

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา อุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว

นายณัฐพล ขันติธงชัย

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา อุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว

นายณัฐพล ขันติธงชัย

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา อุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว

โดย นายณัฐพล ขันติธงชัย

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ มีถม)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารุญ เกตุสาคร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์)

..... กรรมการ
(ดร.ณฤทธิ์ศักดิ์ ตันติทิพย์วรรณ)

ชื่อ : นายณัฐพล ขันติธงชัย
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษาอุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว
สาขาวิชา : วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และนำเสนอแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งเตรียมความพร้อมเพื่อขอรับการทวนสอบเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยการประเมินอ้างอิงระเบียบวิธีตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จากทำการเก็บข้อมูลกิจกรรมจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขตการดำเนินงาน ย้อนหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี ผลการประเมินบัญชีก๊าซเรือนกระจกพบว่า สถานประกอบการกรณีศึกษามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิรวมทั้งสิ้น 691.14 tCO_2e โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 จำนวน 296.71 tCO_2e ขอบเขตที่ 2 จำนวน 253.93 tCO_2e และขอบเขตที่ 3 จำนวน 140.97 tCO_2e ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ พบว่าแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตความร้อนและระบบปรับอากาศที่มีชั่วโมงการทำงานยาวนาน ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา 2 แนวทาง ได้แก่ 1) ติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 2) ลดการสูญเสียความร้อนของการทำงานของปั๊มทำความร้อนโดยการติดตั้งผนังไอโซวอลล์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำเอกสารและหลักฐานสำหรับสถานประกอบการ รวมถึงบัญชีก๊าซเรือนกระจก ซึ่งช่วยให้สถานประกอบการมีความพร้อมในการขอขึ้นทะเบียนเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้

(มีจำนวนทั้งสิ้น 117 หน้า)

คำสำคัญ : การปล่อยก๊าซเรือนกระจก, การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Nattapol Khantithongchai
Independent Study Title : Assessment of Carbon footprint organization: A case study on Spa and Tourism Industry
Major Field : Industrial Management Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Vichai Rungrennganun
Academic Year : 2025

ABSTRACT

This research aims to assess greenhouse gas (GHG) emissions, propose reduction guidelines, and prepare for the Carbon Footprint of Organization (CFO) verification. The assessment followed the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) guidelines by collecting activity data from all 3 scopes over a 1-year period.

The results showed that the total net GHG emissions of the establishment were 691.14 tCO_2e, divided into Scope 1 (296.71 tCO_2e), Scope 2 (253.93 tCO_2e), and Scope 3 (140.97 tCO_2e). Based on the hotspot analysis, the significant emission source was the electricity consumption of the heating and air conditioning systems due to long operating hours.

The researcher proposed 2 solutions: 1) installing a solar rooftop, and 2) reducing heat loss of the heat pump by installing Isowall panels. Additionally, the researcher prepared necessary documents, evidence, and the GHG inventory, making the establishment ready to register for the CFO certification..

(Total 117 Pages)

Keywords: Greenhouse gas emissions, Assessment of Carbon footprint organization

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและบุคลากรของสถานประกอบการในกรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ปฏิบัติงานและเก็บข้อมูลจริง ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการให้เอกสารและข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการดำเนินงาน

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ตลอดจนบุคคลอันเป็นที่รักทุกท่าน ที่คอยเป็นเบื้องหลังคอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนและอยู่เคียงข้างเสมอมาในทุกช่วงเวลาของการทำวิจัย จนทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ผู้วิจัยก้าวมาสู่ความสำเร็จในวันนี้

ณัฐพล ขันติธงชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ของผลงานวิจัย 4

1.6 แผนงานการดำเนินงานวิจัย 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและก๊าซเรือนกระจก 6

2.2 นโยบายและยุทธศาสตร์ของประเทศไทยด้านการจัดการก๊าซเรือนกระจก 11

2.3 บริบทการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อมของธุรกิจสปาและน้ำแร่ร้อนธรรมชาติ 12

2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร 13

2.5 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.....15
2.6 แนวทางการเตรียมความพร้อมสำหรับการทวนสอบ.....24
2.7 เทคโนโลยีและมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....28
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....34
3.1 ศึกษาพื้นที่ศึกษาและข้อมูลกรณีศึกษา.....34
3.2 การกำหนดขอบเขตการประเมิน.....40
3.3 การพิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....42
3.4 กำหนดเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมขององค์กร.....52
3.5 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....60
3.6 กำหนดสมการการคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล.....61
3.7 การเตรียมความพร้อมเพื่อรับการทวนสอบ.....64
บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย.....65
4.1 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ขอบเขต.....65
4.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสุทธิ.....71
4.3 การวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ.....72
4.4 กำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....76
4.5 การเตรียมความพร้อมสำหรับการขอรับการทวนสอบของสถานประกอบการ.....88
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะการศึกษา.....90
5.1 สรุปผลการศึกษา.....90
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย.....93

5.3`ข้อเสนอแนะ.....94

บรรณานุกรม.....95

ภาคผนวก ก.....97

ภาคผนวก ข.....106

ประวัติผู้เขียน.....115

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 แผนงานการดำเนินงานวิจัย.....5

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจก.....10

ตารางที่ 3-1 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1.....44

ตารางที่ 3-2 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2.....47

ตารางที่ 3-3 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3.....48

ตารางที่ 3-4 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการ.....51

ตารางที่ 3-5 กิจกรรมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 (Scope 1).....52

ตารางที่ 3-6 กิจกรรมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 (Scope 2).....55

ตารางที่ 3-7 กิจกรรมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 (Scope 3).....55

ตารางที่ 4-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 1.....66

ตารางที่ 4-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 2.....68

ตารางที่ 4-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 3.....69

ตารางที่ 4-4 สรุปปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรแยกตามขอบเขต.....71

ตารางที่ 4-5 กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการเฉลี่ยต่อวัน.....77

ตารางที่ 4-6 รูปแบบการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป.....79

ตารางที่ 4-7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ.....80

ตารางที่ 4-8 ตารางการคำนวณระยะเวลาคืนทุนการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในรูปแบบต่าง ๆ.....82

ตารางที่ 4-9 ตารางการปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ.....86

ตารางที่ 4-10 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน.....87

ตารางที่ 5-1 สรุปปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรแยกตามขอบเขต.....90

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....92

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.....16

รูปที่ 2-2 แบบฟอร์มรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร.....22

รูปที่ 2-3 แบบฟอร์มไฟล์รูปแบบการนำเสนอ.....22

รูปที่ 2-4 แบบฟอร์ม Excel Sheet บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ.....23

รูปที่ 2-5 รายการเอกสารที่ใช้ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรกับอบก.....24

รูปที่ 3-1 แผนผังสถานประกอบการในกรณีศึกษา.....35

รูปที่ 3-2 แผนผังอาคารสปา ชั้น 1.....35

รูปที่ 3-3 แผนผังอาคารสปา ชั้น 2.....36

รูปที่ 3-4 แผนผังอาคารสปา ชั้น 3.....36

รูปที่ 3-5 แผนผังอาคารสำนักงาน ชั้น 1.....37

รูปที่ 3-6 แผนผังอาคารสำนักงาน ชั้น 2.....37

รูปที่ 3-7 แผนผังอาคารสำนักงาน ชั้น 3.....38

รูปที่ 3-8 ที่จอดรถผู้มาใช้บริการภายนอกตัวอาคาร.....38

รูปที่ 3-9 บ่อเก็บน้ำแร่ร้อนภายนอกตัวอาคาร.....39

รูปที่ 3-10 กระบวนการใช้บริการแช่น้ำร้อนของผู้ใช้บริการ.....39

รูปที่ 3-11 กระบวนการใช้บริการสปาของผู้ใช้บริการ.....40

รูปที่ 3-12 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 (เกี่ยวกับการรั่วไหล).....43

รูปที่ 3-13 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 (การเผาไหม้อยู่กับที่).....43

รูปที่ 3-14 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 (การเผาไหม้อยู่เคลื่อนที่).....44

รูปที่ 3-15 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 2 (เกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า).....46

รูปที่ 4-1 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขต.....69

รูปที่ 4-1 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขต.....71

รูปที่ 4-2 แผนภูมิพาเรโต้แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามกิจกรรม.....72

รูปที่ 4-3 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนที่มีนัยสำคัญหลัก (Hotspot).....73

รูปที่ 4-4 กราฟปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....76

รูปที่ 4-5 กราฟการใช้พลังงานค่ากิโลวัตต์สูงสุดของทางสถานประกอบการ เดือน มีนาคม 2569....78

รูปที่ 4-6 กราฟปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ.....81

รูปที่ 4-7 กราฟความต้องการใช้ไฟฟ้า (kWh) เทียบกับปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปใน
รูปแบบต่างๆ.....81

รูปที่ 4-8 การจัดวาง heat pump ของสถานประกอบการ.....83

รูปที่ 4-9 รูป 3 มิติจำลองการจัดวาง heat pump ของสถานประกอบการ.....84

รูปที่ 4-10 รูป 3 มิติจำลองการจัดวาง heat pump ของสถานประกอบการ.....84

รูปที่ 4-11 รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรของสถานประกอบการ.....88

รูปที่ 4-12 Excel Sheet บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ.....89

รูปที่ 4-13 ไฟล์รูปแบบการนำเสนอของสถานประกอบการ.....89

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบัน ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางในระดับสากล มีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]) ได้ระบุเตือนนานาประเทศว่า หากไม่มีมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างจริงจังและเร่งด่วน อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มสูงขึ้นจนส่งผลให้เกิดวิกฤตทางนิเวศวิทยา โดยสำหรับประเทศไทย ในฐานะที่เป็นประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ได้ตระหนักถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหานี้ จึงได้ประกาศเจตนารมณ์ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP26) ในวันที่ 1 พฤศจิกายน ค.ศ. 2021 เพื่อยกระดับการแก้ไขปัญหาภูมิอากาศอย่างเต็มที่ โดยตั้งเป้าหมายสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2050 และเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ภายในปี ค.ศ. 2065

เพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว จำเป็นต้องขอความร่วมมือจากทุกภาคส่วน รวมถึงภาคการท่องเที่ยวที่เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยแผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2566-2570) ได้เน้นย้ำยุทธศาสตร์การมุ่งสู่การท่องเที่ยวคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Tourism) เพื่อสร้างจุดแข็งในการแข่งขันระยะยาวของประเทศ

ในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว โดยเฉพาะธุรกิจสปาและการแช่น้ำพุร้อน ซึ่งเป็นธุรกิจภาคบริการที่มีอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่มีการใช้ทรัพยากรในการดำเนินงานที่สูงด้วยเช่นกัน ทั้งพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบสูบน้ำ ระบบปรับอากาศ และระบบทำความร้อน กิจกรรมในการดำเนินงานเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การนำแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) มาประยุกต์ใช้ จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะช่วยให้สถานประกอบการทราบถึงปริมาณและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

เพื่อนำไปสู่การวางแผนบริหารจัดการ และปรับปรุงกระบวนการในการทำงานให้มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

จากความสำคัญดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยและสถานประกอบการมีความสนใจที่จะศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา อุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว เพื่อวิเคราะห์หาจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Hotspot) ของสถานประกอบการ และเสนอแนะแนวทางมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงมาตรฐานขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) นอกจากนี้ การศึกษาครอบคลุมถึงการจัดทำรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจกเพื่อเตรียมความพร้อมแก่สถานประกอบการในการเข้าสู่กระบวนการทวนสอบจากหน่วยงานภายนอก ซึ่งจะช่วยยกระดับมาตรฐานสู่สากล และดึงดูดการท่องเที่ยวในแก่สถานประกอบการต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ จากกิจกรรมของสถานประกอบการ

1.2.3 เพื่อเสนอแนวทางและมาตรการสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานบริการของสถานประกอบการ

1.2.4 เพื่อจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก และเตรียมความพร้อมสำหรับรองรับกระบวนการทวนสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรมีความถูกต้อง เป็นรูปธรรม ครอบคลุม และสอดคล้องกับแนวทางการประเมินขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผู้วิจัยได้แบ่งขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.3.1 ขอบเขตพื้นที่และขอบเขตองค์กร

พื้นที่ศึกษาคือ สถานประกอบการธุรกิจสปาและการแช่น้ำน้ำพุร้อนในพื้นที่จังหวัดระนอง โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาขอบเขตองค์กรแบบ "อำนาจควบคุมการดำเนินงาน" (Operational Control) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ให้บริการหลักทั้งหมด ได้แก่ อาคารสปา อาคารสำนักงาน ที่จอดรถ และบ่อเก็บน้ำภายนอกอาคาร

1.3.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

ผู้วิจัยทำการกำหนดขอบเขตการประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรภายในสถานประกอบการ ครอบคลุมทั้ง 3 ขอบเขตดังนี้

- ขอบเขตที่ 1: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) จากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรโดยตรง เช่น การเผาไหม้ของเครื่องจักร การใช้พาหนะขององค์กร การใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย การรั่วซึม/รั่วไหล จากกระบวนการหรือกิจกรรม เป็นต้น

- ขอบเขตที่ 2: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions) ได้แก่ การซื้อพลังงานมาใช้ในองค์กร ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานไอน้ำ เป็นต้น

- ขอบเขตที่ 3: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ จากการเดินทางของพนักงานด้วยพาหนะที่ไม่ใช่ขององค์กร การเดินทางไปสัมมนานอกสถานที่ การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

1.3.3 ขอบเขตเวลา

เนื่องจากเป็นปีแรกของการเริ่มทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร จึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมทั้งหมดย้อนหลังเป็นระยะเวลา 1 ปีในการประเมิน โดยกำหนดระยะเวลาคือ ปี พ.ศ. 2568 ตั้งแต่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

1.4.2 ศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการและกำหนดขอบเขตองค์กร

1.4.3 กำหนดขอบเขตการดำเนินงานและระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.4.4 เก็บรวบรวมข้อมูลของกิจกรรม

1.4.5 ประเมิน และวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

1.4.6 จัดทำรายงานและเตรียมความพร้อมสำหรับการทวนสอบ

1.4.7 สรุปผลการศึกษางานวิจัยและจัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

1.5 ประโยชน์ของผลงานวิจัย

1.5.1 ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ

1.5.2 ทราบจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก (Hotspot) ที่มีนัยสำคัญของสถานประกอบการ

1.5.3 ได้แนวทางและมาตรการสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานบริการ

1.5.4 ได้บัญชีก๊าซเรือนกระจก และแฟ้มเอกสารอ้างอิงที่ได้มาตรฐานพร้อมสำหรับยื่นขอรับการทวนสอบ

1.5.5 เป็นแหล่งข้อมูลเชิงวิชาการที่นำเสนอการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรในอุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว

1.6 แผนงานการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่ศึกษาข้อมูลงานวิจัยและสถานประกอบการ จำแนกขอบเขตกิจกรรม เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลจนถึงสรุปผลและจัดทำข้อเสนอแนะ รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนงานการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน									
	2568					2569				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร	←	—	—	→						
2. ศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการและกำหนดขอบเขตองค์กร		←	→							
3. กำหนดขอบเขตการดำเนินงานและระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก			←	→						
4. เก็บรวบรวมข้อมูลของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก			←	—	→					
5. ประเมิน และวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร						←	—	→		
6. จัดทำรายงานและเตรียมความพร้อมสำหรับการทวนสอบ								←	→	
7. สรุปผลการศึกษางานวิจัยและจัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์								←	—	→

บทที่ 2
ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา อุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว ผู้วิจัยได้มีศึกษาและทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางในการดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์ผล มีรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและก๊าซเรือนกระจก

2.1.1 สถานการณ์ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในปัจจุบัน ประชาคมโลกกำลังเผชิญปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบนิเวศ การดำเนินชีวิตของมนุษย์ และการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในทุกภาคส่วน การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดังกล่าว จำเป็นต้องแบ่งความหมายของสองคำหลักระหว่าง “ภาวะโลกร้อน” และ “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ ดังนี้

1. **ภาวะโลกร้อน (Global Warming)** หมายถึง ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก ชั้นบรรยากาศ และมหาสมุทร เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน โดยมีจุดเริ่มต้นในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกเป็นจำนวนมากเกินไป จนชั้นก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ทำหน้าที่เสมือนผ้าห่มหนา ที่กักเก็บรังสีความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์สู่โลกเอาไว้ไม่ให้สะท้อนออกจากโลกได้ตามปกติ ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (พ.ศ. 2554–2563) มากกว่ายุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม ซึ่งถือว่าเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นที่รวดเร็วมาก และเป็นต้นเหตุโดยตรงที่ขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)** หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโดยเฉลี่ยในระยะยาว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกับการแปรปรวนของฤดูกาล ทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำในมหาสมุทร ทั้งนี้ทำให้เกิดปรากฏการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว (Extreme Weather Events) ที่รุนแรงและถี่ขึ้น เช่น คลื่น

ความร้อน (Heatwaves) ภัยแล้งที่ยาวนาน พายุหมุนเขตร้อนที่มีกำลังแรงขึ้น และปัญหาระดับน้ำทะเลหนุนสูงจากการละลายของธารน้ำแข็งขั้วโลก

สำหรับในสถานการณ์ปัจจุบัน การรายงานประเมินของ IPCC ฉบับที่ 6 (AR6) ที่เป็นรายงานทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมินสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ระบุถึงข้อเท็จจริงว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อากาศ มหาสมุทร และแผ่นดินร้อนขึ้น และวิกฤตเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบเชิงโครงสร้างต่อห่วงโซ่อุปทานและภาคบริการทั่วโลก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพและบริการที่พึ่งพาฐานทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีความอ่อนไหวสูงต่อความแปรปรวนของอุณหภูมิ สภาพแวดล้อม และความมั่นคงของแหล่งน้ำ

สำหรับประเทศไทย จัดอยู่ในประเทศที่เสี่ยงได้รับผลกระทบสูงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนผ่านของฤดูกาลที่คลาดเคลื่อน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่มีความผันผวนสูง และปัญหาภัยทางธรรมชาติที่ทวีความรุนแรงขึ้นเช่นเดียวกัน

2.1.2 ก๊าซเรือนกระจกและประเภทของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) คือ กลุ่มของก๊าซที่มีองค์ประกอบในชั้นบรรยากาศของโลก มีหน้าที่สำคัญในการ “กักเก็บความร้อน” จากดวงอาทิตย์เพื่อช่วยรักษาสมดุลอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ทำให้โลกของเราอบอุ่น และมีอุณหภูมิพอเหมาะกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตพื้นผิวโลก หากไม่มีก๊าซเรือนกระจกบนชั้นบรรยากาศจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในเวลากลางวันและเวลากลางคืน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน แต่หากมีก๊าซเหล่านี้ในชั้นบรรยากาศมากเกินไป จะกักเก็บความร้อนมากเกินไปจนทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นถึงระดับอันตราย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมตลอดช่วงระยะเวลาของมนุษย์ได้เพิ่มปริมาณก๊าซเหล่านี้ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศจนปริมาณเสียสมดุล

ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ได้กำหนดก๊าซเรือนกระจกที่ต้องดำเนินการควบคุมและนำมาคำนวณในการประเมินบัญชีก๊าซเรือนกระจกไว้ 7 ชนิดหลัก ดังนี้

1. **คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีอิทธิพลต่อการสะสมพลังงานความร้อนในชั้นบรรยากาศมากที่สุด เนื่องจากมีการปลดปล่อยในปริมาณมาก และแม้จะเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ แต่ปัจจุบันมนุษย์เป็นสาเหตุหลักในการสร้างและปล่อยก๊าซนี้จากกิจกรรมต่างๆ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติเพื่อผลิตพลังงาน

และการตัดไม้ทำลายป่าที่ทำให้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศถึง 100 ปี

2. **มีเทน (CH4)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากเป็นอันดับ 2 และแม้จะมีอยู่ในธรรมชาติ แต่ร้อยละ 60 กลับเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทิ้งขยะแบบฝังกลบ การทำฟาร์มปศุสัตว์ การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการเกษตร การบำบัดน้ำเสีย และอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยมีเทนสามารถมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 28 เท่าและมีอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศถึง 12 ปี

3. **ไนตรัสออกไซด์ (N2O)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากฟ้าผ่า ภูเขาไฟระเบิด และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ แต่ในยุคอุตสาหกรรม มนุษย์ได้เพิ่มก๊าซนี้เข้าไปอีกประมาณร้อยละ 17 จากอุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริก การผลิตเคมีภัณฑ์ พลาสติก การใช้ปุ๋ย การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาทำลายป่า ซึ่งก๊าซชนิดนี้มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 265 เท่าและมีอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศถึง 114 ปี

4. **ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในระบบทำความเย็น เช่น ในเครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น สเปรย์ และน้ำยาดับเพลิงนั้น เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนสูงมาก ซึ่งก๊าซชนิดนี้มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ถึง 12,400 เท่าและมีอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศ 1.4 ถึง 270 ปี

5. **เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยใช้เป็นตัวทำละลาย สารตั้งต้นในการผลิต และเป็นผลผลิตพลอยได้จากการถลุงอะลูมิเนียมหรือการผลิตสารกึ่งตัวนำนั้นมีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนสูงมาก ซึ่งก๊าซชนิดนี้มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6,630 ถึง 12,400 เท่าและมีอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศ 1,000 ถึง 50,000 ปี

6. **ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF3)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์สร้างขึ้นจากกระบวนการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรขนาดเล็กนั้นมีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนสูงมาก ซึ่ง

ก๊าซชนิดนี้มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 16,100 เท่าและมีอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศถึง 740 ปี

7. **ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF6)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในตัวทำละลาย โดยถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าป้องกันประกายไฟจากสวิตช์ไฟฟ้าแรงสูง หรือช่วยระบายความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงอย่างสวิตช์เกียร์ ซึ่งก๊าซชนิดนี้มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 23,500 เท่าและมีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศถึง 3,200 ปี

โดยจากก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF6) เป็นก๊าซที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนรุนแรงที่สุดและคงอยู่บนชั้นบรรยากาศนานที่สุด เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่แตกต่างกัน

2.1.3 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนและมีอายุขัยในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Lifetime) ที่แตกต่างกัน การนำปริมาณการปล่อยก๊าซแต่ละชนิดมารวมกันโดยตรงจึงไม่สามารถสะท้อนผลกระทบที่แท้จริงได้ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) จึงได้พัฒนาตัวชี้วัดที่เรียกว่า "ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน" (Global Warming Potential: GWP) เพื่อใช้เป็นดัชนีเปรียบเทียบความสามารถในการกักเก็บความร้อนของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ เทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) โดยทั่วไปจะอ้างอิงที่กรอบระยะเวลา 100 ปี

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในประเทศไทย จะอ้างอิงค่า GWP จากรายงานการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับที่ 5 (IPCC AR5) ตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยกำหนดให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_{2}) เป็นก๊าซอ้างอิงฐาน (GWP = 1) ในขณะที่ก๊าซมีเทน (CH_{4}) มีค่า GWP เท่ากับ 28 และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ($N_{2}O$) มีค่า GWP เท่ากับ 265 ซึ่งหมายความว่า หากองค์กรปล่อยก๊าซมีเทนจำนวน 1 ตัน จะสร้างผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนรุนแรงเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 28 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจก

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	**ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP)**
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
ก๊าซมีเทน (CH_4)	28
ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	265
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	
HFC-23 (ฟลูออโรฟอร์ม)	12,400
HFC-32 (ไดฟลูออโรมีเทน)	677
HFC-134a (เตตระฟลูออโรอีเทน)	1,300
HFC-152a (ไดฟลูออโรอีเทน)	138
เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	
คาร์บอนเตตระฟลูออไรด์	6,630
เพอร์ฟลูออโรอีเทน	11,100
เพอร์ฟลูออโรโพรเพน	8,900
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	23,500
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	16,100

ทั้งนี้ แม้ปัจจุบันทาง IPCC จะมีการเผยแพร่รายงานการประเมินฉบับที่ 6 (AR6) ออกมาแล้ว แต่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกอ้างอิงค่า GWP จากรายงานฉบับที่ 5 (AR5) เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติและฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ฉบับปัจจุบันขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการทวนสอบของประเทศไทย

2.2 นโยบายและยุทธศาสตร์ของประเทศไทยด้านการจัดการก๊าซเรือนกระจก

2.2.1 นโยบายและเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ประเทศไทยตระหนักถึงผลกระทบจากวิกฤตการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในฐานะที่เป็นประเทศภาคีสมาชิกกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ประเทศไทยได้แสดงความมุ่งมั่นในเวทีประชาคมโลก ผ่านการประกาศเจตนารมณ์ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาฯ สมัยที่ 26 (COP26) ณ เมืองกลาสโกว์ สหราชอาณาจักร โดยกำหนดเป้าหมายในการยกระดับการแก้ไขปัญหาภูมิอากาศ ประกอบด้วยเป้าหมายหลัก 2 ข้อ ได้แก่

1. **เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)** ภายในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) ซึ่งมุ่งเน้นในการรักษาสมดุลระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
2. **เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero GHG Emission)** ภายในปี ค.ศ. 2065 (พ.ศ. 2608) ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกชนิดจากทุกภาคส่วนให้เหลือศูนย์ หรือน้อยที่สุดจนระบบนิเวศสามารถดูดกลับได้หมด

2.2.2 โมเดลเศรษฐกิจ BCG และยุทธศาสตร์การท่องเที่ยวคาร์บอนต่ำ

เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของประเทศ จึงจำเป็นต้องกำหนดสู่การปฏิบัติจริงโดยการนำโมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy) มาเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนประเทศ โดยเฉพาะในมิติของเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากรที่เกินความจำเป็น และลดการปล่อยมลพิษ

โดยสำหรับภาคการท่องเที่ยวของประเทศไทย ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศ ได้จัดทำแผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 3 ที่กำหนดยุทธศาสตร์ในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการท่องเที่ยวจากการท่องเที่ยวดั่งเดิมสู่ การท่องเที่ยวคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Tourism) ที่เป็นการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน โดยยุทธศาสตร์นี้มุ่งเน้นการยกระดับมาตรฐานสถานประกอบการในอุตสาหกรรมท่องเที่ยว รวมถึงธุรกิจการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ สปา และน้ำพุร้อนธรรมชาติ ให้มีการบริหารจัดการที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การมุ่งสู่การท่องเที่ยวคาร์บอนต่ำในธุรกิจสปาและบริการเชิงสุขภาพ ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่การปลูกต้นไม้หรือการใช้วัสดุธรรมชาติทดแทนแต่เพียงเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรอย่างเป็นระบบ การจัดการประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องจักร การเลือกใช้พลังงานหมุนเวียน และการจัดการของเสียแบบหมุนเวียน การปรับตัวตามยุทธศาสตร์ดังกล่าว ไม่เพียงแต่ช่วยให้สถานประกอบการสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานในระยะยาว แต่ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม และยกระดับภาพลักษณ์ขององค์กรให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในยุคปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันในระดับสากล

2.3 บริบทการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อมของธุรกิจสปาและน้ำแร่ร้อนธรรมชาติ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว โดยเฉพาะธุรกิจสปาและน้ำแร่ร้อน มีลักษณะการใช้ทรัพยากรในการดำเนินงานแต่ต่างออกไปจากธุรกิจในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวทั่วไป เนื่องจากรูปแบบการให้บริการต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานอย่างเข้มข้นเพื่อรักษาสภาพการดำเนินงานให้เหมาะสมแก่การให้บริการในการบำบัดรักษาและฟื้นฟูสุขภาพ โดยกิจกรรมหลักที่มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ การใช้น้ำปริมาณมากสำหรับระบบบ่อแช่และสปา การใช้พลังงานความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ในระดับที่เหมาะสมต่อการบำบัด รวมถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศและแสงสว่างเพื่อสร้างความผ่อนคลายให้แก่ผู้ใช้บริการ

2.3.2 อุปกรณ์และระบบหลักในธุรกิจสปาและน้ำแร่ร้อน

จากการศึกษาตามคู่มือการจัดการพลังงานในธุรกิจโรงแรมและบริการ และข้อกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ พบว่ามีระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักที่สัมพันธ์กับการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 ระบบ ดังนี้

1. **ระบบผลิตน้ำร้อน** เป็นระบบที่มีความสำคัญสูงสุดในธุรกิจสปาและน้ำแร่ร้อน อุปกรณ์ที่นิยมใช้มีตั้งแต่หม้อต้มที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ไปจนถึงเทคโนโลยีเครื่องสูบความร้อน (Heat Pump) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อนสารทำความเย็น ซึ่งระบบเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม

2. **ระบบปรับอากาศ** เป็นระบบที่สำคัญในการให้บริการผู้ใช้บริการ เนื่องจาก อาคารบริการสปาจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ตลอดเวลาให้บริการ ส่งผลให้ระบบปรับอากาศเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดของสถานประกอบการ
3. **ระบบสูบและหมุนเวียนน้ำ** เป็นระบบที่ดึงน้ำแร่จากแหล่งธรรมชาติและการหมุนเวียนน้ำผ่านระบบกรอง ตลอดระยะเวลาการให้บริการจำเป็นต้องใช้ปั๊มน้ำอุตสาหกรรมในการทำงานอย่างต่อเนื่อง
4. **ระบบบำบัดน้ำเสีย** เป็นระบบที่ใช้สำหรับบำบัดน้ำทิ้งจากกิจกรรมของสปา ซึ่งงมันมีส่วนประกอบของสารทำความสะอาด เช่น น้ำมันนวด น้ำยาทำความสะอาดมือ

2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

2.4.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) คือ กระบวนการที่ใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emissions and Removals) ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมทั้งหมดขององค์กร ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ 1 ปีปฏิทินหรือ 1 ปีงบประมาณ ตัวอย่างเช่น ระยะเวลาตั้งแต่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม ปี พ.ศ. 2568 เป็นต้น โดยการประเมินจะครอบคลุมกิจกรรมทั้งทางตรงและทางอ้อมในการดำเนินงาน ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาคำนวณและแสดงผลในรูปของหน่วย "ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e)"

สำหรับในระดับสากล การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกองค์กรได้รับการพัฒนามาจากกรอบแนวคิดหลัก 2 มาตรฐาน ได้แก่

1. **The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)** คือมาตรฐานการบัญชีและการรายงานก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร (Corporate Accounting and Reporting Standard) ซึ่งพัฒนาร่วมกันโดยสถาบันทรัพยากรโลก (World Resources Institute: WRI) และสภาธุรกิจโลกเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (World Business Council for Sustainable Development: WBCSD)

2. **ISO 14064-1** คือมาตรฐานสากลว่าด้วยข้อกำหนดและแนวทางระดับองค์กรสำหรับการหาปริมาณและการรายงานผลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (International Organization for Standardization: ISO)

สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรในประเทศไทย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ซึ่งเป็นหน่วยงานภาครัฐสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่หลักในการขับเคลื่อนและสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ได้นำมาตรฐานสากลดังกล่าวมาประยุกต์และพัฒนาเป็น "ข้อกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร" เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของอุตสาหกรรมในประเทศ ฐานข้อมูลของประเทศ และเพื่อให้องค์กรต่างๆ มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

2.4.2 ความสำคัญของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือหรือกระบวนการเพื่อหาตัวเลขของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพียงเท่านั้น แต่ถือเป็นเครื่องมือทางยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อองค์กรในหลากหลายด้าน ดังนี้

1. **การกำหนดปีฐานและการระบุจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ**

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรช่วยให้ผู้บริหารทราบถึง "สถานะขององค์กรในปัจจุบัน" ได้ ผลที่ได้จากการคำนวณจะทำหน้าที่เป็นข้อมูลปีฐาน สำหรับใช้เปรียบเทียบผลการดำเนินงานในอนาคต นอกจากนี้ การจำแนกข้อมูลตามขอบเขตและประเภทของกิจกรรม ยังช่วยให้สามารถระบุจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักที่มีนัยสำคัญ (Hotspot) นำไปสู่การวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุด

2. **การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการดำเนินงานขององค์กร**

ในธุรกิจสปาและการแช่น้ำแร่ร้อน ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมักแปรผันตรงกับปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าและระบบทำความร้อน ดังนั้นการที่องค์กรสามารถระบุและสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักที่มีนัยสำคัญได้ จะส่งผลโดยตรงต่อการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานขององค์กร

3. การบริหารความเสี่ยงขององค์กร

ในอนาคตอันใกล้ ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสมัครใจ ไปสู่ การบังคับ โดยการใช้มาตรการทางกฎหมายและกลไกทางการเงิน เช่น การจัดเก็บภาษีคาร์บอน รวมถึงในปัจจุบัน นานาประเทศได้ตระหนักถึงความสำคัญของวิกฤตครั้งนี้ การที่องค์กรจัดทำระบบบัญชีก๊าซเรือนกระจกเตรียมไว้ล่วงหน้า จะช่วยลดความเสี่ยงในการถูกประเมินภาษีแบบเหมารวมจากภาครัฐเมื่อปรับใช้มาตรการทางกฎหมาย และเตรียมความพร้อมในการรับมือกับกฎระเบียบที่เข้มงวดขึ้นในระดับสากล

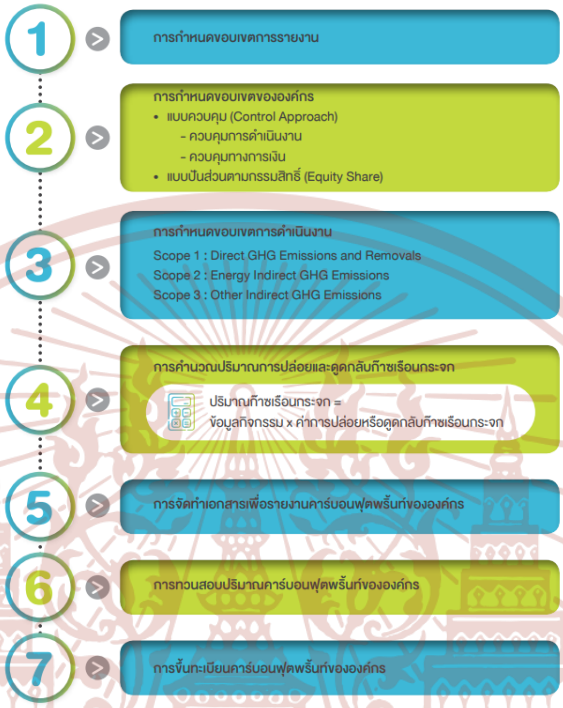
4. การเตรียมความพร้อมสู่การทวนสอบและยกระดับภาพลักษณ์องค์กร

การที่องค์กรกำเนินงานตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก. อย่างเป็นระบบและมีการจัดเก็บเอกสารอ้างอิงที่สามารถตรวจสอบได้ จะทำให้องค์กรมีความพร้อมในการเข้าสู่กระบวนการทวนสอบโดยหน่วยงานทวนสอบที่ได้รับการรับรองจาก อบก. เมื่อผ่านการทวนสอบองค์กรจะสามารถขอขึ้นทะเบียนและใช้เครื่องหมายรับรองจาก อบก. ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันถึงการที่องค์กรทำการประเมินอย่างถูกต้อง โปร่งใส ซึ่งช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันและดึงดูดกลุ่มนักท่องเที่ยวที่ให้ความสำคัญกับการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนแก่องค์กรต่อไป

2.5 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรในประเทศไทย ดำเนินการภายใต้ "ข้อกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร" ซึ่งจัดทำโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ซึ่งได้จำแนกขั้นตอนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2-1 เพื่อให้องค์กรนำไปใช้เป็นกรอบแนวทางตั้งแต่การเริ่มเก็บข้อมูลไปจนถึงการได้รับการรับรองขึ้นทะเบียน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 2-1 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร



2.5.1 ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดขอบเขตการรายงาน

การกำหนดขอบเขตการรายงานเป็นขั้นตอนแรกที่องค์กรต้องระบุเป้าหมาย วัตถุประสงค์และกรอบเวลาที่ใช้ในการประเมินให้ชัดเจน โดย อบก. กำหนดให้เลือกระยะเวลาในการจัดเก็บข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) รายงานผลต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อใช้เป็น "ปีฐาน" ในการเปรียบเทียบการลดก๊าซเรือนกระจกกับการประเมินครั้งต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ ต้องระบุชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่จะทำการรายงานให้ครอบคลุมชนิดก๊าซที่มีการปล่อยจากกิจกรรมขององค์กร

2.5.2 ขั้นตอนที่ 2: การกำหนดขอบเขตองค์กร

การกำหนดขอบเขตองค์กรเพื่อระบุว่าแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร สิ่งปลูกสร้าง หรือการดำเนินงานใดบ้างที่ถือเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร และจะครอบคลุมพื้นที่ไหนบ้างสำหรับการนำข้อมูลมาคำนวณ โดยสำหรับมาตรฐานของ อบก. ได้กำหนดแนวทางการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่

1. **แนวทางส่วนแบ่งตามสัดส่วนการลงทุน (Equity Share Approach)** เป็นการที่องค์กรจะรับผิดชอบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสัดส่วนร้อยละของการถือหุ้นในสินทรัพย์หรือสถานประกอบการนั้นๆ
2. **แนวทางการควบคุม (Control Approach)** เป็นการที่องค์กรจะรับผิดชอบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทั้งหมดที่องค์กรมีอำนาจในการควบคุม ซึ่งแบ่งย่อยเป็น การควบคุมทางการเงิน (Financial Control) และการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control)

โดยในธุรกิจภาคบริการ สถานประกอบการทั่วไป มักกำหนดขอบเขตองค์กรโดยใช้ **"แนวทางการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control Approach)"** เป็นหลัก เนื่องจากช่วยให้ผู้จัดทำระบบสามารถเข้าถึง บันทึก และรวบรวมข้อมูลกิจกรรมอ้างอิงที่เกิดขึ้นจริงภายในพื้นที่ขององค์กรได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนที่สุด

2.5.3 ขั้นตอนที่ 3: การกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน

องค์กรต้องทำการจำแนกแหล่งปล่อยและดูดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กรว่า เป็นเกิดขึ้นจากขอบเขตใด โดย อบก. ได้แบ่งการปล่อยออกเป็น 3 ขอบเขต ดังนี้

1. ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct GHG Emissions)

คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากแหล่งกำเนิดที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือควบคุมการดำเนินงานอยู่ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผา ไหม้ที่อยู่กับที่ (Stationary combustion) ตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้า ความร้อน ไอน้ำ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานอุปกรณ์ เครื่องจักร และการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้ม เป็นต้น
- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผา ไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่งของยานพาหนะ หรือการเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่ว ไหลและอื่น ๆ (Fugitive emissions) ตัวอย่างเช่น การรั่วไหลของสารทำความเย็น สารดับเพลิง และการใช้ปุ๋ย รวมถึงการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

2. **ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect GHG Emissions)**

   คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่องค์กรซื้อมาใช้งานจากภายนอก ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าต่างๆจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในองค์กร

3. **ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆขององค์กร (Other Indirect GHG Emissions)**

   คือ การปล่อยก๊าซเรือนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุ ในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 โดยสามารถแบ่งออกได้ทั้งหมด 15 หมวดหมู่ ดังนี้

- **หมวดหมู่ที่ 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบและบริการที่องค์กรผู้รายงานซื้อหรือมีการใช้ในปีที่รายงาน โดยอาจพิจารณาเฉพาะวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์หลัก

- **หมวดหมู่ที่ 2 สินค้าประเภททุน (Capital goods)**

เป็นการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุนที่องค์กรผู้รายงานซื้อหรือได้มาในปีที่รายงาน โดยทั่วไป สินค้าทุน หมายถึงสิ่งที่มีอายุการใช้งานนาน เช่น อุปกรณ์ เครื่องจักร อาคารสิ่งปลูกสร้าง ระบบสนับสนุน และยานพาหนะ เป็นต้น

- **หมวดหมู่ที่ 3 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงและพลังงานที่สัมพันธ์กับกิจกรรมขององค์กรที่องค์กรผู้รายงานซื้อหรือได้มาในปีที่รายงานโดยไม่นับรวมการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในประเภทที่ 1 และ 2 แล้ว

- **หมวดหมู่ที่ 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยงานภายนอกที่ดำเนินการขนส่งและกระจายสินค้าระหว่างคู่ค้าระดับ 1 กับองค์กรผู้รายงานซื้อมาในปีที่รายงานหรือเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากจากหน่วยงานภายนอกที่ดำเนินการการขนส่งและกระจายสินค้าตลอดห่วงโซ่อุปทานขององค์กรผู้รายงานซื้อมาในปีที่รายงานซึ่งข้อมูลนี้จะต้องไม่นับซ้ำกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในประเภทที่ 1

- **หมวดหมู่ที่ 5 การกำจัดของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กร (Waste generated in operations)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสียจาก การดำเนินงานขององค์กรในปีที่รายงานซึ่งของเสียดังกล่าวอาจมาจากขั้นตอนการทิ้งและการบำบัด รวมถึงการขนย้ายของเสียออกไปดำเนินการกำจัดโดยหน่วยงานอื่น ซึ่งกิจกรรมการกำจัดของเสียครอบคลุมการฝังกลบการเผาทำลายและการบำบัดน้ำเสีย

- **หมวดหมู่ที่ 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel)**

พิจารณาการเดินทางของบุคลากรที่ดำเนินกิจกรรมขององค์กร ทั้งทางรถ เรือ เครื่องบิน รถไฟ ที่เป็นการจ้างเหมาภายนอก ซึ่งข้อมูลนี้จะต้องไม่นับซ้ำกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในประเภทที่ 1 แล้ว

- **หมวดหมู่ที่ 7 การเดินทางของพนักงาน (Employee commuting)**

เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเดินทางไป-กลับระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงาน ซึ่งการเดินทางระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงานพิจารณาทั้งรถส่วนตัวของพนักงานเองและรถที่องค์กรจ้างเหมาให้เป็นสวัสดิการสำหรับรับ-ส่งพนักงาน รวมถึงผู้ที่มาติดต่อกับองค์กร

- **หมวดหมู่ที่ 8 การใช้สินทรัพย์ที่เช่า (Upstream leased assets)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเช่าสินทรัพย์ผู้อื่นและต้องไม่รวมอยู่ในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ที่มีการรายงานโดยผู้เช่า

- **หมวดหมู่ที่ 9 การขนส่งและการกระจายสินค้า (Downstream transportation and distribution)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยงานภายนอกดำเนินการขนส่งและการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขององค์กรผู้รายงาน โดยเป็นการดำเนินงานระหว่างองค์กรและผู้ซื้อรายแรกหรือผู้ซื้อรายอื่นๆตลอดห่วงโซ่อุปทาน ในปีที่รายงานซึ่งข้อมูลนี้จะต้องไม่นับซ้ำกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในประเภทที่ 1

- **หมวดหมู่ที่ 10 การแปรรูปสินค้าที่องค์กรจำหน่าย (Processing of sold products)**

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้เป็นผลสืบเนื่องจากผลิตภัณฑ์ขององค์กรจำหน่ายในปีที่รายงาน โดยเป็นการนำผลิตภัณฑ์ไปผลิตต่อให้เป็นสินค้าและบริการอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่นำไปอุปโภคหรือบริโภคโดยตรง เช่น เหล็ก หรือเม็ดพลาสติก ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายลักษณะ ดังนั้นองค์กรจึงควรบ่งชี้สถานการณ์แต่ละช่วงในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่เชื่อถือได้และควรมีการอธิบายถึงสถานการณ์ดังกล่าวในรายงาน

- **หมวดหมู่ที่ 11 การใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่องค์กรจำหน่าย (Use of sold products)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมจากช่วงการใช้งานผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่องค์กรจำหน่ายในปีที่รายงาน

- **หมวดหมู่ที่ 12 การกำจัดซากผลิตภัณฑ์ที่องค์กรจำหน่าย (End-of-life treatment of sold products)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการซากผลิตภัณฑ์ที่องค์กรจำหน่ายในปีที่รายงานเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน

- **หมวดหมู่ที่ 13 การปล่อยเช่าสินทรัพย์ขององค์กร (Downstream leased assets)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของทรัพย์สินที่เป็นของบริษัทที่รายงาน (ผู้ให้เช่า) และให้เช่าแก่หน่วยงานอื่นในปีที่รายงานไม่รวมอยู่ในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 รายงานโดยผู้ให้เช่า

- **หมวดหมู่ที่ 14 แฟรนไชส์ (Franchises)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของแฟรนไชส์ในปีที่รายงาน ซึ่งต้องไม่รวมอยู่ในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 โดยเจ้าของแฟรนไชส์ (franchisor) รายงาน

- **หมวดหมู่ที่ 15 การลงทุน (Investments)**

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานเพื่อการลงทุนต่างๆ เช่น การลงทุนในสินทรัพย์ถาวรและการลงทุนร่วมที่นอกเหนือจากการกำหนดขอบเขตในปีที่รายงาน โดยต้องไม่รวมอยู่ในประเภทที่ 1 หรือประเภทที่ 2

ทั้งนี้ อบก. เปิดโอกาสให้องค์กรสามารถเลือกประเมินเฉพาะหมวดหมู่ในขอบเขตที่ 3 ที่มีความสำคัญและมีนัยสำคัญต่อบริบทของธุรกิจได้ โดยไม่จำเป็นต้องทำครบทั้ง 15 หมวดหมู่

2.5.4 ขั้นตอนที่ 4: การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

หลักการในการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า 2 ส่วน ประกอบด้วย

1. **ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)** คือ ข้อมูลเชิงปริมาณที่แสดงถึงระดับกิจกรรมที่เกิดขึ้น เช่น หน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ของไฟฟ้า, หน่วยกิโลกรัม (kg) หรือลิตร (L) ของเชื้อเพลิง, หน่วยลูกบาศก์เมตร (m^3) ของน้ำประปา และหน่วยกิโลกรัม (kg) ของขยะ
2. **ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor [EF])** คือ ค่าคงที่อ้างอิงที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหนึ่งหน่วยกิจกรรม ซึ่งในประเทศไทยต้องเลือกใช้ค่าอ้างอิงจากฐานข้อมูลล่าสุดของ อบก. ที่ผ่านการรวมค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) เอาไว้เรียบร้อยแล้ว

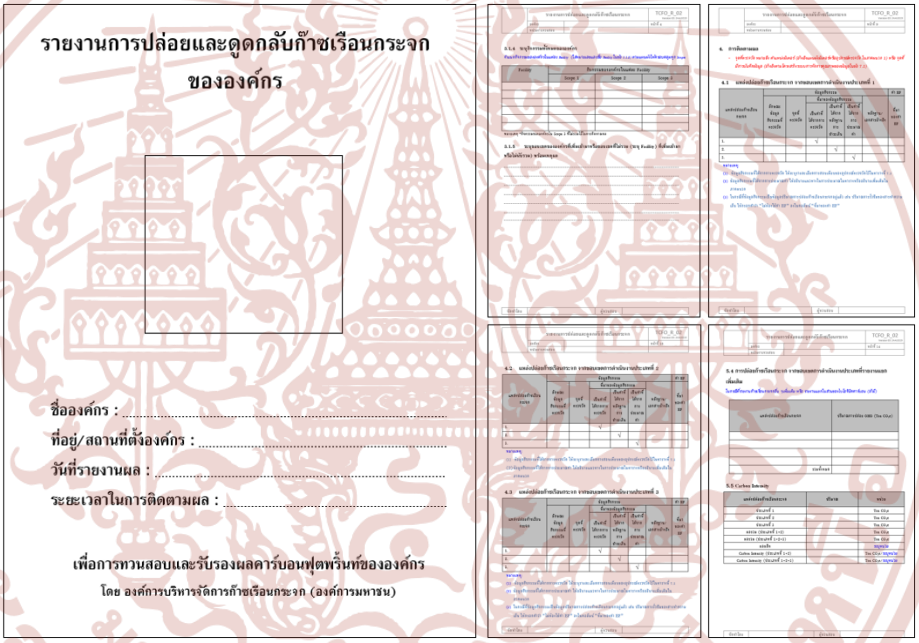
โดยมีสมการคำนวณหลัง ดังนี้

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.5.5 ขั้นตอนที่ 5: การจัดทำเอกสารเพื่อรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

เมื่อทำการคำนวณปริมาณครบทุกขอบเขตแล้ว องค์กรต้องนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปและจัดทำ "รายงานปล่อยก๊าซเรือนกระจก" ตามแบบฟอร์มมาตรฐานที่ อบก. กำหนด รายงานฉบับนี้จะต้องแสดงโครงสร้างองค์กร วิธีการคำนวณ แหล่งที่มาของข้อมูลกิจกรรมตลอดจนตารางสรุปผลแยกตามรายขอบเขต เพื่อสร้างระบบฐานข้อมูลที่โปร่งใสและพร้อมสำหรับการตรวจสอบ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2-2 ถึง 2-4

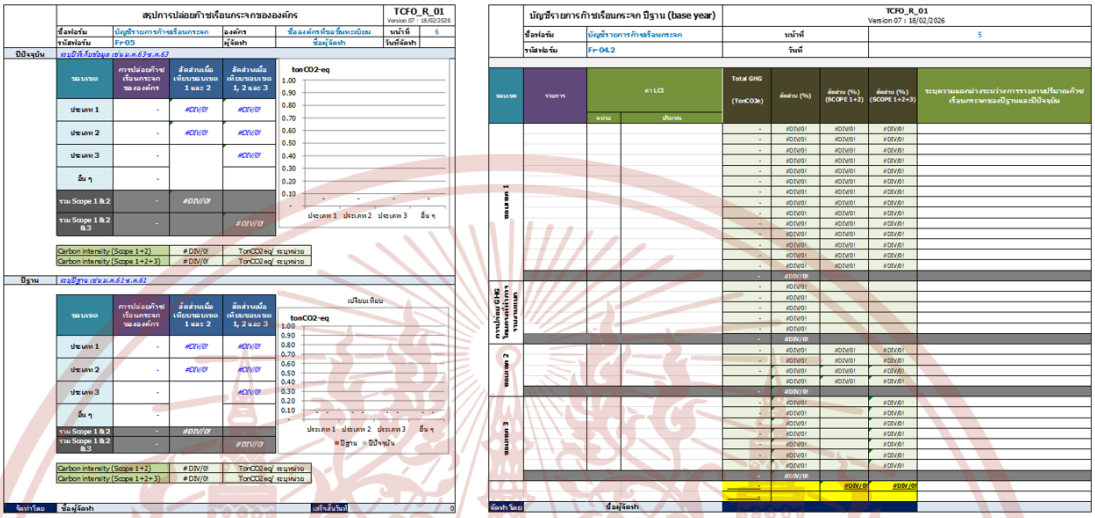
รูปที่ 2-2 แบบฟอร์มรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร (Microsoft Word)



รูปที่ 2-3 แบบฟอร์มไฟล์รูปแบบการนำเสนอ (Microsoft PowerPoint)



รูปที่ 2-4 แบบฟอร์ม Excel Sheet บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ (Microsoft Excel)



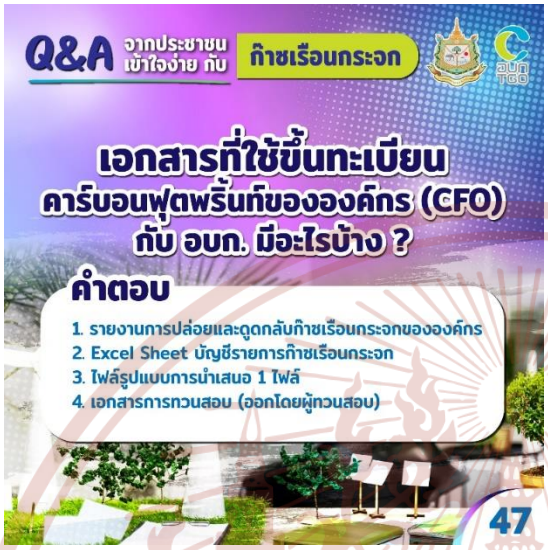
2.5.6 ขั้นตอนที่ 6: การทวนสอบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การทวนสอบเป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องและน่าเชื่อถือของรายงานและระบบการจัดเก็บเอกสาร โดยผู้ทวนสอบอิสระภายนอกที่ได้รับการขึ้นทะเบียนรับรองจาก อบก. โดยผู้ทวนสอบจะเข้ามาตรวจประเมินเอกสารหลักฐาน และลงพื้นที่ตรวจประเมินหน้างานโดยยึดหลักการทวนสอบ 5 ประการ ได้แก่ ความตรงประเด็น ความสมบูรณ์ ความสม่ำเสมอ ความถูกต้อง และความโปร่งใส ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นจุดสำคัญของรายงานภายในองค์กร เพื่อให้ผลลัพธ์เป็นฐานข้อมูลที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

2.5.7 ขั้นตอนที่ 7: การขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากรายงานได้ผ่านการทวนสอบ และได้รับการยืนยันความถูกต้องจากผู้ประเมินแล้ว องค์กรสามารถนำเอกสารรายงานและใบรับรองผลการทวนสอบตามระเบียบของ อบก. ในรูปที่ 2-5 ยื่นต่อคณะกรรมการของ อบก. เพื่อพิจารณาอนุมัติขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรอย่างเป็นทางการ เมื่อผ่านการอนุมัติ องค์กรจะได้รับสิทธิในการใช้เครื่องหมายรับรอง CFO บนสื่อประชาสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการยกระดับภาพลักษณ์องค์กรสู่การเป็นสถานประกอบการคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

รูปที่ 2-5 รายการเอกสารที่ใช้ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรกับอบก.



