การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

นางสาวสุกัญญา กุลจำเริญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2563

ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM UASB WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN SUGAR MILL FACTORY

Sukanya Kunchamroen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Master of Engineering in Energy and Logistics

Management Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2020

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.บัณฑิต กฤตาคม)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.ธีทัต ดลวิชัย)
กรรมการ

(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สุกัญญา กุลจำเริญ : การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย (ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM UASB WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN SUGAR MILL FACTORY) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์, 133 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตมีขอบเขตในการศึกษาแบบ Gate to Gate โดยจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานทรัพยากรต่าง ๆ รวมไปถึงการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือของเสียที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนธันวาคม 2561 และแบ่งขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ขั้นตอนการกวนผสม ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน และขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter โดยประเมินตามแนวทางของมาตรฐาน ISO 14040

จากผลการศึกษาพบว่า การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีค่าเท่ากับ 10.804 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือ ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 8.584 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 79.46% ของการปลดปล่อยทั้งหมด ลำดับถัดมาคือ ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ขั้นตอนการกวนผสมและขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 1.225, 0.496, 0.271 และ 0.226 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ตามลำดับ รายการที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ การเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกินค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 5.960 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SUKANYA KUNCHAMROEN : ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM UASB WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN SUGAR MILL FACTORY. THESIS ADVISOR : SOMSAK SIWADAMRONGPONG, Ph.D., 133 PP.

LIFE CYCLE ASSESSMENT/GREENHOUSE GAS EMISSION/ UASB WASTEWATER TREATMENT SYSTEM/CARBON FOOTPRINT

The research was aimed to assess greenhouse gas emission from UASB wastewater treatment system (UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket) using Life Cycle Assessment method. The gate-to-gate scope was set and data (material, energy, chemical and waste) were collected from historical records during January 2018 till December 2018. The processes of wastewater treatment were divided into 5 processes, Equalization pond 1, Equalization pond 2, Mixing tank, UASB system and Reduction of Hydrogen Sulfide gas by Wet Scrubber and Carbon Filter. The assessment was followed ISO 14040 standard criteria. The result showed that the greenhouse gas emission from UASB wastewater treatment system was 10.804 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$. The majority of emission was from UASB system process which release 8.584 kg.CO_2-eq/$kgCH_4$ or 79.46% of the overall impact. The greenhouse gas emission of Wet Scrubber and Carbon Filter, Equalization pond 1, Mixing tank and Equalization pond 2 processes were 1.225, 0.496, 0.271 and 0.226 $kgCO_2$-eq/kg.CH_4, respectively. The most impact activity was excess biogas to flare which released 5.960 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$.

School of Energy and Logistic Management Engineering Student's Signature

Academic year 2020 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา รวมถึงให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านการให้ข้อมูล ด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ซึ่งได้แก่

อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการดำเนินการวิจัย รวมถึงได้ช่วยตรวจทาง และแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนทำให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม และอาจารย์ ดร.ธีทัต ดลวิชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ความรู้ และแนวทางในการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงงานน้ำตาล ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูล การใช้สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และสนับสนุนในการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในเรื่องของการทำเอกสารต่าง ๆ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ พนักงาน โรงงานน้ำตาล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ให้คำแนะนำ สนับสนุน และให้กำลังใจในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ ทุกท่าน รวมถึงมิตรสหายที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ พนักงาน บริษัท แป้งมันเอี่ยมเฮงอุตสาหกรรม จำกัด ที่ได้แนะนำ และให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทความรู้ทางด้านต่าง ๆ ทั้งในเรื่องการศึกษา การใช้ชีวิตในสังคม รวมถึงคอยให้กำลังตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงครอบครัวของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความเมตตา ความห่วงใย การอบรมเลี้ยงดู คอยให้กำลังใจ รวมถึงการให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา

สุกัญญา กุลจำเริญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ภาวะโลกร้อนและก๊าซเรือนกระจก 5
2.1.1 ความหมายของภาวะโลกร้อน 5
2.1.2 ก๊าซเรือนกระจก 5
2.1.3 ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน 7
2.1.4 คาร์บอนเครดิต 13
2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 13
2.2.1 ระบบ UASB 13
2.2.2 ส่วนประกอบของระบบ UASB 14
2.2.3 หลักการของระบบ UASB 15
2.2.4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบ UASB 16
2.2.5 กระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศ 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต 18
2.3.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต 18
2.3.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต 18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 บทนำ 27
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope definition) 27
3.2.1.1 เป้าหมายของการศึกษา 27
3.2.1.2 ขอบเขตของการศึกษา 27
3.2.2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) 28
3.2.2.1 วัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 28
3.2.2.2 บัญชีรายการข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 31
3.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) 35
3.2.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) 36
4 ผลการดำเนินการวิจัย 37
4.1 ผลการดำเนินการวิจัย 37
4.1.1 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ 37
4.1.2 แผนภาพขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 38
4.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 48
4.2.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 49
4.2.2 แนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 83

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 พิจารณาแหล่งพลังงานทางเลือกอื่นทดแทนการผลิตก๊าซมีเทน จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 87
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง 88
5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 91
5.1 สรุปผลการวิจัย 91
5.2 ข้อเสนอแนะ 92
รายการอ้างอิง 93
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ขั้นตอนการผลิต 95
ภาคผนวก ข. ข้อมูลที่ใช้ทำการวิเคราะห์ 99
ภาคผนวก ค. วิธีการคำนวณ 101
ภาคผนวก ง. บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม 104
ประวัติผู้เขียน 133

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 คุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลทราย 3
2.1 ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 7
3.1 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบ UASB : ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 31
3.2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบ UASB : ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 32
3.3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบ UASB : ขั้นตอนการกวนผสม 32
3.4 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบ UASB : ขั้นตอนสร้างก๊าซมีเทน 33
3.5 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบ UASB : ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter 35
4.1 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 39
4.2 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 40
4.3 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการกวนผสม 41
4.4 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน 43
4.5 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter 47
4.6 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 50
4.7 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 55
4.8 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสม 62
4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน 70
4.10 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.11 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอน 82
4.12 ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดปริมาณการเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกิน 85
4.13 ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ และที่ส่งไปเผาไหม้ปัจจุบันและลดการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ 86
4.14 ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดปริมาณการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ 86
4.15 ค่าการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) 87
4.16 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการนำก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ไปใช้งานและของระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) 90
ข.1 ปริมาณข้อมูลของรายการที่ใช้ในการวิเคราะห์แต่ละเดือน 100
ค.1 มวลของก๊าซชีวภาพส่วนเกิน 102
ง.1 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 105
ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 107
ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม 113
ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน 119
ง.5 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter 129

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก 6
2.2 ผลกระทบจากการเกิดพายุและน้ำหลาก 8
2.3 การเกิดการเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากหรือ Dead Zone 9
2.4 ปริมาณน้ำในเขื่อนเข้าขั้นวิกฤต 10
2.5 น้ำแข็งละลายจากภาวะโลกร้อน 10
2.6 น้ำท่วมส่งผลเสียหายต่อนาข้าว 11
2.7 ปรากฏการณ์ Polar Vortex 12
2.8 หิมะตกหนักที่เวียดนาม 12
2.9 ประชากรพักพิงในพื้นที่เย็นในช่วงที่เกิดคลื่นความร้อน 13
2.10 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 14
2.11 ส่วนประกอบของระบบ UASB 15
2.12 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน 18
2.13 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ 20
3.1 ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 29
4.1 สารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย
แบบ UASB 37
4.2 แสดงผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสีย
แบบ UASB 82
4.3 แสดงเปอร์เซ็นของแต่ละขั้นตอนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB 83
4.4 เปอร์เซ็นต์ของรายการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของ
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย 83
4.5 ขั้นตอนและกิจกรรมที่ส่งผลกระทบมากที่สุด 84
4.6 ปริมาณก๊าซมีเทนส่วนเกินที่ลดลงในการส่งไปเผาไหม้ 84
4.7 รายการที่มีปริมาณการใช้ทรัพยากรเพิ่ม 85

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.8 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) 86
4.9 ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละระบบ 89
4.10 ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ที่เสนอแนวทางแก้ไข 90
ก.1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 96
ก.2 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 96
ก.3 ขั้นตอนการกวนผสม (Mixing tank) 97
ก.4 ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (UASB) 97
ก.5 ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter 98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมมีความทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในเรื่องภาวะโลกร้อนซึ่งส่งผลกระทบในวงกว้าง โดยส่งผลกระทบทั้งต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ นอกจากนั้นแล้วยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ก๊าซเรือนกระจกเป็นก๊าซที่พบได้ในชั้นบรรยากาศของโลก เมื่อมีปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยรักษาอุณหภูมิของโลกไม่ให้หนาวจัดในตอนกลางคืนหรือร้อนจัดในตอนกลางวัน การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้ชั้นบรรยากาศสามารถกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยก๊าซเรือนกระจกมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นส่วนมากเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำการเกษตร ยกตัวอย่างในการทำนาข้าวจะเกิดกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ออกมา การตัดไม้ทำลายป่า เป็นการลดแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และต้นไม้ที่โดนตัดไปก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ได้ดูดซับไว้ออกสู่บรรยากาศ โรงงานอุตสาหกรรมมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม จากการใช้วัตถุดิบทรัพยากร พลังงาน และการเกิดของเสีย แต่ละโรงงานก็มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรมและกระบวนการผลิต เป็นต้น ซึ่งก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทก็จะมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนต่างกันออกไป โดยการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีด้วยกันหลากหลายด้าน ทั้งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบรรยากาศโลก ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ความแห้งแล้ง อุทกภัย สุขภาพอนามัย ความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นต้น (ธารินี บัวดิษฐ์ และคณะ, 2555) ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งจากการเติบโตของประชากร การใช้ทรัพยากรที่เพิ่มมากขึ้น การพัฒนาเศรษฐกิจทำให้มีแนวโน้มปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ยิ่งส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรงมากขึ้น เห็นได้ชัดจากการที่โลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จำนวนการเกิดไฟป่าเพิ่มและรุนแรงมากขึ้น พายุมีความรุนแรงมากขึ้น

ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงาน 250.4 ล้านตัน และในภาคอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมทั้งสิ้น 69.6 ล้านตัน (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน) ในอุตสาหกรรมน้ำตาลทรายมีความสำคัญอย่างมากต่อภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากสร้างรายได้จากการส่งออกเข้าสู่ประเทศหลายหมื่นล้านบาทต่อปี โดยที่ผ่านมาประเทศไทยได้ส่งออกน้ำตาลทรายมากเป็นอันดับสองของโลก รองจากประเทศบลาซิล อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายอาจเป็นอุตสาหกรรมที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม) ซึ่งในปัจจุบันปี พ.ศ. 2563 ในประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลทรายทั้งหมด 58 โรงงาน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีก (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย) ในโรงงานผลิตน้ำตาลทรายโดยทั่วไปมีการใช้ทรัพยากรและพลังงานต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต เช่น น้ำ ไฟฟ้า ไอน้ำ เป็นต้น ได้ผลิตภัณฑ์ เกิดของเสีย และปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งในโรงงานผลิตน้ำตาลทรายมีวัตถุดิบ คือ อ้อย มีการขนส่งจากไร่อ้อยเข้าสู่โรงงาน ผ่านกระบวนการผลิตได้ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาว มีผลพลอยได้ คือ กากน้ำตาล สามารถนำไปผลิตเอทานอลใช้เป็นพลังงานได้เกิดของเสีย คือ ไอเสีย กากอ้อย นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและน้ำเสียจะถูกส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นให้มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด และเป็นการลดการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสียถูกระบุว่าเป็นหนึ่งในแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Sahely et al., 2006) คุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลทรายมีค่าความสกปรกค่อนข้างสูง ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพเหมาะสมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายจะผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจะนำกลับมาใช้ในโรงงาน และจากการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ได้ผลิตภัณฑ์จากการบำบัด คือ ก๊าซชีวภาพ นำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ของโรงงาน คือ ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ขั้นตอนการกวนผสม ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน และขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวก็จะมีการใช้ทรัพยากรและพลังงาน เช่น การใช้สารเคมี ไฟฟ้า น้ำดิบในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียและได้ก๊าซชีวภาพ ซึ่งนำกลับไปใช้เป็นพลังงานและมีของเสียที่เกิดขึ้น เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภาชนะที่ใส่สารเคมีใช้แล้ว ตะกอนจากการลอกบ่อ เป็นต้น จากขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรง คือ ในการบำบัดน้ำเสียที่ไม่ใช้อากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย

แบบ UASB ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ และก๊าซอื่น ๆ และทางอ้อม คือ การใช้พลังงานและทรัพยากรต่าง ๆ ในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย และโดยส่วนใหญ่การบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยนิยมใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) จะมีส่วนน้อยที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

ตารางที่ 1.1 คุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลทราย

พารามิเตอร์	ลักษณะน้ำเสีย	มาตรฐานน้ำทิ้ง
pH	4.93	5.5 – 9.0
COD (mg/l)	12,000	≤ 120
BOD (mg/l)	5,200	≤ 20
TKN (mg/l)	50	≤ 100
SS (mg/l)	930	≤ 50
TDS (mg/l)	3,500	≤ 3,000

ที่มา : ค่าเฉลี่ยน้ำเสียจากในโรงจักรฤดูหีบน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

1.2.2 เพื่อเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยวิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment Method) ตามโครงสร้างของ ISO 14040

1.3.2 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.3.3 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบ Gate to Gate

1.3.4 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง

1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ทบทวนการศึกษา รวบรวมข้อมูลรวมทั้งสำรวจปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาวิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. ศึกษาการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB
4. รวบรวมทฤษฎี ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และปัญหา
5. ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย
6. วิเคราะห์ผลการประเมิน ปัญหา และแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย
7. สรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

1.5.2 ทราบแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาวะโลกร้อนและก๊าซเรือนกระจก

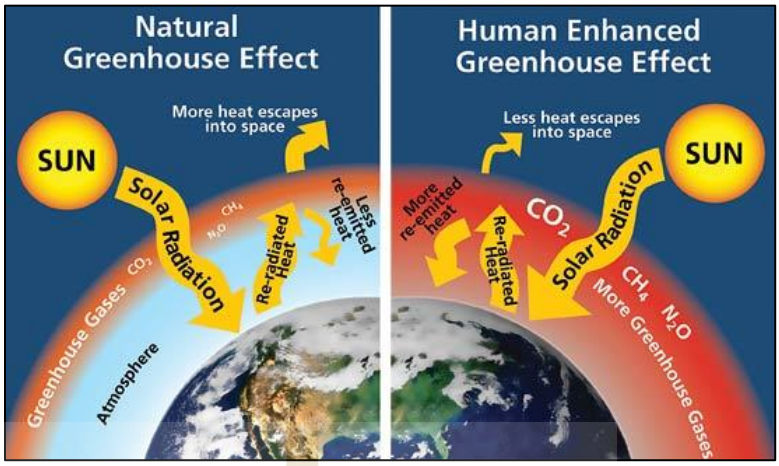
2.1.1 ความหมายของภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อน หมายถึง การที่อุหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ และจากการที่โลกรับความร้อนจากภายนอกแล้วไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ เนื่องจากโดนกักไว้โดยก๊าซเรือนกระจก ทำให้อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศกักเก็บความร้อนไว้มากขึ้นจึงเกิดเป็นภาวะโลกร้อน ซึ่งภาวะโลกร้อนสาเหตุหลักเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก

2.1.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนในบรรยากาศได้ ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีความสำคัญต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกเพื่อให้อุณหภูมิในบรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิที่คงที่ หากในบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในปริมาณเหมาะสมก็จะส่งผลให้กลางวันมีความร้อนจัด และตอนกลางคืนหนาวจัด เป็นปรากฏการณ์ที่ ในเวลากลางวันก๊าซเรือนกระจกจะดูดซับคลื่นรังสีความร้อนไว้ แล้วค่อย ๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ช่วยรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก แสดงดังรูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นได้ทั้งโดยธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติจะมีปริมาณที่เหมาะสม และช่วยรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลก แต่จากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งการทำการเกษตร การเพิ่มขึ้นของอุตสาหกรรม การใช้ทรัพยากรและพลังงานต่าง ๆ เพิ่มขึ้น การเติบโตของเศรษฐกิจโลก รวมถึงการเติบโตของประชากรโลก ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศกักเก็บความร้อยไว้มากขึ้น เกิดเป็นภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและระบบนิเวศน์



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (ที่มา: http://www.library.mju.ac.th/km/?p=729)

ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์คือ การเผาไหม้ที่มีออกซิเจนที่เพียงพอสำหรับการเผาไหม้ การเผาไหม้มีหลายรูปแบบ เช่น การเผาไหม้ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ยานพาหนะ รวมถึงการหุงต้ม การเผาไหม้ของถ่านหิน การเผาไหม้ของซากพืชหรือสัตว์ หรือการเผาป่า การเลี้ยงสัตว์ การทำฟาร์ม ซึ่งส่งผลให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการลดพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มาเป็นพื้นที่สำหรับการทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์

2. ก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การทำนาข้าว ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือพวกฟางข้าวที่อยู่ในน้ำหรือในดิน เกิดเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศทำให้เกิดเป็นก๊าซมีเทนปลดปล่อยออกมา การปศุสัตว์โดยเฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งปล่อยก๊าซมีเทนจากการที่สัตว์เรอหรือผายลมออกมา เนื่องจากเกิดการย่อยสารอินทรีย์ในกระเพาะอาหาร ทำให้ผลิตก๊าซมีเทน หรือจากการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศทำให้เกิดเป็นก๊าซมีเทน

3. กลุ่มของสารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น สารทำความสะอาดอุปกรณ์ไฟฟ้า แผงวงจรไฟฟ้า วงจรคอมพิวเตอร์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์หรืออุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในกระบวนการผลิต เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมพลาสติก เป็นต้น

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้มากขึ้น หมายความว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งก๊าซเรือนกระจแต่ละชนิดก็มีศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน โดยค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนขึ้นอยู่กับการแผ่รังสีความร้อน และอายุของก๊าซนั้น ๆ ที่อยู่ได้ในชั้นบรรยากาศ โดยจะคิดเทียบศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจก	**อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)**	**ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)**
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	5 – 200	1
มีเทน (CH_4)	12	25
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	114	298
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	1.4 – 270	124 – 14,800
เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	1,000 – 5,000	7,390 – 12,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	3,200	22,800
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	740	17,200

ที่มา: องค์การบริการจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.1.3 ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อนซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สภาวะอากาศแปรปรวน การเกิดพายุ น้ำท่วม ไฟป่า หรือความแห้งแล้ง รวมถึงระดับน้ำในทะเลสูงขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อผลิตผลทางการเกษตร ระบบนิเวศน์เปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นแล้วยังส่งผลถึงในด้านของความถี่ในการเกิดขึ้นความรุนแรงที่มากขึ้นอีกเช่นกัน

ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ ซึ่งแต่ละพื้นที่ของโลกก็จะได้รับผลกระทบที่แตกต่างกันออกไป ผลกระทบที่เห็นได้ชัด เช่น สภาวะอากาศแปรปรวน จากที่อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลต่อการไหลเวียนของไอน้ำ ความดันอากาศ รวมถึงการเคลื่อนที่ของลม ทำให้เกิดพายุที่รุนแรง หรือพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดพายุ

ก็สามารถเกิดขึ้นได้ การที่ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล การเกิดน้ำท่วม หรือในอีกแง่ คือ การเกิดความแห้งแล้ง เมื่อดินมีความแห้งแล้งมากขึ้นก็จะยิ่งเก็บน้ำได้น้อยลง และเมื่อมีฝนตกหนักหรือพายุก็จะเกิดน้ำหลากหรือน้ำท่วมได้ง่ายขึ้น ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 ผลกระทบจากการเกิดพายุและน้ำหลาก

รูปที่ 2.2 ผลกระทบจากการเกิดพายุและน้ำหลาก (ที่มา: Greenpeace)

ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ เมื่อมีฝนตกหนัก เกิดพายุ หรือน้ำหลาก สิ่งที่ตามมาก็คือการพัดพาของหน้าดิน ตะกอนต่าง ๆ ทำให้แหล่งน้ำมีความขุ่น หรือเกิดการตื้นเขิน และอาจรวมไปถึงการที่มีน้ำพัดหรือไหลออกไปสู่ชายฝั่งอาจส่งผลให้เกิดการทำลายแนวปะการัง แหล่งอาศัยของอนุบาลสัตว์น้ำ และนอกจากนี้ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์มีแหล่งกักเก็บอีก 1 แหล่ง คือ ในมหาสมุทร ซึ่งการที่ในมหาสมุทรกักเก็บก๊าซเรือนกระจกสะสมและมากขึ้นไปเรื่อย ๆ ก็จะส่งผลให้น้ำทะเลมีสภาะเป็นกรด ซึ่งมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น หอย การที่น้ำทะเลมีสภาวะเป็นกรดจะทำให้กระดองของหอยเสื่อมและอาจส่งผลถึงการล้มตายของหอยเป็นจำนวนมาก แมงกระพรุน จะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ หรือแพลงก์ตอนอาศัยอยู่ไม่ได้ ซึ่งแพลงก์ตอนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ในท้องทะเลอย่างมาก เป็นทั้งแหล่งอาหารของสัตว์อื่น ๆ รวมถึงการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยก๊าซออกซิเจน ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับต้นไม้ ผลกระทบดังกล่าวรวมไปถึงปะการังที่ทนต่อสภาวะเป็นกรดได้ยาก และหากไม่มีปะการังก็จะส่งผลให้สัตว์บางชนิดไม่มีที่อยู่อาศัย ทั้งนี้จะส่งผลต่อทั้งระบบห่วงโซ่อาหารในท้องทะเล นอกจากนั้นแล้วพวกตะกอนดิน หรือน้ำต่าง ๆ ที่มีสารพวกไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัส ที่ไหลลงสู่ท้องทะเล หรือ

ตามแนวชายฝั่ง สารพวกนี้จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชและสาหร่าย ในการเจริญเติบโตก็จะมีการใช้ออกซิเจนในน้ำ และเมื่อมีปริมาณมากขึ้นความต้องการใช้ออกซิเจนก็จะมากขึ้น ทำให้ออกซิเจนในน้ำก็จะลดลง และมีการบดบังแสงแดดที่จะส่องลงสู่ใต้ท้องทะเล ทำให้พื้นที่ใต้น้ำมีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีอยู่เลย สัตว์และสิ่งมีชีวิตก็จะอาศัยอยู่ไม่ได้ และตายลงในที่สุด และเมื่อสาหร่ายตายลงก็จะตกลงสู่ใต้น้ำเกิดการย่อยสลาย และมีการใช้ออกซิเจนมากขึ้น ผลกระทบต่อแหล่งน้ำแสดงดังรูปที่ 2.3 การเกิดการเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากหรือ Dead zone

รูปที่ 2.3 การเกิดการเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากหรือ Dead zone (ที่มา: Smithsonian magazine)

ผลกระทบต่อแหล่งพลังงาน ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อแหล่งพลังงานเกิดขึ้นกับกิจกรรมขุดเจาะน้ำมันในมหาสมุทรที่อยู่ใต้อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดพายุหมุนที่รุนแรงย่อมเป็นอุปสรรคในการขุดเจาะน้ำมันในทะเลและมหาสมุทร วาตภัยอาจกระหน่ำแท่นขุดเจาะน้ำมันในทะเลจนอับปาง การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานลม ก็อยู่ในข่ายที่จะได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศมากกว่าการผลิตพลังงานรูปแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะระดับน้ำที่ลดลงอย่างมากของเขื่อนในหน้าแล้งทำให้มีปริมาณน้ำไม่พอต่อการผลิตไฟฟ้า ผลกระทบต่อแหล่งพลังงานแสดงดังรูปที่ 2.4 ปริมาณน้ำในเขื่อนเข้าขั้นวิกฤต

รูปที่ 2.4 ปริมาณน้ำในเขื่อนเข้าขั้นวิกฤต (ที่มา: The Standard)

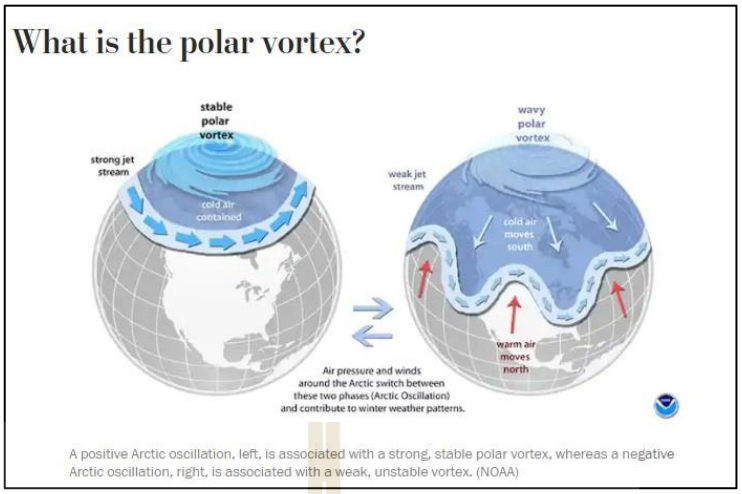
ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลและที่อยู่อาศัยของมนุษย์ การที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นส่งผลให้น้ำแข็งขั้วโลกละลายได้ดียิ่งขึ้น และเมื่อน้ำแข็งละลายก็จะส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นเช่นกัน และเมื่อน้ำทะเลสูงขึ้นเรื่อย ๆ อาจเกิดน้ำท่วม ก็จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล เกิดการย้ายถิ่นฐานส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และสังคม และอาจส่งผลกระทบถึงการแย่งชิงการใช้ทรัพยากร ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลแสดงดังรูปที่ 2.5 น้ำแข็งละลายจากภาวะโลกร้อน

รูปที่ 2.5 น้ำแข็งละลายจากภาวะโลกร้อน (ที่มา: Greenpeace)

ผลกระทบต่อการเกษตรกรรม จากการที่สภาพภูมิอากาศแปรปรวนย่อมส่งผลกระทบต่อการเกษตรกรรม เช่น การเกิดความแห้งแล้ง ในเกษตรกรรมก็จะมีน้ำใช้ไม่เพียงพอต่อการผลิต การเกิดพายุหรือน้ำท่วม ก็ส่งผลเสียหายต่อผลผลิต หรือแม้แต่อากาศที่ร้อนขึ้นจะเร่งการระเหยและการคายน้ำของพืช ทำให้ต้องมีการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น หรืออากาศที่หนาวหรือร้อนเกินไปก็เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือแมลงบางชนิดที่ทำลายพืชผล ผลกระทบต่อเกษตรกรรมแสดงดังรูปที่ 2.6 น้ำท่วมส่งผลเสียหายต่อนาข้าว

รูปที่ 2.6 น้ำท่วมส่งผลเสียหายต่อนาข้าว (ที่มา: มูลนิธิชีวิตไท)

ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของโลก จากภาวะโลกร้อนที่ส่งผลกระทบในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับน้ำทะเลที่สูงและอุ่นขึ้น ทำให้แมวน้ำและหมีขาวกำลังเผชิญกับฤดูหนาวที่สั้นลง การที่อากาศขั้วโลกเหนือถ่ายเทอุณหภูมิที่หนาวเย็นไปยังพื้นที่โดยรอบได้มากขึ้น ทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีอุณหภูมิที่ลดลงอย่างมากอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ซึ่งเรียกว่า Polar Vortex แสดงดังรูปที่ 2.7 ปรากฏการณ์ Polar Vortex หรือการเกิดไฟป่าที่มากขึ้น ซึ่งการเกิดไฟป่าที่มากขึ้นก็ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาจากการที่ต้นไม้กักเก็บไว้ และลดพื้นที่ในการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ ในขณะเดียวกันการเกิดไฟป่ายังส่งผลให้เกิดฝุ่นขึ้น และหน้าดินมีการพังทลายมากขึ้น จากการที่ไม่มีผืนป่ายึดหน้าดินและดูดซับน้ำไว้ เกิดความแห้งแล้ง ผลกระทบทั้งหมดส่งผลต่อการมีชีวิตของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์ ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ แสดงดังรูปที่ 2.8 หิมะตกหนักที่เวียดนาม

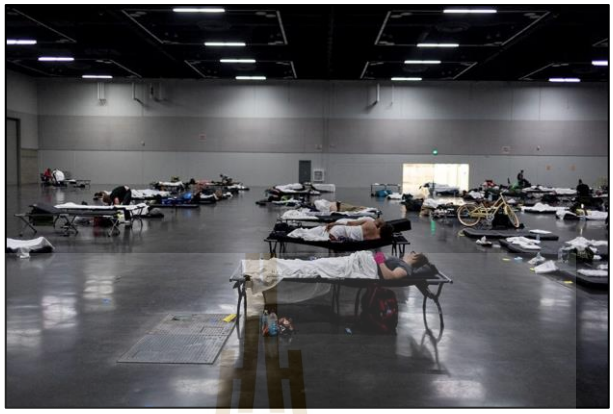


รูปที่ 2.7 ปรากฏการณ์ Polar Vortex (ที่มา: Thai Publica)

รูปที่ 2.8 หิมะตกหนักที่เวียดนาม (ที่มา: Thai Publica)

ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศทำให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม อากาศที่ร้อนและมีความชื้นสูงจะส่งผลต่อสุขภาพในการทำงานของมนุษย์ ก่อให้เกิดความกดดันต่อสภาพร่างกายและจิตใจ ร่างกายจึงมีภูมิคุ้มกันที่ต่ำลงจนง่ายต่อการรับเชื้อโรคที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศ โดยอุณหภูมิและความชื้นที่สูงเกินไปอาจทำให้ร่างกายปรับตัวไม่ทันจนเกิดการเสียชีวิตได้ เช่น กรณีคลื่นความร้อน (Heat wave) ที่แผ่ขยายสู่ เมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2538 ทำให้มีผู้สูงอายุ เด็กและคนป่วย เสียชีวิต 739 คนภายในเวลา 1 สัปดาห์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 และในเดือนสิงหาคม ปี 2546 คลื่นความร้อนได้ทำให้คนยุโรปเสียชีวิตประมาณ 35,000 คน โดยเฉพาะที่ฝรั่งเศสแห่งเดียว

มีคนเสียชีวิตถึง 14,802 คน โดยอากาศอุ่นชื้นที่รุนแรงของคลื่นความร้อนทำให้ร่างกายของมนุษย์สูญเสียน้ำอย่างมาก รูปที่ 2.9 ประชากรพักพิงในพื้นที่เย็นในช่วงที่เกิดคลื่นความร้อน



รูปที่ 2.9 ประชากรพักพิงในพื้นที่เย็นในช่วงที่เกิดคลื่นความร้อน (ที่มา: ข่าวสด)

2.1.4 คาร์บอนเครดิต

คาร์บอนเครดิต คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้ ซึ่งเป็นแนวคิดที่ใช้กลไกตลาดเพื่อเป็นแรงจูงใจในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดให้เป็นสินค้าสำหรับการซื้อขายได้ และยังมีการกำหนดราคาของคาร์บอนเครดิตด้วย ตลาดคาร์บอนกำหนดได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ตลาดคาร์บอนภาคบังคับ (Mandatory carbon market) คือ ตลาดคาร์บอนที่มีการซื้อขายคาร์บอนเครดิตและสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามที่กฎหมายบังคับ เช่น ตลาดคาร์บอนภายใต้พิธีสารเกียวโต

2. ตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market) คือ ตลาดคาร์บอนที่เกิดขึ้นจากความสมัครใจให้ความร่วมมือของภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อลดการปลดปล่อยคาร์บอน ซึ่งมีการกำหนดเป้าหมายในการลดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเอง ไม่ได้มีข้อผูกมัดทางกฎหมาย

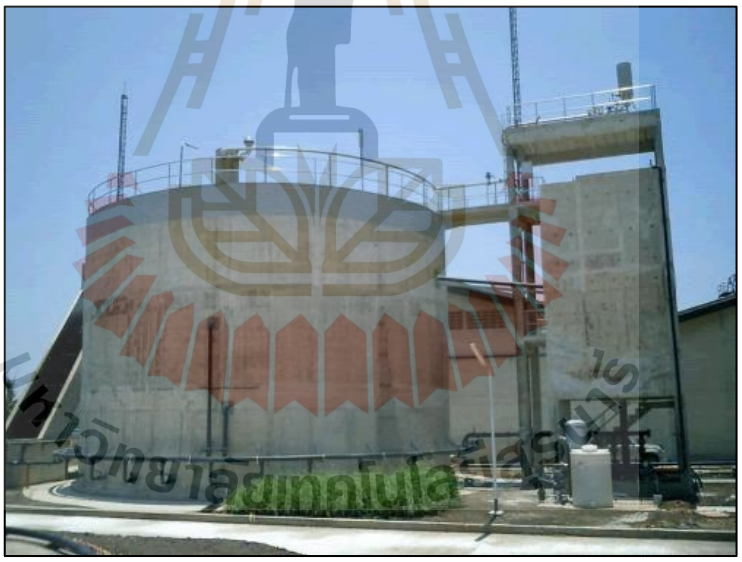
2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

2.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง สามารถบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

ได้หลายประเภท เช่น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง น้ำเสียจากฟาร์มสุกร น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย เป็นต้น สามารถลดความสกปรกของน้ำเสียในรูป COD ในช่วง 2,500 – 15,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้สูงถึง 75 – 85% โดยใช้เวลาในการบำบัดเพียง 4 – 12 ชั่วโมง และยังเป็นระบบที่ประหยัดพลังงาน เนื่องจากไม่ต้องมีการเติมอากาศ รวมถึงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือทำความร้อนได้ รูปที่ 2.10 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

ข้อแตกต่างระหว่าระบบ UASB กับระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปที่เห็นเด่นชัด คือ จะเป็นถังลักษณะสูง และน้ำเสียจะถูกป้อนเข้าสู่ด้านล่างของถังปฏิกิริยาให้ไหลย้อนกลับขึ้นทางด้านบน (Upflow Feeding) โดยน้ำเสียจะไหลผ่านชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง ชั้นตะกอนจุลินทรีย์นี้จะแขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นชั้นหนา (หรือที่เรียกว่า Blanket) โดยไม่มีตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ เมื่อน้ำเสียสัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศ และเกิดก๊าซต่าง ๆ เช่น ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น



รูปที่ 2.10 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

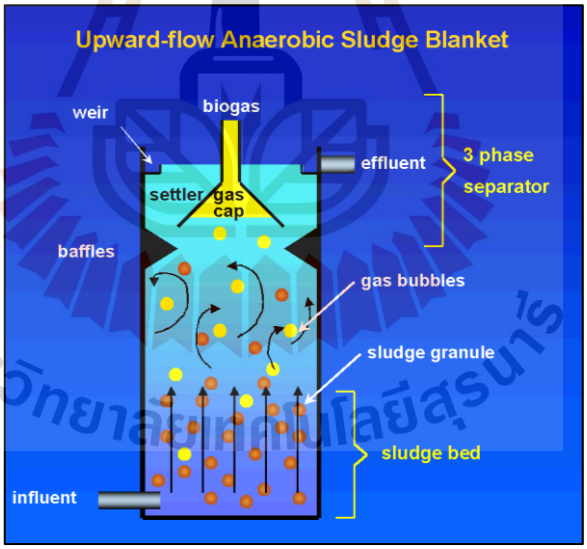
2.2.2 ส่วนประกอบของระบบ UASB

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ประกอบด้วยหลัก ๆ 3 ส่วน คือ (1) ส่วนตะกอนชั้นล่าง (2) ส่วนตะกอนลอย และ (3) อุปกรณ์แยกก๊าซ-ของแข็ง-ของเหลว ส่วนประกอบของระบบ UASB แสดงดังรูปที่ 2.11 โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนตะกอนชั้นล่าง (Sludge bed) เป็นส่วนที่ตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความหนาแน่นสูงตกตะกอนอยู่บริเวณด้านล่างของถังปฏิกิริยา

2. ส่วนตะกอนลอย (Sludge blanket) เป็นชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าชั้นแรกเมื่อน้ำเสียถูกป้อนเข้ามาในถังปฏิกริยาจึงทำให้ตะกอนสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ ตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บสะสมอยู่ในถังปฏิกิริยาเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูง ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ UASB อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันได้เป็น 2 ลักษณะ คือ เป็นเม็ด (Granules) หรือเป็นอนุภาคขนาดเล็ก (Particle)

3. อุปกรณ์แยกก๊าซ-ของแข็ง-ของเหลว (Gas-solid-liquid separator) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนของถัง เมื่อตะกอนที่รวมตัวกับก๊าซลอยตัวขึ้นด้านบนจะถูกแยกออกด้วยอุปกรณ์ตัวนี้ ส่วนที่เป็นของแข็งจะตกตะกอนกลับลงมาด้านล่างไปยังบริเวณ Sludge blanket ส่วนก๊าซจะลอยขึ้นด้านบนและถูกเก็บกักไว้ในช่องว่างบริเวณฝาถัง ส่วนน้ำที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลออกด้านบนเข้าสู่ช่องตกตะกอน (Settling chamber) เพื่อให้ตะกอนที่อาจหลุดลอดออกไปด้วยตกกลับลงสู่ส่วนล่างอีก



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของระบบ UASB

2.2.3 หลักการของระบบ UASB

หลักการที่สำคัญของระบบ UASB คือ การจะทำให้ Sludge Blanket แขวนลอยอยู่ในถังปฏิกริยาเพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์มีโอกาสสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง ซึ่งจะต้องควบคุมความเร็วของน้ำเสียที่ไหลขึ้นไม่ให้น้อยหรือมากเกินไป โดยต้องอยู่ในช่วง 0.6 – 0.9 เมตรต่อชั่วโมง

เพราะหากความเร็วของน้ำที่ไหลขึ้นสูงเกินไปตะกอนจะถูกพัดพาออกไปกับน้ำทิ้ง หากความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าต่ำเกินไปก็จะเกิดการตกตะกอน โดยมีกลไกและลักษณะการทำงานของส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนที่เกิดปฏิกิริยาจะอยู่ทางด้านล่างของถังซึ่งเป็นส่วนที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ การไหลของน้ำเสียในถังจะเป็นการไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบน มีการป้อนน้ำเสียจะป้อนเข้าทางด้านล่างของถังยูเอเอสบีผ่านทางระบบการกระจายน้ำเสีย ซึ่งการกระจายน้ำเข้าถังจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั้งหน้าตัดของถัง การเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในถังยูเอเอสบีจะควบคุมให้ตะกอนสะสมเป็นชั้นตะกอนที่มีความหนาแน่น น้ำเสียที่ต้องการบำบัดจะไหลผ่านชั้นตะกอน แบคทีเรียในชั้นตะกอนซึ่งอยู่กันอย่างหนาแน่นจะเกิดการรวมกันเป็นเม็ด (Granule) โดยเม็ดตะกอนที่มีความหนาแน่นสูงจะจมตัวอยู่ด้านล่าง มีการจัดเรียงตัวจากขนาดใหญ่ขึ้นไปหาเล็กเหมือนชั้นทรายกรอง ส่วนกลุ่มที่มีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งมีความเร็วในการจมตัวต่ำกว่าฟุ้งกระจายขึ้นมาเป็นชั้นตะกอนแขวนลอย โดยฟองก๊าซที่เกิดขึ้นและการไหลของน้ำที่เข้ามาจากด้านล่างของถังจะช่วยทำให้เกิดการผสมขึ้น

2. ส่วนตกตะกอนและแยกก๊าซ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมและลดปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้ง และทำหน้าที่รวบรวมก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป จึงมีการติดตั้งอุปกรณ์แยกก๊าซ (GSS) น้ำเสีย และแบคทีเรียในรูปตะกอนแขวนลอยไว้ด้านบนของถังซึ่งจะเรียกว่าเป็นอุปกรณ์ Gas-Solid Separator หรือ GSS โดยการออกแบบหลายลักษณะตามขนาดและรูปร่างของถังปฏิกิริยา แต่ใช้หลักการออกแบบเดียวกัน คือ

1) แยกน้ำกับก๊าซโดยอาศัยหลักการที่ว่าน้ำสามารถไหลเลี้ยวไปมาได้ในขณะที่ก๊าซมีการลอยตัวจากด้านล่างขึ้นสูงด้านบนเป็นเส้นตรงเท่านั้น ยกเว้นมีสิ่งกีดขวางหรือแผ่นปะทะใด ๆ มาเปลี่ยนทิศทางการลอยตัวขึ้น หลังจากผ่านพ้นสิ่งกีดขวางนั้นแล้วก็จะลอยตัวเป็นเส้นตรงดังเดิม จึงออกแบบและติดตั้งแผ่นปะทะเพื่อขวางทิศทางการไหล ทำให้น้ำและก๊าซมาปะทะแล้วเบี่ยงเบนการไหลของน้ำและก๊าซออกจากกัน

2) แยกตะกอนออกจากน้ำโดยทำให้เกิดการตกตะกอนของตะกอนแบคทีเรียที่ไหลขึ้นมา การแยกตะกอนจะเกิดในส่วนบนสุดของถัง โดยในส่วนนี้จะไม่มีก๊าซ มีความปั่นป่วนที่ต่ำ สามารถแยกน้ำและตะกอนได้โดยง่าย ดังนั้น GSS จึงต้องมีพื้นที่ส่วนที่เป็นน้ำนิ่งเพียงพอที่ตะกอนจะตกกลับมายังถังปฏิกิริยาได้

2.2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบ UASB

สำหรับน้ำเสียที่จะบำบัดด้วยระบบ UASB (รวมถึงระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศอื่น ๆ) ควรหลีกเลี่ยงน้ำเสียที่มีคุณสมบัติต่อไปนี้

1. อัตรการรับภาระสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate; OLR) ขึ้นอยู่กับค่าการออกแบบของแต่ละระบบและพื้นที่ ซึ่งสามารถรับภาระสารอินทรีย์ได้ 4.0 – 12.0 kg.COD m^3/d

2. ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time; HRT) อยู่ในช่วง 4-12 ชั่วโมง

3. pH ของน้ำเสีย ควรควบคุมให้อยู่ระหว่าง 6 – 8

4. Alkalinity ของน้ำเสีย ควรควบคุมให้อยู่ในช่วง 1,000 – 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร

5. กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid; VFA) ของน้ำเสียควรควบคุมให้อยู่ในช่วงระหว่าง 200 – 400 มิลลิกรัม/ลิตร

6. อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำเสีย ควรควบคุมให้อยู่ระหว่าง 28 – 38 ^{o}C

7. มีสารอาหาร (Nutrients) ในน้ำเสียเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

8. สารพิษ (Toxic Substance) เช่น สารโลหะหนัก และสารประกอบซัลเฟต ควรมีให้น้อยที่สุด หรือต้องกำจัดออกก่อนป้อนเข้าระบบบำบัด เป็นต้น

2.2.5 กระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศ

ในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศ เป็นการที่จุลินทรีย์ต่าง ๆ ทำปฏิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ จากที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนย่อยสลายให้มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนเป็นขั้น ๆ ไป กระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

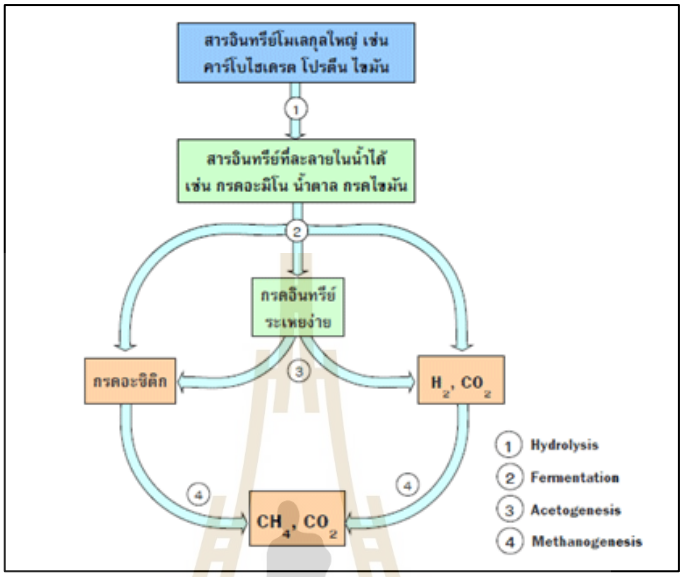
1. ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เศษพืชผัก เนื้อสัตว์ ที่มีองค์ประกอบสำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน แบคทีเรียจะปล่อยเอ็นไซม์เอกซ์ตราเซลลูลาร์ (Extracellular enzyme) มาช่วยละลายโครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (Monomer) เช่น การย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส การย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมัน และการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

2. แอซิดิฟิเคชั่นหรือแอซิโดเจเนซิส (Acidification/Acidogenesis) เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยว (Monomer) เป็นกรดระเหยง่าย (Volatile fatty acid) กรดคาร์บอนแอลกอฮอลล์ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และไฮโดรเจน

3. อะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) เป็นการเปลี่ยนกรดระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเทตซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักในการผลิตมีเทน

4. เมทาไนเซชั่นหรือเมทาโนเจเนซิส (Methanization/Methanogenesis) ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะสร้างจาก กรดอะซิติก ที่ได้จากกระบวนการสร้างกรด โดยแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methan former bacteria) การสร้างก๊าซมีเทนมีได้ 2 แบบ คือ แบบแรกจะเกิดจากการเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทน โดยคิดเป็น 70% ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นได้ในระบบ และแบบที่สองเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทน แบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทนเจริญเติบโตได้ช้าและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตค่อนข้างมาก ช่วงค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียแคบ โดยสามารถ

เจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชประมาณ 6.8 – 7.2 และอุณหภูมิก็มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต กระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (ที่มา: เอกสารประกอบหลักสูตร การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเบื้องต้น)

2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต

2.3.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.3.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะรวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม

ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งานแล้ว เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการร่วมพิจารณากิจกรรมอื่นๆ ตั้งแต่เกิดจนตายของแต่ละผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) เหล่านี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์และรับทราบถึงที่มาและสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

สิ่งแรกที่ต้องทำในการประเมินวัฏจักรชีวิต คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของสิ่งที่เราต้องการศึกษาว่าเราต้องการศึกษาอะไร และผลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เป้าหมายหลักของการประเมินวัฏจักรชีวิต มีความแตกต่างกันได้แก่

- เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- เพื่อจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นช่องทางการสื่อสารระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคให้รับทราบถึงผลกระทบจากผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม
- เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งต้องอาศัยความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อ

โดยขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตแบ่งได้เป็น

- Gate to Gate เป็นการประเมินโดยพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งโซ่สายการผลิต
- Cradle to Gate เป็นการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาแต่จะไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือกำจัดซาก
- Cradle to Grave เป็นการประเมินผลกระทบเต็มรูปแบบที่ประเมินผลกระทบตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบมาผลิตสินค้า การผลิตสินค้า การนำไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน
- Cradle to Cradle เป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to Grave ได้แก่ กรณีที่ขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งทำให้ได้สินค้าเดิมออกมา

2. การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

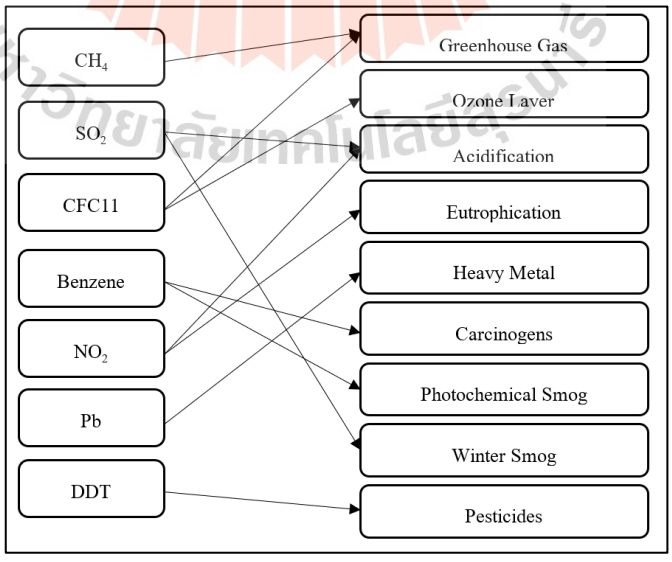
การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมควรจะครอบคลุมถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตและผังการไหล (Flow chart) ของ

กระบวนการผลิต ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของระบบทั้งหมด รวมถึงวัตถุดิบ การใช้ทรัพยากรและพลังงานต่าง ๆ การได้ผลิตภัณฑ์ และของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นการคำนวณเพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ และจากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่ออธิบายค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลางหรือปลายทางที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงชีวิตโดยตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีขั้นตอนดังนี้

1) การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มของผลกระทบ (Classification) เป็นขั้นตอนการจำแนกผลกระทบข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น นอกจากนี้สารเคมีบางตัวก็จัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า 1 ประเภท ได้แก่ การจัดให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในลักษณะของการก่อให้เกิดความเป็นกรด ตัวอย่างสารชนิดต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมแสดงดังรูปที่ 2.13 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ



รูปที่ 2.13 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ (Goedkoop et ai., 1996)

2) การกำหนดบทบาท (Characterization) เป็นขั้นตอนการแสดงผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบของตัวบ่งชี้ (Indicator) โดยใช้ค่าแฟคเตอร์ (Characterization Factor) ในการคูณเพื่อปรับค่าจากปริมาณของมลสารที่ปล่อยออกมาให้เป็นค่าบ่งชี้ของผลกระทบ หลังจากนั้นจะทำการรวมค่าทั้งหมดของผลกระทบแต่ละตัวเพื่อให้ได้ค่าผลกระทบรวม

3) การหาขนาดของผล (Normalization) คือ การแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์การบริการที่ศึกษากับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลกหรือกับผลิตภัณฑ์ที่อ้างอิง

4) การให้น้ำหนัก (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไปขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting factor) ว่าเป็นเท่าใด

5) การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) เป็นการจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่โดยรวมกลุ่มผลกระทบแยกตามประเภท คือ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ และการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถแบ่งระดับของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายระดับ เช่น ระดับท้องถิ่น ระดับโลก เป็นต้น

6) การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) เป็นการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลต่อสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะแปลผลและนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพของข้อมูล ได้แก่ ความเหมาะสมและสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้ และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายการศึกษา โดยดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัดและการคำนวณข้อมูล การเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป

4. การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement Analysis)

การตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมทั้งแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ทั้งนี้การตีความและการแปรผลควรทำด้วยความระมัดระวังและอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตการศึกษา เป้าหมาย วัตถุประสงค์การศึกษาของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ผู้ที่จะนำข้อมูลที่ได้ประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต พัฒนาผลิตภัณฑ์ และการจัดการสิ่งแวดล้อม

จึงสามารถเลือกแนวทางการจัดการเพื่อปรับปรุงประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธารินี บัวดิษฐ์ สยาม และคณะ ศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา โดยทำการเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสีย 2 ระบบ คือ Oxidation pond และ Extended aeration activated sludge การศึกษาใช้วิธีการคำนวณตามแนวทางของกลไกการพัฒนาที่สะอาดเทียบกับวิธีการคำนวณตามแนวทางของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร จากการศึกษาพบว่า ระบบ Oxidation pond ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก มากกว่าระบบ Extended aeration activated sludge เนื่องจากในระบบ Oxidation pond มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าระบบ Extended aeration activated sludge ซึ่งได้เสนอแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบ Oxidation pond โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตก๊าซมีเทนเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก ในส่วนของการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณพบว่าวิธีการ ตามแนวทางคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรซึ่งอ้างอิงตาม IPCC (2006) Guidelines ให้ผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าวิธี CDM เนื่องจากครอบคลุมการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ซึ่งมีศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน

ราชัน ธีระพิทยาตระกูล ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองร่วมกับการใช้โปรแกรม ECAM ตรวจวัดและประเมินผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ย ประมาณ 6,611 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี เมื่อพิจารณาองค์ประกอบแต่ละส่วน ส่วนแรก ระบบรวบรวมน้ำเสีย ส่วนที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนที่ 3 ระบบระบายน้ำทิ้งและนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ยประมาณ 631.155, 622.551, 5,903.45 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแหล่งปล่อยทางอ้อมจากระบบบำบัดน้ำเสียพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด รวมเฉลี่ยประมาณ 1,516.045 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จากผลการประเมินดังกล่าวจึงควรหาแนวทางการจัดการเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยมุ่งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องจักรในระบบเป็นหลัก อีกทั้งการรณรงค์ส่งเสริมการใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อลดปริมาณน้ำเสียเข้าระบบด้วยการกระตุ้นจิตสำนึกของประชาชนเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

นีรชา ตรีเดช, อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนในอุตสาหกรรมที่มีความสกปรกสูง โดยการทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อไร้ออกซิเจนกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ใช้วิธีการประเมินตามวิธีที่ได้รับการรับรองจาก CDM-Executive Board ร่วมกับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ จาก Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) จากผลการวิจัยพบว่า กรณีศึกษาที่ลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดและเหมาะสมกับโรงงานสลัดน้ำมันปาล์ม คือ การเปลี่ยนจากระบบบำบัดแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจนมาใช้ระบบบำบัดแบบ UASB ที่มีการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อโรง 21,250 tCO_2/y โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 76.97 เมื่อเทียบกับกรณีฐานรับบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน

ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี ศึกษาการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เพื่อให้องค์กรใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลในวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษสู่สภาวะแวดล้อม และสามารถนำผลไปใช้เพื่อการวางแผนการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ผลการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 34,355 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยที่กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 91 หากพิจารณาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อจำนวนนักศึกษาจะเท่ากับ 1.62 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อนักศึกษาหนึ่งคน

นางสาวพรทิวา บริบูรณ์ ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากแหล่งที่มาและกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม พร้อมทั้งศึกษาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกของโรงพยาบาลโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยแบ่งกิจกรรมของโรงพยาบาลที่มีการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงของโรงพยาบาล (Direct GHG emissions) ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect GHG emissions) และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมอื่น ๆ (Other indirect GHG emissions) พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโรงพยาบาลโชคชัยเท่ากับ 898.05 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3 เท่ากับ 312.47, 511.62 และ 73.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ ซึ่งประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56.97

สุรเชษฐ์ กล้าณรงค์ ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพกรณีศึกษาระบบยูเอเอสบี ขนาดเล็ก มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ

การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต มีขอบเขตแบบ Cradle to Gate (B2B) จากการศึกษาพบว่าจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 0.544 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง โดยกระบวนการที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ กระบวนการหมักแบบไร้อากาศซึ่งมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.439 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็น 80.71% ของปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามยังมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่ากระแสไฟฟ้าจากสายส่ง ซึ่งมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.609 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

วรรณิษา วงศ์วัฒนานันท์ ทำการศึกษางานวิจัยการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบ่อปิดแบบไม่ใช้อากาศดัดแปลงและโรงไฟฟ้าโดยการศึกษาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต รวมทั้งผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยการรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิต ผลการศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพพบว่า ขั้นตอนน้ำออกจากระบบมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 0.6354 kg CO_2-eq/m^3 รวมทั้งกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 0.6849 kg CO_2-eq/m^3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตไฟฟ้าพบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผ้าไหม้ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 0.6186 kg CO_2-eq/kWh รวมทั้งกระบวนการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 0.9665 kg CO_2-eq/kWh

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล และจักรพงษ์ แย้มยิ้ม ศึกษาการวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกในเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ – กรณีศึกษา เปรียบเทียบด้วยวิธีกลไกการพัฒนาที่สะอาดและประเมินวัฏจักรชีวิต โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในระบบน้ำเสียของฟาร์มสุกร เพื่อทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และจัดทำโครงการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบบ่อหมักเร็วน้ำข้น (H-UASB) ขนาด 4,200 ลูกบาศก์เมตร กำหนดขอบเขตของการศึกษาเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การจัดหาวัสดุในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 2) การผลิตก๊าซชีวภาพ และ 3) การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ จากผลการศึกษาโดยการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตพบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากระประเมินด้วยวิธีกลไกการพัฒนาที่สะอาด เนื่องจากเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทุกขั้นตอนของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยจากผลการประเมินขั้นตอนที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพใช้วัสดุอุปกรณ์ในปริมาณมาก เช่น Concrete, Brick เป็นต้น เพราะในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกวัสดุใช้พลังงานและเชื้อเพลิงสูง ส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกขึ้นจากผลิตภัณฑ์จำพวกนี้มากตามไปด้วย

ขนิษฐา เกิดพร และคณะ ศึกษาศักยาภาพการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยี ECOARC ในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลางในประเทศไทย โดยแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือ 1) กรณีอ้างอิง อยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีปัจจุบัน ได้แก่ เทคโนโลยีการหลอมด้วยเตาหลอมไฟฟ้า (EAF) และ 2) กรณีเปลี่ยนเทคโนโลยี นำเทคโนโลยี ECOARC มาใช้แทนเทคโนโลยีในปัจจุบัน เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเปรียบเทียบต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำการประเมินข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2573 จากการศึกษาพบว่า เทคโนโลยีปัจจุบัน EAF มีการใช้เชื้อเพลิงรวมทุกชนิดโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 ต่อปี การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,770 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี พ.ศ. 2573 และกรณีเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเป็น ECOARC ใช้เชื้อเพลิงรวมทุกชนิดโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 ต่อปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1,287 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี พ.ศ. 2573 ซึ่งในเทคโนโลยีใหม่สามารถลดการใช้ไฟฟ้าในเตาหลอมได้ ทำให้ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นร้อยละ 27.28 และเมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทคโนโลยี ECOARC มีค่าใช้จ่ายต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีค่าใช้จ่ายรายปีต่ำกว่าเทคโนโลยีปัจจุบัน EAF ดังนั้นเทคโนโลยี ECOARC จึงช่วยในการลดต้นทุนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า

ญาณิศา ส่องประทีป และ ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร จำนวน 7 แห่ง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ สี่พระยา ช่องนนทรี จตุจักร ดินแดง หนองแขม และทุ่งครุ ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรง คือ การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ค่า BOD และ TN ที่กำจัดได้ และอัตราการไหลของระบบบำบัด และจากกิจกรรมทางอ้อม คือ การใช้ไฟฟ้า น้ำประปา และสารเคมี โดยใช้วิธีการแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย (Emission factor, EF) เก็บข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี คือ ปี พ.ศ. 2554 – 2558 หน่วยของการศึกษาคือ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตรน้ำทิ้ง โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75,227 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือเท่ากับ 2.03 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตร จากการประเมินก๊าซเรือนกระจกทางตรง โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากระบบมีขนาดใหญ่ รับภาระสารอินทรีย์รูปของ BOD และ TN ได้มาก ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำแห่งอื่น ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงของแต่ละแห่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัด ประเภทของระบบ และความสามารถในการบำบัด BOD และ TN ในส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมพบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากเป็นระบบแบบใช้อากาศ ซึ่งมีขนาดใหญ่ ทำให้ต้องใช้พลังงานในการเติมอากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียมาก จากผลการศึกษาพบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด จากการประเมินทางตรง อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และกิจกรรมทางอ้อม การใช้ไฟฟ้าส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

ฐิติกร หมายหมั่น และคณะ ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขอบเขต คือ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ โดยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จากผลการวิจัยพบว่า ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรเท่ากับ 5553.17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า มีปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุด คือ 4383.47 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือเท่ากับ 78.94% เมื่อได้ทำการประเมินเป็นปริมาณต่อคนมีค่าเท่ากับ 1.61 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และจากขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 3 มีค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 1125.77 และ 43.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ จากการศึกษาแนะนำแนวทางในการลดการปลดปล่อยคือ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานทดแทนจากเสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล การปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ร่มเงาในการให้ความร่มรื่นกับอาคารเป็นการเพิ่มความเย็นให้กับอาคาร ติดฉนวนกันความร้อน ใช้หลอดประหยัดไฟ และใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีฉลากประหยะดไฟเบอร์ 5 เพื่อลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย โดยการรวบรวมข้อมูลปริมาณสารขาเข้า และสารขาออกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ตั้งแต่รับน้ำเสียเข้าระบบ บ่อปรับสภาพ EQ1 บ่อปรับสภาพ EQ2 การกวนผสม การสร้างก๊าซมีเทน และการดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้ Wet Scrubber และ Carbon Filter แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment Method) ยึดตามโครงสร้างของ ISO 14040 แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope definition)

3.2.2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

3.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

3.2.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation)

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope definition)

3.2.1.1 เป้าหมายของการศึกษา

1. เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

2. เพื่อเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

3.2.1.2 ขอบเขตของการศึกษา

ทำการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบบ Gate to Gate โดยแบ่งวัฏจักรชีวิตออกเป็น 5 ขั้นตอน

คือ ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ขั้นตอนการกวนผสม ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน และขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter โดยข้อมูลปัจจัยหลักที่นำมาใช้ในการประเมินก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ชนิดและปริมาณการใช้ทรัพยากร ชนิดและปริมาณการใช้พลังงาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิต และชนิดและปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือของเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

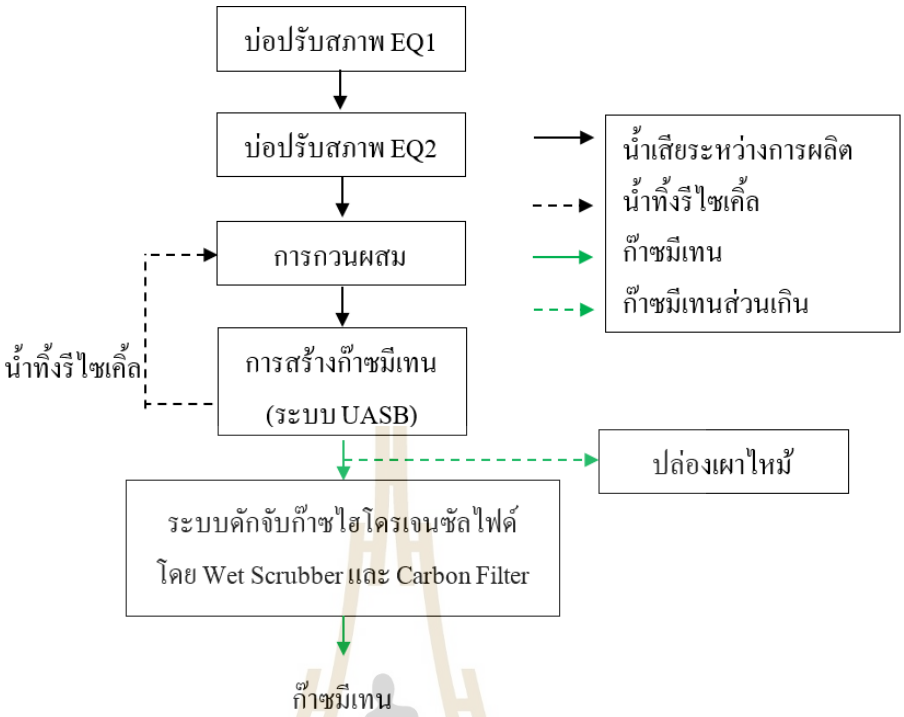
ในการทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในครั้งนี้ จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของแต่ละรายการแปลงค่าให้ออกมาเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งได้กำหนดหน้าที่หลัก คือ การผลิตก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม และหน่วยการทำงาน (Function Unit) คือ kg.CO_2-eq/1 kg.CH_4

3.2.2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมนำไปใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมจะเป็นชนิดและปริมาณสารขาเข้า – สารขาออก ของการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน รวมไปถึงการปลดปล่อยของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตลอดวัฏจักรของการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ตามหลักการวิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment Method) โดยทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 – ธันวาคม 2561 และข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการปฐมภูมิ (Primary Data) โดยข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในกระบวนการทุติยภูมิ (Secondary Data)

3.2.2.1 วัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

ในการจัดเก็บข้อมูลแบ่งวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ขั้นตอนการกวนผสม ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน และขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter แสดงดังรูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

1. บ่อปรับสภาพ EQ1

ในขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 จะเป็นการเตรียมน้ำเสียก่อนเข้าบ่อปรับสภาพ EQ2 จะมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำตาลและน้ำเสียจากส่วนอื่น ๆ ในโรงงานมาเข้าที่บ่อปรับสภาพ EQ1 ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อที่จะผสมน้ำเสียให้มีคุณภาพน้ำเสียที่เหมาะสมตามค่าที่กำหนด โดยคุณภาพน้ำเสียที่กำหนด คือ pH อยู่ในช่วง 4 – 8 อุณหภูมิ ไม่ต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส และ COD ไม่ต่ำกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าคุณภาพน้ำเสียในบ่อปรับสภาพ EQ1 ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด จะทำการปั๊มน้ำจากบ่อปรับสภาพ EQ1 เข้าสู่ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) และทำการเตรียมน้ำเสียใหม่ให้ได้ตามค่าที่กำหนด และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียใหม่ เมื่อได้คุณภาพน้ำเสียตามค่าที่กำหนดแล้วจะปั๊มน้ำจากบ่อปรับสภาพ EQ1 เข้าสู่บ่อปรับสภาพ EQ2

2. บ่อปรับสภาพ EQ2

ในขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 จะรับน้ำมาจากบ่อปรับสภาพ EQ1 ซึ่งมีการเตรียมคุณภาพน้ำเสียที่เหมาะสมมาแล้ว ในบ่อปรับสภาพ EQ2 จะทำหน้าที่เป็นบ่อพักน้ำเสียเพื่อเตรียมเข้าระบบ UASB ต่อไป ซึ่งน้ำที่พักไว้ในบ่อปรับสภาพ EQ2 จะเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศในกระบวนการแอซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) ซึ่งเป็น

กระบวนการสร้างกรด และกระบวนการแอซิโตเจนิซิส (Acetogenesis) เป็นกระบวนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นกรดอะซิติก ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทน ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวจะทำให้คุณภาพน้ำเสียมีค่า pH ลดลง ทำให้น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด ซึ่งหากมีแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดมากเกินไปจะส่งผลต่อแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทน จึงต้องมีการตรวจค่า pH ในน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 4 – 8 โดยบ่อปรับสภาพ EQ2 จะทำการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ การกวนผสม หรือ Mixing Tank ตามค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ (COD Loading) ที่ต้องการเดินระบบ

3. การกวนผสมหรือ Mixing Tank

ในถังกวนผสมหรือ Mixing Tank จะรับน้ำมาจาก 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 บ่อปรับสภาพ EQ2 ซึ่งป้อนน้ำเข้าตามค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ (COD Loading) และส่วนที่ 2 น้ำทิ้งผ่านการบำบัดจากระบบ UASB ซึ่งน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่า pH เป็นกลาง นำมาปรับคุณภาพน้ำเสียให้มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5 – 8 เป็นการลดการใช้สารเคมี ก่อนป้อนเข้าสู่การสร้างก๊าซมีเทนหรือระบบ UASB

4. การสร้างก๊าซมีเทนหรือระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

ในการสร้างก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นในระบบ UASB ซึ่งจะเป็นถังรูปทรงสี่เหลี่ยมสูง ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนผ่านชั้นเชื้อจุลินทรีย์ ในส่วนนี้จะเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ ในกระบวนการมีเทโนเจนิซิส (Methanogenesis) หรือกระบวนการสร้างก๊าซมีเทน น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับไปเพื่อปรับสภาพคุณภาพน้ำที่ขั้นตอนกวนผสมเรียกว่า “น้ำรีไซเคิ้ล” เพื่อให้ได้ค่า pH ที่เหมาะสม และอีกส่วนจะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) ต่อไป ส่วนก๊าซมีเทนที่ผลิตได้จะนำไปใช้งานในการเป็นเชื้อเพลิงทดแทน LPG ซึ่งก่อนนำไปใช้จะต้องมีการกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการก่อน และก๊าซส่วนเกินก็จะถูกส่งไปยังปล่องเผาเพื่อทำการเผาไหม้ก๊าซมีเทน

5. ระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

ในระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter เป็นการดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการผลิตก๊าซมีเทน ในก๊าซที่เกิดขึ้นจะมีองค์ประกองของก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 65 และก๊าซอื่น ๆ (ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซออกซิเจน, ก๊าซแอมโมเนีย) ประมาณร้อยละ 35 ซึ่งก๊าซที่ต้องการนำไปใช้งานมีเพียงก๊าซมีเทน ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดก๊าซอื่น ๆ ออก เพื่อให้ได้คุณภาพก๊าซมีเทนที่ดีขึ้นและป้องกันการชำรุดของอุปกรณ์ เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีคุณสมบัติในการกัดกร่อน โดยระบบ Wet Scrubber จะเป็นระบบที่ใช้มีเดียเป็นตัวกลางและอาศัยการสเปรย์น้ำในการดักจับก๊าซ และ Carbon Filter จะใช้มีเดีย คือ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นตัวดูดซับ

ในการดักจับก๊าซ โดยมีเดียทั้งของ Wet Scrubber และ Carbon Filter จะต้องมีการเปลี่ยนมีเดียตามรอบที่กำหนดไว้ คือ มีเดียที่ใช้ใน Wet Scrubber เปลี่ยนทุก 5 ปี และมีเดียที่ใช้ใน Activated Carbon เปลี่ยนทุก 2 ปี

3.2.2.2 บัญชีรายการข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
บ่อปรับสภาพ EQ1	- น้ำเสียจากกระบวนการผลิต - ปริมาณการใช้ไฟฟ้า - Digestion solution for COD - ผ้าเช็ดมือ - ตะกอนจากการลอกบ่อ - ไอน้ำระเหย - ขวด COD ใช้แล้ว - ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	เก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 จากการตรวจวัดจริง การสัมภาษณ์พนักงาน ข้อมูลการกำจัดของเสีย รายการสั่งซื้อของจากระบบจัดซื้อ และรายการเบิกของจากระบบ SAP - อัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ - ปริมาณไฟฟ้า - ปริมาณสารเคมี - ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น - ปริมาณค่า COD ของน้ำเสียเข้าระบบ

ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
บ่อปรับสภาพ EQ2	- ปริมาณการใช้ไฟฟ้า - Digestion solution for COD - Ethylene Glycol - Sulfuric Acid Solution - Hydroxylamine Hydrochloride Solution - Sodium Hydroxide Solution	เก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 จากการตรวจวัดจริง การสัมภาษณ์พนักงาน ข้อมูลการกำจัดของเสีย รายการสั่งซื้อของจากระบบจัดซื้อ และรายการเบิกของจากระบบ SAP - ปริมาณไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
บ่อปรับสภาพ EQ2	- Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution - น้ำกลั่น - กระดาษกรอง GF/C - ผ้าเช็ดมือ - Beraing SKF - Oil seal NBR - O-Ring viton - PT Check - Mechanical Seal “Dynamica” - ตะกอนจากการลอกบ่อ - ไอน้ำระเหย - ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว - ขวดสารเคมีใช้แล้ว - สารเคมีใช้แล้ว - กระดาษกรองใช้แล้ว	- ปริมาณสารเคมี - ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนการกวนผสม

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
กวนผสม	- น้ำรีไซเคิ้ล - ปริมาณการใช้ไฟฟ้า - NaOH 50% - ปุ๋ย 46-0-0 - ปุ๋ย 18-46-0 - ผ้าเช็ดมือ - Bearing SKF	เก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการกวนผสม จากการตรวจวัดจริง การสัมภาษณ์พนักงาน ข้อมูลการกำจัดของเสีย รายการสั่งซื้อของจากระบบจัดซื้อ และรายการเบิกของจากระบบ SAP - ปริมาณไฟฟ้า - ปริมาณสารเคมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
กวนผสม (ต่อ)	- O-Ring Viton - Oil seal - PT Check - Mechanical Seal “Dynamic” - ไอน้ำระเหย - ตะกอนจากการลอกบ่อ - ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว - ถุงปุ๋ยใช้แล้ว	- ปริมาณการใช้ปุ๋ย - ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.4 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนสร้างก๊าซมีเทน

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
สร้างแก๊สมีเทน	- ปริมาณการใช้ไฟฟ้า - Digestion solution for COD - Ethylene Glycol - Sulfuric Acid Solution - Hydroxylamine Hydrochloride Solution - Sodium Hydroxide Solution - Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution - น้ำกลั่น - กระดาษทิชชู - กระดาษกรอง GF/C - ซิลิก้าเจล - Hydrochloric - Buffer pH 4.01	เก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนสร้างก๊าซมีเทน จากการตรวจวัดจริง การสัมภาษณ์พนักงาน ข้อมูลการกำจัดของเสีย รายการสั่งซื้อของจากระบบจัดซื้อ และรายการเบิกของจากระบบ SAP - อัตราไหลของน้ำเสียออกจากระบบ - อัตราไหลของน้ำเสีย Recycle - ปริมาณไฟฟ้า - ปริมาณสารเคมี - ปริมาณการใช้น้ำประปา - ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น - ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.4 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
สร้างแก๊สมีเทน (ต่อ)	- Buffer pH 7.00 - Potassium Chloride - ผ้าเช็ดมือ - ซันไลต์ล้างอุปกรณ์ - น้ำประปา - ถุงมือยาง - น้ำทิ้งผ่านการบำบัด - น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล - ก๊าซมีเทนส่วนเกิน - ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกิน - ก๊าซออกซิเจนส่วนเกิน - ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ส่วนเกิน - ขวดสารเคมีใช้แล้ว - กระดาษทิชชูใช้แล้ว - กระดาษกรองใช้แล้ว - สารเคมีใช้แล้ว - ซิลิก้าเจลใช้แล้ว - ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว - น้ำเสีย	- ปริมาณค่า COD ของน้ำทิ้งออกระบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB : ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

ขั้นตอน	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีการรวบรวมข้อมูล
ดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	- น้ำประปา - ปริมาณการใช้ไฟฟ้า - มีเดีย - ก๊าซมีเทน (นำไปใช้งาน) - ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (นำไปใช้งาน) - ก๊าซออกซิเจน (นำไปใช้งาน) - ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (นำไปใช้งาน) - Activated Carbon - Bearing SKF - Oil Seal - ของเสีย เช่น บรรจุภัณฑ์ใช้แล้ว	เก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter จากการตรวจวัดจริง การสัมภาษณ์พนักงาน ข้อมูลการกำจัดของเสีย รายการสั่งซื้อของจากระบบจัดซื้อ และรายการเบิกของจากระบบ SAP - ปริมาณไฟฟ้า - ปริมาณการใช้น้ำประปา - ปริมาณการใช้มีเดีย - ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

3.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

หลังจากที่ได้บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมแล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปล่อยออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB โดยอาศัยหลักการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะคำนวณออกมาในรูปแบบของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kg.CO_2$-eq) โดยการประเมินสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$GHG = Emission\ Factor \times Inventory$$

โดย GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของกิจกรรมที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย ($kg.CO_2$-eg/หน่วย)

Inventory คือ หน่วยอ้างอิงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม(หน่วย)

3.2.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation)

เมื่อทำการคำนวณค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมแล้วจะนำค่าที่ได้มาแปลผลข้อมูล ซึ่งจะนำมาแปลผลเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas : GHG) โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ขั้นตอนการกวนผสม ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน และขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter โดยทำการวิเคราะห์ว่าขั้นตอนใดที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และเกิดจากสาเหตุใดเป็นหลัก และหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาเหตุที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

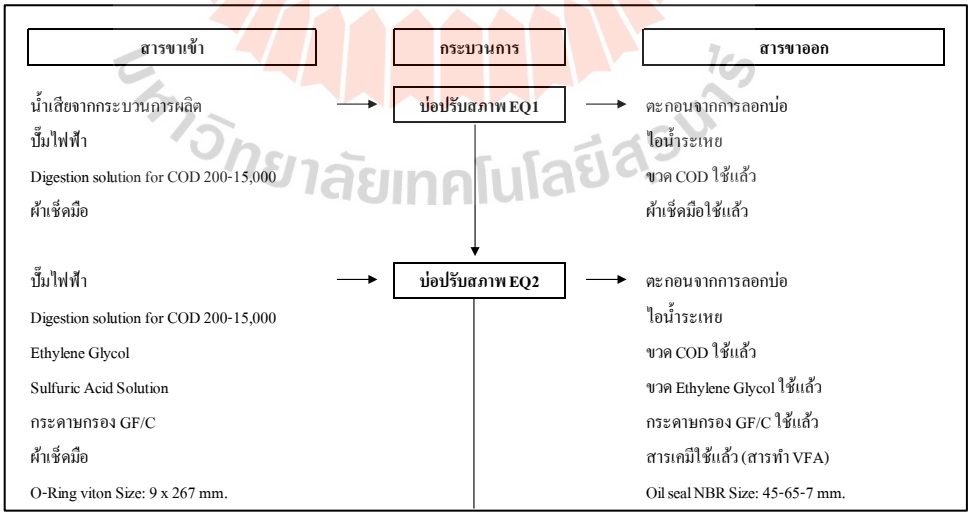
บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการดำเนินการวิจัย

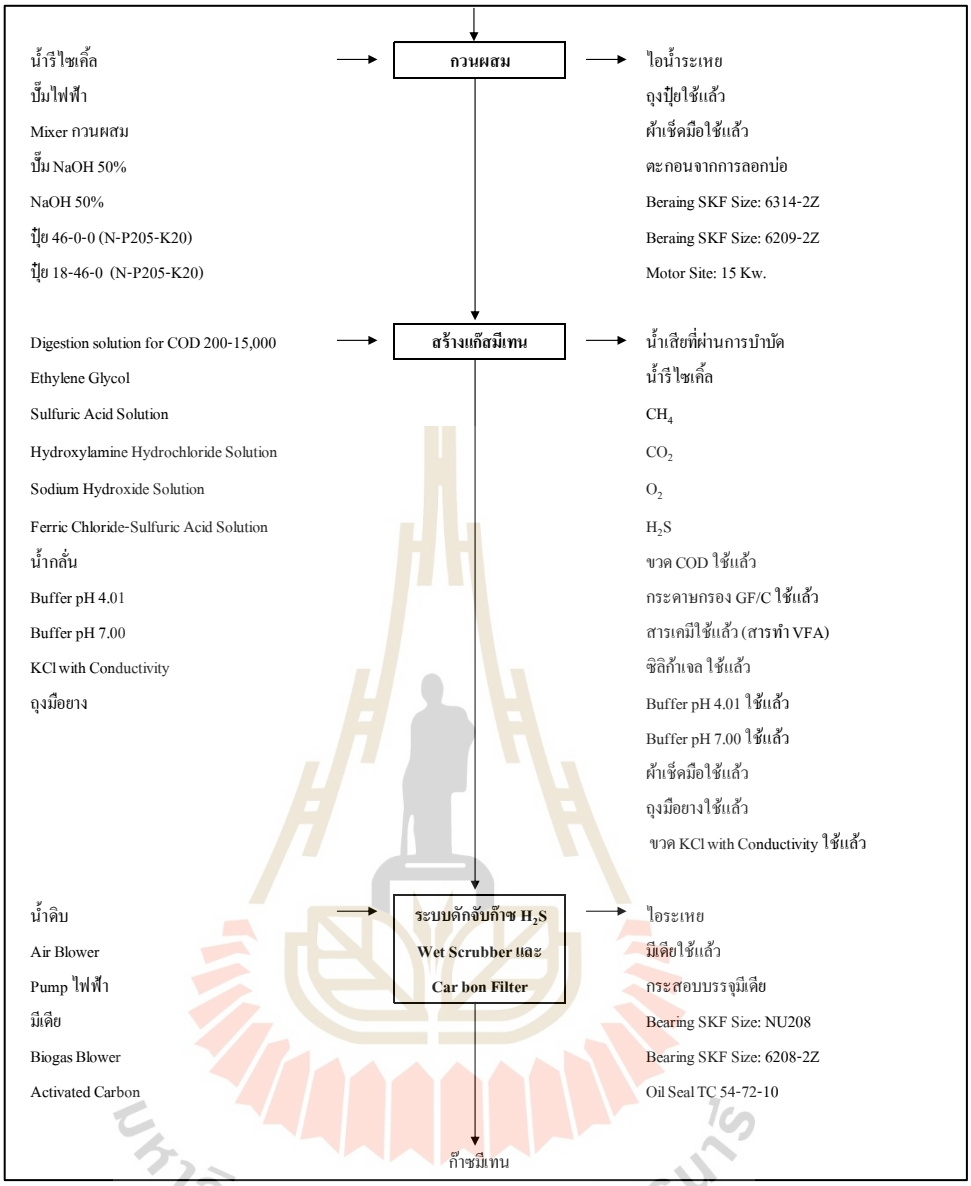
4.1.1 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์

ในการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย ผลิตภัณฑ์ในการศึกษา คือ การผลิตก๊าซมีเทน หน่วยการทำงาน (Function Unit) ของการศึกษา คือ $kgCO_2$-eq/1 $kgCH_4$ ขอบเขตของการประเมินเป็นแบบ Gate to Gate

ในการประเมินมีรายละเอียดของสารขาเข้า สารขาออกของแต่ละขั้นตอน ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ในการเปลี่ยนข้อมูลจากรายละเอียดสารขาเข้า สารขาออก ให้เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้านการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในหน่วย $kgCO_2$-eq รายละเอียดของสารขาเข้า สารขาออก ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ดังรูปที่ 4.1 สารขาเข้า สารขาออกของขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB



รูปที่ 4.1 สารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB



รูปที่ 4.1 สารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (ต่อ)

4.1.2 แผนภาพขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

1. ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

ในขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 จะเป็นการเตรียมน้ำเสียก่อนเข้าบ่อปรับสภาพ EQ2 ซึ่งจะเป็นบ่อที่รับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิ และ COD รายละเอียดปริมาณสารขาเข้า สารขาออก แสดงดังตารางที่ 4.1 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

สารขาเข้า			ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	**ปริมาณ**	**หน่วย**		**วัตถุดิบ/ทรัพยากร**	**ปริมาณ**	**หน่วย**
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	5,350,005.64	kgCOD		ตะกอนจากการลอกบ่อ	656,570.21	kg
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	264,528.00	kWh		ไอน้ำระเหย	1,368.71	m^3
Digestion solution for COD	72.28	kg		ขวด COD ใช้แล้ว	72.89	kg
ผ้าเช็ดมือ	14.80	kg		ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	14.80	kg

2. ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 จะรับน้ำมาจากบ่อปรับสภาพ EQ1 โดยในบ่อปรับสภาพ EQ2 จะเป็นการปรับสภาพน้ำให้มีอัตราการไหลที่เหมาะสมก่อนเข้าระบบการผลิตก๊าซมีเทน รายละเอียดปริมาณสารขาเข้า สารขาออก แสดงดังตารางที่ 4.2 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

สารขาเข้า			ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	**ปริมาณ**	**หน่วย**		**วัตถุดิบ/ทรัพยากร**	**ปริมาณ**	**หน่วย**
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	120,240.00	kWh		ตะกอนจากการลอกบ่อ	37,659.11	kg
Digestion solution for COD	36.14	kg		ไอน้ำระเหย	1,431.88	m^3
Ethylene Glycol	1.49	kg		ขวด COD ใช้แล้ว	36.44	kg

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
Sulfuric Acid Solution	0.20	kg		ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว	1.37	kg
Hydroxylamine Hydrochloride Solution	1.02	kg		ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	0.16	kg
Sodium Hydroxide Solution	2.09	kg		ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว	0.52	kg
Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution	10.15	kg		ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว	0.42	kg
น้ำกลั่น	0.01	m^3		ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	1.90	kg
กระดาษกรอง GF/C	0.28	kg		กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว	0.28	kg
ผ้าเช็ดมือ	5.55	kg		สารเคมีใช้แล้ว	15.11	kg
Beraing SKF Size: 6309-2Z	4.00	kg		ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	5.55	kg
Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm	4.00	kg		Beraing SKF Size: 6309-2Z ใช้แล้ว	4.00	kg
O-Ring viton Size: 9×267 mm	2.00	kg		Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm ใช้แล้ว	4.00	kg
PT Check	2.00	kg		O-Ring viton Size: 9×267 mm ใช้แล้ว	2.00	kg

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm	2.00	kg		PT Check ใช้แล้ว	2.00	kg
สีน้ำเงิน	2.00	kg		Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm ใช้แล้ว	2.00	kg
-	-	-		สีน้ำเงินใช้แล้ว	2.00	kg

3. ขั้นตอนการกวนผสม

ขั้นตอนการกวนผสมเป็นการผสมน้ำเสีย และปรับ pH ให้ค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 8 โดยจะนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมารีไซเคิ้ล เพื่อปรับค่า pH เป็นการลดการใช้สารเคมี รายละเอียดปริมาณสารขาเข้า สารขาออก แสดงดังตารางที่ 4.3 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการกวนผสม

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการกวนผสม

สารขาเข้า			ขั้นตอนการกวนผสม	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำรีไซเคิ้ล	345,331.13	kgCOD		ไอน้ำระเหย	33.32	m^3
ปั๊มไฟฟ้า	120,240.00	kWh		ถุงปุ๋ยใช้แล้ว	5.00	kg
มอเตอร์กวนผสม	12,024.00	kWh		ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	5.55	kg
ปั๊ม Sodium Hydroxide 50%	210.28	kWh		ตะกอนจากการลอกบ่อ	5,140.22	kg
Sodium Hydroxide 50%	90.00	m^3		Beraing SKF Size: 6314-2Z ใช้แล้ว	2.00	kg

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนการกวนผสม	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)	1,500.00	kg		Beraing SKF Size: 6209-2Z ใช้แล้ว	2.00	kg
ปุ๋ยเคมี (18-46-0)	1,000.00	kg		O-Ring viton Size: 227×5.5 mm ใช้แล้ว	2.00	kg
ผ้าเช็ดมือ	5.55	kg		O-Ring viton Size: 335×7 mm ใช้แล้ว	2.00	kg
Beraing SKF Size: 6314-2Z	2.00	kg		Oil seal TC 45-65-7 ใช้แล้ว	4.00	kg
Beraing SKF Size: 6209-2Z	2.00	kg		PT Check ใช้แล้ว	2.00	kg
O-Ring viton Size: 227×5.5 mm	2.00	kg		Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm ใช้แล้ว	2.00	kg
O-Ring viton Size: 335×7 mm	2.00	kg		Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mm ใช้แล้ว	2.00	kg
Oil seal TC 45-65-7	4.00	kg		สีน้ำเงินใช้แล้ว	2.00	kg
PT Check	2.00	kg		-	-	-

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนการกวนผสม	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm	2.00	kg		-	-	-
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mm	2.00	kg		-	-	-
สีน้ำเงิน	2.00	kg		-	-	-

4. ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน

ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน เป็นขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียจะมีจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศในการบำบัดน้ำเสีย เป็นการลดค่าความสกปรกในน้ำเสีย รายละเอียดปริมาณสารขาเข้า สารขาออก แสดงดังตารางที่ 4.4 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน

สารขาเข้า			ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
Digestion solution for COD	36.14	kg		น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด	1,151,103.76	kgCOD
Ethylene Glycol	1.49	kg		น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล	345,331.13	kgCOD
Sulfuric Acid Solution	0.20	kg		ก๊าซมีเทนส่วนเกิน	648,786.88	kg

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
Hydroxylamine Hydrochloride Solution	1.02	kg		ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกิน	783,173.30	kg
Sodium Hydroxide Solution	2.09	kg		ก๊าซออกซิเจนส่วนเกิน	12,899.82	kg
Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution	10.15	kg		ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ส่วนเกิน	587.28	kg
น้ำกลั่น	0.15	m^3		ขวด COD ใช้แล้ว	36.44	kg
กระดาษทิชชู	13.87	kg		ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว	1.37	kg
กระดาษกรอง GF/C	0.28	kg		ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	0.16	kg
ซิลิก้าเจล	1.40	kg		ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว	0.52	kg
Hydrochloric	2.63	kg		ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว	0.42	kg
Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB	2.42	kg		ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	1.90	kg

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB	2.42	kg		กระดาษทิชชูใช้แล้ว	13.87	kg
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ	1.32	kg		กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว	0.28	kg
Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบ	1.32	kg		สารเคมีใช้แล้ว	15.11	kg
Potassium Chloride	1.32	kg		ซิลิก้าเจล ใช้แล้ว	0.00	kg
ผ้าเช็ดมือ	11.10	kg		Hydrochloric ใช้แล้ว	2.63	kg
ซันไลต์ล้างอุปกรณ์	0.95	kg		ขวด Hydrochloric ใช้แล้ว	1.48	kg
น้ำล้างอุปกรณ์	4.61	m^3		Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	2.42	kg
น้ำล้างครีบ UASB	2.00	m^3		Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	2.42	kg
ถุงมือยาง	10.05	kg		Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ ใช้แล้ว	1.32	kg
-	-	-		Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบ ใช้แล้ว	1.32	kg
-	-	-		Potassium Chloride ใช้แล้ว	1.32	kg
-	-	-		ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	11.10	kg

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
-	-	-		น้ำเสียจากการล้างอุปกรณ์/ล้างครีบ UASB	6.61	m^3
-	-	-		ถุงมือยางใช้แล้ว	10.05	kg
-	-	-		ขวดซันไลต์ใช้แล้ว	0.10	kg
-	-	-		ขวด Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	0.26	kg
-	-	-		ขวด Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	0.26	kg
-	-	-		ขวด Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	0.18	kg
-	-	-		ขวด Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	0.18	kg
-	-	-		ขวด Potassium Chloride ใช้แล้ว	0.18	kg

5. ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

ในระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter เป็นการดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการผลิตก๊าซมีเทน เพื่อให้ได้คุณภาพ ก๊าซมีเทนที่ดีขึ้น รายละเอียดปริมาณสารขาเข้า สารขาออก แสดงดังตารางที่ 4.5 ปริมาณ

สารขาเข้าสารขาออก ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

สารขาเข้า			ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	**ปริมาณ**	**หน่วย**		**วัตถุดิบ/ทรัพยากร**	**ปริมาณ**	**หน่วย**
ประปา	167.00	m^3		ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	222,537.28	kg
Air Blower	4,008.00	kWh		ก๊าซออกซิเจน	2,923.30	kg
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	4,008.00	kWh		ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	21.51	kg
มีเดีย Wet Scrubber	1,008.00	kg		ไอน้ำระเหย	50.10	m^3
Biogas Blower	73,747.20	kWh		มีเดีย wet scrubber ใช้แล้ว	0.00	kg
Granular Activated Carbon	1,250.00	kg		น้ำเสีย	70.20	kgCOD
Bearing SKF Size: NU208	2.00	kg		น้ำเสีย (ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)	95,193.16	kg
Bearing SKF Size: 6208-2Z	2.00	kg		Activated Carbon ใช้แล้ว	0.00	kg
Oil Seal TC 54-72-10	4.00	kg		กระสอบบรรจุมีเดีย	2.50	kg
Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm	8.00	kg		Bearing SKF Size: NU208 ใช้แล้ว	2.00	kg
สีน้ำเงิน	2.00	kg		Bearing SKF Size: 6208-2Z ใช้แล้ว	2.00	kg

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter (ต่อ)

สารขาเข้า			ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter	สารขาออก		
วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย		วัตถุดิบ/ทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
-	-	-		Oil Seal TC 54-72-10 ใช้แล้ว	4.00	kg
-	-	-		Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm ใช้แล้ว	8.00	kg
-	-	-		Balance impeller Size: 770×315 mm ใช้แล้ว	2.00	kg
-	-	-		สีน้ำเงินใช้แล้ว	2.00	kg

4.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเมิน โดยใช้วิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment Method) โดยใช้ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า สารขาออก ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตก๊าซชีมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB แปลงค่าให้เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การคำนวณแสดงดังสมการที่ 4.1

$$GHG = Inventory \times Emission\ Factor \quad (4.1)$$

โดยที่ GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของกิจกรรมที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย ($kgCO_2$-eg/หน่วย)

Inventory คือ หน่วยอ้างอิงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (หน่วย)

4.2.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1. ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 รายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.6 มีการใช้ปั๊มน้ำเพื่อส่งน้ำไปยังขั้นตอนต่อไป ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 รายการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ปั๊มน้ำไฟฟ้า เท่ากับ 4.95×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ และผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 เท่ากับ 4.96×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ รายละเอียดการคำนวณเป็นดังนี้

สารขาเข้า คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต 5,350,005.64 kgCOD ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.79×10^{1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากเป็นวัตถุดิบส่งเข้าระบบบำบัดถือว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปั๊มน้ำไฟฟ้า 264,528.00 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.84×10^{1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.95×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Digestion solution for COD 72.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.41×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.94×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผ้าเช็ดมือ 14.80 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.95×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.1100 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.04×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

และสารขาออก คือ ตะกอนจากการลอกบ่อ 656,570.21 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.19 ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากตะกอนมีลักษณะเป็นคล้ายดินนำไปถมที่ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ไอน้ำระเหย 1,368.71 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.57×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากไอน้ำระเหยไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ขวด COD ใช้แล้ว 72.82 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.43×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.17×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว 14.80 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.95×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.0000 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 9.89×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ตารางที่ 4.6 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
สารขาเข้า						
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	5,350,005.64	kgCOD	1.79×10^{1}	0.00	0.00	-
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	264,528.00	kWh	8.84×10^{-1}	0.5610	4.95×10^{-1}	TC Common data
Digestion solution for COD	72.28	kg	2.41×10^{-4}	0.1219	2.94×10^{-5}	TGO
ผ้าเช็ดมือ	14.80	kg	4.95×10^{-5}	2.1100	1.04×10^{-4}	Thai national database
สารขาออก						
ตะกอนจากการลอกบ่อ	656,570.21	kg	2.19	0.00	0.00	-
ไอน้ำระเหย	1,368.71	m^3	4.57×10^{-3}	0.00	0.00	-
ขวด COD 4 ใช้แล้ว	72.82	kg	2.43×10^{-4}	0.4800	1.17×10^{-4}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	14.80	kg	4.95×10^{-5}	2.0000	9.89×10^{-5}	TGO
รวม					$4.96x10^{-1}$	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 รายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.7 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 รายการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ปั๊มน้ำไฟฟ้าเท่ากับ 2.25×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ และผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 เท่ากับ 2.26×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ รายละเอียดการคำนวณเป็นดังนี้

สารขาเข้า คือ

ปั๊มน้ำไฟฟ้า 120,240.00 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.02×10^{-1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.25×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Digestion solution for COD 36.14 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.21×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.47×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Ethylene Glycol 1.49 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.99×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.4280 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.12×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Sulfuric Acid Solution 0.20 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.78×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.27×10^{-8} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Hydroxylamine Hydrochloride Solution 1.02 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.41×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.3325 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.55×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Sodium Hydroxide Solution 2.09 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.98×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.1148 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.78×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution 10.15 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.39×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.13×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำกลั่น 0.01 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.68×10^{-8} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.0676 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.47×10^{-8} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระดาษกรอง GF/C 0.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 9.25×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.8790 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.74×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผ้าเช็ดมือ 5.55 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.85×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.1100 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.91×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Bearing SKF Size: 6309-2Z 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.64×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.64×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

O-Ring viton Size: 9 × 267 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

PT Check 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.5455 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.04×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สีน้ำเงิน 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.5455 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.04×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

และสารขาออก คือ

ตะกอนจากการลอกบ่อ 37,659.11 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.26×10^{-1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากตะกอนมีลักษณะเป็นคล้ายดินนำไปถมที่ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ไอน้ำระเหย 1,431.88 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.78×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00

$kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากไอน้ำระเหยไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ขวด COD ใช้แล้ว 36.44 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.22×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.84×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว 1.37 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.56×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.19×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว 0.16 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.41×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.60×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว 0.52 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.73×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.29×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว 0.42 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.40×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6.73×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว 1.90 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.35×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.05×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว 0.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 9.25×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.9300 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.71×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สารเคมีใช้แล้ว 15.11 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.05×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัดไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว 5.55 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.85×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.0000 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.71×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Bearing SKF Size: 6309-2Z ใช้แล้ว 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.34×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm ใช้แล้ว 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.34×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

O-Ring viton Size: 9×267 mm ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

PT Check ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สีน้ำเงินใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	120,240.00	kWh	4.02×10^{-1}	0.5610	2.25×10^{-1}	TC Common data
Digestion solution for COD	36.14	kg	1.21×10^{-4}	0.1219	1.47×10^{-5}	TGO
Ethylene Glycol	1.49	kg	4.99×10^{-6}	1.4280	7.12×10^{-6}	TGO
Sulfuric Acid Solution	0.20	kg	6.78×10^{-7}	0.1219	8.27×10^{-8}	TGO
Hydroxylamine Hydrochloride Solution	1.02	kg	3.41×10^{-6}	1.3325	4.55×10^{-6}	TGO
Sodium Hydroxide Solution	2.09	kg	6.98×10^{-6}	1.1148	7.78×10^{-6}	TGO
Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution	10.15	kg	3.39×10^{-5}	0.1219	4.13×10^{-6}	TGO
น้ำกลั่น	0.01	m^3	1.68×10^{-8}	2.0676	3.47×10^{-8}	TGO
กระดาษกรอง GF/C	0.28	kg	9.25 10-7	1.8790	1.74 10-6	Thai national database

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ผ้าเช็ดมือ	5.55	kg	1.85×10^{-5}	2.1100	3.91×10^{-5}	Thai national database
Beraing SKF Size: 6309-2Z	4.00	kg	1.34×10^{-5}	12.2359	1.64×10^{-4}	TGO
Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm	4.00	kg	1.34×10^{-5}	12.2359	1.64×10^{-4}	TGO
O-Ring viton Size: 9×267 mm	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
PT Check	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.5455	3.04×10^{-5}	TGO
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
สีน้ำเงิน	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.5455	3.04×10^{-5}	TGO
สารขาออก						
ตะกอนจากการลอกบ่อ	37.659.11	kg	2.16×10^{-1}	0.00	0.00	-
ไอน้ำระเหย	1,431.88	m^3	4.78×10^{-3}	0.00	0.00	-
ขวด COD ใช้แล้ว	36.44	kg	1.22×10^{-4}	0.4800	5.84×10^{-5}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว	1.37	kg	4.56×10^{-6}	0.4800	2.19×10^{-6}	http://jeet.siamtechno.ac.th

ตารางที่ 4.7 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	0.16	kg	5.41×10^{-7}	0.4800	2.60×10^{-7}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว	0.52	kg	1.73×10^{-6}	0.4800	8.29×10^{-7}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว	0.42	kg	1.40×10^{-6}	0.4800	6.73×10^{-7}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	1.90	kg	6.35×10^{-6}	0.4800	3.05×10^{-6}	http://jeet.siamtechno.ac.th
กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว	0.28	kg	9.25×10^{-7}	2.9300	2.71×10^{-6}	TGO
สารเคมีใช้แล้ว	15.11	kg	5.05×10^{-5}	0.00	0.00	-
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	5.55	kg	1.85×10^{-5}	2.0000	3.71×10^{-5}	TGO
Beraing SKF Size: 6309-2Z ใช้แล้ว	4.00	kg	1.34×10^{-5}	4.000	5.34×10^{-5}	TGO
Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm ใช้แล้ว	4.00	kg	1.34×10^{-5}	4.000	5.34×10^{-5}	TGO

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
O-Ring viton Size: 9×267 mm ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.000	2.67×10^{-5}	TGO
PT Check ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.000	2.67×10^{-5}	TGO
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.000	2.67×10^{-5}	TGO
สีน้ำเงินใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
รวม					2.26×10^{-1}	

3. ขั้นตอนการกวนผสม

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสมรายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.8 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสมรายการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 2.48×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ และผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสม เท่ากับ 2.71×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ รายละเอียดการคำนวณเป็นดังนี้

สารขาเข้า คือ

น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล 345,331.13 kgCOD ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.15 ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากน้ำทิ้งรีไซเคิ้ลกับเข้าสู่ระบบ ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปั๊มน้ำไฟฟ้า 120,240.00 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.02×10^{-1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.25×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

มอเตอร์กวนผสม 12,024.00 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.02×10^{-2} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.25×10^{-2} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ปั๊ม Sodium Hydroxide 50% 210.28 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 7.02×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.94×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Sodium Hydroxide 50% 90 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.01×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.1148 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.35×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 1,500 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.01×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 3.3036 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.66×10^{-2} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ปุ๋ยเคมี (18-46-0) 1,000 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.34×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.5716 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.25×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผ้าเช็ดมือ 5.55 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.85×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.1100 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.91×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Beraing SKF Size: 6314-2Z 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Beraing SKF Size: 6209-2Z 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

O-Ring viton Size: 227×5.5 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

O-Ring viton Size: 335×7 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil seal TC Size: 45-65-7 mm 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.64×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

PT Check 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.5455 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.04×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ $8.18x10^{-5}$ $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สีน้ำเงิน 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.5455 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.04×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

และสารขาออก คือ

ไอน้ำระเหย 33.32 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.11×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากไอน้ำระเหยไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ถุงปุ๋ยใช้แล้ว 5.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.67×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.02×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว 5.55 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.85×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.0000 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.71×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ตะกอนจากการลอกบ่อ 5,140.22 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.72×10^{-2} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากตะกอนมีลักษณะเป็นคล้ายดินนำไปถมที่ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Beraing SKF Size: 6314-2Z ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Beraing SKF Size: 6209-2Z ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

O-Ring viton Size: 227×5.5 mm ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

O-Ring viton Size: 335×7 mm ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil seal TC 45-65-7 mm ใช้แล้ว 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.34×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

PT Check ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Mechanical Seal "Dynamica" Size: 55 mm ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ $6.68x10^{-6}$ ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สีน้ำเงินใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ตารางที่ 4.8 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสม

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล	34,5331.13	kgCOD	1.15	0.00	0.00	-
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	120,240.00	kWh	4.02×10^{-1}	0.5610	2.25×10^{-1}	TC Common data
มอเตอร์กวนผสม	12,024.00	kWh	4.02×10^{-2}	0.5610	2.25×10^{-2}	TC Common data
ปั๊ม Sodium Hydroxide 50%	210.28	kWh	7.02×10^{-4}	0.5610	3.94×10^{-4}	TC Common data
Sodium Hydroxide 50%	90	m^3	3.01×10^{-4}	1.1148	3.35×10^{-4}	TGO
ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)	1,500	kg	5.01×10^{-3}	3.3036	1.66×10^{-2}	TGO
ปุ๋ยเคมี (18-46-0)	1,000	kg	3.34×10^{-3}	1.5716	5.25×10^{-3}	TGO
ผ้าเช็ดมือ	5.55	kg	1.85×10^{-5}	2.1100	3.91×10^{-5}	Thai national database
Beraing SKF Size: 6314-2Z	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
Beraing SKF Size: 6209-2Z	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
O-Ring viton Size: 227×5.5 mm	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
O-Ring viton Size: 335×7 mm	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO

ตารางที่ 4.8 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
Oil seal TC 45-65-7	4.00	kg	1.34×10^{-5}	12.2359	1.64×10^{-4}	TGO
PT Check	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.5455	3.04×10^{-5}	TGO
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mm	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
สีน้ำเงิน	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.5455	3.04×10^{-5}	TGO
สารขาออก						
ไอน้ำระเหย	33.32	m^3	1.11×10^{-4}	0.00	0.00	TGO
ถุงปุ๋ยใช้แล้ว	5.00	kg	1.67×10^{-5}	0.4800	8.02×10^{-6}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	5.55	kg	1.85×10^{-5}	2.0000	3.71×10^{-5}	TGO
ตะกอนจากการลอกบ่อ	5,140.22	kg	1.72×10^{-2}	0.00	0.00	-
Beraing SKF Size: 6314-2Z ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
Beraing SKF Size: 6209-2Z ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO

ตารางที่ 4.8 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
O-Ring viton Size: 227×5.5 mm ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
O-Ring viton Size: 335×7 mm ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
Oil seal TC 45-65-7 ใช้แล้ว	4.00	kg	1.34×10^{-5}	4.0000	5.34×10^{-5}	TGO
PT Check ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mm ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
สีน้ำเงินใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
รวม					2.71×10^{-1}	

4. ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน รายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน รายการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกินเท่ากับ 5.96 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ และผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน เท่ากับ 8.58 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ รายละเอียดการคำนวณเป็นดังนี้

สารขาเข้า คือ

Digestion solution for COD 36.14 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.21×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.47×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Ethylene Glycol 1.49 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.99×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.4280 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.12×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Sulfuric Acid Solution 0.20 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.78×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.27×10^{-8} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Hydroxylamine Hydrochloride Solution 1.02 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.41×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.3325 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.55×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Sodium Hydroxide Solution 2.09 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.98×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.1148 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.78×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution 10.15 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.39×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1219 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.13×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำกลั่น 0.15 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.98×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.0676 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.03×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระดาษกรองทิชชู 13.87 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.63×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.3549 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.02×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระดาษกรอง GF/C 0.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 9.25×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.8790 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.74×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ซิลิก้าเจล 1.40 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.69×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.2203 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.05×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Hydrochloric 2.63 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.77×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.3325 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.17×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB 2.42 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.10×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.8365 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.49×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB 2.42 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.10×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.8586 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.31×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ 1.32 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.43×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.8365 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.13×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบ 1.32 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.43×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.8586 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.27×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Potassium Chloride 1.32 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.43×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.9271 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.53×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผ้าเช็ดมือ 11.10 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.71×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.1100 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.83×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ซันไลต์ล้างอุปกรณ์ 0.95 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.17×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4695 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.49×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำล้างอุปกรณ์ 4.61 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.54×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.2843 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.38×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำล้างครีบ UASB 2.00 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.2843 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.90×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ถุงมือยาง 10.05 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.36×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.1900 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6.34×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

และสารขาออก คือ

น้ำทิ้งผ่านการบำบัด 1,151,103.76 kgCOD ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.85 ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.0012 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.61×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล 345,331.13 kgCOD ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.15 ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากน้ำรีไซเคิ้ลกับเข้าสู่ระบบ ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ก๊าซมีเทนส่วนเกิน 648,786.88 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.17 เนื่องจากการค้นหาไม่พบค่า Emission Factor จึงหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคำนวณสมการการเผ้าไหม้ ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.96 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกิน 783,173.30 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.62 ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.62 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ก๊าซออกซิเจนส่วนเกิน 12,899.82 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.31×10^{-2} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ส่วนเกิน 587.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.96×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.1839 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.23×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด COD ใช้แล้ว 36.44 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.22×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.84×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว 1.37 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.56×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.19×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว 0.16 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.41×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.60×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว 0.52 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.73×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.29×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว 0.42 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.40×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6.73×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว 1.90 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.35×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.05×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระดาษทิชชูใช้แล้ว 13.87 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.63×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.9300 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.36×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว 0.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 9.25×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.9300 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.71×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สารเคมีใช้แล้ว 15.11 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.05×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัด ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ซิลิก้าเจลใช้แล้ว 0.00 kg เนื่องจากไม่ได้ทิ้ง ใช้ต่อเนื่องผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Hydrochloric ใช้แล้ว 2.63 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.77×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัด ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ขวด Hydrochloric ใช้แล้ว 1.48 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.93×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.37×10^{-6} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว 2.42 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.10×10^{-6} Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัด ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว 2.42 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.10×10^{-6} Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัด ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว 1.32 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.43×10^{-6} Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัด ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว 1.32 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.43×10^{-6} Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัดไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Potassium Chloride ใช้แล้ว 1.32 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.43×10^{-6} Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัดไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว 11.10 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.71×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.0000 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.42×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำเสียจากการล้างอุปกรณ์/ล้างครีบ UASB 6.61 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.21×10^{-5} Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากส่งเข้าสู่ระบบบำบัด ไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ถุงมือยางใช้แล้ว 10.05 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.36×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 3.1300 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.05×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวดซันไลต์ใช้แล้ว 0.10 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.34×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.0700 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.34×10^{-8} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว 0.26 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.53×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.09×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว 0.26 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.53×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.09×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว 0.18 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.98×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.87×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว 0.18 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.98×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.87×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ขวด Potassium Chloride ใช้แล้ว 0.18 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.98×10^{-7} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.4800 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.87×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน

กิจกรรม	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**ปริมาณ/หน่วย**	**ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)**	**GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)**	**แหล่งข้อมูลอ้างอิง**
สารขาเข้า						
Digestion solution for COD	36.14	kg	1.21×10^{-4}	0.1219	1.47×10^{-5}	TGO
Ethylene Glycol	1.49	kg	4.99×10^{-6}	1.4280	7.12×10^{-6}	TGO
Sulfuric Acid Solution	0.20	kg	6.78×10^{-7}	0.1219	8.27×10^{-8}	TGO

ตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
Hydroxylamine Hydrochloride Solution	1.02	kg	3.41×10^{-6}	1.3325	4.55×10^{-6}	TGO
Sodium Hydroxide Solution	2.09	kg	6.98×10^{-6}	1.1148	7.78×10^{-6}	TGO
Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution	10.15	kg	3.39×10^{-5}	0.1219	4.13×10^{-6}	TGO
น้ำกลั่น	0.15	m^3	4.98×10^{-7}	2.0676	1.03×10^{-6}	TGO
กระดาษทิชชู	13.87	kg	4.63×10^{-5}	4.3549	2.02×10^{-4}	Thai national database
กระดาษกรอง GF/C	0.28	kg	9.25×10^{-7}	1.8790	1.74×10^{-6}	Thai national database
ซิลิก้าเจล	1.40	kg	4.69×10^{-6}	0.2230	1.05×10^{-6}	Thai national database
Hydrochloric	2.63	kg	8.77×10^{-6}	1.3325	1.17×10^{-5}	Thai national database
Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB	2.42	kg	8.10×10^{-6}	1.8365	1.49×10^{-5}	TGO
Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB	2.42	kg	8.10×10^{-6}	2.8586	2.31×10^{-5}	TGO
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ	1.32	kg	4.43×10^{-6}	1.8365	8.13×10^{-6}	TGO

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ	1.32	kg	4.43×10^{-6}	2.8586	1.27×10^{-5}	TGO
Potassium Chloride	1.32	kg	4.43×10^{-6}	1.9271	8.53×10^{-6}	TGO
ผ้าเช็ดมือ	11.10	kg	3.71×10^{-5}	2.1100	7.83×10^{-5}	Thai national database
ซันไลต์ล้างอุปกรณ์	0.95	kg	3.17×10^{-6}	0.4695	1.49×10^{-6}	TGO
น้ำล้างอุปกรณ์	4.61	m^3	1.54×10^{-5}	0.2843	4.38×10^{-6}	TGO
น้ำล้างครีบ UASB	2.00	m^3	6.68×10^{-6}	0.2843	1.90×10^{-6}	TGO
ถุงมือยาง	10.05	kg	3.36×10^{-5}	0.1900	6.34×10^{-6}	Thai national database
สารขาออก						
น้ำทิ้งผ่านการบำบัด	1,151,103.76	kgCOD	3.85	0.0012	4.61×10^{-3}	IPCC (2006) Chapter 6
น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล	345,331.13	kgCOD	1.15	0.00	0.00	-
ก๊าซมีเทนส่วนเกิน	648,786.88	kg	2.17		5.96	คำนวณจากสมการการเผาไหม้

ตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกิน	783,173.30	kg	2.62	1.00	2.62	TGO
ก๊าซออกซิเจนส่วนเกิน	12,899.82	kg	4.31×10^{-2}	0.00	0.00	-
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	587.28	kg	1.96×10^{-3}	1.1839	2.32×10^{-3}	TGO
ขวด COD ใช้แล้ว	36.44	kg	1.22×10^{-4}	0.4800	5.84×10^{-5}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว	1.37	kg	4.56×10^{-6}	0.4800	2.19×10^{-6}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	0.16	kg	5.41×10^{-7}	0.4800	2.60×10^{-7}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว	0.52	kg	1.73×10^{-6}	0.4800	8.29×10^{-7}	http://jeet.siamtechno.ac.th
ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว	0.42	kg	1.40×10^{-6}	0.4800	6.73×10^{-7}	http://jeet.siamtechno.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	1.90	kg	6.35×10^{-6}	0.4800	3.05×10^{-6}	http://jeet.siamtechno.ac.th
กระดาษทิชชู ใช้แล้ว	13.87	kg	4.63×10^{-5}	2.9300	1.36×10^{-4}	TGO
กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว	0.28	kg	9.25×10^{-7}	2.9300	2.71×10^{-6}	TGO
สารเคมีใช้แล้ว	15.11	kg	5.05×10^{-5}	0.00	0.00	-
ซิลิก้าเจลใช้แล้ว	0.00	kg	0.00	0.00	0.00	-
Hydrochloric ใช้แล้ว	2.63	kg	8.77×10^{-6}	0.00	0.00	-
ขวด Hydrochloric ใช้แล้ว	1.48	kg	4.93×10^{-6}	0.4800	2.37×10^{-6}	http://jeet.siamtechno.ac.th
Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	2.42	kg	8.10×10^{-6}	0.00	0.00	-
Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	2.42	kg	8.10×10^{-6}	0.00	0.00	-
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	1.32	kg	4.43×10^{-6}	0.00	0.00	-
Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	1.32	kg	4.43×10^{-6}	0.00	0.00	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
Potassium Chloride ใช้แล้ว	1.32	kg	4.43×10^{-6}	0.00	0.00	-
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	11.10	kg	3.71×10^{-5}	2.0000	7.42×10^{-5}	TGO
น้ำเสียจากการล้างอุปกรณ์/ล้างครีบ UASB	6.61	m^3	2.21×10^{-5}	0.00	0.00	-
ถุงมือยางใช้แล้ว	10.05	kg	3.36×10^{-5}	3.1300	1.05×10^{-4}	TGO
ขวดซันไลต์ใช้แล้ว	0.10	kg	3.34×10^{-7}	0.0700	2.34×10^{-8}	http://jeet.siamtechnoo.ac.th
ขวด Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	0.26	kg	8.53×10^{-7}	0.4800	4.09×10^{-7}	http://jeet.siamtechnoo.ac.th
ขวด Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	0.26	kg	8.53×10^{-7}	0.4800	4.09×10^{-7}	http://jeet.siamtechnoo.ac.th
ขวด Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	0.18	kg	5.98×10^{-7}	0.4800	2.87×10^{-7}	http://jeet.siamtechnoo.ac.th
ขวด Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	0.18	kg	5.98×10^{-7}	0.4800	2.87×10^{-7}	http://jeet.siamtechnoo.ac.th
ขวด Potassium Chlorideใช้แล้ว	0.18	kg	5.98×10^{-7}	0.4800	2.87×10^{-7}	http://jeet.siamtechnoo.ac.th
รวม					8.58	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter รายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.10 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter รายการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซมีเทน เท่ากับ 1.06 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ และผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter เท่ากับ 1.23 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ รายละเอียดการคำนวณเป็นดังนี้

สารขาเข้า คือ

น้ำประปา 167.00 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 5.58×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.2843 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.59×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Air Blower 4,008.00 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ $1.34x10^{-2}$ ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.51×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ปั๊มน้ำไฟฟ้า 4,008.00 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-2} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.51×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

มีเดีย Wet Scrubber 1,008.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.37×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.6170 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.44×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Biogas Blower 73,747.20 kWh ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.46×10^{-1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5610 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.38×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Activated Carbon 1,250 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 4.18×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.0100 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.20×10^{-3} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Bearing SKF Size: NU208 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Bearing SKF Size: 6208-2Z 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.18×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil Seal TC 54-72-10 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.64×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm 8.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.67×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 12.2359 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.27×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สีน้ำเงิน 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.5455 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.04×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

และสารขาออก คือ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 222,537.28 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 7.43×10^{-1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7.43×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ก๊าซออกซิเจน 2,923.30 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 9.77×10^{-3} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 21.51 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 7.18×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.1839 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.51×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ไอน้ำระเหย 50.10 m^3 ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.67×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ค่า Emission Factor เท่ากับศูนย์เนื่องจากไอน้ำระเหยไม่ถือว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

มีเดีย Wet Scrubber ใช้แล้ว 0.00 kg เนื่องจากไม่ได้ทิ้ง ใช้ต่อเนื่องผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำเสีย 70.20 kgCOD ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.35×10^{-4} ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.0012 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.81×10^{-7} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

น้ำเสีย (ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) 95,193.16 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 3.18×10^{-1} ค่า Emission Factor เท่ากับ 1.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.18×10^{-1} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Activated Carbon ใช้แล้ว 0.00 kg เนื่องจากไม่ได้ทิ้งใช้ต่อเนื่องผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.00 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

กระสอบบรรจุมีเดีย 2.5 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 8.35×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 2.9300 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.45×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Bearing SKF Size: NU208 ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Bearing SKF Size: 6208-2Z ใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil Seal TC 54-72-10 ใช้แล้ว 4.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 1.34×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.34×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm ใช้แล้ว 8.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 2.67×10^{-5} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.07×10^{-4} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

สีน้ำเงินใช้แล้ว 2.00 kg ปริมาณ/FU เท่ากับ 6.68×10^{-6} ค่า Emission Factor เท่ากับ 4.00 $kgCO_2$-eq/หน่วย ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.67×10^{-5} $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ตารางที่ 4.10 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
สารขาเข้า						
น้ำประปา	167.00	m^3	5.58×10^{-4}	0.2843	1.59×10^{-4}	TGO
Air Blower	4,008.00	kWh	1.34×10^{-2}	0.5610	7.51×10^{-3}	TC Common data
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	4,008.00	kWh	1.34×10^{-2}	0.5610	7.51×10^{-3}	TC Common data
มีเดีย Wet Scrubber	1,008.00	kg	3.37×10^{-3}	1.6170	5.44×10^{-3}	Thai national database
Biogas Blower	73,747.20	kWh	2.46×10^{-1}	0.5610	1.38×10^{-1}	TC Common data
Granular Activated Carbon	1,250	kg	4.18×10^{-3}	1.0100	4.20×10^{-3}	TGO
Bearing SKF Size: NU208	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
Bearing SKF Size: 6208-2Z	2.00	kg	6.68×10^{-6}	12.2359	8.18×10^{-5}	TGO
Oil Seal TC 54-72-10	4.00	kg	1.34×10^{-5}	12.2359	1.64×10^{-4}	TGO
Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm	8.00	kg	2.67×10^{-5}	12.2359	3.27×10^{-4}	TGO
สีน้ำเงิน	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.5455	3.04×10^{-5}	TGO

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
สารขาออก						
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	222,537.28	kg	7.43×10^{-1}	1.00	7.43×10^{-1}	TGO
ก๊าซออกซิเจน	2,923.30	kg	9.77×10^{-3}	0.00	0.00	-
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	21.51	kg	7.18×10^{-5}	1.1839	8.51×10^{-5}	TGO
ไอน้ำระเหย	50.10	m^3	1.67×10^{-4}	0.00	0.00	-
มีเดีย Wet Scrubber ใช้แล้ว	0.00	kg	0.00	0.00	0.00	-
น้ำเสีย	70.20	kgCOD	2.35×10^{-4}	0.0012	2.81×10^{-7}	IPCC (2006) Chapter6
น้ำเสีย (ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)	95,193.16	kg	3.18×10^{-1}	1.00	3.18×10^{-1}	TGO
Activated Carbon ใช้แล้ว	0.00	kg	0.00	0.00	0.00	-
กระสอบบรรจุมีเดีย	2.50	kg	8.35×10^{-6}	2.9300	2.45×10^{-5}	TGO
Bearing SKF Size: NU208 ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
Bearing SKF Size: 6208-2Z ใช้แล้ว	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO

ตารางที่ 4.10 ค่าการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter (ต่อ)

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ/หน่วย	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	GHG ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
Oil Seal TC 54-72-10 ใช้แล้ว	4.00	kg	1.34×10^{-5}	4.0000	5.34×10^{-5}	TGO
Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm ใช้แล้ว	8.00	kg	2.67×10^{-5}	4.0000	1.077×10^{-4}	TGO
ทำสี Blue	2.00	kg	6.68×10^{-6}	4.0000	2.67×10^{-5}	TGO
รวม					1.23	

จากผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 4.2 แสดงผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย และรูปที่ 4.3 แสดงเปอร์เซ็นของแต่ละขั้นตอนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย โดย

ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.496 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 4.59%

ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.226 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 2.09%

ขั้นตอนการกวนผสมปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.271 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 2.51%

ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.584 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 79.46%

ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1.225 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 11.34%

ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

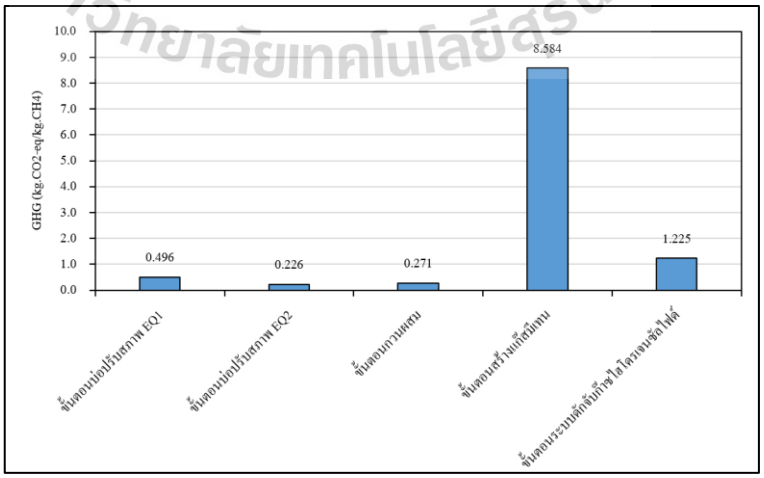
1. ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 10.804 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

2. ขั้นตอนที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน ปลดปล่อย 8.584 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 79.46%

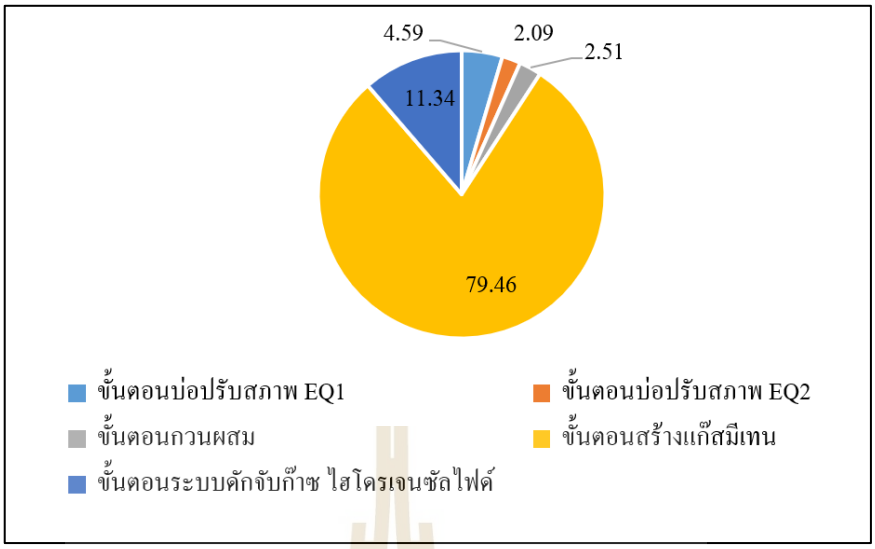
3. รายการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกิน ปลดปล่อย 5.96 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 55.17% รองลงมา คือ การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของงานผลิตก๊าซมีเทน ปลดปล่อย 3.678 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 34.04% และรองลงมา คือ การใช้ไฟฟ้าปลดปล่อย 1.123 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ คิดเป็น 10.39% แสดงดังรูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ของรายการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

ตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละขั้นตอน

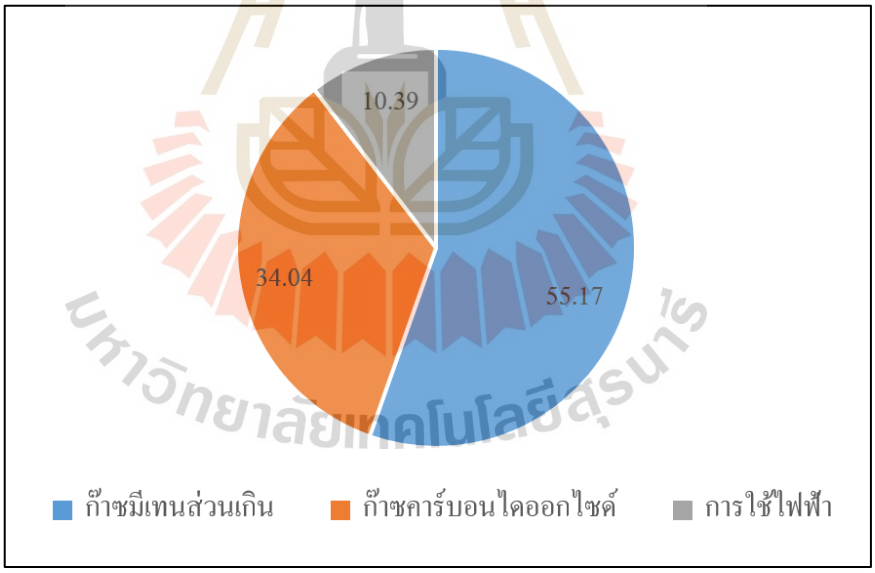
ขั้นตอน	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)
ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1	0.496
ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2	0.226
ขั้นตอนกวนผสม	0.271
ขั้นตอนสร้างก๊าซมีเทน	8.584
ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter	1.225
รวม	10.804



รูปที่ 4.2 แสดงผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB



รูปที่ 4.3 แสดงเปอร์เซ็นของแต่ละขั้นตอนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB



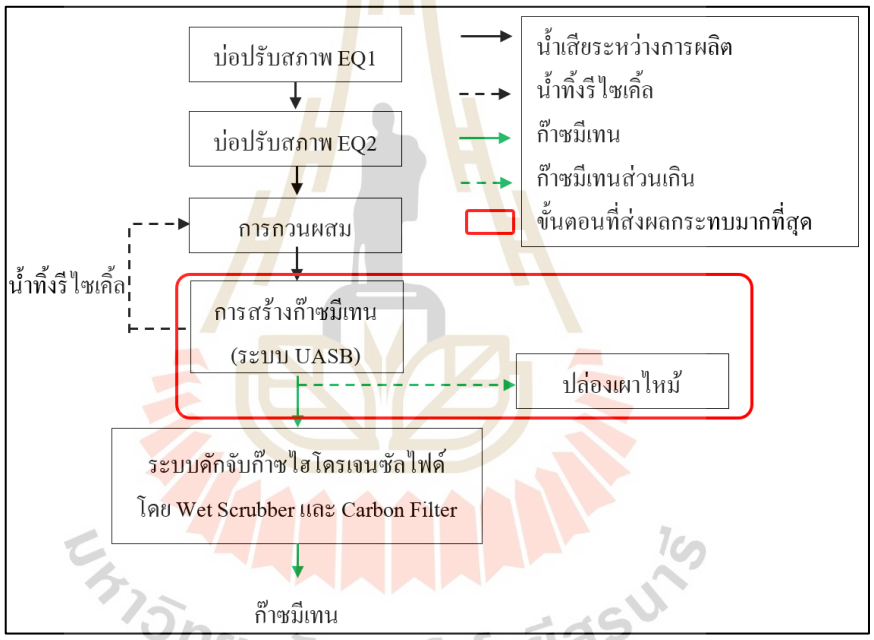
รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ของรายการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย

4.2.2 แนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย พบว่า ในขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก

ที่สุด ซึ่งมาจากกิจกรรมที่ส่งก๊าซมีเทนส่วนเกินไปเผาไหม้ แสดงดังรูปที่ 4.5 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดย

1. ลดปริมาณการส่งก๊าซมีเทนส่วนเกินไปเผาไหม้ โดยนำก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน LPG ในการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว จากเดิมจะมีการส่งถ่านกัมมันต์ทั้งหมดที่ใช้แล้วไปฟื้นฟูสภาพทุกรอบ 1 ปี กับบริษัทรับฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ หากปรับเปลี่ยนมาเป็นการใช้ก๊าซมีเทนส่วนเกินที่ผลิตได้มาทำการฟื้นฟูสภาพเองจะช่วยลดปริมาณการส่งก๊าซมีเทนส่วนเกินไปเผาไหม้ ปริมาณก๊าซมีเทนส่วนเกินที่ส่งไปเผาไหม้ที่ลดลงแสดงดังรูปที่ 4.6 และนอกจากนั้นแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการส่งถ่านกัมมันต์ไปฟื้นฟูอีกด้วย



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนและกิจกรรมที่ส่งผลกระทบมากที่สุด

ขั้นตอน		สารขาออก	หน่วย	ปริมาณ ปัจจุบัน	ปริมาณ แนวทางปรับปรุง
การสร้างก๊าซมีเทน	→	CH_4 (ส่วนเกิน)	kg	648,787	45,599
	→	CO_2 (ส่วนเกิน)	kg	783,173	55,045
	→	O_2 (ส่วนเกิน)	kg	12,899	907
	→	H_4S (ส่วนเกิน)	kg	587	41

รูปที่ 4.6 ปริมาณก๊าซมีเทนส่วนเกินที่ลดลงในการส่งไปเผาไหม้

ทั้งนี้จากการลดปริมาณการเผาไหม้ของก๊าซมีเทนส่วนเกิน แล้วนำก๊าซที่ผลิตได้ไปใช้งานจะมีรายการบางส่วนที่ปริมาณเพิ่มขึ้น จากการที่มีการใช้งานมากกว่าเดิม คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและน้ำประปาปริมาณที่เพิ่มขึ้นแสดงดังรูปที่ 4.7

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณ ปัจจุบัน	ปริมาณ แนวทางปรับปรุง		ขั้นตอน
น้ำประปา	m^3	167	334	→	ระบบดักจับก๊าซ
Air Blower	kWh	4,008	8,016	→	ไฮโดรเจนซัลไฟด์
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	kWh	4,008	8,016	→	โดย Wet Scrubber
Biogas Blower	kWh	73,747.20	147,494	→	และ Carbon Filter

หมายเหตุ ปริมาณที่ได้มาจากการคำนวณ

รูปที่ 4.7 รายการที่มีปริมาณการใช้ทรัพยากรเพิ่ม

และเมื่อคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการลดปริมาณการเผาไหม้ของก๊าซมีเทนส่วนเกิน และนำไปใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB แสดงได้ ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดปริมาณการเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกิน

แนวทางการดำเนิน	**ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)**
ปัจจุบัน	10.804
ลดการส่งก๊าซมีเทนส่วนเกินไปเผาไหม้	1.517

2. ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) ประกอบด้วย 4 บ่อ คือ บ่อที่ 1 บ่อหมักไร้อากาศ บ่อที่ 2 และ บ่อที่ 3 เป็นบ่อเติมอากาศ และบ่อที่ 4 เป็นบ่อพักน้ำทิ้ง แสดงดังรูปที่ 4.8 ในระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศสามารถรับปริมาณน้ำเสียได้ 6,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งรับน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 4,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเห็นได้ว่าสามารถรับน้ำเสียเข้าระบบได้อีกประมาณ 2,222 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หากนำน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดแบบ UASB มาเข้าสู่ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศจะช่วยลดการป้อนน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดแบบ UASB ซึ่งจะทำให้ลดการผลิตก๊าซมีเทนลงได้ โดยน้ำเสียจะเข้าระบบบำบัดแบบ UASB เฉลี่ยประมาณ 1,251 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ และที่ส่งไปเผาไหม้เปรียบเทียบปัจจุบันและ

ลดการป้อนน้ำเสียเข้าระบบบำบัดแบบ UASB แสดงดังตารางที่ 4.13 และเมื่อนำมาคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงได้ดังตารางที่ 4.14

รูปที่ 4.8 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ และที่ส่งไปเผาไหม้ปัจจุบันและลดการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ

แนวทางการดำเนิน	**น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย (m^3/d)**	**ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ (kgd)**	**ก๊าซมีเทนที่เผาไหม้ (kgd)**
ปัจจุบัน	3,209	2,730.53	1,942.48
ลดการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ	1,251	1,047.05	259.00

ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดปริมาณการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ

แนวทางการดำเนิน	**ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)**
ปัจจุบัน	10.801
ลดการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ	2.572

อย่างไรก็ตาม ในการบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) ก็มีส่วนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งในการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธ์ในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.25 ($kgCO_2$-eq/kgCOD) (IPCC (2006) Chapter 6) จากการนำน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) เพิ่ม 2,222 m^3/d จึงได้ทำการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากค่าสัมประสิทธิ์ในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่งผลกระทบเท่ากับ 1.231 $kgCO_2$-eq/m^3 แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่าการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)

รายการ	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**ปริมาณ/หน่วย**	**ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)**	**GHG ($kgCO_2$-eq/m^3)**	**แหล่งข้อมูลอ้างอิง**
น้ำเสีย	798,593	m^3	0.98	1.2500	1.231	IPCC (2006) Chapter 6

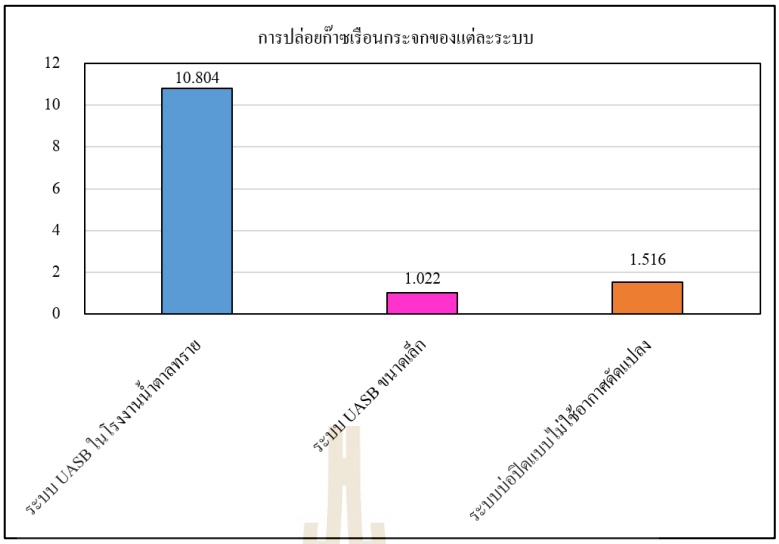
4.2.3 พิจารณาแหล่งพลังงานทางเลือกอื่นทดแทนการผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB สามาถผลิตก๊าซมีเทน และนำไปใช้เป็นพลังงานได้ ซึ่งนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว ทั้งนี้ก๊าซที่ผลิตได้จากการบำบัดน้ำเสีย มีส่วนผสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งผลกระทบในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 34.04% โดยในการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ สามารถทำได้โดย (1) วิธีการเผาไหม้ จะเป็นการใช้เชื้อเพลิงให้มีการเผาไหม้ถ่านกัมมันต์เพื่อให้เกิดรูพรุน และ (2) วิธีการล้างถ่านกัมมันต์จะเป็นระบบการชะล้างด้วยน้ำคุณภาพระดับรีเวอร์ส ออสโมซิส (Reverse Osmosis) แล้วนำมาไล่ความชื้น และให้ความร้อนด้วยระบบเตาอบที่อุณหภูมิสูง ในวิธีการที่ (2) จะสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าทดแทนการใช้เชื้อเพลิงได้ แต่ทั้งนี้ในโรงงานผลิตน้ำตาลทรายจะมีน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกค่อนข้างสูง ซึ่งต้องได้รับการบำบัดให้คุณภาพน้ำผ่านตามกฎหมายนั้น เมื่อนำมาบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูง และได้ผลิตภัณฑ์ในการบำบัดเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ถือเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

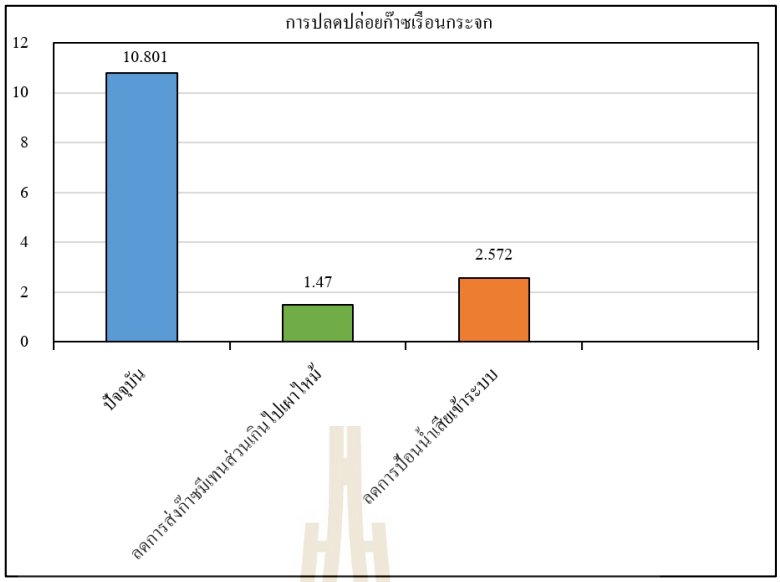
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย เป็นการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้น โดยการรวบรวมข้อมูลของสารขาเข้า – สารขาออกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB จากการสอบถามหน้างานจริง เช่น แผนกพัสดุ แผนกสิ่งแวดล้อมแผนกจัดซื้อ และข้อมูลบันทึกในระบบ SAP จัดเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 – ธันวาคม 2561 และนำมาจัดทำข้อมูลทุติยภูมิ โดยทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม หรือหน่วยการทำงาน (Function Unit) คือ $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$

ผลการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB พบว่า ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เท่ากับ 10.804 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ โดยขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 8.584 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ และรายการที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ การเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกิน ปลดปล่อย 5.960 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ งานวิจัยของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ UASB ขนาดเล็ก มีค่าการปลดปล่อยทั้งหมด เท่ากับ 0.544 $kgCO_2$-eq/1 kWh หรือเมื่อนำมาคำนวณในหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซมีเทนจะมีค่าเท่ากับ 1.022 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ ซึ่งขั้นตอนที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ โดยมีค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 0.439 $kgCO_2$-eq/1 kWh และรายการที่มีการปลดปล่อยมากที่สุดคือน้ำเสียที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศ (สรุเชษฐ์ กล้าณรงค์, 2557) และงานวิจัยของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบ่อปิดแบบไม่ใช้อากาศดัดแปลง พบว่าขั้นตอนน้ำออกจากระบบปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และรายการน้ำเสียออกจากระบบปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 0.635 $kgCO_2$-eq/1 m^3 และ 0.634 $kgCO_2$-eq/1 m^3 ตามลำดับ และมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดกระบวนการ เท่ากับ 0.689 $kgCO_2$-eq/1 m^3 หรือเมื่อนำมาคำนวณในหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซมีเทนจะมีค่าเท่ากับ 1.516 $kgCO_2$-eq/$kgCH_4$ (วรรณิษา วงศ์วัฒนานันท์, 2561) จะเห็นได้ว่าจากผลการวิจัยทั้งสองงานวิจัยรายการที่ส่งผลกระทบมากที่สุดมาจากรายการน้ำเสียที่ผ่านการหมักและน้ำเสียที่ออกจากระบบ ซึ่งต่างจากผลการศึกษาของงานนี้ เนื่องจาก ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ที่เป็นผลิตภัณฑ์ได้นำไปใช้งานทั้งหมดคือ นำไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ส่วนจากผลการศึกษาของระบบบำบัดแบบ UASB ในโรงงานน้ำตาลทรายนี้ มีการนำก๊าซมีเทนส่วนเกินส่งไปยังปล่องและทำการเผาไหม้ ทำให้ในขั้นตอนนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบระหว่างระบบบำบัดแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทรายกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ UASB ขนาดเล็กและระบบบ่อปิดแบบไม่ใช้อากาศดัดแปลงแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละระบบ

เมื่อทำการหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเสนอแนวทางได้ 2 วิธี คือ (1) ลดปริมาณการนำก๊าซมีเทนส่วนเกินส่งไปเผาไหม้ โดยการนำไปใช้งานในกระบวนการผลิต และ (2) ลดปริมาณการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB โดยส่งน้ำเสียเข้าระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) จากความสามารถที่สามารถรับน้ำเสียได้ ซึ่งการลดการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดแบบ UASB ก็จะช่วยให้ปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนลดลงด้วย จากผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าการลดปริมาณมีเทนส่วนเกินไปเผาไหม้ หรือ การลดปริมาณการผลิตก๊าซมีเทน ช่วยทำให้ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ ดังรูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยปัจจุบันและตามแนวทางที่เสนอแนะแก้ไข ทั้งนี้จากการเสนอแนวทางดังกล่าวในวิธีที่ 1 จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า น้ำประปา เพิ่มขึ้น และวิธีที่ 2 ก็จะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 4.16



รูปที่ 4.10 ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ที่เสนอแนวทางแก้ไข

และหากพิจารณาแหล่งพลังงานอื่นทดแทนการผลิตก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียที่มีการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 34.04% สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าทดแทนในส่วนที่นำก๊าซมีเทนไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ แต่ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตที่เกิดน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกค่อนข้างสูงนั้น นำมาบำบัดด้วยระบบบำบัดแบบ UASB ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงและได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซมีเทน ที่นำไปใช้เป็นพลังงานได้นั้น ถือเป็นการได้บำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพตามที่กฎหมายกำหนด และเป็นการนำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วย

ตารางที่ 4.16 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการนำก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ไปใช้งานและของระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)

รายการ	GHG	หน่วย
ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ไปใช้งาน	1.517	($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)
ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)	1.231	($kgCO_2$-eq/m^3)

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในโรงงานผลิตน้ำตาลทราย โดยการศึกษาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 – ธันวาคม พ.ศ. 2561 และคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนที่เกิดขึ้น

จากผลการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 10.804 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 8.584 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 คิดเป็น 79.46% และรายการที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ การเผาไหม้ก๊าซมีเทนส่วนเกินปลดปล่อย 5.960 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 คิดเป็น 55.17% จากการปลดปล่อยทั้งหมด

จากผลการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB สามารถเสนอแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2 วิธี คือ

1. ลดปริมาณการนำก๊าซมีเทนส่วนเกินส่งไปเผาไหม้ โดยการนำไปใช้งานในกระบวนการผลิต ซึ่งจากการนำก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ไปใช้งานจะมีปริมาณการใช้น้ำประปา และการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และเมื่อคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 10.804 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 เหลือ 1.571 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 หรือคิดเป็น 85.50% ของการปลดปล่อยที่ลดลงได้

2. ลดปริมาณการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB โดยส่งน้ำเสียเข้าระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) จากความสามารถที่สามารถรับน้ำเสียได้ แต่จากการป้อนน้ำเสียเข้าระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) ก็จะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียของบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) จากปริมาณน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเพิ่ม 2,222 m^3/d ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.231 kg.CO^2-eq/m^3 และเมื่อคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดแบบ UASB จากการปรับลดดังกล่าวจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 10.804 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 เหลือ 2.572 kg.CO_2-eq/kg.CH_4 หรือคิดเป็น 76.19% ของการปลดปล่อยที่ลดลงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาฐานข้อมูลค่า Emission Factor ของการเผาไหม้ก๊าซมีเทนเพิ่มเติม เพื่อเปรียบเทียบกับผลจากการหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทนจากสมการการเผาไหม้

2. ควรติดตั้งมิเตอร์ในการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแต่ละขั้นตอนเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของข้อมูล

3. ควรติดตั้งมิเตอร์น้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) เพื่อความแม่นยำของข้อมูลในการรับน้ำเสียเข้าระบบ

4. ควรมีการศึกษาคาร์บอนเครดิตที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ซึ่งสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ และนำไปรวบรวมกับส่วนอื่นภายในโรงงาน เพื่อขอการรับรองจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. (2559). **พิมพ์เขียว Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน**. ม.ป.ท.

Ayush G., et al. (2018). A Geometric Approach to Inverse Kinematics of 3 DOF Robotics Arm. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology**. 6(1), 3524–3530.

Chen, H., et al. (2013). Semiautonomous Industrial Mobile Manipulation for Industrial Applications. **Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems**. China. 361–366.

Craig J.J. (2005). **Introduction to Robotics Mechanics and Control. 3rd ed**. Pearson Education, Inc., USA.

Donald R. Dentler II. (2008). **Design, Control, and Implementation of a Three Link Articulated Robot Arm**. Master' Thesis, The Graduate Faculty of The University of Akron.

Electronics Hub. (2021). **Arduino Introduction (Online)**. https://www.electronicshub.org/arduino-introduction/, June 11, 2021.

GreigRS (pseud.). (2015). **Stepper motors and drives, what is full step, half step and micro stepping (Online)**. https://www.rs-online.com/designspark/stepper-motors-and-drives-what-is-full-step-half-step-and-microstepping., June 3, 2021.

Lee, J., et al. (2018). Development of mobile robot with vision inspection system and three-axis robot. **2018 3rd International Conference on Control and Robotics Engineering**, Japan, 6 –10.

Mittal, R.K. and Nagrath, I.J. (2003). **Robotics and control**. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited., New Delhi.

Saixuan, C., Minzhou, L., Omar, A., and Guanwu, J. (2017). A General Analytical Algorithm for Collaborative Robot (cobot) with 6 Degree of Freedom (DOF). **Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation**. 698–701.

Samuel J.L., Jeff S., William M. (2018). **University Physics Volume 1**. OpenStax., Houston, Texas.

Singh, T. P., Suresh, P., Chandan, S. (2017). Forward and Inverse Kinematic Analysis of Robotic Manipulators. **International Research Journal of Engineering and Technology**. 4(2), 1459–1469.

The Robotics Back-End. (n.d.). **Raspberry Pi Arduino Serial Communication (Online)**. https://roboticsbackend.com/raspberry-pi-arduino-serial-communication/, June 21, 2021.

Zhao, T., and Yuan, J. (2006). Research on the Kinematics and Dynamics of a 7-DOF Arm of Humanoid Robot. **Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics**, China. 155 –1558.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการผลิต

รูปที่ ก.1 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

รูปที่ ก.2 ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ก.3 ขั้นตอนการกวนผสม (Mixing tank)

รูปที่ ก.4 ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (UASB)

รูปที่ ก.5 ขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

ภาคผนวก ข

รายการข้อมูลที่ใช้ทำการวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ปริมาณข้อมูลของรายการที่ใช้ในการวิเคราะห์แต่ละเดือน

เดือน (ปี 2561)	ปริมาณ น้ำเสียเข้าระบบ	ค่า COD น้ำเสียเข้าระบบ	ค่า COD น้ำออกระบบ	ก๊าซมีเทน ส่วนเกิน	ก๊าซมีเทน ที่ใช้งาน
มกราคม	112,948	5,320.81	959.44	93,633.00	37,901.00
กุมภาพันธ์	104,672	4,914.71	801.59	103,117.00	15,141.00
มีนาคม	107,799	5,323.68	1,200.85	174,582.40	29,789.60
เมษายน	107,771	5,209.67	1,156.27	119,513.00	53,339.00
พฤษภาคม	108,732	3,777.26	730.77	107,334.00	53,166.00
มิถุนายน	104,574	3,665.35	776.22	111,047.00	46,889.00
กรกฎาคม	106,257	4,251.89	766.24	98,702.00	61,377.00
สิงหาคม	107,796	3,126.29	656.29	89,164.00	62,477.00
กันยายน	100,371	3,648.17	857.50	85,704.00	75,740.00
ตุลาคม	9,747	6,195.00	1,738.33	16,629.00	28.00
พฤศจิกายน	96,607	4,285.19	1,122.15	168,366.00	15,506.00
ธันวาคม	101,757	5,199.33	1,050.33	144,315.00	80,963.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณ

1. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$GHG\ (kgCO_2\text{-}eq) = Inventory\ (Unit) \times Emission\ Factor\ (kgCO_2\text{-}eq/Unit) \quad (ค.1)$$

ตัวอย่าง ปั๊มไฟฟ้า ขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

ปั๊มไฟฟ้า ปริมาณการใช้ 1 ปี = 264,528.00 kWh

ปริมาณก๊าซมีเทนที่ใช้งาน = 299,346 kg

ค่า Emission Factor = 0.5610 kWh

Function unit คือ ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)

วิธีทำ

ปริมาณ/FU = 264,528.00 kWh/299,346 kg

= 0.884 kWh

GHG = 0.884 (kWh) × 0.5610 ($kgCO_2$-eq/Unit)

= 0.495 ($kgCO_2$-eq/$kgCH_4$)

2. การคำนวณหามวลก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ส่วนเกิน

จากขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนจะได้ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยทำการคำนวณหาปริมาณในหน่วยของ กิโลกรัม จากเปอร์เซนต์ของก๊าซที่เกิดขึ้น แล้วนำมาคำนวณเป็นหน่วยน้ำหนักจากความหนาแน่น โดยสมการที่ ค.2

$$มวล\ (kg) = ความหนาแน่น\ (kg/m^3) \times ปริมาตร\ (m^3) \quad (ค.2)$$

ตารางที่ ค.1 มวลของก๊าซชีวภาพส่วนเกิน (ก๊าซชีวภาพส่วนเกินเท่ากับ 1,312,106 m^3)

ก๊าซ	เปอร์เซ็นต์ (%)	ปริมาตร (m^3)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	มวล (kg)
CH_4	68.96	904,863	0.717	648,787
CO_2	30.19	394,142	1.977	783,173
O_2	0.69	9,027	1.429	12,900
H_2O	0.03	431	1.363	587

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้มีเทน

ในขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน ซึ่งมีก๊าซมีเทนส่วนเกินถูกส่งไปยังปล่องและทำการเผาไหม้ จากการเผาไหม้มีเทนจะก่อให้เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ ค.3

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O \qquad \text{(ค.3)}$$

ซึ่งสามารถคำนวณการเผาไหม้ได้จากสมการดังกล่าวโดยการเทียบมวลโมเลกุลของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สมการ	CH_4	+	$2O_2$	=	CO_2 +	$2H_2O$
มวลโมเลกุล	16		32	=	44	18
ดังนั้น	CH_4	16 g			เกิด CO_2	44 g
	CH_4	648,787 kg			เกิด CO_2	1,784,163.93 kg

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาเข้า								
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kgCOD	5,350,005.64	1.79×10^{1}	-	0.00	0.00
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	264,528.00	8.84×10^{-1}	-	0.5610	4.95×10^{-1}
Digestion solution for COD	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	72.28	2.41×10^{-4}	-	0.1219	2.94×10^{-5}
ผ้าเช็ดมือ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	14.80	4.95×10^{-5}	-	2.1100	1.04×10^{-4}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ1 (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาออก								
ตะกอนจากการลอกบ่อ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกการทิ้งตะกอน	kg	656,570.21	2.19	-	0.00	0.00
ไอน้ำระเหย	คำนวณ	คำนวณจากอัตราการระเหยของน้ำ	m^3	1,368.71	4.57×10^{-3}	-	0.00	0.00
ขวด COD ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	72.82	2.43×10^{-4}	-	0.4800	1.17×10^{-4}
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	14.80	4.95×10^{-5}	-	2.0000	9.89×10^{-5}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาเข้า								
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	120,240.00	4.02×10^{-1}	-	0.5610	2.25×10^{-1}
Digestion solution for COD	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	36.14	1.21×10^{-4}	-	0.1219	1.47×10^{-5}
Ethylene Glycol	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.49	4.99×10^{-6}	-	1.4280	7.12×10^{-6}
Sulfuric Acid Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.20	6.78×10^{-7}	-	0.1219	8.27×10^{-8}
Hydroxylamine Hydrochloride Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.02	3.41×10^{-6}	-	1.3325	4.55×10^{-6}

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Sodium Hydroxide Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	2.09	6.98×10^{-6}	-	1.1148	7.78×10^{-6}
Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	10.15	3.39×10^{-5}	-	0.1219	4.13×10^{-6}
น้ำกลั่น	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกการกรองน้ำกลั่น	m^3	0.01	1.68×10^{-8}	-	2.0676	3.47×10^{-8}
กระดาษกรอง GF/C	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	0.28	9.25×10^{-7}	-	1.8790	1.74×10^{-6}
ผ้าเช็ดมือ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการเบิกของจาก SAP	kg	5.55	1.85×10^{-5}	-	2.1100	3.91×10^{-5}

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Bearing SKF Size: 6309-2Z	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	12.2359	$1.64x10^{-4}$
Oil seal NBR Size: 45-65-7 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	$1.34x10^{-5}$	-	12.2359	$1.64x10^{-4}$
O-Ring viton Size: 9 × 267 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
PT Check	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.5455	3.04×10^{-5}
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
สีน้ำเงิน	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.5455	3.04×10^{-5}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาออก								
ตะกอนจากการลอกบ่อ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกการทิ้งตะกอน	kg	37,659.11	2.16×10^{-1}	-	0.00	0.00
ไอน้ำระเหย	คำนวณ	คำนวณจากอัตราการระเหยของน้ำ	m^3	1,431.88	4.78×10^{-3}	-	0.00	0.00
ขวด COD ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	36.44	1.22×10^{-4}	-	0.4800	5.84×10^{-5}
ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1.37	4.56×10^{-6}	-	0.4800	2.19×10^{-6}
ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	0.16	5.41×10^{-7}	-	0.4800	2.60×10^{-7}
ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	0.52	1.73×10^{-6}	-	0.4800	8.29×10^{-7}

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	0.42	1.40×10^{-6}	-	0.4800	6.73×10^{-7}
ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1.90	6.35×10^{-6}	-	0.4800	3.05×10^{-6}
กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	0.28	9.25×10^{-7}	-	2.9300	2.71×10^{-6}
สารเคมีใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	15.11	5.05×10^{-5}	-	0.00	0.00
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการเบิกของจาก SAP	kg	5.55	1.85×10^{-5}	-	2.0000	3.71×10^{-5}

ตารางที่ ง.2 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนบ่อปรับสภาพ EQ2 (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Beraing SKF Size: 6309-2Z ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	4.000	5.34×10^{-5}
Oil seal NBR Size: 45-65-7 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	4.000	5.34×10^{-5}
O-Ring viton Size: 9 × 267 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.000	2.67×10^{-5}
PT Check ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.000	2.67×10^{-5}
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.000	2.67×10^{-5}
สีน้ำเงินใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาเข้า								
น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kgCOD	34,5331.13	1.15	-	0.00	0.00
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	120,240.00	4.02×10^{-1}	-	0.5610	2.25×10^{-1}
มอเตอร์กวนผสม	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	12,024.00	4.02×10^{-2}	-	0.5610	2.25×10^{-2}
ปั๊ม Sodium Hydroxide 50%	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	210.28	7.02×10^{-4}	-	0.5610	3.94×10^{-4}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Sodium Hydroxide 50%	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	m^3	90	3.01×10^{-4}	-	1.1148	3.35×10^{-4}
ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1,500	5.01×10^{-3}	-	3.3036	1.66×10^{-2}
ปุ๋ยเคมี (18-46-0)	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1,000	3.34×10^{-3}	-	1.5716	5.25×10^{-3}
ผ้าเช็ดมือ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	5.55	1.85×10^{-5}	-	2.1100	3.91×10^{-5}
Bearing SKF Size: 6314-2Z	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
Bearing SKF Size: 6209-2Z	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
O-Ring viton Size: 227 × 5.5 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
O-Ring viton Size: 335 × 7 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
Oil seal TC 45-65-7	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	12.2359	1.64×10^{-4}
PT Check	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.5455	3.04×10^{-5}
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สีน้ำเงิน	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.5455	3.04×10^{-5}
สารขาออก								
ไอน้ำระเหย	คำนวณ	คำนวณจากอัตราการระเหยของน้ำ	m^3	33.32	1.11×10^{-4}	-	0.00	0.00
ถุงปุ๋ยใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกการกำจัดของเสีย	kg	5.00	1.67×10^{-5}	-	0.4800	8.02×10^{-6}
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	5.55	1.85×10^{-5}	-	2.0000	3.71×10^{-5}
ตะกอนจากการลอกบ่อ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกการทิ้งตะกอน	kg	5,140.22	1.72×10^{-2}	-	0.00	0.00
Bearing SKF Size: 6314-2Z ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Bearing SKF Size: 6209-2Z ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}
O-Ring viton Size: 227 × 5.5 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}
O-Ring viton Size: 335 × 7 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}
Oil seal TC 45-65-7 ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	4.0000	5.34×10^{-5}
PT Check ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 33 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}

ตารางที่ ง.3 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการกวนผสม (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Mechanical Seal “Dynamica” Size: 55 mmใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}
สีน้ำเงินใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาเข้า								
Digestion solution for COD	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	36.14	1.21×10^{-4}	-	0.1219	1.47×10^{-5}
Ethylene Glycol	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.49	4.99×10^{-6}	-	1.4280	7.12×10^{-6}
Sulfuric Acid Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.20	6.78×10^{-7}	-	0.1219	8.27×10^{-8}
Hydroxylamine Hydrochloride Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.02	3.41×10^{-6}	-	1.3325	4.55×10^{-6}
Sodium Hydroxide Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	2.09	6.98×10^{-6}	-	1.1148	7.78×10^{-6}

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	10.15	3.39×10^{-5}	-	0.1219	4.13×10^{-6}
น้ำกลั่น	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกการกรองน้ำกลั่น	m^3	0.15	4.98×10^{-7}	-	2.0676	1.03×10^{-6}
กระดาษทิชชู	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	13.87	4.63×10^{-5}	-	4.3549	2.02×10^{-4}
กระดาษกรอง GF/C	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	0.28	9.25×10^{-7}	-	1.8790	1.74×10^{-6}
ซิลิก้าเจล	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	1.40	4.69×10^{-6}	-	0.2230	1.05×10^{-6}

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Hydrochloric	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	2.63	8.77×10^{-6}	-	1.3325	1.17×10^{-5}
Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	2.42	8.10×10^{-6}	-	1.8365	1.49×10^{-5}
Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	2.42	8.10×10^{-6}	-	2.8586	2.31×10^{-5}
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.32	4.43×10^{-6}	-	1.8365	$8.13x10^{-6}$
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.32	4.43×10^{-6}	-	2.8586	1.27×10^{-5}
Potassium Chloride	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.32	4.43×10^{-6}	-	1.9271	8.53×10^{-6}

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
ผ้าเช็ดมือ	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการเบิกของ จาก SAP	kg	11.10	3.71×10^{-5}	-	2.1100	7.83×10^{-5}
ซันไลต์ล้างอุปกรณ์	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการเบิกของ จาก SAP	kg	0.95	3.17×10^{-6}	-	0.4695	1.49×10^{-6}
น้ำล้างอุปกรณ์	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้น้ำด้วยมิเตอร์ ทุก 8 ชั่วโมง	m^3	4.61	1.54×10^{-5}	-	0.2843	4.38×10^{-6}
น้ำล้างครีบ UASB	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้น้ำด้วยมิเตอร์ ทุก 8 ชั่วโมง	m^3	2.00	6.68×10^{-6}	-	0.2843	1.90×10^{-6}
ถุงมือยาง	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการเบิกของ จาก SAP	kg	10.05	3.36×10^{-5}	-	0.1900	6.34×10^{-6}

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาออก								
น้ำทิ้งผ่านการบำบัด	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kgCOD	1,151,103.76	3.85	-	0.0012	4.61×10^{-3}
น้ำทิ้งรีไซเคิ้ล	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kgCOD	345,331.13	1.15	-	0.00	0.00
ก๊าซมีเทนส่วนเกิน	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	648,786.88	2.17	-	-	5.96
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกิน	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	783,173.30	2.62	-	1.00	2.62
ก๊าซออกซิเจนส่วนเกิน	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	12,899.82	4.31×10^{-2}	-	0.00	0.00
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	587.28	1.96×10^{-3}	-	1.1839	2.32×10^{-3}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
ขวด COD ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	36.44	1.22×10^{-4}	-	0.4800	5.84×10^{-5}
ขวด Ethylene Glycol ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.37	4.56×10^{-6}	-	0.4800	2.19×10^{-6}
ขวด Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.16	5.41×10^{-7}	-	0.4800	2.60×10^{-7}
ขวด Hydroxylamine Hydrochloride Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.52	1.73×10^{-6}	-	0.4800	8.29×10^{-7}
ขวด Sodium Hydroxide Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.42	1.40×10^{-6}	-	0.4800	6.73×10^{-7}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
ขวด Ferric Chloride-Sulfuric Acid Solution ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	1.90	6.35×10^{-6}	-	0.4800	3.05×10^{-6}
กระดาษทิชชูใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	13.87	4.63×10^{-5}	-	2.9300	1.36×10^{-4}
กระดาษกรอง GF/C ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	0.28	9.25×10^{-7}	-	2.9300	2.71×10^{-6}
สารเคมีใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	15.11	5.05×10^{-5}	-	0.00	0.00
ซิลิก้าเจลใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	0.00	0.00	-	0.00	0.00

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Hydrochloric ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	2.63	8.77×10^{-6}	-	0.00	0.00
ขวด Hydrochloric ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1.48	4.93×10^{-6}	-	0.4800	2.37×10^{-6}
Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	2.42	8.10×10^{-6}	-	0.00	0.00
Buffer pH 7.00 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	2.42	8.10×10^{-6}	-	0.00	0.00
Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1.32	4.43×10^{-6}	-	0.00	0.00
Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1.32	4.43×10^{-6}	-	0.00	0.00
Potassium Chloride ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก บันทึกสารเคมี	kg	1.32	4.43×10^{-6}	-	0.00	0.00

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
ผ้าเช็ดมือใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	11.10	3.71×10^{-5}	-	2.0000	7.42×10^{-5}
น้ำเสียจากการล้างอุปกรณ์/ล้างครีบ UASB	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้น้ำด้วยมิเตอร์ทุก 8 ชั่วโมง	m^3	6.61	2.21×10^{-5}	-	0.00	0.00
ถุงมือยางใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	10.05	3.36×10^{-5}	-	3.1300	1.05×10^{-4}
ขวดซันไลต์ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการเบิกของจาก SAP	kg	0.10	3.34×10^{-7}	-	0.0700	2.34×10^{-8}
ขวด Buffer pH 4.01 ใช้กับระบบ UASB ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.26	8.53×10^{-7}	-	0.4800	4.09×10^{-7}

ตารางที่ ง.4 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
ขวด Buffer pH 4.01 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.18	5.98×10^{-7}	-	0.4800	2.87×10^{-7}
ขวด Buffer pH 7.00 ใช้ในห้องแลบใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.18	5.98×10^{-7}	-	0.4800	2.87×10^{-7}
ขวด Potassium Chloride ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักบันทึกสารเคมี	kg	0.18	5.98×10^{-7}	-	0.4800	2.87×10^{-7}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.5 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาเข้า								
น้ำประปา	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้น้ำด้วยมิเตอร์ ทุก 8 ชั่วโมง	m^3	167.00	5.58×10^{-4}	-	0.2843	1.59×10^{-4}
Air Blower	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	4,008.00	1.34×10^{-2}	-	0.5610	7.51×10^{-3}
ปั๊มน้ำไฟฟ้า	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	4,008.00	1.34×10^{-2}	-	0.5610	7.51×10^{-3}
มีเดีย Wet Scrubber	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	1,008.00	3.37×10^{-3}	-	1.6170	5.44×10^{-3}
Biogas Blower	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ ทุก 24 ชั่วโมง	kWh	73,747.20	2.46×10^{-1}	-	0.5610	1.38×10^{-1}

ตารางที่ ง.5 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Granular Activated Carbon	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนัก รายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	1,250	4.18×10^{-3}	-	1.0100	4.20×10^{-3}
Bearing SKF Size: NU208	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
Bearing SKF Size: 6208-2Z	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	12.2359	8.18×10^{-5}
Oil Seal TC 54-72-10	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	12.2359	1.64×10^{-4}
Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	8.00	2.67×10^{-5}	-	12.2359	3.27×10^{-4}

ตารางที่ ง.5 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
สารขาออก								
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	222,537.28	7.43×10^{-1}	-	1.00	7.43×10^{-1}
ก๊าซออกซิเจน	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	2,923.30	9.77×10^{-3}	-	0.00	0.00
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ตรวจวัดหน้างาน	วัดอัตราไหล ด้วยมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง	kg	21.51	7.18×10^{-5}	-	1.1839	8.51×10^{-5}
ไอน้ำระเหย	คำนวณ	คำนวณจากอัตราการระเหยของน้ำ	m^3	50.10	1.67×10^{-4}	-	0.00	0.00
มีเดีย Wet Scrubber ใช้แล้ว	ตรวจวัดหน้างาน	เครื่องชั่งน้ำหนักรายการสั่งซื้อของในระบบจัดซื้อ	kg	0.00	0.00	-	0.00	0.00
น้ำเสีย	ตรวจวัดหน้างาน	วัดปริมาณการใช้น้ำด้วยมิเตอร์ ทุก 8 ชั่วโมง	kgCOD	70.20	2.35×10^{-4}	-	0.0012	2.81×10^{-7}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.5 บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนระบบดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดย Wet Scrubber และ Carbon Filter (ต่อ)

วัตถุดิบ	วิธีการจัดเก็บข้อมูล	รายละเอียดการจัดเก็บข้อมูล	หน่วย	ปริมาณต่อปี	ปริมาณต่อหน่วย (Function Unit)	การปันส่วน	ค่า EF ($kgCO_2$-eq/หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)
Bearing SKF Size: 6208-2Z ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}
Oil Seal TC 54-72-10 ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	4.00	1.34×10^{-5}	-	4.0000	5.34×10^{-5}
Oil Seal ขอบเหล็ก 54-65-8 mm ใช้แล้ว	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	8.00	2.67×10^{-5}	-	4.0000	1.077×10^{-4}
ทำสี Blue	รายงาน	รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	kg	2.00	6.68×10^{-6}	-	4.0000	2.67×10^{-5}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุกัญญา กุลจำเริญ เกิดเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2535 เริ่มเข้าศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านคลองไผ่งาม จังหวัดชัยภูมิ เข้าศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 ที่โรงเรียนบ้านเขว้าวิทยายน จังหวัดชัยภูมิ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และในปี พ.ศ. 2561 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี