ถังตกตะกอน (Solid Contact Clarifier) ชนิด Sludge Recirculation

โดย นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ
ส่วนแผนและประเมินผล
กองแผนคุณภาพน้ำ
ฝ่ายคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง

1. วัตถุประสงค์ของระบบ

ถังตกตะกอนแบบ Solid Contact Clarifier Tank ประเภท Sludge Recirculation เป็นถังกลม แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนบริเวณตรงกลางถังเป็นส่วนที่ใช้สมานตะกอน(วงกลมด้านใน)และส่วนวงกลมด้านนอก (รัศมีด้านนอกถัง) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตกตะกอน หลักการคือท่อกระจายน้ำดิบเข้าบริเวณกลางถังมีใบพัดประเภท Turbine Blade (วิธีกลศาสตร์) อยู่บริเวณด้านล่างหรือด้านบนท่อน้ำดิบเพื่อทำหน้าที่ให้เกิดการสมานตะกอนให้รวมตัวกันและเกิดการหมุนเวียนสลัดจ์จากบริเวณตกตะกอนไปยังเขตกวนน้ำซึ่งเป็นทางเข้าของน้ำดิบและสารเคมี บริเวณเขตหมุนเวียนสลัดจ์จะช่วยให้ตะกอนใหม่เกิดขึ้นได้เร็วสลัดจ์จะอยู่ในสภาวะแขวนลอยและอยู่เป็นกลุ่มก้อนมากน้อยตามความถ่วงจำเพาะของมันหรืออัตราเร็วของการไหลขึ้นของน้ำ การอัดตัวของสลัดจ์ไม่ควรปล่อยให้มีขึ้น สลัดจ์ในบริเวณดังกล่าวจะไม่ถูกระบายทิ้งแต่จะใช้สำหรับหมุนเวียนน้ำจะเคลื่อนตัวลงด้านล่างถัง

2. อัตราการผลิตน้ำ

อัตราการผลิตน้ำหน่วยลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ยังไม่มีเอกสารยืนยันว่าค่าสูงสุดที่สามารถรับได้ต่อ 1 หน่วยถังสามารถรับได้เท่าไหร่ แต่จะพิจารณาจากค่าอัตราน้ำล้นผิว(Surface Loading) ประมาณ 2 – 4 เมตร/ชั่วโมง

3. หลักการทำงานของถัง Solid Contact Clarifier แบบ Sludge Recirculation

หลักการทำงานของถังตกตะกอนชนิดนี้คือเมื่อน้ำดิบผสมกับสารเคมีในท่อน้ำดิบก่อนเข้าสู่บริเวณกลางถังตกตะกอน (ช่องตรงกลางถัง) บริเวณส่วนด้านบนจะมีอุปกรณ์สำหรับสร้างพลังงาน เรียกว่า Drive Unit ประกอบด้วยชุดมอร์เตอร์(Motor Drive) และชุดเกียร์(Gear) เพื่อทดความเร็วรอบของมอร์เตอร์ และชุดมอร์

เตอร์จะมีแกนเพลาประกอบติดกับใบพัดกวนประเภท Turbine Blade หรือแบบ Paddle อยู่บริเวณด้านล่างท่อน้ำดิบหรือสูงกว่าเพื่อกำหนดทิศทางการไหลของน้ำให้ขึ้นข้างบนหรือมุดลงด้านล่างถังเพื่อสร้างสภาพความปั่นป่วนให้เกิดพลังงานระดับหนึ่งทำให้เกิดการสมานตะกอนเกิดการรวมตัวกันของตะกอนและหลังจากนั้นอนุภาคคอลลอยด์ที่ทำปฏิกริยากับสารสร้างตะกอนจะเคลื่อนตัวโดยกระจายออกจากบริเวณโซนตรงกลางถังผ่านลงด้านล่างเพื่อเข้าสู่โซนตกตะกอน(วงกลมรัศมีด้านนอก)การกระจายตัวของน้ำจะเป็นตามแนวรัศมีของถัง ตะกอนจะเคลื่อนตัวด้วยความเร็วระดับหนึ่งจากบริเวณด้านล่างถังจนขึ้นมาที่ความสูงของถังระดับหนึ่งของถังความเร็วของตะกอนจะค่อยๆลดลงเป็นศูนย์และตกลงไปบริเวณด้านล่างถังกลายเป็นกลุ่มตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ด้วยน้ำหนักของตะกอนและแรงโน้มถ่วงของโลก ตะกอนที่ตกลงมานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ต้องกำจัดออกจากถัง(Sludge Disposal)และส่วนที่นำมาหมุนเวียนใหม่(Slurry circulation) ส่วนที่ต้องกำจัดออกจากถังจะตกลงไปในซองรับตะกอน(Sludge Hopper)หลังจากนั้นจะเกิดกลไกการอัดตัวกันของตะกอนซึ่งจะใช้ระยะเวลาหนึ่งจนได้ความเข้มข้นที่ต้องการแล้วจะถูกระบายออกจากถังต่อไป และยังมีตัวกวาดตะกอนบริเวณด้านล่างถังตกตะกอน (Sludge Scraper) เพื่อกำจัดตะกอนบริเวณด้านล่างถังออกไป ตะกอนส่วนที่นำมาหมุนเวียนใหม่(Slurry circulation) จะเคลื่อนตัวลงมาบริเวณด้านล่างถังและกลับเข้าไปบริเวณตรงกลางถังทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกริยาทำให้ตะกอนใหม่เกิดได้เร็ว โดยมีค่า Design Criteria ของตะกอนที่นำมาหมุนเวียนใหม่เท่ากับ 3 – 5 เท่าของอัตราการไหลน้ำเข้าถัง, Kawamura (2000) น้ำส่วนใสเท่านั้นที่สามารถผ่านขึ้นไปบริเวณด้านบนของถังสู่ท่อรับน้ำสะอาด (Trough or Launder) เพื่อไปสู่ถังกรองต่อไป

