป 2.19 ในสเตรทที่ I แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยก็ไม่สามารถเจริญเติบโตจนแทนที่แบคทีเรียพวกฟล้อค แต่อาศัยอยู่ร่วมกันในความเข้มข้นของสับสเตรทต่ำ



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้สับสเตรท และ ความเข้มข้นของสับสเตรท ของ สมมุติฐานแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ A) floc former B) filamentous bacteria

2.6.4 การปรับปรุงวิธีการบ่อนน้ำ เสียโดยเพิ่มถัง anoxic

ปรับปรุงการทำงานของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ โดยใช้ถัง anoxic รับน้ำ เสียก่อนบ่อน เข้าถัง เติมอากาศ ถัง anoxic มีหน้าที่กักตะกอนจุลินทรีย์ก่อน เพื่อลดความ เข้มข้นของออกซิ เจนให้ เกือบค่ากับศูนย์ เพื่อให้ เกิดขบวนการ denitrification ก่อนลงในถัง เติมอากาศ (12)

เมื่อ เปรียบ เทียบผลการทดลอง ระบบที่ มีถัง anoxic กับระบบที่ไม่มีถัง anoxic ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.20 พบว่าค่า pH ที่เกิดขึ้นสูง ในระบบที่มีถัง anoxic เนื่องจากในระบบที่มีถัง anoxic จะเกิดขบวนการ denitrification ซึ่งจะปล่อยไฮดรอกไซด์อิออน ซึ่งเป็นประจุบวกออกมา เกิดการฟอร์มตัวของสารประกอบแคล เซียมฟอส เฟต ทำให้ปริมาณอัตราส่วนระหว่างฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักตะกอน เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำ ไม่ เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง

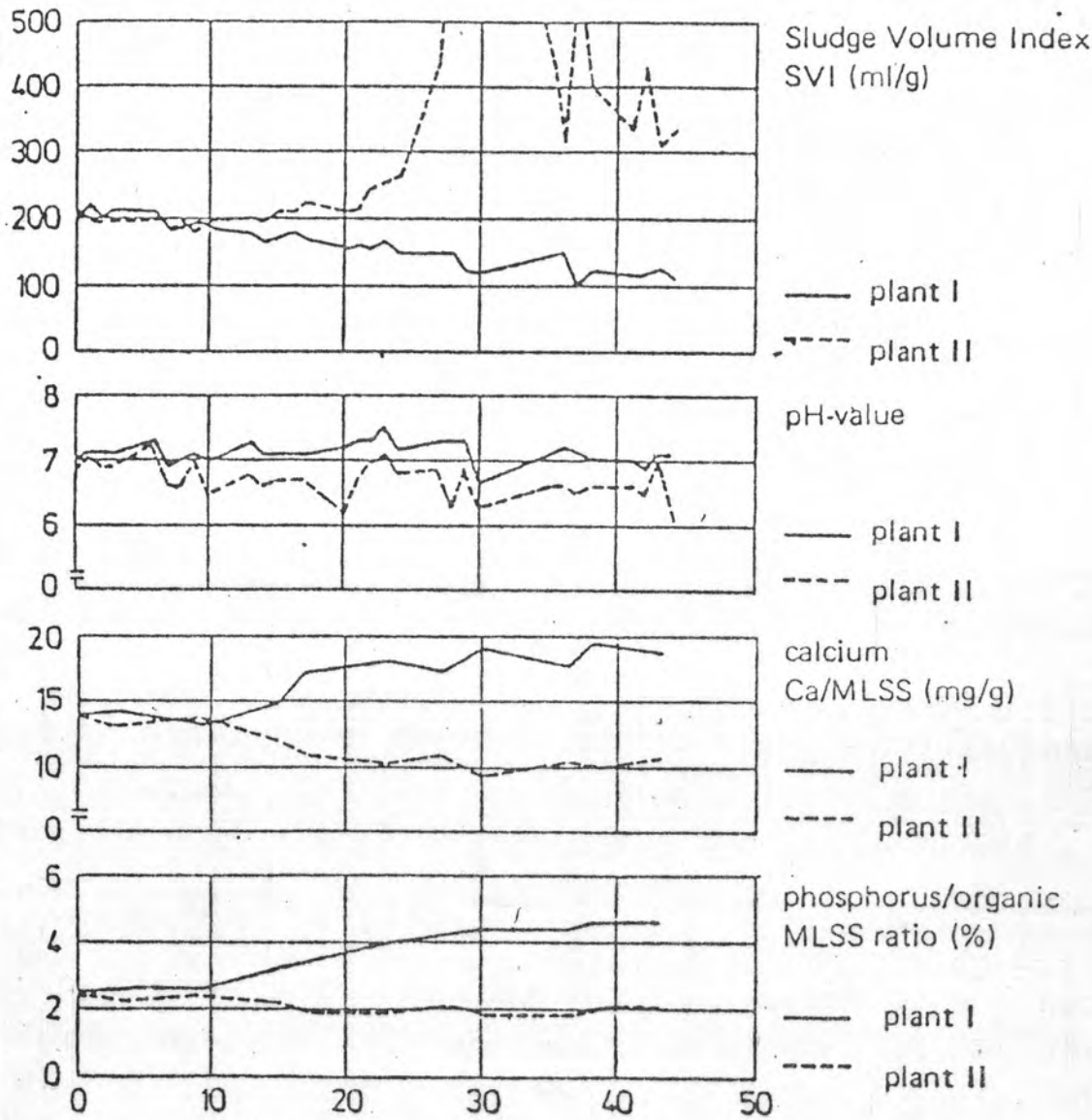
แต่ในระบบที่ไม่มีถังanoxic ซึ่งไม่มีขบวนการ denitrification เกิดขึ้น พบว่า เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง เมื่อทำการทดลองได้ 20 วัน เมื่อดูจากค่า pH ที่เกิดขึ้นจะ เห็นว่าค่า pH ที่ได้ต่ำกว่าระบบที่มีถัง anoxic การ เกิดการฟอร์มตัวของสารประกอบแคล เซียมฟอส เฟตจึงน้อย เป็นผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่จะนำมาใช้ไม่ เพียงพอ เกิดการไม่สมดุลย์ของสารอาหาร

2.6.5 การปรับปรุงวิธีการบ่อนน้ำ เสียในระบบบำบัดน้ำ เสียชนิด conventional

Rensink (16) ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการปรับปรุงพัฒนาระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ชนิด conventional เป็นแบบต่าง ๆ ดูผลการควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลงที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เท่ากัน ดังระบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ระบบการบ่อนน้ำ เสียต่อ เนื่อง (continuous) แบบผสมกันทั่วถึง (completely-mixed)

2. ระบบการบ่อนน้ำ เสียต่อ เนื่อง (continuous) แบบไหลตามแนวยาว (plug flow)



รูปที่ 2.20 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตะกอนกับระยะเวลา ในระบบ I มีถัง anoxic II ไม่มีถัง anoxic (Pipe , 1967)

3. ระบบบ่อนน้ำ เสียชนิด เท(batch) แบบไหลตามแนวยาว (plug flow

4. ระบบบ่อนน้ำ เสียชนิดกึ่งต่อ เนื่อง (semi-continuous) แบบบ่อนน้ำ เสีย เป็นลำดับขั้น (step loading)

5. ระบบบ่อนน้ำ เสียชนิดกึ่งต่อ เนื่อง (semi-continuous) แบบบ่อน ตะกอนจุลินทรีย์ เป็นลำดับขั้น (step sludge)

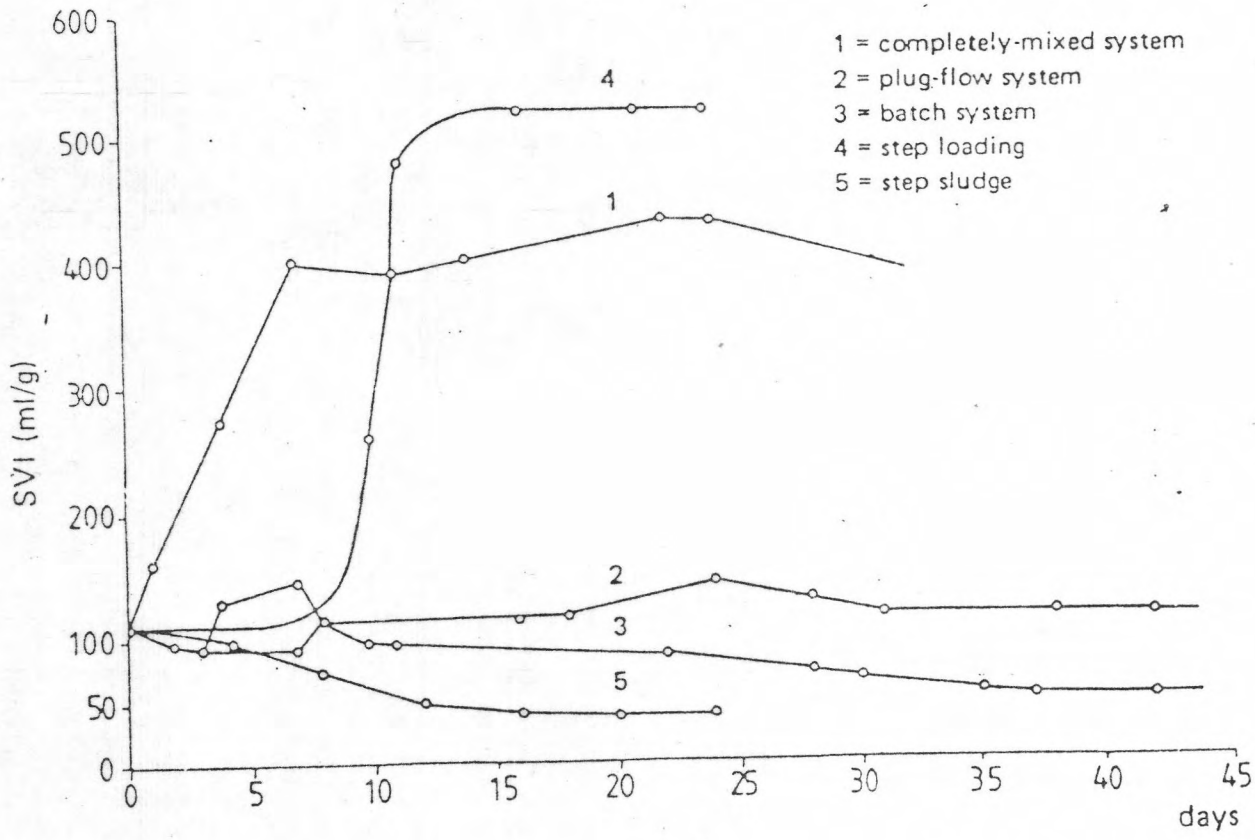
ระบบกำจัดน้ำ เสียแบบที่ 3, 4 และ 5 เป็นวิธีการปรับปรุงระบบกำจัดน้ำ เสียชนิด conventional ซึ่งการปรับปรุง เป็นดังนี้

ระบบกำจัดน้ำ เสียชนิด เทแบบแนวยาว (ideal 'plug flow') เป็นวิธีการใช้วิธีการ เติมและถ่าย (fill-and-draw) มาใช้ในระบบกำจัดน้ำ เสียแบบแนวยาว (plug flow)

ระบบกำจัดน้ำ เสีย "แบบบ่อนน้ำ เสีย เป็นลำดับขั้น" (step loading) เป็นวิธีการปรับปรุงระบบกำจัดน้ำ เสียแบบ conventional ซึ่งแบบ conventional เป็นระบบซึ่งน้ำ เสียไหล เข้าทางตอนต้นของถัง เติมอากาศรวมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่หมุน เวียนกลับมา และกระจายไปตามจุดต่าง ๆ ตามแนวยาวของถัง เติมอากาศ ตะกอนจุลินทรีย์จึงค่อย เจือจางลงจากตอนต้นไปสู่ตอนปลายของถัง เติมอากาศ ฉะนั้นถัง เติมอากาศนับจากตอนต้นไปทางตอนปลายของถังจะได้รับน้ำ เสีย เพิ่มขึ้น เรื่อย ๆ ถัดจากถัง เติมอากาศจะ เป็นถังตกตะกอนซึ่งมีหน้าที่แยก เอาน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากตะกอนจุลินทรีย์ สำหรับการปรับปรุงแก้ไขระบบกำจัดน้ำ เสียแบบ conventional ทำดังนี้

ในระหว่าง เวลาการบ่อนน้ำ เสียให้บ่อนน้ำ เสียต่อ เนื่อง เข้ามา วิธีการทำงาน เช่น เดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น คือตะกอนจุลินทรีย์จะค่อย เจือจางจากตอนต้นไปสู่ตอนปลายของถัง เติมอากาศ หลังจากนั้น เมื่อถึง เวลาที่กำหนดให้หยุดการ เติมอากาศ และบ่อนน้ำ เสีย ปล่อยให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนแยกตัวจากน้ำทิ้งแล้วจึงสูงน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วออกนอกถัง เติมอากาศ ซึ่งวิธีนี้ เรียกว่าทำงานแบบกึ่งต่อ เนื่อง (semi-continuous) เพราะว่าในระหว่างการบ่อนน้ำ เสียการทำงาน เป็นแบบต่อ เนื่อง และในระหว่าง เอาน้ำทิ้งออกนอกถังการทำงาน เป็นแบบ เท (batch) ดังนั้นระบบกำจัดน้ำ เสียแบบ "บ่อนน้ำ เสีย เป็นลำดับขั้น" จึง เป็นการทำงานแบบกึ่งต่อ เนื่อง

i 18046678



รูปที่ 2.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ที่ความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 300 g BOD_5 /kg MLSS day ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ชนิดต่าง ๆ (Rensink, 1979)

ระบบบ่อนน้ำ เสียแบบ "บ่อนตะกอนจุลินทรีย์ลำดับขั้น" (step sludge) วิธีนี้การบ่อน ตะกอนจุลินทรีย์จะกระจายตลอดทั่วทั้งถัง เติมอากาศ จากตอนต้นไปทางตอนปลายของถัง เติมอากาศ วิธีการนี้เป็นวิธีการแบบกึ่งต่อ เนื่อง เพราะว่าการบ่อนตะกอนจุลินทรีย์เป็นแบบต่อ เนื่อง แต่การบ่อน น้ำ เสีย เป็นแบบ เท ตะกอนจุลินทรีย์จะไหลรวบรวมมายังถัง เติมอากาศอีกถังหนึ่งคง เหลือตะกอนจุลินทรีย์ ส่วนน้อยยังอยู่ในถัง เติมอากาศถังหลัก แล้วจึง เทน้ำ เสียทั้งหมดลงในถัง เติมอากาศถังหลักจน เต็ม หลังจากนั้นอีก 2 ชั่วโมงจึงสูบตะกอนจุลินทรีย์จากถัง เติมอากาศอีกถังหนึ่ง เข้าสู่ถัง เติมอากาศถังหลัก การทำงาน เช่นนี้จึง เป็นการทำงานแบบกึ่งต่อ เนื่อง เพราะว่าการบ่อนตะกอนหมุน เวียน เป็นการบ่อน ตะกอนแบบต่อ เนื่อง

ในการทดลองการทำงานทั้ง 5 แบบ ใช้น้ำ เสียสัง เคราะห์ซึ่งมีกลูโคส เป็นส่วนประกอบ สำคัญ และมีความจุของถัง เติมอากาศ ประมาณ 12 ลิตรควบคุมความ เข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ ประมาณ 2 g/l โดยการ เอา ตะกอนส่วนที่ เกินทิ้งออกไปทุกวัน และใช้ตะกอนจุลินทรีย์ เริ่มต้น เหมือนกัน คือ เอามาจากระบบกำจัดน้ำ เสียแบบ เท ซึ่งผลการทดลอง เป็นดังนี้ ตามรูป 2.21

ในระบบบ่อนน้ำ เสียแบบ เทชนิดแนวยาว (ideal 'plug flow') มีค่า เอสวีไอต่ำตลอด ช่วงการทดลอง ซึ่งมีค่าประมาณ 50 ml/g ตะกอนจุลินทรีย์ เป็นแบคที เรียพวกฟล้อคที่ตกตะกอน และอัดตัวได้ดี

ในระบบบ่อนน้ำ เสียแบบกึ่งต่อ เนื่องชนิดบ่อนน้ำ เสียตามลำดับขั้น เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง หลังจากการทดลอง เพียง 2 วัน พบแบคที เรียที่เป็น เส้นใยจำพวกSphaerotilus natans เกิดขึ้น

ในระบบบ่อนน้ำ เสียแบบกึ่งต่อ เนื่องชนิดบ่อนตะกอนตามลำดับขั้น มีค่า เอสวีไอต่ำ และคงตัว ไม่มีปัญหาตะกอนจมไม่ลงในระหว่างการทดลอง

ในระบบบ่อนน้ำ เสียแบบต่อ เนื่องผสมกันทั่วถึง เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง เนื่องจากค่า เอสวีไอ เพิ่มขึ้น เรื่อย ๆ แบคที เรียที่เป็น เส้นใยที่พบคือพวก Spaerotilus natans ส่วนในระบบ บ่อนน้ำ เสียแบบต่อ เนื่องชนิดการไหลตามแนวยาว ในระหว่างการทดลองไม่ เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง ตะกอนจุลินทรีย์มีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนต่ำ และมีค่าสม่ำ เสมอ

2.7 <u>ความเป็นมาในการแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลง</u>

นับตั้งแต่มีการเริ่มค้นคว้าและพัฒนาระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์มาเป็นระยะเวลา 65 ปีแล้ว ในระยะแรกเริ่มที่มีการทดลองใช้ที่เมือง Manchester เป็นกรรมวิธีที่เรียกว่าแบบเท (fill-and draw method) กรรมวิธีนี้เป็นวิธีการปล่อยน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง และเป่าอากาศเข้าไปในถังเติมอากาศอีกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงปล่อยให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนอีก 2 ชั่วโมง น้ำใสที่แยกตัวอยู่เหนือชั้นตะกอนจะถูกปล่อยทิ้งออกไป โดยใช้เวลาในช่วงสุดท้ายอีก 1 ชั่วโมง แล้วจึงเริ่มปล่อยน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศเพื่อเริ่มการทำงานใหม่ จากการทำงานพบว่าไม่มีปัญหาตะกอนจมไม่ลง

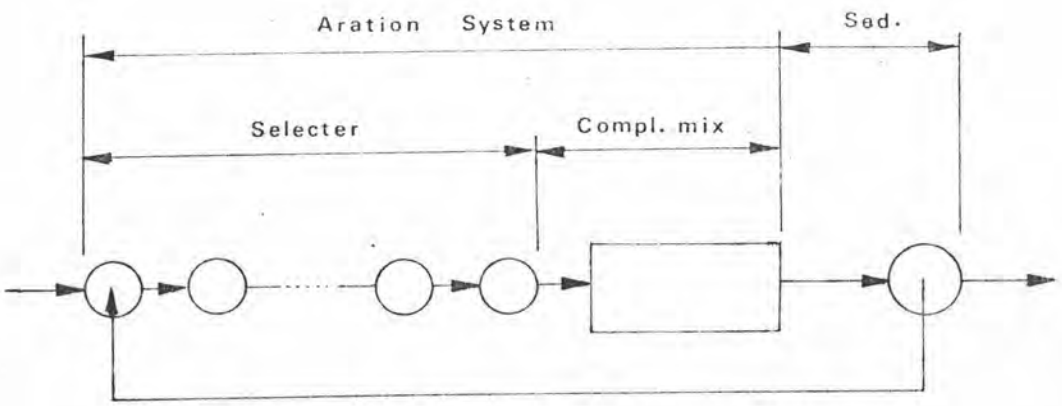
ในระยะต่อมาระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ได้รับการพัฒนาให้มีการป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าถังเติมอากาศอย่างต่อเนื่องและมีการสูบหมุนเวียนตะกอนจากก้นถังตกตะกอนเข้าสู่ถังเติมอากาศ เพื่อรักษาปริมาณตะกอนในถังเติมอากาศ ระบบนี้มักจะพบปัญหาตะกอนจมไม่ลงในถังตกตะกอน โดยเฉพาะหากถังเติมอากาศมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์มาก หรือมีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผสมเข้ามาเป็นอัตราสูง

ต่อมาได้มีการพัฒนารูปแบบของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ขึ้นอีกหลายชนิด เช่น ระบบ contact stabilization โดย ULLRICH และ SMITH 1951, 1957[17] ซึ่งได้ใช้แก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลงในระบบกำจัดน้ำเสีย ที่เมือง Austin Texas โดยการปรับปรุงเปลี่ยนรูปแบบระบบแอคติเวทเต็ดจ์ แบบ conventional ให้เป็นแบบที่เรียกกันว่า "Biosorption" หรือที่เรียกกันว่า contact-stabilization จากการแก้ไขนี้พบว่าระบบนี้สามารถแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลงและสามารถรับปริมาณน้ำเสียเพิ่มจากเดิมที่ได้ออกแบบเอาไว้ขนาด 6 ล้านแกลลอน/วัน มาเป็น 16 ล้านแกลลอน/วัน

Pasveer 1969[18] ได้พัฒนาระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ เป็นระบบที่รู้จักและใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน คือระบบกำจัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (oxidation - ditch) Pasveer ได้ใช้เทคนิคการป้อนน้ำเสียแบบเท (fill-and-draw) มาใช้ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน พบว่าได้ผลดีในการควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง แต่ถ้าช่วงเวลาการป้อนน้ำเสียยาวนาน

เกินไป ตะกอนจุลินทรีย์จะมีปัญหาตะกอนจมไม่ลง เช่นเดียวกัน Pasveer สรุปว่าการป้อนน้ำเสียที่มีช่วงเวลายาวคล้ายกับการป้อนน้ำเสียแบบต่อเนื่อง และผสมกันทั่วถึง (completely-mixed) เพราะผลที่ได้ให้ carbonaceous substrate loading ต่ำเช่นเดียวกัน

Chudoba 1973[19] ได้ทำการทดลองหาวิธีในการควบคุมและแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลงด้วยการแบ่งถังเติมอากาศเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเรียกว่าเซเลคเตอร์ (selector) ถังเติมอากาศส่วนนี้แบ่งออกเป็นหลายถัง กับส่วนหลังเป็นถังเติมอากาศแบบผสมกันทั่วถึง (completely-mixed) ตามรูป 2.22



รูป 2.22 เครื่องมือการทดลองของ Chudoba

ปรากฏว่าระบบดังกล่าวใช้ได้ผลในการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลง ซึ่งเคยเกิดขึ้นในระบบป้อนน้ำเสียแบบผสมกันทั่วถึง Chudoba ได้กล่าวว่าในส่วนเซเลคเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีตามแนวยาว (COD gradient along the system) เกิดสภาวะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวกฟล้อค

Rensink 1974[14] ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ แบบผสมกันอย่างทั่วถึง (completely-mixed) และแบบไหลตามแนวยาว (plug flow) ในเครื่องทดลองต้นแบบ (pilot plot) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบป้อนน้ำเสีย

อย่างทั่วถึงมีค่ามากกว่า 100 กรัมบีโอดี/กิโลกรัม MLSS-วัน จะเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง แต่ในระบบบ้อนน้ำเสียแบบไหลตามแนวยาวจะไม่มีปัญหาตะกอนจมไม่ลงเกิดขึ้น ถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำกว่า 0.5 กิโลกรัมบีโอดี/กิโลกรัม MLSS-วัน

Rensink 1977 [16] ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการทำงานของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 3 ระบบ คือ (i) แบบที่ไม่มีถังคอนแทค (contact tank) (ii) แบบมีถังคอนแทครูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular tank) (iii) แบบมีถังคอนแทคเป็นแบบถังผสม (mixing tank) ตามรูป

จากการทดลองพบว่าแบบมีถังคอนแทคเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้ผลในการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลงได้ดีที่สุด

Houtmeyer 1980 [15] ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลการป้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ (intermittenly fed) ที่มีต่อการควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดต่างๆ เช่นใช้ glucose อย่างเดียว, glucose ผสมกับ nutrient broth starch เป็นต้น จากผลการทดลองที่ได้พบว่าการป้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ สามารถควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลงอย่างได้ผล ในขณะที่การทดลองป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลงอยู่เสมอ

San-Eun Lee, Koopman และ Jenkins 1982 [20] ได้ทดลองวิธีแบ่งถังเติมอากาศเป็น 2 ถัง, 3 ถัง, 4 ถัง, 8 ถัง, และ 16 ถัง ตามขนาดถังต่าง ๆ กันเป็น 9 แบบ ทดลองป้อนน้ำเสียต่อเนื่องที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.25 กรัมบีโอดี/กรัมMLVSS จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าแบบแบ่งถังเติมอากาศเป็น 16 ถัง (โดย 8 ถังแรกมีขนาด 1/32 ของความจุทั้งหมด และ 8 ถังหลังมีความจุ 3/32 ของความจุทั้งหมด) ใช้ป้องกันการเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลง สำหรับแบบแบ่งถังเติมอากาศเป็น 16 ถัง (โดย 2 ถังแรกมีขนาด 1/72 และถังที่ 3 ถึงถังที่ 8 มีความจุ 1/32 ของความจุรวม และถังที่ 9 ถึงถังที่ 16 มีความจุเท่ากับ 1/10 ของความจุรวม) พบว่าสามารถทั้งป้องกันและแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลงได้

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลงโดยใช้ถังเติมอากาศจำนวน 6 ถัง ให้ทำงานสลับกันตามลำดับและป้อนน้ำเสียเข้าแบบต่อเนื่อง ซึ่งพบว่าสามารถทั้งป้องกันและแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลงในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ได้เป็นอย่างดี เมื่อเทียบกับระบบถังเติมอากาศถังเดียวที่มีปริมาตร และตัวควบคุมอื่น ๆ ค่าเดียวกัน