

บทที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบคลองวนเวียน

1.1 หลักการทำงานของระบบ

ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) เป็นกระบวนการตะกอนเร่งชนิดหนึ่ง โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในการย่อยสลายดูดซับหรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง เพียงแต่จะมีรูปแบบของบ่อเป็นลักษณะคูหรือคลองที่สร้างให้เป็นรูปวงรี ทำให้น้ำสามารถหมุนเวียนไปมาได้โดยรอบ มลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ต่อไป จากนั้น จึงแยกจุลินทรีย์ที่ผ่านการบำบัดแล้วโดยวิธีการตกตะกอนในบ่อตกตะกอน เพื่อให้ได้น้ำใสอยู่ส่วนบนของบ่อตกตะกอนซึ่งมีคุณภาพน้ำดีขึ้นและสามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

1.2 ส่วนประกอบของระบบ

ระบบคลองวนเวียนจะมีลักษณะแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่นๆ คือ บ่อเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงรี ทำให้ใช้พื้นที่มากกว่าระบบตะกอนเร่งแบบอื่น โดยรูปแบบของบ่อเติมอากาศแบบวงกลมหรือวงรี ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของบ่อเติมอากาศ และการกวนจะใช้เครื่องกลเติมอากาศ ซึ่งตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) จากลักษณะการไหลตามแนวยาว ทำให้สภาวะในบ่อเติมอากาศแตกต่างกันไปจากระบบตะกอนเร่งแบบกวนสมบูรณ์ โดยค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศจะลดลงเรื่อยๆ ตามความยาวของบ่อ จนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่า เขตแอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งจะมีระยะเวลาช่วงนี้ไม่เกิน 10 นาที การมีสภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ในบ่อเดียวกัน ทำให้สามารถบำบัดไนโตรเจนได้ดีขึ้นด้วย ระบบคลองวนเวียนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหน่วยบำบัดดังนี้

- 1.2.1 บ่อดักกรวดทราย (Grit Chamber)
- 1.2.2 บ่อปรับสภาพ (Equalization Tank)
- 1.2.3 บ่อเติมอากาศแบบคลองวนเวียน (Aeration Tank)
- 1.2.4 บ่อตกตะกอน (Sedimentation Tank)
- 1.2.5 บ่อหมุนเวียนตะกอน

1.3 เกณฑ์การออกแบบ

เกณฑ์การออกแบบระบบสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบระบบให้ทำงานตามเป้าหมายที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ได้ เกณฑ์การออกแบบระบบ ประกอบด้วย เกณฑ์ของส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1.3.1 อัตราการไหลของน้ำเสีย

ตารางแสดงอัตราการไหลออกแบบสำหรับกระบวนการต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย

หน่วยกระบวนการ	ค่าอัตราการไหล	
	ออกแบบ	ตรวจสอบ
1. รางน้ำหรือท่อน้ำระหว่างหน่วยกระบวนการ	Qmax.h	Qmin.h
2. หน่วยกระบวนการขั้นเตรียมการ	Qmax.h	Qmin.h
3. บ่อผันน้ำ บ่อปรับสภาพหรือบ่อแบ่งน้ำ	Qmax.h	Qmin.h
4. หน่วยกระบวนการขั้นต้น	Qmax.d	Qmax.h
5. บ่อเติมอากาศสำหรับระบบคลองวนเวียน	Qmax.d	-
6. บ่อดกตะกอน	Qmax.d	Qmax.h
7. หน่วยกระบวนการฆ่าเชื้อโรค (บ่อสัมผัสคลอรีน)	Qmax.h	Qmin.h

หมายเหตุ: Qmin.h หมายถึง อัตราการไหลรายชั่วโมงต่ำสุด
Qmax.h หมายถึง อัตราการไหลรายชั่วโมงสูงสุด
Qmax.d หมายถึง อัตราการไหลรายวันสูงสุด

1.3.2 ระบบคลองวนเวียน

ตารางแสดงค่ากำหนดการออกแบบสำหรับระบบคลองวนเวียน

รายการ	อายุตะกอน (วัน)	F/M (กิโลกรัมบีโอดี/กิโลกรัมเอ็มแอลวีเอสเอส-วัน)	เอ็มแอลเอสเอส (มิลลิกรัม/ลิตร)	อัตราส่วนตะกอนสูบกลับ (Qr/Q)
ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)	10-30	0.05-0.3	3,000-6,000	0.75-1.5

หมายเหตุ : ค่า F/M สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า F/M} = \frac{\text{น้ำหนักของสารอินทรีย์ที่เข้าระบบต่อวัน}}{\text{น้ำหนักของสารอินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ}}$$

$$= \frac{\text{น้ำหนักของบีโอดีที่เข้าระบบ (กิโลกรัม/วัน)}}{\text{น้ำหนักของ MLSS ในบ่อเติมอากาศ (กิโลกรัม)}}$$

$$= \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน) X บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)}}{\text{ปริมาตรของบ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร) X MLSS (มิลลิกรัม/ลิตร)}}$$

ค่าอายุตะกอนสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{อายุตะกอน} = \frac{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ}}{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ออกจากระบบต่อวัน}}$$

$$= \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน) X MLSS (มิลลิกรัม/ลิตร)}}{\text{อัตราการทิ้งตะกอน (ลูกบาศก์เมตร/วัน) X MLSS_R (มิลลิกรัม/ลิตร)}}$$

โดยที่ MLSS_R หมายถึง MLSS (มิลลิกรัม/ลิตร) ของตะกอนที่หมุนเวียนจากบ่อตกตะกอน

1.3.3 บ่อตกตะกอน

ตารางแสดงค่ากำหนดการออกแบบบ่อตกตะกอน

ค่าที่ใช้ในการออกแบบ	ระบบคลองวนเวียน	
	อัตราไหลเฉลี่ย	อัตราไหลสูงสุด
อัตราน้ำล้น (ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร-วัน)	16-33	40-60
อัตราการระของแข็ง (ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร-วัน)	72-144	240

- หมายเหตุ: - อัตราน้ำล้น คำนวณโดย นำอัตราไหลของน้ำเข้าหารด้วยพื้นที่ผิวของบ่อตกตะกอน
 ทั้งนี้ ไม่คิดรวมอัตราการสูบกลับตะกอน
 - อัตราการระของแข็ง คำนวณโดย นำปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เข้าสู่บ่อตกตะกอนหารด้วยพื้นที่ผิวบ่อ

ตารางแสดงค่ากำหนดการออกแบบบ่อดักตะกอนสำหรับระบบคลองวนเวียนด้านกายภาพ

รายการ	ช่วงค่า	ค่าทั่วไป
บ่อแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า		
ความลึกน้ำ ^๑ , เมตร	3.0-3.6	
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	มากกว่า 3	
อัตราส่วนความกว้างต่อความลึก	1-2.25	
ความชันของพื้นที่ด้านล่างของบ่อ, ร้อยละ		1
ความเร็วของใบกวาดตะกอน, เมตร/นาทีก	0.6-1.2	0.9
บ่อแบบกลม		
ความลึกน้ำที่ขอบบ่อ ^๑ , เมตร	3-4	
เส้นผ่านศูนย์กลาง, เมตร	3-60	12-45
ความชันของพื้นที่ด้านล่างของบ่อ, ร้อยละ	6-17	8
อัตราเร็วที่ปลายสุดของใบกวาดตะกอน, เมตร/นาทีก	0.6-1.2	

a หมายถึง ความลึกสำหรับบ่อดักตะกอนแบบกลมเป็นการวัดที่ผนังหรือขอบบ่อ ส่วนบ่อแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นการวัดที่ผนังด้านทางน้ำออก

1.3.4 การฆ่าเชื้อโรค

สำหรับน้ำเสียชุมชน โดยปกติการฆ่าเชื้อโรคจะใช้คลอรีน ค่ากำหนดการออกแบบสำหรับถังสัมผัสคลอรีนแสดงได้ดังนี้

รายการ	คำแนะนำ
ความยาวต่อความกว้างของราง	มากกว่า 40:1 (72:1)
ความสูงต่อความกว้างของพื้นที่หน้าตัดเปียก	มากกว่า 2:1
เวลาสัมผัส, นาที	
อัตราไหลเฉลี่ย	30
อัตราไหลสูงสุด	10
ความเข้มข้นคลอรีนที่ต้องการ, มิลลิกรัม/ลิตร	2-15
คลอรีนคงเหลือทั้งหมด, มิลลิกรัม/ลิตร	
ขั้นต่ำ	0.3
ขั้นสูง	2.0

1.4 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ในการควบคุมดูแลระบบมักประสบปัญหาที่ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยสามารถสรุปปัญหา สาเหตุ และแนวทางการแก้ไขสำหรับระบบคลองวนเวียน ได้ดังนี้

ปัญหา	ลักษณะ	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
ตะกอนหลุดจากระบบออกมาปนกับน้ำทิ้ง	น้ำทิ้งขุ่น อาจมีตะกอนลอยเกิดขึ้นแต่ไม่มากนัก ตะกอนรวมตัวกันเป็น Floc ได้ดี เมื่อทดสอบด้วยการวัด SV30 (ด้วยการใช้กรวยอิมฮอฟฟ์) ของน้ำตะกอน (MLSS) จากบ่อเติมอากาศ พบว่าการตกตะกอนเกิดขึ้นได้ดี น้ำบริเวณด้านบนใส	- มีการสะสมของตะกอนในบ่อดกตะกอนสูงเกินไป	- เพิ่มการหมุนเวียนตะกอนจากบ่อดกตะกอนกลับไปยังบ่อเติมอากาศ หรือเพิ่มการสูบลตะกอนส่วนเกิน นำไปใส่ในบ่อบำบัดตะกอน (ทั้งนี้ ต้องระงับการควบคุมค่าอายุตะกอนด้วย) เพื่อลดระดับตะกอนในบ่อดกตะกอนให้มีระดับความสูงไม่เกินครึ่งหนึ่งของบ่อดกตะกอน
		- ปริมาณน้ำเสียเข้าบ่อดกตะกอนมากเกินไป (หรือปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบสูงเกินไป)	- ควรใช้บ่อปรับสภาพ (Equalization tank) ช่วยปรับอัตราการไหลเข้าระบบให้สม่ำเสมอ - ในกรณีมีบ่อดกตะกอนหลายบ่อ ควรปรับปรุงการแบ่งน้ำเข้าบ่อแต่ละบ่อให้สม่ำเสมอ ตรวจสอบระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย และอัตราน้ำล้นผิว - หากน้ำที่เข้าบ่อดกตะกอนมากผิดปกติเกิดจากน้ำฝน ควรหาวิธีป้องกันน้ำฝนไหลเข้าบ่อ เช่น การสร้างหลังคาปิดบ่อ เป็นต้น
		- ปริมาณจุลินทรีย์ (ตะกอน) ในบ่อเติมอากาศมากเกินไป ส่งผลให้บ่อดกตะกอนตกตะกอนไม่ทัน	- ตรวจสอบค่าบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ หากมีค่าสูงเกินไป (สูงกว่าค่าที่ออกแบบ) ควรใช้บ่อปรับสภาพ (Equalization Tank) ช่วยปรับค่าบีโอดีเข้าระบบให้สม่ำเสมอ - ควรเพิ่มการสูบลตะกอนส่วนเกิน นำไปใส่ในบ่อบำบัดตะกอน (ทั้งนี้ ต้องระงับการควบคุมค่าอายุตะกอนด้วย) หรือ ลานตากตะกอน
	เกิดตะกอนเบาหลุดไปกับน้ำทิ้ง ตะกอน รวมตัวกันเป็น Floc ได้ไม่ดี	- มีปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าบีโอดี) เข้าในบ่อเติมอากาศมากเกินไป ส่งผลให้ค่า	- ควรใช้บ่อปรับสภาพ (Equalization tank) ช่วยปรับค่าบีโอดีเข้าระบบให้สม่ำเสมอ

ปัญหา	ลักษณะ	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	เมื่อตรวจวัด SV30 (ด้วยการใช้กรวยอิมฮอฟฟ์) ของน้ำตะกอน (MLSS) จากบ่อเติมอากาศ	อายุตะกอนต่ำ - ค่า MLSS ในบ่อเติมอากาศน้อยเกินไป - F/M มากเกินไป	- เพิ่มการหมุนเวียนตะกอนย้อนกลับเข้าบ่อเติมอากาศ - ตรวจสอบปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) ไม่ให้ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร
ตะกอนไม่จมตัวในบ่อดกตะกอน	เกิดการอุดตันของตะกอนในบ่อดกตะกอน ไม่มีชั้นน้ำใสในบ่อดกตะกอน เมื่อทดสอบด้วยการวัด SV30 (ด้วยการใช้กรวยอิมฮอฟฟ์) ของน้ำตะกอน (MLSS) จากบ่อเติมอากาศพบว่า ไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น ชั้นน้ำใสด้านบนกรวยไม่มีหรือมีน้อยมาก แต่หากสามารถรองตะกอนออกไปได้ จะพบว่า น้ำที่ผ่านการกรองใสมาก	- ปริมาณออกซิเจนละลายในบ่อดกตะกอนน้อยเกินไป	- ควบคุมให้มีการเติมออกซิเจนในบ่อเติมอากาศอย่างทั่วถึงตลอดทั้งบ่อไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร
		- อัตราส่วน BOD:N:P:Fe ไม่เหมาะสม มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์น้อยเกินไป	- ควบคุมอัตราส่วน BOD:N:P:Fe เท่ากับ 100:5:1:0.5 เช่น เพิ่มไนโตรเจนโดยการเติมยูเรีย เพิ่มฟอสฟอรัสโดยการเติมไตรโซเดียมฟอสเฟต และเติมเหล็กโดยการเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ในบ่อปรับสภาพ
		- ค่าพีเอชในบ่อเติมอากาศ ไม่เหมาะสม เช่น มีค่าต่ำกว่า 6.5 หรือสูงกว่า 9	- หากค่าพีเอชต่ำเกินไปจากการหมักของน้ำเสียดิบในระบบท่อรวบรวมน้ำเสียในบ่อปรับสภาพ ควรเติมอากาศในบ่อปรับสภาพ เพื่อลดการหมักแบบไร้อากาศ - ให้ปรับพีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบให้มีค่ามากกว่า 6.5 โดยการเติมน้ำปูนขาว หรือน้ำโซดาไฟ - หากค่าพีเอชสูงเกินไปให้ปรับโดยใช้กรด เช่น กรดน้ำส้ม กรดกำมะถัน เป็นต้น
การเกิดปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชันในบ่อดกตะกอน	เกิดตะกอนลอยขนาดใหญ่ เมื่อขึ้นถึงผิวน้ำ จะเกิดการแตกกระจาย เมื่อวัดค่า SV30 (ด้วยการ	- ปริมาณออกซิเจนละลายในบ่อดกตะกอนน้อยเกินไป	- ตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายในบ่อเติมอากาศให้ไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร - เพิ่มอัตราการสูบลูกตะกอนจากบ่อดกตะกอนไปยังบ่อเติมอากาศมากขึ้น เพื่อป้องกันการสะสมของตะกอน

ปัญหา	ลักษณะ	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	ใช้กรวยอิมฮอฟฟ์) ของน้ำตะกอน (MLSS) จากบ่อเติมอากาศ พบว่า ไม่มี ตะกอนลอยขึ้นมา แต่หากทิ้งต่อไปอีก 30-60 นาที จะพบว่า ชั้นตะกอนที่จมตัว จะยกขึ้นลอยขึ้นมา และมีฟองอากาศ หลุดออกมาจากชั้น ตะกอนที่ลอย	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดกระบวนการ ดีไนทริฟิเคชัน ในบ่อตกตะกอน โดยเฉพาะบริเวณ ก้นบ่อ ขอบมุมบ่อ ทำให้เกิดฟองก๊าซ ไนโตรเจนพาตะกอน ลอยขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - เพิ่มปริมาณออกซิเจนในบ่อเติมอากาศ ให้เพียงพอ และเพิ่มอัตราการสูบลอยตะกอน ย้อนกลับจากบ่อตกตะกอนไปยังบ่อเติม-อากาศ - ทำการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลาย ตามระดับความลึกของบ่อตกตะกอน