จากกระบวนการทั้งหมดดังกล่าวทำให้กระบวนการเกิดน้ำใสสามารถทำได้เร็วขึ้น ทำให้อนุภาคชนสัมผัสกันได้มากขึ้น มีการเกาะรวมตัวกลายเป็นกลุ่มก้อนตะกอนได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าในน้ำดิบจะมีอนุ ภาคในปริมาณน้อยทำให้สามารถรับอัตราการไหลของน้ำได้สูงกว่าถังตกตะกอนโดยทั่วๆไป

ระยะเวลาที่น้ำดิบอยู่บริเวณตรงกลางถัง(Flocculation Zone) ประมาณ 20 - 40 นาที โดยทั่วไปใช้ค่า 20 นาที Kawamura (2000)) และระยะเวลาของน้ำที่อยู่บริเวณ Sedimentation Zone ประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง ค่า Surface loading น้อยกว่า 2.5 เมตร/ชั่วโมง กรณีที่ต้องการตกตะกอนความกระด้าง(Softening) Surface Loading ระหว่าง 5 – 7 เมตร/ชั่วโมง ซึ่งทำให้สามารถลดพื้นที่หน้าตัดของถังลงได้ (Water Treatment Handbook, Degremont Volume 2, 1991)

การเริ่มใช้งานถังตกตะกอน จำเป็นต้องมีการสร้างชั้นตะกอนขึ้นมาก่อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้อัตราการผลิตไม่เกิน 50 % ของอัตราการผลิตสูงสุด ถ้าใช้กำลังการผลิตสูงกว่านี้จะทำให้ตะกอนไม่มีการรวมตัวกันอยู่ในถังจะหลุดลอยออกไปกับน้ำ ระยะเวลาการสร้างชั้นตะกอนขึ้นอย่กับคุณภาพน้ำดิบและปริมาณสารเคมีที่ใช้ อาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไปแต่โดยทั่วไปแล้วมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง

ในกรณีที่ต้องหยุดเดินระบบผลิตเกิน 3 วัน จำเป็นต้องระบายตะกอนในถังทิ้งให้หมด เพื่อป้องกันตะกอนเกิดการเน่าเสีย ตะกอนจะไหลไปบ่อตากตะกอนและเก็บตะกอน

4. ขั้นตอนการควบคุมระบบ

4.1 ขั้นเตรียมการก่อนการเดินเครื่อง

4.1.1 ประสานงานสถานีสูบน้ำดิบและสถานีสูบจ่ายสารเคมีเพื่อเตรียมความพร้อมในการเดินเครื่อง

4.1.2 เตรียมความพร้อมของถังตกตะกอนให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำดิบที่เข้าถังตกตะกอน

- เปิดวาล์วน้ำเข้า (Influent valve) 100 เปอร์เซ็นต์
- เปิดวาล์วจ่ายสารเคมีตกตะกอนเข้าถังตกตะกอนปรับอัตราการจ่ายเข้าถังตกตะกอนให้เหมะสมกับสภาพน้ำในเวลานั้นๆ

4.1.3 เดินและปรับรอบ Turbine Speed และ Sludge Scraper ให้เหมาะกับสภาพน้ำดิบ

4.1.4 ตรวจสอบสภาพทั่วไปของถังตกตะกอน เช่น เสียงของเครื่องจักร น้ำมันหล่อลื่น ชุดควบคุมการระบายตะกอน

4.2 การควบคุมถังตกตะกอน (Operation Clarifier) (กรณีเริ่มใช้งานครั้งแรก)

4.2.1 เปิดน้ำเข้าทาง Influent Valve ให้ได้ปริมาณ 50% ของอัตราการผลิตปกติ

4.2.2 ปิด Drain Valve ทั้งหมด (Sludge Drain valve และ Bottom Drain)

4.2.3 ปรับสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนให้มากกว่าอัตราการจ่ายปกติ (ขึ้นอยู่กับสภาพและความขุ่นน้ำดิบขณะนั้น) ประมาณ 50 %

4.2.4 เดินเครื่องชุด Drive Unit ก่อนการเดินเครื่องให้ปรับ Speed ของ Turbine และ Sludge Scraper ไปที่ Minimum Speed และค่อยๆเพิ่มขึ้นช้าๆจนถึงระดับที่ออกแบบไว้ ส่วนหน้าจอควบคุมของ Drive Unit Control ขึ้นอยู่กับการออกแบบว่าต้องการแบบไหน

4.3 การหยุดการใช้งานชั่วคราว กรณีหยุดจ่ายน้ำดิบเข้าถังตกตะกอน

4.3.1 ให้รักษาระดับของชั้นตะกอน โดยการปิด Drain Valve ทั้งหมดเพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนถูกระบายทิ้ง ระหว่างที่ปิดใช้งานชั่วคราว

4.3.2 ชุด Drive Unit จำเป็นต้องทำงานอยู่เพียงแต่ลด Speed ของ Turbine ลงเพื่อยังคงรักษาค่าของ Concentration of Sludge ภายใน Reaction Zone

4.3.3 เมื่อมีการใช้งานครั้งต่อไปให้ปรับ Flow Rate ของน้ำดิบทาง Influent Valve ควรปรับช้าๆ เป็นช่วงๆ ประมาณ 5 ถึง 10 นาทีต่อครั้งอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการแตกตัวของตะกอนภายใน Reaction Zone

4.4 การเก็บตัวอย่างน้ำตะกอน (Sample Sludge)

ควรมีการ Sample และบันทึกผลการวัดค่าตะกอนทุกๆ 3 ชั่วโมงทั้ง 4 จุดคือ

4.4.1 จุด Reaction Zone (บริเวณภายโซนด้านใน) หรือ Reaction Well ระดับที่วัดจากพื้นของถังประมาณ 2.2 เมตร (ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

4.4.2 จุด Concentration Zone (Bottom) ระดับที่วัดจากพื้นขอบถังประมาณ 0.3 เมตร (ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

4.4.3 จุด Intermediate Zone (Middle) ระดับที่วัดจากพื้นขอบถังประมาณ 0.825 เมตร (ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

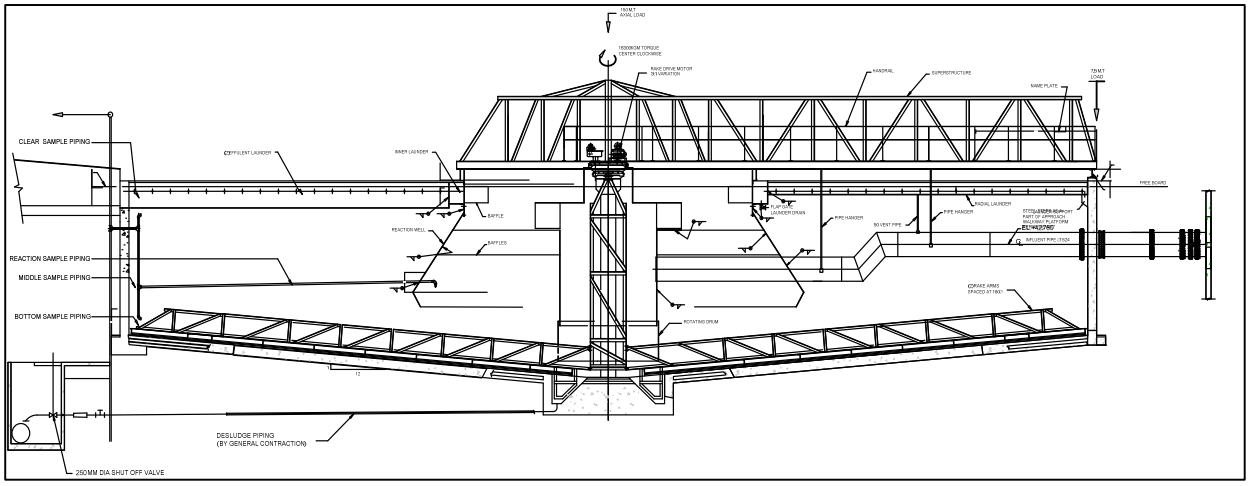
4.4.4 จุด Clear Water Zone (Top) ระดับที่วัดจากพื้นขอบถังประมาณ 3.3 เมตร

4.4.5 การ Sample ใช้กระบอกตวงปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยเปิดวาล์ว Sample Sludge โดยต้องทำการระบายตะกอนที่อยู่ในท่อ Sample Sludge ทิ้งไปก่อนประมาณ 5 วินาที แล้วค่อยเก็บตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อวัดเปอร์เซ็นต์ตะกอนแต่ละชั้นภายในถังตกตะกอนเพื่อเป็นแนวทางในการตั้งเวลาของการระบายตะกอน (Drain Sludge) ควรจะรักษาระดับชั้นของ Sludge ภายใน Reaction Zone และ Concentration Zone (Bottom) ให้คงมีอยู่

4.4.6 การรักษาเปอร์เซ็นต์ Sludge ใน Reaction Zone ประมาณ 1 – 20 % และที่ Concentration Zone (Bottom) ประมาณ 1 – 10 % แต่ต้องควบคุมไม่ให้เกิดที่ Middle หรือ Top

4.4.7 ในกรณีที่ค่าเปอร์เซ็นต์ตะกอนที่ Reaction Zone และ Bottom เกินค่าที่กำหนดไว้ หรือเกิดค่าที่จุด Middle จะต้องทำการเปิด Sludge Drain Valve เพื่อระบายตะกอนออกจากถัง โดยการเปิด Sludge Drain Valve ทำได้ดังนี้

- เปิด Sludge Drain Valve ทั้ง 2 ตัวเพื่อระบายตะกอน ไม่เกินครั้งละ 10 นาที หรือทำการ Manual Drain มากหรือน้อยตามสภาพความเหมาะสมของปริมาณตะกอนในถัง
- การเปิด Sludge Drain Valve สามารถควบคุมได้ที่ตัว Valve หรือจากห้องควบคุมระยะไกลผ่านระบบ PLC



ภาพที่ 1 แสดงจุด Sample Sludge ที่ระดับต่างๆจำนวน 4 จุด

4.5 การควบคุมคุณภาพน้ำภายในถังตกตะกอน

4.5.1 Turbine Speed ควรอยู่ประมาณ ½ - ¾ ของ Maximum Speed ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักของ Floc, เปอร์เซ็นต์ของ Sludge และ Concentration ของ Solid ภายใน Reaction Zone

4.5.2 Sludge ที่พื้นถังด้านล่างสุด (Bottom) ควรรักษาให้อยู่ในระดับ 0.3 ถึง 0.6 เมตร โดยสังเกตุจากการ Sample ที่ Bottom และสังเกตุตะกอนที่ตกว่ามีขนาดเท่าใด

4.5.3 ควรรักษาเปอร์เซ็นต์ของ Sludge ภายใน Reaction Zone ประมาณ 1 – 20 % และรักษาเปอร์เซ็นต์ของ Sludge ที่ Bottom ประมาณ 1 – 10 % แต่ต้องไม่ให้เกิดขึ้นที่ Middle ซึ่งจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของ Sludge ได้

4.5.4 การตั้งเวลาของ Sludge Drain ควรตั้งเวลาให้เหมาะสมกับเปอร์เซ็นต์ของ Sludge ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น ถ้าตั้ง Drain บ่อยจะทำให้ Sludge มีน้อยเกินไปแต่ถ้าตั้ง Drain นานหลายๆชั่วโมงอาจทำให้ Sludge ก่อตัวสูงขึ้นและลอยสู่ผิวน้ำได้

4.6 การวัดความเข้มข้นของตะกอน

เก็บตัวอย่างตะกอนที่ระบายออกประมาณ 100 มิลลิลิตร หลังจากเปิดประตูน้ำ 5 วินาที ทิ้งไปก่อน กวนตะกอนให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ จดบันทึกเปอร์เซ็นต์ของตะกอนหลังวางทิ้งไว้ 5 นาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์ตะกอน(\%)} = \frac{\text{ปริมาตรตะกอน (มิลลิลิตร)} \times 100}{100}$$

5. ปัญหาและการแก้ไขการควบคุมคุณภาพน้ำในถังตกตะกอน

5.1 สารสร้างตะกอนจ่ายไม่เพียงพอ โดยไม่สามารถทำปฏิกริยากับน้ำดิบแยกสารแขวนลอยออกได้หมดทำให้ขนาดของ Floc มีขนาดเล็กและกระเด็นออกมานอก Reaction Zone ด้วยความเร็วของ Turbine Speed

การแก้ไข ปรับอัตราการจ่ายสารสร้างตะกอนให้ได้ค่าที่เหมาะสมตามประมาณการจาก Jar Test

5.2 คุณภาพน้ำดิบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีความขุ่นสูงขึ้น ในขณะที่จ่ายสารสร้างตะกอนปริมาณปกติ ตามผลการทดลอง Jar Test

การแก้ไข เพิ่มอัตราการจ่ายสารสร้างตะกอนให้มากขึ้น

5.3 เปอร์เซ็นต์ Sludge ภายใน Reaction Zone มีน้อยเกินไป (ไม่ถึง 1 %) ทำให้ Floc ไม่สามารถจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่และแข็งแรง ขนาดของ Floc มีขนาดเล็กและเบาอาจทำให้ออกมานอก Reaction Zone ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายบนผิวน้ำหรือเกิดน้ำขุ่นมัวเพราะสารแขวนลอยถูกแยกออกมาไม่หมด

การแก้ไข - ปรับ Turbine Speed เพิ่มขึ้นเพื่อให้น้ำดิบทำปฏิกริยากับสารสร้างตะกอนจนสามารถแยกสารแขวนลอยออกมาให้หมดและจะทำให้ได้ Floc ขนาดใหญ่และมีน้ำหนัก

- เพิ่มสารสร้างตะกอนเพื่อให้ทำปฏิกริยาได้เร็วหรือลด Flow rate ลง
- กรณีที่เกิดจากคุณภาพน้ำมีค่า pH ที่ไม่อยู่ในช่วง กลางๆระหว่าง 6.5 – 7.5 ก็จะส่งผลกระทบกับการทำปฏิกริยาระหว่างสารสร้างตะกอนและน้ำดิบ ขณะเดียวกันจะมีผลต่อการเลือกชนิดของสารสร้างตะกอนเนื่องจากค่า pH ของน้ำหลังจากทำปฏิกริยากันแล้วต้องอยู่ในช่วง Sweep Coagulation ซึ่งจะก่อให้เกิด $Al(OH)_3$ และ $Fe(OH)_3$
- ควร Off Drain เพื่อรักษา Sludge ให้มีมากขึ้นจะเป็นผลในการจับกลุ่มของ Floc ที่มีอยู่ใน Reaction Zone กับ Floc ที่เกิดขึ้นใหม่เกิดการรวมตัวกันเป็น Floc ขนาดใหญ่ขึ้น

5.4 ชั้นของ Sludge สูงเกินไปซึ่งสามารถวัดได้ที่จุด Middle ทำให้ Sludge ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำได้ง่ายเนื่องจากอัตราการ Drain ไม่เหมาะสม

การแก้ไข ตั้งอัตราการ Drain ตะกอนให้เหมาะสมและ Drain ด้วยระบบ manual เพื่อให้ระดับชั้นของ Sludge ลดลงโดยเร็วจนระดับตะกอนถึงระดับ Bottom แล้วหยุด

5.5 มี Sludge ฟุ้งกระจายบนผิวน้ำโดยรอบถังตกตะกอนเมื่อ Sample ที่ชั้นของ Bottom และ Middle ไม่มีหรือมีน้อย ซึ่งอาจเกิดจาก Turbine Speed สูงเกินไป หรืออุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงกระทันหันทำให้ Sludge ขยายตัวและลอยขึ้นมาบนผิวน้ำเรียกว่าเกิดการไหลลัด (Short Circuiting) อันเนื่องมาจากกระแสความหนาแน่น(Density Current)ของน้ำที่แตกต่างกัน สามารถสังเกตุ Sludge ได้โดยดูขนาดของ Sludge ว่ามีขนาดเล็กหรือใหญ่

<u>การแก้ไข</u> - ลดรอบของ Turbine Speed ลงมา (ห้าม Drain Sludge ออกจะทำให้ Sludge ภายใน Reaction Zone ลดลงมาหรือมีน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดน้ำขุ่นหรือมัวขึ้นได้จากที่กล่าวมาแล้ว

- เมื่อ Sludge ไม่ยอมตกลงสู่พื้นล่างซึ่งขนาดของ Floc มีขนาดใหญ่ให้ลดน้ำเข้าถังตกตะกอนเพื่อปรับอุณหภูมิภายในถังตกตะกอนลง

5.6 Turbine Speed ต่ำเกินไปทำให้ Sludge ตกลงสู่พื้นถังตกตะกอนและมีเปอร์เซ็นต์ Sludge ใน Reaction Zone น้อยทำให้น้ำขุ่นและมัว ดังได้กล่าวมาแล้วและไม่สามารถดึง Sludge ที่ตกอยู่บนพื้นถังกลับขึ้นมาส่วนบนได้ทำให้ไม่สามารถกลับมาจับ Floc ที่เกิดขึ้นใหม่ได้จึงมี Floc ขนาดเล็กและเบา เวลา sample ที่จุด Reaction Zone จะตกช้าและมีขนาดเล็กมาก

<u>การแก้ไข</u> ปรับ Turbine Speed ให้สูงขึ้นเพื่อดึง Sludge ที่ตกอยู่ฟื้นตัวขึ้นมาและคอยควบคุม Sludge อย่าให้ออกนอก Reaction Zone

6. องค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้การควบคุมถังตกตะกอนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดควรคำนึงถึงปัจจัยดังนี้

6.1 คุณภาพน้ำดิบ ความขุ่นและสารแขวนลอยที่จะทำให้เกิดการตกตะกอน

- ค่าความขุ่นน้ำดิบ (Turbidity) ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้น้ำในถังตกตะกอนเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย

- ค่า pH มีผลต่อความสามารถในการทำปฏิกริยาระหว่างสารสร้างตะกอนและอนุภาคคอลลอยด์ที่แขวนลอยในน้ำดิบค่า pH ของน้ำดิบควรจะอยู่ในช่วงกล่างๆระหว่าง 6.5 – 7.5

6.2 อัตราการไหลของน้ำดิบ

- ถ้าอัตราการไหลของน้ำดิบมีค่ามากกว่าที่ออกแบบไว้จะทำให้ตะกอนเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่ายเนื่องจากกระบวนการตกตะกอนใช้หลักแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำหนักตะกอนจะมีค่าน้อยกว่าแรงต้านจากการไหลของน้ำดิบ

6.3 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่จ่ายให้กับถังตกตะกอน

- ปรับอัตราการจ่ายและชนิดของสารสร้างตะกอนให้เหมาะสมกับสภาพน้ำดิบ ณ เวลานั้นๆ โดยพิจาณาจากการทำ Jar Test ประกอบ

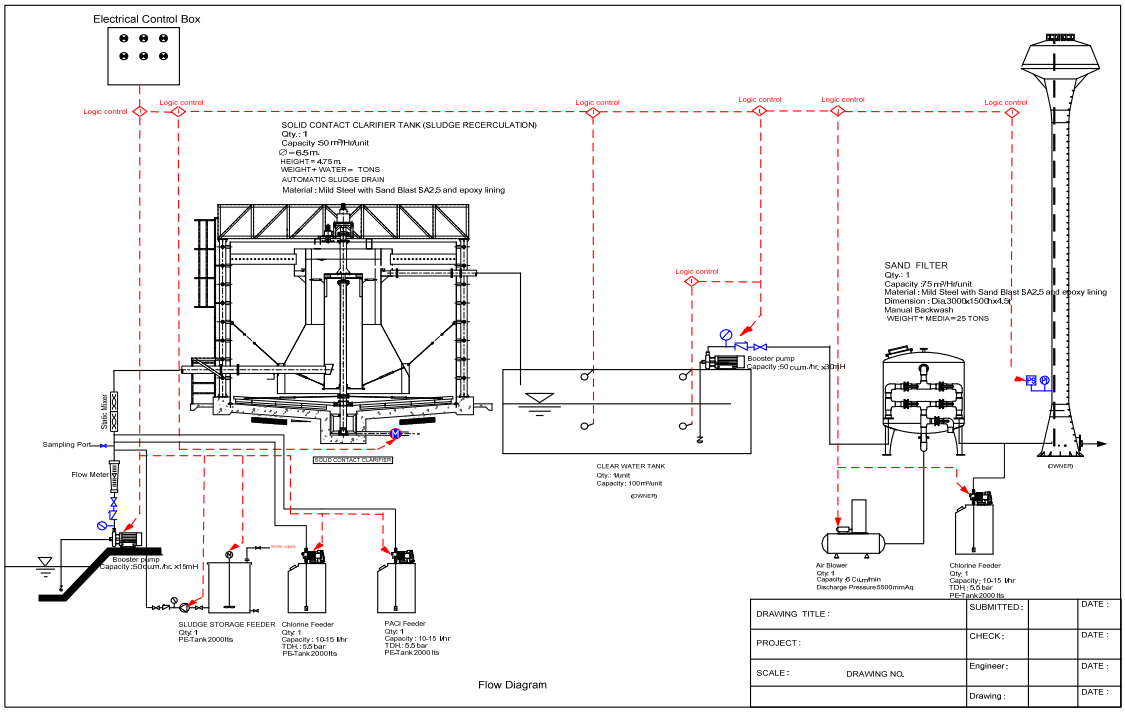
6.4 ความเร็วรอบของ Turbine

- ตั้งความเร็วรอบของ Turbine ให้เหมาะสมกับสภาพน้ำนั้นๆ ถ้าความเร็วรอบของ Turbine สูงเกินไปจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายได้และถ้าความเร็วรอบต่ำเกินไปจะทำให้ความสามารถในการจับตัวของตะกอนเบาเกิดได้ไม่ดี

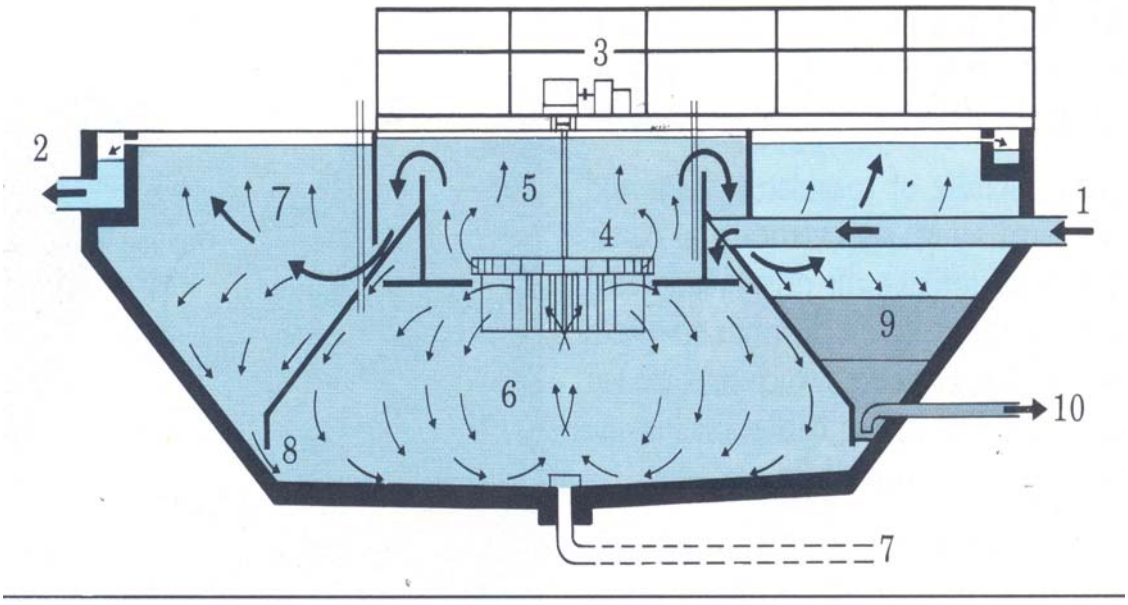
6.5 เวลาของการตกตะกอน (Detention Time) และค่า Concentration of Sludge ภายใน Reaction Zone