2.6 แนวทางการเตรียมความพร้อมสำหรับการทวนสอบ

การทวนสอบ คือกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง น่าเชื่อถือ ของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร โดยผู้ทวนสอบหรือหน่วยงานทวนสอบอิสระที่ได้รับการขึ้นทะเบียนรับรองจากอบก. เพื่อยืนยันว่าข้อมูลและรายงานที่องค์กรจัดทำขึ้นนั้น เป็นไปตามข้อกำหนดทุกประการ การเตรียมความพร้อมอย่างเป็นระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญในการลดความผิดพลาด และทำให้กระบวนการขอรับรองเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นไปอย่างราบรื่น

2.6.1 หลักการทวนสอบบัญชีก๊าซเรือนกระจกตามข้อกำหนด อบก.

ตามคู่มือและข้อกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้ระบุให้ผู้ทวนสอบดำเนินการตรวจประเมินข้อมูลขององค์กร ภายใต้หลักการทวนสอบสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. **ความตรงประเด็น (Relevance)** การกำหนดขอบเขตองค์กร การเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการคัดเลือกข้อมูลกิจกรรมต่างๆ มีความเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง และสะท้อนถึงพฤติกรรมการดำเนินงานที่แท้จริงของสถานประกอบการ
2. **ความสมบูรณ์ (Completeness)** การระบุและจัดเก็บข้อมูลจากทุกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตที่กำหนดมีความครบถ้วน โดยไม่มีการละเว้นข้อมูลกิจกรรมใดๆ ที่มีนัยสำคัญต่อการประเมิน

3. **ความสม่ำเสมอ (Consistency)** องค์กรมีการใช้วิธีการประเมิน สมมติฐาน ฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และระบบการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือและสามารถเปรียบเทียบกันได้ในแต่ละปี
4. **ความถูกต้อง (Accuracy)** การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความแม่นยำ ไม่มีการประเมินที่สูงหรือต่ำเกินความเป็นจริง และมีการจัดการลดความไม่แน่นอนของข้อมูลให้อยู่ในระดับต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้
5. **ความโปร่งใส (Transparency)** ข้อมูลกิจกรรม สมมติฐานที่ใช้ และวิธีการคำนวณทั้งหมดต้องมีการบันทึกและเปิดเผยอย่างชัดเจน สามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังแหล่งที่มาของข้อมูลปฐมภูมิได้

2.6.2 การจัดเอกสารหลักฐานสำหรับการทวนสอบ

ในการเตรียมความพร้อมเพื่อรับการทวนสอบ องค์กรจำเป็นต้องมีการรวบรวมและจัดระบบจัดเก็บเอกสารหลักฐานที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้ผู้ทวนสอบสามารถลงพื้นที่ตรวจประเมินหน้า และตรวจสอบเส้นทางของข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยอิงตามแนวทางของ อบก. เอกสารหลักฐานที่สถานประกอบการต้องจัดเตรียม แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. **หลักฐานข้อมูลกิจกรรม** คือ หลักฐานที่ใช้ยืนยันปริมาณการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสีย เช่น ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ใบเสร็จรับเงินค่าน้ำมันเชื้อเพลิง บิลค่าน้ำประปา บันทึกปริมาณการเติมสารทำความเย็น และบันทึกปริมาณขยะมูลฝอย เอกสารกลุ่มนี้ต้องมีข้อมูลที่สอดคล้องและบันทึกครบทั้ง 12 เดือนของปีฐานที่ทำการขอรับรอง

2. **หลักฐานและเครื่องมือการคำนวณ** องค์กรต้องจัดเตรียมไฟล์เครื่องมือคำนวณที่กรอกข้อมูลกิจกรรมและเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อ้างอิงจากฐานข้อมูลฉบับล่าสุดของ อบก. อย่างถูกต้อง

3. **แบบฟอร์มรายงานระดับองค์กร** เป็นรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่เขียนสรุปผลตามแบบฟอร์มมาตรฐานของ อบก. ผังโครงสร้างการบริหารงาน แผนผังแสดงขอบเขตพื้นที่ดำเนินงาน รายการทะเบียนเครื่องจักร และคู่มือขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลกิจกรรม

การที่องค์กรมีการจัดเตรียมเอกสารหลักฐานอ้างอิงเอาไว้ล่วงหน้า จะช่วยให้ผู้ทวนสอบสามารถดำเนินการตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว และช่วยให้องค์กรสามารถตอบข้อซักถามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้กระบวนการทวนสอบประสบความสำเร็จตามข้อกำหนดของ อบก.

2.6.3 ขั้นตอนกระบวนการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ตามข้อกำหนดแนวทางการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอบก. องค์กรจะต้องดำเนินการว่าจ้าง "หน่วยงานทวนสอบ" ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจาก อบก. เท่านั้น โดยกระบวนการทวนสอบมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน ดังนี้

1. **การทบทวนเอกสารและการวางแผนการทวนสอบ** หน่วยงานทวนสอบจะทำการตรวจสอบรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก แฟ้มเอกสารหลักฐาน และไฟล์เครื่องมือคำนวณในเบื้องต้น เพื่อประเมินความพร้อมและจัดทำแผนการทวนสอบ
2. **การตรวจประเมิน ณ สถานที่ปฏิบัติงาน** ผู้ทวนสอบลงพื้นที่หน้างานขององค์กรเพื่อตรวจสอบกระบวนการทำงาน สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน และตรวจสอบหลักฐานข้อมูลกิจกรรม รวมถึงหลักฐานการสอบเทียบเครื่องมือวัด เพื่อยืนยันว่าข้อมูลที่รายงานสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง
3. **การรายงานสิ่งที่พบจากการทวนสอบและการแก้ไขข้อบกพร่อง** หากผู้ทวนสอบพบความไม่สอดคล้องหรือข้อมูลไม่ครบถ้วน จะออกใบแจ้งให้แก้ไขข้อบกพร่อง (Corrective Action Request [CAR]) หรือข้อประเด็นให้ชี้แจง (Clarification Request [CL]) ซึ่งองค์กรต้องดำเนินการแก้ไขและส่งหลักฐานเพิ่มเติมให้ผู้ทวนสอบพิจารณาเพื่อปิดข้อบกพร่อง

การจัดทำรายงานและออกถ้อยแถลงการทวนสอบ เมื่อองค์กรดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ผู้ทวนสอบจะจัดทำรายงานการทวนสอบและออก "ถ้อยแถลงการทวนสอบ" เพื่อยืนยันความถูกต้องของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรอย่างเป็นทางการ

2.6.4 ขั้นตอนการขอขึ้นทะเบียนและขอใช้เครื่องหมายรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

หลักเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กระบวนการขอขึ้นทะเบียนเพื่อรับรองเครื่องหมาย CFO มีขั้นตอน ดังนี้

1. **การยื่นคำขอขึ้นทะเบียน** ผู้ขอการรับรองจะต้องยื่นใบสมัครและเอกสารประกอบการพิจารณาต่อ อบก. ซึ่งเอกสารสำคัญประกอบด้วย รายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรฉบับสมบูรณ์ แบบฟอร์มบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (Verification Sheet) รายงานการทวนสอบ และถ้อยแถลงการณ์ทวนสอบ
2. **การตรวจสอบเอกสารเบื้องต้น** เจ้าหน้าที่ อบก. ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารและหลักฐานต่างๆ ที่องค์กรยื่นขอขึ้นทะเบียน
3. **การพิจารณาโดยคณะอนุกรรมการฯ** อบก. นำเสนอผลการประเมินเข้าสู่วาระการประชุมของ "คณะอนุกรรมการพิจารณาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร" เพื่อพิจารณากลั่นกรองและให้ความเห็นชอบทางวิชาการ
4. **การอนุมัติโดยคณะกรรมการ อบก.** นำเสนอผลที่ผ่านความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ต่อ "คณะกรรมการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก" ซึ่งเป็นคณะกรรมการบริหารสูงสุด เพื่อพิจารณาอนุมัติการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร
5. **การประกาศผลและมอบสิทธิการใช้เครื่องหมาย** อบก. จะทำการประกาศผลการพิจารณาขึ้นทะเบียนองค์กร และมอบประกาศนียบัตรแก่องค์กรที่ได้รับการรับรอง โดยองค์กรจะได้รับสิทธิในการนำ "เครื่องหมายรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร" ไปใช้แสดงในการประชาสัมพันธ์องค์กรและรายงานความยั่งยืน ตามเงื่อนไขและระเบียบที่ อบก. กำหนด

2.7 เทคโนโลยีและมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรหลังจากที่ได้รับการประเมินและชี้จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการจัดการทางวิศวกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยมีหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.7.1 ทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบเครื่องสูบความร้อน

เนื่องจากธุรกิจสปาและการแช่น้ำร้อน มีการใช้งานระบบเครื่องทำความร้อน หรือ ฮีทปั๊ม (Heat Pump) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการทางอุณหพลศาสตร์ในการดึงความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเช่น อากาศรอบตัวถ่ายเทไปสู่น้ำ เพื่อผลิตน้ำร้อนระบบนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ แต่สามารถผลิตความร้อนได้มากกว่าไฟฟ้าที่ใช้ไป 3-4 เท่า ซึ่งประสิทธิภาพนี้เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance [COP])

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของฮีทปั๊มคือ "สภาพแวดล้อมและอุณหภูมิของอากาศรอบเครื่อง" ตามหลักวิศวกรรม หากเครื่องจักรถูกติดตั้งในพื้นที่ที่มีทิศทางการไหลเวียนของอากาศไม่เหมาะสม หรือมีแหล่งความร้อน/ความเย็นอื่นเข้ามารบกวนการทำงานของเซนเซอร์ จะทำให้ระบบระบายอากาศทำงานผิดพลาด เครื่องจักรต้องทำงานหนักขึ้น ใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น และส่งผลให้ค่า COP ลดลงจากมาตรฐาน ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียพลังงานโดยสูญเปล่า และเมื่อพลังงานใช้มากขึ้นจะจะส่งผมให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

2.7.2 ทฤษฎีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ (Solar Rooftop System) เป็นเทคโนโลยีที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงผ่านแผงโซลาร์เซลล์ ไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จะเป็นกระแสตรง (DC) ซึ่งจะต้องวิ่งผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้กลายเป็นกระแสสลับ (AC) ก่อนนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

การนำระบบนี้มาติดตั้งบนหลังคาอาคาร หรือบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์ถือเป็นหลักการนำพลังงานหมุนเวียนมาผลิตและใช้เองภายในพื้นที่ ซึ่งตามแนวทางการประเมินก๊าซเรือนกระจก ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานสะอาดนี้จะเข้าไปทดแทนปริมาณการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหลัก ส่งผลให้ข้อมูล

กิจกรรมของการใช้ไฟฟ้าลดลง และทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ขององค์กรลดลงเช่นกัน

2.7.3 ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียและการเกิดก๊าซเรือนกระจก

การบำบัดน้ำเสียภายในองค์กรเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3 ที่สำคัญ ปริมาณและชนิดของก๊าซที่ปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับ "สภาวะของออกซิเจน" ในระบบบำบัด ซึ่งมีความรุนแรงแตกต่างกันโดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ดังนี้

1. **การบำบัดแบบไร้อากาศ** คือการปล่อยให้จุลินทรีย์ย่อยสลายของเสียในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เช่น ในบ่อเกรอะแบบปิดทึบ กระบวนการย่อยสลายรูปแบบนี้จะก่อให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนสูงมาก
2. **การบำบัดแบบเติมอากาศ** คือ การปั๊มเติมออกซิเจนลงไปในบ่อบำบัดน้ำเสีย จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยเปลี่ยนของเสียให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O)

การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดน้ำเสียภายในองค์กร จึงไม่ได้มุ่งเน้นที่การจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการเพื่อลดปริมาณน้ำเสียในระบบ เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อเป้าหมายการดำเนินธุรกิจ แต่จะมุ่งเน้นไปที่การยกระดับเทคโนโลยี โดยเปลี่ยนระบบการบำบัดให้มีออกซิเจนเพียงพอเพื่อตัดวงจรการเกิดก๊าซมีเทน ซึ่งตามมาตรฐานการประเมิน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพจากระบบเติมอากาศ จะไม่ถูกนำมารวมในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ มาตรการนี้จึงช่วยให้ธุรกิจสามารถเติบโตและรองรับผู้ใช้บริการได้มากขึ้น ควบคู่ไปกับการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้อย่างยั่งยืน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิวพร จำปา ได้ศึกษา การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็ก ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมและเปรียบเทียบข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรระหว่างปี พ.ศ. 2560 ซึ่งกำหนดให้เป็นปีฐานเนื่องจากมีการเก็บข้อมูลที่ครบถ้วนและสมบูรณ์ และปี พ.ศ. 2565 เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและเพื่อเสนอแนะแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2565 สามารถลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 20,514 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 21.75 ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดการพลังงาน โครงการอนุรักษ์พลังงาน การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา การใช้หลอดไฟ LED และการฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงาน รวมถึงได้เสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมแก่โรงงาน

รุ่งนภา จิรวัฒน์สมพร ได้ศึกษา การประเมินปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตวัคซีน เพื่อพัฒนามาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของโรงงาน ผลจากการศึกษาพบว่า โรงงานมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2566 อยู่ที่ร้อยละ 7.19 จากกิจกรรมการคัดแยกของเสีย, การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์, การปิด Air Handing Unit, และการเปลี่ยนหลอด LED รวมเท่ากับ 500,137.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และได้เสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมแก่โรงงาน

ภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์ ได้ศึกษา การประเมินศักยภาพในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเพื่อนำผลการวิจัย มาพัฒนา และปรับปรุงงานประจำให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินงานของมหาวิทยาลัย หน่วยสิ่งแวดล้อมโดยดำเนินการ วิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก กิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก และการดูดกลับก๊าซ เรือนกระจกจากต้นไม้เพื่อประเมินศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตหรือลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลจากการศึกษาพบว่า การประเมินศักยภาพในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยผลการวิจัยที่ได้จะ

นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผน บริหารจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับศูนย์ต่อไป

นวพร เหลืองยวง ได้ศึกษา การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ในกรณีของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มซึ่งมีผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท คือ เบียร์ โซดา และน้ำดื่ม โดยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในโรงงานตั้งแต่ เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2563 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม เท่ากับ 221,380 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 15,877, 20,629 และ 184,874 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ กิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ และได้เสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมแก่โรงงาน

ชนาธิป ทองเผ้า ได้ศึกษา แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาสมุนไพรมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรโดยวิเคราะห์ถึงแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกจะแบ่งประเภทของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพิจารณาจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กรออกเป็น 3 ขอบเขต พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 31, 39.87 และ 48.51 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ และพบว่ามี 8 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก จึงได้กำหนดมาตรการ 4 ข้อแก่สถานประกอบการ รวมถึงเตรียมความพร้อมให้ผู้ประกอบการจัดทำรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร สำหรับไว้ใช้ทวนสอบกับกรรมการผู้ทวนสอบที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

Harnpon Phungrassami studied the organizational carbon footprint using Thammasat University as a case study. The study collected data on resource consumption and greenhouse gas (GHG) emissions in 2010 to establish a database and plan future GHG reduction strategies. The results revealed that the total GHG

emissions of the university amounted to 34,355 tons of CO_2 equivalent per year (tCO_2e/year). The GHG emissions from Scope 1, 2, and 3 were 1,693, 31,271, and 1,391 tCO_2e /year, respectively. The activity contributing most significantly to Scope 2 emissions was electricity consumption. Additionally, the average GHG emission per student was evaluated at 1.62 tCO_2e /year.

Nattapon Leeabai conducted an integrated assessment of rooftop photovoltaic (PV) systems and organizational carbon footprints at an educational facility in Thailand. The study evaluated GHG emissions and utilized simulation software to assess the installation of a solar PV system on the building's roof. The findings indicated that the building's total GHG emissions were 1,841.04 tCO_2e/year, with Scope 2 (electricity) accounting for 442.00 tCO_2e/year. A simulation of a 207 kWp rooftop PV system demonstrated an energy generation potential of 292,000 kWh/year, which could reduce Scope 2 emissions by 151.84 tCO_2e/year, or 34.4%. Furthermore, the economic evaluation showed that the project is highly viable with a payback period of 7.4 years.

Phuanglek Iamchamnan assessed the organizational carbon footprint in a frozen processed seafood factory and developed strategies for GHG emission reduction. The study utilized organizational activity data from 2024 for evaluation and mitigation planning. The results showed that the total GHG emissions of the factory were 59,652 tCO_2e/year, with Scope 1, 2, and 3 emissions amounting to 12,685, 15,403, and 31,564 tCO_2e/year, respectively. The primary sources of emissions included refrigerant leakage, electricity consumption, and raw material procurement. The researcher proposed further GHG mitigation strategies for the factory, such as

implementing preventive maintenance for cooling systems to minimize leaks, installing energy-saving devices like variable speed drives (VSD), and sourcing raw materials from producers with certified carbon footprint labels.

Suwimon Buaprom investigated approaches to developing GHG emission factors (EF) for organizational carbon footprints in the waste management sector. The methodology involved reviewing research documents and analyzing secondary data to examine factors contributing to EF uncertainty. The study found that waste types and categories, geographical characteristics, supply chain complexity, and relevant policies and regulations significantly influence the accuracy of carbon footprint calculations. The researcher recommended that the approach to developing and selecting emission factors should prioritize a comprehensive understanding of the entire supply chain to enhance reliability and accuracy throughout the waste management assessment process.

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของสถานประกอบการในอุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยวแห่งหนึ่งในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการและข้อกำหนดตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) มาใช้เป็นกรอบในการดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ผลของการประเมินมีความถูกต้อง โดยในบทนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของวิธีการดำเนินงานออก ดังต่อไปนี้

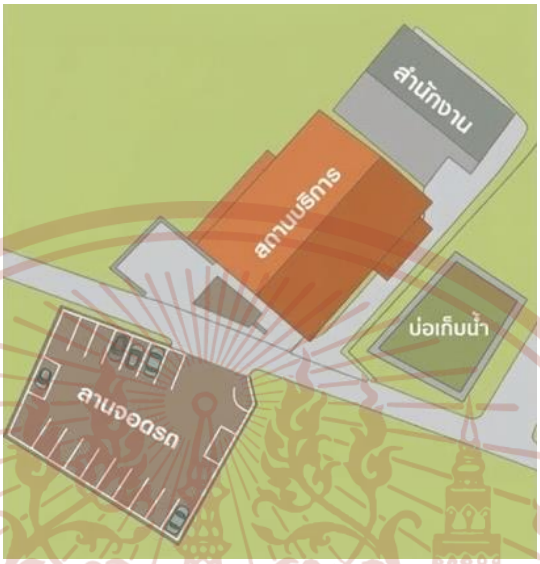
3.1 ศึกษาพื้นที่ศึกษาและข้อมูลกรณีศึกษา
3.2 การกำหนดขอบเขตการประเมิน
3.3 การพิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3.4 กำหนดเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมขององค์กร
3.5 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3.6 กำหนดสมการการคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล
3.7 การเตรียมความพร้อมเพื่อรับการทวนสอบ

3.1 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลกรณีศึกษา

สถานประกอบการในกรณีศึกษาครั้งนี้คือ สถานประกอบการที่มีผลิตภัณฑ์หลักคือการให้บริการสปา นวดและการแช่บ่อน้ำแร่ร้อนธรรมชาติ ตั้งอยู่ที่จังหวัดระนอง โดยผู้วิจัยได้ลงพื้นที่หน้างานของสถานประกอบการเพื่อสำรวจเบื้องต้นเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังนี้

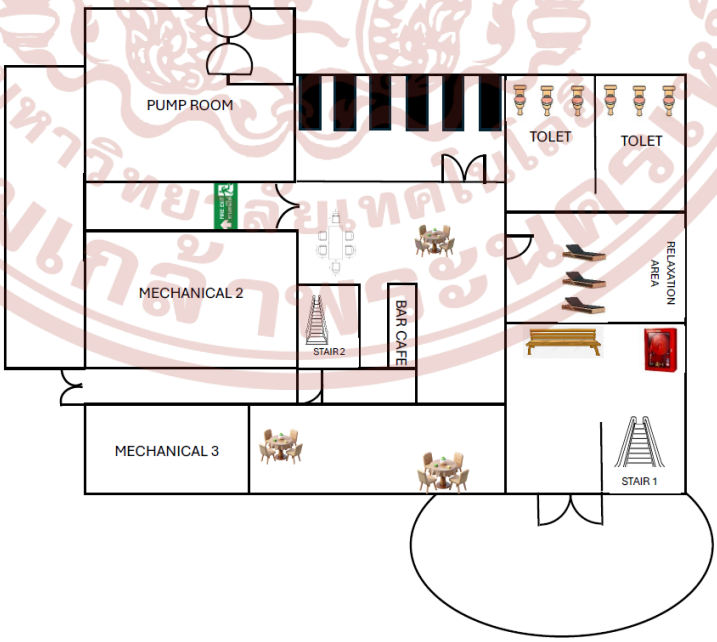
3.1.1 ข้อมูลกายภาพ: สถานประกอบการมีพื้นที่ 4 ส่วน แสดงดังรูปที่ 3-1 ซึ่งอาคารในสถานประกอบการประกอบด้วย

รูปที่ 3-1 แผนผังสถานประกอบการในกรณีศึกษา

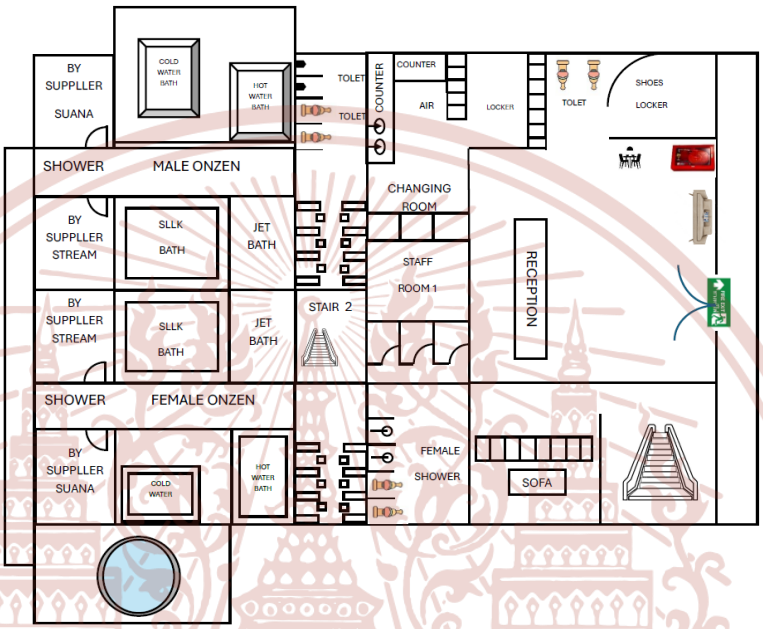


1. **อาคารสปา** จำนวน 3 ชั้น มีบ่อน้ำแร่ 5 บ่อ มีห้องสปาทั้งหมด 10 ห้อง ห้องพักผ่อน 2 ห้อง ห้องน้ำ 6 ห้อง โถงกลาง และคาเฟ่ แสดงดังรูปที่ 3-2 ถึง 3-4

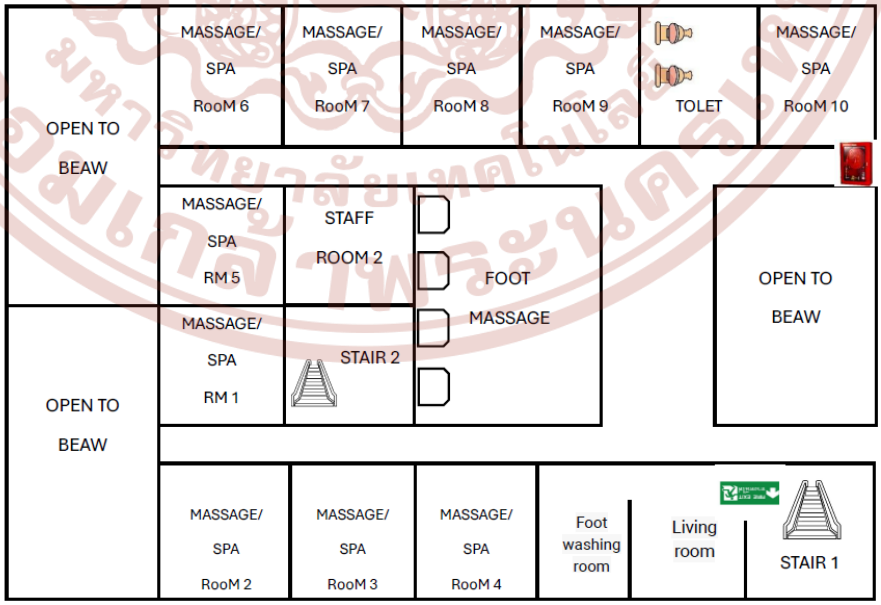
รูปที่ 3-2 แผนผังอาคารสปา ชั้น 1



รูปที่ 3-3 แผนผังอาคารสปา ชั้น 2

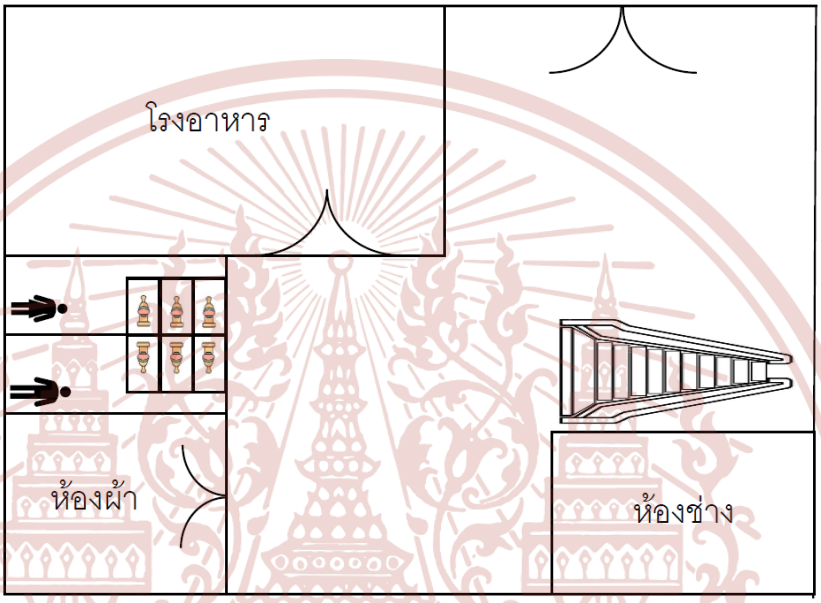


รูปที่ 3-4 แผนผังอาคารสปา ชั้น 3

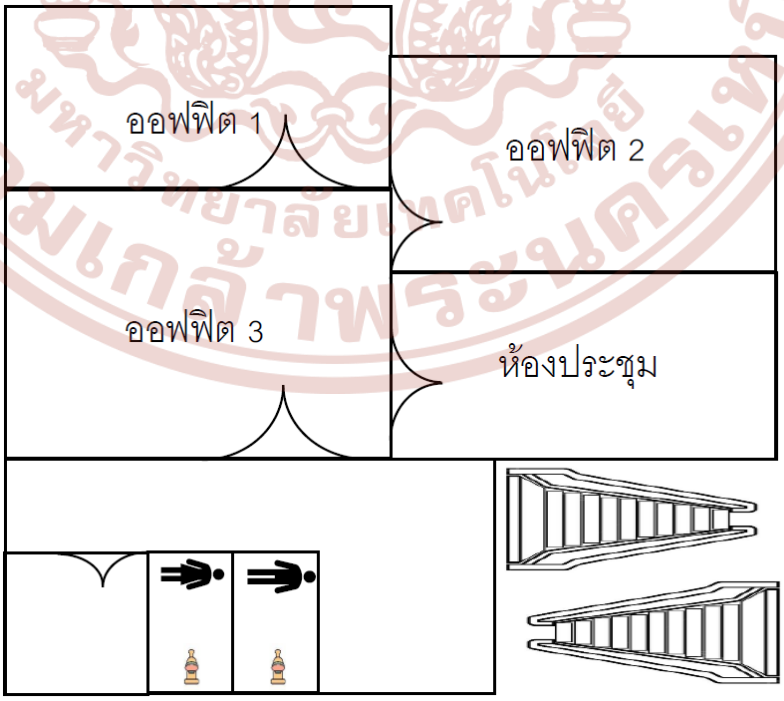


2. **อาคารสำนักงาน** 3 ชั้น มีสำนักงาน 4 ห้อง ห้องเก็บของ 2 ห้อง ห้องน้ำ 6 ห้อง โรงอาหาร ห้องผ้า และ ห้องช่าง แสดงดังรูปที่ 3-5 ถึง 3-7

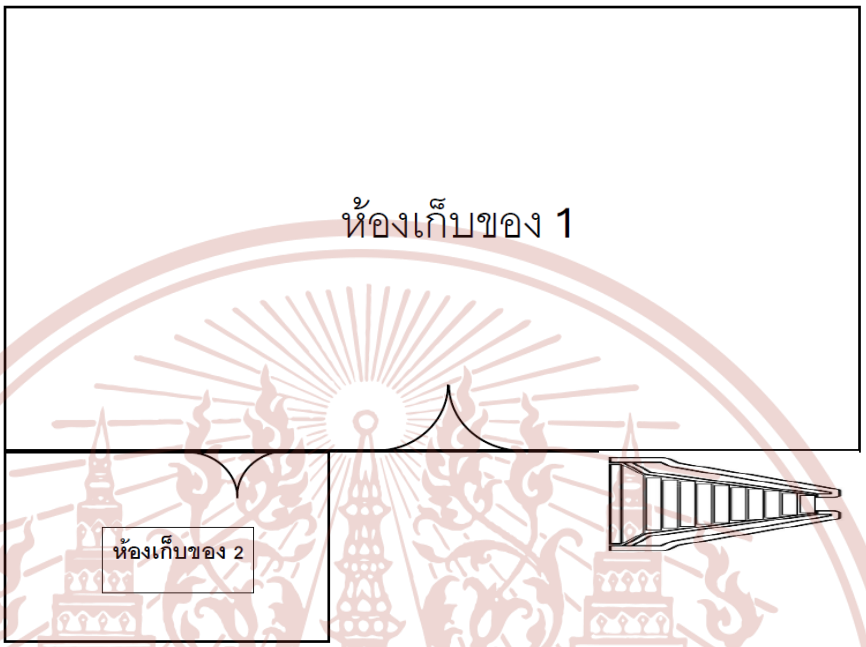
รูปที่ 3-5 แผนผังอาคารสำนักงาน ชั้น 1



รูปที่ 3-6 แผนผังอาคารสำนักงาน ชั้น 2



รูปที่ 3-7 แผนผังอาคารสำนักงาน ชั้น 3



3. **ลานจอดรถ** แสดงดังรูปที่ 3-8

รูปที่ 3-8 ที่จอดรถผู้มาใช้บริการภายนอกตัวอาคาร



4. **บ่อเก็บน้ำภายนอกอาคาร** แสดงดังรูปที่ 3-9

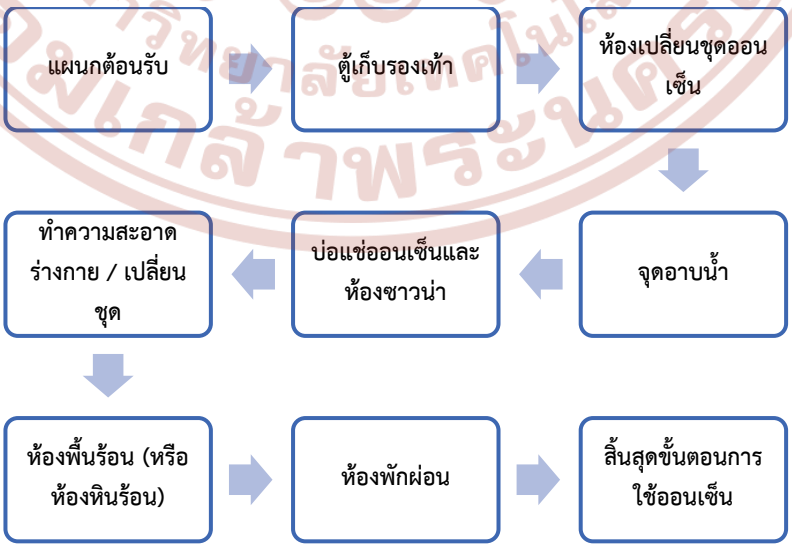
รูปที่ 3-9 บ่อเก็บน้ำแร่ร้อนภายนอกตัวอาคาร



3.1.2 **ข้อมูลการดำเนินงานของสถานประกอบการ:** สถานประกอบการเปิดให้บริการทุกวัน ตั้งแต่เวลา 09.00 – 22.00 น. มีพนักงานจำนวน 34 คน และมีผู้ใช้บริการเฉลี่ย 2,100 คนต่อเดือน ซึ่งสถานประกอบการได้แบ่งการรับบริการของผู้ใช้บริการออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

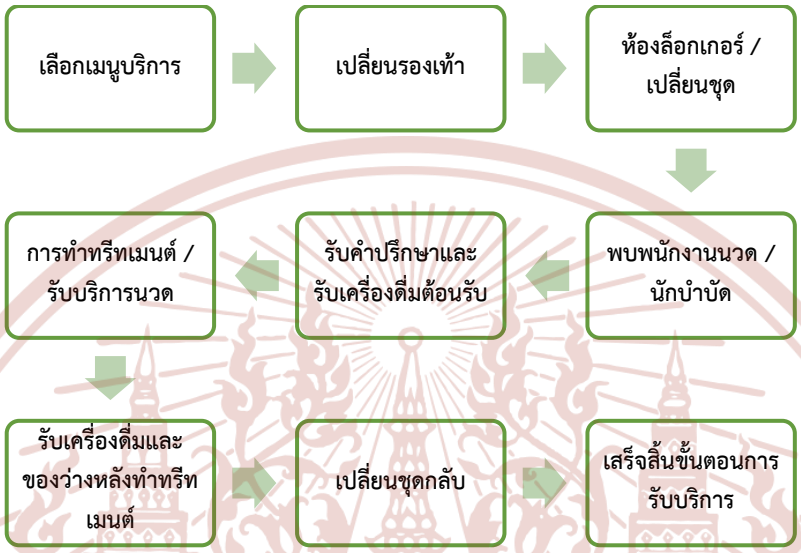
1. **การให้บริการแช่น้ำแร่ร้อนของสถานบริการ** กระบวนการแสดงดังรูปที่ 3-10

รูปที่ 3-10 กระบวนการใช้บริการแช่น้ำร้อนของผู้ใช้บริการ



2. **การให้บริการสปาของสถานบริการ** กระบวนการแสดงดังรูปที่ 3-11

รูปที่ 3-11 กระบวนการใช้บริการสปาของผู้ใช้บริการ



3.2 การกำหนดขอบเขตการประเมิน

ผู้วิจัยอ้างอิงกำหนดขอบเขตตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

3.2.1 ขอบเขตองค์กร

ในการศึกษาสถานประกอบการ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ “แนวทางการควบคุมการดำเนินงาน” (Operational Control Approach) ซึ่งเป็นแนวทางภายใต้หลักการควบคุม (Control Approach) จากการพิจารณาว่า องค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินการขององค์กรในการดำเนินงานและกิจกรรมต่างๆในสถานประกอบการ เพื่อรวบรวมข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและจัดทำมาตรการลดผลกระทบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตในแนวทางนี้ มีกิจกรรมที่องค์กรพิจารณา “ไม่นับรวม” ในการรายงาน เนื่องจากอยู่นอกเหนือการควบคุม หรือไม่มีการจัดเก็บข้อมูลกิจกรรม ดังนี้โดยขอบเขตการดำเนินงานที่เพิ่มเข้ามาหรือไม่นับรวม มีรายละเอียดดังนี้

1. กิจกรรมการเดินทางของบุคลากรที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของสถานประกอบการ ได้แก่ ผู้มาติดต่อ และการใช้น้ำมันในกิจกรรมซ้อมดับเพลิง เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องได้จึงไม่นับรวมในการรายงานนี้

2. แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้รายงานในขอบเขตองค์กรในการคำนวณครั้งนี้ประกอบด้วย

CATEGORY 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุน เนื่องจากองค์กรไม่มีการเก็บข้อมูลกิจกรรมนี้

CATEGORY 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (BUSINESS TRAVEL) เนื่องจากไม่มีนัยสำคัญ

CATEGORY 7 การเดินทางมาปฏิบัติงานของพนักงาน (EMPLOYEE COMMUTING) เนื่องจากไม่มีนัยสำคัญ

CATEGORY 8 การใช้สินทรัพย์ที่เช่า (UPSTREAM LEASED ASSETS) เนื่องจากองค์กรไม่มีการเก็บข้อมูลกิจกรรมนี้

CATEGORY 9 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการขนส่ง และกระจายสินค้า (DOWNSTREAM TRANSPORTATION AND DISTRIBUTION) เนื่องจากองค์กรไม่มีกิจกรรมนี้

CATEGORY 10 การแปรรูปสินค้าที่องค์กรจำหน่าย (เช่น ผลิตภัณฑ์ของบริษัท มีการนำไปใช้เป็น วัตถุดิบของผู้อื่น) (PROCESSING OF SOLD PRODUCTS) เนื่องจากองค์กรไม่มีกิจกรรมนี้

CATEGORY 11 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่องค์กรจำหน่าย เนื่องจากองค์กรไม่มีกิจกรรมนี้

CATEGORY 12 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากากรกำจัดซากผลิตภัณฑ์ที่องค์กรจำหน่ายจำหน่าย เนื่องจากองค์กรไม่มีการเก็บข้อมูลกิจกรรมนี้

CATEGORY 13 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการปล่อยเช่าสินทรัพย์ขององค์กร (DOWNSTREAM LEASED ASSETS) เนื่องจากองค์กรไม่มีกิจกรรมนี้

CATEGORY 14 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากแฟรนไชส์ (FREANCHISE) เนื่องจากองค์กรไม่มีกิจกรรมนี้

CATEGORY 15 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการลงทุน (INVESTMENT) เนื่องจากองค์กรไม่มีกิจกรรมนี้

3.2.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

ผู้วิจัยทำการระบุกิจกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละส่วน โดยจำแนกออกเป็น 3 Scope ตามแนวทางการประเมินของ องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

1. Scope 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง
2. Scope 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน
3. Scope 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

3.2.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

เนื่องจากเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรครั้งแรกของสถานประกอบการ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2568 ในการเก็บข้อมูลและเป็นปีฐาน

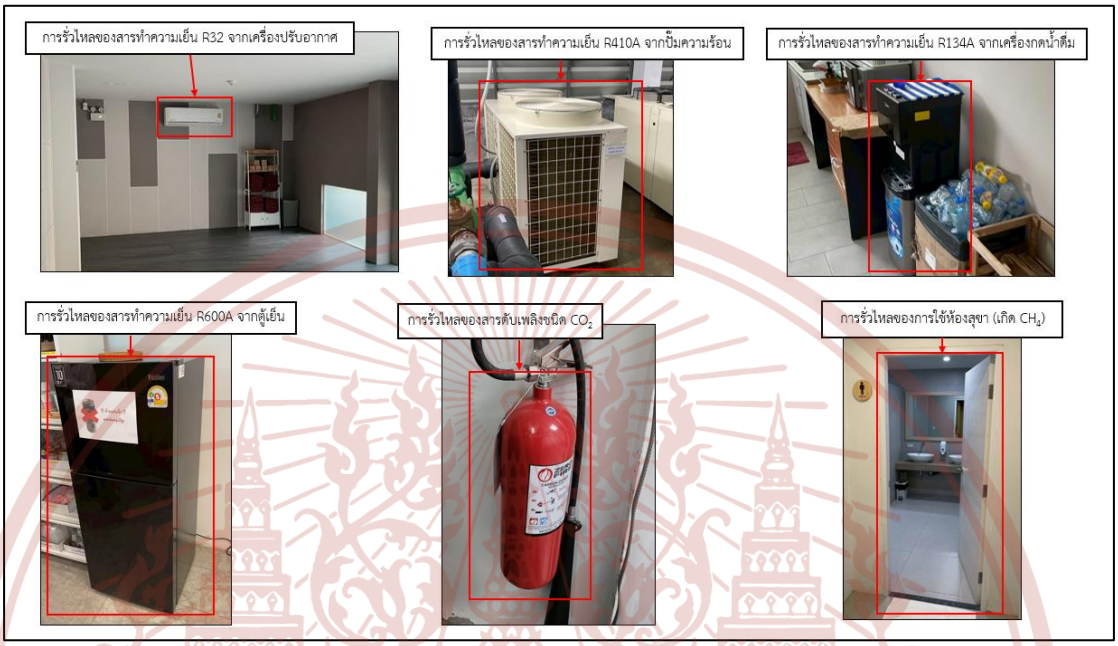
3.3 การพิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการสำรวจพื้นที่และการดำเนินงานของสถานประกอบการ ผู้วิจัยได้จำแนกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ดังนี้

3.3.1 การระบุกิจกรรมที่เป็นแหล่งการปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 (Scope 1)

ในพื้นที่ของสถานประกอบการจะมีกิจกรรมการที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวกับการรั่วไหลได้แก่ (1) สารทำความเย็น R32 ของเครื่องปรับอากาศ (2) สารทำความเย็น R410A ของปั๊มความร้อน (3) สารทำความเย็น R134A ของเครื่องกดน้ำดื่ม (4) สารทำความเย็น R600A ของตู้เย็น (5) สารดับเพลิงชนิด CO_2 (6) การรั่วไหลของการใช้ห้องสุขา (เกิด CH_4) (7) การรั่วไหลจากการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถพบได้ในแต่ละส่วนของอาคารต่างๆ ได้แก่ (1) อาคารสปา ชั้น 1 (2) อาคารสปา ชั้น 2 (3) อาคารสปา ชั้น 3 (4) อาคารสำนักงาน ชั้น 1 (5) อาคารสำนักงาน ชั้น 2 และ (6) อาคารสำนักงาน ชั้น 3 แสดงดังรูปที่ 3-12

รูปที่ 3-12 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 (เกี่ยวกับการรั่วไหล)



ขณะที่กิจกรรมที่เป็นแหล่งการปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 (Scope 1) ที่เกี่ยวกับการเผาไหม้ในสถานประกอบการคือ การเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) จะเป็นกิจกรรมในการใช้แก๊ซ LPG ประกอบอาหารที่สามารถพบได้ที่อาคารสปา ชั้น 1 และ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินจากเครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยงบริเวณที่จอดรถผู้ใช้บริการภายนอกอาคาร ดังรูปที่ 3-13

รูปที่ 3-13 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 (การเผาไหม้อยู่กับที่)



นอกจากนี้ ส่วนการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) สามารถพบได้จากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในรถยนต์ทะเบียน บฉ 9773 รถยนต์ทะเบียน 4 ฒค 1628 และรถแมคโคร ดังรูปที่ 3-14

รูปที่ 3-14 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 (การเผาไหม้อยู่เคลื่อนที่)



โดยสำหรับกิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 1 ทั้งหมดมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1

Facility	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Source) เช่น ระบุอุปกรณ์หลัก/ เครื่องจักร /กระบวนการ/กิจกรรม	ที่ตั้ง/ ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (Capacity)/ ลักษณะเฉพาะ (Specification)	ใช้ภายใน	จำหน่ายภายนอก
สำนักงาน	**1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)**				
	เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจากเครื่องตัดหญ้า	ห้องช่าง	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
	เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจากเครื่องปั๊มน้ำ	ห้องช่าง	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
	น้ำมันเครื่อง 2Tจากเครื่องปั๊มน้ำ	ห้องช่าง	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
	การใช้ก๊าซหุงต้ม	คาเฟ่	จำนวน 4 เครื่อง	✓	
สำนักงาน	**1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion: On road)**				
	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-ทะเบียน บฉ 9773	ลานจอดรถ	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-ทะเบียน 4ฒค 1628	ลานจอดรถ	จำนวน 1 เครื่อง	✓	

Facility	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Source) เช่น ระบุอุปกรณ์หลัก/ เครื่องจักร /กระบวนการ/กิจกรรม	ที่ตั้ง/ ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (Capacity)/ ลักษณะเฉพาะ (Specification)	ใช้ ภายใน	จำหน่าย ภายนอก
	1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion: OFF road)				
	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-รถแมคโครใหญ่	ลานจอดรถ	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-รถแมคโครเล็ก	ลานจอดรถ	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-ดีเซลพรีเมียม-รถแมคโครเล็ก	ลานจอดรถ	จำนวน 1 เครื่อง	✓	
สถานบริการสปา-นวดและสำนักงาน	**1.4 การรั่วซึม/รั่วไหลของ CH_4 จากระบบ Septic tank**				
	การใช้ห้องสุขา (เกิด CH_4)	- สถานบริการสปาและนวด	จำนวน 6 ห้อง	✓	
		- สำนักงาน	จำนวน 6 ห้อง	✓	
สถานบริการสปา-นวดและสำนักงาน	**1.5 การรั่วซึม/รั่วไหลของสารดับเพลิง**				
	การรั่วไหลของสารดับเพลิง-(CO_2)	- สถานบริการสปาและนวด	จำนวน 6 ถัง	✓	
		- สำนักงาน	จำนวน 4 ถัง	✓	
สถานบริการสปา-นวด	**1.6 การรั่วซึม/รั่วไหลของ CH_4 จากระบบบำบัดน้ำเสีย**				
	การรั่วไหลของมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย (บริการออนเซ็น)	- สถานบริการสปาและนวด		✓	

3.3.2 การระบุกิจกรรมที่เป็นแหล่งการปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 (Scope 2)

ในพื้นที่ของสถานประกอบการจะมีกิจกรรมการที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ (1) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ (2) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากตู้เย็น (3) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟส่องสว่าง (4) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากปั๊มความร้อน (5) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากปั๊มแรงดันน้ำ (6) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ (7) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องพิมพ์เอกสาร (8) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากโทรทัศน์ (9) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากกล้องวงจรปิด (10) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกดน้ำ (11) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากตู้ซัก-อบ (12) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเตารีด (13) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากไดร์เป่าผม (14) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องตีฟองอากาศอ่างน้ำ (15) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากพัดลมดูดอากาศ (16) การใช้พลังงานไฟฟ้าไมโครเวฟ (17) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้มาใช้บริการ ซึ่งสามารถพบได้ในแต่ละส่วนของอาคารต่างๆ ได้แก่ (1) อาคารสปา ชั้น 1 (2) อาคารสปา ชั้น 2 (3) อาคารสปา ชั้น 3 (4) อาคารสำนักงาน ชั้น 1 (5) อาคารสำนักงาน ชั้น 2 และ (6) อาคารสำนักงาน ชั้น 3 แสดงดังรูปที่ 3-15 และตารางที่

รูปที่ 3-15 กิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 2 (เกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า)



โดยสำหรับกิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 2 ทั้งหมดมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2

Facility	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Source) เช่น ระบุอุปกรณ์หลัก/ เครื่องจักร /กระบวนการ/กิจกรรม	ที่ตั้ง/ ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (Capacity)/ ลักษณะเฉพาะ (Specification)	ใช้ ภายใน	จำหน่าย ภายนอก
- สถานบริการสปา-นวดและสำนักงาน	การใช้ไฟฟ้า	องค์กรโดยรวม	ระบบไฟฟ้าแบบ Grid mix	✓	

3.3.3 การระบุกิจกรรมที่เป็นแหล่งการปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 (Scope 3)

ในพื้นที่ของสถานประกอบการจะมีกิจกรรมการที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ได้แก่

- หมวดหมู่ที่ 1 (1) การใช้น้ำแร่ (2) การใช้กระดาษ (3) การใช้น้ำยาซักผ้า (4) การใช้ครีมอาบน้ำ (5) การใช้กระดาษชำระ (4) การใช้ HCl 35% (5) การใช้ NaOCl) 10% (6) การใช้สารเคมีในการปรับสภาพน้ำ

- หมวดหมู่ที่ 3 (1) ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง (2) การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล (3) การได้มาซึ่งน้ำมันเบนซิน (4) การได้มาซึ่งก๊าซหุงต้ม

- หมวดหมู่ที่ 4 (1) การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ บรรทุก 0 เปอร์เซ็นต์ (2) การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ บรรทุก 50 เปอร์เซ็นต์

- หมวดหมู่ที่ 5 การจัดการขยะมูลฝอย

โดยสำหรับกิจกรรมที่เป็นแหล่งเกิดก๊าซเรือนกระจก Scope 3 ทั้งหมดมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3

Facility	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Source) เช่น ระบุอุปกรณ์หลัก/ เครื่องจักร /กระบวนการ/กิจกรรม	ที่ตั้ง/ ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (Capacity)/ ลักษณะเฉพาะ (Specification)	ใช้ ภายใน	จำหน่าย ภายนอก
สถานบริการสปา-นวดและสำนักงาน	Cat 1 การใช้น้ำแร่เวลล์เล่ 330มล. กระป๋อง 24/1 แพ็ค	ชั้น 2 แผนกต้อนรับ	ใช้เพื่อรับรองแขกผู้เข้ามาใช้บริการ	✓	
		ชั้น 2 สำนักงาน	ใช้เพื่อรับรองผู้เข้ามาติดต่อบุคลากรในองค์กร	✓	
สถานบริการสปา-นวดและสำนักงาน	Cat 1 กระดาษ A4 ไทเกอร์	ชั้น 2 แผนกต้อนรับ	จัดทำเอกสารทางบัญชี	✓	
		ชั้น 2 สำนักงาน	จัดทำเอกสารทางบัญชี	✓	
สำนักงาน	Cat 1 น้ำยาซักผ้า	ห้องซักผ้า	ทำความสะอาดผ้าบางส่วนสำหรับรองรับผู้รับบริการ	✓	
สถานบริการสปา-นวด	Cat 1 ลาวีด้า แชมพู 3200 มล. น้ำนมข้าว	ชั้น 2-3 ห้องนวด	กิจกรรมให้บริการกับแขกผู้เข้ามาใช้บริการ	✓	
สถานบริการสปา-นวด	Cat 1 ครีมอาบน้ำ แกลลอนขาว	ชั้น 2-3 ห้องนวด	กิจกรรมให้บริการกับแขกผู้เข้ามาใช้บริการ	✓	

Facility	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Source) เช่น ระบุอุปกรณ์หลัก/ เครื่องจักร /กระบวนการ/กิจกรรม	ที่ตั้ง/ ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (Capacity)/ ลักษณะเฉพาะ (Specification)	ใช้ ภายใน	จำหน่าย ภายนอก
สถาน บริการ สปา-นวด และ สำนักงาน	Cat 1 กระดาษชำระแบบแผ่น (ดีลักซ์ คอมฟอร์ท ทิชชู่ห่อสีเหลืองในห้องน้ำ Office)	ห้องน้ำ	จำนวน 12 ห้อง	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด และ สำนักงาน	Cat 1 ทิชชู่ม้วนกลมใหญ่	ห้องน้ำ	จำนวน 12 ห้อง	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด	Cat 1 ครีมขัดผิว ทองคำ 1000 g	ชั้น 2-3 ห้อง นวด	กิจกรรม ให้บริการกับ แขกผู้เข้ามา ใช้บริการ	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด	Cat 1 เกลือสปา ขัดผิว	ชั้น 2-3 ห้อง นวด	กิจกรรม ให้บริการกับ แขกผู้เข้ามา ใช้บริการ	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด	Cat 1 น้ำนมข้าว	ชั้น 2-3 ห้อง นวด	กิจกรรม ให้บริการกับ แขกผู้เข้ามา ใช้บริการ	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด	Cat 1 โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) 10%v/v	ชั้น 1 อาคารสปา-นวด	ปรับสภาพน้ำแร่	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด	Cat 1 HCl 35%v/v	ชั้น 1 อาคารสปา-นวด	ปรับสภาพน้ำแร่	✓	

Facility	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Source) เช่น ระบุอุปกรณ์หลัก/ เครื่องจักร /กระบวนการ/กิจกรรม	ที่ตั้ง/ ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (Capacity)/ ลักษณะเฉพาะ (Specification)	ใช้ ภายใน	จำหน่าย ภายนอก
สถาน บริการ สปา-นวด และ สำนักงาน	Cat 3 ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	โ ด ย ร อ บ องค์กร	ระบบไฟฟ้าแบบ Grid mix	✓	
สำนักงาน	Cat 3 การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล (บฉ9773+4ฒค1628+แมคโครใหญ่+ แมคโครเล็ก)	ลานจอดรถ	จำนวน 2 คัน	✓	
สำนักงาน	Cat 3 การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล (รถแมคโคใหญ่+รถแมคโคเล็ก)	ลานจอดรถ	จำนวน 2 คัน	✓	
สำนักงาน	Cat 3 การได้มาซึ่งน้ำมันเบนซิน (เครื่องตัดหญ้าและปั๊มน้ำ)	ห้องช่าง	จำนวน 2 เครื่อง	✓	
สถาน บริการ สปา-นวด	Cat 3 การได้มาซึ่งก๊าซหุงต้ม	คาเฟ่	จำนวน 4 เครื่อง	✓	
สำนักงาน	Cat 4 การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% Loading	ผู้รับจ้างจาก ภายนอก	รับผ้าขนส่งเพื่อ ไปทำความ สะอาด	✓	
สำนักงาน	Cat 4 การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	ผู้รับจ้างจาก ภายนอก	รับผ้าขนส่งเพื่อ ไปทำความ สะอาด	✓	
สำนักงาน	Cat 5 การจัดการขยะมูลฝอย	ผู้รับจ้างจาก ภายนอก	การจัดการขยะที่ เกิดขึ้นภายใน องค์กร	✓	

โดยเมื่อระบุแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทได้แก่ ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3 รายละเอียดแสดงดังตารางกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการ

Facility	กิจกรรมขององค์กรในแต่ละ Facility		
	Scope 1	Scope 2	Scope 3
สถานบริการสปาและนวดเพื่อสุขภาพ (สปา-นวด) และสำนักงาน	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)	การใช้ไฟฟ้า	Cat.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการได้มาของวัตถุดิบ
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่ที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile Combustion)		Cat.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจาก กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel- and energy related activities)
	การรั่วซึม/รั่วไหลของ CH_4 จากระบบ Septic tank		Cat 4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจาก (Upstream transportation and distribution)
	การรั่วซึม/รั่วไหลของสารดับเพลิง		Cat 5 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน (Waste generated in operations)
	การรั่วซึม/รั่วไหลของ CH_4 จากระบบบำบัดน้ำเสีย		

3.4 เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมขององค์กร

ผู้วิจัยได้ใช้รายการข้อมูลกิจกรรม ที่ออกแบบไว้เป็นเครื่องมือหลักสำหรับเก็บข้อมูลและติดตามผล โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูล 2 ส่วนควบคู่กับดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ เช่น สมุดบันทึก ใบแจ้งหนี้ ใบเบิก-จ่ายของ ใบส่งของ เป็นต้น
2. ข้อมูลทุติยภูมิ เช่น การสำรวจ การใช้การคำนวณทางสถิติ เป็นต้น

โดยผู้วิจัยได้ทำการแบ่งรายการจัดเก็บข้อมูลกิจกรรมแบ่งตามประเภทของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ ดังตารางที่ 3-2 ถึง 3-4

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 (Scope 1)

ตารางที่ 3-5 กิจกรรมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 (Scope 1)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
1.เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจากเครื่องตัดหญ้า	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
2.เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจากเครื่องปั๊มน้ำ	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
3.น้ำมันเครื่อง 2T จากเครื่องปั๊มน้ำ	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
4.การใช้ก๊าซหุงต้ม	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยกิโลกรัม	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
5.เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-ทะเบียน บฉ9773	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
6.เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-ทะเบียน 4ฒค1628	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
7.เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-แมคโครใหญ่	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
8.เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-แมคโครเล็ก	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
9.เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-	ปริมาณน้ำมันที่ซื้อ	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
ดีเซลพรีเมียม-แมคโครเล็ก	ในหน่วยลิตร						
10.การใช้ห้องสุขา (เกิด CH_4)	จำนวนแขกผู้รับบริการ พนักงานที่เข้ามาปฏิบัติงาน	สถานบริการสปา-นวดและสำนักงาน			✓	บันทึกแขกผู้รับบริการและบันทึกการมาของพนักงาน	IPCC 2006 Vol.5 Chapter 6 table 6.2
11. การรั่วไหลของสารดับเพลิง-(CO_2)	ปริมาณการเติมสารดับเพลิงในหน่วย kg	ทั้งองค์กร		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
12. การรั่วไหลของมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย (บริการออนเซ็น)	ปริมาณน้ำแร่ที่สูบเข้ามาในหน่วยลิตร	สถานบริการสปา-นวด			✓	บันทึกแขกผู้รับบริการและบันทึกการมาของพนักงาน	IPCC 2006 Vol.5 Chapter 6 table 6.2

3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 (Scope 2)

ตารางที่ 3-6 กิจกรรมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 (Scope 2)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
1. การใช้ไฟฟ้า (ส่วนภูมิภาค)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในหน่วย kWh	ทั้งองค์กร		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026

3.4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 (Scope 3)

ตารางที่ 3-7 กิจกรรมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 (Scope 3)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
1. Cat 1 น้ำแร่เวลล์เล่ 330	ปริมาณการใช้น้ำแร่เวลล์เล่ 330มล.	ทั้งองค์กร		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY24-230-02-2275-น้ำแร่ธรรมชาติ 100% บรรจุขวด PET

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
มล. กระป๋อง 24/1 แพ็ค	กระป๋อง 24/1 แพ็ค ในหน่วย l						ขนาด 330 มิลลิลิตร-88.5 gCO_2/330 ml
2. Cat 1 กระดาษ A4 ไทเกอร์	ปริมาณการใช้ในกระดาษ A4 หน่วย kg	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
3. Cat 1 น้ำยาซักผ้า ขนาด 550 มิลลิลิตร	ปริมาณการใช้น้ำยาซักผ้า ขนาด 550 มิลลิลิตรในหน่วย l	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY25-357-2462-ผงซักฟอกขนาด 2,700 กรัม 0.396 kgCO_2/2700 g
4. Cat 1 ลาวีด้า แชมพู 3200 มล. น้ำนมข้าว แกลลอนขาว	ปริมาณการใช้ลาวีด้า แชมพู 3200 มล. น้ำนมข้าว แกลลอนขาว ในหน่วย l	สปา-นวด		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY19-039-194-ชีวาร์แชมพูสมุนไพรใบหมี่-อัญชัน-ขิง ขนาด 300 กรัม-1.78 kgCO_2/300 g
5. Cat 1 ครีมอาบน้ำ แกลลอนขาว	ปริมาณการใช้ครีมอาบน้ำในหน่วย l	สปา-นวด		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY23-158-1211-ครีมอาบน้ำโชกุบุสซึ โมโนกาตาริ ไชนิส มิลล์ เวทซ์ ชนิดขวด ขนาด 500 ml-26.9 gCO_2/ขวด

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
6. Cat 1 ดีลักซ์ คอมฟอร์ท ทิชชู่ห่อสีเหลืองในห้องน้ำ Office	ปริมาณการใช้ดีลักซ์ คอมฟอร์ท ทิชชู่ห่อสีเหลืองในห้องน้ำ Office ในหน่วย kg	ทั้งองค์กร		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY25-071-0659-กระดาษชำระแบบม้วนใหญ่ 800 g-2.69kgCO_2/800 กรัม
7. Cat 1 ทิชชู่ม้วนกลมใหญ่	ปริมาณการใช้ทิชชู่ม้วนกลมใหญ่ ในหน่วย kg	ทั้งองค์กร		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY25-071-0659-กระดาษชำระแบบม้วนใหญ่ 800 g-2.69kgCO_2/800 กรัม
8. Cat 1 ครีมขัดผิวทองคำ	ปริมาณการใช้ครีมขัดผิวทองคำ ในหน่วย l	สปา-นวด		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY20-002-003-ครีมบำรุงผิวน้ำนมข้าว 1 ขวด ขนาด 300 กรัม-615 gCO_2/300 g
9. Cat 1 เกลือสปาขัดผิว	ปริมาณการใช้เกลือสปาขัดผิว ในหน่วย kg	สปา-นวด		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY25-008-0030-เกลือบริโภคเสริมไอโอดีนชนิดซอง ขนาด 1 กิโลกรัม-208 gCO_2/1000 g
10. Cat 1 น้ำนมข้าว	ปริมาณการใช้น้ำนมข้าว ในหน่วย l	สปา-นวด		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO CFP FY20-002-004-สบู่เหลวอาบน้ำผสมสมุนไพรน้ำนมข้าว 1 ขวด ขนาด 350 กรัม-1.95 CO2/350g

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
11. Cat 1 โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) 10%v/v	ปริมาณการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ในหน่วย kg	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	PCR; เส้นด้ายและผ้าผืน : (NaOCl) 10%v/v
12. Cat 1 HCl 35%v/v	ปริมาณการใช้ HCl ในหน่วย kg	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	PCR; เส้นด้ายและผ้าผืน ;HCl 35%v/v
13. Cat 3 ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในหน่วย kWh	ทั้งองค์กร		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
14. Cat 3 การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล (บฉ 9773+4 ฒค1628+แมคโครใหญ่+แมคโครเล็ก)	ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
15. Cat 3 การได้มาซึ่งน้ำมันเบนซิน	ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินในหน่วยลิตร	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
(เครื่องตัดหญ้าและปั๊มน้ำ)							
16. Cat 3 การได้มาซึ่งก๊าซหุงต้ม	ปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้มในหน่วย kg	สำนักงาน		✓		ใบเสร็จการสั่งซื้อ	TGO_EF_CFO_Update Jan 2026
17. Cat 4 การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	ปริมาณระยะทางในการขนส่งในหน่วย Km	สำนักงาน			✓	คำนวณปริมาณน้ำมันจากข้อมูลระยะทางและพิกัดของรถ	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
18. Cat 4 การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	ปริมาณระยะทางคูณกับน้ำหนักบรรทุกจากการขนส่งในหน่วย tKm	สำนักงาน			✓	คำนวณปริมาณน้ำมันจากข้อมูลระยะทางน้ำหนักบรรทุกและพิกัดของรถ	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ข้อมูลกิจกรรม						ค่า EF
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	จุดที่ตรวจวัด	ที่มาของข้อมูลกิจกรรม			หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง	ที่มาของค่า EF
			เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด	เป็นค่าที่ได้จากหลักฐานการชำระเงิน	เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่า		
19. Cat 5 การจัดการขยะมูลฝอย	ปริมาณขยะมูลฝอยในหน่วย kg	สำนักงาน			✓	คำนวณปริมาณขยะจำนวนแขกผู้ใช้บริการและจำนวนพนักงานที่จะผลิตขยะมูลฝอยต่อวันโดยอ้างอิงข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ	IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5: Waste (2006).

3.5 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับการคำนวณ ผู้วิจัยใช้ค่าค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor [EF]) ที่นำมาใช้คูณกับข้อมูลกิจกรรม อ้างอิงจากเอกสารเผยแพร่ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ฉบับล่าสุด (พ.ศ. 2569) และใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential [GWP]) จากรายงานการประเมินฉบับที่ 5 ของ IPCC (IPCC AR5) ตามข้อกำหนดของ อบก. ตัวอย่างแหล่งอ้างอิง ได้แก่

- ค่า EF ของพลังงานไฟฟ้า อ้างอิงข้อมูลจาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคผ่านระบบ อบก.
- ค่า EF ของเชื้อเพลิงดีเซล และเบนซิน อ้างอิงจาก อบก.
- ค่า EF ของผลิตภัณฑ์สปาและสารเคมี อ้างอิงจาก ค่า EF ของสินค้าประเภทเดียวกันตามฐานข้อมูล

3.6 สมการการคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากกิจกรรมการที่เป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายของสถานประกอบการมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะแปลงค่าให้อยู่ในหน่วยของ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2e$) หรือ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(tCO_2e) โดยมีสมการและวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.6.1 สมการที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ

โดยคำนวณด้วยการใช้ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ที่เกิดขึ้นนำมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) และแสดงแสดงผลออกมาทนจำนวนที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2e$) หรือ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e) ดังสมการที่ 3-1

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (3-1)

โดย ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในสถานประกอบการ ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2e$)

ข้อมูลกิจกรรม คือ ข้อมูลกิตกรรมต่างๆที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่นปริมาณการใช้น้ำประปา การเติมสารดับเพลิง (ลิตร)

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ ค่าสัมประสิทธิ์คงที่ของกิจกรรมต่างๆ โดยแปลงออกมาเป็นเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นที่แตกต่างกัน ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2e$)

3.6.2 สมการการประเมินการใช้สุขาในขอบเขตที่ 1

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ห้องสุขานั้น ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลจำนวนผู้ใช้งานให้เป็นปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOW) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทน (EF_j) ตามประเภทของระบบบำบัดเสียก่อน จึงจะนำมาคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสุทธิได้ โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

1. การคำนวณปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOW) โดยที่ผู้ประเมินปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากจำนวนผู้ใช้งานสถานประกอบการ (พนักงานและผู้ใช้บริการ) ดังสมการที่ 3-2

$$TOW = P \cdot BOD \cdot 0.001 \cdot I \cdot 365 \qquad \textbf{(3-2)}$$

โดย TOW คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (กิโลกรัม BOD/ปี)

P คือ จำนวนผู้ใช้งาน (ประชากร/ผู้ใช้บริการ) (คน)

BOD คือ ค่ามาตรฐานปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นต่อคนต่อวัน (กรัม/คน/วัน)

0.001 คือ ค่าคงที่สำหรับแปลงหน่วยจากกรัมเป็นกิโลกรัม

I คือ ค่าปรับแก้กรณีมีน้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Correction factor)

365 คือ จำนวนวันในการดำเนินงานต่อปี (วัน)

2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทน (EF_j) โดยที่ผู้วิจัยทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสียที่สถานประกอบการใช้งาน ดังสมการที่ 3-3

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j \qquad \textbf{(3-3)}$$

โดย EF_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสียประเภท j ($kgCH_4/kgBOD$)

B_o คือ ค่าความสามารถสูงสุดของสารอินทรีย์ในการสร้างก๊าซมีเทน ($kgCH_4/kgBOD$)

MCF_j คือ ค่าปรับแก้สัดส่วนการเกิดมีเทนในระบบบำบัดประเภท j (Methane Correction Factor)

3. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนรวม (CH_4 Emissions) เมื่อได้ค่าตัวแปรเบื้องต้นแล้ว ผู้วิจัยจึงนำมาคำนวณหาปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่รั่วไหลจากระบบบำบัดน้ำเสียออกสู่บรรยากาศ ดังสมการที่ 3-4

$$CH_4 Emissions = \left[\sum_{i,j}\left(U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j\right)\right](TOW - S) - R \qquad \textbf{(3-4)}$$

โดย CH_4 Emissions$ คือ ปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ปล่อยออกมา ($kgCH_4$/ปี)

$U_i \cdot T_{i,j}$ คือ สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของผู้ใช้งานที่ใช้น้ำเสียในระบบบำบัดประเภท j

EF_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ได้จากสมการที่ 3-3

TOW คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียที่ได้จากสมการที่ 3-2

S คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกดูดหรือกำจัดออกไปในรูปของกากตะกอน (kgBOD/ปี)

R คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ระบบสามารถดักจับและนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ($kgCH_4$/ปี)

3.6.3 สมการการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย

ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของสถานประกอบการ ผู้วิจัยได้ประเมินจากปริมาณความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) ที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัด คูณด้วยอัตราการเกิดและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของระบบบำบัด ดังสมการที่ 3-5

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณ BOD ที่เข้าระบบบำบัด × อัตราเกิด CH_4 × อัตราปล่อย CH_4 **(3-5)**

โดย ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากระบบบำบัดน้ำเสีย
ปริมาณ BOD ที่เข้าสู่ระบบบำบัด	คือ ปริมาณความสกปรกหรือสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของสถานประกอบการ
อัตราการเกิด CH_4	คือ ค่าศักยภาพหรือความสามารถสูงสุดของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สามารถย่อยสลายและสร้างก๊าซมีเทนได้
อัตราการปล่อย CH_4	คือ ค่าสัมประสิทธิ์หรือสัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งจะแปรผันตามประเภทและสภาพแวดล้อมของระบบบำบัดน้ำเสีย

3.6.4 สมการการประเมินการขนส่งในขอบเขตที่ 3 (Cat 4)

การคำนวณสำหรับการขนส่งผ้าเพื่อนำไปซักนั้น ผู้วิจัยต้องแปลงค่าหน่วยเป็น ตัน-กิโลเมตร (tkm) ก่อนนำไปคูณกับค่า EF ของประเภท ดังสมการที่ 3-6

$$\text{tkm} = \text{Weight (ton)} \times \text{Distance (km)} \qquad (3\text{-}6)$$

3.6.5 การวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Hotspot)

เมื่อคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นองค์กรตามสมการแล้ว ผู้วิจัยยะนำผลการคำนวณมาวิเคราะห์หาจุดที่เป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กรมากที่สุด ซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นจุดวิกฤต (Hotspot) เพื่อนำไปหาแนวทางและมาตรการรวมถึงข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการกิจกรรมต่างๆในสถานประกอบการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.7 การเตรียมความพร้อมเพื่อรับการทวนสอบ

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนเพิ่มเติมเพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่สถานประกอบการ สำหรับการขอรับการทวนสอบและขึ้นทะเบียนกับ อบก. โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. **การจัดทำแฟ้มเอกสารหลักฐาน**

ดำเนินการรวบรวมบิลค่าใช้จ่าย บันทึกการเติมน้ำยาแอร์ และข้อมูลกิจกรรมย้อนหลังทั้งหมด 12 เดือนตามขอบเขตเวลาที่ได้กำหนด จัดเก็บในรูปแบบแฟ้มระบบที่มีโครงสร้างตรงตามตารางคำนวณ เพื่อให้ผู้ทวนสอบสามารถตรวจสอบความถูกต้องและตรวจสอบย้อนกลับข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

2. **การจัดทำแบบฟอร์มรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร**

นำผลการคำนวณทั้งหมดมาสรุปเนื้อหาและจัดทำเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ตามรูปแบบมาตรฐานของ อบก. พร้อมทั้งกำหนดแนวทางการชี้แจงและตอบข้อซักถามให้กับผู้นำเสนอและทีมวิศวกรรมของสถานประกอบการ เพื่อสร้างความพร้อม ความเข้าใจในการผ่านการรับรองเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์

บทที่ 4
ผลการดำเนินวิจัย

การศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษาอุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมในสถานประกอบการและวิเคราะห์หาจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ รวมถึงเตรียมความพร้อมของสถานประกอบการสำหรับขอรับการประเมิน โดยมีผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ขอบเขต

4.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสุทธิ

4.3 การวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ

4.4 กำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4.5 การเตรียมความพร้อมสำหรับการขอรับการทวนสอบของสถานประกอบการ

4.1 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ขอบเขต

โดยในบทนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลกิจกรรมที่รวบรวมได้จากสถานประกอบการ มาคำนวณร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งมีจำแนกตามขอบเขตการดำเนินงาน ดังนี้

4.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากขอบเขตการดำเนินงานประเภทที่ 1

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง สามารถสรุปผลรวมรายปีได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 1

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)								รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)
		CO_2	Fossil CH_4	CH_4	N_2O	SF_6	NF_3	HFCs	PFCs	
1	เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจากเครื่องตัดหญ้า	0.53	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.53
2	เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจากเครื่องปั๊มน้ำ	0.09	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.09
3	น้ำมันเครื่อง 2T จากเครื่องปั๊มน้ำ	0.05	-	-	-	-	-	-	-	0.05
4	การใช้ก๊าซหุงต้ม	0.28	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.28
5	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-ทะเบียน บฉ 9773	1.91	-	0.00	0.03	-	-	-	-	1.94
6	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-ทะเบียน 4 ฒค 1628	3.26	-	0.01	0.05	-	-	-	-	3.32
7	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-	5.77	-	0.01	0.63	-	-	-	-	6.42

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)								รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)
		CO_2	Fossil CH_4	CH_4	N_2O	SF_6	NF_3	HFCs	PFCs	
	B7-รถแมคโครใหญ่									
8	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-B7-รถแมคโครเล็ก	0.88	-	0.00	0.10	-	-	-	-	0.98
9	เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล-ดีเซลพรีเมียม-รถแมคโคร-เล็ก	0.05	-	0.00	0.01	-	-	-	-	0.06
10	การใช้ห้องสุขา (เกิด CH_4	-	-	261.36	-	-	-	-	-	261.36
11	การรั่วไหลของสารดับเพลิง-(CO2)	0.01	-	-	-	-	-	-	-	0.01
12	การรั่วไหลของมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย (บริการออนเซ็น)	-	-	21.68	-	-	-	-	-	21.68

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)								รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)
	CO_2	Fossil CH_4	CH_4	N_2O	SF_6	NF_3	HFCs	PFCs	
รวมทั้งหมด	12.83	-	283.06	0.81	-	-	-	-	296.71

ผลการประเมินพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง มีค่าเท่ากับ 296.71 tCO_2e โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนมากที่สุดในขอบเขตนี้คือ การใช้ห้องสุขาที่เกิด CH_4 มีค่าเท่ากับ 261.36 tCO_2e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 88 ของขอบเขตที่ 1

4.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากขอบเขตการดำเนินงานประเภทที่ 2

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน สามารถสรุปผลรวมรายปีได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 2

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อย GHG (tCO_2e)
การใช้ไฟฟ้า (ส่วนภูมิภาค)	253.93
รวมทั้งหมด	253.93

ผลการประเมินพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน มีค่าเท่ากับ 253.93 tCO_2e โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนมากที่สุดในขอบเขตนี้คือ การใช้ไฟฟ้า (ส่วนภูมิภาค) มีค่าเท่ากับ 253.93 tCO_2e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 100 ของขอบเขตที่ 2

4.1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากขอบเขตการดำเนินงานประเภทที่ 3

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม สามารถสรุปผลรวมรายปีได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 3

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อย GHG (tCO_2e)
<u>Cat 1. Purchased goods and services</u>	
น้ำแร่เวลล์เล่ 330มล. กระป๋อง 24/1 แพ็ค	0.00
กระดาษ A4 ไทเกอร์	0.58
น้ำยาซักผ้า ขนาด 550 มิลลิลิตร	0.00
ลาวีด้า แชมพู 3200 มล. น้ำนมข้าว แกลลอนขาว	0.00
ครีมอาบน้ำ แกลลอนขาว	0.00
ดีลักซ์ คอมฟอร์ท ทิชชู่ห่อสีเหลืองในห้องน้ำ Office	0.00
ทิชชู่ม้วนกลมใหญ่	0.00
ครีมขัดผิว ทองคำ 1000 g	0.00
เกลือสปาขัดผิว	0.00
น้ำนมข้าว	0.00
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) 10%v/v	0.16
HCl 35%v/v	0.09
<u>Cat 3. Fuel- and energy related activities (not included in scope 1 or scope 2)</u>	
ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	43.41
การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล (บฉ9773+4ฒค1628)	0.63
การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล (รถแมคโครใหญ่+รถแมคโครเล็ก)	0.70
การได้มาซึ่งน้ำมันเบนซิน (เครื่องตัดหญ้าและปั๊มน้ำ)	0.07

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อย GHG (tCO_2e)
การได้มาซึ่งก๊าซหุงต้ม	0.11
Cat 4. Upstream transportation and distribution	
การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	0.47
การขนส่งซักผ้า-รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	0.05
Cat 5. Waste generated in operations	
การจัดการขยะมูลฝอย	94.71
รวมทั้งหมด	**140.97**

ผลการประเมินพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 140.97 tCO_2e โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนมากที่สุดในขอบเขตนี้คือ การจัดการขยะมูลฝอย มีค่าเท่ากับ 94.71 tCO_2e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 67 ของขอบเขตที่ 3

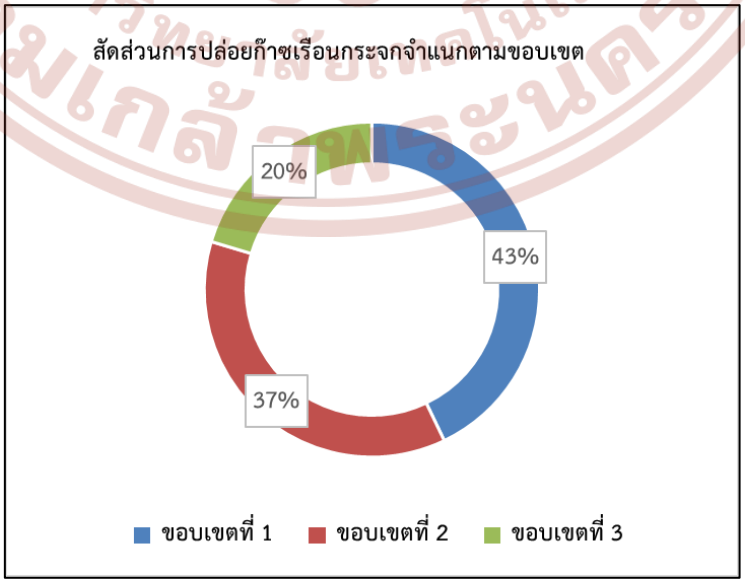
4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรสุทธิ

เมื่อนำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขตมารวมกัน ผู้วิจัยพบว่าสถานประกอบการมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิในปีฐาน (พ.ศ.2568) เท่ากับ 691.61 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e / Year) โดยมีสัดส่วนการปล่อยจำแนกตามขอบเขตดังแสดงในตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-1

ตารางที่ 4-4 สรุปปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรแยกตามขอบเขต

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณ	หน่วย
ประเภทที่ 1	296.71	tCO_2e
ประเภทที่ 2	253.93	tCO_2e
ประเภทที่ 3	140.97	tCO_2e
ผลรวม (ประเภทที่ 1+2)	550.64	tCO_2e
ผลรวม (ประเภทที่ 1+2+3)	691.61	tCO_2e
ผลผลิต	25,236.00	คน
Carbon Intensity (ประเภทที่ 1+2)	0.0218	tCO_2e / คน
Carbon Intensity (ประเภทที่ 1+2+3)	0.0274	tCO_2e / คน

รูปที่ 4-1 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขต



4.3 การวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ

4.3 การวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยได้นำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกแหล่งภายในสถานประกอบการ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยเพื่อวิเคราะห์กิจกรรมที่เป็นจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก (Hotspot) พบว่า กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่

1. การใช้ห้องสุขาที่ทำให้เกิดมีเทน ในขอบเขตที่ 1 ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 37.79

2. การใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในขอบเขตที่ 2 ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 36.72

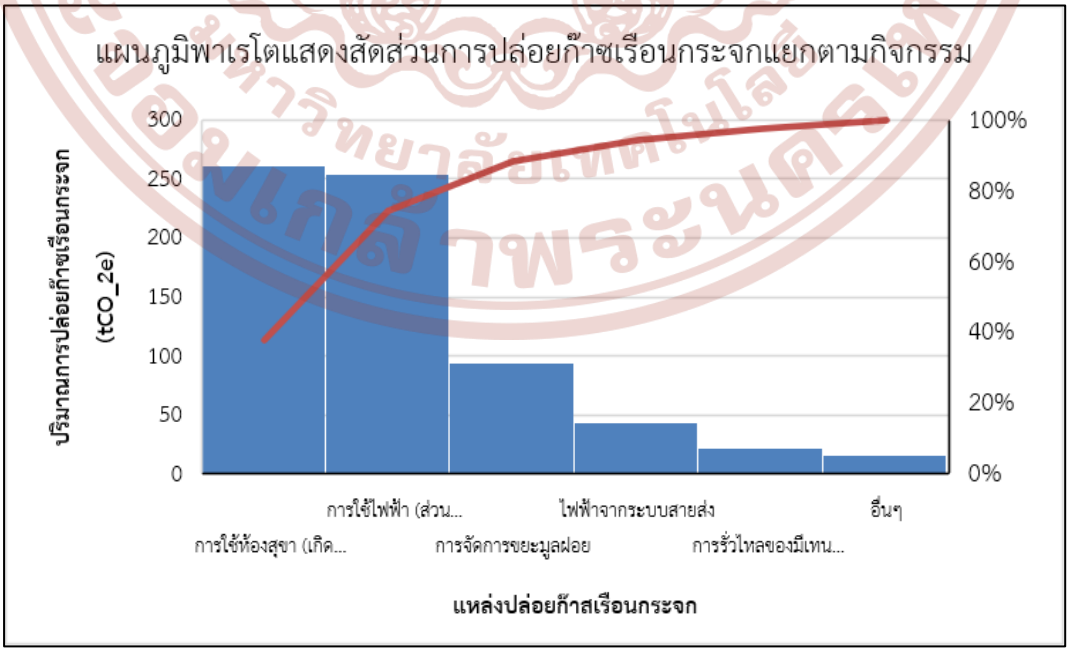
3. การจัดการขยะมูลฝอย ในขอบเขตที่ 3 ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 13.69

4. ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ในขอบเขตที่ 3 ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 6.28

5. การรั่วไหลของมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย ในขอบเขตที่ 1 ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 3.13

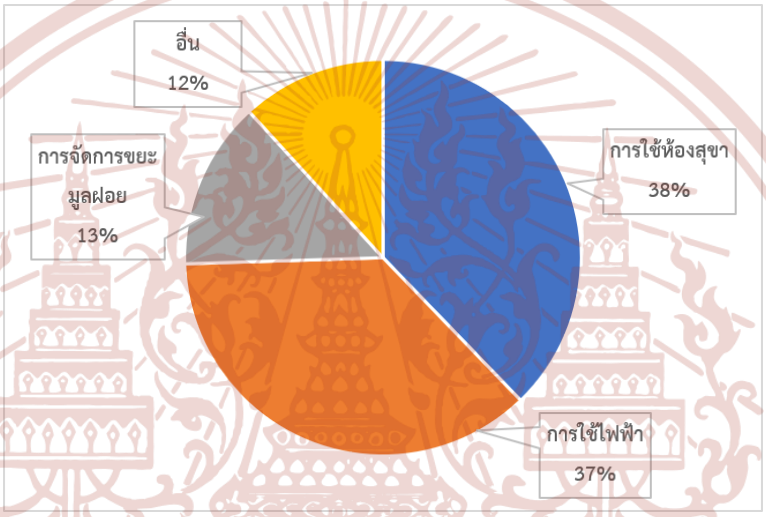
โดยผู้วิจัยได้นำกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาประยุกต์ใช้แผนภูมิพาเรโต้ และหลักการ 80/20 เพื่อพิจารณากลุ่มกิจกรรมที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสมรวมกันร้อยละ 80 ของการปล่อยทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4-2

รูปที่ 4-2 แผนภูมิพาเรโต้แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามกิจกรรม



จากแผนภูมิพาเรโต้ พบว่ากิจกรรมที่เป็นจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก (Hotspot) ของสถานประกอบการ มีจำนวน 3 กิจกรรมหลัก ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสมรวมกันสูงถึงร้อยละ 88.20 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ได้แก่ การใช้ห้องสุขาที่ทำให้เกิดมีเทน การใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในสถานประกอบการ และการจัดการขยะมูลฝอย

รูปที่ 4-3 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนที่มีนัยสำคัญหลัก (Hotspot)



เมื่อพิจารณากิจกรรมที่เป็นจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักของสถานประกอบการร่วมกับบริบทการดำเนินงานมีรายละเอียดดังนี้

1. การใช้ห้องสุขา

ถึงกิจกรรมนี้จะเป็นจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักที่สูงที่สุด แต่การกำหนดแนวทางปรับปรุงเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขัดแย้งกับเป้าหมายการดำเนินธุรกิจของสถานประกอบการ เนื่องจากตัวแปรในการประเมินมีความแปรผันตรงกับ "จำนวนผู้ใช้บริการ" คือผู้ใช้บริการยิ่งมากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้ก็จะมากตามไปด้วย

ดังนั้น การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจึงจำเป็นต้องลดจำนวนผู้ใช้บริการ ซึ่งเป็นแนวทางที่ขัดแย้งกับเป้าหมายในการเติบโตของสถานประกอบการ

2. การใช้ไฟฟ้า

ในขณะที่ขณะที่การปรับปรุงกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อทำการวิเคราะห์รายการเครื่องใช้ไฟฟ้าและพฤติกรรมการใช้พลังงานของสถานประกอบการพบว่าการใช้ไฟฟ้าหลักของสถานประกอบการมาจากระบบเครื่องปรับอากาศและปั๊มทำความร้อน (Heat Pump) ผู้วิจัยจึงเสนอมาตรการลดการใช้พลังงานใน 2 แนวทางหลัก ได้แก่

- การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) เพื่อนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้งาน
- ลดการสูญเสียความร้อนของการทำงานของปั๊มทำความร้อน (Heat Pump)

ซึ่งทั้ง 2 แนวทางนี้ เป็นแนวทางที่ผู้ประกอบการมีความสนใจที่จะปรับปรุงแก้ไขเนื่องด้วยสอดคล้องกับนโยบายของทางผู้ประกอบการอยู่แล้ว และสามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าตลอดจนปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นรูปธรรมและรวดเร็วที่สุด

3. การจัดการขยะมูลฝอย

สำหรับการจัดการขยะมูลฝอย ถือเป็นกิจกรรมที่ใช้งบประมาณในการดำเนินการปรับปรุงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่น โดยขยะที่มีปริมาณสูงได้แก่ ขยะพลาสติกกลุ่มบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มและขยะมูลฝอยจากโซนคาเฟ่ ที่ผ่านมาสถานประกอบการได้เริ่มดำเนินการเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นแล้ว เช่น การเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์น้ำดื่มจากขวดพลาสติกเป็นขวดอะลูมิเนียม และการริเริ่มกระบวนการคัดแยกขยะเพื่อส่งมอบให้ผู้รับเหมานำไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล

อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงเป็นการปรับปรุงกระบวนการเท่านั้น เนื่องจากปริมาณขยะมูลฝอยมีความแปรผันตรงกับ "จำนวนผู้ใช้บริการ" คือผู้ใช้บริการยิ่งมากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้ก็จะมากตามไปด้วย การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจึงจำเป็นต้องลดจำนวนผู้ใช้บริการ ซึ่งเป็นแนวทางที่ขัดแย้งกับเป้าหมายในการเติบโตของสถานประกอบการ และผู้วิจัยพบว่ายังมีข้อจำกัด 2 เรื่องคือ

- ปัจจุบันสถานประกอบการยังไม่มีการจดบันทึกปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจริงและการคัดแยกขยะเพื่อส่งมอบให้เทศบาล

- สถานประกอบการมีแผนที่จะระงับการให้บริการโซนคาเฟ่ ซึ่งเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดขยะหลัก เพื่อทำการปรับปรุงพื้นที่ใหม่ในปี พ.ศ. 2569

จากการพิจารณาทั้ง 3 กิจกรรมที่เป็นจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักของสถานประกอบการ พบว่าการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก “การใช้สุขา” และ “การกำจัดขยะมูลฝอย” มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้เข้าใช้บริการของสถานประกอบการทั้งสิ้น ส่งผลให้การลดนั้นต้องลดจำนวนผู้เข้าใช้บริการซึ่งขัดแย้งกับแนวทางการทำธุรกิจของสถานประกอบการและเป้าหมายในการเติบโตของสถานประกอบการ

ผู้วิจัยจึงเลือกพิจารณากำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก “การใช้ไฟฟ้า” ที่เป็นหัวข้อที่สามารถกำหนดแนวทางได้ รวมถึงผู้ประกอบการมีความสนใจ ให้ความร่วมมือและอยู่ในแผนงาน นโยบายของสถานประกอบการ

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

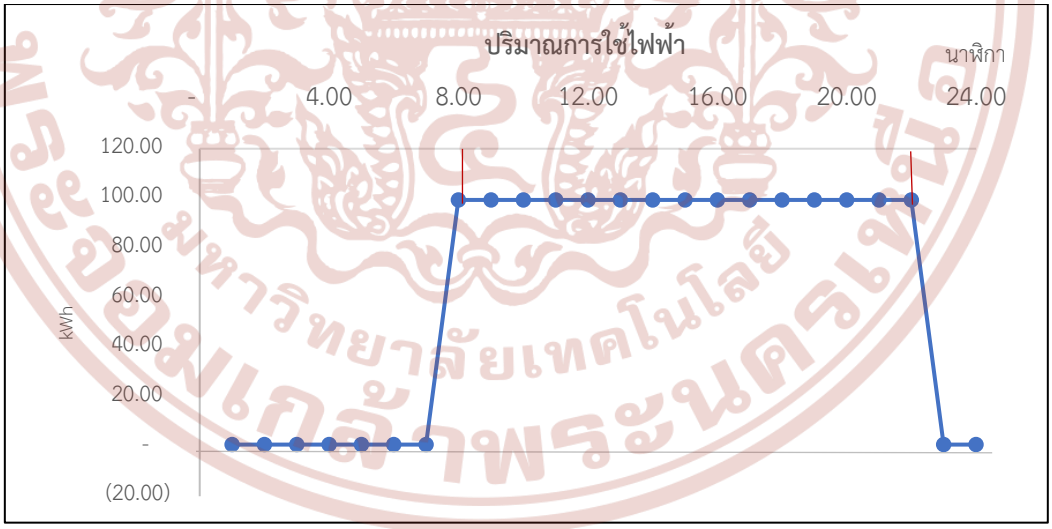
4.4 กำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกกำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก “การใช้ไฟฟ้า” โดยเสนอมาตรการลดการใช้พลังงานใน 2 แนวทางหลัก ได้แก่

- แนวทางที่ 1 การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) เพื่อนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้งาน
- แนวทางที่ 2 ลดการสูญเสียความร้อนของการทำงานของปั๊มทำความร้อน (Heat Pump)

โดยผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานประกอบการ พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเครื่องปรับอากาศ และ heat pump จากตารางที่ 4-5 ซึ่งจะมีการเปิดใช้งานก่อนการเปิดให้บริการสปาโดยเริ่มใช้พลังงานฟ้าตั้งแต่ 08.00 น. ถึงช่วงปิดการรับบริการที่ 22.00 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาดังกล่าวจะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มากถึง 99.37 kWh ขณะที่นอกช่วงเวลาดังกล่าว (23.00 น. - 07.00 น.) จะมีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเพียง 1.10 kWh แสดงดังรูปที่ 4-4

รูปที่ 4-4 กราฟปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตารางที่ 4-5 กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการเฉลี่ยต่อวัน

ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	ยี่ห้อ / รุ่น	จ.น. เครื่อง	สารทำความเย็น	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ชั่วโมง	kw
เครื่องปรับอากาศฝาผนัง	DAIKIN / FXAQ32AVM	13	R410A	3,600	15	702
Heat pump	PW100-KFXYC	3	R410A	8,400	6	151.2
Heat pump	PW150-KFXYC	2	R410A	12,100	6	145.2
เครื่องปรับอากาศ 4 ทิศทาง	DAIKIN	5	R410A	2,055	15	154.13
เครื่องปรับอากาศฝาผนัง	GREE	4	R32	2,055	8	65.76
Heat pump	PW100-KFXRS	1	R410A	9,400	6	56.4
เครื่องปรับอากาศ 4 ทิศทาง	DAIKIN	2	R410A	2,055	15	61.65
เครื่องปรับอากาศฝาผนัง	TASAKI	2	R32	2,055	8	32.88
เครื่องปรับอากาศฝาผนัง	DAIKIN / FXAQ32AVM	1	R410A	3,600	8	28.8
เครื่องปรับอากาศฝาผนัง	DAIKIN / FXAQ32AVM	1	R410A	3,600	8	28.8
เครื่องปรับอากาศ	TASAKI / FWDE25I-AF1M	1	R32	2,055	15	30.83
เครื่องปรับอากาศ	TRANE / TYKE 18RB5	1	R32	1,700	8	13.6
เครื่องกดน้ำร้อนน้ำเย็น	MAZUMA / DP-890	2	R134a	420	15	12.6
เครื่องกดน้ำร้อนน้ำเย็น	Midea / YL-1566B	1	R134a	420	8	3.36
เครื่องกดน้ำร้อนน้ำเย็น	Midea / YL-1566B	1	R134a	420	8	3.36
ตู้เย็น	Mitsubishi / MR-V46ES	1	R600a	110	24	2.64
ตู้เย็น	Haier / HRF-185MN	1	R600a	83	24	1.99
ตู้เย็น	Haier / HRF-185MN	1	R600a	83	24	1.99
รวมทั้งสิ้น (kWh/day)						**1,497.18**
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน (1,497.18 x 30)						**44,915.52**

การใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานประกอบการมีปริมาณ 1,497.18 kWh/day โดยมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ เครื่องปรับอากาศแบบฝาผนัง และ heat pump ซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความจำเป็นต้องเปิดให้บริการตลอดระยะเวลาการให้บริการลูกค้า ดังนั้น แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีรายละเอียดดังนี้

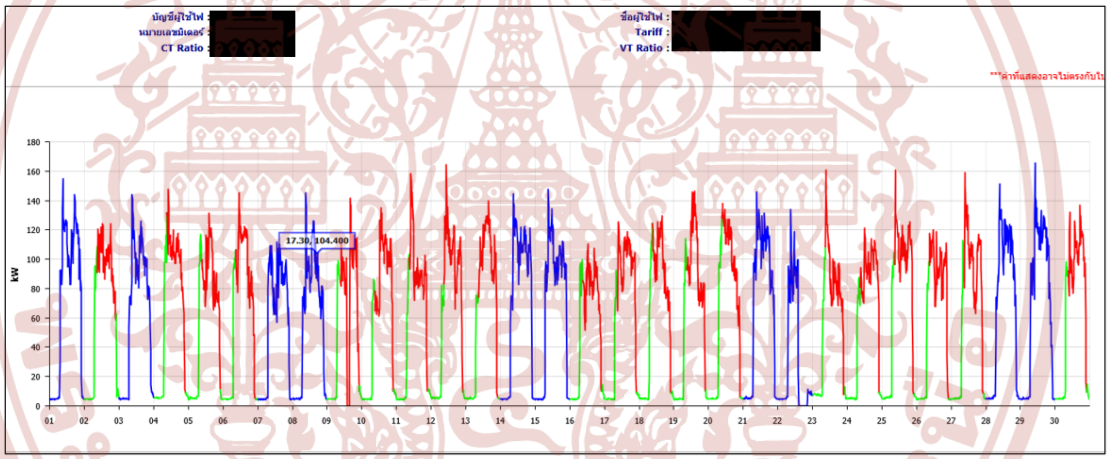
แนวทางที่ 1 ติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop)

การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันจะอ้างอิงช่วงเวลาการทำงาน 08.00 น. ถึง 22.00 น. (15 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก และในช่วงเวลา 23.00 น. ถึง 07.00 น. (9 ชั่วโมง) จะเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณน้อย

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน	44,915.52	kWh/month
1 เดือน มี	30.00	วัน
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน	1,497.18	kW/day
สัดส่วนการใช้ไฟฟ้า 15 ชั่วโมงแรก	99.6%	(หักออกจากการใช้ตู้เย็น 3 เครื่อง)
	1,490.56	
ปริมาณไฟฟ้าที่ (ต่อชั่วโมง)	99.37	kWh
สัดส่วนการใช้ไฟฟ้า 9 ชั่วโมงสุดท้ายแรก	0.48%	
ปริมาณไฟฟ้าที่ (ต่อชั่วโมง)	1.20	kWh
รับแสงเฉลี่ยเพื่อผลิตไฟฟ้า	4	hr
เพื่อทดแทนการทำงาน	15	hr/day
ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าร์เซลล์	372.64	kWh

เนื่องด้วยการคิดค่าไฟฟ้าเป็นรูปแบบ TOU (ช่วงเวลา 09.00 น. -22.00 น.) ค่าไฟฟ้าจะคิดค่าใช้จ่ายแพงกว่านอกช่วงเวลาจะมีค่าปรับจากพีกที่สูงที่สุดในรอบเดือนนั้น ดังนั้น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวต้องพิจารณาพีกจากข้อมูล AMR ของผู้ประกอบการ ซึ่งพบว่า อยู่ระหว่าง 150-160 kW ตามรูปที่ 4-5 ทั้งนี้ ช่วงพีกจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวและเกิดจากการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าพร้อมกัน ซึ่งระบบจะใช้ระยะเวลา set up ดังนั้น ในส่วนนี้จึงให้คำแนะนำการใช้ระบบ iot กำหนดระยะเวลาเปิดของอุปกรณ์เวลา 09.00 น. ซึ่งจะทำให้พีกของแต่ละวันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 150 kW ดังนั้น ในการออกแบบระบบจึงเลือกโซลาร์รูฟท็อปขนาด 150 kW ทั้งรูปแบบติดแบตเตอรี่และไม่ติดแบตเตอรี่ตามตารางที่ 4-6

รูปที่ 4-5 กราฟการใช้พลังงานค่ากิโลวัตต์สูงสุดของทางสถานประกอบการ เดือน มีนาคม 2569



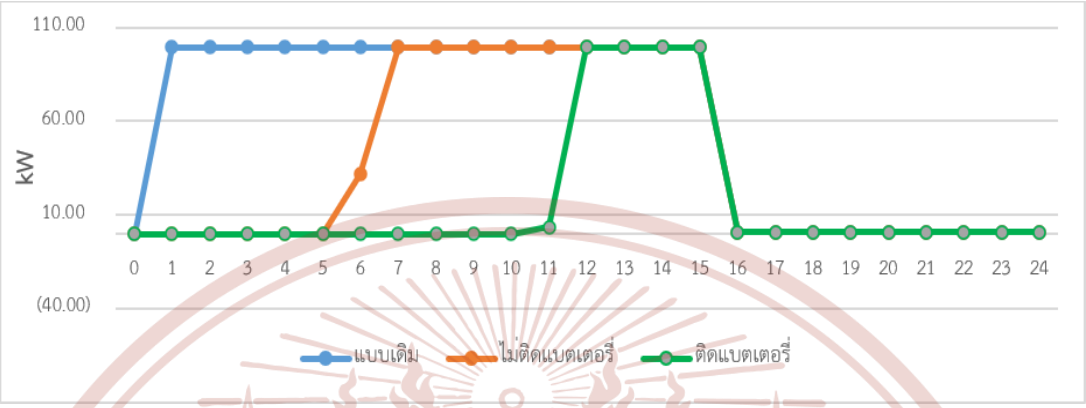
ตารางที่ 4-6 รูปแบบการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop)

รูปแบบการติดตั้ง	รายการ	รายละเอียด
ไม่ติดแบตเตอรี่	โซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop)	150 kw
ติดแบตเตอรี่	โซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop)	150 kw
	แบตเตอรี่	600 kw
	ระบบ ESS	600 kw

ตารางที่ 4-7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ

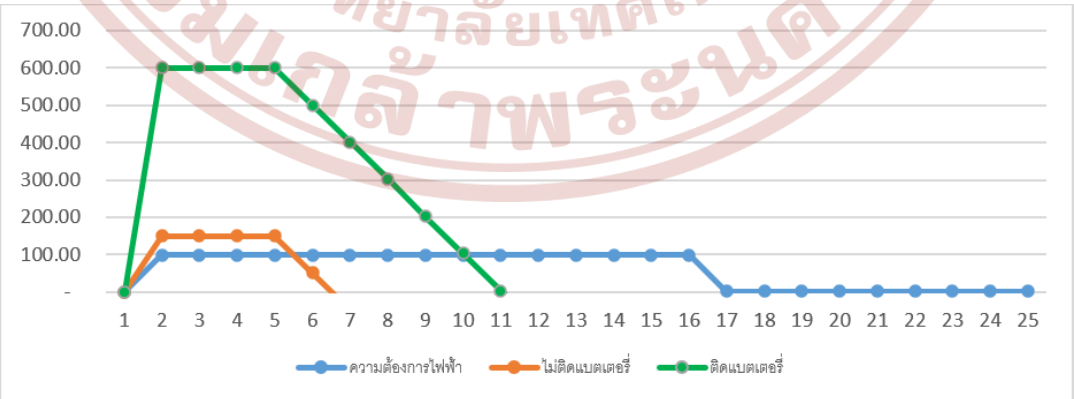
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก (กฟภ) (kWh)			
ชั่วโมง	แบบเดิม	ไม่ติดแบตเตอรี่	ติดแบตเตอรี่
0	-	-	-
1 (08.00 น.)	99.37	-	-
2 (09.00 น.)	99.37	-	-
3 (10.00 น.)	99.37	-	-
4 (11.00 น.)	99.37	-	-
5 (12.00 น.)	99.37	-	-
6 (13.00 น.)	99.37	31.65	-
7 (14.00 น.)	99.37	99.37	-
8 (15.00 น.)	99.37	99.37	-
9 (16.00 น.)	99.37	99.37	-
10 (17.00 น.)	99.37	99.37	-
11 (18.00 น.)	99.37	99.37	3.78
12 (19.00 น.)	99.37	99.37	99.37
13 (20.00 น.)	99.37	99.37	99.37
14 (21.00 น.)	99.37	99.37	99.37
15 (22.00 น.)	99.37	99.37	99.37
16 (23.00 น.)	0.8	0.8	0.8
17 (24.00 น.)	0.8	0.8	0.8
18 (01.00 น.)	0.8	0.8	0.8
19 (02.00 น.)	0.8	0.8	0.8
20 (03.00 น.)	0.8	0.8	0.8
21 (04.00 น.)	0.8	0.8	0.8
22 (05.00 น.)	0.8	0.8	0.8
23 (06.00 น.)	0.8	0.8	0.8
24 (07.00 น.)	0.8	0.8	0.8
รวม (kWh/day)	1,497.76	933.18	408.46

รูปที่ 4-6 กราฟปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ



จากกรูปที่ 4-6 กราฟปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณที่มีการใช้ไฟฟ้า สมมุติฐานการพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานประกอบการใช้พลังงานไฟฟ้า 99.37 kWh (08.00 น. ถึง 22.00 น.) และ 0.80 kWh (23.00 น. - 07.00 น.) จะพบว่า การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป150 kWh แบบไม่ใช้แบตเตอรี่จะไม่มีการใช้งานจากการไฟฟ้าได้ 5 ชั่วโมง (12.00 น.) ของการรับแสง ขณะที่การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 150 kWh แบบใช้แบตเตอรี่ 600 kW จะไม่มีการใช้งานจากการไฟฟ้าประมาณ 10 ชั่วโมง (17.00 น.) ซึ่งจากช่วงเวลาการทำงานของพลังงานทดแทนของทั้ง 2 แบบ จะมีส่วนช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการได้

รูปที่ 4-7 กราฟความต้องการใช้ไฟฟ้า (kWh) เทียบกับปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปในรูปแบบต่างๆ



จากรูปที่ 4-7 กราฟความต้องการใช้ไฟฟ้า (kWh) เทียบกับปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปในรูปแบบต่างๆ ซึ่งการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปหลังเทียบกับความต้องการใช้

ไฟฟ้าเป็นการยืนยันการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 150 kWh แบบไม่ใช้แบตเตอรี่จะไม่มีการใช้งานจากการไฟฟ้าได้ 5 ชั่วโมง (12.00 น.) ของการรับแสง และการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป 150 kWh แบบใช้แบตเตอรี่ 600 kW จะไม่มีการใช้งานจากการไฟฟ้าประมาณ 10 ชั่วโมง (17.00 น.) การออกแบบระบบการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปทั้ง 2 แบบ มีปริมาณไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการ

สำหรับการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในรูปแบบต่าง ๆ ตามตารางที่ 4-8 พบว่า การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 150 kW แบบไม่ติดแบตเตอรี่ มีระยะเวลาคืนทุน 5.66 ปี ขณะที่การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด150 kW แบบติดแบตเตอรี่ 600 kW มีระยะเวลาคืนทุน 16.17 ปี ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 150 kW แบบไม่ติดแบตเตอรี่ เนื่องจากงบลงทุนที่ต่ำกว่าและระยะเวลาคืนทุนที่สั้น ทั้งนี้ มีงบลงทุน 5,400,000 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุน 5.66 ปี สามารถลดการใช้ไฟฟ้า 16,920.06 kWh/month คิดเป็นร้อยละ 37.67 และสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 79,524.28 บาท/เดือน

ตารางที่ 4-8 ตารางการคำนวณระยะเวลาคืนทุนการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในรูปแบบต่าง ๆ

รายการ			ต้นทุน (ต่อรายการ)	ต้นทุนรวม	มูลค่าที่ประหยัด (บาท/เดือน)	ระยะเวลาคืนทุน	
						(หน่วย; เดือน)	(หน่วย; ปี)
ไม่ติดแบตเตอรี่	โซลาร์รูฟท็อป	150 kw	5,400,000	5,400,000	79,524.28	67.9	5.66
ติดแบตเตอรี่	โซลาร์รูฟท็อป	150 kw	5,400,000	29,811,000	153,591.3	194.09	16.17
	แบตเตอรี่	600 kw	20,100,000				
	ระบบ ESS	600 kw	4,311,000				

แนวทางที่ 2 ลดการสูญเสียความร้อนของการทำงานของ heat pump

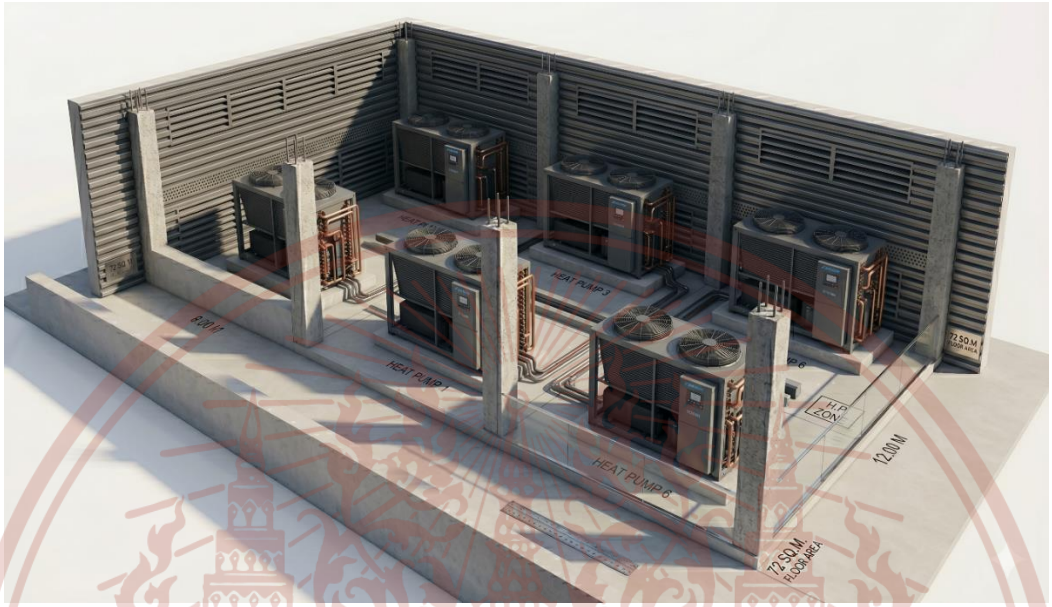
การติดตั้ง heat pump ของผู้ประกอบการได้ติดตั้งใต้อาคารที่ให้บริการสปา โดยมีผนังล้อมรอบ 2 ทิศทาง โดยผนังเป็นผนังเมทัลชีทที่มีช่องระบายอากาศ ขณะที่อีก 2 ด้านไม่มีผนังตามรูปที่ 4-8 และ 4-9 ซึ่งการทำงานของ heat pump จะผลิตความร้อน ถ้า heat pump ติดตั้งอยู่ในสถานที่สามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้มีการแลกเปลี่ยนพลังงานจากภายนอก heat pump จะทำงานไม่หนักและใช้พลังงานไฟฟ้าไม่มากนัก

อย่างไรก็ตาม การติดตั้งของผู้ประกอบการทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนระหว่างพื้นที่กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ดังนั้น heat pump จะทำงานหนักและใช้พลังไฟฟ้าที่สูง แนวทางการดำเนินงานจึงต้องลดการสูญเสียความร้อนโดยการติดผนังไอโซวอลล์ (Isowall หรือ Sandwich Panel) และเพิ่มประตูเพื่อใช้เป็นช่องทางในการดูแลรักษาอุปกรณ์ดังรูปที่ 4-10

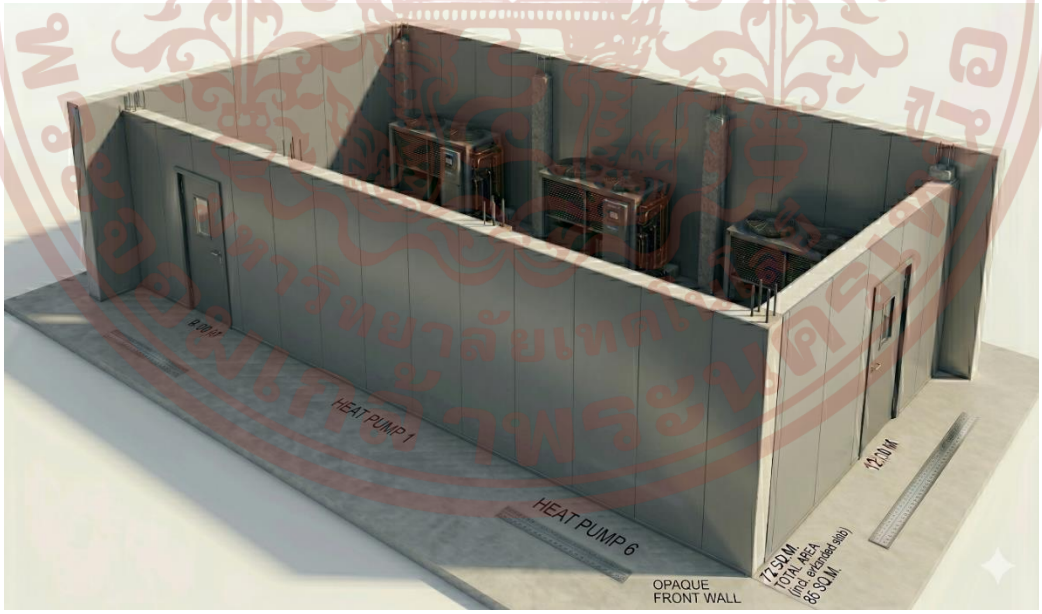
รูปที่ 4-8 การจัดวาง heat pump ของสถานประกอบการ



รูปที่ 4-9 รูป 3 มิติจำลองการจัดวาง heat pump ของสถานประกอบการ



รูปที่ 4-10 รูป 3 มิติจำลองการจัดวาง heat pump ของสถานประกอบการ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การคำนวณ

ห้องกว้าง	6	เมตร
ห้องยาว	12	เมตร
ห้องสูง	2.5	เมตร
มีปริมาตร (V)	180	ลูกบาศก์เมตร
มวลของอากาศ (m)	1.204	kg
ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ มีค่าประมาณ (c)	1.005	kJ/kg.^{0}C
การสูญเสียความร้อน (ΔT)	10	องศา
คำนวณหาพลังงานความร้อนที่ต้องใช้	Q=mcΔT	
	12.1002	kJ
3600 kJ เท่ากับ	1	kWh
12.1002 kJ เท่ากับ	0.003361	kWh
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้เพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาในเวลา 1 ชั่วโมง (kW)	0.003361	kWh
ต้องการเพิ่ม 10 องศา ใน 1 ชั่วโมง (kW.V.ΔT)	6.05	kWh
พลังงานไฟฟ้าในช่วงการทำงาน (08.00-12.00 น.) เท่ากับ	99.37	kWh
พลังงานไฟฟ้าถ้าไม่มีการสูญเสีย	99.37-6.05	kWh
	93.32	kWh

จากการคำนวณ เมื่อมีการปรับปรุงโดยติดผนังไอโซวอลล์ลดการสูญเสียความร้อนของ heat pump ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 6.05 kWh ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อวันของรูปแบบเดิมจะมีการใช้ไฟฟ้า 1,497.76 kWh/day ขณะที่การปรับปรุงจะช่วยให้การใช้ไฟฟ้า 1,407.00 kWh/day (ลดพลังงาน 90.76 kWh/day) คิดเป็นร้อยละ 6.06 ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ตารางการปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (kWh) ในรูปแบบต่างๆ

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก (กฟภ) (kWh)		
ชั่วโมง	แบบเดิม	ติดผนังห้อง heat pump
0	-	0
1 (08.00 น.)	99.37	93.32
2 (09.00 น.)	99.37	93.32
3 (10.00 น.)	99.37	93.32
4 (11.00 น.)	99.37	93.32
5 (12.00 น.)	99.37	93.32
6 (13.00 น.)	99.37	93.32
7 (14.00 น.)	99.37	93.32
8 (15.00 น.)	99.37	93.32
9 (16.00 น.)	99.37	93.32
10 (17.00 น.)	99.37	93.32
11 (18.00 น.)	99.37	93.32
12 (19.00 น.)	99.37	93.32
13 (20.00 น.)	99.37	93.32
14 (21.00 น.)	99.37	93.32
15 (22.00 น.)	99.37	93.32
16 (23.00 น.)	0.8	0.8
17 (24.00 น.)	0.8	0.8
18 (01.00 น.)	0.8	0.8
19 (02.00 น.)	0.8	0.8
20 (03.00 น.)	0.8	0.8
21 (04.00 น.)	0.8	0.8
22 (05.00 น.)	0.8	0.8
23 (06.00 น.)	0.8	0.8
24 (07.00 น.)	0.8	0.8
รวม (kWh/day)	1,497.76	1,407.00

ตารางที่ 4-10 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ผนังไอโซวอลล์ หนา 3 นิ้ว ราคาพร้อมติดตั้งตารางเมตรละ	1,000.00	บาท
พื้นที่ติดผนัง	90.00	ตารางเมตร
ต้นทุนผนังไอโซวอลล์ทั้งหมด	90,000.00	บาท
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	4.70	บาท/kWh
การปรับปรุงลดการใช้พลังงาน	2,722.80	kWh/month
	12,797.16	บาท/M
ระยะเวลาคืนทุน	7.03	เดือน

จากตารางที่ 4-10 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดผนังไอโซวอลล์ พบว่า การติดตั้งผนังไอโซวอลล์สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 6.05 kWh (90.76 kWh/day) คิดเป็นร้อยละ 6.06 ทั้งนี้ การปรับปรุงใช้งบลงทุน 90,000 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุน 7.03 เดือน

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

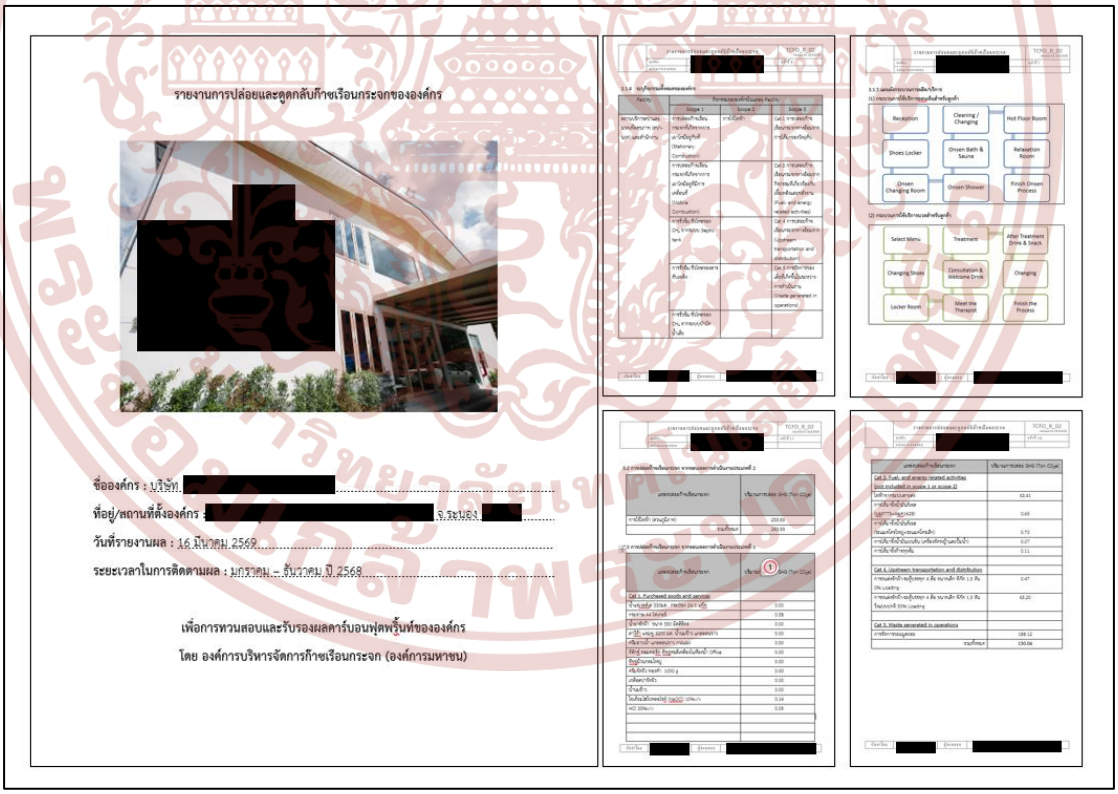
4.5 การเตรียมความพร้อมสำหรับการขอรับการทวนสอบของสถานประกอบการ

ผู้วิจัยได้นำผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาเตรียมความพร้อมให้สถานประกอบการเพื่อให้สอดคล้องกับระเบียบของการขอขึ้นทะเบียนเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก. โดยมีรายละเอียดดังนี้

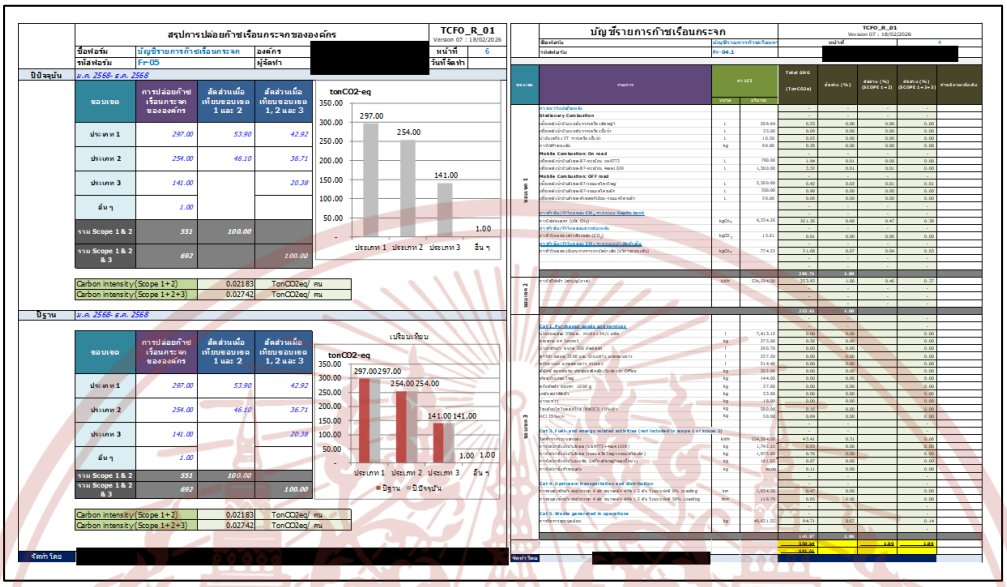
4.5.1 การจัดทำรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (GHG Report)

ผู้วิจัยนำตัวเลขที่ได้จากข้อ 4.1 และ 4.2 มาจัดทำรายงานตามแบบฟอร์มของ อบก. โดยระบุขอบเขตการดำเนินงาน นโยบายด้านสิ่งแวดล้อม และสมมติฐานในการคำนวณอย่างครบถ้วน พร้อมทั้งจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก เพื่อเป็นเอกสารหลักในการยื่นคำขอขึ้นทะเบียนและเป็นคู่มือสำหรับผู้ทวนสอบในการประเมินเบื้องต้นตามรูปที่ 4-11 ถึง 4-13

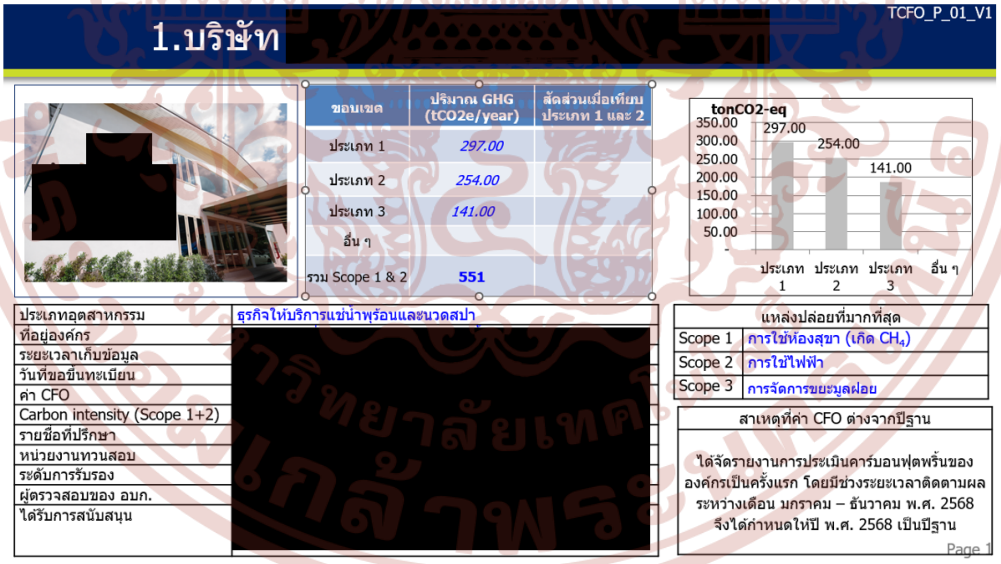
รูปที่ 4-11 รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรของสถานประกอบการ



รูปที่ 4-12 Excel Sheet บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการ



รูปที่ 4-13 ไฟล์รูปแบบการนำเสนอของสถานประกอบการ



4.5.2 การจัดทำแฟ้มเอกสารหลักฐาน

เพื่อความสะดวกและโปร่งใส รวมถึงความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับได้ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเอกสารหลักฐานมาจัดระเบียบในรูปแบบของแฟ้มหลักฐาน เพื่อให้สถานประกอบการมีความพร้อมในการรับการทวนสอบ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษาอุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวิเคราะห์หาจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Hotspot) เพื่อเสนอแนวทางสำหรับลดการปล่อยก๊าซเรื่อนกระจกของสถานประกอบการ และจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินตามมาตรฐานขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2568) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกองค์กร

จากการประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขต พบว่าสถานประกอบการในกรณีศึกษามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิรวมทั้งสิ้น 691.14 tCO_2e ต่อปี โดยเมื่อพิจารณาแยกตามขอบเขตการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สรุปปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรแยกตามขอบเขต

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณ	หน่วย
ประเภทที่ 1	296.71	tCO_2e
ประเภทที่ 2	253.93	tCO_2e
ประเภทที่ 3	140.97	tCO_2e
ผลรวม (ประเภทที่ 1+2)	550.64	tCO_2e
ผลรวม (ประเภทที่ 1+2+3)	691.61	tCO_2e
ผลผลิต	25,236.00	คน
Carbon Intensity (ประเภทที่ 1+2)	0.0218	tCO_2e / คน
Carbon Intensity (ประเภทที่ 1+2+3)	0.0274	tCO_2e / คน

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Hotspot Analysis)

จากการวิเคราะห์จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญของสถานประกอบการมีจำนวน 3 กิจกรรมหลัก คิดเป็นสัดส่วนรวมร้อยละ 88.20 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ได้แก่

1. การใช้ห้องสุขาที่ทำให้เกิดมีเทน ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 37.79
2. การใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 36.72
3. การกำจัดขยะมูลฝอย ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 13.69

5.1.3 นำเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการวิเคราะห์จุดจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ ด้วยการใช้พาเรโต้ ผู้วิจัยได้จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีความสอดคล้องเป้าหมายของสถานประกอบการ โดยแบ่งออกเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

1. การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) ขนาด 150 kW ไม่มีการติดตั้งแบตเตอรี่

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน	44,915.52	kWh/month
ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (หลังติดโซล่าร์เซลล์) ต่อเดือน	27,995.46	kWh/month
ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง ต่อเดือน	16,920.06	kWh/month
คิดเป็นร้อยละ	37.67%	

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเดือน	21.33	tCO_2e
การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (หลังติดโซล่าร์เซลล์) ต่อเดือน	13.30	tCO_2e
ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อเดือน	8.04	tCO_2e
คิดเป็นร้อยละ	37.67%	

2. ลดการสูญเสียความร้อนของการทำงานของ heat pump ด้วยการติดผนังผนังไอโซวอลล์

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเดิมในช่วงเริ่มเปิด Heat pump	44,932.80	kWh/month
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงในช่วงเริ่มเปิด Heat pump	42,210.00	kWh/month
ลดการใช้พลังงานต่อเดือน	2,722.80	kWh/month
คิดเป็นร้อยละ	6.06%	
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเดือน เดิม	21.33	tCO_2e
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเดือน หลังปรับปรุง	20.04	tCO_2e
ลดการปล่อยต่อเดือน	1.29	tCO_2e
คิดเป็นร้อยละ	6.06%	

ตารางที่ 5-1 สรุปผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

รายการ	จำนวน	หน่วย
แผนงานที่ 1 การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) ขนาด 150 kW แบบไม่มีการติดตั้งแบตเตอรี่	8.04	tCO_2e
แผนงานที่ 2 ลดการสูญเสียความร้อนของการทำงานของ heat pump	1.29	tCO_2e
รวมทั้งสิ้น	**9.33**	tCO_2e

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรย้อนหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี พบปัญหาและอุปสรรคสำคัญ คือ เนื่องจากเป็นการเริ่มการประเมินครั้งแรก ทำให้แหล่งที่มาของข้อมูลไม่ได้ถูกจัดเก็บและบันทึกไว้อย่างเป็นระบบเพื่อวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยเฉพาะ ส่งผลให้ผู้วิจัยต้องเผชิญกับข้อจำกัดดังต่อไปนี้:

1. ความไม่สมบูรณ์และกระจัดกระจายของเอกสารอ้างอิง: การสืบค้นข้อมูล จำเป็นต้องตรวจสอบย้อนหลังจากเอกสารทางบัญชีที่ไม่ได้ถูกจัดหมวดหมู่ไว้ชัดเจน เช่น ใบเสร็จรับเงินหรือบิลเงินสดจากการสั่งซื้อก๊าซ LPG บิลค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หรือบันทึกการซ่อมบำรุงและเติมสารทำความเย็น ซึ่งเอกสารบางส่วนสูญหาย ชำรุด หรือระบุรายละเอียดไม่ครบถ้วน (เช่น ไม่ระบุปริมาตรหรือน้ำหนักที่ชัดเจน)
2. ข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 3: ข้อมูลบางกิจกรรมไม่มีการจดบันทึกไว้เลยในระบบการทำงานปกติของสถานประกอบการ โดยเฉพาะปริมาณน้ำหนักขยะมูลฝอยรายวัน (ไม่มีการชั่งน้ำหนักก่อนส่งกำจัด) และการเดินทางของผู้มาใช้บริการ ทำให้ผู้วิจัยต้องใช้วิธีการคำนวณจากจำนวนผู้มาใช้บริการแทน ซึ่งการต้องพึ่งพาข้อมูลที่ขาดความต่อเนื่องนี้อาจส่งผลให้ตัวเลขที่นำมาคำนวณมีความคลาดเคลื่อนได้
3. ข้อจำกัดด้านการแยกมิเตอร์พลังงาน: การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ต้องอ้างอิงจากบิลค่าไฟของมิเตอร์หลักรวมทั้งโครงการ เนื่องจากสถานประกอบการไม่มีการติดตั้งมิเตอร์ย่อยเพื่อแยกวัดการใช้ไฟฟ้าระหว่างโซน (เช่น โซนบ่อน้ำแร่ โซนทรีทเมนต์สปา และโซนสำนักงาน) ทำให้การวิเคราะห์เจาะลึกถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละกิจกรรมย่อยทำได้ยาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของสถานประกอบการ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การจัดการฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม: จากปัญหาและอุปสรรคในการรวบรวมข้อมูล สถานประกอบการควรมีการจัดตั้งระบบฐานข้อมูล เพื่อบันทึกข้อมูลกิจกรรมอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะข้อมูลขอบเขตที่ 3 เช่น การชั่งน้ำหนักและคัดแยกประเภทขยะมูลฝอยรายวัน และการสอบถามรูปแบบการเดินทางของผู้มาใช้บริการ เพื่อให้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในปีถัดไปมีความแม่นยำและสะท้อนความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น
2. การติดตั้งมิเตอร์ย่อย: ควรพิจารณาติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าและมาตรวัดน้ำประปาย่อย แยกตามโซนการให้บริการ (เช่น โซนบ่อน้ำแร่ โซนอาคารสปา และโซนสำนักงาน) เพื่อให้สามารถติดตามพฤติกรรมการใช้พลังงาน วิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักร และควบคุมการสูญเสียทรัพยากรได้อย่างตรงจุด

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). *คู่มือการจัดการพลังงานในธุรกิจโรงแรมและบริการ*. กระทรวงพลังงาน.

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2566). *แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2566-2570)*. กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). *ยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศไทย*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). *ข้อกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization)*.

นวพร เหลืองยวง. (2565). *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม* [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์. (2563). *การประเมินศักยภาพในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี* [รายงานการวิจัย]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รุ่งนภา จิรวัฒน์สมพร. (2567). *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศิวพร จำปา. (2565). *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็ก* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Buaprom, S. (2024). Approaches to developing greenhouse gas emission factor for carbon footprint for organization in waste management. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/391951387 [2026, January]

Iamchamnan, P. (2025). Assessment of Carbon Footprint for Organization in Frozen Processed Seafood Factory and Strategies for Greenhouse Gas Emission Reduction. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/392997673 [2026, January]

Leeabai, N. (2025). Integrated Assessment of Rooftop Photovoltaic Systems and Carbon Footprint for Organization: A Case Study of an Educational Facility in Thailand. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/391696080 [2026, February]

Phungrassami, H. (2010). Carbon Footprint of Organization: Case Study for Thammasat University. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/391951387 [2026, March]

Kraiwed, C. (2022). Life cycle assessment of canned fish production in Thailand (Master's thesis). Chulalongkorn University, Graduate School, Inter-Department of Environmental Management. Retrieved from https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/5896 [2026, March]

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ [2026, March]

Guangzhou Poolworld Environmental Technology. (n.d.). *R410A commercial pool heat pump*. https://www.poolworldheatpump.com/swimming-pool-heat-pump/r410a-commercial-pool-heat-pump.html [2026, March]

Mazuma. (2023). *DP-890 manual*. https://mazuma.co.th/wp-content/uploads/2023/06/DP-890-MANUAL.pdf [2026, March]

Power World. (2024). *Power world heat pump technical data* [Data set]. https://pwhp.eu/wp-content/uploads/2024/02/222.pdf [2026, March]

ภาคผนวก ก

กระบวนการชี้บ่งแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ประเภทที่ 3)

แนวทางการคัดเลือก ข้อกำหนด/หลักเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อคัดเลือกกิจกรรมในขอบเขตที่ 3

สำหรับกระบวนการชี้บ่งแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ประเภทที่ 3) ที่จะนำมารวมในบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรนั้น ทางผู้วิจัยได้ระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ประเภทที่ 3) ตามแนวทางของ Greenhouse gas Protocol และพิจารณาประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่มีนัยสำคัญ (significant indirect GHG emission) ขององค์กร ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 (Scope 3) จากทั้งหมด 15 รายการ (Category) ดังนี้

Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services)

Category 2 สินค้าประเภททุน (Capital goods)

Category 3 กิจกรรมที่เกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel- and energy related)

Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution)

Category 5 การกำจัดของเสียขององค์กร (Waste generated in operations)

Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel)

Category 7 การเดินทางมาปฏิบัติงานของพนักงาน (Employee commuting)

Category 8 การใช้สินทรัพย์ที่เช่า (Upstream leased assets)

Category 9 การขนส่งและกระจายสินค้า (Downstream transportation and distribution)

Category 10 การแปรรูปสินค้าที่องค์กรจำหน่าย (Processing of sold products)

Category 11 การใช้งานผลิตภัณฑ์ที่องค์กรจำหน่าย (Use of sold products)

Category 12 การจัดการซากผลิตภัณฑ์องค์กรจำหน่าย (End-of-life treatment of sold products)

Category 13 การใช้สินทรัพย์ที่ปล่อยเช่าขององค์กร (Downstream leased assets)

Category 14 แฟรนไชส์ (Franchises)

Category 15 การลงทุน (Investments)

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความเกี่ยวข้องของกิจกรรมในองค์กร

ในขั้นตอนนี้องค์กร จะทำการประเมินว่าในการดำเนินกิจกรรมขององค์กรนั้น เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (ประเภทที่ 3) ตามแนวทางของ Greenhouse gas Protocol ใดบ้าง ซึ่งหากกิจกรรมใดขององค์กรมีความเกี่ยวข้อง จะทำการระบุผลการประเมินเป็น “Yes” และ หากกิจกรรมใดไม่เกี่ยวข้องจะระบุผลการประเมินเป็น “No” พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ ซึ่งผลการประเมินตามขั้นตอนที่ 1 สำหรับองค์กร แสดงดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงความเกี่ยวข้องของกิจกรรมในขอบเขตที่ 3

NO.	Category	Source of GHG	Remark
1	Purchased goods and services	YES	
2	Capital goods	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
3	Fuel- and energy-related activities	YES	
4	Upstream transportation and distribution	YES	
5	Waste generated in operations	YES	
6	Business travel	YES	
7	Employee commuting	YES	
8	Upstream leased assets	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
9	Downstream transportation and distribution	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
10	Processing of sold products	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
11	Use of sold products	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
12	End-of-life treatment of sold products	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
13	Downstream leased assets	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
14	Franchises	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้
15	Investments	No	ไม่มีส่วนของกิจกรรมนี้

ขั้นตอนที่ 3 ประเด็นที่ต้องใช้พิจารณากิจกรรม

ผู้วิจัยได้อ้างอิงกรอบแนวทางเบื้องต้นจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ทั้งนี้ตามข้อกำหนดของ อบก. และมาตรฐานสากล องค์กรสามารถพิจารณาปรับเปลี่ยนหรือคัดเลือกเกณฑ์ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทลักษณะการดำเนินงานของธุรกิจได้ โดยมีประเด็นที่ต้องพิจารณาดังตารางที่ ก-2

ตารางที่ ก-2 ตารางแสดงประเด็นสำหรับการพิจารณาตามแนวทางของ อบก.

ประเด็นที่ต้องพิจารณา	คำอธิบาย
Source of GHG	องค์กรมีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้หรือไม่
ขนาด (Magnitude or Size)	เป็นกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมซึ่งถูกสันนิษฐานว่ามีปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ
ระดับของแรงจูงใจ (Level of influence)	เป็นกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรมีความสามารถในการตรวจติดตามและลดปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมนั้น (ตัวอย่างเช่นเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพพลังงาน การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ, เกี่ยวข้องกับข้อตกลงที่มีกับลูกค้า, เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดขอบเขตงานจากผู้ว่าจ้าง)
ความเสี่ยง หรือ โอกาส (Risk or opportunity)	เป็นกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมซึ่งมีส่วนทำให้องค์กรได้รับความเสี่ยง (ตัวอย่างของความเสี่ยงที่มีความเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ความเสี่ยงทางด้านการเงิน, ความเสี่ยงทางด้านกฎระเบียบข้อบังคับ, ความเสี่ยงตลอดห่วงโซ่อุปทาน, ความเสี่ยงเกี่ยวกับสินค้าและลูกค้า, ความเสี่ยงเกี่ยวกับการดำเนินคดี และ ความเสี่ยงด้านชื่อเสียง) หรือได้รับโอกาสต่างๆ ทางธุรกิจ (เช่น การเข้าสู่ช่องทางตลาดใหม่ การเข้าสู่ระบบธุรกิจในรูปแบบใหม่)
Sector Guidance	เป็นกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ถูกถือว่ามีนัยสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมที่กำลังพิจารณา ตามที่กำหนดไว้ในคู่มือหรือแนวทางที่เฉพาะเจาะจงสำหรับอุตสาหกรรมนั้น
Outsourcing	เป็นกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการจัดจ้างบุคคลหรือหน่วยงานภายนอกเข้ามาดำเนินกิจกรรมที่ถือว่า เป็นกิจกรรมหลักในการดำเนินธุรกิจขององค์กร
Employee engagement	เป็นกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่สามารถส่งเสริมให้เกิดการกระตุ้นให้พนักงานมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผ่านการลดการใช้พลังงานหรือการทำงานร่วมกันเป็นทีมภายใต้หลักคิดที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (เช่น การสร้างแรงจูงใจในการอนุรักษ์พลังงาน, การเดินทาง โดยใช้รถร่วมกัน, การประเมินราคาคาร์บอนภายในองค์กร เป็นต้น)

เพื่อให้การประเมินสะท้อนถึงความเป็นจริงและสามารถนำผลลัพธ์ไปสู่การบริหารจัดการได้ตามศักยภาพของสถานประกอบการ ผู้วิจัยจึงพิจารณาตัดประเด็นที่ต้องพิจารณาออกจำนวน 2 ประเด็น โดยมีเหตุผลรองรับดังต่อไปนี้

1. Sector Guidance เนื่องจาก ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสปาในประเทศไทย ยังไม่มีการระบุคู่มือหรือข้อกำหนดเฉพาะทางเกี่ยวกับการจัดการก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เป็นมาตรฐานบังคับใช้อย่างชัดเจน การนำประเด็นนี้มาเป็นเกณฑ์อาจทำให้ขาดฐานข้อมูลอ้างอิงที่ชัดเจนในการให้คะแนน ผู้วิจัยจึงพิจารณาตัดประเด็นนี้ออกเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการประเมิน

2. Outsourcing เนื่องจาก การดำเนินงานของสถานประกอบการกรณีศึกษา บริหารจัดการและดำเนินการโดยไม่มีการจัดจ้างหน่วยงานหรือบุคคลภายนอกเข้ามาดำเนินกิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงพิจารณาตัดประเด็นนี้ออก เพื่อให้การประเมินสะท้อนถึงขอบเขตความรับผิดชอบและการบริหารจัดการที่แท้จริงขององค์กร

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้ประเด็นที่เหลือ ซึ่งมีความสอดคล้องกับลักษณะจริงของการบริหารการจัดการขององค์กร โดยพิจารณาเกณฑ์การประเมินนัยสำคัญใน 4 ประเด็นดังนี้

1. ขนาด (Magnitude or Size)

ในการประเมินจะให้คะแนนสำหรับขนาดที่สันนิษฐานว่ากิจกรรมมีปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ โดยแบ่งเกณฑ์การประเมินตามขนาดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีหน่วยเป็น tCO_2e < 10 = 1 คะแนน และ 11-40 = 2 คะแนน และ 41-60 = 3 คะแนน และ 61-80 = 4 คะแนน และ 81-100 = 5 คะแนน โดยให้น้ำหนักสำหรับการประเมินระดับขนาดของแหล่งปล่อย 20% เนื่องจากมีความสำคัญต่อการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมและมีเกณฑ์ระดับการให้คะแนนดังตารางที่ ก-3 ต่อไปนี้

ตารางที่ ก-3 ตารางแสดงเกณฑ์ของประเด็น ขนาดการปล่อย GHG

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	1	2	3	4	5
ขนาดการปล่อย GHG (tCO_2e)	<10	11 ถึง 40	41 ถึง 60	61 ถึง 80	81 ถึง 100

2. ระดับของแรงจูงใจ (Level of influence)

ในการประเมินจะให้คะแนนสำหรับระดับของแรงจูงใจที่องค์กรจะมีระดับแรงจูงใจและศักยภาพในลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับแหล่งปล่อยประเภท 3 โดยแบ่งเกณฑ์การประเมินตามตารางที่ ก-4 ดังนี้ มีระดับของแรงจูงใจระดับมาก = 5 คะแนน มีระดับของแรงจูงใจระดับปานกลาง = 3 คะแนน และ มีระดับของแรงจูงใจระดับน้อย = 1 คะแนน โดยเทียบกับศักยภาพขององค์กร ซึ่งจะมีรายละเอียดดังตารางข้างล่าง และให้น้ำหนักสำหรับการประเมินระดับขนาดของแหล่งปล่อย 20% เนื่องจากมีความสำคัญต่อการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมขององค์กร

ตารางที่ ก-4 ตารางแสดงเกณฑ์ของประเด็น ระดับของแรงจูงใจ

ระดับของแรงจูงใจ	ระดับคะแนน	หมายเหตุ
มาก	5	องค์กรมีนโยบายตัวชี้วัดในการผลักดันอย่างชัดเจน หรือ มีแนวทางตลอดจนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองในระยะเวลาอันสั้น (ไม่เกิน 1 ปี) โดยไม่มีผลกระทบเชิงลบต่อผู้เข้ามาใช้บริการ
ปานกลาง	3	องค์กรมีนโยบายการผลักดันที่ชัดเจน หรือ มีแนวทางตลอดจนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองในระยะเวลา (1-3 ปี) ทั้งนี้ อาจเป็นกิจกรรมที่อาจไม่มีผลกระทบต่อผู้เข้ามาใช้บริการ
น้อย	1	องค์กรมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้โดยง่าย

3. ระดับของความเสี่ยง หรือ โอกาส (Risk or opportunity)

ในการประเมินจะให้คะแนนสำหรับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่มีความเสี่ยงหรือโอกาสที่ทำให้องค์กรได้รับความเสี่ยงที่มีความเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือไม่ เช่น ความเสี่ยงทางด้านการเงิน, ความเสี่ยงทางด้านกฎหมาย/ กฎระเบียบ/ข้อบังคับ, ความเสี่ยงห่วงโซ่อุปทาน, ความเสี่ยงเกี่ยวกับสินค้าและลูกค้า, ความเสี่ยงเกี่ยวกับการดำเนินคดี และความเสี่ยงด้านชื่อเสียงหรือได้รับโอกาสต่างๆ ทางธุรกิจ เช่น การเข้าสู่ช่องทางตลาดใหม่, การเข้าสู่ระบบธุรกิจในรูปแบบใหม่ เป็นต้นโดยให้ระดับคะแนน 3 ระดับ หากมีความเสี่ยงหรือโอกาสสูง มาก (High) = 5 คะแนน ปานกลาง (Medium) = 3 คะแนน และ น้อย (Low) = 1 คะแนน และให้น้ำหนักสำหรับการประเมินความเสี่ยงหรือโอกาส 20% และมีรายละเอียดดังตารางที่ ก-5

ตารางที่ ก-5 ตารางแสดงเกณฑ์ของประเด็น ระดับของความเสี่ยง หรือ โอกาส

ความเสี่ยง หรือ โอกาส	ระดับคะแนน	หมายเหตุ
มาก	5	กิจกรรมมีความเสี่ยงสูงที่จะส่งผลกระทบต่อต้นทุน/กฎหมาย หรือเป็นโอกาสสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มและภาพลักษณ์ที่โดดเด่นทางธุรกิจขององค์กรได้อย่างชัดเจน
ปานกลาง	3	กิจกรรมมีความเสี่ยงหรือโอกาสในระดับปานกลาง อาจมีผลกระทบต่อชื่อเสียงขององค์กรบ้าง แต่ยังสามารถบริหารจัดการและควบคุมได้
น้อย	1	กิจกรรมมีความเสี่ยงทางธุรกิจต่ำมาก หรือแทบไม่ส่งผลต่อต้นทุน การถูกดำเนินคดี หรือการสร้างโอกาสทางการแข่งขันขององค์กรเลย

4. การมีส่วนร่วมของพนักงาน (Employee engagement)

ในการประเมินให้คะแนนสำหรับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่สามารถส่งเสริมให้เกิดการกระตุ้นให้พนักงานมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผ่านการลดการใช้พลังงาน หรือการทำงานร่วมกันเป็นทีมภายใต้หลักคิดที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (เช่น การสร้างแรงจูงใจในการอนุรักษ์พลังงาน, การเดินทาง โดยใช้รถร่วมกัน, การประเมินราคาคาร์บอนภายในองค์กร เป็นต้น) โดยให้ระดับคะแนน 3 ระดับ หากมีเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพที่มีส่วนกระตุ้นให้พนักงานมีส่วนร่วมมาก (High) = 5 คะแนน ปานกลาง (Medium) = 3 คะแนน และ น้อย (Low) = 1 คะแนน และให้น้ำหนัก 40% และมีรายละเอียดดังตารางที่ ก-6

ตารางที่ ก-6 ตารางแสดงเกณฑ์ของประเด็น การมีส่วนร่วมของพนักงาน

ความเสี่ยง หรือ โอกาส	ระดับคะแนน	หมายเหตุ
มาก	5	เป็นกิจกรรมที่พนักงานทุกคนสามารถมีส่วนร่วมและปฏิบัติได้จริงในชีวิตประจำวัน (เช่น การคัดแยกขยะมูลฝอย การประหยัดพลังงาน) และช่วยสร้างวัฒนธรรมองค์กรสีเขียวได้อย่างชัดเจน
ปานกลาง	3	เป็นกิจกรรมที่พนักงานบางแผนกมีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงาน หรือต้องอาศัยการรณรงค์เพื่อให้เกิดความร่วมมือ (เช่น การปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ในแผนกสปา)
น้อย	1	เป็นกิจกรรมที่พนักงานในองค์กรไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง หรือเป็นการดำเนินงานของบุคคลภายนอกทั้งหมด

หลังจากการพิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินนัยสำคัญข้างต้นแล้ว องค์กรจะทำการรวมคะแนนและน้ำหนักสำหรับเกณฑ์การประเมินในแต่ละหัวข้อ พร้อมทั้งพิจารณาผล โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมใดที่มีผลรวมการประเมินตั้งแต่ 2.5 คะแนนขึ้นไป ($x \geq 2.5$ คะแนน) จะถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่มีนัยสำคัญ (significant indirect GHG emission) ขององค์กรต้องนับรวมในขอบเขตการประเมิน ต้องนำมารายงานใน Scope 3 ขณะที่ในหัวข้อที่มีผลรวมการประเมินน้อยกว่า 2.5 คะแนน จะถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่ไม่มีมีนัยสำคัญ (non-significant indirect GHG emission) ขององค์กร

ผลการพิจารณาประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ประเภทที่ 3) ที่มีนัยสำคัญ(significant indirect GHG emission) ขององค์กร แสดงตามตารางที่ ก-7

ตารางที่ ก-7 ตารางแสดงผลการประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ที่มีนัยสำคัญ

No	Category	Source of GHG	GHG (tCO_2e)	Magnitude	Level of influence	opportunity or Risk	Employee engagement	TOTAL	แหล่งปล่อยที่มีนัยสำคัญ
1	Purchased goods and services	YES	0.84	1	5	1	3	2.6	✓
2	Capital goods	No							
3	Fuel- and energy-related activities	YES	44.92	3	3	3	3	3	✓
4	Upstream transportation and distribution	YES	45.66	3	3	3	3	3	✓
5	Waste generated in operations	YES	94.71	5	5	1	3	3.4	✓
6	Business travel	YES	2.75	1	3	3	1	1.8	X
7	Employee commuting	YES	55.18	3	1	1	1	1.4	X
8	Upstream leased assets	No							
9	Downstream transportation and distribution	No							
10	Processing of sold products	No							
11	Use of sold products	No							
12	End-of-life treatment of sold products	No							
13	Downstream leased assets	No							
14	Franchises	No							
15	Investments	No							

จากผลการพิจารณา แหล่งปล่อยก๊าซปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ประเภทที่ 3) พบแหล่งปล่อยที่มีนัยสำคัญ ได้แก่

(Cat 1) Purchased goods and services

(Cat 3) Fuel- and energy-related activities

(Cat 4) Upstream transportation and distribution

(Cat 5) Waste generated in operations



ภาคผนวก ข

ข้อมูลกิจกรรม

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

เดือน	ดีเซล (หน่วย ; ลิตร)				
	บฉ9773 (B7)	4ฒค1628 (B7)	แมคโครใหญ่ (B7)	แมคโครเล็ก (B7)	แมคโครเล็ก (ดีเซลพรีเมี่ยม)
มกราคม	-	50.00	400.00	30.00	-
กุมภาพันธ์	60.00	100.00	200.00	20.00	-
มีนาคม	60.00	100.00	400.00	50.00	-
เมษายน	60.00	100.00	200.00	-	-
พฤษภาคม	120.00	100.00	200.00	-	-
มิถุนายน	60.00	100.00	-	-	-
กรกฎาคม	50.00	100.00	-	40.00	-
สิงหาคม	50.00	100.00	100.00	-	20.00
กันยายน	60.00	200.00	200.00	20.00	-
ตุลาคม	180.00	150.00	-	40.00	-
พฤศจิกายน	-	100.00	400.00	20.00	-
ธันวาคม	60.00	100.00	200.00	130.00	-
รวม	**760.00**	**1,300.00**	**2,300.00**	**350.00**	**20.00**

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซีนและน้ำมันหล่อลื่น

เดือน	เบนซิน (หน่วย ; ลิตร)		น้ำมันหล่อลื่น 2T (L)
	เครื่องตัดหญ้า	เครื่องปั๊มน้ำบาดาล	เครื่องตัดหญ้า
มกราคม	30.00	20.00	1.50
กุมภาพันธ์	-	-	-
มีนาคม	-	-	-
เมษายน	29.64	10.00	1.50
พฤษภาคม	30.00	-	1.50
มิถุนายน	-	-	-
กรกฎาคม	30.00	-	1.50
สิงหาคม	30.00	-	1.50
กันยายน	-	-	-
ตุลาคม	30.00	-	1.50
พฤศจิกายน	-	-	-
ธันวาคม	30.00	5.00	1.50
รวม	**209.64**	**35.00**	**10.50**

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม LPG

เดือน	ปริมาณ LPG ที่ใช้			หมายเหตุ (เติมเมื่อ)
	ขนาดถัง (Kg)	จำนวน (ถัง)	ปริมาณ (kg)	
มกราคม	15	1.00	15.00	19-Jan-68
กุมภาพันธ์	15	1.00	15.00	6-Feb-68
มีนาคม	15	-	-	-
เมษายน	15	-	-	-
พฤษภาคม	15	1.00	15.00	16-May-68
มิถุนายน	15	-	-	-
กรกฎาคม	15	1.00	15.00	4-Jul-68
สิงหาคม	15	1.00	15.00	12-Aug-68
กันยายน	15	-	-	-
ตุลาคม	15	1.00	15.00	14-Oct-68
พฤศจิกายน	15	-	-	-
ธันวาคม	15	-	-	-
รวม			**90.00**	

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลจำนวนพนักงาน / ผู้ใช้บริการ ของสถานประกอบการปี พ.ศ.2568

เดือน	สำหรับผู้ใช้บริการ	สำหรับพนักงาน
	จำนวผู้ใช้บริการ (คน)	จำนวนพนักงาน (คน)
มกราคม	1,305	41
กุมภาพันธ์	1,060	33
มีนาคม	1,321	27
เมษายน	1,889	29
พฤษภาคม	2,084	32
มิถุนายน	1,966	33
กรกฎาคม	3,176	35
สิงหาคม	2,401	37
กันยายน	1,972	35
ตุลาคม	2,711	34
พฤศจิกายน	2,353	35
ธันวาคม	2,998	34
รวม	**25,236**	**405**
เฉลี่ยต่อเดือน	**2103**	**34**

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลถังดับเพลิงและปริมาณการใช้งานสารดับเพลิง

ลำดับ	โซน/ที่ตั้ง	ชื่ออุปกรณ์/เครื่องจักร	Model	ปริมาณที่ใช้งาน (ปอนด์)
1	ห้องเครื่อง	ถังคาร์บอน	10 ปอนด์	-
2	ห้องMDB	ถังคาร์บอน	10 ปอนด์	-
3	ชั้น 2	ถังเคมีแห้ง	10 ปอนด์	10.00
4			10 ปอนด์	-
5	ชั้น 3	ถังเคมีแห้ง	10 ปอนด์	10.00
6		ถังคาร์บอน	10 ปอนด์	-
7	ชั้น 1	ถังเคมีแห้ง	10 ปอนด์	10.00
8		ถังคาร์บอน	10 ปอนด์	-
9	ห้องสตาฟ ชั้น2	ถังคาร์บอน	10 ปอนด์	-
10	ห้องสตาฟ ชั้น3	ถังคาร์บอน	10 ปอนด์	-
รวม				**30**

หมายเหตุ: สารดับเพลิงที่ใช้เกิดจากการซ้อมดับเพลิงประจำปี พ.ศ.2568

ตารางที่ ข-6 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำแร่และการใช้ไฟฟ้า

เดือน	ปริมาณการใช้น้ำแร่				ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
	เลขอ่านหลัง	เลขอ่านก่อน	ลบ.ม.	ลิตร	Kw
มกราคม	07184	06369	815.00	815,000.00	43,026.00
กุมภาพันธ์	07678	07184	494.00	494,000.00	36,858.00
มีนาคม	08142	07678	464.00	464,000.00	41,022.00
เมษายน	09032	08142	890.00	890,000.00	45,990.00
พฤษภาคม	09980	09032	948.00	948,000.00	47,850.00
มิถุนายน	11012	09980	1,032.00	1,032,000.00	43,794.00
กรกฎาคม	12168	11012	1,156.00	1,156,000.00	43,686.00
สิงหาคม	14100	12168	1,932.00	1,932,000.00	45,234.00
กันยายน	14627	14100	527.00	527,000.00	43,290.00
ตุลาคม	15088	14627	461.00	461,000.00	48,006.00
พฤศจิกายน	15321	15088	233.00	233,000.00	45,852.00
ธันวาคม	17122	15321	1,801.00	1,801,000.00	49,986.00
รวม				**10,753,000.00**	**534,594.00**

ตารางที่ ข-7 ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบของสถานประกอบการ

ชื่อรายการ	ปริมาณ/ปี	หน่วย
น้ำแร่เวลล์เล่ 330มล. กระป๋อง 24/1 แพ็ค	7,413.12	ลิตร
กระดาษ A4 ไทเกอร์	275.00	Kg
น้ำยาซักผ้า ขนาด 550 มิลลิลิตร	260.70	ลิตร
ลาวีด้า แชมพู 3200 มล. น้ำนมข้าว แกลลอนขาว	227.20	ลิตร
ครีมอาบน้ำ แกลลอนขาว	214.40	ลิตร
ดีลักซ์ คอมฟอร์ท ทิชชู่ห่อสีเหลืองในห้องน้ำ Office	202.00	Kg
ทิชชู่ม้วนกลมใหญ่	144.00	Kg
ครีมขัดผิว ทองคำ 1000 g	37.00	Kg
เกลือสปาขัดผิว	33.60	Kg
น้ำนมข้าว	18.00	Kg
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) 10%v/v	500	Kg
HCl 35%v/v	50	Kg

ตารางที่ ข-8 ข้อมูลการขนส่งซักผ้า

เดือน	ปริมาณผ้า (กก.)	ระยะทางไปกลับ (กม.)	จำนวนรอบการเข้ารับ	นน.ผ้าต่อเที่ยวการขนส่ง	ประเภทของรถและพิกัดรถ	ระยะทางทั้งหมด	ประเภทของรถและพิกัดรถ	tkm
มกราคม	1259.36	5.3	31	40.62	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	6.67
กุมภาพันธ์	1002.29	5.3	28	35.80	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	148.40	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	5.31
มีนาคม	1233.34	5.3	31	39.79	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	6.54
เมษายน	1685.11	5.3	30	56.17	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	159.00	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	8.93
พฤษภาคม	1851.43	5.3	31	59.72	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	9.81
มิถุนายน	1540.66	5.3	30	51.36	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	159.00	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	8.17
กรกฎาคม	2042.24	5.3	31	65.88	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	10.82
สิงหาคม	2045.21	5.3	31	65.97	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	10.84
กันยายน	1779.77	5.3	30	59.33	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	159.00	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	9.43
ตุลาคม	2674.67	5.3	31	86.28	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	14.18
พฤศจิกายน	2269.46	5.3	30	75.65	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	159.00	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	12.03
ธันวาคม	3028.15	5.3	31	97.68	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน 0% Loading	164.30	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก พิกัด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	16.05
รวมปริมาณผ้า	**22411.69**				**รวมระยะทาง**	**1,934.50**	**รวม**	**118.78**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายณัฐพล ขันติธงชัย
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา อุตสาหกรรมสปาและการท่องเที่ยว
สาขาวิชา	วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
ประวัติ	ประวัติการศึกษา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์วิศวกรรม

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี