การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยภาษา VISUAL BASIC

Development of Computer Program for Design of Wastewater Treatment System Using VISUAL BASIC Language

คำนำ

ในปัจจุบันสถานประกอบการส่วนใหญ่ มักไม่คิดว่าน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นปัญหาหลักของการจัดการ ซึ่งเป็นความคิดที่ไม่ถูกต้อง เพราะถ้าเกิดปัญหาขึ้นมาแล้วส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้สาธารณชนได้รับรู้เรื่องดังกล่าว ย่อมทำให้สถานประกอบการนั้นขาดความน่าเชื่อถือและผู้บริโภคจะไม่มั่นใจในการจัดการ ซึ่งบางแห่งอาจถูกปิดกิจการและนั่นย่อมหมายถึงการสูญเสียรายได้อย่างมหาศาลตามจำนวนวันที่ถูกสั่งปิดหรือบางแห่งอาจถูกต่อต้านจากประชาชนข้างเคียง รวม ถึงการรณรงค์ไม่ให้ใช้บริการนั้น ๆ ซึ่งถือว่าไม่คุ้มกับการเสี่ยงที่ไม่มีการจัดการระบบของเสียที่ดี เพราะการลงทุนเพียงไม่กี่เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับรายได้ในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับสถานประกอบการจะมีส่วนช่วยให้การดำเนินการกิจการต่อไปได้อย่างราบรื่น ดังนั้นของเสียและน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมของสถานประกอบการจะต้องได้รับการบำบัดที่ถูกวิธี

ในการที่จะเลือกเอาระบบใดมาใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการบำบัด รวมทั้งวิธีการในการบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิดซึ่งมีความซับซ้อน และขั้นตอนการออกแบบของแต่ละหน่วยก็แตกต่างกันด้วย ดังนั้นการเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการประมวลผลเพื่อออกแบบระบบบำบัด จึงเป็นประโยชน์อย่างมากในแง่การลดระยะเวลาในการออกแบบ โดยขั้นตอนการออกแบบที่ถูกต้องจะแสดงให้ผู้ใช้งานทราบถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ควบคุมการทำงาน ขนาดของเครื่องจักร-อุปกรณ์ ที่จำเป็นในการวางระบบนั้นๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีความถูกต้องและรวดเร็ว อีกทั้งเรายังสามารถเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่ดีที่สุดที่จะทำให้น้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดได้มาตรฐาน

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Microsoft Visual Basic Version 6.0 ช่วยในการออกแบบเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบ ได้แก่ ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation) ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ดชนิด Complete mixed และถังสัมผัสคลอรีน (Chlorine Contact Tank) ซึ่งเมื่อเราดูผลจากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้เราออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียมีความรอบคอบ ถูกต้อง และรวดเร็วยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Microsoft Visual Basic Version 6.0 ช่วยในการออกแบบเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างง่ายแบบเต็มรูปแบบ ได้แก่ ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation) ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ดชนิด Complete mixed และถังสัมผัสคลอรีน (Chlorine Contact Tank) โดยสามารถคำนวณผลลัพธ์ที่จำเป็นของระบบ เช่น ขนาดของระบบ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบให้อยู่ในรูปแบบสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน สำหรับผู้ออกแบบ หรือผู้ที่ต้องการใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียขั้นพื้นฐาน

2. เพิ่มความสะดวกในการสำรวจความเป็นไปได้ในการหาแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบระบบบัดน้ำเสีย โดยแสดงผลลัพธ์ต่างๆในแต่ละหน่วยการบำบัด ได้คำตอบที่รวดเร็ว และผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบได้ถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น

3. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นใช้เองในประเทศไทย สำหรับงานออกแบบขั้นต้นของระบบบำบัดน้ำเสีย

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาลักษณะการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบขั้นตอนการออกแบบของระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นและขั้นที่สอง ได้แก่ ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation) ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ดชนิด Complete mixed และถังสัมผัสคลอรีน (Chlorine Contact Tank)

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปนี้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ด (Activated Sludge Process) ชนิด Complete mixed สำหรับน้ำเสียชุมชนที่มีอัตราการไหลเฉลี่ยไม่เกิน 2 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และมีค่า BOD (Biochemical Oxegen Demand) อยู่ในช่วง 100 - 400 มิลลิกรัม/ ลิตร โดยใช้ระบบบำบัดขั้นต้นและขั้นที่สองในข้อที่ 1 เป็นระบบที่ทำงานบำบัด พร้อมทั้งคำนวณและออกแบบขนาด และพารามิเตอร์ต่างๆ

3. ในการเขียนโปรแกรมจะเขียนในรูปแบบภาษา Microsoft Visual Basic เพื่อช่วยในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียขั้นพื้นฐาน โดยใช้ Microsoft Access เป็นฐานข้อมูล และประมวลผลที่ได้ออกทางจอคอมพิวเตอร์ และเครื่อง พิมพ์

ตรวจเอกสาร

ธานี (2530) ได้ศึกษาลักษณะของอัตราและความสกปรกของน้ำเสียที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง สำหรับน้ำเสียในอาคารสาธารณะ ห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร โรงพยาบาล มหาวิทยาลัย สถานีขนส่ง อาคารสำนักงาน และโรงเรียน โดยสำรวจค่าเบื้องต้นของตัวแทนสถานที่ต่างชนิดๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนการวัดอัตราและความสกปรกของน้ำเสีย โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาสรุปความเข้มข้นและอัตราน้ำเสียจากอาคารเหล่านั้น ว่าต่ำกว่าในประเทศอื่นๆ เนื่องจากมีรูปแบบเศรษฐกิจและสังคมต่างกัน

โสมาวดี (2531) ได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาซี เพื่อใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการกำหนดแนวทางปฐมภูมิและทุติยภูมิ ของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม และพิจารณาช่วงของค่า BOD 80-300 , 300-600 , 600-1,200 , 1,200-2,000 , 2,000-3,000 มก./ลิตร ซึ่งในแต่ละช่วงจะมีแนวทางที่เหมาะสม 8-10 แนวทาง แต่ละแนวทางจะประกอบด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพต่างๆต่อเนื่องกันไป พร้อมทั้งงบประมาณด้านราคา และค่าใช้จ่ายต่างๆของระบบ

สมศักดิ์ (2536) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาซี ใช้ออกแบบระบบบำบัดขั้นต้น และ ขั้นที่สอง โปรแกรมนี้ทำให้วิศวกรสามารถทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำขึ้น ซึ่งพารามิเตอร์สามารถแก้ไขได้เพื่อให้ได้ผลการออกแบบที่น่าพอใจ โดยการใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและประมาณราคาเบื้องต้นจะมีประโยชน์ในการลดระยะเวลาและข้อผิดพลาด

ศรายุทธ (2540) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ทางชลศาสตร์สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียใช้งาน โดยโปรแกรมออกแบบจะสามารถใช้ในการคำนวณความลึก ความเร็ว อัตราการไหล และรูปร่างขององค์ประกอบทางชลศาสตร์ เช่น ราง ท่อ และข้อต่อ เวียร์ และประตูน้ำ เป็นต้น โดยผู้ใช้สามารถเลือกค่าใดค่าหนึ่งข้างต้นเป็นตัวแปรที่ต้องการคำนวณหาค่า โดยป้อนข้อมูลของค่าอื่นๆ ทั้งหมดยกเว้นค่าที่ต้องการ สามารถนำผลลัพธ์คือ ค่าระดับน้ำในแต่ละองค์ประกอบทางชลศาสตร์ มาสร้างเป็นแผนผังแสดงระดับน้ำ (Hydraulic profile) ได้ โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาการทำงานของผู้ออกแบบ และช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงสภาวะทางชลศาสตร์ เช่น ระดับน้ำ หรือความเร็วของน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบหรือปรับปรุงขนาดของ

องค์ประกอบทางชลศาสตร์ ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดช่วงอัตราการไหลที่ระบบบำบัดน้ำเสียต้องรองรับ

อนวัช (2542) ได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชนิดติดกับที่เป็นภาษา C++ ซึ่งสามารถใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้ โดยโปรแกรมจะมีเมนูให้เลือกทำให้สะดวกต่อการทำงาน สามารถป้อนค่าและแก้ไขค่าต่างๆได้โดยตรงทางจอภาพ

วาสนา (2545) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมภาษาเบสิค เพื่อใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ โดยพิจารณาในช่วงของค่า BOD 100-200 มก./ลิตร ผลที่ได้ประกอบไปด้วยข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลค่าใช้จ่ายระบบบำบัดน้ำเสีย และข้อมูลภาพระบบบำบัด ซึ่งโปรแกรมทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว

ทฤษฎี

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสถานที่รวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือนที่อยู่อาศัย แหล่งพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และสถาบัน เข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบต่าง ๆ เพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสีย ให้มีคุณภาพดีขึ้นและไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อแม่น้ำ ลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือบางส่วนยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และอื่นๆ

แม้ว่าน้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้งวนเวียนเป็นวัฏจักร และมีกระบวนการทำให้สะอาดโดยตัวมันเอง (Self Purification) แต่กระบวนการนี้ก็มีขีดความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำ ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกลไกสำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำในการทำความสะอาดตัวเองตามธรรมชาติ และช่วยป้องกันมิให้สารมลพิษปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษา และ

ขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย ได้ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) : เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) : เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) : เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทาง ชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และ ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น

นอกจากนี้เรายังสามารถแบ่งการบำบัดน้ำเสียได้ตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) และการบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) : เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ ออกจากของเหลวหรือน้ำเสีย โดยเครื่องจักรซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank) และเครื่องกำจัดไขฝ้า (Skimming Devices) การบำบัดน้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 - 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ BODได้ ร้อยละ 25 - 40

2. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) : เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของBOD ได้มากกว่าร้อยละ 80

3. การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment หรือ Tertiary Treatment) : เป็นกระบวนการกำจัดสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก และอื่นๆ ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่า แก้ไขปัญหาความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำอันเนื่องจากสี และแก้ไขปัญหาอื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สองไม่สามารถกำจัดได้ โดยกระบวนการบำบัดขั้นสูง ได้แก่

3.1 การกำจัดฟอสฟอรัส ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ

3.2 การกำจัดไนโตรเจน ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ โดยวิธีการทางชีวภาพนั้นจะมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจน

ให้เป็นไนเทรตที่เกิดขึ้นในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า กระบวนการไนทริฟิเคชั่น (Nitrification) และขั้นตอนการเปลี่ยนไนเทรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า กระบวนการดีไนทริฟิเคชั่น (Denitrification)

3.3 การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนร่วมกันโดยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นการใช้ทั้งกระบวนการแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศในการกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันร่วมกับกระบวนการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างฟุ่มเฟือย ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการแบบไม่ใช้อากาศต่อด้วยกระบวนการใช้อากาศด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะต้องมีการประยุกต์ใช้โดยผู้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการดังกล่าวเป็นอย่างดี

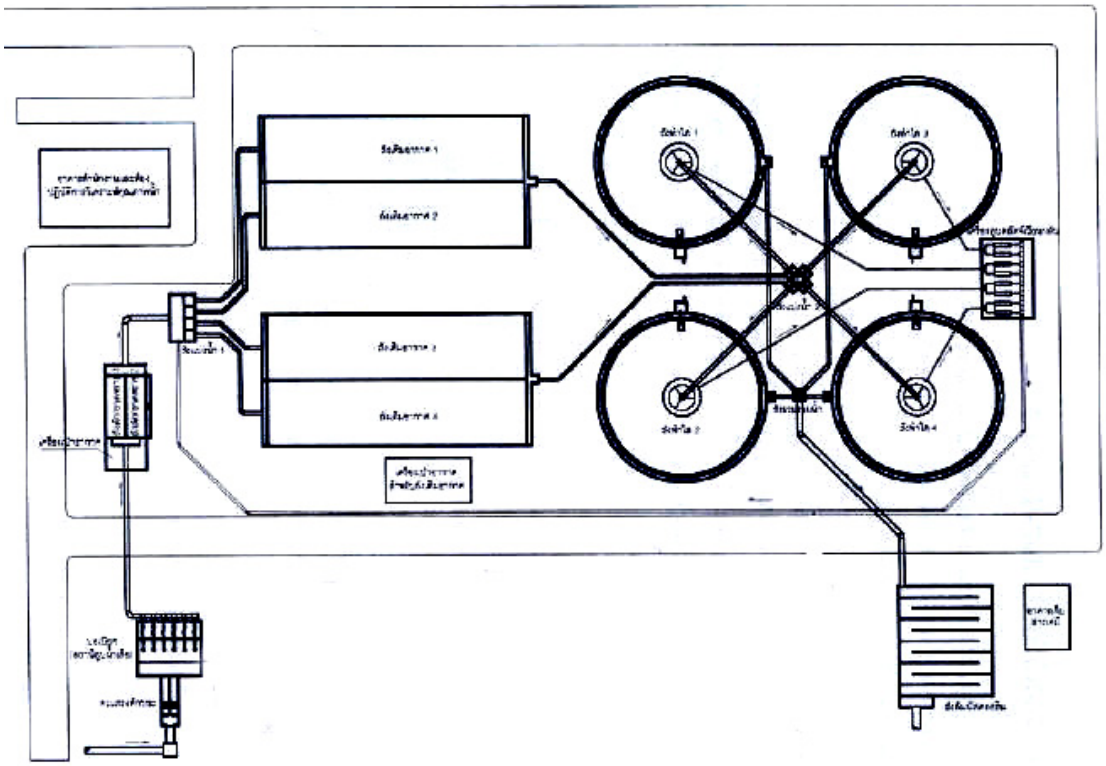
3.4 การกรอง (Filtration) ซึ่งเป็นการกำจัดสารที่ไม่ต้องการโดยวิธีการทางกายภาพ อันได้แก่ สารแขวนลอยที่ตกตะกอนได้ยาก เป็นต้น

3.5 การดูดติดผิว (Adsorption) ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียโดยการดูดติดบนพื้นผิวของของแข็ง รวมถึงการกำจัดกลิ่นหรือก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเดียวกัน

การจะเลือกใช้การบำบัดน้ำเสียระบบใดๆ ก็ตาม จะต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและต้องมีราคาประหยัด ลักษณะของน้ำเสียซึ่ง Terence J. McGhee (1991) ได้กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของน้ำเสียชุมชน ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยในกรณีที่ใช้ระบบชีวภาพต้องพิจารณาดูว่าน้ำเสียมีปริมาณสารละลายอินทรีย์ความเข้มข้นสูงหรือต่ำด้วย เพื่อจะได้กำหนดใช้ระบบให้เหมาะสมที่สุด โดยมีตัวอย่างภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบ ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของน้ำเสียชุมชน (มก./ล.)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น		
	น้อย	ปานกลาง	มาก
จากการศึกษาของ Terence J. McGhee (1991)			
ของแข็งแขวนลอย	100	200	350
BOD	100	200	400
จากการศึกษาของ Metcalf & Eddy (2003)			
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	100	220	350
BOD	110	220	400



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบ

ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการกำหนดระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม คือ ความต้องการพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ราคาที่ดินที่จะใช้สร้างระบบในชุมชนที่มีประชากรหนาแน่นที่ดินมีราคาสูง มักต้องเลือกใช้ระบบที่กินเนื้อที่น้อยแต่ใช้เครื่องจักรกลมาก

2. ขนาดของหน่วยกระบวนการบำบัด

นอกจากอัตราไหลและลักษณะน้ำเสียแล้ว ปัจจัยที่ความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับกำหนดขนาดของหน่วยกระบวนบำบัดต่างๆ ได้แก่ ค่ากำหนดการออกแบบกระบวนการต่างๆ ซึ่งจะกล่าวในหน่วยต่างๆในระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป

3. <u>ปัจจัยอื่นๆที่จำเป็นต่อการออกแบบ</u>

3.1 ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีเครื่องจักรมากดัง เช่น ระบบเอเอสหรือสถานีสูบน้ำเสียสุดท้าย ควรต้องมีแหล่งพลังงานสำรองในกรณีไฟฟ้าดับ เช่น การต่อเชื่อมกับแหล่งพลังงานไฟฟ้าอย่างน้อยสองแหล่งที่แยกอิสระกัน การติดตั้งเครื่องปั่นไฟ เป็นต้น

3.2 ระบบประปา

ต้องจัดเตรียมน้ำประปาให้เพียงพอสำหรับทำความสะอาดหน่วยกระบวนการต่างๆ เช่น ห้องปฏิบัติการห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ เป็นต้น

3.3 อาคารสนับสนุน

นอกจากหน่วยกระบวนการบำบัดต่างๆแล้ว โรงปรับปรุงคุณภาพต้องประกอบด้วยอาคารต่างๆที่ช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการ เช่น อาคารสำนักงาน อาคารหรือห้องควบคุมเครื่องจักร อาคารซ่อมบำรุง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ อาคารรักษาความปลอดภัย (ป้อมยาม) เป็นต้น

4. <u>การวางผังบริเวณ(layout)</u>

เมื่อเลือกหน่วยกระบวนการบำบัดน้ำเสียและกำหนดขนาดของแต่ละกระบวนการแล้วต่อ ไปเป็นการวางผังบริเวณ ซึ่งต้องคำนึงถึงการขยายระบบในอนาคตด้วย

4.1 องค์ประกอบหลักของโรงบำบัดน้ำเสีย

- หน่วยกระบวนการบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
- อาคารสำนักงาน
- อาคารหรือห้องควบคุมเครื่องจักร
- อาคารเก็บของ หรือสารเคมี
- อาคารรักษาความปลอดภัย(ป้อมยาม)
- อาคารซ่อมบำรุง
- ถนนและที่จอดรถพร้อมป้ายจราจรและป้ายอาคาร
- บ้านพักพนักงาน

4.2 ข้อพิจารณาสำหรับการวางผังบริเวณ

- ควรวางกระบวนการบำบัดน้ำเสียตามลำดับขั้นตอนการทำงานและตามความลาดของพื้นที่ เพื่อให้น้ำเสียไหลได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและลดงบประมาณในการดำเนินการ ซึ่งจะต้องมีการคำนวณและจัดทำโพร์ไฟล์ชลศาสตร์ (hydraulic profile) ในแต่ละกระบวนการด้วย

- ต้องเผื่อพื้นที่ใกล้เคียงกันสำหรับการขยายระบบในอนาคต เช่น ถ้าวางกระบวนการบำบัดน้ำเสียตามลำดับการทำงานในแนวเหนือ-ใต้ และต้องเผื่อพื้นที่ไว้ขยายด้านข้างหรือแนวตะวันออก-ตะวันตก เป็นต้น

- ควรจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อระหว่างกระบวนการเก่าและกระบวนใหม่ที่จะขยายเพิ่มในอนาคต เพื่อความสะดวกและไม่ต้องหยุดเดินระบบ เช่น ประตูน้ำ เป็นต้น

- ต้องพิจารณาการวางฐานรากของโครงสร้างของกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับลักษณะชั้นดินและระดับน้ำใต้ดินด้วย ซึ่งต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงของชั้นดินและการลอยตัวของโครงสร้างเนื่องจากน้ำใต้ดิน

- กระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาความรำคาญต่างๆ เช่น กลิ่น เสียง ละอองน้ำ เป็นต้น ต้องวางอยู่ในตำแหน่งที่มีระยะห่างกับชุมชนอย่างเหมาะสมหรือวางในตำแหน่งใต้ทิศทางลมของชุมชน

- ควรต้องจัดวางระยะห่างระหว่างกระบวนการบำบัดน้ำเสียและเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ต่างๆให้สามารถดำเนินงานได้อย่างสะดวกและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย

- กระบวนการที่มีส่วนประกอบของเครื่องจักรที่มีน้ำหนักหรือจำเป็นต้องมีการขนย้าย เช่นสารเคมี สลัดจ์ ขยะ กรวดทราย เป็นต้น ต้องจัดให้มีถนนสามารถเข้าออกได้อย่างสะดวก

- ควรพิจารณาถึงลักษณะรูปแบบถังบำบัดด้วย กล่าวคือ การใช้ถังสี่เหลี่ยมสามารถใช้ผนังร่วมกันได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง แต่ถังกลมสามารถรับแรงได้ดีกว่าถังรูปสี่เหลี่ยม

- กระบวนการและอุปกรณ์เครื่องจักรหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบจำ เป็นต้องออกแบบให้มีจำนวนมากกว่า 1 หน่วย เนื่องจากไม่ต้องหยุดเดินระบบทั้งหมดเมื่อมีการ ซ่อมบำรุง เช่น เครื่องสูบน้ำเสีย เครื่องเป่าอากาศ เป็นต้น แต่อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีราคาแพงและไม่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยตรง เช่น มาตรวัดการไหล (แบบแม่เหล็ก ไฟฟ้า) เป็นต้น ไม่จำเป็นต้องเตรียมเครื่องสำรองไว้เพียงแต่เตรียมท่อสั้นขนาดเท่าอุปกรณ์ดังกล่าวใส่แทนไว้ก่อน ขณะที่นำไปซ่อม

- การออกแบบถังซ้อนกันหรือเป็นอาคารหลายชั้นเพื่อประหยัดพื้นที่สำหรับการก่อสร้าง จะต้องเปรียบเทียบงบประมาณการดำเนินการด้วย โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำขึ้นที่สูง

- อาคารสำนักงาน ควรต้องอยู่ใกล้กับทางเข้าหลักของโรงบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ผู้มาติดต่อ สามารถหาได้ง่าย และไม่ไปพลุกพล่านในบริเวณเขตหวงห้ามหรือเขตอันตราย

- อาคารซ่อมบำรุงและอาคารเก็บของควรต้องอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีเครื่องจักรจำนวนมากและมีพื้นที่เพียงต่อการขนย้ายและซ่อมบำรุง นอกจากนี้ควรต้องจัดให้มีถนนสามารถเข้า-ออกได้ อย่างสะดวก รวมทั้งเครื่องมือในการขนย้ายเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆได้อย่างสะดวก เช่น รอกไฟฟ้า เครน เป็นต้น

5. <u>สมดุลมวล (mass balance)</u>

ในขณะออกแบบโรงบำบัดน้ำเสีย ผู้ออกแบบควรต้องทำสมดุลมวลเป็นลำดับแรกๆ ซึ่งเป็นการแสดงอัตราไหลและความเข้มข้นของสารมลพิษที่เข้าและออกจากกระบวนการบำบัดต่างๆ การทำสมดุลมวลจะบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้นๆและสามารถประเมินปริมาณสลัดจ์หรือกากตะกอนที่จะนำไปบำบัดหรือกำจัดต่อไป

ปัจจัยที่มีความสำคัญในการทำสมดุลมวล ได้แก่ ลักษณะน้ำเสียเข้าระบบ อัตราไหลน้ำเสีย แผนภาพการไหลของกระบวนการ จลนศาสตร์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในหน่วยกระบวนการชีวภาพและการกำหนดประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษของแต่ละหน่วยกระบวนการบำบัด

6. <u>ระบบบำบัดน้ำเสียในหน่วยต่างๆ</u>

6.1 ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen)

การดักขยะโดยใช้ ตะแกรงมีจุดประสงค์ เพื่อดักและกำจัดเศษวัสดุหรือของแข็งต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น เครื่องสูบ ท่อ วาล์ว มาตรวัดการไหล เป็นต้น โดยทั่วไปตะแกรงสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตะแกรงหยาบ (coarse screen) และตะแกรงละเอียด (fine screen) แต่สำหรับในการบำบัดขั้นเตรียมการจะหมายถึงตะแกรงหยาบเท่านั้น และมักเรียกว่า “ตะแกรงราง”

ส่วนตะแกรงละเอียดอาจถือว่าเป็นการบำบัดขั้นต้น เนื่องจากตะแกรงมีความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอยได้บางส่วน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะตะแกรงรางเท่านั้น

ตะแกรงรางซึ่งใช้ในการบำบัดขั้นเตรียมการสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด ได้แก่ ตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยแรงคน และตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกล แต่ในบางกรณีอาจมีการใช้ตะแกรงรางในระบบรวบรวมน้ำเสีย(แบบท่อระบายรวม)หรือระบบระบายน้ำฝนด้วย เพื่อป้องกันท่ออุดตัน ซึ่งมักเรียกว่า “ตะแกรงรางดักขยะลอย”(trash rack) และมักออกแบบให้มีช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง 40-150 มิลลิเมตร ตั้งเอียงมุม $45^{o} – 60^{o}$ กับแนวตั้ง ดังแสดงในภาพที่ 2

1. ข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria)

1.1 ชุดตะแกรงดักขยะ 2 ชุด ทำงานในสภาวะปกติ โดยชุดตะแกรงทำมุมกับแนวราบ θ องศา

1.2 กำหนดให้สามารถทำการซ่อมบำรุงชุดตะแกรงได้ทีละชุดเท่านั้น ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน

1.3 ระยะห่างระหว่างแท่งเหล็กของตะแกรงเท่ากับ a ซม.

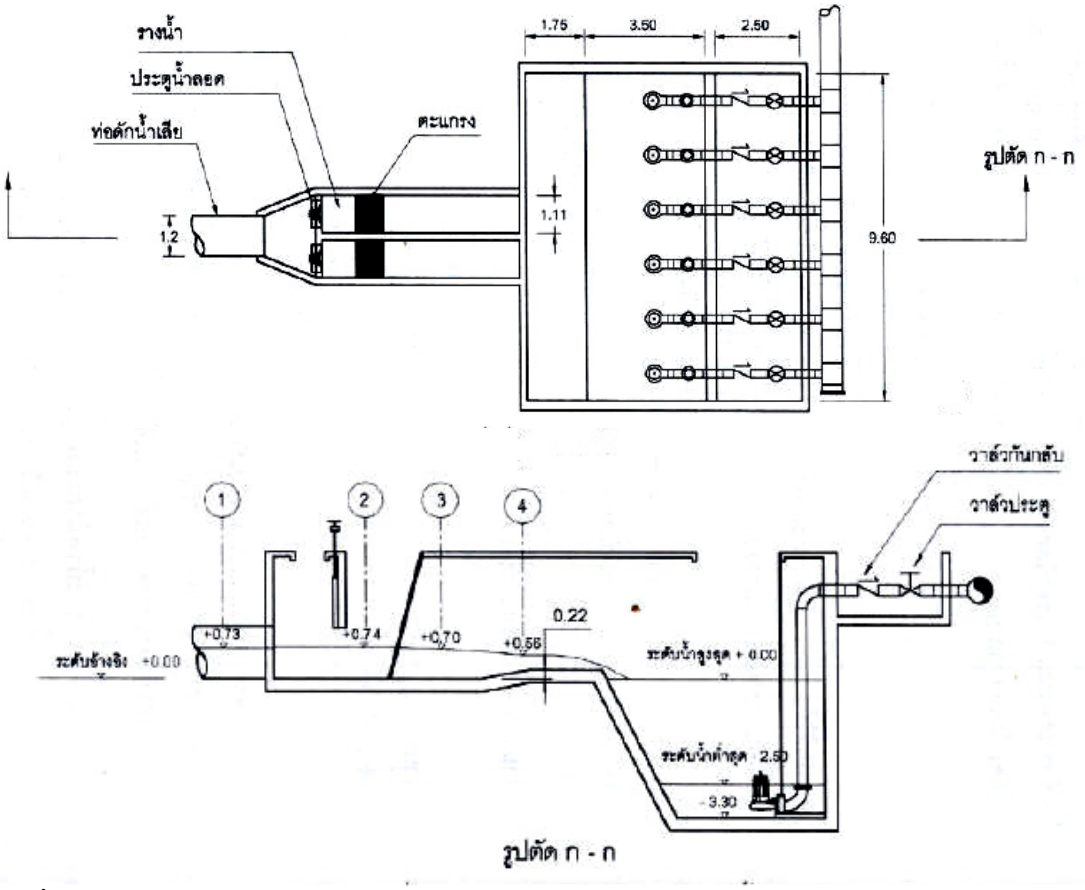
1.4 อัตราการไหลของน้ำเข้าเฉลี่ยเท่ากับ Q_{av} ลบม./วินาที

1.5 อัตราการไหลของน้ำเข้าสูงสุด(Q_{max}) เท่ากับ $3Q_{av}$ ลบม./วินาที

1.6 อัตราการไหลของน้ำเข้าต่ำสุด(Q_{min}) เท่ากับ $0.3Q_{av}$ ลบม./วินาที

1.7 ความเร็วของน้ำที่ผ่านตะแกรงในช่วงอัตราการไหลของน้ำเข้าเฉลี่ยเท่ากับ v_{av} ม./วินาที

1.8 ความเร็วของน้ำที่ผ่านตะแกรงในช่วงอัตราการไหลของน้ำเข้าสูงสุดเท่ากับ v_{max} ม./วินาที



ภาพที่ 2 แสดงตะแกรงหยาบ

2. การคำนวณการออกแบบ ได้แก่

2.1 เงื่อนไขการไหลของน้ำที่ท่อด้านเข้า

ก. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำเข้าเท่ากับ ϕ ม.

ข. ความชันของท่อน้ำเข้าที่ทำกับแนวราบเท่ากับ SP

ค. ความเร็วของน้ำในช่วงที่อัตราการไหลของน้ำสูงสุด เท่ากับ v ม./วินาที

ง. ความสูงของน้ำในท่อในช่วงที่มีอัตราการไหลของน้ำสูงสุดเท่ากับd ม.

2.2 การออกแบบชุดตะแกรงดักขยะ

ก. คำนวณช่องว่างระหว่างแท่งเหล็กและขนาดชุดตะแกรงขยะ

1) พื้นที่ช่องว่างระหว่างแท่งเหล็กทั้งหมด (A_{sp}) เท่ากับ $\frac{Q_{max}}{v_{max}}$ ตร.ม.

2) ระยะห่างระหว่างแท่งเหล็ก (S) เท่ากับ $\frac{A_{sp}}{d}$ ม.

3) กำหนดว่ามีช่องว่างทั้งหมดy_cช่องโดยแต่ละช่องห่างกันb_c มม.

4) ความกว้างของชุดตะแกรงทั้งหมดเท่ากับ $\frac{b_c y_c}{1000}$ ม.

5) จำนวนแท่งเหล็กตะแกรงทั้งหมด y_c-1 แท่ง

6) กำหนดให้แท่งเหล็กตะแกรงมีขนาด w_s มม.

7) ความกว้างของบ่อตะแกรง(L) เท่ากับ $S + \frac{w_s \times (y_c - 1)}{1000}$ ม.

ข. คำนวณสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ (C_{eff})

$$C_{eff} = \frac{S}{L}$$

ค. คำนวณความสูงของการไหลของน้ำในท่อจริง(d_2)และความเร็วของน้ำเข้าตะแกรง (v_2) ขณะที่มีปริมาณการไหลสูงสุด

สมการอนุรักษ์พลังงานสามารถเขียนในรูปแบบและมีเงื่อนไขดังนี้

$$Z_1 + d_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

$$v_2 = \frac{Q_{max}}{L \times d_2} \text{ ม./วินาที}$$

โดยกำหนดให้ a.พื้นของส่วนติดตั้งตะแกรงเป็นพื้นราบ

b.ระดับอ้างอิงวัดจากพื้นของส่วนติดตั้งตะแกรง (Z_2) ให้เท่ากับ 0 ม.

c .แนวของท่อน้ำเข้าเหนือระดับอ้างอิง Z_1 ม.

d.สัมประสิทธิ์การขยายตัว (K_e) เท่ากับ 0.3

ง. คำนวณความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช่องตะแกรง ($\underline{V}$)

$$\underline{V} = \frac{Q_{max}}{C \times d_2} \text{ ม./วินาที}$$

จ. คำนวณค่าความดันสูญเสียผ่านตะแกรง จากสมการ

$$h_L = \frac{\underline{V}^2 - v_2^2}{2g}(\frac{1}{0.7}) \quad \text{ม.}$$

ฉ. คำนวณความลึกของการไหลของน้ำ(d_3) และความเร็วในบริเวณ ส่วนล่างของบ่อตะแกรง(v_3) จากสมการอนุรักษ์พลังงานคือ

$$d_2 + \frac{v_2^2}{2g} = d_3 + \frac{v_3^2}{2g} + h_L$$

ช. คำนวณหาความดันสูญเสียที่ผ่านตะแกรงเมื่อมีสิ่งอุดตัน 50 %(h_{50}) และ ความเร็วของน้ำที่ผ่านตะแกรงเมื่อมีสิ่งอุดตัน 50 % (V') โดยคำนวณจากความเร็วของน้ำก่อน ผ่านตะแกรงเมื่อมีสิ่งอุดตัน 50 % (v_2') และสมการอนุรักษ์พลังงานคือ

$$d_2' + \frac{v_2'^2}{2g} = d_3 + \frac{v_3^2}{2g} + h_{50}$$

$$V' = \frac{Q_{\max}}{0.5 \times C \times d_2'} \text{ ม./วินาที}$$

$$h_{50} = d_2' - d_3 \text{ ม.}$$

2.3 ค่าความชันของช่องตะแกรงส่วนล่าง

ก. คำนวณความลึกวิกฤตของการไหล(d_c)

$$d_c = \left(\frac{Q_{\max}}{L \times \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ ม.}$$

ข. คำนวณความเร็ววิกฤต(v_c)

$$v_c = \frac{Q_{\max}}{L \times d_c} \text{ ม./วินาที}$$

ค. คำนวณระดับของช่องด้านล่างใกล้กำแพงบ่อ (Z_c)

$$Z_c = d_3 + \frac{v_3^2}{2g} - d_c - \left(\frac{V'^2}{2g} \right) \text{ ม.}$$

จากนั้นนำผลที่ได้จากการคำนวณทั้งหมดมารวบรวมสรุปได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณโดยสรุปของการออกแบบตะแกรงหยาบ

เงื่อนไข	ช่องด้านเข้า		ความเร็วของน้ำ	ช่องด้านออก		ความดัน
	ความลึกของการไหล (ม.)	ความเร็ว (ม./วินาที)	ที่ผ่านตะแกรง (ม./วินาที)	ความลึกของการไหล (ม.)	ความเร็ว (ม./วินาที)	สูญเสีย (ม.)
ตะแกรงสะอาด	d_2	v_2	V	d_3	v_3	h_L
ตะแกรงที่มีการอุดตัน 50%	d_2	v_2	V'	d_3	v_3	h_{50}

3. ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- เมื่อตะแกรงมีเศษขยะอุดตันมากจะทำให้น้ำไหลผ่านได้น้อยลง หรือกรณีที่อัตราน้ำเข้าสูงกว่าปกติอาจเกิดน้ำท่วมนองได้ จึงควรมีฝายน้ำล้นฉุกเฉินที่สามารถระบายน้ำให้ไหลผ่านไปได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านตะแกรง

- ควรออกแบบให้มีตะแกรงอย่างน้อย 2 ชุด และมีประตูน้ำตรงทางน้ำเข้าแยกส่วนกันเพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง เมื่อตะแกรงชุดใดต้องหยุดเดินระบบเพื่อซ่อมบำรุงตะแกรงชุดที่เหลือต้องสามารถรับอัตราไหลสูงสุดได้

- การเลือกช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงควรพิจารณาจากขนาดของของแข็งที่เครื่องสูบ(ที่อยู่หลังตะแกรง)ยอมให้ผ่านได้ โดยหลักปฏิบัติทั่วไปมักกำหนดให้ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงมีขนาดประมาณ 1 ใน 3 ของขนาดของแข็งที่เครื่องสูบยอมให้ผ่านได้ อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงอุปกรณ์ ต่างๆหลังเครื่องสูบด้วย

- ทางน้ำเข้ าและทางน้ำออกของรางน้ำควรออกแบบให้น้ำไหลได้อย่างราบเรียบเพื่อลดการสูญเสียเฮดและป้องกันการสะสมของกรวดและเศษวัสดุภายในราง

- สำหรับตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยแรงคน ความยาวของรางจะต้องไม่เกินระยะที่เจ้าหน้าที่สามารถทำความสะอาดได้โดยสะดวก โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 3 เมตร และบริเวณชานพักซึ่งเป็นที่ยืนของเจ้าหน้าที่ในการทำความสะอาด ซึ่งจะใช้กองเศษขยะด้วย ควรมีส่วนพักขยะซึ่งลึกลงไป 5 - 10 เซนติเมตร และเจาะรูระบายน้ำออก บริเวณนี้ควรมีพื้นที่กว้างพอในการทำงานโดยไม่ควรน้อยกว่า 2.50 เมตร และกรณีอยู่ในสถานีสูบควรมีแสงสว่างส่องหน้าตะแกรงอย่างเพียงพอ

- สำหรับตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลจะช่วยลดค่าแรง รวมทั้งทำให้เกิดสภาวะการไหลและการดั กขยะที่ดีกว่า โดยเฉพาะในกรณี ที 'มีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม ซึ่งมีปริมาณขยะมากในขณะฝนตก ตะแกรงแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลมีหลายชนิด เช่น เครื่องกลกวาดขยะแบบโซ่หรือสายพาน(chain or cable driven screens) เครื่องกลกวาดขยะชนิดขึ้น-ลง (reciprocating rake screens) ตะแกรงคาเทนารี(catenary screens) ตะแกรงล้างตัวเองแบบต่อเนื่อง(continuous self-cleaning screens) เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดมักถูกออกแบบสำเร็จมาแล้ว ดังนั้นผู้ออกแบบควรศึกษาข้อมูลของตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลแต่ละชนิด และของแต่ละผู้ผลิตที่มีจำหน่ายในตลาด ซึ่งผู้ออกแบบควรเลือกใช้แบบที่ตรงกับความต้องการและต้องออกแบบสถานที่ติดตั้งให้เหมาะสม ส่วนการควบคุมการทำงานมักเป็นแบบอัตโนมัติ อาจใช้นาฬิกาตั้งเวลาให้ทำงานตามเวลาที่กำหนด ร่วมกับอุปกรณ์วัดความแตกต่างของความดันโดยการวัดระดับน้ำที่แตกต่างกันระหว่างหน้าและหลังตะแกรง แต่อย่างไรก็ตามต้องมี

มาตรการสำหรับให้คนบังคับโดยตรงได้ด้วย นอกจากนี้ต้องออกแบบให้มีชุดควบคุมระบบเตือนภัยเมื่อระดับน้ำในรางสูงเกินไปหรือเครื่องทำความสะอาดไม่ทำงาน

- เกณฑ์การออกแบบสำหรับตะแกรงหยาบที่ทำความสะอาดด้วยแรงคน และด้วยอุปกรณ์เครื่องกล ของน้ำเสียในชุมชนเทศบาล ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 3 เกณฑ์การออกแบบตะแกงหยาบ (Design factor for Coarse Screen)

รายการ	ทำความสะอาดด้วยแรงคน	ทำความสะอาดด้วยเครื่องกล
จากการศึกษาของ Metcalf & Eddy (2003)		
ความเร็วน้ำเมื่อผ่านซี่ตะแกรง (ม./วินาที)	0.3-0.6	0.6-1.0
ขนาดของซี่ตะแกรง		
กว้าง (มม.)	5-15	5-15
ยาว (มม.)	25-38	25-38
ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง (มม.)	25-50	15-75
เอียงจากแนวดิ่ง (องศา)	30-45	0-30
การสูญเสียเฮดจากการอุดตันที่ยอมรับได้ (มม.)	150	150-600
จากการศึกษาของ QASIM, S.R. (1986)		
ความเร็วน้ำเมื่อผ่านซี่ตะแกรง (ม./วินาที)	0.3-0.6	0.6-1.0
ขนาดของซี่ตะแกรง		
กว้าง (มม.)	4-8	8-10
ยาว (มม.)	25-50	50-75
ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง (มม.)	25-75	10-50
เอียงจากแนวดิ่ง (องศา)	45-60	75-85
การสูญเสียเฮดจากการอุดตันที่ยอมรับได้ (มม.)	150	150
จากการศึกษาของ Reynolds T.D. & Richards P.A. (1995)		
ความเร็วน้ำเมื่อผ่านซี่ตะแกรง (ม./วินาที)	< 0.91	< 0.91
ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง (มม.)	25-50	12-38
เอียงจากแนวราบ (องศา)	30-75	45-90
การสูญเสียเฮดจากการอุดตันที่ยอมรับได้ (มม.)	< 50	< 50

นอกจากนี้น้ำที่ไปยังถังตกตะกอนกรวดเล็ก ต้องถูกยกขึ้นที่สถานีสูบน้ำเสีย เนื่องจากถ้าเราใช้หลักการให้น้ำไหลตามแรงโน้มถ่วง ระดับของถังตกตะกอนกรวดเล็กต้องต่ำมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขุดดินกดระดับลงไป ซึ่งเราจะเลือกใช้สถานีสูบน้ำเสียแบบบ่อเปียก ซึ่งใช้เครื่องสูบแบบแช่น้ำ

4. ข้อพิจารณาการออกแบบบ่อสูบน้ำเสีย

- เวลากักน้ำ(ที่อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดในปีแรก) $\leq$ 30 นาที
- เครื่องสูบเริ่มเดินเครื่อง $\leq$ 6 ครั้งต่อชั่วโมง
- คำนวณหาปริมาตรต่ำสุ ดของบ่อเปียก จากสมการ

$$V = (\theta q) / 4$$

โดยที่ V = ปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปียก, ลบ.ม.

= ความแตกต่างของระดับน้ำเมื่อเครื่องสูบเริ่มทำงานจนกระทั้งหยุดเดินเครื่องสูบ

θ = เวลาต่ำสุดเมื่อเครื่องสูบทำงานครบวัฏจักร, นาที

q = อัตราสูบของเครื่องสูบ, ลบ.ม./นาที(อาจหมายถึงการทำงานของเครื่องสูบที่ทำงานเพียง 1 ชุดหรือหมายถึงอัตราสูบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องสูบชุดอื่นเริ่มทำงานด้วย)

6.2 ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก (Grit Chamber)

ปกติน้ำเสียจะมีของแข็งอนินทรีย์อยู่ปริมาณมาก เช่น ทราย เศษถ่านและกรวดซึ่งรวมเรียกว่ากรวดเล็ก กรวดเล็กจะทำความเสียหายแก่เครื่องสูบน้ำโดยการขัดสี และทำความลำบากแก่การทำงานของถังตะกอนและการย่อยตะกอนโดยไปสะสมอุดตันทางออกจากถัง ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็กปกติจะตั้งอยู่ต่อจากตะแกรงและก่อนเครื่องสูบน้ำกับอุปกรณ์ทำให้เป็นชิ้นเล็ก ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็กโดยทั่วไปจะออกแบบเป็นรางยาว ความเร็วของน้ำเสียจะถูกลดลงในถังจนช้าเพียงพอที่จะทำให้ของแข็งอนินทรีย์หนักตะกอน แต่สารอินทรีย์ยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียต่อไป ความเร็วในถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็กประมาณ 30 เซนติเมตรต่อวินาที เวลาเก็บกัก (detention period) ปรกติประมาณ 20-60 วินาที ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคที่จะขจัดออก การรักษาเวลาเก็บกักให้สม่ำเสมออาจกระทำได้โดยใช้ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็กหลายถัง หรือใช้เวียร์สัดส่วน (proportion weir) ที่ปลายถังหรือฉีดอากาศเข้าไปที่ระดับเหนือพื้นถังระยะหนึ่งขึ้นไป ฟองอากาศจะทำให้สารอินทรีย์ที่เบาคงแขวนลอยต่อไป แต่สำหรับกรวดเล็กจะตกตะกอนอยู่ในเขตน้ำนิ่งใต้เขตฟองอากาศ โดยประเภทที่นิยมใช้และเหมาะกับสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย

เท่านั้น ได้แก่ ถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศ(aerated grit chamber) และถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า(rectangular horizontal-flow grit chamber) ดังแสดงในภาพที่ 3

ในถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็กอาจจะทำความสะอาดเอากรวดเล็กออกโดยใช้แรงคนหรือใช้เครื่อง การทำความสะอาดด้วยแรงคนจะต้องมีที่เก็บพัก (Storage) กรวดเล็กที่ตกตะกอนแล้วสำหรับน้ำเสียจากระบบท่อน้ำเสียรวม (คือน้ำเสียครัวเรือนรวมกับน้ำฝน) จะมีกรวดเล็กอยู่มากกว่าปกติ

1. ข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria)

1.1 เวลาเก็บกักของถังที่อัตราการไหลของน้ำสูงสุดเท่ากับ D_{tg} นาที

1.2 ปริมาณอากาศที่เติมลงไปตามทฤษฎีอย่างน้อย(A_t) เท่ากับ 28 ลบ.ม./ชม./ม.

1.3 ปริมาณอากาศที่เติมลงไปทางปฏิบัติเท่ากับ F_g เท่าของปริมาณอากาศที่เติมลงไปตามทฤษฎี

1.4 ความเร็วของน้ำไหลต่ำสุดบริเวณทางเข้าและทางออกเท่ากับ 0.3 ม./วินาที

2. การคำนวณการออกแบบ ได้แก่

2.1 การออกแบบขนาดของถังกำจัดตะกอนหนัก

ก. จำนวนถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก e_g ถัง

ข. อัตราไหลของน้ำเสียต่อหนึ่งถัง(R) เท่ากับ $\frac{Q_{max}}{e_g}$ ลบ.ม./วินาที

ค. ปริมาตรของถัง(V_g) เท่ากับ $R \times D_{tg} \times 60$ ม.

ง. กำหนดให้น้ำลึกในถังเท่ากับ H_g ม.

จ. กำหนดให้ระยะขอบถังเหนือผิวน้ำ B_g ม.

ฉ. ขนาดความลึกของถัง(D_g)เท่ากับ $H_g + B_g$ ม.

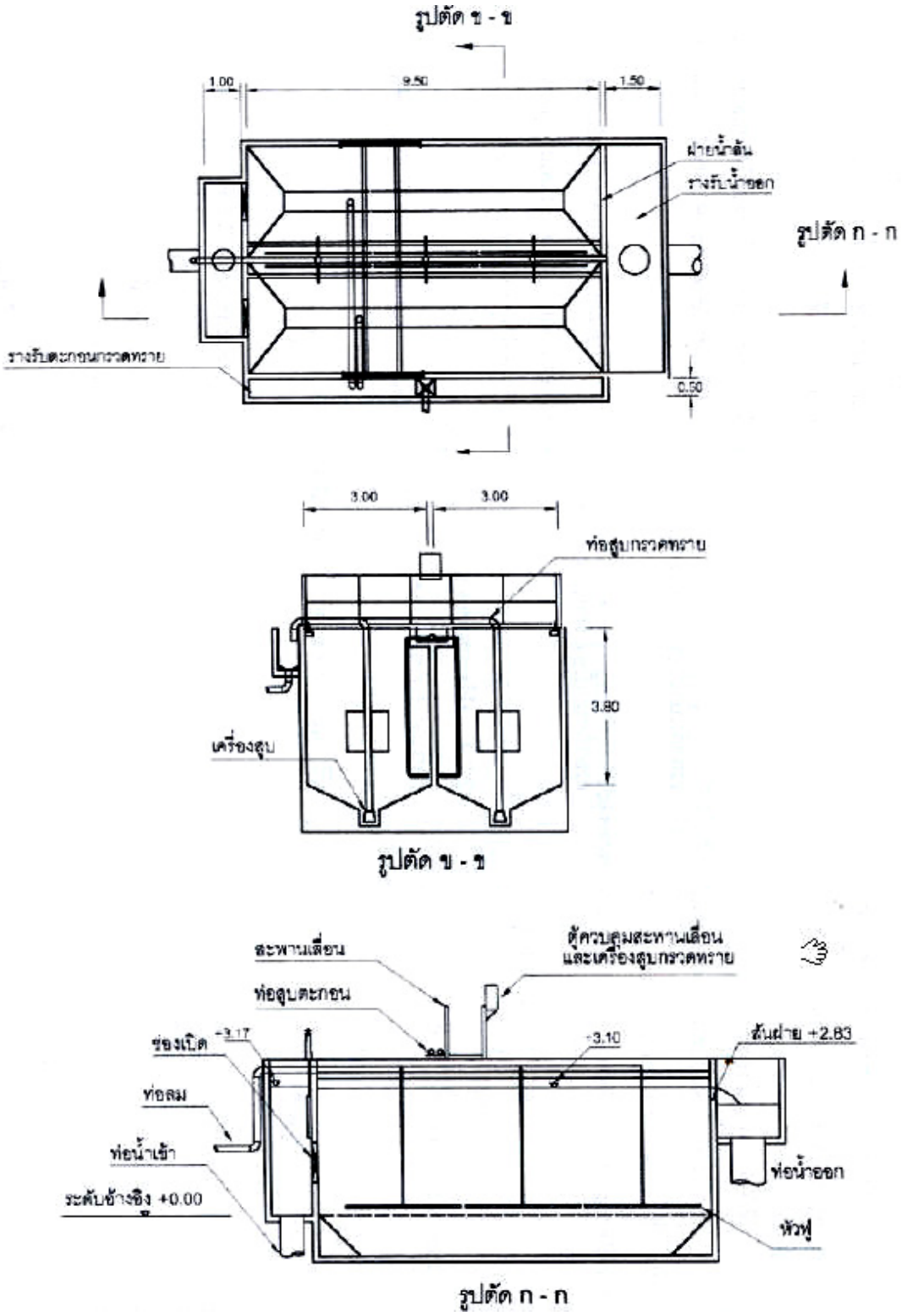
ช. พื้นที่ผิวของถัง(A_g) เท่ากับ $\frac{V_g}{D_g}$ ตร.ม.

ซ. กำหนดให้ใช้ความยาวต่อความกว้างของถังเท่ากับ x : 1

ฌ. ความกว้างของถัง(W_g) เท่ากับ $\sqrt{\frac{A_g}{x}}$ ม.

ญ. ความยาวของถัง(L_g) เท่ากับ $W_g \times x$ ม.

ฎ. พื้นที่ผิวจริงของถังเท่ากับ $W_g \times L_g$ ตร.ม.



<u>ภาพที่ 3</u> แสดงถังตกตะกอนกรวดเล็ก

ฎ. เวลาเก็บกักจริงเมื่อมี e_g ถังทำงานเท่ากับ $\frac{W_g \times L_g \times D}{R \times 60}$ นาที

ฐ. เวลาเก็บกักจริงเมื่อมี 1 ถังทำงานเท่ากับ $\frac{W_g \times L_g \times D_g}{Q_{\max} \times 60}$ นาที

2.2 การออกแบบระบบเติมอากาศ

ก. ปริมาณอากาศที่ต้องการเติมลงไปทางทฤษฎีต่อถังเท่ากับ $A_t \times L_g$ ลบ.ม./ชม.

ข. ปริมาณอากาศที่ต้องการเติมลงไปทางปฏิบัติต่อถังเท่ากับ $F_g \times A_t \times L_g$ ลบ.ม./ชม.

ค. อัตราการเติมอากาศทั้งหมด(N) เท่ากับ $F_g \times A_t \times L_g \times \frac{e_g}{60}$ ลบ.ม./นาที

ง. อัตราการเติมอากาศต่อเครื่องเท่ากับ R_a ลบ.ม./นาที

จ. จำนวนเครื่องเติมอากาศเท่ากับ $\frac{N}{R_a}$ เครื่อง (เลือกจำนวนเครื่องให้ใช้งานและ จำนวนเครื่องสำรองไม่ต่ำกว่า 75% ของจำนวนเครื่องที่ใช้งาน)

2.3 คำนวณหาอัตราน้ำล้นเมื่อ

ก. ถังกำจัดตะกอนหนักทำงาน e_g ถัง (P) เท่ากับ $\frac{R_g}{W_g \times L_g \times 24 \times 60 \times 60}$ ลบม./ตร.ม วัน

ข. ถังกำจัดตะกอนหนักทำงาน 1 ถัง เท่ากับ $e_g \times P$ ลบม./ตร.ม วัน

2.4 การออกแบบทางน้ำเข้า

ก. ใช้รางน้ำขนาดกว้าง U เมตร เพื่อแบ่งจ่ายน้ำเข้าถังกำจัดตะกอนหนัก e_g ถัง โดยช่องทางน้ำเข้ามีขนาด $U \times U$ สำหรับแต่ละถังโดยมีประตูน้ำแบบ Sluice Gate ติดตั้งอยู่และมีแผ่นกั้นขวางอยู่ในถังบริเวณใกล้ช่องน้ำเข้า เพื่อให้น้ำไหลวนขึ้นลงทำให้การกำจัดตะกอนมี ประสิทธิภาพดีขึ้น

ข.คำนวณค่าแรงดันสูญเสียของบริเวณทางน้ำเข้าจากสมการอนุรักษ์พลังงานจะได้

$$h_L = \left[\frac{Q_{\max}}{C_d \times U \times \sqrt{2g}} \right]^2 \quad \text{ม.}$$

โดย C_d คือ สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำและเท่ากับ 0.61 สำหรับทางเข้าที่มีขอบเป็นสี่เหลี่ยม

2.5 การออกแบบทางน้ำออก

ก. เลือกข้อมูลของทางน้ำออก

1) ฝายน้ำล้นออกยาว L ม.

2) ขนาดรางน้ำออก m × n ม.

3) ขนาดกล่องรับน้ำไหลออก m × n เมตรโดยมีประตูน้ำควบคุมการไหลออก

ข. คำนวณหาระดับน้ำไหลล้นเหนือฝายน้ำล้น(H)

เมื่อทำงานทั้ง e_g ถัง

$$R = \frac{2}{3} C_d L' \sqrt{2gH^3}$$

เมื่อทำงานทั้ง 1 ถัง

$$Q_{\max} = \frac{2}{3} C_d L' \sqrt{2gH^3}$$

โดย L' = L-0.2H

C = 0.624

ค. คำนวณหาความลึกของรางน้ำออกจากสมการ

$$y_1 = \sqrt{y_2^2 + \frac{2(q'LN)^2}{gb^2 y_2}}$$

กำหนดให้ระดับน้ำลึกเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงเสียดทาน ระหว่างไหลผ่านพื้นรางเท่ากับ 12% ของ y_1 ให้เพิ่มระยะลึก

โดย y_2 เป็นระยะลึกของน้ำที่ผ่านระยะทาง L จากต้นทาง (ม.)

q' เป็นปริมาณน้ำล้นต่อหน่วยความยาวของฝาย (ลบม./วินาที ม.)

b เป็นความกว้างของ launder (ม.)

N เป็นจำนวนด้านของฝายที่รับน้ำ (มีค่าเป็น1หรือ2)

2.2.6 คำนวณค่าแรงดันสูญเสียเมื่อน้ำไหลผ่านถังกำจัดตะกอนหนัก ($\sum h_L$)

$$\sum h_L = h_{Linfluent} + h_{Lgritchamber} + h_{Lbaffle} + h_{Leffluent}$$

ค่าแรงดันสูญเสียที่แผ่นกั้นขวางที่ทางเข้า($h_{Lbaffle}$) คำนวณด้วยสมการ

$$h_L = \frac{C_D v^2 A_b}{2gA}$$

โดย h_L เป็นความดันสูญเสียเนื่องจากแผ่นบัฟเฟิล (m)

v เป็นความเร็วแนวนอนในบ่อที่ผ่านพื้นที่ๆไม่มีสิ่งกีดขวาง

A_b เป็นเงาแนวดิ่งที่มองบนพื้นที่ของบัฟเฟิล

A เป็นพื้นที่หน้าตัดของบ่อ

C_D เป็น Drag coefficient สำหรับแผ่นเรียบใช้ประมาณ 1.9

3. ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- ถ้ามีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวมต้องมีถังดักกรวดทรายหลายชุด เนื่องจากไม่ต้องหยุดระบบทั้งหมดเมื่อมีการซ่อมบำรุงบางชุดหากน้ำเสียมีกรวดทรายเพียงบางครั้ง อาจติดตั้งถังดักกรวดทรายเพียงชุดเดียวก็ได้ แต่ควรต้องออกแบบให้มีท่ออ้อม เพื่อให้น้ำเสียไหลอ้อมไปยังหน่วยกระบวนอื่นต่อไปโดยไม่ต้องผ่านถังดักกรวดทราย

- โดยทั่วไปถังดักกรวดทรายมีเป้าหมายในการกำจัดทรายหรืออนุภาคที่ใหญ่กว่า 0.21 มิลลิเมตร (65 mesh) และมีความถ่วงจำเพาะ 2.65 ให้ได้ร้อยละ 95 หรือในระบบสมัยใหม่อาจออกแบบให้สามารถกำจัดอนุภาคขนาด 0.15 มิลลิเมตร(100 mesh) ได้ถึงร้อยละ 75

- ปัจจัยสำคัญในการเลือกกระบวนการกำจัดกรวดทราย ได้แก่ การสูญเสียเฮด ขนาดพื้นที่ความยืดหยุ่นของระบบ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกแยกมาด้วย และงบประมาณในการลงทุนและดำเนินการเดินระบบ

- ถังดักกรวดทรายแบบนี้ มีการเติมอากาศที่ก้นและบริเวณด้านข้างของถัง เพื่อให้น้ำเกิดการไหลแบบหมุนเป็นเกลียว(spiral roll) ตั้งฉากกับการไหลของน้ำ(น้ำไหลตามความยาวถัง) ทำให้ของแข็งแขวนลอยหนักหรือกรวดทรายตกลงสู่ก้นถังและรวมกันในรางหรือฮอปเปอร์ ในขณะที่ของแข็งอื่นๆหรือสารอินทรีย์ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่ายังแขวนลอยอยู่ ส่วนกรวดทรายที่ก้นถังจะถูกแยกออกด้วยอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ นอกจากนี้ควรแยกใช้ เครื่องเป่าลมกั บถังดักกรวดทรายโดยเฉพาะ ซึ่งดีกว่าการใช้เครื่องเป่าลมร่วมกับกระบวนการอื่น เช่น ถังเติมอากาศ เป็นต้น ควรติดตั้งวาล์วและเครื่องวัดอัตราไหลเพื่อทำให้สามารถการควบคุมอัตราการเติมอากาศได้ตามต้องการ

- ถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้าใช้อุปกรณ์ เช่น เวียร์ พาร์แชลล์ฟลูม ฯลฯ เพื่อควบคุมอัตราเร็วของน้ำให้คงที่โดยระดับน้ำจะปรับขึ้นลงเองตามอัตราไหลและทำให้อัตราเร็วของน้ำในรางคงที่ ซึ่งพบว่าเมื่อน้ำไหลด้วยความเร็วประมาณ 0.3 เมตร/วินาที จะทำให้กรวดทรายตกตะกอน แต่ในขณะเดียวกันสารอินทรีย์ซึ่งเบากว่ายังแขวนลอยอยู่ (ไม่ตกตะกอน) ส่วนใหญ่มักใช้โซ่และใบกวาด(chain and flight)รวบรวมกรวดทรายเข้าสู่ฮอปเปอร์ที่ ก้นถัง และถูกแยกออกจากถังต่อไปด้วยอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ นอกจากนี้การกำหนดความยาวของถังตกตะกอน ต้องเผื่อส่วนรองรับความปั่นป่วนของทางน้ำเข้าและทางน้ำออกด้วย ส่วนการกำหนดความลึกของราง ต้องเผื่อส่วนกักเก็บกรวดทรายและหากใช้เครื่องกลกวาดตะกอนก็ต้องเผื่อส่วนลึ กของอุปกรณ์ด้วย

- ปริมาณและลักษณะของกรวดจะแตกต่างกันได้มากโดยขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของ ท่อรวบรวม ลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝน สภาพท่อน้ำเสีย และประสิทธิภาพของระบบกำจัดกรวดทรายค่าทั่วไปสำหรับปริมาณกรวดที่มักใช้กันในต่างประเทศเท่ากับ 30 ลบ.ม. / 1 ล้านลบ.ม. แต่สำหรับประเทศไทยไม่พบว่ามีการเก็บข้อมูลนี้ อย่างไรก็ตามคาดว่ามีปริมาณมากกว่าของประเทศที่เจริญแล้วเพราะลักษณะการวางท่อและประสานต่อของประเทศไทยยังดีไม่เท่าของประเทศเหล่า นั้น

- การแยกกรวดทรายออกจากก้นถังดักกรวดทราย หากใช้คนโกยกรวดทรายออกจากระบบจะต้องมีถังดักกรวดทรายสำรองอีกหนึ่งชุดที่สามารถรองรับอัตราไหลสูงสุดได้ด้วย เพราะการโกยกรวดออกด้วยวิธีนี้ต้องถ่ายน้ำออกจากถังก่อนอุปกรณ์หรือเครื่องจักรซึ่งใช้ในการแยกกรวดทรายออกจากก้นถังกรวดทรายมีอยู่ 4 วิธี ได้แก่เครื่องสูบแบบสกรูวางเอียงหรือคอนเวเยอร์แบบหลอด(inclined screw or tubular conveyors) โซ่และเครื่องยกถังตักกรวดทราย (chain and bucket elevators) ถังเก็ บกรวดทรายแคลมเชลล์(clamshell buckets) และเครื่องสูบสกรูวางเอียงหรือคอนเวเยอร์ แบบหลอด รวมทั้งโซ่และเครื่ องยกถังเก็บกรวดทรายต้องสามารถใช้งานที่ภาระบรรทุกสูงสุดได้ โดยเฉพาะเมื่อระบบเป็นแบบท่อระบายรวม นอกจากนี้อุปกรณ์แบบนี้

มีส่วนที่จมน้ำ ดังนั้นทำให้ยากในการซ่อมบำรุง(ซึ่งต้องเอาน้ำออกจากถังดักกรวดทรายก่อน) ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการดำเนินการในขณะมีการซ่อมบำรุง ควรต้องออกแบบให้มีถังดักกรดทรายอย่างน้อย 2 ชุด โดย ข้อดีในการใช้เครื่องสูบแยกกรวดทรายที่ก้นถังดักกรวดทราย ได้แก่ ประหยัดพื้นที่ ถังดักกรวดทรายแต่ละถังอาจใช้เครื่องสูบร่วมกันได้ และหากเครื่องสูบเสียสามารถนำเครื่องสูบอื่นมาทดแทนได้ง่าย ส่วนข้อเสียคือ ระบบประกอบด้วยท่อเฮดเดอร์และวาล์วจำนวนมาก ซึ่งต้องการการดูแล เป็นพิเศษเนื่องจากการขัดสีของกรวด และข้อควรระวังในการออกแบบระบบท่อของเครื่องสูบ ได้แก่ ควรต้องออกแบบให้มีจำนวนข้องอน้อยที่สุดเพื่อลดการอุดตันโดยแท่งไม้หรือเศษผ้า ควรติดตั้งช่องเปิด สำหรับทำความสะอาดที่ข้องอและจุดเปลี่ยนทิศทางทุกจุด ควรออกแบบให้มีความเร็วการไหลใน ท่อ 1 - 2 เมตร/วินาที และควรต้องใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่งอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร(4 นิ้ว)

- กรวดทรายที่ถูกแยกออกจากถังดักกรวดทรายแล้วอาจลำเลียงลงสู่รถบรรทุกโดยตรง หรือเก็บไว้ในถังพักก่อนเพื่อนำไปกำจัด ได้แก่ การฝังกลบ และถมที่ต่อไป ถังพักต้องมีการปกคลุมอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลง เนื่องจากกรวดทราย (ที่ไม่ผ่านการล้าง) อาจมีปริมาณสารอินทรีย์ถึงร้อยละ 50

- เกณฑ์การออกแบบสำหรับถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็กแบบเติมอากาศของน้ำเสียในชุมชนเทศบาล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 4 เกณฑ์การออกแบบถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก
(Design factor for Aerated Grit Chamber)

รายการ	ช่วงค่า	ค่าแนะนำ
จากการศึกษาของ Metcalf & Eddy (2003)		
ขนาด		
ลึก (ม.)	2 - 5	
ยาว (ม.)	7.5-20	
กว้าง (ม.)	2.5-7.0	
เวลากักน้ำที่อัตราไหลสูงสุด (นาที)	2 – 5	3
การเติมอากาศ (ลบม./นาที ม.ความยาว)	0.2 -0.5	
จากการศึกษาของ QASIM S.R. (1986)		
ขนาด		
ลึก (ม.)	2 - 5	
ยาว (ม.)	7.5-20	
กว้าง (ม.)	2.5-7.0	
เวลากักน้ำที่อัตราไหลสูงสุด (นาที)	2 - 5	
การเติมอากาศ (ลบม./นาที ม.ความยาว)	0.2 -0.8	
จากการศึกษาของ Reynolds T.D. & Richards P.A. (1995)		
ขนาด		
ลึก (ม.)	7 - 16	
ยาว (ม.)	25 -65	
กว้าง (ม.)	8- 23	
เวลากักน้ำที่อัตราไหลสูงสุด (นาที)	2 – 5	3
การเติมอากาศ (ลบม./นาที ม.ความยาว)	0.18 -0.46	

6.3 ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation)

ถังตกตะกอนเบื้องต้นใช้ในการกำจัดของแข็งอินทรีย์ ซึ่งโดยปกติแล้วสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยประมาณ 50-70% และกำจัด BOD_5 ได้ 30-40 % ถังตกตะกอนเบื้องต้นจะมีลักษณะหลายรูปแบบแต่จะมีหลักการเดียวกันคือจะอาศัยแผ่นกวาดเพื่อทำให้ตะกอนตกไปสู่ส่วนเก็บตะกอน(hopper) และสูบตะกอนนำไปบำบัดต่อไป

1. ข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria)
   1.1 อัตราน้ำล้นของถังน้อยกว่า 100 ลบ.ม./ตร.ม. วัน
   1.2 เวลาเก็บกักของถังมากกว่า 1.5 ชม.
   1.3 ความลึกของน้ำในถังมากกว่า 2 ม.
   1.4 ความเร็วของน้ำเมื่ออัตราการไหลสูงสุด/ถัง น้อยกว่า 0.35 ม./วินาที
   1.5 อัตราน้ำล้นบนฝายเมื่อมีอัตราการไหลเฉลี่ย 186 ลบ.ม./ตร.ม. วัน

2. การคำนวณการออกแบบ ได้แก่
   2.1 การออกแบบขนาดของถังกำจัดตะกอนแรก
      ก. จำนวนถังตกตะกอนเบื้องต้น e_p ถัง
      ข. อัตราการไหลที่ออกแบบต่อหนึ่งถังเท่ากับ $\frac{Q_{\max}}{e_p}$ ลบ.ม./วินาที
      ค. อัตราน้ำล้นของถังเท่ากับ O_{FP} ลบ.ม./ตร.ม. วัน
      ง. ขนาดพื้นที่ผิวของถัง (A_p) $\frac{Q_{av} \times 3600 \times 24}{O_{FP}}$ ตร.ม.
      จ. ใช้ความยาว : ความกว้างของถัง เท่ากับ 4 : 1
      ฉ. ความกว้างของถังเท่ากับ x_p ม.
      ช. ความยาวของถังเท่ากับ y_p ม.
      ซ. ให้ระยะน้ำลึกภายในถังเท่ากับ H_p ม.

   2.2 ตรวจสอบค่าอัตราน้ำล้นของถัง (Overflow Rate : OFR)
      ก. เมื่ออัตราการไหลเฉลี่ย/ถัง ต้องไม่เกิน 36 ลบ.ม./ตร.ม. วัน

$$OFR_{avp} = \frac{Q_{av} \times 24 \times 60 \times 60}{e_p \times x_p \times y_p} \text{ ลบ.ม./ตร.ม. วัน}$$

ข. เมื่ออัตราการไหลสูงสุด/ถัง ต้องไม่เกิน 130 ลบ.ม./ตร.ม. วัน

$$OFR_{mp} = \frac{Q_{\max} \times 24 \times 60 \times 60}{e_p \times W \times L} \text{ ลบ.ม./ตร.ม. วัน}$$

2.3 ตรวจสอบค่าเวลาเก็บกักของถัง (Detention Time)

ก. ปริมาตรของถัง(Vol) เท่ากับ $x_p \times y_p \times H_p$ ลบ.ม.

ข. เมื่ออัตราการไหลเฉลี่ย/ถัง

$$DT_{av} = \frac{Vol}{Q_{av} / e_p} \quad \text{ชม.}$$

ค. เมื่ออัตราการไหลสูงสุด/ถัง

$$DT_m = \frac{Vol}{Q_{\max} / e_p} \quad \text{ชม.}$$

2.4 ออกแบบทางน้ำเข้า

ก. ใช้ทางน้ำเป็นรางกว้าง r_p ม.

ข. ช่องทางเข้าถังตกตะกอนมีขนาด J ×J ม.

ค. จำนวนช่องทางเข้า v ช่อง

ง. ใช้แผ่นกั้นขวางติดตั้งอยู่ห่างจากช่องทางเข้าถัง I ม.

จ. ความลึกของแผ่นกั้นขวาง r_p ม.

ฉ. ความเร็วของน้ำไหลบนรางน้ำเข้า $\frac{Q_{\max}}{e_p \times J \times J}$ ม./วินาที

ช. ค่าสูญเสียระดับน้ำเนื่องจากช่องทางเข้าทั้ง v ช่อง (h_{LP})คำนวณได้จาก สมการ $\frac{Q_{\max}}{e_p \times v} = C_d (J \times J)\sqrt{2gh_{LP}}$ ม.

2.5 ออกแบบทางน้ำออก

กำหนดให้ใช้ฝายน้ำล้นรูปตัว V รางรับน้ำล้น กล่องรับน้ำล้นและท่อระบายน้ำออกสำหรับทางออก

ก. ออกแบบฝายน้ำล้นรูปตัว V

a.ใช้อัตราน้ำล้นบนฝายเมื่อมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 186 ลบ.ม./ตร.ม. วัน

b. ความยาวของฝายน้ำล้นที่ต้องการ (L_{ng}) เท่ากับ $\frac{Q_{av} \times 24 \times 60 \times 60}{186}$ ม.

c. ความยาวของฝายน้ำล้นที่ออกแบบ (L_{dg}) เท่ากับ $\frac{Q_{\max} \times 24 \times 60 \times 60}{186}$ ม.

d. อัตราน้ำล้นบนฝายจริงต้องมากกว่า 186 ลบ.ม./ตร.ม. วัน

e.ใช้ฝายรูปตัว V มุม θ องศา ทุกๆระยะ G_a ม.

f. จำนวนฝายตัว V ที่ต้องการ(T_v) เท่ากับ $\frac{L_{dg}}{G_a}$ ตัว

g. คำนวณหาระดับน้ำเหนือฝายน้ำล้นรูปตัว V

เมื่อมี Q เฉลี่ย

1.อัตราการไหลเฉลี่ยต่อตัว V หนึ่งชุด(Q_{vv}) เท่ากับ $\frac{Q_{av}}{e_p \times T_v}$ ลบ.ม./วินาที

จะได้ระดับน้ำเหนือฝายน้ำล้นรูปตัว V (H_{vv}) จากสมการ

$$Q_{vv} = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) H_{vv}^{5/2} \text{ ลบ.ม./วินาที}$$

เมื่อมี Q สูงสุด

2. อัตราการไหลสูงสุดต่อตัว V หนึ่งชุด(Q_{vm}) เท่ากับ $\frac{Q_{\max}}{e_p \times T_v}$ ลบ.ม./วินาที จะได้ระดับน้ำเหนือฝายน้ำล้นรูปตัว V (H_{vm}) จากสมการ

$$Q_{vm} = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) H_{vm}^{5/2}$$

h. ใช้ฝายน้ำล้นรูปตัว V ขนาดลึก H_{vm}+ 0.02 ม.

ข. ออกแบบรางรับน้ำล้น

a. ใช้ขนาดกว้างของราง W_r ม.

b.ใช้ขนาดกว้างของกล่องรับน้ำล้น W_b ม.

c.ใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำออก W_d ม.

d. ใช้ระดับน้ำลึกภายในกล่องรับน้ำล้น W_H ม.

e. ใช้ระยะห่างระหว่างท้องรางรับน้ำล้นกับกล่องรับน้ำล้น W_s ม.

f. ระดับน้ำลึกบนรางรับน้ำล้น ณ จุดทางออก 1.5 – W_s ม.

g. อัตราไหลของน้ำล้นลงด้านข้างของรางหนึ่งข้าง(W_Q) เท่ากับ

$\frac{0.5 \times Q_{\max}}{e_p \times 60 \times 60}$ ลบ.ม./วินาที

h. ความยาวของด้านข้างของรางรับน้ำล้นหนึ่งข้าง(W_n)เท่ากับ

$2 \times \left[\left\{ 36.6 + 0.5 \times \left(25.8 - 1.8 - W_b \right) \right\} \right]$ ม.

i. อัตราไหลน้ำเข้าต่อความยาวของฝายเท่ากับ $\frac{W_Q}{W_n}$ ลบ.ม./วินาที

j. จำนวนด้านข้างของรางรับน้ำล้นเท่ากับ 2 ด้าน

k. คำนวณหาระดับน้ำลึก ณ ต้นน้ำไหล(y_3) จากสมการ

$$y_3 = \sqrt{\left(1.5 - W_s\right)^2 + \frac{2(W_Q)^2}{g W_r^{\,2}(1 - W_s)}} \quad \text{ม.}$$

ให้ระดับน้ำที่สูงขึ้นเนื่องจากความเสียดทาน ความปั่นป่วนและการหักเลี้ยวโดยเพิ่มขึ้น P_P %

l. ระดับน้ำลึกสูงสุดบนรางรับน้ำล้นเท่ากับ $y_3 \times (1 + \frac{P_P}{100})$ ม.

m. ใช้ระยะของรางเหนือผิวน้ำ y_4 ม.

n. ความลึกของรางรับน้ำล้น $y_4 + y_3 \times (1 + \frac{P_P}{100})$ ม.

2.6 ค่าสูญเสียระดับน้ำเมื่อน้ำไหลผ่านถังตกตะกอนแรก($\sum h_L$)

$$\sum h_L = h_{LP} + y_3$$

2.7 คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ขั้นต้น(Primary Sludge)

ลักษณะของสลัดจ์ชั้นต้น :

1. ค่าความถ่วงจำเพาะของสลัดจ์เท่ากับ σ
2. ค่าปริมาณของแข็ง S % (มีค่าอยู่ระหว่าง 3-6 %)
3. ค่า TSS ที่ไหลเข้า T_{ssp} ก./ลบ.ม.
4. ใช้ประสิทธิภาพของการกำจัด TSS เท่ากับ η_p %

5. ปริมาณของของแข็งที่แยกออกมาได้ต่อถังเท่ากับ

$\frac{Q_{av} \times T_{ssp} \times \eta_p}{e_p \times 100 \times 1000}$ กก./วินาที

6. ปริมาณของของแข็งที่แยกออกมาได้ทั้ง e_p ถัง (T_{se}) เท่ากับ

$\frac{Q_{av} \times T_{ssp} \times \eta_p \times 3600 \times 24}{100 \times 1000}$ กก./วัน

7. ปริมาณของสลัดจ์ขั้นต้นที่แยกออกมาได้ต่อถัง (T_{sm}) เท่ากับ

$\frac{T_{se} \times \eta_p}{\sigma \times S \times 10 \times 24 \times 60}$ ลบ.ม./นาที

2.8 ออกแบบระบบเครื่องสูบสลัดจ์ขั้นต้น

1. ใช้รอบการทำงานองเครื่องสูบสลัดจ์ขั้นต้น t_m นาที/รอบ

2. โดยให้เครื่องสูบสลัดจ์ขั้นต้น ทำงาน t_0 นาที พัก t_h นาที

3. ขนาดของเครื่องสูบสลัดจ์ขั้นต้น (P_{sp}) เท่ากับ $\frac{T_{sm} \times (t_0 + t_h)}{t_0}$ ลบ.ม./นาที/ถัง

4. ถ้าใช้เครื่องสูบสลัดจ์ขั้นต้นทำการสูบสลัดจ์ขั้นต้นจากถังทั้ง e_p โดยให้รอบการทำงานสั้นลงจะได้ $\frac{P_{sp} \times t_0}{e_p \times S_{ssp}}$ นาที/รอบ

2.9 คำนวณหาคุณภาพน้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอนแรก

1. ให้ประสิทธิภาพของการจำกัด BOD_5 เท่ากับ η_B %

2. ให้ประสิทธิภาพของการจำกัด TSS เท่ากับ η_T %

3. BOD_5 ของน้ำเสียเท่ากับ BOD_5 มก./ล

4. BOD_5 ของน้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอนแรก (BOD_{5P}) เท่ากับ

$BOD_5 \times \left(1 - \frac{\eta_B}{100}\right) \times \frac{Q_{av} \times 24 \times 60 \times 60}{1000}$ กก./วัน

5. TSS ของน้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอน (T_{sP}) เท่ากับ

$T_{ssp} \times \left(1 - \frac{\eta_T}{100}\right) \times \frac{Q_{av} \times 24 \times 60 \times 60}{1000}$ กก./วัน

6. อัตราไหลของน้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอนแรก (Q_{OP}) เท่ากับ

$$(Q_{av} \times 24 \times 60 \times 60) - \frac{T_{se}}{\left(\frac{S}{100} \times \sigma_a \times 1000\right)}$$ ลบ.ม./วัน

7. BOD_5ของน้ำไหลออก (BOD_{5O}) เท่ากับ $\frac{BOD_{5P} \times 1000}{Q_{OP}}$ มก./ล

8.TSS ของน้ำไหลออก (T_{sO}) เท่ากับ $\frac{T_{sP} \times 1000}{Q_{OP}}$ มก./ล

2.10 คำนวณหาปริมาณฝ้าไข

1.ใช้ค่าปริมาณฝ้าไขที่มี a_1 กก. ต่อ 1000 m^3

2.ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของฝ้าไข σ_a

3.ปริมาณฝ้าไขเท่ากับ $\frac{a_1 \times Q_{av} \times 24 \times 60 \times 60}{\sigma_a \times 10^6}$ ลบ.ม./วัน

3. เกณฑ์การออกแบบสำหรับถังตกตะกอนเบื้องต้น ของน้ำเสียในชุมชนเทศบาล ดังแสดงในตารางที่ 4,5 และ 6

ตารางที่ 5 เกณฑ์การออกแบบ อัตราน้ำล้น สำหรับถังตกตะกอนเบื้องต้น
(Design Overflow Rates for Clarifiers)

รายการ	ค่าแนะนำ (ลบ.ม./ตร.ม. วัน)	ค่าที่ใช้ทั่วไป
จากการศึกษาของ Metcalf & Eddy (2003)		
การบำบัดที่มีถังตกตะกอนแรกก่อนถังตกตะกอนที่สอง		
อัตราการไหลเฉลี่ย	30-50	40
อัตราการไหลสูงสุด	80-120	100
ถังตกตะกอนแรกที่มีตะกอน AS เวียนไหลกลับ		
อัตราการไหลเฉลี่ย	24-32	28
อัตราการไหลสูงสุด	48-70	60
จากการศึกษาของ QASIM S.R. (1986)		
การบำบัดที่มีถังตกตะกอนแรกก่อนถังตกตะกอนที่สอง		
อัตราการไหลเฉลี่ย	30-50	40
อัตราการไหลสูงสุด	70-130	100
ถังตกตะกอนแรกที่มีตะกอน AS เวียนไหลกลับ		
อัตราการไหลเฉลี่ย	25-35	30
อัตราการไหลสูงสุด	45-80	60
จากการศึกษาของ Reynolds T.D. & Richards P.A. (1995)		
การบำบัดที่มีถังตกตะกอนแรกก่อนถังตกตะกอนที่สอง		
อัตราการไหลเฉลี่ย	32.6-48.9	
อัตราการไหลสูงสุด	81.5-122	
ถังตกตะกอนแรกที่มีตะกอน AS เวียนไหลกลับ		
อัตราการไหลเฉลี่ย	24.5-32.6	
อัตราการไหลสูงสุด	48.9-61.1	

ตารางที่ 6 เวลากักเก็บสำหรับ อัตราน้ำล้น และความสูงของถังตกตะกอน

(Detention Times for Various Overflow Rates and Tank Depths)

อัตราน้ำล้น	เวลากักเก็บ (ชม.) ที่ความสูงต่างๆ					
(ลบ.ม./ตร.ม. วัน)	2.0 ม.	2.5 ม.	3.0 ม.	3.5 ม.	4.0 ม.	4.5 ม.
30	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
40	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
50	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2
60	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
70	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5
80	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4

ดัดแปลงมาจาก : QASIM S.R. (1986)

ตารางที่ 7 เกณฑ์การออกแบบถังตกตะกอนเบื้องต้น

(Dimensions of Rectangular and Circular Basins)

รายการ	ค่าแนะนำ	ค่าที่ใช้ทั่วไป
จากการศึกษาของ Metcalf & Eddy (2003)		
ถังเหลี่ยม		
ความยาว (ม.)	15-90	24-40
ความลึก (ม.)	3- 4.9	4.3
ความกว้าง (ม.)	3-24	4.9-9.8
ถังกลม		
เส้นผ่าศูนย์กลาง (ม.)	3-60	12-45
ความลึก (ม.)	3-4.9	4.3
จากการศึกษาของ QASIM S.R. (1986)		
ถังเหลี่ยม		
ความยาว (ม.)	10-100	25-60
อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว	1.0-7.5	4
อัตราส่วนความยาวต่อความลึก	4.2-25.0	7-18
ความลึก (ม.)	2.5-5.0	3.5
ความกว้าง (ม.)	3-24	6-10
ถังกลม		
เส้นผ่าศูนย์กลาง (ม.)	3-60	10-40
ความลึก (ม.)	3-6	4

6.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge ชนิด Complete Mixed

ระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์เป็นกระบวนการการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงระบบหนึ่ง คือ ประมาณ 85-95% จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตอาหาร โดยปกติน้ำเสียจะต้องผ่านตะแกรงดักขยะ บ่อดัก ไขมัน บ่อดักกรวดทราย เพื่อแยกเอาเศษวัสดุ และตะกอนที่มีขนาดใหญ่ออกในขั้นหนึ่งก่อน

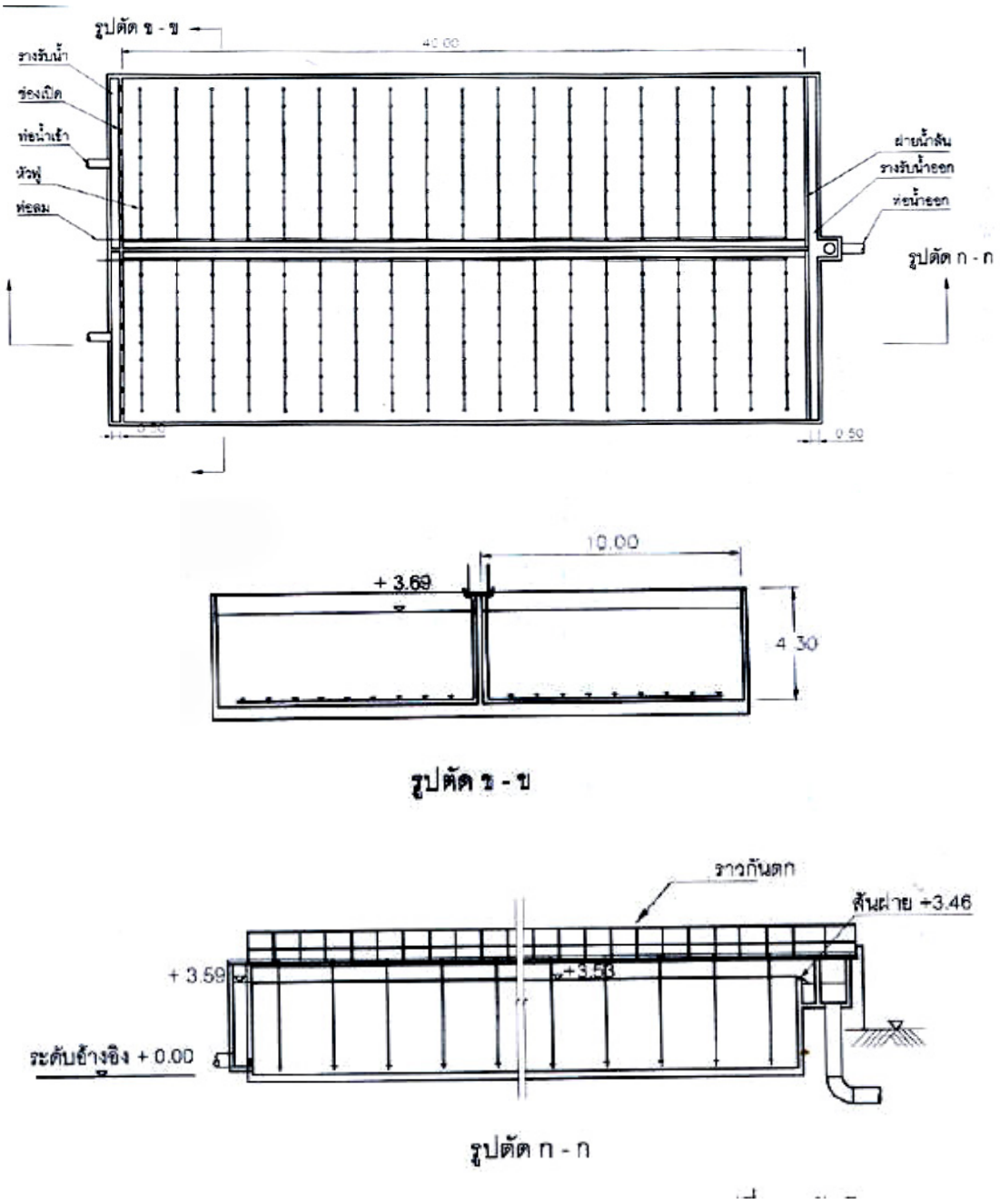
จากนั้นน้ำเสียจะถูกนำเข้าสู่ระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์ซึ่งประกอบด้วย ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอน และระบบสูบตะกอนย้อนกลับ เครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งอยู่ในถังเติมอากาศจะเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียเพื่อทำให้จุลินทรีย์นำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสียและการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไป น้ำตะกอนจากถังเติมอากาศจะนำเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำที่บำบัดแล้วน้ำส่วนใสที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนจะนำไปฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายลงคูคลอง สำหรับตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปยังถังเติมอากาศเพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ให้เหมาะสม ส่วนอีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นตะกอนส่วนเกินจะต้องนำไปกำจัดทิ้งด้วยระบบกำจัดตะกอนต่อไป

ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mixed Activated Sludge: CMAS) ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะต้องมีถังเติมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock Load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจายไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง (Uniform Population)

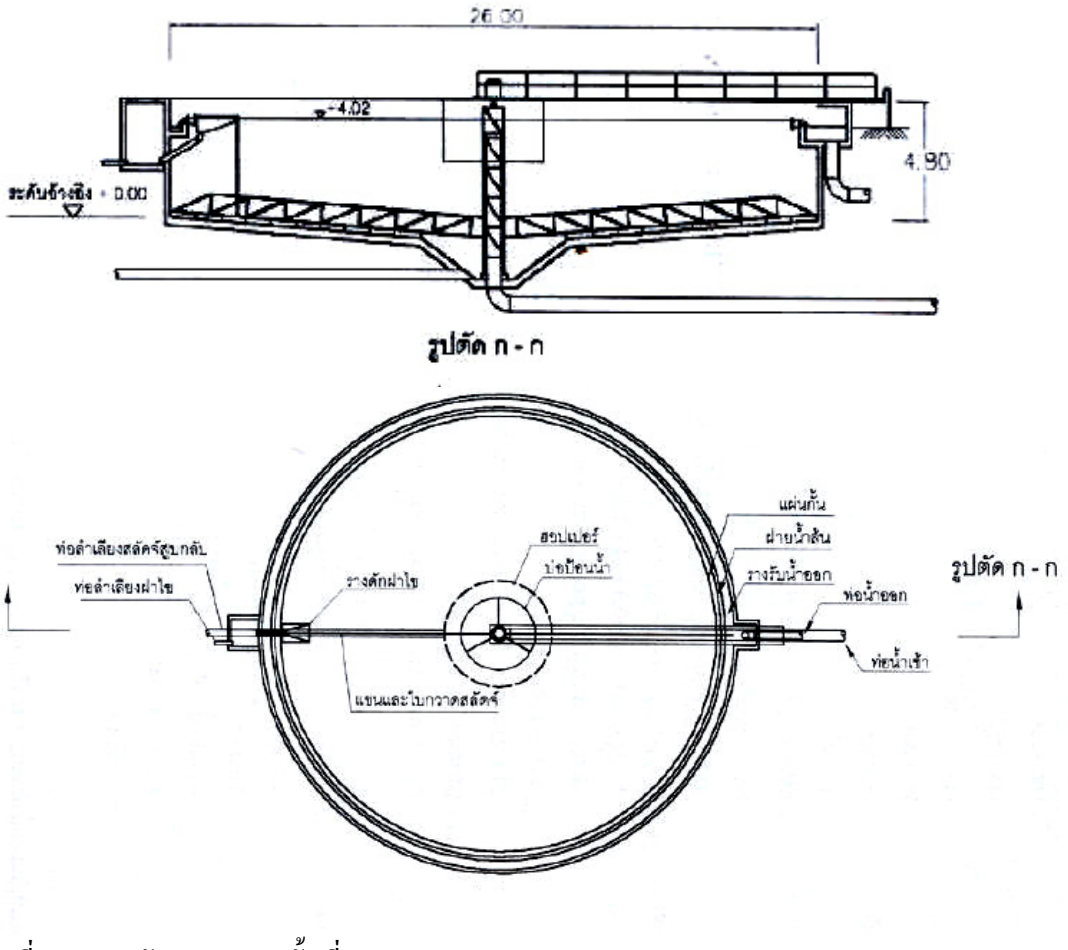
ระบบเติมอากาศมีปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณา 2 ประการ ได้แก่ การเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์ในระบบและการผสม ซึ่งถ้าปัจจัยใดต้องการปริมาณการเติมอากาศมากกว่ากันจะเป็น ตัวควบคุมในการออกแบบขนาดของเครื่องเติมอากาศนั้นโดยทั่วไประบบเติ มอากาศแบ่งออกได้ เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ เครื่องเติมอากาศแบบฟู่ (diffusion aerator) เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ(surface aerator) และเครื่องเติมอากาศกังหันจมน้ำ(submerged turbine aerator) เครื่องเติมอากาศแบบฟู่สามารถแบ่งย่อยได้หลายแบบ ถ้าแบ่งชนิดหัวฟู่ตามลั กษณะทางกายภาพของอุปกรณ์

จะแบ่งได้ ดังนี้ คือ หัวฟู่ชนิ ดรูพรุน(porous diffuser) หัวฟู่ ชนิดไม่ใช่รูพรุน (nonporous diffuser) และชนิดอื่นๆ(เช่น เครื่องเติมอากาศแบบดูดพ่น(jet aerator)) นอกจากนี้อาจแบ่งชนิดตามความละเอียดของฟองอากาศได้เช่นกัน ได้แก่ ฟองอากาศหยาบ(coarse bubble) และฟองอากาศละเอียด (fine bubble) ส่วนเครื่องเติมอากาศผิวน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ แบบหมุนช้าไหลตามรัศมี (radial flow, low speed) แบบหมุนเร็วไหลตามแกน(axial flow, high speed) แบบดูด(aspirating aerator) และแบบหมุนแนวนอน (horizontal rotor) เครื่องเติมอากาศกังหันจมน้ำอาจแบ่งเป็นแบบน้ำไหลตามแกนและแบบน้ำไหลตามรัศมี เครื่องเติมอากาศชนิดนี้อาจมีประสิทธิภาพการเติมอากาศต่ำกว่า เครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบหมุนช้าไหลตามรัศมีเล็กน้อย แต่เครื่องเติมอากาศชนิดนี้มีข้อดีที่สามารถปรับปริมาณการเติมอากาศโดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการผลในแง่ของการผสมมากกว่าการเติมอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 4

ถังตกตะกอนที่สองหรือถังตกตะกอนขั้นสองทำหน้าที่แยกสลัดจ์และน้ำออกจากน้ำสลัดจ์ (รับน้ำสลัดจ์จากถังเติมอากาศ) เพื่อทำให้น้ำทิ้งมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยต่ำตามมาตรฐานน้ำทิ้งส่วนสลัดจ์จะจมตัวลงสู่ก้นถังและมีความเข้มข้นมากขึ้นก่อนสูบกลับไปยังถังเติมอากาศ โดย ส่วนใหญ่สามารถแบ่งประเภทของถังตกตะกอนที่สองได้ตามรูปแบบของถัง ได้แก่ ถังตกตะกอนที่สองแบบกลมและแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 แสดงถังเติมอากาศ



ภาพที่ 5 แสดงถังตกตะกอนขั้นที่สอง

1. ข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria)

1.1 ลักษณะถังเติมอากาศเป็นแบบผสมสมบูรณ์

1.2 เครื่องเป่าอากาศพิจารณาว่าจะผลิตปริมาณอากาศมากที่สุดที่ต้องการโดยถ้ามีเครื่องใหญ่สุดเครื่องหนึ่งหยุดทำงานเพื่อซ่อมแซม

1.3. ความเข้มข้นของค่าออกซิเจนละลายในน้ำ(DO) $\geq$ 1.5 มก./ล.

1.4.ระบบท่ออากาศและหัวฟู่ ใช้ค่าเท่ากับ 1.5 เท่าของอากาศโดยเฉลี่ยที่ต้องการเติม

1.5.ระบบท่อและเครื่องสูบสลัดจ์เวียนกลับใช้ค่าเท่ากับ 1.5 เท่าของอัตราไหลโดยเฉลี่ยของน้ำเสียและต้องมีเครื่องสูบสลัดจ์เวียนกลับเพิ่มอีกหนึ่งชุดที่มีขนาดเท่ากับขนาดใหญ่สุดที่มีใช้ในระบบ เพื่อเป็นเครื่องสำรอง

1.6 MLVSS/MLSS มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 1

1.7 BOD_5/BOD_L มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 1

1.8 อัตราน้ำล้นของถังตกตะกอนที่สอง

เมื่ออัตราการไหลสูงสุด ไม่มากกว่า 15 ลม.ม./ตร.ม. วัน

เมื่ออัตราการไหลเฉลี่ย ไม่มากกว่า 40 ลม.ม./ตร.ม. วัน

1.9 ภาระของแข็งของถังตกตะกอนที่สอง

เมื่ออัตราการไหลสูงสุด ไม่มากกว่า 50 ลม.ม./ตร.ม. วัน

เมื่ออัตราการไหลเฉลี่ย ไม่มากกว่า 150 ลม.ม./ตร.ม. วัน

1.10 ภาระฝายเมื่ออัตราการไหลเฉลี่ย ไม่มากกว่า 124 ลม.ม./ตร.ม. วัน

1.11 จุลชีพทั้งหมด(Bsc)เท่ากับส่วนที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ 65 %

2 การคำนวณการออกแบบ ได้แก่

2.1 ค่าอายุตะกอนเท่ากับ θ_c วัน

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ทางจลศาสตร์ Y มก./มก.

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายเท่ากับ k_d วัน$^{-1}$

2.4 ปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ (MLVSS) เท่ากับ χ มก./ล.

2.5 สลัดจ์เวียนกลับจากถังตกตะกอน Q_r มก./ล.TSS

2.6 BOD_5 ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ S มก./ล.

2.7 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเสีย TSS มก./ล.

2.8 ถังตกตะกอนที่สอง โดยมีลักษณะเป็นถังกลม

2.9 จำนวนถังตกตะกอนที่สอง e_{as} ถัง

2.10 อัตราไหลของน้ำเข้าถังตกตะกอนที่สองเท่ากับ อัตราน้ำเข้าเฉลี่ย + อัตราสลัดจ์ไหลเวียนกลับ

2.11 คำนวณหาน้ำทิ้งไหลออกจากถังตะกอนแรก(Primary Sludge)

ก. อัตราการไหลของน้ำเสียต่อหนึ่งถังเท่ากับ $\frac{Q_{max}}{e_a}$ ลูกบาศก์เมตร/วินาที

ข. จำนวนถังเติมอากาศ e_a ถัง

ค. อัตราไหลที่ทางเข้าและทางออกของถังใช้ค่า (อัตราการไหลสูงสุด + อัตราสลัดจ์เวียนกลับ) และตรวจสอบค่าเมื่อใช้เพียง e_a - 1 ถัง

ง. BOD_5 เมื่อมีประสิทธิภาพของการกำจัด BOD_5 η_{BOD5} % เท่ากับ BOD_{5as} กก./วัน

จ.TSS เมื่อมีประสิทธิภาพของการกำจัด TSS η_{TSS} % เท่ากับ TSS_{as} กก./วัน

ฉ.ความเข้มข้นของของแข็งเท่ากับ C_{as} %

ช.ความถ่วงจำเพาะของของแข็งเท่ากับ Gas

ซ.ปริมาณสลัดจ์ (S_{as}) $\dfrac{TSS_{as}}{\frac{C_{as}}{100}\times G_{as}\times 1000}$ ลบ.ม./วัน

2.12 คำนวณหาน้ำทิ้งไหลออกจากถังตกตะกอน

ก. Q_{os} = Q_{av}-S_{as} ลบ.ม./วัน

ข. BOD_{5os} = BOD_5-BOD_{as} ลบ.ม./วัน

$= \dfrac{(BOD_5 - BOD_{5as})\times 1000}{Q_{os}}$ ลบ.ม./วินาที

ค. TSS_{os} = TSS-TSS_{as} ลบ.ม./วัน = $\dfrac{(TSS - TSS_{as})\times 1000}{Q_{os}}$ ลบ.ม./วินาที

2.13 คำนวณหาสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ

ก. $Y_{obs} = \dfrac{Y}{1+k_d\theta_c}$

ข. ค่า TVSS เพิ่มขึ้นในระบบ ($TVSS_{mas}$)เท่ากับ $Y_{obs}\times(S_o\text{-}S)\times Q_{os}$ กก./วัน

ค. ค่า TSS เพิ่มขึ้นในระบบ(TSS_{mas})เท่ากับ $\dfrac{TVSS_{as}\times MLSS}{MLVSS}$ กก./วัน

ง. สมมุติปริมาณสลัดจ์ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบเท่ากับ S_{as} ลบ.ม./วัน

ฉ.TSSของสลัดจ์ที่ถูกทิ้งออกจากระบบ(TSS_{maso})เท่ากับ

$TSS_{mas} - \left[(Q_{os} - S_{as})\times\dfrac{20}{100}\right]$ กก./วัน

ช.ปริมาณสลัดจ์ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ (S_{mo})เท่ากับ $\dfrac{TSS_{maso}\times 1000}{MLSS}$ ลบ.ม./วัน

ซ.BOD_5 ของสลัดจ์ (BOD_x) เท่ากับ $\dfrac{TSS_{maso}\times B_{sc}}{100}\times\dfrac{BOD_5}{BOD_L}\times 1.42$ กก./วัน

ฌ.BOD_5 ของน้ำทิ้ง (BOD_y) เท่ากับ kg/day

ญ.BOD_5 รวมที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ (BOD_z) เท่ากับ $BOD_x + BOD_y$ กก./วัน

2.14 คำนวณหาสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ

ก.ปริมาณสลัดจ์ที่ถ่ายออกจากระบบ (S_{te}) เท่ากับ $S_{as} + S_{mo}$ ลบ.ม./วัน

ข.BOD_5 ของสลัดจ์ที่ถ่ายออกจากระบบ(BOD_e) เท่ากับ $BOD_{5as} + BOD_z$ กก./วัน

ค.TSS ของสลัดจ์ที่ถ่ายออกจากระบบ(TSS_e) เท่ากับ $TSS_{as} + TSS_{maso}$ กก./วัน

2.15 คำนวณหาสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น

ก.สมมุติระบบนี้รวบรวมตะกอนได้ P_{tk} %

ข.TSSหลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น (TSS_{tk}) เท่ากับ $\frac{P_{tk} \times TSS_{as}}{100}$ กก./วัน

ค.ปริมาณสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น (S_{tk}) เท่ากับ $\frac{TSS_{tk}}{k_d \times 1.03 \times 1000}$ กก./วัน

2.16 คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ

ก.ปริมาณน้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ เท่ากับ $S_{te} - S_{tk}$ ลบ.ม./วัน

ข.TSS น้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ (TSS_c) เท่ากับ $0.15 \times TSS_e$ กก./วัน

ค.BOD5น้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ (BOD_c) เท่ากับ $\frac{BOD_e \times TSS_c}{TSS_e}$ กก./วัน

ง.สมมุติBOD_5 ของน้ำใส BOD_{ca} มก./ล.

จ.สมมุติ TSS ของน้ำใส TSS_{ca} มก./ล.

ฉ.TSS ของสลัดจ์ที่ผ่านระบบย่อยแบบไร้อากาศแล้วเท่ากับP_{dg} %

ช.กำหนดให้ TVSS/TSS ของสลัดจ์ที่ถูกจ่ายทิ้งเท่ากับ R_t

ซ.กำหนดให้ TVSS/TSS ของสลัดจ์จากถังตะกอนแรกเท่ากับ R_{tp}

ฌ.TVSS/TSS ของสลัดจ์รวมกันของทั้ง e_a ถัง (Rtt)เท่ากับ $\frac{R_t \times TSS_{maso} + R_{tp} \times TSS_{as}}{TSS_{maso} + TSS_{as}}$

ญ.TVSS เท่ากับ $R_{tt} \times TSS_{tk}$ กก./วัน

ฎ.สมมุติค่า TVSS ถูกกำจัดในถังหมักไร้อากาศ P_{vdg} %

ฏ.TVSS ถูกกำจัดในถังหมักไร้อากาศ ($TVSS_{dg}$) เท่ากับ $\frac{P_{vdg}}{100} \times TVSS$ กก./วัน

ฐ.TSS ของสลัดจ์ที่ได้ผ่านถังหมักไร้อากาศแล้ว(TSS_{dg}) เท่ากับ

$(TSS_{tk} - TVSS) + (\frac{TVSS}{100} \times (100 - P_{vdg}))$ กก./วัน

ฑ.มวลรวมของสลัดจ์ในถังหมักไร้อากาศ (M_{sdg})เท่ากับ $\frac{TSS_{tk}}{k_d}$ กก./วัน

ฒ.กำหนดให้ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น Q_g ลบ.ม./กก. ของ TVSSที่ถูกกำจัด

ณ.ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบมีน้ำหนักเบากว่าอากาศ P_g ของปริมาณก๊าซที่เกิดทั้งหมด

ด.ความหนาแน่นของอากาศ ρ_a กก./ลบ.ม.

ต.ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น(Q_{gh}) เท่ากับ $Q_g \times P_g \times \rho_a \times TVSS_{dg}$ กก./วัน

ถ.มวลรวมในถังหมักไร้อากาศ(M_{at})เท่ากับ $M_{sdg} - Q_{gh}$ กก./วัน

ท.ให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำใสล้นออกจากถังหมักไร้อากาศ S_c กก./วัน ซึ่งหาได้จากสมการ $\frac{S_c}{TSS_{ca}/10^6} + \frac{TSS_{dg} - S_c}{P_{dg}/100} = M_{at}$

ธ.ปริมาณน้ำใสล้นออกจากถังหมักไร้อากาศ(Q_{cdg})เท่ากับ $\frac{S_c \times 1000}{TSS_{ca}}$ ลบ.ม/วัน

น..BOD_5 ของน้ำใส(BOD_{cdg}) เท่ากับ $\frac{Q_{cdg}}{1000} \times BOD_{ca}$ กก./วัน

2.17 คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ

ก.TSS ของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ (TSS_{ir}) เท่ากับ $TSS_{dg} - S_c$ กก./วัน

ข.ปริมาณของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ (Q_{sir}) เท่ากับ $S_{tk} - Q_{cdg}$ ลบ.ม./วัน

2.18 คำนวณหาลักษณะของกากสลัดจ์และน้ำที่ถูกรีดออก

ก.ใช้ระบบรีดน้ำแบบเครื่องอัดกรอง

ข. กำหนดให้ปริมาณของแข็งในกากสลัดจ์เท่ากับ TSS_s %

ค. ระบบรีดน้ำแบบอัดกรองสามารถได้ของแข็งเท่ากับ TSS_{ns} %

ง.ความถ่วงจำเพาะของกากสลัดจ์เท่ากับ σ_s

จ.สารโพลีเมอร์อนินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อปรับสภาพสลัดจ์เท่ากับ P_{op}% ของปริมาณของแข็งสลัดจ์

ฉ.สารโพลีเมอร์อินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อปรับสภาพสลัดจ์เท่ากับ P_{ip}% ของปริมาณของแข็งสลัดจ์

ช.ปริมาณสารเคมีที่ผสมอยู่ในกากสลัดจ์เท่ากับ C_{ms} % ของปริมาณสารเคมีทั้งหมด

ซ.ปริมาณสารเคมีที่ไหลไปกับน้ำที่ถูกรีดออกซึ่งไหลกลับไปที่ระบบบำบัดเท่ากับ 100- C_{ms} % ของปริมาณสารเคมีทั้งหมด

ฌ.BOD_5 ของน้ำที่ถูกรีดออกเท่ากับ BOD_{wr} มก./ล.

ญ.TSS ของกากสลัดจ์ (TSS_{sw}) เท่ากับ

$$\frac{TSS_{ns}}{100}\times TSS_{ir}+\frac{C_{ms}\times TSS_{ir}}{10^4}+\frac{C_{ms}\times TSS_{ir}\times P_{ip}}{10^4} \text{ kg/day}$$

ฎ.ปริมาตรของกากสลัดจ์(Q_{sw}) เท่ากับ $\frac{TSS_{sw}}{(100-C_{ms})\times\rho_s\times 1000}$ ลบ.ม./วัน

ฏ.ปริมาณของน้ำที่ถูกรีดออก(Q_{rw}) เท่ากับ Q_{sir} - Q_{sw} m^3/day

ฐ.BOD_5 ของน้ำที่ถูกรีดออก(BODrw) เท่ากับ $\frac{BOD_{wr}\times Q_{rw}}{1000}$ กก./วัน

ฑ.TSS ของน้ำที่ถูกรีดออก(TSS_{rw}) เท่ากับ

$$[(\frac{100-TSS_{ns}}{100})\times TSS_{sw}]+[\frac{TSS_s}{100}\times\frac{P_{op}}{100}\times TSS_{sw}]+[\frac{TSS_s}{100}\times\frac{P_{ip}}{100}\times TSS_{sw}] \text{ กก./วัน}$$

ฒ.ความเข้มข้นของTSS ของน้ำที่ถูกรีดออกเท่ากับ $\frac{TSS_{rw}\times 1000}{Q_{rw}}$ มก./ล.

ณ.ความเข้มข้นของ BOD_5 ของน้ำที่ถูกรีดออกเท่ากับ $\frac{BOD_{rw}\times 1000}{Q_{rw}}$ มก./ล.

2.19 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมาหลายข้อมูลได้จากการตั้งสมมุติฐาน ดังนั้นจึงจะเพิ่มค่าออกแบบเพื่อความมีเสถียรภาพอีกประมาณ 5-10%

ก.อัตราการไหลน้ำเสียที่เข้าถังเติมอากาศ (Q_{ar}) เท่ากับ

$Q_{os}+(S_{te}-S_{tk})+Q_{cdg}+Q_{rw}$ ลบ.ม./วัน

ข.BOD5ที่เข้าถังเติมอากาศ (BOD_{5ar}) เท่ากับ

$$\frac{1.1\times(BOD5_{os}+BOD_c+BOD_{cdg}+BOD_{rw})\times 1000}{Q_{ar}} \text{ มก./ล.}$$

ค. TSSที่เข้าถังเติมอากาศ (TSS_{ar}) เท่ากับ

$$\frac{1.1\times(TSS_{os}+TSS_c+S_c+TSS_{rw})\times 1000}{Q_{ar}} \text{ มก./ล.}$$

2.20 คำนวณหาค่า BOD5 ของน้ำใสในน้ำทิ้ง

ก.BOD_5 ของน้ำทิ้งเท่ากับ BOD_{5e}

ข.กำหนดให้ของแข็งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเท่ากับ S_b เท่าของแข็งชีวภาพ

ค.1 กรัมของของแข็งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเท่ากับ BOD_g กรัมของ BOD_L

ง.BOD_5 เท่ากับ B_b เท่าของBODL

จ.BOD_5 ของแข็งที่อยู่ในน้ำทิ้ง(BOD_s) เท่ากับ

$BOD5_e \times S_b \times BOD_g \times BOD_L$ มก./ล.

ฉ.BOD_5 ของน้ำใสที่อยู่ในน้ำทิ้ง BOD_{5e} - BOD_s มก./ล.

2.21 คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

ก.คำนวณหาขนาดความจุของถังเติมอากาศ(V)ด้วยสมการ

$$V = \frac{Q_{ar}\theta_c Y(S_o - S)}{X(1 + k_d\theta_c)}$$

ข.ใช้ขนาดความยาว : ความกว้างของถัง เท่ากับ I : 1

ค.ขนาดกว้างของถัง(W_a) เท่ากับ $\sqrt{\frac{V}{e_a \times h_a \times I}}$ ม.

ง.ขนาดยาวของถัง(T_a) เท่ากับ $W_a \times I$ ม.

จ.น้ำลึกเท่ากับ H_a ม.

ฉ.ระยะผนังเหนือน้ำเท่ากับ W_e ม.

ช.ปริมาตรความจุของถังเติมอากาศเท่ากับ $W_a \times T_a \times H_a$ ลบ.ม.

ซ.ปริมาตรความจุจริงของถังเติมอากาศ (V_{act}) เท่ากับ

$e_a \times W_a \times T_a \times H_a$ ลบ.ม.

2.22 คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ต้องถ่ายทิ้งออก

ก.คำนวณหาค่า Y_{obs} ด้วยสมการ $Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + k_d\theta_c)}$ มก.VSS/มก. BOD_5

ข.คำนวณหาปริมาณ MLVSS ที่ต้องการถ่ายทิ้งออก(P_X) ด้วยสมการ

$$P_x = Y_{obs}Q(S_0 - S) \text{ กก./วัน(MLSS)}$$

ค.เนื่องจากมีปริมาณตะกอนไหลทิ้งออกจากระบบไปกับน้ำทิ้งเท่ากับ $P_{x(eff)}$

ง.สมมุติค่าปริมาณสลัดจ์ที่ต้องทิ้งออกจากถังเติมอากาศเท่ากับ Q_{wa}ลบ.ม./วัน

จ.P_x จากถังเติมอากาศ P_x-P_{xeff}

ฉ.Q_{wa} เท่ากับ $\frac{P_x \times 1000}{MLSS}$ ลบ.ม./วัน

2.23 คำนวณหาปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ(Qr)

ก.ใช้สมการสมดุลทางมวล $MLSS(Q_{av} + Q_r) = \chi_r Q_r$ เพื่อหา $\frac{Q_r}{Q_{av}}$

ข.หาเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ(θ) จากสมการ

$$\theta = \frac{V_{act} \times 24}{Q_{av}} \text{ ชั่วโมง}$$

ค.หาค่า F/M จากสมการ $F/M = \frac{Q_{av}(S_0 - S)}{V_{act} \times \chi}$ วัน$^{-1}$

ง.หาภาระอินทรีย์(O_L) จากสมการ $O_L = \frac{S_0 Q_{av}}{V_{act}}$ กก.BOD_5/ ลบ.ม.วัน

2.24 การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ

รูปแบบของทางเข้ามีลักษณะเป็นรางรูปสี่เหลี่ยม โดยน้ำไหลเข้าสองทิศทางซึ่งแต่ละทางมีช่องน้ำไหลเข้าถัง C_{iw} ช่อง คือมี N_{iw} ช่องต่อถังเติมอากาศหนึ่งถัง

2.25คำนวณค่าสูญเสียระดับน้ำ

ใช้ปริมาณน้ำไหลเข้าทางเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ เมื่อมีถังเติมอากาศหนึ่งถังหยุดทำงาน

ก.อัตราการไหลสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ต่อหนึ่งถัง (Q_{imp}) เท่ากับ $Q_{max} + Q_r$ ลบ.ม./วินาที

ข.ปริมาณน้ำไหลบนรางแต่ละทิศทาง (Q_{itd}) เท่ากับ $\frac{Q_{imp}}{2}$ ลบ.ม./วินาที

ค.ใช้ขนาดกว้างของรางน้ำ เท่ากับ W_{it} ม.

ง.ใช้ระดับน้ำลึกบนรางน้ำ เท่ากับ D_{it} ม.

จ.ความเร็วของน้ำไหลบนราง (v_{it}) เท่ากับ $\frac{Q_{itd}}{W_{it} \times D_{it}}$ ม./วินาที

ฉ.ปริมาณน้ำไหลผ่านช่อง (Q_{ic}) เท่ากับ $\frac{Q_{itd}}{e_a}$ ลบ.ม./วินาที

ช.คำนวณหา ΔZ โดยใช้ช่องน้ำไหลขนาด $W_{ic} \times H_{ic}$ ด้วยสมการ

$$\Delta z = \left(\frac{Q}{C_d W_{it} D_{it} \sqrt{2g}} \right)^2 \text{ ม.}$$

2.26 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ

รูปแบบของทางออกมีลักษณะเป็นกล่องฝายน้ำล้นจำนวน C_{ow} ชุดต่อถัง เป็นฝายน้ำล้นรูปสี่เหลี่ยมกว้าง J_c ม. มีประตูน้ำเปิดปิดสำหรับกล่องฝายน้ำล้นแต่ละกล่อง

ก.น้ำไหลล้นจากฝายน้ำล้นลงรางน้ำออกขนาดกว้าง J_w ม.

ข.ใช้กล่องรับน้ำทิ้งขนาด $W_{oc} \times H_{oc}$ ม. สำหรับถังเติมอากาศสองถัง

ค.คำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ อัตราการไหลเฉลี่ย (Hwa) ด้วยสมการ

$$Q_{ww} = \frac{2}{3} C_d L' \sqrt{2g H_{wa}^3}$$

โดย

อัตราการไหลเฉลี่ย(Q_{aw}) เท่ากับ $\frac{Q_{ar}}{60 \times 60 \times 24}$ ลบ.ม./วัน

อัตราการไหลบนทางน้ำออก(Q_{ow})เท่ากับ $Q_{aw} + Q_{itd}$ ลบ.ม./วัน

อัตราการไหลต่อหนึ่งถัง(Q_{ow1})เท่ากับ $\frac{Q_{ow}}{e_a}$ ลบ.ม./วัน

อัตราการไหลต่อกล่องฝายน้ำล้น(Q_{ww})เท่ากับ $\frac{Q_{ow1}}{C_{ow}}$ ลบ.ม./วัน

ความยาวของฝายน้ำล้นหนึ่งชุด เท่ากับ L_{ww} ม.

$L' = L_{ww} - 0.2 H_{wa}$

2.27 คำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น (Hwm) ณ Q สูงสุดที่อาจเป็นไปได้เมื่อมีถังเติมอากาศหนึ่งหยุดทำงานจากสมการ $Q_{wsw} = \frac{2}{3} C_d L' \sqrt{2gH_{wm}^3}$

ก.อัตราการไหลสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ต่อหนึ่งถัง (Q_{wsm})เท่ากับ

$$\frac{Q_{\max} + Q_r}{e_a - 1}$$ ลบ.ม./วินาที

ข.ปริมาณน้ำไหลล้นต่อกล่องฝายน้ำล้น(Q_{wsw}) เท่ากับ $\frac{Q_{wsm}}{C_{ow}}$ ลบ.ม./วินาที

2.28 คำนวณออกแบบรางน้ำออก (y_1)โดยใช้สมการ คำนวณหาระดับน้ำบนรางน้ำ

$$y_1 = \sqrt{y_2^2 + \frac{2(qLN)^2}{gb^2 y_2}}$$ ม.

2.29 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ

ก.คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี(O_2)

ข.คำนวณด้วยสมการ $SOR, kg/day = \frac{Q(S_0 - S)}{BOD5/BODL} - 1.42P_x$ กก./วัน

ค.คำนวณหาปริมาณออกวิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง(SOR) ด้วยสมการ

$$SOR, kg/day = \frac{N}{\alpha[(C'_{sw}\beta F_a - C)/C_{sw}](1.024)^{T-20}}$$ กก./วัน

โดย T คืออุณหภูมิของน้ำเสียในภาคสนาม, องศาเซลเซียส ปกติมีค่า 24 องศาเซลเซียส

C'_{sw} = 8.5 มก./ล. ที่ 24 องศาเซลเซียส

C = 1.5 มก./ล.

α คือ สัดส่วนอัตราการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำเสียในภาคสนามกับน้ำสะอาดมีค่าระหว่าง 0.7 - 0.9 (สำหรับน้ำเสียชุมชน)

β คือสัดส่วนออกซิเจนละลายอิ่มตัวในน้ำเสียในภาคสนามกับน้ำสะอาดมีค่าเท่ากับ 0.9 (สำหรับน้ำเสียชุมชน)

F_a = 0.95 ที่ 500 ม. MSL

C_{sw} = 9.15 มก./ล.

ง.อากาศมีความหนาแน่นเท่ากับ ρ_{air} กก./ลบ.ม.

จ.อากาศมีออกซิเจน เท่ากับ P_{ox} % โดยน้ำหนัก

ฉ.ประสิทธิภาพของหัวจ่ายอากาศ เท่ากับ P_{ae} %

ช.ปริมาณอากาศที่ออกแบบเท่ากับ P_{ad} เท่าของปริมาณอากาศทางทฤษฎี

ซ.ปริมาณอากาศที่ต้องการทฤษฎี ณ สภาวะจริง (Q_{at}) เท่ากับ

$$\frac{SOR}{\rho_{air} \times \frac{P_{ox}}{100} \times \frac{P_{ae}}{100}}$$ ลบ.ม./วัน

ฌ.ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการออกแบบ (Q_{de}) เท่ากับ $Q_{at} \times P_{ad}$ ลบ.ม./วัน

ญ.ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการออกแบบต่อถัง (Q_{de1}) เท่ากับ

$$\frac{Q_{de}}{e_a \times 24 \times 60}$$ ลบ.ม./นาที

2.30 คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ก.ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ต่อกิโลกรัมของ BOD_5 ที่ถูกกำจัด (Q_{as}) เท่ากับ $\frac{Q_{de} \times 1000}{(S - S_0)Q_{av}}$ ลบ.ม./กก.

ข.ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ต่อลบ.ม.ของน้ำเสีย(Q_{rs}) เท่ากับ $\frac{Q_{de}}{Q_{av}}$ ลบ.ม./ลบ.ม.

ค.ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ต่อ ลบ.ม. ของถังเติมอากาศ (Q_{ra}) เท่ากับ $\frac{Q_{de}}{V_{act}}$ ลบ.ม./ตร.ม.วัน

2.31 การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ

ก.เลือกชนิดของระบบกระจายอากาศ

ข.ใช้ชนิดแบบกระบอกขนาด W_c มม. X D_c มม. มีปริมาณอากาศ Q_c ลบ.ม./นาทีต่อกระบอก

ค.จำนวนกระบอกกระจายอากาศเท่ากับ A_d กระบอก

ง.ใช้กระบอกกระจายอากาศจัดวาง R_c แถวๆละ P_r ท่อ จ่ายด้วยจำนวน

A_c กระบอกต่อท่อจ่าย

จ.จำนวนกระบอกกระจายอากาศที่ใช้จริงต่อถังเติมอากาศ (A_n) เท่ากับ $R_c \times P_r \times A_c$ กระบอกต่อถัง

ฉ.จำนวนกระบอกกระจายอากาศที่ใช้จริงทั้งหมด(A_{tn}) เท่ากับ $A_n \times e_a$ กระบอก

2.32 คำนวณหาค่าสูญเสียความดันในท่อจ่ายอากาศและกระบอกกระจายอากาศ

ก.เลือกใช้แบบหอยโข่ง(Centrifugal Blower) นิยมกับแรงดัน 5 - 7 ม.น้ำ และใช้ Q อากาศมากกว่า 150 ลบ.ม./วินาที

ข.h_L ทั้งหมดเท่ากับ h_{Lb} ม. ของน้ำ

ค.ค่าความดันสมบรูณ์ที่ควรให้(h_{ab}) เท่ากับ $\frac{h_{Lb}+10.34}{10.34}$ บรรยากาศ

2.33 คำนวณหาปริมาณของอากาศที่จ่ายจากเครื่องเป่าอากาศ(Qa)

ก.Q_aสำหรับถังเติมอากาศ e_a ถัง (Qaa) เท่ากับ $A_{tn} \times e_a \times Q_c$ ลบ.ม./นาที

ข.Q_aสำหรับถังเติมอากาศ $\frac{e_a}{2}$ ถัง (Qah) เท่ากับ $A_{tn} \times e_a \times Q_c$ ลบ.ม./นาที

ค.เลือกเครื่องเป่าอากาศขนาด B_s m^3/min จำนวน $\frac{Q_{aa}}{B_s}+1$ ชุด

ง.ขนาดของเครื่องเป่าอากาศ(P_w) หาได้จากสมการ

$$P_w = \frac{1.201 Q_a R T_o}{8.41 E}\left[\left(\frac{P}{P_o}\right)^{0.283} - 1\right]$$

โดย $Q_a = \frac{B_s}{60}$ ลบ.ม./วินาที

R = 8.134 กิโลจูล/กิโลโมล เคลวิน

T_o = 303 เคลวิน

E = 0.75

P = h_{ab} บรรยากาศ

P_o = 0.95 บรรยากาศ

2.34 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง

ก.การคำนวณออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง(D)

ข.อัตราไหลของน้ำไหลเข้าถัง (Q_{sed}) เท่ากับ

$\frac{Q_{av}}{24\times60\times60}+\frac{Q_r}{24\times60\times60}+\frac{Q_{wa}}{24\times60\times60}$ ลบ.ม./วินาที

ค.จำนวนถังตกตะกอนที่สอง e_{se} ถัง

ง.อัตราไหลของน้ำไหลเข้าต่อถัง(Q_{sedu}) เท่ากับ $\frac{Q_{sed}}{e_{se}}$ ถัง

จ.คำนวณหาขนาดพื้นที่ผิวของถัง(A_{sed}) เท่ากับ $\frac{Q_{sedu}X}{1000\times S_F}$ m^2 โดย S_F = 2.0 กก./ตร.ซม.

ฉ.คำนวณหาค่าอัตราไหลน้ำล้นถัง(OFR)

เมื่อมีอัตราการไหลเฉลี่ย

OFR เท่ากับ $\frac{Q_{sed}\times24\times60\times60}{A_{sed}}$ ลบม./ตร.ม. วัน

อัตราการไหลสูงสุดรวมกับอัตราการไหลสลัดจ์เวียนกลับต่อถัง(เมื่อ e_{se} ถังทำงาน)เท่ากับ $\frac{Q_{max}+Q_r}{e_{se}}$ ลบ.ม./วินาที

เมื่อมีอัตราการไหลมากที่สุด โดยมี 10 ถังทำงาน

OFR เท่ากับ $\frac{\frac{Q_{max}+Q_r}{e_{se}}\times24\times60\times60}{A_{sed}}$ ลบม./ตร.ม. วัน

อัตราการไหลสูงสุดรวมกับอัตราการไหลสลัดจ์เวียนกลับต่อถัง(เมื่อ e_{se}-1 ถังทำงาน)เท่ากับ $\frac{Q_{max}+Q_r}{e_{se}-1}$ ลบ.ม./วินาที

เมื่อมีอัตราการไหลมากที่สุด โดยมี e_{se}-1 ถังทำงาน

OFR เท่ากับ $\frac{\frac{Q_{max}+Q_r}{e_{se}-1}\times24\times60\times60}{A_{sed}}$ ลบม./ตร.ม. วัน

2.35 คำนวณหาค่าภาระของแข็ง(Solids Loading Rate : SLR)

เมื่อมีอัตราการไหลเฉลี่ย

$$\text{SLR} = \frac{Q_{sed} \times MLVSS \times 24 \times 60 \times 60}{1000 \times A_{sed}}$$

เมื่อมีอัตราการไหลมากที่สุดโดยมี e_{se} ถังทำงาน

$$\text{SLR} = \frac{\frac{Q_{\max} + Q_r}{e_{se}} \times MLVSS \times 24 \times 60 \times 60}{1000 \times A_{sed}}$$

เมื่อมีอัตราการไหลมากที่สุดโดยมี e_{se}-1 ถังทำงาน

$$\text{SLR} = \frac{\frac{Q_{\max} + Q_r}{e_{se} - 1} \times MLVSS \times 24 \times 60 \times 60}{1000 \times A_{sed}}$$

2.36 คำนวณหาขนาดความลึกของถังตกตะกอนที่สอง

ก. ความลึกของน้ำในถัง = ความลึกของชั้นน้ำใส + ความลึกของชั้นข้น + ความลึกของชั้นเก็บรวมรวมตะกอน

ข.ความลึกของชั้นน้ำใสมีประมาณ 2 ม.

ค.ความลึกของชั้นข้นเท่ากับ $\frac{M}{X_{sed} \times A_{sed}}$ ม.

ง.กำหนดให้ปริมาณของตะกอนในถังตะกอนเท่ากับ 0.3 เท่าของปริมาณของตะกอนในถังเติมอากาศ

จ.ปริมาณของตะกอนในถังเติมอากาศหนึ่งถัง(S_a) เท่ากับ $\frac{MLVSS \times W_a \times T_a \times H_a}{1000}$ กก.

ฉ.ปริมาณของตะกอนในถังตกตะกอนหนึ่งถัง(M) เท่ากับ $0.3 \times S_a$ กก.

ช.ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกอนในถังตกตะกอน เท่ากับ S_{sed} มก./ล.

ซ.ความลึกของชั้นข้นเท่ากับ $\frac{M}{1000 \times S_{sed} \times A_{sed}}$ ม.

ฌ.TVS ที่เกิดขึ้น โดยเฉลี่ย(TVS_{av}) เท่ากับ $\frac{Y_{obs} Q(S_o - S)}{1000}$ กก./วัน

ญ.BOD_5 ภายในถังตกตะกอนเท่ากับ F_b เท่า ของ BOD5เฉลี่ย

ฎ.อัตราการไหลเข้าถังตกตะกอนเท่ากับ F_q เท่า ของอัตราการไหลเฉลี่ย

ฏ.TVS ที่เกิดขึ้นสูงสุด (TVSmax)เท่ากับ $TVS_{av} \times Fb \times Fq$ กก./วัน

ฐ.TS ที่เกิดขึ้นสูงสุด (TSmax) เท่ากับ $\frac{TVS_{max}}{0.8}$ กก./วัน

ฑ.TS ถูกเก็บกักได้ 2 วัน (TS_{2d})เท่ากับ $TS_{max} \times 2$ กก.

ฒ.TS ถูกเก็บกักในถังตกตะกอนหนึ่งถัง(TS1t)เท่ากับ $\frac{TS_{2d}}{e_{se}}$ กก.

ณ.ปริมาณตะกอนทั้งหมดในถังตกตะกอน(TS_t)เท่ากับ $TS_{1t} + M$ กก.

ด.ความลึกของชั้นเก็บรวบรวมตะกอนเท่ากับ $\frac{TS_t \times 1000}{S_{sed} \times A_{sed}}$ ม.

ต.ความลึกของน้ำในถัง(D_{ws})เท่ากับ

$$\frac{TS_t \times 1000}{S_{sed} \times A_{sed}} + \frac{M}{1000 \times S_{sed} \times A_{sed}} + 2 \text{ ม.}$$

ถ.กำหนดระยะผนังเหนือน้ำเท่ากับ 0.5 ม.

ท.ความลึกของถังตกตะกอนเท่ากับ $D_{ws} + 0.5$ ม.

2.37 คำนวณหาเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน (DT)

ปริมาตรความจุของน้ำในถังตกตะกอน เท่ากับ $\frac{\pi D^2}{4} \times D_{ws}$ ลบ.ม.

เมื่อมี (อัตราการไหลเฉลี่ย + อัตราการไหลสลัดจ์เวียนกลับ) มี 10 ถังทำงาน

$$\text{DT} = \frac{Q_{sed} \times MLVSS \times 24 \times 60 \times 60}{1000 \times A_{sed}} \text{ ชม.}$$

เมื่อมี(Q สูงสุด + Q สลัดจ์เวียนกลับ) มี 10 ถังทำงาน

$$\text{DT} = \frac{\frac{Q_{max} + Q_r}{e_{se}} \times MLVSS \times 24 \times 60 \times 60}{1000 \times A_{sed}} \text{ ชม.}$$

เมื่อมี(Q สูงสุด + Q สลัดจ์เวียนกลับ) มี 3 ถังทำงาน

$$\text{DT} = \frac{\frac{Q_{max} + Q_r}{e_{se} - 1} \times MLVSS \times 24 \times 60 \times 60}{1000 \times A_{sed}} \text{ ชม.}$$

2.38 ทางออกของถังตกตะกอน

ก.ใช้แบบฝายน้ำล้นรอบถัง (Weir ,V - notches type) มีรางระบายน้ำล้นรอบถัง (Effluent Launder) มีกล่องทางน้ำออกและมีท่อน้ำออก

ข.ใช้เวียร์ตัววี 90 องศารอบถัง

ค.ถ้าขนาดกว้างของรางระบายน้ำล้นรอบถังขนาด 0.5 ม.

ง.ขนาดความยาวของฝายน้ำล้นรอบถังเท่ากับ $\pi(D-1)$ ม.

จ.ใช้รูปตัว V ขนาดลึกถึงปลายแหลมเท่ากับ H_v ม.

ฉ.ระยะห่างระหว่างปลายแหลมเท่ากับ B_v ม.

ช.จำนวนของตัว V รอบถัง (V) เท่ากับ $\frac{\pi(D-1)}{B_v}$ ตัว

ซ.อัตราการไหลเฉลี่ยล้นออกเท่ากับ $\frac{Q_{ar}}{24\times60\times60}-\frac{Q_{wa}}{24\times60\times60}$ ลบ.ม./วินาที

ฌ.อัตราการไหลเฉลี่ยล้นออกต่อหนึ่งถัง(Q_{w1}) เท่ากับ

$$(\frac{Q_{ar}}{24\times60\times60}-\frac{Q_{wa}}{24\times60\times60})/e_{se}$$ ลบ.ม./วินาที

ญ.อัตราการไหลเฉลี่ยล้นออกต่อตัว V หนึ่งตัวเท่ากับ $\frac{Q_{w1}}{V}$ ลบ.ม./วินาที

ฎ.คำนวณหาระยะน้ำเหนือปลายแหลมรูปตัว V (H) ด้วยสมการ

$$Q_{w1}=\tfrac{8}{15}C_d\sqrt{2g}\tan\tfrac{\theta}{2}H^{\frac{5}{2}}$$

ฏ.ค่าภาระฝาย(Weir Loading) เท่ากับ $\frac{Q_{w1}\times24\times60\times60}{\pi(D-1)}$ ลบ.ม./ตร.ม.วัน

ฐ.อัตราการไหลสูงสุดล้นออกต่อตัวเวียร์ หนึ่งตัวเท่ากับ

$$\frac{[Q_{\max}-\frac{Q_{wa}}{24\times60\times60}]}{V(e_{se}-1)}$$ ลบ.ม./วินาที

ฑ.ค่าภาระฝายเท่ากับ $[Q_{\max}-\frac{Q_{wa}}{24\times60\times60}]\times\frac{86400}{(e_{se}-1)\times\pi(D-1)}$ ลบ.ม./วัน

2.39 การออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ

ก.ใช้ขนาดเครื่องสูบสลัดจ์ที่สามารถสูบได้ในอัตราสูบเท่ากับ F_p เท่าของอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ $\frac{F_p \times Q_{ar}}{24 \times 60 \times 60}$ ลบ.ม./วินาที

ข.เลือกใช้เครื่องสูบสลัดจ์จำนวน e_u เครื่อง

ค.อัตราสูบสลัดจ์ต่อเครื่องเท่ากับ $\frac{F_p \times Q_{ar}}{e_u \times 24 \times 60 \times 60}$ ลบ.ม./วินาที

ง.ใช้จำนวนเครื่องสูบสลัดจ์ทั้งหมด $e_u + 1$ เครื่อง

3. ข้อพิจารณาการออกแบบ

3.1 ข้อพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์เติมอากาศ

- สถานที่ตั้ง ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล อุณหภูมิในฤดูร้อนและฤดูหนาว
- ปริมาตรถังเติมอากาศ ความลึก และรูปร่าง
- ความต้องการออกซิเจน ค่าต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด
- ความต้องการการผสม
- อุณหภูมิน้ำในกระบวนการ ค่าต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด
- ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายที่ใช้ในการเดินระบบ, มก./ล.
- เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอส, มก./ล. ค่าต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด
- ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนมาตรฐาน (standard oxygen transfer efficiency, SOTE; standard aeration efficiency, SAE)

3.2 ข้อควรพิจารณาทั่วไปในการออกแบบถังตกตะกอนที่สอง

- ควรออกแบบให้มีถังตกตะกอนที่สองมากกว่า 1 ถัง เผื่อในกรณีบำรุงรักษา
- ระบบรวบรวมสลัดจ์ต้องมีความสามารถในการกวาดสลัดจ์เพียงพอหรือสอดคล้องกับอัตราสูบสลัดจ์เวียนกลับไปยังถังเติมอากาศ และอุปกรณ์รวบรวมสลัดจ์ต้องแข็งแรงพอที่จะกวาดสลัดจ์ที่มีความหนาแน่นสูง โดยเฉพาะในกรณีเกิดการสะสมของสลัดจ์ในช่วงที่ไฟฟ้าดับ
- ถังตกตะกอนที่สองของกระบวนเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลาควรต้องติดตั้งระบบกำจัด ฝ้าไขด้วย(เนื่องจากในกระบวนการดังกล่าวไม่มีถังตกตะกอนขั้นต้น)

- ความลึกระดับน้ำสำหรับถังตกตะกอนที่สองแบบกลมวัดที่ผนังถังหรือขอบถัง และสำหรับถังแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าวัดที่ผนังด้านทางน้ำออก

- ถังตกตะกอนที่สองแบบกลมขนาดใหญ่ไม่ควรให้ความลึกที่ผนังเกิน 4.5 - 5 เมตร มิฉะนั้นบริเวณกลางถังจะมีความลึกมากเกินไปซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

- การออกแบบทางน้ำเข้ามีจุดประสงค์เพื่อให้น้ำ(เข้า)และของแข็งแขวนลอยกระจายทั่ว หน้าตัดของถังตกตะกอนที่สอง เพื่อเป็นการป้องกันการไหลลัดวงจร ป้องกันฟล็อกสลัดจ์แตก และป้องกันการฟุ้งกลับของสลัดจ์ที่ก้นถังการกระจายน้ำเข้าสำหรับถังตกตะกอนที่สองแบบสี่ เหลี่ยมผืนผ้าสามารถทำได้หลายแบบ เช่น ฝาย(weir) แผงกั้นเจาะรู(perforated baffles) เป็นต้น โดยออกแบบท่อน้ำเข้าให้มีความเร็วประมาณ0.3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนในท่อ และไม่ควรเกิน 0.6 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันฟล็อกแตก ส่วนรางน้ำเข้าควรออกแบบให้มีความเร็วไม่ต่ำกว่า 0.3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนถังตกตะกอนที่สองแบบกลมที่มีการป้อนน้ำเข้าตรงกลางถัง มีการกระจายน้ำเข้าโดยการใช้ บ่อป้อนน้ำ(feed well) โดยออกแบบท่อให้น้ำเข้าไหลด้วยความเร็วประมาณ 0.3 เมตร/วินาที และไม่ควรเกิน 0.6 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วช่องน้ำออก (outlet port)ของบ่อป้อนน้ำ(feed well) ควรต่ำกว่า 0.5 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันฟล็อกแตก

-โครงสร้างทางน้ำออกของถังตกตะกอนที่สองควรมีระดับเท่ากันตลอดความยาว (ถังตกตะกอนที่สองแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า)หรือเส้นรอบวง(ถังตกตะกอนที่สองแบบกลม) เพื่อกระจายอัตราไหลของน้ำออกได้สม่ำเสมอ เป็นการป้องกันของแข็งแขวนลอยหลุดไปกับน้ำทิ้ง โดยส่วนใหญ่มักใช้ฝายน้ำล้น เนื่องจากสามารถปรับระดับได้ ฝายน้ำล้นที่ใช้มีทั้งแบบสันคม(sharp-crested) และแบบสามเหลี่ยม(v-notched) ซึ่งชนิดหลังให้การกระจายอัตราไหลได้ดีกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่มีอัตราไหลต่ำ นอกจากนี้ควรติดตั้งแผ่นกั้นฝ้าไขด้านหน้าฝายน้ำล้นด้วย เพื่อป้องกันฝ้าไขและวัสดุที่ลอยน้ำหลุดไปกับน้ำออกถังตกตะกอนที่สองแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ติดตั้งฝายน้ำล้นแบบหลายราง ซึ่งครอบคลุมระยะทางร้อยละ 25 - 30 ของความยาวถัง และมีระยะห่างระหว่างรางรับน้ำประมาณ 3 เมตร พบว่าให้ผลดีกว่าการใช้ฝายน้ำออกเพียงทางเดียว แต่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างด้วย สำหรับถังตกตะกอนที่สองกลมแบบป้อนน้ำเข้าตรงกลางที่ติดตั้งฝายน้ำล้นห่างจากกลางถังเป็นระยะ 2/3 -3/4 เท่าของรัศมี พบว่าเป็นตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำใสดีกว่าการใช้ฝายแบบธรรมดาซึ่งติดตั้งที่ขอบถัง แต่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างด้วย ฝายน้ำล้นที่ทางน้ำออกของถังตกตะกอนที่สองทั้งแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบกลมควรออกแบบให้อัตราภาระฝายไม่เกิน 250 ลบ.ม./เมตร-วัน

- อุปกรณ์ในการรวบรวมสลัดจ์ก้นถังตกตะกอนที่สองจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของถังตกตะกอนที่สอง

1. ถังตกตะกอนที่สองแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

อุปกรณ์รวบรวมสลัดจ์ที่ใช้สำหรับถังตกตะกอนที่สองแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้แก่ โซ่และใบกวาด (chain and flight) หรือสะพานเลื่อน(traveling bridge) ซึ่งเป็นการกวาดสลัดจ์ตามความยาวถังจากปลายถังเข้าสู่ฮอปเปอร์ซึ่งอยู่บริเวณต้นถัง ส่วนสลัดจ์ถูกแยกออกโดยการใช้เครื่องสูบต่อไปใบกวาดสลัดจ์ควรมีระยะห่างกับก้นถังตกตะกอนที่สองไม่เกิน 5 เซนติเมตร ส่วนฮอปเปอร์ควรมีรูปร่างเป็นปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมกลับหัว และควรมีความชันของผนังมากกว่า 52 องศาจากแนวราบ เพื่อป้องกันการสะสมของสลัดจ์ นอกจากนี้ถ้าถังตกตะกอนที่สองมีฮอปเปอร์ 2 อันหรือมากกว่า ฮอปเปอร์แต่ละอันควรมีท่อ ดูดสลัดจ์แยกอิสระกัน

2. ถังตกตะกอนที่สองแบบกลม

อุปกรณ์รวบรวมสลัดจ์ ที่ใช้ สำหรับถังตกตะกอนที่สองแบบกลม ได้แก่ เครื่องกลแบบหมุนติดใบกวาด(rotating scraper) และเครื่องกลแบบหมุนติดท่อดูด(rotating suction) สำหรับแบบเครื่องกลหมุนติดใบกวาดจะมีใบกวาดติดกับแขนยึด โดยที่แขนยึดวางในแนวรัศมีและถูกขับด้วยมอเตอร์ให้หมุนเป็นวงกลม ทำให้สลัดจ์สามารถกวาดรวบรวมสลัดจ์เข้าสู่ฮอปเปอร์ ตรงบริเวณกลางถัง ส่วนสลัดจ์ในฮอปเปอร์ถูกแยกออกโดยการใช้เครื่องสูบต่อไป สำหรับเครื่องกลแบบติดท่อดูดจะมีท่อดูดติดกับแขนกวาดและเมื่อแขนกวาดเคลื่อนที่ หรือหมุนเป็นวงกลม ท่อดูดดังกล่าวก็สูบสลัดจ์จากก้นถังโดยตรง(ไม่ต้องมีใบกวาดและฮอปเปอร์) ดังนั้ นถังตกตะกอนที่สองซึ่งมีเครื่องกลหมุนติดแบบท่อดูดไม่ต้องมีความลาดชันมากนักสำหรับใบกวาดสลัดจ์ควรใช้เป็นแบบเหลื่อม (staggered) และควรมีระยะห่างระหว่างใบกวาดสลัดจ์กับก้นถังตกตะกอนที่สองไม่เกิน 5 เซนติเมตร ส่วนผนังฮอปเปอร์ควรมีความชันมากกว่า 52 องศาจากแนวราบ

- เกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชนิด แอกทิเวเต็ด ชนิด Complete mixedของน้ำ เสียในชุมชนเทศบาลนคร ดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 8 ค่าของสัมประสิทธิ์ทางจลนศาสตร์สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ด ชนิด Complete mixed

(Typical Values of Kinetic Coefficients for Complete mixed Activated Sludge Process)

รายการ	ค่าแนะนำ	ค่าที่ใช้ทั่วไป
จากการศึกษาของ Metcalf & Eddy (2003)		
kd (วัน$^{-1}$)	0.06-0.15	0.10
Y (VSS/BOD_5)	0.4-0.8	0.6
จากการศึกษาของ QASIM S.R. (1986)		
kd (วัน$^{-1}$)	0.03-0.07	0.05
Y (VSS/BOD_5)	0.3-0.7	0.5
จากการศึกษาของ บ. Lenntech Water Treatment & Air Purification Holding B.V . (http://www.lenntech.com)		
kd (วัน$^{-1}$)	0.06-0.15	0.10
Y (VSS/BOD_5)	0.4-0.8	0.6

ตารางที่ 9 ค่าตัวแปรของกระบวนการบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ด ชนิด Complete mixed (Design Parameters of Complete mixed Activated Sludge Process)

รายการ	ความหมาย	ช่วงค่าที่เหมาะสม
จากการศึกษาของ McCarty (1970)		
θ_c (วัน)	อายุสลัดจ์	5-15
MLSS (มก./ล.)		3000-6000
Recirculation Ratio	Qr/Q	0.25-1.00
F/M Ratio (วัน$^{-1}$)	Food to MO Ratio	0.2-0.6
จากการศึกษาของ QASIM S.R. (1986)		
θ_c (วัน)	อายุสลัดจ์	5-15
MLSS (มก./ล.)		3000-6000
Recirculation Ratio	Qr/Q	0.25-1.00
F/M Ratio (วัน$^{-1}$)	Food to MO Ratio	0.2-0.6
MLVSS/MLSS		0.75-0.85
จากการศึกษาของ Reynolds T.D. & Richards P.A. (1995)		
θ_c (วัน)	อายุสลัดจ์	5-30
MLSS (มก./ล.)		2500-4000
Recirculation Ratio	Qr/Q	0.25-1.00
F/M Ratio (วัน$^{-1}$)	Food to MO Ratio	0.1-0.6
MLVSS/MLSS		0.75-0.85

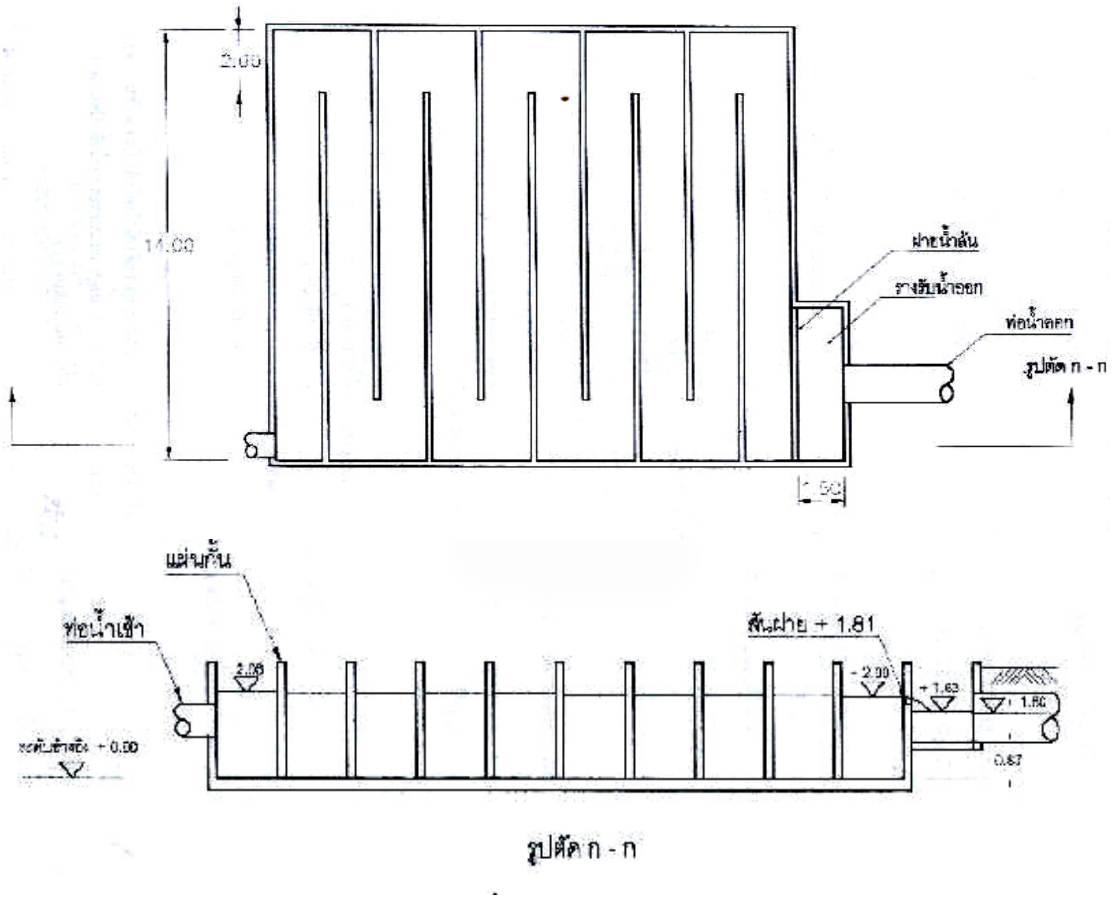
6.5 ถังสัมผัสคลอรีน (Chlorine Contact Tank)

จุดประสงค์ของการฆ่าเชื้อ(disinfection)ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ คือ เพื่อทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคซึ่งมี 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) ไวรัส(virus) และ อะมีบา(amoeba) แต่ไม่ใช่การทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย จึงแตกต่างจากการทำให้ปลอดเชื้ อ(sterilization) ซึ่งมีจุดมุ่ งหมายเพื่ อทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด การฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน(chlorination) การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี (ultraviolet disinfection) และการฆ่าเชื้อด้วยโอโซน(ozone disinfection) แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสำหรับประเทศไทย

การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายที่สุดในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำสาร ประกอบคลอรีนที่นิยมนำมาใช้มีหลายรูปแบบ ได้แก่ ก๊าซคลอรีนหรือคลอรีนเหลว แคลเซียมไฮโปคลอไรต์[Ca(OCl)2] โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และคลอรีนไดออกไซด์ (ClO2) แต่การใช้สารประกอบคลอรีนมีความปลอดภัยกว่าการใช้ก๊าซคลอรีน

ถังสัมผัสคลอรีนอาจออกแบบเป็นท่อหรือรางคดเคี้ยวเพื่อให้มีความยาวมากพอที่จะลดการไหลลัดวงจรและมีสภาวะใกล้ เคียงการไหลตามกัน (plug flow) ทำหน้าที่เติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยใช้สารเคมี ข้างต้น เพื่อให้มีคลอรีนตกค้าง 0.5 ถึง 1 ppm ดังแสดงในภาพที่ 6

1. ข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria)
   1.1 ลักษณะของถังเป็นแบบไหลตามกัน(Plug Flow)
   1.2 ระยะเวลาสัมผัส ณ อัตราการไหลสูงสุด มากกว่า 20 นาที
   1.3 ปริมาณคลอรีนคงเหลือ ณ อัตราการไหล ใดๆ มากกว่า 0.5 มก./ล.
   1.4 ปริมาณคลอรีนมากที่สุดที่ต้องการเติมลงไป มากกว่า 8 มก./ล.
   1.5 ขนาดเครื่องเติมคลอรีนเป็น 1.5 เท่าของปริมาณคลอรีนมากที่สุด
   1.6 ระบบล้างและระบายน้ำในถังสัมผัสคลอรีนมากกว่า 1 ชุด
   1.7 ความเร็วของน้ำไหลในถัง ณ Q ใดๆ มากกว่า 2 ลบ.ม./นาที



ภาพที่ 6 แสดงถังสัมผัสคลอรีน

2. การคำนวณการออกแบบ ได้แก่

2.1 หาขนาดรูปร่างถังสัมผัสคลอรีน

ก.จำนวนถัง e_c ถัง

ข.คำนวณหาปริมาณความจุของถัง

ค. เวลาสัมผัสเท่ากับ t_{cc} นาที

ง. ปริมาตรความจุ(V_{cc})เท่ากับ $Q_{max} \times t_{cc} \times 60$ ลบ.ม.

จ. ขนาดความจุต่อถังมากกว่าหรือเท่ากับ V_{cc} ลบ.ม.

ฉ. จำนวนแถวที่วางถัง(R_{cc})ให้เป็นไปตามความสมมาตรที่เหมาะสม

ช. ความยาวของแต่ละถังเท่ากับ L_{cc} ม.

ซ. ความยาวของถังทั้งหมดเท่ากับ $R_{cc} \times L_{cc}$ ม.

ฌ. ความกว้างของแต่ละถังเท่ากับ W_{cc} ม.

ญ. ความลึกของน้ำในถัง ณ อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ H_{cc} ม.

ฎ. ระยะผนังเหนือน้ำเท่ากับ 0.5 ม.

ฏ. ปริมาตรความจุของถังทั้งหมดเท่ากับ $L_{cc} \times W_{cc} \times H_{cc} \times e_c$ ลบ.ม.

ฑ. คำนวณตรวจสอบหาระยะเวลาสัมผัสจริงระยะเวลาสัมผัสจริง ณ อัตราการไหลสูงสดจาก

$$t_{cc} = \frac{V_{cc}}{Q_{\max} \times 60} \text{ นาที}$$

2.2 ทางด้านเข้าถังสัมผัสคลอรีน

ก.ชนิดของทางน้ำเข้าเป็นรางระบายกว้างขนาด W_{ic} ม.

ข.วิธีวัดอัตราไหลเข้าใช้แบบ Parshall Flume

ค.ชนิดของประตูน้ำเข้าเป็นแบบ Motorized Sluice Gates

ง.ขนาดช่องทางน้ำเข้าเป็น $W_{ic} \times L_{ic}$ ม.

จ.ค่าสูญเสียความดันของทางน้ำเข้า ณ อัตราการไหลสูงสุดเมื่อใช้งานเพียงถังเดียว (h_{Lac}) คำนวณได้จากสมการ

$$Q_{\max} = C_d W_{ic} L_{ic} \sqrt{2gh_{Lac}}$$

ฉ..ค่าความดันสูญเสีย ณ อัตราการไหลสูงสุดเมื่อใช้งานทั้ง e_c ถัง(h_{Lec}) เท่ากับ $\frac{h_{Lac}}{e_c^2}$ ม.

2.3 ทางด้านออกถังสัมผัสคลอรีน

ก.ชนิดของทางน้ำออกเป็นรางระบายกว้างขนาด W_{oc} ม.

ข.วิธีควบคุมความเร็วของน้ำไหลออกให้คงที่เป็นแบบฝายคุมตามสัดส่วน

ค.ระบบระบายตะกอนออกก้นถังแบบ Oriffices

ง.ระยะสันฝายเหนือก้นถัง H_{oc} ม.

จ.ผลการคำนวณออกแบบฝายคุมสัดส่วนเป็นดังนี้

อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย ลบ.ม./วินาที	ข้อมูลอัตราการไหล/ถัง ลบ.ม./วินาที	H_x* (ม.)	L_x* (ม.)	ระดับน้ำล้ำในถัง (z_x) (ม.)	ความเร็วของน้ำในถัง (v_x) (ม./วินาที)	ระยะเวลาสัมผัส (T_x) (นาที)
Q_{max}	$\frac{Q_{max}}{e_c}$	H_{x1}	L_{x1}	z_{x1}	v_{x1}	T_{x1}
Q_{av}	$\frac{Q_{av}}{e_c}$	H_{x2}	L_{x2}	z_{x2}	v_{x2}	T_{x2}
Q_{min}	$\frac{Q_{min}}{e_c}$	H_{x3}	L_{x3}	z_{x3}	v_{x3}	T_{x3}

* $H_{x1} = H_{cc} - H_{oc}$ และหา H และ L ต่างๆจากสูตร

$$Q = 1.27 \times C \times \sqrt{2g}\,(LH^{1.5})$$

$z_x = H_x + H_{oc}$ ม.

$v_x = \frac{Q \times 60}{e_c \times z_x \times H_{cc}}$ ม./วินาที

$T_x = \frac{R_{cc} \times L_{cc} \times z_x}{Q/e_c \times 60}$ นาที

2.4 ออกแบบระบบจ่ายคลอรีน

ก.คำนวณหาปริมาณคลอรีนที่ใช้โดยเฉลี่ย

1. ความเข้มข้นของคลอรีนโดยเฉลี่ยที่เติมลงไป R_c มก./ล.

2. ปริมาณคลอรีนที่ใช้โดยเฉลี่ย (V_{rc}) $\frac{Q_{av} \times R_c \times 60 \times 60 \times 24}{1000}$ กก./วัน

ข.คำนวณหาปริมาณคลอรีนที่ใช้มากที่สุด

1. ความเข้มข้นของคลอรีนมากที่สุดที่เติมลงไป R_{cm} มก./ล.

2. ปริมาณคลอรีนที่ใช้มากที่สุด(V_{rcm}) $\frac{Q_{max} \times R_{cm} \times 60 \times 60 \times 24}{1000}$ กก./วัน

ค.คำนวณหาจำนวนชุดของเครื่องจ่ายคลอรีน

1. เลือกใช้เครื่องจ่ายคลอรีนต่อชุด M_c กก./วัน

2. จำนวนชุดของเครื่องจ่ายคลอรีน $\frac{V_{rcm}}{M_c}$ ชุด

3. ใช้จำนวนเครื่องจ่ายคลอรีน $\frac{V_{rcm}}{M_c}$ +3 ชุด

ง. ออกแบบระบบถังจ่ายและเก็บกักคลอรีน

1. เลือกใช้ก๊าซคลอรีนบรรจุในถังจ่ายที่มีอัตราจ่าย B_c กก./วัน

2. จำนวนของถังจ่ายก๊าซคลอรีนที่กำลังจ่าย $\frac{V_{rcm}}{B_c}$ ถัง

3. ขนาดบรรจุของถังคลอรีน B_x กก.

4. ปริมาณคลอรีนที่ต้องการใช้ในช่วง f สัปดาห์เท่ากับ $f \times 7 \times B_x$ กก.

5. จำนวนถังคลอรีนที่ต้องการใช้ในช่วง f สัปดาห์เท่ากับ $f \times 7$ ถัง

6.ทำการจัดที่รองรับถังคลอรีน $(f \times 7)+1$ ที่

จ.ออกแบบระบบผสมคลอรีนด้วย Parshall Flume โดยใช้ระบบผสมแบบตัวกระจายคลอรีน(Chlorine Diffusers)

1. ออกแบบรางระบายน้ำเสียไหลเข้า Parshall Flume

1.1 รางระบายน้ำเสียไหลเข้า Parshall Flume เป็นรูปสี่เหลี่ยม

1.2 ขนาดกว้างของรางน้ำไหลเข้าเท่ากับ W_{fi} ม.

1.3 ความลึกของน้ำในรางน้ำเข้า ณ อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ H_{fi} ม.

1.4 ออกแบบความลาดชันของรางน้ำเข้า(S_{fi})ด้วยสมการ Manning

$$Q_{\max} = \frac{A_{fi}}{n} R_{fi}^{2/3} S_{fi}^{1/2}$$

โดย $A_{fi} = W_{fi} \times H_{fi}$

$$R_{fi} = \frac{A_{fi}}{W_{fi} + 2H_{fi}}$$

n = 0.013 (ค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning)

2. ออกแบบรางระบายน้ำเสียไหลออกจาก Parshall Flume

2.1 รางระบายน้ำเสียไหลออก Parshall Flume เป็นรูปสี่เหลี่ยม

2.2 ขนาดกว้างของรางน้ำไหลออกเท่ากับ W_{fo} ม.

2.3 ความลึกของน้ำที่รางน้ำเข้า ณ อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ H_{fo} ม.

2.4 ออกแบบความลาดชันของรางน้ำออก(S_{fo})ด้วยสมการ Manning

$$Q_{\max} = \frac{A_{fo}}{n} R_{fo}^{2/3} S_{fo}^{1/2}$$

โดย $A_{fi} = W_{fo} \times H_{fo}$

$$R_{fi} = \frac{A_{fo}}{W_{fo} + 2H_{fo}}$$

n = 0.013 (ค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning)

ฉ.ออกแบบ Parshall Flume

1. เลือกช่องแคบมีขนาดความกว้างเท่ากับ W_{pf} ม.

2. ใช้สมการคำนวณออกแบบ Parshall Flume หาความดันสูญเสีย H_{apf} จาก

$$Q_{\max} = 0.372 W_{pf} (3.28 H_{apf})^{1.57 W_{pf}^{0.026}}$$

โดยกำหนดให้จากตำแหน่ง H_{apf} ถึงปลายน้ำของ Parshall Flume จะมีระดับผิวน้ำลดลงอีก P_{pf}%

3. ความดันสูญเสียจริงของ Parshall Flume(H_{pf}) เท่ากับ

$$0.3 H_{apf} \times (\frac{100 + P_{pf}}{100}) \quad \text{ม.}$$

4. ระยะระหว่างระดับพื้นรางน้ำออกกับระดับพื้นบริเวณช่องแคบ H_{pf}-$0.3H_{apf}$ ม.

ช. คำนวณหาค่าสูญเสียระดับน้ำของระบบถังสัมผัสคลอรีน

1 ความดันสูญเสียของรางน้ำเข้าเท่ากับ 0.06 ม.

2 ความดันสูญเสียของ Parshall Flumeเท่ากับ H_{pf} ม.

3 ความดันสูญเสียของทางน้ำเข้าเท่ากับ h_{Lac} ม.

4 ความดันสูญเสียของฝายคุมตามสัดส่วนเท่ากับ 1.65 ม.

5 ความดันสูญเสียทั้งหมดเท่ากับ $0.06 + H_{pf} + h_{Lac} + 1.65$ ม.

3. ข้อพิจารณาการออกแบบ

คลอรีนเป็นสารที่เป็นพิษและมีความกัดกร่อนสูง ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงมีหลักปฏิบัติในการออกแบบ ดังนี้

- โดยปกติก๊าซคลอรีนหนักกว่าอากาศ จึงควรจัดระบบระบายอากาศที่ระดับพื้นให้เพียงพอโดยมีความสามารถอย่างน้อย 60 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง และควรต้องเตรียมเครื่องพ่นจับ(scrubber) ไว้เพื่อกำจัดก๊าซคลอรีนที่รั่วออกมา

- ระบบการเติมคลอรีนที่ใช้คลอรีนในรูปคลอรีนเหลว(dry chlorine liquid) และก๊าซคลอรีนสามารถใช้ท่อเหล็กกล้า(black steel)ได้ แต่ถ้าใช้คลอรีนในรูปของสารละลายควรใช้ท่อพีวีซี เนื่องจากสารละลายคลอรีนมีความสามารถในการกัดกร่อนสูงมาก

- ห้องเก็บคลอรีนและอุปกรณ์ต่างๆ ควรต้องมีผนังกั้นแยกจากส่วนอื่นๆของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ และหากอยู่ในอาคารเดียวกันกับส่วนอื่นต้องมีทางเข้าจากภายนอกเท่านั้น นอกจากนี้ต้องมีสวิทช์เปิด/ปิดระบบระบายอากาศอยู่ใกล้ประตูทางเข้าและต้องมีหน้ากากป้องกันอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันและสามารถหยิบใช้ได้ง่าย

- ควรมีการสำรองปริมาณคลอรีนไว้ให้เพียงพอ ซึ่งสามารถคำนวณจากปริมาณการใช้งานและความสามารถในการขนส่งคลอรีนมายังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน

- ต้องมีการป้องกันถังคลอรีนไม่ให้โดนแสงแดดโดยตรง ส่วนบริเวณสำหรับเก็บคลอรีนต้องมีการป้องกันอันตรายจากไฟไหม้และมีอุปกรณ์ตรวจสอบการรั่วของคลอรีนพร้อมกับสัญญาณเตือนภัย

- ถ้าเป็นไปได้ควรมีระบบตรวจวัดปริมาณคลอรีนคงเหลือ (residual chlorine)ในน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นการป้องกันการเติมคลอรีนมากหรือน้อยเกินไป

- การขนส่งคลอรีนเป็นระยะทางไกลอาจเกิดอันตรายเนื่องจากคลอรีนเป็นก๊าซพิษที่มีอันตรายร้ายแรง แม้ในความเข้มข้นต่ำ หากเป็นไปได้ควรผลิตในที่ใช้งานหรือใกล้ที่ใช้งาน

- เกณฑ์การออกแบบสำหรับถังตกตะกอนเบื้องต้น ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 10 อัตราการใช้คลอรีนสำหรับการฆ่าเชื้อโรคของน้ำเสีย
(Design factor for Chlorine Contact Tank)

น้ำเสียออกมาจาก	อัตราใช้คลอรีน (มก./ล.)
ระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์	1-5

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)
2. ระบบปฏิบัติการตระกูล Microsoft Windows ได้แก่ Windows 98,Windows ME , Windows 2000 หรือ Windows XP
3. ชุดโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 Service Pack 2
4. ระบบการจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Access XP ขึ้นไป
5. เครื่องพิมพ์อิงก์เจต 1 ชุด

วิธีการ

1. รวบรวมข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria) และเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ อันได้แก่ ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ถังตกตะกอนสำหรับกรวดเล็ก (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation) ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดแอกทิเวเต็ดชนิด Complete mixed และถังสัมผัสคลอรีน (Chlorine Contact Tank)

2. กำหนดพารามิเตอร์หลักของน้ำเสียที่มีผลต่อการออกแบบระบบ เพื่อใช้ในเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ถ้าคุณสมบัติของน้ำเสียเปลี่ยนไป

3. จัดทำผังงาน (Flow Chart) ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 Service Pack 2 จากผังงานที่กำหนด

5. ทำการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม

6. วิเคราะห์ สรุปผลการศึกษา และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นใช้แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป