การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา กรณีศึกษา: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Assessment of Carbon Footprint of Dormitory Organization: Case Study of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ทิติยา ระวังพรมราช

ธนกานต์ มงคลเสริม

ธิดารัตน์ อึ้งสกุลเจริญ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา กรณีศึกษา: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Assessment of Carbon Footprint of Dormitory Organization: Case Study of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

T149473

ทิติยา ระวังพรมราช
ธนกานต์ มงคลเสริม
ธิดารัตน์ อึ้งสกุลเจริญ

b 12882021
l

ลบหมู่.....
เลขทะเบียน 149473
วัน เดือน ปี - 8 มี.ค. 2561

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessment of Carbon Footprint of Dormitory Organization: Case Study of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Titiya Rawangprommarat
Tanakarn Mongkolserm
Thidarat Ouengsakuncharoen

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา กรณีศึกษา: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง Assessment of Carbon Footprint of Dormitory Organization: Case Study of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
ชื่อนักศึกษา	นางสาวทิติยา ระวังพรมราช รหัสนักศึกษา 56050698 นางสาวธนกานต์ มงคลเสริม รหัสนักศึกษา 56050700 นางสาวธิดารัตน์ อึ้งสกุลเจริญ รหัสนักศึกษา 56050704
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ ประธานกรรมการ	
ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการ	
ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา กรณีศึกษา: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Assessment of Carbon Footprint of Dormitory Organization: Case Study of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ชื่อนักศึกษา นางสาวทิติยา ระวังพรมราช รหัสนักศึกษา 56050698
นางสาวธนกานต์ มงคลเสริม รหัสนักศึกษา 56050700
นางสาวธิดารัตน์ อึ้งสกุลเจริญ รหัสนักศึกษา 56050704

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆภายในองค์กรของหอพักนักศึกษา สจล. ซึ่งดำเนินการตามแนวทางที่ระบุไว้ในแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยองค์การบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง จากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียขององค์กร การเดินทางโดยใช้รถยนต์ขององค์กร และการรั่วไหลของสารทำความเย็น R-22 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการขนส่งและกำจัดขยะโดยใช้ข้อมูลปีงบประมาณ 2559 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆภายในหอพักนักศึกษาเท่ากับ 820,277.41 $kgCO_2eq$ ต่อปี ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเกิดจากกิจกรรมประเภทที่ 1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 450,962.414 $kgCO_2eq$ (54.98%) รองลงมาคือกิจกรรมประเภทที่ 2 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 369,315 $kgCO_2eq$ (45.02%) ในขณะกิจกรรมประเภทที่ 3 ในการวิจัยนี้ไม่สามารถเก็บข้อมูลปริมาณขยะทั้งหมดได้ดังนั้นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้เป็นการเปรียบเทียบการจัดการขยะโดยการคัดแยกจะทำให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าต่ำกว่าการจัดเก็บแบบไม่คัดแยก และจากผลการประเมินที่ได้ สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการจัดการเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา และนำไปสู่การวางแผนการปรับปรุงรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลตลอดจนการสร้างจิตสำนึกให้กับนักศึกษา

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้น ก๊าซเรือนกระจก การบำบัดน้ำ การกำจัดของเสีย ภาวะโลกร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Assessment of Carbon Footprint of Dormitory Organization: Case Study of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Students	Miss Titiya Rawangprommarat Student ID 56050698
	Miss Tanakarn Mongkolserm Student ID 56050700
	Miss Thidarat Ouengsakuncharoen Student ID 56050704
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2016
Advisor	Asst. Prof. Pitsamai Chairatu-tai

Abstract

The purpose of this study is to assess greenhouse gas emissions by calculating the carbon footprint to the unit of kilogram carbon dioxide equivalent ($kgCO_2eq$) generated by activities from the governing body of dormitory of KMITL. The procedure followed the guideline of carbon footprints of organization from THAILAND GREENHOUSE GAS MANAGEMENT ORGANIZATION that can be divided to 3 scopes: Scope 1 is the direct GHGs emissions generated by water treatment of organization, transportation by organization's car and transpiration of refrigerant. Scope 2 is the indirect GHGs from electricity consumption activity. Scope 3 is the others indirect GHGs emission that was generated by wastes disposal. This research is based on the GHGs emissions assessment in fiscal year 2016, in which the result shows majority of GHGs emissions from every activity of dormitory of KMITL is equal to 820,277.41 $kgCO_2eq$ per year. Scope 1 is the largest emission source that released GHGs accounted to 450,962.414 $kgCO_2eq$ per year (54.98%). Followed by scope 2 that released GHGs as much as 369,315 $kgCO_2eq$ per year (45.02%), while scope 3 is not included in this calculation. The information and results from this study can be applied to reduce GHGs from activities by the dormitory's governing body, which should lead to improvement plan for information management and cultivating good moral traits to student.

Key word: carbon footprint, greenhouse gas, wastewater treatment, waste disposal, global warming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ในการแนะนำตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะพร้อมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหา และให้ความช่วยเหลือแนะนำที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงงานพิเศษ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบโครงงานพิเศษ คือ ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ และดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณส่วนบำรุงรักษาและยานพาหนะ ที่อนุเคราะห์เอื้อเฟื้อข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้สารทำความเย็น ปริมาณการใช้ยานพาหนะและน้ำมันเชื้อเพลิง และแผนผังระบบบำบัดน้ำเสีย

ขอขอบพระคุณส่วนกิจการนักศึกษา ที่อนุเคราะห์เอื้อเฟื้อข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของยานพาหนะและปริมาณการใช้ที่ใช้ในองค์กร

ขอขอบพระคุณส่วนอาคารสถานที่ ที่อนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ

ขอขอบพระคุณสำนักงานหอพักนักศึกษา ที่อนุเคราะห์เอื้อเฟื้อข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการทิ้งขยะและการส่งกำจัด

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ สาขาวิชาเคมี ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆและบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ทิติยา ระวังพรมราช
ธนกานต์ มงคลเสริม
ธิดารัตน์ อึ้งสกุลเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ญ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ความหมายและความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint for Organization) 4
2.2 ประเภทคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 4
2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 4
2.3.1 หลักการ 4
2.3.2 ชนิดและหน่วยแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก 5
2.3.2.1 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก 5
2.3.3.2 ค่าศักยภาพในการทำให้ภาวะโลกร้อน 6
2.4 การพัฒนาและออกแบบบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก 9
2.4.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร 9
2.4.1.1 กำหนดเป้าหมาย 9
2.4.1.2 กำหนดขอบเขตขององค์กร 9
2.4.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน 10
2.4.2.1 ประเภทที่ 1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG emission) 10
2.4.2.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า (Electricity indirect GHG emission) 10
2.4.2.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect GHG emission) 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 ตัวอย่างแนวคิดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร....16
2.5.1 ระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม....16
2.5.2 เลือกวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เหมาะสมกับองค์กร....17
2.5.2.1 จากการตรวจวัด....17
2.5.2.2 จากการคำนวณ....17
2.5.2.3 จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ....18
2.5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเลือกปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก....18
2.5.3.1 แนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล....18
2.5.3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล....19
2.5.3.3 ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก....19
2.5.3.4 แนวทางการเก็บข้อมูล....20
2.5.4 การใช้เครื่องมือในการคำนวณ....24
2.5.4.1 Cross – sector....24
2.5.4.2 Sector – specific....24
2.5.5 การรายงานข้อมูล....24
2.6 การประเมินและการจัดการความไม่แน่นอน....24
2.7 การจัดการคุณภาพ....25
2.8 การรายงานผล....28
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย....31
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา....31
3.2 ลักษณะโครงสร้างและการดำเนินงาน....31
3.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร....32
3.4 กำหนดขอบเขตขององค์กร....33
3.5 กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน....34
3.6 การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก....34
3.7 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก....35
3.8 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์....36
3.8.1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทาง....38
3.8.2 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8.2.1 วิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย.....38
3.8.2.2 วิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสีย 40
3.8.2.3 การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการบำบัดน้ำเสีย 40
3.8.3 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดของเสีย 40
3.8.4 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมอื่นๆ 41
3.9 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน 41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 43
4.1 ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากหอพักนักศึกษา 43
4.1.1 แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นภายในเครื่องปรับอากาศ 43
4.1.2 แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร.....45
4.1.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากการบำบัดน้ำเสีย ..48
4.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า....51
4.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ จากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา.....56
4.4 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอนของข้อมูล.....62
4.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล. 63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....66
5.1 สรุปผลการวิจัย 66
5.2 ข้อเสนอแนะ 67
บรรณานุกรม.....73
ภาคผนวก.....75
ภาคผนวก ก.....76
ภาคผนวก ข.....79
ภาคผนวก ค.....82
ภาคผนวก ง 87
ภาคผนวก จ 91
ภาคผนวก ช.....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่าศักยภาพความร้อนของก๊าซเรือนกระจกโดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในระยะเวลา 100 ปี 6
2.2 รายการก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน 7
2.3 แสดงตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของกิจกรรม 11
2.4 แสดงตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในองค์กรประเภทสำนักงาน 14
2.5 แนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 วิธี 18
2.6 ค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำเสียและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ 22
2.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกองขยะแบบตื้น 23
2.8 ความไม่แน่นอนของข้อมูลและค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 25
2.9 ระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินความไม่แน่นอน 25
3.1 จำนวนบุคลากรแบ่งตามหน่วยงาน ภายในหอพักนักศึกษา สจล. ในช่วงเดือนตุลาคมพ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 33
3.2 จำนวนนักศึกษาแบ่งตามอาคาร 1-8 ภายในหอพักนักศึกษา สจล. ในช่วงเดือนตุลาคมพ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 33
3.3 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา สจล 34
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในหอพักนักศึกษา สจล. และการได้มาซึ่งข้อมูลแต่ละประเภท (เฉพาะข้อมูลที่นับรวมในการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 35
3.5 ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรมและแหล่งข้อมูลอ้างอิง 36
3.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกำจัดของเสียแบบฝังกลบ 37
3.7 ค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการขนส่งของเสียไปกำจัด 37
3.8 คะแนนระดับคุณภาพของลักษณะการเก็บข้อมูลและค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอ้างอิงต่างๆ 42
4.1 ค่าบีโอดี (mg/L) เฉลี่ยของน้ำเสียที่เก็บจากระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ ในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ 48
4.2 ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อในแต่ละวันของหอพักนักศึกษา 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.3 ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียของระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ 49
4.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ 50
4.5 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนของห้องพักนักศึกษา 52
4.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2559 53
4.7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8. 55
4.8 ปริมาณของเสียประเภทต่างๆจากการสุ่มตัวอย่างขยะ 56
4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียจากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา 57
4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการกำจัดของเสียและจากการขนส่งของเสียจากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา 58
4.11 ปริมาณของของเสียประเภทต่างๆจากการสุ่มตัวอย่างขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้.....59
4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้....60
4.13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการกำจัดของเสียและจากการขนส่งของเสียที่เหลือจากการแยกส่วนที่รีไซเคิลออก.....61
4.14 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหอพักนักศึกษา สจล. ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559.....62
ผนวก ก1 ปริมาณการใช้สารทำความเย็นของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 76
ผนวก ก2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559.....78
ผนวก ข1 แบบบันทึกข้อมูลการใช้ยานพาหนะของหอพักนักศึกษา สจล. ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559.....79
ผนวก ข2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยยานพาหนะองค์กรของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 81
ผนวก ค1 ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียของระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ.....82
ผนวก ค2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ ของหอพักนักศึกษา 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ผนวก ค3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อของหอพักนักศึกษา 85
ผนวก ค4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ 86
ผนวก ง1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของหอพักนักศึกษาและส่วนกลางหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 87
ผนวก ง2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบแสงสว่างส่วนกลางภายในหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 88
ผนวก ง3 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบปรับอากาศส่วนกลางของสำนักงานหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 89
ผนวก จ1 ปริมาณสัดส่วนของขยะประเภทต่างๆของหอพักนักศึกษา สจล 91
ผนวก จ2 ปริมาณสัดส่วนของขยะประเภทต่างๆหลังจากแยกส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้ของหอพักนักศึกษา สจล 94
ผนวก ช1 ปริมาณตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่ใช้สำหรับขนาดต่างๆของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย 102
ผนวก ช2 การเลือกเจือจางตัวอย่างน้ำให้เหมาะสมในการหาค่าบีโอดี 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 ตำแหน่งที่ตั้งหอพักนักศึกษา สจล 32
4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นประเภท R-22 44
4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนจากการเดินทางโดยยานพาหนะขององค์กร 45
4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางโดยยานพาหนะขององค์กรแบ่งตามประเภทของยานพาหนะ....46
4.4 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆในแต่ละเดือนขององค์กร....47
4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการบ่อบำบัดน้ำเสีย 3 บ่อ ที่รับน้ำเสียจากอาคาร 50
4.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในส่วนของห้องพักนักศึกษา....52
4.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากระบบแสงสว่างของหอพักนักศึกษา....54
4.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดของเสียประเภทต่างๆ 57
4.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดและการขนส่งของเสีย....58
4.10 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ประเภทต่างๆ จากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา สจล. 60
4.11 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดและการขนส่งของเสียที่เหลือจากการแยกส่วนที่รีไซเคิลได้ออกจากขยะอื่นๆ....61
4.12 สัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล. จำแนกตามแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 64
4.13 สัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์องค์กรของหอพักนักศึก สจล. จำแนกตามประเภทกิจกรรม 65
ผนวก ช1 จุดเก็บน้ำที่ 1 จุดที่เป็นบ่อรวมน้ำเสียของอาคาร 1-6....98
ผนวก ช2 จุดเก็บน้ำที่ 2 จุดที่เป็นบ่อที่มีการกรองกากตะกอนแล้วของอาคาร 7 98
ผนวก ช3 จุดเก็บน้ำที่ 3 จุดที่เป็นบ่อที่มีการกรองกากตะกอนแล้วของอาคาร 8 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
สจล.	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อบก.	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
KMITL	King Mongkul's Institute of Technology Ladkrabang
$kgCO_2eq$	Kilogram carbon dioxide equivalent
CF	Carbon footprint
UNFCCC	The United nation framework connection on climate change
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
GWP	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global warming potential)
HFC	ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon)
GHGs	ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas)
LCI	บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต (Life cycle inventory)
LCA	การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment)
KWh	กิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilo watt hour)
Kg	กิโลกรัม (Kilogram)
EF	ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission factor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกิจกรรมต่างๆของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศของโลก ไม่ว่าจากกิจกรรมทางตรงหรือทางอ้อม เช่น การใช้พลังงาน การดำเนินงานของภาคอุตสาหกรรม การคมนาคม การทำเกษตรกรรม การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Greenhouse Gases) ออกมา ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก(Greenhouse Effect) หรือภาวะโลกร้อน(Global warming) ซึ่งมีผลทำให้ระดับอุณหภูมิโดยรวมของโลกเพิ่มขึ้น 0.3-0.6 องศาเซลเซียส ในรอบ 100 ปี (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2554) ผลของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และภาวะดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมาก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ ระดับอุณหภูมิของผิวโลกสูงขึ้น ภัยพิบัติจากอุทกภัย วาตภัย และภัยแล้ง เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆปี จากปัญหาและความกังวลของผลกระทบดังกล่าว ทำให้ประเทศต่างๆทั่วโลกเริ่มตระหนักถึงความร่วมมือกันในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวิธีการที่ได้รับความนิยม คือ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยคำนวณผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผลรวมที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในรูปของปริมาณหน่วยน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

สำหรับประเทศไทยการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมี 3 รูปแบบ ได้แก่ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product: CFP) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) และฉลากลดคาร์บอน (Carbon Reduction Label) โดยเฉพาะการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรเริ่มเข้ามามีบทบาทเมื่อปี พ.ศ.2554 โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) มีจุดประสงค์เพื่อให้องค์กรใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดการใช้ทรัพยากรและจัดทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับหน่วยงานการศึกษา เพื่อมุ่งหน้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับ 11 (พ.ศ. 2555-2559) (สำนักงานศึกษาธิการภาค 8, 2555)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นองค์กรหนึ่งที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน เนื่องจากเป็นสถาบันการศึกษาที่มีจำนวนนักศึกษามากถึง 23,455 คน (สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล., 2559)และมีจำนวนบุคลากร 2,191 คน (ส่วนบริหารทรัพยากรบุคคล สจล., 2559) ซึ่งกิจกรรมต่างๆของนักศึกษาและบุคลากรในองค์กรจะเกี่ยวข้องกับการปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น เช่นการใช้พลังงานไฟฟ้า การเดินทางของบุคลากรและนักศึกษา การใช้ทรัพยากรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน เช่น น้ำยาปรับอากาศ การใช้วัสดุสำนักงาน (กระดาษ A4) รวมถึงของเสียจากขยะและน้ำเสีย เป็นต้น ซึ่งข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆขององค์กร สามารถนำมาคำนวณเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกหอพักนักศึกษาเป็นกรณีศึกษา และใช้ข้อมูลของปีงบประมาณ พ.ศ.2559 เป็นฐานข้อมูลสำหรับการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษ (น้ำเสียและขยะ) สู่สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาและบุคลากรที่อาศัยในหอพักนักศึกษา สจล. มาคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อทราบถึงแหล่งที่มาและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมของบุคลากรและนักศึกษาที่ดูแลและพักอาศัยในหอพักนักศึกษา สจล.

1.2.2 เพื่อศึกษาวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา สจล.

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 พื้นที่ของหอพักนักศึกษา สจล. คือ 19,676 ตารางเมตร ซึ่งประกอบไปด้วยหอพักจำนวน 8 อาคาร แบ่งเป็นหอพักพัดลมจำนวน 6 อาคาร (หอพักชาย 2 อาคารและหอพักหญิง 4 อาคาร) หอพักปรับอากาศจำนวน 2 อาคาร (หอพักชาย 1 อาคารและหอพักหญิง 1 อาคาร) และอาคารสำนักงานหอพักนักศึกษา

1.3.2 กิจกรรมของหอพักที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายใต้วิธีการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control Approach) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงของหอพักนักศึกษา ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะองค์กรหรือเหมาเช่าที่องค์กรเป็นผู้รับผิดชอบค่าเชื้อเพลิงเอง และการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ

2.ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานของหอพักนักศึกษา ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า

3.ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งทางหอพักนักศึกษาสามารถตรวจสอบหรือประเมินเพิ่มเติมเพื่อการรายงานผลได้โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ โดยกิจกรรมที่ประเมินในการศึกษานี้ได้แก่ การขนส่งและกำจัดขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ข้อมูลปีฐานที่นำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัย คือ ข้อมูลในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2559 ที่รวบรวมมาจากหอพักนักศึกษา สจล.

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้องค์กรใช้เป็นฐานข้อมูลในการกำหนดแนวทางการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

1.4.2 สามารถวัดผลการดำเนินการขององค์กร ในการให้ความสำคัญกับปัญหาการลดภาวะโลกร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพในเชิงตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint for Organization)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่องทั้งการใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน และนับวันปัญหาดังกล่าวก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น จากผลกระทบของภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหาร จัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในระดับโรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วยปริมาณเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2 ประเภทคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในภาคอุตสาหกรรม

2.2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.3.1 หลักการ

การแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและดูดกลับจากกิจกรรมขององค์กร หรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะต้องอยู่บนพื้นฐานของหลักการที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่

1. ความตรงประเด็น (Relevance)

การใช้ข้อมูลและวิธีการเลือกแหล่งกำเนิด ดูดกลับกักเก็บ ก๊าซเรือนกระจกที่ตรงกับความจำเป็นในการใช้งาน โดยต้องเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล รวมถึงวิธีการวัดและคำนวณที่เหมาะสมกับความต้องการของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มเป้าหมาย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมหรือประเมินได้นั้นควรที่จะสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กรหรือเกี่ยวข้องกับองค์กร และเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการวางนโยบายขององค์กร

2. ความสมบูรณ์ (Completeness)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเรือนกระจกต้องคลอบคลุมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำการเก็บรวบรวมหรือประเมินได้ ควรเป็นปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กรหรือเกี่ยวข้องกับองค์กร

3. ความไม่ขัดแย้งกัน (Consistency)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วต้องไม่ขัดแย้งกัน มีความสอดคล้อง เชื่อมโยงและเทียบเคียงได้

4. ความถูกต้อง (Accuracy)

การลดความมีอคติ และความไม่แน่นอนในการรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุดด้วยวิธีการเท่าที่สามารถปฏิบัติได้

5. ความโปร่งใส (Transparency)

การเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอ และเหมาะสม สามารถตรวจสอบได้ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการตัดสินใจด้วยความเชื่อมั่นอย่างสมเหตุสมผล

2.3.2 ชนิดและหน่วยแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก

2.3.2.1 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมตามพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) มีด้วยกันหลายชนิด รวมถึงทั้ง 7 ชนิดนี้ โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)

นอกจากนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือสารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออล (Montreal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer) ซึ่งเป็นข้อตกลงร่วมกันระหว่างนานาประเทศในการควบคุมการผลิตและการบริโภคสารที่ทำลายชั้นโอโซนที่ห่อหุ้มบรรยากาศ กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้เพิ่มขึ้น (ยกเว้นไอน้ำ) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า การทำการเกษตรและการปศุสัตว์ปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ปล่อยก๊าซโอโซน นอกจากนี้ กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมปล่อยสารฮาโลคาร์บอน (CFCs, HFCs, PFCs)

2.3.2.2 ค่าศักยภาพในการทำให้ภาวะโลกร้อน

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้น ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2.1 สำหรับค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี แสดงตามตารางที่ 2.2 (Global Warming Potential: GWP 100)

ตารางที่ 2.1 ค่าศักยภาพความร้อนของก๊าซเรือนกระจกโดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในระยะเวลา 100 ปี

Industrial designation or common	Chemical formula name	GWP 100-yr	
		Second assessment report (SAR)	4th assessment report (AR4)
Carbon dioxide	CO_2	1	1
Methane	CH_4	21	25
Nitrous oxide	N_2O	310	298
Hydro fluorocarbon	HFCs	11,700	14,800
Sulfur Hexafluoride	SF_6	23,900	22,800
Per fluorocarbon	PFCs	2,200	12,200

ที่มา: Greenhouse gas, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 รายการก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP 100-yr
Carbon dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Nitrous oxide	N_2O	298
Hydrofluorocarbons		
HFC-23	CHF_3	14800
HFC-32	CH_2F_2	675
HFC-41	CH_3F	92
HFC-125	CHF_2CF_3	3500
HFC-134	CHF_2CHF_2	1100
HFC-134a	CH_2FCF_3	1430
HFC-143	CH_2FCHF_2	353
HFC-143a	CH_3CF_3	4470
HFC-152	CH_2FCH_2F	53
HFC-152a	CH_3CHF_2	124
HFC-161	CH_3CH_2F	12
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3220
HFC-236cb	$CH_2FCF_2CF_3$	1340
HFC-236ea	CHF_2CHFCF_3	1370
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	9810
HFC-245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	693
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	1030
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	794
HFC-43-10mee	$CF_2CHFCHFCF_2CF_3$	1640
Perfluorinated compounds		
Sulfur hexafluoride	SF_6	22800
Nitrogen trifluoride	NF_3	20700
PFC-14	CF_4	7390
PFC-116	C_2F_6	12200
PFC-218	C_3F_8	8830
PFC-318	$c\text{-}C_4F_8$	10300
PFC -3-1-10	C_4F_{10}	8860
PFC-4-1-12	C_5F_{12}	9160
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	9300
PFC-9-1-18	$C_{10}F_{18}$	>9500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP 100-yr
Trifluoromethyl Sulfur pentafluoride	SF_5CF_3	21200
Perfluorocyclopropane	c-C_3F_6	>21800
Fluorinated ether		
HFE-125	CHF_2OCF_3	14900
HFE-134	CHF_2OCHF_2	6320
HFE-143a	CH_3OCF_3	756
HFE-235da2	$CHF_2OCHClCF_3$	350
HFE-245cb2	$CH_3OCF_2CF_3$	708
HFE-245fa2	$CHF_2OCH_2CF_3$	659
HFE-254cb2	$CH_3OCF_2CHF_2$	359
HFE-347mcc3	$CH_3OCF_2CF_2CF_3$	575
HFE-347pfc2	$CHF_2CF_2OCH_2CF_3$	580
HFE-356pcc3	$CH_3OCF_2CF_2CHF_3$	110
HFE-449sl (HFE-7100)	$C_4F_9OCH_3$	297
HFE-569sf2 (HFC-7200)	$C_4H_9OC_2H_5$	59
HFE-43-10pccc124(H-Galden	$CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$	1870
1040x)	$CHF_2OCF_2OCHF_2$	2800
HFE-236ca12(HG-10)	$CHF_2OCF_2CF_2OCHF_2$	1500
HFE-338pcc13(HG-01)	$(CF_3)_2CFOCH_3$	343
	$CF_3CF_2CH_2OH$	42
	$(CF_3)_2CHOH$	195
	$CF_3CHFOCF_3$	1540
HFE-227ea	$CHF_2OCHFCF_3$	989
HFE-236ea2	$CF_3CH_2OCF_3$	487
HFE-236fa	$CHF_2CH_2OCF_3$	286
HFE-245fa1	$CF_3CH_2OCH_3$	11
HFE-263fb2	$CHF_2CF_2OCF_2CF_3$	919
HFE-329mcc2	$CF_3CH_2O\ CF_2CF_3$	552
HFE-338mcf2	$CHF_2CH_2OCF_2\ CF_3$	374
HFE-347mcf2	$CH_3OCF_2CHFCF_3$	101
HFE-356mec3	$CHF_2CH_2OCF_2CHF_3$	265
HFE-356pcf2	$CHF_2OCH_2CF_2CHF_2$	502
HFE-356pcf3	$CF_3CF_2CH_2OCH_3$	11
HFE-365mcf3	$CHF_2CF_2OCH_2\ CH_3$	557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP 100-yr
HFE-374pc2	$-(CF_2)_4CH(OH)-$ $(CF_3)_2CHOCHF_3$ $(CF_3)_2CHOCH_3$	73 380 27

ที่มา: IPCC, 2012

2.4 การพัฒนาและออกแบบบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การพัฒนาและออกแบบบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries) การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundaries) และการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

องค์กรหรือบริษัทประกอบไปด้วยหน่วยงานแยกย่อยออกไปอีก ทำให้มีแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าหนึ่งแห่ง ดังนั้นการกำหนดขอบเขตขององค์กรเพื่อการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจึงมีความสำคัญ การกำหนดขอบเขตขององค์กรประกอบด้วย

2.4.1.1 กำหนดเป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการคำนวณไปใช้งาน เช่น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงระยะเวลาต่างๆ หรือเพื่อใช้สื่อสารข้อมูลสู่สาธารณะ หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

2.4.1.2 กำหนดขอบเขตขององค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

ก. แบบควบคุม (Control Approach)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม แบ่งเป็น การควบคุมการดำเนินงาน(Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ควบคุมการดำเนินงาน องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์กร ไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจหรือโรงงานที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

2) ควบคุมทางการเงิน องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก

ข. แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันตามสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

2.4.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงานต้องระบุกิจกรรมที่ปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้คือ

2.4.2.1 ประเภทที่ 1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG emission) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากแหล่งที่องค์กรหรือบริษัทที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ควบคุม ยกตัวอย่างเช่น การที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีภายในกระบวนการผลิต การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ และการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่นๆ เป็นต้น

2.4.2.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electricity indirect GHG emission) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาบริโภคภายในองค์กรหรือบริษัทในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระแสไฟฟ้านั้นจะเกิด ณ แหล่งที่ผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการใช้ไฟฟ้าในองค์กรหรือบริษัทจะไม่ใช่เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ณ ตำแหน่งที่องค์กรหรือบริษัทตั้งอยู่ แต่เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ณ แหล่งที่ผลิตกระแสไฟฟ้า

2.4.2.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect GHG emission) ขอบเขต 3 เป็นประเภทการรายงานที่เป็นตัวเลือกที่องค์กรจะรายงานหรือไม่ก็ได้ ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 เป็นผลมาจากกิจกรรมขององค์กรหรือบริษัท แต่เกิดขึ้นจากแหล่งที่ไม่ได้เป็นเจ้าของหรือถูกควบคุมโดยองค์กรหรือบริษัท ตัวอย่างบางส่วนของขอบเขต 3 เช่น การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนา และติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กร ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ, การเดินทางไป-กลับ จากที่พักถึงองค์กรเพื่อการทำงานของพนักงาน, การขนส่งผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบ คนงาน หรือกากของเสีย ที่เกิดจากการจ้างเหมาบริการโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกำจัดกากของเสีย และการบำบัดน้ำเสียโดยหน่วยงาน เป็นต้น (World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development [WRI and WBCSD], 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของกิจกรรม และตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในองค์กรประเภทสำนักงาน ดังตารางที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของกิจกรรม

ประเภท	ลำดับที่	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 1	1	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ รวมถึงการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
	2	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่เคลื่อนที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจากแหล่งที่มีการเคลื่อนที่ได้ เช่น ยานพาหนะ เป็นต้น
	3	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากกระบวนการ	กระบวนการผลิตและ/หรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก
	4	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหล และอื่นๆ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วซึม เช่น การรั่วซึมของก๊าซจากอุปกรณ์ ข้อต่อ ถังกักเก็บ และการขนส่ง เป็นต้น
	5	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากชีวมวล (ดินและป่าไม้)	ดิน ป่าไม่ ทุ่งหญ้า และแหล่งน้ำธรรมชาติ
ประเภทที่ 2	6	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่ส่งผ่าน และ/หรือซื้อมาโดยองค์กร
	7	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือการหล่อเย็น	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตไอน้ำ ความร้อน หรือกระบวนการหล่อเย็น ที่ส่งผ่าน และ/หรือซื้อมาโดยองค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท	ลำดับที่	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 3	8	กิจกรรมการใช้พลังงานอื่นนอกเหนือจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการสกัดวัตถุดิบกระบวนการผลิต และการขนส่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ไอน้ำ ความร้อน หรือการหล่อเย็นทั้งจากที่ซื้อหรือผลิตขึ้นเองโดยองค์กร - พลังงานไฟฟ้า ความร้อน ไอน้ำ หรือการหล่อเย็นที่องค์กรซื้อมาและขายต่อให้องค์กรอื่น
	9	วัตถุดิบตั้งต้นที่ซื้อมา	- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากสารขาเข้าที่ใช้วัตถุดิบต่างๆ พลังงาน การบริการ ในขั้นตอนการสกัด และกระบวนการผลิตของวัตถุดิบที่องค์กรสั่งซื้อ - ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมทางธุรกิจระหว่างองค์กรและผู้ผลิตภายนอกองค์กร เช่น การว่าจ้างการผลิตและบริการ
	10	อุปกรณ์ประกอบธุรกิจ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิต และ /หรือการสร้างของอุปกรณ์เพื่อใช้ในการประกอบธุรกิจขององค์กร
	11	ของเสียจากกิจกรรมในองค์กร	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขั้นตอนการทิ้ง และการบำบัด รวมถึงการขนย้ายของเสียที่เกิดจากการทำงานภายในองค์กรที่ดำเนินโดยหน่วยงานอื่น
	12	การขนส่งจากผู้ผลิตวัตถุดิบ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งและกระจายสินค้า หรือบริการ รวมถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้าซึ่งดูแลโดยผู้รับเหมาช่วงจากองค์กร
	13	การเดินทางที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจขององค์กร	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางของพนักงานเพื่อประโยชน์ทางธุรกิจขององค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท	ลำดับที่	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 3	14	องค์กรสัมปทานในส่วนต้นทาง (Upstream Franchise)	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กรสัมปทานส่วนต้นทาง
	15	สินทรัพย์ที่เช่ามาในส่วนต้นทาง (Upstream Leased Assets)	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการผลิต การสร้างและการดำเนินงานของสินทรัพย์ที่องค์กรจัดเช่ามา เช่น เครื่องจักร ซึ่งอยู่นอกเหนือจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงที่รางงานโดยองค์กรผู้เช่าสินทรัพย์
	16	การลงทุน	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานเพื่อการลงทุนต่างๆ เช่น การลงทุนในสินทรัพย์ถาวร และการลงทุนร่วมที่ไม่ได้จัดอยู่ในการกำหนดขอบเขต
	17	การเดินทางของลูกค้าและผู้มาติดต่อ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางเพื่อการติดต่อธุรระหว่างลูกค้า หรือผู้มาติดต่อกับองค์กร
	18	การขนส่ง และการกระจายสินค้า	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งผลิตภัณฑ์ (รวมถึงกิจกรรมในคลังสินค้าและการขายปลีกที่ดำเนินการโดยหน่วยงานอื่น)
	19	การใช้งานของผลิตภัณฑ์	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือบริการ
	20	การกำจัดซากผลิตภัณฑ์	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดในขั้นตอนของการกำจัดซากผลิตภัณฑ์
	21	องค์กรสัมปทานหลังผ่านการผลิตขององค์กร (Downstream Franchise)	
	22	สินทรัพย์ที่เช่ามาหลังผ่านการผลิตขององค์กร (Downstream Leased Assets)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท	ลำดับที่	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 3	23	การเดินทางติดต่อของพนักงาน	- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป–กลับระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงาน - ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีโทรคมนาคมระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงาน
	24	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ที่นอกเหนือจาก 23 ลักษณะข้างต้น	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดนอกเหนือจากกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 23 ประเภทข้างต้น โดยองค์กรต้องทำการระบุรายละเอียดของกิจกรรมที่ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างชัดเจน

ที่มา: ISO/TR 14069:2013, Greenhouse gases – Quantification and reporting of Greenhouse gases emission for organizations – Guidance for the application of ISO 14064-1

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในองค์กรประเภทสำนักงาน

ประเภทของกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีคำนวณ
ประเภทที่ 1	การเดินทางภายในและภายนอกสำนักงานด้วยยานพาหนะขององค์กร	1) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 2) ระยะทาง x น้ำหนักบรรทุก x ค่าการปล่อยตามประเภทของพาหนะที่ใช้ 3) ระยะทาง / อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 4) ระยะทางที่เดินทาง x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบิน (กรณีเดินทางด้วยเครื่องบินโดยสาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีคำนวณ
ประเภทที่ 1	การใช้สารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมี
	การใช้สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในองค์กร	ปริมาณสารทำความเย็น x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของสารทำความเย็น
	การใช้สารดับเพลิง	ปริมาณสารดับเพลิง x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้เป็นสารดับเพลิง
	การใช้ปุ๋ยเคมี	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่มีการใช้จริง x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทและสูตรของปุ๋ย
	การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ	1) การคำนวณอ้างอิงตาม UNFCCC (2006) 2) การคำนวณอ้างอิงตาม IPCC (2006)
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอก	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 3	การเดินทางไปสัมนาดูงาน ติดต่องานของพนักงานภายในองค์กร	1) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 2) ระยะทาง x น้ำหนักบรรทุก x ค่าการปล่อยตามประเภทของพาหนะที่ใช้ 3) ระยะทาง / อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 4) ระยะทางที่เดินทาง x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบิน (กรณีเดินทางด้วยเครื่องบินโดยสาร)
	การใช้ไฟฟ้าจากผู้เช่าพื้นที่ภายในองค์กร	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	การใช้วัสดุสำนักงาน และวัสดุสิ้นเปลือง เช่น กระดาษ	ปริมาณกระดาษที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระดาษ
	การบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง	1) การคำนวณอ้างอิงตาม UNFCCC (2006) 2) การคำนวณอ้างอิงตาม IPCC (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีคำนวณ
ประเภทที่ 3	การใช้น้ำประปา	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำประปา
	การใช้ลิฟต์ของพนักงานภายในองค์กร	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อการใช้ลิฟต์หนึ่งครั้ง x จำนวนครั้งที่ใช้งานลิฟต์ภายในหนึ่งวันของพนักงานหนึ่งคน x จำนวนพนักงานที่ใช้ลิฟต์ทั้งหมดภายในชั้นที่ทำการประเมิน x จำนวนวันที่มีการใช้งานลิฟต์

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558

2.5 ตัวอย่างแนวคิดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (WRI and WBCSD, 2004)

ดำเนินการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.5.1 ระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม

การจัดหมวดหมู่แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ภายในขอบเขตขององค์กร การปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากแหล่งต่อไปนี้คือ แหล่งกำเนิดโดยตรง(Stationary combustion) เช่น หม้อไอน้ำ เตาเผา เครื่องทำความร้อน แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ (Mobile combustion) คือ การเผาไหม้ในอุปกรณ์การขนส่งเช่น รถยนต์ เครื่องบิน เรือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการทางกายภาพและกระบวนการทางเคมี เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตปูนซีเมนต์ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการแตกตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาโดยเจตนาและไม่เจตนา เช่น การรั่วไหลของอุปกรณ์จากข้อต่อ ระบบบำบัดน้ำเสีย หอหล่อเย็นจากระบบทำความเย็น (cooling towers) เป็นต้น

องค์กรทุกองค์กร มีผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมหนึ่งหรือสองประเภทที่กล่าวมาข้างต้น โดยการระบุการปล่อยประเภท 1 ขั้นแรกองค์กรต้องหาแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กล่าวมาทั้ง 4 แหล่งดังที่กล่าวมาแล้ว และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการมักจะมีเฉพาะกับภาคอุตสาหกรรมบางอย่าง เช่น น้ำมัน ก๊าซ อะลูมิเนียม ปูน เป็นต้น และการระบุการปล่อยประเภท 2 ขั้นสองการระบุแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการปล่อยทางอ้อมจากการบริโภคของการซื้อไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ เป็นต้น สำหรับการระบุการปล่อยประเภท 3 ขั้นตอนนี้เป็นสิ่งที่องค์กรจะรายงานหรือไม่ก็ได้ ประเภทที่ 3 จะเกี่ยวข้องกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปล่อยทางอ้อมอื่นๆ เช่น การขนส่งวัตถุดิบ/สินค้าและผลิตภัณฑ์,พนักงานเดินทางไปและกลับการทำงานและการเดินทางติดต่อธุรกิจโดยพนักงาน เป็นต้น

2.5.2 เลือกวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เหมาะสมกับองค์กร

โดยองค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน และช่วยลดความไม่แน่นอนอย่างสมเหตุสมผล โดยองค์กรสามารถเลือกวิธีการใดก็ได้แต่ต้องมีเหตุผลประกอบ และต้องแสดงคำอธิบายหากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่เคยใช้มาก่อน (อบก., 2554)

ตัวอย่างวิธีการคำนวณสามารถทำได้ ดังนี้

2.5.2.1 จากการตรวจวัด

ทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง หรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ตามวิธีการตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง การวัดโดยตรงจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการตรวจสอบความเข้มข้นและอัตราการไหลบ่อยครั้งการปล่อยก๊าซอาจจะคำนวณอยู่บนพื้นฐานของสมดุลของมวลหรือพื้นฐานทางสถิติที่เฉพาะเจาะจงไปยังสถานที่หรือกระบวนการ แต่วิธีที่พบมากที่สุดสำหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือการคำนวณผ่านการประยุกต์ใช้ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

2.5.2.2 จากการคำนวณ

การหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างโมเดล หรือ การทำสมการมวลสารสมดุลหรือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ facility-specific หรือ การคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน ISO 14064-1 มีการแปลงเป็นข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 แบบดังนี้

ก. การเปลี่ยนข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดย ใช้ค่า Emission factor คำนวณได้ดังนี้

GHG emission or removals = Activity data × Emission factor (1)

เมื่อ Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมทั้งข้อมูลปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149473

ข. การเปลี่ยนข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระบุไว้ในหน่วยตันเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ คำนวณได้ดังนี้

$$CO_2 \text{ equivalent emission} = \pounds \text{ [Emissions gas} \times \text{GWP gas]} \quad (2)$$

2.5.2.3 จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ

องค์กรสามารถหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณได้ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

2.5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเลือกปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.5.3.1 แนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 วิธี แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 วิธี แสดงดั้งตาราง

แนวทางการเก็บข้อมูล	ระดับหน่วยงาน	ระดับองค์กร
CENTRALIZED	ข้อมูลกิจกรรม	รายงานข้อมูลกิจกรรม (การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ระดับองค์กร: ข้อมูลกิจกรรม× ปัจจัยการปล่อย = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก)
DECENTRALIZED	ข้อมูลกิจกรรม × ปัจจัยการปล่อย = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	รายงานข้อมูลกิจกรรม

ที่มา: WRI and WBCSD, 2004

Centralized รายงานข้อมูลกิจกรรมหรือน้ำมันเชื้อเพลิงของแต่ละหน่วยงาน เช่น ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วไปที่ระดับองค์กรเพื่อทำการคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Decentralized รายงานข้อมูลกิจกรรมหรือน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว ทำการคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หลังจากนั้นจึงรายงานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปยังระดับองค์กร

แนวทางการเก็บข้อมูลแบบ centralized เหมาะอย่างยิ่งสำหรับองค์กรที่มีการขอใช้อุปกรณ์สำนักงานหรือสิ่งอำนวยความสะดวกตามรายงานกิจกรรมนั้นๆ ถ้าพนักงานของหน่วยงานหรือแผนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างตรงไปตรงมาบนพื้นฐานของกิจกรรม ส่วนแนวทางการเก็บข้อมูลแบบ Decentralized การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในหน่วยงานหรือแผนกจะช่วยให้ตะหนักและเข้าใจถึงปัญหามากขึ้น แต่ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในหน่วยงานหรือแผนกอาจจะเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณจึงต้องเพิ่มการตรวจสอบการคำนวณมากขึ้น วิธีการนี้อาจเป็นตัวเลือกอีกหนึ่งทางถ้า

ก. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต้องใช้ความรู้ในรายละเอียดของชนิดอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ข. วิธีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกมีความแตกต่างกันในจำนวนของอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ค. การปล่อยในกระบวนการผลิต (ตรงกันข้ามกับการปล่อยการเผาไหม้จากเชื้อเพลิง) ที่มีความสำคัญในการใช้ร่วมกันของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ง. มีบุคลากรและงบประมาณที่จะฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ในการคำนวณและดำเนินงานในแต่ละหน่วยงานหรือแผนก

จ. เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้งานง่าย ลดความซับซ้อนของการคำนวณและการรายงานสำหรับเจ้าหน้าที่

ฉ. ระเบียบข้อบังคับของท้องถิ่นที่จะต้องรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.5.3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล เก็บจาก

ข้อมูลแบบสอบถาม (Questionnaire)

ข้อมูลการตรวจวัด (Measurement)

ข้อมูลการคำนวณ (Calculation) เช่น สมการสมดุลมวล (Mass balance), สมการสมดุลพลังงาน (Energy balance)

ข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature information)

2.5.3.3 ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (emission factor)

ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เป็นตัวแปลงข้อมูลกิจกรรมให้เป็นค่ากิจกรรมการปล่อย ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมีการเผยแพร่โดยหน่วยงานต่างๆ เช่น ท้องถิ่นรัฐ หรือ หน่วยงานของรัฐบาล สำหรับค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเฉพาะ เช่น ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตจากถ่านหินจะสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ (Pankaj, B and Samantha,P., 2002) ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกยังสามารถเข้าไปสืบค้นได้ในเครื่องมือการคำนวณก๊าซเรือนกระจกของโปรโตคอล ที่ http://www.ghgrotocol.org. ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจะมีการปรับปรุงอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อสะท้อนให้เห็นข้อมูลใหม่ๆ การใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ซึ่งทราบแหล่งที่มาเหมาะสมกับแหล่งปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ นำมาใช้คำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง และไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม และกระบวนการย่อยที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กร หรือค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยหากเรียงตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือและคุณภาพของข้อมูลได้ดังนี้

ก. ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้น

ข. ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ(ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่ http://www.thailcidatabase.net)

ค. ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)

ง. ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น

จ. ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

2.5.3.4 แนวทางการเก็บข้อมูล

ก.พลังงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าประกอบไปด้วย (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2553)

1) การปล่อย ณ แหล่งที่มีการใช้พลังงาน (การปล่อยก๊าซอันเนื่องมาจาก การเผาถ่านหินและก๊าซ)

2) การปล่อยก๊าซที่เกิดจากการจัดหาพลังงาน ประกอบด้วยการผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน การปล่อยก๊าซที่เกิดจากเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง การปล่อยก๊าซต้นน้ำ (เหมืองแร่ และการขนส่งเชื้อเพลิงไปยังแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเตาเผาอื่นๆ) รวมถึงกระบวนการทำมาให้ได้ชีวมวลเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และการปล่อยก๊าซปลายน้ำ (การบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การขนส่ง การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง โดยเรียงลำดับวิธีการที่ต้องใช้คำนวณก่อน (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2553) ดังนี้

1) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง คูณด้วยค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ 1) ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่ง

3) หากไม่มีข้อมูลตามข้อ 1) และ 2) ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้นคือมีระยะทางการขนส่งเป็น 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ - เชียงใหม่) พิจารณาทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ (เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมดส่วนขากลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า) จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของรถบรรทุก

ค. ระบบบำบัดน้ำเสีย

1) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอโรบิก (Aerobic wastewater treatment) ระบบบำบัดน้ำเสียแอโรบิกเป็นกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการทำงาน เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาได้น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์จากการบำบัดน้ำเสียดังแสดงในสมการ (3) และ (4)

$$\underset{\text{(Organic matter)}}{CHONS + O_2 + \text{Nutrients}} \xrightarrow{\text{Aerobic bacteria}} CO_2 + NH_3 + \underset{\text{(New bacteria cells)}}{C_5H_7NO_2} + \text{other end product} \quad (3)$$

$$C_5H_7NO_2 + 5O_2 \xrightarrow{\text{Bacteria}} 5CO_2 + 2H_2O + NH_3 + \text{energy} \quad (4)$$

2) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Anaerobic wastewater treatment) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเป็นกระบวนการที่แบคทีเรียกำจัดสารอินทรีย์ในสภาวะขาดออกซิเจน คุณลักษณะที่สำคัญของการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนคือการผลิตของก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำมาใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการผลิตไฟฟ้าหรือหม้อไอน้ำ ปฏิกิริยาของการย่อยอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนแสดงดังสมการ (5)

$$C_5H_7O_2N + 4H \xrightarrow{\text{Anaerobic bacteria}} HCO_3^- + 1.5CO_2 + 2.5CH_4 + NH_4^+ \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแหล่งกำเนิดของก๊าซมีเทน(CH_4) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และในส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้จะไม่ได้รับการพิจารณาตามหลักเกณฑ์ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ฉบับปี 2006 เพราะเป็นก๊าซต้นกำเนิดและไม่ควรรวมอยู่ในปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ ในการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียนี้จะขึ้นอยู่กับระบบการจัดการน้ำเสียของแต่ละพื้นที่ ที่มีระบบการบำบัดและการปลดปล่อยแตกต่างกันในแต่ละประเทศ โดยประเทศไทยนั้นน้ำเสียเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนที่สำคัญ (รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2, 2553) โดยการเกิดก๊าซมีเทนจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสีย อุณหภูมิและประเภทของระบบบำบัด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้อัตราการเกิดมีเทนเพิ่มขึ้น คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มที่จะเกิดมีเทนจากน้ำเสีย และปัจจัยหลักในการกำหนดศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนของน้ำเสีย คือ ปริมาณของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสีย พารามิเตอร์ทั่วไปใช้ในการวัดองค์ประกอบอินทรีย์ในน้ำเสียก็คือ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันกับน้ำเสียที่มีซีโอดีหรือบีโอดีสูง จะเกิดก๊าซมีเทนมากกว่าที่มีซีโอดีหรือบีโอดีต่ำ นอกจากนี้ทั้งประเภทของน้ำเสียและชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำเสียก็ยังมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นบีโอดีของน้ำเสีย โดยปกติแล้วการทำบีโอดีจะใช้รายงานผลของน้ำเสียครัวเรือนในขณะที่ซีโอดีส่วนใหญ่ใช้สำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม

ค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำเสีย (Maximum methane producing capacity: B_0) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ (Methane conversion factors of each wastewater system: MCF) โดยค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำเสียสามารถหามาได้จากปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่แสดงอยู่ในรูปของค่าบีโอดีหรือซีโอดี และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียจะบ่งบอกถึงขนาดของประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของแต่ละประเภทของระบบบำบัด

ตารางที่ 2.6 ค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำเสียและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ

พารามิเตอร์	IPCC 1996 (ปรับปรุง)	ประเทศไทย
ค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำเสีย (B_0) – น้ำเสียชุมชน – น้ำเสียอุตสาหกรรม	0.6 kg CH4/kg BOD 0.25 kg CH4/kg COD	0.6 kg CH4/kg BOD 0.25 kg CH4/kg COD
ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (MCF)	0 = ระบบแบบใช้อากาศโดยสมบูรณ์ 1 = ระบบแบบไม่ใช้อากาศโดยสมบูรณ์	0.7

ที่มา: แนวทางการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคของเสีย, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 0.7 ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบแบบใช้อากาศโดยสมบูรณ์และแบบไม่ใช้อากาศโดยสมบูรณ์ สามารถเกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียได้

ง. การขนส่งและการกำจัดขยะ

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการกำจัดกากของเสีย ในกรณีที่องค์กรมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริงหรือข้อมูลปฐมภูมิของระบบการกำจัดของเสียขององค์กร ทั้งนี้หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิขององค์กรให้พิจารณารายประเภทของวัสดุในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกองขยะแบบตื้น

องค์ประกอบมูลฝอย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากกองขยะแบบตื้น (t CO_2eq ต่อตันมูลฝอย)
กระดาษ/กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
กิ่งไม้ ต้นหญ้า จากสวน	3.33
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

ที่มา: IPCC, 2006

จ. การเดินทาง และขนส่งด้วยรถประเภทต่างๆ การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งทางรถ สามารถทำได้โดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

1) ในกรณีที่ทราบข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทาง หรือขนส่ง ให้นำปริมาณที่ใช้ไปคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกการเผาไหม้เชื้อเพลิง)

2) กรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ให้เลือกใช้วิธีการคำนวณโดยเลือกจากวิธีต่างๆ ดังนี้

ก. กรณีมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง: ให้นำข้อมูลระยะทาง ที่เก็บมาได้มาคำนวณเป็นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (โดยอ้างอิงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. กรณีมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของยานพาหนะ: ให้นำข้อมูลระยะทางที่เก็บมาได้มาคูณกับค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของยานพาหนะ (โดยอ้างอิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม อาทิ รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาความเหมาะสมในการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร เป็นต้น)

2.5.4 การใช้เครื่องมือในการคำนวณมี 2 ประเภทหลัก

2.5.4.1 Cross - sector เป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้กับภาคธุรกิจต่างๆรวมถึง การเผาไหม้แบบ stationary การเผาไหม้แบบ mobile และ HFC ที่ใช้ในการทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ

2.5.4.2 Sector – specific เป็นเครื่องมือเฉพาะที่ออกแบบมาเพื่อการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะภาค เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก ซีเมนต์ เป็นต้นองค์กรส่วนใหญ่จะต้องใช้เครื่องมือการคำนวณมากกว่าหนึ่งเพื่อให้ครอบคลุมแหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

2.5.5 การรายงานข้อมูลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรที่มีความน่าเชื่อถือจะต้องรวบรวมและสรุปข้อมูลหลายที่เกี่ยวข้องอย่างสมบูรณ์ ถูกต้องและโปร่งใส ควรมีการวางแผนอย่างรอบครอบเพื่อลดภาระการทำงาน ลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ในขณะที่รวบรวมข้อมูลควรตรวจสอบให้แน่ใจ องค์กรจะทำรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยเครื่องมือและกระบวนการรายงานที่มีอยู่ เครื่องมือและกระบวนการที่เลือกใช้ในการรายงานข้อมูลจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศและการสื่อสารที่ได้กำหนดไว้แล้ว

2.6 การประเมินและการจัดการความไม่แน่นอน

การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงระดับคุณภาพของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ และความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณด้วย ถ้าข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณมาจากการประมาณค่าจะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลคำนวณที่ได้ ความไม่แน่นอนของข้อมูลพิจารณาจาก ความน่าเชื่อถือของวิธีการเก็บข้อมูลกิจกรรมที่นำมาคำนวณ และค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) โดยกำหนดเป็นคะแนนดังตารางที่ 2.8 และเกณฑ์ประเมินความไม่แน่นอนดังตารางที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ความไม่แน่นอนของข้อมูลและค่าแฟกเตอร์การปล่อย

รายการ	ระดับคุณภาพของข้อมูล			
ลักษณะการเก็บข้อมูล	X = 6 คะแนน	Y = 3 คะแนน	Z = 1 คะแนน	
	เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องด้วยการติดตั้งระบบอัตโนมัติ	เก็บข้อมูลจากมิเตอร์และใบเสร็จ	เก็บข้อมูลจากการประมาณค่า	
ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (EF)	A = 4 คะแนน	B = 3 คะแนน	C = 2 คะแนน	D = 1 คะแนน
	EF จากการวัดที่มีคุณภาพ	EF จากผู้ผลิตหรือ EF ระดับประเทศ	EF ระดับภูมิภาค	EF ระดับสากล

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558

ตารางที่ 2.9 ระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินความไม่แน่นอน

ระดับ	ระดับคะแนนโดยรวมของข้อมูล	คำอธิบาย
1	1 - 6	มีความไม่แน่นอนสูงคุณภาพของข้อมูลไม่ดี
2	7 - 12	มีความไม่แน่นอนเล็กน้อยคุณภาพของข้อมูลปานกลาง
3	13 - 18	มีความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดี
4	19 – 24	มีความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดีเยี่ยม

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558

2.7 การจัดการคุณภาพ

การจัดการคุณภาพของบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เนื่องจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ และบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่มีคุณภาพที่ดีที่เก็บรวบรวมมาได้ ย่อมสะท้อนถึงความถูกต้องของปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้ขององค์กร

2.7.1 การจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์กรต้องจัดทำและดำเนินการตามวิธีปฏิบัติการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกเพื่อ

2.7.1.1 ให้แน่ใจว่าสอดคล้องกันแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของ อบก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกลุ่มเป้าหมายหรือผลจากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

2.7.1.3 จัดให้มีการตรวจสอบติดตามอย่างเป็นประจำให้แน่ใจว่าข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกมีความแม่นยำและครบถ้วนสมบูรณ์

2.7.1.4 ชี้บ่งและแก้ไขข้อผิดพลาดและสิ่งที่ถูกละเลย

2.7.1.5 จัดทำเป็นเอกสาร และบันทึกข้อมูล รวมถึงการจัดการอย่างเป็นระบบ

การจัดการข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ควรพิจารณาประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.7.1.6 การบ่งชี้และทบทวน อำนาจ หน้าที่ความรับผิดชอบ ของผู้เกี่ยวข้องในการพัฒนาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

2.7.1.7 การบ่งชี้ การดำเนินการ และทบทวน การฝึกอบรมที่เหมาะสมสำหรับคณะทำงานในการพัฒนาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

2.7.1.8 การบ่งชี้และทบทวนขอบเขตขององค์กร

2.7.1.9 การบ่งชี้และทบทวนแหล่งกำเนิดและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

2.7.1.10 การคัดเลือกและทบทวนวิธีการวัดปริมาณ รวมถึงข้อมูลกิจกรรม และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

2.7.1.11 การทบทวนการใช้วิธีการวัดปริมาณ เพื่อยืนยันความสอดคล้องของข้อมูลระหว่างหน่วยธุรกิจหรือหน่วยสาธารณูปโภคต่างๆ

2.7.1.12 การใช้ การบำรุงรักษาและการสอบเทียบเครื่องมือวัดค่าต่างๆ (เมื่อมีการใช้เครื่องมือตรวจวัดนั้น)

2.7.1.13 การพัฒนาและรักษาระบบการจัดเก็บข้อมูลที่มีความเที่ยงตรง

2.7.1.14 การตรวจสอบความแม่นยำตามปกติ

2.7.1.15 การตรวจประเมินภายในและการทบทวนทางเทคนิคตามช่วงเวลาที่กำหนด

2.7.1.16 การทบทวนโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการจัดการข้อมูลตามช่วงเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การเก็บรักษาเอกสารและจัดเก็บบันทึก

2.7.2.1 องค์กรต้องจัดทำและดำเนินการตามวิธีปฏิบัติการเก็บรักษาเอกสารและจัดเก็บบันทึก

2.7.2.2 องค์กรต้องจัดเก็บและรักษาเอกสาร ที่ใช้สนับสนุนการออกแบบการพัฒนาและการคงไว้ซึ่งข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ที่สามารถนำไปใช้ทวนสอบและต้องได้รับการจัดการให้สอดคล้องกับวิธีปฏิบัติการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่กำหนด

2.7.2.3 การจัดทำเอกสารอาจจัดทำในรูปแบบกระดาษหรือไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประเมินในระยะถัดไปขององค์กร หรือการเผยแพร่สู่สาธารณะชนต่อไป

สำหรับแนวทางการสร้างให้เกิดการบริหารจัดการบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกอย่างมีคุณภาพ สามารถทำได้ดังนี้

1) การจัดทีมงานเพื่อจัดทำและพัฒนาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรให้มีคุณภาพ โดยการคัดเลือกสมาชิกจากบุคลากรภายในองค์กร ซึ่งจำเป็นต้องมีการระบุหน้าที่ความรับผิดชอบและจัดให้มีการฝึกอบรมที่เหมาะสมแก่สมาชิกภายในทีม
2) พัฒนาแผนการจัดการบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกอย่างมีคุณภาพ ซึ่งแผนดังกล่าวควรมีการรวบรวมรายละเอียดที่สำคัญของขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมในทุกระดับขององค์กร
3) การตรวจสอบคุณภาพการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เริ่มตั้งแต่การทบทวนหลักการประเมินการกำหนดขอบเขตขององค์กรและแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจก การตรวจสอบอุปกรณ์ และวิธีการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจก กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และวิธีการคำนวณ เพื่อให้การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมีความถูกต้องมากที่สุด
4) การระบุและทบทวนความมีสาระสำคัญของบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร
5) การทวนสอบบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำขึ้นโดยทีมผู้เชี่ยวชาญทั้งภายในและภายนอกองค์กร
6) การทบทวนข้อผิดพลาดต่างๆที่เกิดขึ้น เพื่อนำสู่แนวทางการแก้ไขและปรับปรุง (อบก., 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การรายงานผล

สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือหลักการของการทำบัญชีและรายงานก๊าซเรือนกระจกนั้นต้องนำมาเป็นพื้นฐานของการดำเนินงานเพื่อให้การดำเนินงานและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์นั้นมีความน่าเชื่อถือ มีความถูกต้อง และมีการประเมินอย่างเป็นระบบ โดยนำหลักการของ GHG Protocol มาเป็นพื้นฐานดังนี้ (ชิต, 2554)

2.8.1 Relevance การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกนั้นต้องสะท้อนถึงก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมที่องค์กรปฏิบัติอยู่อย่างเหมาะสมและสะท้อนถึงกิจกรรมที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์กร

2.8.2 Completeness การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกขององค์กรฯจะต้องครอบคลุมแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทั้งที่ถูกปล่อยออกมาและทราบถึงกิจกรรมที่เป็นต้นทางของแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตความรับผิดชอบขององค์กรฯ

2.8.3 Consistency การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกขององค์กรฯ จะต้องมีการทำอย่างเป็นระบบต้องมีวิธีการที่สามารถอ้างอิงได้ในกรณีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดขอบเขตความรับผิดชอบ การระบุขอบเขตของกิจกรรม การวิเคราะห์ข้อมูล การคำนวณข้อมูล การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจะต้องมีการอธิบายหรือเปิดเผยอย่างชัดเจน

2.8.4 Transparency การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกขององค์กรฯจะต้องมีการบันทึกและมีดำเนินการอย่างโปร่งใสสามารถบอกถึงที่มาของข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล การกำหนดขอบเขตความเป็นมาของการประเมิน การกำหนดค่าต่างๆ การวิเคราะห์ต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบในอนาคต

2.8.5 Accuracy การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกขององค์กรฯ จะต้องมีความถูกต้องในการวิเคราะห์ และไม่มีการประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำหรือที่สูงกว่าความเป็นจริง ทำให้การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้อย่างน่าเชื่อถือ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หาญพล (2557) ได้ทำการศึกษาการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษสู่สภาวะแวดล้อม โดยขอบเขตในการศึกษานี้ มีช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล คือ เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งกิจกรรมของมหาวิทยาลัย ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ได้แก่ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและการใช้ปุ๋ย ขอบเขตที่ 2 อันเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 ที่เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่นอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และ 2 ได้แก่ การใช้ขวดพลาสติกใส(น้ำดื่มโดม) กระดาษ ก๊าซหุงต้ม น้ำประปาน้ำมันเชื้อเพลิง สารเคมีเพื่อการซักล้าง การใช้ปุ๋ย และขยะติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปสรรคที่เกิดขึ้นในงานวิจัย เช่น ไม่มีการเก็บข้อมูลที่ต้องการหรือไม่มีวิธีการเก็บที่เหมาะสมสำหรับนำมาคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 34,355 tCO2eq ต่อปีตามขอบเขตที่ได้ระบุไว้ โดยที่กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 91 ของการค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด

อัจฉราและคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ องค์ประกอบและลักษณะสมบัติของขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา และนำข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษามาใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมและนำเสนอแนวทางในการจัดการขยะให้เหลือศูนย์โดยการวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ 1) การวิจัยในเชิงสำรวจเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันในการจัดการขยะ โดยการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ เช่น จำนวนประชากร ปริมาณขยะ การสำรวจจุดทิ้งขยะ การเก็บรวบรวม การขนส่ง การแปรรูป และการกำจัดขยะ เพื่อดูลักษณะการเก็บขน การกำจัดขยะ รวมถึงศึกษาปัญหาของการจัดการขยะที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และ 2) เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบและลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะ โดยการสุ่มตัวอย่างขยะด้วยวิธีการ Quartering แล้วเก็บตัวอย่างมาคัดแยกองค์ประกอบ ได้ขยะประเภทพลาสติกมากที่สุดถึงร้อยละ 39.88 โดยน้ำหนัก เศษอาหารร้อยละ 28.66 กระดาษอื่นๆที่ไม่รวมกระดาษสำนักงานร้อยละ 14.95 แก้วร้อยละ 4.36 โฟมร้อยละ 3.12 ไม้ร้อยละ 1.87 นอกจากนี้ ยังพบผ้า ยาง และโลหะ โดยแต่ละอย่างมีปริมาณร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก ส่วนลักษณะสมบัติทางกายภาพ-เคมีของขยะเป็นดังนี้ ค่าความหนาแน่นปกติ 0.056 kg/L ค่าความชื้น 59.74% ค่าปริมาณของแข็งรวม 40.26% ค่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ 88.12% ค่าปริมาณเถ้า 11.88%

ธนัท (2554) ได้ทำการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งได้กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก แบบควบคุมการดำเนินงาน โดยจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากภาควิชาฯ ได้แก่ การผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ และ การรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของภาควิชาฯ และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ การใช้น้ำประปา การใช้กระดาษ A4 80 แกรม และการใช้กระดาษชำระของธุรการภาควิชาฯการเดินทาง(ไป-กลับ) และการรับประทานอาหารของนิสิตระดับปริญญาตรีระหว่างเปิดเรียนภาคต้นและปลาย ปีการศึกษา 2553 ซึ่งผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมีทั้งหมดคิดเป็น 1,036.43 tCO_2eq หรือคิดเป็น 2.28 tCO_2eq ต่อคนต่อปี โดยแบ่งเป็นการปล่อยประเภทที่ 1, 2 และ 3 เป็นจำนวน 7.84, 548.09 และ 480.49 tCO_2eq ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับการประเมินการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2553 ที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3,55.91 tCO_2eq ต่อปี โดยแบ่งเป็นการปลดปล่อยประเภทที่ 1, 2 และ 3 เป็นจำนวน 6.12, 183.81 และ 165.97 tCO_2eq ตามลำดับหรือคิดเป็น 0.73 tCO_2eq ต่อคนต่อปี ดังนั้นทางภาควิชาวิศวกรรมเคมี จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทั้งคณะ เนื่องจากมีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงกว่า

KongJoseph H.K. Lai (2014) งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกจากโรงแรมสามแห่งในฮ่องกง โดยทำการวิเคราะห์ 3 ขอบเขต ดังนี้ ขอบเขตที่ 1 การตรวจสอบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณสารทำความเย็นที่ใช้ในโรงแรม ขอบเขตที่ 2 คือการตรวจสอบจำนวนเงินที่ซื้อไฟฟ้ามาจาก rel-evant power company และขอบเขตที่ 3 การตรวจสอบปริมาณการใช้กระดาษ ปริมาณการใช้น้ำในการบริโภค ระยะทางของการเดินทางของพนักงานในโรงแรม ในการเปรียบเทียบเพื่อให้มีความยุติธรรมในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงแรมที่แตกต่างกัน จึงสรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นแบบรายปีรวมทั้ง 3 ขอบเขต (คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือ CO_2eq) โดยที่โรงแรม A มีค่าการปล่อยอยู่ที่ 9,619 ตัน โรงแรม B ที่ 7,078 ตัน และ โรงแรม C ที่ 2,219 ตัน ซึ่งจากการศึกษาปรากฏว่าไฟฟ้าเป็นตัวหลักในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงเป็นสิ่งที่ต้องพยายามลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

Rebekah (2012) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการบริโภคของประชาชน เพื่อสร้างเครื่องมือในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยได้ทำการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเมืองหมู่เกาะ โดยหมู่เกาะที่ได้ทำการศึกษา คือ หมู่เกาะเวอร์จินของสหรัฐอเมริกา (The United States Virgin Islands:USVI) ซึ่งมีเกาะหลักอยู่ 3 เกาะ ได้แก่ เกาะเซนต์ครอย เกาะเซนต์จอห์น และเกาะเซนต์โทมัส การคำนวณกิจกรรมของผู้อาศัยบนเกาะทั้ง3 นี้จะเก็บตัวอย่างจำนวน5 ครัวเรือน และมีรายได้แตกต่างกัน 5 ช่วงรายได้ รวมทั้งหมดกว่า 75 ครัวเรือนที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอาณาเขตหมู่เกาะมีค่าเท่ากับ 13 tCO_2eq ต่อปีต่อคนหรือประมาณ 35% น้อยกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปของสหรัฐอเมริกาซึ่งการใช้ไฟฟ้าและการบริโภคอาหาร เป็นกิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสหรัฐอเมริกา ซึ่งทั้ง 2 กิจกรรมนั้นเกี่ยวโยงกับพฤติกรรมและเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

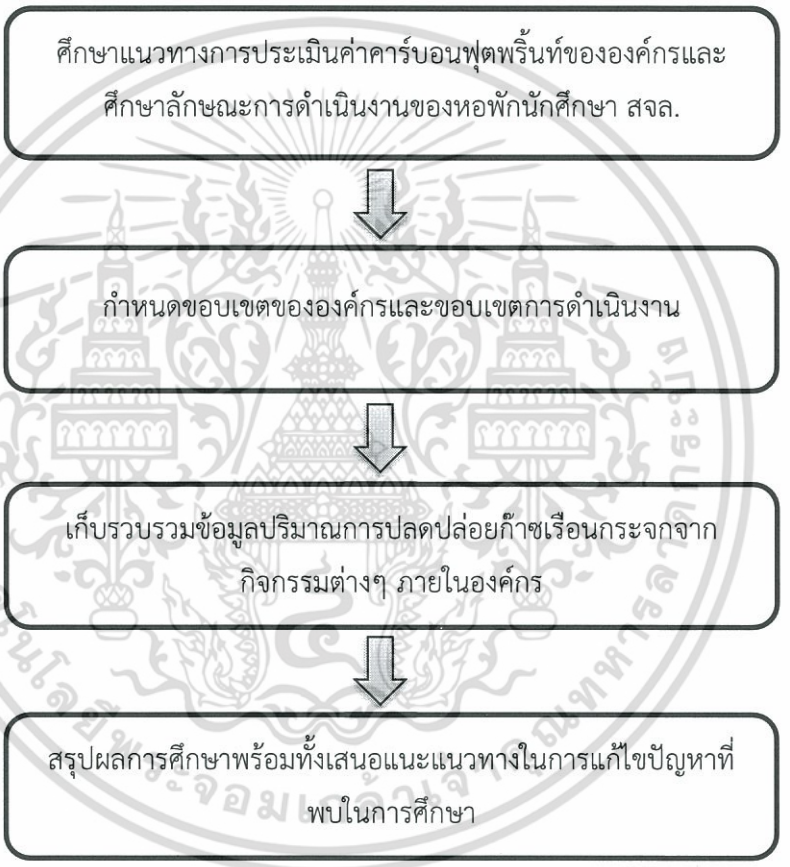
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหอพักนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจากการดำเนินกิจกรรมภายในหอพัก เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา จึงมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา



3.2 ลักษณะโครงสร้างและการดำเนินงาน

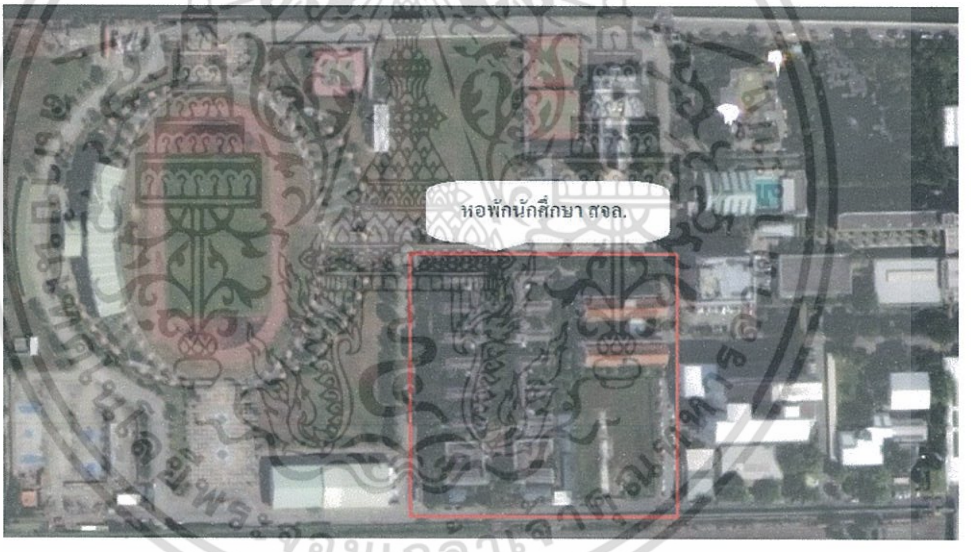
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐบาล ซึ่งให้ความรู้ทางด้านการศึกษา การวิจัย และความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งทางสถาบัน มีหน่วยงานที่ให้บริการด้านต่างๆ กับนักศึกษา และหอพักนักศึกษาก็เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ให้บริการ และเป็นสวัสดิการให้แก่นักศึกษา หอพักนักศึกษาของสถาบันฯ เป็นหน่วยงานที่สังกัดกองกิจการนักศึกษา สำนักงานอธิการบดี โดยบริเวณหอพักนักศึกษาประกอบไปด้วยหอพักจำนวน 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคาร แบ่งเป็นหอพักพัดลมจำนวน 6 อาคาร (หอพักชาย 2 อาคาร และหอพักหญิง 4 อาคาร) หอพักปรับอากาศจำนวน 2 อาคาร (หอพักชาย 1 อาคาร และหอพักหญิง 1 อาคาร) และอาคารสำนักงานหอพักนักศึกษา มีพื้นที่รวมเท่ากับ 19,676 ตารางเมตร มีจำนวนนักศึกษาเข้าพักรวมทั้งหมด 1,278 คน เป็นนักศึกษาชายจำนวน 396 คน และเป็นนักศึกษาหญิงจำนวน 882 คน และมีจำนวนบุคลากรจำนวน 26 คน

3.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ที่มีระยะเวลาในการประเมิน 1 ปี ตามปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 คือในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ซึ่งจะประเมินจากข้อมูลการดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในองค์กร โดยอ้างอิงแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งที่ตั้งหอพักนักศึกษา สจล.

ที่มา: Google Maps, 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จำนวนบุคลากรแบ่งตามหน่วยงาน ภายในหอพักนักศึกษา สจล. ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

หน่วยงาน	จำนวนคน
สำนักงานหอพักนักศึกษา	7
แม่บ้าน	10
คนสวน	3
พนักงานรักษาความปลอดภัย	6

ที่มา: สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2559

ตารางที่ 3.2 จำนวนนักศึกษาแบ่งตามอาคาร 1-8 ภายในหอพักนักศึกษา สจล. ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

อาคาร	จำนวนคน
1	75
2	75
3	159
4	159
5	159
6	159
7	246
8	246

ที่มา: สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2559

3.4 กำหนดขอบเขตขององค์กร

ในการศึกษาแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรครั้งนี้ ได้กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเป็นแบบควบคุมการดำเนินงาน โดยจะประเมินจากกิจกรรมที่เกิดภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน

การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงานก็เพื่อให้ครอบคลุมถึงทุกส่วนของกิจกรรมในองค์กรที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล. ได้แบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงของหอพักนักศึกษา ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานและประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆนอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งทางหอพักนักศึกษาสามารถตรวจสอบหรือประเมินเพิ่มเติมเพื่อการรายงานผลได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ โดยกิจกรรมตามประเภทต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา สจล.

ประเภทของกิจกรรม	รายการ
ประเภทที่ 1	การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R-22) การเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน
ประเภทที่ 2	การใช้ไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา สจล.
ประเภทที่ 3	การกำจัดและขนส่งของเสีย

3.6 การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

หลังจากการกำหนดขอบเขตการดำเนินงานเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือ การจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลหรือการจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินกิจกรรมต่างๆ และการได้มาซึ่งข้อมูลของหอพักนักศึกษา สจล. โดยข้อมูลที่รวบรวมได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ ดังที่แสดงในตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในหอพักนักศึกษา สจล. และการได้มาซึ่งข้อมูลแต่ละประเภท (เฉพาะข้อมูลที่นับรวมในการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์)

ประเภทของกิจกรรม	รายการ	การได้มาของข้อมูล
ประเภทที่ 1	การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R-22)** การเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร** การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน*' **	ใบแจ้งซ่อม บันทึกการใช้รถ เก็บข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างและการประมาณค่า
ประเภทที่ 2	การใช้ไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา สจล.**	บันทึกการใช้ไฟฟ้าและการประมาณค่า
ประเภทที่ 3	การกำจัดและขนส่งของเสีย*' **	เก็บข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างและการประมาณค่า

หมายเหตุ * หมายถึง ข้อมูลปฐมภูมิ

** หมายถึง ข้อมูลทุติยภูมิ

3.7 ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

จากการจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก การคัดเลือกค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) นั้นมีความสำคัญ เนื่องจากค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก คือ จำนวนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยของข้อมูลกิจกรรม ซึ่งสำหรับการศึกษานี้ได้ดำเนินการคัดเลือกค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งข้อมูลที่ได้รับการเผยแพร่และเชื่อถือได้ ได้แก่ ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ โดยค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกและแหล่งอ้างอิงที่ได้เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรมและแหล่งข้อมูลอ้างอิง

กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	หน่วย (Unit)	ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$/unit)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร			
1.1 การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ — สารทำความเย็นประเภท R-22 (Chlorodifluoromethane)	kg	1,810	World Meteorological Org, 2006
1.2 การเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร — การเผาไหม้น้ำมันดีเซลในรถยนต์ขององค์กร	Liter	2.7446	IPCC
1.3 การบำบัดน้ำเสียองค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน*	-	-	-
ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน			
2.1 การใช้ไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา สจล.	kWh	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)
ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ			
3.1 การกำจัดและขนส่งของเสีย	-	ดูตารางที่ 3.6 และ 3.7	-

หมายเหตุ * ข้อ 1.3 ดูจากข้อ 3.8.2.3 การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกำจัดของเสียแบบฝังกลบ

องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากกองขยะแบบตื้น (tCO_2eq ต่อตันมูลฝอย)
กระดาษ /กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้า จากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

ที่มา: IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5: Waste, 2006

ตารางที่ 3.7 ค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการขนส่งของเสียไปกำจัด

การขนส่ง	ค่าแฟกเตอร์ ($kgCO_2eq/km$)
ขาไป รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading	0.0472
ขากลับ รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	0.4892

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558

3.8 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหอพักนักศึกษา สจล. คำนวณโดยใช้ข้อมูลการดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในองค์กรคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตันหรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร

ในการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทางในกรณีที่ทราบระยะทาง และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งในการศึกษานี้คือ น้ำมันดีเซล จะสามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้จาก

$$\text{ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทาง} = \frac{A}{B} \times EF$$

โดยที่ A = ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง

B = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

EF = ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิง ดังตารางที่ 3.5

ซึ่งในการวิจัยนี้การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทางของหอพักนักศึกษาจะคำนวณมาจากข้อมูลการใช้ยานพาหนะที่ทางหอพักนักศึกษาแจ้งวัตถุประสงค์ขอใช้งานในกิจกรรมต่างๆต่อ สจล. เท่านั้น โดยไม่รวมกับปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทางที่มาจากการใช้ยานพาหนะที่นักศึกษาที่อาศัยในหอพักเป็นเจ้าของ เนื่องจากไม่มีข้อมูลและไม่สามารถควบคุมการใช้งานได้

3.8.2 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน

ในการบำบัดน้ำเสียที่เป็นน้ำเสียชุมชน ก๊าซเรือนกระจกที่มีการปล่อยออกมาจากการบำบัดได้แก่ มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยมีขั้นตอนในการหาปริมาณที่ปลดปล่อย ดังนี้

3.8.2.1 วิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย

1. การประเมินค่าปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียของระบบบำบัด
   ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียจากระบบบำบัดแต่ละระบบ (Total domestic/commercial organic wastewater:TOW_{dom}) สามารถประเมินได้จากค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ที่ทำการทดลองได้ (ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ช) โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัมบีโอดีต่อปี (kg BOD/yr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดแต่ละระบบ ประเมินได้จาก

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในน้ำเสีย } (EF_i) = B_{0i} \bullet \pounds(WS_{ix} \bullet MCF_x)$$

เมื่อ $EF_{(i)}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในน้ำเสีย ($kgCH_4/kgBOD$)
$B_{0(i)}$ = ค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำ ($kgCH_4/kgBOD$)
WS_{ix} = สัดส่วนน้ำเสียแต่ละประเภท (i) ที่เข้าสู่ระบบบำบัด (x)
MCF_x = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (x)

โดยในการวิจัยนี้ค่า B_0 จะเท่ากับ 0.6 $kgCH_4/kgBOD$ ค่า MCF_x เท่ากับ 0.7 ตามตารางที่ 2.6 และค่า WS_{ix} จะเท่ากับ 1 เพราะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดทั้งหมดเป็นน้ำเสียชุมชนจากหอพักนักศึกษา

3. การประเมินค่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากน้ำเสีย
การประเมินค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำเสีย จะประเมินจากปริมาณน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทน โดยหักค่าการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์หรือเผาทิ้งจากปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด

$$WM = \pounds_i (TOW_i \cdot EF_i - MR_i)$$

เมื่อ WM = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากน้ำเสีย ($kgCH_4$)
TOW_i = ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียแต่ละประเภท i ให้ใช้ค่าบีโอดีสำหรับน้ำเสียชุมชน (kgBOD/yr)
EF_i = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยสำหรับน้ำเสียแต่ละประเภท i ($kgCH_4/kgBOD$)
MR_i = ปริมาณการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์และการเผาก๊าซทิ้ง (flare)

สำหรับปริมาณการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์และการเผาก๊าซทิ้ง ในการวิจัยนี้ให้ค่าเป็น 0 เพราะไม่มีการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์และการเผาก๊าซทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2.2 วิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสีย

$$N_2O(s) \text{ ที่ปล่อย} = \text{โปรตีน} \bullet Frac_{NPR} \bullet NR_{people} \bullet EF_6$$

เมื่อ $N_2O(s)$ = การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากน้ำเสียชุมชน ($kgN_2O\text{-}N/yr$)

โปรตีน = การบริโภคโปรตีน/คน/ปี (Protein intake)(kg/person/yr) ในที่นี้จะใช้ค่าเท่ากับ 21.206 (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

NR_{people} = จำนวนประชากร

$Frac_{NPR}$ = สัดส่วนไนโตรเจนในโปรตีน (kg N/kg protein) ในที่นี้จะใช้ค่าเท่ากับ 0.16 (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

EF_6 = ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (kg N_2O-N /kgsewage – Nproduced) ในที่นี้จะใช้ค่าเท่ากับ 0.01 (IPCC 1996)

3.8.2.3 การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการบำบัดน้ำเสีย

เมื่อได้ปริมาณก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ทั้งหมดจากการบำบัดน้ำเสียแล้ว จึงนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) โดยการนำมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

3.8.3 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดของเสีย

ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย ให้พิจารณาจากประเภทขององค์ประกอบขยะที่สามารถคัดแยกได้ คำนวณโดยกำหนดให้ใช้ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดกากของเสียแบบฝังกลบ (Landfill) ใช้ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (tCO_2eq ต่อตันมูลฝอย)ดังตารางที่ 3.6 โดยในการหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย คำนวณจากการนำปริมาณของเสียแยกตามองค์ประกอบแล้วคูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของวัสดุในตารางที่ 3.6 สำหรับของเสียที่เป็นวัสดุอื่นนอกเหนือจากตารางและมีองค์ประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 tCO_2eq ต่อตันมูลฝอย หากของเสียเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบให้คิดเป็นศูนย์ จากนั้นนำมาหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะไปกำจัด โดยดูจากระยะทางที่ใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดินทางและปริมาณของขยะประเภทต่างๆคูณกับค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในการขนส่งดังตารางที่ 3.7

3.8.4 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมอื่นๆ

การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมอื่นๆอันได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ และการใช้ไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา สจล. สามารถคำนวณได้จาก นำค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกคูณกับข้อมูลของกิจกรรมนั้นๆ เพื่อหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

GHGs Emission = Activity data × emissions factor

3.9 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน

การประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่เกิดขึ้นจากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมได้ รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอ้างอิงต่างๆด้วย ซึ่งความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูล และค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้ สามารถตรวจสอบระดับคุณภาพของข้อมูลได้ โดยการกำหนดคะแนนไว้ตามตารางที่ 2.7 และจากผลคูณระดับคุณภาพของข้อมูลกับคะแนนระดับคุณภาพของค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก นำผลคูณที่ได้ไปจัดระดับความไม่แน่นอนของข้อมูลตามระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินความไม่แน่นอนตามตารางที่ 2.8

แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้รวบรวมมาในงานวิจัยครั้งนี้มีคุณภาพของลักษณะการเก็บข้อมูลไม่ตรงตามตารางของ อบก. ดังนั้นการประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลและค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้จึงเปลี่ยนมาเลือกใช้ดังที่แสดงตามตารางที่ 3.8 แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 คะแนนระดับคุณภาพของลักษณะการเก็บข้อมูลและค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในการวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล.

ข้อมูล	ลักษณะการเก็บข้อมูล		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF)	
	คะแนน	หมายเหตุ	คะแนน	หมายเหตุ
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ (R-22)	2	เก็บข้อมูลจากใบแจ้งซ่อมและการประมาณค่า	1	ค่า EF มาจากข้อมูลระดับสากล
การเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร	2	เก็บข้อมูลจากบันทึกการใช้รถและการประมาณค่า	1	ค่า EF มาจากข้อมูลระดับสากล
การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน	3.5	เก็บข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างและการประมาณค่า	2	ค่า EF คำนวณมาจากข้อมูลระดับประเทศและระดับสากล
การใช้ไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา	2	เก็บข้อมูลจากบันทึกการใช้ไฟฟ้าและการประมาณค่า	3	ค่า EF มาจากข้อมูลระดับประเทศ
การกำจัดและขนส่งของเสีย	3.5	เก็บข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างและการประมาณค่า	2	ค่า EF มาจากข้อมูลระดับประเทศและระดับสากล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

หอพักนักศึกษา เป็นหน่วยงานที่สังกัดกองกิจการนักศึกษา สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยกิจกรรมหลักของทางหอพักนักศึกษาคือ การให้บริการที่พักและอำนวยความสะดวกด้านต่างๆแก่นักศึกษาที่เข้าพักอาศัย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมต่างๆในขณะดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยงานหอพักนักศึกษา โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2559 และสามารถจำแนกประเภทของกิจกรรมตามลักษณะการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังนี้

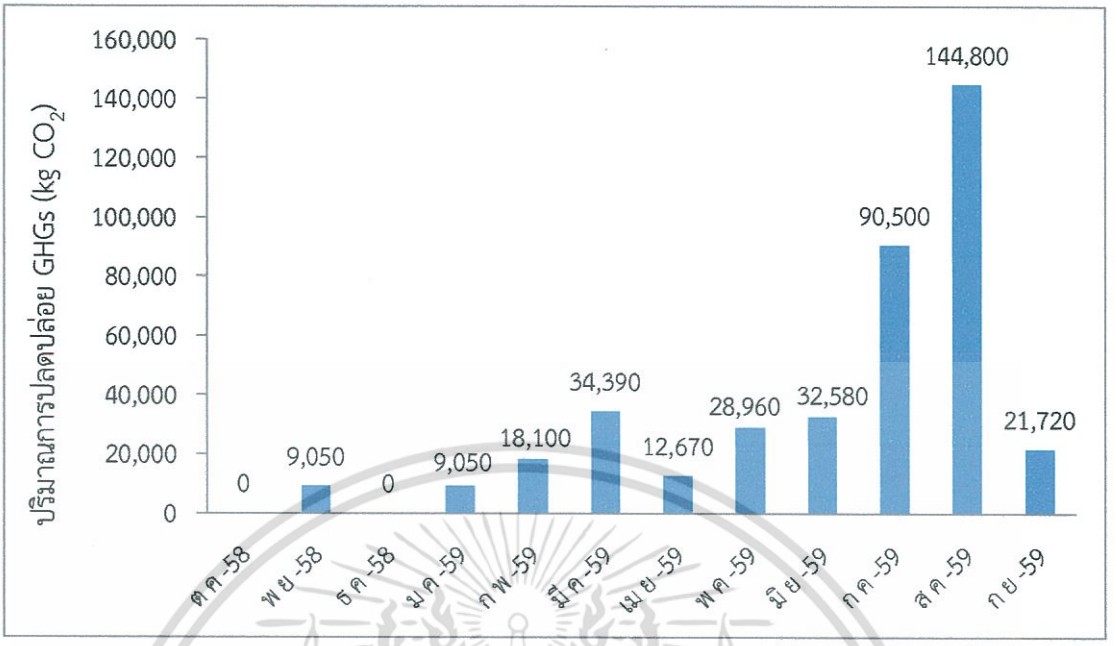
4.1 ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากหอพักนักศึกษา

4.1.1 แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นภายในเครื่องปรับอากาศ

ทางหอพักนักศึกษา สจล. มีการใช้บริการหอพักปรับอากาศจำนวน 2 อาคาร ได้แก่ อาคาร 7 และอาคาร 8 โดยแบ่งเป็นหอพักชายและหอพักหญิงตามลำดับ ซึ่งในช่วงระยะเวลา 1 ปีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเติมสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประเภท R-22 พบว่ามีการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากการดำเนินงานของหอพักนักศึกษารวมทั้งสิ้น 222 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็นจากอาคาร 7 จำนวน 132 กิโลกรัม และอาคาร 8 จำนวน 90 กิโลกรัม (ตารางผนวกที่ ก1) โดยสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประเภท R-22 เป็นสารกลุ่ม HCFC มีค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เท่ากับ 1,810 $kgCO_2eq$ ต่อกิโลกรัม

เมื่อนำค่าทั้งสองมาคูณกันจะได้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นเท่ากับ 401,820 $kgCO_2eq$ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูลเป็นดังรูปที่ 4.1 (รายละเอียดดังภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



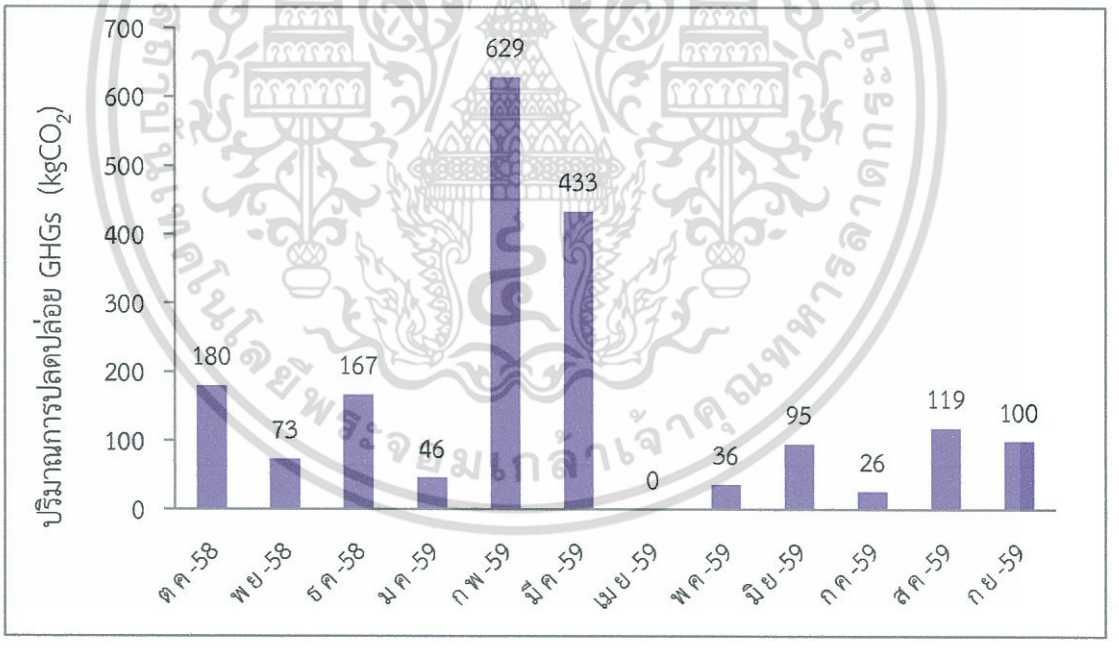
รูปที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นประเภท R-22

ซึ่งจากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนของหอพักนักศึกษาไม่เท่ากัน(รายละเอียดดังผนวก ก2) โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงการเปิดภาคการศึกษาใหม่ เริ่มมีการใช้งานห้องพักและเครื่องปรับอากาศเป็นสาเหตุให้พบปัญหาการแจ้งซ่อมของเครื่องปรับอากาศมากที่สุด ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นบางสาเหตุสามารถแก้ไขได้โดยการเติมสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประเภท R-22 จึงส่งผลให้ในช่วงการเปิดภาคการศึกษาใหม่ในเดือนสิงหาคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ในขณะที่เดือนอื่นๆก็ยังคงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน ดังนั้นวิธีการที่จะลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาในแต่ละเดือนจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นนี้ ทำได้โดยการกำหนดระยะเวลาในการตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นระยะ เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งในการกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบจะช่วยให้ทราบปัญหาของเครื่องปรับอากาศที่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้และสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้ก่อน โดยการทำเช่นนี้จะช่วยในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นให้น้อยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

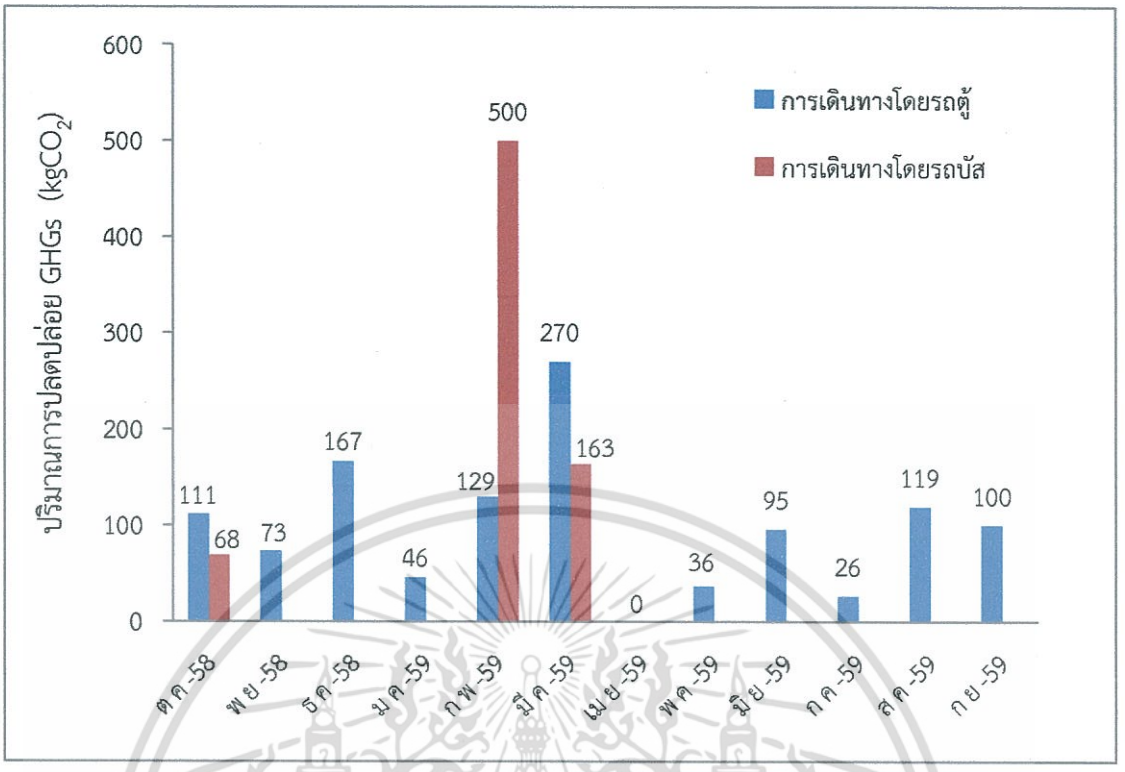
4.1.2 แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร

จากการเก็บรวมรวมข้อมูลกิจกรรมการเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กรของทางหอพักนักศึกษา พบว่าประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ รถตู้โดยสาร และรถบัส โดยในช่วงระยะเวลา 1 ปีที่เก็บข้อมูล การเดินทางของหอพักนักศึกษามีระยะทางรวมทั้งสิ้น 3,802.90 กิโลเมตร เป็นการเดินทางโดยรถตู้ 3,063.10 กิโลเมตร และรถบัส 739.80 กิโลเมตร ในการเดินทางมีการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 692.98 ลิตร ปริมาณที่ใช้กับรถตู้ 426.55 ลิตร และสำหรับรถบัส 266.43 ลิตร ซึ่งรถทั้ง 2 ประเภท เชื้อเพลิงที่คือใช้น้ำมันดีเซล(รายละเอียดดังผนวก ข1) ซึ่งมีค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เท่ากับ 2.7446 $kgCO_2eq$ ต่อลิตร และคำนวณปริมาณ โดยจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางไปภายนอกด้วยยานพาหนะขององค์กร ทั้งหมดเท่ากับ จำแนกตามประเภทรถได้ดังนี้ คือรถตู้ 1,170.71 $kgCO_2eq$ และรถบัส 731.25 $kgCO_2eq$ ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ยานพาหนะขององค์กรในแต่ละเดือนดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนจากการเดินทางโดยยานพาหนะขององค์กร

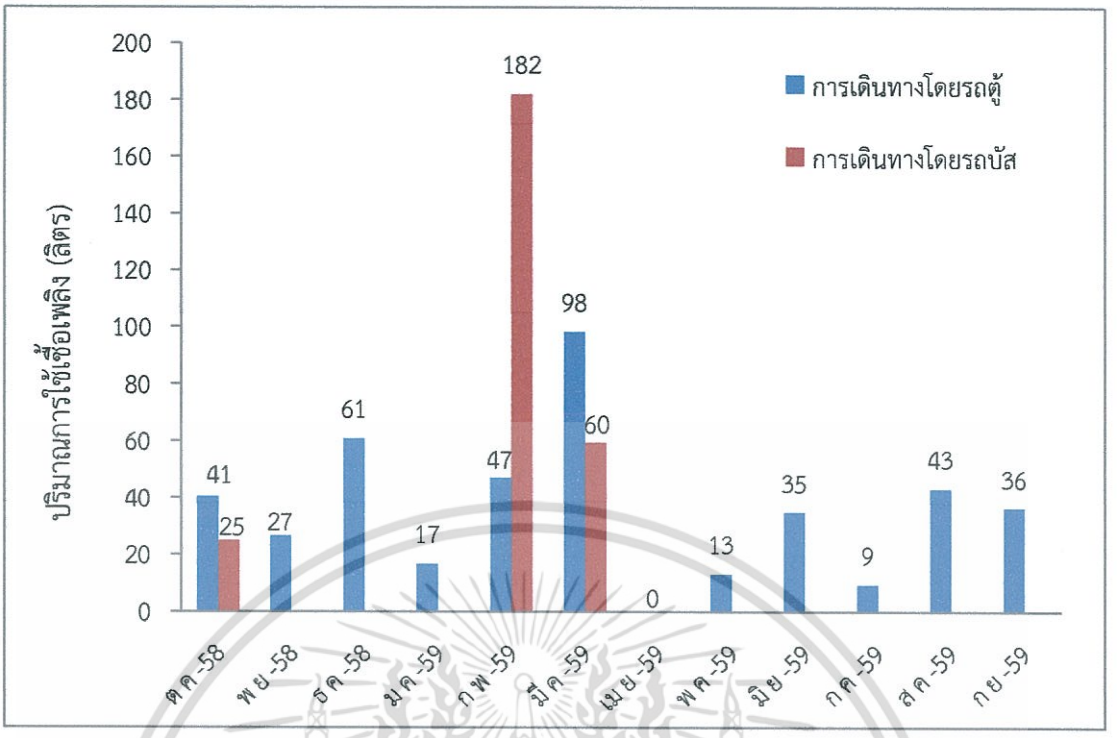
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางโดยยานพาหนะขององค์กรแบ่งตามประเภทของยานพาหนะ

จากรูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางโดยยานพาหนะขององค์กร จะเห็นว่าในแต่ละเดือนจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาไม่เท่ากัน(รายละเอียดดังผนวก ข2) โดยปริมาณการปลดปล่อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทางซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของระยะทางการเดินทางและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถแต่ละประเภทในการเดินทางแต่ละครั้ง และจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมดังกล่าว สามารถเห็นได้ชัดว่าในเดือนที่มีการเดินทางด้วยรถบัสจะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเดือนอื่นๆที่ไม่มีการเดินทางด้วยรถบัส เนื่องจากรถบัสมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันสูงกว่ารถตู้ทำให้มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงกว่า แต่กิจกรรมการเดินทางส่วนใหญ่จะเป็นการเดินทางโดยใช้รถตู้ ดังนั้นปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากรถตู้ในช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูลจึงมากกว่ารถบัสและส่งผลให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถตู้โดยรวมมีค่ามากกว่าที่ปล่อยออกมาจากการเดินทางด้วยรถบัส และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆในแต่ละเดือนดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆในแต่ละเดือนขององค์กร

ซึ่งจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ได้แสดงให้เห็นนี้ จะเห็นได้ว่าผลรวมการใช้เชื้อเพลิงในการเดินทางด้วยรถตู้มากกว่ารถบัสอย่างชัดเจน ซึ่งจากข้อมูลที่รวบรวมมาในการเลือกว่าจะเดินทางโดยใช้รถประเภทไหนนั้นจะดูจากจำนวนของผู้โดยสารเป็นสำคัญ และกิจกรรมการเดินทางส่วนใหญ่ของทางหอพักนักศึกษาในแต่ละครั้งนั้นมีจำนวนผู้โดยสารไม่มาก ทำให้มีการใช้รถตู้เป็นยานพาหนะหลักในกิจกรรมการเดินทาง ส่งผลให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถตู้มากขึ้นตามไปด้วย

จากที่กล่าวมาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมการเดินทางด้วยยานพาหนะขององค์กรนี้ สามารถที่จะลดปริมาณการปลดปล่อยได้โดยการเลือกประเภทของยานพาหนะให้มีความเหมาะสมต่อการเดินทางและจำนวนผู้โดยสาร ซึ่งจากสาเหตุการปลดปล่อยหลักที่มาจากการเดินทางด้วยรถตู้นั้นในการเดินทางแต่ละครั้งส่วนมากมีจำนวนผู้โดยสารค่อนข้างที่จะไม่เหมาะสม คือ มีผู้โดยสารน้อย ไม่เต็มที่นั่งตามที่รถตู้กำหนด ส่งผลให้การเดินทางในลักษณะนี้ไม่คุ้มค่าพอต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงควรมีการจัดการเลือกใช้ยานพาหนะให้มีความเหมาะสมกับจำนวนผู้โดยสาร เช่น การใช้ยานพาหนะขนาดเล็กที่มีการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยกว่าหากมีจำนวนผู้โดยสารน้อย หรือ เปลี่ยนไปใช้การขนส่งสาธารณะที่มีความเหมาะสมแทน โดยวิธีเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยยานพาหนะขององค์กรลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากการบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของนักศึกษา จะถูกรวบรวมลงบ่อบำบัดน้ำเสีย ทั้งหมด 3 บ่อ ซึ่งได้แก่ บ่อที่ 1 รับน้ำเสียจากอาคาร 1 ถึงอาคาร 6 น้ำเสียจากอาคาร 7 รวบรวมลงบ่อที่ 2 และบ่อ ที่ 3 รับน้ำเสียจากอาคาร 8 (รายละเอียดดังผนวก ช)ซึ่งในการหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียของหอพักนักศึกษาทั้ง 3 บ่อนั้น จะใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ซึ่งการตรวจวัดในที่นี้คือการตรวจวัดหาค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ของน้ำเสียในระบบบำบัด ซึ่งจากการตรวจวัดได้ค่า บีโอดีของน้ำเสียจากแต่ละระบบบำบัด ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าบีโอดี (mg/L) เฉลี่ยของน้ำเสียที่เก็บจากระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ ในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์

วัน	ปริมาณบีโอดี เฉลี่ย (mg/L)		
	บ่อ 1(อาคาร 1-6)	บ่อ 2 (อาคาร 7)	บ่อ 3 (อาคาร 8)
จันทร์	13.750	109.300	17.675
อังคาร	15.600	118.500	33.050
พุธ	17.575	123.900	33.300
พฤหัสบดี	20.550	116.100	25.050
ศุกร์	24.725	126.000	21.300
เสาร์	16.400	121.500	17.650
อาทิตย์	13.450	106.000	56.30
เฉลี่ย	17.436	117.329	29.189

ค่าบีโอดีที่ได้จากการตรวจวัดนี้สามารถนำมาคำนวณเป็นปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียจากระบบบำบัดแต่ละระบบ(Total domestic/commercial organic wastewater: TOW_{dom}) โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัมบีโอดีต่อปี (kgBOD/yr)(รายละเอียดดังผนวก ค1) โดยปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดนี้จะสามารถหาได้เมื่อทราบข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากทางหอพักนักศึกษาไม่มีการบันทึกปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าบ่อ รวมทั้งปริมาณการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคาร ดังนั้นในส่วนนี้จึงใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากเว็บไซต์สิ่งแวดล้อมท้องถิ่นที่จัดทำโดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555 ที่ทำการศึกษาอัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ยของประชากร 1 คน ใน 1 วันมีค่าเท่ากับ 200 ลิตร/คน/วัน จากอัตราการใช้น้ำ จะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำเสีย 80-90% โดยในการคำนวณนี้จะใช้อัตรา 90 % ของน้ำใช้ถูกเปลี่ยนเป็นน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ข้อมูล ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดแสดงในตารางที่ 4.2 จากข้อมูลดังกล่าว และค่าบีโอดีของน้ำเสียสามารถนำมาคำนวณหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (kgBOD/yr) ได้ค่าดังตารางที่ 4.3 (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อในแต่ละวัน ของหอพักนักศึกษา

ปริมาณการใช้น้ำของหอพักนักศึกษา			
อาคาร	จำนวนคน*	ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร/วัน)
อาคาร 1-6	786	157,200	141,480
อาคาร 7	246	49,200	44,280
อาคาร 8	246	49,200	44,280
รวม	1,278	255,600	230,040

หมายเหตุ * ข้อมูลจากสำนักงานหอพักนักศึกษา สจล. พ.ศ. 2558-2559

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียของระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ

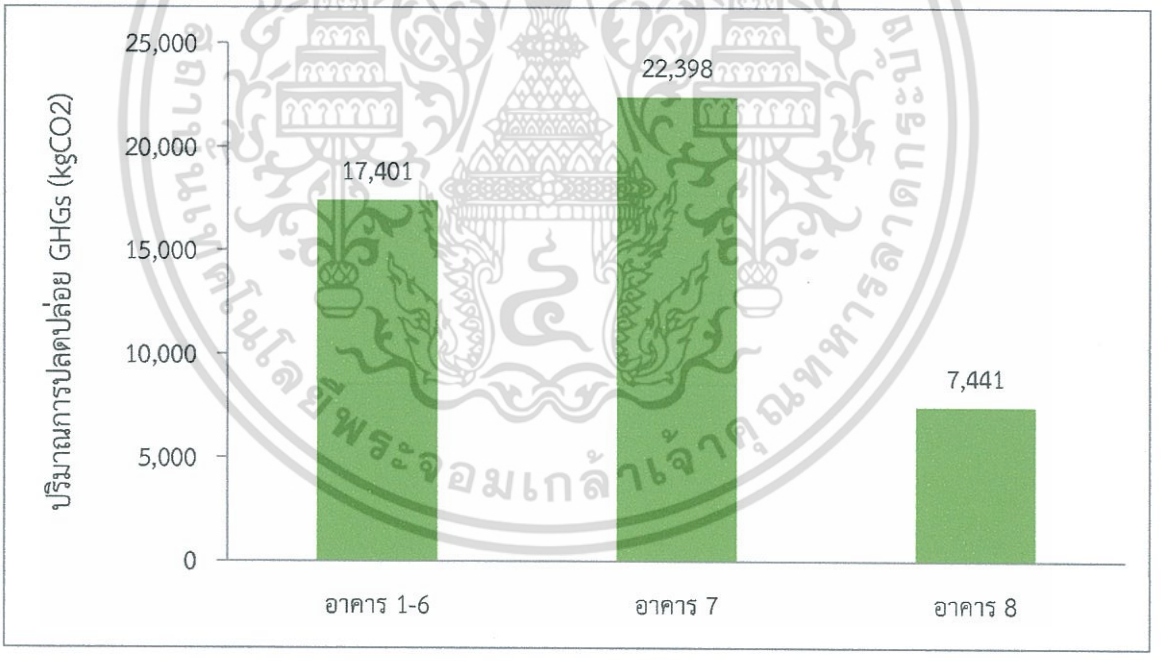
ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOW_{dom})		
บ่อ(อาคาร)	กิโลกรัม-บีโอดีต่อวัน	กิโลกรัม-บีโอดีต่อปี
บ่อ (อาคาร 1-6)	2.467	900.384
บ่อ (อาคาร 7)	5.195	1,896.288
บ่อ (อาคาร 8)	1.293	471.763
รวม	8.955	3,268.435

ก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากการบำบัดน้ำเสียคือ มีเทน (CH_4) และ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซมีเทนนั้นจะคำนวณได้จากปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOW_{dom}) ในขณะที่ก๊าซไนตรัสออกไซด์คำนวณมาจากการบริโภคโปรตีน/คน/ปี (Protein intake) (กก./คน/ปี) ซึ่งในที่นี้จะใช้ค่าเท่ากับ 21.206 (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข) มาใช้ในการคำนวณ โดยระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ จะคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนกับไนตรัสออกไซด์ในหน่วย $kgCO_2eq$ ซึ่งคิดได้จากนำค่าศักยภาพการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (GWP) ของก๊าซแต่ละชนิดคูณด้วยปริมาณการปลดปล่อย โดยค่า GWP ของก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์คือ 25 $kgCH_4/kgCO_2$ และ 298 $kgN_2O/kgCO_2$ ดังนั้นจะได้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยดังตารางที่ 4.4 (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ค) และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากการบำบัดน้ำเสียทั้งหมดของแต่ละบ่อบำบัดในช่วงระยะเวลา 1 ปี ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ

บ่อ(อาคาร)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก			
	มีเทน (CH_4)		ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	
	kg CH_4/yr	kg CO_2eq/yr	kg N_2O-N /yr	kg CO_2eq/yr
บ่อ (อาคาร 1-6)	378.161	9,454.030	26.669	7,947.262
บ่อ (อาคาร 7)	796.441	19,911.022	8.347	2,487.311
บ่อ (อาคาร 8)	198.140	4,953.512	8.347	2,487.311
รวม	1,372.743	34,318.564	43.362	12,921.885



รูปที่ 4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการบ่อบำบัดน้ำเสีย 3 บ่อ ที่รับน้ำเสียจากอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 บ่อที่ 2 ที่รับน้ำเสียจากอาคาร 7 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เมื่อเทียบกับบ่อบำบัดน้ำเสียอีก 2 บ่อ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับ บ่อที่ 3 ที่รับน้ำจากอาคาร 8 ซึ่งมีจำนวนคนพักอาศัยเท่ากัน และในการคำนวณใช้ค่าปริมาณน้ำเสียต่อวันเท่ากัน ดังนั้นที่ระบบบำบัดที่รับน้ำเสียจากอาคาร 7 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าเป็นเพราะว่าในน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดมีปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมด หรือปริมาณค่า บีโอดีที่สูงกว่า ดังนั้นถ้าต้องการที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียจะต้องเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดให้ดียิ่งขึ้นเพื่อลดค่าบีโอดี รวมทั้งต้องเก็บข้อมูลอัตราการใช้น้ำประปาแต่ละอาคารรวมทั้งอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดและปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด

4.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา สจล. เจ้าหน้าที่สำนักงานหอพักนักศึกษา จะทำการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้บริเวณประตูหน้า ห้องพัก ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะรวมกิจกรรมทุกประเภทที่เกิดขึ้นภายในห้องพักตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 รวมเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยจากข้อมูลมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งหมดเป็น 635,323 kWh (รายละเอียดดังผนวก ง1) ซึ่งสามารถแบ่งแต่ละสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาออกได้ดังนี้

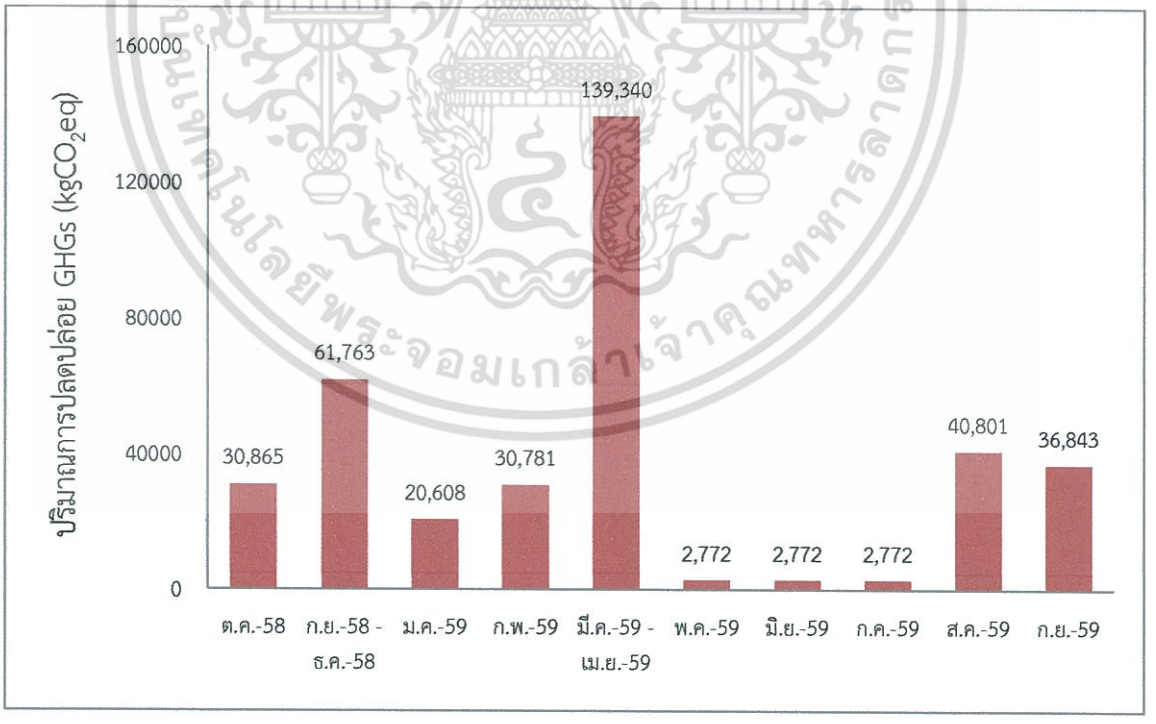
- ส่วนของห้องพักนักศึกษาทั้ง 8 อาคาร มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งหมด 578,110 kWh
- ส่วนของสำนักงานหอพักนักศึกษามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 9,211.3 kWh
- ส่วนอื่นๆ เช่น ไฟบริเวณทางเดิน ไฟบริเวณลานจอดรถ ไฟบริเวณเรือนพักคอย เป็นต้น มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 48,002 kWh

จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของหอพักนักศึกษา เมื่อนำมาคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เท่ากับ 0.5813 $kgCO_2eq/kwh$ (Thailand Grid Mix Electricity LCI Database, 2552) จะพบว่าในระยะเวลา 1 ปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานทั้งหมด 369,315 $kgCO_2eq$ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือน ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนของห้องพักนักศึกษา

เดือน	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (kwh)	ปริมาณ GHGs ที่ปล่อย (kg CO_2)
ตุลาคม	53,096	30,865
พฤศจิกายน	106,249	61,763
ธันวาคม		
มกราคม	35,451	20,608
กุมภาพันธ์	52,952	30,781
มีนาคม	239,704	139,340
เมษายน		
พฤษภาคม	4,768	2,72
มิถุนายน	4,768	2,772
กรกฎาคม	4,768	2,772
สิงหาคม	70,189	40,801
กันยายน	63,381	36,843
รวม	635,323	369,315



รูปที่ 4.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก($kgCO_2eq$) จากการใช้ไฟฟ้าในส่วนของห้องพักนักศึกษา

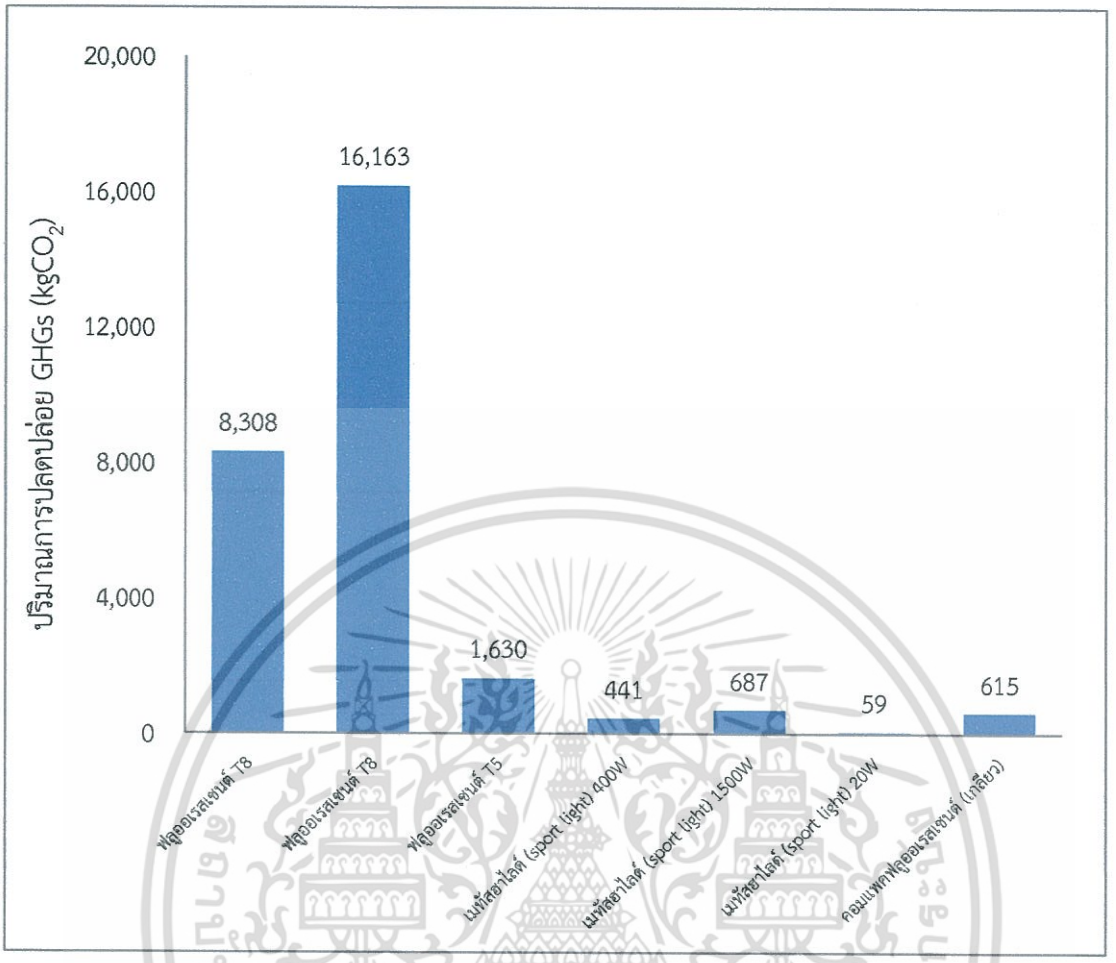
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในส่วนอื่นๆได้แก่ระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศส่วนกลางที่นอกเหนือจากห้องพักนักศึกษา ซึ่งการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างนั้นสามารถหาได้จากปริมาณและชนิดของหลอดไฟที่อยู่ในบริเวณหอพักนักศึกษาทั้งหมดและระยะเวลาการใช้งาน โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากระบบแสงสว่างส่วนกลางในช่วงเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 48,002 kWh (รายละเอียดดังผนวก ง2) และนำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 27,903 $kgCO_2eq$ ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของหอพักนักศึกษา ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

ประเภทของหลอดไฟ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (kWh/yr)	ปริมาณ GHGs ที่ปล่อย (kg CO_2/yr)
ฟลูออเรสเซนต์ T8	14,292	8,308
ฟลูออเรสเซนต์ T8	27,804	1,6163
ฟลูออเรสเซนต์ T5	2,803	1,630
เมทัสฮาไลด์ (sport light) 400W	759	441
เมทัสฮาไลด์ (sport light) 1500W	1,183	687
เมทัสฮาไลด์ (sport light) 20W	102	59
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (เกลียว)	1,059	615
รวม	48,002	27,903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ปล่อยออกมาจากระบบแสงสว่างของหอพักนักศึกษา สจล.

จากผลการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาในระบบแสงสว่างคิดเป็น 27,903 kg CO_2 ต่อปี จากผลดังกล่าวสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยพิจารณาดำเนินการเปลี่ยนไปใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ประหยัดไฟกว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 กว่า 30 % เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ประสิทธิภาพแสงสูงกว่า ทำให้กินไฟน้อยกว่าที่ความสว่างเท่ากัน และมีอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้ งานของหลอดไฟ (Lumen maintenance) ประมาณ 95% เมื่อใช้งานไป 2,000 ชั่วโมง ทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าจึงใช้วัสดุ และสารปรอทน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 (อ้างอิงตามการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนในมาตรการการลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่าง โดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 โดยไม่ต้องรอให้หลอดไฟเสีย และเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 เมื่อหลอดไฟเดิมเสีย ผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประหยัดพลังงานไฟฟ้า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อปีเมื่อเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 แสดงดังตารางที่ 4.7 ซึ่งจากผลจากการเปลี่ยนไปใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 พบว่าประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ 14,337 kWh ต่อปี และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งหมด 13,566 kgCO_2 ต่อปี

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8

ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
ประเภทของหลอดไฟ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (kWh/yr)	ปริมาณ GHGs ที่ปล่อย (kg CO_2/yr)	ประเภทของหลอดไฟ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (kWh/yr)	ปริมาณ GHGs ที่ปล่อย (kg CO_2/yr)
ฟลูออเรสเซนต์ T8	14,292	8,308	ฟลูออเรสเซนต์ T5	21,562	12,533
ฟลูออเรสเซนต์ T8	27,804	1,6163			
ฟลูออเรสเซนต์ T5	2,803	1,630			
เมทัสฮาไลด์ (sport light)400W	759	441	เมทัสฮาไลด์ (sport light)400W	759	441
เมทัสฮาไลด์ (sport light)1500W	1,183	687	เมทัสฮาไลด์ (sport light)1500W	1,183	687
เมทัสฮาไลด์ (sport light)20W	102	59	เมทัสฮาไลด์ (sport light)20W	102	59
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (เกลียว)	1,059	615	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (เกลียว)	1,059	615
รวม	48,002	27,903	รวม	24,664	14,337

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากระบบแสงสว่างส่วนกลางแล้ว การใช้ไฟฟ้าอื่นๆที่นอกเหนือจากห้องพักนักศึกษาคือการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของสำนักงานหอพักนักศึกษา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากขนาด (BTU)ของเครื่องปรับอากาศและระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศใน 1 วัน คิดเป็น 8 ชั่วโมง จากตารางภาคผนวก ง3 จะเห็นได้ว่าการใช้ไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศของส่วนสำนักงานหอพักนักศึกษาใน 1 ปีนั้นจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 8,528.13 kWh ต่อปี ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 5,196.19 $kgCO_2eq$

4.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ จากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ที่ศึกษา คือ การกำจัดของเสีย โดยทำการสุ่มตัวอย่างขยะแล้วคัดแยกขยะออกเป็นประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณของเสียประเภทต่างๆจากการสุ่มตัวอย่างขยะ

องค์ประกอบของของเสีย	ปริมาณเฉลี่ย (kg)	สัดส่วน (%)
กระดาษ	3.00	18.56
ใบไม้	0.80	4.95
เศษอาหาร	5.24	32.43
ผ้า	0.15	0.93
ไม้	0.15	0.93
อื่นๆ*	6.82	42.20
รวม	16.16	100.00

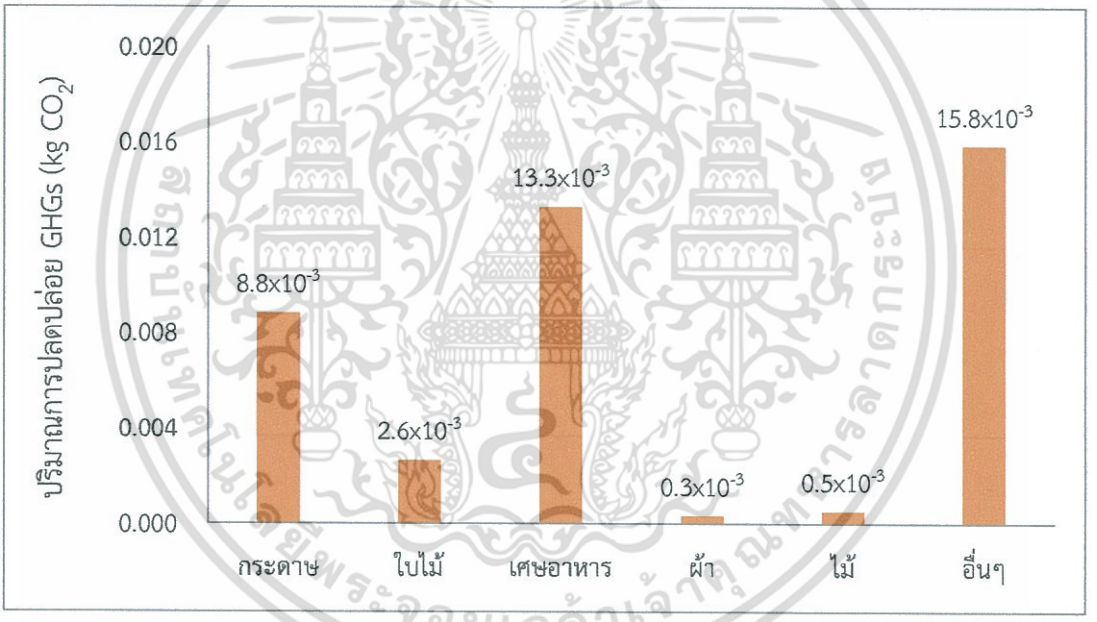
หมายเหตุ * เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการคัดแยกองค์ประกอบของขยะเพื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย ดังนั้นของเสียที่มีองค์ประกอบนอกเหนือไปจากตารางปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้นของ อบก. จะถูกจัดไปอยู่ในประเภทอื่นๆ

จากการคัดแยกองค์ประกอบของของเสียแล้วนำมาคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียด้วยวิธีการฝังกลบ(รายละเอียดดังภาคผนวก จ) จากองค์ประกอบของขยะที่ผ่านการคัดแยกแล้วนั้นจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียจากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา

องค์ประกอบของของเสีย	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2eq)
กระดาษ	8.8×10^{-3}
ใบไม้	2.6×10^{-3}
เศษอาหาร	13.3×10^{-3}
ผ้า	0.3×10^{-3}
ไม้	0.5×10^{-3}
อื่นๆ	15.8×10^{-3}
รวม	41×10^{-3}



รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO_2eq) ที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดของเสียประเภทต่างๆ

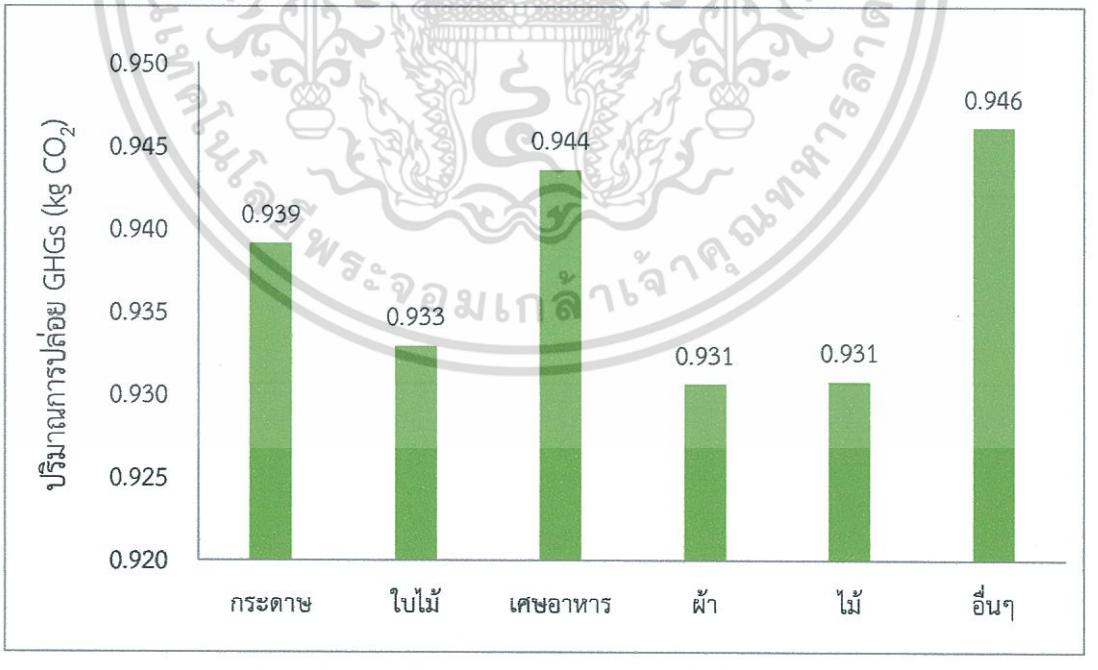
นอกจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากวิธีการกำจัดของเสียแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งของเสียไปกำจัดด้วย ซึ่งของเสียที่เกิดจากหอพักนักศึกษาจะถูกขนส่งโดยรถบรรทุกขยะไปยังโรงกำจัดสิ่งปฏิกูลอ่อนนุชแล้วทำการขนส่งต่อไปยังบ่อขยะมูลฝอยที่จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป โดยการขนส่งขยะขาไปจากหอพักนักศึกษาไปยังสถานที่กำจัดขั้นสุดท้ายมีระยะทาง 121 กิโลเมตร เมื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากการขนส่งโดยรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม จะได้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยในขาไป 0.966 kgCO_2eq ขณะที่ในขากลับจะมีระยะทางการเดินทางที่ 106 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถบรรทุกเปล่า และมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยในขากลับ 0.880 $kgCO_2eq$ ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาทั้งหมดจากการกำจัดและจากการขนส่งของเสียของหอพักนักศึกษาดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการกำจัดของเสียและจากการขนส่งของเสียจากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา

องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
กระดาษ	0.939
ใบไม้	0.933
เศษอาหาร	0.944
ผ้า	0.931
ไม้	0.931
อื่นๆ	0.946
รวม	5.623



รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดและการขนส่งของเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการสุ่มขยะของหอพักนักศึกษายังพบว่าขยะบางส่วนสามารถที่จะนำไปรีไซเคิลได้ เมื่อทำการคำนวณโดยนำเอาส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้แยกออกไปจะเหลือเพียงส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่จะถูกกำจัดโดยการฝังกลบต่อไป และเมื่อนำส่วนที่รีไซเคิลได้ออกไปจะเหลือสัดส่วนของขยะไม่สามารถรีไซเคิลได้ ดังตารางที่ 4.11 เมื่อนำส่วนที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ของขยะมาคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียด้วยวิธีการฝังกลบ จะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย ดังตารางที่ 4.12 เมื่อนำของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ขนส่งไปกำจัด ที่โรงกำจัดสิ่งปฏิกูลอ่อนนุชแล้วทำการขนส่งต่อไปยังบ่อขยะมูลฝอยที่จังหวัดฉะเชิงเทรา มาคำนวณค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งของเสียไปกำจัด และการฝังกลบขยะ โดยระยะทางขาไปจากหอพักนักศึกษาไปยังสถานที่กำจัดขั้นสุดท้ายมีระยะทาง 121 กิโลเมตร เมื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากการขนส่งโดยรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม จะได้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยในขาไป 0.0743 $kgCO_2eq$ ขณะที่ในขากลับจะมีระยะทางการเดินทางที่ 106 กิโลเมตร รถบรรทุกเปล่า และมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยในขากลับ 0.6746 $kgCO_2eq$ ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาทั้งหมดจากการกำจัดและจากการขนส่งของเสียที่เหลือจากการแยกส่วนที่รีไซเคิลออกแล้วของหอพักนักศึกษาเป็นดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.11 ปริมาณของของเสียประเภทต่างๆจากการสุ่มตัวอย่างขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้

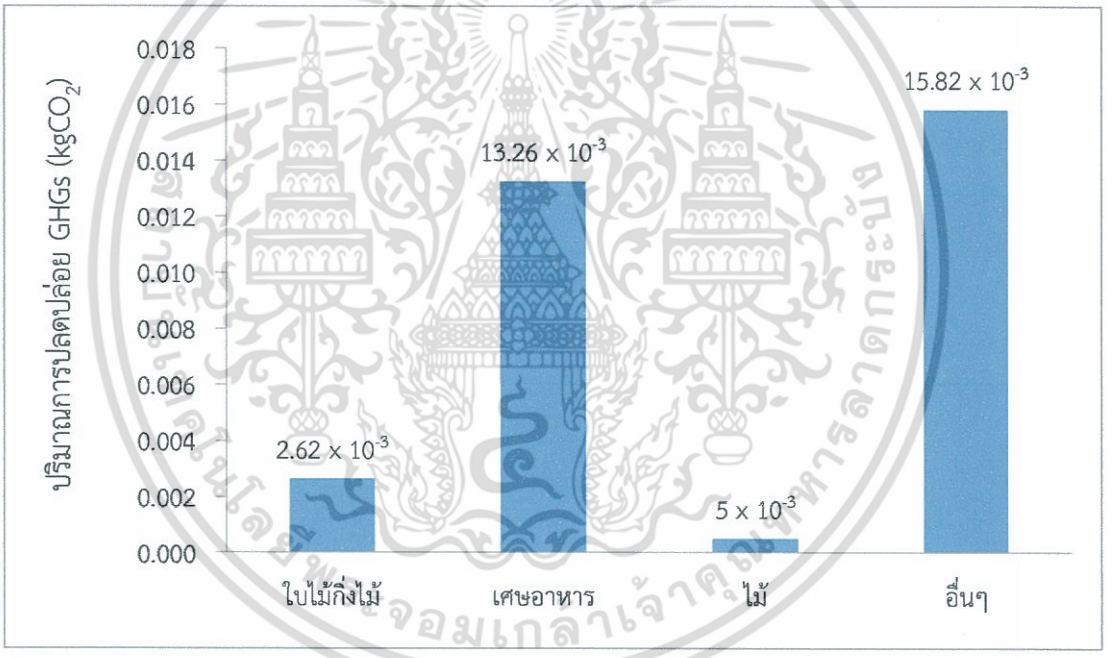
องค์ประกอบของของเสีย	ปริมาณเฉลี่ย (kg)	สัดส่วน (%)
ใบไม้กิ่งไม้	0.80	6.15
เศษอาหาร	5.24	40.28
ไม้	0.15	1.15
อื่นๆ*	6.82	52.42
รวม	13.01	100.00

หมายเหตุ * เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการคัดแยกองค์ประกอบของขยะเพื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย ดังนั้นของเสียที่มีองค์ประกอบนอกเหนือไปจากตารางปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้นของ อบก. จะถูกจัดไปอยู่ในประเภทอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้

องค์ประกอบของกากของเสีย	GHG emission การฝังกลบ ($kgCO_2eq$)
ใบไม้กิ่งไม้	2.62×10^{-3}
เศษอาหาร	13.26×10^{-3}
ไม้	0.50×10^{-3}
อื่นๆ	15.82×10^{-3}
รวม	32.20×10^{-3}

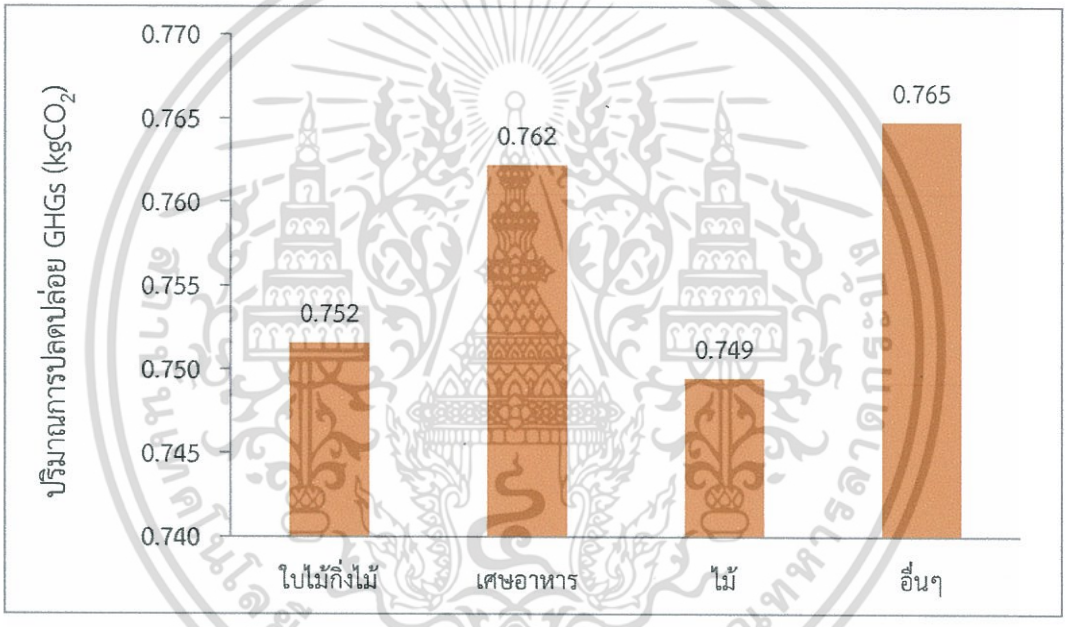


รูปที่ 4.10 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ประเภทต่างๆ จากกิจกรรมของหอพักนักศึกษา สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการกำจัดของเสียและจากการขนส่งของเสียที่เหลือจากการแยกส่วนที่รีไซเคิลออก

องค์ประกอบของกากของเสีย	ค่า GHG emission ของการจัดการขยะ ($kgCO_2eq$)
ใบไม้กิ่งไม้	0.752
เศษอาหาร	0.762
ไม้	0.749
อื่นๆ	0.765
รวม	3.028



รูปที่ 4.11 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ปล่อยออกมาจากการกำจัดและการขนส่งของเสียที่เหลือจากการแยกส่วนที่รีไซเคิลได้ออกจากขยะอื่นๆ

จากการเปรียบเทียบกันระหว่างการจัดการขยะแบบนำไปฝังกลบทั้งหมดกับการจัดการขยะแบบมีการคัดแยกขยะโดยนำส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้ออกมาและส่วนที่เหลือที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ไปฝังกลบจะพบว่าการจัดการขยะแบบคัดแยกขยะก่อนนำขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ไปฝังกลบจะมีปริมาณขยะและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่าการจัดการขยะแบบนำไปฝังกลบทั้งหมด ดังนั้นจึงควรที่จะทำการแยกขยะก่อนทิ้งเพื่อลดปริมาณของขยะที่จะนำไปฝังกลบลงและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายและพลังงานในการกำจัดขยะลง และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะให้ดียิ่งขึ้น ควรจะมีการเพิ่มจำนวนถังขยะและระบุให้ชัดเจนเกี่ยวกับประเภทของขยะที่สามารถทิ้งลงถังได้ รวมทั้งการสอนให้นักศึกษามีจิตสำนึกในการคัดแยกขยะและทิ้งขยะลงถังได้ตรงตามประเภทของภาชนะที่รองรับ

4.4 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอนของข้อมูล

การประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยเป็นขั้นตอนในการพิจารณาระดับคุณภาพของข้อมูล จากผลคูณระดับคุณภาพของข้อมูลกับคะแนนระดับคุณภาพของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในตารางที่ 3.9 แล้วจึงนำผลคูณที่ได้ไปจัดระดับความไม่แน่นอนของข้อมูลตามระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินความไม่แน่นอนตามตารางที่ 3.10 ซึ่งผลประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหอพักนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหอพักนักศึกษา สจล. ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559

กิจกรรมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก			
	คะแนนคุณภาพข้อมูล	คะแนน EF	ผลคูณ	ระดับคะแนน
ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร				
1.1 การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ	2	1	2	1
1.2 การเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร	2	1	2	1
1.3 การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน	3.5	2	7	2
ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน				
2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในองค์กร	2	3	6	1
ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ				
3.1 การกำจัดและขนส่งของเสียของหอพักนักศึกษา	3.5	2	7	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.14 จะพบว่าผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของกิจกรรมประเภทต่างๆนั้น อยู่ที่ระดับ 1 และ 2 คะแนนเท่านั้น โดยที่ระดับคะแนนเท่ากับ 1 คือ มีความไม่แน่นอนสูง คุณภาพของข้อมูลไม่ดี ส่วนที่ระดับคะแนนเท่ากัน 2 คือ มีความไม่แน่นอนเล็กน้อยคุณภาพของข้อมูลปานกลาง ซึ่งสำหรับสาเหตุที่ทำให้ค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลอยู่ในระดับที่ต่ำ เพราะค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณบางส่วนมาจากฐานข้อมูลในระดับสากล จึงส่งผลให้มีความไม่แน่นอนของข้อมูลสูงและมีคะแนนในระดับต่ำ โดยที่ต้องเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระดับสากลเนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีค่าแฟกเตอร์สำหรับใช้ภายในประเทศ และอีกสาเหตุหนึ่งที่ค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลอยู่ในระดับที่ต่ำ เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลยังไม่มีคุณภาพเพียงพอ ขาดความต่อเนื่องและไม่ครบถ้วน จึงทำให้ความไม่แน่นอนของข้อมูลมีมาก

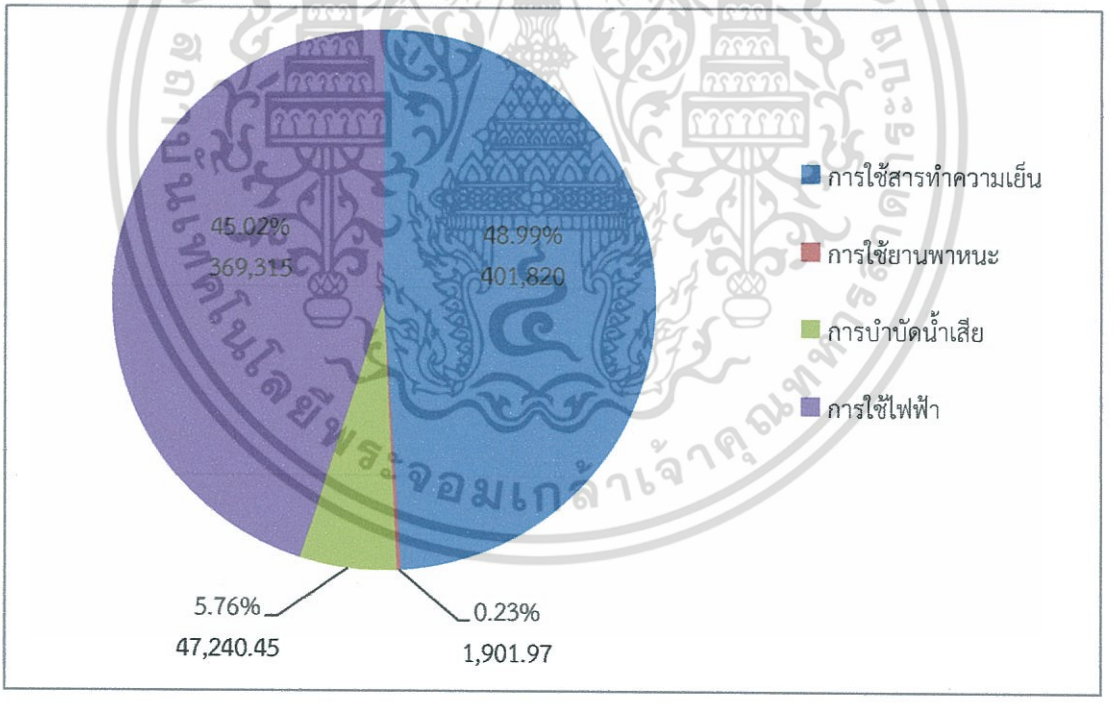
ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพ มีความแน่นอนสูง ควรจะปรับปรุงรูปแบบการเก็บข้อมูล โดยควรจะเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง การเก็บข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น นอกจากนี้ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ควรจะเป็นค่าแฟกเตอร์ภายในประเทศหรือจากผู้ผลิต และมาจากการวัดที่มีคุณภาพ ซึ่งก็จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเช่นกัน

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล.

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา สจล. มาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 พบว่าหอพักนักศึกษา สจล. มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากทุกกิจกรรมที่สามารถรวบรวมข้อมูลได้เท่ากับ 820,277.41 $kgCO_2eq$ หรือ 820.277 tCO_2eq โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามประเภทได้ดังนี้ คือ ประเภทที่ 1 จากการปลดปล่อยทางตรง ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็น 401,820 $kgCO_2eq$ การใช้ยานพาหนะองค์กรของหอพักนักศึกษา 1,901.965 $kgCO_2eq$ และการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน 47,240.449 $kgCO_2eq$ ประเภทที่ 2 เป็นการปลดปล่อยทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ จากการใช้พลังงานไฟฟ้า 369,315 $kgCO_2eq$ ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ที่เป็นการปลดปล่อยทางอ้อมอื่นๆ ที่เกิดจากการขนส่งและกำจัดของเสีย ไม่ได้นำข้อมูลมารวมด้วย เนื่องจากเป็นการคำนวณหาค่าการปลดปล่อยจากประเภทของขยะที่ทำการคัดแยกมาจากตัวอย่างของขยะ ไม่ได้คำนวณมาจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด โดยสัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล.จำแนกตามแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงดังรูปที่ 4.12 โดยแหล่งที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนสูงที่สุด คือ การรั่วไหลของสารทำความเย็น เท่ากับ 49.01% ในขณะที่การใช้พลังงานไฟฟ้ามีสัดส่วนรองลงมาเท่ากับ 45.02% ตามด้วยจากการบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 5.76% และสุดท้ายคือการใช้ยานพาหนะขององค์กรที่มีสัดส่วนการ

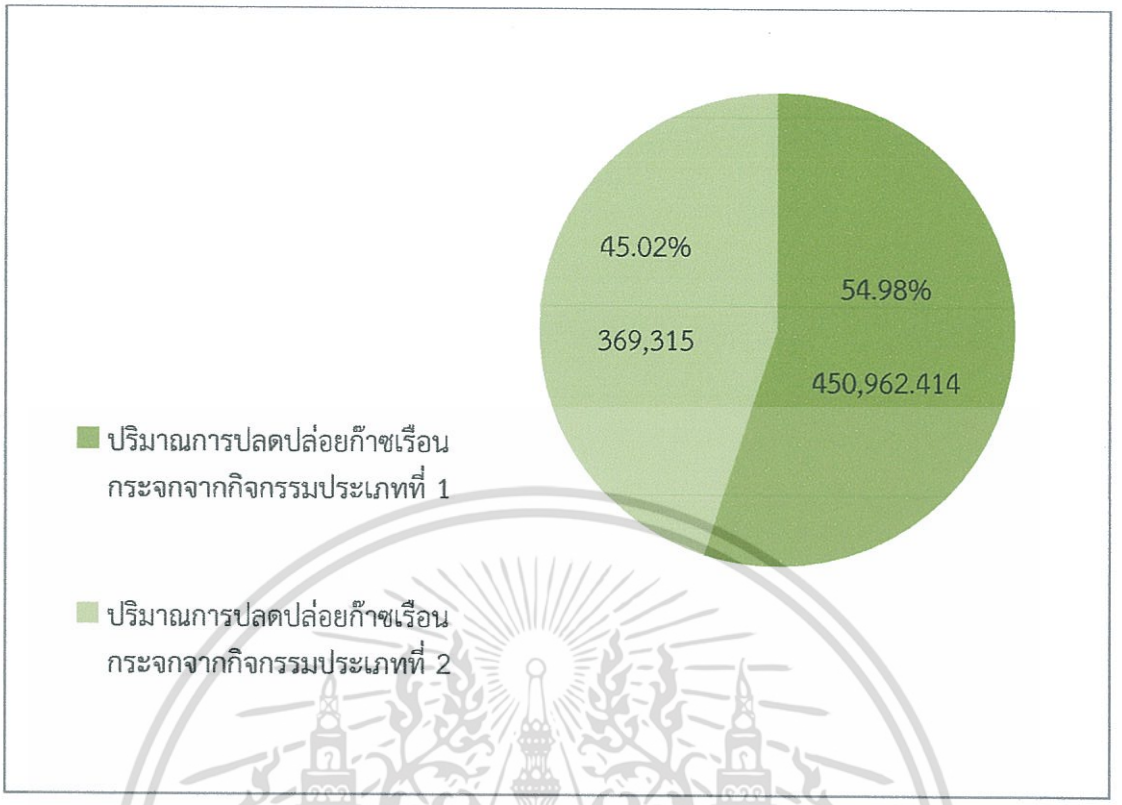
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยมากเท่ากับ 0.23% สำหรับสัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล. เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทของกิจกรรม พบว่า กิจกรรมประเภทที่ 1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่รวมการใช้สารทำความเย็น การใช้ยานพาหนะขององค์กร และการบำบัดน้ำเสีย มีปริมาณเท่ากับ 450,962.414 $kgCO_2eq$ หรือร้อยละ 55 ขณะที่กิจกรรมประเภทที่ 2 เท่ากับ 369,315 $kgCO_2eq$ หรือร้อยละ 45 ดังแสดงในรูปที่ 4.13 โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 2 กิจกรรมมีความแตกต่างกันไม่มาก โดยกิจกรรมประเภทที่ 1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจะปล่อยมากกว่าประเภทที่ 2 อยู่ที่ 81,647.414 $kgCO_2eq$ แต่เนื่องจากหอพักนักศึกษายังมีกิจกรรมอื่นๆที่สามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงได้อีก เช่น การใช้สารดับเพลิง การใช้ปุ๋ยเคมีและการใช้เชื้อเพลิงจากเครื่องตัดหญ้า ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา เพราะไม่สามารถรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอสำหรับการคำนวณ เนื่องจากไม่มีการจัดเก็บข้อมูลที่ชัดเจนและครบถ้วน ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซก๊าซเรือนกระจกทางตรงในความเป็นจริงควรจะมีปริมาณการปลดปล่อยมากกว่าที่แสดงในงานวิจัยนี้



รูปที่ 4.12 สัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์องค์กรของหอพักนักศึกษา สจล. จำแนกตามแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 สัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์องค์กรของหอพักนักศึก สจล. จำแนกตามประเภทกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหอพักนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรตามองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (direct greenhouse gas emissions) ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (indirect greenhouse gas emissions) ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (others indirect greenhouse gas emissions) โดยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่คำนวณได้จะมีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) ทำการเก็บรวบรวมกิจกรรมจากการดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2559 และสามารถสรุปได้ดังนี้

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆในปีงบประมาณ 2559 พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 820,277.41 $kgCO_2eq$ ต่อปี โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามกิจกรรมออกเป็นประเภทที่ 1 เท่ากับ 450,962.414 $kgCO_2eq$ หรือร้อยละ 54.98 ต่อปี ประเภทที่ 2 เท่ากับ 369,315 $kgCO_2eq$ หรือร้อยละ 45.02 ต่อปี ในขณะที่ประเภทที่ 3 เนื่องจากเป็นการคำนวณหาค่าการปลดปล่อยจากตัวอย่างที่ไม่ได้คำนวณมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด จึงไม่รวมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 ในค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และกิจกรรมประเภทที่ 1 เป็นกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการรั่วไหลของสารทำความเย็น รองลงมาคือการบำบัดน้ำเสีย และการเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 401,820 $kgCO_2eq$ 47,240.449 $kgCO_2eq$ และ1,901.965 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมาคือกิจกรรมประเภทที่ 2 คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 635,323 kWh คิดเป็นค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 369,315 $kgCO_2eq$

จากผลการศึกษาพบว่ากิจกรรมประเภทที่ 1 เป็นแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุด โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ การรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจึงควรมีการหาแนวทางหรือการปรับปรุงเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป โดยแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกคือการตรวจสอบสภาพของเครื่องปรับอากาศและล้างแผ่นกรองอากาศอย่างสม่ำเสมอ รองลงมาคือกิจกรรมประเภทที่ 2 ซึ่งเกิดจากการใช้ไฟฟ้า โดยแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกคือการปิดไฟดวงที่ไม่ใช้และเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือการปรับปรุงการเปลี่ยนไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ประหยัดไฟกว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 กว่า 30 % ซึ่งจากผลจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนไปใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 พบว่าประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ 14,337 kWh ต่อปีและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งหมด 13,566 $kgCO_2$ ต่อปี จากการเปลี่ยนหลอดไฟอาจจะทำให้มีการเสียงบประมาณในการซื้อหลอดไฟแต่ในระยะยาวนั้นสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าไฟฟ้าลงได้และยังช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลที่ได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของหอพักนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังนั้นสามารถใช้เป็นแนวทางในการทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้แต่ต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม โดยกิจกรรมประเภทที่ 1 ได้แก่ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถตัดหญ้า การใส่ปุ๋ยกับต้นไม้ น้ำยาทำความสะอาด สารดับเพลิง ที่ไม่สามารถทำได้เนื่องจากไม่มีการเก็บข้อมูลขององค์กร หรือมีข้อมูลบางส่วน ไม่ครบทุกเดือน
2. การเก็บข้อมูลควรเก็บข้อมูลอย่างละเอียดเพื่อลดความไม่น่าเชื่อถือของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และเก็บข้อมูลอย่างสม่ำเสมอเพื่อความถูกต้องในการนำข้อมูลมาคำนวณ เช่น ต้องมีการติดตั้ง มิเตอร์น้ำและไฟฟ้าในแต่ละห้องพัก
3. จากปัญหาที่ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วนในการนำมาคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงได้เสนอตัวอย่างรูปแบบของแบบบันทึกข้อมูลที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอื่นๆ ได้ดังตัวอย่างแบบบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้า แบบบันทึกข้อมูลการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคล และแบบบันทึกปริมาณการใช้น้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้า

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทที่ 2 (การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน)

โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ และกรอกข้อมูลให้สมบูรณ์

1. การใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

☐ ห้องเรียน ☐ ห้องพักอาจารย์/บุคลากร ☐ ห้องน้ำ ☐ อื่นๆ

โปรดระบุรายละเอียดสถานที่

.....

.....

ประเภทของหลอดไฟ	จำนวน	เวลาการใช้งาน	หมายเหตุ

หมายเหตุ ประเภทของหลอดไฟโปรดระบุชนิด และยี่ห้อของหลอดไฟ

รายละเอียดการใช้งาน โปรดระบุชั่วโมงที่ใช้ต่อวันหรือต่อสัปดาห์

2. การใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

☐ ห้องเรียน ☐ ห้องพักอาจารย์/บุคลากร ☐ ห้องประชุม ☐ อื่นๆ

โปรดระบุรายละเอียดสถานที่

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ	จำนวน	เวลาการใช้งาน	หมายเหตุ

หมายเหตุ รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศโปรดระบุ ยี่ห้อ รุ่น และขนาดของเครื่องปรับอากาศ (Btu)

รายละเอียดการใช้งาน โปรดระบุชั่วโมงที่ใช้ต่อวันหรือต่อสัปดาห์

3. การใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า

☐ ห้องเรียน ☐ ห้องปฏิบัติการ ☐ ห้องพักอาจารย์/บุคลากร ☐ อื่นๆ

โปรดระบุรายละเอียดสถานที่

.....

.....

ประเภทของอุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวน	ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh/hr)	เวลาการใช้งาน	หมายเหตุ

หมายเหตุ ประเภทของอุปกรณ์ไฟฟ้าโปรดระบุชนิด ยี่ห้อ และรุ่นของอุปกรณ์

รายละเอียดการใช้งาน โปรดระบุชั่วโมงที่ใช้ต่อวันหรือต่อสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคล

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับนักศึกษาในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทที่ 3 (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ)

โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ และกรอกข้อมูลให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ระดับการศึกษา ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

ภาควิชา.....สาขาวิชา.....

ชั้นปี ☐ ปี1 ☐ ปี2 ☐ ปี3 ☐ ปี4

จำนวนครั้งการเดินทางมาศึกษาต่อสัปดาห์.....วัน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเดินทาง

1. ยานพาหนะที่ใช้เดินทางไปสถานศึกษา (หากมากกว่า 1 ชนิดให้เลือกชนิดที่มีความถี่การใช้งานมากที่สุด)
   ☐ รถยนต์ส่วนบุคคล ☐ รถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล ☐ เดินเท้า
   ☐ รถประจำทาง ☐ รถจักรยาน
   ☐ อื่นๆโปรดระบุ.....ยี่ห้อ..... รุ่น.....
2. ระยะทางระหว่างที่พักถึงสถานศึกษา
   จากที่พักถึงสถานศึกษาระยะทาง.....กิโลเมตร.....เมตร(ไป-กลับ)
3. เชื้อเพลิงที่ใช้และค่าใช้จ่าย
   ☐ น้ำมันเบนซิน ☐ น้ำมันดีเซล ☐ LPG ☐ CNG
   ☐ แก๊สโซฮอล์ 91 ☐ แก๊สโซฮอล์ 95 ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
   อัตราการใช้เชื้อเพลิง(ถ้าทราบ).....กิโลเมตร/ลิตร

   ค่าใช้จ่ายค่าน้ำมันโดยเฉลี่ย.....บาท/เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทที่ 3 (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ)

โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ และกรอกข้อมูลให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ส่วนงานแผนก.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเดินทาง

4. ยานพาหนะที่ใช้เดินทางไปสถานศึกษา (หากมากกว่า 1 ชนิดให้เลือกชนิดที่มีความถี่การใช้งานมากที่สุด)

   ☐ รถยนต์ส่วนบุคคล ☐ รถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล ☐ เดินเท้า

   ☐ รถประจำทาง ☐ รถจักรยาน

   ☐ อื่นๆโปรดระบุ.....ยี่ห้อ..... รุ่น.....

5. ระยะทางระหว่างที่พักถึงสถานศึกษา

จากที่พักถึงสถานศึกษาระยะทาง.....กิโลเมตร.....เมตร(ไป-กลับ)

6. เชื้อเพลิงที่ใช้และค่าใช้จ่าย

   ☐ น้ำมันเบนซิน ☐ น้ำมันดีเซล ☐ LPG ☐ CNG

   ☐ แก๊สโซฮอล์ 91 ☐ แก๊สโซฮอล์ 95 ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

อัตราการใช้เชื้อเพลิง(ถ้าทราบ).....กิโลเมตร/ลิตร

ค่าใช้จ่ายค่าน้ำมันโดยเฉลี่ย.....บาท/เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกปริมาณการใช้น้ำประปา

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทที่ 3 (การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ)

โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ และกรอกข้อมูลให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. บริเวณ/สถานที่ ที่มีการใช้น้ำประปามีมิเตอร์น้ำแยกชัดเจน
   ☐ มี ☐ ไม่มี ☐ อื่นๆ (ระบุ).....
2. โปรดระบุข้อมูลบริเวณ/สถานที่ ที่มีการใช้น้ำประปา (เช่น อาคาร ภาควิชา หรือคณะ เป็นต้น)

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้น้ำ

เดือน	ปริมาณการใช้น้ำประปา (m^3)	หมายเหตุ
มกราคม		
กุมภาพันธ์		
มีนาคม		
เมษายน		
พฤษภาคม		
มิถุนายน		
กรกฎาคม		
สิงหาคม		
กันยายน		
ตุลาคม		
พฤศจิกายน		
ธันวาคม		
รวม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชญานี แสงซื่อ. 2557. **"การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจัดการศึกษากรณีศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชลอ จารุสุทธิรักษ์. 2557. **แนวทางการจัดทา บัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคของเสีย**. [สไลด์]. กรุงเทพฯ : คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุติมา สุขอนันต์. 2555. **"การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนัท พูลประทิน. 2555. **"การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริมา จิ๋วสม. 2555. **"การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกรมควบคุมมลพิษ."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร -มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

หาญพล พึ่งรัศมี และไพรัช อุศุภรัตน์. 2557. "การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต." ***วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.*** 22(1) : 1 - 12.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2558. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, พิมลพรรณ หาญศึก และเพียงใจ พีระเกียรติขจร. 2554. "แนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา." ***วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม.*** **7(1) : 17 – 29.**

American Public Health Association - American Water Works Association 2012. **Stamdard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd ed.** Method 2130 B.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. "Chapter 6 Wastewater treatment and Discharge." 6.1-6.28. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**.

KongJoseph H.K. Lai. 2014. "Carbon footprints of hotels: Analysis of three archetypes in Hong Kong." **Sustainable Cities and Society**. 334 – 341. in Professor F. Haghighat.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rebekah Shirley, Christopher Jones and Daniel Kammen. 2012. "A household carbon footprint calculator for islands: Case study of the United States Virgin Islands." **Ecological Economics**. 8 – 14. in R.B. Howarth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การรั่วไหลของสารทำความเย็น

ตารางผนวกที่ ก1 ปริมาณการใช้สารทำความเย็นของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

บันทึกประจำเดือน	ปริมาณการใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 (กิโลกรัม)	
	อาคาร 7 (ชาย)	อาคาร 8 (หญิง)
ต.ค.-58	-	-
พ.ย.-58	5	-
ธ.ค.-58	-	-
ม.ค.-59	5	-
ก.พ.-59	5	5
มี.ค.-59	10	9
เม.ย.-59	3	4
พ.ค.-59	2	14
มิ.ย.-59	4	14
ก.ค.-59	46	4
ส.ค.-59	52	28
ก.ย.-59	-	12
รวม	132	90

เนื่องจากหอพักนักศึกษามีอาคารที่มีเครื่องปรับอากาศอยู่ทั้งหมด 3 อาคารได้แก่ หอพักปรับอากาศ 2 อาคาร คือ อาคาร 7 อาคาร 8 และอาคารสำนักงานหอพักนักศึกษา ซึ่งในระยะเวลา 1 ปีที่เก็บรวบรวมข้อมูลมีปริมาณการเติมสารทำความเย็นชนิด R-22 ดังที่แสดงในตารางภาคผนวกที่ ก1 โดยในช่วงระยะเวลานี้ในส่วนของสำนักงานไม่มีข้อมูลการแจ้งซ่อมเครื่องปรับอากาศที่มีการเติมสารทำความเย็น ขณะที่อาคาร 7 และอาคาร 8 มีข้อมูลการเติมสารทำความเย็นตามตาราง โดยยกเว้นข้อมูลของเดือนธันวาคม เนื่องจากข้อมูลในส่วนนี้สูญหายไม่สามารถรวบรวมได้ ดังนั้นปริมาณการเติมสารทำความเย็นของเดือนธันวาคมจึงไม่มีข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการรั่วไหลของสารทำความเย็น**

GHG Emission = activity data × EF

โดย Activity data = ปริมาณสารทำความเย็น (kg)

EF = ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของสารทำความเย็น R-22

= 1,810 $kgCO_2eq/unit$

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

GHG Emission = 90 kg × 1,810 $kgCO_2eq/kg$

= 162,900 $kgCO_2eq$

ดังนั้น ปริมาณสารทำความเย็น 90 kg จะปล่อยก๊าซเรือนกระจก 162,900 $kgCO_2eq$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

บันทึกประจำเดือน	ปริมาณการใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 (kg)	ค่า EF (kg CO_2eq/kg)	ปริมาณการปล่อย GHGs (kg CO_2)
ต.ค.-58	0	1,810	0
พ.ย.-58	5		9,050
ธ.ค.-58	0		0
ม.ค.-59	5		9,050
ก.พ.-59	10		18,100
มี.ค.-59	19		34,390
เม.ย.-59	7		12,670
พ.ค.-59	16		28,960
มิ.ย.-59	18		32,580
ก.ค.-59	50		90,500
ส.ค.-59	80		144,800
ก.ย.-59	12		21,720
รวม	222		401,820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การใช้ยานพาหนะองค์กรของหอพักนักศึกษา สจล.

ตารางผนวกที่ ข1 แบบบันทึกข้อมูลการใช้ยานพาหนะของหอพักนักศึกษา สจล. ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

บันทึกประจำเดือน	ข้อมูลการใช้งานยานพาหนะ				
	ประเภทยานพาหนะ	ชนิดเชื้อเพลิง	ระยะทาง (km)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (km/L)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (L)
ต.ค.-58	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	283.80	7	40.54
	รถบัสธรรมดาสถาบัน	ดีเซล	74.80	3	24.93
พ.ย.-58	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	186.20	7	26.60
ธ.ค.-58	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	425.00	7	60.71
ม.ค.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	116.40	7	16.63
ก.พ.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	329.70	7	47.10
	รถบัสธรรมดาสถาบัน	ดีเซล	546.00	3	182.00
มี.ค.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	687.80	7	98.26
	รถบัสปรับอากาศสถาบัน	ดีเซล	119.00	2	59.50
เม.ย.-59	-	-	0.00	0	0.00
พ.ค.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	92.00	7	13.14
มิ.ย.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	140.00	7	20.00
	รถตู้เช่า	ดีเซล	150.00	10.204	14.70
ก.ค.-59	รถตู้เช่า	ดีเซล	96.00	10.204	9.41
ส.ค.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	302.40	7	43.20
ก.ย.-59	รถตู้สถาบัน	ดีเซล	253.80	7	36.26
รวม			3802.90		692.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะเห็นว่ายานพาหนะที่นำมาประเมินค่าการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมนี้มีทั้งหมด 4 ประเภท ซึ่งมี 3 ประเภทที่เป็นรถของทางสถาบันโดยตรง ได้แก่ รถตู้ รถบัสธรรมดาและรถบัสปรับอากาศของสถาบัน ซึ่งสามารถหาข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถได้อย่างชัดเจน ในขณะที่รถตู้เช่านั้น เนื่องจากในการเดินทางด้วยรถตู้เช่า ทางหอพักนักศึกษาเป็นผู้รับผิดชอบค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเอง จึงนับเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกิจกรรมการเดินทางของหอพักนักศึกษา และเนื่องจากไม่ทราบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ชัดเจน จึงใช้ข้อมูลค่าอัตราการสิ้นเปลืองจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆ ที่ อบก.เป็นผู้รวบรวมไว้ คือ รถตู้โดยสารมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 10.204 km/L

- **การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทาง**

ในการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทางในกรณีที่ทราบระยะทางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งในการศึกษานี้คือน้ำมันดีเซล จะสามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้จาก

$$\text{ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทาง} = \frac{A}{B} \times EF$$

โดยที่ A = ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง

B = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

EF = ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)

- **ตัวอย่างการคำนวณ** การเดินทางโดยใช้ยานพาหนะขององค์กร (รถตู้โดยสาร)

$$\text{ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทาง} = \frac{A}{B} \times EF$$

โดยที่ A = 15,260 km ต่อปี

B = 10.204 km/L

EF = 2.7446 $kgCO_2eq/L$

แทนค่าได้

$$\text{ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเดินทาง} = \frac{15{,}260\ km}{10.204\ km/L} \times 2.7446\ kgCO_2eq/L$$

$$= 4{,}104.527\ kgCO_2eq$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ยานพาหนะขององค์กร (รถตู้โดยสาร) ในระยะเวลา 1 ปี เท่ากับ 4,104.527 $kgCO_2eq$

ตารางผนวกที่ ข2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยยานพาหนะองค์กรของหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

บันทึกประจำเดือน	ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (L)	ค่า EF (kg CO_2eq/L)	ปริมาณการปล่อย GHGs (kg CO_2)
ต.ค.-58	รถตู้สถาบัน	40.54	2.7446	111.274
	รถบัสธรรมดาสถาบัน	24.93		68.432
พ.ย.-58	รถตู้สถาบัน	26.60		73.006
ธ.ค.-58	รถตู้สถาบัน	60.71		166.636
ม.ค.-59	รถตู้สถาบัน	16.63		45.639
ก.พ.-59	รถตู้สถาบัน	47.10		129.271
	รถบัสธรรมดาสถาบัน	182.00		499.517
มี.ค.-59	รถตู้สถาบัน	98.26		269.677
	รถบัสปรับอากาศสถาบัน	59.50		163.304
เม.ย.-59	-	0.00		0.000
พ.ค.-59	รถตู้สถาบัน	13.14		36.072
มิ.ย.-59	รถตู้สถาบัน	20.00		54.892
	รถตู้เช่า	14.70		40.346
ก.ค.-59	รถตู้เช่า	9.41		25.821
ส.ค.-59	รถตู้สถาบัน	43.20		118.567
ก.ย.-59	รถตู้สถาบัน	36.26		99.511
รวม		692.98		1,901.965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินงาน

ก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากการบำบัดน้ำเสียคือมีเทน(CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งในการหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- **วิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย**

1. การประเมินค่าปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียของระบบบำบัด

ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละระบบ (Total domestic/commercial organic wastewater: TOW_{dom}) สามารถประเมินได้จากค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ที่ทำการทดลองได้ โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัมบีโอดีต่อปี (kg BOD/yr) และในงานวิจัยนี้ค่า TOW_{dom} หามาจาก

ปริมาณค่าบีโอดีเฉลี่ยต่อวัน (kg BOD/L) x ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (L/day) x 365

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

$$TOW_{dom} = (1.7436 \times 10^{-5} \text{ kg BOD/L}) \times (141{,}480 \text{ L/day}) \times 365$$

$$= 900.384 \text{ kg BOD /yr}$$

ซึ่งจากปริมาณค่าบีโอดีเฉลี่ยต่อวันที่แสดงในตารางที่ 4.1 และปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดดังตารางที่ 4.2 ดังนั้นค่า TOW_{dom} จากระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ จะมีค่าดังตารางผนวกที่ ค1

ตารางผนวกที่ ค1 ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียของระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ

บ่อ(อาคาร)	ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOW_{dom}) (kg BOD /yr)
บ่อ (อาคาร 1-6)	900.384
บ่อ (อาคาร 7)	1,896.288
บ่อ (อาคาร 8)	471.763
รวม	3,268.435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดแต่ละระบบ

ประเมินได้จาก

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในน้ำเสีย } (EF_i) = B_{0i} \bullet \pounds(WS_{ix} \bullet MCF_x)$$

เมื่อ $EF_{(i)}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในน้ำเสีย (kg CH_4 /kg BOD)

$B_{0(i)}$ = ค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำ (kg CH_4/kg BOD)

WS_{ix} = สัดส่วนน้ำเสียแต่ละประเภท (i) ที่เข้าสู่ระบบบำบัด (x)

MCF_x = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (x)

โดยในการวิจัยนี้ค่า B_0 จะเท่ากับ 0.6 kg CH_4/kg BOD (IPCC 2006) ค่า WS_{ix} จะเท่ากับ 1 เพราะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดทั้งหมดเป็นน้ำเสียชุมชนจากหอพักนักศึกษา และค่า MCF_x เท่ากับ 0.7 (ชลอ, แนวทางการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคของเสีย)

■ **ตัวอย่างการคำนวณ**

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในน้ำเสีย (EF_i) = (0.6 kg CH_4/kg BOD) • (1 • 0.7)

= 0.42 kg CH_4/kg BOD

3. การประเมินค่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากน้ำเสีย

การประเมินค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำเสีย จะประเมินจากปริมาณน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทน โดยหักค่าการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์หรือเผาทิ้ง จากปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด

$$WM = \pounds_i (TOW_i \cdot EF_i - MR_i)$$

เมื่อ WM = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากน้ำเสีย (kg CH_4)

TOW_i = ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียแต่ละประเภท i ให้ใช้ค่าบีโอดีสำหรับน้ำเสียชุมชน (kg BOD/yr)

EF_i = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยสำหรับน้ำเสียแต่ละประเภท i (kgCH_4/kgBOD)

MR_i = ปริมาณการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์และการเผาก๊าซทิ้ง (flare)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปริมาณการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์และการเผาก๊าซทิ้ง ในการวิจัยนี้ให้ค่าเป็น 0 เพราะไม่มีการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์และการเผาก๊าซทิ้ง

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

$$WM = (900.384 \text{ kg BOD/yr}) \times (0.42 \text{ kg } CH_4/\text{kg BOD})$$

$$= 378.161 \text{ kg } CH_4/\text{yr}$$

ดังนั้นจากวิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย จะได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ ดังนี้

ตารางผนวกที่ ค2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ ของหอพักนักศึกษา

บ่อ(อาคาร)	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย (kg CH_4/yr)
บ่อ (อาคาร 1-6)	378.161
บ่อ (อาคาร 7)	796.441
บ่อ (อาคาร 8)	198.140
รวม	1,372.743

- **วิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสีย**

สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสียได้จาก

$$N_2O(s) \text{ ที่ปล่อย} = \text{โปรตีน} \cdot Frac_{NPR} \cdot NR_{people} \cdot EF_6$$

เมื่อ $N_2O(s)$ = การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากน้ำเสียชุมชน (kg N_2O-N/yr)

โปรตีน = การบริโภคโปรตีน/คน/ปี (Protein intake)(kg/person/yr) ในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าเท่ากับ 21.206 (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

NR_{people} = จำนวนประชากร ตามตารางที่ 4.2

$Frac_{NPR}$ = สัดส่วนไนโตรเจนในโปรตีน (kg N/kg protein) ในที่นี้จะใช้ค่าเท่ากับ 0.16 (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EF_6 = ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (kg N_2O-N / kg sewage – Nproduced) ในที่นี้จะใช้ค่าเท่ากับ 0.01 (IPCC 1996)

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

N_2O(s) ที่ปล่อย = (21.206 kg/person/yr) x 0.16 x (786 person) x 0.01

= 26.669 kg N_2O-N/yr

ดังนั้นจากวิธีการหาค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสีย จะได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ ดังนี้

ตารางผนวกที่ ค3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ ของหอพักนักศึกษา

บ่อ(อาคาร)	ปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการบำบัดน้ำเสีย (kg N_2O-N/yr)
บ่อ (อาคาร 1-6)	26.669
บ่อ (อาคาร 7)	8.347
บ่อ (อาคาร 8)	8.347
รวม	43.362

- **การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการบำบัดน้ำเสีย**

เมื่อได้ปริมาณก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ทั้งหมดจากการบำบัดน้ำเสียแล้ว จึงนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) โดยการนำมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งค่าค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทนเท่ากับ 25 kg CO_2/kg CH_4 และของก๊าซไนตรัสออกไซด์มีค่าเท่ากับ 298 kg CO_2/kg N_2O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

ปริมาณค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของ CH_4 = (378.161 kg CH_4/yr) x (25 kg CO_2/kg CH_4)

= 9,454.030 kgCO_2eq

ปริมาณค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของN_2O = (26.669 kg N_2O/yr) x (298 kg CO_2/kg N_2O)

= 7947.262 kgCO_2eq

จากระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ ของหอพักนักศึกษา สามารถหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าได้ตามตารางที่ ค4

ตารางผนวกที่ ค4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของระบบบำบัดทั้ง 3 บ่อ

บ่อ(อาคาร)	มีเทน (CH_4) (kg CO_2eq/yr)	ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) (kg CO_2eq/yr)	รวม
บ่อ (อาคาร 1-6)	9,454.030	7,947.262	17,401.292
บ่อ (อาคาร 7)	19,911.022	2,487.311	22,398.333
บ่อ (อาคาร 8)	4,953.512	2,487.311	7,440.823
รวม	34,318.564	12,921.885	47,240.449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา สจล.

ตารางผนวกที่ ง1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของหอพักนักศึกษาและส่วนกลางหอพักนักศึกษา ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

บันทึกประจำเดือน	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)										
	ตึก 1	ตึก 2	ตึก 3	ตึก 4	ตึก 5	ตึก 6	ตึก 7	ตึก 8	สำนักงานหอพัก	อื่นๆ*	รวม
ตุลาคม	1,556	1,376	2,062	2,012	2,040	1,975	18,642	18,665	767.6	4,000.2	53096
พฤศจิกายน	3,014	2,629	3,790	4,136	3,484	4,269	37,657	37,734	1535.2	8,000.4	106249
ธันวาคม											
มกราคม	1,131	1,010	1,329	1,247	1,542	1,355	12,332	10,737	767.6	4,000.2	35451
กุมภาพันธ์	1,553	1,479	1,958	2,096	2,102	1,968	19,799	17,229	767.6	4,000.2	52952
มีนาคม	5,493	5,808	6,208	6,838	7,424	6,455	93,960	97,982	1535.2	8,000.4	239704
เมษายน											
พฤษภาคม	0**								767.6	4,000.2	4768
มิถุนายน									767.6	4,000.2	4768
กรกฎาคม									767.6	4,000.2	4768
สิงหาคม	1,509	1,218	2,121	2,463	2,267	2,016	27,659	26,168	767.6	4,000.2	70189
กันยายน	1,676	1,474	2,175	2,297	2,578	2,303	23,599	22,511	767.6	4,000.2	63381
รวม	15,932	14,994	19,643	21,089	21,437	20,341	233,648	231,026	9211.3	48,002	635,323

(สำนักงานหอพักนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559)

หมายเหตุ *บริเวณอื่นๆในส่วนรับผิดชอบของหอพักนักศึกษาที่มีการใช้ไฟฟ้า เช่น เรือนพักคอย ไฟบริเวณนอกอาคารหอพัก เป็นต้น

**ให้ค่าเป็นศูนย์เนื่องจากเป็นช่วงปิดภาคการศึกษา ไม่มีข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบแสงสว่างส่วนกลางภายในหอพักนักศึกษา ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

ประเภทของหลอดไฟ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า					
	ขนาด (W)	ค่ากำลังการสูญเสียในบัลลาสต์ (W)	ระยะเวลาการใช้งาน (ชั่วโมง)	จำนวนหลอดไฟ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (kWh/day)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (kWh/yr)
ฟลูออเรสเซนต์ T8	36	10	12	251	39.156	14,291.94
ฟลูออเรสเซนต์ T8	18	10	12	552	76.176	27,804.24
ฟลูออเรสเซนต์ T5	28	3	12	120	7.680	2,803.20
เมทัสฮาไลด์ (sport light)	400	10	12	4	2.080	759.20
เมทัสฮาไลด์ (sport light)	1500	10	12	2	3.240	1,182.60
เมทัสฮาไลด์ (sport light)	20	10	12	2	0.280	102.20
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (เกลียว)	25	10	12	20	2.900	1,058.50

- **การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบแสงสว่าง(หลอดไฟ)**

  วัตต์รวมต่อ 1 หลอด x ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน = พลังงานที่ใช้ในหลอดไฟต่อวัน

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

  มีหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 28 วัตต์ จำนวน 120 หลอด

  บัลลาสต์ประเภทบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 120 ตัว ใช้พลังงานตัวละ 3 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการใช้งาน 12 ชั่วโมง/วัน

[(28 x 120) + (3 x 120)] x 12 = 7,680 Wh/day = 7.680 kWh/day

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = พลังงานฟ้าที่ใช้ต่อวัน x 365

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = 7.680 x 365 = 2,803.20 kWh/yr

ตารางผนวกที่ ง3 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบปรับอากาศส่วนกลางของสำนักงานหอพักนักศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

อาคาร	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Kwh)				
	ขนาด (BTU)	ค่า EER (BTU/W)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปีต่อเครื่อง (kWh/yr)	จำนวนเครื่องปรับอากาศ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อปี (kWh/yr)
สำนักงานหอพัก	8,500	19.49	1,274	1	1,274
	24,000	9.66	7,255	1	7,255

- **การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ (เครื่องปรับอากาศ)**

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อชั่วโมง(kW) = $\frac{\text{ขนาดของเครื่องปรับอากาศ}(BTU)}{EER\ (BTU/W)} /1{,}000$

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 BTU

ค่า EER = 9.66 BTU/W

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อชั่วโมง(kW) = $\frac{24{,}000\ \text{BTU}}{9.66\ \text{BTU/W}} /1{,}000$

= 2.48 kWh

ระยะเวลาการใช้งาน 8 ชั่วโมง/วัน = 2.48 x 8 = 19.88 kWh/day

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = พลังงานฟ้าที่ใช้ต่อวัน x 365

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = 19.88 x 365 = 7,254.66 kWh/yr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า**

GHG Emission = activity data × EF

โดย Activity data = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)

EF = ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

= 0.5813 $kgCO_2eq/kWh$

- **ตัวอย่างการคำนวณ**

GHG Emission = 635,323 kWh × 0.5813 $kgCO_2eq/kWh$

= 369,315 $kgCO_2eq$

ดังนั้น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 635,323 kWh/yr จะปล่อยก๊าซเรือนกระจก 369,315 $kgCO_2eq$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การขนส่งและกำจัดของเสีย

ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากของเสียในหอพักนักศึกษา สจล. แบ่งออกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง ซึ่งดำเนินการโดยกรุงเทพมหานคร และการจัดการขยะขั้นสุดท้ายคือการฝังกลบ ที่สามารถทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากองค์ประกอบของขยะต่างๆ โดยขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

1) ทำการสุ่มตัวอย่างขยะเพื่อทำการคัดแยกองค์ประกอบของขยะ
เป็นการสุ่มเพื่อคัดแยกว่าของเสียของหอพักนักศึกษาประกอบไปด้วยอะไรบ้าง ซึ่งจากการสุ่ม 5 ครั้งได้ผลออกมาดังนี้

ตารางผนวกที่ จ1 ปริมาณสัดส่วนของขยะประเภทต่างๆของหอพักนักศึกษา สจล.

ปริมาณขยะจากการสุ่ม 5 ครั้ง							
องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณขยะครั้งที่ 1 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 2 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 3 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 4 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 5 (kg)	ค่าเฉลี่ย (kg)	สัดส่วน (%)
กระดาษ	2.00	3.70	3.10	2.70	3.50	3.00	18.56
ใบไม้กิ่งไม้	0.80	-	-	-	-	0.80	4.95
เศษอาหาร	6.10	5.10	4.80	5.30	4.90	5.24	32.43
ผ้า	-	0.20	0.10	-	-	0.15	0.93
ไม้	-	0.20	0.10	0.10	0.20	0.15	0.93
อื่นๆ	6.10	6.70	8.40	5.40	7.50	6.82	42.20
รวม						16.16	100.00

เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการคัดแยกองค์ประกอบของขยะเพื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย ดังนั้นของเสียที่มีองค์ประกอบนอกเหนือไปจากตารางปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้นของ อบก. จะถูกจัดไปอยู่ในประเภทอื่นๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ขยะประเภทอื่นๆ ได้แก่ ถุงพลาสติกและกล่องโฟมใส่อาหารที่มีปริมาณมากที่สุด รวมถึงมีเศษแก้ว กระเบื้อง และกระป๋อง อีกเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เมื่อได้สัดส่วนของขยะประเภทต่างๆแล้วจึงนำมาคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากของเสียทั้งการขนส่งและการกำจัด ดังนี้

1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

สถานที่เก็บขยะ	ระยะทาง (km)
จากหอในลาดกระบังไปโรงกำจัดสิ่งปฏิกูลอ่อนนุช	15
จากโรงกำจัดสิ่งปฏิกูลอ่อนนุชไปบ่อขยะมูลฝอยฉะเชิงเทรา	106

- ขาไป รถบรรทุกขยะซึ่งบรรทุกขยะเต็มจะใช้ ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกเต็ม ซึ่งเท่ากับ 0.0472 $kgCO_2$/ton-km

  GHG Emission = activity data × EF

  โดย Activity data = {ปริมาณขยะ (kg) × ระยะทาง (km)}/1000

  = (16.16 kg × (106+15) km)/1000 =1.955 ton-km

  แทนค่า GHG Emission = Activity data × EF

  = 1.955 ton-km x 0.0472 $kgCO_2$/ton-km

  = 0.0923 $kgCO_2eq$

- ขากลับ รถบรรทุกขยะซึ่งบรรทุกเปล่าจะใช้ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน ซึ่งเท่ากับ 0.4892 $kgCO_2$/ton-km

  GHG Emission = activity data × EF

  โดย Activity data = {ปริมาณขยะ (kg) × ระยะทาง (km)}/1000

  = (16.16 kg × 106 km)/1000 =1.713 ton-km

  แทนค่า GHG Emission = activity data × EF

  = 1.713 ton-km x 0.4892 kgCO2/ton-km

  = 0.838 $kgCO_2eq$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะ

จากตารางปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น ($kgCO_2e/ton$)

องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น ($kgCO_2e/ton$)
กระดาษ	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ต้นหญ้าจากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13
อื่นๆ	2.32

- ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการฝังกลบกระดาษ

สูตรการคำนวณ GHG Emission = activity data × EF

แทนค่า GHG Emission = (18.56 kg x 2.93 $kgCO_2e/ton$) / 1000

= 0.0088 $kgCO_2eq$

3. คำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของการจัดการขยะ

GHG emission การจัดการขยะ = GHG emission ของการขนส่งขยะขาไป + GHG emission ของการขนส่งขยะขากลับ + GHG emission ของการฝังกลบขยะ

- ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาทั้งหมดจากการจัดการของเสียประเภทกระดาษ

GHG emission การจัดการขยะ = (0.0923 + 0.838 + 0.0088) $kgCO_2eq$

= 0.939 $kgCO_2eq$

ถ้ามีการจัดการคัดแยกขยะที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ก่อน แล้วจึงจัดการของเสียโดยนำของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ไปฝังกลบ จะคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้ดังนี้

จากข้อมูลการสุ่มขยะตารางภาคผนวกที่ จ1 เมื่อนำของเสียที่สามารถรีไซเคิลออกเหลือเพียงของเสียที่ไม่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ดังตารางที่ จ2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ จ2 ปริมาณสัดส่วนของขยะประเภทต่างๆหลังจากแยกส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้ของหอพักนักศึกษา สจล.

ปริมาณขยะจากการสุ่ม 5 ครั้ง						
องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณขยะครั้งที่ 1 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 2 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 3 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 4 (kg)	ปริมาณขยะครั้งที่ 5 (kg)	ค่าเฉลี่ย (kg)
ใบไม้กิ่งไม้	0.80	-	-	-	-	0.80
เศษอาหาร	6.10	5.10	4.80	5.30	4.90	5.24
ไม้	-	0.20	0.10	0.10	0.20	0.15
อื่นๆ	6.10	6.70	8.40	5.40	7.50	6.82
						13.01

ขั้นตอนการหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ มีดังนี้

1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง

สถานที่เก็บขยะ	ระยะทาง (km)
จากหอในลาดกระบังไปโรงกำจัดสิ่งปฏิกูลอ่อนนุช	15
จากโรงกำจัดสิ่งปฏิกูลอ่อนนุชไปบ่อขยะมูลฝอยฉะเชิงเทรา	106

- ขาไป รถบรรทุกขยะซึ่งบรรทุกขยะเต็มจะใช้ ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกเต็ม ซึ่งเท่ากับ 0.0472 $kgCO_2$/ton-km

GHG Emission = activity data x EF

โดย Activity data = {ปริมาณขยะ (kg) x ระยะทาง (km)}/1000

= (13.01 kg x (106+15) km)/1000

= 1.5742 ton-km

แทนค่า GHG Emission = Activity data x EF

= 1.5742 ton-km x 0.0472 $kgCO_2$/ton-km

= 0.0743 kgCO2eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขากลับ รถบรรทุกขยะซึ่งบรรทุกเปล่าจะใช้ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน ซึ่งเท่ากับ 0.4892 $kgCO_2$/ton-km

GHG Emission = activity data x EF

โดย Activity data = {ปริมาณขยะ (kg) x ระยะทาง (km)}/1000

= (13.01 kg x 106 km)/1000 =1.3791 ton-km

แทนค่า GHG Emission = activity data x EF

= 1.3791 ton-km x 0.4892 kgCO2/ton-km

= 0.6746 $kgCO_2eq$

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะ

จากตารางปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น ($kgCO_2e$/ton)

องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น ($kgCO_2e$/ton)
กระดาษ	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ต้นหญ้าจากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13
อื่นๆ	2.32

- ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการฝังกลบใบไม้

สูตรการคำนวณ GHG Emission = activity data x EF

แทนค่า GHG Emission = (0.80 kg x 3.27 $kgCO_2e$/ton) / 1000

= 0.00262 $kgCO_2eq$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของการจัดการขยะ

GHG emission การจัดการขยะ = GHG emission ของการขนส่งขยะขาไป + GHG emission ของการขนส่งขยะขากลับ + GHG emission ของการฝังกลบขยะ

- ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาทั้งหมดจากการจัดการของเสียประเภทใบไม้กิ่งไม้

GHG emission การจัดการขยะ = (0.0026 + 0.0743 + 0.6746) $kgCO_2eq$

= 0.75155 kgCO2eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การเก็บตัวอย่างและทดสอบน้ำเสียจากระบบบำบัด

- **การเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัด**
  ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างน้ำ

จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามเบื้องต้น โดยพิจารณาจากสถานที่จริง ประกอบกับแผนผังพื้นที่บริเวณหอพักนักศึกษา และการสำรวจท่อระบายน้ำทิ้งในส่วนต่างๆ จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ในส่วนงานซ่อมบำรุง ส่วนงานอาคารสถานที่ และสำนักงานของหอพักนักศึกษา ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) เพื่อเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนลักษณะของน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบบำบัดจากอาคารหอพักทั้งหมด

น้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาอาคาร 1-6 (หอพักพัดลม) ทุกอาคารจะมีท่อระบายน้ำที่ต่อจากอาคารลงไปที่บ่อพักน้ำของแต่ละหอพัก ซึ่งจะอยู่บริเวณด้านหน้าของแต่ละอาคาร โดยบ่อมีความลึกประมาณ 5-6 เมตร จากนั้นเมื่อน้ำเสียในบ่อพักน้ำมีปริมาณถึงระดับที่กำหนด ก็จะมีการสูบน้ำเพื่อส่งไปยังบ่อบำบัดรวมที่มีระบบเติมอากาศ ซึ่งบ่อบำบัดรวมนี้จะอยู่บริเวณด้านนอกกำแพงของหอพักอาคารที่ 7 (อาคารหอพักปรับอากาศชาย) บ่อรวมจะทำการเติมอากาศและเมื่อปริมาณน้ำถึงระดับที่กำหนด ในบ่อก็จะมีการสูบน้ำเพื่อส่งต่อไปยังบ่อแคปซูลอีก 3 บ่อ ซึ่งบ่อแคปซูลจะมีหน้าที่ในการกรองกากตะกอนต่างๆก่อนปล่อยออกสู่คูระบายน้ำบริเวณรอบหอพักนักศึกษา

น้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาอาคาร 7และอาคาร 8 (หอพักปรับอากาศ) จะเข้าสู่ระบบบำบัดที่เป็นระบบบ่อแคปซูล โดยจะมีการกรองกากตะกอนและเติมอากาศ เป็นเช่นเดียวกันทั้ง 2 อาคาร ซึ่งบ่อแคปซูลจะอยู่บริเวณด้านหลังของอาคารทั้ง 2 อาคาร เมื่อน้ำเสียไหลลงสู่บ่อแคปซูลจะมีการเติมอากาศและกรองกากตะกอนก่อนที่จะระบายน้ำออกสู่คูระบายน้ำบริเวณข้างสระว่ายน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นคนละจุดกับของอาคาร 1-6 ดังนั้นจุดเก็บน้ำจะมีทั้งหมด 3 จุด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ช1 จุดเก็บน้ำที่ 1 จุดที่เป็นบ่อรวมน้ำเสียของอาคาร 1-6

รูปที่ ช2 จุดเก็บน้ำที่ 2 จุดที่เป็นบ่อที่มีการกรองกากตะกอนแล้วของอาคาร 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ช3 จุดเก็บน้ำที่ 3 จุดที่เป็นบ่อที่มีการกรองกากตะกอนแล้วของอาคาร 8

- **วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ**

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดทั้ง 3 จุด ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสม (composite sampling) โดยเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (grab sampling) จากจุดเดียวกันแต่ต่างเวลากัน ซึ่งในการศึกษานี้ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำใน 1 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเช้าเวลา 09.00 น. และช่วงเย็นเวลา 17.00 น. ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างเป็นขวด PET ขนาดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร โดยจุ่มลงที่จุดกึ่งกลางความลึกของจุดเก็บแต่ละจุด และเก็บน้ำให้เต็มปริมาตรขวด หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแต่ละช่วงเวลาใน 1 วัน และมีการรักษาสภาพให้คงที่มาผสมรวมกัน เสร็จแล้วนำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการผสมแล้วมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ อันได้แก่ ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ต่อไป

การเก็บน้ำในการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดที่เป็นตัวแทนกิจกรรมการใช้น้ำในวันต่างๆ คือ วันที่มีการเรียนการสอน (จันทร์-ศุกร์) วันที่ไม่มีการเรียนการสอน (เสาร์-อาทิตย์) และ วันหยุดนักขัตฤกษ์

- **วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ**

พารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ **ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD)**

การวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed-Reflux, Titrimetric Method)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (digest vessel)ควรใช้หลอดทดลองแก้วชนิดบอโรซิลิเคต (Borosilicate Glass) ซึ่งมีขนาด 16x100 มิลลิเมตร หรือ 20x150 มิลลิเมตร หรือ 25x150 มิลลิเมตร พร้อมทั้งฝาจุกที่บุด้วย TFE (TFEcoated Caps)
2. ฮีทติ้งบล็อค (heating block) เป็นอลูมิเนียมหล่อ (cast aluminum) มีช่องหลายๆช่องซึ่งมีความลึก 45 ถึง 50 มิลลิเมตรเป็นช่องที่จะให้หลอดตั้งอยู่ได้พอดีและให้ความร้อนแก่สารละลายได้ทั่วถึง
3. เครื่องให้ความร้อนหรือเตาอบ (block heater or oven)เป็นเครื่องให้ความร้อนโดยสามารถให้ความร้อนและสามารถควบคุมให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง150 ± 2 องศาเซลเซียส
4. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
5. ไมโครปิเปต ขนาด 1-5 มิลลิลิตร
6. ถุงมือกันกรด
7. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร
8. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
9. ปิเปต (Transfer Pipette) ขนาด 2 และ 5 มิลลิลิตร
10. ปิเปต (Volumetric Pipette) ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร
11. บิวเรต ขนาด 10 หรือ 25 มิลลิลิตร
12. เครื่องแก้วอื่นๆ

2) สารเคมี

1. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
3. เมอร์คิวรี่ (II) ซัลเฟต ($HgSO_4$)
4. ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4)
5. 1,10 – Phenanthroline Monohydrate ($C_{12}H_{18}N_2.H_2O$)
6. ไอร์ออน (II) ซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($FeSO_4.7H_2O$)
7. ไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$)
8. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีการทดลอง

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Standard Potassium Solution) ความเข้มข้น 0.1 N ชั่งสารมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard) โพแทสเซียมไดโครเมต หนัก 4.913 กรัม ซึ่งถูกทำให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง (Desiccator) ใส่ลงไปในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร เติมเมอร์คิวรี่ (II) ซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. สารละลายกรดซัลฟิวริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต
   ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต จำนวน 8.8 กรัม ต่อกรดซัลฟิวริกจำนวน 1.64 กิโลกรัม (ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร) ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายหมด
3. สารละลายเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์ (Ferroin Indicator)
   ละลาย 1,10 – Phenanthroline Monohydrate ($C_{12}H_{18}N_2.H_2O$) หนัก 1.485 กรัม และไอร์ออน (II) ซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($FeSO_4.7H_2O$) หนัก 0.695 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายมาตรฐานไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต (Standard Ferrous Ammonium Sulfate Solution: FAS) เข้มข้น 0.05 N
   ละลายไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$] หนักประมาณ 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทำให้เย็นและเจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร โดยก่อนใช้งานจะต้องทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอนก่อนทุกครั้ง

   การหาความเข้มข้นที่แน่นอน

   เติมสารเคมีทุกชนิดตามตารางที่ 3.1 ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่ใช้สำหรับภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลายขนาด 16x100 มิลลิเมตร โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (Standard Potassium Dichromate Solution) เข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเติมซิลเวอร์ซัลเฟต 3.5 มิลลิลิตรทิ้งให้เย็นแล้วนำมาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานไอร์ออน(II)แอมโมเนียมซัลเฟต (Standard Ferrous Ammonium Sulfate Solution) ที่เตรียมไว้ โดยใช้เฟอโรอิน 1-2 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นน้ำตาลแดง
5. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (Standard Potassium Phthalate Solution) ความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) ซึ่งอบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่แล้วที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส หนัก 4.250 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีค่าซีโอดี 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ปกติเก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 3 เดือน)

6. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (Standard Potassium Phthalate Solution) ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร
   นำสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 10 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นก่อนปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

ตารางผนวกที่ ช1 ปริมาณตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่ใช้สำหรับขนาดต่างๆของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย

ขนาดของภาชนะย่อยสลาย	ตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)	ปริมาตร $K_2Cr_2O_7$ สำหรับย่อยสลาย (มิลลิลิตร)	สารละลายกรดซัลฟิวริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต (มิลลิลิตร)	ปริมาตรทั้งหมด (มิลลิลิตร)
หลอดย่อยสลาย				
16x100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
20x150 mm	5.0	3.0	7.0	15.0
25x150 mm	10.0	6.0	14.0	30.0

การทดลอง

ในการทดลองนี้ ได้เลือกปริมาณตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่ใช้ตามขนาดของหลอดย่อยสลายขนาด16x100 มิลลิเมตร ตามตารางที่ 3.1 และมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ล้างหลอดย่อยสลาย (Digestion Tubes) และฝาจุกด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ร้อยละ 20 ก่อนนำไปใช้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์
2. กรณีที่น้ำแช่เย็น ต้องนำมาทำให้มีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง และเขย่าตัวอย่างให้ผสมกันดีก่อนนำตัวอย่างน้ำมาใส่หลอดย่อยสลาย โดย 1 หลอดต่อ 1 ตัวอย่าง และตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ปริมาณหลอดละ 2.5 มิลลิลิตร สำหรับแบลงค์ให้ใช้เป็นน้ำกลั่นแทนตัวอย่างน้ำ ส่วนกรณีที่ต้องการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานให้เจือจางสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 เท่าก่อนนำมา 2.5 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลายซึ่งได้แก่สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.1 N จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ลงทุกๆหลอดย่อยสลาย เขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่อยๆเทกรดซัลฟิวริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟตจำนวน 3.5 มิลลิลิตร ลงไปในหลอด โดยให้กรดซัลฟิวริกไหลลงก้นหลอดย่อยสลายเพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นตัวอย่างน้ำและน้ำยาย่อยสลาย
5. ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลายๆครั้งเพื่อผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง
   ข้อควรระวัง
   - ในขณะที่ผสมในภาชนะให้ใส่หน้ากากป้องกัน (face shield) และให้ใส่ถุงมือเพื่อกันความร้อนด้วย
   - ต้องผสมของผสมให้เข้ากันให้ดีก่อนนำไปรีฟลักซ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่เฉพาะที่ก้นหลอดเพราะอาจทำให้ระเบิดได้
6. นำหลอดทดลองเหล่านี้ไปใส่ในเครื่องย่อยสลาย (block digestion) หรือเตาอบ (Hot Air Oven) ซึ่งได้ทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 150±2 องศาเซลเซียส ก่อนใช้เวลารีฟลักซ์นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องโดยนำหลอดทดลองมาวางไว้ใน test tube rack (ที่วางหลอดทดลอง)
   - หมายเหตุ ฝาจุกของหลอดทดลองที่อาจเกิดการชำรุดในขณะทำการย่อยสลายในเตาอบจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและทำให้มีการสูญหายของสารอินทรีย์ได้ดังนั้นจึงควรที่จะต้องระมัดระวังสำหรับการย่อยสลายในเตาอบจะใช้อุณหภูมิที่ 150 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
7. เปิดฝาจุกแล้วจึงเทสารละลายจากหลอดย่อยสลายใส่ลงในภาชนะที่ใหญ่กว่าคือ ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยต้องใช้น้ำกลั่นชะสารละลายจากหลอดย่อยสลายและฝาจุกลงไปทั้งหมดเพื่อนำไปไทเทรต เติมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 0.05-0.1 มิลลิลิตร (1หรือ2 หยด) เขย่าให้ผสมกันอย่างรวดเร็วในขณะที่ไทเทรตด้วย 0.05 N ไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)
8. เมื่อถึงจุดยุติจะเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็วจากสีฟ้าอมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง ถึงแม้บางครั้งสีฟ้าอมเขียวอาจจะกลับมาให้เห็นอีกในระยะเวลาอันสั้นก็ตาม ให้ถือว่าจุดยุติอยู่ที่สีน้ำตาลแดงครั้งแรก
9. บันทึกปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต
10. นำค่าที่บันทึกปริมาตรได้ไปคำนวณหาค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD)

4) การคำนวณ

$$COD = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{V}$$

เมื่อ COD = ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี หน่วยเป็นมิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร

A = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างน้ำ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้น FAS หน่วยเป็นนอร์มอล

V = ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

■ **ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)**

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดบีโอดี ขนาดมาตรฐาน 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้ว และฝาพลาสติกที่ปิดได้สนิท
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส
3. อุปกรณ์เติมอากาศ
4. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
5. ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ (incubator) ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส และไม่มีแสงเข้าภายใน
6. เครื่องวัดดีโอแบบเบนเบรน อิเลคโทรด
7. เครื่องแก้วอื่นๆ

2) สารเคมี

1. น้ำกลั่น 2 ครั้ง (ต้องมีทองแดงน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร)
2. แคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous $CaCl_2$)
3. ไอร์ออน (III) คลอไรด์เฮกซาไฮเดรต ($FeCl_3.6H_2O$)
4. แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($MgSO_4.7H_2O$)
5. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
6. ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4)
7. โซเดียมโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตาไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$)
8. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
10. กรดซัลฟิวริก
11. โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3)
12. กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)
13. กรดกลูตามิก ($C_5H_9NO_4$)
14. อัลลิลไทโอยูเรีย ($C_4H_8N_2S$,ATU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีการทดลอง

การเตรียมสารเคมี

1. น้ำกลั่น 2 ครั้ง (ต้องมีทองแดงน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร)
   - กรณีเตรียมน้ำที่ใช้สำหรับเจือจาง ต้องนำน้ำกลั่นมาแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียสและพ่นอากาศก่อนทำการเจือจางอย่างน้อง 1 ชั่วโมง และเติมสารเคมีในข้อ 2-5 อย่างละ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำที่ใช้เจือจาง 1,000 มิลลิลิตร เมื่อใช้งาน
2. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
   เตรียมโดยละลาย anhydrous $CaCl_2$ จำนวน 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
3. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์
   เตรียมโดยละลาย $FeCl_3.6H_2O$ จำนวน 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
4. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
   เตรียมโดยละลาย $MgSO_4.7H_2O$ จำนวน 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
5. สารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต พีเอช 7.2
   เตรียมโดยละลาย KH_2PO_4 จำนวน 8.5 กรัม K_2HPO_4 จำนวน 21.75 กรัม $Na_2HPO_4.7H_2O$ จำนวน 33.4 กรัม และ NH_4Cl จำนวน 1.7 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N
   ชั่ง NaOH มา 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
7. กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1 N
   เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 28 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นประมาณ 600 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร เก็บในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิห้อง
8. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 N
   ละลาย Na_2SO_3 จำนวน 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร (สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง)
9. สารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิก
   นำกลูโคส และกรดกลูตามิกที่ชั่งไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปใส่ในโถทำแห้ง (Desiccator) เมื่อเย็นชั่งกลูโคส และกรดกลูตามิกอย่างละ 0.015 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกครั้ง เว้นแต่จะเก็บไว้ในสภาวะที่ปลอดเชื้อ ในที่ที่มีอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. อัลลิลไทโอยูเรีย (ATU) ใช้ในกรณีที่ต้องการยับยั้งการเกิดไนตริกฟิเคชัน กรณีที่ใช้ ATU ใช้ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าใส่มากเกินไปจะรบกวนการหาค่าดีโอแบบเอไซด์ประยุกต์ได้

น้ำที่ใช้ในการเจือจาง ชุดควบคุม (Blank set)

1. ปรับเทียบเครื่องวัดค่าดีโอตามคู่มือก่อน เติมน้ำสำหรับเจือจางลงไปในกระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการลักน้ำลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต และสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต อย่างละ 1 มิลลิลิตรลงในกระบอกตวงโดยจุ่มปลายปิเปตลงใต้ผิวน้ำแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำเจือจางโดยการลักน้ำลงในกระบอกตวงให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนขึ้นลงเบาๆ ให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
2. บรรจุน้ำเจือจางใส่ขวดบีโอดี 3 ขวดให้เต็มขวดด้วยวิธีการลักน้ำให้ไหลลงตามคอขวดจนเต็มและไม่ให้มีฟองอากาศ เมื่อปิดจุกแล้วต้องมีน้ำหล่อค้างอยู่
3. ทำการวัดค่าดีโอและอุณหภูมิขวดที่ 1 ทันที เป็นค่า DO_0 และ T_0
4. ขวดที่ 2 และ 3 ปิดจุกพลาสติกครอบจุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่หล่อเนื้อจุกแก้ว แล้วจึงนำไปบ่มที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5

สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก

1. เติมน้ำสำหรับเจือจางลงไปในกระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการลักน้ำลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิก 20 มิลลิลิตร สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต และสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต อย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวงโดยจุ่มปลายปิเปตลงใต้ผิวน้ำ เติม ATU 1-2 หยด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำเจือจางโดยการลักน้ำลงในกระบอกตวงให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนขึ้นลงเบาๆ ให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
2. บรรจุน้ำที่ผสมแล้วใส่ขวดบีโอดี 3 ขวดให้เต็มขวดด้วยวิธีการลักน้ำให้ไหลลงตามคอขวดจนเต็ม และไม่ให้มีฟองอากาศ เมื่อปิดจุกแล้วต้องมีน้ำหล่อค้างอยู่
3. ทำการวัดค่าดีโอและอุณหภูมิขวดที่ 1 ทันที เป็นค่า DO_0 และ T_0
4. ขวดที่ 2 และ 3 ปิดจุกพลาสติกครอบจุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่หล่อเนื้อจุกแก้ว แล้วจึงนำไปบ่มที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างน้ำ

1. นำตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์มายังห้องปฏิบัติการ บันทึกข้อมูลแหล่งที่เก็บตัวอย่างน้ำโดยละเอียด
2. ตรวจสอบตัวอย่างน้ำ เพื่อตัดสินใจเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเจือจาง ซึ่งในการทดลองนี้ได้เลือกช่วงการเจือจาง โดยการประมาณค่า BOD ของตัวอย่างน้ำจากค่า COD ที่ร้อยละ 70 และไปเลือกค่าการเจือจางตามตารางที่ 3.2
3. เตรียมตัวอย่างน้ำตามทฤษฎี

   - กรณีที่น้ำมีพีเอชไม่อยู่ในช่วง 6.5 – 7.5 ต้องใช้กรดซัลฟิวริก 1 N หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N ในการปรับพีเอชให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

   - กรณีที่มีตัวออกซิไดซ์ในตัวอย่างน้ำ เช่น คลอรีน โอโซน หรือคลอรีนไดออกไซด์ให้แบ่งตัวอย่างน้ำมา 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงไป 0.1 มิลลิลิตร(2 - 3 หยด) และน้ำแป้ง 2 - 3 หยด ถ้าเกิดสีน้ำเงินแสดงว่ามีตัวออกซิไดส์ เติม Na_2SO_3 0.025 N จนสีน้ำเงินจางหายไปนำสัดส่วนของ Na_2SO_3 ที่เติมมาปรับใช้ต่อตัวอย่างน้ำ 1,000 มิลลิลิตร

   - กรณีที่ไม่ต้องเจือจาง ถ่ายน้ำลงขวดบีโอดีตามวิธีชุดละ 3 ขวด โดยขวดที่ 1 ใช้หาค่า DO_0 ทันที อีก 2 ขวดนำไปบ่มที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5
4. กรณีที่ต้องเจือจางต้องทำ 3 ชุดของความเข้มข้น

   - เติมน้ำสำหรับเจือจางลงไปในกระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการลักน้ำลงไปประมาณ 500 มิลลิลิตร ปิเปตน้ำตัวอย่างปริมาตรตามตาราง สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต และสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตอย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวงโดยจุ่มปลายปิเปตลงใต้ผิวน้ำแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำเจือจางโดยการลักน้ำลงในกระบอกตวงให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนขึ้นลงเบาๆ ให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

   - บรรจุน้ำเจือจางใส่ขวดบีโอดี 3 ขวดให้เต็มขวดด้วยวิธีการลักน้ำให้ไหลลงตามคอขวดจนเต็ม และไม่มีฟองอากาศ เมื่อปิดจุกแล้วต้องมีน้ำหล่อค้างอยู่

   - ทำการวัดค่าดีโอและอุณหภูมิขวดที่ 1 ทันที เป็นค่า DO_0 และ T_0

   - ขวดที่ 2 และ 3 ปิดจุกพลาสติกครอบจุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่หล่อเนื้อจุกแก้ว แล้วจึงนำไปบ่มที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5
5. คำนวณหาค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ช2 การเลือกเจือจางตัวอย่างน้ำให้เหมาะสมในการหาค่าบีโอดี

% ของผสม		เมื่อใช้ปิเปต	เจือจางโดยตรง
% ของผสม	ช่วงค่าบีโอดี	ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (mL)	ช่วงค่าบีโอดี
0.01	20000-70000	0.01	30000-105000
0.02	10000-35000	0.02	12000-42000
0.05	4000-14000	0.10	6000-21000
0.1	2000-7000	0.2	3000-10500
0.2	1000-3500	0.5	1200-4200
0.5	400-1400	1.0	600-2100
1.0	200-700	2.0	300-1050
2.0	100-350	5.0	120-420
5.0	40-140	10.0	60-210
10.0	20-70	20.0	30-105
20.0	10-35	50.0	12-42
50.0	4-14	100	6-21
100	0-7	300	0-7

4) **การคำนวณ**

ก. **เมื่อไม่เจือจาง**

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5$$

เมื่อ BOD_5 = ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

DO_0 = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ คำนวณจากการวัดหรือการไทเทรตเมื่อเตรียมตัวอย่างน้ำเสร็จทันที (โดยไม่เจือจาง)

DO_5 = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ คำนวณจากการวัดหรือการไทเทรตเมื่อบ่มครบ 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เมื่อเจือจางตัวอย่างน้ำ

ไม่เติมหัวเชื้อ

$$BOD = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

เมื่อ D1 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเมื่อวัดหลังเจือจางน้ำทันที

D2 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเมื่อวัดหลังจากเจือจางน้ำและบ่มเป็นเวลา 5 วัน

P = สัดส่วนที่ทำการเจือจางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง