

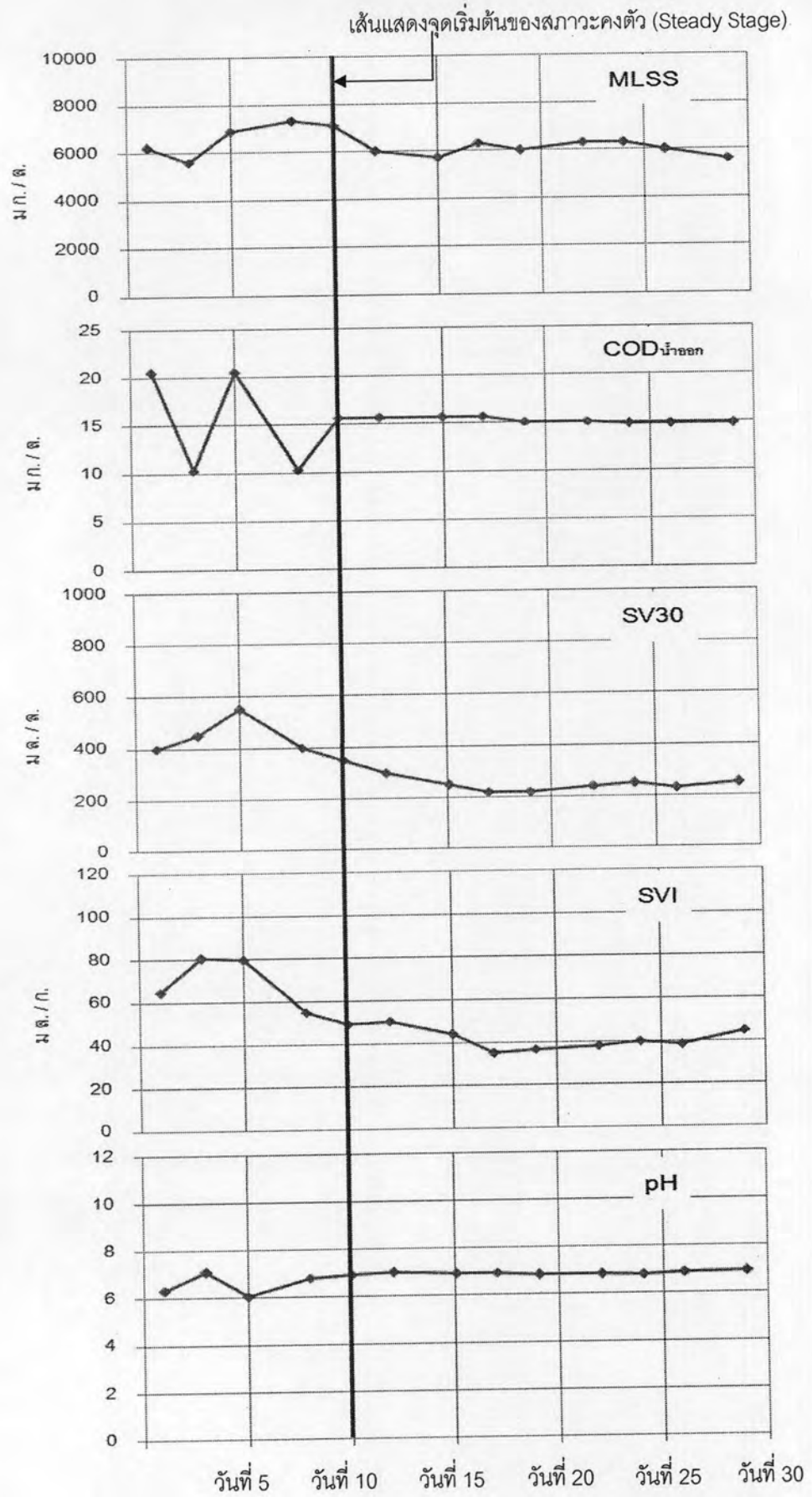
บทที่ 4

ผลการวิจัย

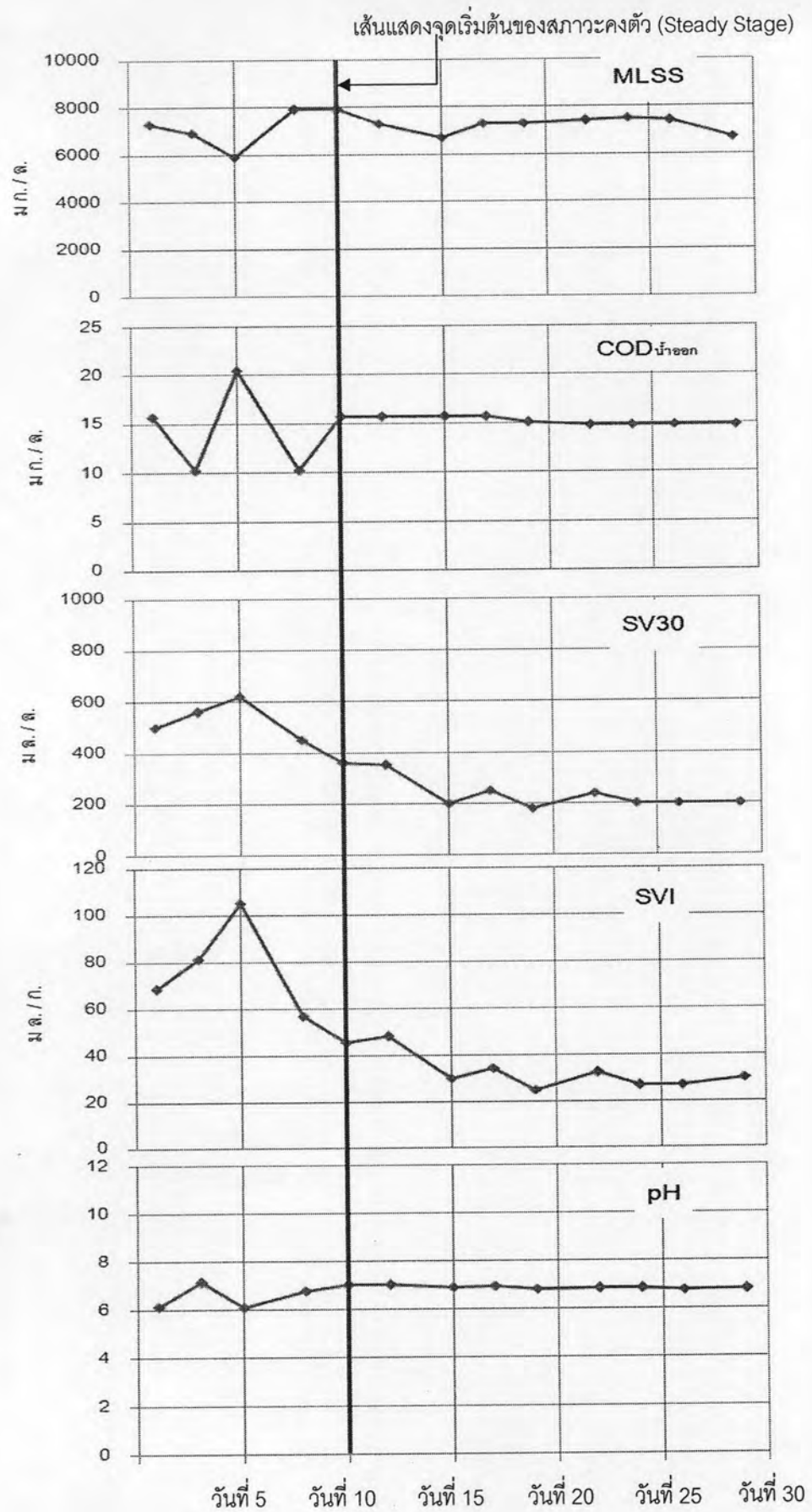
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของการเลี้ยงตะกอนจุลชีพในระบบเอเอสจากงานวิจัย

จากขั้นตอนการทดลองตอนที่ 1 ในหัวข้อที่ 3.4.1 เกี่ยวกับการทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพของการตกตะกอนด้วยวัสดุช่วยตกตะกอนที่มีชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ ซีไอดี, เอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส, พีเอส, เอสวี30, และ เอสวีไอ ค่าที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมดูแล รักษา ระบบ ตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของระบบเมื่อมีสภาวะแตกต่างกัน นำไปใช้ศึกษาความเข้ากันได้ของสไลด์จ์กับวัสดุช่วยตกตะกอน และใช้เพื่อการวิเคราะห์หาสภาวะคงที่ (Steady State) ของตะกอนจุลชีพที่ทำการเลี้ยง ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวได้แสดงไว้บนตารางบันทึกผลการทดลองของแต่ละถังปฏิกรณ์ โดยที่แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข.

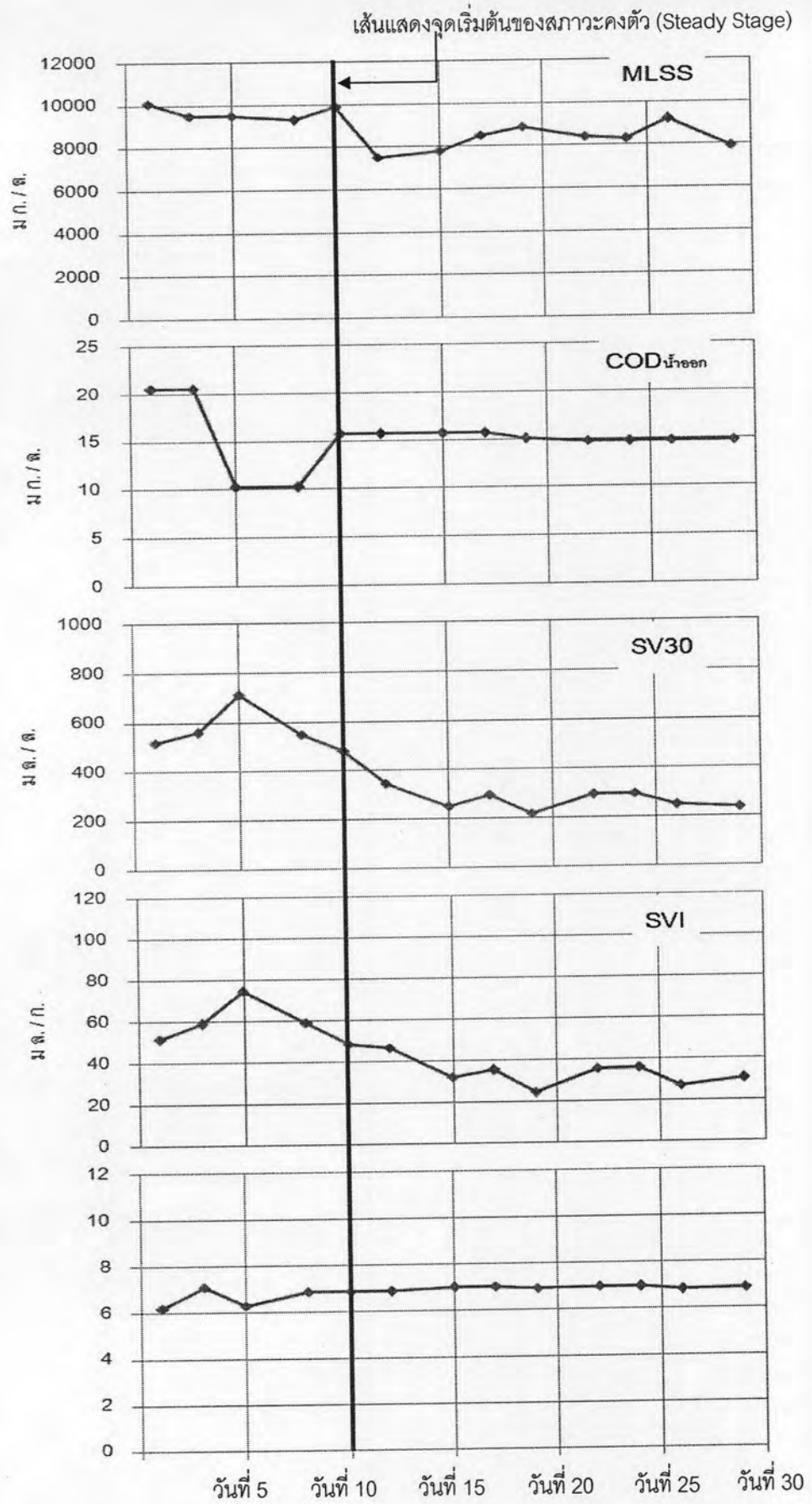
ในหัวข้อนี้จะแสดงผลของการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่มีการเติมทาล และ ถ่านกัมมันต์ชนิดผง ที่ความเข้มข้น 0%, 20%, 50%, และ 80% (WW) ตามลำดับ ด้วยกราฟเส้น ที่มีแกนนอนเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง และแต่ละรูปจะเขียนเส้นแสดงวันที่เริ่มต้นของระยะที่เรียกว่าสภาวะคงที่ (Steady State) ไว้ โดยได้แสดงผลการทดลองด้วยกราฟรูปที่ 4.1-4.4 จะแสดงผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่มีการเติมทาล และรูปที่ 4.5-4.8 จะแสดงผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ซึ่งภาพดังกล่าวแสดงไว้ดังต่อไปนี้



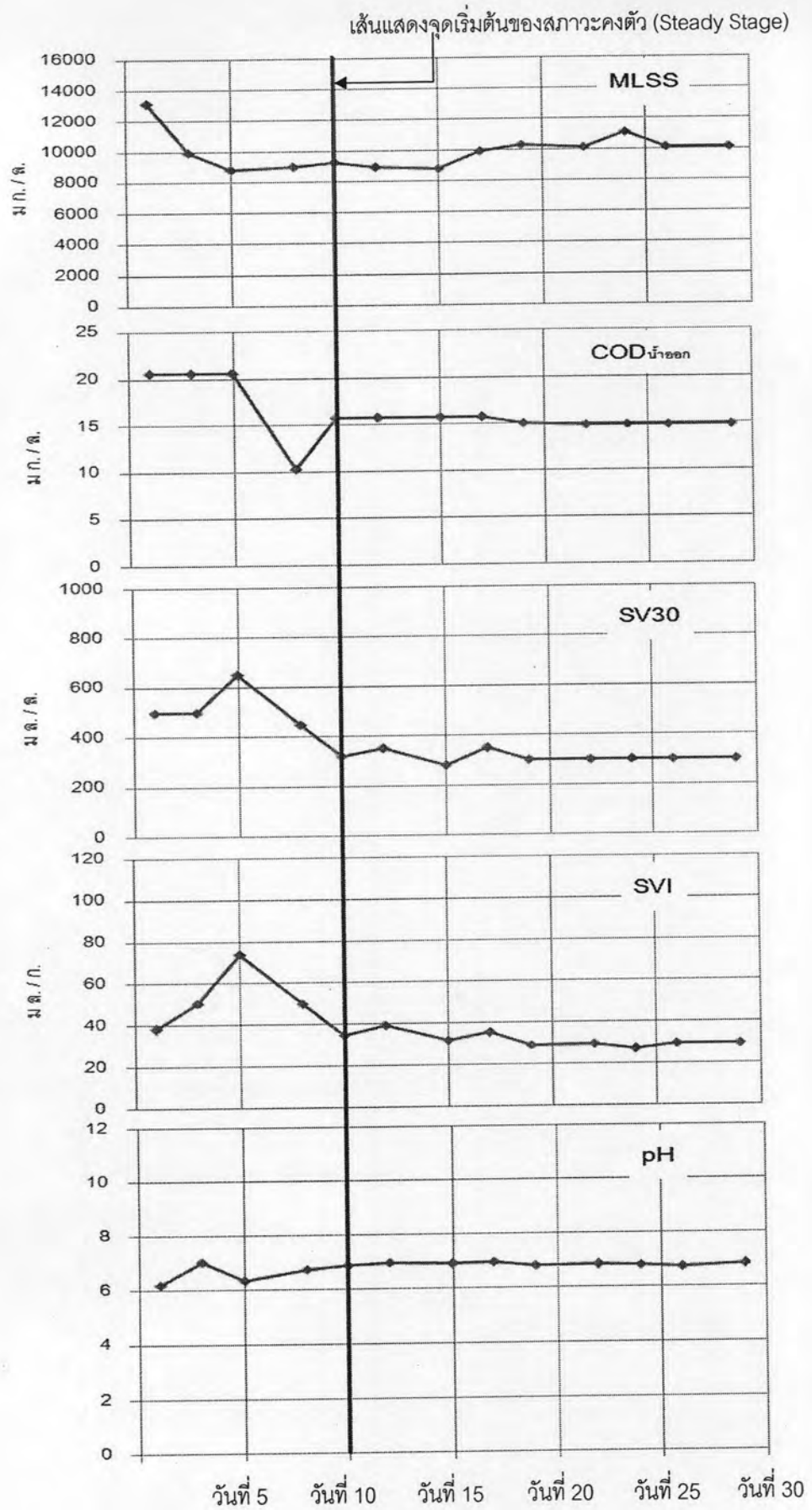
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่ไม่มีสารเติมทาล (0% (W/W))



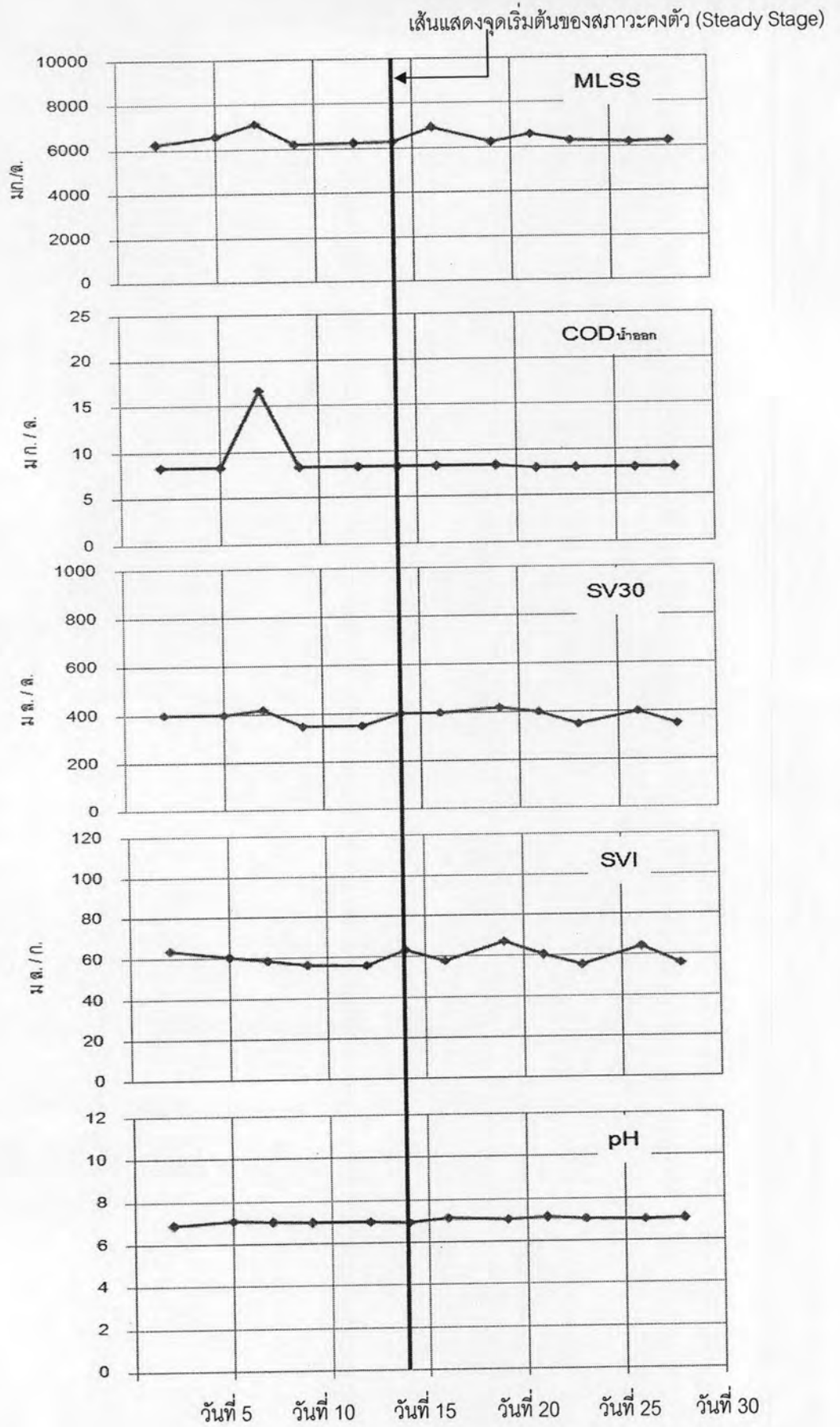
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่มีการเติมทาล 20% (WW)



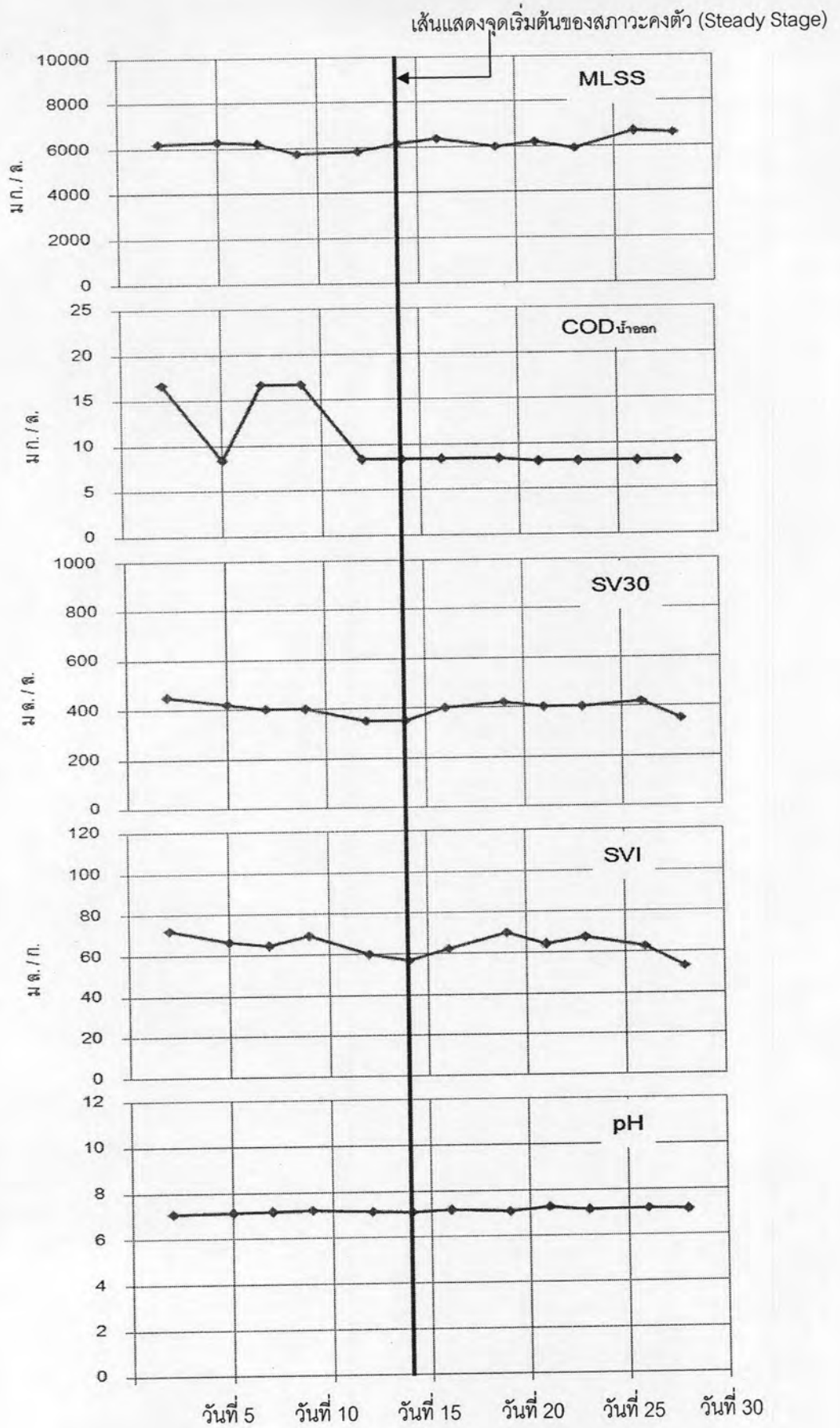
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่มีการเติมทาล 50% (W/W)



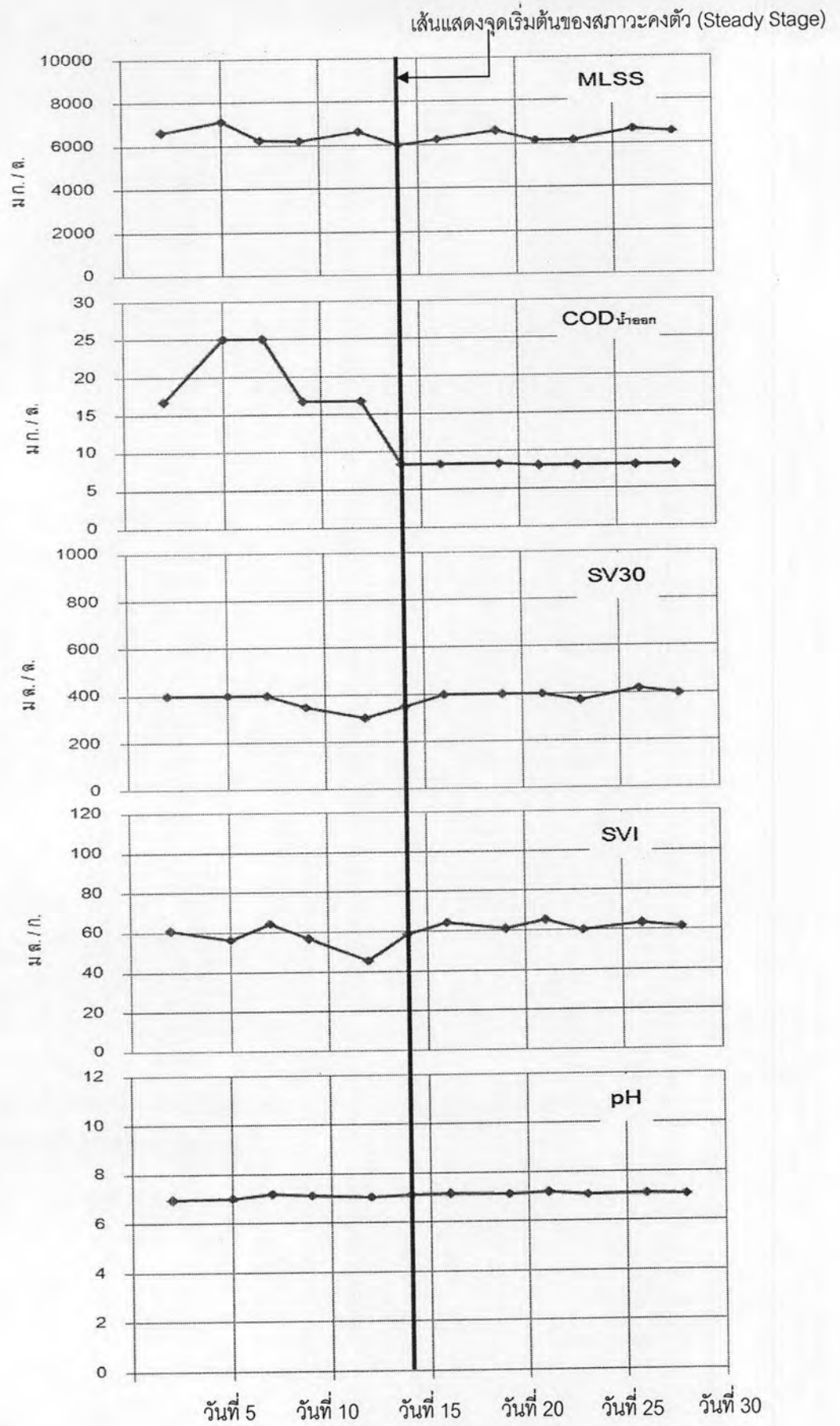
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิบัติการที่มีการเติมทาล 80% (W/W)



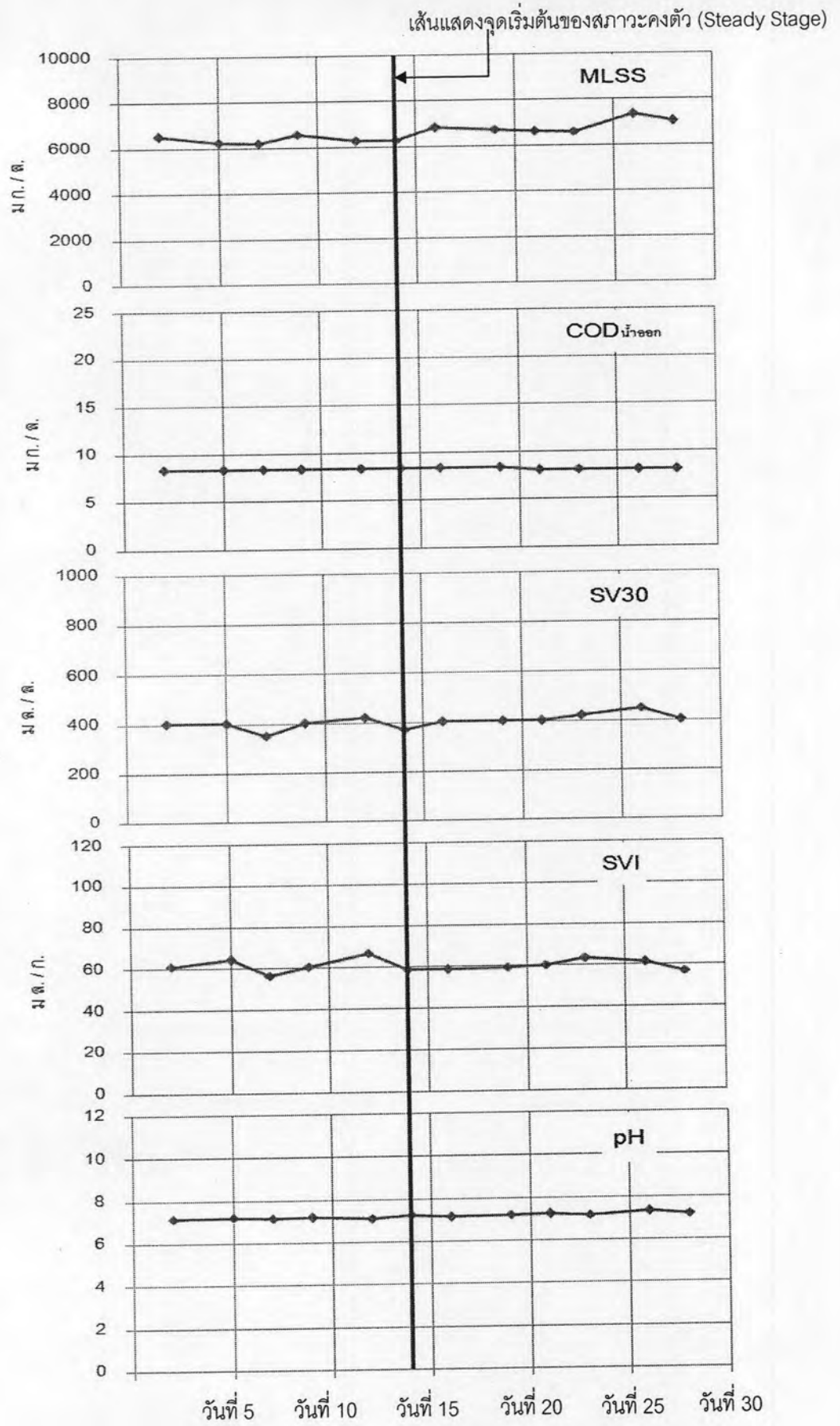
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์ที่ไม่มีกรเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกริยา
ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง 20% (W/W)



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกริยา
ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง 50% (W/W)



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในถังปฏิกรณ์
ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง 80% (W/W)

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองนี้มีความสำคัญมากต่องานวิจัย เนื่องด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์ แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบในแต่ละวัน มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดูแลระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยนี้ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์มีนัยสำคัญอยู่ 2 ประการคือ ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถบ่งชี้ถึงว่าวัสดุช่วยตกตะกอนไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบ และสามารถบ่งบอกได้ถึงระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) ของระบบ

ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ พบว่าการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนด้วยปริมาณต่างๆ นั้น ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่จะไม่แตกต่างกันมากนัก โดยจะมีความแตกต่างก็แต่เพียงค่าเอ็มแอลเอสเอส และ เอสวี30 เท่านั้น ซึ่งมีเหตุผลและมีความเป็นไปได้ กล่าวคือเมื่อมีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนไปรวมกับสลัดจ์เป็นการเพิ่มมวลให้กับสลัดจ์ โดยเมื่อมีมวลของสลัดจ์สูงขึ้นการตกตะกอนแบบอัดตัวที่เกิดขึ้นก็จะอัดตัวได้ช้าลง การวิเคราะห์ด้วย เอสวี30 จึงน่าจะมีค่าที่สูงขึ้น ส่วนของค่าเอ็มแอลเอสเอส เมื่อมีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนเข้าไปเพิ่ม ก็เป็นเหมือนการเพิ่มของแข็งแขวนลอยและเพิ่มมวลให้กับระบบ ดังนั้นค่า เอ็มแอลเอสเอสก็จะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนว่าการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนทั้ง 2 ชนิด มิได้ทำให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ซีไอดีและพีเอช เปลี่ยนแปลงไปมากนัก ดังนั้นถ้าวิเคราะห์ด้วยข้อมูลจากพารามิเตอร์ต่างๆ เพียงอย่างเดียว อาจสรุปได้ในขั้นต้นว่าวัสดุช่วยตกตะกอนทั้ง 2 ชนิด หรือในทุกๆ ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอน ไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบ

ยิ่งไปกว่านั้น จากผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ ค่าเอ็มแอลวีเอสเอสและค่าเอ็มแอลเอสเอส จากตารางบันทึกผลการเลี้ยงตะกอนจุลชีพในภาคผนวก ข. เมื่อนำมาเปรียบเทียบในรูปของเปอร์เซ็นต์เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าในชุดควบคุมของทั้งถึงปฏิบัติการในชุดการทดลองที่มีการเติมทาลและถ่านกัมมันต์ชนิดผง มีเปอร์เซ็นต์เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอส (% MLVSS/MLSS) สูงถึง 80% ขึ้นไป ซึ่งค่าเอ็มแอลวีเอสเอส สามารถบ่งบอกได้ถึงเซลล์หรือปริมาณของจุลชีพที่มีอยู่จริงในระบบได้แม่นยำกว่าค่าเอ็มแอลเอสเอส และเปอร์เซ็นต์เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอส สามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณของจุลชีพเมื่อเทียบกับปริมาณของแข็งแขวนลอยที่อยู่ในระบบ จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอส พบว่าทั้งในชุดการทดลองที่มีการเติมทาล และถ่านกัมมันต์ชนิดผง จะมีแนวโน้มโดยรวมสูงกว่า 80% ตลอดทั้งการทดลอง เช่นเดียวกันกับในชุดควบคุม โดยเฉพาะในชุดที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง จะมีค่าสูงกว่า 80% ตลอดทั้งการทดลอง โดยผลดังกล่าวสามารถบ่งชี้ได้ถึงปริมาณ จุลชีพที่อาศัยอยู่ในระบบมีปริมาณที่สูง เป็นผลดีกับระบบส่งผลให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนสามารถช่วยยืนยันได้ว่า วัสดุช่วยตกตะกอนนั้น ไม่มีผลเสียใดๆ ต่อจุลชีพในระบบ

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสของสลัดจ์ที่มีการเติมทาลในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาในการทดลองแตกต่างกัน

วันที่ ทดลอง	% MLVSS / MLSS ของปริมาณทาล (%)			
	ชุดควบคุม	20%	50%	80%
1	81	83	82	80
8	85	85	97	94
15	83	71	58	45
22	87	84	87	81
29	91	85	80	80

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาในการทดลองแตกต่างกัน

วันที่ ทดลอง	% MLVSS / MLSS ของปริมาณถ่านกัมมันต์ชนิดผง (%)			
	ชุดควบคุม	20%	50%	80%
2	82	85	81	80
9	83	80	82	81
16	83	80	98	83
23	85	81	85	84

จากผลการเลี้ยงตะกอนจุลชีพได้เสนอค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงไว้ในรูปข้างต้น พบว่าในกลุ่มของถังปฏิกริยาที่มีการเติมทาลเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน ซึ่งเริ่มต้นเลี้ยงตะกอนจุลชีพในวันที่ 6 สิงหาคม โดยเมื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละค่ามาเขียนกราฟเปรียบเทียบ โดยที่ใช้แกนนอน เป็นระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองเท่ากันทุกค่าพารามิเตอร์ พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการเดินระบบนั้นค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะมีค่าขึ้นลงไม่คงที่ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงระยะหนึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คงที่ ซึ่งเรียกช่วงระยะเวลานั้นว่า สภาวะคงที่ (Steady State) โดยวันที่เริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) คือวันที่ 16 สิงหาคม ซึ่งเป็นวันที่ 10 ของการทดลอง และในลักษณะเดียวกันกับการเลี้ยงตะกอนจุลชีพของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนจะมีระยะเวลาช่วงปรับตัว และช่วงที่เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) เช่นเดียวกัน โดยจะมีวันที่เริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่คือวันที่ 19 กันยายน ซึ่งเป็นวันที่ 13 ของการทดลอง จากผล

ทดลองดังกล่าว จะสังเกตเห็นว่าการเดินระบบของการทดลองนี้จะใช้ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะคงที่เพียง 10 ถึง 13 วันในทุกถึงปฏิกิริยา ที่เป็นเช่นนี้เพราะสลัดจ์ที่นำมาใช้เริ่มต้นเดินระบบ เป็นสลัดจ์ที่ดีนำมาจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน มีอายุพอเหมาะไม่มากไม่น้อยจนเกินไป มีความสามารถในการตกตะกอนที่ดี ปรับตัวรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้น้ำตาลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนได้เป็นอย่างดี ซึ่งน้ำตาลทรายเป็นสารที่จุลินทรีย์ย่อยได้ง่าย มีราคาถูก เป็นที่นิยมใช้สำหรับเป็นน้ำเสียสังเคราะห์อย่างแพร่หลาย

ผลการทดลองในหัวข้อนี้ จะถูกนำมาใช้อธิบายความหมายของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง โดยจะทำการวัดค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนในระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 10 วัน ($1\theta_c$), 20 วัน ($2\theta_c$), และ 30 วัน ($3\theta_c$) กล่าวคือ การทดลองวัดค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่ระยะเวลา 10 วันหรือมีค่าเท่ากับ 1 เท่าของอายุสลัดจ์ ($1\theta_c$) จะเป็นตัวแทนของระยะเวลาเริ่มต้นของการทดลองโดยที่สลัดจ์จะยังไม่อยู่ในสภาวะคงที่ ส่วนที่การทดลองในวันที่ 20 หรือมีค่าเท่ากับ 2 เท่าของอายุสลัดจ์ ($2\theta_c$) และวันที่ 30 หรือมีค่าเท่ากับ 3 เท่าของอายุสลัดจ์ ($3\theta_c$) จะหมายถึงการทดลองที่ทำในสภาวะคงที่ (Steady State) ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดจะได้นำเสนอในหัวข้อต่อไป

4.2 ผลการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล

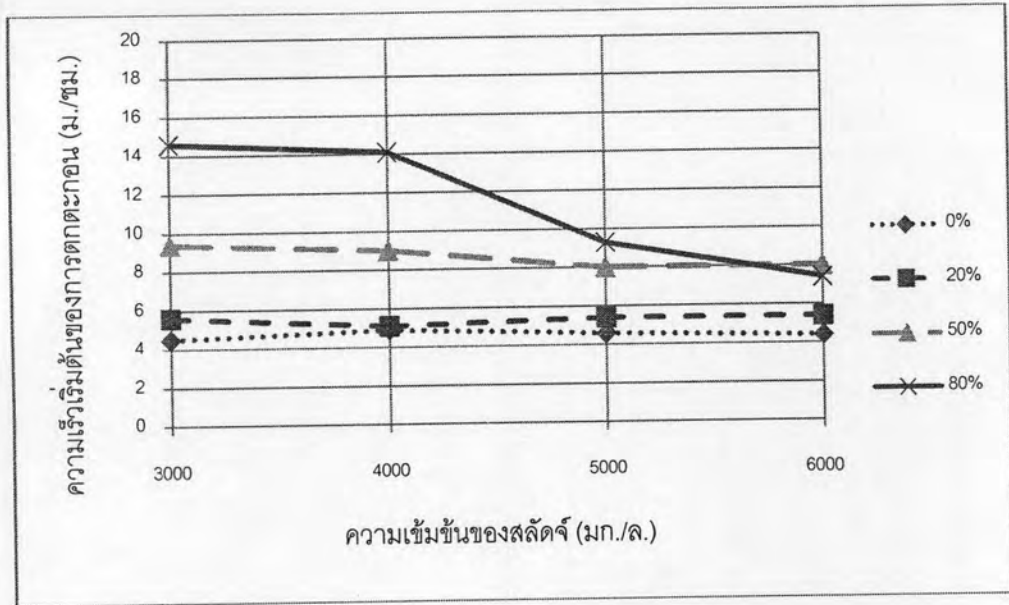
4.2.1 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาลในปริมาณต่างๆ

การทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ โดยวัดค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ในถึงปฏิกิริยาที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ค่า โดยใช้ความเข้มข้นของสลัดจ์ในถึงปฏิกิริยาในรูปของเอ็มแอลเอสเอส ที่มีค่าเท่ากับ 3,000, 4,000, 5,000, และ 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าความเข้มข้นทั้ง 4 ค่าเป็นค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาเจือจาง โดยใช้วิธีการคำนวณโดยการเทียบบัญญัติไตรยาง ดังที่อธิบายในหัวข้อ 3.4.4 ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นของสลัดจ์ต่ำกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นการตกตะกอนได้ไม่ชัดเจน สลัดจ์มีลักษณะขุ่น ฟุ้งกระจายไม่สามารถสังเกตเห็นการแยกชั้นสลัดจ์กับชั้นน้ำใส (Interface) ได้ และที่ความเข้มข้นสลัดจ์สูงกว่า 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สลัดจ์ก็จะตกตะกอนได้ช้ามาก ด้วยเหตุนี้จึงได้กำหนดความเข้มข้นของสลัดจ์ที่เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถวัดความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนให้เห็นได้อย่างชัดเจน เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ค่าทั้ง 4 ค่าซึ่งเหมาะสม

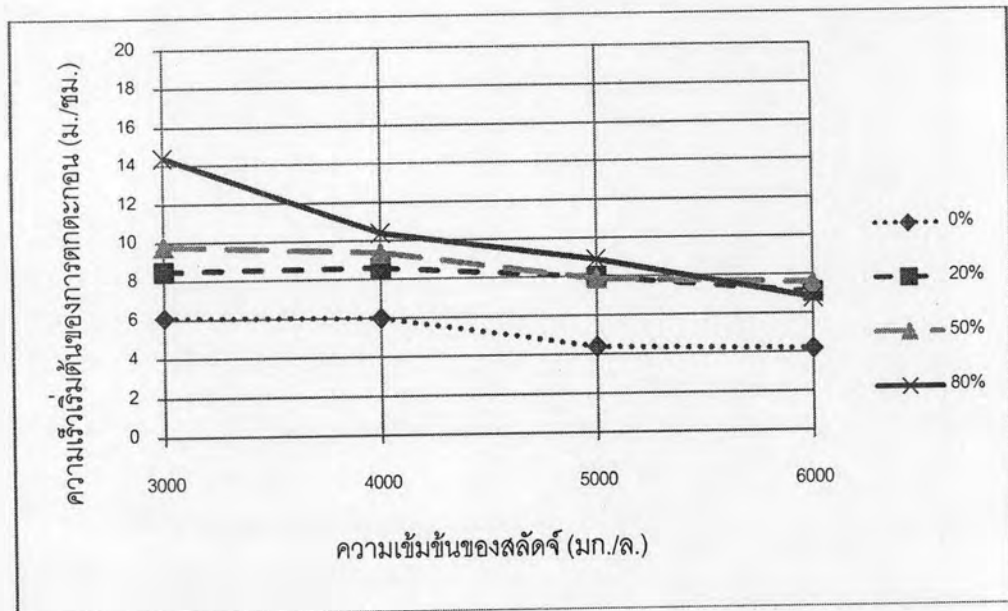
ที่สุดในการวัดความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ในงานวิจัยนี้และกำหนดให้ใช้ค่าทั้ง 4 กับทุกชุดการทดลองเท่ากันทั้งหมด เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนได้ในทุกเงื่อนไขของการทดลอง ทั้งที่กราฟข้อมูลค่าความเร็วของการตกตะกอนจากการวัดค่าเบื้องต้น กราฟแสดงค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่ได้ทำการวิเคราะห์ สมการเส้นตรง และค่าความชันของกราฟ ตลอดจนตารางแสดงค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนในงานวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ซึ่งความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาลเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และกราฟแสดงค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนดังกล่าวได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.9-4.11 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาที่ดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

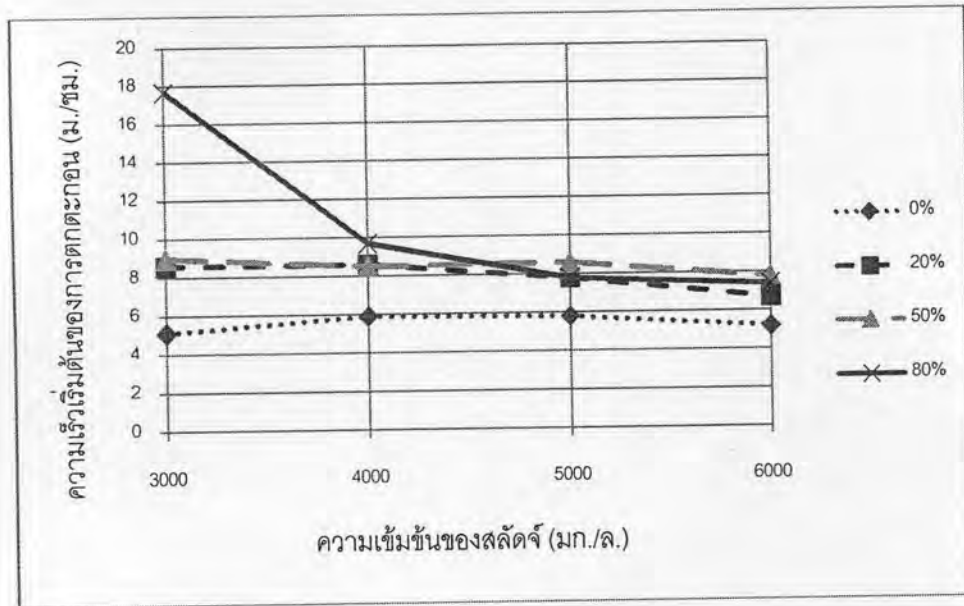
ระยะเวลาดำเนินการทดลอง	ปริมาณทาล (W/W)	ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ (มก./ล.)			
		3,000	4,000	5,000	6,000
$1\theta_c$	0%	4.5	4.9	4.6	4.4
	20%	5.6	5.1	5.4	5.4
	50%	9.4	9.0	8.0	8.0
	80%	14.6	14.1	9.3	7.4
$2\theta_c$	0%	6.1	6.0	4.4	4.2
	20%	8.5	8.6	8.0	7.1
	50%	9.8	9.4	7.9	7.6
	80%	14.4	10.4	8.9	6.8
$3\theta_c$	0%	5.1	5.9	5.8	5.2
	20%	8.6	8.6	7.8	6.7
	50%	9.0	8.5	8.6	7.8
	80%	17.7	9.7	7.8	7.4



รูปที่ 4.9 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$



รูปที่ 4.10 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $2\theta_c$



รูปที่ 4.11 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $3\theta_c$

ผลการทดลองในขั้นตอนนี้ แสดงผลของปริมาณทาลที่มีต่อการตกตะกอนของสลัดจ์ในระบบ เอเอส ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจากทดลอง มีค่าสูงสุดคือ 17.7 เมตรต่อชั่วโมง ที่ปริมาณทาล 80% (WW) ด้วยสลัดจ์ความเข้มข้น 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลาดำเนินการทดลองทดลอง $3\theta_c$ และมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 5.1 เมตรต่อชั่วโมง ที่ปริมาณทาล 20% (WW) ด้วยความเข้มข้นสลัดจ์ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลาของการทดลอง 1 เท่าของ θ_c

เมื่อทำการศึกษาลักษณะของค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจากการทดลอง พบว่าในทุกความเข้มข้นของสลัดจ์ เมื่อเติมทาลที่ปริมาณสูงขึ้นค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจะสูงขึ้นตามไปด้วย หรือกล่าวได้ว่าปริมาณทาลจะแปรผันตรงกับความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bidault (Bidault, 1997) ที่ว่าการเติมทาลที่ปริมาณเพิ่มขึ้น ขนาดของฟล็อกก็จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ด้วยผลดังกล่าว เมื่อฟล็อกมีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะทำให้ความหนาแน่น และน้ำหนักของฟล็อกสูงขึ้นตาม ดังนั้นการตกตะกอนจึงเกิดได้เร็วขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงอาจสรุปได้ว่า ทาลสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการตกตะกอนได้ และปริมาณของทาลส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการตกตะกอน

จากผลการทดลองดังกล่าว สังเกตได้ว่าค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมทาล หรือชุดควบคุมนั้น (0% (WW)) จะมีค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนต่ำกว่าสลัดจ์ที่มีการเติมทาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$ พบว่าจะมีค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนต่ำกว่า 5 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งในทางทฤษฎี ถือว่าเป็นการ

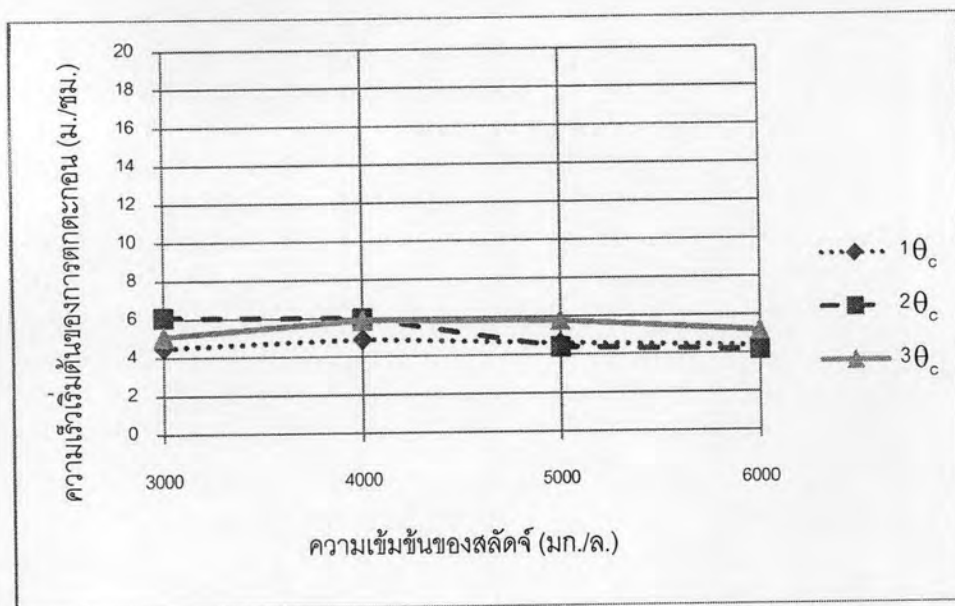
ตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพไม่ดี (Water Environment Federation, 2005) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ตั้งแต่ปริมาณ 20% (W/W) ขึ้นไป พบว่ามีค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนสูงกว่า 5 เมตรต่อชั่วโมง ตลอดทั้งการทดลอง ซึ่งเป็นผลการทดลองที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Piirtola (Piirtola, 1999) ที่กล่าวไว้ว่าการเติมทาลลงในสลัดจ์จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการตกตะกอน ซึ่งการเติมทาลในปริมาณน้อยประมาณ 10% (W/W) ก็เพียงพอที่จะช่วยให้ประสิทธิภาพในการตกตะกอนดีขึ้นได้

4.2.2 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ในระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกัน

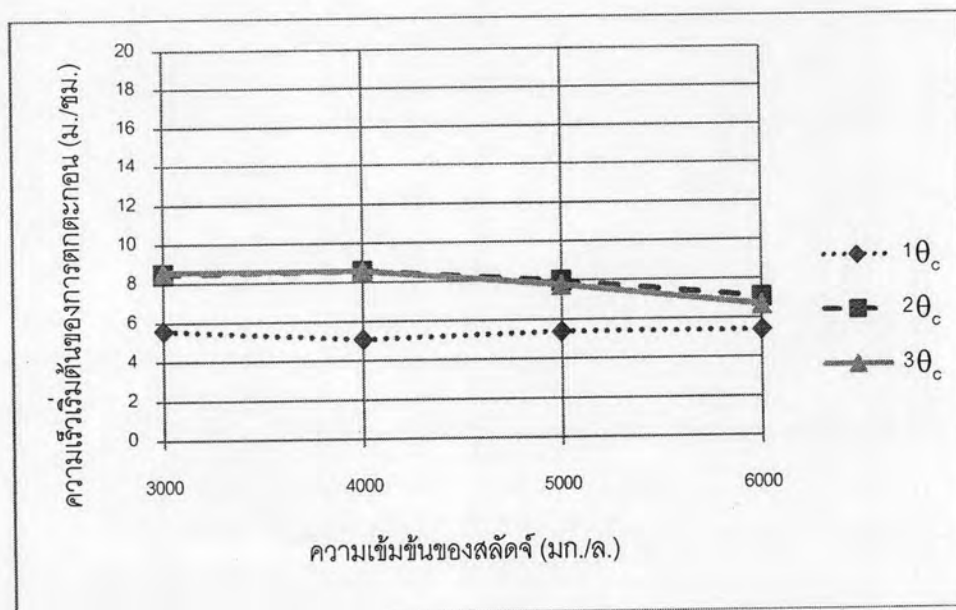
การทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ด้วยความเข้มข้น 0%, 20%, 50%, และ 80% (W/W) ในระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$ และ $3\theta_c$ เพื่อทำการศึกษาว่าในระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกัน ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจะแปรเปลี่ยนไปเช่นไร โดยระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$ จะเป็นตัวแทนของระยะเวลาเริ่มต้นของการทดลองระบบจะยังไม่อยู่ในสภาวะคงที่ ส่วนของการทดลองใน $2\theta_c$ และ $3\theta_c$ จะหมายถึงการทดลองที่ทำในสภาวะคงที่ (Steady State) ดังได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.1 โดยผลการเปรียบเทียบดังกล่าวจะแสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ที่ความเข้มข้น 0%, 20%, 50%, และ 80% (W/W) ในระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

ปริมาณ ทาล	ระยะเวลา ดำเนินการ การทดลอง	ค่าความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีความ เข้มข้นเท่ากับ (มก./ล.)			
		3,000	4,000	5,000	6,000
0%	$1\theta_c$	4.5	4.9	4.6	4.4
	$2\theta_c$	6.1	6	4.4	4.2
	$3\theta_c$	5.1	5.9	5.8	5.2
20%	$1\theta_c$	5.6	5.1	5.4	5.4
	$2\theta_c$	8.5	8.6	8	7.1
	$3\theta_c$	8.6	8.6	7.8	6.7
50%	$1\theta_c$	9.4	9	8	8
	$2\theta_c$	9.8	9.4	7.9	7.6
	$3\theta_c$	9	8.5	8.6	7.8
80%	$1\theta_c$	14.6	14.1	9.3	7.4
	$2\theta_c$	14.4	10.4	8.9	6.8
	$3\theta_c$	17.7	9.7	7.8	7.4

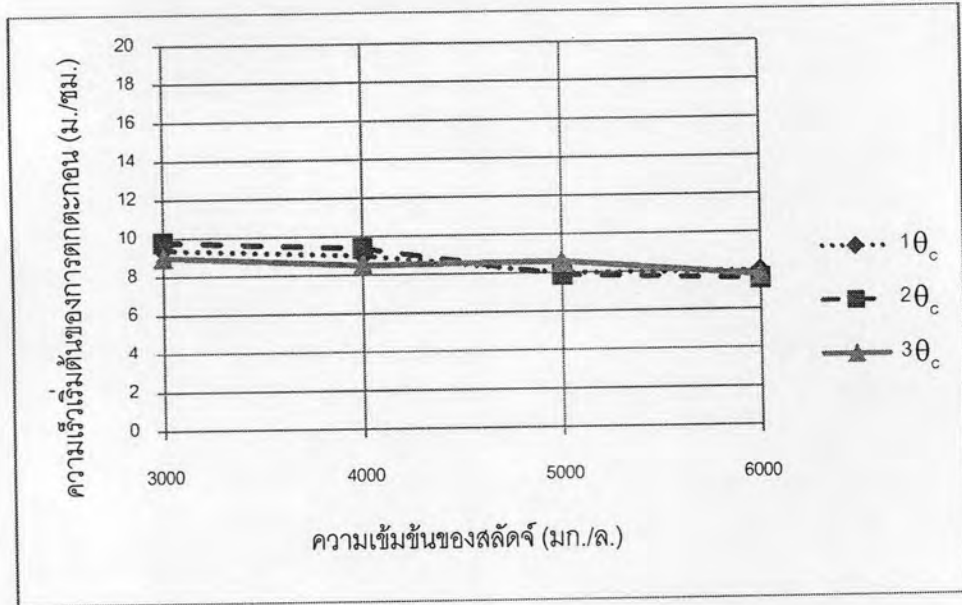


รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ที่ความเข้มข้น 0% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

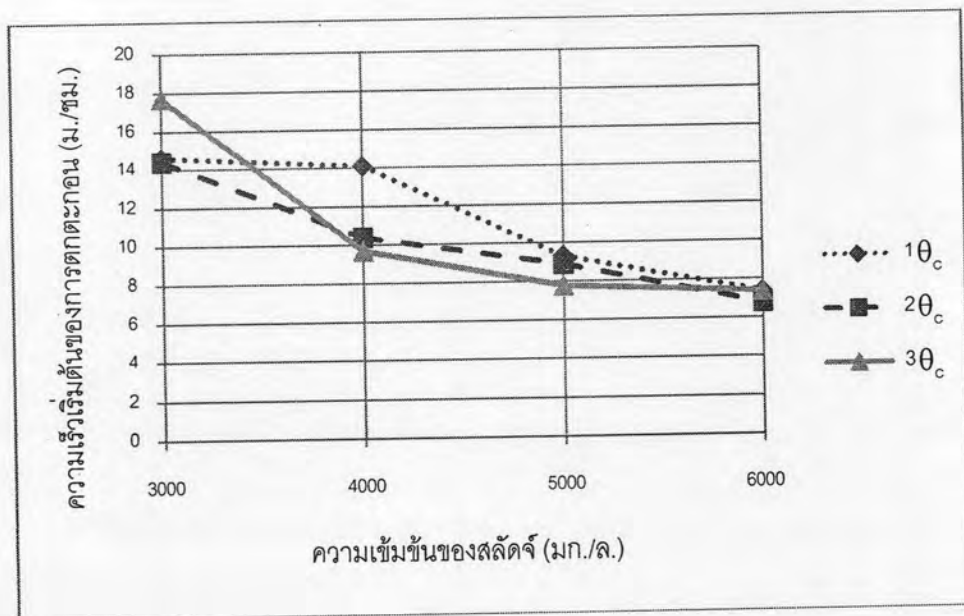


รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ที่ความเข้มข้น 20% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$





รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ที่ความเข้มข้น 50% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล ที่ความเข้มข้น 80% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

ผลการทดลองขั้นตอนนี้ เป็นการแสดงผลของระยะเวลาดำเนินการทดลองที่มีต่อการตกตะกอนของสลัดจ์ในระบบเอเอส ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนสูงสุดคือ 17.7 เมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลาดทดลอง $3\theta_c$ ที่ปริมาณทาล 80% (W/W) ด้วยสลัดจ์เข้มข้น 3,000 มิลลิกรัม

ต่อลิตร และมีค่าต่ำสุด 5.1 เมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลา $1\theta_c$ ที่ปริมาณทาล 20% (W/W) ด้วย เข้มข้นสลัดจ์ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการทดลองนี้ ทำขึ้นเพื่อตอบคำถามที่ว่า การเติมทาลที่ความเข้มข้นเท่าๆ กันในถึง ปฏิกริยาเดียวกัน ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปได้มากน้อย เพียงใด ที่ระยะเวลาในการดำเนินการทดลองเปลี่ยนไป โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 30 วัน ($3\theta_c$) จากผลที่ได้พบว่าแนวโน้มของค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่มีการเติมทาลด้วย ปริมาณ 50% (W/W) และ 80% (W/W) ค่าที่ได้จะมีความใกล้เคียงกัน ทั้งในการทดลองวัดค่าที่ $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ ส่วนของการเติมทาลที่ปริมาณ 20% (W/W) จะมีค่าของระยะเวลาทดลองที่ $2\theta_c$ ใกล้เคียงกับค่าที่ $3\theta_c$ แต่ระยะเวลาที่ $1\theta_c$ จะมีค่าต่ำกว่ามาก ส่วนที่ปริมาณทาล 0% (W/W) ค่าความเร็วที่ได้ค่อนข้างจะไม่คงที่ จากทุกวันที่มีการวัดค่า และมีค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนต่ำกว่าสลัดจ์ที่มีการเติมทาลเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน

จากผลการทดลองทำให้สังเกตเห็นว่า การเติมทาลที่ปริมาณสูง 50% ถึง 80% (W/W) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง จะไม่ส่งผลใดๆ ต่อความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ ส่วน ของทาลที่ปริมาณทาล 20% (W/W) อาจเป็นไปได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองมีผลกับการ ตกตะกอนสลัดจ์ ต้องใช้เวลาช่วงระยะเวลาหนึ่งให้สลัดจ์ได้ทำการปรับตัวกับทาล สำหรับทาลที่มี ปริมาณน้อยๆ โดยผลที่ได้ค่อนข้างสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Eikelboom (Eikelboom, 1998) ซึ่งได้อธิบายว่าการเติมทาลลงไปในสลัดจ์จะช่วยลดค่า SVI จาก 850 มิลลิลิตรต่อกรัม ให้ เหลือเป็น 230 มิลลิลิตรต่อกรัม ได้ในระยะเวลาเพียง 1 วันเท่านั้น ด้วยปริมาณทาล 100% (W/W) และในกรณีของ Piirtola (Piirtola, 1999) ซึ่งใช้ทาลที่ปริมาณ 120% (W/W) เติมลงในสลัดจ์โดย ผลที่ได้จะช่วยลดค่าเอสวีไอ จาก 800 เป็น 200 มิลลิลิตรต่อกรัม ได้ในทันที โดยทั้ง 2 กรณีล้วนจะ ใช้ปริมาณทาลที่ค่อนข้างสูง ทำให้ช่วยเพิ่มความสามารถในการตกตะกอนได้ในเวลาไม่นาน ดังนั้นก็น่าจะอธิบายได้ว่าการใช้ทาลที่ปริมาณต่ำๆ จะเริ่มใช้ได้ก็ต่อเมื่อต้องให้ทาลได้ทำการ ปรับตัวให้เข้ากับสลัดจ์ได้ จึงจะสามารถช่วยเพิ่มความเร็วในการตกตะกอนได้

จากผลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ที่ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกันการเติมทาล ที่ปริมาณต่ำๆ อาจจะต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสลัดจ์ในช่วงแรกของการทดลองจนกระทั่งถึงสภาวะคงที่ (Steady State) จึงจะแสดงประสิทธิภาพได้เต็มที่ ส่วนของการเติมทาลที่ ปริมาณสูงๆ จะไม่ต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้ทาลเข้ากับสลัดจ์ สามารถช่วยเพิ่มความเร็วเริ่มต้น ในการตกตะกอนได้ในทันที จากผลการทดลองนี้น่าจะช่วยเป็นข้อมูลในการตัดสินใจสำหรับการใช้ ทาลในระบบบำบัดน้ำเสียจริงด้วยปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการคือ เมื่อเติมทาลที่ปริมาณ สูงๆ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ทันทีแต่ไม่เป็นการประหยัด แต่ถ้าต้องการความประหยัดโดยการ เติมทาลที่ปริมาณน้อยก็ควรใช้เวลาในการปรับตัวให้ทาลเข้ากับสลัดจ์ได้ก่อน

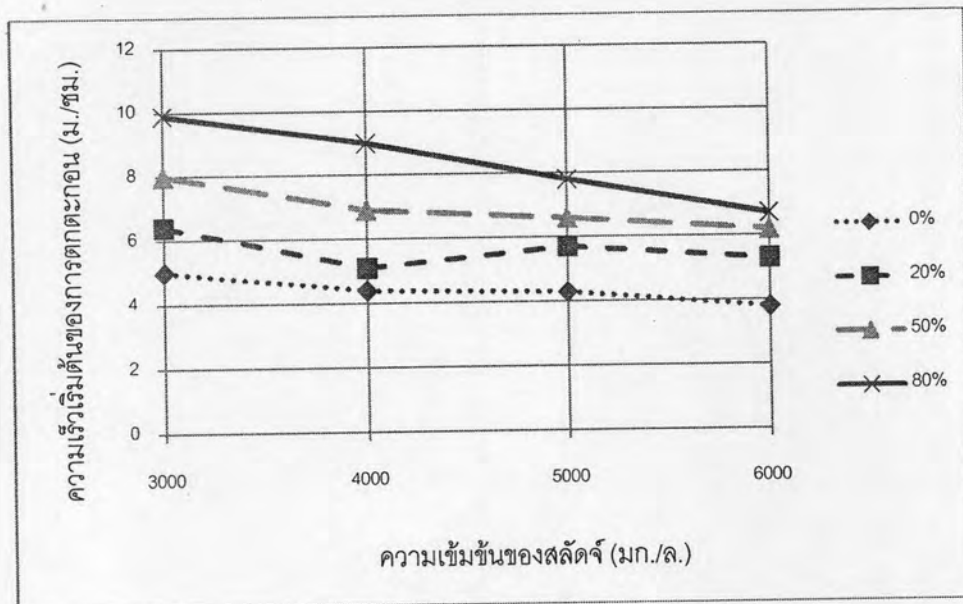
4.3 ผลการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง

4.3.1 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในปริมาณต่างๆ

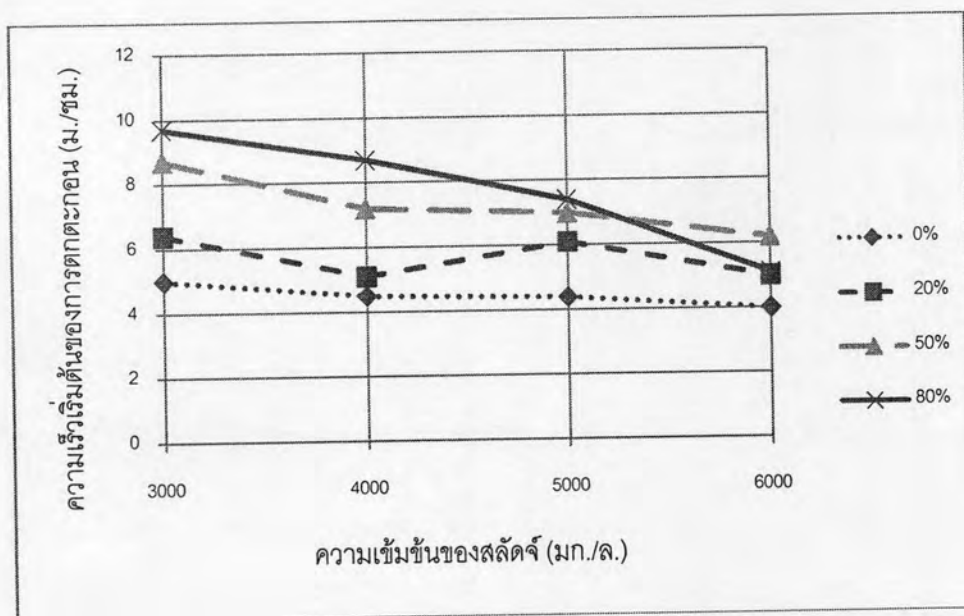
การทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ โดยวัดค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนด้วยความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังปฏิกรณ์ในรูปของค่าเอ็มแอลเอสเอส ที่มีค่าเท่ากับ 3,000, 4,000, 5,000, และ 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการทดลองนี้จะให้ความสำคัญกับแปรเปลี่ยนปริมาณของถ่านกัมมันต์ชนิดผงว่าจะมีผลเช่นใด และมีความแตกต่างกันอย่างไรต่อความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน

ตารางที่ 4.5 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ในปริมาณต่างๆที่ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

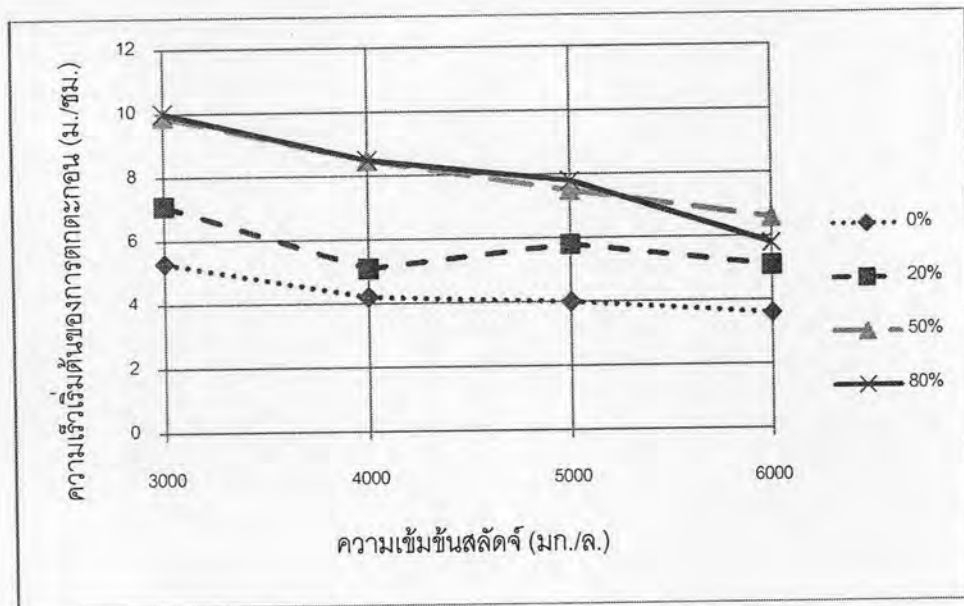
ระยะเวลาดำเนินการทดลอง	ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ (W/W)	ความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอน (ม./ชม.) ของสลัดจ์ที่มีความเข้มข้น (มก./ล.) เท่ากับ			
		3,000	4,000	5,000	6,000
$1\theta_c$	0%	5.0	4.4	4.3	3.8
	20%	6.4	5.1	5.7	5.3
	50%	8.0	6.9	6.6	6.2
	80%	9.9	9.0	7.8	6.7
$2\theta_c$	0%	5.0	4.5	4.4	4.0
	20%	6.4	5.1	6.1	5.0
	50%	8.7	7.2	7.0	6.2
	80%	9.7	8.7	7.4	5.1
$3\theta_c$	0%	5.3	4.2	4.0	3.9
	20%	7.1	5.1	5.8	5.1
	50%	9.9	8.5	7.5	6.6
	80%	10.0	8.5	7.8	5.8



รูปที่ 4.16 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$



รูปที่ 4.17 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $2\theta_c$



รูปที่ 4.18 ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ในปริมาณต่างๆ ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง $3\theta_c$

ผลการทดลองในขั้นตอนนี้ แสดงผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่มีต่อการตกตะกอนของสลัดจ์ในระบบเอเอส ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนสูงสุดอยู่ที่ 10 เมตรต่อชั่วโมง ที่ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ 80% (W/W) ด้วยความเข้มข้นของสลัดจ์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $3\theta_c$ และมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 5 เมตรต่อชั่วโมง ที่ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ 20% (W/W) ด้วยความเข้มข้นสลัดจ์ 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $2\theta_c$

จากผลของการทดลองทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าทั้งในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ การเติมทาลตั้งแต่ 20% (W/W) ขึ้นไปจะทำให้ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์สูงขึ้นได้ โดยค่าความเร็วเริ่มต้นนั้นจะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของผงถ่านกัมมันต์ที่เติมลงไป โดยผลการทดลองนี้จะสอดคล้องกับผลของการเติมทาลในงานวิจัยของ Bidault (Bidault, 1997) ดังที่เคยกล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2.1 ด้วยเหตุนี้จึงน่าจะเพียงพอที่จะสามารถสรุปได้ว่า ถ่านกัมมันต์ชนิดผงสามารถเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่เพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้เหมือนดังเช่น ทาล และการเพิ่มปริมาณของถ่านกัมมันต์ชนิดผงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการตกตะกอนของสลัดจ์สูงขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้ยังพบได้ว่า ที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ชนิดผง 0% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่ความเข้มข้นของสลัดจ์ 4,000, 5,000, และ 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีค่าต่ำกว่า 5 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะถือว่าการตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพไม่ดี (Water Environment Federation, 2005) แต่เมื่อทำการเติม

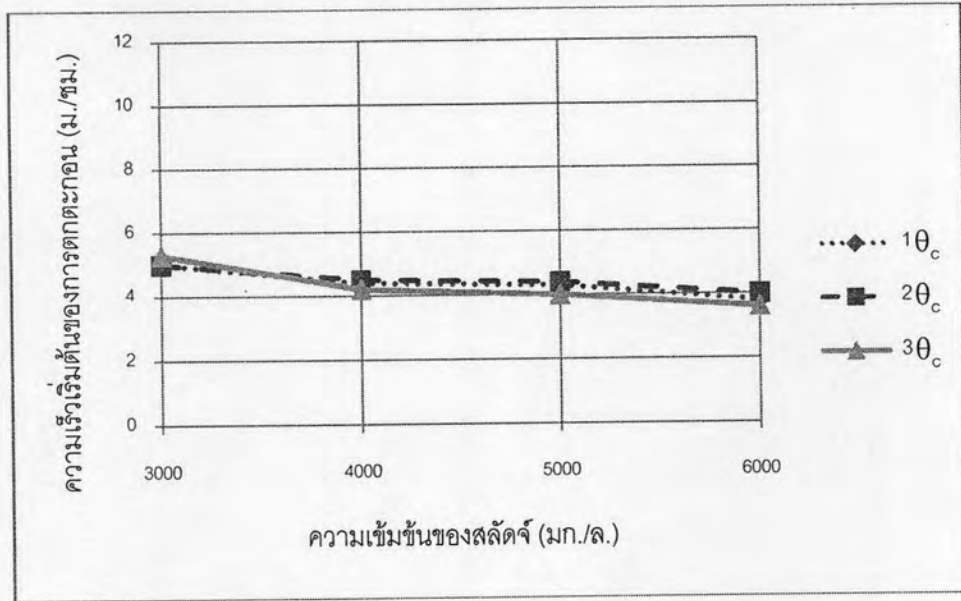
ถ่านกัมมันต์ชนิดผงแล้ว ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนก็ได้เปลี่ยนแปลงไปมีค่าสูงกว่า 5 เมตรต่อชั่วโมงในทุกๆ กรณี ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นข้อสนับสนุนว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงน่าจะ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของสลัดจ์ได้จริง

4.3.2 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในระยะเวลาดำเนินการทดลองแตกต่างกัน

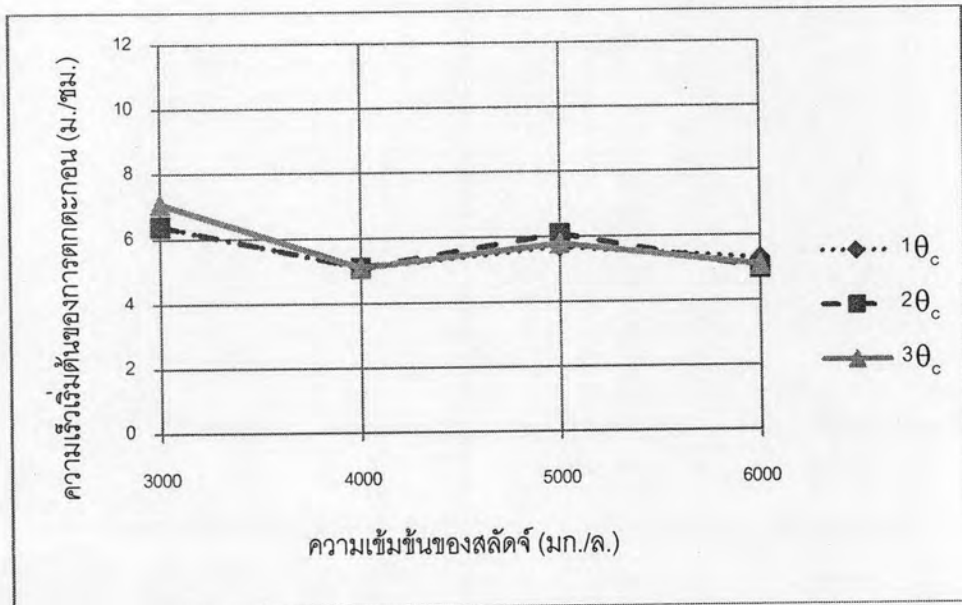
การทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง โดยให้ความสำคัญกับการศึกษาว่าที่ระยะเวลาในการดำเนินการทดลองแตกต่างกันค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจะแปรเปลี่ยนไปหรือไม่ มากน้อยเพียงใด โดยผลจากการทดลองแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ที่ความเข้มข้น 0%, 20%, 50%, 80% (W/W) ในระยะการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

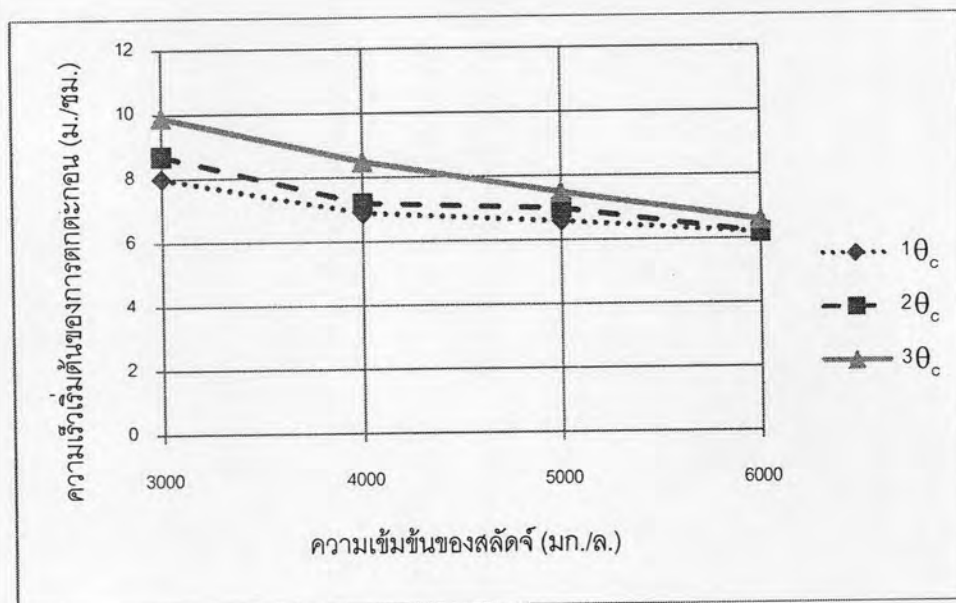
ปริมาณ ผงถ่านกัมมันต์	ระยะเวลา ดำเนินการ การทดลอง	ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ มีความเข้มข้น (มก./ล.) เท่ากับ			
		3,000	4,000	5,000	6,000
0%	$1\theta_c$	5.0	4.4	4.3	3.8
	$2\theta_c$	5.0	4.5	4.4	4.0
	$3\theta_c$	5.3	4.2	4.0	3.9
20%	$1\theta_c$	6.4	5.1	5.7	5.3
	$2\theta_c$	6.4	5.1	6.1	5.0
	$3\theta_c$	7.1	5.1	5.8	5.1
50%	$1\theta_c$	8.0	6.9	6.6	6.2
	$2\theta_c$	8.7	7.2	7.0	6.2
	$3\theta_c$	9.9	8.5	7.5	6.6
80%	$1\theta_c$	9.9	9.0	7.8	6.7
	$2\theta_c$	9.7	8.7	7.4	5.1
	$3\theta_c$	10.0	8.5	7.8	5.8



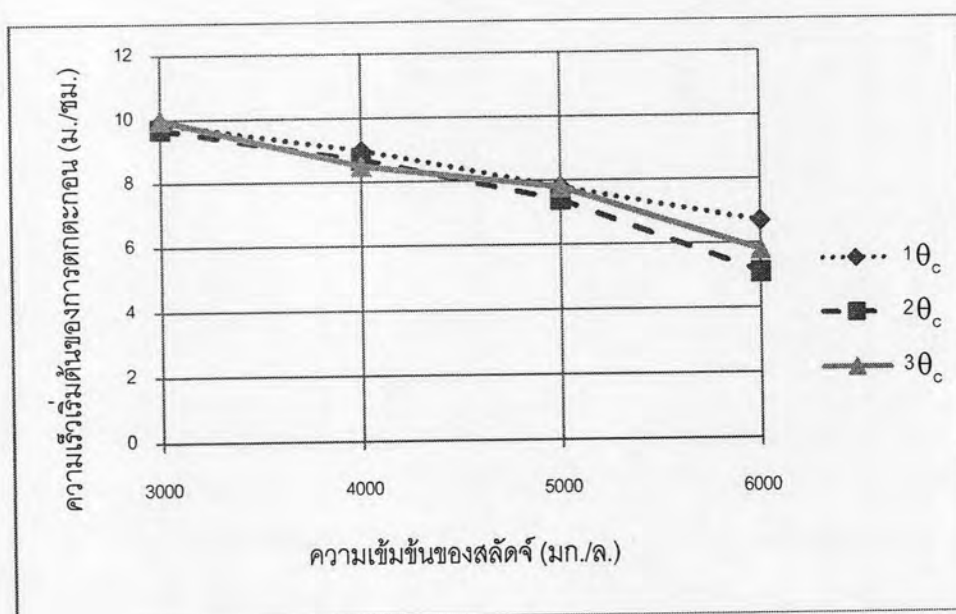
รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงด้วยความเข้มข้น 0% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงด้วยความเข้มข้น 20% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง ด้วยความเข้มข้น 50% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงด้วยความเข้มข้น 80% (W/W) ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$

ผลการทดลองในส่วนนี้ เป็นการแสดงผลของเวลาที่มีต่อการตกตะกอนของสลัดจ์ในระบบเอเอส ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนสูงสุดคือ 10 เมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $3\theta_c$ ที่ปริมาณผงถ่านกัม

มันต์ 80% (W/W) ด้วยความเข้มข้นสลัดจ์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าต่ำสุด 5 เมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $2\theta_c$ ที่ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ 20% (W/W) ด้วยความเข้มข้นสลัดจ์ 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

การทดลองนี้เป็นการดำเนินการเพื่อหาคำตอบที่ว่าเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลเช่นไรต่อค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน ในระยะเวลาดำเนินการทดลอง $3\theta_c$ พบว่าแนวโน้มโดยรวมนั้นการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในปริมาณต่างๆ จะมีค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนใกล้เคียงกันในทุกวันที่ทำการวัดค่า และใกล้เคียงกันในทุกค่าความเข้มข้นของสลัดจ์ กล่าวคือ เมื่อมีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ปริมาณ 20% (W/W) ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์จะอยู่ในช่วง 5 ถึง 7 เมตรต่อชั่วโมง และที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ชนิดผง 50% (W/W) ค่าจะอยู่ในช่วง 6 ถึง 9 เมตรต่อชั่วโมง จากการสังเกตค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนในการทดลองขั้นตอนนี้ พบว่าไม่ว่าจะเป็นช่วงระยะเวลาในการทดลอง $1\theta_c$ ซึ่งเป็นตัวแทนของสภาวะเริ่มต้นของการทดลอง และช่วงระยะเวลาในการทดลอง $2\theta_c$ และ $3\theta_c$ ซึ่งเป็นตัวแทนของระบบที่อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady State) จะมีแนวโน้มของค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนไม่แตกต่างกัน คือจะมีค่ามากน้อยแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณของวัสดุช่วยตกตะกอน และความเข้มข้นของสลัดจ์เท่านั้น โดยสังเกตได้จากแนวโน้มจากจุดต่างๆ ของกราฟที่ใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะอยู่ในระยะเวลาใดก็ตาม ในรูปที่ 4.19 ถึง 4.22 จากผลการทดลองดังกล่าวจึงอาจจะสามารถสรุปได้ว่าการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาในการทดลองใดๆ ก็ตาม ทั้งช่วงเริ่มต้นของการเดินระบบ หรือในช่วงสภาวะคงที่ (Steady State) ก็จะไม่ส่งผลใดๆ ต่อความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน

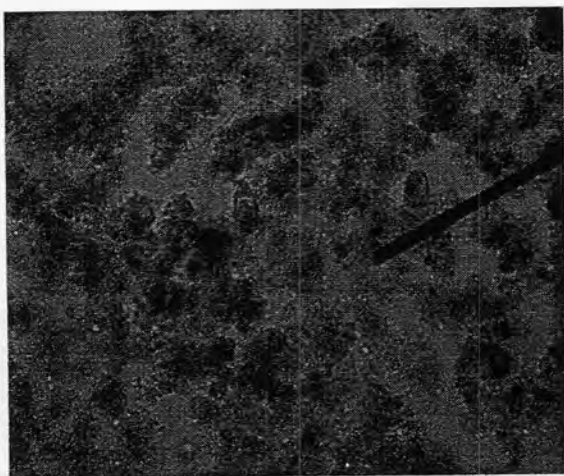
4.4 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างวัสดุช่วยตกตะกอนกับฟล็อกของจุลชีพ

การศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างวัสดุช่วยตกตะกอนกับฟล็อกของจุลชีพ เป็นการศึกษาถึงลักษณะของวัสดุช่วยตกตะกอนที่เติมผสมลงไปในสลัดจ์ทั้งทาลและถ่านกัมมันต์ชนิดผง จะมีผลหรือความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเช่นไรบ้างกับจุลชีพรวมทั้งสภาวะแวดล้อมของจุลชีพในระบบเอเอส ที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง 30 วัน ($3\theta_c$) โดยทำการศึกษาด้วย กล้องจุลทรรศน์ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ผลของการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

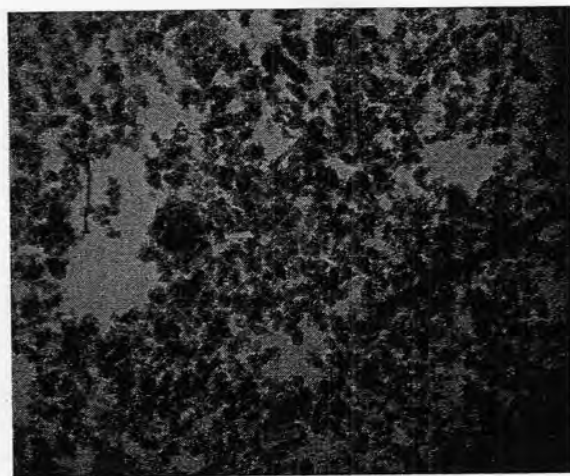
4.4.1 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพ

4.4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพ ด้วยกล้องจุลทรรศน์

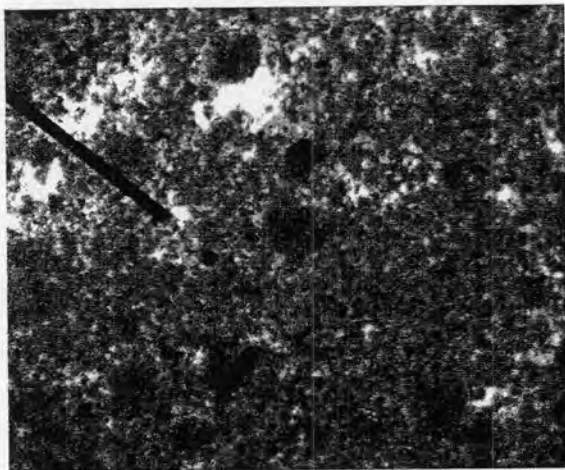
ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาลักษณะของสลัดจ์ที่มีการเติมทาลเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีกำลังขยาย 40 และ 100 เท่า เพื่อศึกษาถึงลักษณะของฟล็อกจุลชีพ ขนาดของฟล็อก ความหนาแน่นของปุยจุลชีพ ชนิดและจำนวนของจุลชีพ ตลอดจนสถานะแวดล้อมของจุลชีพ เพื่อศึกษาถึงความเข้ากันได้ของทาลกับฟล็อกของจุลชีพและกลไกการจับตัวระหว่างฟล็อกกับทาลในเบื้องต้น การทดลองนี้ทำการศึกษาในวันที่ 30 ของการทดลอง ($3\theta_c$) ซึ่งเป็นตัวแทนของระยะเวลาที่สลัดจ์อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady Stage) โดยจะแสดงผลเป็นภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลดังต่อไปนี้



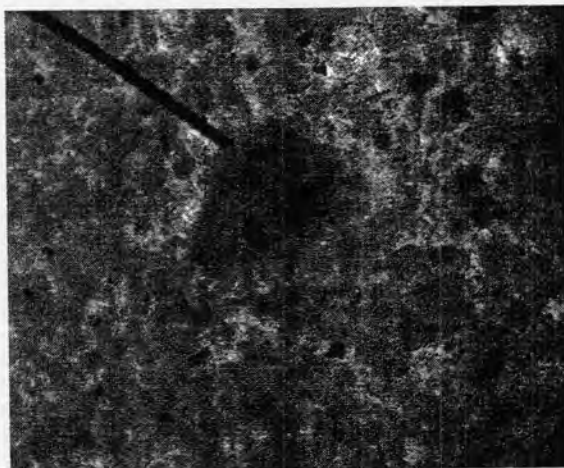
รูปที่ 4.23 ฟล็อกของจุลชีพในชุดควบคุม
(0% (W/W)) กำลังขยาย 40 เท่า



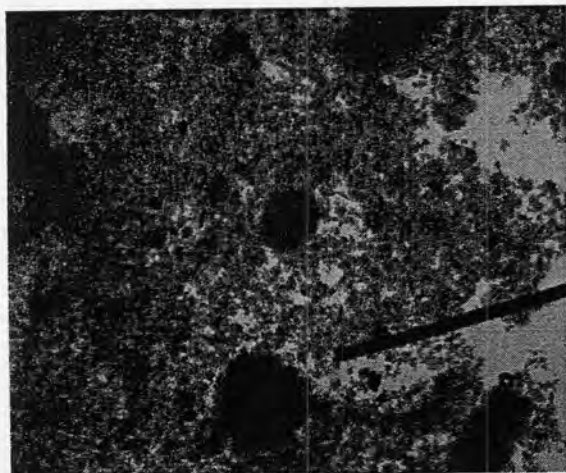
รูปที่ 4.24 ฟล็อกของจุลชีพในชุดควบคุม
(0% (W/W)) กำลังขยาย 100 เท่า



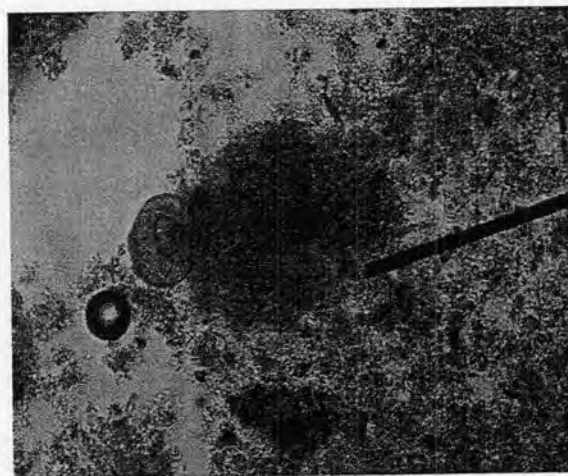
รูปที่ 4.25 ฟลึอกของจุลชีพที่ความเข้มข้นทาล
20% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



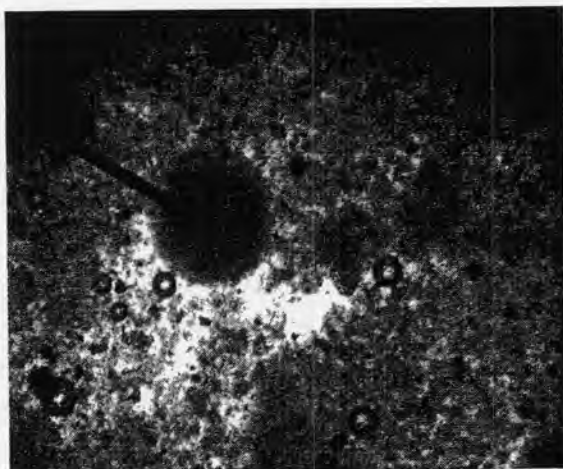
รูปที่ 4.26 ฟลึอกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ทาล 20%(W/W) กำลังขยาย100 เท่า



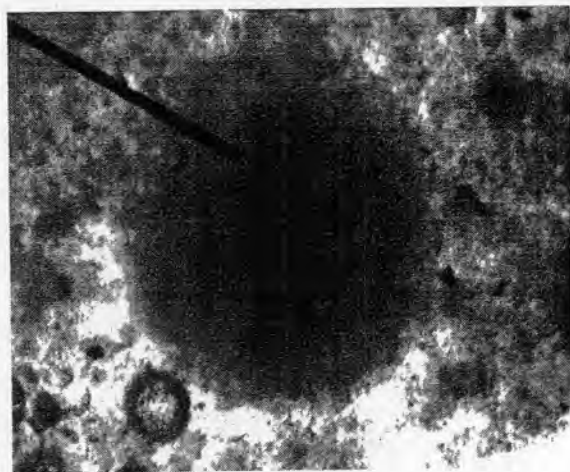
รูปที่ 4.27 ฟลึอกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ทาล 50% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.28 ฟลึอกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ทาล 50%(W/W) กำลังขยาย100 เท่า



รูปที่ 4.29 ฟลือกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ทาล 80% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.30 ฟลือกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ทาล 80%(W/W) กำลังขยาย 100 เท่า

จากการสังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า ปริมาณของปุ๋ยจุลชีพในระบบจะมีปริมาณสูงขึ้น เมื่อมีการเติมทาลในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งจะเกิดมีลักษณะของกลุ่มก้อนปุ๋ยของจุลชีพขึ้น โดยที่ความหนาแน่นของกลุ่มก้อนปุ๋ยจุลชีพจะมีความหนาแน่นมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณทาลให้มากขึ้น ดังที่แสดงในรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.30 เมื่อสังเกตลักษณะของกลุ่มก้อนปุ๋ยจุลชีพ จะพบจุลชีพเกาะตัวอยู่ ดังเช่นในรูปที่ 4.28 จะเห็นลักษณะของจุลชีพกลุ่ม Amoebic ชนิด *Arcella vulgaris* เกาะอยู่กับปุ๋ยของจุลชีพอย่างชัดเจน ซึ่งในกรณีนี้จะสอดคล้องใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Bidault (Bidault, 1997) ซึ่งกล่าวว่าการเติมทาลที่ความเข้มข้นต่างกันคือ 0, 40, 60, 80, และ 100% (W/W) จะไปเพิ่มขนาดของฟลือก โดยขนาดของฟลือกที่ได้จะเป็น 230, 260, 380, 420 และ 450 ไมครอน ตามลำดับ (Bidault, 1999) ถึงแม้จะไม่มี การวัดขนาดของฟลือกในงานวิจัยชิ้นนี้ แต่ผลจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ และความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นที่สังเกตได้ ก็น่าจะบ่งบอกได้ว่าการเติมทาลจะเป็นการเพิ่มความหนาแน่นและขนาดให้กับฟลือกจุลชีพได้

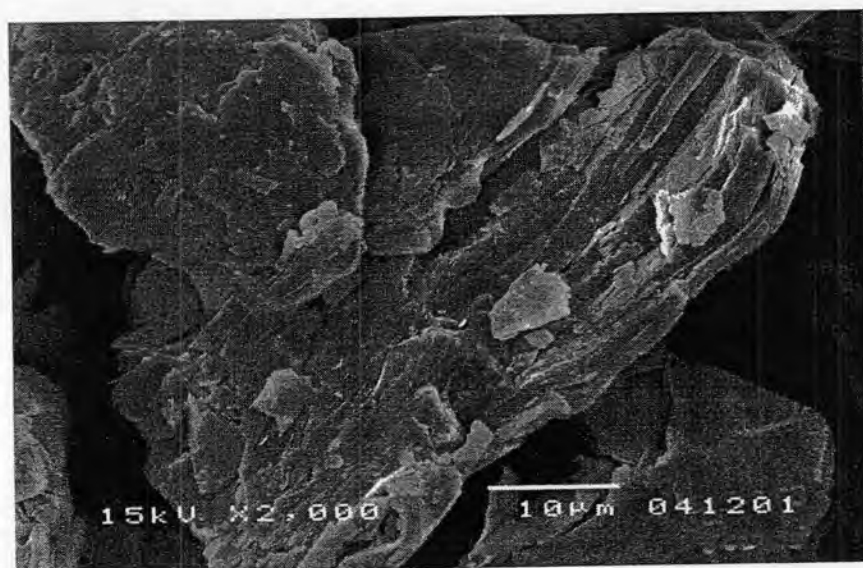
จากการศึกษาในขั้นตอนนี้ยังพบอีกว่า การเติมทาลในทุกปริมาณทาล จะสังเกตเห็นจุลชีพในกลุ่ม Rotirera, Free swimming and Crawling Ciliates, Stalked Ciliates, และ Flagellates เคลื่อนที่กระจายตัวอยู่กันอย่างอิสระ ซึ่งมีลักษณะไม่แตกต่างกันกับถึงปฏิกิริยาที่ไม่มีการเติมทาลแต่อย่างใด โดยจุลชีพเหล่านี้มักพบที่อายุสัปดาห์เหมาะสม หรืออายุสัปดาห์ประมาณ 7-15 วัน สอดคล้องกับอายุสัปดาห์ของระบบที่ควบคุมไว้ให้คงที่เท่ากับ 10 วัน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นข้อมูลที่สามารถสนับสนุนว่า เมื่อทำการเติมทาลลงไปในระบบเอเอส ทาลจะไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบ โดยไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมของจุลชีพและตัวของจุลชีพเองเป็นอันตราย หรือเปลี่ยนแปลงไป

ซึ่งสอดคล้องกับเหตุผลของการวิเคราะห์ด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆในหัวข้อ 4.1 ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

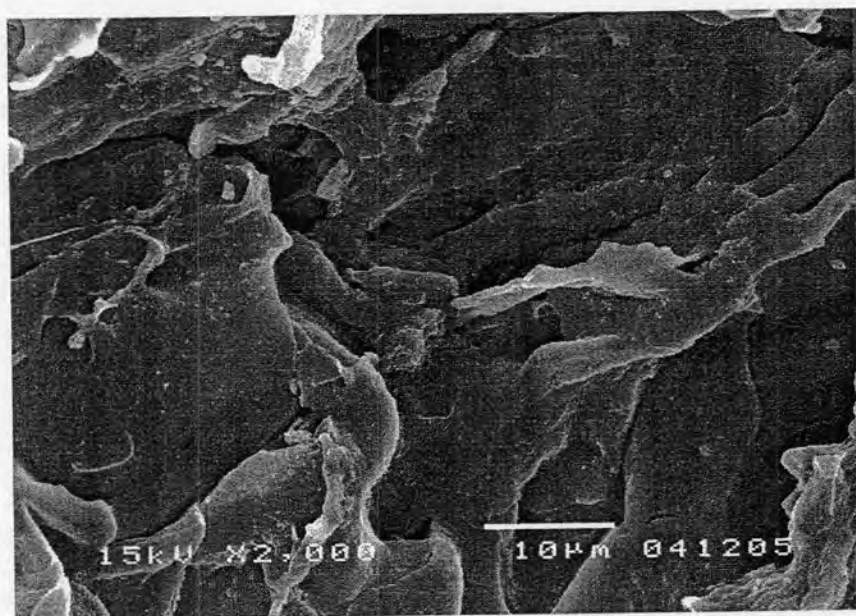
การศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์สามารถสรุปได้ว่า ปุยจุลชีพในระบบจะมีความหนาแน่นสูงขึ้นเมื่อมีการเติมทาลในปริมาณที่มากขึ้น เกิดฟล็อกลักษณะพิเศษคือมีลักษณะของกลุ่มก้อนปุยของจุลชีพจับตัวกันเป็นก้อนๆ และจะมีจุลชีพเกาะตัวอยู่ หรืออาศัยอยู่รอบๆ ภายในระบบสังเกตเห็นจุลชีพในกลุ่มต่างๆ เคลื่อนที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปอย่างอิสระ โดย จุลชีพเหล่านี้มักพบที่อายุสัปดาห์เหมาะสม และเป็นจุลชีพในกลุ่มที่ระบบบำบัดน้ำเสียเอเอสต้องการ ซึ่งน่าจะสามารถบ่งบอกได้ว่าทาลไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบโดยไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมของจุลชีพและตัวของจุลชีพเองเป็นอันตราย หรือเปลี่ยนแปลงไป

4.4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

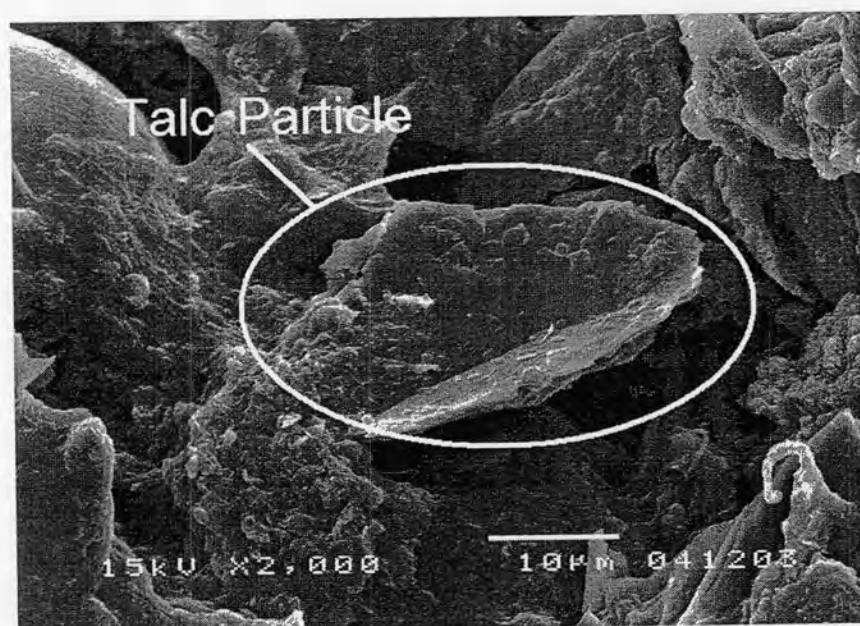
การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวของทาลเมื่อเติมลงไปผสมกับตะกอนจุลชีพ ลักษณะของการเชื่อมต่อกะตัวกันของฟล็อกและทาล และที่ปริมาณทาล 20%, 50%, และ 80% (W/W) และชุดควบคุม (0% (W/W)) ลักษณะของจุลชีพจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่อย่างไร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 และ 2,000 เท่า โดยผลแสดงเป็นภาพถ่ายดังต่อไปนี้



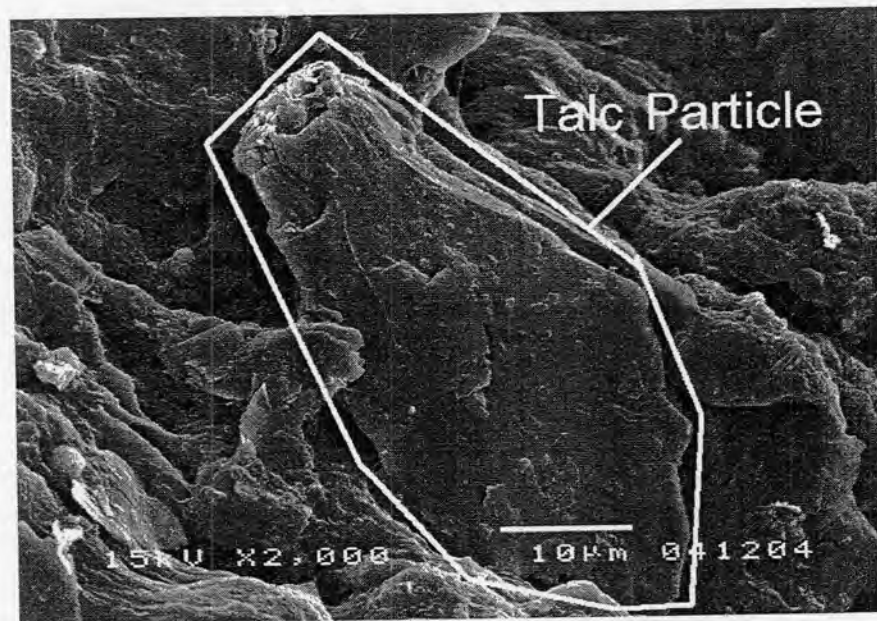
รูปที่ 4.31 ทาลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2000 เท่า



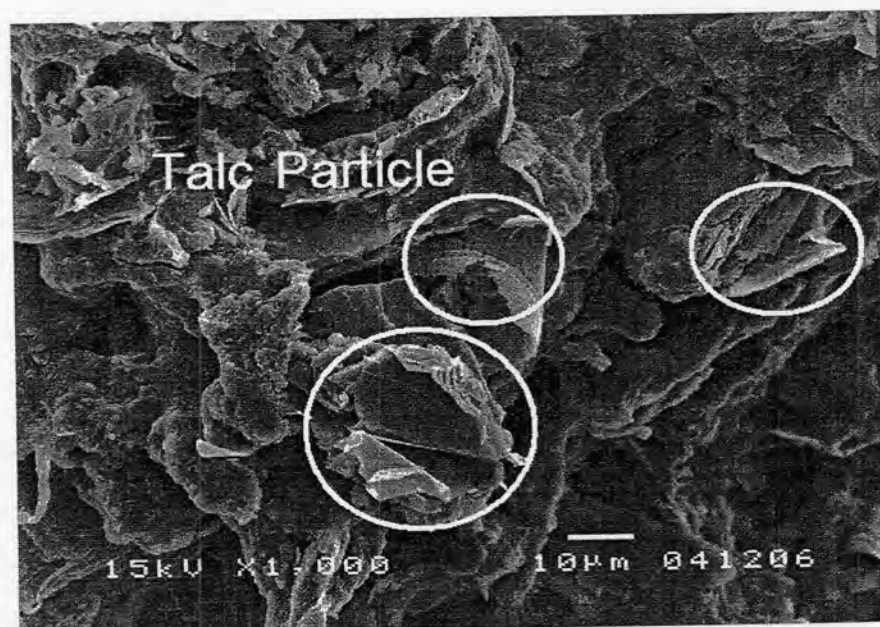
รูปที่ 4.32 ฟล็กของจุลชีพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 4.33 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้นทาล 20% (W/W กำลังขยาย 2000 เท่า)



รูปที่ 4.34 ฟลั๊กของจุลชีพที่ความเข้มข้นทาล 50% (W/W) กำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 4.35 ฟลั๊กของจุลชีพที่ความเข้มข้นทาล 80% (W/W) กำลังขยาย 1000 เท่า

จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงลักษณะการเกาะตัวของทาลกับฟลั๊กของจุลชีพ ด้วยกำลังขยาย 1,000 และ 2,000 เท่า โดยรูปที่ 4.31 แสดงภาพถ่ายของทาลแสดงผิวภายนอก ซึ่งมีลักษณะพื้นผิวอยู่ในรูปผลึกของแร่ซ้อนทับกันหลายก้อน โดยแสดงภาพทาล และรูปที่ 4.32 แสดงภาพถ่ายของฟลั๊กจุลชีพ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับภาพถ่ายของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล

ในรูปที่ 4.33 และ รูปที่ 4.34 จะแสดงภาพถ่ายของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล โดยที่บริเวณกลางรูปนั้นจะเห็นเป็นลักษณะของผลึกทาลได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลึกนั้นจะถูกล้อมรอบด้วยสลัดจ์ และที่บริเวณปลายของผลึกนั้นมีลักษณะของการเชื่อมต่อกันของสลัดจ์และทาลขึ้น

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนโดยภาพรวมพบว่า เมื่อทำการเติมทาลในระบบด้วยปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จะพบของแข็งในลักษณะที่เป็นผลึก หรือเป็นลักษณะของทาล มีปริมาณหนาแน่นมากขึ้น จะสังเกตได้จากรูปที่ 4.35 ที่แสดงภาพถ่ายจุลชีพที่ความเข้มข้นทาล 80% (WW) เห็นเป็นรูปผลึกที่แตกอยู่กระจัดกระจายเป็นจำนวนมาก และจะเห็นว่าผลึกนั้นได้เชื่อมติดอยู่กับสลัดจ์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งสามารถบอกได้ว่า ทาลที่เติมลงไปสลัดจ์สามารถเกาะตัวอยู่กับสลัดจ์ได้เป็นอย่างดี

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสามารถสังเกตเห็นลักษณะของการเกาะตัวระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพจะเป็นลักษณะการเกาะตัวแบบห่อหุ้ม คือสลัดจ์จะห่อหุ้มทาลเอาไว้ทั้งก้อน และมีการเชื่อมติดกับทาลให้เห็นอย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้จึงอาจสรุปได้ว่าการเกาะตัวกันระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพ ทำให้ความหนาแน่น และน้ำหนักของฟล็อกสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ความเร็วในการตกตะกอนสูงขึ้นได้

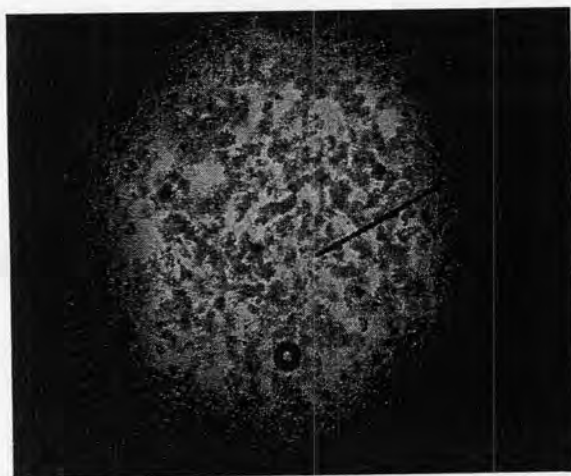
โดยการทดลองต่างๆที่ผ่านมา และการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในขั้นตอนนี้ก็อาจทำให้สามารถสรุปได้ว่า ทาลมีความสามารถเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่ดี ให้ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่สูง ไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบ และสามารถเกาะตัวอยู่กับสลัดจ์ได้ ซึ่งจากการเกาะตัวที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในขั้นตอนนี้อาจจะสามารถให้คำตอบได้ว่า ความเร็วของการตกตะกอนที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการเกาะตัวกันระหว่างทาลกับฟล็อกของจุลชีพ ซึ่งทำให้ความหนาแน่น และน้ำหนักของฟล็อกสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ความเร็วในการตกตะกอนสูงขึ้นได้

4.4.2 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็อกของจุลชีพ

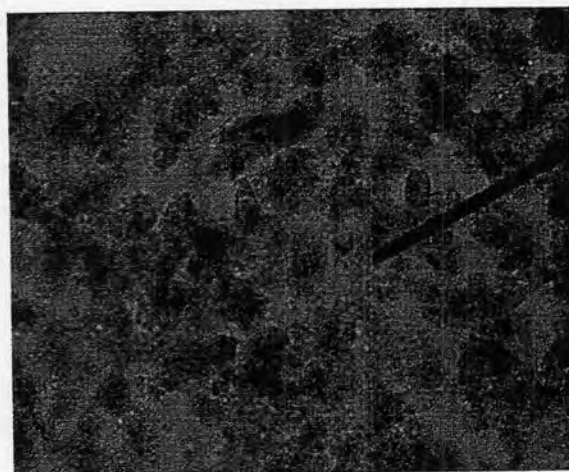
4.4.2.1 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวระหว่างถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็อกของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาลักษณะของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีกำลังขยาย 40 และ 100 เท่า โดยจะทำการศึกษาในวันที่ 30

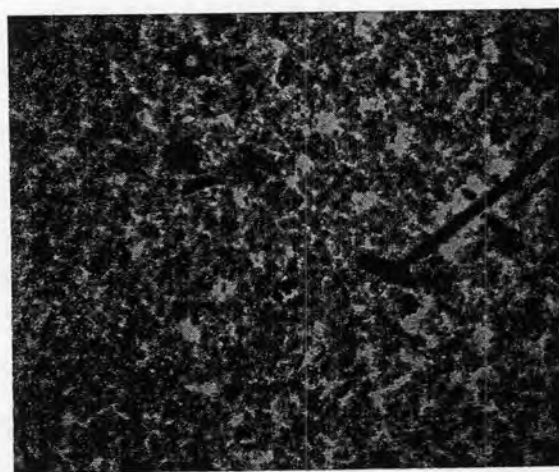
ของการทดลอง ($3\theta_c$) ซึ่งเป็นตัวแทนของระยะเวลาที่สัลดิจ์อยู่ในสภาวะคงที่ ซึ่งผลได้แสดงเป็นภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลดังต่อไปนี้



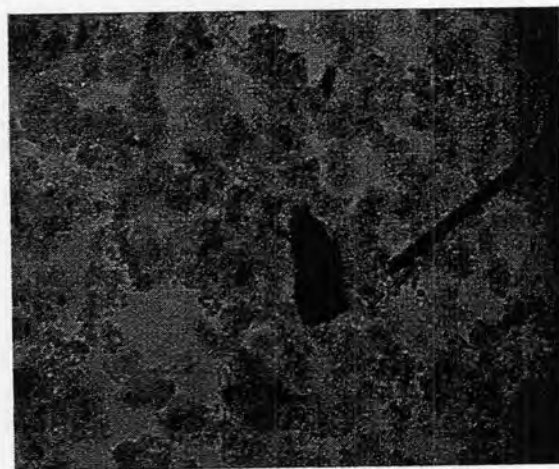
รูปที่ 4.36 ฟล็อกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 0% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.37 ฟล็อกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 0% (W/W) กำลังขยาย 100 เท่า



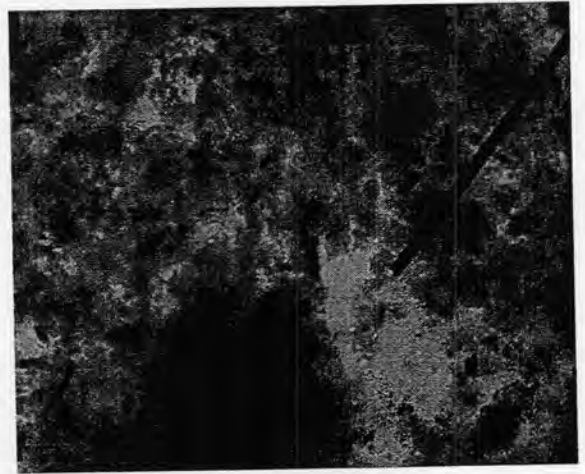
รูปที่ 4.38 ฟล็อกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 20% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



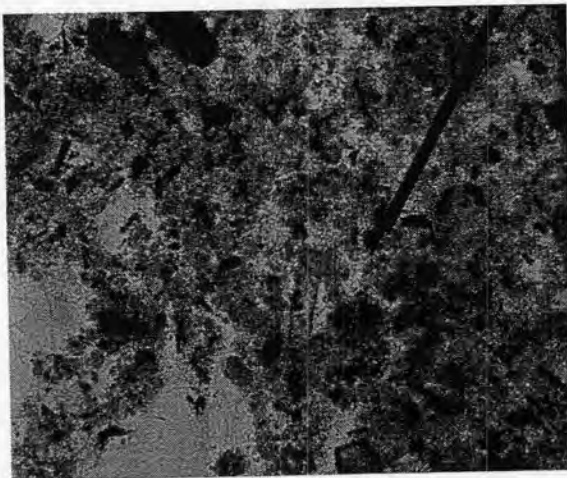
รูปที่ 4.39 ฟล็อกของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 20% (W/W) กำลังขยาย 100 เท่า



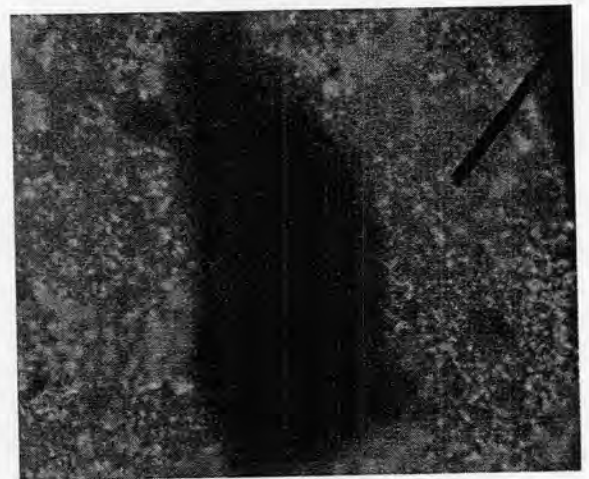
รูปที่ 4.40 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 50% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.41 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 50% (W/W) กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.42 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 80% (W/W) กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.43 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้น
ถ่านกัมมันต์ 80% (W/W) กำลังขยาย 400 เท่า

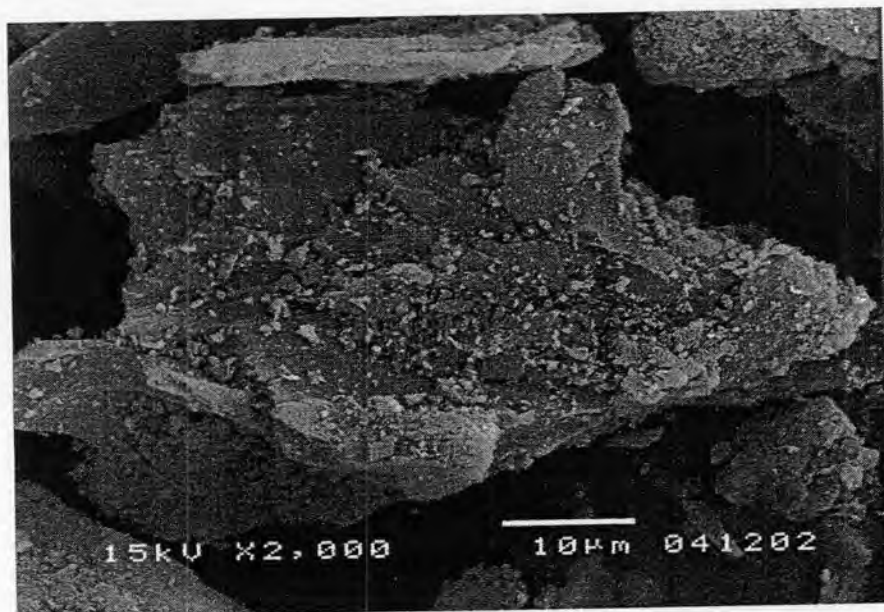
ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงการเกาะตัวของถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็กของจุลชีพ ในปริมาณถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่แตกต่างกัน จากรูปเป็นการแสดงภาพที่กำลังขยาย 40 และ 100 เท่า โดยผลการศึกษารูปได้ว่า

จากการสังเกตลักษณะของปุยจุลชีพในระบบ เมื่อมีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในปริมาณที่สูงขึ้นพบว่าความหนาแน่นของปุยจุลชีพเพิ่มมากขึ้นเป็นเช่นเดียวกับทาล โดยจะเห็นเป็นลักษณะของก้อนคาร์บอนได้อย่างชัดเจนกระจายอยู่ทั่วไปปะปนกับฟล็กของจุลชีพ เมื่อสังเกตต่อไปพบว่าพบจุลชีพในกลุ่มต่างๆ เคลื่อนที่ไปมาอยู่โดยรอบ ได้แก่ในกลุ่มของ Rotirera,

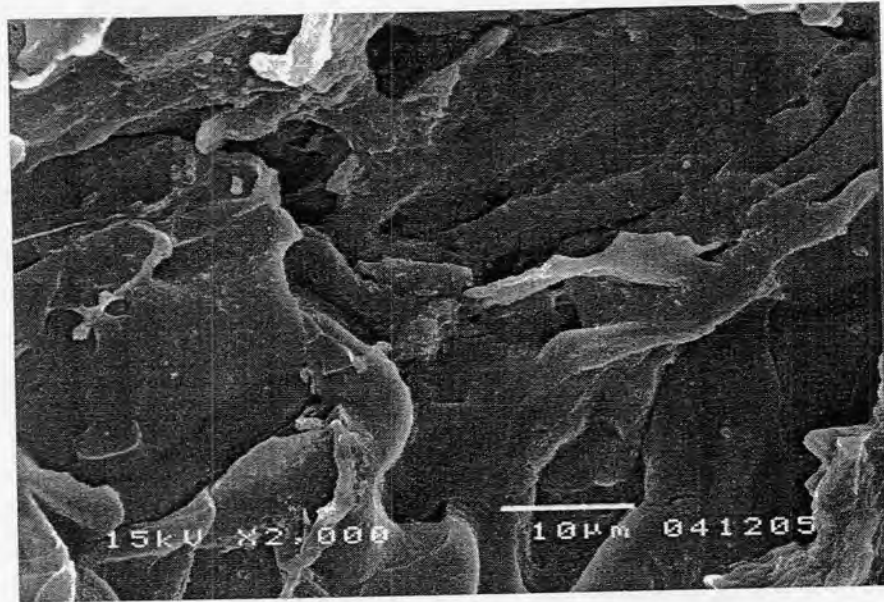
Free swimming and Crawling Ciliates, Stalked Ciliates, และ Flagellates ซึ่งแสดงถึงสภาวะที่เหมาะสม และอายุสัปดาห์ที่ประมาณ 7-15 วัน สอดคล้องกับค่าอายุสัปดาห์ที่ควบคุมไว้ 10 วัน นอกจากนี้พบว่าที่ปริมาณของถ่านกัมมันต์ชนิดผงสูงๆ เช่น ที่ปริมาณ 80% (W/W) จะพบว่าเกิดมีจุลชีพกลุ่มเส้นใยเกิดขึ้น แต่มีอยู่ในปริมาณที่น้อยจึงไม่ส่งผลใดๆ กับการตกตะกอนของสัปดาห์ ในรูปที่ 4.41 และ รูปที่ 4.43 จะแสดงภาพถ่ายที่กำลังขยาย 400 เท่า จะเห็นเป็นปุยของจุลชีพเกาะตัวอยู่บนพื้นผิวของ ถ่านกัมมันต์ชนิดผงอย่างชัดเจน โดยลักษณะของถ่านกัมมันต์ชนิดผงจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าฟล็อกของจุลชีพ และมีพื้นที่ผิวไว้ให้จุลชีพได้ยึดเกาะมาก ซึ่งจากการศึกษาเป็นไปได้ว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงจะช่วยเพิ่มจำนวนจุลชีพให้หนาแน่นขึ้น ตลอดทั้งยังไม่ทำอันตรายแก่จุลชีพและสภาวะแวดล้อมของจุลชีพ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในหัวข้อ 4.1 ที่ผ่านมา อาจสรุปได้ว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบเอเอสเช่นเดียวกับ ทาล

4.4.2.2 ผลการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวของถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็อกของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

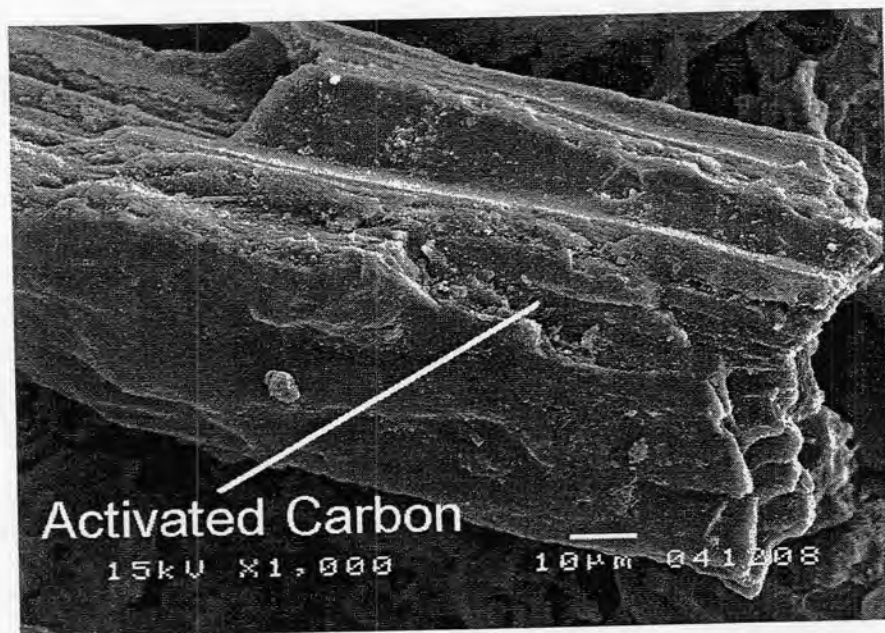
การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาลักษณะของการเกาะตัวของถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็อกของจุลชีพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่ถ่านกัมมันต์ชนิดผงปริมาณต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 และ 2,000 เท่า โดยแสดงผลด้วยภาพถ่ายดังต่อไปนี้



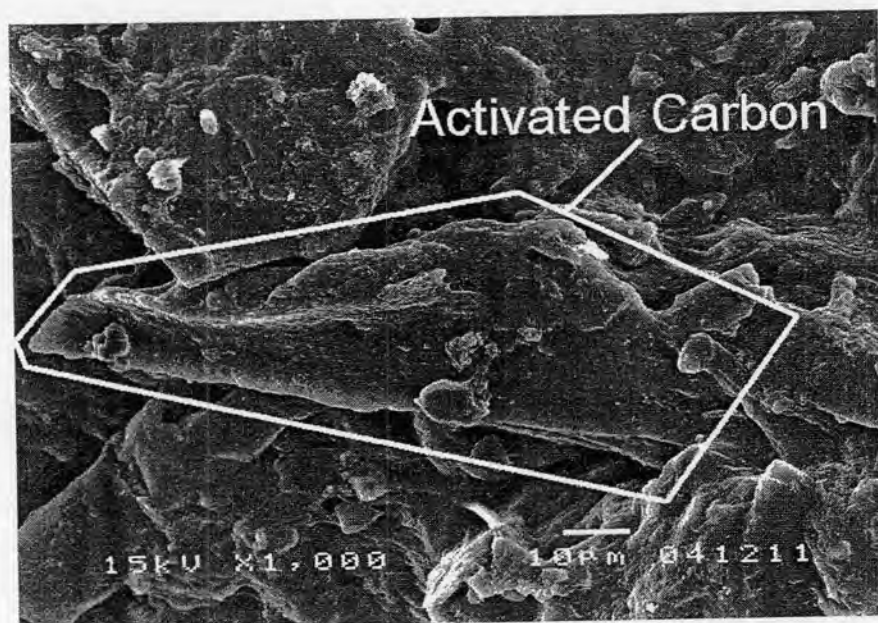
รูปที่ 4.44 ถ่านกัมมันต์ชนิดผงจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2000 เท่า



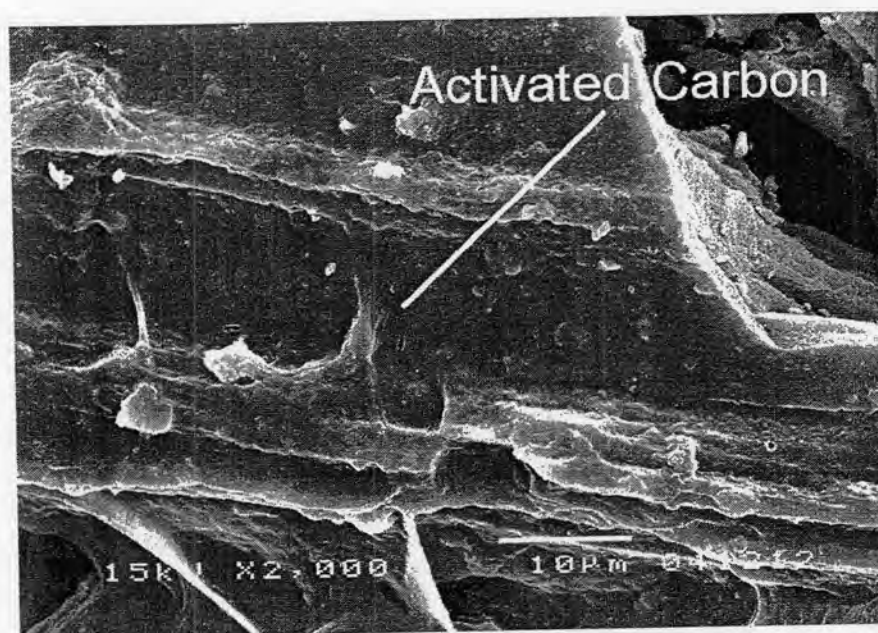
รูปที่ 4.45 ฟล็กของจุลชีพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 4.46 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้นถ่านกัมมันต์ 20% (W/W) กำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 4.47 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้นถ่านกัมมันต์ 50% (W/W) กำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 4.48 ฟล็กของจุลชีพที่ความเข้มข้นถ่านกัมมันต์ 80% (W/W) กำลังขยาย 2000 เท่า

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงลักษณะการเกาะตัวของถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็กของจุลชีพด้วยกำลังขยาย 1,000 และ 2,000 เท่า โดยรูปที่ 4.44 แสดงภาพถ่ายพื้นผิวภายนอกของถ่านกัมมันต์ชนิดผง และรูปที่ 4.45 แสดงลักษณะของสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนใดๆ เพื่อใช้ทำการเปรียบเทียบกับภาพถ่ายของสลัดจ์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในปริมาณต่างๆ



ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านกัมมันต์ลงไปสไลด์จะยึดติดกับพื้นผิวของก้อนผงถ่านกัมมันต์ โดยจะมีลักษณะคล้ายเมือกติดอยู่โดยรอบพื้นผิวของผงถ่านกัมมันต์ดังสังเกตเห็นได้จากรูปที่ 4.46 และรูปที่ 4.48 นอกจากนี้ยังมีลักษณะการเชื่อมติดกันของถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็อกของจุลชีพอีกลักษณะหนึ่งคือ ในรูปที่ 4.47 จะเห็นการเกาะตัวกันอย่างชัดเจน โดยก้อนของผงถ่านกัมมันต์ที่กลางภาพจะถูกปกคลุมห่อหุ้มด้วยฟล็อกของจุลชีพ ซึ่งมีลักษณะคล้ายการเกาะตัวของทาลกับจุลชีพ

จากการทดลองต่างๆ ที่ผ่านมา และการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในขั้นตอนนี้ก็อาจทำให้สามารถสรุปได้ว่า ถ่านกัมมันต์ชนิดผงมีความสามารถเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนได้ ให้ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่สูงขึ้นถึงแม้ว่าจะไม่สูงเท่ากับสไลด์ที่มีการเติมทาล แต่ก็สูงกว่าสไลด์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนใดๆ ไม่ส่งผลเสียต่อจุลชีพในระบบ และสามารถให้สไลด์หรือจุลชีพยึดเกาะได้ ซึ่งจากการเกาะตัวที่สังเกตเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในขั้นตอนนี้ อาจสามารถให้คำตอบได้ว่าความเร็วของการตกตะกอนที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการเกาะตัวกันระหว่างถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับฟล็อกของจุลชีพ ซึ่งทำให้ความหนาแน่น และน้ำหนักของฟล็อกสูงขึ้น จึงเป็นผลให้ความเร็วในการตกตะกอนสูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาลักษณะการเกาะตัวของผงถ่านกัมมันต์ก็มีข้อสังเกตบางประการคือ บางกรณีการเกาะตัวระหว่างถ่านกัมมันต์ชนิดผงกับสไลด์จะมีรูปแบบคล้ายกับทาลคือ ฟล็อกของจุลชีพจะห่อหุ้มผงถ่านกัมมันต์ทั้งก้อน และอีกรูปแบบหนึ่งของการเกาะตัวระหว่างสไลด์กับถ่านกัมมันต์ก็คือ ถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะเป็นก้อนของคาร์บอนที่มีขนาดใหญ่มากกว่าทาล และจุลชีพ ทำให้มีจุลชีพขนาดเล็กมาเกาะตัวอยู่บริเวณรอบๆ พื้นผิวแทน เป็นลักษณะการเกาะตัวแบบฉาบผิวหรือเคลือบผิว โดยมีลักษณะเป็นเมือกจุลชีพ หรือสไลด์เคลือบล้อมรอบพื้นผิวของก้อนคาร์บอน ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้จากรูปที่ 4.46 และรูปที่ 4.48 จะพบลักษณะดังกล่าวเห็นอย่างได้ชัดเจน

4.5 ผลการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสไลด์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนสองชนิด

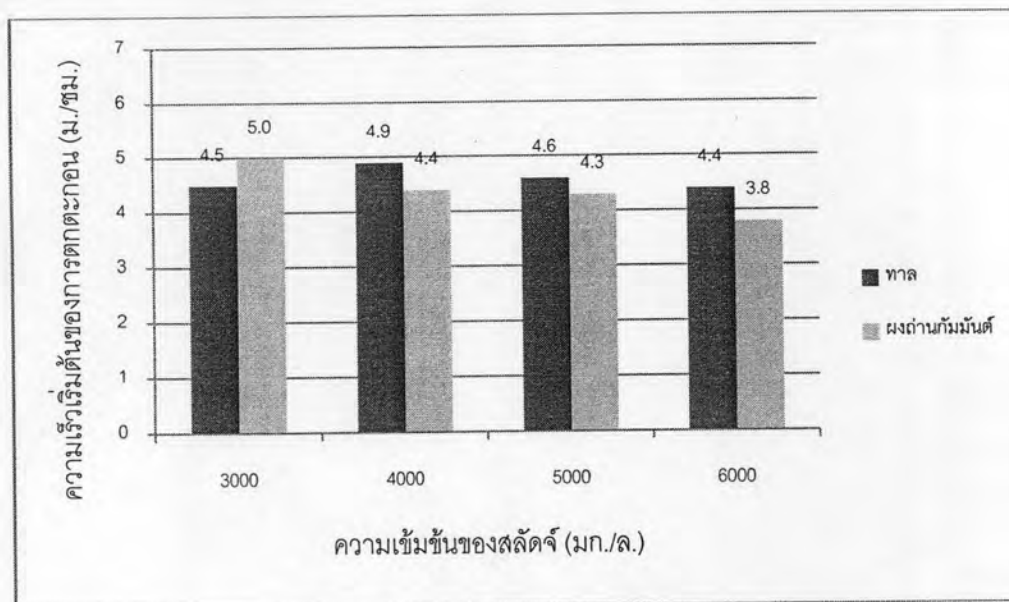
การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสไลด์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนทั้งสองชนิดคือ ทาล และถ่านกัมมันต์ชนิดผง ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสไลด์ที่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนที่แปรเปลี่ยนปริมาณของวัสดุช่วยตกตะกอน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดผงในการเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนดังเช่นทาล และค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสไลด์จะมีความแตกต่างกันอย่างไรในช่วงระยะเวลา

ดำเนินการทดลองที่ต่างกันคือ $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ ซึ่งแสดงค่าการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนแสดงไว้ดังตารางที่ 4.7 และรูปภาพแห่งดังต่อไปนี้

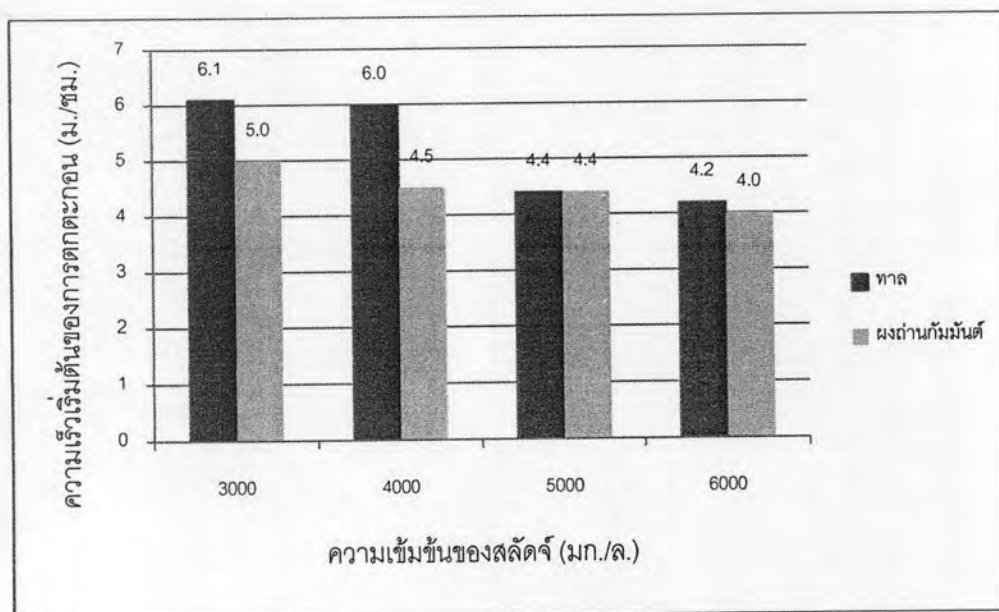
ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนทั้งสองชนิด

ปริมาณวัสดุ ช่วยตกตะกอน	ระยะเวลาดำเนินการทดลอง	ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีความเข้มข้น (มก./ล.) เท่ากับ							
		3,000		4,000		5,000		6,000	
		ทาล	ถ่านกัมมันต์	ทาล	ถ่านกัมมันต์	ทาล	ถ่านกัมมันต์	ทาล	ถ่านกัมมันต์
ชุดควบคุม (0%)	$1\theta_c$	4.5	5.0	4.9	4.4	4.6	4.3	4.4	3.8
	$2\theta_c$	6.1	5.0	6.0	4.5	4.4	4.4	4.2	4.0
	$3\theta_c$	5.1	5.3	5.9	4.2	5.8	4.0	5.2	3.6
20%	$1\theta_c$	5.6	6.4	5.1	5.1	5.4	5.7	5.4	5.3
	$2\theta_c$	8.5	6.4	8.5	5.1	8.0	6.1	7.1	5.0
	$3\theta_c$	8.6	7.1	8.6	5.1	7.8	5.8	6.7	5.1
50%	$1\theta_c$	9.4	8.0	9.0	6.9	8.0	6.6	8.0	6.2
	$2\theta_c$	9.8	8.7	9.4	7.2	7.9	7.0	7.6	6.2
	$3\theta_c$	9.0	9.9	8.5	8.5	8.6	7.5	7.8	6.6
80%	$1\theta_c$	14.6	9.9	14.1	9.0	9.3	7.8	7.4	6.7
	$2\theta_c$	14.4	9.7	10.4	8.7	8.9	7.4	6.8	5.1
	$3\theta_c$	17.7	10.0	9.7	8.5	7.8	7.8	7.4	5.8

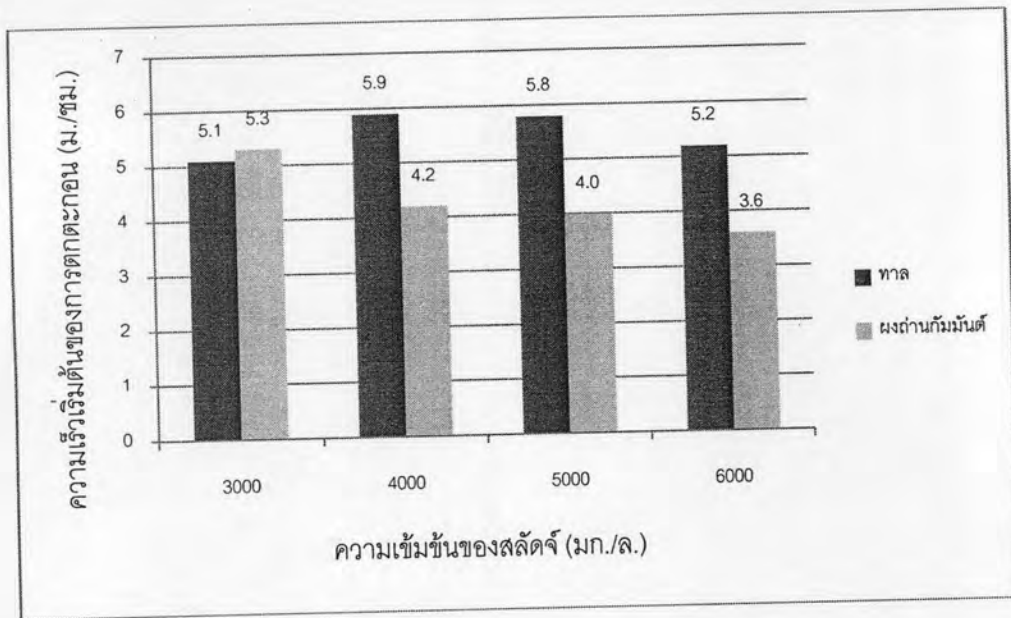
การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน (0% (W/W)) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.49 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน (0% (W/W)) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$

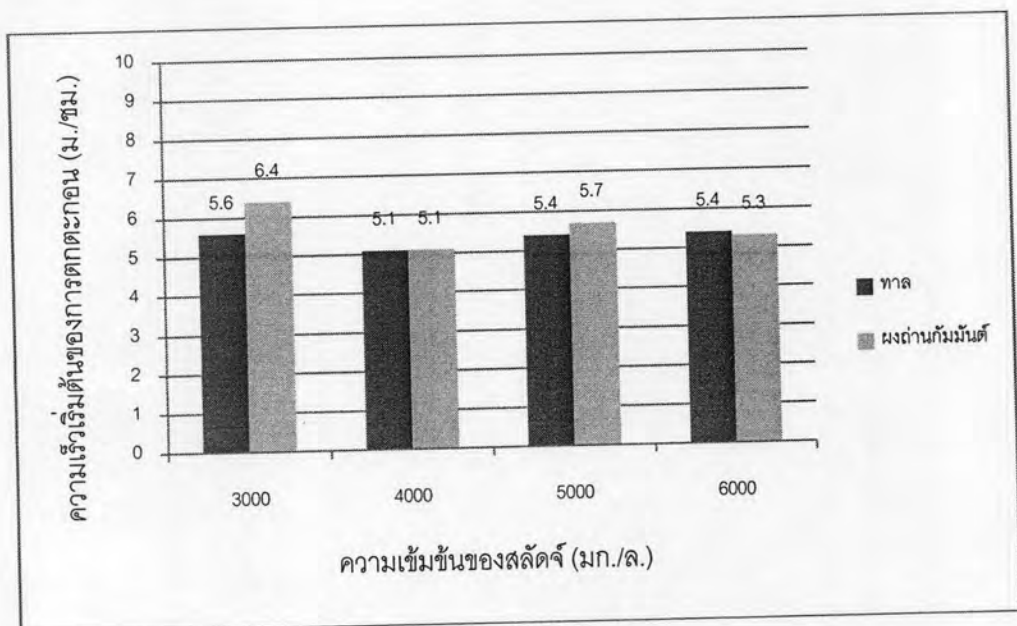


รูปที่ 4.50 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน (0% (W/W)) ในระยะเวลาของการทดลอง $2\theta_c$

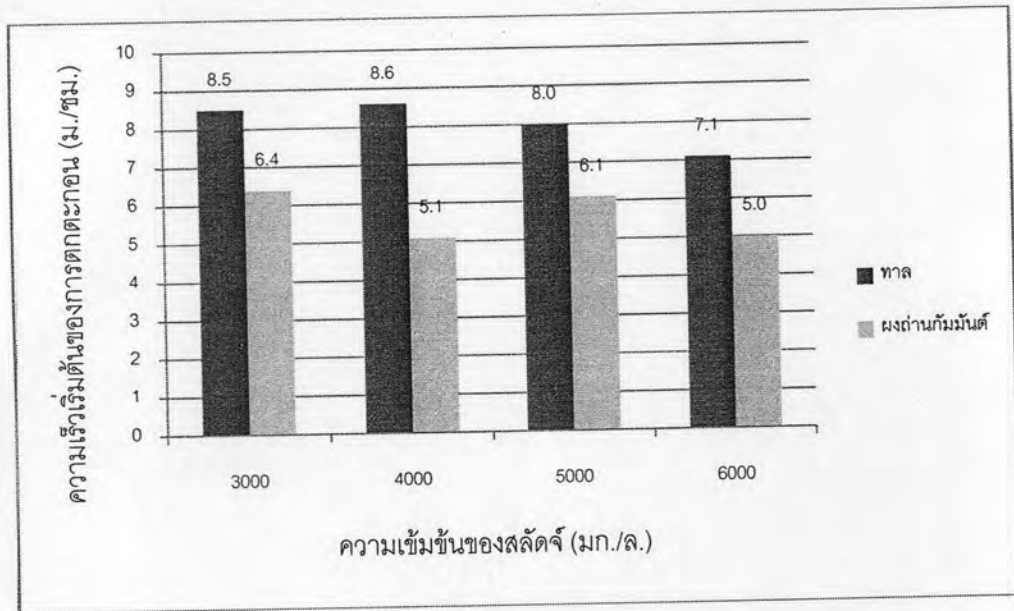


รูปที่ 4.51 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน (0% (W/W)) ในระยะเวลาของการทดลอง $3\theta_c$

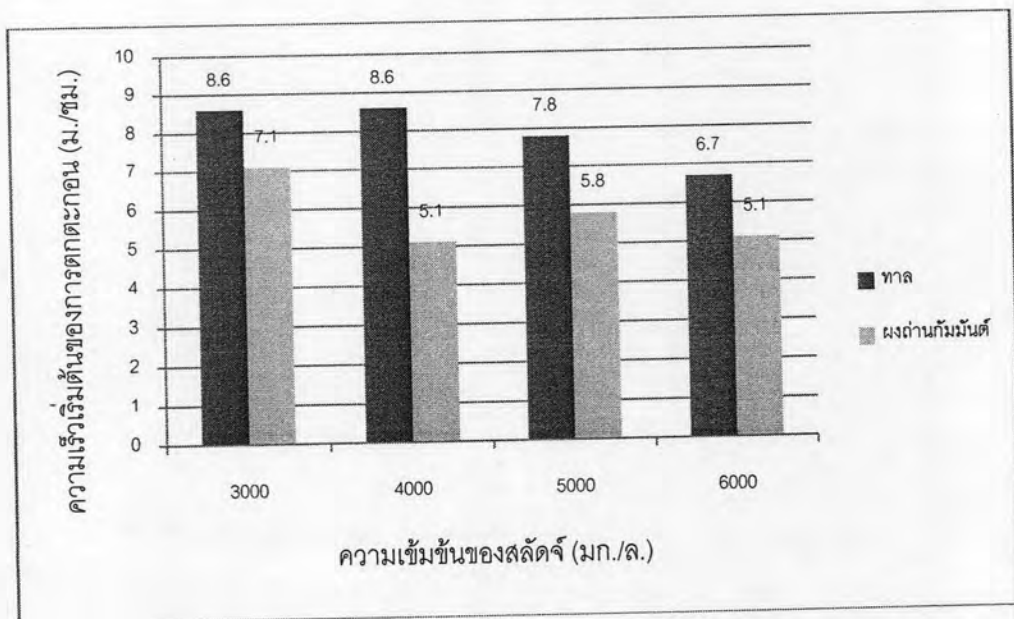
การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 20% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.52 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 20% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$

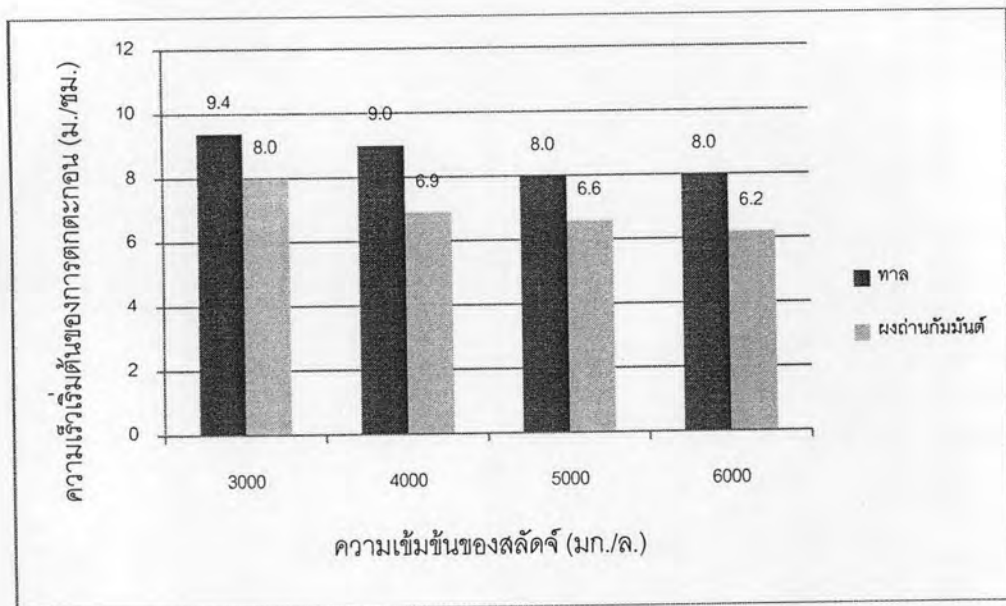


รูปที่ 4.53 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 20% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $2\theta_c$

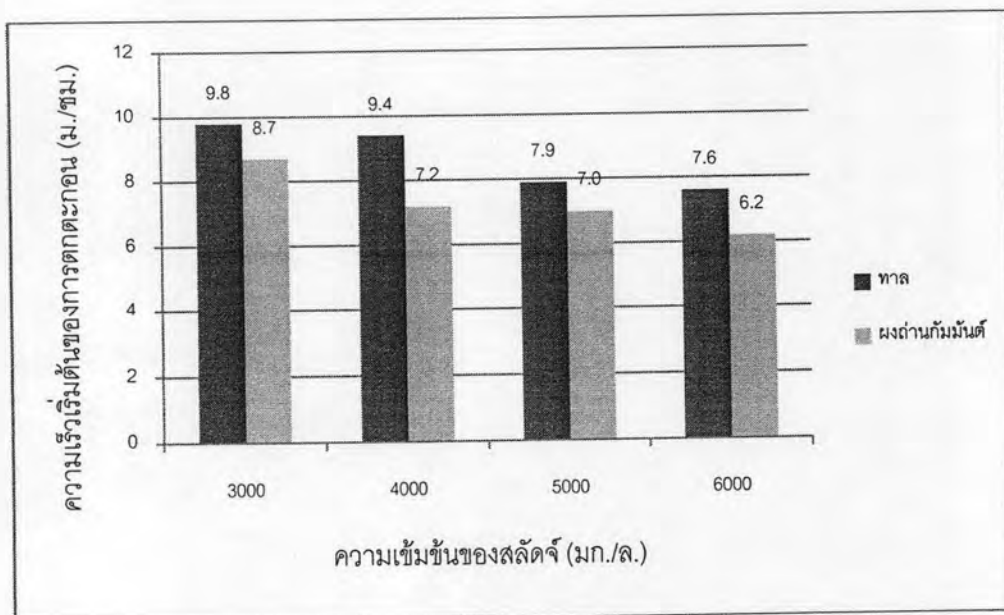


รูปที่ 4.54 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 20% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $3\theta_c$

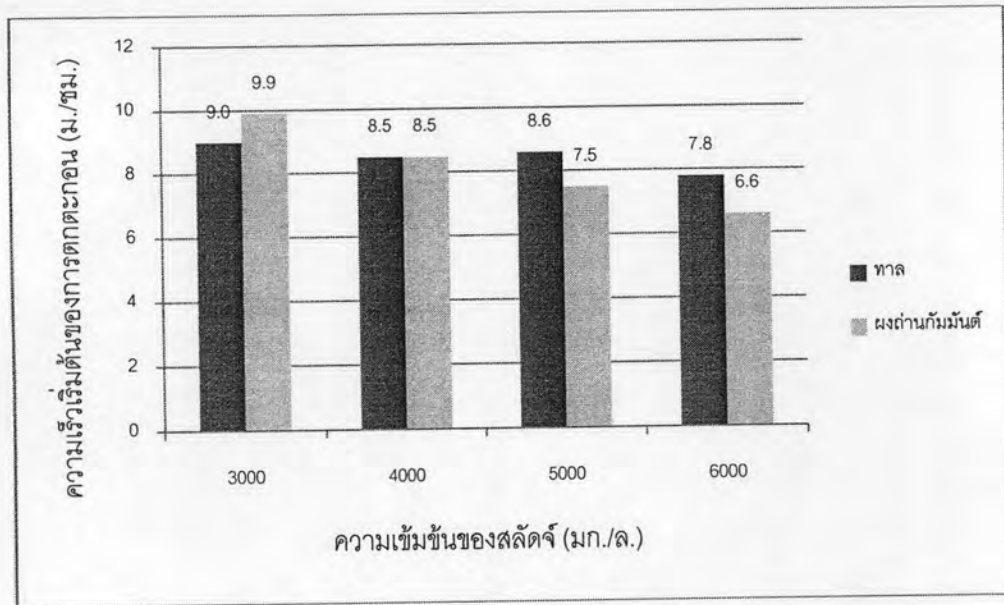
การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 50% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.55 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 50% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$

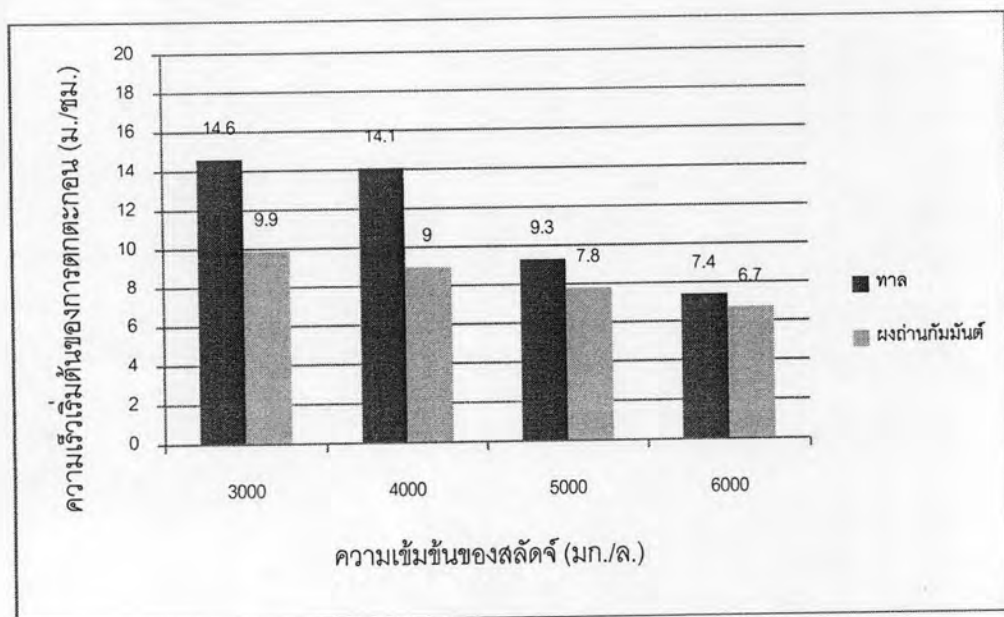


รูปที่ 4.56 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 50% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $2\theta_c$

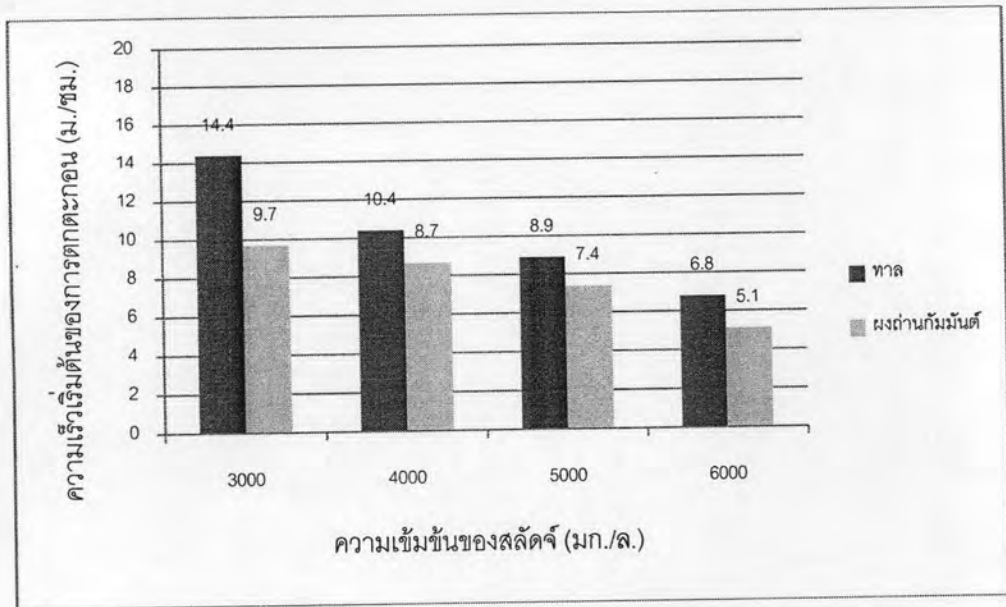


รูปที่ 4.57 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 50% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $3\theta_c$

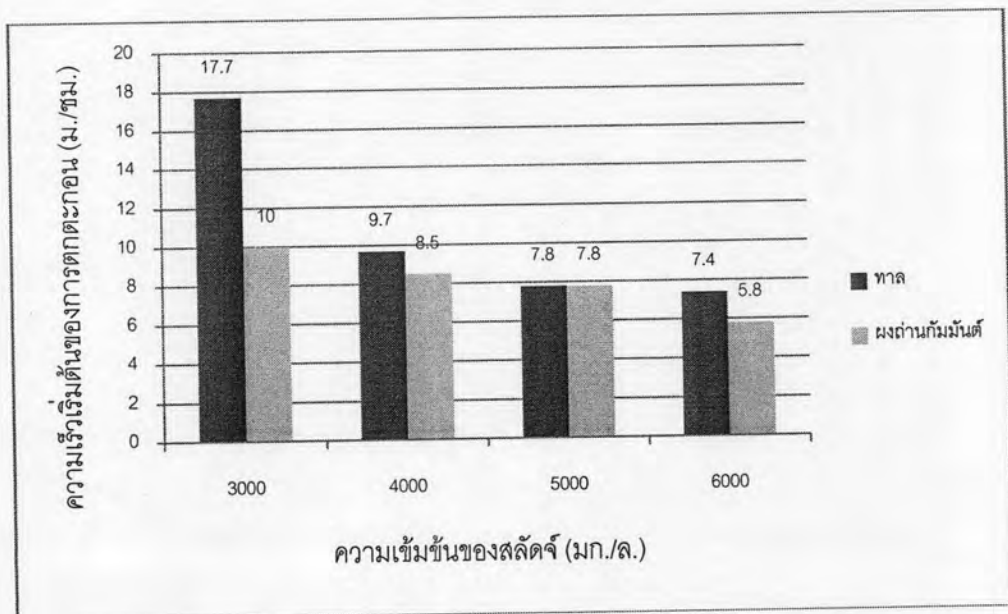
การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 80% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$



รูปที่ 4.58 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 80% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$



รูปที่ 4.59 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 80% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $2\theta_c$



รูปที่ 4.60 การเปรียบเทียบความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนปริมาณ 80% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $3\theta_c$

จากผลการเปรียบเทียบค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนในปริมาณ และวันที่ทำการวัดค่าต่างๆ ดังที่แสดงด้วยแผนภูมิข้างต้นนั้น สามารถสรุปได้ว่า

ที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอน 20% (W/W) ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$ ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของวัสดุช่วยตกตะกอนทั้ง 2 ชนิดจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอด ทุกความเข้มข้น ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 4.52 ต่อมาที่ระยะเวลาของการทดลอง $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ (รูปที่ 4.53 และรูปที่ 4.54) จะเห็นความแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน โดยที่ทุกความเข้มข้นของสลัดจ์ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของทาลจะสูงกว่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของถ่านกัมมันต์ชนิดผง

ที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอน 50% (W/W) ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 4.55-4.57 โดยภาพรวมของค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของทาลจะมีสูงกว่าค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของถ่านกัมมันต์ชนิดผง ทั้งในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$, $2\theta_c$, และ $3\theta_c$ ทุกความเข้มข้นของสลัดจ์ และจากการสังเกตพบว่าในระยะเวลาของการทดลอง $3\theta_c$ (รูปที่ 4.57) ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของวัสดุช่วยตกตะกอนทั้ง 2 ชนิดจะมีค่าใกล้เคียงกัน

ที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอน 80% (W/W) ดังแสดงในรูปที่ 4.58-4.60 จากการสังเกตภาพรวมนั้น ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของทาลจะสูงกว่าของถ่านกัมมันต์ชนิดผง โดยสังเกตว่าที่ปริมาณความเข้มข้นของสลัดจ์ 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลาของการทดลอง $1\theta_c$ รวมทั้งปริมาณความเข้มข้นของสลัดจ์ 3000 มิลลิกรัมต่อลิตรของระยะเวลาของการทดลอง $2\theta_c$ และ $3\theta_c$ ค่าของทาลจะสูงกว่าค่าของถ่านกัมมันต์ชนิดผงมาก นอกเหนือจากนี้ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของทาลก็ยังคงสูงกว่าของถ่านกัมมันต์ชนิดผง โดยมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกันทุกความเข้มข้น และตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ผ่านมา และผลการเปรียบเทียบค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนทั้ง 2 ชนิด พบว่า ทาลจะเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่สามารถทำให้ความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนของสลัดจ์สูงกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดผง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณในรูปของเปอร์เซ็นต์ (W/W) โดยเป็นที่ทราบกันดีว่า ทาลเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่มีงานวิจัยรองรับและแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้ว ส่วนของถ่านกัมมันต์ชนิดผงนั้นยังไม่มีหรือนำมาศึกษาในแง่ของการเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน งานวิจัยนี้การนำถ่านกัมมันต์ชนิดผงมาเป็นวัสดุช่วยตกตะกอน ถึงแม้ว่าผลที่ออกมาจะไม่สามารถทำให้ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนมีค่าสูงกว่าทาลได้ แต่ก็ทำให้ผลความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนออกมาได้อย่างน่าสนใจ คือมีค่าสูงกว่า 5 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่าการตกตะกอนที่ดี (Water Environment Federation, 2005) และมีค่าสูงกว่าสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน ดังค่าที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ตลอดจนไม่ส่งผลกระทบต่อจุลชีพในระบบ และยังมีข้อเด่นคือ จากการทดลองพบว่าการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผงในปริมาณน้อยๆ (20% (W/W)) สามารถช่วยในการ

ตกตะกอนได้ทันช่วงที่ไม่ต้องรอการปรับสภาพเหมือนเช่นทาลที่ปริมาณน้อยๆ อีกด้วย ด้วยเหตุนี้ก็น่าจะเพียงพอที่จะสามารถบ่งบอกได้ว่า ถ่านกัมมันต์ชนิดผงในงานวิจัยนี้ เป็นแนวคิดใหม่ที่มีเหตุผลสามารถเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนได้

ในงานวิจัยนี้ด้วยข้อมูลการทดลอง และการศึกษาค้นคว้าทั้งหมดตลอดทั้งการทดลองพบว่าทาลนั้นเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่ดีที่สุด และถ่านกัมมันต์ชนิดผงก็มีความสามารถรองลงมา โดยเมื่อได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ทาลสามารถเพิ่มความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนให้กับสลัดจ์ได้สูงกว่า อาจเนื่องมาจาก ขนาดเฉลี่ยของทาลที่มีขนาด $18 \mu\text{m}$ ซึ่งเล็กกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงคือมีขนาดเฉลี่ย $44 \mu\text{m}$ ซึ่งมีนัยสำคัญคือ ขนาดเล็กจะสามารถเข้าถึงสลัดจ์ได้มากกว่า เบากว่าสามารถสัมผัส ผสมรวมกับสลัดจ์ได้ดีกว่า จากผลการศึกษาจึงพบอีกว่าทาลสามารถก่อตัวกับสลัดจ์โดยที่สลัดจ์จะเกาะตัวอยู่รอบ และห่อหุ้มทาลไว้ ส่วนถ่านกัมมันต์ชนิดผงถ้าหากมีขนาดเล็กจะมีการเกาะตัวเป็นลักษณะเดียวกัน แต่ถ้ามีลักษณะเป็นก้อนถ่านขนาดใหญ่ ก็จะมีการเกาะตัวรอบๆ พื้นผิวของผงถ่านกัมมันต์แทน และจากการทดลองยังพบอีกว่า ลักษณะของสลัดจ์ที่มีการเติมทาลเมื่อสังเกตจากกล้องจุลทรรศน์แล้ว จะสังเกตเห็นลักษณะกลุ่มก้อนของปุยจุลชีพกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งสิ่งนี้น่าจะเสริมให้ทาลสามารถช่วยตกตะกอนได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผง ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดที่ผ่านมาอาจสามารถสรุปได้ว่ากลไกในการเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของวัสดุช่วยตกตะกอน คือกลไกที่ใช้อนุภาคของทาล และถ่านกัมมันต์ชนิดผงจะเป็นแกนของฟล็อก อาจรวมตัวอยู่กับฟล็อกทำให้ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ลักษณะดังกล่าว อาจถือว่าเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับฟล็อก เป็นผลให้เกิดการตกตะกอนได้ดีขึ้น และอีกกลไกหนึ่งคือ เมื่อมีการเลี้ยงตะกอนจุลชีพโดยเติมวัสดุช่วยตกตะกอนในระยะหนึ่ง จะมีการเกาะตัวของสลัดจ์กับวัสดุช่วยตกตะกอนขึ้น มีจุลชีพเล็กๆ มาอยู่อาศัยรวมกัน ทำให้ฟล็อกมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น ก็อาจจะเป็นอีกกรณีหนึ่งที่ทำให้สามารถช่วยให้การตกตะกอนมีประสิทธิภาพดีขึ้นได้

4.6 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณออกแบบถังตกตะกอนในระบบเอเอสด้วยสลัดจ์ที่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนทั้งสองชนิด

การศึกษาในขั้นตอนนี้ จะเป็นการศึกษาเพื่อหาคำตอบของแนวคิดที่ว่า เมื่อการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนในแง่ของความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนได้ ดังนั้นถ้านำค่าความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนที่ได้จากการทดลองมาคำนวณออกแบบถังตกตะกอนก็น่าจะสามารถลดขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนให้เล็กลงได้

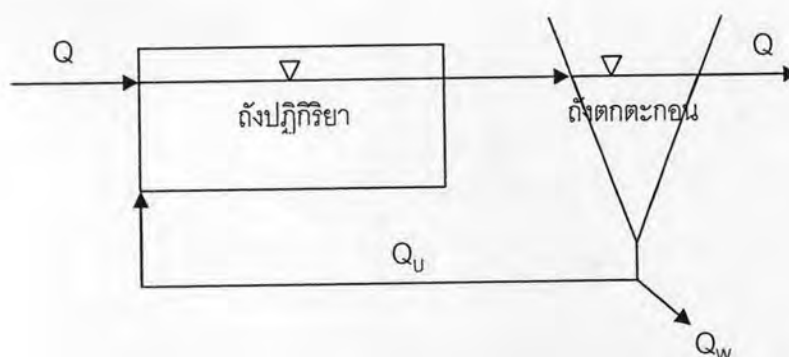
การศึกษารออกแบบถังตกตะกอนในระบบเอเอส เป็นการคำนวณออกแบบถังตกตะกอนขั้นที่สอง (Secondary Clarifier) โดยงานวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎีโซลิดฟลักซ์ (Solid Flux) อัตราน้ำล้น

ผิว (Surface Loading Rate หรือ Overflow Rate) และอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate) ในการคำนวณออกแบบ ซึ่งวิธีคำนวณโซลิตฟลักซ์ได้อธิบายขั้นตอนไว้ในหัวข้อที่ 2.2.2 แล้ว ในขั้นตอนนี้ได้ทำการออกแบบขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนที่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนทั้งสองชนิด และถังตกตะกอนที่ไม่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนใดๆ โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง ซึ่งในการศึกษาจะนำค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนของสลัดจ์ที่มีการเติมทาล และถ่านกัมมันต์ชนิดผงจากวันที่ 30 ของการทดลอง ($3\theta_c$) มาคำนวณออกแบบ เนื่องจากระยะเวลาของการทดลอง $3\theta_c$ เป็นระยะเวลาที่ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady State) มาได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จัดว่าอยู่ในสภาวะคงที่ดังได้แสดงและอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.1 ซึ่งการคำนวณออกแบบขนาดของถังตกตะกอน จะทำการออกแบบโดยการแปรเปลี่ยนชนิด และปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนคือ 0%, 20%, 50%, และ 80% (W/W) ตามลำดับ ซึ่งรายการคำนวณต่างๆ จะแสดงไว้ดังต่อไปนี้

การศึกษาคำนวณออกแบบขนาดของถังตกตะกอน จะมีการคำนวณเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ผิวของถังตกตะกอน ด้วยการคำนวณเปรียบเทียบด้วยวิธีการ 3 วิธีคือ

1. การคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยโซลิตฟลักซ์ (Solid Flux)
2. การคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราน้ำล้นผิว (Surface Loading Rate)
3. การคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate)

โดยมีตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.61 กระบวนการของระบบเอเอสในการคำนวณออกแบบถังตกตะกอน

(Water Environment Federation, 2005)

ข้อมูลจากการออกแบบของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง (Department of Drainage and Sewerage, 2007)

อัตราการไหล, Q	=	341,289 ลบ.ม./วัน
อัตราการสูบตะกอนออกจากก้นถังตกตะกอน, Q_u	=	298,043 ลบ.ม./วัน
	=	12,418.46 ลบ.ม./ชม.
ความเข้มข้นของสลัดจ์, C_o	=	2,750 กก./ลบ.ม.
	=	2.75 กก./ลบ.ม.
ขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอน, A	=	11,322 ตร.ม.

1. การคำนวณเปรียบเทียบขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยโซลิตฟลักซ์ (Solid Flux)

การคำนวณขนาดของถังตกตะกอนด้วยวิธีโซลิตฟลักซ์ ได้กล่าวในรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 2.2.2 ดังนั้นจึงยกสมการการคำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอน ดังนี้

$$A = \frac{(Q + Q_u) \times C_o}{G_L \times 1000} \quad ; \text{ตร.ม.}$$

(4.1)

ให้ อัตราการหมุนเวียนสลัดจ์ $\frac{Q_u}{Q} = \alpha$ ดังนั้น

$$A = \frac{(1 + \alpha)Q \times C_o}{G_L \times 1000} \quad ; \text{ตร.ม.}$$

(4.2)

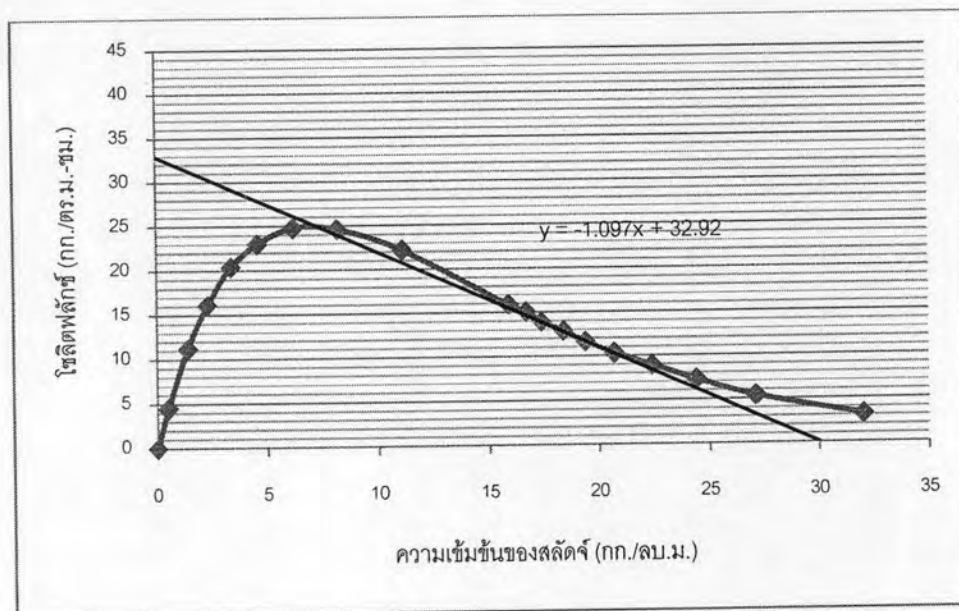
จากสมการดังกล่าวจะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{โดย } \alpha = \frac{Q_u}{Q} = \frac{298,043 \text{ ลบ.ม./วัน}}{341,289 \text{ ลบ.ม./วัน}} \cong 0.85$$

ส่วนของค่า G_L นั้นจะคำนวณได้จากกราฟโซลิตฟลักซ์ ซึ่งจากหัวข้อ 2.2.4 การออกแบบด้วยวิธี โซลิตฟลักซ์ประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีของโยชิโอกะ เมื่อคำนวณและสร้างกราฟ G_o ได้แล้ว จากนั้นลากเส้นตรงที่มีความชัน $-V_o$ สัมผัสกับกราฟ G_o จุดตัดของเส้นตรงบนแกน G จะเท่ากับ G_L ซึ่ง V_o เป็นอัตราเร็วของสลัดจ์ที่ระบายออกจากก้นถังตกตะกอน โดยคำนวณได้จาก

$$V_b = \frac{Q_u}{A} = \frac{12,418.46 \text{ ลบ.ม./ชม.}}{11,322 \text{ ตร.ม.}} = 1.097 \text{ ม./ชม.}$$

โดยความชัน $-V_b$ จะนำไปลากเส้นตรงในกราฟโซลิตฟลักซ์ ซึ่งในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการเขียนกราฟโซลิตฟลักซ์ของทาลที่ปริมาณ 0% (W/W) ดังต่อไปนี้ ส่วนของกราฟโซลิตฟลักซ์ที่ปริมาณทาลและถ่านกัมมันต์ชนิดผงอื่นๆ จะได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค.



รูปที่ 4.62 กราฟแสดงโซลิตฟลักซ์ของทาลในชุดควบคุม (0% (W/W))

จากรูปที่ 4.62 ที่ความชันกราฟ $-V_b$ จะสามารถหาจุดตัดของเส้นตรงบนแกน Solids Flux โดยจุดตัดของเส้นตรงบนแกนจะเท่ากับ G_L ซึ่งจะได้ค่า G_L หรือ Limiting Flux เท่ากับ 32.92 กก./ตร.ม.-ชม. ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 790.08 กก./ตร.ม.-วัน

ดังนั้นจึงจะสามารถคำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนได้จากสมการ 4.2 ดังต่อไปนี้

$$A = \frac{(1 + \alpha)Q \times C_0}{G_L \times 1000}$$

(4.2)

$$A = \frac{(1 + 0.85) \times 341289 \times 2750}{790.08 \times 1000} = 2,197.64 \text{ ตร.ม.}$$

และการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนในปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนและชนิดต่างๆ กัน จะใช้วิธีการคำนวณแบบเดียวกัน ผลจากทุกๆ กรณีในแสดงตารางเปรียบเทียบค่าพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 ขนาดของพื้นที่ผิวของถังตกตะกอนจากการคำนวณด้วยโซลิตฟลักซ์

ชนิดของวัสดุช่วยตกตะกอน	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)	Limmiting Flux, G_L		ขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอน, A (ตร.ม.)
		(กก./ตร.ม.-ชม.)	(กก./ตร.ม.-วัน)	
ทาล	ควบคุม 0%	32.92	790.08	2,197.64
	20%	75.91	1,821.84	953.05
	50%	54.81	1,315.44	1,319.94
	80%	26.80	643.20	2,699.48
ถ่านกัมมันต์ชนิดผง	ควบคุม 0%	34.85	836.40	2,075.93
	20%	52.22	1,253.28	1,385.41
	50%	40.22	965.28	1,798.76
	80%	33.07	793.68	2,187.67
โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง		3.45	82.84	20,959.76

2. การคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราน้ำล้นผิว (Surface Loading Rate)

การออกแบบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยการใช้อัตราน้ำล้นผิวเป็นการคำนวณในพื้นฐานของการตกตะกอนแบบที่ 1 คือ การตกตะกอนแบบโคต ซึ่งในทางปฏิบัติและทางทฤษฎีค่าความในการตกตะกอนของการตกตะกอนแบบที่ 3 หรือการตกตะกอนแบบแบ่งชั้นจะทำการวิเคราะห์โดยวิธีการเปรียบเทียบระยะทางต่อเวลาโดยใช้กระบอกตกตะกอน (Metcalf และ Eddy, 2003) ซึ่งในที่นี้ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจากการทดลองก็จะสามารถนำมาใช้คำนวณเปรียบเทียบได้ด้วยหลักการเดียวกัน ซึ่งค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจะเป็นค่าเดียวกันกับอัตราน้ำล้นผิว ดังจะแสดงตัวอย่างการคำนวณ และแสดงผลขนาดของพื้นที่ผิวของถังตกตะกอนได้ดังต่อไปนี้

จากข้อมูลของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดงจะสามารถคำนวณอัตราน้ำล้นผิวที่ใช้สำหรับ
ถังตกตะกอนได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราน้ำล้นผิว, } V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{341289 \text{ ลบ.ม./วัน}}{11322 \text{ ตร.ม.}} \\
 &= 30.1 \text{ ลบ./ตร.ม.-วัน} = 1.26 \text{ ลบ./ตร.ม.-ชม.} \\
 &= 1.26 \text{ ม./ชม.}
 \end{aligned}$$

ซึ่งเมื่อนำค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนจากการทดลอง ที่ปริมาณทาล 80% (WW) มีค่า
เท่ากับ 17.7 ม./ชม. ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 424.8 ม./วัน ดังนั้นจะคำนวณพื้นที่หน้าตัดของถัง
ตกตะกอนได้คือ

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Talc } 80\%} &= \frac{Q}{V_{\text{Talc } 80\%}} \\
 &= \frac{341289 \text{ ลบ.ม./วัน}}{425 \text{ ม./ชม.}} \\
 \text{ดังนั้น } A_{\text{Talc } 80\%} &= 803 \text{ ตร.ม.}
 \end{aligned}$$

และการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนในปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนชนิดต่างๆ ได้ใช้
วิธีการคำนวณแบบเดียวกัน โดยค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนในทุกสภาวะได้แสดงไว้ใน
ภาคผนวก ก. ซึ่งการคำนวณจะใช้ค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอนที่สูงที่สุดคือ ที่ความ
เข้มข้นสลัดจ์ 3,000 มก./ล. โดยตารางเปรียบเทียบค่าพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนจากการ
คำนวณด้วยอัตราน้ำล้นผิวแสดงไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 ขนาดของพื้นที่ผิวของถังตกตะกอนจากการคำนวณด้วยอัตราน้ำล้นผิว

ชนิดของวัสดุ ช่วยตกตะกอน	ปริมาณวัสดุ ช่วยตกตะกอน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความเร็วเริ่มต้น ของการตกตะกอน		ขนาดพื้นที่หน้าตัด ของถังตกตะกอน, A (ตร.ม.)
		(ม./ชม.)	(ม./วัน)	
ทาล	ควบคุม 0%	5.1	122.4	2,788.31
	20%	8.6	206.4	1,653.53
	50%	9	216.0	1,580.04
	80%	17.7	424.8	803.41
ถ่านกัมมันต์ ชนิดผง	ควบคุม 0%	5.3	127.2	2,683.09
	20%	7.1	170.4	2,002.87
	50%	9.9	237.6	1,436.40
	80%	10	240.0	1,422.04
โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง		1.26	30.1	11,338.50

3. การคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate)

การออกแบบเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราภาระของแข็ง คือ อัตราส่วนของมวลของของแข็งที่เข้าสู่ถังตกตะกอน ซึ่งมีความหมายเดียวกับการเคลื่อนที่ของชั้น สลัดจ์ผ่านถังตกตะกอน เมื่อคิดในเทอมของมวลน้ำหนักต่อพื้นที่ผิวต่อเวลาซึ่งก็คือโซลิดฟลักซ์ นั้นเอง โดยจากข้อมูลเบื้องต้นของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง มีค่าอัตราภาระของแข็ง, SLR เท่ากับ 82.84 กก./ลบ.ม.-วัน ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้

$$SLR = 82.84 \text{ กก./ลบ.ม.-วัน}$$

$$\text{ดังนั้น } G_L = 82.84 \text{ กก./ลบ.ม.-วัน}$$

เมื่อนำค่า G_L ไปคำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนได้จากสมการ 4.2 จะได้ขนาดของถังตกตะกอนเท่ากับ

$$A = \frac{(1 + 0.85) \times 341289 \times 2750}{82.84 \times 1000} = 9,630.2 \text{ ตร.ม.}$$

โดยจากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าอัตราการระเหยของแข็ง สามารถคำนวณกลับได้ด้วยโซลิตฟลักซ์ซึ่งจะแสดงค่าอัตราการระเหยของแข็งได้ดังนี้

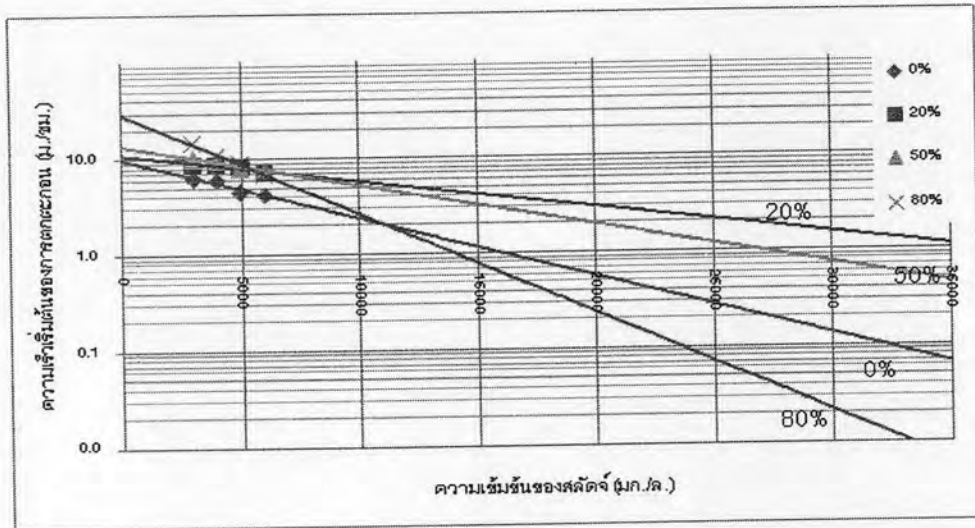
ตารางที่ 4.10 อัตราการระเหยของแข็งจากการทดลอง

ชนิดของวัสดุ ช่วยตกตะกอน	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการระเหยของแข็ง	
		(กก./ตร.ม.-ชม.)	(กก./ตร.ม.-วัน)
ทาล	ควบคุม 0%	32.92	790.08
	20%	75.91	1,821.84
	50%	54.81	1,315.44
	80%	26.8	643.2
ถ่านกัมมันต์ ชนิดผง	ควบคุม 0%	34.85	836.4
	20%	52.22	1,253.28
	50%	40.22	965.28
	80%	33.07	793.68
โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง		82.84	9,630.20

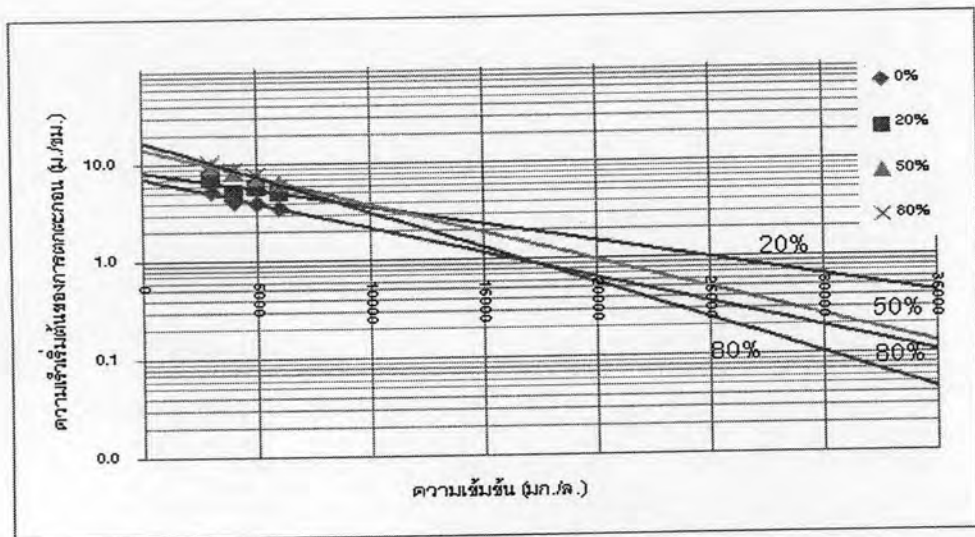
อัตราการระเหยของแข็งที่ได้จะมีค่าสูงกว่าอัตราการระเหยของแข็งสูงกว่าข้อมูลเบื้องต้นของโรงบำบัดน้ำเสียมาก ซึ่งจะทำให้ขนาดของถังตกตะกอนเล็กกว่าเช่นกัน ดังแสดงขนาดของถังตกตะกอนในตารางที่ 4.6 และ อัตราการระเหยของแข็งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานในช่วง 4-6 กก./ลบ.ม.-ชม ทำให้ทราบได้ว่าถังตกตะกอนจะสามารถรับของแข็ง หรือตะกอนสลัดจ์ได้สูงกว่าถังตกตะกอนแบบธรรมดาได้มากขึ้น

จากการคำนวณออกแบบขนาดของถังตกตะกอนในระบบเอเอสจากสลัดจ์ที่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนดังที่แสดงไปนั้น พบว่าการคำนวณออกแบบด้วยวิธีโซลิตฟลักซ์ ขนาดของถังตกตะกอนมีขนาดใหญ่มากที่สุด คือ 2,699.48 ตร.ม. ที่ปริมาณทาล 80% (W/W) และมีขนาดเล็กที่สุดคือ 953.05 ตร.ม. ในชุดควบคุม (0% (W/W)) ซึ่งจากข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มขนาดถังตกตะกอนที่คล้ายกันในวัสดุช่วยตกตะกอนทั้งสองคือ เมื่อไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน ขนาดของถังตกตะกอนจะสูงกว่า 2,000 ตร.ม. ต่อมาที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอน 20% (W/W) ขนาดของถังตกตะกอนจะมีขนาดเล็กที่สุด และที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอน 50% (W/W) ขนาดของถังตกตะกอนจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย ส่วนของขนาดของถังตกตะกอนที่ปริมาณวัสดุช่วย

ตกตะกอน 80% (W/W) จะมีขนาดเล็กมากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วของการตกตะกอน และความเข้มข้นของสลัดจ์ที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนแตกต่างกัน ดังรูปที่ 4.62 และ 4.63 จะสามารถอธิบายเหตุที่ขนาดของถังตกตะกอนที่มีปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนสูงๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นได้



รูปที่ 4.63 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการตกตะกอน และความเข้มข้นของสลัดจ์ที่ปริมาณทาลแตกต่างกัน



รูปที่ 4.64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการตกตะกอน และความเข้มข้นของสลัดจ์ที่ปริมาณผงถ่านกัมมันต์แตกต่างกัน

จากกราฟดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนสูงๆ นั้น ความเร็วของการตกตะกอนที่ความเข้มข้นต่ำๆ จะมีค่าสูง แต่เมื่อความเข้มข้นสูงมากขึ้นค่าความเร็วของการตกตะกอนจะลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งก็น่าจะเกิดจากสาเหตุการตกตะกอนแบบอัดตัว หรือ Compression Settling แทนการตกตะกอนแบบแบ่งชั้น เนื่องจากมีความเข้มข้นในถังตกตะกอนสูงเกินไป การตกตะกอนที่เกิดขึ้นในช่วงความเข้มข้นสูงจึงช้าลงมาก ซึ่งมีผลให้ค่าโซลิตฟลักซ์ต่ำลง ซึ่งทำให้ขนาดของถังตกตะกอนสูงขึ้นได้

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบขนาดพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน

วิธีการคำนวณ พื้นที่หน้าตัด ถังตกตะกอน	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.)								
	โรงบำบัดน้ำเสีย ชุมชนดินแดง	ทาล				ถ่านกัมมันต์ชนิดผง			
		ควบคุม	20%	50%	80%	ควบคุม	20%	50%	80%
โซลิตฟลักซ์	20,960	2,198	953	1,320	2,699	2,076	1,385	1,799	2,188
อัตราน้ำล้นผิว	11,339	2,788	1,654	1,580	803	2,683	2,003	1,436	1422
อัตราภาระของแข็ง	9,630	2,198	953	1,320	2,699	2,076	1,385	1,799	2,188

การศึกษาการคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราน้ำล้นผิว (Surface Loading Rate) เป็นการคำนวณออกแบบในพื้นที่ฐานของการตกตะกอนแบบโคต โดยผลการทดลองจะได้ขนาดของถังตกตะกอนที่เล็กที่สุดที่ปริมาณทาล 80% (WW) คือ 803.41 ตร.ม. ซึ่งผลจากการคำนวณจะเป็นไปตามทฤษฎีคือ พื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนจะมีขนาดเล็กลงเมื่อเติมวัสดุช่วยตกตะกอนเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบอย่างละเอียดพบว่าการเติมทาล จะทำให้ขนาดของถังตกตะกอนเล็กกว่าการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง และเมื่อนำค่าที่ได้ดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง ที่มีขนาดถังตกตะกอนขนาด 11,322 ตร.ม. พบว่าขนาดถังตกตะกอนที่ได้จากการคำนวณมีขนาดเล็กกว่ามาก

จากการศึกษาเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนด้วยอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate) พบว่าเมื่อใช้การคำนวณด้วยอัตราภาระของแข็งขนาดของถังตกตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนดินแดง ก็จะมีขนาด 9,630.2 ตร.ม. ซึ่งใกล้เคียงกับขนาดจริงและมีขนาดเล็กกว่าขนาดจริงเล็กน้อย โดยอัตราภาระของแข็งจากข้อกำหนดจะอยู่ในช่วง 4-6 กก./ลบ.ม.-ชม. (Metcalf and Eddy, 2003) ซึ่งเท่ากับ 96-144 กก./ลบ.ม.-วัน โดยค่าอัตราภาระของแข็งที่ได้จาก

การทดลองจะมีค่าสูงกว่าในข้อกำหนดมาก มีผลดีคือทำให้ถังตกตะกอนสามารถรับตะกอนสลัดจ์ได้สูงกว่าถังตกตะกอนโดยทั่วไป

การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนในระบบเอเอสด้วยสลัดจ์ที่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนที่ปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนเหมาะสมคือ ในปริมาณน้อยๆ เช่น 20% (W/W) จะสามารถคำนวณออกแบบขนาดของถังตกตะกอนให้มีขนาดลดลงได้ ด้วยการคำนวณจากโซลิตฟลักซ์ ซึ่งเมื่อมีวัสดุช่วยตกตะกอนในปริมาณที่มากนั้นพบว่าขนาดของถังตกตะกอนมิได้ลดลงตามที่คาดไว้ เนื่องจากอาจเกิดจากความเข้มข้นที่สูงของวัสดุช่วยตกตะกอนทำให้เกิดการตกตะกอนแบบอัดตัว หรือ Compression Settling แทนการตกตะกอนแบบแบ่งชั้น ทำให้ความเร็วการตกตะกอนที่ความเข้มข้นสลัดจ์สูงๆ มีความเร็วที่ต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ขนาดของถังตกตะกอนมิได้มีขนาดลดลงตามที่คาดการณ์ไว้ ส่วนการใช้อัตราน้ำล้นผิวในการคำนวณขนาดของถังตกตะกอน จะให้ผลเป็นไปตามความคาดหมายคือ ขนาดพื้นที่ผิวของถังตกตะกอนที่คำนวณได้จะแปรผกผันกับปริมาณวัสดุช่วยตกตะกอนที่เติมลงไป และเมื่อทำการตรวจสอบด้วยอัตราภาระของแข็ง พบว่าอัตราภาระของแข็งที่ได้จากการทดลองจะมีค่าสูงกว่าในข้อกำหนดทั่วๆ ไปมาก มีผลดีคือทำให้ถังตกตะกอนสามารถรับตะกอนสลัดจ์ได้สูงกว่าถังตกตะกอนโดยทั่วไปนั่นเอง ส่วนของการเปรียบเทียบความสามารถของวัสดุช่วยตกตะกอนทั้งสองชนิดในแง่ของการออกแบบขนาดของถังตกตะกอน จากการคำนวณพบว่าทาลเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่สามารถลดขนาดของถังตกตะกอนได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผง เนื่องจากผลของความเร็วเริ่มต้นในการตกตะกอนที่มีสูงกว่านั่นเอง

การศึกษาคำนวณออกแบบพื้นที่หน้าตัดของถังตกตะกอนจากงานวิจัยฉบับนี้ ผลที่ได้เป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับในชั้นทฤษฎี และในระดับห้องปฏิบัติการ แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นเพียงผลลัพธ์ขั้นต้นที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งโดยความเป็นจริงหากต้องการนำงานวิจัยนี้ไปใช้ได้ในระดับการปฏิบัติงานจริงจะต้องมีการนำไปทดลองกับระบบบำบัดน้ำเสียจริงเสียก่อน ซึ่งอาจพบกับปัญหา หรืออุปสรรคที่ต้องแก้ไข เช่น การจัดการกับสลัดจ์ที่มีความเข้มข้นสูงมากๆ ในถังปฏิกิริยา เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้งานวิจัยนี้สามารถสรุปผลนำไปใช้เป็นประโยชน์กับงานในระบบบำบัดน้ำเสียจริงได้ต่อไปในอนาคต

จากผลงานวิจัยนี้ ได้สรุปลักษณะสมบัติของวัสดุช่วยตกตะกอนที่ดีดังต่อไปนี้ วัสดุช่วยตกตะกอนที่ดี ต้องมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ แต่ต้องไม่น้ำหนักมากจนเกินไปจนไม่สามารถกวนผสมกับน้ำได้ มีขนาดเฉลี่ยที่ไม่ใหญ่จนเกินไป มีลักษณะเนื้อของวัสดุที่อ่อน ไม่แข็งจนเกิดการขีดสีกับท่อ บีม และอุปกรณ์ต่างๆ โดยวัสดุช่วยตกตะกอนสำหรับงานวิจัยนี้คือ ทาล และถ่านกัมมันต์ชนิดผง มีลักษณะที่ติดสอเคลือบกับเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นสาเหตุสำคัญยิ่งที่ทำให้ได้ผลการทดลองที่ดี ซึ่งอีกเหตุผลที่สำคัญประการหนึ่งของวัสดุช่วยตกตะกอนที่ดีได้แก่ เหตุผลใน

แง่ของเศรษฐศาสตร์ กล่าวคือวัสดุที่เลือกใช้ควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายโดยทั่วไปตามท้องตลาด มีราคาถูก สามารถนำไปกำจัดหรือทำลายได้ง่าย ตลอดจนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น จากแนวความคิดการนำเอาวัสดุช่วยตกตะกอนกลับมาใช้ใหม่หลังจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของสลัดจ์แล้ว จึงได้เกิดแนวความคิดต่อยอดขึ้นไปอีกหนึ่งแนวคิดได้แก่ การพัฒนาเพื่อหาวิธีแยกวัสดุช่วยตกตะกอนออกจากสลัดจ์ ซึ่งแนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ดีกับงานวิจัยต่อไปในอนาคต ตลอดจนสามารถพัฒนาไปสู่การใช้วัสดุช่วยตกตะกอนกับระบบจริงได้