6.6 เวลาในการระบายตะกอน (Sludge Drain) และความถี่

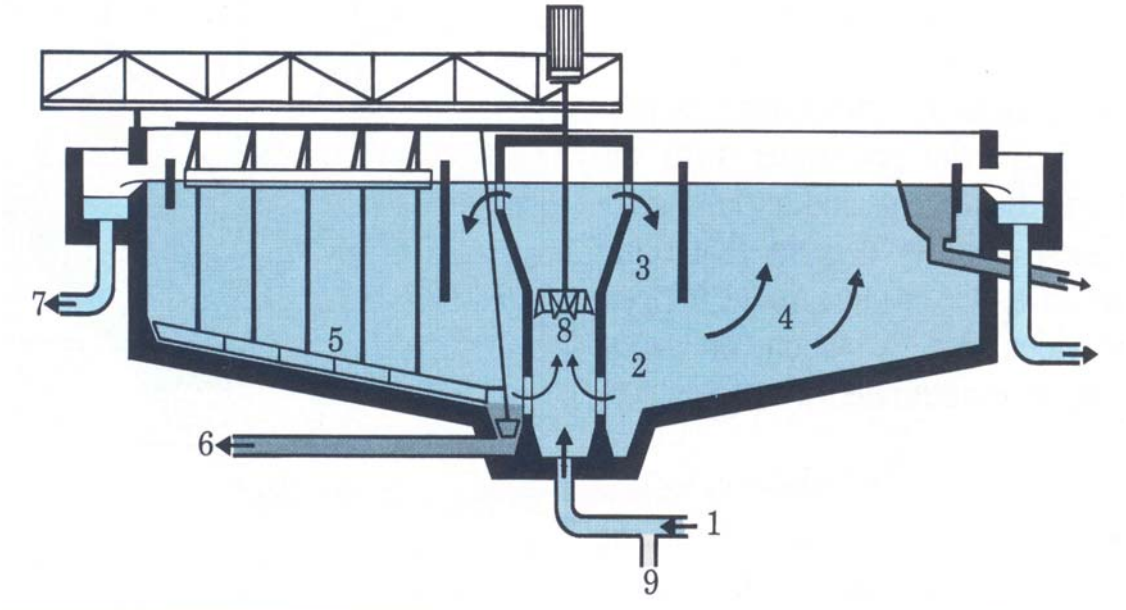
6.7 อุณหภูมิของน้ำดิบแต่ละวัน



ภาพที่ 2 แสดงจุด Flow Diagram ระบบผลิตน้ำประปาที่ใช้ถังตกตะกอน Solid Contact Clarifier



ภาพที่ 3 แสดงจุดถังตกตะกอน Solid Contact Clarifier รูปแบบ Accelator Clarifier (Degremont,1991)



ภาพที่ 4 แสดงจุดถังตกตะกอน Solid Contact Clarifier รูปแบบ Turbocirculator Clarifier (Degremont,1991)

7. ปัญหาการไหลลัดทางในถังตกตะกอน (มั่นสิน,2537)

ถังตกตะกอนแบบอุดมคติต้องมีการไหลของน้ำเป็นแบบปลักโฟลว (Plug Flow) กล่าวคือน้ำจะใช้ระยะเวลาอยู่ในถังนานเท่ากับเวลากักน้ำตามทฤษฎีพอดี อย่างไรก็ตาม ปัจจัยหลายๆอย่างทำให้น้ำบางส่วนไหลออกจากถังก่อนหรือหลังเวลากักน้ำอย่างยากที่จะหลีกเลี่ยงได้ ปัญหามักเกิดขึ้นเมื่อน้ำใช้เวลาอยู่ในถังน้อยเกินไปหรือที่เรียกว่าเกิดการไหลลัดทางหรือไหลลัดวงจร (Short Circuiting) ผลที่ติดตามการไหลลัดทางคือน้ำมักพาตะกอนแขวนลอยหลุดออกไปจากถังตกตะกอนด้วย

7.1 สาเหตุของการไหลลัดทาง

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการไหลลัดทางได้แก่ กระแสความหนาแน่น (Density Current) ซึ่งหมายความถึงการไหลในน้ำที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน กระแสความหนาแน่นเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใหญ่ 4 ประการคือ อุณหภูมิ, ความขุ่น, สารละลาย, และกระแสลม

7.1.1 อิทธิพลของอุณหภูมิ

น้ำที่มีอุณหภูมิต่างกันจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน น้ำเย็นจะหนักกว่าน้ำร้อน เมื่อน้ำอุ่นไหลเข้ามาในถังตกตะกอนที่มีน้ำเย็นกว่า น้ำที่เข้ามาใหม่จะไหลลัดทางตามผิวน้ำและออกไปจากถังโดยใช้เวลาเพียงเสี้ยวเดียวของเวลากักน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำอุ่นมีความหนาแน่นน้อยกว่านั้นเอง การที่น้ำใช้เวลาน้อยอยู่ในถังตกตะกอนจึงเชื่อได้ว่าโอกาสที่จะเกิดการตกตะกอนไม่มีทางที่จะเกิดขึ้นตามที่ออกแบบไว้ สำหรับในประเทศไทย การไหลลัดทางที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำอาจเกิดขึ้นได้ในช่วงฤดูร้อน ความร้อนจากแสงอาทิตย์อาจทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราสูงกว่า 1 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ทำให้เกิดกระแสความหนาแน่นภายในถัง ซึ่งจะรุนแรงในเวลาเที่ยงหรือขณะที่อุณหภูมิสูงสุด

กรณีน้ำเย็นไหลเข้าถังตกตะกอนที่มีน้ำอุ่นกว่าก็อาจเกิดปัญหาเรื่องการไหลลัดทางที่เกิดจากกระแสความหนาแน่นได้เช่นเดียวกัน แต่ในกรณีนี้น้ำที่เข้าใหม่(น้ำเย็น) จะไหลดิ่งลงไปตามก้นถังอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีน้ำหนักมากกว่าและใช้เวลาน้อยกว่าเวลากักน้ำในการเคลื่อนที่ออกจากถังตกตะกอน การไหลไปตามก้นถังทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของ Sludge ที่ตกตะกอนอยู่ก่อนแล้ว ถ้าถังมีความลึกน้อยความขุ่นที่ฟุ้งกระจายอาจลอยขึ้นผิวน้ำและหนีออกไปกับน้ำล้นทำให้การตกตะกอนไม่ได้ผล แสงอาทิตย์อาจทำให้น้ำในถังตกตะกอน(โดยเฉพาะถังโซลิดซ์คอนแทคท์) มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำที่เข้าใหม่ ทำให้เกิดกระแสความหนาแน่นที่มีผลเสียต่อถังตกตะกอน ถังตกตะกอนที่ไม่ได้คิดถึงปัญหาเหล่านี้และไม่ได้หาวิธีป้องกันเอาไว้ก่อนจะมีประสิทธิภาพแปรปรวนตามแต่อุณหภูมิและปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อกระแสความหนาแน่น

7.1.2 อิทธิพลของความขุ่นหรือตะกอนแขวนลอย

ความขุ่นทำให้มีความหนาแน่นแตกต่างกัน การเพิ่มความขุ่นของน้ำดิบอย่างกะทันหันก่อให้เกิดกระแสความหนาแน่นในถังตกตะกอนและมีการไหลลัดเกิดขึ้น น้ำที่มีความขุ่นสูงจะไหลจมลงก้นถังเหมือนในกรณีของน้ำเย็น ทำให้มีการฟุ้งกระจายของสลัดจ์และทำให้ความขุ่นหนีออกไปจากถังได้

7.1.3 อิทธิพลของความเค็มหรือสารละลาย(TDS)

น้ำที่มีเกลือแร่ละลายอยู่มากจะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำที่มีสารละลายน้อย อิทธิพลของความเค็มหรือสารละลายน้ำจึงคล้ายกับอิทธิพลของความขุ่นหรือตะกอนแขวนลอย

7.1.4 อิทธิพลของกระแสลม

ถังตกตะกอนที่มีพื้นที่หน้าตัดกว้างเกินไปจะอยู่ในอิทธิพลของกระแสลมทั้งนี้เพราะกระแสลมทำให้เกิดความปั่นป่วนต่อตอนบนของน้ำในถังและอาจทำให้น้ำไหลออกจากถังเร็วเกินควร ด้วยเหตุนี้วิศวกรจึงมาควรออกแบบถังตกตะกอนใบเดียวมีขนาดใหญ่มากๆ

7.1.5 วิธีการแก้ไขและป้องกันการไหลลัดทาง

การปิดฝาถังตกตะกอนอาจช่วยบรรเทาผลเสียหายที่เกิดจากการไหลลัดทาง แต่ไม่ใช่วิธีที่เป็นไปได้เสมอในทางปฏิบัติ วิธีที่ยอมรับและนิยมใช้กันมากกว่ามี 4 วิธีดังนี้

7.1.5.1 ติดรางน้ำล้นบนผิวน้ำให้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของถัง

7.1.5.2 ปรับปรุงทางน้ำเข้า

7.1.5.3 ใช้ท่อตกตะกอนหรือแผ่นตกตะกอน

7.1.5.4 ใช้ถังแบบโซลิดซ์คอนแทคท์

ในกรณีที่น้ำไหลลัดทางลงสู่ก้นถัง ความขุ่นจะถูกคุ้ยให้กระจายขึ้นสู่ผิวน้ำ ในบริเวณทางออกของถัง(ไม่ว่าเป็นถังกลมหรือผืนผ้า) มักปรากฏว่าผิวน้ำในบริเวณตอนกลางของถังมักเป็นเขตที่มีน้ำใสเพราะความขุ่นฟุ้งไปไม่ถึงดังนั้นวิธีแก้ไขปัยหาการลัดทางลงสู่ก้นถัง จึงกระทำได้โดยการติดตั้งรายน้ำล้นให้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของถัง การปรับปรุงทางน้ำเข้า โดยใช้แผ่นกั้นน้ำเพื่อบังคับน้ำให้ไหลลงข้างล่างและกระจายให้ส่วนต่างๆของถัง

การติดตั้งท่อตกตะกอนหรือแผ่นตกตะกอนสามารถช่วยบรรเทาการไหลลัดทางทั้งสองชนิดได้ทั้งนี้ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ ทำให้การไหลของน้ำมีความฝืดเพิ่มขึ้นมากและทำให้การไหลถูกบังคับให้มีทิสทางอย่างแน่นอน

วิธีป้องกันผลเสียที่เกิดจากการไหลลัดทางที่ได้ผลดีกว่าวิธีอื่นคือ การหมุนเวียนน้ำตะกอน (Slurry Recirculation) มาผสมกับน้ำเข้าและติดรางน้ำล้นให้ครอบคลุมให้ทั่วพื้นผิวน้ำ การหมุนเวียนน้ำ

ตะกอนช่วยทำให้น้ำเข้ามีตะกอนแขวนลอยสูงเสมอเป็นการบังคับให้น้ำไหลลงข้างล่าง การสัมผัสระหว่างความขุ่นใหม่และความขุ่นเก่าทำให้มีการจับตัวเป็นก้อนใหญ่ตกตะกอนได้ดี จนพลังงานของกระแสความหนาแน่นไม่อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของความขุ่น ถังตกตะกอนแบบโซลิดซ์คอนแทคท์ สามารถป้องกันกระแสความหนาแน่นได้ดีเนื่องจากการไหลของน้ำเข้าถูกบังคับให้มีทิศทางอย่างแน่นอน(ปัจจัยนี้เป็นข้อหนึ่งที่ทำให้มีการซื้อถังสำเร็จรูปมาใช้มากกว่าที่จะออกแบบถังโซลิดซ์คอนแทคท์มาใช้) ไม่ว่าจะมีกระแสความหนาแน่นเกิดขึ้นหรือไม่ก็ตาม นอกจากนี้ การสร้างชั้นสลัดจ์หรือการหมุนเวียนน้ำตะกอนที่เกิดขึ้นในถังโซลิดซ์คอนแทคท์ยังช่วยทำลายพลังงานของกระแสความหนาแน่นจนไม่สามารถทำให้เกิดการฟุ้งกระจายได้ การติดตั้งท่อตกตะกอนหรือหรือแผ่นตกตะกอนให้กับถังโซลิดซ์คอนแทคท์อาจเป็นการป้องกันผลเสียจากกระแสความหนาแน่นเป็นมาตรการสุดท้าย

ผู้ออกแบบจะทำการตั้งระบบรอบของใบพัดให้เหมาะสมกับสภาพน้ำดิบให้ผู้ใช้งานไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นผู้ใช้งานไม่ต้องไปปรับแต่งระบบดังกล่าวอีกเพระจะทำให้ระบบเสียสมดุลย์ทำให้วงจรการสร้างชั้นตะกอนผิดไปและไม่เป็นไปตาม design criteria ที่ใช้ออกแบบ

ผู้ควบคุมเพียงสังเกตุปริมาณตะกอนว่ามีมากเกินไปหรือเปล่าและการลอยของตะกอนขึ้น มาเร็วหรือเปล่า (วิธีการแก้ไขดูจากหัวข้อ อาการ สาเหตุและการแก้ไข) ปัจจุบันผู้ออกแบบได้ตั้งเวลาการระบายตะกอนไว้ที่ 2 ชั่วโมงระบายตะกอน 10 วินาที (เป็นค่ามาตรฐานระบบทั่วๆไป) แต่หากคุณภาพน้ำแต่ละที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นผู้ควบคุมสารถปรับ แต่งระยะเวลาดังกล่าวตามความเหมาะสมได้ภายหลัง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นและชั่วโมงการเดินระบบว่าเดินตลอด 24 ชั่วโมง หรือเดินวันละไม่กี่ชั่วโมงแล้วหยุดระบบ

การควบคุมการระบายตะกอนออกจากถัง Solid Contact Clarifier ระบายตะกอนทุกๆ 2 ชั่วโมงระบายตะกอน 10 วินาที

8. เกณฑ์การออกแบบ

8.1 Kawamura (2000)

- Flocculation Time : approx 20 min
- Setting Time : 1 – 2 hr
- Surface Loading : 2 – 3 m/hr
- Weir Loading : 7.3 – 15 m^3/m.hr
- Upflow Velocity : < 10 mm/min
- Slurry circulation rate : up to 3 – 5 times the raw water inflow rate

8.2 AWWA & ASCE (1990)

- Surface Loading : approximately : 2.5 m/hr
- turbine tip velocity : 0.9 to 1.2 m/s
- tip speed : 3 m/min
- Flocculation Time : 15 to 30 min
- Setting Time : 2 hr

8.3 Culp & Wesner (1968)

- Surface Loading : 3.66 – 4.88 m/hr
- Flocculation Time : few minutes
- Setting Time : 1 to 4 hr

8.4 Water Pollution Control Federation (1985)

- Flocculation Time : 20 to 30 min

8.5 EPB (2002)

- Flocculation Time : approx 20 min
- Surface Loading : 2 – 3 m/hr
- Setting Time : 1 – 2 hr
- Weir Loading : 7 – 15 m^3/m.hr

- Upflow Velocity : < 0.6 m/hr

8.6 Alberta Environmental Protection (1997)

- Flocculation Time : approx 20 min
- Surface Loading : < 3 m/hr
- Detention Time : 1 to 2 hr
- Weir Loading : < 7 m^3/m.hr.

8.7 Syed R Qasim (2000)

- Detention Time : 2 hr
- Surface Loading : 1.66 to 2.5 m/hr

8.8 Degremont (1991)

- Rising Loading : 2.5
- Detention Time : 45 min to 2 hr

References:

1. วิธีการปฏิบัติงานเรื่องการควบคุมถังตกตะกอน โรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง . พ.ศ. 2542

2. รายงานการศึกษาข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานถังตกตะกอน โรงงานผลิตน้ำบางเขน. การประปานครหลวง พ.ศ. 2548

3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. พ.ศ. 2537. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 305 หน้า

4. Alberta Environmental Protection. 1997. Design Guidelines Waterworks System. 64 p.

5. American Society of Civil Engineers & American Water Works Association. 1990. Water treatment Plant Design (second edition), United States of America. 598 p.

6. Culp & Wesner. 1986. Hand Book of Public Water Systems. New York United States of America. 1113p.

7. Degremont. 1991. Water Treatment Handbook, France. 1459 p.

8. Environmental Protection Branch. 2002. A Guide to Waterworks Design, Regina SK. 47p.

9. Susumu Kawamura. 2000. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities second edition, New York United States of America. 691p.

10. Syed R. Qasim & Edward M. Motley and Guang Zhu. 2000. Water Works Engineering. United States of America. 844 p.

11. Water Pollution Control Federation.1985. Clarifier Design. United States of America.103 p.