สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

แบบจำลองระบบบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

Model of wastewater treatmente : activated sludge system

โดย

นายมงคล พลเดช

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2541

ปพ.
ม 114 ป
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33224
วัน, เดือน, ปี.....15 ก.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2541

ชื่อเรื่อง แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

Model of wastwater treatmente : activated sludge system

ชื่อ-สกุล นายมงคล พลเดช

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา**ครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิ่นมณี ขวัญเมือง

บทคัดย่อ

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่อง แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาการสุขาภิบาล โรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) (2-3-3) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2540 และให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษาถึงระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

ในการดำเนินการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge เริ่มจากศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge และทำการเขียนแบบแปลนเพื่อวางระบบการทำงานให้ถูกต้องและเหมาะสม โดยกำหนดมาตรส่วน 1 : 500 จากนั้นทำการเตรียมอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง และดำเนินการสร้างแบบจำลองตามแบบแปลนที่วางไว้

ในการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ประโยชน์ที่ได้รับคือใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาการสุขาภิบาล โรงงานอุตสาหกรรมเกษตร(3506-2004) และวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้คือ การวางแผนการทำงาน และการเอาใจใส่ในงานที่ทำ และมีความตั้งใจในการทำงาน การหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องการเขียนแบบ การสร้างแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลงได้เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ปิ่นมณี ขวัญเมือง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำและทำการตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาปัญหาพิเศษ อาจารย์จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตปทุมธานี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ในการพิมพ์รูปเล่มปัญหาพิเศษ ตลอดจนอาจารย์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ช่วยตรวจสอบแก้ไขจนปัญหาพิเศษเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ความดีของปัญหาพิเศษครั้งนี้หากปรากฏอยู่บ้างขอมอบให้แด่ บิดามารดา ครูอาจารย์ที่ช่วยให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และอบรมสั่งสอน ตลอดจน พี่และ เพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลืออยู่ตลอดการทำปัญหาพิเศษ หากว่ามีสิ่งใดผิดพลาดในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

มงคล พลเดช

มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ข

สารบัญ..... ค

สารบัญตาราง..... จ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของปัญหา..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการเรียนการสอน..... 3

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย..... 10

3 วิธีการสร้างอุปกรณ์

3.1 ผลการวิเคราะห์หลักสูตร..... 13

3.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหา..... 18

3.3 คำบรรยายประกอบการสร้างแบบจำลอง..... 32
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge..... 35

3.4.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล..... 35

3.4.2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์..... 35

3.4.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง..... 36

4 การตรวจสอบประเมินผลและการแก้ไข

4.1 วิธีการตรวจสอบ..... 38

4.2 ผลของการตรวจสอบ..... 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 41
บรรณานุกรม..... 42
ภาคผนวก..... 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 แสดงโครงสร้างของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง..... 15
พุทธศักราช 2540

2 ข้อมูลความเร็วของอากาศในท่อจ่ายอากาศ..... 22

3 ปริมาณคลอรีนที่ให้กับน้ำเสีย..... 24

4 แสดงการประเมินแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge..... 39

5 แสดงการประเมินแบบจำลองด้านความถูกต้องของเนื้อหา..... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การเรียนหรือการศึกษามีเป้าหมายสำคัญคือ ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในด้านเนื้อหาวิชาหรือเรื่องราวต่างๆ ที่ต้องถ่ายทอดให้นักเรียน ซึ่งรวมถึงการฝึกให้เกิดทักษะ ความชำนาญและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน การเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในห้องเรียนซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่าการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากครูเป็นผู้ส่งสาร ซึ่งสารที่ครูส่งไปก็คือเนื้อหาวิชาที่เรียน และเมื่อครูได้ส่งสารไปแล้วตัวนักเรียนคือผู้รับสาร การรับสารจากครูจะได้ประสิทธิภาพมากเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการสอนและสื่อการสอนที่ใช้ สื่อการเรียนการสอนนั้นมีอยู่หลายชนิดตัวอย่าง เช่น รูปภาพ เครื่องเสียง ของจริง และแบบจำลอง เป็นต้น (พิมพ์ใจ ภิบาลสุขและสันทัด ภิบาลสุข, 2524 : 24)

การเรียนการสอนในรายวิชา การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) (2-3-3) ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ซึ่งในรายวิชาได้กล่าวถึง หลักการสุขาภิบาลโรงงานที่ถูกต้อง การปฏิบัติ ขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่สถานที่รับวัตถุดิบเข้ามาในโรงงาน การปฏิบัติเกี่ยวกับการสุขาภิบาลในโรงงานกับพนักงานในโรงงานและบุคคลที่เกี่ยวข้อง การกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงาน การวางเครื่องมืออุปกรณ์ในโรงงานและขั้นตอนวิธีการต่างๆ ที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสียหรือของเสียที่เกิดจากขบวนการผลิต ในหัวข้อการกำจัดน้ำเสียได้ศึกษาถึงวิธีการในการบำบัดน้ำเสียซึ่งมีมากมายหลายวิธี เช่น การกรอง การระบายลงสู่แม่น้ำลำคลอง การปล่อยให้ซึมลงสู่ผิวดินอย่างรวดเร็ว การใช้สารเคมีและการบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพซึ่งวิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีและมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดี น้ำในโรงงานส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ประกอบอยู่จำนวนมาก วิธีการกำจัดที่ใช้ได้แก่ trickling filter, activated sludge และวิธีแผ่นหมุนชีวภาพ เป็นต้น ซึ่งการศึกษาการบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพนั้นการบรรยายอย่างเดียวบางครั้งผู้เรียนไม่เข้าใจละเอียดมากนัก ถ้ามีการใช้สื่อจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะสื่อที่เป็นแบบจำลอง

ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge อันจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเนื้อหามากขึ้น และให้นักเรียนสามารถที่จะใช้แบบจำลองในการทบทวนความรู้ที่เรียนไปได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ใช้ประกอบการสอนในรายวิชา การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) (2-3-3) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (พ.ศ. 2540)

1.3 ขอบเขตของปัญหา

สร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) (2-3-3) จัดทำเอกสารประกอบการอธิบายแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge และรูปเล่มปัญหาพิเศษ 1 เล่ม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองชุด การบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ใช้ประกอบการสอนในรายวิชา การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) (2-3-3) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (พ.ศ. 2540)

2. เพื่อผู้ที่สนใจศึกษาได้ศึกษาระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการทำแบบจำลองเพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอนวิชาการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2540 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าหนังสือ ตำรา และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการทำอุปกรณ์ดังนี้

2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการเรียนการสอน

2.1.1 ความหมายของสื่อ

ประหยัด จิระวรพงศ์ (2522 : 2) กล่าวว่า สื่อหมายถึง พวกอุปกรณ์ทั้งหลายที่สามารถช่วยในการเสนอความรู้ให้แก่ผู้เรียนจนเกิดผลการเรียนที่ดี ทั้งนี้หมายความถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ไม่ใช่เฉพาะแต่สิ่งที่เป็นวัตถุหรือเครื่องมือเท่านั้น

นิพนธ์ ศุขปรีดี (2528 : 8) ให้ความหมายว่า วัสดุที่สามารถนำมาใช้ได้ในการเรียนการสอนของครูและนักเรียน

Carton W. H. Erickson (อ้างโดย นิพนธ์ ศุขปรีดี, 2528 : 8) ให้ความหมายของโสตทัศนวัสดุไว้ว่า เป็นคำที่ใช้เรียกอุปกรณ์การสอนทั่วไปที่ใช้ช่วยในการเรียนการสอน การถ่ายทอดความรู้โดยมิต้องอาศัยคำพูดหรือภาษาใด ๆ ซึ่งได้แก่การศึกษานอกสถานที่ แผนภูมิ ภาพถ่าย นิทรรศการ เป็นต้น

Kennetth B. Haas and Harry Q. Packer (อ้างโดย นิพนธ์ ศุขปรีดี, 2528 : 8) กล่าวว่า โสตทัศนวัสดุหรืออุปกรณ์การสอนเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ช่วยให้ครูถ่ายทอดสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นจริงให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ มีทัศนคติที่ดีและซาบซึ้งต่อวิชาที่เรียนโดยแยกได้ว่าวัสดุเป็นเครื่องมือประกอบการสอนที่ผู้เรียนสามารถมองเห็นแต่ไม่สามารถได้ยินเสียง แต่โสตทัศนวัสดุเป็นเครื่องมือประกอบการสอนที่เราสามารถได้ยินเสียงและเห็นได้ดีเท่า ๆ กัน

เปรื่อง กุมุท (อ้างโดย วาสนา ชาวหา, 2522 : 59) กล่าวว่า สื่อการสอนหมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับทำการเรียนการสอนของครูถึงผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณา เจียมทะวงศ์ (2528: 11) กล่าวว่า สื่อคือ สิ่งที่ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดความรู้ หรือทำให้การเรียนการสอนเป็นไปตามวัตถุประสงค์

ลัดดา ศุขปรีดี (2523 : 12) ได้ให้ความหมายของสื่อว่า สื่อคือขบวนการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดและทัศนคติระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียน เป็นตัวกลางที่ใช้ในขบวนการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนและครูเข้าใจสิ่งที่ถ่ายทอดซึ่งกันและกันและตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน

สื่อการเรียน (Learning Media) คือสิ่งที่นักเรียนใช้ในการเรียน เช่น หนังสือ แบบฝึกหัด ของจริงของจำลอง เครื่องมือทดลอง ฯลฯ การเรียนเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องผู้สอน ผู้เรียนอาจทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตัวเอง โดยใช้สื่อรูปแบบต่างๆ (สมบูรณ์ สงวนญาติ, 2534 : 43)

สื่อการสอน (Instruction Media) คือสิ่งที่มุ่งเน้นการนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียน เช่น การใช้สไลด์ และภาพยนตร์ประกอบการสอน การใช้ตำราเรียน บทเรียนโปรแกรม รายการวิทยุโรงเรียน เป็นต้น และเนื่องจากระบบการสอนนั้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบการให้การศึกษา จึงอาจกล่าวได้ว่า สื่อการสอนก็เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษานั่นเอง (ณรงค์ สมพงษ์, 2535 : 32)

ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่า สื่อการเรียนการสอนมีความสำคัญในการศึกษา สื่อเป็นตัวที่สามารถที่จะเปลี่ยนจากนามธรรมไปเป็นรูปธรรมได้ ดังนั้นการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนควรเลือกให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการเรียนการสอน (Objective) เลือกสื่อและประสบการณ์ที่สอดคล้องกับลักษณะการตอบสนอง (Respons) เลือกสื่อได้เหมาะสมกับความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนแต่ละคน เลือกใช้อุปกรณ์ที่พอจะหาได้

2.1.2 ประเภทของสื่อ

ในด้านเทคโนโลยีทางการเรียนการสอน เราสามารถจำแนกประเภทของสื่อการเรียนการสอนออกได้ 3 ประเภท คือ

1. สื่อประเภทวัสดุ (Material or Solfware) ได้แก่สื่อเล็ก (small media) ที่ทำหน้าที่ในการเก็บความรู้ในลักษณะรูปภาพ เสียงและอักษรในรูปแบบต่าง ๆ ที่ผู้เรียนสามารถใช้เป็นแหล่งหาความรู้ ประสบการณ์หรือการศึกษาได้อย่างแท้จริงและกว้างขวาง แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1.1) วัสดุที่เสนอความรู้ได้จากตัวมันเอง ได้แก่ หนังสือเรียน ตำรา ของจริง หุ่นจำลอง รูปภาพ แผนภูมิ แผนที่ ป้ายนิเทศ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) วัสดุที่ต้องอาศัยสื่อประเภทเครื่องกลไก (Hardware) เป็นตัวนำเสนอความรู้ ได้แก่ ฟิล์มภาพยนตร์ แผ่นฟิล์มสไลด์ ฟิล์มสตริป เส้นเทปบันทึกเสียง รายการวิทยุ รายการโทรทัศน์ เป็นต้น

2. สื่อประเภทเครื่องมือหรือโสตทัศนูปกรณ์ (Devices or Hardware) ได้แก่ สื่อใหญ่ (Big media) ที่เป็นตัวกลางหรือทางผ่านความรู้ ที่จะถ่ายทอดไปยังครูและนักเรียน สื่อประเภทนี้ตัวของมันเองแล้วแทบจะไม่มีประโยชน์ต่อการสื่อความหมายเลย ถ้าไม่มีความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ มาป้อนผ่านเครื่องกลไกเหล่านี้ ดังนั้นสื่อประเภทนี้ต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุ (Solfware) บางชนิดเป็นแหล่งให้มันส่งผ่าน

3. สื่อประเภทเทคนิคหรือวิธีการต่าง ๆ (Techniques or Methods) ได้แก่ประสบการณ์ต่าง ๆ เช่นการสาธิต การแสดงบทบาท การแสดงละคร และหุ่น ตลอดจนเทคนิคในการเสนอบทเรียนด้วยสื่อประเภทวัสดุและเครื่องมือ เป็นต้น

2.1.3 วัสดุสามมิติ

วัสดุสามมิติ หมายถึง สิ่งที่มีส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนสูงหรือความหนาสามารถสัมผัสได้โดยเฉพาะการจับต้อง (วาสนา ชาวหา, 2533 : 22) และวัสดุสามมิติยังหมายถึง สิ่งที่มีรูปทรงประกอบด้วยขนาดทั้งสามทิศทาง คือ มีทั้งส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนหนาเวลามองดูจึงเห็นเป็นส่วนเว้า ส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนหนา สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเราส่วนมากเป็นวัตถุหรือวัสดุสามมิติเกือบทั้งสิ้นบางอย่างเป็นสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และบางอย่างเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (สมบูรณ์ สงวนญาติ, 2534 : 95)

วาสนา ชาวหา, 2533 : 22-23 ได้จัดแบ่งประเภทของวัสดุสามมิติไว้ดังนี้

1. ของจริงหรือของแท้ที่ไม่แปรเปลี่ยน (Unmodiflied Real Thing) หายถึงวัสดุสามมิติที่อยู่ในสภาพความเป็นจริงไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนไปจากสภาพเดิม มีทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ดอกไม้ ใบไม้ แมลง เครื่องมือในการประกอบอาชีพ เป็นต้น

2. ของจริงที่แปรเปลี่ยน (Modiflied Real Thing) หมายถึงของจริงที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสม และสะดวกต่อการนำมาใช้ในการเรียนการสอน เช่น สัตว์สตัฟฟ์ เครื่องยนต์ผ่าซีก สิ่งมีชีวิตที่ดองด้วยน้ำยา เป็นต้น

3. ของตัวอย่าง (Specimen) เป็นเพียงส่วนหนึ่งของของจริงเท่านั้น แต่สามารถเป็นตัวแทนของ ของจริงได้เป็นอย่างดี เช่น ตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ของจำลองหรือหุ่นจำลอง (Model) หมายถึง วัสดุสามมิติที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนของจริงเนื่องจากในบางครั้งผู้สอนไม่สามารถนำของจริงหรือของตัวอย่างมาใช้ในการประกอบการสอนได้เพราะข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้ ของจริงหรือของตัวอย่างนั้นหาได้ยากแพงเกินไป มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่เกินไป ละเอียดอ่อนเกินไปในการจับต้อง ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียนอันตรายเกินกว่าที่จะเสี่ยงนำมาใช้ หรือเมื่อนำออกจากที่เป็นอยู่อยู่ตามธรรมชาติแล้วอาจผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ดังนั้น จึงต้องนำของจำลองหรือหุ่นจำลองมาใช้แทนของจริง เพราะบางครั้งหุ่นจำลองสามารถสนอความรู้หรือเรื่องราวให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ง่ายและสะดวกกว่าของจริงไม่สามารถแสดงได้ บางชนิดแสกงส่วนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่แสดงส่วนที่ยุ่งยากสลับซับซ้อนหรือยุ่งยากและบางชนิดก็ย่อส่วนให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการนำมาใช้

2.1.4 หุ่นจำลอง (Model)

หุ่นจำลองหมายถึง สิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนวัสดุสามมิติของของจริงหลายอย่างที่เราไม่สามารถที่จะนำของจริงนั้นมาแสดงในการสอนได้จริง ๆ เพราะในการสอนผู้สอนจะวาดภาพบนกระดานดำ เป็นเพียงหลักการและภาพพจน์ของวัสดุนั้นๆ แต่หุ่นจำลองสามารถครอบคลุมทั้งหลักการและยังสามารถทำงานได้อีกด้วย นอกจากนี้หุ่นจำลองยังสามารถนำมาขยายส่วนให้ใหญ่หรือเล็กกว่าของจริง หุ่นจำลองเป็นสิ่งที่ใช้เวลายาวนานในการผลิต เราอาจจะใช้สิ่งที่หาได้ง่ายในการผลิตก็ได้เพื่อให้การเรียนการสอนได้มีความเข้าใจยิ่งขึ้น

ประเภทของหุ่นจำลองนั้นแบ่งออกได้หลายประเภท ตามความมุ่งหมายของหุ่นจำลองนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะแบ่งหุ่นจำลองออกให้เด็ดขาดนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเพราะแต่ละประเภทมีความเกี่ยวพันเหลื่อมล้ำกันอยู่ สามารถแบ่งหุ่นจำลองออกได้ดังนี้

1.) หุ่นจำลองทรงภายนอก (solid model) หุ่นจำลองแบบนี้ต้องการแสดงรูปร่างหรือทรวดทรงเฉพาะภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้รับความเข้าใจโดยทั่วๆ ไป รายละเอียดต่าง ๆ ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หุ่นจำลองแบบนี้เน้นในเรื่องน้ำหนัก ขนาดหรือสีผิว ลวดลาย มาตราส่วนที่ใช้อาจผิดไปจากของจริงได้ ผู้สอนอาจนำหุ่นจำลองรูปทรงภายนอกด้วยตนเองง่าย ๆ เช่น ทำจากกระดาษ พลาสติก ไม้และปูนพลาสเตอร์ เป็นต้น

2.) หุ่นเท่าของจริง (Extact model) มีขนาดรูปร่างลักษณะต่าง ๆ เหมือนของจริงทุกอย่างพวกนี้ใช้แทนของจริงที่หาได้ยาก หรือราคาแพง เสียหายง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนเข้าใจรายละเอียดทุกอย่างว่าของจริงเป็นอย่างไร

3.) หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (enlarged and reduced model) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหุ่นจำลองแบบมาตราส่วน ทั้งนี้เพราะสามารถที่จะขยายหรือย่อให้มีขนาดตามที่ต้องการได้เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน พวกนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดและความสัมพันธ์กับของจริงได้

4.) หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (cut away) แสดงให้เห็นลักษณะภายใน โดยตัดพื้นที่ผิวบางส่วนออกให้เห็น ว่าส่วนต่าง ๆ ประกอบกันอย่างไรจึงเกิดเป็นสิ่งนั้นๆ เช่น หุ่นตัดให้เห็นภายในฟัน หุ่นตัดให้เห็นลักษณะภายในของดอกไม้

5.) หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (build up model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือส่วนทั้งหมดของสิ่งนั้นว่าภายในสิ่งนั้นประกอบกันอย่างไร ประกอบด้วยสิ่งย่อย ๆ สามารถที่จะถอดออกเป็นส่วนๆ และประกอบกันได้ หุ่นจำลองแบบนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น หุ่นแสดงปริมาตร หุ่นแสดงอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์

6.) หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (working model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวการทำงานของวัตถุหรือการเคลื่อนไหวของเครื่องจักรหุ่นจำลองพวกนี้เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่ของสิ่งนั้น ๆ

7.) หุ่นจำลองแบบเลียนแบบของจริง (mock-up model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นความเป็นจริงของสิ่งหนึ่ง ซึ่งจัดวางหรือประกอบส่วนต่างๆ ของๆ จริงเสียใหม่ให้ผิดไปจากที่เดิม ส่วนมากใช้เป็นประโยชน์แสดงขบวนการซึ่งมีหลายส่วนเข้าไปเกี่ยวพันด้วย

ประโยชน์ของหุ่นจำลองในการเรียนการสอน

1. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะ สัดส่วน จากของจริงที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะนำมาสู่ชั้นเรียนได้
2. ช่วยในกรณีที่ของมีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถที่จะมองเห็นได้
3. ช่วยในการเรียนการสอนหรือเรื่องราวที่ไม่สามารถมองเห็นโครงสร้างภายใน เช่น จรวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้ในการสอนเนื้อหาที่ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียน
5. ใช้ในการสาธิตเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ซึ่งวัตถุสองมิติไม่สามารถที่จะนำเสนอได้หรือไม่ชัดเจนเท่าวัสดุสามมิติ
6. หุ่นจำลองสามารถแสดงการทำงานได้ นอกเหนือจากแสดงถึงกฎเกณฑ์ของภาพนั้นๆ

การใช้หุ่นจำลองในการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนอาจเลือกหุ่นจำลองที่ตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนหรือในเรื่องที่ครูจะสอนให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้อง แต่ครูจะต้องไม่ลืมชี้แจงให้นักเรียนทราบว่าแบบจำลองนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาด ครูต้องอธิบายว่าหุ่นจำลองที่นำมาใช้นั้นเป็นแบบย่อหรือว่าแบบขยายต่างจากของจริงมากน้อยเพียงใด ครูอาจใช้วัสดุอื่นๆ ในการเรียนการสอนด้วยเช่น รูปภาพ แผนภูมิ ภาพนิ่ง เป็นต้น

2.1.5 การสร้างหุ่นจำลอง

หลักในการสร้างหุ่นจำลองต่อไปนี้เป็นแนวทางที่ใช้ได้กับการสร้างหุ่นจำลองทุกแบบ ซึ่งการสร้างหุ่นจำลองสามารถทำได้ดังนี้

1.) รวบรวมวัสดุที่จะเป็นสิ่งอ้างอิง เช่น รูปภาพจากนิตยสาร แผนภูมิ และตำรา หนังสือคู่มือ

2.) ตัดสินใจใช้มาตราส่วนให้ถูกต้องที่สุดทุกสัดส่วนของหุ่นจำลอง ต้องเป็นสัดส่วนกับของจริง ถ้าเป็น 4 เท่าของของจริง ส่วนต่างๆ ก็ขยายเป็น 4 เท่าหมดทุกส่วน

3.) ต้องยึดหลักตามความถูกต้องบางประการเหล่านี้

ก. ถ้ายึดตามหลักความถูกต้องอย่างไม่เหมือนกันทุกอย่าง การทำเราพยามทำให้ถูกต้องพอที่เด็กจะดูได้และเข้าใจได้ทันทีว่านั่นคืออะไร

ข. ถ้าใช้ภาพถ่ายเป็นแบบต้องระลึกถึงว่า รูปภาพนั้นจะมีด้านหนึ่ง ซึ่งอยู่ทางด้านลับสายตาผิดไปจากของจริงเราต้องแก้ไขถ้าของนั้นเล็กหรือใหญ่เกินไปเราไม่สามารถจะวัดสัดส่วนของต่างๆ ให้ละเดียดได้ เราอาจใช้ภาพถ่ายแทนได้ เช่น แมลง หรือภูเขาไฟ เป็นต้น

4.)เขียนภาพให้ได้จริงๆ ในการเขียนรูปเราต้องมองวัตถุนั้นรูปเลขาคณิต รายละเอียดที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หลักของ Perspective ต้องนำมาใช้ส่วนหน้า ส่วนยอดส่วนข้าง ต้องวัดแยกกัน

5.) เลือกวัสดุที่ใช้ในการทำให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 เทคนิคในการทำหุ่นจำลองแต่ละชนิด

1. กระดาษอาจใช้พับเป็นรูปเรขาคณิตต่าง ๆ ได้ เช่น พับเป็นมุม ต่าง ๆ หรือ รูปทรงต่าง ๆ
2. กระดาษแข็ง อาจเจาะใช้เป็นส่วนของหุ่นที่ทำด้วยดินเหนียวได้ การพับกระดาษแข็งได้ดีนั้นทำได้ โดยการใช้มีดกรีดเป็นร่องเสียก่อน ถ้าต้องการให้การเคลื่อนไหวก็อาจเจาะ และติดตาไก่ไว้เพื่อให้หมุนได้
3. ไม้ ไม้มีประโยชน์ในการทำหุ่นจำลองหลาย ๆ แบบ การเลือกไม้ทำหุ่นนั้น ควรจะใช้ไม้เนื้ออ่อนเครื่องมือที่ใช้ควรจะมีเลื่อยหลาย ๆ ประเภท เช่น เลื่อยเจาะ เลื่อยตัด เลื่อยผ่า เลื่อยฉลุ การตัดไม้เป็นรูปต่าง ๆ นั้น ถ้าใช้ไม้ท่อนหนา 4 เหลี่ยม ต้องเขียนโครงเส้นไว้ทุกด้านเสียก่อน เช่น จะทำกรวยก็จะต้องใช้ไม้ท่อน ตัดให้ความยาว ยาวกว่าความสูงของกรวยเล็กน้อยแล้วเขียนเส้นแนวทางสำหรับเลื่อยไว้ทุกด้าน
4. โลหะ หุ่นจำลองบางอย่าง เช่น หุ่นจำลอง เครื่องจักร เครื่องใช้ ซึ่งจะให้เห็นการเคลื่อนไหวแล้วเพื่อความคงทนควรจะใช้โลหะ โลหะที่ใช้นั้นควรเป็นโลหะอ่อน เช่น ทองแดง ทองเหลือง หรืออลูมิเนียม ทองเหลืองอาจจะซื้อได้ตามร้านเครื่องยนต์ทั่วไป เครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทำหุ่นจำลองด้วยโลหะนั้น มักจะมีสิ่งต่อไปนี้ คือ คีมหนีบ ตัด ตะปูเจาะ ตะไบ เครื่องบัดกรี
5. ดินเหนียว ดินเหนียวใช้ทำหุ่นจำลองได้หลายอย่าง เช่น รูปทรงเรขาคณิต ที่อยู่อาศัย ทางประวัติศาสตร์ อนุสาวรีย์ สัตว์ ดินเหนียวที่นิยมใช้กันมี 2 แบบคือ
   ก. ดินเหนียวที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ในประเทศไทยมีอยู่มากมาย สามารถจะขุดมาเก็บแช่น้ำไว้ที่โรงเรียน เมื่อปั้นเป็นรูปแล้วควรจะตากไว้ในร่ม เพื่อไม่ให้แตกระแหง เมื่อแห้งแล้วจึงนำไปเผาไฟ การเผานั้นถ้าใช้ฟางข้าวเป็นดีที่สุด
   ข. ดินน้ำมัน เป็นดินเหนียวประดิษฐ์ที่ขายตามร้านขายเครื่องปั้นแล้วจะให้ถาวรคงทนก็ทาเชลแลคเสีย
6. ปูนพลาสเตอร์ ปูนพลาสเตอร์มีขายทั่วไปตามร้านเครื่องปั้น หรือร้านเครื่องหล่อแบบต่าง ๆ ปูนพลาสเตอร์ใช้ทำหุ่นจำลองประเภทผ่าซีกได้ดีที่สุด การผสมปูนพลาสเตอร์นั้นทำได้ง่าย โดยโรยปูนพลาสเตอร์ลงในภาชนะที่ใส่น้ำไว้แล้วโดยเทลงไปจนกระทั่งจมและขึ้นมาถึงระดับน้ำพอดี ปล่อยทิ้งไว้สัก 5 นาที แล้วจึงคนให้ทั่ว การหล่อก็ทำได้ง่ายเทปูนพลาสเตอร์ลงในแบบผนังของแบบต้องฉาบด้วยขี้ผึ้งพาราฟินหรือน้ำมันมะพร้าวก็ได้ ปล่อยไว้สักวันหรือสองวันก็แกะออก แล้วลงมือตกแต่งและ วาดรูปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนพลาสเตอร์ การวาดรูปทำได้โดยใช้การลอกด้วยกระดาษคาร์บอนตกแต่งส่วนต่างๆ จะให้เห็นส่วนต่าง ๆ แตกต่างกัน ก็ลงด้วยหมึกสี

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย

ในปัจจุบันภาวะสมดุลของวัฏจักรของน้ำกำลังได้รับผลกระทบจากการพัฒนาทางการเกษตรและอุตสาหกรรม การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อบุกเบิกพื้นที่ทำการเกษตรและอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณน้ำที่แผ่นดินเคยให้กับบรรยากาศโดยการคายน้ำของใบพืชและการระเหยมีปริมาณลดลง และทำให้ฝนที่ตกในแผ่นดินมีปริมาณลดลงไปด้วย จากการตรวจสอบทางสถิติปริมาณฝนในมลรัฐแคลิฟอร์เนียตั้งแต่ปี 1840 ถึง 1950 พบว่า มีปริมาณลดลงทีละน้อย การที่แผ่นดินได้รับฝนน้อยลงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีพื้นที่เป็นทะเลทรายเพิ่มขึ้น จากการศึกษาทางภูมิศาสตร์เราจะพบว่า เมื่อ 30 ปีที่ผ่านมานี้ มีทะเลทรายหรือพื้นที่แห้งแล้งประมาณ 10% ของพื้นที่แผ่นดิน แต่มาปัจจุบัน พื้นที่แห้งแล้งดังกล่าวได้เพิ่มเป็น 25% ของพื้นที่ทั้งหมดการตัดไม้ทำลายป่านั้น นอกจากจะทำให้ปริมาณการคายน้ำของใบไม้ให้บรรยากาศลดลงแล้ว ยังลดความสามารถของดินที่จะซับน้ำเอาไว้ และในเขตหนาวบางแห่งการตัดไม้ทำลายป่ายังมีผลทำให้การละลายของหิมะเกิดขึ้นโดยรวดเร็วในปี ค.ศ 1972 ได้มีอุทกภัยอย่างร้ายแรงเกิดขึ้นในมลรัฐเพนซิลเวเนีย สาเหตุเนื่องจากการละลายหิมะอย่างรวดเร็วบนภูเขาที่ถูกตัดไม้ทำลายป่า (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538 : 3)

2.2.1 ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสียหมายถึง น้ำที่ใช้ในขบวนการต่าง ๆ ของชุมชนจากบ้านเรือน อาคารพานิชย์ สถานประกอบการต่างๆ ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอาจมีทั้งน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน หรือฝนรวมอยู่ด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 25)

แหล่งที่มาของน้ำเสีย

1. น้ำเสียจากคนและสัตว์ ได้แก่ ปัสสาวะ อุจจาระ และมูลสัตว์ที่ลงสู่ท่อน้ำเสีย น้ำเสียเหล่านี้มีความสำคัญที่สุดเพราะอาจมีทั้งเชื้อโรครวมอยู่ด้วย การกำจัดน้ำเสียอย่างถูกวิธีจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง
2. น้ำเสียจากครัวเรือน ได้แก่น้ำซักผ้า น้ำอาบ น้ำล้างชาม น้ำในครัวเรือน น้ำประกอบอาหาร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำฝน และน้ำล้างถนน น้ำที่ไหลตามพื้นดินจะพาเอาทราย หิน ใบไม้ ขยะ ลงสู่ท่อน้ำเสียในบางแห่งจะมีระบบระบายน้ำเสียโดยเฉพาะต่างหาก
4. น้ำเสียน้ำใต้ดินที่ไหลซึมเข้าสู่ท่อระบายน้ำเสีย ท่อน้ำใต้ดินปกติฝังอยู่ใต้ดิน และบางแห่งอาจวางอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินทำให้น้ำใต้ดินสามารถที่ซึมเข้าไปในท่อระบายน้ำเสียได้ อัตราการซึมอาจจะเป็น ลิตร ต่อ วัน หรือแกลลอน ต่อ วันต่อไมล์
5. น้ำเสียจากการอุตสาหกรรม น้ำเสียจากขบวนการอุตสาหกรรมนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโรงงานนั้นว่าเป็นโรงงานที่ผลิตอะไร ส่วนมากสิ่งที่ออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมจะเป็นพวกผงซักฟอก ที่เป็นฟองลายอยู่ตามผิวน้ำ และสารเคมีนานาชนิด ซึ่งจำต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง

จากแหล่งที่มาของน้ำเสียจาก ทั้ง 5 แหล่งสามารถที่แบ่งประเภทของน้ำเสียออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. Domestic Wastewater เป็นน้ำเสียที่ปล่อยออกจากที่พักอาศัย ตลาด ร้านค้า ภัตตาคาร โรงหนัง โรงละคร โรงแรม โรงพยาบาล สถานที่ทำการต่าง ๆ แต่ไม่รวมถึงน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่น้ำเสียเหล่านี้เป็นน้ำเสียที่ได้จากการทำความสะอาด เช่น การซักผ้า การล้างชาม ประกอบอาหาร การชำระร่างกาย เป็นต้น ฉะนั้นถ้าหากปล่อยทิ้งโดยไม่ทำการบำบัดเสียก่อนจะทำให้เกิดการเหม็นเน่าของสารประกอยอินทรีย์ต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเสียนั้น ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคต่าง ๆ

2. Industrial Wastewater เป็นน้ำเสียที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ น้ำเสียที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมนี้อาจมีสารประกอบอินทรีย์หรือสารประกอบอนินทรีย์ก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าน้ำเสียนั้นมาจากโรงงานชนิดไหน น้ำเสียที่มาจากโรงานอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่จะมาจากการขบวนแปรรูปอาหาร การล้างเครื่องมือต่างๆ การล้างโรงงาน น้ำที่ใช้ในการทำเย็น น้ำเสียจากโรงานอาหารที่กล่าวมาแล้วนั้นน้ำเสียที่มาจากขบวนการแปรรูปและน้ำเสียที่มาจากการล้างเครื่องมือเป็นน้ำที่สกปรกที่สุด

3. Storm Sewage เป็นน้ำเสียที่ได้จากการชะล้างของน้ำฝน ที่ชะล้างสิ่งสกปรกต่าง ๆ ไปรวมอยู่ในที่ลุ่ม ทำให้เกิดการเหม็นเน่า การทับถมกันเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแพร่เชื้อโรคอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วิธีการกำจัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีอยู่หลายกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กระบวนการใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Operation) คือกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรงต่าง ๆ เพื่อไปใช้ในการแยกของแข็งที่ใส่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยวิธีการจะเป็นขั้นตอนแรกของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (Screening) การตัดย่อย (comminution) การกวาด (skimming) การกวน (mixing) การทำให้ลอย (flotation) การตกตะกอน (sedimentation) การแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง (centrifugation) การกำจัดตะกอนหนัก (grit removal)

2. กระบวนการทางเคมี (chemical unit processes) คือวิธีการที่อาศัยการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแยกเอาสารต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การตกผลึก (precipitation) การทำให้เป็นกลางหรือการสะเทิน (seutralization) การฆ่าเชื้อโรค (disinfection) เป็นต้น

3. กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (physicochemical unit proceses) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยทั้งทางกายภาพและทางเคมีรวมกัน จะใช้ในการกำจัดสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ ion exchange, cabon absorption, reverse osmosis, electrodialysis เป็นต้น

4. กระบวนการทางชีวภาพ (biological unit proceses) คือกระบวนการที่อาศัยจุลชีพที่ทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ให้เป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและได้จุลชีพเพิ่มจำนวนขึ้น ได้แก่ activated sludge, trickling filter, aerated lagoon, aerobic filter, anaerobic pond, stabilization pond เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการสร้างอุปกรณ์

3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2540

3.1.1 หลักการ

1. เป็นหลักสูตรที่มุ่งผลิตและพัฒนาแรงงานระดับผู้ชำนาญการเฉพาะสาขาอาชีพตามความต้องการของตลาดแรงงาน ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ
2. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามความถนัด ความสามารถและความสนใจ สามารถถ่ายโอนผลการเรียน เทียบความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการ และสถานประกอบอาชีพอิสระ
3. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษาจัดวิธีการเรียนการสอนที่หลากหลายสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น
4. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา ชุมชน ท้องถิ่น ทั้งในภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรและจัดการศึกษา เพื่อให้ตรงกับความต้องการสอดคล้องกับสภาพชุมชนและท้องถิ่นนั้นๆ

3.1.2 จุดหมาย

1. เพื่อให้มีความรู้และทักษะในวิชาสามัญสำหรับเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตหรือการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ทันต่อการเปลี่ยนแปลงด้านวิทยาการ และเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อให้มีทักษะในการงานอาชีพระดับผู้ชำนาญการเฉพาะทาง สามารถนำไปประกอบอาชีพและพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน
2. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในงานอาชีพ รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีนิสัยใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการจัดการ การตัดสินใจและการแก้ปัญหา รู้จักแสวงหาแนวทางใหม่ๆ มาพัฒนาตนเอง พัฒนางาน
4. เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษย์สัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม ขยัน ซื่อสัตย์ มีวินัย สุขภาพกายใจสมบูรณ์แข็งแรง
5. เพื่อให้เป็นผู้มีความประพฤติ กรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่นและประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปะวัฒนธรรมไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตระหนักในปัญหาและความสำคัญของสิ่งแวดล้อม
6. เพื่อให้เห็นคุณค่าและดำรงไว้ซึ่งสถาบันชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ ปฏิบัติตนในฐานะพลเมืองดีตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

3.1.3 จุดประสงค์หลักสูตรประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาอุตสาหกรรมเกษตร พุทธศักราช 2540

1. เพื่อให้มีความรู้ ประสบการณ์ และทักษะในการปฏิบัติงานอาชีพด้านอุตสาหกรรมเกษตร
2. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพอุตสาหกรรม มีความภาคภูมิใจและมั่นใจในวิชาชีพอุตสหกรรมเกษตร
3. เพื่อให้มีความสามารถในการจัดการทางด้านอุตสหกรรมเกษตร โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและมลพิษ
4. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองให้ทันต่อเทคโนโลยีสมัยใหม่และศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นได้

โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาอุตสาหกรรมเกษตรผู้สำเร็จการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ต้องศึกษารายวิชาในหมวดวิชาต่างๆ ดังโครงสร้างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร พุทธศักราช 2540

หมวดวิชา	จำนวนหน่วยกิต
1.หมวดวิชาพื้นฐาน	18
1.1 กลุ่มวิชาภาษา	6
1.2 กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์	2
1.3 กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์	7
1.4 กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์	3
2. กลุ่มวิชาชีพ ไม่น้อยกว่า	56
2.1 วิชีพพื้นฐาน	15
2.2 วิชาชีพเฉพาะ	22
2.3 วิชาชีพเลือก	15
2.4 การฝึกงาน/โครงงาน/โครงการวิชาชีพ	4
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	10
รวม ไม่น้อยกว่า	84

วิชาการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (3506-2004) (2-3-3) เป็นวิชาบังคับในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 จำนวน 3 หน่วยกิต เวลาเรียนภาคทฤษฎี 2 คาบ/สัปดาห์ เวลาเรียนภาคปฏิบัติ 3 คาบ/สัปดาห์ เวลาเรียนทั้งหมดไม่เกิน 20 คาบ/ 1 ภาคเรียน

คำอธิบายรายวิชา

ความหมายและความสำคัญของการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร หลักการสุขาภิบาลโรงงานที่ถูกต้อง หลักการทำความสะอาด การวางเครื่องมือ และผังโรงงานให้ถูกหลักสุขาภิบาล การควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ในโรงงาน และการบำบัดน้ำเสีย กฎหมายที่เกี่ยวกับสวัสดิภาพและสุขอนามัยของบุคลากรในโรงงาน

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางจุลินทรีย์ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี การตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ การศึกษาความกระด้างของน้ำโดยการหาปริมาณของแคลเซียม การวิเคราะห์หาปริมาณสารตะกั่วในน้ำที่ใช้ในโรงงาน การวิเคราะห์การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีเคมี การศึกษากระบวนการผลิตน้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์รายวิชา

1. **เพื่อให้รู้ความหมายและความสำคัญของการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร**
2. **เพื่อให้มีความรู้และสามารถปฏิบัติตามหลักการสุขาภิบาลและหลักการทำความสะอาดโรงงานได้ถูกต้อง**
3. **เพื่อให้มีความรู้และประสบการณ์ในการวางเครื่องมือ อุปกรณ์ และผังโรงงานรวมทั้งการควบคุมคุณภาพน้ำและการกำจัดของเสีย**
4. **เพื่อให้มีความรู้และตระหนักถึงสวัสดิภาพและสุขอนามัยของบุคลากรในโรงงาน**

รายการสอน	**จำนวนคาบ**
ภาคทฤษฎี	
1. ความหมายและความสำคัญของการสุขาภิบาล	1
1.1 ความหมายของการสุขาภิบาลโรงงาน	
1.2 ความสำคัญของการสุขาภิบาลโรงงาน	
2. หลักการสุขาภิบาลโรงงาน	4
2.1 หลักการสุขาภิบาลโรงงาน	
2.2 ขั้นตอนในการดำเนินการ	
2.3 ประโยชน์ของการสุขาภิบาลโรงงาน	
3.หลักการทำความสะอาด	4
3.1 หลักการทำความสะอาด	
3.2 ประเภทของการทำความสะอาด	
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด	
3.4 ขั้นตอนการทำความสะอาด	
4. การวางผังโรงงาน	4
4.1 ความสำคัญของการวางผังโรงงาน	
4.2 หลักการวางผังโรงงาน	
4.3 ขั้นตอนการวางผังโรงงาน	
5. การวางเครื่องมือและอุปกรณ์	4
5.1 ประเภทของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงาน	
5.2 หลักการวางเครื่องมืออุปกรณ์	
6.การควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ในโรงงาน	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

6.1 แหล่งของน้ำที่ใช้ในโรงงาน

6.2 ลักษณะทางกายภาพ เคมี ของน้ำ

6.3 กระบวนการปรับปรุงน้ำ

6.4 ลักษณะน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้ในโรงงาน

7. การกำจัดน้ำเสีย 4

7.1 ลักษณะของน้ำเสีย

7.2 คุณสมบัติทางเคมี กายภาพของน้ำเสีย

*7.3 วิธีการบำบัดน้ำเสีย

7.4 ประโยชน์ของการบำบัดน้ำเสีย

8. กฎหมายเกี่ยวกับสวัสดิภาพและสุขอนามัยของบุคลากรในโรงงาน 2

8.1 กฎหมายแรงงาน

8.2 สุขอนามัยที่ดีของบุคลากรในโรงงาน

รวม 28

รายการสอน	จำนวนคาบ
ภาคปฏิบัติ	
1. ทำความสะอาดอาคารตามหลักการสุขาภิบาล	6
2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางจุลินทรีย์	6
3. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี	3
4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ	3
5. การการกำจัดน้ำเสียแบบ activated sludge	6
6. การวิเคราะห์หาปริมาณสารตะกั่วในน้ำที่ใช้ในโรงงาน	6
7. ศึกษาเกี่ยวกับผังโรงงานตามหลักการสุขาภิบาล	6
8. ศึกษาเกี่ยวกับกฎหมายแรงงานและสวัสดิการแรงงาน	6
รวม	42
รวมทั้งหมด	70

หมายเหตุ บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการกำจัดน้ำเสียเป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33224

3.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหา

กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Processes) กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพเป็นที่นิยมเพราะประหยัดที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการบำบัดอื่นๆ จุดประสงค์หลักของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้คือ การกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียลงให้ได้มากที่สุด นั่นคือต้องการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสีย โดยอาศัยหลักการที่ใช้จุลชีพต่างๆ มาทำการย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่างๆ) ถ้าใช้ระบบการเติมอากาศ จะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือถ้าไม่ใช้ระบบการเติมอากาศจะเปลี่ยนไปเป็น ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือระบบการกำจัดน้ำเสียแบบ activated sludg ระบบเอเอส (activated sludge) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพที่นิยมใช้กันมาก โดยอาศัยจุลชีพที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจุลชีพเหล่านี้จะแขวนลอยอยู่ในน้ำตะกอนของถังเติมอากาศ ซึ่งจุลชีพเหล่านี้จะขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณ ขึ้นในลักษณะที่เรียกว่า การเจริญเติบโตแบบแขวนลอย (suspended growth) โดยทั่วไปในระบบการเติมอากาศจะมีระบบกวน ซึ่งมักใช้เครื่องจักรทำหน้าที่แทนจุลชีพหรือน้ำสลัดจ์แขวนลอยอยู่ภายในถังเติมอากาศตลอดเวลา เพื่อที่สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ภายในระบบได้ตามที่ต้องการ ระบบเอเอส เมื่อผ่านขั้นตอนการเติมอากาศแล้วจะต้องทำการตกตะกอนเพื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีถังตกตะกอน ทฤษฎีของระบบเอเอส สิ่งควรทราบก่อนการออกแบบหรือควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียคือการเจริญเติบโตของจุลชีพ การเกิดการตายของจุลชีพ และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพ ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการได้ดังนี้

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{จุลชีพ} \xrightarrow{\text{ออกซิเจน}} \text{จุลชีพขยายพันธุ์} + CO_2 + H_2O + \text{พลังงาน} + \text{สารอื่นๆ}$$

กระบวนการเอเอสมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ประกอบด้วยถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน เป็นหลัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจัดวางและรูปแบบของถังเติมอากาศ ซึ่งเกิดจากการวิจัยและการพัฒนาระบบมาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของระบบการบำบัดน้ำเสีย และการควบคุมดูแลระบบ ต่อไปนี้เป็นการอธิบายลักษณะการทำงานของระบบเอเอสแบบต่างๆ สามารถที่จะจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ ตามหลักการจัดวางรูปแบบของถังเติมอากาศดังนี้คือ

1.) กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (conventional process) เป็นกระบวนการที่มีรูปถังเติมอากาศแบบไหลตามกัน (plug flow) ซึ่งทำให้ค่า BOD และปริมาณความเข้มข้นสลัดจ์ในบริเวณต้นทางของถังเติมอากาศมีมาก ปริมาณ ค่า BOD ที่ไหลเข้าระบบนี้ ควรมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณที่สม่ำเสมอจะได้ผลดีและไม่สามารถรับพวกสารพิษได้มากนัก พบว่าในหลายแห่งเกิดปัญหาการเติมอากาศในบริเวณต้นทางไม่เพียงพอกับความต้องการออกซิเจนของน้ำเสียที่พึ่งไหลเข้าระบบ

2.) กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง (taperd aeration process) เป็นกระบวนการที่มีรูปถังเติมอากาศเหมือนกับของกระบวนการเอเอสแบบธรรมดา คือเป็นแบบไหลตามกัน เพียงแต่จะมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศตรงบริเวณต้นทางมากกว่าปลายของถัง ถ้าใช้หัวฟู่กระจายอากาศ บริเวณต้นทางของถังจะติดตั้งหัวฟู่ให้มีระยะห่างน้อยและค่อยๆ เพิ่มระยะห่างจนถึงห่างที่สุดบริเวณปลายทางของถัง เพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนที่เติมลงไปในถังใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ เช่นเดียวกับระบบเอเอสแบบธรรมดา คือปริมาณ BOD ควรสม่ำเสมอจึงจะได้ผลดีและไม่สามารถรับสารพิษได้มากนัก

3.) กระบวนการเติมอากาศแบบเป็นขั้น (step-feed aeration process) เป็นกระบวนการที่มีการป้อนน้ำเสียเข้าหลายจุดตามความยาวของถังเติมอากาศ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถรับปริมาณ BOD ที่ไหลเข้าระบบไม่สม่ำเสมอได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรับพวกสารพิษได้มากกว่าระบบเอเอสแบบธรรมดาและแบบเรียวลง

4.) กระบวนการแบบผสมสมบูรณ์ (completely mixed process) เป็นกระบวนการที่เป็นถังเติมอากาศที่มีการกวนอย่างรุนแรง ทำให้มีการผสมอย่างสมบูรณ์ ความเข้มข้น ณ จุดใดๆ ในถังมีค่าเท่ากันเสมอ ทำให้เมื่อมีปริมาณ BOD ที่ไหลเข้ามาในระบบในบางเวลาหรือมีการไหลของสารพิษมากเกินควรระบบนี้ช่วยผสมกวนกันอย่างดีซึ่งทำให้มีความเข้มข้นของ BOD หรือสารพิษในถังลดลงไปได้ คือป้องกันการเกิดความเข้มข้นของน้ำเสียมากกว่าปกติอย่างกระทันหัน (shock loads) โดยทางทฤษฎีแล้วพบว่าถังแบบไหลตามกัน (plug flow) จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบกวนสมบูรณ์ แต่ในทางปฏิบัติความแตกต่างดังกล่าวมีน้อยจนบางแห่งไม่เห็นความแตกต่าง ทั้งนี้เพราะการควบคุมระบบบำบัดเป็นปัจจัยที่สำคัญกว่ารูปแบบของถัง

5.) กระบวนการเติมอากาศแบบยืดเวลา (exteded aeration procees) เป็นกระบวนการที่มีระยะเวลาการเก็บกักของน้ำเสียและอายุสลัดจ์นานกว่าระบบอื่นๆ ดังนั้นขนาดของถังเติมอากาศจะมีขนาดใหญ่กว่าระบบอื่นๆ แต่มีข้อดีคือง่ายต่อการควบคุมให้ได้ประสิทธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพสูงซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องถ่ายน้ำสลัดจ์ทิ้งออกไปจากระบบเหมือนระบบอื่นๆ เนื่องจากในทางทฤษฎีแล้วจะไม่มีมวลจุลชีพส่วนเกินเกิดขึ้นมา แต่ในทางปฏิบัติมักมีสารพวกที่ย่อยสลายไม่ได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการถ่ายสลัดจ์ออกจากระบบบ้าง ระบบนี้นิยมใช้กับปริมาณน้ำเสียที่มีไม่มาก

6.) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (contact stabilization process) เป็นกระบวนการที่นำน้ำสลัดจ์ที่รวบรวมได้จากถังตกตะกอน ส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายออกจากระบบและอีกส่วนหนึ่งจะนำมาทำการเติมอากาศในถังปรับเสถียร (stabilization tank) ประมาณ 4-6 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาผสมกับกับน้ำเสียภายในถังเติมอากาศอีกถัง ซึ่งเรียกถังนี้ว่า ถังสัมผัส (contact tank) ด้วยเวลาเติมอากาศประมาณ 30-60 นาที ถ้าหากว่ามีการเติมอากาศนานเกินไปจะทำให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ดี

7.) ระบบเอสบีอา (susqeuncing batch reactor,SBR) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ถังเติมอากาศเพียงถังเดียว สามารถทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และทำหน้าที่แยกตะกอนด้วยการตกตะกอนภายในถังเดียวกันนี้ คือ จะเป็นระบบที่ปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าถังที่มีน้ำสลัดจ์อยู่ภายในถังแล้ว ซึ่งกำลังเติมอากาศอยู่ หลังจากนั้นจะหยุดเติมอากาศทำให้เกิดการตกตะกอน ซึ่งจะได้น้ำที่ใสอยู่ส่วนบนที่สามารถปล่อยทิ้งออกได้ เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการ จากนั้นสามารถนำน้ำเสียชุดใหม่เข้ามาบำบัดต่อไป เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างต่อเนื่องอาจมีถังบำบัดสองถัง ขึ้นไปเพื่อที่จะทำงานสลับกันไป โดยปราศจากถังตกตะกอนระบบนี้ป้องกันการเกิดตะกอนได้ไม่ดีคือปัญหาสลัดจ์อืด (bulking sludge) และป้องกันการเกิดฟอง (foam) ขึ้นจนล้นถังออกมา คือระบบนี้จะมีช่วงที่จุลชีพอยู่ในสภาวะไร้อากาศ ทำให้จุลชีพที่ก่อให้เกิดสลัดจ์อืดและฟองไม่เกิดขึ้นได้ในระบบนี้

8.) กระบวนการขาดอากาศ-เติมอากาศ (anoxic-aerobic process) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีถังกวนที่ไม่ต้องมีการเติมอากาศและอีกถังจะมีการเติมอากาศระบบนี้จะมีระยะเวลาการเก็บกักทั้งหมดประมาณ 6 ชั่วโมง โดยถังขาดอากาศต้องการเวลาการเก็บกักประมาณ 30-45 นาที และถังเติมอากาศต้องการเวลาเก็บกักประมาณ 5-6 ชั่วโมง ระบบนี้สามารถป้องกันการปัญหาการเกิดตะกอนไม่ดีคือ สลัดจ์อืด (bulkling sludge) และยังป้องกันการเกิดฟอง (foam) ขึ้นจนล้นถังเติมอากาศทำให้สลัดจ์สูญหายไปจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก ระบบนี้ยังสามารถกำจัดสารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ระดับหนึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะน้ำเสีย การควบคุมระบบ เป็นต้น

9.) กระบวนการคลองเวียน (oxidation ditch process) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีหลักการเช่นเดียวกับของกระบวนการเติมอากาศแบบยืดเวลา เพียงแต่จะมีรูปแบบของถังเป็นลักษณะคลองเวียน โดยยังคงเป็นถังแบบผสมสมบูรณ์ดี การไหลของน้ำในถังแบบคลองเวียนจะมีความเร็วประมาณ 0.25-0.35 ม./วินาที ต้องระยะเวลาการเก็บประมาณ 24 ชม. หรือมากกว่า และมีอายุสลัดจ์ (sludge age) นานเท่ากับกระบวนการเติมอากาศแบบยืดเวลา กระบวนการคลองเวียนเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันค่อนข้างมากในประเทศไทย เพราะเป็นระบบที่มีการควบคุมดูแลไม่ยุ่งยากและโดยปกติจะได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ

3.2.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

1.) ระบบการเติมอากาศ ระบบเติมอากาศที่ใช้กันในการเติมอากาศมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.1) ระบบการเติมอากาศผิวน้ำ (surface aeration system) ระบบนี้ประกอบด้วยเรื่องมอเตอร์ที่ทำการหมุนแผ่นตีน้ำ โดยตัวเครื่องเติมอากาศจะติดตั้งอยู่บนผิวน้ำ ซึ่งอาจยึดอยู่กับโครงสร้างของถังเติมอากาศหรือลอยอยู่บนผิวน้ำด้วยตัวลอย ในการตีน้ำจะมีอยู่ 2 ระบบ คือระบบตีน้ำด้วยความเร็วหมุนสูง และความเร็วหมุนต่ำ ซึ่งรอบในการหมุนประมาณ 9,000 – 1,800 รอบต่อ นาที และ 40-50 รอบต่อนาที ในการเติมอากาศแบบนี้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะน้ำเสีย ค่าระดับของถังเติมอากาศเปรียบเทียบกับระดับน้ำทะเล อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ เป็นต้น

1.2) การเติมอากาศแบบฟู่ (Diffused-air aeration system) ระบบการเติมอากาศแบบฟู่เป็นระบบการเติมอากาศที่นิยมใช้กันมากในถังเติมอากาศทั่วๆ ไปโดยอาศัยแรงอัดจากอากาศ (air compressor) เป็นตัวเป่าอากาศเข้าไปในท่อจ่ายอากาศ โดยทั่วไปพบว่าประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำจะมีประมาณ 5-8 % และ 7-12 % สำหรับฟองอากาศขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่เป่าเข้าไปด้วย คือยิ่งปริมาณอากาศที่เป่าลงไปมากเกินไป จะมีผลทำให้การถ่ายเท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้การถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำตกต่ำลงด้วย โดยปกติค่าความเร็วของอากาศในท่อกระจายอากาศ จะมีประมาณ 6-33 ม.ต่อวินาที ของขนาดท่อกระจายอากาศ 20 มม.

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลความเร็วของอากาศภายในท่อจ่ายอากาศ

ความเร็วของอากาศ ณ สภาวะมาตรฐาน (ม./วินาที)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกระจายอากาศ (มม.)
360 – 500	20 – 80
500 – 900	80 – 250
900 – 1050	250 – 400
1050 – 1200	400 – 600
1200 – 1350	600 – 800
1350 – 1950	800 - 1500

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539 : 216)

2.) ถังตกตะกอนที่สอง (secondary clarifier) ถังตกตะกอนที่สองมีความสำคัญมากระดับหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะจะทำหน้าที่ในการแยกสลัดจ์ที่มาจากถังเติมอากาศด้วยถังตะกอน โดยปกติถังตกตะกอนนี้จะมีน้ำไหลเข้าและออก และสลัดจ์บริเวณก้นถังจะถูกสูบออกกลับไปที่ถังเติมอากาศอีกครั้งและบางส่วนถูกถ่ายทิ้งออกไป เพื่อนำไปบำบัดและกำจัดตะกอนสลัดจ์ต่อไป ดังนั้นในการออกแบบถังตกตะกอนที่สองไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบเช่นเดียวกับถังตกตะกอนแรก เกณฑ์ในการออกแบบและข้อควรพิจารณาในการออกแบบถังตกตะกอนที่สองสำหรับระบบเอเอส

1.) ควรใช้ค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำเสีย (peak flow rate) โดยจะไปคำนวณค่าอัตราน้ำล้นบนพื้นผิวถัง (Overflow Rate) ค่าอัตราภาระฝ่าย (Weir Loading Rate) และค่าอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate)
2.) ถ้าใช้ถังรูปสี่เหลี่ยมหรือทรงกลม ขนาดความยาวหรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังไม่ควรมากกว่า 10 เท่าของขนาดน้ำลึกของถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ระบบการถ่ายเทสลัดจ์ที่ออกจากถังตกตะกอนพบว่า ระบบท่อดูดสลัดจ์ออกโดยอาศัยแรงดันของน้ำในถังเป็นวิธีที่เหมาะสมดี

4.) บริเวณทางเข้าของถังตกตะกอนที่สองแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ควรมีความเร็วน้ำเข้าไม่เกิน 0.5 ม.ต่อนาที

5.) บริเวณทางเข้าของถังตกตะกอนที่สองแบบวงกลม จะมีแผ่นกั้นวงกลมติดตั้งไว้ส่วนกลางของถังตกตะกอน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.15 - 0.20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังตกตะกอน

6.) ค่าอัตราภาระของแข็ง (SLR) ควรมีประมาณ 2.5 และ6.2 กก./ (ตร.ซม.) ณ อัตราการไหลเข้าโดยเฉลี่ยและสูงสุด ตามลำดับ

7.) ค่าอัตราน้ำล้นของถังตกตะกอน ณ อัตราการไหลเข้าสูงสุด โดยไม่รวมถึงปริมาณสลัดจ์ที่ไหลวนกลับ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบขนาดถังตกตะกอนที่สอง โดยพิจารณาทั้งความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์และปริมาณสลัดจ์ไหลวนกลับ

8.) ค่าอัตราภาระฝาย (WLR) ควรมีค่าต่ำกว่า 370 ลบ.ม./(ม.วัน) เมื่อติดตั้งฝายห่างจากขอบถังอย่างน้อย 3.5 ม. และมีค่าต่ำกว่า 250 ลบ.ม. / (ม.วัน) เมื่อติดตั้งฝายเกือบชิดขอบถัง ทั้งน้ำต้องเป็นค่าที่คำนวณจากค่าอัตราการไหลเข้าสูงสุด

3. การให้คลอรีนแก่น้ำเสีย

ความมุ่งหมายของการให้คลอรีน การให้คลอรีนแก่น้ำเสียมีจุดมุ่งหมายหลายประการคือ ฆ่าเชื้อโรค ป้องกันน้ำเสียไม่ให้สลายตัว ช่วยในการปฏิบัติการของโรงกำจัดน้ำเสีย ลดหรือชลอความต้องการออกซิเจน

1.) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) การฆ่าเชื้อโรคหมายถึง การทำลายสิ่งมีชีวิตที่นำโรคในน้ำเสีย เพื่อลดมลภาวะของแหล่งน้ำที่รับน้ำเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำที่มีการใช้เป็นน้ำเพื่อการประปา หรือการพักผ่อนหย่อนใจ การให้คลอรีนเป็นการฆ่าเชื้อโรคทั้งหมดที่มีในน้ำเสียที่ออกจากโรงบำบัดน้ำเสีย การให้คลอรีนกับน้ำถือว่าเป็นการทำลายเชื้อโรคที่เรียกว่า การสเตอริไรด์เซชั่น (Sterilization) การวัดผลการฆ่าเชื้อโรค หากใช้วิธีวัดผลการทำลายบัคเตรีจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ และใช้เวลาหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน วิธีที่สะดวกและใช้กันอยู่คือ การวัดคลอรีนเหลือโดยให้คลอรีนอย่างเพียงพอแก่น้ำเสียเป็นเวลา 15 นาที ถ้ามีคลอรีนเหลือ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าการฆ่าเชื้อโรคได้ผลสมบูรณ์ การวัดคลอรีนเหลือใช้การทดสอบออร์โธโทลิดิน (Orthotolidine Test) ถังสำหรับให้น้ำเสียสัมผัสกับคลอรีนเรียกว่า ถังสัมผัสคลอรีน (Chlorine Contact Tank) โดยจะให้คลอรีนแก่น้ำเสียที่ปากทางเข้าถังสัมผัส ให้มีเวลาสัมผัส ประมาณ 15 นาที แล้ววัดคลอรีนเหลือในน้ำเสียที่ออกจากถัง

ตารางที่ 3.3 ปริมาณคลอรีนที่ให้กับน้ำเสีย

ประเภทของการกำจัด	ปริมาณคลอรีนที่ให้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
น้ำเสียออกจากโรงกำจัดปฐมภูมิ	20 – 25
น้ำเสียออกจากโรงถังกรองหยด	15
น้ำเสียออกจากแอคทิเวทิดสลัดจ์	8
น้ำเสียออกจากถังกรองทราย	6

ที่มา : วิทยา เพียรวิจิตร (2525 : 71)

2.) การป้องกันน้ำเสียสลายตัว

2.1) การควบคุมกลิ่น การสลายตัวของน้ำเสียจะเริ่มในท่อน้ำเสีย และจะเป็นที่รังเกียจ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นในระหว่างการกำจัด จึงมีการให้คลอรีนก่อนที่จะเข้าสู่ถังตกตะกอน เรียกว่า การให้คลอรีนก่อน (Pre-chlorination) มีจุดมุ่งหมายเพื่อการกำจัดกลิ่นเพียงเท่านั้นไม่ใช่เพื่อการฆ่าเชื้อโรค

2.2) การควบคุมโครงสร้างของโรงบำบัด การสลายตัวของน้ำเสียอาจถึงจุดที่เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์จะไปกัดกร่อนโรงสูบน้ำเสีย ท่อน้ำเสีย หรือโรงกำจัดน้ำเสีย มีวิธีป้องกันเช่นเดียวกับการควบคุมกลิ่น

2.3) การทำตะกอนให้เข้มข้น (sludge thickening) ตะกอนดิบ และแอคทิเวทิดสลัดจ์ การเหลือคลอรีน ในปริมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ของของเหลวตะกอนในถังตกตะกอนจะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการเน่าเสียในถังได้

3.) ช่วยในการปฏิบัติการในโรงบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) การตกตะกอน การให้คลอรีนแก่น้ำเสียเพื่อให้การตกตะกอนดีขึ้น

3.2) การพองของแอคทิเวทิดสลัดจ์ ถ้าหากการพองของแอคทิเวทิดสลัดจ์เกิดจากปริมาณบรรทุกมากเกินไป การให้คลอรีนแก่น้ำเสียจะเป็นการช่วยลดปริมาณบรรทุกในถังแอเรชั่น (aeration)

3.3) การลดหรือชลอความต้องการออกซิเจนชีวเคมี การให้คลอรีนแก่น้ำเสียให้มีปริมาณ 0.2 – 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการสัมผัส 15 นาที อาจสามารถลดปริมาณ BOD ในน้ำเสียได้ร้อยละ 15-35

4.) การกำจัดตะกอน ตะกอนควรจะมีความเข้มข้นมากที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดที่ในถังย่อยและสามารถใช้เครื่องสูบขนาดเล็ก และลดความร้อนที่ต้องการในถังย่อย วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการกำจัดตะกอนจนกระทั่งสามารถนำไปทิ้งได้มีขั้นตอนดังนี้

1.) การทำให้เข้มข้น ในวิธีนี้ตะกอนจะถูกสูบจากถังตกตะกอนไปสู่ถังทำให้เข้มข้น (thickening) ตลอดเวลา ถังทำให้เข้มข้นมีใบพาย ซึ่งเคลื่อนที่อย่างช้าๆ อัตราการไหลของตะกอนภายในถังจะช้า น้ำที่เกินจะไหลล้นออก และตะกอนที่เข้มข้นจะตกลงสู่ก้นถัง

2.) กระบวนการย่อย การย่อยของตะกอนเป็นการสลายตัวแอนแอโรบิคเกิดขึ้นโดยมีสิ่งมีชีวิตแอนแอโรบิคอยู่ในที่ที่ไม่มีออกซิเจนในตะกอนดิบมีของแข็งอินทรีย์อยู่ประมาณ 70 % อีก30 % เป็นอนินทรีย์ของแข็ง

2.1) ขั้นตอนการหมักกรด (Acid fermentation) สิ่งมีชีวิตทั้งบัคเตรีและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จะมีปฏิกิริยาของแข็งละลายเช่น น้ำตาล ให้กรดอินทรีย์และก๊าซ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ค่า pH จะลดลง จาก 6.8 ไปเป็น 5.1

2.2) ขั้นตอนการย่อยกรด (Acid Digestion) โดยสิ่งมีชีวิตที่ชอบสภาวะที่เป็นกรดมีปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์และสารประกอบของไนโตรเจนจนเปลี่ยนไปเป็นของเหลวอย่างช้าๆ ในระหว่างขั้นที่ 2 นี้ค่า pH จะสูงขึ้นจาก 5.1 ไปเป็น 6.8

2.3) ขั้นการย่อยสแตบิไลเซชั่นและการเป็นก๊าซเต็มที่ (intesive digestion, stabilization and gasification) ในขั้นนี้จะมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยากับสารไนโตรเจนที่ทนทาน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน และอื่นๆ ปริมาณของกรดที่ระเหยได้ (volatile acids) จะลดลงเหลือน้อยกว่า 500 มิลลิกรัม ต่อลิตร pH จะสูงขึ้นจาก 6.8 ไปเป็น 7.4

ในกระบวนการย่อย 3 ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ของเหลวที่เหลืออยู่เหนือตะกอนซึ่งเป็นผลิตผลของการย่อยจะถูกขจัดออกบ่อยๆ เพื่อให้มีที่สำหรับของแข็งสด

3.) ชั้นทรายทำแห้ง (dying sand bed) ตะกอนจากถังย่อยยังคงมีน้ำอยู่ปริมาณมาก ทำให้ไม่สามารถทิ้งได้อย่างสะดวกและประหยัด ชั้นทรายแห้งจะขจัดน้ำออกจากตะกอนอีกจนให้ของแข็งที่มีน้ำอยู่ไม่เกินร้อยละ 70 ชั้นทรายทำให้ตะกอนแห้งประกอบด้วยกรวดที่คัดแล้วลึก 3 ซม. เหนือชั้นกรวดมีชั้นทรายสะอาดน้ำลึก 15-22 ซม. และในชั้นกรวดมีท่อกระเบื้องระบายที่ข้อต่อทิ้งไว้ (open joint) โดยมีท่อปิดเหนือท่ออย่างน้อย 15 ซม. ปากท่อตกตะกอนให้อยู่เหนือผิวทรายอย่างน้อย 30 ซม. การทำแห้งแบบชั้นทรายจะมีทั้งการระบายและการระเหย

4.) การปรับด้วยสารเคมี (chemical conditioning) การปรับตะกอนด้วยสารเคมีใช้ในกรณีที่ตะกอนจะได้รับการทำแห้งต่อไปด้วยการกรองด้วยสูญญากาศ หรือแรงหนีศูนย์ถ่วง สารเคมีที่ใช้กรดกำมะถัน สารส้ม คลอริเนทิดเบอร่าส์ (chlorinedted copperas) เฟอร์รัสซัลเฟต และเฟอริคคลอไรด์ การเลือกใช้สารเคมีขึ้นอยู่กับราคาเป็นสำคัญ

5.) การกรองสูญญากาศ การกรองสูญญากาศสำหรับขจัดเอาน้ำออกจากตะกอนมีรูปร่างเป็นทรงกลม หรือทรงกระบอก ซึ่งมีวัสดุกรองที่เป็นผ้า ขนสัตว์ ไนลอน เส้นใยแก้ว หรือพลาสติก หรือตะแกรงเหล็กกล้าสแตนเลส กลองจะหมุนอย่างช้าๆ และข้างในจะเป็นสูญญากาศน้ำที่ต้องการตกตะกอนจะถูกดูดออกและตะกอนจะจับอยู่บนวัสดุกรองเป็นแผ่นชื้นอยู่บนผิวด้านนอกของกลอง และถูกกวาดออกก่อนที่จะหมุนลงในตะกอนอีก

6.) การออกซิเดชั่นเปียก กระบวนการออกซิเดชั่นเปียก (wet oxidation) บางทีเรียกว่ากระบวนการซิมเมอร์แมน (zimmerman process) ตะกอนในน้ำเสียจะถูกทำให้เป็นชิ้นเล็ก ชิ้นน้อยผ่านรูตะแกรงขนาด 0.25 นิ้วได้ ทำให้ร้อนในถังเก็บผสมอุณหภูมิ 180 ° F แล้วส่งผ่านท่อที่มีอากาศภายใต้ความดัน 1,200 – 1,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนผสมอากาศตะกอนจะได้รับความร้อนต่อไปจนถึงอุณหภูมิ 400 ° F ก่อนที่จะไหลเข้าสู่รีแอคเตอร์ (reactor) ที่อยู่ในแนวตั้ง ภายใน reactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนจากอากาศจะออกซิไดซ์กับสารอินทรีย์ในตะกอนให้เป็นถ้า แล้วให้ความร้อนออกมาด้วย ซึ่งอุณหภูมิในรีแอคเตอร์ ประมาณ 500 ° F ของเหลวจากรีแอคเตอร์ จะพาเถ้าออกมาด้วย ซึ่งสามารถขจัดออกด้วยการตกตะกอน

5.) การทิ้งตะกอน (sludge disposal) การทิ้งตะกอนสามารถทำได้ 2 วิธีที่นิยมกัน คือ

1.) การทิ้งลงในแม่น้ำ ประหยัดที่สุดแต่ไม่นิยมทำกัน เพราะต้องตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำที่อนุญาตให้ทิ้งได้

2.) การทิ้งบนพื้น ประกอบด้วย

2.1) การฝัง ตะกอนที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนดิบ

2.2) การถมที่ ตะกอนที่ใช้ในการถมที่ควรเป็นตะกอนที่ย่อยแล้ว ซึ่งไม่มีกลิ่น ถ้าเป็นตะกอนเปียกพื้นที่ที่ใช้ถมจะกลายเป็นสระตะกอน สระที่ใช้มักเป็นสระค่อนข้างลึก ถมตะกอนเป็นชั้นๆ จนกว่าจะเต็ม

2.3) การใช้เป็นปุ๋ยหรือการปรับปรุงดิน ตะกอนน้ำเสียมีธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช เช่นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ตะกอนที่ย่อยแล้วนอกจากจากจะเป็นอาหารพืช ยังมีประโยชน์ในการปรับปรุงดินและช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น

6. การติดตามประเมินผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

การติดตามประเมินผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge สามารถที่จะทำได้ 2 ลักษณะคือ การตรวจสอบที่สามารถเห็นได้ (visual) และการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่าง (analytical)

1. การตรวจสอบที่สามารถเห็นได้จะต้องทำการตรวจสอบดังต่อไปนี้

1.1) สี สีของตะกอนเร่งที่ดีควรเป็นสีน้ำตาลเข้มคล้ายกับสีชอคโกแลต ถ้าพบว่าตะกอนเร่งมีสีดำคล้ำ แสดงว่าขาดออกซิเจนจนเกิดการเน่า จำเป็นต้องเพิ่มการให้อากาศและหากตะกอนมีสีผิดปกติแสดงว่ามีสารแปลกปลอมเข้ามาในระบบ

1.2) กลิ่น ระบบที่ได้รับการควบคุมที่ดีจะไม่มีกลิ่นเหม็น ถ้าตักตัวอย่างน้ำตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศมาดมดูจะมีเพียงกลิ่นอับๆ คล้ายกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินเท่านั้น แต่ถ้าระบบมีการเติมอากาศไม่เพียงพอตะกอนจุลินทรีย์ก็จะเน่า เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเห็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

1.3) ฟอง การสังเกตฟองที่เกิดขึ้นสามารถบอกลักษณะการทำงานของระบบได้หลายอย่าง หากพบฟองขาวออกมากับน้ำออกจากถังตกตะกอนขั้นที่ 2 แสดงว่ามีค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศมากเกินไป ถ้าพบฟองสีขาวที่ผิวน้ำในถังเติมอากาศแสดงว่าตะกอนจุลินทรีย์มีอายุน้อยเกินไป ต้องนำตะกอนบางส่วนไปทิ้งให้น้อยลงแต่ถ้าพบว่าตะกอนมีสีน้ำตาลที่ผิวน้ำในถังเติมอากาศแสดงว่าจุลินทรีย์มีอายุมากเกินไปต้องนำตะกอนส่วนเกินทิ้งไปให้มากขึ้น

1.4) การเจริญเติบโตของสาหร่าย การที่มีสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างมากมายเกาะอยู่ตามผนังของถังและรางส่งน้ำต่างๆ แสดงว่ามีอาหารเสริม คือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เหลือออกมากับน้ำออกเป็นจำนวนมากดังนั้นควรตรวจสอบค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสว่ามีเหลือออกมาเท่าใดและลดปริมาณการเติมให้พอเหมาะ

1.5) ลักษณะการเติมอากาศ สำหรับเครื่องกลเติมอากาศ จะต้องสังเกตลักษณะการตีน้ำของใบพัด น้ำกระจายได้ดีหรือไม่และต้องสามารถกวนน้ำให้ทั่วถึงทั้งบ่อ ซึ่งผู้ควบคุมจะต้องทดลองปรับและสังเกตลักษณะการตีน้ำที่ความลึกของใบพัดต่างๆ กัน ถ้าเป็นแบบเครื่องเป่าอากาศ จะต้องสังเกตปริมาณฟองอากาศชำรุด หรืออุดตันจะสังเกตเห็นอาการที่ผิดปกติที่แตกต่างกับบริเวณอื่นๆ

1.6) ลักษณะของน้ำออก หากพบว่ามีตะกอนแขวนลอยออกมากับน้ำออกจากถังตกตะกอนที่ 2 เป็นปริมาณมาก แสดงว่าระบบมีปัญหาในการควบคุมการทำงานซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ในกรณีที่น้ำไหลออกด้านหนึ่งมากกว่าปกติแสดงว่าแผ่นกั้นน้ำล้น (weir) ไม่สม่ำเสมอต้องปรับแผ่นกั้นน้ำล้นให้เสมอกันทั่วถัง หากว่ามีตะกอนออกมากับน้ำเสียแสดงว่า มีจุลินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ไม่ดีเช่น แบคทีเรียพวกเส้นใย (Filamentous bacteria) หรืออาจเกิดจากการไหลวนของน้ำในถัง

1.7) ฟองก๊าซในถังตกตะกอน หากพบฟองก๊าซในถังตกตะกอนขั้นที่สองแสดงว่าตะกอนจุลินทรีย์ตกค้างอยู่ในถังตกตะกอนนานเกินไปจำเป็นต้องเพิ่มอัตราการสูบตะกอนกลับ สาเหตุอาจเกิดจากมีชั้นตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่ก้นถังตกตะกอนสูงเกินไปจนทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจน และมีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกิดเป็นก๊าซต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ การที่เกิดก๊าซลอยขึ้นมานี้ก่อให้เกิดปัญหาในการควบคุมการทำงานเพราะฟองก๊าซจะเกาะ หรือพยุงเอาตะกอนจุลินทรีย์ในบริเวณนั้น ลอยขึ้นมาส่วนบนและไหลออกจากถังตกตะกอนทำให้ตะกอนมีความข่น

1.8) ตะกอนลอย การที่มีวัสดุลอยน้ำ (Floating Meterial) เหนือชั้นตะกอนลอย (Scum layer) ปรากฏที่ผิวน้ำในถังตกตะกอน แสดงให้เห็นว่ามีน้ำมัน หรือไขมันผสมอยู่มากทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ไม่สามารถตกตะกอนได้ดี และมีประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดีต่ำ สาเหตุอีกประการหนึ่ง คือ การเติมอากาศมากกินไปจนทำให้ฟองอากาศจับตัวกับตะกอนจุลินทรีย์ลอยขึ้นมาบนผิวน้ำ ปกติค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในถังเติมอากาศควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.9) การสะสมของตะกอน การสะสมของตะกอน (solid accumulation) ที่มุมถังหรือช่วงกลางระหว่างเครื่องเติมอากาศแสดงให้เห็นว่ามีการกวนในถังเติมอากาศไม่ดีพอ ตรวจสอบโดยการใช้ไม้หยั่งลงไปดูตามขอบถังหรือมุมของถังว่ามีตะกอนตกค้างอยู่หรือไม่

1.10) ลักษณะการไหลของน้ำ หากน้ำเกิดการไหลลัดวงจร ซึ่งหมายถึงน้ำเสียที่เข้ามาในถังเติมอากาศแล้วไหลออกไปโดยที่ไม่ได้ถูกบำบัดตามระยะเวลาที่ได้ออกแบบไว้ จะเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง สังเกตได้จากการลอยของตะกอน ฟอง การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการติดตั้งแผ่นกั้นน้ำ (Buffle) ในตำแหน่งที่เหมาะสม

1.11) การกวน การกวนให้ตะกอนจุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสียเป็นปัจจัยที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสีย และยังต้องมีกำลังเพียงพอที่ทำให้เกิดการตกตะกอนที่ก้นถังเติมอากาศ ควรเลือกการติดตั้งเครื่องเติมอากาศให้เหมาะสมกับถังเติมอากาศ

1.12) การสัมผัส ผู้ควบคุมจะต้องสังเกตและตรวจสอบเครื่องจักรต่างๆ ด้วยการสัมผัส เช่น การจับดูมอเตอร์ว่าร้อนผิดปกติหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่าง การตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่าง เป็นสิ่งที่จำเป็นการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อนำมาประเมินสภาพการทำงาน วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและคำนวณค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบต่างๆ

2.1) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) คือค่าของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เพื่อที่จะทราบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตหรือไม่ เพราะถ้ามีอยู่น้อยเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไม่ดี เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ถ้ามีมากทำให้ตะกอนลอยในถังตกตะกอน ออกซิเจนที่เหมาะสมควรมีค่าระหว่าง 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำเป็นตัวบ่งบอกว่าระบบการบำบัดเป็นปกติหรือไม่

2.2) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี บีโอดี (biochemical oxygen demand : BOD) บีโอดี เป็นดัชนีแสดงปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ เพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การวิเคราะห์ประกอบด้วยการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในขั้นแรกและเก็บตัวอย่างไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในน้ำอีกครั้ง ความแตกต่างของความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำทั้งสองครั้งนี้เรียกว่า บีโอดี

2.3) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand : COD) ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี อาจใช้สำหรับประมาณค่าความต้องการออกซิเจนทั้งหมด เนื่องจากการวิเคราะห์ใช้สารออกซิไดซ์ เช่น โปตัสเซียมไดโครเมต (potassium dicromate) ต้มกับสารอินทรีย์ในสารละลายของกรดอย่างแรงจึงทำให้ค่า ซีโอดีสูงกว่าค่าบีโอดี การวิเคราะห์ใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง

2.4) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) การวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย หมายถึง การวัดค่าแขวนลอย (solid in suspension) ที่สามารถกำจัดได้โดยการกรอง ของแข็งแขวนลอยนี้คำนวณได้จากการกรองน้ำที่มีปริมาตรที่แน่นอนผ่านกรวยแล้วนำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส จนแห้งแล้วนำไปใส่ในหม้อไร้ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(desiccator) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักก็จะทราบน้ำหนักของของแข็งแขวนลอย

2.5) อุณหภูมิ (temperature) สามารถวัดได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ หรือเครื่องวัดอุณหภูมิ ในการควบคุมการทำงานของกระบวนการต้องวัดอุณหภูมิเพื่อนำมาวิเคราะห์ประกอบการทำงาน เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 10 องศาเซลเซียส

2.6) น้ำมันและไขมัน (oil and grease) ถ้าหากว่ามีไขมันผสมอยู่ ต้องแยกออกก่อนที่จะส่งไปเข้าถังเติมอากาศ เนื่องจากน้ำมันและไขมันจะไปหุ้มติดอยู่กับผนังเซลของจุลินทรีย์ ทำให้อาหารและออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปในเซลไม่ได้เป็นผลให้จุลินทรีย์ตายหรือเจริญเติบโตได้ไม่ดี

2.7) อัตราการไหล (flow rate) การวัดอัตราการไหลของน้ำที่จุดต่างๆ ในระบบเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะผู้ควบคุมจะต้องคำนวณดุลยภาพของสาร (material balance) ในระบบ ใช้ควบคุมอัตราส่วน F/M และอายุของตะกอน คำนวณระยะเก็บกักในถังต่างๆ อัตราการสูบตะกอนกลับ และนำตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินทิ้งไป

2.8) ระยะเวลาเก็บ (detention time) น้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดในถังเติมอากาศจะต้องมีระยะเวลาที่ใช้บำบัดพอเพียงที่จุลินทรีย์สามารถทำการย่อยสลายสารต่างๆ ได้จนที่สุด การที่มีระยะเวลาเก็บกัก หรือระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดต่ำเกินไป จะทำให้ค่าบีโอดี ในน้ำออกสูง แต่ถ้ามีระยะเวลาเก็บกักนานเกินไปก็จะทำให้เกิดปัญหาในการตกตะกอนได้เช่นกัน ถ้าหากว่าระยะเวลาเก็บกักน้อยเกินไปตะกอนจุลินทรีย์จะตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำทิ้งขุ่น แต่ถ้าระยะเวลาเก็บกักนานเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์ขาดออกซิเจนเกิดตะกอนเน่า (denitrification)

2.9) สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (acidity and alkalinity) การทดสอบสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง จะทำให้ทราบถึงสมรรถนะในการรักษาค่าพีเอช ของน้ำเสียและน้ำเสียที่บำบัดแล้ว ทั้งนี้เพราะผลของการย่อยสลายสารอินทรีย์จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับน้ำจะได้กรดคาร์บอนิค หากน้ำเสียมีสมรรถนะในการรักษาพีเอช ไม่เพียงพอจะทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรดได้และเกิดไนตริฟิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คำบรรยายประกอบแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

หมายเลข	รายการ	คำอธิบาย
1.	อาคารปฏิบัติการควบคุม	ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ทั้งหมด เช่นการทำงานของเครื่องเติมอากาศ แสดงผังการทำงานของระบบ ตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือต่างๆ
2.	โรงงาน	โรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ที่ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งเมื่อมีการผลิตย่อมมีของเสียเกิดขึ้นจากขบวนการผลิต ของเสียที่ปล่อยออกมีทั้งน้ำเสีย ขยะ สารเคมีต่างๆ ซึ่งของเสียเหล่านี้มาจาก กรรมวิธีการผลิต การล้างเครื่องมือ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเป็นต้น ซึ่งของเสียส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์
3	บ่อรวบรวมน้ำเสีย	เป็นจุดรวบรวมน้ำเสียจากโรงงานและทำการตกตะกอนเบื้องต้นของเศษขยะที่มีชิ้นใหญ่ๆ หรือมีน้ำหนักมากเช่น เศษวัตถุดิบที่เหลือจากการผลิต น้ำเสียจากขบวนการล้าง การผลิต การล้างเครื่องมือ
4	โรงสูบน้ำเสีย(pumping station)	ทำหน้าที่สูบน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากการผลิตต่างๆ ในโรงงาน ไปยังบ่อตกตะกอนแต่ก่อนที่จะตกตะกอน น้ำเสียต้องผ่านขั้นตอนการปรับค่าความเป็นกรดด่างเสียก่อน
5	โรงเก็บกรด-ด่าง (acid-base storage)	ทำหน้าที่เก็บกรดด่าง เพื่อปรับค่า pH ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการบำบัดคือ ประมาณ 6.8 – 7.0 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	รายการ	คำอธิบาย
6	รางตกตะกอน (reaction tank & grit chamber)	ทำหน้าที่ตกตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการปรับค่าความเป็นกรดด่างเพื่อให้เหมาะสมต่อการบำบัด และให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยตกตะกอนกรวดทรายและวัสดุที่มีน้ำหนักมากให้ตกตะกอนก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอนที่ 1
7	ถังตกตะกอนที่ 1 (primary clarifier)	ทำหน้าที่ตกตะกอนน้ำเสียที่ผ่านมาจากรางตกตะกอนแต่มีของเสียหรือตะกอนบางส่วนที่ไม่สามารถตกตะกอนได้ในรางตกตะกอน ถังตกตะกอนที่ 1 เป็นการตกตะกอนน้ำเสียก่อนที่น้ำเสียที่ผ่านเข้าสู่ระบบการเติมอากาศ เพื่อตกตะกอนน้ำเสียให้มีตะกอนเหลือน้อยที่สุดไม่ว่าจะเป็นตะกอนขนาดเล็กในน้ำเสียก่อนส่งเข้าสู่ระบบบำบัด
8	บ่อเติมอากาศ (aeration basin)	เป็นจุดที่มีการเติมอากาศให้กับระบบบำบัด ระบบการเติมอากาศจะเป็นการเติมอากาศแบบฟู่ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากโดยใช้เครื่องอัดอากาศเป็นตัวเป่าอากาศเข้าไปในระบบท่อจ่ายอากาศ โดยทั่วไปประสิทธิภาพการถ่ายออกซิเจนลงไปในน้ำประมาณ 5 – 8 % สำหรับฟองอากาศขนาดใหญ่ และถ้าหากว่าฟองอากาศขนาดเล็กประมาณ 7 – 12 % เพื่อให้น้ำเสียสัมผัสกับอากาศและจุลินทรีย์ได้ใช้อากาศในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
9	ถังตกตะกอนที่ 2 (secondary clarifier)	ทำหน้าที่ตกตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในบ่อเติมอากาศเพื่อแยกส่วนของน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของจุลินทรีย์ โดยจะตกตะกอนเพื่อแยกส่วนของน้ำที่ใสและตะกอนของจุลชีพและสารอินทรีย์ น้ำเสียที่ใสจะไหลออกอยู่ตลอดเวลา ตะกอนก็จะตกลงสู่ก้นบ่อ และน้ำส่วนที่ใสจะนำไปให้คลอรีน แล้วปล่อยออกสู่แหล่งน้ำหรือแม่น้ำลำคลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	รายการ	คำอธิบาย
10	บ่อผสมคลอรีน (chlorine contact clarifier)	เป็นจุดที่มีการเติมคลอรีนให้กับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเมื่อมาถึงถังตกตะกอนที่ 2 จะได้สิ่งที่ออกมา 2 ส่วนคือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดและตะกอนส่วนของน้ำเสียจะนำมาผ่านขั้นตอนการเติมคลอรีนทำการฆ่าเชื้อโรคก่อนและค่า BOD ของน้ำเสียต้องไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณคลอรีนที่ใส่น้ำเสียก่อนจะปล่อยลงสู่แม่น้ำควรให้เหลือประมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจึงปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติต่อไป
11	โรงเติมคลอรีน (chlorination contact chamber)	กำหนดปริมาณคลอรีนที่จะทำการผสมในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคปริมาณคลอรีนที่ให้ในน้ำเสียที่ออกจากระบบ activated sludge คือประมาณ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร
12	บ่อสูบตะกอนกลับ (returned sludge sump)	ทำหน้าที่รับตะกอนจากถังที่ 2 แล้วตะกอนส่วนหนึ่งสูบกลับสู่ระบบการเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียต่อไปอีก ส่วนหนึ่งจะส่งไปสู่บ่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน
13	บ่อเพิ่มความเข้มข้นตะกอน (sludge thickener)	หลังจากที่ตะกอนที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดและตะกอนส่วนหนึ่งถูกสูบกลับไปยังบ่อเติมอากาศ โดยบ่อสูบตะกอนกลับตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกส่งมายังบ่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนเพื่อสะดวกต่อการขนย้ายและการแยกตะกอน
14	โรงพักตะกอน (sludge consolidation and storage)	ทำหน้าที่พักตะกอนที่ผ่านการทำให้เข้มข้นโดยบ่อเพิ่มความเข้มข้นแล้วรอการขนย้ายและรวบรวมตะกอนเพื่อส่งต่อไปยังบ่อแยกตะกอน
15	โรงแยกตะกอน (sludge dewatering house)	ทำหน้าที่ในการแยกตะกอน รีดตะกอน เพื่อนำไปทำปุ๋ย ถมที่ และการกำจัดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

การจัดทำแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge จัดทำในรูปแบบของแบบแปลนระบบกรทำงานของระบบ ซึ่งมีขั้นตอนในการทำดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ หลักการทำงาน ส่วนประกอบของระบบ หน้าที่แต่ละส่วนโดยละเอียดจากตำรา และผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นกำหนดแบบแปลนและเขียนแบบการทำงานของระบบและกำหนดสัญลักษณ์ต่างตามความถูกต้องและตามความเป็นจริงโดยมีการกำหนดมาตราส่วนในแบบแปลน และสามารถใช้ในการสื่อความหมายที่ถูกต้องและผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายในระบบการทำงานของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

3.4.2. ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแบบจำลองระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ได้แก่

1.) แผ่นไม้อัดสำเร็จรูป ขนาด 60 x 90 เซนติเมตร	1 แผ่น
2.) แผ่นพลาสติกหนา 0.5 เซนติเมตร	5 แผ่น
3.) สายไฟขนาดเล็ก	5 เมตร
4.) เลื่อยตัดเหล็ก	1 อัน
5.) เลื่อยฉลุ	1 ตัว
6.) เส้นพลาสติก	1 ชุด
7.) เครื่องมือบัดกรี (หัวแร้ง) พร้อมตะกั่วและขี้ผึ้ง	1 ชุด
8.) กาวลาเท็ก	1 หลอด
9.) มีดคัดเตอร์	1 อัน
10.) สีสเปรย์สีขาว และสีดำอย่างละ	1 กระป๋อง
11.) กาวยางซิลิโคน	1 กระป๋อง
12.) ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm.	1 ท่อ
13.) ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm	1 ท่อ
14.) แผ่นกำมะหยี่สำหรับปูพื้น	1 แผ่น
15.) เครื่องมือเขียนแบบ	1 ชุด
16.) แผ่นพลาสติกสำหรับปิดแบบจำลอง	1 แผ่น
17.) น้ำยาเชื่อมพลาสติก	1 ขวด
18.) สติกเกอร์	1 แผ่น
19.) สว่าน	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. โฟม	1 แผ่น
21. ไม้สำหรับทำโมเดล	5 แผ่น

3.4.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

1. เขียนแบบแปลนกำหนดตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์ในระบบ โดยทำการเขียนในกระดาษ A4 ก่อน เพื่อดูความเหมาะสมโดยกำหนดมาตราส่วน 1 ต่อ 500
2. ทำการตัดแผ่นพลาสติกสำหรับทำอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบโดยดูแบบแปลนเป็นหลักเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองโดยทำตัวโรงงานก่อนกำหนดตามแบบ
3. สร้างบ่อรวบรวมน้ำเสียก่อน และต่อจากนั้นสร้างโรงปรับสภาพน้ำเสีย และระบบระบบการกรองโดยเป็นรางตกตะกอนโดยอาศัย แรงโน้มถ่วงของโลกตามแบบที่วางไว้ เดินท่อเพื่อเป็นตัวส่งสารเคมีที่ใช้ในการปรับกรดด่างและพ่นสี
4. สร้างระบบการตกตะกอนเบื้องต้นโดยนำท่อพีวีซี ขนาด 4 เซนติเมตร มาทำการตัดตามความสูงที่กำหนดและติดตั้งมอเตอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องกวนขณะทำการตกตะกอนทั้งสองถัง
5. สร้างระบบการเติมอากาศโดยกำหนดความยาว ความกว้างความสูงตามแบบที่วางไว้
6. สร้างถังตกตะกอนที่สองโดยนำท่อพีวีซีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร มาตัดตามขนาดที่กำหนดติดตั้งมอเตอร์เพื่อใช้เป็นตัวกวนเพื่อกวาดตะกอนหรือไขมันที่ลอยตามผิวหน้า ทำทั้งสองถัง
7. สร้างโรงเติมคลอรีนตัดพลาสติกตามขนาดที่กำหนดไว้
8. สร้างบ่อผสมคลอรีนกับน้ำก่อนที่จะปล่อยออกจากระบบติดตั้งมอเตอร์เพื่อเป็นตัวกวนผสมน้ำเสีย
9. สร้างบ่อสูบตะกอนกลับตามขนาดที่กำหนดไว้
10. สร้างบ่อพักตะกอนกำหนดเป็นแบบเปิดเพื่อตากตะกอน
11. สร้างบ่อแยกตะกอนเพื่อนำตะกอนไปทิ้ง
12. หลังจากที่สร้างอุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จแล้วก็นำมาวางตามแบบแปลนที่เขียนไว้และเดินท่อเพื่อทำการต่อเชื่อมการทำงานของระบบและติดหมายเลขเพื่อ เพื่อเป็นการแสดงอุปกรณ์ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยทำการตรวจเช็คความถูกต้อง
14. ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบและประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การประเมินและการปรับปรุงแก้ไข

4.1 วิธีการตรวจสอบ

ในการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียระบบ activated sludge เพื่อประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เป็นการสร้างแบบจำลองที่ย่อส่วนมาจากของจริงโดยใช้มาตราส่วนเป็นตัวกำหนด เพื่อความเหมาะสมและความถูกต้อง เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้มากที่สุด จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและหาข้อแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งการตรวจสอบทำการตรวจสอบใน 2 ด้านด้วยกันคือ

4.1.1 การตรวจสอบด้านความถูกต้องของแบบจำลองแบ่งออกได้ดังนี้

1. ความมั่นคงแข็งแรงของแบบจำลอง
2. ความถูกต้องของมาตราส่วน
3. ความเหมาะสมของขนาดของแบบจำลอง
4. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
5. ความสวยงาม
6. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแบบจำลอง
7. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

4.1.2 การตรวจสอบด้านความถูกต้องในเนื้อหา

การตรวจสอบด้านความถูกต้องด้านเนื้อหาของการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge โดยทำการตรวจสอบในด้านความถูกต้องของเนื้อหาในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge มีรายละเอียดดังนี้

1. ความถูกต้องในการแสดงส่วนประกอบแต่ละส่วนของระบบ
2. ความถูกต้องในการอธิบายการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ตามขั้นตอนการบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการตรวจสอบแบบประเมินแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

ตารางที่ 4.2.1 แสดงการประเมินคุณภาพแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge

รายการ	ระดับการประเมิน		
	ดี	พอใช้	แก้ไข
1. ความมั่นคงแข็งแรงของแบบจำลอง	✓		
2. ความถูกต้องตามมาตราส่วน	✓		
3. ความเหมาะสมของขนาดของแบบจำลอง	✓		
4. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์		✓	
5. ความสวยงาม		✓	
6. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแบบจำลอง	✓		
7. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	✓		

ข้อเสนอแนะ ในส่วนของแบบ ควรปรับตัวเลข และตัวหนังสือในส่วนที่ใช้งาน เสียงกัน ข้อหนังสือแสดงคำอธิบายสัญลักษณ์ ควรใส่แสดงในรูปด้วย เพื่อความสะดวกในการอ่านควรปรับขนาดตัวอักษรให้ใหญ่ขึ้นกว่านี้ และเพิ่มเครื่องหมาย ลูกศร หมายเลข 13 หรือส่วนอื่นๆ ที่ควรจะแสดงให้ครบถ้วนมากขึ้น เพื่อความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.2 แสดงการประเมินแบบจำลองด้านความถูกต้องของเนื้อหา

รายการ	ระดับการประเมิน		
	ดี	พอใช้	แก้ไข
1.ความถูกต้องของเนื้อหาในการอธิบายส่วนประกอบในแต่ละส่วน	✓		
2. ความถูกต้องด้านเนื้อหาเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge	✓		

ข้อเสนอแนะ.....

ทำงานได้เป็นอย่างดี

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นส.ชุติมา อัชฌาลี)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร(3506-2004) (2-2-3) เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพการทำงานของระบบได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งการดำเนินการสร้างแบบจำลองเริ่มตั้งแต่ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร วารสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสื่อการสอนที่เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง และระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge เมื่อทำการศึกษาข้อมูลแล้วทำการวางแบบแปลนโดยการเขียนแบบวางระบบการทำงานต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ในการเขียนแบบใช้มาตราส่วน 1 : 500 และเริ่มทำการสร้างแบบจำลองตามแบบที่เขียนไว้ เมื่อทำการสร้างแบบจำลองเสร็จแล้วก็ทำการตรวจสอบประเมินคุณภาพของแบบจำลอง ซึ่งการประเมินจะทำการประเมิน 2 ด้านด้วยกันคือด้านความถูกต้องของแบบจำลอง ทั้งทางด้าน ความแข็งแรง ความถูกต้องตามมาตราส่วน ความเหมาะสมของขนาด ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสวยงาม ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำ ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และการประเมินคุณภาพด้านความถูกต้องของเนื้อหาเกี่ยวกับการแสดงส่วนประกอบแต่ละส่วนของระบบและความถูกต้องในการอธิบายการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ตามขั้นตอนการบำบัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการสร้างแบบจำลองไม่ว่าจะเป็นการสร้างแบบจำลองแบบใดก็ตาม ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะควรในการสร้างแบบจำลองคือ

1. ผู้จัดทำต้องมีความสนใจในงานที่จะทำจริงๆ
2. ต้องทำการศึกษาหาความรู้ในเรื่องการสร้างแบบจำลอง และเรื่องของมาตราส่วน
3. ต้องเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับแบบจำลองที่จะสร้าง
4. กำหนดมาตราส่วนให้แน่นอน
5. วางแผนการทำงานให้ถูกต้องและพยายามให้การทำงานเป็นไปตามแผนที่วางไว้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์. 442 น.

จริยา เหนียนเฉลย. ม.ป.ป. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซต. 140 น.

นิพนธ์ ศุขปรีดี. 2528. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : แพร่วิทยา .278 น.

_____.2521. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : แพร่วิทยา. 189 น.

ประหยัด จิระวรพงศ์. 2526. เทคโนโลยีการสอน. กรุงเทพฯ : อักษรวัฒนา. 80 น.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุเทพฯ : จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.318 น.

ลัดดา ศุขปรีดี. 2523. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : พิฆเณศ.222 น.

วรรณา เจียมทะวงษ์. 2528. ทักษะพื้นฐานของการผลิตสื่อ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีและนวกรรมทางการศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร. 150 น.

วาสนา ชาวหา.2522. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : แพร่วิทยา.278 น.

วิทยา แพร่วิจิตร. 2525. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.102 น.

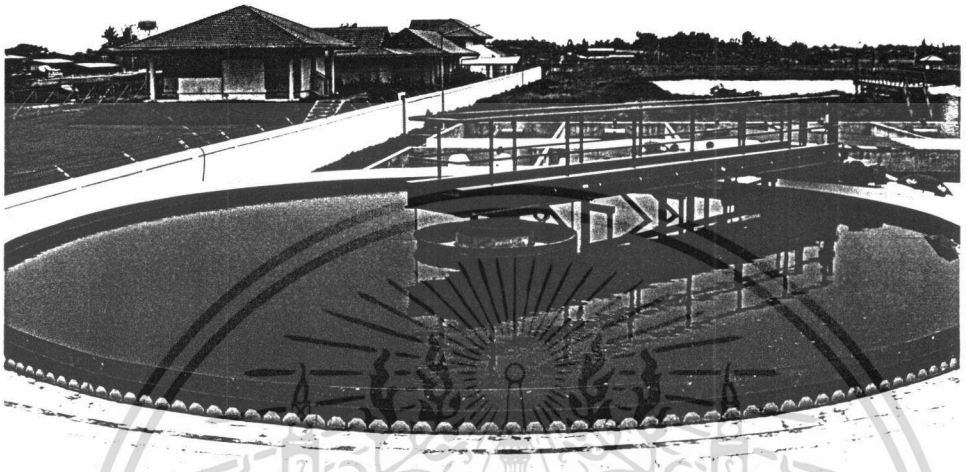
ศิวาพร ศิวเวชช. 2536 . การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 367 น.

สุพันธ์ สังข์อ่อง. 2536. สื่อการสอนและนวตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮาส์. 130 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



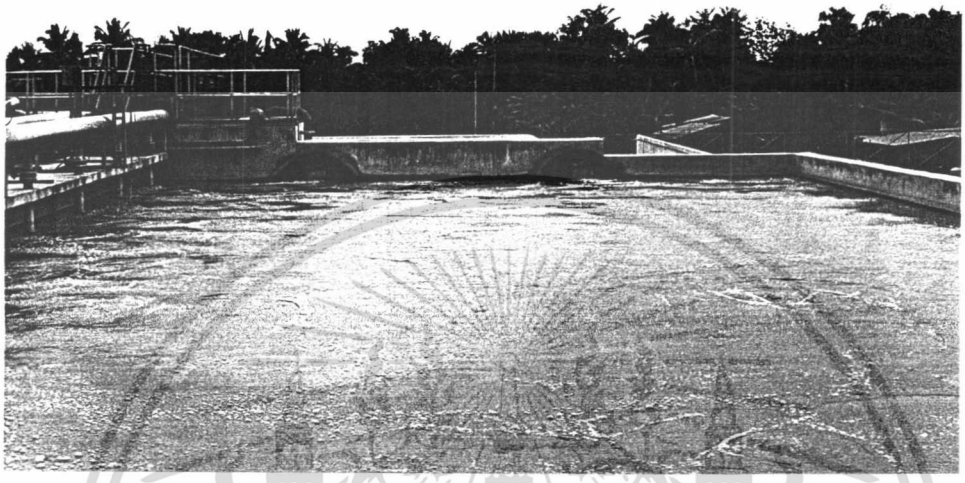
รูปแสดงบ่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน (sludge thickener)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดง โรงพักตะกอน(sludge consolidation and storage)

รูปแสดงตะกอนที่ผ่านการแยกตะกอน การรีดตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

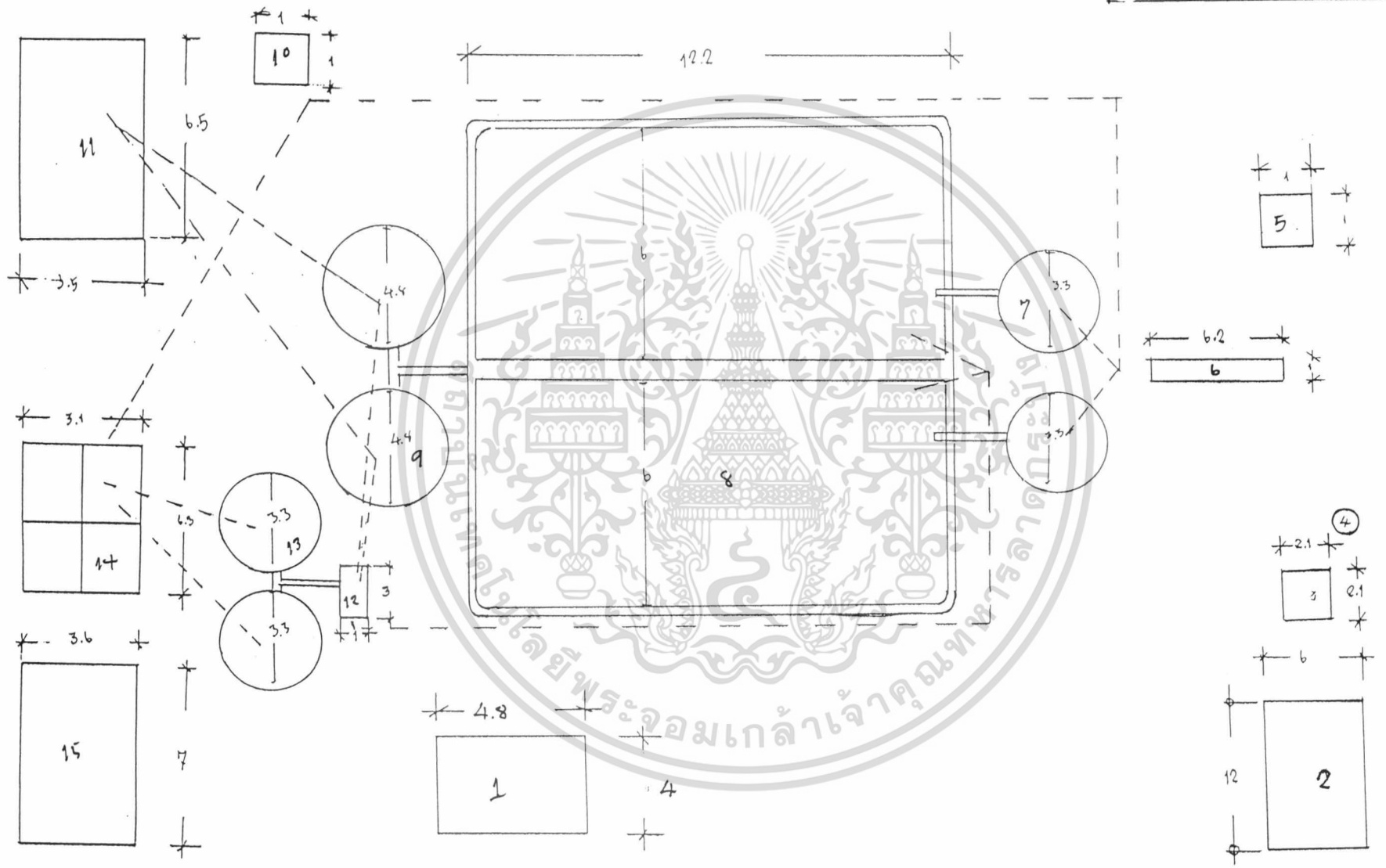


รูปแสดงบ่อเติมอากาศ(Aeration basin)

รูปแสดงบ่อเติมคลอรีน(Chlorine Contact clarifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project	ระบบน้ำมัดน้ำเสีย A.S.
Owner	คุณสาสตร์ราชนคร
Scale	1 : 50 @



มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง